

分散型コジェネのカーボンニュートラルメタン利用による再エネ出力変動緩和

— Power to Gas、カーボンリサイクル、既存都市ガスインフラの活用 —
新エネルギーグループ 柴田 善朗

サマリー

本研究では、再エネ余剰電力と、バイオマス発電、大規模産業、火力発電等から集約的に排出されるCO₂から製造するカーボンニュートラルメタン（CNメタン）を都市ガスに混合することで都市ガスの低炭素化を図りつつ、既導入のCHP（Combined Heat and Power：コジェネ）の供給余力を活用した出力UP（下げDRに相当）運転を行うことで再エネの出力変動緩和を行うモデル（“CNM-CHP”）の評価を行った。

CNメタンは、系統統合対策としてのPtG（Power to Gas）とCCU（Carbon Capture and Utilization）の組合せによって製造される“再生可能合成燃料”である。CNメタンは都市ガスの原料になることから、都市ガス低炭素化や既存都市ガスインフラの活用による供給コストの抑制などの特長があり、ドイツをはじめとする欧州諸国で先行していた実証などの取組みが、近年わが国でも促進されている。CNメタンは、一度排出されたCO₂を再利用することから、カーボンリサイクル技術でもあり、2019年2月に資源エネルギー庁に設立されたカーボンリサイクル室でも注目されている。

他方、CHPにはVPP（Virtual Power Plant）における分散型資源として、再エネの出力変動緩和の機能が期待されている。つまり、通常の熱電併給運転と併せて、再エネの発電出力が減少する際にCHPの出力を上昇させることで、出力変動をオフセットする。この場合、CHPの高い総合効率によりLNG火力発電を利用する出力変動緩和よりはCO₂排出削減が期待できるが、CHPは都市ガスを利用することから一定のCO₂排出を伴う。しかしながら、再エネ発電出力が増加することで発生する余剰電力からCNメタンを製造し、都市ガスインフラを経由してCHPがCNメタンを利用することで、より低炭素な再エネ出力変動緩和を実現できる可能性がある。また、需要家への経済的な熱電併給という本来の目的に応じて導入されたCHPを、CNメタンを利用しつつ、再エネの出力変動緩和にも活用することができれば、新規に導入しなければならない他のエネルギー貯蔵技術による出力変動緩和と比べて経済的メリットも期待できる。

つまり、“CNM-CHP”は、既存都市ガスインフラと既導入CHPから構成される巨大エネルギー貯蔵システムを活用した再エネ出力変動緩和と見なすことができる。

分析構造と結果の解釈の単純化のため仮想的に日本を一つの地域とした電源構成モデルによる“CNM-CHP”の分析結果に基づく、以下のことが明らかになった。

[CN メタンの CHP 利用による効果]

- CHP の将来的な導入規模 0.34 億 kW（業務・産業用 3,000 万 kW、家庭用燃料電池 530 万台）を前提にすると、CHP の通常の熱電併給運転による年間発電電力量は 1,870 億 kWh であるが、1,090 億 kWh の供給余力がある。
- 太陽光 1 億 + 風力 0.3 億 kW 導入規模では、年間で 980 億 kWh の CHP 出力 UP が可能であるが、再エネ導入規模の拡大に伴い、余剰電力の規模が大きくなるとともに発生頻度も高くなり、かつ揚水発電からの放電を優先させることから、電力系統側で CHP 出力 UP 運転を受入れる余地が狭まり、太陽光 3 億 + 風力 1 億 kW 導入規模では 570 億 kWh、太陽光 5 億 + 風力 3 億 kW 導入規模では 160 億 kWh にまで減少する。
- 一方で、再エネ導入規模の拡大に伴い余剰電力量が増加し、CN メタン製造可能量も増大する。太陽光 1 億 + 風力 0.3 億 kW 導入規模では、CN メタン製造量は 1 億 Nm³-CH₄ に過ぎないが、太陽光 3 億 kW + 風力 1 億 kW では 84 億 Nm³-CH₄、太陽光 5 億 kW + 風力 3 億 kW まで拡大すると現在の都市ガスのメタン熱量換算量 397 億 Nm³-CH₄ の 57% に相当する 225 億 Nm³-CH₄ にまで達する。
- つまり、再エネ導入規模の拡大に伴い CHP 出力 UP の余地が小さくなるが、CN メタン製造量が増加するというトレードオフの関係が生じる。しかしながら、CHP 出力 UP の余地が小さくなったとしても、CN メタンは CHP 以外の他の都市ガス用途にも利用できるというメリットがある。例えば、太陽光 3 億 kW + 風力 1 億 kW の場合、“CNM-CHP” の電源と都市ガスからの CO₂ 排出量は 1.57 億 t-CO₂ であり、無対策の場合と比べて、現在の都市ガスからの CO₂ 排出量の 25% に相当する 0.21 億 t-CO₂ の削減効果が得られる。太陽光 5 億 kW + 風力 3 億 kW の導入規模になると、CN メタンが CHP 以外の他の都市ガス用途に大量に利用され、CO₂ 排出量は無対策の 1.48 億 t-CO₂ から 1.06 億 t-CO₂ にまで大幅に削減される。

