

地域における再生可能エネルギー設備導入 の計画時の留意点

～再生可能エネルギー設備導入に係るリスクとその対策～

令 和 3 年 3 月

**環 境 省
大臣官房環境計画課**

目次

1. 本書の概要	1
1-1. 背景	2
1-2. 目的	4
1-3. 利用対象	5
1-4. 本書の特徴	6
1-5. 本書の構成	8
1-6. 本書で取り扱うリスク分類	9
1-7. 本書におけるリスクマネジメント	10
1-7-1. 一般的なリスクマネジメントの定義	10
1-7-2. リスク評価の考え方	11
1-7-3. 一般的なリスク対応方針（低減、回避、移転、保有）	12
1-8. 再生可能エネルギー事業に関する用語解説	13
2. 各再生可能エネルギー設備導入に係るリスクとその対策	15
2-1. 太陽光発電設備導入に係るリスクとその対策	17
2-1-1. 太陽光発電導入の流れとリスクとその対策の考え方	18
2-1-2. 太陽光発電設備導入に係るリスクの分類	19
2-1-3. 太陽光発電設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧	21
2-1-4. 太陽光発電設備導入に係るリスクとその対策の一覧	22
2-1-5. 太陽光発電設備導入に係る主な関係法令	42
2-1-6. 引用・参考資料	45
2-1-7. 太陽光発電設備導入に関する用語解説	47
2-2. 風力発電設備導入に係るリスクとその対策	49
2-2-1. 風力発電設備導入の流れとリスクとその対策の考え方	50
2-2-2. 風力発電設備導入に係るリスクの分類	51
2-2-3. 風力発電設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧	53
2-2-4. 風力発電設備導入に係るリスクとその対策の一覧	54
2-2-5. 風力発電設備導入に係る主な関係法令	79
2-2-6. 引用・参考資料	82
2-2-7. 風力発電設備導入に関する用語解説	84
2-3. バイオマス発電、熱利用等設備導入に係るリスクとその対策	87
2-3-1. バイオマス発電、熱利用等設備導入の流れとリスクとその対策の考え方	88
2-3-2. バイオマス発電、熱利用等設備導入事業のリスクの分類	89
2-3-3. バイオマス発電、熱利用等設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧	91
2-3-4. バイオマス発電、熱利用等設備導入に係るリスクとその対策の一覧	92
2-3-5. バイオマス発電、熱利用等設備導入に係る主な関係法令	116
2-3-6. 引用・参考資料	119

2-3-7. バイオマス発電、熱利用等設備導入に関する用語解説	121
2-4. 水力発電設備導入に係るリスクとその対策	123
2-4-1. 水力発電設備導入の流れとリスクとその対策の考え方	124
2-4-2. 水力発電設備導入に係るリスクの分類	125
2-4-3. 水力発電設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧	127
2-4-4. 水力発電設備導入に係るリスクとその対策の一覧	128
2-4-5. 水力発電設備導入に係る主な関係法令	148
2-4-6. 引用・参考資料	151
2-4-7. 水力発電設備導入に関する用語解説	152
2-5. 地熱発電、熱利用等設備導入に係るリスクとその対策	155
2-5-1. 地熱発電、熱利用等設備導入の流れとリスクとその対策の考え方	156
2-5-2. 地熱発電、熱利用等設備導入に係るリスクの分類	157
2-5-3. 地熱発電、熱利用等設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧	159
2-5-4. 地熱発電、熱利用等設備導入に係るリスクとその対策の一覧	160
2-5-5. 地熱発電、熱利用等設備導入に係る主な関係法令	180
2-5-6. 引用・参考資料	184
2-5-7. 地熱（発電、熱利用、発電・熱利用）設備導入に関する用語解説	185
2-6. 太陽熱利用設備導入に係るリスクとその対策	187
2-6-1. 太陽熱利用設備導入の流れとリスクとその対策の考え方	188
2-6-2. 太陽熱利用設備導入に係るリスクの分類	189
2-6-3. 太陽熱利用設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧	191
2-6-4. 太陽熱利用設備導入に係るリスクとその対策の一覧	192
2-6-5. 太陽熱利用設備導入に係る主な関係法令	208
2-6-6. 引用・参考資料	210
2-6-7. 太陽熱利用設備導入に関する用語解説	211
2-7. 地中熱利用設備導入に係るリスクとその対策	213
2-7-1. 地中熱利用設備導入の流れとリスクとその対策の考え方	214
2-7-2. 地中熱利用設備導入に係るリスクの分類	215
2-7-3. 地中熱利用設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧	217
2-7-4. 地中熱利用設備導入に係るリスクとその対策の一覧	218
2-7-5. 地中熱利用設備導入に係る主な関係法令	230
2-7-6. 引用・参考資料	233
2-7-7. 地中熱利用設備導入に関する用語解説	234
2-8. 温度差エネルギー熱利用設備導入に係るリスクとその対策	235
2-8-1. 温度差エネルギー熱利用設備導入の流れとリスクとその対策の考え方	236
2-8-2. 温度差エネルギー熱利用設備導入に係るリスクの分類	237
2-8-3. 温度差エネルギー熱利用設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧	239
2-8-4. 温度差エネルギー熱利用設備導入に係るリスクとその対策の一覧	240
2-8-5. 温度差エネルギー熱利用設備導入に係る主な関係法令	255
2-8-6. 引用・参考資料	258
2-8-7. 温度差エネルギー熱利用設備導入に関する用語解説	259
2-9. 雪氷熱利用設備導入に係るリスクとその対策	261
2-9-1. 雪氷熱利用設備導入の流れとリスクとその対策の考え方	262

2-9-2. 雪氷熱利用設備導入に係るリスクの分類.....	263
2-9-3. 雪氷熱利用設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧	265
2-9-4. 雪氷熱利用設備導入に係るリスクとその対策の一覧	266
2-9-5. 雪氷熱利用設備導入に係る主な関係法令.....	282
2-9-6. 引用・参考資料	286
2-9-7. 雪氷熱利用設備導入に関する用語解説	287
3. 災害発生時の再生可能エネルギー設備等の運用事例集	289
4. 再生可能エネルギー電気・熱自立的普及促進事業の事例集	297

Column 目次

2-1. 太陽光発電設備導入に係るリスクとその対策	17
開発工事（行為）の許認可	26
事業計画段階における地形・地質評価の重要性	28
運転管理段階における土構造物などの点検の重要性	30
事業計画段階におけるマイクログリッドの保安体制検討の重要性	41
2-2. 風力発電設備導入に係るリスクとその対策	49
風車騒音、シャドーフリッカー、電波障害について	59
事業計画段階における地形・地質評価の重要性	60
運転管理段階における土構造物などの点検の重要性	62
性能リスクについて	67
台風、落雷への対応について	70
事業計画段階におけるマイクログリッドの保安体制検討の重要性	75
風力発電設備を他の再生可能エネルギーの設備と一緒にしないで	76
異常の早期発見と適切なメンテナンスで風車の事故は抑制できる	77
中古部品の安易な転用は危険	78
2-3. バイオマス発電、熱利用等設備導入に係るリスクとその対策	87
事業計画段階における地形・地質評価の重要性	97
運転管理段階における土構造物などの点検の重要性	99
事業計画段階におけるマイクログリッドの保安体制検討の重要性	111
燃料搬送設備の耐摩耗性とメンテナンス	112
助燃材の必要性	113
バイオガス発電における原料調達と原料の変化	114
バイオガス発電における残渣・副産物の処理	115
2-4. 水力発電設備導入に係るリスクとその対策	123
事業計画段階における地形・地質評価の重要性	132
運転管理段階における土構造物などの点検の重要性	134
事業計画段階におけるマイクログリッドの保安体制検討の重要性	147
2-5. 地熱発電、熱利用等設備導入に係るリスクとその対策	155
事業計画段階における地形・地質評価の重要性	165
運転管理段階における土構造物などの点検の重要性	167
事業計画段階におけるマイクログリッドの保安体制検討の重要性	179
地元企業による点検・メンテナンスの実施体制の整備	183
2-6. 太陽熱利用設備導入に係るリスクとその対策	187
事業計画段階における地形・地質評価の重要性	196
運転管理段階における土構造物などの点検の重要性	198
2-7. 地中熱利用設備導入に係るリスクとその対策	213
地盤条件の評価を適切に行う重要性（クローズドループ）	232

2-8. 温度差エネルギー熱利用設備導入に係るリスクとその対策	235
事業計画段階における地形・地質評価の重要性	244
運転管理段階における土構造物などの点検の重要性	246
河川水熱利用のポイント	257
2-9. 雪氷熱利用設備導入に係るリスクとその対策	261
事業計画段階における地形・地質評価の重要性	270
運転管理段階における土構造物などの点検の重要性	272
雪を資源化するポイント	284

表1 本書での用語の定義

用語	定義
リスク	<p>一般的に、将来顕在化のおそれのある、すなわち潜在している事象を指します。本書においては、再生可能エネルギー設備のライフサイクル（事業計画段階、設計・施工・運転管理、撤去・処分時）において、設備の安定稼働や事業の健全性を阻害するものとしています。具体的には、再生可能エネルギー事業の事業開始の断念や採算の悪化、さらには事業撤退につながるものであり、制度リスク、土地リスク、環境リスク、完工リスク、資源リスク、性能リスク、自然災害リスク、エネルギー需要リスク、追加コスト発生リスク、人的リスクが挙げられます。</p> <p>なお、本書では、リスクをあえて積極的に許容し、利益をもたらすもの（例：投資などリスクテイクするもの）は対象外としています。</p>
リスクマネジメント	<p>リスクを合理的かつ最適な方法で管理することで、事業の健全性を高める活動としています。</p> <p>本書で紹介する、再生可能エネルギー事業の「リスクとその対策」の内容から、リスクを認識し、その対策例を知ることができます。再生可能エネルギーの設備導入者が、設備の導入時や運営時において、潜在しているリスクを認識し、設備導入者の方針や考え方を勘案したリスク対策を行うことは、リスクを合理的かつ最適な方法で管理すること、すなわちリスクマネジメントにつながります。</p>

【本書について】

- 「地域における再生可能エネルギー設備導入の計画時の留意点～再生可能エネルギー設備導入に係るリスクとその対策～」を以下「本書」といいます。
- 本書を作成する際に引用又は参考にした資料を、各節末の「引用・参考資料」に記載しています。引用した場合は、文末に＜引用資料1＞などと記載しています。
- 本書において、太文字（例：**再エネ電気・熱事業**）で記載されている用語は、各節末の「用語解説」においてその内容を説明しています。
- 「再生可能エネルギーの設備と減価償却資産の耐用年数等」を参考までに次頁表2に記載しています。
- 本書は、「令和2年度地域の再生可能エネルギー設備等導入における事業性評価促進等委託業務」にて作成いたしました。

表2 再生可能エネルギー設備の減価償却資産の耐用年数等

再生可能エネルギー設備	設備	減価償却資産の耐用年数等				
		法定耐用年数	種類	構造又は用途	細目	出典
太陽光発電	ソーラーパネル等	17年	電気業用設備	—	その他の設備(主として金属製のもの)	※1
風力発電	発電機等	17年	電気業用設備	—	その他の設備(主として金属製のもの)	※1
バイオマス(発電、熱利用、発電・熱利用)	バイオマス発電設備	15年	電気業用設備	—	内燃力又はガスタービン発電設備	※1
	木質バイオマスボイラ	15年	建物附属設備	冷房、暖房、通風又はボイラー設備	その他のもの	※2
水力発電	発電機等	22年	電気業用設備	—	電気業用水力発電設備	※1
	発電機等	20年	電気業用設備	—	その他の水力発電設備	※1
地熱(発電、熱利用、発電・熱利用)	発電機等	15年	電気業用設備	—	汽力発電設備	※1
	熱交換器(住宅用を除く)	13年	建物附属設備	冷房、暖房、通風又はボイラー設備	冷暖房設備(冷凍機の出力が22kW以下のもの)	※2
		15年	建物附属設備	冷房、暖房、通風又はボイラー設備	その他のもの	※2
太陽熱利用	集熱器等	15年	建物附属設備	冷房、暖房、通風又はボイラー設備	その他のもの	※2
地中熱利用	地中熱ヒートポンプ(住宅用を除く)	13年	建物附属設備	冷房、暖房、通風又はボイラー設備	冷暖房設備(冷凍機の出力が22kW以下のもの)	※2
		15年	建物附属設備	冷房、暖房、通風又はボイラー設備	その他のもの	※2
温度差エネルギー熱利用	ヒートポンプ(住宅用を除く)	13年	建物附属設備	冷房、暖房、通風又はボイラー設備	冷暖房設備(冷凍機の出力が22kW以下のもの)	※2
		15年	建物附属設備	冷房、暖房、通風又はボイラー設備	その他のもの	※2
雪氷熱利用	雪氷熱の送風機・ファンコイル(住宅用を除く)	15年	建物附属設備	冷房、暖房、通風又はボイラー設備	その他のもの	※2
蓄電池	蓄電池	6年	建物附属設備	電気設備(照明設備を含む)	蓄電池電源設備	※2
蓄熱設備	蓄熱槽等	15年	建物附属設備	冷房、暖房、通風又はボイラー設備	その他のもの	※2

※1：別表第二 機械及び装置の耐用年数表

※2：別表第一 機械及び装置以外の有形減価償却資産の耐用年数表

出典：減価償却資産の耐用年数等に関する省令（昭和四十年大蔵省令第十五号）を基に作成。電子政府の総合窓口 e-Gov のホームページ参照。

<<http://elaws.e-gov.go.jp> >

1. 本書の概要

1-1. 背景

我が国では、2050 年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、いわゆる 2050 年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す旨の菅首相の所信表明演説（2020 年 10 月 26 日、第 203 回臨時国会）がありました。また、そのためには再生可能エネルギーの最大限導入の必要性も述べられたところです。

脱炭素社会の実現のためには、国レベル、地域レベルでの取組が不可欠ですが、地域での脱炭素社会の実現に向け、環境省では省エネルギー／再生可能エネルギー取組の普及促進を目的とした様々な施策が実施されてきました。併せて、環境省では、支援策の一環として、地域の取組主体が活用できる様々なマニュアル／ツール類の整備も進めてきたところです。

とりわけ「再生可能エネルギーを活用する取組」は、脱炭素社会の実現の上で必要不可欠であることに加え、地域の課題解決への貢献や、災害への対応力強化など、経済合理性だけでは推し量れない役割／効果が期待されています。

これら再エネ取組の普及推進のため、環境省の「再エネ取組を推進するため、国や地方公共団体が実施する様々な施策（経済的手法、規制的手法等）のうち主に経済的手法を用いて、ハード面、ソフト面で支援する施策」に関し、大臣官房総合環境政策統括官グループ環境計画課では、事業者（地方公共団体、民間企業等）向けの「再エネ設備導入について設置補助・助成を行う事業」として、「再生可能エネルギー電気・熱自立的普及促進事業」（以下「**再エネ電気・熱事業**」という。）を実施してきました。この再エネ補助事業は、単なる再エネ設備導入のみならず、地域の課題解決に資する補助事業として、2016 年度から 5 カ年にわたり全国各地域で再エネ取組のモデル事業として実施されてきたところです。（再エネ電気・熱事業の概要は次ページで紹介）

また、近年では、地方公共団体等の地域が主体となって行う再エネ支援策の取組が増えつつあります。今後、国全体として脱炭素社会を実現させるためには、国と地域が連携し合い、再エネ取組をあらゆる地域に水平展開させ、加速化していくことが重要となります。

今後、地域の再エネ取組の更なる水平展開、加速化をさせるためには、環境省を始めとする様々な主体がこれまで蓄積してきた成果（再エネ補助事業の実績、マニュアル／ツールの整備等）や知見を地域の主体に活用いただくことが効果的であります。

【再生可能エネルギー電気・熱自立的普及促進事業】

＜事業概要＞

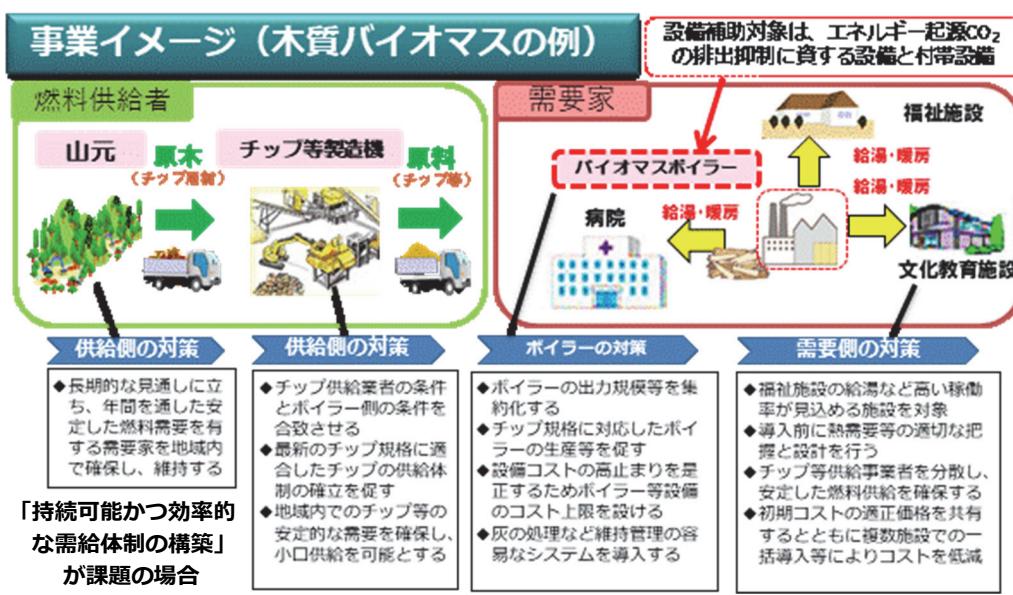
- 地方公共団体及び民間事業者等の再生可能エネルギー導入事業のうち、地方公共団体等の積極的な参画・関与を通じて各種の課題に適切に対応するもの、営農を前提とした農地等への再生可能エネルギー発電設備の導入を中心とした取組、蓄エネ等の導入活用事業等について、事業化に向けた検討や設備の導入に係る費用の一部を補助するものです。
- 支援の対象とする事業は、固定価格買取制度に依存せず、国内に広く応用可能な課題対応の仕組みを備え、かつCO₂削減に係る費用対効果の高いもの等に限定されます。

＜期待される効果＞

- 再生可能エネルギーの課題に適切に対応する、費用対効果の高い優良事例を創出することで、同様の課題を抱えている他の地域への展開につなげ、再生可能エネルギー電気・熱の将来的な自立的普及が図れること。
- 営農地における地域の実情に応じた、再生可能エネルギーの普及拡大を図るための方策が確立され、段階的なCO₂削減が図れること。
- 地域特性に応じた蓄エネ等技術の導入方策が確立され、段階的CO₂削減が可能となること。

＜実績等＞

- 補助対象となる再エネ種：太陽光発電、バイオマス利用（熱／電気）、地中熱利用 等
- 実施件数：平成28～令和元年度までの実績380件（令和元年度までに完了した事業数）
- 事業規模等：70,727千円/件（補助対象経費ベース）、2,684t-CO₂/件（法定耐用年数期間中のCO₂削減量の累計）



出典：環境省ウェブサイト（2018）「環境省再エネ加速化・最大化促進プログラム」

<<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/lca/co2reduction.html>> よりPCKK作成

実績等（実施件数、事業規模等）は、個々の補助事業の実績報告書より環境省作成

1-2. 目的

＜総括＞

本書は、「再生可能エネルギー電気・熱自立的普及促進事業」において、自家消費型・地産地消型の再生可能エネルギー事業が、2016年度から補助対象となつたことを踏まえ、再生可能エネルギー設備導入者が事業期間（ライフサイクル）を通したリスクマネジメントを行うための基礎情報と災害発生時に役立つ再生可能エネルギー設備の運用事例を提供することにより、再生可能エネルギーの自立的普及やレジリエンス強化と地球温暖化対策を一層推進することを目的として作成したものです。

環境省では、エネルギー対策特別会計を活用したエネルギー起源二酸化炭素排出抑制に関する対策の一環として、2016年度より**再エネ電気・熱事業**を補助金交付対象に追加し、固定価格買取制度（以下「**FIT**制度」といいます。）に依存しない、自家消費型・地産地消型の再生可能エネルギーの自立的普及と地球温暖化対策を推進してきました。

再エネ電気・熱事業では、再生可能エネルギー事業のリスクマネジメントが審査項目の一つとなり、それに対応するため環境省が自家消費型・地産地消型の再生可能エネルギー事業に関心を持つ地方公共団体や民間事業者等に対し、事業計画段階で潜在している複数のリスクとその対策に関する基礎情報として「地域の再生可能エネルギー事業の健全性を高めるための設備導入者向けマニュアル（案）～再生可能エネルギー設備導入に係るリスクとその対策～」（以下「再エネ設備導入者向けマニュアル（案）」といいます。）を公表しました。

本書は、再エネ設備導入者向けマニュアル（案）の一部を改訂・更新しリスクマネジメントの基礎情報を提供すること、また、レジリエンス強化として役立つ再生可能エネルギー設備の平常時・災害時の運用事例を紹介することを目的として作成したものです。

なお、本書で紹介しているリスクとその対策は、各種の再生可能エネルギー導入に係る既存資料から主だったリスク内容を抽出・整理したものや、補助事業を活用した再生可能エネルギー設備導入者、有識者や再生可能エネルギーの関係団体、メーカー、設計・施工会社等へのヒアリングで得た情報を取りまとめたものです。したがって、本書は、現時点における最新の知見を集積したのですが、再生可能エネルギー事業に係るリスクマネジメントの考え方を体系的に、また具体的な導入方法を全て網羅しているわけではありません。それらについては、専門の手引書やガイドライン等を参照するようしてください。

今後も、再生可能エネルギーの技術開発や普及等の状況、法令・制度が進展する中で、再生可能エネルギーの事業規模や地域性等の事業特性等に関連する多種多様なリスクについて、導入事例の知見を蓄積していくことが重要と考えています。

1-3. 利用対象

主な利用対象は、「地方公共団体」、「再生可能エネルギー設備導入を計画／実施する事業者」を想定し、本書を利用する場面の例と利用対象を表 1-3-1 に示します。

利用対象の具体例として、設備導入経験がない又は少ない地方公共団体や民間事業者の担当者、自家消費型・地産地消型を目的に再生可能エネルギー設備を計画又は実施する事業の担当者を想定しています。

なお、本書では、**FIT** 制度を利用した場合の再生可能エネルギー設備導入時のリスクとその対策を一部含んでいますので、**FIT** 制度を利用した事業を想定している方も参考にすることができます。

表 1-3-1 本書を利用する場面の例と利用対象

本書を利用する場面の例	利用対象	
	地方公共団体	再生可能エネルギー設備導入を計画／実施する事業者
再エネ取組を推進するため、国や地方公共団体が実施する様々な施策（経済的手法、規制的手法等）のうち、主に経済的手法を用いて、ハード面、ソフト面で支援する施策を実施する場面	○	○
上記利用場面のうち、再エネ設備導入について設置補助・助成を行う事業を実施する場面	○	
民間事業者等から再エネ設備導入に関する相談や問合せを受ける場面	○	
地方公共団体に再エネ設備導入に関する相談や問い合わせを行う場面		○
再生可能エネルギー設備導入を計画／実施する場面	○	○

1-4. 本書の特徴

本書の特徴は、既存資料の情報や、複数の再生可能エネルギー事業関係者（補助事業を活用した再生可能エネルギー設備導入者、学識経験者、再生可能エネルギーの関係団体、メーカー、設計・施工会社等）からの貴重な意見をもとに、再生可能エネルギー設備を導入する際のリスクを抽出し、リスク対策の優先順位付けを行っている点です。

また、リスクとそれを顕在化させないための対策（以下「リスクとその対策」といいます。）を、再生可能エネルギー設備の導入計画から廃棄・撤去までの事業期間を通して俯瞰（ふかん）できるよう体系的に整理している点です。

さらに、再生可能エネルギー設備、蓄エネルギー設備、省エネルギー設備を複合的に導入するシステム（以下「再省蓄エネシステム」といいます。）のリスクとその対策例も紹介しています。

リスクの抽出は、既存資料のほかに、再エネ電気・熱事業及びグリーンプラン・パートナーシップ事業の採択事業者を対象にアンケート及びヒアリングを実施し、そこで得られた情報をリスク分類別に整理し、それらを「事業への影響度」及び「発生頻度」の2軸で評価してリスク対策の優先順位付けを行っています。

事業期間を通して俯瞰できるよう体系的に整理したリスクとその対策は、リスクが顕在化する事業段階から時間を遡りリスク対策を整理する、すなわちバックキャスティングによる方法を採用しています。

これまで整備されてきたマニュアル／ツール等と本書の関係を以下と図 1-4-1 に示します。

- これまで整備したマニュアルは、再エネ設備を導入する際に採算性を評価するための「事業性評価シート」と、同設備の事業継続性を高めるためのリスクマネジメントをまとめた「再エネ設備導入者向けマニュアル（案）」です。これらツールやマニュアルは、「再エネ電気・熱事業」において、補助事業者が申請する際や環境省が審査する際に活用してきました。今回整備したものは、これまで整備したマニュアルやツール等の情報を集約し、また、地方公共団体の再エネ支援策、再エネ補助事業の知見等を反映し、様々な場面で広く活用できるよう改訂しました。
- 今回整備した本書は、これまでの「再エネ設備導入者向けマニュアル（案）」で紹介したリスクとその対策の一部を改訂したものです。また、災害発生時に再エネ設備の電力を供給するための運用事例や、再エネ電気・熱事業の事例を新たに掲載したものです。
- 同様に、今回整備した分冊「地域における再生可能エネルギー設備導入の計画時の留意点～コスト等の把握を通じた事業性の評価～」の2章では、地方公共団体がこれまで実施してきた再エネ支援策にて培われた経験（支援策の検討・運用プロセス、課題・解決策等）や、再エネ設備の導入を行う民間企業等が実施してきたことなど様々な知見等※を“参考”として紹介しています。3章では、補助事業の審査者側（地方公共団体）と申請者側（再エネ事業者）という立場・視点に分けて評価方法等を、4章では、再エネ設備種別に採算性の算定の記入例を分かりやすく掲載しています。

注) 様々な知見等※：地方公共団体、再エネ事業者、エネルギー関連団体にヒアリングを実施し、得られた知見等のうち、他の地方公共団体や再エネ事業者にも参考になるものを指します。

<「再エネ電気・熱事業」で、環境省がこれまで整備してきたマニュアル/ツール等>

事業性評価シート
補助事業の申請者が、健全な事業運営や事業目標達成のために、採算性（投資回収年数）を算定し、事業リスクについてチェックを行うツールです

再エネ設備導入者向けマニュアル(案)
再エネ設備を導入する事業者が、事業の計画段階から想定される事業リスク及び実施可能なリスク対策に関する情報等を把握するためのマニュアルです

<地方公共団体、再エネ事業者、エネルギー関連団体の知見等>

地方公共団体がこれまで実施してきた再エネ支援策にて培われた経験や、再エネ導入取組を行う民間企業等が実施して得られたこと等（ヒアリング調査で得られた知見等）

<今回、環境省が整備した図書等>

地域における再生可能エネルギー設備導入の計画時の留意点
～コスト等の把握を通じた事業性の評価～

環境省で蓄積されたノウハウや整備されたマニュアル/ツール等を集約しつつ、そこに地方公共団体の再エネ支援策、再エネ補助事業の知見等を加味することで、地方公共団体や再エネ事業者が様々な場面で活用できる図書です。

【本書】

地域における再生可能エネルギー設備導入の計画時の留意点
～再生可能エネルギー設備導入に係るリスクとその対策～

再エネ設備導入者向けマニュアル(案)について、災害発生時に役立つ再エネ設備の平常時と災害時それぞれを想定した設備運用の仕方等の知見を新たに盛り込み、改訂しました。

集約
概要を紹介
改訂
知見等を紹介

図 1-4-1 これまで整備されてきたマニュアル/ツール等と本書の関係

1-5. 本書の構成

本書は、「1章 本書の概要」、「2章 再生可能エネルギー事業のリスクとその対策」、「3章災害発生時の再生可能エネルギー設備等の運用事例集」、「4章再生可能エネルギー電気・熱自立的普及促進事業の事例集」で構成されています。

2章は、各再生可能エネルギー事業に関するリスクとその対策を紹介しています。各節のタイトルとなっている再生可能エネルギーは、再エネ電気・熱事業で補助対象となっていた設備名を記載していますが、類似した設備を対象とした補助事業の申請や評価に活用することが可能です。

各節の構成は、「事業の流れ」、「リスクの分類」、「リスクとその対策の一覧」「参考資料」、「用語解説」で構成されます。「リスクとその対策の一覧」はリスク分類ごとに分けて掲載しています。また、リスク評価による重大度を★の数で掲載し、重大リスクを視覚的に把握しやすくしています。複数の再生可能エネルギー事業を計画している場合は、該当する節を参照することを想定しています。

表 1-5-1 本書の構成

構成		頁
1章	本書の概要	p.1
2章	1 節 太陽光発電設備導入に係るリスクとその対策	p.17
	2 節 風力発電設備導入に係るリスクとその対策	p.49
	3 節 バイオマス（発電、熱利用、発電・熱利用）設備 ¹ 導入に係るリスクとその対策	p.87
	4 節 水力発電設備導入に係るリスクとその対策	p.123
	5 節 地熱（発電、熱利用、発電・熱利用）設備 ² 導入に係るリスクとその対策	p.155
	6 節 太陽熱利用設備導入に係るリスクとその対策	p.187
	7 節 地中熱利用設備導入に係るリスクとその対策	p.213
	8 節 温度差エネルギー熱利用設備導入に係るリスクとその対策	p.235
	9 節 雪氷熱利用設備導入に係るリスクとその対策	p.261
3章	災害発生時の再生可能エネルギー設備等の運用事例集	p.289
4章	再生可能エネルギー電気・熱自立的普及促進事業の事例集	p.297

1 バイオマス事業には、木質バイオマス及び湿潤バイオマス（家畜糞尿、食品廃棄物、下水汚泥など）を原料とした発電事業（バイオガス発電含む）、熱利用事業、発電・熱利用事業が該当し、バイオマス燃料製造の内容を含んでいます。

2 地熱発電事業には、バイナリー発電、温泉に付随する可燃性天然ガスによる発電事業が該当します。

1-6. 本書で取り扱うリスク分類

本書で対象とするリスクは「制度リスク」「土地リスク」「環境リスク」「完工リスク」「資源リスク」「性能リスク」「自然災害リスク」「需要リスク」「追加コスト発生リスク」「人的リスク」の大きく10項目に分類しています。それらの概要を表 1-6-1 に示します。

表 1-6-1 本書で対象とするリスク分類

分類	リスク概要
制度リスク	規制、許認可、制度改正、系統連系に係るリスクのほか、合意形成に関するリスク
土地リスク	事業用地取得時の契約、事業用地の利用継続に係るリスク
環境リスク	事業活動による環境変化が、人の健康や生態系に影響を及ぼすリスク
完工リスク	コスト・タイムオーバーランにつながる設計・施工、EPC 業者等、資金調達に係るリスク
資源リスク	資源調達時における量及び質、調達価格に係るリスク
性能リスク	システム効率の低下につながるメンテナンス不足、機器トラブルに係るリスク
自然災害リスク	自然災害（暴風、豪雨、豪雪、洪水、地震など）やそれに伴う土砂災害（斜面崩壊、地すべりなど）、落雷などに係るリスク
需要リスク	エネルギー需要の変動、契約更新に係るリスク
追加コスト発生リスク	資源の品質基準の不一致、機器損傷、物損・人的被害の損害賠償、メーカー保証適用事項との不一致、機会損失、ユーティリティコスト増加、事業終了後の原状回復などに係るリスク
人的リスク	オペレーションミス、メンテナンス体制や人材不足に係るリスク

1-7. 本書におけるリスクマネジメント

1-7-1. 一般的なリスクマネジメントの定義

一般的に「リスクマネジメント³」は、以下①から④に示す手順により、リスクを合理的かつ最適な方法で管理することと言われており、事業者固有の事情（事業理念や方針等）を考慮したリスク対策を選択・実施することです。

- ①リスクの抽出：事業者は関係するリスクを洗い出します。
- ②リスク評価：抽出したリスクを「事業への影響度」と「発生頻度」の基準に当てはめた2軸評価から、事業者はリスクの大きさを認識します。
- ③リスク対策：リスク評価結果を基に、事業者は特に「事業への影響度」及び「発生頻度」の大きい重大リスクへの対策を検討します。
- ④意思決定：事業者固有の事情（事業理念や方針等）を考慮し、リスク対策の優先順位付けを行い、リスク対策を選択・実施します。

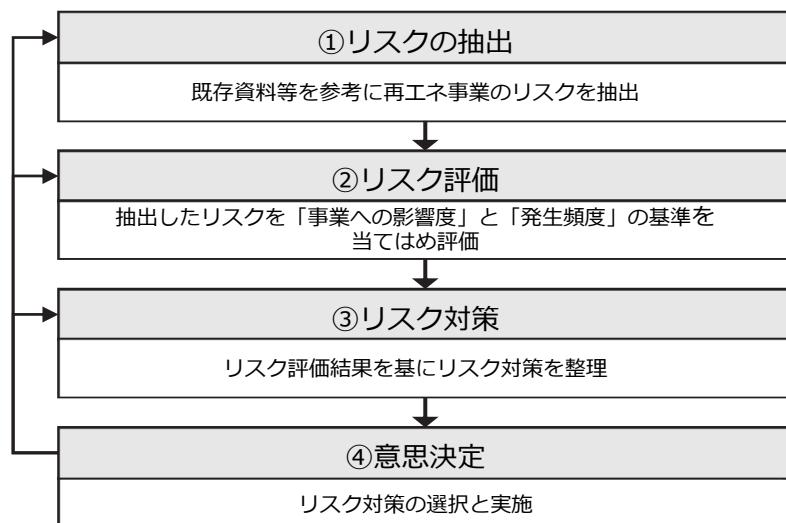


図 1-7-1 リスクマネジメントの手順

3 経済産業省（2004）「事業リスクマネジメント テキスト」を参考に作成。リスクとその対策は、（1）リスクの把握・評価、（2）リスクへの対応、（3）リスク情報の伝達、の3つのステップから構成されています。うち（3）リスク情報の伝達については、事業者によって考え方、方法等が異なるため、本書では対象外としています。同テキストでは「リスクに関する情報やリスクとその対策のプロセスの情報漏えいを防ぎつつ、迅速、適切に記録、保管、表現、提供し、社内の情報共有、社外への情報開示を提示してステークホルダーの信頼を勝ち取る。またそのための社内組織、手続き行動規範を確立する」としています。

1-7-2. リスク評価の考え方

本書では、個々のリスクについて、その評価の不統一をできるだけ回避するため、表 1-7-1、図 1-7-2 に示すように、「事業への影響度」及び「発生頻度」という評価基準を採用し、それぞれ3段階で評価しています。なお、本書では、事業への影響度の大きさを、**事業資産**の毀損（きそん）状態による事業への影響、又は収入の減少という視点で評価しています。

一般的に、「事業への影響度」と「発生頻度」の積で表されるリスクの大きさは、積の値が同じ場合、例えば事業への影響度が小さく発生頻度が高い「リスクマップの C2」と比較し、事業への影響度が大きく発生頻度が低い「リスクマップの B3」の方が、重大リスクとして認識される傾向があります。

このように同じ基準を採用することで、再生可能エネルギー間におけるリスクの大きさの比較は可能です。ただし、再生可能エネルギー事業を行う場合は、規模や特性、地域性等、事業特性を踏まえ、目標とする事業収支に合わせて個別に評価基準を設定することが必要となります。

表 1-7-1 リスク評価基準

事業への影響度	1 : 小	個々の 事業資産 のうち一部の入替えが発生（中程度以下の影響）
	2 : 中	個々の 事業資産 のうち大部分の入替えが発生（重大な影響）
	3 : 大	事業停止（甚大な影響）
発生頻度	A : 低	事業期間内に 1 回程度発生
	B : 中	数年（概ね 5 年以内）に 1 回程度発生
	C : 高	1 年に 1 回発生

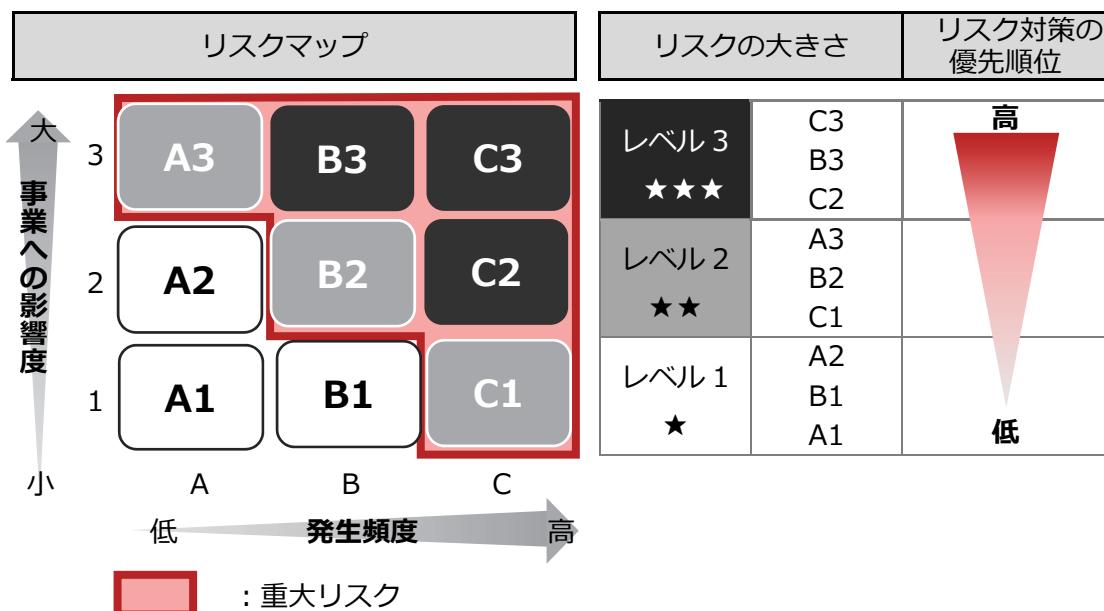


図 1-7-2 本書におけるリスク評価の考え方

1-7-3. 一般的なリスク対応方針（低減、回避、移転、保有）

リスクを事業への影響度及び発生頻度の基準で配置した場合のリスク対応方針を図 1-7-3、表 1-7-2 に示します。対応方針には、「リスク低減」、「リスク回避」、「リスク移転」、「リスク保有」があり、うち「1-7-2. リスク評価の考え方」で示した、リスクレベル 1 に対して対策を講じることは、費用が掛かり、投資が無駄になる可能性があるなどの理由により、リスクを保有することが合理的と判断されることがあります。

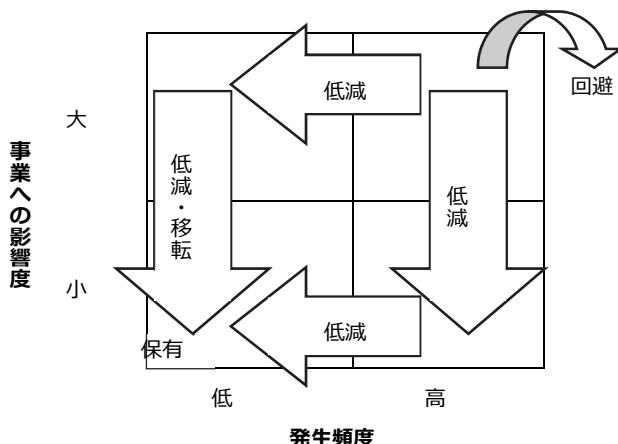


図 1-7-3 リスク対応方針

出典： 経済産業省（2005）「先進企業から学ぶ事業リスクマネジメント実践テキスト」を参考に作成

表 1-7-2 リスクの対応方針とその内容

対応方針	内容
リスク低減	特定のリスクに関する確からしさ若しくは発生確率、好ましくない結果又はその両者を低減する行為です。リスクの発生頻度を低減させる「リスクの予防・防止」、事業への影響度を低減する「リスクの軽減」の観点からリスクをコントロールするものです。
リスク回避	リスクのある状況に巻き込まれないようにする意思決定又はリスクのある状況から撤退する行動です。リスクを伴う業務を全て中止するということです。
リスク移転	特定のリスクに関する損失の負担を他者と分担することです。リスク移転は保険や契約によって行われる場合が多いようです。例えば、リスクの顕在化により被ることが予想される損害額を算出し、その金額と同等の保険を掛けるという対応は、保険会社へのリスク移転を意味します。
リスク保有	特定のリスクに関する損失の負担の享受です。リスクの発生頻度が低く、事業への影響度が小さなリスクについては、何がなんでもリスク対策を講じる必要はないということです。そのようなリスクについては、あらかじめリスクを保有することを宣言し、無駄なコストは発生させないことが費用対効果の観点からも有用となります。

出典： 経済産業省（2005）「先進企業から学ぶ事業リスクマネジメント実践テキスト」を参考に作成

1-8. 再生可能エネルギー事業に関する用語解説

「1章 本書の概要」で示した太文字の用語解説となっています。一般の用語集とは異なり、技術的な解説は必要最小限にとどめていますので、技術面の詳細は専門書等を参照してください。

EPC

Engineering, Procurement, Construction の略称。「ターンキー契約」と同等で、設計(Engineering)、調達(Procurement)、建設(Construction)を含む、プロジェクトの建設工事請負契約のこと。

FIT

FIT (Feed-in Tariff) とは、固定価格買取制度のことであり、再生可能エネルギー源(太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス)を用いて発電された電気を、国が定める固定価格で一定の期間電気事業者に調達を義務付けるもの。

再エネ電気・熱事業

2016年度から環境省が実施している補助事業。地域における再生可能エネルギー普及・拡大の妨げとなっている課題への対応の仕組みを備え、かつ二酸化炭素の削減に係る費用対効果の高い取組に対し、再生可能エネルギー設備を導入する事業等に要する経費に対して補助金を交付することにより、再生可能エネルギーの自立的普及を促進し、もって地球温暖化対策計画に掲げる温室効果ガス削減目標の達成への貢献を通じた低炭素社会の実現に資することを目的とした事業。

事業資産

再生可能エネルギー事業を営む上で必要な、「設備・機械、許認可や**水利権**等の各種権利、重要な事業パートナーとの契約や良好な関係、事業に適した立地、及び知財・人材」等のこと。

2. 各再生可能エネルギー設備導入に係るリスクとその対策

2-1. 太陽光発電設備導入に係るリスクとその対策

本書について

| 引用・資料について

引用又は参考にした資料を、節末の「引用・参考資料」に記載しています。

| 用語について

太文字（例：EL 検査）で記載されている用語は、節末の「用語解説」においてその内容を説明しています。

2-1-1. 太陽光発電導入の流れとリスクとその対策の考え方

太陽光発電設備の事業計画から撤去・処分までの大まかな流れを図 2-1-1 に示します。本書では、リスクが顕在化する事業段階（設計・施工、運転管理、撤去・処分）から事業計画段階まで遡り、各段階で取り得るリスク対策に優先順位を付けて体系的に整理しています。なお、再生可能エネルギー設備、蓄エネルギー設備、省エネルギー設備を組み合わせて導入するシステム（以下「再省蓄エネシステム」といいます。）のリスクとその対策例も紹介（該当リスクは表内で「<再省蓄エネシステムの場合>」と記載）しています。

「2-1-3. 太陽光発電設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧」にて例示しているリスクとその対策には、関係法令及び条例への対応に係る内容を一部含んでいますが、遵守すべき法令や条例への対応を網羅しているとは限らないため、各事業者の責任の下で設備を設置する土地を管轄する地方公共団体等に事前に相談、確認をした上で必要な対応を実施することが求められます。なお、地方公共団体の相談先が明確でない場合は、都道府県や市町村の再生可能エネルギー関連部局に相談することが有効です。

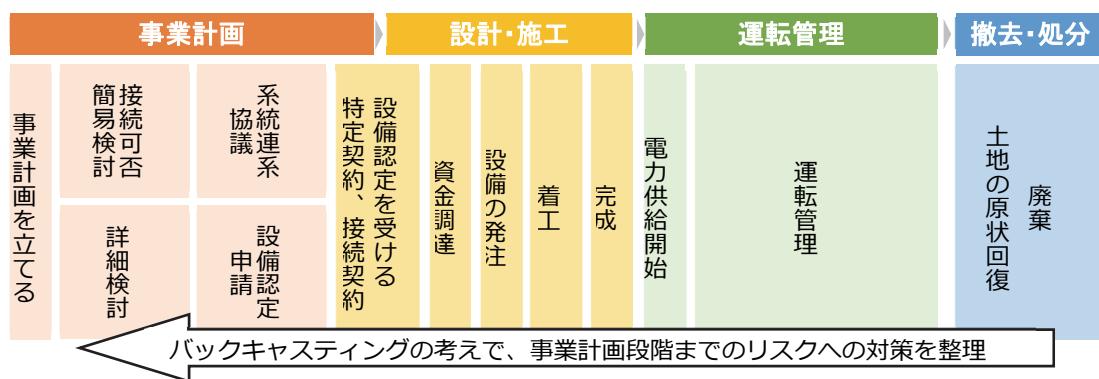


図 2-1-1 太陽光発電事業の流れ

出典：環境省（2018）「地域における再生可能エネルギー事業の事業性評価等に関する手引き（金融機関向け）Ver 3.1 太陽光発電事業編」より作成。

2-1-2. 太陽光発電設備導入に係るリスクの分類

本書で取り扱っている太陽光発電設備導入に係るリスクを分類別にまとめると表 2-1-1 のようになります。

（リスクの考え方やリスクマネジメントの説明については 1 章を御参照ください。）

表 2-1-1 太陽光発電設備導入に係るリスク分類別のリスク数

リスク分類	リスク概要	リスクの数 [*]	頁
制度リスク	規制、許認可、制度改正、系統連系に係るリスクのほか、合意形成に関するリスク	6	p.22
土地リスク	事業用地取得時の契約、事業用地の利用継続に係るリスク	6	p.24
環境リスク	事業活動による環境変化が、人の健康や生態系に影響を及ぼすリスク	1	p.27
完工リスク	コスト・タイムオーバーランにつながる設計・施工、EPC 業者等、資金調達に係るリスク	10	p.31
資源リスク	資源調達時における量及び質、調達価格に係るリスク	2	p.33
性能リスク	システム効率の低下につながるメンテナンス不足、機器トラブルに係るリスク	8	p.34
自然災害リスク	自然災害（暴風、豪雨、豪雪、洪水、地震など）やそれに伴う土砂災害（斜面崩壊、地すべりなど）、落雷などに係るリスク	6	p.36
需要リスク	エネルギー需要の変動、契約更新に係るリスク	3	p.37
追加コスト発生リスク	資源の品質基準の不一致、機器損傷、物損・人的被害の損害賠償、メーカー保証適用事項との不一致、機会損失、ユーティリティコスト増加、事業終了後の原状回復などに係るリスク	11	p.38
人的リスク	オペレーションミス、メンテナンス体制や人材不足に係るリスク	6	p.40
	計	59	

※：本項で扱うリスクの数

次項 2-1-3. に太陽光発電設備導入に係るリスクとその対策をリスク分類（大項目）別に掲載しています。事業計画時にはこちらを参考にして事業のリスクを抽出して必要なリスク対策の検討に活用してください。

図 2-1-2 のように事業への影響度と発生頻度からリスクをレベル分けし、★の数でリスクの大きさを示していますので、重大リスクから優先的に対策を行うことが可能です。

リスク対策については、事業段階別に分けて掲載しています。各事業段階で可能なリスク対策を把握し、事業に必要なリスク対策を計画的に実行していくことが肝要です。

なお、リスクは個別事業の事情により異なるものもあるため、起こり得る全てのリスクを網羅しているわけではないことに御注意ください。

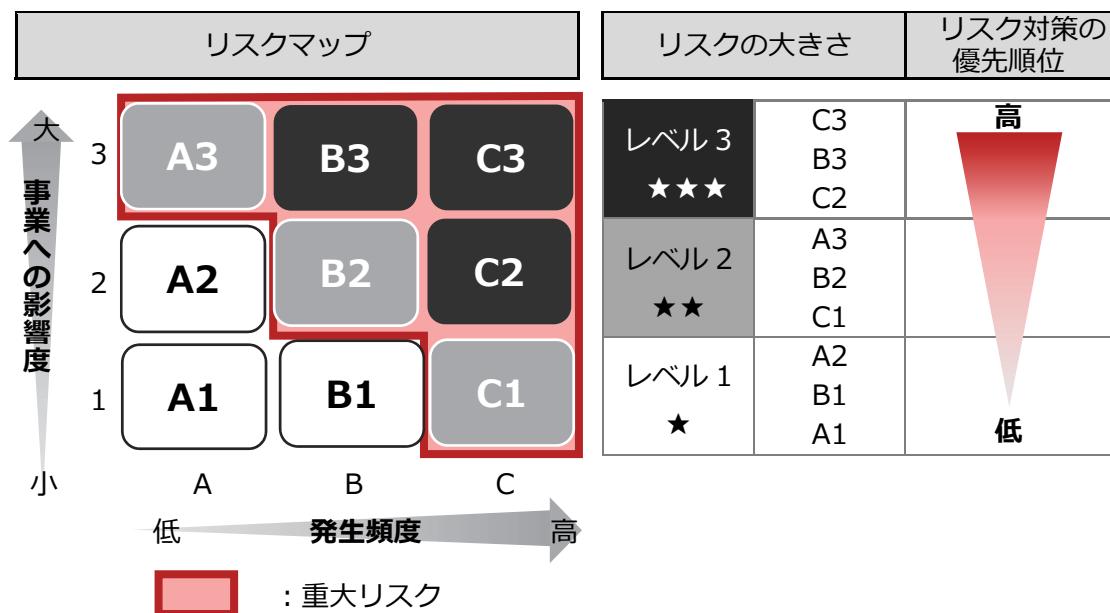


図 2-1-2 本書におけるリスク評価の考え方

2-1-3. 太陽光発電設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧

太陽光発電設備導入に係る重大リスクのうち、レベル3に該当するリスクとその概要について事業段階ごとに一覧で整理しました。各リスクの詳細とその対策については参照ページをご確認ください。

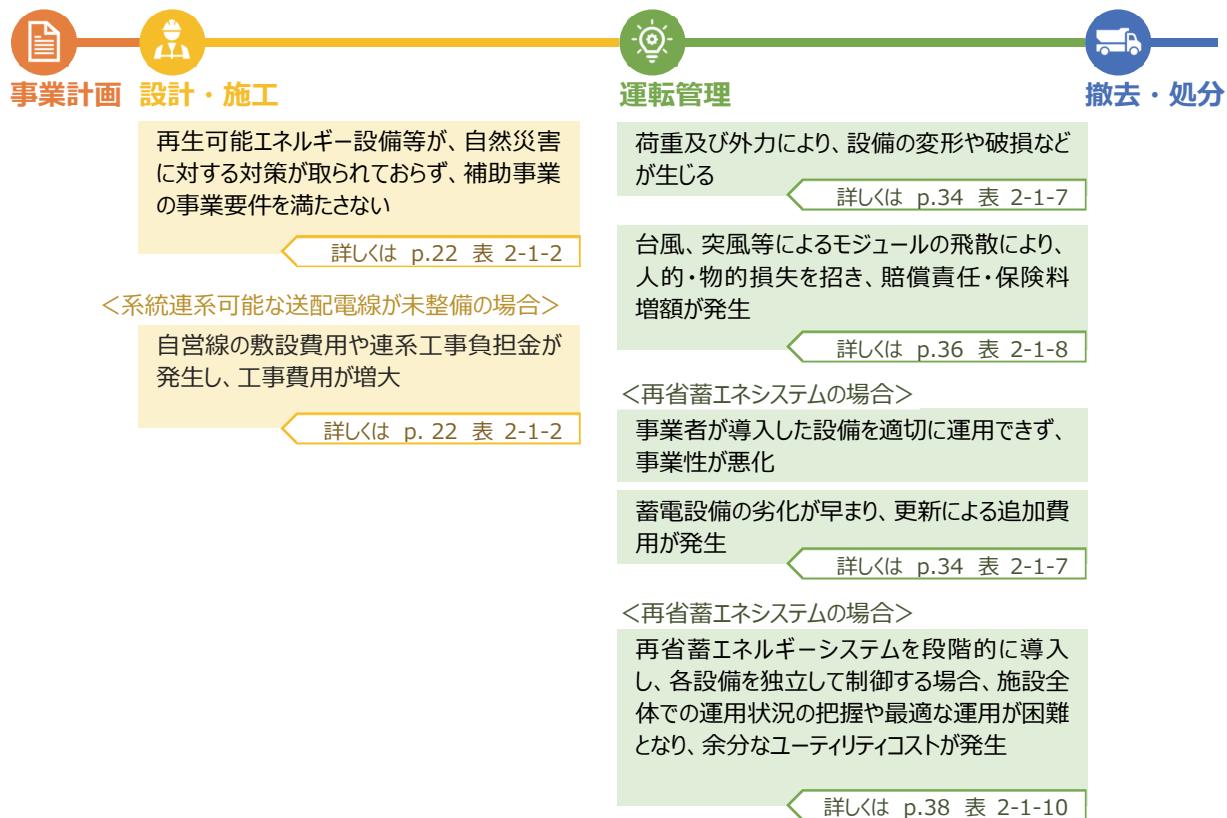


図 2-1-3 太陽光発電設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧

2-1-4. 太陽光発電設備導入に係るリスクとその対策の一覧

(1) 制度リスク

本書では太陽光発電設備導入に係る制度リスクとして、設備導入者によるコントロールの及びにくい、許認可、規制、制度改正、地域住民等との合意形成などに起因するリスクと対策例を紹介しています。リスクレベル3の重大リスクとして、補助金で導入した再生可能エネルギー設備等が、自然災害への対策が取られておらず、事業要件を満たさないおそれが挙げられます。

表 2-1-2 太陽光発電設備導入に係る制度リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
事業計画段階	事業による環境への影響（水質、騒音、景観等）が顕在化し、関係者と事業継続に係る合意形成が図れず事業が中断・中止する。	★★	事業計画段階	計画段階で、環境の現況調査を実施するとともに、水質や騒音等については環境基準を正しく理解した上で事業申請を行う。景観等については、慎重に地元と関係構築をしつつ合意形成を図る。なお、対策が必要な場合は、複数の環境配慮対策を検討し、関係者との協議を踏まえた設計・施工・運転管理計画を作成する。
			設計・施工段階	地方公共団体が再生可能エネルギー設備設置に景観形成基準を定めている場合は、配置、色彩などを基準に適合させた設計を行う。施工段階における環境への影響をモニタリング（状態を監視、観測や測定）し、その状況を関係者と共有する。環境への影響変化の兆候を確認した場合は、関係者と協議を行い、新たに環境配慮対策を考慮した施工を行う。
			運転段階	運転段階においても環境への影響をモニタリングし、環境への影響変化の兆候を確認した場合は、関係者と協議を行い、新たな環境配慮対策を反映した運転管理計画を作成する。
事業計画段階	事業実施の事前周知や事業内容の説明、運転状況や廃棄・処分の報告不足により、近隣住民などのステークホルダーから事業実施の同意及び理解が得られない。	★★	事業計画段階	近隣住民等の事業関係者への説明会を早期かつ定期的に実施し、事業への理解の醸成、不満の早期対応に努める。
			設計・施工段階	定期的に近隣住民等の事業関係者へ設計・施工状況の報告を実施し、事業への理解の醸成、不満の早期対応に努める。
			運転段階	定期的に近隣住民等の事業関係者へ運転状況の報告を実施し、事業への理解の醸成、不満の早期対応に努める。
			廃棄・処分段階	近隣住民等の事業関係者へ廃棄・処分状況の報告を実施し、不満の早期対応に努める。
設計・施工段階	<系統連系する場合>発電設備の設置場所周辺に系統連系可能な送配電線が未整備の場合は、 自営線 の敷設費用や連系工事負担金が発生し、工事費用が増大する。	★★★	事業計画段階	系統連系が可能な場所に近接している、重機が入りやすい等の条件に該当する計画地を複数検討し、 自営線 の整備を低コストで実施可能な場所を選定する。

リスクの内容	リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	★★★	設計・施工段階	自然災害（地震・地すべり・台風・集中豪雨・豪雪・津波など）に対する災害対応基準（設備の耐震設計に関するガイドラインなど）やそれに類するもの（各種再生可能エネルギー設備の設計・施工のガイドライン、地方公共団体等が公表しているハザードマップなど）に従い設計図書等を作成し、それに基づき、所要の安全度が確保されるように設計・施工を行う。
運転段階	★★	運転段階	許認可、規制に係る制度の変更によって、経費の支払が増える。あるいは、事業計画の変更の必要性が生じる。 特に近年は、電力システム改革による制度変更（FIT法改正、発電側基本料金の開始等）が多く、発電事業に大きな影響を及ぼす。
運転段階	★	運転段階	運転段階において、税に係る制度変更を把握した時点で事業計画を見直す。

(2) 土地リスク

本書では太陽光発電設備導入に係る土地リスクとして、用地確保に係る契約、事業を借地や公有地で実施する場合のリスクと対策例を紹介しています。

表 2-1-3 太陽光発電設備導入に係る土地リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
事業計画段階	他事業者が、事業地確保のために好条件を提示したことにより、他事業者と地権者との間で先に契約締結されてしまい、土地が確保できなくなるおそれ。	★★	事業計画段階	本契約を締結する前に、期限付契約（期限を設け、期限内では他事業者と契約締結しない契約）や予約契約（将来、契約を締結することを事前に当事者が合意した契約）を締結する。例えば、地権者から「ほかの再生可能エネルギー事業者とは○箇月の間は協議しない。」や「年間土地賃借料は○円とする。」など、契約書や覚書等に明記する。
事業計画段階	計画予定地において第三者による抵当権や賃借権等の土地利用権の設定確認が遅れ、無駄なコストと時間が発生するおそれ。	★	事業計画段階	計画地の登記簿謄本（全部事項証明書）により抵当権の設定を早めに確認するといった、土地のデューデリジェンス（事業の適格性を把握するために行う調査）を行う。抵当権が設定されている場合は、他計画地を探す。若しくは、現土地所有者に照会し、抵当権抹消の可能性について確認する。抵当権が抹消できる場合は、抵当権抹消手続を進め新規に事業者が抵当権を設定して事業を進める。
事業計画段階	計画地の早期確保を目的に、予約契約として土地所有者に預けた高額の土地預託金が返還されないリスク。	★	事業計画段階	商取引の際に信頼できる第三者を仲介させ、契約内容が担保されたものとする。預託金の場合は、エスクローエージェント（請負の多くは信託会社や信託銀行）へお金を預け、何らかの事情で契約が終了した場合に預託金が返還される手法（エスクロー）を採用する。
運転段階	<事業を公有地で実施する場合>国、地方公共団体等の求めにより、事業用地を公共の用途に供することを理由に、土地使用契約を解除され、土地の利用継続が困難となるおそれ。	★★	事業計画段階	事業期間内の契約解除の際には、逸失利益相当の補償金額が地権者（地方公共団体等）から支払われる旨を、土地契約締結時の条項として入れることを交渉し、土地利用の継続性を高める。
運転段階	<事業を借地で実施する場合>事業開始後に土地の所有者（土地賃貸人）の変更（相続による変更も含む）に伴い、土地契約の内容（賃料の値上げ、支払条件、契約期間など）が見直され、事業者にとって不利な契約となるおそれ。また、土地所有者の破産、売却等により土地の利用継続が困難となるおそれ。	★★	事業計画段階	・事業期間中の利用権を有し続けることができるよう、長期利用権を取得する。また、賃貸借契約において、賃借権の登記を行い、土地利用権の保有策を講じる。 ・事業期間が非常に長期にわたることが一般的であるため、買取を原則とする。また、土地所有者が変更しても、事業期間中の利用権を継続できるように、賃貸借契約の内容が担保される契約（物価の変動以外の理由で賃料引上げを行わないとする条項の追加など）にしておき、将来的な相続等で賃料引上げがされることがないように対抗要件を具備する。事業期間に応じた地上権、地役権、賃借権を設定する。



リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	<屋根置きの太陽光発電設備を設置する場合>屋根部分だけに賃借権の設定登記を行うことができないため、建物所有者が変更になった場合、新所有者に対し屋根の賃借権を主張することができず、最悪の場合は屋根から設備を撤去せざるを得ないおそれ。	★★	設計・施工段階	抵当権のついていない建物を選択する。若しくは、長期にわたって安定的に借用の可能性が高い、公共施設や経営が安定している工場等（金融機関と長い取引関係があり経営が安定している事業者所有建物）を選択する。建物所有者との契約内容に、「第三者に建物を売却する際には必ず屋根に設置したモジュールも含め売却する」を入れて締結する。

Column

開発工事（行為）の許認可

執筆：一般社団法人 太陽光発電協会

土地の面的開発等には、太陽光発電所建設に限るものではありませんが、法令により事前の申請・届出を必要とする場合があり、このような手続の遵守は土地造成等の専門の事業者にとっては常識で、リスク以前の問題のため、本書では詳述されていません。しかしながら、適切に所管の行政窓口と相談をし、手続の要否を確認しながら事業を進めることは、その地域との共生を考えても非常に大切です。

法令等の詳細な解説は他の資料に譲るとして、以下に、いわゆる“よくある間違い・勘違い”を挙げてみます。読者の気づきにつながることがあれば幸いです。

| 農地の転用

農業もしながら発電もする「ソーラーシェアリング（営農型太陽光発電）」でない限り、農地に発電所は置けないので「農地転用手続」が必要です。では、そもそも、その土地が「農地」であるかどうかは、どうやって確認するべきでしょうか。唯一の方法が、市区町村の「農業委員会」が管理する台帳（農地台帳）の確認です。土地登記簿の地目では確認できません。

| 林地開発許可制度

開発地域の中に都道府県の地域森林計画の対象民有林が1ha以上含まれれば、都道府県知事の開発許可が必要です。土地登記簿に山林となっていないから対象外、というのは上記の農地と同様、誤りで、都道府県の「林務事務所等」での確認が必要です。1ha以上の開発を、複数年に分けて実施する、分筆して複数の所有者へ分けてそれぞれ開発する等々によっても、申請が不要にはなりません。これらは「一団の土地」と認識され、開発許可が必要になります。

| 宅地造成等規制法[※]

太陽光発電所を設置する場所は土地登記簿の地目が「宅地」ではないから、本法は無関係、というのは誤った理解です。宅地造成等規制法における「宅地」は、農地・採草放牧地・道路・公園・河川等以外、ということなので、太陽光発電所を設置する土地は、本法での「宅地」に該当します。

宅地造成工事規制区域内で、土地を「宅地」に転用するには（太陽光発電所を設置するには）都道府県知事等の許可が必要です。（少なくとも届出は必要です。）

※宅地造成等規制法における宅地：農地、採草放牧地及び森林並びに道路、公園、河川その他政令で定める公共の用に供する施設の用に供されている土地以外の土地をいう。（宅地造成等規制法第2条第1項）

(3) 環境リスク

本書では太陽光発電設備導入に係る環境リスクとして、設備設置時の土地開発行為による土砂災害に関するリスクと対策例を紹介しています。なお、「事業による環境への影響が顕在化し、関係者と事業継続に係る合意形成が図れず事業が中断・中止する」といった一般的な合意形成に関するリスクと対策例は、制度リスクで取り扱っています。

表 2-1-4 太陽光発電設備導入に係る環境リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	再生可能エネルギー設備設置のために土地開発行為をした場合、周辺への雨水や土砂の流出、地すべり等が発生するおそれがある（引用資料 1）。	★★	事業計画段階	・地方公共団体の指導要綱やガイドライン、ハザードマップ等を確認し、計画地において必要な調査（地盤、地質調査など）を実施する。 ・廃棄物処分場跡地については、周辺環境への影響に十分配慮した上で検討する。
			設計・施工段階	関係法令及び条例に従い、利用する土地の形状、形質に対応した適切な設計（①盛土、切土面保護のための擁壁、石張り、吹付け、法枠（のりわく）、法面排水などの対策、②地下水によるがけ崩れ、土砂流出のおそれがある場合は開発区域内の地下水排出施設の設置、③軟弱地盤の場合は地盤改良、擁壁、水抜き等の措置、④集中豪雨等の降雨量等から想定される雨水が有効に排水できる排水路改修や調整池等設置の対策など）を行う（引用資料 1）。

Column

事業計画段階における地形・地質評価の重要性

～土地開発行為に伴う土砂災害発生リスク～

執筆：パシフィックコンサルタント株式会社

国土基盤事業本部 地盤技術部

山間地や丘陵地などに再生可能エネルギー設備が設置される場合、平坦（へいたん）な土地を確保するために土地の造成（切土・盛土）が行われることになります。

土地の造成を行う場合、沈下や液状化、斜面や法面（のりめん）の崩壊と共に伴う河川の堰止め（湛水＝たんすい）など、地形や地質に起因した様々なリスクが存在しており、場合によっては、設備自体の破損や機能不全、周辺環境へ影響を及ぼすような土砂災害を引き起こす可能性もあります。

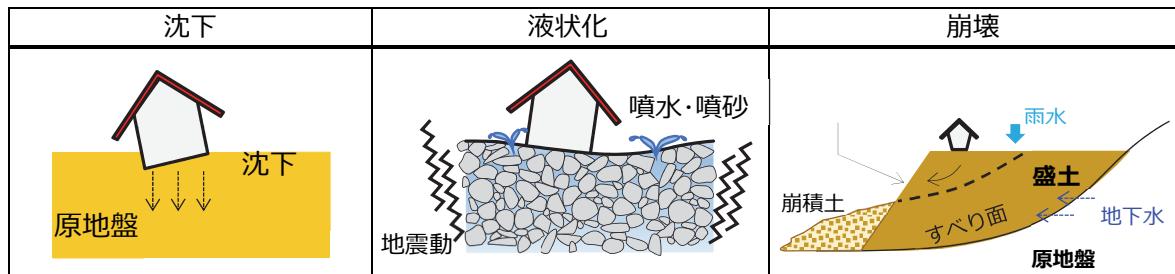


図 地形・地質に起因した様々なリスク

事業計画段階での適地選定において十分な事前確認を怠った結果、追加調査や設計変更、災害発生時の対策費用の発生など、事業の存続可否にも影響する深刻な事態を引き起こすことも考えられます。ただし、下表に示したとおり、事前計画段階において、既存文献や現地状況、法令等を十分に確認しておくことで、土砂災害発生リスクを低減・回避することができます。

表 事前に確認すべき事項と注意すべき要件の例

項目	確認すべき事項	注意すべき要件の例
文献調査	地形図、空中写真などによる対象地周辺も含めた地形状況や河川状況 各種の地質調査報告書・文献による対象地の地質分布・構造 土地の災害履歴など	崩壊地形、地すべり地形、河川の氾濫原など 軟弱地盤、液状化、断層、火山帯や変質帯の有無など 落石や斜面崩壊などのほか、地盤沈下、地震時の液状化などの災害履歴の有無
現地調査	地形や地質、土地利用状況など	新たな崩壊箇所、既存対策工、不法投棄の有無など
基礎地盤調査	設計に必要な情報（物理特性、化学特性、盛土材料の材料特性等）	軟弱地盤、液状化など 自然由来重金属等の基準値超過など
その他	砂防4法 [*] をはじめとする関連法令 地名：過去の地形変遷の手掛かりとなる場合あり	地すべり防止区域や砂防指定区域などの区域指定の有無 湿地や氾濫原：ケミ（検見川・花見）、ソネ（曾根・大曾根）など

^{*}砂防4法：砂防法、地すべり等防止法、急傾斜面の崩壊による災害の防止に関する法律、土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律（通称：土砂災害防止法）。

これらの確認を怠ると、設計・施工段階や施設稼働時まで、長期にわたって土砂災害発生リスクを抱えた状態となります。土地造成の切土を例にとると、対象地に分布する地質や地形条件、あるいは用地等の制約により、標準的な法面勾配を適用できない場合があります。しかし、事前にこれら確認時に得られた情報を活用することで、最適な対策を講じることができ、将来的な土砂災害発生リスクとこれに伴うコストを低減することが期待できます。例えば、軟弱地盤の場合には地盤改良等の対策を講じることができますし、落石や崩壊のおそれがある斜面が背後に存在する場合は、法面や斜面を安定させる対策工を実施するほか、被害が想定される範囲から離れた場所に重要施設を計画するなどの対応も考えられます。このように、事業計画段階では不要に思っても、将来を見越した調査を実施しておくことが重要です。

ただし、把握した情報の評価については専門的判断を要することから、必要に応じて調査業者・設計業者の助言を仰ぐことも考えてください。

Column

運転管理段階における土構造物などの点検の重要性

執筆：パシフィックコンサルタント株式会社

国土基盤事業本部 地盤技術部

再生可能エネルギー設備稼働後、施設・機械自体については定期的に点検・維持管理が行われている一方で、周辺の斜面や土構造物（盛土・切土など）については十分な維持管理が行われていないうちがあります。

盛土・切土工や付随する対策工（落石対策工・法面保護工など）についても、施設・機械と同様、年を経るにつれて老朽化・脆弱（ぜいじやく）化するとともに、想定外の異常事象（豪雨・地震など）によって変形・破損が生じる場合があります。従って、維持管理段階では施設・機械の点検だけでなく、周辺の地盤や斜面、土構造物（盛土・切土など）、付随する対策工についても、変状が生じていないか？異常が見られないか？などについて注意を払う必要があります。

土構造物の点検では、平常時の点検（日常・定期・季節ごと）に加えて、自然を相手にすることから、異常時の点検（台風、豪雨、地震後など）を行うのが一般的です。

下表に法面や斜面の点検で着目する土砂災害につながり得る変状の一例を示します。

表 点検で着目すべき変状と土砂災害リスク（一例）

着目すべき変状	土砂災害リスク
亀裂・はらみ出し	・法面や斜面の崩壊、剥落（吹付け工）
湧水・にじみ出し	・盛土や斜面のゆるみ、法肩部でのすべり ・法面・斜面の洗堀 → 土砂の流出
落石や崩土の堆積	・斜面の安定性低下（オーバーハングの形成など） ・周辺施設へ影響 (ポケットが埋まることによる防護機能の低下)
植生の状況（根曲がり・倒木など）	・地すべりや大規模崩壊の兆候 ・落石や斜面の表層崩壊
法面の肌落ち	・雨水の盛土内への浸透→盛土の安定性低下

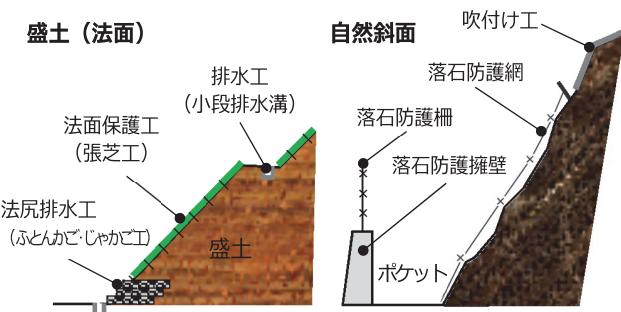


図 土構造物と各種対策工（例）

このように点検では様々なことに着目する必要があります。そのため、点検に先立って、その施設や場所、点検対象に応じた計画（点検時期・項目）を策定することが重要となります。

そして、この計画に基づき適切に点検することで、施設自体や周辺施設へ影響を及ぼすような土砂災害リスクを未然に防ぐと共に、変状が認められた場合でも、応急対応や迅速な対策を施すことができ、将来の土砂災害リスクを低減することが可能となります。このように、点検は施設を長く使用（長寿命化）していく上で重要なものであると共に、得られた様々な情報は、土砂災害リスクへの対応・対策の必要性を検討・判断する上で欠かせないものと言えます。

(4) 完工リスク

本書では太陽光発電設備導入に係る完工リスクとして、EPC事業者等の技術力不足などによる設計・施工ミス、輸送中の機器破損、盗難被害などに関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-1-5 太陽光発電設備導入に係る完工リスクとその対策

リスクの内容	リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	施工業者の与信や技術が一定レベルに達していないことにより、事業者が金融機関から融資を受けられない。	★★	事業計画段階 民間信用調査機関等に依頼し、企業与信情報を取得する。経営事項審査結果の評点の高い事業者などを確認する。
設計・施工段階	文化財の出土により工事遅延が発生し、工事費などのイニシャルコストが増加する。	★★	建設地が周知の埋蔵文化財包蔵地か確認する。埋蔵文化財調査により追加費用が必要となる場合は、リスク分担を明確にしておく。
設計・施工段階	機器部品、電子部品などの海外製品を導入する場合、日本規格と異なるため施工ミスが起こる。	★★	設計・施工段階 ・海外から導入する機器部品、電子部品などが日本規格と異なるか確認する。異なる場合は部品の組み合わせや接続方法など取り合いの図面作成し、施工ミスを防止する。 ・予定している機器に地元施工会社が対応可能か確認する。
設計・施工段階	EPC事業者等の業務遂行能力・信用力や許認可への対応が不十分な場合、計画どおりの期間・予算・性能で完工しない<引用資料3>。	★	事業計画段階 請負企業の事前財務チェック、企業評価の実施、請負業務による金銭的保証など履行保証を契約書に定めておく<引用資料2>。
			設計・施工段階 経験・知識豊富なEPC事業者（例えば経営事項審査結果の評点の高い事業者や類似施設・設備の施工やメンテナンスの実績を有する事業者など）へ発注する。 施工を一貫して実施可能なEPC事業者に発注する。例えば、単一の事業者が全業務を一括して請け負う（フル）ターンキー契約を結び、EPC事業者が完工の責任を負うように契約書に定める。特に、設計、調達、施工を別々に発注する場合は、責任の所在を明らかにしておく。事業者にとって計画段階で予算を確定することができるランプサム契約が可能か検討する<引用資料3>。
設計・施工段階	運用を考慮せずに設計した場合は、不必要的設備や機能を過剰に導入するため、設備費や工事費などイニシャルコストが増える。	★	事業計画段階 計画段階において、設計に必要な諸条件（目的、用途、負荷、準拠図書など）を明確化する。
			設計・施工段階 技術的知見を持った第三者（コンサルタントやコンストラクション・マネージャー等）に相談し、導入する設備や機能が過大になっていないか確認する。 適切に設計するため、導入に関する基本方針（最大負荷率だけでなく平均負荷率などの施設のエネルギー特性や、既存発電機や蓄電池と併用した場合の運用など）を明確化する。

リスクの内容		リスク レベル	リスク対策例	
設計・ 施 工 段階	製造や輸送過程において、モジュールに使用される強化ガラスやセルに マイクロクラック （肉眼で確認できない程度のひび割れ）が発生し、その後クラックに発展し高湿度などの条件では、スネイルトレイル（太陽電池セル（発電素子）の表面に、黒色又は白色の線状模様が発生する現象）が発生し、発電量が低下したりパネルが劣化したりするおそれ。	★	設計・ 施 工 段階	リッドクラック の発生を予防するため、梱包方法やより振動の少ない走行ルート・方法を指定するとともに、製品の引渡し時に製品瑕疵（かし）がないか、検収手続時の EL検査 で全量検査が困難な場合はサンプル検査を実施する。また、完成検査時に併せてパネルの不具合を確認する。
	運 転 段階		運 転 段階	運転開始後は赤外線カメラや配線路探査器などによりマイクロクラックによる故障や不具合を早期に発見する。
設計・ 施 工 段階	大規模な再工ネ事業の場合は、施工期間が長いため、機器や資材（例えば換金性の高い銅線）などを人里離れた場所で保管する場合、盗難の被害に遭う。	★	設計・ 施 工 段階	資材仮置場や計画地が、市街地から離れた場所の場合、一日を通じて極端に人目に付かない場所になっていないか確認し、必要に応じてセキュリティが担保された有償の一次保管場所の利用や、一時的に有償のセキュリティサービスを利用する。また、盗難を誘発するような事業の公表は控える。
	施工段階から侵入防止用のフェンス・有刺鉄線などの設置、赤外線センサーによる侵入検知と警報ブザー、警報ランプ、LED 照明の導入、遠隔監視システムの採用などによりセキュリティを高める。		施工段階	
設計・ 施 工 段階	分離発注により、各工種の取り合い確認や工程調整等が不十分な場合、タイムオーバーランやコストオーバーランになるおそれ。	★	設計・ 施 工 段階	設計、調達、施工を別々に発注する場合には、各請負契約締結時に、契約書面上にて責任の所在を明らかにしておく。各工程において建設期間延長や変更事項が発生する可能性を考慮し、経済的な損失を最小化する内容の工事請負契約を締結する。例えば、期間延長一日当たりの違約金を設定しておく。
設計・ 施 工 段階	設計・施工の中間・完成時に検査がされず、完成図書が整備されていない、又は、内容が不十分な場合は、事業の開始後に事故や修繕などが生じても、その原因究明や計画的な修繕が困難となる。	★	設計・ 施 工 段階	・必要書類（実施仕様書、計算書、工事図、機器詳細図、試験成績書、取扱説明書など）を明記した完成図書や竣工図を受領し、それらを事業終了まで適切に管理・保管しておく。 ・特に、施工後に目視での確認が困難な箇所（埋設管等）については、施工途中の様子を記録するとともに、記録を保存しておく。
	運転・ 段階		運転・ 段階	運転段階で不具合等により改善する事項があれば、適時完成図書や竣工（しゅんこう）図を更新する。
運 転 段階	<建屋設置の場合>施工ミス（折半屋根において、 ハゼ 金物（ボルト・ナット）の増し締め未実施、屋根ぶき材の破損や隙間・ズレの発生など）により、施工後にある程度経過した際に建屋の雨漏りが発覚し、建築物の劣化・損傷が進む。	★	設計・ 施 工 段階	施工ミスを発見するため、工事における点検は、施工中と竣工後に分けて行う。施工中点検は工事完了後に不可視部分（目視困難な部分）を、竣工時点検では可視部分を実施し、不具合箇所等を取り除く。

(5) 資源リスク

本書では太陽光発電設備導入に係る資源リスクとして、日射量確保に関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-1-6 太陽光発電設備導入に係る資源リスクとその対策

	リスクの内容	リスクレベル		リスク対策例
事業計画段階	障害物により日陰の発生する時間帯があり、期待した日射量が確保できない。	★★	設計・施工段階	高い構造物や樹木の位置、日陰の発生等を考慮し、設置方向・角度を適切に設定する。遮蔽物を隣接させないために、施工業者間のコミュニケーションが密に行われているか確認する。
運転段階	悪天候など（日照時間不足、積雪、霧の発生、砂塵・粉塵など）の発生、発電量予測が不十分な場合等により、期待した日射量が確保できない。	★★	事業計画段階	日射量を詳細に予測するため、設置場所固有の特性（霧が発生しやすいなど）を考慮し、必要に応じて実績のあるコンサルタント等に依頼し予測の精度を高める。
			運転段階	日射量不足により、発電量低下に伴う事業収支の悪化をヘッジする金融商品（天候デリバティブ）を、その効果と事業収支への影響を勘案した上で利用する。



(6) 性能リスク

本書では太陽光発電設備導入に係る性能リスクとして、設計荷重、施工不良、設備劣化などに関するリスクと対策例を紹介しています。また、他の再生可能エネルギーの発電設備や熱利用設備、蓄電池等を組み合わせて導入する際のリスクと対策例は、<再省蓄エネシステムの場合>として紹介しています。

表 2-1-7 太陽光発電設備導入に係る性能リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
当工不 ³ 固有のリスク 種	運転段階	★★★	設計・施工段階	設計荷重の適正化が図られた JIS C8955:2017 の太陽電池アレイ用支持物の設計用荷重算出方法や各種ガイドラインに準じて設計を行う。また、メーカー保証に適合した強度を確保した設計・施工を行う。
	運転段階	★★★	設計・施工段階	<ul style="list-style-type: none"> ・設備の導入時において、契約内容に試運転調整の実施を明記する等により、施工者等から、導入した設備が設計時にシミュレーションしたとおりの効率的な運転となった状態（要求性能が実現された上）で引渡しを受ける。 ・EMS（エネルギー・マネジメント・システム）などにより設備の状況を監視・計測したデータを蓄積し解析・評価を行って、導入した設備が設計時のシミュレーションで想定したとおりの効率的な運転となるよう調整を行う。解析・評価に関しては、高度な知識と経験が必要となるため、必要に応じて再省蓄エネシステムの設計実績のある設計者等に依頼する。
	運転段階	★★★	設計・施工段階	蓄電池の用途（再生可能エネルギー発電設備の出力変動抑制、余剰電力吸収等、ピークシフト・ピークカット、防災電源）を計画段階で決定し、シミュレーションを行った上で、蓄電池の特性に合わせた放電深度（リチウムイオン蓄電池では 20~80%程度、鉛蓄電池では 50%程度）で運用できるよう、余裕を持った蓄電池容量の設計とする。
	運転段階	★★	設計・施工段階	<ul style="list-style-type: none"> ・再エネ設備、蓄エネ設備を構成する発電機やインバーター、コンバーター等の入出力電圧、許容電流値等の仕様を確認しシミュレーションを実施する。 ・再省蓄エネシステムの設計実績のある設計者等にシステムを設計させる。
	運転段階	★★	運転段階	<ul style="list-style-type: none"> ・運転データ等を収集・分析し、シーズン、月、日ごとに運転調整を行い、システム全体の効率を上げるようにする。 ・上記の対策を実施するために、発電機の選定を行う際は、運転状況の遠隔監視を行っているメーカーを選定する。



リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	高温多湿条件において、メガソーラーのようにパネルに高電圧が印加される場合、 PID （Potential Induced Degradation の略で、接地されたフレームとモジュール内部回路の間に大きな電位差が生じ、それに伴う電流漏れが発生する現象）により、出力特性が低下する。	★	設計・施工段階	十分な耐 PID 性能を持った太陽電池モジュールを選択する。
運転段階	高い構造物や樹木、太陽電池表面の汚れ（鳥の粪や落葉など）により、太陽電池モジュールの一部に影ができ、太陽電池セルに欠陥や劣化、 マイクロクラック がある場合、その太陽電池セルには直列接続されている他の太陽電池セルの全電圧が印加され発熱する現象（ ホットスポット ）が発生し、 バイパスダイオード が故障している場合は出力が大きく低下する。	★	運転段階	発電モニタリングや検針票等で発電量低下を確認した場合は、 ホットスポット 箇所を点検により特定し、該当する太陽光モジュールを交換する。 ホットスポット の点検は、赤外線カメラによる方法や、天候に左右されない配線路探査器による方法などを採用し、故障や不具合を早期に発見する。
運転段階	金属板など不燃材料を用いず、太陽光モジュールを屋根（可燃性の野地板等）に設置する場合、製品不具合や建物の劣化、設備劣化による発火に伴うリスクは不燃材料を用いたときと比べて高くなる。	★	運転段階	・太陽光モジュールを屋根（可燃性の野地板等）に設置する場合、金属板などの不燃材料を用いる。 ・施工業者や O&M 会社に依頼し、定期点検により発火の原因となるような不具合箇所（配線接続部の不具合等）の早期発見を行う。

(7) 自然災害リスク

本書では太陽光発電設備導入に係る自然災害リスクとして、地震、台風、突風、積雪などに関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-1-8 太陽光発電設備導入に係る自然災害リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例		
固有のリスク種	運転段階	★★★	設計・施工段階	飛散を防ぐために適した方式を選択するため、設計時にJIS C8955:2017等の基準に適合する設備の固定方式であって、メーカーの保証する複数の固定方法の中から、現地の条件に合わせて最適な固定方式を検討する。	
固有のリスク種	運転段階	★★	事業計画段階	地方公共団体が公表している地盤調査結果を参考資料として活用する。	
			設計・施工段階	・計画地周辺で局所的な揚水が行われていないか確認する。 ・計画地が、軟弱地盤の多い低地に該当しないか確認する。 ・その上で、地盤調査を可能な範囲で行う。 ・軟弱地盤に該当する場合には、軟弱地盤対策として、地盤改良工事や杭基礎工事（基礎の剛性を強めるため、部材を厚くし、基礎内の鉄筋を太くし、本数を増やす工事）を実施する。	
			運転段階	不等沈下を早期に発見した場合は地盤改良等の対策を実施する。	
固有のリスク種	運転段階	★★	事業計画段階	大雨や河川増水による浸水域や土砂災害地域は有望地点調査の段階から除外し、河川増水の発生確率の低い計画地を選択する。	
			運転段階	設備の損傷に対応するための機械保険や火災保険、逸失利益に対応するために企業費用・利益総合保険などの活用を検討する。	
固有のリスク種	運転段階	★★	設計・施工段階	斜面等へ設置する場合は、土砂流出の防止対策を実施し、水みちや基礎の洗掘の発生を抑制する、かつ近隣や水系に配慮した排水計画（恒久構造物による排水溝、排水管、調整池等の設置）を作成する。	
固有のリスク種	運転段階	★★	設計・施工段階	積雪対策（①雪の自重で落ちるようモジュール傾斜角を大きく設定、②架台前面に落ちた雪がモジュールにかかるないように地上高を設定、③雪を落ちやすくするためのモジュール表面のコーティング、④モジュール上の隙間に積雪しないようにコーティング材による隙間や段差の解消、⑤ヒーターによる融雪設備の導入、⑥雪下ろし）を実施する。⑥雪下ろしは、作業によるクラック（ひび割れ）発生が懸念されるため、実施可否をメーカーに確認した上で実施する。	
固有のリスク種	運転段階	★	設計・施工段階	凍結深度（地盤が凍結する深さ）より深い位置に基礎底板（フーチング）や杭基礎を設置する。	

(8) 需要リスク

本書では太陽光発電設備導入に係る需要リスクとして、エネルギー供給先の需要変動や契約変更時の不備に関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-1-9 太陽光発電設備導入に係る需要リスクとその対策

