総合資源エネルギー調査会

電力・ガス事業分科会電力・ガス基本政策小委員会

省エネルギー・新エネルギー分科会省エネルギー小委員会　合同

石炭火力検討ワーキンググループ

中間取りまとめ

２０２１年４月２３日

経済産業省

目次

はじめに 2
１．石炭火力発電の状況 3
（１）我が国における石炭火力の位置づけ 3
（２）石炭火力の活用状況 3
（３）事業者ヒアリング 4
２．石炭火力に対する新たな効率目標値の設定・確認 6
（１）規制的措置の対象 6
（２）現行措置の達成状況 7
①現行の火力発電効率のベンチマーク目標 7
②現行目標（A 指標、B 指標）の達成状況 8
（３）新たな石炭火力の発電効率目標の設定 8
３．高効率化に向けた取組の評価について 12
（１）現行の算定措置の内容と今後の取扱い 12
①バイオマス混焼・副生物混焼について 12
②熱利用について 13
（２）新技術（アンモニア混焼・水素混焼）の取扱い 13
（３）調整力運転に伴う発電効率低下の取扱い 14
①調整力補正の基本的な考え方 15
②調整力補正における設備利用率の考え方 15
③調整力補正体系 16
４．自家発自家消費の発電設備への対応について 18
（１）現行の措置の概要 18
（２）対応策 19
（３）中長期計画の公表 19
おわりに 20
（参考資料）フェードアウトに関する計画について 21
委員名簿 22
石炭火力検討ワーキンググループ審議経過 23

はじめに

脱炭素化という世界的な潮流の中、資源の乏しい我が国において、エネルギー安定供給に万全を期しながら脱炭素社会をいかに実現していくかという、大きな課題に取り組んでいく必要がある。そうした取組の一つとして、現行の第 5 次エネルギー基本計画（2018 年 7 月閣議決定）に明記している非効率石炭火力のフェードアウトを着実に進めて行くべく、より実効性のある新たな仕組みを導入することが重要である。こうした中、2020 年 7 月 3 日(金)の閣議後記者会見において、梶山経済産業大臣から、「2030 年に向けて非効率石炭のフェードアウトを確かなものにする新たな規制的措置」や「安定供給に必要となる供給力を確保しつつ、非効率石炭の早期退出を誘導するための仕組みの創設」等の具体策について、地域の実態等も踏まえつつ、検討を進めるよう指示があった。

現在、非効率石炭火力のフェードアウトに向けた規制的措置として、発電事業者に対しては、エネルギーの使用の合理化等に関する法律（以下「省エネ法」という。）に基づき、新設する火力発電には最新鋭の設備（石炭火力発電は 42.0%以上）であることを求めるとともに、2030 年度のエネルギーミックスと整合的になるよう、発電効率の目標値（石炭火力発電は 41.0%以上）を設定し、取組を進めている。

今般、こうした取組に加え、地域の実態を踏まえた安定供給の確保に配慮しつつ、より実効性のある規制的措置の導入に向けた検討を行うため、総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会電力･ガス基本政策小委員会及び省エネルギー・新エネルギー分科会省エネルギー小委員会の下に、「石炭火力検討ワーキンググループ」を設置し、産業界をはじめ様々な御意見を伺いながら、丁寧に議論を進めてきた。

本報告書は、石炭火力検討ワーキンググループの審議を取りまとめたものであり、本報告書の内容に沿って、今後省エネ法関係法令の整備を行うものである。

※ 本報告書における図表は、本ワーキンググループにおいて使用した資料を引用している。

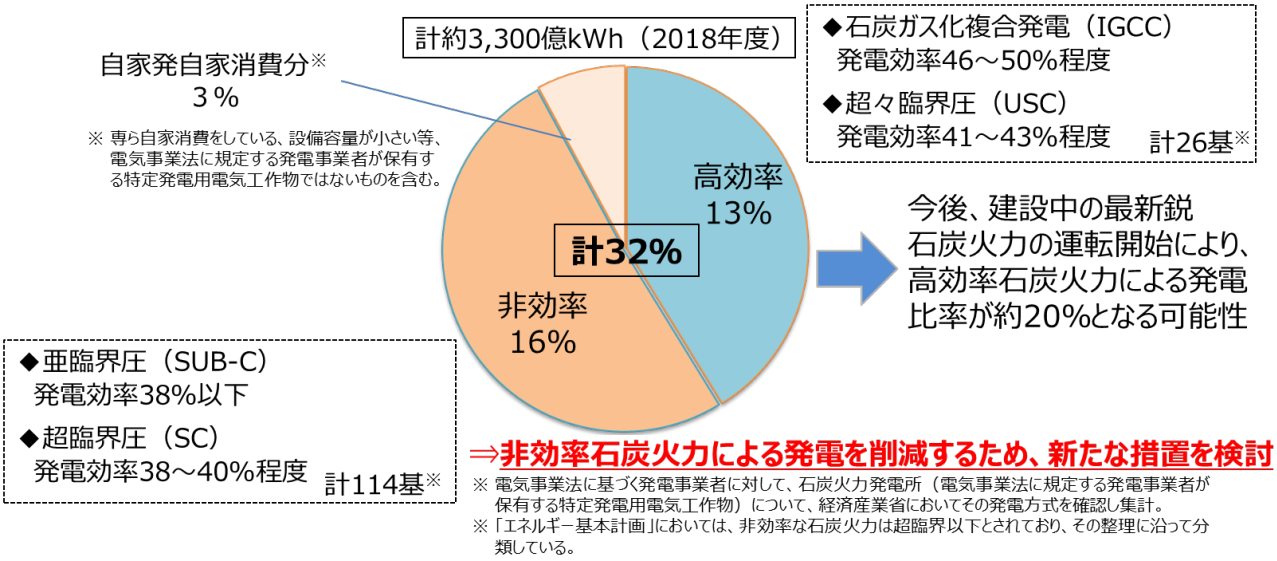
１．石炭火力発電の状況

（１）我が国における石炭火力の位置づけ

第 5 次エネルギー基本計画において、石炭は、温室効果ガスの排出量が大きいという問題があるが、地政学的リスクが化石燃料の中で最も低く、熱量当たりの単価も化石燃料の中で最も安いことから、現状において安定供給性や経済性に優れた重要なベースロード電源の燃料として評価されている。

2018 年度における我が国の総発電量に対する石炭火力比率は 32%である一方、現行エネルギーミックスにおける 2030 年度の石炭火力比率は 26%であり、今後、建設中の最新鋭の石炭火力の運転開始も見込まれる中、エネルギーミックスの達成には、非効率石炭火力による発電をできる限りゼロに近づけていくための新たな措置の検討の必要がある。

（図）石炭火力発電による発電量の内訳の推計（全発電量に占める割合）



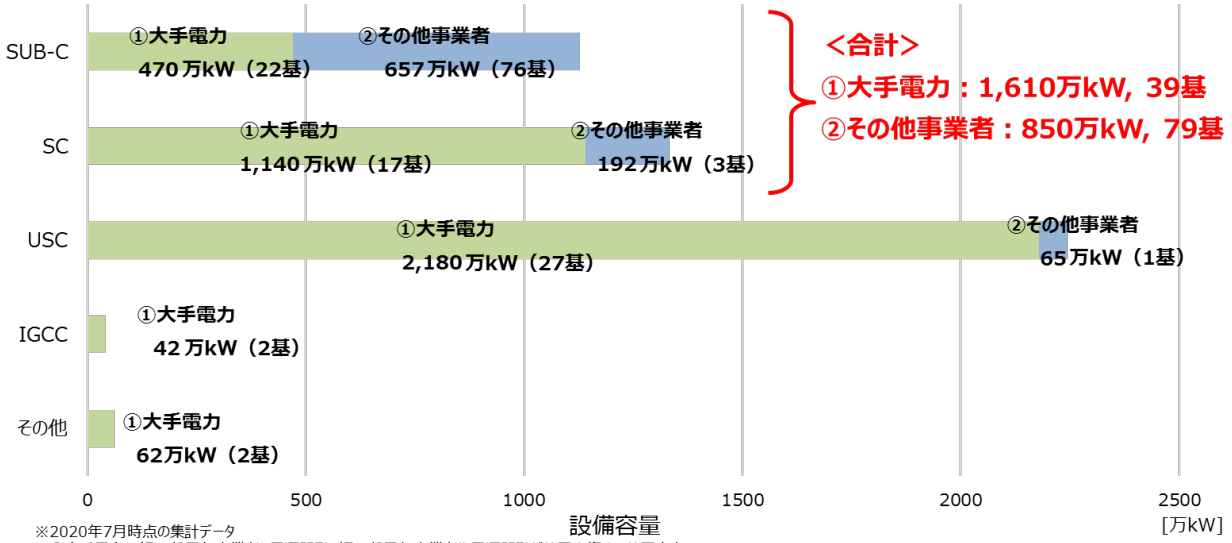
※ 電気事業法に基づく発電事業者に対して、石炭火力発電所（電気事業法に規定する発電事業者が保有する特定発電用電気工作物）について、経済産業省においてその発電方式を確認し集計。
※「エネルギー基本計画」においては、非効率な石炭火力は超臨界以下とされており、その整理に沿って分類している。

（２）石炭火力の活用状況

我が国の石炭火力の活用状況を調査したところ、発電事業者が保有する石炭火力[1]は、2020 年 7 月時点で 150 基（約 4,800 万 kW）であり、そのうち、大手電力[2]が保有する石炭火力は 70 基（約 3,900 万 kW）、その他事業者[3]が保有する石炭火力は 80 基であった。また、2000 年以降、大手電力は基本的に USC 以上を建設し、その他事業者が、2019 年までに建設したものは、すべて SUB-C か SC であった。

