

薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会新開発食品調査部会
遺伝子組換え食品等調査会(オンライン会議)

日時 令和3年3月8日(月)
13:30～15:30
場所 AP虎ノ門会議室J

○今川室長

それでは、定刻となりましたので、薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会新開発食品調査部会遺伝子組換え食品等調査会を開催いたします。私は厚生労働省食品基準審査課新開発食品保健対策室の室長の今川でございます。どうぞよろしくお願いたします。本日はお忙しい中、御参集いただき、誠にありがとうございます。この度、新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から、オンライン会議での開催とさせていただきます。なお、本日の審議はYouTube配信しておりますことを申し添えます。

本日は前回に引き続き、ゲノム編集技術を利用して得られた魚類の食品衛生上の取扱いについて2回目の開催となります。本日の出席状況ですが、現時点で本調査会の委員6名中、6名の先生方に御出席いただいております。本日の調査会は成立することを御報告いたします。また、本日は参考人として、魚類の専門家4名にお越しいただいております。まず、国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所水産物応用開発部安全管理グループ長の及川様、北里大学海洋生命科学部生物化学研究室教授の佐藤様、東京大学大学院農学生命科学研究科教授の菊池様、東京海洋大学学術研究院教授の吉崎様でございます。また、本日は薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会の委員でもあるお二方、日本生活協同組合連合会組織推進本部長の二村様、一般社団法人全国消費者団体連絡会事務局長の浦郷様にもお越しいただいております。また、行政側といたしまして、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(カタルヘナ法)の担当部署から、農林水産省消費・安全局農産安全管理課課長補佐の中村様。飼料の安全性の確保及び品質の改善に関する法律(飼料安全法)の担当部署から、農林水産省消費・安全局畜水産安全管理課課長補佐の古川様。水産物における養殖などの担当部署から、水産庁増殖推進部栽培養殖課課長補佐の中西様、水産庁増殖推進部研究指導課課長補佐の石川様にも御出席いただいております。また、本日は2月10日に開催いたしました第1回の調査会を踏まえまして、関係団体からの御見解を頂きたく、まず、消費者団体から主婦連合会会長の有田様、漁業関係の団体から一般社団法人全国海水養魚協会専務理事の中平様、全国漁業協同組合連合会漁政部次長の貴家様に御出席いただいております。なお、利益相反に関する規定に基づきまして、特定の品目に関する審議を行う際には、利益相反の有無を確認し、その確認書につきまして、当省ホームページ上で公開すること等が定められておりますが、本日の調査会における審議内容については、これに該当しないことを申し添えます。

次に、事務局より本日の進め方及び資料について説明させていただきます

ます。

○杉原主査

事務局の杉原と申します。初めにオンライン会議の進め方について説明いたします。今回は Skype for Business を活用したオンライン会議となります。円滑な進行のため、次の点について御対応いただきますようお願いいたします。発言者以外はマイクをミュート設定にしてください。発言されたい場合は、メッセージにて意思をお伝えください。メッセージを確認しましたら、座長又は事務局より指名いたします。指名された方は、ミュート設定を解除して御発言ください。お手数ではございますが、発言の冒頭でお名前をお伝えください。発言が終了いたしましたら、再びミュート設定にしてください。

次に配布資料について説明させていただきます。今回の調査会は、資料が 1～3 まであります。資料 1、ゲノム編集への考え方と魚類への対応について。こちらは主婦連合会様から御提供いただいた資料です。資料 2、養殖魚の品種・系統について-栽培植物と比べたときの特徴-。こちらは菊池参考人の御提供資料です。資料 3、ゲノム編集技術の取扱いに係る諸外国の状況。こちらは事務局が作成した資料です。加えまして、参考資料 1、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。参考資料 2、ゲノム編集技術応用食品等の取扱いに関する留意事項。参考資料 3、ゲノム編集技術を利用して得られた食品について。こちらは 2 月 10 日の遺伝子組換え食品等調査会にて使用した資料になります。資料の説明については以上です。

Skype for Business の操作につきまして、会議の途中で操作不良等がございましたら、メッセージ等を活用して事務局へお申し付けください。

○今川室長

すみません、大変お待たせしております。今日は YouTube 配信がなかなかつながらなかつたようで、大変御迷惑をおかけいたしました。それでは以降の進行を事務局から近藤座長に代わりまして、議事を進めてまいります。近藤座長よろしくお願いたします。

○近藤座長

座長の近藤でございます。本日もどうぞよろしくお願いたします。まず最初に、本日の議題に入る前に、前回、二村参考人から海外の規制状況等について質問がありましたので、その件について事務局から説明をお願いいたします。

○今川室長

事務局今川です。前回、二村参考人から諸外国の状況についてという御質問がありました。資料としましては、ちょっと飛んで恐縮ですがけれども、資料 3 の 1 枚紙で、「ゲノム編集技術の取扱いに係る諸外国の状況」です。ゲノム編集技術の現状ですが、EU、オーストラリア・ニュージーランド、アメリカという表があります。まず EU ですが、その下に細

かい文字がありますように、大体今から2年少し前に、欧州司法裁判所において、現状の欧州における遺伝子組換え食品の取扱いに基づいた規制に照らせば、ゲノム編集食品というものも遺伝子組換え食品に当たるとはならないかというような見解が示されております。これを基に、欧州の理事会から食品安全を担当する委員会に、2021年4月30日までに何らかの報告をすることになっております。現在はまだ結論が出ていないといった現状です。それからオーストラリア・ニュージーランドの2つは、2国間でやっている食品の基準を作るFSANZという組織があるのですが、その中で現在ゲノム編集技術の食品についてその取扱いを検討中です。アメリカにつきましては、何らか義務がかかっているというものではないのですが、相談者の相談に応じて、個別に規制が必要かどうかを決めていくというものです。

一番下の参考に、遺伝子組換え技術を利用して得られた魚の承認状況を少し書いております。アメリカとカナダにおきましては、遺伝子組換え技術を応用したサケが承認されております。これらのサケにつきまして、日本では現時点では開発者等からの食品に係る安全性審査の申請はなされていないというものです。事務局からは以上ですけれども、近藤座長から追加等がございましたらよろしくお願いたします。

○近藤座長

座長の近藤です。今の海外の規制状況については事務局から説明いただいたとおりですけれども、若干その関連情報として共有させていただきたいことが1点あります。現在FSANZのほうはSDN1、2についての安全性について議論しているところだと思っておりますけれども、それに関するレポートが1つ出ておりましたので、御紹介したいと思っております。FSANZは以前SDN3につきまして、SDN3というのはゲノム編集を使った技術のうちの外来遺伝子を導入するものですが、このSDN3について評価をFSANZがしております。このときに、SDN3技術のオフターゲットの点についても触れていまして、FTSN3技術のオフターゲットについて変化を誘導することはできるけれども、それは放射線などの突然変異育種で生じるものよりも圧倒的に数が少ないということと、起きてもその変化は従来の突然変異育種と変わらないものであると評価しておりました。この観点からSDN1、2についても同じような観点でコメントをしていまして、結論としましては、SDN1、2はSDN3と比べても、特に新しい危害要因を確認できないだろうと、そういうことをコメントしているレポートが出ておりました。

それから海外の魚の承認状況について、これはアルゼンチンでティラピアなどが規制対象外になっているという情報がございます。

その他としては、ゲノム編集技術を使った魚の研究状況についてですが、これは過去2年ぐらいの研究論文をざっと調べたところでは、研究材料として魚の場合はゼブラフィッシュが圧倒的に多いのですが、それ以外に食用としてなり得るような魚の研究対象としては、マス、タイ、コイ、ナマズ、スズキ、ドジョウ、ウナギなどが報告されておりますが、いずれも過去2年で1、2件という数件の研究例が報告されている程度になっております。私から以上です。

ただいま補足情報等を含めて、委員の皆さまあるいは参考人の皆さまから何かコメント等はございますでしょうか。特になさそうですので、本日の議題に入りたいと思います。議題(1)ゲノム編集技術を利用して得られた魚類の取扱いについての留意すべき事項です。本日は関連団体からもヒアリングを行いたいと思います。まず最初に、一般社団法人全国海水養魚協会専務理事であります中平様から、どうぞよろしくお願いいたします。

○中平専務理事 それでは私から少し御説明させていただきます。我々の団体は、全国の海面魚類養殖業の団体でありまして、全国海水養魚協会と申します。我々の会員はブリ、マダイ等の生産を行っております。年間生産量は約24～25万トンの海面魚類を生産しております。1つの目的は国民に安定的に蛋白源を供給するという目的で、常日頃から安定生産に向け努力しております。そのような中、国が養殖業の成長産業化総合戦略を立ち上げまして、その中で持続性や今後生産拡大をするためにはどういったことが必要かという議論も行っております。また、本年度に入りまして、みどりの食料システム戦略も始まり、この戦略も持続的に今後どう成長産業化していくかというものです。今後、生産力の向上と持続性のためにはどうしてもイノベーションが必要だと。イノベーションの1つに、ゲノム編集技術も一役活用できるのではないのかなと思っております。ただ、業界としまして、現在このゲノム編集に関して何ら勉強会も行っておりませんし、業界としてどういう方向性にもっていくのかという議論もまだ行っていません。ですので今後、養殖業の成長産業化総合戦略やみどりの食料システム戦略を含めて、このような勉強会が業界として必要だと思っております。我々の一番の目的は安心・安全なお魚を提供する。その観点からいきますと、やはり消費者の方々に安全に安心して食べていただくこと、そのための社会実装は、国のほうとして今後どう進めていくか。当然、戦略の中にマーケット・インという言葉も含まれていますが、そういう観点からいかに消費者の方々にこの食料品、魚を安全・安心に食べていただくか。そういうあくまで基礎ができ上がった上で生産体制

