

地球にやさしい食生活

日本学術会議主催学術フォーラム：
食料システムから地球温暖化の抑制を考える

国際農林水産業研究センター 情報プログラム プログラムディレクター
飯山 みゆき

2023.3.11



イントロダクション

21世紀の食料システム：肥満 x 低栄養 x 地球の健康危機



- ① 温室効果ガス排出量の24-26%
- ② 世界の居住可能領域の50%
- ③ 世界の淡水取水量の70%
- ④ 世界の海洋及び淡水における富栄養化の78%
- ⑤ 家畜動物：人類以外の哺乳類バイオマスの94%
- ⑥ 家禽類：鳥類バイオマスの71%
- ⑦ 土地利用変化・生物多様性喪失の最大原因

<https://ourworldindata.org/environmental-impacts-of-food>

我々が何を食べるどのように生産を行うかが、気候変動対策・生物多様性保護の実現を左右
⇒ 「地球に優しい食生活」の地球規模課題・国際アジェンダ化



イントロダクション

21世紀の食料システム：肥満 x 低栄養 x 地球の健康危機 = シンデミック (Syndemic)

Swinburn BA et al. (2019) [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(18\)32822-8/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(18)32822-8/fulltext)

シンデミックとは、もともと、2つ以上の病気が、時間・空間的に同時に発病し、生物学的・心理的・社会的レベルで相関し、**共通の原因によって展開**する、場合を指す。

肥満・低栄養・地球の健康危機が同時に併存する「**グローバル・シンデミック**」の要因は、**食・農業**、輸送システム、都市化、土地利用を含み、いずれも**安価なエネルギーの大量消費**によって成立している。

THE LANCET



Milken Institute School
of Public Health
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

The Global Syndemic of Obesity, Undernutrition, and
Climate Change: *The Lancet* Commission report



Boyd A Swinburn, Vivica I Kraak, Steven Allender, Vincent J Atkins, Phillip I Baker, Jessica R Bogard, Hannah Brinsden, Alejandro Calvillo, Olivier De Schutter, Raji Devarajan, Majid Ezzati, Sharon Friel, Shifalika Goenka, Ross A Hammond, Gerard Hastings, Corinna Hawkes, Mario Herrero, Peter S Hovmand, Mark Howden, Lindsay M Jaacks, Ariadne B Kapetanaki, Matt Kasman, Harriet V Kuhnlein, Shiriki K Kumanyika, Bagher Larijani, Tim Lobstein, Michael W Long, Victor K R Matsudo, Susanna D H Mills, Gareth Morgan, Alexandra Morshed, Patricia M Neze, An Pan, David W Patterson, Gary Sacks, Meera Shekar, Geoff L Simmons, Warren Smit, Ali Tootee, Stefanie Vandevijvere, Wilma E Waterlander.

本日のトピック

- 1: 食料システムの展開とシンデミック
- 2: 食生活と人・地球の健康へのインパクト
- 3: 地球にやさしい食生活

1: 食料システムの展開とシンデミック

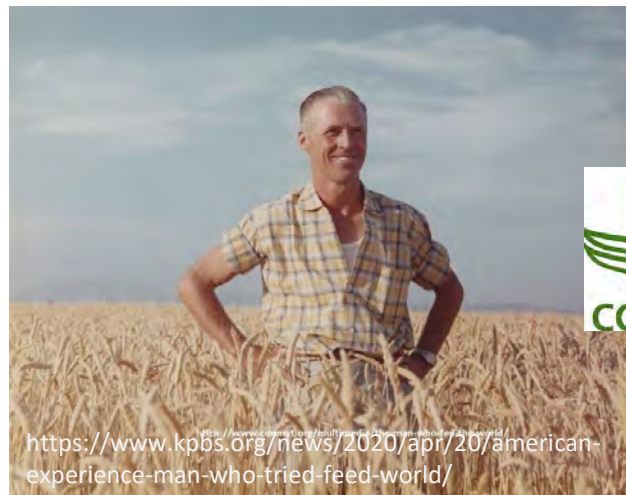
1: 食料システムの展開とシンデミック

20世紀半ばに求められたイノベーションの背景

社会的要請：飢餓撲滅⇒主食作物の増産



技術的条件：肥料灌漑高投入 x 高収量品種



‘緑の革命 Green Revolution’

スケール・インパクトの実現

- ・ 異分野連携による国際農業研究の有効性
- ・ 主食作物に集中資源投入による高い投資利益率
- ・ 広範囲適用可能な遺伝資源の選抜・開発

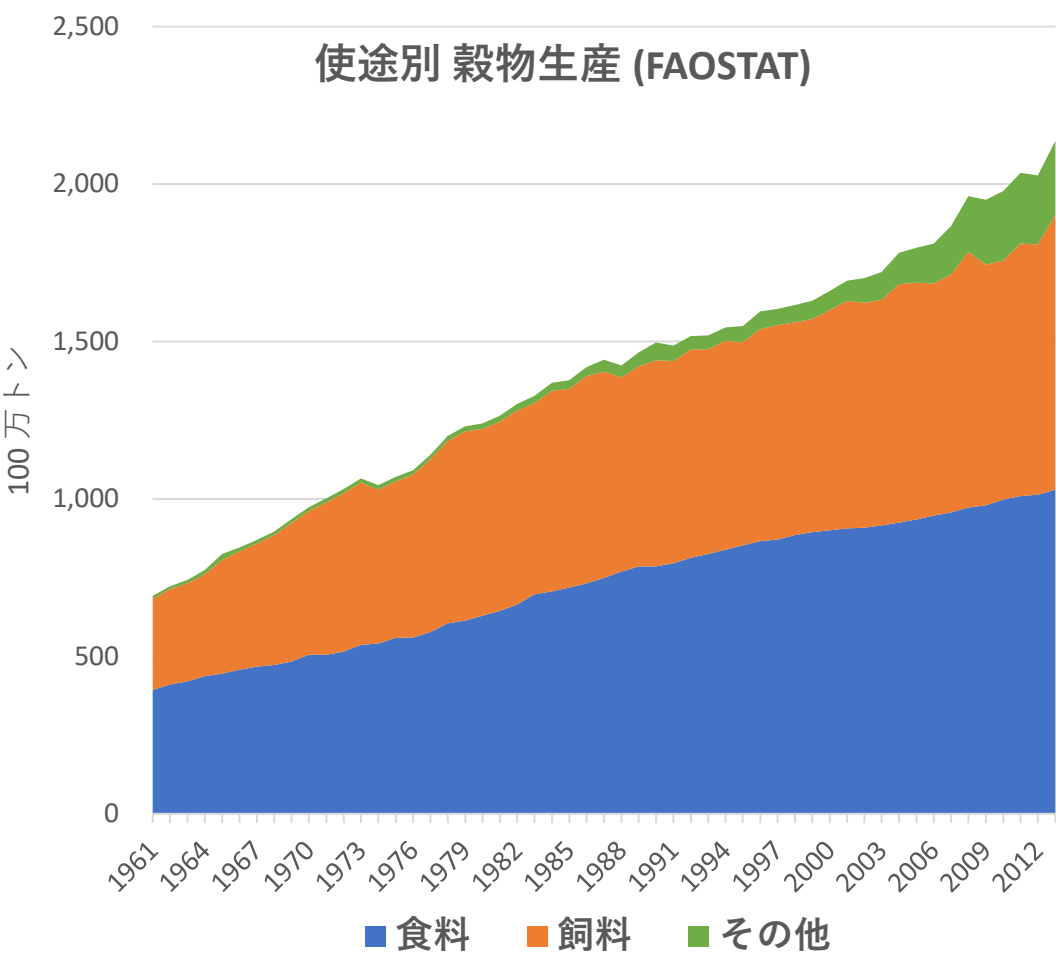
1: 食料システムの展開とシンデミック

「緑の革命」：単位面積当たり収量の向上

- ⇒収量向上により栽培面積一定(森林破壊等回避)で生産増実現、それを上回る肥料依存
- ⇒安価なカロリー供給の実現、飢饉の撲滅、食料以外の用途増加

1961-2021 期間の変化	生産量 (倍)	栽培面積 (倍)	収量 (倍)
メイズ	5.9	2.0	3.0
コメ	3.7	1.4	2.5
小麦	3.5	1.1	3.2
穀物全般	3.5	1.1	3.1

