



乳用牛改良に ゲノミック情報を 活用しよう!

 一般社団法人 家畜改良事業団〒135-0041 東京都江東区冬木11-17 イシマビル17F
TEL.03-5621-8911(代表) FAX.03-5621-8917
E-mail:webmaster@liaj.or.jp URL:http://liaj.lin.gr.jp/

年当たりの遺伝的改良量を伸ばすためには、下記の式にあるように「世代間隔」を短縮することが有効です。「選抜強度」を高めることや「選抜の正確度」をあげることも、遺伝的改良量を高めることにつながります。

今回は「世代の早さ」と「ゲノミック評価の精度」に注目して、ゲノミック評価の活用についてご紹介します。

$$\text{年当たりの遺伝的改良量} = \frac{\text{選抜の正確度} \times \text{選抜強度}}{\text{世代間隔}}$$



種雄牛の世代の違いによる 遺伝的能力の比較

ゲノミック評価を利用することの利点として、「**世代の進度**」が挙げられます。後代検定に参加する候補種雄牛のような若い種雄牛と供用中の種雄牛を比較すると、一般的には若い世代の方が改良は進んでいると考えられています。世代の差による改良効果を比較することで、「**世代の先取り**」効果を検証します。

交配する種雄牛の世代差が改良にどの程度影響を与えるかをわかりやすくとらえるため、①後代検定候補種雄牛(調整交配)を父とする**ファーストクロープ娘牛**、②後代検定終了後に一般供用された**検定済種雄牛**を父とする**セカンドクロープ娘牛**に分けて、それぞれの娘牛の遺伝的能力の平均値を表1に示しました。

また、①と②の国内種雄牛を父に持つ娘牛は、日本の改良方針であるNTPの影響を受けていますが、海外種雄牛は供用国の基準で選抜されているため、日本の改良方針とは必ずしも一致しません。したがって、国内種雄牛と海外種雄牛は、遺伝的背景に違いがあるといえます。そこで、③海外種雄牛を父とする**海外種雄牛娘牛**を加えて、同じく娘牛の遺伝的能力を比較しました。

表1. 各グループの2017年生れの娘牛(母牛)の遺伝的能力の平均値

形質	ファーストクロップ		セカンドクロップ		海外種雄牛	
	娘牛	(母牛)	娘牛	(母牛)	娘牛	(母牛)
乳量(kg)	365	(157)	471	(207)	342	(188)
乳脂量(kg)	20	(7)	18	(8)	20	(9)
乳蛋白質量(kg)	17	(6)	18	(8)	15	(7)
決定得点(点)	0.52	(0.16)	0.37	(0.22)	0.73	(0.60)
肢蹄(%)	0.23	(0.08)	0.15	(0.10)	0.32	(0.30)
乳器(%)	0.67	(0.20)	0.45	(0.27)	0.91	(0.66)
体細胞スコア	2.16	(2.18)	2.22	(2.19)	2.12	(2.15)
空胎日数(日)	138	(138)	140	(138)	136	(137)
総合指数(NTP)	1077	(386)	1002	(505)	1090	(583)

表1から娘牛の遺伝的能力を単純に比較すると、③海外種雄牛娘牛の総合指数(NTP)は+1,090であるのに対して、国内種雄牛は①ファーストクロップ娘牛が+1,077、②セカンドクロップ娘牛で+1,002と、国内種雄牛の娘牛の総合指数(NTP)はやや低い結果となっています。

