

【課題名】石炭火力発電等の低炭素化を促進するバイオマス爆砕システムの開発(委託)

【代表者】株式会社IHI 久保田 伸彦

【実施年度】平成30～令和2年度

(1)課題概要

①【課題の概要・目的】

微粉炭火力発電は高効率であり、バイオマス燃料も使用可能であるが、使用できるバイオマスの形状(ペレット化、紛体化)に制約がある。このバイオマス前処理を機械動力に頼ることなく、ボイラ自体の蒸気の一部を利用して爆砕処理することで、エネルギー消費量を低下させ、CO₂排出量を削減することが可能であり、かつ使用できるバイオマスの範囲を飛躍的に拡大することができる。

水蒸気爆砕はバイオマスを高温高圧下で保持後、瞬時に減圧して自己破碎する技術である。現在は小規模、高付加価値の化学製品の製法が主で、大型発電システムへの適用例は前例が無い。IHIでは基礎試験から本技術のボイラへの適用性を見出したため、本事業を提案する。

②【技術開発の内容】

○重要な開発要素

A1.【加熱方法の改善】

基礎試験装置では伝熱性能が悪く、システム効率が約10%低下するため、伝熱性能を改善し、より低温の蒸気も併用可能とし、高品位蒸気使用量を削減し、システムの効率を向上させる。

A2.【爆砕システムのボイラシステムへの接続】

爆砕時、反応器から固気液混合物が噴出する。これらを分離し可燃分のみを火炉に導いて完全利用するため、既存の分離機構を応用して最適な接続方法を選定し、ボイラシステムに組み込む。(実用化レベルに2020年度到達見込み)

A3.【バイオマスの種類多様化】

木質の爆砕条件は基礎試験で多くのデータを取得済である。竹、稲わら、樹皮、笹など木質以外のバイオマスに対しても最適爆砕条件を確認し、適用範囲を拡大する。

B. 開発要素のシステム統合における主要課題

システム全体の効率向上、自動制御、保安対策

C. 実証における主要課題

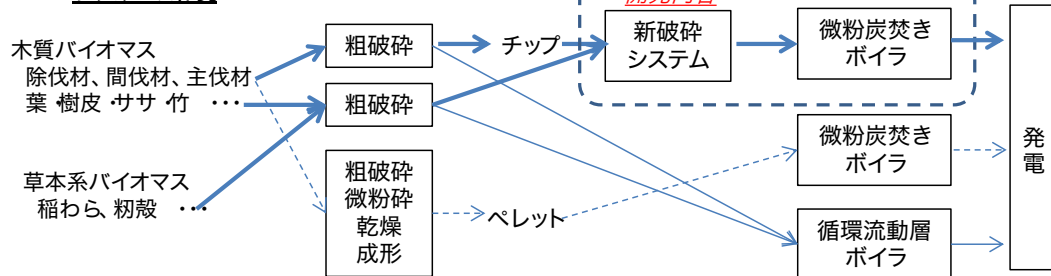
ボイラシステム全体での運用性確認、多様なバイオマスでの実証

表1 最終目標(微粉炭火力発電におけるバイオマス混焼との比較)

バイオマス種類	従来		目標
	木質チップ (微細化)	木質ペレット	木質チップ(粗大)、もみ殻 竹、稲わら、樹皮、笹
バイオマス混焼率	~7cal%	25(~100) cal. %	25~100 cal. %
エネルギー消費量	現状のバイオマス混焼(25 cal. %)と比較して、5 %削減する		

