

## 提言

カーボンニュートラルに向けたシステムインテグレーションの取り組み

(3月12日時点版)

2021年3月

東京大学 生産技術研究所

エネルギーシステム連携研究部門

## 目次

はじめに.....	3
提言1 「長期の不確実性を克服する継続的改善（PDCA）の実施」 .....	4
[必要性].....	4
[状況] .....	4
[解決策].....	5
[アクション] .....	6
提言2 エネルギーシステムインテグレーション：リソースの最大活用 .....	7
提言3 システム運用・市場運営等の制度の改善およびインフラの拡充・整理による変革の牽引 .....	8
提言4 データの収集・蓄積・ツールの活用による分析・評価の高度化 .....	9
[必要性].....	9
[状況] .....	9
[解決策].....	9
[アクション] .....	9
提言5 人材・組織機能の育成.....	10
[必要性].....	10
[状況] .....	10
[解決方針].....	10
[アクション] .....	10

## はじめに

東京大学生産技術研究所エネルギーシステムインテグレーション連携研究部門（以下 ESI: Energy System Integration）では、2008年1月からの参加各社との活動から、2020年9月にエネルギー戦略（図1）を公表した<sup>1</sup>。

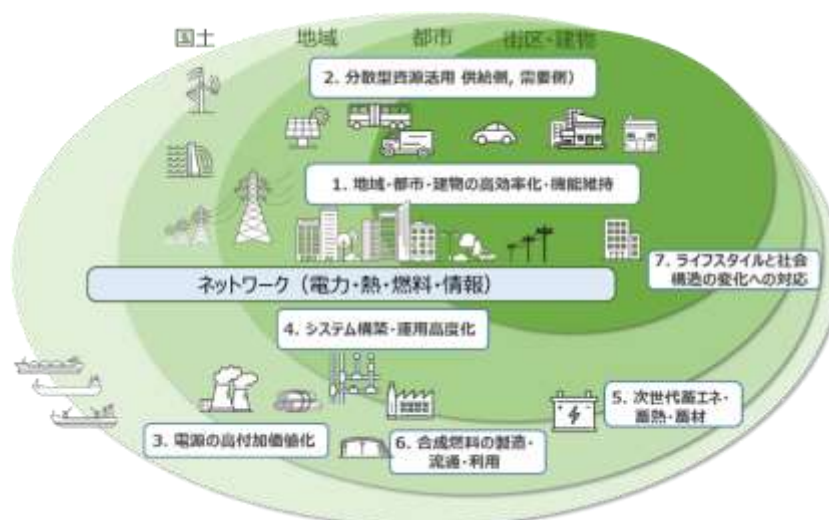


図1 ESI エネルギー戦略マップ

地球温暖化対策推進法（温対法）の改正では、2020年10月に宣言された「2050年カーボンニュートラル」を基本理念として法に明確に位置づけられつつあり、環境エネルギー問題への取り組みは新しい段階に入りつつある。

今回、ESIでは、長期の環境・エネルギー問題に関わる産官学の関係者に向け、エネルギーシステムインテグレーションの視点による電力・エネルギー分野の長期的取り組みに関わる提言を纏め、今後公開予定である。

今後 ESI では、諸機関との連携強化を含め、エネルギーシステムインテグレーション分野の活動を深化させ、シンポジウムなどの公開の場を含め継続的に対外発信を強化し、本分野の議論を深めてゆく。

<sup>1</sup> <http://www.esisyab.iis.u-tokyo.ac.jp/html/activity-status.html>

## 提言1 長期の不確実性を克服する継続的改善（PDCA）の実施

### [必要性]

電力・エネルギーシステムは、経済・社会の長期の変化に伴う要請を満たすべく、それぞれの時点・分野での**意思決定**により、短期の連続した技術の導入・普及（短期的取り組み）と、インフラ整備や技術開発など（長期的取り組み）を連携してこれからの変革を実施する必要がある。しかし、技術、社会・経済条件などの不確実性のもとで、限られた資源の最適配分への意思決定は難しい。このような状況のもとで、取り組みの効率化と目標の達成の確度を上げるためには、継続的改善（PDCA）の実施が必要である。

