

# 「持続可能な食」 における 牛乳・乳製品



栄養状態のより良い世界は、  
より良い世界である。

*A better nourished world is a better world.*

「2017年世界栄養報告」より



一般社団法人 Jミルク

# Contents

## 「持続可能な食」における 牛乳・乳製品

～食の未来を考える～

### Part1

#### 「持続可能な食」に向けて …… 1

- (1) 世界の飢餓人口が再び増加 …… 1
- (2) 栄養不良がもたらす多重負荷 …… 2
- (3) 食料不安の背景 …… 3
- (4) 持続可能な開発目標とは …… 4
- (5) 栄養と持続可能な開発目標の関係 …… 6
- (6) 「持続可能な食」を探る …… 8

### Part2

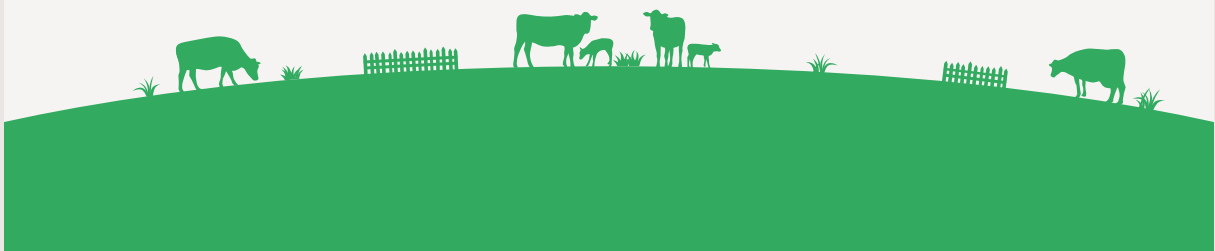
#### 牛乳・乳製品の貢献と課題 …… 9

- (1) 栄養・健康への貢献 …… 9
- (2) 環境との調和 …… 11

### Part3

#### 牛乳・乳製品の評価 …… 12

- (1) 最適化と栄養プロファイリング …… 12
- (2) エネルギー密度と栄養素密度 …… 13
- (3) たんぱく質 & カルシウム …… 16
- (4) 価格の手ごろ感 …… 17



食料は人間の生命の維持に  
欠くことができないものであるだけでなく、  
健康で充実した生活の基礎として  
重要なものです。

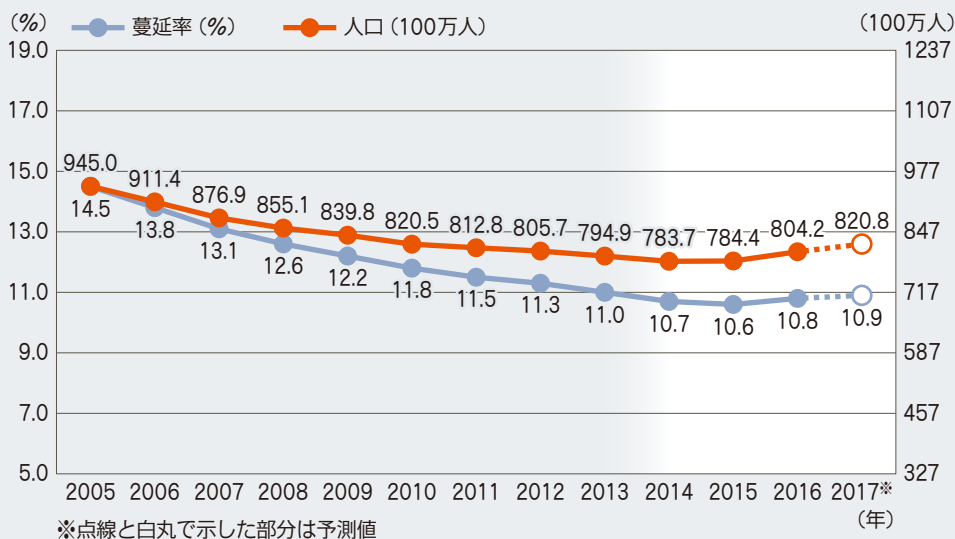
しかし、長らく減少傾向にあった  
世界の飢餓人口が、  
近年、再び増加に転じています。

## (1) 世界の飢餓人口が再び増加

国連食糧農業機関（FAO）など国連5機関が発表する報告書「世界の食料安全保障と栄養の現状 2018年版」は、10年以上着実な減少を続けてきた飢餓人口が、ここ3年間増え続け、ほぼ10年前の水準まで後退したと報告しました（図1）。

飢えに苦しむ人は、2017年には**8億2100万人**近くまで増加しており、実に世界のおよそ**9人に1人**に当たると推定されています（図1）※1。

図1 世界の栄養不足人口は2014年以来増加傾向にあり、2017年には推定で8億2100万人に達した



出典：国連食糧農業機関（FAO）

子どもの発育阻害（年齢相応の身長に達していない状態）は、世界的に減少傾向にはあるものの、依然として容認しがたいほど高い水準にあります。2017年には、**1億5100万人**近くが発育阻害を呈しており、5歳未満の子どもの22%超に当たります※1。

5歳未満の子どもの7.5%に当たる**5050万人**は消耗症（身長に対して体重が少なすぎる状態）を呈しており、病気にかかったり死亡するリスクが高いことが指摘されています。一方で、5.6%に当たる**3830万人**が過体重です※1、※2。

成人の肥満は悪化を続けており、世界の成人のおよそ**8人に1人**に相当する**6億7200万人**あまりが肥満です。多くの国で、低栄養が過体重や肥満と併存しています※1。

※1 国連食糧農業機関（FAO）、国際農業開発基金（IFAD）、国連児童基金（UNICEF）、国連世界食糧計画（WFP）、世界保健機関（WHO）「世界の食料安全保障と栄養の現状 2018年版（The State of Food Security and Nutrition in the World 2018）」（2018年9月）

※2 「2018年世界栄養報告（2018 Global Nutrition Report）」（2018年11月） p.6参照

低栄養と肥満の同時危機。

二つの要因には関連性があります。

幼少期に発育が阻害された子どもは、その後の人生で過体重となるリスクがより高いのです。

#### ●生活習慣病

不健康な食事や運動不足、喫煙、過度の飲酒などを要因として、生活習慣の改善により予防可能な疾患をさす。非感染性疾患（Non-Communicable Diseases：NCDs）ともいう。

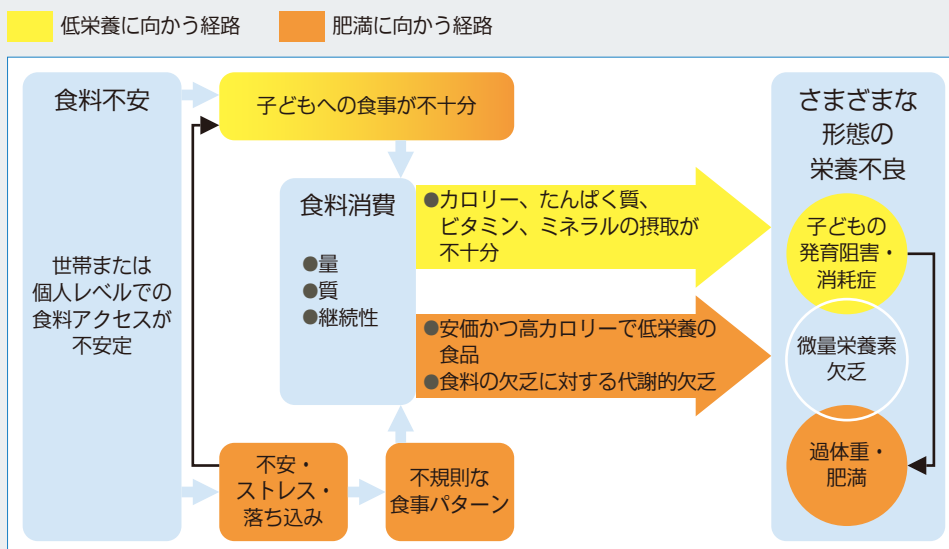
## (2) 栄養不良をもたらす多重負荷

「世界の食料安全保障と栄養の現状 2018年版」はまた、「多くの国で、さまざまな形態の栄養不良がはっきりと見てとれる」とも指摘しています。食料、特に健康的な食料へのアクセスが不十分であることは、低栄養だけでなく、過体重や肥満の一因にもなります。