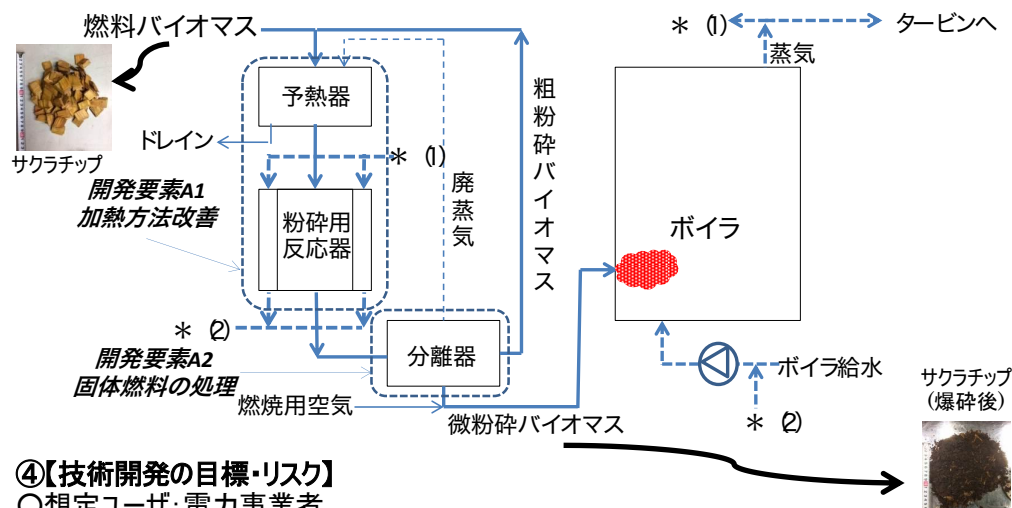
③【システム構成】

システム環境



- 従来技術ではチップの石炭との混焼率は~7cal%であるが、爆砕システムによりペレット混焼並の25cal%以上も達成可能
- 微粉炭焚きボイラでは従来混焼が困難であった、竹・稲わら・樹皮・笹等も使用可能となりバイオマス種類の多様化が図れる。(詳細はP9補足資料1参照のこと)

システム構成



④【技術開発の目標・リスク】

○想定ユーザ: 電力事業者

○利用価値: バイオマス燃料の種類と使用量の拡大、所内動力削減

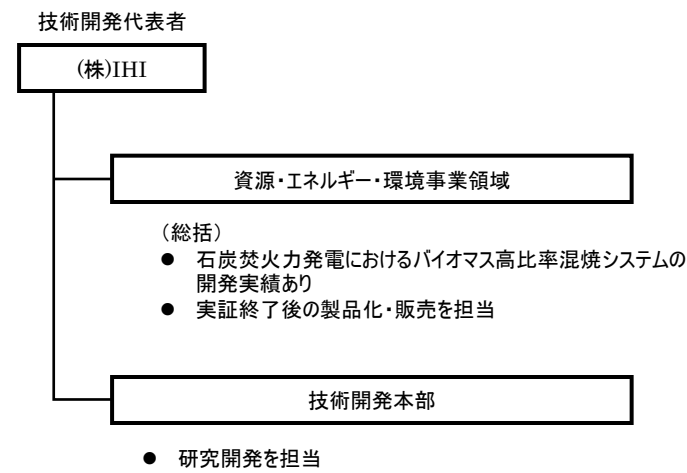
○目標となる仕様及び性能: 表1

○開発工程のリスク・対応策:

高圧設備のため、改造が必要となった場合、半年程度の改造期間を要することが予想される。対策として、高圧部の仕様、設計に関して有識者からレビューを受ける。

(2)実施計画等

①【実施体制】



②【実施スケジュール】

		2018年度	2019年度	2020年度
(1)	加熱方法の改善	要素試験	エネルギー消費量計算	エネルギー消費量計算 (試験結果反映)
①		18,638 20,093	14,847 15,189	3,313 3,399
②	爆砕システムのボイラシステムへの接続	要素試験	方法改善	方法改善
		14,464 15,593	11,426 11,689	6,245 6,399
③	バイオマスの種類多様化	基礎試験	最適化検討	
		10,013 10,795	16,010 16,378	0 0
(2)	システム統合	保安対策	システム設計	自動化検討
		4,495 4,846	9,938 10,167	6,626 6,778
(3)	実証試験	実証先選定 試験計画 実証機設計	製作	試運転 粉碎試験 燃焼試験
		3,689 3,977	59,776 61,152	76,870 78,639
	その他経費	5,912 6,373	5,100 5,217	4,806 4,917
	予算合計 (千円)	57,211 61,677	117,097 119,792	97,860 100,112

③【事業化・普及の見込み】

○事業化計画

事業化を担う主たる事業者	株式会社IHI
--------------	---------

2022年までに、商用機1号機(モジュール*)を受注
2025年までに、1号機のフィードバックによる低コスト化を実施、販売数拡大

*1モジュールは1台あたり10基の反応器から構成され、2 t/hの処理能力を持つと想定

○事業展開における普及の見込み

- 2030年までに3基の150MW級ボイラに直接爆砕システムを導入し、25 cal%混焼を目指す。
- また、地方に地産バイオ燃料の製造に、2030年までに累計分散型58モジュールの導入を目指す(500MW級ボイラ、20cal%混焼への地産バイオ燃料量に相当)。

