

興味いんしん! 学習コーナー②

**DNA・遺伝子は
目に見える!**



これが
DNA・遺伝子!
左の写真の白いモヤの
ように見える物質は、
イネ1粒から抽出した
DNA・遺伝子です。

**キッチンでできる! 食物からの、
DNA・遺伝子抽出実験**

(用意するもの)

- バナナ (1/3)
- 水 (150cc)
- 食塩 (小さじ3)
- 食器用洗剤 (小さじ1)
- エタノール (薬局で購入できる)
- 計量カップ
- スプーン
- フォーク
- マドラー
- コップ
- ペーパーフィルター

(抽出の仕方)

- 水(150cc)に、食塩(小さじ3)をよく溶かして、10%食塩水を作る。
- バナナ(1/3)をコップにいれ、よくつぶす。
- 2に、1の食塩水をバナナが浸る位まで入れ、食塩水とバナナをなじませる。
※ここからは手早く行う。
- ペーパーフィルターで、3をこす。
※コップが割れないように手で押さえる。
- 4でこした液に、食器用洗剤(小さじ1)を入れ、数回混ぜる。
※DNAが壊れないよう、やさしく混ぜる!
- 5の液の2〜3倍ぐらいのエタノールを、ゆっくりと流し入れる。
- 5分ほどそのまま置いておくと、DNAが上のほうに浮かんできく!

遺伝子の役割を知るには、まず、生物のしくみを知ることが必要です。では、生物の生命活動の重要なキーを握っているのは何だと思えますか? 実は、私たちの良く知っている「タンパク質」なのです。

人間の体の中には、筋肉や内臓の構成成分、ホルモン、酵素、コラーゲン、ケラチンなど数万種類以上の「タンパク質」があります。

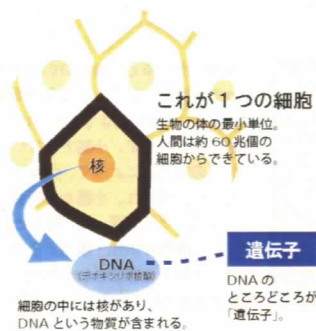
それだけではありません。人間なら、皮膚の色・お酒に強い弱いかなど、植物なら、葉の色・形・寒さに対する強さ・実の多さなどの形や性質を決めているのも、実は「タン

パク質」なのです!

そのタンパク質は、20種類の「アミノ酸」がいくつもつながってできています。その「アミノ酸」の並び方によってタンパク質の種類が決まります。人間も植物も動物も微生物も、すべての生物は、同じ20種類の「アミノ酸」で構成されているのです。

そして、タンパク質をつくるアミノ酸の並び方を決めているのが、「遺伝子」です。ですから、すべての生物には、必ず「遺伝子」が入っているのです。

遺伝子は、DNAデオキシリボ核酸という物質でできています。



**ところで遺伝子ってなに?
体のどこにあるの?**

生物の体は細胞の集まり。人間は約60兆個の細胞からできています。細胞には、水・タンパク質・炭水化物・脂質やDNA(デオキシリボ核酸)などの物質が含まれています。DNAのところどころが遺伝子です。

水やタンパク質などの物質が生物ではないことと同じように、遺伝子も生物ではありません。

遺伝子は、アミノ酸の並び方を決める物質なのです。

Lesson. 2

米・肉・魚・野菜…、

食物はすべて生物です。

食物には遺伝子が必ず入っています。

私たちは、
毎日「遺伝子」が
入った食物を
食べています



遺伝子組換え技術とは

Step.1

遺伝子の発見がきっかけで、すべての生物の形や性質に遺伝子が関係していることが判明！

遺伝子が発見されたことがきっかけで、それまで行われていた交配による品種改良の原理が判明されました。雌しべと雄しべをかけ合わせることで、遺伝子が組換わり、形や性質が変化して、さまざまな品

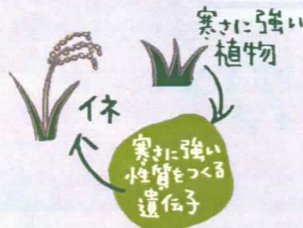
種を作り出していたということがわかったのです。しかし、このような品種改良の場合、偶然の要素が大きいため、必ずしも目的に合った形や性質が現れるとは限りません。