### [状況]

カーボンニュートラルなどの長期のあるべき姿に向け、様々な形態での実現可能性が試算、議論されている。しかし、それぞれの社会経済や技術の見通しに大きな不確実性があり、それぞれの条件・目標にも相互に競合あるいは協調の関係があることが指摘されている。短期的な取り組みでは、足元からの積み上げによる中長期的な目標達成の難しさがある。長期的な取り組みでは、取り組みの方向性と時間軸上の資源の投入量の適切な選択が難しい。また、機関、企業、自治体など多様な主体による多数の大規模な取り組みの展開に当たっては、取り組みの効率化や目標設定などを工夫する仕組みが十分ではなく、持続的に成果を積み上げるのが難しい状況である。

ESI では、電力・エネルギーシステムのこれからの方向性として、2020年9月に「エネルギーシステムインテグレーションの視点によるエネルギー戦略」を公表した。この戦略から、図2に7つの戦略領域、図3にインテグレーションロードマップを示す。

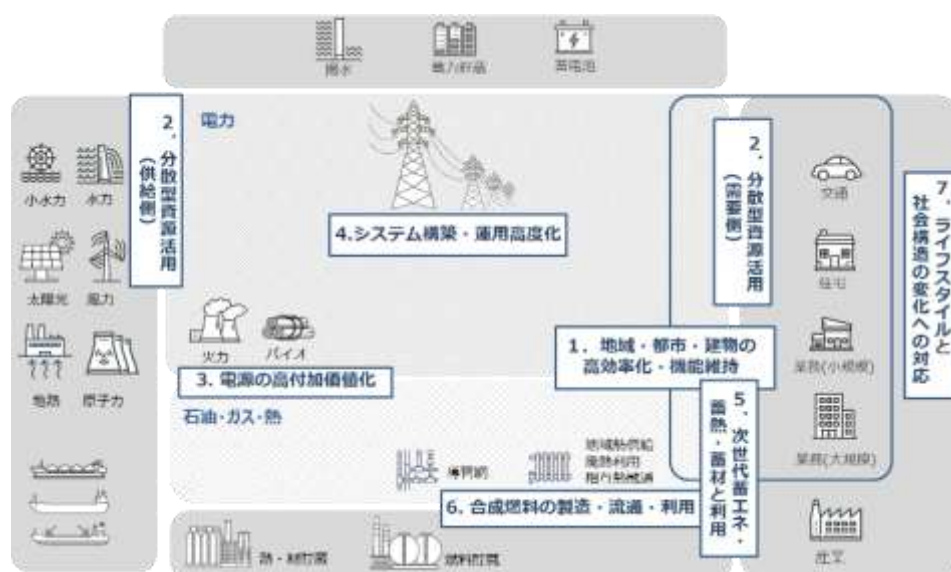


図2 インテグレーション戦略：分野の連携・統合に係る戦略領域

需要	街区・都市・地域	地域熱供給、BEMS/アグリゲータ、AEMS			
	住宅・ビル	建材・建物	BCP/LCP、マイクログリッド、VPP	インフラ連携、構造変化対応	
		空調システム	高断熱化、室内空気質改善、快適性向上、地域ZEB、エネルギー自立建築、BCP	能動調整機能付き建材	
	高効率給湯	COP向上、蓄熱空調、太陽熱・地中熱、未活用熱源利用、分散型ポンプ・ヒートポンプ	未利用熱による予熱	タスクアンビエント、HFC代替 輻射冷暖房	
	効用の維持・向上	高効率ヒートポンプ給湯	真空断熱貯湯	熱の相互融通	
供給	産業	蓄エネ・熱・材/新生産方式	HP/CHP、低・中温蓄熱	熱再生・電化、高温熱・合成燃料供給・貯蔵 合成燃料利用	
	交通	移動体	蓄電池・燃料電池特性向上	高耐久電池・燃料電池	
		インフラ	蓄電池劣化管理ICT Platform、機器、Connected化	勤務地充電/急速充電・価格反応 合成燃料供給ポイント 合成燃料供給網	
	分散資源 (需要/供給)	分散電源	価値評価・価格反応・スマートインバータ	同期機特性合成型インバータ・高効率PV・風力	超高効率PV・風力
		従来電源	機能向上・高付加価値提供	新規システムサービス・合成同期機特性	
