

# ゲノミック評価とヤングサイア

～2023年度乳用牛改良推進実施計画～

乳用牛改良推進協議会

2023年10月

- 供用する種雄牛を決めるためには、その種雄牛の遺伝的な能力を明らかにする必要があります。
- これまでは、種雄牛の遺伝的能力を知るために、その種雄牛の娘牛を生産し、その娘牛の泌乳成績や体型などのデータを集めて分析することで、種雄牛の能力を推計していました。
- この仕組みを後代検定といい、娘牛を生産するための交配を調整交配と言います。
- 調整交配では、より正確に遺伝的能力を分析できるようにするためには、偏りのないデータが必要ですので、ランダムな交配を基本としています。
- 近年、ゲノミック評価という技術が進展しています。ゲノミック評価は、能力を知りたい牛のDNAを分析（SNP検査）することで、直接的にその牛の遺伝的能力を推計することができる技術です。このため、雄牛が若い段階（ヤングサイア）で、遺伝的能力を推計できるようになりました。
- 今般、日本においてもこのゲノミック評価技術を本格的に活用できる環境が整いました。
- このことは、日本の乳用牛改良を大きく変える出来事であり、後代検定の仕組みも見直されることになりました。
- この資料では、このゲノミック評価とヤングサイアの活用による新しい乳用牛改良の仕組みを説明していきます。

乳用牛改良推進協議会※は、各都道府県の乳用牛改良関係者と連携して、我が国の乳用牛改良を推進しています。

2023年度は、これまでの検討を踏まえ、「ゲノミック評価の改善によって、遺伝的能力評価値の信頼度向上を図り、ヤングサイアの活用を図るとともに、後代検定を効率化する。」ことを柱とした取組みを進めます。

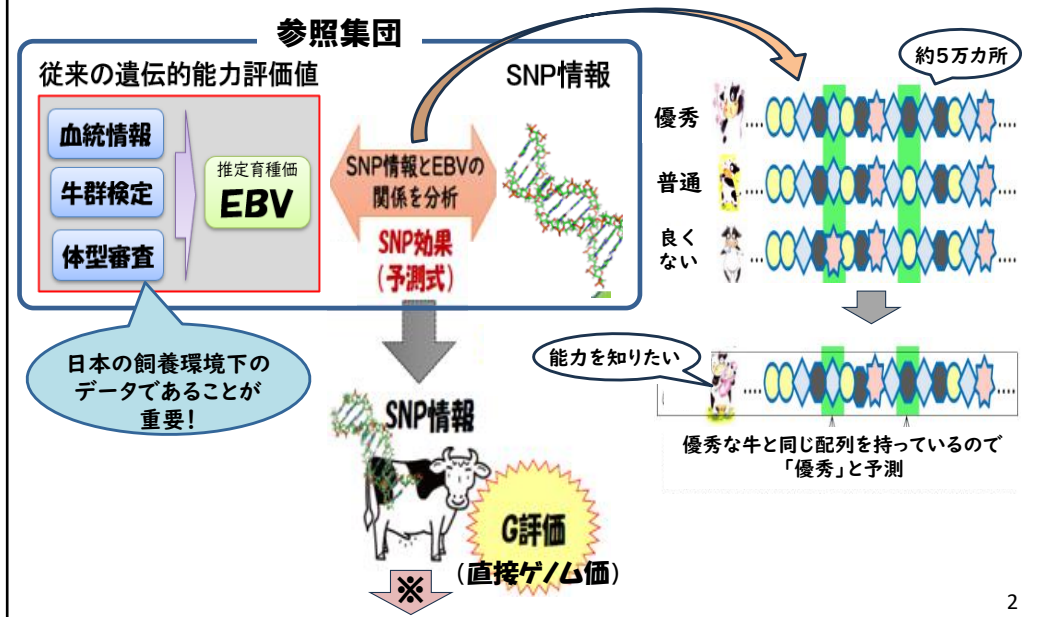
※(独)家畜改良センター、(一社)日本ホルスタイン登録協会、  
(一社)ジェネティクス北海道、(株)十勝家畜人工授精所、  
(一社)家畜改良事業団が令和2年に設立。

1

- 今回の乳用牛改良の見直しは、乳用牛改良推進協議会で議論されてきました。
- このため、まずは乳用牛改良推進協議会について紹介します。
- 我が国の乳用牛改良は、酪農家や各都道府県の関係機関のご協力をいただきながら、関係機関が連携して進めてまいりました。
- このような中、
  - ① ゲノミック評価技術が進展したことにより、この技術を我が国の改良に活かすための方法について議論を深める必要があること、また、
  - ② ゲノミック評価を改良に組み入れていく場合、様々な見直しを伴うため、いっそう生産者のご意見を聞く必要があることなどを背景に、令和2年（2020年）に、家畜改良センター、日本ホルスタイン登録協会、ジェネティクス北海道、十勝家畜人工授精所、家畜改良事業団が中心となって乳用牛改良推進協議会を立ちあげました。
- 乳用牛改良推進協議会では、後代検定の仕組や遺伝的能力評価技術などについて議論を進めています。
- 2023年度は「ゲノミック評価の改善によって、遺伝的能力評価値の信頼度向上を図り、ヤングサイアの活用を図るとともに、後代検定を効率化することを柱とした取組を進めることとしています。

