

畜産振興事業事後評価票

事業名	飼料自給率向上品種開発・品種識別研究開発事業
事業実施主体	社団法人日本草地畜産種子協会
事業実施期間	平成 22 年度 ～ 平成 24 年度
【事業概要】 <p>飼料自給率の向上に向けた飼料作物の生産性及び作付け拡大を図るためには、高能力品種の開発、育成者権の保護強化が重要である。このため、本事業は、これまでの研究蓄積を踏まえ、DNAマーカーの活用等により育種効率を高め、耐病性に優れたイタリアンライグラス、北海道等草地酪農地帯向け越冬性ペレニアルライグラス、及び多収性・耐病性に優れた晩播・二期作用及び高油脂・高栄養とうもろこし品種を育成するとともに、育成者権の保護強化に資するため、栽培面積の多いイタリアンライグラス品種識別技術の拡充強化を図ることにより、畜産の振興に資することを目的とするものである。</p>	
【視点別評価】 <p>〔必要性〕 4 : 高い 3 : やや高い 2 : やや低い 1 : 低い</p> <ul style="list-style-type: none">・ 必要性・緊急性<p>国の「食料・農業・農村基本計画」（22年3月30日閣議決定）における作付け拡大と単収向上による飼料作物自給率100%、飼料自給率38%の目標（いずれも平成32年度）を達成するため、本事業において、耐病性に優れたイタリアンライグラス、北海道等草地酪農地帯向け越冬性ペレニアルライグラス、及び多収性・耐病性に優れた晩播・二期作用及び高油脂・高栄養とうもろこしの品種の育成、さらに、栽培面積の多いイタリアンライグラスの育成者権の保護強化を図るための品種識別DNAマーカーの開発に緊急に取り組む必要があったことから、本事業の必要性や緊急性は高かった。</p>・ 国の施策との関連<p>牧草・飼料作物の作付け拡大と単収向上といった国の農業施策目標に沿い、牧草・飼料作物の優良品種の開発や、イタリアンライグラスの品種識別DNAマーカーの開発を行う事業であることから、国の施策を補完するものであった。</p>・ 新規性・先導性<p>DNAマーカーを活用した耐病性に優れたイタリアンライグラスの品種の開発、北海道東の厳しい気象条件における越冬性ペレニアルライグラスの品種の開発は、今までに取り組まれていなかった課題であったこと、DNAマーカー活用等による飼料用とうもろこしの高栄養品種・耐病性品種の開発はこれまで実用化に至った取組みがなかったことから、本事業は新規性・先導性があった。</p><p>また、栽培面積・品種数が多く、今後も品種開発が精力的に取り組まれることが見込まれるイタリアンライグラスのDNAマーカーによる品種識別技術の開発は、新規性・先導性があった。</p>	

〔効率性〕 4：高い 3：やや高い 2：やや低い 1：低い

・投入した資源の妥当性

中間成果指標及び直接指標に掲げた目標数値を達成し、経費を節減しながら当初の計画通りの事業成果をほぼ達成できたこと、及び専門的知見を有する機関において品種の能力を調査したことから、投資した資源は妥当であった。

・事業計画・実施体制の妥当性

外部の有識者からなる「推進検討委員会」において、各年度の事業実施計画を検討し不備な点等を修正しながら事業を推進するとともに、各年度の研究成果を検討・評価して目標を達成できるよう事業の進捗管理を行うなど、事業計画及び実施体制はほぼ妥当であった。

〔有効性〕 4：高い 3：やや高い 2：やや低い 1：低い

・事業の達成度

開発したペレニアルライグラスの系統について、試験場の人員不足等により、予定していた検定が実施できなかったが、その他の事項については、中間成果指標及び直接指標に掲げた目標数値を達成し、耐病性に優れたイタリアンライグラス2品種、越冬性ペレニアルライグラス1系統及び有用特性を持つ飼料用とうもろこし2品種を育成し、また、国内流通イタリアンライグラスの品種識別を可能とするDNAマーカーを開発しことから、事業目標をほぼ達成できた。