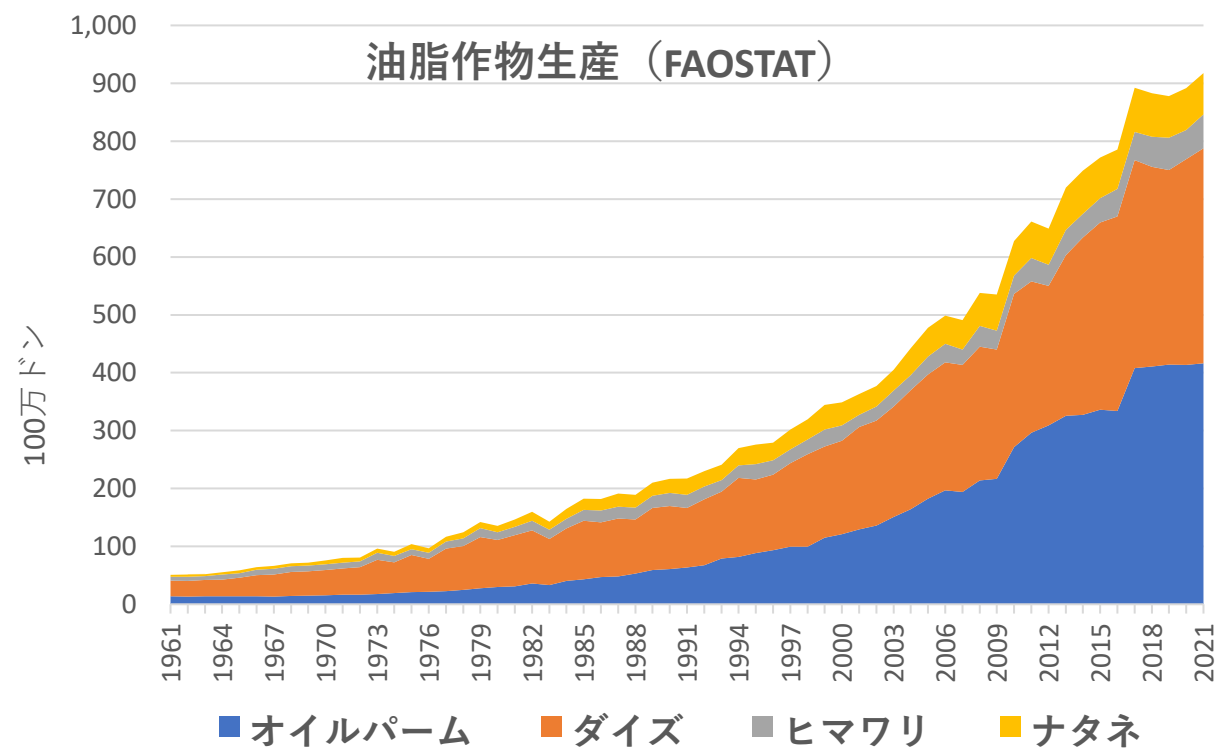
1961-2021 期間の変化	1961	2019	増加分 (倍)
肥料使用量 (100万トン)	52	215	4.1
栽培面積当たり 肥料使用量 (kg/ha)	81	300	3.7



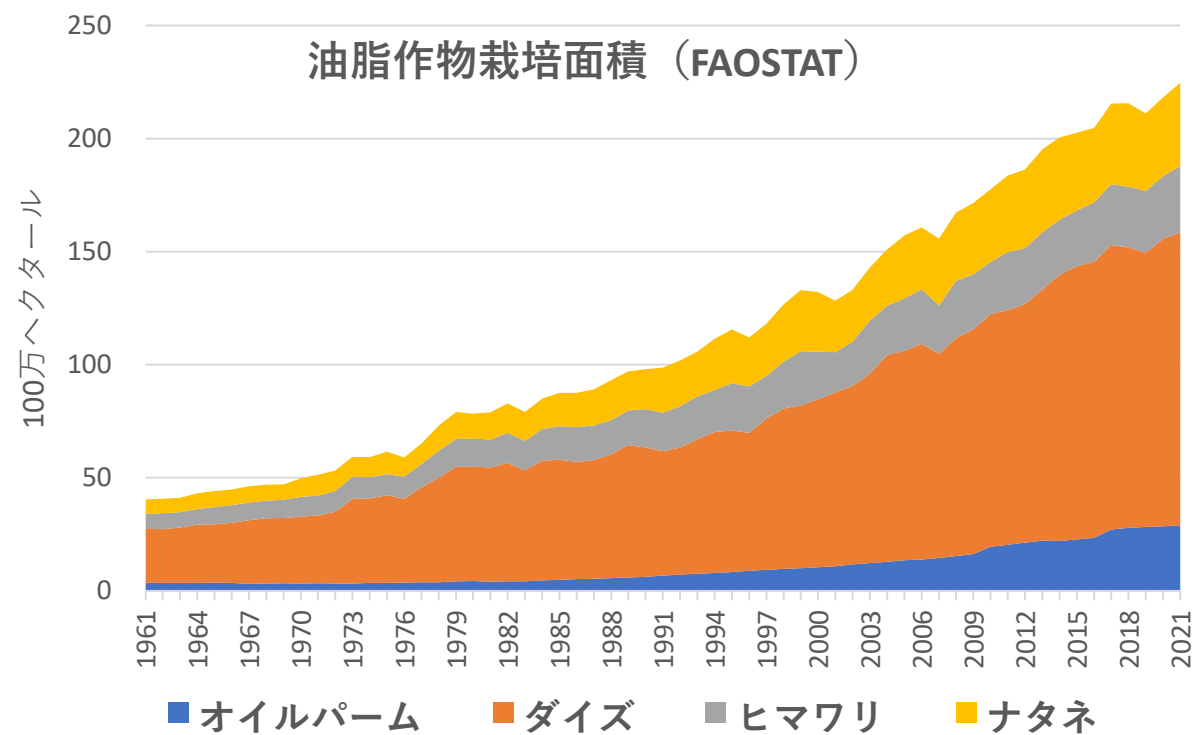
1: 食料システムの展開とシンデミック

油脂作物生産拡大

- ⇒ 熱帯地域での大規模生産展開・農地拡大に伴う森林伐採
- ⇒ 加工食産業の展開



生産量	1961	2021	増加 (倍)
オイルパーム	14	416	31
ダイズ	27	372	14



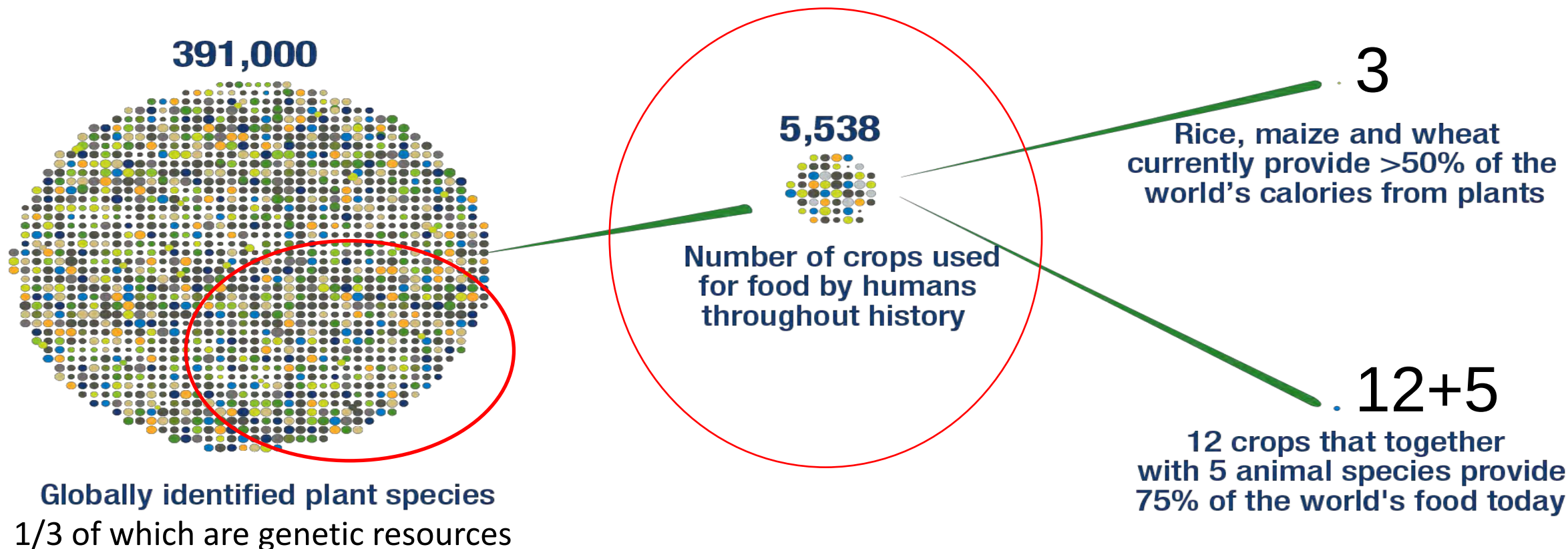
栽培面積	1961	2021	増加 (倍)
オイルパーム	4	29	8
ダイズ	24	130	5