しかし、娘牛の遺伝的能力は両親の能力が影響するため、交配する種雄牛の遺伝的能力を比較したい場合には、**母牛の遺伝的能力の影響を考慮する必要があります。**

交配される母牛にも差があることを念頭において、改めて図1を用いて比較をしてみます。



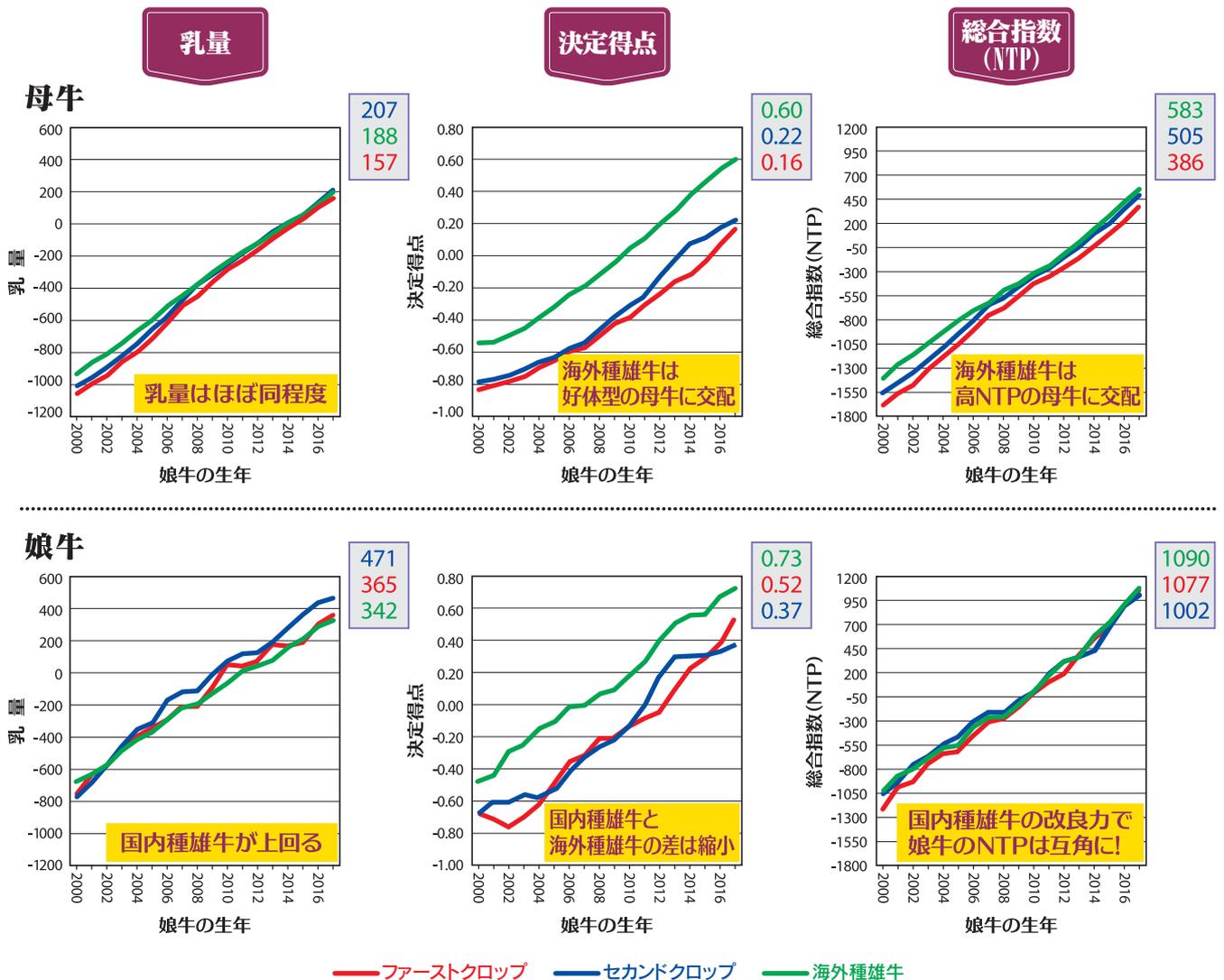


図1. 各グループの娘牛と母牛の遺伝的趨勢

世代の進んだ候補種雄牛の改良効果は高い!

候補種雄牛は娘牛の遺伝的能力を引き上げている!

