

未来のストーリー

2050年の今、農業も食卓も20、30年前には想像できなかったほど変わった。2020年代を振り返ると、ニュースでは「食料危機」とか「持続可能な農業」という言葉が飛び交い、フードロスの問題がよく取り上げられていた。実際に危機感を覚えたのは2030年代になってからだった。地球の人口は増え続け、異常気象や天災が頻発し、伝統的な農業では食料供給が追いつかなくなったのだ。

今、私たちの食卓に並び食品の多くは、細胞培養技術によって生み出されている。たとえば、昨日の夕食に食べたステーキは、牛から直接取ったものではなく、細胞を培養して作られたものだ。味も食感も昔の肉と変わらないばかりか、栄養価も調整されていて、まさに私たちが求めた理想的な食品だ。これにより、大規模な家畜農業はほぼ消え、温室効果ガスの排出も激減した。

私が暮らす都市には高層ビルが立ち並び、その中には植物工場もある。外見は普通のビルだが、その内部では、野菜や果物が土を使わずに栽培されている。LEDライトの下、精密に管理された水と栄養が植物に供給されている。この植物工場が都市の中心にあるおかげで、私たちはいつでも新鮮で栄養豊富な野菜を手に入れることができる。

それだけじゃない。陸上で養殖されている魚も、今では私たちの食卓に欠かせない存在だ。水産資源が枯渇していく中、海を汚染せず、持続可能な方法で育てられた魚は、安心して食べることができる。水質や成分が24時間モニタリングされ、最適な環境が維持されているため、病気のリスクも極めて少ない。

ゲノム編集も大きな進展を遂げた技術の一つだ。栄養価の高い野菜や、肉厚の魚、病害に強く生育の早い穀物などが次々と開発され、収穫量が飛躍的に向上した。さらにバイオ農薬や土壌改良技術を活用して、自然に優しい農業を実現している。微生物の力で土壌の質が向上し、化学肥料に頼らずとも豊かな作物が育つようになった。

農村地帯の伝統的な農業の光景も変わった。この30年で農業は極めて精密かつ自動化された。ドローンが畑を監視し、無人トラクターが作業し、収穫ロボットが人に代わって収穫する。施肥や収穫の量とタイミングはAIが指示する。農家の仕事は「畑で汗を流す」というよりも、むしろ管理とデータ分析になった。

一方で、私たちの「畑」はもはや地球に留まらない。月面コロニーでは、限られた資源で作物が栽培されている。地球外で生産された食料は宇宙探査や移住計画にも欠かせない。最近では宇宙土産用に月産クッキーまで製造されている。

かつて夢物語だったテクノロジが、今では私たちの食卓を支えている。技術革新によって100億人分を賄うだけの増産も可能になった。ただ食料の分配には今も偏りがあり、食料不足の地域が残っている。先進国における食品廃棄は減った一方、経済的に豊かになったかつての中・低所得国で新たなフードロス問題が発生している。将来、火星旅行が実現する頃には、この問題は解決しているだろうか、月旅行から帰ってきた同僚からもらった月産クッキーを食べ、培養ミルクで作ったカフェラテを飲みながら、ふとそんなことを考えた。

第5章 食と農

1. 食と農の持続可能性

世界的な人口増加と経済発展による中間層の拡大、さらには地球温暖化や水資源の枯渇といったメガトレンドは、食と農の未来にも影響を及ぼす。人口増加と中間層の拡大により食料需要は確実に増えていく一方、異常気象や土地・水の不足などで供給がそれに追いつかずに、需要に対して供給が逼迫する懸念が高まっている。他方、従来の農業のやり方は「持続可能性」の観点から限界が近づいている。

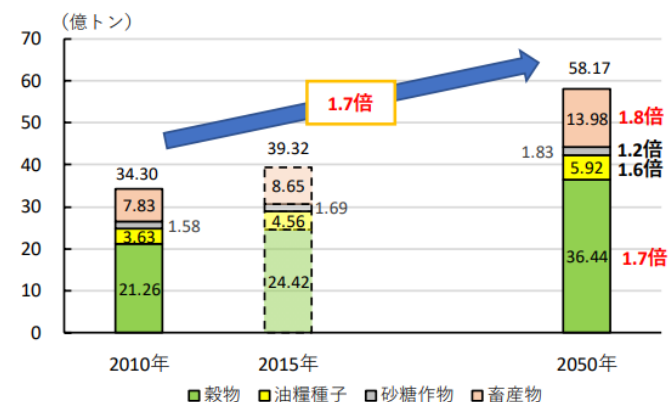
◆人口増加と中間層の拡大が食料需要を押し上げる

国際連合の推計によると、世界の人口は2050年には97億人に達する。人口増加に伴い食料需要が増大することが予想されており、国連食糧農業機関（FAO）は、すべての人に十分に食料が行き渡るようにするためには、2050年までに食料生産全体を1.7倍に引き上げる必要がある、と指摘している¹。

