

UNFCCC Post – COP26 Issues : Effectiveness of Paris Agreement, energy security, coal powers, CCS

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2023-04-20 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 横山, 隆壽 メールアドレス: 所属:
URL	https://mu.repo.nii.ac.jp/records/2099

UNFCCC Post-COP26 の課題 -パリ協定の実効性、エネルギー保障、石炭火力、CCS

UNFCCC Post - COP26 Issues - Effectiveness of Paris Agreement, energy security, coal powers, CCS

横山 隆 壽*
TAKAHISA YOKOYAMA

1. はじめに

国連気候変動枠組条約第 26 回締約国会議 COP26（グラスゴー、2021 年）において、パリ協定 (Paris Agreement ; PA) (Decision 1/CP.21) を実施するために必要な指針であるパリルールブックに関する最終的決議がなされ、PA に関する国際交渉は終了した。

PA の目的は全球平均の気温上昇を産業革命水準から 2℃を十分下回るように抑え 1.5℃を下回るように向けた努力をすることである（第 2 条）。その達成の道筋はできるだけ早期に温室効果ガスの排出をピークオフし、21 世紀後半に排出量と除去量をバランスさせる（第 4 条の 1）、すなわち、正味の排出ゼロとすることである。

中国、米国及び EU（欧州連合）を含む 70 以上の国が正味排出ゼロを自国の削減目標に掲げている⁽¹⁾。

IEA はエネルギー産業について、正味排出ゼロを達成するためのロードマップを示した⁽²⁾。

ロードマップが目指すのはクリーンエネルギーへの移行であり、この 10 年間に太陽光及び風力発電を急ぎ大規模導入することである。これは、現在、世界の約 85% 以上のエネルギーを担う⁽³⁾ 安定なエネルギー源である化石燃料から自然変動性の太陽光及び風力発電への置換であり、このエネルギー源の急速な置換にはエネルギーの安定供給保障の面から懸念があり、同時にこれは PA の達成に関わる懸念でもある。

以下では Post - COP26 の課題として、PA の実効性、クリーンエネルギーへの移行に関わるエネルギー保障、石炭火力、及び CCS (CO₂ 回収・貯留) を取り上げる。なお、紙面の都合上、国連、欧州及び米国の法律・政策などに関する資料名は一部文中に略記した。また、石炭の表記に関して、石炭、ハードコール、リグナイト、ブラウンコールと不統一な表記をしているが、石炭分類は商取引、炭層分類、各国規格等により異なる場合があるので、参考文献の原文の通りに表記した。

* 環境研究所 客員研究員

受理日：(2022 年 10 月 31 日)
発行日：(2023 年 3 月 1 日)

2. パリ協定の実効性 - NDC の柔軟性と法的拘束力 -

PA の目的達成のコアとなっているのが NDC (Nationally Determined Contributions 国が決定する貢献⁽⁴⁾) であり、各国の気候変化対応への野心的努力の程度を示すものである。NDC の法的性格を以下で概観する。

2.1 NDC の柔軟性

過去 PA 策定に際しての要求は「under the Convention applicable to all Parties (1/CP.17,para2)」であり、これを反映した自国で削減目標・行動を決定する NDC をコアとする PA の柔軟さはすべての国参加の扉を開いた。現在 194 カ国・機関が NDC を登録している⁽⁵⁾。

NDC の詳細は第 4 条をはじめとする複数の条項 (第 7 条、第 11 条、第 13 条及び第 14 条) に規定されており、以下に示す。

- ・第 4 条の 2:「各国 (Each Party) は自国が達成を意図する 5 年毎更新 (successive) の NDC を作成、共有 (communicate)、かつ維持しなければならない。締約国 (Parties) はその貢献の目的を達成するために国内の緩和策を遂行しなければならない。」ここでは他の条文中に集合的に用いられている「Parties」とは異なり、特に「each Party」として NDC 作成、共有及び維持に関する個別義務を明確にしている。そして各国の NDC を締約国が国内で実行することを義務づけている。
- ・第 4 条の 3:「更新する NDC は、従前の NDC を超える前進を示し、かつ、各国の異なる事情に照らし (in the light of different national circumstances)、共通だが差異ある責任及び各国の能力を考慮した、各国の可能な限り高い野心を反映することが強く期待される (条文中助動詞は will)」。ここでは、いったん提出した NDC は後退できないような歯止めがかけられている。「前進」の評価は自己決定に任せられている。
- ・第 4 条の 4「先進国が経済全体の絶対排出量の削減を目標 (absolute reduction targets) とし取り組むことで継続してリードしていくことが望まれる。途上国は自国の緩和に関する努力強化を続け、各国の異なる事情に照らして、次第に経済全体での排出の削減 (reduction targets) または抑制目標 (limitation targets) に向けて移行していくことが奨励される。」ことが述べられている。これは義務規定ではない。
- ・第 4 条の 6:「後発途上国及び開発途上の島嶼国はその特殊条件を反映した低温室効果ガス排出の開発のための戦略 (strategies)、計画及び行動を準備及び共有することができる。」この記述は柔軟性が大きく「NDC」ではなく「戦略」となっている。
以下の条文は義務規定である。
- ・第 4 条の 5:「途上国への支援の強化はその行動におけるより高い野心を可能にすることが期待されることを認識し、第 9 条、10 条及び 11 条に従ってこの条文の実施のために、途上国への支援が提供なされねばならない。」
- ・第 4 条の 8:「NDC を共有する過程ですべての締約国は明確性、透明性及び理解に必要な情報を提供することとする。一部略。」
- ・第 4 条の 9:「各国は NDC を 5 年毎に共有するものとする。締約国には第 14 条に示すグローバルストックテイクの結果が報告されるものとする。一部略。」

- ・第4条の12：「NDCは事務局保管の公式登録簿に記録されるものとする。一部略。」
- ・第4条の13：「締約国はNDCに関する計算を行うものとする。一部略。」
- ・第7条の11：「適応に関して、適応に関する情報はNDC、国家適応計画及び／または国家情報の構成要素として、あるいは／及びそれとともに提出及び定期的に更新するものとする。一部略。」
- ・第13条の5、7：「透明性の枠組みの目的は各国のNDCの達成に向けての進捗の明瞭性と追跡を含め、気候変化対応行動に関する明確な理解を提供することである（第13条の5、一部略）。そのため、各国はIPCCの示す温室効果ガスの排出に関するインベントリ報告書及びNDCの実施及び達成に関する進捗の追跡に必要な情報を提供するものとする（第13条の7(a)、(b)、一部略）。
- ・第14条の1：「グローバルストックテイクは全体としての実施状況評価のために5年毎に行われる。グローバルストックテイクの結果は締約国にNDCの更新・強化に際して提供されるものとする（一部略）。

NDCに関する第4条の3及び4は削減行動に関する条文であるが、これらは義務を規定するものではない（条文の書きぶりは3.will、4.should）。すなわちNDCは、その示す野心の高さ（あるいは削減目標）の達成結果に関する法的な拘束力を持たない⁽⁶⁾。一方、上述のそれ以外の第4条関連条文、第7条、第13条及び第14条は、法的拘束力があるが、NDCの作成、共有及び維持をはじめとする締約国間の情報共有、記録及び計算といった手続きに関するものである⁽⁷⁾。

