

- カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発
- ／次世代火力発電基盤技術開発
- ／石炭火力の負荷変動対応技術開発
- ／石炭火力発電システムの運用性向上技術開発

電気事業者様報告会ご説明資料

2023年12月13日

 電力中央研究所

 三菱重工

本事業の意義

- 再エネ主力電源化に向け、系統セキュリティに必要な石炭火力(将来は脱炭素燃料利用)の運用性を高めて維持することは安定供給面にとって重要



- 石炭火力の負荷変化率向上や最低負荷引き下げによる燃料費低減効果(コスト価値)やCO₂排出量の削減効果(環境価値)を定量的に示す (電中研分)

- 負荷変化率向上や最低負荷引き下げの技術開発状況と技術的実現性を提示(三菱重工分)

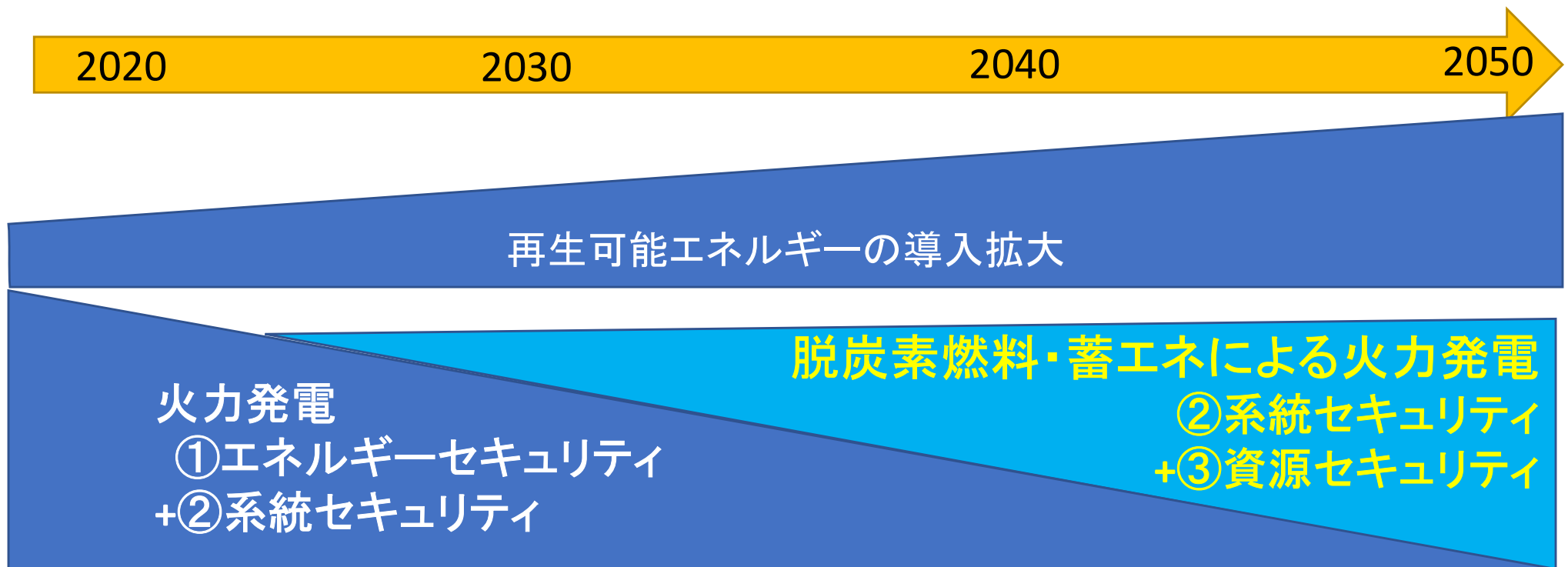
⇒ 技術開発・実証、および政策・制度の両輪を結び付けることで安定供給に必要な技術・ファイナンスを維持

