

見 解

産業生物におけるゲノム編集技術の現状と課題



令和8年（2026年）9月15日

日本学術会議

農学委員会・食料科学委員会合同産業生物バイオテクノロジー分科会

農学委員会育種学分科会

食料科学委員会・基礎医学委員会合同獣医学分科会

食料科学委員会・農学委員会合同食の安全分科会

この見解は、日本学術会議農学委員会・食料科学委員会合同産業生物バイオテクノロジー分科会、農学委員会育種学分科会、食料科学委員会・基礎医学委員会合同獣医学分科会、食料科学委員会・農学委員会合同食の安全分科会、農学委員会・食料科学委員会合同産業生物バイオテクノロジー分科会ゲノム編集技術検討小委員会の審議結果をとりまとめ公表するものである。

日本学術会議農学委員会・食料科学委員会合同産業生物バイオテクノロジー分科会

委員長	磯部 祥子	(第二部会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
副委員長	立川 雅司	(連携会員)	名古屋大学大学院環境学研究科教授
幹事	丸山 明子	(連携会員)	九州大学大学院農学研究院教授
幹事	吉田 薫	(連携会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科特任教授
	山崎 真巳	(第二部会員)	千葉大学大学院薬学研究院教授
	渡辺 京子	(第二部会員)	玉川大学農学部教授
	射場 厚	(連携会員)	九州大学名誉教授
	江面 浩	(連携会員)	筑波大学生命環境系特任教授
	大杉 立	(連携会員)	東京農業大学客員教授
	経塚 淳子	(連携会員)	東北大学大学院生命科学研究科教授
	矢野 昌裕	(連携会員)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構非常勤顧問
	山本 卓	(連携会員)	広島大学大学院統合生命科学研究科教授
	木下 政人	(連携会員(特任))	京都大学大学院農学研究科准教授

日本学術会議農学委員会育種学分科会

委員長	磯部 祥子	(第二部会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
副委員長	岩田 洋佳	(連携会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
幹事	門田 有希	(連携会員)	岡山大学学術研究院環境生命自然科学学域教授
	江面 浩	(連携会員)	筑波大学生命環境系特任教授
	木村 恵	(連携会員)	秋田県立大学生物資源科学部准教授
	経塚 淳子	(連携会員)	東北大学大学院生命科学研究科教授
	佐藤 豊	(連携会員)	大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立遺伝学研究所教授
	辻本 壽	(連携会員)	鳥取大学名誉教授
	中園 幹生	(連携会員)	名古屋大学大学院生命農学研究科教授
	萩原 篤志	(連携会員)	長崎大学名誉教授・客員研究員／株式会社拓洋技術顧問

藤原 徹	(連携会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
八木 信行	(連携会員)	東京大学特命教授室特命教授
矢野 昌裕	(連携会員)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構非常勤顧問
吉田 薫	(連携会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科特任教授
菊池 潔	(連携会員(特任))	東京大学大学院農学生命科学研究科附属水産実験所教授

日本学術会議食料科学委員会・基礎医学委員会合同獣医学分科会

委員長	堀 正敏	(第二部会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
副委員長	石塚 真由美	(連携会員)	北海道大学理事／副学長
幹事	池田 正浩	(連携会員)	宮崎大学農学部獣医学科教授
幹事	志水 泰武	(連携会員)	岐阜大学応用生物科学部共同獣医学科教授
	野田 岳志	(第二部会員)	京都大学医生物学研究所教授
	米田 美佐子	(第二部会員)	東京大学先端科学技術研究センター特任教授
	笠嶋 快周	(連携会員)	JRA 日本中央競馬会競走馬総合研究所シニアエキスパート
	菊水 健史	(連携会員)	麻布大学獣医学部教授
	迫田 義博	(連携会員)	北海道大学大学院獣医学研究院教授
	佐藤 晃一	(連携会員)	山口大学理事・副学長
	佐藤 礼一郎	(連携会員)	宮崎大学農学部獣医学科教授
	関崎 勉	(連携会員)	東京大学名誉教授／放送大学客員教授 ／京都大学大学院医学研究科研究員
	高井 伸二	(連携会員)	北里大学名誉教授
	田中 あかね	(連携会員)	東京農工大学農学府・農学部特任教授
	芳賀 猛	(連携会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
	松田 二子	(連携会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
	水谷 哲也	(連携会員)	東京農工大学農学部附属感染症未来疫学研究センターセンター長／教授
	森川 茂	(連携会員)	国立健康危機管理研究機構国立感染症研究所名誉所員
	渡邊 登喜子	(連携会員)	大阪大学微生物病研究所感染機構研究部門教授

日本学術会議食料科学委員会・農学委員会合同食の安全分科会

委員長	堀 正敏	(第二部会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
副委員長	石塚 真由美	(連携会員)	北海道大学理事／副学長

幹事	木村 直子	(第二部会員)	山形大学大学院農学研究科教授／岩手大学大学院連合農学研究科教授
幹事	松田 二子	(連携会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
	西川 正純	(第二部会員)	宮城大学参与／名誉教授／食産業学群特任教授
	有路 昌彦	(連携会員)	近畿大学世界経済研究所教授
	池田 正浩	(連携会員)	宮崎大学農学部獣医学科教授
	笠嶋 快周	(連携会員)	JRA 日本中央競馬会競走馬総合研究所シニアエキスパート
	菊水 健史	(連携会員)	麻布大学獣医学部教授
	熊谷 日登美	(連携会員)	日本大学生物資源科学部特任教授
	迫田 義博	(連携会員)	北海道大学大学院獣医学研究院教授
	佐藤 晃一	(連携会員)	山口大学理事／副学長
	佐藤 礼一郎	(連携会員)	宮崎大学農学部獣医学科教授
	澁澤 栄	(連携会員)	京都女子大学高等教育開発センター教授
	志水 泰武	(連携会員)	岐阜大学応用生物科学部共同獣医学科教授
	関崎 勉	(連携会員)	東京大学名誉教授／放送大学客員教授／京都大学大学院医学研究科研究員
	高井 伸二	(連携会員)	北里大学名誉教授
	田中 あかね	(連携会員)	東京農工大学農学府・農学部特任教授
	西澤 真理子	(連携会員)	株式会社リテラジャパン代表取締役
	芳賀 猛	(連携会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
	水谷 哲也	(連携会員)	東京農工大学農学部附属感染症未来疫学研究センターセンター長／教授
	安永 円理子	(連携会員)	東京農工大学グローバルイノベーション研究院教授
	渡邊 登喜子	(連携会員)	大阪大学微生物病研究所感染機構研究部門教授

日本学術会議農学委員会・食料科学委員会合同産業生物バイオテクノロジー分科会
ゲノム編集技術検討小委員会

委員長	磯部 祥子	(第二部会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
副委員長	立川 雅司	(連携会員)	名古屋大学大学院環境学研究科教授
幹事	丸山 明子	(連携会員)	九州大学大学院農学研究科教授
幹事	吉田 薫	(連携会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科特任教授
	江面 浩	(連携会員)	筑波大学生命環境系特任教授
	山本 卓	(連携会員)	広島大学大学院統合生命科学研究科教授
	木下 政人	(連携会員(特任))	京都大学大学院農学研究科准教授

瀬筒 秀樹

農業・食品産業技術総合研究機構生物機能利用研究部門所長

高原 学

農業・食品産業技術総合研究機構生物機能利用研究部門ゲノム編集作物研究領域領域長

長嶋 比呂志

明治大学農学生命科学研究科教授

西田 敬二

神戸大学先端バイオ工学研究センター・大学院科学技術イノベーション研究科教授

村中 俊哉

大阪大学大学院工学研究科名誉教授・特任教授

本見解の作成に当たり、以下の職員が事務を担当した。

郷家 康德

参事官（審議第一担当）

加瀬 博一

参事官（審議第一担当）付参事官補佐

増田 能伸

参事官（審議第一担当）付審議専門官

要 旨

1 作成の背景

世界人口の増加や気候変動による異常気象が深刻化する中、食料生産の増大と環境適応は喫緊の課題となっている。こうした状況の下、作物生産・畜産・水産・微生物産業などの「産業生物」分野において、従来の品種改良に加え、CRISPR-Cas9*に代表される「ゲノム編集技術」の利用が拡大している。ゲノム編集技術は、外来遺伝子を導入せずに標的遺伝子を改変できる利点を備え、既に高 GABA*トマトや可食部増量マダイ等、日本国内でも実用化・市場流通が始まっている。一方、新技術に対する社会的な不安や懸念も存在し、技術の安全性や規制の在り方、市民への情報提供の在り方について、科学的根拠に基づいた整理と社会的な合意形成が求められている。

本見解は、ゲノム編集技術の科学的原理、各産業分野での開発動向、安全性評価の現状、国内外の規制動向、そして社会とのコミュニケーションの在り方を多角的に整理し、技術の健全な発展と社会受容に向けた指針を示すものである。

2 現状及び問題点

ゲノム編集技術は、CRISPR-Cas9*技術の開発により急速に普及し、意図しない部位に変異が入るリスクを低減する技術やDNAを切断しない塩基編集*などの新技術も開発されている。作物、家畜、水産物、微生物、昆虫など多岐にわたる生物で産業利用が進み、特に水産分野では日本が世界に先駆けて商業利用を開始している。

安全性と規制に関しては、DNAの導入及び残存の有無に基づくSDN* (Site-Directed Nuclease) 技術の3区分のうち、外来DNAを導入しないSDN-1については従来の育種と同等とみなされ、日本ではカルタヘナ法*及び食品衛生法の規制対象外（ただし、届出・情報提供は必須）として運用されている。科学的にも全ゲノム解析等により意図しない変異の検証が可能となっている。

一方、規制の枠組みは国によって異なり、南米やアメリカ、アジア諸国がSDN-1を規制緩和する方向にあるのに対し、EUでは司法判断による規制下に置かれており、現在見直しが進められている。この国際的な規制の不調和が種苗や食品の貿易における障壁となる可能性がある。

「社会受容」にも温度差がある。市民のゲノム編集に対する認知度は高まりつつあるものの、内容は十分に理解されておらず、漠然とした不安を持つ層が多いという調査結果が得られている。ゲノム編集の科学コミュニケーションにおいては、これまでの「科学的知識を与えれば理解される」という欠如モデルに基づく情報発信を改め、受け手の価値観を尊重し、一方向の情報提供だけではなく双方向の対話も適切に組み合わせることが重要である。市民との信頼構築のためには、ゲノム編集を用いる利点に加え、技術的・社会的懸念点や不確実性を回避せず、市民に適切に

説明することが重要である。さらに、議論の透明性や公平性、心理的安全性の確保など、単なる理解促進や受容獲得ではなく、社会課題の解決と豊かな未来に向けた「共創」を目指す姿勢が求められる。

3 見解の内容

(1) 実用化に向けた技術的課題の克服と精緻な検証

ゲノム編集の社会実装には、オフターゲット変異の抑制や標的部位周辺での構造変化の精緻な検証といった精度向上が不可欠である。また、主要穀物の高次倍数性に対応する多重編集技術の確立や、多様な生物種における効率的な導入系の確立が重要な技術的課題として残されており、最新の科学的知見に基づきこれら不確実性の制御と評価を継続することが重要である。

(2) 科学的根拠に基づく透明性の高い制度運用と国際協調

ゲノム編集生物の安全性については、従来育種との同等性が確認された場合には規制しないとする考え方が国際的に主流である。その場合でも日本が採用している科学的知見に基づく届出・情報提供制度は、透明性を確保する上で有効であり、今後もこの運用を維持・発展させるべきである。加えて、貿易や流通の円滑化に向け、各国の規制当局間での情報共有や、調和のとれた国際的ルールの実運用に向けて議論を主導していくことも重要である。

(3) 科学コミュニケーションの在り方

社会的な信頼構築のためには、情報や意見の多様な流れを意識したコミュニケーションが重要である。まず、市民との信頼構築の基盤として、正確で分かりやすい情報を広く提供する一方向コミュニケーションと、市民の疑問や価値観を踏まえて相互に理解を深める双方向コミュニケーションの双方が重要である。また、技術的な安全性評価に加え、環境負荷低減や健康増進などの具体的な利点とともに、技術的・社会的懸念点についても丁寧に説明することが重要である。利点と課題の双方を提示することで、市民が主体的に判断・選択できる情報提供が可能となる。加えて、「ゲノム編集」という用語が持つ心理的障壁を考慮し、技術の意義を適切に伝える用語の在り方を検討するなど、社会とのコミュニケーションを一層充実させることが望まれる。

(4) 多様な主体による、ゲノム編集技術に対する合意形成

技術の社会実装と社会受容を並行して進めるべきである。ゲノム編集技術は、持続可能な食料生産や環境保全に貢献しうる強力なツールである。その可能性を最大限に活かすため、科学への信頼を基盤とした「科学と社会の接点」の強化が必要である。研究者、技術者のみならず、政策決定者、産業界、教育関係者、そして一般市民などの多様な主体が対等な立場で参画できる対話の場を創出し、技術の利用目的や社会的意義について合意形成を図るプロセスが求められる。

目 次

1 はじめに	1
2 ゲノム編集技術の概要	2
3 ゲノム編集生物の開発事例	4
(1) 作物.....	4
(2) 家畜.....	5
(3) 水産物.....	6
(4) 微生物.....	6
(5) 昆虫.....	8
(6) ゲノム編集技術による食料安全保障への貢献.....	9
4 ゲノム編集生物の安全性の考え方	11
(1) ゲノム編集の分類と従来育種との関係.....	11
(2) 安全性に関する懸念と特有の論点.....	11
(3) 届出制度	12
(4) 安全性確認の実際	12
(5) 産業生物におけるゲノム編集個体の安全性に関する考察.....	13
(6) 技術開発者・利用者に求められる倫理と責務.....	14
5 規制の在り方と今後の課題	15
(1) 規制をめぐる国内外の動向	15
① 日本	15
② アルゼンチン	16
③ オーストラリア	16
④ アメリカ	16
⑤ EU	17
⑥ 欧州における非 EU 国	17
⑦ アジア諸国	17
(2) 各国の規制からの示唆	17
① 研究段階での規制担当者への相談機会.....	18
② 申請後のタイムスケジュールの明確化.....	18
③ 表示	18
④ 貿易	18
6 科学コミュニケーションの在り方	20
(1) ゲノム編集技術に対する市民の理解と科学コミュニケーション.....	20
① 市民の認知と理解の現状	20
② 科学コミュニケーションにおける考え方の変遷.....	20

(2) ゲノム編集における科学コミュニケーションの在り方.....	21
① 一方向コミュニケーション（科学的に正確で分かりやすい情報発信）.....	21
② 双方向コミュニケーション	21
③ 理解を妨げない表現と多様な主体による共創を目指す科学コミュニケーション.....	22
7 おわりに	24
<用語の説明>	26
<参考文献>	30
<参考資料>	37
<付録>	39
資料 1	48
資料 2	50

<用語の説明>で説明されている用語については、本文中にアスタリスク（*）を付した。

1 はじめに

21 世紀に入り、世界は急速な人口増加と地球規模の環境変動という重大な課題に直面している。こうした中、国連食糧農業機関（FAO）は、2050 年までに世界の食料生産を 2009 年比で 70%以上増やす必要があると提言しており、環境変動に適応した生産技術の開発は喫緊の課題となっている[1]。