2.2 NDC 履行の確保

各国のNDCは、PAの下では、削減目標の結果を達成することに法的拘束力はない。しかし、EUはNDCにおける数値的削減目標（2030年までに温室効果ガスの排出量を2010年比で55%削減し、2050年までに気候中立を実現）を気候法（European Climate Law）（OJ L243.9.7.2021）として法制化している。この場合はEU域内では法的拘束力を持つことになる。しかし、すべての締約国でNDCが国内法化されるとは限らない。

[目標設定] NDCが目標とする結果の達成度は、むしろ、各国のNDCの野心の高さ（もしくは温室効果ガス削減の程度）とその履行が十分確保されるかによって影響される。

野心の高さは第4条に関係する。第4条の4は削減目標に関する条項であるが、削減目標の設定の柔軟性が示され、先進国と途上国との削減目標に関する表現に差異がみられる。先進国の目標では「絶対排出量の削減目標（absolute emission reduction target）」に対して、途上国の目標では、「各国の異なる事情に照らして、経済全体での排出の削減または抑制目標（economy-wide emission reduction of limitation targets in the light of different national circumstances）」と表現され、絶対という言葉は避けられ、排出の削減（ある基準に対する削減）、また抑制（limitation）という言葉が使われている。抑制は必ずしも、絶対的な削減を意味せず、結果として増加になることある。また、途上国の目標をいつ絶対削減量にするかの時期も明示されず、「各国の異なる事情に照らして」とさらなる柔軟性が許容されている⁽⁸⁾。

[途上国支援] 途上国の目標設定については先進国に比べての柔軟性の考慮に加えて、第4条の5に先進国の途上国への「支援が提供されねばならない」ことが明示され、これが途上国の更なる高い目標設定を可能にすることが期待されるとしている。途上国への支援は、同時にNDCの実施履行を促進することも期待できる。

各国のNDCの履行を確保するためにパリ協定では、適応（第7条）（本編では触れない）を含め、透明性（第13条）の枠組みが築かれている。

途上国に関しては、第4条における柔軟性のみならず、第13条に関わる各条項の実施に関しても柔軟性が配慮されている。第13条の2は「第13条の2の条項を、その能力に照らして柔軟性を必要とする途上国に実施する場合には、透明性枠組の柔軟性を提供しなければならない。第13条の13に規定する方法、手続き及び指針はその柔軟性を反映するものとする」。この柔軟性に関する詳細はパリルールブックに規定された⁽⁹⁾。

[グローバルストックテイク] NDCとともにPAの目標達成を確保するための重要な要素がグローバルストックテイクである。グローバルストックテイクの結果は、締約国がこの協定の関連規定に従い、自国の行動及び支援を自国が決定する方法で更新・強化するに当たり、並びに気候に関する行動のための国際協力を強化するに当たり、締約国に対し、情報を提供するものとする（第14条の3）。グローバルストックテイクの結果は、全体での進捗に的を絞り、個別の締約国には的を当てないと集合的なアプローチが決められている（FCCC/PA/CMA/2018/3/Add.2. パラ14.）。しかし、グローバルストックテイクの評価を行うには、各国のNDC及びこれに関連する報告に基づいて行うことが必然であるから、各国「each Party（第4条の2）」作成によるNDC等の情報を素通りすることはできない。また、締約国間あるいはそれ以外の組織・機関などからどれだけ受容されるかというプレッシャーにも曝され、これが動機となり野心の高い目標に向かうことも期待できる。

2.3 現在のNDCの目標達成見込み

NDCの進捗に関わる総合報告書⁽¹⁰⁾によれば、それまでに提出された締約国のすべてのNDCが実施される場合、2030年の温室効果ガスの総排出量は2010年比で16.3%増加すると推定される（同報告書. パラ10.）。これはIPCC特別報告書SR1.5⁽¹¹⁾に示されている排出パスウェイからも乖離（同報告書. パラ13.）し、また、残余炭素バジェットの観点からも十分ではない（同報告書. パラ14.）との結果が述べられている。

3. エネルギー保障 - EU 気候政策とエネルギー危機 -

EU（現在27カ国）は2021年後半コロナ回復期からエネルギー価格が高騰した⁽¹²⁾。2020年12月から21年12月の間にユーロ圏でのエネルギー価格は2倍以上に上昇した。こうしたエネルギー危機、市場の混乱は2022年2月のロシアのウクライナ侵攻により一層悪化し、エネルギー危機が続いている。なお、ここではウクライナ侵攻前の状況に着目する。

一方、EUは、PAの目標を政策に取り込んだ気候・エネルギー政策（The European Green Deal（後述）など）を導入し、クリーンエネルギー重視のエネルギーミックス構造へ、すなわち、供給安定性のあるエネルギー（化石燃料）から自然変動性のエネルギー（太陽光・風力発電）

への移行の過程にある。これはエネルギー需給に影響する要因であり、近年のエネルギー危機と無関係ではない。ここでは EU の気候・エネルギー政策の中心軸であるクリーンエネルギー導入に関わるエネルギー保障のリスク要因を概観する。

3.1 EU のエネルギー需給の現状

3.1.1 一次エネルギー生産量

EU 全体での一次エネルギー生産量は 2010 年には 29120.4 PJ（ペタジュール = 10^{15} ジュール）であったが、2020 年には 24026.8 PJ となり 17.7 % 減少している。この要因は、2020 年では COVID-19 の影響もあるが、過去 10 年間のエネルギーシステムの脱炭素化及びエネルギー効率改善によるとされている⁽¹³⁾。

一次エネルギー生産は 2020 年には EU 全体では再生可能エネルギー（地熱、太陽光・熱、風力、水力、バイオエネルギー及び廃棄物など）が全生産量の 40.8 % を占める。2 位は原子力で 30.8 %、3 位は固体燃料（石炭・リグナイト）が 14.6 %、天然ガスは 7.2 %、原油が 3.3 %、その他が 3.7 % である。

一次エネルギー生産の構造は変化し、2010 年から 2020 年までの間に、再生可能エネルギーが他のすべてのエネルギーを凌ぎ、39.2 % 増加した。一方、他のエネルギーはすべて減少した。

このエネルギー統計における、一次エネルギー生産量は必ずしも EU の本来のエネルギー事情を示してはいない。EU は域内のエネルギー生産量と消費量に大きなギャップがあり、それを埋めるために多くのエネルギーを輸入している。実際のエネルギー消費は、輸入エネルギーを含むグロス入手可能エネルギー（ある国あるいは地域のエネルギーニーズを満たすのに必要なエネルギー量： $\text{Gross available energy} = \text{Primary production} + \text{Recovered \& recycled products} + \text{Imports} - \text{Exports} + \text{Change in stock}$ ）⁽¹⁴⁾ に着目する必要がある。それによると、重油及び石油製品が最大の割合で 34.5 %、次いで天然ガス 23.7 %、石炭は 10.2 % と化石燃料が全体の 68.4 % を占めている。原子力及び再生可能エネルギーはそれぞれ 12.7 % 及び 17.4 %⁽¹⁵⁾ である。なお、エネルギー源別構成は輸入依存の程度も含め、EU 加盟国によって異なる。

