

〔資 料〕

# プラネタリー・バウンダリーと持続可能な食システム

増野華菜子・横田茉優・近藤哲生

Planetary Boundary and Sustainable Food Systems in the Context of Planetary Health

Kanako MASUNO, Mayu YOKOTA and Tetsuo KONDO

Food production is essential for the development and health of human beings but at the same time it is the largest source of environmental degradation. In this article, we describe how to optimally balance the increasing need for food driven by the world's expanding population and sustaining the health of the environment in line with global Sustainable Development Goals (SDGs). In the last section, we briefly introduce innovative actions relating to novel and sustainable food production in Japan.

*Key words:* Sustainable Development Goals (SDGs), planetary boundary (プラネタリー・バウンダリー／地球の限界), planetary health (プラネタリーヘルス), nutrition (栄養), global health (グローバルヘルス)

## 1. 持続可能な開発目標 (SDGs) とプラネタリー・バウンダリー

2015年に国連で採択された持続可能な開発目標 (SDGs: Sustainable Development Goals, 以下SDGsと略)の達成に向けて、産官学が様々な取り組みを進めている<sup>1,2)</sup>(表1)。SDGsの中心的概念である『持続可能な開発』とは、「環境と開発に関する世界委員会」が1987年に公表した報告書「Our Common Future (通称ブルントラント報告)」に記された、「将来の世代の欲求を満たしつつ、現在の世代の欲求も満足させるような開発」のことを言う。この概念は、環境と開発を互いに反するものではなく共存し得るものとして捉え、環境保全を考慮した節度ある開発が重要であるとの考えに立つものである<sup>3,4)</sup>。

環境に関する重要な考え方として、2012年に開催された「国連持続可能な開発会議」で環境学者であるヨハン・ロックストローム (Johan Rockström, 1965-) が発表した「プラネタリー・バウンダリー (地球の限界)」がある<sup>5,6)</sup>。プラネタリー・バウンダリーの

考え方では、地球環境の安定性を維持・制御するために重要な働きを環境要素として9項目にまとめ、人類が繁栄を続けると同時に地球環境を守るためには一定の均衡が保たれる範囲内で活動すべきとしている。また、これらの環境要素は、地球の限界の領域内を超えると急速かつ不可逆的な変化を遂げるとされる。9つの環境要素とは、①気候変動 ②新規化学物質 ③成層圏オゾンの破壊 ④大気エアロゾルの負荷 ⑤海洋酸性化 ⑥生物地球化学循環 (窒素, リン) ⑦淡水利用 ⑧土地利用変化 ⑨生物圏の一体性 (絶滅の速度, 生態系機能の消失) であり、これらの要素全てがSDGsに組み込まれている。プラネタリー・バウンダリーに関する研究では、①気候変動と⑧土地利用変化の項目はリスクが増大する“不安定な領域”に達していると分析され、⑥生物地球化学循環と⑨生物圏の一体性における種の絶滅の速度の項目は“不安定な領域”を超えた“高リスクの領域”にあると分析されている<sup>5,6)</sup>。

世界規模で進行する人口増加や都市化と共に人間社会が持続的であり続けるためには、より多くの食

糧をより効率的に生産することが必要となる。反面、その営みの結果として、地球環境に悪影響がもたらされたことも事実である。森林から農地への転用に代表される⑧土地利用変化がその例である。この現象は、特にアフリカ、南米で顕著に見られる<sup>5)</sup>。小規模農家の存続が困難になり、食糧生産の多様性が失われることにも繋がる<sup>1,2)</sup>。

また、⑥生物地球化学循環が“高リスクの領域”に達している現状は、世界の化学肥料の需要が年々増大していることと連動していると考えられている。人為活動による反応性窒素の生産量は1950年代に上昇し始め、1960年代以降は急速に増加している<sup>5)</sup>。窒素は、大気中の約78%を占める主要成分で、蛋白質の合成に不可欠な元素である。元来、生態系に存在する窒素固定等の働きによって大気中から固定される窒素量と、気体状の窒素に還元されて大気中に放出される量はほぼ均衡化しているが、大規模な化学肥料の生産や農作物の栽培、燃料の燃焼等によ

り、大量の窒素化合物が環境中に放出される。このような、無節操な人為活動が地球上の物質循環に影響を与え、その結果として気候変動が引き起こされると考えられている<sup>5,7)</sup>。人間社会が持続可能であるためには、プラネタリー・バウンダリーにおけるリスクをマネジメントしていく必要がある。また、過食・肥満と飢餓という両極端の課題が共存し、社会経済的な格差が問題となっている現在において、どのような行動が持続可能性をもたらすのか考えていかねばならない。

