

平成 27 年度

JRA 畜産振興事業に関する調査研究発表会

2015 年 10 月 14 日（水）

会場 東京大学農学部 弥生講堂・一条ホール

東京大学大学院農学生命科学研究科 食の安全研究センター

公益財団法人 全国競馬・畜産振興会

JRA 畜産振興事業に関する調査研究発表会 次第

- 1 開 会 (13:10)
- 2 挨拶 (13:10～13:20)
- 3 講 演
 - (1) 蹄病予防対策（フットケア）の推進について (13:25～13:55)
公益社団法人日本装削蹄協会
常務理事 楠瀬 良
 - (2) 非破壊分析（近赤外分析法）を利用した飼料作物の
栄養成分の迅速測定法の開発と普及について (14:00～14:30)
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 畜産草地研究所
専門員 農学博士 甘利 雅弘
 - (3) 遺伝子解析で成長の速い豚を選び出す方法について (14:35～15:05)
公益社団法人農林水産・食品産業技術振興協会
特別研究員 両角 岳哉
 - (4) 被災地の除染農地の地力回復に向けた家畜堆肥を
活用した施用方法について (15:20～15:50)
一般財団法人畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所
研究統括監 道宗 直昭
 - (5) 災害等で損壊した畜舎の早期再建を実現する設計
自由度の高い畜舎の工法について (15:55～16:25)
一級建築士 畜舎専門アドバイザー
前間 千秋
 - (6) 畜産物の放射性物質汚染に関する消費者の対応と
意識調査等について (16:30～17:00)
東京大学大学院 食の安全研究センター長
教授 関崎 勉
- 4 閉 会 (17:10)

目 次

- 1 蹄病予防対策（フットケア）の推進について…………… 1

- 2 非破壊分析（近赤外分析法）を利用した飼料作物の栄養成分の
迅速測定法の開発と普及について…………… 13

- 3 遺伝子解析で成長の速い豚を選び出す方法について…………… 31

- 4 被災地の除染農地の地力回復に向けた家畜堆肥を
活用した施用方法について…………… 45

- 5 災害等で損壊した畜舎の早期再建を実現する設計
自由度の高い畜舎の工法について …………… 67

- 6 畜産物の放射性物質汚染に関する消費者の対応と
意識調査等について…………… 79

蹄病予防対策（フットケア）の推進について

【講師紹介】

楠瀬 良 公益社団法人日本装削蹄協会 常務理事

（経歴）

昭和 50 年 3 月 東京大学農学部畜産獣医学科卒業
昭和 57 年 4 月 JRA 競走馬総合研究所入所
平成 11 年 2 月 同研究所運動科学研究室長
平成 21 年 3 月 同研究所企画調整室長
平成 23 年 6 月 （社）日本装蹄師会常務理事
平成 24 年 11 月 （公社）日本装削蹄協会常務理事

（著作等）

「サラブレッドはゴール板を知っているか」（平凡社）
「サラブレッドは空も飛ぶ」（毎日新聞社）
「馬の医学書」（緑書房）
「競走馬ハンドブック」（丸善）
「アルティメイトブック馬」（緑書房）
「家畜行動図説」（朝倉書店）
「The Genetics of the Horse」（CABI Pub. Wallingford） 他

蹄病予防対策（フットケア）の推進について

～フットケアの普及推進と牛削蹄の経済効果について～

公益社団法人 日本装削蹄協会

常務理事 楠瀬 良

1. 牛の削蹄、馬の装蹄

馬は奇蹄目（ウマ目）、牛は偶蹄目（ウシ目）に属する家畜である。双方ともに、肢先は堅牢な蹄で覆われている。馬の蹄も牛の蹄も、人の爪と同じケラチンと呼ばれるタンパクでできており、1か月で5mmから10mm程伸びる。家畜が適度に動き回り、蹄の伸長と摩耗のバランスがとれていれば、人による蹄の管理はほとんど必要ない。しかし使役家畜（図1）として利用すると、どうしても摩耗が激しくなり、保護の必要性が生じる。

まだ蹄鉄の利用が一般化していなかった江戸時代の日本では、もっぱら使役に用いられた馬や牛の蹄の保護のためには草鞋（図2,3）が使われたりしていた。藁だけでは耐久性に劣るため、布を編み込んだり、人の髪の毛を素材に用いたりもした。明治期に入り鉄製の蹄鉄が普及すると馬にも牛にも蹄鉄を装着するようになった（図4,5）。この技術により、農作業はもとより交通運輸や戦役での酷使にも耐えられるようになった。

現代の馬は、競馬や乗馬などのスポーツに用いられる。馬たちの蹄は装蹄師によって過度な摩耗からまもられている。蹄に蹄鉄を装着し、半月から1か月程度経過したあとに蹄鉄を外し、伸びた分を削り取り再び蹄鉄を装着する、ということを繰り返す。公益社団法人日本装削蹄協会には約500名の認定装蹄師が構成員として加入しており、全国の競馬場や乗馬クラブ、馬産地で活躍している。装蹄師の主要な仕事は、馬の蹄を摩耗から防ぐと同時に蹄の健康を維持することにある。

一方、日本装削蹄協会には約800名の認定牛削蹄師も所属している。現代の日本で飼われている牛たちは、もはや使役に用いられることはなく、主として乳肉の生産のために飼養されている。多くの牛たちは集約的に飼われており、その動きは制限され、蹄の摩耗も少ない。彼らは限られた場所で、食べては寝る、寝ては食べるという生活をしているため、蹄が減らず、むしろ伸びすぎてしまう。そこで牛削蹄師の仕事は、装蹄師とは異なり、もっぱら伸びた蹄を削ることで牛の健康をまもることにある。

日本装削蹄協会はこれまでJRAの畜産振興事業からの助成を受けて、種々の調査研究、牛馬のフットケアの重要性の普及啓蒙、牛削蹄師・装蹄師の資格認定、ならびに装削蹄技術の維持向上等の事業を実施してきている。今回の講演では過去5年の助成事業、すなわち「護蹄管理向上連携強化推進事業（平成22年～平成24年）」ならびに「蹄病予防等対応フットケア普及推進事業（平成25年～平成26年）」の中で得られた成果のなかから、いくつかの活動に絞って、その概要を報告したい。



図1 牛車 (平治物語絵巻)



図2 馬の草鞋
(広重「名所江戸百景 秋之部 四ッ谷内藤新宿」)



図3 牛の草鞋



図4 蹄鉄を装着した馬の蹄



図5 蹄鉄を装着した牛の蹄

2. 相馬野馬追出場騎馬のフットケア

福島県相馬・南相馬地区で開催される相馬野馬追（図6）は鎌倉幕府開府以前から続く神事とされ、重要無形民俗文化財にも指定されている。東日本大震災の被災により、同年の開催が危ぶまれたが、関係者の努力により中止することなく実施され、復興のシンボルともされた。しかし、この祭りを継続し震災前と同程度の規模にまで復活・維持させるには、参加する馬が蹄病等を有さず健康なことが重要であり、適切なフットケアが行われるよう専門家による指導等の支援が必要と考えられた。そこで、「蹄病予防等対応フットケア普及推進事業（平成25年～平成26年）」の中で、我々は相馬・南相馬地区で飼養されている相馬野馬追用騎馬の護蹄管理状況の実態調査、地元装蹄師による巡回指導装蹄、馬飼養者を対象とした馬フットケアセミナーを実施した。

この事業は平成26年度をもって終了したが、出場騎馬数は年を追って増加し（図7）、震災前の規模に近くなりつつある。



図6 相馬野馬追風景

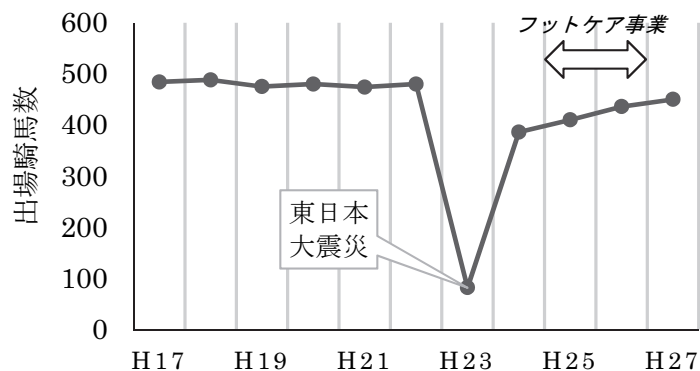


図7 相馬野馬追出場騎馬数の推移

3. 牛フットケアの啓蒙

肉用牛にしろ、乳用牛にしろ、飼養している牛の定期的な削蹄は農家にとってきわめて大切である。伸び過ぎた蹄を削切することにより本来の蹄形が維持され、牛は安定した立ち方と歩き方によって、採食行動も含めて健全な行動を保つことができる。また負重の片寄りを防ぎ、無用な苦痛を回避することができる。

一方、家畜共済の資料によると、共済制度に加入している乳用牛のうち死亡あるいは廃用とされた牛の病因の第3位に、蹄病を含めた運動器病があげられている（図8）。定期的な削蹄が多く農家で広範に励行されるようになれば、そうした蹄病の早期発見、蹄病発生の抑制が期待できる。

「蹄病予防等対応フットケア普及推進事業（平成25年～平成26年）」において、我々は牛のフットケアの重要性を啓蒙普及するための教材を作成した。本講演では作成した教材のうち、動画を中心に現在の日本の最高レベルの牛削蹄技術を紹介する（図9）。

ちなみに、ここで作成した教材を用いた普及啓蒙活動を、主に牛飼養農家を対象に、平成 26 年度 1 年間に全国 6 か所で開催したが、参加者は総計 196 名だった（表 1）。また本年も、引き続き全国各地の牛飼養農家を対象に普及啓蒙活動を実施してきている。

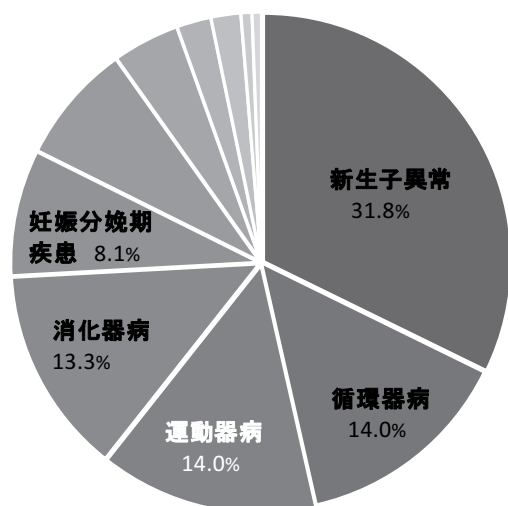


図 9 鎌形蹄刀による削蹄

図 8 死産事故の病因比率

(乳牛・平成 23 年度：家畜共済資料より)

日時	場所	参加人数
平成 26 年 6 月 3 日	三重県（度会郡大紀町）	23
平成 26 年 7 月 17 日	北海道（名寄市）	30
平成 26 年 10 月 10 日	茨城県（笠間市）	25
平成 26 年 12 月 6 日	鹿児島県（種子島）	28
平成 27 年 2 月 12 日	山口県（防府市）	23
平成 27 年 2 月 26 日	沖縄県（石垣市）	67
総計		196

表 1 農家向け牛削蹄普及啓蒙実績（平成 26 年度）

4. 牛削蹄の経済効果

定期的な削蹄は、乳牛にあつては泌乳量の増加、搾乳牛としての供用年数の延長がみられ、肉牛にあつては肥育効率が向上するとされ、これまでも種々の報告がなされてきている。「護蹄管理向上連携強化推進事業（平成 22 年～平成 24 年）」において、我々はコントロールされた実験環境下ではなく、実際の営業中の搾乳農場ならびに肥育牧場を対象に、飼養牛の削蹄回数を増やした場合の効果に関して調査を実施した。

1) 搾乳農場の調査

(1) 調査農場の概要と調査の方法

調査対象農場は、フリーストール形式で牛を飼養している 2 農場（千葉県香取市内の A 農場および福島県郡山市内の B 農場）、ならびにタイストール形式で牛を飼養している 2 農場（福島県二本松市内の C 農場および D 農場）の計 4 農場とした。

a) 千葉県 A 農場

フリーストール形式で飼養。年間 30 頭程度の初産牛を北海道から導入。スタッフを雇用している飼養頭数 200 頭規模の大型農場。牛床はコンクリートでゴムマット、敷料として戻し堆肥を使用。削蹄は年 2 回実施。

調査にあたって導入牛を 2 群に分け、4 回削蹄区と 2 回削蹄区とした。4 回削蹄区は、導入時にまず 1 回目の削蹄を行い、その後 3 か月間隔で 3 回、年間計 4 回の削蹄を行う群とし、2 回削蹄区は導入時に 1 回目の削蹄を行い、その後 9 か月後に 2 回目の削蹄を行うこととした。

調査は平成 22 年の 12 月導入牛、翌 23 年 2 月導入牛、4 月導入牛を対象に実施した。

b) 福島県 B 農場

フリーストール形式で飼養。搾乳牛 30 頭程度の家族労働の農場。牛床はコンクリートで敷きわらを使用。削蹄は年 2 回。

調査は、年間 2 回削蹄を実施していた時期の群全体の産乳記録と、年間 3 回削蹄を開始した時期（平成 22 年 10 月）以降の群全体の産乳記録とを比較することとした。

なお、当該農場は、過去に蹄病による廃用が多く、牛削蹄師から定期的な削蹄を勧められ、年 2 回削蹄をするようになったという経緯を有している。また、牛削蹄師が農場に立ち入るときは、NOSA I 診療所の獣医師（認定牛削蹄師の資格も保有）が同行し治療をしていた。

c) 福島県 C 農場

タイストール形式で飼養。搾乳牛 25 頭程度の家族労働の農場。牛床はコンクリートでゴムマットを使用。削蹄は年 2 回。

調査方法は B 農場と同様とした。

また、削蹄を実施している牛削蹄師は B 農場と同一人であり、獣医師の関与の仕方も同様だった。

d) 福島県 D 農場

タイストール形式で飼養。搾乳牛 40 頭程度の家族労働の農場。牛床はコンクリートでゴムマットを使用。削蹄は年 2 回。

調査方法は B 農場、C 農場と同じとした。

また、削蹄を実施している牛削蹄師は B 農場、C 農場と同一人であり、獣医師の関与の仕方も同様だった。

過去に、1年間10頭以上運動器病で廃用にすることがあったが、それ以降は定期的に削蹄を行うようになったという経緯がある農場だった。

なお、本調査の実施期間中である平成23年3月11日に東日本大震災が発生し、引き続き福島第一原子力発電所で炉心融解の事故が勃発した。福島県の調査対象だった3農場はこの事故の影響を受けたが、調査は継続して実施した。

(2) 調査結果の概要

a) 千葉県A農場

4回削蹄区17頭、2回削蹄区16頭の成績を得た。導入後の分娩は平成23年1月から7月だった。

分娩後1か月目～8か月目の1日当たり乳量を図10に示した。乳量は分娩後4か月目以降、4回削蹄区が2回削蹄区を上回って推移した。なお、7か月目の乳量は危険率5%で、8か月目の乳量は危険率1%で4回削蹄区が2回削蹄区より有意に多かった。また、2か月目の乳量に対する各月の割合をみると、どの時点においても4回削蹄区は2回削蹄区より高かった。これらのことから削蹄回数を増やすことで乳量が増加する傾向があることが強く示唆された。なお、調査牛は全て初産牛であるにもかかわらず、通常の初産牛に比べ乳量が急速に減少している傾向が認められた。この原因として、東日本大震災の影響による飼料の変化（ペレットからマッシュに変更）が影響している可能性が考えられた。

b) 福島県B・C・D農場

福島県にあつては、東日本大震災による交通のストップに加え、原発事故による放射性物質の汚染で生乳の出荷停止が約1か月間あり、停止解除がいつになるか分からないなかで強制乾乳を行うなど厳しい状況にあつた。

産乳の状況は、表2～4に示した。表は各農場について、2回削蹄から3回削蹄に切り替えた前後について、4か月間隔で搾乳頭数、月総乳量、1日1頭乳量を示したものである。

B農場は、震災後でも飼料の大きな変更はなく、強制乾乳もしなかった。削蹄回数の増加により、蹄病による廃用などが減り、頭数、総乳量が増える傾向が認められた。1頭乳量については、若い牛が増えていたこともあり、変化は認められなかった。

C農場は、震災後配合飼料がペレットからマッシュに、牧草は自家産が半分程度だったのが輸入乾草に変更し、給与量も削減し、強制乾乳も実施した。飼養頭数を減らし、若い牛を増やしたため1頭乳量も減少した。

D農場は、C農場と同様、震災後に配合飼料を変更した。また飼養牛のうち6頭を廃用にした。牧草は自家生産が8割だったものを全量輸入牧草に変更した。牛の状態が震災前の状態に戻ったのは平成23年の年末だった。その後搾乳頭数

は増加しつつあり、1頭乳量は平成23年10月以降2回削蹄時の搾乳量を上回るようになった。

2) 肥育牧場の調査

(1) 調査農場の概要と調査の方法

宮崎県都城市内の有限会社Mの国牧場・関之尾肥育センターとA農場を調査の対象とした。

a) 有限会社Mの国牧場・関之尾肥育センター

Mの国牧場はかつてJA都城の肥育センターだったが、平成17年に会社組織となった。同センターは、去勢牛を主体に毎月50頭程度導入し、20か月間前後肥育をしていた。牛床はコンクリートで、敷き料はおがくずだった。通常、削蹄済みの素牛を導入し、導入後12か月程度で削蹄を実施していた。

調査にあたって、導入月毎に分けて1回削蹄区と2回削蹄区の2群を設定した。1回削蹄区は導入後12か月後に削蹄を実施することとし、2回削蹄区は導入後6か月で1回目の削蹄、12か月で2回目の削蹄を実施することとした。また、2区間の比較は時期をわけて、同農場を対象に2回実施することとした。

当初、平成22年の4月から7月までの4か月間の導入素牛を調査の対象にする予定でいたところ、口蹄疫の発生があり、子牛市場の開催中止が8月まで長引いた。このため、発生前の2～4月にすでに導入していた素牛で1回目の比較、通常どおり素牛が上場されるようになった平成22年12月～23年2月の導入牛で2回目の比較を行った。

b) A農場

去勢牛を毎月6頭程度導入し、20～21か月間肥育していた。牛床は、南九州に特有のシラスで、水はけが良く泥濘化し難い敷料だった。調査を開始するまでは、肥育期間中の削蹄は実施していなかった。

調査にあたって無削蹄区と1回削蹄区の2群を設定した。無削蹄区は肥育期間中削蹄をしないものとし、1回削蹄区は導入12か月後に削蹄を実施することとした。また、Mの国牧場と同様、導入月毎に分けて2区を設定した。さらに2区間の比較は、時期をわけて、同農場を対象に2回実施することとし、1回目の比較は口蹄疫発生前の平成22年1～4月の導入牛、2回目は子牛市場再開後の22年12月～23年3月の導入牛で行った。

(2) 調査結果の概要

肥育成績は、素牛の持っている資質(肉量・肉質)に左右される。そこで、得られたデータから枝肉成績でA-5とA-4に格付けされた個体に絞り、削蹄回数の違いによる肥育成績等を算出し、図11、図12に示した。

a) Mの国牧場

図 11 のとおり、1 回目調査 (H22. 2~4 導入群) の比較では、2 回削蹄区のほうが 1 回削蹄区に比べ、出荷時体重、1 日増体量 (DG) とともに多かった。このうち DG は 2 回削蹄区のほうが平均約 66 g 多く、5% の危険率で有意差が認められた。また 2 回目調査 (H22. 12~H23. 2 導入群) の比較では、DG において 2 回削蹄区の方が平均約 25 g 多かった。

蹄病については 1 回削蹄区の牛で軽度の蹄葉炎が見られた。また過長蹄が認められたが、削蹄で矯正をした。

b) A 農場

図 12 のとおり、1 回目 (H22. 1~4 導入群)、2 回目 (H22. 12~H23. 3 導入群) 調査ともに 1 回削蹄区のほうが、無削蹄区に比べ、出荷時体重、DG とともに多かった。このうち 2 回目の調査では、1 回削蹄区のほうが無削蹄区に比べ、DG が 59 g 多く 5% の危険率で有意差が認められた。

3) 削蹄の経済効果まとめ

実験のために牛を飼って一定の条件下で研究をした場合に比べ、実際に生産活動をおこなっている農場を対象とした今回のような調査では、調査対象の被検牛の飼育環境や条件を同一に管理することはなかなか難しいといえる。そのため、明確な成績を得ることが困難な場合も多い。実際、今回の肥育農場の調査では口蹄疫の発生という予期せぬ事態が発生し、調査計画の変更を余儀なくされた。しかし調査結果の概要で述べたとおり、調査対象 2 牧場においてともに削蹄回数を増やすことで、肥育牛の出荷時体重、DG とともに向上する傾向が認められたことは、あらためて牛の飼養管理における削蹄の重要性が示唆されたものとすることができよう。

統計的に有意な差を認めた DG に関しては、同じ格付け水準で DG が仮に 1 日 30 g 多ければ、 $30 \text{ g} \times \text{肥育日数 } 600 \text{ 日} \times \text{枝肉歩留まり } 0.6 = \text{枝肉 } 10 \text{ k g}$ が多くなるとすることができる。1 頭の削蹄料金は 3~4 千円程度とされるが、今回の調査から、削蹄の実践は経済的にも十分見あうものであることが示唆されたものとする。

一方、搾乳農場の調査において千葉県事例では、分娩前から 3 か月間隔で削蹄することで、泌乳中~後期にかけて泌乳量が増加する効果が表われることが示唆された。また福島県事例では、泌乳量については、調査終了近くなって削蹄の効果が出始めていると考えられた。

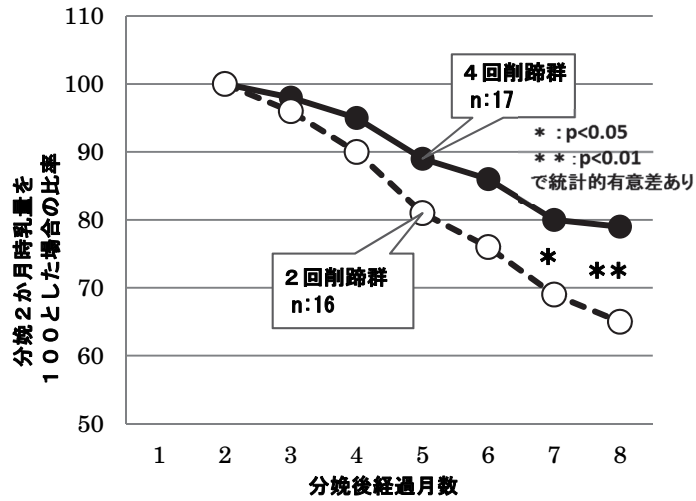


図10 千葉県A農場における乳量の推移

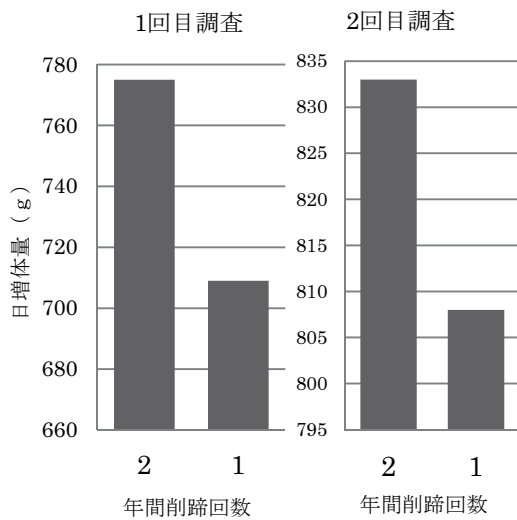


図11 Mの国牧場の日増体量比較

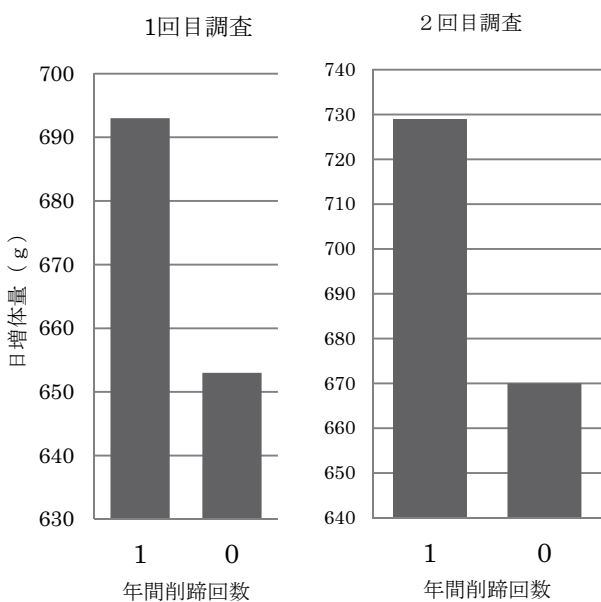


図12 A農場日増体量比較

表2 福島B農場産乳状況

		月平均 搾乳牛頭数	月総出荷 乳量(t)	1日1頭 搾乳量(kg)
2回削蹄区	H22.2	30	26.5	31.6
	H22.6	30	30.6	34.0
	H22.10	35	32.6	30.1
3回削蹄区	H23.2	30	27.9	33.2
	H23.6	30	30.4	36.6
	H23.10	37	33.1	28.9
	H24.2	34	28.2	28.6
	H24.6	41	34.6	31.7
	H24.10	43	42.1	31.6

表3 福島C農場産乳状況

		月平均 搾乳牛頭数	月総出荷 乳量(t)	1日1頭 搾乳量(kg)
2回削蹄区	H22.2	24	16.2	26.8
	H22.6	25	17.5	28.0
	H22.10	20	13.3	25.2
3回削蹄区	H23.2	19	11.3	25.4
	H23.6	17	10.5	24.7
	H23.10	18	14.7	27.4
	H24.2	23	11.9	21.7
	H24.6	20	10.9	19.2
	H24.10	17	10.8	22.9

表4 福島D農場産乳状況

		月平均 搾乳牛頭数	月総出荷 乳量(t)	1日1頭 搾乳量(kg)
2回削蹄区	H22.2	35	24.9	24.0
	H22.6	39	28.8	25.0
	H22.10	36	26.4	24.4
3回削蹄区	H23.2	35	25.1	25.6
	H23.6	30	19.7	22.0
	H23.10	34	26.5	25.5
	H24.2	33	24.7	26.7
	H24.6	38	32.5	28.5
	H24.10	0	27.0	26.4

4. 削蹄の知識ならびに技術の維持向上

「護蹄管理向上連携強化推進事業（平成 22 年～平成 24 年）」ならびに「蹄病予防等対応フットケア普及推進事業（平成 25 年～平成 26 年）」双方の事業で、共通して助成を受けてきた項目として、牛削蹄師の技術向上のための事業があげられる。

現在、認定牛削蹄師の技術向上のための事業は「牛削蹄師スキルアップ講習会」ならびに「全国牛削蹄競技大会」の二本の柱で構成されている。

「牛削蹄師スキルアップ講習会」は全国で地区ごとに認定牛削蹄師に集合してもらい、伝達したい知識や技術をセミナー形式で学んでもらうというものである。ちなみに過去に取り上げられたテーマとしては「基本的な消毒の方法」、「口蹄疫の防除と蔓延防止」、「牛白血病の流行と防あつ」などがあげられる。この講習会は、地元の家畜衛生保健所等の協力を得て、平成 22 年から 26 年の 5 年間で全国 22 か所、のべ 1393 名の認定牛削蹄師および関係者が受講したが、この事業はうっかりすれば牛削蹄師が病気の媒介者にもなるという危険を未然に防ぐという点で、我が国の家畜防疫に大きな貢献をしてきているといえよう。

一方、「全国牛削蹄競技大会」は全国から選抜された認定牛削蹄師が一堂に会して削蹄技術を競い合うというもので、優勝者には農林水産大臣賞が授与される（図 13）。選手は、原則として県単位で予選をおこない、さらにブロック大会を勝ち抜いて全国大会に出場してくる。牛削蹄師という、いわば裏方の仕事のなかで唯一陽の当たる場ともいえよう。多くの牛削蹄師が日々の営業のかたわら、全国大会出場を目指して技術の練磨にはげんでいる。また競技会当日には、選手はもちろん全国各地から認定牛削蹄師が集まるが、その中で行われる情報交換や技術談義が専門家集団としての一体感の強化につながっている。我々はこうした組織への求心力を持った競技大会があるからこそ、日本の認定牛削蹄師の技術レベルが高水準で保たれているといっても過言ではないと考えているものである。



図 13 第 56 回全国牛削蹄競技会優勝

非破壊分析（近赤外分析法）を利用した飼料作物の 栄養成分の迅速測定法の開発と普及について

【講師紹介】

甘利 雅弘 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
畜産草地研究所 畜産研究支援センター 専門員 農学博士

（経歴）

昭和47年 農林省関東農政局入省
昭和57年 農林水産省福島種畜牧場飼料課飼料分析係長
平成元年 農林水産省畜産試験場栄養部飼料鑑定研究室 主任研究官
平成8年 農林水産省畜産試験場飼養環境部排泄物制御研究室 主任研究官
平成14年 独立行政法人農業技術研究機構動物衛生研究所プリオン病研究センター併任（平成17年まで） 主任研究官
平成18年 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構畜産草地研究所畜産研究支援センター 主任研究員
平成23年 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構畜産草地研究所畜産研究支援センター 専門員

（著作等）

1. 粗飼料の品質評価ガイドブック（一版、改訂、三訂版） 自給飼料利用研究会編 社団法人 日本畜産草地種子協会 2009年2月（分担執筆）
2. 新編 動物栄養試験法 石橋晃監修 養賢堂 2001年10月（分担執筆）
3. 日本標準飼料成分表（2001年度版、2009年度版） 農業・食品産業技術総合研究機構編 中央畜産会 2009年12月（分担執筆）
4. 飼料分析者のための近赤外分析マニュアル 一般社団法人日本草地畜産種子協会 2015年3月（分担執筆）
5. Technical Manual for Feed Analysis、社団法人 畜産技術協会 2000年3月（分担執筆）ほか



非破壊分析（近赤外分析法）を利用した 飼料作物の栄養成分の迅速測定法の 開発と普及について



農研機構 畜産草地研究所
畜産研究支援センター
農学博士 甘利雅弘

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

本日の発表内容



1. フォーレンジテストのこれまでの経緯
2. 近赤外分析法について
(Near Infrared Spectroscopy: NIRS)
3. フォーレンジテスト新システム構築事業
4. 本事業における成果
5. 今後の展望