3.1.2 EU のエネルギー外部依存

EU は多くのエネルギーを輸入に依存しており、すべての EU 加盟国がエネルギーを輸入している。2020 年の EU の一次エネルギー生産量 24026.8 PJ に対して正味のエネルギー輸入量は 31723.8 PJ である。自国生産量を超えるエネルギーを EU 域外から輸入し、すべて化石燃料（ハードコール、原油及び天然ガス）である。

2010 年から 2020 年では、天然ガス（液化天然ガス含む）、原油及び石炭はすべてロシアが最大の輸入国であり、2020 年ではそれぞれ天然ガスは全体の 38.2 %、原油は 25.7 %、石炭は 49.1 % を占めており、ロシアに大きく依存している。

こうした外部依存性は最近の 10 年間で実質的に変化がなく、エネルギー外部依存率 [energy dependence rate = net energy imports / gross availability energy]⁽¹⁴⁾ は 2010 年で 55.8 %、2020 年は 57.5 % であり、大きな変化は見られない。

エネルギー別に外部依存率（2020 年）を見ると、天然ガス 83.6 %、原油 97.0 %、石炭は

35.8%である。2010年からの増減をみると、天然ガスが15.8%増加、原油は3%増加、石炭はマイナス2%（減少）であり、とりわけ、天然ガス依存度が増加している。この傾向はEUの低炭素経済を目指す気候政策・エネルギー政策による。変動性の再生可能エネルギーのバックアップ電源あるいは石炭代替のために、低炭素排出燃料である天然ガスが、エネルギー移行に必要な”懸け橋（bridging fuel）”として消費が伸びた結果である。

3.2 気候政策・エネルギー政策

エネルギー構成の変化の背景には、IPCC（気候変化に関する政府間パネル）第一次報告（1990年）発表以来、EUが実施してきた気候政策やエネルギー関連政策（温室効果ガス削減目標、再生可能エネルギー導入目標やエネルギー消費節減）が関わっている⁽¹⁶⁾。

最近のEUにおける気候・エネルギー政策の重要なものは、「エネルギー同盟パッケージ（Energy Union Package）」⁽¹⁷⁾及び「欧州グリーンディール（The European Green deal）」⁽¹⁸⁾である。

エネルギー同盟パッケージは、脱炭素化エネルギーシステムへの移行を実現するエネルギー政策の基本的枠組みである。

これは相互連携した5つの戦略からなっている：(1) エネルギー保障、連繋及び信頼確保 (2) エネルギー統合市場実現 (3) エネルギー効率向上 (4) 経済の脱炭素化 (5) 研究、イノベーション及び競争力強化。中でも (4) 経済の脱炭素化戦略には、気候政策との連携、次世代再生可能エネルギー開発のグローバルハブの計画、増加する再生可能エネルギーの市場とグリッドの準備、及び新規の持続可能な代替燃料への投資などが含まれている。

欧州グリーンニューディールは野心的な気候政策であるとともに新成長戦略である。その目的は2050年に温室効果ガスGHGの正味の排出がゼロとなる気候中立となること、資源効率の良い競争経済社会（循環型経済社会）を実現すること、公平で繁栄した社会を達成することである。政策のコアであるGHGの排出削減目標は、2030年に2010年比で55%削減し、2050年には気候中立を達成することである。気候中立の目的のもとに経済の移行を図るには、産業、生産と消費、大規模インフラ、輸送、食糧及び農業、建設など多岐の分野にわたりクリーンなエネルギーの供給が必要である。そのためにはエネルギーシステムの脱炭素化が極めて重要である。脱炭素化の施策とし、エネルギー効率向上、発電部門は再生可能エネルギーベース、石炭廃絶、脱炭素ガス（水素）による補完が提案されている。このグリーンニューディールで示された、2030年及び2050年の温室効果ガス削減目標は、欧州気候法（The European Climate Law）⁽¹⁹⁾によって立法化され、したがって、この目標達成は法的拘束力がある。

EUの2050年気候中立を目指す気候・エネルギー政策のコアは、脱化石燃料を進め、再生可能エネルギーへの移行をさらに加速していくことである。これが同時にエネルギーの外部依存を低くし、EU域内のエネルギー自給率を強化するものと考えられている。

3.3 エネルギー危機の原因

EUでは2021年秋にエネルギー価格が急騰した。原因の一つはコロナ禍からの経済回復に伴う世界的なエネルギー需要の急増である。これは供給の逼迫を招き、LNG（液化天然ガス）

輸入量の減少に至った。加えて2020～2021年にかけて長期化した寒さ及び再生可能エネルギー生産に好ましくない悪天候が重なり、さらにエネルギー需給の歪を生んだ⁽²⁰⁾。

2021年第4四半期には欧州のガス価格は激変した。第4四半期に85ユーロ/MWh(メガワット時・電力量の単位、1MWh=1000kWh)で始まり、10月初旬に116ユーロ/MWhに上昇した。10月末に60ユーロ/MWhになったが11月にぶり返し、過去に例のないレベル(183ユーロ/MWh, 12月1日)に達し12月末には60ユーロ/MWhとなった。また、炭素価格も10月初旬に初めて88ユーロ/tCO₂にまでの高価格に達した⁽²¹⁾。

一方、電力価格は2021年後半から何度も最高値を更新し、第4四半期には世界的なLNG需要増加、天然ガス貯蔵レベルの低下及び欧州の主要なガス供給者(ロシア)との地政学的緊張により、急騰した⁽²²⁾。

以下でこの理由を概観をする。

[電力供給逼迫]

- ・2021年の上半期にはパンデミック回復期で電力需要はパンデミック前の水準に回復していたが、電力供給は化石燃料・原子力の構造的衰退による供給低下により発電量は減少した⁽²³⁾。
- ・2021年の夏季から秋の初めにかけてヨーロッパ(一部、特にドイツ)は長期に乾燥しかつ風速の低い期間“風ひでり(wind drought)”になり、風速にセンシティブな風力発電は電力量が得られなかった⁽²⁴⁾。

[天然ガス貯蔵量低下⁽²⁵⁾]

- ・2020～2021年にかけて平年より冬が寒く・長く暖房需要(天然ガス需要)が増加。さらに、2021年に向けては十分な天然ガス地下貯蔵が進まなかった。2021年9月にEU平均充填レベル74.6%が12月末には53%と10年間の同時期で最低レベルとなった。EUでは法律(OJ L280,28.10.2017)⁽²⁶⁾による要求で、冬の供給リスク低減のため、定められた時期までの一定量の天然ガスを貯蔵しなければならない。

[天然ガス輸入⁽²⁵⁾]