## 2. 人新世とプラネタリーヘルス

前章で述べたように、1950年頃から人類の営みが地球環境や地質学的に大きな影響を与えるようになった。反応性窒素の増加以外にも、人為的活動の増大と連動して、環境中に放出される汚染物質の急増および森林破壊や海洋の酸性化等の現象が観察された<sup>8)</sup>。それ以前の時代では、人類は地球環境の影

表1 SDGsの17の目標<sup>1,5)</sup>

目標 1. あらゆる場所のあらゆる形態の貧困を終わらせる
目標 2. 飢餓を終わらせ、食料安全保障及び栄養改善を実現し、持続可能な農業を促進する
目標 3. あらゆる年齢のすべての人々の健康的な生活を確保し、福祉を促進する
目標 4. すべての人に包摂的かつ公正な質の高い教育を確保し、生涯学習の機会を促進する
目標 5. ジェンダー平等を達成し、すべての女性及び女児のエンパワーメントを行う
目標 6. すべての人々の水と衛生の利用可能性と持続可能な管理を確保する
目標 7. すべての人々の、安価かつ信頼できる持続可能な近代的エネルギーへのアクセスを確保する
目標 8. 包摂的かつ持続可能な経済成長及びすべての人々の完全かつ生産的な雇用と働きがいのある人間らしい雇用（ディーセント・ワーク）を促進する
目標 9. 強靱（レジリエント）なインフラ構築、包摂的かつ持続可能な産業化の促進及びイノベーションの推進を図る
目標 10. 各国内及び各国間の不平等を是正する
目標 11. 包摂的で安全かつ強靱（レジリエント）で持続可能な都市及び人間居住を実現する
目標 12. 持続可能な生産消費形態を確保する
目標 13. 気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を講じる
目標 14. 持続可能な開発のために海洋・海洋資源を保全し、持続可能な形で利用する
目標 15. 陸域生態系の保護、回復、持続可能な利用の推進、持続可能な森林の管理、砂漠化への対処、ならびに土地の劣化の阻止・回復及び生物多様性の損失を阻止する
目標 16. 持続可能な開発のための平和で包摂的な社会を促進し、すべての人々に司法へのアクセスを提供し、あらゆるレベルにおいて効果的で説明責任のある包摂的な制度を構築する
目標 17. 持続可能な開発のための実施手段を強化し、グローバル・パートナーシップを活性化する

響を受ける存在であったことに対して、生物種としての人類が地質学的に地球環境に影響を及ぼすようになったことを示すために、2000年に開催された地球圏・生物圏国際共同研究計画（IGBP）の会議の場で、1995年のノーベル化学賞受賞者であるオゾン層破壊に関する研究者パウル・クルツェン（Paul Jozef Crutzen, 1933-）によって“人新世（Anthropocene）”という新たな地質年代で呼ぶべきであるという考えが提唱された<sup>9)</sup>。これは、約250万年前からとされる更新世、約1万年前からとされる完新世に続いて興った地層年代として「多くの面で人間活動が支配的になった現在に至る地質時代に“人新世”という用語を与えることが適当である」という提案で、2021年までに国際層序委員会に対して公式提案がなされる見通しである<sup>10, 11)</sup>。

このことから、1987年の通称ブルントラント報告で述べられた、「将来の世代の欲求を満たしつつ、現在の世代の欲求も満足させるような開発」を実現すること、即ち環境と開発を互いに反するものではなく共存し得るものとして捉え、環境保全を考慮した節度ある開発を実践することは、既存の枠組みでは困難であったと考えられる。このような状況の中で、プラネタリーヘルス（planetary health）という概念が生まれた。

医学論文の主要な検索エンジンであるPubMedでプラネタリーヘルスという用語を検索すると、2014年から急速に論文数が増加している。2014年にランセット誌に掲載された、プラネタリーヘルスの基本概念に関する声明文（原題From public to planetary health: A manifesto）では、“本声明は、公衆衛生に関する市民社会の変容を求める。これは、個人・地域・国家・全世界・地球全てのレベルにおける要望である。我々の目的は、現在人類が直面している、健康と福祉に対する危機・市民社会の持続可能性に対する危機・人類が生息している環境に対する危機に対処することである。我々は、生物多様性と繁栄をもたらしている地球環境と共生し、依拠しながら存在しているのだから。我々は、プラネタリーヘルスに寄与する潮流を作ることを目指す。”と述べられている<sup>12)</sup>。翌年の2015年に発表された

