

平成27年度

牛群検定システム高度化支援事業（遺伝的能力向上対策）
にかかわる現地勉強会（濃密研修会）資料

平成28年2月

一般社団法人家畜改良事業団

目 次

【講 演】

- これからのゲノミック評価の利用 1

一般社団法人家畜改良事業団 顧問 富樫 研治 氏

【講 演】

- 最近の酪農を巡る情勢等について 43

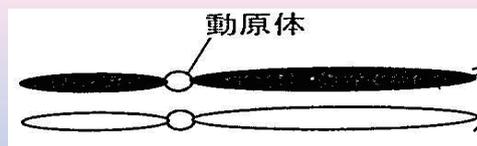
一般社団法人中央酪農会議 事務局長 内橋 政敏 氏

これからのゲノミック評価の利用

講師：一般社団法人家畜改良事業団 顧問 富樫 研治 氏

これからのゲノミック評価の利用

- (一社)家畜改良事業団
- 富樫研治



染色分体(各染色分体には1本のDNA二重鎖)

染色体(ヒトは46本、ウシ、ヤギは60本、イヌは78本、ネコ、ブタは38本、ヒツジは54本、ウマ64本)

黒の染色分体 (DNA二重鎖塩基)	AAC T GTCG TTG A CAGC 突然変異(TからCへ)
白の染色分体 (DNA二重鎖塩基)	AAC C GTCG TTG G CAGC

SNP(一塩基多型)
ゲノムDNA中の1塩基のみが他の塩基に置換した変異。数百から数千塩基に1か所の割合で存在し、1ゲノム中に**300万から1千万個**ある。これを**マーカー**としてこの塩基置換にリンクした**量的形質遺伝子座(QTL)**を見つけることができる。

1.本来は、DNAの塩基はTで相補的にAが来るが、TがCに変異し、相補的にGがきた。従って、変異なしのTA/TA、一方の染色分体のみが変異したTA/CG、両方の染色分体の変異したCG/CGの3とありができる。このCのごく近くに量的形質遺伝子があり、**Cと量的形質遺伝子(Q, +の効果)がリンクしているとする。TA/TA=0, TA/CG=+, CG/CG=++の乳量(量的形質)への影響**

2.親のマーカーがTA/CGの時、親のQTLはqQ、今までは子供にQかqのどちらが行ったかは不明。それが子供のマーカーがTAの時、親からq,CGの時、親からQが来たことを特定出来る。今までの不明さを解消し、遺伝能力推定の精度を向上。

特定の組合せ(MとQ, mとq)の頻度が有意に高くなる現象(連鎖不平衡)

- マーカー(SNP)のタイプはM,m,量的形質の遺伝子型はQとq,それらが独立していれば、上のように、いろいろの組み合わせができる。この状況を連鎖均衡という。MIによりQ遺伝子(Qがqよりも優れた遺伝子とする)を識別できない。マーカーの意味なし。

ところが、偶然や生理的優位性でMとQ,mとqと一緒にになり、このようなマーカーと量的形質の関係が成立していれば、優れた遺伝子QがわからなくてもマーカーはわかるのでマーカーMを2つあるいは1つ持つものを選べばよい。この状況を連鎖不平衡という。連鎖不平衡の時はMをマーカーにできる。

このタイプが集団中に多い。(連鎖不平衡の時)

マーカー座(M, m)とQTL座(Q, q)が独立していれば、減数分裂時に、MQ, mq, Mq, mQができる。従って、MIにリンクしているQTL遺伝子はQもqもあり、マーカーMでQとqを識別できない(=連鎖均衡の状態)。

ところが、集団全体でMQとmqの頻度がMqとmQの頻度より大きい左上のMQ/mqの場合(=連鎖不均衡の状態)、MIはQ(Qが優れた遺伝子)と一緒になので、Qが見つけられていなくてもMを持つ個体を選抜すればよい。

マーカー育種概念

連鎖不平衡係数(D)

- ある遺伝子Aと遺伝子Bの間に関連が無い(連鎖平衡である)場合、遺伝子Aと遺伝子Bは独立であるため、AB,Ab,aB,abの頻度はA(あるいはa)とB(あるいはb)の遺伝子頻度を掛け合わせたものとなる。
- しかしAとBの間に関連がある(連鎖不平衡が存在する)場合、AB,Ab,aB,abの頻度は遺伝子頻度の積の値からずれます。このズレを連鎖不平衡の尺度として定義しているのが連鎖不平衡係数:Dです。

- 遺伝子座AのA,aの遺伝子頻度 = P_A, P_a
- 遺伝子座BのB,bの遺伝子頻度 = P_B, P_b
- AB,Ab,aB,abの期待値でない実際の頻度 = $P_{AB}, P_{Ab}, P_{aB}, P_{ab}$ とします。
- $D = P_{AB} - P_A P_B$ とします。とすれば $P_{AB} = P_A P_B + D$
- $-D = P_{Ab} - P_A P_b$ とします。とすれば $P_{Ab} = P_A P_b - D$
- $-D = P_{aB} - P_a P_B$ とします。とすれば $P_{aB} = P_a P_B - D$
- $D = P_{ab} - P_a P_b$ とします。とすれば $P_{ab} = P_a P_b + D$
- 以上から $P_{AB} P_{ab} - P_{Ab} P_{aB} = (P_A P_b + P_a P_b + P_a P_b + P_a P_b) D = D$

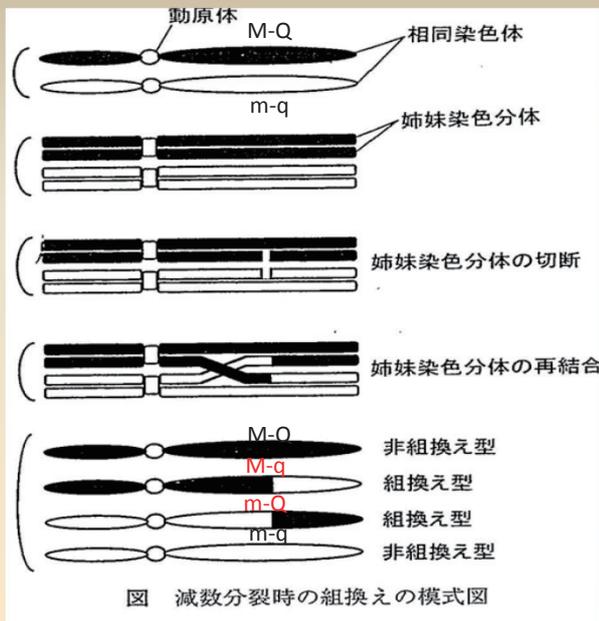
頻度が小さい時は r^2 を使用、
 $r^2 = D^2 / (P_A P_B P_a P_b)$

ランダムでも連鎖は崩れていくが、選抜でより顕著
 SNP効果の再推定が必要(最新のSNP効果を使用)

SNPは、量的形質に対して使えるマーカーだが100%のマーカーではない!!

	頻度		MQ	Mq	mQ	mq	Σ
M	0.6	期待頻度	0.36	0.24	0.24	0.16	1
m	0.4	実際頻度	0.51	0.09	0.09	0.31	1
Q	0.6			0ではない			
q	0.4						
		(実際-期待)頻度	0.15	-0.15	-0.15	0.15	
連鎖不平衡	D	0.15					
	r^2	0.3906					

M,m=SNPマーカー Q,q=QTL(量的形質)遺伝子



減数分裂の結果、非組換えタイプや組換えタイプの精子や卵ができる
例：黒にMとQ(M-Q)、白にmとq(m-q)が連鎖しているでも、組換えでM-qやm-Qができてしまう

意義：組換えで新しい遺伝子の組み合わせが形成され、生物が環境の変化の中で適した遺伝子の組み合わせが残る可能性が高まる。遺伝的多様性を確保し生存に有利な進化を導く。

牛高密度SNPパネル

illumina社製 54,001SNPs

SNPの平均間隔 51.5kb

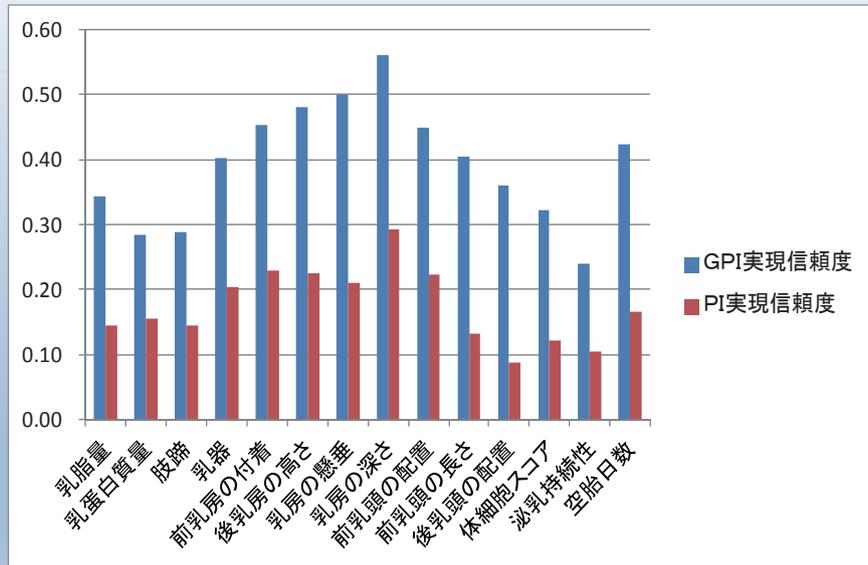
ホルスタインでの有効多型座位は
約38,000

Affymetrix社 25,000SNPs



森田(家畜改良事業団)

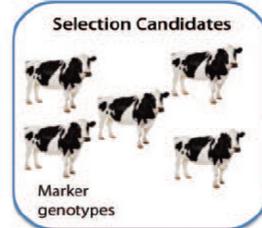
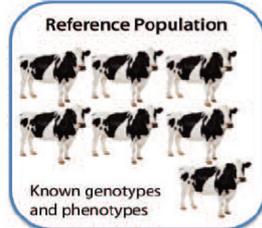
わが国のゲノム育種価(GPI)の信頼度



ゲノム育種の流れ

レファレンス集団 (SNPと記録の両方あり)

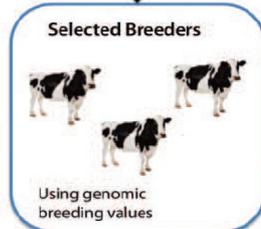
選抜候補集団 (SNPのみ判明、記録なし)

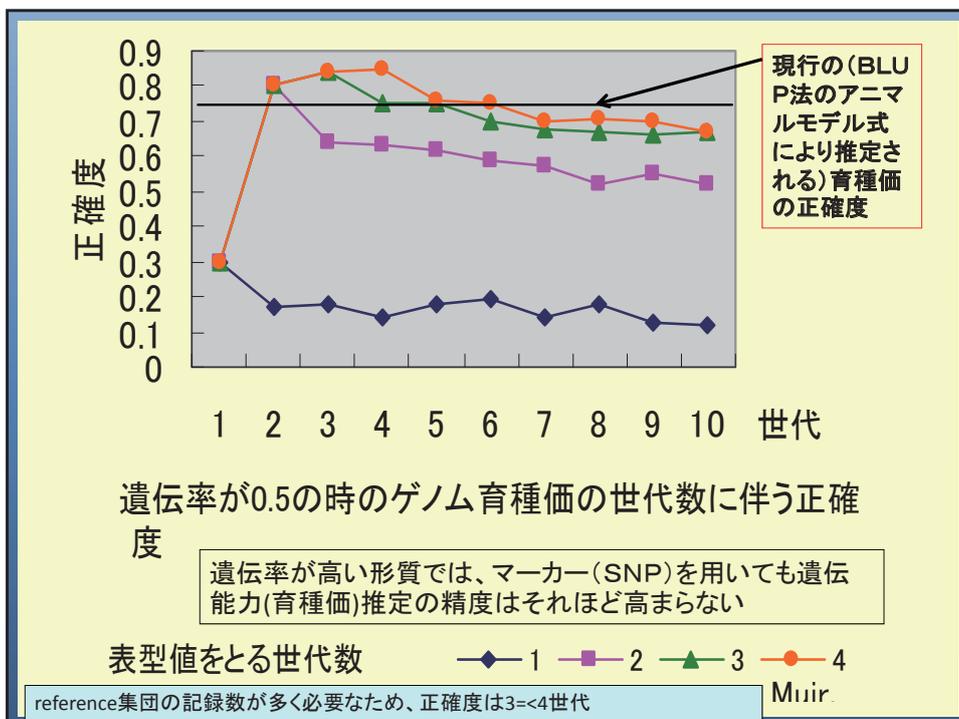
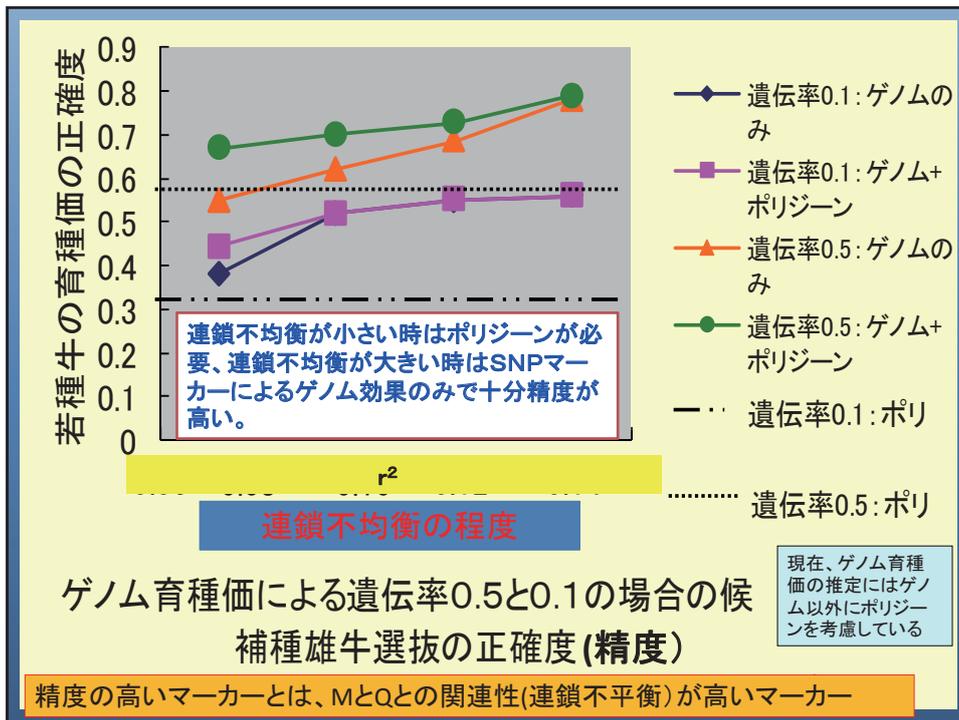


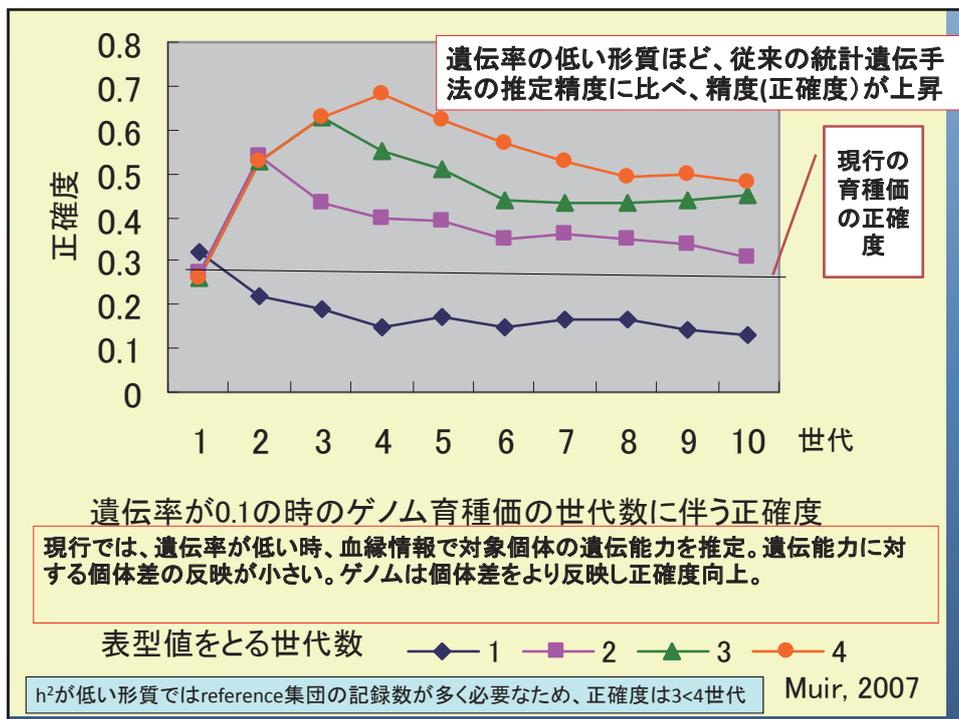
Prediction Equation
 Genomic breeding value = $t_1x_1 + t_2x_2 + t_3x_3 + \dots$

ゲノム育種価から選抜

SNP効果推定式とPI(PA)から選抜候補牛のゲノム育種価を推定(現行)





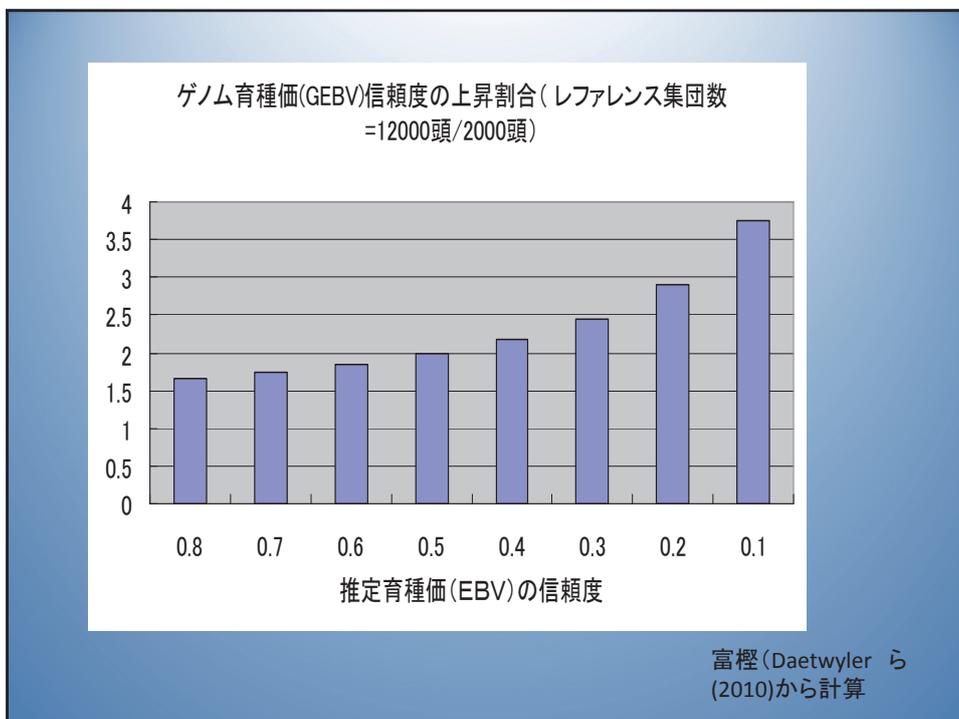
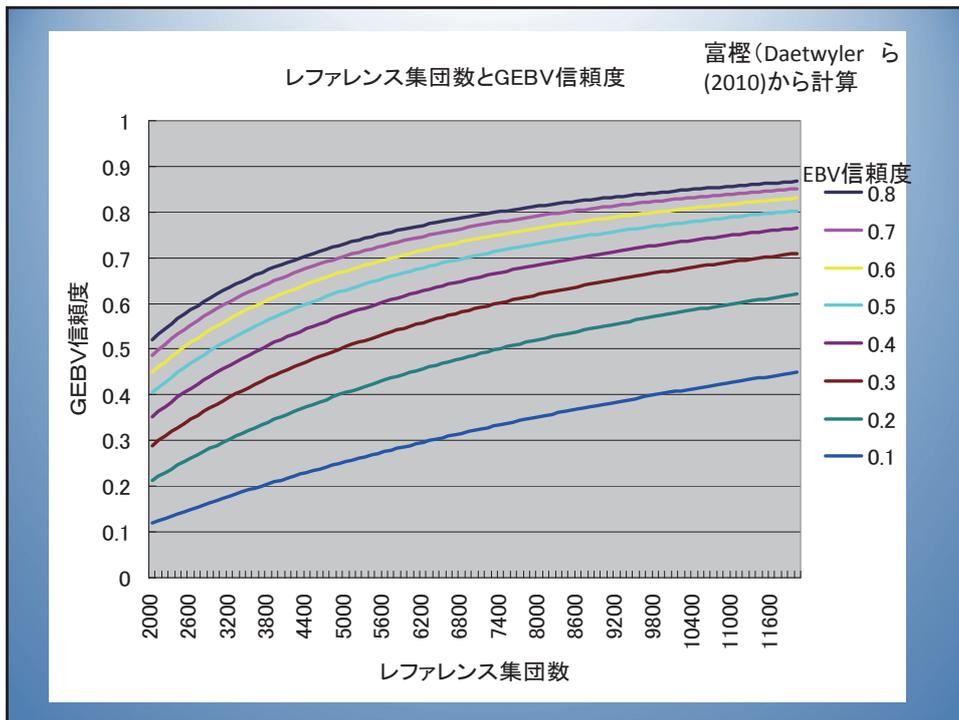


選抜候補個体のゲノム育種価の推定には、レファレンス集団(ゲノム情報と記録)にある血縁個体が必要

選抜候補個体の血縁が昔の個体と小さい時は、あるいは血縁がほとんど無い時は、多くのレファレンス集団が必要

ジャージー種のSNP効果の推定にはホルスタイン種のレファレンス集団で使われた5万Kのチップでは不足、両品種に共通な連鎖不平衡を見つけるに30万Kチップが必要

* 同一品種内の血縁の関係が小さい個体、品種か系統をこえてゲノム育種価を推定するには多くのレファレンス集団と高密度なSNPチップが重要になる



メンデルアンサンプリング効果

親が遺伝子型 Aa をもっている時、子供に行く遺伝子は A か a のどちらか無作為 (ランダム)。A の遺伝子効果を +1, a の遺伝子効果を -1 とする。

1) A が行った時

$$\frac{\text{Aa の 遺伝子型値}}{2} = \frac{1 + (-1)}{2} = 0$$

だが実際に子供に行ったのは、A なので、子供には +1 が行っている。

従って、実際に子供に行った遺伝子効果は

$$= \frac{\text{Aa の 遺伝子型値}}{2} + \text{メンデルアンサンプリング効果} = \frac{1 + (-1)}{2} + 1 = 1$$

2) a が行った時

$$\frac{\text{Aa の 遺伝子型値}}{2} = \frac{1 + (-1)}{2} = 0$$

だが実際に子供に行ったのは、a なので、子供には -1 が行っている。

従って、実際に子供に行った遺伝子効果は

$$= \frac{\text{Aa の 遺伝子型値}}{2} + \text{メンデルアンサンプリング効果} = \frac{1 + (-1)}{2} - 1 = -1$$