本見解が対象とする「産業生物」、すなわち農林水産業やバイオ産業において利用される作物・家畜・水産物・微生物・昆虫等の分野では、従来の品種改良や栽培・飼養・培養技術に加え、新たな生物機能の創出が求められている。その中核技術が、CRISPR-Cas9*（Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats [CRISPR]-CRISPR associated protein 9 [Cas9]）に代表される「ゲノム編集（Genome Editing）技術」である。本技術は外来遺伝子を導入することなく標的ゲノム領域を改変でき、従来の遺伝子組換え（GM0: Genetically Modified Organism）技術とは一線を画す[2]。既に機能性向上トマト、筋肉量を増加させた豚、成長を促進させたタイやマダイ、高生産性の発酵菌株など、本技術の応用例が実用段階に達している。標的を正確に制御できる高い確実性によって、これまで長期間を要していた新品種の作出過程を数分の一にまで短縮できる点が、本技術の最大の利点である。また、医療分野でも活用が進み、日本学術会議においても 2017 年と 2020 年に関連する提言を行っている[3, 4]。

一方で、技術的な側面では、ゲノムの意図しない部位に変異が入ってしまう「オフターゲット変異*」の発生が課題として指摘されている。また、作出した生物による生態系への影響や倫理的な課題といった社会的課題への懸念も依然として大きい。外来遺伝子が残らない場合でも、技術への不安や表示・流通をめぐる不透明さが社会受容を難しくしている[5]。そのため、技術開発と並行して、社会がゲノム編集技術をどのように理解し受容するかを考える視点が不可欠である。信頼性の高い情報提供、透明性ある制度運用、そして丁寧な社会的対話が、健全な技術発展の基盤となる。

日本学術会議は、生物の人為的改変技術について複数の提言や報告を示してきた[6-10]。一方、当時は研究段階にあったゲノム編集技術も、この 10 年で実用化が進み、ゲノム編集食品に直接接する機会が生じるなど、現在は市民生活に近い技術となっている。この状況を踏まえ、本見解では、ゲノム編集技術の科学的原理と技術動向、産業生物分野での応用事例、安全性に関する最新の知見、制度設計の現状と課題、科学コミュニケーションの在り方を多角的に整理した。その上で、国民の理解と判断の参考となるよう、今後の規制の在り方と多様な主体による科学コミュニケーションのあるべき姿について考察した。本見解が、技術の可能性と課題の両面に向き合い、科学的知見に基づく冷静で丁寧な社会対話の促進に寄与し、健全で持続可能な利用の指針形成に向けた共通基盤となることを期待する。

2 ゲノム編集技術の概要

ゲノム編集とは、細胞内で標的遺伝子を切断し、その切断箇所の塩基配列を狙って改変する技術である[2]。従来の組換え技術では、標的遺伝子の効率的な改変は一部の生物種に限られていたが、ゲノム編集は原理的にすべての生物種の遺伝子改変に適用可能である。特に細菌由来の CRISPR-Cas9* を用いたゲノム編集は簡便かつ高効率であることから、基礎研究から応用研究に至るまで急速にその利用が広がっている。

ゲノム編集技術の基盤は、細胞の核あるいは細胞内小器官（ミトコンドリアや葉緑体）において、標的遺伝子の塩基配列に基づき DNA 二本鎖切断（DSB : Double-Strand Break*）を誘導する人工の DNA 切断システム（ゲノム編集ツール）である。生体内の DNA は、自然放射線や紫外線、発ガン物質、活性酸素などにより DSB を受ける。通常、DSB は細胞が備える修復システムによって正確に修復されるが、まれに短い配列の欠失や置換、挿入を伴う修復ミスが生じ、自然突然変異の原因となる。ゲノム編集では、標的配列を人為的に切断し、その後にかかる修復システムのミスによる突然変異を利用する。切断箇所に変異が導入されると、ゲノム編集ツールがその変異配列を認識できなくなり、変異が固定される。さらに、ゲノム編集ツールとともに挿入したい鋳型配列を共導入すれば、切断箇所に外来遺伝子断片を挿入（遺伝子ノックイン）することも可能である。ただし、外来遺伝子断片の挿入は、既存の遺伝子組換え実験に該当する。

ゲノム編集技術では、標的 DNA 配列を認識し切断するための分子ツールが次々と開発されてきた。1980 年代に開発された第一世代の ZFN*（Zinc-Finger Nuclease）と 2010 年に開発された第二世代の TALEN*（Transcription Activator-Like Effector Nuclease）は、転写因子様エフェクター（TAL effector）の DNA 認識・結合ドメインと制限酵素の切断ドメインから構成されるタンパク質型のゲノム編集ツールである。しかし、標的配列に特異的に結合する DNA 結合ドメインの設計・作製・選別が不可欠であり、高い特異性を持つツールの構築には依然として熟練した技術が求められてきた。

一方、2012 年に初めて報告された第三世代の CRISPR-Cas システムは、短い一本鎖 RNA（ガイド RNA*）と切断酵素 Cas9 Nuclease（Cas9）から成る RNA-タンパク質複合体（RNP）型であり、ガイド RNA* の設計と作製が容易である点が大きな特徴である[11]。ゲノム編集を行うには、標的配列の認識と切断の目印となる短い PAM*（Protospacer Adjacent Motif）配列が遺伝子内に存在する必要がある。この配列が標的付近にあれば、変異を導入するためのガイド RNA* を設計することが可能となる。特に CRISPR-Cas9* は、PAM* が NGG（N はどの塩基でもよい）という、ほとんどの遺伝子に存在する塩基配列であり、かつ高い切断活性を有することから、微生物・動物・植物を問わず、あらゆる生物種において利用が急速に拡大した。現在では、CRISPR-Cas12a[12]を含む様々な細菌由来の CRISPR-Cas システム

が開発されており、国内でも CRISPR-Cas3[13]など異なるタイプの研究開発が進められている（付録 表 1）。さらに、大学などの研究機関における基礎研究では、これらのゲノム編集ツールがプラスミド等の研究資材を収集・提供する Addgene など非営利組織を通じて容易に入手できることも技術を普及させる要因となっている。

一方、DSB を伴うゲノム編集では、標的外での切断による予期せぬ変異（オフターゲット変異*）が生じる技術的課題がある。この課題に対応するため、近年は認識・結合システムと多様なエフェクターを組み合わせ、一本鎖切断や非切断などを行う派生技術が開発されている。代表例として、CRISPR-Cas9*の切断ドメインの一方を不活化した nCas9 (Cas9 nickase) と逆転写酵素を組み合わせ、ガイド RNA*を利用した逆転写によって改変する配列をゲノムに挿入するプライム編集*[14]や、nCas9 にシトシン脱アミノ化酵素を連結し、一塩基レベルの改変（シトシンからチミン）を可能にした塩基編集*（BE : Base Editing）がある[15]。さらに、Cas9 の両切断ドメインを不活化した dCas9 (dead Cas9) に転写活性化ドメインや転写抑制ドメインを結合させ、標的遺伝子の転写調節領域に結合させることで、遺伝子発現量を調節する技術も確立されている[16, 17]。また、エピゲノム修飾酵素を融合したエピゲノム編集*ツールも開発され、遺伝子発現制御への応用例が示されている[18]。このように、構成要素の組合せによって新たな派生技術が次々に創出されている。

ゲノム編集技術は、その改変様式に応じて一般に SDN（Site-Directed Nuclease）技術の 3 区分（SDN-1、SDN-2、SDN-3）に分類される（付録 表 2）。SDN-1 は DNA 切断後の修復過程を利用して小規模な欠失・挿入・塩基置換を導入するものであり、SDN-2 は鋳型 DNA を利用した比較的小規模な配列改変、SDN-3 は標的部位への比較的大きな DNA 配列の導入を伴う。これらの区分は、第 3 章で示す各種開発事例や、第 4 章で述べる安全性評価・規制上の考え方を理解するための基本的な分類である。

なお、ヒトの遺伝子治療及び再生医療の分野においても、ゲノム編集は高い可能性と期待を有しており、ゲノム編集ツールを用いて細胞外で遺伝子改変を行い治療に応用する体外（*ex vivo*）治療法と、ゲノム編集ツールを直接体内に送達する体内（*in vivo*）治療法の開発が世界的に進展している[13]（付録 資料 1）。

こうしたゲノム編集技術を商業利用する際には、ゲノム編集ツールに関する知的財産権にも配慮が欠かせない。特に、CRISPR-Cas9*には複数の基本特許が存在し、現在も特許係争が続いているため、産業生物としての実用化・市場投入に当たっては、他者の特許権を侵害していないかを確認する自由実施調査や、利用目的に応じた適切な実施権の取得など、十分な調査が求められる。知的財産権に関するリスクを避けるためには、権利関係が整理されたゲノム編集ツールを選択して利用することが有効な方策となる。

3 ゲノム編集生物の開発事例

近年、ゲノム編集技術の進展により、多様な生物種を対象とした応用研究が加速している。特に、農業、畜産業、水産業、養蚕業における品種改良や微生物を用いたバイオものづくりにおいては、これまで長期間を要していた新品種の作出過程を大幅に短縮できる点が大きな魅力となっている。本章では、作物、家畜、水産物、微生物、昆虫といった主要な産業生物領域におけるゲノム編集技術の開発事例を概観し、その応用状況と今後の展望について整理する。

(1) 作物

作物におけるゲノム編集技術の実用化例として、サナテックシード株式会社（現サナテックライフサイエンス株式会社）と筑波大学が共同開発した高 GABA* トマトが挙げられる。これは GABA*（ γ -アミノ酪酸）の合成酵素遺伝子に変異を導入することで酵素活性を高め、GABA 含有量を高めたものであり、2020 年に厚生労働省への届出が受理され、2021 年より市場流通が開始された[19]。また、本品種は農林水産省において、従来の育種品種と同様に種苗法に基づく品種登録（第 28558 号）が行われている。これは、ゲノム編集技術によって開発された新品種が、知的財産の保護においても既存の育種体系と矛盾なく統合・運用されることを示した画期的な判断といえる。

日本国内では、農林水産省に届出のあったゲノム編集技術により得られた農林水産物の一覧がウェブサイトで公開されている[20]。2025 年 11 月現在、農産物として高 GABA* トマトの他に、パイオニア・ハイブレッッド・インターナショナル社が開発したワキシートウモロコシ*、J.R. Simplot Company が開発した高小型塊茎数ジャガイモ[20, 21]、及びグランドグリーン株式会社が開発した高糖度トマトが届け出られている（付録 表 3）。

国内では、研究開発段階における屋外試験も進んでいる[22a]。先駆的な事例として、ステロイドグリコアルカロイド含量の低減を目的としたゲノム編集ジャガイモ[22b]の野外栽培試験があり、公的届出に基づく初の事例として安全性・実用性評価の枠組み整備に寄与した。その後も複数の作物で屋外試験や実用化に向けた評価が進められている。一方、作物の改良における当面の技術的課題として、コムギ等の主要穀物に見られる高次倍数性*を効率的に扱う多重編集技術の確立がある。例えばコムギでは、穂発芽*被害を低減するため、*TaQsd1* 同祖遺伝子群（A/B/D ゲノム）の機能を同時に低下させ、休眠性を強化することで穂発芽*耐性を高めることを狙ったゲノム編集系統が国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構から報告されている。これは高次倍数性*（コムギは異質六倍体）に由来する遺伝子の冗長性に対し、部位特異的ヌクレアーゼ（Site-Directed Nuclease[SDN*]）による同時改変（多重編集*）を用いた国産の応用例である[23]。海外でも、イネの病害抵抗性遺伝子群や環境ストレス応答性遺伝子の編集をはじめ[24]、トマト、複数種のアブラナ科野菜、レ

タス、キュウリ、バナナ、ブドウ、カンキツ、アサガオなど多様な種でゲノム編集個体が作出されている[25]。

作物の改良における当面の技術的課題は、コムギ等の主要穀物に見られる高次倍数性*を効率的に扱う多重編集*技術の確立や、貯蔵性向上によるフードロス低減などの具体的な付加価値を、多様な品種へ迅速に付与するゲノム編集技術の最適化にある。これらの技術革新が、気候変動下における安定的な食料生産の基盤となることが期待される。

(2) 家畜

家畜におけるゲノム編集技術の適用は、従来の選抜育種では改善が難しかった疾病耐性、動物福祉、環境適応性などを短期間で改善しうる技術として注目されている。CRISPR-Cas システムや TALEN*を用いた精密な遺伝子改変技術は、家畜種ごとに多様な形質改良に活用されている[26]。例えばニワトリでは、生産性や衛生管理に関わるウイルス耐性、羽色、羽性*等の改良が試みられ、鳥インフルエンザ等に対する宿主側因子の標的編集も進んでいる[27, 28]。また、CRISPRi/a* を用いた発現制御や多重編集*により、卵質改善や発生生物学研究への応用も拡大している。一方で、ニワトリでは体外受精や初期胚操作が技術的に困難なため、効率的な導入系の確立が課題となっている。

ブタでは養豚産業に甚大な被害を与える PRRS（豚繁殖・呼吸障害症候群）に対し、ウイルスの結合部位となるタンパク質をコードする CD163 遺伝子の特定ドメイン改変による抵抗性ブタの作出が報告されている。CRISPR-Cas9*により、ウイルスが結合する SRCR5 ドメインを欠失させたブタは、PRRS ウイルス感染を完全に防御し得ることが示され[29]、感染症耐性家畜の実現可能性を示す代表例となった。ただし、このような改変が免疫応答や繁殖性に及ぼしうる長期的影響については、今後も慎重な評価が必要である。

一方、ウシでは暑熱耐性に関わる短毛（slick coat）形質が重要視されており、CRISPR-Cas システムにより短毛形質を導入した乳牛がアメリカ食品医薬品局（FDA）により低リスク個体として承認された[30]。短毛化には PRLR 遺伝子や関連転写因子群が関与することが知られており、今後は発現制御領域を含む精密改変により、多様な牛種への適用が見込まれる。また、無角（polled）形質については、TALEN*を用いて乳牛に変異を導入した結果、得られた子牛が遺伝的・形態的に無角であることが確認された[31]。この改変は去角処理を不要とし、畜産の安全性・管理性を高め、動物福祉にも寄与する実用的改変の好例といえる。

一方、医療分野への応用においてもゲノム編集を含む遺伝子改変（ゲノム編集及び外来遺伝子導入）が施されたブタの臓器を用いる異種移植利用が臨床応用の段階を迎えている。移植医療の分野では、アメリカのバイオテクノロジー企業である eGenesis, Inc. 及び United Therapeutics Corporation が開発し

たゲノム編集ブタ[32, 33]の腎臓移植が臨床治験に入り、現在も移植患者の生存（2025 年 10 月現在で 9 か月）が確認されている。また、心臓移植においても、脳死者への試験移植を経て、2022 年 1 月には FDA の人道的使用基準に基づき末期心不全患者への移植が行われた。これらの事例に用いられたゲノム編集ブタは、ゲノム正常性や臓器の機能に関する FDA の厳格な審査を通過した個体である。

(3) 水産物

長年にわたり育種が進められ、多様な品種が形成されてきた作物や家畜と異なり、魚介類は育種の歴史が浅く、特徴的な系統（品種）が十分確立されていないのが現状である。一方、近年の健康志向の高まりや天然資源保護意識の向上を背景に、世界的に漁獲から養殖への移行が進んでおり[34]、FAO の統計でも世界の養殖生産量は漁獲量を上回るまでに至っている。こうした状況の下、養殖に適した系統や消費者ニーズに合致した系統を迅速に作出することが求められ、その手法としてゲノム編集技術の活用が進んでいる。