○年度別導入見込み

【提案時当初計画】

年度	2022	2023	2030
目標単年度販売台数(台)	1	1	5
目標累積販売台数(台)	1	2	24
目標販売価格 (百万円/台)	200	200	100

【現時点見込み】

年度	2022	2023	2030	2050
目標単年度販売台数(台)	1	1	10	10
目標累積販売台数(台)	1	2	58	258
目標販売価格 (百万円/台)	200	200	100	100

○普及におけるリスク(課題・障害)

- 国内バイオマスの供給能力
3基の150MWボイラ、25 cal.%混焼でのバイオマス需要 108万t/年
500MW級ボイラ、20cal%混焼でのバイオマス需要 90万t/年
合計必要なバイオマス需要 198万t/年
- 適用可能なバイオマス種類の制約(現時点ではほぼ無し)

(3)技術開発成果

①【これまでの主な成果】

- 1 kg/バッチの要素試験装置を製作
- 50kg/バッチ×2基の実証試験装置を製作
(蒸気加熱式・ヒータ加熱式, 爆砕圧力2.3MPa, 温度220°C)
- スグチップ, もみ殻において爆砕後固体収率80 cal.%以上を達成

②【エネルギー起源CO2削減効果】

【提案時当初計画】 ※実施期間中における分科会等で計画変更が認められた場合等はその設定値

開発品(装置/システム)1台当たりの単年度CO2削減量(t-CO2/台・年)	1.13万
開発品(装置/システム)の法定耐用年数	15年

年度	2025	2030
CO2削減量(万t-CO2)	34.9	123.9
累積CO2削減量(万t-CO2)	48.5	436
CO2削減コスト(円/t-CO2)	668	74.3

【現時点見込み】

開発品(装置/システム)1台当たりの単年度CO2削減量(t-CO2/台・年)	1.13万
開発品(装置/システム)の法定耐用年数	15年

年度	2020	2022	2030	2050
単年度CO2削減量(万t-CO2/年)	-	1.1	123.9	413
累積CO2削減量(万t-CO2)	-	1.1	435.9	7870
CO2削減コスト(円/t-CO2)	-	14719	74.3	4.1

③【主な成果発表状況】

- Self-steam explosion pretreatment technology for milling application of wet biomass, *the 8th IEA CCC Workshop on Co firing Biomass with Coal*, Priyanto et al. (2018)
- Rethinking the Inherent Moisture Content of Biomass: Its Ability for Milling and Upgrading, *ACS Sustainable Chem. Eng.*, Priyanto et al. (2018)
- Introduction of Self-Steam Explosion Pretreatment Technology for Wet Biomass, *Annual AIChE Meeting*, Priyanto et al. (2019)
- 自己蒸煮爆砕技術の多様なバイオマスへの適用, 日本化学工学会 第85年会, Kishida et al. (2020)
- プラントショーOSAKAへの出展(2020.7.29~31)

④【技術開発終了後の事業展開】

○量産化・販売計画

- 2022年までに, 実証機1号機(モジュール*)を受注
- 2025年までに, 1号機のフィードバックによる低コスト化を実施, 販売数拡大

○事業拡大シナリオ

年度	2022	2025	2030	2050 (最終目標)
地産バイオマス 燃料化	←	→	→	→
爆砕設備設置 拡大	←	→	→	→
ボイラ接続型 爆砕装置	←	→	→	→
低コスト化検討	←	→	→	→

○シナリオ実現上の課題

- 国内バイオマスの供給能力
3基の150MWボイラ, 25 cal.%混焼でのバイオマス需要 108万t/年
500MW級ボイラ, 20cal%混焼でのバイオマス需要 90万t/年
合計必要なバイオマス需要 198万t/年
- 適用可能なバイオマス種類への制約

○参考資料1 CO2削減効果について

○2023年時点の削減効果(試算方法パターン C, II-i)

- ・2023年度までに期待される最大普及量:1台
- ・開発機器(システム、モデル)1台当たりの消費エネルギー削減量(CO2換算):1.1万t/年
- ・累積CO2削減量:2.2万t-CO2
- ・CO2削減コスト:14,719円/t-CO2 (= 323,818千円/2.2万t-CO2)