乳牛用飼料の成分分析と栄養評価



農研機構

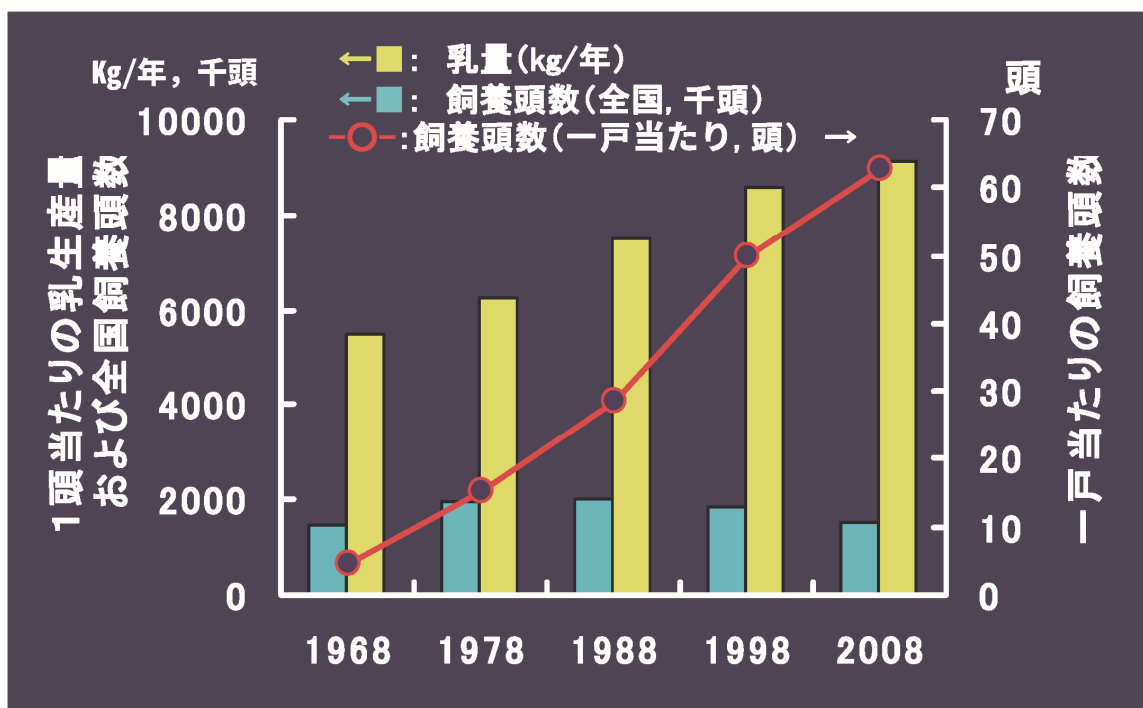
- 1975年 日本標準飼料成分表が公表される
 - ・1957年以来、各種飼料について調査研究を実施
 - ・5～8年毎に増補・改訂されてきている
- 1982年 粗飼料分析のための近赤外分析装置の導入により
フォーレンジテストが本格的に開始される
- 1983年 フォーレンジテスト運用協議会の発足
 - ・主要な粗飼料について分析精度の解明
 - ・飼料給与診断の実用化技術の普及
- 1987年 自給飼料品質評価研究会・自給飼料利用研究会として継続
～
- 2007年 飼料分析法，飼料評価法の改善・改良，提案
～
・「粗飼料の品質評価ガイドブック」の発刊

National Institute of Livestock and Grassland Science

我が国の酪農経営の推移



農研機構



National Institute of Livestock and Grassland Science

フォーレンジテストの経緯(1)

- 乳牛用の粗飼料は、飼料成分含量の変動が大きい
- 個別農家毎の粗飼料分析が必要となる

主要粗飼料の飼料成分範囲 (DM%)

	乾牧草 (n=161)			トウモロコシサイレージ (n=125)		
	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値
粗たんぱく質	2.7	25.2	9.8	5.7	12.5	8.5
粗脂肪	0.7	5.1	2.2	1.4	3.9	2.7
粗灰分	4.6	13.9	7.8	4.8	10.0	7.0
NDFom	39.1	77.4	61.9	34.3	66.5	49.5
ADFom	21.5	45.6	35.6	19.2	41.6	28.8

NDFom：中性デタージェント繊維，ADFom：酸性デタージェント繊維

個別農家の給与飼料を分析し、飼料給与診断に活用していくシステムをフォーレンジテストと呼んでいる

National Institute of Livestock and Grassland Science

フォーレンジテストの経緯(2)

- 個別農家の粗飼料分析では大量の分析点数になる
- 給与前に栄養成分を把握しておく必要がある
- 迅速な分析法の導入が不可欠

近赤外分析法が1980年代に導入され、フォーレンジテストの主要な分析法として利用されてきた



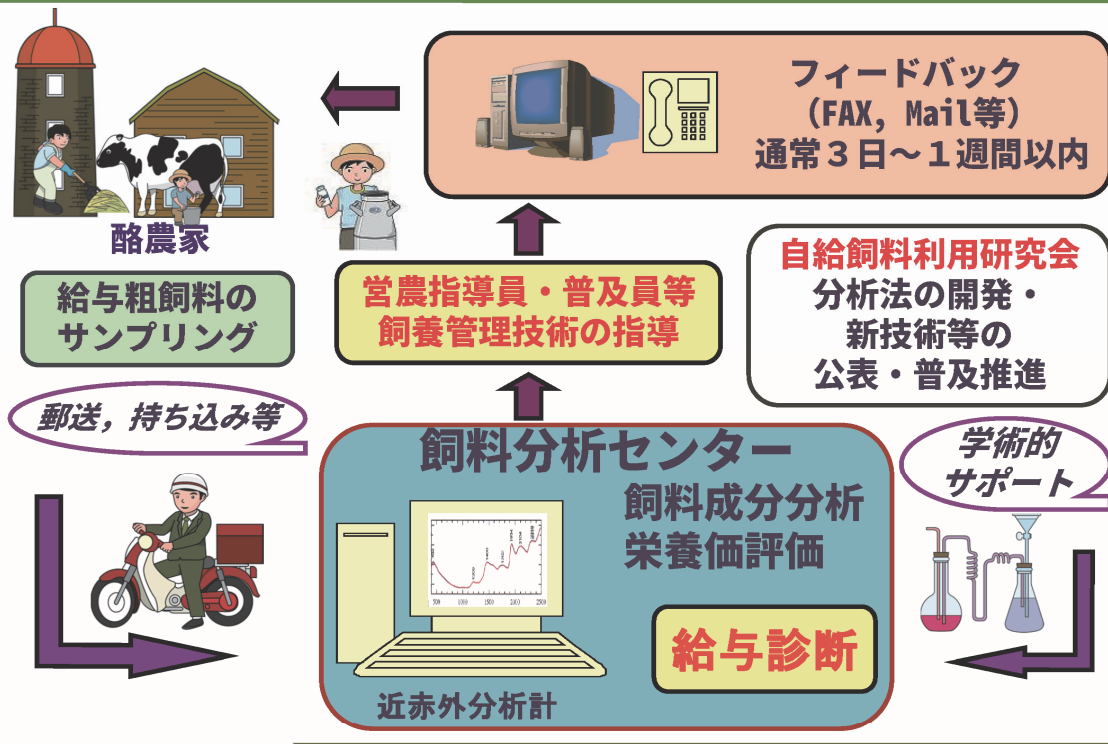
近赤外分析計



粉体試料・無粉碎試料

National Institute of Livestock and Grassland Science

フォーレンジテストの流れ



National Institute of Livestock and Grassland Science

近赤外分析法の概要 (1)

近赤外線とは？



測定試料の形態と測定用セル

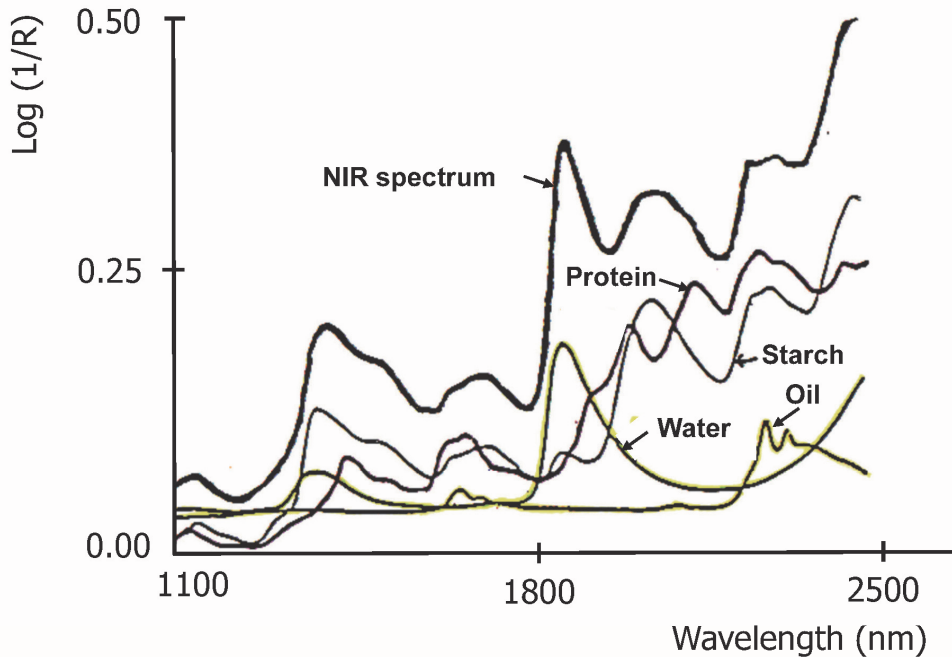
- ・標準セル (粉体)
- ・固体用セル (無粉碎穀類, 牧草)
- ・液体セル (溶液類)
- ・ペースト状試料用セル
- ・光ファイバー (セルなし)

測定スペクトル

- ・反射スペクトル
- ・透過スペクトル
- ・透過反射スペクトル

National Institute of Livestock and Grassland Science

近赤外分析法の概要 (2)



National Institute of Livestock and Grassland Science

近赤外分析法の概要 (3)

近赤外域における官能基が示す主な吸収波長

波長 (nm)	化学結合	官能基	成分
1210	C-H str. 2nd overtone	CH ₂	脂肪
1215	C-H str. 2nd overtone	CH ₃	デンプン
1420	O-H str. 1st overtone	ArOH	リグニン
1430	N-H str. 1st overtone	CONH ₂	粗タンパク質
1440	O-H str. 1st overtone		デンプン、セルロース
1446	2×C-H str. + C-H def.	aromatic	リグニン
1450	O-H str. 1st overtone	H ₂ O	水分、デンプン
1510	N-H str. 1st overtone	NH ₂	粗タンパク質
1580	O-H str. 1st overtone		デンプン、セルロース
1685	C-H str. 1st overtone	aromatic	リグニン
1725	C-H str. 1st overtone	CH ₂	脂肪
1765	C-H str. 1st overtone	CH ₃	脂肪
1780	C-H str. 1st overtone		デンプン、セルロース
1820	O-H str. + 2×C-O str.		セルロース
1908	O-H str. 1st overtone	OH	リグニン
1940	O-H str. + O-H def.	H ₂ O	水分
1960	N-H asym. str. +amide II	CONH ₂	粗タンパク質
1980	N-H asym. str. +amide II	CONH ₂	粗タンパク質
2050	N-H asym. str. +amide II		粗タンパク質
2050	N-H asym. str. +amide III	CONH ₂	粗タンパク質
2100	2×O-H def. + 2×C-O str.		デンプン、セルロース
2140	=C-H str. + C=C str.	HC=CH	脂肪
2150	2×amide I +amide III	CONH ₂	粗タンパク質
2160	2×amide I +amide III	CONHR	粗タンパク質
2180	2×amide I +amide III		粗タンパク質
2252	O-H str. + O-H def.		デンプン
2276	O-H str. + C-C def.		セルロース、リグニン
2294	N-H str. + C=O str.	NH ₂	粗タンパク質
2305	C-H str. + C-H def.	CH ₂	脂肪
2336	C-H str. + C-H def.		セルロース、デンプン リグニン
2345	CH ₂ sym. str. + =CH ₂ def.	HC=CHCH ₃	脂肪
2352	C-H def. 2nd overtone		セルロース
2380	O-H def. 2nd overtone	OH	リグニン

(Osborne et al. 1986)

検量線の作成

ケモメトリクス

数学的手法や統計的手法を適用し、
化学データを数量化し情報化するための計量学

- 線形重回帰分析
(Multiple linear regression: MLR)
- 主成分回帰分析
(Principal Component regression: PCR)
- PLS 回帰分析
(Partial least squares: PLS)

National Institute of Livestock and Grassland Science

近赤外分析法の特徴



農研機構

- 非破壊分析法であることから**迅速な分析**が可能
- **同時に多成分**の分析が可能
- 高度な分析技術が不要，**再現性**が高い
- 薬品等を必要としないため**安全・無公害**

- 検量線作成のため広範囲な試料群の**収集**が必要
- 検量線作成・検定試料を**正確に化学分析**する必要がある
- 光学的データと化学分析との相関から求めるため化学分析値と必ずしも一致しない
- 飼料種類，成分によって分析精度が異なる
- 機器間差があり，他機器に検量線を使えない
(バイアス補正を行うことで**移設可**)

National Institute of Livestock and Grassland Science

フォーレンジテスト新システム構築事業



農研機構

背景と事業の目的

- 近赤外分析計や解析手法の高性能化により分析精度が向上
 - ➡ 導入当初の手法による検量線を使用
- 新たな検量線を作成するためのサンプル収集・化学分析の実施
 - ➡ 人員・予算の確保が困難

飼料種

- 牧草，とうもろこし，ソルガム等の新品種の普及
 - 稲WC S，飼料用米等の新たな飼料作物の導入
- 新たな分析項目
- デタージェント分析法（NDFom,ADFom等）の利用

従来の検量線
では対応不可

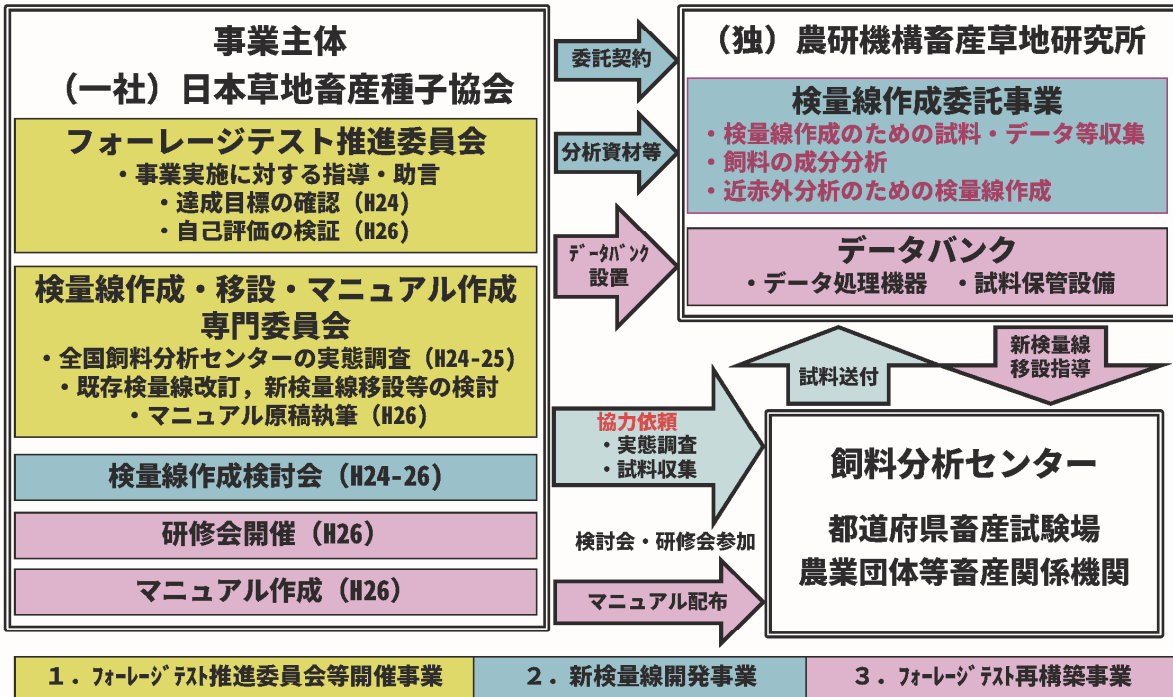
検量線の改訂

- 汎用性と精度を向上させた検量線作成
- 飼料分析センターへの検量線移設

フォーレンジテスト

- 新分析システムの構築
- 飼料給与の高度化を促進

National Institute of Livestock and Grassland Science



National Institute of Livestock and Grassland Science

事業の実施内容

- 1 実態調査 (平成24年度～25年度)
 - ・アンケートの実施 (約60場所) および現地調査 (23場所)
- 2 近赤外分析 (平成24年度～26年度)
 - ・主要な粗飼料について検量線の整備
 - ＜対象飼料＞
乾草, 牧草サイレージ, とうもろこしサイレージ, ソルガムサイレージ, イネWCS, 飼料用米, 大麦
 - ＜飼料成分＞
一般成分分析, デタージェント分析など
 - ＜検量線＞
既存試料・スペクトルを活用し, 最新の解析法による精度の向上
新品種を追加した検量線, 新飼料の検量線の作成
 - ・フォーレージテストへの活用 (飼料分析センターへ検量線を移設)
- 3 飼料分析法, 飼料評価法の改善・改良, 提案 (平成24年度～26年度)
 - ・近赤外分析に係るマニュアルの作成・配布, 研修会の開催

National Institute of Livestock and Grassland Science

アンケート実施結果（60機関対象）



農研機構

➤ フォーレジテスト実施機関(NIRSによる飼料分析)

30機関が実施，5機関が試験研究用，
3機関が要修理，22機関が未実施

➤ 依頼分析点数

H21：32,936点， H22：33,409点， H23：37,429点
(4,655点) (3,853点) (3,999点)

() 内数値は北海道以外の分析点数

➤ 近赤外分析計設置年度

H2-H9:18(49%)， H10-H14:9(24%)， H15-H24:10(27%)

National Institute of Livestock and Grassland Science

検量線作成のための飼料種と分析点数



農研機構

飼料名	使用点数	収集点数
牧乾草	161	347
イタリアンライグラス乾草	(60)	(131)
牧草サイレージ	180	280
トウモロコシサイレージ	125	284
イネWCS	208	452
ソルガムサイレージ	148	162
飼料米(玄米)	118	118
大麦	164	164
合計	1,104	1,807

イタリアンライグラス乾草は牧乾草の内数

National Institute of Livestock and Grassland Science

飼料成分の分析項目



- 一般成分分析
 - ・水分：熱乾法（135℃，2時間）
 - ・粗たんぱく質：燃焼法
 - ・粗脂肪：ソックスレー抽出法（16時間抽出）
 - ・粗灰分：600℃，2時間灰化
- デタージェント分析
 - ・中性デタージェント繊維：耐熱性α-アミラーゼ処理
 - ・酸性デタージェント繊維：従来法
- その他（飼料米）
 - ・デンプン：Amyloglucosidase/α-amylase method
(Megazyme International Ireland Limited 2005)
 - ・ロイシン，リジン：アミノ酸分析計

National Institute of Livestock and Grassland Science

近赤外分析の詳細



- 検量線作成機器： 畜草研つくば所有 NIRSystems (Foss) Model-6500
- スペクトル測定範囲： (400～)1100～2500nm
- スペクトル測定セル： 標準セルを用い，トランスポートモジュール
- 試料粉碎粒度： 1mm粒度に粉碎した試料
- 検量線の作成： NSASソフトウェア，二次微分処理スペクトル
(Segment=20,Gap=0) を用いPLSRにより作成
Model-6500用として 1150～2450nm
Model-4500用として 1350～2350nm
- 検量線移設用試料： 同種飼料群で構成した10～15点
標準セルタイプのクローズドカップを使用
- 他社機器への移設： Model-6500のスペクトルファイルをJCMファイルに変換，
し標準サンプルと共に提供して各社のソフトウェアに対
応したスペクトルに変換後，検量線の作成・評価を実施

National Institute of Livestock and Grassland Science

各飼料における検量線の精度

	r	SEP	RPD
水分	0.898-0.995	0.13-0.59	2.3- 9.6
粗たんぱく質	0.907-0.993	0.18-0.92	3.1- 7.3
粗脂肪	0.794-0.987	0.12-0.35	2.6- 8.4
粗灰分	0.867-0.984	0.40-0.81	2.4- 5.8
NDFom	0.928-0.992	0.90-1.89	2.9- 7.7
ADFom	0.912-0.989	0.70-1.47	2.5-10.4
デンプン	0.860	0.95	1.8
アミノ酸	0.911-0.960	0.014-0.022	2.6- 3.7

r：相関係数，SEP：検量線検定の標準誤差，
 RPD：検定試料群SD/SEP；2.3>不良，2.3-3.0実用的な分析に使用可，3.0-5.0より高精度な実用分析に使用可，5.0-8.0準化学分析相当，8.0<化学分析相当

National Institute of Livestock and Grassland Science

乾牧草の検量線と精度

乾牧草の飼料成分

	全試料 (n=161)			検量線用試料群 (n=120)			検量線検定試料群 (n= 41)		
	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値
水分	5.1	12.3	8.0	5.1	12.3	8.0	5.8	11.5	8.0
粗たんぱく質	2.7	25.2	9.8	2.7	25.2	9.8	2.7	23.4	9.7
粗脂肪	0.7	5.1	2.2	0.7	5.1	2.2	8.6	15.9	12.0
粗灰分	4.6	13.9	7.8	4.6	13.9	7.7	4.8	13.8	7.9
NDFom	39.1	77.4	61.9	40.0	77.4	61.9	39.1	76.2	61.9
ADFom	21.5	45.6	35.6	21.7	45.6	35.6	21.5	44.1	35.6

NDFom：中性デタージェント繊維，ADFom：酸性デタージェント繊維

National Institute of Livestock and Grassland Science

乾牧草の検量線と精度

乾牧草における検量線の精度と検定

	検量線			検量線の検定		
	Factor数	r	SEC	r	SEP	RPD
水分	15	0.985	0.288	0.982	0.255	5.84
粗たんぱく質	14	0.994	0.543	0.990	0.595	7.31
粗脂肪	11	0.974	0.210	0.967	0.249	3.53
粗灰分	13	0.971	0.545	0.962	0.623	3.50
NDFom	14	0.991	1.208	0.975	1.170	7.29
ADFom	13	0.990	0.838	0.987	0.861	6.41

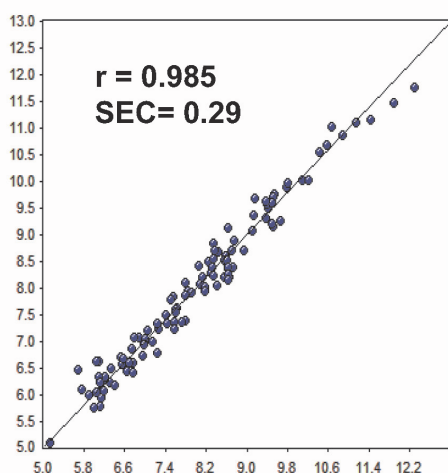
NDFom：中性デタージェント繊維，ADFom：酸性デタージェント繊維

RPD：検定試料群SD/SEP；2.3>不良，2.3-3.0実用的な分析に使用可，3.0-5.0より高精度な実用分析に使用可，5.0-8.0準化学分析相当，8.0<化学分析相当

National Institute of Livestock and Grassland Science

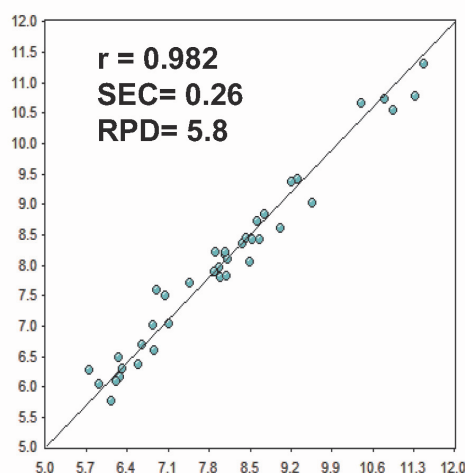
乾牧草における水分の分析精度

Calibration Set: Calculated vs Lab Data



検量線の精度

Validation Set: Calculated vs Lab Data

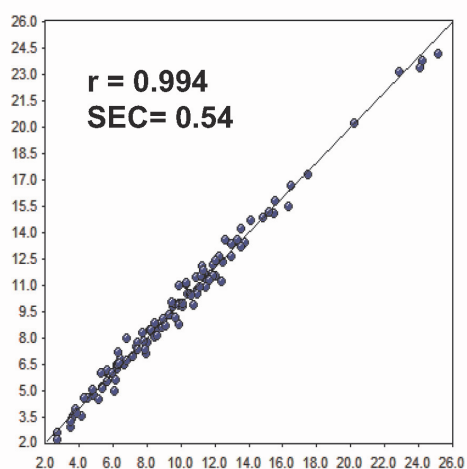


検量線検定結果

National Institute of Livestock and Grassland Science

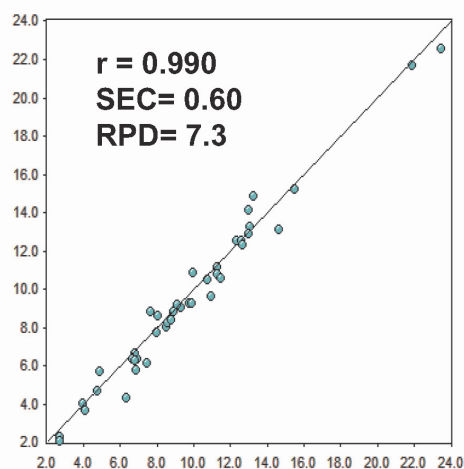
乾牧草におけるCPの分析精度

Calibration Set: Calculated vs Lab Data



検量線の精度

Validation Set: Calculated vs Lab Data

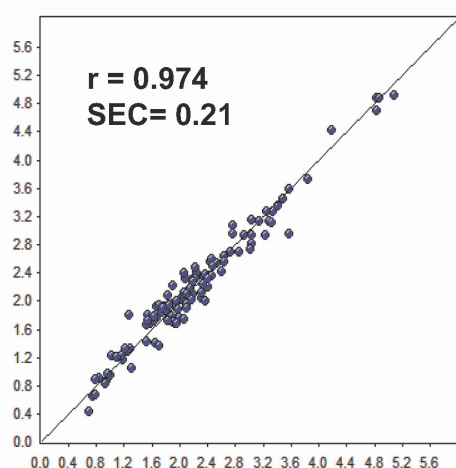


検量線検定結果

National Institute of Livestock and Grassland Science

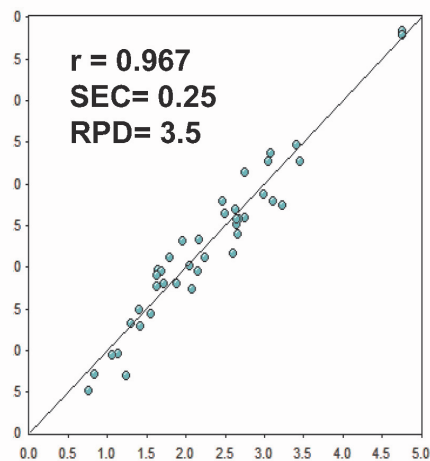
乾牧草におけるEEの分析精度

Calibration Set: Calculated vs Lab Data



検量線の精度

Validation Set: Calculated vs Lab Data

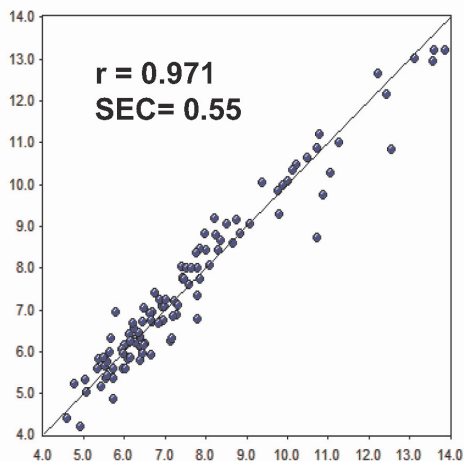


検量線検定結果

National Institute of Livestock and Grassland Science

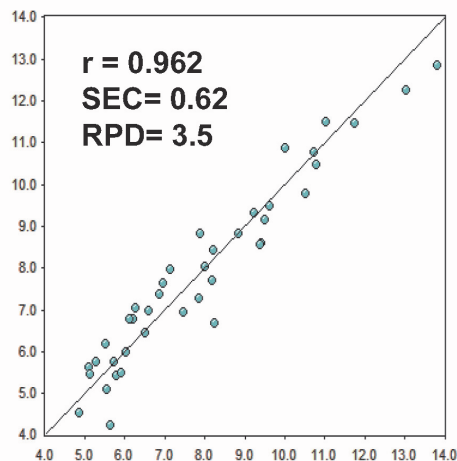
乾牧草におけるASHの分析精度

Calibration Set: Calculated vs Lab Data



検量線の精度

Validation Set: Calculated vs Lab Data

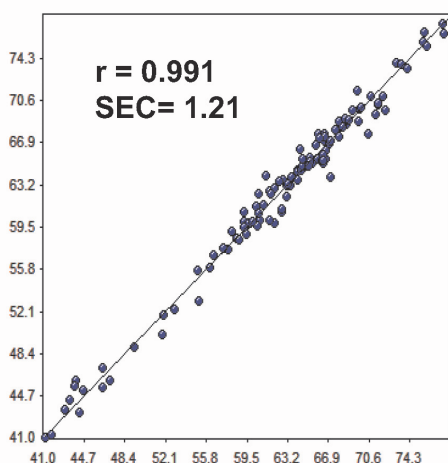


検量線検定結果

National Institute of Livestock and Grassland Science

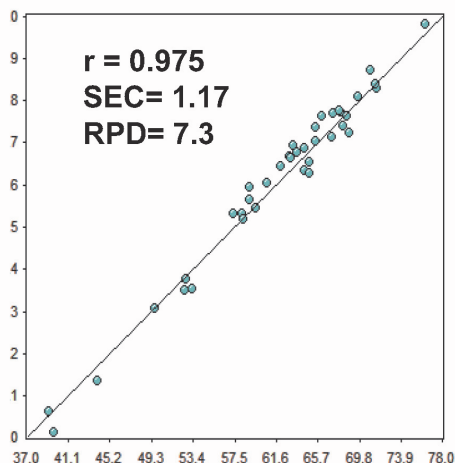
乾牧草におけるNDFomの分析精度

Calibration Set: Calculated vs Lab Data



検量線の精度

Validation Set: Calculated vs Lab Data

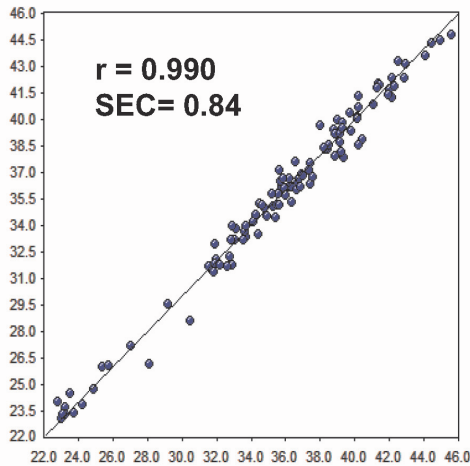


検量線検定結果

National Institute of Livestock and Grassland Science

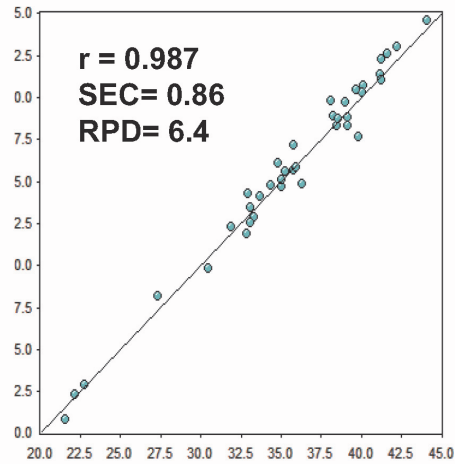
乾牧草におけるADFomの分析精度

Calibration Set: Calculated vs Lab Data



検量線の精度

Validation Set: Calculated vs Lab Data



検量線検定結果

National Institute of Livestock and Grassland Science

検量線の移設

- 全国31ヶ所（27道県）
北海道，東北4県，関東・東山7県，
北陸・東海・近畿6県，
中国・四国5県，九州3県，沖縄県
- 機関
道県の公的機関25ヶ所
独立行政法人1ヶ所
農協系2ヶ所
飼料会社3ヶ所
- 機種
4社の機器に移設



National Institute of Livestock and Grassland Science

検量線移設の精度



農研機構

乾牧草における移設精度

(畜草研→A県)

	r	Se	Bais	Slope
水分	0.999	0.11	-0.466	1.053
粗たんぱく質	1.000	0.15	0.056	0.966
粗脂肪	0.991	0.09	1.040	0.986
粗灰分	0.989	0.25	-1.050	0.962
NDFom	1.000	0.59	0.215	0.971
ADFom	0.996	0.32	-0.225	1.010

NDFom：中性デタージェント繊維，ADFom：酸性デタージェント繊維

National Institute of Livestock and Grassland Science

フォーレージテストの今後の展望



農研機構

- 新飼料を含めた幅広い飼料に対応した今回作成した検量線をより多くの飼料分析センターで利用して頂きたい
- 機器の老朽化による更新，分析センターの体制整備等を畜産関係機関，酪農家等が一体となりアピールしていく必要がある
- 今回，対象とした粗飼料の飼料成分は，主要成分を網羅しているものの，栄養価評価を判定するには必ずしも十分と言えない飼料種によっては酵素分析法や粗タンパク質の細分画などの成分についても今後，整備していく必要がある
- 飼料費の低減化，高密度飼養への対応，新飼料開発等，酪農を取りまく厳しい情勢の中で，本事業で再構築したフォーレージテスト体制が強化され，酪農家の発展に寄与し，日本の酪農を活性化させていく原動力となることに期待する

National Institute of Livestock and Grassland Science



ご静聴ありがとうございました



National Institute of Livestock and Grassland Science

遺伝子解析で成長の速い豚を選び出す方法について

【講師紹介】

両角 岳哉 公益社団法人農林水産・食品産業技術振興協会
農林水産先端技術研究所 畜産研究部 特別研究員

(経歴)

平成 9年 社団法人 農林水産先端技術産業振興センター
農林水産先端技術研究所 研究第二部 専門技術員
平成10年 同 研究員
平成22年 同 特別研究員
平成24年 社団法人 農林水産・食品産業技術振興協会
農林水産先端技術研究所 特別研究員
平成25年～ 現職

(論文、総説等) 過去3年

1. Morozumi, T., et al., Concise and broadly applicable method for determining the genomic sequences of north-american-type porcine reproductive and respiratory syndrome viruses in various clusters. *J Vet Med Sci*, 2014. 76(9): p. 1249-55.
2. Sasaki, K., et al., A single nucleotide polymorphism of porcine MX2 gene provides antiviral activity against vesicular stomatitis virus. *Immunogenetics*, 2013. 66(1): p. 25-32.
3. Dawson, H.D., et al., Structural and functional annotation of the porcine immunome. *BMC Genomics*, 2013. 14: p. 332.
4. Uenishi, H., et al., Genomic survey of polymorphisms in pattern recognition receptors and their possible relationship to infections in pigs. *Vet Immunol Immunopathol*, 2012. 148(1-2): p. 69-73.
5. Uenishi, H., et al., Large-scale sequencing based on full-length-enriched cDNA libraries in pigs: contribution to annotation of the pig genome draft sequence. *BMC Genomics*, 2012. 13: p. 581.
6. Groenen, M.A., et al., Analyses of pig genomes provide insight into porcine demography and evolution. *Nature*, 2012. 491(7424): p. 393-8.