再生可能エネルギー導入拡大時の 系統セキュリティ（＝安定供給）への大容量発電機の貢献

- ◆ 再エネ導入拡大時の系統セキュリティには大容量同期発電機(回転体)が必要
- ◆ 火力機はすべての系統セキュリティに貢献⇒適正配置された発電所にて確保

大容量発電機が持つ能力	貢献する 系統セキュリティ	火力機	原子力機	蓄電池
周波数に応じて出力調整が可能	周波数	○	△	○
同じ速度で回ろうとする力 (同期化力)がある	周波数 系統安定度	○	○	×
慣性を持っている (慣性定数が等価的に10秒程度)	周波数 系統安定度	○	○	×
系統事故時の瞬時電圧低下時 (瞬低時)に停止しない	電圧 系統安定度	○	○	△
基幹系統の電圧調整(無効電力の 供給)が可能	電圧 系統安定度	○	○	△

トランジション期の火力機の3つのセキュリティ価値



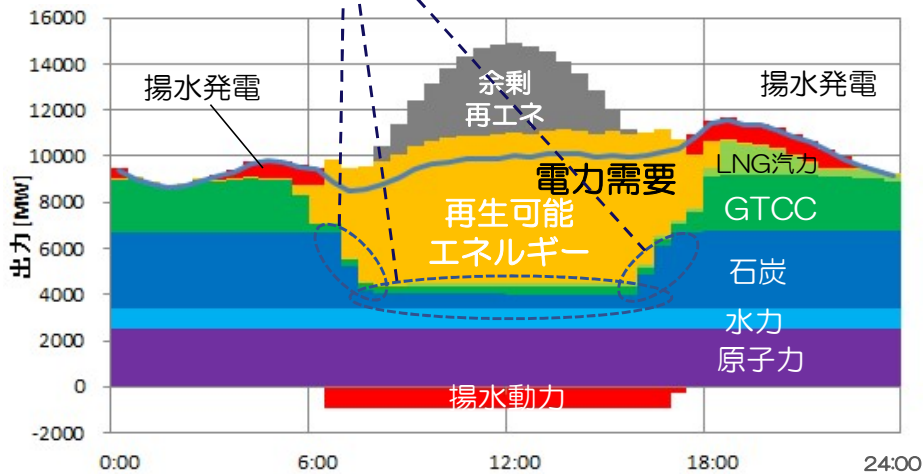
- ① エネルギーセキュリティ※1 ⇒ 脱炭素燃料による火力機が必要
- ② システムセキュリティ ⇒ 信頼性の高い火力機は蓄電池が増えても必要
- ③ 資源セキュリティ※2 ⇒ 価格抑止力として火力機の調整力維持が有効

システムセキュリティの地域偏在への対応
 分散配置された既設石炭火力発電所の活用が現実的
 (脱炭素燃料による火力発電にも共通)