に入っていくのではないかと考えております。

ただ、我々業界としましても持続的な生産を行う上で、最近温暖化を含め海水温の上昇など環境変化があります。その影響で、思わぬ病気が出てきた場合、抗病性の強い魚とか、新しい技術で改革できればと考えております。また、魚類ではゲノム編集技術を用いた筋肉量の多いマダイが有名ですが、マダイは加工して切り身にするときの歩留まりが、1 kg の魚から約 450 g で約 45% ぐらいの筋肉（切身）しか取れません。ただマッスルマダイを使うと 60% ぐらいの肉量が取れ、生産効率が上がっていくわけです。このようなお話も聞いていますので、今後、この辺りに関して社会実装を見ながら業界として協議を行っていきたいと思います。

それともう一つ問題点がありますのが、我々は海面魚類の養殖の団体で海面で養殖しています。陸上の閉鎖的な所で養殖しているわけではないので、海面でゲノム編集技術を用いた魚を養殖することによって、環境にどのような影響があるかなど、環境に対しての影響についても今後研究が進んでいけば、その辺りも見ながら業界としても取り組んでいきたいと考えております。ただ、現段階ではまだ業界として、どうこう言うような意思の決定は行っておりませんので、あくまでも私個人の意見として、本日は意見を述べさせていただきました。以上です。よろしくお願いいたします。

○近藤座長 中平専務理事どうもありがとうございました。ただいまの中平専務理事からの発言につきまして、意見やコメント等がございましたら、まずメッセージにて意思表示をお願いいたします。余りないようですので、事務局からコメントはございますか。

○今川室長 事務局今川です。中平専務理事どうもありがとうございました。先ほどお話の中で特に重要な点としては、消費者に安心して食べていただけるように、そうした社会実装が非常に大事だというお話がございました。厚生労働省もそこは非常に大切な点だと考えております。消費者の方にこのゲノム編集の魚について、まず少しでも事実関係を御理解いただくというところからかと思っています。そもそもこの調査会を開催させていただいた趣旨というの、そういうゲノム編集された魚というのがある、それについて今後、世の中に出ていくことが考えられますということ、広く一般の方に知っていただきたいということからでございます。実際にこの会議の第1回で、植物と魚でのゲノム編集の、そもそもの手技の違いとか、どういう系統の集団を作っていくことができるかどうかといった御議論を既にいただいております。今後遠くない未来において、

恐らくゲノム編集の魚が世に出ていく可能性があるのですが、そうした中で行政としても消費者の御理解、ここで言う御理解というのは必ずしもこれが「問題ない」ということではなくて、事実関係を正確にお伝えして、その上で消費者御自身が判断して選んでいただけるようなものを、しっかり厚生労働省事務局としても広めていきたいと考えております。

○近藤座長 ありがとうございます。そのほか何かコメント等がございましたらお願いいたします。それでは私から少しお伺いしたいと思います。先ほど中平専務理事の御説明では、協会全体としてのスタンスがまだ定まっていないということ。それも当然消費者等の動向と社会実装のことを見ながらということになるでしょうけれども、いろいろな意見がある中で、今後具体的にはどういう取組をしていく予定とか、もし何か具体的なものがあれば少し教えていただけないでしょうか。

○中平専務理事 私への質問ですか。

○近藤座長 お願いします。

○中平専務理事 我々協会としましては、養殖業の成長産業化総合戦略の立案に向けての、養殖業成長産業化推進協議会の事務局もやっています。我々の役員も協議会の委員を務めており、協議会内で協議をしていて、今後方向性が決まってきた中で、協会内でこのような技術もありますとか、これはこういうところの問題がありますというような、ある程度社会実装を前提とした、もう少し話が煮詰まって、5年10年先を見据えた上で、こういう技術やこのような活用の方法があるとか、あるいは先ほど事務局からお話がありましたように、消費者に正しい理解を得た上で、ゲノム編集の魚あるいは自然種の魚を選んでもらう。養殖魚というのがそもそも20年前には天然魚のブリと比べて、養殖魚は薬漬けであるというようなイメージの中で、消費者は天然思考が強かったです。それに対して協会を含め、生産者の努力の中でいろいろなところで勉強会を開催したり、あるいは国又は消費者団体の力を借りながら勉強会を行い養殖魚を正しく理解していただく為に、実際に養殖現場にも来ていただき、漁場環境や給餌方法を体験してもらいました。環境問題については、持続的養殖生産確保法への取組など、生産技術及び情報開示に努力を重ねてきました。現在ではブリなどは天然魚よりも養殖魚のほうが平均単価は高い、それだけ持続的に安定的に提供して、認められてきたようなところがありますので、やはり5年10年先を考えた上では、こういう技術が必要であるということ、まず協議しながら進めていきたいと思っております。

○近藤座長 中平専務理事どうもありがとうございます。長いスパンというか、本格的に進めていくのはもう少し先ということになるろうかと思っておりますけれど

も、そのときに、例えば今の最初の御説明の中で、ブリやマダイなどがありますけれども、この辺以外に応用していく魚の品種としては何かございますでしょうか。

○中平専務理事 すみません、ちょっと音が割れて聞き取れにくいのですが、もう一度できますか。

○近藤座長 聞こえますでしょうか。

○中平専務理事 はい、聞こえています。

○近藤座長 最初の御説明で、主要な養殖魚がブリやマダイということで、それで24、25万トンを生産しているという御説明がありましたけれども、ゲノム編集を今後本格的に展開するに当たりまして、ターゲットとなるような品種はこの辺りになるのでしょうか。それとももう少し別の魚を意識しているものがあるのか、その辺についての情報があればちょっと教えていただけたらと思います。

○中平専務理事 品種についての情報ですか。ちょっとマイクの音が割れてちょっと聞き取りにくいのですが、マダイに関しては選抜育種の方法で、人工種苗100%で生産されています。ただ、ブリの現段階の生産量は約1割弱が人工種苗で、技術的にはまだ開発しきれていないので、今後この辺りはゲノム編集は別に置いて、現在の品種改良の人工種苗の生産段階で確保したいと思っております。その中で、やはりゲノム編集の利点というのが、1つは安価に短時間にできる。どうしても魚というのは産卵するまでに2、3年かかりますので、1世代を作るのに3年スパン掛かってくるのですが、ゲノム編集の場合はある程度狙ったところでいろいろなことができますので、ものすごく時間的に短縮ができます。先ほどからお話していますように、この辺りのことが社会実装で、社会に認められた場合は一気に浸透するのではないかと考えております。

○近藤座長 中平専務理事どうもありがとうございます。その他、何かコメントや意見等はございますでしょうか。事務局から御意見があるそうですのでお願いいたします。

○今川室長 事務局今川です。お分かりになる範囲で結構ですがけれども、一般論でちょっと教えていただければと思ひまして御質問ですがけれども、養殖の実態についてお伺いしたいのですが、陸上養殖と海上養殖とあると思うのですが、これは今どういう割合で、どういうものをそれぞれ育てられているか、もしお分かりになれば教えていただきたいと思います。

○中平専務理事 ちょっと整理してお話しますと、我々は海面魚類ということで、陸上の会員はいないので詳しくは分かりません。その中で、ブリで言いますと100%海面養殖です。マダイに関してもほぼ100%海面養殖ではないか

と思います。今、陸上で養殖されています海産魚は主として、ヒラメとトラフグです。その辺りが海面魚類としての陸上養殖はありますけれども、ウェイトとしては、トラフグに関しても約6、7割は海面です。ヒラメに関しては陸上がほぼウェイトを占めていると思いますけれども、生産量自体がそこまで大きくないです。日本の場合は1つ特徴としまして、電気代が高いことがありますので、陸上で養殖する上ではランニングコストがかなり掛かります。その辺りがかなりハードルになってきていまして、現段階では海面魚類の養殖が主であります。

○今川室長 事務局今川です。どうもありがとうございました。今、マダイ、ブリの海面養殖が基本的に中心と、それからヒラメやトラフグは陸上養殖もあるというお話を頂きました。こうした養殖魚の実態を踏まえて、現時点で課題のようなものがあればちょっと教えていただきたいと思います。これはゲノム編集とは直接は関係ないところかもしれませんが、養殖魚の中で、後継者問題とかいろいろあるかもしれませんが、そのような何か課題がありましたら教えていただければと思います。