(特許)

1. ブタの椎骨数を支配する Vertnin 遺伝子、およびその利 (特許第5717272号)
2. ブタの椎骨数増大能力を識別するDNAマーカー (特許第4849847号)

遺伝子解析で成長の速い豚を選び出す方法について

(公社) 農林水産・食品産業技術振興協会 (JATAFF)

農林水産先端技術研究所 畜産研究部

特別研究員 両角 岳哉

1. はじめに

養豚における肥育豚一頭あたりの生産コストに占める飼料費の割合は66%となっており、肥育牛の41%や乳牛の46%と比べて高い割合となっている(図1)。

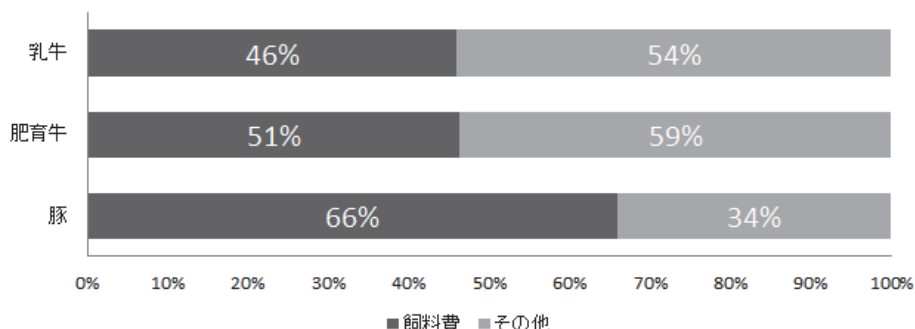


図1. 生産コストに占める飼料費の割合

豚の飼料には、大豆油かすやトウモロコシなどを配合した濃厚飼料が100%用いられている。この配合飼料の自給率はわずか12%に留まるため、豚の飼料費はそれらの国際相場や為替の影響を受けやすい。国際的な飼料価格の高騰によって、2013年の国内農家購入飼料価格は2000年の1.6倍まで上昇しており(図2)、安定した経営のためには生産コストの低減が不可欠となってきている。

生産コストの低減には高能力な豚の開発が重要である。この40年間で肥育豚の体重を1kg増加させるのに必要な飼料量(飼料要求率)は4kgから2kg台に改善され、増体能力も20年間で20%以上増加している。これらの改良は発育能力などに優れた豚を選抜し、数世代にわたり長い期間育種することで可能になってきた。

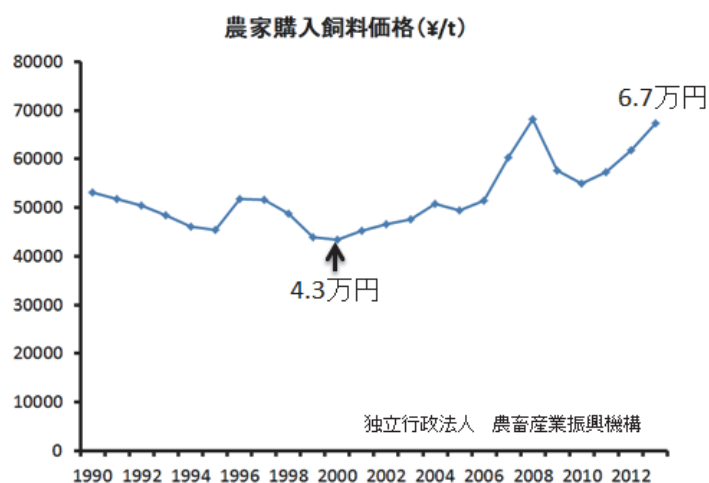


図2. 農家購入飼料価格の推移

近年のゲノム解析技術の進歩によって、能力に関連する DNA 配列の違いを検出し、その DNA 情報を利用して能力の向上を図る育種改良 (DNA 育種手法) の加速化が可能になってきた。豚においても、DNA 解析によって染色体上の同一箇所における繰り返し配列の数の違いや 1 塩基の違いである 1 塩基多型 (single nucleotide polymorphism, SNP) を検出し、それらを利用して優れた豚を選抜育種する DNA 育種が行われている。最近では多数の SNP の違いを同時判別可能な SNP アレイを利用したゲノム解析によって、経済形質に関連する SNP の検出とその効果の評価が盛んに試みられている。特に、飼料要求率や一日平均増体量といった成長性にかかわる形質は、出荷日齢の短縮やそれに伴う飼料費の低減にも繋がり経済効果が高いことから世界的に関心が高い。

最も研究の進んでいるヒトでは、複数の遺伝要因が想定される疾患や形質に関する SNP を検出するために、世界的な共同研究によって様々な人種の 1000 人以上のゲノム塩基配列を解読して 1%程度の頻度の SNP を同定する研究が進められ、その成果から 430 万箇所の SNP を搭載した SNP アレイが開発・利用されている。

豚で利用可能な SNP アレイに搭載されている SNP は 6 万箇所に留まる。様々な生物種の SNP が収集されている公的データベース dbSNP には、豚の SNP が 2015 年 6 月現在で 82, 712, 833 個登録されている。しかし検出された品種や頻度等の情報はほとんど含まれておらず、頻度情報を持つ SNP はわずかに 161 個である (build 143)。つまり、複数の遺伝要因による経済形質関連領域を検出するためには、豚においても頻度情報を含んだ多型情報の収集を進める必要がある。更に、収集した多型情報を活用して国内品種において経済形質に強く影響する多型との関連等の解析を行うことで、得られた成果の育種現場への活用を目指したゲノム育種手法の高度化と育種改良の加速化が図れることになる。

ゲノム育種手法の高度化を図り、豚の育種改良の加速化によって我が国の畜産の振興に資することを目的として、平成 25~26 年度に渡り JRA の助成を受けて「遺伝子解析等を活用した生産性向上・育種改良推進事業 (豚経済効果関連遺伝子の多型開発・解析事業)」を実施した。その結果、主要商用品種について発現遺伝子領域中の SNP を 6, 000 個以上開発し、それらを用いて豚の成長性に関連する経済形質の解析を行った。さらに、形質に強く影響することが明らかとなった多型情報から、特に 1 日平均増体量等に係る DNA マーカーの開発を行った。本発表の内容は、同事業の研究をとりまとめたものである。

2. 研究成果の概要

日本国内で飼養されている主要商用品種を含む 10 品種 128 個体のゲノム DNA を材料として、高速シーケンサーを用いて発現遺伝子領域内の多型を網羅的に検出し、多型を品種別の頻度情報と共に把握した。検出された発現遺伝子コード領域内 SNP について、機能への影響度の推定、遺伝子の機能的な分類情報等の情報解析結果から絞り込んだ 6, 036 個の SNP を搭載したカスタム SNP アレイを作製した。作製したカスタム SNP アレイを用いて、形質情報を有する 2 つの主要商用品種集団 (ランドレース集団 552 頭、デュロック集団 504 頭) の成長性等に関する形質との関連解析を行った。3 つの SNP について育種現場で活用可能な一日平均増体量に関する SNP の簡易検出系を構築した。本研究の成果の概略図を図 3 に示す。

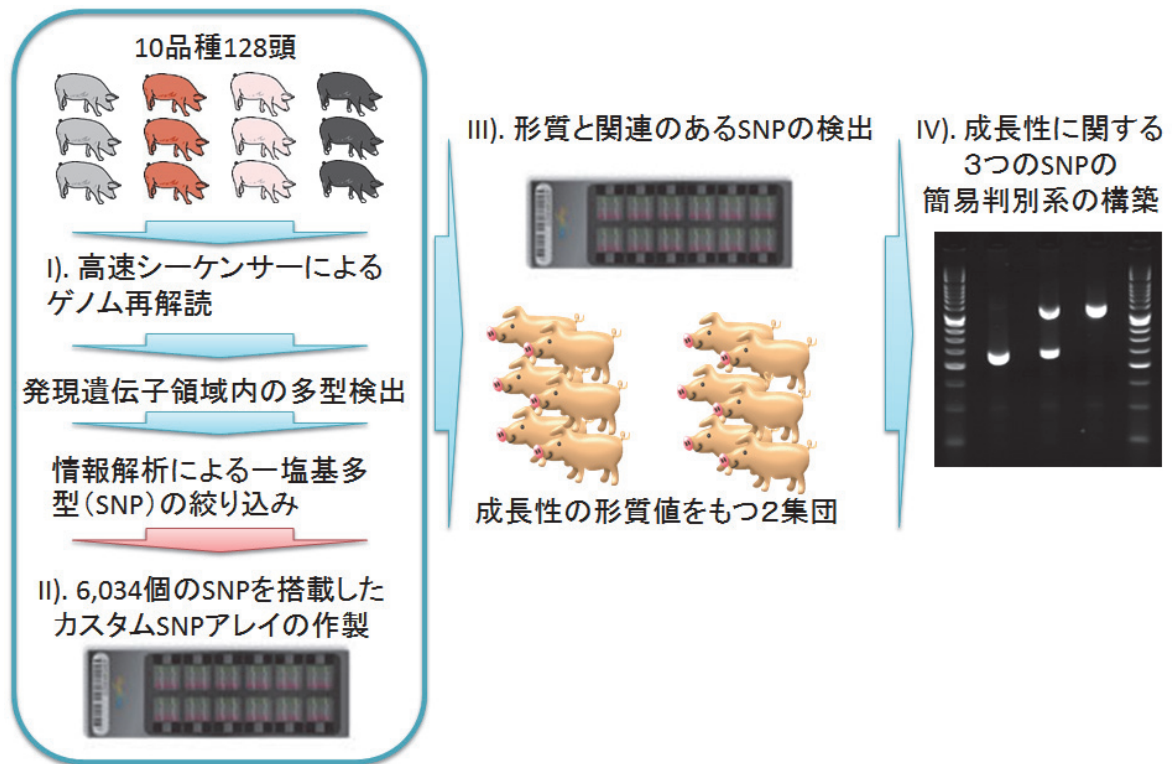


図3. 研究成果の概略図

3. 研究の実際

I) ブタ発現遺伝子領域内の多型開発

2012年に発表されたブタゲノム解読の結果、ブタのゲノムサイズは28億塩基とヒトと同程度であり、遺伝子数が2~2.5万個であることが明らかになった。遺伝子にはタンパク質合成のための情報を担っている領域（コード領域）とそれ以外の領域が存在する。タンパク質をコードしている領域に存在する塩基の違いは、タンパク質のアミノ酸を変化させることがあり、タンパク質機能に大きな影響を及ぼすことがある。そのようなアミノ酸の変化が豚の遺伝子上に生じた場合、増体などの生産能力に影響する可能性がある。

そこで、ブタの全遺伝子についてタンパク質をコードしている発現遺伝子領域の集中的な多型検出を行うために、現在判明しているブタの全遺伝子のコード領域を選択的に回収して濃縮することとした。SureSelect ターゲットエンリッチメントシステム（アジレント社）によって、公的データベースに登録されているブタゲノム塩基配列において構造が明らかな遺伝子のコード領域のみを選択的に回収可能なDNA濃縮キットを作製した。濃縮キットの作製に用いた遺伝子数は21,950個であり、濃縮対象となるゲノム領域の長さは計5,475万塩基（54.75Mb）となった。濃縮用サンプルには8個体のDNAを等量混合したものを1セットとし、合計で10品種128個体のDNA濃縮した（表1）。

表 1. DNA 濃縮と高速シーケンシングを行った品種と個体数

品種	個体数 x セット (合計頭数)
ランドレース	8 x 3 (24)
大ヨークシャー	8 x 3 (24)
デュロック	8 x 3 (24)
バークシャー	8 x 2 (16)
ハンプシャー	8 x 2 (16)
日本イノシシ	8 x 1 (8)
琉球イノシシ	8 x 1 (8)
梅山豚	8 x 1 (8)
金華豚	8 x 1 (8)
沖縄在来豚	8 x 1 (8)
計 10 品種	16 セット (128 個体)

発現遺伝子領域を濃縮した 1 セット (8 個体) の DNA それぞれを高速シーケンサー HiSeq2000 (イルミナ社) で解読し、取得した配列データを 2 種類の解析手法で処理して品種毎の多型検出を行った。解析手法には統合配列解析パッケージの CLC Genomics Workbench ver7. 04 (キアゲン社)、オープンソースの解析ソフトウェアツールから構築した解析用パイプラインを使用した (図 4)。公的データベースに公開されている豚のゲノム塩基配列 (Sscrofa10.2) を参照配列とし、それに取得した配列データを重ね合わせ (マッピング)、参照配列と異なる取得配列の塩基箇所 (SNP や挿入欠失など) を抽出することで多型検出を行った。

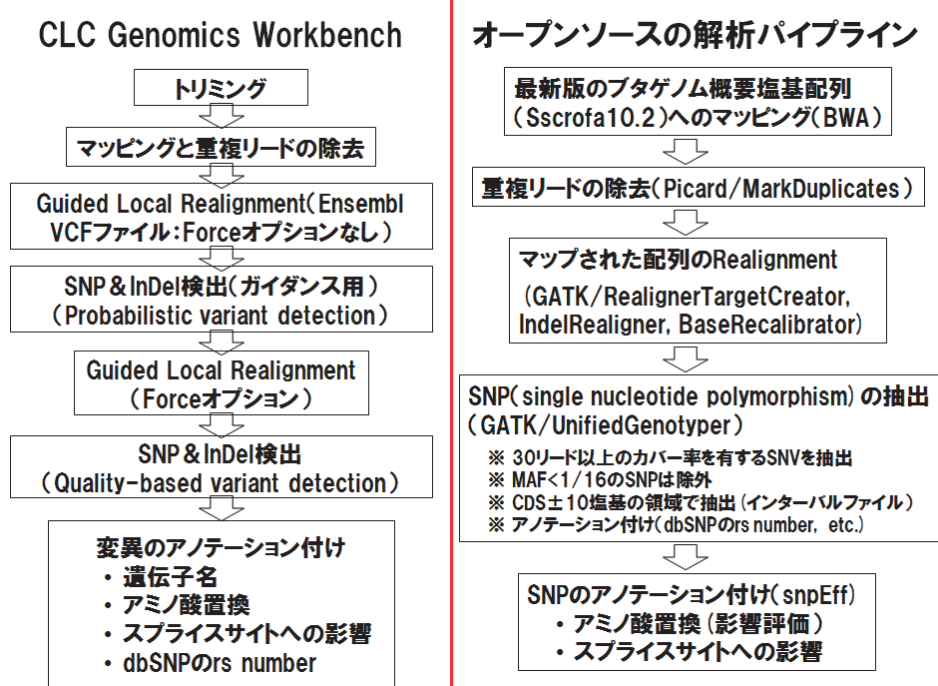


図 4. 多型検出に用いた 2 つの解析手法と解析の流れ

図5に CLC Genomics Workbench およびオープンソースパイプラインの解析により取得した SNP 検出数をグラフで示す。品種による変動はあるが、CLC Genomics Workbench では7万から10万個の SNP が検出され、オープンソースパイプラインでは13万から16万個であったことから、CLC Genomics Workbench の検出率はオープンソースの半分程度であった。

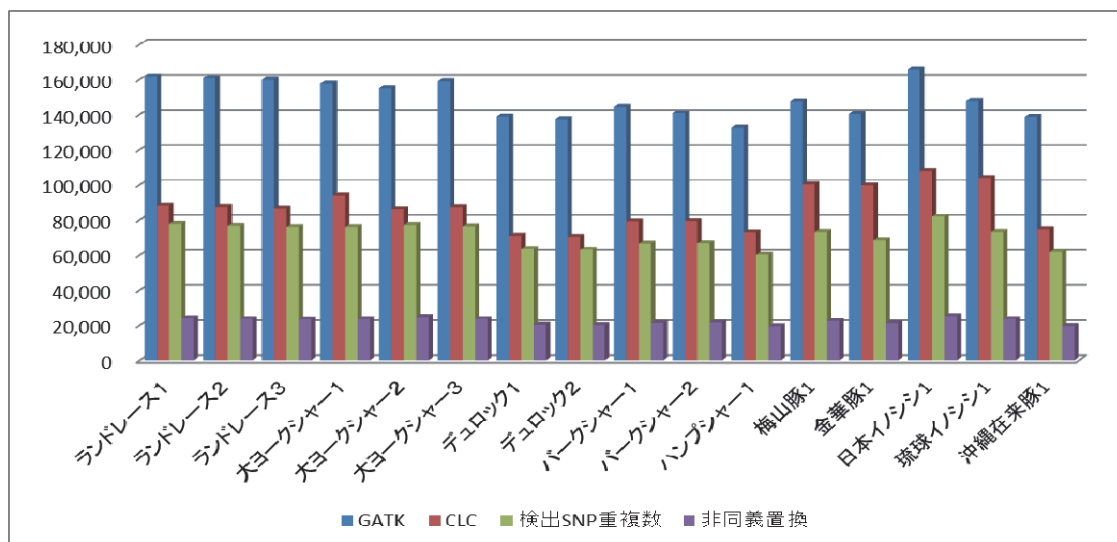


図5. 2つの解析手法で検出した SNP 数の比較。オープンソースパイプライン (GATK)、CLC Genomics Workbench (CLC)、2つの解析手法共通の SNP 数 (検出 SNP 重複数)、アミノ酸の変化を伴う変異 (非同義置換)

ヒトなどの先行研究においては、異なるソフトウェアで共通に検出される変異の精度が高いとされていることから、この二つの解析手法で共通に検出されて重複の無い 260,665 個の SNP を抽出した。

II) カスタムアレイ作製の SNP 選抜とアレイの作製

CLC Genomics Workbench とオープンソースパイプラインの解析に共通して検出された品種毎の多型数、および主要商用品種と東洋品種でまとめた多型数を図6に示す。

検出されたSNP数

検出されたSNP数				
主要商用品種	品種	頭数	SNP数	
	ランドレース	24	230,365	
	大ヨークシャー	24	229,426	
	デュロック	16	126,915	
	パークシャー	16	133,909	
ハンプシャー	8	60,252		
東洋品種	品種	頭数	SNP数	
	日本イノシシ	8	81,995	
	琉球イノシシ	8	73,251	
	梅山豚	8	73,223	
	金華豚	8	68,652	
沖縄在来豚	8	61,712		
		全体	主要商用品種	東洋品種
検出SNP数		260,665	175,391	199,481

図6. オープンソースパイプラインと CLC Genomics Workbench 共通で検出された SNP 数

これらの SNP からカスタム SNP アレイ構築のための絞り込みを行った (図7)。

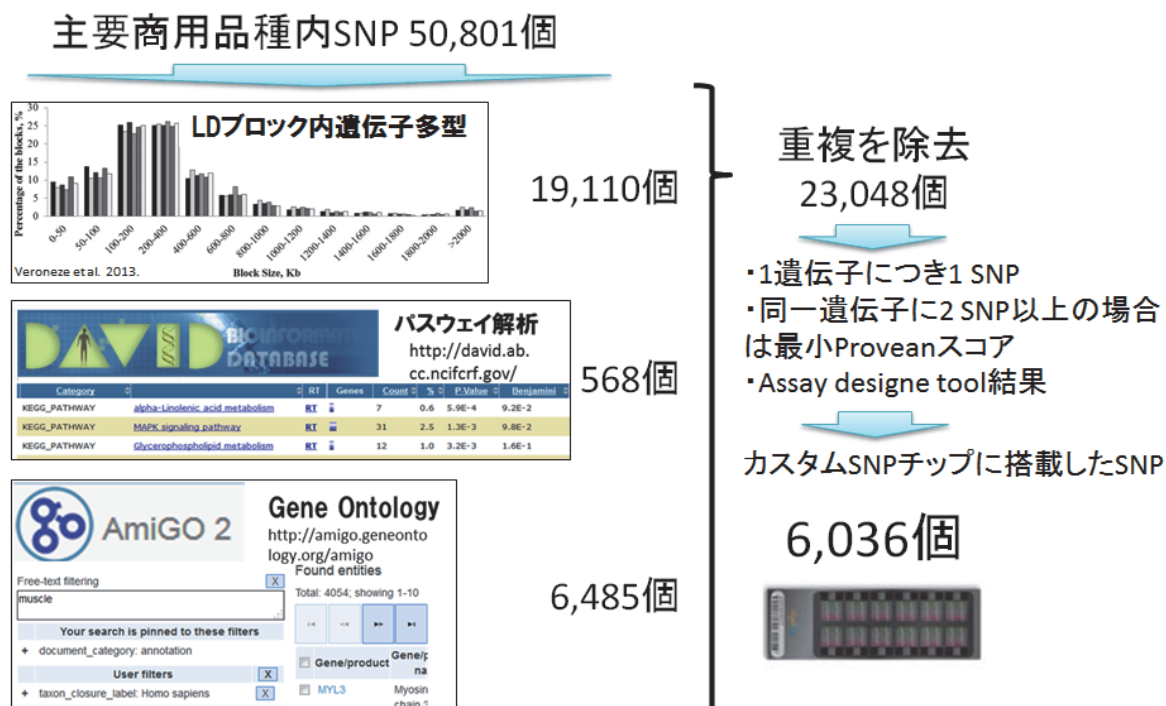


図7. アレイ作製のための SNP の絞り込みの流れ

まず、オープンソースパイプラインと CLC Genomics Workbench 共通に検出された多型の中から、主にアミノ酸の変化を伴う SNP を抽出し、アッセイデザインツール (イルミナ社) を用いて各 SNP のジェノタイピング成功率の予測値などを算出した。ランドレース、大ヨークシャー、デュロックのいずれかにおいて多型が存在し、かつアッセイデザインで算出されたスコアがアレイへの搭載可能とされる基準値を超える 50,801 個の SNP を選抜した。これら 50,801 個の SNP について、アミノ酸の変化がタンパク質の機能に及ぼす影響の度合いを統計的に推定するインパクト解析を行った。インパクト解析には Web 上に複数の手法が公開されているが、そのうちの Provean (<http://provean.jcvi.org/index.php>) を用い、マイナスの値が大きくなるほど機能に対する影響が大きいと推定される Provean スコアを 50,801 個の SNP それぞれについて求めた。

次に、他プロジェクトの関連解析において検出された、1 日平均増体量、背脂肪厚、筋肉内脂肪割合、ロース芯断面積に関して有意な SNP を中心として、前後 50 万塩基 (500Kb) ずつ合計 100 万塩基の領域の範囲情報およびそこに含まれる遺伝子名を抽出してリスト化した。このようにして他プロジェクトの関連解析結果を利用して、成長性や肉質に有意に関連する SNP との連動が予想される領域を取得した。これらの領域の範囲情報をもとに 50,801 個について絞り込みを行い、19,110 個の SNP を選別した。

さらに、取得した成長性や肉質に有意に関連する SNP との連動が予想される領域中に存在する遺伝子間の関係性を推定するため、脂質代謝、薬剤代謝、免疫応答、シグナル伝達などに代表される機能や発現制御での関係性で遺伝子群をまとめた経路図 (パスウェイ) のうち、リスト中の遺伝子がどの経路図に最も多く含まれるかを統計的に解析するパスウェイ解析

(DAVID, <http://david.abcc.ncifcrf.gov/>) を行った。統計的に有意となったパスウェイ内にある遺伝子名で 50,801 個の SNP について絞り込みを行い、パスウェイ関連遺伝子内 SNP として 568 個を選別した。また、成長性や肉質に関わる遺伝子内の SNP を抽出するために、遺伝子を機能や特徴などで分類・整理したデータベース (Gene ontology) の検索ツールの AmiGO2 (<http://amigo.geneontology.org/amigo>) を、筋肉 (muscle)、繊維 (fiber)、骨 (bone)、脂質 (lipid) で検索し、関連する遺伝子名を抽出した。キーワード検索により得られた遺伝子名を用いて 50,801 個の SNP について絞り込みを行い、6,485 個を選別した。パスウェイ解析と Gene ontology で選別された SNP は重複を取り除くと 6,829 個であった。

以上のように、他プロジェクトの関連解析結果から得た領域中に含まれた 19,110 個とパスウェイ解析等で得られた 6,829 個からさらに重複を取り除き、23,048 個をカスタムアレイに搭載する候補 SNP とした。この候補 SNP について、1 遺伝子 1 多型を基本とし、同一遺伝子中の複数多型については最も小さい Provean スコアを示す SNP を選び、さらにアッセイデザインツールで計算された搭載効率を考慮することで、最終的に 6,036 個の SNP を搭載したカスタムアレイを作製した。

Ⅲ) ブタ 2 集団でのカスタムアレイを用いたジェノタイピングと関連解析

作製したカスタム SNP アレイには、遺伝子機能や形質との関連性から選択されたタンパク質機能に影響を及ぼすと考えられる SNP が搭載されている。これらの SNP から育種マーカーとして使用可能な SNP を選抜するために、国内で飼養されている主要な商用品種であり、形質値を保有する 2 集団 (全農畜産サービス株式会社において維持されているランドレース集団 552 頭、静岡県が系統造成を行っているデュロック集団 504 頭) のジェノタイピングと関連解析を行った。

測定形質についての詳細は表 2 に示すように、全農ランドレース集団では一日平均増体量を含む 7 形質 (開始体重、終了体重、体長、管囲、背脂肪厚、ロース芯断面積)、静岡県デュロック造成豚では計算基準の異なる 4 種類の日平均増体量を含む 24 形質 (測定時体重、体長、体高、胸囲、前幅、胸幅、後幅、胸深、前管囲、後管囲、乳頭数左、乳頭数右、測定方法の異なる 3 種類の背脂肪厚、ロース芯断面積、ロース深さ、生時体重、前評価、後評価) についてである。

表 2. 関連解析に用いた経済形質

全農ランドレース集団の形質	形質計測の詳細
1_開始体重	検定開始時の体重
2_終了体重	検定終了時の体重
3_1日平均増体量	検定期間における1日平均の増体量
4_体長	検定終了時の体長
5_管囲	検定終了時の管囲
6_背脂肪厚	検定終了時の背脂肪厚(体長1/2部位の正中線から左下2cm点で測定)
7_ロース芯断面積	検定終了時のロース芯断面積(体長1/2部位の左側)
静岡県デュロック造成豚の形質	形質計測の詳細
1_測定時体重	計測時(90kg検定時)における体重
2_体長	正姿勢で両耳間の中央から体上線に沿った尾根までの長さ
3_体高	肩から地上までの距離
4_胸囲	肘の直後における体の周りの長さ
5_前幅	前駆の最も広い部位の幅
6_胸幅	肘の直後における胸の幅
7_後幅	後駆の最も広い部分
8_胸深	肘の直後における胸の深さ
9_前管囲(左)	左前肢の管部における最も細い部位の周りの長さ
10_後管囲(左)	左後肢の管部における最も細い部位の周りの長さ
11_乳頭数左	体幹左側の乳頭数
12_乳頭数右	体幹右側の乳頭数
13_背脂肪厚(G1とG2: 計測器A)	超音波計測器Aを用いた第1、2世代における背脂肪厚(90kg検定時、体長1/2部位の正中線から2cm左下の部位)
14_ロース芯断面積	90kg検定時、体長1/2部位を超音波測定装置にて可視化したロース断面積を描画して測定
15_背脂肪厚(G3, 6cm: 計測器B)	超音波計測器Bを用いた第3世代における背脂肪厚(90kg検定時、測定の深さを6cmで設定し、体長1/2部位の正中線から10cm左下を測定)
16_背脂肪厚(G3, 8cm: 計測器B)	超音波計測器Bを用いた第3世代における背脂肪厚(90kg検定時、測定の深さを8cmで設定し、体長1/2部位の正中線から10cm左下を測定)
17_ロース深さcm	90kg検定時、超音波計測器の測定の深さを8cmで設定し、体長1/2部位の正中線から10cm左下のロース肉の径を測定
18_生時体重	生まれた時の体重
19_前評価	肢蹄スコアによる5段階の前肢蹄評価(90kg検定時)
20_後評価	肢蹄スコアによる5段階の後肢蹄評価(90kg検定時)
21_DG(生時-90kg時)	生時から90kg検定時までの1日平均増体量
22_DG(30-60kg時)	30kgから60kg検定時までの1日平均増体量
23_DG(30-90 kg時)	30kgから90kg検定時までの1日平均増体量
24_DG(60-90 kg時)	60kgから90kg検定時までの1日平均増体量

表 2 の各形質に適切な母数効果の補正を行い、ソフトウェア GEMMA (Genome-wide Efficient Mixed Model Association: Xiang Zhou and Matthew Stephens, 2012) を用いた線形混合モデルによる解析を行った。全農ランドレース集団では 3 形質、静岡県デュロック造成豚では 4 形質においてゲノムワイド 5% レベルで有意な多型が検出された (図 8)。