農林水産省の見通しによれば、2050年の穀物需要量は2010年比で1.7倍、畜産物（肉類・乳製品）の需要量は同じく1.8倍に増える<図表 5-1>²。特に中低所得国においてこの傾向が顕著になるとされている。これは人口増加だけが要因ではなく、経済成長による所得の向上が食生活の変化をもたらし、肉類や乳製品の消費が増えることも一因である。畜産物の需要の増加は、家畜の飼料となる穀物や油糧種子の需要をさらに押し上げる要素となる。

では、この圧倒的な需要の増大に対して、食料の供給は追いつくのだろうか。留意すべきは、食料を増産するだけでは食料不足の問題は解決しないという点である。なぜなら、食料問題とは食の分配問題でもあるからだ。食料不足が叫ばれて久しいが、真の問題は食料を十分に確保できる国と、そうで

図表 5-1 世界全体の品目別食料需要量の見通し



(出典) 農林水産省大臣官房政策課食料安全保障室「2050年における世界の食料需給見通し」(2019年9月)

ない国との経済格差にある。

ただそうは言っても、世界中に無駄なく食料を行き渡らせるのは容易ではない。また、分配の課題が残るにせよ、2050年に向けて1.7倍の食料増産が必要であることに変わりはなく、それは人類が直面する大きな課題であるのは間違いない。

◆食肉の消費量が増大し、タンパク質不足が深刻化する

食料不足の懸念の中でもとりわけ深刻なのが「タンパク質不足」だ。食肉の消費量はこの半世紀の間に急速に増加し、現在も増え続けている。世界人口は過去50年間で2倍となったが、中間層の拡大による食の嗜好の変化も要因となって肉の消費量は3倍に増加した³。

ただし、国や地域によって消費量の伸びには違いがある。<図表 5-2>

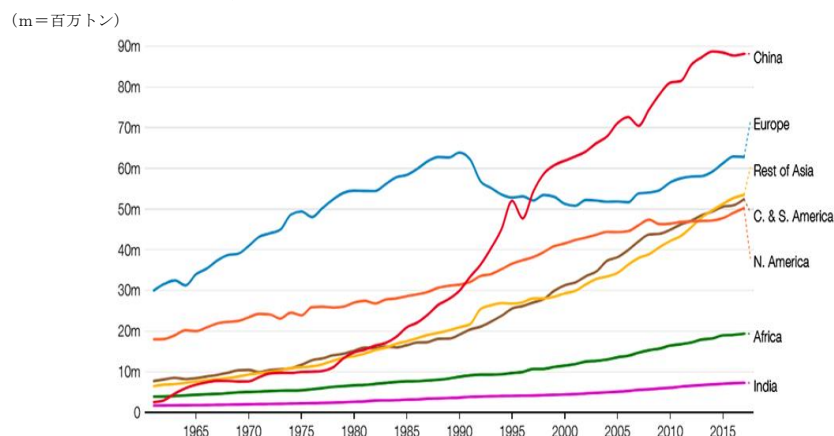
¹ Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), “How to Feed the World 2050”, Jun., 2009.

² 農林水産省大臣官房政策課食料安全保障室「2050年における世界の食料需給見通し」(2019年9月)

³ The World Economic Forum (WEF), “This is how many animals we eat each year”, Feb.8,2019.

世界の地域別の食肉消費量の推移を見ると、中国の伸びが著しいことがわかる。世界でこれほど食料が必要になったのも、中国が急速に経済成長して牛肉を食べるようになり、それに比例して家畜の餌となる大豆やトウモロコシの需要が世界中で膨らんだことが背景にある。欧州、中南米、北米は消費量こそ多いが、消費の伸びは比較的安定している。

図表 5-2 世界の地域別食肉消費量の推移



(出典) The World Economic Forum (WEF), “This is how many animals we eat each year”, Feb.8,2019.

興味深いのがインドだ。インドの人口は中国を追い抜き、中間層も拡大しているが、消費量はそれほど増えていない。もともと宗教上の理由から牛を食べない国であり、所得が上がってもこの食生活はなかなか変わらないだろう。

以上のように国や地域によってトレンドの違いはあるものの、世界全体の食肉の消費量は、今後も着実に増加すると見込まれている。FAO は世界の食

肉消費量は 2000～2030 年の間におよそ 70%、2030～2050 年の間にさらに 20%拡大すると予測している⁴。

◆従来型の農業は環境負荷が高く、持続可能性が低い

食料が不足するなら開墾と灌漑によってそれを賄う量を増産すればよい—とりたいところだが、もはやそのような時代ではなくなってきている。従来の農業や畜産の手法が「持続可能性」の観点から問題視されているからだ。

現代の食生活と食料生産が地球温暖化を加速させていることは、かねてより指摘されてきた。FAO によると、2019 年の世界の温室効果ガス総排出量の 31%が食料生産システムに由来し、そのうち 4 割超(全体の排出量の 13%)が農場内の生産活動に起因している⁵。特に温室効果の高いメタンや一酸化二窒素 (N₂O) は、排出の半分以上が農作物や家畜から生じている。

農業が引き起こす土地の荒廃も問題だ。農業には土地が必要だが、世界中で農業に適した土地は限られている。その上、浸食や地質の低下、土地の砂漠化など、農業に適していた土地でも何らかの荒廃が進んでいる。