ゲノム編集技術によって作出された水産物の商業流通は、日本が世界に先駆けて開始した。2025 年 9 月現在で、消費者庁にはマダイ（可食部増加）、トラフグ（成長促進）、ヒラメ（成長促進）、ティラピア（可食部増加）の 4 種が届出されている[35]（付録 表 3）。このうち、マダイ、トラフグ、及びヒラメはオンライン販売が行われているが、一般小売店での常時販売には至っていない。基礎研究としては、共食いを抑制したサバ、衝突死を避けるマグロ、生殖抑制したニジマスやニベなど、多様な研究が進められ、魚類以外では、海藻類（アオノリ）に対するゲノム編集の取組も報告されている。

海外では、ゲノム編集したティラピア（可食部増加）の開発がブラジルで行われており、日本以外で初の動物ゲノム編集食品となる可能性がある。そのほか、可食部増加（ヒラメ、コイ類、ナマズ類など）、成長促進（サケマス類）、耐病性向上（サケマス類、コイ類、ナマズ類、ヒラメ）、生殖抑制（サケマス類、コイ類、ティラピア）、脂質組成改変（サケマス類）を目指した研究が行われている[36]。魚類以外では、マガキ（可食部増加）[37]、甲殻類（耐病性向上、色素沈着）[38]でゲノム編集が行われている。水産生物は魚類から無脊椎動物まで多岐にわたり、生物種に応じたゲノム編集ツール導入技術の最適化が進んでいる。これまでは生産性向上を目的とした改良が中心であったが、今後は食品や産業材料としての付加価値向上や価値創出を目指した系統の市場投入が期待される。

(4) 微生物

微生物は細菌・古細菌などの原核生物から、酵母・糸状菌・藻類などの真核生物までを幅広く含み、従来は遺伝子操作が困難であった種も多かった。しか

し、ゲノム編集技術の導入により利用価値は大きく向上し、マーカーレス編集*や多重編集*、CRISPRi/a*などの手法の適用が進んだことで、物質生産、食品、プロバイオティクス*、医療、農業など、多様な分野での展開が期待されている。CRISPR は元々細菌由来の獲得免疫機構であり、多くの細菌が内在性 CRISPR システムを有することから、これを利用して細菌自身のゲノムを人為的に編集させることも可能である[39]。さらに、ゲノムデータベースから CRISPR 領域を網羅的に推定する取組が進み、新たな機能や特徴的なシステムが発掘され、ゲノム編集ツールとして採用されつつある[40]。

原核生物である細菌では、DNA 二本鎖切断*を修復する非相同末端修復* (NHEJ) 活性を持つ種は限られており、多くの場合、ゲノム編集による切断は細胞死を招く。そのため、鋳型 DNA を共導入する相同組換えが必要となるが、細胞死が編集されていない細胞を特異的に除去するネガティブセレクション*として働き、高効率な編集につながる場合もある。一方、CRISPR-Cas9*の毒性により、ベクター*導入自体が困難な例も報告されており、一本鎖切断、CRISPR-Cas12a の利用、デアミナーゼ*を用いた塩基編集*などの代替手法が開発されている[41]。国内では、塩基編集*された大腸菌が非組換え生物扱いで研究試薬として販売されており、今後はプロバイオティクス*、生菌製剤*、生物農薬*などへの応用が予想される。さらに、放線菌による二次代謝産物生産、*Clostridium* 属によるアセトン*やブタノール*生産、水素細菌によるバイオプラスチック生産など、産業利用の可能性も広がっている。加えて、細菌叢における特定の菌をゲノム編集により選択的に改変・除去排除する技術も検討されており、ファージ*を用いた手法では多剤耐性菌を除去する概念実証も報告されている[42]。ただし、ファージ*利用には安全性と伝播性の制御に関する懸念も伴う。なお、ガイド RNA*と Cas9 タンパク質の複合体を用いる RNP 法は細菌では報告が少なく、DNA ベクター*の利用が難しい細菌種への適用は大きな課題である。

出芽酵母は相同組換え活性が高く、元々遺伝子改変が容易な真核生物のモデル生物である。CRISPR-Cas システムの導入によって、複数遺伝子のマーカーレス編集*や発現制御、ゲノムワイドスクリーニング*、Gene drive*、さらには大規模な染色体改変などが可能となり、ゲノム工学の実証的役割も担っている。応用面では、エタノールなどのバイオ燃料生産、メタノール資化性酵母によるタンパク質生産、油性酵母による油脂生産など、それぞれの特性に応じた生産性強化に向け、多重改変やゲノムワイドなスクリーニングが進展している。

糸状菌には、発酵食品や酵素生産の宿主として有用な麹菌、食品となるキノコ類、医薬品に用いられる二次代謝産物を産生するカビ類、植物病原体のいもち病菌などが含まれ、ゲノム編集の様々な実施例が報告されているが、編集結果や効率には菌種間で差が見られる[43]。応用例としては、2016 年に CRISPR-Cas を用いて褐色化を抑制したマッシュルームがアメリカ農務省 (USDA) によ

り遺伝子組換え規制の対象外と判断された事例がある。その後、アメリカ食品医薬品局（FDA）の認可に対応する旨が発表されていたものの、2025 年現在で続報はない。工業的には木材腐朽菌による木質バイオマスの資源化や多様な二次代謝産物の生産性向上について、従来は遺伝子組換えで行っていた改良をゲノム編集技術で実現することで、管理性向上やコスト削減が期待されている。

微細藻類は、バイオ燃料やファインケミカル*をカーボンニュートラルに生産する手段として注目されている。緑藻のクラミドモナスでは CRISPR-Cas9*のベクター*発現による毒性が課題であったが、RNP 法の導入により高効率な編集が可能になり、ベクター*系が未整備の藻類を中心に適用例が増えている[44]。一方、原核生物であるシアノバクテリアではベクター*法が主流である。応用面では、ナンノクロロプシスなどを用いた、非組換え生物による屋外バイオ燃料生産が期待されている[45]。

今後は、従来は遺伝子操作が困難であった多様な生物種にもゲノム編集の適用が広がり、合成生物学的研究が進展すると見込まれる。さらに、「バイオファウンドリ」すなわち、自動化や大規模並列化による高度な実験基盤の整備により、微生物株の設計・構築・評価を合理的かつ高速に実施することが可能となる。これにより、物質生産菌の効率的な改良や機能性微生物の迅速な開発が促進され、バイオものづくりをはじめとする微生物の産業利用の加速が期待される。

(5) 昆虫

昆虫では、モデル昆虫であるキイロシヨジョウバエを中心に、ハエ目、チョウ目、コウチュウ目、ハチ目、バッタ目など多様な種でゲノム編集が実施されている。主な目的は遺伝子機能解析であるが、有用物質生産や害虫制御技術への応用も進んでいる。編集ツールはCRISPR-Cas9*などのCRISPR系が主流だが、カイコなど、一部の昆虫では TALEN*も利用されている。一般に昆虫では、交配・採卵後に核膜が形成される前の初期胚へ、ゲノム編集酵素等を含む溶液をガラス針で注入し、次世代でゲノム編集個体を確立する方法が用いられる。また、注入当代で一過的な表現型を観察することも可能である。しかし、採卵が容易でない種や卵殻が柔らかく注入によるダメージが大きい種も多いため、産卵前のメスの成虫にゲノム編集酵素等を注入し、卵母細胞へ取り込ませてゲノム編集を行う ReMOT 法* (Receptor-Mediated Ovary Transduction of Cargo) も開発されている[46]。

昆虫のゲノム編集の具体的応用として、国内では耐暑性・広食性の付与や繭色改変等を行ったカイコが開発され、養蚕農家等での飼育が試みられている。さらに、医薬品原薬となる組換えタンパク質を高発現するカイコを、拡散防止措置をとった第二種使用等*の施設で飼育する試みも進められている。既存の遺

伝子組換えカイコ（蛍光タンパク質含有絹糸生産カイコ、高染色性絹糸生産カイコ）については、1）野生動物との競合における優位性、2）有害物質の産生性、3）野生生物（餌となる植物等）の捕食性、4）近縁野生種（クワコ）との交雑性についていずれも懸念がないと判断され、農家での生産が実現している。したがって、ゲノム編集カイコにおいても第一種使用等*が認められやすく、第一種使用等*又は第二種使用等*での産業利用が早期に進展すると見込まれる。

そのほか、セイヨウミツバチでは体色改変をマーカーとして利用し、系統の管理やトレーサビリティ向上に活用する研究や薬剤抵抗性付与の取組が進んでいる。また、フタホシコオロギでは高栄養化や昆虫食向けの加工性の向上、アメリカミズアブでは高栄養化などを旨とした研究が行われている。

国外では、ゲノム編集技術を用いて、ネッタイシマカ、ガンビエハマダラカ、ステフェンスハマダラカ、ネッタイイエカなど、感染症を媒介するカ（ハエ目）の駆除に向けた研究が盛んである。特に、生物の集団全体に特定の変異型遺伝子を広げる Gene drive*技術は、Cas9 とガイド RNA*の遺伝子カセットを導入した個体を野生個体と交配させ、特定変異を集団に急速に広げるもので、カやチチュウカイミバエなどの害虫・外来種の駆除等への活用が期待される。一方、集団動態や生態系等への影響が懸念され、慎重な議論が続いている。

さらに昆虫ゲノム解読の進展により、モデル昆虫以外でも遺伝子機能解析が急速に進展している。上記の昆虫に加え、キイロショジョウバエなどのハエ目、カブラバハチやキョウソヤドリコバチ等のハチ目、ドクチョウ属などのチョウ目、コクヌストモドキ、ナミテントウやカブトムシなどのコウチュウ目、チャバネゴキブリなどのゴキブリ目、さらに原始的な昆虫であるシミ目など、多様な昆虫においてゲノム編集を利用した遺伝子機能解析や応用研究が進められている。

今後は、多様な昆虫でゲノム解読と編集が容易になることで基礎研究が加速し、それに伴い応用研究も活発化すると考えられる。カやハエなどの害虫制御への応用が進む一方、野外導入に関する規制整備は依然として課題であり、実装には時間を要する見込みである。また、カイコ等における有用物質生産では、狙った位置への遺伝子ノックインにより、組換えタンパク質の発現量が5～10 倍に上昇した例があり、技術の社会実装が期待される。今後、ゲノム編集技術は、合成生物学の手法による機能改良・制御のための昆虫デザインの実装ツールとして、ますます活用されるだろう。

(6) ゲノム編集技術による食料安全保障への貢献

本章で概観した産業生物におけるゲノム編集技術の活用事例は、産業生物の新たな高付加価値化に加え、人口増加や気候変動といった地球規模の課題解決に向けた具体的な道筋を示すものである。特に、日本が世界に先駆けて実用化

した水産物における可食部増量や成長促進技術は、限られた飼育資源や投入エネルギーの中で、より多くのタンパク質を短期間に生産することを可能にするものであり、世界の人口増加に伴う需要拡大に直接的に寄与するモデルといえる。一方で、作物における穂発芽耐性の付与や家畜における暑熱耐性の導入といった「環境適応」技術は、深刻化する異常気象による収穫ロスや生産性低下を未然に防ぐ役割を担う。すなわち、現在のゲノム編集技術の応用は、「生産効率の抜本的向上」と「環境ストレスによる損失の回避」という両面から、持続可能な食料安全保障の実現に貢献するものとして位置付けることができる。

4 ゲノム編集生物の安全性の考え方

(1) ゲノム編集の分類と従来育種との関係

ゲノム編集技術で得られた生物の安全性を評価する上では、まず当該生物が遺伝子組換え生物（GMO）に該当するか否かを明確に区分する必要がある。この分類には、DNA の導入及び残存の有無に基づく SDN（Site-Directed Nuclease）*技術の3区分（SDN-1, 2, 3）が用いられる（付録 表2）。SDN-1 は外来 DNA を導入せず、標的遺伝子に小規模な欠失や挿入変異を導入する技術である。SDN-2 は一時的に外来 DNA を導入して標的配列の一部を鋳型に基づき修復・置換するが、最終産物中に外来 DNA が残存しない場合がある。一方、SDN-3 は、標的ゲノム上に新たな DNA 配列を導入・組み込むものであり、最終産物には外来 DNA が残存する。安全性評価や規制上重要なのは、これらの区分は使用した技術そのものではなく、最終産物の DNA 構成に基づいて判断される点である[47]。すなわち、同じ CRISPR-Cas9 などのゲノム編集ツールを用いた場合でも、最終的な改変内容によって SDN-1、SDN-2 又は SDN-3 に分類され、それに応じて規制上の取扱いが異なる。

日本では 2019 年に、消費者庁、厚生労働省、農林水産省、環境省が連携して、ゲノム編集技術を応用した生物、食品・飼料に関するルールを策定した[48]。宿主細胞に細胞外で加工した核酸を導入していない場合、又は導入しても最終的に核酸が残存しない場合には、カルタヘナ法*上の「遺伝子組換え生物等」には該当せず、関係省庁への届出又は情報提供によって商業利用が可能となる。従来育種においても、自然突然変異や放射線・化学変異誘発、交配・選抜によって多数の遺伝変異が創出されてきた。ゲノム編集により得られる変異がこれらと同等の範囲に留まる場合、従来育種と本質的な差はないと考えられるものの、関係省庁への届出や情報提供を通じた安全性の確認が義務付けられている（(3)届出制度の項を参照のこと）。

(2) 安全性に関する懸念と特有の論点

上記のように安全性の懸念がないと判断される限りにおいて、SDN-1 により得られた変異体は、カルタヘナ法*及び食品衛生法では規制の対象外である。一方、SDN-2 はカルタヘナ法*では規制対象となり、食品衛生法ではケースバイケースで判断される。ゲノム編集技術に対しては、その革新性ゆえに安全上の懸念も指摘されている。これは従来育種にも共通する懸念とゲノム編集に特有の懸念に大別できる。前者としては、改変生物が環境中で交雑・拡散し、在来種や野生種との遺伝的交流を通じて生態系に影響を与える可能性、代謝経路の変化による既知の毒性成分やアレルゲンの増加、目的外の代謝産物の変動による栄養価や機能性の変化が挙げられる。これらはいずれも従来育種や交雑育種でも生じ得る一般的なリスクであり、既存の安全審査体系の中で十分

に評価可能とされている。

一方、ゲノム編集に特有の懸念としては、Cas 酵素による標的外変異（オフターゲット変異*）の発生、切断・修復の過程で欠失や転座が生じるオンターゲット付近の大規模構造変化、さらにエピゲノム編集*による DNA やヒストン修飾の変化が予期せぬ遺伝子発現の変化につながる可能性などが挙げられる。しかし、高精度 Cas9 や Cas12f などの酵素の改良、ガイド RNA*設計支援ツールの発達、一本鎖切断を用いるプライム編集*や非切断型の塩基編集*の導入により、オフターゲット変異*の頻度は低下傾向にある[43, 49]。加えて、次世代シーケンシング（NGS: Next Generation Sequencing）技術による全ゲノム解析が容易になり、変異の網羅的検出と比較解析を通じた科学的根拠に基づく安全性評価体制が整いつつある。

(3) 届出制度

日本におけるゲノム編集生物の利用は、商業利用前の「事前相談」と「届出」制度に基づいて進められる。開発者はまず、当該生物が「遺伝子組換え生物等」に該当するかを確認するため、関係省庁（消費者庁、農林水産省、環境省）に情報を提供し、事前相談を行う。該当しないと判断された場合には、生物多様性への影響、飼料安全、食品安全に関する情報を添えて届出を行い、内容が省庁ウェブ上で公表されることで社会的透明性が確保される。一方、該当すると判断された場合には、従来型 GMO と同様にリスク評価と審査による承認が必要となる。