石炭火力の運用性向上技術 — 評価のポイント —

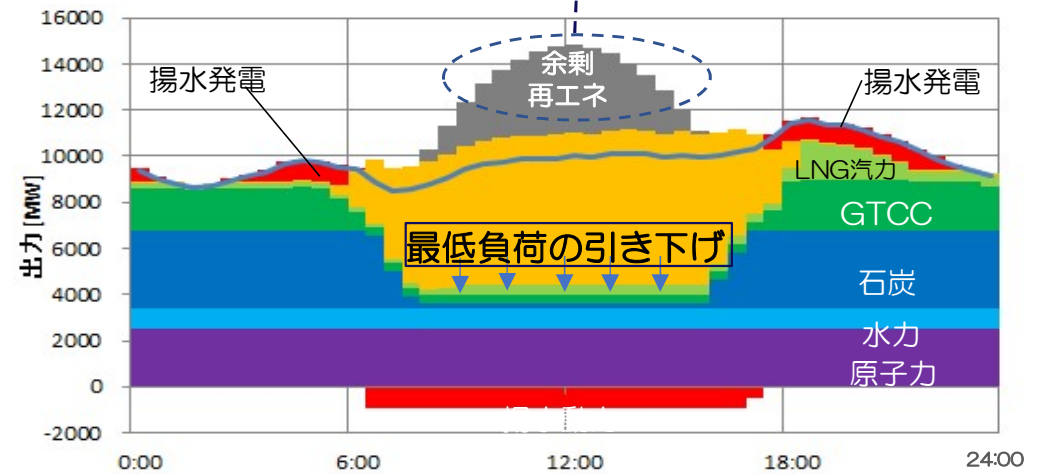
負荷変化率の向上

- 調整力の向上
- 調整力の燃料費削減



最低負荷の引き下げ

- 余剰再エネの削減
- 電力の低炭素化

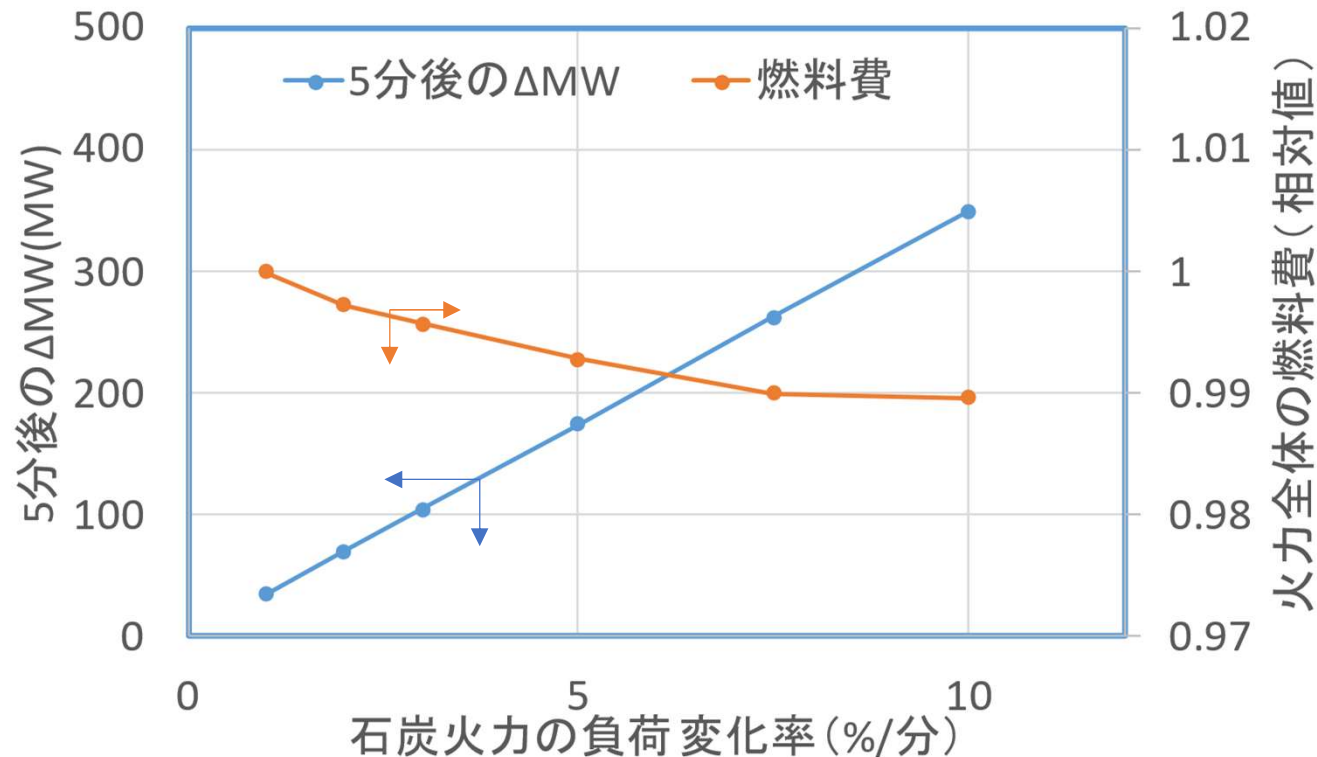


我が国の標準的な
電源構成
を対象とした

電源種別	設備容量 (MW)	電源比率	
原子力	4,500	20%	
火力	石油	4,225	19%
	LNG	2,700	12%
	GTCC	3,160	14%
	石炭	3,600	16%
水力	流込	3,415	15%
	揚水	900	4%
合計	22,500	100%	

