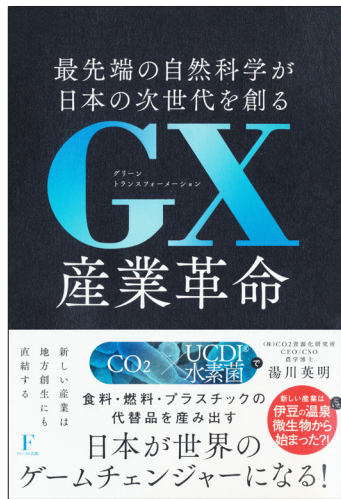




『GX 産業革命』 ～最先端の自然科学が日本の次世代を創る

湯川 英明 著

日本経営センター（フローラル出版）

2025/06 208p 1,980 円（税込）

序．CO2は本当に敵なのか？

- 1．日本が抱える経済安保の二大危機
- 2．UCDI®水素菌の力～CO2を味方に変える技術
- 3．食料不足を救う～CO2を利用した新たな食料の展望
- 4．燃料不足を救う～CO2を利用した次世代燃料の展望
- 5．脱石油時代の新素材戦略～CO2から作る新素材
- 6．日本が世界のゲームチェンジャーになるために
- 7．新しい技術がなかなか受け入れられない日本の現状と課題
- 8．これから研究者を目指すあなたへ

【イントロダクション】

気候変動や、その原因とされる地球温暖化への対策となる「GX（グリーン・トランスフォーメーション）」が世界中で取り組まれている。温室効果ガスの排出削減と経済成長の両立を目指す GX にはさまざまな手法があるが、有望なもののひとつに、CO2 をエネルギーやタンパク質に変える「水素菌」の活用がある。本書では、悪者とされがちな CO2 を餌にして増殖する水素菌のうち、日本国内の温泉で発見され、他よりはるかに高い増殖力を持つ「UCDI®水素菌」を活用した事業を展開する著者が、取り組みの詳細を解説しつつ、「CO2 の資源化」が社会課題を解決するとともに経済成長にもつながる未来像を描く。2024 年 4 月に経済産業省が発表した資料には、「破壊的技術革新が進む領域」の一つに、分子生物学技術を駆使して微生物等により物質を生産する「バイオものづくり」が挙げられており、著者らの取り組みもその一つである。著者は、株式会社 CO2 資源化研究所代表取締役 CEO/CSO、農学博士。三菱油化株式会社（現・三菱化学株式会社）中央研究所生物化学研究室に所属した後、2015 年に CO2 資源化研究所を設立。2023 年に公益社団法人経済同友会の先端科学技術戦略検討委員会委員長（バイオ分野）に就任した。

●水素をエネルギー源として CO2 を取り込み有機成分を生成する「水素菌」

私が運営する CO2 資源化研究所では、水素菌という微生物を媒介にして CO2 を有機成分に変える研究が進んでいる。我々が研究の核としている水素菌は「UCDI®水素菌」と称する。

水素菌に関する研究は 1950 年代から 1990 年代にかけてドイツの微生物学者であるハンス・ギュンター・シュレーゲル博士が、水素をエネルギー源とする微生物の生理学・代謝に関する重要な発見をしたことに始まる。

水素菌は自然界のさまざまな環境に広く分布しているが、特に温泉などの環境に生息していることがわかっている。「UCDI®水素菌」も 1976 年に伊豆の温泉で発見され、自然界から単離することに成功したものだ。発見者は東京大学の兒玉徹名誉教授。専門は応用微生物学で東京大学、信州大学、東京農業大学等で人間の生活に役立つ微生物の機能開発の研究・教育に従事されてきた方だ。

水素菌は水素をエネルギー源として CO₂ を取り込み、有機成分を生成する。これ自体は研究者の間ではよく知られている事実である。大切なのは水素菌の種類、つまり個性だ。水素菌は世界各国で様々な種類が報告されている。しかし「UCDI®水素菌」には、他の追随を許さない優位性がある。一般的な水素菌と比べて、圧倒的な増殖能力を持っているのだ。

微生物の“増殖”とは、一つの細胞が二つに分裂する現象であり、この分裂に要する“時間”が短いことが高い増殖能力を意味する。従来の水素菌は、分裂時間が3時間弱に対して「UCDI®水素菌」は1時間で二つとなる。これを24時間の培養時間で換算すると、従来の水素菌は、菌体1グラムが、約500グラムになるところ「UCDI®水素菌」は16トンにも増殖する。

実は水素菌を活用した CO₂ の資源化には大きなハードルがある。それは燃料ともいえる水素のコストだ。燃料電池自動車（FCV）の一般的な水素ステーションでの水素の販売価格は、1キログラム当たり税込みで1,760円～2,200円と、既存燃料に比べて10倍以上高くなっている。水素菌による CO₂ の資源化を実現するには、水素の価格低減は必要不可欠であり絶対条件だ。

一方で前向きなニュースもある。実は日本は2024年に「水素社会推進法」を成立させ、すでに施行段階に入っている。「カーボンニュートラル」を実現するために水素をエネルギーとして普及させ、活用を後押しするための法律だ。

経済産業省は水素価格を2030年までに1キログラム当たり334円、2050年には223円にまで引き下げる目標を掲げている。具体的な施策としては既存燃料との価格差を埋めるための補助金的な支援や、水素等のサプライチェーン構築支援制度などが考えられる。

