２０１９（令和元）年５月10日（金曜日）第７７９５号

特集号

# 「炭素循環エネルギーシステムについて　―後編」

Substantial $CO_2$ Emission Reduction of Carbon Energy System

エネルギー総合工学研究所
プロジェクト試験研究部
炭素循環エネルギーグループ部長
橋﨑　克雄
Katsuo Hashizaki

▼$CO_2$の代替燃料転換
▼炭素循環エネルギーシステム
▼メタンという選択肢
▼まとめ

**▼ $CO_2$の代替燃料転換**

火力発電を利用する限り、そこから排出される$CO_2$をどう処理するかは大きな課題である。

世界のエネルギー需要とその流れと構成を**図４**に示すが、図示される通り、$CO_2$を原料として利用する先は、もはやエネルギーとして使う燃料（合成燃料）分野でしかあり得ないことがわかる。合成燃料を製造するために再生可能エネルギー電力を利用することに対し、できた電気は直接利用すればよく、代替燃料にする必要はないとの意見もあろうが、電気は安定需給できるからこそ社会インフラの礎になっているのであり、安定供給できない再エネ電気を社会インフラの礎にしようとするのであれば、前述してきた通り蓄電池や水素と併用せざるを得ない。そうであるならば今ある社会インフラで対応可能な合成燃料に転換し、現状の一次エネルギー源を代替する方法もあるのではないかと考える。

合成燃料を製造する前提として、エネルギーポテンシャル的に低位にある$CO_2$を、高位のエネルギーポテンシャルを

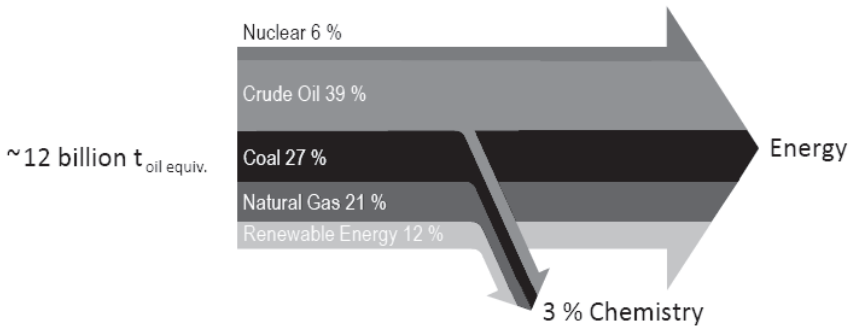


図４　世界のエネルギー需要
出典）Utilization of CO2 ; M. Behrens, FHI-AC

転載・複製禁止

持つ物質に変換するために、そのエネルギー源として再エネを用いることは必須条件となる。**図５**にそのフローを示す。

この中でも基本的に大量の$CO_2$排出量対応を可能とするためには、現段階では、太陽光、風力、水力発電電力を利用した電解水素による$CO_2$還元、太陽熱などを利用した高温水蒸気電解水素による$CO_2$還元が期待される技術である。

いずれも電気化学変換と熱還元反応を組合せた反応系により合成燃料を製造するエネルギー変換法である。さらに、昨今高温水蒸気電解時に$CO_2$も同時に酸化し、H2、COを主成分とする合成ガスを製造する共電解技術についても注

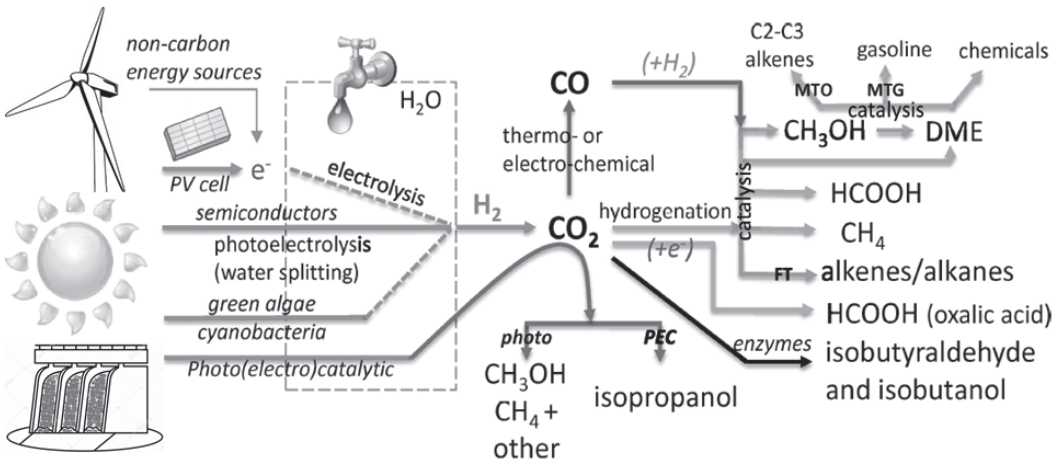


図５　再生可能エネルギーを用いたCO2の燃料転換
出典）G. Centi and S. Perathoner, Greenhouse Gas Sci Technol. 1:21-35 (2011) をIAEにて一部加筆

