一国際農業研究の展開と展望一

公益財団法人農学会・日本農学アカデミー 共同主催公開シンポジウム 「持続可能な食料システムに向けて」

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



本日のトピック

1: イントロダクション

2: 今日の食料システム

3: 人新世の食とプラネタリー・ヘルス

4: 地球環境と100億人の健康のための食料システム

5: 多様性対応のイノベーション

6: 国際農業研究の展望

1:イントロダクション

1: イントロダクション

ローカルな農業気候土壌学的・社会経済的条件 x 技術・経営







(Above-Kenya, Below-Brazil)





(Above-Kenya, Below-Brazil)

世界の農業の多様性





(Above-Kenya, Below-Brazil)

1: イントロダクション

具体例から抽象概念へ:横断的・時系列的に農業技術展開と人口・食・地球・健康の関係を概観



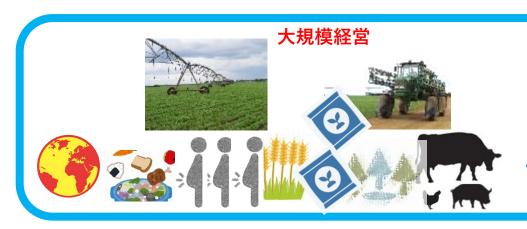












横断的視点

農業技術展開



消費





時系列的視点

プラネタリー・ヘルス・ ダイエット論



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

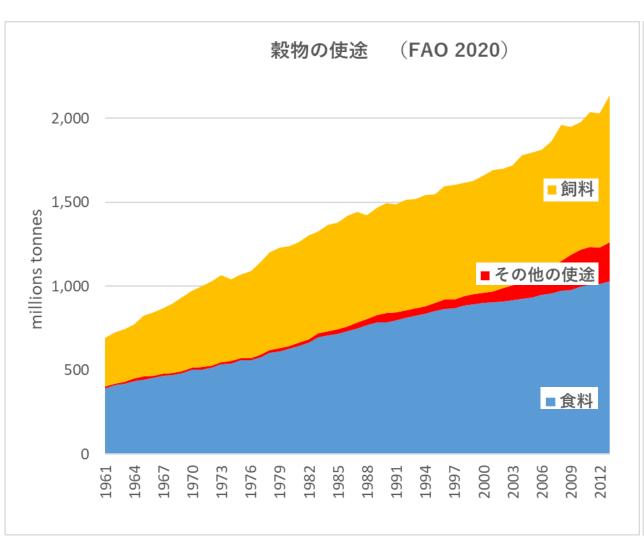


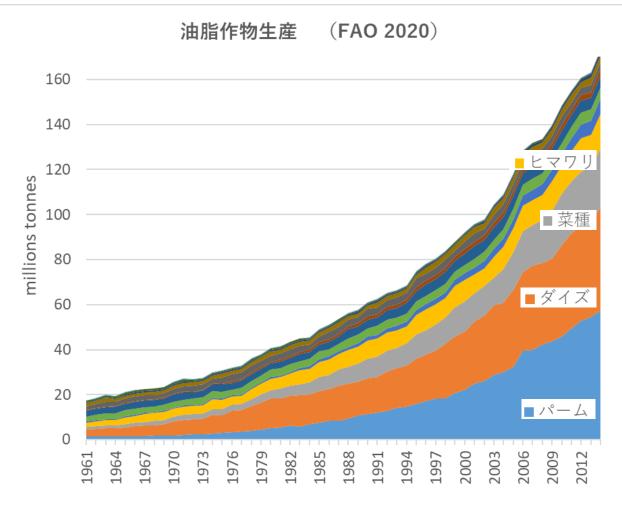
'緑の革命 Green Revolution'