・事業成果の普及性・波及性

開発したイタリアンライグラス2品種、ペレニアルライグラス1系統、飼料用とうもろこし2品種は、飼料自給率及び単収の向上に資するものであり、その普及性と波及性が見込まれる。さらに、イタリアンライグラスの新品種の盗難や無断使用を防止するため、育種の26品種の識別を可能にし、それらのマーカーについて特許出願を行っており、波及性がある。

【総合評価】 A：当初目標を達成し、高い成果をあげた

B：当初目標をほぼ達成し、成果をあげた

C：当初目標の達成は不十分であり、成果をあげたとは言い難い

目的とした品種を開発できたことにより、DNAマーカーを活用した選抜手法と、それと組み合わせた従来型の育種手法の有効性を実証することができた。育成されたイタリアンライグラス2品種、ペレニアルライグラス1系統及びとうもろこし2品種については、今後、種苗を取り扱う機関に情報提供し、当該品種の能力を試作により確認してもらい、開発した品種の普及・波及を図る。さらに、国内流通イタリアンライグラスの品種識別を可能とするDNAマーカーを開発し特許出願したことは、大きな成果である。

《外部専門家等の意見》

本事業を遂行していく上で設置した「技術開発推進検討委員会」の委員からは、成果等について次のような意見があった。

- ① イタリアンライグラスにおいては、冠さび病及びいもち病は地球温暖化に伴い発生が増加している重要病害であるため、抵抗性品種の育成が強く望まれていたところであり、本事業で育成した品種は貴重である。

- ② イタリアンライグラスのいもち病抵抗性を、マーカー選抜によって一定水準で付与したことは、圃場での選抜が難しいとされている形質であるので高く評価できる。
- ③ とうもろこしにおいては、高油脂選抜マーカーを活用した育種手法は、本事業で確立されたと思う。
- ④ 育成した親品種を民間会社等育種・流通に係る機関に提供するとの視点から、一定の評価ができる系統が育成されたと考える。
- ⑤ 次世代シーケンサーの解析データからSNPマーカーが整備されてきたのは、世界的に見ても先進的な研究成果である。

《評価委員会の意見》

我が国における畜産業の安定的かつ持続的発展及び収益性の向上のためには、飼料自給率の向上が重要な課題であり、生産性や耐病性に優れた飼料作物品種の開発・普及による飼料作物の生産性の向上、育成者権の保護強化が求められている。

本事業は、これまで蓄積してきた研究成果を基に、DNAマーカーを活用した品種・系統の選抜育種に取組み、いもち病抵抗性を付与した暖地向きイタリアンライグラス2品種、北海道東の厳しい気象条件下でも定着可能な越冬性ペレニアルライグラス1系統、高油脂・高栄養のとうもろこし及び耐病性と晩播特性を合わせ持ち西南暖地の二期作に適するとうもろこし各1品種を効率的に開発した。

また、栽培面積・品種数が多いイタリアンライグラス26品種について、DNAマーカーによる品種識別技術を開発した。

これらの成果は、わが国の多様な気候や地域特性に見合った飼料作物品種の選定・適正利用や作付け体系の選択肢の拡大に資するものである。

今後は、国際化の進展等により我が国畜産業の環境が一層厳しくなると想定されることを踏まえ、本事業で開発した品種の継続的改良を進めるとともに、新品種の実用的優位性について実需者の視点に立った検証を行い、栽培面積の増加・飼料作物自給率の向上に寄与することを期待する。