1: 食料システムの展開とシンデミック

「緑の革命」ごく少数の遺伝資源の品種改良

⇒食の均一化、農業多様性喪失

⇒このイノベーションの適用できない地域での生産性停滞



(Data source: RBG Kew, 2016; FAO, 1997)

Courtesy of



1: 食料システムの展開とシンデミック

均一的な多投入・高収量生産システム適用条件の地域差

⇔各地の農業気候土壌学的・社会経済的条件

⇔遺伝資源(G) x 環境(E) x 経営(M) ⇔ 規模の経済適用条件

適用可

北南米



大規模経営・均一的条件

[G]先進国主要作物育種成果移転の汎用性
[E]灌漑 x 土壌改良事業⇒施肥条件均一化
[M]単一作物展開による規模の経済実現

適用可

アジア



小規模経営・均一的条件

[G]高収量・矮小性・高施肥反応品種選抜
[E]水田の下での均一的施肥条件の実現
[M]化学肥料過剰施用の慢性化

適用不可

アフリカ



小規模経営・不均一的条件

[G]熱帯・亜熱帯地域固有の作物多様性
[E]風化土壌・多様性等、施肥条件の複雑さ
[M]地域毎・地域内に多様な経営体系

1: 食料システムの展開とシンデミック

生産システム・消費パターンの画一化と分極化

大規模経営・均一的条件

北南米



モノカルチャー・効率性・高生産性
低いGDP農業比・高い輸出比

小規模経営・均一的条件

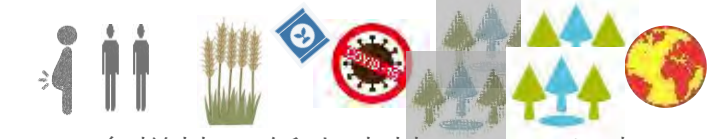
アジア



肥料依存・西欧化と肉食の加速
余剰食料のアフリカ輸出

小規模経営・不均一的条件

アフリカ

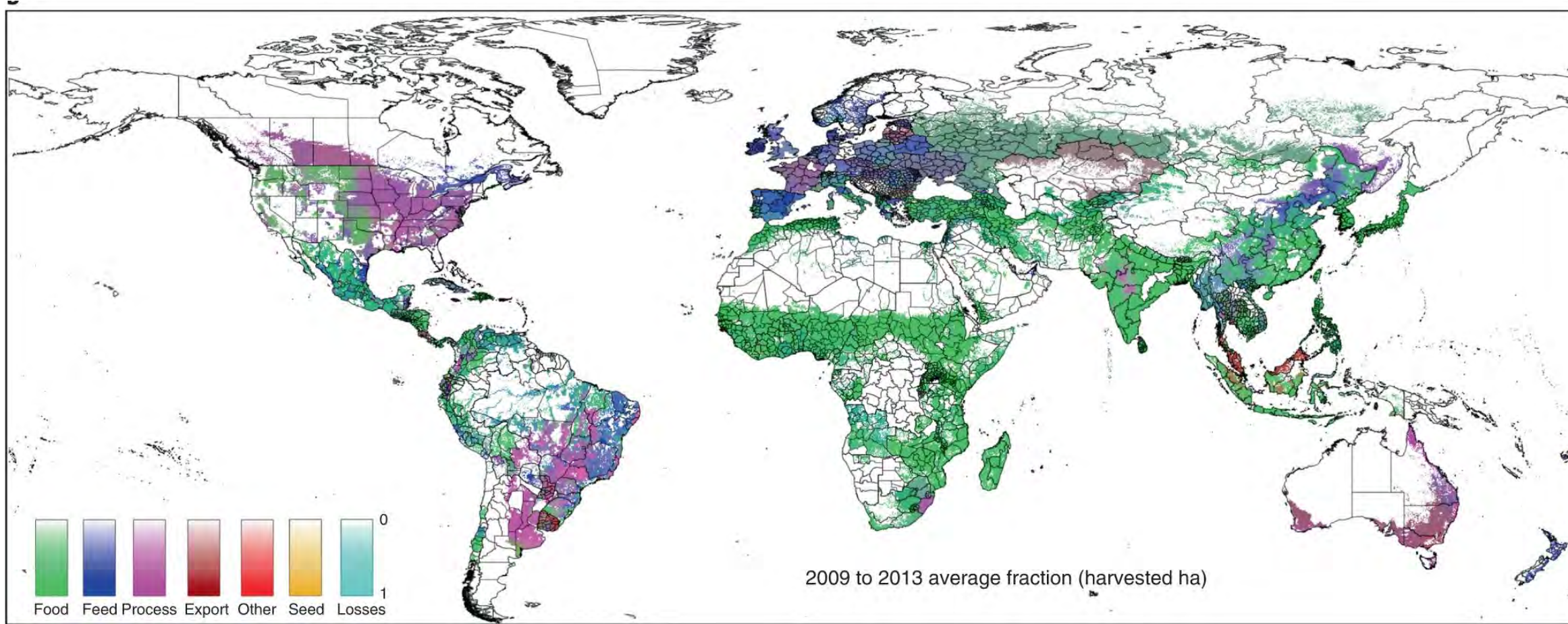


多様性・低生産性・コスト高
高いGDP農業比・食料輸入・換金作物輸出

1: 食料システムの展開とシンデミック

世界の用途別作物生産トレンド (Ray 2022, Nature Food)

- ⇒ 作付面積シェアにおいて、食料・飼料に対し、輸出・加工・工業用作物生産が上昇
- ⇒ 食料・飼料・加工・輸出・工業・種子・ロスのうち、食料生産収量は相対的低迷
- ⇒ SSAでの食料生産は人口増に追いつかず、2030年までに低栄養の解消未達の予測