○中平専務理事 よろしいでしょうか。課題としまして、養殖魚の生産経費の約6、7割を占めるのが餌代です。この魚類の養殖の上で餌代のウェイトがものすごく大きい。ましてや養殖魚の餌は海外からの輸入が多いのです。今後生産量を増やしていく上で、餌をどう安定的に確保するか、これが1つの大きな課題です。その辺りも養殖魚の成長産業化戦略の中でも話題になってきています。漁場は沖合養殖漁場とかいろいろと技術的に拡充することができます。餌の部分に関して餌料効率というのですが、1kgの餌でいかに魚を効率よく大きくするか、そのために効率のいい育種というのが必要になってくるわけです。成功したのがサーモンで、サーモンの場合は約1kgの餌で1kgの魚が増肉できる現状があります。ブリの場合は1kg増肉させるために現段階ではどうしても2.6、2.7kgの餌が必要です。これを育種によって今後いかに小さくできるか、その辺りがこのゲノム編集にも関わってきますけれども、産業が成長する上でこのようなイノベーションが必要ではないかと思っております。

○今村室長 事務局今川です。大変よく分かりました、どうもありがとうございます。

○近藤座長 二村参考人から御質問あるようですのでよろしく願いいたします。

○二村参考人 ありがとうございます。今のお答えの中で、餌が海外からのものが多いというお話だったのですが、その背景というのはどういうところにあるのでしょうか、教えていただけると嬉しいです。

○中平専務理事 よろしいでしょうか。現在、養殖魚の餌は主にE P飼料という餌を使っています。これは元になるのがミールというのですが、魚粉がメインに

なります。この魚粉ですが、原材料がアンチョビというイワシ類です。漁獲の多いのが海外のペルーになります。日本近海で取れるのはカタクチイワシを含め、マイワシなどがそのような魚粉にされているのですが、どうしても魚粉にするには日本国内で取れたものは単価的に高く、やはり量的なものもそこまで取れないということで、海外からの輸入に頼っているような現状です。

○二村参考人 ありがとうございました。よく分かりました。

○近藤座長 そのほか御意見等ございますでしょうか。それではないようですので、中平専務理事どうもありがとうございました。中平専務理事にはこの後、退室いただいても結構ですが、このまま継続して傍聴していただいても結構ですので、よろしく願いいたします。

 続きまして、主婦連合会の有田会長から、資料1を使って御説明いただきたいと思います。有田会長よろしいでしょうか。

○有田会長 はい、分かりました。ちょっと声がところどころ途切れるものですから、私の声はちゃんと届いていますでしょうか。

○近藤座長 よく聞こえております。

○有田会長 はい、よろしく願いいたします。私の提出した資料1の2ページ目のほうからお話をさせていただきます。実は先ほどの中平専務理事同様、魚類に関して、またゲノム編集食品に関して、主婦連合会内部で議論をしたことは余りありません。「食品表示を考える市民ネットワーク意見書から一部抜粋」と書いてありますが、食品表示を考える市民ネットワークという所に、食料部と社会部のメンバーが参加しています。

 その関係でそのメンバーとしてこの資料の一番下に構成団体を書いております。食の安全・監視市民委員会、主婦連合会、新日本婦人の会、生活クラブ連合会、グリーンコープ共同体、日本消費者連盟、我孫子市消費者の会、千葉県消費者団体連絡協議会、東京都地域消費者団体連絡会、遺伝子組み換え食品いらない！キャンペーン、たねと食とひと@フォーラム、という所が構成団体として意見書を出していますが、ゲノム編集技術に特化した意見書を探してみたのですがありませんでした。この「遺伝子組換え表示は全ての食品を対象に」というのは2017年9月14日に出された意見書の中に、ゲノム編集技術という言葉が出ておりましたので、これはHPから私のほうが主婦連のそこに関わっているメンバーに確認し、一部を抜粋したものです。

 そこをちょっと読み上げさせていただきます。これは遺伝子組換え食品の関連で出したものですが、現行表示制度は15年間の運用過程で消費者基本法に基づく消費者施策である消費者の権利の確立には程遠

いものであり、消費者にとってほとんど役に立たない表示制度であるとして、その欠陥性が指摘されています。超輸入大国・日本の現状から考えて、制度の見直しに当たっては、どの国よりも消費者目線に立った表示制度として実現させることが喫緊の課題です。

またゲノム編集技術による新規開発も進められており、これらの新育種技術による新規食品についても、遺伝子組換え表示制度として対応することが必要ですということで、下のように「記」として全ての食品を義務表示の対象にして、遺伝子組換え原料が使われていることを表示の原則とした制度へと改善すべきということの中に、ゲノム編集技術等の新技術による遺伝子改変作物・食品も表示対象に含めること。

EU等で導入されているトレーサビリティ制度の導入を担保に、原則全ての食品を対象とする制度へと改善すること。全ての食品を義務表示の対象として、不透明な「遺伝子組換え不分別」という表示を廃止し、不分別の場合は「含まれている」ことを示す表示にすること。また、任意表示となっている「遺伝子組換えでない」表示は、全ての食品を義務表示の対象とした上で廃止すること。また米国では、2016年7月に全米遺伝子組換え食品表示法が可決され、今年6月には米国農務省の農業市場流通局（AMS）は表示ルール検討の一環として、30の具体的な質問とその背景を公表し、約2か月間にわたり国内のみならず世界に向けてパブリックコメントを求めました。

我が国においても、特に消費者の関心が高い遺伝子組換え食品表示については、米国農務省にならい、議論の過程において消費者が議論の内容を理解し、意見を出せるような工夫と機会を設けることを要望します。以上となっています。

先ほど構成団体を読み上げましたが、この構成団体の中では遺伝子操作を全く受け付けないという団体もありますが、選ぶ権利知る権利として表示することを求めて、ここの構成メンバー全てが遺伝子操作をしたものを全く口にしないと断言しているわけではなく、ある程度共通認識ができたものをこのように意見書として提出していると、私は認識しています。

その上で最初のゲノム編集への考え方と魚類への対応について、私の考え方をお話したいと思います。ゲノム編集に対しての考え方としては、遺伝子を書き換えるという点では、ゲノム編集も遺伝子組換えも同様に遺伝子操作をしていますので、同じだと思っています。しかし、遺伝子組換え作物が議論された当時は、1996年に半年間、当時生協の組合理事をしていましたので、遺伝子改変生物研究会というのを持って、いろい

る議論をしました。その上で表示という考え方に至ったのですが、そのときには遺伝子組換えをしている表示という考え方で、意見を出していました。

その遺伝子組換え技術で作られ、また導入遺伝子が害虫に強いバチルス・チューリングエンシス菌など、作物が本来持っていない遺伝子を組み入れた作物であることから、安全性・環境影響への懸念などを指摘したことを記憶しています。当時はモンサント社などは環境にもよく、全く伝播をしないで自然界にも影響がないということを発言していたことを記憶しています。

当時は日本人が生に近い形で口にする豆腐や納豆などの原料は、アメリカから輸入された大豆でした。他の国では畜産というか飼料にほとんど使われるものが、日本人は火は通しますけれども、生に近い状態で口にするものの原料が遺伝子組換えをされるということで、当時は厚生省だったと思いますけれども、厚生省は一応安全性評価をしましたけれども、まだまだ不安ではありましたが、それを否定するということではなく、リスクの問題などから選択の権利、知る権利のための表示を求める運動というのを展開しました。

一方、ゲノム編集は同じ遺伝子操作ではありますが、もともと持っている遺伝子の特定の部分を酵素を使い切断して、人間が欲している作物、生物を作る技術だとされていて、ある程度はそういうところは理解しているつもりです。厚生労働省は、ゲノム編集食品の安全性は従来育種と同様であるとしていますが、全ての消費者団体とは申し上げませんが、先ほど申し上げた関連するような消費者団体はゲノム編集食品においてもオフターゲット等の想定外の遺伝子の変化を起こすことが知られていて、自然界の突然変異と同じという説明は間違っているということも言っています。それについても否定をするということではなく、そのことについて丁寧に解説をしているような本も出ていますので、先ほど中平専務理事などがおっしゃったように、丁寧に説明をしていかないと消費者は不安を持つと思います。

そういう意味でリスクコミュニケーションと言うか、丁寧な説明と国としてどういう審査を行っていくのか、そのことによって義務化はされなくても大丈夫なのかというようなことを、しっかりと国が消費者の信頼を得られるように、国の政策として伝えていっていただければ、ある程度大丈夫なのではないかとは思いますが、そういうものは一切口にしたくないという人は、またそれはそれで別だとは思いますが、そういう気持ちは仕方がない、非科学的だということではなく、そういう考えの人

も当然いるということは理解をしていただければと思います。

今日の本題ですけれども、魚類における染色体操作とゲノム編集ということで申し上げます。当時遺伝子組換えの問題が出て数年、農水省や厚労省などとの意見交換などに参加していましたが、そのとき遺伝子組換え技術の説明のときには、必ず将来に期待する技術として、染色体操作を行うことによって大きな魚ができる3倍体という言葉を目にしました。その後、染色体操作で開発された養殖魚の利用については、その適正な利用を図るために、水産庁で水産生物の利用要領ということが定められています。