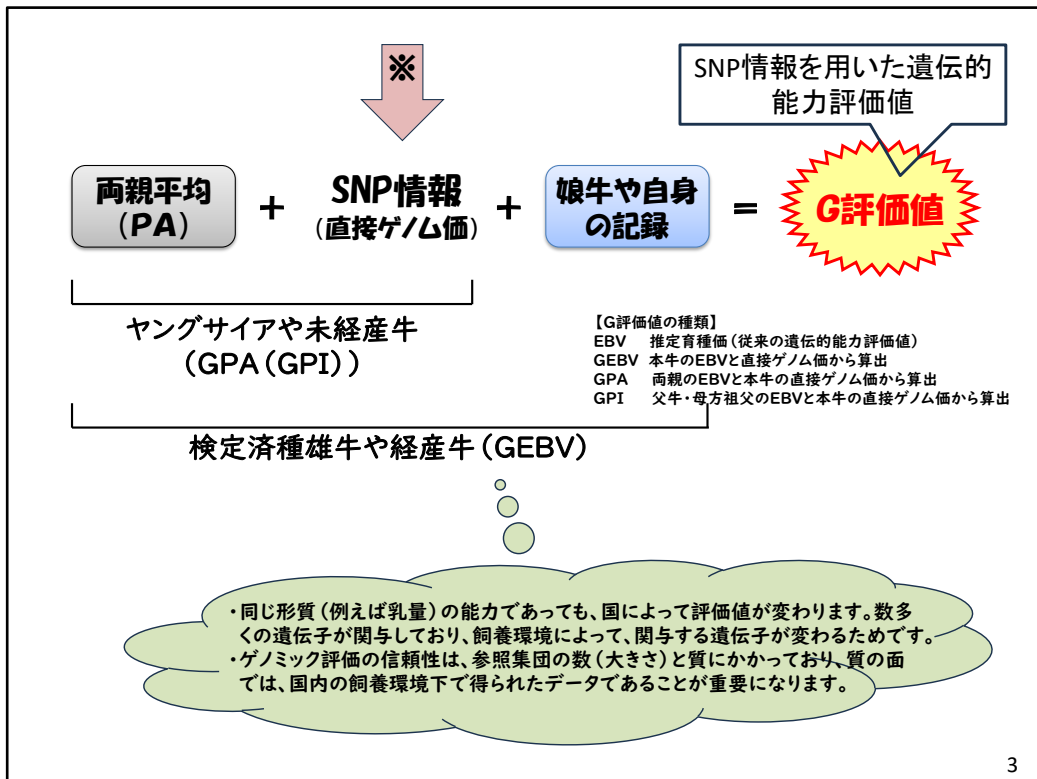
# I. はじめに

## ゲノミック評価のイメージ



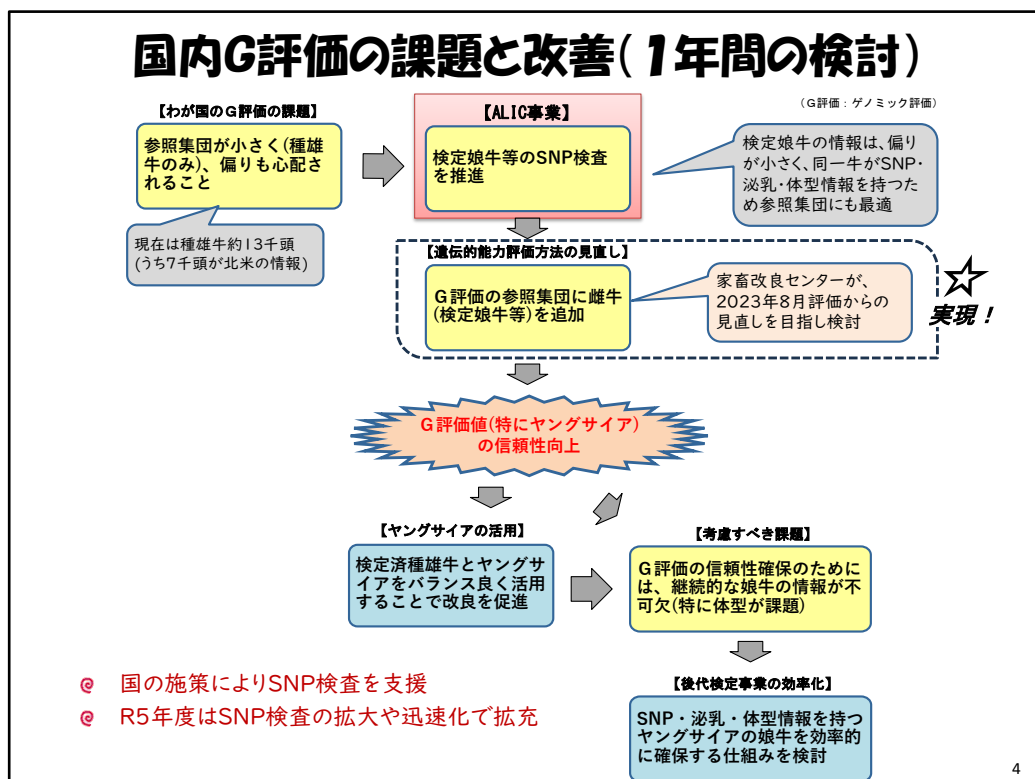
2

- それでははじめに、ゲノミック評価とはどのような技術なのか、説明します。
- 従来の遺伝的能力評価は、血統情報、牛群検定、体型審査の情報から推定育種価を計算していました。
- この方法では、子牛の段階の遺伝的能力は、父の能力と母の能力を足して2で割るという方法で計算していました。
- ゲノミック評価は、従来の遺伝的能力評価に加えて、SNP情報を活用します。
- SNP情報とは、約5万か所のDNAの配列の違いについての情報です。
- 右側の図の緑色の網掛けの部分を見ていただくと、優秀な牛は、青いひし形とグレーの六角形の組み合わせ  
普通の牛は、青いひし形と黄色の丸の組み合わせ  
良くない牛は、赤い星印と黄色の丸の組み合わせになっています。
- 能力を知りたい牛が子牛であっても、DNAを調べることでSNP情報がわかります。能力を知りたい牛のSNP情報は青いひし形とグレーの六角形の組み合わせとなっており、優秀な牛と同じDNAの並びになっていますので、優秀であると予測ができるというのがゲノミック評価のイメージです。
- また、ゲノミック評価を行うために必要な血統、牛群検定、体型審査の情報とSNP情報を合わせて、参照集団と呼び、ゲノミック評価の土台となるデータの集団です。



- このゲノミック評価には、2段階あります。
- 1段階目はヤングサイアや未經産牛のゲノミック評価で、両親平均とSNP情報から算出するものです。
- 2段階目は、それに加えて娘牛や自身の記録の情報を加えたものです。
- 2段階目の評価の方が情報量が増えますので、信頼度は高くなります。
- また、吹き出しにあるように
  - 同じ形質の能力であっても、国によって評価値が変わるということです。発現する能力には多くの遺伝子が関与しており、飼養環境によって、関与する遺伝子が変わるためです。
  - また、ゲノミック評価の信頼性は、参照集団の数(大きさ)と質にかかっており、質の面では、国内の飼養環境下で得られたデータであることが重要になります。
 ということが、今回の後代検定の見直しの大切な背景・ポイントになります。

# 国内G評価の課題と改善(1年間の検討)



- それでは、このゲノミック評価を我が国の乳用牛改良で活用するために、乳用牛改良推進協議会で2022年度から23年度にかけて、どのような検討を行ってきたか、について説明します。
- 信頼度の高いゲノミック評価を行うためには、参照集団の質と大きさが大事であることはこれまで説明した通りですが、これまでの我が国の参照集団は、小さくて偏りも心配される状況にありました。
- しかしながら、この参照集団を拡大するため、補助事業の支援も受けながら検定娘牛等のSNP検査を推進してきたところ、2023年8月から11万頭もの雌牛の情報を追加することができました。
- このことにより、我が国のゲノミック評価の信頼性が上がり、特にヤングサイアの選抜などに使えるようになりました。
- 今後は、検定済種雄牛とヤングサイアをバランスよく活用することで改良を推進できるようになったということです。
- しかしながら、考慮すべき課題もあります。ゲノミック評価の信頼性を確保するためには、継続的に娘牛の情報を収集することが不可欠ですので、SNP・泌乳・体型の各情報を効率的に確保できる後代検定の仕組みを検討してきました。

## 国産種雄牛を作る取組み

40年前に  
全国統一事業開始

27後検から徐々に  
予備選抜を強化

	1984 (59総合)	2008 (20後検)	2013 (25後検)	2018 (30後検)	2023 [計画]
候補種雄牛頭数	45	185	185	140	最大90 (前期39)
調整交配頭数	11,587	88,963	82,287	52,890	36,450

6,613戸が参加  
(全酪農家の34%)

5

- ここで、国産種雄牛を作る取組について説明します。
- 国産種雄牛の造成は、40年前に全国統一事業として開始されました。
- その当時は、候補種雄牛の頭数は45頭でした。
- その後、能力の高い検定済種雄牛を作出するためには、できるだけ多くの候補種雄牛を後代検定に掛けた方がよいことから候補種雄牛の頭数を185頭まで増やしています。
- 我が国においては、平成25年頃からゲノミック評価を開始し、徐々にではあります但し参照集団が拡大してきました。
- このため、平成27年の後代検定からは、ゲノミック評価を活用した予備選抜を強化し、2018年からは候補種雄牛を140頭まで絞り込むようになりました。
- 今年度の計画では、ゲノミック評価の本格的な活用が可能となったことから、最大90頭まで候補種雄牛、つまりヤングサイアの頭数を絞り込むことができるようになり、後代検定のための調整交配を効率化することができるようになりました。

# 国産種雄牛の役割

## ① 日本の飼養環境・課題に合った種雄牛

- 能力は、「遺伝的能力」と「環境の影響」の相互作用で発揮されます。

〔飼養環境（気候や給与飼料、飼養規模など）が異なれば、発揮される能力は異なります。〕

- 乳用牛の改良（遺伝的能力評価等）は、国ごとに行われていますが、国によって飼養環境や課題も異なります。

〔改良目標や総合指数は、国ごとの課題に対応したものとなっており、その国での利用を前提としたものとなっています。〕

〔海外の遺伝資源に過度に依存しては、日本に合った改良は難しくなります。〕

日本では、40年にわたり、日本に合った独自の改良を進めるための体制を関係者が協力・連携して作り、日本の飼養環境や課題に合った種雄牛づくりに取り組んできました。

NTPは、土地制約が比較的大きい我が国の酪農経営の改善を図るため、1頭当たりの生産効率（泌乳能力）に改良の主眼を置いてきました。また、泌乳持続性や高温多湿な気候に対応するための暑熱耐性など、日本独自の形質の評価に取り組んできました。