畜産振興事業事後評価票

事業名	豚ゲノム育種手法高度化事業
事業実施主体	社団法人農林水産・食品産業技術振興協会
事業実施期間	平成 22 年度 ～ 平成 24 年度
<p>【事業概要】</p> <p>平成 21 年末に解読が完了した豚全ゲノム解読情報を活用し、これまでの解析手法では検出困難であった比較的効果の小さい Q T L（量的形質遺伝子座）を含めて、形質と関連する領域を網羅的に検出する。そのため、ゲノム全体に配置された S N P（一塩基多型）を用いて解析を行い、豚の飼料要求率に深く関連する成長、赤肉量等に有意に影響する D N A マーカーを開発し、これを活用した豚ゲノム育種手法の高度化を図り、種豚の育種改良を加速化することによって、我が国畜産の振興に資することを目的とする事業である。</p>	
<p>【視点別評価】</p> <p>〔必要性〕 4 : 高い 3 : やや高い 2 : やや低い 1 : 低い</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 必要性・緊急性 <p>食肉の中で、年間一人当たり消費量が最も多い豚肉の国内生産基盤の強化は、国民食生活の安定確保の観点から極めて重要かつ緊急な課題であり、厳しい国際競争の中で、高品質かつ特徴ある実用系統を短期間に造成する技術開発が強く求められていた。そのため、本事業における新しいゲノム解析手法を取り入れた育種研究は、遺伝的に特徴ある実用系統の造成の加速化に不可欠であり、畜産振興事業としての必要性及び緊急性が高かった。</p> ・ 国の施策との関連 <p>国は農林水産省委託プロジェクト「ゲノム情報を活用した家畜の革新的な育種・繁殖・疾病予防技術の開発」において、家畜を活用した新産業の創出に資するため、ゲノム解析の進んだ家畜種を対象に、有用遺伝子の探索やそれに伴う育種・繁殖・疾病予防技術の向上を目指した開発等の基礎・基盤的研究を行っている。特に、豚について、当法人は国際コンソーシアムに参画し、その結果、全ゲノム概要配列の解読と公開がなされた。これらのゲノム情報を活用して S N P マーカー開発を行い、高品質で特徴ある実用系統を短期間で造成できる技術を開発することは、国が蓄積した知的基盤を活用して応用技術に発展させるものであり、国の施策を補完するものである。</p> ・ 新規性・先導性 <p>重要遺伝子領域で探索する S N P は、従来のマイクロサテライトマーカーなどの D N A マーカーに比較して型の決定が容易であること、及びゲノム上に多数を配置できるため、高精度な D N A 育種マーカーを開発できる特徴がある。また、高密度解析が可能な S N P アレイが事業開始時に入手可能となったため、それを用いた解</p> 	

析をいち早く取り入れ事業を進めた。その手法は新規性が高く、世界で初めてデュロック純粋種を用いた関連解析の論文を発表することができた。全く新しい育種手法につながる革新的なゲノム解析は、世界の豚ゲノム研究を先行したもので、先導性もあった。

[効率性] 4 : 高い 3 : やや高い 2 : やや低い 1 : 低い

・投入した資源の妥当性

新しい解析手法を用いた成長性や肉質等に優れた豚の育種は、国産豚肉の生産強化と需要拡大に繋がり、生産者の収益増加に資することができるため、資源の投入は妥当であった。

また、研究当初から豚ゲノムを網羅的に解析可能なSNPアレイを用い、効率的に形質に関与する有意な領域を検出することができた。その結果、これらの領域に解析対象を絞る等の工夫で資源を効率的に活用して当初予定どおりの事業成果を得ており、投入した資源は妥当であった。

一方、目標とする領域の解析では、現在、次世代型シーケンサーを用いて集中した塩基配列の取得が可能となっているため、研究環境の進展に合わせた対応も今後必要となると考えられる。

・事業計画・実施体制の妥当性

豚ゲノム上の約6万箇所のSNPの型を同時に解析可能なSNPアレイの発売により、当初から高密度解析を行う体制を整えて事業を推進した。新規の解析手法のため、サンプル調整や大量データの解析等、新たに対応する必要があったが、実施機関はゲノム解析の知見、情報収集、解析実績、実施体制を所持しており、研究計画を状況に合わせて適切に見直すことで当初予定した成果を得ており、全体的な事業計画及び実施体制は妥当であった。

[有効性] 4 : 高い 3 : やや高い 2 : やや低い 1 : 低い

・事業の達成度

SNPアレイを用いて、1,030頭の系統造成中のデュロック豚の12形質での関連解析を行い、5形質に対して有意なSNPマーカーを3個開発した。また、枝肉を調査した個体140頭について、14形質との関連解析を行い、1形質に対して1個のSNPマーカーを開発した。その他、関連の検出されたゲノム領域や、増体等の成長性への影響が示唆される遺伝子群の塩基配列から多型を検出し、形質との関連を解析し、6個のSNPマーカーを開発した。