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

- 主食穀物・家畜飼料・油脂作物生産拡大
 - ⇒安価なカロリー供給の実現・食産業の展開
 - →食の均一化、農業多様性喪失





食産業の展開

2019 Top 100 Food & Beverage Companies





























































































































































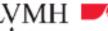
















SODIAL

















均一的な高投入・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



適用地域:大規模経営

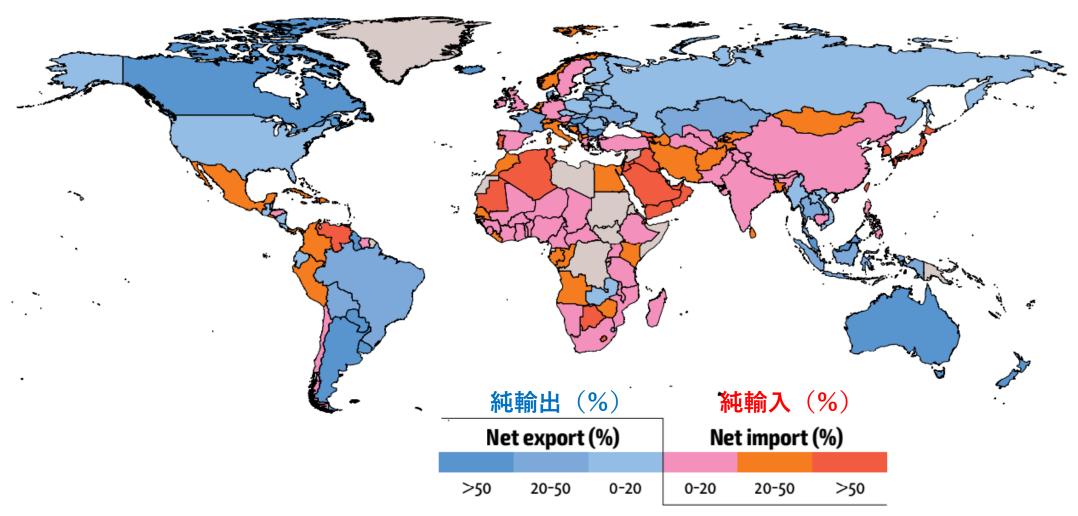
- ・先進国での主要作物育種成果移転の汎用性
- ・単一作物の大規模展開による規模の経済実現条件
- ・灌漑×土壌改良事業による施肥条件均一化



非適用地域:小規模経営

- ・熱帯・亜熱帯地域固有の作物多様性
- ・地域毎・地域内における多様な経営体系
- ・風化土壌・多様性など、施肥条件の複雑さ

グローバルな食料システムの確立と展開



Source: FAO Global Perspectives Studies, using 2011 food balance sheets from FAO, 2016a.

図:国内食料供給カロリーにおける純輸入の閉める割合 (FAO 2017)

