


■本資料のご利用にあたって(詳細は「利用条件」をご覧ください)

本資料には、著作権の制限に応じて次のようなマークを付しています。
本資料をご利用する際には、その定めるところに従ってください。

***** : 著作権が第三者に帰属する著作物であり、利用にあたっては、この第三者より直接承諾を得る必要があります。

CC : 著作権が第三者に帰属する第三者の著作物であるが、クリエイティブ・コモンズのライセンスのもとで利用できます。

 : パブリックドメインであり、著作権の制限なく利用できます。

なし : 上記のマークが付されていない場合は、著作権が東京大学及び東京大学の教員等に帰属します。無償で、非営利かつ教育的な目的に限って、次の形で利用することを許諾します。

- I 複製及び複製物の頒布、譲渡、貸与
- II 上映
- III インターネット配信等の公衆送信
- IV 翻訳、編集、その他の変更
- V 本資料をもとに作成された二次的著作物についての I からIV

ご利用にあたっては、次のどちらかのクレジットを明記してください。

東京大学 UTokyo OCW 学術俯瞰講義
Copyright 2015, 藤原徹

The University of Tokyo / UTokyo OCW The Global Focus on Knowledge Lecture Series
Copyright 2015, Toru Fujiwara

栄養の循環と社会

農学部 植物栄養・肥料学研究室
藤原 徹

自己紹介：藤原 徹

- 大阪出身 1964年9月生まれ
- 子供の頃から植物(食べられる植物限定)が好き。
- 昭和58年理科II類入学、農学部に進学
- 大学院時代から博士取得後に米国に滞在
- その後東大に採用される。

- 「植物栄養・肥料学」-農学部で最も古い研究室の一つ。

- 植物を良く育てたい。(よく食べたい)



京都御所 Nov. 24, 2010

植物は美しい



どこにでも生える



Nov 1, 2012

おいしい。



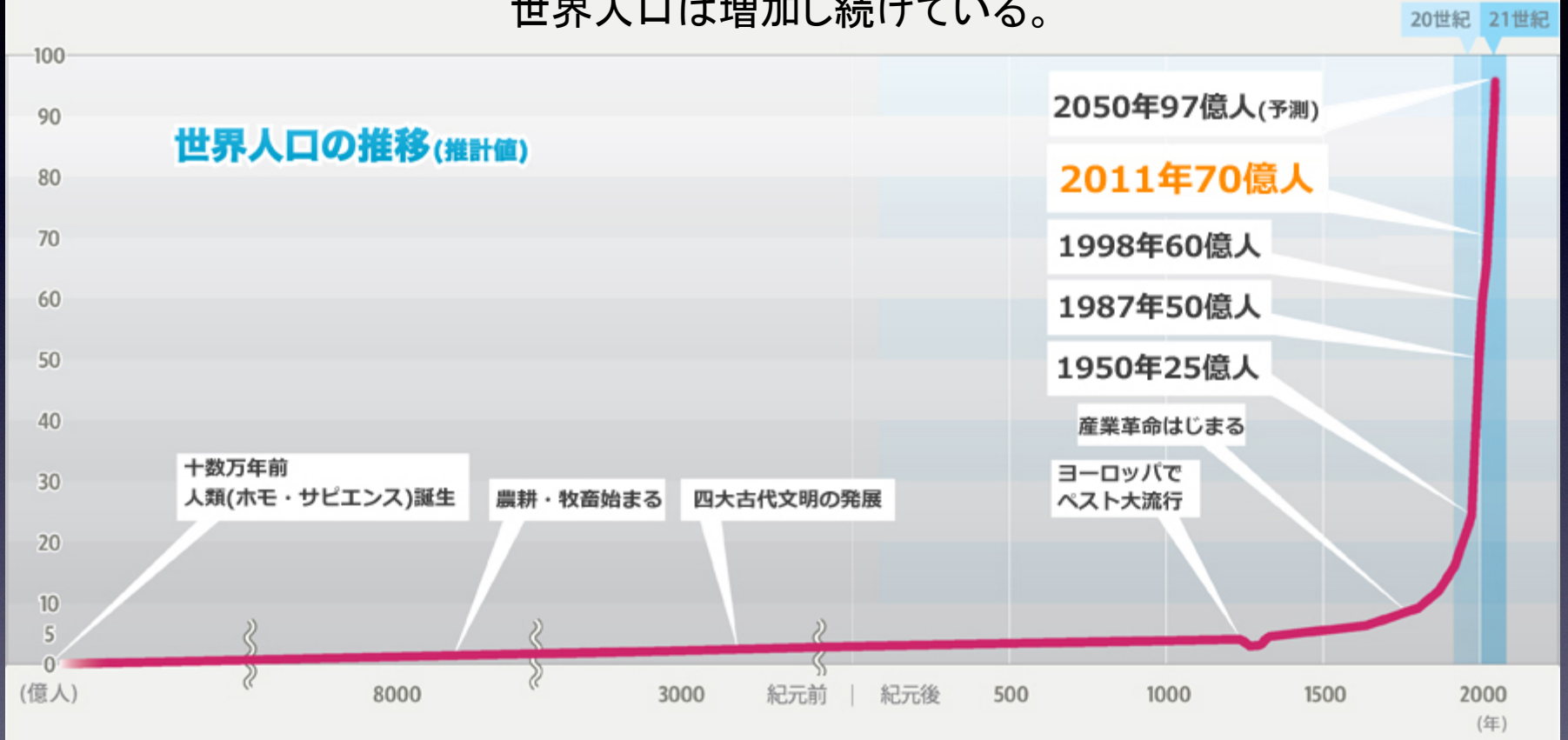
Breakfast in Hanoi, Nov. 9, 2010

文明は植物と共に：メソポタミア文明の移動

著作権等の都合により、
ここに挿入されていた画像を削除しました。

森敏、前忠彦、米山忠克編
『植物栄養学』
文永堂出版、2001年
10頁 図 I -5「メソポタミア地方」

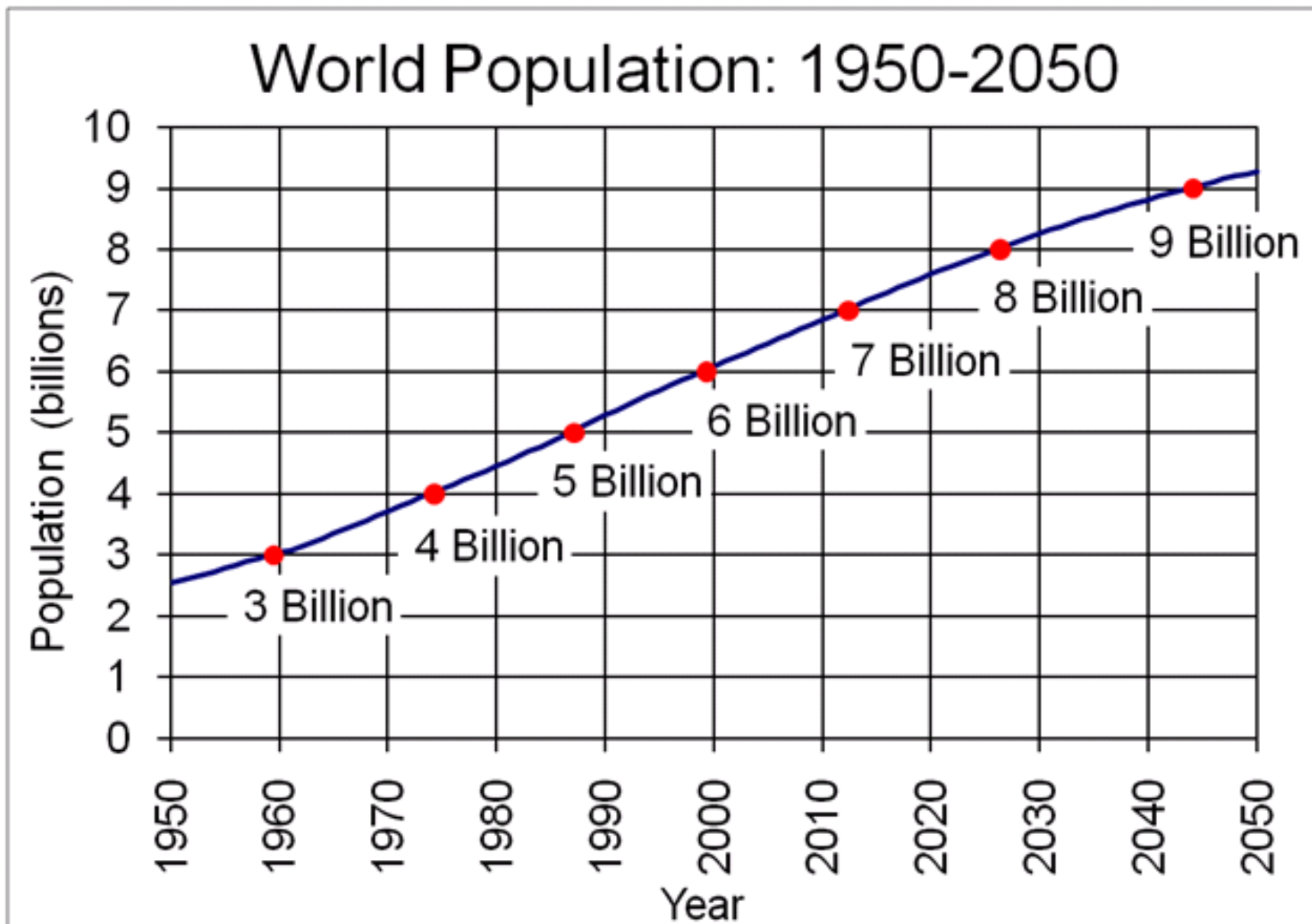
世界人口は増加し続けている。



* 出典:国連人口基金東京事務所ホームページ

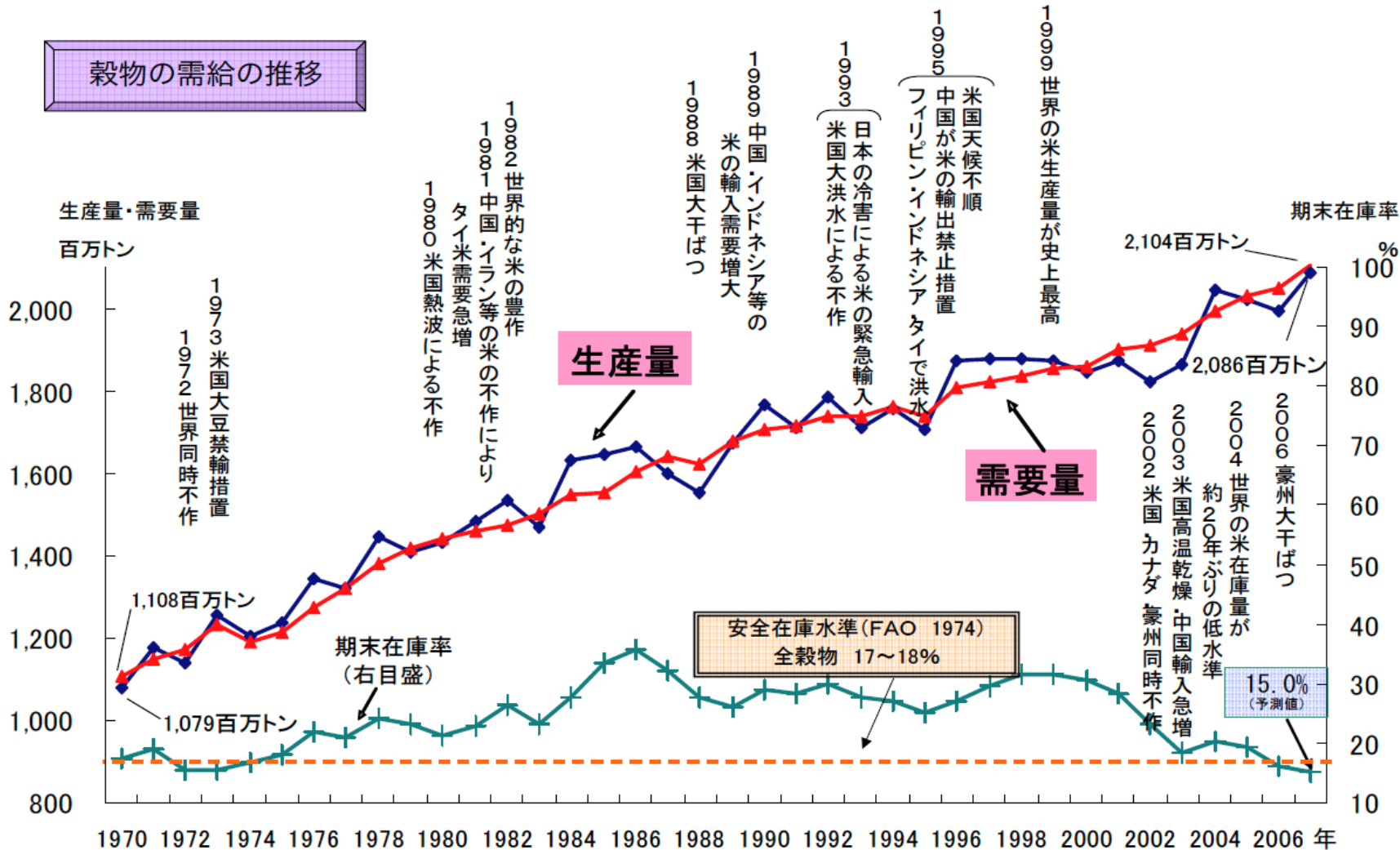
World Population: 1950-2050

* From U.S. Census Bureau website (<https://www.census.gov>)



Source: U.S. Census Bureau, International Data Base, June 2010 Update.

穀物需要量が増加する一方、生産量は変動を繰り返しつつ、これに対応



資料: USDA「World Agricultural Supply and Demand ESTIMATES」(September 12, 2007)、「World Markets and Trade」、「PS&D」

*

農林水産省『今、世界の食料に何が起きているのか』(食料の未来を描く戦略会議第2回資料、平成19年10月9日)、4頁
農林水産省ホームページより http://www.maff.go.jp/j/study/syoku_mirai/02/index.html

見えにくくなっている？

- 農家の出身の方
- 都市の便利な生活。生産との乖離。乏しい実感。

小學農辰業書 卷一
男子用
文部省

昭和5年
文部省発行

小學農業書 男子用 卷一

第一課 農業

農業は、作物を栽培し、家畜を飼養し、樹木を仕立てて、衣食住に必要なものを産出する仕事である。

農業がなければ我等は一日も生活することが出来ず、又農業が盛でなければ商工業も榮えることが出来ない。

かやうに農業は、人類の生活及び産業の發達に必須なばかりでなく、之に従事するものは、最も堅實な精神に富み、身體強健且長壽である。實に農業は人類に缺くことの出来ないものであつて、又國家隆盛の



源泉である。

第二課 時無大根

時無大根は生で食し、又酢漬、塩漬などにして食用に供する。此の一種二十日大根は、播種してから二三十日で収穫される。二十日大根の根の形には球形、圓筒形、紡錘形などがあり、色には赤紫、白黄などがある。

冬季を除けば何時でも播種することが出来、栽培は極

二十日大根



大きくて重い種子は発芽がよければ、養分を含むことが多いから、芽はこれに養はれて生育が良好である。

めて容易である。即ち土地を丁寧に耕し、下肥などを施した後に播種し、発芽後は間引、其の他の手入を行ふ。

第三課 種子の良否

種子は作物の本源である。種子が良好でなければ、良い作物を得ることが出来ぬ。種子は新しく、其の粒が大きく、且重いものがよい。

第四課 選種

植物は何を食べているの？



ローマ時代

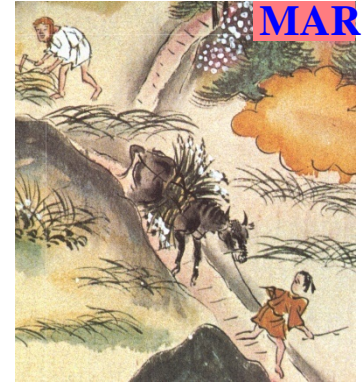
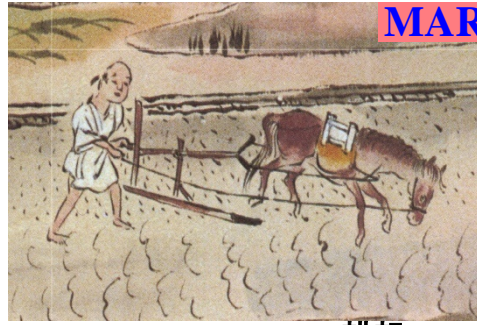
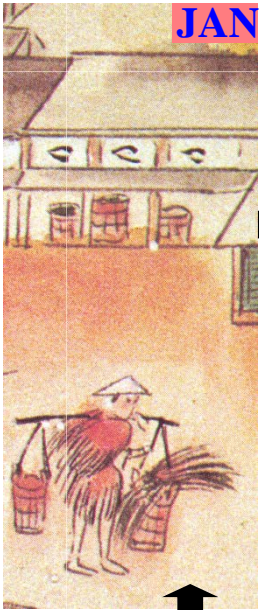
(経験的に)

輪作、石灰、緑肥の知識を得ていた。

日本でも

(経験的に)

人畜糞尿、草木灰、魚肥などが知られていた。



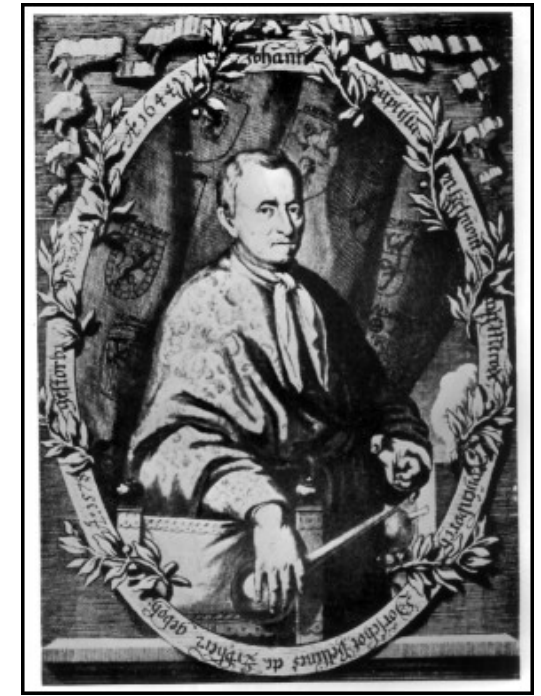
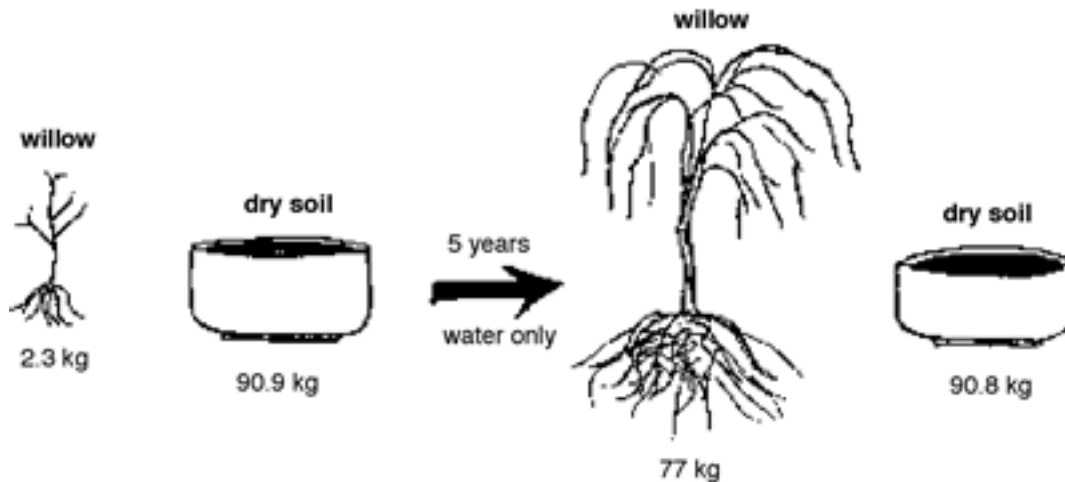
昔の農村生活の一年

