

「飼料用米の新品種開発の現状と今後」

飼料用米普及のためのシンポジウム2019講演資料 2019年3月15日 東京大学 弥生講堂

飼料用米の新品種開発の現状と今後



東京農業大学の飼料用米圃場



ゲノム編集のイメージ・出所：毎日新聞

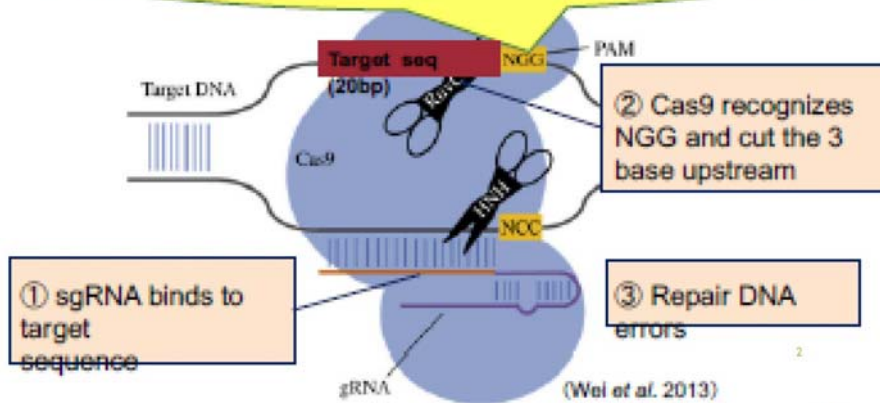
日本飼料用米振興協会 理事／ 東京農業大学 農学部 元教授
日本養鶏協会 エグゼクティブ・アドバイザー

信岡 誠治

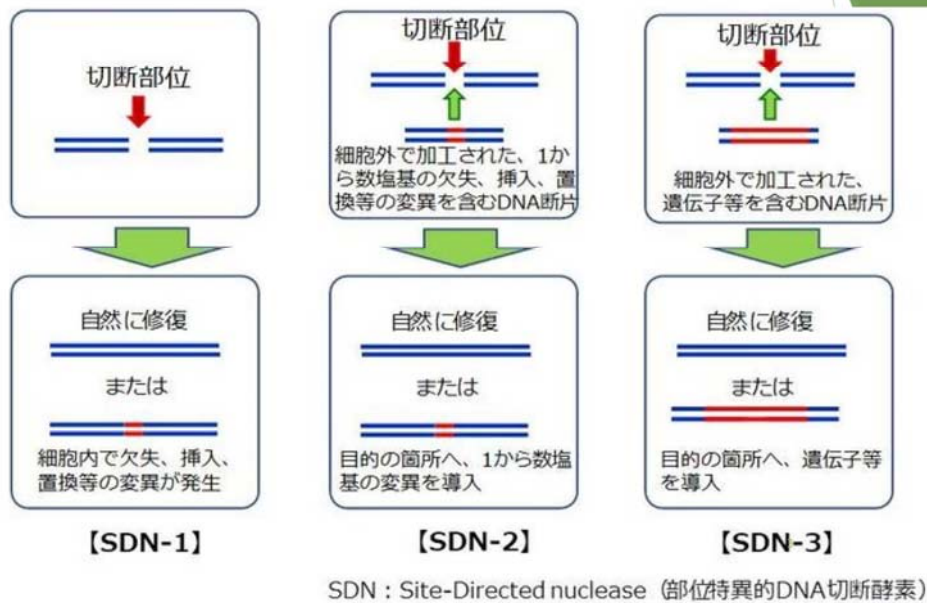
ゲノム編集を身近にしたCRISPR/Cas9

Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats (CRISPR)