リスクの内容		リスク レベル	リスク対策例	
運転段階	エネルギー需要先（自家消費先や相対取引による売電・売熱先）の需要変動が季節により大きく増減することで、自家消費率が低下したり、設備の稼働率が低下したりするおそれ。	★★	事業計画段階	過去数年分のエネルギー需要データを基に、年間の変動や将来の需要予測を行い、設備の容量や運転計画を決定する。また、事業における需要変動の許容範囲を設定しておく。
運転段階	＜相対取引による売電の場合＞契約更新時（電気の買取事業者との売電契約の期間終了時の契約更新時）に、契約更新前の買取価格がFIT制度に基づく調達価格より高い場合は、低い価格に変更される。	★★	設計・施工段階	電気の買取事業者である需要先へは長期割引などのメリットを提示し、長期的な需要確保のために長期の料金単価契約を締結する。
運転段階	＜相対取引による売熱・売電の場合＞熱や電力の買取事業者の倒産によって、新たな買取事業者への売電・売熱開始までの間、収入が得られない。	★★	設計・施工段階	事前に熱や電力の買取事業者の与信力を確認しておく。買取事業者の倒産に備えて取引信用保険に加入しておく。

(9) 追加コスト発生リスク

本書では太陽光発電設備導入に係る追加コスト発生リスクとして、修理費等の増加、損害賠償の発生、発電量低下による機会損失などに関するリスクと対策例を紹介しています。また、他の再生可能エネルギーの発電設備や熱利用設備、蓄電池等を組み合わせて導入する際のリスクと対策例は、<再省蓄エネシステムの場合>として紹介しています。

表 2-1-10 太陽光発電設備導入に係る追加コスト発生リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	<再省蓄エネシステムの場合>再生可能エネルギー発電設備、再生可能エネルギー熱利用設備、蓄エネエネルギー設備等を再省蓄エネエネルギーシステムとして段階的に導入する場合、それぞれの設備が独立して制御され、施設全体での運用状況の把握や最適な運用が困難となり、運用者の手間や余分なユーティリティコストが発生する。	★★★	設計・施工段階	最適運用を図るために、共通の 通信プロトコル (BACnet、CC-Link、DeviceNetなど) に対応した機器に統一し、EMSを活用した協調運転を行う。
設計・施工段階	<再省蓄エネシステムの場合>太陽光発電設備等の再生可能エネルギー発電設備を導入し、EMSによる監視・制御を行う場合、共通の 通信プロトコル (BACNET、CC-Link、DeviceNet、ECHONET Liteなど) が標準的に使われていないため、相互に通信するために ゲートウェイ 等の追加費用が発生する。	★★	設計・施工段階	設計段階であらかじめ使う 通信プロトコル を統一しておき、 ゲートウェイ 等の追加費用も見込んで設備の選定を行う。
運転段階	設備運用に必要な機器、装置など（例えばパワーコンディショナー、インバーター、コンバーターなど）の更新費用を見込んでおらず、採算性が悪化する。	★★	事業計画段階	設備運用のために必要な機器、装置などの補修、点検、交換費などを見積もり、事業計画を作成しておく。
運転段階	耐用年数を超えて設備を利用する場合、更新費用が足りず設備の継続利用ができないおそれがある。	★★	事業計画段階	・設備の使用期間を想定し、更新が必要な設備を確認する。 ・設備の更新に必要な費用の積立の計画を立てる。
運転段階	事故等により作業員のケガや設備周辺の第三者に被害を及ぼし損害賠償が発生する。	★★	運転段階	事故による被害への対応を行うため、損害保険に加入しておく。例えば、業務上の事故に起因する労働災害や設備そのものの故障等の費用負担を補填する損害賠償保険に加入する。
運転段階	メーカーの性能保証に適用除外事項が規定されている場合、設置・施工方法やメンテナンス方法が適用事項と合致していないことにより、保証が受けられず、追加費用が発生する。	★	設計・施工段階	設置・施工方法やメンテナンス方法を発注仕様書に明記し、適用事項と合致しているか確認する。設計・調達・建設を専門業者に発注する場合、事業者としての信頼性を有しているか（十分な実績、施工体制等に基づく履行能力など）を確認する。

固当
有の
エネ
リス
ギー
種



リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	設備・機器の不具合や故障が発生し、当初の見込みより保守・点検費用が増加する。特に、海外メーカー製品の故障の場合は、対応が遅かったり、海外メーカーの製品のため部品等の調達に時間を要するとともに修理代等が高くなったりする。	★	事業計画段階	故障内容により連絡する窓口、例えば海外メーカーの部品であっても、迅速な共有体制があることや、国内の代理店等に部品のストックがある代理店の窓口などを把握しておく。
	設計・施工段階		メンテナンス（保守・点検、部品交換）を適正に実施するために、事業期間におけるメンテナンス頻度とコストが、設備・機器ごとにまとめられた維持管理計画をメーカーから入手し、それを考慮した事業計画を作成する。設備導入者自身の日常点検による設備不具合の早期発見や、メンテナンス技術を有する地元企業を活用してコストを削減することで、メンテナンス費用の低減を行う。	
	運転段階		各機器及びシステムの性能、耐久性を維持するため、定期的な保守点検（①日常点検、②定期点検）を実施する。①日常点検は、設備導入者自身が行い、②定期点検はO&M業者、メーカーに委託し定期的に実施する。	
運転段階	野立ての太陽光発電設備の場合、生長した雑草の影により、パネルの受光日射量が減少し、機会損失が発生してしまう。	★	設計・施工段階	生長した雑草の影によって、パネルの受光日射量が減少するのを防ぐため、防草シートの設置、除草剤の散布、草丈の高い雑草の繁茂抑制を目的とした芝草等の被覆などを行う。
	運転段階		生長した雑草の影によるパネルの受光日射量の減少を防ぐため、定期的に草刈りを実施する。	
運転段階	電力系統への逆潮流を行わず、太陽光発電設備の発電出力が、電力需要を超過し、RPR（逆方向の電力を検出した際に動作する継電器で制御機器のひとつ）動作によりPCSが出力停止した場合、PCSが出力停止していることに長時間気付かないと発電量が減少し機会損失が発生してしまう。	★	運転段階	・発電出力が電力需要を超過しないように、電力需要の変動に合わせて出力を自動制御する機能を持ったPCSを選定する。 ・また、余剰電力の吸収を目的として蓄電設備を導入する。 ・RPRの動作やPCSの出力停止等のトラブル発生に早めに気付くため、また、出力再開のための操作を迅速に行えるように、再生可能エネルギー発電設備の遠隔監視を行う。
廃棄・処分段階	事業終了後（契約解除や契約満了時など含む）に土地を所有者に返還する際、原状回復費の負担が発生する。	★★	事業計画段階	土地の賃貸借契約の中で原状回復の定義について明確化しておく。土地の使用状況に合わせて、将来発生する土地の原状回復費を見越し積み立てておく。
廃棄・処分段階	事業終了後に再エネ設備が放置されると、景観悪化、環境汚染（有害物質の流出）、公衆安全上の問題（モジュール接触による感電、モジュールの飛散、土砂流出など）などが生じるおそれがある。	★	事業計画段階	事業計画段階で、再エネ設備の撤去及び処分に係る計画を作成する。
	廃棄・処分段階		・再エネ設備の撤去及び処分は、廃棄物処理法等の関係法令を遵守し、事業終了後、可能な限り速やかに実施する。 ・発電設備の場合、電気事業法上の電気工作物に該当し、事業期間は建築基準法の適用を除外されていた設備であっても、事業を終了したものについては、撤去せず存置されれば改めて建築基準法の適用を受ける場合があるため、撤去までの期間、適切に維持管理する必要がある。	

(10) 人的リスク

本書では太陽光発電設備導入に係る人的リスクとして、設置した設備に起因する人身事故や物損事故、オペレーション時のミス、保守点検体制や人員の不足などに関するリスクと対策例を紹介しています。また、他の再生可能エネルギーの発電設備や熱利用設備、蓄電池等を組み合わせて導入する際のリスクと対策例は、<再省蓄エネシステムの場合>として紹介しています。

表 2-1-11 太陽光発電設備導入に係る人的リスクとその対策

固有の
リスク
種

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	<積雪のある地域>屋根に設置した太陽光モジュールからの落雪により人身事故や物損事故が発生する。	★★	事業計画段階	冬期に太陽光モジュールからの落雪が想定される場所を事前に確認しておき、その近傍を立入禁止にするなどの対策をしておく。
				屋根からの落雪を防ぐ雪止めを設置する。屋根のへり近くまで太陽光モジュールを設置しない。
運転段階	経験・知識が不足している O&M 業者が、維持管理業務や運転業務に従事することで瑕疵が発生し、設備に不具合や劣化等が生じる。	★★	設計・施工段階	O&M 実績を確認し委託する。 O&M 事業者の履行に不備があり同一部分の再修理等が必要となった場合には無償で再修理を実施する旨の履行責任条項を業務委託契約に盛り込んでおき、瑕疵が発覚した場合の経済的負担を軽減できるようにしておく。
運転段階	トラブル時に急な対応が遅れ、設備稼働率が低下する。	★★	設計・施工段階	適切な保守・点検及び維持管理計画(①スケジュール、②人的配置・体制計画、③範囲、④方法、⑤安全対策、⑥記録方法など)を策定する。また、深夜／休日、豪雨／豪雪等の状況でも確実に対応できる実施体制の構築を図る。
運転段階	オペレーション時のミスによる事故等により作業員のケガや設備周辺の第三者に被害を及ぼすリスク。	★	運転段階	オペレーション時のミスが発生しないように、設備・機器の運転方法を書化し、それに準じた操作を徹底する。併せて、事故による被害への対応を行うため、損害保険に加入しておき。例えば、業務上の事故に起因する労働災害の費用負担を補填する損害賠償保険に加入する。
運転段階	保守・点検を担う職員の異動、退職により、新たな人員が確保できるまで運営トラブル(有資格者が必要な場合は事業中断、最適な運転ができない)が発生するおそれ。	★	設計・施工段階	職員の異動や退職等に備え、複数人での保守・点検の運用体制や書の整備を行う。
			運転段階	職員の異動や退職等に備え、計画的な人員配置を行う。適切な人員が確保できない場合には外部委託を行う。
運転段階	<再省蓄エネシステムの場合>保守点検に必要な資格・人材が再エネごとに異なる場合(例えば電気主任技術者とボイラー・タービン主任技術者など)、複数人材の確保が必要となる。	★	運転段階	外部委託(O&M 事業者や、複数の再エネ設備を一括して管理可能な業者など)が可能なシステム・規模を採用する。

Column

事業計画段階におけるマイクログリッドの保安体制検討の重要性

執筆：パシフィックコンサルタンツ株式会社 環境・エネルギー部

マイクログリッドの構築に伴い**自営線**や新たな電気工作物を設置する場合には、電気工作物の工事、維持及び運用に関わる保安監督に係る業務（保安管理業務）の実施体制（保安体制）の構築が課題になることがあります。本コラムの読者としては、事業用電気工作物（電気事業法第38条による）を設置する場合が多いと思われますので、以下では事業用電気工作物の保安体制の構築について解説します。

マイクログリッドを構築する際は原則的に電気主任技術者を選任した上で保安体制を構築する必要があります。これは、電気事業法第43条により、電気工作物を設置する者（電気工作物の所有者、占有者等）は、保安管理業務のために主任技術者を選任しなければならないと定められているためです。

保安体制の構築は、現場の工事開始までに終えている必要があります。地域によっては電気主任技術者が不足しており、確保までに時間が掛かるために着工できず事業スケジュールが遅延するといったこともあります。また、電気主任技術者を新たに雇用する場合には、大きな費用が発生し、事業性に影響を与えることも考えられます。

電気主任技術者の選任が現実的でないという場合には、保安管理業務について外部委託することも考えられますが、電気事業法等で定められた保安管理業務を外部委託できる主な要件を満たした上で管轄の産業保安監督部長の承認を受ける必要があるため、計画時点であらかじめ電気主任技術者の確保が可能であるかを考慮しておくことが重要です。

表 保安管理業務を外部委託できる主な要件

項目	要件
発電設備	<ul style="list-style-type: none"> 電圧7,000V以下で連系する出力2,000kW未満の水力、火力、太陽光発電及び風力発電設備が設置された事業場 電圧7,000V以下で連系する出力1,000kW未満の発電設備（前述の発電設備を除く）が設置された事業場
需要設備	<ul style="list-style-type: none"> 電圧7,000V以下で受電する需要設備が設置された事業場 電圧600V以下の配電線路を管理する事業場

※電気事業法施行規則 第52条第2項（改正平成29年9月28日 第77号）より作成

特に600Vより高い電圧の**自営線**を道路横断させる場合や、一般公衆が立ち入る場所に**自営線**を設置する場合には電気主任技術者の選任が必要となることを前提とすべきです。保安体制の構築に関しては、電気保安協会等の電気保安法人に相談することも有望です。

2-1-5. 太陽光発電設備導入に係る主な関係法令

太陽光発電設備を導入する場合は、法令に基づき、許認可等の手続が必要となります。本項では、許認可等の手続が必要となる主なものについてまとめています。

なお、掲載したものは飽くまでも参考として例示したもので、事業を行う際にはその他関係する法令等を遵守するとともに、地方公共団体の条例等に係る手続についても確認が必要です。

表 2-1-12 太陽光発電設備導入に係る主な関係法令

法令名称	手続	手続の概要
環境影響評価法	環境アセスメント	一定規模の発電設備を設置する場合、必要な手続にのっとって環境への影響評価を行い、その結果を事業計画に反映しなければならない
電気事業法	工事計画の届出手続	一定規模の発電設備を設置する場合、事前に国への工事計画の届出が必要である
	保安規程の届出手続	一定規模の発電設備を設置する場合、保安規程を定め、使用の開始前までに国への届出が必要である
	主任技術者の選任及び届出手続	一定規模の発電設備を設置する場合、事前に主任技術者を選任し、国への届出が必要である
	使用前自己確認の届出手続	一定規模の発電設備を設置する場合、使用の開始前までに国への使用前自己確認の届出が必要である
	使用前安全管理検査手続	工事計画を届け出た発電設備の使用の開始前に、使用前自主検査を実施するとともに、使用前安全管理検査の受審が必要である
	供給計画の届出	電気事業者は、毎年度開始前に供給計画を作成し、電力広域的運営推進機関を経由して、国への届出が必要である
森林法	森林の土地所有者届出制度	個人、法人を問わず、売買や相続等により森林の土地を新たに取得した場合、面積にかかわらず市町村長への事後届出が必要である。ただし、国土利用計画法に基づく土地売買契約の届出を提出している場合は対象外である
	森林における開発許可等手続	森林における開発行為には、事前に都道府県知事の許可等が必要である
農地法	農地転用許可手続	農地に設備等を設置する場合、農地以外の地目へと転用するため、事前に市町村農業委員会を経由して、都道府県知事又は指定市町村の長の許可が必要である
生産緑地法	生産緑地地区内の建築行為	生産緑地地区内において、建築物、工作物の建築等、土地の形質の変更、水面の埋立てなどの行為を行おうとする場合に、市町村長の許可を得る必要がある
都市緑地法	特別緑地保全地区内の建築行為	特別緑地保全地区内において、建築物、工作物の建築等、土地の形質の変更、木竹の伐採、水面の埋立てなどの行為を行おうとする場合に、都道府県知事の許可を得る必要がある
国土利用計画法	土地売買等の契約届出手続	一定規模以上の土地の売買等の契約を締結した場合、都道府県知事又は指定都市の長への届出が必要である
公有地の拡大の推進に関する法律	一定規模以上の土地を有償で譲渡しようとする場合等の届出	一定規模以上の土地を有償で譲渡しようとするときは、事前に市長（町村域の土地の場合は町村経由で知事）に届出が必要である地方公共団体等による買取りを希望するときは、その旨を申し出ることができる
土地区画整理法	土地区画整理事業の施行地区内における建築行為等の許可手続	土地区画整理事業の施行地区内において、発電設備等の設置のため土地の形質の変更等を行う場合、事前に都道府県知事等の許可が必要である
都市公園法	公園管理者以外の者の公園施設の設置等及び都市公園の占用	公園管理者以外の者が、都市公園内に公園施設を設け、又は管理しようとする場合に公園管理者の許可を得る必要がある また、都市公園に公園施設以外の施設を設けて都市公園を占用しようとする場合に許可を得る必要がある

法令名称	手続	手続の概要
都市計画法	開発許可手続	市街化区域等で開発行為を行う場合、都道府県等の許可が必要となる場合がある
廃棄物の処理及び清掃に関する法律	土地の形質の変更に係る届出手続	廃棄物が地下にある土地（埋立てが終了した廃棄物最終処分場等）において、土地の形質の変更等を行う場合、事前に都道府県への届出が必要である
漁港漁場整備法	漁港の区域内の水域等における占用等の許可	漁港の区域内において発電設備の設置工事に伴い水面の占用等を行う場合、事前に漁港管理者の許可が必要である
港湾法	臨港地区内における行為の届出	臨港地区内において設備等の設置工事等を行う場合、事前に港湾管理者への届出が必要である
水産資源保護法	保護水面内での工事許可	保護水面に指定されている区域内において発電設備等を設置するための工事を行う場合、事前に当該保護水面を管理する都道府県知事又は農林水産大臣の許可が必要である
砂防法	砂防指定地における行為許可等	砂防指定地において開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
地すべり等防止法	地すべり防止区域内の行為許可	地すべり防止区域内において、開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律	急傾斜地崩壊危険区域内の行為許可	急傾斜地崩壊危険区域内において、開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律	生息地等保護区の管理地区内等における行為の許可等手続	絶滅のおそれのある野生動植物の保護区域で開発行為を行う場合、国の許可や届出が必要である
鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律	特別保護地区内における行為許可手続	鳥獣の特別保護区域内で開発行為を行う場合、事前に国等の許可が必要である
自然環境保全法	自然環境保全地域等における行為の許可又は届出	原生自然環境保全地域、自然環境保全地域、都道府県自然環境保全地域において工事を行う場合、事前に国又は都道府県の許可が必要である
自然公園法	行為許可申請等手続	国立公園や国定公園等で開発行為を行う場合、事前に国等の許可や届出が必要である
振動規制法	振動規制に関する届出手続	振動の規制が行われる指定地域で施設を設置しようとする場合、事前に市町村や特別区への届出が必要である
騒音規制法	騒音規制に関する届出手続	騒音の規制が行われる指定地域で施設を設置しようとする場合、事前に市町村や特別区への届出が必要である
土壤汚染対策法	土地の形質の変更に係る届出手続	一定規模の土地の掘削等を行う場合、事前に都道府県等への届出が必要である
採石法、砂利採取法	土石砂利の採取認可	土石砂利の採取を行う場合、事業者は採取計画を定め、都道府県知事の認可が必要である
建築基準法	建築確認申請	発電設備及び付帯する建物を設置する場合、特定の要件に該当する場合を除いて、市町村等の建築確認が必要である
消防法	消防法に基づく申請等	発電事業の実施に際して危険物に指定される物資を一定量以上使用する場合、事前に市町村の許可が必要である
景観法	景観法等に基づく届出	景観の保全が定められている地域において工事を行う場合、事前に市町村等への届出や認定等が必要である
宅地造成等規制法	宅地造成等規制法に基づく許可又は届出	宅地造成の規制区域内において発電設備工事を行う場合、手続が必要となることがある

法令名称	手続	手続の概要
道路交通法	①道路使用許可手続 ②制限外積載許可手続	①工事等の際に道路を使用する場合、事前に所轄警察署長の許可が必要である ②貨物の運搬時に、車両の積載物の重量、大きさ又は積載方法の制限を超えて運転する場合、事前に車両の出発地を管轄する警察署長の許可が必要である
道路法	道路の占用許可手続等	道路区域内において工事等をするために道路を占用する場合、事前に道路管理者の許可が必要である
	道路法に基づく車両制限	工事等の際に、車両制限の範囲を超える工事車両が道路を通行する場合、事前に道路管理者の許可が必要である
特定工場における公害防止組織の整備に関する法律	公害防止管理者	電気・熱供給事業等で、特定の施設を設置している工場は、公害防止管理者等を選任し、都道府県知事又は市町村長への届出が必要である
文化財保護法	埋蔵文化財包蔵地 土木工事等届出手続	埋蔵文化財が確認されている土地において発電設備等の設置のため開発行為を行う場合、事前に都道府県・政令指定都市等への届出が必要である
	史跡・名勝・天然記念物指定地の現状変更の許可	史跡・名勝・天然記念物指定地において開発行為を行う場合、事前に国等への許可が必要である
	遺跡の発見報告	工事を行っている際に遺跡を発見した場合は、都道府県・政令指定都市等への届出が必要である

出典：主に資源エネルギー庁（2019）「再生可能エネルギー事業支援ガイドブック令和元年度版」を参考に作成

2-1-6. 引用・参考資料

〈引用資料〉

1. 経済産業省 資源エネルギー庁 (2018) 「事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）」
2. 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）（2017）「バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針」
3. 環境省 (2019) 「地域における再生可能エネルギー事業の事業性評価等に関する手引き（金融機関向け）Ver4.1～太陽光発電事業編～」

〈参考資料〉

4. 奥地建産株式会社 (2018) 「太陽光発電システムの構造安全確保への取り組み-NEDO 研究プロジェクトでの取り組みについてー」(2018年6月20, 22日 PV Japan2018 ビジネスセミナー資料)
5. 一般社団法人 太陽光発電協会 (2013) 公共・産業部会手引書改訂ワーキンググループ編「公共・産業用太陽光発電システム手引書」<<http://www.jpea.gr.jp/point/index.html>>
6. 一般財団法人 新エネルギー財団編 (2007) 「新エネルギー導入ガイド 企業のための太陽光発電導入 A to Z」資源エネルギー庁
7. 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）（2014）「NEDO 再生可能エネルギー技術白書 第2版（2章 太陽光発電）」
8. 総合ユニコム (2013) 「「太陽光発電事業」参入実務 & 契約資料集」
9. SOMPO リスクマネジメント株式会社 (2016) 「太陽光発電施設に関するリスク」『損保ジャパン日本興亜 RM レポート』Issue153
10. 一般社団法人 太陽光発電協会 (2019) 「太陽光発電事業の評価ガイド（改訂版）」
11. 一般社団法人 太陽光発電協会 (2015) 「10kW 以上的一般用電気工作物 太陽光発電システムの基礎・架台の設計・施工のチェックリストと留意点 第10版」
12. 一般社団法人 太陽光発電協会編 (2015) 『太陽光発電システムの設計と施工 改訂5版』オーム社
13. 一般社団法人 太陽光発電協会 (2014) 「太陽光発電システム保守点検ガイドライン【10 kW以上的一般用電気工作物】」
14. 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）、太陽光発電協会、奥地建産株式会社 (2019) 「地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019年版」太陽光発電システムの安全設計に関する検討委員会
15. 一般社団法人 日本電機工業会・一般社団法人太陽光発電協会 (2016) 「太陽光発電システム保守点検ガイドライン」
16. 三菱UFJ信託銀行株式会社 (2017) 「運用資産としての太陽光発電の概要」『三菱UFJ信託資産運用情報』2017年1月号
17. 茅陽一 (2002) 「新エネルギー大事典」工業調査会
18. 経済産業省 資源エネルギー庁 (2018) 「再エネ事業支援ガイドブック 平成30年度版」
19. 経済産業省 資源エネルギー庁 (2014) 「再エネスキル標準（GPSS）ガイドブック」
20. 北海道 (2015) 「エネルギー地産地消導入検討書」
21. 東京海上日動リスクコンサルティング株式会社 (2012) 「再エネ関連事業参入のチャンスとリスク」『リスクマネジメント最前線 2012-17』2012年11月9日号
22. 総務省ウェブサイト「再エネ資源等の賦存量等の調査についての統一的なガイドライン～再エネ資源等の活用による「緑の分権改革」の推進のために～」(2011年3月1日 緑の分権改革推進会議 第四分科会(第4回))
23. 経済産業省 (2005) 「先進企業から学ぶ事業リスクマネジメント実践テキスト」
24. 認定NPO法人 環境エネルギー政策研究所 (2018) 「自然エネルギー白書 2017」
25. 江口智子・佐藤康之編 (2016) 『再エネ開発・運用にかかる法規と実務ハンドブック』水上貴央監修、エヌ・ティ・エス
26. 森・濱田松本法律事務所エネルギー・インフラストラクチャープラクティスグループ著 (2015) 『発電プロジェクトの契約実務』商事法務

27. 株式会社エヌ・ティ・エス（2008）「エネルギーの貯蔵・輸送－電気・熱・化学－」
28. 経済産業省 蓄電池戦略プロジェクトチーム（2009）「蓄電池戦略」
29. 一般社団法人 電池工業会（2013）「リチウムイオン蓄電池まるわかりB O O K」
30. 株式会社日本政策投資銀行（2013）「蓄電池産業の現状と発展に向けた考察」
31. 消費者庁（2019）「消費者安全法第23条第1項の規定に基づく事故等原因調査報告書」【概要】住宅用太陽光発電システムから発生した火災事故等

2-1-7. 太陽光発電設備導入に関する用語解説

「2-1. 太陽光発電設備導入に係るリスクとその対策」で示した太文字の用語解説となっています。

一般的の用語集とは異なり、技術的な解説は必要最小限にとどめていますので、技術面の詳細は専門書等を参照してください。

EL 検査

太陽電池に電界を印加すると発光する現象 (Electroluminescence: EL) を撮影、画像分析し、セルのクラック、断線、接続不良など不具合があるモジュールを評価する検査。不具合があるモジュールの使用は将来の機会損失につながるため、大規模事業ではモジュールの受入れ時に **EL 検査** を実施することが条件となっている場合がある。

EPC

Engineering, Procurement, Construction の略称。「ターンキー契約」と同等で、設計 (Engineering)、調達 (Procurement)、建設 (Construction) を含む、プロジェクトの建設工事請負契約のこと。

FIT

FIT (Feed-in Tariff) とは、固定価格買取制度のことであり、再生可能エネルギー源 (太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス) を用いて発電された電気を、国が定める固定価格で一定の期間電気事業者に調達を義務付けるもの。

O&M(Operation&Maintenance)

施工後の発電施設における運転管理業務や設備維持管理業務のこと。

PCS (Power Conditioning System)

パワーコンディショナー。太陽電池からの直流電力を一般的な電気器具で使用可能な交流電力に変換するとともに、商用系統との連系運転や自動運転に必要な各種保護・制御機能を備えたもの。

PID (Potential Induced Degradation) 現象

モジュール内の太陽電池セルと接地されたフレームとの間に高電圧がかかった場合、出力が低下する現象で、高温多湿の環境で発生しやすい。

一団の土地

土地利用上現に一体の土地を構成しており、又は一体としての利用に供することが可能なひとまとまりの土地で、かつ、当事者の一方又は双方(事後届出の場合は、権利取得者)が、一連の計画の下に、土地に関する権利の移転又は設定を受け、又は行うその土地が法所定の面積以上であるものをいう (国土交通省「国土利用計画法に基づく土地取引の規制に関する措置等の運用指針」)

オーバーハング

岩盤が垂直を超えてせり出している状態。斜面下部が軟らかく、上部に硬い場合に形成されやすい。

河川の堰止め (湛水)

崩土により河道が閉塞すること。天然ダムとも呼ばれる。

ゲートウェイ

通信プロトコルの変換などにより、異なる通信プロトコルを有する機器、設備間での相互接続を可能とする装置のこと。

自営線

電気事業法上の定義はないが、通例として、自らが維持し、及び運用する送電用及び配電用の電気工作物のうち、一般送配電事業者以外の者が構築し、維持し、及び運用するものを指すことが多い。

通信プロトコル

異なる機器、設備を相互接続するために必要となる手順や規約 (データ送受信のタイミング、データの形式、通信エラー時の対応など) などの通信上の約束事

デューデリジェンス

事業の適格性を把握するために行う調査のこと、投資を行う際、投資対象の土地の価値や収益力、リスクなどを詳細に調査・分析すること。

取引信用保険

取引先の倒産や支払遅延等により、販売代金を回収できなくなった場合に、損害の一定部分などについて保険金が支払われるもの。

バイパスダイオード

太陽光発電におけるパネルに部分的な影が発生した場合、電流を回路迂回させて発電効率の低下を防ぐための素子のこと。**バイパスダイオード**が短絡故障している場合は発電効率が低下し、開放故障している場合は発火の危険性があり、**バイパスダイオード**の故障による不具合の早期発見が重要。

ハゼ

2枚の金属板の端を折り曲げ、引っ掛け合わせて継ぐ場合の折り曲げた部分の名称のこと。

(法面の) 肌落ち

法面の表層が剥離して落下すること。

はらみ出し

地すべりや地下水の影響等により斜面や法面が押し出されている（膨らんでいる）状態。

ヘッジ

リスクヘッジとはリスクを回避することであり、契約や様々な対処によりメガソーラープロジェクトにマイナスの影響を及ぼす事業リスクが無効化・最小化されることを指す。

ポケット

落石防護擁壁背後の斜面との間に設けられた空間で、落石や崩土を堆積させる場所。

ホットスポット

太陽光パネルの内部に何らかの原因によって抵抗が発生し、局所的に高温になった部分をいう。

マイクロクラック

太陽光パネルに起こる、肉眼で見えないくらいの小さなひび割れのこと。

預託金

賃貸借契約の際に借主が貸主に一定の金額を無利息で預け入れる金銭の総称で敷金、保証金のこと。

ランプサム契約

商取引の解約形態の一つで、契約金額として約定された固定金額で契約上の義務を請け負う契約。契約当事者間の合意がない限り原則として金額は変更されない。

2-2. 風力発電設備導入に係るリスクとその対策

本書について

| 引用・資料について

引用又は参考にした資料を、節末の「引用・参考資料」に記載しています。

| 用語について

太文字（例：**IEC 規格**）で記載されている用語は、節末の「用語解説」においてその内容を説明しています。

2-2-1. 風力発電設備導入の流れとリスクとその対策の考え方

風力発電設備の事業計画から撤去・処分までの大まかな流れを図 2-2-1 に示します。本書では、リスクが顕在化する事業段階（設計・施工、運転管理、撤去・処分）から事業計画段階まで遡り、各段階で取り得るリスク対策に優先順位を付けて体系的に整理しています。なお、再生可能エネルギー設備、蓄エネルギー設備、省エネルギー設備を組み合わせて導入するシステム（以下「再省蓄エネシステム」といいます。）のリスクとその対策例も紹介（該当リスクは表内で「<再省蓄エネシステムの場合>」と記載）しています。

「2-2-3. 風力発電設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧」にて例示しているリスクとその対策には、関係法令及び条例への対応に係る内容を一部含んでいますが、遵守すべき法令や条例への対応を網羅しているとは限らないため、各事業者の責任の下で設備を設置する土地を管轄する地方公共団体等に事前に相談、確認をした上で必要な対応を実施することが求められます。なお、地方公共団体の相談先が明確でない場合は、都道府県や市町村の再生可能エネルギー関連部局に相談することが有効です。

風力発電設備は、いわゆる大型風力発電（出力 1,000kW 以上）とそれ以外の中小規模の風力発電設備があります。本書では、大型風力発電の引用・参考資料の内容から、小型風力発電についても共通するものを整理していますが、大型風力発電と同等の安全対策等を実施した場合、事業費増につながるおそれがある点に注意する必要があります。

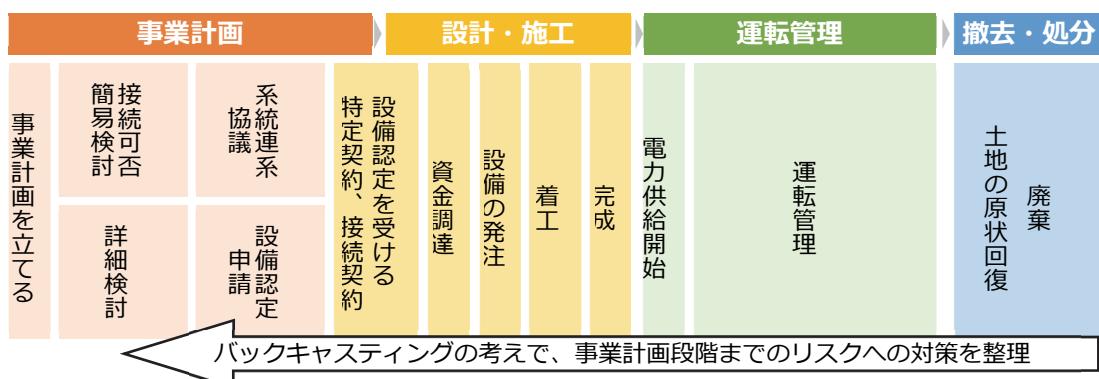


図 2-2-1 風力発電事業の流れ

出典：環境省（2018）「地域における再生可能エネルギー事業の事業性評価等に関する手引き（金融機関向け）Ver 3.1 風力発電事業編」より作成。

2-2-2. 風力発電設備導入に係るリスクの分類

本書で取り扱っている風力発電設備導入に係るリスクを分類別にまとめると表 2-2-1 のようになります。

(リスクの考え方やリスクマネジメントの説明については 1 章を御参照ください。)

表 2-2-1 風力発電設備導入に係るリスク分類別のリスク数

リスク分類	リスク概要	リスクの数 [*]	頁
制度リスク	規制、許認可、制度改正、系統連系に係るリスクのほか、合意形成に関するリスク	7	p.54
土地リスク	事業用地取得時の契約、事業用地の利用継続に係るリスク	5	p.56
環境リスク	事業活動による環境変化が、人の健康や生態系に影響を及ぼすリスク	4	p.57
完工リスク	コスト・タイムオーバーランにつながる設計・施工、EPC 業者等、資金調達に係るリスク	9	p.63
資源リスク	資源調達時における量及び質、調達価格に係るリスク	1	p.65
性能リスク	システム効率の低下につながるメンテナンス不足、機器トラブルに係るリスク	5	p.66
自然災害リスク	自然災害（暴風、豪雨、豪雪、洪水、地震など）やそれに伴う土砂災害（斜面崩壊、地すべりなど）、落雷などに係るリスク	6	p.68
需要リスク	エネルギー需要の変動、契約更新に係るリスク	3	p.71
追加コスト発生リスク	資源の品質基準の不一致、機器損傷、物損・人的被害の損害賠償、メーカー保証適用事項との不一致、機会損失、ユーティリティコスト増加、事業終了後の原状回復などに係るリスク	10	p.72
人的リスク	オペレーションミス、メンテナンス体制や人材不足に係るリスク	5	p.74
	計	55	

※：本項で扱うリスクの数

次項 2-2-3. に風力発電設備導入に係るリスクとその対策をリスク分類（大項目）別に掲載しています。事業計画時にはこちらを参考にして事業のリスクを抽出して必要なリスク対策の検討に活用してください。

図 2-2-2 のように事業への影響度と発生頻度からリスクをレベル分けし、★の数でリスクの大きさを示していますので、重大リスクから優先的に対策を行うことが可能です。

リスク対策については、事業段階別に分けて掲載しています。各事業段階で可能なリスク対策を把握し、事業に必要なリスク対策を計画的に実行していくことが肝要です。

なお、リスクは個別事業の事情により異なるものもあるため、起こり得る全てのリスクを網羅しているわけではないことに御注意ください。

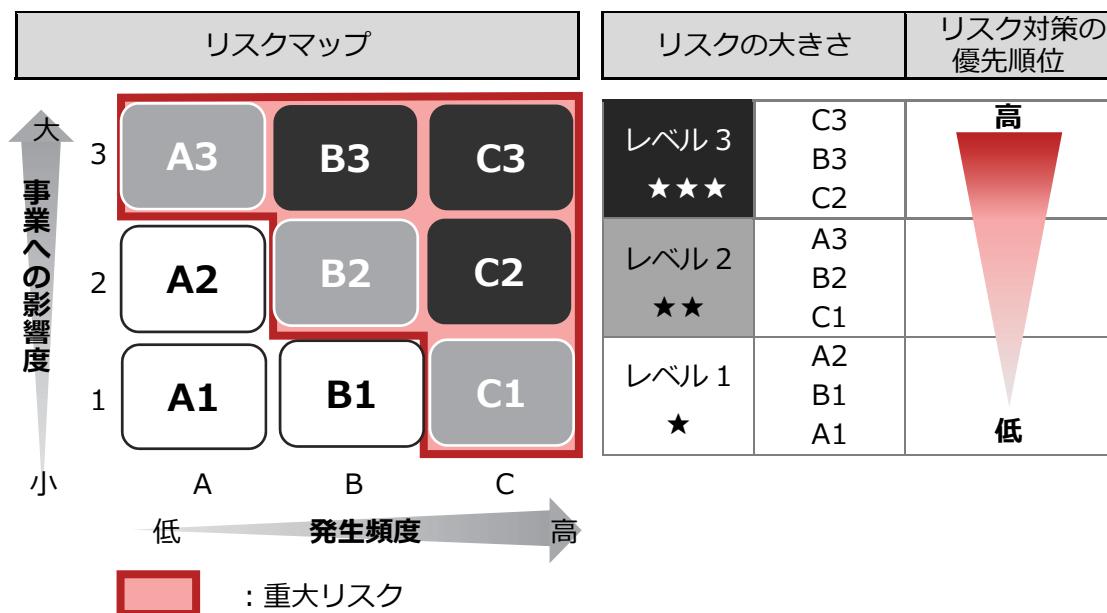


図 2-2-2 本書におけるリスク評価の考え方

2-2-3. 風力発電設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧

風力発電設備導入に係る重大リスクのうち、レベル3に該当するリスクとその概要について事業段階ごとに一覧で整理しました。各リスクの詳細とその対策については参照ページをご確認ください。



図 2-2-3 風力発電設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧

2-2-4. 風力発電設備導入に係るリスクとその対策の一覧

(1) 制度リスク

本書では風力発電設備導入に係る制度リスクとして、設備導入者によるコントロールの及びににくい、許認可、規制、制度改正、地域住民等との合意形成などに関するリスクと対策例を紹介しています。

リスクレベル3の重大リスクとして、補助金で導入した再生可能エネルギー設備等が、自然災害への対策が取られておらず、事業要件を満たさないおそれが挙げられます。

表 2-2-2 風力発電設備導入に係る制度リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
事業計画段階	事業による環境への影響（水質、騒音、景観等）が顕在化し、関係者と事業継続に係る合意形成が図れず事業が中断・中止する。	★★	事業計画段階	計画段階で、環境の現況調査を実施するとともに、水質や騒音等については環境基準を正しく理解した上で事業申請を行う。景観等については、慎重に地元と関係構築をしつつ合意形成を図る。なお、対策が必要な場合は、複数の環境配慮対策を検討し、関係者との協議を踏まえた設計・施工・運転管理計画を作成する。
			設計・施工段階	地方公共団体が再生可能エネルギー設備設置に景観形成基準を定めている場合は、配置、色彩などを基準に適合させた設計を行う。施工段階における環境への影響をモニタリング（状態を監視、観測や測定）し、その状況を関係者と共有する。環境への影響変化の兆候を確認した場合は、関係者と協議を行い、新たに環境配慮対策を考慮した施工を行う。
			運転段階	運転段階においても環境への影響をモニタリングし、環境への影響変化の兆候を確認した場合は、関係者と協議を行い、新たな環境配慮対策を反映した運転管理計画を作成する。
事業計画段階	事業実施の事前周知や事業内容の説明、運転状況や廃棄・処分の報告不足により、近隣住民などのステークホルダーから事業実施の同意及び理解が得られない。	★★	事業計画段階	近隣住民等の事業関係者への説明会を早期かつ定期的に実施し、事業への理解の醸成、不満の早期対応に努める。
			設計・施工段階	定期的に近隣住民等の事業関係者へ設計・施工状況の報告を実施し、事業への理解の醸成、不満の早期対応に努める。
			運転段階	定期的に近隣住民等の事業関係者へ運転状況の報告を実施し、事業への理解の醸成、不満の早期対応に努める。
			廃棄・処分段階	近隣住民等の事業関係者へ廃棄・処分状況の報告を実施し、不満の早期対応に努める。
設計・施工段階	<系統連系する場合>発電設備の設置場所周辺に系統連系可能な送配電線が未整備の場合は、 自営線 の敷設費用や連系工事負担金が発生し、工事費用が増大する。	★★★	事業計画段階	系統連系が可能な場所に近接している、重機が入りやすい等の条件に該当する計画地を複数検討し、 自営線 の整備を低コストで実施可能な場所を選定する。

リスクの内容		リスク レベル	リスク対策例	
設計・ 施 工 段階	補助金で導入した再生可能エネルギー設備等が、地震・地すべり・台風・集中豪雨・豪雪・津波などの自然災害に対する十分な強度計算や対策が取られておらず、事業要件（地域における自然的社会的条件に応じた、再エネ普及・拡大の妨げとなっている課題への適切な対応を備えていること）を満たさないおそれ。	★★★	設計・ 施 工 段階	自然災害（地震・地すべり・台風・集中豪雨・豪雪・津波など）に対する災害対応基準（設備の耐震設計に関するガイドラインなど）やそれに類するもの（各種再生可能エネルギー設備の設計・施工のガイドライン、地方公共団体等が公表しているハザードマップなど）に従い設計図書等を作成し、それに基づき、所要の安全度が確保されるように設計・施工を行う。
運 転 段階	既存風力発電設備のリプレースにおいて、技術的な発電効率向上等の後押しもありリパワリング（出力増）を検討する場合、リパワリング分が系統容量オーバーとなる場合は系統連系ができないおそれがある。	★★	運 転 段階	系統容量オーバー分は、データセンター等で自家消費するなど、地域内での利用も検討する。
運 転 段階	許認可、規制に係る制度の変更によって、経費の支払が増える。あるいは、事業計画の変更の必要性が生じる。 特に近年は、電力システム改革による制度変更（FIT法改正、発電側基本料金の開始等）が多く、発電事業に大きな影響を及ぼす。	★★	運 転 段階	許認可、規制に係る制度の変更及び合意形成の変更を把握した時点で事業計画を見直す。
運 転 段階	法人税や消費税、その他の税に係る制度の変更によって、経費の支払が増える。	★	運 転 段階	運転段階において、税に係る制度変更を把握した時点で事業計画を見直す。



(2) 土地リスク

本書で取り扱う風力発電設備導入に係る土地リスクとして、用地確保に係る契約、事業を借地や公有地で実施する場合のリスクと対策例を紹介しています。

表 2-2-3 風力発電設備導入に係る土地リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
事業計画段階	他事業者が、事業地確保のために好条件を提示したことにより、他事業者と地権者との間で先に契約締結されてしまい、土地が確保できなくなるおそれ。	★★	事業計画段階	本契約を締結する前に、期限付契約（期限を設け、期限内では他事業者と契約締結しない契約）や予約契約（将来、契約を締結することを事前に当事者が合意した契約）を締結する。例えば、地権者から「ほかの再生可能エネルギー事業者とは○箇月の間は協議しない。」や「年間土地賃借料は○円とする。」など、契約書や覚書等に明記する。
事業計画段階	計画予定地において第三者による抵当権や賃借権等の土地利用権の設定確認が遅れ、無駄なコストと時間が発生するおそれ。	★	事業計画段階	計画地の登記簿謄本（全部事項証明書）により抵当権の設定を早めに確認するといった、土地のデューデリジェンス（事業の適格性を把握するために行う調査）を行う。抵当権が設定されている場合は、他計画地を探す。若しくは、現土地所有者に照会し、抵当権抹消の可能性について確認する。抵当権が抹消できる場合は、抵当権抹消手続を進め新規に事業者が抵当権を設定して事業を進める。
事業計画段階	計画地の早期確保を目的に、予約契約として土地所有者に預けた高額の土地預託金が返還されないリスク。	★	事業計画段階	商取引の際に信頼できる第三者を仲介させ、契約内容が担保されたものとする。預託金の場合は、エスクローエージェント（請負の多くは信託会社や信託銀行）へお金を預け、何らかの事情で契約が終了した場合に預託金が返還される手法（エスクロー）を採用する。
運転段階	<事業を公有地で実施する場合>国、地方公共団体等の求めにより、事業用地を公共の用途に供することを理由に、土地使用契約を解除され、土地の利用継続が困難となるおそれ。	★★	事業計画段階	事業期間内の契約解除の際には、逸失利益相当の補償金額が地権者（地方公共団体等）から支払われる旨を、土地契約締結時の条項として入れることを交渉し、土地利用の継続性を高める。
運転段階	<事業を借地で実施する場合>事業開始後に土地の所有者（土地賃貸人）の変更（相続による変更も含む）に伴い、土地契約の内容（賃料の値上げ、支払条件、契約期間など）が見直され、事業者にとって不利な契約となるおそれ。また、土地所有者の破産、売却等により土地の利用継続が困難となるおそれ。	★★	事業計画段階	・事業期間中の利用権を有し続けることができるよう、長期利用権を取得する。また、賃貸借契約において、賃借権の登記を行い、土地利用権の保有策を講じる。 ・事業期間が非常に長期にわたることが一般的であるため、買取を原則とする。また、土地所有者が変更しても、事業期間中の利用権を継続できるように、賃貸借契約の内容が担保される契約（物価の変動以外の理由で賃料引上げを行わないとする条項の追加など）にしておき、将来的な相続等で賃料引上げがされることがないように対抗要件を具備する。事業期間に応じた地上権、地役権、賃借権を設定する。

(3) 環境リスク

本書では風力発電設備導入に係る環境リスクとして、**風切り音**、**シャドーフリッカー**、**電波障害**のほか、設備設置時の土地開発行為による土砂災害に関するリスクと対策例を紹介しています。

なお、「事業による環境への影響が顕在化し、関係者と事業継続に係る合意形成が図れず事業が中止・中止する」といった一般的な合意形成に関するリスクと対策例は、制度リスクで取り扱っています。

表 2-2-4 風力発電設備導入に係る環境リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
固有のリスク 当工不 ²	再生可能エネルギー設備設置のために土地開発行為をした場合、周辺への雨水や土砂の流出、地すべり等が発生するおそれがある<引用資料 1>。	★★	事業計画段階	地方公共団体の指導要綱やガイドライン、ハザードマップ等を確認し、計画地において必要な調査（地盤、地質調査など）を実施する。 廃棄物処分場跡地については、周辺環境への影響に十分配慮した上で検討する。
			設計・施工段階	関係法令及び条例に従い、利用する土地の形状、形質に対応した適切な設計（①盛土、切土面保護のための擁壁、石張り、吹付け、法枠（のりわく）、法面排水などの対策、②地下水によるがけ崩れ、土砂流出のおそれがある場合は開発区域内の地下水排出施設の設置、③軟弱地盤の場合は地盤改良、擁壁、水抜き等の措置、④集中豪雨等の降雨量等から想定される雨水が有効に排水できる排水路改修や調整池等設置の対策など）を行う<引用資料 1>。
	運転段階	★★	事業計画段階	・電波障害については計画段階で影響予測を行い、必要に応じて影響低減策を講じる。 ・電波障害の影響低減策は、 反射障害 については、個別家屋に対する対処（アンテナの高性能化や電波を強めるブースターの設置等）を実施する。 遮蔽障害 については、地上デジタルへの移行によりリスクが顕在化するケースは少なくなりつつあるが、 共同受信施設 の設置などは、費用がばく大いとなるため立地場所の選定時から慎重な対応を実施する。
			運転段階	建設前にシャドーフリッカーの生じる範囲を予測し、住宅に影がかからず、騒音影響も考慮した場所に風車配置を計画する<引用資料 5>。
	運転段階	★★	事業計画段階	シャドーフリッckerの苦情を踏まえ、集落に影がかかる季節・時期に風車を停止したり、苦情者宅にブラインドを設置したりする<引用資料 5>。
			運転段階	



リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	ナセル内部機器（ローター、発電機、増速機、制御機器などが格納されているボックス）から発生する機械音と、ブレードから発生する風切り音が発生する。	★★	事業計画段階	小形風力発電では、施設近くへの設置のケースもあるため、あらかじめ離隔距離に応じた騒音レベルを計測した上で事業を進めるかどうかの確認を事前に行う。その際は、デシベルによって表される音の強さのほか、風切り音にも留意する。これらも踏まえ、必要な防音処理対策について検討する。
			設計・施工段階	機械音については、ナセル内部への防音材の貼付、通気口への防音処理などを実施する。風切り音については、騒音対策が施されたブレードの風車の採用を図るとともに、受音側個別家屋への対処としては、サッシの防音化や二重化などを行う。

Column

風車騒音、シャドーフリッカー、電波障害について

執筆：一般社団法人 日本風力エネルギー学会

＜風車騒音＞

風車の主な騒音としてはナセル内の機械音とブレードの風切り音があります。以前はナセルの開口部からナセルの機械音が外に出ることもありましたが、現在では防音対策が採られています。誘導型発電機の場合、機械音の発生が考えられますが、同期型発電機の場合は、誘導型に比べて機械音の一因となっている増速機を必要としないため、騒音発生の可能性は少ないと考えられます。ブレードの風切り音に対しては風車メーカーが様々な風切り音対策を講じており、低騒音型のブレードが開発されています。

＜シャドーフリッカー＞

近年問題とされているシャドーフリッカーは、晴天時に風力発電設備の運転に伴い、風車ブレードの影が回転して地上部に明暗を生じる現象です。地方公共団体のガイドラインの中で、必要な措置を講じることを求めている場合もあります。

国外のガイドライン等では「暴露時間（影響下にある時間）は年間30時間以内、1日30分以内」との記載が見られます。併せて予測範囲として1.3km以上の離隔距離であれば影響が少ないとされています。騒音の影響と合わせて、特に住宅地の場合は必要な離隔距離を保つことがリスクを低減させると考えられます。

＜電波障害＞

電波障害調査は、風力発電設備が、TV電波や国土交通省・移動体通信携帯電話・防衛省・防災無線等の通信に対して、遮蔽障害等を与える可能性について予測や評価を行うものです。

TV電波についてはケーブルTV化の普及もあり、以前に比べると影響は少なくなっていると考えられます。一方で近年の風力発電設備の大型化やワインドファームの大規模化により気象レーダーへの影響（偽エコーの発生）が問題視されてきています。

これは防衛省や在日米軍関係のレーダー設備にも同様の懸念が生まれており、防衛省防衛政策局運用政策課で窓口を一本化しての協議を行うことになっています。

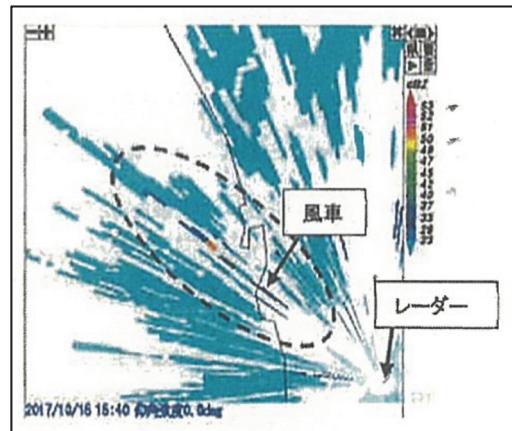


図 気象庁秋田レーダーの北西5kmに位置する風車の影響で生じた偽エコー。水色領域は降水によるエコー

出典：気象庁観測部「発電用風車が
気象レーダーに及ぼす影響について」

Column

事業計画段階における地形・地質評価の重要性

～土地開発行為に伴う土砂災害発生リスク～

執筆：パシフィックコンサルタンツ株式会社

国土基盤事業本部 地盤技術部

山間地や丘陵地などに再生可能エネルギー設備が設置される場合、平坦（へいたん）な土地を確保するために土地の造成（切土・盛土）が行われることになります。

土地の造成を行う場合、沈下や液状化、斜面や法面（のりめん）の崩壊と共に伴う河川の堰止め（湛水＝たんすい）など、地形や地質に起因した様々なリスクが存在しており、場合によっては、設備自体の破損や機能不全、周辺環境へ影響を及ぼすような土砂災害を引き起こす可能性もあります。

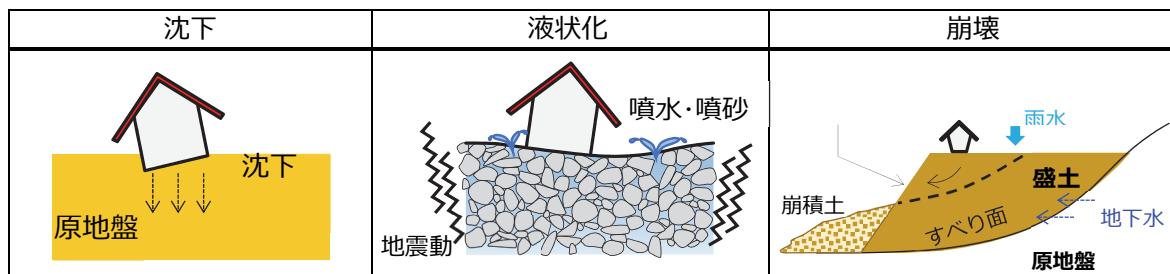


図 地形・地質に起因した様々なリスク

事業計画段階での適地選定において十分な事前確認を怠った結果、追加調査や設計変更、災害発生時の対策費用の発生など、事業の存続可否にも影響する深刻な事態を引き起こすこともあります。ただし、下表に示したとおり、事前計画段階において、既存文献や現地状況、法令等を十分に確認しておくことで、土砂災害発生リスクを低減・回避することができます。

表 事前に確認すべき事項と注意すべき要件の例

項目	確認すべき事項	注意すべき要件の例
文献調査	地形図、空中写真などによる対象地周辺も含めた地形状況や河川状況 各種の地質調査報告書・文献による対象地の地質分布・構造 土地の災害履歴など	崩壊地形、地すべり地形、河川の氾濫原など 軟弱地盤、液状化、断層、火山帯や変質帯の有無など 落石や斜面崩壊などのほか、地盤沈下、地震時の液状化などの災害履歴の有無
現地調査	地形や地質、土地利用状況など	新たな崩壊箇所、既存対策工、不法投棄の有無など
基礎地盤調査	設計に必要な情報（物理特性、化学特性、盛土材料の材料特性等）	軟弱地盤、液状化など 自然由来重金属等の基準値超過など
その他	砂防4法※をはじめとする関連法令 地名：過去の地形変遷の手掛かりとなる場合あり	地すべり防止区域や砂防指定区域などの区域指定の有無 湿地や氾濫原：ケミ（検見川・花見）、ソネ（曾根・大曾根）など

※砂防4法：砂防法、地すべり等防止法、急傾斜面の崩壊による災害の防止に関する法律、土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律（通称：土砂災害防止法）。

これらの確認を怠ると、設計・施工段階や施設稼働時まで、長期にわたって土砂災害発生リスクを抱えた状態となります。土地造成の切土を例にとると、対象地に分布する地質や地形条件、あるいは用地等の制約により、標準的な法面勾配を適用できない場合があります。しかし、事前にこれら確認時に得られた情報を活用することで、最適な対策を講じることができ、将来的な土砂災害発生リスクとこれに伴うコストを低減することが期待できます。例えば、軟弱地盤の場合には地盤改良等の対策を講じることができますし、落石や崩壊のおそれがある斜面が背後に存在する場合は、法面や斜面を安定させる対策工を実施するほか、被害が想定される範囲から離れた場所に重要施設を計画するなどの対応も考えられます。このように、事業計画段階では不要に思っても、将来を見越した調査を実施しておくことが重要です。

ただし、把握した情報の評価については専門的判断を要することから、必要に応じて調査業者・設計業者の助言を仰ぐことも考えてください。

Column

運転管理段階における土構造物などの点検の重要性

執筆：パシフィックコンサルタント株式会社

国土基盤事業本部 地盤技術部

再生可能エネルギー設備稼働後、施設・機械自体については定期的に点検・維持管理が行われている一方で、周辺の斜面や土構造物（盛土・切土など）については十分な維持管理が行われていないうちがあります。

盛土・切土工や付随する対策工（落石対策工・法面保護工など）についても、施設・機械と同様、年を経るにつれて老朽化・脆弱（ぜいじやく）化するとともに、想定外の異常事象（豪雨・地震など）によって変形・破損が生じる場合があります。従って、維持管理段階では施設・機械の点検だけでなく、周辺の地盤や斜面、土構造物（盛土・切土など）、付随する対策工についても、変状が生じていないか？異常が見られないか？などについて注意を払う必要があります。

土構造物の点検では、平常時の点検（日常・定期・季節ごと）に加えて、自然を相手にすることから、異常時の点検（台風、豪雨、地震後など）を行うのが一般的です。

下表に法面や斜面の点検で着目する土砂災害につながり得る変状の一例を示します。

表 点検で着目すべき変状と土砂災害リスク（一例）

着目すべき変状	土砂災害リスク
亀裂・はらみ出し	・法面や斜面の崩壊、剥落（吹付け工）
湧水・にじみ出し	・盛土や斜面のゆるみ、法肩部でのすべり ・法面・斜面の洗堀 → 土砂の流出
落石や崩土の堆積	・斜面の安定性低下（オーバーハングの形成など） ・周辺施設へ影響 (ポケットが埋まることによる防護機能の低下)
植生の状況（根曲がり・倒木など）	・地すべりや大規模崩壊の兆候 ・落石や斜面の表層崩壊
法面の肌落ち	・雨水の盛土内への浸透→盛土の安定性低下

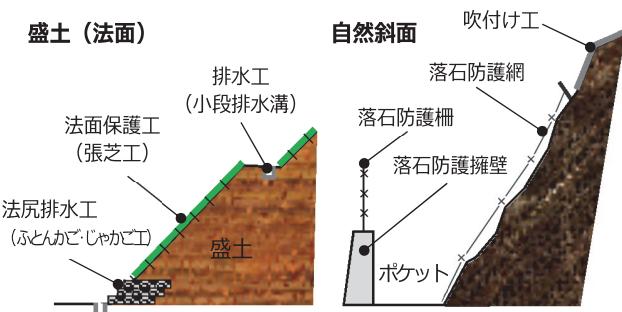


図 土構造物と各種対策工（例）

このように点検では様々なことに着目する必要があります。そのため、点検に先立って、その施設や場所、点検対象に応じた計画（点検時期・項目）を策定することが重要となります。

そして、この計画に基づき適切に点検することで、施設自体や周辺施設へ影響を及ぼすような土砂災害リスクを未然に防ぐと共に、変状が認められた場合でも、応急対応や迅速な対策を施すことができ、将来の土砂災害リスクを低減することができます。このように、点検は施設を長く使用（長寿命化）していく上で重要なものであると共に、得られた様々な情報は、土砂災害リスクへの対応・対策の必要性を検討・判断する上で欠かせないものと言えます。

(4) 完工リスク

本書では風力発電設備導入に係る完工リスクとして、EPC事業者等の技術力不足、設計・施工ミス、盗難などに関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-2-5 風力発電設備導入に係る完工リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例		
設計・施工段階	施工業者の与信や技術が一定レベルに達していないことにより、事業者が金融機関から融資を受けられない。	★★	事業計画段階	民間信用調査機関等に依頼し、企業与信情報を取得する。経営事項審査結果の評点の高い事業者などを確認する。	
設計・施工段階	文化財の出土により工事遅延が発生し、工事費などのイニシャルコストが増加する。	★★	事業計画段階	建設地が周知の埋蔵文化財包蔵地か確認する。埋蔵文化財調査により追加費用が必要となる場合は、リスク分担を明確にしておく。	
設計・施工段階	機器部品、電子部品などの海外製品を導入する場合、日本規格と異なるため施工ミスが起こる。	★★	設計・施工段階	・海外から導入する機器部品、電子部品などが日本規格と異なるか確認する。異なる場合は部品の組み合わせや接続方法など取り合いの図面作成し、施工ミスを防止する。 ・予定している機器に地元施工会社が対応可能か確認する。	
設計・施工段階	EPC事業者等の業務遂行能力・信用力や許認可への対応が不十分な場合、計画どおりの期間・予算・性能で完工しない<引用資料3>。	★	事業計画段階	請負企業の事前財務チェック、企業評価の実施、請負業務による金銭的保証など履行保証を契約書に定めておく<引用資料2>。	
			設計・施工段階	経験・知識豊富なEPC事業者(例えば経営事項審査結果の評点の高い事業者や類似施設・設備の施工やメンテナンスの実績を有する事業者など)へ発注する。 施工を一貫して実施可能なEPC事業者に発注する。例えば、単一の事業者が全業務を一括して請け負う(フル)ターンキー契約を結び、EPC事業者が完工の責任を負うように契約書に定める。特に、設計、調達、施工を別々に発注する場合は、責任の所在を明らかにしておく。事業者にとって計画段階で予算を確定することができるランプサム契約が可能か検討する<引用資料3>。	
設計・施工段階	運用を考慮せずに設計した場合は、不必要的設備や機能を過剰に導入するため、設備費や工事費などイニシャルコストが増える。	★	事業計画段階	計画段階において、設計に必要な諸条件(目的、用途、負荷、準拠図書など)を明確化する。	
			設計・施工段階	技術的知見を持った第三者(コンサルタントやコンストラクション・マネージャー等)に相談し、導入する設備や機能が過大になっていないか確認する。	
				適切に設計するため、導入に関する基本方針(最大負荷率だけでなく平均負荷率などの施設のエネルギー特性や、既存発電機や蓄電池と併用した場合の運用など)を明確化する。	

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	大規模な再エネ事業の場合は、施工期間が長いため、機器や資材(例えば換金性の高い銅線)などを人里離れた場所で保管する場合、盗難の被害に遭う。	★	設計・施工段階	資材仮置場や計画地が、市街地から離れた場所の場合、一日を通じて極端に人目に付かない場所になっていないか確認し、必要に応じてセキュリティが担保された有償の一次保管場所の利用や、一時的に有償のセキュリティサービスを利用する。また、盗難を誘発するような事業の公表は控える。
			設計・施工段階	施工段階から侵入防止用のフェンス・有刺鉄線などの設置、赤外線センサーによる侵入検知と警報ブザー、警報ランプ、LED 照明の導入、遠隔監視システムの採用などによりセキュリティを高める。
設計・施工段階	設計・施工の中間・完成時に検査がされず、完成図書が整備されていない、又は、内容が不十分な場合は、事業の開始後に事故や修繕などが生じても、その原因究明や計画的な修繕が困難となる。	★	設計・施工段階	・必要書類(実施仕様書、計算書、工事図、機器詳細図、試験成績書、取扱説明書など)を明記した完成図書や竣工(しゅんこう)図を受領し、それらを事業終了まで適切に管理・保管しておく。 ・特に、施工後に目視での確認が困難な箇所(埋設管等)については、施工途中の様子を記録するとともに、記録を保存しておく。
			運転・段階	運転段階で不具合等により改善する事項があれば、適時完成図書や竣工図を更新する。
設計・施工段階	分離発注により、各工種の取り合い確認や工程調整等が不十分な場合、タイムオーバーランやコストオーバーランになるおそれ。	★	設計・施工段階	設計、調達、施工を別々に発注する場合には、各請負契約締結時に、契約書面上にて責任の所在を明らかにしておく。各工程において建設期間延長や変更事項が発生する可能性を考慮し、経済的な損失を最小化する内容の工事請負契約を締結する。例えば、期間延長一日当たりの違約金を設定しておく。
運転段階	複数風車メーカーが M&A によって大手重電メーカーへ集約化されたことで、同サイズの風車や交換部品などを扱っているメーカーも少なくなり、リプレースが困難となる。	★★★	運転段階	・同サイズの風車又は部品交換をする場合は、特に品質・性能、安全性の確認が必要となる。 ・海外から部品等を調達する場合、時間と費用がかかるほか、調達ができない場合がある点にも留意する。そのため、国産同等品での部品交換の可能性も検討し、メーカー保証内容を確認する。 ・上記の内容を踏まえ、必要によっては新規での建て替え・リプレースを検討する。



(5) 資源リスク

本書では風力発電設備導入に係る資源リスクとして、不十分な風況調査に関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-2-6 風力発電設備導入に係る資源リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	運転開始後の風速が、事前に想定した風速を下回り、計画していた発電量を下回る。	★★	事業計画段階	<ul style="list-style-type: none"> ・計画地においてハブ高及びそれよりも低い複数の高度に風速計・風向計を設置し、最低1年以上、風況に関するデータ計測（風況調査）を行う。 ・小形風力発電についても、最低1年以上風況調査を行うことが望ましい。 ・複数基設置する場合は、代表的な地点を複数選定し風況調査を実施する。 ・風況は年によって幅があるため、最寄りの気象台の気象データ等を参照し、当該地点の風況の変動幅との比較により、風況調査を行った年のデータが特異年でないことを確認する。<引用資料3>。 ・対象地域が複雑地形で風況シミュレーションに基づく事業計画を立てる場合は、風況調査の分析実績のある専門のコンサルタントを選定する。 ・より精度の高い風況シミュレーションを開発した場合は、業界内で共有・活用することで風力発電の導入につながる。



(6) 性能リスク

本書では風力発電設備導入に係る性能リスクとして、乱流（風の乱れ）、砂塵、雪・氷などの付着、メンテナンス不足、不明確な要求性能水準などに関するリスクと対策例を紹介しています。また、他の再生可能エネルギーの発電設備や熱利用設備、蓄電池等を組み合わせて導入する際のリスクと対策例は、<再省蓄エネシステムの場合>として紹介しています。

表 2-2-7 風力発電設備導入に係る性能リスクとその対策

当社の
固有の
エネルギー
リスク種

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	乱流、砂塵、雪・氷等の付着、塩害、雷等によりブレードや各種部品が劣化し、性能が低下する。	★★★	事業計画段階	メーカー性能保証対応の方法、保証範囲を事前確認しておく<引用資料3>。
			運転段階	機器故障時の修理・交換費用や復旧時間を見込んだ事業計画を策定する<引用資料3>。
			運転段階	故障・事故頻度の高い部品については収支計画上可能な範囲で予備品のストックを準備し、復旧までの時間を短縮する<引用資料3>。
運転段階	<再省蓄エネシステムの場合>事業者自身で、要求性能水準の実現と適切な維持管理を実施できない場合、導入した設備の適切な運用ができない（エネルギー効率の低い運用となる等）、事業性が悪化する。	★★★	設計・施工段階	<ul style="list-style-type: none"> 設備の導入時において、契約内容に試運転調整の実施を明記する等により、施工者等から、導入した設備が設計時にシミュレーションしたとおりの効率的な運転となった状態（要求性能が実現された上）で引渡しを受ける。 EMS（エネルギー・マネジメント・システム）などにより設備の状況を監視・計測したデータを蓄積し解析・評価を行って、導入した設備が設計時のシミュレーションで想定したとおりの効率的な運転となるよう調整を行う。解析・評価に関しては、高度な知識と経験が必要となるため、必要に応じて再省蓄エネシステムの設計実績のある設計者等に依頼する。
運転段階	<再省蓄エネシステムの場合>充放電サイクルが多く、放電深度が大きい場合、蓄電設備の劣化が早まり、更新による追加費用が発生する。	★★★	設計・施工段階	蓄電池の用途（再生可能エネルギー発電設備の出力変動抑制、余剰電力吸収等、ピークシフト・ピークカット、防災電源）を計画段階で決定し、シミュレーションを行った上で、蓄電池の特性に合わせた放電深度（リチウムイオン蓄電池では20～80%程度、鉛蓄電池では50%程度）で運用できるよう、余裕を持った蓄電池容量の設計とする。
運転段階	<再省蓄エネシステムの場合>再生可能エネルギー発電設備、蓄電設備を直流で接続するシステムの場合、直流回路の電圧が適切に制御できないことにより、設計どおりに蓄電池の充放電が行えないおそれ。	★★	設計・施工段階	<ul style="list-style-type: none"> 再エネ設備、蓄エネ設備を構成する発電機やインバーター、コンバーター等の入出力電圧、許容電流値等の仕様を確認しシミュレーションを実施する。 再省蓄エネシステムの設計実績のある設計者等にシステムを設計させる。
運転段階	設備の運転データの収集・分析を行わず、運転開始時の設定条件で運転しているため、システム全体の効率が低くなるおそれ。	★★	運転段階	<ul style="list-style-type: none"> 運転データ等を収集・分析し、シーズン、月、日ごとに運転調整を行い、システム全体の効率を上げるようにする。 上記の対策を実施するために、発電機の選定を行う際は、運転状況の遠隔監視を行っているメーカーを選定する。

Column

性能リスクについて

執筆：一般社団法人 日本風力エネルギー学会

我が国においては乱流、塩害、落雷によるリスクが多いといわれています。地形の起伏による極値風速の乱流、洋上風力の場合は当然ですが、沿岸地域の陸上風力発電設備には、海側からの風による海水飛散によるブレードや風力発電設備への塩分の付着、落雷については特に冬季雷による風車ブレードの損傷や、電気電子機器への雷被害等のリスクが考えられます。

一方、砂塵、雪、氷によるリスクは少ないといわれています。我が国には砂漠地はなく、砂塵による影響はほとんど考えられません。一般的な浮遊物と同程度と考えられると思われます。雪と氷についても、これまで風力発電設備の運転に影響するような事例はほとんど報告されていません。

強風、砂塵（さじん）、雪、氷等の付着物、塩害、雪による損傷や性能低下のリスクは、ブレードや風力発電設備本体よりは、風向・風速計等の計測機器への影響がリスクとして挙げられます。

例えば、風速・風向計が着雪、着氷により機能喪失する事例はよく見られており、寒冷地に設置される風力発電設備にとってはリスクになります。その対策例として、寒冷地向けのヒーター内蔵の風向・風速計を設置することが考えられます。また、交換部品を準備しておき、異常時には遅滞なく部品交換を施すこともリスク低減になると考えられますが、そのような事象の発生する冬季においては現地へのアクセスや降雪時の交換作業に対するリスクが併せて発生することになります。

(7) 自然災害リスク

本書では風力発電設備導入に係る自然災害リスクとして、台風や雷などに関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-2-8 風力発電設備導入に係る自然災害リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	台風により、タワーの基礎からの倒壊、ブレードやナセルカバーの破損・飛散事故、ナセルカバーの破損箇所から流入した雨水により発電設備の故障等が発生する。乱流により、ブレードの疲労損傷や寿命に影響を及ぼすおそれがある <引用資料 3>。	★★★	事業計画段階	・山岳地帯など、風速・風向変動が非常に激しくなるケースが予測される場合、用地、土地利用、アクセスなどその他の要件も含めて別の場所での風力発電設備の建設を検討する。 ・建設する場合は、風力発電設備の選定にあたり、乱流について十分に考慮されているか、メーカーへ確認・相談をする。
			設計・施工段階	風力発電設備の選定において、電気技術分野の国際規格・標準である IEC 規格 （国際電気標準会議が策定する電気及び電子技術分野の国際規格）等に基づいて台風や低気圧による暴風、突風時の風比重、風及び翼荷重による変動荷重により生じる疲労荷重を考慮するよう、メーカーと確認をする<引用資料 3>。 風力発電設備設置サイトにおける極地風速、乱流強度に基づいて、風力発電設備の IEC 規格 に規定されるクラスに合致する風力発電設備を選定する。ただし、台風等による強風を加味する場合は、同規格に定義される特別クラス（S クラス）に合致する風力発電設備を選定する<引用資料 3>。
運転段階	台風、突風等による発電設備の部品等の飛散により、周囲の建物の損傷等人的・物的損失を招き、賠償責任・保険料増額が発生する。	★★★	設計・施工段階	・被害を防ぐため、計画地における落雷発生状況、台風の通過実績、風況などを考慮した設計・施工方法を選択する。 ・また、損傷した機器等の修復費の補償や、第三者に与えた物損や人身事故への賠償などに備えて損害保険へ加入する。
運転段階	落雷等によるブレードの破損・剥離、折損や、ナセル及びその内部機器（ローター、発電機、增速機、制御機器）が損傷する。	★★★	事業計画段階	雷観測の情報を、例えば気象庁「年間雷雨日数分布図 (IKL マップ)」のほか、雷観測を専門に行う会社などから入手し、計画地における雷の発生状況を考慮した防雷対策を検討する。特に日本海側の冬季雷は、夏季雷に比較して電気エネルギーが非常に大きいため留意する。
			設計・施工段階	計画地における雷の発生状況から雷電の電荷量（600 クーロン以上/300 クーロン以上/150 クーロン以上のいずれか）を想定し設計を実施する。特に冬季雷の雷撃のエネルギー量が大きく、雷の電荷量が 600 クーロン以上と想定される場合は、雷保護対策（ 引き下げ導体 、 非常停止装置 の設置）を発電設備本体に設置する。





リスクの内容		リスク レベル	リスク対策例	
運転段階	落雷等によるブレードの破損・剥離、折損や、ナセル及びその内部機器（ローター、発電機、增速機、制御機器）が損傷する。	★★★	設計・施工段階	発電設備本体への雷保護対策だけでは対策が不十分と想定され、かつ雷雲の発生方向がある程度限定されている場合は、独立避雷鉄塔を設けて避雷効果を高める方法も考えられるが、検討を要する。 雷撃から風車を保護する効果が高く、容易に脱落しない適切なレセプターを風車へ取り付ける。
			運転段階	落雷の発生状況と機器等の被害状況を考慮し、損傷した機器等の修復費を補償する損害保険への加入を検討する。 発電設備の耐雷機能の健全性が維持されるよう、冬季雷シーズン後の点検、年に1回の定期点検、発電設備に大きな雷が落ちた後の点検を実施する。 ・発電設備の立地状況に応じて、雷接近時には発電設備を事前に運転停止する。 ・また、雷による発電設備の損傷時に部品が脱落、飛散した場合に想定される飛距離を踏まえた運転調整を実施する<引用資料3>。 ・上記に加えて、雷接近を確認する方法として、雷検出装置の導入や雷ナウキャスト（気象庁）の活用が挙げられる。
運転段階	台風による停電のためにヨー制御やピッチ制御が停止し、荷重がかかることにより設備の損傷が懸念される<引用資料3>。	★★★	設計・施工段階	・停電時に風車の損傷回避と風車停止に必要な電力を蓄電できる自家発電機（バックアップ電源）を設置する等、安全措置を講じる。 ・また、異常時の電源喪失時においても原因分析等の活用のためデータを継続的に取得できるようにバックアップ電源等を装備することが望ましい。
運転段階	台風、突風及び地震等の影響により、支持力不足や地盤の不均一性が生じることで基礎や構造物が傾いて沈下（不等沈下）し、機器が損傷する。	★★	事業計画段階	地方公共団体が公表している地盤調査結果を参考資料として活用する。
			設計・施工段階	・計画地が、軟弱地盤の多い低地に該当しないか確認した上で、可能な限り地盤調査を行う。 ・軟弱地盤に該当する場合には、軟弱地盤対策として、地盤改良工事や杭基礎工事（基礎の剛性を強めるため、部材を厚くし、基礎内の鉄筋を太くし、本数を増やす工事）を実施する。
			運転段階	運転段階において、不等沈下を早期に発見した場合は、運転を停止した上で、地盤改良等の対策を実施する。
運転段階	天候・自然災害等による故障・損壊（大雨や河川増水による建屋浸水で設備の故障、地すべり等による建屋流出）が発生するおそれ。	★★	事業計画段階	大雨や河川増水による浸水域や土砂災害地域は有望地點調査の段階から除外し、河川増水の発生確率の低い計画地を選択する。
			運転段階	設備の損傷に対応するための機械保険や火災保険、逸失利益に対応するために企業費用・利益総合保険などの活用を検討する。

Column

台風、落雷への対応について

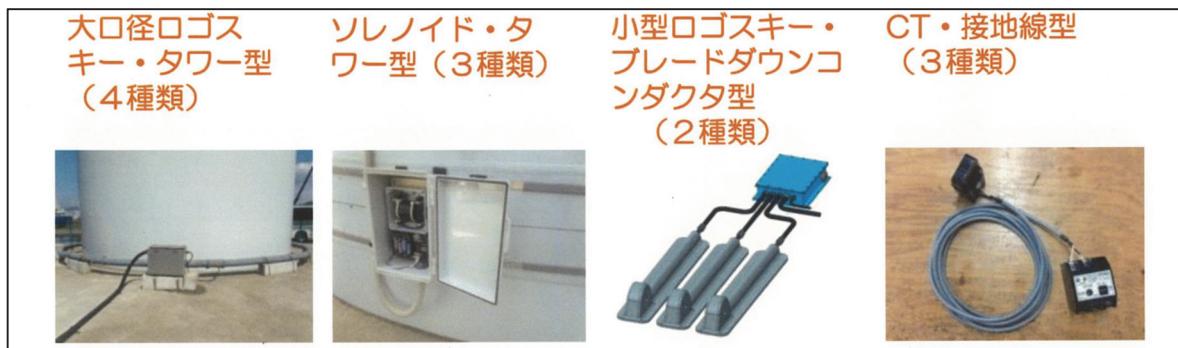
執筆：一般社団法人 日本風力エネルギー学会

台風の影響を受けやすい日本において、近年暴風による風車の倒壊事故が見られることから、風車の耐風強度を保つことと、風力発電設備としてのタワーを含めた認証が求められるようになっています。そのため、風力発電設備の導入の際は、日本の風条件に合致するような認証手続、例えば風力発電設備の設置に関しては、経済産業省の設置許可を得る段階で風車の型式認証とウインドファーム認証を取得することとなっています。

落雷によるリスク対策は日本においては重要な事項となります。独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）「日本型風力発電ガイドライン・落雷対策編」においては、「雷対策重点地域（落雷に対するリスクが大きい地域）」と「雷対策地域（落雷に対するリスクが比較的小さいと考えられる地域）」が提示されています。

また、経済産業省「発電用風力設備に関する技術基準の解釈について」において、設備の設置場所の落雷条件に応じて満たすべき要件が規定されています。最も落雷リスクの大きい地域とされている地域（「発電用風力設備に関する技術基準の解釈について」の別図1のA線で囲まれた地域）では、電荷量600クーロンを規制値としています。

現在も落雷被害は依然として発生しており、確実な雷保護対策は確立されていません。しかし、上記の最も落雷リスクの大きい地域においては、風力発電設備に落雷被害を検知する落雷検出装置の設置が義務づけられており、被害の確認や修復が行われない限り運転再開はできないことになっています。これにより従来発生していた2次被害が抑えられ、リスクは低減しています。落雷検出装置については実証実験が行われて、機器の性能が平準化されてきています。



出典：風力発電等技術研究開発/風力発電高度実用化研究開発/スマートメンテナンス技術研究開発（雷検出装置等の性能・評価技術の開発） 2018年10月3日NEDO成果報告会発表資料

(8) 需要リスク

本書では風力発電設備導入に係る需要リスクとして、エネルギー供給先の需要変動や契約変更時の不備に関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-2-9 風力発電設備導入に係る需要リスクとその対策

リスクの内容		リスク レベル	リスク対策例		
運転段階	エネルギー需要先（自家消費先や相対取引による売電・売熱先）の需要変動が季節により大きく増減することで、自家消費率が低下したり、設備の稼働率が低下したりするおそれ。	★★	事業計画段階	過去数年分のエネルギー需要データを基に、年間の変動や将来の需要予測を行い、設備の容量や運転計画を決定する。また、事業における需要変動の許容範囲を設定しておく。	
運転段階	<相対取引による売電の場合>契約更新時（電気の買取事業者との売電契約の期間終了時の契約更新時）に、契約更新前の買取価格がFIT制度に基づく調達価格より高い場合は、低い価格に変更される。	★★	設計・施工段階	電気の買取事業者である需要先へは長期割引などのメリットを提示し、長期的な需要確保のために長期の料金単価契約を締結する。	
運転段階	<相対取引による売熱・売電の場合>熱や電力の買取事業者の倒産によって、新たな買取事業者への売電・売熱開始までの間、収入が得られない。	★★	設計・施工段階	事前に熱や電力の買取事業者の与信力を確認しておく。買取事業者の倒産に備えて取引信用保険に加入しておく。	

(9) 追加コスト発生リスク

本書では風力発電設備導入に係る追加コスト発生リスクとして、修理費等の増加、損害賠償の発生、発電量低下による機会損失などに関するリスクと対策例を紹介しています。また、他の再生可能エネルギーの発電設備や熱利用設備、蓄電池等を組み合わせて導入する際のリスクと対策例は、<再省蓄エネシステムの場合>として紹介しています。

表 2-2-10 風力発電設備導入に係る追加コスト発生リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	<再省蓄エネシステムの場合>風力発電設備等の再生可能エネルギー発電設備と再生可能エネルギー熱利用設備を導入し、EMSによる監視・制御を行う場合、共通の通信プロトコル（BACNET、CC-Link、DeviceNetなど）が標準的に使われていないため、相互に通信するためにゲートウェイ等の追加費用が発生する。また、従来の中型・小形風車では、データ項目が少ないため、他の再エネシステムと繋げる上で問題になる場合がある。	★★	設計・施工段階	設計段階であらかじめ使う通信プロトコルを統一しておき、ゲートウェイ等の追加費用も見込んで設備の選定を行う。
運転段階	<再省蓄エネシステムの場合>再生可能エネルギー発電設備、再生可能エネルギー熱利用設備、蓄エネエネルギー設備等を再省蓄エネエネルギーシステムとして段階的に導入する場合、それぞれの設備が独立して制御され、施設全体での運用状況の把握や最適な運用が困難となり、運用者の手間や余分なユーティリティコストが発生する。	★★★	設計・施工段階	最適運用を図るために、共通の通信プロトコル（BACnet、CC-Link、DeviceNetなど）に対応した機器に統一し、EMSを活用した協調運転を行う。
運転段階	乱流、砂塵、雪・氷等の付着、塩害等によりブレードや各種部品が劣化し、そのまま運転を継続すると、大きな機器等の損傷や事故につながる。	★★★	運転段階	遠隔での出力監視のみで劣化を判断する場合、出力変化に現れにくいブレードへの細かい亀裂は把握しにくいため、巡回点検、定期点検を含む恒常的な運転監視（目視や運転音、振動の観察など）の体制を構築し、異常の早期発見と保守管理を行う。
運転段階	設備運用に必要な機器、装置など（例えばパワーコンディショナー、インバーター、コンバーターなど）の更新費用を見込んでおらず、採算性が悪化する。	★★	事業計画段階	設備運用のために必要な機器、装置などの補修、点検、交換費などを見積もり、事業計画を作成しておく。
運転段階	耐用年数を超えて設備を利用する場合、更新費用が足りず設備の継続利用ができないおそれがある。	★★	事業計画段階	・設備の使用期間を想定し、更新が必要な設備を確認する。 ・設備の更新に必要な費用の積立の計画を立てる。
			運転段階	設備の更新の際に活用できる補助金等について情報を収集する。

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	事故等により作業員のケガや設備周辺の第三者に被害を及ぼし損害賠償が発生する。	★★	運転段階	事故による被害への対応を行うため、損害保険に加入しておく。例えば、業務上の事故に起因する労働災害や設備そのものの故障等の費用負担を補填する損害賠償保険に加入する。
廃棄・処分段階	事業終了後（契約解除や契約満了時など含む）に土地を所有者に返還する際、原状回復費の負担が発生する。	★★	事業計画段階	土地の賃貸借契約の中で原状回復の定義について明確化しておく。土地の使用状況に合わせて、将来発生する土地の原状回復費を見越し積み立てておく。
運転段階	設備・機器の不具合や故障が発生し、当初の見込みより保守・点検費用が増加する。特に、海外メーカー製品の故障の場合は、対応が遅かったり、海外メーカーの製品のため部品等の調達に時間を要するとともに修理代等が高くなったりする。	★	事業計画段階	故障内容により連絡する窓口、例えば海外メーカーの部品であっても、迅速な共有体制があることや、国内の代理店等に部品のストックがある代理店の窓口などを把握しておく。
			設計・施工段階	メンテナンス（保守・点検、部品交換）を適正に実施するために、事業期間におけるメンテナンス頻度とコストが、設備・機器ごとにまとめられた維持管理計画をメーカーから入手し、それを考慮した事業計画を作成する。設備導入者自身の日常点検による設備不具合の早期発見や、メンテナンス技術を有する地元企業を活用してコストを削減することで、メンテナンス費用の低減を行う。
			運転段階	各機器及びシステムの性能、耐久性を維持するため、定期的な保守点検（①日常点検、②定期点検）を実施する。①日常点検は、設備導入者自身が行い、②定期点検はO&M業者、メーカーに委託し定期的に実施する。
運転段階	メーカーの性能保証に適用除外事項が規定されている場合、設置・施工方法やメンテナンス方法が適用事項と合致していないことにより、保証が受けられず、追加費用が発生する。	★	設計・施工段階	設置・施工方法やメンテナンス方法を発注仕様書に明記し、適用事項と合致しているか確認する。設計・調達・建設を専門業者に発注する場合、事業者としての信頼性を有しているか（十分な実績、施工体制等に基づく履行能力など）を確認する。
廃棄・処分段階	事業を終了した再工不設備が放置され、景観悪化、環境汚染（設備に有害物質が含まれる場合はその流出）、公衆安全上の問題（第三者が設備へ接触した際の事故、機器や部品等の飛散、土砂流出など）などが生じるおそれがある。	★	廃棄・処分段階	・再工不設備の撤去及び処分は、廃棄物処理法等の関係法令を遵守し、事業終了後、可能な限り速やかに実施する。 ・発電設備の場合、電気事業法上の電気工作物に該当し、事業期間は建築基準法の適用を除外されていた設備であっても、事業を終了したものについては、撤去せず存置されていれば改めて建築基準法の適用を受ける場合があるため、撤去までの期間、適切に維持管理する必要がある。

(10) 人的リスク

本書では風力発電設備導入に係る人的リスクとして、設置した設備に起因する人身事故や物損事故、オペレーション時のミス、保守点検体制や人員の不足などに関するリスクと対策例を紹介しています。また、他の再生可能エネルギーの発電設備や熱利用設備、蓄電池等を組み合わせて導入する際のリスクと対策例は、<再省蓄エネシステムの場合>として紹介しています。