Step.2

遺伝子組換え技術の応用で、品種改良の可能性が大きく広がります。

遺伝子組換えによる品種改良とは、目的とする形や性質に関わる遺伝子を、改良したい農作物の細胞に組み込むことによって、実をたくさんつける、味が良いなどの望ましい形や性質だけを新たに持たせることができる技術です。

例えば、長い年月をかけ、交配による品種改良で寒さに強いイネの品種を作ってきたのですが、この方法には限界があります。しかし、シベリアなどの寒冷地で育つ植物が持っている「寒さに強い遺伝子」をつきとめて、イネに入れることができ



Step.3

積み上げてきた経験や知恵を活かし、計画的に進めています。

新しい性質をもつ農作物を作るには、研究者が積み上げてきた経験や知恵を活かし、新たに持たせたい形や性質に関わる遺伝子を自然界から見つけます。そしてその遺伝子を農作物に組み込めるかどうかを調べ、その結果がわかってから、多くのプロセスを経て、ようやく遺伝子組換えによる新しい品種が生まれるのです。

遺伝子組換えにより作られた農作物は、通常の農作物と同じように栽培され、実った種子から増やすことができます。新たに持った形や性質もそのまま子孫に伝わっていきます。

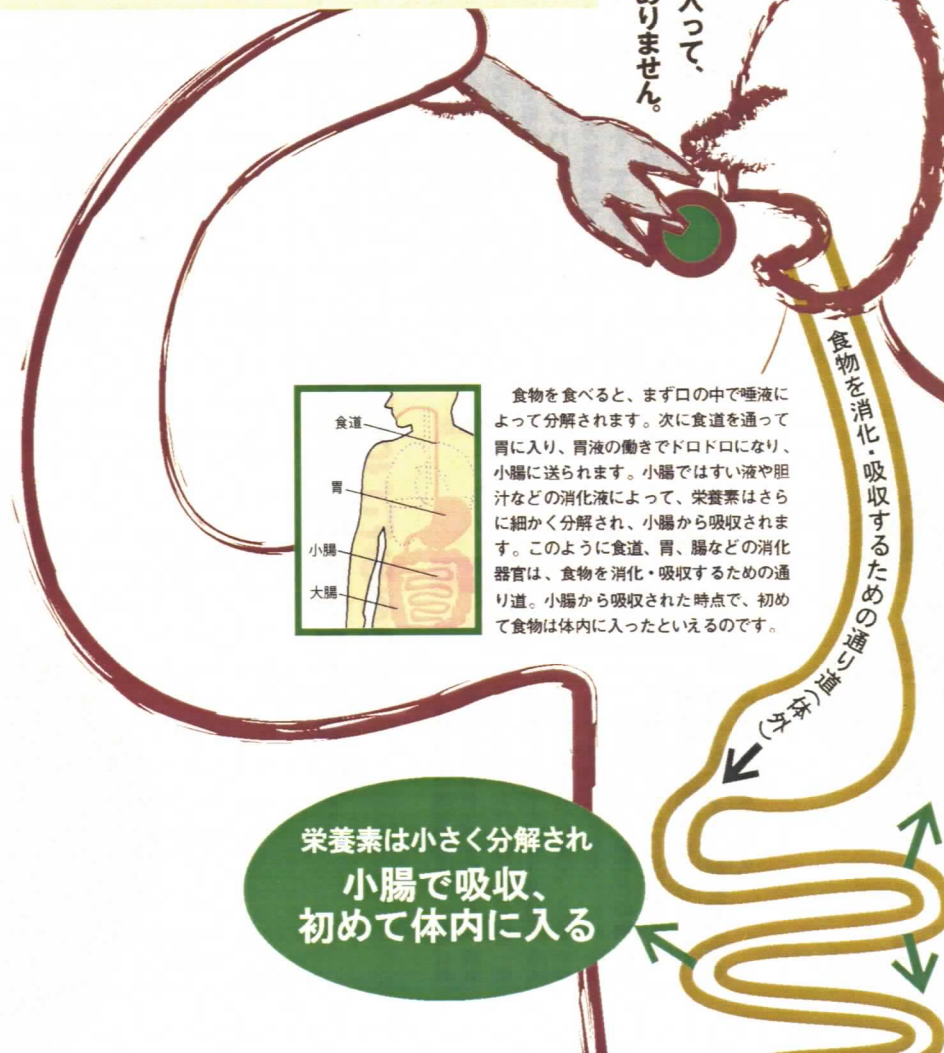
食べた米・肉・魚・野菜などに含まれるタンパク質は分解され、人間のタンパク質をつくる材料になります。