システム、ネットワーク	需要側エネマネ	SOFc 効率>55%	効率>65%	合成燃料利用 効率>75%	
	HEMS/BEMS/CEMS	システム運用	最小~最大/定格出力(0.3~1)	最小~最大/定格出力 (0~2)	最小~最大/定格出力 (0~4)
		システム運用	火力の価値評価・柔軟性・部分負荷効率向上	CCS	アデカシー確保運用 合成燃料利用
	合成燃料	媒体とシステムの検討	揚水の価値評価・高付加価値提供	新規システムサービス・合成同期機特性	
		価値評価	価格反応 システムサービス、RE90%、自律運用CEMS	高度自律/自立管理・制御	
	ICT Platform、機器、Connected化	配電網協調・次世代アグリゲーション・コネクトの訴求			
	高度運用	確率的・分散型資源統合	大容量貯蔵統合	合成燃料製造・貯蔵統合	
	コネクト&マネージ、SCUC、高度市場価格形成	配電網レベルの自律管理・制御			
	長距離モビリティ	拠点製造・貯蔵	大規模製造・貯蔵		
	製造・貯蔵流通計画				

12

図3 ESIのインテグレーションロードマップ

[解決策]

電力・エネルギーシステムの変革に向けた不確実性の多い長期的な取り組みにおいては、着実な取り組みと大胆な取り組みを組み合わせ、社会・経済の好循環を維持しつつ、将来の実現可能性とより高い到達点が得られるよう、分野を横断した時間軸の資源配分が重要である。このために、将来の予見性を向上し関係者で共有・議論するためにロードマップ(例: 図3)と、分野横断的および分野別に、それぞれ指標を設定し実績のチェックと将来分析による継続的改善(PDCA)を実践する。(図4)

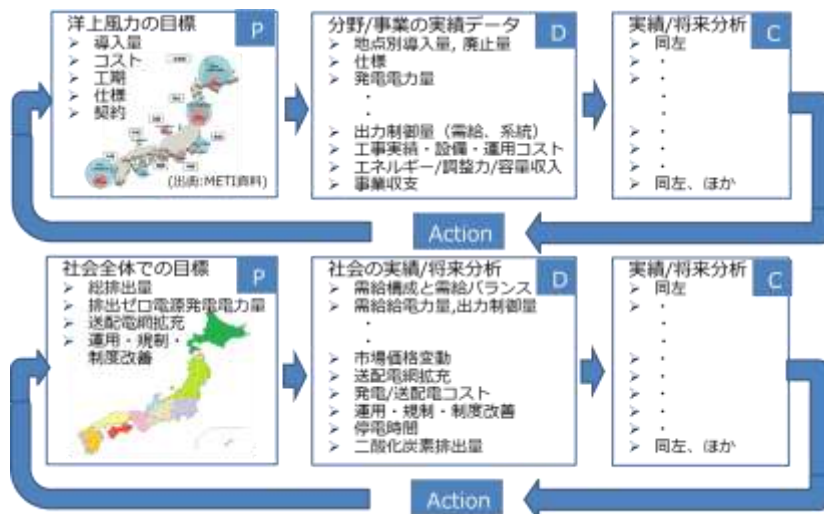


図4 PDCAの実施のイメージの例：洋上風力分野と社会全体での排出削減

また、長期の不確実性の中で一気に 2050 年を目指した取り組みを行うのではなく、足元からのフォアキャストにより到達可能で、2050 年の目標達成の複数のケースからバックキャストできる中間マイルストーンを設定し、時間軸上の優先順位を反映することで取り組みを構造化することができる。(図 5) 中間マイルストーンでは、その時点の再生可能エネルギーの導入容量などの外形的な目標達成に加え、インフラや各種制度、技術などその後の継続的な取り組みの基盤の目標を定め、これらを同時に達成することが重要である。