表 2-2-11 風力発電設備導入に係る人的リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	経験・知識が不足しているO&M業者が、維持管理業務や運転業務に従事することで瑕疵(かし)が発生し、設備に不具合や劣化等が生じる。	★★	設計・施工段階	O&M実績を確認し委託する。O&M事業者の履行に不備があり同一部分の再修理等が必要となった場合には無償で再修理を実施する旨の履行責任条項を業務委託契約に盛り込んでおき、瑕疵が発覚した場合の経済的負担を軽減できるようにしておく。
運転段階	トラブル時に急な対応が遅れ、設備稼働率が低下する。	★★	設計・施工段階	適切な保守・点検及び維持管理計画(①スケジュール、②人的配置・体制計画、③範囲、④方法、⑤安全対策、⑥記録方法など)を策定する。また、深夜／休日、豪雨／豪雪等の状況でも確実に対応できる実施体制の構築を図る。
運転段階	保守・点検を担う職員の異動、退職により、新たな人員が確保できるまで運営トラブル(有資格者が必要な場合は事業中断、最適な運転ができない)が発生するおそれ。	★	設計・施工段階	職員の異動や退職等に備え、複数人での保守・点検の運用体制や書の整備を行う。
			運転段階	職員の異動や退職等に備え、計画的な人員配置を行う。適切な人員が確保できない場合には外部委託を行う。
運転段階	<再省蓄エネシステムの場合>保守点検に必要な資格・人材が再エネごとに異なる場合(例えは電気主任技術者とボイラー・タービン主任技術者など)、複数人材の確保が必要となる。	★	運転段階	外部委託(O&M事業者や、複数の再エネ設備を一括して管理可能な業者など)が可能なシステム・規模を採用する。
運転段階	オペレーション時のミスによる事故等により作業員のケガや設備周辺の第三者に被害を及ぼすリスク。	★	運転段階	オペレーション時のミスが発生しないように、設備・機器の運転方法を書化し、それに準じた操作を徹底する。併せて、事故による被害への対応を行うため、損害保険に加入しておく。例えば、業務上の事故に起因する労働災害の費用負担を補填する損害賠償保険に加入する。

Column

事業計画段階におけるマイクログリッドの保安体制検討の重要性

執筆：パシフィックコンサルタンツ株式会社 環境・エネルギー部

マイクログリッドの構築に伴い**自営線**や新たな電気工作物を設置する場合には、電気工作物の工事、維持及び運用に関わる保安監督に係る業務（保安管理業務）の実施体制（保安体制）の構築が課題になることがあります。本コラムの読者としては、事業用電気工作物（電気事業法第38条による）を設置する場合が多いと思われますので、以下では事業用電気工作物の保安体制の構築について解説します。

マイクログリッドを構築する際は原則的に電気主任技術者を選任した上で保安体制を構築する必要があります。これは、電気事業法第43条により、電気工作物を設置する者（電気工作物の所有者、占有者等）は、保安管理業務のために主任技術者を選任しなければならないと定められているためです。

保安体制の構築は、現場の工事開始までに終えている必要があります。地域によっては電気主任技術者が不足しており、確保までに時間が掛かるために着工できず事業スケジュールが遅延するといったこともあります。また、電気主任技術者を新たに雇用する場合には、大きな費用が発生し、事業性に影響を与えることも考えられます。

電気主任技術者の選任が現実的でないという場合には、保安管理業務について外部委託することも考えられますが、電気事業法等で定められた保安管理業務を外部委託できる主な要件を満たした上で管轄の産業保安監督部長の承認を受ける必要があるため、計画時点であらかじめ電気主任技術者の確保が可能であるかを考慮しておくことが重要です。

表 保安管理業務を外部委託できる主な要件

項目	要件
発電設備	<ul style="list-style-type: none"> 電圧7,000V以下で連系する出力2,000kW未満の水力、火力、太陽光発電及び風力発電設備が設置された事業場 電圧7,000V以下で連系する出力1,000kW未満の発電設備（前述の発電設備を除く）が設置された事業場
需要設備	<ul style="list-style-type: none"> 電圧7,000V以下で受電する需要設備が設置された事業場 電圧600V以下の配電線路を管理する事業場

※電気事業法施行規則 第52条第2項（改正平成29年9月28日 第77号）より作成

特に600Vより高い電圧の**自営線**を道路横断させる場合や、一般公衆が立ち入る場所に**自営線**を設置する場合には電気主任技術者の選任が必要となることを前提とすべきです。保安体制の構築に関しては、電気保安協会等の電気保安法人に相談することも有望です。

Column

風力発電設備を他の再生可能エネルギーの設備と一緒にしないで

執筆：一般社団法人 日本小形風力発電協会

小形の風力発電設備は、大型の風力発電設備と比較して安易に施工ができると思われているかもしれません、そのような事は一切ありません。むしろ、小形の風力発電設備の施工[※]のほうが難しい部分もあります。誰でも簡単に土地や資金を用意すれば施工できるというものではないのです。

◆小形風力発電設備の施工がなぜ難しいのか？

小形風車のハブ高は、大型風車のハブ高と比べると地表面に近い場所に建設されることがほとんどで、そのような場所は地表面粗度の影響を受けやすく、鉛直方向のウインドシア（風速の変化）が大きくなる傾向があります。そのため、ローター最高部と最低部で受ける荷重が異なることが多く、この点を踏まえた施工が必要になるためです。

なお、ウインドシアを引き起こす他の要因としては、建設地周辺の建造物、地形、林や森の木々などがあり、そのような要因となるものからは、距離を取って施工するのが一般的となります。以上の様々な要因を考慮した上で適地選定することで、発電事業者として検討した AEP（年間発電電力量）などの事業計画を達成する事が可能となり、また、長期間に渡り風力発電設備を維持することにつながります。

また、風車の選定においては、日本産業規格（JIS）や日本小形風力発電協会（JSWTA）の規格に沿った適合性を認証する制度の活用が考えられますが、これらはあくまでも規格への適合を認証しているにすぎないということに留意が必要です。

◆事業計画通りに小形の風力発電設備を施工、運営するにはどうすれば良いのか？

コストを抑えた風況の調査が必要になってきます。遅かれ早かれ、ハブ高 20m 近辺でも正確な予測が可能となる信頼性のあるシミュレーションが市場に投入され、低成本の風況調査が可能になると思いますが、上述のとおりハブ高が低ければ低いほど、風況のシミュレーションの開発も難しくなります。

あきらかに開けた地形以外に小形の風力発電設備の施工を計画する場合は、冬季の半年間程、風向風速計を用いて計画地の風況を調べることをお勧めします。取得されたデータを風車メーカーに持ち込み、相談してみてはいかがでしょうか？ 風速の乱れは風車寿命の問題に直結し、突風や強風は風車事故の起因となる事が多々あります。事業計画を計画倒れとしないためにも、事前の準備に時間を割くことが必要不可欠なのが、小形の風力発電設備の施工と言えるでしょう。

※本来ならば、風車の施工というよりも、風力発電設備開発という言葉が適切かもしれません。しかしながら、開発という言葉には少なからず環境破壊のイメージが湧くかたもいらっしゃると思い、ここでは施工という言葉を使っています。

Column

異常の早期発見と適切なメンテナンスで風車の事故は抑制できる

執筆：一般社団法人 日本小形風力発電協会

機械である以上、風車の故障は起ります。大型の風力発電機には様々なセンサーが搭載されており、重大な事故が引き起こされる前に故障箇所を特定することも可能です。もちろん、センサーを信用し過ぎるのも問題ですが、小形の風力発電機には大型の風力発電機のようなセンサーが付いていない場合がほとんどです。では、どのようにして風車の故障を把握するのかというと、正常時の音や風車挙動を異常時と比較することで故障の原因を特定することができます。そのためには、風車導入時に地元の方々と密接な関係を築き、異常の早期発見が肝心です。また、故障を引き起こさないための定期的なメンテナンスも重要です。

メンテナンスは、メンテナンス計画に基づき実行されることが必要になります。風力発電機は様々な箇所に回転する駆動部があるため、ベアリングが多用されています。ベアリングへの給脂（潤滑剤を機械類に補給すること）は故障を未然に防ぐために、最も必要な作業と言えるでしょう。ボルトやナットの緩みは、風車にとって危険な振動の起因となることからも、メンテナンススケジュールに基づき「誰が」「何時」「どのように」点検したのかを記録しておくことも風車事故を未然に防ぐためには必要な作業となります。また、風車の基礎や支柱も定期的にチェックする必要があります。ほとんどの風車はトップヘビー（重心位置が高い）のため、支柱の底部と基礎の間に余分なスペースがあると、すりこぎ運動が起ります。基礎が破壊されたり、支柱ごと倒壊したりする危険があります。また、ナセル内のジェネレータにスリップリングを用いている場合には、ブラシの摩耗にも注意する必要があります。もし、ブラシの摩耗を放置した場合、最悪、風車は負荷を失い無負荷となります。負荷の無い風車は、急激に回転数が上昇し設計上限値の回転数に到達します。通常は機械的なブレーキにより回転は止りますが、機械的なブレーキがない風車は電気的なトルクによる制動に頼っています。機械的なブレーキがない風車の場合は、特にブラシの摩耗は注意深く点検する必要があります。

現在、小形の風力発電機は様々な型式の風車が市場に存在している事により、その風車特有のメンテナンス作業が必要になる事がほとんどです。メンテナンスを請け負う場合には、風車メーカー及び発電事業者と一緒に様々なトラブルを未然に防ぐために綿密な打ち合わせを行うことが必要です。

Column

中古部品の安い転用は危険

執筆：一般社団法人 日本小形風力発電協会

風車と聞くと3枚の羽根が回っている風車を想像される方が大半だと思いますが、この3枚の風車の羽根がどのような素材で、どのように生産されているか御存知でしょうか？

これらの風車翼のほとんどが、繊維強化プラスチック (FRP) で生産されています。自動車のパーツに使われているFRPの部品は、型を使用した射出成形も多いですが風車翼は年間に何千も出荷するものではありません。ハンドレイアップによって生産されているメーカーもあります。そのため、一つ一つの翼の質量が熟練の職人の手をもってしても多少の誤差が出てしまう場合もあります。

風車の翼は自動車のタイヤと同じようにアライメントを調整しないと、綺麗な回転の円を描いて発電することができません。もし、風車翼の重量バランスが崩れているとローターバランスの不釣り合いにより異常振動が発生し、事故に至るケースも考えられます。そのため、風車翼のバランスは、メーカーにより出荷前に厳密な試験がなされています。同じ翼形だから、同じ工場で製造したからという理由で勝手に風車翼を変更することはできません。同じ型式の風車だからといって、製造ロット番号の違う風車翼を使用することもできません。まして、中古の翼を発電事業者の判断で使用することは危険な行為となります。メーカーには風車固有の翼のバランスセットのデータがありますので、故障や事故により翼に損壊が認められる場合には、メーカーが適切と判断された翼を使用していただくことが肝心です。

翼だけではなく、ギア周りのミスアライメントにも注意が必要です。ナセル内のドライブトレインを自動車のように、発電事業者が、オーバーホールという感じに全てを交換するというには、今のところできないと考えていただいて良いと思います。まず、メーカーのオーナーズ書やメンテナンス書にも、ドライブトレインをそのまま交換することを前提として書かれています。

小形風車ということもあり、ドライブトレインの故障でかつ、メーカーの保証が切れている際には、ナセルを下ろして回収してナセル内のドライブトレインを交換することを考える発電事業者もあるかと思いますが、新品のドライブトレインだとしてもナセル内への設置の際のミスアライメントも考えられますし、中古のドライブトレインを採用された場合も、適切な使用状況が正確に記録されていなければ、寿命の判断が出来ません。

発電事業者としては、できる限り安い部品の使用を考えると思いますが、部品の交換の際にはメーカーに相談していただくことが肝要と考えます。

2-2-5. 風力発電設備導入に係る主な関係法令

風力発電設備を導入する場合は、法令に基づき、許認可等の手続が必要となります。本項では、許認可等の手続が必要となる主なものについてまとめています。

なお、掲載したものは飽くまでも参考として例示したもので、事業を行う際にはその他関係する法令等を遵守するとともに、地方公共団体の条例等に係る手続についても確認が必要です。

表 2-2-12 風力発電設備導入に係る主な関係法令

法令名称	手続	手続の概要
環境影響評価法	環境アセスメント	一定規模の発電設備を設置する場合、必要な手続にのっとって環境への影響評価を行い、その結果を事業計画に反映しなければならない
電気事業法	工事計画の届出手続	一定規模の発電設備を設置する場合、事前に国への工事計画の届出が必要である
	保安規程の届出手続	一定規模の発電設備を設置する場合、保安規程を定め、使用の開始前までに国への届出が必要である
	主任技術者の選任及び届出手続	一定規模の発電設備を設置する場合、事前に主任技術者を選任し、国への届出が必要である
	使用前安全管理検査手続	工事計画を届け出た発電設備の使用の開始前に、使用前自主検査を実施するとともに、使用前安全管理審査の受審が必要である
	定期安全管理検査手続	工事計画を届け出た発電設備を使用する場合、定期事業者検査を実施するとともに、定期安全管理審査の受審が必要である
	供給計画の届出	電気事業者は、毎年度開始前に供給計画を作成し、電力広域的運営推進機関を経由して、国への届出が必要である
森林法	森林の土地所有者届出手続	個人、法人を問わず、売買や相続等により森林の土地を新たに取得した場合、面積にかかわらず市町村長への事後届出が必要である。ただし、国土利用計画法に基づく土地売買契約の届出を提出している場合は対象外である
	森林における開発許可等手続	森林における開発行為には、事前に都道府県知事の許可等が必要である
農地法	農地転用許可手続	農地に設備等を設置する場合、農地以外の地目へと転用するため、事前に市町村農業委員会を経由して、都道府県知事又は指定市町村の長の許可が必要である
生産緑地法	生産緑地地区内の建築行為	生産緑地地区内において、建築物、工作物の建築等、土地の形質の変更、水面の埋立てなどの行為を行おうとする場合に、市町村長の許可を得る必要がある
都市緑地法	特別緑地保全地区内の建築行為	特別緑地保全地区内において、建築物、工作物の建築等、土地の形質の変更、木竹の伐採、水面の埋立てなどの行為を行おうとする場合に、都道府県知事の許可を得る必要がある
国土利用計画法	土地売買等の契約届出手続	一定規模以上の土地の売買等の契約を締結した場合、都道府県知事又は指定都市の長への届出が必要である
公有地の拡大の推進に関する法律	一定規模以上の土地を有償で譲渡しようとする場合等の届出	一定規模以上の土地を有償で譲渡しようとするときは、事前に市長（町村域の土地の場合は町村経由で知事）に届出が必要である地方公共団体等による買取りを希望するときは、その旨を申し出ることができる
都市公園法	公園管理者以外の者の公園施設の設置等及び都市公園の占用	公園管理者以外の者が、都市公園内に公園施設を設け、又は管理しようとする場合に公園管理者の許可を得る必要がある また、都市公園に公園施設以外の施設を設けて都市公園を占用しようする場合に許可を得る必要がある
都市計画法	開発許可手続	市街化区域等で開発行為を行う場合、都道府県等の許可が必要となる場合がある
工場立地法	工場立地法に基づく届出	一定規模以上の敷地又は建築面積を有する発電設備を設置する場合、事前に市町村への届出が必要である

法令名称	手続	手続の概要
海岸法	海岸保全区域等の占用の許可等	海岸保全区域等において開発行為を行う場合、事前に海岸管理者の許可が必要である
漁港漁場整備法	漁港の区域内の水域等における占用等の許可	漁港の区域内において発電設備の設置工事に伴い水面の占用等を行う場合、事前に漁港管理者の許可が必要である
港湾法	臨港地区内における行為の届出	臨港地区内において設備等の設置工事等を行う場合、事前に港湾管理者への届出が必要である
	港湾区域内水域等における占用公募制度及び占用許可制度	洋上風力発電設備その他の公募対象施設等を設置するため港湾区域内水域等を長期にわたり占用しようとする場合、事前に港湾管理者の認定及び許可が必要である
促進区域内海域における占用公募制度及び占用許可制度	海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律	海洋再生可能エネルギー発電設備を設置するため促進区域内海域を長期に占用しようとする場合、事前に経済産業大臣及び国土交通大臣の認定並びに国土交通大臣の許可が必要である
船舶安全法	浮体式洋上風力発電施設における船舶検査申請	浮体式洋上風力発電施設を設置しようとする場合、船舶安全法に基づく船舶検査を受ける必要がある
航空法	空港周辺における建物等設置の制限	空港周辺において、建物等を設置しようとする場合は、事前に、設置しようとする建物等が制限表面の上に出るか否かを確認する必要がある。
	航空障害灯設置物件の届出	地上 60 メートル以上の高さの発電設備等に航空障害灯を設置した場合、国への届出が必要である なお、設置する航空障害灯の種類が高光度航空障害灯又は中光度白色航空障害灯の場合は事前の照会が必要である
砂防法	砂防指定地における行為許可等	砂防指定地において開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
地すべり等防止法	地すべり防止区域内の行為許可	地すべり防止区域内において、開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律	急傾斜地崩壊危険区域内の行為許可	急傾斜地崩壊危険区域内において、開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律	生息地等保護区の管理地区内等における行為の許可等手続	絶滅のおそれのある野生動植物の保護区域で開発行為を行う場合、国の許可や届出が必要である
鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律	特別保護地区内における行為許可手続	鳥獣の特別保護区域内で開発行為を行う場合、事前に国等の許可が必要である
自然環境保全法	自然環境保全地域等における行為の許可又は届出	原生自然環境保全地域、自然環境保全地域、都道府県自然環境保全地域において工事を行う場合、事前に国又は都道府県の許可が必要である
自然公園法	行為許可申請等手続	国立公園や国定公園等で開発行為を行う場合、事前に国等の許可や届出が必要である
振動規制法	振動規制に関する届出手続	振動の規制が行われる指定地域で施設を設置しようとする場合、事前に市町村や特別区への届出が必要である
騒音規制法	騒音規制に関する届出手続	騒音の規制が行われる指定地域で施設を設置しようとする場合、事前に市町村や特別区への届出が必要である
土壤汚染対策法	土地の形質の変更に係る届出手続	一定規模の土地の掘削等を行う場合、事前に都道府県等への届出が必要である

法令名称	手続	手続の概要
採石法、砂利採取法	土石砂利の採取認可	土石砂利の採取を行う場合、事業者は採取計画を定め、都道府県知事の認可が必要である
電波法	伝搬障害防止区域における高層建築物等に係る届出	伝搬障害防止区域に発電設備等を設置する場合で、一定の高さ以上となる場合、事前に国への届出が必要である
建築基準法	建築確認申請	発電設備及び付帯する建物を設置する場合、特定の要件に該当する場合を除いて、市町村等の建築確認が必要である
消防法	消防法に基づく申請等	発電事業の実施に際して危険物に指定される物資を一定量以上使用する場合、事前に市町村の許可が必要である
景観法	景観法等に基づく届出	景観の保全が定められている地域において工事を行う場合、事前に市町村等への届出や認定等が必要である
道路交通法	①道路使用許可手続 ②制限外積載許可手続	①工事等の際に道路を使用する場合、事前に所轄警察署長の許可が必要である ②貨物の運搬時に、車両の積載物の重量、大きさ又は積載方法の制限を超えて運転する場合、事前に車両の出発地を管轄する警察署長の許可が必要である
道路法	道路の占用許可手続等	道路区域内において工事等をするために道路を占用する場合、事前に道路管理者の許可が必要である
	道路法に基づく車両制限	工事等の際に、車両制限の範囲を超える工事車両が道路を通行する場合、事前に道路管理者の許可が必要である
特定工場における公害防止組織の整備に関する法律	公害防止管理者	電気・熱供給事業等で、特定の施設を設置している工場は、公害防止管理者等を選任し、都道府県知事又は市町村長への届出が必要である
文化財保護法	埋蔵文化財包蔵地土木工事等届出手続	埋蔵文化財が確認されている土地において発電設備等の設置のため開発行為を行う場合、事前に都道府県・政令指定都市等への届出が必要である
	史跡・名勝・天然記念物指定地の現状変更の許可	史跡・名勝・天然記念物指定地において開発行為を行う場合、事前に国等への許可が必要である
	遺跡の発見報告	工事を行っている際に遺跡を発見した場合は、都道府県・政令指定都市等への届出が必要である
その他	風力発電施設建設に係る国土交通省・気象庁への相談	気象レーダーの近傍で風力発電施設を建設する場合、気象レーダーの観測への影響を回避・軽減する必要があるため、計画・用地選定等、事業の初期の段階で、国土交通省・気象庁へ相談が必要である

出典：主に資源エネルギー庁（2019）「再生可能エネルギー事業支援ガイドブック令和元年度版」を参考に作成

2-2-6. 引用・参考資料

〈引用資料〉

1. 経済産業省 資源エネルギー庁 (2018) 「事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）」
2. 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO） (2017) 「バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針」
3. 環境省 (2019) 「地域における再生可能エネルギー事業の事業性評価等に関する手引き（金融機関向け）Ver4.1～風力発電事業編～」
4. 魚崎耕平 (2004) 「風力発電に伴う環境影響とアセスメント」『風力エネルギー』28巻3号
5. 環境省ウェブサイト「資料4 他の環境影響（シャドーフリッカ）に関する調査、予測及び評価について」(2011年2月14日 風力発電施設に係る環境影響評価の基本的考え方に関する検討会(第5回))

〈参考資料〉

6. 経済産業省 資源エネルギー庁 (2018) 「事業計画策定ガイドライン（風力発電）」
7. 一般財団法人 新エネルギー財団編 (2007) 「新エネルギー導入ガイド 企業のための風力発電導入 A to Z」経済産業省 資源エネルギー庁
8. 一般財団法人 新エネルギー財団 (2005) 「風力発電システム導入促進検討の手引き」
9. 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO） (2015) 「着床式洋上風力発電導入ガイドブック（第一版）」
10. 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO） (2008) 「風力発電導入ガイドブック」(2008年2月改訂第9版)
11. SOMPOリスクマネジメント株式会社 (2018) 「風力発電事業のリスク管理と危機管理」『損保ジャパン日本興亜 RM レポート』Issue171
12. SOMPOリスクマネジメント株式会社 (2017) 「風力発電におけるリスクマネジメントと保険について」(2017年1月17日 京都大学再生可能エネルギー経済学講座)
13. SOMPOリスクマネジメント株式会社 (2013) 「風力発電システムに関するリスク」『NKSJ-RM レポート』Issue82
14. 鳴門ゾーニングプロジェクト協議会 (2017) 「陸上風カゾーニングマップ根拠資料（バードストライク編）」
15. 一般社団法人 日本風力発電協会 (2015) 「小規模風力発電事業のための環境アセスメントガイドブック（JWPA 環境アセスガイド）」
16. 一般社団法人 日本小形風力発電協会 (2012) 「小形風車導入手引書 第2版」
17. 日本自然エネルギー株式会社 (2003) 「風力発電書 2003」エネルギーフォーラム
18. 株式会社三菱総合研究所（経済産業省委託） (2018) 「平成29年度電気施設等の保安規制の合理化検討に係る調査（小型発電用風力設備における事故情報分析調査）報告書」
19. 茅 陽一 (2002) 「新エネルギー大事典」工業調査会
20. 経済産業省 資源エネルギー庁 (2018) 「再エネ事業支援ガイドブック 平成30年度版」
21. 経済産業省 資源エネルギー庁 (2014) 「再エネスキル標準（GPSS）ガイドブック」
22. 北海道 (2015) 「エネルギー地産地消導入検討書」
23. 東京海上日動リスクコンサルティング株式会社 (2012) 「再エネ関連事業参入のチャンスとリスク」『リスクマネジメント最前線 2012-17』2012年11月9日号
24. 総務省ウェブサイト「再エネ資源等の賦存量等の調査についての統一的なガイドライン～再エネ資源等の活用による「緑の分権改革」の推進のために～」(2011年3月1日 緑の分権改革推進会議 第四分科会(第4回))
25. 経済産業省 (2005) 「先進企業から学ぶ事業リスクマネジメント実践テキスト」
26. 認定NPO法人 環境エネルギー政策研究所 (2018) 「自然エネルギー白書 2017」
27. 江口智子・佐藤康之編 (2016) 『再エネ開発・運用にかかる法規と実務ハンドブック』水上貴央監修、エヌ・ティ・エス
28. 森・濱田松本法律事務所エネルギー・インフラストラクチャープラクティスグループ著 (2015) 『発電プロジェクトの契約実務』商事法務
29. 株式会社エヌ・ティ・エス (2008) 「エネルギーの貯蔵・輸送-電気・熱・化学-」

30. 経済産業省 蓄電池戦略プロジェクトチーム（2009）「蓄電池戦略」
31. 一般社団法人 電池工業会（2013）「リチウムイオン蓄電池まるわかりB O O K」
32. 株式会社日本政策投資銀行（2013）「蓄電池産業の現状と発展に向けた考察」
33. 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）（2009）「日本型風力発電ガイドライン 落雷対策編」

2-2-7. 風力発電設備導入に関する用語解説

「2-2. 風力発電設備導入に係るリスクとその対策」で示した太文字の用語解説となっています。一般的の用語集とは異なり、技術的な解説は必要最小限にとどめていますので、技術面の詳細は専門書等を参考してください。

EPC

Engineering, Procurement, Construction の略称。「ターンキー契約」と同等で、設計(Engineering)、調達(Procurement)、建設(Construction)を含む、プロジェクトの建設工事請負契約のこと。

FIT

FIT (Feed-in Tariff) とは、固定価格買取制度のことであり、再生可能エネルギー源(太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス)を用いて発電された電気を、国が定める固定価格で一定の期間電気事業者に調達を義務付けるもの。

IEC 規格

国際電気標準会議 (International Electrotechnical Commission: IEC) が制定する国際規格。IECは、各国の代表的な標準化機関によって組織される非政府間国際機関で、電気・電子分野(電気通信分野を除く)について、国際的な標準化を行っている。

O&M(Operation&Maintenance)

施工後の発電施設における運転管理業務や設備維持管理業務のこと。

アライメント

風車においては、風車翼が支柱に取り付けられる角度や位置関係の総称

ウインドファーム認証

風力発電所を建設するサイトの環境条件の評価を行い、その環境条件に基づいて風車及び支持構造物の強度及び安全性が設計上担保されていることを評価確認するもので、電気事業法による工事計画審査において活用されるものである。

オーバーハング

岩盤が垂直を超えてせり出している状態。斜面下部が軟らかく、上部に硬い場合に形成されやすい。

風切り音

風力発電機に付属の風車のブレードの回転に伴い発生する音のこと。

河川の堰止め（湛水）

崩土により河道が閉塞すること。天然ダムとも呼ばれる。

共同受信施設

建物が原因となって発生する受信障害の解消や地形的に電波を良好に受信できない場合、共同でアンテナを設置して各戸にケーブルを引き込むための施設のこと。

ゲートウェイ

通信プロトコルの変換などにより、異なる通信プロトコルを有する機器、設備間での相互接続を可能とする装置のこと。

自営線

電気事業法上の定義はないが、通例として、自らが維持し、及び運用する送電用及び配電用の電気工作物のうち、一般送配電事業者以外の者が構築し、維持し、及び運用するものを指すことが多い。

遮蔽障害

建造物を迂回(うかい)して生じた位相の異なる電波(透過波)が、直接受信している電波(直接波)との間で画像の劣化を生じさせるもののこと。

スリップリング

回転体に外部から電力・電気信号を伝達することができる回転コネクタ。回転体に配置された金属製リングとブラシを介して電力や信号を伝達する。

地表面粗度

地表面の粗さ（都市化の状況）を示す。風圧力の算定時には、地表面粗度区分を考慮する必要がある。地表面粗度区分は、都市化の状況に応じてⅠ～Ⅳの4つに区分されている。

通信プロトコル

異なる機器、設備を相互接続するために必要となる手順や規約（データ送受信のタイミング、データの形式、通信エラー時の対応など）などの通信上の約束事

デューデリジェンス

事業の適格性を把握するために行う調査のこととで、投資を行う際、投資対象の土地の価値や収益力、リスクなどを詳細に調査・分析すること。

ドライブトレイン

風力を回転トルクとして発電機に伝達するための部品の総称

取引信用保険

取引先の倒産や支払遅延等により、販売代金を回収できなくなった場合に、損害の一定部分などについて保険金が支払われるもの。

(法面の) 肌落ち

法面の表層が剥離して落下すること。

ハブ高

ブレードをローター軸に固定する部分をハブといい、地上から風車ローターの中心までの高さのこと。

はらみ出し

地すべりや地下水の影響等により斜面や法面が押し出されている（膨らんでいる）状態。

反射障害

風力発電機特有の複雑な形状や、風向・風速による反射面の変位といった特徴により、遮蔽障害と比較して影響の特定が困難となる。

ハンドレイアップ

人の手で樹脂とガラス繊維をローラーなどで積層させていく方法

引き下げ導体

外部雷保護システムのうち、雷電流を受雷部システムから接地システムへ流すための部分。

非常停止装置

風車への雷撃があった場合に直ちに風車を停止することができるもの。発電用風力設備に関する技術基準を定める「発電用風力設備の技術基準の解釈について」が一部改正され、非常停止装置等を施設することなどが加わり、風力発電の雷対策が強化されている。

ピッチ制御

風車のローター回転数や出力を落とすため、回転面に対する風車のブレードの取付角度（ピッチ角）を変化させること。

ポケット

落石防護擁壁背後の斜面との間に設けられた空間で、落石や崩土を堆積させる場所。

ヨー制御

風向きに応じて風車の首を制御する装置のこと。

預託金

賃貸借契約の際に借主が貸主に一定の金額を無利息で預け入れる金銭の総称で敷金、保証金のこと。

ランプサム契約

商取引の解約形態の一つで、契約金額として約定された固定金額で契約上の義務を請け負う契約。契約当事者間の合意がない限り原則として金額は変更されない。

レセプター

風車が受けた電撃電流を安全に大地に流すためのブレード先端の受雷部のこと。

ローター

ローター軸はブレード（回転羽根）の回転軸であり、ブレード・ローター軸・ハブを合わせて「ローター系」と呼ぶ。

2-3. バイオマス発電、熱利用等設備導入に係るリスクとその対策

本書について

| 引用・資料について

引用又は参考にした資料を、節末の「引用・参考資料」に記載しています。

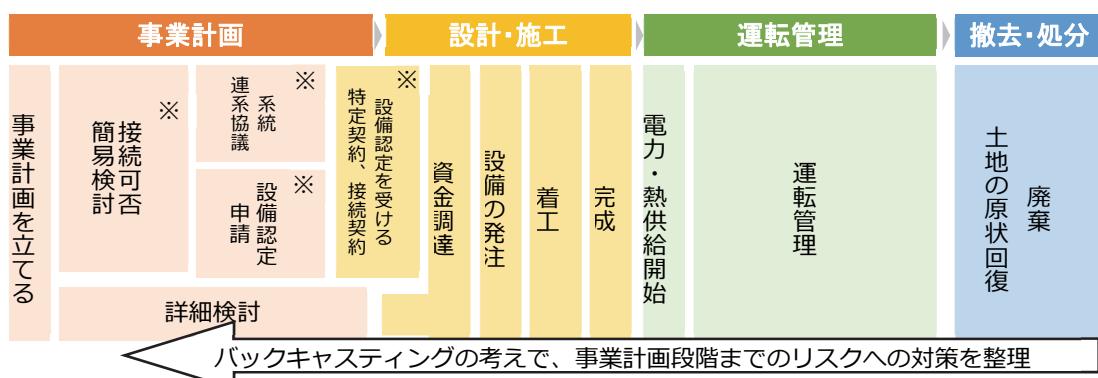
| 用語について

太文字（例：O&M）で記載されている用語は、節末の「用語解説」においてその内容を説明しています。

2-3-1. バイオマス発電、熱利用等設備導入の流れとリスクとその対策の考え方

バイオマス（発電、熱利用、発電・熱利用（以下「発電、熱利用等」といいます。））設備の事業計画から撤去・処分までの大まかな流れを図 2-3-1 に示します。本書では、リスクが顕在化する事業段階（設計・施工、運転管理、撤去・処分）から事業計画段階まで遡り、各段階で取り得るリスク対策に優先順位を付けて体系的に整理しています。なお、再生可能エネルギー設備、蓄エネエネルギー設備、省エネエネルギー設備を組み合わせて導入するシステム（以下「再省蓄エネシステム」といいます。）のリスクとその対策例も紹介（該当リスクは表内で「<再省蓄エネシステムの場合>」と記載）しています。

「2-3-3. バイオマス発電、熱利用等設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧」にて例示しているリスクとその対策には、関係法令及び条例への対応に係る内容を一部含んでいますが、遵守すべき法令や条例への対応を網羅しているとは限らないため、各事業者の責任の下で設備を設置する土地を管轄する地方公共団体等に事前に相談、確認をした上で必要な対応を実施することが求められます。なお、地方公共団体の相談先が明確でない場合は、都道府県や市町村の再生可能エネルギー関連部局に相談することが有効です。



※発電事業の場合のみ

図 2-3-1 バイオマス（発電、熱利用、発電・熱利用）事業の流れ

出典：環境省（2018）「地域における再生可能エネルギー事業の事業性評価等に関する手引き（金融機関向け）Ver 3.1 小水力発電事業編」より作成。

2-3-2. バイオマス発電、熱利用等設備導入事業のリスクの分類

本書で取り扱っているバイオマス発電、熱利用等設備導入に係るリスクを分類別にまとめると表 2-2-1 のようになります。

(リスクの考え方やリスクマネジメントの説明については 1 章を御参照ください。)

表 2-3-1 バイオマス発電、熱利用等設備導入に係るリスク分類別のリスク数

リスク分類	リスク概要	リスクの数※	頁
制度リスク	規制、許認可、制度改正、系統連系に係るリスクのほか、合意形成に関するリスク	6	p.92
土地リスク	事業用地取得時の契約、事業用地の利用継続に係るリスク	4	p.94
環境リスク	事業活動による環境変化が、人の健康や生態系に影響を及ぼすリスク	8	p.95
完工リスク	コスト・タイムオーバーランにつながる設計・施工、EPC 業者等、資金調達に係るリスク	10	p.100
資源リスク	資源調達時における量及び質、調達価格に係るリスク	6	p.102
性能リスク	システム効率の低下につながるメンテナンス不足、機器トラブルに係るリスク	8	p.103
自然災害リスク	自然災害（暴風、豪雨、豪雪、洪水、地震など）やそれに伴う土砂災害（斜面崩壊、地すべりなど）、落雷などに係るリスク	2	p.105
需要リスク	エネルギー需要の変動、契約更新に係るリスク	5	p.106
追加コスト発生リスク	資源の品質基準の不一致、機器損傷、物損・人的被害の損害賠償、メーカー保証適用事項との不一致、機会損失、ユーティリティコスト増加、事業終了後の原状回復などに係るリスク	16	p.107
人的リスク	オペレーションミス、メンテナンス体制や人材不足に係るリスク	6	p.110
	計	71	

※：本項で扱うリスクの数

次項 2-3-3. にバイオマス発電、熱利用等設備導入に係るリスクとその対策をリスク分類（大項目）別に掲載しています。事業計画時にはこちらを参考にして事業のリスクを抽出し、必要なリスク対策の検討に活用してください。

図 2-3-2 のように事業への影響度と発生頻度からリスクをレベル分けし、★の数でリスクの大きさを示していますので、重大リスクから優先的に対策を行うことが可能です。

リスク対策については、事業段階別に分けて掲載しています。各事業段階で可能なリスク対策を把握し、事業に必要なリスク対策を計画的に実行していくことが肝要です。

なお、リスクは個別事業の事情により異なるものもあるため、起こり得る全てのリスクを網羅しているわけではないことに御注意ください。

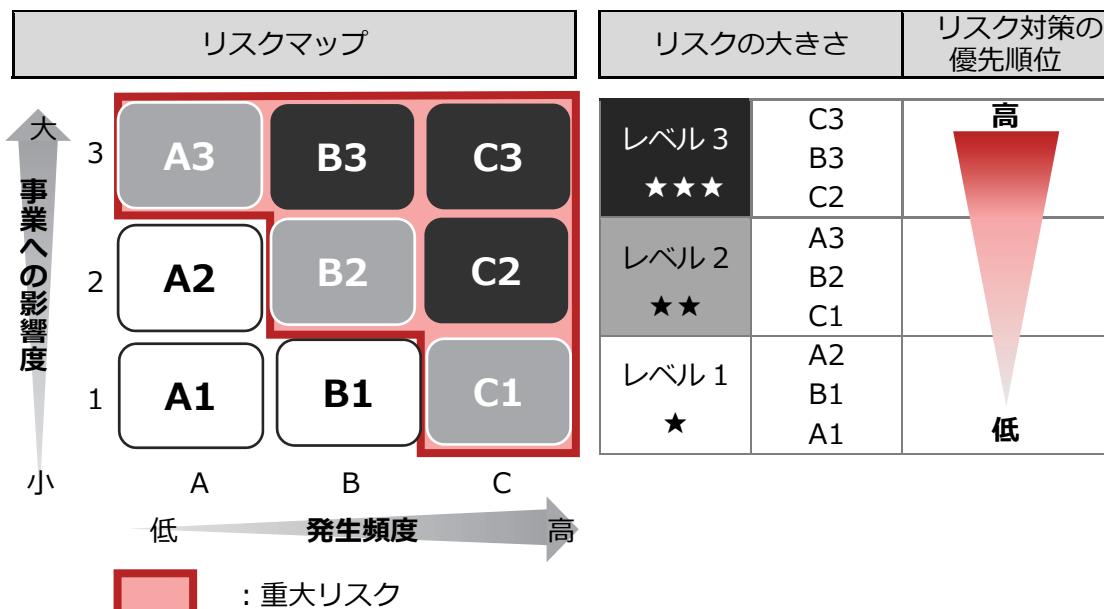


図 2-3-2 本書におけるリスク評価の考え方

2-3-3. バイオマス発電、熱利用等設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧

バイオマス発電、熱利用等設備導入に係る重大リスクのうち、レベル3に該当するリスクとその概要について事業段階ごとに一覧で整理しました。各リスクの詳細とその対策については参照ページをご確認ください。



図 2-3-3 バイオマス発電、熱利用等設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧

2-3-4. バイオマス発電、熱利用等設備導入に係るリスクとその対策の一覧

(1) 制度リスク

本書ではバイオマス発電、熱利用等設備導入に係る制度リスクとして、設備導入者によるコントロールの及びにくい、許認可、規制、制度改正、地域住民等との合意形成などに関するリスクと対策例を紹介しています。

リスクレベル3の重大リスクとして、補助金で導入した再生可能エネルギー設備等が、自然災害への対策が取られておらず、事業要件を満たさないおそれが挙げられます。

表 2-3-2 バイオマス発電、熱利用等設備導入に係る制度リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
事業計画段階	事業による環境への影響（水質、騒音、景観等）が顕在化し、関係者と事業継続に係る合意形成が図れず事業が中断・中止する。	★★	事業計画段階	計画段階で、環境の現況調査を実施するとともに、水質や騒音等については環境基準を正しく理解した上で事業申請を行う。景観等については、慎重に地元と関係構築をしつつ合意形成を図る。なお、対策が必要な場合は、複数の環境配慮対策を検討し、関係者との協議を踏まえた設計・施工・運転管理計画を作成する。
			設計・施工段階	地方公共団体が再生可能エネルギー設備設置に景観形成基準を定めている場合は、配置、色彩などを基準に適合させた設計を行う。施工段階における環境への影響をモニタリング（状態を監視、観測や測定）し、その状況を関係者と共有する。環境への影響変化の兆候を確認した場合は、関係者と協議を行い、新たに環境配慮対策を考慮した施工を行う。
			運転段階	運転段階においても環境への影響をモニタリングし、環境への影響変化の兆候を確認した場合は、関係者と協議を行い、新たな環境配慮対策を反映した運転管理計画を作成する。
事業計画段階	事業実施の事前周知や事業内容の説明、運転状況や廃棄・処分の報告不足により、近隣住民などのステークホルダーから事業実施の同意及び理解が得られない。	★★	事業計画段階	近隣住民等の事業関係者への説明会を早期かつ定期的に実施し、事業への理解の醸成、不満の早期対応に努める。
			設計・施工段階	定期的に近隣住民等の事業関係者へ設計・施工状況の報告を実施し、事業への理解の醸成、不満の早期対応に努める。
			運転段階	定期的に近隣住民等の事業関係者へ運転状況の報告を実施し、事業への理解の醸成、不満の早期対応に努める。
			廃棄・処分段階	近隣住民等の事業関係者へ廃棄・処分状況の報告を実施し、不満の早期対応に努める。
設計・施工段階	<系統連系する場合>発電設備の設置場所周辺に系統連系可能な送配電線が未整備の場合は、 自営線 の敷設費用や連系工事負担金が発生し、工事費用が増大する。	★★★	事業計画段階	系統連系が可能な場所に近接している、重機が入りやすい等の条件に該当する計画地を複数検討し、 自営線 の整備を低コストで実施可能な場所を選定する。

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	補助金で導入した再生可能エネルギー設備等が、地震・地すべり・台風・集中豪雨・豪雪・津波などの自然災害に対する十分な強度計算や対策が取られておらず、事業要件（地域における自然的社会的条件に応じた、再エネ普及・拡大の妨げとなっている課題への適切な対応を備えていること）を満たさないおそれ。	★★★	設計・施工段階	自然災害（地震・地すべり・台風・集中豪雨・豪雪・津波など）に対する災害対応基準（設備の耐震設計に関するガイドラインなど）やそれに類するもの（各種再生可能エネルギー設備の設計・施工のガイドライン、地方公共団体等が公表しているハザードマップなど）に従い設計図書等を作成し、それに基づき、所要の安全度が確保されるように設計・施工を行う。
運転段階	許認可、規制に係る制度の変更によって、経費の支払が増える。あるいは、事業計画の変更の必要性が生じる。 特に近年は、電力システム改革による制度変更（FIT法改正、発電側基本料金の開始等）が多く、発電事業に大きな影響を及ぼす。	★★	運転段階	許認可、規制に係る制度の変更及び合意形成の変更を把握した時点で事業計画を見直す。
運転段階	法人税や消費税、その他の税に係る制度の変更によって、経費の支払が増える。	★	運転段階	運転段階において、税に係る制度変更を把握した時点で事業計画を見直す。

(2) 土地リスク

本書で取り扱うバイオマス発電、熱利用等設備導入に係る土地リスクとして、用地確保に係る契約、事業を借地や公有地で実施する場合のリスクと対策例を紹介しています。

表 2-3-3 バイオマス発電、熱利用等設備導入に係る土地リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
事業計画段階	他事業者が、事業地確保のために好条件を提示したことにより、他事業者と地権者との間で先に契約締結されてしまい、土地が確保できなくなるおそれ。	★★	事業計画段階	本契約を締結する前に、期限付契約（期限を設け、期限内では他事業者と契約締結しない契約）や予約契約（将来、契約を締結することを事前に当事者が合意した契約）を締結する。例えば、地権者から「ほかの再生可能エネルギー事業者とは○箇月の間は協議しない。」や「年間土地賃借料は○円とする。」など、契約書や覚書等に明記する。
事業計画段階	計画予定地において第三者による抵当権や賃借権等の土地利用権の設定確認が遅れ、無駄なコストと時間が発生するおそれ。	★	事業計画段階	計画地の登記簿謄本（全部事項証明書）により抵当権の設定を早めに確認するといった、土地のデューデリジェンス（事業の適格性を把握するために行う調査）を行う。抵当権が設定されている場合は、他計画地を探す。若しくは、現土地所有者に照会し、抵当権抹消の可能性について確認する。抵当権が抹消できる場合は、抵当権抹消手続を進め新規に事業者が抵当権を設定して事業を進める。
運転段階	<事業を公有地で実施する場合>国、地方公共団体等の求めにより、事業用地を公共の用途に供することを理由に、土地使用契約を解除され、土地の利用継続が困難となるおそれ。	★★	事業計画段階	事業期間内の契約解除の際には、逸失利益相当の補償金額が地権者（地方公共団体等）から支払われる旨を、土地契約締結時の条項として入れることを交渉し、土地利用の継続性を高める。
運転段階	<事業を借地で実施する場合>事業開始後に土地の所有者（土地賃貸人）の変更（相続による変更も含む）に伴い、土地契約の内容（賃料の値上げ、支払条件、契約期間など）が見直され、事業者にとって不利な契約となるおそれ。また、土地所有者の破産、売却等により土地の利用継続が困難となるおそれ。	★★	事業計画段階	<ul style="list-style-type: none"> ・事業期間中の利用権を有し続けることができるよう、長期利用権を取得する。また、賃貸借契約において、賃借権の登記を行い、土地利用権の保有策を講じる。 ・事業期間が非常に長期にわたることが一般的であるため、買取を原則とする。また、土地所有者が変更しても、事業期間中の利用権を継続できるように、賃貸借契約の内容が担保される契約（物価の変動以外の理由で賃料引上げを行わないとする条項の追加など）にしておき、将来的な相続等で賃料引上げがされることがないように対抗要件を具備する。 <p>事業期間に応じた地上権、地役権、賃借権を設定する。</p>

(3) 環境リスク

本書ではバイオマス発電、熱利用等設備導入に係る環境リスクとして、原料輸送時の悪臭、設備設置時の土地開発行為による土砂災害に関するリスクと対策例を紹介しています。

なお、「事業による環境への影響が顕在化し、関係者と事業継続に係る合意形成が図れず事業が中止・中止する」といった一般的な合意形成に関するリスクと対策例は、制度リスクで取り扱っています。

表 2-3-4 バイオマス発電、熱利用等設備導入に係る環境リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	再生可能エネルギー設備設置のために土地開発行為をした場合、周辺への雨水や土砂の流出、地すべり等が発生するおそれがある<引用資料1>。	★★	事業計画段階	地方公共団体の指導要綱やガイドライン、ハザードマップ等を確認し、計画地において必要な調査（地盤、地質調査など）を実施する。 廃棄物処分場跡地については、周辺環境への影響に十分配慮した上で検討する。
			設計・施工段階	関係法令及び条例に従い、利用する土地の形状、形質に対応した適切な設計（①盛土、切土面保護のための擁壁、石張り、吹付け、法枠（のりわく）、法面排水などの対策、②地下水によるかけ崩れ、土砂流出のおそれがある場合は開発区域内の地下水排出施設の設置、③軟弱地盤の場合は地盤改良、擁壁、水抜き等の措置、④集中豪雨等の降雨量等から想定される雨水が有効に排水できる排水路改修や調整池等設置の対策など）を行う<引用資料1>。
運転段階	<湿潤バイオマスの場合>家畜糞尿（ふんにょう）や生ごみなどの原料の収集運搬時や原料受入れ施設から悪臭が漏れ、住民などに不快感、嫌悪感を与える。	★★	事業計画段階	<湿潤バイオマスの場合>収集運搬に伴う悪臭によって生活環境に支障が生じないようにするため、住民が集合している地域、学校、病院等の周辺を避けた運搬ルートを計画する。
			設計・施工段階	収集運搬に伴う悪臭によって生活環境が生じないように、走行中の悪臭を軽減するため天蓋付車両を採用する。また、受入れ室の密閉・脱臭設備整備などの対策を行う。
運転段階	<PKS利用の場合>燃料の保管時に悪臭が発生し、住民などに不快感、嫌悪感を与える。	★★	事業計画段階	悪臭が発生する前に燃料投入を行えるような燃料調達計画を作成する。また、保管庫に仕切りを設け悪臭の漏れを防止する。
			設計・施工段階	収集運搬に伴い社会環境（交通量の増加）や、生活環境（騒音、振動、粉塵、排ガス）に支障が生じないようにするため、住民が集合している地域、学校、病院等の周辺を避けた運搬ルートを計画する。
運転段階	原料の収集運搬時に車両通行により、生活環境に影響（交通量の増加や、騒音、粉塵・排ガスの発生など）をおよぼすおそれ。	★★	事業計画段階	収集運搬に伴う粉塵によって生活環境に支障が生じないように、走行中の粉塵を軽減するための天蓋付車両を採用する。
			設計・施工段階	
運転段階	<木質バイオマスの場合>特に屋外の移動式チップ化設備は粉塵が大量に発生・飛散し、周辺環境が悪化するおそれがある。	★★	事業計画段階	事業地外への粉塵の飛散を防ぐために、敷地境界付近での使用を行わない動線とする、もしくは屋内型のチップ化設備を採用し、粉塵除去のためのサイクロン等を併設することが望ましい。



リスクの内容		リスク レベル	リスク対策例	
固有のリスク 種別 当工ネ ルギー種	運転段階	★★	事業計画段階	地下水使用前に十分な調査・説明を行い、周辺住民の理解の醸成に努める。
	運転段階		運転段階	地下水使用中に調査・説明を行い、周辺住民の理解の醸成に努める。
固有のリスク 種別 当工ネ ルギー種	運転段階	★★	運転段階	稼働時は防塵マスクやゴーグルを装着する。屋内型のチップ化設備を採用する場合は、粉塵除去のためのサイクロン等を併設する。
固有のリスク 種別 当工ネ ルギー種	運転段階	★★	運転段階	作業時のマスク・手袋の使用や消毒の実施を徹底する。

Column

事業計画段階における地形・地質評価の重要性

～土地開発行為に伴う土砂災害発生リスク～

執筆：パシフィックコンサルタンツ株式会社

国土基盤事業本部 地盤技術部

山間地や丘陵地などに再生可能エネルギー設備が設置される場合、平坦（へいたん）な土地を確保するために土地の造成（切土・盛土）が行われることになります。

土地の造成を行う場合、沈下や液状化、斜面や法面（のりめん）の崩壊と共に伴う河川の堰止め（湛水＝たんすい）など、地形や地質に起因した様々なリスクが存在しており、場合によっては、設備自体の破損や機能不全、周辺環境へ影響を及ぼすような土砂災害を引き起こす可能性もあります。

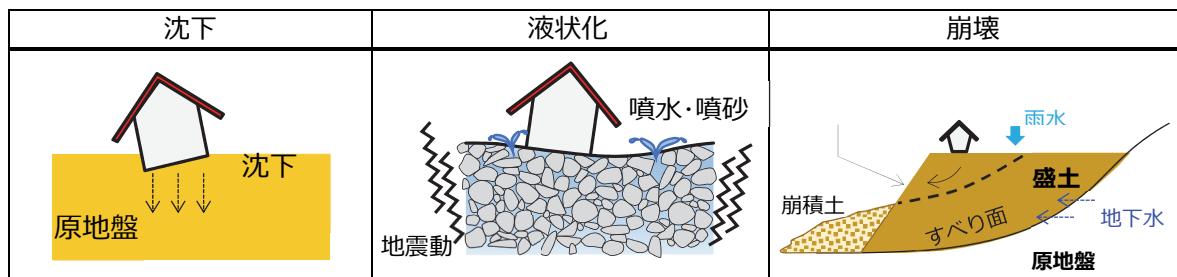


図 地形・地質に起因した様々なリスク

事業計画段階での適地選定において十分な事前確認を怠った結果、追加調査や設計変更、災害発生時の対策費用の発生など、事業の存続可否にも影響する深刻な事態を引き起こすこともあります。ただし、下表に示したとおり、事前計画段階において、既存文献や現地状況、法令等を十分に確認しておくことで、土砂災害発生リスクを低減・回避することができます。

表 事前に確認すべき事項と注意すべき要件の例

項目	確認すべき事項	注意すべき要件の例
文献調査	<ul style="list-style-type: none"> 地形図、空中写真などによる対象地周辺も含めた地形状況や河川状況 各種の地質調査報告書・文献による対象地の地質分布・構造 土地の災害履歴など 	<ul style="list-style-type: none"> 崩壊地形、地すべり地形、河川の氾濫原など 軟弱地盤、液状化、断層、火山帯や変質帯の有無など 落石や斜面崩壊などのほか、地盤沈下、地震時の液状化などの災害履歴の有無
現地調査	<ul style="list-style-type: none"> 地形や地質、土地利用状況など 	<ul style="list-style-type: none"> 新たな崩壊箇所、既存対策工、不法投棄の有無など
基礎地盤調査	<ul style="list-style-type: none"> 設計に必要な情報（物理特性、化学特性、盛土材料の材料特性等） 	<ul style="list-style-type: none"> 軟弱地盤、液状化など 自然由来重金属等の基準値超過など
その他	<ul style="list-style-type: none"> 砂防4法*をはじめとする関連法令 地名：過去の地形変遷の手掛かりとなる場合あり 	<ul style="list-style-type: none"> 地すべり防止区域や砂防指定区域などの区域指定の有無 湿地や氾濫原：ケミ（検見川・花見）、ソネ（曾根・大曾根）など

*砂防4法：砂防法、地すべり等防止法、急傾斜面の崩壊による災害の防止に関する法律、土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律（通称：土砂災害防止法）。

これらの確認を怠ると、設計・施工段階や施設稼働時まで、長期にわたって土砂災害発生リスクを抱えた状態となります。土地造成の切土を例にとると、対象地に分布する地質や地形条件、あるいは用地等の制約により、標準的な法面勾配を適用できない場合があります。しかし、事前にこれら確認時に得られた情報を活用することで、最適な対策を講じることができ、将来的な土砂災害発生リスクとこれに伴うコストを低減することができます。例えば、軟弱地盤の場合には地盤改良等の対策を講じることができますし、落石や崩壊のおそれがある斜面が背後に存在する場合は、法面や斜面を安定させる対策工を実施するほか、被害が想定される範囲から離れた場所に重要施設を計画するなどの対応も考えられます。このように、事業計画段階では不要に思っても、将来を見越した調査を実施しておくことが重要です。

ただし、把握した情報の評価については専門的判断を要することから、必要に応じて調査業者・設計業者の助言を仰ぐことも考えてください。

Column

運転管理段階における土構造物などの点検の重要性

執筆：パシフィックコンサルタンツ株式会社

国土基盤事業本部 地盤技術部

再生可能エネルギー設備稼働後、施設・機械自体については定期的に点検・維持管理が行われている一方で、周辺の斜面や土構造物（盛土・切土など）については十分な維持管理が行われていらない場合があります。

盛土・切土工や付随する対策工（落石対策工・法面保護工など）についても、施設・機械と同様、年を経るにつれて老朽化・脆弱（ぜいじやく）化するとともに、想定外の異常事象（豪雨・地震など）によって変形・破損が生じる場合があります。従って、維持管理段階では施設・機械の点検だけでなく、周辺の地盤や斜面、土構造物（盛土・切土など）、付随する対策工についても、変状が生じていないか？異常が見られないか？などについて注意を払う必要があります。

土構造物の点検では、平常時の点検（日常・定期・季節ごと）に加えて、自然を相手にすることから、異常時の点検（台風、豪雨、地震後など）を行うのが一般的です。

下表に法面や斜面の点検で着目する土砂災害につながり得る変状の一例を示します。

表 点検で着目すべき変状と土砂災害リスク（一例）

着目すべき変状	土砂災害リスク
亀裂・はらみ出し	・法面や斜面の崩壊、剥落（吹付け工）
湧水・にじみ出し	・盛土や斜面のゆるみ、法肩部でのすべり ・法面・斜面の洗堀 → 土砂の流出
落石や崩土の堆積	・斜面の安定性低下（オーバーハングの形成など） ・周辺施設へ影響 (ポケットが埋まることによる防護機能の低下)
植生の状況（根曲がり・倒木など）	・地すべりや大規模崩壊の兆候 ・落石や斜面の表層崩壊
法面の肌落ち	・雨水の盛土内への浸透→盛土の安定性低下

このように点検では様々なことに着目する必要があります。そのため、点検に先立って、その施設や場所、点検対象に応じた計画（点検時期・項目）を策定することが重要となります。

そして、この計画に基づき適切に点検することで、施設自体や周辺施設へ影響を及ぼすような土砂災害リスクを未然に防ぐと共に、変状が認められた場合でも、応急対応や迅速な対策を施すことができ、将来の土砂災害リスクを低減することができます。このように、点検は施設を長く使用（長寿命化）していく上で重要なものであると共に、得られた様々な情報は、土砂災害リスクへの対応・対策の必要性を検討・判断する上で欠かせないものと言えます。

(4) 完工リスク

本書ではバイオマス発電、熱利用等設備導入に係る完工リスクとして、EPC事業者等の技術力不足、設計・施工ミス、盗難などに関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-3-5 バイオマス発電、熱利用等設備導入に係る完工リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	施工業者の与信や技術が一定レベルに達していないことにより、事業者が金融機関から融資を受けられない。	★★	事業計画段階	民間信用調査機関等に依頼し、企業与信情報を取得する。経営事項審査結果の評点の高い事業者などを確認する。
設計・施工段階	文化財の出土により工事遅延が発生し、工事費などのイニシャルコストが増加する。	★★	事業計画段階	建設地が周知の埋蔵文化財包蔵地か確認する。埋蔵文化財調査により追加費用が必要となる場合は、リスク分担を明確にしておく。
設計・施工段階	機器部品、電子部品などの海外製品を導入する場合、日本規格と異なるため施工ミスが起こる。	★★	設計・施工段階	<ul style="list-style-type: none"> 海外から導入する機器部品、電子部品などが日本規格と異なるか確認する。異なる場合は部品の組み合わせや接続方法など取り合いの図面作成し、施工ミスを防止する。 予定している機器に地元施工会社が対応可能か確認する。
設計・施工段階	EPC事業者等の業務遂行能力・信用力や許認可への対応が不十分な場合、計画どおりの期間・予算・性能で完工しない<引用資料3>。	★	事業計画段階	請負企業の事前財務チェック、企業評価の実施、請負業務による金銭的保証など履行保証を契約書に定めておく<引用資料2>。
			設計・施工段階	<p>経験・知識豊富なEPC事業者（例えば経営事項審査結果の評点の高い事業者や類似施設・設備の施工やメンテナンスの実績を有する事業者など）へ発注する。</p> <p>施工を一貫して実施可能なEPC事業者に発注する。例えば、単一の事業者が全業務を一括して請け負う（フル）ターンキー契約を結び、EPC事業者が完工の責任を負うように契約書に定める。特に、設計、調達、施工を別々に発注する場合は、責任の所在を明らかにしておく。事業者にとって計画段階で予算を確定することができるランプサム契約が可能か検討する<引用資料3>。</p>
設計・施工段階	運用を考慮せずに設計した場合は、不必要的設備や機能を過剰に導入するため、設備費や工事費などイニシャルコストが増える。	★	事業計画段階	計画段階において、設計に必要な諸条件（目的、用途、負荷、準拠図書など）を明確化する。
			設計・施工段階	技術的知見を持った第三者（コンサルタントやコンストラクション・マネージャー等）に相談し、導入する設備や機能が過大になっていないか確認する。
設計・施工段階	大規模な再エネ事業の場合は、施工期間が長いため、機器や資材（例えば換金性の高い銅線）などを人里離れた場所で保管する場合、盗難の被害に遭う。	★	設計・施工段階	資材仮置場や計画地が、市街地から離れた場所の場合、一日を通じて極端に人目に付かない場所になっていないか確認し、必要に応じてセキュリティが担保された有償の一次保管場所の利用や、一時的に有償のセキュリティサービスを利用する。また、盗難を誘発するような事業の公表は控える。

リスクの内容		リスク レベル	リスク対策例			
設計・施工段階	大規模な再エネ事業の場合は、施工期間が長いため、機器や資材(例えば換金性の高い銅線)などを人里離れた場所で保管する場合、盗難の被害に遭う。	★	設計・施工段階	施工段階から侵入防止用のフェンス・有刺鉄線などの設置、赤外線センサーによる侵入検知と警報ブザー、警報ランプ、LED 照明の導入、遠隔監視システムの採用などによりセキュリティを高める。		
運転段階	<バイオマス燃料製造設備の場合>チップやペレットなど固体燃料化設備の稼働時間を短縮した運用やトラブルなど想定し、設備規模が大きくなることにより初期費用が増大する。	★★★	事業計画段階	固体燃料化設備の規模は、バイオマス発電、熱量設備、発電・熱利用設備への1時間当たり投入量以上とし、設備の稼働時間やトラブル、投入予定の原料特性(大きさ、形状)を考慮した初期費用の増大分で、採算性が確保できるかシミュレーションを実施する。 固体燃料の大規模需要を複数確保し、その需要量から設備規模を検討し、初期費用の増大を防ぐ。		
運転段階	<木質バイオマスの場合>貯蔵・乾燥に必要な施設・設備の規模設定が不十分のため、計画地内に収まらない、又は必要な機能が不足する。	★★★	事業計画段階	貯蔵方法(丸太、チップで貯蔵する方法)と乾燥方法(丸太、チップを乾燥する方法)に応じて、必要となる施設・設備等(貯木スペース、建屋、サイロ、固体燃料化設備、乾燥設備など)の規模を明らかにし、それらが計画地内に収まるか検討する。貯蔵量は、調達したバイオマスの乾燥に必要な時間、調達が滞る場合も踏まえて検討する。貯蔵量が小さい場合は車両の搬入頻度が増加し、近隣住民から苦情が出る可能性があるため、それも踏まえて貯蔵量を検討する。		
設計・施工段階	設計・施工の中間・完成時に検査がされず、完成図書が整備されていない、又は、内容が不十分な場合は、事業の開始後に事故や修繕などが生じても、その原因究明や計画的な修繕が困難となる。	★	設計・施工段階	・必要書類(実施仕様書、計算書、工事図、機器詳細図、試験成績書、取扱説明書など)を明記した完成図書や竣工(しゅんこう)図を受領し、それらを事業終了まで適切に管理・保管しておく。 ・特に、施工後に目視での確認が困難な箇所(埋設管等)については、施工途中の様子を記録するとともに、記録を保存しておく。	運転・段階	運転段階で不具合等により改善する事項があれば、適時完成図書や竣工図を更新する。
設計・施工段階	分離発注により、各工種の取り合い確認や工程調整等が不十分な場合、タイムオーバーランやコストオーバーランになるおそれ。	★	設計・施工段階	設計、調達、施工を別々に発注する場合には、各請負契約締結時に、契約書面上にて責任の所在を明らかにしておく。各工程において建設期間延長や変更事項が発生する可能性を考慮し、経済的な損失を最小化する内容の工事請負契約を締結する。例えば、期間延長一日当たりの違約金を設定しておく。		



(5) 資源リスク

本書ではバイオマス発電、熱利用等設備導入に係る資源リスクとして、事業に必要なバイオマス量や質の確保、既存需要との競合などに関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-3-6 バイオマス発電、熱利用等設備導入に係る資源リスクとその対策

リスクの内容	リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	★★	事業計画段階	設備導入した立地周辺に、十分な量を貯蔵可能な場所の設置可能性を複数検討する。燃料調達先が近い場合は、輸送頻度を高めるような燃料供給契約を締結し、当該地を貯蔵場所とみなして利用する。
運転段階	★★★	事業計画段階	計画段階において、調達可能な燃料種、質、量を地域の燃料供給事業者に確認し、それを踏まえた規模の決定とバイオマス発電設備、熱利用設備、発電・熱利用設備の方式を選定する。
		設計・施工段階	原料、燃料供給事業者との供給契約において、 水分率 、熱量、形状など品質規格や、供給先による品質検査の実施を定めた契約（可能な限り長期契約）を締結し、調達が困難になった場合に備え、複数の燃料供給事業者との契約を締結又は交渉準備をしておく。
運転段階	★★	事業計画段階	燃料のコストや性状などを考慮して調達エリアの拡大や調達先の分散（輸入材の調達など）を検討する。また、林業事業体や製材業者などの林業関係者との連携による取組（燃料調達の長期契約や事業への出資）などによって、地域の木材の取扱量を拡大するとともに燃料を調達する一貫体制の構築を検討する。
運転段階	★★	事業計画段階	季節変動の影響を小さくするために、変動分を考慮した燃料貯蔵設備（サイロ）又は貯木スペースの規模を検討するほか、季節変動のパターンが異なる複数の燃料種を組み合わせたり、複数の調達先を組み合わせたりすることで、変動を平準化させる。
運転段階	★★	事業計画段階	価格変動を防止するため、一定期間、同一価格で定量を納入することを記載した覚書等を交わす。
運転段階	★★	事業計画段階	排出者別に、調達可能なバイオマスをサンプリングし、性状（水分率、夾雜（きょうざつ）物など）や年間変動について把握する。性状は、畜種や飼育方法（畜産糞尿を利用する場合）、業種や製造物（食品廃棄物を利用する場合）などにより異なるため、これらの情報も把握する。
		運転段階	微生物への阻害が起きないような性状管理を行う。また、性状に応じ、トラブルの原因を特定しやすくすることもふまえ原料の投入管理（投入した原料の種類、量、ガス発生量の記録など）を徹底する。なお、廃棄物処理業のため、原料の安定供給の滞りなど、調達に関するリスクを分担できないことに留意する。

(6) 性能リスク

本書ではバイオマス発電、熱利用等設備導入に係る性能リスクとして、調達した原料や燃料の品質の不適合などに関するリスクと対策例を紹介しています。また、他の再生可能エネルギーの発電設備や熱利用設備、蓄電池等を組み合わせて導入する際のリスクと対策例は、〈再省蓄エネシステムの場合〉として紹介しています。

表 2-3-7 バイオマス発電、熱利用等設備導入に係る性能リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例		
運転段階	燃料の乾燥が不十分又は過度な場合、燃料の水分率が著しく高い又は低くなり、設備の仕様で定められた範囲から外れる。また、不完全燃焼や投入口付近で燃焼し、設備が稼働できなくなる。	★★★	事業計画段階	乾燥方法（天日乾燥と人工乾燥）の特性（コスト、乾燥時間、必要スペース、発火の危険性など）を考慮し、調達する燃料や敷地面積に応じて天日乾燥、人工乾燥、又はそれらの組み合わせを選択する。	
運転段階	〈再省蓄エネシステムの場合〉充放電サイクルが多く、放電深度が大きい場合、蓄電設備の劣化が早まり、更新による追加費用が発生する。	★★★	設計・施工段階	蓄電池の用途（再生可能エネルギー発電設備の出力変動抑制、余剰電力吸収等、ピークシフト・ピークカット、防災電源）を計画段階で決定し、シミュレーションを行った上で、蓄電池の特性に合わせた放電深度（リチウムイオン蓄電池では20～80%程度、鉛蓄電池では50%程度）で運用できるよう、余裕を持った蓄電池容量の設計とする。	
運転段階	〈再省蓄エネシステムの場合〉事業者自身で、要求性能水準の実現と適切な維持管理を実施できない場合、導入した設備の適切な運用ができず（エネルギー効率の低い運用となる等）、事業性が悪化する。	★★★	設計・施工段階	<ul style="list-style-type: none"> ・設備の導入時において、契約内容に試運転調整の実施を明記する等により、施工者等から、導入した設備が設計時にシミュレーションしたとおりの効率的な運転となった状態（要求性能が実現された上）で引渡しを受ける。 ・EMS（エネルギー・マネジメント・システム）などにより設備の状況を監視・計測したデータを蓄積し解析・評価を行って、導入した設備が設計時のシミュレーションで想定したとおりの効率的な運転となるよう調整を行う。解析・評価に関しては、高度な知識と経験が必要となるため、必要に応じて再省蓄エネシステムの設計実績のある設計者等に依頼する。 	
運転段階	規格外の形状の原料・燃料や、金属などの異物の混入が原因となり、燃料製造ラインや設備・機器等が停止、故障する。	★★	事業計画段階	地域で調達可能な原料・燃料の特性を把握するための調査を実施する。	
			設計・施工段階	<ul style="list-style-type: none"> ・使用する原料、製造する燃料の特性（形状、水分など）を考慮した設備（機種、能力等）を選定する。例えば、異物除去装置や、規格外燃料の選別機を整備する。 ・機器選定の際は性能保証がある機器を検討対象とする。 	
			運転段階	原料、燃料供給事業者との供給契約において、熱量、形状など品質規格や、供給元で品質検査を実施することを定め、調達時に定期的に規格適合性を確認する。	

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	規格外の形状の原料・燃料や、金属などの異物の混入が原因となり、燃料製造ラインや設備・機器等が停止、故障する。		運転段階	燃料製造設備の前処理工程において、原料における異物の除去や投入する原料の均一化を行う。
運転段階	<木質バイオマス熱利用の場合> 負荷追従性 が低いバイオマスボイラーの出力制御だけでは負荷変動に対応できず、また、負荷が急に低下した場合は 缶水温度 が上昇し、故障の原因となる。	★	事業計画段階	負荷追従性 の高い化石燃料ボイラーをスタートアップやピーク需要時及びバックアップボイラーとして活用し、また、必要に応じて貯湯槽・蓄熱槽を併設し、バイオマスボイラーの規模を最適化し初期費用の低減を図る。
運転段階	<湿潤バイオマスの場合> 原料の組成（窒素や脂肪酸などの発酵阻害要因の含有率等）がメタン発酵に適しておらず、ガス発生量が低下する。	★★	事業計画段階	事前に組成の分析や発酵試験を実施する。
			設計・施工段階	機器選定の際、発酵試験の結果を仕様書に示し、対応可能かメーカーに確認する。
			運転段階	運転開始時はメーカーによる試運転期間を十分に設ける。
運転段階	<再省蓄エネシステムの場合> 再生可能エネルギー発電設備、蓄電設備を直流で接続するシステムの場合、直流回路の電圧が適切に制御できることにより、設計どおりに蓄電池の充放電が行えないおそれ。	★★	設計・施工段階	<ul style="list-style-type: none"> ・再エネ設備、蓄エネ設備を構成する発電機やインバーター、コンバーター等の入出力電圧、許容電流値等の仕様を確認しシミュレーションを実施する。 ・再省蓄エネシステムの設計実績のある設計者等にシステムを設計させる。
運転段階	設備の運転データの収集・分析を行わず、運転開始時の設定条件で運転しているため、システム全体の効率が低くなるおそれ。	★★	運転段階	<ul style="list-style-type: none"> ・運転データ等を収集・分析し、シーズン、月、日ごとに運転調整を行い、システム全体の効率を上げるようにする。 ・上記の対策を実施するために、発電機の選定を行う際は、運転状況の遠隔監視を行っているメーカーを選定する。

固有の
工エネの
リスク種

固有の
工エネの
リスク種

(7) 自然災害リスク

本書ではバイオマス発電、熱利用等設備導入に係る自然災害リスクとして、地震などに関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-3-8 バイオマス発電、熱利用等設備導入に係る自然災害リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	台風、突風及び地震等の影響により、支持力不足や地盤の不均一性が生じることで基礎や構造物が傾いて沈下（不等沈下）し、機器が損傷する。	★★	事業計画段階	地方公共団体が公表している地盤調査結果を参考資料として活用する。 計画地周辺で局所的な揚水が行われていないか確認する。
			設計・施工段階	・計画地が、軟弱地盤の多い低地に該当しないか確認する。 ・その上で、地盤調査を可能な範囲で行う。 ・軟弱地盤に該当する場合には、軟弱地盤対策として、地盤改良工事や基礎杭工事（支持層まで杭を伸ばすことにより、建築構築物等を安定して支える基礎工事）を実施する。 伸縮性をもつ管（例：フレキシブルジョイント）を採用した設計を実施する。
			運転段階	不等沈下を早期に発見し、地盤改良等の対策を事前に実施する。
			運転段階	大雨や河川増水による浸水域や土砂災害地域は有望地點調査の段階から除外し、河川増水の発生確率の低い計画地を選択する。
運転段階	天候・自然災害等による故障・損壊（大雨や河川増水による建屋浸水で設備の故障、地すべり等による建屋流出）が発生するおそれ。	★★	事業計画段階	設備の損傷に対応するための機械保険や火災保険、逸失利益に対応するために企業費用・利益総合保険などの活用を検討する。

(8) 需要リスク

本書ではバイオマス発電、熱利用等設備導入に係る需要リスクとして、エネルギー供給先の需要変動や契約変更時の不備に関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-3-9 バイオマス発電、熱利用等設備導入に係る需要リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	エネルギー需要先（自家消費先や相対取引による売電・売熱先）の需要変動が季節により大きく増減することで、自家消費率が低下したり、設備の稼働率が低下したりするおそれ。	★★	事業計画段階	過去数年分のエネルギー需要データを基に、年間の変動や将来の需要予測を行い、設備の容量や運転計画を決定する。また、事業における需要変動の許容範囲を設定しておく。
運転段階	<相対取引による売電の場合> 契約更新時（電気の買取事業者との売電契約の期間終了時の契約更新時）に、契約更新前の買取価格が FIT 制度に基づく調達価格より高い場合は、低い価格に変更される。	★★	設計・施工段階	電気の買取事業者である需要先へは長期割引などのメリットを提示し、長期的な需要確保のために長期の料金単価契約を締結する。
運転段階	<相対取引による売熱・売電の場合> 热や電力の買取事業者の倒産によって、新たな買取事業者への売電・売熱開始までの間、収入が得られない。	★★	設計・施工段階	事前に熱や電力の買取事業者の与信力を確認しておく。買取事業者の倒産に備えて 取引信用保険 に加入しておく。
運転段階	<相対による売熱の場合> 契約更新時（発電後の温水等の買取事業者との売熱契約の期間終了時の契約更新時）に、契約更新前の買取価格が他の売熱事業者の価格や化石燃料の価格より高い場合は、低い価格に変更される。	★★	運転段階	発電後の温水等の買取事業者である需要先へは長期割引などのメリットを提示し、長期的な需要確保のために長期の料金単価契約を締結する。
運転段階	<相対による売熱の場合> 原料価格の高騰による原料調達費増加分を売熱単価に転嫁できない場合、事業性の悪化又は事業継続が困難となる。	★★	運転段階	熱の買取事業者との売熱契約に、年単位などの定期的な価格見直しを付加する。



(9) 追加コスト発生リスク

本書ではバイオマス発電、熱利用等設備導入に係る追加コスト発生リスクとして、調達した原料や燃料の品質の不適合などに関するリスクと対策例を紹介しています。また、他の再生可能エネルギーの発電設備や熱利用設備、蓄電池等を組み合わせて導入する際のリスクと対策例は、<再省蓄エネシステムの場合>として紹介しています。

表 2-3-10 バイオマス発電、熱利用等設備導入に係る追加コスト発生リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例		
固有のリスク △	運転段階	★★★	事業計画段階	<ul style="list-style-type: none"> 消化液の需要先となる農地を確保するため、消化液成分を発酵試験などにより予測し、その成分に基づいて、各農家が栽培する作物との適合性を確認し、消化液需要量を見込んでおく。 当初から消化液の浄化放流による処理を計画する場合は、適正処理に必要なコストを考慮した事業計画を作成する。また、放流基準は地域ごとに上乗せ基準が設定されている場合があるため確認が必要である。 	
			運転段階	<ul style="list-style-type: none"> 設備稼働後、消化液中成分、重金属及び大腸菌含有量などを定期的に分析する。肥料として使用する場合は、肥料取締法の申請手続をしておく。なお、下水汚泥を利用する場合は重金属が含まれるため消化液の利用を避ける。 消化液受け入れ先の農家の経営状況や、周辺地域の農業の状況（生産量の推移、農家の年齢構成）を確認する。 	
	運転段階	★★★	事業計画段階	<ul style="list-style-type: none"> 調達する原木の特徴（材の種類、形状、水分率とその季節変化など）と、燃料として求められる品質（形状、水分、発熱量等）及び需要量を考慮し、原料保管スペースや乾燥設備の能力を決定し、採算性の検討を実施する。 予定より高水分率の原木を使用する場合に備え、可能な限り予備スペースを確保する。 	
			設計・施工段階	乾燥設備の乾燥用燃料費用やメンテナンス費用の増大を防ぐため、製造量から逆算して必要なストックヤードを確保し、そこで調達した原木を自然乾燥させて乾燥前に水分率を低下させておく。	
			運転段階	需要側の燃料要求を満たすか確認した上で、乾燥処理が不要な製材端材などを原料として利用し、高水分率の原料と組み合わせ水分調整を行う。	

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	<木質バイオマスの場合>調達した燃料の水分が、季節により変動する。水分が多い場合はススやタール発生により燃焼効率が低下し、水分が過度に低い場合は燃焼時間が短く炉内温度が急に上昇しトラブルを発生させる。	★★★	事業計画段階	燃料の水分が高い場合は、ボイラーの余剰熱を利用した燃料乾燥方法などを採用する。燃料の水分が過度に低い場合は工アーや木質バイオマスの搬送量などで調整する。
運転段階	<再省蓄エネシステムの場合>再生可能エネルギー発電設備、再生可能エネルギー熱利用設備、蓄エネルギー設備等を再省蓄エネルギーシステムとして段階的に導入する場合、それぞれの設備が独立して制御され、施設全体での運用状況の把握や最適な運用が困難となり、運用者の手間や余分なユーティリティコストが発生する。	★★★	設計・施工段階	最適運用を図るために、共通の通信プロトコル(BACnet、CC-Link、DeviceNetなど)に対応した機器に統一し、EMSを活用した協調運転を行う。
運転段階	設備運用に必要な機器、装置など(例えばパワーコンディショナー、インバーター、コンバーターなど)の更新費用を見込んでおらず、採算性が悪化する。	★★	事業計画段階	設備運用のために必要な機器、装置などの補修、点検、交換費などを見積もり、事業計画を作成しておく。
運転段階	耐用年数を超えて設備を利用する場合、更新費用が足りず設備の継続利用ができないおそれがある。	★★	事業計画段階	・設備の使用期間を想定し、更新が必要な設備を確認する。 ・設備の更新に必要な費用の積立の計画を立てる。
			運転段階	設備の更新の際に活用できる補助金等について情報を収集する。
設計・施工段階	<再省蓄エネシステムの場合>バイオマス(発電、熱利用、発電・熱利用設備とその他の再生可能エネルギー等)を導入し、EMSによる監視・制御を行う場合、共通の通信プロトコル(BACNET、CC-Link、DeviceNetなど)が標準的に使われていないため、相互に通信するためにゲートウェイ等の追加費用が発生する。	★★	設計・施工段階	設計段階であらかじめ使う通信プロトコルを統一しておき、ゲートウェイ等の追加費用も見込んで設備の選定を行う。
運転段階	<木質バイオマスの場合>灰やクリンカが発生し、設備が故障する。	★★	設計・施工段階	燃料の灰分含有率を事前に調査し、必要に応じて灰やクリンカの除去装置を整備する。
運転段階	事故等により作業員のケガや設備周辺の第三者に被害を及ぼし損害賠償が発生する。	★★	運転段階	事故による被害への対応を行うため、損害保険に加入しておく。例えば、業務上の事故に起因する労働災害や設備そのものの故障等の費用負担を補填する損害賠償保険に加入する。
運転段階	<木質バイオマス燃料製造の場合>調達元から製造工場までの輸送距離が長いことにより、事業採算性が悪化する。	★	事業計画段階	燃料調達の輸送距離が長い場合は、エネルギー密度が輸送時的重要要素となるため、輸送コスト削減の観点からエネルギー密度の高い燃料を選択する。例えば、チップとペレットを比較した場合、ペレットの方がエネルギー密度は高いため、輸送コスト削減の観点から優位である。燃料自体の単価と合わせて比較検討する。

固有のリスク
種固有のリスク
種固有のリスク
種固有のリスク
種

リスクの内容	リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	★	事業計画段階	故障内容により連絡する窓口、例えば海外メーカーの部品であっても、迅速な共有体制があることや、国内の代理店等に部品のストックがある代理店の窓口などを把握しておく。
		設計・施工段階	メンテナンス（保守・点検、部品交換）を適正に実施するために、事業期間におけるメンテナンス頻度とコストが、設備・機器ごとにまとめられた維持管理計画をメーカーから入手し、それを考慮した事業計画を作成する。設備導入者自身の日常点検による設備不具合の早期発見や、メンテナンス技術を有する地元企業を活用してコストを削減することで、メンテナンス費用の低減を行う。
		運転段階	各機器及びシステムの性能、耐久性を維持するため、定期的な保守点検（①日常点検、②定期点検）を実施する。①日常点検は、設備導入者自身が行い、②定期点検はO&M業者、メーカーに委託し定期的に実施する。
運転段階	★	設計・施工段階	設置・施工方法やメンテナンス方法を発注仕様書に明記し、適用事項と合致しているか確認する。設計・調達・建設を専門業者に発注する場合、事業者としての信頼性を有しているか（十分な実績、施工体制等に基づく履行能力など）を確認する。
運転段階	★	運転段階	・定期的に燃料のサンプリング試験（水分計などを用いた計測、事前に計測容器当たりの水分を測定して一覧表を作つておく簡便測定法、専門の乾燥機を用いる全乾法）を実施し、燃料の水分管理を行う。 ・メンテナンス計画に煙管清掃を含めておき、定期的に実施する。
運転段階	★	運転段階	灰受け入れ先の農家の経営状況や、周辺地域の農業の状況（生産量の推移、農家の年齢構成）を確認する。
廃棄・処分段階	★★	事業計画段階	土地の賃貸借契約の中で原状回復の定義について明確化しておく。土地の使用状況に合わせて、将来発生する土地の原状回復費を見越し積み立てておく。
廃棄・処分段階	★	廃棄・処分段階	・再エネ設備の撤去及び処分は、廃棄物処理法等の関係法令を遵守し、事業終了後、可能な限り速やかに実施する。 ・発電設備の場合、電気事業法上の電気工作物に該当し、事業期間は建築基準法の適用を除外されていた設備であっても、事業を終了したものについては、撤去せずに存置されなければ改めて建築基準法の適用を受ける場合があるため、撤去までの期間、適切に維持管理する必要がある。



(10) 人的リスク

本書ではバイオマス発電、熱利用等設備導入に係る人的リスクとして、設置した設備に起因する人身事故や物損事故、オペレーション時のミス、保守点検体制や人員の不足などに関するリスクと対策例を紹介しています。また、他の再生可能エネルギーの発電設備や熱利用設備、蓄電池等を組み合わせて導入する際のリスクと対策例は、〈再省蓄エネシステムの場合〉として紹介しています。

表 2-3-11 バイオマス発電、熱利用等設備導入に係る人的リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	経験・知識が不足している O&M 業者が、維持管理業務や運転業務に従事することで瑕疵（かし）が発生し、設備に不具合や劣化等が生じる。	★★	設計・施工段階	O&M 実績を確認し委託する。O&M 事業者の履行に不備があり同一部分の再修理等が必要となった場合には無償で再修理を実施する旨の履行責任条項を業務委託契約に盛り込んでおき、瑕疵が発覚した場合の経済的負担を軽減できるようにしておく。
運転段階	トラブル時に急な対応が遅れ、設備稼働率が低下する。	★★	設計・施工段階	適切な保守・点検及び維持管理計画（①スケジュール、②人的配置・体制計画、③範囲、④方法、⑤安全対策、⑥記録方法など）を策定する。また、深夜／休日、豪雨／豪雪等の状況でも確実に対応できる実施体制の構築を図る。
運転段階	〈木質バイオマスの場合〉チップなどの燃料置き場において、チップが好気性微生物の代謝による発熱、嫌気性微生物の代謝による可燃性ガスの発生、蓄熱と酸化反応、降雨による堆積物の温度上昇などによって自然発火が引き起こされる。	★★	運転段階	・燃料を積み上げる間隔や高さ及び、山の接地面積の制限や堆積物の切り返しの頻度について検討する。 ・降雨の影響を避けるために保管場所には屋根や壁の設置を検討する。
運転段階	保守・点検を担う職員の異動、退職により、新たな人員が確保できるまで運営トラブル（有資格者が必要な場合は事業中断、最適な運転ができない）が発生するおそれ。	★	設計・施工段階	職員の異動や退職等に備え、複数人での保守・点検の運用体制や書の整備を行う。
運転段階	〈再省蓄エネシステムの場合〉保守点検に必要な資格・人材が再エネごとに異なる場合（例えば電気主任技術者とボイラー・タービン主任技術者など）、複数人材の確保が必要となる。	★	運転段階	外部委託（O&M 事業者や、複数の再エネ設備を一括して管理可能な業者など）が可能なシステム・規模を採用する。
運転段階	オペレーション時のミスによる事故等により作業員のケガや設備周辺の第三者に被害を及ぼすリスク。	★	運転段階	オペレーション時のミスによる事故（機械設備の運転時の挟まれ、巻き込まれ事故や、電気設備の運転時の感電事故）が発生しないように、設備・機器の運転方法を書化し、それに準じた操作を徹底する。併せて、事故による被害への対応を行うため、損害保険に加入しておく。例えば、業務上の事故に起因する労働災害の費用負担を補填する損害賠償保険に加入する。

固有の
リスク
一
種

固有の
リスク
一
種

Column

事業計画段階におけるマイクログリッドの保安体制検討の重要性

執筆：パシフィックコンサルタンツ株式会社 環境・エネルギー部

マイクログリッドの構築に伴い**自営線**や新たな電気工作物を設置する場合には、電気工作物の工事、維持及び運用に関わる保安監督に係る業務（保安管理業務）の実施体制（保安体制）の構築が課題になることがあります。本コラムの読者としては、事業用電気工作物（電気事業法第38条による）を設置する場合が多いと思われますので、以下では事業用電気工作物の保安体制の構築について解説します。

マイクログリッドを構築する際は原則的に電気主任技術者を選任した上で保安体制を構築する必要があります。これは、電気事業法第43条により、電気工作物を設置する者（電気工作物の所有者、占有者等）は、保安管理業務のために主任技術者を選任しなければならないと定められているためです。

保安体制の構築は、現場の工事開始までに終えている必要があります。地域によっては電気主任技術者が不足しており、確保までに時間が掛かるために着工できず事業スケジュールが遅延するといったこともあります。また、電気主任技術者を新たに雇用する場合には、大きな費用が発生し、事業性に影響を与えることも考えられます。

電気主任技術者の選任が現実的でないという場合には、保安管理業務について外部委託することも考えられますが、電気事業法等で定められた保安管理業務を外部委託できる主な要件を満たした上で管轄の産業保安監督部長の承認を受ける必要があるため、計画時点であらかじめ電気主任技術者の確保が可能であるかを考慮しておくことが重要です。

表 保安管理業務を外部委託できる主な要件

項目	要件
発電設備	<ul style="list-style-type: none"> 電圧7,000V以下で連系する出力2,000kW未満の水力、火力、太陽光発電及び風力発電設備が設置された事業場 電圧7,000V以下で連系する出力1,000kW未満の発電設備（前述の発電設備を除く）が設置された事業場
需要設備	<ul style="list-style-type: none"> 電圧7,000V以下で受電する需要設備が設置された事業場 電圧600V以下の配電線路を管理する事業場

※電気事業法施行規則 第52条第2項（改正平成29年9月28日 第77号）より作成

特に600Vより高い電圧の**自営線**を道路横断させる場合や、一般公衆が立ち入る場所に**自営線**を設置する場合には電気主任技術者の選任が必要となることを前提とすべきです。保安体制の構築に関しては、電気保安協会等の電気保安法人に相談することも有望です。

Column

燃料搬送設備の耐摩耗性とメンテナンス

執筆：グリーン・サーマル株式会社
一般社団法人 日本有機資源協会

設計段階で計画した燃料の種別・性状と、運転段階における季節要因を加味した年間の平均性状は、大きく乖離する場合があります。

この場合に計画した燃料の種別・性状の供給を維持することは容易でないため、運転方法の変更や機器のメンテナンス等で対応することになります。燃料の種別・性状の乖離の中でも特に含水率の差と異物混入による影響は大きく、搬送設備各部（コンベヤ底板などの鉄板部、レール、ローラー、チェーンなど）の**減肉**が激しくなることで、燃料の搬送を妨げる各部の詰まりや破断が生じます。それにより、燃料の投入が安定せず、発電機出力の抑制や停止に至る場合があります。

