

2050 カーボンニュートラル達成に向けた日本の火力発電の方向性

副主任研究員 尾形 和哉

ウクライナ情勢により原油や天然ガスの価格高騰がおり、欧州を始め世界各国でエネルギー政策の転換が進んでいる。日本においても原子力発電の新増設・リプレースの検討が指示されるなど、エネルギー安定供給と脱炭素の両立に向けた検討が進められている。本稿では米国・欧州の動向に焦点を当て、ウクライナ情勢がエネルギー政策に与えた国際的な影響と今後の見通しを踏まえつつ、日本における電力部門のトランジションに向けた課題を概観する。

1. ウクライナ情勢と各国のエネルギー政策の転換

(1) 欧州の動向

ロシアのウクライナ侵攻によって原油や天然ガスの価格が高騰し、欧州各国では脱石炭・脱原発の方針を転換し、エネルギーの安定確保に向けた政策への転換が起こっている。

ドイツでは 2022 年 7 月に電力部門での天然ガス消費量を抑えることを目的として、一時的に石炭・石油で代替することを可能とする政令が施行された¹。同政令により、設備容量 4.3GW の石炭火力発電所、1.6GW の石油火力発電所に加え、2022 年以降に廃止予定であった 2.6GW 相当の石炭火力発電所についても稼働することが認められた。ドイツ連邦統計局によると、ガス価格の高騰や原子力発電所 3 基の停止に伴い、2022 年上半期のドイツ国内で生産される電力の 3 分の 1 が石炭火力由来のものとなっており²、この割合は更に増加するものと見られる。一方でドイツ連邦政府は、2030 年までに石炭火力の段階的廃止を完了するという当初の目標はこの措置による影響を受けないと強調している。

さらに、2022 年 9 月には 2022 年末で廃炉予定であった原子力発電所 2 基 (Isar 2 及び Neckarwestheim) について、2023 年 4 月まで予備電源として活用する方針を発表した³。このように、ドイツではエネルギー価格上昇への対応や、冬期の備蓄確保に向けた発電分野での天然ガス消費量削減のため、従来の脱石炭・脱原発の方針を転換し、石炭火力や原子力の一時的な活用に舵を切っている。

英国においても石炭火力発電所の稼働延長の動きがある。2022 年 7 月に英国発電大手ドラックスは、2022 年 9 月に閉鎖予定であった石炭火力発電所について、英国政府からの 2023 年 3 月までの稼働延長要請に合意したと発表した⁴。

また、英国政府は 2022 年 4 月にウクライナ情勢に伴うエネルギー価格高騰を受け「エネルギー安全保障戦略」を発表した⁵。本戦略の中で原子力発電の設備容量を 2050 年までに最大 24GW 導入するとしており、これは 2020 年の原子力による発電割合 16%⁶を 25%まで拡大することに相当する。2022 年 9 月にトラス新英首相が就任後に行った演説においても⁷、2050 年までに発電量の最大 25%を原子力とすることに言及したほか、シェールガス採掘の一時停止を終了し、再生可能エネルギーの導入加速により 2040 年までに英国をエネルギーの純輸出国にするという目標を掲げた。

2019 年時点で電源構成の約 7 割を原子力に依存するフランスでは⁸、マクロン大統領が 2022 年 2 月、2050 年のカーボンニュートラル達成に向け、再生可能エネルギーの導入加速に加え次世代型原子力発電所 6 基を新設することを発表した⁹。2022 年 7 月にはボルヌ首相が施政方針演説の中で、再生可能エネルギーと原子

力を中心とした電源構成の実現を目指すとしており¹⁰、また同演説では大統領が掲げた原子力発電所の新設の実現に向けフランス電力（EDF）の国有化を表明し、エネルギー自給率の向上に向けた政策が進められている。