論文Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of The Rockefeller Foundation-Lancet Commission on planetary health においては、プラネタリーヘルスに関する詳細な概念と定義が述べられている<sup>8)</sup>。そこでは、WHO憲章“健康とは、肉体的、精神的及び社会的によい状態のことであり、単に疾病又は虚弱が存在しないことではない”を引き合いに出した上で、プラネタリーヘルスの定義を、“達成しうる限りにおいて最も高いレベルにおける健康、福祉、公平を実現し、人類が繁栄しうる地球環境を形成すること”としている。以上の流れの中で、医学、栄養学、環境学、生命倫理学などの分野横断的な専門家で構成された協議会（EAT）が発足し、2017年から年次報告書を公開している<sup>13)</sup>。2019年にランセット誌に発表された45ページに亘る文書（Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food system<sup>7)</sup>）は、人新世<sup>9)</sup>における持続可能な食システムに関して包括的な知見を提示した上で、食の在り方に関する大規模な転換が必要であるとし、食に関する様々な提言を行って注目を集めている。この文書では、プラネタリーヘルスの文脈における「健康的な食事」（“地球環境にも人類にも健康的である”の意）が紹介されている。すなわち、気候変動や温室効果ガス等の環境要因の課題を俯瞰した上で、人類全体の健康と繁栄を持続可能にすることを基本理念としている。また、環境負荷の軽減と人類の健康の両立を目的とし、具体的には赤身肉の消費量削減と全粒穀類・豆類・野菜・果物を中心とした食生活への転換が推奨されている。次章では、上記に提示した文書において、プラネタリー・バウンダリーの考え方および持続可能な開発目標（SDGs）に密接に関連する部分を中心に紹介する。

### 3. 人新世における食 （Food in the Anthropocene）

ここでは、2019年にランセット誌に発表された文書<sup>7)</sup>の概要を紹介する。以下、引用部分の邦訳は筆者が行い、適宜解説を施した。

世界規模で進行する人口増加に伴い、食糧の生

産・流通の体系が大きな変化を余儀なくされている。食システムには、人類の健康や持続可能な環境を形成する働きがある。しかし現在、食システムはその両方を脅かしている状況である。環境の持続可能性を維持しながら、増加の一途をたどる食糧ニーズを満たすことは喫緊の課題である。カロリーベースによる食糧生産量は人口増加と共に増大しているにも拘わらず、世界全体では8億2000万人以上が栄養不良の状態にあるとされる。約1億5000万人の小児が成長阻害の状態にあり、20億人以上が微量栄養素欠乏である。その一方で、カロリー摂取過多に起因する疾患の罹患率は上昇してきており、約20億人の成人が過体重または肥満とされる。また、ここ30年間で糖尿病の罹患率は世界全体で約2倍になった。健康的でない食生活は、疾病や死亡の原因として大きなリスク要因である。このように、全人口において栄養状態が良好でない人の割合が高いため、世界全体において食生活の転換が必要である。人類による食糧生産の営みは、地球環境を変化させる最大の要因であり、温室効果ガスが発生する原因の30%、淡水利用の70%を占めている。また、農業用地は世界全体の土地利用の40%を占めている。

海洋資源に関しても、乱獲や養殖に伴う環境負荷の増大が問題になっている。2050年には世界の人口が約100億人に達すると予測される中で、健康的で持続可能な食を提供する必要性に直面すると同時に、プラネタリー・バウンダリーの複数の項目が“不安定な領域”あるいは“高リスク領域”に移行しつつある局面に直面している。ゆえに、我々は食糧生産の在り様に関して再考する必要がある。以下に、持続可能な食糧生産を実現するための8つの戦略(表2)と、食システム転換を実現するための5つの戦略を示す(表3)。

#### 4. 日本における新しい取り組み

本章では、本邦における食糧生産に関する新しい取り組みを紹介する。

##### 4-1. テクノロジーの活用

衛星を活用した位置情報システムや、各種センサーを搭載したドローン等を用いた精密農業あるいはスマート農業が広がりつつある。テクノロジーの活用により、作物の成長の様子や病害虫の発生状況に関してリアルタイムで測定を行い、適切な時期と場所に、必要最小限の施肥や散水を行うことが可能で

表2 持続可能な食糧生産を実現するための8つの戦略<sup>7)</sup>

<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 食糧の生産から消費の過程において発生する温室効果ガスを2050年までに削減する</li> <li>(2) 窒素とリンの使用効率の大幅な改善</li> <li>(3) 生物多様性の消失を防ぐ</li> <li>(4) 農地拡大を防ぐ</li> <li>(5) 生態系の保全と回復</li> <li>(6) 生物多様性保全に向けた戦略の採用</li> <li>(7) 食品ロスの50%削減</li> <li>(8) 持続可能な土壌、水系、化学物質利用による農業分野における変革の強化</li> </ul>
---