対策としては一般的な鉄（SS400 等）から SUS など耐摩耗性のある材質に変更する必要があります。この場合には以下の様な注意点が挙げられます。

- 既存の鉄板等の**減肉**調査を継続的に実施して、残存の厚さから安定的使用期間を推定し、供給に支障が出る前に張り替えます（予防保全）。**減肉**調査は整備会社に依頼が可能です。
- 施設・設備の定期検査等、長期休戸が可能な時期に計画的に一定範囲を取り換え修理します。
- 特に搬送設備の鉄板等は、設計時点において外部から容易に着脱可能な方法に変更することを検討します。
- 現に供給されている燃料の種別・性状に最適な搬送設備各部の材質を選定し使用するには、一定期間の使用実績から選ぶ必要があります。耐摩耗性、強度、重さ、加工の容易性、値段などを総合的に評価して、順次最適と判断できる材質に変更していきます。なお、**減肉**傾向の高い部位は再度の取り換えを考慮して予備材を準備しておく必要があります。
- 減肉**して薄くなつた鉄板は剥がれて燃料の搬送を妨げるため、新しい部材に変更する時は、剥がれた鉄板くずを残らず除去するよう徹底します。
- 設備運用上では燃料搬送状況の定期的な確認及び不具合発生頻度の高い場所の定期的な測定点検による異常の早期発見が大切です

Column

助燃材の必要性

執筆：グリーン・サーマル株式会社
一般社団法人 日本有機資源協会

冬期に積雪の見込まれる地域や雨期等に生木チップの含水率が高くなる地域などでは、燃料含水率の上下をある程度許容するボイラーであっても、燃料が持つ熱量の変動が蒸気発生量（蒸気圧）に影響を与え、発電出力が安定しない、もしくは余剰蒸気が発生しプラント全体効率の低下を招くなど、事業に対してマイナスの影響を及ぼします。

一つの対策として、生木チップに比較して発熱量の高い（1.5～2.0倍）燃料チップ（例：PKS（パームヤシ殻）、リサイクル材チップ）を調達・供給する体制の構築が考えられます。

具体的には、

- ① 燃料主投入ラインに、生木チップのほか、それに対して重量比で10%程度、熱量比で20%程度の発熱量の高い燃料も供給可能な搬送設備を準備すること
- ② 投入する熱量の安定化のため、人的な作業等により燃料を攪拌（かくはん）状態で供給設備へ投入すること

が必要になります。

その他の方法として、生木チップの含水率を低減させる目的で、貯蔵倉庫での一定期間の保管や、屋外で原木を長期保管することで、生木チップの含水率を下げる方法があります。ただし、この場合は、保管スペース、燃料チップや燃料原木が十分に確保可能であり、長期滞留させても燃料不足とならないことが前提となります。

尚、PKSなどの硬質の燃料類は、搬送設備に損傷を与えるおそれがあるため、燃料の性状に適した設備に補強する必要が生じます。

Column

バイオガス発電における原料調達と原料の変化

執筆：水 ing エンジニアリング株式会社
一般社団法人 日本有機資源協会

バイオガス発電施設（メタン発酵施設）は、安定したエネルギー生産量が特徴の食品廃棄物、家畜糞尿（ふんによう）、各種汚泥の再生可能エネルギー生産施設と位置付けられています。

事業構築、事業開始後の安定したエネルギー生産を持続するための最優先課題は、「確実な原料の調達」に尽きます。

現在 **FIT** 制度を利用した廃棄物処理施設においては、建設への融資条件として、原料調達先の確保が最重要視されることがあります。また、事業開始後の収入が、売電収入と比較して処理収入の比率が大きくなる場合、処理収入は事業成立において重要な収入となっています。

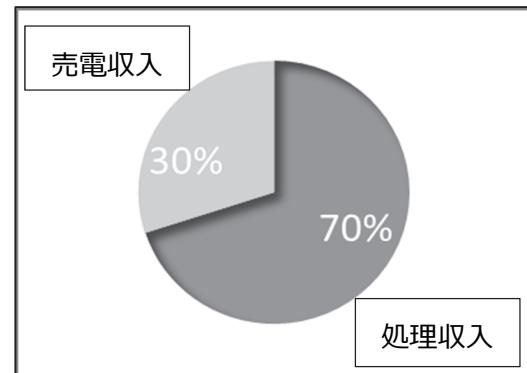


図 処理収入と売電収入の比率例

一般的に、排出者から確実な原料調達の契約を取り付けることは非常に困難であり、そのため事業計画開始と同時に調達の契約に向けた活動に取り組むことが必要です。

さらに調達した原料も、排出者の都合で質や量が随時変化します。これによりメタン発酵の状態やガス発生量、発電量も変化します。下表に原料別バイオガス発生量と発電量の目安を記載します。

表 原料別バイオガス発生量と発電量

原料品目	含水率 (%)	バイオガス発生 量 (Nm ³ /t)	発電量 (kWh/t)	備 考
家庭系生ごみ	80	110	197	200g/人
事業系生ごみ	80	123	219	-
芋焼酎粕	95	31	56	-
コーヒー粕	70	183	328	-
生汚泥	97	18	33	-
乳牛糞尿	95	15	26	50~60 kg/頭

出典：水 ing エンジニアリング株式会社 バイオマスシステム カタログ (p 3)

事業開始後、原料に含まれる有機物量が想定より多い場合、発酵管理の観点より、他の原料を減らすなどの管理が必要になることもあります。これは処理収入の減少となり、経営の悪化に直結します。このリスクの回避には、発酵槽の規模に余裕を持つなどの対策が有効ですが、過度に余裕を持つことは建設費の増大ともなり、建設計画においては熟慮する必要があります。

Column

バイオガス発電における残渣・副産物の処理

執筆：水 ing エンジニアリング株式会社
一般社団法人 日本有機資源協会

バイオガス発電施設の運営では、以下の場合は残渣（ざんさ）・副産物の処理に大きなリスクを伴います。

- ①消化液・消化汚泥の利用先がなく、廃棄物となる
- ②食品廃棄物を原料とした場合、包装プラスチックなど発酵不適物が含まれる

①消化液・消化汚泥の利用先

消化液、消化汚泥は有効利用（発電原料、肥料利用）が可能ですが、そのためには、利用先を安定して確保し続けることが課題となります。特にバイオガス発電施設の設置場所が都市・都市近郊の場合、肥料として利用する農地が少ないため利用先の確保が難しく、費用をかけて処理しなければならなくなっています。さらにその費用は昨今高騰しています。

②発酵不適物の含有

食品廃棄物を処理対象とした、バイオガス発電施設においては、処理対象の重量を 100 とすると 15 ほどの残渣（包装プラなどの発酵不適物）が発生します。
(右の図参照)

この残渣は、プラスチックがほとんどであり、焼却処理が一般的となっています。

2019 年には、海外への廃プラの輸出が激減したため、発酵不適物の残渣処理費が高騰しました。高騰した費用をすべて処理費用として排出者に転化することは難しく、事業を圧迫する状態になっています。

以上のようにバイオガス発電事業者は、自社だけでは改善できない残渣・副産物処理に関するコストが増大し、事業運営のリスクとなっています。

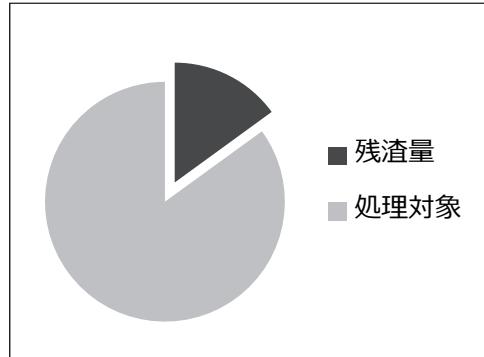


図 食品廃棄物を原料とした場合の処理対象物と残渣量

2-3-5. バイオマス発電、熱利用等設備導入に係る主な関係法令

バイオマス発電、熱利用等設備を導入する場合は、法令に基づき、許認可等の手続が必要となります。本項では、許認可等の手続が必要となる主なものについてまとめています。

なお、掲載したものは飽くまでも参考として例示したもので、事業を行う際にはその他関係する法令等を遵守するとともに、地方公共団体の条例等に係る手続についても確認が必要です。

表 2-3-12 バイオマス発電、熱利用等設備導入に係る主な関係法令

法令名称	手続	手続の概要
ガス事業法	準用事業の開始の届出	バイオガスを製造・使用等する事業を行う場合、国への届出が必要である
熱供給事業法	熱供給事業の登録	熱供給事業を行う場合は、経済産業大臣の登録を受けなければならない
	保安規程の届出手続	一定規模の熱供給施設を設置する場合、保安規程を定め、使用の開始前までに国への届出が必要である
電気事業法	工事計画の届出手続	一定規模の発電設備を設置する場合、事前に国への工事計画の届出が必要である
	主任技術者の選任及び届出手続	一定規模の発電設備を設置する場合、事前に主任技術者を選任し、国への届出が必要である
	溶接事業者検査手続	工事計画を届け出た発電設備の使用の開始前に溶接事業者検査を実施し、国等による結果の確認を受ける必要がある
	使用前安全管理検査手続	工事計画を届け出た発電設備の使用の開始前に、使用前自主検査を実施するとともに、使用前安全管理審査の受審が必要である
	定期安全管理検査手続	工事計画を届け出た発電設備を使用する場合、定期事業者検査を実施するとともに、定期安全管理審査の受審が必要である
	供給計画の届出	電気事業者は、毎年度開始前に供給計画を作成し、電力広域的運営推進機関を経由して、国への届出が必要である
森林法	森林の土地所有者届出制度	個人、法人を問わず、売買や相続等により森林の土地を新たに取得した場合、面積にかかわらず市町村長への事後届出が必要である。ただし、国土利用計画法に基づく土地売買契約の届出を提出している場合は対象外である
	森林における開発許可等手続	森林における開発行為には、事前に都道府県知事の許可等が必要である
農地法	農地転用許可手続	農地に設備等を設置する場合、農地以外の地目へと転用するため、事前に市町村農業委員会を経由して、都道府県知事又は指定市町村の長の許可が必要である
生産緑地法	生産緑地地区内の建築行為	生産緑地地区内において、建築物、工作物の建築等、土地の形質の変更、水面の埋立てなどの行為を行おうとする場合に、市町村長の許可を得る必要がある
都市緑地法	特別緑地保全地区内の建築行為	特別緑地保全地区内において、建築物、工作物の建築等、土地の形質の変更、木竹の伐採、水面の埋立てなどの行為を行おうとする場合に、都道府県知事の許可を得る必要がある
国土利用計画法	土地売買等の契約届出手続	一定規模以上の土地の売買等の契約を締結した場合、都道府県知事又は指定都市の長への届出が必要である
公有地の拡大の推進に関する法律	一定規模以上の土地を有償で譲渡しようとする場合等の届出	一定規模以上の土地を有償で譲渡しようとするときは、事前に市長（町村域の土地の場合は町村経由で知事）に届出が必要である 地方公共団体等による買取りを希望するときは、その旨を申し出がで きる
土地区画整理法	土地区画整理事業の施行地区内における建築行為等の許可手続	土地区画整理事業の施行地区内において、発電設備等の設置のため土地の形質の変更等を行う場合、事前に都道府県知事等の許可が必要である

法令名称	手続	手続の概要
都市公園法	公園管理者以外の者の公園施設の設置等及び都市公園の占用	公園管理者以外の者が、都市公園内に公園施設を設け、又は管理しようとする場合に公園管理者の許可を得る必要がある また、都市公園に公園施設以外の施設を設けて都市公園を占用しようとする場合に許可を得る必要がある
都市計画法	開発許可手続	市街化区域等で開発行為を行う場合、都道府県等の許可が必要となる場合がある
工場立地法	工場立地法に基づく届出	一定規模以上の敷地又は建築面積を有する発電設備を設置する場合、事前に市町村への届出が必要である
海岸法	海岸保全区域等の占用の許可等	海岸保全区域等において開発行為を行う場合、事前に海岸管理者の許可が必要である
港湾法	臨港地区内における行為の届出	臨港地区内において設備等の設置工事等を行う場合、事前に港湾管理者への届出が必要である
航空法	空港周辺における建物等設置の制限	空港周辺において、建物等を設置しようとする場合は、事前に、設置しようとする建物等が制限表面の上に出るか否かを確認する必要がある。
	航空障害灯設置物件の届出	地上 60 メートル以上の高さの発電設備等に航空障害灯を設置した場合、国への届出が必要である なお、設置する航空障害灯の種類が高光度航空障害灯又は中光度白色航空障害灯の場合は事前の照会が必要である
砂防法	砂防指定地における行為許可等	砂防指定地において開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律	急傾斜地崩壊危険区域内の行為許可	急傾斜地崩壊危険区域内において、開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律	生息地等保護区内等における行為の許可等手続	絶滅のおそれのある野生動植物の保護区域で開発行為を行う場合、国の許可や届出が必要である
鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律	特別保護地区内における行為許可手続	鳥獣の特別保護区域内で開発行為を行う場合、事前に国等の許可が必要である
自然環境保全法	自然環境保全地域等における行為の許可又は届出	原生自然環境保全地域、自然環境保全地域、都道府県自然環境保全地域において工事を行う場合、事前に国又は都道府県の許可が必要である
自然公園法	行為許可申請等手続	国立公園や国定公園等で開発行為を行う場合、事前に国等の許可や届出が必要である
振動規制法	振動規制に関する届出手続	振動の規制が行われる指定地域で施設を設置しようとする場合、事前に市町村や特別区への届出が必要である
騒音規制法	騒音規制に関する届出手続	騒音の規制が行われる指定地域で施設を設置しようとする場合、事前に市町村や特別区への届出が必要である
水質汚濁防止法	水質汚濁に関する施設設置の届出手続	排水の水質の規制が必要な特定施設等を設置する場合、事前に都道府県等への届出が必要である
土壤汚染対策法	土地の形質の変更に係る届出手続	一定規模の土地の掘削等を行う場合、事前に都道府県等への届出が必要である
大気汚染防止法	大気汚染に関する届出	ばい煙の発生や水銀等の排出を伴う設備を設置する場合、事前に都道府県等への届出が必要である

法令名称	手続	手続の概要
廃棄物の処理及び清掃に関する法律	①一般廃棄物収集運搬業及び処分業の許可手続 ②産業廃棄物収集運搬業及び処分業の許可手続	バイオマス発電の燃料として一般廃棄物や産業廃棄物を用いるために収集・運搬等を行う場合、事前に市町村等の許可が必要である
	①一般廃棄物処理施設の設置許可手続 ②産業廃棄物処理施設の設置許可手続	バイオマス発電の燃料として一般廃棄物や産業廃棄物を用いるために処理施設を設置する場合、事前に都道府県等の許可が必要である
家畜排せつ物の管理の適正及び促進に関する法律	処理施設の構造設備基準等への対応	一定規模以上の家畜排せつ物の処理にあたっては、処理施設の構造設備基準等に対応する必要がある
採石法、砂利採取法	土石砂利の採取認可	土石砂利の採取を行う場合、事業者は採取計画を定め、都道府県知事の認可が必要である
電波法	伝搬障害防止区域における高層建築物等に係る届出	伝搬障害防止区域に発電設備等を設置する場合で、一定の高さ以上となる場合、事前に国への届出が必要である
建築基準法	建築確認申請	発電設備及び付帯する建物を設置する場合、特定の要件に該当する場合を除いて、市町村等の建築確認が必要である
消防法	消防法に基づく申請等	発電事業の実施に際して危険物に指定される物資を一定量以上使用する場合、事前に市町村の許可が必要である
景観法	景観法等に基づく届出	景観の保全が定められている地域において工事を行う場合、事前に市町村等への届出や認定等が必要である
高圧ガス保安法	高圧ガス貯蔵所設置届	発電事業の実施に際して一定量以上の高圧ガスを使用する場合、事前に都道府県への届出が必要である
道路交通法	①道路使用許可手続 ②制限外積載許可手続	①工事等の際に道路を使用する場合、事前に所轄警察署長の許可が必要である ②貨物の運搬時に、車両の積載物の重量、大きさ又は積載方法の制限を超えて運転する場合、事前に車両の出発地を管轄する警察署長の許可が必要である
道路法	道路の占用許可手続等	道路区域内において工事等をするために道路を占用する場合、事前に道路管理者の許可が必要である
	道路法に基づく車両制限	工事等の際に、車両制限の範囲を超える工事車両が道路を通行する場合、事前に道路管理者の許可が必要である
特定工場における公害防止組織の整備に関する法律	公害防止管理者	電気・熱供給事業等で、特定の施設を設置している工場は、公害防止管理者等を選任し、都道府県知事又は市町村長への届出が必要である
文化財保護法	埋蔵文化財包蔵地土木工事等届出手続	埋蔵文化財が確認されている土地において発電設備等の設置のため開発行為を行う場合、事前に都道府県・政令指定都市等への届出が必要である
文化財保護法	史跡・名勝・天然記念物指定地の現状変更の許可	史跡・名勝・天然記念物指定地において開発行為を行う場合、事前に国等への許可が必要である
	遺跡の発見報告	工事を行っている際に遺跡を発見した場合は、都道府県・政令指定都市等への届出が必要である

出典：主に資源エネルギー庁（2019）「再生可能エネルギー事業支援ガイドブック令和元年度版」を参考に作成

2-3-6. 引用・参考資料

<引用資料>

1. 経済産業省 資源エネルギー庁 (2018) 「事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）」
2. 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）（2017）「バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針」
3. 環境省 (2018) 「地域における再エネ事業の事業性評価等に関する手引き（金融機関向け）Ver3.1～太陽光発電事業編～」

<参考資料>

4. 梶山 恵司（株式会社富士通総研）（2013）「木質バイオマスボイラ導入・運用にかかる実務テキスト」 株式会社森林環境リラ化、株式会社富士通総研、環境エネルギー普及株式会社
5. 環境省 (2017) 「廃棄物系バイオマス利活用導入書」
6. 環境省 (2017) 「メタンガス化施設整備書（改訂版）」
7. 経済産業省 資源エネルギー庁 (2018) 「事業計画策定ガイドライン（バイオマス発電）」
8. 一般財団法人 新エネルギー財団編 (2007) 「新エネルギー導入ガイド 企業のためのバイオマス導入 A to Z」 経済産業省 資源エネルギー庁
9. 国土交通省 (2011) 「官庁施設の熱源設備における木質バイオマス燃料導入ガイドライン（案）」
10. 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）（2017）「バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針」
11. 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）（2015）「バイオマスエネルギー導入ガイドブック（第4版）」
12. 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）（2015）「バイオマスのエネルギー利用とまちづくり＜日本のバイオマス利用の現状と課題＞」
13. 一般社団法人 日本木質バイオマスエネルギー協会 「小規模木質バイオマス発電 導入ガイドブック」
14. 一般社団法人 日本木質バイオマスエネルギー協会 「木質バイオマス発電・熱利用をお考えの方へ 導入ガイドブック 平成30年度改訂版」
15. 一般社団法人 日本有機資源協会 (2016) 「バイオマス事業化に関するQ & A」
16. 株式会社森のエネルギー研究所 (2012) 「木質バイオマスボイラ導入指針」
17. 山形県最上総合支庁 (2013) 「木質バイオマスボイラ導入書（山形県最上地域木質チップボイラ導入編）」
18. 茅 陽一 (2002) 「新エネルギー大事典」 工業調査会
19. 経済産業省 資源エネルギー庁 (2018) 「再エネ事業支援ガイドブック 平成30年度版」
20. 経済産業省 資源エネルギー庁 (2014) 「再エネスキル標準（GPSS）ガイドブック」
21. 一般社団法人 新エネルギー導入促進協議会 (2014) 「再エネ熱 事例集」
22. 北海道 (2015) 「エネルギー地産地消導入検討書」
23. 東京海上日動リスクコンサルティング株式会社 (2012) 「再エネ関連事業参入のチャンスとリスク」 『リスクマネジメント最前線 2012-17』 2012年11月9日号
24. 総務省ウェブサイト「再エネ資源等の賦存量等の調査についての統一的なガイドライン～再エネ資源等の活用による「緑の分権改革」の推進のために～」 (2011年3月1日 緑の分権改革推進会議 第四分科会 (第4回))
25. 経済産業省 (2005) 「先進企業から学ぶ事業リスクマネジメント実践テキスト」
26. 認定NPO法人 環境エネルギー政策研究所 (2018) 「自然エネルギー白書2017」
27. 江口智子・佐藤康之編 (2016) 『再エネ開発・運用にかかる法規と実務ハンドブック』 水上貴央監修, 工ヌ・ティ・エス
28. 森・濱田松本法律事務所エネルギー・インフラストラクチャープラクティスグループ著 (2015) 『発電プロジェクトの契約実務』 商事法務
29. 株式会社工ヌ・ティ・エス (2008) 「エネルギーの貯蔵・輸送—電気・熱・化学—」

30. 経済産業省 蓄電池戦略プロジェクトチーム（2009）「蓄電池戦略」
31. 一般社団法人 電池工業会（2013）「リチウムイオン蓄電池まるわかり B O O K」
32. 株式会社日本政策投資銀行（2013）「蓄電池産業の現状と発展に向けた考察」
33. 一般財団法人 ヒートポンプ・蓄熱センター（2016）「蓄熱技術基準書運用ガイドブック」
34. 一般社団法人 日本木質バイオマスエネルギー協会（2016）「木質バイオマス熱電併給事業の推進のための調査」
35. 環境事務次官通達「悪臭防止法の施行について」（昭和 47 年 6 月 7 日環大特第 31 号）
36. 国立環境研究所_災害廃棄物対策指針 技術資料 1-13-1 天蓋付き車両
37. 株式会社トモエテクノウェブサイト バイオマスボイラにおける木質燃料とシステムについての知識（重要）

2-3-7. バイオマス発電、熱利用等設備導入に関する用語解説

「2-3. バイオマス発電、熱利用等設備導入に係るリスクとその対策」で示した太文字の用語解説となっています。一般の用語集とは異なり、技術的な解説は必要最小限にとどめていますので、技術面の詳細は専門書等を参照してください。

EPC

Engineering, Procurement, Construction の略称。「ターンキー契約」と同等で、設計 (Engineering)、調達 (Procurement)、建設 (Construction) を含む、プロジェクトの建設工事請負契約のこと。

FIT

FIT (Feed-in Tariff) とは、固定価格買取制度のことであり、再生可能エネルギー源（太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス）を用いて発電された電気を、国が定める固定価格で一定の期間電気事業者に調達を義務付けるもの。

O&M(Operation&Maintenance)

施工後の発電施設における運転管理業務や設備維持管理業務のこと。

オーバーハング

岩盤が垂直を超えてせり出している状態。斜面下部が軟らかく、上部に硬い場合に形成されやすい。

河川の堰止め

崩土により河道が閉塞すること。天然ダムとも呼ばれる。

缶水温度

ボイラー内の水の温度のこと。ボイラー水温度ともいう。

簡便測定法

燃料のサンプリング試験方法の一つ。事前にバケツなど計測容器当たりの水分を測定しておき、一覧表を作成して容器の重量を測定した値で水分を推定すること。

ゲートウェイ

通信プロトコルの変換などにより、異なる通信プロトコルを有する機器、設備間での相互接続を可能とする装置のこと。

減肉

設計製作当初の金属材料の厚みが、運転使用とともに減少していく現象。原因は腐食 (クロージョン)、及び機械摩耗 (エロージョン) である

自宮線

電気事業法上の定義はないが、通例として、自らが維持し、及び運用する送電用及び配電用の電気工作物のうち、一般送配電事業者以外の者が構築し、維持し、及び運用するものを指すことが多い。

消化液

有機性廃棄物バイオマス燃料を発酵槽にてメタン発酵を行った後の残渣のこと。

水分率

材に占める水分重量の割合の指標は、湿量基準で示す水分率と乾量基準で示す含水率の2種。水分率は水を含む材の全重量を100%とした場合の水の比率。含水率は、水を除く材重量を100%とした場合の水の比率。

全乾法

材の乾燥度の指標となる含水率の計測法の一つ。材の重量を、乾燥前及び完全に乾燥させた後に測定し、含水率を算出する方法。計測器よりも含水率の測定精度は高いが、材の乾燥処理が必要となる。

通信プロトコル

異なる機器、設備を相互接続するために必要となる手順や規約 (データ送受信のタイミング、データの形式、通信エラー時の対応など) などの通信上の約束事

デューデリジェンス

事業の適格性を把握するために行う調査のこと
で、投資を行う際、投資対象の土地の価値や収益力、
リスクなどを詳細に調査・分析すること。

取引信用保険

取引先の倒産や支払遅延等により、販売代金を
回収できなくなった場合に、損害の一定部分など
について保険金が支払われるもの。

(法面の) 肌落ち

法面の表層が剥離して落下すること。

はらみ出し

地すべりや地下水の影響等により斜面や法面が
押し出されている（膨らんでいる）状態。

ポケット

落石防護擁壁背後の斜面との間に設けられた空
間で、落石や崩土を堆積させる場所。

負荷追従性

負荷変動に対応した出力制御の運転をすること。
化石燃料のボイラーと比較して、一般的に木質バ
イオマスボイラーの負荷追従性は劣るため、定格
出力運転が効果的と言われている。

預託金

賃貸借契約の際に借主が貸主に一定の金額を無
利息で預け入れる金銭の総称で敷金、保証金のこ
と。

ランプサム契約

商取引の解約形態の一つで、契約金額として約
定された固定金額で契約上の義務を請け負う契約。
契約当事者間の合意がない限り原則として金額は
変更されない。

2-4. 水力発電設備導入に係るリスクとその対策

本書について

| 引用・資料について

引用又は参考にした資料を、節末の「引用・参考資料」に記載しています。

| 用語について

太文字（例：O&M）で記載されている用語は、節末の「用語解説」においてその内容を説明しています。

2-4-1. 水力発電設備導入の流れとリスクとその対策の考え方

水力発電設備の事業計画から撤去・処分までの大まかな流れを図 2-4-1 に示します。本書では、リスクが顕在化する事業段階（設計・施工、運転管理、撤去・処分）から事業計画段階まで遡り、各段階で取り得るリスク対策に優先順位を付けて体系的に整理しています。なお、再生可能エネルギー設備、蓄エネルギー設備、省エネルギー設備を組み合わせて導入するシステム（以下「再省蓄エネシステム」といいます。）のリスクとその対策例も紹介（該当リスクは表内で「<再省蓄エネシステムの場合>」と記載）しています。

「2-4-3. 水力発電設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧」にて例示しているリスクとその対策には、関係法令及び条例への対応に係る内容を一部含んでいますが、遵守すべき法令や条例への対応を網羅しているとは限らないため、各事業者の責任の下で設備を設置する土地を管轄する地方公共団体等に事前に相談、確認をした上で必要な対応を実施することが求められます。なお、地方公共団体の相談先が明確でない場合は、都道府県や市町村の再生可能エネルギー関連部局に相談することが有効です。

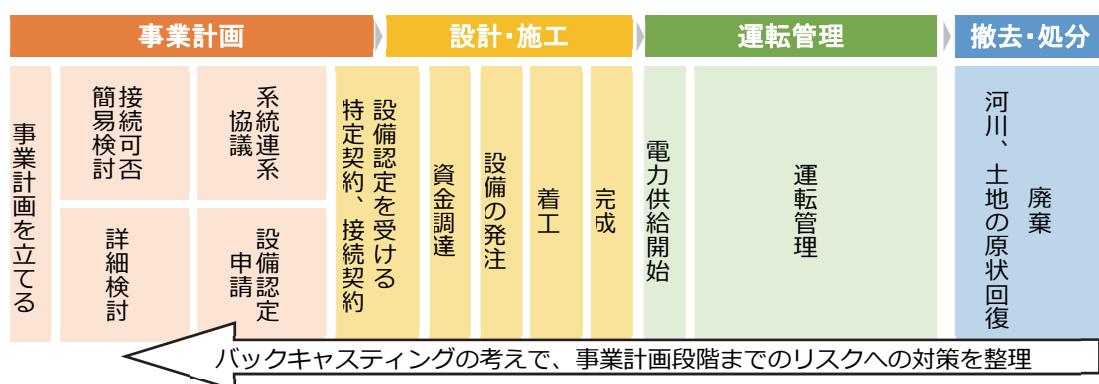


図 2-4-1 水力発電事業の流れ

出典：環境省（2018）「地域における再生可能エネルギー事業の事業性評価等に関する手引き（金融機関向け）Ver 3.1 小水力発電事業編」より作成。

2-4-2. 水力発電設備導入に係るリスクの分類

本書で取り扱っている水力発電設備導入に係るリスクを分類別にまとめると表 2-4-1 のようになります。水力発電設備の導入に当たっては「河川法」に基づく対応が最も重視されます。河川法の規定で求められる項目は、「流水の清潔の保持（水質）」、「景観」、「漁業」、「人と河川との豊かな触れ合いの確保」等がありますが、これらに関するリスクは、本書では主に「制度リスク」において整理しました。なお、これら項目は『正常流量の手引き（案）』（平成 19 年 9 月、国土交通省）に記載されています。

<https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/ryuuryoukentou/tebiki.pdf>

（リスクの考え方やリスクマネジメントの説明については 1 章を御参照ください。）

表 2-4-1 水力発電設備導入に係るリスク分類別のリスク数

リスク分類	リスク概要	リスクの数※	頁
制度リスク	規制、許認可、制度改正、系統連系に係るリスクのほか、合意形成に関するリスク	8	p.128
土地リスク	事業用地取得時の契約、事業用地の利用継続に係るリスク	5	p.130
環境リスク	事業活動による環境変化が、人の健康や生態系に影響を及ぼすリスク	3	p.131
完工リスク	コスト・タイムオーバーランにつながる設計・施工、EPC 業者等、資金調達に係るリスク	9	p.135
資源リスク	資源調達時における量及び質、調達価格に係るリスク	3	p.137
性能リスク	システム効率の低下につながるメンテナンス不足、機器トラブルに係るリスク	8	p.138
自然災害リスク	自然災害（暴風、豪雨、豪雪、洪水、地震など）やそれに伴う土砂災害（斜面崩壊、地すべりなど）、落雷などに係るリスク	6	p.140
需要リスク	エネルギー需要の変動、契約更新に係るリスク	3	p.143
追加コスト発生リスク	資源の品質基準の不一致、機器損傷、物損・人的被害の損害賠償、メーカー保証適用事項との不一致、機会損失、ユーティリティコスト増加、事業終了後の原状回復などに係るリスク	10	p.144
人的リスク	オペレーションミス、メンテナンス体制や人材不足に係るリスク	5	p.146
	計	60	

※：本項で扱うリスクの数

次項 2-4-3. に水力発電設備導入に係るリスクとその対策をリスク分類（大項目）別に掲載しています。事業計画時にはこちらを参考にして事業のリスクを抽出して必要なリスク対策の検討に活用してください。

図 2-4-2 のように事業への影響度と発生頻度からリスクをレベル分けし、★の数でリスクの大きさを示していますので、重大リスクから優先的に対策を行うことが可能です。

リスク対策については、事業段階別に分けて掲載しています。各事業段階で可能なリスク対策を把握し、事業に必要なリスク対策を計画的に実行していくことが肝要です。

なお、リスクは個別事業の事情により異なるものもあるため、起こり得る全てのリスクを網羅しているわけではないことに御注意ください。

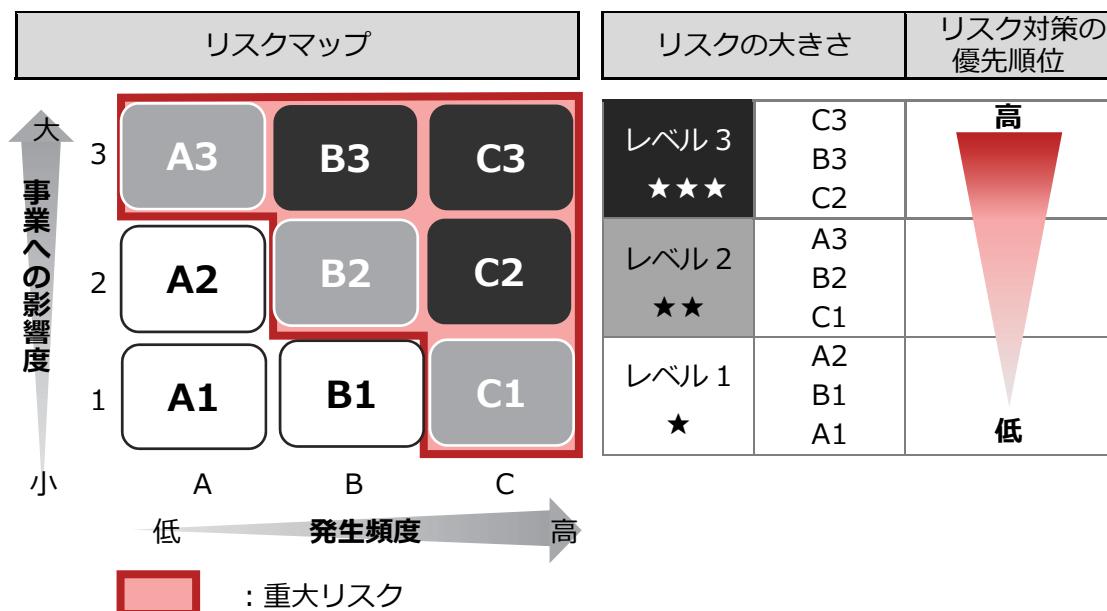


図 2-4-2 本書におけるリスク評価の考え方

2-4-3. 水力発電設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧

水力発電設備導入に係る重大リスクのうち、レベル3に該当するリスクとその概要について事業段階ごとに一覧で整理しました。各リスクの詳細とその対策については参照ページをご確認ください。

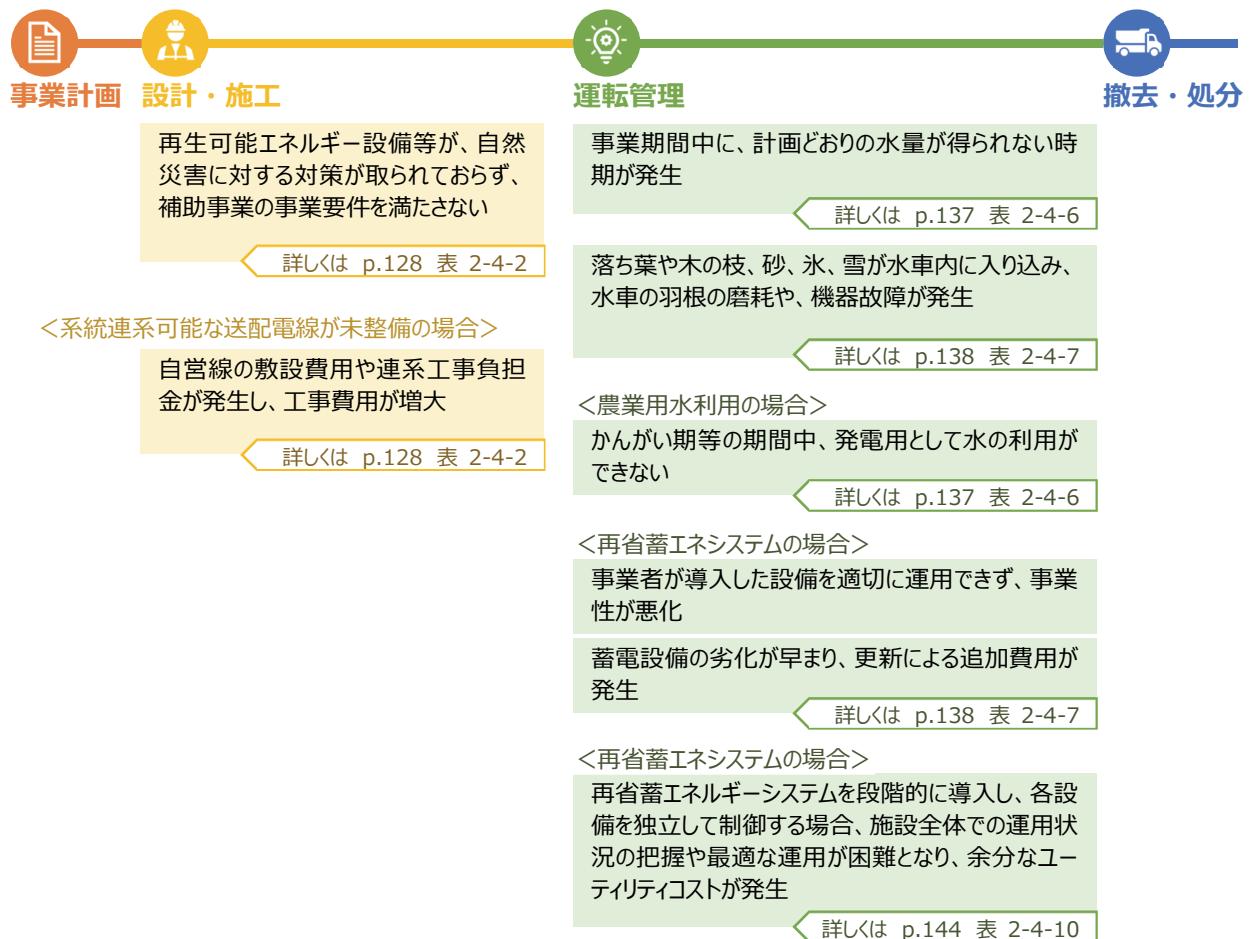


図 2-4-3 水力発電設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧

2-4-4. 水力発電設備導入に係るリスクとその対策の一覧

(1) 制度リスク

本書では水力発電設備導入に係る制度リスクとして、設備導入者によるコントロールの及びにくい、許認可、規制、制度改正、地域住民等との合意形成などに起因するリスクと対策例を紹介しています。

リスクレベル3の重大リスクとして、補助金で導入した再生可能エネルギー設備等が、自然災害への対策が取られておらず、事業要件を満たさないおそれが挙げられます。

表 2-4-2 水力発電設備導入に係る制度リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例		
事業計画段階	事業による環境への影響（水質、騒音、景観等）が顕在化し、関係者と事業継続に係る合意形成が図れず事業が中断・中止する。	★★	事業計画段階	計画段階で、環境の現況調査を実施するとともに、水質や騒音等については環境基準を正しく理解した上で事業申請を行う。景観等については、慎重に地元と関係構築をしつつ合意形成を図る。なお、対策が必要な場合は、複数の環境配慮対策を検討し、関係者との協議を踏まえた設計・施工・運転管理計画を作成する。	
			設計・施工段階	地方公共団体が再生可能エネルギー設備設置に景観形成基準を定めている場合は、配置、色彩などを基準に適合させた設計を行う。施工段階における環境への影響をモニタリング（状態を監視、観測や測定）し、その状況を関係者と共有する。環境への影響変化の兆候を確認した場合は、関係者と協議を行い、新たに環境配慮対策を考慮した施工を行う。	
			運転段階	運転段階においても環境への影響をモニタリングし、環境への影響変化の兆候を確認した場合は、関係者と協議を行い、新たな環境配慮対策を反映した運転管理計画を作成する。	
事業計画段階	河川から新たに取水し発電する場合、関係河川使用者（既得水利権者及び漁業権者）の一部又は全員から同意が得られず、計画していた許可流量が得られない。	★★	事業計画段階	登録制が導入され手続の簡素化が図られ、水利権取得までの標準処理期間の短縮が期待できる。また、農業用水や水道用水などの他の目的で取得された水を利用した発電（従属発電）計画地を検討する<引用資料4>。	
事業計画段階	事業実施の事前周知や事業内容の説明、運転状況や廃棄・処分の報告不足により、近隣住民などのステークホルダーから事業実施の同意及び理解が得られない。	★★	事業計画段階	近隣住民等の事業関係者への説明会を早期かつ定期的に実施し、事業への理解の醸成、不満の早期対応に努める。	
			設計・施工段階	定期的に近隣住民等の事業関係者へ設計・施工状況の報告を実施し、事業への理解の醸成、不満の早期対応に努める。	
			運転段階	定期的に近隣住民等の事業関係者へ運転状況の報告を実施し、事業への理解の醸成、不満の早期対応に努める。	
			廃棄・処分段階	近隣住民等の事業関係者へ廃棄・処分状況の報告を実施し、不満の早期対応に努める。	



リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	<系統連系する場合>発電設備の設置場所周辺に系統連系可能な送配電線が未整備の場合は、 自営線 の敷設費用や連系工事負担金が発生し、工事費用が増大する。	★★★	事業計画段階	系統連系が可能な場所に近接している、重機が入りやすい等の条件に該当する計画地を複数検討し、 自営線 の整備を低コストで実施可能な場所を選定する。
設計・施工段階	補助金で導入した再生可能エネルギー設備等が、地震・地すべり・台風・集中豪雨・豪雪・津波などの自然災害に対する十分な強度計算や対策が取られておらず、事業要件（地域における自然的社会的条件に応じた、再エネ普及・拡大の妨げとなっている課題への適切な対応を備えていること）を満たさないおそれ。	★★★	設計・施工段階	自然災害（地震・地すべり・台風・集中豪雨・豪雪・津波など）に対する災害対応基準（設備の耐震設計に関するガイドラインなど）やそれに類するもの（各種再生可能エネルギー設備の設計・施工のガイドライン、地方公共団体等が公表しているハザードマップなど）に従い設計図書等を作成し、それに基づき、所要の安全度が確保されるように設計・施工を行う。
運転段階	事業期間の途中で水利権の期限を迎える、かつ、水利権の期間更新が困難となり事業を継続できない。また、水利権の期間更新時に、更新時に地域関係者から維持流量の増大（発電使用水量の減少）を要求される。	★★	運転段階	水利権の期間更新の手続を円滑に進めるために、水利権の期限前から河川管理者と手続の方法や条件の確認などの事前協議を実施する。また、影響を受ける関係者との関係は良好に保つことが望ましい。
運転段階	許認可、規制に係る制度の変更によって、経費の支払が増える。あるいは、事業計画の変更の必要性が生じる。特に近年は、電力システム改革による制度変更（FIT法改正、発電側基本料金の開始等）が多く、発電事業に大きな影響を及ぼす。	★★	運転段階	許認可、規制に係る制度の変更及び合意形成の変更を把握した時点で事業計画を見直す。
運転段階	法人税や消費税、その他の税に係る制度の変更によって、経費の支払が増える。	★	運転段階	運転段階において、税に係る制度変更を把握した時点で事業計画を見直す。

(2) 土地リスク

本書で取り扱う水力発電設備導入に係る土地リスクとして、用地確保に係る契約、事業を借地や公有地で実施する場合のリスクと対策例を紹介しています。

表 2-4-3 水力発電設備導入に係る土地リスクとその対策

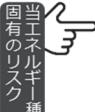
リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
事業計画段階	他事業者が、事業地確保のために好条件を提示したことにより、他事業者と地権者との間で先に契約締結されてしまい、土地が確保できなくなるおそれ。	★★	事業計画段階	本契約を締結する前に、期限付契約（期限を設け、期限内では他事業者と契約締結しない契約）や予約契約（将来、契約を締結することを事前に当事者が合意した契約）を締結する。例えば、地権者から「ほかの再生可能エネルギー事業者とは○箇月の間は協議しない。」や「年間土地賃借料は○円とする。」など、契約書や覚書等に明記する。
事業計画段階	計画予定地において第三者による抵当権や賃借権等の土地利用権の設定確認が遅れ、無駄なコストと時間が発生するおそれ。	★	事業計画段階	計画地の登記簿謄本（全部事項証明書）により抵当権の設定を早めに確認するといった、土地のデューデリジェンス（事業の適格性を把握するために行う調査）を行う。抵当権が設定されている場合は、他計画地を探す。若しくは、現土地所有者に照会し、抵当権抹消の可能性について確認する。抵当権が抹消できる場合は、抵当権抹消手続を進め新規に事業者が抵当権を設定して事業を進める。
事業計画段階	計画地の早期確保を目的に、予約契約として土地所有者に預けた高額の土地預託金が返還されないリスク。	★	事業計画段階	商取引の際に信頼できる第三者を仲介させ、契約内容が担保されたものとする。預託金の場合は、エスクロー・エージェント（請負の多くは信託会社や信託銀行）へお金を預け、何らかの事情で契約が終了した場合に預託金が返還される手法（エスクロー）を採用する。
運転段階	＜事業を公有地で実施する場合＞国、地方公共団体等の求めにより、事業用地を公共の用途に供することを理由に、土地使用契約を解除され、土地の利用継続が困難となるおそれ。	★★	事業計画段階	事業期間内の契約解除の際には、逸失利益相当の補償金額が地権者（地方公共団体等）から支払われる旨を、土地契約締結時の条項として入れることを交渉し、土地利用の継続性を高める。
運転段階	＜事業を借地で実施する場合＞事業開始後に土地の所有者（土地賃貸人）の変更（相続による変更も含む）に伴い、土地契約の内容（賃料の値上げ、支払条件、契約期間など）が見直され、事業者にとって不利な契約となるおそれ。また、土地所有者の破産、売却等により土地の利用継続が困難となるおそれ。	★★	事業計画段階	・事業期間中の利用権を有し続けることができるよう、長期利用権を取得する。また、賃貸借契約において、賃借権の登記を行い、土地利用権の保有策を講じる。 ・事業期間が非常に長期にわたることが一般的であるため、買取を原則とする。また、土地所有者が変更しても、事業期間中の利用権を継続できるように、賃貸借契約の内容が担保される契約（物価の変動以外の理由で賃料引上げを行わないとする条項の追加など）にしておき、将来的な相続等で賃料引上げがされることがないように対抗要件を具備する。事業期間に応じた地上権、地役権、賃借権を設定する。

(3) 環境リスク

本書では水力発電設備導入に係る環境リスクとして、設備からの油漏れや設備設置時の土地開発行為による土砂災害に関するリスクと対策例を紹介しています。

なお、「事業による環境への影響が顕在化し、関係者と事業継続に係る合意形成が図れず事業が中止・中止する」といった一般的な合意形成に関するリスクと対策例は、制度リスクで取り扱っています。

表 2-4-4 水力発電設備導入に係る環境リスクとその対策

リスクの内容	リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階 	★★	事業計画段階	地方公共団体の指導要綱やガイドライン、ハザードマップ等を確認し、計画地において必要な調査（地盤、地質調査など）を実施する。 廃棄物処分場跡地については、周辺環境への影響に十分配慮した上で検討する。
		設計・施工段階	関係法令及び条例に従い、利用する土地の形状、形質に対応した適切な設計（①盛土、切土面保護のための擁壁、石張り、吹付け、法枠（のりわく）、法面排水などの対策、②地下水によるがけ崩れ、土砂流出のおそれがある場合は開発区域内の地下水排出施設の設置、③軟弱地盤の場合は地盤改良、擁壁、水抜き等の措置、④集中豪雨等の降雨量等から想定される雨水が有效地に排水できる排水路改修や調整池等設置の対策など）を行う（引用資料1）。
運転段階 	★	設計・施工段階	水質への影響のおそれのある場合は、水車内部品に油圧シリングや油圧ポンプ等の使用を避け、潤滑油等を使用していないもの（オイルレス軸受など）を採用する。あるいは、オイル漏れを前提とした設計（防油堤など）にする。
		運転段階	水路設備（発電所内の配管溝）や電気設備（水車・発電機、変電設備、制御装置、送電設備）の巡視・点検等による早期発見、また、設備運用手順に基づく作業の徹底などヒューマンエラーを防ぐ措置を講じる。さらに、油が流出した場合に拡散防止するためにオイルフェンスを備えておく。
運転段階	★	設計・施工段階	対象地域の社会状況や河川利用等を把握の上、地域住民への事前周知・警報、緊急停止の判断、急な増水を避けるため、段階的な増水等の対策を検討する。

Column

事業計画段階における地形・地質評価の重要性

～土地開発行為に伴う土砂災害発生リスク～

執筆：パシフィックコンサルタンツ株式会社

国土基盤事業本部 地盤技術部

山間地や丘陵地などに再生可能エネルギー設備が設置される場合、平坦（へいたん）な土地を確保するために土地の造成（切土・盛土）が行われることになります。

土地の造成を行う場合、沈下や液状化、斜面や法面（のりめん）の崩壊と共に伴う河川の堰止め（湛水＝たんすい）など、地形や地質に起因した様々なリスクが存在しており、場合によっては、設備自体の破損や機能不全、周辺環境へ影響を及ぼすような土砂災害を引き起こす可能性もあります。

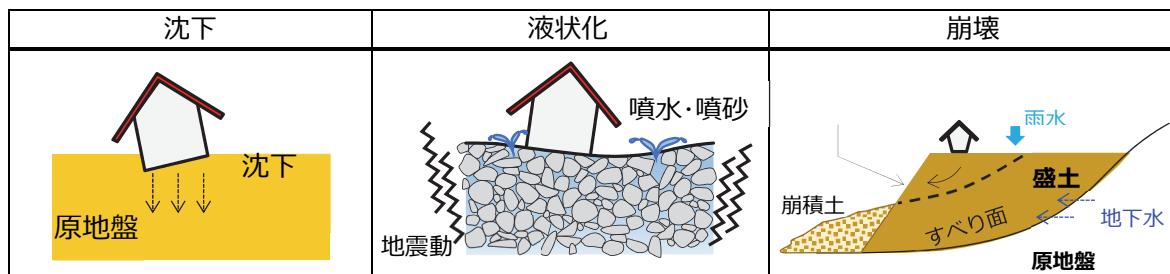


図 地形・地質に起因した様々なリスク

事業計画段階での適地選定において十分な事前確認を怠った結果、追加調査や設計変更、災害発生時の対策費用の発生など、事業の存続可否にも影響する深刻な事態を引き起こすこともあります。ただし、下表に示したとおり、事前計画段階において、既存文献や現地状況、法令等を十分に確認しておくことで、土砂災害発生リスクを低減・回避することができます。

表 事前に確認すべき事項と注意すべき要件の例

項目	確認すべき事項	注意すべき要件の例
文献調査	地形図、空中写真などによる対象地周辺も含めた地形状況や河川状況 各種の地質調査報告書・文献による対象地の地質分布・構造 土地の災害履歴など	崩壊地形、地すべり地形、河川の氾濫原など 軟弱地盤、液状化、断層、火山帯や変質帯の有無など 落石や斜面崩壊などのほか、地盤沈下、地震時の液状化などの災害履歴の有無
現地調査	地形や地質、土地利用状況など	新たな崩壊箇所、既存対策工、不法投棄の有無など
基礎地盤調査	設計に必要な情報（物理特性、化学特性、盛土材料の材料特性等）	軟弱地盤、液状化など 自然由来重金属等の基準値超過など
その他	砂防4法*をはじめとする関連法令 地名：過去の地形変遷の手掛かりとなる場合あり	地すべり防止区域や砂防指定区域などの区域指定の有無 湿地や氾濫原：ケミ（検見川・花見）、ソネ（曾根・大曾根）など

*砂防4法：砂防法、地すべり等防止法、急傾斜面の崩壊による災害の防止に関する法律、土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律（通称：土砂災害防止法）。

これらの確認を怠ると、設計・施工段階や施設稼働時まで、長期にわたって土砂災害発生リスクを抱えた状態となります。土地造成の切土を例にとると、対象地に分布する地質や地形条件、ある

いは用地等の制約により、標準的な法面勾配を適用できない場合があります。しかし、事前にこれら確認時に得られた情報を活用することで、最適な対策を講じることができ、将来的な土砂災害発生リスクとこれに伴うコストを低減することが期待できます。例えば、軟弱地盤の場合には地盤改良等の対策を講じることができますし、落石や崩壊のおそれがある斜面が背後に存在する場合は、法面や斜面を安定させる対策工を実施するほか、被害が想定される範囲から離れた場所に重要施設を計画するなどの対応も考えられます。このように、事業計画段階では不要に思っても、将来を見越した調査を実施しておくことが重要です。

ただし、把握した情報の評価については専門的判断を要することから、必要に応じて調査業者・設計業者の助言を仰ぐことも考えてください。

Column

運転管理段階における土構造物などの点検の重要性

執筆：パシフィックコンサルタンツ株式会社

国土基盤事業本部 地盤技術部

再生可能エネルギー設備稼働後、施設・機械自体については定期的に点検・維持管理が行われている一方で、周辺の斜面や土構造物（盛土・切土など）については十分な維持管理が行われていないうちがあります。

盛土・切土工や付随する対策工（落石対策工・法面保護工など）についても、施設・機械と同様、年を経るにつれて老朽化・脆弱（ぜいじやく）化するとともに、想定外の異常事象（豪雨・地震など）によって変形・破損が生じる場合があります。従って、維持管理段階では施設・機械の点検だけでなく、周辺の地盤や斜面、土構造物（盛土・切土など）、付随する対策工についても、変状が生じていないか？異常が見られないか？などについて注意を払う必要があります。

土構造物の点検では、平常時の点検（日常・定期・季節ごと）に加えて、自然を相手にすることから、異常時の点検（台風、豪雨、地震後など）を行うのが一般的です。

下表に法面や斜面の点検で着目する土砂災害につながり得る変状の一例を示します。

表 点検で着目すべき変状と土砂災害リスク（一例）

着目すべき変状	土砂災害リスク
亀裂・はらみ出し	・法面や斜面の崩壊、剥落（吹付け工）
湧水・にじみ出し	・盛土や斜面のゆるみ、法肩部でのすべり ・法面・斜面の洗堀 → 土砂の流出
落石や崩土の堆積	・斜面の安定性低下（オーバーハングの形成など） ・周辺施設へ影響 (ポケットが埋まることによる防護機能の低下)
植生の状況（根曲がり・倒木など）	・地すべりや大規模崩壊の兆候 ・落石や斜面の表層崩壊
法面の肌落ち	・雨水の盛土内への浸透→盛土の安定性低下

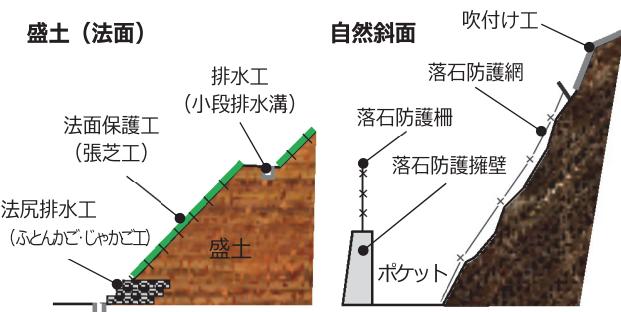


図 土構造物と各種対策工（例）

このように点検では様々なことに着目する必要があります。そのため、点検に先立って、その施設や場所、点検対象に応じた計画（点検時期・項目）を策定することが重要となります。

そして、この計画に基づき適切に点検することで、施設自体や周辺施設へ影響を及ぼすような土砂災害リスクを未然に防ぐと共に、変状が認められた場合でも、応急対応や迅速な対策を施すことができ、将来の土砂災害リスクを低減することが可能となります。このように、点検は施設を長く使用（長寿命化）していく上で重要なものであると共に、得られた様々な情報は、土砂災害リスクへの対応・対策の必要性を検討・判断する上で欠かせないものと言えます。

(4) 完工リスク

本書では水力発電設備導入に係る完工リスクとして、有効落差の低下、EPC事業者等の技術力不足、設計・施工ミス、盗難などに関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-4-5 水力発電設備導入に係る完工リスクとその対策

リスクの内容	リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	★★	事業計画段階	民間信用調査機関等に依頼し、企業与信情報を取得する。経営事項審査結果の評点の高い事業者などを確認する。
設計・施工段階	★★	事業計画段階	建設地が周知の埋蔵文化財包蔵地か確認する。埋蔵文化財調査により追加費用が必要となる場合は、リスク分担を明確にしておく。
設計・施工段階	★★	設計・施工段階	・海外から導入する機器部品、電子部品などが日本規格と異なるか確認する。異なる場合は部品の組み合わせや接続方法など取り合いの図面作成し、施工ミスを防止する。 ・予定している機器に地元施工会社が対応可能か確認する。
設計・施工段階	★★	事業計画段階	取水区間は、渓流の湾曲部や河川勾配の急な区間等、短い水路で高い落差が得られるルートを選定する。
		設計・施工段階	水圧管路 の損失落差が小さくなるように、 水圧管路 のルートや配管の仕様（摩擦抵抗が小さくなる管径の選定）設計を行う。 既設配管を利用する場合は、設計段階において適正な配管径であることや劣化状態を確認する。配管径の設定は、経済性が高くなるように、 管内流速 、 損失水頭 、有効落差、水車形式等を考慮する。
設計・施工段階	★	事業計画段階	請負企業の事前財務チェック、企業評価の実施、請負業務による金銭的保証など履行保証を契約書に定めておく（引用資料 3）。
		設計・施工段階	経験・知識豊富な EPC 事業者（例えば経営事項審査結果の評点の高い事業者や類似施設・設備の施工やメンテナンスの実績を有する事業者など）へ発注する。 施工を一貫して実施可能な EPC 事業者に発注する。例えば、単一の事業者が全業務を一括して請け負う（フル）ターンキー契約を結び、EPC 事業者が完工の責任を負うように契約書に定める。特に、設計、調達、施工を別々に発注する場合は、責任の所在を明らかにしておく。事業者にとって計画段階で予算を確定することができるランプサム契約が可能か検討する（引用資料 3）。

当工の
リスク
種

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	運用を考慮せずに設計した場合は、不必要的設備や機能を過剰に導入するため、設備費や工事費などインシャルコストが増える。	★	事業計画段階	計画段階において、設計に必要な諸条件(目的、用途、負荷、準拠図書など)を明確化する。
	設計・施工段階		技術的知見を持った第三者(コンサルタントやコンストラクション・マネージャー等)に相談し、導入する設備や機能が過大になっていないか確認する。	
	適切に設計するため、導入に関する基本方針(最大負荷率だけでなく平均負荷率などの施設のエネルギー特性や、既存発電機や蓄電池と併用した場合の運用など)を明確化する。			
設計・施工段階	大規模な再工事事業の場合は、施工期間が長いため、機器や資材(例えば換金性の高い銅線)などを人里離れた場所で保管する場合、盗難の被害に遭う。	★	設計・施工段階	施工段階から侵入防止用のフェンス・有刺鉄線などの設置、赤外線センサーによる侵入検知と警報ブザー、警報ランプ、LED照明の導入、遠隔監視システムの採用などによりセキュリティを高める。
設計・施工段階	設計・施工の中間・完成時に検査がされず、完成図書が整備されていない、又は、内容が不十分な場合は、事業の開始後に事故や修繕などが生じても、その原因究明や計画的な修繕が困難となる。	★	設計・施工段階	施工後は、施工会社から必要書類(実施仕様書、計算書、工事図、竣工(しゅんこう)図、機器詳細図、試験成績書、取扱説明書など、まとめて"完成図書"などと言う)を必ず受領し、それらを事業終了まで適切に管理・保管しておく。特に、施工後に目視での確認が困難な箇所(埋設管等)については、施工途中の様子を記録するとともに、記録を保存しておく。
			運転・段階	運転段階で不具合等により改善する事項が出れば、適時完成図書や竣工図を更新する。
設計・施工段階	分離発注により、各工種の取り合い確認や工程調整等が不十分な場合、タイムオーバーランやコストオーバーランになるおそれ。	★	設計・施工段階	設計、調達、施工を別々に発注する場合には、各請負契約締結時に、契約書面上にて責任の所在を明らかにしておく。各工程において建設期間延長や変更事項が発生する可能性を考慮し、経済的な損失を最小化する内容の工事請負契約を締結する。例えば、期間延長一日当たりの違約金を設定しておく。

(5) 資源リスク

本書では水力発電設備導入に係る資源リスクとして、農業用水利用や河川水量の季節変化に関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-4-6 水力発電設備導入に係る資源リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
固有のリスク種 当工ネ	運転段階	★★★	事業計画段階	土地改良区等の水路管理者に、許可水利権、慣行水利権等の水利権の種類と年間の許可取水量をあらかじめ確認し、それを踏まえて事業計画を作成する。
	運転段階	★★★	事業計画段階	<ul style="list-style-type: none"> ・水利権の申請において目安として必要とされる過去10年分の分析を行い、計画地点近傍の流量を把握する。 ・計画地点の流量は、近傍の測水所の流量資料を用いて、流域面積比により換算する。近傍の計画地点に測水所がない場合は、定期的な流量観測を行う。 ・事業期間中の取水に影響する他の計画などを把握しておく。 ・上記の計画において、気象シミュレーションによる気候変動に伴う降水量の変動の幅を考慮する。
	運転段階	★★	事業計画段階	<ul style="list-style-type: none"> ・河川流量から河川維持流量を差し引いたものを取水地点において1年間計測し、取得した流量データから流量曲線を作成する。 ・流量曲線から最大使用水量及び常時使用水量を設定し、発電規模を検討し、設定した流量と有効落差の組み合わせに対応した水車を選定する。

(6) 性能リスク

本書では水力発電設備導入に係る性能リスクとして、落葉や木の枝等の除塵トラブル、**キャビテーション**、ウォーターハンマーなどに関するリスクと対策例を紹介しています。また、他の再生可能エネルギーの発電設備や熱利用設備、蓄電池等を組み合わせて導入する際のリスクと対策例は、<再省蓄エネシステムの場合>として紹介しています。

表 2-4-7 水力発電設備導入に係る性能リスクとその対策

固有のリスク
種

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	落ち葉や木の枝、砂、氷、雪が水車内に入り込み、水車の羽根の磨耗や、機器故障が発生する。	★★★	設計・施工段階	・除塵機の良否は、設備利用率を左右するため、導入場所の特性や除塵条件を考慮し適切な除塵機を選択する。 ・例えば、落ち葉や木の枝などの流入が多い場所では、目幅の大きな縦型スクリーンと小さな縦型スクリーンの2種類の設置などの対策を行う。 ・また、人力による除塵作業を減らすことを除塵条件とする場合、無動力・無電源タイプの除塵機などがある。
	運転段階		スクリーンに堆積した落ち葉や木の枝等は定期的に取り除く。除塵により取り除いたものは、適正処理を行う。	
	故障・事故頻度の高い部品については予備品のストックを準備し、復旧までの時間を短縮する。			
運転段階	<再省蓄エネシステムの場合>事業者自身で、要求性能水準の実現と適切な維持管理を実施できない場合、導入した設備の適切な運用ができず（エネルギー効率の低い運用となる等）、事業性が悪化する。	★★★	設計・施工段階	・設備の導入時において、契約内容に試運転調整の実施を明記する等により、施工者等から、導入した設備が設計時にシミュレーションしたとおりの効率的な運転となった状態（要求性能が実現された上）で引渡しを受ける。 ・EMS（エネルギー・マネジメント・システム）などにより設備の状況を監視・計測したデータを蓄積し解析・評価を行って、導入した設備が設計時のシミュレーションで想定したとおりの効率的な運転となるよう調整を行う。解析・評価に関しては、高度な知識と経験が必要となるため、必要に応じて再省蓄エネシステムの設計実績のある設計者等に依頼する。
運転段階	<再省蓄エネシステムの場合>充放電サイクルが多く、放電深度が大きい場合、蓄電設備の劣化が早まり、更新による追加費用が発生する。	★★★	設計・施工段階	蓄電池の用途（再生可能エネルギー発電設備の出力変動抑制、余剰電力吸収等、ピークシフト・ピークカット、防災電源）を計画段階で決定し、シミュレーションを行った上で、蓄電池の特性に合わせた放電深度（リチウムイオン蓄電池では20~80%程度、鉛蓄電池では50%程度）で運用できるよう、余裕を持った蓄電池容量の設計とする。

リスクの内容	リスクレベル	リスク対策例	
運転段階 管路内に水が充満して流水している状態で弁を急遮断や急開放した場合、管内に圧力上昇又は圧力降下が生じ、この圧力変動が圧力波となり管内を伝わる（水撃作用、ウォーターハンマー）ことにより、水圧管が破損するおそれ。	★★	設計・施工段階	設計・施工段階では、水撃作用（ウォーターハンマー）防止を考慮した適切な設計を行う。対策としては、管材の選択、 サージタンク （調圧水槽）の設置を行い、閉塞時間の選択等について書面化し運用する。
		運転段階	管内の圧力上昇、圧力降下による圧力変動を防ぐため、書を遵守し、弁を急遮断・急開放するような運用を避ける。
運転段階 <再省蓄エネシステムの場合>再生可能エネルギー発電設備、蓄電設備を直流で接続するシステムの場合、直流回路の電圧が適切に制御できないことにより、設計どおりに蓄電池の充放電が行えないおそれ。	★★	設計・施工段階	・再エネ設備、蓄エネ設備を構成する発電機やインバーター、コンバーター等の入出力電圧、許容電流値等の仕様を確認しシミュレーションを実施する。 ・再省蓄エネシステムの設計実績のある設計者等にシステムを設計させる。
運転段階 使用する水が酸性の場合、配管等の機器が腐食するおそれ。	★★	設計・施工段階	腐食しにくい部材を用いた管（ステンレス、FRP（繊維強化プラスチック）、チタンなど）を採用する。
運転段階 設備の運転データの収集・分析を行わず、運転開始時の設定条件で運転しているため、システム全体の効率が低くなるおそれ。	★★	運転段階	・運転データ等を収集・分析し、シーズン、月、日ごとに運転調整を行い、システム全体の効率を上げるようにする。 ・上記の対策を実施するために、発電機の選定を行なう際は、運転状況の遠隔監視を行っているメーカーを選定する。
運転段階 ランナ出口から急激に水が吐出する場合など、部分的に減圧となって水中に微細な気泡が発生（ キャビテーション ）し、流水に接するランナやバケットなどの金属部分に 壊食 （エロージョン）を生じ、水車の効率・出力を低下させたり、水車の振動により騒音が発生したりする。	★	設計・施工段階	ランナなどに、 耐キャビテーション 材料を選択する。水車の比速度が高いほど発生するため、水車やポンプ水車の比速度を過大にしない。



(7) 自然災害リスク

本書では水力発電設備導入に係る自然災害リスクとして、積雪による取水口設備の損傷又は閉塞、地震、地すべり、土砂崩れなどに関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-4-8 水力発電設備導入に係る自然災害リスクとその対策

リスクの内容	リスクレベル	リスク対策例		
運転段階	★★	事業計画段階	積雪の多い豪雪地帯は、凍結トラブルを避けるため常時運転が可能か検討する。常時運転をしない場合は、凍結時期の運転をせず、それを考慮した事業計画を作成しておく。	
		設計・施工段階	凍結トラブルを避けるため、最大出力を見直し常時運転が可能な出力規模に設計する。その際、見直し前後の発電量減少とトラブルへの対策費用を比較し、採算性を検討しておく。野外設置する設備（取水口、各種計測機器等）にはヒーターを設置する。常時運転しない場合は、出力制限し、取水口スクリーンは取水水位を選択できる選択取水設備として、動作水位を低く設定する、などの対策を行う。また、商用系統が停止した場合への対応のため、凍結対策として、抜水用の排水管やバルブを設置しておく。	
		運転段階	積雪の多い豪雪地帯は、取水口の積雪状況の確認と、除雪を人力で行う場合はその頻度を高めて対応するなど、積雪による取水トラブルを避ける。	
運転段階	★★	事業計画段階	・発電所は、河川増水等による冠水・水没による被害が大きいため、例えば堆砂が多い地点などは有望地点調査の段階から除外し、河川増水の発生確率の低い、水没しない地点選定を行う。 ・地すべり等については、事業計画段階で、土砂災害警戒区域等など地すべり等が発生するおそれのある地点を有望地点から除外する。	
		設計・施工段階	発電所関連設備について、制水ゲート、逆流防止ゲート等の冠水対策の検討を行う。	
		運転段階	水路等や水力発電設備の損傷に対応するための機械保険や火災保険、また、逸失利益に対応するための企業費用・利益総合保険などの活用を検討する。	
運転段階	★★	事業計画段階	・砂防指定地や地すべり防止区域は、有望地点調査の段階で可能な範囲で検討対象から除外する、又は、避けてルート選定をする。 ・地すべり防止区域や砂防指定地は地方公共団体のホームページ等で公開されているハザードマップで把握することができる。 ・やむなく砂防指定地や地すべり防止区域であった場合は、工事・施設が災害原因とならないこと、施設が災害を受けにくいくことの両面から慎重に検討を行い、工事許可を受けられるような設計にする必要がある。 ・更に、施設が受ける可能性がある被害の規模等を想定し、リスクの程度について見極めを行う。	

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	地すべり、土砂崩れ、落石等により“水路、水槽、水圧管”、“取水口周辺”、“発電所周辺”的設備が損傷、建屋が損壊する。	★★	設計・施工段階	<ul style="list-style-type: none"> “水路、水槽、水圧管”については、設計・施工段階に、被害を受ける頻度、復旧費用を考慮して運転期間中の経済性チェックを行う必要がある。 また、二次被害により人命に関わるおそれもあるため、周辺人家がある場合は二次被害防止のため相当程度の対策が必要となり、建設費が増大する点に注意が必要である。 さらに、二次災害防止対策として、緊急時の取水停止機能を設ける。(※ただし、取水停止では、河川水量の急激な増加による河川利用者等への危険性が高まる可能性がある。そのリスク・対策については、環境リスクの表 2-4-4 を参照のこと。)
			運転段階	<ul style="list-style-type: none"> “取水口周辺”については、取水口等に土砂が流入しにくい設計を実施する。 また、発生に備え、例えば取水口周辺は直ちに浚渫(しゅんせつ)ができるよう重機が通行可能な動線を確保しておく。 更に、土砂流入があるとの前提で、発生頻度・規模を見積もり、復旧工事費用が発電収益から拠出できるか十分検討を行う。 また、土砂流入に伴う溢水(いっすい)による二次災害のリスクがあるため、周辺に人家等がある場合には、溢水対策の検討も必要である。
運転段階	地震等の影響により、支持力不足や地盤の不均一性が生じることで基礎や構造物が傾いて沈下(不等沈下)し、機器や水圧管路が亀裂・破裂する。それにより、発電設備の冠水被害や施設内での人命被害等、甚大な被害につながるおそれがある。	★★	事業計画段階	<ul style="list-style-type: none"> 地方公共団体が公表している地盤調査結果を候補地選定の参考資料として活用する。 計画地周辺で局所的な揚水が行われていないか確認する。
			設計・施工段階	<ul style="list-style-type: none"> 地形から軟弱地盤の多い低地に計画地が該当しないか確認した上で、該当する場合には、軟弱地盤対策として、基礎の剛性を強める(部材を厚くする、杭打ちを行う、基礎内の鉄筋の太さや本数を増やす)基礎工事を実施する。 伸縮性をもつ管(例:フレキシブルジョイント)を採用した設計を実施する。
			運転段階	不等沈下を早期に発見し、地盤改良等の対策を事前に実施する。
運転段階	積雪の多い地域におけるスノージャムによる水路の詰まりや、落葉による水路の詰まりにより取水量の低下や流量不足が生じる	★	事業計画段階	落葉については、計画段階での発生時期と発生量の確認を行う。
			運転段階	<ul style="list-style-type: none"> スノージャムについては、急激な水量低下など水路障害が疑われる際は、現場に急行し点検措置が取れるような実施体制等を構築する。 落葉については、急激な水量低下の場合の点検措置、発生期間中の発電設備の停止を行う。



リスクの内容		リスク レベル	リスク対策例	
運転段階	天候・自然災害等による故障・損壊（大雨や河川増水による建屋浸水で設備の故障、地すべり等による建屋流出）が発生するおそれ。	★★	事業計画段階	大雨や河川増水による浸水域や土砂災害地域は有望地点調査の段階から除外し、河川増水の発生確率の低い計画地を選択する。
			運転段階	設備の損傷に対応するための機械保険や火災保険、逸失利益に対応するために企業費用・利益総合保険などの活用を検討する。

(8) 需要リスク

本書では水力発電設備導入に係る需要リスクとして、エネルギー供給先の需要変動や契約変更時の不備に関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-4-9 水力発電設備導入に係る需要リスクとその対策

リスクの内容		リスク レベル	リスク対策例	
運転段階	エネルギー需要先（自家消費先や相対取引による売電・売熱先）の需要変動が季節により大きく増減することで、自家消費率が低下したり、設備の稼働率が低下したりするおそれ。	★★	事業画段階	過去数年分のエネルギー需要データを基に、年間の変動や将来の需要予測を行い、設備の容量や運転計画を決定する。また、事業における需要変動の許容範囲を設定しておく。
運転段階	<相対取引による売電の場合>契約更新時（電気の買取事業者との売電契約の期間終了時の契約更新時）に、契約更新前の買取価格がFIT制度に基づく調達価格より高い場合は、低い価格に変更される。	★★	設計・施工段階	電気の買取事業者である需要先へは長期割引などのメリットを提示し、長期的な需要確保のために長期の料金単価契約を締結する。
運転段階	<相対取引による売熱・売電の場合>熱や電力の買取事業者の倒産によって、新たな買取事業者への売電・売熱開始までの間、収入が得られない。	★★	設計・施工段階	事前に熱や電力の買取事業者の与信力を確認しておく。買取事業者の倒産に備えて取引信用保険に加入しておく。

(9) 追加コスト発生リスク

本書では水力発電設備導入に係る追加コスト発生リスクとして、修理費等の増加、損害賠償の発生、発電量低下による機会損失などに関するリスクと対策例を紹介しています。また、他の再生可能エネルギーの発電設備や熱利用設備、蓄電池等を組み合わせて導入する際のリスクと対策例は、<再省蓄エネシステムの場合>として紹介しています。

表 2-4-10 水力発電設備導入に係る追加コスト発生リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	<再省蓄エネシステムの場合>水力発電設備等の再生可能エネルギー発電設備と再生可能エネルギー熱利用設備を導入し、EMSによる監視・制御を行う場合、共通の通信プロトコル（BACNET、CC-Link、DeviceNetなど）が標準的に使われていないため、相互に通信するためにゲートウェイ等の追加費用が発生する。	★★	設計・施工段階	設計段階であらかじめ使う通信プロトコルを統一しておく、ゲートウェイ等の追加費用も見込んで設備の選定を行う。
運転段階	<再省蓄エネシステムの場合>再生可能エネルギー発電設備、再生可能エネルギー熱利用設備、蓄エネエネルギー設備等を再省蓄エネルギーシステムとして段階的に導入する場合、それぞれの設備が独立して制御され、施設全体での運用状況の把握や最適な運用が困難となり、運用者の手間や余分なユーティリティコストが発生する。	★★★	設計・施工段階	最適運用を図るために、共通の通信プロトコル（BACnet、CC-Link、DeviceNetなど）に対応した機器に統一し、EMSを活用した協調運転を行う。
運転段階	設備運用に必要な機器、装置など（例えばパワーコンディショナー、インバーター、コンバーターなど）の更新費用を見込んでおらず、採算性が悪化する。	★★	事業計画段階	設備運用のために必要な機器、装置などの補修、点検、交換費などを見積もり、事業計画を作成しておく。
運転段階	耐用年数を超えて設備を利用する場合、更新費用が足りず設備の継続利用ができないおそれがある。	★★	事業計画段階	・設備の使用期間を想定し、更新が必要な設備を確認する。 ・設備の更新に必要な費用の積立の計画を立てる。
			運転段階	設備の更新の際に活用できる補助金等について情報を収集する。
運転段階	事故等により作業員のケガや設備周辺の第三者に被害を及ぼし損害賠償が発生する。	★★	運転段階	事故による被害への対応を行うため、損害保険に加入しておく。例えば、業務上の事故に起因する労働災害や設備そのものの故障等の費用負担を補填する損害賠償保険に加入する。
運転段階	設備・機器の不具合や故障が発生し、当初の見込みより保守・点検費用が増加する。特に、海外メーカー製品の故障の場合は、対応が遅かつたり、海外メーカーの製品のため部品等の調達に時間を要するとともに修理代等が高くなったりする。	★	事業計画段階	故障内容により連絡する窓口、例えば海外メーカーの部品であっても、迅速な共有体制があることや、国内の代理店等に部品のストックがある代理店の窓口などを把握しておく。

リスクの内容		リスク レベル	リスク対策例	
運転段階	設備・機器の不具合や故障が発生し、当初の見込みより保守・点検費用が増加する。特に、海外メーカー製品の故障の場合は、対応が遅かつたり、海外メーカーの製品のため部品等の調達に時間を要するとともに修理代等が高くなったりする。	★	設計・施工段階	メンテナンス（保守・点検、部品交換）を適正に実施するために、事業期間におけるメンテナンス頻度とコストが、設備・機器ごとにまとめられた維持管理計画をメーカーから入手し、それを考慮した事業計画を作成する。設備導入者自身の日常点検による設備不具合の早期発見や、メンテナンス技術を有する地元企業を活用してコストを削減することで、メンテナンス費用の低減を行う。
			運転段階	各機器及びシステムの性能、耐久性を維持するため、定期的な保守点検（①日常点検、②定期点検）を実施する。①日常点検は、設備導入者自身が行い、②定期点検はO&M業者、メーカーに委託し定期的に実施する。
運転段階	メーカーの性能保証に適用除外事項が規定されている場合、設置・施工方法やメンテナンス方法が適用事項と合致していないことにより、保証が受けられず、追加費用が発生する。	★	設計・施工段階	設置・施工方法やメンテナンス方法を発注仕様書に明記し、適用事項と合致しているか確認する。設計・調達・建設を専門業者に発注する場合、事業者としての信頼性を有しているか（十分な実績、施工体制等に基づく履行能力など）を確認する。
運転段階	運転段階に、設計想定外のトラブル（管材やコンクリートひび割れ等）の発生による追加費用が発生する。	★	設計・施工段階	土木設備に関する設計想定外のトラブル（管材やコンクリートひび割れ等）の発生を想定し、設計業者、機器／資材メーカー、施工業者等で協議を行うなどして、責任範囲を明確化させる。
廃棄・処分段階	事業終了後（契約解除や契約満了時など含む）に土地を所有者に返還する際、原状回復費の負担が発生する。また、河川法に基づいた原状回復費の負担も発生する。	★★	事業計画段階	・土地の賃貸借契約の中で原状回復の定義について明確化しておく。土地の使用状況に合わせて、将来発生する土地の原状回復費を見越し積み立てておく。 ・小水力発電では河川法に基づく原状回復費が厳しく規定されているため、その内容を確認し、必要となる原状回復費を把握しておく。
廃棄・処分段階	事業を終了した再エネ設備が放置され、景観悪化、環境汚染（設備に有害物質が含まれる場合はその流出）、公衆安全上の問題（第三者が設備へ接触した際の事故、機器や部品等の飛散、土砂流出など）などが生じるおそれがある。	★	廃棄・処分段階	・再エネ設備の撤去及び処分は、廃棄物処理法等の関係法令を遵守し、事業終了後、可能な限り速やかに実施する。 ・発電設備の場合、電気事業法上の電気工作物に該当し、事業期間は建築基準法の適用を除外されていた設備であっても、事業を終了したものについては、撤去せず存置されれば改めて建築基準法の適用を受ける場合があるため、撤去までの期間、適切に維持管理する必要がある。



(10) 人的リスク

本書では水力発電設備導入に係る人的リスクとして、設置した設備に起因する人身事故や物損事故、オペレーション時のミス、保守点検体制や人員の不足などに関するリスクと対策例を紹介しています。また、他の再生可能エネルギーの発電設備や熱利用設備、蓄電池等を組み合わせて導入する際のリスクと対策例は、〈再省蓄エネシステムの場合〉として紹介しています。

表 2-4-11 水力発電設備導入に係る人的リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	経験・知識が不足している O&M 業者が、維持管理業務や運転業務に従事することで瑕疵（かし）が発生し、設備に不具合や劣化等が生じる。	★★	設計・施工段階	O&M 実績を確認し委託する。 O&M 事業者の履行に不備があり同一部分の再修理等が必要となった場合には無償で再修理を実施する旨の履行責任条項を業務委託契約に盛り込んでおき、瑕疵が発覚した場合の経済的負担を軽減できるようにしておく。
運転段階	トラブル時に急な対応が遅れ、設備稼働率が低下する。	★★	設計・施工段階	適切な保守・点検及び維持管理計画（①スケジュール、②人的配置・体制計画、③範囲、④方法、⑤安全対策、⑥記録方法など）を策定する。また、深夜／休日、豪雨／豪雪等の状況でも確実に対応できる実施体制の構築を図る。
運転段階	保守・点検を担う職員の異動、退職により、新たな人員が確保できるまで運営トラブル（有資格者が必要な場合は事業中断、最適な運転ができない）が発生するおそれ。	★	設計・施工段階	職員の異動や退職等に備え、複数人での保守・点検の運用体制や書の整備を行う。
			運転段階	職員の異動や退職等に備え、計画的な人員配置を行う。適切な人員が確保できない場合には外部委託を行う。
運転段階	〈再省蓄エネシステムの場合〉保守点検に必要な資格・人材が再エネごとに異なる場合（例えば電気主任技術者とボイラー・タービン主任技術者など）、複数人材の確保が必要となる。	★	運転段階	外部委託（ O&M 事業者や、複数の再エネ設備を一括して管理可能な業者など）が可能なシステム・規模を採用する。
運転段階	オペレーション時のミスによる事故等により作業員のケガや設備周辺の第三者に被害を及ぼすリスク。	★	運転段階	オペレーション時のミスが発生しないように、設備・機器の運転方法を書化し、それに準じた操作を徹底する。併せて、事故による被害への対応を行うため、損害保険に加入しておく。例えば、業務上の事故に起因する労働災害の費用負担を補填する損害賠償保険に加入する。

Column

事業計画段階におけるマイクログリッドの保安体制検討の重要性

執筆：パシフィックコンサルタンツ株式会社 環境・エネルギー部

マイクログリッドの構築に伴い**自営線**や新たな電気工作物を設置する場合には、電気工作物の工事、維持及び運用に関わる保安監督に係る業務（保安管理業務）の実施体制（保安体制）の構築が課題になることがあります。本コラムの読者としては、事業用電気工作物（電気事業法第38条による）を設置する場合が多いと思われますので、以下では事業用電気工作物の保安体制の構築について解説します。

マイクログリッドを構築する際は原則的に電気主任技術者を選任した上で保安体制を構築する必要があります。これは、電気事業法第43条により、電気工作物を設置する者（電気工作物の所有者、占有者等）は、保安管理業務のために主任技術者を選任しなければならないと定められているためです。

保安体制の構築は、現場の工事開始までに終えている必要があります。地域によっては電気主任技術者が不足しており、確保までに時間が掛かるために着工できず事業スケジュールが遅延するといったこともあります。また、電気主任技術者を新たに雇用する場合には、大きな費用が発生し、事業性に影響を与えることも考えられます。

電気主任技術者の選任が現実的でないという場合には、保安管理業務について外部委託することも考えられますが、電気事業法等で定められた保安管理業務を外部委託できる主な要件を満たした上で管轄の産業保安監督部長の承認を受ける必要があるため、計画時点であらかじめ電気主任技術者の確保が可能であるかを考慮しておくことが重要です。

表 保安管理業務を外部委託できる主な要件

項目	要件
発電設備	<ul style="list-style-type: none"> 電圧7,000V以下で連系する出力2,000kW未満の水力、火力、太陽光発電及び風力発電設備が設置された事業場 電圧7,000V以下で連系する出力1,000kW未満の発電設備（前述の発電設備を除く）が設置された事業場
需要設備	<ul style="list-style-type: none"> 電圧7,000V以下で受電する需要設備が設置された事業場 電圧600V以下の配電線路を管理する事業場

※電気事業法施行規則 第52条第2項（改正平成29年9月28日 第77号）より作成

特に600Vより高い電圧の**自営線**を道路横断させる場合や、一般公衆が立ち入る場所に**自営線**を設置する場合には電気主任技術者の選任が必要となることを前提とすべきです。保安体制の構築に関しては、電気保安協会等の電気保安法人に相談することも有望です。

2-4-5. 水力発電設備導入に係る主な関係法令

水力発電設備を導入する場合は、法令に基づき、許認可等の手続が必要となります。本項では、許認可等の手続が必要となる主なものについてまとめています。

なお、掲載したものは飽くまでも参考として例示したもので、事業を行う際にはその他関係する法令等を遵守するとともに、地方公共団体の条例等に係る手続についても確認が必要です。

表 2-4-12 水力発電設備導入に係る主な関係法令

法令名称	手続	手続の概要
環境影響評価法	環境アセスメント	一定規模の発電設備を設置する場合、必要な手続にのっとって環境への影響評価を行い、その結果を事業計画に反映しなければならない
電気事業法	工事計画の届出手続	一定規模の発電設備を設置する場合、事前に国への工事計画の届出が必要である
	保安規程の届出手続	一定規模の発電設備を設置する場合、保安規程を定め、使用の開始前までに国への届出が必要である
	主任技術者の選任及び届出手続	一定規模の発電設備を設置する場合、事前に主任技術者を選任し、国への届出が必要である
	使用前安全管理検査手続	工事計画を届け出た発電設備の使用の開始前に、使用前自主検査を実施するとともに、使用前安全管理検査の受審が必要である
	供給計画の届出	電気事業者は、毎年度開始前に供給計画を作成し、電力広域的運営推進機関を経由して、国への届出が必要である
森林法	森林の土地所有者届出手続	個人、法人を問わず、売買や相続等により森林の土地を新たに取得した場合、面積にかかわらず市町村長への事後届出が必要である。ただし、国土利用計画法に基づく土地売買契約の届出を提出している場合は対象外である
森林法	森林における開発許可等手続	森林における開発行為には、事前に都道府県知事の許可等が必要である
農地法	農地転用許可手続	農地に設備等を設置する場合、農地以外の地目へと転用するため、事前に市町村農業委員会を経由して、都道府県知事又は指定市町村の長の許可が必要である
生産緑地法	生産緑地地区内の建築行為	生産緑地地区内において、建築物、工作物の建築等、土地の形質の変更、水面の埋立てなどの行為を行おうとする場合に、市町村長の許可を得る必要がある
都市緑地法	特別緑地保全地区内の建築行為	特別緑地保全地区内において、建築物、工作物の建築等、土地の形質の変更、木竹の伐採、水面の埋立てなどの行為を行おうとする場合に、都道府県知事の許可を得る必要がある
国土利用計画法	土地売買等の契約届出手続	一定規模以上の土地の売買等の契約を締結した場合、都道府県知事又は指定都市の長への届出が必要である
公有地の拡大の推進に関する法律	一定規模以上の土地を有償で譲渡しようとする場合等の届出	一定規模以上の土地を有償で譲渡しようとするときは、事前に市長（町村域の土地の場合は町村経由で知事）に届出が必要である地方公共団体等による買取りを希望するときは、その旨を申し出ることができる
都市公園法	公園管理者以外の者の公園施設の設置等及び都市公園の占用	公園管理者以外の者が、都市公園内に公園施設を設け、又は管理しようとする場合に公園管理者の許可を得る必要がある また、都市公園に公園施設以外の施設を設けて都市公園を占用しようとする場合に許可を得る必要がある
都市計画法	開発許可手続	市街化区域等で開発行為を行う場合、都道府県等の許可が必要となる場合がある
河川法	河川の流水の占用の許可等手続	発電のために河川の流水を取水する場合や、河川区域内に発電設備等を設置する場合、事前に河川管理者の許可等が必要である
水産資源保護法	保護水面内での工事許可	保護水面に指定されている区域内において発電設備等を設置するための工事を行う場合、事前に当該保護水面を管理する都道府県知事又は農林水産大臣の許可が必要である