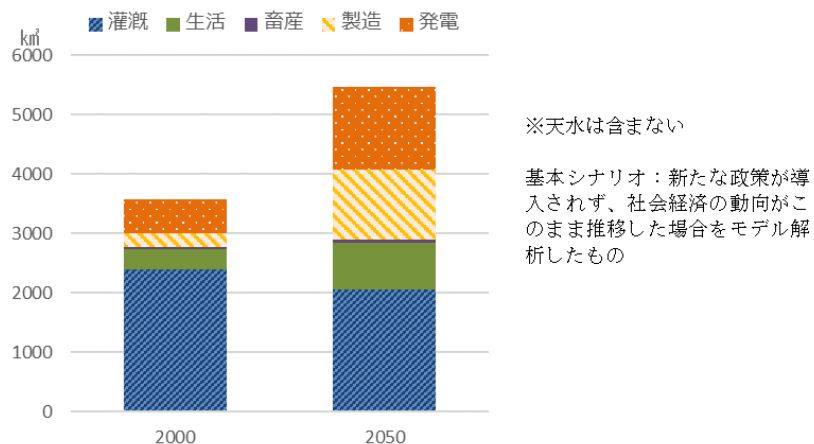
水資源も枯渇すると言われている。経済協力開発機構 (OECD) によると、2000 年時点で世界の水需要の約 3 分の 2 は灌漑用水が占めていた。水需要は、人口増加に比例して生活用水が増加するのはもちろん、発電や工業用水の需要が拡大するため、2000～2050 年の間に全体で約 55%増加すると予測されている<図表 5-3>⁶。2050 年には世界人口の 4 割に当たる 39 億人が深刻な水不足に見舞われる可能性があるという。OECD の予測では、農業技術の進展により灌漑用水の需要量自体は減少が見込まれているが、他の用途

⁴ FAO, “World agriculture: towards 2030/2050”, Jun.,2006.

⁵ FAO, “FAOSTAT Analytical Brief 31”, 2021.ほかに森林伐採や泥炭地の劣化など土地利用の変化の過程で発生するものが 7%、農作物の生産前および後の工程で発生するものが 11%となっている。

⁶ The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), “Environmental Outlook to 2050”, Mar.15, 2012.

図表 5-3 世界の水需要予測：2000 - 2050 年



(出典) The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), “Environmental Outlook to 2050”, Mar.15, 2012.

との水の奪い合いになることも考えられる。しかし、だからと言って、海水から真水を作り出すような力技を新たな水源として採用するのはコスト効率が悪く、その手法は持続可能性が低いものとなるだろう。

以上のとおり、増大する食料需要を賄うだけの食料の増産と、食料生産における環境負荷の軽減は、将来に向かって世界の重大な課題となっている。次項では、食料の増産と持続可能性の両立の実現する可能性があるテクノロジーに焦点を当てる。

〈BOX〉深刻さを増すフードロス⁷、温室効果ガスの排出要因にも

食料不足を解決するためには、フードロス（食品ロス）の削減も求められる。フードロスの特徴の一つとして、先進国では消費段階でのロスが多いのに対して、途上国では生産・保管・加工の段階で多くのロスが発生していることが挙げられる⁸。途上国では保管技術の低さや交通インフラが整っていないばかりに収穫しても腐ったり傷んだりするケースが多い。一方、先進国では、食品の外観品質基準の厳しさや賞味期限に対する過度な懸念、買いすぎを理由として、卸小売、外食サービス、家庭で廃棄される量が多い。

2021年に発表された、世界自然保護基金（WWF）と英国の小売り大手テスコの報告書「Driven to Waste」では、全世界で25億トンものロスが発生していることが示された⁹。これはFAOが2011年に発表した13億トンの約2倍の量に相当する。また、世界で生産される食品の40%が廃棄されていることも判明した。従来はロスの割合は3分の1程度（約33%）とされていたので、こちらも従来の推計値を上回っている。WWFによれば、これまでは農場で発生するロスが低く見積もられてきた。報告書ではさらに、経済発展に伴って、将来食品ロスが増える可能性も指摘されている。

フードロスはごみとして焼却されるためCO₂を排出する。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）は、2010～2016年に排出された温室効果ガスの最大の排出源のひとつとして食品ロス（8～10%）を挙げている¹⁰。フードロスは地球温暖化の一因にもなっている。

⁷ 日本でいう「フードロス」は英語の「Food Loss and Food Waste」を指している。FAOは食品の生産から流通で生じたロスを「Food Loss」、小売や外食から家庭間のロスを「Food Waste」と定義している。本来食べられるのに捨てられてしまう食品を指す「食品ロス」という用語があるが、本稿ではフードロスを食品ロスと同義で使う。

⁸ FAO, “Global food losses and food waste”, 2011.によれば、途上国ではロスの40%以上が収穫後や加工段階で発生しており、他方、工業化された国々では40%以上が小売りや消費者レベルでロスが発生している。

⁹ World Wildlife Fund (WWF), “Driven to Waste”, Aug.19, 2021.

¹⁰ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), “Climate Change and Land”, 2019.