『農業図絵』 土屋又三郎 享保2年(1717年)

(土屋又三郎『農業図絵<日本農書全集26>』社団法人農山漁村文化協会、1983年、校注・執筆 清水隆久 より)

Van Helmont

- ヤナギの実験。



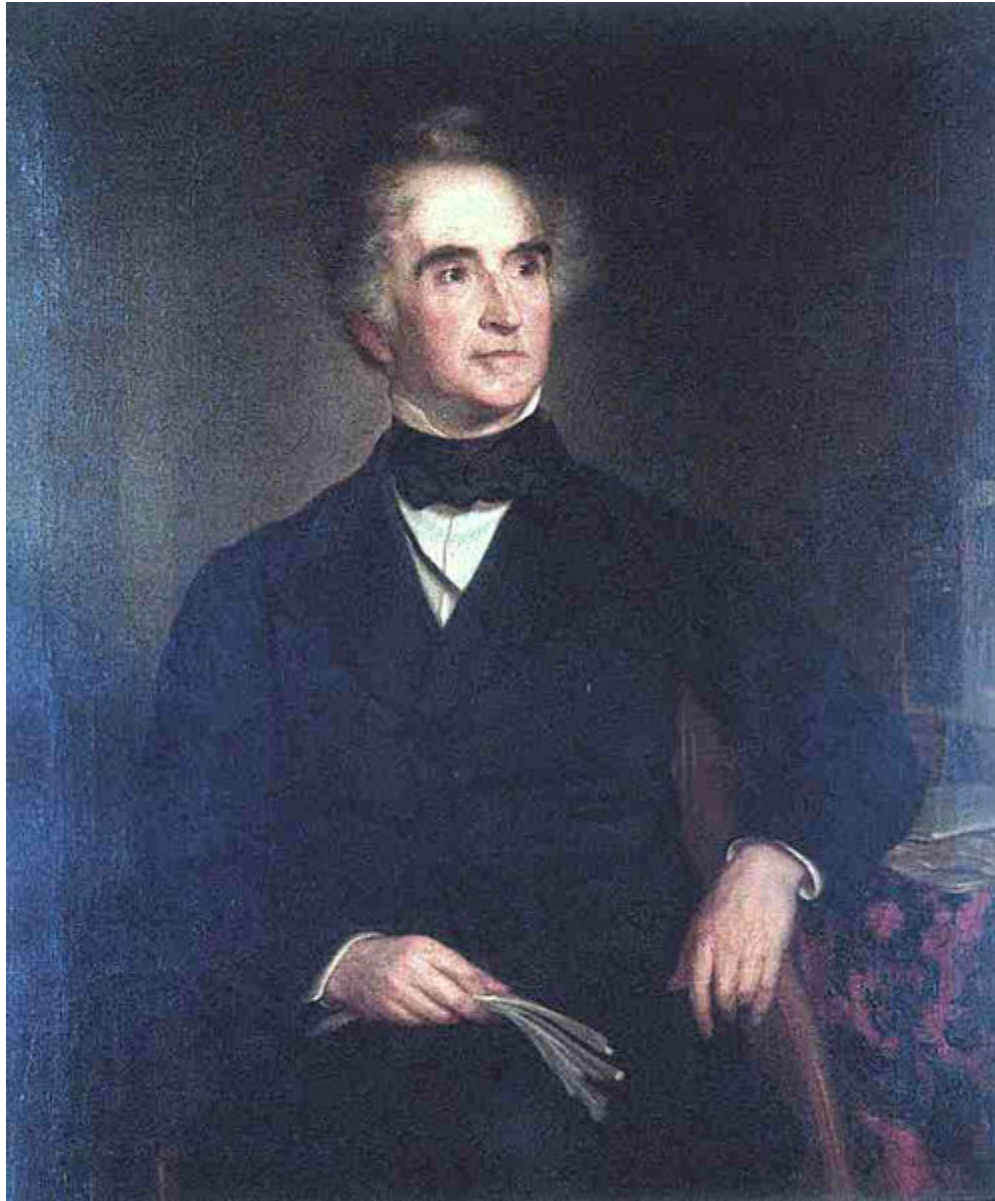
 From Wikimedia Commons

© State of New South Wales, Department of Education and Training 2004
http://lrrpublic.cli.det.nsw.edu.au/lrrSecure/Sites/LRRView/7397/applets/Living_Things_Database/livingthings/lesson7.htm
CC BY 4.0

鉢植えに水だけを与えて成長した。

そこで、「栄養は水である」と結論した。

(17世紀)



From Wikimedia Commons

Justus von Liebig

- 1803 Darmstadtで誕生
- 1820 Bonn大学入学(Prof. Kastner)
- 1821 KastnerとともにErlangen大学に移る
- 1822 Parisに留学(Thenard, Gay-Lussac)
- 1824 Giessen大学員外教授
- 1826 Giessen大学正教授
- 1852 Munnich大学教授、後に総長
- 1875 逝去 (ミュンヘン南墓地)



リービッヒ冷却管

「植物栄養学の開祖」リービッヒ

- 1840年『有機化学の農業および生理学への応用』(*Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf der Agrikultur und Physiologie*)

植物は**独立栄養生物**である。

- 1841年、植物が土の中のカリウムやリンを生長に必須としていることを明らかにした。そして土の中で最も少ない必須元素の量によって植物の生長速度が決定されるというリービッヒの最小律を提唱した。

植物の生育に必須な元素は17種類。

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	L	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	A	104 Unq	105 Unp	106 Unh	107 Uns	108 Uno	109 Une	110 Uun								

L	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
A	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

植物の必須元素の供給と植物の成長

著作権等の都合により、
ここに挿入されていた画像を削除しました。

森敏、前忠彦、米山忠克編
『植物栄養学』
文永堂出版、2001年
211頁 図Ⅷ-5
「土壌中元素濃度の作物生成量への影響 グループ①」

どこにでも生える



Nov 1, 2012

肥料の商業化と生産(19世紀以降)

ペルーグアノの発見

(リン酸肥料、鳥の排泄物の堆積物)。

チリ硝石の発見 (niter: Nitrogenの語源)

(窒素肥料、鉱石、化学的窒素固定
以前の主要な窒素肥料)

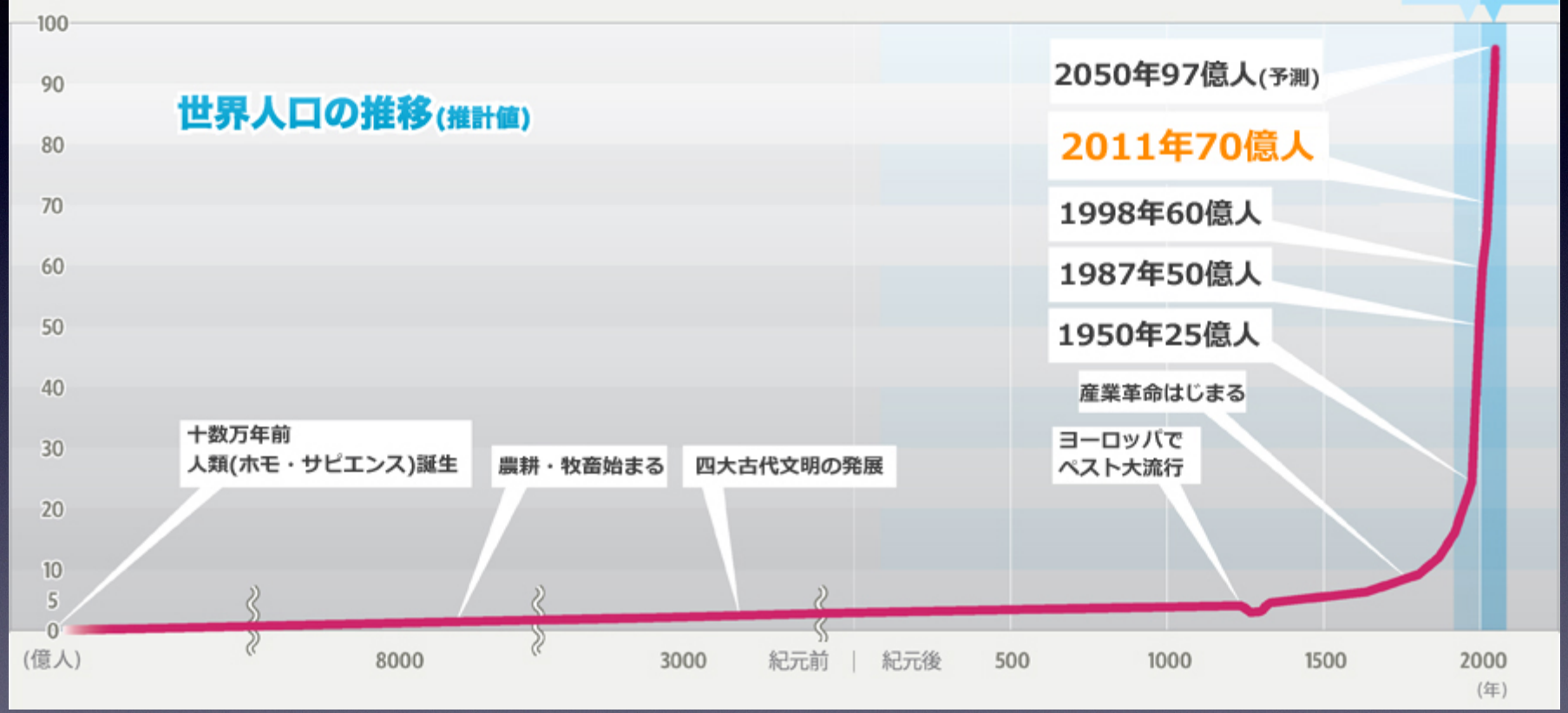
過燐酸石灰の製造

(リン酸肥料、John Bennet Lawes)

ハーバーボッシュ法の開発

(空気中の窒素をアンモニアに変換)

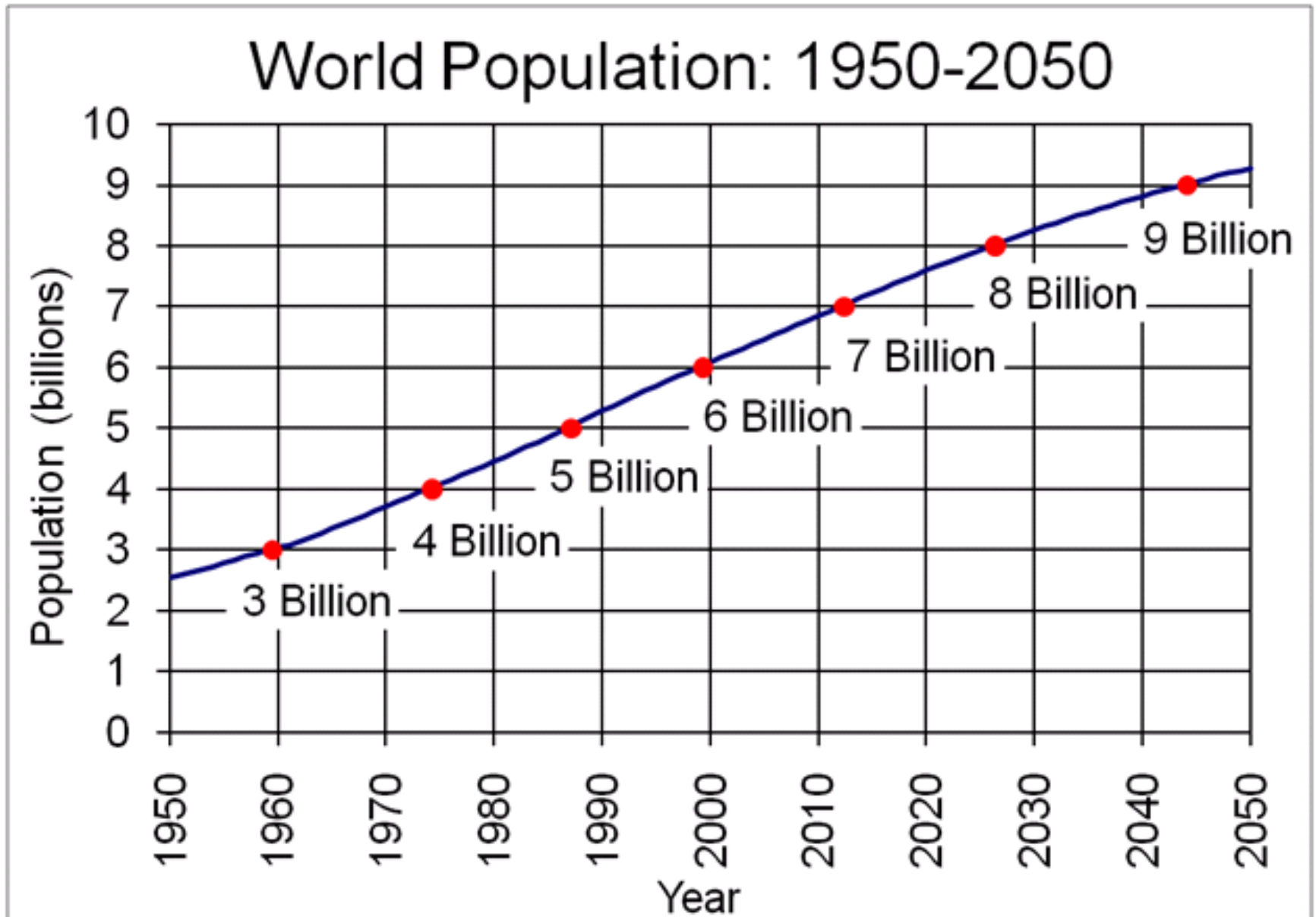
世界人口は増加し続けている。



* 出典: 国連人口基金東京事務所ホームページ

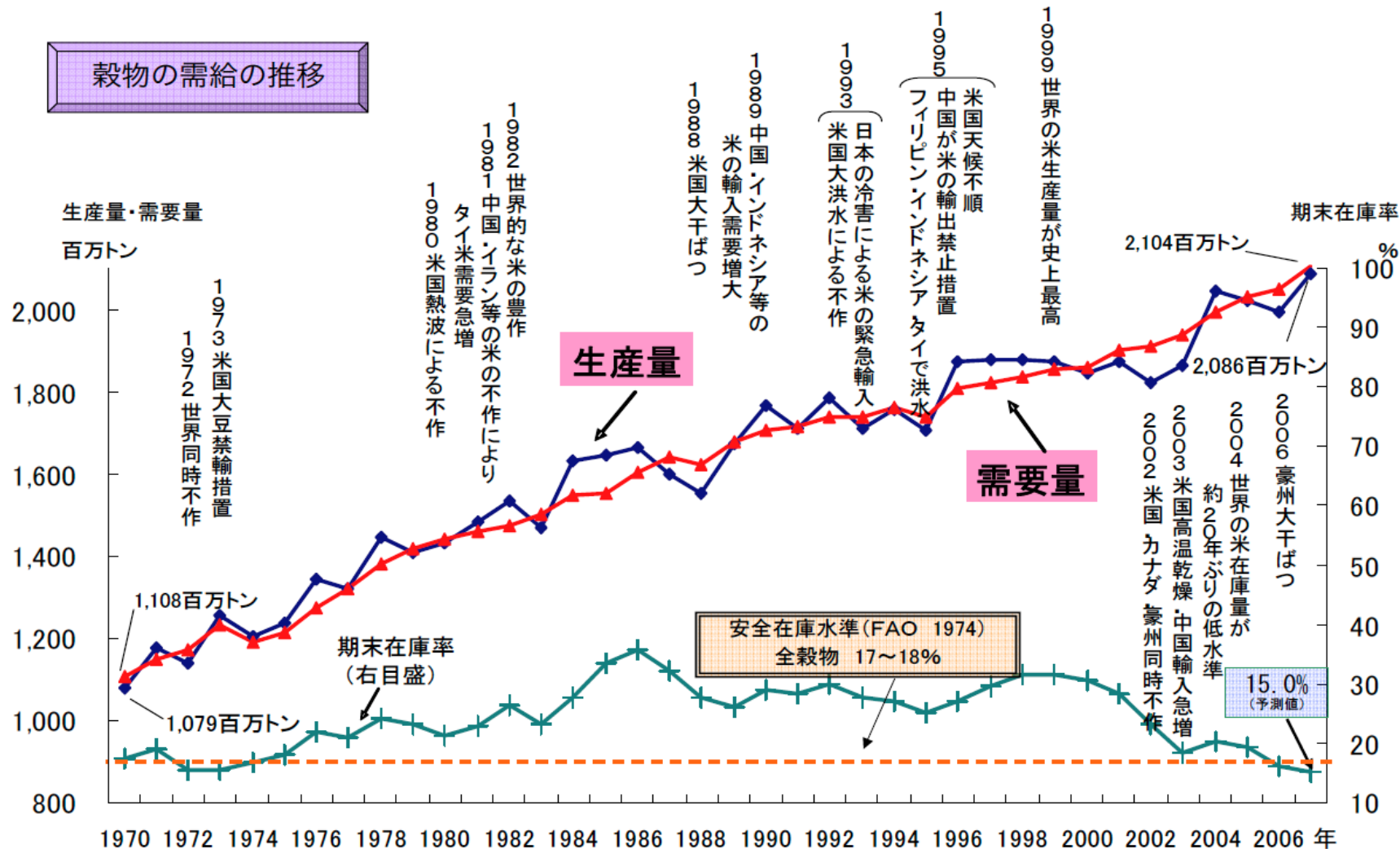
World Population: 1950-2050

* From U.S. Census Bureau website (<https://www.census.gov>)



Source: U.S. Census Bureau, International Data Base, June 2010 Update.