今、世界が直面しているのが、こうした低栄養や肥満、微量栄養素の欠乏が重なって起きる多重負荷の問題です。

不健康な食事は、世界的な生活習慣病のまん延をも招いています。世界で5人に3人が、循環器疾患（心疾患や脳血管疾患）、がん、糖尿病、慢性肺疾患などにより命を落としている現状があります。生活習慣病の増加は医療コストの増大につながり、各国の財政にも悪影響を及ぼします。

図2 不十分な食料アクセスから、さまざまな形態の栄養不良へと至る経路



※「食料アクセス」の意味については、p.4 図3参照

出典：公益社団法人 国際農林業協働協会（JAICAF）「世界の農林水産 Winter 2018 通巻853号」

食料が入手困難であることは、**低出生体重**や子どもの**発育阻害、妊娠可能年齢にある女性の貧血**のリスクを高めるうえ、特に上位中所得国や高所得国においては、**学齢期の女子の過体重**や**女性の肥満**にも関係します※1。

#### ●代謝刷り込み（インプリンティング）

胎児期の栄養状態が、後年になって生活習慣病等の進行をプログラムする可能性のこと。

#### 参考資料

・乳の学術連合・Jミルク「平成29年度 乳の学術連合・学術フォーラム報告書 現代人の栄養健康課題に関する乳の最新知見とその意義」（2017年7月）

※1 国連食糧農業機関（FAO）、国際農業開発基金（IFAD）、国連児童基金（UNICEF）、国連世界食糧計画（WFP）、世界保健機関（WHO）「世界の食料安全保障と栄養の現状 2018年版」（2018年9月）

母子が食料を十分に得られないと、子どもが胎児期や初期成長期に「代謝刷り込み（インプリンティング）」を受けおそれがあります。こうした子どもは将来、**肥満**や食に関連した**生活習慣病**に罹患するリスクが高まります※1。

食料不安を抱える家庭において**過体重**や**肥満**のリスクが高くなるのは、栄養価の高い食品ほど高値であることや、食料不安が及ぼす生活のストレス、食料の制約に対する生理的適応の結果として説明がつかます

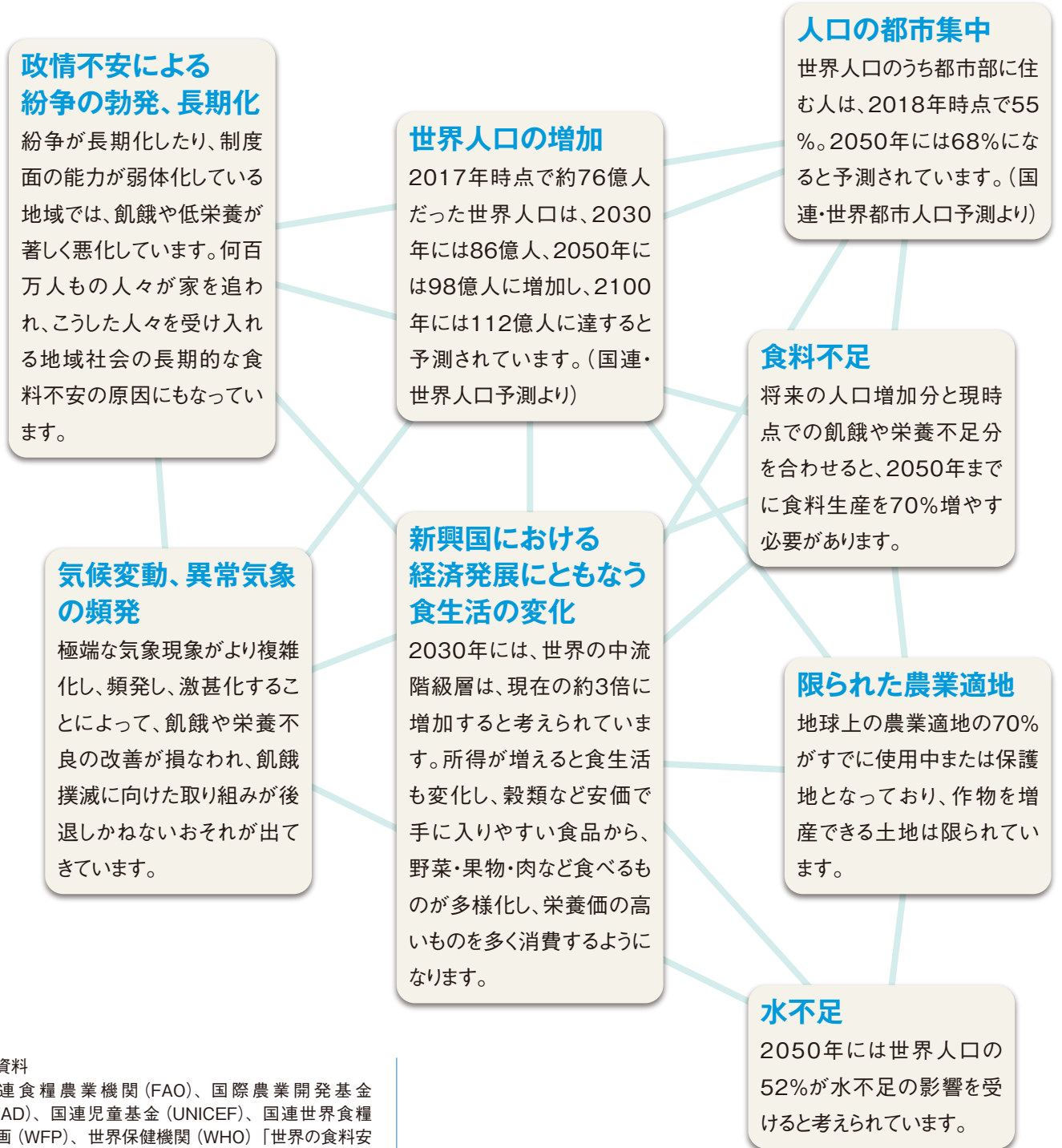
図2 ※1。

### (3) 食料不安の背景

食料不安や栄養不良の背景には、気候変動性と極端な気象現象、紛争などさまざまな要因が深くかかわっています。

近年の飢餓人口の増加の重大な背景として、紛争、そして気候変動性と極端な気象現象が主要因の一つにあげられています。

しかしそれ以外にも、さまざまな課題が山積しています。



#### 参考資料

- ・ 国連食糧農業機関 (FAO)、国際農業開発基金 (IFAD)、国連児童基金 (UNICEF)、国連世界食糧計画 (WFP)、世界保健機関 (WHO) 「世界の食料安全保障と栄養の現状 2018年版」 (2018年9月)
- ・ 乳の学術連合・Jミルク 「平成29年度 乳の学術連合・学術フォーラム報告書 現代人の栄養健康課題に関する乳の最新知見とその意義」 (2017年7月)