6

- さて、ここで改めて国産種雄牛の役割について考えてみたいと思います。
- まず一つ目は、日本の飼養環境・課題に合った種雄牛が必要だということです。
- 能力は、遺伝的能力と環境の影響の相互作用で発揮されますので、気候や飼料、飼養環境などが異なれば、発揮される能力は異なってくるということです。
- また、乳用牛の改良は、国ごとに行われていますが、国によって飼養環境や課題も異なります。
- 具体的には、改良目標や総合指数は、国ごとの課題に対応したものとなっていますので、その国での利用を前提としたものだという事、そして海外の遺伝資源に過度に依存しては日本に合った改良は難しくなるということです。
- このような中、日本では40年にわたり、日本に合った独自の改良を進めるための体制を関係者が協力・連携して作り、日本の飼養環境や課題に合った種雄牛づくりに取り組んできました。
- 日本の総合指数であるNTPは、土地制約が比較的大きいという日本の酪農経営を改善するために、1頭当たりの生産効率（泌乳能力）に改良の主眼を置いてきました。また、これまでも関係者のご意見を伺いながら、これまで数回にわたり、その時代の課題に沿った見直しを行ってきたところです。
- また、評価値を公表している泌乳持続性や暑熱耐性などは、日本独自の評価形質です。乳用牛改良推進協議会ではこのような日本に合った新しい評価形質の開発にも取り組んできました。

## ② 遺伝資源を海外に依存するリスクの回避

- 海外の遺伝資源に依存しすぎると、その利用は相手国の状況の影響を受けます。

〔世界では、現在でも凍結精液の輸入がストップする可能性がある特定の家畜疾病の発生報告があります。〕

- 海外の遺伝資源と競争関係にあることが、適正価格の維持には重要です。

〔優秀な遺伝資源ほど、販売戦略等の影響を受ける可能性があります。  
和牛では、国家戦略として日本から遺伝資源の流出を防ぐための措置を講じています。〕

日本では、40年にわたり、国産種雄牛造成を含む乳用牛改良体制を維持してきたことで、遺伝資源を海外に依存するリスクを抑制してきました。

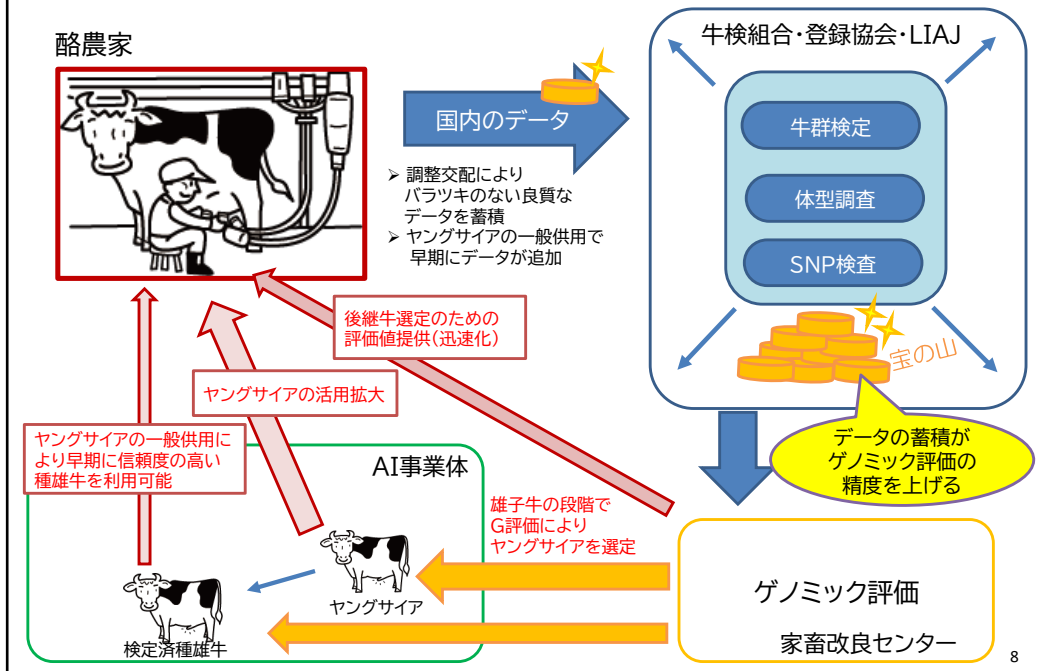
将来も安定的に酪農経営を継続するためにも、生乳生産に不可欠な物資である精液等も自国内で改良・供給できる体制の維持・強化が重要です。

7

- 国産種雄牛の役割の二つ目は、遺伝資源を海外に依存するリスクを回避することだと考えています。
- それではどのようなリスクがあるのかということの一つには、海外の遺伝資源に依存しすぎると、その利用は相手国の状況の影響を受けるということです。
- 例えば、家畜疾病です。世界では現在でも凍結精液の輸入がストップする可能性がある特定の疾病の発生が報告されています。
- もう一つは海外の遺伝資源と競争関係にあることが適正価格の維持には重要だということです。
- 遺伝資源を完全に海外に依存してしまえば、海外の売り手市場になりますし、優秀な遺伝資源ほど販売戦略の影響を受ける可能性もあります。
- 逆に我が国の貴重な遺伝資源である和牛については、令和2年に法改正を行うなど国家戦略として日本から遺伝資源が流出することを防ぐための措置を講じています。
- このような中、日本では、40年にわたり国産種雄牛造成を含む乳用牛改良体制を維持してきたことで、遺伝資源を海外に依存するリスクを抑制してきました。
- 将来も安定的に酪農経営を継続するためにも、生乳生産にとって不可欠な物資である精液等も自国内で改良・供給できる体制を維持・強化することが重要です。



日本の乳用牛改良体制は、全国の酪農家(経営で得られるデータの提供)や関係機関(得られたデータの分析・評価)の協力関係により成り立っています。



- この絵は、日本の改良体制を簡単なイメージにしたものです。
- 日本の乳用牛改良体制は、全国の酪農家の経営で得られるデータを提供いただき、関係機関が得られたデータを分析・評価するという協力関係の中で成り立っています。
- 今般、ゲノミック評価の信頼性があがり、ヤングサイアを利用を進めていくことになりましたが、このことにより、赤い矢印で示したような酪農家にとってのメリットを提供できるようになりました。
- 一つは、後継牛選定のための評価値提供の迅速化、
- 二つ目は、ヤングサイアの活用拡大、
- 三つめは、ヤングサイアの一般供用により、早期に信頼度の高い検定済種雄牛を利用できるということです。
- それぞれ詳しくは後ほど説明しますが、これらのメリットをより大きくする(赤い矢印を太くする)ためには、酪農家からの国内データの蓄積がとても重要になります。
- 酪農家からのデータは宝です。国内でデータを蓄積し宝の山が大きくなるようご理解とご協力をお願いいたします。

## II. 2023年度乳用牛改良推進実施計画

- ② 乳用牛改良推進協議会は、7月14日開催した「乳用牛改良推進会議」において、本年度の実施計画が決定しました。
- ② 「乳用牛改良推進実施計画」は、乳用牛の改良方針の検討、後代検定や調整交配の全国調整、遺伝的能力評価の技術手法の検討など、乳用牛改良関係団体や学識経験者、酪農家等から構成される検討委員会を経て、乳用牛改良推進会議で決定されます。
- ② 今年度の後代検定の実施計画、遺伝的能力評価手法の変更や公表方法、今後の対応方針等は、この実施計画に基づき推進されます。

9

- ここからは、2023年度の乳用牛改良推進実施計画についてご説明します。
- 乳用牛改良推進実施計画では、その年度に行う後代検定や調整交配の全国調整の方法、遺伝的能力評価の技術手法の検討などについて定めています。
- この実施計画を定めるにあたっては、乳用牛改良関係団体や学識経験者、酪農家などから構成される検討委員会や乳用牛改良推進会議で議論いただき決定しています。

