

石炭火力発電所省エネ・排出削減の主な参考技術

番号	技術名称	技術原理及び特徴	省エネ排出削減効果	成熟度及び適用範囲
一、	新設ユニットの設計最適化と先進的発電技術			
1	蒸気パラメータを高める	通常の超臨界ユニット蒸気タービンの典型的パラメータは 24.2MPa/566°C/566°Cで、通常の超々臨界ユニットの典型的パラメータは 25~26.25MPa/600°C/600°Cである。蒸気タービンの吸気パラメータを高めると直接にユニットの効率を向上でき、経済性、安全性と工事の実際応用状況を総合すると、主蒸気圧を 27~28MPa に高めると、主蒸気温度は主蒸気圧の上昇と材料の制約を受け一般に 600°Cに維持され、高温再熱蒸気温度は 610°Cあるいは 620°Cに上昇し、ユニットの効率を更に向上できる。	主蒸気圧が 27MPa より大きい場合、吸気圧が 1MPa 上昇するごとに、タービン熱消費率は 0.1%ほど減少する。高温再熱蒸気温度が 10°C 上昇するごとに、熱消費率を 0.15%減少できる。通常の超々臨界ユニットに比べ電力供給石炭消費の 1.5~2.5g/kWh 減少が見込まれる。	技術は比較的成熟。 66、100 万 kW 超々臨界ユニットの設計最適化に適用。
2	二次再熱	通常の一次再熱を基礎に、蒸気タービン排気がボイラーへ二次進入し、再熱を行う。蒸気タービンに UHP シリンダーを増加し、UHP シリンダーの排気を冷一時再熱とし、それがボイラーの一次再熱器の加熱を経た後に高圧シリンダーに入り、高圧シリンダーの排気を冷二次再熱とし、それがボイラーの二次再熱器の加熱を経た後に中圧シリ	一次再熱ユニットの熱効率は 2%~3%上がり、電力供給石炭消費を 8~10g/kWh 減少できる。	技術は比較的成熟。 米国、ドイツ、日本、デンマークなどの国々の一部の 30 万 kW 以上のユニットがすでに利用。 国内では 100 万 kW の二

		ンダーに入る。		次再熱技術モデルプロジェクトがある。
3	配管システムの最適化	適切な管径増大、エルボー減少、できるだけ曲管と傾斜ティーなどの低抵抗連結部品を採用するなどの措置を通じて、主蒸気、再熱、給水などの配管の抵抗を減少する。	ユニットの熱効率を 0.1%～0.2%上昇することで、電力供給石炭消費を 0.3～0.6g/kWh 減少できる。	技術は成熟。 各級容量ユニットに適する。
4	外部蒸気冷却器	超々臨界ユニットの高加抽出蒸気の温度が高いために、しばしば比較的大きな過熱度を持ち、独立した外部蒸気冷却器の設置を通じて、抽出蒸気の過熱全熱量を十分に利用し、熱回収システムの熱効率を高める。	電力供給石炭消費の約 0.5g/kWh 減少が見込まれる。	技術は比較的成熟。 66、100 万 kW 超々臨界ユニットに適用する。
5	低温エコノマイザ	集じん機の入口あるいは脱硫タワーの入口に 1 段あるいは 2 段の直列連結低温エコノマイザを設置し、温度範囲の適切な一部の凝結水を採用して排煙の余熱を回収し、排煙の温度を下げるにより体積流量を減少し、ユニットの熱効率を向上し、吸気ファンの電力消費を減少する。	電力供給石炭消費を 1.4～1.8g/kWh 減少できると見込まれる。	技術は成熟。 30～100 万 kW の各タイプのユニットに適用。
6	700℃超々臨界	新たなニッケルベースの耐高温材料開発の成功後、蒸気パラメータを 700℃まで上げることができ、ユニットの熱効率を大幅に引き上げた。	電力供給石炭消費は 246g/kWh に達すると見込まれる。	技術開発段階。
二	現役ユニット省エネ改良技術			
7	蒸気タービン流路部分の改良	13.5、20 万 kW 蒸気タービンと 2000 年以前に運転を開始した 30 万及び 60 万 kW 亜臨界蒸気タービンは、流路効	電力供給石炭消費を 10～20g/kWh 減少できると見込	技術は成熟。 13.5～60 万 kW の各々