穀物需要量が増加する一方、生産量は変動を繰り返しつつ、これに対応



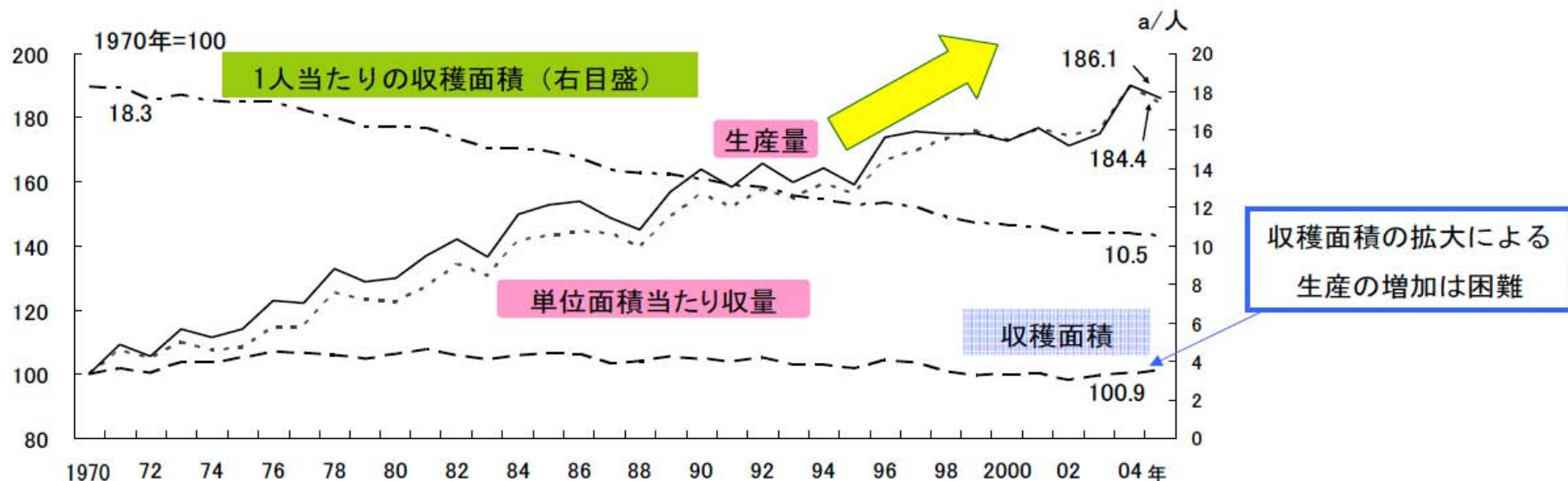
資料: USDA「World Agricultural Supply and Demand ESTIMATES」(September 12, 2007)、「World Markets and Trade」、「PS&D」

*

農林水産省『今、世界の食料に何が起きているのか』(食料の未来を描く戦略会議第2回資料、平成19年10月9日)、4頁
農林水産省ホームページより http://www.maff.go.jp/j/study/syoku_mirai/02/index.html

単位面積当たり収量の伸びにより、需要に応じた生産を実現

収穫面積及び単位面積当たり収量の推移



資料: FAO「FAOSTAT」、UNFPA「世界人口白書」

* 農林水産省『今、世界の食料に何が起きているのか』(食料の未来を描く戦略会議第2回資料、平成19年10月9日)
農林水産省ホームページより http://www.maff.go.jp/j/study/syoku_mirai/02/index

【単位面積当たり収量の伸び】

1960年代 3.0% (年率) → 1970年代 2.0% → 1980年代以降 1.5%

伸びが鈍化

Norman Borlaug Nobel Peace Prize 1970

著作権等の都合により、
ここに挿入されていた写真を削除しました。

REUTERS

"Nobel-winning agricultural scientist Borlaug dies"
Sun Sep 13, 2009 2:55am EDT

[http://www.reuters.com/article/us-borlaug-
idUSTRE58C0KM20090913#uJTZKWsJdep22WLV.](http://www.reuters.com/article/us-borlaug-idUSTRE58C0KM20090913#uJTZKWsJdep22WLV)

97



*

The U.S. Government Work

Picture from Wikimedia Commons
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Norlaug_July172007.jpg)

Original from the White House (<https://www.whitehouse.gov/>)

緑の革命

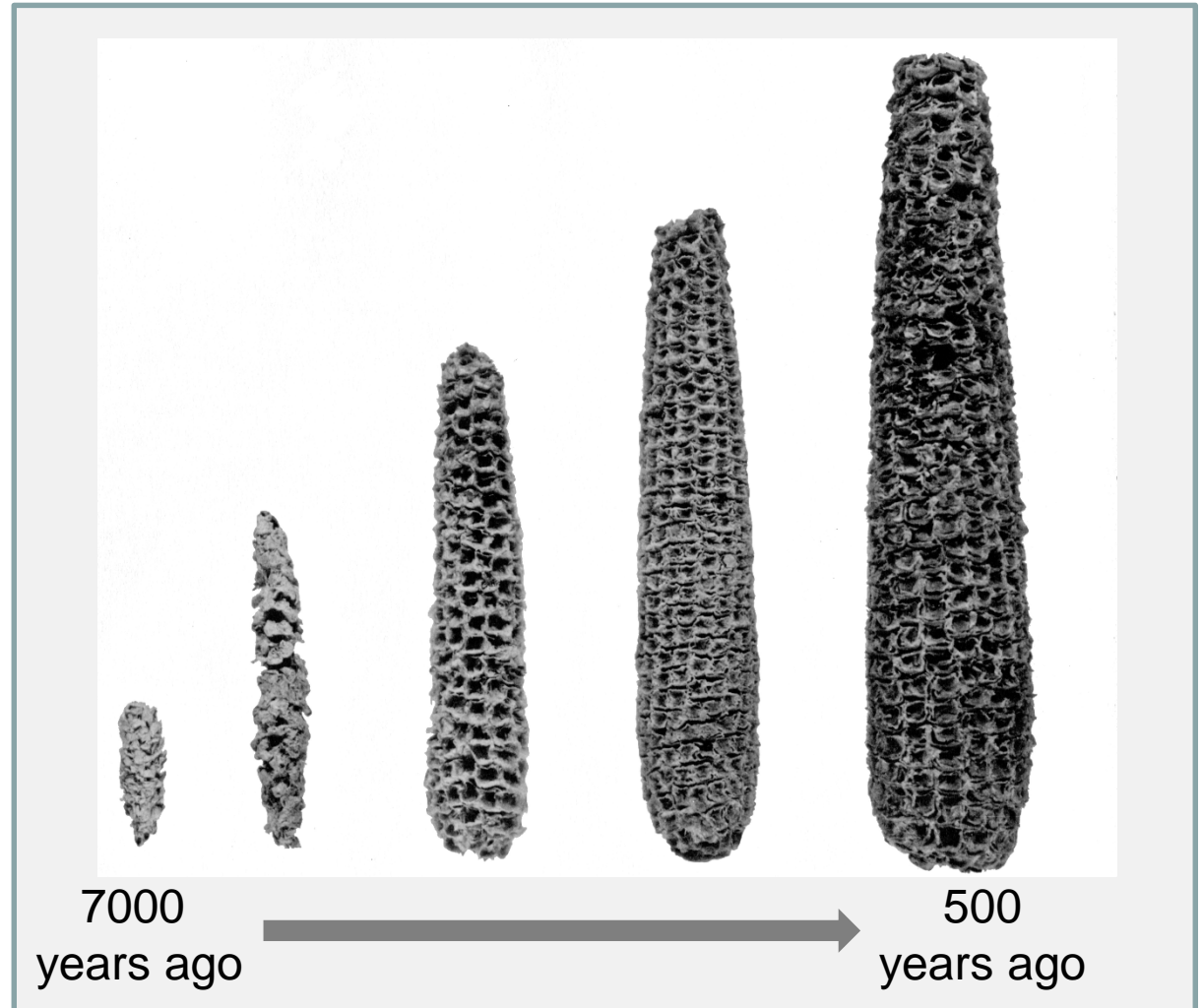
- 矮性品種の開発
- 施肥
- 農薬・耐病性品種
- 機械化

トウモロコシの改良：経験の蓄積

Cobs from
archeological
sites in the Valley
of Tehuacan,
Mexico



 From Wikimedia Commons

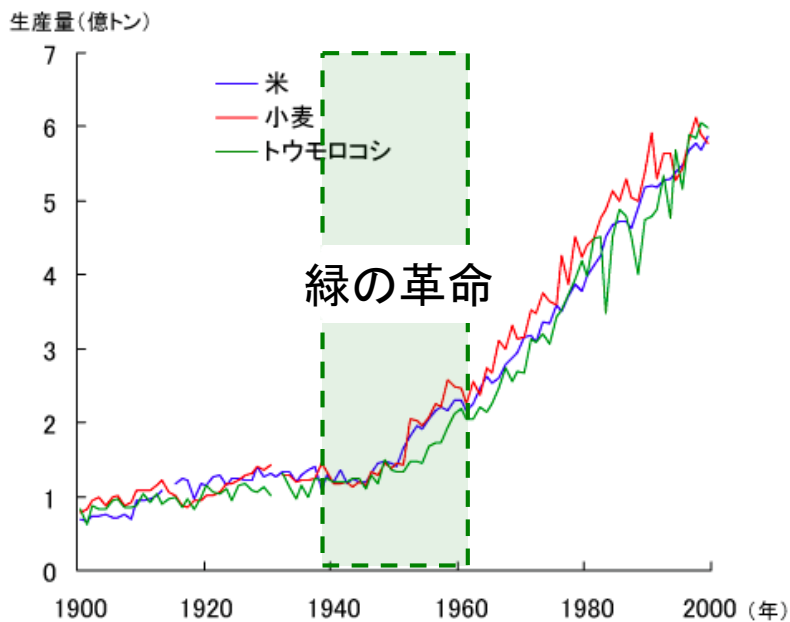


* © Robert S. Peabody Museum of Archaeology, Phillips Academy, Andover, Massachusetts. All Rights Reserved.

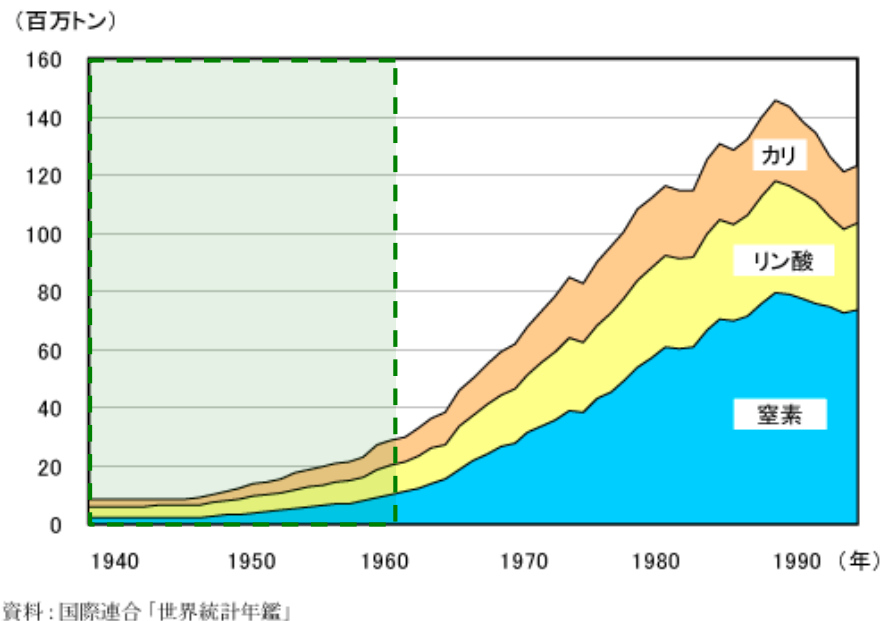
植物栄養としてのミネラル・無機元素

窒素、リン、カリウム は植物の三大栄養素であり肥料の三大要素である。

第1-1-6図 世界の三大穀物生産量の推移



第1-1-7図 世界の肥料消費量の推移



資料: 小宮山宏,「地球持続の技術」(岩波新書)
(FAO Year book, International Historical Statistics をもとに作成)

*

*

「平成12年版科学技術白書」(文部科学省)

(http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpaa200001/index.html)を加工して作成。

緑の革命以降、化学肥料を多量に投入することで劇的な穀物の大量増産を達成。

近年の肥料の利用と収量の動向

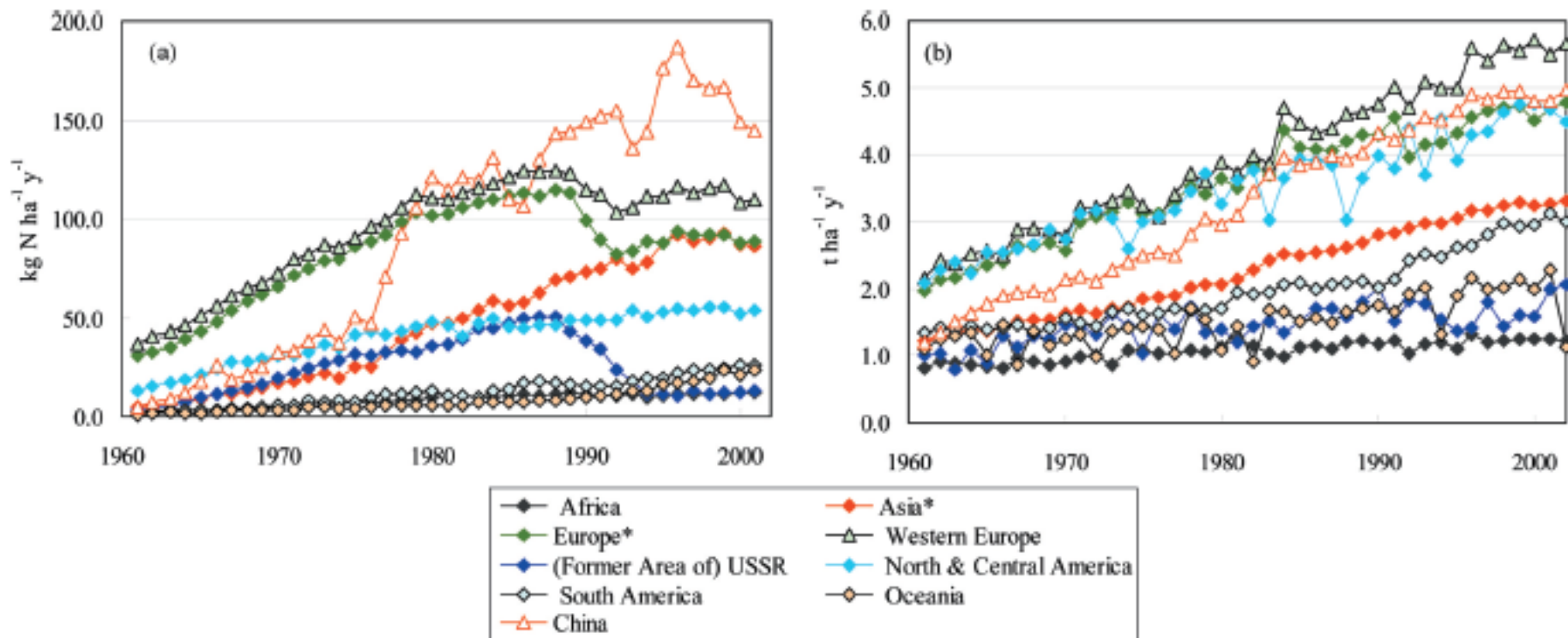
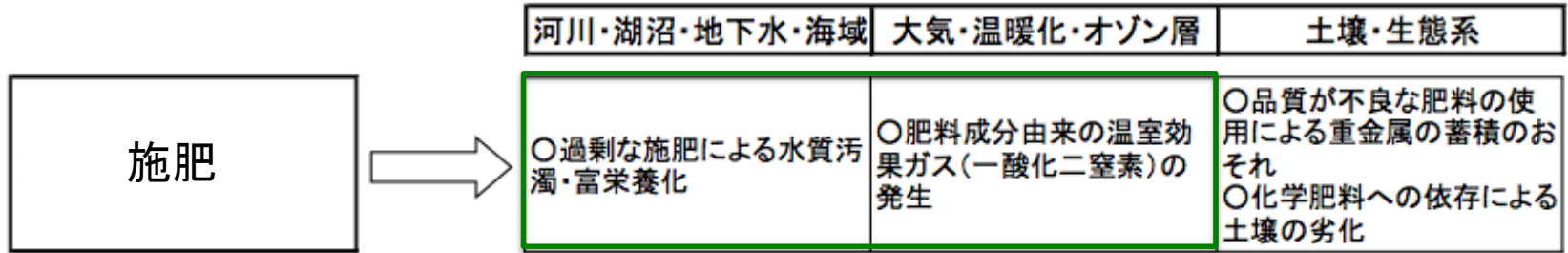


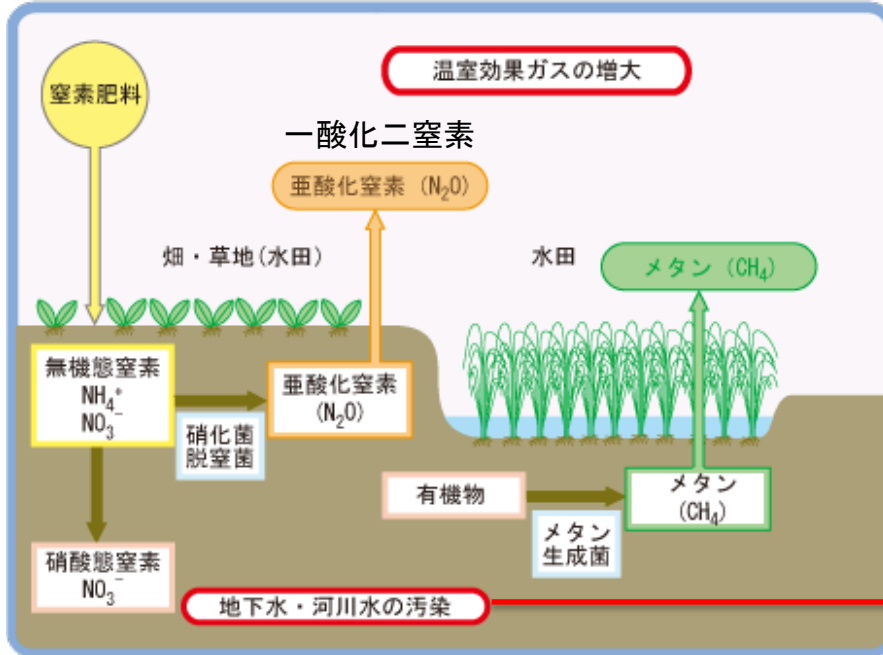
図1 世界の単位耕地面積当たりの窒素肥料の使用量(a)と穀物収穫量(b)の経年変化 (FAO統計に基づく)。

* 新藤純子(2004)「人間活動に伴う窒素負荷の増大と生態系影響」『地球環境』Vol.09 No.1, pp.3-10, p.4, 図1

化学肥料の問題: 環境負荷



* 農林水産省 食料・農業・農村政策審議会 第10回配布資料3
「農業生産活動に伴う環境影響について」(平成 16 年5月14日)2頁より抜粋



* 水田と畑から発生する温室効果ガスと水質汚染

From Wikimedia Commons

農研機構 農業環境変動研究センターウェブサイト「温室効果ガス発生制御施設」より

過剰な化学肥料の投入は環境負荷を高めている。

この植物は何でしょう？



OCT 29 2002



チャ、チャノキ

Camellia sinensis

寒さに弱い。

アルミニウムを好む。

酸性土壌を好む。

窒素肥料を好む。

(良質のお茶を生産するには、窒素肥料の多用が必要。)