生物の体をつくり、形や性質を決めるタンパク質は、20種類の「アミノ酸」がいくつもつながってできています。通常は100個以上のアミノ酸がつながっています。そのアミノ酸の並び方によってタンパク質の種類が決まります。人間も植物も動物も微生物も、すべての生物は、同じ20種類のアミノ酸で構成されています。

私たちが食物から摂ったタンパク質は、消化酵素によってアミノ酸に分解され、小腸から体内に吸収されます。吸収されたアミノ酸は、血管を通過して細胞まで運ばれ、人間のタンパク質をつくる材料になります。

遺伝子組換え農作物も他の農作物も同じように、食べた農作物に入っている遺伝子は、遺伝子のままで消化器官から体内に吸収されることはありません。ですから、遺伝子が体の中に入って、身体に作用するということはありません。

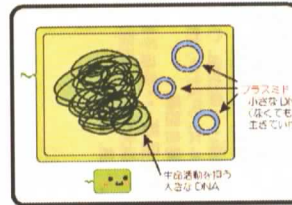
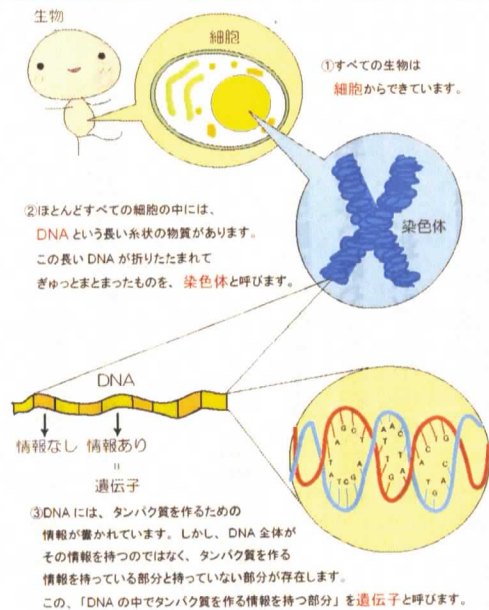
「遺伝子」は食べても体内に吸収されません



遺伝子組換え技術とは？

遺伝子組換え技術の基礎講座

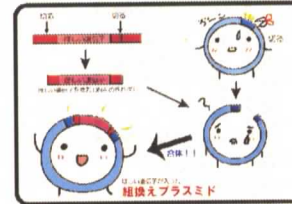
1. 遺伝子って何なのさ？



細菌には、生命活動を担う大きな DNA とは別に、ごく小さな環状の DNA を持っているものがあります。この小さな DNA を「**プラスミド**」といいます。

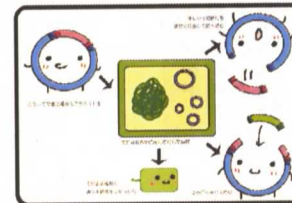


この「**プラスミド**」は、人間が DNA を扱う場合に利用されます。生物から取り出した DNA を保存したり、運んだりするのに便利な「運び屋」なのです。



具体的には…

- ①プラスミドに切れ込みを入れます。
- ②生物の DNA から欲しい遺伝子を含む部分を切り取ります。
- ③切り取ってきた遺伝子をつないでプラスミドを閉じます。



こうしてできた「**組換えプラスミド**」を、再び細菌の中に戻して細菌ごと保存します。細菌を増やせばプラスミドも増やすことができます。植物の遺伝子組換えには、この組換えプラスミドを入れた細菌を使ったり、あるいは欲しい遺伝子を再びプラスミドから切り出して使ったりします。

