

遺伝子組換え食品の現状および検査状況

中野 久子^a, 萩野 賀世^a, 寺井 朗子^a, 大貝 真実^a

東京都では遺伝子組換え食品の表示および安全性未審査遺伝子組換え食品の混入を監視するため、継続的に遺伝子組換え食品の検査を行っている。ここでは、遺伝子組換え食品の現状とともに、平成27年4月から平成29年3月までに当センターで実施した遺伝子組換え食品検査結果について報告する。安全性未審査のため国内で流通が認められていない遺伝子組換えトウモロコシ (CBH351, Bt10), コメ (63Bt, NNBt, CpTI), パパイヤ (PRSV-YK, PRSV-SC, PRSV-HN) の検査を行った結果、これらの遺伝子組換え作物は検出されなかった。また、安全性審査済み遺伝子組換え食品に関しては、ダイズ穀粒・加工食品およびトウモロコシ穀粒・加工食品について検査を行った結果、意図しない混入率の基準 (5%) を超えるものはなかった。

キーワード: 遺伝子組換え食品, 安全性審査, 表示制度, PCR, リアルタイムPCR, トウモロコシ, コメ, パパイヤ, ダイズ, 加工食品

はじめに

遺伝子組換え作物は、海外において1996年 (平成8年) に商業栽培が本格的に開始してから20年以上が経過している。遺伝子組換え食品の開発・実用化の国際的広がりから食の安全を確保するため、国による安全性審査を受けることが食品衛生法のもと平成13年4月に義務付けられ、安全性審査を受けていない遺伝子組換え作物や、それらを原材料とした食品の製造、輸入、販売等は禁止されている^{1,2)}。一方、安全性審査が終了した遺伝子組換え食品については、表示が義務化されているが、分別生産流通管理 (IPハンドリング) が適切に実施されている場合には、5%以下の意図しない混入はやむを得ないものとして認められている³⁾。IPハンドリングは、生産・流通および加工の各段階で、遺伝子組換え食品と非遺伝子組換え食品の混入が起らない

よう管理し、そのことが書類等により証明されている流通管理のことである。

食品表示に関しては、当初食品衛生法およびJAS法に基づいていたが、消費者庁が平成21年9月に発足し、食品表示法が平成27年4月に施行され一元化された。安全性審査済みの遺伝子組換え食品の検査については消費者庁の所管となり、安全性未審査の遺伝子組換え食品については厚生労働省の所管となっている^{4,6)}。平成30年10月3日現在、8作物319品種の農作物について安全性審査が終了しており、輸入、販売等が認められている (表1)⁷⁾。東京都では遺伝子組換え食品の表示および安全性未審査の遺伝子組換え作物の混入について監視するため、検査を行っている⁸⁻¹¹⁾。本報では、遺伝子組換え食品の現状とともに、平成27年度および平成28年度の検査結果について報告する。

表 1. 安全性審査済み遺伝子組換え食品

食品	性質	品種数	食品	性質	品種数
ダイズ	除草剤耐性	28	トウモロコシ	害虫抵抗性	206
	高オレイン酸形質			除草剤耐性	
	害虫抵抗性			高リシン形質	
	低飽和脂肪酸			耐熱性 α -アミラーゼ産生	
	ステアリドン酸産生			乾燥耐性	
ジャガイモ	害虫抵抗性	9	ナタネ	高雌穂	21
	ウイルス抵抗性			除草剤耐性	
	アクリルアミド産生低減			雄性不稔性	
ワタ	打撲黒斑低減	46	アルファルファ	稔性回復性	5
	除草剤耐性			除草剤耐性	
テンサイ	害虫抵抗性	3	パパイヤ	低リグニン	1
	除草剤耐性			ウイルス抵抗性	

平成30年10月3日現在

^a 東京都健康安全研究センター食品化学部食品成分研究科
169-0073 東京都新宿区百人町3-24-1

1. 遺伝子組換え食品

遺伝子組換えは、ある生物の細胞から目的とする性質を持つ遺伝子を取り出し、植物などの細胞の遺伝子に組み込み、新しい性質を持たせることである。従来の交配による品種改良とは異なり、人工的に遺伝子を組み換えるため、生物の種類に関係なく種を超えて効率よく有用な品種を得ることが可能である。

遺伝子組換え食品は、遺伝子組換え技術を利用して作られた食品であり、従来の育種技術では不可能であった、特定の害虫への抵抗性を持つ作物、除草剤への耐性を持つ作物、病害に強い作物などが知られている。除草剤に強い性質を持つ品種は、除草剤の影響を受けない細菌や除草剤を分解する性質を持つ細菌から遺伝子を取り出して、植物のDNAに導入することにより作られている。除草剤耐性のダイズでは、雑草を除く作業が軽減されるとともに、雑草を取り除くために行う土を掘り返す作業が必要ではなくなるため、地表の土壌が風により舞い上がって失われるのを防ぐことにも役立っている。また、これまで農作物の栽培に適さなかった乾燥地などでも栽培ができる作物や、特定の栄養成分を多く含む作物など、食料確保や環境保全などの観点からメリットのある農作物の開発が進んでいる¹²⁾。