（2）米国の動向

一方、ロシアへのエネルギー依存度が低い米国においては、2022年1月のエネルギー安全保障に関するEUとの共同声明で欧州への液化天然ガス供給への協力を発表している¹¹。また、2022年8月にバイデン大統領が連邦議会を通過したインフレ抑制法案に署名し、同法が正式に成立した。インフレ抑制法の歳出規模は4,370億ドルであり、その内訳にはクリーンエネルギー及び気候変動関連プログラムの支出に対するインセンティブとして約3,690億ドルが含まれている¹²。このうち、火力発電に関連する部分ではCCUS¹³プロジェクトへの支援拡充が挙げられる。既存の税控除の対象となる炭素回収・貯留（CCS）施設について、着工日の期限が2026年1月1日から2033年1月1日に延長されるほか、直接空気回収（以下、DAC）¹⁴を行う場合にも適用されることとなる。具体的には、DACによる炭素の回収と貯留（DACCS）の場合は\$180/トン、炭素の回収と利用（DACCU）の場合は\$130/トンの控除額が新たに規定されている¹⁵。このように、CCUSプロジェクトへのインセンティブを拡充することによって火力発電での脱炭素化を推し進める内容となっている。

インフレ抑制法には原子力発電所への支援も盛り込まれており、2024年から2032年の間に発電及び販売される原子力発電については、1MWhあたり最大15ドルの補助金を支給するほか、研究開発に1億5,000万ドルの予算を割り当てるなど、エネルギー価格の引き下げやクリーンエネルギー部門での雇用創出などに注力する¹⁶。このように米国では、エネルギー安全保障の確保と脱炭素の両立に向けた政策が打ち出されている。

2. 日本のエネルギー政策の動向

日本においてもウクライナ情勢を踏まえたエネルギーの安定確保に向けた議論が進められている。2022年8月に開催された第2回GX実行会議では、GX¹⁷を進める上でもエネルギー政策の遅滞¹⁸の解消は急務であるとし、そのための検討として「洋上風力などの大量導入」や「原子力発電所の再稼働」、「次世代革新炉の開発」等が挙げられた（図表1）¹⁹。特に原子力政策の今後の進め方として、2023年夏以降には原子力規制委員会の設置変更許可を得ている7基の原子力発電所について、安全工事の円滑実施による着実な再稼働や地元の理解確保に向けた取組を進めていくとしている。

＜図表1＞ 「エネルギー政策の遅滞」 解消のための政治決断

再生可能 エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> ■ 全国規模での系統強化や海底直流送電の計画策定・実施 ■ 定置用蓄電池の導入加速 ■ 洋上風力など大量導入が可能な電源の推進 ■ 事業規律強化に向けた制度的措置 <p style="text-align: right;">等の検討</p>
原子力	<ul style="list-style-type: none"> ■ 再稼働への関係者の総力の結集 ■ 安全確保を大前提とした運転期間の延長など既設原発の最大限活用 ■ 新たな安全メカニズムを組み込んだ次世代革新炉の開発・建設 ■ 再処理・廃炉・最終処分プロセス加速化 <p style="text-align: right;">等の検討</p>
電力・ガス	<ul style="list-style-type: none"> ■ 電力システムが安定供給に資するものとなるよう制度全体の再点検 ■ 安定供給の維持や脱炭素の推進を進める上で重要性の高い電源の明確化 ■ 必要なファイナンス確保への制度的対応 <p style="text-align: right;">等の検討</p>