①ファーストクロップ娘牛は、遺伝的能力の低い母牛に交配される傾向があります。しかし、産まれてきた①ファーストクロップ娘牛は、乳量では②セカンドクロップ娘牛と同じレベルに、決定得点や肢蹄、乳器においては上回る遺伝的能力を示しています。総合指数(NTP)では、①ファーストクロップ娘牛が②セカンドクロップ娘牛を上回っています。これは、**世代の進んだ候補種雄牛の遺伝的能力の高さが顕著に表れたことを示しています。**

高い改良効果を発揮している国内種雄牛!!

国内種雄牛の交配と比較して、海外種雄牛の交配は体型形質において優れた母牛を選ぶ傾向にあります。母牛の総合指数(NTP)を見ると、ファーストクロップ娘牛の母牛で+386、セカンドクロップ娘牛の母牛で+505であるのに対して、海外種雄牛娘牛の母牛は+583です。つまり、**海外種雄牛は総合指数(NTP)で+100~200程度高い評価値をもつ母親に交配されている**こととなります。

しかし、娘牛のNTPを比較すると、ファーストクロップ娘牛で+1,077、セカンドクロップ娘牛で+1,002と、海外種雄牛娘牛の+1,090と互角の評価値を持っています。つまり、**母牛でついでに遺伝的能力の差を、候補種雄牛や検定済種雄牛の高い遺伝的改良力が補っている**こととなります。**国内種雄牛は優れた遺伝的改良能力をもち、高い改良効果を発揮している**ことが示されています。

世代の進捗を活かしたゲノミック評価の効率的な活用とは？

今回は種雄牛の評価値で遺伝的能力を比較しましたが、雌牛についても同じです。世代の進んだ候補種雄牛が高い遺伝的改良力を持っているように、**世代の新しい未經産牛が牧場内で最も改良の進んだ牛群であることが理想**です。ゲノミック評価を活用することで、**未經産牛の序列付け**が出来ます。**優秀な遺伝的能力をもつ雌牛を早期に選抜し、性選別精液を利用して後継牛を確実に残す**ことで、改良の速度が飛躍的に高まることが期待されます。一方で、**遺伝的能力の低い未經産牛にはF1生産や和牛受精卵移植に利用する**ことで、収益向上が期待できます。ゲノミック評価を用いて将来の牛群を予測しながら効率的な繁殖計画を組み立てることは、次世代の遺伝的能力向上のみならず、牧場経営全体に大きな利益を生むための原動力となります。



ゲノミック評価の 精度は常に向上している。

平成25年より、ゲノミック評価値の公表が開始されました。その後、2017-2月(平成29年2月)には北米と種雄牛のSNP情報の共有を行い、**リファレンス集団**^{〈注1〉}の大幅な拡張(4,273頭から10,001頭に増加)が行われています。図2に示されているように、リファレンス集団の拡張やゲノミック評価手法の改善を随時実施しながら、ゲノミック評価の精度の向上を図っています。

