

# カーボンニュートラルに向けた 二酸化炭素回収・貯留技術の役割

(公財) 地球環境産業技術研究機構 システム研究グループ

秋元 圭吾

## The role of CO<sub>2</sub> capture and storage for carbon neutrality

Keigo Akimoto

Systems Analysis Group, Research Institute of Innovative Technology for the Earth

### 1. カーボンニュートラル目標

2015年に開催された国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) の第21回締約国会議 (COP21) においてパリ協定が採択され、全球平均気温上昇を産業革命前に比べ2℃未満に十分に低く抑制し、また1.5℃に抑えるような努力を追求するとし、2℃目標に対応する排出削減として、今世紀後半には、温室効果ガスについて人為的起源排出とシンクによる吸収をバランスさせるという、いわゆるカーボンニュートラル (正味ゼロ排出) が合意された。2020年10月に菅首相 (当時) は、2050年までにカーボンニュートラル (以下CNと記す) を目指すと宣言した。これは1.5℃未満の気温上昇に抑制する目標と整合性があるとされる。2021年10月には、エネ

ルギー基本計画、地球温暖化対策計画、パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略を改定し閣議決定された。そして、2021年11月に開催された第26回締約国会議 (COP26) では、世界の平均気温の上昇を1.5℃に抑える努力を追求することを決意するとされた。

なお、累積のCO<sub>2</sub>排出量と気温上昇には線形に近い関係が見られる。CO<sub>2</sub>排出に対する気温応答は減衰に非常に長い時間を要する。すなわち、いずれの気温水準であろうとも、気温を安定化しようとするれば、いずれはCO<sub>2</sub>の正味ゼロに近い排出が必要である。長期的には正味のCO<sub>2</sub>排出をゼロに近づけていくことは重要である。

### 2. CNの概要

CN実現について、一次エネルギー供給の視点で記載したのが図1である。CNはエネルギーの脱炭素化が不可欠であるが、後述のように脱炭素化に貢献し得る各エネルギーには、技術的、社会的、経済的な制約がある。そのため、

〒619-0292

京都府木津川市木津川台9-2

TEL 0774-75-2304

FAX 0774-75-2317

E-mail: aki@rite.or.jp

全体コストの最小化の視点も踏まえると、省エネルギーはCN実現においても重要である。個別の技術の省エネルギーを超えて、シェアリング経済、サーキュラー経済の実現をもたらすような、デジタルトランスフォーメーション(DX)による社会変化が重要になってくると考えられる。

その上で、一次エネルギーとしては、原則、再生可能エネルギー(再エネ)、原子力、CO<sub>2</sub>回収貯留(CCS)付きの化石燃料のみで構成することが必要となる。また、これら国内のゼロ排出エネルギー源にコストや量の制約もあるため、経済合理性の点から、海外の再エネやCCS化石燃料を水素に転換した上で活用することも考えられる(前者はグリーン水素、後者はブルー水素とも呼ばれる)。更に、利便性を高めるために、水素に窒素や炭素を付加して、アンモニアや合成燃料(合成メタンや合成液体燃料)にして利用することも重要性が高いと考えられる。また、一部排出は残ると考えられ、その排出をオフセットし、負排出を実現する、CCS付きバイオエネルギー(BECCS)や大気中CO<sub>2</sub>直接回収・貯留(DACCS)などの二酸化炭素除去技術の活用も必要と考えられる。

### 3. 日本の2050年カーボンニュートラルのシナリオ

ここでは、2050年CNを達成し、かつそれぞれのシナリオの想定の下で経済合理的な対策を示す。世界エネルギーシステムモデルを用いて全体整合的なシナリオを導出したものであり、第6次エネルギー基本計画の議論のため総合資源エネルギー調査会基本政策分科会に提示している<sup>1)</sup>。将来は不確実なため、技術の想定など、複数のシナリオを示しており、各シナリオの詳細については文献1)を参照されたい。

図2に日本の部門別GHG排出量を示す。1.5℃シナリオを世界全体で費用最小となる対策(海外クレジット活用ケース)においては、日本は2013年比▲63%程度と計算されている。世界においては、日本よりも相対的に安価に負の排出を実現できるNETsの機会が多く存在しているためである。

そのような海外での削減機会も視野に入れながら、国内でのCN達成手段を考える必要がある。国内でのCN実現の場合でも、温室効果ガス排出は一部残ると見られ、排出のオフセット手段としてDACCSは重要と見られる。いずれ