「持続可能な開発目標（SDGs）」は、先進国・開発途上国すべての国、すべての人々が、人と地球のために世界を変えていくことをめざす世界共通の目標です。

## （4）持続可能な開発目標とは

食料不安や栄養不良の背景にある問題の多くは、一国の取り組みだけで解決できるものではありません。これらの問題は独立した存在ではなく、相互に密接につながっているからです。

たとえば近年の気候変動性と極端な気象現象は、生産・消費される食料の栄養の質や食事の多様性の低下、水や衛生面への影響、健康リスクや疾病のパターンへの影響、母子の健康管理や母乳育児の変化など、深刻な影響を及ぼしています。

また紛争の影響も大きく、2016年には激しい戦闘や治安悪化の影響の拡大により深刻な食料不安に直面し、緊急人道支援を必要とした人々が13カ国6300万人を超えました※1。紛争に干ばつや洪水などの自然災害が重なって食料不安や栄養不良がいつそう悪化するパターンは、今後も増えると予想されています。

つまり、飢餓ゼロをめざすとき、気候変動への対策や平和の確保を行わずして目標の達成はできないのです。

### 「食料安全保障」の概念と「持続可能な開発目標（SDGs）」の誕生

「食料安全保障」とは、十分で安全かつ栄養ある食料に「誰でも」「どんなときにも」「アクセスできる（入手・購入できる）」ことをさします（図3）。食料安全保障を実現し、さらに栄養不良を解決するためには、環境や経済、社会などあらゆる方向からの全世界的な取り組みが必要です。

2015年9月、国連サミットにおいて歴史的な採択がなされました。加盟193カ国が全会一致で採択した「持続可能な開発のための2030アジェンダ」です。そこには、途上国だけでなく、先進国も含めたすべての国が2030年までの達成をめざし取り組むべき「持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals：SDGs）」が掲げられ、17の目標（p.5 図4）と169のターゲットが盛り込まれました。そして、地球上の誰一人として取り残さない（leave no one behind）ことを誓っています。

#### 参考資料

- ・ 外務省HP「わかる! 国際情勢 Vol.158 日本と世界の食料安全保障のために - 国連食糧農業機関（FAO）との関係強化」（2017年8月）
- ・ 外務省経済局経済安全保障課「日本と世界の食料安全保障」（2018年7月）
- ※1 国連食糧農業機関（FAO）、国際農業開発基金（IFAD）、国連児童基金（UNICEF）、国連世界食糧計画（WFP）、世界保健機関（WHO）「世界の食料安全保障と栄養の現状 2018年版」（2018年9月）

### 図3 食料安全保障（フードセキュリティ）とは

#### 食料安全保障 Food security

すべての人が常に、活動的で健康な生活のために必要な食事と嗜好を満たすための、十分かつ安全で栄養に富む食料を入手する物理的・社会的および経済的手段を持っている場合に存在する状況。

#### 食料安全保障の4つの側面

食料の供給可能性 Food Availability	適切な品質の食料が十分な量供給されているか？
食料アクセス（食料への経済的および物理的アクセス） Food Access	栄養ある食料を入手するための合法的、政治的、経済的、社会的な権利を持ちうるか？
食料の利用 Utilization	安全で栄養価の高い食料を摂取できるか？
長期的な安定性 Stability	いつ何時でも適切な食料を入手できる安定性があるか？

出典：国連食糧農業機関（FAO）ほか「世界の食料安全保障と栄養の現状 2017年版」

出典：FAO Policy Brief（June 2006, Issue 2）

図4 持続可能な開発目標（SDGs）



**目標1 [貧困]**  
あらゆる場所あらゆる形態の貧困を終わらせる。



**目標2 [飢餓]**  
飢餓を終わらせ、食料安全保障及び栄養の改善を実現し、持続可能な農業を促進する。



**目標3 [保健]**  
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 [教育]**  
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。



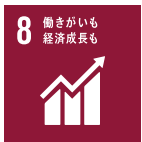
**目標5 [ジェンダー]**  
ジェンダー平等を達成し、すべての女性及び女児の能力強化を行なう。



**目標6 [水・衛生]**  
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 [エネルギー]**  
すべての人々の、安価かつ信頼できる持続可能な近代的なエネルギーへのアクセスを確保する。



**目標8 [経済成長と雇用]**  
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 [インフラ、産業化、イノベーション]**  
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 [不平等]**  
国内及び各国間での不平等を是正する。



**目標11 [持続可能な都市]**  
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 [持続可能な消費と生産]**  
持続可能な消費生産形態を確保する。



**目標13 [気候変動]**  
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 [海洋資源]**  
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 [陸上資源]**  
陸域生態系の保護、回復、持続可能な利用の推進、持続可能な森林の経営、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 [平和]**  
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 [実施手段]**  
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。

栄養と「持続可能な開発目標（SDGs）」との間には、強い関連があります。栄養がSDGsの目標達成に貢献し、SDGsの目標達成が今度は栄養に恩恵をもたらします。



#### ●「世界栄養報告（Global Nutrition Report）」

世界の栄養問題を理解するうえでの最適資料の一つ。2014年11月にローマで開催された「第2回国際栄養会議」（FAO・WHO主催）で発表されて以降、毎年発行されている。最新の2018年版は、そのエグゼクティブサマリー（要旨）の日本語訳を、「現状を明らかにし、栄養対策の加速につなげる」として、WHOのホームページで見ることができる。

<https://www.who.int/nutrition/globalnutritionreport/en/>

## (5) 栄養と持続可能な開発目標の関係

食料安全保障と栄養不良の改善は、今まさに世界が共通して抱える課題です。

SDGsでは、目標2として「飢餓を終わらせ、食料安全保障及び栄養の改善を実現し、持続可能な農業を促進する」を掲げており、さらに目標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」ではターゲットの一つとして、食生活の状況や習慣が強く影響する生活習慣病の予防と治療への取り組みを求めています。

「2017年世界栄養報告」は、SDGsの目標には大きく5つの核があるとし、それらと栄養との密接なかかわりを分析し、「どのSDGs目標も、栄養改善をめざさなければ達成は困難である」と栄養の重要性を指摘しました。そして、栄養はすべての核におけるSDGsの目標達成に貢献し、逆にSDGsの目標達成により栄養もまた恩恵を受けると述べています。

### SDGsの5つの核と栄養のかかわり

#### ●持続可能な食料生産

持続可能な食料生産は、食料安全保障と栄養不良の改善の鍵となります。

#### ●強固なインフラ

インフラの整備は、安全で栄養価が高く健康的な食事や、清潔な水、公衆衛生の提供に欠かせません。

#### ●保健制度

保健制度は、栄養不良の改善、食に関連する生活習慣病や肥満の予防および治療に取り組むうえで重要な役割を果たします。

#### ●（社会的）公平性と包摂性

貧困を撲滅し、教育やジェンダーの不公平をなくしていくことが、栄養不良をなくすことにつながります。

#### ●平和と安定

栄養不良を終わらせるためには、平和と安定が不可欠です。

また、「世界の食料安全保障と栄養の現状 2018年版」では、栄養とSDGsの17の目標とのかかわりを示した図（出典：世界保健機関〈WHO〉健康・発達のための栄養部）を掲載し、その重要性を訴えています（p.7 図5）。