### 【2023年度の基本方針】

1. ゲノミック評価(G評価)の改善
2. ヤングサイアの活用
3. 調整交配の再構築
4. 後代検定の効率化
5. 雌牛G評価の迅速化
6. 情報の拡充
7. 理解を深めるための取り組み

10

- 2023年度の乳用牛改良推進実施計画では、7つの基本方針を定めています。
- それでは、この7つの基本方針に沿って、具体的な内容を説明します。

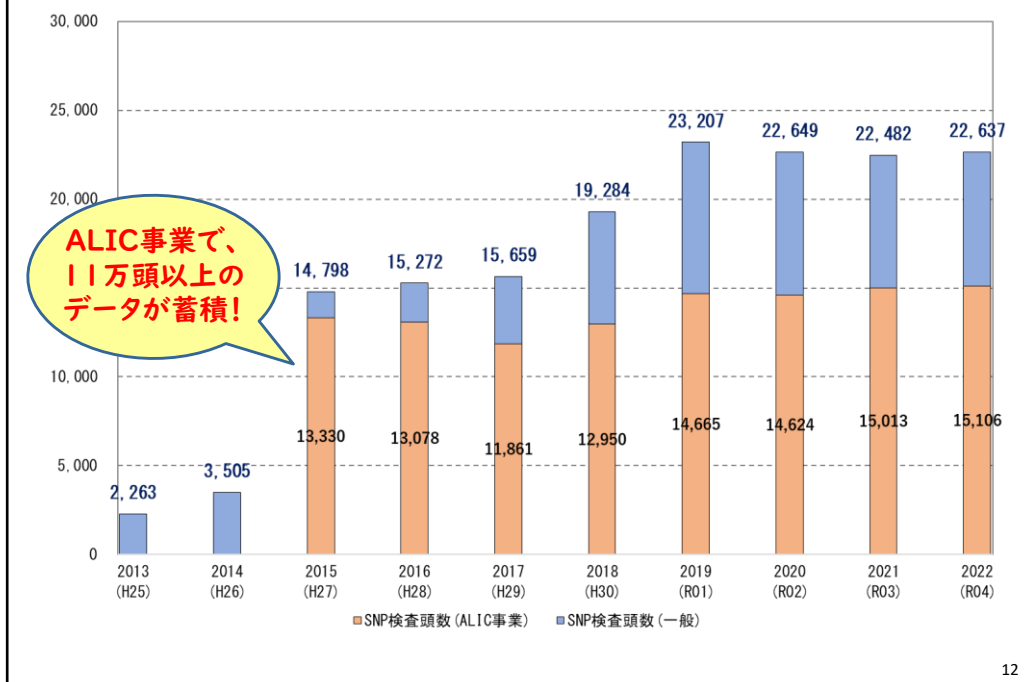
## 1. ゲノミック評価の改善

- ④ わが国のG評価は、2013 (H25) 年から開始し10年が経過。
- ④ G評価の参照集団が小さく(種雄牛のみ)、偏りも心配だった。
- ④ 国の施策 (ALIC事業) で、**約11万頭の雌牛のSNP情報を蓄積!**
- ④ 後代検定娘牛のSNP情報は、**偏りのない良質なデータ。**
- ④ **参照集団に雌牛データを追加**すると、G評価の**精度が大幅に向上!**

11

- まず一つ目の基本方針、ゲノミック評価の改善について説明します。
- 日本では2013年からゲノミック評価を開始し、10年が経過しました。
- これまでは、ゲノミック評価の参照集団が小さく、偏りも心配だったことから、補助事業も活用しながら約11万頭の雌牛のSNP情報を蓄積してきました。
- 追加した後代検定娘牛のSNP情報は偏りのない良質なデータですので、ゲノミック評価の精度が大幅に向上しました。

# SNP検査申し込み件数



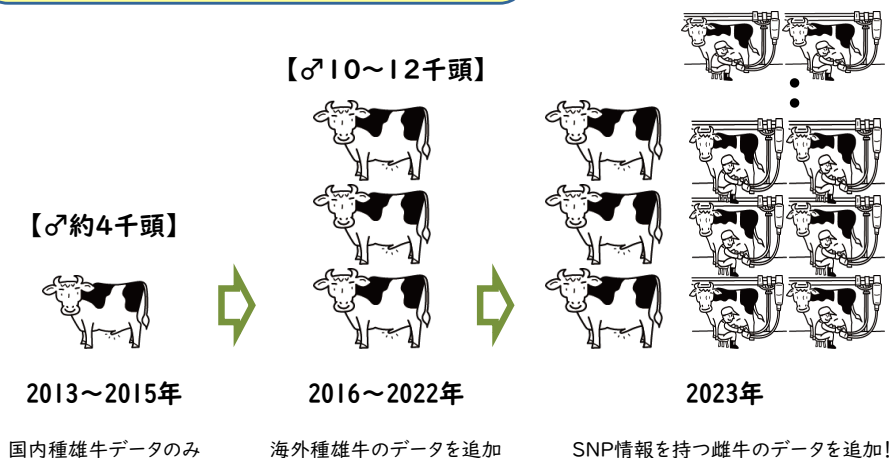
- 2023年8月に11万件の雌牛のデータが参照集団に追加されましたが、どのようにSNP検査の件数が増えてきたか、SNP検査の申込件数をグラフにしました。
- オレンジ色の棒が補助事業によるSNP検査の件数になります。平成27年度以降、年間12000～15000程度のデータが追加されています。

## 参照集団の拡大

ALIC事業で収集した雌牛情報（検定娘牛と同世代牛）は、偏りがなく、参照集団に最適！

雌牛データの追加により、ヤングサイアや未經産牛のG評価値の信頼度は4～15%増加！

【♂13千頭+♀11万頭】



13

- 先ほどのグラフのようにSNP検査頭数が増加したことで参照集団も拡大しました。
- 2013年～15年にかけては、参照集団は国内の種雄牛データのみ約4000頭、2016年からは海外の種雄牛データを追加できたことで雄牛のみで1万～1万2千頭まで拡大しこの頃からゲノミック評価を予備選抜に利用するようになりました。
- そして今年から雄牛1万3千頭に加え、後代検定の娘牛などの偏りがなく質の良いデータが11万頭追加されたことで、我が国のゲノミック評価の信頼度が格段に上がりました。

# 評価値の信頼度の目安

	従来の評価 (ゲノム情報を利用しない評価)		ゲノミック評価 (雌牛を参照集団に加えた場合)						
	NTP	空胎日数	NTP	乳量	決定得点	SCS	在群能力	娘牛受胎率	空胎日数
				(0.50)	(0.24)	(0.100)	(0.051)	(0.020)	(0.053)
ヤングサイア	[32]	[19]	65	74	59	46	44	38	44
検定済(娘牛50頭)	86	56	89	92	83	78	71	54	63
検定済(娘牛1000頭)	99	94	99	99	98	98	96	86	94

※ ( )は、各形質の遺伝率。

※ [ ]のヤングサイアの信頼度は、P A(両親の評価値の平均値)の信頼度の目安。  
父牛がヤングサイアや母牛が未経産牛の場合は、そもそも評価値が得られない。

(独)家畜改良センター調べ

14

- それでは参照集団が拡大したことで、どれくらい信頼度が上昇したのか、評価値の信頼度についてみてみたいと思います。
- 赤で囲っているのがNTPの信頼度、黄色が遺伝率の低い空胎日数の信頼度になります。
- 従来の評価方法では、ヤングサイアのNTPの信頼度は32となっています。娘牛のデータが50頭まで増えると86、1000頭まで増えると99まで高まります。
- ゲノミック評価で大きく違うのはヤングサイアの信頼度です。従来の評価方法で32だったものが65まで信頼度が上がっています。
- 遺伝率の低い空胎日数では、19が44まで上がっているのがわかります。つまり、ゲノミック評価によりヤングサイアの信頼度を大きく上げることができたことがわかります。
- とはいえ信頼度が65ということで、従来の検定済種雄牛よりも低い値になっています。今回NTPの信頼度が65まで上がったということはどれくらい意味があることなのかはこのあと説明します。