従って子供の遺伝子効果は

$$= \frac{\text{父の 遺伝子効果} + \text{母の 遺伝子効果}}{2} + \text{メンデルアン効果}$$

と書ける。

子供に行く遺伝子が A か a というメンデルアンサンプリング効果は、平均値は 0 だが A か a かで異なるのでバラツキを持つ。そのバラツキ (分散) をメンデルアンサンプリング分散という。ゲノムが始まるまでは子供に行く遺伝子が A か a かを特定できなかった。従って、ゲノムが始まるまでは、

平均 (メンデルアンサンプリング効果)=0

実際のゲノムには、Aa の遺伝子座における -1 か +1 だけでなく遺伝子座は無数にあるので、メンデルアンのバラツキの大きさは、さらに大きくなる。従って、全ゲノムにおけるメンデルアンサンプリング効果の分散は、

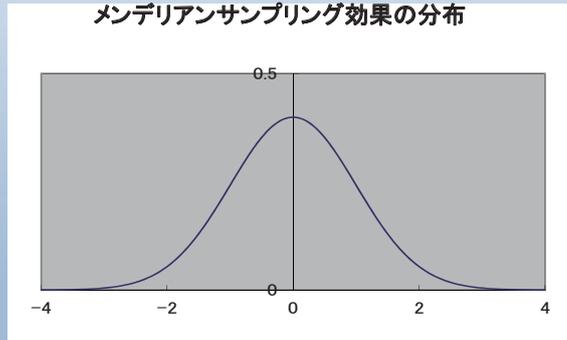
$$\sigma_G^2 = \frac{\text{遺伝分散}}{2} \quad (\text{近交を無視した時})$$

ゲノム以前の記録を持たない推定育種価

PA(両親の平均育種価)はわかるが、親のAかaのどちらを子供が受け取ったかは不明

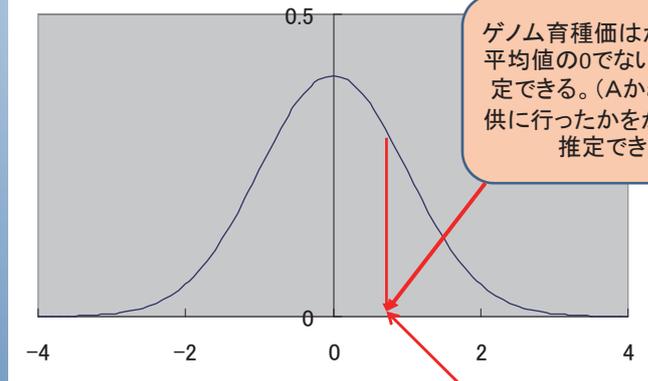
子供の遺伝能力=両親の平均遺伝能力+メンデリアンサンプリング効果

メンデリアンサンプリング効果の分布



平均=0、分散(バラツキ)=0.5 × 遺伝分散(近交を無視したとき)

メンデリアン分散(Aかaがランダムに子供に伝わる)



ゲノム育種価はかなりの精度で平均値の0でない特定の値を推定できる。(Aかaのどちらが子供に行ったかをかなりの精度で推定できるから)

子供の遺伝能力=両親の遺伝能力の平均値+メンデリアンサンプリング効果

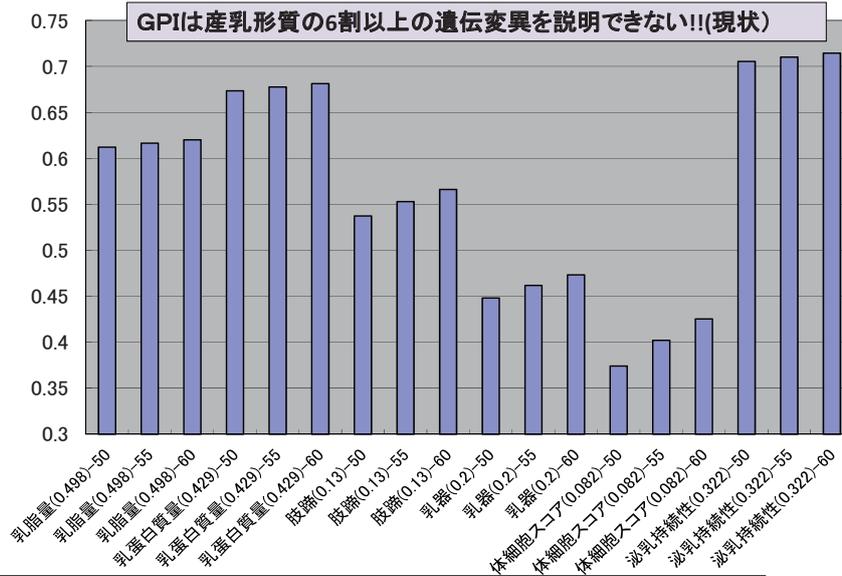
PAはメンデリアンサンプリング効果を推定できない
ゲノム育種価は、かなりの精度で推定可能
後代検定育種価は後代の記録が推定に使われるのでメンデリアンサンプリング効果を高い精度で推定、最も高精度！！

後代検定種雄牛推定育種価(EBV)とGPIの信頼度

	遺伝率	娘牛数	後代検定の信頼度	GPI信頼度
乳量	0.5	50	0.877	0.370
乳量	0.5	55	0.887	0.370
乳量	0.5	60	0.896	0.370
泌乳持続性	0.322	50	0.814	0.240
泌乳持続性	0.322	55	0.828	0.240
泌乳持続性	0.322	60	0.840	0.240
決定得点	0.3	50	0.802	0.440
決定得点	0.3	55	0.817	0.440
決定得点	0.3	60	0.830	0.440
肢蹄	0.13	50	0.627	0.290
肢蹄	0.13	55	0.649	0.290
肢蹄	0.13	60	0.668	0.290

富樫 2015

GPIが後代検定評価値を説明できない割合

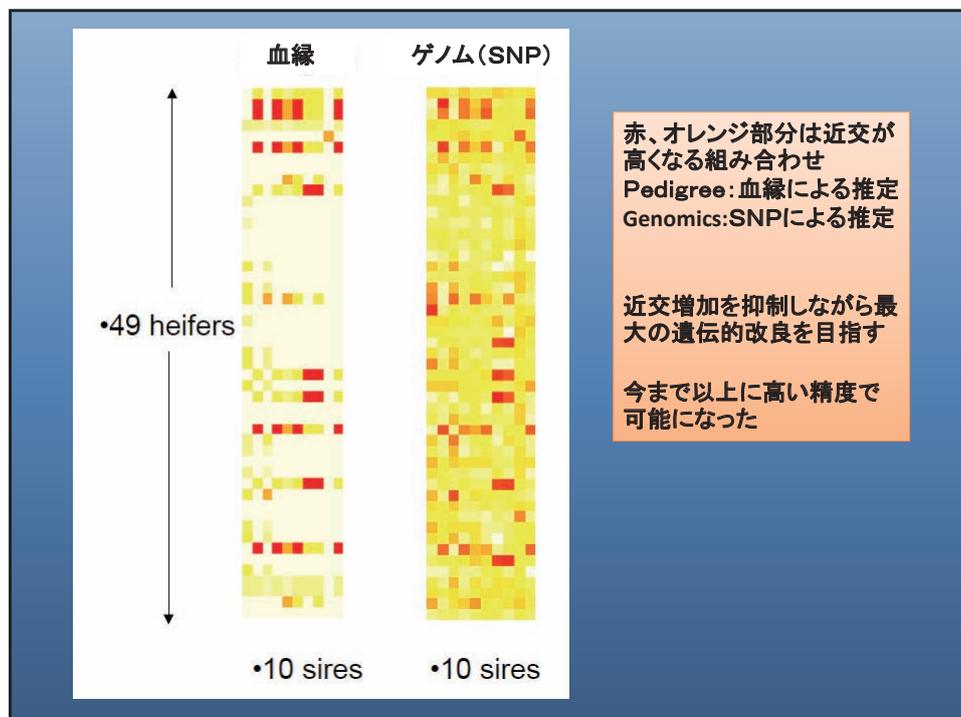


GPIが説明できない割合は遺伝率が低く娘牛数が多い時ほど増大
 遺伝率が低い時はGPIの精度を後代検定が娘牛数を増やして精度を補完

富樫 2015

未經産牛のSNP検査の意義

1. 遺伝的に優れた雌牛の同定
2. 遺伝的に優れた雌牛を更新牛に決定(ET使用、肉牛交配)
3. 親子判定
4. 近交上昇の抑制
5. 遺伝的疾患の防御
(ハプロタイプHH1,HH2,HH3,ブラキスパイナ(BY)等)
6. 遺伝率が低い形質(体細胞、O,1形質(繁殖、生存性))、記録がでるまで長い時間がかかったり計測に費用がかかる形質(生産期間等)では、ゲノムの価値が高い

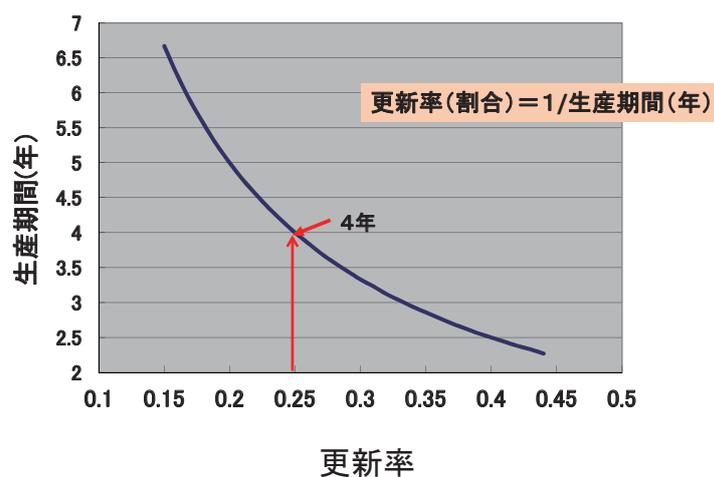


全兄弟と半兄弟の共有する遺伝子の割合(%)
の平均とその標準偏差

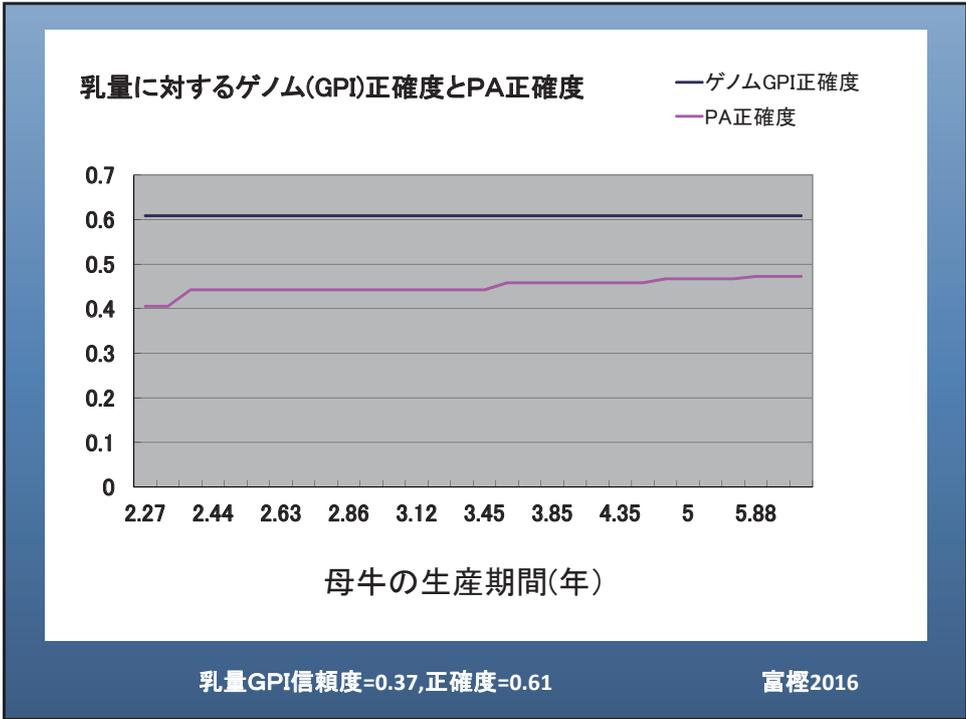
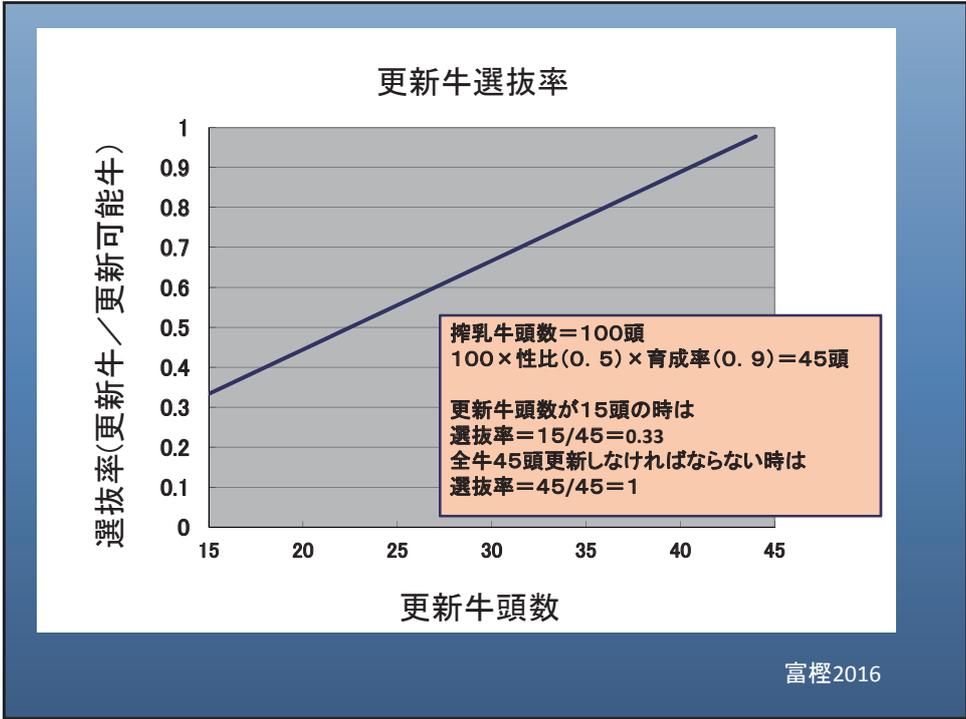
遺伝子座数	%	
	全兄弟平均 (標準偏差)	半兄弟平均 (標準偏差)
1	50(35.4)	25(17.7)
5	50(15.8)	25(7.9)
10	50(11.2)	25(5.6)
50	50(5.0)	25(2.5)
100	50(3.5)	25(1.8)
無限	50(0.0)	25(0.0)

Van Raden, 2008

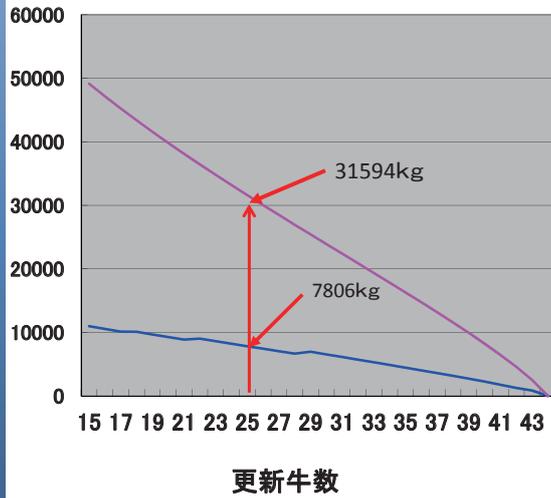
更新率と生産期間(年)の関係



富樫2016



更新牛群の生産期間中の乳量改良量(kg)



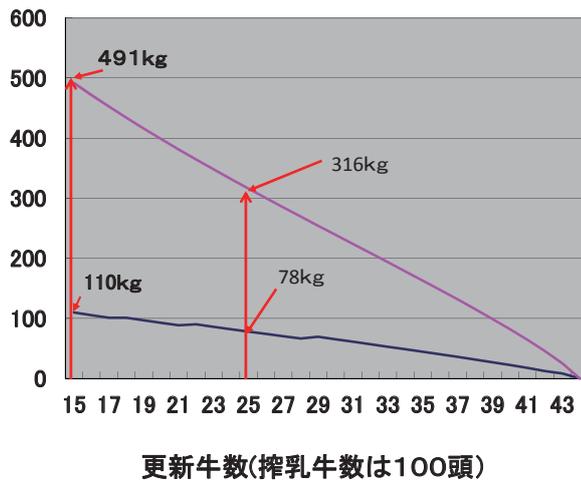
— ゲノム(GPI)のPAに比
べた+ α の乳量改良kg
— ゲノム選抜のみの乳量改
良kg

25頭が25%の更新率
で生産期間は4年。毎年
25%の更新率で牛群が
更新されるとすると全体
の牛群100頭全体で
は、更新牛のゲノム選抜
で毎年31594kgの乳
量のアップ。

従来の両親の平均値(P
A)からの改良量に比
べ、ゲノムで100頭全体
で毎年7806kgの乳量

富樫2016

更新牛1頭、年当たりの乳量改良kg



一年当たり1頭当たりのゲノ
ム(GPI)のPAに比
べた
+ α の乳量改良kg

— 1頭当たり年当たりゲノム
選抜による乳量改良kg

富樫2016

例：搾乳牛100頭中のうち25頭を年あたり更新する

ゲノム育種価で乳量トップ25頭を選抜し、この25頭を更新牛にする

45頭が更新牛として使用可能

更新率=25%
 生産期間(年)=4年
 4年間で25頭のゲノム選抜による改良量=31594kg
 更新率25%が毎年続くとすると牛群100頭全体では毎年31594kgの乳量アップ、
 PAIに比べた乳量アップは100頭全体では毎年7806kg
 1年間1頭あたりのゲノムによる乳量アップ=316kg
 1年間1頭あたりの従来PAIに比べた乳量アップ=78kg

1年1産
 肉牛に交配した場合は45頭が更新候補牛として確保できないので乳量アップは減少
 残りの20頭は販売可能(利益)

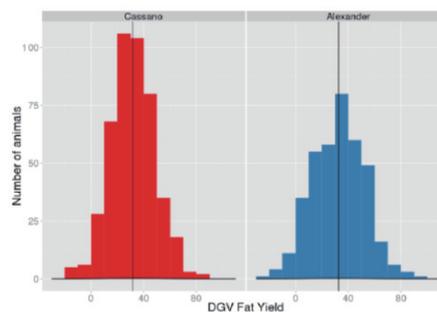
富樫2016

Background

酪農家の交配：雄と雌の各々のSNPがホモかヘテロか、およびその効果から産子のゲノム育種価の分布を推測



- Different variation of breeding values of sire progeny groups
- AI company: Sires showing high variation
 - Increased probability to find extreme positive candidates
- Production herds: Sires showing less variation
 - Uniform progeny groups are better to manage
- Objective: Predict the variability of future offspring groups using SNP data



Cassano:	Alexander:
- mean: 32 kg	- mean: 33 kg
- variation: 16.5 kg	- variation: 19.5 kg
- p(>70kg): 1.1%	- p(>70kg): 2.8%

Segelke INTERBULL 2013

sireBは染色体2と5でホモ。精子がもつ遺伝変異は sireAより小さい(なぜならsireAは染色体1-5が 全てヘテロ)

Background

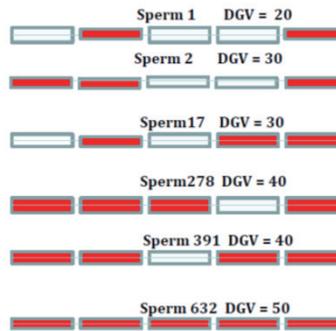
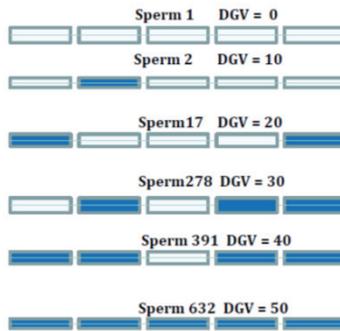
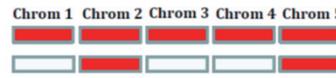
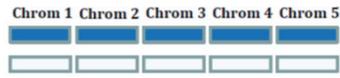


Haplotype DGV +10
Haplotype DGV = 0

Haplotype DGV +10
Haplotype DGV = 0

Sire A: DGV +50

Sire B: DGV +70



Mean & variation of sperms

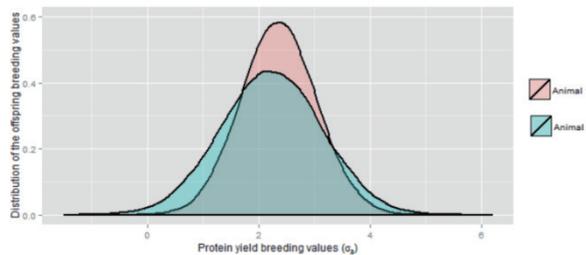
Segelke INTERBULL 2013

Results



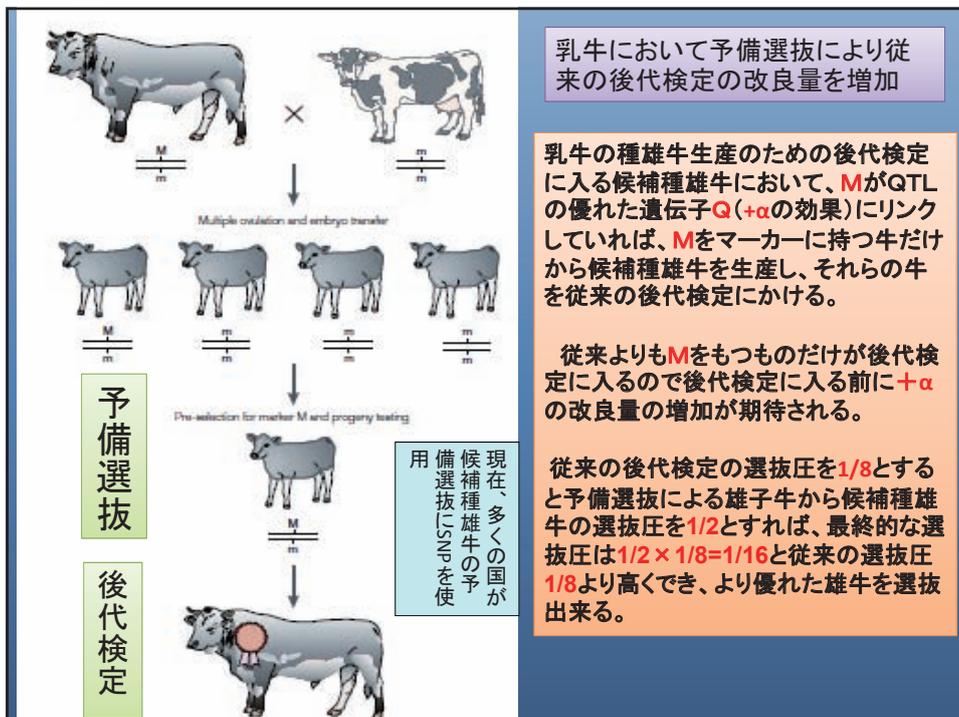
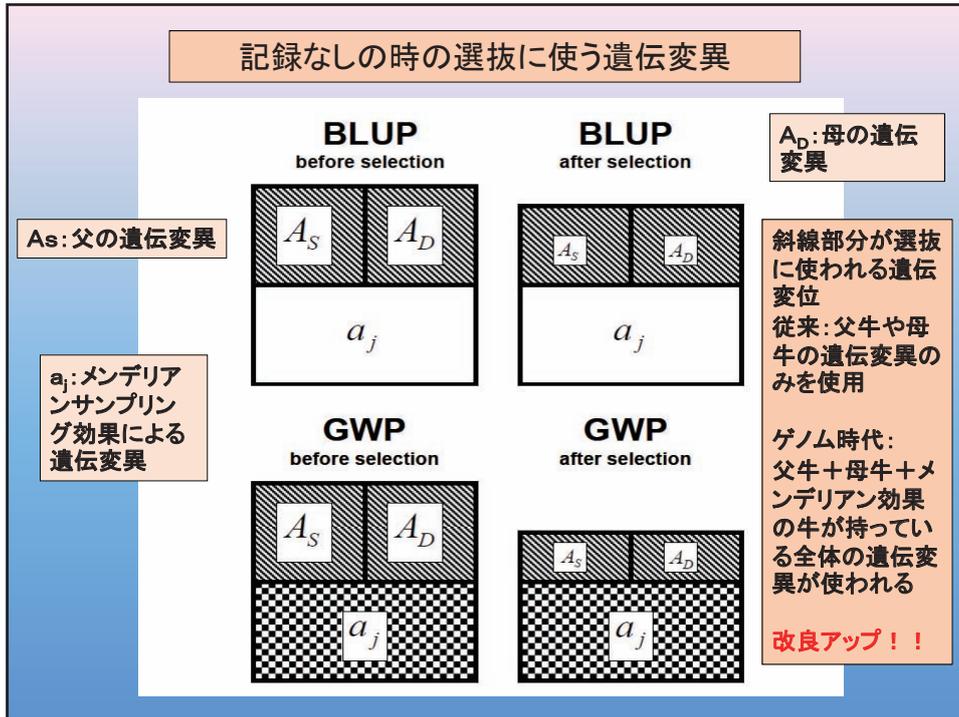
Examples for specific matings (protein yield)