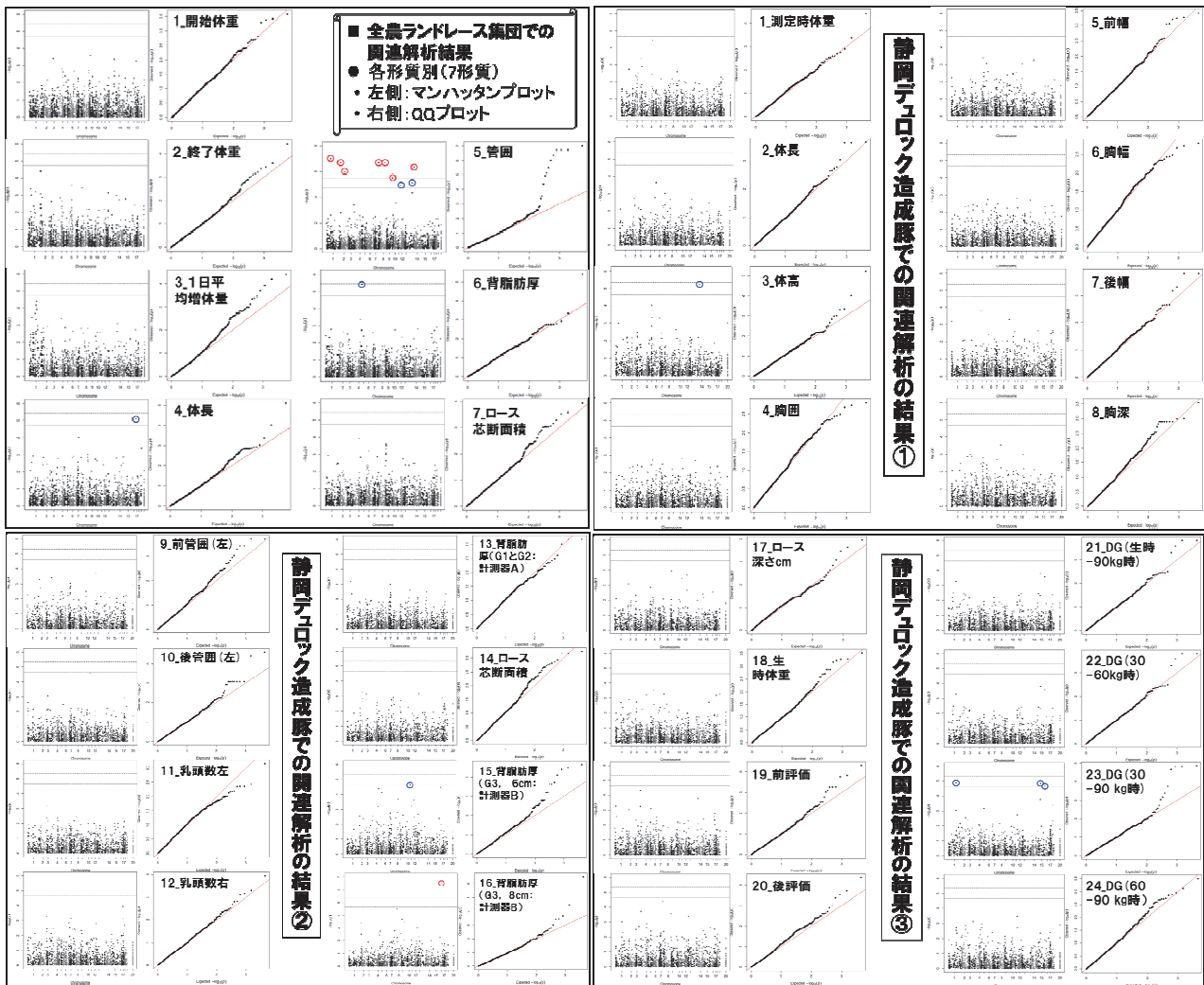


図8. マンハッタンプロットとQQプロット。左上に全農ランドレース集団の解析結果を示し、残りに静岡県デュロック造成豚の解析結果を示す。マンハッタンプロットの点はそれぞれがSNPであり、有意水準を超えたSNPを○で囲ってある。

成長性にかかわる一日平均増体量について、全農ランドレース集団ではゲノムワイド5%有意水準を超えるSNPは検出されなかったが、摂食行動に関して重要な遺伝子内のSNPのp値が最も小さい値を示した。また、静岡県デュロック造成豚においては一日平均増体量と強い関連を示すゲノムワイド5%有意水準を超えるSNPが検出された（表3）。

表3. 一日平均増体量に関して全農ランドレースおよび静岡県デュロック造成豚で検出されたSNP情報

	染色体	参照	変異	頻度	impact score	p値	-logP	寄与率	判別系
全農ランドレース	1	A	G	0.818	-0.772	3.96E-05	4.403	3.927	○
	1	T	C	0.382	-4.658	1.35E-05	4.869	6.399	○
静岡県デュロック	15	A	G	0.901	0.263	1.48E-05	4.830	6.648	○
	15	C	G	0.901	4.175	1.48E-05	4.830	6.648	
	15	T	C	0.100	-0.654	2.18E-05	4.661	6.432	

IV) 成長性にかかわる一日平均増体量関連SNPのPCR-RFLP法による簡易判別系の作製

ランドレース種とデュロック種について、それぞれ育種マーカーとして利用できる多型を開発出来た。これらの多型について育種現場で簡易にSNP型を判別する方法を作製した。すなわち、表3で判別系に丸をつけた3つの一日平均増体量に強く関連するSNPについて、周辺の500塩基対(500bp)程度を増幅するプライマーを設計し、ゲノムDNAを鋳型として増幅したPCR産物を、SNPの違いによって切断される場合とされない場合が生じる制限酵素を用いて切断し、制限酵素処理後の断片の長さをアガロースゲル電気泳動法によって判別する制限酵素断片長多型(restriction fragment length polymorphism, RFLP)法による簡易判別系の構築を行った。

便宜的に全農ランドレース集団に検出された一日平均増体量に関するSNPについてDG_1とする。DG_1のSNPでは寄与率(全遺伝分散に占めるSNPの分散の割合)は3.93%であり、GEMMA法で算出されたSNPの効果は1アレルあたり26.66g/日の増加であった。

静岡デュロック造成豚では、30kg から 90kg 検定時までの期間の1日平均増体量で有意なSNPが2つ検出された(DG_2およびDG_3とする)。DG_2のSNPでは、寄与率が6.40%であり、GEMMA法で算出されたSNPの効果は1アレルあたり38.03g/日の増加であった。また、DG_3では、寄与率が6.65%であり、GEMMA法で算出されたSNPの効果は1アレルあたり63.07g/日の増加であった。以下の図表に、1日平均増体量に関して作製した簡易判別系による電気泳動像と形質値の分布を示す(図9)。

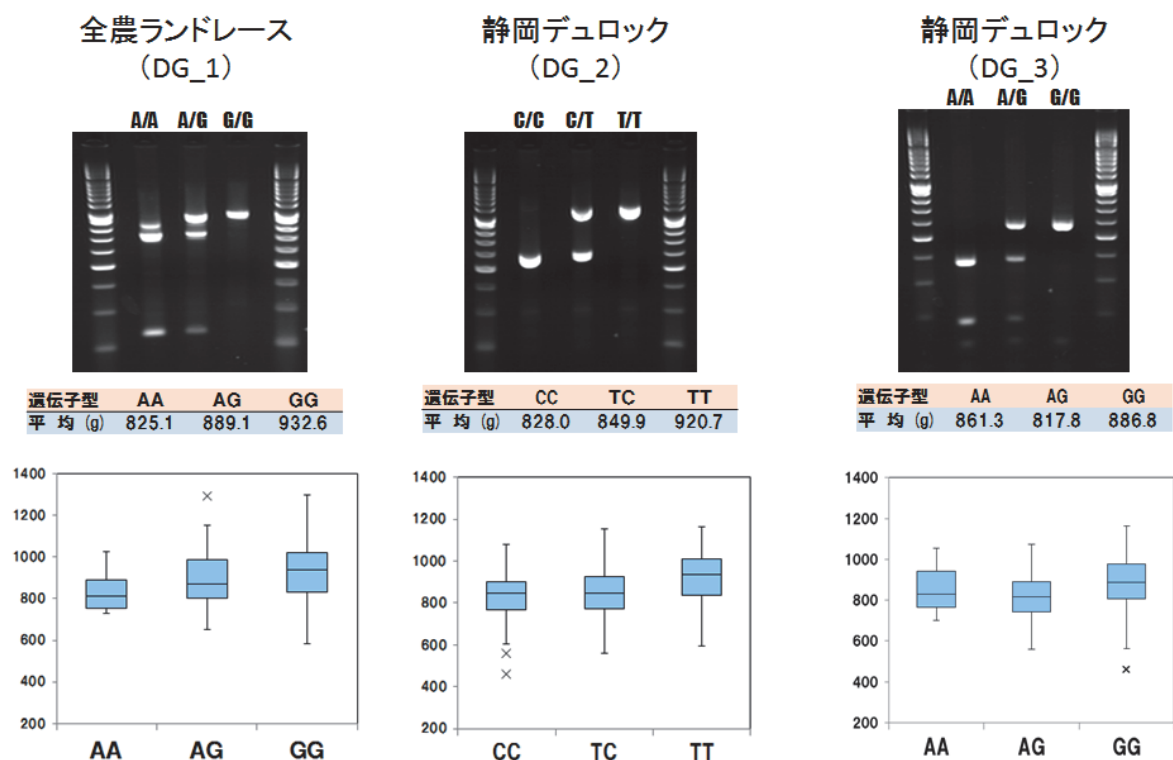


図9. 全農ランドレースおよび静岡県デュロック造成豚集団の解析から作製したPCR-RFLP法による簡易判別系と形質値の分布

4. まとめと今後の展望

本研究開発事業では、主要商用品種を含む 10 品種 128 個体分のゲノム DNA について 21,950 個の遺伝子領域の高速シーケンサーによる解読を行い、260,665 個の頻度情報をもつ SNP を検出した。そのうちの主要商用品種のランドレース、大ヨークシャー、デュロックに検出された SNP から絞り込みを行い、6,036 個の SNP が搭載されたカスタム SNP アレイの構築を行った。カスタム SNP アレイを用いて形質値を保有するランドレース集団およびデュロック集団のジェノタイピングと関連解析を行い、豚の 1 日平均増体量と強く影響する SNP を検出した。1 日平均増体量と強く関連する 3 箇所の SNP について、制限酵素切断長多型を用いた DNA マーカーの簡易判別系を作製した。この簡易判別系で判別した遺伝子型と形質値の分布から、一日平均増体量に遺伝子型で差があることが示された。これら成長性と強く関連するマーカーの判別系を利用することで、西洋品種の純粋種集団の改良の加速化が見込まれるとともに成長性の良い肥育豚の生産に繋がることから、出荷日齢の短縮とそれに伴う飼料コストの低減が期待される。

主要商用品種を含む 10 品種 128 個体分の遺伝子コード領域の多型情報収集では、2つの解析手法で検出されて信頼性が高く頻度情報を保有した 26 万箇所の SNP を取得したが、挿入や欠失といった多型も検出している。SNP だけでなく挿入や欠失を含む多型情報について品種間の相違や共通性を比較解析することにより、遺伝子面からの豚の品種について理解が進められるものと思われる。本研究は少なくともその基盤となるゲノム塩基配列と多型データの収集が図れたものと評価できる。

カスタム SNP アレイを用いた 2 集団のジェノタイピングデータは、2 集団で測定されていた一日平均増体量以外の形質への利用も可能であり、表 2 に示したその他の形質との関連解析によって強く関連する SNP は新たな育種マーカーとなりうる。カスタム SNP アレイ構築に用いた 6,036 個の SNP は、成長性や肉質等に関連が予想される遺伝子についてアミノ酸に変化を及ぼすものを選んでおり、それを用いた解析によって検出された一日平均増体量に関連する SNP は、改良の効果を機能的に説明出来る原因 SNP である可能性も高いと考えられる。

今回得られた成果は実際の育種現場で活用でき、今後の豚育種に貢献できる内容であると評価できる。またこれらの成果については研究交流会において紹介して好評を得ている。さらに学会発表を行い、論文化も進めている。育種集団を所有する団体や関連研究機関と連携して、ゲノム情報の活用を図っていくことで、豚改良へのゲノム利用が一層進展することが期待される。

用語説明

品種

動物や植物における同じ生物種内（豚、犬、猫、稲といった括り）において、外観などの特徴あるいは地理的な分布が他と明らかに区別できる集団を品種（犬であればチワワ、ダックスフンドなど）という。家畜では人間の望む方向に改良され、それぞれの特徴が遺伝的に安定な純粋な集団を指す。豚の品種は全世界で300～500種といわれるが、国内で主に使用されている豚の品種はランドレース、大ヨークシャー、デュロック、バークシャーの4品種である。

SNP (Single nucleotide polymorphism, 一塩基多型)

ある生物種集団のゲノム塩基配列中に見られる一塩基の変異のうち、集団内で1%以上の頻度で見られる場合を1塩基多型という。

SNP アレイ

複数の SNP の型を同時に判別できるスライドガラス等のプレートを SNP アレイと呼ぶ。SNP チップとも呼ばれる。家畜においては、経済形質との関連解析研究等に広く用いられている。豚では6万の SNP が全ゲノム上にほぼ等間隔になるように配置された 60K SNP アレイが市販されている。

DNA マーカー

染色体（ゲノム塩基配列）上の位置が明らかになっていて目印として利用される DNA 配列を DNA マーカーという。繰り返し配列の数や SNP がマーカーとして用いられる。マーカーの型を判別することをジェノタイピングという。

高速シーケンサー

数十万～数千万の DNA 断片の塩基配列を並列的に決定して、数十億～数百億塩基のデータが取得できるシーケンサーを総称して高速シーケンサー（次世代シーケンサー）と呼ぶ。従来の塩基配列解読で用いられていたシーケンサーでは一度に解読できる塩基数は数千～数万塩基程度にすぎなかったが、高速シーケンサーの開発によって個体毎のゲノム解読が可能になってきた。

Gene ontology (遺伝子オントロジー)

1つの遺伝子であってもその機能や特徴は様々である。そして様々な生物種で、様々な手法を用いて多数ある遺伝子の解析が行われている。このような大量の成果を有効活用するために、遺伝子の機能や特徴について、生物種を越えて統一された共通の語彙を用いて分類、整理、体系化を行う取り組みのこと。解析の進んでいない生物種においても遺伝子名から機能や特徴が類推できる。

被災地の除染農地の地力回復に向けた家畜堆肥を活用した 施用方法について

【講師紹介】

道宗 直昭 一般財団法人 畜産環境整備機構
畜産環境技術研究所 研究統括監

(経歴)

昭和48年 4月	農業機械化研究所	研究員
昭和61年10月	生物系特定産業技術研究推進機構 (生研機構)	研究員
平成2年 4月	同	主任研究員
平成18年 1月	同	畜産工学研究部長
平成18年 4月	生物系特定産業技術研究支援センター	畜産工学研究部長
平成22年 4月	(財) 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所	研究開発部長
平成23年 4月	同	研究統括監

(著作等)

畜産環境対策大辞典、農文協、1995、(分担執筆)
マニュアル・マネージメント、デーリィマン社、1996 (分担執筆)
生物系廃棄物コンポスト化技術、シーエムシー、1999 (分担執筆)
生物系廃棄物資源化・リサイクル技術、エヌ・ティー・エス、2000 (分担執筆)
堆肥化施設設計マニュアル、中央畜産会、2000 (分担執筆)
微生物を活用した堆肥化大全、肉牛新報社、2004 (分担執筆)
畜産環境保全論、養賢堂、2012 (分担執筆)
コンポスト科学－環境の時代の研究最前線、東北大学出版会、2015 (分担執筆)

(特許)

脱臭材、特許第 3829961 号
コンポストの品質管理方法、特許第 4284446 号
脱臭装置、特許第 3845638 号
排水のリン除去方法、特許第 4618937 号 等

被災地の除染農地の地力回復に向けた家畜堆肥を 活用した施用方法について

一般財団法人畜産環境整備機構
畜産環境技術研究所 道宗直昭

放射性セシウム（以下、「セシウム」という。）により汚染された農地の除染対策としては、天地返し推奨されているものの、作物の栄養分が多く含まれる表層土の天地返しによる土中深くへの鋤込みは、地力の低下を招くことが想定されています。一方、福島県内においては、肥料の暫定許容値（400Bq/kg）を下回る家畜排せつ物堆肥（以下「堆肥」という。）についても、放射性セシウムに対する不安等から、利用が減少しており、耕畜連携が阻害されるとともに、畜産農家における堆肥の滞留の解消を図ることが畜産の営農継続の面で喫緊の課題となっています。

このため、農地の除染対策に関して、天地返しにより地力の低下した農地に堆肥を施用することによって地力回復を図り、堆肥施用の有用性を実証し、除染対策を円滑に進めるとともに、堆肥利用の促進を図ることが求められています。

これらの課題に的確に対処するため、（一財）畜産環境整備機構は平成24年度から26年度にわたって、日本中央競馬会畜産振興事業として公益財団法人全国競馬・畜産振興会から助成を受け、「家畜排せつ物堆肥活用による農地地力回復等技術開発普及事業」に取り組んできました。

本事業では、家畜排せつ物堆肥を用いた天地返し後の地力回復、並びに暫定許容値以下の家畜排せつ物堆肥の施用によるセシウムの生産物や土壌への影響について、野菜栽培と飼料作物栽培（福島県農業総合センター畜産研究所へ委託）に分けて調査しました。野菜栽培に関わる試験では、牛ふん堆肥の施用量やセシウム吸着資材の量を変えた詳細な試験はポット栽培試験（1/2000ワグネルポット使用）で、福島県内で栽培されている野菜を対象に堆肥の施用効果・影響を調べる試験は農家のほ場試験で行いました。飼料作物栽培に関わる試験も堆肥の施用量や各種のセシウム吸着資材を用いた詳細な試験はポット栽培で、プラウ耕、ロータリ耕後の栽培はほ場試験（畜産研究所及び農家ほ場）で行いました。

これらの結果を「家畜排せつ物堆肥を用いた天地返し後の地力回復と農産物への放射性セシウムの移行」として取りまとめ、成果として福島県農業総合センター多目的ホールにて説明会を開催して発表するとともに、成果物として1000部印刷し、関係の機関に配布し普及を図りました。本報告は、3年間に実施した事業の中で主な研究成果を中心に取りまとめました。普及、実用化に結びつく成果だけでなく、さらに研究を重ねることが必要な成果も含まれておりますが、放射性物質を含む牛ふん堆肥に係る畜産環境問題の解決の一助となれば幸甚であります。

本事業を実施するに当たり、委託先の福島県農業総合センター畜産研究所、試験協力農家の皆様、事業期間を通じて適切なご指導を頂いた推進委員ならびに関係各位の皆様に厚く御礼を申し上げます。

野菜栽培に関する報告

【成果1】 天地返しによる作土層の放射性セシウム濃度の低減

土壌を天地返しすることにより、作土層の放射性セシウム濃度が低減しました。

(1) 試験の内容

震災後に耕作および耕耘をしていない M、T、K の3カ所のは場(表1)について、土壌の天地返し(深さ約 40 cm、写真1)を行いました。天地返しの前および天地返し後に耕耘して整地した後に、それぞれ 40 cmの深さまで 10 cm刻みで土壌を採取し、放射性セシウム濃度を測定しました。



写真1 天地返しの様子(ノートは B5 版で高さ 252 mm)

表1 ほ場の概要

ほ場名	Mほ場	Tほ場	Kほ場
地域	福島県白河市	福島県泉崎村	福島県泉崎村
土壌の種類	褐色森林土	黒ボク土	褐色低地土

(2) 試験の結果

天地返しによって、作土層(0~20 cm)の放射性セシウム濃度が低下しました(図1)。また、耕作後もこの状態が維持されました(【成果5】をご覧ください)。天地返しによって、放射性セシウムの多くが 20 cmよりも深い位置に移動しました。天地返しによる地力の低下については【成果4】をご覧ください。

天地返しの作業は、農林水産省が公開している「農地除染対策の技術書」にしたがって行ってください。

「農地除染対策の技術書」 <http://www.maff.go.jp/j/nousin/seko/josen/>

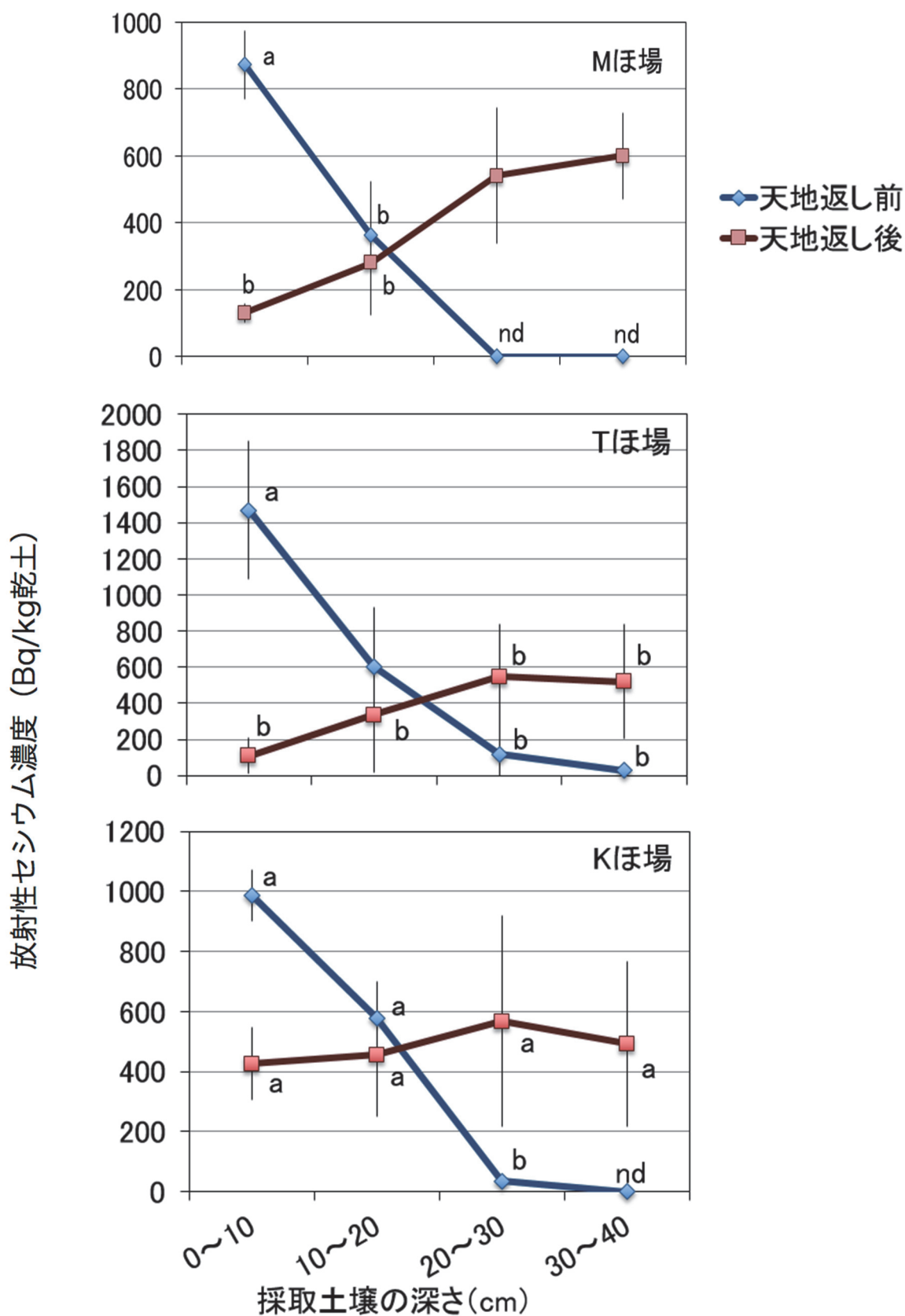


図 1 天地返し前後の土壌の深さ別の放射性セシウム濃度
 (各ほ場内で異符号間に $p < 0.05$ の有意差あり)
 nd : 検出下限値 (10Bq/kg乾土) 未満

【成果2】暫定許容値以下の牛ふん堆肥への吸着資材添加による放射性セシウムのコマツナへの移行抑制効果

暫定許容値以下の放射性セシウムを含む牛ふん堆肥（350Bq/kg 現物）にセシウム吸着資材のゼオライトとプルシアンブルーを添加すると、栽培したコマツナのセシウム濃度は添加しない堆肥と比べて低く、セシウムの移行を抑制できました。両資材の抑制効果は同等でした。

(1) 試験の内容

放射性セシウム 350Bq/kg 現物を含む乳牛ふん堆肥、セシウム吸着資材としてゼオライト(山形県産)とプルシアンブルー(粉末)、天地返し(深さ約 40cm)を行った直後の黒ボク土表土を使用しました。現物重量比でゼオライトを 15%、またはプルシアンブルーを 1.0% 添加したのち、1カ月屋内に保管した後に堆肥を施用し、資材無添加の堆肥と化学肥料のみを施用した区を対照として、コマツナをポット栽培試験を行いました。堆肥は 10a 当たり 8t に相当する量を施用し、施肥基準に不足する窒素量のみを化学肥料で補充しました。

(2) 試験の結果

ゼオライトまたはプルシアンブルー添加堆肥を施用したコマツナの生育は順調で、収量は無添加堆肥区や化学肥料施用区と同等以上でした(表1)。

コマツナの放射性セシウム濃度が最も高かったのは化学肥料区の 1.07Bq/kg 生重(水分 80% 換算)で、無添加堆肥区、ゼオライト添加堆肥区と続き、プルシアンブルー添加堆肥区の 0.21Bq/kg 生重(水分 80% 換算)が最も低い値でした。

放射性セシウムのコマツナへの移行係数は、化学肥料区 0.0103、無添加堆肥区 0.0052、ゼオライト添加堆肥区 0.0018、プルシアンブルー添加堆肥区 0.0016 となり、堆肥施用区が化学肥料区よりも明らかに低く、堆肥への吸着資材添加によるセシウムの移行抑制効果が認められました。上記の添加割合ではゼオライトまたはプルシアンブルーの抑制効果は同等でした(図1、表2)。

(注:プルシアンブルーの農地への施用は推奨できません)

表1 ポット栽培試験でのコマツナの生育・収量（ポット当たり）

処理区	堆肥施用量 (g)	新鮮重 (g)	乾物重 (g)	乾物率 (%)	一株の平均生育量			
					新鮮重 (g)	乾物重 (g)	草丈 (cm)	葉数 (枚)
化学肥料	0	314	23.3	7.4	22.4	1.67	28.2	8.8
無添加堆肥	400	262	22.7	8.7	18.7	1.62	25.3	8.6
ゼオ 15%堆肥	471	322	26.3	8.2	23.0	1.88	27.5	8.8
PB1%堆肥	400	316	26.3	8.3	22.5	1.88	26.8	8.7

※数値は6反復の平均値表示、供試堆肥は乳牛堆肥、新鮮重と乾物重はポット当たりの総重量。「ゼオ 15%堆肥」はゼオライトを重量比で15%添加した堆肥、「PB 1%堆肥」はプルシアンブルーを1%添加した堆肥を示す。

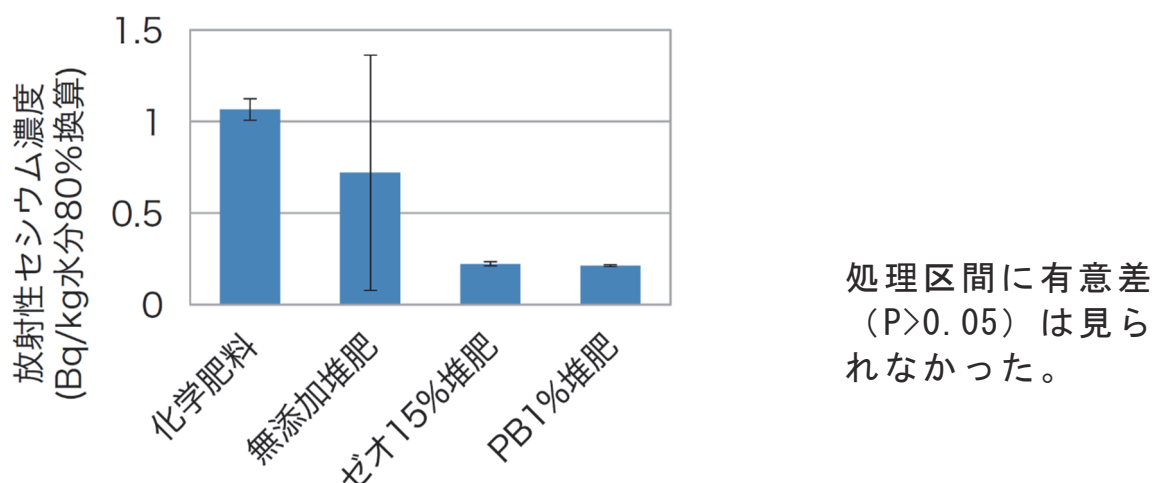


図1 暫定許容値以下の牛ふん堆肥（350Bq/kg 現物）に吸着資材を添加して栽培したコマツナの放射性セシウム濃度

表2 暫定許容値以下の牛ふん堆肥（350Bq/kg 現物）への吸着資材添加と放射性セシウムのコマツナへの移行係数

処理区	栽培開始土壌のセシウム濃度 (Bq/kg 乾土)	収穫コマツナのセシウム濃度 (Bq/kg 生重、水分80%換算)	移行係数 (水分80%換算)
化学肥料	103	1.07	0.0103
無添加堆肥	139	0.72	0.0052
ゼオ 15%堆肥	126	0.22	0.0018
PB1%堆肥	131	0.21	0.0016

※栽培開始土壌の放射性セシウム濃度は、各種の資材を添加、混合した後に測定。

【成果3】 天地返し土壤の地力回復に有効な堆肥の特徴と施用量および施肥対応

天地返し土壤の地力を短期間に回復させるには、牛ふん堆肥のなかでも木質系などの難分解性の有機物を多く含むものが適しており、1回の施用量は10a当たり8～12t程度が限度でした。地力回復後は、堆肥の施用量を基準量に戻し、堆肥からの養分供給量の不足を化学肥料で補い、塩基バランスの改善を行うことが重要です。

(1) 試験の内容

天地返しを行った直後の黒ボク土と褐色森林土のほ場の土壤を用い、化学肥料や牛ふん堆肥を施用してコマツナをポット栽培試験を行いました。牛ふん堆肥は、リグニン質などの難分解性有機物が少ないA堆肥と多いB堆肥を用い、10a当たり4t、8t、12tに相当する量を施用しました(表1)。化学肥料や堆肥を施用してコマツナを2作栽培した後に土壤をサンプリングするサイクルを3回繰り返しました。2回目の堆肥施用栽培(コマツナ4作目)の後、地力が回復したと判断された区では、3回目の堆肥施用を基準量(1t)に戻し、同時に塩基バランスの改善を行いました。

(2) 試験の結果

堆肥の施用で地力の指標となる有機物濃度、CEC(保肥力)、可給態窒素が上昇し、天地返し前の地力を回復できました(表2)。上昇させる効果は、難分解性有機物濃度の高いB堆肥の方が、また、堆肥を多く施用した方が高くなりました。堆肥に含まれる難分解性有機物は土壤に残存する割合が高く、土壤の有機物濃度が増えた結果です。しかし、牛ふん堆肥はリン酸や加里の濃度が高いため、多く施用するほど土壤にこれらの成分の蓄積が見られました。このため、A堆肥では10a当たり12t程度、B堆肥のようにリン酸や加里の濃度が高い堆肥では8t程度の施用が限度と考えられました。

以上の結果から、天地返しで低下した地力を短期間に回復させるには、難分解性有機物の多い堆肥を用い、1回の施用量は10a当たり8～12tが限度と考えられました。ただし、地力が回復したら堆肥の施用を基準量に戻し、堆肥からの養分供給量の不足を化学肥料で補う施肥設計、塩基バランスの改善を行うことが重要です。

※難分解性有機物：土壤中で分解されにくい有機物。

表1 使用した牛ふん堆肥の成分組成

牛ふん堆肥	水分	EC	C/N比	全炭素	全窒素	リン酸	加里	難分解性有機物
	%	mS/cm		%乾物				
A堆肥	46.0	3.5	10	42	4.0	1.3	2.4	51
B堆肥	48.0	8.1	17	40	2.4	4.0	5.0	62