表3 食システム転換を実現するための5つの戦略<sup>7)</sup>

<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 国レベルまたは国際社会におけるコミットメント</li> <li>(2) 農業における優先順位の再構築：大量生産から健康な食糧生産へ</li> <li>(3) 持続可能な生産体制の強化と良質な作物の作出</li> <li>(4) 土壌や水系利用における強力かつ協調性のあるガバナンス</li> <li>(5) 持続可能な開発目標(SDGs)に則り、食品ロスの半減</li> </ul>
--

ある。また、作物によってはドローンに搭載したセンサーを用いて空中から糖度や窒素含有量などの測定が可能なデバイスも開発されており、適切な収穫時期を客観的に確知することができる。このような取り組みが更に拡大していけば、反応性窒素の生産量削減や生産時の食品ロス削減に寄与する可能性がある<sup>8)</sup>。また、宇宙開発事業における宇宙食開発で培われた長期保存に関わるテクノロジーを、防災食開発に活用しようという動きもある。他に、インターネットの普及により、遠方の農作物や水産物を個人で小口から購入することが可能になっている。このような購買形態の変化は、小ロットで伝統野菜等を栽培している小規模農家や水産業者の意欲向上に繋がり、里山里海の保全に寄与することで結果的に生物多様性の維持に貢献しうると考えられる<sup>2,14)</sup>。環境への負荷を減らし、持続可能性に配慮して生産された農林水産品に対する国際認証制度（グローバルGAP, ASC, MSC）も存在しており、それらを一般消費者に認知させ、産品を利用してもらうことも必要である<sup>4,15,16)</sup>。

#### 4-2. 技術革新や新素材

近年、植物性蛋白質の加工法や調理法の選択肢が増え、動物由来蛋白質への依存度を減らすことができる可能性がある。大豆由来蛋白質を用いた食品、昆虫食、動物由来幹細胞を用いた培養肉製造への取り組みを行う企業も増えてきているが、健康への影響や安全性に関するエビデンスの蓄積は今後の課題である<sup>7,8)</sup>。

#### 4-3. 分野横断的な協働

急速な都市開発および密集して居住するライフスタイルの拡大に起因して、ひとたび自然災害が起こった際の被害規模が拡大してきている。災害そのものによる人命の喪失、家屋の崩壊、ライフラインの断絶等の被害はもちろん、物流インフラの寸断により災害後の被災地への食品・医薬品の供給にも影響が及ぶ。また、災害や紛争時の避難所において、性別、年齢、社会経済的状况による健康面・精神面での影響の格差が各国共通の問題点として指摘されている<sup>8)</sup>。災害や紛争時の人道支援の在り方に関する指針として注目されているのが、NGOと赤十字・

赤新月運動によって1997年に始められたスフィアプロジェクトである。これは1) 災害や紛争の影響を受けた人びとには、尊厳ある生活を営む権利があり、従って、支援を受ける権利がある。2) 災害や紛争による苦痛を軽減するために、実行可能なあらゆる手段が尽くされなくてはならない。という2つの基本理念に基づくものであり、スフィアハンドブックの中で具体的な行動指針が示されている<sup>17)</sup>。また、災害対応が進んでいるといわれるイタリアでは、災害対応の司令塔となる市民保護省が設置されており、適切な食事・睡眠をとる場所・排泄をする場所等に関して国家が責任をもって対応することが法律で定められている<sup>18)</sup>。一方、日本では災害対応が各自治体のキャパシティに左右されることが多く、自治体の防災用備蓄食品においても年齢や疾患の有無に対する配慮が不十分であることが指摘されてきた。しかし最近では避難生活下という困難な状況の中で、年齢によって摂取可能な食品が制限され、必要な栄養摂取が妨げられることが無いよう、小児に対する国産の乳児用の液体ミルクが民間企業によって開発され、自治体の防災用備蓄食品として採用される等の新しい動きが始まっている。高齢化が進み、様々な医療ニーズが増大している本邦においては、今後は高齢や疾患等の理由で嚥下や摂取が困難である群に対する更なる備えが必要であり、大学・自治体・産業界のパートナーシップの重要性が増していくと考える。