地下水の 硝酸汚染の 状況 (環境省)

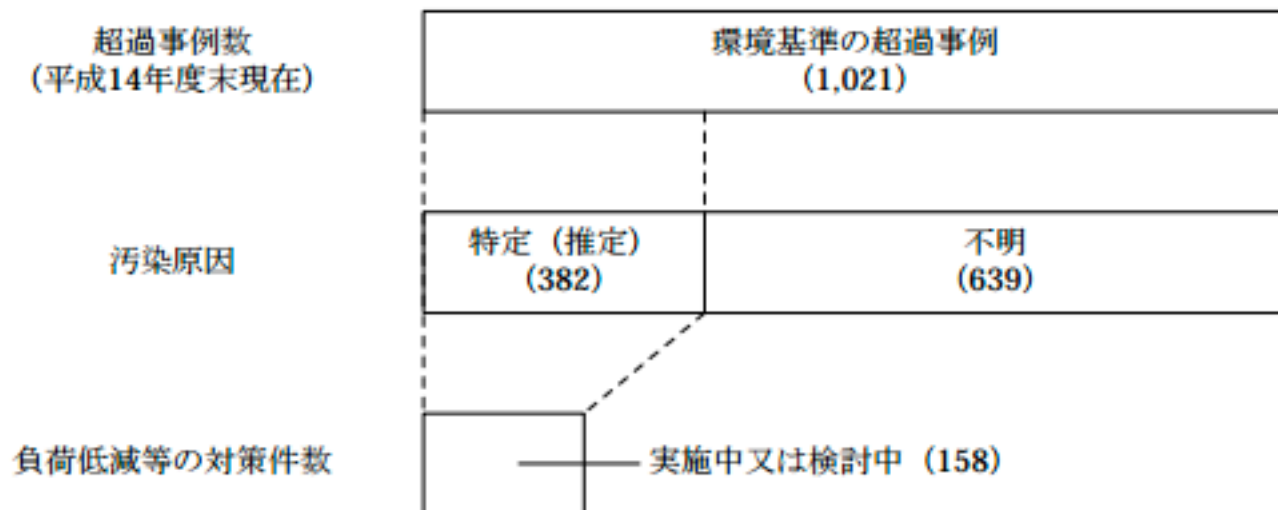


図 3-1 硝酸性窒素による地下水汚染事例の内訳

表 3-1 負荷低減等対策の内容

負荷低減等対策の内容	件数
施肥量の適正化	47
生活排水の適正処理	7
家畜排せつ物の適正処理	26
その他の対策	4
負荷低減等対策検討中	100

※ 複数回答のため合計は 158 件に一致しない。

* 環境省環境管理局水環境部『硝酸性窒素による地下水汚染対策事例集』(平成16年7月)、6頁
(環境省ホームページより)

https://www.env.go.jp/water/chikasui/no3_taisaku/index.html

表紙画像

Rachel Carson, *Silent spring*
Boston: Houghton Mifflin, 1962

<http://birdnote.org/show/50th-anniversary-silent-spring>

表紙画像

有吉佐和子『複合汚染』
新潮文庫、1979

<http://www.shinchosha.co.jp/book/113212/>

“工業廃液や合成洗剤で河川は汚濁し、化学肥料と除草剤で土壌は死に、有害物質は食物を通じて人体に蓄積され、生まれてくる子供たちまで蝕まれていく……。毒性物質の複合がもたらず汚染の実態は、現代科学をもってしても解明できない。おそるべき環境汚染を食い止めることは出来るのか？小説家の直感と広汎な調査により、自然と生命の危機を訴え、世間を震撼させた衝撃の問題作!”

(新潮社ウェブサイトより引用)

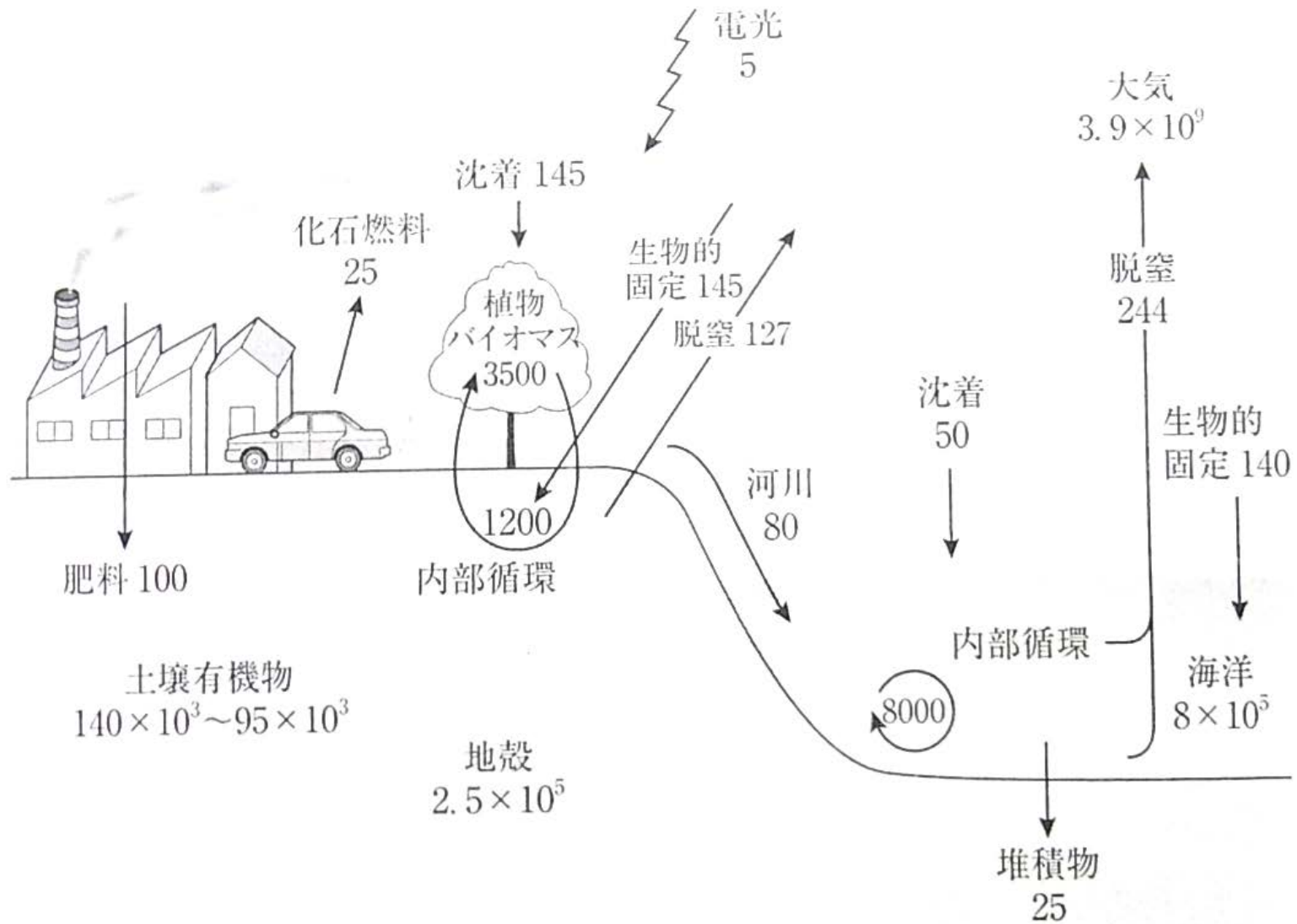


図 1.2 地球上における窒素の現存量とその循環 (単位: 100 万 t または 100 万 t/年) (Schlesinger 1997 を基本に, 農環研 2004, および Gruber & Galloway 2008 のデータを用いて改変)

* 米山忠克ほか著『新植物栄養・肥料学』朝倉書店、2010年、p.2



IR77032-47-2-3-3
BASAL 24 DAT PI
30 | 30 | 30
Kg N/ha

IR65620-192-3-3-2
BASAL 24 DAT PI
30 | 30 | 30
Kg N/ha

IRRI 146 (NSIC Rc158)

FIXED RATE N
& TIMING

CURRENT RATE N

CURRENT RATE N

Nov. 19, 2009 IRRI

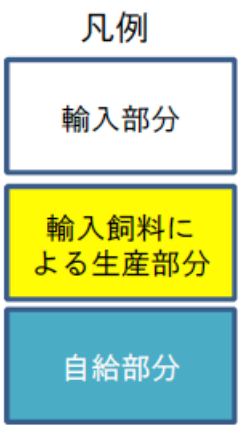
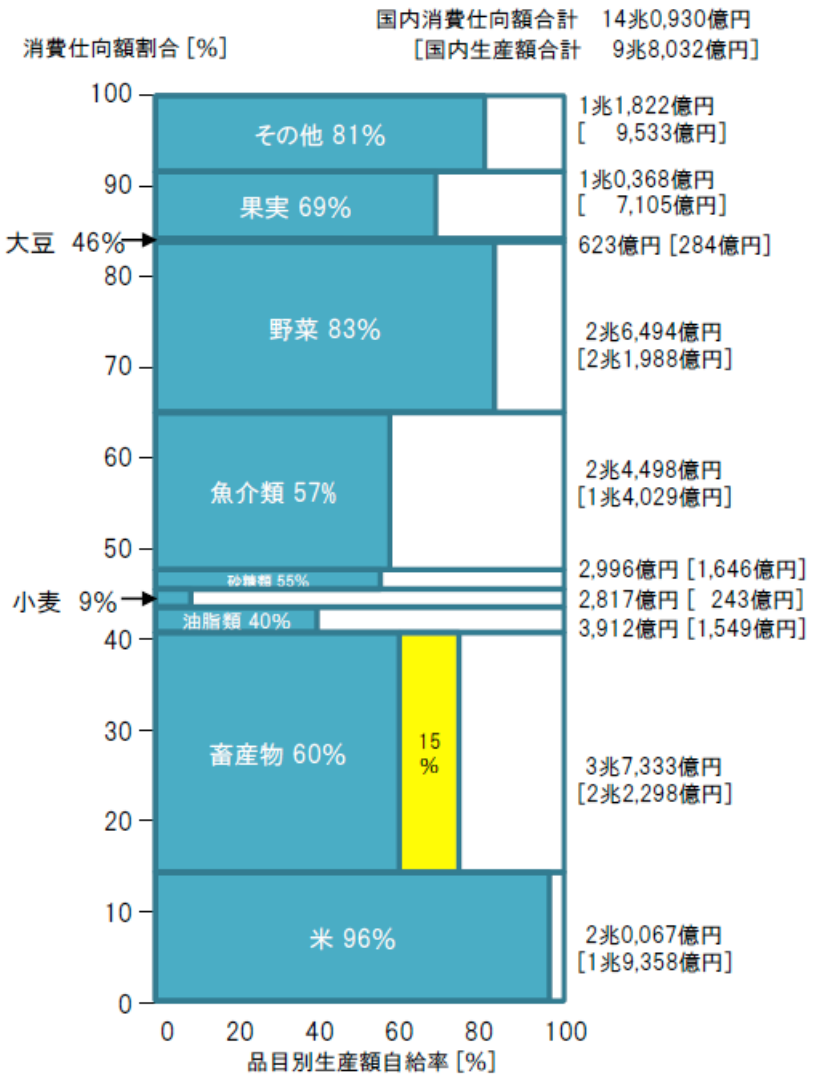
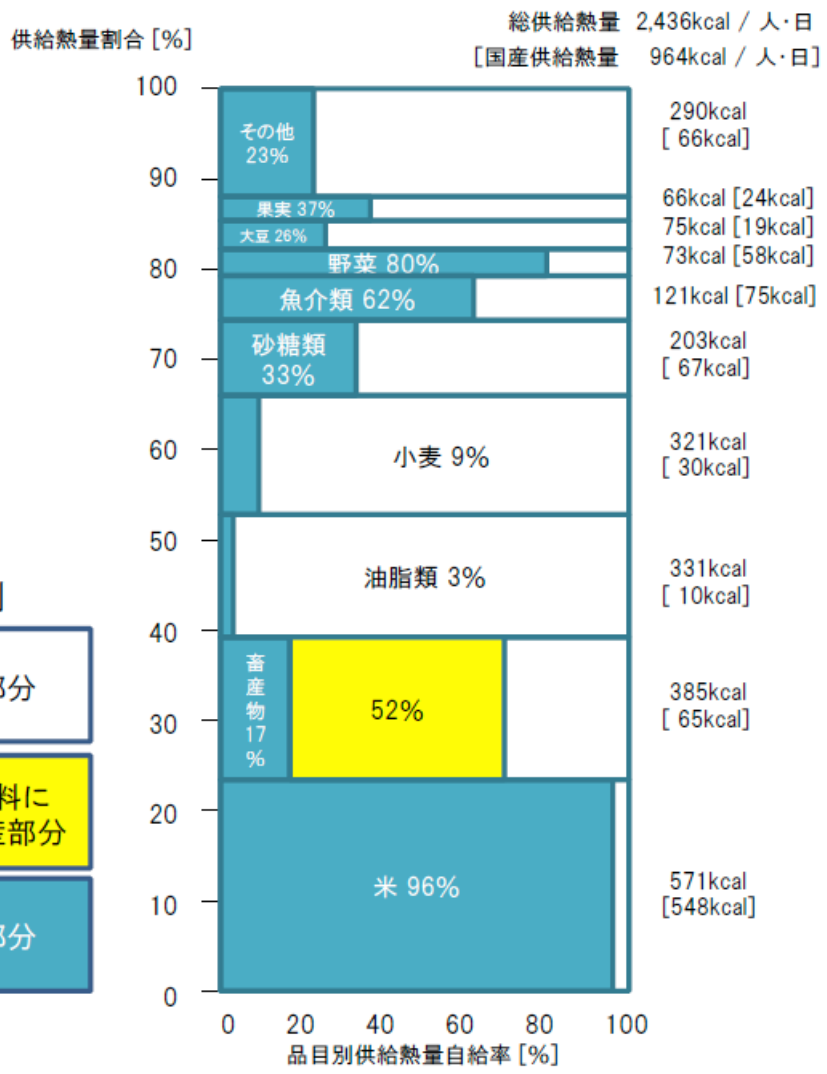
IRRI-115 (PSBrc 52)
NO FERTILIZER N

IR78581-12-3-2-2
NO FERTILIZER N

有機農業（自然農法）について

- 有機農業の農産物の品質が優れているという科学的なデータを見たことが無い。
- 有機農業だけでは世界の食糧生産は維持できない。

カロリーベースと生産額ベースの総合食料自給率（平成21年度）



【平成21年度】
(カロリーベース総合食料自給率 40%)

【平成21年度】
(生産額ベース総合食料自給率 70%)

* 農林水産省『平成21年度食料自給率をめぐる事情』(平成22年12月17日訂正)、2頁
農林水産省ホームページより <http://www.maff.go.jp/j/press/kanbo/anpo/100810.html>