届出に求められる主な情報は、①改変生物の名称・用途、②改変遺伝子とその機能、③ゲノム編集の方法、④当該変異による形質変化、⑤外来 DNA の残存の有無、⑥生物多様性影響の考察などである。食品・飼料の場合は、毒性、アレルギー、主要成分の変化に関する情報も提出する。2025 年 11 月現在で、トマト、トウモロコシ、ジャガイモ、マダイ、トラフグ、ヒラメ、ティラピアなど 10 品目が届出済みであり、そのうち 4 品目が市場流通している（付録 表 3）。いずれも外来 DNA を残さない SDN-1 又は SDN-2 型である。なお、事前相談において宿主に細胞外で加工した核酸の移入の有無を確認する具体的方法は規定されておらず、生物種に応じた適切な技術により外来核酸の有無を確認する。具体的には、ゲノム編集の際に使用したベクター*全域を検出可能な PCR 法、ゲノミックサザン解析法*、NGS を用いたゲノム配列解析などが利用されている。

(4) 安全性確認の実際

ゲノム編集生物の開発者による安全性確認は、複数の科学的アプローチを組み合わせで行われる。まず、PCR、サザン解析*、NGS による外来 DNA の残存確認や改変箇所の配列同定を行い、改変の正確性と安定性を検証する。次に、高精

度 NGS による全ゲノム比較解析によりオフターゲット変異*を確認し、必要に応じて RNA-seq (NGS による RNA の塩基配列解読) を実施する。また、形質や成分に関しては、形態的特徴、主要栄養成分、代謝物プロファイルを従来品種と比較し、意図しない変化の有無を確認する。さらに、生物多様性への影響については、環境中での拡散性や交雑性を評価することで在来種や生態系への影響を推定し、必要に応じて閉鎖系実験による評価も実施する。これらの安全性データは届出を受理した行政機関から原則公開され、市民や専門家が閲覧可能であることから、透明性の確保が社会的信頼の醸成に寄与している。

ゲノム編集では、意図した遺伝子変化に加え、オフターゲット変異*など意図しない遺伝子変化が生じる可能性がある。この点について、家畜(ブタ)を対象とした解析事例が報告されている。具体的には、3種の内在性遺伝子及び59箇所のブタ内在性レトロウイルス*(PERV) 遺伝子の pol 領域のノックアウトに加え、ゲノム上の1箇所に遺伝子ノックインを施した異種臓器移植用ブタについて、オプティカルゲノムマッピング*と NGS を組み合わせた解析が行われた。その結果、ゲノム編集標的以外の領域にも少数の変異が検出されたが、いずれもタンパク質をコードする領域ではなかった。具体的には、ゲノム編集標的以外の領域において、4箇所の挿入(イントロン*内に1箇所、遺伝子間領域に3箇所のレトロトランスポゾン(LINE-1) 挿入) 及び2箇所の欠失(遺伝子間領域及び PERV 遺伝子座) が検出されたのみであった。また、ゲノム編集培養細胞で報告されている、Cas9 標的サイトへの LINE-1 挿入は認められなかった[50]。これらの結果は、意図しない遺伝子変化が生じた場合であっても、それがタンパク質の構造や機能に影響しないことをゲノム全域で精緻に検証し、その安全性を評価・判断する具体的な評価手法が示されていることを意味している。

(5) 産業生物におけるゲノム編集個体の安全性に関する考察

我が国では2019年に、ゲノム編集技術を利用して得られた生物の利用規則が整備され、その規則に基づいて安全性が確認されたゲノム編集生物の商業利用が開始されている。また、海外においても同様に利用規則の制定が進展しており、国際的な運用枠組みが整いつつある。産業生物におけるゲノム編集個体の安全性を考える上で重要な視点の一つは、ゲノム編集技術によって得られた変異が、従来育種で利用されてきた変異、あるいは従来育種でも創生可能な範囲の変異であるかどうかという点である。従来育種では、生物の進化過程で自然に生じた自然変異に加え、交配・選抜を通じて創生された変異、さらには放射線や化学薬剤による人為的な誘発変異が広く活用されてきた。これらの遺伝変異によって得られた新系統は、特段の規制を受けることなく利用されている。すなわち、ゲノム編集によって創生された変異が、従来育種で生じ得る変異と同等である場合には、特別な規制を必要としないとする考え方が国際的に主流となりつつある(5章 規制の在り方と今後の課題を参照)。

現在、我が国においてゲノム編集生物の利用に際しては、従来の方法で開発された食品、作物、水産物の安全性確保に比べて、オフターゲット変異*の網羅的な検証など、より慎重な確認作業が実施されている。この事実は必ずしも広く知られていないが、こうした確認を経た生物については、従来の方法による産物と同様に利用して差し支えないと判断することが妥当である。今後は、開発者やアカデミアが連携し、最新の科学的知見に基づく正確な情報発信を継続するとともに、科学的知見に基づいたオフターゲット解析の確認作業等、利用者が自ら安全性を確認できる透明性の高い環境を維持することが重要である（6章 科学コミュニケーションの在り方を参照）。

(6) 技術開発者・利用者に求められる倫理と責務

ゲノム編集技術は、従来の遺伝子操作技術と比較して極めて簡便かつ高効率であるため、研究開発や産業応用のハードルが大幅に下がっている。しかし、この簡便さは、知的財産権の尊重や技術利用に伴う社会的責任の軽視を正当化するものではない。特に、SDN-1 のように規制の枠組み外で運用される場合であっても、開発者は自発的な届出や情報公開を誠実に行う透明性が求められる。また、オフターゲット変異*等の検証においても、最新の科学的知見に基づいた厳密な評価を行うことが開発者の倫理的責務である。技術開発者及び利用者が、透明性の確保と倫理的責務を深く認識することこそが、社会的信頼を維持し、持続可能な社会実装を実現するための必須条件である。

5 規制の在り方と今後の課題

(1) 規制をめぐる国内外の動向

世界におけるゲノム編集技術に関するルールづくりは、2015 年のアルゼンチンを先駆けとし、その後、多くの国々で進みつつある。この間、ニュージーランドや EU、アメリカでは、市民運動団体からの提訴を契機として、ゲノム編集技術をめぐる規制の見直しが迫られた例も存在する。このように、ゲノム編集技術をめぐる規制は、各国の研究開発動向や既存の遺伝子組換え規制との関係に加え、幅広い社会的文脈の中で形成されてきた。その結果として生じている多様なルールを国際的に調和させることは、短期的には容易ではない。

一方で、ゲノム編集技術の有用性や産業的意義を評価する多くの国では、その利活用を促す方向でルール整備が進められている（付録 表 4）。特に、従来は遺伝子改変技術そのもののリスクを根拠に厳格な規制を行ってきた国においても、外来遺伝子を含まず、従来育種でも同等の生物が得られる場合には、政府機関による確認の下で産業利用を認める動きが見られる（付録 表 5）。SDN-1～3 の技術的分類に基づく規制であっても、規制の要否判断は外来遺伝子の有無に置かれている。すなわち、技術適用を根拠とするプロセスベースの規制から、作出された生物の特性に着目するプロダクトベースの規制へと転換が進みつつある。

日本の運用方針は、科学的判断と透明性を兼ね備えた枠組みとして、アジアほか諸外国が参照し得る規制モデルの一つとなったといえる[51]。一方で、国や地域間における規制の整合性、消費者への情報提供、リスク評価手法の標準化など、解決すべき課題も多い。これらに対応するためには、継続的な科学的検討と国際協調が不可欠である。以下では、日本を含む主要国における規制内容及び検討状況について述べる。

① 日本

日本の農業・食品分野でのゲノム編集の技術応用に関するルールづくりは、EU の新育種技術（New Breeding Techniques [NBT]）に関する議論を契機として 2011 年頃に始まった。関係省庁では情報収集が進められ、2018 年 6 月の閣議決定「統合イノベーション戦略」を転機とし、2019 年 2 月以降、厚生労働省、農林水産省、環境省などで具体的な取扱いが順次定められた。

日本におけるゲノム編集技術に対する取扱いは、「カルタヘナ法*」「食品衛生法」の下で、生物多様性への影響及び食品安全性の観点から整理されている。

その結果、外来 DNA の残存が認められない SDN-1 の場合は、いずれの法律においても規制の対象から外された。一方、SDN-2 は、法律ごとに異なる取扱いがなされ、カルタヘナ法*では「細胞外において核酸を加工する技術」（第 2

条第2項二) が用いられることから規制対象とされる一方で、食品衛生法では、代謝系への影響などを考慮したケースバイケースの判断となった。また SDN-3 は外来遺伝子の導入を伴うことから、従来の遺伝子組換え生物と同様に、いずれの法律でも規制対象とされた。

なお、規制の対象外となった場合であっても、厚生労働省に対しては「届出」を、環境省に対しては「情報提供」を行うことで、透明性を確保する形でのルール導入がなされた。規制上の取扱いが国内外で異なる新技術導入初期においては、政府が関与するこうした運用を維持することが望ましい。また、消費者庁は、ゲノム編集技術が用いられた製品に関して、食品表示基準の表示の「対象外」としつつも、事業者による自主的な情報提供を求めている。

さらにゲノム編集された種苗を育種に利用して得られた後代系統については、改めて届出や情報提供を要しない方針がとられている。なお、飼料については、「飼料安全法」に基づき安全性確保のルールが定められている。

② アルゼンチン

遺伝子組換え作物の商用栽培を大規模に行っていたアルゼンチンは、世界で最も早くゲノム編集作物に関するルール化を行った。2015 年5月に「事前相談手続き」が定められ（農牧漁業省決定 173/15）、外来遺伝子の導入・残存の有無に基づいて規制対象かどうか判断される仕組みが導入された。この外来遺伝子の有無に着目した規制方式は、南米各国を含む多くの国々で採用されることとなった。なお、この事前相談手続きの結果は、非公表とされている。

③ オーストラリア

オーストラリアでは、2019 年4月に遺伝子技術規則が改訂され、ゲノム編集生物に対する規制方針が決定された。日本と同様に、SDN-1 は規制対象外とされる一方、細胞外で作成したテンプレートを用いたゲノム編集技術（SDN-2）は、点変異であっても規制対象とされた。なお、食品安全規制に関しては、ニュージーランドと合同で運用されるFSANZ（Food Standards Australia New Zealand）の枠組みの下、従来のプロセスベース規制からプロダクトベース規制への転換が2025 年6月に決定され、具体的なルール化が進んでいる。

④ アメリカ

アメリカでは、ゲノム編集生物は従来の遺伝子組換え作物と同様に、農務省（USDA）、環境保護庁（EPA）、食品医薬品局（FDA）の3省庁によって規制されている。USDA は2020 年5月に行政規則（SECURE 規則）を改訂し、外部鋳型 DNA を用いない標的 DNA 切断や一塩基置換などを規制対象外とした。し

かし、非政府組織による提訴を受けた 2024 年 12 月の連邦地裁判決によりこの改訂は差し止められ、現在は改訂前のルールに基づき個別判断が行われている。動物については、FDA が確認・認可するガイダンスによりゲノム編集動物の扱いが定められている。

⑤ EU

EU では、2018 年 7 月の欧州司法裁判所の裁定により、ゲノム編集技術にも既存の遺伝子組換え技術に対する規制が及ぶと判断された。これを受け、欧州委員会は 2023 年に新ゲノム技術* (New Genomic Technique [NGT]) により開発された植物の一部を条件付きで規制対象外とする規則案が提案された。その後、2026 年 6 月に新規則 (Regulation No. 2026/1388) が成立し、表示義務を種苗に課すこと、特許の影響に関する監視を導入することなどが決まった。

⑥ 欧州における非 EU 国

英国では EU 離脱後の 2023 年 3 月に「遺伝子技術（精密育種）法」(Genetic Technology (Precision Breeding) Act 2023) が制定され、外来遺伝子を含まないゲノム編集生物に対する規制緩和が進められている。作物に関しては、野外試験も進み、商業栽培も見込まれている。一方、スイスにおいても NGT に関する独自の制度設計が検討されており、EU とは異なるアプローチが模索されている。

⑦ アジア諸国

日本以外のアジア諸国でも規制の整備が進んでおり、中国（2022 年 1 月）、インド（2022 年 3 月）、フィリピン（2022 年 5 月）、タイ（2024 年 7 月）、シンガポール（2024 年 8 月）、インドネシア（2024 年 12 月）などが、外来遺伝子を含まないゲノム編集産物を規制対象外とする方針を採用している。フィリピン及びシンガポールでは、日本の高 GABA* トマトが認可されるなど、日本発の取組も広がりを見せている。

これ以外の国々でも規制について活発に検討されており、ゲノム編集技術の産業利用への関心の高さがうかがえる。多くの国では基本法の改定ではなく、政省令等のレベルでのルール化が進められている。また、オフターゲット変異* など安全性の具体的項目は、評価段階で確認されるため、規制文書で明示されない場合が多い。国によっては、欠失、挿入、置換に関する具体的な塩基数を基準として規制を定めている（付録 表 6）。

(2) 各国の規制からの示唆

日本は世界の中でも比較的早期にルール化を進めた国の一つである。現時点

までに様々な国でルール化が進みつつあるが、そうした多様な事例の中には、日本として参考になりうる取組もある。規制や政策は、技術的進歩や社会経済的状况などを踏まえ、常にアップデートが求められる。今後の政策検討のための論点として、興味深い取組例を以下に列挙する。

① 研究段階での規制担当者への相談機会

アルゼンチンでは、最終製品が得られていない研究設計段階から、規制担当者に事前相談できる制度が設けられている。助言は暫定的なものに限られるが、研究開発段階で関係し得る規制を早期に把握できる点で有用であり、規制影響を十分に理解していない開発者を支援する役割を果たしている。イギリスにおいても、同様に規制上の含意を早期に把握できるよう、相談窓口の一元化が議論されている。

② 申請後のタイムスケジュールの明確化

日本では、事前相談や届出に明確な審査期間は設定されていないが、海外では審査プロセスごとに具体的な日数を定める例がある。例えばアメリカでは、USDA が 120 日、動物を対象とする場合には FDA が 180 日といった審査期間を明示しており、原則としてこのスケジュールに基づいて審査が行われている。このような審査期間の明確化は、申請者にとって手続きの予測可能性を高める点で有用である。

③ 表示

ゲノム編集技術を応用した製品は、日本を含む多くの国で表示義務の対象とはなっていないが、日本では消費者庁が、食品について開発者による自主的な情報開示を促す形で対応している。一方、EU では、有機農業での使用禁止との関係から、種苗について表示義務を検討する動きがある。表示をめぐっては、技術的制約や消費者の関心、有機農業との関係を踏まえつつ、透明性確保の観点から情報開示の在り方を検討していくことが望ましい。

④ 貿易

ゲノム編集技術を利用した種苗や農産物・食品は市場に登場しつつあり、貿易を通じて国際的に流通する可能性がある。遺伝子組換え作物については、経済協力開発機構（OECD）のバイオセーフティ関連情報や FAO のデータベースなど、国際的な情報共有の仕組みが整備されてきた。一方、ゲノム編集技術については、同様の国際的枠組みが存在しない。このため、取扱いルールが未整備の国や、遺伝子組換え食品と同等の規制を採用している国（例：南アフリカ共和国）では、ゲノム編集由来の農産物が適切に管理されずに輸入されることへの懸念がある。今後は、情報開示に関する国際的データベースの構築など、