		率が低く、熱消費が高い。完全な三次元技術を採用して蒸気タービン流路部分を最適化設計し、新型の高効率ブレードと新型の蒸気シール技術を採用して蒸気タービンを改良し、省エネと効率アップの効果は著しい。	まれる。	イプのユニットに適用。
8	蒸気タービンの間隙調整及び蒸気シール改良	一部の蒸気タービンに普遍的に存在する蒸気シリンダーの運行効率が低い、高圧シリンダーの効率が運転時間の増加に従って絶えず低下する問題の主な原因は、蒸気タービンの流路部分が不完全、蒸気シールの間隙が大きい、蒸気タービン内筒接合面の蒸気漏れが深刻、段間の蒸気漏れと蒸気の短絡現象である。蒸気タービン本体の技術改良を通じて、シリンダーの運行効率を上げることで、省エネと効率アップの効果は著しい。	電力供給石炭消費を 2～4g/kWh 減少できると見込まれる。	技術は成熟。 30～60 万 kW の各タイプのユニットに適用。
9	蒸気機関の主スチームフィルター構造形式の最適化研究	主再熱蒸気固体粒子と異物の蒸気タービン流路部分に対する損傷を減少するため、主再熱蒸気バルブにすべてフィルターを取り付ける。一般的なフィルター孔径は 7mm で、すでに面取りされている。しかしフィルターの構造及び孔径の大小は更に研究が必要である。	蒸気圧の低下と熱消費量を減少できるが、暫時、電力供給石炭消費減少の推計値はない。	技術は成熟。 各級容量のユニットに適する。
10	ボイラー排煙余熱の回收利用	空気余熱器の後ろ、脱硫タワーの前の煙道の適切な位置に排煙冷却器を付加設置することで、凝結水、ボイラー送風あるいは都市熱供給網の低温循環水を加熱し、一部の熱量を回収することにより、省エネ効果、節水効果を高める。	低圧エコノマイザ技術を採用し、もし排煙温度が 30℃ 下がれば、ユニットの電力供給石炭消費を 1.8g/kWh 減少、脱硫システムの水量を	技術は成熟。 排煙温度が設計値より 20℃ 以上高めのユニットに適用。

			70%減少できる。	
11	ボイラー本体の受熱面及びファンの改良	ボイラーには普遍的に排煙温度が高く、ファン電力消費が高いという問題が存在するが、改良を通じて、排煙温度とファンの電力消費を減らすことができる。具体的な措置には、一次ファン、誘引通風機、ブースターファンのインペラ改良あるいは周波数変換改良、ボイラー受熱面あるいはエコノマイザの改良が含まれる。	石炭消費を 1.0～2.0g/kWh 減少できると見込まれる。	技術は成熟。 30 万 kW 亜臨界ユニット、60 万 kW 亜臨界ユニットと超臨界ユニットに適用。
12	ボイラー運行の最適化調整	発電所が実際に燃料に使用している炭種と設計炭種の差異が比較的大きい場合、ボイラーの燃焼に対して大きな影響をもたらす。ボイラー燃焼及び粉炭加工システムの最適化試験を実施し、適当な風量、粉炭比率、粉炭の細かさなどを確定することは、発電所の最適な運行に役立つ。	電力供給石炭消費を 0.5～1.5g/kWh 減少できると見込まれる。	技術は成熟。 現役の各級容量ユニットに普遍的に採用可。
13	電気集じん機の改良及び運用の最適化	典型的な炭種に基づき、異なる負荷を選択し、スートブローの状況などを勘案し、ばいじん排出濃度が基準内達成を保証する状況下で、最良の出力制御方式（集じん機の電力消費率が最小）及び対応する制御パラメータを実験で確定する。電気集じん機の節電改良及び運用の最適化調整を通じて、節電効果は著しい。	電力供給石炭消費を約 2～3g/kWh 減少できると見込まれる。	技術は成熟。 現役の 30 万 kW 亜臨界ユニット、60 万 kW 亜臨界ユニットと超臨界ユニットに適用。
14	熱力及び排水システムの改良	熱力及び排水システムの改良は、熱力システムを簡略化し、バルブ数を減少し、バルブの漏れを整備し、良好な省エネ効率向上効果を得ることができる。	電力供給石炭消費の 2～3g/kWh 減少が見込まれる。	技術は成熟。 各級容量のユニットに適用。