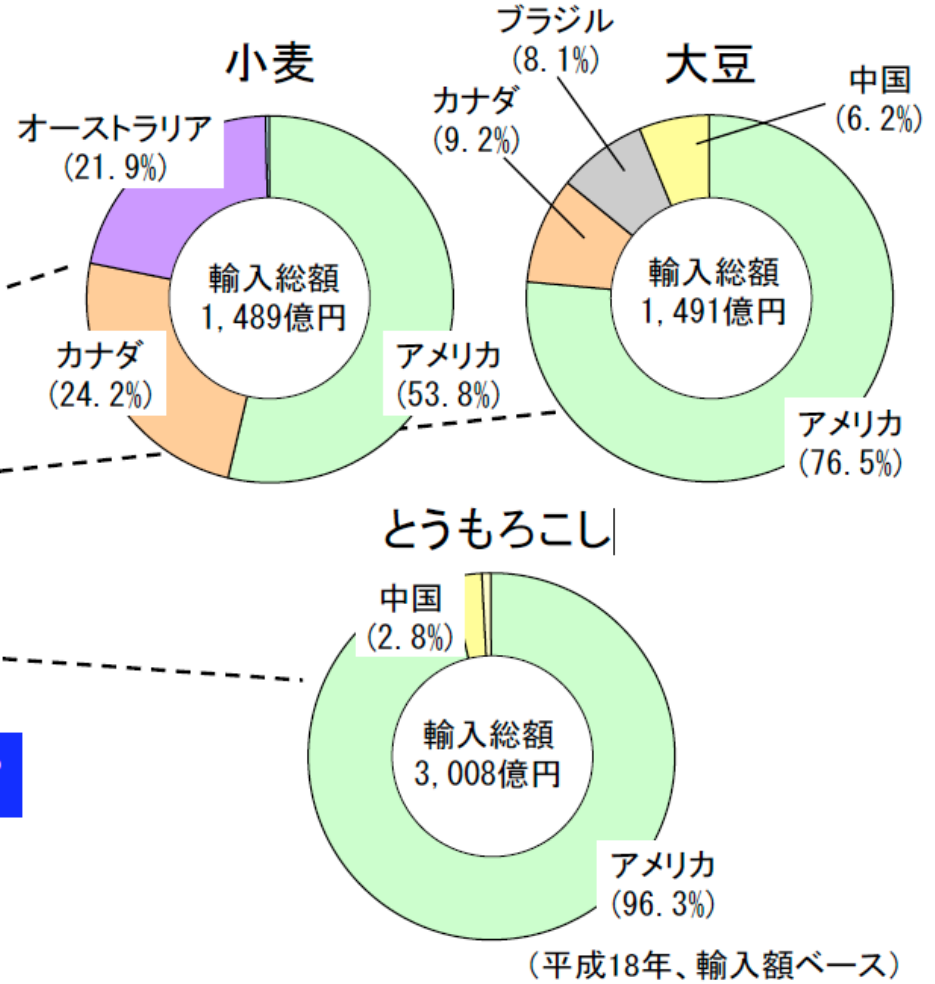
世界の食料需給は、我が国の食料供給に大きく影響

我が国の食料供給の内訳

【平成18年度 供給熱量食料自給率 39%】



品目別の輸入先シェア



資料: 農林水産省「食料需給表」、財務省「貿易統計」より作成。

2

*

日本の食料は輸入に大きく依存

日本の穀物輸入量（2006年貿易統計）

トウモロコシ 1,688 万トン

大豆 404 万トン

コムギ 533 万トン

ナタネ(採油用) 227 万トン

* 国内水稲生産量(平成18年) 854 万トン

世界的な食料需給の逼迫

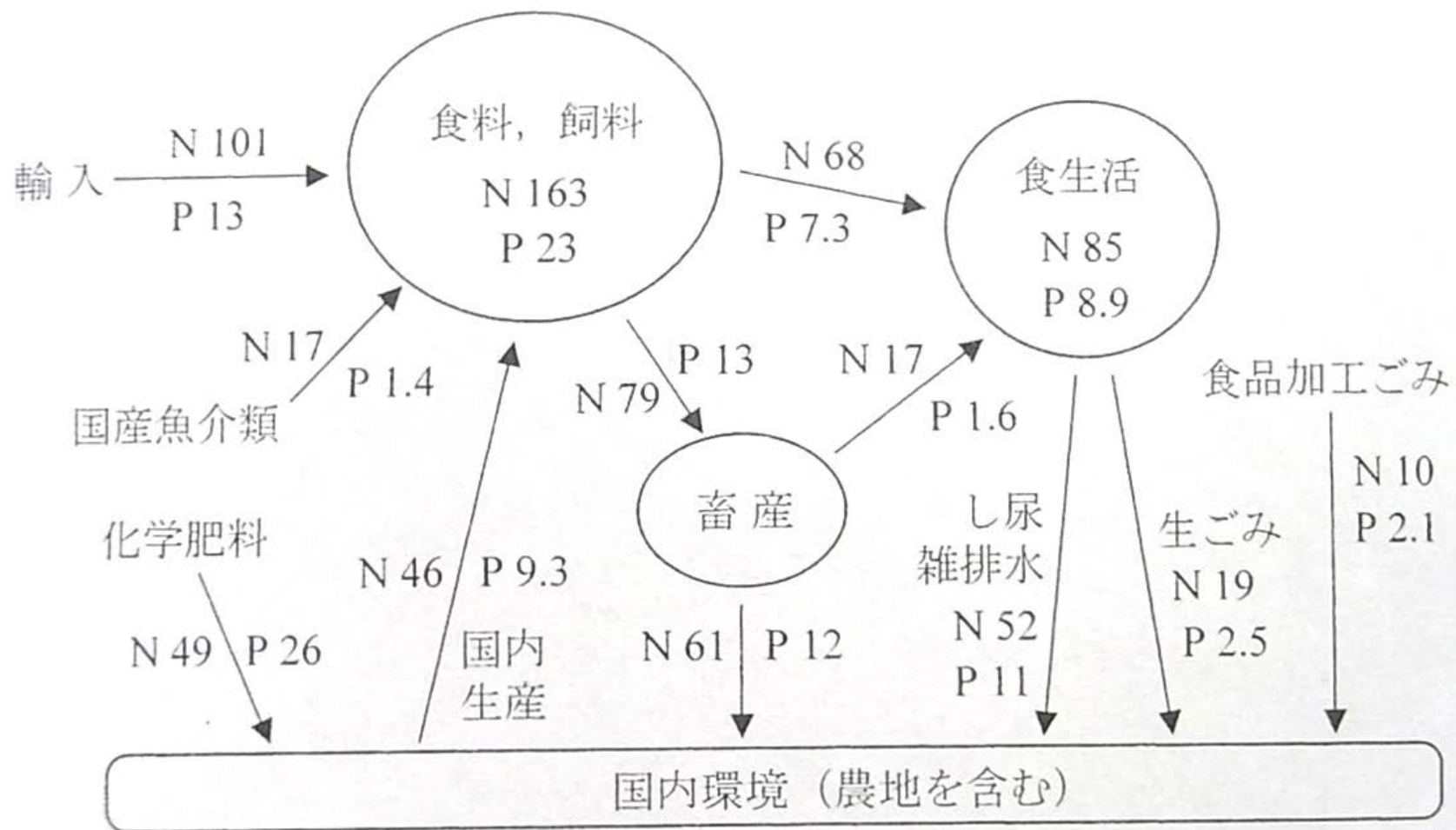


図 1.5 わが国の食料生産システムにおける窒素 (N) とリン (P) のフロー (単位: 万 t, 2000 年) (松田・間藤 2003)

食糧生産の現状

- 人口増加に対応してきた。
- 農地は増えない。むしろ劣化
- 肥料への制約。エネルギー、環境への配慮

その中での食糧増産が今後必要。

ではどうするの？

植物は泥に育つ

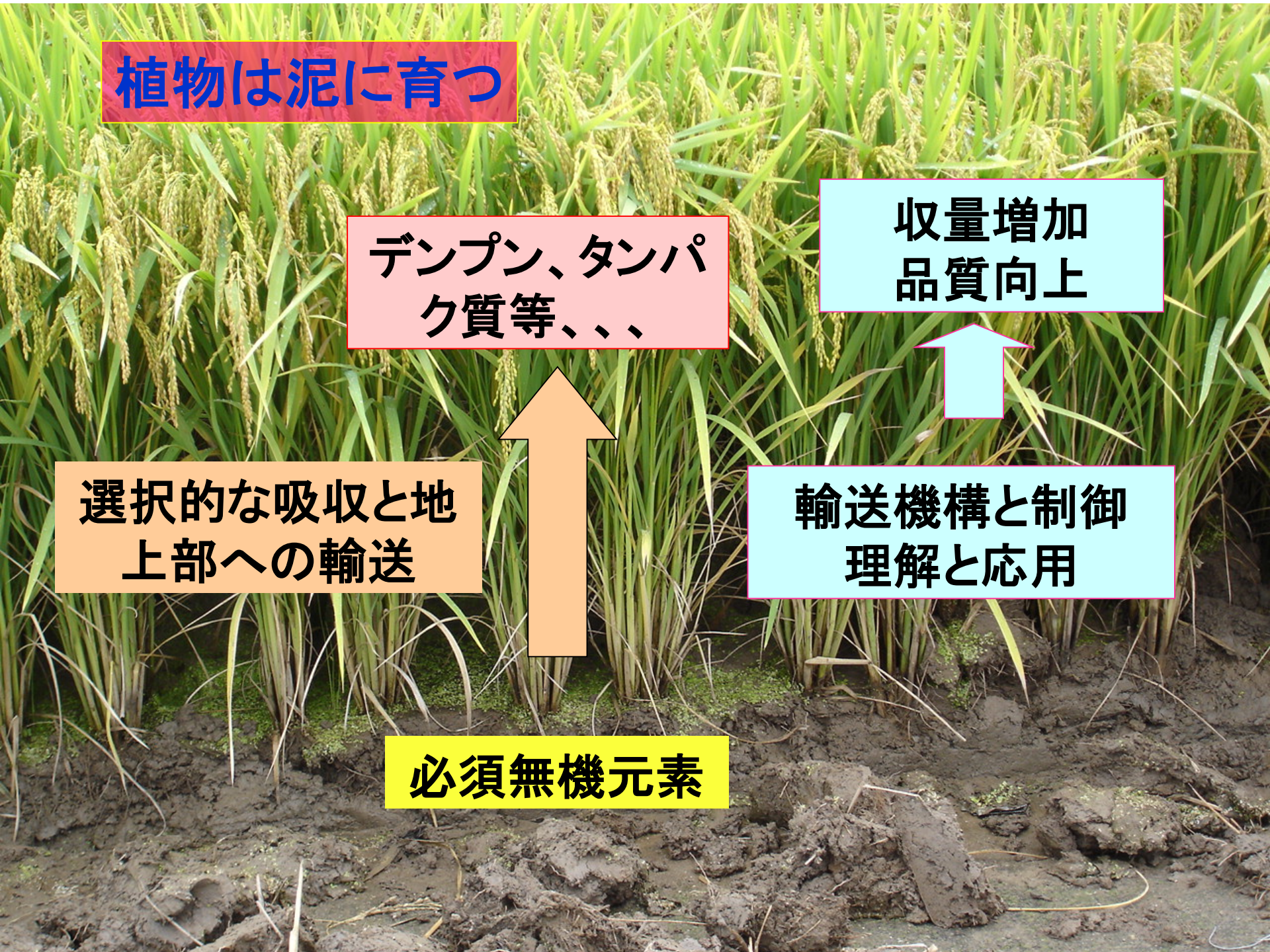
デンプン、タンパク質等、、、

収量増加
品質向上

選択的な吸収と地上部への輸送

輸送機構と制御
理解と応用

必須無機元素

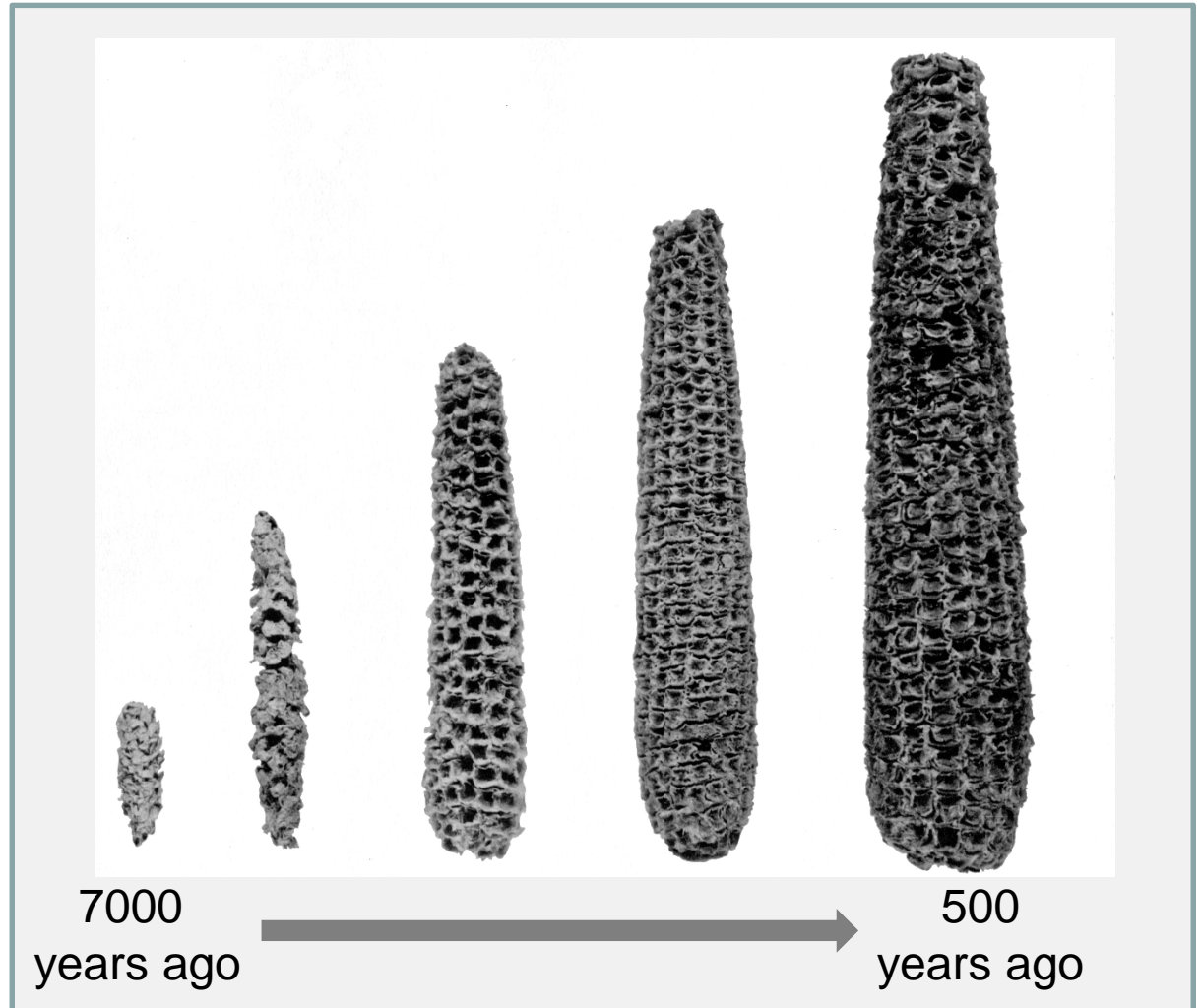


トウモロコシの改良：経験の蓄積

Cobs from
archeological
sites in the Valley
of Tehuacan,
Mexico



 From Wikimedia Commons



* © Robert S. Peabody Museum of Archaeology, Phillips Academy, Andover, Massachusetts. All Rights Reserved.

ホウ素は植物の生育に必須

(島根県でのホウレン草のホウ素欠乏症の例)



*

写真55 葉身の奇形 (萎縮)

島根県農業技術センターウェブサイトより
<http://www.pref.shimane.lg.jp/nogyogijutsu/gijutsu/seirisyougai/hourn01.html>

ホウ素欠乏症状の発生は80カ国、132種の作物で報告。
日本でもホウ素を含む肥料が用いられている。

Arabidopsis thaliana
bor1-1 mutant

High B supply



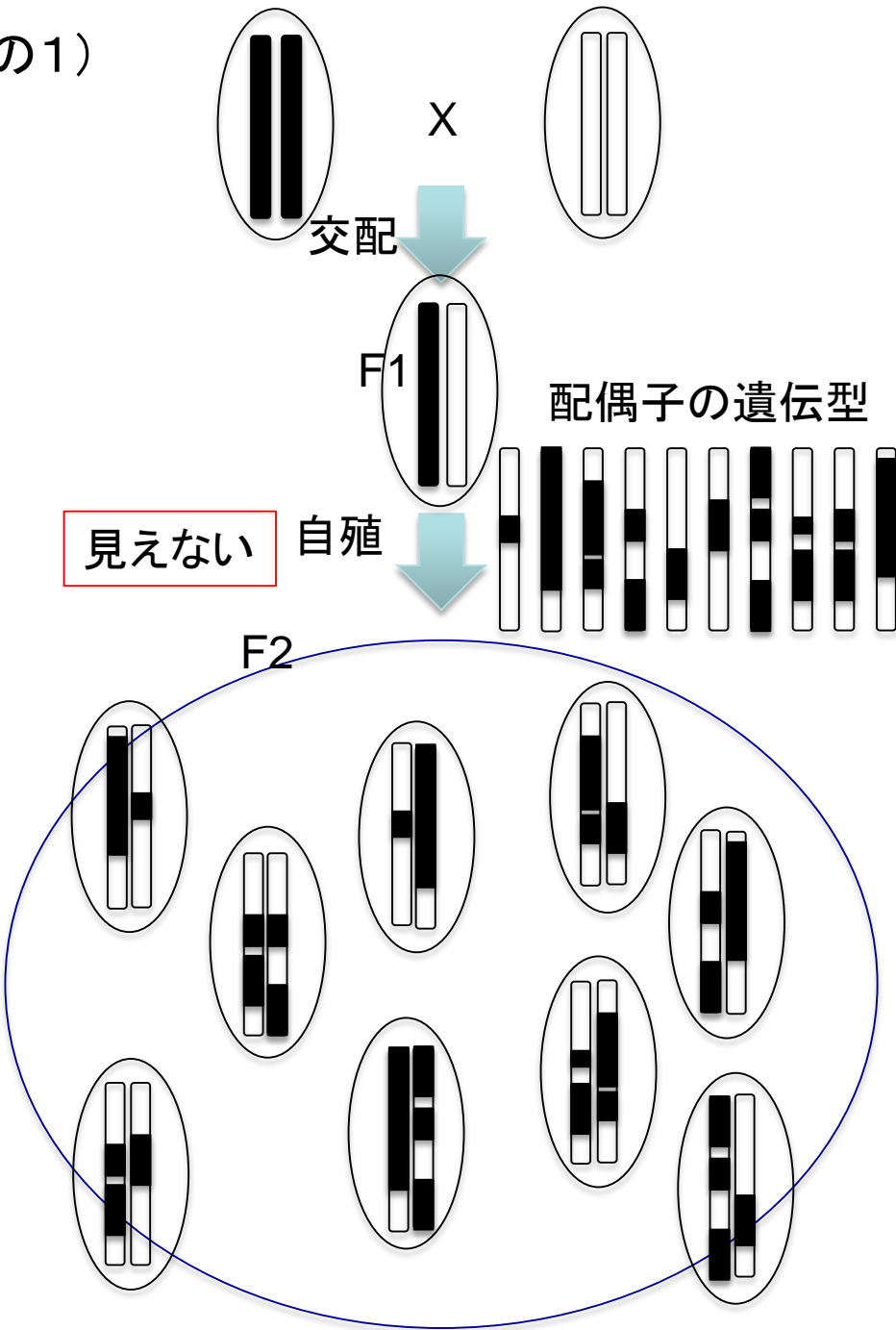
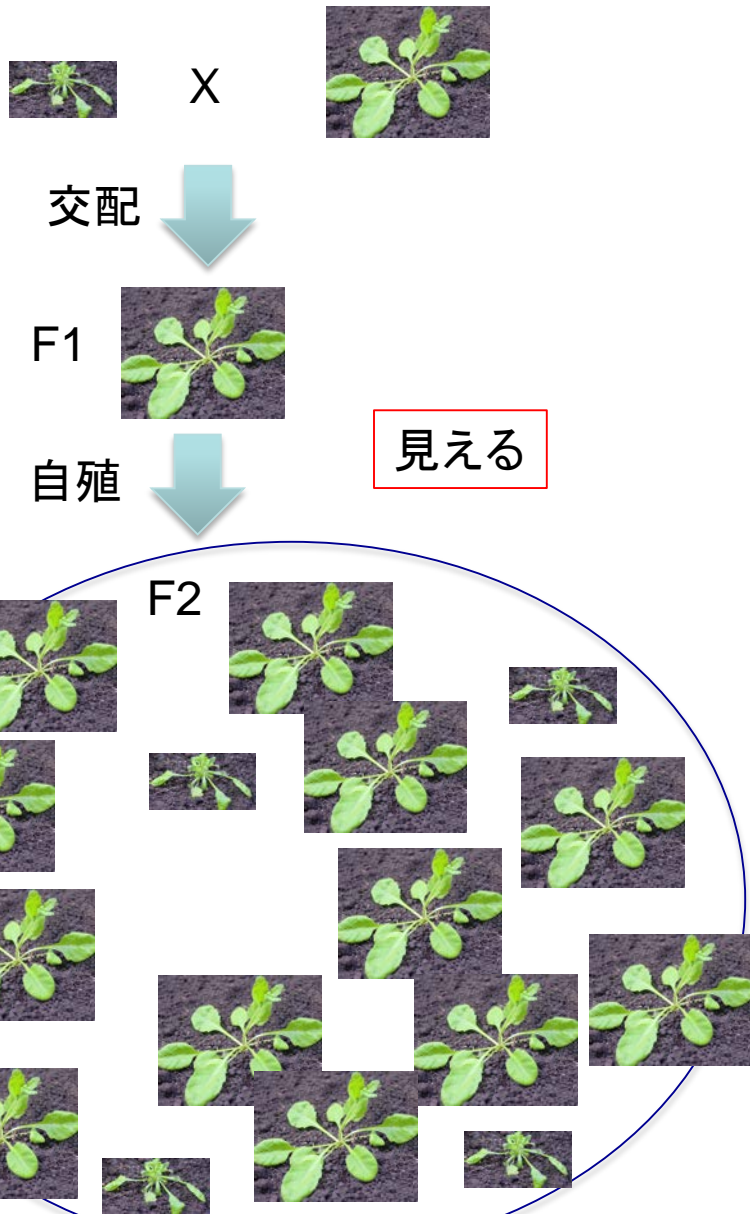
Normal B supply