資料: 高橋可江さんと田中舞さん(北大CoSTEP1期生)のご好意による

いろいろある植物への「組換え」の方法①

細菌を利用する「アグロバクテリウム法」

大澤勝次・今井裕 岩波書店
『食の未来を考える』

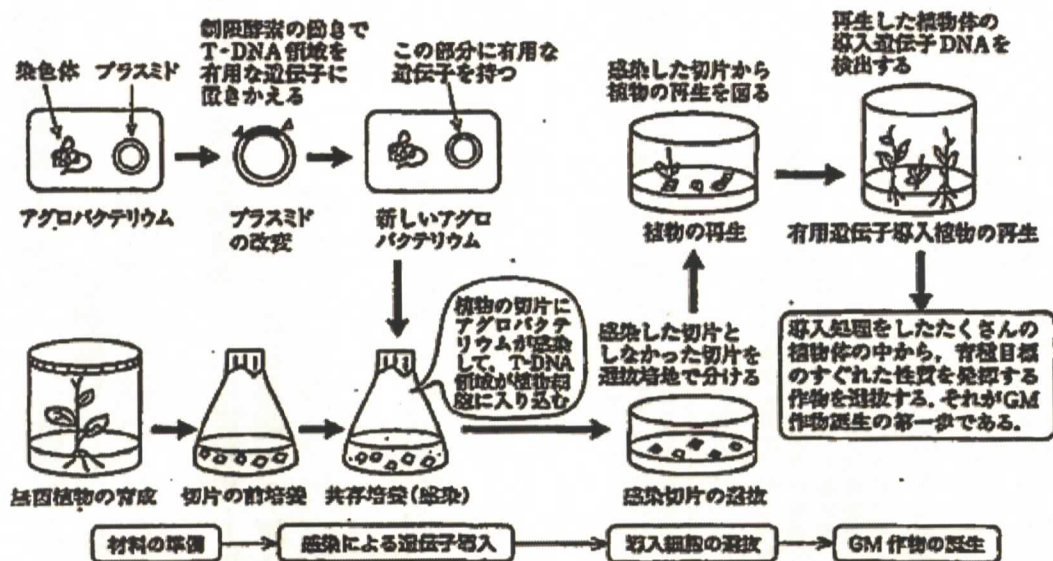


図 1-8 アグロバクテリウムの感染による GM 作物の獲得

土中の細菌・アグロバクテリウムは、植物に感染して、自らの DNA の一部 (T-DNA 領域) を植物の細胞に送り込むことができる。

アグロバクテリウムが植物に感染することで、「人間が植物に入れたい DNA」を植物に送り込むことができるのです。

(1) 食品安全委員会

食品安全基本法 2003年

第一章 総則

- 第一条 目的 第二条 食品の定義
第三条 食品の安全性確保のための基本的認識
第四条 食品供給行程の各段階における適切な措置
第五条 国民の健康への悪影響の未然防止 第九条 消費者の役割

第二章 施策の策定に係る基本的な方針

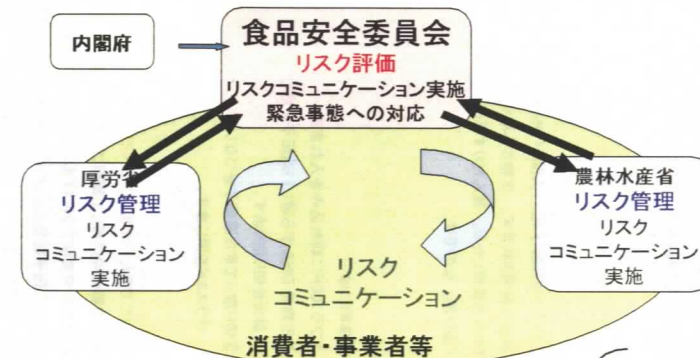
- 第十一条 食品健康評価の実施 第十三条 情報及び意見交換の促進
第十六条 試験研究の体制の整備等
第十八条 表示制度の適切な運用の確保等
第十九条 食品の安全性の確保に関する教育、学習等
第二十一条 環境に及ぼす影響の配慮

第三章 食品安全委員会

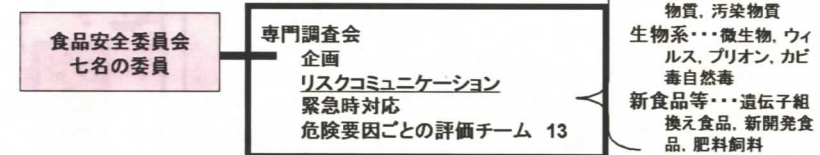
=====

1999年(フランス食品安全庁) 2000年(イギリス食品安全局)
2001年(US, 消費者保護・食糧・農業省:連邦リスク評価研究所),
2002年(EU, ヨーロッパ食品安全機関)

(2) 食品安全委員会とリスクコミュニケーション



・ 食品安全委員会の組織図



(3) 安全性評価は3つの視点で

① 食品としての安全性評価

タンパク質や生産物の毒性

アレルギー誘発性など

食品安全委員会・厚生労働省

② 飼料としての安全性評価

飼料を通じた食品の安全性

家畜に対する飼料

食品安全委員会・農林水産省

③ 生物多様性への影響評価

競争における優位性

有害物質の産生性

交雑性

農林水産省、環境省

(4) 食品としての安全性評価

挿入遺伝子の安全性、

新規産生タンパク質の有害性、

アレルギー誘発性を評価

[評価項目]