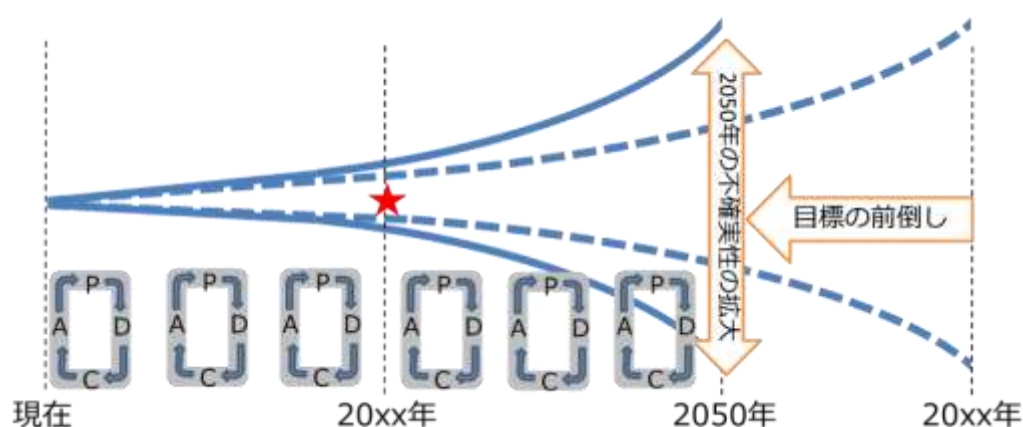


図 5 長期の不確実性のもとでの中間マイルストーンの設定と PDCA

### [アクション]

- 中間マイルストーンの設定と分野横断の統合されたインテグレーションロードマップの策定 (例：図 3)
- 国・各組織・機関における、横断的および個別分野の指標の設定 (例：図 4 左)
- 取り組みの実施と、データの蓄積・分析手法の開発・改善 (例：図 4 中)
- 指標に基づく結果および課題の分析 (例：図 4 右)
- 課題解決の方策の実施 (図 4 の下中央)

## 提言 2 エネルギーシステムインテグレーション：リソースの最大活用

(途中省略)

**提言 3 システム運用・市場運営等の制度の改善およびインフラの拡充・整理による変  
革の牽引**

(途中省略)



## 提言 4 データの収集・蓄積・ツールの活用による分析・評価の高度化

### 【必要性】

電力システム改革によるステークホルダーの増加、分散資源の導入の流れ、さらには電化・新燃料化の導入などにおいて、ネットワークやエネルギーマネジメントの毎日の運用における 3E+S の維持や、再生可能エネルギーを始めとする分散リソースの接続から廃止までの管理に、広範な分野の多様なデータが必用である。また、2030 年、2050 年などの中長期の方向性の探索と提言 1 で述べた PDCA の実施においては、大きな不確実性のもと、多くのステークホルダーが参加する社会の資源配分の計画と分析・評価が必要である。各ステークホルダーが、それぞれの取り組みの必要性、有効性、効率性を評価・提示し議論を行うためには、より網羅的で正確で用途に応じたデータと分析ツールが必要である。

### 【状況】

電力分野では、PV や風力の発電出力、需要、送配電網の運用や再エネ接続の状況などのマクロなデータあるいは大容量設備の設備データ、運用データの収集・公開は徐々に拡大している。しかし、小容量の PV・風力・需要側技術などの設備データや運用データの管理や出力の把握は十分ではない。IoT の進展により、小容量の電源、需要技術の設備データ、運用データの収集、蓄積も技術的・経済的に可能となりつつある。分析ツールは個別に開発、適用されているが、利用可能なデータの増加とともに大きな改善の余地がある。