3倍体のものが遺伝子組換えではないとも表現されているサイトなどがあるのですけれども、そういうことはそもそも染色体には遺伝子配列が含まれているのだから、遺伝子組換えではないとは思いますが、遺伝子組換えという言葉が非常に不安であるのと、消費者がよくないイメージを持つので、その言葉を使わないということになったのかなと思いますが、それはそれで非科学的なのではないかと。遺伝子組換え技術という、1996年当時の操作技術のことは言っていないのだと思いますが、そういうことだと。

あとは消費者が食べていないかと言えば、信州サーモン、それから普通に私も食べていますが、イワガキで2倍体か3倍体というかなり大きなカキを時期を問わずに食べられるようになりました。それを染色体を操作した、遺伝子も操作しているのだと言われて、嫌だと思ってる人もいるかもしれませんが、そういう恩恵にもあずかっていると思います。

ゲノム編集ではありませんが、そういう遺伝子を操作したものというものを、今でも口にしていると思います。現在京都大学が開発している、筋肉が増量された巨大な鯛や、ずっと動いていて衝突して死にやすいマグロ、有名な近大マグロとか、例えば国でも研究していると思うのですが、おとなしくて衝突を防ぎ養殖効率をアップするという開発や、九州大学の唐津水産研究センターが開発しているゲノム編集により共食いをしないサバなどが、期待を寄せられているわけです。

その良いところばかりを聞くと、すごく期待が膨らみますが、先ほど私は最後に表示ということを書いているのですけれども、中平専務理事のお話を伺っていて、普通に魚屋に取り寄せをして天然物を頼むと非常に高いです。養殖ものだとこれぐらいの価格ですが、天然物なので鯛はこれぐらいの価格がしますと言って、養殖物は4,000円でもかなり大きなものが手に入ったりするわけです。

そういうことで単純比較すると、養殖物は安いのだと思っていました

ら、養殖の物の平均単価が高いというお話があって、最後の話と食い違ってくるわけです。乱獲で天然の個体数が激減している魚ですが、養殖魚から取れる可食部分が増えれば、天然魚の捕獲を減らせるという期待はできるとは思います。また、養殖であればトレーサビリティも可能で表示は難しくない。普通のトマトであるとかダンとかで、見た目が同じものをわざわざ検査して、表示をすることはコスト的にいかなものかという議論もたくさんあったと思います。

ただ、養殖の場合、海洋というか海面で育てられる養殖をされている方のお話でしたが、ゲノム編集になると環境影響評価というところでいくと陸上でしかできないのではないかと思います。そういうときに、自然の海面でも突然変異みたいな形でゲノム編集をしたものと同じようなものができるという話を伺ったことがありますけれども、ただ天然物は価格が非常に高く、養殖のものも高いのだということになれば、私が最終的に申し上げたかったのは、養殖にしてゲノム編集にすれば可食部分がたくさん取れて、消費者にも安いものが提供できて、それが安全であれば言うことはないわけです。

消費者団体というか、オプターゲット変異を非常に懸念するという消費者団体の意見としては、魚類と動物の細胞は多少違うのかもしれないですが、ゲノム編集をした場合も良い物を選びだす選抜が普通に行われると聞いたこともありますので、そういうことも専門家の方にお伺いしたいと思います。その場合、先ほどお話したように、表示をすることによって価格が安くなる。ただし、天然物が普通に高く売られていて、その見分けが付かなかった場合、消費者がだまされているという言い方は悪いと思うのですが、そういうふうになるのではないかとということと、やはり環境影響評価ということ言えば、ゲノム編集したものが海に普通に広がらないことだけを心配しています。以上です。

○近藤座長

有田会長、どうもありがとうございます。前半は表示に関するお話を頂きまして、これは消費者団体の皆様からは毎回聞くことですが、基本的には消費者庁の案件ではありますけれども、我々も参考にすべき点は参考にしていきたいと考えています。

1 ページ目はゲノム編集に対する考え方について中心に。

○有田会長

すみません、やはりちょっと聞こえづらいのですが。

○近藤座長

もしもし聞こえますでしょうか。

○有田会長

ゆっくりお話いただくとはっきり聞こえます。

○近藤座長

有田会長、皆様聞こえますでしょうか。有田会長からは前半で食品表示に関する考えをお話いただきました。これについても以前からいろいろ

な消費者団体のこのような表示に関する御意見を頂いているところです。表示に関しましては消費者庁の管轄するところですが、この点については我々も参考にすべき点は参考にしていきたいと考えています。

○有田会長　　すみません、表示については消費者庁ということは存じあげていますが、安全性評価はどういう考え方かということに対しては、消費者団体としてはまだゲノム編集した魚については食べることもできませんし、安全性評価もはっきりしたことは伺っていませんので、今できる考え方としてはこういうことだろうということ意見を出しています。その上でいろいろ教えていただければと思います。

○近藤座長　　ありがとうございます。その後1ページ目に戻りまして、ゲノム編集についての考え方について御意見を頂いたところです。例えば1ポツのゲノム編集に対しての考え方という所では、ゲノム編集においてもオフターゲットなどが知られていてというコメントで、自然界の突然変異と同じという説明は間違っているという説明がありましたけれども、これは何か情報の出所というのはあるのでしょうか。

○有田会長　　はい、いろいろ農水省の関係のリスクコミュニケーションの内容にもありましたし、そういうことの情報を出しているジャーナリストの方の話などから伺っていて、それを国がどういうふうと考えられているかということなども含めて、今こういうふう聞いていますというようなことを申し上げただけです。

○近藤座長　　ありがとうございます。自然突然変異というのは放射線とかを使ったものだと思いますし、ゲノム編集というのは酵素で切るというもので、要するにいずれの方法にしても切って、それで生物が修復するという。

○有田会長　　すみません、突然変異というか、自然界の中でも同じような変化があることがあるというような説を聞いていますというだけのことです。

○近藤座長　　ここの記述はあくまでも変異育種ではなくて、自然界の変異とは違うという、そういう説明ですか。ありがとうございます。1ページ目の2ポツ目では、環境にも優しくて消費者にもメリットがある部分があるというお話は、全体的に主婦連さんとしてはそういう考えもあるという理解でよろしいですか。

○有田会長　　主婦連として議論はしていませんので、トータルで私は環境の問題も関わっていますので、そういうことであればすばらしい技術ですねということ。まだ最終的な技術というか、市場にも出回っていませんし、最終的な評価も知りませんので、そういうことで目指すのであればすばらしいですというような意味合いです。

○近藤座長　　ありがとうございます。有田会長の御説明を含めて何か委員の皆様、参

考人の皆様から何かコメントや御質問等ありましたらお願いしたいと思いますが、いかがでしょうか。浦郷参考人から御質問があるようなので、お願いします。

○浦郷参考人 全国消団連の浦郷です。有田会長、どうもありがとうございました。有田会長のお話を伺っていて、私が知らないようなことも出てきて大変勉強になりました。それでこれほどなたにお答えいただくのがいいのかよく分からないのですけれども、こちらのところに染色体操作とか、魚の3倍体とかが出てきて、私はこれをよく知らなかったのですけれども、この染色体操作とゲノム編集というのは同じなのか違うものなのか。違うとしたら何が違うのかというところを教えていただきたいのと、染色体操作で開発した養殖魚の利用については、ちゃんと要領が定められていて、水産庁のほうに申請するという事なのですからけれども、例として有田会長のほうでサーモンとかイワガキとかを出していただきましたけれども、それ以外にこれで申請されて出てきているものがあるのかどうなのか、これは水産庁にお伺いしたいと思います。

厚労省には、染色体操作によってできた魚類は食品としてあって、流通しているのだらうと思うのですけれども、これについては特に審査とか何もなくて流通しているのか、その辺がよく分からないので教えていただきたいと思います。以上です。

○水産庁石川課長補佐 3倍体の部分であればお話できるかと思えます。

○近藤座長 それでは、まず、最初に水産庁から3倍体についての説明をお願いしたいと思います。よろしく願いいたします。

○水産庁石川課長補佐 水産庁研究指導課の石川と申します。御質問を頂きましてありがとうございます。私から、今、有田会長からお話がありました3倍体の水産物の利用要領の部分、簡単に御説明させていただきたいと思います。

これは、水産庁長官通知として平成4年に出されたものになっております。3倍体というのは何なのかというところですが、通常の魚の染色体のところですが、余り専門的な話をしてしまうとあれなので、簡単に申しますと、2倍体の状態で普通の魚は存在しています。雄雌生殖して、また次の子どもを産んでという形になっているのですが、3倍体というのは、精子と卵子で生殖するとき、2倍体ではなくて3倍体にすることによって、生殖能力のない若しくは生殖能力を著しく抑えた魚を作るという技術になっています。これによって出来上がった3倍体の魚というのは、生殖能力がない若しくは著しく減っている状態で、その分、体を大きくするというところにエネルギーを費やすということに