毒性

- ・既知の毒性タンパク質と構造相同性がないことを確認

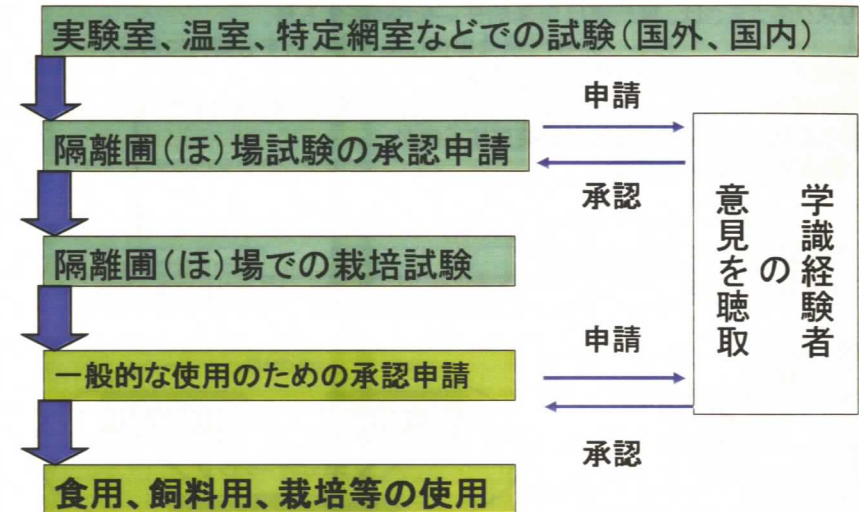
アレルギー誘発性

- ・既知の食物アレルギーとアミノ酸配列の相同性がないことを確認
- ・食物アレルギーの特徴を持っていないことを確認

(5) 食品としての安全性評価項目

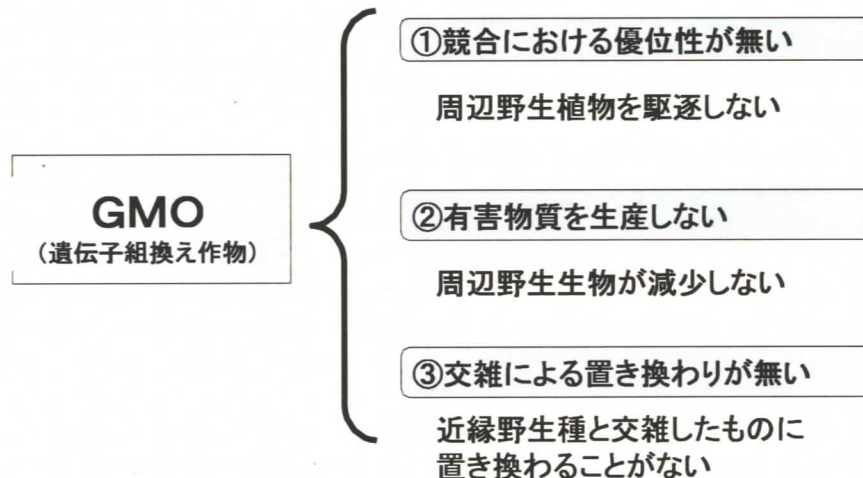
- ①導入された遺伝子の周辺の配列
:どこに遺伝子が入ったのか調べる
 - ②各種の栄養素が変化していないか
 - ③導入された遺伝子を作るタンパク質の分解しやすさ
:アレルゲンタンパクは分解しにくい特性がある
 - ・
 - ・
 - ・
- など100項目以上

(6) 生物多様性影響評価の手順



(7) 生物多様性影響の評価

野生動植物に悪影響があるか否かを、カルタヘナ法に基づいて評価

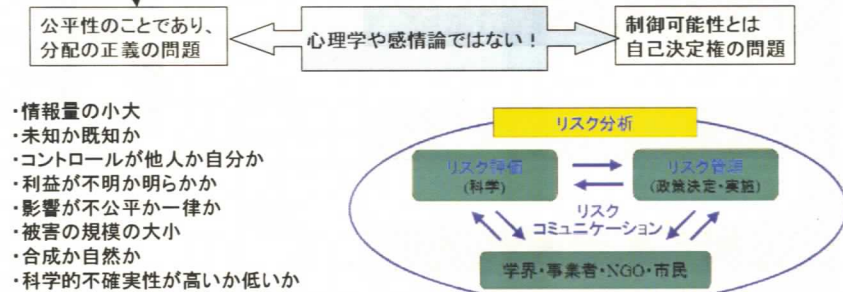


(8) 我が国の生物多様性への影響評価項目

- ①栽培後の土壌微生物相に変化はないかどうか
 - ②植物体を土壌に鋤き込み、その土での植物の生育に差がないかどうか
 - ③花粉のサイズは変化していないかどうか
 - ・
 - ・
 - ・
- など、100項目以上