これらを用い、計10個のDNAマーカー判別系を作製することで目標値を達成した。更に、開発したDNAマーカーについて、他のデュロック系統2集団で、線形混合モデルによりその効果を検討し有益な情報を得た。

・事業成果の普及性・波及性

研究成果は、シンポジウムで紹介するとともに、学術論文等に公表した。SNPアレイを用いたデュロック純粋種集団での関連解析の論文は、世界初のものとなった。肉質等に特徴のある豚を識別する基盤技術が確立し、これらの成果を活用して特にデュロック種の系統造成に要する期間の短縮が期待できる。セミナーのアンケート調査結果から、ゲノム育種について86%の解答でその可能性が示された。

- 【総合評価】 A：当初目標を達成し、高い成果をあげた
B：当初目標をほぼ達成し、成果をあげた
C：当初目標の達成は不十分であり、成果をあげたとは言い難い

育種系統内における1世代当たりの飼料要求率の遺伝的改良値については、中間目標値0.01に対して実績値0.0198が得られ、当初の目標値を達成できた。

SNPを組み合わせたDNAマーカー判別キットに関しては、事業当初から新たな網羅的解析手法を取り入れ、種豚精液の供給において我が国で大きなシェアを占める民間企業と共同研究を行うことで、正確に記録された背脂肪厚や生時体重など計27の形質値（目標値20）に対し、豚集団を大規模に解析することができたため、SNPを利用した豚の育種マーカーを10個開発することができた（目標値5）。

本事業により得られた成果は、ゲノム育種により豚育種を効率化できることを具体的に示しており、今後、豚育種関連企業や機関に成果を提供することにより、育種現場で活用可能な技術として実用化されることが期待される。

《外部専門家等の意見》

本事業を遂行していく上で設置した「技術開発推進検討委員会」の委員からは、成果等について次のような意見があった。

- ・3年間という短い研究期間において、新規の解析技術を使い、多くの頭数を解析されて育種マーカー作製という目標を達成しているため、国内の養豚産業振興の面から高く評価できる。
- ・良いマーカーがいくつかあるため、積極的な発信を期待している。

《評価委員会の意見》

食肉の中で最も消費量が多い豚肉については、高品質な豚肉を低コストで生産することにより国内生産基盤を強化し、収益性の高い、安定した養豚経営を展開することが必要である。そのためには、生産基盤の柱となる豚の遺伝的能力を高める育種が不可欠であり、国際的に競われている育種効率を向上させる技術の開発が我が国でも急がれる。

本事業は、近年、解読が完了した豚全ゲノム解読情報に基づきゲノム全体に配置されたSNP（一塩基多型）を用いた解析を行った。その結果、生産費の大半を占める飼料の要求率に深く関連する成長、赤肉量等について 27 形質でSNPとの関連性が明らかにされ、これらの形質の評価につながるSNPを組み合わせたDNAマーカー判別キットが 10 個開発された。これらは、それぞれ目標値を上回っており高く評価できる。

また、開発されたDNAマーカー情報を用いた選抜により、飼料要求率を効率的に向上し得ることが理論的に提示されたことは、ゲノム育種の活用を広め促進することに資するものと評価できる。

今後は、グローバル化が加速する中で、国内産豚肉の特徴である肉質や食味の改良に資する遺伝形質とその選抜マーカーについても研究開発を進め、生産性と品質の両面から実用系統の造成と普及に資することを期待する。