このような植物だけではなく、成長速度の速い遺伝子組換えサケが開発されており、2017年（平成29年）にカナダでは食品として販売された¹³⁾。

また、近年開発された比較的簡易に遺伝子を改変できるゲノム編集技術の利用が進んでいる。任意のDNA配列に特異的に変異をおこすことができ、外来遺伝子が最終的には導入されない品種改良が可能となっている¹⁴⁾。

2. 遺伝子組換え作物の商業栽培

遺伝子組換え作物として、害虫の食害を受けにくい害虫抵抗性品種、除草剤を使用できる除草剤耐性品種などが広く栽培されている。国際アグリバイオ事業団（ISAAA）によると、世界で栽培されている遺伝子組換え品種の特徴（形質）は、ダイズを中心とした除草剤耐性品種が全体の47%を占めており、また除草剤耐性および害虫抵抗性など2種類以上の形質を持つスタック品種の割合が全体の41%に拡大している¹⁵⁾。

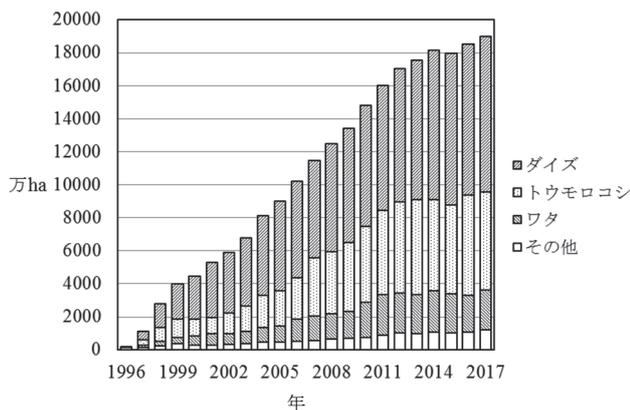


図1. 世界の遺伝子組換え作物栽培面積

世界における遺伝子組換え作物の栽培面積は、商業栽培が始まった1996年の170万haから2017年には1億8,980万haとなり、約20年間で112倍に増加した（図1）¹⁵⁾。この面積は、日本の国土約3,780万haの約5倍に相当し、日本の耕作面積約444万ha（平成29年）の約43倍にあたる。主要な栽培作物は、ダイズ（50%）、トウモロコシ（31%）、ワタ（13%）であり、主要3作物で全体の94%を占めている。栽培国は24カ国（発展途上国19カ国と先進国5カ国）であり、栽培面積上位5カ国の米国7,500万ha（40%）、ブラジル5,020万ha（26%）、アルゼンチン2,360万ha（12%）、カナダ1,310万ha（7%）、インド1,140万ha（6%）で、全世界の遺伝子組換え栽培面積の91%を占めている。

各作物別の栽培面積全体に占める遺伝子組換え作物の割合は、ダイズ77%、トウモロコシ32%、ワタ80%となっている（表2）¹⁵⁾。ダイズおよびワタでは、遺伝子組換えでない品種の約3~4倍の面積で、遺伝子組換え品種が栽培されている状況である。

一方、国内では遺伝子組換え技術により開発された「青いバラ」が平成21年に販売されたが、食用または飼料用の遺伝子組換え作物については、商業栽培されていない^{12,15)}。

国連が平成29年6月に発表した世界人口予測2017年改訂版によると、1998年（平成10年）に60億人であった世界の人口は、76億人に達しており、2030年までに86億人、そして2050年には98億人に増加すると予測されている¹⁶⁾。食料自給率は、国内の食料消費が、国内でどの程度賅っているかを示す指標である。日本のカロリーベースの総合食料自給率は、38%（平成28年度）である¹⁷⁾。また、畜産物の飼料のうち、国内産でどの程度賅われているかを示す指標である飼料自給率は、27%（平成28年度）となっている。日本の自給率は先進国中最低の水準であり、輸入食品への依存度は高い。たとえば、ダイズおよびトウモロコシでは、90%以上を輸入に依存している。2017年のダイズの輸入量は322万トンであり、国別輸入量は、米国235万トン（73%）、ブラジル52万トン（16%）、カナダ32万トン（10%）であった。またトウモロコシでは、輸入量が1,531万トンであり、米国1,201万トン（78%）、ブラジル229万トン（15%）となっている。ダイズおよびトウモロコシの輸入相手国第1位である米国は、遺伝子組換え作物の栽培面積が世界最大の生産国である。米国の遺伝子組換え作物の作付状況（2017年）は、トウモロコシ、ダイズ、ワタについて当該作物作付面積のうち、それぞれ94%、

表2. 世界の遺伝子組換え作物栽培面積（2017年）

	ダイズ	トウモロコシ	ワタ
遺伝子組換え	94.1 (77%)	59.7 (32%)	24.1 (80%)
非遺伝子組換え	27.4 (23%)	128.3 (68%)	6.1 (20%)
合計	121.5	188	30.2

百万ha

93.4%, 96%を占めており, 輸入作物における遺伝子組換え作物の割合が増加している可能性が高い¹⁵⁾。このような状況のなか, 食の安全・安心のために遺伝子組換え食品の検査は重要である。

3. 安全性評価のしくみ

安全性を確保するために, 遺伝子組換え作物の食品としての安全性については「食品衛生法」, 飼料としての安全性については「飼料安全法」, 生物多様性への影響については「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 (カルタヘナ法)」に基づいた安全性評価がなされている。