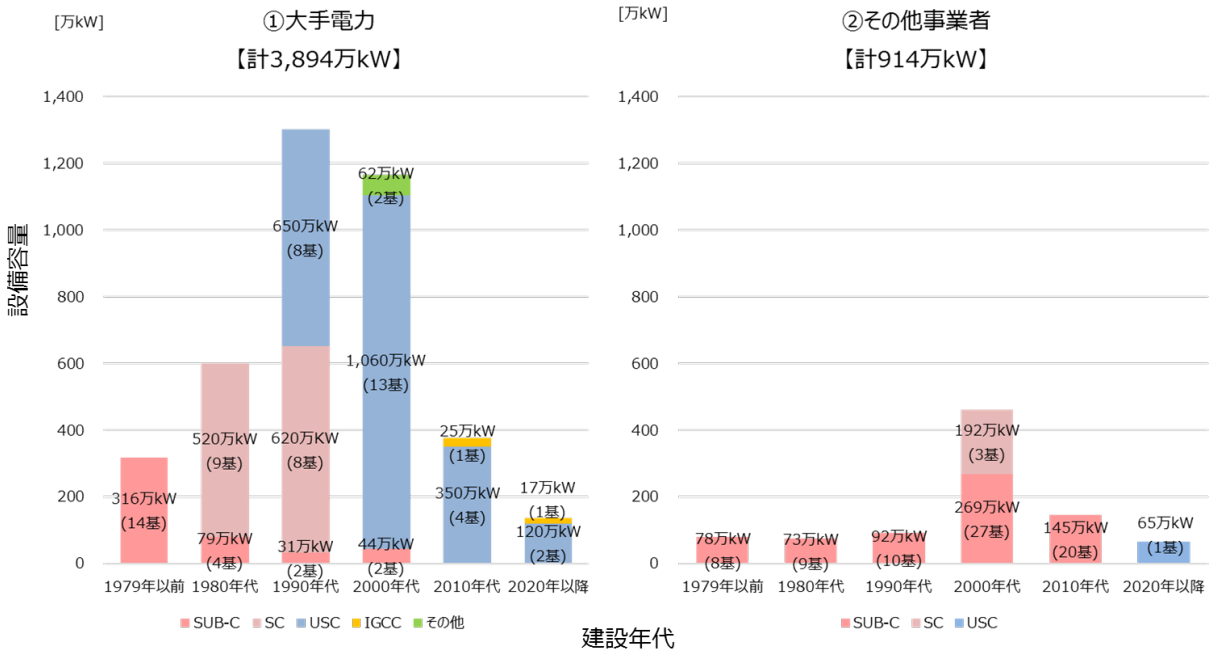
1 電気事業法に規定する発電事業者が保有する特定発電用電気工作物で石炭を主燃料とするもの。
2 旧一般電気事業者に加え、電源開発、旧一般電気事業者や電源開発が共同出資する共同火力を含む。
3 売電のみ行う大手電力以外の事業者、自社工場での使用など売電以外も行う大手電力以外の事業者（例：製造業（製鉄、化学、製紙、セメント））

（図）発電方式別・事業者別の石炭火力（基数、容量）



※2020年7月時点の集計データ
※①大手電力：旧一般電気事業者、電源開発、旧一般電気事業者や電源開発が共同出資する共同火力
※②その他事業者：売電のみ行う大手電力以外の事業者、自社工場での使用など売電以外も行う大手電力以外の事業者（例：製造業（製鉄、化学、製紙、セメント））
※グラフ中の「その他」は、PFBC（加圧流動床複合発電方式）。

（図）発電方式別の運転開始時期（容量、基数）



※2020年7月時点の集計データ
※①大手電力：旧一般電気事業者、電源開発、旧一般電気事業者や電源開発が共同出資する共同火力
※②その他事業者：売電のみ行う大手電力以外の事業者、自社工場での使用など売電以外も行う大手電力以外の事業者（例：製造業（製鉄、化学、製紙、セメント））
※グラフ中の「その他」は、PFBC（加圧流動床複合発電方式）。

（３）事業者ヒアリング

非効率石炭火力のフェードアウトに向けた規制的措置の検討を進めていくに当たり、石炭火力の活用実態や稼働状況を正確に把握するため、電力業界（電気事業連合会、北陸電力㈱、中国電力㈱、九州電力㈱、沖縄電力㈱、電源開発㈱、丸紅クリーンパワー㈱）及び製造業界（日本鉄鋼連盟、日本化学工業協会、日本製紙連合会、セメント協会）に対して事業者ヒアリングを行った。

（図）事業者ヒアリングの結果概要（電力業界）

	ヒアリング対象：電気事業連合会、九州電力、北陸電力、沖縄電力、中国電力、電源開発、丸紅クリーンパワー
基本的な方向性	➢ 検討に当たっては、**①事業者への財務的な影響**、**②地域ごとに抱える安定供給上の課題**、**③休廃止等に伴う立地地域等の雇用・経済への影響**についての考慮が必要。 ➢ 期限を区切った**一律の休廃止、稼働制限ではなく**、様々な影響を緩和し得る政策的サポートとセットで、**事業者が一定の裁量と時間的裕度をもって取り組むことができる仕組み**とすることが重要。 ➢ ステークホルダーへの説明責任の観点から、**事業者間・発電所間で取組に差が生じない公平な仕組み**とするべき。
規制的措置の枠組み・配慮事項	➢ **再エネ導入に伴う石炭火力の出力抑制による発電効率低下**が発生しているため、**プラント本来の性能（設計効率等）を評価する仕組み**や再エネ導入に寄与する発電機を評価するような**インセンティブ補正**が必要。 ➢ **沖縄**では、**USCやSCを系統規模制約で入れられない**ため、SUB-Cが最高効率となる。 ➢ 省エネ法の過去の議論との整合性を十分にとって議論を進めるべきであり、**現行のコジェネやバイオマス混焼の計算方法を前提**としたうえで、追加的な措置を議論するべき。
2030年に向けた計画	➢ フェードアウトに向けては**検討の時間が一定程度必要**であり、現時点での具体的な検討は難しい。（例えば、竹原火力のリプレースは長い検討時間を経たうえで、さらに工事に6年かかっている。） ➢ 島根の原子力や三隅2号機といった**新しい設備が出てくるタイミングに合わせて、石炭や石油の経年火力を閉じていく**。 ➢ タービン改造等での効率改善やバイオマス混焼による省エネ・省CO2等の取組を進める。 ➢ **FIT認定期間が2032年まで**で**燃料契約も締結**しているバイオマス混焼設備・燃料がストランデッド化しないような時間軸の裕度が欲しい。
その他	➢ **フェードアウトだけでなく新陳代謝（高効率化・次世代化）を促す仕組み**とすべき。例えば、リプレースや代替事業（再エネ）への補助など。 ➢ **アンモニア混焼**は、価格面や流通面での課題があるが、**技術的な実証が進めば省エネ・省CO2の有効手段**となりうる。

（図）事業者ヒアリングの結果概要（製造業界）

	ヒアリング対象：日本鉄鋼連盟、日本化学工業協会、日本製紙連合会、セメント協会
基本的な方向性	➢ **IPPや共同火力**については、副生ガスやバイオマス混焼等の**これまでの省エネ法の仕組みを継続**しつつ、**共同取組や地域性、個々の事情を踏まえた制度設計**が必要。 ➢ **自家発**は、副生ガス利用や事業所の停電防止機能といった役割があり、**生産活動と一体不可分**。また、**系統電力に転換する場合**、系統容量の確保に課題がある他、電気料金の高騰により**国際競争力に影響**を及ぼす。また、自家発含む**製造プロセス全体で既に省エネ法の規制を受けており**、新たな規制を設ける必要はない。
規制的措置の枠組み・配慮事項	➢ バイオマス混焼、副生物混焼、熱利用に関する**これまでの省エネ法の仕組みを継続**しつつ、系統接続の状況や個々の事情を踏まえた検討が必要。 ➢ 現行のA指標・B指標と同様、（設備単位ではなく、）**事業者単位の目標**としてほしい。これにより優先順位を付けた取組が可能となる。 ➢ **USCボイラー**は規模が大きく、**設備過剰**となる。
2030年に向けた計画	➢ 2030年のフェードアウトに向けた具体的な計画はないが、**副生ガスやバイオマス、熱利用といった形で効率を上げていく**。 ➢ 製造プロセス全体でBest Available Technologyを入れていく方針は変わらないため、**設備更新のタイミングでどういった技術を取り入れるかを考える**。 ➢ **バイオマスや廃棄物燃料の混焼比率の向上**、**高効率タービンの導入の検討**等により省エネ・省CO2に取り組む。
その他	➢ **石炭火力を休廃止した場合**、熱・蒸気不足により**LNG火力やバイオマス発電への転換が必要**になるが、**設備投資**や燃料価格差による**追加的な生産コスト**で**競争力が悪化**。また、休廃止が先行した場合、**災害時の系統への緊急電力供給**ができなくなるリスクがある。 ➢ 工場の動力源や加熱源として発電設備で発生する蒸気を活用する等、もともと発電設備の**エネルギー効率が高い**ため、仮に新しいボイラーに**設備更新**しても発電効率の上昇分は少なく、**費用対効果が悪い**。

２．石炭火力に対する新たな効率目標値の設定・確認

（１）規制的措置の対象

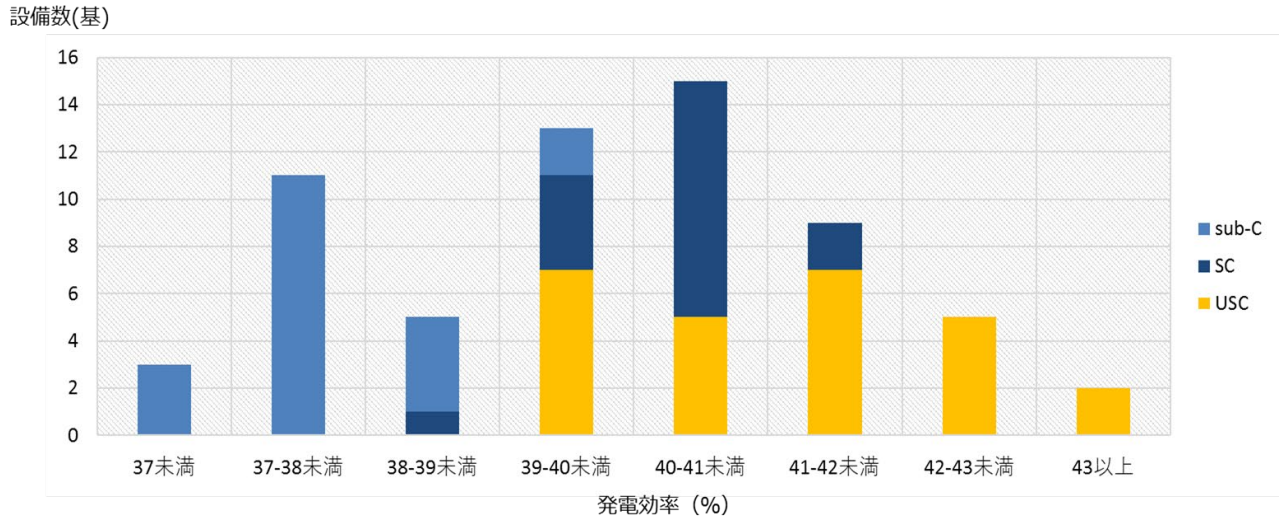
第 5 次エネルギー基本計画において、非効率な石炭火力の定義は SC 以下（高効率は USC 以上）と明記され、発電方式による線引きがされていた。一方で、省エネ法における現行の火力発電効率のベンチマーク制度では、発電方式区分ではなく実績の発電効率を指標としている。