○2030年時点の削減効果(試算方法パターン C, II-i)

- ・2030年度までに期待される最大普及量:3台
- ・開発機器(システム、モデル)1台当たりの消費エネルギー削減量(CO2換算):3.4万t/年
→150MW石炭火力発電所に導入し25cal%混焼を達成することで22.6万t/年のCO2排出量削減
- ・削減原単位: 従来のエネルギー消費量:35MW, 排出係数:0.587t-CO2/MWh, 年間CO2削減量=123.9万t-CO2/年/台
- ・累積CO2削減量:436万t-CO2
- ・CO2削減コスト:74.3円/t-CO2 (= 323,818千円/436万t-CO2)

○2050年時点の削減効果(試算方法パターン C, II-i)

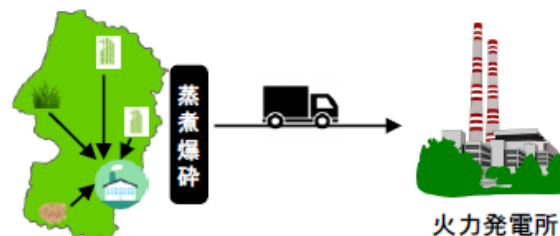
- ・2050年度までに期待される最大普及量:10台
- ・開発機器(システム、モデル)1台当たりの消費エネルギー削減量(CO2換算):3.4万t/年
→150MW石炭火力発電所に導入し25cal%混焼を達成することで22.6万t/年のCO2排出量削減
- ・削減原単位: 従来のエネルギー消費量:35MW, 排出係数:0.587t-CO2/MWh, 年間CO2削減量=413万t-CO2/年/台
- ・累積CO2削減量:7870万t-CO2
- ・CO2削減コスト:4.1円/t-CO2 (= 323,818千円/7870万t-CO2)

○参考資料2 事業化計画について

Step 1 ~2022年

未利用地産バイオマス爆砕処理により可搬性、エネルギー密度を高め、地域内の中小火力発電所で地産バイオ燃料として利用。

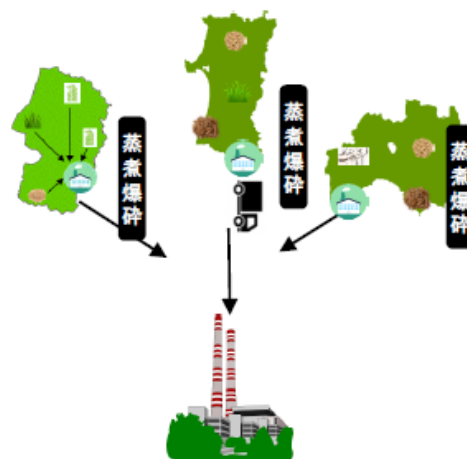
バイオマス季節変動と収集可能エリアに適合した規模の処理設備を設置
熱源は小型バイオマスボイラ、一般小型ボイラ、余剰蒸気を利用。



バイオ燃料供給量：年間1千～数千トン

Step 2 ~2025年

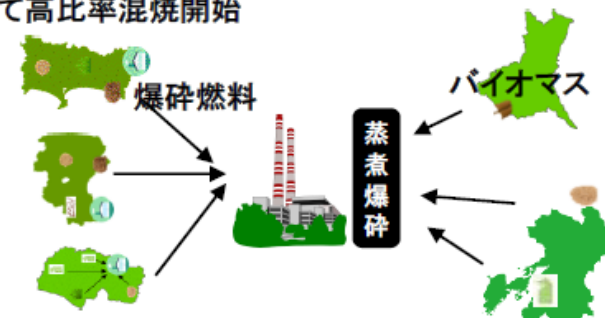
複数地域に左記の設備を設置し、地産バイオマス燃料の供給拠点を拡大、地域内の火力発電所で利用。