- ・パイプライン輸入：ロシアからのパイプライン輸入は主に4つのパイプライン(ノルドストリーム1、ベラルーシストリーム、ウクライナストリーム、及びトルコストリーム)があるが、2021年第4四半期にはベラルーシ及びウクライナストリーム経由の輸入量は前年同期比でそれぞれ56%及び36%減少した。一方、トルコストリーム経由の輸入量は増加した。
- ・LNG輸入：パイプライン輸入量を補うべく第4四半期にLNG輸入量は前年同期比で33%増加した。LNG供給はグローバル市場と地域の価格に依存するが、アジアのガス市場価格を超える欧州での高価格により第4四半期の輸入量は増加した。

2021年の天然ガス正味の輸入量(天然ガスパイプライン輸入及びLNG輸入の合計)は前年より3%増加した。一方、輸入額(天然ガスパイプライン輸入及びLNG輸入の合計)は1210億ユーロ(2020年は370億ユーロ)であった。

3.4 エネルギー保障へのリスク

気候・エネルギー政策のコアはクリーンエネルギーを主なエネルギー源へと移行する脱炭素政策であり、再生可能エネルギー（太陽光及び風力発電）の規模の拡大を推進する一方、石炭火力の構造的衰退を招いている。また、他の理由で原子力発電も衰退している。

この移行過程で「懸け橋」として重要な役割を果たしているのが、天然ガスである。石炭火力発電及び原子力発電の減少分を補う形となり、これが特にCO₂制約下での電力供給においては調整力として不可欠となっていたが、ほぼ同時期に天然ガスの供給低下、長期間（2020年 / 2021年）の暖房の必要性、再生可能エネルギーにとっての好ましくない気象条件が重なりエネルギー保障に歪が生じた。電力価格については限界価格方式（pay-as-bid）⁽²⁷⁾で決められているため、最初に最安値の電源価格（再生可能エネルギーはゼロ）から入札が進み最終的に需要を満す最高値の電源価格となり、結局、市場価格変動大きい天然ガスの価格が限界価格として反映する結果となった。

4. 石炭 - 経済成長に不可欠な資源 -

4.1 石炭火力の廃止への流れ

石炭火力の廃止を求める声は世界的な流れであり、英政府が主導した「Global Coal to Clean Power Transition Statement」⁽²⁸⁾ や UNFCCC COP26（2021年）の決議⁽²⁹⁾において、CO₂回収・貯留を付帯しない（unabated）新設石炭火力プロジェクトの許可、建設をやめること、石炭火力発電の段階的削減及び非効率的な化石燃料補助金の廃止を加速化することなどが求められ、多くの国が賛同の意を表明している。

こうした流れの中で IEA は以下のような報告⁽³⁰⁾をしている。

「PA（2015年）採択以来、53カ国及びEUが正味ゼロ排出を約束した。2021年中期には21カ国が石炭火力発電（CO₂回収無し）の廃止を表明した。しかし、グローバルな石炭火力の4.1%であり、グローバルなエネルギー起源CO₂排出の1.3%を占めるに過ぎない。

廃止政策は個々の国の事情によるが、主要として3つの点を考慮することが必要である：地域経済へのインパクト、電気料金及び電力供給の保障である。廃止を表明した21カ国のうち14カ国は石炭火力発電の割合は10%より低く、寄与が小さく、また、自国に石炭産業がない。経済的、電気料金、電力供給保障の不利益は被ることがないので比較的石炭廃止が用意である。一方、21カ国のうち3ヶ国は電力供給の20%以上を石炭火力に依存し、7カ国は発電炭供給のため自国の石炭産業がある。こうした国々では石炭廃止について事情は複雑である。廃止に際しての失業労働者やコミュニティ支援あるいは電力供給確保などをはじめとし、大きな課題がある。」

こうした報告が示すように経済の基盤であるエネルギー産業を廃止することはエネルギー保障リスクのみならず、国家の経済保障にも関わるという認識が必要である。

4.2 世界の石炭使用の現状

〔石炭火力〕世界で稼働中の石炭火力のうち、発電容量（カッコ内は全体に占める割合%）が最大の国は中国 1,004,948 MW（49.1%）、ついで米国 246,187 MW（12.0%）、インド 228,964

MW (11.2 %)、ロシア 46,862 MW (2.3 %)、日本 46,682 MW (2.3 %)、ドイツ 44,470 MW (2.2 %)、南アフリカ 41,435 MW (2.0 %)、大韓民国 37,600 MW (1.8 %)、インドネシア 33,373 MW (1.6 %)、ポーランド 30,870 MW (1.5 %) である。これら 10 カ国の合計発電容量は世界全体の 89 % を占める。将来、石炭火力の新設が計画されている国もあり、中国が最大規模で発電容量が 205,889 MW であり、次いでインドが 66,025 MW の計画がある。その他トルコ、インドネシア、ヴェトナム、バングラデシュ、日本、南アフリカ、フィリピン及び大韓民国でも計画がある⁽³¹⁾。

以下では特に将来の大規模の石炭火力建設計画がある中国及びインド、加えて東欧の石炭事情を取り上げる。

[中国] 中国は気候変動対応のために、国家目標「CO₂ 排出量は 2030 年までにピークを達成し、2060 年までに炭素中立を達成する」を掲げている。

2022 年 3 月 24 日に 国家発展改革委員会及び 国家エネルギー局は “近代的エネルギーシステムに関する 14 次 5 か年計画 (FYP; 2021 - 2025)” を発表した。要点はエネルギー保障の確保とグリーンな低炭素排出へのエネルギー移行である。2025 年に向けた主要な目標 (2020 年比) は以下のとおりである⁽³²⁾。

- ・ GDP 当たりの CO₂ 排出量を 18 % 削減、GDP 当たりのエネルギー消費を 13.5 % 削減する。
- ・ エネルギー消費では非化石燃料の割合を 20 %、発電における割合は 39 % まで増加させる。
- ・ 全エネルギー生産量を標準炭換算相当で 40.8 億トンから 46 億トンに増加させる。
- ・ 石油生産量を 2 億トン / 年に維持する。
- ・ 天然ガス生産量を 2300 億 m³ に増加させる。
- ・ 発電容量を 2020 年の 2200 GW (ギガワット、1 GW = 1000 MW) に対し 3000 GW に増加させる。かつ、
- ・ 当初は需要に対する柔軟性 (ピーク時などの需給調整能力) を最大負荷の 3 - 5 % を目標とする。

エネルギー消費や発電において非化石燃料の割合を増やすという脱炭素に向けた努力が持ち込まれている。

一方、2020 年における中国の石炭消費量の合計は 3971 Mt (39 億 7100 万トン)、そのうち 2433 Mt (61 %) が一般炭で発電用であった⁽³³⁾。その他の一般炭 789 Mt (EU と米国の消費量に匹敵) は非発電用に使われ、残り 749 Mt は製鋼用に使われた。