#### 参考資料

- ・「2017年世界栄養報告（2017 Global Nutrition Report）」（2017年11月）

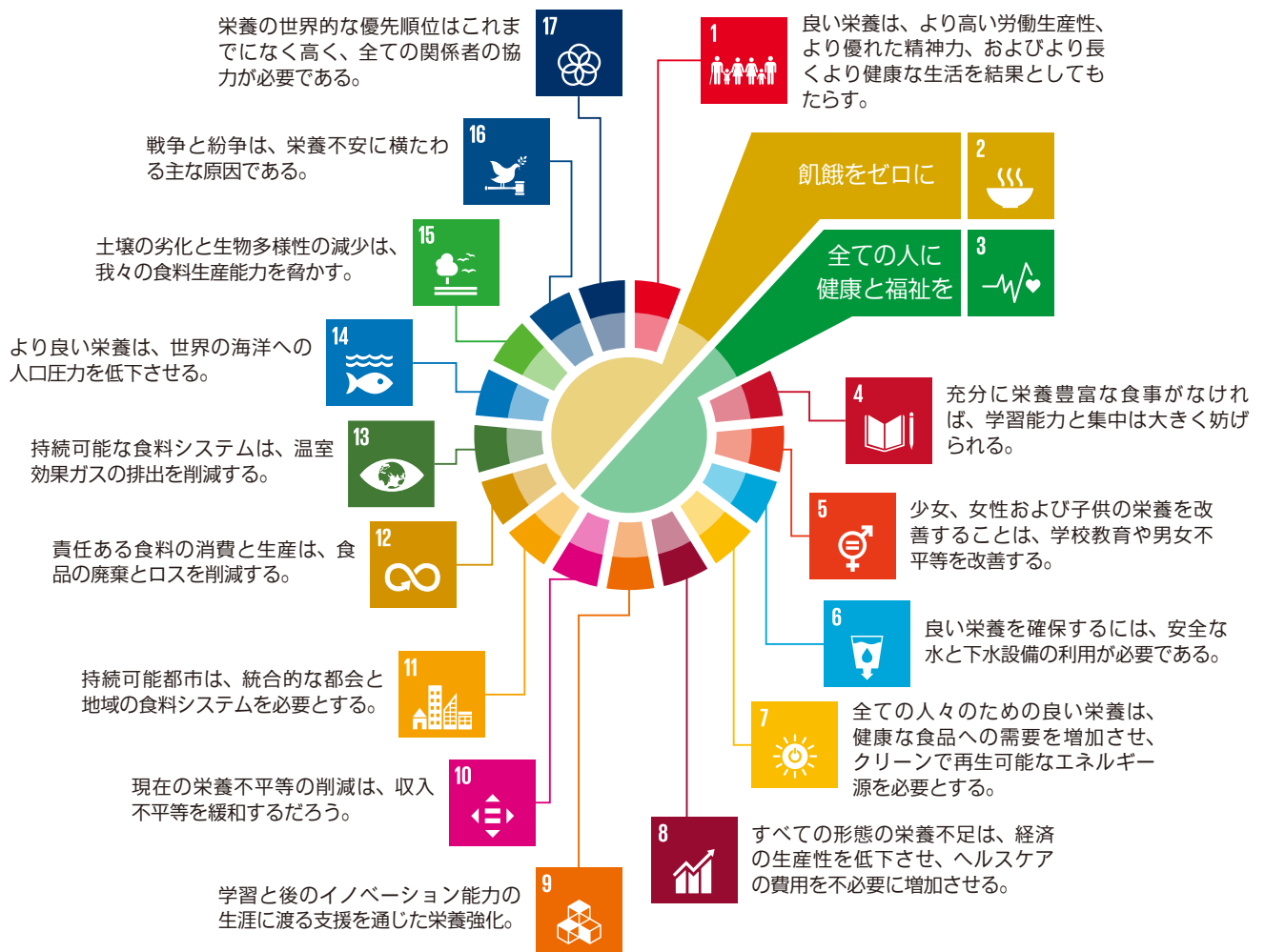


図5 栄養はSDGsの達成に欠くことができない

# NUTRITION AND THE SDGs

## CENTRAL TO THE 2030 AGENDA

（ 栄養とSDGs  
2030アジェンダの中心 ）



## UNITED NATIONS DECADE OF ACTION ON NUTRITION

2016-2025

（ 国連「栄養のための行動の10年（2016～2025）」 ）

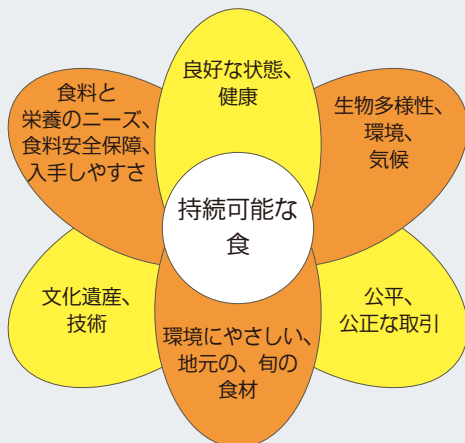
出典：世界保健機関（WHO）健康・発達のための栄養部（2018年）

「持続可能な食 (sustainable diets)」とはなんですか。

答えの難しい問いに対し、

栄養、経済、社会、環境の4領域からの探求が続けられています。

図6 「持続可能な食」の重要な要素



出典：FAO. Sustainable diets and Biodiversity - Directions and solutions for policy, research and action. FAO 2012.

#### 参考資料

- ・農林水産省HP「SDGs×食品産業」
- ・Drewnowski A. Measures and metrics of sustainable diets with a focus on milk, yogurt, and dairy products. *Nutr Rev.* 2018;76(1):21-28. (日本語訳：箸本弘一訳、桑田有監修. 栄養学レビュー. 2018; 26(4):349-362.)

※1 Willett W, et al. Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet.* 2019;393 (10170):447-492.

## (6) 「持続可能な食」を探る

SDGsは、国だけの取り組みではありません。複雑な課題に対応するには、すべての国、すべてのステークホルダー、すべての人々の力を結集して取り組むことが不可欠です。

食と栄養の分野でも、「持続可能な食 (sustainable diets)」をめざし、さまざまな取り組みが始まっています。栄養に富む食品の安定供給は、SDGsがめざす豊かで健康な社会に貢献します。一方、この分野は特に多くの自然資源と人的資源に支えられて成立していることから、経済、社会、環境への取り組みも欠かせません。

「持続可能な食」を探る議論や研究も活発になされています。

国連食糧農業機関 (FAO) は、2010年11月に開催されたシンポジウムにおいて、「持続可能な食」の定義について合意しました。この定義は、栄養、経済、社会、環境の主要4領域を網羅したものになっています 図6。

しかし、「安全で栄養があり健康的で、経済的に公正かつ手ごろな価格で、社会・文化的に受容でき、なおかつ生態系や生物多様性が保たれる」というように、4領域を同時に満たす食事摂取パターンの立案は、容易ではありません。これらはある種の本質的な競合性や矛盾点をはらんでいるからです。

たとえば、「栄養価の高い食品ほど、高価になる」「栄養価の高い食品ほど、より高い環境コストを必要とする」「栄養・経済・環境的な条件を満たした食品であっても、社会的・文化的に受け入れられない場合がある」などがその例です。

代替となる食品や食事パターンの探求が続いており、現行の食事をたとえば地中海食などに置き換えた場合のメリット・デメリットなど、さまざまな研究が進められています。2019年1月には世界の科学者37名が3年間にわたって協議しまとめた論文も英医学誌『ランセット』に掲載され、肉・砂糖の摂取を控え、野菜や果物、豆類などの摂取を増やすなどを提言しました※1。

では、牛乳・乳製品は、「持続可能な食」においてどのような役割を果たすことができるのでしょうか。

次ページからは、そのことについて検討した2つの論文を紹介します。

「持続可能な食」の探求は、世界中の研究者の間でも始まっています。Part2、Part3では、「持続可能な食」における牛乳・乳製品について考察した論文をそれぞれ1編ずつ紹介します。

## (1) 栄養・健康への貢献

「持続可能な食」を考えると、まず、牛乳・乳製品がどのように貢献できるのか、また、将来にわたる持続可能性を考えたときに何をなすべきなのかを知る必要があります。

この「Part2」では、農学分野で世界的に知られるオランダ・ワーヘニンゲン大学の2名の研究者による論文を紹介します。

「持続可能な食における牛乳・乳製品：バランスの論点」

(Dairy in a sustainable diet: a question of balance.)