なっておりまして、生殖能力はないのだけれども、体は大きくできるというところで、養殖のほうで使われているものになります。

これについては先ほど議論もありましたが、遺伝子そのものを改変するというものではないので、安全性の確保の観点からの問題はないというように考えているのですが、しかしながら、先ほどお話していたとおり、魚の養殖というのは一般的には公共水面と言いまして、海や川や湖と接続するような所で養殖するので、もし、万が一その魚が逃げたりして、周りの環境に影響を与えないかとかという観点で、まだ科学的知見が不十分なまま無秩序に3倍体の魚を開発していくことについては問題があるかということでこの要領を定めまして、作出手法であったり、どういった所で養殖するのか、申請の中で見させていただきまして、第三者の外部委員の皆様にも御議論いただいた上で、問題ないというものについては、確認をした旨の長官通知を出して養殖をしています。

どういった魚がというお話がありましたが、平成4年にこの要領が作られてから、今まで認められたものは幾つかあるのですが、ニジマス、マガキ、ヒメマス、ヒラメ、アユ、アマゴ、サクラマス、銀鮭、ヤマメなど全部を挙げるには整理し切れていないのですけれども、例えばで言うとそのような魚で、魚のほうは比較的、内水面と言いまして、海ではなくて川とかです。最近、ニジマスのほうは海でも養殖するものが出てきております。マガキに関しては海で養殖するようになっております。私からは以上でございます。

○近藤座長 ありがとうございます。事務局からコメントがありますので、お願いします。

○今川室長 事務局の今川でございます。有田会長、浦郷参考人、どうもありがとうございました。今、水産庁からお話がありましたように、そういった従来の育種でも行われているような範囲であれば、特に厚生労働省のほうで遺伝子組換え食品とか、こういったゲノム編集食品のような何らかの取扱いというのは設けておりません。以上でございます。

○近藤座長 浦郷参考人、いかがでしょうか。

○浦郷参考人 御説明ありがとうございます。あくまでも染色体操作というのは、精子と卵子のところで操作するのであって、遺伝子を改変するものではないという理解でいいですね。結構この技術を利用してたくさんの魚が作られて、もう流通しているということで、特に何か問題とか起きていないということだと思っておりますので、分かりました。どうもありがとうございました。

○近藤座長 ほかに何か。

- 有田会長 すみません、有田ですが、発言よろしいですか。
- 近藤座長 有田会長、よろしく申し上げます。
- 有田会長 3倍体のことを持ち出したのは、別に危険だとかそういうことで持ち出したわけではなくて、ゲノム編集と同じだということでもありません。ただ、こういうことで過去に言われていたけれども、導入の仕方や技術が違うことであるけれども、以前は遺伝子組換えというような範疇に入れられていたものも、遺伝子組換え技術というものが余り受け入れられなかったために、そういうところから整理されていったということをし申し上げたかったというわけです。ですから、全く同じだとか、危ないということでお話したわけではありませんので。以上です。
- 近藤座長 有田会長、ありがとうございます。ほかの委員の先生方、参考人の皆様から何かコメントや御意見等はありませんでしょうか。それでは、事務局からコメントをお願いします。
- 今川室長 事務局今川でございます。先ほど有田会長のお話の中で、これは委員の皆様方にお伺いしたい点が1点あります。それから、有田会長にもお伺いしたい点が1点あります。まず、委員の皆様方に、先ほど有田会長のお話の中で安全性の話がありましたオフターゲットの確認、例えば、今、よく話に上がる確認の際の全ゲノムシーケンス、全塩基配列の確認をする必要があるのか、それとも、その必要はないのか。というのは、これは以前、厚労省の取扱要領を作るときにも、調査会4回、部会4回開催させていただいた中でも、やはり全ゲノムシーケンス、全塩基配列の確認というのは、科学的にはそれを利用していくというのはなかなか難しいのではないのか、現時点では必要性が薄いのではないのかといったお話があったかと思いますが、それから時間がたちましたので、現時点において先生方の御意見をお伺いしたいと思います。
- その前に、有田会長に私から1点お伺いしたいことがあります。今、お話を頂いたようにいろいろなお考えが消費者側にもあると思いますけれども、有田会長が把握している限りで結構ですので、遺伝子組換え食品のときとゲノム編集食品のときの違い、そういった消費者の反応の違い、また、それらを踏まえて厚生労働省が今後リスクコミュニケーションとかを行うときに、気を付けなければいけないことなどがありましたらお話いただける範囲で結構ですので、よろしくお願いたします。
- 有田会長 有田ですが、各委員の方がお話されてから、最後でよろしいのでしょうか。
- 今川室長 有田会長からお願いできれば幸いです。
- 有田会長 気を付けなければいけないところというのは、GMOのときとの違いは、

明らかに組み換える技術です。厚生労働省がどういう評価をされたかというのには十分存じ上げていますし、事実上の審査ということで、分かりにくいとはいえ、届出制もありますし、それが事実上の審査ということで考えられると思いますが、私が今回魚類のことで食品としての安全性評価をどのようにされるのかなというのを逆に質問したかったというか、水産庁がそのことを評価されるわけではなくて、それが1つあります。ですから、GMOのときの違いというのは、GMOのときは、ほとんど、実は一部チーズを作るときなどにも使われていたわけですが、それ以外にもいろいろな先ほど申し上げたような大豆やとうもろこしというもの、多く口にするものにということがあったのと、技術の問題で、それはいろいろ生活共同組合も含めて広範囲に議論が沸き起こったということがあるのですが、今回のゲノム編集について言えば、例えば主婦連でもそうですが、自然のものと見分けがつかないというような、つまり、タイプ1でしたか、そういうような意見は、議論はしておりませんが、そういうような話があって、分からないのならというような反応もあります。以前のGMOのときは、PCR法で一番最初に出たときは見分けがつかないと言っていましたけれども、PCR法で見分けがついて、遺伝子解析ができるということが分かったので、そのときはそういう違いはあると思います。ただ、魚類についての安全性評価というのは、研究の段階でゲノム編集したものは、まだ食べてはいけないと伺っていて、おいしいかおいしくないのかということをお伺いしたかったのです、ある研究者に。そうしたら、まだ食べてはいけないということだったので、筋肉が増えて、お腹がギュッと膨らんだようなマダイを見ると、可食部分が増えるので、それはそれでいいなと思うのですが、安全性評価というか、それですごく何か問題が起こるとするのは遺伝子組換えのときのように思っておりませんし、また、ちょっと戻りますが、遺伝子組換えのGMOのときも、餌をウシが食べて、食べたウシのミルクや肉から変なものが出てくると思っておりませんでしたので、GMOのときはゲノム編集は随分と技術的なことでの信頼感は違うかなと。ただ、リスクコミュニケーションで気を付けなければいけないときは、もう、このように評価したのだから、このようなことも分からないのですかというような態度で、最初から、科学的ではないとか不安だという人に、科学的なことが分からないのですかというような態度で望まれるということは、やはり余りいいことではないかなと思います。その気持ちは分かるのだけれども、それでも難しい話にはなかなか入ってこないということもあると思いますが、今のところ思い付くのはそういうことです。以上です。

○近藤座長 事務局からコメントをお願いします。

○今川室長 事務局、今川でございます。有田会長、ありがとうございます。大変よく分かりました。今の有田会長のお話、それから一番最初におっしゃっていただいたような、やはり、とにかく丁寧に説明が必要だと、一切口にしたくない方も当然いらっしやると、そういう方々がいらっしやるということも、当然理解して寄り添っていかねばいけないとおっしゃられていると考えます。

また、有田会長の資料におきましても、トレーサビリティですとか、そういった表示についても述べられております。事務局としても、これは後代交配種の際にもすごく議論がありましたけれども、厚生労働省としても申請された企業の方々に、消費者側のそういった声があるということもしっかりお伝えさせていただきたいと思っております。どうもありがとうございました。

それでは、先ほど私が専門の委員の方ということで、安全性の観点でお伺いしたいことがありましたけれども、では一回、座長にお返しいたします。事務局は以上でございます。

○近藤座長 座長の近藤です。先ほど事務局からNGS解析の必要性についてどう考えるかということがありましたので、この点について順番に御意見を伺えたらと思っております。まず、田部井委員から御意見があるようなので、田部井委員、御意見を頂いてよろしいでしょうか。

○田部井委員 農研機構の田部井でございます。先ほどの御質問にありました全塩基配列を求める必要があるのかなんかという点についてコメントさせていただきます。まず、全塩基配列を、なぜ求めるのかということになります。これは多分、いわゆる植物の場合ですと、最初にゲノム編集する前に CRISPR-Cas9 なるものを作る遺伝子を入れる、組換え体になっているものですから、それが残っていると組換え体になります。やはりゲノム編集ということで届出するには、その外来遺伝子がないということをまず証明しなければならないということがあります。それから、やはり懸念されているオフターゲットが発生しているかどうかということの確認かと思っております。

この点について、今、塩基配列、全塩基配列を読むということですが、まず1つ誤解されているというのは、全塩基配列を読むというと、本当に100%明らかになると思われている点です。例えばイネなどでは非常に高精度に読めるのですが、それでも99.9%、要するに、0.1%ぐらいは読めないで残るわけです。それで0.1%が読めないとうなるかということ、イネの全塩基が3.9億ベースペアですから、39万ぐらいは読めないとい