2024 年に向けた中国の石炭消費は若干増加 (年に 1.1 % の増加) が予想され、主に発電部門の要求によるもので 4266 Mt に達する。集中的に原子力発電及び再生可能エネルギーの規模が拡大しているが、中国はなお石炭に依存し、増加する電力需要にこたえる天然ガスの依存は低い。

2022 年 7 月現在、石炭火力発電に関して、計画発表 + 許可待ち + 許可済のプラントは 196,777 MW (196.8 GW)、建設中のプラントは 93,777 MW (93.8 GW) であり、当面石炭火力発電所が新增設の見込みである⁽³⁴⁾。

[インド] インドは NDC において GDP 当たりの CO₂ 排出量原単位を 2030 年までに 2005 年比 - 33 ~ - 35 % 削減の約束を表明している。一方、今後の人口増加、経済成長及び生活向上

への希求によりエネルギー消費は増加が見込まれている。インドでは最近 40 年間に産業用一次エネルギー消費は 700 % 増加した。石炭はインドで最も重要かつ豊富にある化石燃料であり、インドの産業は国産の石炭を土台として築かれており、エネルギー需要の 55 % は石炭で賄われている⁽³⁵⁾。石油及び天然ガスは潜在量に限界、水力プロジェクトは環境保全上の制約、そして原子力発電の地政学的認識を考え、インドのエネルギーシナリオは石炭が中心的役割を担い続けることになる。

インド政府によると 2029-30 年までの石炭火力発電の石炭需要予測では、2020-21 年の需要は前年の 695 Mt に比べ若干 621 Mt に減少したが、2021 年以降、需要は増加し、2024-25 年は 810 Mt、2029-30 年には 1034 Mt に増加する予測がなされている⁽³⁶⁾。

インドの総発電容量は 405,773 MW であり、そのうち化石燃料（石炭、リグナイト、天然ガス、ディーゼル油）による発電容量は 236,065 MW で総発電容量に占める割合は 58.2 % である。このうち、石炭は 204,080 MW、リグナイトは 6,620 MW、天然ガスが 24,856 MW、ディーゼル発電が 510 MW である。石炭はリグナイトと合わせて 52.3 %（石炭 50.7 %; リグナイト 1.6 %）。水力発電を含む再生可能エネルギーの設備容量合計は 159,949 MW で総発電容量の 39.7 %、原子力発電は 1.7 % である⁽³⁷⁾。

インドの電力需要は今後も増加するため、石炭火力の規模を今後 2030 年までにさらに 56 GW（56,000 MW）新設する予定である⁽³⁸⁾。

[欧州] EU では多くの国が近い将来の石炭火力廃止宣言をしているが、ボスニアヘルツェゴビナ、ポーランド及びトルコは廃止議論をしていない⁽³⁹⁾。

ポーランドは産炭国であり、石炭火力発電が電力源として大きな割合を占めており、経済基盤を提供しており、かつ石炭がエネルギー保障を担保している⁽⁴⁰⁾。

トルコも同様、石炭火力発電（主としてリグナイト）の電力源として 70 % を占め、発電にトルコの国内炭を使うことを推進している。石炭の需要、生産及び消費は増加傾向にある。37 ~ 44 GW 規模の石炭ベースの約 20 のプロジェクト（個々の規模は 150 MW から最大 3.5 GW）が進行中である。

セルビアやボスニアも自国資源であるリグナイトで発電をしている。今後発電規模を増加する計画がある。石炭から天然ガスあるいは再生可能エネルギーへの転換は、コストやエネルギー保障の点から考えにくいのが現状である。これらに国にとって石炭は、エネルギー源として国産、輸入エネルギー依存の軽減、自国のエネルギー保障強化、エネルギー多角化、低コスト、電力需要増加に安く信頼性のある電力提供、社会経済基盤提供など多くの利点がある。

5. CCS - 化石燃料を使い続けるには不可欠

5.1 現状と課題

CO₂ を含む排ガスや産業プロセスガスまたは大気から CO₂ を回収（capture）し、地中へ貯留（storage）、あるいは、利用（utilization）することを一般に CCUS と呼称している⁽⁴¹⁾。CO₂ 利用（CCU）は大気中への排出を遅らせることはできるが、必ずしも排出削減にはならないのでここでは CCS（CO₂ 回収・貯留）に着目する。CCS は大きく 3 つの要素（回収、輸送及び貯留）から構成される。

2005年にIPCC WGⅢからCCSに関する特別報告書⁽⁴²⁾が刊行され、CCSは地球温暖化緩和策としてその役割が明確な位置づけを持つに至った。以来、CCSは地球温暖化の緩和のためには不可欠な技術であるとの国際的認識は高く、「IEAのNet Zero by 2030ロードマップ⁽²⁾」シナリオが示すように導入・普及の期待は大きい。

世界的に最大級の貯留規模CCSプロジェクトとして以下はよく知られている。

- ・Sleipner（ノルウェー）⁽⁴³⁾：Statoil社、オフショアCO₂税がドライバー。天然ガス（CO₂約9%濃度）の精製でCO₂を分離し、海底下帯水層貯留。1996年開始、貯留量100万トン/年。
- ・Snøhvit 液化天然ガスプロジェクト（ノルウェー北部）⁽⁴⁴⁾：Statoil社。2007年開始。天然ガス精製プロセスでCO₂を分離回収後、貯留量70万トン/年、海底下帯水層貯留。
- ・Great Plains Synfuel（North Dakota, US）⁽⁴⁵⁾：Dakotaガス化会社。石炭ガス化後にCO₂回収。CO₂回収後パイプラインで328 km、Weyburn& Midale（IEAによるWeyburn CO₂モニター・貯留プロジェクト（カナダ））へ輸送。EOR（石油強制回収）に使用。2000年開始、300万トン/年。
- ・Gorgon CCS Project（豪州）：Chevron/ExxonMobile/Shell/Osaka Gas/Tokyo Gas/JERA共同プロジェクト。2019年開始。天然ガス精製でCO₂を分離回収し、パイプラインで海底下砂岩層へ貯留。最大400万トン/年。技術的問題により現在までの5ヵ年の貯留目標未達成⁽⁴⁶⁾。

現在、数多くのCCSプロジェクトが計画、建設及び操業中である⁽⁴⁷⁾。CCSプロジェクトはセメント、鉄鋼、火力発電、及び天然ガス精製など多くの分野で適用されているが、天然ガス精製に関わるCCSが最も多く、大規模で操業している。一方、火力発電プラントで商業規模のCCSが設置された事例は極めて少なく、最近の操業実績があるのは米国（Petra Nova）とカナダ（Boundary Dam）の2つの事例である。しかし、Petra NovaのCCSは経済的事情で休止中である。