1: 食料システムの展開とシンデミック

人新世の食：飢饉の撲滅成功 → 人類および地球の健康危機

1970s

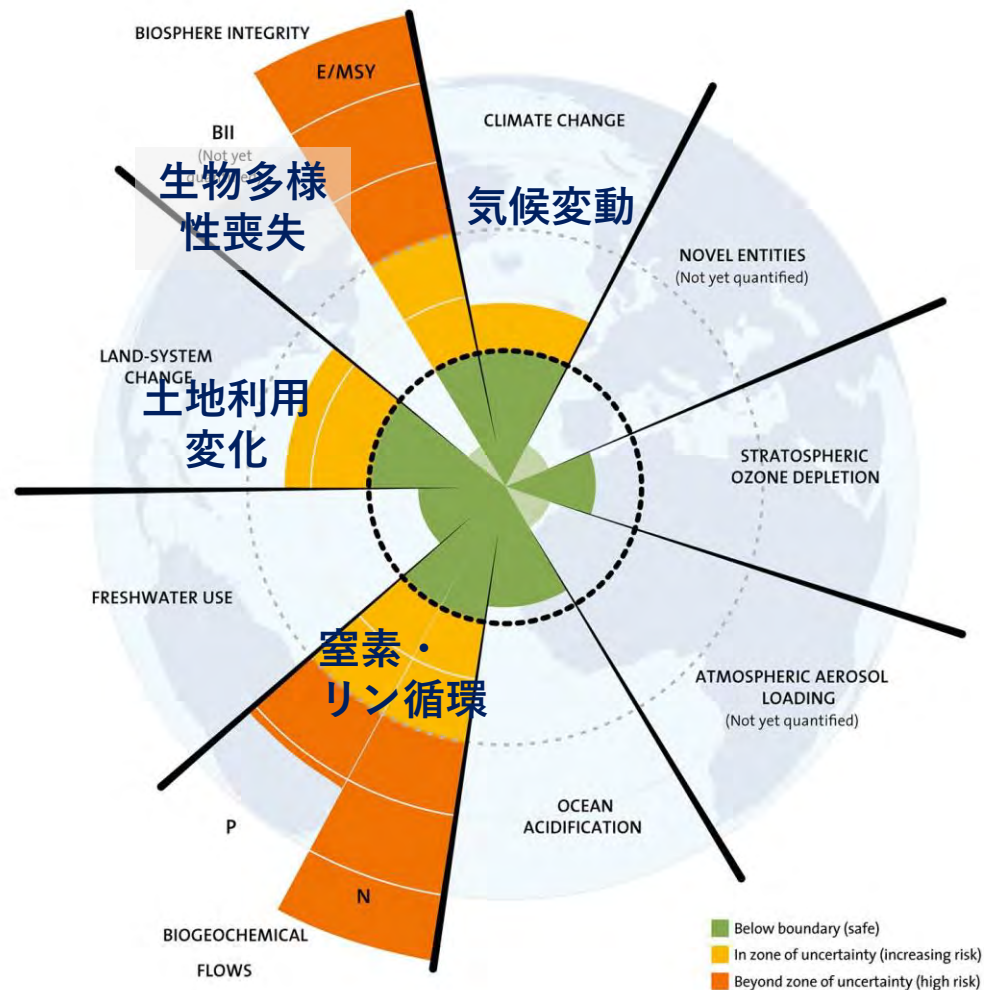


2020s



大量生産による
安価なカロリー供給
↓
飢饉の撲滅

安価なエネルギー大量消費
↓
肥満 x 低栄養 x 地球健康危機



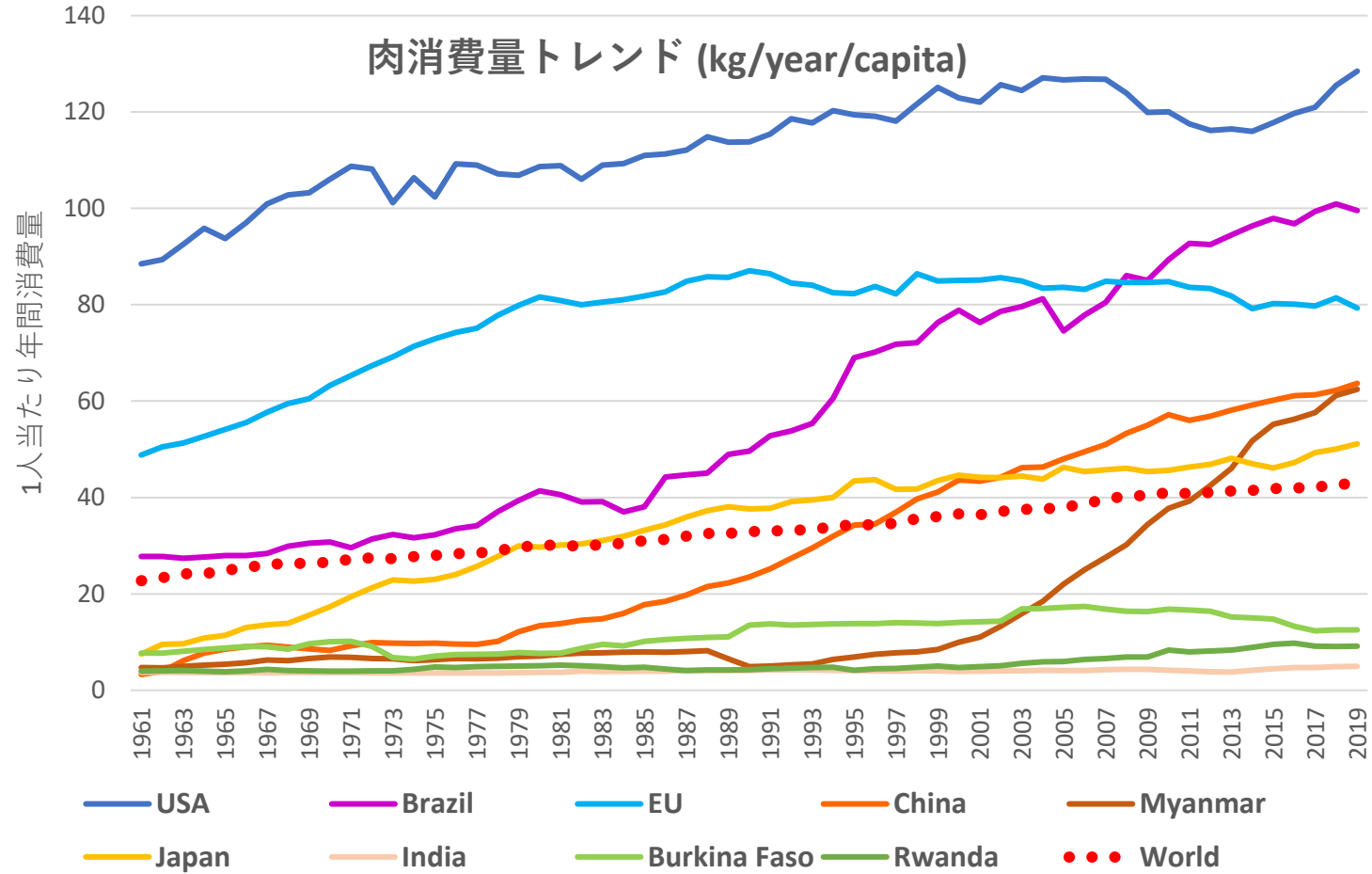
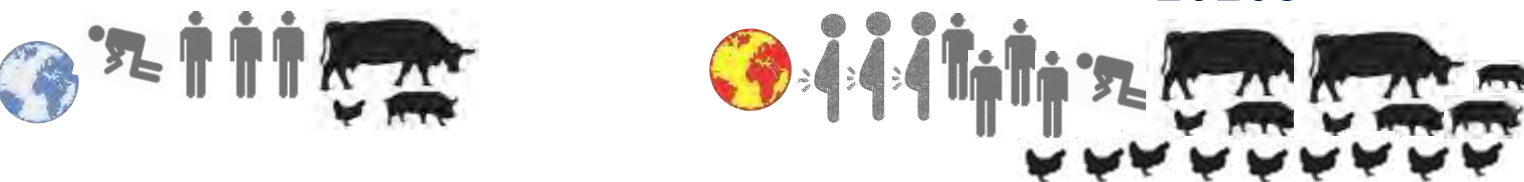
→ プラネタリーバウンダリー越え

1: 食料システムの展開とシンデミック

食の西欧化・肉食文化の展開と分化 → 肥満 x 低栄養 の併存

1970s

2020s



	1人当たり肉消費量 (kg/year/capita) FAO				
	1961	2019	(倍)	栄養失調 2019 (%)	肥満 2016 (%)
USA	89	128	1.5	2.5	37.3
Brazil	28	100	3.6	2.5	22.3
EU	49	79	1.6	3.0	17.0
China	3	64	19.5	2.5	6.6
Myanmar	5	62	13.3	7.6	5.7
Japan	8	51	6.8	2.5	4.4
India	4	5	1.3	15.3	3.8
Burkina Faso	8	13	1.6	14.4	4.5
Rwanda	4	9	2.3	35.2	4.8
World	23	43	1.9	8.9	13.2