	Sperm (σ_a)		Ovar (σ_a)		Offspring (σ_a)		$>1\sigma_a$		$>2\sigma_a$		$>3\sigma_a$		$>4\sigma_a$	
	MGBV	VGBV	MGBV	VGBV	E(mBV)	E(vBV)	p(%)	N	p(%)	N	p(%)	N	p(%)	N
Sire B	1.81	0.29	0.55	0.39	2.36	0.68	98	2	70	6	17	36	1	860
Sire A	1.68	0.52			2.23	0.91	91	3	60	8	20	31	3	262



Segelke INTERBULL 2013

記録なしの時の選抜に使う遺伝変異



ゲノム予備選抜を現行後代検定に加えた時の年当たり改良量の現行改良量に対する値						
	ゲノム予備選抜対象牛	候補種雄牛数	候補種雄牛あたり娘牛数	雄雌全径路の年当たり改良量($\beta=0.2$)のゲノム付加改良量/現行改良量		同左 $h^2=0.1/h^2=0.3$
				$h^2=0.1$	$h^2=0.3$	
調整交配率 =0.17						
区分1						
	294	145	63	1.188	1.139	1.043
	294	155	59	1.178	1.134	1.038
	294	165	56	1.169	1.130	1.035
	294	175	52	1.156	1.123	1.029
	294	185	50	1.149	1.119	1.027
	294	195	47	1.137	1.113	1.022
	294	205	45	1.128	1.109	1.018
	294	215	43	1.119	1.104	1.014
区分2						
	589	145	63	1.306	1.255	1.041
	589	155	59	1.297	1.250	1.037
	589	165	56	1.289	1.246	1.035
	589	175	52	1.277	1.240	1.030
	589	185	50	1.270	1.237	1.027
	589	195	47	1.259	1.231	1.023
	589	205	45	1.251	1.227	1.020
富樫ら 2015	589	215	43	1.242	1.222	1.016

ゲノム予備選抜を現行後代検定に加えた時の年当たり改良量の現行改良量に対する値						
	ゲノム予備選抜対象牛	候補種雄牛数	候補種雄牛あたり娘牛数	雄雌全径路の年当たり改良量($\beta=0.2$)の		同左 $h^2=0.1/h^2=0.3$
				$h^2=0.1$	$h^2=0.3$	
調整交配率 =0.25						
区分1						
	265	145	96	1.155	1.115	1.035
	265	155	89	1.146	1.111	1.032
	265	165	84	1.139	1.107	1.029
	265	175	79	1.131	1.103	1.025
	265	185	75	1.124	1.099	1.022
	265	195	71	1.115	1.095	1.019
	265	205	67	1.106	1.090	1.015
	265	215	64	1.098	1.086	1.012
区分2						
	530	145	96	1.271	1.232	1.031
	530	155	89	1.264	1.228	1.029
	530	165	84	1.258	1.225	1.027
	530	175	79	1.251	1.222	1.024
	530	185	75	1.245	1.218	1.022
	530	195	71	1.237	1.215	1.019
	530	205	67	1.229	1.210	1.016
富樫ら 2015	530	215	64	1.222	1.207	1.013

ゲノム予備選抜下では調整交配率を多くして娘牛数を多くするより雄子牛を多く生産し、予備選抜強度を高める方がベター

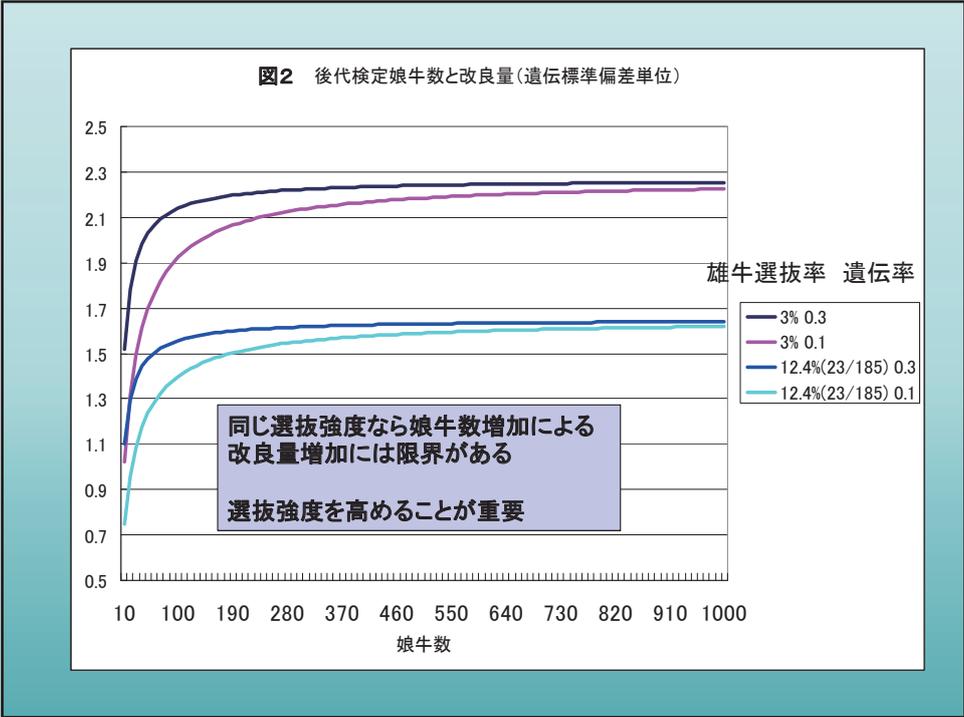
表 GPIと後代検定値の信頼度

	遺伝率	娘牛数	後代検定の信頼度	GPI信頼度
乳量	0.5	50	0.877	0.370
乳量	0.5	55	0.887	0.370
乳量	0.5	60	0.896	0.370
泌乳持続性	0.322	50	0.814	0.240
泌乳持続性	0.322	55	0.828	0.240
泌乳持続性	0.322	60	0.840	0.240
決定得点	0.3	50	0.802	0.440
決定得点	0.3	55	0.817	0.440
決定得点	0.3	60	0.830	0.440
肢蹄	0.13	50	0.627	0.290
肢蹄	0.13	55	0.649	0.290
肢蹄	0.13	60	0.668	0.290

酪農家の雌牛に交配する後代検定済み種雄牛による径路における、ゲノム予備選抜を付加した時と従来後代検定の時の年当たり改良量(遺伝標準偏差単位)

		従来			ゲノム予備選抜		
		50	60	60/50	50	60	60/50
雄子牛数			300			300	
候補種雄牛数			160			160	
選抜率			0.125			0.100	
検定済み種雄牛頭数			20			16	
娘牛数		50	60	60/50	50	60	60/50
乳量	従来	0.175	0.176	1.010	0.186	0.188	1.010
	ゲノム	0.205	0.207	1.010	0.215	0.218	1.010
泌乳持続性	従来	0.135	0.137	1.016	0.144	0.146	1.016
	ゲノム	0.157	0.159	1.015	0.165	0.167	1.015
決定得点	従来	0.129	0.131	1.017	0.138	0.140	1.017
	ゲノム	0.152	0.155	1.016	0.160	0.163	1.017
肢蹄	従来	0.075	0.078	1.033	0.080	0.083	1.033
	ゲノム	0.088	0.091	1.031	0.093	0.096	1.031

候補種雄牛数が150頭の同様の数字							
雄子牛数		300				300	
候補種雄牛数		150				150	
選抜率		0.125				0.100	
検定済み種雄牛頭数		18				15	
娘牛数		50	60	60/50	50	60	60/50
乳量	従来	0.177	0.178	1.010	0.186	0.188	1.010
	ゲノム	0.209	0.211	1.010	0.218	0.220	1.010
泌乳持続性	従来	0.137	0.139	1.016	0.144	0.146	1.016
	ゲノム	0.160	0.162	1.015	0.167	0.169	1.015
決定得点	従来	0.131	0.133	1.017	0.138	0.140	1.017
	ゲノム	0.156	0.159	1.016	0.162	0.165	1.017
肢蹄	従来	0.076	0.079	1.033	0.080	0.083	1.033
	ゲノム	0.090	0.093	1.031	0.094	0.097	1.031



ゲノムで予備選抜後、後代検定を実施した時の改良量と同じ改良量を得るため、後代検定のみを実施したときに必要な娘牛数（雄径路のみ） 遺伝率=0.3

h^2	ゲノム選抜対象雄子牛数	候補種雄牛数	ゲノム選抜率(%)	娘牛数/候補種雄数	雄子牛ゲノム選抜正確度	後代検定選抜率(%) (検定済み頭数は23頭)	ゲノム選抜率×後代検定選抜率(%)	ゲノム+後代検定による改良量(遺伝標準偏差単位)	ゲノム予備選抜付加後後代検定による改良量/現行後代検定改良量(候補種雄牛数185頭,娘牛数50頭)	後代検定のみの選抜率 (12.4% ² ,現状)に匹敵する娘牛数 (23/185)
0.3	294	140	47.5	65	0.7	16.4	7.8	1.715	1.160	* ¹⁾
0.3	294	140	47.5	65	0.8	16.4	7.8	1.719	1.163	* ¹⁾
0.3	294	150	50.9	60	0.7	15.3	7.8	1.704	1.153	* ¹⁾
0.3	294	150	50.9	60	0.8	15.3	7.8	1.707	1.155	* ¹⁾
0.3	294	160	54.3	57	0.7	14.4	7.8	1.697	1.148	* ¹⁾
0.3	294	160	54.3	57	0.8	14.4	7.8	1.7	1.150	* ¹⁾
0.3	294	170	57.7	53	0.7	13.5	7.8	1.686	1.141	* ¹⁾
0.3	294	170	57.7	53	0.8	13.5	7.8	1.688	1.143	* ¹⁾
0.3	294	185	62.8	50	0.7	12.4	7.8	1.673	1.132	* ¹⁾
0.3	294	185	62.8	50	0.8	12.4	7.8	1.676	1.134	* ¹⁾

ゲノムで予備選抜後、後代検定を実施した時の改良量と同じ改良量を得るため、後代検定のみを実施したときに必要な娘牛数（雄径路のみ） 遺伝率=0.1

h^2	ゲノム選抜対象雄子牛数	候補種雄牛数	ゲノム選抜率(%)	娘牛数/候補種雄数	雄子牛ゲノム選抜正確度	後代検定選抜率(%) (検定済み頭数は23頭)	ゲノム選抜率×後代検定選抜率(%)	ゲノム+後代検定による改良量(遺伝標準偏差単位)	ゲノム予備選抜付加後後代検定による改良量/現行後代検定改良量(候補種雄牛数185頭,娘牛数50頭)	後代検定のみの選抜率 (12.4% ² ,現状)に匹敵する娘牛数
0.1	294	140	47.5	65	0.5	16.4	7.8	1.464	1.184	144
0.1	294	140	47.5	65	0.6	16.4	7.8	1.478	1.195	158
0.1	294	150	50.9	60	0.5	15.3	7.8	1.443	1.167	126
0.1	294	150	50.9	60	0.6	15.3	7.8	1.457	1.178	137
0.1	294	160	54.3	57	0.5	14.4	7.8	1.429	1.156	117
0.1	294	160	54.3	57	0.6	14.4	7.8	1.442	1.166	126
0.1	294	170	57.7	53	0.5	13.5	7.8	1.409	1.139	105
0.1	294	170	57.7	53	0.6	13.5	7.8	1.421	1.149	112
0.1	294	185	62.8	50	0.5	12.4	7.8	1.387	1.121	93
0.1	294	185	62.8	50	0.6	12.4	7.8	1.398	1.130	99

娘牛数の節約=我が国に向けた改良法

ゲノム育種価で予備選抜し、その跡に従来の後代検定を実施

ゲノム予備選抜なしの従来後代検定では、その改良量に匹敵する娘牛数は大幅に必要。

しかし、ゲノム予備選抜を付加することで、娘牛数の大幅節約が可能。

また、遺伝率の高い形質では従来の後代検定ではいくら娘牛数を増やしてもできない改良量を実現

雄子牛数	300	
候補種雄牛数	160	
選抜率	0.125	
検定済み種雄牛頭数	20	
娘牛数	50	
乳量	ゲノム/従来	1.17263
泌乳持続性	ゲノム/従来	1.15997
決定得点	ゲノム/従来	1.17845
肢蹄	ゲノム/従来	1.17503

酪農家に対して育種価の精度を高くしたまま年当たり改良量約20%弱アップの実現が期待される(上表数字は雄径路のみ)

後代検定

径路	選抜 %	正確度		世代間隔等	
		選抜強度 (i)	r_{TI}	世代間隔 (L)	選抜強度 × 正確度
雄から雄	5	2.06	0.99	6.50	2.04
雄から雌	20	1.40	0.75	6.00	1.05
雌から雄	2	2.42	0.60	5.00	1.45
雌から雌	85	0.27	0.50	4.25	0.14
全体				21.75	4.68

$$\Delta G/\text{年} = i \times r_{TI} \times \sigma_G / L = 4.68 \sigma_G / 21.75 = 0.2152 \sigma_G$$

種雄牛の1.75年=1才+9ヵ月. σ_G =遺伝分散の平方根

候補種雄牛生産用母牛の2年=15ヵ月齢+9ヵ月.

Schaeffer, 2006

ゲノム育種価の選抜による改良量

径路	選抜割合 (%)	正確度 (r_{TI})		世代	
		選抜差 (i)	r_{TI}	世代間隔 (L)	$i \times r_{TI}$
雄 → 雄	5	2.06	0.75	1.75	1.54
雄 → 雌	20	1.40	0.75	1.75	1.05
雌 → 雄	2	2.42	0.75	2.00	1.82
雌 → 雌	85	0.27	0.50	4.25	0.14
全体				9.75	4.55

年当たり改良速度 = $i \times r_{TI} \times \sigma_G / L = 4.55 \sigma_G / 9.75 = 0.467 \sigma_G =$
 従来年当たり改良量の**2.17**倍, $\sigma_G =$ 遺伝分散の平方根.

種雄牛の1.75年 = 1才 + 9ヵ月.

候補種雄牛生産用母牛の2年 = 15ヵ月齢 + 9ヵ月.

正確度0.75 : 信頼度0.5625

Schaeffer, 2006

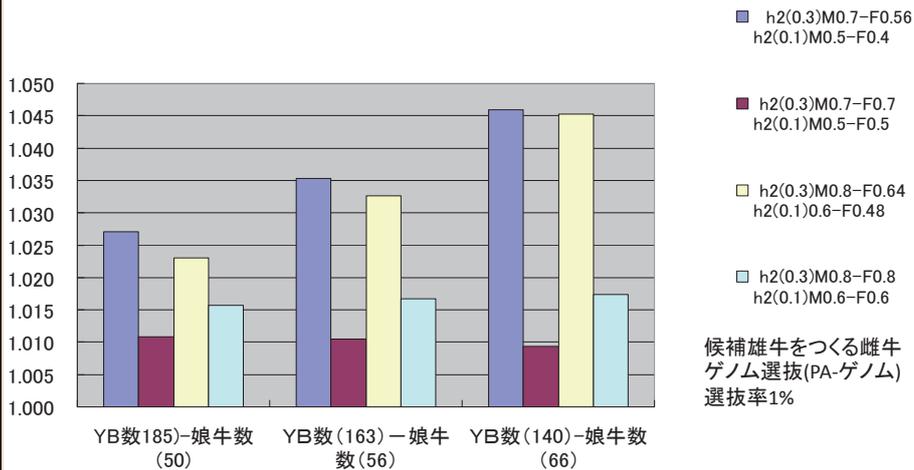
Schaeffer(2006)のようにすすめるか？

- 1.現状のゲノム育種価の信頼度が低い
- 2.特に遺伝率の低い形質ではゲノム育種価信頼度が低いので、それを補完する手段が特に必要
- 3.世代間隔が短くなるので年当たりの近交の増加が大きい
- 4.ゲノム育種価の過大評価
- 5.ゲノム選抜に伴う従来遺伝能力推定法的前提であるメンデルアンサンプリング効果の平均が0, 分散が近交無しとしたときは遺伝分散の半分という前提に違反!!
従来遺伝能力値に悪影響
- 6.我が国の酪農経営基盤は欧米に比べ、やや弱いか。世代間隔が短いだけで信頼度が低いゲノム育種価に対するリスクを酪農家だけに任せていいのか。

表 GPIと後代検定値の信頼度				
	遺伝率	娘牛数	後代検定の信頼度	GPI信頼度
乳量	0.5	50	0.877	0.370
乳量	0.5	55	0.887	0.370
乳量	0.5	60	0.896	0.370
泌乳持続性	0.322	50	0.814	0.240
泌乳持続性	0.322	55	0.828	0.240
泌乳持続性	0.322	60	0.840	0.240
決定得点	0.3	50	0.802	0.440
決定得点	0.3	55	0.817	0.440
決定得点	0.3	60	0.830	0.440
肢蹄	0.13	50	0.627	0.290
肢蹄	0.13	55	0.649	0.290
肢蹄	0.13	60	0.668	0.290

現状:ゲノム信頼度が低い
Schaeffer(2006)の信頼度:0.5625

遺伝率0.1/遺伝率0.3(ゲノム付加後代検定の年当たり改良量の従来後代検定に対する値)

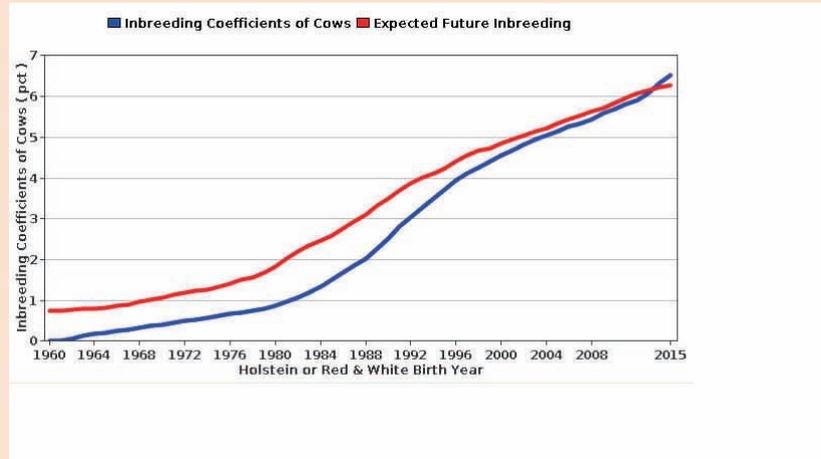


候補雄牛をつくる雌牛
ゲノム選抜(PA-ゲノム)
選抜率1%

遺伝率の低い方が従来後代検定に比べて効率が低い。雄(M)に比べ雌(F)の正確度が低い時、娘牛数が多いときほど低遺伝率-ゲノム付加後代検定がより有効。ゲノムの正確度は遺伝率が低いほど小さい。雌でさらに低くなれば、その低さを後代検定で補完!!