畜産振興事業事後評価票

事業名	牛有用ゲノム解析手法確立事業
事業実施主体	社団法人畜産技術協会
事業実施期間	平成23年度～平成24年度
【事業概要】 <p>我が国畜産の国際競争力の強化を図る上では、生産性の向上が重要であるが、現状では、牛の場合約10%の子牛損耗による大きな経済的損失が生じている。</p> <p>この状況に対処するため、家畜の生産性向上を阻害する遺伝的要因が主にゲノムのエクソン領域の変異が関わりとされることから、エクソン領域のSNP（一塩基多型）を効率的に探索する全エクソンキャプチャー法を開発して、子牛虚弱等のゲノム解析手法を確立し、酪農及び肉用子牛における生産性の向上に資することを目的とする事業である。</p>	
【視点別評価】 <p>〔必要性〕 4：高い 3：やや高い 2：やや低い 1：低い</p> <ul style="list-style-type: none">・必要性・緊急性<p>遺伝的な要因による生産性向上の阻害には、主にゲノムのエクソン領域の変異が関わりとされる。特に、エクソン領域のSNPを効率的に探索する全エクソンキャプチャー法は、生産性向上を阻害する各種の遺伝的因子を明らかにする有効な手段になると期待され、我が国の畜産を振興し、国際競争力を向上させる観点からも、本事業は大きな経済的損失が生じている畜産現場の生産性向上に大きく貢献することから、高い必要性と緊急性が認められた。</p>・国の施策との関連<p>国の「酪農及び肉用牛生産の近代化を図るための基本方針」や「家畜改良増殖目標」においては、効率的な育種改良を推進するため、SNPを活用した有用な新技術の実用化、DNA解析技術等を用いた遺伝的因子の排除及び優良種畜の選抜への活用等を推進することとされており、本事業は、遺伝性疾患に係わる遺伝子解析を推進する国の施策を補完する事業として位置づけられる。</p>・新規性・先導性<p>本事業は、これまでに事業実施機関が蓄積した牛ゲノム研究成果を活用して新規手法の開発に取り組むものであり、特に全エクソンキャプチャー法は、</p><ul style="list-style-type: none">○ 家系解析が必要であった従来手法に比べて、遺伝病では少数の疾病個体で解析が可能となり、さらにマッピングの必要がないなど、全く新しい手法につながる革新的な技術開発であること○ 同法が実用化すれば、不良因子や有用遺伝子の解析速度が向上するものと期待されること<p>から、新規性・先導性が高かった。</p>	

[効率性] 4 : 高い 3 : やや高い 2 : やや低い 1 : 低い

・投入した資源の妥当性

生産性を阻害する遺伝因子を診断する技術開発は、大きな経済的損失が生じている畜産現場の生産性向上に大きく貢献し、国内畜産の生産基盤の強化と生産者の収益増加に直接資するものであること、特に、これまで困難であった遺伝的側面からの新しいアプローチを行うに当たり、ゲノム解析作業を一元的に管理して、解析効率を高めるなどの工夫を行うことで、資源を効率的に活用して当初予定通りの事業成果を得ており、投入した資源は妥当であった。

・事業計画・実施体制の妥当性

事業実施機関はゲノム解析の知見、情報収集、解析実績、実施体制を備えており、研究の進展に合わせて研究計画を適切に進行管理することが可能であったことから、事業期間中に牛に対する新たな全エクソンキャプチャー法を開発し、短期間での子牛損耗の主要な原因変異である IARS（アミノアシル tRNA 合成酵素の一つ）遺伝子の同定、虚弱子牛症候群の診断技術である IARS 遺伝子検査の開発など、事業計画・実施体制ともに妥当であったと考えられる。

[有効性] 4 : 高い 3 : やや高い 2 : やや低い 1 : 低い

・事業の達成度

子牛損耗や繁殖性などの生産性に関連する SNP を検出するため、約 4,500 頭の DNA サンプルを収集して子牛損耗についての遺伝解析を行うとともに、黒毛和種の疾病を対象にエクソンキャプチャーにより抽出された DNA を次世代シーケンサーで解読し、マッピングした染色体 5 番と 18 番領域に多数の SNP を見出し、解析家系と一般の種雄牛から 5 個の劣性遺伝病の原因となる変異を予測した。

これらの結果から、遺伝病の原因変異同定のための新しい解析手法である全エクソンキャプチャー法を活用して子牛損耗の主因である虚弱の原因遺伝変異である IARS 遺伝子を同定しており、直接指標はすべて達成したが、解析時間の大幅な短縮について、さらなる検討を行う必要があったと認識されている。