バイオ燃料供給量：年間 1万～数万トン

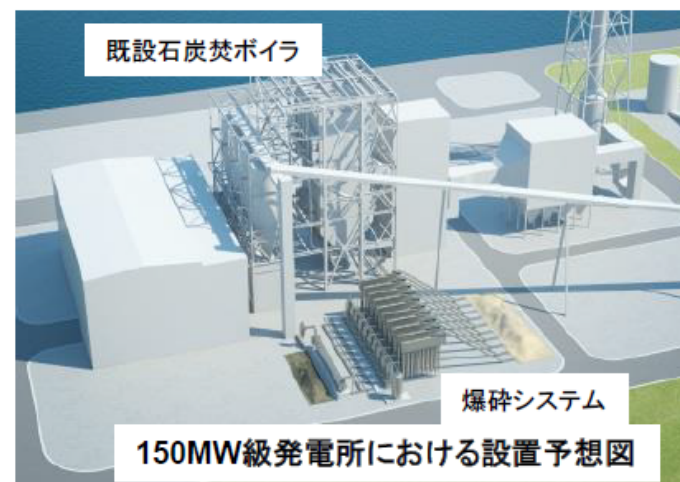
Step 3 ~2030年

Step2までの供給に加えて、石炭ボイラのミル設備に爆砕設備を増設し、所内爆砕も合わせて高比率混焼開始



バイオ燃料供給量：年間 50～100万トン

爆砕システムにより、木質、非木質系バイオマスの特性に対応したシステム構築することで効率的な未利用の地産のバイオマス利用を段階的に拡大することを計画している。



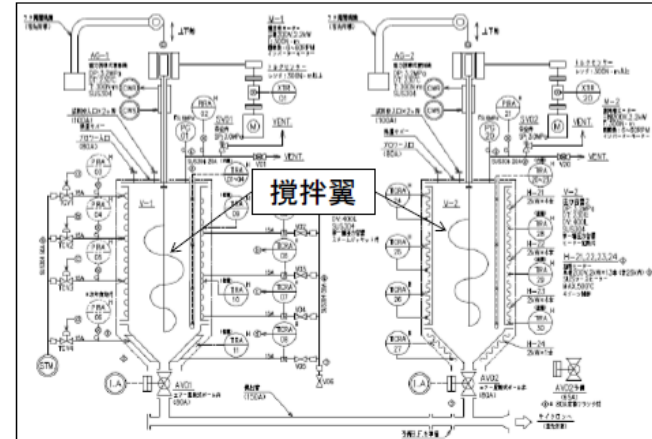
○参考資料3

実証試験装置(50kg/batch)@相生D&Dパーク

目標:実証試験装置稼働と性能確認

水蒸気加熱装置

ヒーター加熱装置

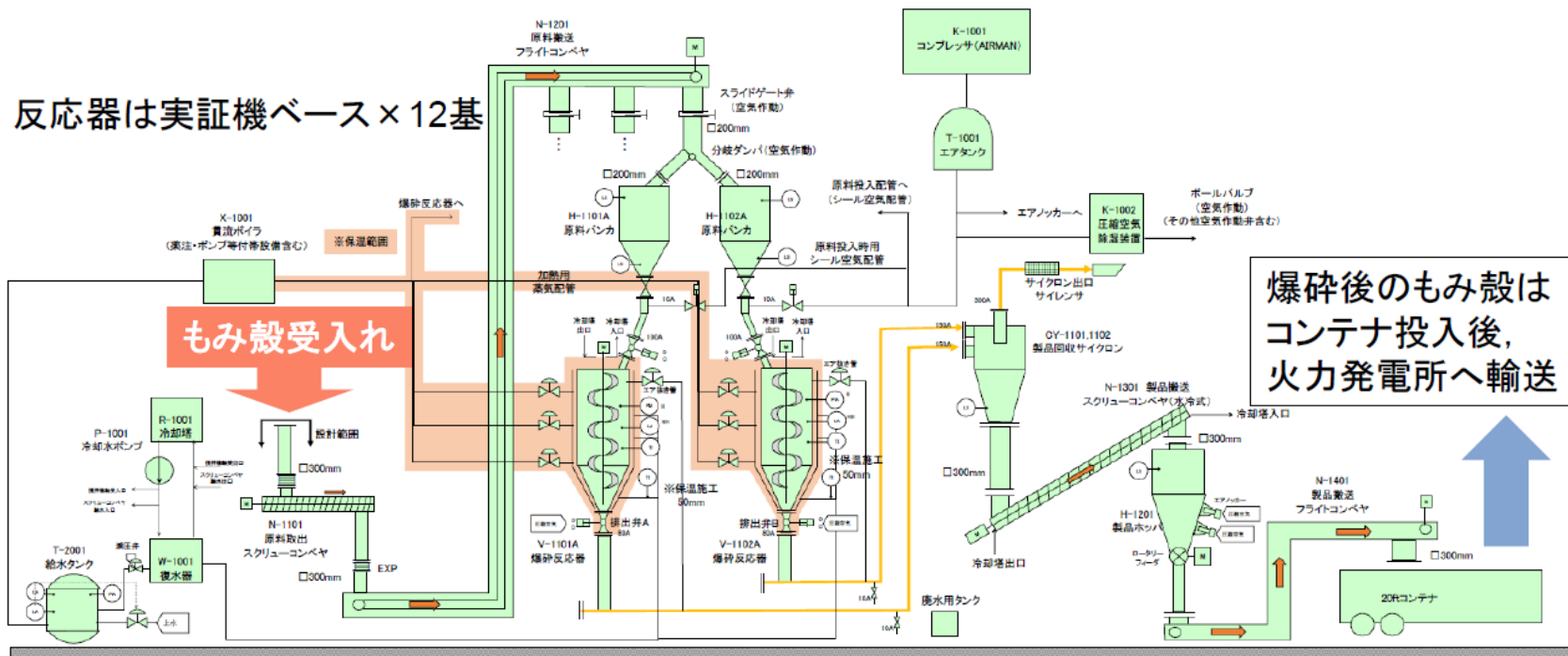


サイクロン内回収固体(もみ殻爆砕物, 2.3MPa, MC50%)



○参考資料3

もみ殻爆砕設備プロセスフロー



CO2排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

- ・ 評価点 6. 5点（10点満点中。（10点：特に優れている、8点：優れている、6点：問題ない、4点：多少問題がある、2点：大きな問題がある））

・ 評価コメント

〔評価された点〕

- 爆砕反応を用いたバイオマス燃料調製システムを微粉炭焚きボイラシステムに組み合わせて、その消費エネルギーを5%削減するという全体目標を達成したこと、また、その要素として爆砕プロセスの消費エネルギーを38%削減できる可能性を示したことは評価できる。
- 多様な地域バイオマスの質を本技術で調整することで、混焼率を計画どおり達成し、省エネルギーなシステムとしての可能性を示したことは評価できる。

〔今後の課題〕