富樫2015

アメリカの近交係数



(2) 近交の現状

ホルスタイン集団の遺伝的大きさが縮小。乳牛頭数はアメリカは日本の約8倍、日本の方が遺伝的サイズ、近交の進み方に留意する必要あり

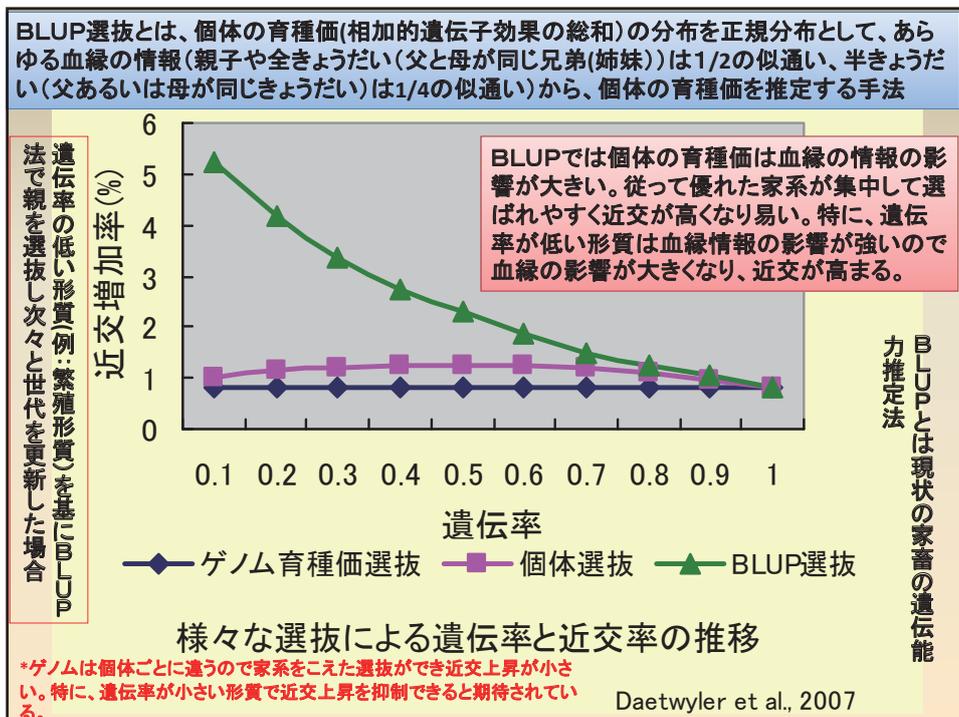
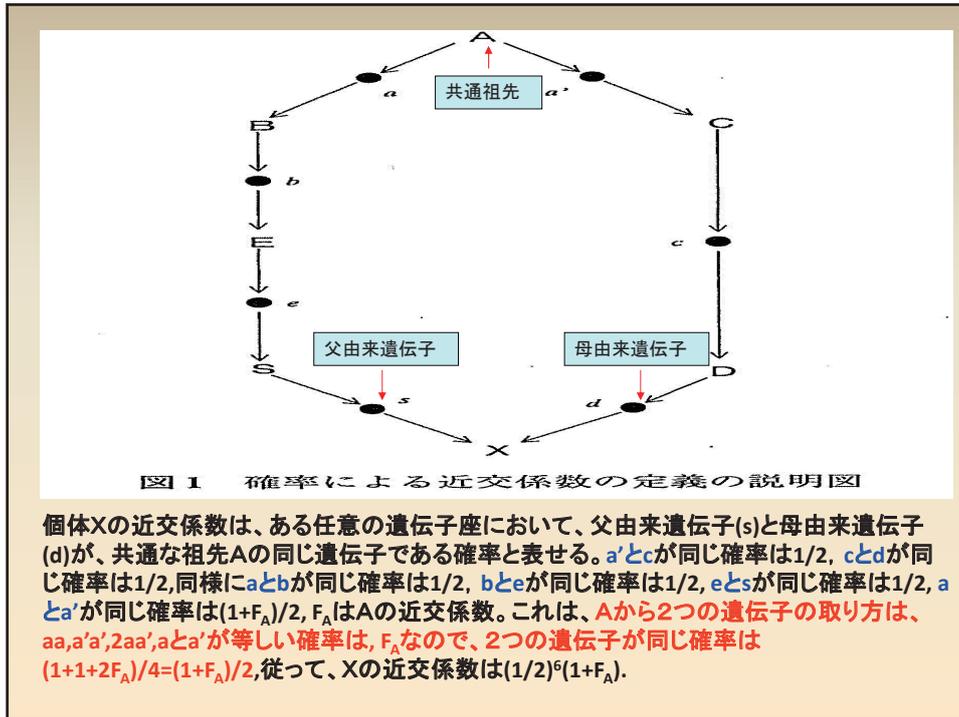
平均近交率 (%)

年	アメリカ ¹	北海道 ²
1970	2.7	0.87
1980	4.6	1.27
1990	5.4	1.91
2000	6.8	4.33
2010	8.2	(4.88, 2004)
2020	9.7	

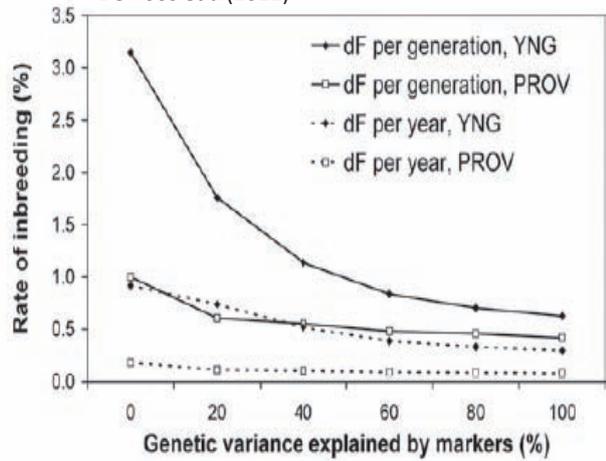
¹ Young and Seykora (1996), Hansen (2000).

² 河原ら (2002)

52



De Roos et al(2011)



後代検定が近交
上昇には最適

YNG:ヤングサイ
アーをそのまま
使用

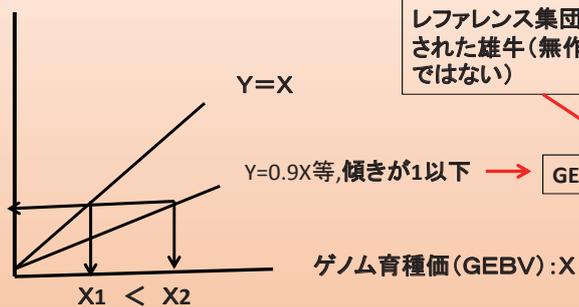
PROV:後代検定
済みを使用

ヤングサイアーをそのまま酪農家で使うと年当たりの近交増加(世代間隔の縮小)。SNPが遺伝変異の多くを説明できれば個体選抜に近くなり近交増加は抑制されるが後代検定が最も近交抑制!!

年当たりの近交増加抑制には後代検定が最も有効

ゲノム育種価は過大評価されていた

Deregressed sire proof(真
とみなされる種雄牛の遺
伝能力): Y

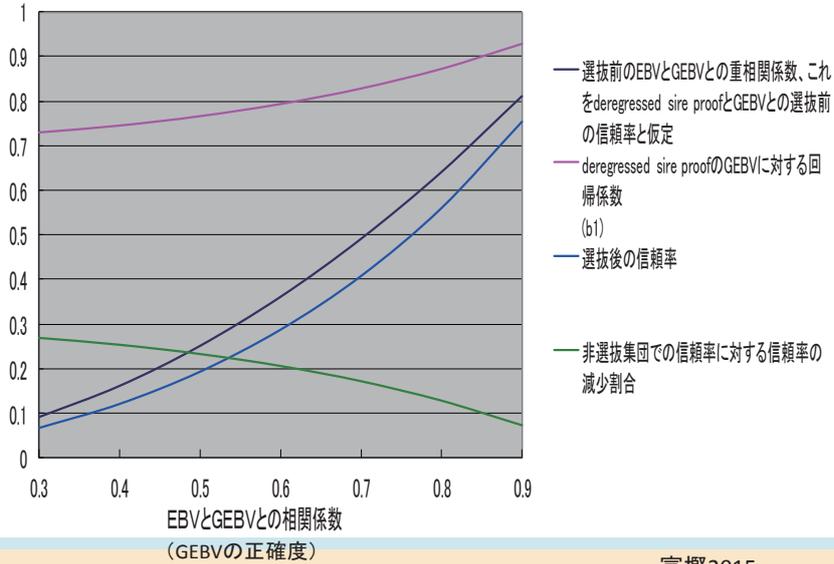


レファレンス集団が選抜
された雄牛(無作為集団
ではない)

GEBVの過大評価

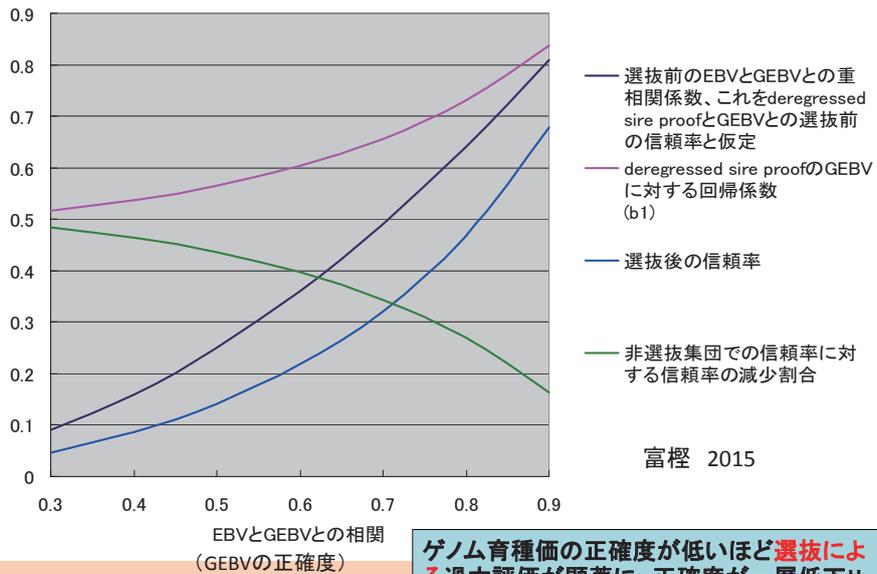
真とみなされる種雄牛の遺伝能力のゲノム育種価に対する回帰係数が1以下の時はゲノム育種価が真の遺伝能力より過大評価されている

90%選抜(10%淘汰)が与えるGEBVのバイアス(過大評価)と信頼率減少に与える影響



富樫2015

70%選抜(30%淘汰)におけるEBVとGEBVとの相関に伴うバイアスと信頼率の減少割合



富樫 2015

ゲノム育種価の正確度が低いほど選抜による過大評価が顕著に、正確度が一層低下!!

レファレンス集団(2015夏)
日本:種雄牛3909頭
アメリカ:種雄牛26748頭、雌牛(記録有り)
111685頭

選抜の影響がない後代検定娘牛の遺伝子型と記録をレファレンス集団に追加(日本)

バイアスの是正が期待される

遺伝子型と産乳形質との我が国と欧米との遺伝相関は0.95を超えるが、これは期待される平均的な遺伝相関。ゲノムを細かくみると欧米と我が国との交互作用はもっと大きくなる。

SNPはマーカーとしては完全ではない! 完全でないものには慎重に!

我が国の改良を考えた時に必要な泌乳持続性という形質:海外では取り上げられていない。

我が国での改良には我が国でのレファレンス集団構築が根本

我が国の改良のためにレファレンス集団はある

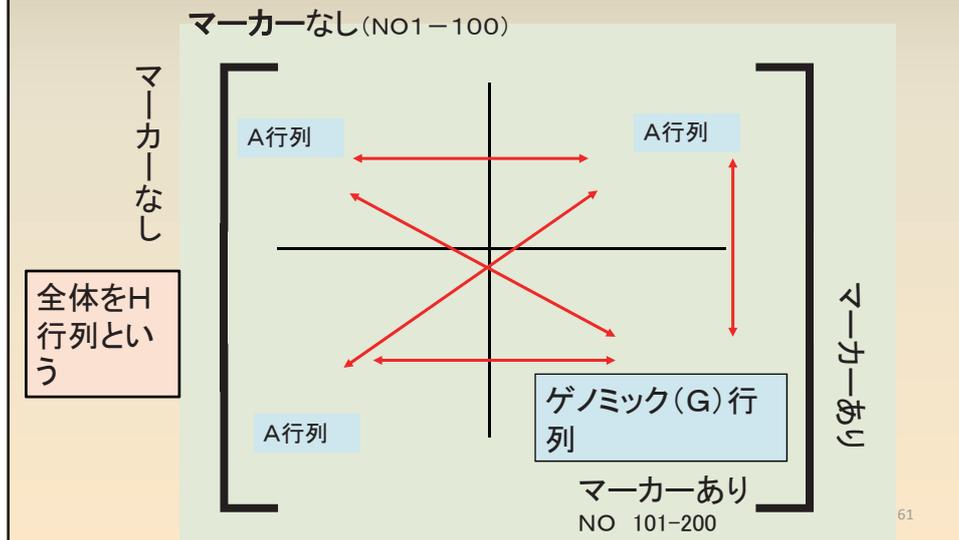
選抜個体をレファレンス集団に多く含むとゲノム評価値は過大評価

- ・レファレンス集団は本来は選抜無しの集団
- ・ゲノム育種価開始当時のmultistep法は選抜候補牛に近縁する血縁情報をとりにくんでいない(選抜に関連する情報を組み込むことが難しい)
- ・multistep法は雄牛のみの後代平均値だけを対象(サイアーモデル)、平均値からばらつき変異を無視!!全牛(アニマルモデル)的検討が必要!!

対策

1. 選抜強度が低い雌牛をレファレンス集団に追加
2. 選抜された個体と近縁の選抜されていない個体の記録(後代検定娘牛記録等)
3. 淘汰個体と近縁の選抜されていない個体の記録(後代検定娘牛記録等)
4. 雄牛だけでなく雌牛も含め、**全牛の情報があれば選抜に関連した情報を取り組める**
5. SSGBUPやSSBRという全牛を扱うゲノム育種価推定法

SSGBLUP法:
従来血縁(A)行列とゲノミック(G)行列による情報の補完性
マーカーなし100頭とマーカーあり100頭とで情報補完



一方、 $A_{11}, A_{12}, A_{21}, A_{22}$ は既知なので、 $G - A_{22}$ がゲノム分析で新たに既知となった場合の、
un genotyped animal へのゲノム関連性を反映した H は、

$$H = \begin{bmatrix} A_{12}A_{22}^{-1}(G - A_{22})A_{22}^{-1}A_{21} & A_{12}A_{22}^{-1}(G - A_{22}) \\ (G - A_{22})A_{22}^{-1}A_{21} & G - A_{22} \end{bmatrix} \text{ と書ける。}$$

この H の逆行列は

$$H^{-1} = A^{-1} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & G^{-1} - A_{22}^{-1} \end{bmatrix}$$

これを従来のアニマルモデルの A^{-1} と置き換えるだけで GEBV が得られる。

手法的には従来のアニマルモデルを適用できる

すべてのSNPがゲノム育種価に関与、SNP
がリンクするQTL効果は正規分布と仮定

一方、雄もメスもすべて扱うので選抜に関
与した情報(記録、血縁、遺伝子型)を評価
値に組み込める、過大評価の是正が期待!!

Fernando et al.(2014)のSSBR(single step Bayesian regression)

- ・雄もメスもすべて扱うので選抜に関与した情報(記録、血縁、遺伝子型)を評価値に組み込める、過大評価の是正が期待!!
- ・SNP効果はすべて遺伝能力に関与、かつSNP効果は正規分布するというSSGBLUPの仮定を除外できる。
- ・SSGBLUPにあった血縁行列(A)とゲノミック行列(G)の基礎集団のスケール調整必要なし(両者の重みtrial error:調整, 例0.8-0.2、対角要素の平均を同じくする作業必要なし)
- ・レファレンス集団の基礎集団のSNPマーカー頻度を推定
- ・Gの逆行列を解く必要なし。

雄牛だけでなく雌牛もいれて_{SS}GBLUP法でゲノム育種価を計算

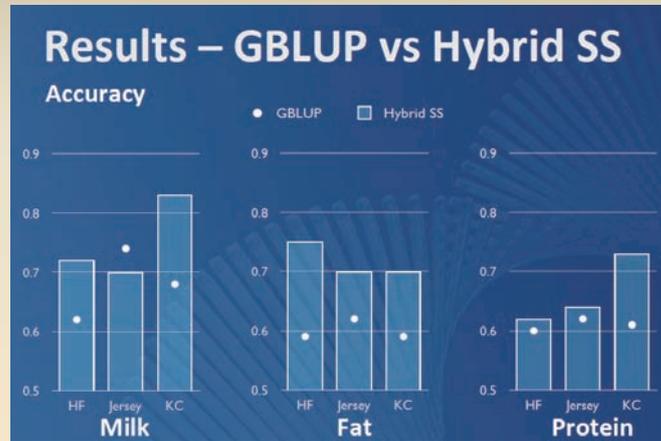
Genotypes and Animals

- Illumina BovineSNP50, retained 35k SNPS after quality control

	Validation Dataset		National Dataset	
	GBLUP	Hybrid SS	GBLUP	Hybrid SS
Genotyped Males	7,102	7,102	14,343	14,343
Genotyped Females	454	17,559	454	47,574
Total Genotyped	7,556	24,661	14,797	61,917
Non-genotyped Males	0	8,541	0	12,888
Non-genotyped Females	0	76,545	0	165,521
Total	7,556	109,747	14,797	240,326

Harrisら(2013 ニューージーランド)

正確度が雌牛追加で増加

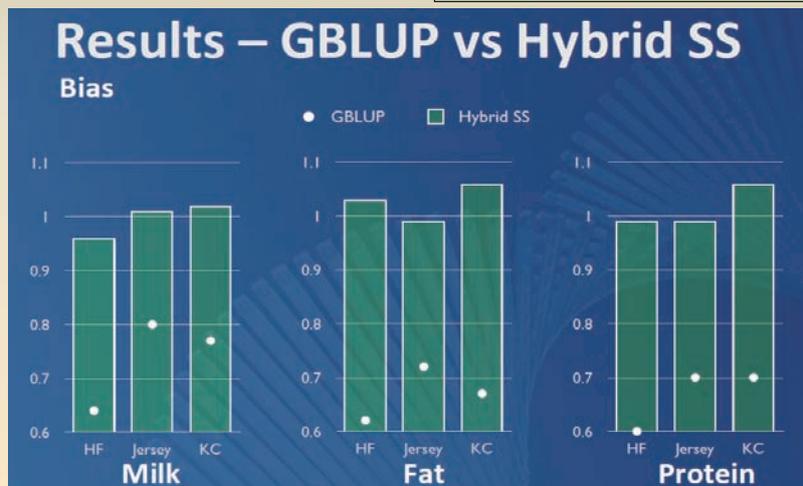


New Zealand has been publishing GEBVs since 2008 for Holstein-Friesian, Jersey and Kiwi-Cross sires

Harrisら(2013 ニューージーランド)

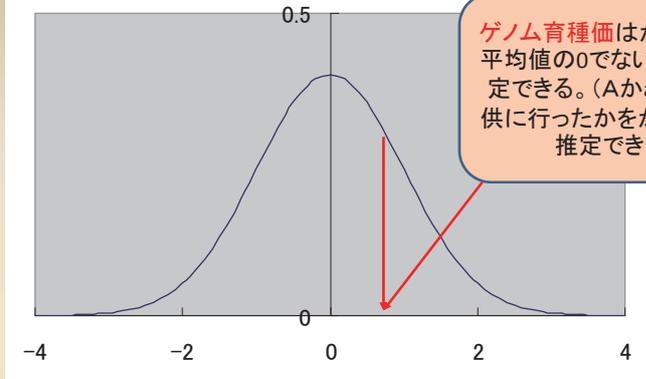
ゲノム育種価の過大評価が雌牛追加で是正

雌牛は雄牛に比べて選抜されていない



Harrisら(2013 ニューージーランド)

メンデルアン分散 (Aかaがランダムに子供に伝わる)



ゲノム育種価はかなりの精度で平均値の0でない特定の値を推定できる。(Aかaのどちらが子供に行ったかをかなりの精度で推定できるから)

子供の遺伝能力 = 両親の遺伝能力の平均値 + メンデルアンサンプリング効果

ゲノム育種価は、子供に行った遺伝子がAかaかを、かなりの精度で推定可能

従来推定育種価 (EBV) に悪影響

ゲノム選抜は、Aかaというメンデルアンサンプリング効果をかなりの精度で推定できる。記録がよいものを選ぶのでAをかなりの精度で選抜できる。
とすれば、ゲノム選抜された子供の遺伝分散とその平均遺伝能力は0でなくなる!!

$$\text{メンデルアン分散} \neq \frac{\text{遺伝分散}}{2}$$

$$\text{メンデルアン分散} < \frac{\text{遺伝分散}}{2}$$

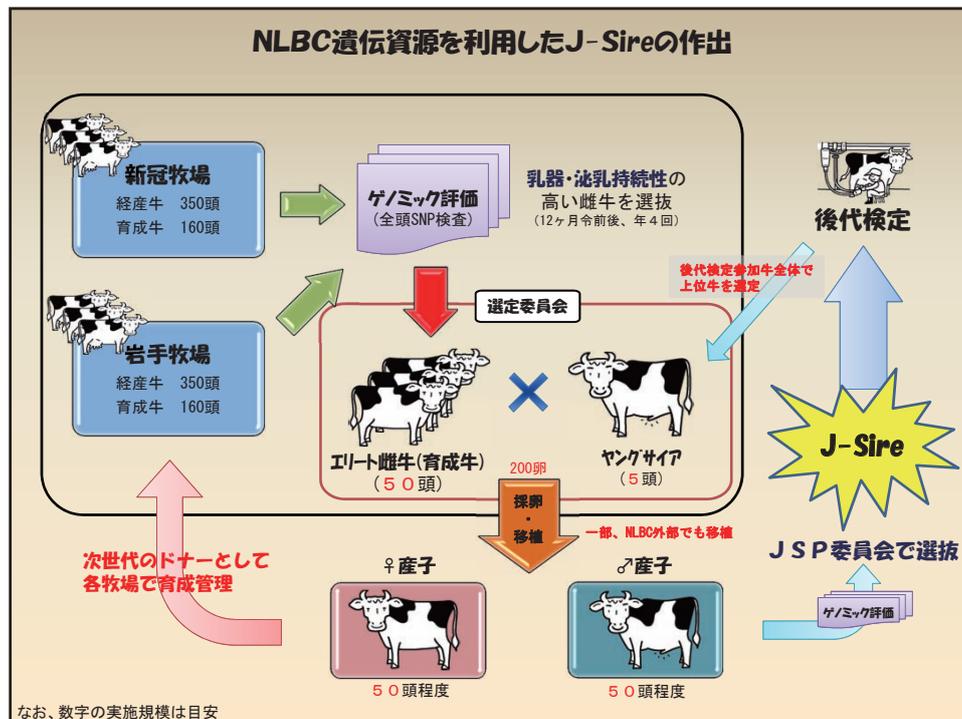
メンデルアンサンプリング効果の平均値は0でない!
メンデルアンサンプリング効果の平均値 > 0

従来のアニマルモデルなどの推計手法の前提 (メンデルアン効果の平均値は0) を違反-----従来推定値に悪影響-----対策研究が世界で進行中

ゲノム付加後代検定は多形質の改良にベター

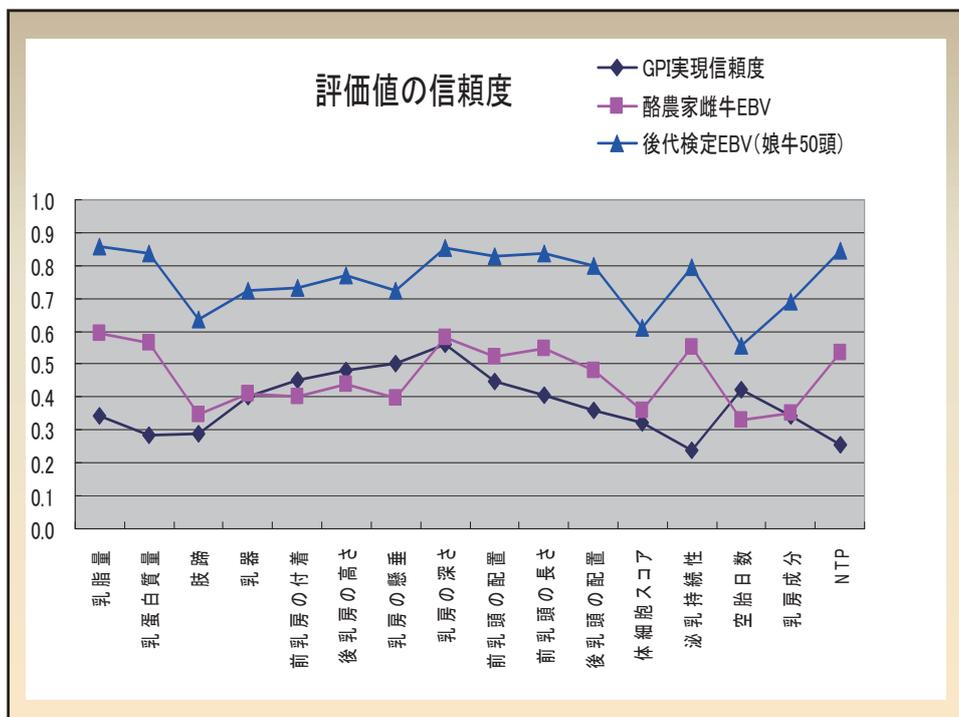
乳器や泌乳持続性にすぐれた雄牛づくり — 中間報告 —

Jサイアープロジェクトチーム
(家畜改良事業団 富樫)