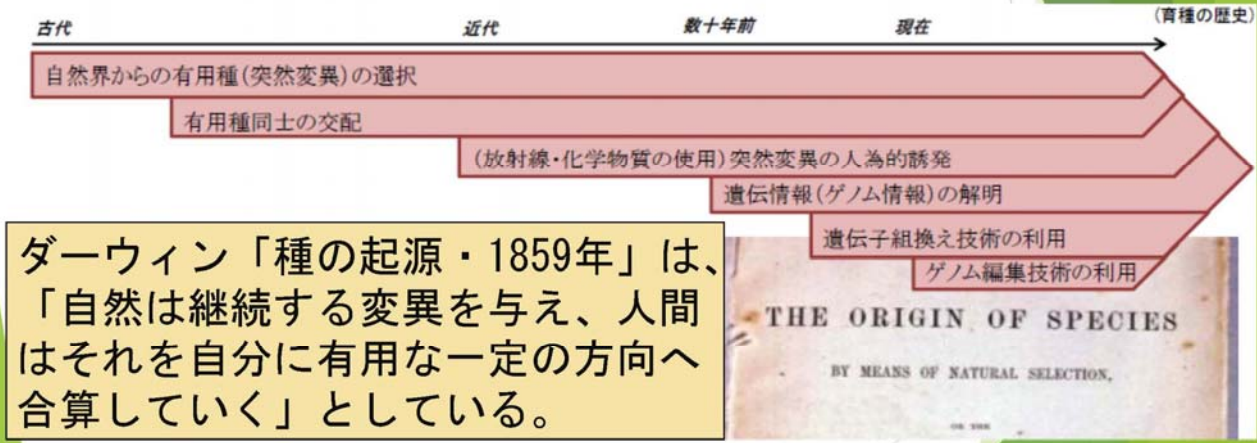
Can cut the site at the downstream of 5'-NGG-3' (N=A, T, G, C)



ゲノム編集の3つのタイプ



育種の歴史：育種の歴史は人類の歴史

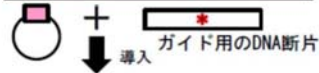


ゲノム編集による育種革命がスタート

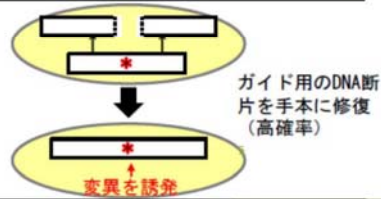
ゲノム編集技術は、人工的な突然変異育種法として最近登場してきた育種法の一つである。目的とする遺伝子の特定箇所を人工制限酵素（タンパク質）で切断し、ガイド用のDNA断片を手本に突然変異を誘発させる手法（SDN-2）である。突然変異の発生確率を劇的に高めるだけでなく、**変異誘発後には人工制限酵素遺伝子を完全に除去できるのが特徴である。**