法令名称	手続	手続の概要
砂防法	砂防指定地における行為許可等	砂防指定地において開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
地すべり等防止法	地すべり防止区域内の行為許可	地すべり防止区域内において、開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律	急傾斜地崩壊危険区域内の行為許可	急傾斜地崩壊危険区域内において、開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律	生息地等保護区内等における行為の許可等手続	絶滅のおそれのある野生動植物の保護区域で開発行為を行う場合、国の許可や届出が必要である
鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律	特別保護地区内における行為許可手続	鳥獣の特別保護区域内で開発行為を行う場合、事前に国等の許可が必要である
自然環境保全法	自然環境保全地域等における行為の許可又は届出	原生自然環境保全地域、自然環境保全地域、都道府県自然環境保全地域において工事を行う場合、事前に国又は都道府県の許可が必要である
自然公園法	行為許可申請等手続	国立公園や国定公園等で開発行為を行う場合、事前に国等の許可や届出が必要である
振動規制法	振動規制に関する届出手続	振動の規制が行われる指定地域で施設を設置しようとする場合、事前に市町村や特別区への届出が必要である
騒音規制法	騒音規制に関する届出手続	騒音の規制が行われる指定地域で施設を設置しようとする場合、事前に市町村や特別区への届出が必要である
水質汚濁防止法	水質汚濁に関する施設設置の届出手続	排水の水質の規制が必要な特定施設等を設置する場合、事前に都道府県等への届出が必要である
採石法、砂利採取法	土石砂利の採取認可	土石砂利の採取を行う場合、事業者は採取計画を定め、都道府県知事の認可が必要である
建築基準法	建築確認申請	発電設備及び付帯する建物を設置する場合、特定の要件に該当する場合を除いて、市町村等の建築確認が必要である
消防法	消防法に基づく申請等	発電事業の実施に際して危険物に指定される物資を一定量以上使用する場合、事前に市町村の許可が必要である
景観法	景観法等に基づく届出	景観の保全が定められている地域において工事を行う場合、事前に市町村等への届出や認定等が必要である
道路交通法	①道路使用許可手続 ②制限外積載許可手続	①工事等の際に道路を使用する場合、事前に所轄警察署長の許可が必要である ②貨物の運搬時に、車両の積載物の重量、大きさ又は積載方法の制限を超えて運転する場合、事前に車両の出発地を管轄する警察署長の許可が必要である
道路法	道路の占用許可手続等	道路区域内において工事をするために道路を占用する場合、事前に道路管理者の許可が必要である
道路法	道路法に基づく車両制限	工事等の際に、車両制限の範囲を超える工事車両が道路を通行する場合、事前に道路管理者の許可が必要である
特定工場における公害防止組織の整備に関する法律	公害防止管理者	電気・熱供給事業等で、特定の施設を設置している工場は、公害防止管理者等を選任し、都道府県知事又は市町村長への届出が必要である

法令名称	手続	手続の概要
文化財保護法	埋蔵文化財包蔵地 土木工事等届出手続	埋蔵文化財が確認されている土地において発電設備等の設置のため開発行為を行う場合、事前に都道府県・政令指定都市等への届出が必要である
	史跡・名勝・天然記念物指定地の現状 変更の許可	史跡・名勝・天然記念物指定地において開発行為を行う場合、事前に国等への許可が必要である
	遺跡の発見報告	工事を行っている際に遺跡を発見した場合は、都道府県・政令指定都市等への届出が必要である

出典：主に資源エネルギー庁（2019）「再生可能エネルギー事業支援ガイドブック令和元年度版」を参考に作成

2-4-6. 引用・参考資料

<引用資料>

1. 経済産業省 資源エネルギー庁（2018）「事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）」
2. 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）（2017）「バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針」
3. 環境省（2018）「地域における再エネ事業の事業性評価等に関する手引き（金融機関向け）Ver3.1～太陽光発電事業編～」
4. 全国小水力利用推進協議会編「小水力発電がわかる本」オーム社

<参考資料>

5. 環境省（2018）「地域における再生可能エネルギー事業の事業性評価等に関する手引き（金融機関向け）Ver3.1～小水力発電事業編～」
6. 経済産業省 資源エネルギー庁（2018）「事業計画策定ガイドライン（水力発電）」
7. 経済産業省 資源エネルギー庁（2017）「事業計画策定ガイドライン（中小水力発電）」
8. 経済産業省 資源エネルギー庁（2014）「中小水力発電計画導入の手引き」
9. 国土交通省（2016）「小水力発電設置のための手引き Ver.3」
10. 国土交通省（2014）「小水力発電を行うための水利使用の登録申請ガイドブック Ver.2」
11. 国土交通省（2010）「既設砂防堰堤を活用した小水力発電ガイドライン（案）」
12. 一般財団法人 新エネルギー財団（2013）「中小水力発電ガイドブック（新訂5版）」
13. 一般財団法人 新エネルギー財団（1993）「中小水力発電の新技術の手引」
14. 地域の小水力利用推進協議会（2013）「地域で作るクリーンエネルギー 小水力発電導入のための小冊子」
15. 中小規模水力発電技術支援チーム（長野県）（2017）「中小水力発電導入の手引き」
16. 株式会社日本政策投資銀行（2016）「小水力発電事業を通じた地方創生のすすめ」
17. 茅 陽一（2002）「新エネルギー大事典」工業調査会
18. 経済産業省 資源エネルギー庁（2018）「再エネ事業支援ガイドブック 平成30年度版」
19. 経済産業省 資源エネルギー庁（2014）「再エネスキル標準（GPSS）ガイドブック」
20. 北海道（2015）「エネルギー地産地消導入検討書」
21. 東京海上日動リスクコンサルティング株式会社（2012）「再エネ関連事業参入のチャンスとリスク」『リスクマネジメント最前線 2012-17』 2012年11月9日号
22. 総務省ウェブサイト「再エネ資源等の賦存量等の調査についての統一的なガイドライン～再エネ資源等の活用による「緑の分権改革」の推進のために～」（2011年3月1日 緑の分権改革推進会議 第四分科会（第4回））
23. 経済産業省（2005）「先進企業から学ぶ事業リスクマネジメント実践テキスト」
24. 認定NPO法人環境エネルギー政策研究所（2018）「自然エネルギー白書 2017」
25. 江口智子・佐藤康之編（2016）『再エネ開発・運用にかかる法規と実務ハンドブック』水上貴央監修、エヌ・ティ・エス
26. 森・濱田松本法律事務所エネルギー・インフラストラクチャープラクティスグループ著（2015）『発電プロジェクトの契約実務』商事法務
27. 株式会社エヌ・ティ・エス（2008）「エネルギーの貯蔵・輸送—電気・熱・化学—」
28. 経済産業省 蓄電池戦略プロジェクトチーム（2009）「蓄電池戦略」
29. 一般社団法人 電池工業会（2013）「リチウムイオン蓄電池まるわかりBOOK」
30. 株式会社日本政策投資銀行（2013）「蓄電池産業の現状と発展に向けた考察」

2-4-7. 水力発電設備導入に関する用語解説

「2-4. 水力発電設備導入に係るリスクとその対策」で示した太文字の用語解説となっています。一般的の用語集とは異なり、技術的な解説は必要最小限にとどめていますので、技術面の詳細は専門書等を参考してください。

EPC

Engineering, Procurement, Construction の略称。「ターンキー契約」と同等で、設計(Engineering)、調達(Procurement)、建設(Construction)を含む、プロジェクトの建設工事請負契約のこと。

FIT

FIT (Feed-in Tariff) とは、固定価格買取制度のことであり、再生可能エネルギー源(太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス)を用いて発電された電気を、国が定める固定価格で一定の期間電気事業者に調達を義務付けるもの。

O&M(Operation&Maintenance)

施工後の発電施設における運転管理業務や設備維持管理業務のこと。

壊食(エロージョン)

部材表面を破壊・摩耗すること。

オーバーハング

岩盤が垂直を超えてせり出している状態。斜面下部が軟らかく、上部に硬い場合に形成されやすい。

河川の堰止め

崩土により河道が閉塞すること。天然ダムとも呼ばれる。

慣行水利権

旧河川法が施工された明治29(1896)年の時点において、すでに河川から取水を行って流水を利用していた場合は、河川法に基づく取水の許可申請を行うことなく、流水占用許可を受けたものとみなされることをいう。

管内流速

配管内を流れる流体の速度のこと。

キャビテーション

ランナ出口から急激に水が吐出する場合など、部分的に減圧となって水中に微細な気泡が発生すること。

許可水利権

河川法第23条において、「河川の流水を占用しようとする者は、国土交通省令で定めるところにより、河川管理者の許可を受けなければならない。」とされており、この規定により許可された流水の占用の権利を許可水利権という。

ゲートウェイ

通信プロトコルの変換などにより、異なる通信プロトコルを有する機器、設備間での相互接続を可能とする装置のこと。

サージタンク

系調圧水槽ともいい、水車とヘッドタンクの間に単式又は複式設置して水圧管を保護する機能を持つ、水を保有し水面が大気開放されたタンクのこと。水車の負荷変動やバルブ開閉による急な水圧変化を抑制するもの。

自営線

電気事業法上の定義はないが、通例として、自らが維持し、及び運用する送電用及び配電用の電気工作物のうち、一般送配電事業者以外の者が構築し、維持し、及び運用するものを指すことが多い。

浚渫(しゅんせつ)

水底の土砂を掘取り、運搬処分する作業のこと。

水圧管路

水槽から発電所・水車へ導水するための管路のことと、地上敷設式と埋設式に大別される。**水圧管路**本体の材料は、中小水力発電では鉄管が、小水力発電では鉄管の他に強化プラスチック複合管(FRPM管)、ダクタイル鉄管も多く採用され、小規模(発電出力10kW未満)では塩化ビニール管など他種類の管が採用されている。

水利権者

特定の目的(水力発電、かんがい、水道等)のために、その目的を達成するのに必要な限度において、流水を排他的・継続的に使用する権利のこと

損失水頭

水がもつエネルギー「位置エネルギー」、「圧力エネルギー」、「速度エネルギー」を落差に換算したものを「水頭」といい、管内の摩擦損失分の落差のこと。

通信プロトコル

異なる機器、設備を相互接続するために必要となる手順や規約(データ送受信のタイミング、データの形式、通信エラー時の対応など)などの通信上の約束事

デューデリジェンス

事業の適格性を把握するために行う調査のこととで、投資を行う際、投資対象の土地の価値や収益力、リスクなどを詳細に調査・分析すること。

土地改良区

土地改良法に基づき土地改良事業(農地整備や用排水の新設、維持管理等)を行う農家の組合組織のこと。

取引信用保険

取引先の倒産や支払遅延等により、販売代金を回収できなくなった場合に、損害の一定部分について保険金が支払われるもの。

(法面の) 肌落ち

法面の表層が剥離して落下すること。

はらみ出し

地すべりや地下水の影響等により斜面や法面が押し出されている(膨らんでいる)状態。

ポケット

落石防護擁壁背後の斜面との間に設けられた空間で、落石や崩土を堆積させる場所。

預託金

貸借契約の際に借主が貸主に一定の金額を無利息で預け入れる金銭の総称で敷金、保証金のこと。

ランプサム契約

商取引の解約形態の一つで、契約金額として約定された固定金額で契約上の義務を請け負う契約。契約当事者間の合意がない限り原則として金額は変更されない。

2-5. 地熱発電、熱利用等設備導入に係るリスクとその対策

本書について

| 引用・資料について

引用又は参考にした資料を、節末の「引用・参考資料」に記載しています。

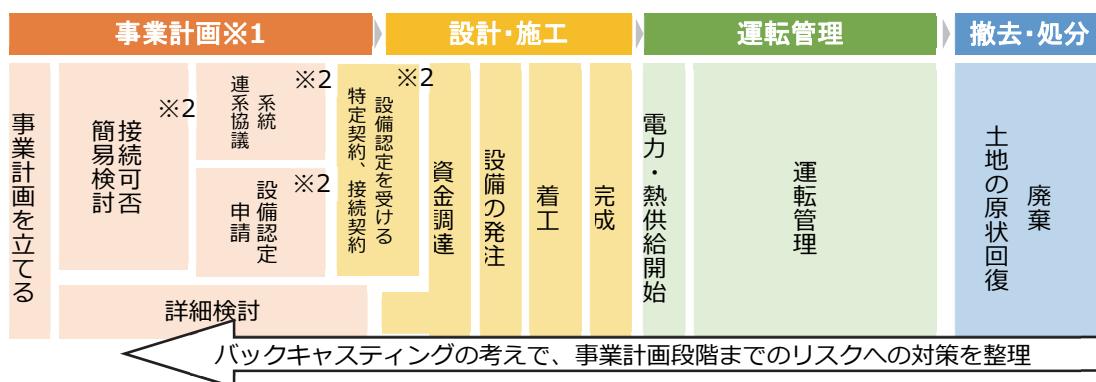
| 用語について

太文字（例：O&M）で記載されている用語は、節末の「用語解説」においてその内容を説明しています。

2-5-1. 地熱発電、熱利用等設備導入の流れとリスクとその対策の考え方

地熱（発電、熱利用、発電・熱利用（以下「発電、熱利用等」といいます。））設備の事業計画から撤去・処分までの大まかな流れを図 2-5-1 に示します。本書では、リスクが顕在化する事業段階（設計・施工、運転管理、撤去・処分）から事業計画段階まで遡り、各段階で取り得るリスク対策に優先順位を付けて体系的に整理しています。なお、再生可能エネルギー設備、蓄エネルギー設備、省エネルギー設備を複合的に導入するシステム（以下「再省蓄エネシステム」といいます。）のリスクとその対策例も紹介（該当リスクは表内で「<再省蓄エネシステムの場合>」と記載）しています。

「2-5-3. 地熱発電、熱利用等設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧」にて例示しているリスクとその対策には、関係法令及び条例への対応に係る内容を一部含んでいますが、遵守すべき法令や条例への対応を網羅しているとは限らないため、各事業者の責任の下で設備を設置する土地を管轄する地方公共団体等に事前に相談、確認をした上で必要な対応を実施することが求められます。なお、地方公共団体の相談先が明確でない場合は、都道府県や市町村の再生可能エネルギー関連部局に相談することが有効です。



※1：本書では、地熱発電の事業性検討のために行う地下熱源調査等の「調査」は「事業計画」に含めて扱います。

※2：発電事業の場合のみ

図 2-5-1 地熱（発電、熱利用、発電・熱利用）事業の流れ

出典：環境省（2018）「地域における再生可能エネルギー事業の事業性評価等に関する手引き（金融機関向け）Ver 3.1 小水力発電事業編」より作成。

2-5-2. 地熱発電、熱利用等設備導入に係るリスクの分類

地熱発電、熱利用等設備導入に係るリスクを種類別にまとめると表 2-5-1 のようになります。

地熱（発電、熱利用、発電・熱利用）事業は、特に温泉資源に係る関係者と良好な関係を継続して築くことが重要となり、これらのリスクと対策例を制度リスク、資源リスクなどで紹介しています。また、設備導入後の定期的なメンテナンスも重要であり、これらのリスクと対策例を性能リスクや追加コスト発生リスクで紹介しています。

（各リスクの説明については 1 章を御参照ください）

表 2-5-1 地熱発電、熱利用等設備導入に係るリスク分類別のリスク数

リスク分類	リスク概要	リスク数 [*]	頁
制度リスク	規制、許認可、制度改正、系統連系に係るリスクのほか、合意形成に関するリスク	6	p.160
土地リスク	事業用地取得時の契約、事業用地の利用継続に係るリスク	7	p.162
環境リスク	事業活動による環境変化が、人の健康や生態系に影響を及ぼすリスク	2	p.164
完工リスク	コスト・タイムオーバーランにつながる設計・施工、EPC 業者等、資金調達に係るリスク	8	p.168
資源リスク	資源調達時における量及び質、調達価格に係るリスク	3	p.170
性能リスク	システム効率の低下につながるメンテナンス不足、機器トラブルに係るリスク	5	p.172
自然災害リスク	自然災害（暴風、豪雨、豪雪、洪水、地震など）やそれに伴う土砂災害（斜面崩壊、地すべりなど）、落雷などに係るリスク	3	p.174
需要リスク	エネルギー需要の変動、契約更新に係るリスク	4	p.175
追加コスト発生リスク	資源の品質基準の不一致、機器損傷、物損・人的被害の損害賠償、メーカー保証適用事項との不一致、機会損失、ユーティリティコスト増加、事業終了後の原状回復などに係るリスク	10	p.176
人的リスク	オペレーションミス、メンテナンス体制や人材不足に係るリスク	5	p.178
	計	53	

※：本項で扱うリスクの数

次項 2-5-3. に地熱発電、熱利用等設備導入に係るリスクとその対策をリスク分類（大項目）別に掲載しています。事業計画時にはこちらを参考にして事業のリスクを抽出し、必要なリスク対策の検討に活用してください。

図 2-5-2 のように事業への影響度と発生頻度からリスクをレベル分けし、★の数でリスクの大きさを示していますので、重大リスクから優先的に対策を行うことが可能です。

リスク対策については、事業段階別に分けて掲載しています。各事業段階で可能なリスク対策を把握し、事業に必要なリスク対策を計画的に実行していくことが肝要です。

なお、リスクは個別事業の事情により異なるものもあるため、起こり得る全てのリスクを網羅しているわけではないことに御注意ください。

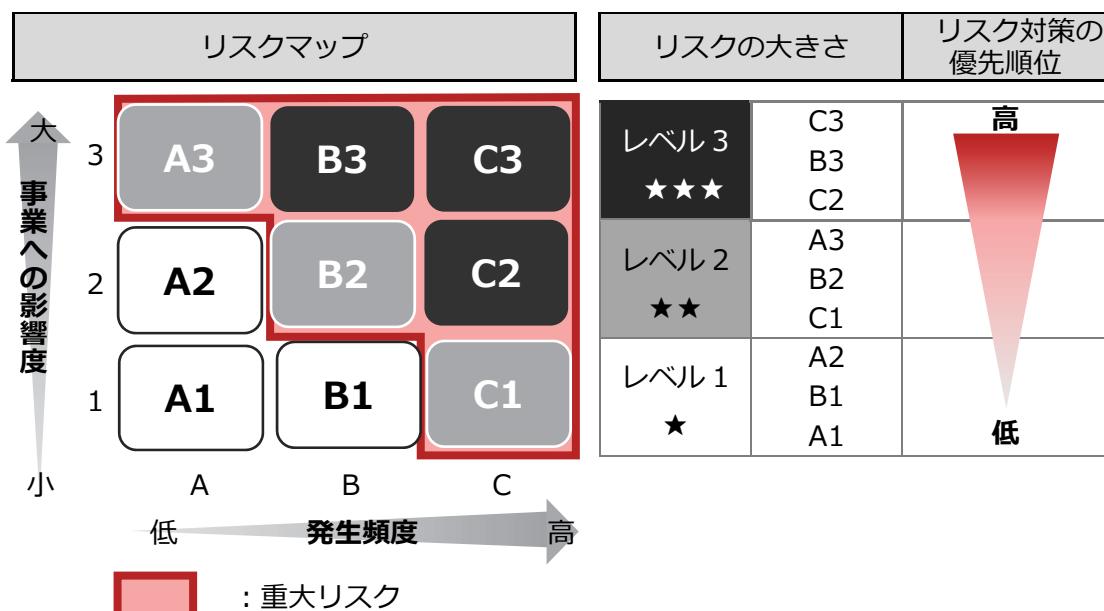


図 2-5-2 本書におけるリスク評価の考え方

2-5-3. 地熱発電、熱利用等設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧

地熱発電、熱利用等設備導入に係る重大リスクのうち、レベル3に該当するリスクとその概要について事業段階ごとに一覧で整理しました。各リスクの詳細とその対策については参照ページをご確認ください。

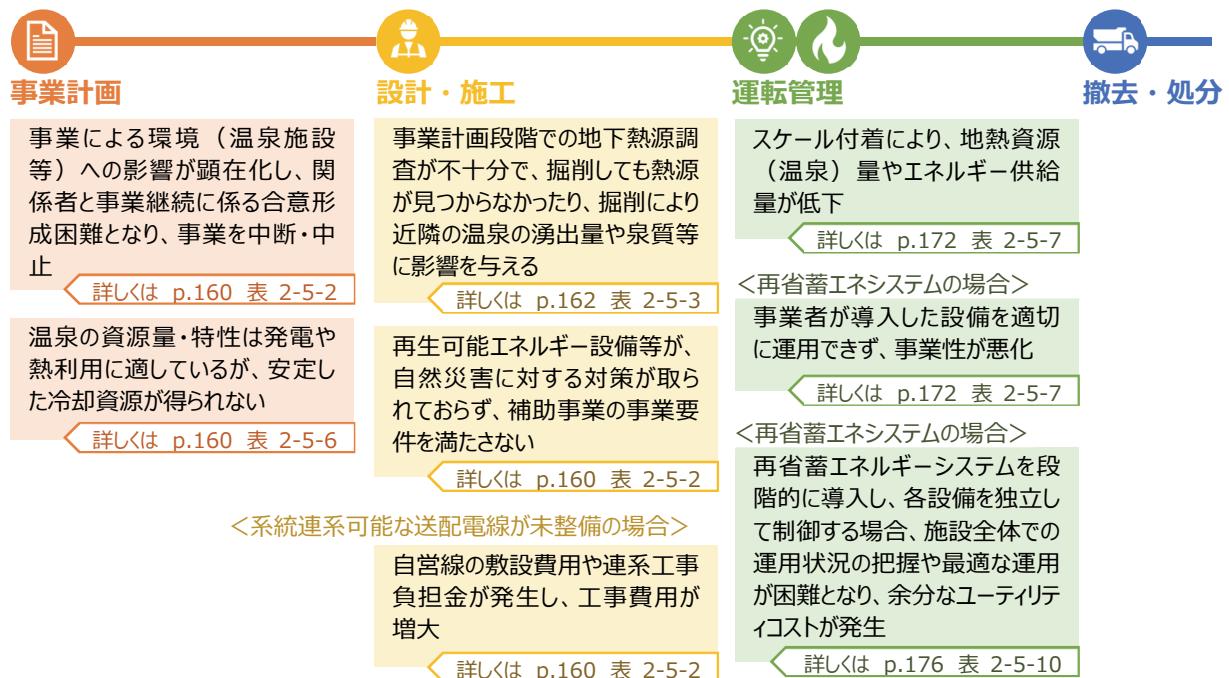


図 2-5-3 地熱発電、熱利用等設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧

2-5-4. 地熱発電、熱利用等設備導入に係るリスクとその対策の一覧

(1) 制度リスク

本書では地熱発電、熱利用等設備導入に係る制度リスクとして、設備導入者によるコントロールの及びにくい、許認可、規制、制度改正、地域住民等との合意形成などに関するリスクと対策例を紹介しています。

リスクレベル3の重大リスクとして、補助金で導入した再生可能エネルギー設備等が、自然災害への対策が取られておらず、事業要件を満たさないおそれが挙げられます。

表 2-5-2 地熱発電、熱利用等設備導入に係る制度リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例		
事業計画段階	事業による環境への影響（温泉施設等における地熱資源の減衰等）が顕在化し、関係者と事業継続に係る合意形成困難となり事業を中断・中止する。	★★★	事業計画段階	都道府県や市町村の温泉資源保護に関する条例を把握した上で、自主的にモニタリングの実施や環境配慮対策を検討する。水位（自噴の場合は坑口圧力）、湧出量、温度のモニタリングデータを関係者と共有し、観測データに基づいた事業の影響を説明する。また、設計・施工・運転管理段階におけるモニタリング実施や観測データ共有を計画し、関係者との合意形成を図る。	
			設計・施工段階	設計・施工段階においても、都道府県や市町村の温泉資源保護に関する条例を遵守するとともに、水位（自噴の場合は坑口圧力）、湧出量、温度のモニタリングデータを関係者と共有する。環境への影響が顕在化した場合は関係者と協議を行い、新たに環境配慮対策を考慮した設計・施工計画を作成する。	
			運転段階	運転段階においても、都道府県や市町村の温泉資源保護に関する条例を遵守するとともに、水位（自噴の場合は坑口圧力）、湧出量、温度をモニタリング（状態を監視、観測や測定）し、その結果を関係者と共有しておき、変化が見られたときには数値情報に基づいた新たな環境配慮対策を検討・協議し運転管理計画に反映する。	
事業計画段階	事業実施の事前周知や事業内容の説明、運転状況や廃棄・処分の報告不足により、近隣住民などのステークホルダーから事業実施の同意及び理解が得られない。	★★	事業計画段階	近隣住民等の事業関係者への説明会を早期かつ定期的に実施し、事業への理解の醸成、不満の早期対応に努める。	
			設計・施工段階	定期的に近隣住民等の事業関係者へ設計・施工状況の報告を実施し、事業への理解の醸成、不満の早期対応に努める。	
			運転段階	定期的に近隣住民等の事業関係者へ運転状況の報告を実施し、事業への理解の醸成、不満の早期対応に努める。	
			廃棄・処分段階	近隣住民等の事業関係者へ廃棄・処分状況の報告を実施し、不満の早期対応に努める。	

固有の
リスク
種類

リスクの内容	リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	★★★	設計・施工段階	自然災害（地震・地すべり・台風・集中豪雨・豪雪・津波など）に対する災害対応基準（設備の耐震設計に関するガイドラインなど）やそれに類するもの（各種再生可能エネルギー設備の設計・施工のガイドライン、地方公共団体等が公表しているハザードマップなど）に従い設計図書等を作成し、それに基づき、所要の安全度が確保されるように設計・施工を行う。
設計・施工段階	★★★	事業計画段階	系統連系が可能な場所に近接している、重機が入りやすい等の条件に該当する計画地を複数検討し、自営線の整備を低コストで実施可能な場所を選定する。
運転段階	★★	運転段階	許認可、規制に係る制度の変更によって、経費の支払が増える。あるいは、事業計画の変更の必要性が生じる。 特に近年は、電力システム改革による制度変更（FIT法改正、発電側基本料金の開始等）が多く、発電事業に大きな影響を及ぼす。
運転段階	★	運転段階	運転段階において、税に係る制度変更を把握した時点で事業計画を見直す。

(2) 土地リスク

本書で取り扱う地熱発電、熱利用等設備導入に係る土地リスクとして、用地確保に係る契約、事業を借地や公有地で実施する場合のリスクと対策例を紹介しています。

表 2-5-3 地熱発電、熱利用等設備導入に係る土地リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
事業計画段階	事業計画段階で開発計画の近隣の土地が売却され、隣接地と地熱資源の取り合いになるおそれ。	★★	事業計画段階	事業計画の段階で土地の所有関係について事前に調査するとともに、地熱資源の取り合いになる可能性がある場合は事業者同士で十分に協議する。
事業計画段階	他事業者が、事業地確保のために好条件を提示したことにより、他事業者と地権者との間で先に契約締結されてしまい、土地が確保できなくなるおそれ。	★★	事業計画段階	本契約を締結する前に、期限付契約（期限を設け、期限内では他事業者と契約締結しない契約）や予約契約（将来、契約を締結することを事前に当事者が合意した契約）を締結する。例えば、地権者から「ほかの再生可能エネルギー事業者とは○箇月の間は協議しない。」や「年間土地賃借料は○円とする。」など、契約書や覚書等に明記する。
事業計画段階	計画予定地において第三者による抵当権や賃借権等の土地利用権の設定確認が遅れ、無駄なコストと時間が発生するおそれ。	★	事業計画段階	計画地の登記簿謄本（全部事項証明書）により抵当権の設定を早めに確認するといった、土地のデューデリジェンス（事業の適格性を把握するために行う調査）を行う。抵当権が設定されている場合は、他計画地を探す。若しくは、現土地所有者に照会し、抵当権抹消の可能性について確認する。抵当権が抹消できる場合は、抵当権抹消手続を進め新規に事業者が抵当権を設定して事業を進める。
事業計画段階	計画地の早期確保を目的に、予約契約として土地所有者に預けた高額の土地預託金が返還されないリスク。	★	事業計画段階	商取引の際に信頼できる第三者を仲介させ、契約内容が担保されたものとする。預託金の場合は、エスクローエージェント（請負の多くは信託会社や信託銀行）へお金を預け、何らかの事情で契約が終了した場合に預託金が返還される手法（エスクロー）を採用する。
設計・施工段階	事業計画段階での地下熱源調査の調査が不十分の場合、掘削しても熱源が見つからなかったり、掘削により近隣の温泉の湧出量や泉質等に影響を与えるおそれ。	★★★	設計・施工段階	地下熱源調査を経験・知識豊富な事業者へ発注する。また、掘削した際に、近隣の温泉に与える影響を補填する損害賠償保険に加入する。
運転段階	<事業を公有地で実施する場合>国、地方公共団体等の求めにより、事業用地を公共の用途に供することを理由に、土地使用契約を解除され、土地の利用継続が困難となるおそれ。	★★	事業計画段階	事業期間内の契約解除の際には、逸失利益相当の補償金額が地権者（地方公共団体等）から支払われる旨を、土地契約締結時の条項として入れることを交渉し、土地利用の継続性を高める。

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	<事業を借地で実施する場合>事業開始後に土地の所有者（土地賃貸人）の変更（相続による変更も含む）に伴い、土地契約の内容（賃料の値上げ、支払条件、契約期間など）が見直され、事業者にとって不利な契約となるおそれ。また、土地所有者の破産、売却等により土地の利用継続が困難となるおそれ。	★★	事業計画段階	<ul style="list-style-type: none"> 事業期間中の利用権を有し続けることができるよう、長期利用権を取得する。また、賃貸借契約において、賃借権の登記を行い、土地利用権の保有策を講じる。 事業期間が非常に長期にわたることが一般的であるため、買取を原則とする。また、土地所有者が変更しても、事業期間中の利用権を継続できるように、賃貸借契約の内容が担保される契約（物価の変動以外の理由で賃料引上げを行わないとする条項の追加など）にしておき、将来的な相続等で賃料引上げがされることがないように対抗要件を具備する。事業期間に応じた地上権、地役権、賃借権を設定する。

(3) 環境リスク

本書では地熱発電、熱利用等設備導入に係る環境リスクとして、設備設置時の土地開発行為による土砂災害に関するリスクと対策例を紹介しています。

なお、「事業による環境への影響が顕在化し、関係者と事業継続に係る合意形成が図れず事業が中止・中止する」といった一般的な合意形成に関するリスクと対策例は、制度リスクで取り扱っています。

表 2-5-4 地熱発電、熱利用等設備導入に係る環境リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	再生可能エネルギー設備設置のために土地開発行為をした場合、周辺への雨水や土砂の流出、地すべり等が発生するおそれがある <引用資料 1>。	★★	事業計画段階	地方公共団体の指導要綱やガイドライン、ハザードマップ等を確認し、計画地において必要な調査（地盤、地質調査など）を実施する。廃棄物処分場跡地については、周辺環境への影響に十分配慮した上で検討する。
			設計・施工段階	関係法令及び条例に従い、利用する土地の形状、形質に対応した適切な設計（①盛土、切土面保護のための擁壁、石張り、吹付け、法枠（のりわく）、法面排水などの対策、②地下水によるがけ崩れ、土砂流出のおそれがある場合は開発区域内の地下水排出施設の設置、③軟弱地盤の場合は地盤改良、擁壁、水抜き等の措置、④集中豪雨等の降雨量等から想定される雨水が有効に排水できる排水路改修や調整池等設置の対策など）を行う<引用資料 1>。
運転段階	事業の実施により、湧出量の減少や泉温の低下、泥水による温泉の濁りなど、周辺の温泉に影響が生じる。	★★	運転段階	周辺の温泉の湧出量や泉温、泉質のモニタリングを行う。



Column

事業計画段階における地形・地質評価の重要性

～土地開発行為に伴う土砂災害発生リスク～

執筆：パシフィックコンサルタンツ株式会社

国土基盤事業本部 地盤技術部

山間地や丘陵地などに再生可能エネルギー設備が設置される場合、平坦（へいたん）な土地を確保するために土地の造成（切土・盛土）が行われることになります。

土地の造成を行う場合、沈下や液状化、斜面や法面（のりめん）の崩壊と共に伴う河川の堰止め（湛水＝たんすい）など、地形や地質に起因した様々なリスクが存在しており、場合によっては、設備自体の破損や機能不全、周辺環境へ影響を及ぼすような土砂災害を引き起こす可能性もあります。

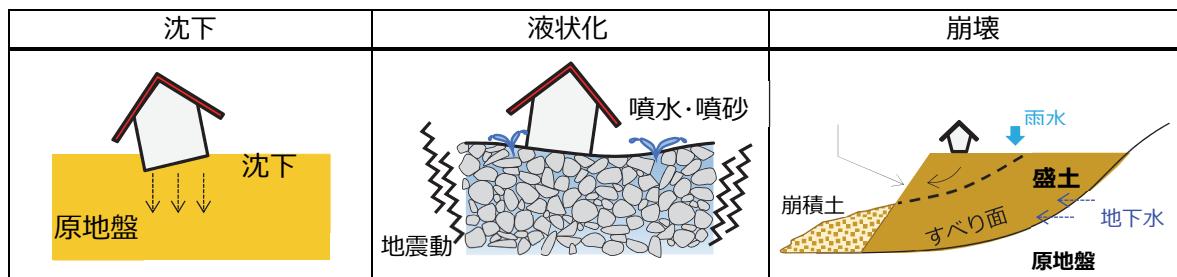


図 地形・地質に起因した様々なリスク

事業計画段階での適地選定において十分な事前確認を怠った結果、追加調査や設計変更、災害発生時の対策費用の発生など、事業の存続可否にも影響する深刻な事態を引き起こすこともあります。ただし、下表に示したとおり、事前計画段階において、既存文献や現地状況、法令等を十分に確認しておくことで、土砂災害発生リスクを低減・回避することができます。

表 事前に確認すべき事項と注意すべき要件の例

項目	確認すべき事項	注意すべき要件の例
文献調査	<ul style="list-style-type: none"> 地形図、空中写真などによる対象地周辺も含めた地形状況や河川状況 各種の地質調査報告書・文献による対象地の地質分布・構造 土地の災害履歴など 	<ul style="list-style-type: none"> 崩壊地形、地すべり地形、河川の氾濫原など 軟弱地盤、液状化、断層、火山帯や変質帯の有無など 落石や斜面崩壊などのほか、地盤沈下、地震時の液状化などの災害履歴の有無
現地調査	<ul style="list-style-type: none"> 地形や地質、土地利用状況など 	<ul style="list-style-type: none"> 新たな崩壊箇所、既存対策工、不法投棄の有無など
基礎地盤調査	<ul style="list-style-type: none"> 設計に必要な情報（物理特性、化学特性、盛土材料の材料特性等） 	<ul style="list-style-type: none"> 軟弱地盤、液状化など 自然由来重金属等の基準値超過など
その他	<ul style="list-style-type: none"> 砂防4法*をはじめとする関連法令 地名：過去の地形変遷の手掛かりとなる場合あり 	<ul style="list-style-type: none"> 地すべり防止区域や砂防指定区域などの区域指定の有無 湿地や氾濫原：ケミ（検見川・花見）、ソネ（曾根・大曾根）など

*砂防4法：砂防法、地すべり等防止法、急傾斜面の崩壊による災害の防止に関する法律、土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律（通称：土砂災害防止法）。

これらの確認を怠ると、設計・施工段階や施設稼働時まで、長期にわたって土砂災害発生リスクを抱えた状態となります。土地造成の切土を例にとると、対象地に分布する地質や地形条件、あるいは用地等の制約により、標準的な法面勾配を適用できない場合があります。しかし、事前にこれら確認時に得られた情報を活用することで、最適な対策を講じることができ、将来的な土砂災害発生リスクとこれに伴うコストを低減することができます。例えば、軟弱地盤の場合には地盤改良等の対策を講じることができますし、落石や崩壊のおそれがある斜面が背後に存在する場合は、法面や斜面を安定させる対策工を実施するほか、被害が想定される範囲から離れた場所に重要施設を計画するなどの対応も考えられます。このように、事業計画段階では不要に思っても、将来を見越した調査を実施しておくことが重要です。

ただし、把握した情報の評価については専門的判断を要することから、必要に応じて調査業者・設計業者の助言を仰ぐことも考えてください。

Column

運転管理段階における土構造物などの点検の重要性

執筆：パシフィックコンサルタンツ株式会社

国土基盤事業本部 地盤技術部

再生可能エネルギー設備稼働後、施設・機械自体については定期的に点検・維持管理が行われている一方で、周辺の斜面や土構造物（盛土・切土など）については十分な維持管理が行われていないうちがあります。

盛土・切土工や付随する対策工（落石対策工・法面保護工など）についても、施設・機械と同様、年を経るにつれて老朽化・脆弱（ぜいじやく）化するとともに、想定外の異常事象（豪雨・地震など）によって変形・破損が生じる場合があります。従って、維持管理段階では施設・機械の点検だけでなく、周辺の地盤や斜面、土構造物（盛土・切土など）、付随する対策工についても、変状が生じていないか？異常が見られないか？などについて注意を払う必要があります。

土構造物の点検では、平常時の点検（日常・定期・季節ごと）に加えて、自然を相手にすることから、異常時の点検（台風、豪雨、地震後など）を行うのが一般的です。

下表に法面や斜面の点検で着目する土砂災害につながり得る変状の一例を示します。

表 点検で着目すべき変状と土砂災害リスク（一例）

着目すべき変状	土砂災害リスク
亀裂・はらみ出し	・法面や斜面の崩壊、剥落（吹付け工）
湧水・にじみ出し	・盛土や斜面のゆるみ、法肩部でのすべり ・法面・斜面の洗堀 → 土砂の流出
落石や崩土の堆積	・斜面の安定性低下（オーバーハングの形成など） ・周辺施設へ影響 (ポケットが埋まることによる防護機能の低下)
植生の状況（根曲がり・倒木など）	・地すべりや大規模崩壊の兆候 ・落石や斜面の表層崩壊
法面の肌落ち	・雨水の盛土内への浸透→盛土の安定性低下

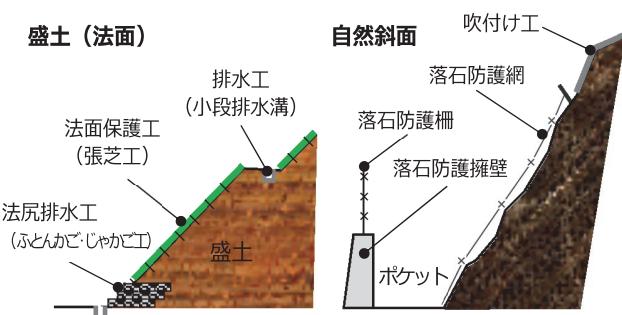


図 土構造物と各種対策工（例）

このように点検では様々なことに着目する必要があります。そのため、点検に先立って、その施設や場所、点検対象に応じた計画（点検時期・項目）を策定することが重要となります。

そして、この計画に基づき適切に点検することで、施設自体や周辺施設へ影響を及ぼすような土砂災害リスクを未然に防ぐと共に、変状が認められた場合でも、応急対応や迅速な対策を施すことができ、将来の土砂災害リスクを低減することができます。このように、点検は施設を長く使用（長寿命化）していく上で重要なものであると共に、得られた様々な情報は、土砂災害リスクへの対応・対策の必要性を検討・判断する上で欠かせないものと言えます。

(4) 完工リスク

本書では地熱発電、熱利用等設備導入に係る完工リスクとして、**EPC** 事業者等の技術力不足、設計・施工ミス、盗難などに関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-5-5 地熱発電、熱利用等設備導入に係る完工リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	施工業者の与信や技術が一定レベルに達していないことにより、事業者が金融機関から融資を受けられない。	★★	事業計画段階	民間信用調査機関等に依頼し、企業与信情報を取得する。経営事項審査結果の評点の高い事業者などを確認する。
設計・施工段階	機器部品、電子部品などの海外製品を導入する場合、日本規格と異なるため施工ミスが起こる。	★★	設計・施工段階	・海外から導入する機器部品、電子部品などが日本規格と異なるか確認する。異なる場合は部品の組み合わせや接続方法など取り合いの図面作成し、施工ミスを防止する。 ・予定している機器に地元施工会社が対応可能か確認する。
設計・施工段階	文化財の出土により工事遅延が発生し、工事費などのイニシャルコストが増加する。	★★	事業計画段階	建設地が周知の埋蔵文化財包蔵地か確認する。埋蔵文化財調査により追加費用が必要となる場合は、リスク分担を明確にしておく。
設計・施工段階	EPC 事業者等の業務遂行能力・信用力や許認可への対応が不十分な場合、計画どおりの期間・予算・性能で完工しない ^{く引用資料 3>} 。	★	事業計画段階	請負企業の事前財務チェック、企業評価の実施、請負業務による金銭的保証など履行保証を契約書に定めておく ^{く引用資料 2>} 。
設計・施工段階	運用を考慮せずに設計した場合は、不必要的設備や機能を過剰に導入するため、設備費や工事費などイニシャルコストが増える。	★	設計・施工段階	経験・知識豊富な EPC 事業者（例えば経営事項審査結果の評点の高い事業者や類似施設・設備の施工やメンテナンスの実績を有する事業者など）へ発注する。
			設計・施工段階	施工を一貫して実施可能な EPC 事業者に発注する。例えば、単一の事業者が全業務を一括して請け負う（フル）ターンキー契約を結び、 EPC 事業者が完工の責任を負うように契約書に定める。特に、設計、調達、施工を別々に発注する場合は、責任の所在を明らかにしておく。事業者にとって計画段階で予算を確定することができるランプサム契約が可能か検討する ^{く引用資料 3>} 。
設計・施工段階	大規模な再エネ事業の場合は、施工期間が長いため、機器や資材（例えば換金性の高い銅線）などを人里離れた場所で保管する場合、盗難の被害に遭う。	★	事業計画段階	計画段階において、設計に必要な諸条件（目的、用途、負荷、準拠図書など）を明確化する。
			設計・施工段階	技術的知見を持った第三者（コンサルタントやコンストラクション・マネージャー等）に相談し、導入する設備や機能が過大になっていないか確認する。
設計・施工段階	資材仮置場や計画地が、市街地から離れた場所の場合、一日を通じて極端に人目に付かない場所になっていないか確認し、必要に応じてセキュリティが担保された有償の一次保管場所の利用や、一時的に有償のセキュリティサービスを利用する。また、盗難を誘発するような事業の公表は控える。	設計・施工段階		

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	大規模な再エネ事業の場合は、施工期間が長いため、機器や資材(例えは換金性の高い銅線)などを人里離れた場所で保管する場合、盗難の被害に遭う。	★	設計・施工段階	施工段階から侵入防止用のフェンス・有刺鉄線などの設置、赤外線センサーによる侵入検知と警報ブザー、警報ランプ、LED 照明の導入、遠隔監視システムの採用などによりセキュリティを高める。
設計・施工段階	設計・施工の中間・完成時に検査がされず、完成図書が整備されていない、又は、内容が不十分な場合は、事業の開始後に事故や修繕などが生じても、その原因究明や計画的な修繕が困難となる。	★	設計・施工段階	・必要書類(実施仕様書、計算書、工事図、機器詳細図、試験成績書、取扱説明書など)を明記した完成図書や竣工(しゅんこう)図を受領し、それらを事業終了まで適切に管理・保管しておく。 ・特に、施工後に目視での確認が困難な箇所(埋設管等)については、施工途中の様子を記録するとともに、記録を保存しておく。
			運転・段階	運転段階で不具合等により改善する事項があれば、適時完成図書や竣工図を更新する。
設計・施工段階	分離発注により、各工種の取り合い確認や工程調整等が不十分な場合、タイムオーバーランやコストオーバーランになるおそれ。	★	設計・施工段階	設計、調達、施工を別々に発注する場合には、各請負契約締結時に、契約書面上にて責任の所在を明らかにしておく。各工程において建設期間延長や変更事項が発生する可能性を考慮し、経済的な損失を最小化する内容の工事請負契約を締結する。例えば、期間延長一日当たりの違約金を設定しておく。

(5) 資源リスク

本書では地熱発電、熱利用等設備導入に係る資源リスクとして、蒸気量・熱水量が経年的に低下や冷却水の確保に関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-5-6 地熱発電、熱利用等設備導入に係る資源リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例				
固有のリスク種別 ②	事業計画段階	★★★	事業計画段階	冷却資源（①河川水等、②地下水、水道水等の少量の水、③空気）別の冷却方法の特徴や留意点等を踏まえ冷却の安定化を図る。 ①河川水等を冷却資源とする場合、追加設備は取水設備のみとなるが、河川法、水利権、排出基準、保守費用（腐食、 スケール ）、水温の季節変動等へ対応する。 ②地下水、水道水等の少量の水を冷却資源とする場合、媒体を循環冷却水により又は循環冷却水を冷却資源の気化作用により冷却するための設備（冷却塔内ファン、ポンプ）の電力が必要となり、水質（腐食、 スケール ）、補給水コスト、水温の季節変動等へ対応する。 ③空気を冷却資源とする（媒体を空気により冷却）場合、大きな冷却用ファンが必要となるため設備費・設備運転費が高くなり、又ファンからの騒音対策、気温の季節変動等への対応も要する。			
固有のリスク種別 ③	運転段階	★★	事業計画段階	過去データ（噴出試験や既存文献など）に基づいて地下の状態を評価し、温泉帯水層の能力や将来の予測を実施する。また将来の蒸気量・熱水量の減衰リスクに備え、追加井を確保しておく。	運転段階	地熱貯留層の維持管理に必要な技術（①生産データ管理、観測井、地化学モニタリング、地上モニタリング（物理探査手法）、温泉管理などによる温泉帯水層モニタリング技術・データ処理解析、②三次元数値シミュレーションを用いた地熱貯留層の高精度イメージング技術、③水圧破碎等により低透水性亀裂の透水性を改善し、天然貯留層を拡張する地熱増産システム（EGS）技術などにより生産・還元量を増加させる技術）を活用する<引用資料4>。	生産井・還元井の維持管理に必要な技術（① スケール 発生予測技術、適切な薬剤注入方法の技術開発による坑井（こうせい）内 スケール 発生への対応、②発生機構の解明、薬剤添加による中和技術、耐食性ケーシング材料改良による強酸性流体への対応、③坑内浚渫技術、ケーシング矯正技術、 サイドトラック技術 による坑井トラブルへの対応、④廃止坑井の安全な埋坑技術）を活用する<引用資料4>。

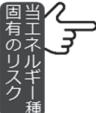


リスクの内容		リスク レベル	リスク対策例		
運転段階	<フラッシュ発電の場合>運転開始後に蒸気量・熱水量が経年的に低下し、設備利用率が低下する。	★★	運転段階	配管、発電・送電設備など地上設備の維持管理に必要な技術(①蒸気タービンのスケール対策、②配管設備・冷却塔の腐食対策、③発電所内外の腐食性ガス(硫化水素ガス等)対策、④配管設備の圧力損失軽減対策(地熱液体輸送の改善等))を活用する<引用資料4>。	

(6) 性能リスク

本書で取り扱う地熱発電、熱利用等設備導入に係る性能リスクは、調坑井内、配管、熱交換器等に**スケール**が付着することで機器能力が低下するリスクです。また、他の再生可能エネルギーの発電設備や熱利用設備、蓄電池等を組み合わせて導入する際のリスクと対策例は、
<再省蓄エネシステムの場合>として紹介しています。

表 2-5-7 地熱発電、熱利用等設備導入に係る性能リスクとその対策

リスクの内容	リスク レベル	リスク対策例	
運転段階 	★★★	事業計画段階	揚湯方法の検討を行う。設備内の スケール の付着範囲を予想し、メンテナンスを前提とした事業計画を作成する。
		設計・施工段階	定期的に スケール を除去するシステム及び運転計画（定期的に配管内に金属球・ピグあるいは水を高圧で流すシステムの計画、温泉井内に付着した スケール の定期的な浚渫計画、運転を止めないでメンテナンスできる並列システムなど）をたてる。 スケール の付着範囲を限定させるため、熱交換器を介するシステムとする。
		運転段階	スケール の付着状況をモニタリング（状態を監視、観測や測定）し、定期的に配管内に金属球・ピグあるいは水を高圧で流す。温泉井内に付着した スケール を定期的に浚渫する。
運転段階 	★★★	設計・施工段階	温泉水を分析（泉質、温度分布、圧力分布、変動状況（自噴、揚湯ポンプ、孔径検層による スケール 生成記録））し、 スケール 発生傾向を予測し、 スケール の対策（浚渫法、薬注法）を計画しておく。
		運転段階	地熱資源（温泉）の成分を分析し、配管等の機器に スケール が付着しにくい材料の選定や金属表面処理（改質）を施す、分解・洗浄などのメンテナンスが行いやすい熱交換器の選定などを行う。
		運転段階	地熱資源（温泉）に薬液を注入し、 スケール の発生防止や、熱交換器等の スケール 除去を定期的なメンテナンスにより実施する。
運転段階	★★★	設計・施工段階	設備の導入時において、契約内容に試運転調整の実施を明記する等により、施工者等から、導入した設備が設計時にシミュレーションしたとおりの効率的な運転となった状態（要求性能が実現された上）で引渡しを受ける。EMS（エネルギー・マネジメント・システム）などにより設備の状況を監視・計測したデータを蓄積し解析・評価を行って、導入した設備が設計時のシミュレーションで想定したとおりの効率的な運転となるよう調整を行う。解析・評価に関しては、高度な知識と経験が必要となるため、必要に応じて再省蓄エネシステムの設計実績のある設計者等に依頼する。

リスクの内容		リスク レベル	リスク対策例	
運転段階	使用する水が酸性の場合、配管等の機器が腐食するおそれ。	★★	設計・施工段階	腐食しにくい部材を用いた管（ステンレス、FRP（繊維強化プラスチック）、チタンなど）を採用する。
運転段階	設備の運転データの収集・分析を行わず、運転開始時の設定条件で運転しているため、システム全体の効率が低くなるおそれ。	★★	運転段階	<ul style="list-style-type: none"> 運転データ等を収集・分析し、シーズン、月、日ごとに運転調整を行い、システム全体の効率を上げるようにする。 上記の対策を実施するために、発電機の選定を行う際は、運転状況の遠隔監視を行っているメーカーを選定する。

(7) 自然災害リスク

本書では地熱発電、熱利用等設備導入に係る自然災害リスクとして、地震などに関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-5-8 地熱発電、熱利用等設備導入に係る自然災害リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	豪雪地帯の場合、豪雪のため交通手段が確保できず、発電機等の維持管理ができないおそれ。	★★	事業計画段階	事業の計画段階で豪雪地帯対策特別措置法に係る指定地域の指定について確認するとともに、地元業者と豪雪時の除雪対応に関する契約を行う。
運転段階	台風、突風及び地震等の影響により、支持力不足や地盤の不均一性が生じることで基礎や構造物が傾いて沈下（不等沈下）し、機器が損傷する。	★★	事業計画段階	地方公共団体が公表している地盤調査結果を参考資料として活用する。
			設計・施工段階	<ul style="list-style-type: none"> 計画地が、軟弱地盤の多い低地に該当しないか確認する。 その上で、地盤調査を可能な範囲で行う。 軟弱地盤に該当する場合には、軟弱地盤対策として、地盤改良工事や基礎杭工事（支持層まで杭を伸ばすことにより、建築構築物等を安定して支える基礎工事）を実施する。 伸縮性をもつ管（例：フレキシブルジョイント）を採用した設計を実施する。
運転段階	天候・自然災害等による故障・損壊（大雨や河川増水による建屋浸水で設備の故障、地すべり等による建屋流出）が発生するおそれ。	★★	事業計画段階	大雨や河川増水による浸水域や土砂災害地域は有望地點調査の段階から除外し、河川増水の発生確率の低い計画地を選択する。
			運転段階	設備の損傷に対応するための機械保険や火災保険、逸失利益に対応するために企業費用・利益総合保険などの活用を検討する。

(8) 需要リスク

本書では地熱発電、熱利用等設備導入に係る需要リスクとして、エネルギー供給先の需要変動や契約変更時の不備に関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-5-9 地熱発電、熱利用等設備導入に係る需要リスクとその対策

リスクの内容		リスク レベル	リスク対策例		
運転段階	設備のエネルギー供給能力に対して自家消費先や相対による売電・売熱先のエネルギー需要が季節変動により大きく増減することで、自家消費率の低下や設備の稼働率低下となる。	★★	事業計画段階	過去数年分のエネルギー需要データを基に、年間の変動や将来の需要予測を行い、設備の容量や運転計画を決定する。また、事業における需要変動の許容範囲を設定しておく。	
運転段階	<相対取引による売電の場合> 契約更新時（電気の買取事業者との売電契約の期間終了時の契約更新時）に、契約更新前の買取価格がFIT制度に基づく調達価格より高い場合は、低い価格に変更される。	★★	設計・施工段階	電気の買取事業者である需要先へは長期割引などのメリットを提示し、長期的な需要確保のために長期の料金単価契約を締結する。	
運転段階	<相対取引による売熱・売電の場合> 熱や電力の買取事業者の倒産によって、新たな買取事業者への売電・売熱開始までの間、収入が得られない。	★★	設計・施工段階	事前に熱や電力の買取事業者の与信力を確認しておく。買取事業者の倒産に備えて取引信用保険に加入しておく。	
運転段階	<相対による売熱の場合> 契約更新時（発電後の温水等の買取事業者との売熱契約の期間終了時の契約更新時）に、契約更新前の買取価格が他の売熱事業者の価格や化石燃料の価格より高い場合は、低い価格に変更される。	★★	運転段階	発電後の温水等の買取事業者である需要先へは長期割引などのメリットを提示し、長期的な需要確保のために長期の料金単価契約を締結する。	

(9) 追加コスト発生リスク

本書で取り扱う地熱発電、熱利用等設備導入に係る追加コスト発生リスクは、坑井内、配管、熱交換器等にスケールが付着することなどにより発生するリスクです。また、他の再生可能エネルギーの発電設備や熱利用設備、蓄電池等を組み合わせて導入する際のリスクと対策例は、〈再省蓄エネシステムの場合〉として紹介しています。

表 2-5-10 地熱発電、熱利用等設備導入に係る追加コスト発生リスクとその対策

リスクの内容	リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階 <再省蓄エネシステムの場合> 地熱発電設備等の再生可能エネルギー発電設備と再生可能エネルギー熱利用設備を導入し、EMSによる監視・制御を行う場合、共通の通信プロトコル（BACNET、CC-Link、DeviceNetなど）が標準的に使われていないため、相互に通信するためにゲートウェイ等の追加費用が発生する。	★★	設計・施工段階	設計段階であらかじめ使う通信プロトコルを統一しておく、ゲートウェイ等の追加費用も見込んで設備の選定を行う。
運転段階 <再省蓄エネシステムの場合> 再生可能エネルギー発電設備、再生可能エネルギー熱利用設備、蓄エネエネルギー設備等を再省蓄エネエネルギーシステムとして段階的に導入する場合、それぞれの設備が独立して制御され、施設全体での運用状況の把握や最適な運用が困難となり、運用者の手間や余分なユーティリティコストが発生する。	★★★	設計・施工段階	最適運用を図るために、共通の通信プロトコル（BACnet、CC-Link、DeviceNetなど）に対応した機器に統一し、EMSを活用した協調運転を行う。
運転段階 設備運用に必要な機器、装置など（例えばパワーコンディショナー、インバーター、コンバーターなど）の更新費用を見込んでおらず、採算性が悪化する。	★★	事業計画段階	設備運用のために必要な機器、装置などの補修、点検、交換費などを見積もり、事業計画を作成しておく。
運転段階 事故等により作業員のケガや設備周辺の第三者に被害を及ぼし損害賠償が発生する。	★★	運転段階	事故による被害への対応を行うため、損害保険に加入しておく。例えば、業務上の事故に起因する労働災害や設備そのものの故障等の費用負担を補填する損害賠償保険に加入する。
運転段階 坑井内、配管、熱交換器等にスケールが付着することによって、発電効率や採算性が低下し、スケール除去対策の実施に追加費用が発生する。	★★	設計・施工段階	浚渫法、薬注法など事前に対策を十分に行つておく
運転段階 耐用年数を超えて設備を利用する場合、更新費用が足りず設備の継続利用ができないおそれがある。	★★	事業計画段階	・設備の使用期間を想定し、更新が必要な設備を確認する。 ・設備の更新に必要な費用の積立の計画を立てる。
		運転段階	設備の更新の際に活用できる補助金等について情報を収集する。

固有の
エネ
リス
ク種

固有の
エネ
リス
ク種

リスクの内容		リスク レベル	リスク対策例	
運転段階	設備・機器の不具合や故障が発生し、当初の見込みより保守・点検費用が増加する。特に、海外メーカー製品の故障の場合は、対応が遅かったり、海外メーカーの製品のため部品等の調達に時間を要するとともに修理代等が高くなったりする。	★	事業計画段階	故障内容により連絡する窓口、例えば海外メーカーの部品であっても、迅速な共有体制があることや、国内の代理店等に部品のストックがある代理店の窓口などを把握しておく。
	設計・施工段階		メンテナンス（保守・点検、部品交換）を適正に実施するために、事業期間におけるメンテナンス頻度とコストが、設備・機器ごとにまとめられた維持管理計画をメーカーから入手し、それを考慮した事業計画を作成する。設備導入者自身の日常点検による設備不具合の早期発見や、メンテナンス技術を有する地元企業を活用してコストを削減することで、メンテナンス費用の低減を行う。	
	運転段階		各機器及びシステムの性能、耐久性を維持するため、定期的な保守点検（①日常点検、②定期点検）を実施する。①日常点検は、設備導入者自身が行い、②定期点検はO&M業者、メーカーに委託し定期的に実施する。	
運転段階	メーカーの性能保証に適用除外事項が規定されている場合、設置・施工方法やメンテナンス方法が適用事項と合致していないことにより、保証が受けられず、追加費用が発生する。	★	設計・施工段階	設置・施工方法やメンテナンス方法を発注仕様書に明記し、適用事項と合致しているか確認する。設計・調達・建設を専門業者に発注する場合、事業者としての信頼性を有しているか（十分な実績、施工体制等に基づく履行能力など）を確認する。
廃棄・処分段階	事業終了後（契約解除や契約満了時など含む）に土地を所有者に返還する際、原状回復費の負担が発生する。	★★	事業計画段階	土地の賃貸借契約の中で原状回復の定義について明確化しておく。土地の使用状況に合わせて、将来発生する土地の原状回復費を見越し積み立てておく。
廃棄・処分段階	事業を終了した再エネ設備が放置され、景観悪化、環境汚染（設備に有害物質が含まれる場合はその流出）、公衆安全上の問題（第三者が設備へ接触した際の事故、機器や部品等の飛散、土砂流出など）などが生じるおそれがある。	★	廃棄・処分段階	・再エネ設備の撤去及び処分は、廃棄物処理法等の関係法令を遵守し、事業終了後、可能な限り速やかに実施する。 ・発電設備の場合、電気事業法上の電気工作物に該当し、事業期間は建築基準法の適用を除外されていた設備であっても、事業を終了したものについては、撤去せず存置されれば改めて建築基準法の適用を受ける場合があるため、撤去までの期間、適切に維持管理する必要がある。

(10) 人的リスク

本書では地熱発電、熱利用等設備導入に係る人的リスクとして、設置した設備に起因する人身事故や物損事故、オペレーション時のミス、保守点検体制や人員の不足などに関するリスクと対策例を紹介しています。また、他の再生可能エネルギーの発電設備や熱利用設備、蓄電池等を組み合わせて導入する際のリスクと対策例は、〈再省蓄エネシステムの場合〉として紹介しています。

表 2-5-11 地熱発電、熱利用等設備導入に係る人的リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	経験・知識が不足しているO&M業者が、維持管理業務や運転業務に従事することで瑕疵（かし）が発生し、設備に不具合や劣化等が生じる。	★★	設計・施工段階	O&M実績を確認し委託する。O&M事業者の履行に不備があり同一部分の再修理等が必要となった場合には無償で再修理を実施する旨の履行責任条項を業務委託契約に盛り込んでおき、瑕疵が発覚した場合の経済的負担を軽減できるようにしておく。
運転段階	トラブル時に急な対応が遅れ、設備稼働率が低下する。	★★	設計・施工段階	適切な保守・点検及び維持管理計画（①スケジュール、②人的配置・体制計画、③範囲、④方法、⑤安全対策、⑥記録方法など）を策定する。また、深夜／休日、豪雨／豪雪等の状況でも確実に対応できる実施体制の構築を図る。
運転段階	保守・点検を担う職員の異動、退職により、新たな人員が確保できるまで運営トラブル（有資格者が必要な場合は事業中断、最適な運転ができない）が発生するおそれ。	★	設計・施工段階	職員の異動や退職等に備え、複数人での保守・点検の運用体制や書の整備を行う。
			運転段階	職員の異動や退職等に備え、計画的な人員配置を行う。適切な人員が確保できない場合には外部委託を行う。
運転段階	オペレーション時のミスによる事故等により作業員のケガや設備周辺の第三者に被害を及ぼすリスク。	★	運転段階	オペレーション時のミスが発生しないように、設備・機器の運転方法を書化し、それに準じた操作を徹底する。併せて、事故による被害への対応を行うため、損害保険に加入しておく。例えば、業務上の事故に起因する労働災害の費用負担を補填する損害賠償保険に加入する。
運転段階	〈再省蓄エネシステムの場合〉保守点検に必要な資格・人材が再エネごとに異なる場合（例えばボイラー・タービン主任技術者と電気主任技術者など）、複数人材の確保が必要となる。	★	運転段階	資格不要なシステム・規模（例、熱媒体、無圧式ボイラー）や、外部委託（O&M事業者や、複数の再エネ設備を一括して管理可能な業者など）が可能なシステム・規模を採用する。

当工不
固有の
リスク
種

Column

事業計画段階におけるマイクログリッドの保安体制検討の重要性

執筆：パシフィックコンサルタンツ株式会社 環境・エネルギー部

マイクログリッドの構築に伴い**自営線**や新たな電気工作物を設置する場合には、電気工作物の工事、維持及び運用に関わる保安監督に係る業務（保安管理業務）の実施体制（保安体制）の構築が課題になることがあります。本コラムの読者としては、事業用電気工作物（電気事業法第38条による）を設置する場合が多いと思われますので、以下では事業用電気工作物の保安体制の構築について解説します。

マイクログリッドを構築する際は原則的に電気主任技術者を選任した上で保安体制を構築する必要があります。これは、電気事業法第43条により、電気工作物を設置する者（電気工作物の所有者、占有者等）は、保安管理業務のために主任技術者を選任しなければならないと定められているためです。

保安体制の構築は、現場の工事開始までに終えている必要があります。地域によっては電気主任技術者が不足しており、確保までに時間が掛かるために着工できず事業スケジュールが遅延するといったこともあります。また、電気主任技術者を新たに雇用する場合には、大きな費用が発生し、事業性に影響を与えることも考えられます。

電気主任技術者の選任が現実的でないという場合には、保安管理業務について外部委託することも考えられますが、電気事業法等で定められた保安管理業務を外部委託できる主な要件を満たした上で管轄の産業保安監督部長の承認を受ける必要があるため、計画時点であらかじめ電気主任技術者の確保が可能であるかを考慮しておくことが重要です。

表 保安管理業務を外部委託できる主な要件

項目	要件
発電設備	<ul style="list-style-type: none"> 電圧7,000V以下で連系する出力2,000kW未満の水力、火力、太陽光発電及び風力発電設備が設置された事業場 電圧7,000V以下で連系する出力1,000kW未満の発電設備（前述の発電設備を除く）が設置された事業場
需要設備	<ul style="list-style-type: none"> 電圧7,000V以下で受電する需要設備が設置された事業場 電圧600V以下の配電線路を管理する事業場

※電気事業法施行規則 第52条第2項（改正平成29年9月28日 第77号）より作成

特に600Vより高い電圧の**自営線**を道路横断させる場合や、一般公衆が立ち入る場所に**自営線**を設置する場合には電気主任技術者の選任が必要となることを前提とすべきです。保安体制の構築に関しては、電気保安協会等の電気保安法人に相談することも有望です。

2-5-5. 地熱発電、熱利用等設備導入に係る主な関係法令

地熱発電、熱利用等設備を導入する場合は、法令に基づき、許認可等の手続が必要となります。本項では、許認可等の手続が必要となる主なものについてまとめています。

なお、掲載したものは飽くまでも参考として例示したものです。事業を行う際にはその他関係する法令等を遵守するとともに、地方公共団体の条例等に係る手続についても確認が必要です。

表 2-5-12 地熱発電、熱利用等設備導入に係る主な関係法令

法令名称	手続	手続の概要
環境影響評価法	環境アセスメント	一定規模の発電設備を設置する場合、必要な手続にのっとって環境への影響評価を行い、その結果を事業計画に反映しなければならない
熱供給事業法	熱供給事業の登録	熱供給事業を行う場合は、経済産業大臣の登録を受けなければならない
	保安規程の届出手続	一定規模の熱供給施設を設置する場合、保安規程を定め、使用の開始前までに国への届出が必要である
電気事業法	工事計画の届出手続	一定規模の発電設備を設置する場合、事前に国への工事計画の届出が必要である
	主任技術者の選任及び届出手続	一定規模の発電設備を設置する場合、事前に主任技術者を選任し、国への届出が必要である
	溶接事業者検査手続	工事計画を届け出た発電設備の使用の開始前に溶接事業者検査を実施し、国等による結果の確認を受ける必要がある
	使用前安全管理検査手続	工事計画を届け出た発電設備の使用の開始前に、使用前自主検査を実施するとともに、使用前安全管理審査の受審が必要である
	定期安全管理検査手続	工事計画を届け出た発電設備を使用する場合、定期事業者検査を実施するとともに、定期安全管理審査の受審が必要である
	供給計画の届出	電気事業者は、毎年度開始前に供給計画を作成し、電力広域的運営推進機関を経由して、国への届出が必要である
森林法	森林の土地所有者届出制度	個人、法人を問わず、売買や相続等により森林の土地を新たに取得した場合、面積にかかわらず市町村長への事後届出が必要である。ただし、国土利用計画法に基づく土地売買契約の届出を提出している場合は対象外である
	森林における開発許可等手続	森林における開発行為には、事前に都道府県知事の許可等が必要である
農地法	農地転用許可手続	農地に設備等を設置する場合、農地以外の地目へと転用するため、事前に市町村農業委員会を経由して、都道府県知事又は指定市町村の長の許可が必要である
生産緑地法	生産緑地地区内の建築行為	生産緑地地区内において、建築物、工作物の建築等、土地の形質の変更、水面の埋立てなどの行為を行おうとする場合に、市町村長の許可を得る必要がある
都市緑地法	特別緑地保全地区内の建築行為	特別緑地保全地区内において、建築物、工作物の建築等、土地の形質の変更、木竹の伐採、水面の埋立てなどの行為を行おうとする場合に、都道府県知事の許可を得る必要がある
国土利用計画法	土地売買等の契約届出手続	一定規模以上の土地の売買等の契約を締結した場合、都道府県知事又は指定都市の長への届出が必要である
公有地の拡大の推進に関する法律	一定規模以上の土地を有償で譲渡しようとする場合等の届出	一定規模以上の土地を有償で譲渡しようとするときは、事前に市長（町村域の土地の場合は町村経由で知事）に届出が必要である 地方公共団体等による買取りを希望するときは、その旨を申し出ができる
都市計画法	開発許可手続	市街化区域等で開発行為を行う場合、都道府県等の許可が必要となる場合がある
温泉法	温泉の掘削の許可等手続	地熱発電を行うために温泉を掘削する場合、事前に都道府県知事の許可が必要である

法令名称	手続	手続の概要
	温泉の採取の許可等手続	地熱発電を行うために既存の源泉から温泉水を採取する場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
	増掘又は動力の装置の許可等手続	地熱発電を行うために源泉の増掘やポンプ等を設置する場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
河川法	河川の流水の占用の許可等手続	発電のために河川の流水を取水する場合や、河川区域内に発電設備等を設置する場合、事前に河川管理者の許可等が必要である
砂防法	砂防指定地における行為許可等	砂防指定地において開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
地すべり等防止法	地すべり防止区域内の行為許可	地すべり防止区域内において、開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律	急傾斜地崩壊危険区域内の行為許可	急傾斜地崩壊危険区域内において、開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律	生息地等保護区の管理地区内等における行為の許可等手続	絶滅のおそれのある野生動植物の保護区域で開発行為を行う場合、国の許可や届出が必要である
鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律	特別保護地区内における行為許可手続	鳥獣の特別保護区域内で開発行為を行う場合、事前に国等の許可が必要である
自然環境保全法	自然環境保全地域等における行為の許可又は届出	原生自然環境保全地域、自然環境保全地域、都道府県自然環境保全地域において工事を行う場合、事前に国又は都道府県の許可が必要である
自然公園法	行為許可申請等手続	国立公園や国定公園等で開発行為を行う場合、事前に国等の許可や届出が必要である
振動規制法	振動規制に関する届出手続	振動の規制が行われる指定地域で施設を設置しようとする場合、事前に市町村や特別区への届出が必要である
騒音規制法	騒音規制に関する届出手続	騒音の規制が行われる指定地域で施設を設置しようとする場合、事前に市町村や特別区への届出が必要である
水質汚濁防止法	水質汚濁に関する施設設置の届出手続	排水の水質の規制が必要な特定施設等を設置する場合、事前に都道府県等への届出が必要である
土壤汚染対策法	土地の形質の変更に係る届出手続	一定規模の土地の掘削等を行う場合、事前に都道府県等への届出が必要である
大気汚染防止法	大気汚染に関する届出	ばい煙の発生や水銀等の排出を伴う設備を設置する場合、事前に都道府県等への届出が必要である
採石法、砂利採取法	土石砂利の採取認可	土石砂利の採取を行う場合、事業者は採取計画を定め、都道府県知事の認可が必要である
建築基準法	建築確認申請	発電設備及び付帯する建物を設置する場合、特定の要件に該当する場合を除いて、市町村等の建築確認が必要である
消防法	消防法に基づく申請等	発電事業の実施に際して危険物に指定される物資を一定量以上使用する場合、事前に市町村の許可が必要である
景観法	景観法等に基づく届出	景観の保全が定められている地域において工事を行う場合、事前に市町村等への届出や認定等が必要である
高圧ガス保安法	高圧ガス貯蔵所設置届	発電事業の実施に際して一定量以上の高圧ガスを使用する場合、事前に都道府県への届出が必要である

法令名称	手続	手続の概要
道路交通法	①道路使用許可手続 ②制限外積載許可手続	①工事等の際に道路を使用する場合、事前に所轄警察署長の許可が必要である ②貨物の運搬時に、車両の積載物の重量、大きさ又は積載方法の制限を超えて運転する場合、事前に車両の出発地を管轄する警察署長の許可が必要である
道路法	道路の占用許可手続等	道路区域内において工事等をするために道路を占用する場合、事前に道路管理者の許可が必要である
	道路法に基づく車両制限	工事等の際に、車両制限の範囲を超える工事車両が道路を通行する場合、事前に道路管理者の許可が必要である
特定工場における公害防止組織の整備に関する法律	公害防止管理者	電気・熱供給事業等で、特定の施設を設置している工場は、公害防止管理者等を選任し、都道府県知事又は市町村長への届出が必要である
文化財保護法	埋蔵文化財包蔵地 土木工事等届出手続	埋蔵文化財が確認されている土地において発電設備等の設置のため開発行為を行う場合、事前に都道府県・政令指定都市等への届出が必要である
	史跡・名勝・天然記念物指定地の現状変更の許可	史跡・名勝・天然記念物指定地において開発行為を行う場合、事前に国等への許可が必要である
	遺跡の発見報告	工事を行っている際に遺跡を発見した場合は、都道府県・政令指定都市等への届出が必要である

出典：主に資源エネルギー庁（2019）「再生可能エネルギー事業支援ガイドブック令和元年度版」を参考に作成

Column

地元企業による点検・メンテナンスの実施体制の整備

執筆：一般社団法人エンジニアリング協会

大規模地熱発電では、事業者はタービン・発電機・冷却設備等をメーカーに注文し、全体のエンジニアリングを自ら又は委託等を通じて行うことが一般的です。また、多くは専門技術者が常駐して、自ら日常的な点検・メンテナンスをしています。

しかしながら、小規模地熱発電・温泉発電では、事業者自身が設備等に関する技術的知識を有していないことが多い、それに対応するため蒸発器・タービン・発電機がパッケージ化され、ある意味、事業者にとっては、発電機内部はブラックボックスになっています。

自ら点検・メンテナンス・修理を実施するには、それなりの技術者を養成する必要がありますが、200kW程度以下の発電事業者では、費用対効果の面から技術者を養成するのが困難であるのが実態です。

そのため、小規模地熱・温泉発電の場合、発電機の点検・メンテナンス・修理は発電機メーカーに依存することが多くなります。メーカーは東京等に本社があることが多いため、メーカーが地方の小規模地熱・温泉発電所に出向くのに時間と費用がかかり、さらに、修理が必要な場合、部品の手配に時間が掛かり、場合によっては、半年も発電できない状態が続くこともあります。

費用対効果の向上と点検・メンテナンス・修理体制を強化するためには、地元の近くに点検・メンテナンス・修理ができる企業と提携して対応してくれる等のメンテナンス体制も発電機メーカー選択時に重要な要素となります。また、地元の設備配管業者や、電気保安協会の技術者に技術を習得して点検・メンテナンス・修理に対応してもらえるよう働きかけていくことも必要になるかもしれません。

また、井戸からの配管、一次熱交換器、冷却施設等の発電機周辺の機器については、地元の設備配管業者等が担当できる部分が多いです。地元の設備配管業者に対する技能研修、技能検定等の法的制度を整備して、地元の設備配管業者等が確かな技術を有していることを保証する制度の確立が望されます。

2-5-6. 引用・参考資料

〈引用資料〉

1. 経済産業省 資源エネルギー庁 (2018) 「事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）」
2. 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）（2017）「バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針」
3. 環境省 (2018) 「地域における再エネ事業の事業性評価等に関する手引き（金融機関向け）Ver3.1～太陽光発電事業編～」
4. 地熱発電の推進に関する研究会（経済産業省）（2016）「地熱発電の推進に関する研究会 平成27年度報告書」

〈参考資料〉

5. 環境省 (2017) 「温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）（改訂）（案）」
6. 経済産業省 資源エネルギー庁 (2018) 「事業計画策定ガイドライン（地熱発電）」
7. 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）（2015）「地熱発電と地中熱：普及拡大に向けた取り組み」
8. 独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (2015) 「平成26年度 小規模地熱発電プラント設計ガイドライン」
9. 独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (2015) 「平成25年度 小規模地熱発電のうち温泉発電導入促進のための手引書」
10. 独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (2013) 「平成24年度 小規模地熱発電及び地熱水の多段階利用事業の導入課題調査 手引書」
11. 地熱発電の推進に関する研究会（経済産業省 資源エネルギー庁）（2018）「地熱発電の推進に関する研究会 平成29年度報告書」
12. 日本地熱学会 (2014) 「地熱エネルギーハンドブック」
13. 北海道 経済部 (2017) 「地熱・温泉熱課題解決ガイドブック」
14. 北海道 経済部 (2015) 「地熱・温泉熱エネルギー利活用ガイドブック」
15. 茅 陽一 (2002) 「新エネルギー大事典」工業調査会
16. 経済産業省 資源エネルギー庁 (2018) 「再エネ事業支援ガイドブック 平成30年度版」
17. 経済産業省 資源エネルギー庁 (2014) 「再エネスキル標準（GPSS）ガイドブック」
18. 一般社団法人 新エネルギー導入促進協議会 (2014) 「再エネ熱 事例集」
19. 北海道 (2015) 「エネルギー地産地消導入検討書」
20. 東京海上日動リスクコンサルティング株式会社 (2012) 「再エネ関連事業参入のチャンスとリスク」『リスクマネジメント最前線 2012-17』 2012年11月9日号
21. 総務省ウェブサイト「再エネ資源等の賦存量等の調査についての統一的なガイドライン～再エネ資源等の活用による「緑の分権改革」の推進のために～」（2011年3月1日 緑の分権改革推進会議 第四分科会（第4回））
22. 経済産業省 (2005) 「先進企業から学ぶ事業リスクマネジメント実践テキスト」
23. 認定NPO法人 環境エネルギー政策研究所 (2018) 「自然エネルギー白書2017」
24. 江口智子・佐藤康之編 (2016) 『再エネ開発・運用にかかる法規と実務ハンドブック』水上貴央監修、エヌ・ティ・エス
25. 森・濱田松本法律事務所エネルギー・インフラストラクチャープラクティスグループ著 (2015) 『発電プロジェクトの契約実務』 商事法務
26. 株式会社エヌ・ティ・エス (2008) 「エネルギーの貯蔵・輸送—電気・熱・化学—」
27. 経済産業省 蓄電池戦略プロジェクトチーム (2009) 「蓄電池戦略」
28. 一般社団法人 電池工業会 (2013) 「リチウムイオン蓄電池まるわかりBOK」
29. 株式会社日本政策投資銀行 (2013) 「蓄電池産業の現状と発展に向けた考察」
30. 一般財団法人 ヒートポンプ・蓄熱センター (2016) 「蓄熱技術基準書運用ガイドブック」

2-5-7. 地熱（発電、熱利用、発電・熱利用）設備導入に関する用語解説

「2-5. 地熱発電、熱利用等設備導入に係るリスクとその対策」で示した太文字の用語解説となっています。一般的の用語集とは異なり、技術的な解説は必要最小限にとどめていますので、技術面の詳細は専門書等を参照してください。

EPC

Engineering, Procurement, Construction の略称。「ターンキー契約」と同等で、設計（Engineering）、調達（Procurement）、建設（Construction）を含む、プロジェクトの建設工事請負契約のこと。

FIT

FIT (Feed-in Tariff) とは、固定価格買取制度のことであり、再生可能エネルギー源（太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス）を用いて発電された電気を、国が定める固定価格で一定の期間電気事業者に調達を義務付けるもの。

O&M(Operation&Maintenance)

施工後の発電施設における運転管理業務や設備維持管理業務のこと。

オーバーハング

岩盤が垂直を超えてせり出している状態。斜面下部が軟らかく、上部に硬い場合に形成されやすい。

河川の堰止め

崩土により河道が閉塞すること。天然ダムとも呼ばれる。

ゲートウェイ

通信プロトコルの変換などにより、異なる通信プロトコルを有する機器、設備間での相互接続を可能とする装置のこと。

孔径検層

キャリパー検層ともいい、掘削された坑井の坑径を深度に対応して連続的に測定・記録するもの。

キャリパー検層により、坑井においては、坑径が

過度に大きくなっている場所や坑径が小さくなっている場所、ケーシングなどの円筒状資材に関しては、腐食した場所や凹み、スケールの付着場所などを検知できる。

サイドトラック技術

枝坑ともいい、主坑井に対して横に掘削する坑井のこと。障害物からの回避に利用される掘削技術をサイドトラック技術という。

自営線

電気事業法上の定義はないが、通例として、自らが維持し、及び運用する送電用及び配電用の電気工作物のうち、一般送配電事業者以外の者が構築し、維持し、及び運用するものを指すことが多い。

自噴

温泉や地下水などの地下資源が、人為的な動力に依存せずに地下から地表に湧出する現象。

浚渫（しゅんせつ）法

スケール付着後に機械的に除去する方法で、源泉井戸内であれば掘削リグを用いた洗浄、配管内であればピグ（清掃材）等による洗浄がある。スケールを確実に除去できる

スケール

水中に含まれる炭酸カルシウム、硫酸カルシウム、シリカ等の無機塩類が配管等の内壁に析出した「水垢」のこと。

通信プロトコル

異なる機器、設備を相互接続するために必要となる手順や規約（データ送受信のタイミング、データの形式、通信エラー時の対応など）などの通信上の約束事

デューデリジェンス

事業の適格性を把握するために行う調査のこと
で、投資を行う際、投資対象の土地の価値や収益力、
リスクなどを詳細に調査・分析すること。

取引信用保険

取引先の倒産や支払遅延等により、販売代金を
回収できなくなった場合に、損害の一定部分など
について保険金が支払われるもの。

(法面の) 肌落ち

法面の表層が剥離して落下すること。

はらみ出し

地すべりや地下水の影響等により斜面や法面が
押し出されている（膨らんでいる）状態。

ポケット

落石防護擁壁背後の斜面との間に設けられた空
間で、落石や崩土を堆積させる場所。

薬注法

スケール付着を未然に抑制する方法で温泉を止
めずに供給できるが、薬液注入装置等の初期コス
トとランニングコストが掛かる。

預託金

賃貸借契約の際に借主が貸主に一定の金額を無
利息で預け入れる金銭の総称で敷金、保証金のこ
と。

ランプサム契約

商取引の解約形態の一つで、契約金額として約
定された固定金額で契約上の義務を請け負う契約。
契約当事者間の合意がない限り原則として金額は
変更されない。

2-6. 太陽熱利用設備導入に係るリスクとその対策

本書について

| 引用・資料について

引用又は参考にした資料を、節末の「引用・参考資料」に記載しています。

| 用語について

太文字（例：O&M）で記載されている用語は、節末の「用語解説」においてその内容を説明しています。

2-6-1. 太陽熱利用設備導入の流れとリスクとその対策の考え方

太陽熱利用設備の事業計画から撤去・処分までの大まかな流れを図 2-6-1 に示します。本書では、リスクが顕在化する事業段階（設計・施工、運転管理、撤去・処分）から事業計画段階まで遡り、各段階で取り得るリスク対策に優先順位を付けて体系的に整理しています。なお、再生可能エネルギー設備、蓄エネルギー設備、省エネルギー設備を組み合わせて導入するシステム（以下「再省蓄エネシステム」といいます。）のリスクとその対策例も紹介（該当リスクは表内で「<再省蓄エネシステムの場合>」と記載）しています。

「2-6-3. 太陽熱利用設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧」にて例示しているリスクとその対策には、関係法令及び条例への対応に係る内容を一部含んでいますが、遵守すべき法令や条例への対応を網羅しているとは限らないため、各事業者の責任の下で設備を設置する土地を管轄する地方公共団体等に事前に相談、確認をした上で必要な対応を実施することが求められます。なお、地方公共団体の相談先が明確でない場合は、都道府県や市町村の再生可能エネルギー関連部局に相談することが有効です。

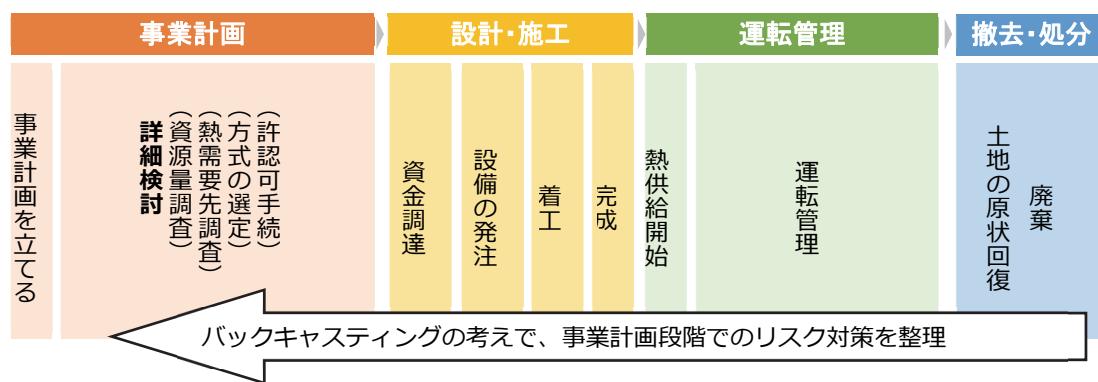


図 2-6-1 太陽熱利用事業の流れ

出典：環境省（2018）「地域における再生可能エネルギー事業の事業性評価等に関する手引き（金融機関向け）Ver 3.1 小水力発電事業編」より作成。

2-6-2. 太陽熱利用設備導入に係るリスクの分類

本書で取り扱っている太陽熱利用設備導入に係るリスクを分類別にまとめると表 2-6-1 のようになります。

(リスクの考え方やリスクマネジメントの説明については 1 章を御参照ください。)

表 2-6-1 太陽熱利用設備導入に係るリスク分類別のリスク数

リスク分類	リスク概要	リスクの数※	頁
制度リスク	規制、許認可、制度改正、系統連系に係るリスクのほか、合意形成に関するリスク	4	p.192
土地リスク	事業用地取得時の契約、事業用地の利用継続に係るリスク	5	p.194
環境リスク	事業活動による環境変化が、人の健康や生態系に影響を及ぼすリスク	1	p.195
完工リスク	コスト・タイムオーバーランにつながる設計・施工、EPC 業者等、資金調達に係るリスク	14	p.199
資源リスク	資源調達時における量及び質、調達価格に係るリスク	2	p.201
性能リスク	システム効率の低下につながるメンテナンス不足、機器トラブルに係るリスク	8	p.202
自然災害リスク	自然災害（暴風、豪雨、豪雪、洪水、地震など）やそれに伴う土砂災害（斜面崩壊、地すべりなど）、落雷などに係るリスク	2	p.204
需要リスク	エネルギー需要の変動、契約更新に係るリスク	2	p.204
追加コスト発生リスク	資源の品質基準の不一致、機器損傷、物損・人的被害の損害賠償、メーカー保証適用事項との不一致、機会損失、ユーティリティコスト増加、事業終了後の原状回復などに係るリスク	14	p.205
人的リスク	オペレーションミス、メンテナンス体制や人材不足に係るリスク	4	p.207
	計	56	