## 5. 結 語

地球規模の課題を念頭に置いた持続可能な新しい食システムを実現するためには、個人・地域・国家レベルにおける広範で分野横断的な行動変容と産官学のパートナーシップによる新しい取り組みが重要である。2021年には、4年に1度開催される栄養サミット（2020年開催予定だったが2021年に延期）と国際栄養学会議が共に東京で開催され、(1) 栄養のユニバーサル・ヘルス・カバレッジへの統合、(2) 健康的で持続可能なフードシステムの構築、(3) 脆弱な状況下における栄養不良対策、(4) データに基づくモニタリング、(5) 栄養改善のための財源確保等

が重要な議題として取り扱われる予定である<sup>19,20</sup>。これらの領域において日本の知見を広く世界に向けて発信する意義は大きく、その中で管理栄養士が果たす役割は極めて大きい。

#### [参考文献]

- 1) Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. New York: United Nations; 2015.
- 2) 外務省. 持続可能な開発目標 (SDGs) 実施指針. 2017. [Available from: [http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/about/doukou/page23\\_000779.html](http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/about/doukou/page23_000779.html)]
- 3) 外務省. 持続可能な開発 (Sustainable Development). 2015. [Available from: <http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kankyo/sogo/kaihatsu.html>]
- 4) 増野華菜子・橋本夕紀恵・近藤哲生. 国際的な枠組みの動向と、持続可能な開発目標 (SDGs: Sustainable Development Goals) の紹介: 栄養に関する内容を軸に. 学苑. 2017; 926: 1-14.
- 5) 環境省. 平成 30 年版環境・循環型社会・生物多様性白書 (第 1 部第 1 章). [Available from: <http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h30/html/hj18010101.html>]
- 6) Will S, Katherine R, Johan R, et al. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science. 2015; 347: 1259855
- 7) Walter W, Johan R, Brent L, et al. Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. Lancet. 2019; 393 (10170): 447-492.
- 8) Whitmee S, Haines A, Beyrer C, et al. Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of The Rockefeller Foundation-Lancet Commission on planetary health. Lancet. 2015; 386 (10007): 1973-2028.
- 9) クリストフ・ボヌイユ, ジャン＝バティスト・フレソズ著, 野坂しおり訳. 人新世とは何か—地球と人類の時代—の思想史. 青土社. 2018 年
- 10) 国際年代層序表. [Available from: [http://www.geosociety.jp/uploads/fckeditor//name/ChronostratChart\\_jp.pdf](http://www.geosociety.jp/uploads/fckeditor//name/ChronostratChart_jp.pdf)]
- 11) 日本地質学会. [Available from: <http://www.geosociety.jp/index.php>]
- 12) Horton R, Beaglehole R, Bonita R, et al. From public to planetary health: a manifesto. Lancet. 2014; 383 (9920): 847.
- 13) The EAT-Lancet Commission on Food, Planet, Health. [Available from: <https://eatforum.org/knowledge/>]
- 14) 武内和彦. 世界農業遺産—注目される日本の里地里山. 祥伝社. 2013 年
- 15) 農林水産省. 農業生産工程管理 (GAP) に関する情報. [Available from: <https://www.maff.go.jp/j/seisan/gizyutu/gap/>]
- 16) 水産庁. 水産エコラベルについて. [Available from: <https://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/budget/suishin.html>]
- 17) Sphere Association. スフィアハンドブック: 人道憲章と人道支援における最低基準 2018 日本語版 (第 4 版). 2019 年. [Available from: [https://jqan.info/wpJQ/wp-content/uploads/2019/10/spherehandbook2018\\_jpn\\_web.pdf](https://jqan.info/wpJQ/wp-content/uploads/2019/10/spherehandbook2018_jpn_web.pdf)]  
※Sphere Association の了解に基づき, 文部科学省補助金事業: 東北大学・福島県立医科大学「コンダクター型災害保健医療人材の養成」プログラム, 特定非営利活動法人ジャパン・プラットフォームの協力により翻訳, 発行された。
- 18) 増野華菜子監修. SDGs・防災・栄養に関する取組み (学生の共同製作による冊子). 2019 年
- 19) 外務省. 東京栄養サミット 2020 の開催延期. [Available from: [https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ghp/page25\\_001988.html](https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ghp/page25_001988.html)]
- 20) 22nd IUNS-ICN International congress of nutrition in Tokyo, Japan. [Available from: <https://icn2021.org/index.html>]

※最終アクセス日は, 全て 2020 年 9 月 28 日。

(ますの かなこ 管理栄養学科)

(よこた まゆ 管理栄養学科)

(こんどう てつお 国連開発計画 (UNDP) 駐日代表事務所)