貿易を視野に入れた国際的な取組と、それに対する日本の貢献が求められよう。

6 科学コミュニケーションの在り方

(1) ゲノム編集技術に対する市民の理解と科学コミュニケーション

① 市民の認知と理解の現状

市民におけるゲノム編集技術やゲノム編集食品に対する認知・理解・受容については、我が国では内閣府食品安全委員会[52]、消費者庁[53]、農林水産省[54]などの行政機関に加え、全国消費者団体連絡会（消団連）[55]といった消費者団体でもアンケート調査が実施されている（資料2）。例えば、消費者庁が2024年に15歳以上の一般消費者10,000人を対象として実施したアンケート調査[53]では、「ゲノム編集技術を応用した食品」について「内容を知っている」と回答した者は6.1%、「聞いたことはあるが内容は知らない」が43.1%、「聞いたこともない」が50.8%との結果が得られている。すなわち、ゲノム編集に関する「認知度（聞いたことがある）」は約5割に達している一方で、「理解度（内容を知っている）」は約1割と、まだ十分とはいえない状況にある。また、調査結果からは、ゲノム編集食品への関心は全体的に低く、無関心層が多いことが示唆されている。

② 科学コミュニケーションにおける考え方の変遷

アメリカ等で遺伝子組換え作物の商業栽培が始まった1990年代以降、遺伝子組換えに関する科学コミュニケーションは様々な形で展開されてきた。当初は、「市民の科学的知識の不足が原因であり、知識を提供すれば受容が進む」とする考え方が主流であり、これは「欠如モデル」と呼ばれる。しかし、1990年代～2000年代にかけた各国での実践を通じて、知識の有無だけでは受容が高まらない場合や、むしろ不安・不信感が増す場合があることが指摘され、欠如モデルの限界が明らかとなった。こうした反省から、2000年代以降は世界的に対話を重視した双方向コミュニケーションへの転換が進められてきた。さらに最近では、欠如モデルという考え方とコミュニケーションの方向性（一方向か双方向か）を切り離して考える必要性も指摘されている。すなわち、最大の問題点は知識の一方的な押し付けや、対話を欠いた姿勢にあり、情報の受け手の価値観を尊重した上で、社会的状況や理解度に応じて、一方向の情報提供と双方向の対話を適切に組み合わせることが重要だとされている[56]。日本においても、行政や研究機関による市民対話の試みが始まっており、状況に応じて一方向の情報提供と双方向の対話を組み合わせる、より柔軟なアプローチが重視されるようになっている。

以上を踏まえ、ここでは一方向コミュニケーションと双方向コミュニケーションに分けて、現在の状況と今後取るべき方向性を概観する。

(2) ゲノム編集における科学コミュニケーションの在り方

① 一方向コミュニケーション（科学的に正確で分かりやすい情報発信）

科学的に正確な情報を広く市民に届けるための一方向コミュニケーションには、マスメディアによる発信、講演会、博物館、科学教育、啓発書等がある。さらに、「知りたい」と思った時に、科学的に正確かつ分かりやすい情報にすぐアクセスできるウェブサイトによる情報発信も有効である。

「バイオステーション」[47]は、農業・食品分野におけるゲノム編集の情報をワンストップで提供するウェブサイトであり、SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）第2期の研究コンソーシアムにより制作された。現在も公開・更新が継続され、月間1万～3万件のアクセスがある。このほか、農林水産省農林水産技術会議事務局[57]、国立研究開発法人科学技術振興機構の産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム（JST-OPERA）食と先端技術共創コンソーシアム[58]、Bio Breeding 研究会[59]などでもウェブサイトを通じた情報発信が行われている。SNS では不正確な情報や不安を煽る投稿が拡散されやすいことから、その対策としても、信頼性の高い情報を継続的にインターネット上で提供することが重要である。また、誤情報に対してファクトチェックや正確な情報提供を行うネットワークの構築も求められる。

さらに、科学コミュニケーションにおいては、ゲノム編集技術の利点だけでなく、技術的・社会的な懸念点についても体系的に情報提供を行うことが重要である。具体的には、オフターゲット変異*や意図しない表現型変化といった技術的不確実性、環境影響評価の考え方、規制・届出制度、知的財産権や利益配分の課題などが挙げられる。これらについて、「科学的に確認されている点」「現時点で不確実な点」「不確実性に対する検証・監視の仕組み」を区別して示すことは、市民の理解と信頼の醸成に資する。懸念点を回避せず、適切に位置付けて説明する姿勢そのものが、科学への信頼を高める要素となる。

② 双方向コミュニケーション

新しい科学技術を受容してもらうためには、異なる宗教的・倫理的観点を有する関係者や環境保全団体など、多様な価値観を持つ市民との間に信頼を構築する必要があるが、その際には双方向コミュニケーションが有力な手段となる。ただし、その場合においても科学を他者に押し付ける自文化中心主義は厳に慎まなければならない。双方向コミュニケーションには、コンセンサス会議*や討論型世論調査*等がある。

海外では、ゲノム編集技術に関する双方向コミュニケーションが活発に行われている。例えば、アメリカの対話型フォーラム「CRISPRcon」[60]、イギリスの「バイオテクノロジー・生物科学研究会議(BBSRC)」[61]における市民

との公開討論会の他、オーストラリアやアフリカ等でも市民参加型の取組が見られる[62]。国内でも、遺伝子組換え作物の利用を議論する市民参加型のコンセンサス会議*が北海道などで開催されてきた。現在では、一般市民や業界関係者などを対象として、ゲノム編集に関する勉強会やワークショップが頻繁に開催されている。

ただし、そのような双方向コミュニケーションであっても、参加者との意見交換が十分に行われているケースは決して多くはない。また、イベントが単発で終わるケースも多く、今後は市民との対話を体系的に行う仕組み作りが求められる。さらに、ゲノム編集食品を受け入れたくないと考える市民にも配慮しつつ、社会としてどのようにゲノム編集技術を利用していくべきか、建設的な議論を行う場が求められている。ゲノム編集技術の社会受容を進めるためには、市民にとって明確な利点を持つ製品の開発と市場投入が不可欠である。また、気候変動対応や持続可能な生産といった社会的意義を伝えることも重要であろう。

また、双方向コミュニケーションの実効性を高めるためには、単に「意見交換の場」を設けるだけでなく、その設計と運営の質が重要である。特に、賛成意見のみならず、慎重意見や否定的意見を含めて議題として明示し、参加者が自身の懸念や価値観を安心して表明できる環境を整えることが不可欠である。さらに、専門家と一般市民との間に存在する知識量や立場の違いを踏まえ、第三者的立場のファシリテーターの関与、議論の記録と公開、継続的なフォローアップなどを組み合わせることにより、単発的イベントに終わらない信頼構築型の対話が可能となる[63]。

ゲノム編集生物の商業化には、所管官庁への事前相談・届出、ゲノム編集技術の利用に関する知的財産権の対応、風評リスク等の課題があり、参入企業はまだ限られている。今後、様々な科学コミュニケーションを通じて社会的理解の醸成を促進するとともに、参入企業を支援する取組も必要である。

③ 理解を妨げない表現と多様な主体による共創を目指す科学コミュニケーション

「ゲノム」という用語が市民にとってなじみにくいこともあり、「ゲノム編集」という言葉が、理解の妨げになっているとの指摘がある[64]。しかし、理解を妨げている要因は、用語そのものだけではなく、ゲノム編集の仕組みや従来育種・遺伝子組換えとの違いが十分に共有されていないことにもあると考えられる。ゲノム編集技術の社会実装や理解醸成を急ぎすぎると、かえって市民の反発を招き、導入が遅れるリスクがある。したがって、ゲノム編集に関する科学コミュニケーション活動では、中長期的な視点に立った継続的な取組が重要と考えられる。ゲノム編集に関する科学コミュニケーションは、単に知識を広め技術の需要を促す場ではなく、社会課題の解決に向

けて本技術が提供し得る具体的な価値と、潜在的なリスクや懸念を市民が主体的に比較・評価し、その利用の是非や在り方について社会的な合意を形成していくためのプロセスであるべきである。科学コミュニケーション活動において、研究者、技術者、政策決定者、産業界、教育関係者、そして一般市民などの多様な主体が対等な立場で参画できる対話の場を創出し、ゲノム編集技術の理解・共感から社会的課題解決と豊かな未来に向けた「共創」を目指すという明確な道筋を描くことが必要であろう。

7 おわりに

本見解では、ゲノム編集技術がもたらす科学的・産業的インパクトに加え、それに伴って生じる制度や社会の課題を多角的に検討した。技術面（第2章、第3章）においては、ゲノム編集技術が従来の育種を加速させ、今後、食料安全保障や気候変動といった地球規模課題の解決に貢献し得ることを示した。また、安全性（第4章）と規制（第5章）については、科学的妥当性に基づく日本及び世界の制度運用を評価しつつ、グローバルな流通を見据えた国際的な制度調和や評価手法の標準化を主導する重要性を整理した。最後に、社会との関係（第6章）においては、開発者の倫理的責務と市民とのコミュニケーションの在り方を提示した。

ゲノム編集は単なる技術革新にとどまらず、産業生物分野における生産や利用の在り方を再定義し得るものであり、「技術的進歩」であると同時に「社会的選択」の対象でもある。新技術の社会受容は、リスクの低減のみならず、その技術が従来技術では達成困難であった、どのような付加価値を創出するかという「価値の提示」に大きく依存する。本見解で示した具体的な開発事例は、現代社会が直面する課題を解決し、新たな価値を社会に提供するための選択肢の一つとして位置付けられる。

我が国では、届出制に基づく運用が進められているものの、制度の実効性や透明性、そして社会との信頼関係の構築において、既述のように多くの課題が残されている。世界的にも、規制の枠組みや技術の定義、表示制度をめぐる議論は統一されておらず、技術のグローバルな流通・受容を可能にする制度整備が急務である。今後、国際的な調和を図るためには、科学的根拠と社会的価値観の双方に立脚した議論の深化が必要である。また、技術の受容や適正な活用を進めるためには、科学者・技術開発者に加え、政策決定者、企業、教育関係者、消費者など多様な価値観を持つ主体が、背景知識、客観的事実、法的・社会的課題等の共有すべき情報基盤のもとで対話を行い、相互理解を深めることが求められる。そのためには、専門的知見を社会に開かれた形で共有し、議論の透明性や公平性を高めるとともに、誰もが安心して発言できる対話の心理的安全性を確保することが不可欠である。単なる理解促進や受容獲得ではなく、社会課題の解決と豊かな未来に向けた「共創」を目指すことで、誤解や偏見を生まずに社会的合意の形成を支援するための「科学と社会の接点」を再設計することが求められる。

さらに、社会実装の段階において顕在化しうる問題として、ゲノム編集生物の環境中への拡散や生物多様性への長期的影響の継続的な評価の枠組みの構築があげられる。加えて、本見解では言及に至らなかったものの、ゲノム編集生物の新たな産業利用としての屋内型・閉鎖型生産システムや大規模生産を前提とした実装戦略についても今後検討が進められるべきである。

将来的には、産業生物分野におけるゲノム編集技術の応用は、食料増産や環境適応性や食品機能性の向上、医療や新たなバイオマテリアルの開発などへと広が

り、持続可能な社会への貢献が期待される。とりわけ、一般市民にとってその有用性が実感しやすい製品やサービスが継続的に創出され、社会に実装されていくことは、技術への理解と受容を着実に進める上で重要である。一方で、技術の価値だけでなく、その使われ方が問われる時代においては、科学者、行政、産業界、市民が対等な立場で対話を重ねることが重要である。本見解が科学と社会をつなぐ橋渡しとなり、技術の可能性とリスクの双方に向き合いながら、ゲノム編集技術に対する健全で持続可能な利用の指針形成に資することを願うものである。

＜用語の説明＞

CRISPR-Cas9 [Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeat-Cas9] ゲノム編集技術の一つ。DNA を認識する RNA 分子と DNA 切断タンパク質 Cas9 の組合せにより、任意の DNA 塩基配列を認識して切断することができるシステム（付録 表 1 参照）。

CRISPRi/a [CRISPR interference/activation] CRISPR-Cas9 から派生した遺伝子発現調節技術。転写を抑制又は活性化する転写因子と Cas9 を融合することで、ガイド RNA が認識する部位の遺伝子発現を調節する（付録 表 1 参照）。

GABA [γ -Amino Butyric Acid] アミノ酸の一種で、抑制性神経伝達物質である。血圧の低下、睡眠の質の向上、ストレス軽減、記憶力向上などの機能が報告されている。

Gene drive [Gene Drive] 特定の遺伝因子を生物集団内に優先的に拡散させる現象あるいは技術のこと。ゲノム編集技術と組み合わせることで容易に実現可能となるため、野外で病原媒介生物や外来種をコントロールする技術として注目されている。

PAM [Protospacer Adjacent Motif] CRISPR-Cas9 システムにおいて Cas9 タンパク質が特定の DNA を認識し、切断するために必要なゲノム上の塩基配列。

ReMOT 法 [Receptor-Mediated Ovary Transduction of Cargo] 昆虫の卵母細胞への取り込みに適したペプチドを利用して Cas9 RNP 複合体を成虫の卵巣に届ける方法。

SDN [Site Directed Nuclease] 配列特異的 DNA 切断酵素のこと。SDN を用いたゲノム編集技術について SDN-1, SDN-2, SDN-3 の3つのカテゴリーに分類して解釈されている（付録 表 2 参照）。

TALEN [Transcription Activator-Like Effector Nuclease] 植物病原細菌キサントモナスが持つ転写因子様タンパク質の DNA 結合ドメイン (TAL effector) と DNA を切断するヌクレアーゼドメインの融合により任意の塩基配列を認識・切断することができる人工酵素の1種（付録 表 1 参照）。

ZFN [Zinc Finger Nuclease] DNA 結合ドメイン (Zinc finger モチーフ) と DNA を切断するドメイン (ヌクレアーゼ) の融合により任意の塩基配列を認識・切断することができる人工酵素の1種（付録 表 1 参照）。

アセトン [Acetone] C_3H_6O の化学式で表される有機溶媒。水にも油脂にも溶けるため、様々な用途に用いられる。

イントロン [Intron] 真核生物の遺伝子において、初期 RNA 転写産物から切り出され、成熟した mRNA 上には残らない配列のこと。

羽性 [Feathering] ニワトリの羽の成長速度や性状のこと。羽性には、ヒナの羽毛が生えそろう時期が早い速羽性と遅い遅羽性がある。これを制御する遺伝子が伴性遺伝することを利用した羽性による雌雄鑑別法が確立されている。

エピゲノム編集 [Epigenome Editing] DNA の塩基配列を変えずに、DNA やヒストンに化学的な修飾を加えることで遺伝子の発現レベルを変化させるゲノム編集技術。任意の塩基配列を認識する DNA 結合ドメインとエピゲノム編集を行う機能ドメインを組み合わせて用いる（付録 表 1 参照）。

塩基編集 [Base Editing] 核酸の脱アミノ化酵素の一部を連結した Cas9 タンパク質を用いることで、DNA を切らずに塩基置換を行うゲノム編集技術（付録 表 1 参照）。

オフターゲット変異 [Off-target Effect] ゲノム編集において、本来の標的配列とは異なる配列を誤って切断又は編集をしてしまい、予期せぬ変異を引き起こすこと。

オプティカルゲノムマッピング [Optical Genome Mapping] DNA を切断することなく標識して直接可視化することにより、欠失、重複、転座、逆位等のゲノムの大きな構造変化を検出する技術のこと。

ガイド RNA [Guide RNA] CRISPR-Cas9 システム等で、DNA の特定の部位で正確に切断を誘導するために使われる RNA 分子。

カルタヘナ法 [Law Concerning the Conservation and Sustainable Use of Biological Diversity through Regulations on the Use of Living Modified Organisms] 遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律。生物多様性への悪影響を防止することを目的とした法律。

ゲノムワイドスクリーニング [Genome-Wide Screening] 遺伝子を網羅的に破壊ないし機能改変するライブラリを利用して特定の表現型に関与する遺伝子をスクリーニングすること。