- ・Petra Nova CCSプロジェクト⁽⁴⁹⁾（米国）：Parish発電所（NRG Energy社）の出力610 MWの8号機（Unit 8）のうち240 MWに相当する燃焼排ガスからCO₂を回収。CCS設備（Petra Nova、CCSでは世界最大規模（発電出力240MW相当 最大日量5000トン/日CO₂回収、150万トン/年）は発電プラントとは独立に設置（CCS設備操業に必要なエネルギーは併設のガス焼きコージェネプラントから電気・蒸気供給）。EORに使用。2016年CO₂回収・貯留を開始。テキサス州の優遇税制適用。2020年に経済的理由（石油価格の低下⁽⁴⁸⁾）で操業停止。（Parish発電所の従来の石炭火力及び天然ガス発電プラントは操業）。
 - ・Boundary Dam CCSプロジェクト⁽⁵⁰⁾（カナダ サスカチワン州）：世界の火力発電プラント商用機で唯一CCS稼働中。Boundary Dam発電所の3号ユニット（微粉炭焚火力発電）1基に設置。3号ユニット既存の蒸気タービン発電機を設備変更し、新たにSO₂及びCO₂回収機構と統合し、CCSにエネルギー供給（蒸気タービン発電機を置換した結果、発電出力は設備変更前の139MWから110MW低下）。回収CO₂はCenovus Energy社が買い取り、Weyburn近郊の油田でEORに使用。
- 石炭火力発電に関する最近約20年間のCCS実施の実績はほとんどなく、将来の商業規模で

の導入には、事業収益の不確実性、大規模プロジェクト実施と技術の蓄積・信頼性確保、コスト低下、法制度の整備、政府支援（投資意欲をそそる制度）、及び社会的受容性の涵養などの課題がある^{(51),(52)}。

最も大きな課題は、市場において投資を促すインセンティブが働きにくく、今まで現実性のあるビジネスモデルが確立していないことである。

石炭火力発電の CCS プロジェクトに大きな前進が見られない理由の一例として、最近の米国監査院による US DOE（米国エネルギー省）のマネジメント改善に関する報告書がある。

US DOE が資金助成してきた 11 件（石炭火力 8 件、産業プロセス 3 件）のプロジェクトで、石炭プロジェクトは Petra Nava 以外は実現せずに終了した。この理由として、電力市場における価格競争力、将来の炭素市場及び炭素税によるインセンティブの不確実性、（産業 CCS よりも）高いプロジェクト費用、及び Recovery Act（American Recovery and Reinvestment Act）に基づくファンドの期限が報告されている⁽⁵³⁾。

この報告書は、CCS には、市場におけるビジネスモデルの実現見込みに不透明性があることを指摘している。

5.2 CCS の政府の支援制度

以下で、CCS に関して政府支援の法制度の整備に関する事例として米国とイギリスを取り上げる。

[米国] 米国では 2008 年に先進的の石炭ベースの発電技術のプロジェクトに関して税制控除が図られる法が制定されている⁽⁵⁴⁾。さらに 2018 年 45Q Tax Credit（税控除）では CO₂ 貯留、CCU、及び CO₂ 回収プロジェクトなどに関する税額控除が盛り込まれている⁽⁵⁵⁾。コスト低減効果としては十分ではないにせよ、これはコスト回収（収益）側から見た場合の CCS 普及のドライバーである。

バイデン政府は国内で 2050 年までに正味排出ゼロの目標を達成するには CO₂ 回収・輸送・貯留を進めることが重要であると、CCUS 研究・開発・実証・普及に向けた支援を行うことを約束した⁽⁵⁶⁾。また、2021 年 11 月には CCS に関する大きな政府支援を提供する「H.R.3684 - Infrastructure Investment and Jobs Act (Public Law No: 117-58 (11/15/2021))」が成立した。IRC 45Q は CCS プロセスの運転コストの低減に貢献する一方、この法は CCS のインフラに関する支援を提供するものである (FY22～FY26)。大規模 CO₂ 回収プログラム (DOE エネルギー省) 9 億 3700 万ドル、CO₂ 回収実証プロジェクト 2 億 400 万ドル、エアーキャプチャーハブ 35 億ドルなどが含まれている⁽⁵⁷⁾。

[イギリス] イギリス政府は、風力、CO₂ 回収、水素などクリーンエネルギー投資を行い、新たなグリーン産業革命で世界をリードする意欲を示す「Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution (2020 年)」⁽⁵⁸⁾ を発表し、2023 年～2032 年までの間にイギリスから排出される 1 億 8000 万トン相当の CO₂ を低減するために 10 のポイントを示した。ポイント 8 は CCUS への投資であり、10 億ポンドファンドの支援が提示された。この目的は CCUS のインフラ開発でイギリスの工業地域の経済的変革を行い、低炭素排出エネルギー及び負の排出 (negative emissions) へのパスを提供することである。

正味ゼロ排出への移行及び経済の水準向上を達成するために、North East、Humber、North West、Scotland & Wales に、革新的「スーパープレイス super place（再生可能エネルギー、CCUS、及び水素の集合する拠点）」を創出して、この4つの産業クラスターでのCCUSを確立する。これに10億ポンドの支援を準備し、4つのクラスターで年間100万トンのCO₂を削減することを期待している。

この実現のためにCCUSのビジネスモデルが提案されている。目的はあらゆる産業クラスターに適用できるCCUSの法的及び商業的枠組みのアウトラインを提供し、CCUS普及の実施とCCUSインフラ及びCO₂回収事業の持続可能な市場を創出することである⁽⁵⁹⁾。

ここでは以下の4つのビジネスモデルの提案がなされている。ただし4つ目の水素に関するビジネスモデルはまだ策定中である。

1. TRI (TRI Transport and Storage Regulatory Investment) ビジネスモデル：CO₂ 輸送・貯留投資制度によるビジネスモデルで T&SCo (Transport and Storage Company 輸送&貯留会社) が中心となって、T&S (輸送と貯留) ネットワークの開発、建設、ファイナンス、操業、維持、拡大及び解体まで行う。
2. DPA (Dispatchable Power Agreement 需給調整電力契約) ビジネスモデル：発電 (+ CCUS) 事業者向け需給調整電力協定に基づくビジネスモデルである。CCUS 発電の柔軟な操業が、需要を満たすように発電出力調整することで変動性の再生可能エネルギーを補完する標準的差額決済契約 (CfD Contract for Difference) の枠組みをベースにしている。CfD とは、政府所有の LCCC (低炭素契約会社) との契約により電力市場の平均価格の尺度となる参照価格と権利行使価格 (発電事業者による特定の低炭素技術への投資コスト) との差額が支払われる制度である⁽⁶⁰⁾。
3. ICC (Industrial Carbon Capture) ビジネスモデル：CO₂ 回収技術以外に脱炭素化強化のオプションがない事業者が CO₂ 回収技術を採用するインセンティブを高めるためのモデルである。初期プロジェクトの共同出資のための必要な要素とともに、運転費用、輸送 & 貯留費用及び設備投資利益率をカバーする ICC 契約を進めるためのモデルである。
4. 低炭素排出の水素生産ビジネスモデル：契約あるいは規制による水素生産者への補助金などを含めビジネスモデルを策定中である。