1: 食料システムの展開とシンデミック

経済・技術的視点からみたシンデミック

安価なエネルギーの大量消費 @ サプライチェーン

X

=

安い食

資源の過剰消費 @ 地球の有限資源

生産システム

多投入・高収量生産システム

環境負荷と多様性喪失のトレードオフ
環境改変・資源過剰使用によるコスト競争性
低GDP農業比 & 食料・飼料輸出

緑の革命
条件適地

小規模・少投入生産システム

多様性と生産性のトレードオフ
食料生産コスト高・低ガバナンスと換金作物展開
高GDP農業比・食料輸入依存・換金作物外貨

緑の革命
条件不適地

消費パターン

過体重・肥満の蔓延

グローバル化・都市化による
食生活の西欧化・同質化

割安の輸入食料・過体重の急増

脆弱社会層の慢性的低栄養

2: 食生活と人・地球の健康へのインパクト

2: 食生活と人・地球の健康へのインパクト

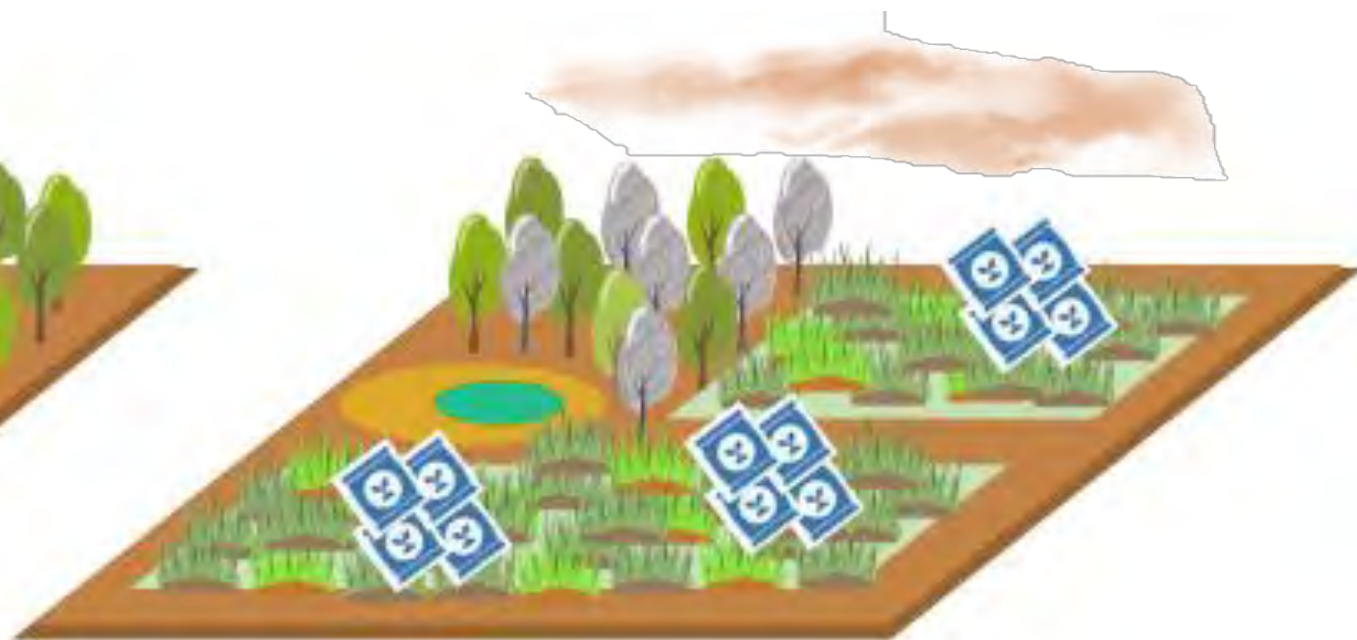
資源の過剰消費の元凶：コストの外部化

- ⇒ 消費者はより安い費用で多く需要することを希望
- ⇒ 生産者は本来負担すべき環境保護コストを払わず、社会的に適正な水準を超えた過剰生産
- ⇒ 中長期的に自然喪失・公害が悪化、生産性に負の影響



コスト内部化ケース

生産者：農場経営 ¥100万 + 環境保護 **¥100万** = ¥200万
農作物 **100単位** @ 販売価格 **¥3万**



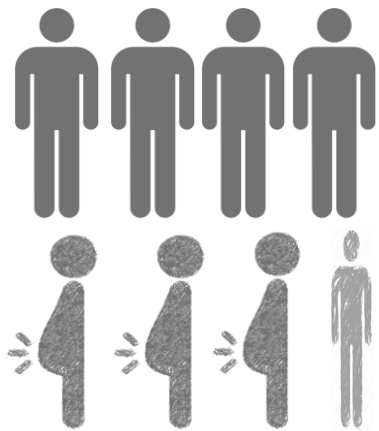
コスト外部化ケース

生産者：農場経営 ¥100万 + 環境保護 **¥0** = ¥100万
農作物 **150単位** @ 販売価格 **¥2万**

2: 食生活と人・地球の健康へのインパクト

食料システムのコスト

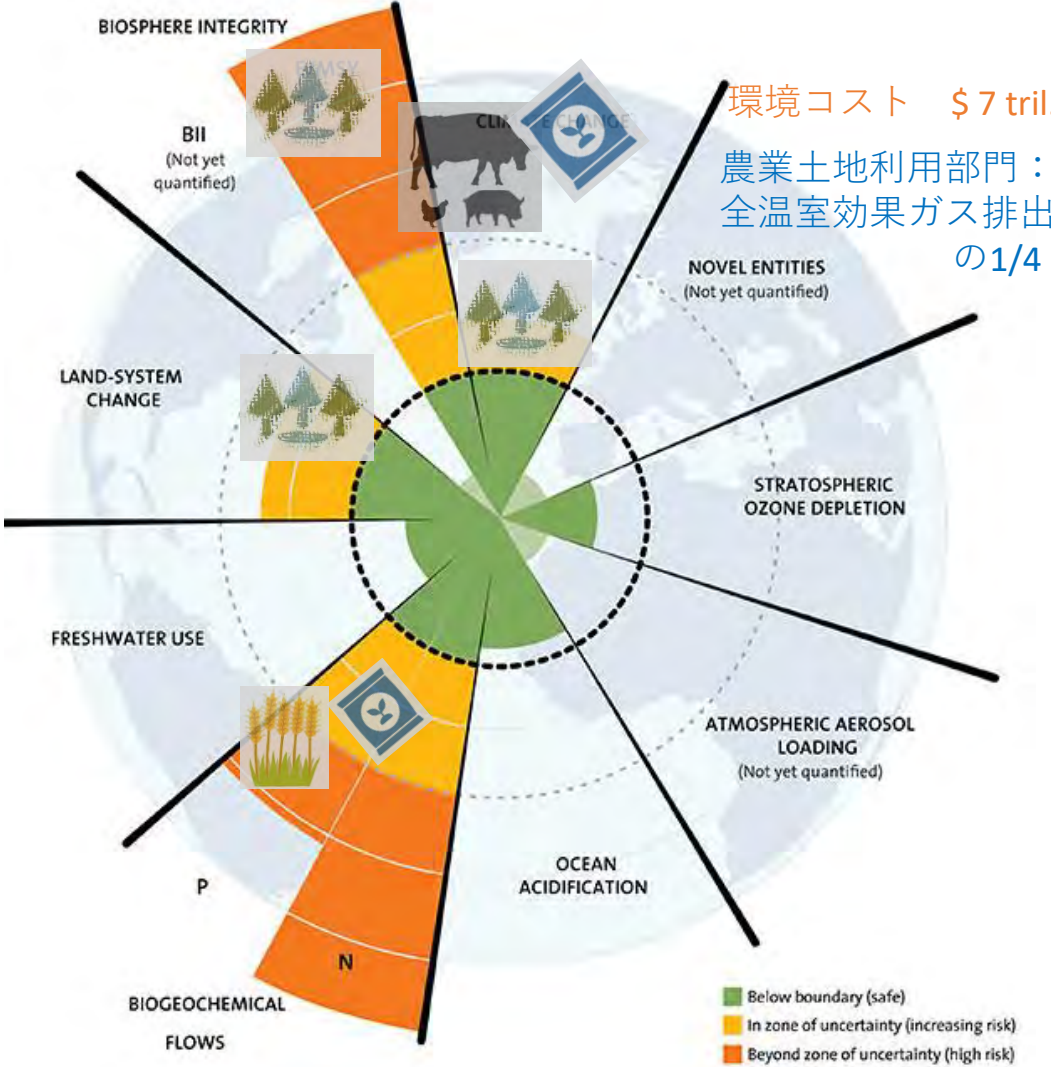
人類の健康 ←----- 食料システム -----> 地球の健康



非感染性疾患の主要因

健康コスト \$ 11 tril.
経済コスト \$ 1 tril.

全温室効果ガス排出の1/3
市場価格でのコスト \$9 trillion
真の総コスト \$19.8 tril.