15	蒸気タービンバルブ管理の最適化	蒸気タービンの異なる順序の作動規則の下での蒸気分配の不均衡な蒸気流力の計算、及びユニットのベアリング荷重状況の総合的分析を通じて、バルブ開放順序の再構成及び最適化技術を採用し、ユニットの投入順序におけるバルブ運行時の軸受胴の温度上昇、振動異常の問題を解決し、ユニットが順調な投入順序でバルブ運行できるようになることで、ユニットの運行効率を向上する。	電力供給石炭消費の 2～3g/kWh 減少が見込まれる。	技術は成熟。 20 万 kW 以上のユニットに適用。
16	蒸気タービンのコールドエンドシステムの改良及び運行の最適化	蒸気タービンのコールドエンド性能が劣ると、ユニットの真空度の低さとして現れる。技術改良措置を採ることによって、ユニット運行の真空度を高め、良好な省エネと効率改善効果が得られる。	電力供給石炭消費の 0.5～1.0g/kWh 減少が見込まれる。	技術は成熟。 30 万 kW 亜臨界ユニット、60 万 kW 亜臨界ユニットと超臨界ユニットに適用。
17	加圧脱気器の排出蒸気回収	加圧脱気器の酸素排出バルブの排出蒸気が表面式熱交換機を通じて化学脱塩水の温度を上昇させ、温度上昇後の化学脱塩水を復水器に補充することで、サブクールを減少させ、熱効率を一定程度向上できる。	電力供給石炭消費の約 0.5～1g/kWh 減少が見込まれる。	技術は成熟。 10～30 万 kW ユニットに適用。
18	比較的深海の海水を発電所冷却水として採取	直流給水システムの取水・排水口の位置と形式は水源の特徴、冷水の取り込み、温排水の環境に対する影響、砂泥堆積と工事施工などの要素を考慮しなければならない。条件のある場合は、比較的深海の水温が比較的低い水を採用するのが良い。しかし取水の水深と取水・排水口の配置は、航路、埠頭などの要素の影響を比較的大き	直流給水システムを採用する場合、循環水温が 1℃下がるごとに、電力供給石炭消費は約 1g/kWh 減少する。	技術は成熟。 沿海の発電所に適する。

		く受ける。		
19	脱硫システムの運用最適化	具体的な措置には、1) 吸収システム（スラリー循環ポンプ、pH 値の運行最適化、酸化風量、吸収タワーの液レベル、石灰石の粒径など）の運用最適化、2) 排煙システムの運用最適化、3) 共用システム（スラリー加工、脱水など）の運用最適化、4) 脱硫添加剤の採用が含まれる。脱硫効率を向上、システム故障を減少、システムのエネルギー消費と運用コストを削減でき、炭種の硫黄分に対する適応性を向上できる。	電力供給石炭消費の約 0.5g/kWh 減少が見込まれる。	技術は成熟。 30 万 kW 亜臨界ユニット、60 万 kW 亜臨界ユニットと超臨界ユニットに適用。
20	凝縮水ポンプの周波数変換改良	高圧凝縮水ポンプモーターに周波数変換装置を採用し、ユニットのピークシフト運行においてスロットリング損失を減少し、効率向上と省エネ効果を達成できる。	電力供給石炭消費の約 0.5g/kWh 減少が見込まれる。	技術は成熟。 大量の 30～60 万 kW ユニット上で利用普及される。
21	空気予熱器の密封改良	回転式空気予熱器には通常、密封不良、低温腐食、灰堆積による詰まりなどの問題が存在し、漏風率と煙風抵抗の増大をもたらし、ファンの電力消費が増加する。先進的な密封技術を採用し改良を行うことで、空気予熱器の漏風率を 6%以内に抑制できる。	電力供給石炭消費の 0.2～0.5g/kWh 減少が見込まれる。	技術は成熟。 各級容量のユニット。
22	電動集じん機の高周波電源改良	電動集じん機の商用電源を高周波電源に改良する。高周波電源は純直流給電方式の場合、電圧の変動が小さく、コロナ電流が大きいことにより、コロナパワーを増加する。同時に、煤じんが十分な電荷を帯びている前提の下	電動集じん機の電力消費を減少できる。	技術は成熟。 30～100 万 kW ユニットに適用。