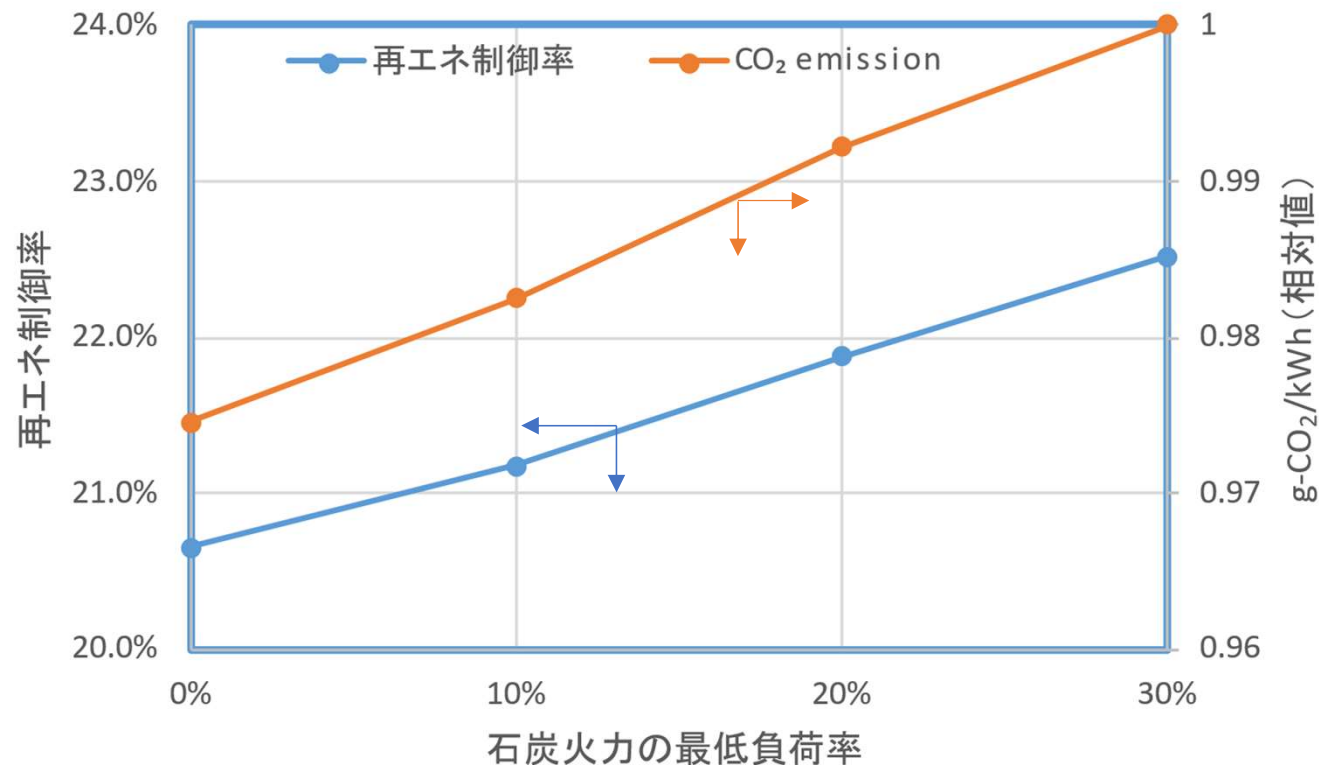
負荷変化率向上の効果(コスト価値)

- 負荷変化が早くなり、調整運用の石炭火力の分担割合が増える
- 石炭火力の活用機会が増え、系統全体での火力燃料費は削減される



最低負荷引き下げの効果(環境価値)

- 最低負荷引き下げにより再エネ抑制率が低下(より多くの再エネを導入)
- 再エネ導入量が増えた分、電力系統全体のCO₂排出量は削減



※石炭火力は最低負荷(0%の時)でも出力を30MWとし、0MWまでの下げ代を確保した軽負荷期の24時間分についての結果⁷

対応する技術開発状況

三菱重工業株式会社よりご説明

- ① 負荷変化率向上技術開発
- ② 負荷変化幅増加技術開発
(最低負荷引き下げ)