〈注1〉**リファレンス集団**: SNP効果を推定するためのベースとなる参照集団。リファレンス集団が大きいくほど、ゲノミック評価の信頼度は上昇する。

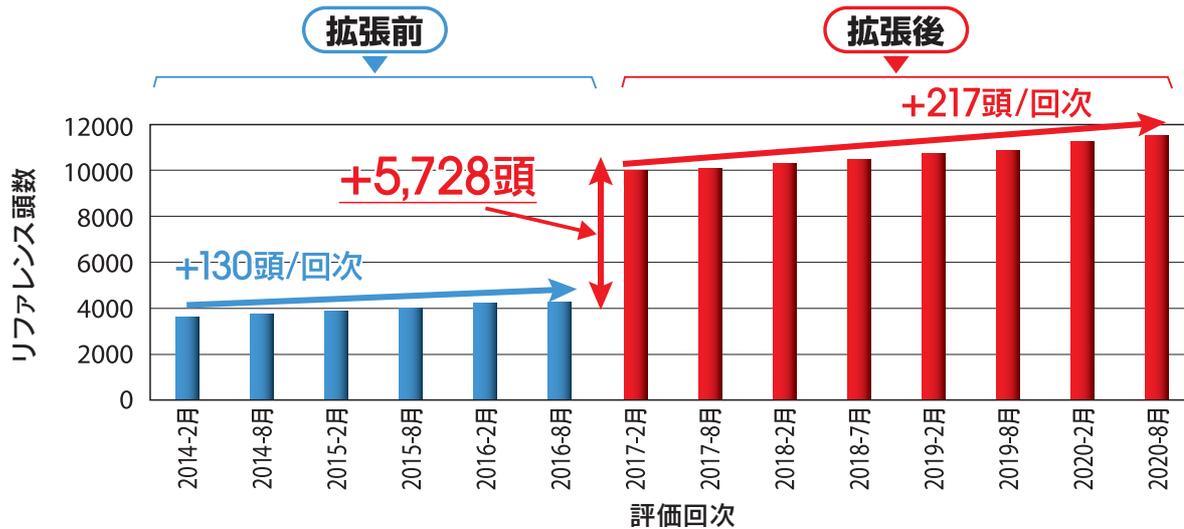


図2. リファレンス集団頭数の推移

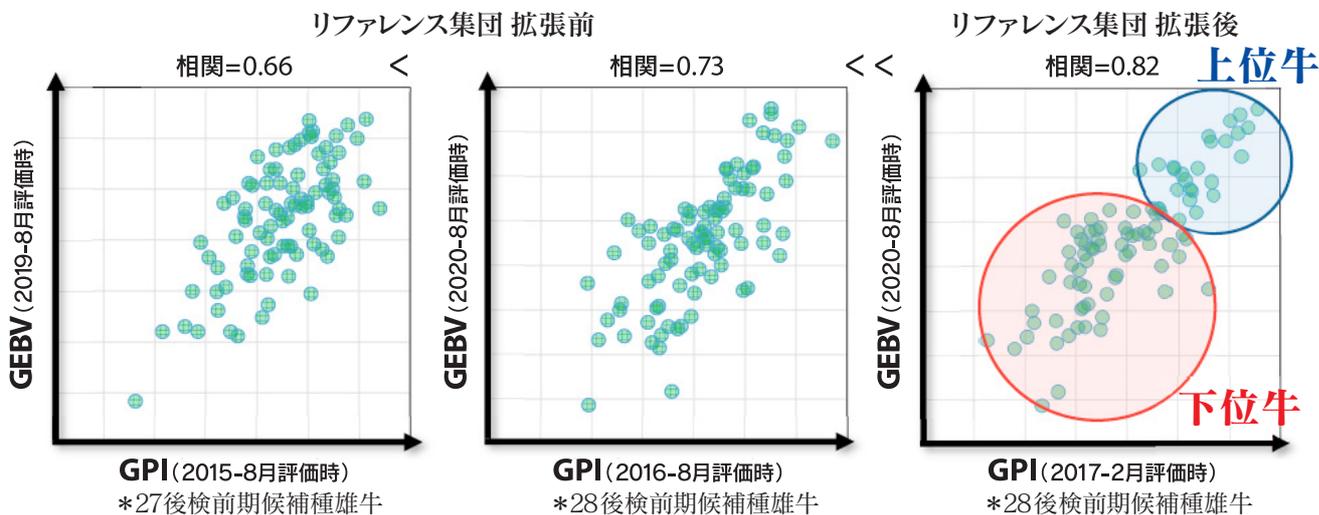


図3. リファレンス集団頭数拡張前後の総合指数(NTP)のGPIの評価精度

図3は、横軸を後代検定参加時点での種雄牛のゲノミック評価値(GPI)、縦軸を後代検定が終了した時点のゲノミック評価値(GEBV)として、どれだけ評価値が似通っているかを表しています。総合指数の相関は、27後検(前期)では0.66でしたが、28後検(前期)では0.73に増加しています。さらに、リファレンス集団の拡張後は、評価値の相関は0.82と大きく増加しています。北米の種雄牛のSNP情報をリファレンス集団に取り入れたことで、ゲノミック評価の精度は大きく向上しました。このように、**日本のゲノミック評価の精度は評価が進むにつれて向上しています。**