著者：Toon van Hooijdonk および Kasper Hettinga

*Nutrition Reviews*. 2015;73(S1):48-54.

論文では、「持続可能な食」における牛乳・乳製品の栄養への貢献、そして環境負荷とそれに対する解決の糸口を提示。そのうえで、「持続可能な食」は単品で考えるのではなく、栄養と環境、その他のバランスをとりながら、全体的な最適化を図っていくことが重要であると提唱しています。

### 栄養素摂取への貢献

論文がまず注目したのは、牛乳・乳製品の栄養面です。

牛乳・乳製品の摂取が食事全体の質の改善につながることで、多くの国が基本的な食品群として食事摂取基準に取り入れている事実を取り上げ、次のように評価しています。

- 動物性食品は栄養豊富であり、子ども、妊婦、授乳期の女性および高齢者の食事において、特に重要な多くの生体利用性の高い必須栄養素を提供する。
- 少量の肉や乳製品でさえ、低所得世帯で暮らす人々の栄養状態を改善することができる。
- アメリカの2010年の食事ガイドライン諮問委員会は、1日当たり牛乳・乳製品3サービングが、より多くのたんぱく質、カルシウム、マグネシウム、リン、カリウム、亜鉛、セレン、ビタミンA、ビタミンB2、ビタミンB12、およびコリンを提供すると結論づけた。

——— 論文本文より

## (1) 栄養・健康への貢献

### たんぱく質（必須アミノ酸）摂取への貢献

栄養面では、特にたんぱく質（必須アミノ酸）について、その「質」を重視。良質なたんぱく質源である牛乳・乳製品が、植物由来たんぱく質の欠点を補うことができると強調しています。

- 食料安全保障のための議論において、食事由来たんぱく質は決定的な成分になるだろう。
- 食事からの栄養素充足率を分析する際には、たんぱく質の質を考慮することが重要である。
- 動物性たんぱく質のような高品質のたんぱく質は、混食において植物由来たんぱく質のアミノ酸パターンのバランスをとることができる。たとえば、牛乳・乳製品と小麦の組み合わせでは、小麦には少ない必須アミノ酸（リジン）を牛乳が補完できる。

—— 論文本文より

### 健康への貢献

牛乳・乳製品は、近年のメタ・アナリシスにおいて、「牛乳・乳製品が心血管疾患に対して中立的かやや有益にはたらく」、「全脂肪・低脂肪にかかわらず肥満や心血管代謝リスクの上昇には関与しない」、など、健康への貢献が続々報告されています。

論文では、こうした報告を紹介。牛乳・乳製品の摂取が食事関連生活習慣病のリスク低減、生存率全体の向上につながることを示唆されています。

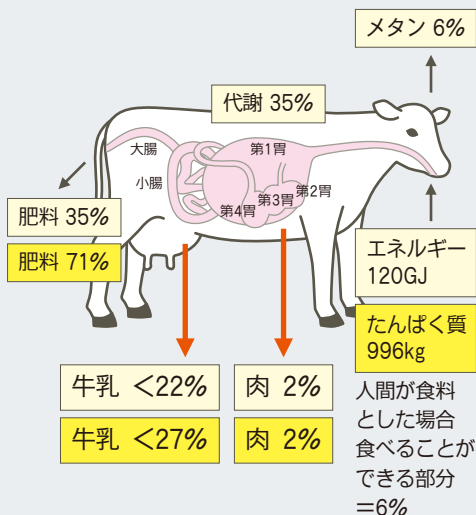
ほかにも、牛乳・乳製品が比較的低価格で入手できること、世界で10億人に近い人々が酪農場で生計を立てていることなどが取り上げられました。

### ●メタ・アナリシス

複数の研究結果を統計学的手法で定量的に統合する、現在最もエビデンスレベル（証拠性の強さ）が高いとされる手法。

牛乳・乳製品は、栄養と健康面で多大な貢献が可能な食品です。今後は、最適な資源効率と最小限の温室効果ガス排出で充分な生産性を確保していくことが求められます。

図7 オランダの平均的な乳牛における変換効率



乳牛へのエネルギーとたんぱく質の年間投与量は、エネルギー：120キガジュール、たんぱく質：996kgと見積もられます。これらは飼料として与えられますが、このうち人間が食用として利用できる部分は6%に過ぎません。これら投与分の変換率は、最大で図にあるようにエネルギー：22%、たんぱく質：27%を超えることはないと考えられていますが、もし変換率が最高の22%、27%を達成できるなら、その変換効率はそれぞれ  $(22/6) \times 100 = 367\%$ 、 $(27/6) \times 100 = 450\%$  です。これに対して、現行オランダの平均的な乳牛における変換効率は大変高く、それぞれ357%、438%を達成できています。

出典：Dijkstra J, et al. Production efficiency of ruminants: feed, nitrogen and methane. In: E Kebreab, ed. Sustainable Animal Agriculture. Wallingford, UK: CAB International; 2013.

## (2) 環境との調和

酪農は、栄養と健康に大きく貢献する一方で、環境への影響について批判があるのも事実です。論文では、乳牛関連の温室効果ガス排出量を見積もるとともに、環境影響を最小限にするための5つの緩和策を提示し、さらに資源効率を高めていくことが重要としています。

### エネルギーおよびたんぱく質の効率

乳牛の飼料は、人間の食べる穀物とはほとんど競合しません。大部分が人間が摂取できないか、摂取しない資源から構成されます。人間には食べられない資源を、高品質な人間の食料に効率的に変換しているのは、注目すべき点といえます。

- 全投入量の効率は、エネルギーおよびたんぱく質（窒素）のそれぞれ22%および27%より大きくなることはないが、オランダでは、人間に可食な食料としての返還率は非常に効率的であり、エネルギーは357%であり、たんぱく質は438%である 図7。
- より集約度の低い営農システムを持つ国々では、飼料における濃厚飼料の投入量が少ないため、返還率はさらに大きくなる。

—— 論文本文より

### 環境のための5つの緩和策

そのうえで、牛乳・乳製品がもつメリットを今後も享受していくために、環境のための緩和策として、次の5つを提言しました。

- ① 乳牛の生産性の向上による生乳供給量の増加
- ② 乳牛1頭当たりの搾乳回数延長による乳牛数の削減
- ③ 堆肥中に存在するバイオマスエネルギーの利用
- ④ 酪農の全温室効果ガス排出の多くを占める土壌中の亜酸化窒素を減少させるための堆肥および肥料管理の改善
- ⑤ ロスおよび廃棄物の削減

—— 論文本文より

最後に、論文では「持続可能な食」を考えるにあたっては、単独の食品ごとに判断するのではなく、全体のバランスを考えながら最適化することが重要としています。

そして、最適化のための手法として、栄養の充足や環境影響の最小化といった視点でのモデル化が有望であり、さらに入手しやすさ（価格）や食品安全、味なども検討要素に含むべきだと締めくくっています。

Part2で紹介した論文において、「持続可能な食」の探求に有望とされたモデル化手法。

Part3では、実際にその手法を駆使し、牛乳・乳製品の有用性を明らかにした論文を紹介します。

## (1) 最適化と栄養プロファイリング

「持続可能な食」は、栄養、経済、社会、環境の4領域を満たす食品または食パターンであることが求められます (p.8参照)。しかし、この4領域には相反する面があり、答えを探するのは簡単ではありません。人間にとっても地球にとっても最良の結果を出すためには、4領域にまたがってバランスをとる最適化が必要となります。

ここでは、モデル化手法を用いて食品を評価した論文をもとに、牛乳・乳製品の役割を探ります。

---

「牛乳、ヨーグルト、乳製品に焦点を合わせた持続可能な食の評価基準」  
(Measures and metrics of sustainable diets with a focus on milk, yogurt, and dairy products.)