食品については, 安全性審査の行われていない食品の製造, 輸入, 販売などが, 平成13年4月から禁止されている。市場に流通している遺伝子組換え食品は安全性が確認されたものである。申請者は品種ごとに厚生労働省に安全性審査の申請をする。安全性審査の申請に対し, 厚生労働省は, 専門家により構成される食品安全委員会に安全性の評価を依頼し, 食品安全委員会は安全性の評価を行う。科学的な根拠に基づいて安全性が評価され, 最新の科学的知見に基づく評価の結果, その安全性に問題がないと判断された食品は, 安全性審査を経た旨が官報に公表される。食品としての安全性については, もとの作物は食経験があるか, 組み込んだ遺伝子は何か, アレルギーを引き起こす物質や有害物質が新たに作られたり, あるいは量的に増えたりしていないか, また食品中の栄養素の量が大きく変化していないかなど, 健康に有害な影響を与えるような変化について, 食品健康影響評価が行われている。

4. 検疫所における検査状況

安全性が確認されていない遺伝子組換え食品が輸入されていないか, 遺伝子組換え食品の輸入時の届出が正しく行われているかをチェックするため, 検疫所においては平成13年4月から輸入時検査が行われている。現在, 年度当初に厚生労働省から示される輸入食品監視指導計画に基づいてモニタリング検査が実施されており, 遺伝子組換え食品の検査対象は, 安全性未審査の遺伝子組換え食品である。

平成30年度に計画されている検査件数は, 米及びその加工品 299件, 菜種及びその加工品 29件, パパイヤ及びその加工品 299件, 米国産小麦 59件, ばれいしょ及びその加工品 59件, カナダ, パナマ及び米国から輸入されるサケ 59件となっている。なお, モニタリング検査は, 多種多様な食品について食品安全の状況を幅広く監視すること, および法違反が発見された場合に, 輸入時の検査を強化するなどの対策を講じることを目的として計画的に実施されているものである。また検疫所の指導により, 輸入者による自主検査が行われている。

モニタリング検査および自主検査による違反事例は厚生労働省ホームページに公開されている (https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryoushokuhin/yunyu_k

[anshi/ihan/index.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryoushokuhin/yunyu_k))。平成27年度から平成29年度では合計13件あり, ビーファン, 冷凍パパイヤ, シロップ漬け果実, チーズなどに, 安全性未審査遺伝子組換えコメ (63Bt, NNBt, CpTI) または安全性遺伝子組換えパパイヤ (PRSV-YK, PRSV-SC, PRSV-HN) が検出されている。

5. 検査方法の変遷

安全性未審査の遺伝子組換え食品の混入は認められておらず (ゼロトレランス), 安全性審査を食品衛生法上の義務としている。また, 安全性審査済みの遺伝子組換え食品の表示は, IPハンドリングに基づいている。これらの信頼性を確保するために, 遺伝子組換え食品を分析することにより科学的検証を行うことは重要である。

試験法として, まず平成13年3月に厚生労働省医薬局食品保健部長通知「組換えDNA技術応用食品の検査方法について」⁴⁾, 同年4月に独立行政法人農林水産消費技術センターにより「JAS分析試験ハンドブック遺伝子組換え食品検査・分析マニュアル」が作られた。検査方法は適宜改正されており, 「JAS分析試験ハンドブック遺伝子組換え食品検査・分析マニュアル」は平成24年9月には第3版に改訂されている¹⁸⁾。主な分析技術としては, DNAを分析対象とするポリメラーゼ連鎖反応 (polymerase chain reaction, PCR) 法であり, 0.1%程度の混入でも検知が可能な方法である^{19, 20)}。

安全性未審査の遺伝子組換え食品の検査法は, 食品衛生法のもと厚生労働省の所管であり, 安全性審査済みの表示については, 食品衛生法とJAS法のもと厚生労働省と農林水産省が従来所管していた。平成21年9月に消費者庁が発足し, 遺伝子組換え食品の表示規制については消費者庁に一元化された。平成24年11月に安全性未審査の遺伝子組換え食品検査法として, 厚生労働省から「安全性未審査の組換えDNA技術応用食品の検査法」⁵⁾, また, 安全性審査済みの遺伝子組換え食品の検査法として, 消費者庁から「安全性審査済みの遺伝子組換え食品の検査方法」⁶⁾が新たに通知された。この消費者庁通知において, 安全性審査済みのダイズの検査に関して従来のRoundup Ready Soybean (RRS, 系統名40-3-2) に加えて, Liberty Link Soybean (LLS, 系統名A2704-12)²¹⁾, Roundup Ready 2 Yield (RRS2, 系統名MON89788)²²⁾の検査法が追加され, トウモロコシについては粒単位検査法²³⁾が追加された。

安全性審査済みの検査方法については, 食品表示法の平成27年4月1日施行にあたり, 平成27年3月30日付「食品表示基準について」に, 安全性審査済みの遺伝子組換え食品の検査方法として定められた²⁴⁾。さらに, 平成28年に, 加工食品およびトウモロコシ穀粒の検査法に変更および追加がなされた^{25, 26)}。改正前はトウモロコシ穀粒のスクリーニング検査として, 多くの系統に組み込まれているCauliflower mosaic virus (CMV) 由来の35S promoter (P35S) 配列と, このP35Sを含まないGA21系統を標的とした定量PCR法であったが, 新たにP35S配列を含まないMIR604,