Arabidopsis thaliana
bor1-1 mutant

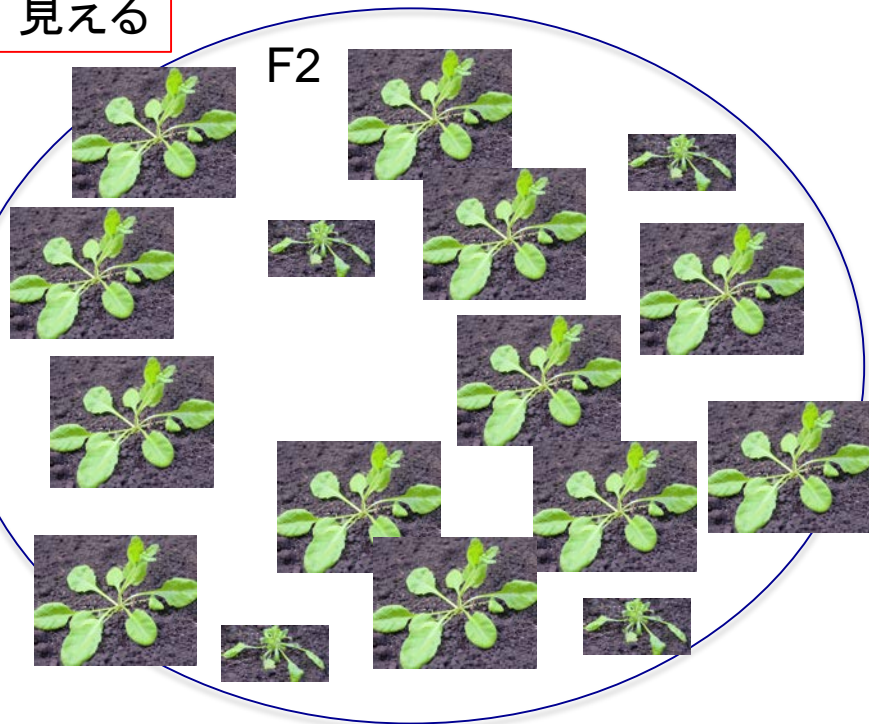


変異株を用いた遺伝子同定の方法(その1)



変異株を用いた遺伝子同定の方法(その2)

見える



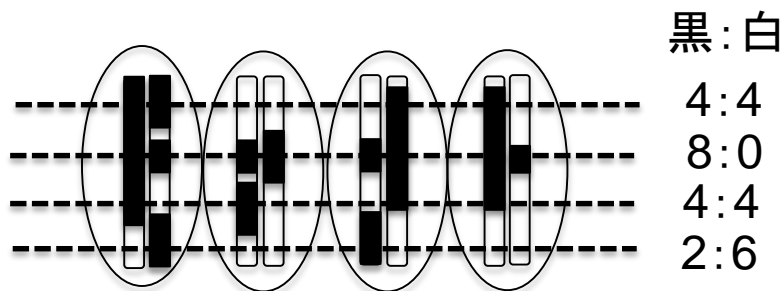
変異型の
表現型の
植物を選ぶ



DNAを抽出して
ゲノムを読む。

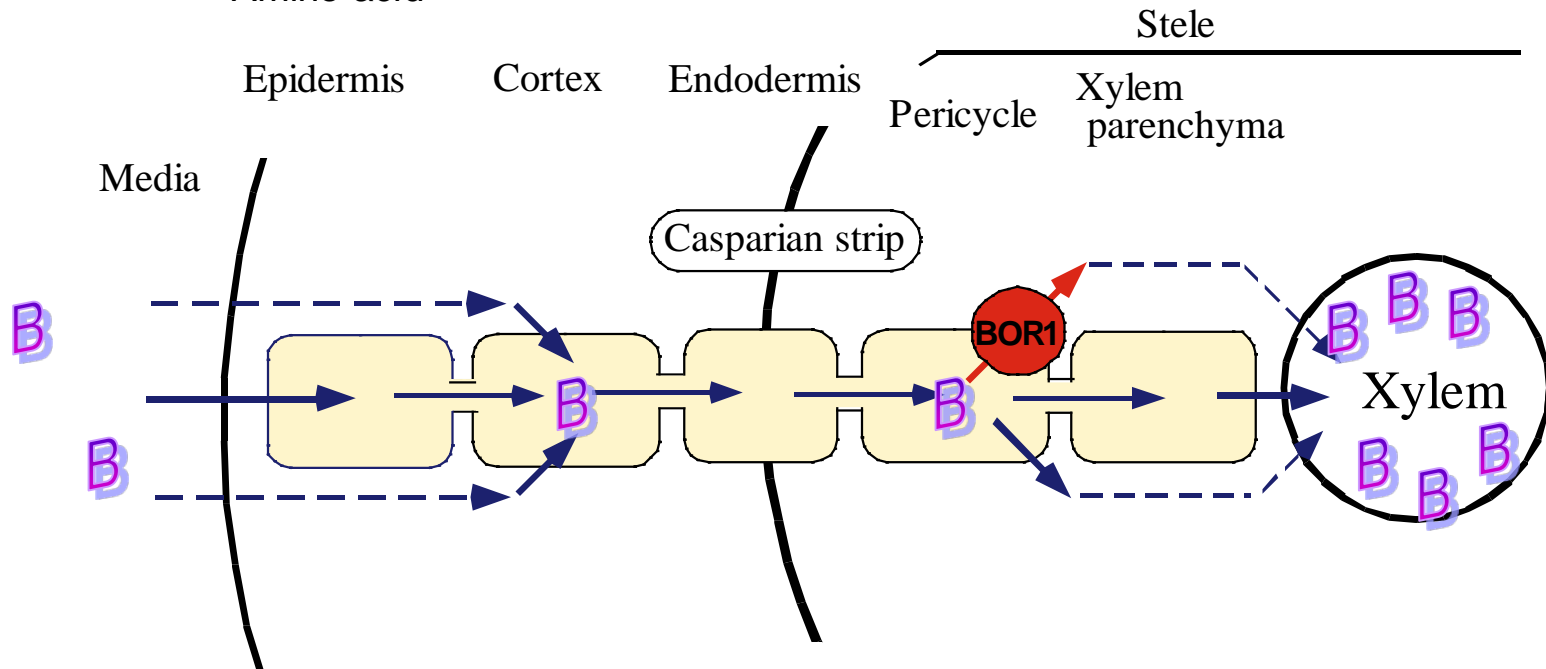
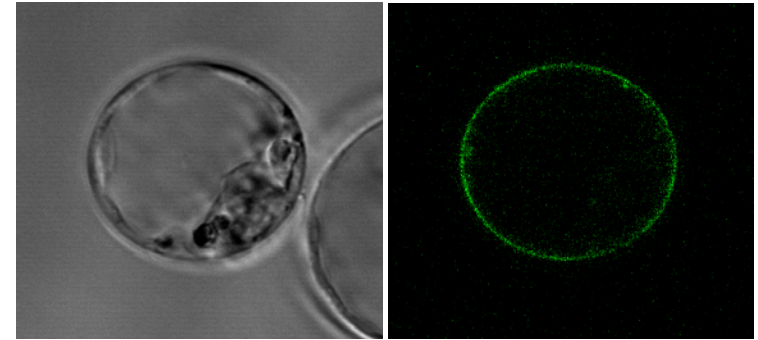
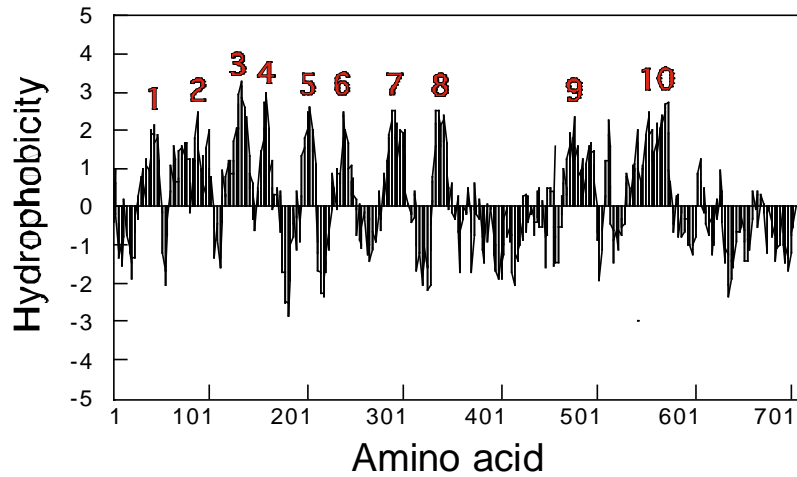


見えなかった
遺伝型を見る様にする



染色体の様々な位置で、F2の植物の
遺伝型を調べて、変異型のF2が共通に
変異株由来の染色体を持っている
染色体の領域を探す。

BOR1 は細胞膜のタンパク質で ホウ素の導管への積み込みに働く。



植物は泥に育つ

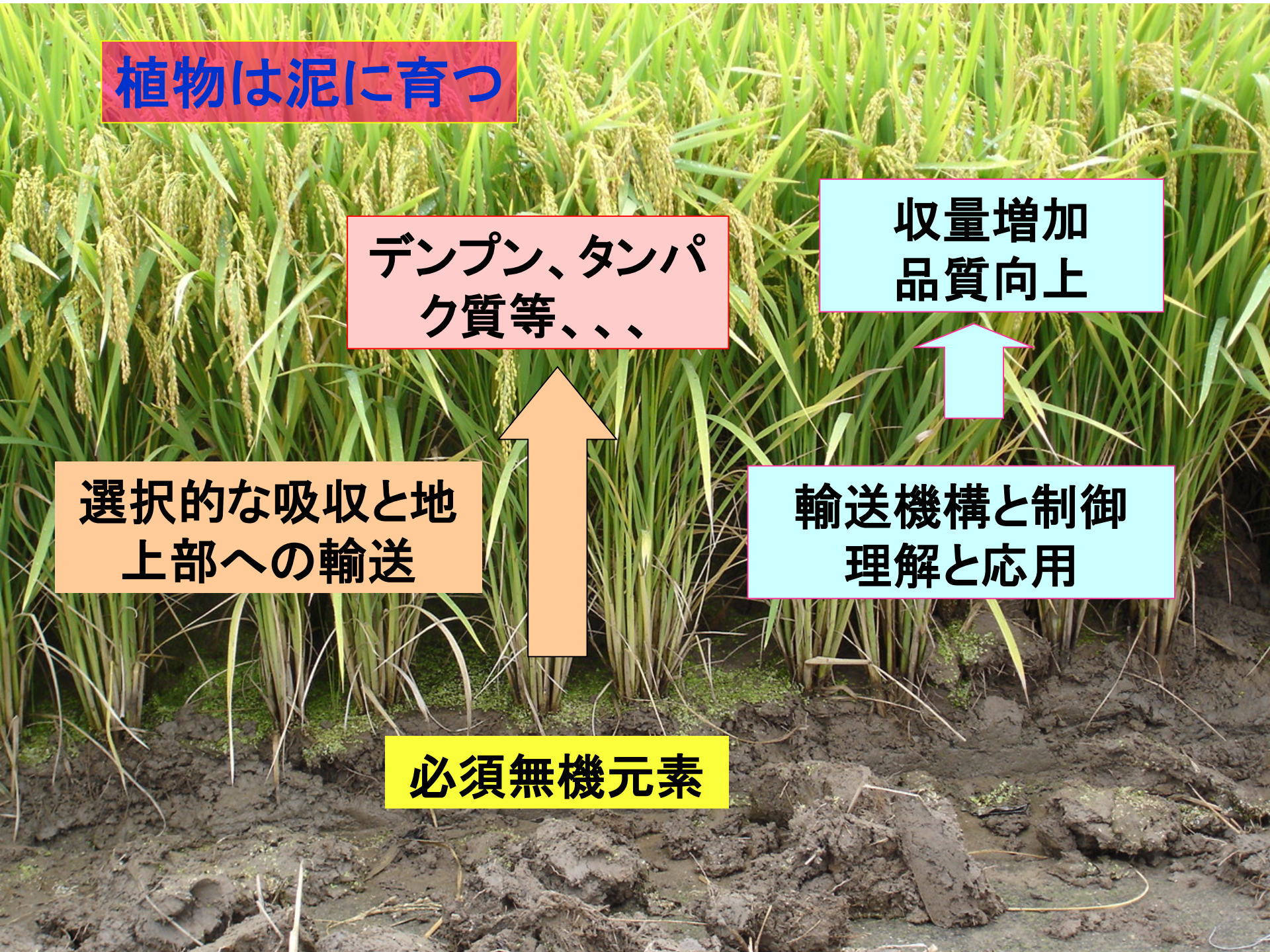
デンプン、タンパク質等、、、

収量増加
品質向上

選択的な吸収と地上部への輸送

輸送機構と制御
理解と応用

必須無機元素



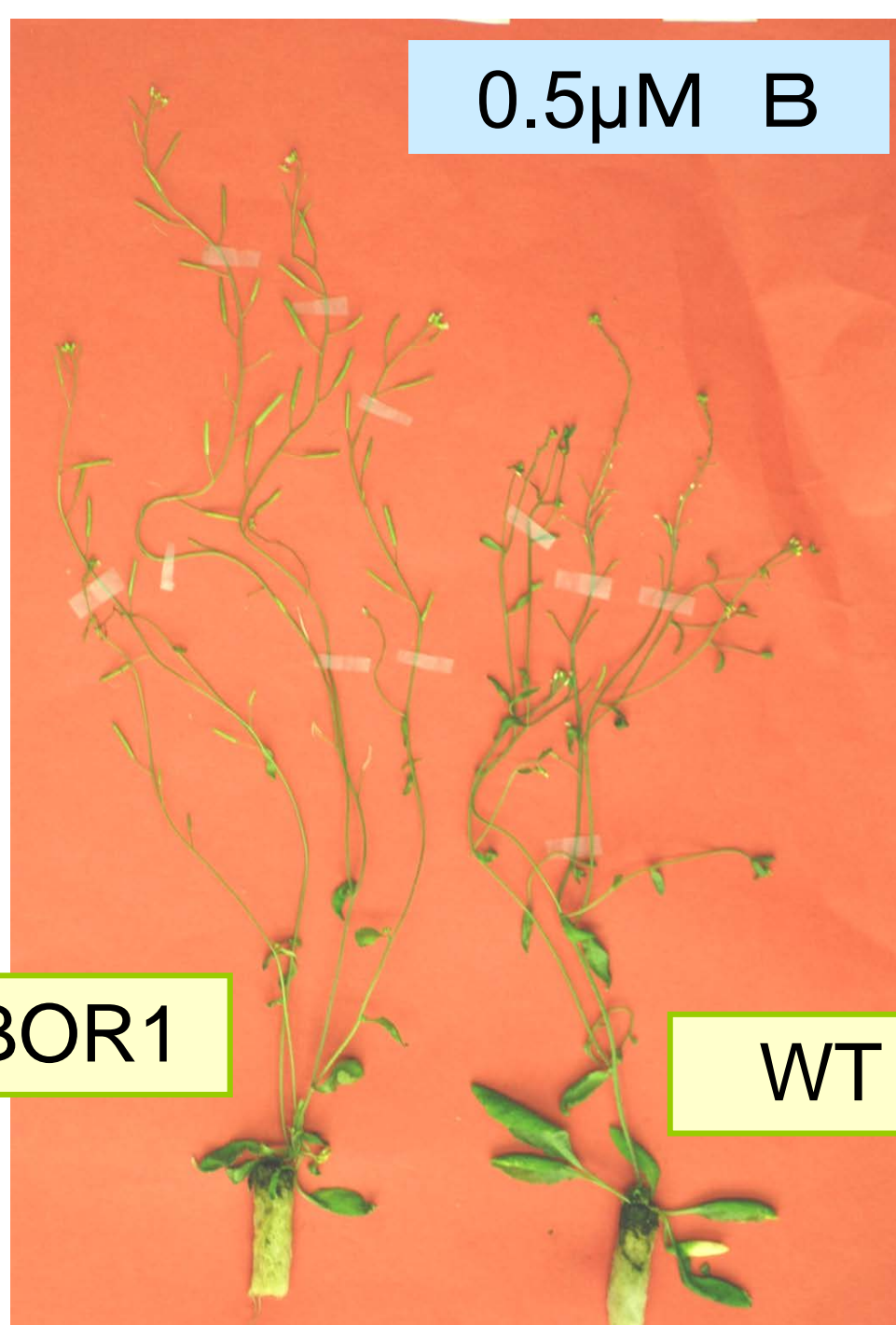
BOR1を
過剰発現植物は、
ホウ素**欠乏**耐性
になる。

35S-BOR1

(Miwa et al. Plant J. 2006)

0.5 μ M B

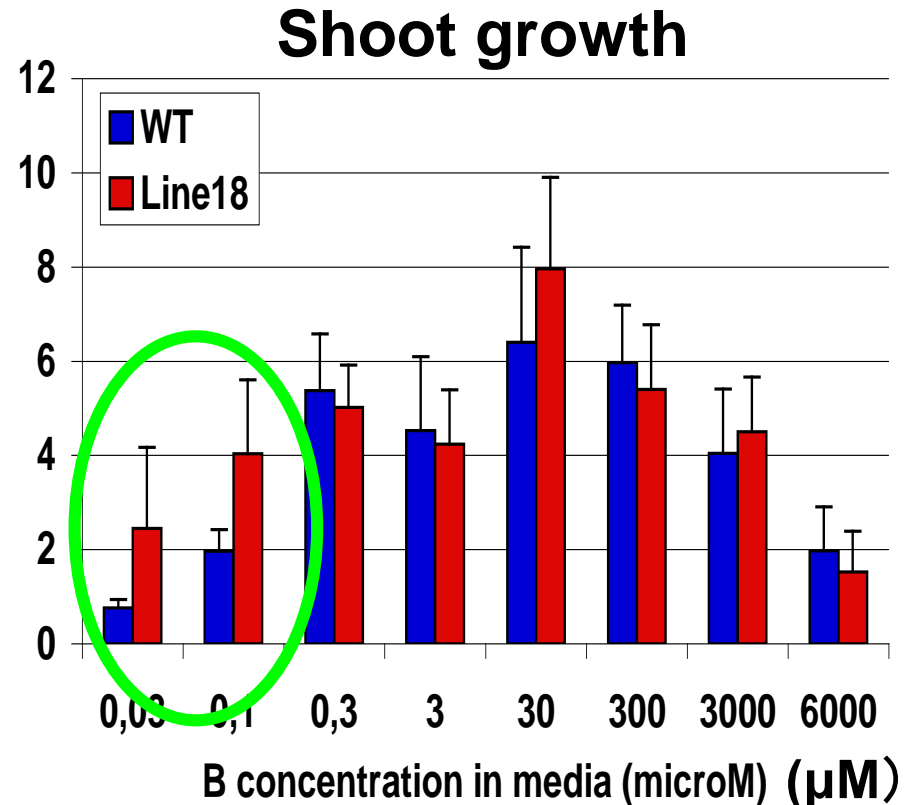
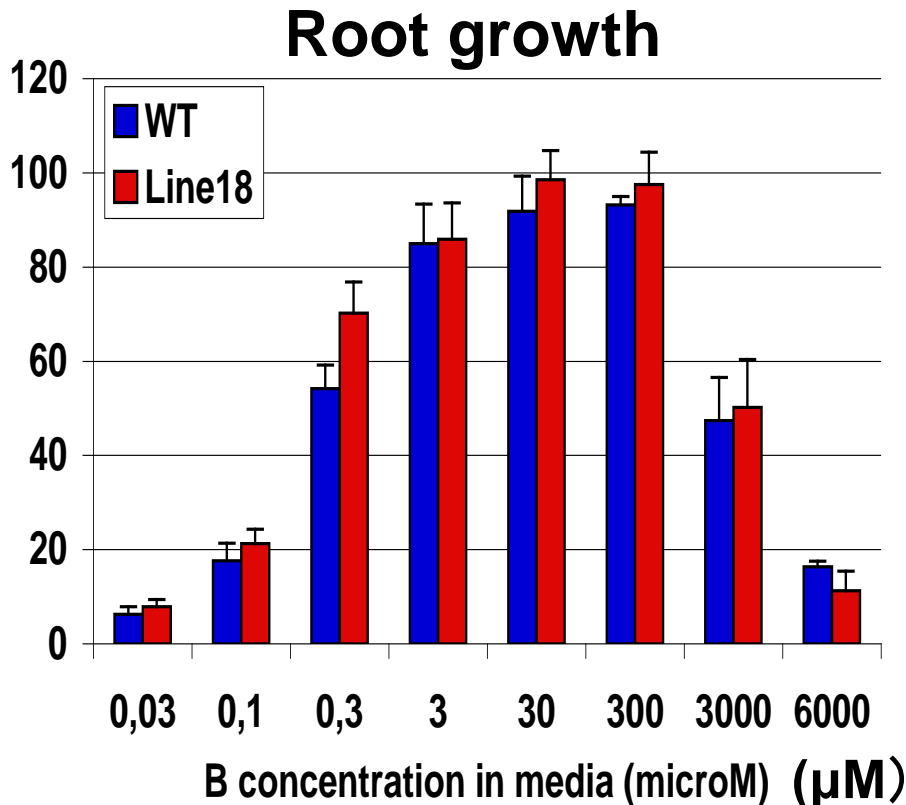
WT