著者：Adam Drewnowski

*Nutrition Reviews*. 2018;76(1):21-28.

(日本語訳：箸本弘一訳、桑田 有監修. 栄養学レビュー. 2018;26(4):349-362.)

---

筆者のDrewnowski博士は、栄養素密度や栄養素によって食品を評価する「栄養プロファイリング」の世界的権威です。

栄養プロファイリングは、領域間でバランスをみながら食品のランクづけが可能になることから、「持続可能な食」を考える際にも、国や地域に対応した最適な食品や食パターンの選択に活用されています。

論文の中では、栄養、経済、社会、環境の4領域それぞれについて、牛乳・乳製品を中心に各種食品群を評価しています。

**栄養** p.13より、詳しく説明します。

**経済** p.17より、詳しく説明します。

**社会** 「持続可能な食」は社会的に受け入れられる必要がありますが、特にたんぱく質供給源は、経済のほか、宗教、社会、文化により受け入れられない場合があります。食料選択にかかわるそれらの要因にも取り組む必要性があると結んでいます。

**環境** 牛乳・乳製品、肉の温室効果ガス排出値は、100g当たりで算出すると高くなりますが、100kcal当たりでは非常に低いことを指摘。今後は、栄養素密度の高い食品のなかから、栄養価値と二酸化炭素排出量がつりあう点を見つけ出す研究を追加すべき、としています。

これらの評価の結果、牛乳・乳製品は、カルシウムやたんぱく質をはじめとする栄養価の高い食品でありながら、手ごろな価格で入手でき、文化的受容性も高い、「持続可能な食」を考えるうえで魅力的な食品であることが示されました。

## (2) エネルギー密度と栄養素密度

栄養プロファイリングは、牛乳・乳製品が、少ないカロリーでカルシウムをはじめとする豊富な栄養素、良質のたんぱく質を摂取できる食品であることを明らかにしています。

### 水分含量 vs エネルギー密度

食品のエネルギー密度は、その食品（可食部分）が単位重量当たりどれくらいのエネルギーをもっているかを示すものです（kcal/100g）。

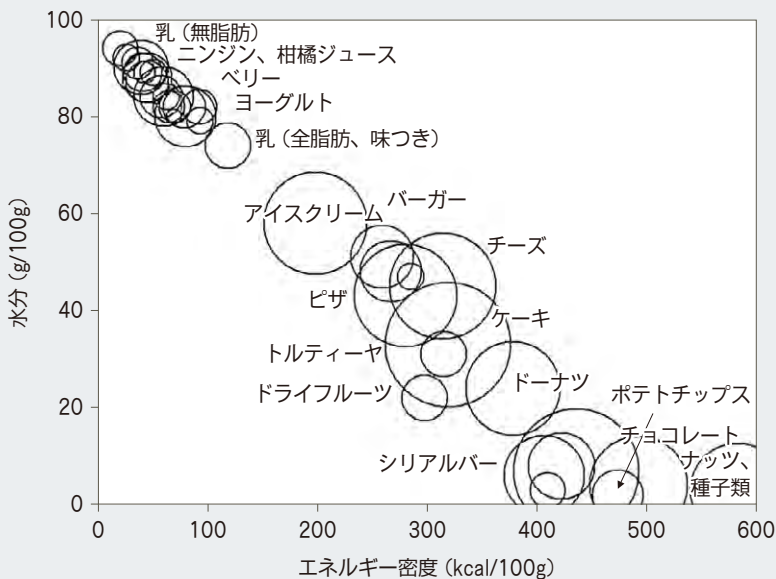
一般に、食品のエネルギー密度は水分含量によって大きく左右されます。実際、**図8**をみると、同じ100gでも、約87%が水分の牛乳はエネルギー密度が低く、水分が少ない食品ほどエネルギー密度は高くなることがわかります。

水分量は食事の「かさ（体積）」、ひいては満腹感にも影響します。水分が少なくエネルギー密度が高い食品は、過食につながりやすくなります。

- 液状ミルク、ジュース、ソフトドリンク、野菜、果物は水分含有量が高く、したがってエネルギー密度は低い。
- チーズなどの乳製品、肉類、魚類も30～60%の水分が含まれる。
- エネルギー密度が最も高い食品は、油脂類のほか、穀類製スナック類、キャンディー、チョコレートといった乾物である。
- エネルギー密度の高い食品は、単位体積当たりのカロリーが大きく、実験室ベースの研究では過食と関係している。

—— 論文本文より

**図8** 水分含量 vs エネルギー密度



食事研究用食品栄養データベース（Food and Nutrient Database for Dietary Studies (FNDDS)）2009–2010のデータセットから選出した食品カテゴリーにおける平均エネルギー密度（kcal/100g）と平均含水量（g/100g）との関係。  
※円の大きさがそれぞれのカテゴリーに含まれる食品の数を表す。

出典：Drewnowski A. Nutr Rev. 2018;76(1):21-28.

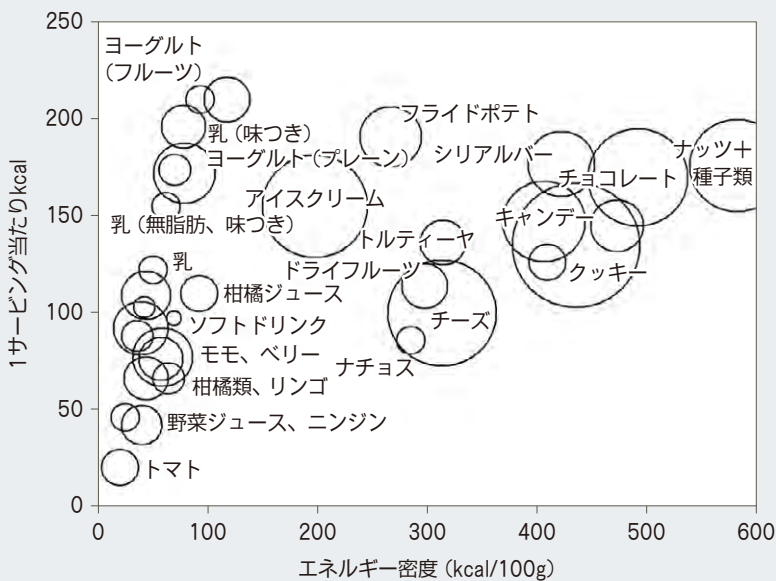
## (2) エネルギー密度と栄養素密度

### 1サービング当たりエネルギー密度 vs その食品のエネルギー密度

図9は、食品ごとの平均的な1サービング当たりのエネルギー密度 (kcal/サービング) と、その食品の平均エネルギー密度 (kcal/100g) との関係を示したものです。

サービングサイズは、食べ物や飲み物の平均化した単位をいいます。

図9 1サービング当たりエネルギー密度 vs その食品のエネルギー密度



食事研究用食品栄養データベース (Food and Nutrient Database for Dietary Studies (FNDDS)) 2009-2010のデータセットから選出した食品カテゴリーにおける、1サービング当たりの平均エネルギー密度 (kcal/習慣的消費参照量) と平均エネルギー密度 (kcal/100g) との関係。

※1サービング量はFDAの習慣的消費参照量にもとづいた。円の大きさがそれぞれのカテゴリーに含まれる食品の数を表す。

出典: Drewnowski A. Nutr Rev. 2018;76(1):21-28.