（出典）GX実行会議（第2回）資料をもとにSOMPOインスティテュート・プラス作成

また、日本国内では 2022 年 3 月には東京電力管内及び東北電力管内に電力需給ひっ迫警報が、6 月末には東京電力管内に電力需給ひっ迫注意報が発令されるなど、供給力不足による電力需給のひっ迫懸念が高まっており、火力発電における供給力確保の議論も進められている。火力発電の稼働率は再エネの導入拡大等により低下しており、また、過去 5 年間で合計 2,000 万 kW 近い火力発電所が廃止となっていることから²⁰、政府は昨年来より火力発電等の休廃止の事前届出制の導入や、必要な供給力確保に向けた追加供給力公募(以下、kW 公募)を実施している。なお、資源エネルギー庁が第 5 3 回電力・ガス基本政策小委員会で示した資料では、2022 年度冬期の電力需給について、LNG 火力のみを対象として実施された kW 公募の結果を踏まえ、予備率²¹は東北・東京エリアで 3%以上、中西 6 エリア(中部、北陸、関西、中国、四国、九州)で 4%以上を確保できる見通しが示された。ただし、同委員会では、2021 年度～2030 年度の火力供給力の見通しとして新設が 1,431 万 kW、廃止が 4,333 万 kW とされており²²、供給力全体としては減少傾向にある。

3. 火力発電のロードマップの必要性

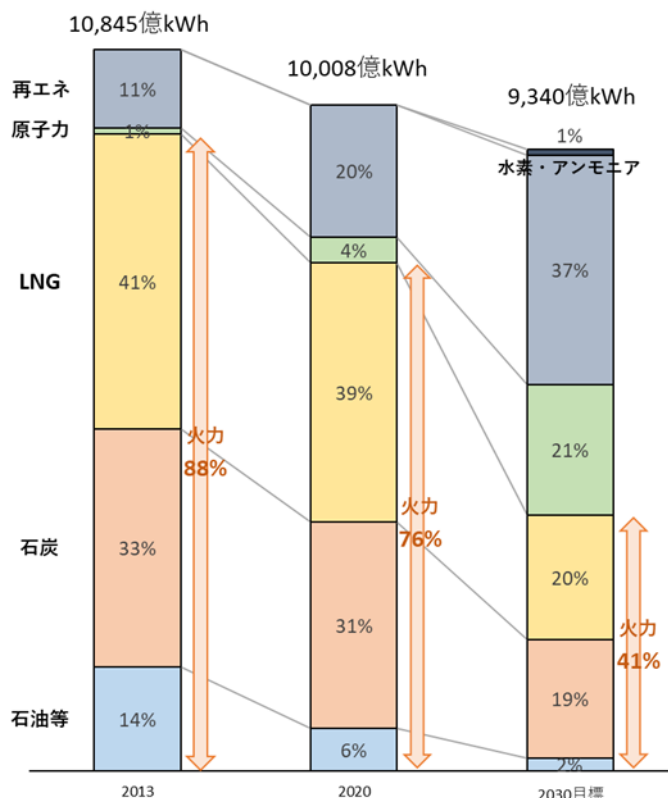
2021 年 10 月に我が国で閣議決定された「2030 年度におけるエネルギー供給の見通し」²³にて、2030 年度には温室効果ガスを 2013 年比で 46%削減することを表明しており、2030 年度の電源構成について火力発電は 41%、原子力発電は 20～22%を目標としている(図表 2)²⁴。2020 年度と 2030 年度の電源構成を比較すると、火力発電全体では 76% (2020 年度) から 41% (2030 年度) まで減少させることとなっている。

電力による CO2 排出は、産業・運輸・業務・家庭(非電力)部門における省エネの取組による電力消費量の削減効果に大きく影響を与えるため、脱炭素化に向けては電力部門の取組、とりわけ CO2 排出係数²⁵の大きい石炭火力発電への対応が重要である²⁶。2020 年度のエネルギー起源 CO2 排出量は 9 億 6,700 万トンであり、そのうち電力由来の CO2 排出量は 4 億 3,200 万トンと約 45%を占めている²⁷。2030 年度の電力由来 CO2 排出量の目標値は 2 億 1,900 万トン²⁸とされているため、この目標達成のため 2030 年に向けて火力発電の脱炭素化に取り組む必要がある。

2021 年 6 月に策定された「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」²⁹では、電力部門の脱炭素化は大前提として、再生可能エネルギーの最大限導入、原子力の再稼働や次世代炉の開発、火力における CO2