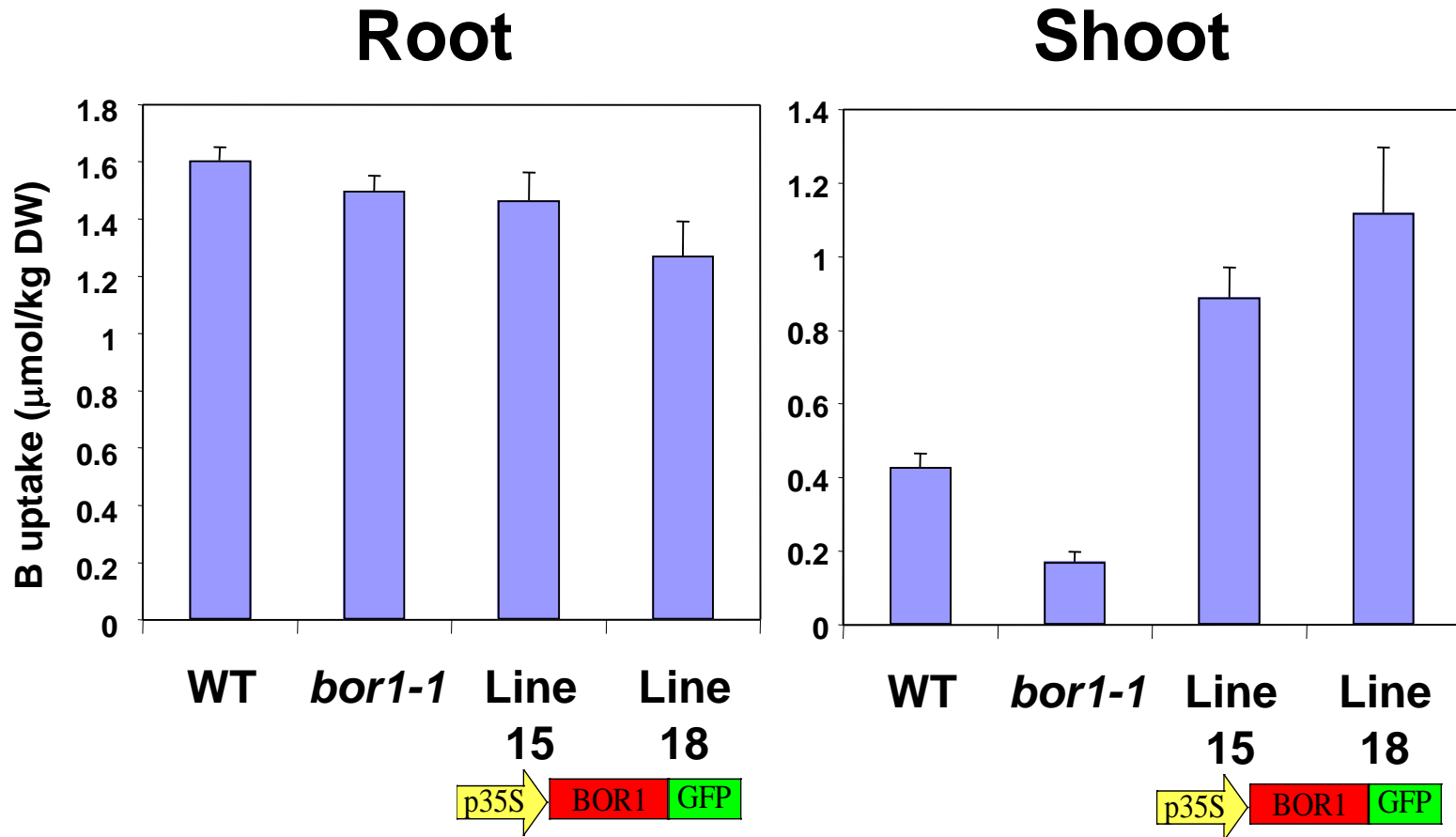


(Miwa et al. Plant J. 2006)

BOR1過剰発現植物はホウ素欠乏での 生育が改善する。

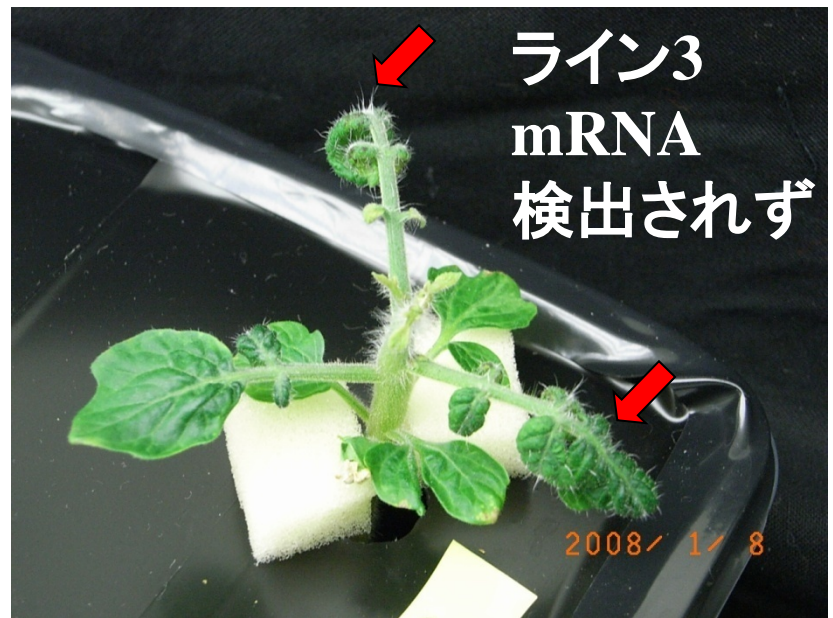


根へのとりこみは変化なし。
地上部への輸送が高まっている。



Tracer B accumulation during 2 hours

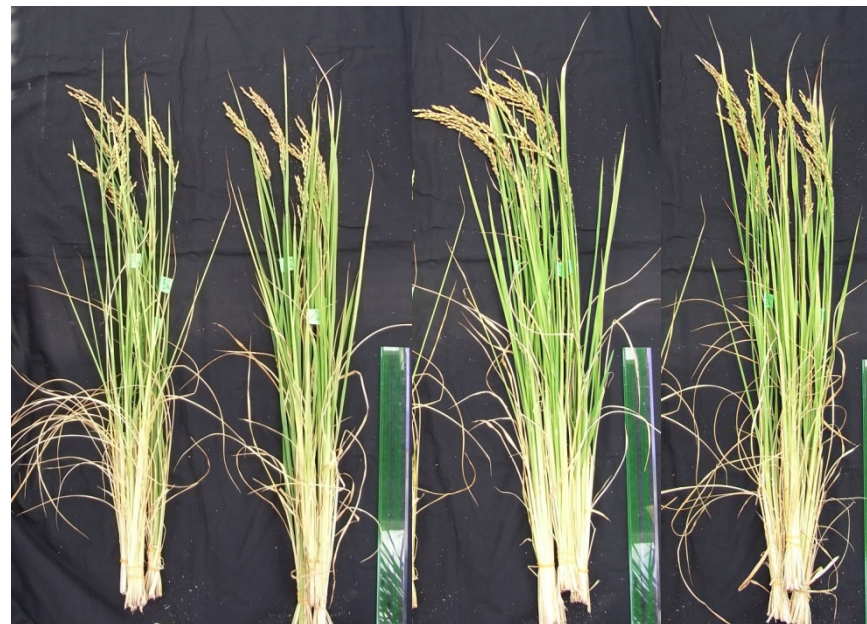
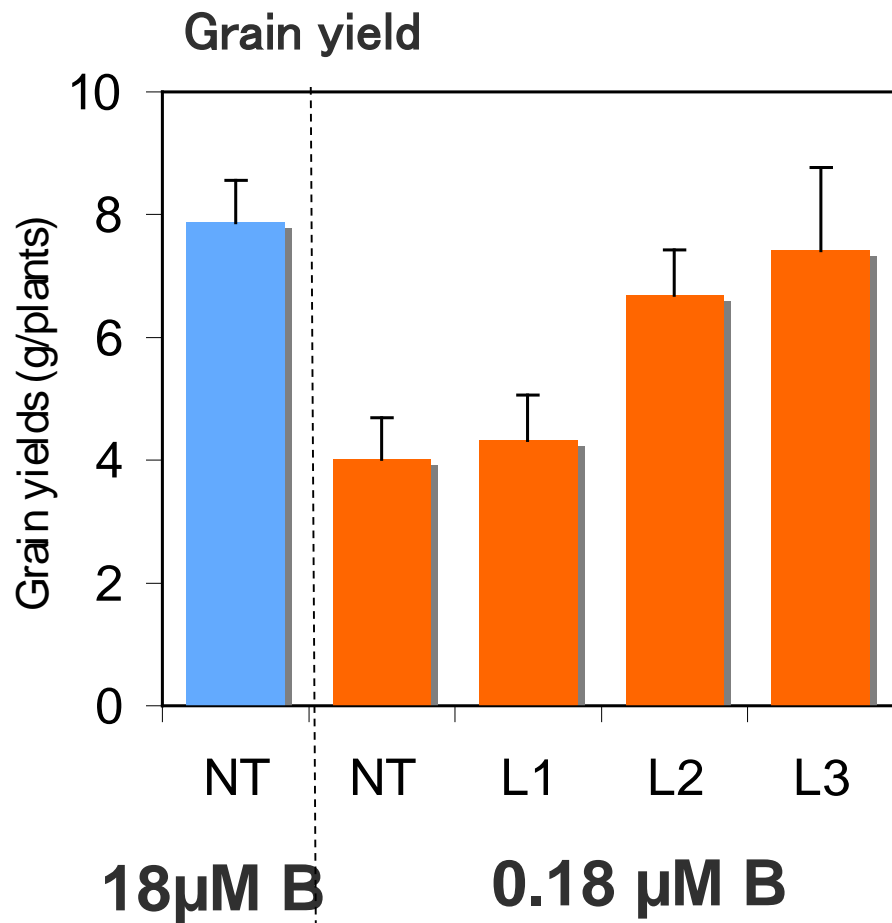
トマトでもうまくいきました。



ホウ素欠乏条件(0.1 μ M)の水耕液で15日間栽培

(Kato Y.)

稲もホウ素欠乏耐性になります。



NT L1 L2 L3

0.18 µM B

+B

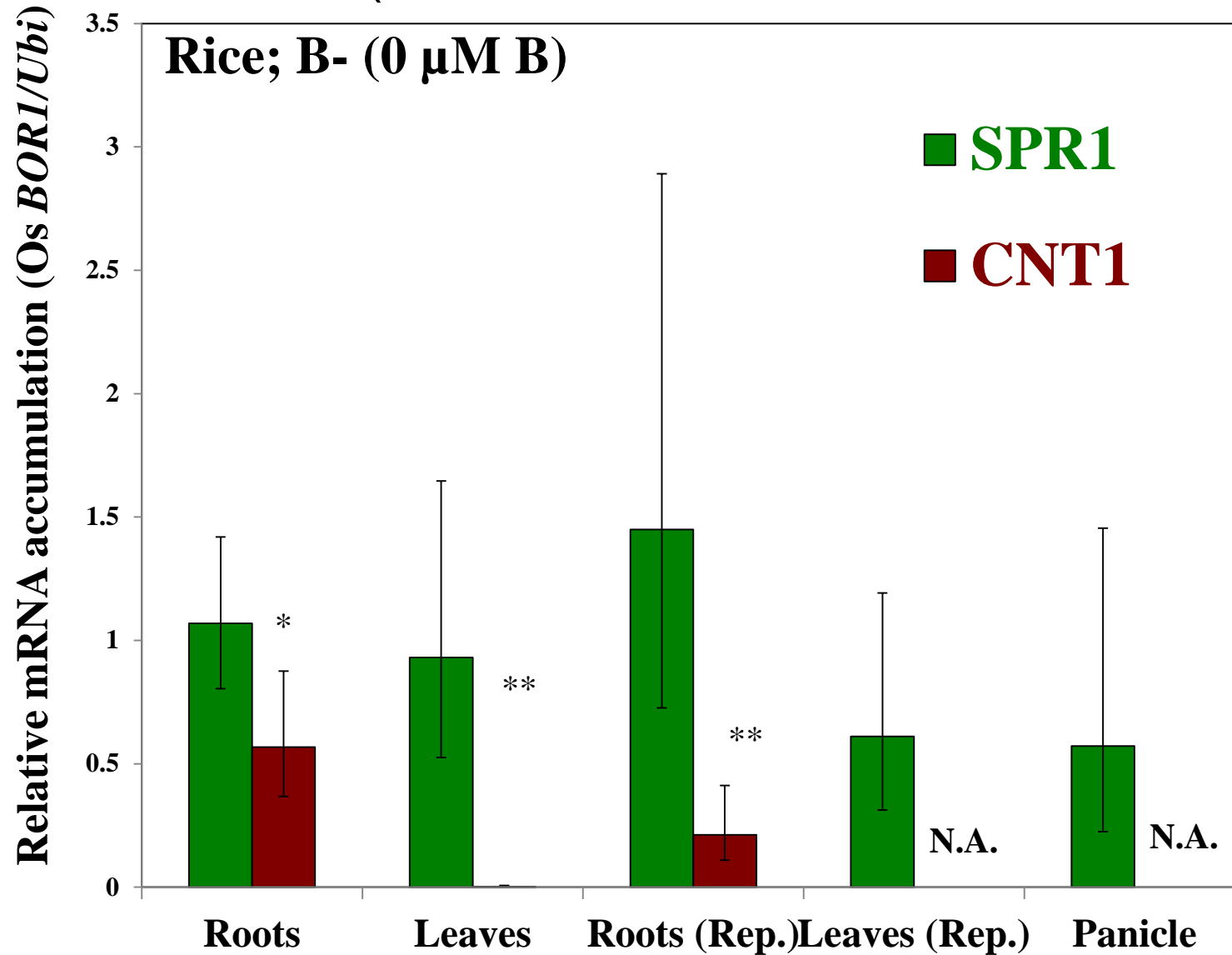
-B

Pakistan near Lahore Oct 8, 2009



Kedah, Malaysia, Oct 14, 2010

ホウ素欠乏に強い品種はBOR1を強く発現している。
(w/ Ben Rerkasem in Kasetsert Univ.)



もう一つの輸送体NIP5;1を使うともっと強くなる。

	WT	Line 1	BOR1 OX	Line 6
<i>BOR1</i> mRNA	1	10.8	9.1	12.8
<i>NIP5;1</i> mRNA	1	2.7	0.9	3.2



Bar : 5 cm

Grown on -B media for 23 days

(Kato et al. *Plant Cell Physiology* 2009)

* © Yuichi Kato, Kyoko Miwa, Junpei Takano, Motoko Wada, and Toru Fujiwara 2008. Published by Oxford University Press on behalf of Japanese Society of Plant Physiologists. All rights reserved.

0.3 μM でも平気。

(0.3 μM B, 68 days)



WT

BOR1OX

Line 1

bar : 10 cm

*

© Yuichi Kato, Kyoko Miwa, Junpei Takano, Motoko Wada, and Toru Fujiwara 2008. Published by Oxford University Press on behalf of Japanese Society of Plant Physiologists. All rights reserved.