- 1サービング当たりのエネルギー密度と食品のエネルギー密度の間には逆相関関係がみられる。たとえば、液状ミルク240mLのもつカロリーは、乾燥シリアルでは30gにすぎない。
- エネルギー密度の低い野菜や果物の1サービング当たりのエネルギーは、一般的に100kcal未満。牛乳やヨーグルトも、1サービング当たり100~200kcalである。一方、乾物であってよりエネルギー密度の高い穀物、油脂、菓子類は、はるかに少ない量で同等のエネルギーを摂取することになる。
- エネルギー密度の高さは栄養素密度の低さと相関するが、カロリー当たりの食事単価の低さにも関係している。

—— 論文本文より



## カルシウム vs エネルギー密度

栄養プロファイリングの目的は、「エネルギー密度が高い食品」と「栄養素密度が高い食品」を区別することにあります。

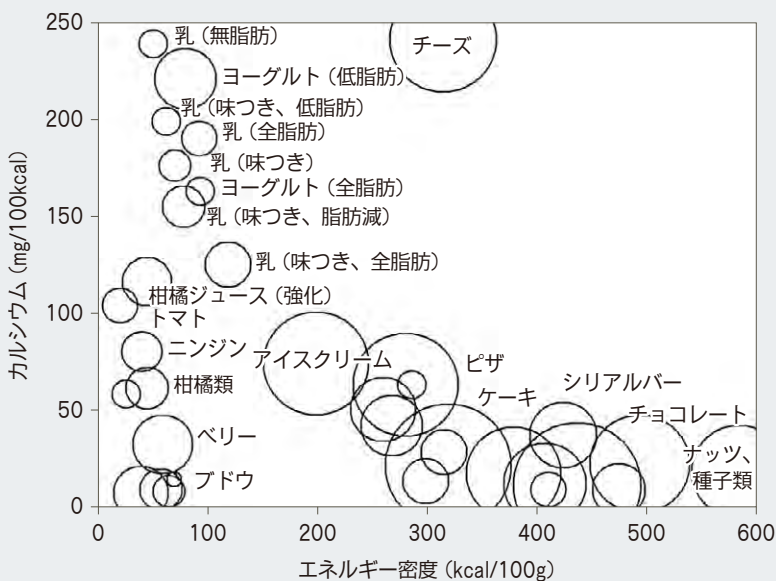
一般的に、エネルギー密度の高い食品とは栄養分よりもカロリーに富んだ食品、栄養価の高い食品とはカロリーよりも栄養に富む食品をさします。栄養プロファイリングは、エネルギー含量に対する栄養素含量をもとに、食品を栄養素によってランク付けしたりカテゴリー分けしたりするのに活用できます。単一の栄養素はもちろん、多くの場合は複数の栄養素を組み合わせで評価されます。

図10は、カルシウムに着目したもので、食品ごとのエネルギー密度 (kcal/100g) に対する100kcal当たりの平均カルシウム量 (mg) を示しています。

これまでの分析により、ほとんどの乳製品はエネルギー密度が低いことが確認できました。そこで今度は食品を同じカロリーで比べてみると、牛乳・乳製品のカルシウム含量は突出していることがわかります。

このことから、牛乳・乳製品は、少ないカロリーで豊富なカルシウムを摂取できる、すぐれたカルシウム源だといえます。

図10 カルシウム vs エネルギー密度



- ほとんどの乳製品はエネルギー密度が低く、120kcal/100g未満である。
- 牛乳、ヨーグルト、それに特にチーズは、100kcal当たりで見ると非常に高いカルシウムの供給源となっている。
- 対照的に、図の右側に位置するエネルギー密度がより高い食品(おもに穀物や菓子類が相当)は、カルシウム対カロリー比が低い。

—— 論文本文より

食事研究用食品栄養データベース (Food and Nutrient Database for Dietary Studies (FNDDS)) 2009-2010のデータセットから選出した食品カテゴリーにおける、100kcal当たりの平均カルシウム含有量 (mg/100kcal) と平均エネルギー密度 (kcal/100g) との関係。

※円の大きさがそれぞれのカテゴリーに含まれる食品の数を表す。

出典: Drewnowski A. Nutr Rev. 2018;76(1):21-28.

栄養プロファイリングでは、複数の栄養素を考慮しながら総合的に食品を評価することも可能です。ここでは、たんぱく質とカルシウムで食品を比較します。

### (3) たんぱく質 & カルシウム

では、カルシウムだけでなく、たんぱく質も組み合わせて食品を比較するとどうなるでしょうか。

図11は、食品ごとの100kcal当たりのカルシウム含有量（x軸）とたんぱく質含有量（y軸）の関係を示したものです。

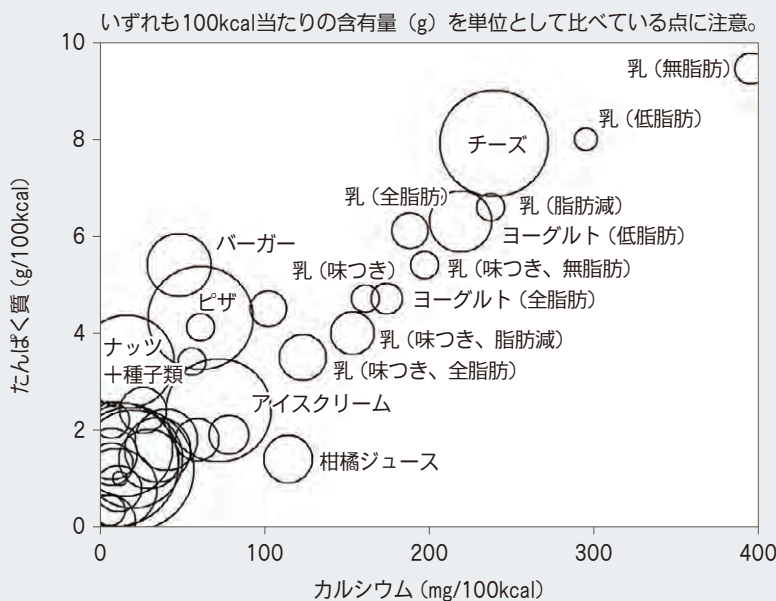
論文が最初に言及したのは、たんぱく質の「質」についてでした。動物由来たんぱく質は質が高く、植物由来のたんぱく質で代替するのであれば「摂取量を30～40%増やす必要がある」としています。

そして、牛乳・乳製品が、カルシウムとたんぱく質を同時に豊富に含み、かつ少ないエネルギーで摂取できる貴重な食品であると認めています。

- 植物由来食品は、カロリーに対するたんぱく質比（実質上、たんぱく質密度）がそれほどよくない。他の評価データなども考え合わせると、植物由来食品が動物由来食品と同等のたんぱく質の質を得るには、摂取量を30～40%増やす必要がある。
- カルシウムとたんぱく質を多く含み、かつ比較的低エネルギー密度の低いカテゴリーに入れられる食品は、ほんのわずかしかない。
- 牛乳・乳製品は、比較的低エネルギーで、たんぱく質とカルシウムの両方を摂取できる唯一の食品類である。
- 牛乳・乳製品は、対カロリーで見たととき、より多くの栄養素が摂取できる食品として分類できる。
- たんぱく質の質やカルシウム・鉄の生物学的利用率は、すでに低中所得国では考慮すべき事項であるが、高所得国でも植物性食品ベースの食事が増える傾向にあることから、今後考慮すべき事項になるかもしれない。

—— 論文本文より

図11 たんぱく質 & カルシウム



食事研究用食品栄養データベース（Food and Nutrient Database for Dietary Studies (FNDDS)）2009–2010のデータセットから選出した食品カテゴリーにおける、100kcal当たりの平均カルシウム含有量（mg/100kcal）と平均たんぱく質含有量（g/100kcal）との関係。

※円の大きさがそれぞれのカテゴリーに含まれる食品の数を表す。

出典：Drewnowski A. Nutr Rev. 2018;76(1):21-28.