CCS の普及には、こうした米国やイギリスの政策に顕著あらわれているように、ビジネスモデル提案も含めて政府の大規模な支援を必要とするのが実情である。

6. おわりに

- ・ PA は、柔軟性ゆえに、目標達成には各国が NDC の野心を引き上げることが必要である。NDC は削減行動に関する情報の共有をするプラットフォームでもあり、締約国間の相互協力の機会を提供している。これにより PA の目標達成・履行がさらに促進されることが期待される。
- ・ EU は、再生エネルギーの主力電源化へ向けて様々なエネルギー保障リスクに直面している。石炭火力・原子力発電の構造的衰退の状況下で短期中期的に天然ガスの役割は重要である。天然ガス市場拡大にはインフラ投資が必要である。しかし、2050 年気候中立政策には天然

ガスインフラが座礁資産化するリスクがあり、投資意欲は必然鈍る。払拭するためには将来、天然ガスインフラを新たな水素ガス / バイオガスのようなクリーンエネルギーキャリアへのインフラ転換も構想に入れ、投資インセンティブを高める必要がある。

- ・ EU では、気候法制定、EU 排出枠取引 (OJ L 275, 25.10.2003)、タクソノミー (OJ L 198, 22.6.2020 (持続可能な投資枠組規則))、低下する再生エネルギーコストなどの政策により石炭火力廃止が表明され、石炭消費は減少し続けている。一方、中国、インド その他のアジア諸国及び欧州の一部の国々では相反する傾向にある。こうした国々では経済成長に石炭は不可欠な資源であり、将来の石炭火力の新增設が計画されている。こうした傾向は CO₂ 排出パスのピークオフが先延ばしになることが予想され、残余炭素バジェットの要求で削減行動は中期にはさらに加速することが必要となるかもしれない。
- ・ 石炭 (天然ガス) 火力の CCS は、ビジネスモデルが確立しておらず、積極的な民間資本の導入が促進される展望は不透明である。しかし今後、計画されている石炭火力が将来座礁資産化せず、かつ、クリーンエネルギーとの共存のためにも CCS は必要である。化石燃料に依存するしか選択の余地のない、セメント産業などにとってはなおさらである。政府による支援制度の整備が望まれる。

6. 参考文献

- (1) United Nations. For a livable climate: Net-zero commitments must be backed by credible action. <https://www.un.org/en/climatechange/net-zero-coalition> (accessed: 31 October 2022)
- (2) IEA. (2021). Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector.
- (3) BP. (2022). Statistical Review of World Energy. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> (accessed: 31 October 2022)
- (4) 外務 . 日本の排出削減目標 . https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page1w_000121.html (accessed: 31 October 2022)
- (5) United Nations. NDC Registry. <https://unfccc.int/NDCREG> (accessed: 31 October 2022)
- (6) Bodansky, D. (2016). Completing the Paris Agreement: Legal Dimensions Realizing the Potential of the Paris Agreement. November 17, (PPT). <https://www.belfercenter.org/sites/default/files/files/publication/marrakech-side-event-bodansky-2016-11-17.pdf> (accessed: 31 October 2022)
- (7) Lavanya, R. (2016). Ambition and Differentiation in the 2015 Paris Agreement: Interpretative Possibilities and Underlying Politics. Published online by Cambridge University Press: 16 March 2016 (doi:10.1017/S0020589316000130)
- (8) Daniel, K., Carazo, M. P., Doelle, M., Bulmer, J., Higham, A. (editors). (2017). The Paris Agreement on Climate Change, Analysis and Commentary. Oxford, p.151
- (9) United Nations. (2018). FCCC/PA/CMA/2018/3/Add.2. C. Flexibility to those developing country Parties that need it in the light of their capacities (パラ 4, 5, 6)

- (10) United Nations. (2018). FCCC/PA/CMA/2021/8 Nationally determined contributions under the Paris Agreement Synthesis report by the secretariat.
- (11) IPCC. (2018). IPCC Special Report Global warming of 1.5°C : SPM C. Emission Pathways and System Transitions Consistent with 1.5° C Global Warming. p.12
- (12) European Council. Council of the European Union. Infographic – Energy price rise since 2021. <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/energy-prices-2021/> (accessed: 31 October 2022)
- (13) eurostat, Energy production and imports. Energy production and imports. Statistics Explained, Data extracted in January 2022. <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/SEPDF/cache/1216.pdf> (accessed: 31 October 2022)
- (14) eurostat. Category: Energy glossary - Statistics Explained. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Category:Energy_glossary (accessed: 31 October 2022)
- (15) eurostat. Energy statistics – an overview. -Statistics Explained. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_statistics_-_an_overview#Primary_energy_production (accessed: 31 October 2022)
- (16) EU. Overview of Climate targets in Europe. Climate Policy Info Hub. <http://climatepolicyinfohub.eu/overview-climate-targets-europe> (accessed: 31 October 2022)
- (17) EU. COM (2015) 0080 final. ENERGY UNION PACKAGE COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE, THE COMMITTEE OF THE REGIONS AND THE EUROPEAN INVESTMENT BANK A Framework Strategy for a Resilient Energy Union with a Forward-Looking Climate Change Policy.
- (18) EU. COM (2019) 640 final. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE EUROPEAN COUNCIL, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS. The European Green Deal.
- (19) EU. OJ L243,9.7.2021. REGULATION (EU) 2021/1119 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law')
- (20) European Commission. Energy. Action and measures on energy prices. https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/action-and-measures-energy-prices_en (accessed: 31 October 2022)
- (21) European commission. Market analysis. EU quarterly gas market reports (report 2021 Q4) . https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/market-analysis_en https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/action-and-measures-energy-prices_en

(accessed: 31 October 2022)

- (22) European commission. Market analysis. EU quarterly electricity market reports (report 2021 Q4). https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/market-analysis_en (accessed: 31 October 2022)
- (23) Moore, C. (2021). European Electricity Review: H1-2021, European Programme Lead. 28 July 2021. <https://ember-climate.org/insights/research/european-electricity-review-h1-2021/> (accessed: 31 October 2022)
- (24) Bloomfield, H. (2021). What Europe's exceptionally low winds mean for the future energy grid. Published: October 21, 2021. <https://theconversation.com/what-europes-exceptionally-low-winds-mean-for-the-future-energy-grid-170135> (accessed: 31 October 2022)
- (25) European Commission. Market analysis. EU quarterly gas market reports (report 2021 Q3, Q4). https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/market-analysis_en (accessed: 31 October 2022)
- (26) EU. OJ L280.28.10.2017. REGULATION (EU) 2017/1938 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 25 October 2017 concerning measures to safeguard the security of gas supply and repealing Regulation (EU) No 994/2010
- (27) European Commission. Energy: Action and measures on energy prices. https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/action-and-measures-energy-prices_en (accessed: 31 October 2022)
- (28) GLOBAL COAL TO CLEAN POWER TRANSITION STATEMENT. UN Climate Change Conference UK 21 in partnership with Italy. 04.11.2021, <https://ukcop26.org/global-coal-to-clean-power-transition-statement/> (accessed: 31 October 2022)
- (29) United Nations. (2021). FCCC/PA/CMA/2021/10/Add.1. Glasgow Climate Pact, (パラ 20).
- (30) IEA. (October 2021). Phasing Out Unabated Coal. Current Status and Three Case Studies.
- (31) Carbon Brief. Mapped: The world's coal power plants. March 26, 2020. <https://www.carbonbrief.org/mapped-worlds-coal-power-plants/> (accessed: 31 October 2022)
- (32) CHINA RELEASED THE "14TH FIVE-YEAR PLAN FOR A MODERN ENERGY SYSTEM. Sino-German Cooperation on Biodiversity, Climate and Environment. March 24.2022. <https://climatecooperation.cn/climate/china-released-the-14th-five-year-plan-for-a-modern-energy-system/> (accessed: 31 October 2022)
- (33) IEA. (December 2021). Coal 21. Analysis and forecast to 2024.
- (34) Global Coal Plant Tracker。 Global Energy Monitor. <https://globalenergymonitor.org/projects/global-coal-plant-tracker/> (accessed: 31 October 2022)
- (35) Government of India. Minister of Coal. COAL – INDIAN ENERGY CHOICE. <https://>