標的遺伝子の特定箇所を人工制限酵素（はさみ）でピンポイントで切断し、修復時に起こる突然変異を期待する（SDN-1）

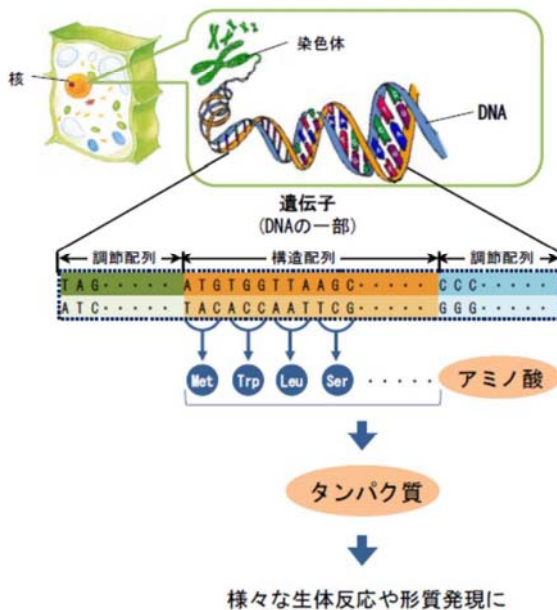
標的組換えタイプ（SDN-2）



自然界では遺伝子の変異は常に起きているが、有用な突然変異が生じる可能性は10万～100万分の1の確率である。



染色体、DNA、遺伝子は物質、ゲノムとは遺伝情報全体

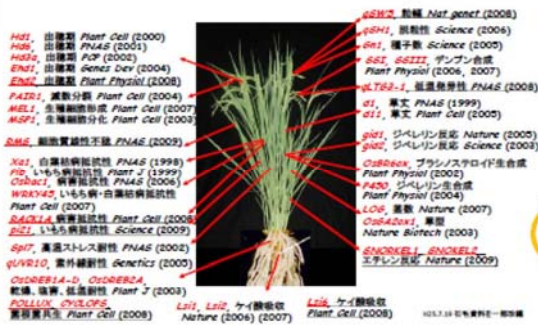


○ 主要生物のゲノム上の塩基対数及び遺伝子数

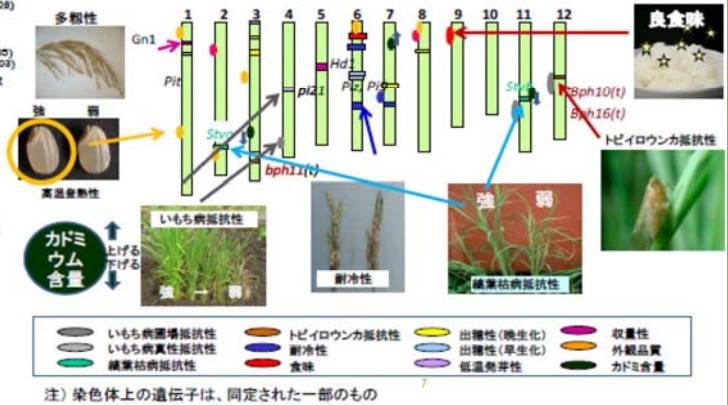
生物	塩基対数	遺伝子数	染色体数
イネ(ジャポニカ)	4億対	3.2万	24本
トウモロコシ	22億対	4.5万	20本
ヒト	32億対	2.0万	46本
キロシウジョウバエ	1.8億対	1.5万	8本
大腸菌(K12株)	5百万対	0.4万	1本

イネのゲノム塩基配列解析は2002年12月に完了、その後は各遺伝子の同定（設計図の解明）を進めてきた

○ イネにおいて同定されている遺伝子の例



○ 育種利用のためのゲノム設計図(イネの事例)