## (4) 価格の手ごろ感

コストとエネルギー密度、  
コストと栄養素密度の評価からは、  
牛乳が少ないコストで  
豊かな栄養を摂取できる食品であることが  
わかります。

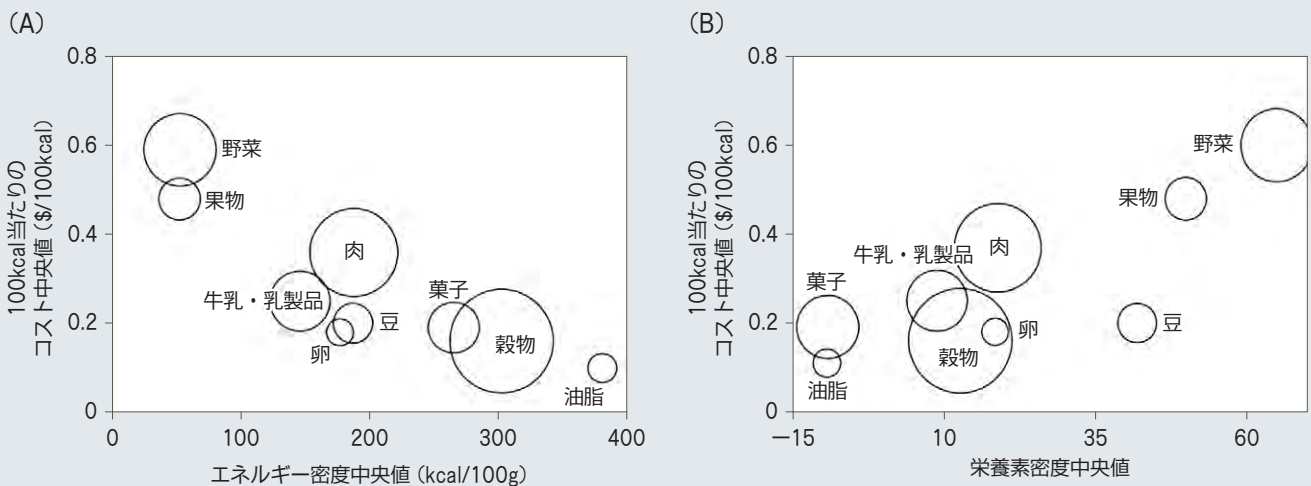
### コスト vs エネルギー密度、コスト vs 栄養素密度

食事の質と価格は、健康問題に強く関連します。

たとえば、論文内で紹介していたメキシコの研究は、牛乳・乳製品、肉、野菜、果物よりも、エネルギー密度の高い穀物、油脂、菓子のほうがカロリー当たりの単価が安く、その結果、それらを摂取する機会が多い貧困層において肥満が増加している状況を報告しています。

図12は、米国農務省（USDA）が分類した9つの主要食品群について、(A) エネルギー密度とコスト、(B) 栄養素密度とコスト、の関係を調べたものです。図からは、牛乳・乳製品が手ごろな価格で栄養を提供できる食品であることがよみとれます。

図12 コスト vs エネルギー密度、コスト vs 栄養素密度



(A) 米国USDAによる9つの主要食品群に分類した食事研究用食品栄養データベース（Food and Nutrient Database for Dietary Studies (FNDDS)）2009–2010データセットに含まれる食品群のエネルギー密度中央値（kcal/100g）と100kcal当たりのコスト中央値（\$/100kcal）の関係。

(B) 米国USDAによる9つの主要食品群に分類した食事研究用食品栄養データベース（Food and Nutrient Database for Dietary Studies (FNDDS)）2009–2010データセットに含まれる食品群の栄養素密度中央値（NRFスコア9.3）と100kcal当たりのコスト中央値（\$/100kcal）の関係。

※円の大きさがそれぞれのカテゴリーに含まれる食品の数を表す。  
略語 NRF9.3：Nutrient-Rich Foods 9.3

出典：Drewnowski A. Nutr Rev. 2018;76(1):21-28.

### 図12 (A)

- 100kcal当たりのコスト（ドル/100kcal）は、野菜や果物、肉・鶏肉・魚が高めで、菓子、穀物、油脂は低め。
- 牛乳・乳製品は、菓子、穀物、油脂に比べてエネルギー密度は低く、肉・鶏肉・魚に比べて低価格である。
- 図からは、牛乳・乳製品のコストとエネルギー密度は、豆類や卵に近いことがわかる。

—— 論文本文より

### 図12 (B)

- 栄養素密度は、野菜と果物が最も高く、豆類がそれに続く。油脂と菓子が最も低い。
- 牛乳群と菓子群は、カロリー当たりのコストはだいたい同等でも、全体的な栄養価値で牛乳群がすぐれている。

—— 論文本文より

## まとめ

- いま、世界は「誰一人として取り残さない」という誓いのもと、17の目標からなる「持続可能な開発目標（SDGs）」を打ち立て、貧困や飢餓の撲滅、持続可能な社会をめざし取り組みを続けています。
- これらSDGsの目標と密接にかかわっているのが栄養です。「2017年世界栄養報告」は、「どのSDGs目標も、栄養改善をめざさなければ達成は困難である」とその重要性を指摘しました。栄養、経済、社会、環境の4要素を満たす「持続可能な食」の探求も世界中で活発に進められています。
- そのなかで、牛乳・乳製品の価値が改めて認識されています。このファクトブックでは、牛乳・乳製品が「持続可能な食」にふさわしい、魅力的な食品であることを示すエビデンスとして、論文を2つ紹介しました。すなわち、牛乳・乳製品は、豊富なカルシウム、良質なたんぱく質をはじめとする栄養価の高い食品です。それでいて手ごろな価格で入手でき、社会・文化的にも広く受け入れられています。また環境面の緩和策も十分に可能性が示されています。
- 「持続可能な食」の構成を考えるとときには、食品単独で判断するのではなく、全体のバランスをみながら最適化していくことが特に重要です。牛乳・乳製品は、環境への緩和策をいっそう推し進めながら、身近にある栄養価値の高い食品として、健康で活力のある未来に貢献します。

本件に関するお問い合わせ先  
一般社団法人 Jミルク  
広報グループ  
TEL：03-5577-7492 FAX：03-5577-3236  
URL：https://www.j-milk.jp/  
E-mail：info@j-milk.jp

平成30年度生乳需要基盤確保事業 独立行政法人農畜産業振興機構 後援



※本文中におけるデータ、コンテンツにつきまして、メディアに転載される際には、転載許可をご確認いただく必要がございます。

※本資料は日本のメディアの方々に向けた情報ご提供資料です。本資料に記載されております画像や有識者紹介につきましては、承諾が必要なものもございますので、WEB、広告などに無断転載されることのないよう、お願い申し上げます。