表2 地力指標の経時的な変化（コマツナ2作目[堆肥施用1回]、4作目[堆肥施用2回]および5作目[堆肥施用3回目]の栽培後跡地土壌の比較）

区画	施用資材	施用 量* t/10a	有機物 濃度			窒素濃度			CEC			可給態 窒素			可給態 リン酸		
			%乾土			meq/ 100g乾土			mg/100g乾土								
黒ボク土	堆肥施用回数		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
天地返し前 のほ場土壌	-	-	5.6			0.25			23			3.7			144		
天地返し後 の土壌	-	-	2.5			0.18			17			2.4			28		
栽培跡地 土壌	化学肥料	-	2.5	2.5	2.4	0.17	0.18	0.23	17	18	18	2.2	2.4	1.9	20	24	28
	A堆肥	4	3.2	4.2	5.2	0.20	0.26	0.37	17	19	20	3.2	4.4	5.4	16	21	23
		8	3.9	6.0	7.6	0.25	0.36	0.50	19	22	22	4.5	9.3	10.9	18	24	32
		12(1)	4.2	7.3	7.1	0.25	0.44	0.46	19	23	22	5.3	11.0	9.2	18	25	32
	B堆肥	4	4.2	5.1	6.3	0.20	0.23	0.29	18	21	23	3.8	4.9	6.2	50	88	123
		8(1)	5.8	8.7	7.7	0.24	0.34	0.34	20	24	24	6.3	11.0	8.1	99	196	189
12(1)	7.5	11.2	9.6	0.29	0.42	0.42	20	26	26	8.2	17.0	11.8	136	293	270		
褐色森林土	堆肥施用回数		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
天地返し前 のほ場土壌	-	-	12.3			0.72			31			14			70		
天地返し後 の土壌	-	-	12.9			0.65			30			12			103		
栽培跡地 土壌	化学肥料	-	12.1	11.4	11.9	0.62	0.55	0.59	31	33	32	12	11	11	93	70	87
	A堆肥	4(1)	12.6	12.8	13.1	0.66	0.64	0.67	32	33	34	14	15	14	90	67	87
		8(1)	13.3	14.2	14.5	0.71	0.73	0.77	34	36	37	17	23	17	92	71	85
		12(1)	14.4	16.7	16.9	0.80	0.91	0.96	36	39	40	23	32	23	110	98	112
	B堆肥	4(1)	14.2	15.2	14.8	0.75	0.75	0.76	36	39	39	20	25	22	171	190	185
		8(1)	16.1	17.6	17.2	0.80	0.85	0.86	37	41	42	27	40	27	212	269	307
12(1)	17.8	20.7	19.2	0.86	0.95	0.94	38	44	45	29	52	32	282	339	368		

*: (1)のついた区は、地力が回復したため、施用3回目の堆肥の施用量を基準量の10a当たり1tに戻した。

※2段階の色分けはそれぞれ、天地返し前ほ場と同程度、天地返し前ほ場より高いを表示。可給態リン酸の2段階の色分けはそれぞれ、100以上~200未満、200以上を表示。

【成果4】牛ふん堆肥の多量施用による天地返し土壌の地力回復効果と各種野菜の収量

天地返しによって地力が低下したほ場土壌に、牛ふん堆肥を10a当たり10t程度の2年連用で、地力が改善されました。ただし、土壌診断しながら行う必要があります。

(1) 試験の内容

T、K、Mの3カ所のほ場にて、土壌の天地返し(深さ約40cm)を行った後に栽培試験を行いました。各ほ場を堆肥区と無堆肥区に分け、堆肥区に牛ふん堆肥を施用しました(表1)。各種資材の施用量は、堆肥区と無堆肥区で肥料成分が同等となるようにしました。

表1 栽培試験方法の概要

ほ場名	Mほ場	Tほ場	Kほ場
地域	福島県白河市	福島県泉崎村	福島県泉崎村
土壌の種類	褐色森林土	黒ボク土	褐色低地土
栽培農法	慣行農法	有機農法	有機農法
堆肥区施用内容	牛ふん堆肥を10a当たり、2012年と2013年は10t、2014年は1～2tを施用	牛ふん堆肥を10a当たり、2012年は9t、2013年は10t、2014年は2tを施用	牛ふん堆肥を10a当たり、2012年に8tを施用(試験栽培は単年度で終了)
無堆肥区施用内容	化学肥料のみを施用	堆肥区と同等の施用量となる有機肥料を施用	堆肥区と同等の施用量となる有機肥料を施用

有機農法では、窒素はフェザーミール、リン酸は熔リン、加里はパームアッシュを使用。

(2) 試験の結果

地力の指標となる有機物濃度とCECは天地返しによって低下しましたが(図1の天地返し前・後)、堆肥の多量施用によって有機物濃度がTほ場とMほ場で、CECがMほ場で、上昇する傾向が見られました(図1の天地返し後以降)。

堆肥の多量施用によって、石灰、苦土、加里の土壌成分のバランスが崩れるため、多量施用は土壌診断の結果を参考にしつつ行い、地力が回復した後は通常の施用量に戻すべきと考えられました。

野菜の収量は、堆肥の多量施用で高くなる品目が多い傾向にあり、また、無堆肥区では生育不良で収穫できなかった品目が4と、総じて、堆肥区で収量が安定していました。なお、堆肥の多量施用で収量が減少する事例(サトイモ)がありました。

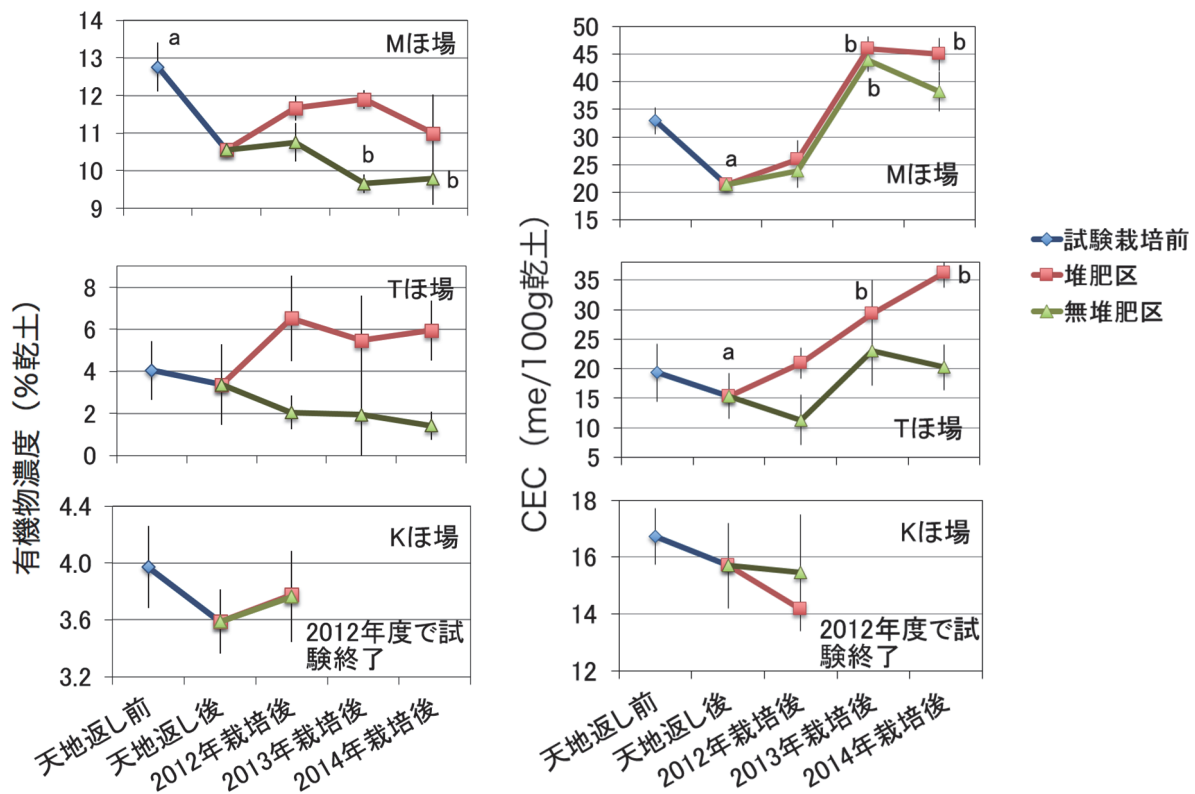


図1 土壌の有機物濃度と CEC の経年変化
(異符号間に $p < 0.05$ の有意差あり)

表2 堆肥の多量施用と作物収量の評価

ほ場	品目	評価	ほ場	品目	評価	ほ場	品目	評価
M	キュウリ	=	T	サトイモ	×	T	ネギ	=
	レタス	=		シュンギク	◎		ハクサイ	○
	ダイコン	=		スイートコーン	=		ピーマン	=
	イモガラ	△		ズッキーニ	=		ミズナ	◎
	インゲン	=		ダイコン	=		モロヘイヤ	○
	オクラ	=		ダイズ	=		リーフレタス	=
T	キャベツ	=	チンゲンサイ	△	K	カボチャ	=	
	キュウリ	◎	ツルムラサキ	△		シロインゲン	=	
	クウシンサイ	○	トマト	○		ニンジン	△	
	コマツナ	=	ナス	=		ハナマメ	◎	
	サツマイモ	=	ニンジン	=				

評価の内容	
◎	無堆肥区に比べ堆肥区の収量が2倍以上であったもの
○	1.5倍以上~2倍未満であったもの
=	同等であったもの
△	堆肥区に比べ無堆肥区の収量が1.5倍以上~2倍未満であったもの
×	2倍以上であったもの

【成果 5】 暫定許容値以下の牛ふん堆肥の多量施用と 土壌ならびに野菜の放射性セシウム濃度

天地返しによって地力の低下した土壌に、地力の回復を目的として暫定許容値以下の牛ふん堆肥を2年連続して多量に施用しても、土壌や収穫した野菜の放射性セシウム濃度に影響は見られませんでした。

(1) 試験の内容

T、K、Mの3カ所のは場で土壌を天地返し後(深さ約40cm)、堆肥区と無堆肥区に分け、堆肥区に暫定許容値以下の放射性セシウムを含む牛ふん堆肥を2年連続多量施用して野菜を3年間栽培し(表1)、跡地土壌ならびに収穫した野菜の放射性セシウム濃度を測定しました。

表1 栽培試験方法の概要

ほ場名	Mほ場	Tほ場	Kほ場
地域	福島県白河市	福島県泉崎村	福島県泉崎村
土壌の種類	褐色森林土	黒ボク土	褐色低地土
栽培農法	慣行農法	有機農法	有機農法
堆肥区 施用内容	牛ふん堆肥を10a当たり、2012年は364Bq/kg現物を10t、2013年は24Bq/kg現物を10t、2014年は28Bq/kg現物1~2tを施用	牛ふん堆肥を10a当たり、2012年は198Bq/kg現物を9t、2013年は24Bq/kg現物を10t、2014年は28Bq/kg現物2tを施用	牛ふん堆肥を10a当たり、2012年に198Bq/kg現物8tを施用(試験栽培は単年度で終了)
無堆肥区 施用内容	化学肥料のみを施用	堆肥区と同等の施肥量となる有機肥料を施用	堆肥区と同等の施肥量となる有機肥料を施用

有機肥料には、窒素にフェザーミール、リンに溶リン、加里にパームアッシュを使用。

(2) 試験の結果

堆肥を多量に施用した区と無堆肥区の間で、土壌の放射性セシウム濃度に差は見られませんでした(図1)。収穫した野菜の放射性セシウム濃度は、2012年度の無堆肥区で収穫されたリーフレタスで低いながらも検出された以外は、すべて3Bq/kg生重未満でした。

以上のように、暫定許容値以下の堆肥を2年連続多量施用しても、土壌や収穫した野菜の放射性セシウム濃度に影響は見られませんでした。

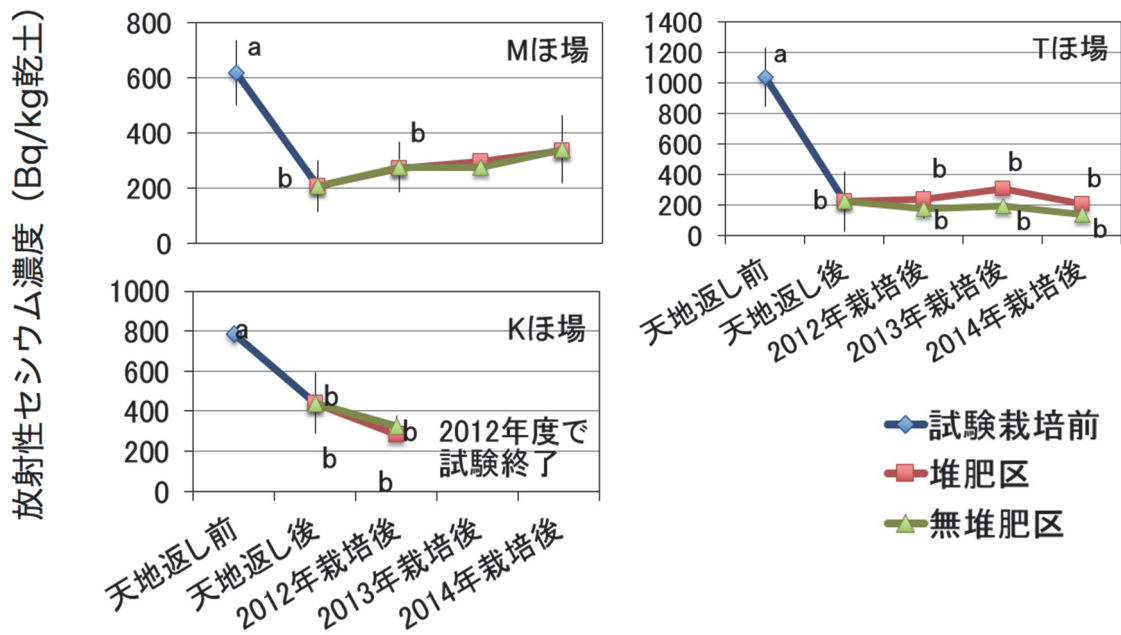


図1 土壌（0～20 cm）の放射性セシウム濃度（各ほ場内で異符号間に p<0.05 の有意差あり）

表2 野菜の放射性セシウム濃度（Bq/kg生重）

ほ場	試験区	2012年度	2013年度	2014年度
M	堆肥区	ホウレンソウ*、ミズナ	キュウリ、ダイコン、レタス	キュウリ、レタス
	無堆肥区			
T	堆肥区	イモガラ、オクラ、キャベツ、クウシンサイ、コマツナ、サツマイモ、サトイモ、スイートコーン、ズッキーニ、ダイコン、ダイズ、ツルムラサキ、トマト、ナス、ハクサイ、ピーマン、ホウレンソウ、モロヘイヤ、リーフレタス	インゲン、オクラ、キュウリ、ダイコン、トマト、ナス、ニンジン、ネギ、ハクサイ、ピーマン、ホウレンソウ	クウシンサイ、コマツナ、シュンギク、チンゲンサイ、ツルムラサキ、ホウレンソウ、ミズナ、モロヘイヤ
	無堆肥区	イモガラ、オクラ、キャベツ、クウシンサイ、コマツナ、サツマイモ、サトイモ、スイートコーン、ズッキーニ、ダイコン、ダイズ、ツルムラサキ、トマト、ナス、ハクサイ、ピーマン、ホウレンソウ*、モロヘイヤ		クウシンサイ*、コマツナ、シュンギク、チンゲンサイ、ツルムラサキ、ホウレンソウ、ミズナ*、モロヘイヤ*
		リーフレタス		5.2
K	堆肥区	カボチャ、キュウリ、シロインゲン、ニンジン、ハナマメ		
	無堆肥区			

*：出荷できる収穫物はなかったため、参考値。

<3：3Bq/kg生重未満

飼料作物栽培に関する報告

【成果 6】 天地返しによる土壌の放射性セシウム濃度と空間線量率の低減効果

土壌を天地返しすることで、土壌の放射性セシウム濃度が大幅に低下し、地上 1 cm の空間線量率も半分以下になりました。

(1) 試験の内容

福島県農業総合センター畜産研究所(以下「畜産研究所」:福島市)において、ほ場 A ではプラウ耕(深さ約 30 cm)による土壌の天地返しまたはロータリ耕(深さ約 20 cm)の前後、ほ場 B では天地返しを行う前後に調査しました。ほ場 A では深さ 0~15 cm、ほ場 B では深さ 0~5 cm の土壌を採取し、放射性セシウム濃度を測定し、空間線量率はどちらのほ場でも地上 1 cm で測定しました。

(2) 試験の結果

ほ場 A での耕起後の土壌の放射性セシウム濃度は、耕起前と比べて天地返しのプラウ区で 81%、ロータリ区で 61% の低下となりました(図 1)。空間線量率(地上 1 cm)は、プラウ区で 63%、ロータリ区で 36% の低下となりました(図 2)。

ほ場 B で行った天地返しでは、土壌の放射性セシウム濃度が 94%、空間線量率が 54% の低下となりました(図 3)。

天地返しは、作物への放射性セシウムの移行低減と、農作業者の被ばくの低減に効果があると考えられます。

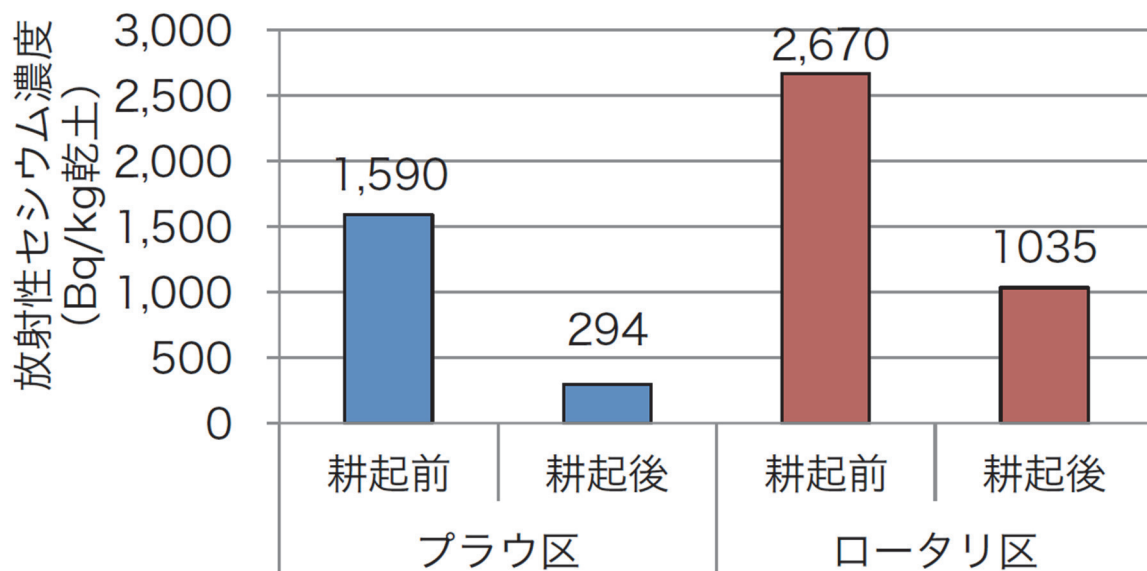


図1 ほ場Aにおける耕起前後の土壌の放射性セシウム濃度

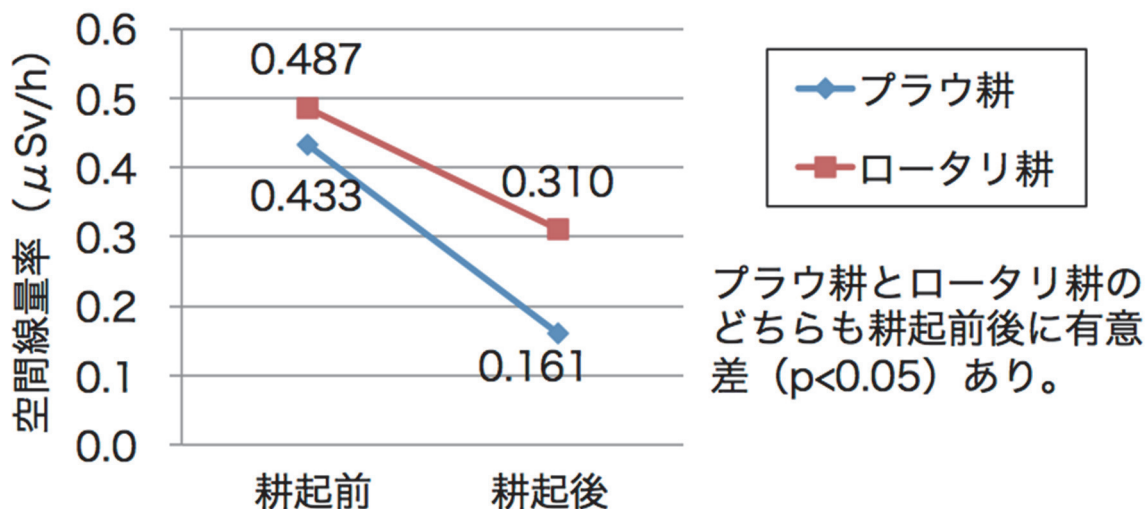


図2 ほ場Aにおける耕起前後の空間線量率 (地上 1 cm)

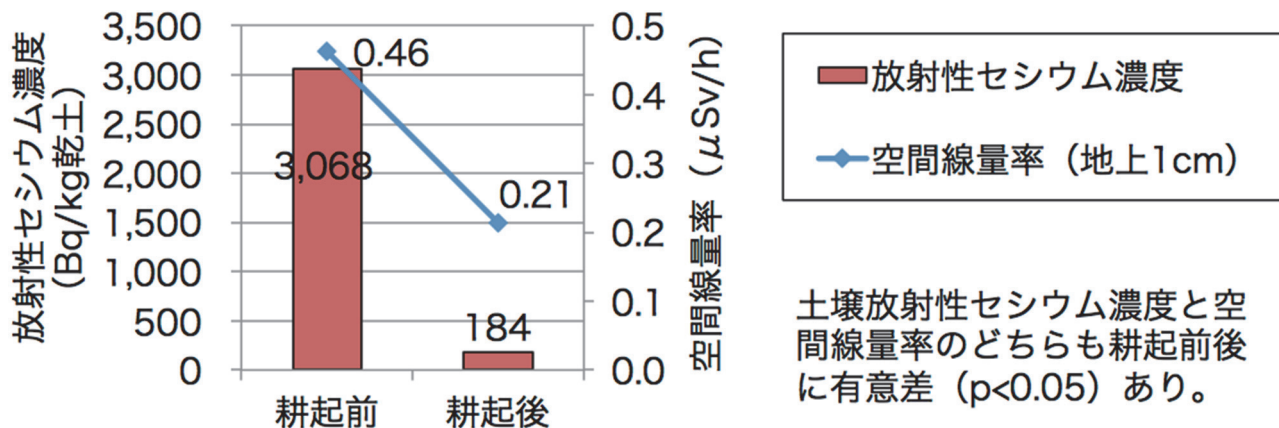


図3 ほ場Bにおける天地返し前後の土壌の放射性セシウム濃度と空間線量率

【成果 7】 暫定許容値以下の牛ふん堆肥を施用したほ場における加里施用によるイタリアンライグラスの放射性セシウム濃度の低減

暫定許容値以下の牛ふん堆肥（291Bq/kg現物、水分 79%）を 10 a 当たり 5 t 施用したほ場で、10 a 当たり加里 20 kg の施用によってイタリアンライグラスの放射性セシウム濃度が低減しました。一方、苦土石灰を 10 a 当たり 200 kg 施用しても、土壌 pH の上昇は僅かで、放射性セシウムの低減効果は明確ではありませんでした。

(1) 試験の内容

畜産研究所のほ場（黒ボク土）で、プラウ耕による土壌の天地返しを行った後、放射性セシウムを含む牛ふん堆肥（291Bq/kg現物、水分 79%）を 10a 当たり 5t 施用してイタリアンライグラスを栽培しました。加里を元肥に 10a 当たり 20 kg 施用した「加里 20 区」と、施用しなかった「加里 0 区」に分け、さらにそれぞれの区内で苦土石灰の投入量を 3 段階（10a 当たり 0、100、200 kg）に設定して試験しました（表 1）。イタリアンライグラスは三番草まで調査し、刈り取りごとに追肥しました。加里 0 区は追肥でも加里は施用しませんでした。

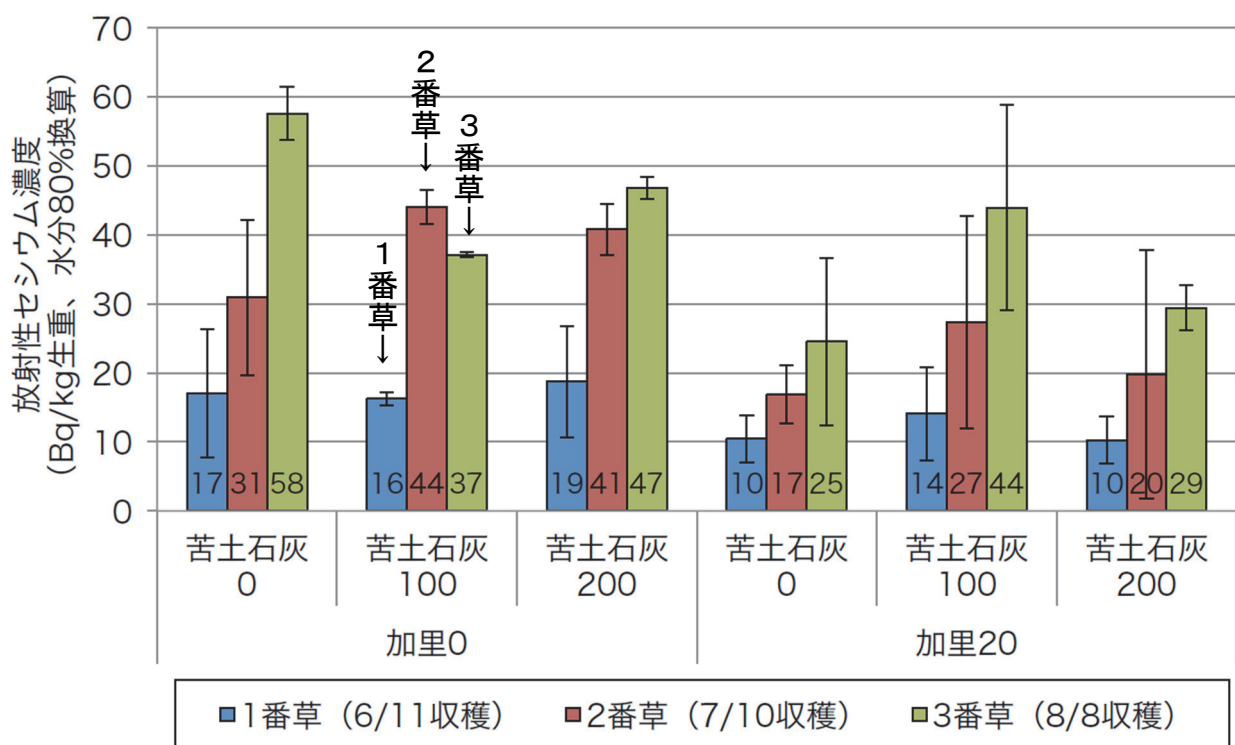
表 1 試験区の構成

(2) 試験の結果

イタリアンライグラスの放射性セシウム濃度は、全試験区に共通して番草を経るごとに上昇しましたが、加里を施用した区のほうが放射性セシウム濃度が抑えられました（図 1）。一方、苦土石灰の施用では、一定の傾向が見られませんでした。土壌 pH は、苦土石灰の施用でわずかに高まる傾向にありましたが、10a 当たり 200 kg 程度の施用では pH 矯正の効果が小さかったと考えられました（表 2）。

加里 0 区	土壌 pH 矯正なし
	苦土石灰 100 kg/10 a
	苦土石灰 200 kg/10 a
加里 20 区	土壌 pH 矯正なし
	苦土石灰 100 kg/10 a
	苦土石灰 200 kg/10 a

収穫したイタリアンライグラスのテタニー比は、全試験区に共通して一番草、二番草で高くなりました（表 3）。また、加里 0 区より加里 20 区で高くなったことから、10a 当たり加里 20 kg を施用した場合は、給与量に注意する必要があると考えられます。



※番草の間および加里0と加里20の間において有意差あり (p<0.05)
 図1 イタリアンライグラスの放射性セシウム濃度

表2 栽培前後の土壌の pH (H₂O)

天地返し前		5.3	
天地返し後		5.9	
		加里 0	加里 20
栽培後	苦土石灰 0	5.8	5.8
	苦土石灰 100	6.0	5.9
	苦土石灰 200	6.0	6.0

表3 イタリアンライグラスの各番草のテタニー比 (K/ (Ca+Mg))

試験区		一番草	二番草	三番草
加里 0	苦土石灰 0	3.3 ^b	2.4 ^b	0.9 ^b
	苦土石灰 100	3.5 ^b	2.7 ^{bc}	1.3 ^b
	苦土石灰 200	3.2 ^b	2.4 ^{ab}	1.0 ^{ab}
加里 20	苦土石灰 0	4.6 ^a	3.1 ^{ac}	1.8 ^a
	苦土石灰 100	5.0 ^a	4.0 ^a	2.0 ^a
	苦土石灰 200	4.9 ^a	4.2 ^a	2.0 ^a

※2.2 以上はグラステタニーに注意が必要である。3段階の色分けは、
 2.2 以上 3.0 未満、3.0 以上 4.0 未満、4.0 以上の3段階で示した。
 ※各番草内で a,b,c の異符号間に有意差あり (p<0.05)。

【成果8】 土壌の交換性加里濃度と放射性セシウムのイタリアンライグラスへの移行抑制

土壌の交換性加里濃度が高いと放射性セシウムのイタリアンライグラスへの移行が抑制されました。また、加里濃度の高い牛ふん堆肥を施用することで、移行を抑制できました。3番草では加里肥料を追肥することで、より効果的に移行を抑制できました。

(1) 試験の内容

土壌の交換性加里濃度がイタリアンライグラスへの放射性セシウムの移行に及ぼす影響をポット栽培試験で調べました。

放射性セシウム濃度が約 500Bq/kg 乾土 (H24 試験)、2,200Bq/kg 乾土 (H25 試験)、1,500Bq/kg 乾土 (H26 試験) の土壌を用い、さらに堆肥あるいは加里の施用量の違いにより土壌の交換性加里濃度を変えたポット栽培イタリアンライグラスの放射性セシウム移行係数を調査しました。

また、乳牛ふん堆肥 (1,825Bq/kg 現物) を 10a 当たり 5t 施用した土壌 (約 2,200Bq/kg 乾土) を用い、基肥および1番草と2番草の収穫後の追肥として、毎回加里を 10a 当たり 0kg (K0区)、7kg (K7区)、15 kg (K15 区) 施用する3区を設け、放射性セシウムのイタリアンライグラスへの移行係数を比べました。

(2) 試験の結果

土壌の交換性加里濃度が 50 mg/100g 乾土付近を境に、低値のときは移行係数の高いイタリアンライグラスが頻出し、バラツキも大きくなりました (図1)。

基肥と追肥の加里施肥量を変えた試験での移行係数は、1番草では差がなく、2番草では K0区で高く、3番草では加里施肥量が多くなるにしたがって低下しました (図2左)。また、土壌の交換性加里濃度は、3番草刈取後で栽培前よりも大きく低下しましたが、加里施用量が多いほど、栽培後でも高くなりました (図2右)。

以上の結果から、加里濃度の高い乳牛ふん堆肥を施用することで、土壌の交換性加里濃度を高めて、放射性セシウムの移行を抑制することができると考えられました。また、堆肥を 10a 当たり 5t 施用しても、加里無追肥では、土壌の交換性加里濃度が3番草刈取りまでに大きく低下しました。このことから、10a 当たり1番草収穫後に 7kg、2番草収穫後に 15 kg の追肥は、放射性セシウムの3番草への移行係数を低下させると考えられました。