回収技術の確立等を掲げている。また、2022 年 2 月に公表された「電力分野のトランジション・ロードマップ」³⁰では発電分野について、水素・アンモニア・バイオマスの混焼及び専焼や CCUS の活用による火力電源そのものの脱炭素化に加え、既存の火力発電所の休廃止、火力電源の稼働率の低減や高効率化などを組み

◀図表2▶2030年度の電源構成



(出典) 2030年度におけるエネルギー需給の見通し(関連資料)、総合エネルギー統計をもとにSOMPOインスティテュート・プラス作成

合わせた着実な CO2 排出量の削減によって電力分野のトランジションを進めていくこととしている。なお同ロードマップでは、2030 年までに実用化・導入を目指している水素・アンモニア・バイオマスの混焼を「トランジション電源」、2030 年以降の実用化・導入を目指しているアンモニア・水素専焼、CCUS 活用の 3 つを「脱炭素電源」と定義している。2030 年の電源構成並びに 2050 年カーボンニュートラルを達成するためには、エネルギー安全保障の観点から再生可能エネルギーを補完する調整力として、また、先に述べた電力ひっ迫に対応する供給力として火力発電を活用しつつ、トランジション電源・脱炭素電源へ移行する必要がある。

日本では 2050 年カーボンニュートラルの実現に向け、NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）によるアンモニア混焼技術の実用化に向けた助成や、非効率石炭火力のフェードアウトが進められている一方で、2022 年 9 月の時点では以下の石炭火力発電所の新設計画が進められている（図表 3）。

◀図表3▶2021年以降の石炭火力発電所の新設計画

電力会社	発電所名	運転開始 (予定含む)	使用燃料	発電技術	出力(kW)
JERA	横須賀火力発電所2号機	2024年2月	石炭	超々臨界圧(USC)	650,000
JERA	横須賀火力発電所1号機	2023年6月	石炭	超々臨界圧(USC)	650,000
四国電力	西条発電所1号機	2023年6月	石炭	超々臨界圧(USC)	500,000
コベルコパワー神戸第二	神戸発電所4号機	2022年中	石炭	超々臨界圧(USC)	650,000
中国電力	三隅発電所2号機	2022年11月	石炭、木質バイオマス	超々臨界圧(USC)	1,000,000
周南パワー	トクヤマ東発電所第3号発電所	2022年9月	石炭、木質バイオマス	亜臨界圧(SUB-C)	300,000
JERA	武豊火力発電所5号機	2022年8月	石炭、木質バイオマス	超々臨界圧(USC)	1,070,000
コベルコパワー神戸第二	神戸発電所3号機	2022年2月	石炭	超々臨界圧(USC)	650,000
広野IGCC/パワー合同会社	広野IGCC発電所	2021年11月	石炭	石炭ガス化複合発電(IGCC)	543,000
勿来IGCC/パワー合同会社	勿来IGCC発電所	2021年4月	石炭	石炭ガス化複合発電(IGCC)	543,000
海田バイオマスパワー	海田発電所	2021年4月	石炭、木質バイオマス	循環流動層ボイラ(CFB)	112,000

（出典）各社プレスリリースをもとにSOMPOインスティテュート・プラス作成

このように、2021 年度以降に新設される石炭火力発電では、そのほとんどで高効率な超々臨界圧（以下、USC）³¹や石炭ガス化複合発電（以下、IGCC）³²が採用されている。ただし、2030 年電源構成にて再エネ 37%・原発 21%と仮定した場合、2030 年時点の石炭火力発電がすべて USC 相当であったとしても火力発電全体から 2.33 億トンの CO2 が排出されることになる³³。エネルギーの長期需給見通しでは 2030 年の電力由来 CO2 排出量を 2.19 億トンとしており、上記の仮定の場合、火力発電由来の CO2 排出量をさらに 1,400 万トン削減する必要がある。