うことになります。そうしますと、僅かに残っている断片を検出できるかということ、本当にできるのかということは疑問になります。その代わりに、前回のギャバ高含有トマトでも、この辺の詳細は省きますが、サザン分析とか、PCRという分析方法を駆使してその辺は確認されているので、別にそれ以上の全塩基配列を求める必要はないだろうという議論がありました。

次に、オフターゲットですけれども、これの確認については、例えば日本晴というイネの品種がありまして、それは随分古い品種なのですが、それを栽培地から幾つか取り寄せて調べてみたら、もう、随分と自然に変異が入っています。そうしますと、その変異がゲノム編集でできたオフターゲットなのか、自然で起こったことなのか、植物の場合は培養を使いますから、それで起こった変異なのかの区別が付かないです。そうなったときに、それでも塩基配列、全塩基配列を求めるかと言ったら、それほどその意味はないと考えております。

一方、オフターゲットについての懸念があることも存じ上げているので、そういう部分に特化して部分シーケンスを比較するというのも、これは既に調査会の中でもやっております。そういうことを考えますと、今現在、直ちに全塩基配列を求める必要はないであろうというのが、調査会などの議論かと思えます。ただ、もちろんこれは全塩基配列を読むことを全部否定しているわけではなくて、必要があればそれも求めていくという、そのような議論になっているかと思えます。以上です。

○近藤座長

田部井委員、どうもありがとうございます。今、田部井委員からは、外来遺伝子の断片の残存性への確認というところと、オフターゲットという2点についてNGSの必要性があるかということで御説明いただいたと思います。

1点、田部井委員に御質問です。外来遺伝子の残存性、外来遺伝子は残存性の確認について、最初の事例であるトマトの例を御説明いただいたと思いますけれども、そのときに、サザンとPCRでやられていたということです。NGSと従来法のサザンとPCRの方法と比べたときに、どこまで短いものを見なければいけないかと、これは、なかなか何かコンセンサスがあるわけではないので、この点について、例えば、本当に短いものまで、いろいろな断片まで調べようと思ったらNGSという話になりますけれども、ここは必要ないという、そういう理解でよろしいでしょうか。

○田部井委員

ただいまの御質問で、確かにPCRもサザン分析もそれぞれ特出があります。得意とする部分、欠点という部分があります。それと同時に、今、

NGSと言われたのは全塩基配列を読む次世代シーケンサーのことですが、これについても、やはり特出があります。その辺を鑑みたときに、多分、2種類の方法を組み合わせれば双方に補完して、かなり確実なことが言えるのではないかなと思います。ですから、例えばサザン分析と次世代シーケンサーを組み合わせるといことも場合によってはあるかもしれませんが、サザン分析とPCRで、かなり精緻に分析された場合に、更にそこに全NGSデータを求めるかということ、それは違うのかなというのが現在の感触かと思います。ただし、次世代シーケンサーのデータを使って、いわゆる外来遺伝子の残存を調べる新しい方法も論文として公表されていますし、そういうものを利用していく上で、NGSのデータを求めるということはあるのかかなと思います。以上です。

○近藤座長

田部井委員、ありがとうございます。ほかの委員の皆様は御意見等いかがでしょうか。中島委員はいかがでしょう。

○中島委員

田部井委員の御意見で、ほぼ尽きているかと思います。世間の方々がお思いになるほど次世代シーケンサーというのは万能ではありませんので、どうしてもなぜか読めない領域というのが残ります。だからヒトゲノムが全部読めたなどと言っても、実際のところは0.1%のどうしても読めないところが残っても、このくらいでいいやという感じで公表されているというのが科学界の現状です。

もう1つは、DNAの複製というのは非常に正確なのですが、それでも大体10億に1個ぐらい間違ふ。トマトのゲノムは10億塩基ですから、1回細胞分裂すると1個間違ふ。1個の細胞から固体になるのに大体40、50回分裂が必要ということになりますと、そうすると何個くらい変異がたまるかということになります。だから培養している間に、少しずつ遺伝子に変異していきますし、更に培養中に紫外線などが当たれば、更に変異がたまっていきます。ということはどういうことかということ、ゲノム編集をやろうがやるまいが、基の株と比べて次世代シーケンサーで編集しますと、数十箇所なり数百箇所なり、必ず違いが出てきます。天然にそのくらいの塩基配列の違いというのは出てくるものでして、これが天然で起こったものか、ゲノム編集で起こったものか、これは最後まで分かりませんという理由がありますので、現在のところではオフターゲットを確認するのに、次世代シーケンサーというのは余り言うほど役には立たない。我々が期待しているのは、外来遺伝子が残っていたら、これは遺伝子組換えに該当してしまうので、そうではないことを確認するために次世代シーケンサーの力を借りているというのが現状でして、それ以外の方法で外来遺伝子がないということが確認されているのであれ

ば、次世代シーケンサー、しかも、塩基配列を読むのだけだったら一晩で読めても、これを解析するほうがはるかに大変でして、高速のコンピューターをかなり運転しないと決まりません。そういった事情がありますので、必ずしも否定するわけではありませんが、次世代シーケンサーは言うほど万能ではないということを、消費者の皆様方が知っておいていただくと大変有り難く思います。以上でございます。

○近藤座長 中島委員、どうもありがとうございます。もうお一方、小関委員コメントを頂いてよろしいでしょうか。

○小関委員 小関ですけれども、お二方の委員のおっしゃられることで、全て尽きていると思います。塩基配列が変わるということと言うと、なかなか受け入れ難いと思われるかもしれませんが、座長と私の顔はカメラがオフになって見えないと思いますが、座長と私の顔が違うということが何かというと、これは遺伝子が違うというところからきているわけですから、ヒトという集団においても変異があるのが当たり前、そうでなければ、言ってみれば、みんなクローン人間になってしまうかなということですね。私も植物の培養をずっとやってきたのですが、クローンにしても、先ほど田部井委員がおっしゃられたように、培養している間に、培養というゲノムにストレスがかかると変異がバーンとかかかるというのを見てきましたし、また、次世代シーケンサーでカーネーションの全ゲノムを世界で初めて決めたということをしたのですけれども、そのときも、やはり 90%強、そのぐらい読むのが精一杯で、その後、実際にコンピューターのプログラムでやらせても、まだまだ直さなければいけない所とか間違っている所があって、そういう意味でいったら、その技術も機械自身もそうですし、コンピューターのプログラム自身も、完成はまだしていないのではないかというところを実感してきて、やったところなので、それよりも、もっとヒトの顔はお互いに違うように、塩基配列が変わっているというほうが大きいというように感じております。以上です。

○近藤座長 小関委員、どうもありがとうございました。ほかの委員の先生方は何か追加でコメント等がありましたらお願いしたいと思いますが、いかがでしょうか。よろしいでしょうか。今までの御意見を総合しますと、オフターゲットの解析についてもNGSが必ずしも有効ではないということと、それから外来遺伝子の確認とその断片の確認においては、次世代シーケンサーやNGS以外の方法で十分証明しているのであれば、特段必要ないということと、それ以外では、場合によって必要な場合はまとめることがあるということかと思っておりますけれども、この辺は何か追加でコメントはよろしいでしょうか。なければ、有田会長、この議論はここま

でとしましてよろしいでしょうか。ただいまの次世代シーケンサーの必要性について、委員の先生方から、いろいろコメントを頂きましたけれども、この点について、何か御意見はありますでしょうか。

○有田会長 田部井委員などには、いろいろと教えていただいたりしておりますので、よく分かりました。以上です。

○近藤座長 それでは、有田会長、どうもありがとうございました。有田会長におかれましては、この後退室いただいても、あるいは引き続き傍聴していただいても結構ですので、よろしくお願いいたします。

それでは、時間が押してきましたけれども、本日の議題2です。(2) ゲノム編集技術を利用して得られた魚類の食品衛生上の取扱いについて、資料2を使いまして、菊池参考人から御説明いただきたいと思います。菊池参考人よろしくお願いいたします。

○菊池参考人 資料はSkype上には出さないという形になるのですか。

○近藤座長 資料には共有しない形で、手元に皆さん持っているという前提で御説明いただきたい思います。

○菊池参考人 分かりました。東京大学水産実験所の菊池です。ここでは私は日本で養殖されている魚の品種と系統といったものの特殊性について、遺伝的多様性という観点から説明したいと思います。

専門的には品種と系統と違っているのですが、ここでは大雑把に一緒に品種と系統を同じように扱いたいと思います。魚の特徴は、品種改良の歴史が古いことで知られている栽培植物と比較しながら魚の特徴を考えていくと分かりやすいと思いましたが、今回は栽培植物と比較しながら話したいと思います。

これは1枚目のスライドが終わって、2枚目のスライドです。トマトの所を見ますと、お米とかトマトの多くの栽培植物の品種改良は数千年前、弥生時代から人間によって行われてきています。もちろん一言で栽培植物と言っても、いろいろな植物があって、例外もあるわけですが、お米やトマトとか、高度に品種改良が進んでいる植物が多いです。