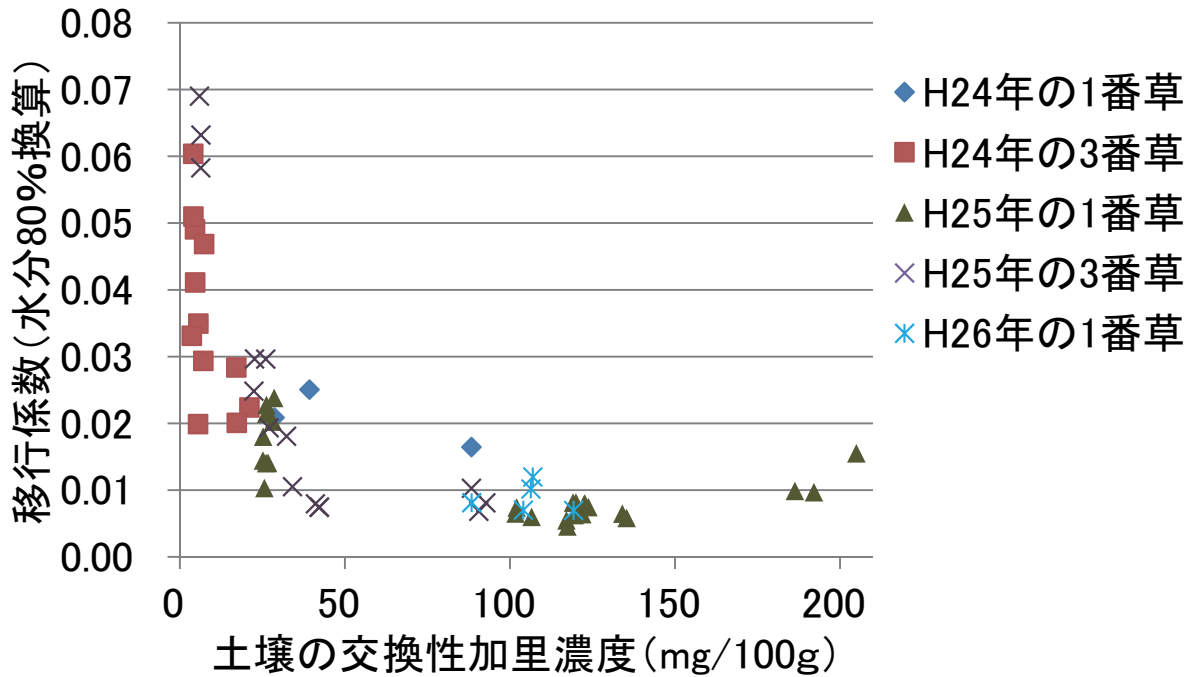


図1 土壌の交換性加里濃度と放射性セシウムの移行係数
 注意：土壌の交換性加里濃度は、1番草では栽培前、
 3番草では収穫後の値。

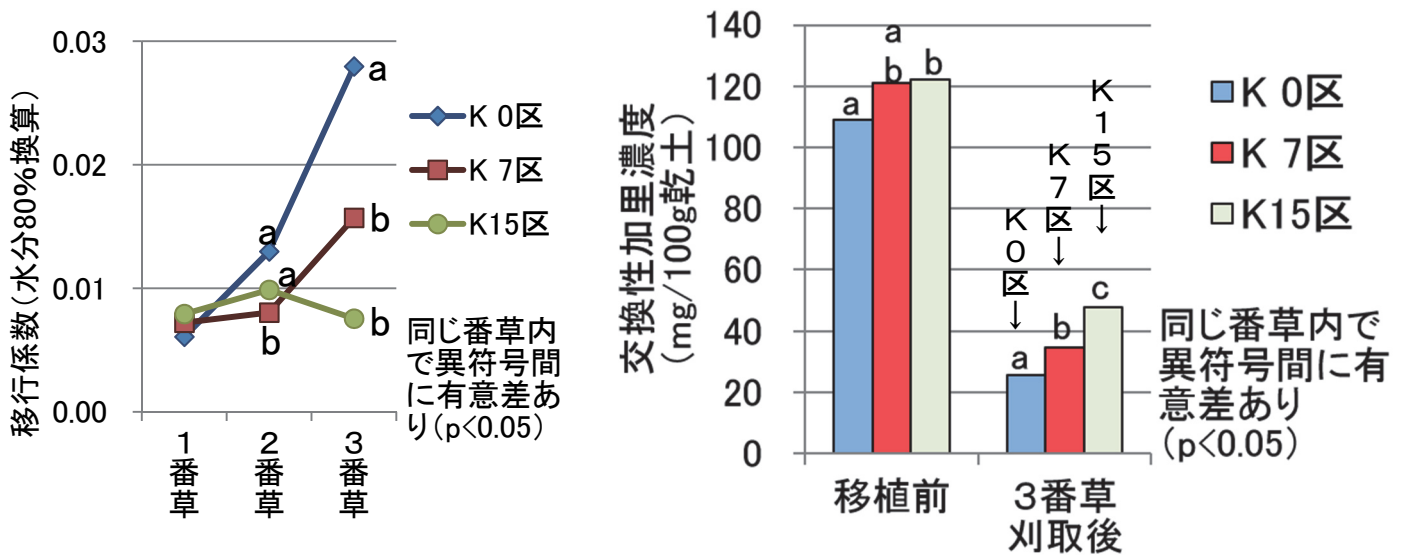


図2 加里施用量と放射性セシウムの移行係数ならびに土壌の交換性加里濃度

【成果 9】 セシウム吸着資材（ゼオライト、ベントナイト、プルシアンブルー）の施用と放射性セシウムのイタリアンライグラスへの移行抑制

10 a 当たりゼオライト 1 t の施用またはプルシアンブルー 50 kg の施用で、放射性セシウムのイタリアンライグラスへの移行が抑制されました。一方、ベントナイトを 10 a 当たり 1 t 施用しても、有意な移行抑制は認められませんでした。

(1) 試験の内容

放射性セシウムを含む土壌と乳牛ふん堆肥を用いて、吸着資材のイタリアンライグラスポット栽培試験を表 1 に示す内容で行いました。

表 1 ポット栽培試験の内容

試験	試験区	土壌の放射性セシウム濃度 (Bq/kg 乾土)	堆肥の種類	吸着資材	添加量 (kg/10 a)
1	Zeo200	約 550	未熟牛ふん堆肥	ゼオライト	200
	Bent200			ベントナイト	200
	PB200			プルシアンブルー	200
	対照			無添加	0
2	Zeo500	約 1,500	完熟牛ふん堆肥	ゼオライト	500
	Bent500			ベントナイト	500
	PB50			プルシアンブルー	50
	対照			無添加	0
3	Zeo1000	約 2,200	完熟牛ふん堆肥	ゼオライト	1,000
	Bent1000			ベントナイト	1,000
	PB10			プルシアンブルー	10
	対照			無添加	0

(2) 試験の結果

対照区に比べて、Zeo1000 区、PB200 区(1番草除く)、PB50 区、PB10 区で移行係数が低くなりました(図1、2、3)。ベントナイトは、施用量が最も多い Bent1000 区でも、移行抑制効果が認められませんでした(図3)。

※プルシアンブルーの農地への施用は推奨できません。

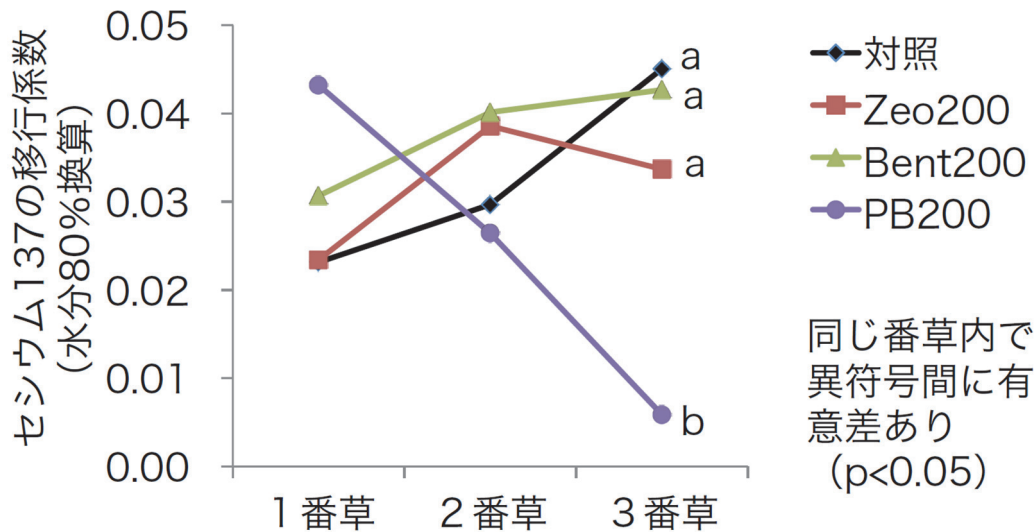


図 1 試験 1 における吸着資材の添加と放射性セシウムの移行係数 (1 番草、2 番草は反復がないため統計的な比較はできません)

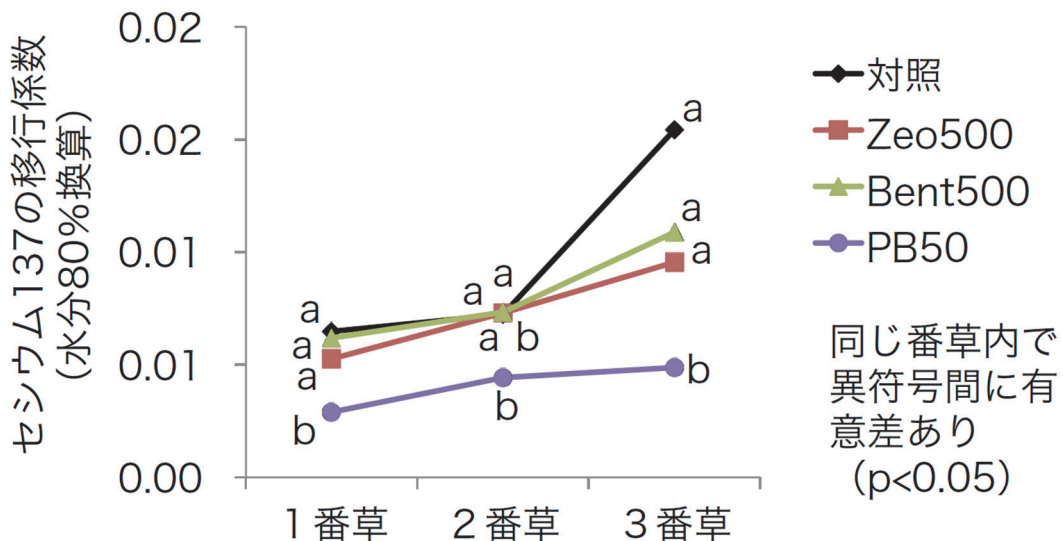


図 2 試験 2 における吸着資材の添加と放射性セシウムの移行係数

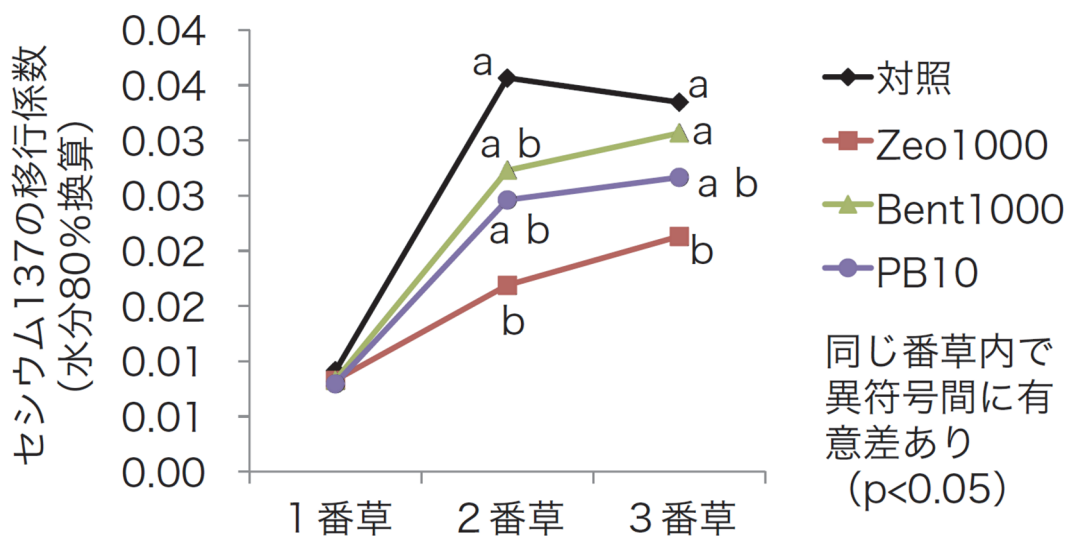


図 3 試験 3 における吸着資材の添加と放射性セシウムの移行係数

災害等で損壊した畜舎の早期再建を実現する 設計自由度の高い畜舎の工法について

【講師紹介】

前間 千秋 一級建築士 畜舎専門アドバイザー

(経歴)

- 1950年(S25年) 佐賀県生まれ
1968年(S43年) 佐賀県立鳥栖工業高等学校建築科卒業
全国工業高校卒業設計コンクール日本建築家協会賞受賞
佐賀県経済農業協同組合連合会 (現JAさが) 入会
1973年(S48年) 佐賀県経済農業協同組合連合会 (現JAさが) 退会
共立設計 (本社：東京) 入社
1975年(S50年) 秋田県経済農業協同組合連合会設計事務所 (現JA全農あきた) 出向
1979年(S54年) 株式会社全国農協設計 (現JA設計) 入社
・各県JA会館、市町村JA事務所、食肉センター、食品、流通センター、畜産施設、福祉施設、葬祭センター、病院、冷凍貯蔵庫等生産流通販売加工等に関する設計に従事
・中央畜産会、畜産技術協会の専門委員として、欧州、大洋州に於ける畜産施設の実態調査を行い、実用化推進の提言を行う
1985年(S60年) 全国農業協同組合連合会施設資材部畜産研究会標準設計参画
1991年(H3年)～ 宮崎県内の県JA会館、県JA流通加工センター、県JA保養施設、市町村JA複合施設、葬祭センター、製茶工場、Aコープ店舗の農業関連施設に従事
2008年(H20年) 株式会社全国農協設計退職 (役職定年)
株式会社石本建築事務所入社
2014年(H26年) 株式会社石本建築事務所退社
株式会社梓設計入社 (顧問)
2007年(H19年)～ 公益社団法人中央畜産会 畜舎建築アドバイザー
2011年(H23)～2014年(H26) JA宮崎中央及びJA日向建築顧問

(著作・調査研究)

- ・農業施設用語辞典分担執筆 (農業施設学会)
- ・月刊誌 畜産コンサルタント (中央畜産会)
- ・単行本 低コスト畜舎の要点 (中央畜産会)
- ・建築サイドからみた畜舎整備上問題点 (日本家畜管理学会)
- ・農業就労環境改善に関する調査研究 (中央畜産会)
- ・低コスト肉牛生産特別事業に関する畜舎建築 (中央畜産会)
- ・新搾乳システム実用化推進 (畜産技術協会)
- ・フリーストール牛舎構造に関する学会発表 (農業施設学会)
- ・災害時緊急対応型システム畜舎型式認定取得 (中央畜産会)

(資格)

一級建築士 (登録番号164154)
建築設備検査資格者 (第03030号)
建築仕上げ診断技術者 (ビルディングドクター) (11-1238号)
宮崎県被災建築物応急危険判定士 (1634号)

災害等で損壊した畜舎の 早期再建を実現する 設計自由度の高い 畜舎の工法について

災害時緊急対応型システム畜舎確立事業（平成24～26年度）

一級建築士
畜舎専門アドバイザー

前間 千秋



スマート畜舎

はじめに

災害時緊急対応型システム畜舎確立事業

畜産農家での普及のために固有名称を

“スマート畜舎”

すぐに建つ
まどりは自由
とてもいい。



事業の趣旨

- ・ 災害等発生時に損壊した畜舎の速やかな再建を図り、経営への影響を最小限にする
- ・ 東日本大震災後の状況を鑑み、工期の他、災害時の建設業の状況も考慮
- ・ 暫定的な畜舎では無く恒久的な畜舎の工法として実現する



畜舎建築の現状

- ① 建築基準法
 - ・ 構造計算等は一般建築と同等⇒建築コストの上乗せ
 - ・ 建築確認申請手続きの対応⇒建築主事による判断
- ② 地域間でのバラツキ
 - ・ 施工業者⇒畜産地帯と非畜産地帯
 - ・ 業者の施工数⇒ノウハウに依存
- ③ 個別設計のため比較的高額に
 - ・ 建設地の条件⇒限られた選択肢
 - ・ 経営主の意向⇒ほぼオーダーメイド



東日本大震災前後の建築コストの変化

=東北某都市のケース=

①資材費 《平成23年9月/平成25年1月調査費》

- ・生コン：43.5% ↗

②労務費 《平成23年調査/平成24年調査比》

- ・普通作業員：6.3% ↗
- ・型わく工：14.4% ↗
- ・鉄筋工：14.2% ↗

③工事費 《平成23年3月調査/平成24年12月調査比》

- ・コンクリート工事：15.9% ↗
- ・型枠工事：58.5% ↗
- ・鉄筋工事：41.9% ↗

引用元：「復興2年間の建設資材・工事費単価の推移と今後の動向」建築コスト研究 No.81 2013.4



検討方法

①専門家による

- ・手続きの簡略化、施工の簡易化、省資材化など建築の専門家による検討を行った他、
- ・既存の牛舎を調査し、各種検討を実施

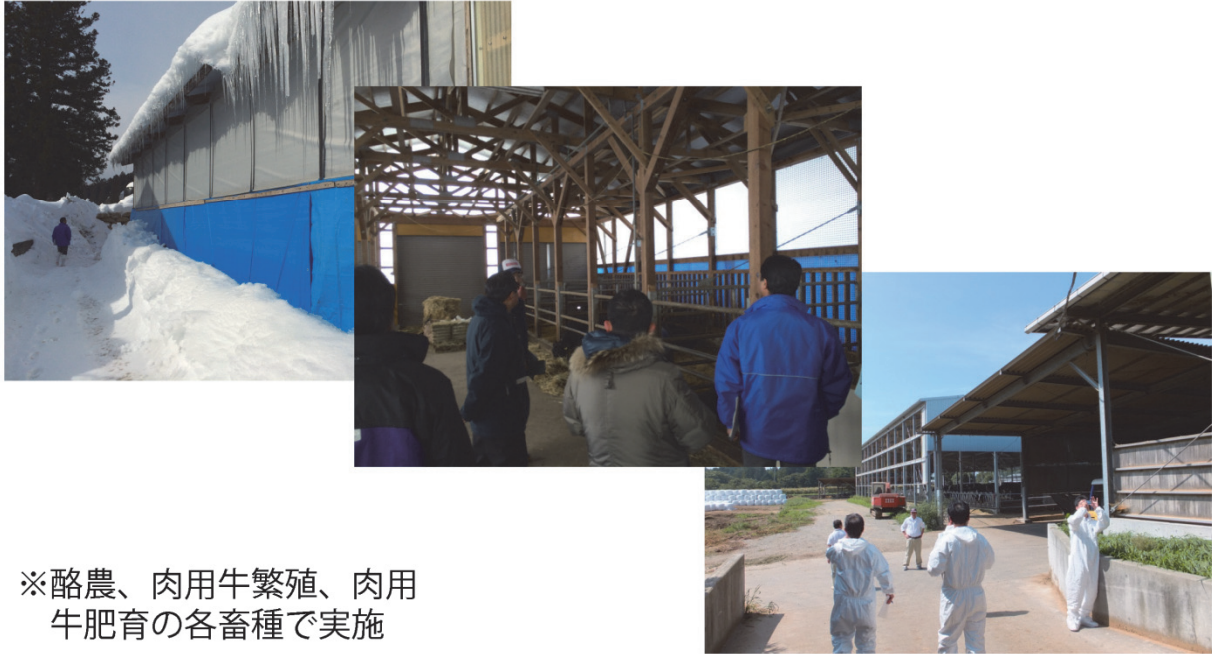
②利用者たる

- ・畜産農家の視点を採り入れるため、
- ・酪農、肉用牛繁殖・肥育農家等を参集した検討会を全国で15回開催し、仕様決定の参考とした



現地調査

専門家による既存畜舎の各種調査を実施



※酪農、肉用牛繁殖、肉用牛肥育の各畜種で実施



実地検討会

畜産農家を参集して農家視点を仕様決定の参考に



※酪農、肉用牛繁殖、肉用牛肥育の各畜種で実施



アプローチ

- ① 建築時の手続き簡略化
 - ・ 建築確認申請時の手続きを制度を活用して簡略化
 - ・ 農家による構造計算を不要に
- ② 施工の簡易化（標準化）
 - ・ 熟練工に依存しない施工スキーム
 - ・ 部材の事前加工により品質の確保
- ③ コスト抑制
 - ・ ①による工期短縮
 - ・ ②による人件費の抑制
 - ・ その他
- ④ 汎用性
 - ・ 多くの畜産農家が利用できるよう
 - ・ 設備設計に影響する中柱は不要とした



① 建築時の手続き簡略化＝“型式適合認定の取得”

従来の畜舎		スマート畜舎
基本設計 [2週]		基本設計 [2週]
地盤調査 [3週]		地盤調査 [3週]
構造計算 [2週]	→ 不要	
構造・意匠設計 [6週]	→ 短縮	構造・意匠設計 [2週]
確認申請 [4週]		確認申請 [4週]
適合性判定審査 [4週]	→ 不要	
基礎工事 [4週]		基礎工事 [4週]
鉄骨・屋根工事 [3週]		鉄骨・屋根工事 [3週]
土間工事 [1週]		土間工事 [1週]
給排水・設備等 [4週]		給排水・設備等 [4週]

33週

-25%

25週



②施工の簡易化（標準化）

- ・ 部材は事前に加工してから現地搬入
 - ・ まとめて加工するため、品質を一定に保つことが可能
 - ・ 建設現場に加工作業のスペースが不要
 - ・ ボルト止めのみで施工できるので、熟練工は不要
- ・ 狭小地への部材搬入も考慮
 - ・ 鉄骨の最大長は約7m



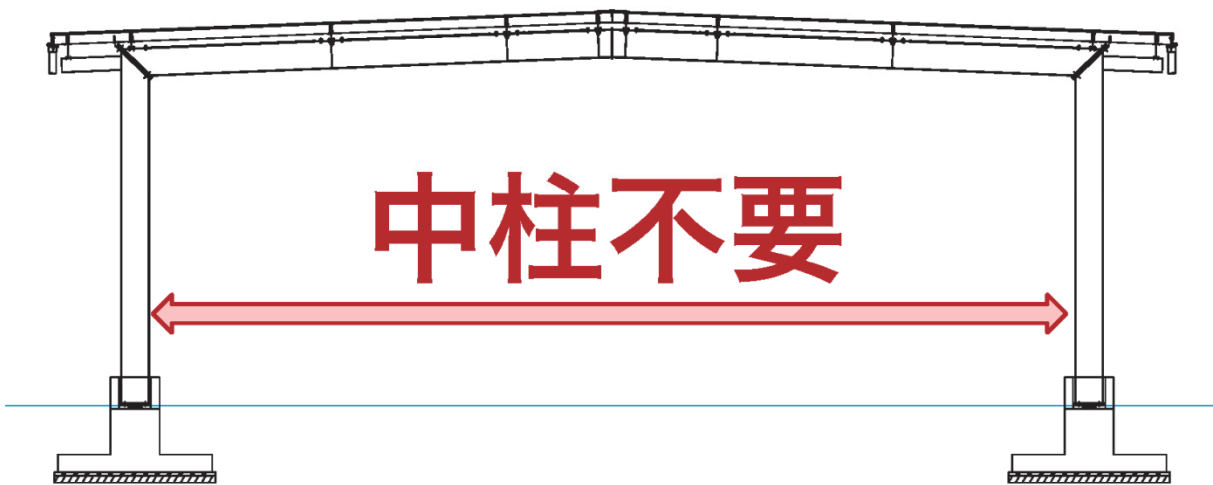
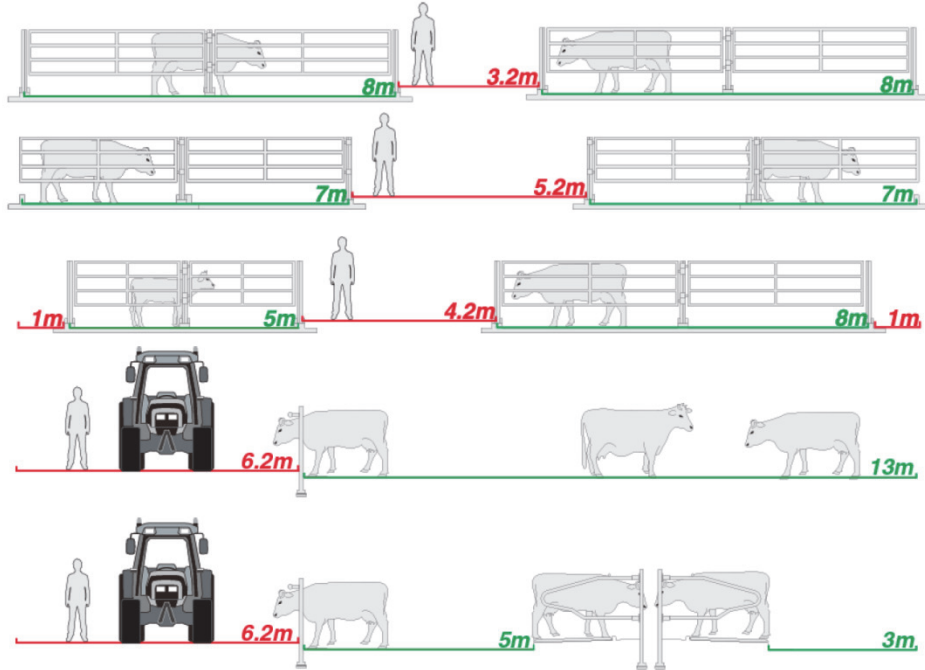
③コスト抑制

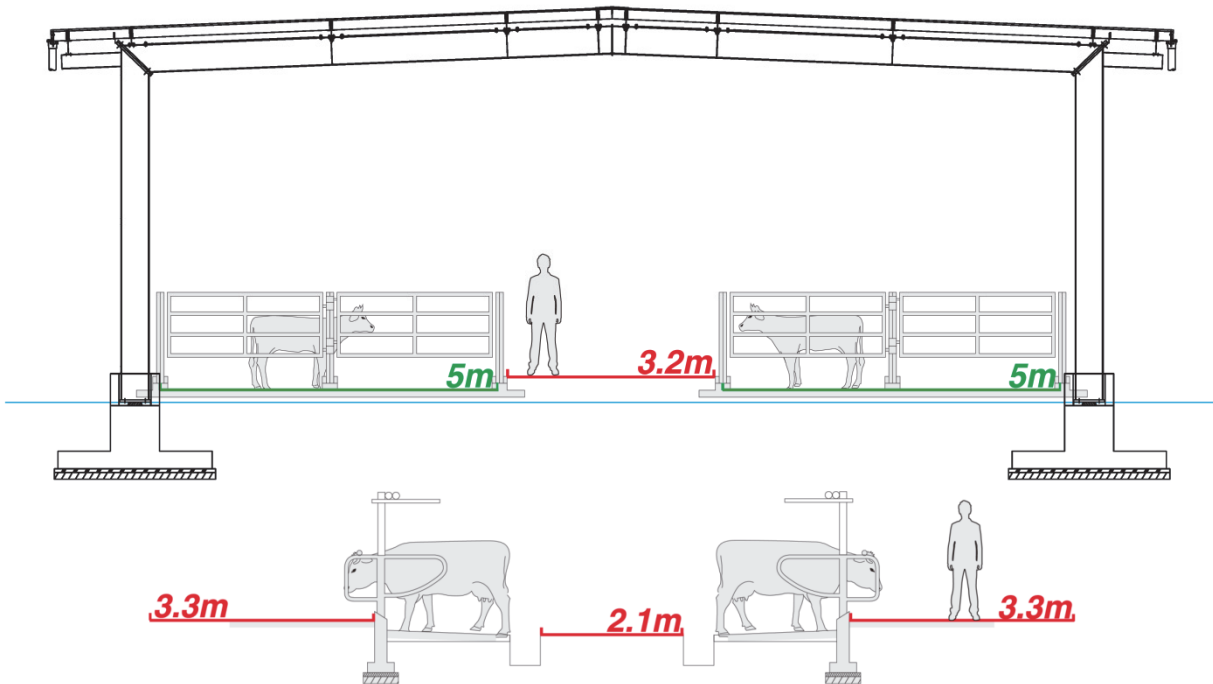
- ・ 手続きの簡略化による工期短縮
- ・ 施工の簡易化による人件費の抑制
- ・ その他
 - ・ 合理的な構造設計で省資材化
 - ・ 鉄骨重量の軽減で基礎工事も簡素化
 - ・ 入手しやすい、規格品の部材を使用
 - ・ 多くの組合せ＝最適なコストで建築可能



④汎用性

- ・農家によって牛舎内に求める構造は異なる





中柱が有る牛舎の例





中柱が無いとしたら...