倍数性 [Polyploidy] 生物が通常的二倍体を超えて 3 セット以上の染色体を持つ状態を倍数性と呼ぶ。倍数性の中でも染色体のセット数が特に多い状態を指す言葉として高次倍数性が用いられる。倍数体や高次倍数体は植物に普遍的に存在する。

コンセンサス会議 [Consensus Conference] 市民参加型の科学技術評価手法の一つで、一般市民が専門家と対等な議論を重ねることで合意（コンセンサス）形成を目指す。

サザン解析 [Southern Hybridization Technique] 電気泳動で分画した DNA をゲルからフィルターに転写した後、標識した DNA 又は RNA をプローブとして特定の DNA 断片を検出する方法のこと。

新ゲノム技術 (NGT) [New Genomic Technique] 遺伝子組換え生物に関する法律（環境放出指令 Directive 2001/18/EC）が採択された 2001 年以降に開発されたゲノム編集技術などの新規ゲノム改変技術のこと。一定の条件を満たせば、遺伝子組換えの規制から除外される。

生菌製剤 [Live Biotherapeutic Products] 生きた微生物を含む製剤のこと。整腸剤等に広く利用されている。

生物農薬 [Biopesticide] 病虫害防除や雑草防除目的で昆虫や微生物等の生物を生きたままの状態で作品化した農薬の総称。

第一種使用等 [Type 1 Use] 遺伝子組換え生物等の使用が生物多様性に悪影響を及ぼすことを防ぐための国内法「カルタヘナ法」において、使用形態に応じた「第一種使用等」と「第二種使用等」の分類を用いる。第一種使用等とは、遺伝子組換え生物等の環境中への拡散防止措置を執らないで行う使用等のことである。

第二種使用等 [Type 2 Use] 遺伝子組換え生物等の使用が生物多様性に悪影響を及ぼすことを防ぐための国内法「カルタヘナ法」において、使用形態に応じた「第一種使用等」と「第二種使用等」の分類を用いる。第二種使用等とは、遺伝子組換え生物等の環境中への拡散防止措置を執って行う使用等のことである。

多重編集 [Multiplex Genome Editing] ゲノム編集において、複数のガイド RNA を導入するなどにより複数の遺伝子を同時に改変すること。

デアミナーゼ [Deaminase] 脱アミノ化酵素のこと。ゲノム編集では、特定の塩基のアミノ基を除去して別の塩基に置換するために用いられる。

討論型世論調査 [Deliberative Poll] 一般市民に専門家との討論の場に参加してもらい、討論会の前後で市民の意見がどのように変化するかを分析する手法のこと。十分な情報と議論を経た熟慮した意見を把握する目的で行われる。

内在性レトロウィルス [Endogenous Retrovirus] 白血病やリンパ腫など哺乳動物の様々な疾病の原因となるレトロウィルスに類似し、真核生物のゲノム中に存在する DNA 配列。

二本鎖切断 [Double-Strand Break] DNA 損傷のうち、DNA の両方の鎖が同時に切断されること。

ネガティブセレクション [Negative Selection] 不要な細胞を特異的に除去し、目的の細胞のみを残す選抜手法。

非相同末端修復 [Non-homologous End Joining for DNA Repair] DNA 二本鎖切断が起こった際に、配列に依存せず DNA 末端を直接つなぎ合わせて修復させる DNA 修復メカニズムの一つ。

ファインケミカル [Fine Chemical] 少量生産で付加価値の高い高機能な製品を生産する精密化学製品の総称。

ファージ [Phage] 細菌を宿主として増殖するウィルスの総称。特定の細菌のみを攻撃する特徴を活かした殺菌利用が期待されている。

ブタノール [Butanol] $C_4H_{10}O$ の化学式で表される炭素数 4 の一価アルコールの総称。塗料、樹脂、酢酸ブチル等の工業用溶剤や原料として広く使用される。

プライム編集 [Prime Editing] DNA の片方の鎖だけを切断する酵素（ニッカーゼ）と逆転写酵素を融合した Cas9 タンパク質と逆転写酵素の鋳型となる RNA 配列

を付加したガイド RNA をセットで用いることにより、二本鎖切断を伴わずに任意の塩基配列に挿入、欠損、置換を導入するゲノム編集技術（付録 表 1 参照）。

プロバイオティクス [Probiotics] 十分量を摂取した時に宿主に有益な効果を与える生きた微生物。共生を意味する probiosis を語源とする。

ベクター [Vector] 遺伝子組換え技術において、DNA を細胞に導入する際に用いる核酸分子のこと。

穂発芽 [Pre-harvest Sprouting] 穀物等の種子が収穫前の穂についた状態で発芽する現象のこと。

マーカーレス編集 [Markerless Genome Editing] 標的変異が生じた細胞を選抜するためのマーカー遺伝子を用いない、あるいは痕跡なく除去するシステムを用いたゲノム編集技術。

ワキシートウモロコシ [Waxy Corn] デンプンの成分としてアミロースを含まず、アミロペクチンだけを含むトウモロコシで、もちもちとした食感が特徴である。

<参考文献>

1. How to feed the world in 2050. 2009. Available:
https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf
2. 山本卓. ゲノム編集の基本原理と応用: ZFN, TALEN, CRISPR-Cas9. 裳華房; 2018.
3. 日本学術会議. 提言「我が国の医学・医療領域におけるゲノム編集技術のあり方」医学・医療領域におけるゲノム編集技術の在り方検討委員会. 2017.
4. 日本学術会議. 提言「ゲノム編集技術のヒト胚等への臨床応用に対する法規制のあり方について」科学者委員会ゲノム編集技術に関する分科会. 2020.
5. 農林水産省消費・安全局. 「農林水産分野におけるゲノム編集技術の利用により得られた生物の情報提供等に関する具体的な手続について（骨子）（案）」についての意見・情報の募集の結果について. 2019.
6. 日本学術会議. 声明「我が国における DNA 分子組換え研究の進め方に関する日本学術会議の見解」. 1977.
7. 日本学術会議. 「バイオテクノロジーの現状と課題」生体機能応用技術研究連絡委員会報告. 1997.
8. 日本学術会議. 提言「我が国における遺伝子組換え植物研究とその実用化に関する現状と問題点」基礎生物学委員会・統合生物学委員会・農学委員会合同植物科学分科会. 2010.
9. 日本学術会議. 報告「遺伝子組換え作物実験施設の環境構築」農学委員会農業生産環境工学分科会. 2011.
10. 日本学術会議. 報告「植物における新育種技術（NPBT：New Plant Breeding Techniques）の現状と課題」農学委員会・食料科学委員会合同遺伝子組換え作物分科会、農学委員会育種学分科会、基礎生物学委員会・統合生物学委員会・農学委員会合同植物科学分科会. 2014.
11. Jinek M, Chylinski K, Fonfara I, Hauer M, Doudna JA, Charpentier E. A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. Science. 2012;337: 816-821.

12. Zetsche B, Gootenberg JS, Abudayyeh OO, Slaymaker IM, Makarova KS, Essletzbichler P, et al. Cpf1 is a single RNA-guided endonuclease of a class 2 CRISPR-Cas system. *Cell*. 2015;163: 759-771.
13. Morisaka H, Yoshimi K, Okuzaki Y, Gee P, Kunihiro Y, Sonpho E, et al. CRISPR-Cas3 induces broad and unidirectional genome editing in human cells. *Nat Commun*. 2019;10: 5302.
14. Anzalone AV, Randolph PB, Davis JR, Sousa AA, Koblan LW, Levy JM, et al. Search-and-replace genome editing without double-strand breaks or donor DNA. *Nature*. 2019;576: 149-157.
15. Nishida K, Arazoe T, Yachie N, Banno S, Kakimoto M, Tabata M, et al. Targeted nucleotide editing using hybrid prokaryotic and vertebrate adaptive immune systems. *Science*. 2016;353: aaf8729-aaf8729.
16. Qi LS, Larson MH, Gilbert LA, Doudna JA, Weissman JS, Arkin AP, et al. Repurposing CRISPR as an RNA-guided platform for sequence-specific control of gene expression. *Cell*. 2013;152: 1173-1183.
17. Gilbert LA, Larson MH, Morsut L, Liu Z, Brar GA, Torres SE, et al. CRISPR-mediated modular RNA-guided regulation of transcription in eukaryotes. *Cell*. 2013;154: 442-451.
18. Liu XS, Wu H, Ji X, Stelzer Y, Wu X, Czauderna S, et al. Editing DNA methylation in the mammalian genome. *Cell*. 2016;167: 233-247.e17.
19. Waltz E. GABA-enriched tomato is first CRISPR-edited food to enter market. *Nat Biotechnol*. 2022;40: 9-11.
20. 農林水産省. 届出されたゲノム編集飼料及び飼料添加物一覧. Available: https://www.maff.go.jp/j/syouan/tikusui/siryo/ge_todokede.html
21. 農林水産省. ゲノム編集技術の利用により得られた生物の情報提供の手続. Available: https://www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/carta/tetuduki/nbt_tetuzuki.html

- 22a. 文部科学省. 文部科学省に提出のあった実験計画報告書の一覧.
Available:
https://www.mext.go.jp/a_menu/lifescience/bioethics/mext_02730.html
- 22b. Sawai S, Ohyama K, Yasumoto S, Seki H, Sakuma T, Yamamoto T, et al. Sterol side chain reductase 2 is a key enzyme in the biosynthesis of cholesterol, the common precursor of toxic steroidal glycoalkaloids in potato. *Plant Cell* 2014;26: 3763–3774.
23. Abe F, Haque E, Hisano H, Tanaka T, Kamiya Y, Mikami M, et al. Genome-edited triple-recessive mutation alters seed dormancy in wheat. *Cell Rep.* 2019;28: 1362–1369.e4.
24. Wang F, Wang C, Liu P, Lei C, Hao W, Gao Y, et al. Enhanced rice blast resistance by CRISPR/Cas9-targeted mutagenesis of the ERF transcription factor gene OsERF922. *PLoS One.* 2016;11: e0154027.
25. Xu J, Hua K, Lang Z. Genome editing for horticultural crop improvement. *Hortic Res.* 2019;6: 113.
26. Tait-Burkard C, Doeschl-Wilson A, McGrew MJ, Archibald AL, Sang HM, Houston RD, et al. Livestock 2.0 – genome editing for fitter, healthier, and more productive farmed animals. *Genome Biol.* 2018;19: 204.
27. Idoko-Akoh A, Goldhill DH, Sheppard CM, Bialy D, Quantrill JL, Sukhova K, et al. Creating resistance to avian influenza infection through genome editing of the ANP32 gene family. *Nat Commun.* 2023;14: 6136.
28. Kinoshita K, Tanabe K, Nakamura Y, Nishijima K-I, Suzuki T, Okuzaki Y, et al. PGC-based cryobanking, regeneration through germline chimera mating, and CRISPR/Cas9-mediated TYRP1 modification in indigenous Chinese chickens. *Commun Biol.* 2024;7: 1127.
29. Whitworth KM, Rowland RRR, Ewen CL, Tribble BR, Kerrigan MA, Cino-Ozuna AG, et al. Gene-edited pigs are protected from porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Nat Biotechnol.*

- 2016;34: 20-22.
30. CRISPR beef cattle get FDA green light. *Nat Biotechnol.* 2022;40: 448.
 31. Carlson DF, Lancto CA, Zang B, Kim E-S, Walton M, Oldeschulte D, et al. Production of hornless dairy cattle from genome-edited cell lines. *Nat Biotechnol.* 2016;34: 479-481.
 32. Anand RP, Layer JV, Heja D, Hirose T, Lassiter G, Firl DJ, et al. Design and testing of a humanized porcine donor for xenotransplantation. *Nature.* 2023;622: 393-401.
 33. Griffith BP, Goerlich CE, Singh AK, Rothblatt M, Lau CL, Shah A, et al. Genetically modified porcine-to-human cardiac xenotransplantation. *N Engl J Med.* 2022;387: 35-44.
 34. 日本学術会議. 見解「わが国における中長期的な水産資源の利用のあり方」食料科学委員会水産学分科会. 2023.
 35. 消費者庁. ゲノム編集技術応用食品及び添加物の食品衛生上の取扱要領に基づき届出された食品及び添加物一覧. Available: https://www.caa.go.jp/policies/policy/standards_evaluation/bio/genome_edited_food/list
 36. Blix TB, Dalmo RA, Wargelius A, Myhr AI. Genome editing on finfish: Current status and implications for sustainability. *Rev Aquac.* 2021;13: 2344-2363.
 37. Yu H, Li H, Li Q, Xu R, Yue C, Du S. Targeted gene disruption in Pacific oyster based on CRISPR/Cas9 ribonucleoprotein complexes. *Mar Biotechnol (NY).* 2019;21: 301-309.
 38. Li R, Meng Q, Qi J, Hu L, Huang J, Zhang Y, et al. Microinjection-based CRISPR/Cas9 mutagenesis in the decapoda crustaceans *Neocaridina heteropoda* and *Eriocheir sinensis*. *J Exp Biol.* 2022;225. doi:10.1242/jeb.243702
 39. Li Y, Peng N. Endogenous CRISPR-Cas system-based genome editing and antimicrobials: Review and prospects. *Front Microbiol.* 2019;10: 2471.

40. Couvin D, Bernheim A, Toffano-Nioche C, Touchon M, Michalik J, Néron B, et al. CRISPRCasFinder, an update of CRISRFinder, includes a portable version, enhanced performance and integrates search for Cas proteins. *Nucleic Acids Res.* 2018;46: W246-W251.
41. Wang Y, Liu Y, Zheng P, Sun J, Wang M. Microbial base editing: A powerful emerging technology for microbial genome engineering. *Trends Biotechnol.* 2021;39: 165-180.
42. Peng H, Chen IA, Qimron U. Engineering phages to fight multidrug-resistant bacteria. *Chem Rev.* 2025;125: 933-971.
43. Li X-H, Lu H-Z, Yao J-B, Zhang C, Shi T-Q, Huang H. Recent advances in the application of CRISPR/Cas-based gene editing technology in filamentous fungi. *Biotechnol Adv.* 2025;81: 108561.
44. Dhokane D, Shaikh A, Yadav A, Giri N, Bandyopadhyay A, Dasgupta S, et al. CRISPR-based bioengineering in microalgae for production of industrially important biomolecules. *Front Bioeng Biotechnol.* 2023;11: 1267826.
45. Kurita T, Iwai M, Moroi K, et al. Genome editing with removable TALEN vectors harboring a yeast centromere and autonomous replication sequence in oleaginous microalga. *Scientific Reports.* 2022;12:2480.
46. Chaverra-Rodriguez D, Macias VM, Hughes GL, Pujhari S, Suzuki Y, Peterson DR, et al. Targeted delivery of CRISPR-Cas9 ribonucleoprotein into arthropod ovaries for heritable germline gene editing. *Nat Commun.* 2018;9: 3008.
47. 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構. バイオステーション. Available: <https://bio-sta.jp/faq/>
48. 厚生労働省大臣官房生活衛生・食品安全審議官決定. ゲノム編集技術応用食品及び添加物の食品衛生上の取扱要領. 2019 年 9 月 19 日.
49. Naeem M, Majeed S, Hoque MZ, Ahmad I. Latest developed strategies to minimize the off-target effects in CRISPR-Cas-mediated genome editing. *Cells.* 2020;9: 1608.