そこで、設備の発電方式ごとの実績の発電効率を比較したところ、一般に、USC は発電効率 41%以上、SC は 40%以下とされているが、実績ベースでは、USC で発電効率 40%未満の設備がある一方、SC で発電効率 41%以上も存在することが示された。

また、発電効率が上下する要因等を確認するために、設備規模ごとの実績の発電効率を比較したところ、石炭火力発電所が小規模であるほど、発電効率は低い傾向にあり、特に 30 万 kW 級以下と 50 万～60 万 kW 級の間に発電効率の差が大きく存在した。30 万 kW 級以下の設備は SUB-C のみであり、最大でも発電効率が 40%を超える設備がないことを踏まえると、こうした小規模設備が設備容量を維持したまま設備改修等で高効率化を図ることは、技術的・経済的な観点等で一定のハードルがあることが示された。

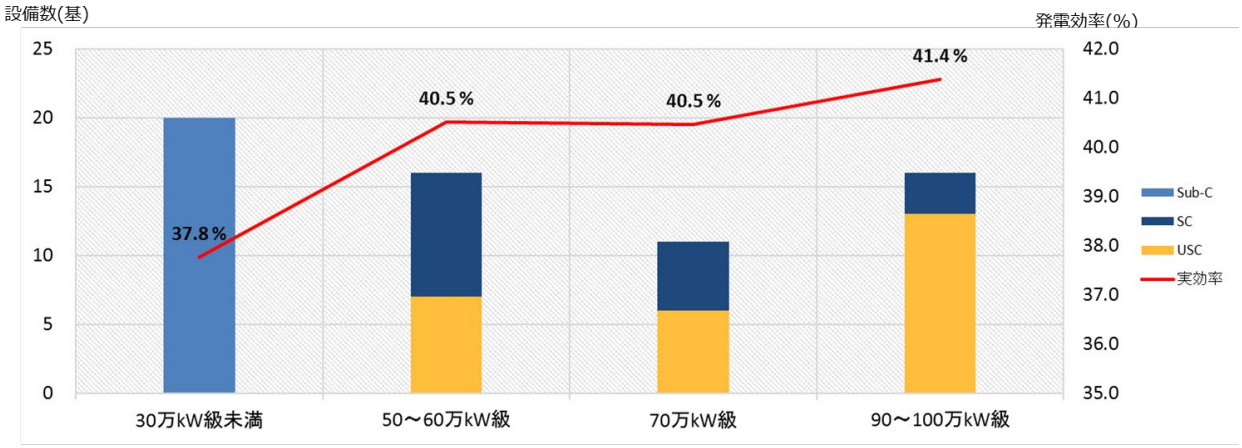
以上より、①発電方式（SC、USC 等）と発電効率は単純な相関関係にないこと、②発電方式は、設備容量が制約要因となり得ることが示されたことにより、石炭火力に対する新たな効率目標値を設定するに当たっては、省エネ法における現行の火力発電効率のベンチマーク制度と同様、発電効率を指標とすることとした。

（図）発電方式と発電効率（2019 年度実績）



※事業者ヒアリングを基に資源エネルギー庁作成。
※発電効率は、大手電力における2019年度実績の実効率の集計データ。

（図）設備規模と発電効率（2019 年度実績）



Max	39.4%	42.2%	42.3%	43.4%
Min	35.2%	38.6%	39.5%	39.7%

※事業者ヒアリングを基に資源エネルギー庁作成。
※発電効率は、大手電力における2019年度実績の実効率の集計データ。

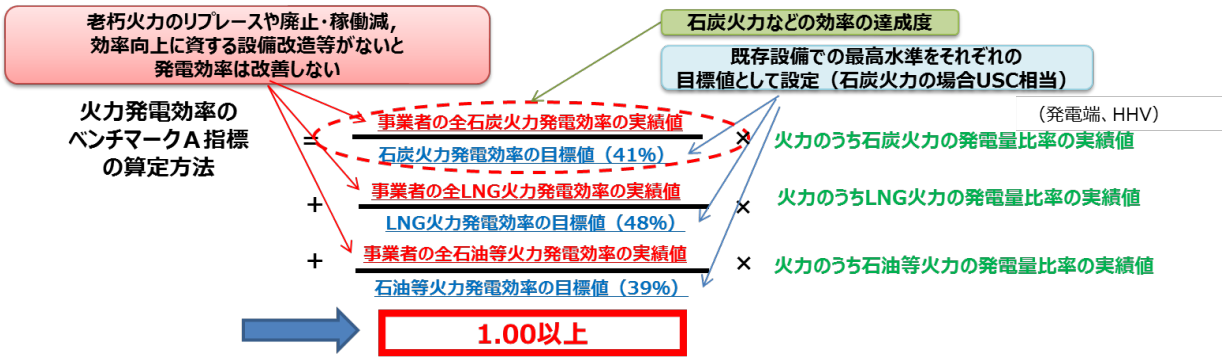
（２）現行措置の達成状況

①現行の火力発電効率のベンチマーク目標

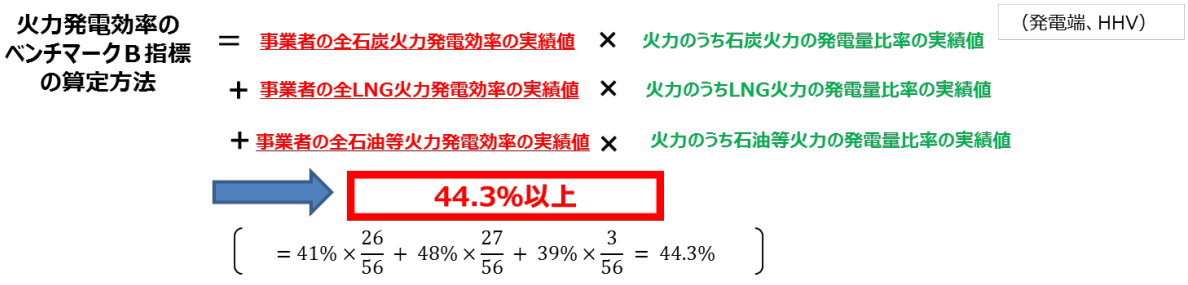
現行省エネ法では、2030 年度に向けたベンチマーク目標として、発電事業者に対し、保有する火力発電設備の発電効率を既存設備の最高水準とするよう求めており、エネルギーミックスと整合するように、燃料種毎の発電効率（A 指標）と火力発電の総合的な発電効率（B 指標）を目標値として設定している。

（図）現行の火力ベンチマーク目標

【火力発電効率のベンチマークＡ指標】：燃料種毎の発電効率をベンチマーク指標として設定



【火力発電効率のベンチマークＢ指標】：火力発電の総合的な発電効率そのものをベンチマーク指標として設定

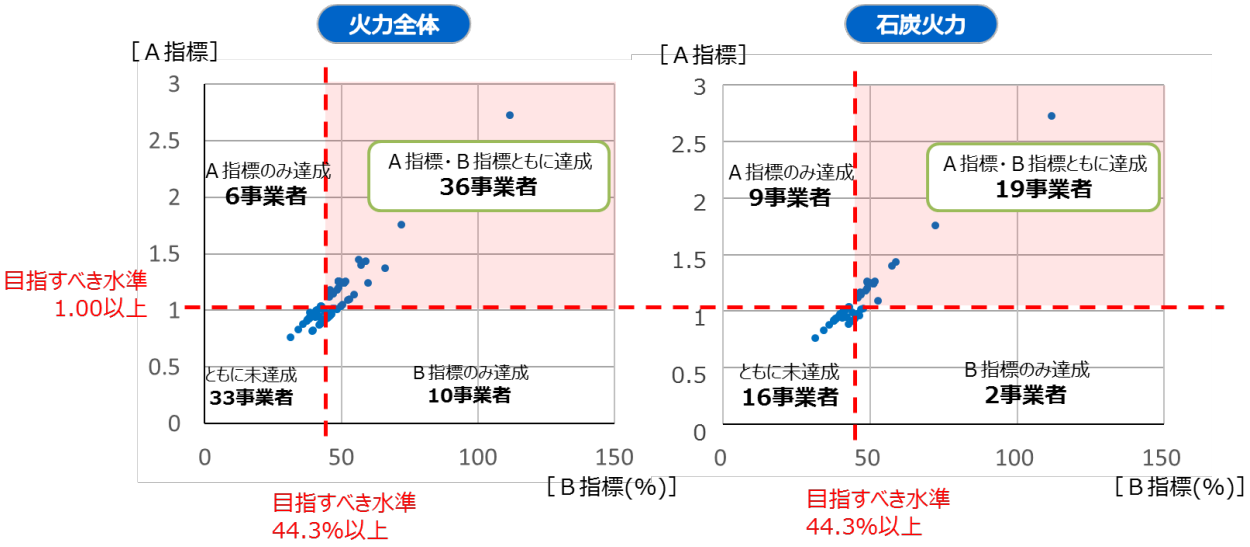


$$= 41\% \times \frac{26}{56} + 48\% \times \frac{27}{56} + 39\% \times \frac{3}{56} = 44.3\%$$

②現行目標（A 指標、B 指標）の達成状況

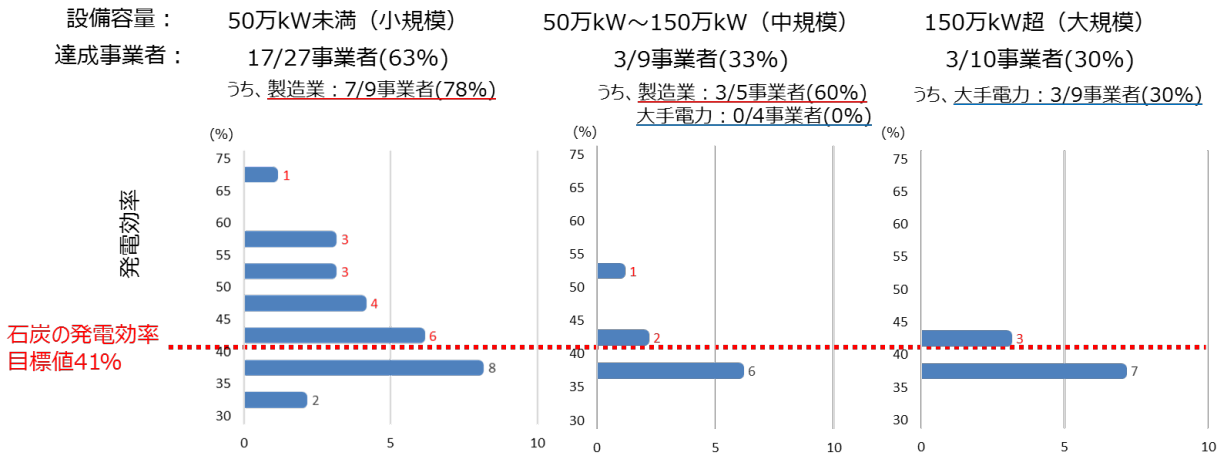
2018 年度において、火力発電設備を保有する 85 事業者のうち、約 4 割の 36 事業者が A 指標･B 指標ともに達成している。また、石炭火力を保有する 46 事業者に限った場合でも、約 4 割の 19 事業者が A 指標・B 指標ともに達成している。