●バイオ燃料や、あらゆる石油由来製品の代替となる化学品が製造可能

石油由来の燃料の代替となるのが動植物由来の生物資源（バイオマス）を原料として作られる「バイオ燃料」と呼ばれるものだ。中でも、航空機等のジェット燃料の代替となる「バイオジェット燃料」は「持続可能な航空燃料（Sustainable aviation fuel）」の頭文字を取って「SAF（サフ）」と呼ばれている。

近年続々と研究開発が進む、SAFの分野だが、中でも最近特に注目されている製法がある。それがATJ（Alcohol to Jet）という製法だ。これはエタノールに代表されるようなアルコールをジェット燃料として活用しようとするものだ。

2019年、我々 CO₂ 資源化研究所は水素菌を用いて、CO₂ からエタノールやイソブタノールを製造する技術を開発し、基本特許を取得した。

エタノールとイソブタノールは、どちらもアルコールの一種だが、イソブタノールの方がエネルギー密度は高い。だが、現段階では触媒技術の関係上イソブタノールを化学変換させることが難しい。できないという意味ではなく、その開発工程にかかる費用と時間を考えると、より簡単に「灯油」に変換できるエタノールの方が工業化には適しているのだ。

現在大手石油製品会社と協力して、エタノールをバイオジェット燃料として実用化させていくプロジェクトをすでに進行中だ。

エタノールを生成するには、水素菌に手を加えなければならない。いわゆる「遺伝子組み換え」だ。「UCDI®水素菌」の天然株に（＊エタノールを作る）遺伝子を付与するのだ。

「UCDI®水素菌」は外的な要因を排除しようとする微生物である。遺伝子を付与する際に、徹底的に抵抗する性質があるのだ。しかしごくまれに受け入れられる遺伝子が存在する。我々はようやく、それをなだめすかす方法に目途を付けることができ、エタノールの製造を可能としたのだ。

さらに CO₂ 資源化研究所は、「UCDI®水素菌」と CO₂ から、あらゆる石油由来製品の代替となる化学品の製造研究を進めているところだ。

その先駆的な研究が、我々が「UCDI®プラスチック」と呼ぶプラスチック製造だ。この分野では、CO₂ から生成した CO₂ 乳酸を元にした生分解性プラスチック「CO₂ ポリ乳酸」や CO₂ 由来のエタノールを脱水しエチレンを生成、それを重合して作る「CO₂ ポリエチレン」の製造可能性を世界で初めて提案した。

我々の課題は製造コストである。「CO₂ ポリエチレン」の製造には石油化学と同様のポリエチレン製造設備が必要なのだが、これには少しユニークなアイデアがある。既存の石油化学コンビナートを利用するのだ。

近年の石油化学コンビナートは過当競争回避、市場縮小といった背景から次々と設備休止が相次いでいる。そこで休止する予定の石油化学コンビナートを再利用できないものかと考えたのだ。もし再利用が可能となれば、初期費用のおよそ半分に当たる受電や給水、排水といったユーティリティ関係の費用を大幅に削減することができるだろう。

●人口増加に伴う食料危機の解決策となる、水素菌が生成するタンパク質

世界の人口は増加傾向にあり、将来的に「プロテインクライシス」に陥ることが危惧されている。「プロテインクライシス」とは、人口増加に伴い食肉の消費量が増大することで、タンパク質源の供給が追いつかなくなる状況を指す。現在、プロテインクライシスに備えるため、世界中で代替タンパク質の研究が急ピッチで進められている。

実は「UCDI®水素菌」も、「プロテインクライシス」に大きな役割を果たせると確信している。我々は「UCDI®水素菌」を用い、CO₂ を原材料とした代替タンパクの開発に成功しているのだ。仮の名称だが、私はそれを「UCDI®プロテイン」と呼んでいる。

水素菌はCO₂を取り込み、そこに含まれる炭素を「アミノ酸」という物質に変えていく。アミノ酸はタンパク質の材料になるため、これらをつなぎ合わせることでタンパク質を産生することができるのだ。

「UCDI®プロテイン」が他の代替タンパクより優れている点は、いくつかある。一つは、「UCDI®水素菌」の菌体は粗タンパク質含有量が約 80%以上であるということ。

さらにアミノ酸の組成は、動物性タンパクのアミノ酸組成とほぼ同じであり、世界的に課題となっている畜産（動物）由来のタンパク質の代替となることが可能である。つまり必要に応じて牛乳、チーズ、牛肉、豚肉、鶏肉など、畜産から生成するあらゆる動物性タンパク質への転換が可能ということだ。

この研究をもって CO₂ 資源化研究所は、農林水産省が主催する「農林水産省中小企業イノベーション創出推進事業（フェーズ3基金）」の第1回公募に参加した。いくつかある公募テーマの中から我々が参加したテーマは「バイオ技術等（フードテック）の実証を通じた新しい食品・飼料の開発・実証」だった。そこへ事業計画を提出したところ、2023 年度～2027 年度まで、総額 24 億 8000 万円の予算で採択していただくことができた。

※「*」がついた注および補足はダイジェスト作成者によるもの

コメント：水素菌（水素細菌）については、著者らの取り組みのほかに、国内でも複数の企業が連携したプロジェクトなどで実用化に向けた研究が進められている。水素菌によるタンパク質生成については、とくに北欧地域の公的組織による支援のもと、研究開発が進んでいるようだ。いずれも、待ったなしの社会課題の解決に向けて期待の集まる技術だけに、著者らの UCDI®水素菌関連の事業のようなスピード感が求められる。さまざまな可能性を検証しながら、産官学の連携による研究開発が進展することを期待したい。