(9)科学と社会: 専門家と非専門家

- リスクの大きさは、専門家は科学的データで判断するが、
非専門家は感情に基づき判断する傾向にある。
- 市民がリスクの大きさを認知する基準は、
①破滅的であるか、②未知であるか、③自分たちでリスクを制御できるか、
④そのリスクは自分たちにだけ発生するのか、
便益は誰が受けるのか。



- ・情報量の大小
- ・未知か既知か
- ・コントロールが他人か自分か
- ・利益が不明か明らかなか
- ・影響が不公平か一律か
- ・被害の規模の大小
- ・合成か自然か
- ・科学的不確実性が高いか低い

http://hideyukihirakawa.com/sts_archive/regulatory/20050702Hirakawa.pdf

(10)リスク分析(Risk Analysisアナリシス)・・・用語

・ ハザードとリスク(食品)

hazard 危害要因＝健康に悪影響を及ぼす可能性がある生物学・物理学・
化学的な食品中の物質/要因または食品の状態。
危害や損害の原因となる要素。

risk = (食品中のhazardに起因する危害の程度) × (生起確率)・・・狭義
(＝確率では与えられない⇒望ましくない事象をもたらす可能性・・・広義)

- ・人命の損失に至らない健康被害や文化的・経済的損失をどうするのか?
- ・危害の総量評価でいいのか? 危害には偏りがある。何が危害か(価値問題)
- ・データ不足やモデルの適切さに関する不確実性

・ リスクの程度と受容の限界

無視できる・・・・・・・・・・百万分の一以下
リスク便益分析が必要(耐容可能なリスク) この区間
受け入れ不可能・・・・・・・・・・千分の一以上

・ リスク分析

- ※初期の考え方: リスクと便益の定量的かつ客観的評価を行うことに力点
- ※最近の考え方: 定量的リスク評価以外の部分を考慮するようになる。
→リスク管理やリスクコミュニケーションにおける市民参加の過程を含む

1. 遺伝子組換え作物に関わる市場規模

● 遺伝子組換え作物種子の販売

- 主要多国籍企業の種子販売額(2005年、億ドル)

企業名	種子販売額	傘下の主な種子企業ブランド
モンサント(米国)	32.5	DeKalb, Asgrow, Seminis, D&PL, Stoneville, American Seeds Inc.
デュポン(米国)	27.5	Pioneer Hi-bred International
シンジェンタ(スイス)	18.0	NK, Garst, Hillebrand, Golden Harvest, S&G, Rogers
バイエル(ドイツ)	4.1	Nunhems
ダウ・アグロ(米国)	n.a.	Mycogen
BASF(ドイツ)	n.a.	Svalöf Weibull (40%)

- 世界種子市場に占める主要4社の市場シェアは約3割
- 米国(1998年)に限ると、トウモロコシで上位4社=67%(現在の所有関係を踏まえると73%)、大豆=50%、綿花=96%

2. 遺伝子組換え作物種子の流通事情

● 生産流通の規制と表示制度(米国)

- 農務省USDA-APHIS
 - 環境導入や州間移動等を規制。但し、開発企業の実験圃場等に関する情報は十分に把握されず。最終認可すなわち「規制除外」したGMOに対するモニタリング等の規制は実施せず。
 - 規制遵守をめぐって数々の問題が発覚したため、2003~04年に規制強化する方針を表明するも、大きな変更はなし。
- 食品医薬品局FDA
 - 食品・飼料の安全性を規制。ただし、開発企業との「任意の協議プロセス」のみで、義務的な審査はせず。2001年に義務化が提案されるも実行に移されず。
 - 数々の未認可GMO混入事件を受けて、2004年11月に改善勧告出されるも、大きな変更はなし。

2. 遺伝子組換え作物種子の流通事情

● 生産流通の規制と表示制度(米国)