（図）ベンチマーク目標の達成状況（2019 年度定期報告書）



なお、石炭火力を保有する 46 事業者のうち、発電効率目標 41%を達成している事業者は 24 事業者。このうち、合計設備容量が 150 万 kW を超える大規模事業者は、10 事業者のうち 3 事業者のみが目標を上回っているのに対し、50 万 kW 未満の小規模事業者は、27 事業者のうち 17 事業者が目標を上回っている。

（図）石炭火力の発電効率目標の達成状況（2019 年度定期報告）



（３）新たな石炭火力の発電効率目標の設定

現行の火力発電効率のベンチマーク目標は火力発電設備全体（石炭、LNG、石油）の目標であるため、石炭、LNG、石油それぞれの火力発電を所有する事業者は、石炭以外の燃料による火力発電が高効率であれば、ベンチマークを達成することができる。したがって、石炭火力のみによる目標達成の実効性が担保されているものではなく、非効率石炭火力のフ

ェードアウトを確実に進めていく上では、石炭火力のみを対象に新たな指標・目標値を設定することが必要である。

また、2030 年に向けて非効率石炭火力のフェードアウトを進めていく上では、地元雇用や地域経済を支える役割や安定供給上の要因から休廃止による影響を懸念する声もある。こうした地域の実情等を踏まえ、事業者は休廃止だけでなく稼働抑制等も選択肢として取り得る中で、各設備一律の基準が設定されることは、事業者の取り得る選択肢を限定的にする可能性がある。加えて、省エネ法は、エネルギーを使用する者に対して、一定の自主性を与えて努力を促す枠組みであることを踏まえると、非効率石炭火力のフェードアウトに向けても、事業者が設備の高効率化に向けて創意工夫や技術開発といった対応を自主的に進めることを促す、柔軟な規制的枠組みが有効である。このため、設備単位での規制を設けるのではなく、事業者単位での目標値を設定すべきである。

こうした観点を踏まえ、今般の政策目的である「非効率石炭火力のフェードアウト」を目指すためには、石炭火力のみを対象にした事業者単位の新たな指標とすることとした。

目標水準を設定するに当たっては、ベンチマーク目標の水準の考え方に基づき、事業者が中長期的に目指すべき高い水準であることを鑑み、以下の観点を踏まえるべきと整理されている。

① 最良かつ導入可能な技術を採用した際に得られる水準
② 国内事業者の分布において、上位 1～2 割となる事業者が満たす水準
③ 国際的にみても高い水準

①最良かつ導入可能な技術を採用した際に得られる水準

現時点における最新鋭の発電技術の商用化及び開発状況を整理した BAT の参考表では、商用プラントとして既に運転開始している最新鋭の発電技術としては、設備容量によって 41%～46%と幅がある中で、USC では 42%～43%、IGCC では 46%の設計効率が最高水準。また、商用運転開始前の発電技術では、USC で 43%～44%が最高水準である。

（図）BAT の参考表（石炭火力(A)(B)を抜粋）

(A)経済性・信頼性において問題なく商用プラントとして既に運転開始をしている最新鋭の発電技術

発電規模【kW】	発電方式【燃焼度等】	燃料		フェーズ	設計熱効率(発電端)【%:HHV】(カッコ内の値は%:LHV)	設計熱効率(送電端)【%:HHV】(カッコ内の値は%:LHV)
		燃料種	燃料仕様			
石炭火力						
90～110万kW級	微粉炭火力【超々臨界圧(USC)】	石炭	○瀝青炭で灰融点の高い石炭(灰溶融温度1400℃超)主体	商用運転中	43(45)	40(42)
70万kW級	微粉炭火力【超々臨界圧(USC)／超臨界圧(SC)】	石炭	○瀝青炭で灰融点の高い石炭(灰溶融温度1400℃超)主体	商用運転中	42.5※(44.5)	40(42)
60万kW級	微粉炭火力【超々臨界圧(USC)】	石炭	○瀝青炭で灰融点の高い石炭(灰溶融温度1400℃超)主体	商用運転中	42(44)	39(41)
50万kW級	微粉炭火力【超臨界圧(SC)】	石炭	○瀝青炭で灰融点の高い石炭(灰溶融温度1400℃超)主体	商用運転中	42.5(44.5)	39.5(41.5)
20万kW級	微粉炭火力【亜臨界圧(Sub-C)】	石炭	○瀝青炭で灰融点の高い石炭(灰溶融温度1400℃超)主体	商用運転中(主に自家消費用や系統規模の小さい箇所に設置される電源に採用される)	41(43)	38(40)
	石炭ガス化複合発電(IGCC)【空気吹き】【1200℃級】	石炭	○灰融点の低い石炭(灰溶融温度1400℃以下)主体	実証機を商用化(実証試験において一定の信頼性は確認されているが、実証機の建設費に国が3割の補助をしたため、経済性については精査が必要である)	46(48)	40.5(42)

※ 70万kW級の石炭火力について、発電端熱効率(HHV)で44%を超えるものも存在するが、立地条件の特殊性に応じたプラント設計が要因であるため、表には記載していない。

(B)商用プラントとして着工済み(試運転期間等を含む)の発電技術及び商用プラントとしての採用が決定し環境アセスメント手続に入っている発電技術

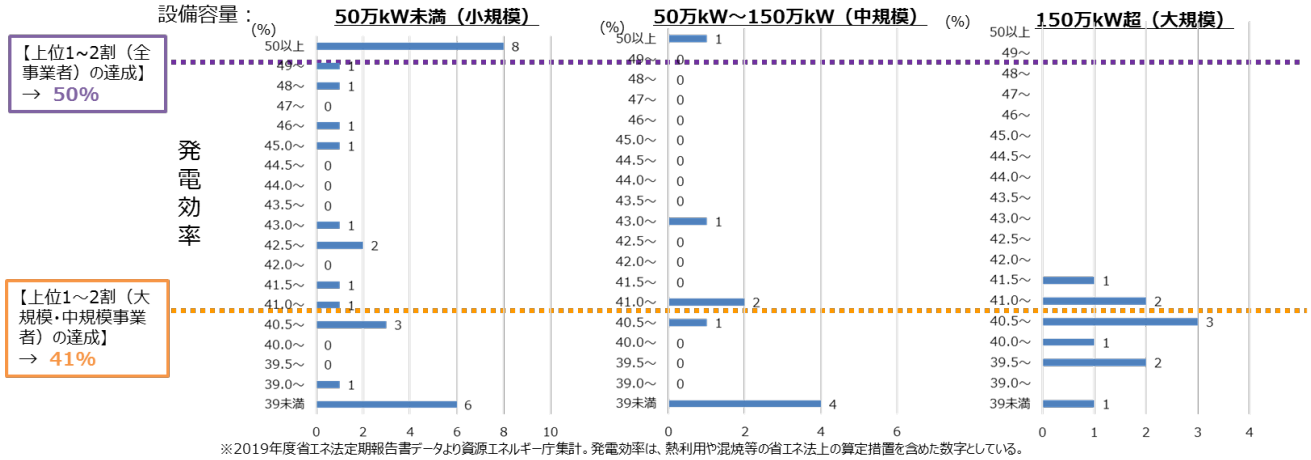
発電規模【kW】	発電方式【燃焼度等】	燃料		フェーズ	設計熱効率(発電端)【%:HHV】(カッコ内の値は%:LHV)	設計熱効率(送電端)【%:HHV】(カッコ内の値は%:LHV)
		燃料種	燃料仕様			
石炭火力						
100万kW級	微粉炭火力【超々臨界圧(USC)】	石炭	○瀝青炭で灰融点の高い石炭(灰溶融温度1400℃超)主体	2018年度着工【2021年度商用運転開始予定】	44(46)	41(43)
60万kW級	微粉炭火力【超々臨界圧(USC)】	石炭	○瀝青炭で灰融点の高い石炭(灰溶融温度1400℃超)主体	2017年度着工【2021年度商用運転開始予定】	43(45)	40.5(42.5)

②国内事業者の分布において、上位 1～2 割となる事業者が満たす水準

新たな水準を上位 1～2 割の事業者が達成する水準とした場合、石炭火力を保有する 46 事業者のうち達成は 5～9 者となり、発電効率水準はおおよそ 50%。ただし、達成事業者のほぼ全てが熱利用等を前提とした小規模設備を保有する事業者となる。

一方で、大規模・中規模事業者（50 万 kW 以上）の中で上位 1～2 割の事業者が達成する水準は、おおよそ 41%であり、特に、大規模設備（150 万 kW 以上）を保有する大手電力では、2019 年度報告時点で発電効率 42%以上の事業者は存在しない。また、規模を限定せずとも、発電効率 42%は、製造業含む約 6 割（27 事業者）が未達の水準となっている。