また、雌牛についても、雄牛と同様にゲノミック評価の精度が向上しています。

在群能力と管理形質のゲノミック評価を開始

遺伝率の低い形質である「繁殖性」「管理形質」「長命性」などは、これまで改良の難しい形質でしたが、ゲノミック情報を用いることで遺伝的改良に利用できるようになってきました。そこで、このような形質の充実を図るため、2020-8月評価から「在群能力」および「気質」「搾乳性」について、ゲノミック情報を活用した評価方法に変更されました。

1 在群期間から在群能力への変更と国際評価への参加

長命性に関する形質として2006-11月より「在群期間」を評価してきましたが、2020-8月評価から**在群期間は「在群能力」に変更**されました。

在群能力では、初産から3産までの各乳期を前・中・後期に分割した全9区分において検定牛が生存していたかどうかを利用して評価しています。各乳期を区分して生存情報を随時更新していくため、より早期に表型値を得ることが可能となりました。同時に、国際評価に参加することで、海外種雄牛の在群能力の評価値も計算されるため、海外種雄牛の評価値をリファレンス集団として利用することが可能となり、国内のゲノミック評価の精度向上が期待できます。

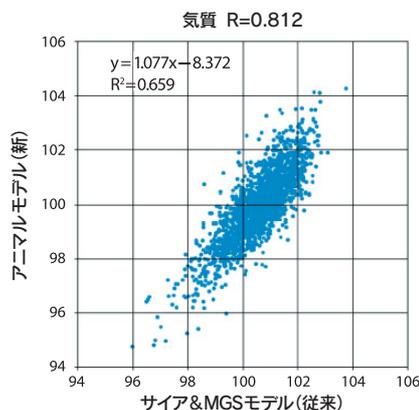
このことにより、**SNP検査を行いゲノミック評価が計算出来る雌牛についても、在群能力に加え、長命連産効果のゲノミック評価値(経産牛はGEBV、未經産牛はGPI)が計算されるようになりました。**

2 管理形質(気質・搾乳性)の評価手法の変更と雌牛の評価値公表

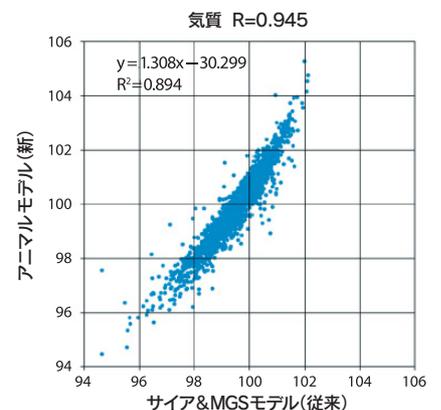
2020-8月評価より管理形質の遺伝的能力評価方法が変更されました。雌牛の評価を行うこととゲノミック評価を効率的に行うことを目的として、従来のサイア&MGSモデル(注1)からアニマルモデル(注2)に遺伝的能力評価手法を変更しています。今回の変更による評価値の大きな変動はありませんでした(図4)。これまで評価値が計算されていなかった**雌牛についても気質・搾乳性の評価値が計算される**とともに、SNP検査を行いゲノミック評価出来る雌牛については**ゲノミック評価値も計算**されます。

(注1) サイア&MGSモデル: 種雄牛と母方祖父間の血縁関係を考慮したモデル

(注2) アニマルモデル: すべての個体間の血縁関係を考慮したモデル



気質の新モデルと従来モデルとの相関



搾乳性の新モデルと従来モデルとの相関

図4. 国内種雄牛の新モデルと従来モデルとの相関