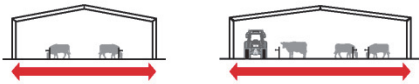


※写真はイメージです。



畜産農家の意見をもとに仕様決定

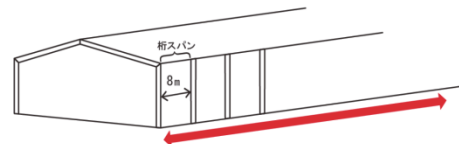
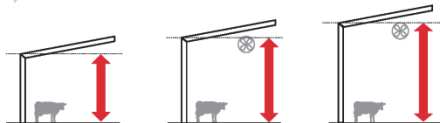
①間口：14m or 20m



③奥行：16m～96m



②柱高：4.18m or 5.09m or 6.00m



④外壁：有 or 無





提供後の主な反応

①畜産農家

- ・設備設計が自由な点

②建築士

- ・畜舎設計の経験が少ない・無い方からの問い合わせ

③関係者

- ・従来工法とのコスト比較に関する点



施工イメージ



畜産物の放射性物質汚染に関する消費者の対応と 意識調査等について

【講師紹介】

関崎 勉 東京大学大学院農学生命科学研究科附属
食の安全研究センター センター長・教授

(経歴)

1980年 4月 農林水産省家畜衛生試験場研究員
1985年 3月 ジュネーブ大学医学部博士助手 (併任：1986年9月まで)
1991年 4月 農林水産省家畜衛生試験場研究室長
2003年 9月 内閣府食品安全委員会専門委員 (併任：2009年9月まで)
2006年 4月 農研機構・動物衛生研究所 研究チーム長
2008年 7月 東京大学大学院農学生命科学研究科教授 (現職)
2010年 4月 東京大学大学院農学生命科学研究科附属食の安全研究
センター長 (現職)
2011年 1月 厚生労働省薬事・食品衛生審議会専門委員 (併任)
2012年 6月 農林水産省獣医事審議会専門委員 (併任2015年3月まで)
2013年 4月 厚生労働省薬事・食品衛生審議会部会臨時委員 (併任)
2014年10月 日本学術会議第23-24期連携会員 (併任：2020年9月まで)
現在に至る

(著作等)

「獣医微生物学 (第3版)」文永堂出版
「微生物の辞典」朝倉書店
「世界の食料・日本の食料 (シリーズ 21 世紀の農学)」養賢堂
「食の安全科学の展開—食のリスク予測と制御に向けて—」シーエムシー出版
「生食のおいしさとリスク」エヌ・ティー・エス、
日本テレビ系「世界一受けたい授業」出演 (2012. 06. 23, 2015. 06. 20)

JRA畜産振興事業に関する調査研究発表会

畜産物の放射性物質汚染に関する 消費者の対応と意識調査等について

～福島県の畜産復興のための調査及び情報提供事業～

2015年10月14日

東京大学大学院農学生命科学研究科

食の安全研究センター 関崎勉

研究の背景と課題

- 原発事故から 4 年が経過した現在、流通食品の放射性物質によるリスクはコントロールされているが、特定地域の食品を回避する傾向は続いている。
- 学校給食では、「**地産地消**」の取り組みが推進されている中で、原発事故による影響が、関東・東北地方の学校給食における地場産物の利用を阻害する要因となっている。
- 福島県の農業を再び震災以前の状態に活性化させるためには、消費者の放射能汚染に対する意識や態度を把握し、適切な対策をとることが求められている。
- 消費者の状態を把握したうえで、コミュニケーションツールの改善策を検討する

H26年度事業の概要

情報提供改善事業

サイエンス
カフェ

Webコンテ
ンツ拡充

学校給食
調査

消費者意
識調査

調査事業

リスクコミュニケーションツール作成提供
リスクコミュニケーションの実施

情報提供用動画作成



ウェブによる情報発信



<http://www.frc.a.u-tokyo.ac.jp/>

<http://www.facebook.com/Todai.foodscience>

イベント開催

シンポジウム



パネルディスカッション



サイエンスカフェ



サイエンスカフェについて

H23年より、放射性物質や食中毒、添加物、アレルギーなどのリスクについて、各回約20名を対象に実施（12回）

- H26年7月29日 聞いてみよう！食品中の放射性セシウムとシーベルト
- H26年8月11日 聞いてみよう！福島県の放射線のレベル～現在とこれから
- H26年12月8日 コミック誌から見る放射線の作用
- H27年1月9日 聞いてみよう！食とアレルギーのコト
- H27年3月4日 聞いてみよう！食品添加物のコト～嫌われ者の正体



開催時の内容・配布資料は、
食の研究センターホームページ、
またはFacebookで閲覧できます

東京大学食の安全研究センター 第10回サイエンスカフェ

聞いてみよう！



コーヒー
飲みながら ☺

コミック誌から見る
放射線の作用

12月8日（月）14:00～15:30



原子が崩壊や変換を繰り返すことで、放射線が放出され、人体に吸収されると健康被害の原因となることがあります。放射線の作用は、DNAの損傷や細胞死を引き起こすことで、がんや遺伝性疾患の原因となります。放射線の作用は、細胞のDNAに損傷を与え、遺伝子の機能を正常に保つことができません。放射線には強い殺菌作用があり、食料の保存にも利用されています。また、放射線は、がんの治療にも利用されています。放射線の作用について、東京大学の研究者が最新の知見をお話しします。

Webコンテンツについて（情報）

東京大学大学院農学生命科学研究科
食の安全研究センター
Research Center for Food Safety

English

- センター紹介
- 研究紹介
- 活動の足跡
- 畜産物の安全に関する情報
- お問い合わせ

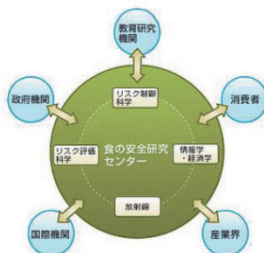


食の安全研究センターについて

食の安全研究センターでは、食の安全と安心に関わる四つの研究分野に取り組んでいます。

- 放射線
- リスク評価科学
- リスク制御科学
- 情報学・経済学

学術における貢献の他、国民や行政、企業への情報提供、専門家の育成、国内外の機関との連携も積極的に行っています。



食のリスク分析について
食の安全に係わるリスクアナリシスの仕組みとは。

やってみよう！
食の安全クイズ

畜産物の安全に関する情報

放射性物質に関する情報

- 牛肉について
- 牛乳について
- 出版物
- イベントレポート

クリック

Information

一覧

畜産物の安全に関する情報

HOME > 畜産物の安全に関する情報

放射
性物質
に関
する
情報



牛肉について



牛乳について



出版物



イベントレポート

牛海綿状脳症 (BSE) について

Contents Menu

放射放射性物質に関する情報

- ▶ 牛肉について
- ▶ 牛乳について
- ▶ 出版物
- ▶ イベントレポート

牛海綿状脳症 (BSE) について

食のリスク分析について

食の安全に係わるリスクアナリシスの仕組みとは。

Find us on Facebook

東京大学
The University of Tokyo

Oie

Webコンテンツについて (クイズアプリ)

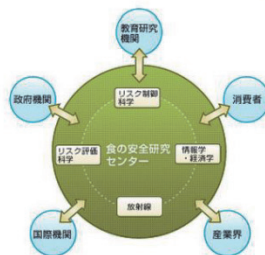


食の安全研究センターについて

食の安全研究センターでは、食の安全と安心に関わる四つの研究分野に取り組んでいます。

- 放射線
- リスク評価科学
- リスク制御科学
- 情報学・経済学

学術における貢献の他、国民や行政、企業への情報提供、専門家の育成、国内外の機関との連携も積極的に行っています。



Information

一覧

食のリスク分析について
 食の安全に係わるリスクアナリシスの仕組みとは。

クリック

やってみよう！
食の安全クイズ

畜産物の安全に関する情報

放射放射性物質に関する情報

- ▶ 牛肉について
- ▶ 牛乳について
- ▶ 出版物
- ▶ イベントレポート



調査の概要

学校給食での福島県産食材の利用状況と保護者の態度

- ・学校給食の仕組みについての整理
- ・東京都と福島県の各教育委員会への問い合わせ
- ・小学校（栄養教諭等）への被災地産食材利用状況、情報提供に関する調査 → 保護者調査の可能性
- ・保護者への学校給食への信頼感と、給食での福島県産食材利用に関する意識調査

情報提供が被災地産畜産物の受容態度に与える影響

- ・情報提供用動画の作成
- ・Web調査
- ・被災地産食品に関する意識調査
- ・牛肉、牛乳を対象とした選択実験



小学校アンケート

<小学校アンケート概要>

- 目的：小学校の学校給食における福島県産食材の使用状況の把握
- 調査対象：東京都・福島県の小学校
- 調査時期：2014年9月
- 回収率：42%

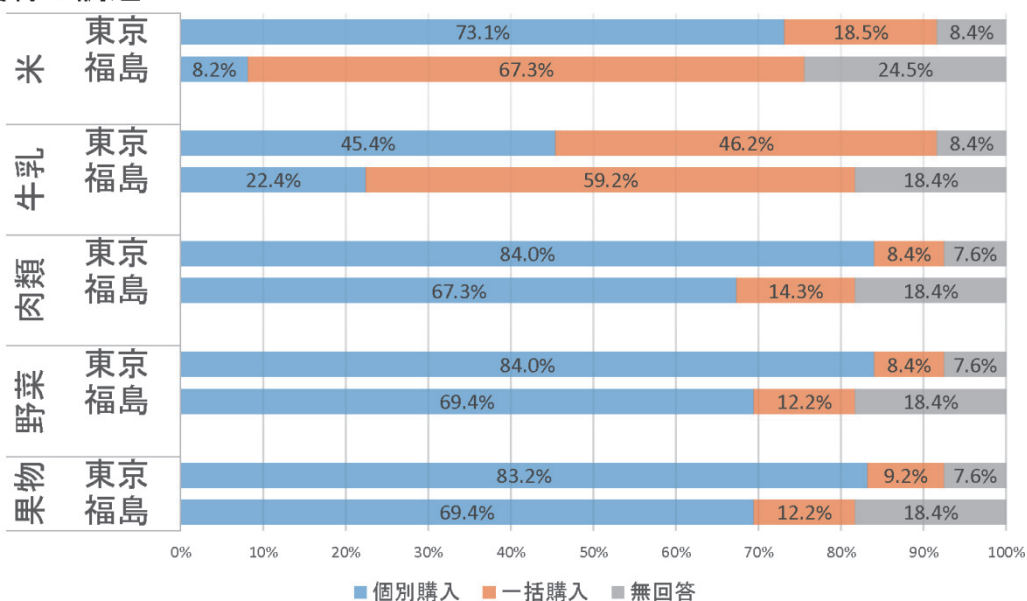
		東京		福島	
合計		119		49	
		回答数	%	回答数	%
年齢	20代	34	29%	8	16%
	30代	25	21%	4	8%
	40代	21	18%	19	39%
	50代	19	16%	14	29%
	60代	10	8%	0	0%
	無回答	10	8%	4	8%
性別	女性	107	90%	44	90%
	男性	8	7%	4	8%
	無回答	4	3%	1	2%
職種	学校栄養職員	93	78%	13	27%
	栄養教諭	3	3%	1	2%
	養護教諭	4	3%	19	39%
	教諭	7	6%	13	27%
	その他	10	8%	2	4%
	無回答	2	2%	1	2%

11

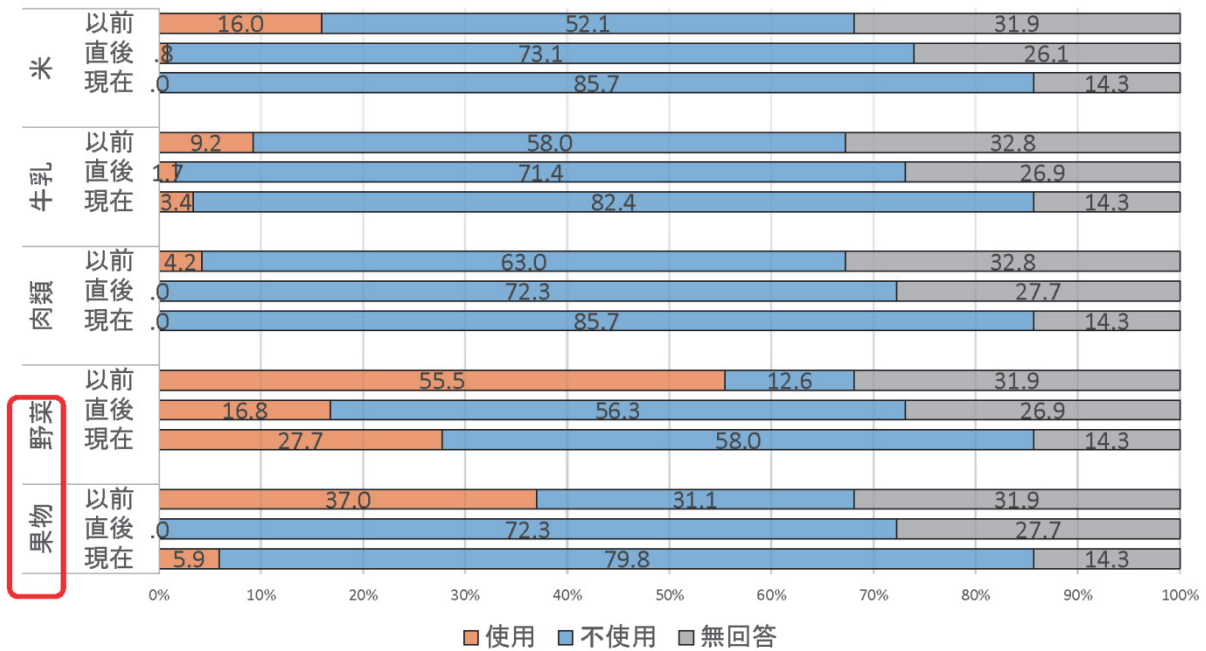
給食と食材調達的方式

東京は、独自調理場・独自献立(約80%)が多く、福島は独自調理場・統一献立(約65%)あるいは、共同調理場(約30%)が多かった。

食材の調達

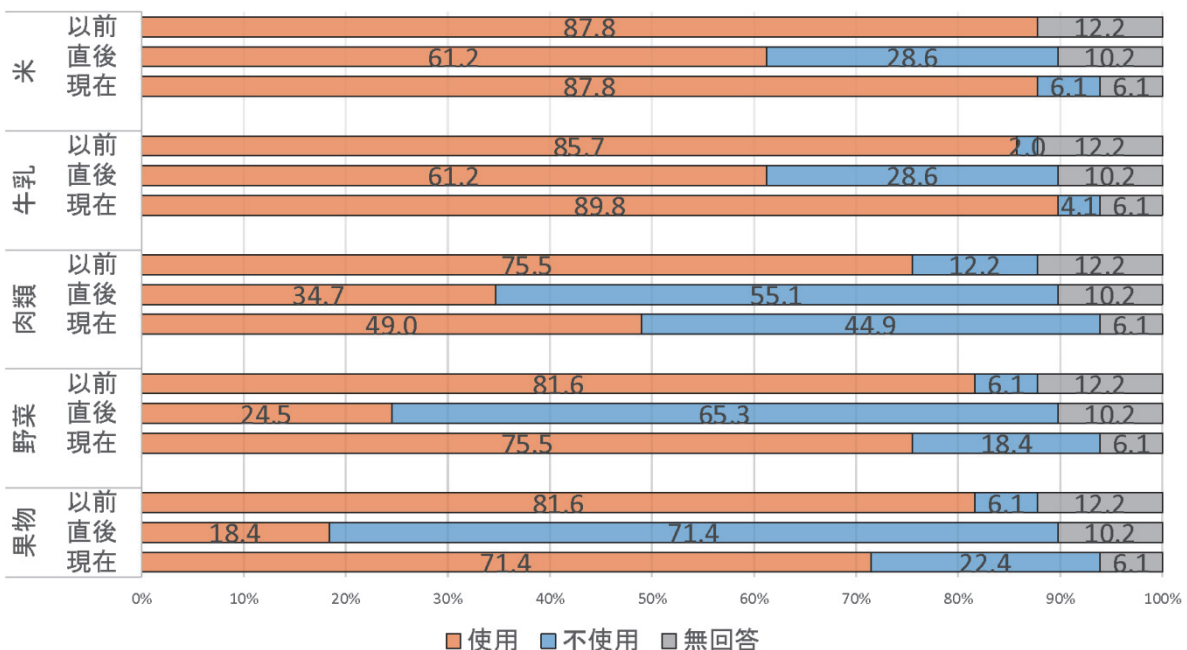


福島県産食材の利用状況(東京)



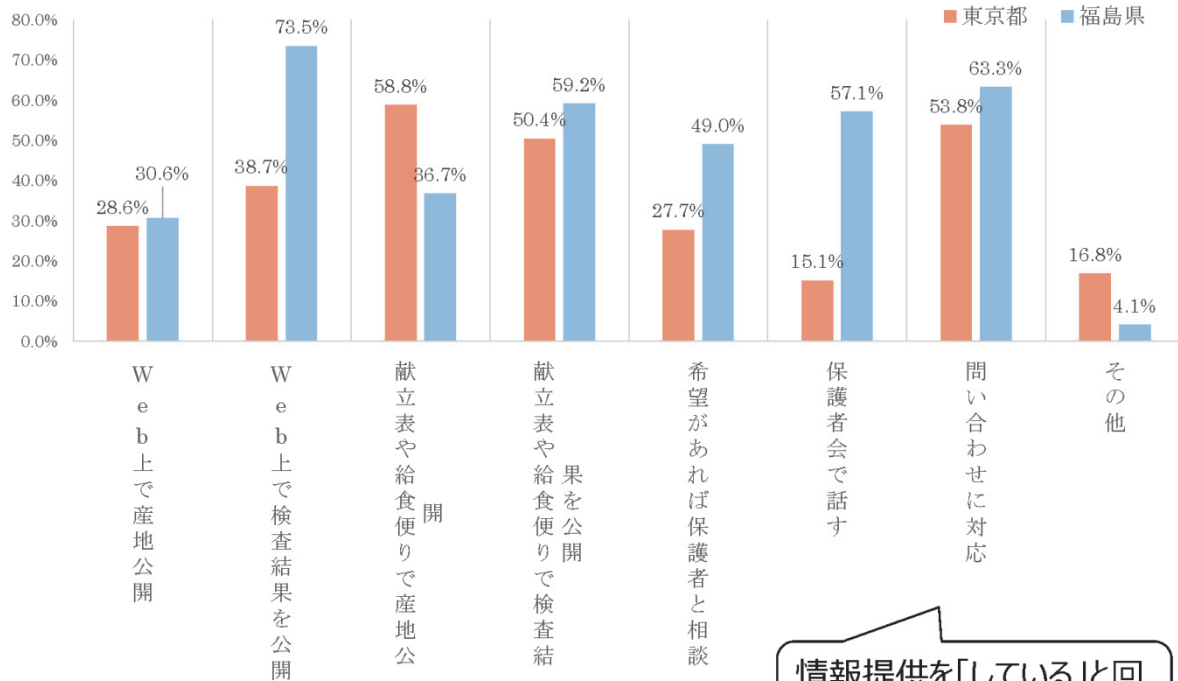
13

福島県産食材の利用状況(福島)



14

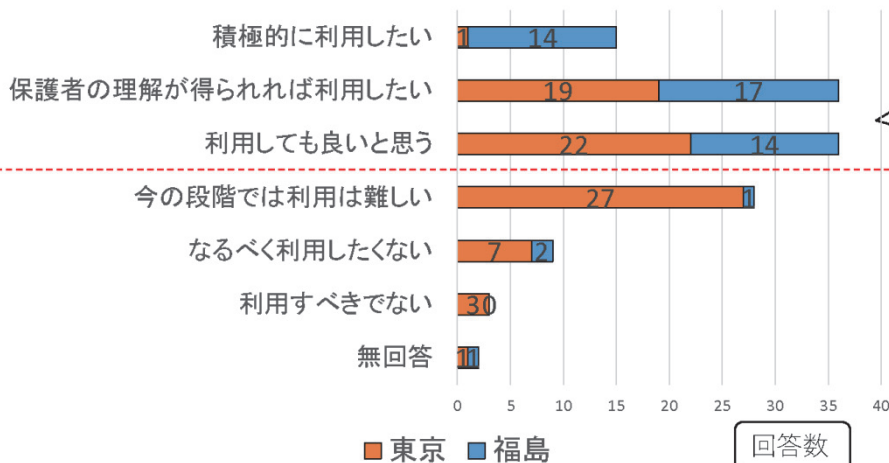
震災後の情報提供



情報提供を「している」と回答した人の割合

福島県産食材の利用について

福島県産食材の利用について、どう思うか



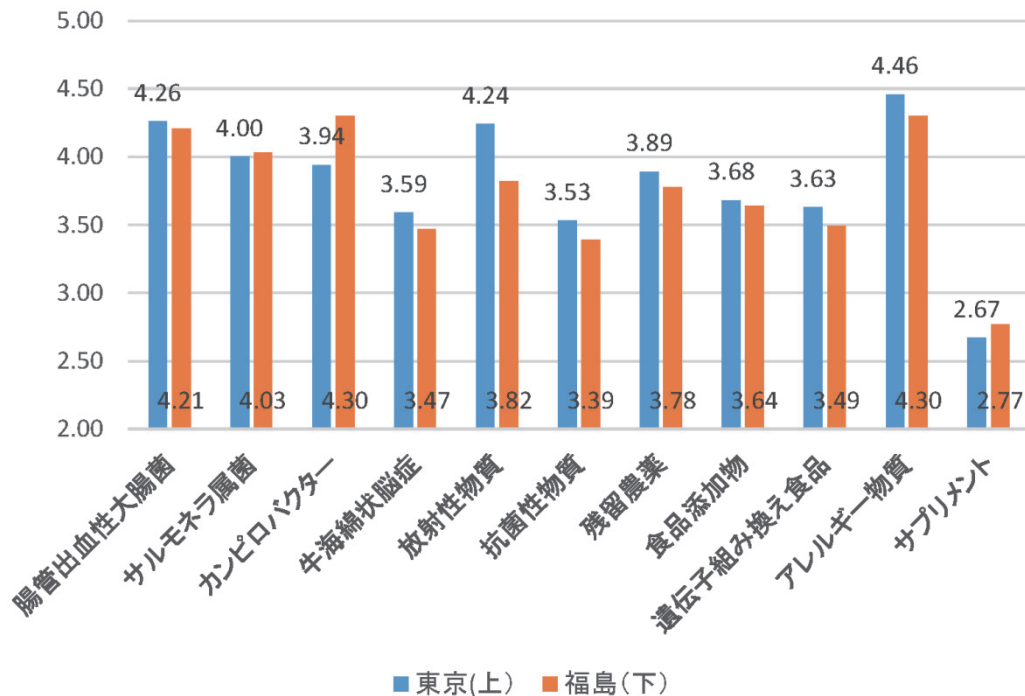
利用したいと考える小学校が多い。
保護者の理解が得られるかどうか。

理由

- ・ 保護者からのクレーム等のリスクを回避したい(東京)
- ・ 給食費を支払っているのは保護者なので保護者の意向を聞くべき(東京)
- ・ 不安視をする保護者が数名いるが、食育教育推進のためにも努力したい(福島)
- ・ 安全であると検査されたものだと保護者に説明したうえで使用するべき(福島)

教諭のリスク知覚

食品中の以下のハザードによるリスクは、小学生にとって、どの程度高いと思いますか？
リスクはない(0)～リスクは高い(5)の6段階



小括

● 東京都小学校

- 現在でも福島県産食材の使用状況はあまり回復していない。そして、福島県産食材を利用したくないと考える小学校もある。

● 福島県小学校

- 震災直後に使用率は激減したが、現在では震災前の状況に回復しつつある。福島県産食材を積極的に利用したいと考えている小学校が多い。

- しかし、「保護者の理解が得られれば、利用したい」や「利用しても良いと思う」と回答した小学校も多く、福島県産の食材を利用してもよいと考えるものの、なかなか**保護者の理解**が得られないとの判断から、使用が控えられていることが示唆された。

➡ 保護者はどのように考えているのだろうか？

保護者アンケート

<保護者アンケート概要>

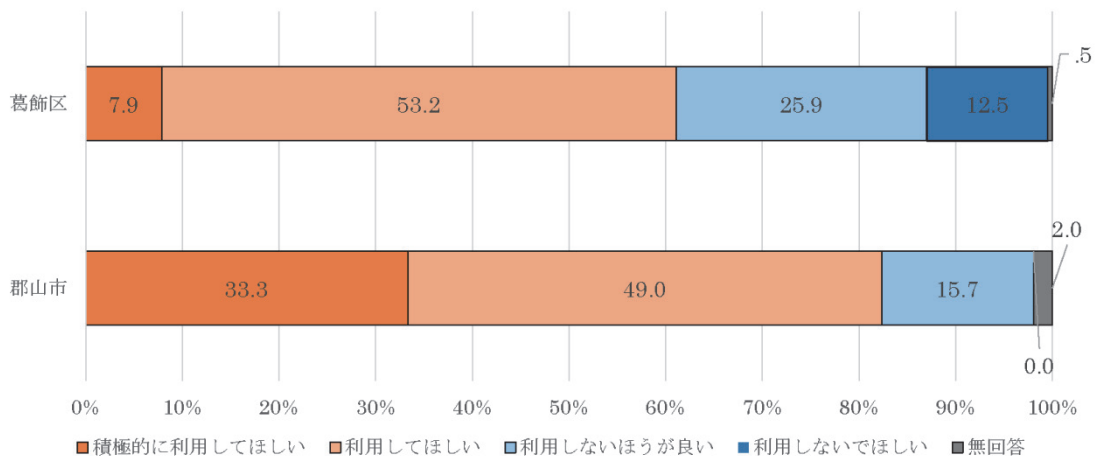
- 目的：学校給食や福島県産食材使用に対する保護者意識の把握。
- 対象：葛飾区K小学校・郡山市M小学校
- 調査時期：2014年12月
- 回収率：67%

		葛飾区		郡山市	
合計		216		51	
		回答数	%	回答数	%
年齢	20代	4	2%	1	2%
	30代	75	35%	20	39%
	40代	116	54%	23	45%
	50代	6	3%	1	2%
	60代以上	3	1%	2	4%
	無回答	12	6%	4	8%
性別	女性	200	93%	49	96%
	男性	13	6%	0	0%
	無回答	3	1%	2	4%
子どもの学年	1年生	66	30.6	6	11.8
	2年生	38	17.6	8	15.7
	3年生	28	13.0	6	11.8
	4年生	33	15.3	8	15.7
	5年生	33	15.3	13	25.5
	6年生	15	6.9	9	17.6
	無回答	3	1.4	1	2.0

19

福島県産食材への態度

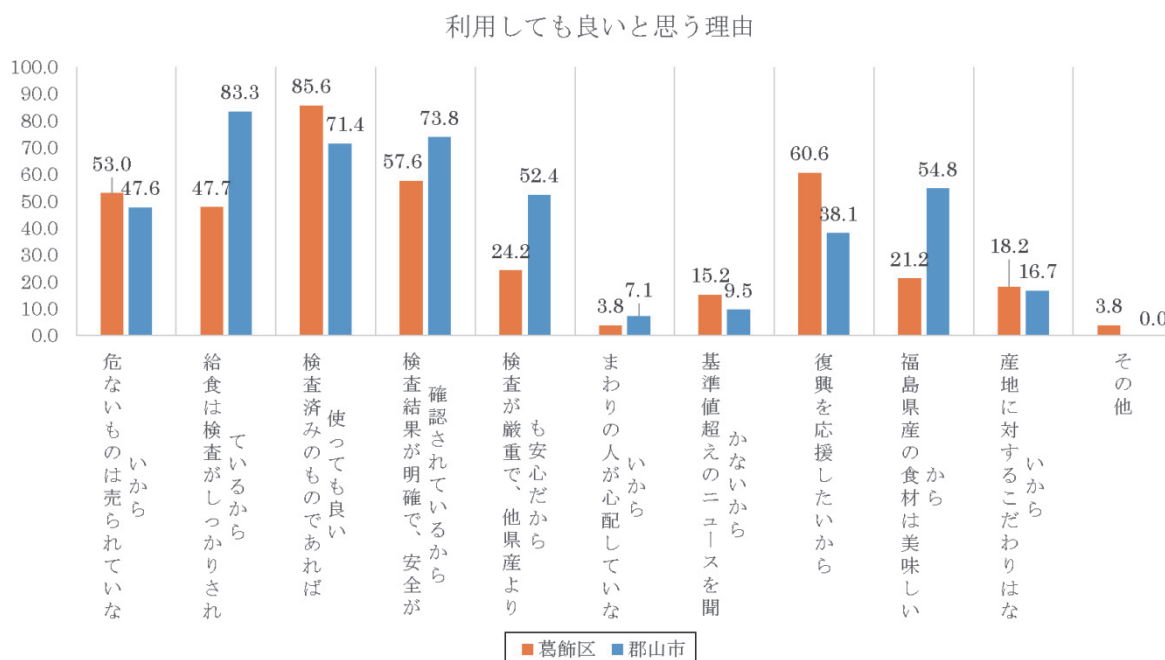
学校給食における福島県産食材の利用についてどう思うか



- 半数以上の保護者が、福島県産食材を利用しても良いと考えていることがわかる。

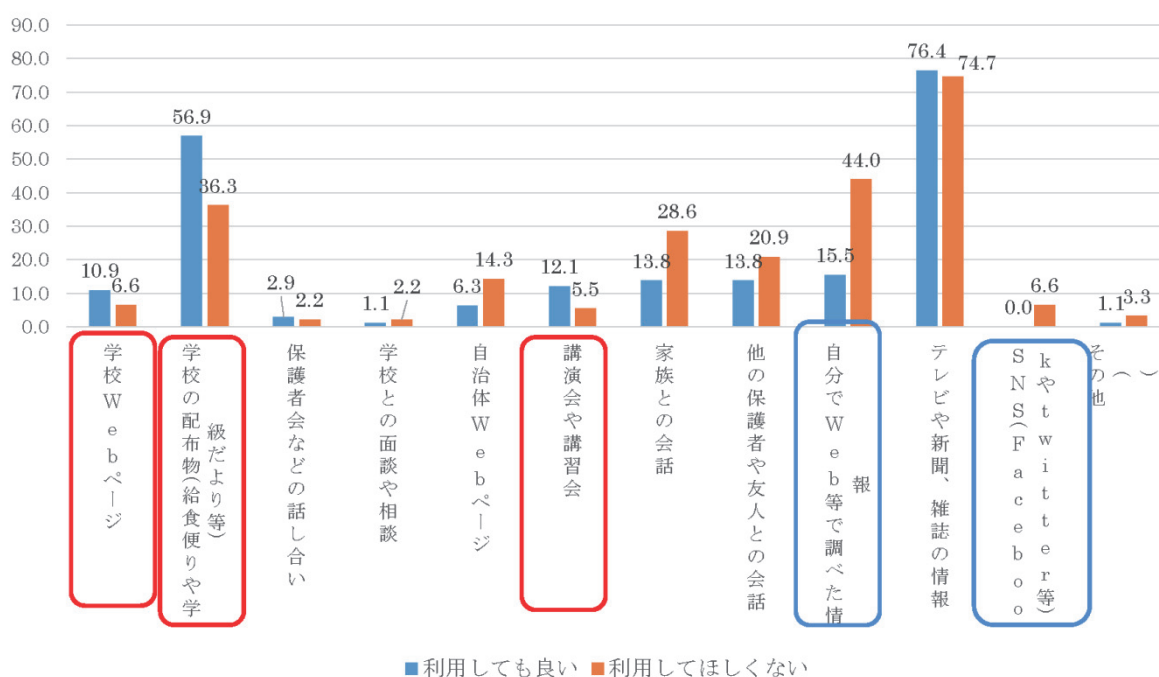
20

利用しても良いと思う理由



21

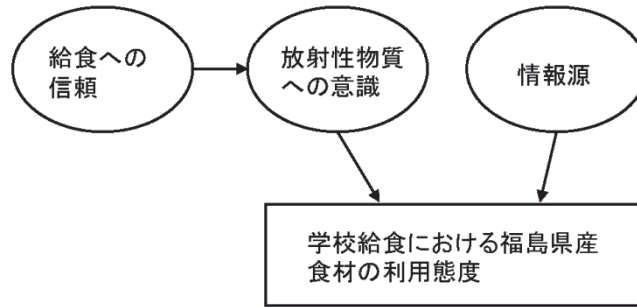
福島県産食材の受容態度と震災後参考にした情報源



22

共分散構造分析

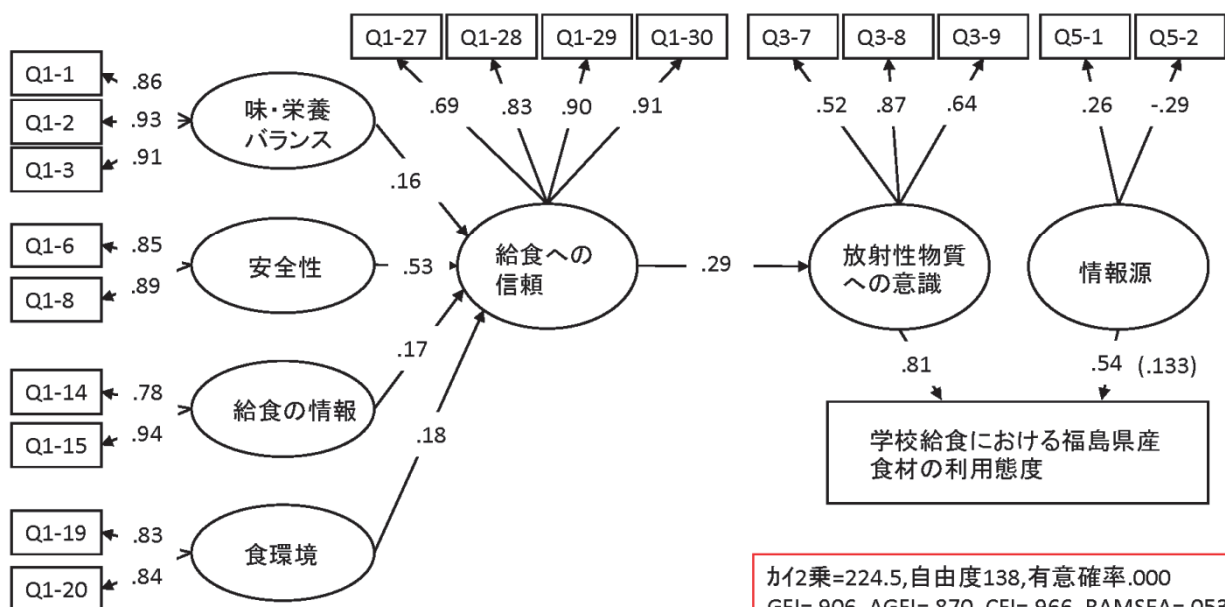
- 3つの構成概念「学校給食への信頼」、「放射性物質に対する意識」、「放射性物質に関する知識」を設定し、それらが「学校給食における福島県産食材に対する態度」に影響を及ぼすという仮説を立て、共分散構造分析を行った。