- coal.nic.in/en/major-statistics/coal-indian-energy-choice (accessed: 31 October 2022)
- (36) Bhawan, S. (2022). Government of India. Ministry of Coal. Subject: Demand of Coal forecasting/energy matters tracking. File No. 17214/2/2021-EA. New Dhi. Dated the 20/19th.May. 2022. <https://coal.gov.in/sites/default/files/2021-01/coal-demand-projections20052022.pdf> (accessed: 31 October 2022)
- (37) Ministry of Power, Governemnt of India. (2022). Power Sector at a Glance ALL INDIA. Installed GENERATION CAPACITY (FUELWISE) AS ON 30.06.2022. <https://powermin.gov.in/en/content/power-sector-glance-all-india> (accessed: 31 October 2022)
- (38) Proctor,D. (September. 26. 2022). India Power Minister Says Country Add More Coal-fires Power Plants. Power. <https://www.powermag.com/india-power-minister-says-country-will-add-more-coal-fired-plants/> (accessed: 31 October 2022)
- (39) Europe Beyond Coal. (14 July 2022). EUROPE'S COAL EXIT, OVERVIEW OF NATIONAL COAL PHASE OUT COMMITMENTS, Last updated: 14 July 2022. <https://beyond-coal.eu/europes-coal-exit/> (accessed: 31 October 2022)
- (40) Mills, S. (2022). DECARBONISING EASTERN EUROPE, PRESENTATION FOR JOGMEC, MAR 2022, International Centre for sustainable coal, JOGMEC
- (41) IEA. (2022). Carbon Capture, Utilisation and Storage Tracking report — September 2022. <https://www.iea.org/reports/coal-fired-electricity>
- (42) IPCC. (2005). Carbon Dioxide Capture and Storage.Bert Metz, Ogunlade Davidson, Heleen de Coninck, Manuela Loos and Leo Meyer (Eds.) Cambridge University Press.
- (43) IEA. (2016). 20 years of Carbon Capture and Storage Accelerating future deployment. Published on November 22.2016.
- (44) Offshore Technology. (21 July 2002). Snøhvit Gas Field. The Snøhvit development comprises three fields – Snøhvit, Albatross and Askeladd. These lie in the Baren. <https://www.offshore-technology.com/projects/snohvit-field/> (accessed: 31 October 2022)
- (45) Dakota Gasification Company.CO₂ CAPTURE AND STORAGE. <https://www.dakotagas.com/about-us/co2-capture-and-storage/> (accessed: 31 October 2022)
- (46) CARBON NEUTRAL COALITION. Chevron's Gorgon CCS Project Misses Target. <https://carbonneutralcoalition.com/> (accessed: 31 October 2022)
- (47) Global CCSI. (2021). Global Status of CCS 2021, ネットゼロに向けた CCS の加速 .
- (48) Valiaho, B. (August 13. 2020). Blog. Let's Be Clear, Petra Nova's Carbon Capture System Works. International CCS Knowledge Centre. <https://ccsknowledge.com/blog/lets-be-clear-petra-novas-carbon-capture-system-works> (accessed: 31 October 2022)
- (49) 藤原勝憲 . ペトラ・ノヴァ・CCUS プロジェクト* – 石炭火力発電所排ガスからの CO₂ 回収および老朽化油田の原油増産 – . 石油技術協会誌 . 第 84 巻 第 2 号 . (平成 31 年

3月). pp.114 ~ 122

- (50) Srisanga, W., Brucea, C., Giannarisa, S., Jacobs, B. (2018). Maximization of Net Output for Boundary Dam Unit 3 Carbon Dioxide Capture Demonstration Project. 14th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, GHGT-14 21st -25th October 2018, Melbourne, Australia
- (51) 横山 隆壽. (2014). CCS (二酸化炭素の回収と貯留) の現状と展望. 2014年8月1日 キャノングローバル戦略研究所. https://cigs.canon/article/pdf/150218_yokoyama.pdf (accessed: 31 October 2022)
- (52) 経産省. (2022). CCS長期ロードマップ検討会 中間とりまとめ. (令和4年5月). 資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油・天然ガス課. https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/ccs_choki_roadmap/pdf/20220527_1.pdf (accessed: 31 October 2022)
- (53) United States Government Accountability Office. (2021). Report to Congressional Committees, Carbon Capture and Sequestration, Actions needed to Improve DOE Management of Demonstration Projects. GAO - 22 -105111, December 2021.
- (54) US. (2008). H.R.6049 - Energy Improvement and Extension Act of 2008, Subtitle B: Carbon Mitigation and Coal Provisions - (Sec. 111)
- (55) IRC (Internal Revenue Code) Sec. 45Q. Credit For Carbon Oxide Sequestration
- (56) US. Whitehouse, Council on Environmental Quality Report to Congress on Carbon Capture, Utilization, and Sequestration. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/06/CEQ-CCUS-Permitting-Report.pdf> (accessed: 31 October 2022)
- (57) Grubbs, E. Rumsey, A. B., Shenkman, E.G., Grey, S., Israel, B.D. (December 30, 2021). The Infrastructure Investment and Jobs Act—Carbon Capture Utilization and Storage, Environmental Edge: Climate Change & Regulatory Insights. Arnold & Porter. <https://www.arnoldporter.com/en/perspectives/blogs/environmental-edge/2021/12/iija-carbon-capture-utilization-and-storage> (accessed: 31 October 2022)
- (58) UK Government. (2020). The Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution (Point 8: Investing in Carbon Capture, Usage and Storage), Building back better, supporting green jobs, and accelerating our path to net zero, November 2020
- (59) UK Government. Department for Business, Energy & Industrial Strategy. (2020). Carbon Capture, Usage and Storage An update on business models for Carbon Capture, Usage and Storage, December 2020.
- (60) Gov.UK. Policy Paper Contracts for Difference. (Updated 13 May 2022). <https://www.gov.uk/government/publications/contracts-for-difference/contract-for-difference> (accessed: 31 October 2022)