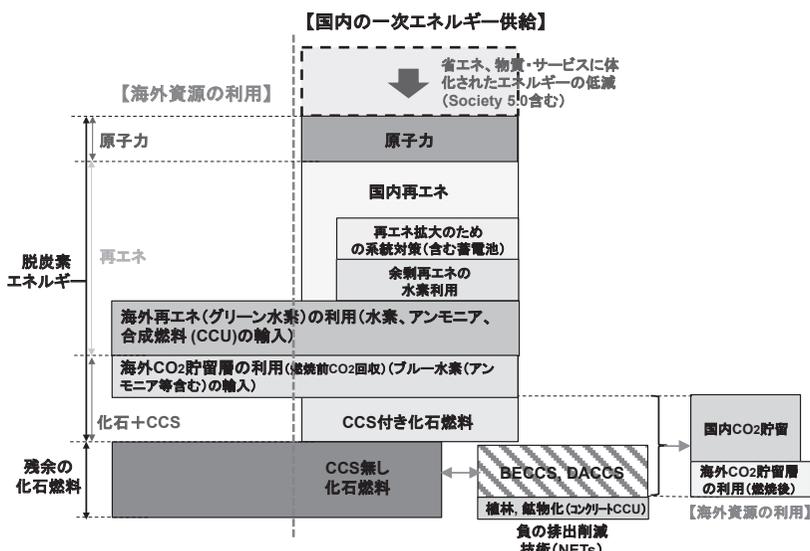


図1 一次エネルギー供給で見たCNのイメージ

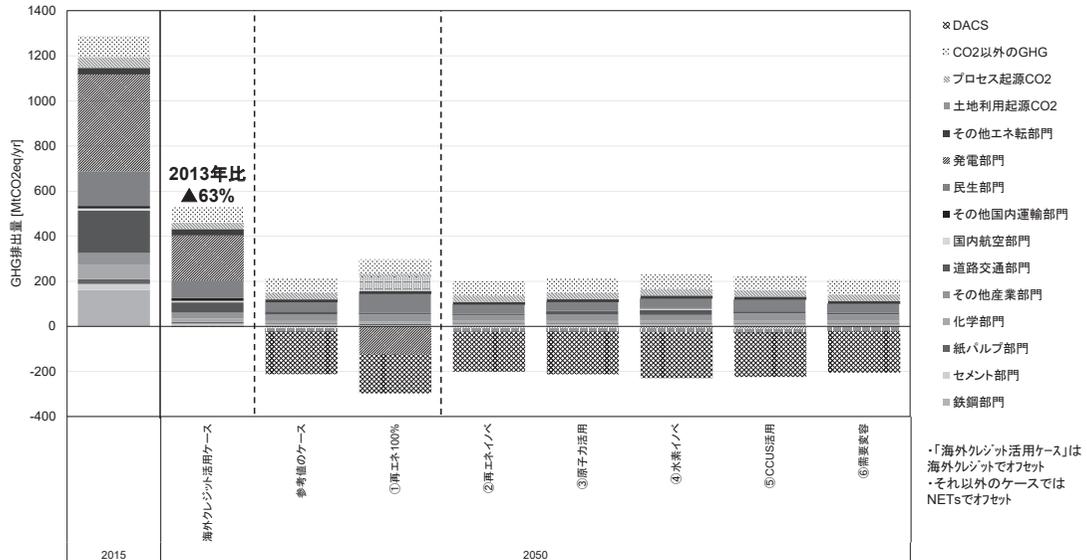


図2 日本の部門別 GHG 排出量 (2050 年)