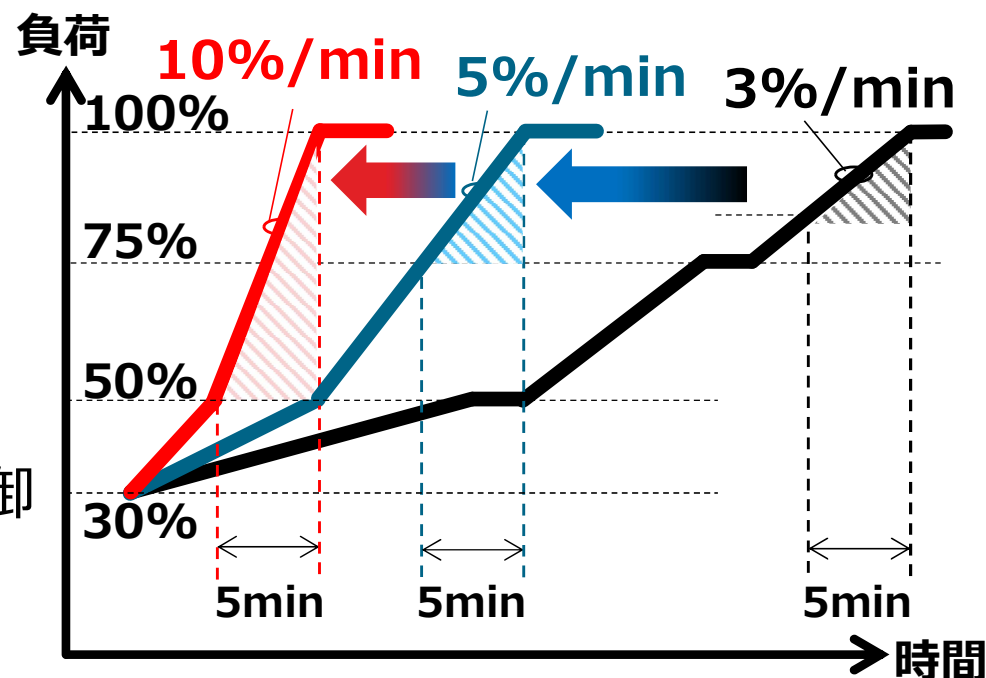
▶ 負荷変化を増加し、需給調整市場での対応力を強化

幅広い負荷帯でミル切替なく 5%/min~10%/minの高速負荷変化を実現すれば、エネルギー市場収入が減少しても、需給調整市場収入の確保が期待できる

具体的な改造メニュー

- ミルモータ容量アップ及びインバーター制御追加 } ミル切替なしで30%~100%負荷運用可能

- 制御パラメータ改善
 - 最新バーナ適用
低負荷帯の着火性安定
 - 復水・抽気絞り運転
 - TB弁とガバナ弁連動制御
 - (蓄熱無送電システム)
- 5%/min
Δ25%
- 10%/min
Δ50%



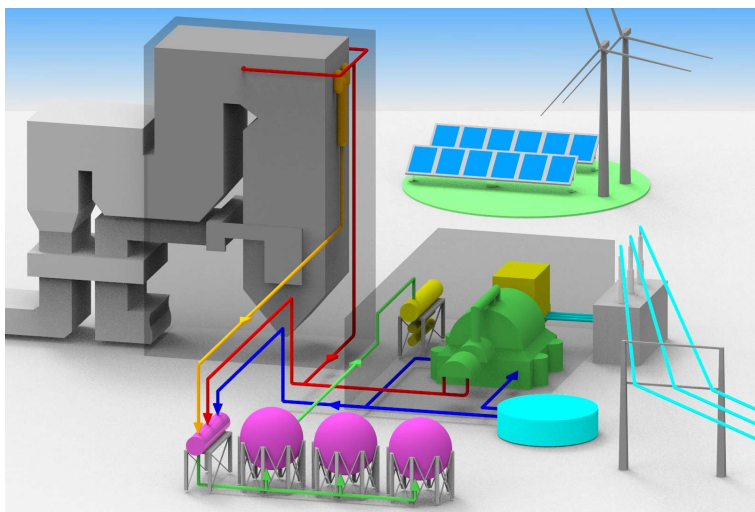
②最低負荷引き下げ技術 ～水蓄熱システム～

▶ 定格1000MWのボイラ最低負荷15%運用時、TB蒸気・WDCドレンで復水を加熱し高温水として貯留、必要に応じて脱気器に戻すシステム

〔 5%負荷(50MW) : 所内動力に利用
10%負荷相当熱 : 蒸気・飽和水の熱を蓄熱 〕

⇒蓄熱無送電システム

3Dイメージ図



高温水タンク容量 : 3×3500m³ (0.3MPa) *3

低温水タンク容量 : 1×10500m³ (大気圧)