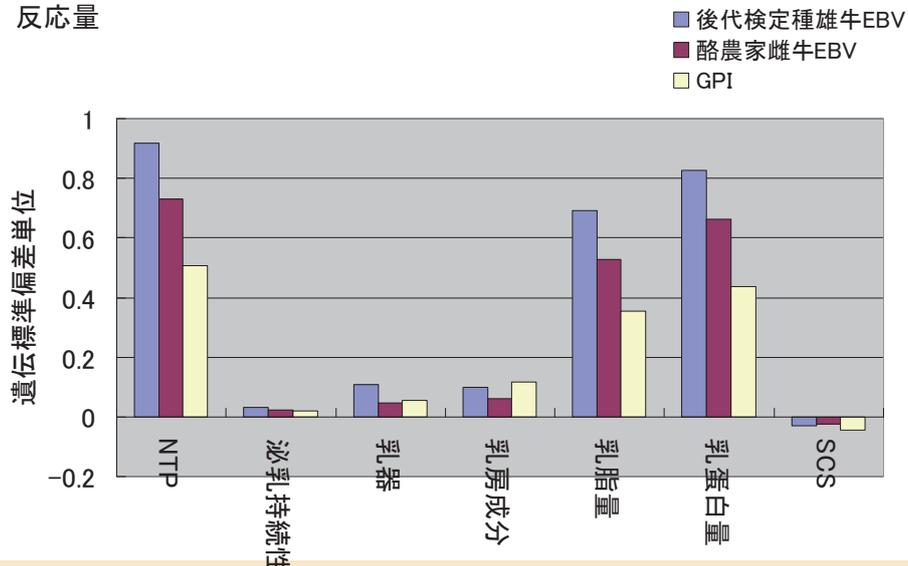


ポイント

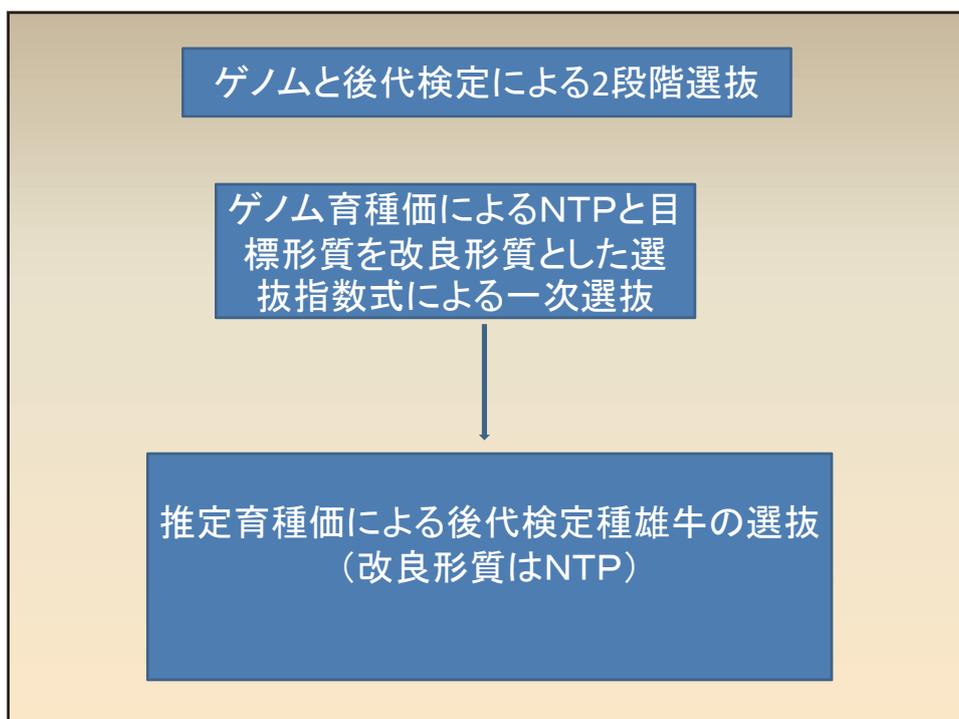
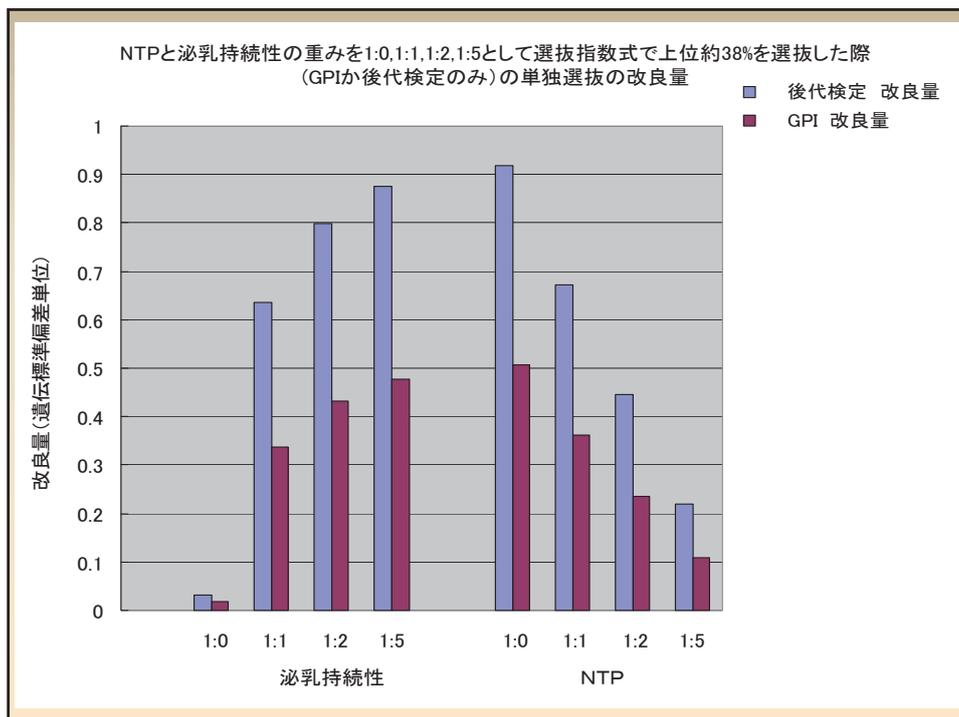
- 後代検定はNTPで選抜
- Jsireプロジェクトの雄牛づくりは乳器や泌乳持続性にすぐれた雄牛づくり
- 最終的な後代検定の選抜指標であるNTPの大枠の中で、いかに乳器や泌乳持続性にすぐれた雄牛づくりを可能にするか

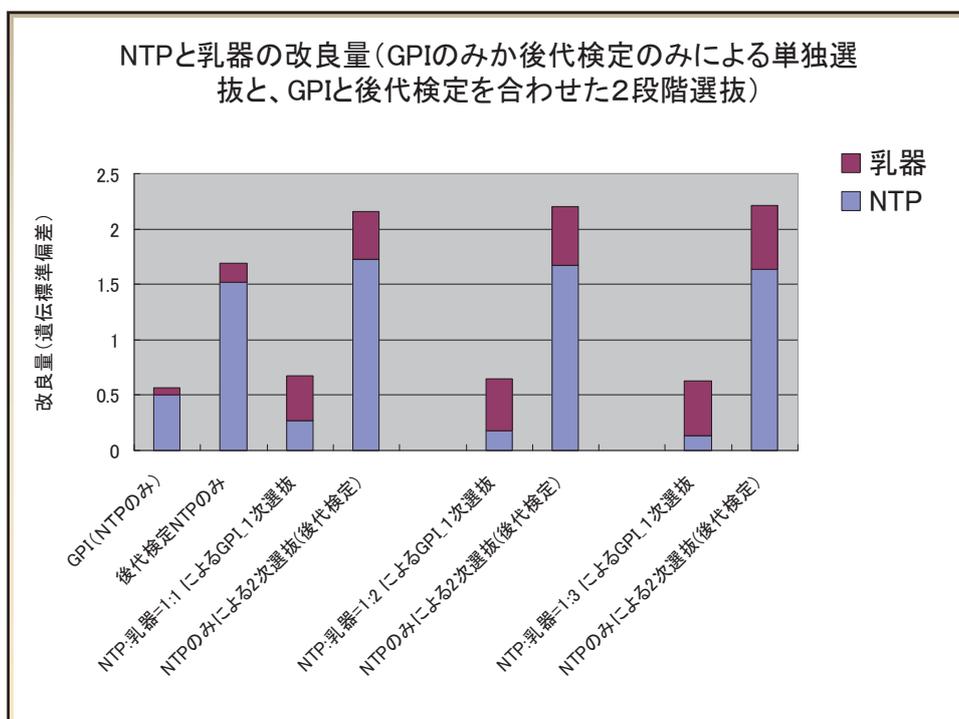
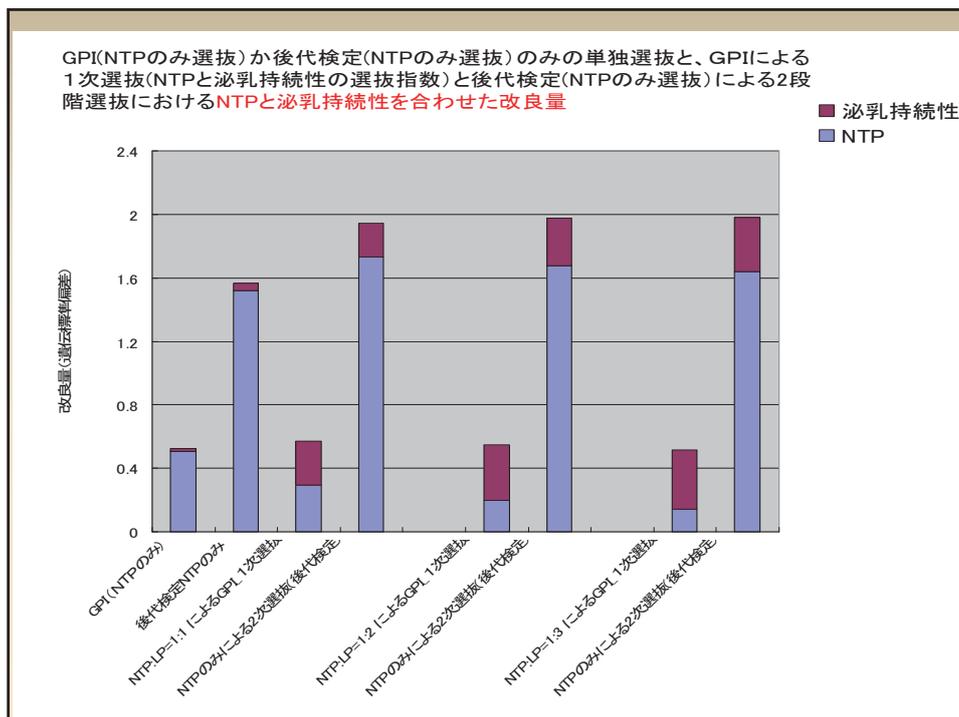


後代検定種雄牛推定育種価(EBV),酪農家雌牛推定育種価(EBV),GPIによるNTPのみで上位約38%選抜した時の各形質の反応量



- NTPとNTP以外の目標とする形質を同時に改良するためには、
- 選抜指数式(I)の活用
- $I = b_1 \times \text{NTP} + b_2 \times \text{泌乳持続性(あるいは乳器)}$
- 改良目標量を、NTP,泌乳持続性(あるいは乳器)の遺伝標準偏差単位で1:1,1:2,1:5と設定





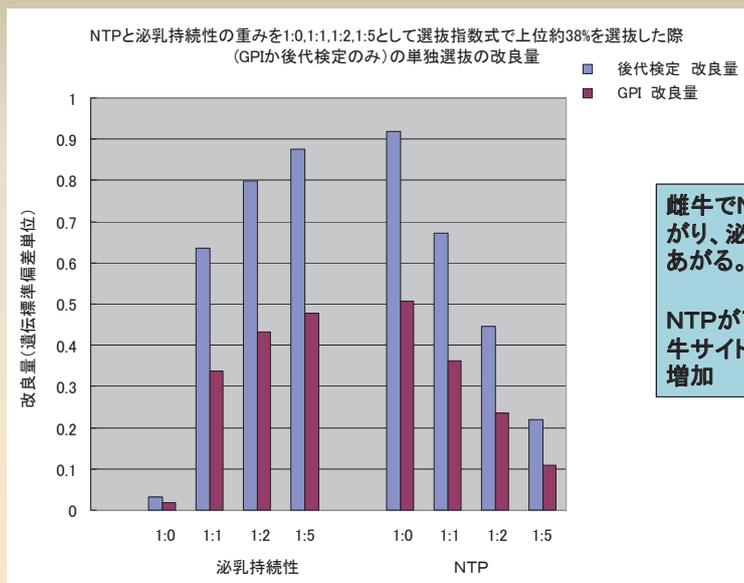
選抜はゲノム育種価のみではない。高精度な後代検定が待機、後代検定はNTPのみによる選抜

ゲノム育種価による選抜指数式に基づく一次選抜と後代検定後の推定育種価(EBV)によるNTP選抜による**2段階選抜の結果**：

NTPの改良量は、従来の後代検定のみの改良量に比べて増加(8~14%)。

NTP以外の目標とする形質の改良量は、従来の後代検定の改良量を大幅(2~7倍)に増加。

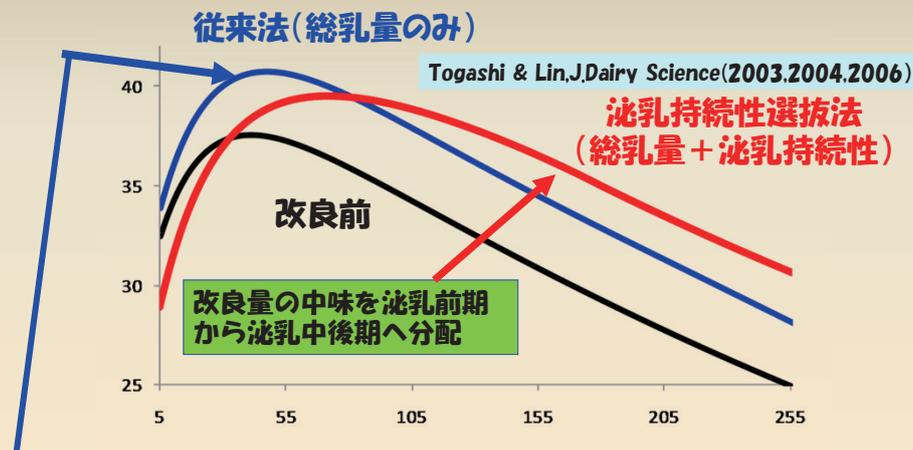
酪農家のメス牛更新にも選抜指数法でNTP+アルファの改良に期待される



雌牛でNTPがやや下がり、泌乳持続性があがる。

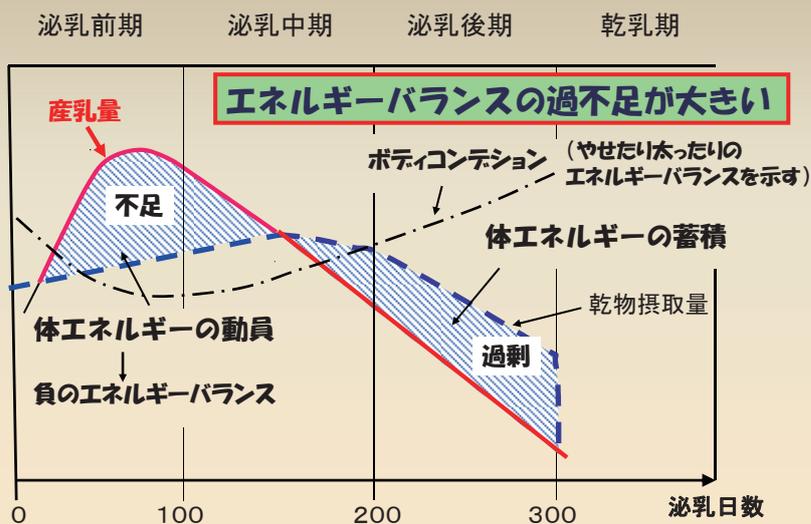
NTPが下がっても雄牛サイドからNTPの増加

305日乳量を100キロ改良した場合の従来の305日乳量
のみの選抜と泌乳持続性を加味した選抜後の泌乳曲線

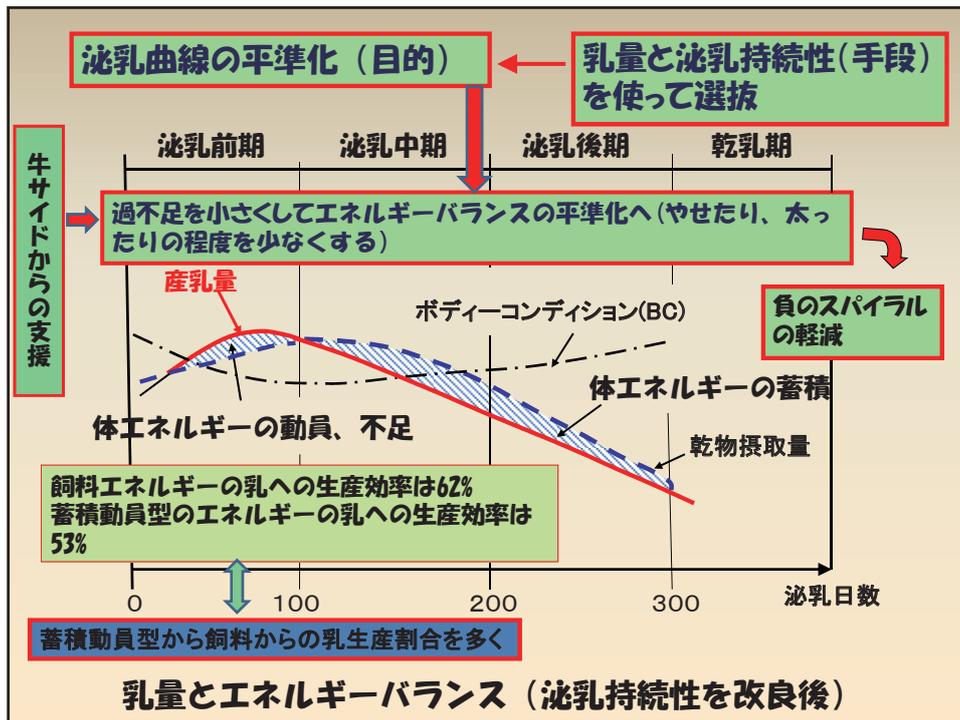


ストレスの多い泌乳前期の乳量が上がりに続ける (従来型選抜)
難しい周産期の飼養管理の継続、牛の能力を発揮しづらい

高ピーク低泌乳持続型牛の泌乳曲線



産乳量とエネルギーバランス (現状)



最近の酪農を巡る情勢等について

講師：一般社団法人中央酪農会議 事務局長 内橋 政敏 氏

最近の酪農を巡る情勢等について

平成28年2月
一般社団法人中央酪農会議

1

I. 一般社団法人中央酪農会議とは

(1) 中央酪農会議の目的と主な業務:

日本における、酪農セクターの中央団体として、指定団体制度を通じて、酪農産業の安定と発展に貢献すること

- ① 全国の約97%の生乳計画生産の設定と進行管理
- ② 安全安心な生乳供給に係る現場の取り組み支援
- ③ 酪農及び牛乳乳製品の理解醸成対策
- ④ 酪農経営の可視化を通じた経営改善、乳牛資源の維持確保に係る知見・事例の収集・普及推進等

(2) 会員:

- ① 地方: 全国9地域の指定生乳生産者団体
- ② 中央: 全中・全農・全酪連・全開連・農中・全共連の6つの全国団体

(3) 活動の財源:

会員からの会費と酪農家からの拠出(賦課)金

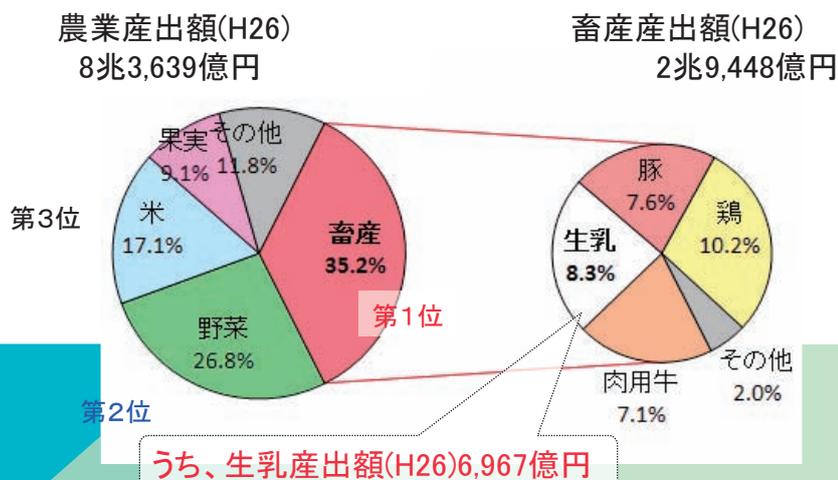
2

Ⅱ.日本酪農の基礎データ

1. 酪農家数: 17,700戸 (2015年2月: 畜産統計)
※北海道: 6,680戸、都府県: 11,020戸
2. 乳牛の飼養頭数: 137.1万頭 (2015年2月)
※55%が搾乳している牛
3. 酪農家1戸当たり飼養頭数: 77.5頭 (2015年2月)
※北海道119頭、都府県53頭
4. 生乳の生産量: 733万t (2014年度)
※北海道: 382万t、都府県: 351万t
5. 生乳の処理量: (2014年度)
※牛乳等向け: 391万t、乳製品向け: 336万t
6. 国内需要量: 1,169万t (生乳換算) (2014年度[概算])
※米の需要(879万t)を大きく上回る基礎的な食品

7. 酪農は日本農業の基幹的産業

- 日本の農業産出額のうち、畜産は第1位。
- 生乳は約8%を占める。



資料: 農林水産省「生産農業所得統計」

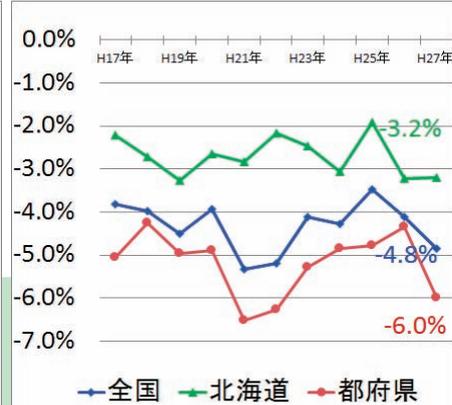
8. 酪農家戸数の推移（生産基盤が縮小）

- 酪農家の数はピーク（1963年42万戸）の1/20。
- 規模拡大による生産維持も限界に近づく。

酪農家戸数の推移(実数)