## 2. ヤングサイアの活用

- ④ 候補種雄牛（ヤングサイア）のレベルは年々向上。
- ④ G評価の信頼度の向上により、ヤングサイアの真の遺伝能力が、**検定済を下回る可能性は大きく低下**。  
⇒世代が進んだ、**ヤングサイアを積極的に活用!**
- ④ **ヤングサイアの一般供用**により、後代検定結果判明時には従来より多数の娘牛情報を得た（**信頼度の高い**）**検定済種雄牛**が誕生。
- ④ 「ヤングサイア」と「より信頼度の高い検定済種雄牛」をバランス良く活用し、**乳用牛改良の加速化**。

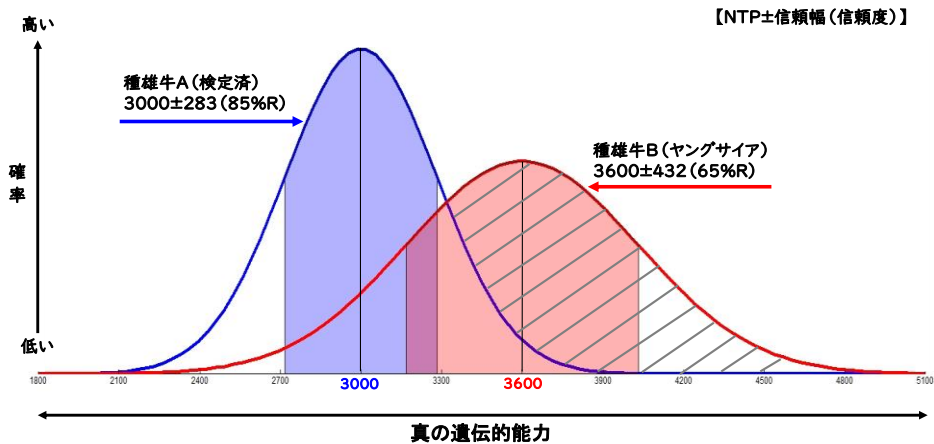
2023-8月評価より、  
ヤングサイア上位100頭を公表!

15

- 基本方針の2番目、ヤングサイアの活用です。
- 参照集団が拡大したことでゲノミック評価の信頼度が上がり、特にヤングサイアの信頼度が上がったことは説明しました。
- このことで、ヤングサイアを活用していこうという状況になったわけですが、なぜ、ヤングサイアを利用しても大丈夫になったかについて説明します。
- まずは、能力が高い親牛から次世代の種雄牛を作っていきますので、ヤングサイアのレベルは年々向上しているということがあります。
- 次に、ゲノミック評価の信頼度が上がったことにより、ヤングサイアの能力が検定済種雄牛を下回るリスクが大きく下がりました。この点については後ほど詳しく説明します。
- また、ヤングサイアを一般供用することで、後代検定終了時には、これまでより多くの娘牛情報が集まることから、より信頼度の高い検定済種雄牛になります。
- こういったことから、ヤングサイアと、より信頼度の高い検定済種雄牛をバランスよく使って改良を進めようということになったわけです。



# ヤングサイアの特徴



- ④ 例えば、種雄牛A(検定済)と、種雄牛B(ヤングサイア)がいたとします。
- ④ NTPの年当たり改良量は200ポイント程度なので、3年ほど世代が進んでいるヤングサイアは、平均的に600ポイントほど高い評価値と考えられます。
- ④ 真の遺伝能力は、種雄牛B(ヤングサイア)が、種雄牛A(検定済)を下回る可能性は低いことがわかります。

16

- それでは、ゲノミック評価の信頼度が65まで上がったということはどれくらい意味のあることなのか、説明したいと思います。
- この図の縦軸は信頼度、横軸は遺伝的能力を表します。
- 信頼度が高ければ山は高くなり、すそ野は狭くなります。このため、検定済種雄牛を表す青い山は高く細い形、ヤングサイアは検定済種雄牛よりは信頼度が低いのでヤングサイアを表す赤い山は低くすそ野が広い形をしています。
- 次に遺伝的能力についてみてみます。NTPは1年当たり200ポイントほど向上しています。ヤングサイアは検定済種雄牛よりも3年ほど世代が進んでいるので200ポイント×3年で600ポイントほど能力が高くなっていますので、その分、ヤングサイアの山が能力が高い方(右側)にずれています。
- ここで、二つの山とも色がついた部分がありますが、この幅を信頼幅といい、概ねこの色付きの範囲内のバラツキにとどまるだろうという目安です。
- これまでのヤングサイアの山は、これほど高くなかったので、すそ野も横に広がり、ヤングサイアの信頼幅の範囲(赤い色付きの部分)で能力が低い方(左端の方)は、検定済種雄牛の平均値よりも低いところがありました。つまり、世代が進んで能力が向上しているヤングサイアでも検定済種雄牛よりも能力が下回る可能性がある程度の割合で残っていたということになります。
- これが今回ヤングサイアの信頼度が65まで上がったことで、この図のようにヤングサイアの信頼幅の範囲(赤い色付きの部分)で一番能力が低いところに来ても、検定済種雄牛の上位には入ってくるという状況になったということです。このため、ヤングサイアのゲノミック評価値が十分信頼するに足るものになったということを表しています。

## 検定済種雄牛とヤングサイア(NTPの分布)

NTP	検定済種雄牛 (供用中)	ヤングサイア (供用中)	ヤングサイア (2023前期)
3500以上			3
3000～3499		22	21
2500～2999	4	12	15
2000～2499	25	1	
1500～2999	22	2	
1000～1499	11		
999以下	2		
計	64	37	39

乳用種雄牛評価成績 2023-8月

17

- それでは、2023年8月評価における検定済種雄牛とヤングサイアのNTPの評価値を比べてみます。
- 検定済種雄牛に比べ、ヤングサイアの能力が高いことがよくわかります。
- 今回選定されたヤングサイア（いままでの候補種雄牛）では、NTP 3500を超えるものが3頭、比較的能力が低いものでも検定済種雄牛の上位に相当する能力を持っています。

## 検定済種雄牛とヤングサイア(上位牛)

NTP					
検定済種雄牛			ヤングサイア		
1位	ブーティ	2773	1位	ハイプレナス	3460
2位	パリス	2618	2位	セカンドルーフ	3437
3位	ミルン	2589	3位	デーヴァ	3332
上位10頭の平均		2521	上位10頭の平均		3276

+755

乳用種雄牛評価成績 2023-8月

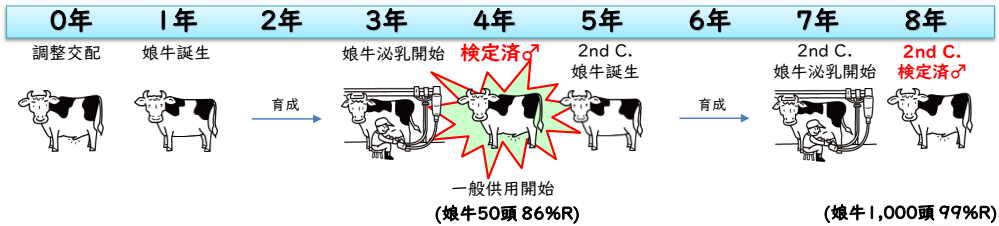
- ② ヤングサイア上位10頭のNTPの平均は、検定済種雄牛を755も上回る。
- ② ヤングサイアの100位は、検定済種雄牛の3位相当!