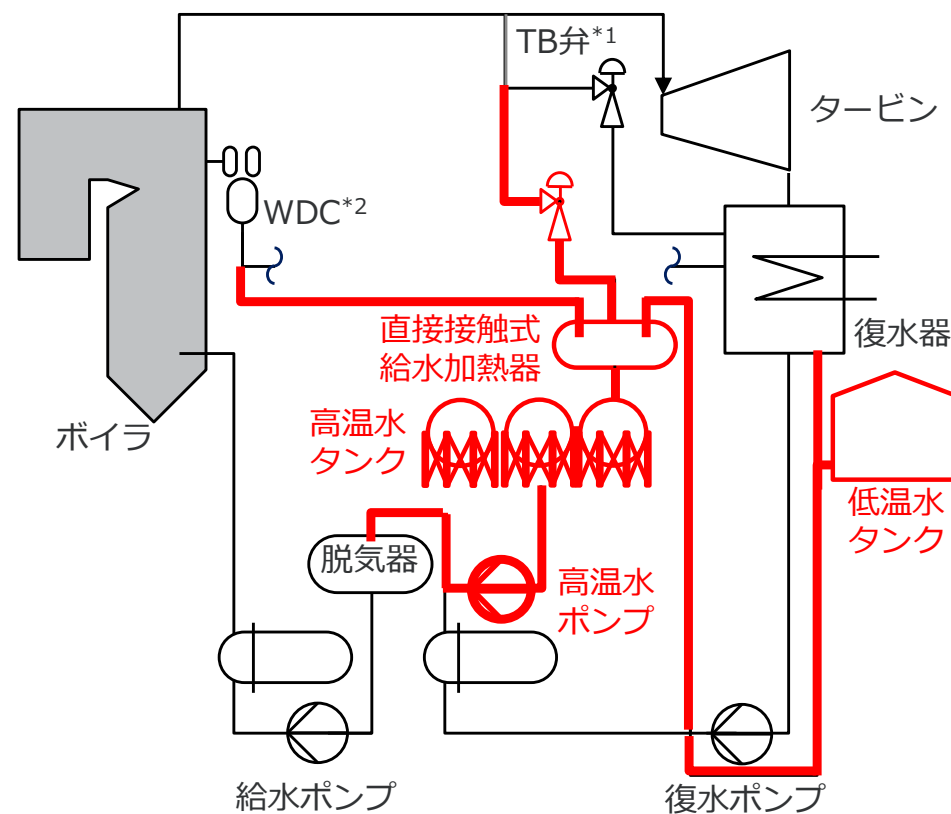
蓄熱時間 : 約6.0時間

放熱時間 : 約5時間 (100%ECR) *4 *5

追加設備 : 直接接触式給水加熱器、高温水ポンプ

- ※1 タービン バイパス(Turbine Bypass)
- ※2 ウォ-タ セパレ-タ ドレン コントロ-ル(Water separator Drain Control)
- ※3 圧力は仮定値であり、ボイラ運用に合わせて調整要
- ※4 24時間サイクル運用を考慮した場合、放熱時間上限は18時間 (25%ECR)
- ※5 タービン通過蒸気量の制限から負荷制限が掛かるケースあり