- 開発システムの普及拡大には爆砕反応器のコストダウンが不可欠であり、対応策の検討が必要である。同時に、当初計画していた籾殻以外に、利用可能なバイオマスの種類を拡大する必要があるが、この点では目標を達成したとは言いがたい。地域条件により利用可能バイオマスの種類が異なること、その対応が可能かどうかについて、本実証事業で目安は得られたのか明確にすることが必要である。
- 想定している未利用バイオマスはいずれも既存の収集システムが無い場合、安定的に確保する仕組みの構築と、それに要する追加的な費用が発生する。爆砕により収集・輸送効率を高められる等の可能性も期待できることから、事業化に向けてシステム全体でのコスト低減について検討を進めるべきである。
- 本技術開発・実証事業以降の普及について、「需要が大きい、バイオマス種類に制約はない」とのみの記載である。「顧客候補へのコンタクトを実施し高評価を得た」ことが、どれだけ商用化につながるのか具体的戦略が必要である。

〔その他特記事項〕

- 本技術開発・実証事業における特許取得の記載がないが、事業化のために知財化に努める必要がある。

〔事業化に向けたコメント〕

- 広く石炭火力への展開戦略は必要だが、わが国の石炭火力の未来は不透明さを増している。こうした状況を踏まえると、石炭混焼の目標が2050年に25%とするのは、今や目標として不十分である。脱炭素に向けた政府のエネルギー政策等に照らして、本技術の活用法として混焼率の上限の検討、さらに石炭混焼ではなく地域単位のバイオマス等の循環資源も利用した小規模バイオマス専焼火力発電所の計画の検討など、中長期的な見通しも必要である。その際には農業系バイオマスの計画的な収集と前処理済み燃料の地域単位での貯蔵計画等もあわせて検討すべきである。
- 近年、アンモニア混焼やブラックペレット等の石炭火力からのCO2排出を低減する選択肢が増加しているため、発電事業者側のニーズを的確に把握することと自治体や地域コミュニティと連携して地域資源を活用する観点で事業化を計画すべきである。