（図）石炭火力の発電効率目標の達成状況（2019 年度定期報告）

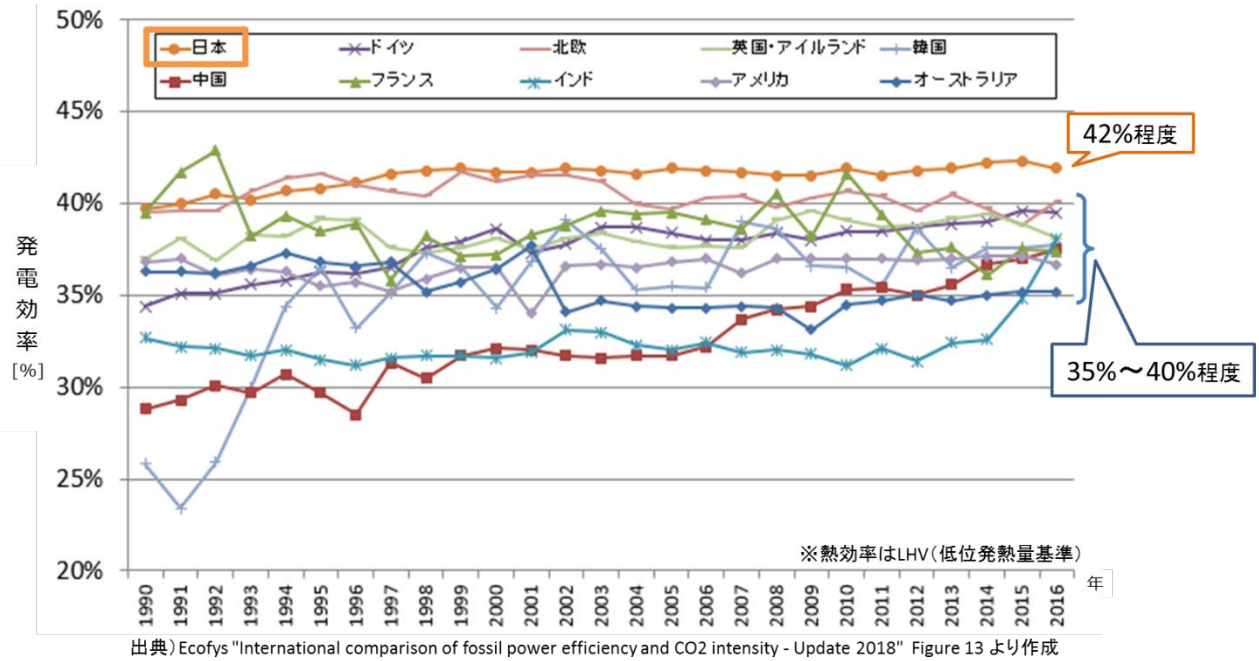


※2019年度省エネ法定期報告書データより資源エネルギー庁集計。発電効率は、熱利用や混焼等の省エネ法上の算定措置を含めた数字としている。

③国際的にみても高い水準

日本の石炭火力の発電効率は国際的に見てもトップクラスの水準を維持しており、BAT の参考表に記載されている国内の発電技術水準は「国際的に見ても高い水準」である。

（図）石炭火力の発電効率の国際比較



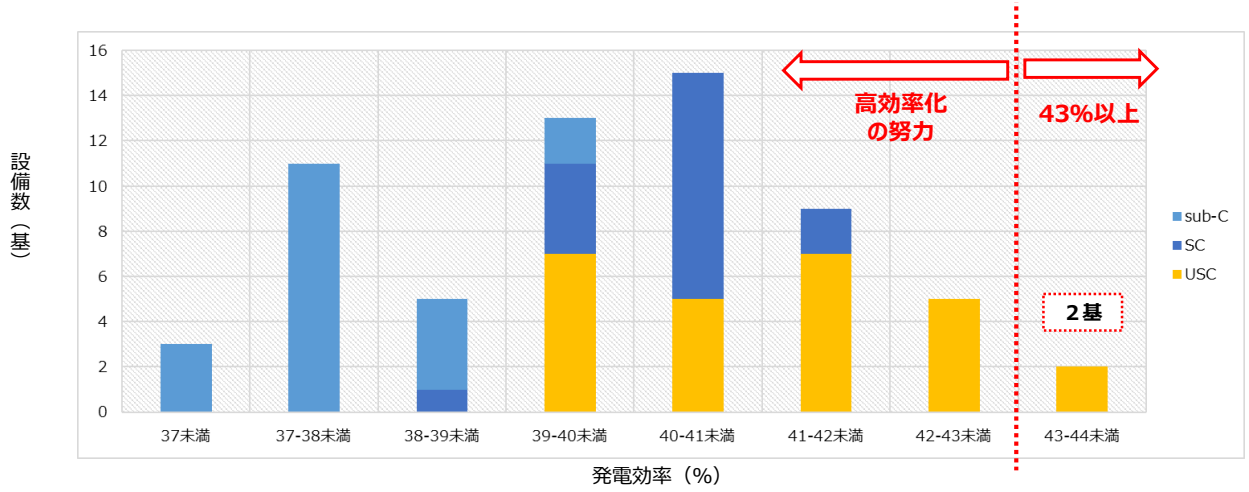
出典）Ecofys "International comparison of fossil power efficiency and CO2 intensity - Update 2018" Figure 13 より作成

目標水準の数値を設定するに当たっては、安定供給の確保のため、高効率な石炭火力は残しつつ、非効率石炭火力のフェードアウトを進めるという前提の下、ベンチマーク目標の基本的な考え方に基づく発電効率水準の範囲を参考にしつつ、①最新鋭の発電技術を使うことで達成できる水準である一方で、②事業者にとって実現可能性のある目標水準とし、発電設備の実態を考慮し決定することとした[4]。

BAT の参考表に基づくと、最良かつ導入可能な技術として、USC では 43%～44%[5]が現行の最高水準である中、大手電力の保有する既存設備について、下図の通り、発電効率実績において 43%を超えている設備は、省エネ法の補正措置（熱利用やバイオマス混焼等）がない場合において 2 基となっている。こうした現行の発電効率の実態を鑑みると、最新鋭の発電技術を使わない限り、USC であっても、熱利用やバイオマス混焼等の高効率化に向けた取組無しでは達成できない水準であり、全ての設備に高効率化の努力（アベイトメント）が必要な水準として、「43%」を新たな石炭火力の目標水準とする[6]。

また、目標達成事業者についてはその取組を評価するために、毎年度公表するとともに、発電効率が目指すべき水準に照らして低い場合等には、指導・助言等を行うことで実効性を担保することとする。

（図）発電効率と発電方式の分布



※事業者ヒアリングを基に資源エネルギー庁作成。
※発電効率は、大手電力における2019年度の発電効率実績の集計データであり、バイオマス等混焼や熱利用といった省エネ法の算定措置は含まれていない。

4 規模別の目標設定については、これまで熱利用・混焼等の創意工夫で目標達成を果たしてきた事業者に対し追加的な努力を求めることになるが、例えば事業形態の違いによる熱利用環境の違いがあったとしても、事業者の高効率化に向けた創意工夫は等しく評価されるべきであることを勘案し、全ての事業者に統一した目標を設定することとした。

5 規模によって最高効率に差があり、60 万 kW 級で 43%、100 万 kW 級で 44%。

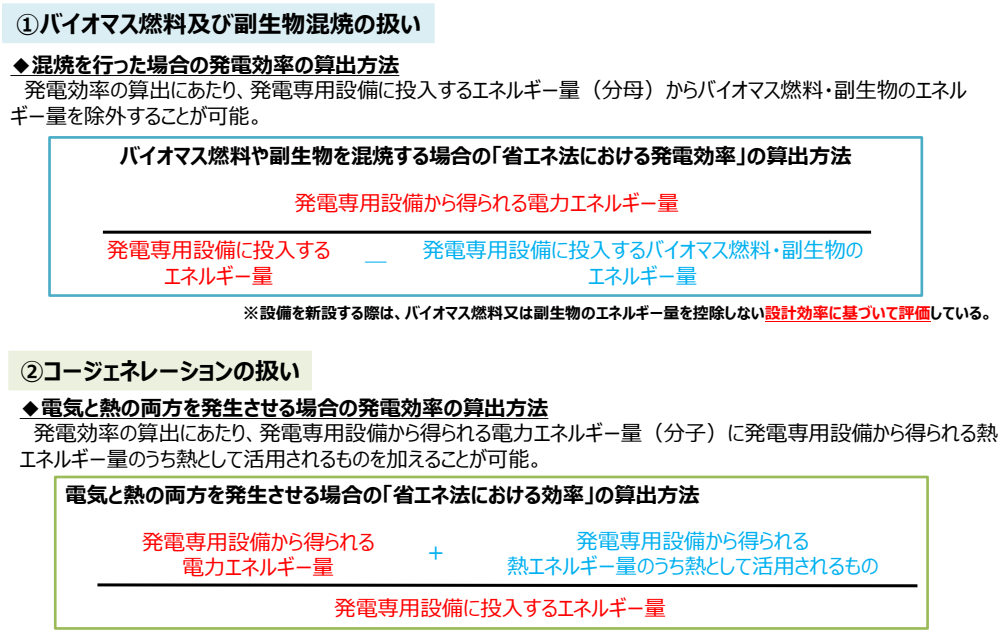
6 一般に、ベンチマーク目標は、令和元年度の「工場等判断基準WG」において、過半数の事業者が達成した場合等には、目標値の見直しを検討することとしている。一方、本 WG では「技術的な限界や混焼等の限界も踏まえると、過半数が達成した場合も安易な変更は避けるべき」との意見もある等、慎重な検討も必要。

３．高効率化に向けた取組の評価について

（１）現行の算定措置の内容と今後の取扱い

現行の火力発電効率のベンチマーク制度においては、発電効率実績に対し、①バイオマス燃料及び副生物の混焼や②コージェネレーションによる熱利用を考慮した上で、発電効率を算定することができる。具体的には、①バイオマス・副生物混焼の場合は、分母から混焼分を引いて発電効率を算定し、②熱利用の場合は、分子に熱利用分を足して発電効率を算定する措置を講じている。この算定措置の適用について、化石燃料の使用の合理化の観点から、改めて検討を行った。

（図）省エネ法における発電効率の算定方法



①バイオマス混焼・副生物混焼について

現行の算定において、バイオマス混焼については、同量の発電をするのに必要な化石燃料の使用量を削減できるということで、化石燃料の使用の合理化に資するものであり、また、石炭の使用量が減少する分、CO2 排出量の削減にも寄与するものである。このため、化石燃料の使用の合理化や CO2 削減の観点から、バイオマス混焼について引き続き評価し、現行の算定方法を維持する。ただし、バイオマス燃料の有効利用や持続可能性の観点[7]から、事業者の選択肢がバイオマス混焼に限定されることがないよう、後述のアンモニア混焼や水素混焼といった新技術も新たな選択肢として評価する。

なお、ライフサイクルでの CO2 排出の評価については、省エネ法では、海外で使用されるエネルギーは規制対象外であり、国内で使用されるエネルギーについても、加工、輸送段階についてはそれぞれを行う事業者に各種の義務が課せられているため、発電事業者の義務として考慮するものではない。