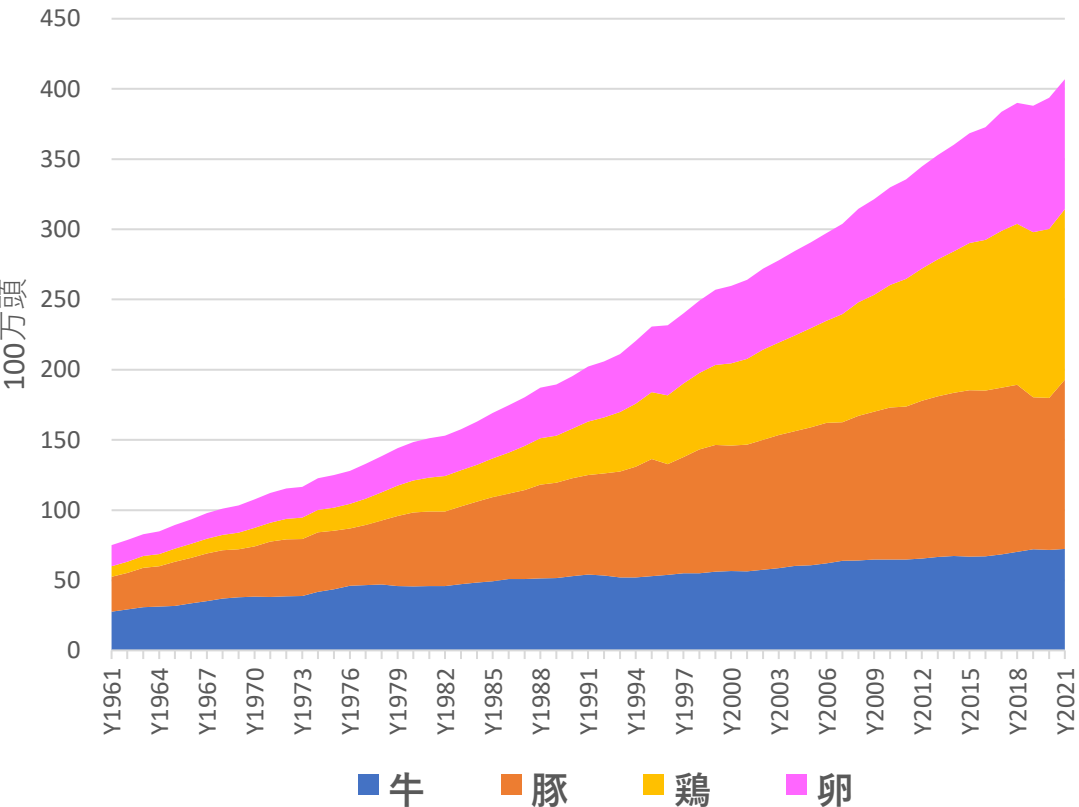
Willet et al. (2019)
Food in the Anthropocene:
the EAT–Lancet Commission