のシナリオにおいても、DACCSを想定しない場合、国内でのCN達成の実行可能解は本分析の想定下では存在しなかった。

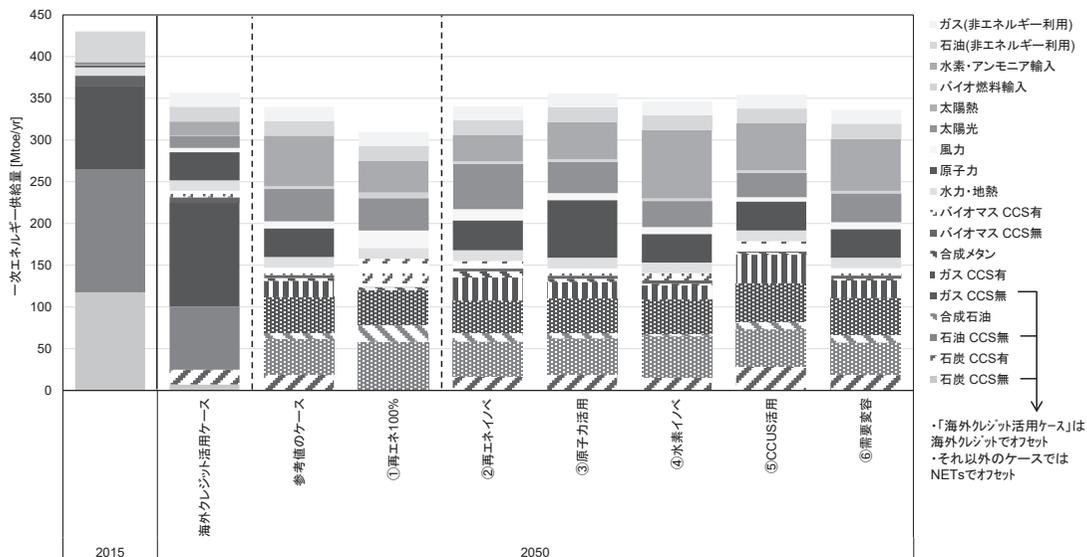
図3は日本の一次エネルギー供給量である。まず、省エネはいずれのシナリオにおいても重要である。現状よりも25%程度の一次エネルギー供給量の低下が見られる。その上で、再エネ、CCS、原子力いずれも重要である。ただし、CCS、原子力は利用に上限制約を想定しており、いずれのシナリオでもCN達成のための経済合理的な対策として、ほぼ想定の上限一杯活用する結果となっている。再エネは将来的なコスト低減は見込んでいるものの、導入量の上昇とともに単価の上昇も見込まれ、コストの幅が大きい。したがって、海外からの水素・アンモニア、合成燃料の輸入なども、費用対効果の高い対策として、特に日本のCN達成には重要と見られる。

排出削減費用については、1.5℃シナリオを世界全体で費用最小となる対策（海外クレジット活用ケース）では、世界共通となるCO<sub>2</sub>限界削減費用（炭素価格）は168 \$/tCO<sub>2</sub>と推計されるが、国内でCNを達成する、例えば参考値のケー

スでは、525 \$/tCO<sub>2</sub>と大きな費用が推計されている。ただし、想定した各種イノベーションシナリオによって、コストは低減する可能性は示されており、様々な技術・社会イノベーションを誘発していく必要がある。例えば、CO<sub>2</sub>の年間貯留可能性を大きく想定した、⑤CCS活用ケースでは限界削減費用は405 \$/tCO<sub>2</sub>まで低下し、年間排出削減費用も参考値のケースに比べ290億ドル程度の低下が推計されている。

#### 4. まとめ

CNなどの大幅な排出削減のためには、様々な技術を活用することが重要であり、その中でもCCSは大変重要な技術の一つである。また、特にCN達成のためには、負の排出削減技術の重要性も大きく、BECCS、DACCSも重要と考えられる。特に、DACCSはバックストップ的な技術として、対策コストの上限の目安にもなり得る。水素、アンモニア、合成燃料（合成メタン、合成液体燃料）は、DACCSと同様に比較的高価なオプションではあるが、やはりCN目標下では費用対効果のある対策と見られる。ブルー水素、ブルーアンモニアは、海外でCO<sub>2</sub>



注1) 一次エネルギー換算はIEA統計に準じている。バイオマス以外の再エネ: 1 TWh=0.086 Mtoe、原子力: 1TWh=0.086÷0.33 Mtoe  
 注2) CCSなしの化石燃料は、負排出技術でオフセットされており、カーボンニュートラル化石燃料となっている。

図3 日本の一次エネルギー供給量 (2050年)

貯留をすることに相当するため、国内CO<sub>2</sub>貯留の動向、課題を見極めつつ、活用していくことが重要と見られる。ブルー水素、ブルーアンモニアを含め、海外でのCCS、再エネの活用を含めたエネルギーシステム全体の構築が重要と考えられる。再エネの重要性は論を俟たないが、再エネ比率が増すと、条件の悪い場所での発電となり単価の上昇要因があり、また、再エネの系統統合費用の増大が見込まれる。適正なレベルの導入を志向する必要がある。調整力、慣性力の提供という点でもCCSの役割は大きい。

参考文献

1) 秋元圭吾, 佐野史典, 総合資源エネルギー調査会基本政策分科会(2021年5月13日)資料(2021)