---

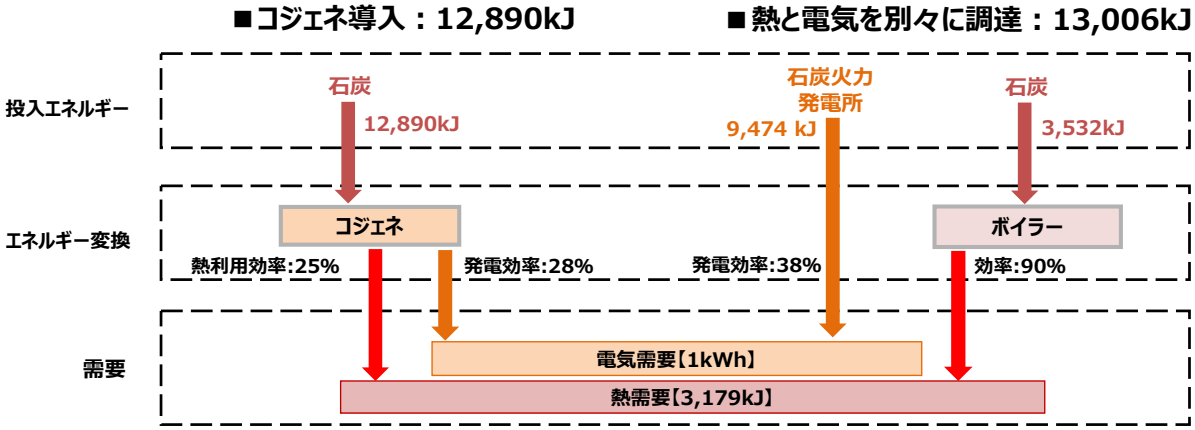
7 バイオマス燃料の持続可能性については、「原産地表示から一歩進んで、バイオマス燃料の持続可能性やライフサイクル GHG の公表を制度の中に入れ込むべき」という意見があった。

また、副生物（生産過程において副次的に発生する可燃物、可燃ガス等）混焼についても、原料に用いることが不可能であることや、輸送が困難であることなどの理由から、発電に用いられなければ焼却や廃棄（熱や圧力であれば放出）せざるを得ないため、エネルギーの有効活用の観点から現行の算定方法を維持することとした。

②熱利用について

熱利用は、総合的にエネルギー効率の向上に寄与する取組であり、エネルギーの有効利用の観点から評価されるものである。また、石炭を主燃料としたコジェネ設備で熱と電気を賄う場合と、熱と電気を別々に調達する場合（熱：石炭ボイラーから供給、電気：石炭火力で発電）を比較すると、下図のような場合、一定量の熱及び電気を産出するために必要なエネルギー量は削減されるため、CO2 排出量の削減にも寄与するものと考えられる。したがって、化石燃料の使用の合理化や CO2 削減の観点から、熱利用について引き続き評価し、現行の算定方法を維持する。

（図）熱の活用（熱電併給）イメージ



※熱利用効率・発電効率は、2018年度省エネ法定期報告で熱利用を行っている設備における効率の平均値を使用。
※熱利用を行う製造業等では小規模発電所が多く分布するため、従来システムの発電効率は一般的なSUB-Cの効率を使用。
※ボイラーの効率は、天然ガスコジェネレーション機器データ2020（日本工業出版）より引用。

（２）新技術（アンモニア混焼・水素混焼）の取扱い

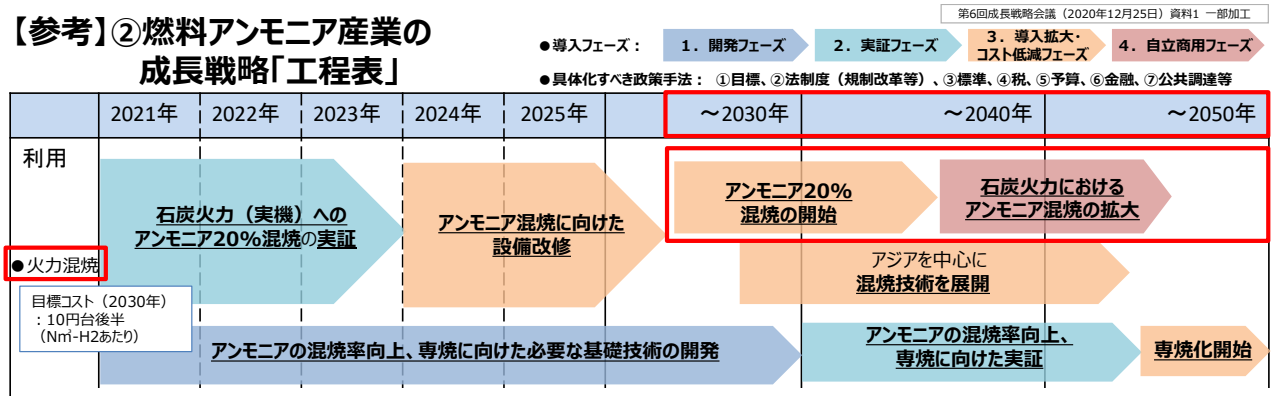
アンモニア混焼については、現時点では実証段階の技術であるが、2020 年代中盤頃の商用化を目指して技術開発が進められており、専焼・混焼による化石燃料の使用合理化のポテンシャルを持った技術となり得る。こうした技術については、コスト低下に向けて需要を増やしていくことが重要であり、今後の技術導入のインセンティブを付与する観点から、あらかじめ省エネ法関連制度上で位置づけ、事業者が取り得る選択肢とすることも考えられる。

また、水素混焼についても、2030 年までの商用化を目指しており、中長期に見たときにも専焼・混焼による化石燃料の使用合理化のポテンシャルを持った技術となり得る。また、火力発電に係る判断基準ＷＧ取りまとめ（平成 30 年 3 月）において、水素の位置づけを「今後実態を踏まえながら検討を行う」こととした技術でもあり、将来的に実用段階に入

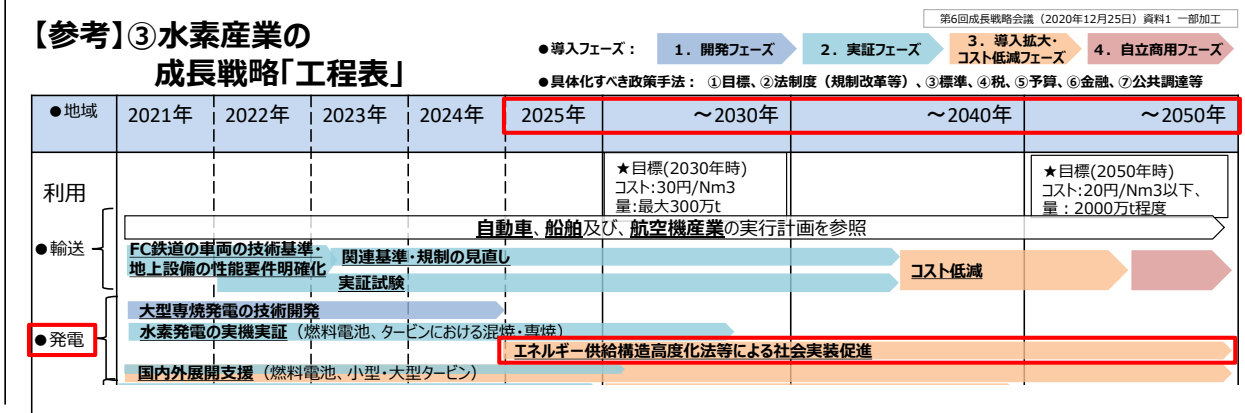
った際に少しでも技術導入を加速化させられるよう、あらかじめ省エネ法関連制度上で位置づけ、事業者が取り得る選択肢とすることも考えられる。

こうした点を踏まえて、アンモニア混焼や水素混焼についても、バイオマス・副生物混焼と同様の算定式で評価する。なお、当面は、技術開発・普及の観点からアンモニアや水素がカーボンフリーかどうか（非化石エネルギー由来又は化石燃料由来）については問わないが、将来的な扱いについては、今後実態を踏まえながら検討する。

（図）アンモニアの成長戦略工程表抜粋



（図）水素の成長戦略工程表抜粋



（３）調整力運転に伴う発電効率低下の取扱い

本 WG においては、事業者ヒアリング等を通して、再生可能エネルギーの導入拡大に伴う需給変動幅の拡大に対して石炭火力の設備利用率を一定程度下げて運用するなど、需給変動に対する調整力としての運用によって発電効率が低下している実態に対する補正措置の必要性が挙がっていた。こうした運用が再エネ導入拡大に貢献するものであることを鑑みて、石炭火力の出力抑制による発電効率低下についての補正措置を導入することとし、その設計に当たっては、需給変動については複合的要因が絡み合う中で“再エネ導入拡大に資する”運用を詳細に定義することの困難性や実際の定期報告における事業者の作業負担の増加等も鑑みて、事業者間での公平性や補正としての合理性を保ちつつも、シンプルな制度設計を追求することとした。

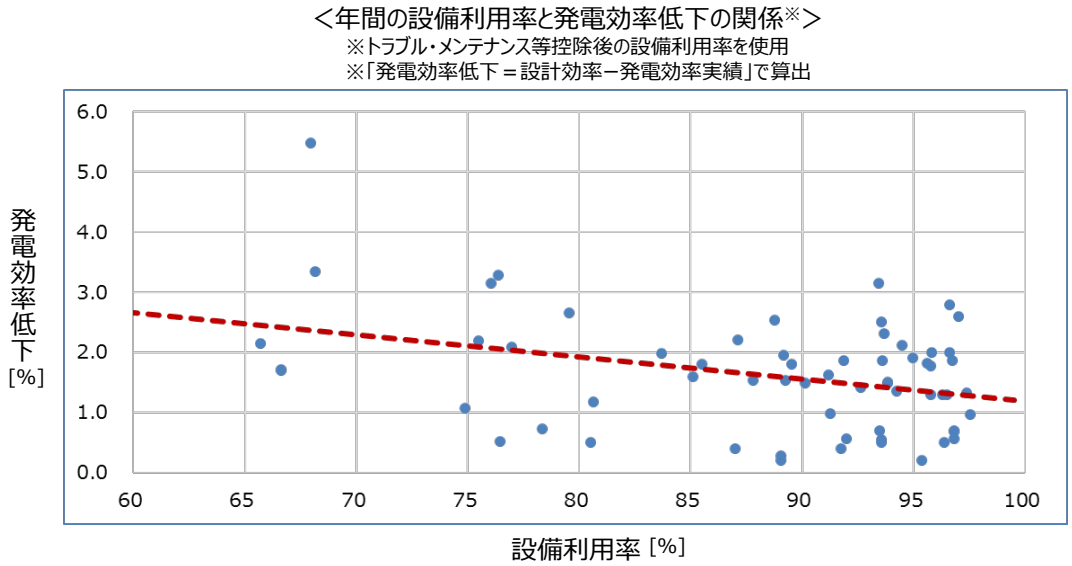
①調整力補正の基本的な考え方

再エネ導入拡大に伴う需給変動に対する石炭火力の出力抑制への補正という趣旨を鑑みると、本来であれば、再エネの発電量が時々刻々と変動する中での日々の調整運用から各断面での発電効率の低下率を積み重ねて考えていくべきであるが、需給変動については複合的要因が絡み合うため、“再エネ導入拡大に資する”運用を詳細に定義をしていくことは困難である。他方、需給変動による石炭火力の出力変動の結果として、本来の運用と比して設備利用率が低下することは事実であり、実績値を見ると、設備ごとのばらつきはあるものの、設備利用率が低下すると、発電効率実績も低下し、設計効率と発電効率実績の差は大きくなる傾向にあるものと推定される。