50. Tao J, Qi Wang Q, Mendez-Dorantes C, Burns KH, Chiarle R. Frequency and mechanisms of LINE-1 retrotransposon insertions at CRISPR/Cas9 sites. Nat Commun, 27;13(1):3685.
51. Tachikawa, M., Matsuo, M. Divergence and convergence in international regulatory policies regarding genome-edited food: How to find a middle ground. Frontiers in Plant Science, 2023; 14: 1105426.
52. 内閣府食品安全委員会. 食品安全モニターからの報告. Available: https://www.fsc.go.jp/monitor/monitor_report.html
53. 消費者庁. 令和5年度食品表示に関する消費者意向調査. Available: https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/information/research/2023/assets/food_labeling_cms201_240813_01.pdf
54. 農林水産省農林水産技術会議事務局. 品種改良加速技術（ゲノム編集技術）に関するアウトリーチ活動. Available: https://www.affrc.maff.go.jp/docs/anzenka/genom_editting/outreach.htm
55. 全国消費者団体連絡会. 2022年度ゲノム編集食品に関する調査. Available: https://www.shodanren.gr.jp/Annai/pdf/800_01.pdf
56. 廣野喜幸・藤垣裕子・定松淳・内田麻理香. 科学コミュニケーション論の展開. 東京大学出版; 2023.
57. 農林水産省農林水産技術会議事務局. 品種改良加速技術（ゲノム編集技術）. Available: https://www.affrc.maff.go.jp/docs/anzenka/genom_editting.htm
58. JST-OPERA 食と先端技術共創コンソーシアム. Available: <https://opera.tsukuba.ac.jp/>
59. Bio Breeding 研究会. Available: <https://biobreeding.thefam.jp/>
60. CRISPRcon. Available: <https://crisprcon.org/>
61. Biotechnology and Biological Sciences Research Council (BBSRC). Available: <https://www.ukri.org/councils/bbsrc>
62. 山口富子. ゲノム編集技術と社会をつなぐ試み 海外のコミュニケーション活動. 共同文化社; 2023.

63. 西澤真理子. リスクコミュニケーション. 毎日新聞出版; 2021.
64. 内閣府消費者委員会事務局. 消費者委員会 食品表示部会第 55 回議事録.
Available:
https://www.cao.go.jp/consumer/history/05/kabusoshiki/syokuhinhyouji/doc/190620_gijiroku.pdf

＜参考資料＞

審議経過

2024 年 2 月 29 日 産業生物バイオテクノロジー分科会（第 1 回）

○第 26 期における分科会構成などの確認と今期の分科会活動の討議。ゲノム編集技術について、意思の発出を目指すことを決定。

2024 年 5 月 29 日 産業生物バイオテクノロジー分科会（第 2 回）

○立川雅司委員からゲノム編集技術の農業・食品応用をめぐる各国の規制について話題提供があり、意見交換を実施。

○ゲノム編集技術に関する見解の発出を行う上で、その目的と内容の骨子を議論。

2024 年 9 月 9 日 産業生物バイオテクノロジー分科会（第 3 回）

○石井哲也 氏（北海道大学・安全衛生本部・教授）から「ゲノム編集生物の産業応用 ―日本社会における課題―」と題して話題提供があり、その後意見交換を行った。

○ゲノム編集技術に関する見解の発出を行う上で、その目的と内容の骨子をさらに議論。

2024 年 12 月 4 日 産業生物バイオテクノロジー分科会（第 4 回）

○2 企業から 1 名ずつ招き、会社の事業概要、ゲノム編集個体の取扱いの可能性について意見を聞き、質疑応答を行った。

○見解の構成、見解に含める項目について意見交換を行った。各項目の分量や執筆担当者については幹事会で検討し、後日メールベースで議論。

2025 年 4 月 3 日 産業生物バイオテクノロジー分科会（第 5 回）

○福田 豊治 氏（日本種苗協会・専務理事）より、「ゲノム編集技術について、産業界との意見交換」と題して話題提供があり、その後意見交換を行った。

○見解の内容と構成、及び執筆担当者についての案が提示され、承認を得た。執筆担当者を含む小委員会を設置。

2025 年 6 月 27 日 ウェビナーシリーズ「ゲノム編集のいま～産業・食品への応用」として、第 1 回のウェビナーを実施。

【第 1 回】ゲノム編集食品～世界はどのように規制しているのか？

開催日時：2025 年 6 月 27 日（金）12:00～13:00

話題提供：立川 雅司 氏（名古屋大学大学院環境学研究科・教授、連携会員）

2025 年 7 月 9 日 産業生物バイオテクノロジー分科会（第 6 回）ゲノム編集技術検

討小委員会（第1回）合同委員会

○ゲノム編集技術検討小委員会の役員（委員長、副委員長、幹事）の選出を実施。執筆担当者より提出された原稿を確認し、内容及び各項目でどの程度踏み込んだ議論をするかを相互確認。

2025年8月25日 産業生物バイオテクノロジー分科会（第7回）ゲノム編集技術検討小委員会（第2回）合同委員会

○ゲノム編集技術における社会とのコミュニケーションの在り方について、以下の3名から話題提供を受け、意見交換を実施。

話題提供1：西澤真理子氏（リテラジャパン 代表取締役）「ゲノム編集食品」

話題提供2：内田麻理香氏（東京大学 教養学部 附属教養教育高度化機構科学技術コミュニケーション部門 特任准教授）「欠如モデルと科学コミュニケーション」

話題提供3：山口富子氏（国際基督教大学 教養学部 アーツ・サイエンス学科 教授）

「ゲノム編集技術と社会をつなぐ試み 海外の事例から」

○見解の原稿の内容と今後の執筆方針を確認。

2025年11月5日

日本学術会議幹事会

見解「産業生物におけるゲノム編集技術の現状と課題」の申出書について承認。

2026年1月16日 獣医学分科会分科会（メール会議）

○産業生物バイオテクノロジー分科会作成の暫定報告案を検討し、一部表現等修正の後、表出に加わることを承認。

2026年1月16日 食の安全分科会（メール会議）

○産業生物バイオテクノロジー分科会作成の暫定報告案を検討し、一部表現等修正の後、表出に加わることを承認。

2026年1月16日 育種学分科会（メール会議）

○産業生物バイオテクノロジー分科会作成の暫定報告案を検討し、一部表現等修正の後、表出に加わることを承認。

2026年9月15日 科学的助言等対応委員会により見解「産業生物におけるゲノム編集技術の現状と課題」の発出について承認。

<付録>

表 1. ゲノム編集技術一覧

ツール／方式	二本鎖切断型	切断酵素	特徴	参考文献	特許・ライセンス概況
CRISPR-Cas9	○	RNA 誘導ヌクレアーゼ (Class II, Type II)	ガイド RNA により標的配列を認識し、DNA に二本鎖切断 (DSB) を導入する汎用的なゲノム編集技術である。PAM 配列 (通常 NGG) を必要とし、比較的容易な設計性と高い編集効率を有する。	[1-3]	CVC/Broad 間で係争継続 (日本含む)。ERS Genomics が CVC 特許群の非ヒト用途を提供。
CRISPR-(Cas12a Cpf1)	○	RNA 誘導ヌクレアーゼ (Class II, Type V-A)	ガイド RNA により標的配列を認識し、DNA に一本鎖突出末端 (sticky end) を伴う二本鎖切断を導入する Type V のゲノム編集技術である。TTTV などのトリッチな PAM 配列を要求し、コンパクトな gRNA 構造とオフターゲット低減の利点を有する。	[4]	Broad 系の特許群が各管轄で成立。Editas 等へライセンス実績。
CRISPR-Cas12f (Cas14/CasMINI 等)	○	超小型 RNA 誘導ヌクレアーゼ (Class II, Type V-F)	極めて小型 (~400-600 aa) で単一ガイド RNA により標的 DNA を認識し、二本鎖切断を誘導する Type V の CRISPR 系ヌクレアーゼである。小型性であるためウイルスベクター*等への送達性が高く、ゲノム編集ツールとしての応用拡張が期待されている。	[5, 6]	UC 系出願・診断応用での実装報道。医療応用は個別ライセンス
CRISPR-Cas3 (Type I-E 他)	△	多タンパク質複合体 + Cas3 (Class I, Type I)	切断方式は長距離欠失誘導であり、狭義の DSB と異なる。Cascade 複合体による標的認識後に Cas3 がリクルートされ、DNA を一方向に長距離分解する Type I のゲノム編集系である。切断様式は Cas9 の狭義の二本鎖切断 (DSB) と異なり、ヘリカーゼ活性により二本鎖をほどきつつ、生じた一本鎖のヌクレオチドを連続的に分解する。そのため大規模欠失を誘導しうる。	[7]	大阪大学が基本特許。C4U が世界独占実施権。日本特許 JP6480647、ほか各国成立。2025 年にガイド RNA 関連で JP0 特許 7752369。
TALEN (TALE-FokI)	○	タンパク質型ヌクレアーゼ	塩基配列特異性を有する TALE リピートタンパク質に FokI 切断ドメインを融合した人工ヌクレアーゼであり、左右のペアが標的配列を挟んで結合することで二量体化し、DSB を誘導する。配列認識がタンパク質にコードされるため設計労力を要する一方、比較的高い特異性と低いオフターゲット性を有する点が特徴。	[8, 9]	Cellectis が主要特許群・製品供給。係争事例あり。

ZFN (ZFP-FokI)	○	タンパク質型ヌクレアーゼ	DNA 配列特異性を示す亜鉛フィンガー (ZFP) と FokI 切断ドメインを融合させた人工ヌクレアーゼであり、左右ペアが標的配列を挟んで結合することで FokI が二量体化し、DSB を誘導する。配列認識部位の設計には高度なタンパク質工学を要するものの、高い特異性を保持しつつ遺伝子破壊や修復誘導に応用できる点が特徴。	[10]	Sangamo が広範な基本特許。研究用は供給企業経由でライセンス必須。
塩基編集	—	nCas9/dCas9-デアミナーゼ	ニッカーゼ型または不活性化 Cas9 にデアミナーゼ酵素を融合させることで、DSB を伴わずに特定の塩基を化学的に置換する非切断型ゲノム編集技術である。CBE (Cytosine Base Editor) は C→T、ABE (Adenine Base Editor) は A→G 変換を高精度に誘導し、インデルや大規模欠失の発生を抑制できる点に特徴を有する。DSB 依存技術に比べて細胞毒性が低く、精密かつ安全性の高い遺伝子改変が可能である。	[11]	Beam Therapeutics (医療分野中心)
プライム編集	—	nCas9-逆転写酵素+pegRNA	ニッカーゼ型 Cas9 に逆転写酵素 (RT) を融合し、pegRNA (prime editing guide RNA) を用いることで、DSB やドナー DNA を必要とせずに、置換・挿入・欠失など多様な塩基変化を高精度に導入できるゲノム編集技術である。従来の相同組換え修復 (HDR) 依存編集に比べてインデル率及び細胞毒性を低減でき、ゲノム改変の柔軟性と安全性が大きく向上する点に特徴を有する。さらに、複雑な変異導入にも適用可能であり、疾患変異の精密補正などへの応用が期待されている。	[12]	Prime Medicine (医療分野中心)
CRISPRi/a (dCas9)	—	dCas9	ヌクレアーゼ活性を欠損させた dCas9 を利用して遺伝子発現を配列特異的に制御する非切断型ゲノム編集技術である。CRISPRi は dCas9 をプロモーター近傍に誘導して転写を阻害し、標的遺伝子の発現を抑制する。一方 CRISPRa は dCas9 に転写活性化ドメインを融合することで、標的遺伝子の発現を促進できる点に特徴を有する。	[13, 14]	大学 TL0/各権利者

エピゲ ノム編 集	—	dCas9+エピ ゲノム修飾 酵素	DNA 配列を改変せず、DNA メチル 化やヒストン修飾を人為的に制御 する技術である。可逆的かつ発現 制御型の改変が可能である。	[15, 16]	大学 TLO/各権 利者
-----------------	---	-------------------------	--	-------------	-----------------

1. Jinek M, Chylinski K, Fonfara I, Hauer M, Doudna JA, Charpentier E. A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. *Science*. 2012;337: 816-821.
2. Cong L, Ran FA, Cox D, Lin S, Barretto R, Habib N, et al. Multiplex genome engineering using CRISPR/Cas systems. *Science*. 2013;339: 819-823.
3. Mali P, Yang L, Esvelt KM, Aach J, Guell M, DiCarlo JE, et al. RNA-guided human genome engineering via Cas9. *Science*. 2013;339: 823-826.
4. Zetsche B, Gootenberg JS, Abudayyeh OO, Slaymaker IM, Makarova KS, Essletzbichler P, et al. Cpf1 is a single RNA-guided endonuclease of a class 2 CRISPR-Cas system. *Cell*. 2015;163: 759-771.
5. Harrington LB, Burstein D, Chen JS, Paez-Espino D, Ma E, Witte IP, et al. Programmed DNA destruction by miniature CRISPR-Cas14 enzymes. *Science*. 2018;362: 839-842.
6. Xu X, Chemparathy A, Zeng L, Kempton HR, Shang S, Nakamura M, et al. Engineered miniature CRISPR-Cas system for mammalian genome regulation and editing. *Mol Cell*. 2021;81: 4333-4345.e4.
7. Morisaka H, Yoshimi K, Okuzaki Y, Gee P, Kunihiro Y, Sonpho E, et al. CRISPR-Cas3 induces broad and unidirectional genome editing in human cells. *Nat Commun*. 2019;10: 5302.
8. Christian M, Cermak T, Doyle EL, Schmidt C, Zhang F, Hummel A, et al. Targeting DNA double-strand breaks with TAL effector nucleases. *Genetics*. 2010;186: 757-761.
9. Cermak T, Doyle EL, Christian M, Wang L, Zhang Y, Schmidt C, et al. Efficient design and assembly of custom TALEN and other TAL effector-based constructs for DNA targeting. *Nucleic Acids Res*. 2011;39: e82.
10. Urnov FD, Rebar EJ, Holmes MC, Zhang HS, Gregory PD. Genome editing with engineered zinc finger nucleases. *Nat Rev Genet*. 2010;11: 636-646.
11. Nishida K, Arazoe T, Yachie N, Banno S, Kakimoto M, Tabata M, et al. Targeted nucleotide editing using hybrid prokaryotic and vertebrate adaptive immune systems. *Science*. 2016;353: aaf8729-aaf8729.
12. Anzalone AV, Randolph PB, Davis JR, Sousa AA, Koblan LW, Levy JM, et al. Search-and-replace genome editing without double-strand breaks or donor DNA. *Nature*. 2019;576: 149-157.

13. Qi LS, Larson MH, Gilbert LA, Doudna JA, Weissman JS, Arkin AP, et al. Repurposing CRISPR as an RNA-guided platform for sequence-specific control of gene expression. *Cell*. 2013;152: 1173-1183.
14. Gilbert LA, Larson MH, Morsut L, Liu Z, Brar GA, Torres SE, et al. CRISPR-mediated modular RNA-guided regulation of transcription in eukaryotes. *Cell*. 2013;154: 442-451.
15. Hilton IB, D' Ippolito AM, Vockley CM, Thakore PI, Crawford GE, Reddy TE, et al. Epigenome editing by a CRISPR-Cas9-based acetyltransferase activates genes from promoters and enhancers. *Nat Biotechnol*. 2015;33: 510-517.
16. Kearns NA, Pham H, Tabak B, Genga RM, Silverstein NJ, Garber M, et al. Functional annotation of native enhancers with a Cas9-histone demethylase fusion. *Nat Methods*. 2015;12: 401-403.