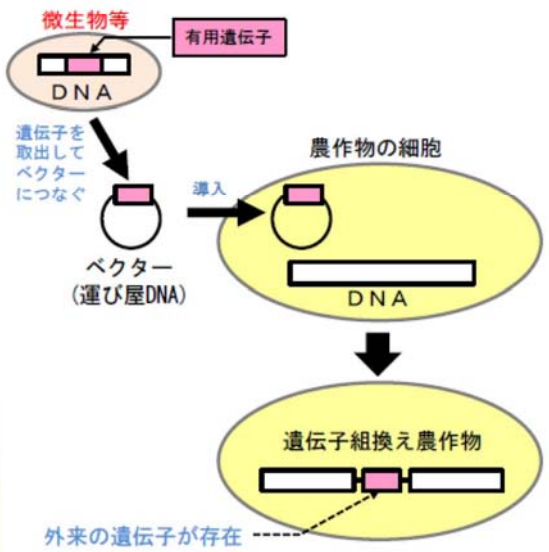
注) 染色体上の遺伝子は、同定された一部のもの

従来の遺伝子組換え技術とゲノム編集技術の比較

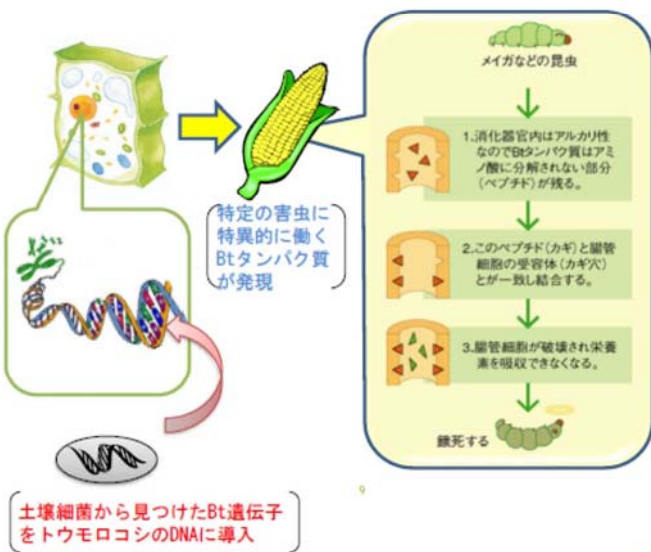
	技術的特長	育種利用の方向			
		スピード	正確性	変異の幅	
従来の遺伝子組換え技術	交配が困難な異種から有用な遺伝子(微生物等)を導入することが可能	○	○	◎	① 温暖化・砂漠化など、 <u>将来の地球環境変動対応</u> ② 病害虫抵抗性の付与による農業の <u>スマート化</u> ③ 農作物を利用した医薬品等の <u>有用物質生産</u>
ゲノム編集技術	生物が有する核酸配列(遺伝子)をターゲットとして、 <u>生物の配列情報を変更</u> することが可能	◎	◎	○	① 機能的成分に富んだ農作物の開発による <u>健康長寿ニーズ</u> への対応 ② 飼料栄養価の高いコメの開発による <u>自給率向上対応</u> ③ <u>未だ育種利用できていない様々な形質</u> (病害虫抵抗性等)を引き出した新品種開発