※：本項で扱うリスクの数

次項 2-6-3. に太陽熱利用設備導入に係るリスクとその対策をリスク分類（大項目）別に掲載しています。事業計画時にはこちらを参考にして事業のリスクを抽出し、必要なリスク対策の検討に活用してください。

図 2-6-2 のように事業への影響度と発生頻度からリスクをレベル分けし、★の数でリスクの大きさを示していますので、重大リスクから優先的に対策を行うことが可能です。

リスク対策については、事業段階別に分けて掲載しています。各事業段階で可能なリスク対策を把握し、事業に必要なリスク対策を計画的に実行していくことが肝要です。

なお、リスクは個別事業の事情により異なるものもあるため、起こり得る全てのリスクを網羅しているわけではないことに御注意ください。

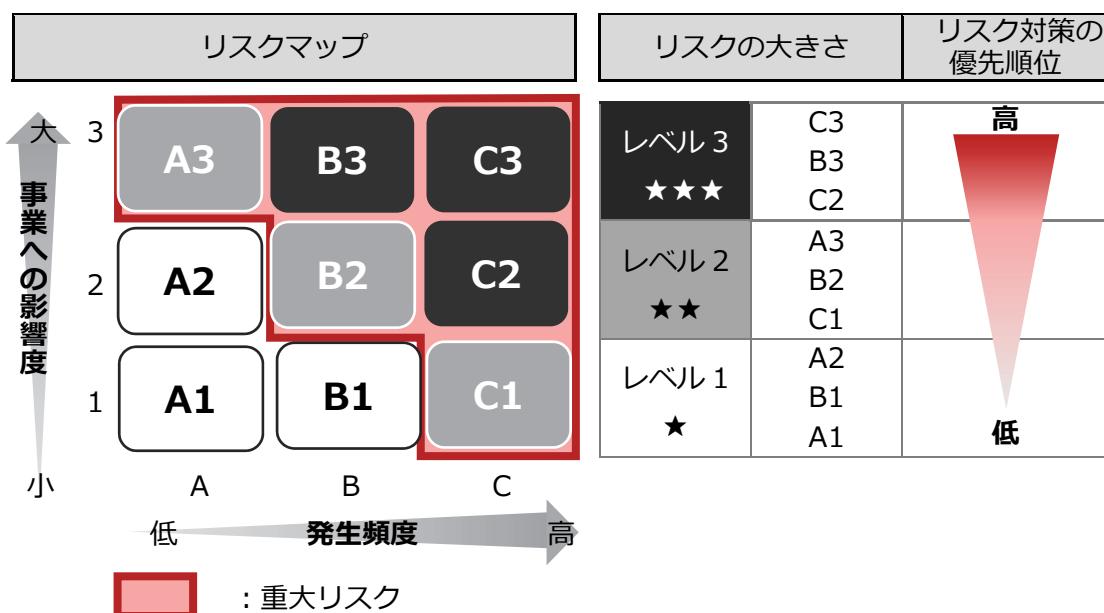


図 2-6-2 本書におけるリスク評価の考え方

2-6-3. 太陽熱利用設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧

太陽熱利用設備導入に係る重大リスクのうち、レベル3に該当するリスクとその概要について事業段階ごとに一覧で整理しました。各リスクの詳細とその対策については参照ページをご確認ください。

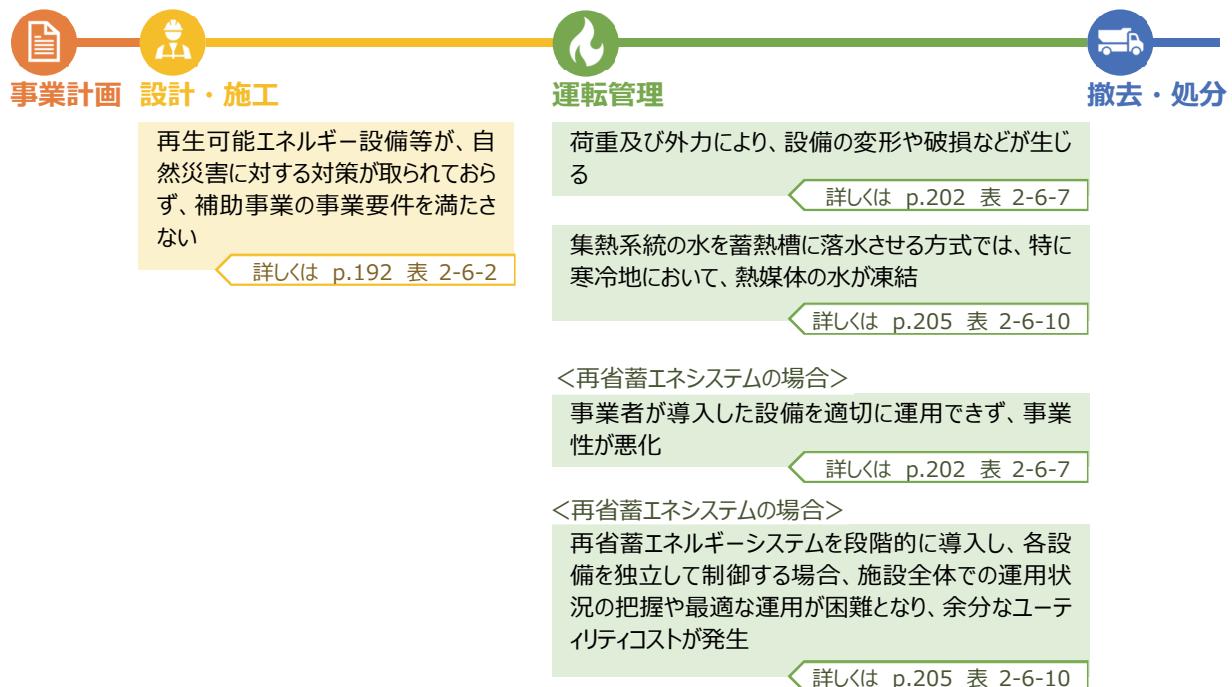


図 2-6-3 太陽熱利用設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧

2-6-4. 太陽熱利用設備導入に係るリスクとその対策の一覧

(1) 制度リスク

本書では太陽熱利用設備導入に係る制度リスクとして、設備導入者によるコントロールの及びにくい、許認可、規制、制度改正、地域住民等との合意形成などに起因するリスクと対策例を紹介しています。

リスクレベル3の重大リスクとして、補助金で導入した再生可能エネルギー設備等が、自然災害への対策が取られておらず、事業要件を満たさないおそれが挙げられます。

表 2-6-2 太陽熱利用設備導入に係る制度リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例		
事業計画段階	事業による環境への影響（水質、騒音、景観等）が顕在化し、関係者と事業継続に係る合意形成が図れず事業が中断・中止する。	★★	事業計画段階	計画段階で、環境の現況調査を実施するとともに、水質や騒音等については環境基準を正しく理解した上で事業申請を行う。景観等については、慎重に地元と関係構築をしつつ合意形成を図る。なお、対策が必要な場合は、複数の環境配慮対策を検討し、関係者との協議を踏まえた設計・施工・運転管理計画を作成する。	
			設計・施工段階	地方公共団体が再生可能エネルギー設備設置に景観形成基準を定めている場合は、配置、色彩などを基準に適合させた設計を行う。施工段階における環境への影響をモニタリング（状態を監視、観測や測定）し、その状況を関係者と共有する。環境への影響変化の兆候を確認した場合は、関係者と協議を行い、新たに環境配慮対策を考慮した施工を行う。	
			運転段階	運転段階においても環境への影響をモニタリングし、環境への影響変化の兆候を確認した場合は、関係者と協議を行い、新たな環境配慮対策を反映した運転管理計画を作成する。	
事業計画段階	事業実施の事前周知や事業内容の説明、運転状況や廃棄・処分の報告不足により、近隣住民などのステークホルダーから事業実施の同意及び理解が得られない。	★★	事業計画段階	近隣住民等の事業関係者への説明会を早期かつ定期的に実施し、事業への理解の醸成、不満の早期対応に努める。	
			設計・施工段階	定期的に近隣住民等の事業関係者へ設計・施工状況の報告を実施し、事業への理解の醸成、不満の早期対応に努める。	
			運転段階	定期的に近隣住民等の事業関係者へ運転状況の報告を実施し、事業への理解の醸成、不満の早期対応に努める。	
			廃棄・処分段階	近隣住民等の事業関係者へ廃棄・処分状況の報告を実施し、不満の早期対応に努める。	

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	補助金で導入した再生可能エネルギー設備等が、地震・地すべり・台風・集中豪雨・豪雪・津波などの自然災害に対する十分な強度計算や対策が取られておらず、事業要件（地域における自然的社会的条件に応じた、再エネ普及・拡大の妨げとなっている課題への適切な対応を備えていること）を満たさないおそれ。	★★★	設計・施工段階	自然災害（地震・地すべり・台風・集中豪雨・豪雪・津波など）に対する災害対応基準（設備の耐震設計に関するガイドラインなど）やそれに類するもの（各種再生可能エネルギー設備の設計・施工のガイドライン、地方公共団体等が公表しているハザードマップなど）に従い設計図書等を作成し、それに基づき、所要の安全度が確保されるように設計・施工を行う。
運転段階	法人税や消費税、その他の税に係るの変更によって、経費の支払が増える。	★	運転段階	運転段階において、税に係る制度変更を把握した時点で事業計画を見直す。

(2) 土地リスク

本書で取り扱う太陽熱利用設備導入に係る土地リスクとして、用地確保に係る契約、事業を借地や公有地で実施する場合のリスクと対策例を紹介しています。

表 2-6-3 太陽熱利用設備導入に係る土地リスクとその対策

リスクの内容	リスクレベル	リスク対策例	
事業計画段階 計画予定地において第三者による抵当権や賃借権等の土地利用権の設定確認が遅れ、無駄なコストと時間が発生するおそれ。	★	事業計画段階 計画地の登記簿謄本（全部事項証明書）により抵当権の設定を早めに確認するといった、土地のデューデリジェンス（事業の適格性を把握するために行う調査）を行う。抵当権が設定されている場合は、他計画地を探す。若しくは、現土地所有者に照会し、抵当権抹消の可能性について確認する。抵当権が抹消できる場合は、抵当権抹消手続を進め新規に事業者が抵当権を設定して事業を進める。	事業計画段階
事業計画段階 他事業者が、事業地確保のために好条件を提示したことにより、他事業者と地権者との間で先に契約締結されてしまい、土地が確保できなくなるおそれ。	★★	事業計画段階 本契約を締結する前に、期限付契約（期限を設け、期限内では他事業者と契約締結しない契約）や予約契約（将来、契約を締結することを事前に当事者が合意した契約）を締結する。例えば、地権者から「ほかの再生可能エネルギー事業者とは○箇月の間は協議しない。」や「年間土地賃借料は○円とする。」など、契約書や覚書等に明記する。	事業計画段階
事業計画段階 計画地の早期確保を目的に、予約契約として土地所有者に預けた高額の土地預託金が返還されないリスク。	★	事業計画段階 商取引の際に信頼できる第三者を仲介させ、契約内容が担保されたものとする。預託金の場合は、エスクローエージェント（請負の多くは信託会社や信託銀行）へお金を預け、何らかの事情で契約が終了した場合に預託金が返還される手法（エスクロー）を採用する。	事業計画段階
運転段階 <事業を公有地で実施する場合>国、地方公共団体等の求めにより、事業用地を公共の用途に供することを理由に、土地使用契約を解除され、土地の利用継続が困難となるおそれ。	★★	事業計画段階 事業期間内の契約解除の際には、逸失利益相当の補償金額が地権者（地方公共団体等）から支払われる旨を、土地契約締結時の条項として入れることを交渉し、土地利用の継続性を高める。	事業計画段階
運転段階 <事業を借地で実施する場合>事業開始後に土地の所有者（土地賃貸人）の変更（相続による変更も含む）に伴い、土地契約の内容（賃料の値上げ、支払条件、契約期間など）が見直され、事業者にとって不利な契約となるおそれ。また、土地所有者の破産、売却等により土地の利用継続が困難となるおそれ。	★★	事業計画段階 ・事業期間中の利用権を有し続けることができるよう、長期利用権を取得する。また、賃貸借契約において、賃借権の登記を行い、土地利用権の保有策を講じる。 ・事業期間が非常に長期にわたることが一般的であるため、買取を原則とする。また、土地所有者が変更しても、事業期間中の利用権を継続できるように、賃貸借契約の内容が担保される契約（物価の変動以外の理由で賃料引上げを行わないとする条項の追加など）にしておき、将来的な相続等で賃料引上げがされることがないように対抗要件を具備する。事業期間に応じた地上権、地役権、賃借権を設定する。	事業計画段階

(3) 環境リスク

本書では太陽熱利用設備導入に係る環境リスクとして、設備設置時の土地開発行為による土砂災害に関するリスクと対策例を紹介しています。

なお、「事業による環境への影響が顕在化し、関係者と事業継続に係る合意形成が図れず事業が中止・中止する」といった一般的な合意形成に関するリスクと対策例は、制度リスクで取り扱っています。

表 2-6-4 太陽熱利用設備導入に係る環境リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	再生可能エネルギー設備設置のために土地開発行為をした場合、周辺への雨水や土砂の流出、地すべり等が発生するおそれがある<引用資料 1>。	★★	事業計画段階	地方公共団体の指導要綱やガイドライン、ハザードマップ等を確認し、計画地において必要な調査（地盤、地質調査など）を実施する。廃棄物処分場跡地については、周辺環境への影響に十分配慮した上で検討する。
			設計・施工段階	関係法令及び条例に従い、利用する土地の形状、形質に対応した適切な設計（①盛土、切土面保護のための擁壁、石張り、吹付け、法枠（のりわく）、法面排水などの対策、②地下水によるがけ崩れ、土砂流出のおそれがある場合は開発区域内の地下水排出施設の設置、③軟弱地盤の場合は地盤改良、擁壁、水抜き等の措置、④集中豪雨等の降雨量等から想定される雨水が有効に排水できる排水路改修や調整池等設置の対策など）を行う<引用資料 1>。

Column

事業計画段階における地形・地質評価の重要性

～土地開発行為に伴う土砂災害発生リスク～

執筆：パシフィックコンサルタンツ株式会社

国土基盤事業本部 地盤技術部

山間地や丘陵地などに再生可能エネルギー設備が設置される場合、平坦（へいたん）な土地を確保するために土地の造成（切土・盛土）が行われることになります。

土地の造成を行う場合、沈下や液状化、斜面や法面（のりめん）の崩壊と共に伴う河川の堰止め（湛水＝たんすい）など、地形や地質に起因した様々なリスクが存在しており、場合によっては、設備自体の破損や機能不全、周辺環境へ影響を及ぼすような土砂災害を引き起こす可能性もあります。

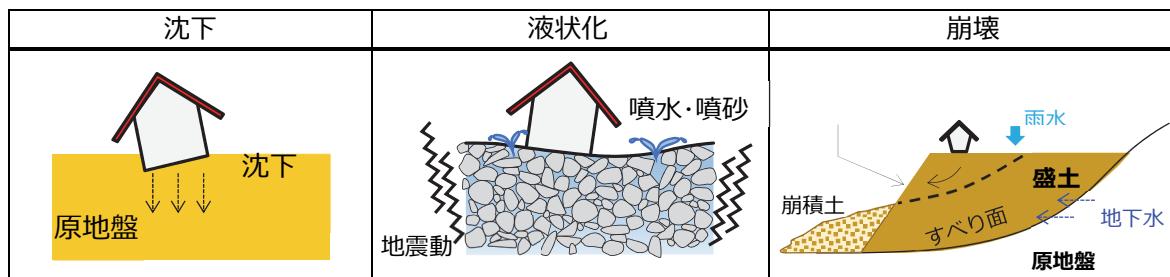


図 地形・地質に起因した様々なリスク

事業計画段階での適地選定において十分な事前確認を怠った結果、追加調査や設計変更、災害発生時の対策費用の発生など、事業の存続可否にも影響する深刻な事態を引き起こすこともあります。ただし、下表に示したとおり、事前計画段階において、既存文献や現地状況、法令等を十分に確認しておくことで、土砂災害発生リスクを低減・回避することができます。

表 事前に確認すべき事項と注意すべき要件の例

項目	確認すべき事項	注意すべき要件の例
文献調査	地形図、空中写真などによる対象地周辺も含めた地形状況や河川状況 各種の地質調査報告書・文献による対象地の地質分布・構造 土地の災害履歴など	崩壊地形、地すべり地形、河川の氾濫原など 軟弱地盤、液状化、断層、火山帯や変質帯の有無など 落石や斜面崩壊などのほか、地盤沈下、地震時の液状化などの災害履歴の有無
現地調査	地形や地質、土地利用状況など	新たな崩壊箇所、既存対策工、不法投棄の有無など
基礎地盤調査	設計に必要な情報（物理特性、化学特性、盛土材料の材料特性等）	軟弱地盤、液状化など 自然由来重金属等の基準値超過など
その他	砂防4法※をはじめとする関連法令 地名：過去の地形変遷の手掛かりとなる場合あり	地すべり防止区域や砂防指定区域などの区域指定の有無 湿地や氾濫原：ケミ（検見川・花見）、ソネ（曾根・大曾根）など

※砂防4法：砂防法、地すべり等防止法、急傾斜面の崩壊による災害の防止に関する法律、土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律（通称：土砂災害防止法）。

これらの確認を怠ると、設計・施工段階や施設稼働時まで、長期にわたって土砂災害発生リスクを抱えた状態となります。土地造成の切土を例にとると、対象地に分布する地質や地形条件、ある

いは用地等の制約により、標準的な法面勾配を適用できない場合があります。しかし、事前にこれら確認時に得られた情報を活用することで、最適な対策を講じることができ、将来的な土砂災害発生リスクとこれに伴うコストを低減することが期待できます。例えば、軟弱地盤の場合には地盤改良等の対策を講じることができますし、落石や崩壊のおそれがある斜面が背後に存在する場合は、法面や斜面を安定させる対策工を実施するほか、被害が想定される範囲から離れた場所に重要施設を計画するなどの対応も考えられます。このように、事業計画段階では不要に思っても、将来を見越した調査を実施しておくことが重要です。

ただし、把握した情報の評価については専門的判断を要することから、必要に応じて調査業者・設計業者の助言を仰ぐことも考えてください。

Column

運転管理段階における土構造物などの点検の重要性

執筆：パシフィックコンサルタント株式会社

国土基盤事業本部 地盤技術部

再生可能エネルギー設備稼働後、施設・機械自体については定期的に点検・維持管理が行われている一方で、周辺の斜面や土構造物（盛土・切土など）については十分な維持管理が行われていないうちがあります。

盛土・切土工や付随する対策工（落石対策工・法面保護工など）についても、施設・機械と同様、年を経るにつれて老朽化・脆弱（ぜいじやく）化するとともに、想定外の異常事象（豪雨・地震など）によって変形・破損が生じる場合があります。従って、維持管理段階では施設・機械の点検だけでなく、周辺の地盤や斜面、土構造物（盛土・切土など）、付随する対策工についても、変状が生じていないか？異常が見られないか？などについて注意を払う必要があります。

土構造物の点検では、平常時の点検（日常・定期・季節ごと）に加えて、自然を相手にすることから、異常時の点検（台風、豪雨、地震後など）を行うのが一般的です。

下表に法面や斜面の点検で着目する土砂災害につながり得る変状の一例を示します。

表 点検で着目すべき変状と土砂災害リスク（一例）

着目すべき変状	土砂災害リスク
亀裂・はらみ出し	・法面や斜面の崩壊、剥落（吹付け工）
湧水・にじみ出し	・盛土や斜面のゆるみ、法肩部でのすべり ・法面・斜面の洗堀 → 土砂の流出
落石や崩土の堆積	・斜面の安定性低下（オーバーハングの形成など） ・周辺施設へ影響 (ポケットが埋まることによる防護機能の低下)
植生の状況（根曲がり・倒木など）	・地すべりや大規模崩壊の兆候 ・落石や斜面の表層崩壊
法面の肌落ち	・雨水の盛土内への浸透→盛土の安定性低下

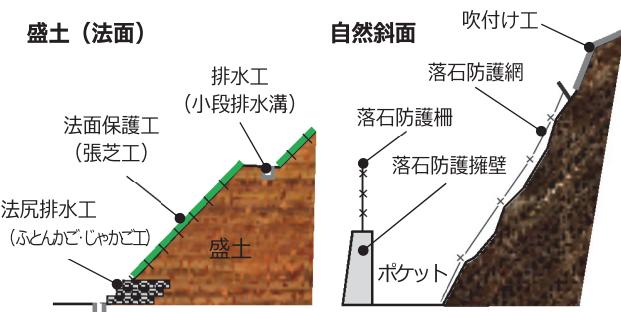


図 土構造物と各種対策工（例）

このように点検では様々なことに着目する必要があります。そのため、点検に先立って、その施設や場所、点検対象に応じた計画（点検時期・項目）を策定することが重要となります。

そして、この計画に基づき適切に点検することで、施設自体や周辺施設へ影響を及ぼすような土砂災害リスクを未然に防ぐと共に、変状が認められた場合でも、応急対応や迅速な対策を施すことができ、将来の土砂災害リスクを低減することができます。このように、点検は施設を長く使用（長寿命化）していく上で重要なものであると共に、得られた様々な情報は、土砂災害リスクへの対応・対策の必要性を検討・判断する上で欠かせないものと言えます。

(4) 完工リスク

本書では太陽熱利用設備導入に係る完工リスクとして、EPC事業者等の技術力不足、設計・施工ミス、盗難などに関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-6-5 太陽熱利用設備導入に係る完工リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
事業計画段階	補助熱源との併用を想定したシミュレーションが不十分なため、太陽熱利用システムの設備が過剰となり、採算性が悪化するおそれ。	★	事業計画段階	給湯や暖冷房など用途を明確にし、システム条件(周辺遮蔽物を考慮した集熱条件、熱需要の想定、太陽熱依存率)を設定し、補助熱源の利用を含めシミュレーションを行い、各熱源容量や運用の最適化を図り、システム全体のコストを下げる。
設計・施工段階	施工業者の与信や技術が一定レベルに達していないことにより、事業者が金融機関から融資を受けられない。	★★	事業計画段階	民間信用調査機関等に依頼し、企業与信情報を取得する。経営事項審査結果の評点の高い事業者などを確認する。
設計・施工段階	機器部品、電子部品などの海外製品を導入する場合、日本規格と異なるため施工ミスが起こる。	★★	設計・施工段階	・海外から導入する機器部品、電子部品などが日本規格と異なるか確認する。異なる場合は部品の組み合わせや接続方法など取り合いの図面作成し、施工ミスを防止する。 ・予定している機器に地元施工会社が対応可能か確認する。
設計・施工段階	文化財の出土により工事遅延が発生し、工事費などのイニシャルコストが増加する。	★★	事業計画段階	建設地が周知の埋蔵文化財包蔵地か確認する。埋蔵文化財調査により追加費用が必要となる場合は、リスク分担を明確にしておく。
設計・施工段階	EPC事業者等の業務遂行能力・信用力や許認可への対応が不十分な場合、計画どおりの期間・予算・性能で完工しない<引用資料3>。	★	事業計画段階	請負企業の事前財務チェック、企業評価の実施、請負業務による金銭的保証など履行保証を契約書に定めておく<引用資料2>。
			設計・施工段階	経験・知識豊富なEPC事業者（例えば経営事項審査結果の評点の高い事業者や類似施設・設備の施工やメンテナンスの実績を有する事業者など）へ発注する。 施工を一貫して実施可能なEPC事業者に発注する。例えば、単一の事業者が全業務を一括して請け負う（フル）ターンキー契約を結び、EPC事業者が完工の責任を負うように契約書に定める。特に、設計、調達、施工を別々に発注する場合は、責任の所在を明らかにしておく。事業者にとって計画段階で予算を確定することができるランプサム契約が可能か検討する<引用資料3>。
設計・施工段階	運用を考慮せずに設計した場合は、不必要的設備や機能を過剰に導入するため、設備費や工事費などイニシャルコストが増える。	★	事業計画段階	計画段階において、設計に必要な諸条件（目的、用途、負荷、準拠図書など）を明確化する。
			設計・施工段階	技術的知見を持った第三者（コンサルタントやコンストラクション・マネージャー等）に相談し、導入する設備や機能が過大になっていないか確認する。

当社
固有の
リスク
種類



リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例			
設計・施工段階	日射のある日中に配管の気密テストを行うと、空気の膨張で機器の耐圧性能を超えて機器を破損するおそれ。	★	設計・施工段階	配管の気密テスト時は、集熱器にカバーをして行うか日射がない時刻に行うと同時に、各部品の耐圧性能を十分把握して、部材の耐圧性能を超えない圧力にする。		
設計・施工段階	大規模な再工事事業の場合は、施工期間が長いため、機器や資材(例えば換気性の高い銅線)などを人里離れた場所で保管する場合、盗難の被害に遭う。	★	設計・施工段階	施工段階から侵入防止用のフェンス・有刺鉄線などの設置、赤外線センサーによる侵入検知と警報ブザー、警報ランプ、LED 照明の導入、遠隔監視システムの採用などによりセキュリティを高める。		
設計・施工段階	分離発注により、各工種の取り合い確認や工程調整等が不十分な場合、タイムオーバーランやコストオーバーランになるおそれ。	★	設計・施工段階	設計・調達、施工を別々に発注する場合には、各請負契約締結時に、契約書面上にて責任の所在を明らかにしておく。各工程において建設期間延長や変更事項が発生する可能性を考慮し、経済的な損失を最小化する内容の工事請負契約を締結する。例えば、期間延長一日当たりの違約金を設定しておく。		
設計・施工段階	設計・施工の中間・完成時に検査がされず、完成図書が整備されていない、又は、内容が不十分な場合は、事業の開始後に事故や修繕などが生じても、その原因究明や計画的な修繕が困難となる。	★	設計・施工段階	・必要書類(実施仕様書、計算書、工事図、機器詳細図、試験成績書、取扱説明書など)を明記した完成図書や竣工図を受領し、それらを事業終了まで適切に管理・保管しておく。 ・特に、施工後に目視での確認が困難な箇所(埋設管等)については、施工途中の様子を記録するとともに、記録を保存しておく。	運転・段階	運転段階で不具合等により改善する事項が出れば、適時完成図書や竣工図を更新する。
運転段階	<建屋設置の場合>施工ミス(折半屋根において、ハゼ金物(ボルト・ナット)の増し締め未実施、屋根ぶき材の破損や隙間・ズレの発生など)により、施工後にある程度経過した際に建屋の雨漏りが発覚し、建築物の劣化・損傷が進む。	★	設計・施工段階	施工ミスを発見するため、工事における点検は、施工中と竣工(しゅんこう)後に分けて行う。施工中点検は工事完了後に不可視部分(目視困難な部分)を、竣工時点検では可視部分を実施し、不具合箇所等を取り除く。		
運転段階	太陽熱利用システム全体の配管経路が長くなる場合、配管からの熱損失が増加する。	★	設計・施工段階	設計・施工段階で、熱損失の少ない配管レイアウトとなるよう配慮する。その上で熱損失が大きくなる箇所には、保温材・断熱材を施工するなどして熱損失を抑える。		
運転段階	蓄熱槽容量の設計が不十分(蓄熱槽容量が小さい場合、高温集熱となり集熱効率の低下、蓄熱槽容量が大きいと必要温度に達しない)のため、性能が発揮されない。	★	設計・施工段階	集熱器による集熱時間・集熱量と施設の熱需要特性(負荷量、給湯や暖房用途)を考慮し、蓄熱槽の最適容量を決定する。蓄熱槽容量の算定は、夏季における蓄熱槽の温度が沸点に達しないこと、蓄熱槽の耐久性を考慮し、時間当たり平均出湯量に対し1/5以上にすることの2点に留意する<引用資料4>。		
運転段階	計画地に対する最適な設置角度・方位が考慮されていないため集熱器台数が過剰又は過小になるおそれ	★	設計・施工段階	設置方位角・傾斜角から日射量を確認し、施設の熱需要特性を考慮して最適台数を決定する。		



(5) 資源リスク

本書では太陽熱利用設備導入に係る資源リスクとして、日射量確保に関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-6-6 太陽熱利用設備導入に係る資源リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
固有のリスク → 工事リスク	事業計画段階	★★	事業計画段階	日射量及び集熱量を詳細に予測するため、設置場所固有の特性（霧が発生しやすいなど）を考慮し、必要に応じて実績のあるコンサルタント等に依頼し予測の精度を高める。
事業計画段階	障害物により日陰の発生する時間帯があり、期待した日射量が確保できない。	★★	設計・施工段階	高い構造物や樹木の位置、日陰の発生等を考慮し、設置方向・角度を適切に設定する。遮蔽物を隣接させないために、施工業者間のコミュニケーションを密に行われているか確認する。

(6) 性能リスク

本書では太陽熱利用設備導入に係る性能リスクとして、設計荷重、施工不良、設備環境などに関するリスクと対策例を紹介しています。また、他の再生可能エネルギーの発電設備や熱利用設備、蓄電池等を組み合わせて導入する際のリスクと対策例は、<再省蓄エネシステムの場合>として紹介しています。

表 2-6-7 太陽熱利用設備導入に係る性能リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	荷重及び外力(固定荷重、積載荷重、積雪荷重、風荷重、地震荷重)により、設備の変形や破損などが生じるおそれ。	★★★	設計・施工段階	<ul style="list-style-type: none"> 建築物の構造耐力上主要な部分への取付けは、荷重及び荷重の組み合わせにより、材料断面に生じる各応力度が材料の許容応力度を超えないことを確かめ、安全上の確認を行う。 新築の場合は建物の構造計算と同時に取付け部や架台の強度を計算し安全を確認する。 既築の場合は設置する建物の構造強度を十分調べた上で、不足があれば補強を行う。 また、メーカー保証に適合した強度を確保した設計・施工を行う<引用資料 5>。
運転段階	<再省蓄エネシステムの場合>事業者自身で、要求性能水準の実現と適切な維持管理を実施できない場合、導入した設備の適切な運用ができず(エネルギー効率の低い運用となる等)、事業性が悪化する。	★★★	設計・施工段階	<ul style="list-style-type: none"> 設備の導入時において、契約内容に試運転調整の実施を明記する等により、施工者等から、導入した設備が設計時にシミュレーションしたとおりの効率的な運転となった状態(要求性能が実現された上)で引渡しを受ける。 EMS(エネルギー・マネジメントシステム)などにより設備の状況を監視・計測したデータを蓄積し解析・評価を行って、導入した設備が設計時のシミュレーションで想定したとおりの効率的な運転となるよう調整を行う。解析・評価に関しては、高度な知識と経験が必要となるため、必要に応じて再省蓄エネシステムの設計実績のある設計者等に依頼する。
運転段階	ピーク負荷に応じた集熱面積とすると、中間期や夏期に熱量が余り、集熱器が空たき状態になるおそれ。	★★	事業計画段階	ベース負荷を対象に集熱規模を見直す。熱量が余る場合は、集熱範囲を限定した運転を行う計画とする。
			設計・施工段階	集熱器に耐熱性の高い材料を選定して落水方式にする。構成部材をシステム圧力の上昇にたえられるものにした密閉式にし、沸騰による空たきを回避する。また、機材に放熱部を設ける。
運転段階	集熱媒体が集熱器に均等に流れない(分流不良)システムでは、各集熱器での温度上昇のばらつきや集熱管内の流速低下による出口水温の高温化などにより、集熱効率が低下するおそれ。	★★	設計・施工段階	集熱媒体の分流不良の発生をできる限り抑制する配管設計を行う。ヘッダー管方式の場合、各集熱器列のヘッダー主配管は、通常リバースリターン配管とし熱損失の少ない往管側(温度が還管より低い)で行う<引用資料 5>。
運転段階	集熱系統が開放となるシステムにおいて、集熱器が集熱ポンプ停止時に空たきされ、集熱配管が高温となり、配管が劣化するおそれ。	★★	設計・施工段階	配管は、耐熱性、耐食性の良い材料を選定する。集熱終了時に集熱系熱媒を蓄熱槽に回収する落水方式などを採用する。

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	設備の運転データの収集・分析を行わず、運転開始時の設定条件で運転しているため、システム全体の効率が低くなるおそれ。	★★	運転段階	・運転データ等を収集・分析し、シーズン、月、日ごとに運転調整を行い、システム全体の効率を上げるようにする。 ・上記の対策を実施するために、発電機の選定を行う際は、運転状況の遠隔監視を行っているメーカーを選定する。
運転段階	集熱器、貯湯槽、配管等の各構成機器を離して配置することにより、熱損失が大きくなり、システム全体の効率が低下する。	★	事業計画段階	各構成機器はできるだけ近くに配置し、熱損失を少なくするために、配管経路は極力短くする。
運転段階	<直接集熱間接加熱方式の場合>集熱循環系が開放しているシステムの場合、蓄熱槽の熱媒体から採熱して間接的に加熱する直接集熱間接加熱方式の場合、集熱循環系が開放しているため、集熱配管・蓄熱槽等の機材の腐食や熱媒体の凍結が発生する。	★	設計・施工段階	不凍液を使用することで、集熱配管・蓄熱槽等の機器に対し腐食抑制及び凍結予防対策を実施する。不凍液を使用する場合は、その使用期限を確認し、期限が切れる前に交換することを保守管理計画に記載するとともに、必要に応じて性能を確認するための点検を行う。 あるいは、腐食抑制として腐食しにくい部材を採用する。凍結対策として集熱終了時に集熱系熱媒を蓄熱槽に回収する落水方式などを採用する。



(7) 自然災害リスク

本書では太陽熱利用設備導入に係る自然災害リスクとして、積雪に関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-6-8 太陽熱利用設備導入に係る自然災害リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	天候・自然災害等による故障・損壊（大雨や河川増水による建屋浸水で設備の故障、地すべり等による建屋流出）が発生するおそれ。	★★	事業計画段階	大雨や河川増水による浸水域や土砂災害地域は有望地点調査の段階から除外し、河川増水の発生確率の低い計画地を選択する。
	設備の損傷に対応するための機械保険や火災保険、逸失利益に対応するために企業費用・利益総合保険などの活用を検討する。		運転段階	
運転段階	積雪時に架台下部（集熱器の下端）と、地面又は屋上等の架台設置面とが、この間に積もった雪でつながり、強力な引張荷重が発生する。	★★	設計・施工段階	架台高さを十分にとる。また仮に積雪でスペースが埋まった場合は、直ちに除雪して強力な引張荷重の発生を防ぐ。集熱器の積雪強度や、設置に対する注意事項等は、事前に各メーカーの仕様より、確認を必要とするが、架台についても目標とする強度を、設置場所での積雪深さの階級、日数等から明らかにしておく。更に、集熱配管や計装工事についても、配管の收まり、配管勾配、保守及び積雪への影響緩和を考慮して計画する。

固有のリスク種類

(8) 需要リスク

本書では太陽熱利用設備導入に係る需要リスクとして、エネルギー供給先の需要変動に関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-6-9 太陽熱利用設備導入に係る需要リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	エネルギー需要先（自家消費先や相対取引による売電・売熱先）の需要変動が季節により大きく増減することで、自家消費率が低下したり、設備の稼働率が低下したりするおそれ。	★★	事業計画段階	過去数年分のエネルギー需要データを基に、年間の変動や将来の需要予測を行い、設備の容量や運転計画を決定する。また、事業における需要変動の許容範囲を設定しておく。
運転段階	<相対による売熱の場合> 契約更新時（発電後の温水等の買取事業者との売熱契約の期間終了時の契約更新時）に、契約更新前の買取価格が他の売熱事業者の価格や化石燃料の価格より高い場合は、低い価格に変更される。	★★	運転段階	発電後の温水等の買取事業者である需要先へは長期割引などのメリットを提示し、長期的な需要確保のために長期の料金単価契約を締結する。

(9) 追加コスト発生リスク

本書では太陽熱利用設備導入に係る追加コスト発生リスクとして、集熱器の空たき、凍結などに関するリスクと対策例を紹介しています。また、他の再生可能エネルギーの発電設備や熱利用設備、蓄電池等を組み合わせて導入する際のリスクと対策例は、〈再省蓄エネシステムの場合〉として紹介しています。

表 2-6-10 太陽熱利用設備導入に係る追加コスト発生リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
固有のリスク種	設計・施工段階	★★	設計・施工段階	設計段階であらかじめ使う 通信プロトコル を統一しておき、 ゲートウェイ 等の追加費用も見込んで設備の選定を行う。
固有のリスク種	運転段階	★★★	設計・施工段階	最適運用を図るために、共通の 通信プロトコル （BACnet、CC-Link、DeviceNetなど）に対応した機器に統一し、EMSを活用した協調運転を行う。
固有のリスク種	運転段階	★★★	設計・施工段階	凍結防止策として、水抜き（落水）のための配管勾配を確保する。
				凍結防止策として、凍結防止ヒーターの設置、凍結予防弁（外気温度を感知してバルブを開放して水を抜く）、集熱温水の再循環などを行う。
			運転段階	凍結防止策として、集熱器系統に不凍液を入れるシステムを選定する。
固有のリスク種	運転段階	★★	事業計画段階	沸騰防止対策として、主に、落水、循環放熱（集熱器の一部だけが温度上昇しないように循環で放熱）、循環放水（集熱系を循環しながら余剰の温水を放水すること）の方法を選択する。一般的には循環放熱及び循環放水を用いる場合が多い。
	運転段階	★★	事業計画段階	・設備の使用期間を想定し、更新が必要な設備を確認する。 ・設備の更新に必要な費用の積立の計画を立てる。
			運転段階	設備の更新の際に活用できる補助金等について情報を収集する。

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
固有のリスク種	運転段階	★★	設計・施工段階	断熱処理を施す。また、配管経路はできるだけ短く簡潔にし、不必要的計器・バルブ類の設置を避け、配管支持部からの放熱等も極力防ぐようにする。
固有のリスク種	運転段階	★★	設計・施工段階	集熱器や配管等の機器は、耐食性の良い材料を選定する。
固有のリスク種	運転段階	★★	運転段階	事故による被害への対応を行うため、損害保険に加入しておく。例えば、業務上の事故に起因する労働災害や設備そのものの故障等の費用負担を補填する損害賠償保険に加入する。
固有のリスク種	運転段階	★	事業計画段階	故障内容により連絡する窓口、例えば海外メーカーの部品であっても、迅速な共有体制があることや、国内の代理店等に部品のストックがある代理店の窓口などを把握しておく。
			設計・施工段階	メンテナンス（保守・点検、部品交換）を適正に実施するために、事業期間におけるメンテナンス頻度とコストが、設備・機器ごとにまとめられた維持管理計画をメーカーから入手し、それを考慮した事業計画を作成する。設備導入者自身の日常点検による設備不具合の早期発見や、メンテナンス技術を有する地元企業を活用してコストを削減することで、メンテナンス費用の低減を行う。
			運転段階	各機器及びシステムの性能、耐久性を維持するため、定期的な保守点検（①日常点検、②定期点検）を実施する。①日常点検は、設備導入者自身が行い、②定期点検はO&M業者、メーカーに委託し定期的に実施する。
固有のリスク種	運転段階	★	設計・施工段階	設置・施工方法やメンテナンス方法を発注仕様書に明記し、適用事項と合致しているか確認する。設計・調達・建設を専門業者に発注する場合、事業者としての信頼性を有しているか（十分な実績、施工体制等に基づく履行能力など）を確認する。
固有のリスク種	運転段階	★	設計・施工段階	断熱のない屋根面等に集熱器を設置する場合は、設置箇所に断熱を施す。また、十分な耐熱性の高い部材を選択する。
固有のリスク種	運転段階	★	設計・施工段階	凍結対策として、落水方式、抜水方式、不凍液方式以外に、強制的に水を循環させる、配管の保温を行う、凍結防止ヒーターを設置するなどを実施する。システムの設置条件（気候、設置スペース、コスト等）を考慮して、システムの選定を行う。

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
廃棄・処分段階	事業終了後（契約解除や契約満了時など含む）に土地を所有者に返還する際、原状回復費の負担が発生する。	★★	事業計画段階	土地の賃貸借契約の中で原状回復の定義について明確化しておく。土地の使用状況に合わせて、将来発生する土地の原状回復費を見越し積み立てておく。
廃棄・処分段階	事業を終了した再エネ設備が放置され、景観悪化、環境汚染（設備に有害物質が含まれる場合はその流出）、公衆安全上の問題（第三者が設備へ接触した際の事故、機器や部品等の飛散、土砂流出など）などが生じるおそれがある。	★	廃棄・処分段階	再エネ設備の撤去及び処分は、廃棄物処理法等の関係法令を遵守し、事業終了後、可能な限り速やかに実施する。

(10) 人的リスク

本書では太陽熱利用設備導入に係る人的リスクとして、設置した設備に起因する人身事故や物損事故、オペレーション時のミス、保守点検体制や人員の不足などに関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-6-11 太陽熱利用設備導入に係る人的リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	経験・知識が不足している O&M 業者が、維持管理業務や運転業務に従事することで瑕疵（かし）が発生し、設備に不具合や劣化等が生じる。	★★	設計・施工段階	O&M 実績を確認し委託する。O&M 事業者の履行に不備があり同一部分の再修理等が必要となった場合には無償で再修理を実施する旨の履行責任条項を業務委託契約に盛り込んでおき、瑕疵が発覚した場合の経済的負担を軽減できるようにしておく。
運転段階	トラブル時に急な対応が遅れ、設備稼働率が低下する。	★★	設計・施工段階	適切な保守・点検及び維持管理計画（①スケジュール、②人的配置・体制計画、③範囲、④方法、⑤安全対策、⑥記録方法など）を策定する。また、深夜／休日、豪雨／豪雪等の状況でも確実に対応できる実施体制の構築を図る。
運転段階	保守・点検を担う職員の異動、退職により、新たな人員が確保できるまで運営トラブル（有資格者が必要な場合は事業中断、最適な運転ができない）が発生するおそれ。	★	設計・施工段階	職員の異動や退職等に備え、複数人での保守・点検の運用体制や書の整備を行う。
			運転段階	職員の異動や退職等に備え、計画的な人員配置を行う。適切な人員が確保できない場合には外部委託を行う。
運転段階	オペレーション時のミスによる事故等により作業員のケガや設備周辺の第三者に被害を及ぼすリスク。	★	運転段階	オペレーション時のミスが発生しないように、設備・機器の運転方法を書化し、それに準じた操作を徹底する。併せて、事故による被害への対応を行うため、損害保険に加入しておく。例えば、業務上の事故に起因する労働災害の費用負担を補填する損害賠償保険に加入する。

2-6-5. 太陽熱利用設備導入に係る主な関係法令

太陽熱利用設備を導入する場合は、法令に基づき、許認可等の手続が必要となります。本項では、許認可等の手続が必要となる主なものについてまとめています。

なお、掲載したものは飽くまでも参考として例示したもので、事業を行う際にはその他関係する法令等を遵守するとともに、地方公共団体の条例等に係る手続についても確認が必要です。

表 2-6-12 太陽熱利用設備導入に係る主な関係法令

法令名称	手続	手続の概要
熱供給事業法	熱供給事業の登録	熱供給事業を行う場合は、経済産業大臣の登録を受けなければならない
	保安規程の届出手続	一定規模の熱供給施設を設置する場合、保安規程を定め、使用の開始前までに国への届出が必要である
森林法	森林の土地所有者届出制度	個人、法人を問わず、売買や相続等により森林の土地を新たに取得した場合、面積にかかわらず市町村長への事後届出が必要である。ただし、国土利用計画法に基づく土地売買契約の届出を提出している場合は対象外である
	森林における開発許可等手続	森林における開発行為には、事前に都道府県知事の許可等が必要である
農地法	農地転用許可手続	農地に設備等を設置する場合、農地以外の地目へと転用するため、事前に市町村農業委員会を経由して、都道府県知事又は指定市町村の長の許可が必要である
生産緑地法	生産緑地地区内の建築行為	生産緑地地区内において、建築物、工作物の建築等、土地の形質の変更、水面の埋立てなどの行為を行おうとする場合に、市町村長の許可を得る必要がある
都市緑地法	特別緑地保全地区内の建築行為	特別緑地保全地区内において、建築物、工作物の建築等、土地の形質の変更、木竹の伐採、水面の埋立てなどの行為を行おうとする場合に、都道府県知事の許可を得る必要がある
国土利用計画法	土地売買等の契約届出手続	一定規模以上の土地の売買等の契約を締結した場合、都道府県知事又は指定都市の長への届出が必要である
公有地の拡大の推進に関する法律	一定規模以上の土地を有償で譲渡しようとする場合等の届出	一定規模以上の土地を有償で譲渡しようとするときは、事前に市長（町村域の土地の場合は町村経由で知事）に届出が必要である 地方公共団体等による買取りを希望するときは、その旨を申し出ができる
都市計画法	開発許可手続	市街化区域等で開発行為を行う場合、都道府県等の許可が必要となる場合がある
砂防法	砂防指定地における行為許可等	砂防指定地において開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
地すべり等防止法	地すべり防止区域内の行為許可	地すべり防止区域内において、開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律	急傾斜地崩壊危険区域内の行為許可	急傾斜地崩壊危険区域内において、開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律	特別保護地区内における行為許可手続	鳥獣の特別保護区域内で開発行為を行う場合、事前に国等の許可が必要である
自然環境保全法	自然環境保全地域等における行為の許可又は届出	原生自然環境保全地域、自然環境保全地域、都道府県自然環境保全地域において工事を行う場合、事前に国又は都道府県の許可が必要である

法令名称	手続	手続の概要
自然公園法	行為許可申請等手続	国立公園や国定公園等で開発行為を行う場合、事前に国等の許可や届出が必要である
土壤汚染対策法	土地の形質の変更に係る届出手続	一定規模の土地の掘削等を行う場合、事前に都道府県等への届出が必要である
採石法、砂利採取法	土石砂利の採取認可	土石砂利の採取を行う場合、事業者は採取計画を定め、都道府県知事の認可が必要である
景観法	景観法等に基づく届出	景観の保全が定められている地域において工事を行う場合、事前に市町村等への届出や認定等が必要である
道路交通法	①道路使用許可手続 ②制限外積載許可手続	①工事等の際に道路を使用する場合、事前に所轄警察署長の許可が必要である ②貨物の運搬時に、車両の積載物の重量、大きさ又は積載方法の制限を超えて運転する場合、事前に車両の出発地を管轄する警察署長の許可が必要である
道路法	道路の占用許可手続等	道路区域内において工事等をするために道路を占用する場合、事前に道路管理者の許可が必要である
	道路法に基づく車両制限	工事等の際に、車両制限の範囲を超える工事車両が道路を通行する場合、事前に道路管理者の許可が必要である
特定工場における公害防止組織の整備に関する法律	公害防止管理者	電気・熱供給事業等で、特定の施設を設置している工場は、公害防止管理者等を選任し、都道府県知事又は市町村長への届出が必要である
文化財保護法	埋蔵文化財包蔵地 土木工事等届出手続	埋蔵文化財が確認されている土地において発電設備等の設置のため開発行為を行う場合、事前に都道府県・政令指定都市等への届出が必要である
	史跡・名勝・天然記念物指定地の現状変更の許可	史跡・名勝・天然記念物指定地において開発行為を行う場合、事前に国等への許可が必要である
	遺跡の発見報告	工事を行っている際に遺跡を発見した場合は、都道府県・政令指定都市等への届出が必要である

出典：主に資源エネルギー庁（2019）「再生可能エネルギー事業支援ガイドブック令和元年度版」、既存資料を参考に作成

2-6-6. 引用・参考資料

〈引用資料〉

1. 経済産業省 資源エネルギー庁（2018）「事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）」
2. 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）（2017）「バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針」
3. 環境省（2018）「地域における再エネ事業の事業性評価等に関する手引き（金融機関向け）Ver3.1～太陽光発電事業編～」
4. 茅 陽一（2002）「新エネルギー大事典」工業調査会
5. 一般社団法人 ソーラーシステム振興協会（2013）「業務用太陽熱利用システムの設計・施工ガイドライン」

〈参考資料〉

6. 浅井 俊二（（社）ソーラーシステム振興協会）（2011）「最近の太陽熱利用の動向について」『BE 建築設備』 vol.62 一般社団法人 建築設備総合協会
7. 真木 宏任（2011）「ヒートパイプ方式による真空管式太陽熱利用システム」『BE 建築設備』 vol.62 一般社団法人 建築設備総合協会
8. 岸 克（2010）「太陽熱利用の取組と面的に普及させるための課題について」『新都市』 vol.64 公益財団法人 都市計画協会
9. 越水 大介「業務用太陽熱利用空調システム「ソーラークーリングシステム」」『BE 建築設備』 vol.62 一般社団法人 建築設備総合協会
10. 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）（2014）「NEDO 再生可能エネルギー技術白書 第2版（第5章 太陽熱発電・太陽熱利用）」
11. 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）（2009）「業務用太陽熱利用システムの導入検討ガイドライン」
12. 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）（2009）「業務用太陽熱利用システムの設計ガイドライン」
13. 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）（2009）「業務用太陽熱利用システムの施工・保守ガイドライン」
14. 関家 一宏、河野 有吾「分譲マンション用太陽熱利用システムの実際」『BE 建築設備』 vol.62 一般社団法人 建築設備総合協会
15. 長岡 典夫「業務用太陽熱利用給湯システム」『BE 建築設備』 vol.62 一般社団法人 建築設備総合協会
16. 盧 炫佑「空気集熱式太陽熱暖房・給湯システム」『BE 建築設備』 vol.62 一般社団法人 建築設備総合協会
17. 経済産業省 資源エネルギー庁（2018）「再エネ事業支援ガイドブック 平成30年度版」
18. 経済産業省 資源エネルギー庁（2014）「再エネスキル標準（GPSS）ガイドブック」
19. 一般社団法人 新エネルギー導入促進協議会（2014）「再エネ熱 事例集」
20. 北海道（2015）「エネルギー地産地消導入検討書」
21. 東京海上日動リスクコンサルティング株式会社（2012）「再エネ関連事業参入のチャンスとリスク」『リスクマネジメント最前線 2012-17』 2012年11月9日号
22. 総務省ウェブサイト「再エネ資源等の賦存量等の調査についての統一的なガイドライン～再エネ資源等の活用による「緑の分権改革」の推進のために～」（2011年3月1日 緑の分権改革推進会議 第四分科会（第4回））
23. 経済産業省（2005）「先進企業から学ぶ事業リスクマネジメント実践テキスト」
24. 認定NPO法人 環境エネルギー政策研究所（2018）「自然エネルギー白書2017」
25. 江口智子・佐藤康之編（2016）『再エネ開発・運用にかかる法規と実務ハンドブック』水上貴央監修、工ヌ・ティ・エス
26. 一般財団法人 ヒートポンプ・蓄熱センター（2016）「蓄熱技術基準書運用ガイドブック」

2-6-7. 太陽熱利用設備導入に関する用語解説

「2-6. 太陽熱利用設備導入に係るリスクとその対策」で示した太文字の用語解説となっています。一般的の用語集とは異なり、技術的な解説は必要最小限にとどめていますので、技術面の詳細は専門書等を参照してください。

EPC

Engineering, Procurement, Construction の略称。「ターンキー契約」と同等で、設計(Engineering)、調達(Procurement)、建設(Construction)を含む、プロジェクトの建設工事請負契約のこと。

O&M(Operation&Maintenance)

施工後の発電施設における運転管理業務や設備維持管理業務のこと。

オーバーハング

岩盤が垂直を超えてせり出している状態。斜面下部が軟らかく、上部に硬い場合に形成されやすい。

河川の堰止め

崩土により河道が閉塞すること。天然ダムとも呼ばれる。

ゲートウェイ

通信プロトコルの変換などにより、異なる通信プロトコルを有する機器、設備間での相互接続を可能とする装置のこと。

通信プロトコル

異なる機器、設備を相互接続するために必要となる手順や規約(データ送受信のタイミング、データの形式、通信エラー時の対応など)などの通信上の約束事。

デューデリジェンス

事業の適格性を把握するために行う調査のこととで、投資を行う際、投資対象の土地の価値や収益力、リスクなどを詳細に調査・分析すること。

取引信用保険

取引先の倒産や支払遅延等により、販売代金を回収できなくなった場合に、損害の一定部分などについて保険金が支払われるもの。

ハゼ

金属板の接合において、板を折り曲げ、かみ合わせる形にした部分を指す。

(法面の) 肌落ち

法面の表層が剥離して落下すること。

はらみ出し

地すべりや地下水の影響等により斜面や法面が押し出されている(膨らんでいる)状態。

ポケット

落石防護擁壁背後の斜面との間に設けられた空間で、落石や崩土を堆積させる場所。

預託金

賃貸借契約の際に借主が貸主に一定の金額を無利息で預け入れる金銭の総称で敷金、保証金のこと。

ランプサム契約

商取引の解約形態の一つで、契約金額として約定された固定金額で契約上の義務を請け負う契約。契約当事者間の合意がない限り原則として金額は変更されない。

リバースリターン配管

集熱媒体の流量を一定にするため、配管距離が一定になるように配管する方式。

2-7. 地中熱利用設備導入に係るリスクとその対策

本書について

| 引用・資料について

引用又は参考にした資料を、節末の「引用・参考資料」に記載しています。

| 用語について

太文字（例：O&M）で記載されている用語は、節末の「用語解説」においてその内容を説明しています。

2-7-1. 地中熱利用設備導入の流れとリスクとその対策の考え方

地中熱利用設備の事業計画から撤去・処分までの大まかな流れを図 2-7-1 に示します。本書では、リスクが顕在化する事業段階（設計・施工、運転管理、撤去・処分）から事業計画段階まで遡り、各段階で取り得るリスク対策に優先順位を付けて体系的に整理しています。なお、再生可能エネルギー設備、蓄エネルギー設備、省エネルギー設備を組み合わせて導入するシステム（以下「再省蓄エネシステム」といいます。）のリスクとその対策例も紹介（該当リスクは表内で「<再省蓄エネシステムの場合>」と記載）しています。

「2-7-3. 地中熱利用設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧」にて例示しているリスクとその対策には、関係法令及び条例への対応に係る内容を一部含んでいますが、遵守すべき法令や条例への対応を網羅しているとは限らないため、各事業者の責任の下で設備を設置する土地を管轄する地方公共団体等に事前に相談、確認をした上で必要な対応を実施することが求められます。なお、地方公共団体の相談先が明確でない場合は、都道府県や市町村の再生可能エネルギー関連部局に相談することが有効です。

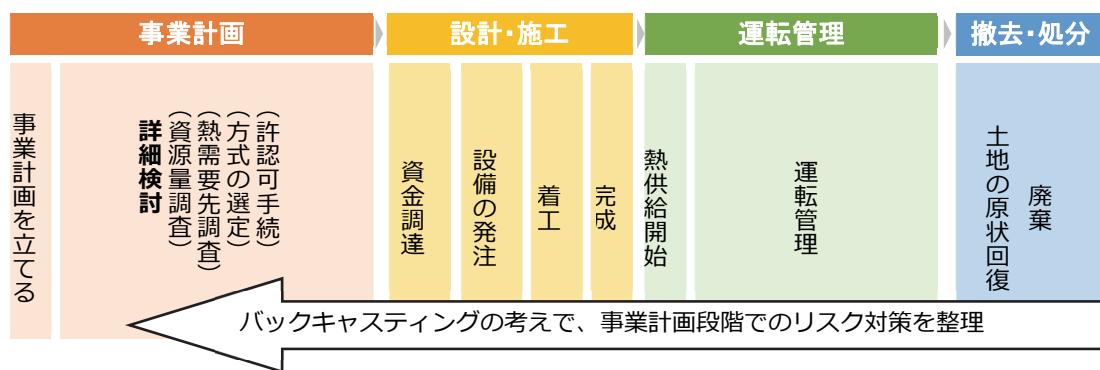


図 2-7-1 地中熱利用事業の流れ

出典：環境省（2018）「地域における再生可能エネルギー事業の事業性評価等に関する手引き（金融機関向け）Ver 3.1 小水力発電事業編」より作成

2-7-2. 地中熱利用設備導入に係るリスクの分類

本書で取り扱っている地中熱利用設備導入に係るリスクを分類別にまとめると表 2-7-1 のようになります。

(リスクの考え方やリスクマネジメントの説明については 1 章を御参照ください。)

表 2-7-1 地中熱利用設備導入に係るリスク分類別のリスク数

リスク分類	リスク概要	リスクの数※	頁
制度リスク	規制、許認可、制度改正、系統連系に係るリスクのほか、合意形成に関するリスク	5	p.218
土地リスク	事業用地取得時の契約、事業用地の利用継続に係るリスク	5	p.220
環境リスク	事業活動による環境変化が、人の健康や生態系に影響を及ぼすリスク	0	p.221
完工リスク	コスト・タイムオーバーランにつながる設計・施工、EPC 業者等、資金調達に係るリスク	8	p.221
資源リスク	資源調達時における量及び質、調達価格に係るリスク	3	p.223
性能リスク	システム効率の低下につながるメンテナンス不足、機器トラブルに係るリスク	5	p.224
自然災害リスク	自然災害（暴風、豪雨、豪雪、洪水、地震など）やそれに伴う土砂災害（斜面崩壊、地すべりなど）、落雷などに係るリスク	1	p.225
需要リスク	エネルギー需要の変動、契約更新に係るリスク	3	p.226
追加コスト発生リスク	資源の品質基準の不一致、機器損傷、物損・人的被害の損害賠償、メーカー保証適用事項との不一致、機会損失、ユーティリティコスト増加、事業終了後の原状回復などに係るリスク	10	p.227
人的リスク	オペレーションミス、メンテナンス体制や人材不足に係るリスク	4	p.229
	計	44	

※：本項で扱うリスクの数

次項 2-7-3. に地中熱利用設備導入に係るリスクとその対策をリスク分類（大項目）別に掲載しています。事業計画時にはこちらを参考にして事業のリスクを抽出し、必要なリスク対策の検討に活用してください。

図 2-7-2 のように事業への影響度と発生頻度からリスクをレベル分けし、★の数でリスクの大きさを示していますので、重大リスクから優先的に対策を行うことが可能です。

リスク対策については、事業段階別に分けて掲載しています。各事業段階で可能なリスク対策を把握し、事業に必要なリスク対策を計画的に実行していくことが肝要です。

なお、リスクは個別事業の事情により異なるものもあるため、起こり得る全てのリスクを網羅しているわけではないことに御注意ください。

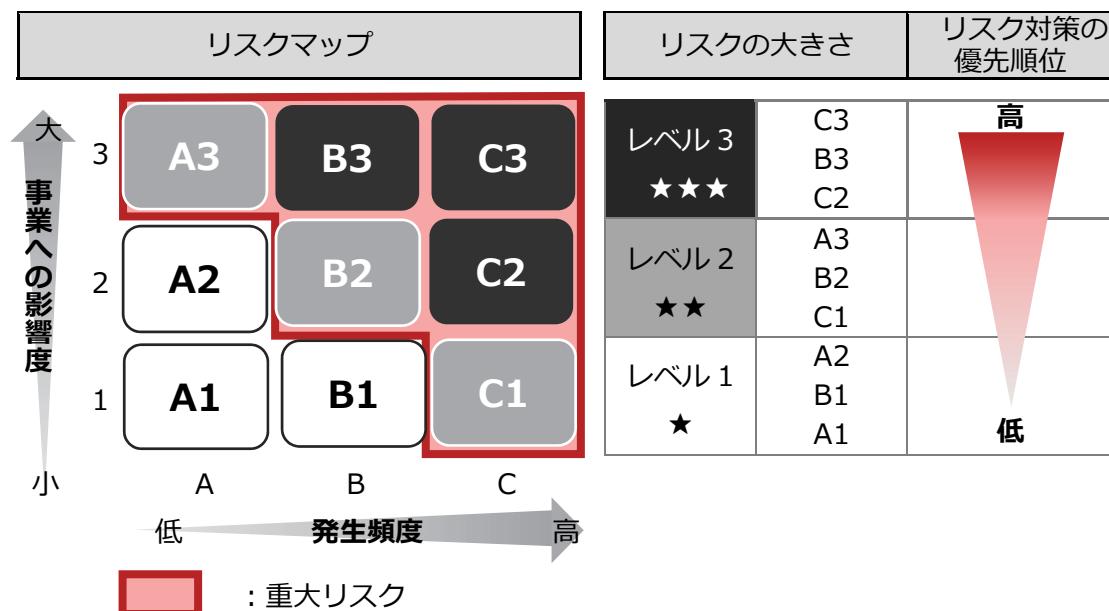


図 2-7-2 本書におけるリスク評価の考え方

2-7-3. 地中熱利用設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧

地中熱利用設備導入に係る重大リスクのうち、レベル3に該当するリスクとその概要について事業段階ごとに一覧で整理しました。各リスクの詳細とその対策については参照ページをご確認ください。

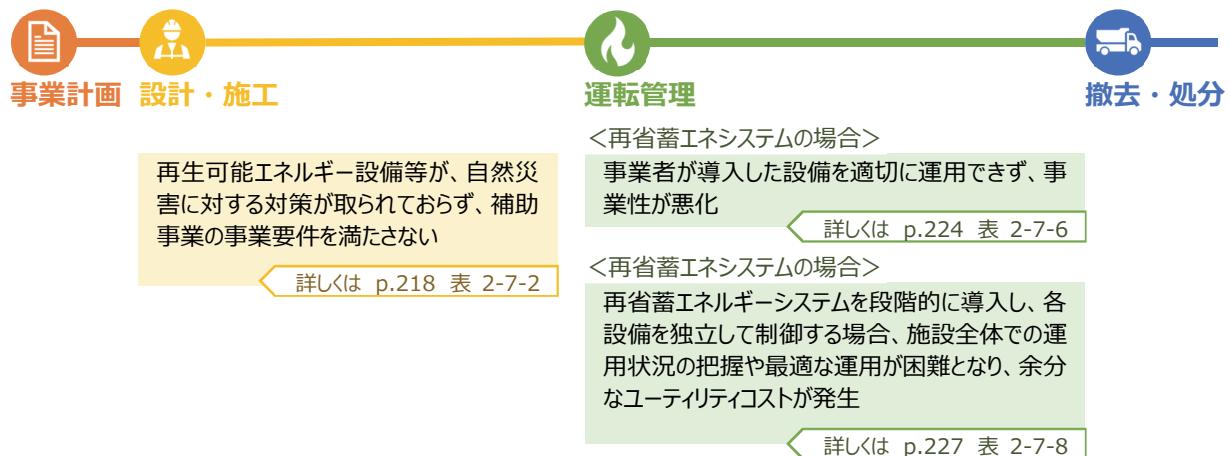


図 2-7-3 地中熱利用設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧

2-7-4. 地中熱利用設備導入に係るリスクとその対策の一覧

(1) 制度リスク

本書では地中熱利用設備導入に係る制度リスクとして、設備導入者によるコントロールの及びにくい、許認可、規制、制度改正、地域住民等との合意形成などに起因するリスクと対策例を紹介しています。

リスクレベル3の重大リスクとして、補助金で導入した再生可能エネルギー設備等が、自然災害への対策が取られておらず、事業要件を満たさないおそれが挙げられます。

表 2-7-2 地中熱利用設備導入に係る制度リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例		
事業計画段階	事業による環境への影響（水質、騒音、景観等）が顕在化し、関係者と事業継続に係る合意形成が図れず事業が中断・中止する。	★★	事業計画段階	計画段階で、環境の現況調査を実施するとともに、水質や騒音等については環境基準を正しく理解した上で事業申請を行う。景観等については、慎重に地元と関係構築をしつつ合意形成を図る。なお、対策が必要な場合は、複数の環境配慮対策を検討し、関係者との協議を踏まえた設計・施工・運転管理計画を作成する。	
			設計・施工段階	地方公共団体が再生可能エネルギー設備設置に景観形成基準を定めている場合は、配置、色彩などを基準に適合させた設計を行う。施工段階における環境への影響をモニタリング（状態を監視、観測や測定）し、その状況を関係者と共有する。環境への影響変化の兆候を確認した場合は、関係者と協議を行い、新たに環境配慮対策を考慮した施工を行う。	
			運転段階	運転段階においても環境への影響をモニタリングし、環境への影響変化の兆候を確認した場合は、関係者と協議を行い、新たな環境配慮対策を反映した運転管理計画を作成する。	
事業計画段階	<オープンループ方式の場合> 地下水利用に揚水規制がかかっている地域や、揚水しようとする地下に有害物質が含まれる場合は、手続や追加設備コストがかかる。	★	事業計画段階	・計画段階に地下水成分の分析を行い、有害物質を含む場合は事業回避する。又は、事業を実施する場合は、その他の方式（クローズドループ方式や空気循環など）を採用し、採算性のシミュレーションを実施する。 ・有害物質が含まれない場合は、揚水規制にかかっていないか確認し、該当する場合は揚水規制範囲内で事業実施可能か検討する。	
設計・施工段階	補助金で導入した再生可能エネルギー設備等が、地震・地すべり・台風・集中豪雨・豪雪・津波などの自然災害に対する十分な強度計算や対策が取られておらず、事業要件（地域における自然的社会的条件に応じた、再エネ普及・拡大の妨げとなっている課題への適切な対応を備えていること）を満たさないおそれ。	★★★	設計・施工段階	自然災害（地震・地すべり・台風・集中豪雨・豪雪・津波など）に対する災害対応基準（設備の耐震設計に関するガイドラインなど）やそれに類するもの（各種再生可能エネルギー設備の設計・施工のガイドライン、地方公共団体等が公表しているハザードマップなど）に従い設計図書等を作成し、それに基づき、所要の安全度が確保されるように設計・施工を行う。	

当工ネ
リスク
種

リスクの内容		リスク レベル	リスク対策例	
運転段階	<オープンループ方式の場合>使用後の水を河川等へ放流する方法(放流型)の場合、放流先の水質基準に適合させる必要がある。	★	事業計画段階	満たすべき主な水質基準として、下水道へ放流する場合は下水道法に適合、河川、海、池等へ放流する場合は水質汚濁法のほか、放流先を所管する各都道府県や市町村で定められた基準に従う。基準を超えた水質の場合は処理を行う必要がある。
運転段階	法人税や消費税、その他の税に係る制度の変更によって、経費の支払が増える。	★	運転段階	運転段階において、税に係る制度変更を把握した時点で事業計画を見直す。

(2) 土地リスク

本書で取り扱う地中熱利用設備導入に係る土地リスクとして、用地確保に係る契約、事業を借地や公有地で実施する場合のリスクと対策例を紹介しています。

表 2-7-3 地中熱利用設備導入に係る土地リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
事業計画段階	他事業者が、事業地確保のために好条件を提示したことにより、他事業者と地権者との間で先に契約締結されてしまい、土地が確保できなくなるおそれ。	★★	事業計画段階	本契約を締結する前に、期限付契約（期限を設け、期限内では他事業者と契約締結しない契約）や予約契約（将来、契約を締結することを事前に当事者が合意した契約）を締結する。例えば、地権者から「ほかの再生可能エネルギー事業者とは○箇月の間は協議しない。」や「年間土地賃借料は○円とする。」など、契約書や覚書等に明記する。
事業計画段階	計画予定地において第三者による抵当権や賃借権等の土地利用権の設定確認が遅れ、無駄なコストと時間が発生するおそれ。	★	事業計画段階	計画地の登記簿謄本（全部事項証明書）により抵当権の設定を早めに確認するといった、土地のデューデリジェンス（事業の適格性を把握するために行う調査）を行う。抵当権が設定されている場合は、他計画地を探す。若しくは、現土地所有者に照会し、抵当権抹消の可能性について確認する。抵当権が抹消できる場合は、抵当権抹消手続を進め新規に事業者が抵当権を設定して事業を進める。
事業計画段階	計画地の早期確保を目的に、予約契約として土地所有者に預けた高額の土地預託金が返還されないリスク。	★	事業計画段階	商取引の際に信頼できる第三者を仲介させ、契約内容が担保されたものとする。預託金の場合は、エスクロー・エージェント（請負の多くは信託会社や信託銀行）へお金を預け、何らかの事情で契約が終了した場合に預託金が返還される手法（エスクロー）を採用する。
運転段階	<事業を公有地で実施する場合>国、地方公共団体等の求めにより、事業用地を公共の用途に供することを理由に、土地使用契約を解除され、土地の利用継続が困難となるおそれ。	★★	事業計画段階	事業期間内の契約解除の際には、逸失利益相当の補償金額が地権者（地方公共団体等）から支払われる旨を、土地契約締結時の条項として入れることを交渉し、土地利用の継続性を高める。
運転段階	<事業を借地で実施する場合>事業開始後に土地の所有者（土地賃貸人）の変更（相続による変更も含む）に伴い、土地契約の内容（賃料の値上げ、支払条件、契約期間など）が見直され、事業者にとって不利な契約となるおそれ。また、土地所有者の破産、売却等により土地の利用継続が困難となるおそれ。	★★	事業計画段階	・事業期間中の利用権を有し続けることができるよう、長期利用権を取得する。また、賃貸借契約において、賃借権の登記を行い、土地利用権の保有策を講じる。 ・事業期間が非常に長期にわたることが一般的であるため、買取を原則とする。また、土地所有者が変更しても、事業期間中の利用権を継続できるように、賃貸借契約の内容が担保される契約（物価の変動以外の理由で賃料引上げを行わないとする条項の追加など）にしておき、将来的な相続等で賃料引上げがされることがないように対抗要件を具備する。事業期間に応じた地上権、地役権、賃借権を設定する。

(3) 環境リスク

本書では地中熱利用設備導入に係る環境リスクは記載しておらず、「事業による環境への影響が顕在化し、関係者と事業継続に係る合意形成が図れず事業が中断・中止する」といった一般的な合意形成に関するリスクと対策例は、制度リスクで取り扱っています。

(4) 完工リスク

本書では地中熱利用設備導入に係る完工リスクとして、**EPC**事業者等の技術力不足、設計・施工ミス、盗難などに関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-7-4 地中熱利用設備導入に係る完工リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	施工業者の与信や技術が一定レベルに達していないことにより、事業者が金融機関から融資を受けられない。	★★	事業計画段階	民間信用調査機関等に依頼し、企業与信情報を取得する。経営事項審査結果の評点の高い事業者などを確認する。
設計・施工段階	文化財の出土により工事遅延が発生し、工事費などのイニシャルコストが増加する。	★★	事業計画段階	建設地が周知の埋蔵文化財包蔵地か確認する。埋蔵文化財調査により追加費用が必要となる場合は、リスク分担を明確にしておく。
設計・施工段階	機器部品、電子部品などの海外製品を導入する場合、日本規格と異なるため施工ミスが起こる。	★★	設計・施工段階	・海外から導入する機器部品、電子部品などが日本規格と異なるか確認する。異なる場合は部品の組み合わせや接続方法など取り合いの図面作成し、施工ミスを防止する。 ・予定している機器に地元施工会社が対応可能か確認する。
設計・施工段階	EPC 事業者等の業務遂行能力・信用力や許認可への対応が不十分な場合、計画どおりの期間・予算・性能で完工しない<引用資料3>。	★	事業計画段階	請負企業の事前財務チェック、企業評価の実施、請負業務による金銭的保証など履行保証を契約書に定めておく<引用資料2>。
			設計・施工段階	経験・知識豊富な EPC 事業者（例えば経営事項審査結果の評点の高い事業者や類似施設・設備の施工やメンテナンスの実績を有する事業者など）へ発注する。 施工を一貫して実施可能な EPC 事業者に発注する。例えば、単一の事業者が全業務を一括して請け負う（フル）ターンキー契約を結び、 EPC 事業者が完工の責任を負うように契約書に定める。特に、設計、調達、施工を別々に発注する場合は、責任の所在を明らかにしておく。事業者にとって計画段階で予算を確定することができるランプサム契約が可能か検討する<引用資料3>。
設計・施工段階	運用を考慮せずに設計した場合は、不必要的設備や機能を過剰に導入するため、設備費や工事費などイニシャルコストが増える。	★	事業計画段階	計画段階において、設計に必要な諸条件（目的、用途、負荷、準拠図書など）を明確化する。
			設計・施工段階	技術的知見を持った第三者（コンサルタントやコンストラクション・マネージャー等）に相談し、導入する設備や機能が過大になっていないか確認する。

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	大規模な再エネ事業の場合は、施工期間が長いため、機器や資材（例えは換金性の高い銅線）などを人里離れた場所で保管する場合、盗難の被害に遭う。	★	設計・施工段階	施工段階から侵入防止用のフェンス・有刺鉄線などの設置、赤外線センサーによる侵入検知と警報ブザー、警報ランプ、LED 照明の導入、遠隔監視システムの採用などによりセキュリティを高める。
設計・施工段階	設計・施工の中間・完成時に検査がされず、完成図書が整備されていない、又は、内容が不十分な場合は、事業の開始後に事故や修繕などが生じても、その原因究明や計画的な修繕が困難となる。	★	設計・施工段階	・必要書類（実施仕様書、計算書、工事図、機器詳細図、試験成績書、取扱説明書など）を明記した完成図書や竣工（しゅんこう）図を受領し、それらを事業終了まで適切に管理・保管しておく。 ・特に、施工後に目視での確認が困難な箇所（埋設管等）については、施工途中の様子を記録するとともに、記録を保存しておく。
			運転・段階	運転段階で不具合等により改善する事項があれば、適時完成図書や竣工図を更新する。
設計・施工段階	分離発注により、各工種の取り合い確認や工程調整等が不十分な場合、タイムオーバーランやコストオーバーランになるおそれ。	★	設計・施工段階	設計、調達、施工を別々に発注する場合には、各請負契約締結時に、契約書面上にて責任の所在を明らかにしておく。各工程において建設期間延長や変更事項が発生する可能性を考慮し、経済的な損失を最小化する内容の工事請負契約を締結する。例えば、期間延長一日当たりの違約金を設定しておく。

(5) 資源リスク

本書では地中熱利用設備導入に係る資源リスクとして、地下水位、地盤の熱特性、採熱に関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-7-5 地中熱利用設備導入に係る資源リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例		
設計・施工段階	<クローズドループ方式の場合>地盤の熱特性の把握が不十分のため、不適切なシステム設計となるおそれ。	★★	設計・施工段階	地中と熱交換を行う熱媒体は、①使いやすさ（価格、入手の難易、不燃性、腐食耐性、低粘性など）、②熱的特性（比熱、熱伝導率、凍結温度、熱安定性など）、③環境影響（毒性の有無、生分解性など）に留意し、必要な性状を満たす材料を選定する。	
			設計・施工段階	熱応答試験のデータや地盤の計算データがない場合は、設計時にデフォルト（95%の下限値）の $\lambda = 1.2 \text{W/mK}$ を用い、建築確認申請の対応を行う	
運転段階	過剰な揚水をした場合は地下水位の変動で地盤特性が変化する可能性がある	★★	事業計画段階	可能揚水量を確認するための試験（①段階揚水試験、②連続揚水試験、③回復試験）を実施する。①段階揚水試験は、最大揚水量を把握するために、揚水量を段階的に増加させ、揚水量と地下水位の関係を調査する試験。②連続揚水試験は、段階揚水試験の結果に基づく最大揚水量を連続的に揚水し、地下水位の安定を確認する試験。③回復試験は、揚水を停止後、水位の回復状況を確認する試験。	
運転段階	<クローズドループ方式の場合>暖房時において、地中からの採熱が過度の場合、土中温度が低下し凍結を引き起こすおそれ。	★★	設計・施工段階	熱媒体が 0 ℃以下とならないよう、熱負荷（需要）を想定し、それらに適合した採熱管（地中熱交換器）の本数及び深さを設計する。また、採熱管からの横引き配管部分では、凍結すると地面の隆起（凍上）が発生するおそれがあるため、断熱材で覆う等の措置を実施する。	

(6) 性能リスク

本書では地中熱利用設備導入に係る性能リスクとして、熱効率の低下などに関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-7-6 地中熱利用設備導入に係る性能リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	<再省蓄エネシステムの場合>事業者自身で、要求性能水準の実現と適切な維持管理を実施できない場合、導入した設備の適切な運用ができず（エネルギー効率の低い運用となる等）、事業性が悪化する。	★★★	設計・施工段階	・設備の導入時において、契約内容に試運転調整の実施を明記する等により、施工者等から、導入した設備が設計時にシミュレーションしたとおりの効率的な運転となった状態（要求性能が実現された上）で引渡しを受ける。 ・EMS（エネルギー・マネジメント・システム）などにより設備の状況を監視・計測したデータを蓄積し解析・評価を行って、導入した設備が設計時のシミュレーションで想定したとおりの効率的な運転となるよう調整を行う。解析・評価に関しては、高度な知識と経験が必要となるため、必要に応じて再省蓄エネシステムの設計実績のある設計者等に依頼する。
運転段階	<オープンループ方式の場合>地下水に含まれる成分により、熱交換器やその他機器にスケールが付着し熱供給量が低下する。	★★	事業計画段階	水質調査の結果、不適切であればクローズドループ方式に変更する。
運転段階	<オープンループ方式の場合>地下水に含まれる腐食成分や土壤粒子により、配管材の腐食、劣化や損傷が進み、採熱効果が低下する。	★★	設計・施工段階	水質分析を行い、適正な機器（スケールが付着しにくい構造をした機器や部材など）の選定を行う。メンテナンスとして、地下水の水質分析とスケール除去を定期的に実施する。
運転段階	<オープンループ方式の場合>使用後の水を地下に還元する方法（還元井型）の場合、還元された水が揚水井へ戻り、熱効率が低下する。	★★	運転段階	メンテナンスとして、熱源の成分分析と異物除去を定期的に実施する。
運転段階	揚水井と還元井の配置（位置関係や離隔）は地下水の流速・流向を考慮し設計する。	★★	設計・施工段階	揚水井と還元井の配置（位置関係や離隔）は地下水の流速・流向を考慮し設計する。
運転段階	設備の運転データの収集・分析を行わず、運転開始時の設定条件で運転しているため、システム全体の効率が低くなるおそれ。	★★	運転段階	・運転データ等を収集・分析し、シーズン、月、日ごとに運転調整を行い、システム全体の効率を上げるようにする。 ・上記の対策を実施するために、発電機の選定を行う際は、運転状況の遠隔監視を行っているメーカーを選定する。

(7) 自然災害リスク

地中熱利用設備導入に係る自然災害リスクとして地震が考えられますが、**オープンループ方式**や**クローズドループ方式**で地震による被害が少ないと言われており、ここでは自然災害リスクを取り扱っていません。地中熱ヒートポンプシステムの地中熱交換器を含む地中部分は、高密度ポリエチレン製のパイプで、最近更新されるガス管、水道管と同じ材質であり、地震に対して十分な耐震性を有しているといわれています。

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	天候・自然災害等による故障・損壊（大雨や河川増水による建屋浸水で設備の故障、地すべり等による建屋流出）が発生するおそれ。	★★	事業計画段階	大雨や河川増水による浸水域や土砂災害地域は有望地点調査の段階から除外し、河川増水の発生確率の低い計画地を選択する。
			運転段階	設備の損傷に対応するための機械保険や火災保険、逸失利益に対応するために企業費用・利益総合保険などの活用を検討する。

(8) 需要リスク

本書では地中熱利用設備導入に係る需要リスクとして、エネルギー供給先の需要変動に関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-7-7 地中熱利用設備導入に係る需要リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	エネルギー需要先（自家消費先や相対取引による売電・売熱先）の需要変動が季節により大きく増減することで、自家消費率が低下したり、設備の稼働率が低下したりするおそれ。	★★	事業計画段階	過去数年分のエネルギー需要データを基に、年間の変動や将来の需要予測を行い、設備の容量や運転計画を決定する。また、事業における需要変動の許容範囲を設定しておく。
運転段階	＜相対による売熱の場合＞契約更新時に、契約更新前の買取価格が他の売熱事業者の価格や化石燃料の価格より高い場合は、低い価格に変更される。	★★	運転段階	温水等の買取事業者である需要先へは長期割引などのメリットを提示し、長期的な需要確保のために長期の料金単価契約を締結する。
運転段階	＜相対による売熱の場合＞熱や電力の買取事業者の倒産により、新たな買取事業者による買取り開始されるまでの間、収入が得られない。	★★	運転段階	事前に熱の買取事業者の与信力を確認しておく。買取事業者の倒産に備えて取引信用保険に加入しておく。

(9) 追加コスト発生リスク

本書では地中熱利用設備導入に係る追加コスト発生リスクとして、過度な揚水、運用トラブルなどに関するリスクと対策例を紹介しています。また、他の再生可能エネルギーの発電設備や熱利用設備、蓄電池等を組み合わせて導入する際のリスクと対策例は、<再省蓄エネシステムの場合>として紹介しています。

表 2-7-8 地中熱利用設備導入に係る追加コスト発生リスクとその対策

リスクの内容		リスク レベル	リスク対策例	
設計・施工段階	<再省蓄エネシステムの場合>地中熱利用設備等の再生可能エネルギー熱利用設備と再生可能エネルギー発電設備を導入し、EMSによる監視・制御を行う場合、共通の 通信プロトコル (BACNET、CC-Link、DeviceNetなど) が標準的に使われていないため、相互に通信するために ゲートウェイ 等の追加費用が発生する。	★★	設計・施工段階	設計段階であらかじめ使う 通信プロトコル を統一しておき、 ゲートウェイ 等の追加費用も見込んで設備の選定を行う。
運転段階	<再省蓄エネシステムの場合>再生可能エネルギー発電設備、再生可能エネルギー熱利用設備、蓄エネエネルギー設備等を再省蓄エネエネルギーシステムとして段階的に導入する場合、それぞれの設備が独立して制御され、施設全体での運用状況の把握や最適な運用が困難となり、運用者の手間や余分なユーティリティコストが発生する。	★★★	設計・施工段階	最適運用を図るために、共通の 通信プロトコル (BACnet、CC-Link、DeviceNetなど) に対応した機器に統一し、EMSを活用した協調運転を行う。
運転段階	耐用年数を超えて設備を利用する場合、更新費用が足りず設備の継続利用ができないおそれがある。	★★	事業計画段階	・設備の使用期間を想定し、更新が必要な設備を確認する。 ・設備の更新に必要な費用の積立の計画を立てる。
			運転段階	設備の更新の際に活用できる補助金等について情報を収集する。
運転段階	<クローズドループ方式の場合>設計上の温度や循環量を大きく超えた運用をすることなどにより、運転に支障が生じ、損失が大きくなるおそれ。	★★	運転段階	熱媒体の循環量や温度をモニタリングし、設計に準じた運転を実施する。
運転段階	<オープンループ方式の場合>設計上の揚水量を大きく超えた運用をしたり、地下水位が変化したりすることなどにより、運転に支障が生じ、損失が大きくなるおそれ。	★★	運転段階	揚水量や地下水位などをモニタリングし、設計に準じた運転を実施する。
運転段階	事故等により作業員のケガや設備周辺の第三者に被害を及ぼし損害賠償が発生する。	★★	運転段階	事故による被害への対応を行うため、損害保険に加入しておく。例えば、業務上の事故に起因する労働災害や設備そのものの故障等の費用負担を補填する損害賠償保険に加入する。

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	メーカーの性能保証に適用除外事項が規定されている場合、設置・施工方法やメンテナンス方法が適用事項と合致していないことにより、保証が受けられず、追加費用が発生する。	★	設計・施工段階	設置・施工方法やメンテナンス方法を発注仕様書に明記し、適用事項と合致しているか確認する。設計・調達・建設を専門業者に発注する場合、事業者としての信頼性を有しているか(十分な実績、施工体制等に基づく履行能力など)を確認する。
運転段階	設備・機器の不具合や故障が発生し、当初の見込みより保守・点検費用が増加する。特に、海外メーカー製品の故障の場合は、対応が遅かったり、海外メーカーの製品のため部品等の調達に時間を要するとともに修理代等が高くなったりする。	★	事業計画段階	故障内容により連絡する窓口、例えば海外メーカーの部品であっても、迅速な共有体制があることや、国内の代理店等に部品のストックがある代理店の窓口などを把握しておく。
			設計・施工段階	メンテナンス(保守・点検、部品交換)を適正に実施するために、事業期間におけるメンテナンス頻度とコストが、設備・機器ごとにまとめられた維持管理計画をメーカーから入手し、それを考慮した事業計画を作成する。設備導入者自身の日常点検による設備不具合の早期発見や、メンテナンス技術を有する地元企業を活用してコストを削減することで、メンテナンス費用の低減を行う。
			運転段階	各機器及びシステムの性能、耐久性を維持するため、定期的な保守点検(①日常点検、②定期点検)を実施する。①日常点検は、設備導入者自身が行い、②定期点検はO&M業者、メーカーに委託し定期的に実施する。
廃棄・処分段階	事業終了後(契約解除や契約満了時など含む)に土地を所有者に返還する際、原状回復費の負担が発生する。	★★	事業計画段階	土地の賃貸借契約の中で原状回復の定義について明確化しておく。土地の使用状況に合わせて、将来発生する土地の原状回復費を見越し積み立てておく。
廃棄・処分段階	事業を終了した再エネ設備が放置され、景観悪化、環境汚染(設備に有害物質が含まれる場合はその流出)、公衆安全上の問題(第三者が設備へ接触した際の事故、機器や部品等の飛散、土砂流出など)などが生じるおそれがある。	★	廃棄・処分段階	再エネ設備の撤去及び処分は、廃棄物処理法等の関係法令を遵守し、事業終了後、可能な限り速やかに実施する。