こうした点を踏まえ、シンプルな制度設計を追求する観点からも、調整力補正については、設備利用率の低下度合いに応じた補正値を設定する。

また、補正値の設定に当たっては、設備利用率と発電効率低下の関係性から導かれることとなるが、機器性能や運用方法等が設備ごとに異なる中では、発電効率低下には複合的要因が絡み合う。こうした実情を踏まえ、設備ごとのばらつきを詳細に分析することの困難性や事業者間での公平性・透明性等を鑑みて、各設備データをアグリゲートすることで個体差をならし、事業者間で同一の補正体系を設定する。

（図）設備利用率と発電効率低下の関係性



※発電効率低下、設備利用率は、資源エネルギー庁による事業者ヒアリング結果に基づく、大手電力の保有する石炭火力の2019年度実績値。各設備利用率帯の分布から大きく離れた外れ値等は除外。

②調整力補正における設備利用率の考え方

前述のとおり、需給変動については複合的要因が絡み合うため、“再エネ導入拡大に伴う運用”を詳細に定義をしていくことは困難ではあるものの、設備のトラブルやメンテナンス等の自己都合による休止については、需給変動に伴う調整力運用とは別であるため、設備利用率を算出する際には一定の考慮が必要である。

例えば、1 年の大半をメンテンナンスで休止していた場合、発電量が少ない分、そのまま計算すると設備利用率は低く算出され、調整力運用で大きく出力抑制をした場合と等しい調整力補正を得られることとなる。こうした事態を避けるため、設備利用率の計算に当

たっては、トラブルやメンテナンス等の休止時間を除いて、下図の通り算出する。

（図）設備利用率の考え方

■トラブルやメンテナンス等の休止時間を除いて年間設備利用率を計算。

$$\text{年間設備利用率[\%]} = \frac{\text{年間発電量[kWh]}}{\text{出力[kW]}*(8760[h] - \text{トラブル・メンテナンス等による休止時間[h]}^{※})}$$

※試運転期間を含む

※算出例：60万kWの石炭火力で、メンテナンス4,000時間/年、発電量25億kWh/年の場合

■メンテナンス時間を控除する場合※メンテナンス時間＝4,000時間と仮定。
設備利用率：25億kWh / {60万kW＊(8,760h **－ 4,000h**)} ≒ **88%**

■メンテナンス時間を控除しない場合
設備利用率：25億kWh / (60万kW＊8,760h) ≒ **48%** ← **大幅な出力抑制と同等水準の調整力補正を得られる**

③調整力補正体系

調整力補正体系として、全事業者の中で調整力として活用した発電所に対する A. 調整力補正値の加算方法、B. 調整力補正値の考え方、C. 実務面について、以下のとおり整理した。

A. 調整力補正値の加算方法

混焼や熱利用等の他の補正措置を算定した後の発電効率に、調整力補正値を加算することで、最終的な省エネ法上の発電効率を算出する。

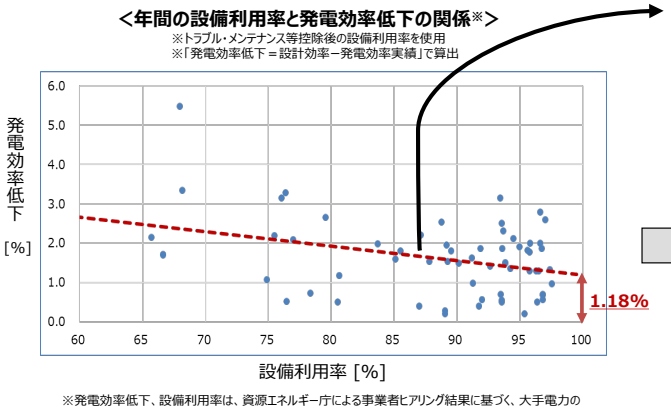
省エネ法に基づき報告する発電効率[%]
＝ 熱利用・バイオマス混焼等の補正込みの発電効率[%]＋調整力補正値[%]

B. 調整力補正値の考え方

設備利用率に応じた発電効率低下の度合い＝調整力補正値と考え、以下のとおり、設備利用率と発電効率低下の関係図における線形近似式を用いて、各設備利用率における調整力補正値を設定する。このとき、設備利用率 100%時の設計効率と発電効率実績の差分を、近似式から導かれる値から差し引いた値を調整力補正値として使用する。

なお、調整力補正値については、今後の再エネ導入拡大により、石炭火力の調整力運用の状況に変化が生じることが考えられるため、必要に応じて見直しを検討する。

（図）調整力補正値を定義する近似式



※発電効率低下、設備利用率は、資源エネルギー庁による事業者ヒアリング結果に基づく、大手電力の保有する石炭火力の2019年度実績値。各設備利用率帯の分布から大きく離れた外れ値等は除外。

【補正値の近似式※】

発電効率低下 ＝ -0.037*設備利用率 ＋ 4.87

設備利用率100%時の発電効率低下1.18%を控除

補正値[Y] = -0.037*設備利用率[X] + 3.69

※近似式に設備利用率[X]をインプットして、補正値[Y]を算出。

<近似式を用いた補正値例>

設備利用率[X]	調整力補正値[Y]
40%	+2.2%
50%	+1.8%
60%	+1.5%
70%	+1.1%
80%	+0.7%
90%	+0.4%
100%	0%

C.実務面について

省エネ法の定期報告書中に、調整力補正に関する情報を記入する欄を追加するとともに、調整力補正を使用して新たな石炭目標を達成した事業者については、石炭目標の達成者公表に注釈を付す等の形で公表する。

４．自家発自家消費の発電設備への対応について

（１）現行の措置の概要

現行省エネ法に基づく電力供給業のベンチマークは、「電力供給業（電気事業法第２条第１項第 14 号に定める発電事業のうち、エネルギーの使用の合理化等に関する法律第２条第１項の電気を発電する事業の用に供する火力発電設備を設置して発電を行う事業」に係るエネルギー使用量が年間で 1,500kl 以上の事業者が対象となっている。このため、製造事業者等であって、専ら自家発自家消費に供する発電設備は、電力供給業のベンチマークの対象外となっている。

もっとも、鉄鋼業や化学工業等の製造事業者であって、当該事業におけるエネルギー使用量が年間 1,500kl 以上の場合には、エネルギー多消費事業者として、①毎年度のエネルギー使用原単位の改善（5 年度間平均で年平均 1%以上改善（努力義務））や、②各業種におけるベンチマーク目標の達成が求められている。このため、製造事業者については、これらの枠組みの中で、発電設備の高効率化を進めることとなっている。

（図）事業者毎にかかる規制内容の概要

対象事業者 （年間1,500kL以上のエネルギーを使用）	省エネ法上の電力供給業としての火力発電効率のベンチマーク （A指標＋B指標）	省エネ法上のエネルギー多消費事業者としての①努力目標②各業種ベンチマーク※1
(1) 電力供給業 （基本的に売電のみ）	○	○
(2) 電力供給業＋製造業等 （売電＋自家消費※2）	○	○
(3) 製造業等 （専ら自家発自家消費等※3）	×	○

※1：例えば、製造業では製造プロセス全体での省エネ目標達成に向けた過程の中で、生産活動と一体不可分の自家発設備（石炭火力）への対策も含まれている。
※2：売電が一定割合以上である等、発電事業の用に供する発電設備（電気事業法に規定する特定発電用電気工作物）。
※3：専ら自家消費をしている、主に自家消費の用に供する発電設備で売電は一定割合以下である等、電気事業法に規定する特定発電用電気工作物ではないもの。

こうした中、日本全体で非効率石炭火力のフェードアウトを進めていく上では、自家発自家消費の発電設備についても確実に高効率化に向けた取組を図ることが必要であり、その状況を可視化することが望ましい。

この点、本ワーキンググループにおいても「電力供給業や一定以上の売電をしている事業者については、間違いなく規制が強化される中で、自家発自家消費の発電設備について何の措置を講じなくて良いのかは疑問。自家発自家消費の発電設備については、高効率化を努力目標とし、参考指標として省エネ法上の定期報告で発電効率を報告するなど、工夫の余地があるのではないか」といった意見があった。

（２）対応策

非効率石炭火力のフェードアウトを確実に進めるに当たっては、電力供給業に該当しない製造事業者等が保有する自家発自家消費の発電設備を含めて対策を講じる必要がある。このため、自家発自家消費を含む全ての発電設備に以下の措置を講じることとした。

① 省エネ法に基づく「工場等におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断の基準」（経済産業省告示）において、発電設備の利用にあっては、熱利用等の総合的な発電効率の向上に資する取組や、バイオマス混焼等を行うことを義務として規定するとともに、

② 高効率化に向けた取組の状況について、毎年度の定期報告書（指定－第 8 表）において、報告するものとする。

③ さらに、出力が 1,000kW 以上の発電設備については、毎年度、発電効率等の詳細データを報告するものとする。

これらの措置により、自家発自家消費の発電設備における熱利用やバイオマス混焼等の発電効率の向上に資する取組を確実に進めるよう促すとともに、政策当局においてその状況を把握し、適切な政策につなげていくこととする[8]。

（３）中長期計画の公表

非効率石炭火力のフェードアウトを確実に進めるに当たっては、各事業者において発電設備の高効率化に向けた中長期的な目標を設定するとともに、その達成に向けた計画を作成し、取組を進めることが望ましい。[9]

現在、省エネ法の特定事業者（エネルギー使用量(原油換算)が 1,500kl/年以上の者）については、毎年度、工場等におけるエネルギーの使用の合理化の目標に関し、その達成のための中長期的な計画（以下「中長期計画書」という。）を作成し、主務大臣に提出することとなっている（省エネ法第 15 条等）。

この枠組みにおいて、発電設備を保有する事業者については、発電設備の高効率化に向けた中長期的な取組事項（バイオマス混焼の中長期的な見通しや、非効率発電設備の休廃止に係る計画等）を可能な範囲内で記載するものとした。

また、各事業者の中長期計画書に、より実効性を持たせるとともに、その取組内容・状況を可視化するため、資源エネルギー庁において、業界ごとの取組を定期的に公表することとした。

---

8 自家発自家消費設備に対する発電効率報告については、「定期報告書の中で、現行様式のようなチェックリストだけではなく、発電効率等もしっかりと記入いただくことは、社会への発信という点でも重要なことである」「個々の発電設備ごとのデータの把握は、今後、行政で PDCA を回していく上でも非常に大切な情報の蓄積となる」といった意見があった。