高投入・高収量生産技術の適用度の差による二極化











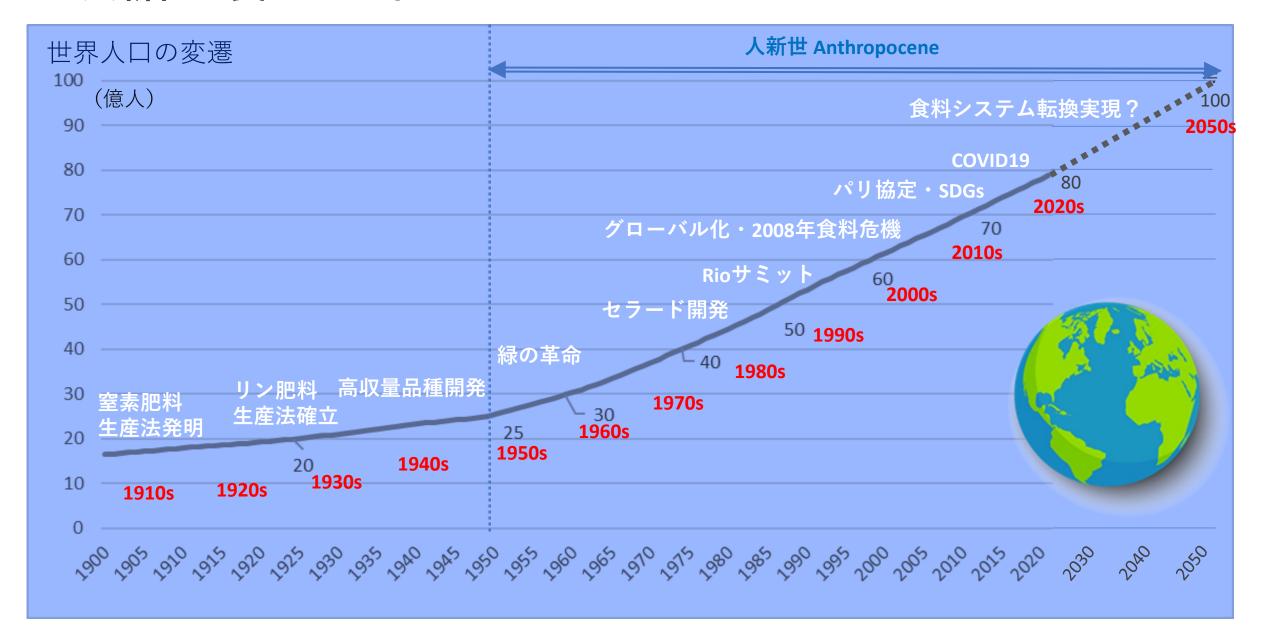






3: 人新世の食とプラネタリー・ヘルス

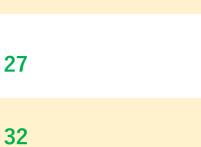
3: 人新世の食とプラネタリー・ヘルス



	人新世の医料供給と構造転		FAOSTAT 食料供給量 (kcal/capita/day)	FAOSTAT 肉消費量 (kg/capita/year)	∪N 都市化率	ILO via WB 雇用に占める 農業	WDI WB GDPに占める 農業
1920s -1940s		ŤŤ	-	-	20-25%	-	-
1950s	人新世の開始	ŤŤ	-	-	30%	-	-
1960s	緑の革命	İİİ	2200	23	34%	-	-
1970s	セラード開発	ŤáŤá	2390	27	37%	-	24%







40%

47%

52%

55%

44%

40%

33%

27%

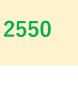
10%

6%

4%

4%





2850



Rioサミット

SDGs

COVID19

1980s

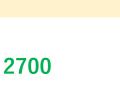
- 90s

2000s

2010s

2020s





38

42

45

3: 人新世の食とプラネタ **牛** 鶏 地球と人類の健康

(億頭) (億羽)

飢饉を原因とす る死亡者数 (10万人中)

Hasell & Roser

in OurWorldinData

FAO 栄養失調の

飽食を原因とす る死亡者数

1920s -1940s

T

50-80

人々の割合

(10万人中)