(10) 人的リスク

本書では地中熱利用設備導入に係る人的リスクとして、設置した設備に起因する人身事故や物損事故、オペレーション時のミス、保守点検体制や人員の不足などに関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-7-9 地中熱利用設備導入に係る人的リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例		
運転段階	経験・知識が不足している O&M 業者が、維持管理業務や運転業務に従事することで瑕疵（かし）が発生し、設備に不具合や劣化等が生じる。	★★	設計・施工段階	O&M 実績を確認し委託する。 O&M 事業者の履行に不備があり同一部分の再修理等が必要となった場合には無償で再修理を実施する旨の履行責任条項を業務委託契約に盛り込んでおき、瑕疵が発覚した場合の経済的負担を軽減できるようにしておく。	
運転段階	トラブル時に急な対応が遅れ、設備稼働率が低下する。	★★	設計・施工段階	適切な保守・点検及び維持管理計画（①スケジュール、②人的配置・体制計画、③範囲、④方法、⑤安全対策、⑥記録方法など）を策定する。また、深夜／休日、豪雨／豪雪等の状況でも確実に対応できる実施体制の構築を図る。	
運転段階	保守・点検を担う職員の異動、退職により、新たな人員が確保できるまで運営トラブル（有資格者が必要な場合は事業中断、最適な運転ができない）が発生するおそれ。	★	設計・施工段階	職員の異動や退職等に備え、複数人での保守・点検の運用体制や書の整備を行う。	
			運転段階	職員の異動や退職等に備え、計画的な人員配置を行う。適切な人員が確保できない場合には外部委託を行う。	
運転段階	オペレーション時のミスによる事故等により作業員のケガや設備周辺の第三者に被害を及ぼすリスク。	★	運転段階	オペレーション時のミスが発生しないように、設備・機器の運転方法を書化し、それに準じた操作を徹底する。併せて、事故による被害への対応を行うため、損害保険に加入しておく。例えば、業務上の事故に起因する労働災害の費用負担を補填する損害賠償保険に加入する。	

2-7-5. 地中熱利用設備導入に係る主な関係法令

地中熱利用設備を導入する場合は、法令に基づき、許認可等の手続が必要となります。本項では、許認可等の手続が必要となる主なものについてまとめています。

なお、掲載したものは飽くまでも参考として例示したもので、事業を行う際にはその他関係する法令等を遵守するとともに、地方公共団体の条例等に係る手続についても確認が必要です。

表 2-7-10 地中熱利用設備導入に係る主な関係法令

法令名称	手続	手続の概要
熱供給事業法	熱供給事業の登録	熱供給事業を行う場合は、経済産業大臣の登録を受けなければならない
	保安規程の届出手続	一定規模の熱供給施設を設置する場合、保安規程を定め、使用の開始前までに国への届出が必要である
森林法	森林の土地所有者届出制度	個人、法人を問わず、売買や相続等により森林の土地を新たに取得した場合、面積にかかわらず市町村長への事後届出が必要である。ただし、国土利用計画法に基づく土地売買契約の届出を提出している場合は対象外である
	森林における開発許可等手続	森林における開発行為には、事前に都道府県知事の許可等が必要である
農地法	農地転用許可手続	農地に設備等を設置する場合、農地以外の地目へと転用するため、事前に市町村農業委員会を経由して、都道府県知事又は指定市町村の長の許可が必要である
生産緑地法	生産緑地地区内の建築行為	生産緑地地区内において、建築物、工作物の建築等、土地の形質の変更、水面の埋立てなどの行為を行おうとする場合に、市町村長の許可を得る必要がある
都市緑地法	特別緑地保全地区内の建築行為	特別緑地保全地区内において、建築物、工作物の建築等、土地の形質の変更、木竹の伐採、水面の埋立てなどの行為を行おうとする場合に、都道府県知事の許可を得る必要がある
国土利用計画法	土地売買等の契約届出手続	一定規模以上の土地の売買等の契約を締結した場合、都道府県知事又は指定都市の長への届出が必要である
公有地の拡大の推進に関する法律	一定規模以上の土地を有償で譲渡しようとする場合等の届出	一定規模以上の土地を有償で譲渡しようとするときは、事前に市長（町村域の土地の場合は町村経由で知事）に届出が必要である 地方公共団体等による買取りを希望するときは、その旨を申し出ることができる
都市計画法	開発許可手続	市街化区域等で開発行為を行う場合、都道府県等の許可が必要となる場合がある
下水道法	汚水（地下水）排出の届出	特定施設を設置する工場又は事業場から下水を排除して公共下水道を使用する者は、政令で定める場合を除き、その水質が当該公共下水道への排出口において政令で定める基準を満たす必要がある なお、50m ³ /日以上の汚水（地下水）を排出する場合は都道府県や市町村に届け出が必要である
砂防法	砂防指定地における行為許可等	砂防指定地において開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
地すべり等防止法	地すべり防止区域内の行為許可	地すべり防止区域内において、開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律	急傾斜地崩壊危険区域内の行為許可	急傾斜地崩壊危険区域内において、開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律	特別保護地区内における行為許可手続	鳥獣の特別保護区域内で開発行為を行う場合、事前に国等の許可が必要である

法令名称	手続	手続の概要
自然環境保全法	自然環境保全地域等における行為の許可又は届出	原生自然環境保全地域、自然環境保全地域、都道府県自然環境保全地域において工事を行う場合、事前に国又は都道府県の許可が必要である
自然公園法	行為許可申請等手続	国立公園や国定公園等で開発行為を行う場合、事前に国等の許可や届出が必要である
土壤汚染対策法	土地の形質の変更に係る届出手続	一定規模の土地の掘削等を行う場合、事前に都道府県等への届出が必要である
採石法、砂利採取法	土石砂利の採取認可	土石砂利の採取を行う場合、事業者は採取計画を定め、都道府県知事の認可が必要である
景観法	景観法等に基づく届出	景観の保全が定められている地域において工事を行う場合、事前に市町村等への届出や認定等が必要である
建築物用地下水の採取の規制に関する法律	建物用地下水採取に係る許可	建物用地下水の採取により地盤が沈下し、それに伴い高潮、出水等による災害が発生するおそれがある地域については、一定規模以上の揚水について都道府県知事の許可が必要である
工業用水法	地下水採取に係る許可	地下水の採取により地盤沈下等が発生し、かつ工業用水としての地下水利用量が多く、地下水の合理的な利用を確保する必要がある地域（工業用水道の整備前提）においては、一定規模以上の工業用井戸について都道府県知事の許可が必要である
道路交通法	①道路使用許可手続 ②制限外積載許可手続	①工事等の際に道路を使用する場合、事前に所轄警察署長の許可が必要である ②貨物の運搬時に、車両の積載物の重量、大きさ又は積載方法の制限を超えて運転する場合、事前に車両の出発地を管轄する警察署長の許可が必要である
道路法	道路の占用許可手続等	道路区域内において工事等をするために道路を占用する場合、事前に道路管理者の許可が必要である
	道路法に基づく車両制限	工事等の際に、車両制限の範囲を超える工事車両が道路を通行する場合、事前に道路管理者の許可が必要である
特定工場における公害防止組織の整備に関する法律	公害防止管理者	電気・熱供給事業等で、特定の施設を設置している工場は、公害防止管理者等を選任し、都道府県知事又は市町村長への届出が必要である
文化財保護法	埋蔵文化財包蔵地土木工事等届出手続	埋蔵文化財が確認されている土地において発電設備等の設置のため開発行為を行う場合、事前に都道府県・政令指定都市等への届出が必要である
	史跡・名勝・天然記念物指定地の現状変更の許可	史跡・名勝・天然記念物指定地において開発行為を行う場合、事前に国等への許可が必要である
	遺跡の発見報告	工事を行っている際に遺跡を発見した場合は、都道府県・政令指定都市等への届出が必要である

出典：主に資源エネルギー庁（2019）「再生可能エネルギー事業支援ガイドブック令和元年度版」、既存資料を参考に作成

Column

地盤条件の評価を適切に行う重要性（クローズドループ）

執筆：特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会

地中熱交換器を用いる地中熱ヒートポンプシステム（クローズドループ）は、全国どこでも設置できるシステムであり、地震・台風などの自然災害に強い再エネ利用システムですが、導入時の留意点として、設計時に地盤の有効熱伝導率 λ （ラムダ）の評価を適切に行う必要があります。

設計時に地盤からの採熱量を過大評価すると稼働時の地盤温度の変化が大きくなり、地中熱ヒートポンプの運転効率が低下します。一方、地盤からの採熱量を過小評価すると設置する地中熱交換器が過剰設備となり、初期コストが高額になります。この地盤評価のリスク対策として、規模の大きなシステムを導入する場合は TRT（熱応答試験）を実施し、地盤の採熱能力を見極める作業が必要です。また、簡便な地盤評価の方法として、地方公共団体が発行している地中熱ポテンシャルマップ（現在 11 の地方公共団体で公表）の活用があります。

TRT は地盤の有効熱伝導率 λ を求めるための試験で、設計時に実施することが望ましいです。この試験で得られた λ を用いて、地中熱ヒートポンプシステムを長期にわたり運転した場合の持続可能性の評価ができます。地中熱利用は地中の温度が年間通して一定である特性を生かして、冬は温熱を、夏は冷熱を利用できるシステムですが、地中からの採熱あるいは地中への放熱により地中熱交換器周辺の温度は変化します。その変化幅が過大となるとシステムの運転効率が低下し、省エネ効果が得られなくなる事態が発生します。

このようなリスクを回避するには、地中熱交換器の適切な長さを確保する必要があり、それが地中熱システム設計のポイントです。通常、地中熱交換器の長さは建物側の熱負荷に対して地中から十分な熱が得られるように設定されます。そのためには地中熱交換器に接する地盤の有効熱伝導率 λ が必要となり、この λ は TRT を行うことで求めることができます。

建築物省エネ法（正式名「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律」（2015 年 7 月公布））により、中規模以上の建築物では建築確認申請時に年間一次エネルギー消費量の計算が求められており、省エネ基準を満たすものでないと、許可がおりない、あるいは指導を受けることになります。地中熱ヒートポンプを導入する中規模以上の大きさの建築物では、WEB プログラムにより λ を用いての長期間にわたる省エネ性の評価が行われているといえます（つまり省エネ基準の中にリスク回避のプロセスが組み込まれています）。なお、ここでの λ には TRT 以外にも選択肢が 2 つ（土質柱状図をもとに計算で求める方法とデフォルト値を使う方法）ありますが、リスク回避をより確実なものにするには TRT により λ を求めることが推奨します。

地中熱ポテンシャルマップのうちいくつかには λ の値が掲載されています。これらのマップの λ を建築確認申請に用いることはできませんが、地中熱ヒートポンプシステムの導入を計画する際に、地中熱交換器の長さの概算値を求めるこには活用できます。

2-7-6. 引用・参考資料

〈引用資料〉

1. 経済産業省 資源エネルギー庁（2018）「事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）」
2. 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）（2017）「バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針」
3. 環境省（2018）「地域における再エネ事業の事業性評価等に関する手引き（金融機関向け）Ver3.1～太陽光発電事業編～」
4. 地熱発電の推進に関する研究会（経済産業省）（2016）「地熱発電の推進に関する研究会 平成27年度報告書」

〈参考資料〉

5. 環境省（2018）「地中熱利用にあたってのガイドライン（改訂増補版）」
6. 国土交通省（2013）「官庁施設における地中熱利用システム導入ガイドライン（案）」
7. 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）（2015）「地熱発電と地中熱：普及拡大に向けた取り組み」
8. 特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会（2017）「地中熱利用ガイドブック Vol.4」
9. 特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会、一般社団法人全国さく井協会（2017）「地中熱ヒートポンプシステムオープンループ導入ガイドライン 第1版」
10. 特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会（2018）「地中熱ヒートポンプシステム施工管理書 補講資料」
11. 一般財団法人 日本エネルギー経済研究所（2011）「平成22年度新エネルギー等導入促進基礎調査事業（再生可能エネルギー等の熱利用促進に関する調査事業）報告書」
12. 一般財団法人日本エネルギー経済研究所ウェブサイト（2010）「資料4 地中熱（特定非営利活動法人地中熱利用促進協会作成）」（2010年11月9日 経済産業省 再生可能エネルギー等の熱利用に関する研究会）（第4回）
13. 三井住友フィナンシャルグループ（2012）「特集 地熱資源大国ニッポンの新エネルギー」『SAFE』vol.96、三井住友フィナンシャルグループ
14. 茅 陽一（2002）「新エネルギー大事典」工業調査会
15. 経済産業省 資源エネルギー庁（2018）「再エネ事業支援ガイドブック 平成30年度版」
16. 経済産業省 資源エネルギー庁（2014）「再エネスキル標準（GPSS）ガイドブック」
17. 一般社団法人 新エネルギー導入促進協議会（2014）「再エネ熱 事例集」
18. 北海道（2015）「エネルギー地産地消導入検討書」
19. 東京海上日動リスクコンサルティング株式会社（2012）「再エネ関連事業参入のチャンスとリスク」『リスクマネジメント最前線 2012-17』 2012年11月9日号
20. 総務省ウェブサイト「再エネ資源等の賦存量等の調査についての統一的なガイドライン～再エネ資源等の活用による「緑の分権改革」の推進のために～」（2011年3月1日 緑の分権改革推進会議 第四分科会（第4回））
21. 経済産業省（2005）「先進企業から学ぶ事業リスクマネジメント実践テキスト」
22. 認定NPO法人 環境エネルギー政策研究所（2018）「自然エネルギー白書2017」
23. 江口智子・佐藤康之編（2016）『再エネ開発・運用にかかる法規と実務ハンドブック』水上貴央監修、エヌ・ティ・エス
24. 一般財団法人 ヒートポンプ・蓄熱センター（2016）「蓄熱技術基準書運用ガイドブック」

2-7-7. 地中熱利用設備導入に関する用語解説

「2-7. 地中熱利用設備導入に係るリスクとその対策」で示した太文字の用語解説となっています。一般的の用語集とは異なり、技術的な解説は必要最小限にとどめていますので、技術面の詳細は専門書等を参照してください。

EPC

Engineering, Procurement, Construction の略称。「ターンキー契約」と同等で、設計(Engineering)、調達(Procurement)、建設(Construction)を含む、プロジェクトの建設工事請負契約のこと。

O&M(Operation&Maintenance)

施工後の発電施設における運転管理業務や設備維持管理業務のこと。

一次エネルギー消費量

石油、天然ガス、石炭、水力、太陽光など、自然から得られるエネルギーのことを一次エネルギーという。利用しやすい形にした二次エネルギー(都市ガス・電気等)はエネルギーの種類ごとに一次エネルギー相当量が異なるため、エネルギー量の総計は一次エネルギーに変換して計算される。

オープンループ方式

揚水した地下水と熱を取り取り(熱交換)し、地下水を地中に戻す(還元する)又は地上で放流する方式。

クローズドループ方式

地中で熱交換するために流体(水／不凍液)を循環させる方式のこと。地中熱交換器の設置が必要であり、通常はボアホール(ボーリング孔)あるいは基礎杭の中にチューブを挿入したものが用いられている。

ゲートウェイ

通信プロトコルの変換などにより、異なる通信プロトコルを有する機器、設備間での相互接続を可能とする装置のこと。

通信プロトコル

異なる機器、設備を相互接続するために必要となる手順や規約(データ送受信のタイミング、データの形式、通信エラー時の対応など)などの通信上の約束事

デューデリジェンス

事業の適格性を把握するために行う調査のこととで、投資を行う際、投資対象の土地の価値や収益力、リスクなどを詳細に調査・分析すること。

取引信用保険

取引先の倒産や支払遅延等により、販売代金を回収できなくなった場合に、損害の一定部分などについて保険金が支払われるもの。

預託金

賃貸借契約の際に借主が貸主に一定の金額を無利息で預け入れる金銭の総称で敷金、保証金のこと。

有効熱伝導率

地層を構成する種々の地層の熱伝導率と地層中の帯水層を流れる地下水等の影響を含めた地中熱交換器全体の熱伝導率をいう。

土質桂状図

ボーリング調査を一式行った結果を図面に表したもの。土壤・地層の状態、基礎の設計や土木工事に必要な地盤に関する情報が記載される。

ランプサム契約

商取引の解約形態の一つで、契約金額として約定された固定金額で契約上の義務を請け負う契約。契約当事者間の合意がない限り原則として金額は変更されない。

2-8. 温度差エネルギー熱利用設備導入に係るリスクとその対策

本書について

| 引用・資料について

引用又は参考にした資料を、節末の「引用・参考資料」に記載しています。

| 用語について

太文字（例：O&M）で記載されている用語は、節末の「用語解説」においてその内容を説明しています。

2-8-1. 温度差エネルギー熱利用設備導入の流れとリスクとその対策の考え方

温度差エネルギーは、外気との温度差を利用するものであり、本書で想定する温度差エネルギーの熱源は河川水・海水、生活排水や中・下水等を想定しています。温度差エネルギー熱利用設備の事業計画から撤去・処分までの大まかな流れを図 2-8-1 に示します。本書では、リスクが顕在化する事業段階（設計・施工、運転管理、撤去・処分）から事業計画段階まで遡り、各段階で取り得るリスク対策に優先順位を付けて体系的に整理しています。なお、再生可能エネルギー設備、蓄エネルギー設備、省エネルギー設備を組み合わせて導入するシステム（以下「再省蓄エネシステム」といいます。）のリスクとその対策例も紹介（該当リスクは表内で「<再省蓄エネシステムの場合>」と記載）しています。

「2-8-3. 温度差エネルギー熱利用設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧」にて例示しているリスクとその対策には、関係法令及び条例への対応に係る内容を一部含んでいますが、遵守すべき法令や条例への対応を網羅しているとは限らないため、各事業者の責任の下で設備を設置する土地を管轄する地方公共団体等に事前に相談、確認をした上で必要な対応を実施することが求められます。なお、地方公共団体の相談先が明確でない場合は、都道府県や市町村の再生可能エネルギー関連部局に相談することが有効です。

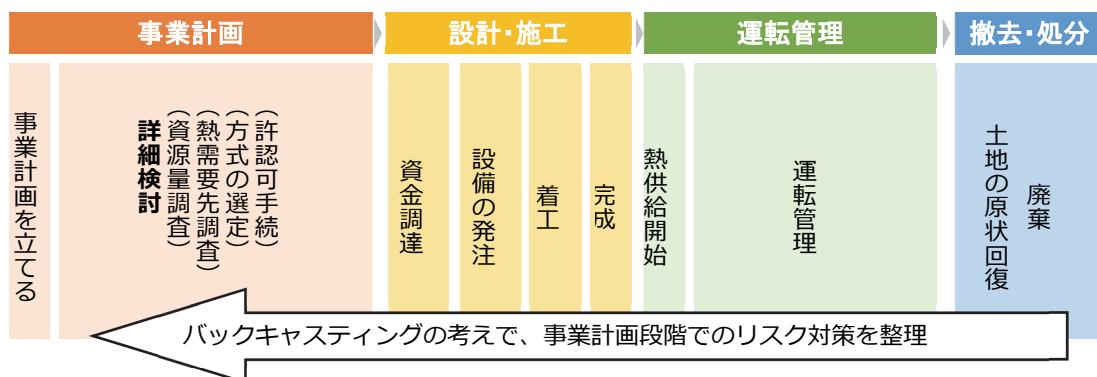


図 2-8-1 温度差エネルギー熱利用事業の流れ

出典：環境省（2018）「地域における再生可能エネルギー事業の事業性評価等に関する手引き（金融機関向け）Ver 3.1 小水力発電事業編」より作成。

2-8-2. 温度差エネルギー熱利用設備導入に係るリスクの分類

本書で取り扱っている温度差エネルギー熱利用設備導入に係るリスクを分類別にまとめると表2-8-1 のようになります。

(リスクの考え方やリスクマネジメントの説明については1章を御参照ください。)

表 2-8-1 温度差エネルギー熱利用設備導入に係るリスク分類別のリスク数

リスク分類	リスク概要	リスクの数*	頁
制度リスク	規制、許認可、制度改正、系統連系に係るリスクのほか、合意形成に関するリスク	6	p.240
土地リスク	事業用地取得時の契約、事業用地の利用継続に係るリスク	5	p.242
環境リスク	事業活動による環境変化が、人の健康や生態系に影響を及ぼすリスク	2	p.243
完工リスク	コスト・タイムオーバーランにつながる設計・施工、EPC業者等、資金調達に係るリスク	8	p.247
資源リスク	資源調達時における量及び質、調達価格に係るリスク	2	p.248
性能リスク	システム効率の低下につながるメンテナンス不足、機器トラブルに係るリスク	6	p.249
自然災害リスク	自然災害（暴風、豪雨、豪雪、洪水、地震など）やそれに伴う土砂災害（斜面崩壊、地すべりなど）、落雷などに係るリスク	2	p.250
需要リスク	エネルギー需要の変動、契約更新に係るリスク	3	p.251
追加コスト発生リスク	資源の品質基準の不一致、機器損傷、物損・人的被害の損害賠償、メーカー保証適用事項との不一致、機会損失、ユーティリティコスト増加、事業終了後の原状回復などに係るリスク	8	p.252
人的リスク	オペレーションミス、メンテナンス体制や人材不足に係るリスク	4	p.254
	計	46	

* : 本項で扱うリスクの数

次項 2-8-3. に温度差エネルギー熱利用設備導入に係るリスクとその対策をリスク分類（大項目）別に掲載しています。事業計画時にはこちらを参考にして事業のリスクを抽出し、必要なリスク対策の検討に活用してください。

図 2-8-2 のように事業への影響度と発生頻度からリスクをレベル分けし、★の数でリスクの大きさを示していますので、重大リスクから優先的に対策を行うことが可能です。

リスク対策については、事業段階別に分けて掲載しています。各事業段階で可能なリスク対策を把握し、事業に必要なリスク対策を計画的に実行していくことが肝要です。

なお、リスクは個別事業の事情により異なるものもあるため、起こり得る全てのリスクを網羅しているわけではないことに御注意ください。

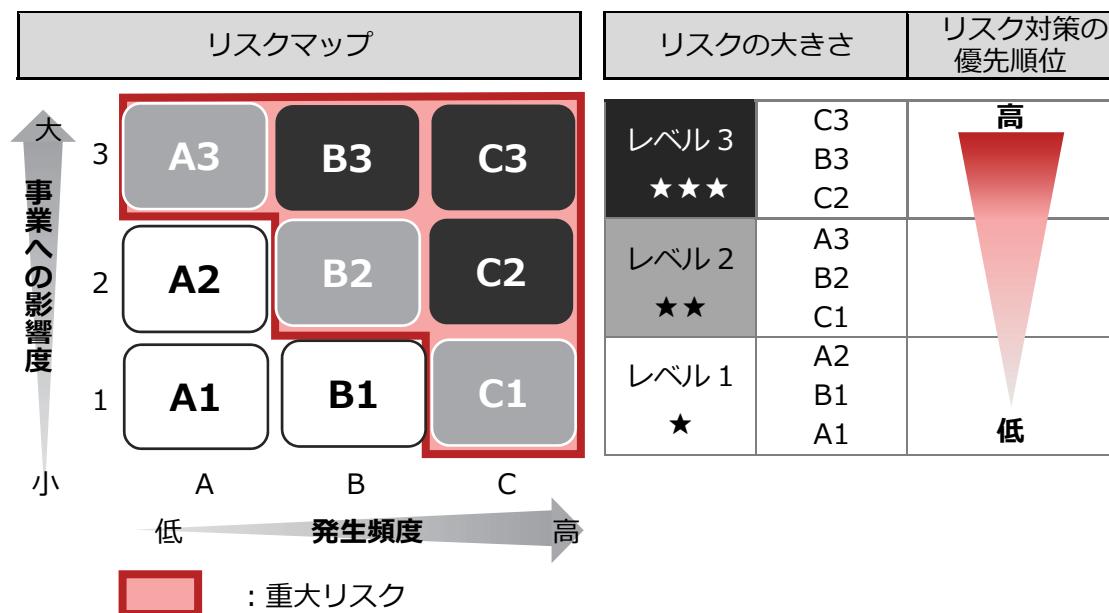


図 2-8-2 本書におけるリスク評価の考え方

2-8-3. 温度差エネルギー熱利用設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧

温度差エネルギー熱利用設備導入に係る重大リスクのうち、レベル3に該当するリスクとその概要について事業段階ごとに一覧で整理しました。各リスクの詳細とその対策については参照ページをご確認ください。

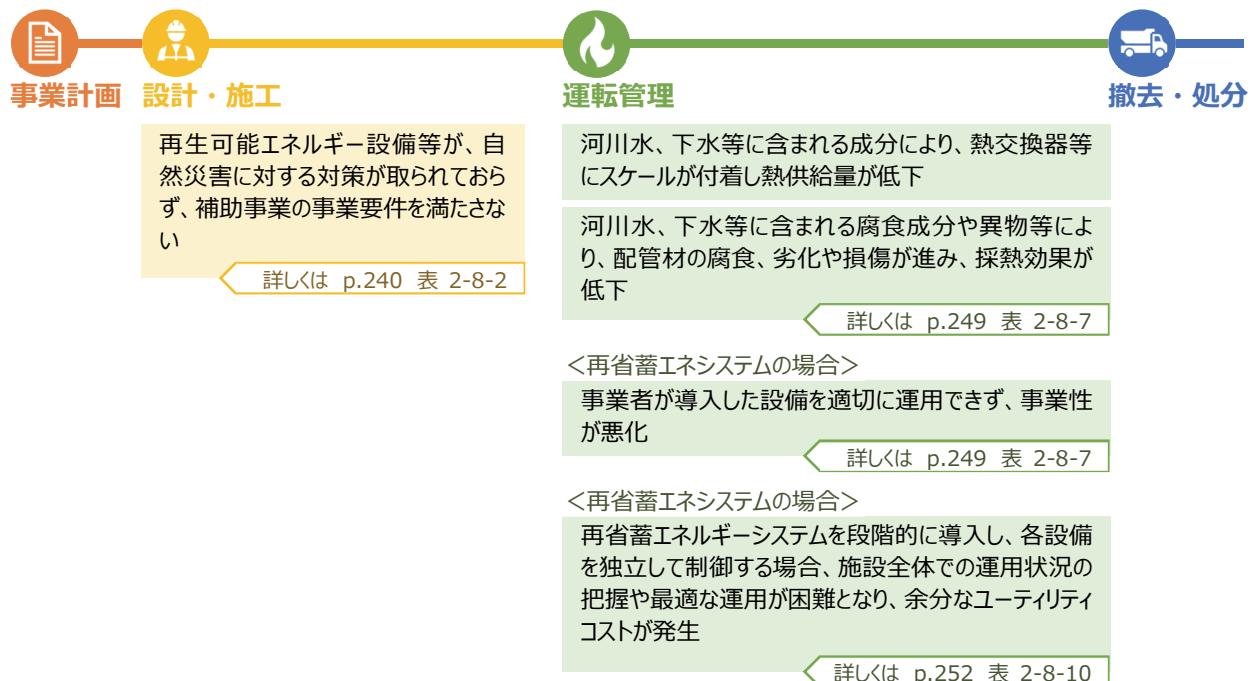


図 2-8-3 温度差エネルギー熱利用設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧

2-8-4. 温度差エネルギー熱利用設備導入に係るリスクとその対策の一覧

(1) 制度リスク

本書では温度差エネルギー熱利用設備導入に係る制度リスクとして、設備導入者によるコントロールの及びにくい、許認可、規制、制度改正、地域住民等との合意形成などに起因するリスクと対策例を紹介しています。

リスクレベル3の重大リスクとして、補助金で導入した再生可能エネルギー設備等が、自然災害への対策が取られておらず、事業要件を満たさないおそれが挙げられます。

表 2-8-2 温度差エネルギー熱利用設備導入に係る制度リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例		
事業計画段階	事業による環境への影響（水質、騒音、景観等）が顕在化し、関係者と事業継続に係る合意形成が図れず事業が中断・中止する。	★★	事業計画段階	計画段階で、環境の現況調査を実施するとともに、水質や騒音等については環境基準を正しく理解した上で事業申請を行う。景観等については、慎重に地元と関係構築をしつつ合意形成を図る。なお、対策が必要な場合は、複数の環境配慮対策を検討し、関係者との協議を踏まえた設計・施工・運転管理計画を作成する。	
			設計・施工段階	地方公共団体が再生可能エネルギー設備設置に景観形成基準を定めている場合は、配置、色彩などを基準に適合させた設計を行う。施工段階における環境への影響をモニタリング（状態を監視、観測や測定）し、その状況を関係者と共有する。環境への影響変化の兆候を確認した場合は、関係者と協議を行い、新たに環境配慮対策を考慮した施工を行う。	
			運転段階	運転段階においても環境への影響をモニタリングし、環境への影響変化の兆候を確認した場合は、関係者と協議を行い、新たな環境配慮対策を反映した運転管理計画を作成する。	
事業計画段階	事業実施の事前周知や事業内容の説明、運転状況や廃棄・処分の報告不足により、近隣住民などのステークホルダーから事業実施の同意及び理解が得られない。	★★	事業計画段階	近隣住民等の事業関係者への説明会を早期かつ定期的に実施し、事業への理解の醸成、不満の早期対応に努める。	
			設計・施工段階	定期的に近隣住民等の事業関係者へ設計・施工状況の報告を実施し、事業への理解の醸成、不満の早期対応に努める。	
			運転段階	定期的に近隣住民等の事業関係者へ運転状況の報告を実施し、事業への理解の醸成、不満の早期対応に努める。	
			廃棄・処分段階	近隣住民等の事業関係者へ廃棄・処分状況の報告を実施し、不満の早期対応に努める。	
事業計画段階	熱源となる、河川、下水、海水の各管理者、所有者の許可を得ていない場合、温度差エネルギー利用設備を導入できない。	★★	事業計画段階	熱源となる河川、下水、海水の管理者、所有者を確認し、使用の許可を得る。許可が得られない場合にはシステムの変更を含めた再検討を行う<引用資料4>。	



リスクの内容	リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	★★★	設計・施工段階	自然災害（地震・地すべり・台風・集中豪雨・豪雪・津波など）に対する災害対応基準（設備の耐震設計に関するガイドラインなど）やそれに類するもの（各種再生可能エネルギー設備の設計・施工のガイドライン、地方公共団体等が公表しているハザードマップなど）に従い設計図書等を作成し、それに基づき、所要の安全度が確保されるように設計・施工を行う。
運転段階	★★	運転段階	水利権の期間更新の手続を円滑に進めるために、水利権の期限前から河川管理者と手続の方法や条件の確認などの事前協議を実施する。また、影響を受ける関係者との関係は良好に保つことが望ましい。
運転段階	★	運転段階	運転段階において、税に係る制度変更を把握した時点で事業計画を見直す。

(2) 土地リスク

本書で取り扱う温度差エネルギー熱利用設備導入に係る土地リスクとして、用地確保に係る契約、事業を借地や公有地で実施する場合のリスクと対策例を紹介しています。

表 2-8-3 温度差エネルギー熱利用設備導入に係る土地リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
事業計画段階	他事業者が、事業地確保のために好条件を提示したことにより、他事業者と地権者との間で先に契約締結されてしまい、土地が確保できなくなるおそれ。	★★	事業計画段階	本契約を締結する前に、期限付契約（期限を設け、期限内では他事業者と契約締結しない契約）や予約契約（将来、契約を締結することを事前に当事者が合意した契約）を締結する。例えば、地権者から「ほかの再生可能エネルギー事業者とは○箇月の間は協議しない。」や「年間土地賃借料は○円とする。」など、契約書や覚書等に明記する。
事業計画段階	計画予定地において第三者による抵当権や賃借権等の土地利用権の設定確認が遅れ、無駄なコストと時間が発生するおそれ。	★	事業計画段階	計画地の登記簿謄本（全部事項証明書）により抵当権の設定を早めに確認するといった、土地のデューデリジェンス（事業の適格性を把握するために行う調査）を行う。抵当権が設定されている場合は、他計画地を探す。若しくは、現土地所有者に照会し、抵当権抹消の可能性について確認する。抵当権が抹消できる場合は、抵当権抹消手続を進め新規に事業者が抵当権を設定して事業を進める。
事業計画段階	計画地の早期確保を目的に、予約契約として土地所有者に預けた高額の土地預託金が返還されないリスク。	★	事業計画段階	商取引の際に信頼できる第三者を仲介させ、契約内容が担保されたものとする。預託金の場合は、エスクローエージェント（請負の多くは信託会社や信託銀行）へお金を預け、何らかの事情で契約が終了した場合に預託金が返還される手法（エスクロー）を採用する。
運転段階	<事業を公有地で実施する場合>国、地方公共団体等の求めにより、事業用地を公共の用途に供することを理由に、土地使用契約を解除され、土地の利用継続が困難となるおそれ。	★★	事業計画段階	事業期間内の契約解除の際には、逸失利益相当の補償金額が地権者（地方公共団体等）から支払われる旨を、土地契約締結時の条項として入れることを交渉し、土地利用の継続性を高める。
運転段階	<事業を借地で実施する場合>事業開始後に土地の所有者（土地賃貸人）の変更（相続による変更も含む）に伴い、土地契約の内容（賃料の値上げ、支払条件、契約期間など）が見直され、事業者にとって不利な契約となるおそれ。また、土地所有者の破産、売却等により土地の利用継続が困難となるおそれ。	★★	事業計画段階	・事業期間中の利用権を有し続けることができるよう、長期利用権を取得する。また、賃貸借契約において、賃借権の登記を行い、土地利用権の保有策を講じる。 ・事業期間が非常に長期にわたることが一般的であるため、買取を原則とする。また、土地所有者が変更しても、事業期間中の利用権を継続できるように、賃貸借契約の内容が担保される契約（物価の変動以外の理由で賃料引上げを行わないとする条項の追加など）にしておき、将来的な相続等で賃料引上げがされることがないように対抗要件を具備する。事業期間に応じた地上権、地役権、賃借権を設定する。

(3) 環境リスク

本書では温度差エネルギー熱利用設備導入に係る環境リスクとして、取水温度と排水温度差などに関するリスクと対策例を紹介しています。

なお、「事業による環境への影響が顕在化し、関係者と事業継続に係る合意形成が図れず事業が中止・中止する」といった一般的な合意形成に関するリスクと対策例は、制度リスクで取り扱っています。

表 2-8-4 温度差エネルギー熱利用設備導入に係る環境リスクとその対策

リスクの内容		リスク レベル	リスク対策例	
設計・ 施 工 段階	再生可能エネルギー設備設置のために土地開発行為をした場合、周辺への雨水や土砂の流出、地すべり等が発生するおそれがある<引用資料 1>。	★★	事業 計 画 段階	地方公共団体の指導要綱やガイドライン、ハザードマップ等を確認し、計画地において必要な調査（地盤、地質調査など）を実施する。 廃棄物処分場跡地については、周辺環境への影響に十分配慮した上で検討する。
			設計・ 施 工 段階	関係法令及び条例に従い、利用する土地の形状、形質に対応した適切な設計（①盛土、切土面保護のための擁壁、石張り、吹付け、法枠（のりわく）、法面排水などの対策、②地下水によるがけ崩れ、土砂流出のおそれがある場合は開発区域内の地下水排出施設の設置、③軟弱地盤の場合は地盤改良、擁壁、水抜き等の措置、④集中豪雨等の降雨量等から想定される雨水が有効に排水できる排水路改修や調整池等設置の対策など）を行う<引用資料 1>。
運 転 段階	河川水、海水及び下水を熱利用した後の排水温度そのものを規制する法律はないものの、河川水、海水及び下水を熱利用した後の排水温度が取水時と著しく温度差がある場合、水生生物等へ影響を与えるおそれ。	★★	設計・ 施 工 段階	河川水、海水及び下水への排水によって取水温度と排水温度の差が生じる場合は、水生生物等への影響を有識者の指導のもと評価し、必要に応じて保全措置を講ずる。温度差の目安としては、河川水の場合は3℃以上、海水の場合は1℃以上上昇する場合は、必要に応じて対策措置を講じる必要がある。 (河川水：ヒートポンプを用いた河川水熱利用のための水利使用の取扱いについて、河調発第8号、平成9年3月31日、海水：温排水環境影響調査暫定指針、資源エネルギー庁公益事業部発電課、昭和62年3月)

当
國
有
の
リ
ス
ク
種

Column

事業計画段階における地形・地質評価の重要性

～土地開発行為に伴う土砂災害発生リスク～

執筆：パシフィックコンサルタンツ株式会社

国土基盤事業本部 地盤技術部

山間地や丘陵地などに再生可能エネルギー設備が設置される場合、平坦（へいたん）な土地を確保するために土地の造成（切土・盛土）が行われることになります。

土地の造成を行う場合、沈下や液状化、斜面や法面（のりめん）の崩壊と共に伴う河川の堰止め（湛水＝たんすい）など、地形や地質に起因した様々なリスクが存在しており、場合によっては、設備自体の破損や機能不全、周辺環境へ影響を及ぼすような土砂災害を引き起こす可能性もあります。

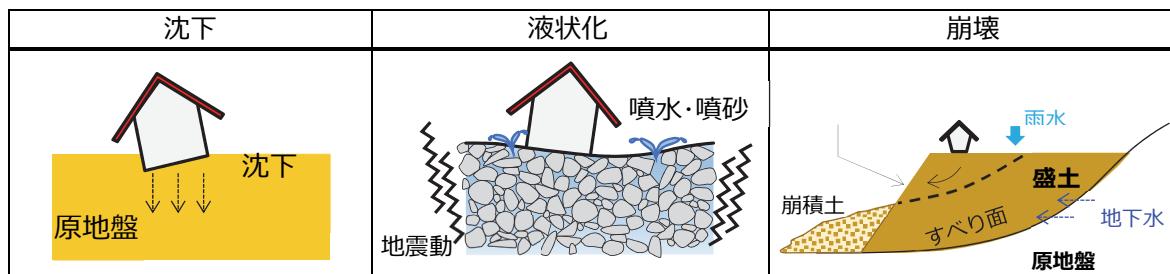


図 地形・地質に起因した様々なリスク

事業計画段階での適地選定において十分な事前確認を怠った結果、追加調査や設計変更、災害発生時の対策費用の発生など、事業の存続可否にも影響する深刻な事態を引き起こすこともあります。ただし、下表に示したとおり、事前計画段階において、既存文献や現地状況、法令等を十分に確認しておくことで、土砂災害発生リスクを低減・回避することができます。

表 事前に確認すべき事項と注意すべき要件の例

項目	確認すべき事項	注意すべき要件の例
文献調査	地形図、空中写真などによる対象地周辺も含めた地形状況や河川状況 各種の地質調査報告書・文献による対象地の地質分布・構造 土地の災害履歴など	崩壊地形、地すべり地形、河川の氾濫原など 軟弱地盤、液状化、断層、火山帯や変質帯の有無など 落石や斜面崩壊などのほか、地盤沈下、地震時の液状化などの災害履歴の有無
現地調査	地形や地質、土地利用状況など	新たな崩壊箇所、既存対策工、不法投棄の有無など
基礎地盤調査	設計に必要な情報（物理特性、化学特性、盛土材料の材料特性等）	軟弱地盤、液状化など 自然由来重金属等の基準値超過など
その他	砂防4法※をはじめとする関連法令 地名：過去の地形変遷の手掛かりとなる場合あり	地すべり防止区域や砂防指定区域などの区域指定の有無 湿地や氾濫原：ケミ（検見川・花見）、ソネ（曾根・大曾根）など

※砂防4法：砂防法、地すべり等防止法、急傾斜面の崩壊による災害の防止に関する法律、土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律（通称：土砂災害防止法）。

これらの確認を怠ると、設計・施工段階や施設稼働時まで、長期にわたって土砂災害発生リスクを抱えた状態となります。土地造成の切土を例にとると、対象地に分布する地質や地形条件、ある

いは用地等の制約により、標準的な法面勾配を適用できない場合があります。しかし、事前にこれら確認時に得られた情報を活用することで、最適な対策を講じることができ、将来的な土砂災害発生リスクとこれに伴うコストを低減することが期待できます。例えば、軟弱地盤の場合には地盤改良等の対策を講じることができますし、落石や崩壊のおそれがある斜面が背後に存在する場合は、法面や斜面を安定させる対策工を実施するほか、被害が想定される範囲から離れた場所に重要施設を計画するなどの対応も考えられます。このように、事業計画段階では不要に思っても、将来を見越した調査を実施しておくことが重要です。

ただし、把握した情報の評価については専門的判断を要することから、必要に応じて調査業者・設計業者の助言を仰ぐことも考えてください。

Column

運転管理段階における土構造物などの点検の重要性

執筆：パシフィックコンサルタンツ株式会社

国土基盤事業本部 地盤技術部

再生可能エネルギー設備稼働後、施設・機械自体については定期的に点検・維持管理が行われている一方で、周辺の斜面や土構造物（盛土・切土など）については十分な維持管理が行われていなければなりません。

盛土・切土工や付随する対策工（落石対策工・法面保護工など）についても、施設・機械と同様、年を経るにつれて老朽化・脆弱（ぜいじやく）化するとともに、想定外の異常事象（豪雨・地震など）によって変形・破損が生じる場合があります。従って、維持管理段階では施設・機械の点検だけでなく、周辺の地盤や斜面、土構造物（盛土・切土など）、付随する対策工についても、変状が生じていないか？異常が見られないか？などについて注意を払う必要があります。

土構造物の点検では、平常時の点検（日常・定期・季節ごと）に加えて、自然を相手にすることから、異常時の点検（台風、豪雨、地震後など）を行うのが一般的です。

下表に法面や斜面の点検で着目する土砂災害につながり得る変状の一例を示します。

表 点検で着目すべき変状と土砂災害リスク（一例）

着目すべき変状	土砂災害リスク
亀裂・はらみ出し	・法面や斜面の崩壊、剥落（吹付け工）
湧水・にじみ出し	・盛土や斜面のゆるみ、法肩部でのすべり ・法面・斜面の洗堀 → 土砂の流出
落石や崩土の堆積	・斜面の安定性低下（オーバーハングの形成など） ・周辺施設へ影響 (ポケットが埋まることによる防護機能の低下)
植生の状況（根曲がり・倒木など）	・地すべりや大規模崩壊の兆候 ・落石や斜面の表層崩壊
法面の肌落ち	・雨水の盛土内への浸透→盛土の安定性低下

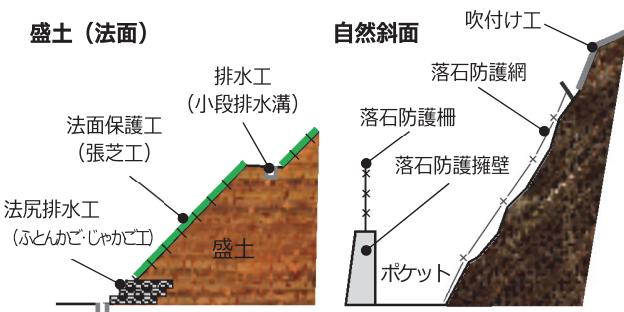


図 土構造物と各種対策工（例）

このように点検では様々なことに着目する必要があります。そのため、点検に先立って、その施設や場所、点検対象に応じた計画（点検時期・項目）を策定することが重要となります。

そして、この計画に基づき適切に点検することで、施設自体や周辺施設へ影響を及ぼすような土砂災害リスクを未然に防ぐと共に、変状が認められた場合でも、応急対応や迅速な対策を施すことができ、将来の土砂災害リスクを低減することができます。このように、点検は施設を長く使用（長寿命化）していく上で重要なものであると共に、得られた様々な情報は、土砂災害リスクへの対応・対策の必要性を検討・判断する上で欠かせないものと言えます。

(4) 完工リスク

本書では温度差エネルギー熱利用設備導入に係る完工リスクとして、EPC事業者等の技術力不足、設計・施工ミス、盗難などに関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-8-5 温度差エネルギー熱利用設備導入に係る完工リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例		
設計・施工段階	施工業者の与信や技術が一定レベルに達していないことにより、事業者が金融機関から融資を受けられない。	★★	事業計画段階	民間信用調査機関等に依頼し、企業与信情報取得する。経営事項審査結果の評点の高い事業者などを確認する。	
設計・施工段階	文化財の出土により工事遅延が発生し、工事費などのイニシャルコストが増加する。	★★	事業計画段階	建設地が周知の埋蔵文化財包蔵地か確認する。埋蔵文化財調査により追加費用が必要となる場合は、リスク分担を明確にしておく。	
設計・施工段階	機器部品、電子部品などの海外製品を導入する場合、日本規格と異なるため施工ミスが起こる。	★★	設計・施工段階	・海外から導入する機器部品、電子部品などが日本規格と異なるか確認する。異なる場合は部品の組み合わせや接続方法など取り合いの図面作成し、施工ミスを防止する。 ・予定している機器に地元施工会社が対応可能か確認する。	
設計・施工段階	EPC事業者等の業務遂行能力・信用力や許認可への対応が不十分な場合、計画どおりの期間・予算・性能で完工しない<引用資料3>。	★	事業計画段階	請負企業の事前財務チェック、企業評価の実施、請負業務による金銭的保証など履行保証を契約書に定めておく<引用資料2>。	
			設計・施工段階	経験・知識豊富なEPC事業者（例えば経営事項審査結果の評点の高い事業者や類似施設・設備の施工やメンテナンスの実績を有する事業者など）へ発注する。 施工を一貫して実施可能なEPC事業者に発注する。例えば、単一の事業者が全業務を一括して請け負う（フル）ターンキー契約を結び、EPC事業者が完工の責任を負うように契約書に定める。特に、設計・調達、施工を別々に発注する場合は、責任の所在を明らかにしておく。事業者にとって計画段階で予算を確定することができるランプサム契約が可能か検討する<引用資料3>。	
設計・施工段階	運用を考慮せずに設計した場合は、不必要的設備や機能を過剰に導入するため、設備費や工事費などイニシャルコストが増える。	★	事業計画段階	計画段階において、設計に必要な諸条件（目的、用途、負荷、準拠図書など）を明確化する。	
			設計・施工段階	技術的知見を持った第三者（コンサルタントやコンストラクション・マネージャー等）に相談し、導入する設備や機能が過大になっていないか確認する。	
設計・施工段階	大規模な再エネ事業の場合は、施工期間が長いため、機器や資材（例えば換金性の高い銅線）などを人里離れた場所で保管する場合、盗難の被害に遭う。	★	設計・施工段階	施工段階から侵入防止用のフェンス・有刺鉄線などの設置、赤外線センサーによる侵入検知と警報ブザー、警報ランプ、LED照明の導入、遠隔監視システムの採用などによりセキュリティを高める。	

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	設計・施工の中間・完成時に検査がされず、完成図書が整備されていない、又は、内容が不十分な場合は、事業の開始後に事故や修繕などが生じても、その原因究明や計画的な修繕が困難となる。	★	設計・施工段階	・必要書類（実施仕様書、計算書、工事図、機器詳細図、試験成績書、取扱説明書など）を明記した完成図書や竣工（しゅんこう）図を受領し、それらを事業終了まで適切に管理・保管しておく。 ・特に、施工後に目視での確認が困難な箇所（埋設管等）については、施工途中の様子を記録するとともに、記録を保存しておく。
	運転・段階		運転・段階	運転段階で不具合等により改善する事項があれば、適時完成図書や竣工図を更新する。
設計・施工段階	分離発注により、各工種の取り合い確認や工程調整等が不十分な場合、タイムオーバーランやコストオーバーランになるおそれ。	★	設計・施工段階	設計、調達、施工を別々に発注する場合には、各請負契約締結時に、契約書面上にて責任の所在を明らかにしておく。各工程において建設期間延長や変更事項が発生する可能性を考慮し、経済的な損失を最小化する内容の工事請負契約を締結する。例えば、期間延長一日当たりの違約金を設定しておく。

(5) 資源リスク

本書では温度差エネルギー熱利用設備導入に係る資源リスクとして、採熱に関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-8-6 温度差エネルギー熱利用設備導入に係る資源リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	<下水熱利用の場合>下水管内の流量・温度等が変化し、計画どおりの採熱量を確保できない。	★★	事業計画段階	利用可能な下水熱量、下水温度等を把握するため、採熱地点における実計測を行う。実計測が不可能な場合、①採熱地点近傍（放流水やポンプ場における揚水等）における既存データ（下水熱ポテンシャルマップなど）を活用し、また、②対象地域内の下水道施設等の既存データや将来人口予測値などに基づき推計を行う。下水温度の変動による影響を検討するため、特に冬季の最低水温、夏季の最高水温を調査する。
			設計・施工段階	水位変動等により流量が変化する地点の場合、流量変動の影響が小さい採熱方式（管底設置方式、熱交換マット方式など）を検討する。
運転段階	一般的に河川流量は季節変化が大きく、また、河川水温は気温や降雨など気象要素による影響を受けるため、事前に想定していた再生可能エネルギー設備で使用する水量や温度差が不足し、計画していた熱供給量を下回る。	★★	事業計画段階	計画地の河川の流量、温度について、長期にわたる文献や実測等により把握し、流量や温度の経年・季節変化を考慮した採熱可能量を推計し、設備の仕様を決定する。

(6) 性能リスク

本書で取り扱う温度差エネルギー熱利用設備導入に係る性能リスクとして、取水成分などによる機器能力が低下するリスクです。また、他の再生可能エネルギーの発電設備や熱利用設備、蓄電池等を組み合わせて導入する際のリスクと対策例は、<再省蓄エネシステムの場合>として紹介しています。

表 2-8-7 温度差エネルギー熱利用事業の性能リスクとその対策

リスクの内容		リスク レベル	リスク対策例	
固有の リスク種	運転段階	★★★	事業計画段階	河川水、海水、湖水、下水等の熱源となる資源について既存文献、現地調査・流量・温度調査等を踏まえた分析を行い、適正な機器(スケールが付着しにくい構造をした機器や部材など)の選定を行う。
固有の リスク種	運転段階	★★★	設計・施工段階	熱源の成分分析と、その成分に適合した材質の配管を採用し、腐食しやすい管継手との接合部は、メーカーに確認し接合方法を決める。また、ゴミ等の異物の影響を受けにくい機器の選定や、異物を破碎、除去等する機器(グラインポンプ、ストレーナなど)を採用する。
固有の リスク種	運転段階		運転段階	メンテナンスとして、熱源の成分分析と異物除去を定期的に実施する。
固有の リスク種	運転段階	★★★	設計・施工段階	<ul style="list-style-type: none"> ・設備の導入時において、契約内容に試運転調整の実施を明記する等により、施工者等から、導入した設備が設計時にシミュレーションしたとおりの効率的な運転となった状態(要求性能が実現された上)で引渡しを受ける。 ・EMS(エネルギー・マネジメントシステム)などにより設備の状況を監視・計測したデータを蓄積し解析・評価を行って、導入した設備が設計時のシミュレーションで想定したとおりの効率的な運転となるよう調整を行う。解析・評価に関しては、高度な知識と経験が必要となるため、必要に応じて再省蓄エネシステムの設計実績のある設計者等に依頼する。
固有の リスク種	運転段階	★★	事業計画段階	流下阻害が生じない熱回収技術(①熱交換マット方式、②管底設置方式、③管路一体方式など)の採用を検討する。
固有の リスク種	運転段階	★★	設計・施工段階	腐食しにくい部材を用いた管(ステンレス、FRP(繊維強化プラスチック)、チタンなど)を採用する。
固有の リスク種	運転段階	★★	運転段階	<ul style="list-style-type: none"> ・運転データ等を収集・分析し、シーズン、月、日ごとに運転調整を行い、システム全体の効率を上げるようにする。 ・上記の対策を実施するために、発電機の選定を行う際は、運転状況の遠隔監視を行っているメーカーを選定する。

(7) 自然災害リスク

本書では温度差エネルギー熱利用設備導入に係る自然災害リスクとして、地震などに関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-8-8 温度差エネルギー熱利用設備導入に係る自然災害リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	台風、突風及び地震等の影響により、支持力不足や地盤の不均一性が生じることで基礎や構造物が傾いて沈下（不等沈下）し、機器が損傷する。	★★	事業計画段階	地方公共団体が公表している地盤調査結果を参考資料として活用する。 計画地周辺で局所的な揚水が行われていないか確認する。
			設計・施工段階	・計画地が、軟弱地盤の多い低地に該当しないか確認する。 ・その上で、地盤調査を可能な範囲で行う。 ・軟弱地盤に該当する場合には、軟弱地盤対策として、地盤改良工事や基礎杭工事（支持層まで杭を伸ばすことにより、建築構築物等を安定して支える基礎工事）を実施する。 伸縮性をもつ管（例：フレキシブルジョイント）を採用した設計を実施する。
			運転段階	不等沈下を早期に発見し、地盤改良等の対策を事前に実施する。
			事業計画段階	大雨や河川増水による浸水域や土砂災害地域は有望地點調査の段階から除外し、河川増水の発生確率の低い計画地を選択する。
			運転段階	設備の損傷に対応するための機械保険や火災保険、逸失利益に対応するために企業費用・利益総合保険などの活用を検討する。
運転段階	天候・自然災害等による故障・損壊（大雨や河川増水による建屋浸水で設備の故障、地すべり等による建屋流出）が発生するおそれ。	★★		

(8) 需要リスク

本書では温度差エネルギー熱利用設備導入に係る需要リスクとして、エネルギー供給先の需要変動や契約変更時の不備に関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-8-9 温度差エネルギー熱利用設備導入に係る需要リスクとその対策

リスクの内容		リスク レベル	リスク対策例		
運転段階	エネルギー需要先（自家消費先や相対取引による売電・売熱先）の需要変動が季節により大きく増減することで、自家消費率が低下したり、設備の稼働率が低下したりするおそれ。	★★	事業計画段階	過去数年分のエネルギー需要データを基に、年間の変動や将来の需要予測を行い、設備の容量や運転計画を決定する。また、事業における需要変動の許容範囲を設定しておく。	
運転段階	＜相対による売熱の場合＞契約更新時に、契約更新前の買取価格が他の売熱事業者の価格や化石燃料の価格より高い場合は、低い価格に変更される。	★★	運転段階	温水等の買取事業者である需要先へは長期割引などのメリットを提示し、長期的な需要確保のために長期の料金単価契約を締結する。	
運転段階	＜相対による売熱の場合＞熱や電力の買取事業者の倒産により、新たな買取事業者による買取り開始されるまでの間、収入が得られない。	★★	運転段階	事前に熱の買取事業者の与信力を確認しておく。買取事業者の倒産に備えて取引信用保険に加入しておく。	

(9) 追加コスト発生リスク

本書では温度差エネルギー熱利用設備導入に係る追加コスト発生リスクとして、流下阻害などに関するリスクと対策例を紹介しています。また、他の再生可能エネルギーの発電設備や熱利用設備、蓄電池等を組み合わせて導入する際のリスクと対策例は、<再省蓄エネシステムの場合>として紹介しています。

表 2-8-10 温度差エネルギー熱利用設備導入に係る追加コスト発生リスクと対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	<再省蓄エネシステムの場合> 温度差熱利用設備等の再生可能エネルギー熱利用設備と再生可能エネルギー発電設備を導入し、EMS による監視・制御を行う場合、共通の通信プロトコル (BACNET、CC-Link、DeviceNet ECHONET Lite など) が標準的に使われていないため、相互に通信するための追加費用が発生する。	★★	設計・施工段階	設計段階であらかじめ使う通信プロトコルを統一しておき、ゲートウェイ等の追加費用も見込んで設備の選定を行う。
運転段階	<再省蓄エネシステムの場合> 再生可能エネルギー発電設備、再生可能エネルギー熱利用設備、蓄エネエネルギー設備等を再省蓄エネエネルギーシステムとして段階的に導入する場合、それぞれの設備が独立して制御され、施設全体での運用状況の把握や最適な運用が困難となり、運用者の手間や余分なユーティリティコストが発生する。	★★★	設計・施工段階	最適運用を図るために、共通の通信プロトコル (BACnet、CC-Link、DeviceNet など) に対応した機器に統一し、EMS を活用した協調運転を行う。
運転段階	事故等により作業員のケガや設備周辺の第三者に被害を及ぼし損害賠償が発生する。	★★	運転段階	事故による被害への対応を行うため、損害保険に加入しておく。例えば、業務上の事故に起因する労働災害や設備そのものの故障等の費用負担を補填する損害賠償保険に加入する。
運転段階	耐用年数を超えて設備を利用する場合、更新費用が足りず設備の継続利用ができないおそれがある。	★★	事業計画段階	・設備の使用期間を想定し、更新が必要な設備を確認する。 ・設備の更新に必要な費用の積立の計画を立てる。
運転段階	設備・機器の不具合や故障が発生し、当初の見込みより保守・点検費用が増加する。特に、海外メーカー製品の故障の場合は、対応が遅かったり、海外メーカーの製品のため部品等の調達に時間を要するとともに修理代等が高くなったりする。	★	事業計画段階	設備の更新の際に活用できる補助金等について情報を収集する。
			事業計画段階	故障内容により連絡する窓口、例えば海外メーカーの部品であっても、迅速な共有体制があることや、国内の代理店等に部品のストックがある代理店の窓口などを把握しておく。

固有の
エネルギー
リスク種

リスクの内容		リスク レベル	リスク対策例	
運転段階	設備・機器の不具合や故障が発生し、当初の見込みより保守・点検費用が増加する。特に、海外メーカー製品の故障の場合は、対応が遅かったり、海外メーカーの製品のため部品等の調達に時間と費用を要するとともに修理代等が高くなったりする。	★	設計・施工段階	メンテナンス(保守・点検、部品交換)を適正に実施するために、事業期間におけるメンテナンス頻度とコストが、設備・機器ごとにまとめられた維持管理計画をメーカーから入手し、それを考慮した事業計画を作成する。設備導入者自身の日常点検による設備不具合の早期発見や、メンテナンス技術を有する地元企業を活用してコストを削減することで、メンテナンス費用の低減を行う。
		★	運転段階	各機器及びシステムの性能、耐久性を維持するため、定期的な保守点検(①日常点検、②定期点検)を実施する。①日常点検は、設備導入者自身が行い、②定期点検はO&M業者、メーカーに委託し定期的に実施する。
運転段階	メーカーの性能保証に適用除外事項が規定されている場合、設置・施工方法やメンテナンス方法が適用事項と合致していないことにより、保証が受けられず、追加費用が発生する。	★	設計・施工段階	設置・施工方法やメンテナンス方法を発注仕様書に明記し、適用事項と合致しているか確認する。設計・調達・建設を専門業者に発注する場合、事業者としての信頼性を有しているか(十分な実績、施工体制等に基づく履行能力など)を確認する。
廃棄・処分段階	事業終了後(契約解除や契約満了時など含む)に土地を所有者に返還する際、原状回復費の負担が発生する。また、河川法に基づいた原状回復費の負担も発生する。	★★	事業計画段階	・土地の賃貸借契約の中で原状回復の定義について明確化しておく。土地の使用状況に合わせて、将来発生する土地の原状回復費を見越し積み立てておく。 ・温度差熱利用では河川法に基づく原状回復費が厳しく規定されているため、その内容を確認し、必要となる原状回復費を把握しておく。
廃棄・処分段階	事業を終了した再エネ設備が放置され、景観悪化、環境汚染(設備に有害物質が含まれる場合はその流出)、公衆安全上の問題(第三者が設備へ接触した際の事故、機器や部品等の飛散、土砂流出など)などが生じるおそれがある。	★	廃棄・処分段階	再エネ設備の撤去及び処分は、廃棄物処理法等の関係法令を遵守し、事業終了後、可能な限り速やかに実施する。

固有のリスク
種

(10) 人的リスク

本書では温度差エネルギー熱利用設備導入に係る人的リスクとして、設置した設備に起因する人身事故や物損事故、オペレーション時のミス、保守点検体制や人員の不足などに関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-8-11 温度差エネルギー熱利用設備導入に係る人的リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例		
運転段階	経験・知識が不足している O&M 業者が、維持管理業務や運転業務に従事することで瑕疵（かし）が発生し、設備に不具合や劣化等が生じる。	★★	設計・施工段階	O&M 実績を確認し委託する。 O&M 事業者の履行に不備があり同一部分の再修理等が必要となった場合には無償で再修理を実施する旨の履行責任条項を業務委託契約に盛り込んでおき、瑕疵が発覚した場合の経済的負担を軽減できるようにしておく。	
運転段階	トラブル時に急な対応が遅れ、設備稼働率が低下する。	★★	設計・施工段階	適切な保守・点検及び維持管理計画（①スケジュール、②人的配置・体制計画、③範囲、④方法、⑤安全対策、⑥記録方法など）を策定する。また、深夜／休日、豪雨／豪雪等の状況でも確実に対応できる実施体制の構築を図る。	
運転段階	保守・点検を担う職員の異動、退職により、新たな人員が確保できるまで運営トラブル（有資格者が必要な場合は事業中断、最適な運転ができない）が発生するおそれ。	★	設計・施工段階	職員の異動や退職等に備え、複数人での保守・点検の運用体制や書の整備を行う。	
			運転段階	職員の異動や退職等に備え、計画的な人員配置を行う。適切な人員が確保できない場合には外部委託を行う。	
運転段階	オペレーション時のミスによる事故等により作業員のケガや設備周辺の第三者に被害を及ぼすリスク。	★	運転段階	オペレーション時のミスが発生しないように、設備・機器の運転方法を書化し、それに準じた操作を徹底する。併せて、事故による被害への対応を行うため、損害保険に加入しておく。例えば、業務上の事故に起因する労働災害の費用負担を補填する損害賠償保険に加入する。	

2-8-5. 温度差エネルギー熱利用設備導入に係る主な関係法令

温度差エネルギー熱利用設備を導入する場合は、法令に基づき、許認可等の手続が必要となります。本項では、許認可等の手続が必要となる主なものについてまとめています。

なお、掲載したものは飽くまでも参考として例示したものです。事業を行う際にはその他関係する法令等を遵守するとともに、地方公共団体の条例等に係る手続についても確認が必要です。

表 2-8-12 温度差エネルギー熱利用設備導入に係る主な関係法令

法令名称	手続	手続の概要
熱供給事業法	熱供給事業の登録	熱供給事業を行う場合は、経済産業大臣の登録を受けなければならない
	保安規程の届出手続	一定規模の熱供給施設を設置する場合、保安規程を定め、使用の開始前までに国への届出が必要である
森林法	森林の土地所有者届出制度	個人、法人を問わず、売買や相続等により森林の土地を新たに取得した場合、面積にかかわらず市町村長への事後届出が必要である。ただし、国土利用計画法に基づく土地売買契約の届出を提出している場合は対象外である
	森林における開発許可等手続	森林における開発行為には、事前に都道府県知事の許可等が必要である
農地法	農地転用許可手続	農地に設備等を設置する場合、農地以外の地目へと転用するため、事前に市町村農業委員会を経由して、都道府県知事又は指定市町村の長の許可が必要である
生産緑地法	生産緑地地区内の建築行為	生産緑地地区内において、建築物、工作物の建築等、土地の形質の変更、水面の埋立てなどの行為を行おうとする場合に、市町村長の許可を得る必要がある
都市緑地法	特別緑地保全地区内の建築行為	特別緑地保全地区内において、建築物、工作物の建築等、土地の形質の変更、木竹の伐採、水面の埋立てなどの行為を行おうとする場合に、都道府県知事の許可を得る必要がある
国土利用計画法	土地売買等の契約届出手続	一定規模以上の土地の売買等の契約を締結した場合、都道府県知事又は指定都市の長への届出が必要である
公有地の拡大の推進に関する法律	一定規模以上の土地を有償で譲渡しようとする場合等の届出	一定規模以上の土地を有償で譲渡しようとするときは、事前に市長（町村域の土地の場合は町村経由で知事）に届出が必要である 地方公共団体等による買取りを希望するときは、その旨を申し出ができる
土地区画整理事業の施行地区内における建築行為等の許可手続	土地区画整理事業の施行地区内における建築行為等の許可手続	土地区画整理事業の施行地区内において、発電設備等の設置のため土地の形質の変更等を行う場合、事前に都道府県知事等の許可が必要である
都市計画法	開発許可手続	市街化区域等で開発行為を行う場合、都道府県等の許可が必要となる場合がある
下水道法	設備設置の許可	下水道管理者以外の者が下水道施設に下水熱利用設備を設ける場合には、原則として地方公共団体が定めた条例に基づき許可を受ける必要がある。
港湾法	臨港地区内における行為の届出	臨港地区内において設備等の設置工事等を行う場合、事前に港湾管理者への届出が必要である
砂防法	砂防指定地における行為許可等	砂防指定地において開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
地すべり等防止法	地すべり防止区域内の行為許可	地すべり防止区域内において、開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律	急傾斜地崩壊危険区域内の行為許可	急傾斜地崩壊危険区域内において、開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である

法令名称	手続	手続の概要
鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律	特別保護地区内における行為許可手続	鳥獣の特別保護区域内で開発行為を行う場合、事前に国等の許可が必要である
自然環境保全法	自然環境保全地域等における行為の許可又は届出	原生自然環境保全地域、自然環境保全地域、都道府県自然環境保全地域において工事を行う場合、事前に国又は都道府県の許可が必要である
自然公園法	行為許可申請等手続	国立公園や国定公園等で開発行為を行う場合、事前に国等の許可や届出が必要である
土壤汚染対策法	土地の形質の変更に係る届出手続	一定規模の土地の掘削等を行う場合、事前に都道府県等への届出が必要である
採石法、砂利採取法	土石砂利の採取認可	土石砂利の採取を行う場合、事業者は採取計画を定め、都道府県知事の認可が必要である
景観法	景観法等に基づく届出	景観の保全が定められている地域において工事を行う場合、事前に市町村等への届出や認定等が必要である
道路交通法	①道路使用許可手続 ②制限外積載許可手続	①工事等の際に道路を使用する場合、事前に所轄警察署長の許可が必要である ②貨物の運搬時に、車両の積載物の重量、大きさ又は積載方法の制限を超えて運転する場合、事前に車両の出発地を管轄する警察署長の許可が必要である
道路法	道路の占用許可手続等	道路区域内において工事等をするために道路を占用する場合、事前に道路管理者の許可が必要である
	道路法に基づく車両制限	工事等の際に、車両制限の範囲を超える工事車両が道路を通行する場合、事前に道路管理者の許可が必要である
特定工場における公害防止組織の整備に関する法律	公害防止管理者	電気・熱供給事業等で、特定の施設を設置している工場は、公害防止管理者等を選任し、都道府県知事又は市町村長への届出が必要である
文化財保護法	埋蔵文化財包蔵地土木工事等届出手続	埋蔵文化財が確認されている土地において発電設備等の設置のため開発行為を行う場合、事前に都道府県・政令指定都市等への届出が必要である
	史跡・名勝・天然記念物指定地の現状変更の許可	史跡・名勝・天然記念物指定地において開発行為を行う場合、事前に国等への許可が必要である
	遺跡の発見報告	工事を行っている際に遺跡を発見した場合は、都道府県・政令指定都市等への届出が必要である

出典：主に資源エネルギー庁（2019）「再生可能エネルギー事業支援ガイドブック令和元年度版」、既存資料を参考に作成

Column

河川水熱利用のポイント

執筆：一般財団法人 ヒートポンプ・蓄熱センター

比較的河口に近いエリアでの河川水を利用した熱供給事業における、リスクの抽出及び対策例を紹介します。当該事業の事業計画段階において性能リスクとして以下が抽出され、対策が検討されました。

◆抽出された性能リスクの例

- ① 潮の干満により取水温度が排水温度の影響を受ける。
- ② 河川水質の影響により熱源機の熱交換器にスケールが付着する、熱交換器が腐食する、貝等により閉塞する。
- ③ 河川上流からの流木、ごみ等の大量流下により河川水が使用不可能になる。

◆上記性能リスクへの対策例

- ① に対しては、放流口を2か所設け、潮の干満に合わせた放流口の切り替えを行う。
- ② に対しては、海水に強いチタンチューブの採用とともに、チューブの自動洗浄装置を設置する。
- ③ に対しては、バックアップ設備として**ヒーティングタワー**の設置とともに、浮遊ゴミの自動洗浄装置を設置する。

さらに、運転段階では、環境に与える影響を最小限にとどめるため、取水量に加え、取水と放流の温度差の上限について河川管理者との間で厳格な取り決めを行い、その範囲内で日々の運用を実施しています。

河川水熱の利用に当たっては、先行利用事例を参考にするとともに、それらに関わった専門工事業者と連携することにより、技術的なリスクは回避できるものと考えられます。

一方で、河川水熱利用のための設備費用負担は大きいため、エネルギー供給先のまとまった需要規模を確保することが事業の健全性を高めるために重要と考えられます。

温度差エネルギー熱利用のメリット

ヒートポンプは、空気など自然界に存在する「熱」を活用して冷暖房や給湯などに利用する再生可能エネルギー源を利用した技術で、従来の燃焼方式から代替することで地球温暖化防止に寄与します。特に、温度差エネルギーは、年間を通して天候に左右されず温度変化も小さく、安定的にエネルギーを得ることができるため、24時間365日、熱の安定供給が求められる熱供給事業において、スケールメリットをいかした河川水熱や下水熱等の面的利用は、低炭素型まちづくりの有効な施策として期待されています。

2-8-6. 引用・参考資料

〈引用資料〉

1. 経済産業省 資源エネルギー庁 (2018) 「事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）」
2. 環境省 (2018) 「地域における再エネ事業の事業性評価等に関する手引き（金融機関向け）Ver3.1～太陽光発電事業編～」
3. 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) (2017) 「バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針」
4. 国土交通省 (2015) 「下水熱利用書（案）」

〈参考資料〉

5. 国土交通省ウェブサイト (2015) 「資料 3-1 下水熱利用事業スキームの検討について」 (2015 年 3 月 11 日 下水熱利用推進協議会) (第 7 回)
6. 国土交通省ウェブサイト (2015) 「資料 3-2 下水熱利用の採算性評価について」 (2015 年 3 月 11 日 下水熱利用推進協議会) (第 7 回)
7. 国土交通省ウェブサイト (2015) 「参考資料 3 下水熱ポテンシャルマップ（詳細ポテンシャルマップ）作成の手引き（案）」 (2015 年 3 月 11 日 下水熱利用推進協議会) (第 7 回)
8. 特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会 (2017) 「地中熱ヒートポンプシステムオープンループ導入ガイドライン 第 1 版」
9. 特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会 (2018) 「地中熱ヒートポンプシステム施工管理書 補講資料」
10. 茅 陽一 (2002) 「新エネルギー大事典」工業調査会
11. 経済産業省 資源エネルギー庁 (2018) 「再エネ事業支援ガイドブック 平成 30 年度版」
12. 経済産業省 資源エネルギー庁 (2014) 「再エネスキル標準 (GPSS) ガイドブック」
13. 一般社団法人 新エネルギー導入促進協議会 (2014) 「再エネ熱 事例集」
14. 北海道 (2015) 「エネルギー地産地消導入検討書」
15. 東京海上日動リスクコンサルティング株式会社 (2012) 「再エネ関連事業参入のチャンスとリスク」『リスクマネジメント最前線 2012-17』 2012 年 11 月 9 日号
16. 総務省ウェブサイト「再エネ資源等の賦存量等の調査についての統一的なガイドライン～再エネ資源等の活用による「緑の分権改革」の推進のために～」(2011 年 3 月 1 日 緑の分権改革推進会議 第四分科会 (第 4 回))
17. 経済産業省 (2005) 「先進企業から学ぶ事業リスクマネジメント実践テキスト」
18. 認定 NPO 法人 環境エネルギー政策研究所 (2018) 「自然エネルギー白書 2017」
19. 江口智子・佐藤康之編 (2016) 『再エネ開発・運用にかかる法規と実務ハンドブック』水上貴央監修, エヌ・ティ・エス
20. 一般財団法人 ヒートポンプ・蓄熱センター (2016) 「蓄熱技術基準書運用ガイドブック」

2-8-7. 温度差エネルギー熱利用設備導入に関する用語解説

「2-8. 温度差エネルギー熱利用設備導入に係るリスクとその対策」で示した太文字の用語解説となっています。一般的な用語集とは異なり、技術的な解説は必要最小限にとどめていますので、技術面の詳細は専門書等を参照してください。

EPC

Engineering, Procurement, Construction の略称。「ターンキー契約」と同等で、設計(Engineering)、調達(Procurement)、建設(Construction)を含む、プロジェクトの建設工事を請負契約のこと。

O&M(Operation&Maintenance)

施工後の発電施設における運転管理業務や設備維持管理業務のこと。

オーバーハング

岩盤が垂直を超えてせり出している状態。斜面下部が軟らかく、上部に硬い場合に形成されやすい。

河川の堰止め

崩土により河道が閉塞すること。天然ダムとも呼ばれる。

管路一体方式

下水管路としての管内側下水とリブ部分の熱源水との間で熱交換を行う方式のこと。新規に管路を敷設する場合に、熱交換機能をもたせる管路として適用が可能である。

管底設置方式

下水管路内の底部に金属製又は樹脂製の熱交換器を後付方式で設置して融雪を行うこと。下水管更生時にも適用が可能である。

ゲートウェイ

通信プロトコルの変換などにより、異なる通信プロトコルを有する機器、設備間での相互接続を可能とする装置のこと。

水利権者

特定の目的(水力発電、かんがい、水道等)のために、その目的を達成するのに必要な限度において、流水を排他的・継続的に使用する権利のこと

通信プロトコル

異なる機器、設備を相互接続するために必要となる手順や規約(データ送受信のタイミング、データの形式、通信エラー時の対応など)などの通信上の約束事

デューデリジェンス

事業の適格性を把握するために行う調査のこととで、投資を行う際、投資対象の土地の価値や収益力、リスクなどを詳細に調査・分析すること。

取引信用保険

取引先の倒産や支払遅延等により、販売代金を回収できなくなった場合に、損害の一定部分などについて保険金が支払われるもの。

熱交換マット方式

下水管底部に熱回収用のマットを敷き採熱する方式をいう。

(法面の) 肌落ち

法面の表層が剥離して落下すること。

はらみ出し

地すべりや地下水の影響等により斜面や法面が押し出されている(膨らんでいる)状態。

ヒーティングタワー

加熱塔兼冷却塔とも呼ばれ、主に地域冷暖房などの大規模空調を行うために屋外に設置する空調用機器。暖房時は**ヒーティングタワー**（加熱塔）として大気から熱を吸収し、冷房時はクーリングタワー（冷却塔）として大気へ熱を放出する。

ポケット

落石防護擁壁背後の斜面との間に設けられた空間で、落石や崩土を堆積させる場所。

預託金

賃貸借契約の際に借主が貸主に一定の金額を無利息で預け入れる金銭の総称で敷金、保証金のこと。

ランプサム契約

商取引の解約形態の一つで、契約金額として約定された固定金額で契約上の義務を請け負う契約。契約当事者間の合意がない限り原則として金額は変更されない。

2-9. 雪氷熱利用設備導入に係るリスクとその対策

本書について

| 引用・資料について

引用又は参考にした資料を、節末の「引用・参考資料」に記載しています。

| 用語について

太文字（例：O&M）で記載されている用語は、節末の「用語解説」においてその内容を説明しています。

2-9-1. 雪氷熱利用設備導入の流れとリスクとその対策の考え方

雪氷熱利用設備の事業計画から撤去・処分までの大まかな流れを図 2-9-1 に示します。本書では、リスクが顕在化する事業段階（設計・施工、運転管理、撤去・処分）から事業計画段階まで遡り、各段階で取り得るリスク対策に優先順位を付けて体系的に整理しています。なお、再生可能エネルギー設備、蓄エネルギー設備、省エネルギー設備を組み合わせて導入するシステム（以下「再省蓄エネシステム」といいます。）のリスクとその対策例も紹介（該当リスクは表内で「<再省蓄エネシステムの場合>」と記載）しています。

「2-9-3. 雪氷熱利用設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧」にて例示しているリスクとその対策には、関係法令及び条例への対応に係る内容を一部含んでいますが、遵守すべき法令や条例への対応を網羅しているとは限らないため、各事業者の責任の下で設備を設置する土地を管轄する地方公共団体等に事前に相談、確認をした上で必要な対応を実施することが求められます。なお、地方公共団体の相談先が明確でない場合は、都道府県や市町村の再生可能エネルギー関連部局に相談することが有効です。

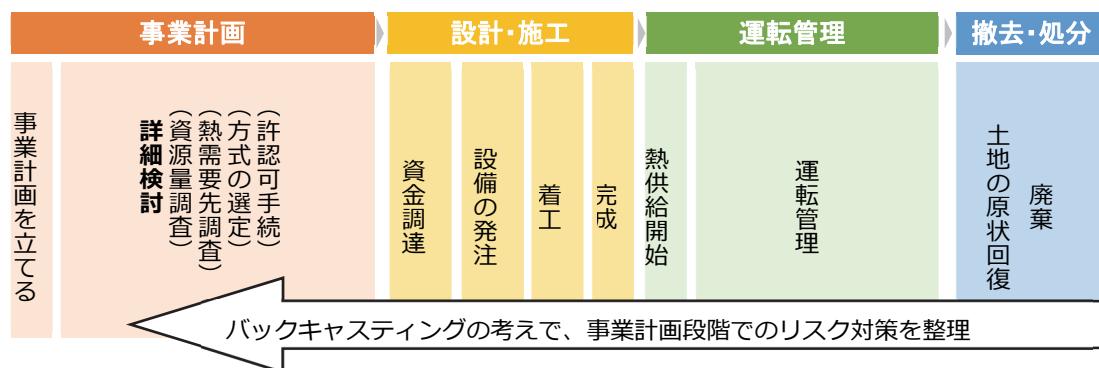


図 2-9-1 雪氷熱利用事業の流れ

出典：環境省（2018）「地域における再生可能エネルギー事業の事業性評価等に関する手引き（金融機関向け）Ver 3.1 小水力発電事業編」より作成

2-9-2. 雪氷熱利用設備導入に係るリスクの分類

本書で取り扱っている地中熱利用設備導入に係るリスクを分類別にまとめると表 2-9-1 のようになります。

(リスクの考え方やリスクマネジメントの説明については 1 章を御参照ください。)

表 2-9-1 雪氷熱利用設備導入に係るリスク分類別のリスク数

リスク分類	リスク概要	リスクの数※	頁
制度リスク	規制、許認可、制度改正、系統連系に係るリスクのほか、合意形成に関するリスク	4	p.266
土地リスク	事業用地取得時の契約、事業用地の利用継続に係るリスク	5	p.268
環境リスク	事業活動による環境変化が、人の健康や生態系に影響を及ぼすリスク	1	p.269
完工リスク	コスト・タイムオーバーランにつながる設計・施工、EPC 業者等、資金調達に係るリスク	13	p.273
資源リスク	資源調達時における量及び質、調達価格に係るリスク	4	p.275
性能リスク	システム効率の低下につながるメンテナンス不足、機器トラブルに係るリスク	3	p.276
自然災害リスク	自然災害（暴風、豪雨、豪雪、洪水、地震など）やそれに伴う土砂災害（斜面崩壊、地すべりなど）、落雷などに係るリスク	2	p.277
需要リスク	エネルギー需要の変動、契約更新に係るリスク	2	p.278
追加コスト発生リスク	資源の品質基準の不一致、機器損傷、物損・人的被害の損害賠償、メーカー保証適用事項との不一致、機会損失、ユーティリティコスト増加、事業終了後の原状回復などに係るリスク	7	p.279
人的リスク	オペレーションミス、メンテナンス体制や人材不足に係るリスク	4	p.281
	計	45	

※：本項で扱うリスクの数

次項 2-9-3. に雪氷熱利用設備導入に係るリスクとその対策をリスク分類（大項目）別に掲載しています。事業計画時にはこちらを参考にして事業のリスクを抽出し、必要なリスク対策の検討に活用してください。

図 2-9-2 のように事業への影響度と発生頻度からリスクをレベル分けし、★の数でリスクの大きさを示していますので、重大リスクから優先的に対策を行うことが可能です。

リスク対策については、事業段階別に分けて掲載しています。各事業段階で可能なリスク対策を把握し、事業に必要なリスク対策を計画的に実行していくことが肝要です。

なお、リスクは個別事業の事情により異なるものもあるため、起こり得る全てのリスクを網羅しているわけではないことに御注意ください。

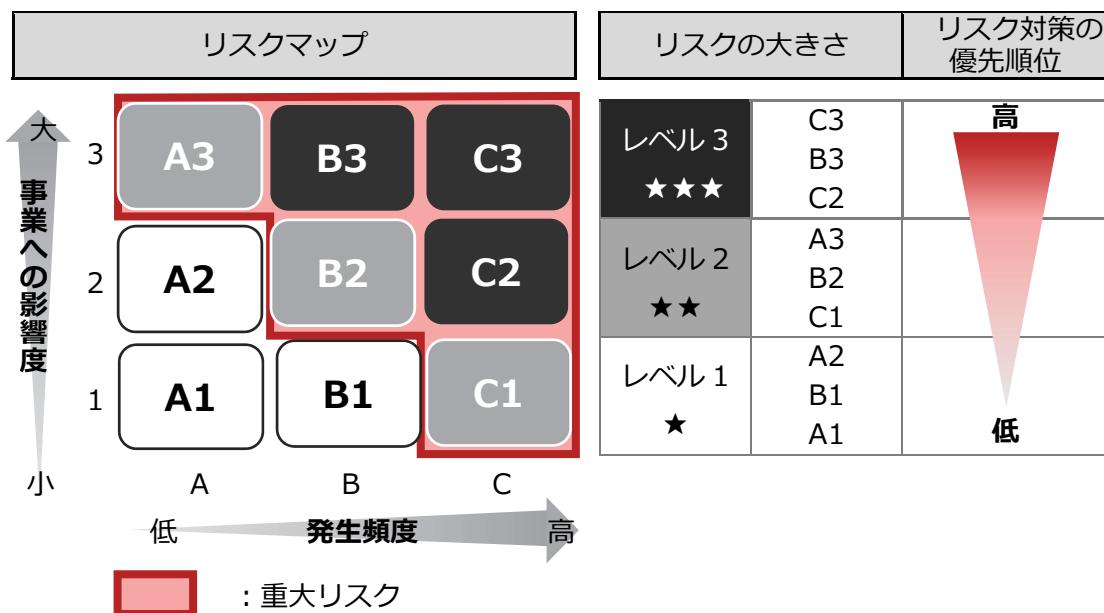


図 2-9-2 本書におけるリスク評価の考え方

2-9-3. 雪氷熱利用設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧

雪氷熱利用設備導入に係る重大リスクのうち、レベル3に該当するリスクとその概要について事業段階ごとに一覧で整理しました。各リスクの詳細とその対策については参照ページをご確認ください。

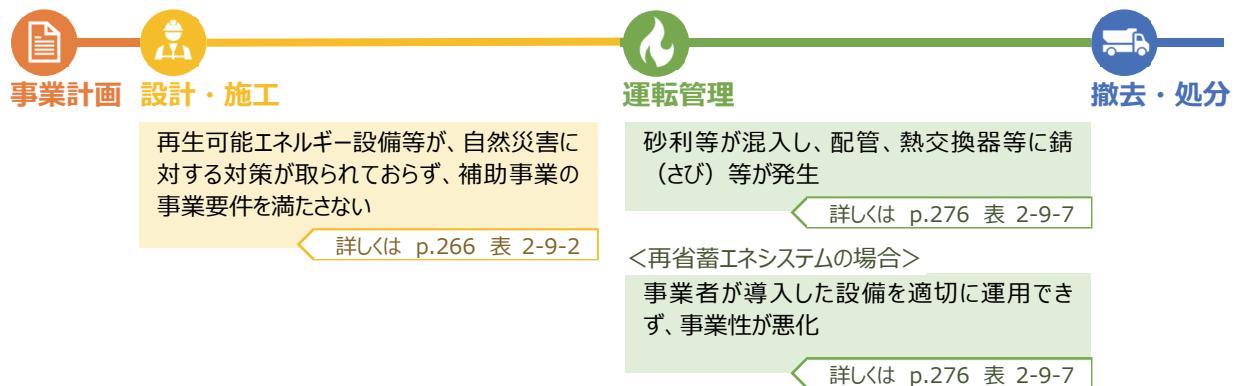


図 2-9-3 雪氷熱利用設備導入に係る重大リスク（レベル3）の一覧

2-9-4. 雪氷熱利用設備導入に係るリスクとその対策の一覧

(1) 制度リスク

本書では雪氷熱利用設備導入に係る制度リスクとして、設備導入者によるコントロールの及びにくい、許認可、規制、制度改正、地域住民等との合意形成などに起因するリスクと対策例を紹介しています。

リスクレベル3の重大リスクとして、補助金で導入した再生可能エネルギー設備等が、自然災害への対策が取られておらず、事業要件を満たさないおそれが挙げられます。

表 2-9-2 雪氷熱利用設備導入に係る制度リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
事業計画段階	事業による環境への影響（水質、騒音、景観等）が顕在化し、関係者と事業継続に係る合意形成が図れず事業が中止する。	★★	事業計画段階	計画段階で、環境の現況調査を実施するとともに、水質や騒音等については環境基準を正しく理解した上で事業申請を行う。景観等については、慎重に地元と関係構築をしつつ合意形成を図る。なお、対策が必要な場合は、複数の環境配慮対策を検討し、関係者との協議を踏まえた設計・施工・運転管理計画を作成する。
	設計・施工段階		地方公共団体が再生可能エネルギー設備設置に景観形成基準を定めている場合は、配置、色彩などを基準に適合させた設計を行う。施工段階における環境への影響をモニタリング（状態を監視、観測や測定）し、その状況を関係者と共有する。環境への影響変化の兆候を確認した場合は、関係者と協議を行い、新たに環境配慮対策を考慮した施工を行う。	
	運転段階		運転段階においても環境への影響をモニタリングし、環境への影響変化の兆候を確認した場合は、関係者と協議を行い、新たな環境配慮対策を反映した運転管理計画を作成する。	
事業計画段階	事業実施の事前周知や事業内容の説明、運転状況や廃棄・処分の報告不足により、近隣住民などのステークホルダーから事業実施の同意及び理解が得られない。	★★	事業計画段階	近隣住民等の事業関係者への説明会を早期かつ定期的に実施し、事業への理解の醸成、不満の早期対応に努める。
	設計・施工段階		定期的に近隣住民等の事業関係者へ設計・施工状況の報告を実施し、事業への理解の醸成、不満の早期対応に努める。	
	運転段階		定期的に近隣住民等の事業関係者へ運転状況の報告を実施し、事業への理解の醸成、不満の早期対応に努める。	
	廃棄・処分段階		近隣住民等の事業関係者へ廃棄・処分状況の報告を実施し、不満の早期対応に努める。	