18

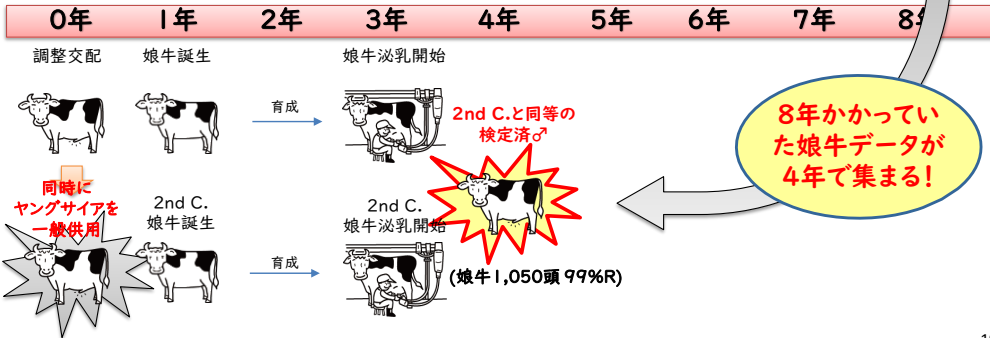
- もう少し具体的に見てみると、
- ヤングサイア上位10頭のNTPの平均は、検定済種雄牛を755も上回っています。
- また、ヤングサイアの100位の牛は、検定済種雄牛の3位に相当しています。

# よい信頼度の高い検定済種雄牛のイメージ

## ■従来の後代検定



## ■後代検定と同時にヤングサイアとして利用した場合



19

- さてここで、ヤングサイアを一般供用することのもう一つのメリットである「より信頼度の高い検定済種雄牛を早期に利用できる」ということについて説明します。
- 上段は、従来の検定済種雄牛の利用を前提とした流れですが、検定済みになるまでには、0年目の調整交配から娘牛が誕生し、娘牛のデータが取れるまで4年間かかっていました。その後、一般供用ということになりますので、セカンドクロップが取れて娘牛1000頭のデータが集まることで信頼度が99%まで上昇するまでは、8年間かかっていました。
- 下段は、ヤングサイアを一般供用した場合ですが、調整交配を行うタイミングと近いタイミングでヤングサイアが一般供用されます。このため、調整交配による娘牛のデータがとれるまでのタイミングとセカンドクロップのデータがとれるまでのタイミングがほぼ同じタイミングとなることから、4年目には1000頭の娘牛のデータが集まり99%の信頼度を得ることも可能となります。
- このようにヤングサイアの利用は、
  - ① 能力が高い種雄牛を早く使えること、
  - ② 早いタイミングで高い信頼度の能力評価値をもった種雄牛を利用できること
 の二つのメリットがあるということになります。
- この二つをバランスよく使うことで改良を効率的に進めることが可能となると考えています。

### 3. 調整交配の再構築

- ② 後代検定における調整交配の目的を、「検定済種雄牛作出のための検定娘牛の確保」から、「G評価の信頼性の維持・向上のための最新世代のデータ収集」に見直す。
- ② 娘牛生産・配置の仕組みは、現行を基本とする。

20

- 続いて、3つ目の基本方針である「調整交配の再構築」について説明します。
- これまで説明してきた通り、ヤングサイアのゲノミック評価の信頼度が上がったことで、ヤングサイアの一般供用が可能となりました。
- このことで、これまでの検定済種雄牛の利用を基本とした対応を見直すことができるようになり、改良速度を上げることができるようになりました。
- 一方で、特に遺伝率の低い形質などについては、その能力をしっかりと確認した上で使いたいということもあろうかと思いますので、娘牛のデータを加えたより信頼度の高い種雄牛の能力評価値は今後も必要です。
- さらに、ゲノミック評価においては、参照集団を質が良く偏りのないデータで、より大きく、より新しくしていくことが大事です。
- このため、後代検定の目的を「検定済み種雄牛作出のための検定娘牛の確保」から「ゲノミック評価の信頼性の維持・向上のための最新世代のデータ収集」という位置づけに見直しています。
- しかしながら、調整交配による娘牛のデータは良質なデータですので、これまで同様の娘牛の生産・配置の仕組みは現行の仕組みを基本とすることで引き続き良質なデータを収集していくこととしています。

## 4. 後代検定の効率化

- ② G評価を活用し、調整交配を行うヤングサイア※は厳選。
- ② 具体的には、調整交配終了後に一般供用するものと、アウトクロスや遺伝率が低い形質等に特徴を有し、娘牛成績の確認が必要なもの等に絞り込んでいく。
  - ⇒ 2023後検は最大90頭（前期45頭、後期45頭）
  - ⇒ 前期は39頭で確定

※) 調整交配後の一般供用が基本となるため、2023年度から「候補種雄牛」の用語を用いないこととしました。

※) 調整交配は通常精液で行われます。性選別精液の生産が可能となる月齢の個体差が大きく、ヤングサイアのメリットである「若さ」が確保できなくなることが理由です。（なお、雄子牛が生まれた場合には、6千円が交付されます。）

21

- 続いて、4つ目の基本方針「後代検定の効率化」について説明します。
- ゲノミック評価により、雄子牛の段階で遺伝的能力を高い精度で知ることができるようになりました。
- このことにより、ゲノミック評価により高い能力が期待される雄子牛を絞り込んだうえで調整交配を行うことができるようになりますので、調整交配を行うヤングサイアを厳選することとしました。
- 具体的には、調整交配終了後に一般供用するものと、アウトクロスや遺伝率が低い形質等に特徴を有し、娘牛成績の確認が必要なもの等に絞り込んでいくこととし、2023年度は最大90頭まで絞り込む計画としました。
- さらには、枠として前・後期それぞれ45頭の枠を用意しますが、45頭を前提とせず、より期待できるものだけを調整交配に掛けることとしています。このため、今年度前期の調整交配は39頭までヤングサイアを絞り込んでいます。
- なお、ヤングサイアは調整交配後の一般供用を基本としますので、今後は従来の「候補種雄牛」という用語は使わないようになります。

- ② その一方で、調整交配協力農家のSNP情報の収集を拡大（ALIC事業を拡充）し、後代検定娘牛の泌乳記録、体型審査、SNP情報をセットで収集。
- ② 検定済種雄牛の国内必要頭数を根拠とした、総合指数トップ40※の推奨を廃止。

※) 総合指数トップ40の推奨は2008年度に開始。

目的であった遺伝的能力に基づく種雄牛選定が定着した中、  
検定済種雄牛とヤングサイアを混在させたランキングは適切でない  
(それぞれの特徴を踏まえた活用が重要である)ことから、  
役割は果たしたと判断。

22

- 調整交配に掛けるヤングサイアは厳選していきますが、参照集団の拡大のためには、SNP情報の収集を拡大する必要がありますので、補助事業を拡充し、後代検定娘牛の泌乳記録、体型審査、SNP情報をセットで収集していきます。
- また、これまで検定済種雄牛のトップ40の利用を推奨してきましたが、このトップ40の推奨は、遺伝的能力に基づく種雄牛選定・利用を進めるということを目的としていました。
- この考え方は2008年度の開始以降十分定着したということや娘牛データを持つ検定済種雄牛とそれを持たないヤングサイアを直接的に比較し、混在させたランキングとすることは情報発信の仕方として適切ではないことから、トップ40の推奨は廃止することとしました。

## 5. 雌牛G評価の迅速化

- ④ 申込受付・血統確認(日本ホルスタイン登録協会)、SNP検査(家畜改良事業団)、G評価(家畜改良センター)の作業をそれぞれ効率化し、**雌牛G評価を迅速化**。
- ④ 家畜改良センターは、公式評価(年3回)、中間評価(月1回)に加え、「**速報値**」を**週1回提供**。(2023-8月評価から)
- ④ 速報値は、公式評価値と**非常に高い相関**(0.99)。
- ④ SNP検査の**申し込みから概ね1カ月**で、日本ホルスタイン登録協会のホームページで「速報値」や遺伝子解析情報等が検索可能。

23

- 次に5つ目の基本方針、「雌牛のゲノミック評価の迅速化」について説明します。
- 現在、我が国のゲノミック評価は、
  - ・ 申し込みの受付、血統の確認を日本ホルスタイン登録協会、
  - ・ SNP検査を家畜改良事業団、
  - ・ ゲノミック評価を家畜改良センターが役割分担しながら進めています。
- これまでゲノミック評価値の提供は、年3回の公式評価、月1回の中間評価という形で行っており、月1回の中間評価でもSNP検査の申込から2~3カ月後でないと評価値を提供することができませんでした。
- 2023年8月からは、これまでの提供に加えて週1回の速報値を提供することとしました。
- 速報値は、計算を早く行うため、計算方法を一部簡略化してはいますが、公式評価値との相関は0.99と高くなっています。
- このことにより、酪農家の皆さんにとっては、SNP検査を申し込んでもらってから概ね1カ月で評価値を確認いただけるようになり、後継牛の選定などにご利用いただきやすくなりました。