- 環境保護庁EPA
 - 農薬成分(Btなど)の環境影響評価、害虫における抵抗性発達を防止するための「害虫抵抗性管理IRM」プログラムの実施を担当。
- 表示制度
 - 連邦レベルでは義務表示なし。一部の州や自治体で義務化の動きもあるも、義務表示反対の圧力大きい。
- 分別生産流通
 - 大半は無分別・無表示で流通、輸出されているが、EUや日本、アジア諸国で義務表示制度が導入されているため、少なくとも食品仕向け分については分別生産流通システムが構築されている。
 - 但し、日本のように許容水準5%ならまだしも、EUのように0.9%、種子については0.3~0.7%という水準では分別生産流通システムにも限界があると思われる。

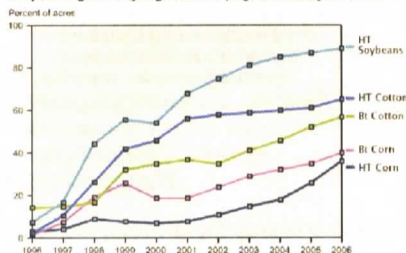
<参考> EU、共存方策の模索とGMOフリー宣言の広が

2. 遺伝子組換え作物種子の流通事情

開発企業	商品化されているGM作物品種
モンサント(米国)	除草剤耐性大豆・トウモロコシ・なたね・綿花(Roundup Ready)、害虫抵抗性トウモロコシ(YieldGard)、綿花(Bollgard)、非組換え低リノレン酸大豆(Visitive)、高リジン・トウモロコシ(Mavera)
シンジェンタ(スイス)	害虫抵抗性トウモロコシ(Agrisure)、綿花(VipCot*)
バイエル(ドイツ)	除草剤耐性トウモロコシ・綿花(LibertyLink)、なたね(InVigor)
デュポン(米国)	害虫抵抗性トウモロコシ(Herculex)、非組換えの除草剤耐性品種(STS)
ダウ・アグロ(米国)	害虫抵抗性トウモロコシ(Herculex)、綿花(WideStrike)、非組換えの高オレイン酸品種(Nexera)
BASF(ドイツ)	非組換えの除草剤耐性品種(Clearfield)

2. 遺伝子組換え作物種子の流通事情

Adoption of genetically engineered crops grows steadily in the U.S.



Data for each crop category include varieties with both HT and Bt stacked traits. Source: 1996-1999 data are from Fernandez-Cornejo and McRae (2002). Data for 2000-06 are available in the ERS data product, Adoption of Genetically Engineered Crops in the U.S., tables 1-3.

大豆
約9割

綿花
約8割

トウモロコシ
約6割

3. 巨大アグリビジネスと農業者との関係

● 限られた選択肢

- 情報の非対称性
 - マーケティングに巨額の投資
 - 客観的な立場から情報提供と技術普及に携わってきた公的試験研究機関や州立大学の人的・資金的な限界
- GMO種子しか手に入らない
 - ほとんどの有力種子会社は巨大アグリビジネスの傘下に
 - 優良系統品種はほとんど組換え遺伝子が挿入されたGMO
 - Asgrow(モンサント)大豆...イリノイ州A郡 26品種中25(96%)
 - DeKalb(モンサント)トウモロコシ...同 44品種中38(86%)
 - NC+(ASI/モンサント)トウモロコシ...全 新規47品種中44(94%)
 - NK(シンジェンタ)トウモロコシ...全 61品種中51(84%)
 - Mycogen(ダウ・アグロ)トウモロコシ...全 96品種中75(78%)
 - Stine(モンサントと非排他的提携)大豆...全 67品種中57(85%)
 - Pioneer(デュポン)トウモロコシ...北部 45品種中32(71%)
 - Pioneer(デュポン)大豆...北部 32品種中31(97%)

3. 巨大アグリビジネスと農業者との関係

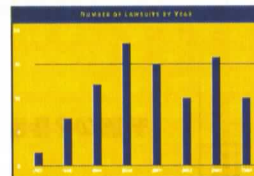
● 農家にとっての便益

- 収量は上がったか？ **Yes & No**
- 農薬は減ったか？ **Yes & No**
- 労働時間は節約されたか？ **Yes, but...**
 - 生産効率性＝規模に中立的ではない
 - ・ 大規模経営ほど高い導入率と高い利益
 - ・ 中小家族経営がますます淘汰されることに
 - アルゼンチンのGM大豆・・・巨大農場による囲い込み
 - ブラジルのGM大豆・・・中小家族経営が先に導入、今後中西部の巨大農場に導入が広がれば競争に耐えられない
- 大豆もトウモロコシも家畜飼料かバイオ燃料の原料
 - 大量生産と低価格化は巨大流通加工業者の利益になるだけ
 - 需要先の多元化＝原料調達競争＝価格上昇＝消費者の利益にならず