リスクの内容		リスク レベル	リスク対策例	
設計・ 施 工 段階	補助金で導入した再生可能エネルギー設備等が、地震・地すべり・台風・集中豪雨・豪雪・津波などの自然災害に対する十分な強度計算や対策が取られておらず、事業要件（地域における自然的社会的条件に応じた、再エネ普及・拡大の妨げとなっている課題への適切な対応を備えていること）を満たさないおそれ。	★★★	設計・ 施 工 段階	自然災害（地震・地すべり・台風・集中豪雨・豪雪・津波など）に対する災害対応基準（設備の耐震設計に関するガイドラインなど）やそれに類するもの（各種再生可能エネルギー設備の設計・施工のガイドライン、地方公共団体等が公表しているハザードマップなど）に従い設計図書等を作成し、それに基づき、所要の安全度が確保されるように設計・施工を行う。
運 転 段階	法人税や消費税、その他の税に係る制度の変更によって、経費の支払が増える。	★	運 転 段階	運転段階において、税に係る制度変更を把握した時点で事業計画を見直す。

(2) 土地リスク

本書で取り扱う雪氷熱利用設備導入に係る土地リスクとして、用地確保に係る契約、事業を借地や公有地で実施する場合のリスクと対策例を紹介しています。

表 2-9-3 雪氷熱利用設備導入に係る土地リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
事業計画段階	他事業者が、事業地確保のために好条件を提示したことにより、他事業者と地権者との間で先に契約締結されてしまい、土地が確保できなくなるおそれ。	★★	事業計画段階	本契約を締結する前に、期限付契約（期限を設け、期限内では他事業者と契約締結しない契約）や予約契約（将来、契約を締結することを事前に当事者が合意した契約）を締結する。例えば、地権者から「ほかの再生可能エネルギー事業者とは○箇月の間は協議しない。」や「年間土地賃借料は○円とする。」など、契約書や覚書等に明記する。
事業計画段階	計画予定地において第三者による抵当権や賃借権等の土地利用権の設定確認が遅れ、無駄なコストと時間が発生するおそれ。	★	事業計画段階	計画地の登記簿謄本（全部事項証明書）により抵当権の設定を早めに確認するといった、土地のデューデリジェンス（事業の適格性を把握するために行う調査）を行う。抵当権が設定されている場合は、他計画地を探す。若しくは、現土地所有者に照会し、抵当権抹消の可能性について確認する。抵当権が抹消できる場合は、抵当権抹消手続を進め新規に事業者が抵当権を設定して事業を進める。
事業計画段階	計画地の早期確保を目的に、予約契約として土地所有者に預けた高額の土地預託金が返還されないリスク。	★	事業計画段階	商取引の際に信頼できる第三者を仲介させ、契約内容が担保されたものとする。預託金の場合は、エスクローエージェント（請負の多くは信託会社や信託銀行）へお金を預け、何らかの事情で契約が終了した場合に預託金が返還される手法（エスクロー）を採用する。
運転段階	<事業を公有地で実施する場合>国、地方公共団体等の求めにより、事業用地を公共の用途に供することを理由に、土地使用契約を解除され、土地の利用継続が困難となるおそれ。	★★	事業計画段階	事業期間内の契約解除の際には、逸失利益相当の補償金額が地権者（地方公共団体等）から支払われる旨を、土地契約締結時の条項として入れることを交渉し、土地利用の継続性を高める。
運転段階	<事業を借地で実施する場合>事業開始後に土地の所有者（土地賃貸人）の変更（相続による変更も含む）に伴い、土地契約の内容（賃料の値上げ、支払条件、契約期間など）が見直され、事業者にとって不利な契約となるおそれ。また、土地所有者の破産、売却等により土地の利用継続が困難となるおそれ。	★★	事業計画段階	・事業期間中の利用権を有し続けることができるよう、長期利用権を取得する。また、賃貸借契約において、賃借権の登記を行い、土地利用権の保有策を講じる。 ・事業期間が非常に長期にわたることが一般的であるため、買取を原則とする。また、土地所有者が変更しても、事業期間中の利用権を継続できるように、賃貸借契約の内容が担保される契約（物価の変動以外の理由で賃料引上げを行わないとする条項の追加など）にしておき、将来的な相続等で賃料引上げがされることがないように対抗要件を具備する。事業期間に応じた地上権、地役権、賃借権を設定する。

(3) 環境リスク

本書では雪氷熱利用設備導入に係る環境リスクとして、設備設置時の土地開発行為による土砂災害に関するリスクと対策例を紹介しています。

なお、「事業による環境への影響が顕在化し、関係者と事業継続に係る合意形成が図れず事業が中止・中止する」といった一般的な合意形成に関するリスクと対策例は、制度リスクで取り扱っています。

表 2-9-4 雪氷熱利用設備導入に係る環境リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	再生可能エネルギー設備設置のために土地開発行為をした場合、周辺への雨水や土砂の流出、地すべり等が発生するおそれがある（引用資料 1）。	★★	事業計画段階	地方公共団体の指導要綱やガイドライン、ハザードマップ等を確認し、計画地において必要な調査（地盤、地質調査など）を実施する。廃棄物処分場跡地については、周辺環境への影響に十分配慮した上で検討する。
			設計・施工段階	関係法令及び条例に従い、利用する土地の形状、形質に対応した適切な設計（①盛土、切土面保護のための擁壁、石張り、吹付け、法枠（のりわく）、法面排水などの対策、②地下水によるがけ崩れ、土砂流出のおそれがある場合は開発区域内の地下水排出施設の設置、③軟弱地盤の場合は地盤改良、擁壁、水抜き等の措置、④集中豪雨等の降雨量等から想定される雨水が有効に排水できる排水路改修や調整池等設置の対策など）を行う（引用資料 1）。

Column

事業計画段階における地形・地質評価の重要性

～土地開発行為に伴う土砂災害発生リスク～

執筆：パシフィックコンサルタンツ株式会社

国土基盤事業本部 地盤技術部

山間地や丘陵地などに再生可能エネルギー設備が設置される場合、平坦（へいたん）な土地を確保するために土地の造成（切土・盛土）が行われることになります。

土地の造成を行う場合、沈下や液状化、斜面や法面（のりめん）の崩壊と共に伴う河川の堰止め（湛水＝たんすい）など、地形や地質に起因した様々なリスクが存在しており、場合によっては、設備自体の破損や機能不全、周辺環境へ影響を及ぼすような土砂災害を引き起こす可能性もあります。

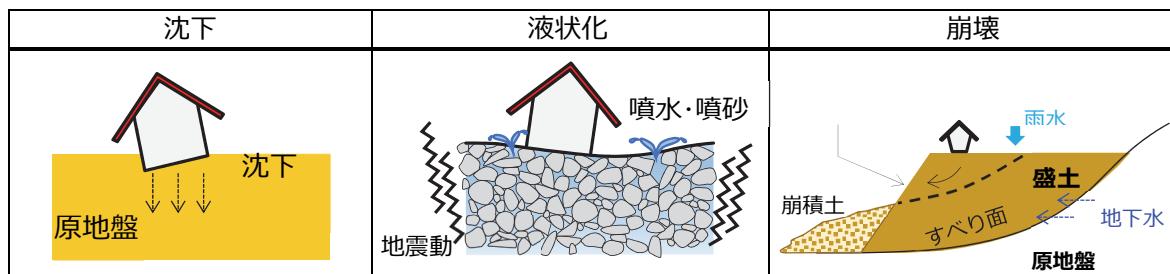


図 地形・地質に起因した様々なリスク

事業計画段階での適地選定において十分な事前確認を怠った結果、追加調査や設計変更、災害発生時の対策費用の発生など、事業の存続可否にも影響する深刻な事態を引き起こすこともあります。ただし、下表に示したとおり、事前計画段階において、既存文献や現地状況、法令等を十分に確認しておくことで、土砂災害発生リスクを低減・回避することができます。

表 事前に確認すべき事項と注意すべき要件の例

項目	確認すべき事項	注意すべき要件の例
文献調査	地形図、空中写真などによる対象地周辺も含めた地形状況や河川状況 各種の地質調査報告書・文献による対象地の地質分布・構造 土地の災害履歴など	崩壊地形、地すべり地形、河川の氾濫原など 軟弱地盤、液状化、断層、火山帯や変質帯の有無など 落石や斜面崩壊などのほか、地盤沈下、地震時の液状化などの災害履歴の有無
現地調査	地形や地質、土地利用状況など	新たな崩壊箇所、既存対策工、不法投棄の有無など
基礎地盤調査	設計に必要な情報（物理特性、化学特性、盛土材料の材料特性等）	軟弱地盤、液状化など 自然由来重金属等の基準値超過など
その他	砂防4法※をはじめとする関連法令 地名：過去の地形変遷の手掛かりとなる場合あり	地すべり防止区域や砂防指定区域などの区域指定の有無 湿地や氾濫原：ケミ（検見川・花見）、ソネ（曾根・大曾根）など

※砂防4法：砂防法、地すべり等防止法、急傾斜面の崩壊による災害の防止に関する法律、土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律（通称：土砂災害防止法）。

これらの確認を怠ると、設計・施工段階や施設稼働時まで、長期にわたって土砂災害発生リスクを抱えた状態となります。土地造成の切土を例にとると、対象地に分布する地質や地形条件、ある

いは用地等の制約により、標準的な法面勾配を適用できない場合があります。しかし、事前にこれら確認時に得られた情報を活用することで、最適な対策を講じることができ、将来的な土砂災害発生リスクとこれに伴うコストを低減することが期待できます。例えば、軟弱地盤の場合には地盤改良等の対策を講じることができますし、落石や崩壊のおそれがある斜面が背後に存在する場合は、法面や斜面を安定させる対策工を実施するほか、被害が想定される範囲から離れた場所に重要施設を計画するなどの対応も考えられます。このように、事業計画段階では不要に思えて、将来を見越した調査を実施しておくことが重要です。

ただし、把握した情報の評価については専門的判断を要することから、必要に応じて調査業者・設計業者の助言を仰ぐことも考えてください。

Column

運転管理段階における土構造物などの点検の重要性

執筆：パシフィックコンサルタント株式会社

国土基盤事業本部 地盤技術部

再生可能エネルギー設備稼働後、施設・機械自体については定期的に点検・維持管理が行われている一方で、周辺の斜面や土構造物（盛土・切土など）については十分な維持管理が行われていないうちがあります。

盛土・切土工や付随する対策工（落石対策工・法面保護工など）についても、施設・機械と同様、年を経るにつれて老朽化・脆弱（ぜいじやく）化するとともに、想定外の異常事象（豪雨・地震など）によって変形・破損が生じる場合があります。従って、維持管理段階では施設・機械の点検だけでなく、周辺の地盤や斜面、土構造物（盛土・切土など）、付随する対策工についても、変状が生じていないか？異常が見られないか？などについて注意を払う必要があります。

土構造物の点検では、平常時の点検（日常・定期・季節ごと）に加えて、自然を相手にすることから、異常時の点検（台風、豪雨、地震後など）を行うのが一般的です。

下表に法面や斜面の点検で着目する土砂災害につながり得る変状の一例を示します。

表 点検で着目すべき変状と土砂災害リスク（一例）

着目すべき変状	土砂災害リスク
亀裂・はらみ出し	・法面や斜面の崩壊、剥落（吹付け工）
湧水・にじみ出し	・盛土や斜面のゆるみ、法肩部でのすべり ・法面・斜面の洗堀 → 土砂の流出
落石や崩土の堆積	・斜面の安定性低下（オーバーハングの形成など） ・周辺施設へ影響 (ポケットが埋まることによる防護機能の低下)
植生の状況（根曲がり・倒木など）	・地すべりや大規模崩壊の兆候 ・落石や斜面の表層崩壊
法面の肌落ち	・雨水の盛土内への浸透→盛土の安定性低下

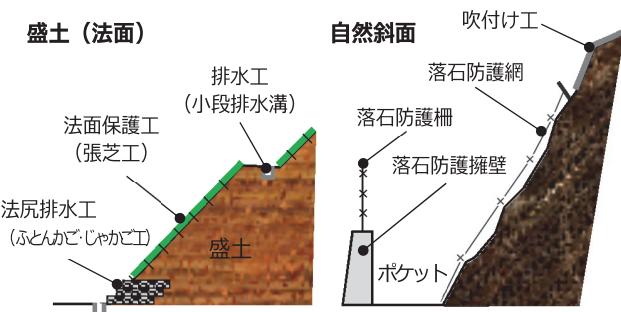


図 土構造物と各種対策工（例）

このように点検では様々なことに着目する必要があります。そのため、点検に先立って、その施設や場所、点検対象に応じた計画（点検時期・項目）を策定することが重要となります。

そして、この計画に基づき適切に点検することで、施設自体や周辺施設へ影響を及ぼすような土砂災害リスクを未然に防ぐと共に、変状が認められた場合でも、応急対応や迅速な対策を施すことができ、将来の土砂災害リスクを低減することができます。このように、点検は施設を長く使用（長寿命化）していく上で重要なものであると共に、得られた様々な情報は、土砂災害リスクへの対応・対策の必要性を検討・判断する上で欠かせないものと言えます。

(4) 完工リスク

本書では雪氷熱利用設備導入に係る完工リスクとして、貯雪庫の配置、EPC事業者等の技術力不足、設計・施工ミス、盗難などに関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-9-5 雪氷熱利用設備導入に係る完工リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	施工業者の与信や技術が一定レベルに達していないことにより、事業者が金融機関から融資を受けられない。	★★	事業計画段階	民間信用調査機関等に依頼し、企業与信情報を取得する。経営事項審査結果の評点の高い事業者などを確認する。
設計・施工段階	文化財の出土により工事遅延が発生し、工事費などのイニシャルコストが増加する。	★★	事業計画段階	建設地が周知の埋蔵文化財包蔵地か確認する。埋蔵文化財調査により追加費用が必要となる場合は、リスク分担を明確にしておく。
設計・施工段階	既存施設とは独立して敷地内に貯雪スペースを確保する場合、法的適合性の確認が必要となる。	★★	設計・施工段階	<ul style="list-style-type: none"> 貯雪庫を増設する場合、建ぺい率、容積率、高さ制限、消防法適合条件など法的適合性を確認する<引用資料 4>。 各法的適合性の確認にあたっては、火災報知器などの機器類の設置場所も含めて、事前に消防署などの関係団体と協議をする。ただし、物の保管を目的としない貯雪庫は消防法の特例措置の対象となり、火災報知機の設置は義務ではない。
設計・施工段階	機器部品、電子部品などの海外製品を導入する場合、日本規格と異なるため施工ミスが起こる。	★★	設計・施工段階	<ul style="list-style-type: none"> 海外から導入する機器部品、電子部品などが日本規格と異なるか確認する。異なる場合は部品の組み合わせや接続方法など取り合いの図面作成し、施工ミスを防止する。 予定している機器に地元施工会社が対応可能か確認する。
設計・施工段階	EPC事業者等の業務遂行能力・信用力や許認可への対応が不十分な場合、計画どおりの期間・予算・性能で完工しない<引用資料 3>。	★	事業計画段階	請負企業の事前財務チェック、企業評価の実施、請負業務による金銭的保証など履行保証を契約書に定めておく<引用資料 2>。
			設計・施工段階	<p>経験・知識豊富なEPC事業者（例えば経営事項審査結果の評点の高い事業者や類似施設・設備の施工やメンテナンスの実績を有する事業者など）へ発注する。</p> <p>施工を一貫して実施可能なEPC事業者に発注する。例えば、単一の事業者が全業務を一括して請け負う（フル）ターンキー契約を結び、EPC事業者が完工の責任を負うように契約書に定める。特に、設計、調達、施工を別々に発注する場合は、責任の所在を明らかにしておく。事業者にとって計画段階で予算を確定することができるランプサム契約が可能か検討する<引用資料 3>。</p>
設計・施工段階	運用を考慮せずに設計した場合は、不必要的設備や機能を過剰に導入するため、設備費や工事費などイニシャルコストが増える。	★	事業計画段階	計画段階において、設計に必要な諸条件（目的、用途、負荷、準拠図書など）を明確化する。



リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	運用を考慮せずに設計した場合は、不必要的設備や機能を過剰に導入するため、設備費や工事費などイニシャルコストが増える。	★	設計・施工段階	技術的知見を持った第三者(コンサルタントやコンストラクション・マネージャー等)に相談し、導入する設備や機能が過大になっていないか確認する。
設計・施工段階	大規模な再工事事業の場合は、施工期間が長いため、機器や資材(例えば換金性の高い銅線)などを人里離れた場所で保管する場合、盗難の被害に遭う。	★	設計・施工段階	施工段階から侵入防止用のフェンス・有刺鉄線などの設置、赤外線センサーによる侵入検知と警報ブザー、警報ランプ、LED 照明の導入、遠隔監視システムの採用などによりセキュリティを高める。
設計・施工段階	設計・施工の中間・完成時に検査がされず、完成図書が整備されていない、又は、内容が不十分な場合は、事業の開始後に事故や修繕などが生じても、その原因究明や計画的な修繕が困難となる。	★	設計・施工段階	・必要書類(実施仕様書、計算書、工事図、機器詳細図、試験成績書、取扱説明書など)を明記した完成図書や竣工(しゅんこう)図を受領し、それらを事業終了まで適切に管理・保管しておく。 ・特に、施工後に目視での確認が困難な箇所(埋設管等)については、施工途中の様子を記録するとともに、記録を保存しておく。
			運転・段階	運転段階で不具合等により改善する事項があれば、適時完成図書や竣工図を更新する。
運転段階	既存施設内に貯雪スペースを確保する場合、既存機械室等に結露等が発生するおそれ。	★★	事業計画段階	・倉庫等を貯雪庫として活用する場合、床や梁(はり)等が貯雪重量に耐えられるか確認し、電気室やボイラー機械室等の上下及び隣接する室が貯雪庫にならないように配置する。 ・貯雪庫として利用する室の止水及び防水に留意し、融雪水の排水方法について検討する。また食料や医療品などの結露の影響を受けやすい物の保管を目的とする場合、貯雪庫内の温度差による断熱対策を検討する。
運転段階	雪冷房・熱源併用運転方式(雪冷房と冷凍機などの熱源機器を併用する方式)で、両者の能力設定が不十分な場合、CO ₂ 削減効果が得られないおそれ。	★★	事業計画段階	システム設計のコンセプト・目的を明確化する。例えば、熱源併用運転方式の場合、雪冷房のみ使用する温度条件と電気との併用を開始する温度条件などを明確化しておく。
運転段階	貯雪庫等の断熱が不十分なために熱損失が大きくなり、貯蔵した雪を、雪冷房時期まで、又は冷房期間中保管できない。	★★	設計・施工段階	周辺状況に配慮した断熱素材の選定を行う。例えば、水に濡れやすいと想定される場所では、外表面防水機能を持った断熱素材を採用する。
運転段階	地下に貯雪庫を新設する場合、貯雪庫の設計が不十分なため、貯雪庫内への雨水流入が発生する。	★	設計・施工段階	・周囲の敷地地盤高さに対する貯雪庫床面の高さを、雨水流入がないようにする。又は流入のおそれのある場合は排水側溝等の設置を設計する<引用資料4>。 ・融解水の排水方法は下水道事業者と協議し、大量に排水する場合は河川管理者等と協議する。
設計・施工段階	分離発注により、各工種の取り合い確認や工程調整等が不十分な場合、タイムオーバーランやコストオーバーランになるおそれ。	★	設計・施工段階	設計、調達、施工を別々に発注する場合には、各請負契約締結時に、契約書面上にて責任の所在を明らかにしておく。各工程において建設期間延長や変更事項が発生する可能性を考慮し、経済的な損失を最小化する内容の工事請負契約を締結する。例えば、期間延長一日当たりの違約金を設定しておく。



(5) 資源リスク

本書では雪氷熱利用設備導入に係る資源リスクとして、雪の確保に関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-9-6 雪氷熱利用設備導入に係る資源リスクとその対策

リスクの内容	リスクレベル	リスク対策例	
運転段階 暖冬・少雪の場合、必要な貯雪量が確保できない。	★★	事業計画段階	過去の気象データを基に、計画地における集雪により、安定的に得られる雪量の予測を行う。
運転段階 計画地や周辺から期間雪冷房負荷に必要な雪が確保できない。	★★	事業計画段階	<ul style="list-style-type: none"> 天候の季節予報を確認し、少雪が予測される場合、早い時期から必要な雪量を確保しておく。 地域周辺で集雪することが理想的であるが、困難な場合を想定して、代替案や集雪範囲、集雪方法などについてあらかじめ計画を検討しておく。 暖冬時で雪が少ない場合、砂利等の不要物が混じりやすくなるため、他の地域から集雪する場合は設備への配慮も必要となる。
運転段階 暖冬・少雪の場合、想定より早く雪を使い切ってしまう。	★★	設計・施工段階	安定した冷熱供給に必要な断熱対策を貯雪庫内に行う。また、雪冷房や食料貯蔵などの用途に応じて、必要な運転期間を把握し、適切な運転か確認するために貯雪庫内の雪量のモニタリングを行う。
運転段階 全雪冷房運転方式（期間冷房負荷を全て雪冷房により処理する方式）の場合、過剰な融解が進み、冷熱供給ができなくなるおそれ。	★★	設計・施工段階	冷房期間終了まで所定の冷房負荷に応じて適切に融解させるとともに、過剰な融解を抑制するように、機器の動作やエネルギー供給の状況を常にモニタリングする。

(6) 性能リスク

本書で取り扱う雪氷熱利用設備導入に係る性能リスクは、雪に含まれる成分や砂利などによる機器能力が低下するリスクです。また、他の再生可能エネルギーの発電設備や熱利用設備、蓄電池等を組み合わせて導入する際のリスクと対策例は、<再省蓄エネシステムの場合>として紹介しています。

表 2-9-7 雪氷熱利用設備導入に係る性能リスクとその対策

リスクの内容	リスクレベル	リスク対策例		
運転段階  <small>固有の リスク 一 種</small>	★★★	事業計画段階	砂利等の混入トラブルや機器等の錆の発生を防ぐため、集雪に不適な場所（砂利舗装、融雪剤が散布された舗装）を避けた計画とする。砂利等の混入のおそれがあるか、事前に調査しておく。	
		設計・施工段階	<融解水熱交換方式> ・融解水貯留槽（滞水堰をオーバーフローした融解水を貯留するもの）を設置する。 ・融解水に含まれる砂やゴミ等を除去するため、水槽に沈砂槽を設ける。 ・融解水貯留槽の水位が一定量を超えるとポンプにより排水する場合、砂やゴミ等による詰まりを防ぐため、排水設備で水があふれたり、漏れたりしないような性能のストレーナ等を設置する。	
		運転段階	<融解水熱交換方式>雪冷房運用終了後、不純物等を除去するための清掃作業を行う。例えば、融解水の強制排水後、貯雪スペースの床及び融解水貯留槽を水洗い、沈砂槽内の堆積物を確認し除去、配管ストレーナ等の清掃など。	
運転段階  <small>固有の リスク 一 種</small>	★★★	設計・施工段階	・設備の導入時において、契約内容に試運転調整の実施を明記する等により、施工者等から、導入した設備が設計時にシミュレーションしたとおりの効率的な運転となった状態（要求性能が実現された上）で引渡しを受ける。 ・EMS（エネルギー・マネジメント・システム）などにより設備の状況を監視・計測したデータを蓄積し解析・評価を行って、導入した設備が設計時のシミュレーションで想定したとおりの効率的な運転となるよう調整を行う。解析・評価に関しては、高度な知識と経験が必要となるため、必要に応じて再省蓄エネシステムの設計実績のある設計者等に依頼する。	
運転段階	★★	運転段階	・運転データ等を収集・分析し、シーズン、月、日ごとに運転調整を行い、システム全体の効率を上げるようにする。 ・上記の対策を実施するために、設備の選定を行う際は、運転状況の遠隔監視を行っているメーカーを選定する。 ・食料品の貯蔵を目的とする雪室の場合、食品の衛生管理方法である HACCP を取り入れることにより、雪室のきめ細やかな室温のモニタリングを行うことが可能となる。	

(7) 自然災害リスク

本書では雪氷熱利用設備導入に係る自然災害リスクとして、地震などに関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-9-8 雪氷熱利用設備導入に係る自然災害リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例		
運転段階	台風、突風及び地震等の影響により、支持力不足や地盤の不均一性が生じることで基礎や構造物が傾いて沈下（不等沈下）し、機器が損傷する。	★★	事業計画段階	地方公共団体が公表している地盤調査結果を参考資料として活用する。	
			計画地周辺で局所的な揚水が行われていないか確認する。		
			設計・施工段階	・計画地が、軟弱地盤の多い低地に該当しないか確認する。 ・その上で、地盤調査を可能な範囲で行う。 ・軟弱地盤に該当する場合には、軟弱地盤対策として、地盤改良工事や基礎杭工事（支持層まで杭を伸ばすことにより、建築構築物等を安定して支える基礎工事）を実施する。	
			伸縮性をもつ管（例：フレキシブルジョイント）を採用した設計を実施する。		
			運転段階	不等沈下を早期に発見し、地盤改良等の対策を事前に実施する。	
運転段階	天候・自然災害等による故障・損壊（大雨や河川増水による建屋浸水で設備の故障、地すべり等による建屋流出）が発生するおそれ。	★★	事業計画段階	大雨や河川増水による浸水域や土砂災害地域は有望地点調査の段階から除外し、河川増水の発生確率の低い計画地を選択する。	
			運転段階	設備の損傷に対応するための機械保険や火災保険、逸失利益に対応するために企業費用・利益総合保険などの活用を検討する。	

(8) 需要リスク

本書では雪氷熱利用設備導入に係る需要リスクとして、エネルギー供給先の需要変動や契約変更時の不備に関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-9-9 雪氷熱利用設備導入に係る需要リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
運転段階	<相対による売熱の場合> 契約更新時に、契約更新前の買取価格が他の売熱事業者の価格や化石燃料の価格より高い場合は、低い価格に変更される。	★★	運転段階	温水等の買取事業者である需要先へは長期割引などのメリットを提示し、長期的な需要確保のために長期の料金単価契約を締結する。
運転段階	<相対による売熱の場合> 熱や電力の買取事業者の倒産により、新たな買取事業者による買取り開始されるまでの間、収入が得られない。	★★	運転段階	事前に熱の買取事業者の与信力を確認しておく。買取事業者の倒産に備えて取引信用保険に加入しておく。

(9) 追加コスト発生リスク

本書では雪氷熱利用設備導入に係る追加コスト発生リスクとして、修理代の増加、事故などに関するリスクと対策例を紹介しています。また、他の再生可能エネルギーの発電設備や熱利用設備、蓄電池等を組み合わせて導入する際のリスクと対策例は、<再省蓄エネシステムの場合>として紹介しています。

表 2-9-10 雪氷熱利用設備導入に係る追加コスト発生リスクとその対策

リスクの内容		リスクレベル	リスク対策例	
設計・施工段階	<再省蓄エネシステムの場合> EMSによる監視・制御を行う場合、貯雪庫内に設置する温度センサーの追加費用が発生する。	★★	設計・施工段階	導入する温度センサーの選定にあたっては、温度差や結露による故障の可能性も考慮する。
運転段階	耐用年数を超えて設備を利用する場合、更新費用が足りず設備の継続利用ができないおそれがある。	★★	事業計画段階	・設備の使用期間を想定し、更新が必要な設備を確認する。 ・設備の更新に必要な費用の積立の計画を立てる。
			運転段階	設備の更新の際に活用できる補助金等について情報を収集する。
運転段階	事故等により作業員のケガや設備周辺の第三者に被害を及ぼし損害賠償が発生する。	★★	運転段階	事故による被害への対応を行うため、損害保険に加入しておく。例えば、業務上の事故に起因する労働災害や設備そのものの故障等の費用負担を補填する損害賠償保険に加入する。
運転段階	設備・機器の不具合や故障が発生し、当初の見込みより保守・点検費用が増加する。特に、海外メーカー製品の故障の場合は、対応が遅かったり、海外メーカーの製品のため部品等の調達に時間を要するとともに修理代等が高くなったりする。	★	事業計画段階	故障内容により連絡する窓口、例えば海外メーカーの部品であっても、迅速な共有体制があることや、国内の代理店等に部品のストックがある代理店の窓口などを把握しておく。
			設計・施工段階	メンテナンス(保守・点検、部品交換)を適正に実施するために、事業期間におけるメンテナンス頻度とコストが、設備・機器ごとにまとめられた維持管理計画をメーカーから入手し、それを考慮した事業計画を作成する。設備導入者自身の日常点検による設備不具合の早期発見や、メンテナンス技術を有する地元企業を活用してコストを削減することで、メンテナンス費用の低減を行う。
			運転段階	各機器及びシステムの性能、耐久性を維持するため、定期的な保守点検(①日常点検、②定期点検)を実施する。①日常点検は、設備導入者自身が行い、②定期点検はO&M業者、メーカーに委託し定期的に実施する。
運転段階	メーカーの性能保証に適用除外事項が規定されている場合、設置・施工方法やメンテナンス方法が適用事項と合致していないことにより、保証が受けられず、追加費用が発生する。	★	設計・施工段階	設置・施工方法やメンテナンス方法を発注仕様書に明記し、適用事項と合致しているか確認する。設計・調達・建設を専門業者に発注する場合、事業者としての信頼性を有しているか(十分な実績、施工体制等に基づく履行能力など)を確認する。
廃棄・処分段階	事業終了後(契約解除や契約満了時など含む)に土地を所有者に返還する際、原状回復費の負担が発生する。	★★	事業計画段階	土地の賃貸借契約の中で原状回復の定義について明確化しておく。土地の使用状況に合わせて、将来発生する土地の原状回復費を見越し積み立てておく。



リスクの内容		リスク レベル	リスク対策例	
廃棄・ 処 分 段階	事業を終了した再エネ設備が放置され、景観悪化、環境汚染（設備に有害物質が含まれる場合はその流出）、公衆安全上の問題（第三者が設備へ接触した際の事故、機器や部品等の飛散、土砂流出など）などが生じるおそれがある。	★	廃棄・ 処 分 段階	再エネ設備の撤去及び処分は、廃棄物処理法等の関係法令を遵守し、事業終了後、可能な限り速やかに実施する。

(10) 人的リスク

本書では雪氷熱利用設備導入に係る人的リスクとして、設置した設備に起因する人身事故や物損事故、オペレーション時のミス、保守点検体制や人員の不足などに関するリスクと対策例を紹介しています。

表 2-9-11 雪氷熱利用設備導入に係る人的リスクとその対策

リスクの内容		リスク レベル	リスク対策例	
運転段階	経験・知識が不足しているO&M業者が、維持管理業務や運転業務に従事することで瑕疵（かし）が発生し、設備に不具合や劣化等が生じる。	★★	設計・施工段階	O&M実績を確認し委託する。O&M事業者の履行に不備があり同一部分の再修理等が必要となった場合には無償で再修理を実施する旨の履行責任条項を業務委託契約に盛り込んでおき、瑕疵が発覚した場合の経済的負担を軽減できるようにしておく。
運転段階	トラブル時に急な対応が遅れ、設備稼働率が低下する。	★★	設計・施工段階	適切な保守・点検及び維持管理計画（①スケジュール、②人的配置・体制計画、③範囲、④方法、⑤安全対策、⑥記録方法など）を策定する。また、深夜／休日、豪雨／豪雪等の状況でも確実に対応できる実施体制の構築を図る。
運転段階	保守・点検を担う職員の異動、退職により、新たな人員が確保できるまで運営トラブル（有資格者が必要な場合は事業中断、最適な運転ができない）が発生するおそれ。	★	設計・施工段階	職員の異動や退職等に備え、複数人での保守・点検の運用体制や書の整備を行う。
			運転段階	職員の異動や退職等に備え、計画的な人員配置を行う。適切な人員が確保できない場合には外部委託を行う。
運転段階	オペレーション時のミスによる事故等により作業員のケガや設備周辺の第三者に被害を及ぼすリスク。	★	運転段階	オペレーション時のミスが発生しないように、設備・機器の運転方法を書化し、それに準じた操作を徹底する。併せて、事故による被害への対応を行うため、損害保険に加入しておく。例えば、業務上の事故に起因する労働災害の費用負担を補填する損害賠償保険に加入する。

2-9-5. 雪氷熱利用設備導入に係る主な関係法令

雪氷熱利用設備を導入する場合は、法令に基づき、許認可等の手続が必要となります。本項では、許認可等の手続が必要となる主なものについてまとめています。

なお、掲載したものは飽くまでも参考として例示したもので、事業を行う際にはその他関係する法令等を遵守するとともに、地方公共団体の条例等に係る手続についても確認が必要です。

表 2-9-12 雪氷熱利用設備導入に係る主な関係法令

法令名称	手続	手続の概要
熱供給事業法	熱供給事業の登録	熱供給事業を行う場合は、経済産業大臣の登録を受けなければならない
	保安規程の届出手続	一定規模の熱供給施設を設置する場合、保安規程を定め、使用の開始前までに国への届出が必要である
森林法	森林の土地所有者届出制度	個人、法人を問わず、売買や相続等により森林の土地を新たに取得した場合、面積にかかわらず市町村長への事後届出が必要である。ただし、国土利用計画法に基づく土地売買契約の届出を提出している場合は対象外である
	森林における開発許可等手続	森林における開発行為には、事前に都道府県知事の許可等が必要である
農地法	農地転用許可手続	農地に設備等を設置する場合、農地以外の地目へと転用するため、事前に市町村農業委員会を経由して、都道府県知事又は指定市町村の長の許可が必要である
生産緑地法	生産緑地地区内の建築行為	生産緑地地区内において、建築物、工作物の建築等、土地の形質の変更、水面の埋立てなどの行為を行おうとする場合に、市町村長の許可を得る必要がある
都市緑地法	特別緑地保全地区内の建築行為	特別緑地保全地区内において、建築物、工作物の建築等、土地の形質の変更、木竹の伐採、水面の埋立てなどの行為を行おうとする場合に、都道府県知事の許可を得る必要がある
国土利用計画法	土地売買等の契約届出手続	一定規模以上の土地の売買等の契約を締結した場合、都道府県知事又は指定都市の長への届出が必要である
公有地の拡大の推進に関する法律	一定規模以上の土地を有償で譲渡しようとする場合は、事前に市長（町村域の土地の場合は町村経由で知事）に届出が必要である 地方公共団体等による買取りを希望するときは、その旨を申し出ができる	一定規模以上の土地を有償で譲渡しようとするときは、事前に市長（町村域の土地の場合は町村経由で知事）に届出が必要である 地方公共団体等による買取りを希望するときは、その旨を申し出ができる
都市計画法	開発許可手続	市街化区域等で開発行為を行う場合、都道府県等の許可が必要となる場合がある
砂防法	砂防指定地における行為許可等	砂防指定地において開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
地すべり等防止法	地すべり防止区域内の行為許可	地すべり防止区域内において、開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律	急傾斜地崩壊危険区域内の行為許可	急傾斜地崩壊危険区域内において、開発行為を行う場合、事前に都道府県知事の許可が必要である
鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律	特別保護地区内における行為許可手続	鳥獣の特別保護区域内で開発行為を行う場合、事前に国等の許可が必要である
自然環境保全法	自然環境保全地域等における行為の許可又は届出	原生自然環境保全地域、自然環境保全地域、都道府県自然環境保全地域において工事を行う場合、事前に国又は都道府県の許可が必要である

法令名称	手続	手続の概要
自然公園法	行為許可申請等手続	国立公園や国定公園等で開発行為を行う場合、事前に国等の許可や届出が必要である
土壤汚染対策法	土地の形質の変更に係る届出手続	一定規模の土地の掘削等を行う場合、事前に都道府県等への届出が必要である
採石法、砂利採取法	土石砂利の採取認可	土石砂利の採取を行う場合、事業者は採取計画を定め、都道府県知事の認可が必要である
景観法	景観法等に基づく届出	景観の保全が定められている地域において工事を行う場合、事前に市町村等への届出や認定等が必要である
道路交通法	①道路使用許可手続 ②制限外積載許可手続	①工事等の際に道路を使用する場合、事前に所轄警察署長の許可が必要である ②貨物の運搬時に、車両の積載物の重量、大きさ又は積載方法の制限を超えて運転する場合、事前に車両の出発地を管轄する警察署長の許可が必要である
道路法	道路の占用許可手続等	道路区域内において工事等をするために道路を占用する場合、事前に道路管理者の許可が必要である
	道路法に基づく車両制限	工事等の際に、車両制限の範囲を超える工事車両が道路を通行する場合、事前に道路管理者の許可が必要である
特定工場における公害防止組織の整備に関する法律	公害防止管理者	電気・熱供給事業等で、特定の施設を設置している工場は、公害防止管理者等を選任し、都道府県知事又は市町村長への届出が必要である
文化財保護法	埋蔵文化財包蔵地 土木工事等届出手続	埋蔵文化財が確認されている土地において発電設備等の設置のため開発行為を行う場合、事前に都道府県・政令指定都市等への届出が必要である
	史跡・名勝・天然記念物指定地の現状変更の許可	史跡・名勝・天然記念物指定地において開発行為を行う場合、事前に国等への許可が必要である
	遺跡の発見報告	工事を行っている際に遺跡を発見した場合は、都道府県・政令指定都市等への届出が必要である

出典：主に資源エネルギー庁（2019）「再生可能エネルギー事業支援ガイドブック令和元年度版」、既存資料を参考に作成

Column

雪を資源化するポイント

執筆：公益財団法人 雪だるま財団

雪氷熱をエネルギー資源として継続的に利用するには、自然に降る雪を効率よく集雪し、貯雪しなければなりません。

雪を資源化するポイントは「どの雪を？どのくらい？どうやって」冷熱エネルギーとして利用するかです。

| 雪のエネルギー（資源性）

「雪」＝「エネルギー」というとピンとこない人も多いと思いますが、雪は冷たいエネルギーの塊なのです。たとえば、雪（固体）1 kg を0℃の水（液体）1 kg にするために必要なエネルギー（333.36kJ/kg）は、0℃の水（液体）1 kg を80℃のお湯（液体）にするエネルギーと同程度です。雪はそれだけ大きなエネルギーを内蔵しているのです。そして雪のエネルギーとしての魅力は、純国産の資源であり、雪国に毎年再生され、冷たいエネルギーとして使用した後も、水資源として再利用することができ、その水を川に流してもほとんど無害であると考えられる点です。

| どの雪を利用するか？

敷地内の駐車場に降り積もった雪を利用する場合、ホイールローダーや除雪機で貯雪施設に集雪します。気温が低い場合は雪の密度が低いため、雪を山状に堆積し貯雪に適した密度まで高めることで、効率的な貯雪ができます。また、屋根雪を利用する場合は、落雪時に密度が増しますが、降雪時の集雪時には落雪に注意しなければなりません。そのため、降雪状況を考慮して集雪する必要があります。

雪をエネルギーとして活用するには、どの雪を利用するか？は重要なポイントです。過去の気象データを詳細に分析すると、資源量（賦存量）が具体的に把握できます。

| どのくらい利用するか？（雪の性状）

降雪地や降雪時期によって雪の性状は変化します。そもそも、気温が低い状態で降雪したばかりの雪は軽くてフワフワしています。密度は100 kg/m³程度です。しかし、重機を用いて堆積する場合、圧密され密度が高くなります。また、気温が緩んで融雪すると水分を含みます。北海道や東北など比較的寒い降雪地における貯雪作業は、少し寒さが緩む2月下旬から3月中旬にかけて、本州の日本海側の雪は降雪したばかりでも湿潤なため、貯雪時期は1月下旬から2月旬が目安となります。どちらもロータリー除雪機などを用いて貯雪すると、貯雪庫内で雪が結着するため充填（じゅうてん）率も高くなり、効率的な貯雪ができるでしょう。

| どうやって利用するか（冷やすのか）？

雪冷房システムは「空気式」と「冷水式」に大別できます。「空気式」は、雪をためた貯雪庫（雪室＝ゆきむろ）の冷たい空気を送風機でそのまま部屋に送り込んで冷房する仕組みです。このシステムの良いところは、雪の表面で空気が冷えるだけでなく、空気中のごみやほこり、有害物質

であるニコチン、アンモニア、ホルムアルデヒド（建築資材の接着剤などに含まれる化学物質）等を吸着してくれることです。それにより、空気がきれいになり、同時に消臭効果も生まれます。また、空気に含まれる水蒸気を雪の表面で結露させるため、冷房だけでなく除湿も期待できます。

一方、「冷水式」は、雪室の冷たい雪解け水を利用して冷房する方法です。冷たい水を部屋まで導いて冷房する方式や、部屋で温まった循環水である不凍液を雪解け水で熱交換させ冷房する方があります。循環水は熱交換器によって雪解け水に熱を受け渡し、温かくなった雪解け水は雪室に戻って雪をゆっくり溶かし、冷たい水をつくります。冷水式はこのルーティンを繰り返します。そして、冷たくなった循環水を冷風に変えるFCU（ファンコイルユニット）等の空調機に送りこみ、部屋を冷房します。現在、上越市立安塚中学校（新潟県）や岩の原葡萄園（新潟県）にも導入されています。

2-9-6. 引用・参考資料

〈引用資料〉

1. 経済産業省 資源エネルギー庁 (2018) 「事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）」
2. 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）（2017）「バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針」
3. 環境省 (2018) 「地域における再エネ事業の事業性評価等に関する手引き（金融機関向け）Ver3.1～太陽光発電事業編～」
4. 国土交通省 (2008) 「官庁施設における雪冷房システム計画指針」

〈参考資料〉

5. 経済産業省 北海道経済産業局 (2012) 「雪氷熱エネルギー活用事例集 5」
6. 国土交通省ウェブサイト「資料 1 (2) 雪冷熱エネルギーの活用促進」（2018年11月26日 国土審議会 豪雪地帯対策分科会）（第5回）
7. 自然エネルギー研究センターウェブサイト「雪氷熱利用」
<http://www.nerc.co.jp/wp/prop_right/yukinets/>
8. 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）（2002）「雪氷冷熱エネルギー導入ガイドブック」
9. 株式会社ドーコン (2015) 「雪氷冷熱エネルギーの有効活用」
10. 国立研究開発法人 土木研究所 (2009) 「雪氷・冷熱エネルギーの利用に関する研究」
11. 新潟県 (2009) 「雪冷熱エネルギー住宅建築のためのガイドライン」
12. 茅 陽一 (2002) 「新エネルギー大事典」工業調査会
13. 経済産業省 資源エネルギー庁 (2018) 「再エネ事業支援ガイドブック 平成30年度版」
14. 経済産業省 資源エネルギー庁 (2014) 「再エネスキル標準（GPSS）ガイドブック」
15. 一般社団法人 新エネルギー導入促進協議会 (2014) 「再エネ熱 事例集」
16. 北海道 (2015) 「エネルギー地産地消導入検討書」
17. 東京海上日動リスクコンサルティング株式会社 (2012) 「再エネ関連事業参入のチャンスとリスク」『リスクマネジメント最前線 2012-17』 2012年11月9日号
18. 総務省ウェブサイト「再エネ資源等の賦存量等の調査についての統一的なガイドライン～再エネ資源等の活用による「緑の分権改革」の推進のために～」（2011年3月1日 緑の分権改革推進会議 第四分科会（第4回））
19. 経済産業省 (2005) 「先進企業から学ぶ事業リスクマネジメント実践テキスト」
20. 認定NPO法人 環境エネルギー政策研究所 (2018) 「自然エネルギー白書 2017」
21. 江口智子・佐藤康之編 (2016) 『再エネ開発・運用にかかる法規と実務ハンドブック』水上貴央監修、エヌ・ティ・エス
22. 一般財団法人 ヒートポンプ・蓄熱センター (2016) 「蓄熱技術基準書運用ガイドブック」

2-9-7. 雪氷熱利用設備導入に関する用語解説

「2-9. 雪氷熱利用設備導入に係るリスクとその対策」で示した太文字の用語解説となっています。一般的の用語集とは異なり、技術的な解説は必要最小限にとどめていますので、技術面の詳細は専門書等を参照してください。

EPC

Engineering, Procurement, Construction の略称。「ターンキー契約」と同等で、設計(Engineering)、調達(Procurement)、建設(Construction)を含む、プロジェクトの建設工事請負契約のこと。

O&M(Operation&Maintenance)

施工後の発電施設における運転管理業務や設備維持管理業務のこと。

オーバーハング

岩盤が垂直を超えてせり出している状態。斜面下部が軟らかく、上部に硬い場合に形成されやすい。

河川の堰止め

崩土により河道が閉塞すること。天然ダムとも呼ばれる。

ゲートウェイ

通信プロトコルの変換などにより、異なる通信プロトコルを有する機器、設備間での相互接続を可能とする装置のこと。

通信プロトコル

異なる機器、設備を相互接続するために必要となる手順や規約(データ送受信のタイミング、データの形式、通信エラー時の対応など)などの通信上の約束事

デューデリジェンス

事業の適格性を把握するために行う調査のこととで、投資を行う際、投資対象の土地の価値や収益力、リスクなどを詳細に調査・分析すること。

取引信用保険

取引先の倒産や支払遅延等により、販売代金を回収できなくなった場合に、損害の一定部分などについて保険金が支払われるもの。

(法面の) 肌落ち

法面の表層が剥離して落下すること。

はらみ出し

地すべりや地下水の影響等により斜面や法面が押し出されている(膨らんでいる)状態。

ポケット

落石防護擁壁背後の斜面との間に設けられた空間で、落石や崩土を堆積させる場所。

F C U (ファンコイルユニット)

室内から空気を取り、エアフィルタで塵埃(じんあい)を取り除き、水熱源の熱交換器で温度・湿度を調整し、送風機で空調場所へ送風する、比較的小型で簡易な空気調和機である。

預託金

賃貸借契約の際に借主が貸主に一定の金額を無利息で預け入れる金銭の総称で敷金、保証金のこと。

ランプサム契約

商取引の解約形態の一つで、契約金額として約定された固定金額で契約上の義務を請け負う契約。契約当事者間の合意がない限り原則として金額は変更されない。

3. 災害発生時の再生可能エネルギー設備等の運用事例集

災害発生時に再生可能エネルギー設備が稼働しない等の問題発生を防止するため、平成 30 年度地域の防災・減災と低炭素化を同時実現する自立・分散型エネルギー設備等導入推進事業の採択事例から、災害発生時の再生可能エネルギー設備の運用方法、稼働対策、保安運用管理体制、操作マニュアルが先進的である事業の事例集を作成しました。

表 3-1 運用事例集を作成した事業

No.		再生可能エネルギー種	事業者名	頁
1	事例①	太陽光発電	静岡県河津町	p.291
2	事例②	太陽光発電	有限会社サカイコーポレーション	p.293
3	事例③	太陽光発電	富山県立山町	p.295
4	事例④	太陽光発電	知床第一ホテル	p.296

事例① 太陽光発電【静岡県河津町】

令和元年度 河津町立河津中学校太陽光パネル設置工事

事業の目的

中学校の校舎及び体育館に、再生可能エネルギー設備（太陽光発電設備、蓄電池）を導入する。近隣住民の避難施設として機能充実を図るものである。

【施設情報】 避難施設 | 収容人数 1,634人

導入設備

太陽光発電設備 (21.49kW)

蓄電池 (16.8kWh)



施設外観



太陽光発電設備



蓄電池

エネルギー利用の概要

平時 太陽光発電設備で発電した電力を一般負荷（校内負荷）で利用。

災害時 太陽光発電設備の発電した電力と蓄電池に充電した電力を特定負荷で利用。
特定負荷：通信設備（PC、テレビ、携帯電話充電等）、照明設備

1

運用方法

平時 太陽光発電設備で発電した電気を一般負荷（校内負荷）で利用する。蓄電池の残量が一定以上となるよう充電を行う。これにより電力料金の削減とCO₂排出量の削減が見込まれる。

災害時 災害時は教育委員会の担当者が現場に行き、手動で太陽光発電設備と蓄電池を連系運転から自立運転に切り替える。ただし、電灯盤及びキューピカル（低圧動力盤）のブレーカーを落とした上で、太陽光発電設備と蓄電池からの電源供給を行う必要があるため、その点は留意して運用している。

災害時の再エネ利用

再エネ稼働対策

手動切替の設備であるため、操作マニュアルを作成した（次ページ参照）。マニュアルは携帯できるようにA4、A3サイズとしている。竣工時と引継ぎ時に2回訓練（太陽光発電設備と蓄電池の位置や操作の確認）を実施し、その際に出た意見を踏まえてマニュアルの改善を予定している。

保安運用管理体制

避難所（中学校）の開設を災害対策本部が決定した後、教育委員会の担当者が太陽光発電設備と蓄電池を起動させる。教育委員会の担当者が対応できない場合は総務課、健康福祉課、企画調整課、学校職員の順で対応する。

費用について

蓄電池を含む

補助対象経費	42,961 千円	※千円未満を四捨五入している
補助金額	32,220 千円	※千円未満を四捨五入している
CO ₂ 削減効果	13.6 t-CO ₂ /年	※小数点第二位以下を四捨五入している
費用対効果（補助金ベース）	139,462 円/t-CO ₂	※円未満を四捨五入している 費用対効果 = 【補助金額】/【年間CO ₂ 削減量】×【耐用年数】

防災性と経済性を考慮した設備導入のポイント

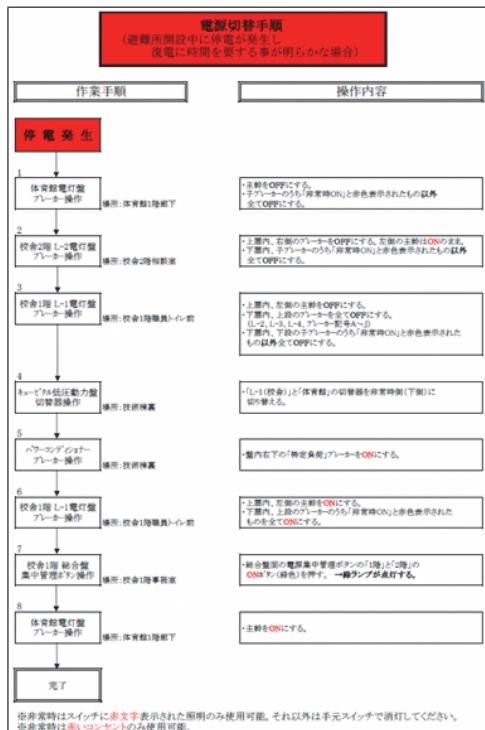
- ✓ 避難施設の防災機能の向上という目的を第一として容量設定をした。
- ✓ 設備の設置場所は洪水浸水想定区域内である。そのため、浸水時でも太陽光発電設備の電力を活用し、防災性を向上させるため、想定最大浸水深よりパワーコンディショナーと蓄電池を設置する架台を嵩上げした。
- ✓ CO₂排出と電気料金の削減、非常時の避難所を整備したという点で有意義な事業になったと評価している。

2

事例① 太陽光発電【静岡県河津町】

令和元年度 河津町立河津中学校太陽光パネル設置工事

操作マニュアル



POINT

・作業手順をフローとすることで、作業全体の流れを理解しながら作業ができる。

POINT

・配置図を作成することで、作業場所を把握することができる。

・設備の写真の中に操作箇所を示すことで、作業者のミスを減らすことができる。



事例② 太陽光発電【グループホーム楓(有限会社サカイコーポレーション)／宮崎県宮崎市】

災害弱者向け防災拠点化および低炭素化事業

| 事業の目的

社会福祉施設の施設内及び屋根に再生可能エネルギー設備（太陽光発電設備、蓄電池、EMS装置）、省エネルギー設備（高効率空調設備）を導入する。生活に際して補助を必要とする方（認知症患者）の受入れ施設として、一般的な避難所生活が困難な被災者の防災拠点としての機能向上を図る。

【施設情報】 防災拠点/避難施設 | 収容人数 利用者として18名（災害時30名程度の一時受け入れ可能）

| 導入設備

太陽光発電設備（33.0kW）

蓄電池（32.0kWh）

EMS装置

省エネルギー設備（高効率空調設備12台）



太陽光発電設備

蓄電池

| エネルギー利用の概要

平時 太陽光発電設備で発電した電力を、一般負荷（施設全体）で利用。

災害時 太陽光発電設備で発電した電力と蓄電池に充電した電力を特定負荷で利用。
特定負荷：照明、離床センサー、冷蔵庫、テレビ

✓ 災害時の対応事例

令和2年台風第10号の影響により、9月7日(月)0:20～4:25で断続的に停電が発生した。夜間のため太陽光は発電しておらず、蓄電池から特定負荷に電力供給し施設機能を維持した。蓄電池のトラブルはなかった。

4

| 運用方法

平時 太陽光発電設備からの電力は蓄電池に蓄え、EMSにより充放電をコントロールすることで電力使用の平準化を行う。これにより電力料金の削減とCO₂排出量の削減が見込まれる。

災害時 自動切替の設備（特定負荷用：1系統）：停電後数秒後にパワーコンディショナー及び蓄電池から特定負荷設備に電力供給される。
手動切替の設備（一般負荷用：2系統）：太陽光発電が可能な場合、手動で連系運転から自立運転に切り替え一般負荷に電力供給を行う。

| 災害時の再エネ利用

再エネ稼働対策

手動切替の設備であるため、操作マニュアルを作成した（次ページ参照）。
コンセントカバーの色分けにより、停電時に使用できるもの（及び自動切替のものと手動切替のもの）を視覚的にわかるようにしている。施設職員・利用者への情報共有も行っている。



色分けされたコンセントカバー

災害時の手動のシステムの立ち上げは、施設長、施設の管理者、防災士の順で対応する体制としている。電話連絡を基本としているが、それが困難な場合は、SNSなどの代替ツールの活用も想定している。

| 費用について

	全体	太陽光発電設備等	EMS、高効率空調設備	
補助対象経費	20,222 千円	16,790 千円	3,432 千円	※千円未満を四捨五入している
補助金額	10,111 千円			※千円未満を四捨五入している
CO ₂ 削減効果	26.2 t-CO ₂ /年	25.1 t-CO ₂ /年	1.1 t-CO ₂ /年	※小数点第二位以下を四捨五入している
費用対効果（補助金ベース）	22,927 円/ t-CO ₂			※円未満を四捨五入している

費用対効果 = [補助金額] / ([年間CO₂削減量] × [耐用年数])

✓ 防災性と経済性を考慮した設備導入のポイント

- 施設を災害拠点にすることで地域貢献をする防災性を第一に導入した。本事業の実施により、（家族を含めた）職員の安全の確保が可能となり、職員の確保や職場環境の整備が進むとともに、災害時に周辺の認知症の方を受け入れ可能な施設として機能する。
- 照明、離床センサー、冷蔵庫、テレビなど災害時の特定負荷を施設が抽出し、それを基に設備設計者が最低限の機器が貯える容量を設定した（コスト面とのバランスを考慮し、事前に設備設計者と打合せを実施）。

5

事例② 太陽光発電【グループホーム楓(有限会社サカイコーポレーション)／宮崎県宮崎市】 災害弱者向け防災拠点化および低炭素化事業

| 操作マニュアル

POINT

- ・配置図に操作手順の番号を記載することで、作業場所を迷わず迅速に作業できる。
 - ・配置図に停電時に利用可能なコンセントの位置を示しており、迷わず利用できる。

POINT

- ・作業手順をフローとすることで、作業全体の流れを理解しながら作業ができる。
 - ・設備の写真を示すことで、作業者のミスを減らすことができる。



事例③ 太陽光発電【富山県立山町】

釜ヶ渕小学校自立・分散型エネルギー設備等導入事業

事業の目的

地域防災計画で避難施設と位置付けられている釜ヶ渕小学校において、避難施設としての機能強化を図るため、再生可能エネルギー設備（太陽光発電設備、蓄電池）及び省エネルギー設備（高効率空調設備）を導入する事業である。

【施設情報】 避難施設 | 収容人数 420人

導入設備

太陽光発電設備（48.75kW）

蓄電池（100.0kWh）

省エネルギー設備

高効率空調設備（エアコン）
室外機18台、室内機27台



太陽光発電設備



蓄電池

エネルギー利用の概要

平時 太陽光発電設備の電力は、蓄電池に蓄電し、省エネルギー設備である高効率空調設備に供給し、従来と比べて施設のCO₂排出量を削減する。

災害時 太陽光発電設備と蓄電池から電力を高効率空調機設備に供給し、酷暑時期の冷房機能、厳冬期の暖房機能を確保する。

運用方法

平時 太陽光発電設備からの電力は蓄電池に蓄え、蓄電池には一定の残量を残し、高効率空調設備に給電を行う。

災害時 商用電力が断たれた場合には、太陽光発電設備と蓄電池は、系統連系から自立運転に自動に切り替わる。

災害時の再エネ利用

災害時に再エネを稼働させるための対策

- システム性能保証のあるメーカーを採用した。また、太陽光発電や蓄電池の操作方法を学校職員等が十分に理解していないため、商用電力が断たれた場合にでも設備が稼働できるように自動で切替する設備を採用した。
- 自動切替にトラブルが発生した際は、設備担当の町職員、工事会社又はメーカーの順番で対応することを内部周知している。

保安運用管理体制

人事異動により、設備担当職員の変更はあるが、異動後も顔を合わせてノウハウの引継ぎを実施。

費用について

	全体	太陽光発電設備等	高効率空調設備	
補助対象経費	112,648 千円	84,734 千円	27,914 千円	※千円未満を四捨五入している
補助金額	84,486 千円			※千円未満を四捨五入している
CO ₂ 削減効果	29.0 t-CO ₂ /年	24.8 t-CO ₂ /年	4.2 t-CO ₂ /年	※小数点第二位以下を四捨五入している
費用対効果（補助金ベース）	176,779 円/t-CO ₂			※円未満を四捨五入している

費用対効果 = 【補助金額】/ ([年間CO₂削減量] × [耐用年数])

防災性と経済性を考慮した設備導入のポイント

- 高齢者が多く、避難した際に体調を崩さないように、高効率空調設備を特定負荷とし、避難所としての防災機能を高めた。
- 多少初期費用は高くなるが、適切なアフターサービスが受けられること、修繕費を含めたライフサイクルコストシステムを考慮し、システム性能に対する信頼性があり故障リスクの少ない国内メーカーの設備を採用した。

8

事例④ 太陽光発電【知床第一ホテル/北海道斜里町】

自立型エネルギーシステムの低炭素化事業

事業の目的

世界遺産でもある知床の豊かな自然環境保全のため、CO₂の削減に取り組むことで、旅館業としての企業価値を高め、事業継続性の向上に寄与するため、自家消費型の太陽光発電と蓄電池を新設する事業である。

【施設情報】 避難施設 | 収容人数 864名（客室宿泊定員 総客室数209室）73室、292名の地元住民を受け入れ可能

導入設備

太陽光発電設備 (604.8kW)

蓄電池 (108kWh)

参考情報

既設のコジェネレーションシステム
(1,056kW×2機)



太陽光発電設備



蓄電池

エネルギー利用の概要

平時・災害時

太陽光発電を、昼間のベース電源の補助として利用。不足する電力は、平時は、既設のコジェネレーションシステム、商用電力から供給し、災害時は、既設のコジェネレーションシステムと組み合わせ併用して用いる。コジェネレーションシステムの熱も施設内設備に供給。太陽光発電の昼間の電力の余剰分は蓄電し、夜間の施設電力を使用する。

9

運用方法

平時

太陽光発電を昼間のベース電源の補助として利用し、コジェネレーションシステムの出力調整でピークカットして電気代を抑制している。太陽光発電および蓄電池の運転状況や発電量はパソコン、スマホ等で確認できるようにしており、運転状況等の異常を把握できるようにしている。

災害時

ホテル機能を維持するため、発電機が自動的にバックアップするためコスト面で高価な蓄電池の特定負荷は事務機能に関わる設備としている。

災害時の再エネ利用

災害時に再エネを稼働させるための対策

停電時はコジェネレーションシステム、太陽光発電を自動停止させる。施設内の照明・動力設備の安全を確認して、コジェネレーションシステムを起動させた後、太陽光発電設備を再起動させる。

保安運用管理体制

再エネ設備のトラブルはパソコン内にデータがあり、ノウハウを蓄積している。設備担当は4人で、バックアップ体制を構築している。設備の運用マニュアルは社内で共有している。

費用について

補助対象経費	163,349 千円	※千円未満を四捨五入している
補助金額	80,976 千円	※千円未満を四捨五入している
CO ₂ 削減効果	486.0 t-CO ₂ /年	※小数点第二位以下を四捨五入している
費用対効果 (補助金ベース)	9,801 円 / t-CO ₂	※円未満を四捨五入している 費用対効果 = 【補助金額】/ (【年間CO ₂ 削減量】×【耐用年数】)

防災性と経済性を考慮した設備導入のポイント

- ✓ 太陽光発電および蓄電池を導入により、電力供給日数が約2日延びた約15日となり、避難施設としての防災機能が向上した。
- ✓ 周辺地域での導入されたPVの発電データ（発電実績2年分、月ごと）を参考に、発電量（発電効率を9割とし、安全側を考慮）を算定し、ホテルの負荷と組み合わせて必要発電容量を設定した。また、経済性を確保するうえで蓄電池のコストがネックとなった。経済性を最大限確保するため、蓄電池容量は最低限とした。

10

4. 再生可能エネルギー電気・熱自立的普及促進事業の事例集

CO₂ 削減効果、費用対効果をはじめ、課題解決型事業としてのモデル性や波及効果について、効果が高い/モデル性が高い等の特徴を有する補助事業を対象に作成した、再エネ電気・熱事業の事例集を紹介します。

表 4-1 事例集を作成した事業

No.		再生可能エネルギー種	事業者名	頁
1	事例①	バイオマス熱利用	栃木県さくら市	p.299
2	事例②	地中熱利用	秋田県大潟村	p.299
3	事例③	太陽光発電	コープデリ生活協同組合連合会/ (株) コープデリフーズ	p.300
4	事例④	太陽光発電	医療法人山秀会	p.300
5	事例⑤	地熱発電	洞爺湖温泉利用協同組合	p.301
6	事例⑥	地熱発電	静岡県島田市	p.301
7	事例⑦	地熱利用	青森県弘前市	p.302
8	事例⑧	地熱利用	北海道斜里郡清里町	p.302
9	事例⑨	太陽熱利用	医療法人三上会	p.303
10	事例⑩	太陽熱利用	愛知県みよし市民病院	p.303
11	事例⑪	地中熱利用	青森県五所川原市	p.304
12	事例⑫	地中熱利用	宮城県南三陸町	p.304

事例①：バイオマス熱（栃木県さくら市）

出典：事業者ヒアリング等を元に環境省作成

【課題及びその対応】

・効率的な需給体制の構築

- 市は、遊休地や耕作放棄地を燃料供給者へ転換し、イネ科の多年草（エリアンサス）を栽培、これを原料にした草本系ペレット燃料を製品化し、燃料の供給体制を構築した。
- 需要施設として、まず市の公共施設にその製品を燃料としたバイオマスボイラーを積極的に導入する。市の広報やホームページにて運転状況や必要な測定値等を公表し、その結果ペレット燃料の採用を検討している事業所や他の事業所も含め、さらに安定した需要の確保、供給から需要までの持続可能な供給一貫体制の構築が可能となる。

【補助対象経費】32,466千円

【補助金額】21,422千円

【導入設備】

・設備稼働開始日：2017年4月



建屋全景

木質ペレット焚き温水ボイラー
ニ光エンジニアリング社製
RE-35N 407kW燃料タンク
ニ光エンジニアリング社製
FTC-5 FRP製 9.8m³

【事業波及性に関する取組】

うつのみや環境行動フォーラム

（開催回数：年1～2回、参加人数：20～50名）等

うつのみや環境行動フォーラムでの
視察の実施状況・CO₂削減効果：
251.7 t-CO₂/年・費用対効果（補助金ベース）：
5,674円/t-CO₂

（注）上記の数値は補助事業終了時の想定値

【事業による波及効果】

- バイオマス燃料確保の方策として、耕作放棄地を利用した作物（エリアンサス）の栽培は、同様の課題（山林地で活用できる土地が限定され、林業が盛んでない状況。）を持つ他の地方公共団体の有効なモデルであり、今後、全国に展開されることが期待される。
- 市としては、今後も当該地域を中心として草木系バイオマスボイラーの導入推進を図る。

出典：事業者ヒアリング等を元に環境省作成

【課題及びその対応】

・情報不足及び認知度の不足の解消

- 認定こども園等整備検討委員会（地域住民などによる検討部会）を設置し、勉強会や地中熱利用の先進事例研修により認知度を深めつつ、他地域の設備導入事例を広く参考とすることで情報不足を補い、実施設計を完了した。
- 建設後は地域住民のみならず広く視察希望者を受け入れ、地中熱利用設備の効能をアピールし、当該認定こども園が子ども・子育て施策だけでなく、地球温暖化防止にも貢献することで地中熱利用設備の認知度の向上を図っていく。

【補助対象経費】120,828千円

【補助金額】83,383千円

【導入設備】

地中熱ヒートポンプ（冷房：212kW 暖房：224kW）

・設備稼働開始日：2018年3月



施設全景



機械室内 ヒートポンプ・循環ポンプ



職員室 HPU制御盤(空調)

【事業波及性に関する取組】

- 大潟村公式ブログ「おおがた散歩」、村広報誌への掲載
- こども園園見への掲載
- ・視察、見学会の受入（計3回 約75名）（2018年実績（5月～11月））
（※他市町村社会福祉法人、秋田県町村教育長会、国公立幼稚園・こども園教育研究協議会）

こども園の施設について

園舎は平成20年3月に新築し、木材をふんだんに使用したぬくもりある造りです。冷暖房装置には、地中熱を利用しており、安定期が特徴です。冬はこんわり暖かく、夏は涼しい涼しさで、一年中過ごしやすい環境が保たれています。

また、灯油を使用している場合と比べるとCO₂排出削減効果が高く、環境にやさしいというメリットがあります。

こども園
園見の掲載記事・CO₂削減効果：
40.3 t-CO₂/年・費用対効果（補助金ベース）：
133,386円/t-CO₂

（注）上記の数値は補助事業終了時の想定値

【事業による波及効果】

- 既存保育園、幼稚園の建て替えに伴う地中熱利用（冷暖房）の取組は、燃料代の節約、CO₂排出量削減のほかに、保育施設への導入による認知度の向上や施設内の子供たちの快適性向上等の副次的効果も期待でき、再生可能エネルギー導入を積極的に推進する他の中小規模自治体に対するモデル事業として参考になる取組である。

事例③：太陽光発電（エフコープ生活協同組合）（福岡県）

出典：事業者ヒアリング等を元に環境省作成

【課題及びその対応】

・データ・情報の不足及び認知度不足の解消

- ✓ 本事業で得たデータを有効活用して、他の支所・店舗等の施設に再生可能エネルギーの自家発電、自家消費を積極的に広める。
- ✓ 本補助事業で得たデータ等を社外にも広く情報公開して普及拡大に資する。またHPや機関誌等で積極的に情報公開する。
- ✓ 今後、地方公共団体に事業の実施状況をコスト、収益、発電量や自家消費率などの具体的なデータを情報提供することにより、その他の事業者等にも知見を発信する。

【補助対象経費】7,973千円

【補助金額】2,657千円

【導入設備】太陽光発電設備（太陽電池モジュール 45.88kW）

- ・設備稼働開始日：2019年3月



施設全景



太陽光発電モジュール



発電モニター

【事業波及性に関する取組】

- ・施設内に発電モニターを設置し、従業員等に対する普及啓発を図る。

・見学会の実施。

（計3回 計39名
対象者：組合員）

（2019年4～5月実績）



見学会の実施状況

- ・CO₂削減効果：
30.7 t-CO₂/年

- ・費用対効果（補助金ベース）：
5,086円/t-CO₂

（注）上記の数値は補助事業終了時の想定値

【事業による波及効果】

- ・支所への太陽光発電導入は、事業者としても初の取組であり、本事業で得た設計・施工の知見や発電データ等を活用して、他支所での太陽光発電導入事業を計画中である。

- ・事業者は、50万人近い組合員を有しており、組織内での積極的な情報発信による普及・啓発効果が期待できる効果的なモデル事業である。

事例④：太陽光発電（医療法人山秀会）（高知県 越知町）

出典：事業者ヒアリング等を元に環境省作成

【課題及びその対応】

・認知度不足、系統連携の制限

- ✓ 太陽光発電は固定価格買取制度による普及が進んでいるものの、医療法人では売電による収益事業に当たるため利用ができない。また、自家消費そのものの認知度も低い。これらの課題を踏まえ、系統に接続しない自家消費の有効性を確認するとともに、災害時の停電に備えることにより防災拠点としての有効性も確認し、高知県と連携し県内の自家消費による太陽光発電の取組を進めていく。
- ✓ 施設全体でZEB建物（削減率52.8%）としてBELS認証を取得。町や県とも連携し、データの公開・発信、発表会、見学会、勉強会等を実施し、地域への普及啓発に取り組んでいく。

【補助対象経費】3,332千円

【補助金額】1,666千円

【導入設備】

- ・設備稼働開始日：2017年2月
- ・太陽光発電設備 10.8kW



建屋全景



太陽光発電モジュール



パワーコンディショナー

【事業波及性に関する取組】

- ・太陽光発電量の見える化
- ・高知県林業振興・環境部新エネルギー推進課との連携による情報発信
- ・再エネ・省エネ技術展示会への出展・PR



- ・CO₂削減効果：
6.0 t-CO₂/年

- ・費用対効果（補助金ベース）：
16,333円/t-CO₂

（注）上記の数値は補助事業終了時の想定値

【事業による波及効果】

- ・太陽光発電に加えて経産省のZEB実証事業も活用し、建物全体の省エネ性能等を高めたことにより、ZEB化を達成した（削減率52.8%、ZEB Ready）。
- ・当院の取組も参考にし、自家消費型太陽光発電等の導入を支援する「福祉避難所等太陽光発電設備導入事業費補助金」を、高知県が平成30年度に創設（令和元年度も継続中）。

事例⑤：地熱発電（洞爺湖温泉利用協同組合）（北海道 洞爺湖町）

出典：事業者ヒアリング等を元に環境省作成

【課題及びその対応】

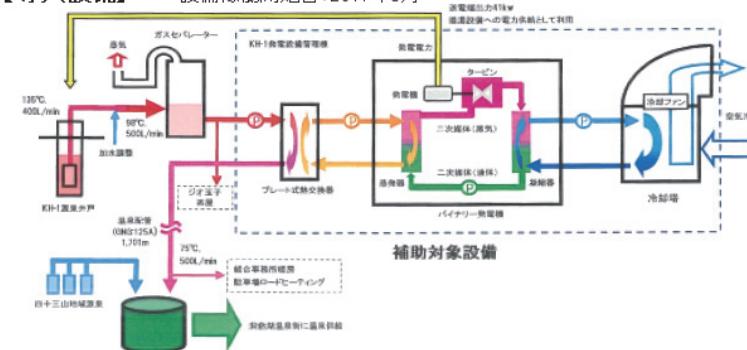
・温泉資源枯渇の懸念及び関係者の理解醸成

- ✓ 泉源管理地域近隣における火山噴火による急激な温泉低下の顕著化など、従来から温泉資源枯渇が懸念されていたが、各種地熱、温泉資源調査を行ったことで、温泉資源の枯渇懸念を払拭した。
- ✓ 町や温泉組合等で構成される「洞爺湖温泉「宝の山」プロジェクト協議会」を発足し、温泉資源を活用することについて、関係者の理解醸成に努めた。

【補助対象経費】74,410千円
【補助金額】37,205千円

【導入設備】

・設備稼働開始日:2017年3月



- CO₂削減効果: 158.0 t-CO₂/年
- 費用対効果(補助金ベース): 15,698 円/ t-CO₂

注)上記の数値は補助事業終了時の想定値



【事業波及性に関する取組】

- ・広報誌掲載、新聞社他報道関係取材受け入れ、新聞記事等掲載
- ・講演実施(H28年度4件、H29年度3件、H30年度1件) 地域活性化伝道師の講演活動含む
- ・視察(H28年度11件133名、H29年度13件79名、H30年度5件44名)



視察の実施状況

【事業による波及効果】

- ・地熱資源を自己消費型地熱発電(発電利用)と熱水利用(既存の温泉供給事業)の双方で活用することは、温泉多段階利用の有効なモデルであり、今後、全国に展開されることが期待される。

事例⑥：温泉メタンガス利活用（静岡県 島田市）

出典：事業者ヒアリング等を元に環境省作成

【課題及びその対応】

・鉱業権の取得

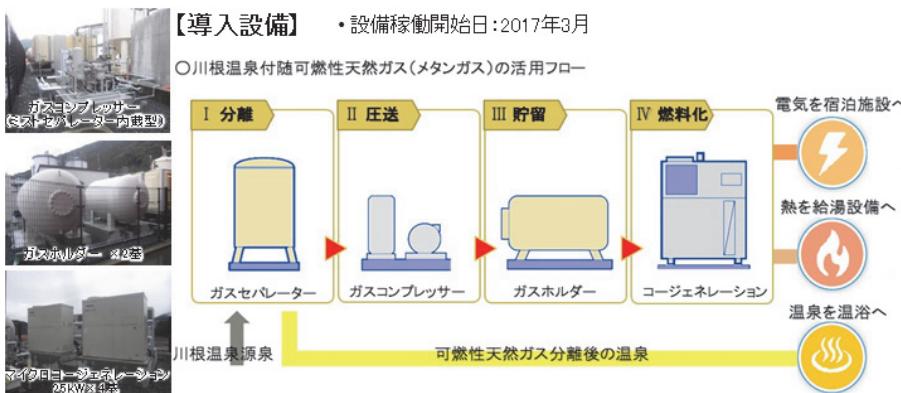
- ✓ 地域特性を活かしつつ、災害に強い安定的な自立・分散型のエネルギー供給システム構築のため、「地域調和型エネルギーシステム推進事業」(環境省)等を実施し、大気放出されていた“温泉不隨ガス”に着目した発電事業の検討を開始した。
- ✓ 鉱業法の一部を改正する法律(平成23年、法律第84号)に基づき鉱業(探掘)権の取得が必要であったが、法改正直後であったこと、また、温泉不隨ガスの探掘権は全国的にも事例がなかったことなどから、許認可の進捗段階で期間を要した。そこで、当市が許認可手続きについて積極的に対話・働きかけを行った結果、平成29年1月16日付けで鉱業権の取得等ができ、改正鉱業法として全国初の事案となった。

【補助対象経費】172,800千円
【補助金額】115,200千円

【導入設備】

・設備稼働開始日:2017年3月

○川根温泉付随可燃性天然ガス(メタンガス)の活用フロー



- CO₂削減効果: 543.0 t-CO₂/年

- 費用対効果(補助金ベース): 14,144 円/ t-CO₂

注)上記の数値は補助事業終了時の想定値

【事業による波及効果】

- ・本事業の実施により改正鉱業法初となる探掘権の設定手続きが進み、新制度が実質的に運用開始となった。本事業は先進事例として位置付けられ、温泉付随ガスを有効利用したい事業者にとって、事業実施のきっかけや後押しになることが期待される。

【事業波及性に関する取組】

- ・視察の実施 (実施:計11回、参加:計151名、対象:地方自治体・関係団体(NPO)等、期間:2018年5月～2019年3月)
- ・雑誌、事例集への投稿(4件)



視察の実施状況

事例⑦：温泉熱利用（青森県弘前市）

出典：事業者ヒアリング等を元に環境省作成

【課題及びその対応】

・認知度の不足

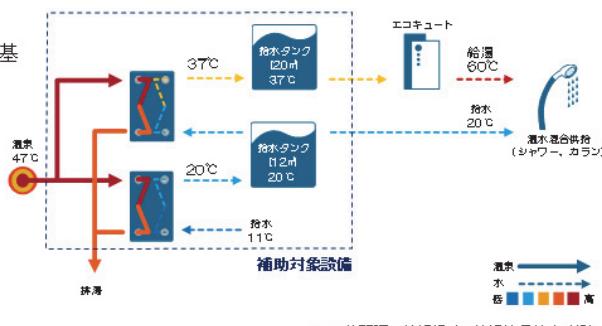
- 施設自体には比較的高効率な給湯器が導入されているが、更なる電力及び化石燃料の削減を図るため、地域に存在する再生可能エネルギーや未利用熱を活用した高効率機器の導入によるエネルギー削減の検討を実施した。
- 設計手法の情報不足や実例の少なさからくるインシャルコスト高騰が普及への妨げとなっている。再生可能エネルギーの利活用の認知不足について、多数の市民等が利用する公共施設へ導入することで、実績及び効果を実感する機会を創出し、水平展開を目指すまでのモデル事業として効果的となる。

【補助対象経費】27,834千円

【補助金額】16,911千円

【導入設備】

- 熱交換器、貯湯槽20m³ 各1基



- 設備稼働開始日:2018年1月

【事業波及性に関する取組】

- 視察等の事業説明
(実施:計5回、参加:計30名、対象:地方自治体・民間団体、期間:2019年1~7月)
→優良事例として公表
- 弘前型スマートシティ推進協議会
(対象:民間団体、参加:47名)
→本事業の内容を周知



弘前型スマートシティ推進協議会
での発表状況

- CO₂削減効果:53.0 t-CO₂/年
- 費用対効果(補助金ベース): 21,264円/t-CO₂

注)上記の数値は補助事業終了時の想定値

【事業による波及効果】

- 温泉施設での夜間の未利用温泉水を活用した熱交換・蓄熱設備設計は、同様の施設の改修・新規事業を計画する上で有効なモデルであり、今後、全国に展開されることが期待される。

事例⑧：温泉熱利用・太陽光発電（北海道清里町）

出典：事業者ヒアリング等を元に環境省作成

【課題及びその対応】

・日常的な管理や温泉利用による弊害を抑える

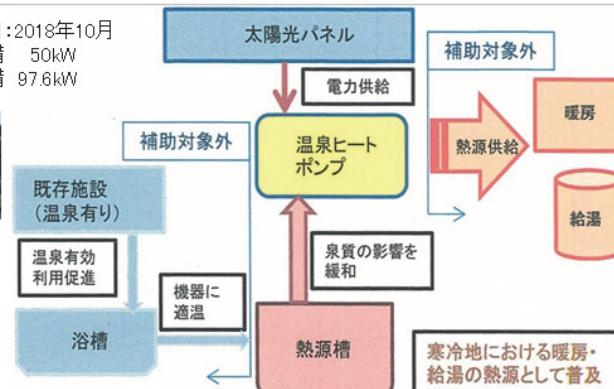
- これまで敷地外に放流していた廃湯の再利用については、ヒートポンプ機器の熱源として適温である。また、温泉再利用のデメリットであった泉質や異物の影響による熱交換効率の低下の懸念については、泉質が不純物が少ないことを事前調査で明らかにしつつ、熱交換器については清掃しやすい形状を採用することで性能を確保できるよう配慮した。
- 日照時間が長いという当該地域の特性も利用し、太陽光発電を併用することでヒートポンプ稼働に必要となる電力を低減し、更なるエネルギー起源CO₂削減および省エネを実現することが可能となる。

【補助対象経費】42,941千円

【補助金額】24,177千円

【導入設備】

- 設備稼働開始日:2018年10月
- 太陽光発電設備 50kW
- 温泉熱利用設備 97.6kW



【事業波及性に関する取組】

- 大学に稼働データを提供
- 温泉熱利用システムの効果的な運用方法について、町・大学・事業者が連携して検証

- CO₂削減効果:
太陽光:32.0 t-CO₂/年、温泉熱:89.0 t-CO₂/年

- 費用対効果(補助金ベース):
太陽光:8,178円/t-CO₂、温泉熱:14,778円/t-CO₂

注)上記の数値は補助事業終了時の想定値

【事業による波及効果】

- 北海道オホツク海側地域は温泉が豊富な地域であり、寒冷な気候にも対応できる温泉ヒートポンプ導入の貴重な実績としてモデル性を有しており、今後の普及が期待できる。

事例⑨：太陽熱利用（医療法人三上会）（大阪府枚方市）

出典：事業者ヒアリング等を元に環境省作成

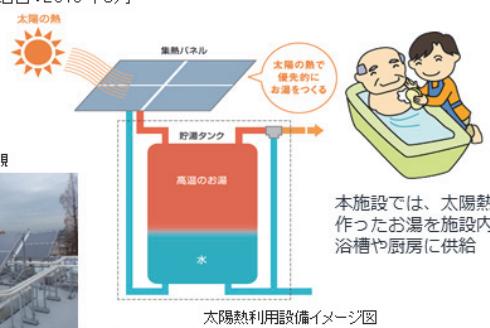
【課題及びその対応】

・コスト情報及びデータ情報、認知度の不足

- 太陽熱利用設備の導入では、初期費用や維持管理費用等のコスト情報、集熱量や集熱効率等の情報が不足しているほか、システム構成や施工方法などがまちまちであるため導入検討しにくいという課題を踏まえ、コスト情報やボテンシャルマップ、運用計測データ等の構築及び公表による情報発信を行う。
- 家庭用温水器としてのイメージは定着しているものの、業務・産業用における太陽熱利用設備の認知度は極めて低いため、枚方市の協議会やセミナーにおいて本事業の取組内容を紹介する等、市と連携して市内事業者への太陽熱利用普及促進活動を行う。

【導入設備】

・設備稼働開始日:2019年3月



本施設では、太陽熱で作ったお湯を施設内の浴槽や厨房に供給

【事業波及性に関する取組】

- 施設掲示板やHPに導入設備の内容・CO₂削減目標等を記載
- 枚方市地球温暖化対策協議会に参画し、取組内容を広く紹介



掲示板に掲載

・CO₂削減効果: 29.4 t-CO₂/年

・費用対効果(補助金ベース): 50,849 円/t-CO₂

注)上記の数値は補助事業終了時の想定値

【事業による波及効果】

- 設備の導入から維持管理までの情報を、官民が連携して蓄積・発信する体制を構築する上で参考となる取組である。

事例⑩：太陽熱利用・太陽光発電（みよし市民病院院内保育所）（愛知県みよし市）

出典：事業者ヒアリング等を元に環境省作成

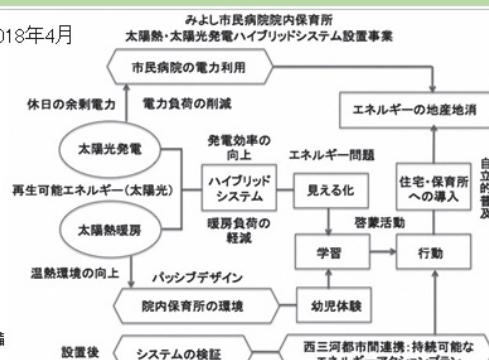
【課題及びその対応】

・市民の認知度不足

- 太陽光発電と太陽熱暖房との一体型であるハイブリッドシステムについては、公共施設での導入実績もなく市民の認知度も低い。市民病院の院内保育所に導入することにより、太陽熱暖房の認知度向上ならびに当該ハイブリッドシステムの取組の普及促進を図る。
- 市民病院の院内保育所に導入することにより、保育所を利用する子ども及び保護者等に本システムを体験してもらい、育児環境の快適性と環境負荷の低減が両立することを理解してもらう。

【導入設備】

・設備稼働開始日:2018年4月



【事業波及性に関する取組】

- 院内でのパンフレットの作成、配布



院内で配布しているパンフレットに掲載

・CO₂削減効果:

太陽熱:45 t-CO₂/年、太陽光:8.4 t-CO₂/年

・費用対効果(補助金ベース):

太陽熱:62,078円/t-CO₂、太陽光:7,531円/t-CO₂

注)上記の数値は補助事業終了時の想定値

【事業による波及効果】

- 太陽エネルギーで賄うハイブリッドシステムは災害時にも稼働可能な設備である他、パッシブデザインによる快適な保育空間の確保、環境学習等の啓発効果といったメリットがある。また、同一敷地内にある電力需要が大きい病院施設と一体の設備として、余剰電力も活用できる仕組は、他の企業内保育所等への普及が期待される。

事例⑪：地中熱利用（青森県 五所川原市）

出典：事業者ヒアリング等を元に環境省作成

【課題及びその対応】

・認知度不足、情報の不足

- ✓ 地中熱利用設備について、多くの住民が利用する市役所庁舎や公共施設に率先導入し、有効性等を周知する。
- ✓ 有効熱伝導率といった地質情報の確認のため熱応答試験を実施するなど、初期コストの高さなどがハードルとなるが、安価なランニングコストにより長期的には初期コストが回収できることを、CO₂削減効果等の「見える化」や施工箇所の地質や有効熱伝導率等のデータ・情報を発信・公表することで、地域の普及促進を図る。

【補助対象経費】860,454千円

【補助金額】573,635千円

【導入設備】

・設備稼働開始日:2018年5月



- CO₂削減効果:
空調設備 45.0 t-CO₂/年、融雪設備 275.0 t-CO₂/年

- 費用対効果(補助金ベース):
空調設備 224,879 円/t-CO₂、融雪設備 102,265 円/t-CO₂

【事業による波及効果】

- ・災害時における活用が期待される施設へ導入することにより、非常時のエネルギー自立性の観点でも高いモデル性・先導性を有しており、今後の展開が期待される。

事例⑫：地中熱利用（宮城県 南三陸町）

出典：事業者ヒアリング等を元に環境省作成

【課題及びその対応】

【補助対象経費】120,960千円

【補助金額】80,640千円

・地産地消の再生可能エネルギーの活用

- ✓ 東日本大震災で甚大な被害を受け、外部に依存する石油等の従来エネルギーが途絶した苦い経験を基に、地域循環型の環境にやさしいまちづくりを目指し「南三陸町バイオマス産業都市構想」を策定している。
- ✓ 復興のシンボルとなる公共施設において、回収分別生ごみや汚物によるバイオガス、木質バイオマスによるペレットボイラ、ペレットストーブ、太陽光発電等の再生可能エネルギーの活用を積極的に採用しており、更に、今まで未利用であった地中熱についても利用の促進を企図するものである。

【導入設備】

地中熱ヒートポンプ1次側
空調設備一式

- ・地中熱交換器(H27.28年度)
- ・ボアホール
L=100m×29本
- ・水熱源ヒートポンプチラー
150kW=1台(配管類共)

・設備稼働開始日:2017年8月

- CO₂削減効果:
24.0 t-CO₂/年

- 費用対効果(補助金ベース):
224,000 円/t-CO₂

(注)上記の数値は補助事業終了時の想定値

【事業による波及効果】

見学等で来庁する訪問客に事業の内容を紹介。

【事業による波及効果】

- ・FSC認証※された全国初の公共建築物といふ、付加価値の高い施設への地中熱の活用は、被災自治体等をはじめとした全国に展開されることが期待される。

FSC認証※:森林管理協議会(FSC)により、適切な森林管理認証を受けた森林からの木材・木材製品の認証を行う制度