(Kato et al. Plant Cell Physiology 2009)

でもよく考えると、、、

なぜうまく行くの？

一つや二つの遺伝子を発現させるだけなら、
進化の過程で獲得できるのでは？

何か知らない不都合があるのかも？

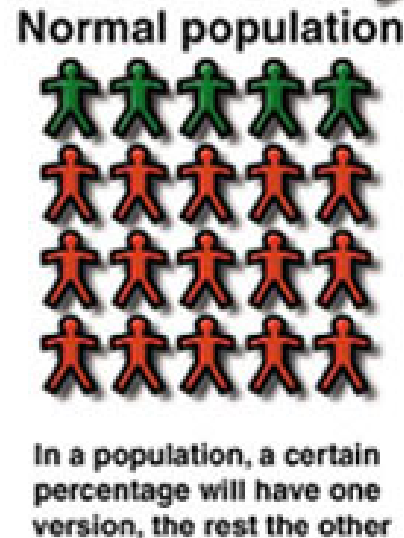
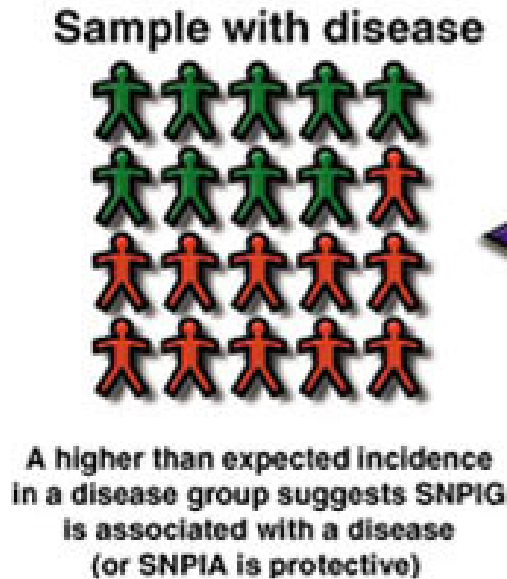
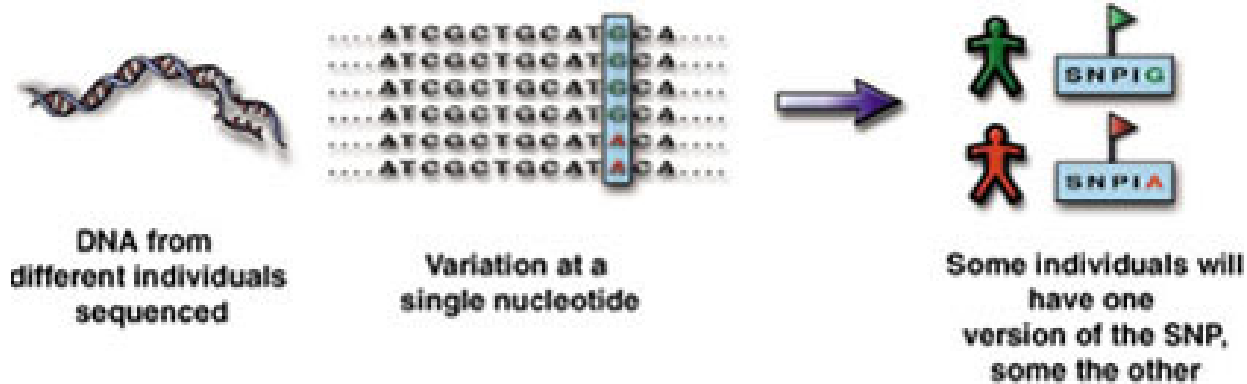
もっと多くの遺伝子の関与を解析する。 Genome Wide Association Study

ゲノム全体にあるそれぞれの遺伝子多形と
形質の相関を見る研究

遺伝子多形の一例
(Single Nucleotide Polymorphism)

Individual 1	A A C A C G C C A T T C G G G G T C
Individual 2	A A C A C G C C A T T C G A G G T C
Individual 3	A A C A T G C C A T T C G G G G T C
Individual 4	A A C A C G C C A T T C G G G G T C

GWASの原理

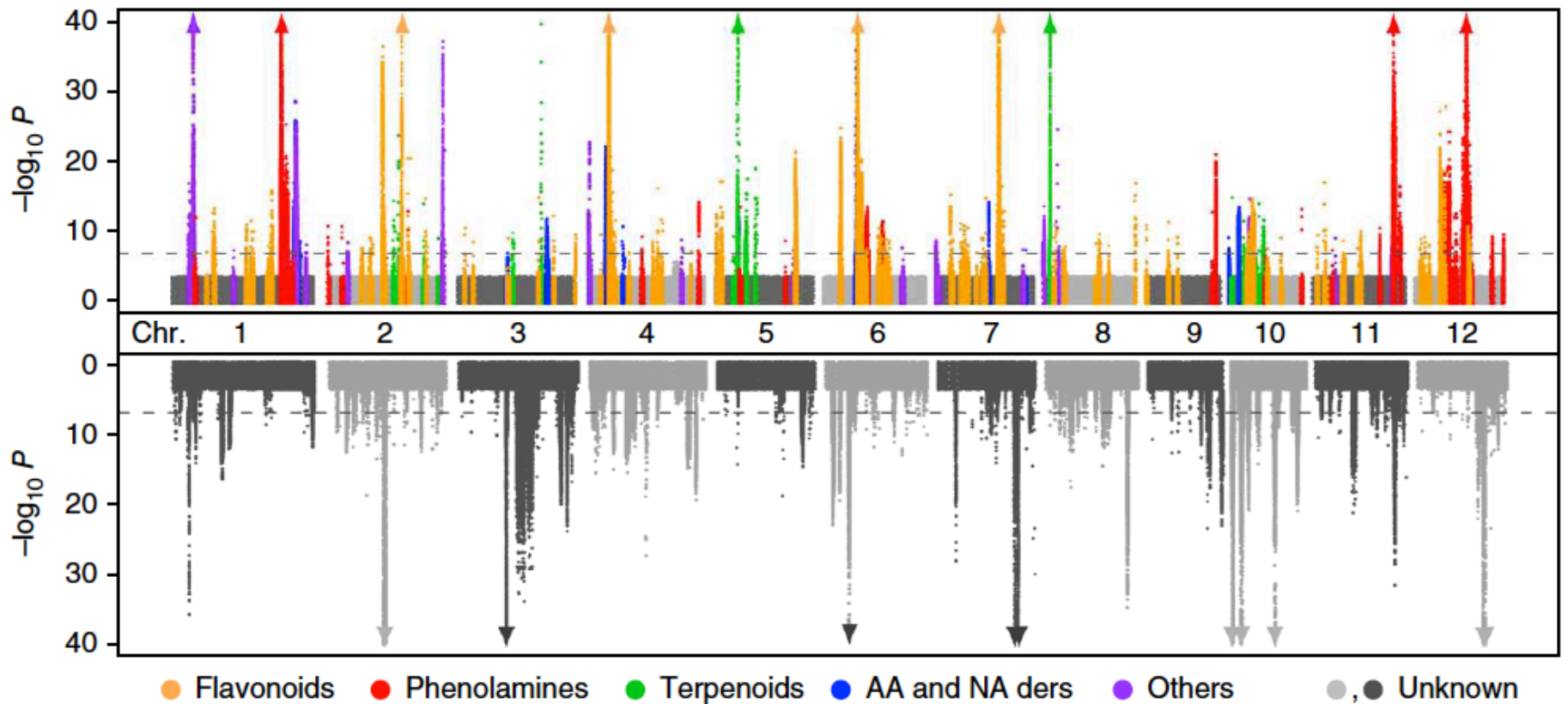


*

© Doug Brutlag
Computational Molecular
Biology
<http://biochem218.stanford.edu/index.html>
Lecture 18 "Genome-
Wide Association
Studies: Linking Genes
to Disease"
<http://biochem218.stanford.edu/18GWAS.pdf>

Ref. Greg Gibson,
Spencer V. Muse, *A
primer of genome
science*, Sunderland,
Mass. : Sinauer
Associates, 2009(3rd ed).

イネの代謝物解析のGWASの例



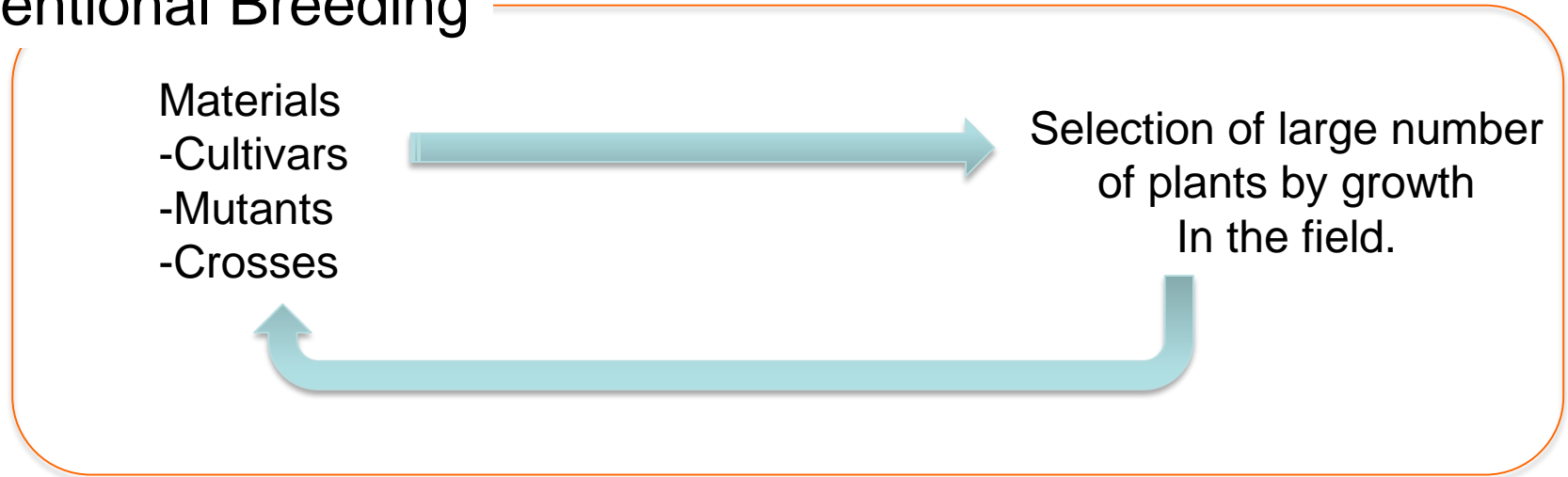
* Reprinted by permission from Macmillan Publishers Ltd: *Nature Genetics*, vol.46 (no.7), 714–721, p.716 Fig.1, copyright 2014.

(Chen et al 2014)

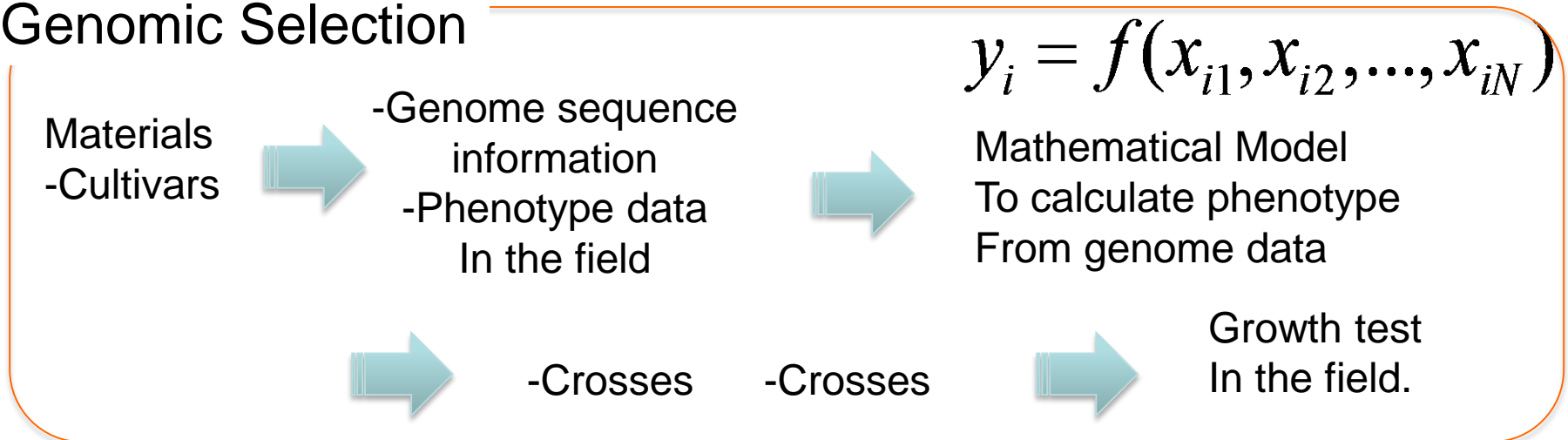
ゲノミックセレクション (Genomic Selection)

(Breeding with Genome information)

Conventional Breeding



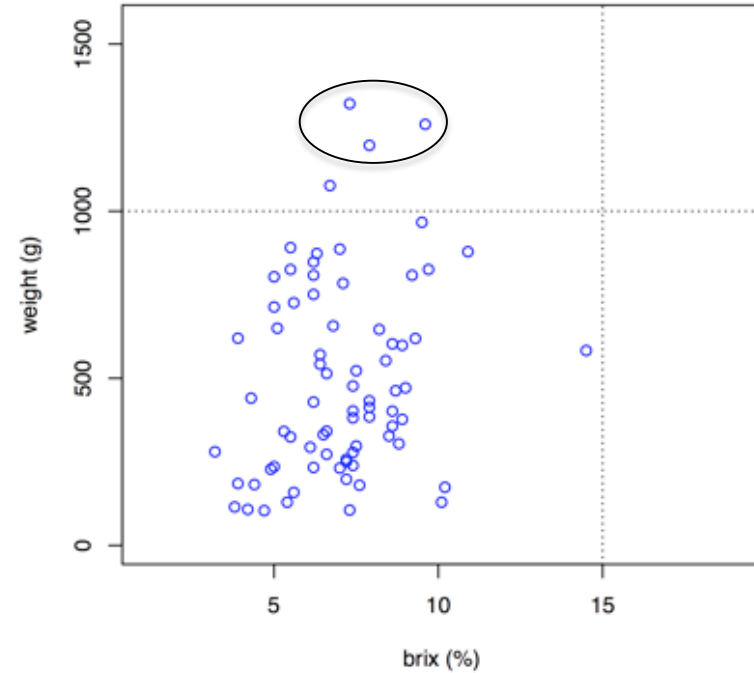
Genomic Selection



低肥料耐性系統の選抜



Growth of the crossed lines



日本の農業は？

国内水稲生産量(平成18年) 854 万トン

食糧自給率(カロリーベース) 40%

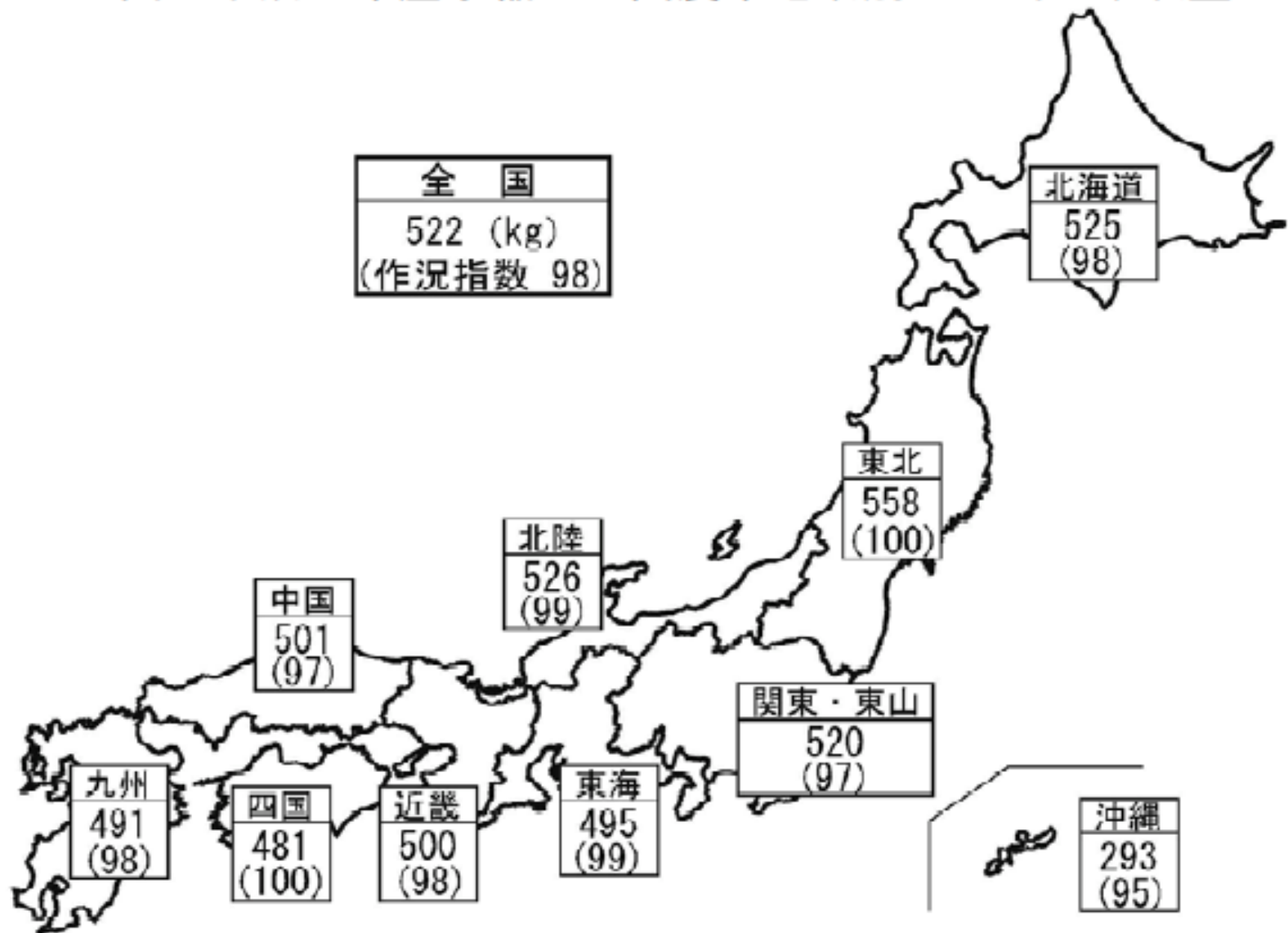
自給率を高める必要性(？)

減反？

日本でお米を作るということ。

- 皆さんはお米をいくらで買っていますか？
- 皆さんは一年にお米をどれくらい食べていますか？
- 皆さんが1年食べるために必要なお米をつくるのに必要な田んぼはどれくらいの広さですか？

図 平成22年産水稲の全国農業地域別10a当たり収量



* 出典:農林水産省ホームページ
農林水産統計「平成22年産水陸稲の収穫量」p.1
(<http://www.maff.go.jp/j/press/tokei/seiryu/101208.html>)

水田を作ってどれくらいの 収入があるのか。

表 水田作経営の農業経営収支（1経営体当たり）

単位 { 金額：千円
増減率：%

区 分	全 国			都 府 県			北 海 道		
	平成21年	20	対前年 増減率	平成21年	20	対前年 増減率	平成21年	20	対前年 増減率
農 業 粗 収 益	2 094	2 131	△ 1.7	1 922	1 944	△ 1.1	11 695	12 575	△ 7.0
うち作物収入	1 699	1 781	△ 4.6	1 591	1 643	△ 3.2	7 593	9 542	△ 20.4
うち稲作	1 357	1 418	△ 4.3	1 279	1 320	△ 3.1	5 696	7 008	△ 18.7
麦類	31	33	△ 6.1	24	24	0.0	361	513	△ 29.6
豆類	28	34	△ 17.6	23	25	△ 8.0	359	543	△ 33.9
農 業 経 営 費	1 748	1 738	0.6	1 632	1 618	0.9	8 291	8 712	△ 4.8
うち肥料	177	150	18.0	161	139	15.8	1 117	851	31.3
光熱動力費	85	102	△ 16.7	79	94	△ 16.0	389	540	△ 28.0
農 業 所 得	346	393	△ 12.0	290	326	△ 11.0	3 404	3 863	△ 11.9
経営概況									
水田作付延べ面積 (a)	142.5	137.8	3.4	130.1	125.3	3.8	847.7	851.7	△ 0.5
自営農業労働時間 (時間)	836	852	△ 1.9	810	820	△ 1.2	2 460	2 498	△ 1.5

注：平成21年の集計経営体数は1,624経営体である。

* 出典:農林水産省ホームページ
(http://www.maff.go.jp/j/tokei/sokuhou/kobetu_suiden_09/)

栄養の循環と社会

- 「見えない」栄養の循環が支える食糧生産
(化学肥料の重要性)
- 経済性が求められる食糧生産/政策の大きな影響
- 食料増産と環境保全の両立の要請
- 植物の栄養研究の進歩の役割