Global Burden of Disease Study

in OurWorldinData

1950s 人新世の開始

1960s

1970s

1980s

2020s



30+

緑の革命



9.4





40

50

セラード開発





52

8.4

0.5

35%

18%

15%

10%



60

60

60

Rioサミット





12.5

2.6

25%

56

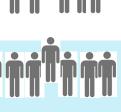
- 90s

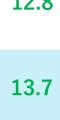


12.8

90 4.3

グローバル化・ 2000s 2008年食料危機



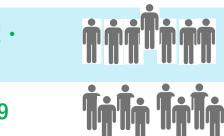


15.2

140 270

330

パリ協定・ 2010s **SDGs** COVID19

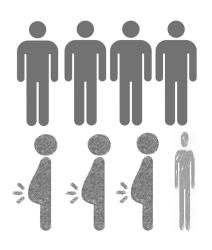


3: 人新世の食とプラネタリー・ヘルス

人類の健康

食料システム

地球の健康



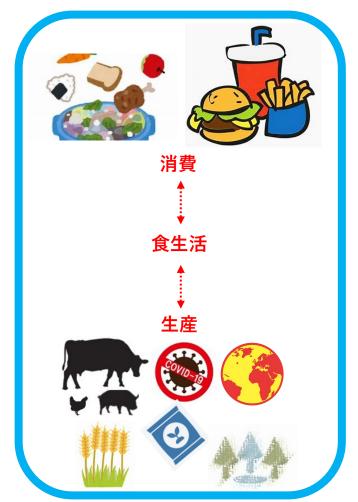
非感染性疾患の主要因

健康コスト **\$11 tril.** 経済コスト **\$1 tril.**

Willett et al. (2019)
Food in the Anthropocene:
the EAT-Lancet Commission

UNFSS Science Group (2021) Cost of Food Systems

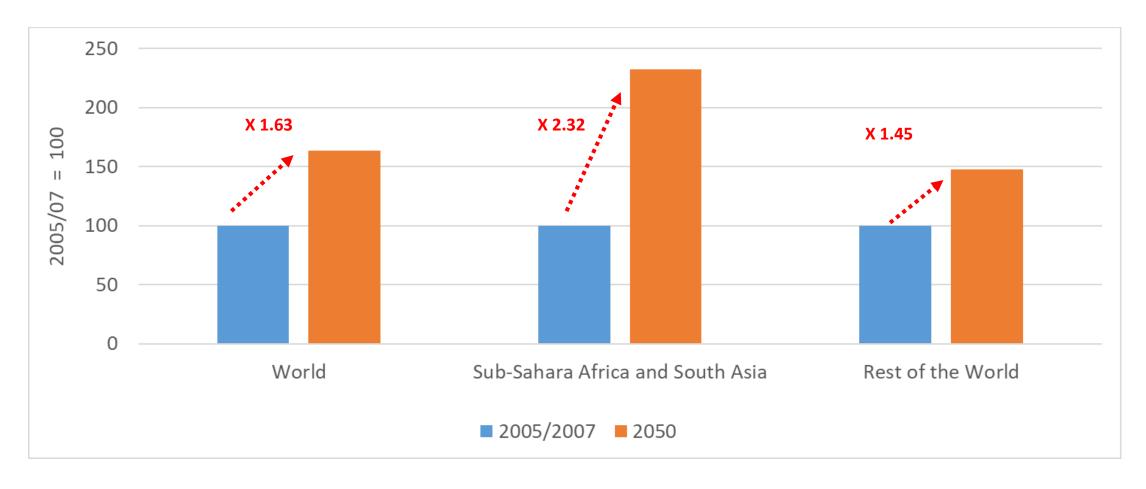
全温室効果ガス排出の1/3 市場価格でのコスト \$9 trillion 真の総コスト \$19.8 tril.



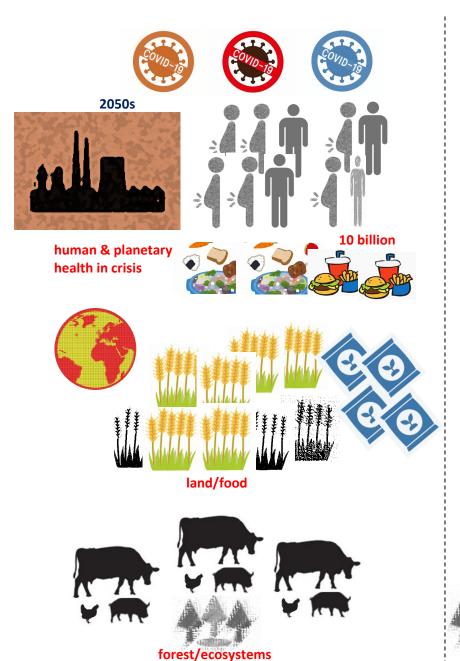


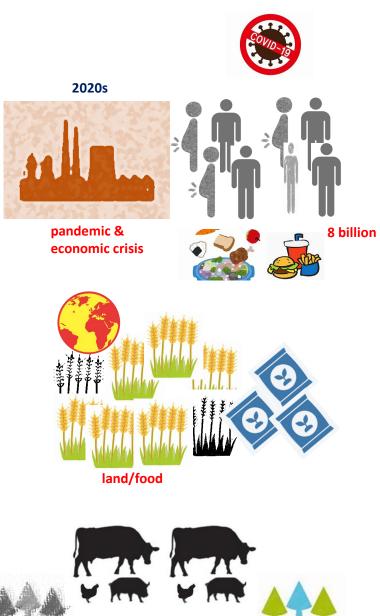
•

100億人・2050年までに必要な食料増産

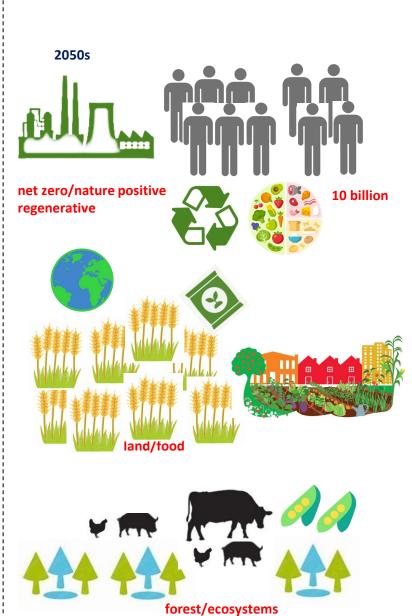


Increase in agricultural production required to match projected demand, 2005-2050 (%) (FAO 2017)





forest/ecosystems

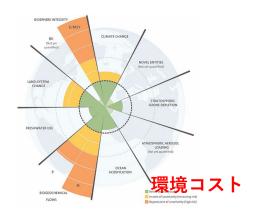


食のコストと行動変容



外部性の総コスト: \$ 19.8 tril.