ESI の第 I 期では、EV 走行データ、住宅エネルギーデータなどの元データから解析に用いるモデルデータを整備し、これを共有して活用する活動を行っている。

### 【解決策】

国や関係諸機関が検討・実施するデータの供給、利活用のための制度整備の進展に基づき、電力・エネルギー分野のデータ収集・蓄積について、必要性和有用性を示し、各ステークホルダーの参加のもと段階的に拡充する。提言 1 で述べた PDCA そして、ネットワークおよび今後導入が期待される地域のエネルギーマネジメント、アグリゲーションさらには個別の需要の毎日の運用、短・長期の投資、長期の社会の資源配分など、実際の活用を想定したデータ蓄積の仕様を確立する。また、データを活用した各種用途のツールのライブラリー化し、分析・評価を普及・促進し、同時にデータの収集・蓄積の継続的改善を実施する。

### 【アクション】

- 用途に即した必要データと仕様の検討と、データ蓄積・共有のロードマップの作成
- 国・自治体・民間が実施するプロジェクトを含めた、収集蓄積・共有の仕組みの整備
- 用途に応じたツールの仕様の決定・開発・共有
- 適時のデータの収集・蓄積・活用に基づく見直しによる PDCA の実践

## 提言 5 人材・組織機能の育成

### [必要性]

分野横断の広い視野あるいは専門性の高い長期の PDCA を含めた取り組みを継続的に行うためには、それを実施できる人材および様々な組織機能の育成が必要である。電力・エネルギーとそれを取り巻く分野の取り組みの基本になる共通の内容に加え、技術・制度など専門性の高い分野の知識、実践力、企画検討の提案力など各段階のスキルを習得するための体系的な仕組みが必要である。また、各地域、各業態の特色に応じた取り組みを実践するためには、データの取り扱いから分析ツールの活用、これらの好循環を維持できる取り組みの計画を含め、新たなスキルを備えた人材・組織機能の育成が必要である。

### [状況]

環境・エネルギー分野でも、人材育成は教育・研究の場、国、地方自治体、企業などの実際の活動など様々なレベルで多様な取り組みが行われ、組織の機能の充実も図られている。しかし、カーボンニュートラルに向けた取り組みの過程では、技術・制度および社会・経済の大きな変容を先取りした活動が求められ、人材および組織機能の不足が顕在化しつつある。

ESI の第 1 期では、研究・教育に携わる大学と、それぞれの企業活動を実施する参加各社の共同の取り組みの中で、データの共有、ツールの利用、それぞれのテーマに関する個別および全体での議論を通して抽出した課題の解決により、相互に刺激し高め合うことを志向している。

### [解決方針]

電力・エネルギーシステムの変革を支える人材の育成は、基礎的な知識・考え方についてはそれぞれの教育研究や組織の実際の活動の中で行う。また、技術・経済・社会の変容のもとでの課題解決に向けて、広い視野での資源配分、専門性の高いデータ、ツール活用など、新たなスキルを備えた人材や組織機能の育成のため、組織・コミュニティでの知見を共有する仕組みを整える。組織機能の育成は、実際の業務の PDCA における計画(Plan)、実施(DO)、チェック(Check)、改善(Action)の実施を通じた底上げを行う。人材と組織機能の育成は、組織内、分野内、分野横断でのデータの共有とツール活用を通して、継続的に実施する。

### [アクション]

- 分野横断、専門分野、ツール活用など、今後必要となる人材・組織機能の内容の特定
- 教育・研究へのデータ、ツールの提供による活動の効率向上
- 国・自治体が実施するプロジェクトにおける実践的育成
- 国・自治体・企業・諸団体に対する人材育成の機会の創出
- 適時の見直しによる PDCA の実践