2030 年の石炭火力では、CO2 排出量の削減において石炭の一部をアンモニアで代替するアンモニア混焼、すべてを代替するアンモニア専焼や CCS が期待されている。「燃料アンモニア導入官民協議会中間取りまとめ」によれば、仮に日本の大手電力会社が保有する全石炭火力発電で 20%アンモニア混焼を実現した場合は 4,000 万トンの CO2 削減効果があるとされている³⁴。また同資料によれば、USC への 20%アンモニア混焼で IGCC 並みの CO2 排出係数まで低下するとされており、その場合の 2030 年度の火力発電からの CO2 排出量は約 2.18 億トン³⁵と、エネルギーの長期需給見通しの目標を達成できる見込みとなる。ただし、英シンクタンクの TransitionZero の試算では³⁶、実際に 20%のアンモニア混焼を実現する場合に必要なアンモニアの量は毎年 2,000～2,500 万トンとされ、2020 年時点の全世界のアンモニア貿易量に匹敵する。このため、国内外に存在している肥料用途や工業用途といった原料用アンモニアの市場とは異なる、燃料アンモニア市

場の形成とサプライチェーンの構築が大きな課題となっている。

石炭火力の脱炭素化で有力な打ち手として、CCS も検討が進められている。国際エネルギー機関（IEA）の試算をもとにした資源エネルギー庁の推計では、日本の CCS の想定年間貯留量は、2050 年時点で年間約 1.2～2.4 億トンが目安となっている³⁷。ただし、CCS の年間貯留量には電力部門のみならず、非電力部門（産業・運輸・業務・家庭部門）からの CO2 排出量も考慮する必要がある。なお、2030 年中に事業者が CCS 事業を開始するためには、2023 年度から FS（フィージビリティ・スタディ）等を開始し、2026 年度までに最終投資判断する必要があるとしており、早急な事業環境の整備が求められている。

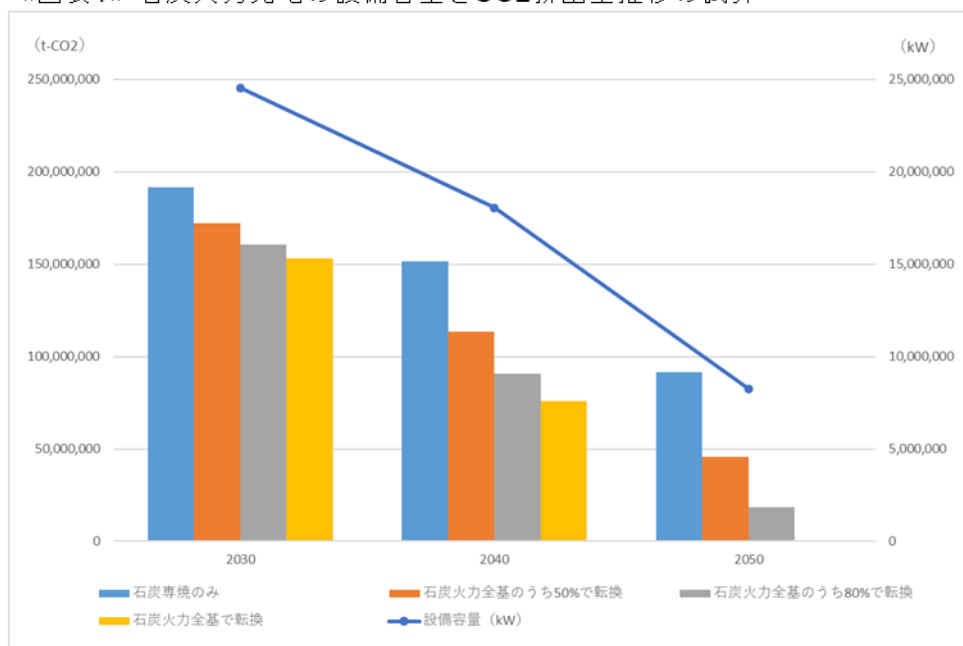
また、日本では CCS のみならず、化学品や燃料等での CO2 利用を念頭に「カーボンリサイクル³⁸」と呼ばれる技術の研究開発も進められており、経済産業省が 2019 年 6 月に「カーボンリサイクル技術ロードマップ」を策定して以降、NEDO のカーボンリサイクル関連予算やグリーンイノベーション基金を活用し、社会実装に向けた技術開発や実証の取組を加速している。