市場価格でのコスト: \$9 tril









外部性を内部化するための行動変容の必要性











21世紀に求められるイノベーションの背景

動物性食品中心から植物性食品中心の食生活へ



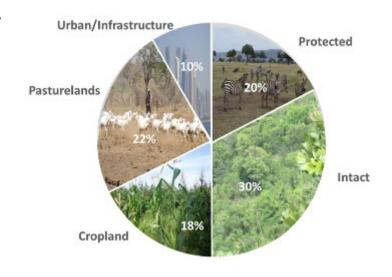
社会的要請: 地球と人類の健康のための食料システム

プラネタリーヘルス・ ダイエットへの移行



No-One-Size-Fits-All

環境負荷の低い土地利用へ



農業気候土壌学的・社会経済的条件の多様性への対応???

技術的条件:ローカル毎のコンテクストで生産性向上と環境負荷削減を両立するイノベーション?













イールド・ギャップから見る均一的な高投入・高収量技術の適用条件

assuming収量 Yield =

the interaction of 遺伝子型 genetics (G) by 環境条件 environment (E) by 栽培管理 management (M)

イールドギャップ Yield Gap =

理論上可能な収量 Attainable Yield (ほぼ最適な near-optimum G x E x M) – 実際の収量 Actual Yield (最適ではない sub-optimal G x E x M)



適用地域:大規模経営

- ・G:広範囲適用可能な遺伝資源の選抜
- ・E:灌漑 x 土壌改良事業による均一な栽培環境への改変
- ・M:効率的な経営の実現

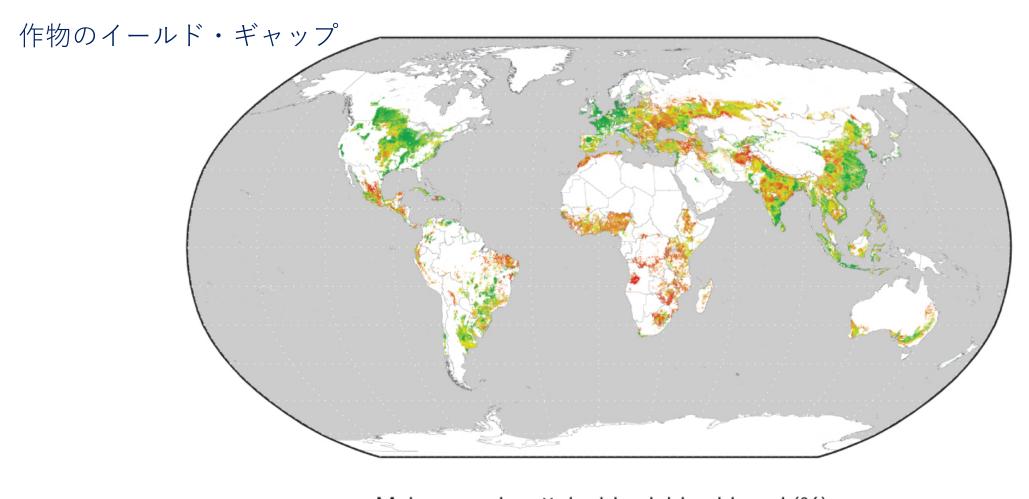


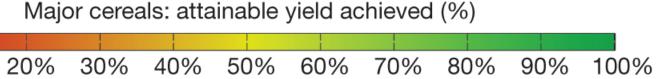
非適用地域:小規模経営

- ・G:多様な遺伝資源・育種の遅れ
- ・E:多様な栽培環境+気候ショック等の追加
- ·M:複雑な経営条件

0%

10%





ND Mueller et al. Nature **490**, 254-257 (2013) doi:10.1038/nature11420

Or See Figure 1 on Paul West, Nutrients and water: closing yield gaps.

https://blueandgreentomorrow.com/features/nutrients-and-water-closing-yield-gaps/