		では、電動集じん機の電界給電エネルギー消費を大幅に減少し、効率向上と省エネの目的を達成する。		
23	配管とバルブの保温を強化	配管及びバルブの保温技術は直接に発電所のエネルギー効率に影響し、外表面温度保温設計値の引き下げは蒸気損失減少に役立つが、保温材料の厚さ、配管の配置、ハンガーの構造に対して影響を生じる可能性がある。	暫時、電力供給石炭消費減少の推計値はない。	技術は成熟。 各級容量のユニットに適する。
24	発電所照明の省エネ方法	光源、安定器、照明器具などの方面から総合的に発電所の証明を考慮し、省エネ、安全、耐久性の高い照明器具を選択使用する。	発電所の自家用電力使用量を一定程度減少できるが、石炭消費に対する影響は比較的小さい。	技術は成熟。 各タイプの発電所に適用。
25	凝縮蒸気タービンの熱供給改良	純凝縮蒸気タービンユニット蒸気システムの適切な部分に対し改良を行い、排出抽出蒸気配管とバルブを接続し、一部の蒸気を分流し、純凝縮蒸気タービンユニットに純凝縮発電と熱電併給の両用機能を具備させる。	電力供給石炭消費を大幅に減少し、一般に 10g/kWh 以上に達することが可能である。	技術は成熟。 12.5～60 万 kW の純凝縮蒸気タービンユニットに適用。
26	亜臨界ユニットを超（超）臨界ユニットに改良	亜臨界ユニットを超（超）臨界ユニットに改良し、蒸気タービン、ボイラーと主・補助装置に対して相応の改良を行う。	ユニットの熱力循環効率を大幅に向上する。	技術研究開発の段階。
三	汚染物質排出制御技術			
27	低（低）温静電集じん	静電集じん機の前に熱交換装置を設置し、排煙の温度を酸露点に接近あるいは下回る温度に下げ、フライアッシュ比電気抵抗を下げ、排煙量を減少し、電動集じん機の逆電離発生を有効に防止し、集じん効率を向上する。	集じん効率が最高 99.9% に達する。	低温静電集じん技術は比較的成熟し、国内ではすでに比較的多くの運用実績がある。低低温静

				電技術は日本で運用実績があり、国内では試行運用中だが、防腐問題は国内ではまだ実例検証がない。
28	バッグ集じん	煤じんを含んだ排煙がフィルターバッグを通過し、煤じんがフィルターバッグの表面に付着し、煤じんのフィルターバッグ表面への付着が一定程度に達した時、灰清掃システムがフィルターバッグ表面に付着した堆積灰を振り落とし、堆積灰が貯灰ホッパーに落ちることで、排煙濾過の目的を達する。	煤じん排出濃度を長期に $20\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以下に安定させることができ、基本的に灰分含有量の高低と成分の影響を受けない。	技術は比較的成熟。 各級容量のユニットに適する。
29	電気バッグ集じん	静電集じんとバッグ集じんの優位性を総合し、前段では静電集じんを採用して 80~90%の粉じんを収集し、後段ではバッグ集じんを採用して細粒粉じんを収集する。	集じん機出口の排出濃度を長期に $20\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以下に安定させ、更には $5\text{mg}/\text{Nm}^3$ に達することが可能で、基本的に灰分含有量の高低と成分の影響を受けない。	技術は比較的成熟。 各級容量のユニットに適する。
30	回転電極集じん	静電集じん機の終段電界の陽極板をいくつかの長方形の極板に分割し、チェーンで接続して回転移動させ、回転ブラシを利用して陽極板上の粉じんを連続清掃することで、粉じんの二次飛散を解消し、逆電離現象を防止し、除じん効率を向上できる。	煤じん排出濃度を $30\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以下に安定させ、電力消費を節約できる。	技術は比較的成熟。 30~100万kWのユニットに適用。

31	湿式静電集じん	粉じんの粒子が電界力作用を通じて集じん極上に吸着され、噴水で極板上の粉じんを灰ホッパーの中に洗い流して排出する。同時に、煙道内に噴き込んだ霧状の水は微小な煤じんを捕獲でき、また電気抵抗率を下げることで、微じんの極板への移動を助ける。	通常は脱硫システムの後段に設置し、除じん効率は70%～80%に達することが可能で、PM2.5の細顆粒物と石膏雨滴を有効に除去できる。	技術は比較的成熟。 国内には様々な湿式静電除じん技術があり、試行利用中である。
32	ダブルループ脱硫	通常のシングルループ脱硫の原理と基本的に同じで、違いは吸収タワーの循環スラリーを2つの独立した反応タンクに分けて2つの循環回路を形成することであり、それぞれの循環回路は異なるPH値の下で運用され、脱硫反応を比較的理想的な条件下で進行させる。シングルタワー・ダブルループあるいはダブルタワー・ダブルループを採用できる。	ダブルループ脱硫の効率は98.5%あるいは更に高い値に達することが可能である。	技術は比較的成熟。 各級容量のユニットに適する。
33	低NOx燃焼	先進的な低NOx燃焼技術を採用し、窒素酸化物の生成濃度を大幅に低下する。	炉床出口の窒素酸化物濃度を200mg/Nm <sup>3</sup> 以下に制御できる。	技術は比較的成熟。 各タイプの瀝青炭ボイラーに適する。