4. むすび

現在、欧州を中心に一時的な化石燃料への回帰が進んでいるが、長期的には 2050 年カーボンニュートラルへ向け石炭火力発電が減少していくことは避けられない。日本において 2030 年の電源構成を達成するには、再生可能エネルギーの導入と原子力の再稼働が必須であるが、この移行期においてはエネルギーの安定供給も踏まえ、化石燃料を活用しながら火力発電の脱炭素化を段階的に進める必要がある。その打ち手として、「電力分野のトランジション・ロードマップ」に挙げられている石炭火力発電でのアンモニア混焼・専焼への転換や CCUS の活用は有効な手段である一方、2030 年や 2040 年における石炭火力発電の具体的な道筋はまだ見えていない。

例えば、既設の USC 未満の設備については今後新設をせず 2030 年までにフェードアウトを確実に実施し、建設中・新設予定を含む既設の USC 以上の設備については 40 年使用すると仮定した場合の CO2 排出量の推移は図表 4 に示すグラフの通り試算できる³⁹。この場合、2030 年に 20%アンモニア混焼、2040 年に 50%混焼、2050 年に専焼を実現したと仮定している。

◀図表4▶石炭火力発電の設備容量とCO2排出量推移の試算



（出典）発電情報公開システム(HJKS)、資源エネルギー庁資料をもとにSOMPOインスティテュート・プラス作成

この仮定の場合、石炭火力全基のうち 80%以上でエネルギー転換を行うシナリオであれば、2040 年での石炭火力発電由来での CO₂ 排出量は 1 億トンを下回ることとなる。ただし、アンモニアの確保や発電コストといった課題への対応に加え、石炭火力発電に充てることができる CCS 貯留量を明確にする必要もある。

ウクライナ情勢によるエネルギー価格の高騰や足下の電力需給ひっ迫といった課題に対応しつつ脱炭素化を進めるためには、現在建設計画のある石炭火力発電所も含め、石炭火力発電の活用と廃止の見通しを明確にし、いつまで石炭専焼で使うのか、いつからアンモニア混焼・専焼へ転換し脱炭素電源へ移行していくか等も含めた工程表が必要である。まずは 2030 年、2040 年時点での石炭火力発電のあり方について、原子力再稼働の議論とあわせて国は示すべきである。