酪農家戸数の推移(減少率)



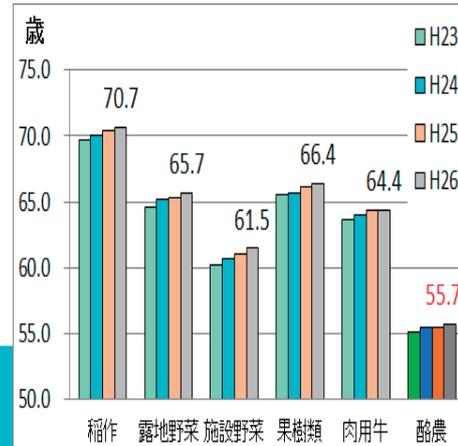
資料：農林水産省「畜産統計」

5

9. 進む酪農家の高齢化

- 経営主の年齢は、他作目と比較すると若いですが、徐々に高齢化が進展。

経営組織別基幹的農業従事者の平均年齢(男女平均)



資料：農林水産省「農業構造動態調査」

(参考)経営者の年齢(構成比)

酪農家数	年齢(代)							平均年齢	H19調査	
	10代	20代	30代	40代	50代	60代以上	無回答			
全国	18,303	0.7	8.0	16.2	30.2	34.2	8.2	3.5	58.3	54.7
北海道	6,008	0.3	12.5	18.9	33.0	24.4	1.6	7.9	52.3	50.5
都府県	10,297	0.5	5.9	19.1	28.1	40.0	12.1	0.9	58.3	56.1

資料：26年度酪農全国基礎調査

6

(参考) 26年度酪農全国基礎調査結果

後継者の確保状況

	酪農家数	[単位：戸、%]					後継者はいない （参考）H19調査
		1 いる16歳以上の後継者がいる	2 16歳以上の後継者がいる	3 後継者はいない	4 分からない・その他	5 無回答	
全国	16,383	24.4	5.9	40.7	26.7	2.3	20.7
北海道	6,086	27.6	6.6	34.7	30.3	0.8	18.4
都府県	10,297	22.4	5.5	44.3	24.6	3.1	32.3

経営形態

	酪農家数	[単位：戸、%]			H19調査（法人） （参考）
		1 法人経営	2 法人経営以外	3 無回答	
全国	16,383	8.4	89.8	1.8	92.0
北海道	6,086	9.3	90.0	0.7	91.1
都府県	10,297	7.9	89.7	2.4	92.3

平成26年度中における搾乳中止予定の有無

	酪農家数	[単位：戸、%]		
		1 無	2 有	3 無回答
全国	16,383	93.5	3.9	2.6
北海道	6,086	95.0	4.0	0.9
都府県	10,297	92.6	3.9	3.5

平成27～28年度中における搾乳中止予定の有無

	酪農家数	[単位：戸、%]		
		1 無	2 有	3 無回答
全国	16,383	88.3	7.2	4.5
北海道	6,086	92.0	6.1	1.9
都府県	10,297	88.2	7.8	6.1

注) 調査対象は、26年8月1日現在において、中酪会員（沖繩除く）である指定団体の直接会員又は間接会員となつていた酪農家16,524戸（回収戸数16,383戸[回収率99.1%]）

経営継続上の期待事項(3つまで回答)

	酪農家数	[単位：戸、%]															
		1 生乳需給の安定	2 乳価の引き上げ	3 生産需要の拡大	4 乳製品輸入量の抑制	5 供給後継牛の安定的な供給	6 生産資材の安定的な供給	7 工営管理指導への充実	8 生産技術指導の充実	9 トラクタ等の充実	10 酪農経営に関する情報提供	11 後継者の育成・確保	12 土地の売買や賃借の助成	13 6次産業化の支援	14 酪農振興のための補助	15 その他	16 無回答
全国	16,383	22.2	78.9	9.3	9.6	13.0	41.3	9.3	4.0	20.7	3.4	8.7	5.4	9.3	95.0	2.7	4.8
北海道	6,086	23.0	72.1	11.2	9.2	10.0	39.3	5.1	5.4	30.1	4.3	11.9	7.6	9.7	93.3	2.9	9.2
都府県	10,297	21.3	79.8	8.1	9.7	16.0	43.4	2.9	9.3	15.2	2.8	6.8	4.1	9.1	92.2	2.6	5.4

■酪農経営を継続する上で期待する事項については、北海道、都府県ともに「乳価の引き上げ」を挙げる酪農家が最も多く、「飼料など生産資材の安定的な供給」、「酪農振興のための補助事業の拡充」が続く。

生乳を増産できない理由(3つまで回答)

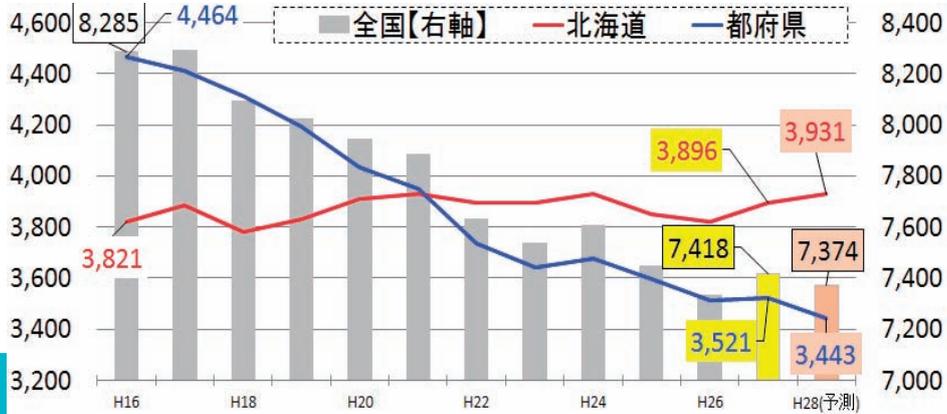
	酪農家数	[単位：戸、%]																		
		1 産・地ふん尿処理が困難	2 増設用地が不足	3 増設用地が不足	4 労働力不足	5 労働力が不足	6 資金不足	7 資金不足	8 資金不足	9 設備不足	10 設備不足	11 設備不足	12 設備不足	13 設備不足	14 設備不足	15 設備不足	16 設備不足	17 設備不足	18 設備不足	19 無回答
全国	16,383	16.4	10.7	20.5	29.8	14.7	17.2	10.1	19.0	28.5	15.9	11.9	2.6	2.0	16.3	25.6	20.6	7.1	9.8	3.4
北海道	6,086	13.6	10.7	19.5	37.7	21.3	19.0	9.4	27.3	20.4	15.7	6.0	0.8	0.8	18.4	23.0	18.4	11.2	9.3	3.3
都府県	10,297	18.1	10.7	21.1	35.1	10.8	19.7	10.4	14.1	30.1	16.1	15.4	3.6	1.9	17.1	23.9	16.2	4.7	9.7	3.5

■生乳を増産できない理由として、北海道で「労働力不足で乳牛の飼養管理が限界」を挙げる酪農家が最も多く、「酪農制度・政策が今後どうなるか分からない」、「今の設備・機械で飼養頭数が限界」が続いている。都府県では、「経営者が高齢化している」が最も多く、「購入飼料価格が今後どうなるか分からない」、「労働力不足で乳牛の飼養管理が限界」が続いている。

10. 生乳生産の継続減少、直近減少幅は拡大

■生乳生産量はピーク(H8年度866万t)の9割弱。

生乳生産量の推移



資料：農林水産省「牛乳乳製品統計」

注1：27・28年度は27年11月までの実績を加味したJミルク予測

注2：27年度は閏年(366日)

9

11. (参考1) 現状の傾向では長期的にも生乳生産は減少

■平成37(2025)年度は、平成26(2014)年度と比較して約85万t減少。

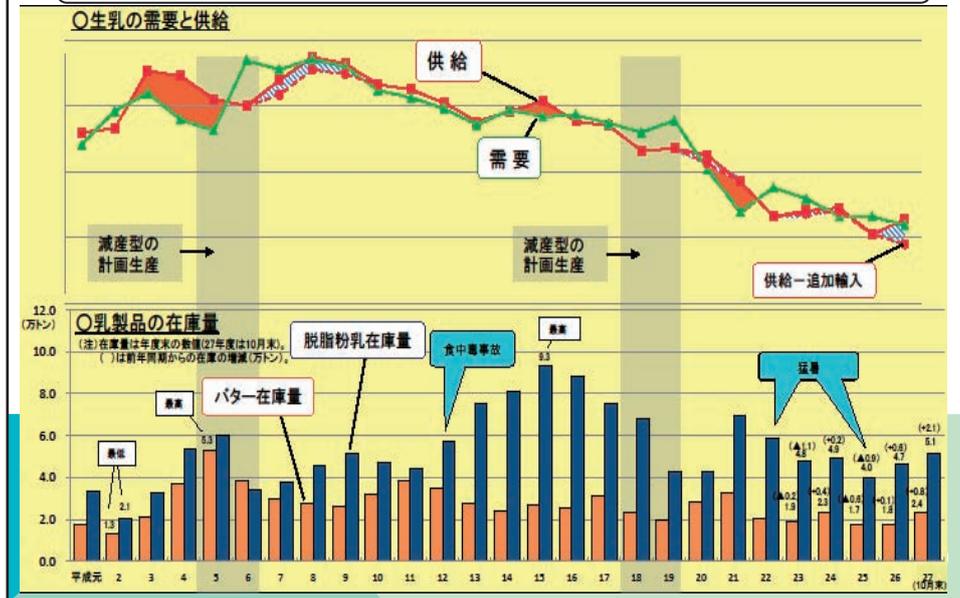
生乳生産量の長期予測



資料：26年7月時点のJミルク予測(①1頭当たりの産乳量、酪農家の飼養規模、③酪農家戸数の各々について長期モデルを作成し、合算)

1 2. (参考2) 生乳需給の推移

- 我が国の生乳需給は、天候の変動や国際乳製品市況の変動等を受け、不安定化。
- 近年は、国内生産の減少により、不足傾向。



Ⅲ.酪農経営をめぐる情勢

1. 酪農経営の概況(26年度生産費)

- 全国の搾乳1頭当たり生産費(26年度)は、765千円(前年比101.6%)
しかし、1頭当たり搾乳量の増加により1kg当たり生産費は、91.9円(前年比100.2%)。
- 北海道の1頭当たり生産費(26年度)は、678千円(前年比101.1%)
1kg当たり生産費は、83.5円(前年比99.3%)
- 都府県の1頭当たり生産費(26年度)は、864千円(前年比102.1%)
1kg当たり生産費は、100.7円(前年比101.1%)

2. 26年度生産費による酪農経営の状況

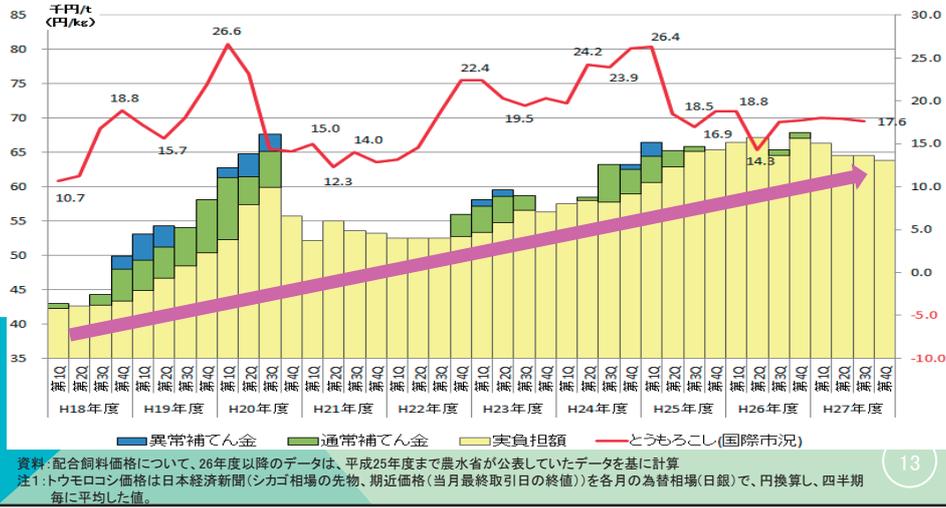
(1) 流通飼料費

- 生産費の多くを占めるH26年度の流通飼料費は、395千円(前年比104.3%)。
- 輸入粗飼料については、貿易統計によれば、
アルファルファペレットは、25年度40.0円/kgに対し、26年度40.8円/kg(前年比101.9%)
ヘイキューブは、25年度38.5円/kgに対し、26年度42.0円/kg(前年比109.0%)

(2) 配合飼料価格の動向

- トウモロコシ価格の上昇を背景に**配合飼料価格は高騰し、高止まり**。
- トウモロコシ国際価格は、第2四半期に**大きく低下も、直近は円安等により再上昇**。
- 配合飼料価格安定対策事業の**補てん金はH27第1～第3四半期は0円**。

配合飼料価格・補てん金及びトウモロコシ国際市況の推移



13

(3) 粗飼料価格の動向

- 輸入粗飼料も、干ばつや為替(円安等)の影響で高値で推移**。

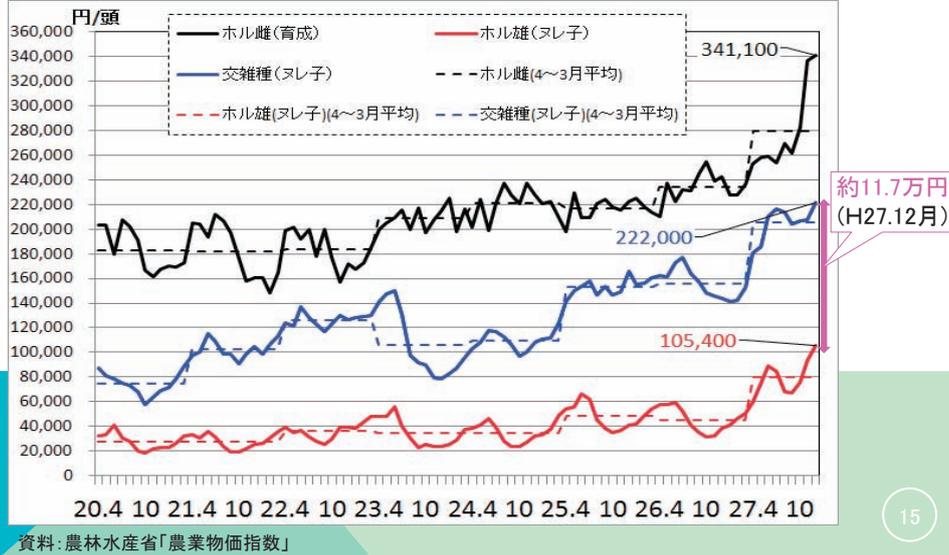
粗飼料価格(CIF)の推移-H17年4月を基準とした指数



14

3. 子牛（副産物）価格の推移

- 子牛の価格は、肉用子牛の減少等を背景に高値で推移。
- 交雑種（ヌレ子）価格の上昇により、ホルスタイン雄（ヌレ子）との価格差拡大。
- ホルスタイン雌子牛の価格も、直近では大きく上昇。

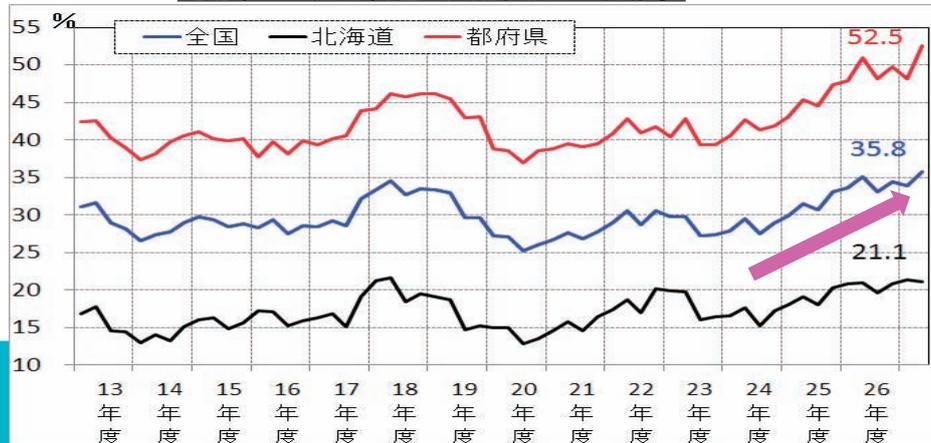


15

(参考) 将来の後継牛不足への懸念

- 交雑種枝肉価格の堅調等を背景に黒毛和種の交配率が上昇傾向。数年後の乳用後継牛不足が懸念。

乳用牛への黒毛和種の交配状況(四半期毎)



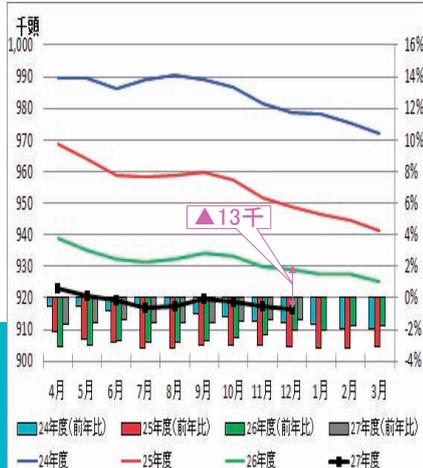
資料：(一社)日本家畜人工授精師協会HP
注) 直近27年度7-9月分は速報値

16

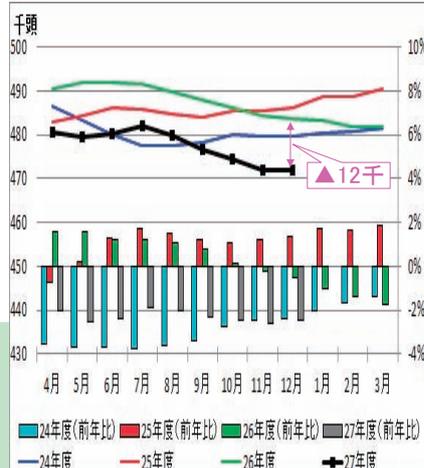
4. 乳牛資源が継続減少

- 24ヵ月齢以上乳牛飼養頭数は近年、継続的に減少。
- 24ヵ月齢未満の頭数は25年度は増加傾向であったが、26年11月以降減少。

24月齢以上乳牛頭数の推移(全国)



24月齢未満乳牛頭数の推移(全国)



資料：(独)家畜改良センターによる牛個体識別全国データベースを基にJミルクが集計

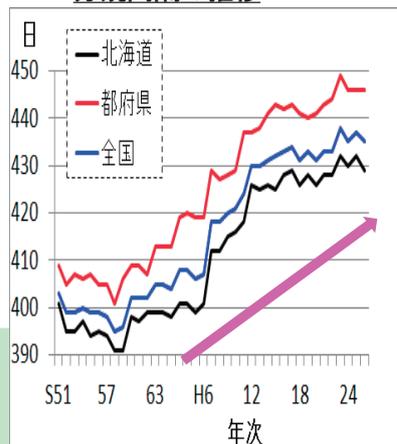
5. 短い飼養サイクル、拡大する分娩間隔

- 平均産次は減少傾向。
- 分娩間隔は拡大傾向(酷暑の影響による発情の鈍化、受胎率の低下等⇒暑熱対策の重要性)

平均産次・除籍産次の推移

年度	平均産次(産)			平均除籍産次(産)		
	全国	北海道	都府県	全国	北海道	都府県
S60	3.1	3.2	2.9	-	-	-
H元	2.8	2.9	2.7	-	-	-
H5	2.7	2.8	2.6	-	-	-
H10	2.7	2.8	2.6	-	-	-
H15	2.7	2.8	2.6	-	-	-
H22	2.6	2.8	2.6	3.49	3.61	3.29
H23	2.6	2.8	2.6	3.49	3.59	3.30
H24	2.7	2.7	2.5	3.48	3.57	3.31
H25	2.6	2.7	2.5	3.44	3.53	3.28

分娩間隔の推移

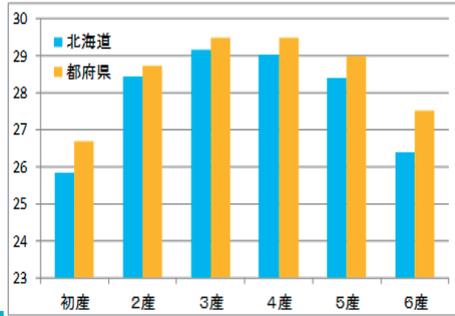


資料：(一社)家畜改良事業団「乳用牛群能力検定成績まとめ」
注：26年度の分娩間隔日数は速報値

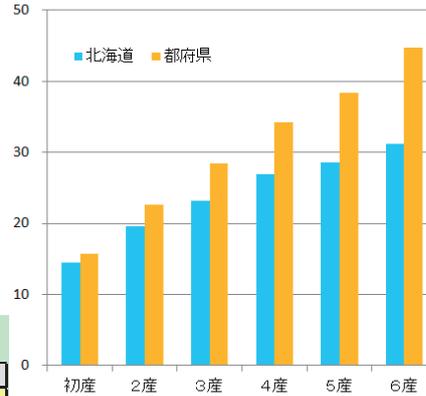
6. 体細胞数

- 乳汁中の体細胞数は産次を経るほどに増加。
- 現行の体細胞基準が、産次の進んだ乳用牛の有効活用のハードルとなっているとの指摘もある。

産次別の1日当たり乳量



産次別の乳汁中の体細胞数



体細胞に関する基準

国名	体細胞数	根拠
日本	30万/ml	指定団体ごとに独自に設定
米国	75万/ml	国が定めたガイドラインで規定
EU	40万/ml	EU指令により規定
NZ	40万/ml	乳業各社が独自に設定

注) (一社)家畜改良事業団調べ

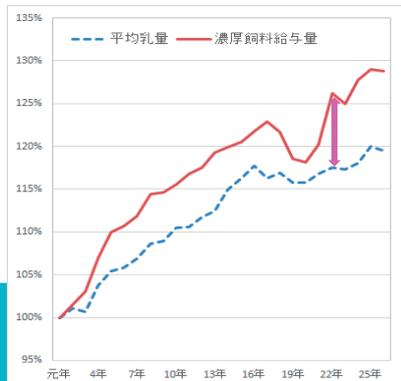
19

7. 濃厚飼料の給与量

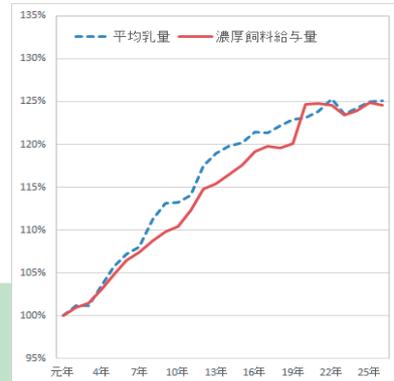
- 搾乳牛1頭当たりの濃厚飼料給与量は、これまで増加基調で推移。
- 濃厚飼料給与量の増加に伴い、**個体乳量も増加しているが、濃厚飼料の給与の伸びに見合うほどではない(特に北海道で顕著)。**