MIR162の2系統を対象に加えた定量PCR法となった^{27, 28)}。今後も、遺伝子組換え作物の開発および栽培状況に応じた検査方法の改正が求められている。

6. 遺伝子組換え食品の表示の現状

遺伝子組換え食品の表示には「遺伝子組換え」「遺伝子組換え不分別」「遺伝子組換えでない」の3種類がある。

安全性が確認された遺伝子組換え農作物および加工食品については、平成13年4月から表示が義務付けられ、平成21年から食品表示については消費者庁の所管となっている。現在、食品衛生法に基づく安全性審査を経た8種類の遺伝子組換え作物と、これを原材料とする加工食品について表示が義務づけられている。加工食品については、加工工程後も組換えDNAおよびこれによって生じたタンパク質が科学的・技術的に検出可能な豆腐、納豆、みそ、スナック菓子など33加工食品群に表示対象品目が限定されている。「遺伝子組換え」もしくは「遺伝子組換え不分別」については、表示が義務付けられており、商品ラベルの原材料名または名称のところに表記が必要である。ただし、加工食品については、主な原材料（全原材料に占める重量の割合が上位3位までのもので、かつ原材料に占める重量の割合が5%以上のもの）にあたらぬ場合は、表示を省略することができる。

一方、遺伝子組換え作物から製造した食用油、液糖、しょう油、コーンフレークや、遺伝子組換えトウモロコシなどを飼料として育った家畜の畜産製品には表示の義務はない。組み込まれた遺伝子や遺伝子で作る新たなタンパク質が技術的に検出できない場合、科学的検証が行えないため、表示は義務付けられていない。また、遺伝子組換えと非組換えを完全に分別することは容易なことではないことから、分別生産流通管理（IPハンドリング）が適切に実施されている場合はトウモロコシ、ダイズについて非意図的な混入（意図せざる混入）が5%以下であれば、たとえ遺伝子組換え作物の混入があっても任意表示「遺伝子組換えでない」の表示が許可されている。

今後の遺伝子組換え表示制度の在り方について、平成29年4月から消費者庁により「遺伝子組換え表示制度に関する検討会」が開催され、平成30年3月に報告書がまとめられた²⁹⁾。検討された主な内容は、表示義務対象の範囲、表示方法であった。表示制度が導入されてから、分析技術の向上、流通実態などに変化が生じているためである。

この検討会により今後の表示制度の方向性として、表示義務対象品目、表示義務対象原材料の範囲（主な原材料）、義務表示が免除される遺伝子組換え作物の混入率（意図せざる混入許容値5%）については、現状維持となった。一方、現行の義務表示「遺伝子組換え不分別」については、表示の意味がわかりにくいことから、誤認を招かない表示を検討しQ&A等に適切な表示例を示すことが適当とされた。また、現行の任意表示「遺伝子組換えでない」は、ダイズおよびトウモロコシに対して遺伝子組換え農産物を最

大5%混入していることが可能であるにもかかわらず「遺伝子組換えでない」という表示ができる現状は消費者の誤認を招くことから、任意表示の対象を現行の「5%以下」から「不検出」に引き下げることが適当であるとされた。

なお、諸外国における表示制度については、EUでは日本と異なり、DNA等の検出の可否にかかわらず、表示が義務付けられている。また、意図せざる混入率は、日本5%、韓国3%、オーストラリア・ニュージーランド1%、EU0.9%となっている^{29, 30)}。

7. 東京都における検査状況について

東京都では、安全性未審査の遺伝子組換え作物の混入および遺伝子組換え食品の表示について、平成13年から検査を行っている^{8, 9)}。平成26年度以前の検査結果については、既に報告しており、安全性未審査または5%を超える安全性審査済みの遺伝子組換え食品は検出されていない⁸⁻¹¹⁾。本報では平成27年度および平成28年度の結果を報告する。

1) 試料

平成27年4月から平成29年3月までに、健康安全研究センター食品監視第一課、食品監視第二課、市場衛生検査所、都内保健所により収去または購入された食品277検体（平成27年度141検体、平成28年度136検体）を検査対象とした。食品の内訳は、トウモロコシおよびトウモロコシ加工食品108検体、コメ加工品45検体、パパイヤ14検体、ダイズおよびダイズ加工食品110検体であった。

2) 試薬

DNA抽出：ヘキサデシルトリメチルアンモニウムブロミド（CTAB, シグマアルドリッチ社）、DNeasy Plant Mini Kit（キアゲン社）、DNeasy Plant Maxi Kit（キアゲン社）、GM quicker（ニッポンジーン社）、GM quicker 2（ニッポンジーン社）、Genomic-tip 20/G（キアゲン社）、Genomic-tip 100/G（キアゲン社）。

定性PCR：AmpliQaq Gold DNA Polymerase, LD (Low DNA)（アプライドバイオシステムズ社）、各種プライマーおよび陽性コントロールプラスミド（ニッポンジーン社）。

定性リアルタイムPCR：TaqMan Universal Master Mix, TaqMan Gene Expression Master Mix（アプライドバイオシステムズ社）、各種プライマー、各種プローブおよび各種陽性コントロールプラスミド（ニッポンジーン社、アプライドバイオシステムズ社、ファスマック社）。

定量PCR：TaqMan Universal Master Mix（アプライドバイオシステムズ社）、各種プライマー、各種プローブおよび各種標準プラスミドDNA溶液（ニッポンジーン社）。

3) 装置

試料粉碎：16スピードブレンダー（オースター社）。

DNA濃度測定：NanoDrop 2000C（サーモフィッシャーサイエンティフィック社）。

定性PCR：GeneAmp PCR System 9700（アプライドバイオシステムズ社）。

定性リアルタイムPCR, 定量PCR: ABI PRISM™ 7900HT (アプライドバイオシステムズ社).