バイオテクノロジー&デジタル・スマート技術の展開 ⇒精密スケールでのGxExM最適化に関わるコスト低減の潜在性



ローカル環境Eに適応する技術パッケージ開発可能性



・GxE: バイオテクノロジーによる育種加速化: ストレス耐性・強靭性強化・肥料利用効率化etc





・MxE:スマート・デジタル農業: 精密レベルでの環境 x 投入の最適化

途上国農家の直面する様々なリスク

⇒異分野連携チームによる技術採択・意思決定メカニズムに配慮

高投入・高収量システムから生産力向上と環境負荷削減の両立へ

高投入・高収量システム: 収量増=関数(農地面積 ±; 肥料・農薬 + + +; イノベーション +)

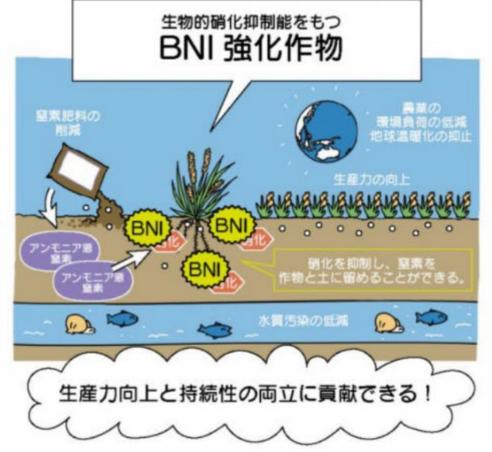


生産力向上と環境負荷削減: 収量増=関数(農地面積 ± ; 肥料・農薬 – – ; イノベーション++++)

これまでの問題点…大量の窒素が自然界に漏れ出している



肥料の窒素が作物に留まらず、土壌細菌により硝化され流出…… 水質汚染・地球温暖化のもとになってしまっている。



イノベーションのローカル適用と社会実装に向けて





https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/index.html

https://sc-fss2021.org/

No-One-Size-Fits-All + 環境負荷削減と生産性向上の両立

- ⇒現場の生産者が直面する農業気候土壌学的・社会的条件を配慮したイノベーション展開
- →イノベーション実現のための異分野連携・国際協力の推進

6: 国際農業研究の展望

6: 国際農業研究の展望

20世紀半~vs. 21世紀~の食料システム

	20世紀半~	21世紀~
社会的要請	飢饉撲滅のための主食作物増産 人口増・高カロリー化のための食料増産	地球と人類の健康生産性向上と環境負荷削減の両立
技術的条件	高投入・高収量生産システム広域展開の ための規模の経済最適化GxExM追求	バイテク&デジタル・スマート技術展開による精密スケールでのGxExM最適化コスト低減可能性
アウトカム	大量生産・消費体制による食の均一化 技術適用度での生産システム二極化 市場価格外の健康・環境・経済コスト	(期待)多様・持続的・強靭な消費と生産 ローカル農業土壌気候・社会経済条件毎 に最適な技術適用による外部性の内部化

地球環境と100億人の健康のための食料システム転換実現のためのアクション

- ①消費者の行動変容:生産者による環境・健康・経済コスト配慮に対するインセンティブ
- ②多様性対応イノベーション:異分野連携・国際協力

6: 国際農業研究の展望

イノベーションによる持続的農業の実現に向けた異分野連携と国際協力

環境負荷削減と生産性向上の両立

収量増=関数 (農地面積±; 肥料・農薬ーー; 品種開発(G)・栽培管理(M)イノベーション++++)

⇒ゲノム解析・育種、植物栄養学、土壌学(化学・物理・微生物)。。。+国際ネットワーク

農業持続性は、一方で、最新の生物学アプローチをフルに活用した遺伝子型の改良、もう一方で、 生態学的・農学的プロセス管理による便益に関する理解の向上、の双方を必要とする。

Agricultural sustainability suggests a focus on both **genotype improvements** through the full range of modern biological approaches and improved understanding of the benefits of **ecological and agronomic management, manipulation and redesign**. (Pretty 2008)

イノベーションのローカル適用と社会実装

遺伝子型 genetics (G) by <mark>環境条件 environment (E)</mark> by 栽培管理 management (M)

⇒ 品種開発 x 栽培管理技術 x 社会経済研究



www.jircas.go.jp

JIRCAS HP - Pick Up https://www.jircas.go.jp/ja/program/program_d/blog/pickup