濃厚飼料給与量と平均乳量の推移 (1頭当たり、平成元年を100とした伸び率)

[北海道]



[都府県]

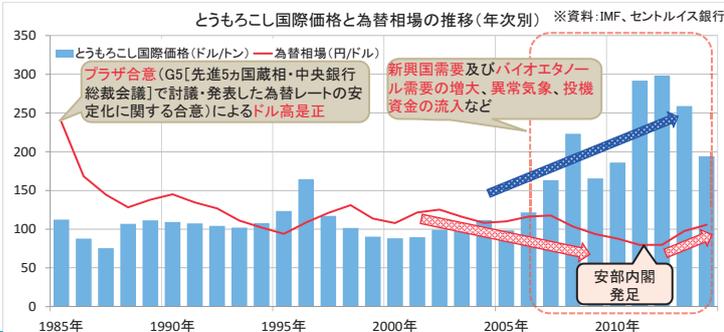


資料) (一社)家畜改良事業団「乳用牛群能力検定成績まとめ」
 注1: 平均乳量は、305日検定乳量(ホルスタイン・立会い)を使用
 注2: 26年度は速報値

20

8. 外部環境の変化に伴う収益確保モデルの変化

- 平成17・18年頃までは、飼料及び乳牛を外部から購入し、飼養頭数規模を拡大することで、収益を向上させてきた。
- 近年、購入飼料の高騰・高止まり及び乳牛価格の高騰により、従来の経営モデルでは収益が確保できない状況にある。



外部環境の変化	穀物	← 低位安定 →	→ 高位安定 →
	為替	← 長期的に円高傾向で推移 →	
収益確保モデルの変化	飼料生産及び乳牛育成の外部化を通じた省力化で搾乳部門に特化し、規模拡大(多頭化)による生乳生産量を増加させることで、収益性を向上(なお、乳牛資源も潤沢であった)。		飼料価格の高騰に加え、乳牛資源が減少し、従来の経営モデルでは収益が確保できない状況にある。

21

9. 今後の酪農経営の方向性

- 収益を確保するための経営環境が変化するなかで、経営診断等を活用した酪農経営の可視化(見える化)と飼養管理の改善が重要。
- 本会でも、酪農経営の生産コスト低減に繋がる知見・事例の収集・検討を踏まえ、啓発資料作成やセミナー開催等により経営モデルの転換を促す。

	1980年代	1990年代	2000年代	2010~14年	2015年~	収益改善に係るポイント等
総合乳価	○漸減傾向で推移		○30年ぶりに飲用乳価が値上げ		○2015年4月より飲用乳価値上げ	
子牛価格		○F1生産が定着	○BSE、原発事故等で大きく変動	○F1種付率が高水準で推移		★和牛・F1生産による所得確保とともに、性別別精液・受精卵移植等による効率的な優良後継牛の確保の両立
初妊牛(乳牛資源)		○漸減傾向で推移			○乳牛頭数の減少	
飼料関係	○購入飼料に依存		○自給飼料の活用推進 ○TMRセンター/コントラクターの活用推進	○国産飼料(飼料用米・WCS、エコフィード等)の活用推進	○搾乳ロボットの導入推進	★土地や労働面の制約から自給飼料に取組むことが困難な場合もあるため、飼料用米・稲WCSなど地域での取組を推進

※上記に加え、飼養管理(搾乳量、乳成分、分娩間隔、平均産次、疾病率、乳飼費など)の改善による、収益性の向上を目指す。

経営コンサルタントや経営診断システムを活用(経営の可視化)

Ⅳ. 生乳需給をめぐる情勢

1. 27・28年度の需給見通し（Jミルク・H28.1/27）等

- 28年度は、生乳生産は前年を下回り、牛乳等需要がやや下回り、乳製品向け処理量も下回る見込み。
- 脱脂粉乳・バターの生産量は、前年を下回る見込みだが、カレントアクセス輸入（義務輸入）等を勘案すれば、需給の安定は確保される見込み。
- 農林水産省は、H28.1/27に、2月中に、(独)農畜産業振興機構が、脱脂粉乳・2千トン、バター・7千トンのカレントアクセスの輸入(入札)を実施する旨発表。

[1] 生乳需給

	H26年度		H27年度		H28年度	
	前年比	前年比	前年比	前年比	前年比	前年比
計(生乳生産量)	7,331	98.4%	7,418	101.2%	7,374	99.4%
北海道	3,820	99.3%	3,898	102.0%	3,931	100.9%
都府県	3,511	97.6%	3,520	100.3%	3,443	97.8%
用途別	3,810	98.6%	3,928	100.5%	3,901	99.3%
乳製品向け	3,361	98.1%	3,434	102.1%	3,416	99.5%
自家消費等	601	104.6%	590	94.2%	566	99.1%

注1: H26は実績、H27・28はH27.11月までの実績を踏まえた見通し(Jミルク)
 注2: H27は閏年(366日)。365日換算すると、当該前年比から0.2~0.3%程度減少
 注3: 脱粉・バターのH28は、H28.1月に農水省が発表したCA輸入量を、加味した需給表。

[2] 脱脂粉乳需給

	H26年度		H27年度		H28年度	
	前年比	前年比	前年比	前年比	前年比	前年比
期首在庫量	40.3	81.4%	46.8	115.5%	60.1	129.2%
月数	3.5		3.9		5.3	
生産量	120.9	93.9%	133.2	110.2%	132.2	99.2%
輸入売渡	22.4		15.3		2.0	
消費量(出回量)	137.1	95.8%	134.9	98.5%	137.8	102.1%
期末在庫量	46.5	115.5%	60.1	129.2%	56.6	94.1%
月数	3.9		5.3		5.0	

[3] バター需給

	H26年度		H27年度		H28年度	
	前年比	前年比	前年比	前年比	前年比	前年比
期首在庫量	17.3	73.8%	17.8	103.0%	22.8	128.0%
月数	2.8		2.9		3.7	
生産量	61.7	95.9%	67.1	102.7%	66.7	99.3%
輸入売渡	12.9		12.7		7.0	
消費量(出回量)	74.1	100.2%	74.9	101.0%	74.8	100.0%
期末在庫量	17.8	103.0%	22.8	128.0%	21.7	94.9%
月数	2.9		3.7		3.5	

2. 牛乳等の小売り状況

牛乳類の販売動向

種類別	小売価格値上後①						消費増税後					小売価格値上後②									
	H25.4	10	11	12	1	2	3	H26.4	7	10	1	3	H27.4	H27.5	H27.6	H27.7	H27.8	H27.9	H27.10	H27.11	H27.12
トータル	100.2	102.9	101.7	99.8	98.0	100.2	97.8	97.4	95.7	93.7	97.0	97.8	98.5	99.6	94.6	95.2	98.0	95.8	96.7	97.9	98.2
牛乳	101.2	101.9	100.3	98.3	95.8	99.3	96.2	96.4	95.0	95.5	100.5	101.2	101.0	102.1	96.0	97.4	99.3	97.5	97.9	98.7	98.9
成分調整牛乳	93.4	102.8	99.2	97.8	97.6	97.7	96.5	96.8	97.1	91.5	92.2	93.0	95.0	95.3	93.6	92.4	97.9	96.2	97.3	100.5	100.3
加工乳	90.2	84.1	86.7	86.8	84.1	80.1	77.9	74.9	86.8	81.7	81.6	80.4	68.7	67.9	64.6	65.4	69.4	64.5	67.5	67.3	68.9
(白物)乳飲料	103.4	109.7	111.3	109.4	109.2	108.9	108.3	105.2	98.8	90.7	89.9	90.9	95.7	97.5	94.0	93.0	96.8	93.5	95.4	97.1	97.4
牛乳+成分調整	99.9	102.1	100.1	98.2	96.1	99.1	96.2	96.5	95.3	94.9	99.2	99.9	100.0	101.0	95.7	96.6	99.1	97.3	97.8	98.9	99.1
	172.5	177.8	178.4	178.7	179.1	178.8	178.7	178.6	179.2	179.2	179.4	179.2	184.0	185.8	185.8	186.2	186.4	185.6	185.3	185.0	185.1

資料) インテージSRIDデータ

注1)「SRID」は、(株)インテージが提供する小売店パネル調査で、全国1,850店(食品の場合)のスーパーマーケット(GSM、SM/L、SM/S、ミニSM)やコンビニエンスストア(CVS)のPOSデータ(10)。販売個数は、当該POSデータを基に拡大推計した販売量の指標。

注2) 上段: 販売個数前年比、下段: 販売単価(税抜)(円/ℓ)

+6.2円

(参考) 他飲料の販売状況

- 2015年1-9月期の牛乳類以外の飲料は前年比101%。「ウーロン茶」「日本茶」「栄養ドリンク」「乳性飲料」「ミネラルウォーター」が前年超え。
- 27年2月にJTが、9月末を目処に飲料製造業からの撤退(⇒サントリー食品が買収)を発表。3月にはネスレ日本が、自動販売機でのネスカフェブランドの缶コーヒーの製造・販売を3月より順次止めるとの報道がされた。
- 27年4月、「機能性表示食品(=事業者の責任で、科学的根拠を基に商品パッケージに機能性を表示するものとして、消費者庁に届け出られた食品)」という新制度開始。
6月中旬頃から順次市場に出回っている。
- ※H28.2/2段階の届け出アイテム数205(うち、乳製品関係は雪印メグミルクの「恵ガセリ菌SP株ヨーグルト」シリーズの3品が初、他に江崎グリコの「朝食Bifix(ピフィックス)ヨーグルト」シリーズ・関係製品の13品、森永乳業の「森永のPREMiL(プレミル)」の計17品)
 <これまで機能性が表示できた食品>
 ※特定保健用食品(トクホ)…栄養成分について国が審査を行い、食品毎に許可
 ※栄養機能食品…栄養成分量が国の規格基準に適合していれば表示可能(届出なし)

2015年(1-9月期) カテゴリー別マーケットスケール

	前年比
炭酸飲料	99%
果実飲料	95%
コーヒー	99%
紅茶	96%
ウーロン茶	103%
日本茶	104%
スポーツドリンク	95%
栄養ドリンク	107%
乳性飲料	104%
ミネラルウォーター	110%
野菜ジュース	96%
合計	101%

資料: 飲料総研調べ

25

V. 平成28年度酪農関連政策の概要

1. 平成28年度加工原料乳生産者補給金等

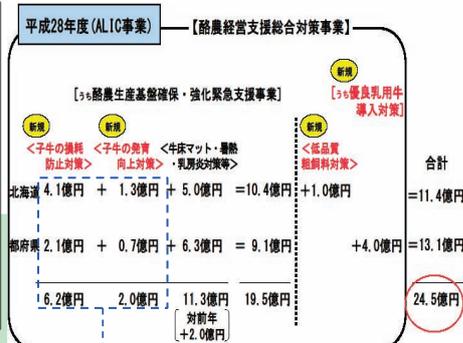
- 農水省は、H27.12/18「畜産部会」を開催、28年度補給金単価等について諮問の上決定。
- 補給金単価は、①脱脂粉乳・バター等向け12.69円/kg(前年差▲0.21円/kg)、②チーズ向け15.28円/kg(前年差▲0.25円/kg)となったものの、自民党においては、「0.46円/kg相当の対策を加味すると実質①及び②との概算値で13.43円/kgに相当。」と説明。
- 交付対象数量は、前年と同量。

28年度加工原料乳生産者補給金単価等

1. 脱脂粉乳・バター等	
平成27年度	平成28年度
補給金単価 : 12.90円/kg	→ 12.69円/kg
交付対象数量 : 178万トン	→ 178万トン
2. チーズ	
平成27年度	平成28年度
補給金単価 : 15.53円/kg	→ 15.28円/kg
交付対象数量 : 52万トン	→ 52万トン
1 + 2 換算値:	
13.19円/kg相当	→ 12.97円/kg相当
	+ 対策0.46円/kg相当 ※注
	= 13.43円/kg相当

※注: 子牛の損耗防止・発育向上対策(8.2億円)を加工原料乳単価に換算。

酪農生産基盤の強化支援に係る事業



26

2. 28年度畜産物価格対策の概要

- 農水省は、H27.12/24に(27年度補正予算を含む)28年度畜産物価格対策を(概算)決定。
- 畜産クラスター事業については610億円(前年度:279億円)に拡充され、複数年度事業化(基金化)されるとともに、法人要件についても緩和された。

TPP対策

TPP協定の発効に先立って、以下の対策を早急を実施していく。

畜産・酪農収益力強化総合プロジェクト【27補正】

【基金】収益力強化

畜産・酪農収益力強化整備等特別対策事業(畜産クラスター事業) 610(279)億円

【事業の拡充】基金化により複数年度の事業実施、定置漁入の支援(リース方式の施設整備の場合)

【要件・交付方法の見直し】上記事業に法人要件を廃止し、交付ルートを見直すなど、取組向上に資した要否を考慮

畜産・酪農生産力強化対策事業 30(20)億円

○ 製造業連携と特別取組の活用、優良畜産施設・設備の導入等を支援

畜産経営体質強化支援資金融資事業 融資枠70(-)億円

○ 担世代により専従する畜産農家の担世代継承の推進を図るため、経営改善を支援(当初5年保証無利息)

自給飼料生産拡大

畜産クラスターを後押しする草地整備の推進(公共) : 164(-)億円

草地難防除雑草駆除等緊急対策事業 : 7(20)億円

流通合理化・消費拡大

加工施設再編等緊急対策事業 : 46億円の内数

畜産物輸出特別支援事業 : 10億円

畜産物輸出拡大施設整備事業 : 43億円の内数

外食産業等と連携した需要拡大対策事業 : 36億円の内数

畜産・酪農経営安定対策の拡充

牛・豚・鶏の充実(協定発効時から実施)

- 法制化し補償率を引き上げるとともに(8割→9割)、豚・鶏の国庫負担水準を引き上げる(国1:生産費1→国3:生産費1)

肉用子牛生産者補給金制度の見直し(協定発効時から実施)

- 肉用子牛保証基準価格を現在の経営の実態に照らし合わせる見直し

加工原料乳生産者補給金制度の充実(29年度には実施予定)

- 生クリーム等の成状乳製品加工原料乳生産者補給金制度の対象に追加し、補給金率を一本化

ALIC対策

酪農経営支援総合対策 : 40億円

- 酪農生産基盤整備・強化緊急支援 : 21(112)億円
- 子牛生産者補給金制度の拡充(補給率引き上げ)等
- 酪農への人材育成 : 8(8)億円
- 高齢者への参加の促進を支援対象に追加
- 優良乳用牛導入対策 : 4(-)億円
- 畜舎等の改善等に対し、優良乳用牛導入を支援(5万円/頭又は4万円/頭)等

肉用牛経営安定対策補完事業 : 34(34)億円

- 中核的な担い手が繁殖種牛を確保する場合は奨励金(10万円/頭又は8万円/頭)交付対象者の要件を緩和

肉用牛繁殖経営支援事業 : 169(159)億円

- 黒毛和種の発動基準を42万円/頭から45万円/頭に見直し

養豚経営安定対策補完事業 : 2(1)億円

- 豚糞の能力が明らかでない代糞処理施設の導入も対象に追加

28年度当初

- 飼料生産型酪農経営支援事業【拡充要求中】
- ・ 輸入粗飼料の使用量を削減して飼料自給率を拡大する酪農経営支援
- 肉用牛の繁殖経営安定対策金対応専出資金【新規要求中】
- ・ 肉用牛価格の高騰により経営維持が困難な酪農経営者に対して資金の円滑な融通を支援

畜産クラスターの見直し

畜産の体質強化のため、「畜産クラスター」の取組を継続して、地域の関係者が連携し、地域一体となって収益性を向上させるという趣旨を現場まで徹底し、効果的な支援を行うための所要の見直しを実施。

現行

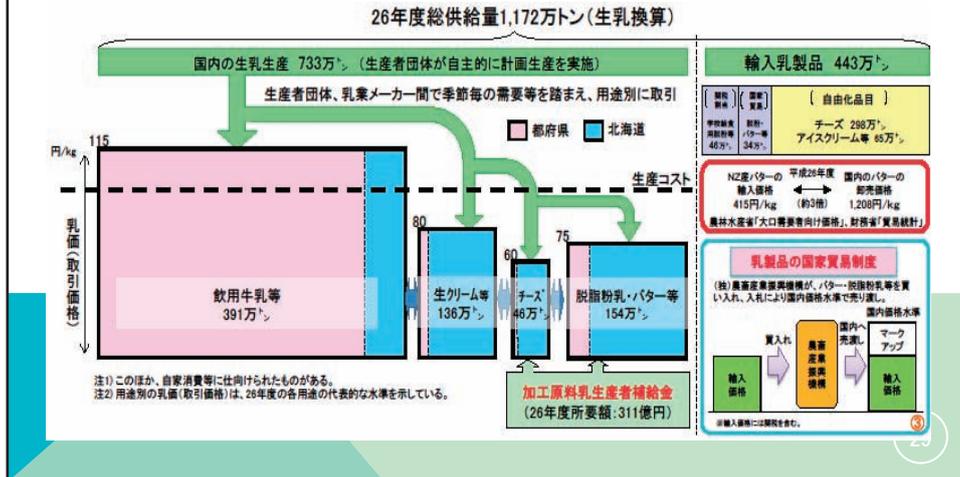
- 単年度事業**
 - 年度内に事業を完了する必要
- 施設整備事業**
 - 法人化(法人又は3年以内の法人化計画)が要件
[家計との分離・経営継続を法人化することで確保]
 - 上限単価は基準単価の1.1倍までを特認
[建築費が高いなど地域の実情に応じて特認]
 - 家畜導入
[新規就農者へのリース方式の施設整備の場合に限定]
- 機械導入事業**
 - 都道府県の関与
[施設整備事業を行う都道府県の関与が薄い(施設整備と機械導入の整合性の確保が必要)]
 - 交付ルート
[11の事業実施主体による事業実施(事業実施主体による採択方針の違い)]
- 畜産クラスター計画**
 - 抽象的な記述に止まっている

見直し後

- 基金化**
 - 複数年を見据えた計画的な検討が可能に
[2カ年目にまたがった事業も認める。]
- 施設整備事業で多様な担い手を支援**
 - 法人化要件の緩和
[法人化の原則を維持しつつ、家計との分離や経営継続性の確保について、法人化以外の方法も認める(以下の①~③の全てを満たす場合)]
① 青色申告の実施、
② 後継者がいること(又は経営者が45歳未満であること)、
③ 知事特認を得ること
 - 上限単価の引上げ
[基準単価の1.3倍まで引上げ。ただし、都道府県知事が農政局長等と協議する必要]
 - 家畜導入の拡充
[リース方式の施設整備を行う場合にも対象を拡大(頭数制限あり)]
- 機械導入事業の見直し(趣旨に沿った集中的な支援)**
 - 都道府県の関与の強化
[施設整備と機械導入との整合性を都道府県が確認]
 - 全国1団体で統一的に実施、協議会が優先順位を決定
[畜産クラスターの趣旨に沿った事業執行]
- 畜産クラスター計画の具体化**
 - 構成員の具体的な活動内容を新たに畜産クラスター計画に記載することにより、事業性を評価し優先順位をつける

VI. 日本酪農の需給と、酪農を支える国内制度

- 乳製品向けの生乳は乳製品に加工することで保存がきく一方、取引価格が生産コストを下回るため、補給金を交付し、全国的に生乳需給や酪農経営の安定を図っている。
- 脱脂粉乳・バター等は内外価格差が大きく、品質面で差別化が困難なため、国家貿易によって乳製品の種類・量・時期等を選択・調整した上で輸入。
- TPP大筋合意…[バター・脱脂粉乳]TPP参加国を対象とした、低関税の新たな民間貿易枠の設定等



(参考) 規制改革等の動き

■ 規制改革会議・農業ワーキンググループ(WG)

◇ 9/11以降、5回の会合を実施。来年(平成28年)6月を目途に答申が取りまとめられる予定。酪農改革を速上に挙げている。

12/21に開催された規制改革会議では、規制改革ホットラインにMMJが、酪農分野について、①広域指定団体制度の抜本的見直しと生乳市場の創設、②学校給食乳制度、③L L牛乳の製造認可の見直しを提案し、項目に上げられた。今後、農水省から規制改革会議に回答が行われる見込み。

◇ また、1/13の農業WGでは、ベニースーパー、ローソン、洋菓子店ボン・モマンに対する牛乳・乳製品の消費者ニーズ等について(バターが中心)のヒアリングが行われた模様。

※一部のマスコミは、『硬直的な制度が酪農家の自由な活動や流通の合理化を阻害』、『現行制度を維持しようとする農協や乳業各社は改革を阻む「岩盤」』と喧伝。

■ 自民党「農林水産業骨太方針策定プロジェクトチーム」(PT:小泉進次郎委員長)

◇ 1/18以降、①生産資材価格形成の仕組みの見直し、②生産者の所得向上に資する流通・加工業界構造のあり方、③戦略的輸出体制の整備など6テーマの議論を開始。生産者からヒアリングを実施。22日には須藤牧場(群馬)や松永牧場(島根)からヒアリング。

■ 自民党「畜産・酪農対策小委員会」(坂本哲志小委員長)

◇ 2月から、酪農の生産基盤強化策や、配合飼料価格安定制度の安定運営などに向けた議論を開始。

Ⅶ. 世界の生乳需給

1. 世界の生乳需給の状況①

- 世界の牛乳乳製品生産量は約8億トン(生乳換算)あるが、殆どが自国内で優先的に消費され、輸出に回されるのは1割にも満たない。
- 中国等の新興国の人口増加や経済発展に伴い、乳製品の需要は拡大すると見込まれており、中長期的には、需要のひっ迫や価格の高止まりは続くと想定。

【世界の牛乳乳製品生産量及び輸出量(生乳換算) 2015年予測】

単位:千t

区分	生産量		輸入量		輸出量		輸出÷生産 c÷a
	a	シェア	b	シェア	c	シェア	
アジア	311,420	38.9%	39,406	58.3%	6,413	9.0%	2.1%
中国	42,266	5.3%	10,212	15.1%	246	0.3%	0.6%
インド	147,795	18.5%	71	0.1%	305	0.4%	0.2%
日本	7,350	0.9%	1,992	2.9%	6	0.0%	0.1%
その他	114,009	14.2%	27,131	40.1%	5,856	8.2%	5.1%
アフリカ	46,547	5.8%	10,075	14.9%	1,292	1.8%	2.8%
中米	17,412	2.2%	5,157	7.6%	723	1.0%	4.2%
南米	71,119	8.9%	3,883	5.7%	4,106	5.8%	5.8%
北米	103,196	12.9%	2,729	4.0%	9,877	13.8%	9.6%
ヨーロッパ	219,310	27.4%	5,392	8.0%	26,180	36.7%	11.9%
オセアニア	31,684	4.0%	947	1.4%	22,746	31.9%	71.8%
世界計	800,689	100.0%	67,589	100.0%	71,337	100.0%	8.9%