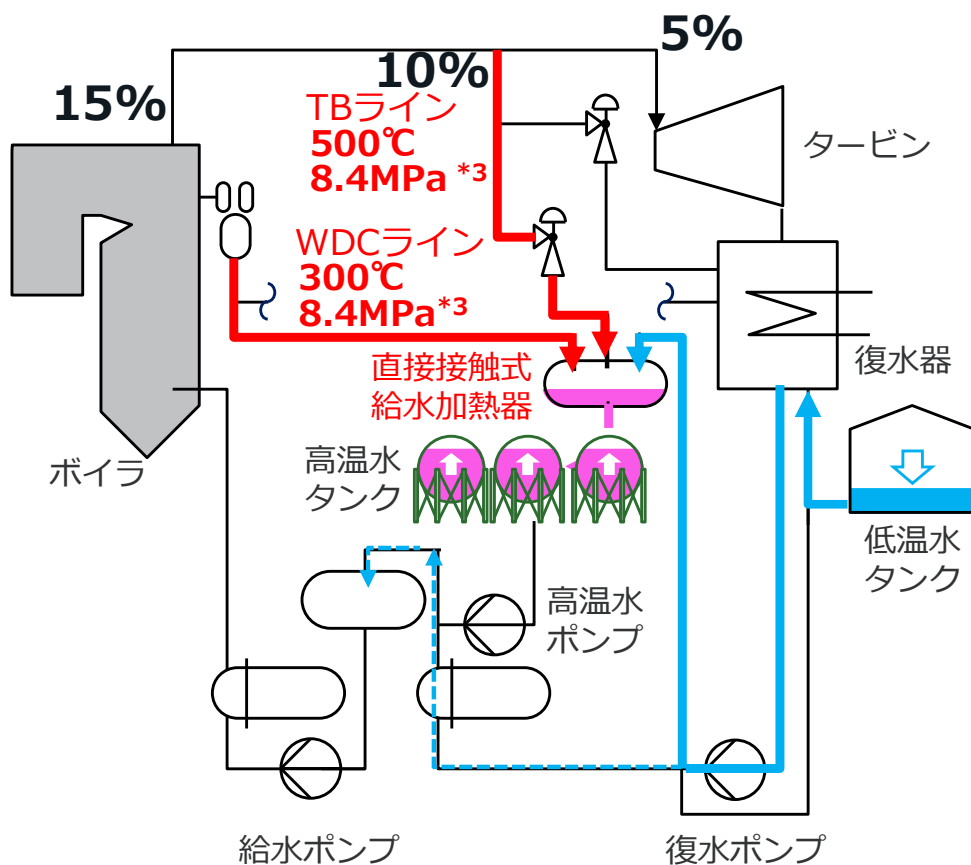
概略系統図



— 追設箇所

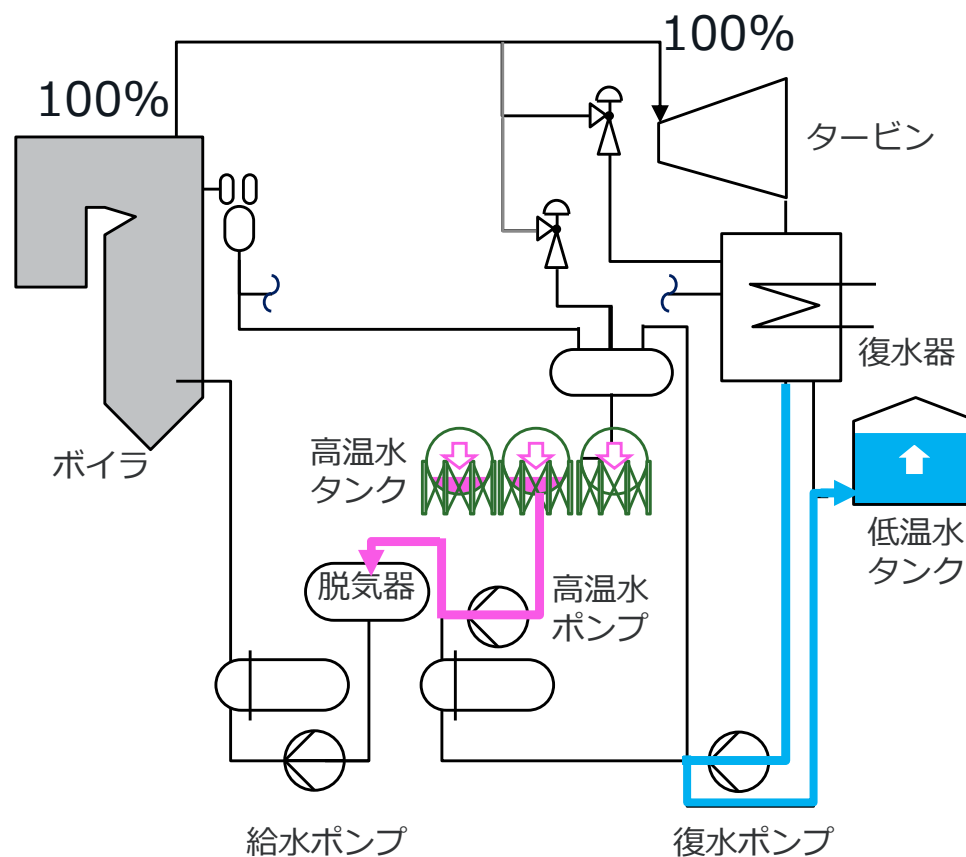
*その他 ボイラ・補助蒸気系統等改造箇所あり

蓄熱



- ・ 低温水を復水器補給水として利用
- ・ TB蒸気・WDCドレンで復水を加熱し高温水として貯留

放熱



- ・ 高温水を脱気器給水として利用
- ・ 低圧ヒータカット運転により燃料消費量低減

注) タービン通過蒸気量の制限から負荷制限が掛かるケースあり

導入前後の運用イメージ比較

現状 (想定：石炭火力1000MWx3プラント)	蓄熱システム導入後
1プラント：最低負荷運用（10%(100MW) 送電） ⇒再エネ受け入れ量を圧迫	並列無送電運用（0%(0MW) 送電） ⇒ 再エネ受け入れ量増大（最大+100MW）
他プラント：停止（DSS運用） ⇒ 起動毎に軽油消費、熱損失発生	連続運転、並列無送電運用（0%(0MW) 送電） ⇒ 軽油消費不要、熱損失削減 ⇒ 並列発電機数増加により系統安定性（慣性力）が向上
<p>電力 [MWh]</p> <p>PV出力制御340MWh</p> <p>揚水動力</p> <p>揚水発電</p> <p>電力需要</p> <p>GTCC</p> <p>A発電所</p> <p>B発電所</p> <p>C発電所</p> <p>その他火力</p> <p>その他 原子力等</p> <p>0時 12時 24時</p> <p>石炭火力は A発電所1基が最低負荷(15%)で稼働</p> <p>最低負荷運転・外部送電あり</p> <p>A発電所 5%所内動力 10%送電</p> <p>B発電所 起動 (要軽油) 停止</p> <p>C発電所 起動 (要軽油) 停止</p> <p>運転停止</p>	<p>電力 [MWh]</p> <p>PV出力制御：275MW</p> <p>揚水動力</p> <p>揚水発電</p> <p>電力需要</p> <p>GTCC</p> <p>A発電所</p> <p>B発電所</p> <p>C発電所</p> <p>その他火力</p> <p>その他 