「学校給食への信頼」は、因子分析結果から抽出した因子、「味・栄養バランス」、「情報」、「食環境」に加え、「安全性」に関する各設問項目を観測変数とした。

23

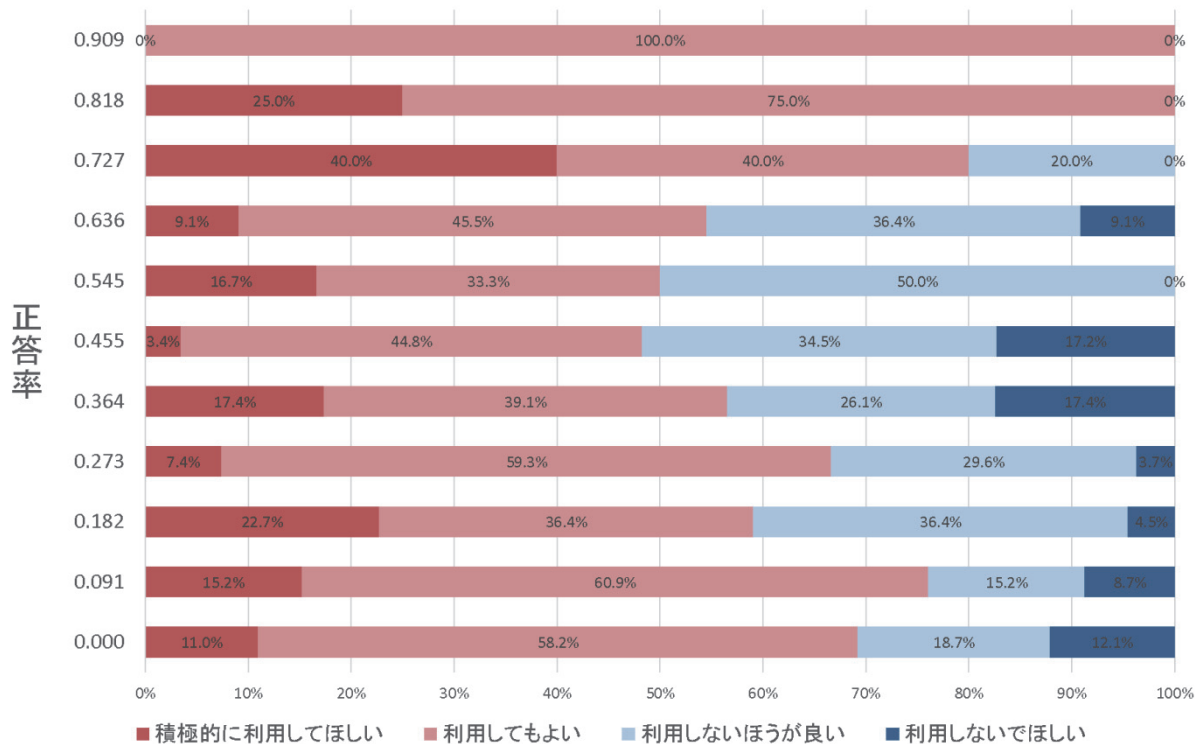
学校給食における福島県産食材利用に対する態度の構造



注1：カッコ内で p 値が示されている係数以外の係数は、全て有意水準 5%で有意

24

学校給食での 福島県産食材受容態度と知識



小括

- 保護者の半数以上は、学校給食に福島県産の食材を利用しても良いと考えている。
- 「利用してもよい」と考える理由は、福島では、検査の充実と結果の明確さが挙げられた。東京でも、検査がされていれば安心という意見が多いが、応援したい気持ちから利用に肯定的な人も多い。
- 小学校による情報提供が、学校給食における福島県産食材の受け入れに影響を与えている。Web等で情報を調べた人では、利用に否定的な意見が多い。

Web調査

<調査と回答者の概要>

- 目的：福島県産の牛肉・牛乳に対する受容態度と、作成した動画の効果の把握
- 対象：全国の20代～60代の男女（日本リサーチセンターのモニター）
- 調査時期：2015年3月
- 質問項目：食意識、学校給食への意識、放射性物質のリスクと管理に関する知識、対策への信頼度・満足度、選択実験

動画提示状況	牛肉・放射線リスク		牛肉・被災地農業		牛乳・放射線リスク		牛乳・被災地農業		合計
	提示あり	提示なし	提示あり	提示なし	提示あり	提示なし	提示あり	提示なし	
男性	1,395	355	1,462	330	729	179	686	192	5,328
女性	1,228	317	1,222	316	825	232	822	219	5,181
20代	204	46	220	69	109	35	95	34	812
30代	588	148	516	118	364	91	361	69	2,255
40代	702	176	744	177	482	118	490	137	3,026
50代	707	195	753	173	383	93	348	108	2,760
60代	422	107	451	109	216	74	214	63	1,656
北海道	107	38	127	16	60	15	57	15	435
東北	286	55	276	65	193	42	164	55	1,136
関東	691	168	736	183	563	150	575	140	3,206
北陸甲信越	220	62	212	46	85	28	81	41	775
中部	295	75	333	92	173	47	153	40	1,208
近畿	452	127	430	116	221	57	208	50	1,661
中国	203	49	218	45	88	29	83	23	738
四国	98	28	107	29	42	15	41	7	367
九州	271	70	245	54	129	28	146	40	983
合計	2,623	672	2,684	646	1,554	411	1,508	411	10,509

27

Web調査での情報提供内容について

—H23年度～H26年度—

H23年度

- 放射性物質とBSEのリスク
- リスク管理の方法、放射線と健康影響

H24年度

- 放射性物質のリスク
- 検査の費用対効果（検査や補償の費用、被ばくによる余命の変化、余命延長の費用）

H25年度

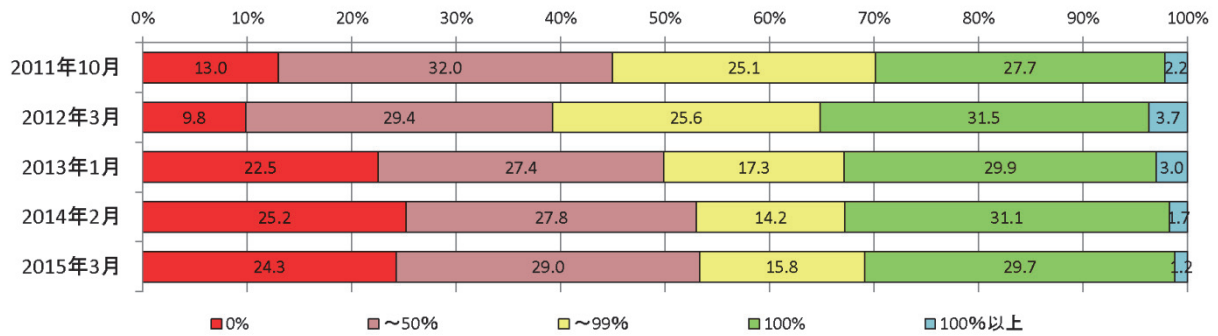
- 放射性物質と微生物のリスク
- 放射線の食品照射（放射線利用のメリット）

H26年度

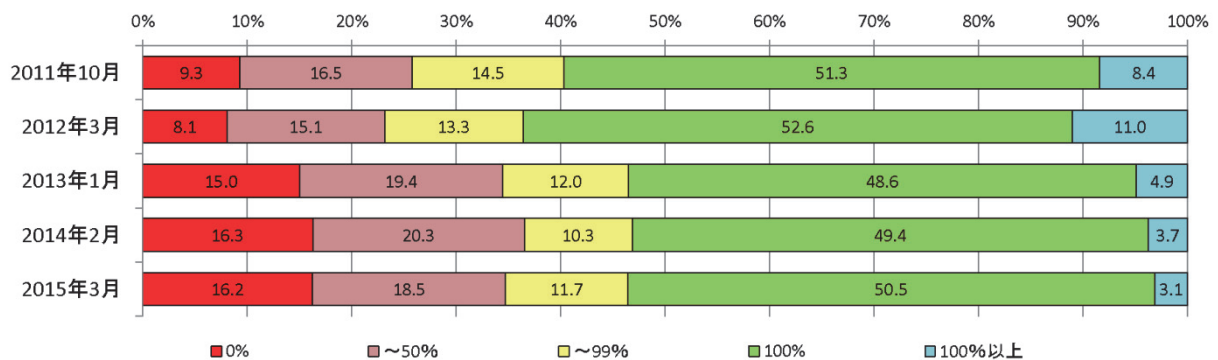
- 放射性物質のリスク
- 被災地の畜産業の現状、復興の状況、被災地での対策

被災地産食品に対する価格評価の推移

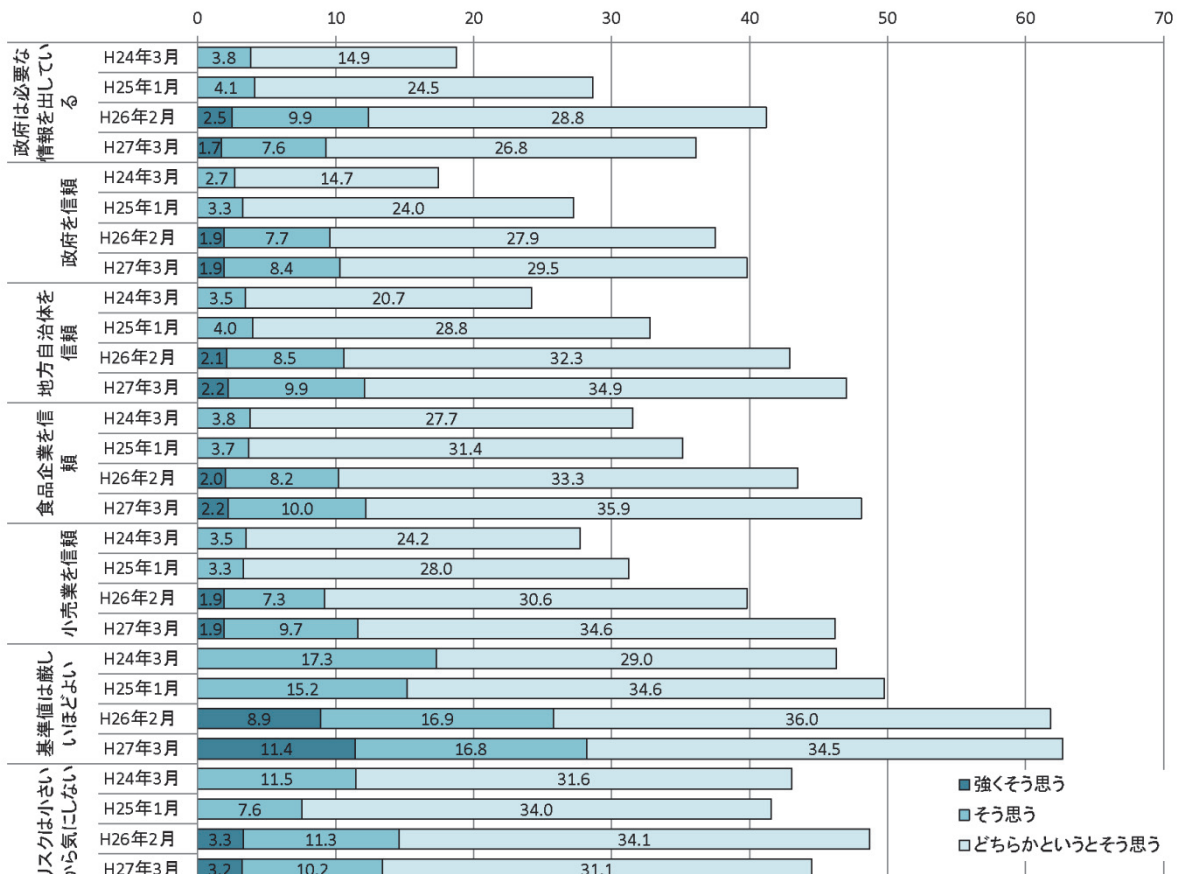
放射性セシウムが基準値以下の場合



放射性セシウムが未検出の場合



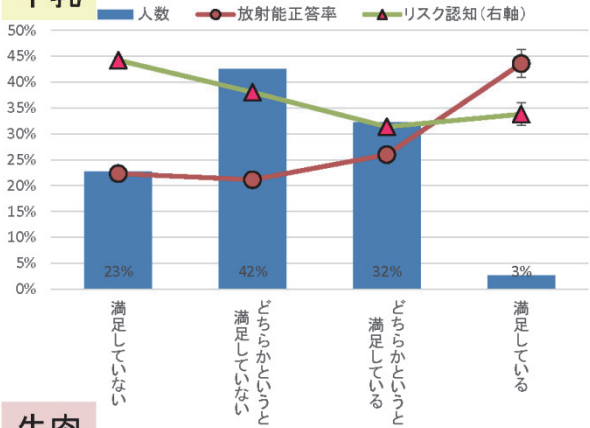
放射性物質管理に対する信頼感の推移



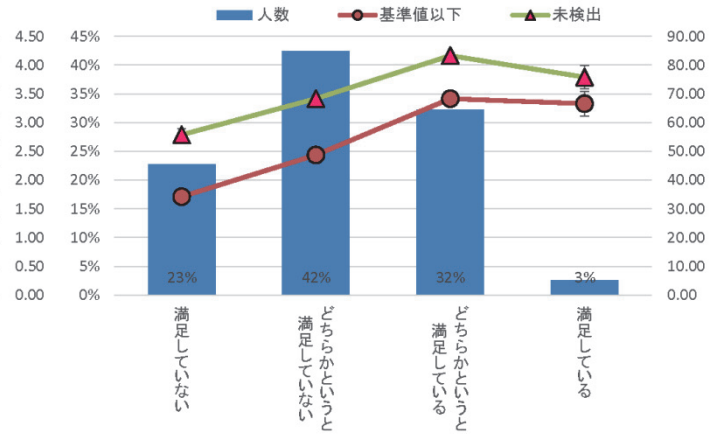
放射性物質リスク管理への満足度と被災地産食品の評価・知識

満足度と知識・リスク認知

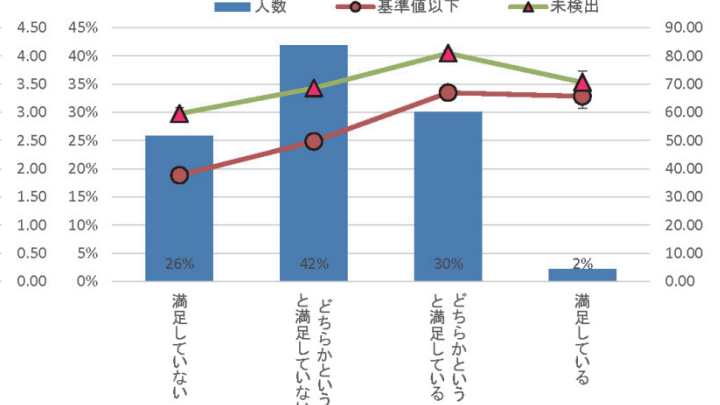
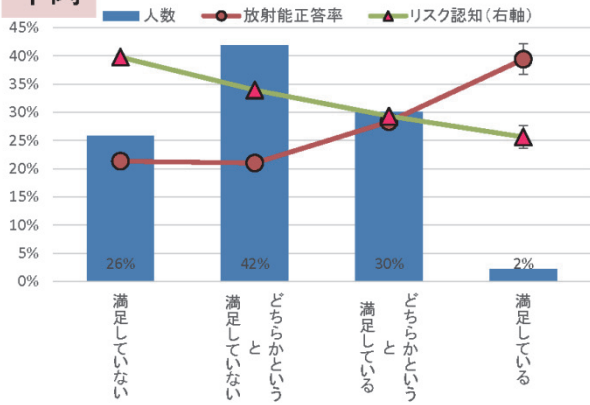
牛乳



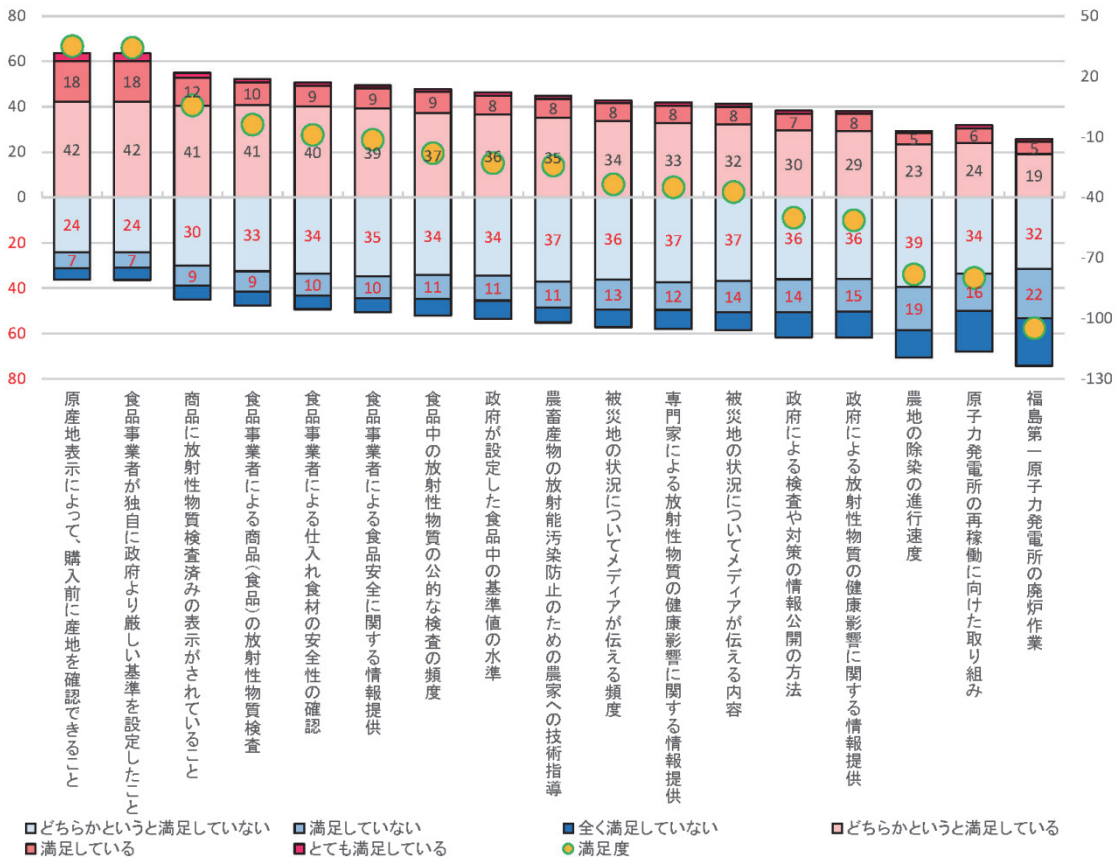
満足度とWTP



牛肉



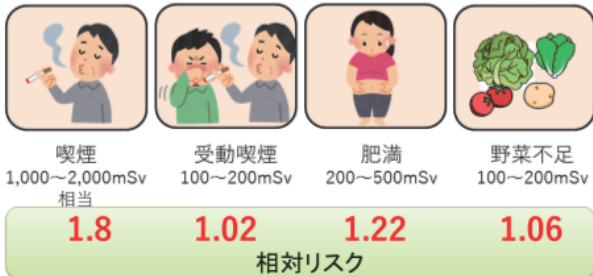
項目別満足度



情報提供→選択実験

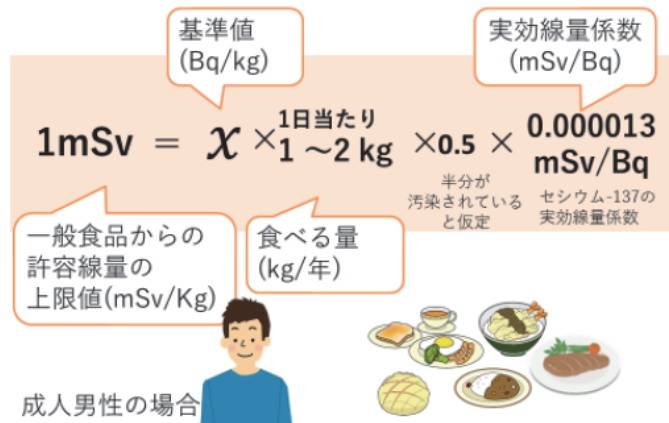
発がん要因のシーベルト換算

一般的な発がんリスク要因が、どの程度の被ばく線量に相当するのかを置き換えてみると…

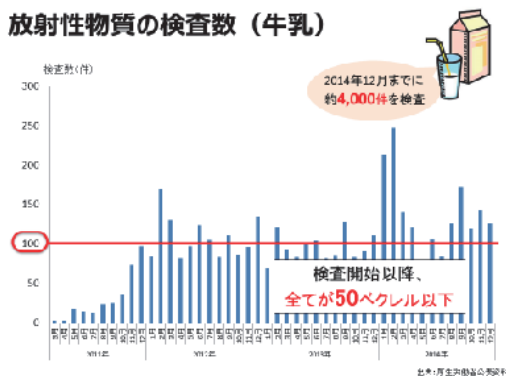


出典: 国立がん研究センターHP

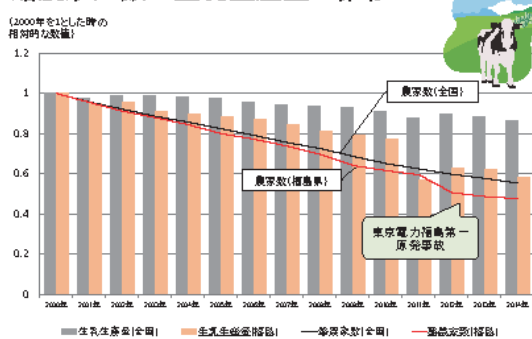
食品中の基準値の決め方



放射性物質の検査数 (牛乳)



酪農家戸数と生乳生産量の推移



属性と水準

	選択肢1	選択肢2	選択肢3	選択肢4
産地	福島県産	北海道産	県内産	どれも買わない
価格	198円	228円	168円	
乳脂肪・殺菌	3.8% (低温殺菌)	3.8%	1.0%	
放射性物質検査結果	基準値の1/4未満	10Bq/kg未満	—	

産地 → 北海道、福島、県内、隣接県の4段階

価格 → 138~278円/リットルの8段階

乳脂肪分 → 無脂肪~4%の8段階

放射性物質検査 → あり・なし(なしの場合、検査結果を「—」と表示)

放射性物質検査結果 → 未検出、基準値の1/4未満、基準値の1/2未満、基準値未満、5Bq/kg未満、10Bq/kg未満、25Bq/kg未満、50Bq/kg未満

文字表示

ベクレル表示

選択実験の結果 1 (牛乳)

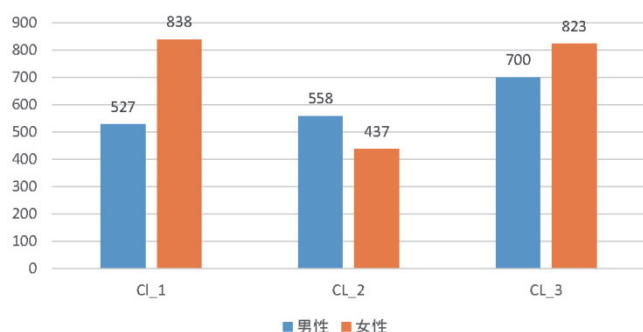
	ML1	ML2	ML3	ML4
定数項	1.604 ***	1.604 ***	1.602 ***	1.600 ***
価格	-0.011 ***	-0.011 ***	-0.011 ***	-0.011 ***
乳脂肪分	9.139 ***	9.143 ***	9.191 ***	9.193 ***
低温殺菌	0.089 ***	0.089 ***	0.090 ***	0.090 ***
福島県産	-0.313 ***	-0.451 ***	-0.489 ***	-0.487 ***
産地 北海道産	0.442 ***	0.443 ***	0.444 ***	0.446 ***
県内産	0.378 ***	0.379 ***	0.379 ***	0.382 ***
放射性検査結果あり	0.224 ***	0.224 ***	0.224 ***	0.224 ***
物質検査結果(Bq/kg)	-0.012 ***	-0.012 ***	-0.012 ***	-0.012 ***
検査状況 結果文字表示	0.175 ***	0.175 ***	0.176 ***	0.176 ***
福島県放射線リスク情報		0.157 ***	0.176 ***	0.176 ***
産 被災地農業情報		0.265 ***	0.261 ***	0.261 ***
との福島県居住者			0.772 ***	0.772 ***
交差項 隣接県居住者			-0.059	-0.056
隣接県産*隣接県居住				0.022
AIC	89407	89374.6	89286.4	89288.2
Pseudo R2	0.0728	0.0732	0.0741	0.0741
Adj Pseudo R2	0.0727	0.0730	0.0740	0.0740
確率				
サンプル数	34,947			

選択実験の結果 2 (牛乳)

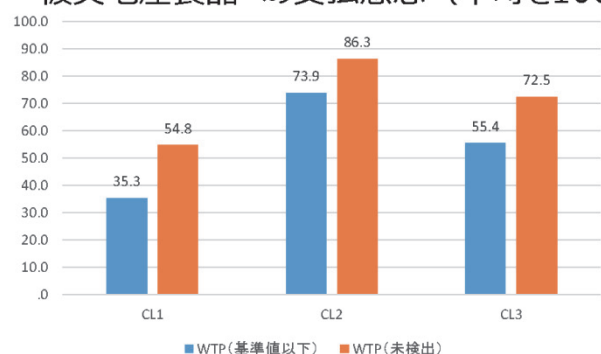
	LC1			LC2		
	クラス1	クラス2	クラス3	クラス1	クラス2	クラス3
定数項	-0.390 ***	10.106 ***	1.506 ***	-0.405 ***	9.888 ***	1.440 ***
価格	-0.010 ***	-0.043 ***	-0.004 ***	-0.010 ***	-0.042 ***	-0.004 ***
乳脂肪分	7.874 ***	13.735 ***	12.742 ***	7.539 ***	13.824 ***	12.699 ***
低温殺菌	0.098 **	0.025	0.075 ***	0.089 *	0.025	0.077 ***
福島県産	-0.850 ***	-0.172 **	-0.393 ***	-0.848 ***	-0.162 **	-0.406 ***
産地 北海道産	0.875 ***	0.178 ***	0.524 ***	0.886 ***	0.171 ***	0.530 ***
県内産	0.568 ***	0.234 ***	0.491 ***	0.578 ***	0.229 ***	0.491 ***
放射性検査結果あり	-0.062	0.598 ***	0.236 ***	-0.080	0.607 ***	0.234 ***
物質検査結果(Bq/kg)	-0.020 ***	-0.014 ***	-0.012 ***	-0.020 ***	-0.014 ***	-0.012 ***
検査状況 結果文字表示	0.225 ***	0.185 ***	0.215 ***	0.230 ***	0.181 ***	0.215 ***
福島県放射線リスク情報						
産 被災地農業情報						
との福島県居住者						
交差項 隣接県居住者						
隣接県産*隣接県居住						
メンバースhip 変数				-0.315 *	-0.823 ***	0
定数項 知識(情報提供後)				-1.443 ***	0.749 ***	0
放射性物質リスク知覚度				0.122 ***	-0.100 **	0
—リスク考えたことがない				0.977 ***	0.025	0
放射線リスク情報				0.113	0.406 ***	0
被災地農業情報				-0.085	0.192	0
福島県居住者				0.240	0.405 **	0
隣接県居住者				-0.101	0.090	0
AIC	73,239			72,846		
Pseudo R2	0.2448			0.2491		
Adj Pseudo R2	0.2446			0.2488		
確率	35.6%	24.8%	39.6%	35.1%	25.3%	39.6%

各クラスの特徴

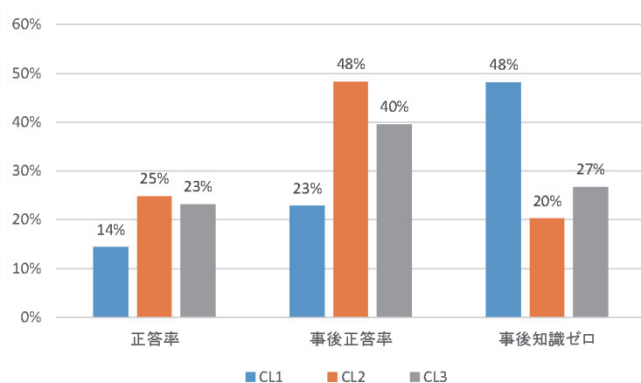
性別



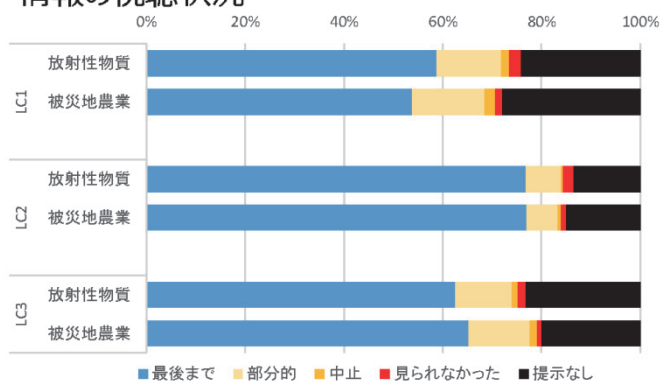
被災地産食品への支払意志（平時を100）



知識の変化



情報の視聴状況



おわりに

- 放射性物質管理に対する信頼感は改善がみられる。
- 満足度は高くはないが、原産地表示によって産地を確認できること、食品事業者が独自の厳しい基準値を設定したことの評価が高い。
- 汚染状況での判断ではなく、産地での判断。
- 「特定の産地 = 避けるもの」という構造ができてしまう可能性。
- 被災地の状況に関する情報提供の有効性が示された。

ご清聴ありがとうございました

参考資料：共分散構造分析に用いた項目

分類	問	質問項目
味・栄養 バランス	Q1-1	栄養バランスが整っている
	Q1-2	献立がバラエティに富んでいる
	Q1-3	食材の品目数が多い
安全性	Q1-6	食器や調理場の衛生は保たれている
	Q1-8	新鮮な食材を使っている
給食の 情報	Q1-14	食材の産地が明らかである
	Q1-15	地域の食材を使用している
食環境	Q1-19	みんなと同じものを食べることで会話がはずむ
	Q1-20	配ぜんや後片付けも教育に役立つ
給食への 信頼	Q1-27	栄養士は食品安全についてよく知っている
	Q1-28	調理員は食品の安全に配慮して働いている
	Q1-29	子どもの健康を考えた給食が提供されている
	Q1-30	栄養士・調理員に安心して任せられる
放射性物質へ の意識	Q3-7	放射性物質を多少摂取しても健康への悪影響はない
	Q3-8	福島県産の食品も積極的に購入している
	Q3-9	被災地の食品を買うことで、復興支援になると思う
放射性物質に 関する情報	Q5-1	震災後、学校のWebページや配布物、講演会・講習会の情報を参考にした
	Q5-2	震災後、自治体Webページやネットの情報、SNS等の情報を参考にした