9 中長期計画書の活用については、「大規模発電事業者にはフェードアウトに関する計画の作成・提出等の努力を求めているが、自家発自家消費発電設備を保有する事業者についても、省エネ法の中長期計画書を活用して、今後の高効率化に向けた方向性について報告していただくべき」「省エネ法の中長期計画書の中で、特に石炭火力発電設備について、どのような計画でフェードアウト・高効率化を進めるのかを併せて提出していただき、確認する方法はどうか」といった意見があった。

おわりに

2030 年に向けた非効率石炭火力のフェードアウトを着実に進めていくべく、本ワーキンググループで議論がなされた新たな「規制的措置」の導入をはじめ、容量市場による「誘導措置」、各措置の実効性を確認・担保する「フェードアウトに関する計画」といった政策パッケージを講じていくことが必要である。その際、石炭火力は地元雇用や地域経済、電力の安定供給を支えている役割もあるため、その休廃止による影響を懸念する声があることも踏まえ、引き続き関係者の意見を聞きながら取組を進めていくことが重要である。一方、本ワーキンググループでの審議中であった 2020 年 10 月に内閣総理大臣により宣言された 2050 年のカーボンニュートラルに向けた視点も重要となる。カーボンニュートラルという観点では、もはや石炭火力のみならず、CO2 を排出する火力全体の問題であり、安定供給の観点から今後も火力を一定程度活用していくためには、火力の脱炭素化を段階的に進めていくことが必要となる。こうした脱炭素化の取組は、金融機関の ESG 投資拡大等の資本市場の反応からも明白であるように、事業者の企業評価に直結するものであり、企業競争力の観点からも重要となる。

このとき、火力の脱炭素化に向けては、本ワーキンググループでも議論された水素混焼やアンモニア混焼といった脱炭素燃料の混焼・専焼や CCS/CCUS・カーボンリサイクルといった技術の活用が鍵となり、こうした流れも踏まえて、今回の規制的措置の中ではアンモニア混焼・水素混焼への配慮措置を新たに創設している。今後の技術開発・実証・実装に向けた取組を一層進め、技術普及を促進していくことが重要である。

2020 年夏より議論が続けられてきた本ワーキンググループにおいては、2030 年に向けた非効率石炭火力のフェードアウトの実効性を確保する具体的な措置として、省エネ法による新たな規制的措置を 2023 年度の省エネ法定期報告書（2022 年度実績）の提出時から導入していくこととした。安定供給の前提の下、まずは、こうした非効率石炭火力のフェードアウトを着実に進めていくとともに、こうした取組の進捗状況を、透明性のある形で定期的に確認・公表していく。また、今後は 2050 年カーボンニュートラルに向けて、全ての燃料種を含めた火力全体の在り方もきちんと整理・検討していくことが重要である。

（参考資料）フェードアウトに関する計画について

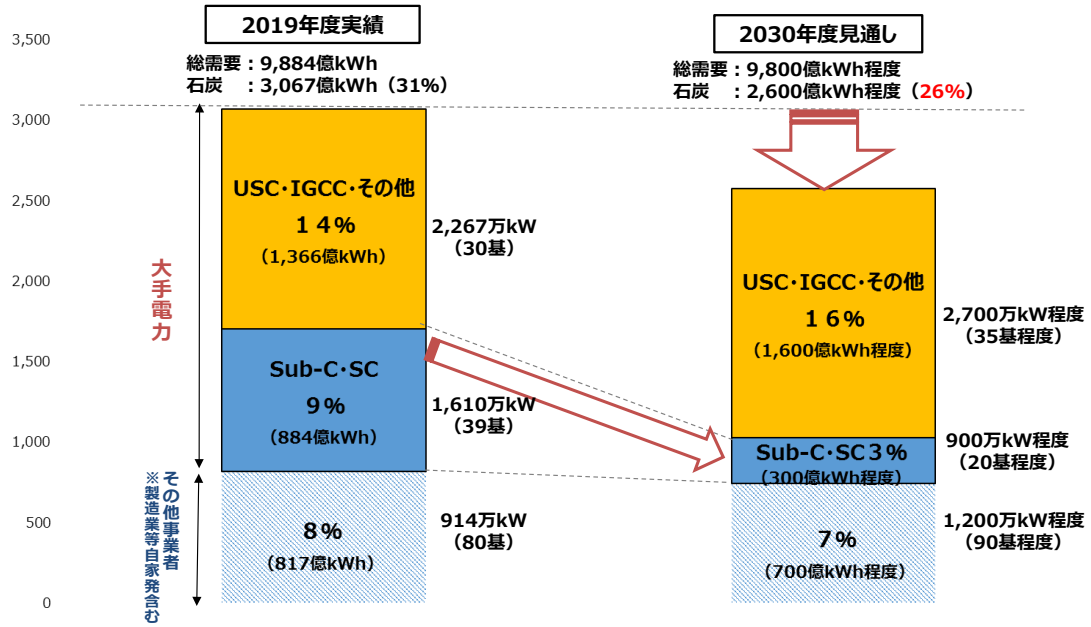
2030 年に向けた非効率石炭火力のフェードアウトの着実な実施のためには、規制的措置や誘導措置等の措置が事業者へどのような行動変容をもたらすのかを定期的に確認し、その措置を不断に見直していくことが重要である。このため、石炭火力からの発電量が、石炭火力全体の約 8 割を占める大手電力及び大手電力と同等以上の発電量を持つ事業者[10]を対象として、非効率石炭火力のフェードアウトに関する計画の作成を毎年度求め、発電事業者が経済産業大臣に届け出る供給計画の補足資料として位置づけることとした。

ただし、本計画は供給計画とは異なる前提で作成しており、具体的には、①2030 年度エネルギーミックス水準を踏まえ計画を作成しており、再エネ導入状況や原子力の再稼働状況等、今後の他電源の見通しの変動により石炭火力の見通しも変動することに加え、②休廃止計画には、地元調整等が完了した場合など、条件付きで休廃止可能とする発電設備も含んでいる。

なお、本計画は事業者にとって競争上の重要情報であり、また地元との調整に影響を及ぼすこと等により、むしろ着実なフェードアウトを妨げる恐れがあるため、各事業者単位での計画については公表せず、全事業者を統合した形で 2030 年に向けたフェードアウトの絵姿を公表することとしている。

以上の前提の下、一定の石炭火力発電事業者による 2030 年度に向けた非効率火力削減計画を踏まえ、試算を行ったところ、現行のエネルギーミックスで定める石炭比率（26%）を達成する見込みとなっている。

（図）非効率石炭火力フェードアウトの見通し



※試算にあたっては送電端発電量により算出。
※2030年度に残存するSC,Sub-Cは、安定供給及び地元雇用に重要な設備で、これら設備も稼働率低下や混焼等の措置を講じる必要がある。

10 製造業等が持つ石炭火力については、これまでの本ワーキンググループでのヒアリング結果を踏まえると、自家発自家消費目的で発電する場合は代替性が乏しく、低廉な電力供給が企業の競争力に直結しており、また、熱利用等で高効率化の工夫もなされてきている。その点を踏まえて、売電量ベース（発電量全体から自家発自家消費目的での発電量を控除したもの）で見たときに大手電力と同等ではない場合は対象の除外とする。

総合資源エネルギー調査会
電力・ガス事業分科会　電力・ガス基本政策小委員会
省エネルギー・新エネルギー分科会　省エネルギー小委員会　合同
石炭火力検討ワーキンググループ
委員名簿

座長

大山　力　　横浜国立大学大学院工学研究院知的構造の創生部門 教授
（※2021 年 3 月 31 日をもって退任）
秋元　圭吾　　公益財団法人地球環境産業技術研究機構システム研究Ｇ　グループリーダー
（※2021 年 4 月 1 日から新任）

委員

坂本　敏幸　　一般財団法人日本エネルギー経済研究所　理事
崎田　裕子　　ジャーナリスト・環境カウンセラー
曽我 美紀子　　西村あさひ法律事務所 パートナー 弁護士
高村　ゆかり　　東京大学未来ビジョン研究センター　教授
長野　浩司　　一般財団法人電力中央研究所社会経済研究所長　研究参事
松村　敏弘　　東京大学社会科学研究所　教授

オブザーバー

加藤　英彰　　電源開発株式会社　執行役員　経営企画部長
神田　剛治　　日本鉄鋼連盟電力委員会　委員長
髙本　学　　日本電機工業会　専務理事
寺町　浩二　　電気事業連合会　企画部長
成田　正士　　丸紅クリーンパワー株式会社　代表取締役社長
判治 洋一　　一般財団法人省エネルギーセンター　上席統括役
牧野　英顯　　日本化学工業協会　常務理事
武藤　由之　　一般社団法人セメント協会電力ＷＧ　リーダー
和田　一孝　　日本製紙連合会エネルギー小委員会　委員長

（敬称略）

石炭火力検討ワーキンググループ審議経過

第１回石炭火力検討ワーキンググループ（２０２０年８月１３日）
（１）石炭火力検討ワーキンググループの設置について
（２）議事の運営について（案）
（３）非効率石炭火力のフェードアウトを巡る状況について

第２回石炭火力検討ワーキンググループ（２０２０年８月２５日）
（１）事業者ヒアリング（電気事業連合会、北陸電力、九州電力）
（２）事業者ヒアリング（日本鉄鋼連盟、日本化学工業協会）
（３）今後の検討に向けた論点整理及び個別論点の更なる検討について

第３回石炭火力検討ワーキンググループ（２０２０年９月１８日）
（１）事業者ヒアリング（電源開発、中国電力、沖縄電力、丸紅クリーンパワー）
（２）事業者ヒアリング（日本製紙連合会、セメント協会）
（３）個別論点の更なる検討について
（４）第 2 回石炭火力検討ワーキンググループにおける御質問事項への御回答

第４回石炭火力検討ワーキンググループ（２０２０年１０月１６日）
（１）これまでの論点整理と今後の議論の基本的方向性について
（２）海外の石炭火力政策動向について

第５回石炭火力検討ワーキンググループ（２０２０年１１月１６日）
（１）非効率石炭火力のフェードアウトに向けた各種施策の検討状況について
（２）個別論点の更なる検討について

第６回石炭火力検討ワーキンググループ（２０２０年１２月２５日）
（１）個別論点の更なる検討について
（２）海外の石炭火力政策動向について

第７回石炭火力検討ワーキンググループ（２０２１年３月２２日）
（１）今冬の需給逼迫について
（２）個別論点の更なる検討について

第８回石炭火力検討ワーキンググループ（２０２１年４月９日）
（１）石炭火力検討ワーキンググループ中間とりまとめ（案）について
（２）火力発電を取り巻く情勢について