原子力等</p> <p>0時 12時 24時</p> <p>3基の石炭火力が所内動力分のみの発電量で稼働</p> <p>最低負荷運転・外部送電なし（蓄熱あり）</p> <p>A発電所 5%所内動力 10%蓄熱、0%送電 放熱</p> <p>B発電所 5%所内動力 10%蓄熱、0%送電 放熱</p> <p>C発電所 5%所内動力 10%蓄熱、0%送電 放熱</p>

- **再生エネルギー導入拡大への寄与**

⇒ プラント最低負荷低減により、系統慣性力を維持しつつ再生エネルギー受け入れ余地拡大が可能

慣性力市場への参入

- **低負荷連続運転によるプラント起動費用削減**

⇒ 安価な石炭で低負荷連続運転することにより、DSS運用で不可避の起動用軽油費用を大幅に削減可能

- **DSS運用による機器損耗・起動トラブル回避**

⇒ ユニットを連続運転することにより、DSS運用に伴う各種リスクを回避

- **急な負荷上昇要請等への対応（DSS運用では対応不可）**

⇒ タービン発電機は系統並列を維持しつつ極低負荷で連続運転しており、夕刻あるいは天候急変時（再エネ出力不調時）の急な電力需要（負荷上昇要請）にも対応可能

二次調整力市場への参入

- **プラント起動時等の熱回収**

⇒ 従来ロス（捨てていた）熱を回収・利用することが可能

自家発等へも応用が期待

まとめ

【電中研実施分】

石炭火力の負荷変化速度の向上や最低負荷の引き下げによる、燃料費低減効果やCO₂排出量の削減効果を、需給調整エリアを想定して定量評価し、運用性向上のコスト価値や環境価値を明らかにした

【三菱重工実施分】

石炭火力の負荷変化率向上、最低負荷引き下げ(水蓄熱による送電端出力ゼロMW運用を含む)に向けた技術を開発するとともに技術実証への見通しを得た

技術の社会実装に向けて

技術の開発・実証と、政策・制度の両輪により、安定供給に必要な技術とファイナンスの維持が重要です

火力機の価値は脱炭素燃料への切り替え後も有効です

⇒安定供給に不可欠な火力機の価値を維持するため、関係各所のご協力をお願いします