電気泳動: Mupid ミニゲル泳動装置 (アドバンス社).

ゲル撮影: UV照射装置 NTM-15 (UVP社), ポラロイドカメラ DS-300L (フナコシ社).

4) 試験方法

検査は, 厚生労働省通知「安全性未審査の組換えDNA技術応用食品の検査方法について」^{31,32)}, 消費者庁通知「食品表示基準について, 安全性審査済みの遺伝子組換え食品の検査方法」²⁴⁾, 農林水産消費安全技術センターから示されている「JAS分析試験ハンドブック遺伝子組換え食品検査・分析マニュアル第3版」¹⁸⁾に準じて実施した. コメ加工品はGM quicker 2またはGenomic-tip 100/G, 生鮮パパイヤはDNeasy Plant Mini KitまたはGenomic-tip 100/G, ダイズ穀粒はGM quicker, ダイズ加工食品はCTAB法, ト

ウモロコシ穀粒・加工食品はDNeasy Plant Mini Kitを用いてDNA抽出を行い, 内在性遺伝子が検出できない場合は, Genomic-tip 20/G 等にてDNAの再抽出を行った.

安全性未審査の遺伝子組換え食品については, 定性試験を行った. また, 安全性審査済み遺伝子組換え食品については, 定性試験および定量試験を行った.

5) 安全性未審査の遺伝子組換え食品の検知状況

安全性未審査の遺伝子組換えトウモロコシ (CBH351, Bt10), コメ (害虫抵抗性遺伝子組換えコメ 63Bt, NNBt, CpTI), パパイヤ (PRSV-YK, PRSV-SC, PRSV-HN) の定性試験を行った (表3). なお, PRSV-HNについては平成28年度に検査を実施した. 平成27年度および平成28年度の計167検体について検査を行い, 検査が可能であった165検体からは, 安全性未審査の組換え品種は検出されなかった. 加工食品は加工の過程でのDNAの断片化などのため, 内

表 3. 安全性未審査の遺伝子組み換え食品の検査結果

食品	平成27年度			平成28年度		
	検体数	陽性数	検知不能 [※]	検体数	陽性数	検知不能 [※]
トウモロコシ (CBH351, Bt10)	55	0	1	53	0	0
(内訳) 穀粒	6	0	0	6	0	0
コーングリッツ	4	0	0	5	0	0
コーンフラワー	5	0	0	2	0	0
コーンミール	1	0	0	0	0	0
スナック菓子	9	0	0	6	0	0
ポップコーン	8	0	0	6	0	0
ポップコーンの素	1	0	0	1	0	0
トウモロコシ缶詰 (含むドライパック)	9	0	0	12	0	0
スープ	8	0	0	13	0	0
トウモロコシ茶	2	0	1	0	0	0
タコス皮	1	0	0	0	0	0
コーンフレーク	1	0	0	0	0	0
その他	0	0	0	2	0	0
コメ (63Bt, NNBt, CpTI)	23	0	1	22	0	0
(内訳) ビーフン	3	0	0	3	0	0
米粉	12	0	0	13	0	0
ライスペーパー	2	0	1	0	0	0
もち	1	0	0	2	0	0
めん	1	0	0	2	0	0
あられ	1	0	0	0	0	0
おこげ	1	0	0	0	0	0
トック	1	0	0	0	0	0
トッポギ	1	0	0	0	0	0
フォー	0	0	0	1	0	0
ポップライス	0	0	0	1	0	0
生鮮パパイヤ (平成27年度: PRSV-YK, PRSV-SC (米国5, フィリピン3) 平成28年度: PRSV-YK, -SC, -HN)	8	0	0	6	0	0

※ DNAの断片化等により内在性遺伝子が検出できなかった検体数

在性遺伝子が検出されない場合があるが、今回の検査では、検査不能（内在性遺伝子が検出できなかったもの）は、トウモロコシ茶1検体とライスペーパー1検体の計2検体であった。

6) 安全性審査済み遺伝子組換え食品の検知状況

(1) **ダイズ穀粒からの検知状況** ダイズ穀粒について行った検査結果を表4に示した。

平成27年度および平成28年度は、計30検体について定量試験（RRS, LLS, RRS2）を実施した。その結果、カナダ産ダイズ19検体中2検体で0.18%、0.22%のRRS混入率を示し、アメリカ産5検体中1検体でRRS（混入率0.11%）およびRRS2（混入率0.14%）の混入を認めたが、いずれも意図しない混入率の基準である5%以下であった。