# 遺伝評価の時期

## ■ 種雄牛

### ◎ 国内種雄牛・・・GEBV

- ➡ 公式評価・・・年2回(2、8月)公表

### ◎ 若雄牛(ヤングサイア)・・・GPA

- ➡ 公式評価・・・年2回(2、8月)公表
- ➡ 中間評価・・・毎月計算(公式評価後、新たに評価された個体のみ)
- ➡ (速報値)

### ◎ 海外種雄牛

- ➡ 国際評価値(インターバル)を年3回(4、8、12月)公表・・・EBV
- ➡ 海外ヤングサイアの、日本で計算したG評価値を公表・・・GPA

## ■ 雌牛

### ◎ 経産牛・・・GEBV

- ➡ 公式評価・・・年3回(2、8、12月)公表

### ◎ 未經産牛・・・GPA

- ➡ 公式評価・・・年3回(2、8、12月)公表
- ➡ 中間評価・・・毎月計算(公式評価後、新たに評価された個体のみ)
- ➡ **速報値**・・・毎週計算(一部簡略した計算手法により計算、評価値はWeb検索)

公式評価、  
中間評価に加え、  
「速報値」を毎週提供!

※ 速報値は公式評価ではないが、SNP検査の申込から概ね1ヶ月で評価値をWeb検索可能。

24

- 種雄牛、雌牛毎にどのようなタイミングで遺伝評価値の提供をしているかについて、整理していたものですので、ご確認ください。

# ゲノミック評価速報

**ゲノミック評価速報**

登録番号

登録番号 : 1■■■■ 5628 4      生年月日 : 2023.03.16

HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HH6F HPOF

**ゲノミック評価成績** 2023-08月公表 (08月21日計算分)

総合指数	G +2641	体型形質	
産乳成分	+2498	決定得点	+0.19
耐久性成分	+207	体貌と骨格	-0.31
疾病繁殖成分	-64	肢蹄	-0.02
乳代効果	+107072	乳用強健性	+0.37
長命連産効果	+86652	乳器	+0.35
<b>泌乳形質</b>		高さ	+0.58
乳量	+740kg	胸の幅	+0.54
乳脂量	+0.8kg	体の深さ	+0.57

25

- 日本ホルスタイン登録協会のホームページでの速報値の提供画面となります。
- このような情報が、検査申し込みから概ね1カ月で確認いただけるようになりましたので、後継牛の選定等に活かしていただければと思います。

## 6. 情報の拡充

- ② 分娩形質（難産率・死産率）のG評価を開始。
  - ➡ ヤングサイアや未經産牛のG評価値が公表される
- ② SNP情報を持たない雌牛の「在群能力」の間接評価を開始
  - ➡ NTPの計算でも利用（現在は、便宜的に±0としてNTPを計算）
- ② SNP検査で得られる、遺伝子解析情報を拡充進める。
  - ➡ A2（βカゼイン2型）、κカゼイン、βラクトグロブリンなど
  - ➡ HCAJの牛群遺伝情報（Web版）等で遺伝子保因情報を表示
- ② 新たな評価形質のG評価を開発中
  - ➡ 耐病性や繁殖性、飼料効率、子牛生存率など

26

- 次に6つ目の基本方針である「情報の拡充」について説明します。
- 後継牛の選定や利用する精液を決めるにあたっては、経営によって様々な考え方があろうかと思います。その際、多くの情報があることは大切なことであると考えています。
- 乳用牛改良推進協議会では、これまでも新しい評価形質の追加や遺伝子情報の提供について取り組んできました。
- 今年度からは、
  - ・ 分娩形質として難産率、死産率のゲノミック評価を開始することとしており、2024年2月の評価からの提供を予定しています。
  - ・ また、在群能力の間接評価を開始するほか、
  - ・ 遺伝子情報として、A2等の情報提供も開始することとしています。
- 乳用牛改良推進協議会では、近年関心が高くなってきている耐病性や繁殖性、飼料効率等の新たな評価形質のゲノミック評価の開発に向けた検討を進めてまいります。

# 遺伝評価の形質

指数	泌乳形質	体型(得点)形質	体型(線形)形質		管理形質
●総合指数	●乳量	●体貌と骨格	●高さ	●前乳房の付着	●体細胞スコア
○産乳成分	●乳脂量	●肢蹄	●胸の幅	●後乳房の高さ	●在群能力
○耐久性成分	●乳脂率	●乳用強健性	●体の深さ	●後乳房の幅	●泌乳持続性
○疾病繁殖成分	●乳蛋白質量	●乳器	● <b>肋の構造</b>	●乳房の懸垂	●暑熱耐性
●長命連産効果	●乳蛋白質率	●決定得点	●BCS	●乳房の傾斜	●空胎日数
●乳代効果	●無脂固形分量	(5形質)	●尻の角度	●乳房の深さ	●娘牛受胎率(初産)
(6形質)	●無脂固形分率		●坐骨幅	●前乳頭の配置	●氣質
	(7形質)		●後肢側望	●後乳頭の配置	●搾乳性
			●後肢後望	●前乳頭の長さ	(8形質)
			●蹄の角度	(19形質)	
					●産子難産率※
					●娘牛難産率※
					●産子死産率※
					●娘牛死産率※
					(4形質)

※ ゲノミック評価に対応中の形質

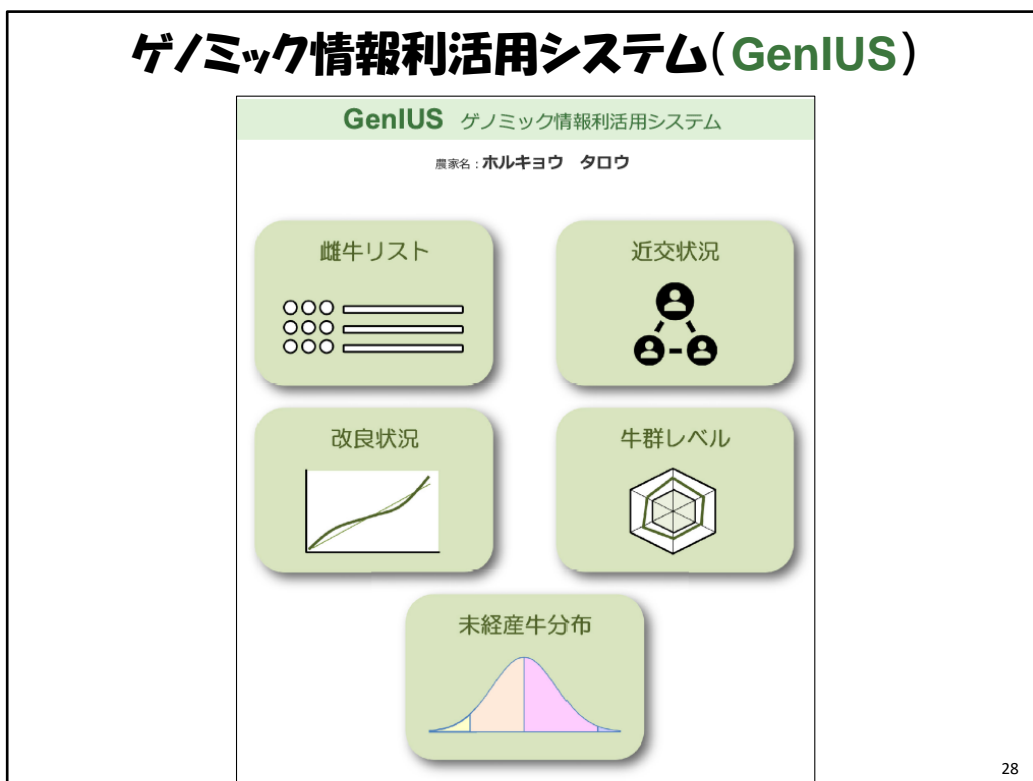
(独)家畜改良センター 2023-8月評価 27

新たな評価形質の  
開発も進んでいます

2023-8月評価から  
「鋭角性」が「肋の構造」に変更

- この表は、現在我が国で行っている評価形質の一覧になります。
- 2023年8月からこれまで「鋭角性」となっていたものが「肋の構造」に名称変更になっています。

# ゲノミック情報利活用システム(GenIUS)



- 乳用牛改良推進協議会では、情報の拡充にも取り組んでおりますが、酪農家の皆様がゲノミック評価値などの情報をより使いやすくご利用いただくために、日本ホルスタイン協会では、「GenIUS（ゲノミック情報利活用システム）」というシステムを提供しています。
- 雌牛リストや近交状況、改良状況、牛群レベル、未經産牛分布といった情報を確認できるシステムです。
- 是非、経営に役立てていただければと思います。