転載・複製禁止

目され始めている。この場合、太陽熱の利用が有効となる。現在、このような再エネを利用した$CO_2$から合成燃料を製造するプロセス開発は、特に欧州で「Power to Fuel」という形で活発に進められ始めている。特に積極的に取り組んでいる会社がアウディであり、この新合成燃料は「e-fuel、e-gasoline、e-diesel」などと称されている。

また、一部ベンチャー企業では「Blue-Fuel」などとも呼び、積極的な開発が行われている。

## ▼炭素循環エネルギーシステム

火力発電は、電気の安定供給を保てる電源として、日本の電力供給を支え、社会インフラの礎を築いてきた重要な電源である。

但し、今後排出$CO_2$をマネージメントできない限り、市場から淘汰されていくであろう。しかしながら、再エネの導入可能量は少なく、また不安定電源でもあり、火力発電なしでは、トータルとして安定な電力供給は不可能である。今後、低$CO_2$排出で安定かつ出力調整機能を併せ持つ火力発電が求められてくるであろう。

このような低$CO_2$排出火力発電実現のためには、これまでの高効率化技術の適用だけでは、もはや$CO_2$排出量80％削減は到達できず、これまでＣＣＳ技術の一つとして開発されてきた$CO_2$分離回収装置の火力発電への早期実装は避けては通れなくなると予想される。ここで$CO_2$回収を増加させながら増大しつつある再エネを利用して再燃料化し合成燃料として火力発電で再利用するような炭素循環エネルギーシステムが構築できれば、$CO_2$排出問題の解決は大きく前進する

転載・複製禁止

と思われる（**図６**）。但し、当然、ここで利用する再エネは最終的には海外対応が前提となる。また、合成燃料の利用は、$CO_2$分離回収装置が付けられている火力発電や産業分野が優先されるべきであり、そうでなければ一次エネルギー使用量の削減効果、引いてはそれに因る$CO_2$削減効果は半減してしまう。単純に考えれば、常に90％の$CO_2$排出量を分離回収し続け、そこで再エネで再燃料化し再利用し続けている限り、$CO_2$排出量は10分の１を維持し続けられるのである。

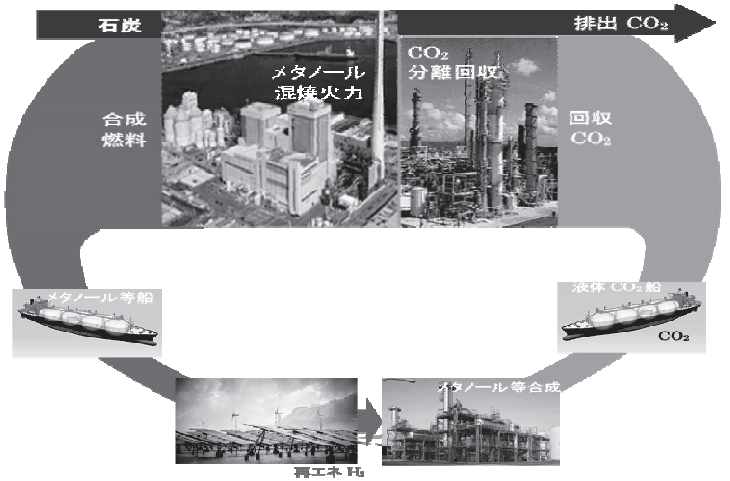


図６　炭素循環エネルギーシステム
（CH3OH の場合）

このような炭素循環エネルギーシステムを考えた時の日本のエネルギーフローを**図７**に示す。石炭火力から回収された約2.7億ｔもの$CO_2$をメタノールに転換した場合で、その時に要する再エネは７３００PJ相当となる。

このように人為的に極めて短いタイムスケールで大量に炭素循環（Anthropogenic Carbon Cycle：ACC）するシステムを国際的に考えていかない限り、$CO_2$排出量の抑制は不可能ではないかと考える。

転載・複製禁止

**▼メタンという選択肢**

合成燃料の一つとして$CO_2$とH2のメタネーションによるメタン合成も選択肢の一つとして考えられる。メタンの場合、液化しＬＮＧ（Liquefied Natural Gas）として既存のインフラに流通させることが可能である。特に前述の通り、インドネシア～オーストラリア北方域の天然ガス田の随伴$CO_2$を利用したメタネーションシステムは、構築し易い施策である。尚、合成メタンは既存

