

# 水素とバイオプラスチック分解物を 消化槽へ、バイオメタンを増量

大阪ガス(株) エネルギー技術研究所 主任研究員

大阪ガス(株) エネルギー技術研究所 フェロー

京都大学大学院 地球環境学堂地球益学廊 水環境保全論分野 教授

京都大学大学院 地球環境学堂地球益学廊 水環境保全論分野 准教授

(株) NJS 上席執行役員

(株) NJS 地球環境本部 環境調査部 プリンシパルエンジニア

秋元 真也

坪田 潤

藤原 拓

日高 平

川崎 達

亀田 由季子

## 1 熱エネルギーの脱炭素化

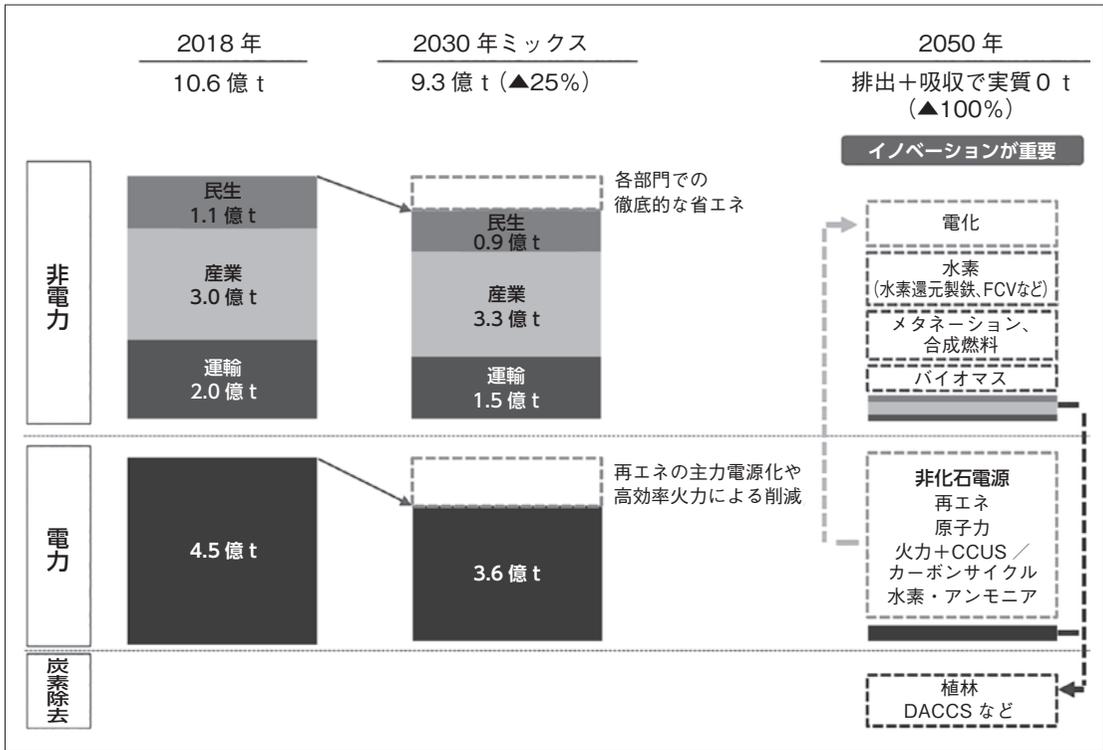
我が国が2050年の脱炭素化を目指すなかの課題の一つとして、熱エネルギーの脱炭素化がある。2018年時点で国内のエネルギー利用に伴い排出されるCO<sub>2</sub>10.6億tのうちの6.1億t、実に58%が非電力である熱エネルギーの利用に由来するものである。42%を占める電力部分はFIT制度等で導入が進められている太陽光発電、風力発電等の普及および原子力発電等の利用により、2050年にはほぼ脱炭素化されると考えられるが、58%を占める熱エネルギーの脱炭素化については、現在よい方策がなく、種々のイノベーションが重要とされている(図-1)。

具体的な方策として、天然ガス+CCUS(二酸化炭素回収・利用・貯留)、メタネーション、水素の直接利用、消化ガスの利用等が挙げられている。それぞれの方策に一長一短あり、エネルギー価格、社会コスト、レジリエンス等をさまざまな観点で評価し採用を検討していく必要がある。

## 2 下水汚泥由来消化ガスの重要性

2019年の下水道統計によると、下水汚泥の嫌気性消化工程より発生している消化ガスは3.7億m<sup>3</sup>/年であり、消化ガス中のメタン濃度を60%とした場合、メタンガス量としては2.2億m<sup>3</sup>/年の発生量となる。一方、(一社)日本ガス協会の統計によると、2019年の国内での年間都市ガス販売量は404億m<sup>3</sup>/年であり、うち90%をメタンとすると、2019年に発生した消化ガス由来のメタンは都市ガス販売量の0.6%に相当する量である。都市部において、消化ガスの活用としてFIT制度を利用して売電しているケースが多い。消化ガス発電のエネルギー効率は30%程度であるが、消化ガス由来のメタンを都市ガスとして利用できれば消化ガスのエネルギー効率を向上させることができる(都市ガスの家庭でのエネルギー効率はおよそ80%)。

消化ガスは都市ガス主成分のメタン以外におよそ40%のCO<sub>2</sub>を含むため熱量が23.9MJ/m<sup>3</sup>と低く、これを都市ガス相当の熱量(45.0MJ/m<sup>3</sup>)とするためにはCO<sub>2</sub>を除去しなければならない。神戸市東灘下水処理場では高圧水吸収法によりバイオガス中のCO<sub>2</sub>を除去したのちに熱量調整等を



出典：経済産業省資源エネルギー庁ホームページ

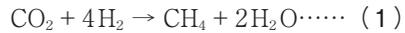
図-1 熱エネルギーの脱炭素化

行い、大阪ガス㈱のガス導管に注入し、都市ガスとして用いる試みが実施されていた。ただCO<sub>2</sub>の除去には一定のエネルギーとコストが必要となること、また消化ガス中のCO<sub>2</sub>は脱炭素時代における貴重なカーボンフリー炭素源であることから、メタネーション技術（後述）によりメタン化することが望ましいと考えられる。

### 3 CO<sub>2</sub>のメタネーション技術

CO<sub>2</sub>は炭素が完全に酸化された物質であり、これをさらに燃焼（酸化）してエネルギーを得ることはできない。これを還元してメタン（CH<sub>4</sub>）とすれば、都市ガス原料としてエネルギー利用することができる。CO<sub>2</sub>の還元には水素原子（H）が必要であり、一般的には水素（H<sub>2</sub>）が用いられる。すなわちCO<sub>2</sub>を水素（H<sub>2</sub>）で還元してメタン（CH<sub>4</sub>）とすることをメタネーションとよび、以下の反応

式（1）で表すことができる。また、グリーン水素を用いたメタネーション反応で得られたメタンのことをe-メタンと呼ぶ。



この反応は165 kJ/molのエネルギーを発生する発熱反応であるが、触媒を用いて反応させる場合、400℃程度の温度を必要とする。この反応はノーベル化学賞を受賞したポール・サバティエが1913年に発見したサバティエ反応と呼ばれるものであり、現在、いくつかのメーカーがメタネーション装置を製品化している。

### 4 バイオメタネーション技術

一方、消化汚泥中に普遍的に存在する水素資化性メタン生成菌は驚くべきことに反応式（1）の反応を30～60℃程度の低温で行うことができる。