ちなみにここの写真で、大きいトマトは品種改良されて大きくなって、小さいトマトは品種改良がそんなに進んでいないので小さいということです。こういった多くの栽培植物と比べますと、魚の品種改良の歴史はものすごく浅いと言えます。

次のスライドをお願いします。これは横軸が時間で、ログスケールで書いてあるので、10年前、100年前、1000年前、1万年前というのが横軸です。縦軸が、どのぐらいの種が品種改良を行われているかということです。これを見ますと、パターンだけ見ていただければいいのですが、

右のほうに寄っているのが魚とかシュリンプとか、海産物とかは全然最近まで品種改良は行われていなかったのですが、植物や家畜はかなり昔から行われているということです。特に日本の皆さんが好む海産物、海の魚ですが、その品種が本格的に始まったのは、第2次世界大戦が終わった後の高度経済成長期ぐらいからと言って良いかと思います。弥生時代VS昭和50年とかですから、ものすごく歴史が浅いということが分かります。

次のスライドをお願いします。この歴史の浅さが、養殖魚の食用生物としては特殊な差を与えているのですが、その特殊差が出てくるのは遺伝的多様性というところです。

これから遺伝的多様性の話をしますが、まずそれをどう図るかということの説明したいと思います。

次のスライドをお願いします。一口に遺伝的多様性と言っても、その中身はいろいろあります。人間が図りやすい遺伝的多様性と、図りにくい遺伝的多様性があるのですが、図りやすいものの1つに、ゲノムDNA配列の個体差があります。今回はこの尺度を遺伝的多様性を代表するもの、アバウトで示すものとみなしたいと思います。遺伝的多様性をどう図るかということですが、まず、一人一人個別にゲノムDNAの一部を読みます。ゲノムDNAというのは、A、T、G、Cというような4種類の塩基がいろいろ連なっている感じです。例えば、私と皆さんの誰か1人のDNAを取ってきて、1,000塩基の塩基の連なりを読むわけです。それを個体間で比べますと、1,000塩基を比べて、今のスライドでは2塩基違っていると例で出しているのですが、この場合、遺伝的多様性は1,000塩基当たり2塩基の差と捉えるわけです。

次のスライドをお願いします。こうやって図っていく遺伝的多様性ですが、2つ重要な観点があって、1つは、それが今どのぐらいの遺伝的多様性があるかということで、例えば、人間の種全部の中で遺伝的多様性がどのぐらいあるかということは重要ですし、農業生物的には品種の中でどのぐらい多様性があるかという点が非常に重要になってくる。

もう一つの重要な視点としては、この遺伝的多様性が世代を超えてもずっと安定しているのかどうか、あるいはどんどん変化していってしまうのかということが重要です。

この2つのうち1つずつを見ていきたいと思います。まず、今どれぐらいあるのかということですが、これを具体的に見ますと、例としては人間、トマト、魚と見ていきたいと思います。ヒトの場合は大体1,000塩基当たり1塩基個体差があると言われていていると思います。ちなみにこれ

は今みんな品種改良されていない状態を考えています。次に品種改良された状態を考えますが、まず、野性状態です。されていない状態です。

次はトマトですが、野性状態に近いトマトが世界にいろいろ残っていて、そのデータを解析した例があります。この品種改良が進んでないトマトの場合は、1,000塩基当たり3つぐらい個体差があるとデータが出ていました。

一方、野性ですが、これは私の専門ですが、1,000塩基3というように、野性のトマトに近いものもあれば、80といったようにものすごく多様性が高いものも多い。この80塩基というのは、ブリ類のデータですが、ごく大雑把に言って、海の魚の遺伝的多様性はものすごく高いと考えてよさそうです。

次のスライドお願いします。次に、品種改良した後の遺伝的多様性を見ています。ヒトの場合は、ヒトは品種改良されていないので、このデータはないのです。トマトについては、品種内の多様性データを見つけることはできなかったのですが、品種改良が高度に進んだ品種間の多様性データはあって、これが1,000塩基当たり0.3塩基というもので、品種内ではもっと多様性がずっと低いと思います。

一方、養殖魚ですが、品種改良の歴史がすごく浅いので、その多様性の状態は赤で書いてある2~80塩基と言って、野性状態と余り変わらない状態になっていることが多いと思います。これがその現状です。

次のスライドお願いします。次は、これが世代を超えて安定しているのかということです。ここの所が品種を考えるときは重要です。まず人間は品種改良されていないので、安定に進んでいきます。トマトとか栽培植物については、遺伝的多様性がすごく低くなった系統の中で維持されていることがほとんどなので、これも非常に安定です。

一方、魚ですが、魚の場合は品種と言っても非常にあやふやで、野性個体と交配することを業者はしばしばしますし、たとえ系統内で今維持されていたとしても、ものすごく大量の個体差を最初から含んでいる系統なので、非常に不安定で、1個世代を変えとがらっと遺伝的な多様性とか背景が変わってしまうことがあると考えられます。

少し話がずれますが、遺伝的多様性を調べる道具としては参照ゲノム配列があります。ある1個体のゲノムを読んでしまって、これを世界のみんなで共有しようというものです。そうしますと、その1個の共有のゲノムの配列を物差しとして使えるので、今は例えば違う養殖魚とか、違う研究者が遺伝的多様性をマダイについて図っても、それを比べることができるように現在なっています。遺伝的多様性を図ることは最近は

かなり便利になっています。日本の養殖魚の中で、参照ゲノム配列を公開されている例としては、マダイ、ブリ類、クロマグロ、トラフグ、ヒラメというものがあります。

次のスライドをお願いします。最後まとめになります。養殖魚と栽培植物を比べたときの特徴になります。養殖魚は品種改良の歴史が極端に浅いために、遺伝的多様性は非常に高い。その結果として、養殖魚の世代が変わると、遺伝的多様性の状態がものすごく変動しやすい。これは品種の安定性を考えることは重要なことで、例えば、病気に強くてかつ成長が早いという品種があったとします。これは病気に強いということだけに注目して次世代を作ってしまうと、成長が早いものや早くないもの、遅いものまで全部混じってしまうという状態になります。

一方、栽培植物の場合はかなり安定していますので、すごく大雑把な話ですが、そういうことが起きにくいと言ってしまっていないかと思えます。魚の品種の特徴を説明させていただきました。以上です。

○近藤座長

菊池参考人、どうもありがとうございます。ただいまの菊池参考人からの説明について何かコメントを頂きたいと思いますが、まず最初に私から教えていただきたいことがあります。最初のほうのスライドで、野性状態と品種改良後の塩基数の違いというスライドがあったと思いますが、それで野性状態で 1,000 塩基当たり 3~80 で、品種改良しても同じぐらいの多様性が残っているということですが、1,000 塩基当たり 80 塩基というのは分類、系統的に別種という考えではないということですか。その辺を教えてください。

○菊池参考人

魚の場合は種という概念も実はかなり曖昧なのですが、これぐらい塩基配列が違っていても、別種とは全く言わないと思います。

○近藤座長

分かりました。ありがとうございます。ここが植物や菌類とは違うかなと思えたので。最後のほうのスライドで、参照ゲノム配列が調べられている例がありましたが、例えば、今、開発が進んでいるサバの参照ゲノム配列というのは、多様性が特に高そうな魚ではないということになるのですか。

○菊池参考人

すみません、声が割れて質問が聞き取りにくかったのもう一回お願いします。

○近藤座長

最後のスライドで、参照ゲノム配列がある魚の例が列挙されていますが、この中で、今、開発が進んでいるサバの参照ゲノム配列は存在するのですか。

○菊池参考人

サバは現時点では公開されていないと思います。

○近藤座長

解析自体は進んでいるのですか、それともそういう解析もなされていない

いのか、どういう状況ですか。

○菊池参考人 日本水産学会の発表を去年まで見ている限りは、ゲノムの数パーセント程度が読まれたというところまでは出ていましたが、全ゲノムを私は読んでいると宣言している方はいらっしゃいませんでした。

○近藤座長 ありがとうございます。魚は遺伝的多様性があるということで、なかなか難しい部分があると思います。そこを踏まえますと、届出の集団としてどういうふうに特定していくかというところが焦点になってくるかと思えます。この辺について委員の皆様から御意見を頂きたいと思えます。例えば、参考資料3の一番最後に、育種のイメージ図が付いていますが、これを参考にしながら、こういう多様性がある魚の場合をどうやって最終的に届出集団を特定していくかということについて議論を始めていくことにして、何か意見をお願いしたいと思います。田部井委員いかがですか。

○田部井委員 1つお伺いしたいのは、今、参照ゲノムということで、幾つか公開されている情報があると思いますが、これをベースに考えて、例えば、マダイならマダイで、そのほか生息している、いわゆるマダイと言われるものでどのぐらい実際変異が入っているものなのか。どのぐらいというのは数なのか、パーセントなのか分かる範囲で結構ですが、例えば、マダイでも結構ですし、ほかのものでも結構ですが、どのぐらいの変異が入っているというデータになっているのか教えていただくと有り難いです。