これまでの遺伝子組み換えは、PCR法などで組換えの有無が判別可能

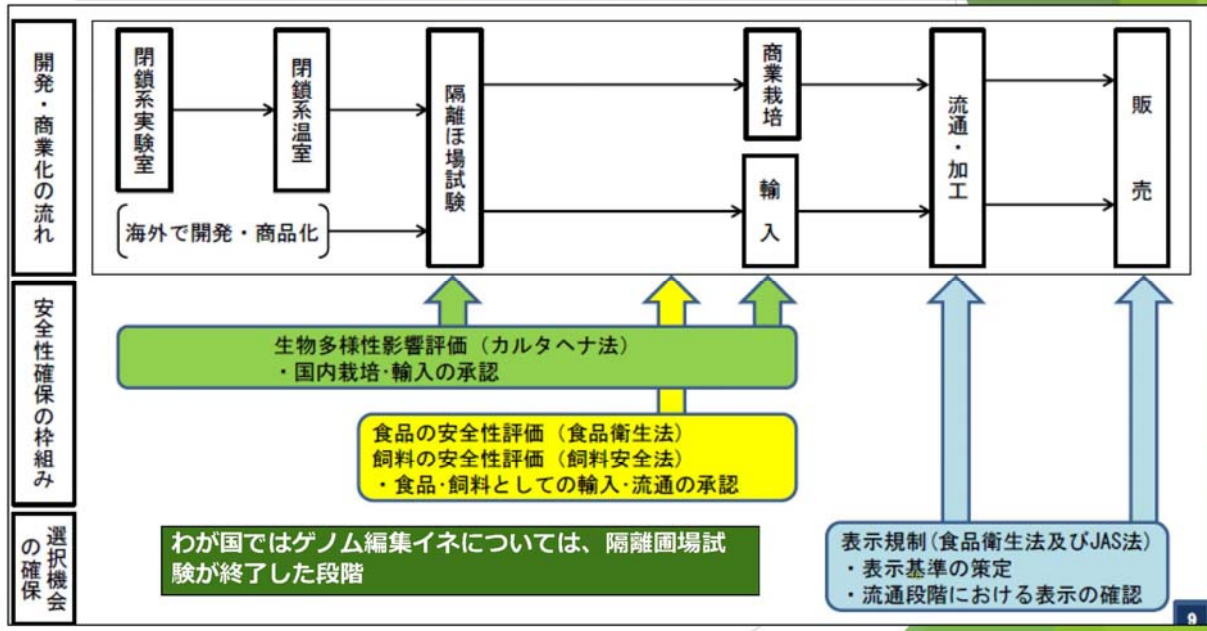
○ 遺伝子組換え農作物の作出方法



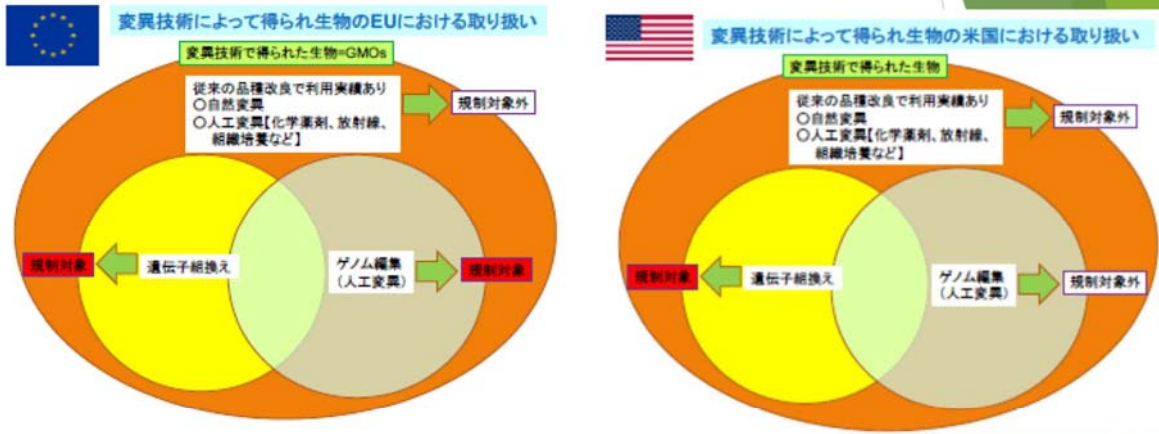
○ 害虫抵抗性(Bt)トウモロコシの殺虫メカニズム



我が国の遺伝子組換え農作物の規制の仕組みと流れ

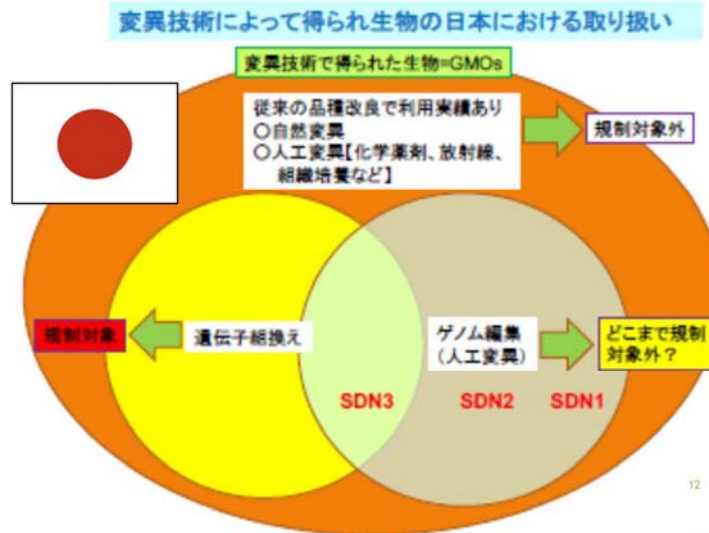


ゲノム編集の規制状況



ゲノム編集：EUは遺伝子組換えの規制対象
米国は遺伝子組換えの規制対象外

わが国のゲノム編集規制はEUと米国との中間的な規制
ゲノム編集SDN1は規制対象外とし、SDN2についてはケースバイケー
スで規制対象外とし、外部遺伝子を導入するSDN3は規制対象