[CN メタンの CHP 利用の経済性]

- 経済性の分析においては、比較対象として長周期用途に利用される蓄電池を選定した。現在、蓄電池は主に周波数調整力としての短周期用途として、市場が整備されている欧米を中心にその利用が徐々に拡大しているが、蓄電池の価格低下に伴い、再エネ余剰電力を充放電する長周期用途への利用も見込まれる。したがって、長期的な観点から、“CNM-CHP” との比較対象となり得る。
- 太陽光 3 億 kW + 風力 1 億 kW のケースで CHP が 0.34 億 kW 導入されている状況を前提に、“CNM-CHP” では CHP を活用するが、蓄電池の場合は CHP は通常運転を行い、追加的に蓄電池を導入して再エネ出力変動緩和を行うものと想定する。電力 + 都市ガスからの合計 CO₂ 排出量が両ケースで同水準となる設備規模を特定し、経済性の比較を行う。“CNM-CHP” は、CO₂ 分離・回収設備が 1.46 万 t-CO₂/h、CN メタン製造装置が入力電力ベースで 1.23 億 kW、蓄電池は容量が 3.8 億 kWh（定格入出力は 1.53 億 kW）となり、前者の設備費は 11 兆円、後者は 10 兆～14 兆円と、ほぼ同水準であることがわかった。

一般に、再エネの長周期の出力変動緩和には、近年価格が急激に減少している蓄電池が期待されつつあるが、再エネの導入規模が増大すると、余剰電力の発生量・発生頻度の増大により放電機会が限定的になることから、蓄電池容量を拡大しても、電源の低炭素化効果が薄れていく。これは、電力系統という閉鎖系において再エネの大規模導入を考える Power to Power の限界を示している。

一方、Power to Gas は、再エネ余剰電力を電力系統から都市ガスや運輸部門に流す一方通行の概念であり (Sector Coupling)、Power to Power に特有の限界を超えて、エネルギーシステム全体でより大規模の再エネを受け入れつつ低炭素化を図ることができる。Power to Gas の中では、水素と異なり CN メタンには既存都市ガスインフラを活用できるという経済的メリットがある。また、VPP (Virtual Power Plant) として系統安定化のために供給余力の活用が期待されている CHP の CN メタン利用により、低炭素な再エネ出力変動緩和を図ることができる。

CN メタンは比較的技術成熟度が高いことから、社会的受容性、適地の選定、法整備など CCS 固有の課題を回避できる技術として近年注目されている CCUR (Carbon Capture Utilization & Recycle) の中核をなすものと考えられる。CN メタンの社会実装のためには、水電解やメタネーションのコスト削減や製造効率の向上が求められる。現在メタネーション技術の主流は化学反応のサバティエ反応であるが、研究段階ではあるものの、水と CO₂ を同時に電解しメタン生成効率の高い SOEC 共電解やメタン菌によるバイオ反応などの技術も検討すべき課題である。

また、CN メタンの経済性向上には再エネコストの削減が大前提であり、本研究では、検討の対象外であった、海外における安価な再エネを利用した CN メタンの製造、日本への輸入というオプションも考えられる。このオプションの場合、CN メタンの輸入に既存の LNG サプライチェーンを活用できるというメリットもある。

CN メタンには上記のような技術的に検討すべき余地はあるものの、本研究で示したように、エネルギーシステムの低炭素化に向けた貢献度は大きい。現在の都市ガスインフラには、ガスパイプライン、サテライト基地、ガス製造所という巨大なエネルギー貯蔵施設、並びに CHP という放電設備が既に備わっており、再エネ充電設備として機能する CN メタン製造システムのみを追加すれば、電力のみならず都市ガス全体の低炭素化を図るとともに、低炭素な再エネ出力変動緩和に資することもできる。