UNFSS Science Group (2021)
Cost of Food Systems

2: 食生活と人・地球の健康へのインパクト

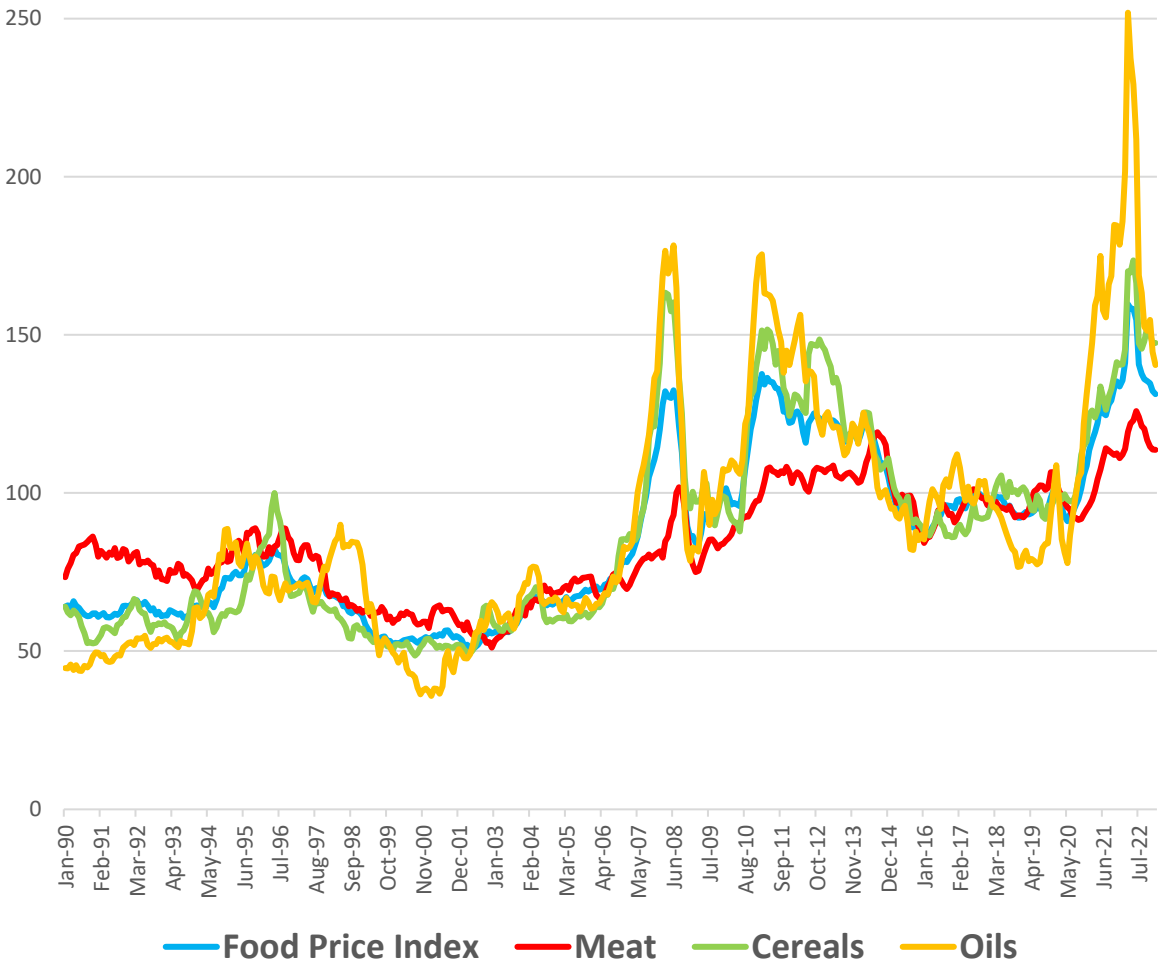
食肉業界の成長：大量生産による安定価格供給実現 → 大量消費

食肉生産量（FAOSTAT）



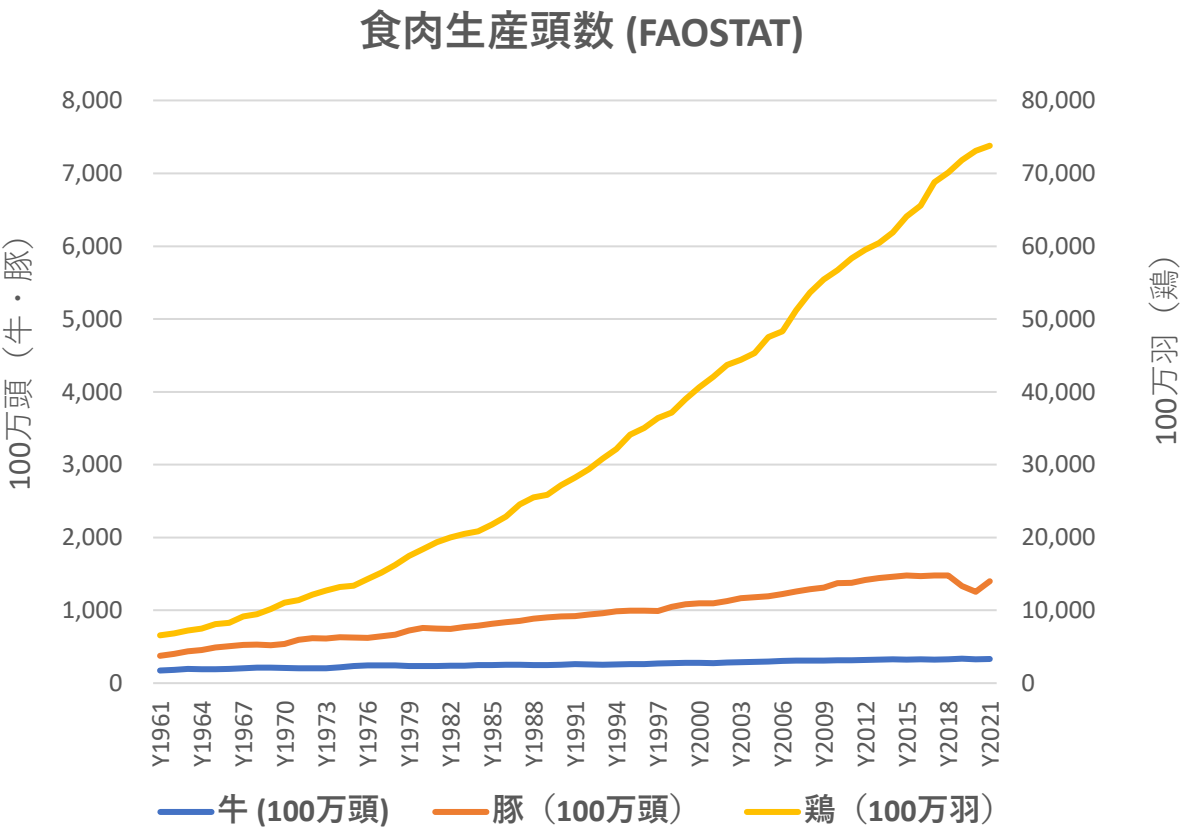
生産量	Y1961	Y2021	増加(倍)
牛 (100万トン)	28	72	2.6
豚 (100万トン)	25	120	4.9
鶏 (100万トン)	8	122	16.1
卵 (100万トン)	15	93	6.1

FAO価格指標 (2014-2016=100)



2: 食生活と人・地球の健康へのインパクト

規模の経済⇒「安い食」の実現：健康・環境コスト外部化に伴う問題



1961-2021年 期間の変化	頭数変化 (倍)	重量変化 (倍)	一頭当たり 重量変化(倍)
牛	1.9	2.6	1.4
豚	3.7	4.9	1.3
鶏	11.2	16.1	1.4



2: 食生活と人・地球の健康へのインパクト

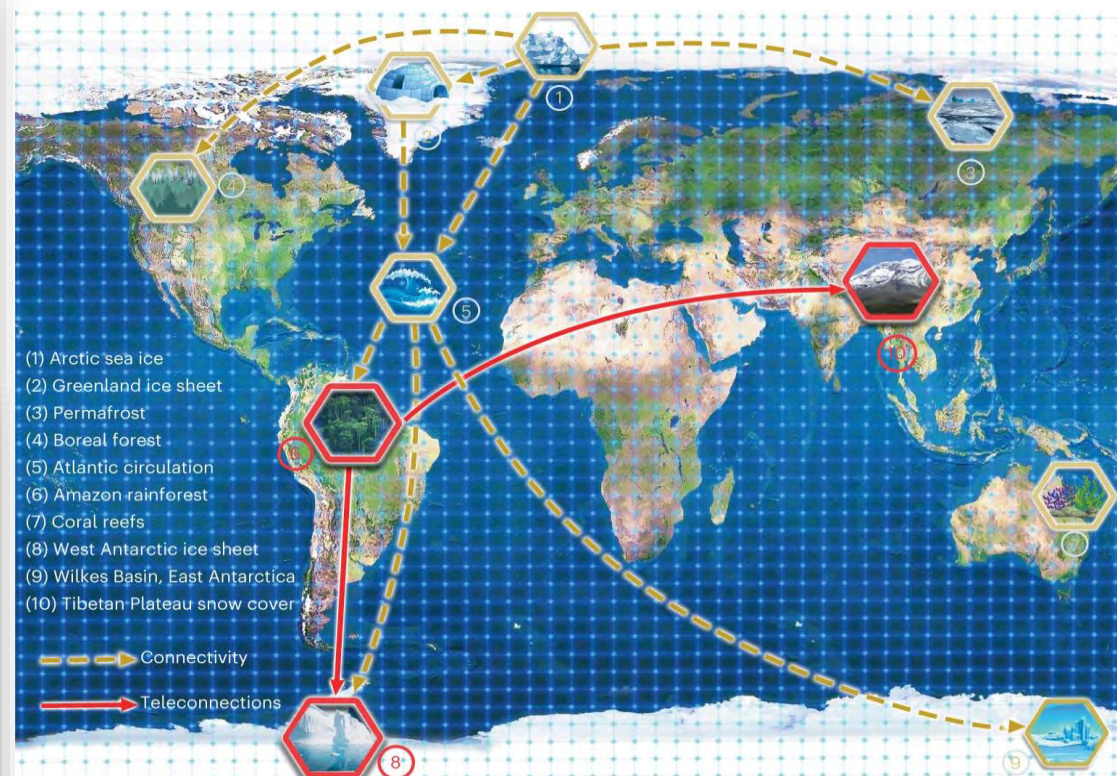
土地利用・生物多様性への影響 ⇒ 地球システムに不可逆性を伴うインパクトの懸念

【例】 **ブラジル：世界最大の飼料用作物（ダイズ・メイズ）生産・輸出国 + 世界有数の生物多様性**

⇒ 農地拡大によりアマゾン地域の生物多様性喪失危機直面

⇒ アマゾンは、小さな攪乱で地球システムに不可逆的なインパクトをもたらすサブシステムの一つ

⇒ アマゾン森林破壊の影響は遠隔相関でヒマラヤや西南極へも波及、地球システム攪乱の懸念



Liu, T., et al. (2023) Teleconnections among tipping elements in the Earth system. Nat. Clim. Chang. 13, 67–74 (<https://doi.org/10.1038/s41558-022-01558-4>)

2: 食生活と人・地球の健康へのインパクト

21世紀食料システムの持続性に対するリスク

サプライチェーンの寸断リスク

安価なエネルギーの大量消費 @ サプライチェーン

X

コストの外部化 @ 地球の有限資源

外部性による過剰消費 ⇒ 地球の限界超え

生産者による安さへの努力

安い食

消費者による安さへの期待

子牛暴落 1頭1000円でも買い手なし...背景に“飼料代高騰” 酪農家「ダブルパンチ」 (msn.com)