3. 巨大アグリビジネスと農業者との関係

● 種子購入時の契約(Technology Agreement)

- 自家採種の禁止
 - 大豆自家採種率: 1991年31%→2001年10% (=3.74億ドルを創出)
- 「違反者」に対する罰金・訴訟(モンサントの場合)
 - 1,000万ドル予算、75名体制で摘発のための調査(「種子警察」)
 - 2003年600件、2004年500件を摘発、示談(罰金)拒否すれば告訴
 - 90件の訴訟(1997～2004年)
 - Anderson: 305万ドル(2003.6)
 - Dawson: 259万ドル(2001.12)
 - Ralph: 241万ドル(2003.7)
 - Roman: 125万ドル(2004.8)
- 非意図的混入の場合は？
 - シュマイザー氏のケース
 - 自衛のための追加費用



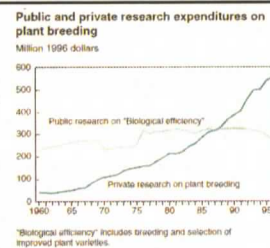
4. 種子の特許について

● 遺伝子組換え作物にかかわる特許(2)

- 組換え技術や遺伝子情報の特許 → 開発企業間の競争と紛争
 - 1982～2001年、米国の農業バイオ特許に占める主要5社の割合は41%(モンサント14%、デュポン13%)
 - モンサント、CaMV35Sをはじめ647(～2004年)の農業バイオ特許、29%のシェアを占めるとの報告も
- 特許紛争
 - モンサント vs ダウアグロ(1996～2004年)
 - モンサント vs バイエル(1997～2003年)
 - シンジェンタ vs モンサント(2002～2004年)など
- 技術と資源の独占が、種子会社の買収や囲い込みの契機に
 - American Seeds, Inc.はその典型
 - 特許技術の移転(公から民へ、小から大へ)

● 作物育種に対する研究開発投資

- 公的研究開発の停滞
- 民間研究開発の増大



企業名	総R&D	農業	バイオ
Syngenta	8.2	5.1	3.1
Monsanto	5.9	0.9	5.0
DuPont	5.9	2.1	3.8
Dow	5.4	3.6	1.8
Bayer	5.3	4.4	0.9
BASF	2.4	1.9	0.5

主要多国籍企業のR&D支出(2005年、億ドル) ※CGIARの年間総支出＝4.4億ドル(作物部門は2.6億ドル)

5. 遺伝子組換え作物の活用

● どのように活用されるのか？

- 第1世代GMO
 - 栽培特性(除草剤耐性、害虫抵抗性、不稔化など)
 - 但し、耐寒性、耐塩性、耐乾燥性などはまだ先
- 第2世代GMO
 - 食品・飼料としての機能性(高オレイン酸、高リジン、低リノレン酸、高βカロテンなど)
 - 緩アレルギー性作物は食品？医薬品？
- 第3世代GMO
 - 医薬品原料(ワクチンなど)や工業品原料(生分解性プラスチックなど)の生産
 - 環境修復技術(重金属・公害物質の検出と除去？)

5. 遺伝子組換え作物の活用

● 遺伝子組換え作物でないと出来ないことなのか？

- 第1世代GMO
 - 従来育種でも何らかの形で追求されてきたこと
 - 従来育種の効率化？ 従来育種で越えられない「壁」とは？
 - ・ 非組換え有望品種・・・除草剤耐性(STS/DuPont, Clearfield/BASF)、害虫抵抗性(Native Protection/Mycogen)、線虫抵抗性(SCN/大学)
 - 耐寒性、耐乾燥性などでGM育種が成果を上げられない理由
- 第2世代GMO
 - GM作物に作らせなくても生産可能な物質 → 効率的な生産？
 - ジャンクフードを「より」健康的にするもの？
 - いずれにせよ「魔法の弾丸」ではない(「機能性食品狂想曲」)
- 第3世代GMO
 - GM作物に作らせなくても生産可能な物質 → 効率的な生産？
 - コストと時間を考えると有用な技術・・・但し、閉鎖系が条件