○菊池参考人 まずマダイに関しては、最近、韓国からデータが出まして、ちなみに全ゲノム参照配列を作ってくれたのも韓国の研究グループです。韓国は日本から輸入した養殖グループを2つ、養殖生産場が養殖したものを2つ、自分の所で養殖しているものが1つ、野性と言われているもの1つを確か解析していて、全て塩基配列の多様性が各グループ内で1,000塩基当たり2つぐらいです。野性だけ少し高くて、1,000塩基当たり3だったのかな。ですから、日本の養殖マダイのほとんどが高成長系と言われていいますが、ただその多様性が劇的に下がっているという状態ではなさそうだというのが、韓国から出てきたペーパーの内容だと思います。ほかの魚はいろいろあるのですが、多分、韓国が今回出してきたマダイが一番いろいろクリアに示しているかなと思いました。

○田部井委員 どうもありがとうございました。大変参考になりました。

○近藤座長 ほかの委員の先生方から魚類について、特に植物と違って留意するという観点から何か御意見、質問事項がありましたらお願いしたいと思います。いかがですか。

- 小関委員 よろしいでしょうか。
- 近藤座長 小関委員、お願いします。
- 小関委員 今の田部井委員のお答えの中でお話されたことに興味があるのですが、マダイを日本から持って行ったもの、韓国のもの、そして野性のものということで、各々の集団の中で1,000に2つというお話でしたが、各々の集団で比較しますと、やはり異なっているのか。例えば、マダイの養殖しているものだと、高成長系というように選ばれたものが多いと思いますし、その他の魚でも、言ってみれば、私は植物をやっていると、野性のものは雑駁というか相当に違っていますが、栽培される若しくは良いものを選ばれるということで、系統とか品種みたいな形になったものはそこそこそろいますし、特定の地域種みたいなものもゲノムの上では均一性が高いのではないかというイメージがあったのですが、タイの中でも今幾つかお話されたので、お互いの関係を教えていただくと有り難いです。以上です。
- 菊池参考人 まず品種間の差と野性間の差はありますが、研究者としては思ったより大きくない。言い方としては、ぼやっとし過ぎて申し訳ないのですが、あるけれども、そんなに大きくないなというのが1つです。
- もう一つは、その論文の中で、やはり韓国に持って行ったものだけが特殊に離れていて、例えば、日本の2つの養殖場のものは非常に似ているというような結果だったと思います。それは野性とも似ているのです。海産魚の特殊性として1つは、ものにもよりますが、地域集団がほとんどないということです。ブリとかマダイも恐らくそうですし、日本全部の水域で、ほぼ地域集団できっちり分かれるものはなくて、みんな遺伝……がそれぞれ流動していると考えて良いかと思います。以上です。
- 小関委員 今のところで、もう一つだけ最後の所でお伺いしたいのですが、地域種と言ったのは、日本国内地域種というのではなくて、例えば、世界の各地域においてという意味で、先ほど日本のものと韓国のものでは違っているというお話をされたのですが、そうしますと、ほかの国の海にいるものと、やはり日本のものという地域種という意味で言ったら違いはあるのではないかと想像されるかどうか、教えていただきたいのですが。
- 菊池参考人 それは本当に種によって違って、例えばブリの仲間カンパチ、ブリ、ヒラマサという3つが日本だと有名ですが、カンパチは遺伝的に調べても全世界で一種ではないかと言われていています。ヒラマサは若干の違いがあると。ブリは日本近海にしかいないので世界とは比較できないですが、日本の中ではみんな同じ集団ではないかと言われていているかと思います。
- 近藤座長 小関委員、菊池参考人、どうもありがとうございます。中島委員から新

たな質問がありますので、中島委員お願いします。

○中島委員 1つだけ、魚の多様性があるということは、それなりに種の安定性に結び付いていると思いますが、ゲノム編集なり何なりでそういう生物になりますと、1匹に由来するものから養殖しなければならないとか、そういう可能性は考えられます。ズバリ魚を近親交配したら悪いことが起こるか、極端に多様性を少なくしたら、魚というのは実際のところ、近親交配の影響が出てきて悪いことが起こってしまうのかとか、その辺についてもしもデータがあれば教えていただけると有り難いです。以上です。

○菊池参考人 まず、具体的なデータではなくて、ごく直感的なことですが、海産魚、多様性が多い魚で近親交配すると非常に良くないことが出てくると予想されますし、多分、養殖をされている方でも近親交配が進み過ぎた海産魚は、多分業者として使いたがらないという方も多いのではないかと思います。

一方で、サーモンのように、近親交配をかなり行っても、そんなに問題がないという魚の種類もあります。サーモンというのは、人間が知っている今の段階では多様性が多くないので、やはり、もともと多様性が高いものが、いきなり人間が近親交配で多様性を絞りますと、成長遅帯とか余りよろしくないことが起きやすくなって、もともと多様性があんまり大きくない魚ではかなりそれに耐えるのかなというのが大雑把な印象です。

具体的な例としては、日本の中ではマダイの品種改良がかなり進んでいるのですが、やはり近親交配の例で、いろいろな奇形とかも含めて病気になるやすいという例は論文として幾つも出ております。ですから、多分、業者さんたちはそういうデータは内部できちんと把握しながら近親交配が進まないような形で維持されていると私は思っております。以上です。

○近藤座長 中島委員、菊池参考人、どうもありがとうございます。ここで二村参考人のほうから御質問があるようですが、二村参考人、お願いします。

○二村参考人 戻ったような形で非常に基本的な質問ですが、魚における品種改良の手法として、ゲノム編集以外にどういうものが今行われているのか、少し総括的にお話いただけると助かります。よろしくお願いします。

○菊池参考人 これは菊池から答えればいいのですか。水産庁さんがいらっしゃって、そちらのほうが。

○二村参考人 どなたでも。

○近藤座長 水産庁のほうから、よろしくお願いします。

○水産庁中西課長補佐 水産庁の栽培養殖課の中西です。一般論的なお答えとして、若干

先ほど出てきた選抜育種というのが、恐らくこれまで水産の場ではやられてきているような育種方法ではないかと思います。大きいものとか病気に強いものを掛け合わせてより良い品種を作っていくと。特に先ほどから出ているマダイなどではかなり進んでいるのではないかと受け止めております。一般論的にはそういったことかと思えます。ブリのように天然種苗を使っているものもありますから、その辺は魚によって取り組まれ方や進み方はそれぞれ違うのかなということを受け止めております。以上です。

○菊池参考人 菊池から補足いたします。それがクラシックな方法で、今、一番新しいのでゲノム編集があるかと思えますが、時期的にはその1つ手前に組換えというものがあって、組換えは現在恐らくアメリカでは魚で認可されているのか、されつつあるのかが1種類ぐらいという状況だと思います。

その1つ前に歴史的には多分染色体操作があって、これは先ほど御説明されたようですし、欧米ではものすごくサーモンでマーケットは大きくて非常によく使われていて、既に日常化が行われている技術だと思います。大雑把に言って、歴史的にはそういうふうな流れで、古典的な品種改良、染色体操作、組換え、そしてゲノム編集と捉えてよいのではないかと思います。以上です。

○近藤座長 ありがとうございます。そのほか何か追加で御質問、御意見等ありましたらお願いしたいと思います。岡本委員、何か魚について留意する点、その他コメントはありますか。

○岡本委員 産業的に使われているのは、今、御説明があったとおりにかと思えます。また、研究レベルではほかにも交雑育種という別の種同士を掛ける育種や突然変異を誘発するような技術も技術としては研究が進んでいますが、少なくとも、その辺はまだ産業的には使われていないものが、あるいはこと育種に関してはほとんど実用的なものはそれほどないのかなという印象です。補足です。以上です。

○近藤座長 岡本委員、ありがとうございます。ほかの委員の先生方、あるいは参考人の皆様から追加で何かコメントしたいことがありましたらお願いしたいと思います。いかがですか。ほかよろしいですか。菊池参考人どうもありがとうございました。本日の議論を踏まえて、またもう少し議論が必要かなというところもあります。ですので、魚類の食品衛生上の取扱いについては、今日の御意見等も踏まえて、引き続き、この調査会の場において議論をしていきたいと考えております。最後になりますが、委員の先生方、あるいは参考人の皆様から追加で何か御意見、コメント

などありましたらお願いしたいと思いますが、いかがですか。

○岡本委員 先ほどの件ですが、交雑育種は信州サーモンは交雑育種を使われてい
ますので、産業的に交雑育種と染色体操作を組み合わせたものも実際には
使われているということで訂正させていただきます。以上です。

○近藤座長 岡本委員、訂正ありがとうございます。その他、よろしいですか。事務
局から何か連絡事項がありましたらお願いします。

○今川室長 次回については、また委員の先生方と参考人の皆様方には、追って日程
調整をさせていただきます。よろしくお願いします。事務局からは以上
です。

○近藤座長 今日の遺伝子組換え食品等調査会はこれにて終了いたします。委員の先
生方、参考人の皆様、どうもありがとうございました。

○今川室長 有田会長、中平専務、貴家次長、どうもありがとうございました。大変
助かりました。