資料: FAO 「Food Outlook 2015 October」

注) 生乳換算方法は、IDF公示No.390等による

31

2. 世界の生乳需給の状況②

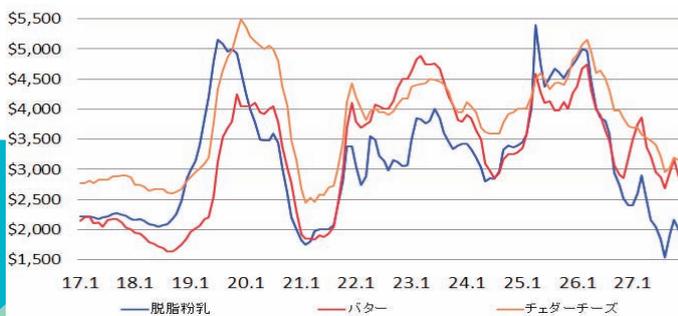
<直近の情勢>

- (世界的な生産増、中国の需要減、ロシアの禁輸措置等により)直近の国際価格は、大きく下落。
- 大幅下落を受け、EUは、脱脂粉乳の公的買入(=乳製品相場の安定を図るため、基準価格を下回った場合に製造者等の申請に基づきEU加盟国が買い取る制度)を実施。公的買入の実施は2009年(欧州酪農危機)以来6年ぶり。

<国内の輸入乳製品の需給情勢について>

- 昨秋から昨年末にかけて、生乳生産回復の遅れから、バター不足が社会問題化。
- 農林水産省の追加輸入発表後、直近の入札価格は、高い水準ながら、脱脂粉乳、バターともに価格は下落傾向。

オセアニア乳製品国際価格(FOB[\$/ト])の推移



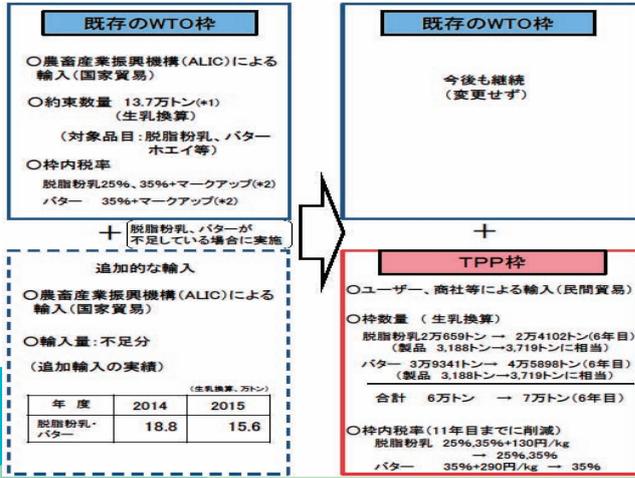
資料: USDA

32

VIII. TPP交渉の大筋合意内容

1. 脱脂粉乳・バター

■脱脂粉乳、バターについて関税削減・撤廃を行わず、TPP枠を設定。



(*1)13.7万トンのうち、ホエイを3.1万トン(生乳換算)輸入。
(*2)ALICの入札によって決定される額。最近5年間のマークアップは、脱脂粉乳32円/kg~238円/kg、
バター77円/kg~849円/kg

33

2. ホエイ

- 脱脂粉乳(タンパク質含有量34%)と競合する可能性が高いホエイ(タンパク質含有量25-45%)について、21年目までの関税撤廃期間
- タンパク質含有量25%未満のものはセーフガード付きで16年目までの期間、タンパク質含有量の高いものは6年目に無税
- なお、飼料用ホエイは、即時関税撤廃。

①たんばく質含有量25%未満
・段階的に16年目に関税撤廃
25%、35%+40円/kg(1年目)→0%(16年目)
・数量セーフガード措置
[発動数量]
1年目: 5,000 t
10年目: 8,000 t
12年目: 9,000 t
15年目: 11,250 t
16年目以降: 9,000 t /年増加
[SG税率]
1-5年目: 29.8%+75円/kg
6-10年目: 23.8%+45円/kg
11-15年目: 13.4%+30円/kg
16年目以降: 毎年2%+4円/kg削減
前年発動の場合は1%+2円/kgの削減
2年間発動が無ければ廃止

②たんばく質含有量25%以上45%未満
・段階的に21年目に関税撤廃
25%、35%+40円/kg(1年目)→0%(21年目)
・数量セーフガード措置
[発動数量]
1年目: 4,500 t
10年目: 7,000 t
13年目: 9,250 t
20年目: 16,250 t
21年目以降: 1,250 t /年増加
[SG税率]
1-5年目: 29.8%+120円/kg
6-10年目: 23.8%+105円/kg
11-15年目: 19.4%+90円/kg
16-20年目: 13.4%+75円/kg
21年目以降: 毎年1.9%+10.7円/kg削減
前年発動の場合は1%+5円/kgの削減
3年間発動が無ければ廃止

③たんばく質含有量45%以上
・段階的に6年目に関税撤廃
25%、35%+40円/kg(1年目)→0%(6年目)

(注) 脱脂粉乳が国内で不足しているときや、脱脂粉乳の国内需要が低下していないときは、セーフガードを適用しない。

34

3. チーズ

- モッツアレラ、カマンベール、プロセスチーズ等の関税は維持。
- 原材料用のチェダー、ゴード等の熟成チーズやクリームチーズ等は16年目に関税撤廃。
- プロセス原料チーズについて、国産チェダー、ゴード等の現行の抱き合わせを維持。

チーズの区分	現行関税	合意内容
主要なナチュラルチーズ	①フレッシュチーズ (クリームチーズ、モッツアレラ等)	29.8% ・モッツアレラ等(クリームチーズ以外): 現状維持 ・シュレッドチーズ原料用関税割当 国産品の使用を条件とした無税輸入 抱合せ 国産品:輸入品 = 1:3.5 ・クリームチーズ 脂肪分40%未満: 段階的に16年目に撤廃 脂肪分45%以上: 即時10%削減 (29.8%→26.8%)
	②ブルーチーズ	29.8% ・11年目までに50%削減
	③その他チーズ(熟成チーズ) (チェダー、ゴード、カマンベール等)	29.8% ・ソフトチーズ(カマンベール等): 現状維持 ・ソフトチーズ以外(チェダー、ゴード等): 段階的に16年目に撤廃
	※プロセスチーズ原料用チーズ(①、②、③のチーズ、主にチェダー、ゴード等) 国産品の使用を条件に無税輸入を認める抱合せ制度 (国産品:輸入品 = 1:2.5) 現行制度を維持	
ナチュラルチーズを加工したチーズ	④シュレッドチーズ	22.4% ・段階的に16年目に撤廃
	⑤おろし及び粉チーズ	26.3%又は40.0% ・段階的に16年目に撤廃
	⑥プロセスチーズ	40.0% ・現状維持 ・国別関税割当 豪、NZ、米に各100t(当初)→150t(11年目) 枠内税率: 段階的に11年目で撤廃

注: は関税撤廃の例外

35

4. その他乳製品①

乳製品の種類	現在の関税率	合意内容
全粉乳・ ハラミルカパウダー	国家貿易: 25%~35%+マークアップ 枠外: 25.5%+612円/kg、 29.8%+396円/kg等	・関税割当の新設(TPP枠) ①枠内数量: 1,500トン~2,250トン(6年目、生乳換算) (製品 全粉169トン~253トンに相当(11年目)) 枠内税率: 全粉乳 30%+210円/kg~30%(11年目・民間貿易) ハラミルカパウダー 25%~35%+200円/kg~25%~35%(11年目・民間貿易) ②枠内数量: 20,000トン~60,000トン(11年目、生乳換算) (製品 全粉2,247トン~6,742トンに相当(11年目)) 枠内税率: 抱合せ無税(国産(全粉): 輸入=1:3) 用途: チョコレート原料用
ホエイ	国家貿易: 25%、35%+マークアップ 関税割当: 無糖質濃縮ホエイ 25%、35%、 乳幼児用ホエイ 10% 無糖質濃縮ホエイ 枠内数量: 14,000トン 乳幼児用ホエイ 枠内数量: 25,000トン 枠外: 29.8%+425円/kg等	・関税割当の新設(国別枠) (米国) 無糖質濃縮ホエイ 1千トン~4千トン(11年目)、枠内税率: 25%、35%→0%(6年目)* 乳幼児用ホエイ 3千トン~3千トン(11年目)、枠内税率: 即時関税撤廃 パルメイト 1千トン~2千トン(11年目)、枠内税率: 即時関税撤廃 (豪州) 無糖質濃縮ホエイ 4千トン~5千トン(11年目)、枠内税率: 25%、35%→0%(6年目)* (NZ) 無糖質濃縮ホエイ 4千トン~5千トン(11年目)、枠内税率: 25%、35%→0%(6年目)* 乳幼児用ホエイ 1.3千トン~1.7千トン(11年目) 枠内税率: 即時関税撤廃 パルメイト 枠内税率: 即時関税撤廃 (*ただし、5年目までは11年目に撤廃と同じ削減ペース)
加糖れん乳	国家貿易: 30%+マークアップ 枠外: 25.5%+509円/kg等	・関税割当の新設(TPP枠) 枠内数量: 750トン(即時) 枠内税率: 即時関税撤廃
無糖れん乳	関税割当(枠内数量: 1,500トン) 枠内25%、30% 枠外: 25.5%+509円/kg等	・関税割当の新設(TPP枠) 枠内数量: 1,500トン~4,750トン(6年目) 枠内税率: 即時関税撤廃
PEF(調製食用脂)	関税割当(枠内数量: 18,977トン) 枠内25% 枠外: 29.8%+1,159円/kg	・既存の関税割当の枠内税率を11年目まで80%削減、残りの税率(5%)を21年目までに撤廃
その他の乳製品 (乳成分が全重量の30%以上) 牛乳、ヨーグルト、粉 ミルク、粉乳調製品、 イシラ製製品等	関税割当(枠内数量: 133,940トン) (生乳換算): 枠内12%~35% 枠外: 29.8%+679円/kg等	・既存の関税割当の枠内税率を6、11年目までに50~90%削減、または撤廃

*1: 無糖質濃縮ホエイ、乳幼児用ホエイの合計。*2: 関税割当枠内の輸入量。

36

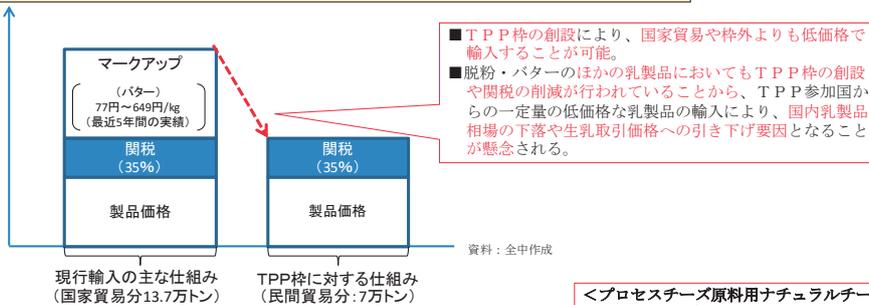
5. その他乳製品②

乳製品の種類	現在の関税率	合意内容
アイスクリーム・氷菓 (アイスクリーム)	21.0%～29.8% (アイスクリーム) 21.3%～29.5%(氷菓)	・アイスクリーム: 6年で63%～67%削減 ・氷菓: 11年目で関税撤廃
フローズンヨーグルト	26.3%、29.8%	・11年目で関税撤廃
無糖ココア類製品 (2kgを超える容器入り、ココア粉が全重量の10%以上)	21.3% 抱合わせ無税関税割当 (国産:輸入:1:2.6)	・関税割当(TPP枠)を新設 ①枠内数量: 5,500トン(即時)、枠内税率: 21.3%→10.6%(11年目) ②枠内数量: 4,000トン→12,000トン(11年)、枠内税率: 抱合せ無税 (国産(全粉):輸入=1:3) 用途: チョコレート原材料用
加圧容器入りにしたホイップクリーム	25.5%(4類)	・6年目で関税撤廃(即時で50%関税削減)
乳幼児用粉ミルク (小売用、乳成分が全重量の30%未満)	21.3%、23.8%(加糖)	・11年目で関税撤廃
低脂肪調製食用脂	21.3%	・関税割当(TPP枠)を新設 枠内数量: 1,500トン→2,300トン(11年目) 枠内税率: 21.3%→10.6%
乳糖、カゼイン、ミルクアルブミン	8.5%、5.4%、2.9%	・即時関税撤廃

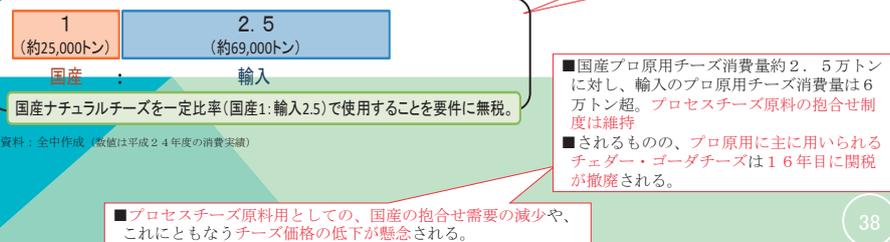
37

<参考> TPP交渉大筋合意内容のイメージ

1. 脱脂粉乳・バター为国家貿易・民間貿易(TPP枠)のイメージ



2. 国産チーズ生産への影響



38

6. TPP協定の経済効果分析①（牛乳乳製品）

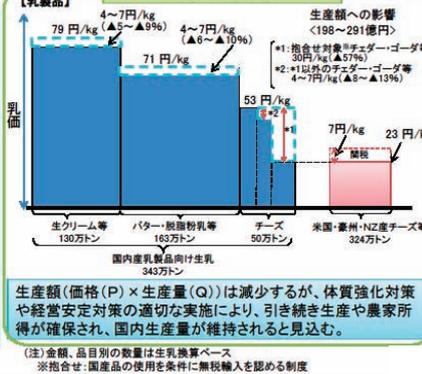
■内閣官房TPP政府対策本部は、H28.12/24「TPP協定の経済効果分析」を公表。
 ■「牛乳乳製品」については、『生産額は減少するが、体質強化対策や経営安定対策の適切な実施により、引き続き生産や農家所得が確保され、国内生産量が維持される』と見込まれる。

牛乳乳製品	関税率(TQ、国貨品目は2次税率)	例)脱脂粉乳 21.3%+396円/kg (218%) チーズ 29.8%	国貨品目 TQ品目 (プロセスチーズ原料用割合せ無税)
	主産地(農業産出額上位5位)	北海道、栃木県、群馬県、熊本県、千葉県	
	国内生産量	750万トン(うち乳製品向け 343万トン)	
	輸入量(うちTPP参加国)	406万トン(324万トン)	

考え方(シナリオ)

- 【試算の前提】
- バター・脱脂粉乳、チーズ等の乳製品は、内外価格差が大きく(バター・脱脂粉乳では約2~3倍)、品質格差はほとんどない。
 - チェダー・ゴーダ等に競合する国産チーズ向け生乳の価格は、輸入品価格まで下落、または関税削減相当分下落(価格の下限値)。
 - 関税撤廃されるホエイの影響を受けて、一部のバター・脱脂粉乳等向け生乳の価格が輸入品価格まで下落することにより、バター・脱脂粉乳等向け生乳全体の価格が下落(価格の下限値)。
 - 生クリーム等液状乳製品向け生乳の価格は、バター・脱脂粉乳等向け生乳の価格下落の影響を受け、同様に下落(価格の下限値)。
- 【国内対策による影響緩和】
- 省力化機械の整備等による生産コストの削減や品質向上など収益力・生産基盤の強化、高付加価値化等の体質強化対策により、上記の半分は価格低下に緩和(価格の上限値)するとともに、引き続き生産や農家所得が確保され、国内生産量が維持されるものと見込まれる。
 - また、上記の想定を超えた価格下落に対しても、充実した経営安定対策により農家所得を確保。

イメージ図



39

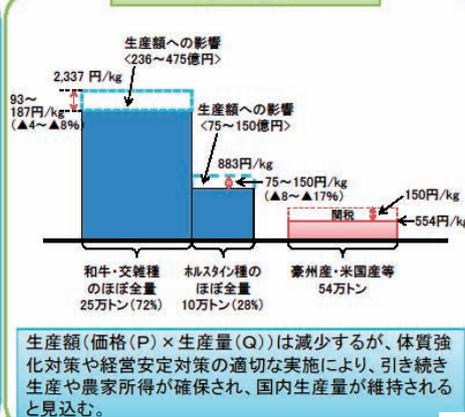
7. TPP協定の経済効果分析②（牛肉）

牛肉	関税率(TQ、国貨品目は2次税率)	38.5%
	主産地(農業産出額上位5位)	鹿児島県、宮崎県、北海道、熊本県、栃木県
	国内生産量	35万トン
	輸入量(うちTPP参加国)	54万トン(54万トン)

考え方(シナリオ)

- 【試算の前提】
- 外国産牛肉の価格は、競合する国産牛肉の6割程度(内外価格差2倍弱)。
 - 肉質2等級の乳用種等の国産牛肉及び1等級の国産牛肉(生産量の約28%、ホルスタイン種のほぼ全量に相当)の価格は、関税削減相当分下落(価格の下限値)。
 - 5~3等級の国産牛肉及び2等級の和牛・交雑種の肉(和牛・交雑種のほぼ全量に相当)の価格は、肉質2等級の乳用種等の国産牛肉及び1等級の国産牛肉の価格低下率の半分の価格低下率で下落(価格の下限値)。
- 【国内対策による影響緩和】
- 省力化機械の整備等による生産コストの削減や品質向上など収益力・生産基盤の強化、高付加価値化等の体質強化対策により、上記の半分の価格低下に緩和(価格の上限値)するとともに、引き続き生産や農家所得が確保され、国内生産量が維持されるものと見込まれる。
 - また、上記の想定を超えた価格下落に対しても、充実した経営安定対策により、農家所得を確保。

イメージ図



40

2. ホエイたんぱく質濃縮物（WPC：Whey Protein Concentrate）

- 専ら、チーズホエイから膜分離、乾燥を行い製造。
- 様々な**タンパク含有（15～80%）**の製品がある。
- 例えば、**WPC34**は、たんぱく質含有量が34%のWPCで、**脱脂粉乳の代替品**として用いられる。
- 一般に、WPCは**飲料、発酵乳、調整粉乳、畜肉製品**に用いられる。
高たんぱく質含有量のWPCは、「ゲル化性」「起泡性」「乳化性」等の特性を持つ。

3. ホエイたんぱく質単離物（WPI：Whey Protein Isolate）

- ホエイに含まれるたんぱく質をイオン交換樹脂を用いて分離。
- 90%以上の高いたんぱく質を含有**しており、**乳糖や無機質をほとんど含まない**。そのため、「ゲル化性」「起泡性」「乳化性」等の特性を持つ。
- 畜肉製品**ではゲル化特性が利用、**デザート**においてはゲル化剤の代用。
- 栄養面で優れていることから、**病人食、乳幼児用食品、治療食、スポーツ飲料**等にも用いられる。

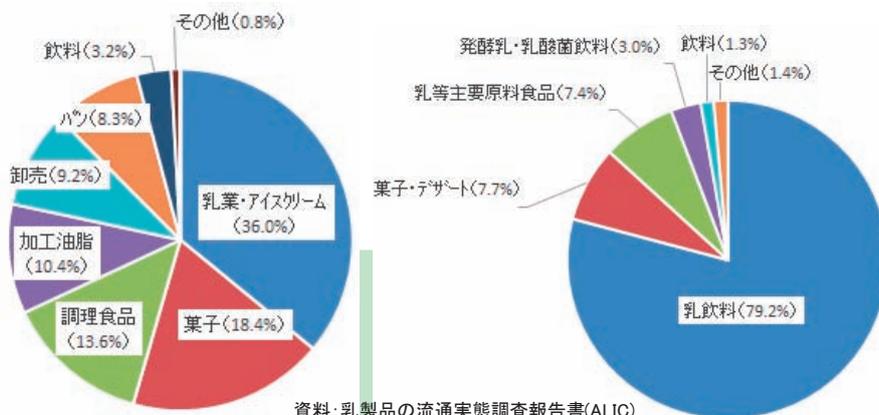
43

4. 日本におけるホエイの流通実態①（H25年度）

- 国産ホエイを社外販売**している乳業5社の販売量（14,046t）の**業種別内訳**は、「**乳業・アイスクリームメーカー**」が1/3以上で最も多い。
- 国産ホエイを社内消費**している乳業4社の消費仕向量（7,912t）の**製品別内訳**は「**乳飲料**」が約8割で最も多い。

【国産ホエイの業種別・社外販売動向】
（H25年度、乳業5社、販売量14,046t）

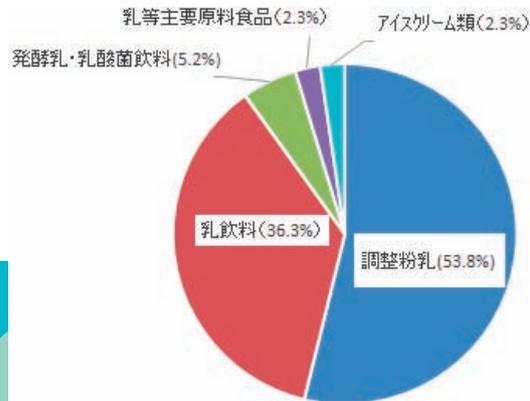
【国産ホエイの製品別・社内消費動向】
（H25年度、乳業4社、消費仕向量7,912t）



5. 日本におけるホエイの流通実態②（H25年度）

■ **輸入ホエイ**を社内消費している乳業14社の消費仕向量(6,214t)の**製品別内訳**は「**調整粉乳**」が**半分以上**を占め最も多い。2番目の「**乳飲料**」(36.3%)とあわせると**約9割**を占める。

【輸入ホエイの社内消費動向】
(H25年度、乳業14社、消費仕向量6,214t)



資料：乳製品の流通実態調査報告書(ALIC)

45

<参考3>ホエイの将来性

- ホエイは、ホエイそのものでなく、その成分(ホエイたんぱく質)も有効利用されている。
- **ラクトフェリン**は、その代表格。脱脂乳やチーズホエイから分離させるが、**様々な製品に用いられている**。
(例)「**育児用調整粉乳**」「**フォローアップミルク**」「**スキムミルク**」「**発酵乳**」「**飲料**」、**飼料**(犬猫用治療食、養殖水産用飼料)、**化粧品**、**ラクトフェリンの錠剤・顆粒**など
- 近年、**ホエイの効能**については、各種取り上げられている。
- 直近では、27年4月に**ホエイを使用し**、透明でありながらヨーグルトのコクとすっきりした甘み”が特長のヨーグルト味のフレーバーウォーター「**サントリー南アルプスの天然水&ヨーグリーナ**」が出荷数日で供給停止になる等、大ヒット商品となった。
- ホエイは、**研究しつくされていない**いわば“**発展途上**”の分野。
- 中長期的に乳原料の需要高が見込まれる中で、ホエイ製品の需要は伸長が著しく、**今後も新興国での乳幼児用栄養等の需要により成長が期待**できる市場。
- 市場調査レポート「**乳清タンパク質(ホエイプロテイン)製品：世界市場**」(株)グローバルインフォメーション)によると、**2015年の92億米ドル規模から2020年には135億米ドルの規模に達することが予測**されている。

46