-
- 1 ドイツ連邦経済・気候保護省 HP<<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/07/20220713-erster-ersatzkraftwerke-konnen-an-den-strommarkt-zurueckkehren-und-beitrag-zur-gaseinsparung-leisten.html>> (最終閲覧：2022.9.16)
- 2 ドイツ連邦統計局 HP<https://www.destatis.de/EN/Press/2022/09/PE22_374_43312.html> (最終閲覧：2022.9.16)
- 3 ドイツ連邦経済・気候保護省 HP<<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/09/20220905-stresstest-zum-stromsystem.html>> (最終閲覧：2022.9.16)
- 4 Drax<<https://www.drax.com/investors/six-month-extension-of-coal-operations-at-request-of-uk-government/>> (最終閲覧：2022.9.16)
- 5 英首相官邸 HP<<https://www.gov.uk/government/news/major-acceleration-of-homegrown-power-in-britains-plan-for-greater-energy-independence>> (最終閲覧：2022.9.18)
- 6 世界原子力協会 HP<<https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-t-z/united-kingdom.aspx>> (最終閲覧：2022.9.18)
- 7 英首相官邸 HP<<https://www.gov.uk/government/speeches/pm-liz-truss-opening-speech-on-the-energy-policy-debate>> (最終閲覧：2022.9.18)
- 8 IEA 「Data and statistics」
- 9 フランス大統領府 HP<<https://www.elysee.fr/emmanuel-macron/2022/02/10/repandre-en-main-notre-destin-energetique>> (最終閲覧：2022.9.28)
- 10 フランス首相府 HP<<https://www.gouvernement.fr/actualite/suivez-en-direct-la-declaration-de-politique-generale-delisabeth-borne>> (最終閲覧：2022.9.28)
- 11 欧州委員会 HP<https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/statement_22_664> (最終閲覧：2022.10.11)
- 12 米上院民主党 HP<https://www.democrats.senate.gov/imo/media/doc/inflation_reduction_act_one_page_summary.pdf> (最終閲覧：2022.9.16)
- 13 Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage。発電所や化学工場などから排出された CO₂ を分離・回収し、資源として有効利用する、または貯留する技術のこと。
- 14 Direct Air Capture。大気中の CO₂ を直接回収する技術のこと。
- 15 グローバル CCS インスティテュート HP<<https://www.globalccsinstitute.com/news-media/latest-news/ira2022/>> (最終閲覧：2022.9.16)
- 16 米エネルギー省 HP<<https://www.energy.gov/ne/articles/inflation-reduction-act-keeps-momentum-building-nuclear-power>> (最終閲覧：2022.9.16)
- 17 グリーントランスフォーメーション (Green Transformation)。カーボンニュートラル実現のための経済社会システム全体の変革を指す。
- 18 東京電力福島第一原子力発電所事故後のエネルギー政策や、未だ途上である電力システム改革を指す。
- 19 内閣官房 GX 実行会議 (第 2 回)「日本のエネルギーの安定供給の再構築」(2022 年 8 月 24 日)
- 20 資源エネルギー庁 電力・ガス基本政策小委員会 (第 52 回)「今後の火力政策について」(2022 年 7 月 20 日)
- 21 安定供給には予備率 3%が最低限必要とされている。
- 22 資源エネルギー庁 電力・ガス基本政策小委員会 (第 53 回)「今後の供給力確保策について」(2022 年 9 月 15 日)
- 23 資源エネルギー庁「2030 年度におけるエネルギー需給の見通し (関連資料)」(2021 年 10 月)
- 24 総合エネルギー統計 令和 2 年度 (2020 年度) エネルギー需給実績 (確報)
- 25 発電電力量 1kWh あたりの CO₂ 排出量のこと。
- 26 環境省「令和 4 年版 環境・循環型社会・生物多様性白書」(2022 年 6 月)
- 27 前掲 17
- 28 前掲 16
- 29 経済産業省「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」(2021 年 6 月 18 日)
- 30 資源エネルギー庁「電力分野のトランジション・ロードマップ」(2022 年 2 月)
- 31 Ultra-Supercritical。温度 593℃以上、圧力 24.1Mpa 以上の蒸気条件でタービンを回して発電する石炭火力のこと。

-
- ³² Integrated coal Gasification Combined Cycle。石炭をガス化し、ガスタービンと蒸気タービンによるコンバインドサイクル方式を利用した石炭火力のこと。
- ³³ CO₂ 排出係数 0.795 kg-CO₂/kWh（出典：資源エネルギー庁）として算出。
- ³⁴ 経済産業省 燃料アンモニア導入官民協議会 中間取りまとめ（2021年2月）
- ³⁵ CO₂ 排出係数 0.710 kg-CO₂/kWh（出典：資源エネルギー庁）として算出。
- ³⁶ TransitionZero 「石炭新技術と日本」（2022年2月）
- ³⁷ 資源エネルギー庁 第1回 CCS 事業コスト・実施スキーム検討ワーキンググループ「CCS 長期ロードマップ検討会の振り返りと今後の CCS 事業の進め方について（討議）」（2022年9月2日）
- ³⁸ CO₂ を炭素資源と捉え、これを回収し、多様な炭素化合物として再利用すること。
- ³⁹ 設備利用率 70%として算出。