

# 世界の食料問題と化学の役割

Kazuhiro CHIBA 千葉一裕 東京農工大学 学長



## はじめに

人類史を振り返れば「食料問題」は、今に始まったことではない。太古の昔より食料を確保することはまさに日々の命がけの活動であり、言わば生きるために食料問題に取り組む日常性が我々の遺伝子にまでも組み込まれているかもしれない。その後、少なくとも一部の世界では比較的安定に食料確保の見通しが立つようになり、同時にそれを支える科学や技術も飛躍的に進歩した。その結果、最新の技術を活用すれば食料は農業活動により再生産され、我々の命は守られるということをご概念としては理解してきた。しかし現実には食料の問題からはいまだに解放されていない。それどころか現在この地球上で人類が直面している食料問題は、その再生産性や必要量への対応力、あるいは急激に進行する地球温暖化の直接的な原因となって、もはや明確な解決策すら見通せない事態に陥っていることを改めて認識しなければならない<sup>1)</sup>。

## 世界が直面する現在の食料問題

20世紀半ばから世界に急速に展開した化学肥料や化学農業を利用した生産性の高い農業技術、高収量品種の開発・利用拡大により、食料生産・供給総量は急激に拡大した。この「緑の革命」と呼ばれる技術革新とともに、世界の人口も急激に増加した。そしてこれまでのわずか50~70年程度の間、地球温暖化の原因となる大気中の温室効果ガス濃度も大きく上昇し続けている。すなわち、世界全体の温室効果ガス排出量の中で農業活動等に直接由来する割合は25%以上、加工、輸送、消費を含む食料システム全体では35%以上にも及ぶとされる。このことは取りも直さず、我々は必要とする食べ物を手にするために、日々大量の化石燃料を燃焼し続けていることにほかならない。またそれに限らず、より効率的に作物を得るために耕作地を機械的に大規模に耕すことや、化学肥料などを投入することによって、土壌からの二酸化炭素やメタン、亜酸化窒素の放出や土壌微生物等の生物多様性の喪失に伴う深刻な土壌劣化が引き起こされ、食料生産・供給活動の持続性そのものが危機に瀕している。これは明らかに人類が長い歴史の中で経験してきた「食料確保

のための自然との闘い」というレベルを越え、人間活動の拡大そのものが直接的な原因となる、後戻りのできない食料問題に直面していると言えよう。

## 解決に向かうことの価値

食料問題は、社会的コストに直接関わる。慢性的な食料不足や栄養のアンバランスによる肥満や健康被害、医療費負担増等による健康コスト、自然のメカニズムと乖離した人間活動に由来して起こる土砂崩れや洪水、山火事、野生動物による被害、大気・土壌・海洋汚染などの環境コストもその一例だ。膨大な化石燃料消費とともに獲得した貴重な農産物や魚介類等も、最終的にはその数十%というレベルで人々の口にまでは届くことなく、様々な段階で廃棄されている現状も深刻な経済・環境コストとなっている。また、環境負荷増大を伴う食に対する欲求の多様化・高度化、耕作地拡大の限界、気候変動による農業生産力の低下、食料システム維持のための化石燃料消費などの問題に直面する中、個々の課題解決のための「残された時間」にも限界がある。

その一方でこのような課題には、社会コストの改善とともにもたらされる大きな正の健康・環境・経済効果を生み出す可能性が存在していると考えべきだ。そしてこのようなときこそ、その目指すべき「あるべき姿」からバックキャストして、そこに到達する道を拓くための新たな科学技術や社会的なシステム再構築を時間軸とともに計画することが必要だ。そこには避けては通れない非常に大きな価値ある目標が厳然と存在し、同時にそのための新たな事業、産業創出の必然性も見えてくる。これはリスク回避という地球全体、あるいは人間社会の公益性とともに、国際社会全体への迅速な波及のための原動力となる、新たな事業性を創出できる挑戦的活動にほかならない。

## 食料問題に関するリスク回避の方法

重視すべきは、この課題解決によってもたらされる大きな価値を国際社会全体で公正に見積もり、共有し、限られた時間の中で波及力を持つ活動に転換することである。これはすでに限界を超えたこの地球上で人類は持続できるのか、食料不足や急速な気候変動の