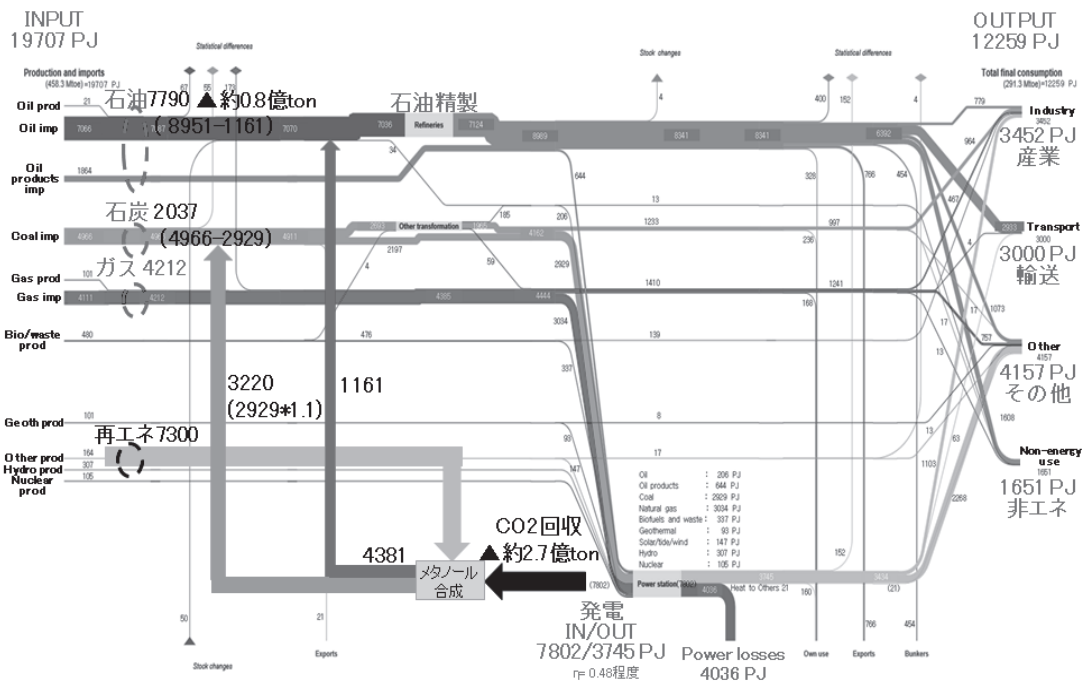


図７　日本のエネルギーフロー（CO2 回収時）

転載・複製禁止

のＬＮＧに混ぜて天然ガス焚ガスタービンコンバインドの発電燃料としても利用可能であるが、排ガス中$CO_2$濃度の方が石炭火力より低いため、$CO_2$分離回収費（円／ｔ－$CO_2$）は高くなる。$CO_2$を安く手に入れたいのであればボイラプラントの方がよい。

メタンについて、欧州ではＬＮＧを燃料とするトラックや乗用車などが販売されており、ＬＮＧスタンドもかなりの箇所に建設され、既存インフラを活用できるメリットがある。日本でも、ＬＮＧトラックが昨今発表されたが、ＣＮＧ（Compressed Natural Gas）としては市場が形成されており、既存インフラの活用は可能である。また、都市ガスとして既存インフラを利用し流通利用することも可能である。但し、注意しなければならないのは、一旦分散利用し、大気中に$CO_2$が放出されてしまえばその大量回収は困難であり、$CO_2$の削減効果は半減してしまう。

## ▼ まとめ

今回、日本のエネルギーシステムの転換を考える上において、マクロ的な視野から現在日本の選択し得る各種エネルギー供給システム代替時の費用試算を行ってみた。描く世の中（本論では$CO_2$排出量80％削減）にしようとした時に、どのケースも非常に多額の社会資本費を投入しなければならないシステムであることに間違いはない。

但し、その社会インフラ整備は既存のインフラを活用しながら連続的に変化していける時代にマッチした形でなければ継続していけない。そういう意味において、炭素循環エネルギーシステムは、既存の石炭火力を利用しながら$CO_2$

転載・複製禁止

を適量回収し、徐々に回収率を上げられるフレキシビリティに富むシステムである。従って、社会情勢により回収率を徐々に上げていく手法が現実的な解と思われる。

再エネシステムは、日本においてはエネルギーの偏在性が大きいため電力系統を再整備しない限り導入量には限界がある。また、蓄電池システムコストとしての10万円／kWhのハードルも非常に高い。水素エネルギーシステムは素晴らしい。しかしながら、上述連続的な変化に困難性を極める。やはり、既存の社会インフラと水素エネルギーシステムとの間を繋ぐ何らかの中間システムの存在が必要であろう。

どのエネルギーシステムにしても、50兆～数１００兆円クラスの社会インフラ費を要することは確実であるが、50年に向け80％$CO_2$削減を目指すのであれば、今すぐにでも既存設備を流用しながら実証可能な技術の導入で$CO_2$削減を始めていかなければ、残される期間（約30年）における単年度毎の投資額は益々大きくなるばかりであり、そうなると社会インフラの連続的変化は益々困難なものとなってしまうであろう。

★　★

（おわり）

**【著者略歴】橋﨑　克雄**（はしざき　かつお）：広島大学大学院移動現象工学修士課程修了。九州大学大学院総合理工学府博士課程修了　博士（工学）。1986年三菱重工業入社、15年京都大学産官学連携本部出向　特定研究員、16年エネルギー総合工学研究所出向、現在、プロジェクト試験研究部　炭素循環エネルギーグループ部長。

転載・複製禁止