なお、定量試験では、内在性遺伝子の配列と組換え遺伝

子の配列を両方組み込んだプラスミドDNAを用いて作成した検量線から内在性遺伝子と組換え遺伝子のコピー数を求めて、混入率を計算する。標準プラスミドDNA溶液は20, 125, 1.5k, 20k, 250kコピー用の溶液と、ブランクのColE1/TE溶液から成っている。

ダイズ穀粒の定量試験を行ったところ、同一試料のRRS, LLS, RRS2各々の検査において、ダイズの内在性遺伝子であるレクチンのコピー数に差が認められた。特にRRS2定量におけるレクチンのコピー数が、他のRRSおよびLLS定量におけるレクチンに比べて低かった。そのため、RRS, LLS, RRS2定量用の標準プラスミドDNAについてレクチン遺伝子コピー数の確認を行った。レクチン用プライマー対とプローブを用い、RRS定量用の標準プラスミドDNA溶液をもとにレクチンの検量線を作成し、RRS, LLSおよ

表4. ダイズ穀粒の検査結果（安全性審査済み品種）

	検体数	定量試験 [※] 検出数			混入率(%)	
		RRS	LLS	RRS2		
穀粒	平成27年度	15	1	0	0	0.18 (RRS)
	(原産国内訳)					
	国産	3	0	0	0	
	アメリカ	2	0	0	0	
	カナダ	10	1	0	0	
	平成28年度	15	2	0	1	0.11, 0.22 (RRS) 0.14 (RRS2)
	(原産国内訳)					
	国産	3	0	0	0	
	アメリカ	3	1	0	1	同一検体から検出
	カナダ	9	1	0	0	

※定量下限 0.1%

表5 ダイズ加工食品の定性検査結果（安全性審査済み品種 RRS）

	平成27年度			平成28年度			検出率
	検体数	陽性数	検知不能 [※]	検体数	陽性数	検知不能 [※]	
豆腐	13	3	0	13	4	0	26.9
国産大豆使用	9	0	0	5	0	0	0
その他	4	3	0	8	4	0	58.3
凍り豆腐	2	2	0	3	2	0	80.0
厚揚げ	0	0	0	1	1	0	100
豆乳（含む 大豆飲料）	7	4	0	1	0	0	50.0
おから	2	0	0	2	1	0	25.0
きなこ	4	0	0	7	0	0	0
大豆水煮	7	0	0	4	0	0	0
納豆	1	0	0	3	0	0	0
その他	4	1	0	6	3	0	40.0
計	40	10	0	40	11	0	26.3

※ DNAの断片化等により内在性遺伝子が検出できなかった検体数

びRRS2の標準プラスミドDNA溶液のレクチン遺伝子コピー数を測定した。各々3ロットを用いて、20k (2万) コピーについて比較したところロットによる差は特になく、RRS, LLS, RRS2定量用のレクチンの測定値は、20.8k, 20.9k, 33.9kコピーであった。これらの結果は、RRSおよびLLS定量用とは異なり、RRS2定量用の標準プラスミド中のレクチンのコピー数が約1.7倍高いことを示している。20kコピー以外の20, 125, 1.5k, 250kコピーについても同様にRRS2定量用のレクチンのコピー数は高い値であった。これらの結果から、RRS2の標準プラスミドを検量線に用いた場合に、測定したダイズ試料のレクチンのコピー数が見かけ上低い値を示したことが明らかになった。

(2) **ダイズ加工食品からのRRS検知状況** ダイズ加工食品について、RRSの定性試験の検査結果を表5に示した。

80検体中21検体でRRSが検出され、豆腐、凍り豆腐、厚揚げ、豆乳、おからの検出率が高かった。

なお、加工食品に含まれる遺伝子組換え作物の混入率について、遺伝子によって加工過程でのDNA分解率が一定でないため定量PCRによる正確な判定はできないが、定性PCR法で陽性となった計21検体について、ダイズ穀粒の

定量PCR法に準じてRRSの定量試験を行った。豆乳1検体、豆腐1検体、厚揚げ1検体の混入率が各々0.14%、0.12%、0.17%であったが、いずれの検体も混入は微量であり、意図しない混入率の基準である5%を下回った。

(3) **トウモロコシ穀粒からの検知状況** 安全性審査済みの遺伝子組換えトウモロコシ (Event176, Bt11, T25, MON810, GA21) の検査を行った。トウモロコシ穀粒および半製品29検体について行った定性および定量試験の結果を表6に示した。

組換え遺伝子P35S (Event176, Bt11, T25, MON810系統の共通プロモーター配列) およびGA21について定性試験を行った。組換え遺伝子P35SおよびGA21は、トウモロコシ穀粒12検体中1検体で検出された。また、トウモロコシ半製品であるコーンミール、コーングリッツ、コーンフラワーからは17検体中15検体に検出された。陽性検体について定量試験 (定量下限0.1%) を行った結果、計16検体中8検体に検出が認められたが、いずれも混入率は0.37~1.26%の範囲であり、意図しない混入率の基準である5%を下回った。なお、コーングリッツおよびコーンフラワーの一部に、抽出したDNAの濃度が低く、トウモロコシ内在

表 6. トウモロコシ穀粒・半製品の検査結果 (安全性審査済み品種)