# ゲノミック情報活用システム(GenIUS)

雌牛 遺伝評価・遺伝子保因情報							
登録番号	: 16XXX 2749 8	生年月日	: 2023.02.01	名 号	: カルネリナリ 特選レイト グリーン		
父 牛	: 840 3142352961	母 牛	: JPN 14XXX23782	近交係数	: 9.94	交配予定種群中との近親平均を計算	
<b>遺伝評価成績</b> (2023年08月公表) <span style="float:right">簡易版(印刷用)はこちら</span>							
形 質	GPI(%R)	% ランク	標準化育種値				
			-2	-1	0	1	2
総合指数 (GNTP)	+2,874	2					高い
乳代効果 ¥	+90,748	20					
長命連産効果 ¥	+132,393	34					
<b>産乳成分</b>	<b>+1,976</b>	<b>7</b>					
乳量(kg)	+606 (74)	11					高い
乳脂量(kg)	+63 (74)	13					高い
無脂固形分量(kg)	+84 (57)	6					高い
乳タンパク質量(kg)	+44 (71)	25					高い
乳脂率(%)	+0.42 (81)						高い
無脂固形分率(%)	+0.26 (70)						高い
乳タンパク質率(%)	+0.23 (80)						高い
<b>耐久性成分</b>	<b>+668</b>	<b>2</b>					
高さ	+0.49 (75)						高い
胸の幅	-0.28 (62)						低い
体の深さ	-1.03 (68)						低い
肋の構造	-0.87 (56)						低い

29

- このシステムでは数字の羅列ではなく、グラフにより可視化した情報を見ることができます。
- 今後もわかりやすい情報提供に努めてまいります。

## 7. 理解を深めるための取り組み

- ④ 国内G評価とヤングサイアに対する理解を深めるため、**わかりやすい資料の作成や情報発信**等を行う。
- ④ 関係者への**説明や意見交換の場**なども設定し、関係者への理解醸成の取り組みを行う。
- ④ 後代検定の目的や**国内で乳用牛改良を行う意義**など、特に家畜人工授精師等、酪農家に近い技術者の理解を深めるための取り組みを行う。
- ④ 乳用牛改良推進ブロック会議において、関係者の理解を深めるための説明や意見交換を行う。

30

- 次に7つ目の基本方針である「理解を深めるための取組」について説明します。
- これまで説明してきたように、今回のゲノミック評価とヤングサイアの活用に伴う一連の見直しは、専門的な情報もありますし、これまでの考え方を変更する部分もあります。
- こういった見直しの内容をご理解いただくため、
  - ・ わかりやすい資料の作成や情報発信、
  - ・ 関係者への説明や意見交換の場などの設定により、関係者への理解醸成の取り組みを行ってまいります。
- また、後代検定の目的や国内で乳用牛改良を行う意義など、特に家畜人工授精師等、酪農家に近い技術者皆様のご理解を深めるための取り組みを行っているところです。
- 今後も引き続き、様々な機会を活用しながら、我が国の乳用牛改良についての理解醸成に向けて丁寧な説明を行ってまいりたいと考えております。講演等のご希望がありましたら、是非対応させていただきたいと考えておりますので、乳用牛改良推進協議会までご連絡ください。
- さらに（公社）中央畜産会のご協力を得て、「**がんばる畜産！**」というテレビ番組で乳用牛改良の取組を紹介する映像を制作しています。グリーンチャンネルや中央畜産会HPからご覧いただけるようになりますので、是非、ご期待いただければと思います。

# まとめ

## ◎ ゲノミック評価の信頼性が向上

- ➡ 後代検定娘牛等の情報は、**偏りのない良質なデータ**
- ➡ **参照集団に追加**することで、G評価の**信頼性が大幅に向上**

## ◎ ヤングサイアを積極的に活用

- ➡ G評価の信頼性が向上し、**ヤングサイアの信頼度が大きくアップ!**
- ➡ 検定済種雄牛とヤングサイアを**バランス良く利用**して、改良を加速化

## ◎ 雌牛のG評価を迅速化

- ➡ 申し込みから**1ヶ月でG評価結果が判明**(速報値をWeb検索)
- ➡ 「**速報値**」を**毎週提供**。  
同時に、ハプロタイプや遺伝子解析情報も提供。

## ◎ 後代検定を効率化

- ➡ 後代検定に参加する**ヤングサイアをより厳選**
- ➡ 協力農家の**SNP、泌乳、体型の情報収集を拡大**

31

- 今日の話をまとめます。
- 一つ目は、ゲノミック評価の信頼性が向上したということです。  
後代検定娘牛等の情報は、偏りのない良質なデータです。このデータを参照集団に追加することで、G評価の信頼性が大幅に向上しましたし、今後もデータの蓄積が大切だということをご理解いただければと思います。
- 二つ目はヤングサイアを積極的に活用できるようになったということです。  
G評価の信頼性が向上し、ヤングサイアの信頼度が大きくアップしました。  
今後は、検定済種雄牛とヤングサイアをバランス良く利用して、改良を加速していきましょう。
- 三つ目は、雌牛のG評価を迅速化して、申し込みから1ヶ月でG評価結果が判る「速報値」の提供を始めましたということです。  
同時に、ハプロタイプや遺伝子解析情報も提供していきますので、是非経営に活用いただければと思います。
- 四つ目は、後代検定を効率化したということです。  
後代検定に参加するヤングサイアをより厳選することになりましたし、補助事業も活用しながら、協力農家のSNP、泌乳、体型の情報収集の拡大にご協力いただきたいと思います。



## 【酪農家・関係者の皆様へ】

- ④ 大事なのは、国内の飼養環境下で発揮される能力です。その評価値を得るためのゲノミック評価の信頼性の維持・向上のためには、国内の最新世代のSNP検査、牛群検定、体型調査の情報が必要です。
- ④ 後代検定の調整交配は、その最新世代の情報収集が目的です。いち早く新しいヤングサイアを無料で利用でき、SNP検査も無料で受けることができます。
- ④ 日本では、40年にわたり、全国の酪農家と関係者が連携・協力し、国内の飼養環境等に合った国産種雄牛を作ってきました。それによって、遺伝資源を海外に依存するリスクも抑えられてきました。

日本の飼養環境や課題に合った種雄牛作りにご理解とご協力をお願いします

32

- 最後に、乳用牛改良推進協議会からのメッセージをお伝えさせていただきます。
- 大事なのは、国内の飼養環境下で発揮される能力です。その評価値を得るためのゲノミック評価の信頼性の維持・向上のためには、国内の最新世代のSNP検査、牛群検定、体型調査の情報が必要です。
- 後代検定の調整交配は、その最新世代の情報収集が目的です。いち早く新しいヤングサイアを無料で利用でき、SNP検査も無料で受けることができます。
- 日本では、40年にわたり、全国の酪農家と関係者が連携・協力し、国内の飼養環境等に合った国産種雄牛を作ってきました。それによって、遺伝資源を海外に依存するリスクも抑えられてきました。
- 我が国の乳用牛改良が一層、酪農家の皆様の力になれるよう取り組んでまいりますので、引き続きのご理解、ご協力をお願いいたします。
- また、本日の資料は、乳用牛改良推進協議会のHPにも掲載しています。「乳用牛改良推進協議会」で検索いただければと思います。
- ありがとうございました。