表2. SDN (Site-Directed Nuclease : 部位特異的ヌクレアーゼ) の各分類の比較

分類	SDN-1	SDN-2	SDN-3
定義／概要	外来 DNA を導入せず、標的部位に小規模な欠失・挿入 (Indel) を導入する	一時的に外来 DNA (修復鋳型) を導入し、標的配列を相同修復で微修飾する	外来遺伝子を導入し、標的ゲノムへ恒常的に組み込む
外来 DNA の導入	導入しない	一時的にテンプレートとして導入	導入する (遺伝子カセット等)
最終産物への外来 DNA 残存	残存しない	テンプレート配列が残存する場合がある	残存する
変異の種類	塩基置換・小規模な Indels	塩基置換・小規模な Indels	新規配列の付加
主な利用修復機構	NHEJ (非相同末端結合)	HDR (相同組換え修復)	HDR 等
産物の特徴	従来育種でも生じうる変異範囲	配列レベルで精密に設計可能 (マーカー残存なしが原則)	新規機能の恒常的な付与
規制扱い (一般傾向・日本注記)	非 GMO 扱いが多い。日本：食品衛生 (厚労省) は非対象、環境省 (カルタヘナ法) は非該当として流通可 (届出)	国により分岐。日本：食品衛生 (厚労省) は非対象だが、環境省 (カルタヘナ法) では対象 (取扱い要注意)	GMO として規制対象。日本：カルタヘナ法の対象、食品衛生も審査対象
想定用途	ノックアウト、機能喪失変異の付与	点変異修復、タグ付加 (少数塩基)	外来遺伝子導入、経路改変、耐性遺伝子付与
代表的手法	CRISPR-Cas9 (DSB→NHEJ)、TALEN、ZFN	CRISPR-Cas9 + ドナー DNA、ニッカーゼ活用設計 など	CRISPR-Cas9 + 外来遺伝子カセット (HDR)、TALEN/ZFN + ドナー など

表3 公開届出情報一覧

No.	品目・品種	届出者	開発者等	届出年月日	上 市 年 月
1	グルタミン酸脱炭酸酵素遺伝子の一部を改変し GABA 含有量を高めたトマト (#87-17)	サナテックライフサイエンス株式会社(旧サナテックシード株式会社)	サナテックライフサイエンス株式会社(旧サナテックシード株式会社)	2020年12月11日	2021年9月
2	可食部増量マダイ(E189-E90 系統)	リージョナルフィッシュ株式会社	リージョナルフィッシュ株式会社	2021年9月17日	2021年10月
	可食部増量マダイ(E361-E90 系統、従来品種-B224 系統)			2022年12月5日	2023年1月
	※2021年9月17日届出系統の追加系統				
3	高成長トラフグ(4D-4D 系統)	リージョナルフィッシュ株式会社	リージョナルフィッシュ株式会社	2021年10月29日	2021年11月
	高成長トラフグ(従来系統-4D 系統)			2022年12月5日	2023年1月
	※2021年10月29日届出系統の追加系統				
4	PH1V69 CRISPR-Cas9 ワキシートウモロコシ	コルテバ・アグリサイエンス日本株式会社	パイオニア・ハイブレッド・インターナショナル社	2023年3月20日	上 市 未 定
5	グルタミン酸脱炭酸酵素遺伝子の一部を改変し GABA 含有量を高めたトマト (#206-4)	サナテックライフサイエンス株式会社(旧サナテックシード株式会社)	サナテックライフサイエンス株式会社(旧サナテックシード株式会社)	2023年7月27日	上 市 未 定
6	高成長ヒラメ(8D 系統)	リージョナルフィッシュ株式会社	リージョナルフィッシュ株式会社	2023年10月24日	2024年4月
7	高小型塊茎数ジャガイモ品種 JA36	J.R. Simplot Company	J.R. Simplot Company	2024年10月16日	上 市 未 定
8	可食部増量ティラピア(13D 系統)	リージョナルフィッシュ株式会社	リージョナルフィッシュ株式会社	2025年4月25日	上 市 未 定
9	グルタミン酸脱炭酸酵素遺伝子の一部を改変し GABA 含有量を高めたトマト(#71a-33)	サナテックライフサイエンス株式会社	サナテックライフサイエンス株式会社	2025年9月8日	上 市 未 定
10	高糖度トマト(GG-T1)	グランドグリーン株式会社	グランドグリーン株式会社	2025年11月7日	上 市 未 定

出所：消費者庁ウェブサイト（2025年11月10日時点）

表 4 各国（省庁）における規制決定等の推移

年次	主要事項
2014	ニュージーランド（EPA への判決）
2015	アルゼンチン
2016	
2017	チリ
2018	EU（欧州司法裁判所の裁定）、ブラジル
2019	日本、豪州（OGTR）
2020	アメリカ USDA（SECURE 規則）
2021	
2022	中国（農業部）、インド、フィリピン、カナダ（保健省）
2023	アメリカ EPA、イギリス（精密育種法）、EU（欧州委員会*）、カナダ（食品検査庁）
2024	アメリカ FDA（動物）、ニュージーランド（EPA*）、タイ、シンガポール、インドネシア、アメリカ（SECURE 規則停止）
2025	イギリス（施行規則）、豪州・ニュージーランド食品基準庁

注：* 印は検討中。SDN-3 は除外。2025 年 10 月時点。

表 5 各国における規制アプローチの違い

	ゲノム編集された生物の位置づけ	規制の内容	事例国（省庁）
1	GMO として位置付け	GM 規制をそのまま適用	南アフリカ
2	GMO として位置付け	GM 規制を簡便化して適用	中国
3	非 GMO として位置付け	規制から除外（政府による確認を求める）	アメリカ、アルゼンチン、チリ、日本、インド、フィリピン、タイなど
4	非 GMO として位置付け	規制から除外（政府による確認を求めない）	豪州（OGTR）、ニュージーランド（EPA*）、豪州・ニュージーランド食品基準庁、カナダ
5	新たなカテゴリーの導入	新たなルールを導入	イギリス[精密育種生物(PBO)]、EU[新ゲノム技術(NGT)]*

注：* 印は検討中。SDN-3 は除外。2025 年 10 月時点。

表 6 規制からの除外において塩基数に関して明示的な言及がある例

国	内容	備考
EU	・ 20 ヌクレオチド以下の置換または挿入 ・ 任意の数のヌクレオチドの欠失	欧州委員会（2023） NGT に関する規則案
アメリカ	遺伝的変異が標的部位での一塩基対の置換である場合	USDA 行政規則（2020）
アメリカ	・ 修復用鋳型を使用せずに DNA を挿入した場合、または修復用鋳型を使用して DNA を挿入せずに、標的位置に作られた任意のサイズのインデルまたは連続欠失 ・ 最大 12 個の改変が同時に、または連続してなされた植物で、各改変が個別に免除の対象となり、かつ異なる遺伝子に生じる場合	USDA による決定（2024）

注：関連規則から該当部分を抜粋。詳細は原文（下記の（1）～（3））を参照のこと。

- (1) Proposal for a regulation of the European parliament and of the council on plants obtained by certain new genomic techniques and their food and feed, and amending Regulation (EU) 2017/625

https://food.ec.europa.eu/document/download/c03805a6-4dcc-42ce-959c-e4d609010fa3_en?filename=gmo_biotech_ngt_proposal_2023-411_en.pdf

- (2) Movement of Certain Genetically Engineered Organisms. Animal and Plant Health Inspection Service, USDA.

<https://www.federalregister.gov/documents/2020/05/18/2020-10638/movement-of-certain-genetically-engineered-organisms>

- (3) Movement of Organisms Modified or Produced Through Genetic Engineering; Notice of Additional Modifications Exempt Plants Can Contain. Animal and Plant Health Inspection Service, USDA.

<https://www.federalregister.gov/documents/2024/11/13/2024-26232/movement-of-organisms-modified-or-produced-through-genetic-engineering-notice-of-additional>

資料 1

遺伝子治療及び再生医療の分野におけるゲノム編集技術の概要

遺伝子治療及び再生医療の分野においても、ゲノム編集は高い可能性と期待を有している。ゲノム編集ツールを用いて細胞外で遺伝子改変を行い治療に応用する体外 (*ex vivo*) 治療法と、ゲノム編集ツールを直接体内に送達する体内 (*in vivo*) 治療法の開発が世界的に進展している (山本 2022)。 *ex vivo* 治療では、血液疾患である鎌状赤血球症やサラセミア (地中海貧血) の治療を目的として、CRISPR-Cas9 システムを活用した遺伝子編集技術が開発されている (Frangoul et al. 2022)。また、がん免疫療法におけるキメラ抗原受容体 (CAR) T 細胞 (CAR-T 細胞) の作製にもゲノム編集が遺伝子改変の手法として広く応用されている。一方、*in vivo* 治療に関しては、網膜変性疾患、代謝性疾患、血液疾患を対象に CRISPR-Cas9 を用いた治療法が進展している。これらの治療では、ゲノム編集ツールの発現には従来アデノ随伴ウイルス (adeno-associated virus: AAV) ベクター*が主に利用されてきたが、近年、ナノ脂質粒子 (LNP : lipid nanoparticle) を介して RNA として編集因子を送達する技術開発も著しい進歩を遂げている。特に、静脈注射による LNP を用いた送達系により、CRISPR-Cas9 のガイド RNA 及び Cas9 mRNA を肝臓へ効率的に導入し、疾患の原因となる変異遺伝子をノックアウトする治療法が開発され、臨床試験が進行している (Gillmore ら 2021)。投与後約 1 か月で変異 TTR タンパク質の血中濃度が大幅に減少する効果が見られている。さらに、塩基編集技術を用いた治療が生後 6 か月のカルバモイルリン酸合成酵素 1 (CPS1) 欠損症乳児に適用され、2025 年に有望な治療効果として報告された (Musunuru, 2025)。

参考文献

1. 山本卓. ゲノム編集の医学・医療への応用. 裳華房; 2022.
2. Frangoul H, Altshuler D, Cappellini MD, Chen Y-S, Domm J, Eustace BK, et al. CRISPR-Cas9 gene editing for sickle cell disease and β -thalassemia. *N Engl J Med*. 2021;384: 252-260.
3. Gillmore JD, Gane E, Taubel J, Kao J, Fontana M, Maitland ML, et al. CRISPR-Cas9 *in vivo* gene editing for transthyretin amyloidosis. *N Engl J Med*. 2021;385: 493-502.

4. Musunuru K, Grandinette SA, Wang X, Hudson TR, Briseno K, Berry AM, et al. Patient-specific in vivo gene editing to treat a rare genetic disease. *N Engl J Med*. 2025;392: 2235-2243.

資料 2

消費者におけるゲノム編集技術の認知と理解の現状

1) 内閣府食品安全委員会による食品安全モニター調査 (2004 年～) ¹⁾

対象：内閣府食品安全委員会に登録された食品安全モニター（約 450 名）

調査方法：インターネットによるアンケート調査

調査時期・期間：毎年 2 月頃に実施、期間は約 2 週間

出典：食品安全モニターからの報告（内閣府食品安全委員会）

https://www.fsc.go.jp/monitor/monitor_report.html

本調査では、食品の安全性に関わる約 15 項目のハザードについて、ハザードごとに不安の程度を 2004 年から毎年調査している。調査項目の 1 つとして「遺伝子組換え食品」が調査対象となっている。ゲノム編集食品については、2019 年度までは調査対象とされておらず、2020 年度は「遺伝子組換え（ゲノム編集含む）」として、2021 年度以降は「遺伝子組換え食品」と「ゲノム編集食品」を分けて調査が行われている。

「遺伝子組換え食品」に対する不安の年次変化をみると、調査開始以降、不安との回答（「ある程度不安である」＋「とても不安である」）は年々減少傾向にある。一方、2021 年度以降に同一の調査対象者に対して「遺伝子組換え食品」と「ゲノム編集食品」を区別して調査した結果では、「ゲノム編集」に対する不安の方がやや高い傾向が見られる。これは、ゲノム編集に関する認知度や理解度が十分でないことから、未知の技術に対する不安が影響していると考えられる。

2) 消費者庁によるアンケート調査 (2024 年 3 月) ²⁾

対象：全国の満 15 歳以上の日本国籍を有する一般消費者（令和 2 年国勢調査の性別、年代、地域の比率を考慮し、有効回答数 48,806 件から無作為抽出した 10,000 人。）

調査方法：インターネットによるアンケート調査

調査期間：2024 年 3 月 1 日～3 月 10 日

出典：消費者庁 「令和 5 年度食品表示に関する消費者意向調査」

https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/information/research/2023/assets/food_labeling_cms201_240813_01.pdf

「ゲノム編集技術を応用した食品」について「内容を知っている」と回答した者は 6.1%、「聞いたことはあるが内容は知らない」が 43.1%、「聞いたこともない」が 50.8%との結果が得られている。すなわち、ゲノム編集に関する「認知度（聞いたことがある）」は約 5 割に達している一方で、「理解度（内容を知っている）」は約 1 割と、まだ十分とはいえない状況にある。

3) 全国消費者団体連絡会（消団連）によるアンケート調査（2022 年 6 月）³⁾

対象：20～69 歳の男女（有効サンプル数：554 名）

調査方法：インターネットによるアンケート調査

調査期間：2022 年 6 月 2 日～6 月 6 日

出典：全国消費者団体連絡会 「2022 年度ゲノム編集食品に関する調査」

https://www.shodanren.gr.jp/Annai/pdf/800_01.pdf

「ゲノム編集食品」という言葉について、「聞いたことがあり、内容も知っている」と回答した者は 19.4%、「聞いたことはあるが内容は知らない」が 41.9%、「聞いたことは無い」が 38.6%との結果だった。同調査では、食の安全に関する関心項目（10 項目）の中で「ゲノム編集食品」に関心を持つ者は 9.9%と最も低く、全体として無関心層が多いことが示唆された。

4) 農林水産省アウトリーチ事業におけるアンケート調査（2025 年 1 月）⁴⁾

対象：20～60 歳代の男女 2,000 人（男女×5 世代（20 歳代～60 歳代を 10 歳刻み）で各 200 人）

調査方法：インターネットによるアンケート調査

調査期間：2025 年 3 月 5 日～3 月 6 日

出典：農林水産省農林水産技術会議事務局 「令和 6 年度アウトリーチ活動事業の実績概要」

https://www.affrc.maff.go.jp/docs/anzenka/genom_editting/attach/pdf/outreach-13.pdf

「ゲノム編集食品」の認知度について、「知っている」（詳しく知っている・概要は知っている）と回答した者は 14.4%、「名前は聞いたことがある」が 42.4%、「知らない」が 43.2%との結果だった。一方で、「ゲノム編集食品」の購入意向については、メリットがあればゲノム編集食品を購入することを「気

にしない」・「あまり気にしない」と回答した者は 30.3%、「できれば避けたい」・「購入しない」が 34.9%、「どちらとも言えない」が 34.8%との結果だった。購入意向については若年層ほど高い傾向が見られ、「気にしない」・「あまり気にしない」と回答した割合は、20 代では 47.6%に達した。

以上の調査結果を統合すると、ゲノム編集に関する認知度（聞いたことがある者の割合）はおおむね 5～6 割に達しており、一定の広がりを示している。一方で、内容を理解している者の割合は 1～2 割程度にとどまっており、理解度は依然として十分とは言えない。また、関心を持たない層も少なくないが、若年層では比較的高い受容傾向が認められる。

参考情報

- 1) 内閣府 食品安全委員会 「食品安全モニターからの報告」
- 2) 消費者庁 「令和 5 年度食品表示に関する消費者意向調査」
- 3) 全国消費者団体連絡会 「2022 年度ゲノム編集食品に関する調査」
- 4) 農林水産省農林水産技術会議事務局 「ゲノム編集技術に関するアウトリーチ活動」