	平成27年度			平成28年度			混入率	
	検体数	定性試験 陽性数	定量試験 [※] 検出数	検体数	定性試験 陽性数	定量試験 [※] 検出数	平均値 (%)	範囲 (%)
穀粒	6	1	0	6	0	0		
コーンミール	1	1	0	0	0	0		
コーングリッツ	4	3	2	5	4	2	0.5	0.37~0.78
コーンフラワー	5	5	3	2	2	1	0.7	0.48~1.26
計	16	10	5	13	6	3		

※ 定量下限 0.1%

表 7. トウモロコシ加工食品の定性検査結果 (安全性審査済み品種)

食品	平成27年度				平成28年度			
	検体数	陽性数	検査不能 [※]	検出率 (%)	検体数	陽性数	検査不能 [※]	検出率 (%)
スナック菓子	9	6	0	66.7	6	1	0	16.7
ポップコーン	8	0	0	0	6	0	0	0
ポップコーンの素	1	1	0	100	1	0	0	0
トウモロコシ缶詰	9	0	0	0	12	0	0	0
スープ	8	1	0	12.5	13	0	0	0
トウモロコシ茶	2	0	1	0	0	0	0	0
タコス皮	1	1	0	100	0	0	0	0
コーンフレーク	1	0	0	0	0	0	0	0
その他	0	0	0	0	2	0	0	0
計	39	9	1	23.7	40	1	0	2.5

※ DNAの断片化等により検査を実施できなかった検体数

表 8. 遺伝子組換えトウモロコシ品種の検査結果

食品	MON810	Bt11	T25	Event176	GA21
平成27年度					
スナック菓子-1	+	-	+	-	+
スナック菓子-2	+	-	+	-	+
スナック菓子-3	-	-	+	-	-
スナック菓子-4	-	-	+	-	+
スナック菓子-5	-	-	+	-	+
スナック菓子-6	-	-	+	-	-
ポップコーンの素	-	-	-	-	+
スープ	-	+	-	-	-
タコス皮	+	-	+	-	+
平成28年度					
スナック菓子	-	-	+	-	-

性遺伝子であるSSIIb遺伝子のコピー数が著しく低いものがあり、コーングリッツ、コーンフラワーともに各々7検体中3検体については、内在性遺伝子のコピー数が少ないため定量不能とした。

(4) トウモロコシ加工食品からの検知状況 トウモロコシ加工食品からの安全性審査済み遺伝子組換えトウモロコシの定性試験の検査結果を表7に示した。

トウモロコシ茶1検体は、トウモロコシの内在性遺伝子SSIIbを検出できなかったため検査不能であった。遺伝子組換えトウモロコシは、検査可能であった78検体中10検体から検出された。

組換え遺伝子が検知されたスナック菓子、ポップコーンの素、スープ、タコス皮について、遺伝子組換えトウモロコシの品種 (Event176, Bt11, T25, MON810, GA21) を品種特異的な定性PCRにより調べた結果を表8に示した。検出数は、T25が1番多く (8検体)、ついでGA21 (6検体)、MON810 (3検体) であり、Event176の検出はなかった。陽性検体について定量試験を行ったところ、混入は微量であり、意図しない混入率の基準である5%を超えるものはなかった。

おわりに

遺伝子組換え食品は、食品衛生法により安全性審査を受けることが義務づけられており、安全性審査が終了したものには、食品表示法により表示が義務化されている。日本では遺伝子組換え作物を商業栽培していないが、多くの農産物を輸入に依存している。日本の主要な輸入相手国である米国では、トウモロコシ、ダイズの作付面積の90%以上で遺伝子組換え品種が栽培されている。

平成27年度および平成28年度に入手した277検体について、安全性未審査および安全性審査済みの遺伝子組換え食品の検査結果を示した。東京都の検査においては、これまで安全性未審査の遺伝子組換え食品は検出されていない。しかし、遺伝子組換え農作物の生産量は世界的に増加し続けている。ダイズ、トウモロコシなどの大量の食品が輸入

されている今日、食品の安全・安心を守るために、新たな検査方法の開発・改良は必須であり、今後も遺伝子組換え食品検査を継続することは重要である。

文 献

- 1) 厚生省告示第232号, 食品, 添加物の規格基準の一部改正, 2000.
- 2) 厚生省告示第233号, 組換えDNA技術応用食品及び添加物の安全審査の手続き, 2000.
- 3) 厚生労働省医薬局食品保健部企画課長及び監視安全科長: 食安発第3号, 食監発第47号, 遺伝子組換え食品に関する表示について (通知), 2001.
- 4) 厚生労働省医薬局食品保健部長: 食安発第110号, 組換えDNA技術応用食品の検査方法について (通知), 2001.
- 5) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長: 食安発1116第3号, 安全性未審査の組換えDNA技術応用食品の検査方法について (通知), 2012.
- 6) 消費者庁次長: 消食表第201号, 安全性審査済みの組換えDNA技術応用食品の検査方法について (通知), 2012.
- 7) 厚生労働省医薬・生活衛生局食品基準審査課: 安全性審査の手続を経た旨の公表がなされた遺伝子組み換え食品及び添加物一覧, <https://www.mhlw.go.jp/content/11130500/000362195.pdf> (2018年10月9日現在, なお本URLは変更または抹消の可能性がある)
- 8) 門間公夫, 荒木理江, 市川久次, 他: 食衛誌, **45**, 184-190, 2008.
- 9) 門間公夫: 東京健安研七年报, **59**, 15-25, 2008.
- 10) 中野久子, 門間公夫, 鷲直樹, 他: 東京健安研七年报, **61**, 255-260, 2010.
- 11) 中野久子, 萩野賀世, 清水本武, 他: 東京健安研七年报, **66**, 177-182, 2015.
- 12) 厚生労働省医薬食品局食品安全部: 遺伝子組換え食品