・事業成果の普及性・波及性

本事業で解明した遺伝的劣性因子である IARS 遺伝子は、平成 25 年 2 月の農林水産省の肉用牛遺伝性疾患専門委員会において公表遺伝性疾患として認定されるとともに、本事業で開発した虚弱子牛症候群の診断技術である IARS 遺伝子検査は、すでに全農や民間事業者などの依頼で 648 個体について実施し、共同開発者である岐阜県では来年度に県内雌牛 8,000 頭の規模で IARS の遺伝子診断を計画しているなど、今後、遺伝病診断の現場において広く普及が期待されることから、事業成果の普及性・波及性は極めて高い。

【総合評価】 A : 当初目標を達成し、高い成果をあげた

B : 当初目標をほぼ達成し、成果をあげた

C : 当初目標の達成は不十分であり、成果をあげたとは言い難い

遺伝病の原因変異同定のための新しい解析手法として開発が進められている全エクソンキャプチャー法を牛に適用することを目標に研究を進め、エクソンキャプチャー法を確立し、子牛損耗の主因である虚弱の原因変異の 1 つを解明した。この IAR

Sの変異によって起こる虚弱子牛症候群は、平成25年2月の肉用牛遺伝性疾患専門委員会において公表遺伝性疾患と認定されるとともに、虚弱子牛症候群の診断技術として開発したIARS遺伝子検査は、既に全農や民間事業者などの依頼で実施され、共同開発者である岐阜県においても来年度に大規模なIARSの遺伝子診断を計画しているなど、今後、遺伝病診断の現場において広く普及することが期待できる。

《外部専門家等の意見》

本事業を遂行していく上で設置した「解析手法確立検討委員会」の委員からは、成果等について次のような意見があった。

- ① 全エクソンキャプチャー法が牛へ適応できることを明らかにしたことは、科学的な面から高く評価できる。
- ② 全エクソンキャプチャー法を利用することにより、牛のDNA解析手法は改善され、迅速な変異の解明が可能となり、牛の遺伝病の新しい遺伝子解析手法として高く評価できる。
- ③ 本手法は、経済形質についても応用が期待でき、広く牛の遺伝病の解析手法として発展性もある。
- ④ 虚弱子牛症候群の原因遺伝子としてIARS遺伝子を見つけたことは、世界的にオリジナリティーの高い成果である。
- ⑤ IARS遺伝子が原因の子牛虚弱は重篤なものであり、和牛の2分の1にも影響を持つと考えられることから、肉用牛の生産現場においてその遺伝子診断の有用性は極めて高い。
- ⑥ IARS遺伝子診断の開発が、生産現場における経済効果を著しく改善することも考えられ、今後、遺伝病診断技術が生産現場で大きく普及する期待があり、本事業の成果は高く評価できる。

《評価委員会の意見》

肉用牛経営における子牛の生産性向上及び経営の安定化を図るためには、子牛の損耗を少なくすることが求められており、効率のよいゲノム解析手法を開発し、損耗の主体をなす虚弱子牛症候群等の原因変異を明らかにすることが必要である。

本事業は、エクソン領域のSNP（一塩基多型）を効率的に探索する牛の全エクソンキャプチャー法を開発し、これを用いて虚弱子牛症候群の原因の一つがIARS遺伝子の変異であることを明らかにした。

本事業で解明されたIARS遺伝子変異による疾患は、農林水産省の肉用牛遺伝性疾患専門委員会において公表遺伝性疾患として認定された。また、その診断技術として開発したIARS遺伝子検査は、既に全農や民間事業者の依頼により実施され、さらに共同開発者の岐阜県による来年度の大規模な計画があるなど、遺伝病診断技術として普及性・波及性は実証されつつあり、極めて高く評価できる。

エクソン領域の一塩基置換を効率的に探索する全エクソンキャプチャー法の有効性を牛で実証したことは、新規の有用遺伝子や不良因子の検索の幅を広げるものであり、今後の研究の加速化が期待できる。