ロックダウン・地政学的リスクetc. ⇒ インプット価格高騰

安価なエネルギーの大量消費 @ サプライチェーン

コストの外部化 @ 地球の有限資源

異常気象・病虫害・感染症 etc. ⇒ 地球の限界超えによるサプライショック

生産者経営直撃

安い食の 供給システム 破綻

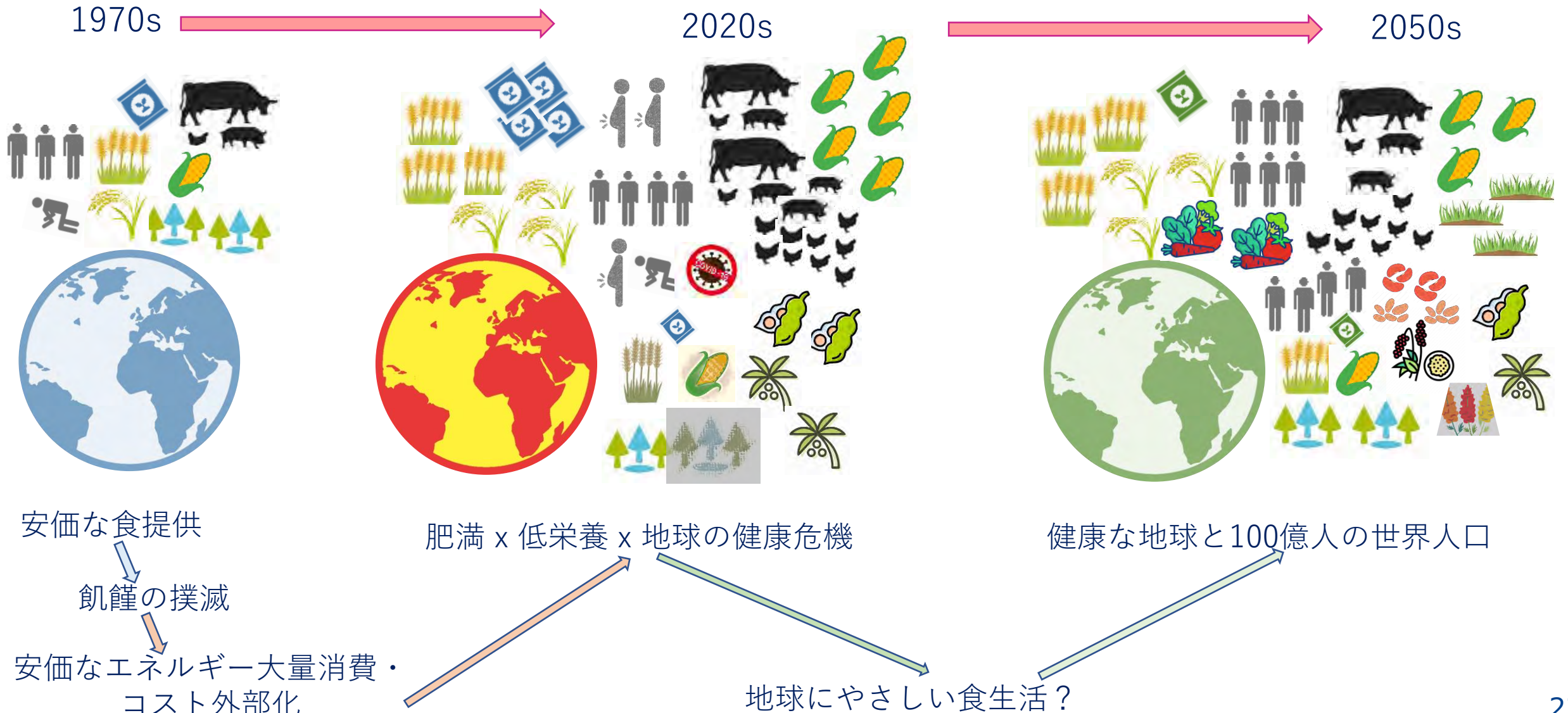
消費者家計直擊

卵の値上げなぜ？いつまで？ 飼料価格高騰や鳥インフルエンザも影響 | サクサク経済Q&A | NHK
哺乳類に広がる鳥インフルH5N1、ヒトへのリスクは？ WHO「備えなければいけない」 - NewSphere

3: 地球にやさしい食生活

3: 地球にやさしい食生活

食料システムの展開とシンデミック ～ 地球と人類の健康によい食生活



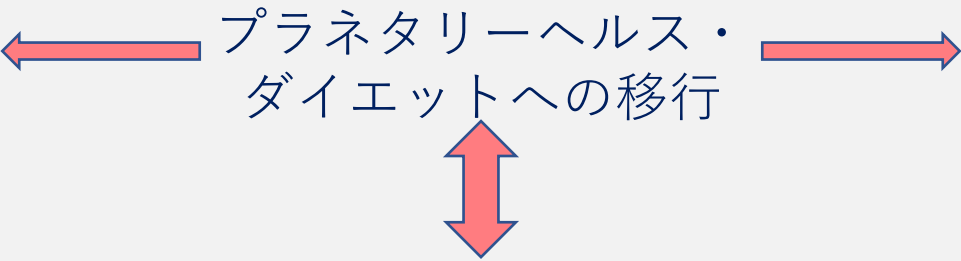
3: 地球にやさしい食生活

プラネタリー・ヘルス・ダイエットの実現性？

動物性食品中心から植物性食品中心の食生活へ

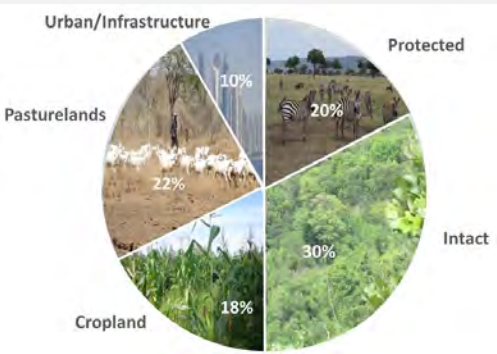


地球と人類の健康のための食料システム



No-One-Size-Fits-All

環境負荷の低い土地利用へ



緑の革命
条件適地

生産システム

多投入・高収量生産システム
低GDP農業比 & 食料・飼料輸出

消費パターン

過体重・肥満の蔓延

緑の革命
条件不適地

小規模・少投入生産システム

高GDP農業比・食料輸入依存・換金作物外貨

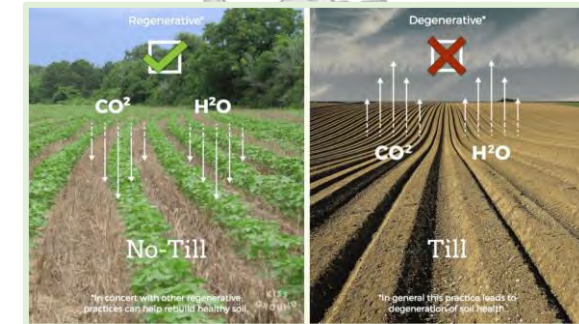
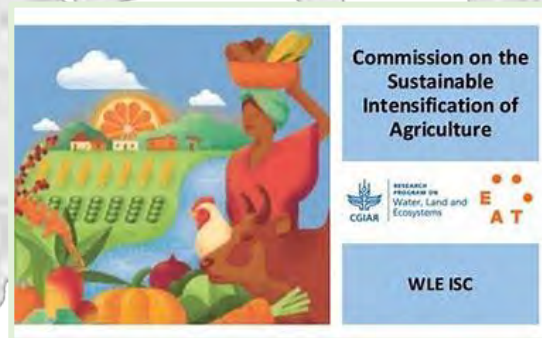
グローバル化・都市化による
食生活の西欧化・同質化

割安の輸入食料・過体重の急増

脆弱社会層の慢性的低栄養

3: 地球にやさしい食生活

各国・地域の提案：生産規制・環境負荷削減イノベーション・代替食 etc.



シンデミックの元凶：「安価なエネルギーの大量消費」 + 「コストの外部化」への対応？

3: 地球にやさしい食生活

シンデミックの根本的原因の解消へ

ロックダウン・地政学的リスクetc. ⇒ インプット価格高騰

..... 安価なエネルギーの大量消費 @ サプライチェーン

=

..... コストの外部化 @ 地球の有限資源

異常気象・病虫害・感染症 etc. ⇒ 地球の限界超えによるサプライショック

生産者経営直撃

安い食の
供給システム
破綻

消費者家計直撃



サプライチェーンの強靱化・国際協調

希少エネルギー・資源の節減 @ サプライチェーン

X

=

コストの内部化 @ 地球の有限資源

地球の限界の適正範囲でリサイクル・リジェネレイティブな生産

生産者による努力への報酬

環境コストを適正に
反映し、人類と地球の
健康に資する、
栄養に富み多様な食

消費者によるコストの理解

3: 地球にやさしい食生活

シンデミック解消のイノベーション

『規模の経済』 打破する精密技術：生産性と多様性の両立？

- 品種開発 (G) バイオテクノロジー
- 栽培管理 (M) デジタル・スマート農業

生産性を維持しつつ資源・化学肥料・農薬節減実現に向け、
環境(E)改変に代わり、作物固有の強靱性を引き出す育種(G)・栽培(M)技術
ex. 窒素・リン肥料利用効率向上
温室効果ガス排出低減品種・栽培技術

生産システム

緑の革命
条件適地

多投入・高収量生産システム
環境改変・コスト外部化によるコスト競争性

緑の革命
条件不適地

小規模・少投入生産システム
多様性と生産性のトレードオフ

環境負荷の低い食の推奨
& フードロス削減
ex. 地球にやさしい食生活
に関する啓蒙

消費パターン

過体重・肥満の蔓延

グローバル化・都市化による
食生活の西欧化・同質化

脆弱社会層の慢性的低栄養

多様な環境(E)ごとに栄養に富む地域固有作物(G) x 栽培(M) 研究への投資
ex. 地域作物ソルガムの復活
高栄養価で窒素固定もする豆科のササゲ



www.jircas.go.jp

JIRCAS HP - Pick Up

https://www.jircas.go.jp/ja/program/program_d/blog/pickup