影響による危機を乗り越えられるのかという問いに対する答えでもある。

従来の農業慣行による負の要素を削減するためには、自然や地域の力を活用した食料生産法の導入を早期に拡大することが必須だ。例えば、すでに著しく劣化が進んでしまった世界各地の土壌機能の回復に着手することは喫緊の課題である。食料確保に必須の農業・食料生産活動そのものと連動して、大気中に広がった希薄な炭素を土壌微生物や動植物の機能を活用し、土壌中に漸次固定化する手法はカーボンファーミングと呼ばれ、地球持続のための重要な考え方となっている。地域によっては農業活動に適さない条件のところも圧倒的に多いが、そのような場所も含めて個別に人と自然が共存できる形を実現する努力が必要となる。もしこれを怠ると安易な方法による収穫量の増大や目の前の食料の確保だけを目指し、遠隔地から従来型の肥料や農薬、あるいは食料や飼料を大きな炭素コストを支払って輸送し続けることになる。これでは今までの食料供給システムから抜け出すことができない。その解決のためには、乾燥耐性、耐塩性などを付与した現場に立脚した作物強靱化や多収量品種の作出、効率的なバイオマス生産との連動など高度な技術開発も必要である。新概念に基づく農薬の高機能化や代替技術の進化、土壌微生物叢を適正かつ高度に機能させるためのバイオスティミュラントの導入や、牛ルーメンからのメタン排出抑制に寄与する適正な計測法や代謝制御の技術も不可欠だ。そして、自分たちはどこで何をどう育て収穫すべきかを前もって的確に知ることができる、衛星観測情報やAIと連動した予測農業生産や気象予測技術の普及も必須である。

### 収益性を波及の原動力に

社会コストの低減とともに一連の地域活動を事業として成立させること、すなわち重要な取り組みの持続、波及のための要となる収益性を確保する道を拓くことが本質だ。そのためには農業-畜産業-林業の連携（アグロフォレストリー）や水産業等との協業、さらにはバイオマス生産に基づくエネルギーバランスなどを総合的に捉えたバリューチェーンの構築が重要である。また、システム全体がもたらす正味の炭素固定量や元素循環に与える影響、自然破壊や化石燃料の消費を抑制した食料生産システムに対する評価法の確立と標準化も収益性確保の強固な基盤となる。そして何よりも食料の生産・提供者、あるいは地域社会で暮らす人々にとって健康、福祉、環境および経済的メリットがあり、未来志向の新たな方法に切り替えようとするモチベーションに繋がらなければ波及効果は望めない。

### 事業開発の中に広がる化学の役割

科学的根拠の究明と適正な評価方法に関する研究、技術開発については化学者が果たすべき大きな役割で

もある。同時に新たな事業開発が求められる今日、国際的な激しい競争の中では独創性、先進性ととも事業としての成功を見える形にして、人を惹きつけ、巻き込まなければならない。食料とはリアルな世界の産物そのものであり、化合物の集合体であるということに改めて思い起こせば、そこに化学的な研究において独創性を発揮する場は広く展開される。例えば、量子技術の発展には大きな期待が集まるが、重要なことは我々がそれによって何をえられるのか、どのような新たな世界を実現するのかというビジョンを示し、共有することである。食料の問題はまさにその世界と連動すべき、人類にとっての不可避の課題の1つである。量子技術の進化とともにもたらされる NMR 顕微鏡・量子超偏極 NMR・多核種 MRI や生体分子相互作用状態における量子もつれ状態計測、<sup>13</sup>C濃縮による炭素・有機物動態解析などは、食料生産や供給システムのあり方を抜本的に変える鍵となる科学技術として期待される。生物・有機化合物の協働作用による光合成、酵素変換、窒素固定技術開発、合成生物学による食料生産技術の進化、あるいは環境負荷低減予測法などについても、その実効性の大きさ、可能性は計り知れない。少なくとも革新技术としての成長を待つだけでなく、それらの発展とともに創り出される近未来の世界を示し共創することが、技術の真価を高め発展を後押しする上でも大切なことだと考えている。

### おわりに

重要な科学技術を深化させ、そこで開発された革新的な手法や評価法を事業や新しい産業として社会実装する上では経済的、法的な仕組み作りや、新たな価値としての社会的共有も必須だ。かつて数々の突出した技術革新や科学的な発見が重要な核となり、世界の産業構造を動かしてきた。しかし、今我々が食料を持続的に手にするために直面している壁は、これまでの解決方法とは明らかに異なる。さらに、食料に関わる複数領域が連携した事業を構想し実行に移すためには、事業モデルそのものがシステム全体として広範囲で捉えられた合理的な根拠や公正なデータに基づくものでなければならない。そのためにも説得力のある化学的、あるいは科学的な探求がより大きな意味を持つ。

この新たな繋がりから食を通じた人と自然の共生社会が持続的に創成され、人類が直面する難題が解決の方向に進むことを切に願っている。

- 1) CS3 CHEMICAL SCIENCES AND SOCIETY SUMMIT White Paper, "The 9<sup>th</sup> CS3, Chemistry for Sustainable Food: Challenges and Perspectives", Tokyo Japan Sept. 2023.

© 2024 The Chemical Society of Japan

ここに載せた論説は、日本化学会の論説委員会が依頼した執筆者によるもので、文責は基本的には執筆者にあります。日本化学会では、この内容が当会にとって重要な意見として掲載するものです。ご意見、ご感想を下記へお寄せ下さい。  
論説委員会 E-mail: ronsetsu@chemistry.or.jp