- Q&A (平成23年6月1日改訂第9版),
<https://www.mhlw.go.jp/topics/idsenshi/dl/qa.pdf> (2018年10月9日現在, なお本URLは変更または抹消の可能性がある)
- 13) Waltz, E.: *Nature*, **548**, 148, 2017
- 14) 鈴木富男: 化学と生物, **54**, 687-690, 2016.
- 15) International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA): BRIEF 53 Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017:Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years,
<http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/53/download/isaaa-brief-53-2017.pdf> (2018年10月9日現在, なお本URLは変更または抹消の可能性がある)
- 16) United Nations: World Population Prospects: The 2017 Revision,
https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/wpp2017_keyfindings.pdf (2018年10月9日現在, なお本URLは変更または抹消の可能性がある)
- 17) 農林水産省: 食料自給率・食料自給力について,
http://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu_ritu/011_2.html
(2018年10月9日現在, なお本URLは変更または抹消の可能性がある)
- 18) 独立行政法人農林水産消費安全技術センター, JAS分析試験ハンドブック, 遺伝子組換え食品検査・分析マニュアル第3版, 2012.
- 19) Kuribara, H., Shindo, Y., Matsuoka, T., *et al.*: *J. AOAC Int.*, **85**, 1077-1089, 2002.
- 20) Kodama, T., Kuribara, H., Minegishi Y., *et al.*: *J. AOAC Int.*, **92**, 223-233, 2009.
- 21) Takabatake, R., Akiyama, H., Sakata, K., *et al.*: *Food Hyg., Saf., Sci.*, **52**, 100-107, 2011.
- 22) Takabatake, R., Onishi, M., Koiwa, T., *et al.*: *Food Hyg., Saf., Sci.*, **51**, 242-246, 2010.
- 23) Akiyama, H., Watanabe, T., Wakabayashi, K., *et al.*: *Anal. Chem.* **77**, 7421-7428, 2005.
- 24) 消費者庁次長: 消食表第139号, 食品表示基準について(通知), 2015.
- 25) 消費者庁次長: 消食表第706号, 食品表示基準についての一部改正について(通知), 2016.
- 26) 橘田和美: 月刊フードケミカル, **34**(7), 86-88, 2018.
- 27) Mano, J., Furui, S., Takashima, K., *et al.*: *Food Hyg., Saf., Sci.*, **53**, 166-171, 2012.
- 28) Takabatake, R., Masubuchi, T., Futo, S., *et al.*: *Food Hyg., Saf., Sci.*, **55**, 205-209, 2014.
- 29) 消費者庁: 遺伝子組換え表示制度に関する検討会報告書,
http://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/other/review_meeting_010/pdf/review_meeting_010_180419_0003.pdf (2018年10月9日現在, なお本URLは変更または抹消の可能性がある)
- 30) 松尾真紀子: 食品衛生研究, **58**(12), 15-24, 2008.
- 31) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長: 食安発0709第1号, 安全性未審査の組換えDNA技術応用食品の検査方法の一部改正について(通知), 2013
- 32) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長: 食安発0623第3号, 安全性未審査の組換えDNA技術応用食品の検査方法の一部改正について(通知), 2015.

Current Status and Inspection Results for Genetically Modified Foods

Hisako NAKANO^a, Kayo HAGINO^a, Akiko TERAII^a, and Mami OGAI^a

This paper describes the current status of genetically modified (GM) foods in Japan and the results of an inspection of these. Various foods were sampled in the Tokyo metropolitan area from April 2015 to March 2017 and tested for the presence of the following GM crops, which have not been subjected to safety assessments: rice (63Bt, NNbt, and CpTI); maize (CBH351 and Bt10); and papaya (PRSV-YK, PRSV-SC, and PRSV-HN). These were tested for qualitatively using polymerase chain reaction (PCR) or real-time PCR. None were detected in any of the 167 samples inspected. Three authorized GM soy varieties (Roundup Ready Soybean, Liberty Link Soybean, and Roundup Ready Soybean 2) were tested for with quantitative real-time PCR and were detected in three out of 30 dry soybean samples. Six authorized GM crops (Roundup Ready Soybean, Event176, Bt11, T25, MON810, and GA21 maize) were also tested for with qualitative PCR and were detected in approximately 25% of 188 samples. Quantitative real-time PCR was then used to measure the contents in the positive samples; all were below the mandatory threshold value (5%) for identity preserved crops. Thus, no violation of labeling regulations was found in any of the food samples inspected.

Keywords: genetically modified food, safety assessment, labeling system, polymerase chain reaction, real-time PCR, maize, rice, papaya, soybean, processed food

^a Tokyo Metropolitan Institute of Public Health,
3-24-1, Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0073, Japan