生活クラブ生協連合会はゲノム編集に対してパブリックコメントを提出

【意見1】

●該当箇所：1 カルタヘナ法の規制対象範囲について

(3) 法律上の整理

●意見内容：カルタヘナ議定書の目的にもとづき、予防的な取り組みを行なってください。

●理由：

カルタヘナ法の目的は、国際的に協力して生物の多様性の確保を図るため、カルタヘナ議定書の的確かつ円滑な実施を確保することです。また、カルタヘナ議定書の目的には、リオ宣言の原則15に規定する予防的な取組方法に従うことが明記されています。ゲノム編集技術の利用により得られた生物のカルタヘナ法上の整理にあたっては、カルタヘナ法の目的に照らして、予防的な取り組みを行なってください。

13

【意見2】

●該当箇所：1 カルタヘナ法の規制対象範囲について (3) 法律上の整理

●意見内容：ゲノム編集技術の利用により得られたあらゆる生物をカルタヘナ法における規制の対象としてください。

●理由：

「ゲノム編集技術の利用により得られた生物のカルタヘナ法上の整理及び取扱方針について(案)」では、カルタヘナ法における「遺伝組換え生物等」の定義にもとづいて規制対象範囲を整理し、得られた生物に細胞外で加工した核酸が含まれない場合は「遺伝子組換え生物等」に該当しないとしています。しかし、カルタヘナ法は、ゲノム編集という新しい技術が誕生する前に作られたもので、法律自体がゲノム編集技術に対応できていません。世界的にも現行の遺伝子組換え生物に対する規制に該当するのかどうか、議論がされている段階です。

ゲノム編集によって得られた生物は、自然界での突然変異と区別できないと言われますが、ゲノム編集は、自然界ではありえないスピードで変異を起こします。遺伝子を人為的に操作すること自体に疑問がぬぐえません。

また、ゲノム編集技術は、標的以外の遺伝子におよぶオフターゲット効果や遺伝子の変化がその生物の特性に意図しない変化をもたらす可能性があり、食品として流通した場合、異常タンパク質によるアレルギーなどの問題を起こすことも考えられます。

改変された生物が自然界に出てしまえば、遺伝子の回収は不可能です。特別な機能を持つ生物による遺伝子汚染によって、それまでの環境が変わり生物の多様性が脅かされる可能性があります。

意見1に書いたカルタヘナ法の目的にある生物の多様性の確保とカルタヘナ議定書の定める予防的措置に則り、ゲノム編集技術全般をカルタヘナ法の規制対象範囲としてください。

現在進められているゲノム編集による多収品種の開発状況

農研機構では「シンク能改変イネ」プロジェクトで飼料用米品種である「北陸193号」と「モミロマン」を用いて、両品種の優れた形質をゲノム編集で組み合わせ、より多収品種を開発し、現在野外試験を繰り返している。「北陸193号」は、好適気象条件下であれば1,000 kg/10 a以上の収量性をもつ国内最多収品種のひとつで、シンク容量（粒の大きさと粒数）は比較的大きく高い登熟歩合を達成している。他方、飼料用米の最多収品種の一つである「モミロマン」は、シンク容量は非常に大きいですが、登熟歩合が低いという弱点がある。そこで「北陸193号」の転流および穎果の登熟能力の向上に関連しそうな遺伝子に着目し、「モミロマン」のシンク容量の大きさを活かしたゲノム編集システムを作出している。

方法はゲノム編集ツールである「CRISPR/Cas9」システムと、脱アミノ化反応を触媒するデアミナーゼを用い、これとDNA配列認識能のある分子とを連結させることにより、特定のDNA配列を含む領域における核酸塩基置換によりゲノム配列の改変を行う「Target-AID（Activation-Induced (Cytidine) De-aminase）」を用いて変異挿入システムを作出している。

収量目標は1.2t/10aであるが、この目標はほぼクリアできるものができている。このほか、全国6か所で15品種を用いて様々なゲノム編集システムを作出している。

Target-AIDとは切らないゲノム編集技術である。従来のヌクレアーゼによるDNAの二本鎖切断を前提としているゲノム編集とは異なり、塩基の変換を誘導する酵素によりDNAの切断を伴うことなくピンポイントで塩基置換を行う技術である。

ゲノム編集イネの収穫作業 茨城県つくば市・農研機構の野外隔離試験圃場



