(於　東北大学青葉山レアメタル研究センター２F会議室)

－2025.8.27 情報交換会の概要－

＜フェロー(鈴木啓一先生)の研究紹介・講演内容＞

日本の養豚産業の現状と育種改良支援取り組みの紹介



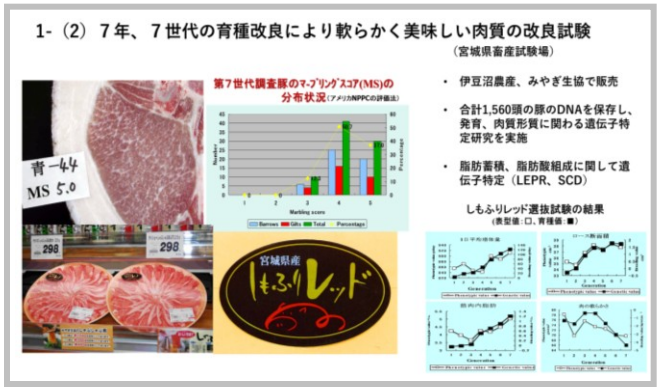
鈴木啓一先生のプロフィール

＜学歴＞
1979.3　東北大学大学院農学研究科畜産学専攻修了
農学博士学位取得
＜職歴＞
1983.4～2002.3　宮城県畜産試験場勤務
2002.4　東北大学農学研究科動物遺伝育種学分野助教授
2006.12　同　教授
2015.3　　同　退職　東北大学名誉教授
2015.4～2020.3　　同 家畜生産機能開発学寄附講座教授
2017.4～2021.3　　奥州市牛の博物館館長
2020.4～2022.3　東北大学大学院農学研究科学術研究員
2022.4～ 宮城大学客員教授

＜宮城県畜産試験場での研究課題＞
① 系統豚ランドレース種「ミヤギノ」
② 豚の生体密度による赤肉割合推定法の開発
③ 豚のエネルギー要求量の推定
④ デユロック種「しもふりレッド」造成

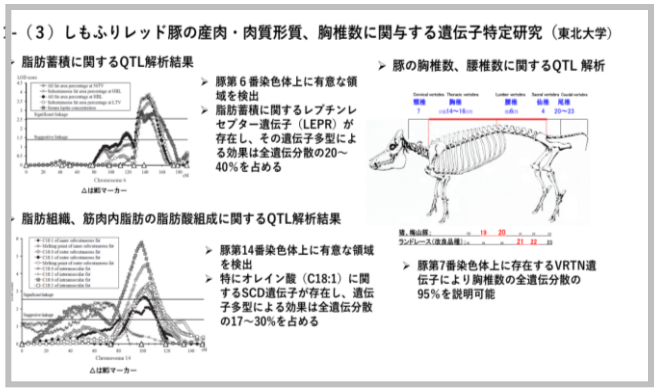
＜東北大学，現在の研究課題＞
① マイコプラズマ病抵抗性系統豚ランドレース種「ミヤギノL2」造成（宮地県畜産試験場共同研究）
② 豚の抗病性と肉質，繁殖能力に関するゲノム解析研究
③ マウスの免疫能に関する選抜試験
④ マウスの酸素消費量高低選抜試験
⑤ 黒毛和種牛肉，豚肉のおいしさに関わる成分特定研究
⑥　食品残渣物（ワカメ，ホヤ殻など）の家畜飼料への効果に関する研究
⑦　民間種豚場でのゲノム育種価による豚の繁殖能力，肉質形質の改良支援





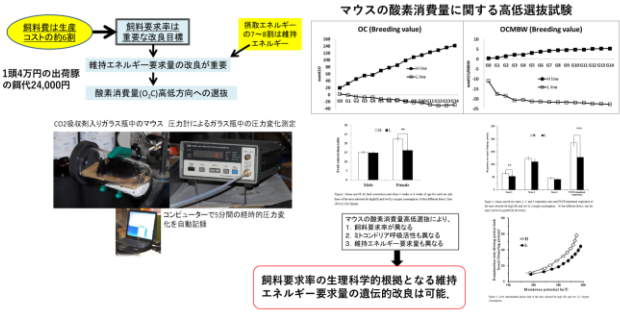
話題提供内容

1．これまでの研究成果の紹介．．．
宮城県畜産試験場，東北大学での研究成果
2．日本の養豚産業の現状と課題
3．種豚の育種改良支援の取り組みの紹介
4．美味しい豚肉指標探索の取り組みの紹介





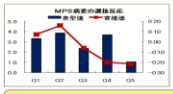
1-（6）飼料要求率の低減に維持エネルギーが関与すること明らかにする



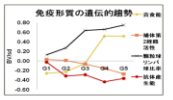
1-（7）豚の慢性疾病に関わる免疫調節機構の解明と高抗病性種豚の開発

- ✓ マイコプラズマ性肺炎病変を選抜形質
- ✓ 5世代の選抜によりMPS病変育種価の低への遺伝的改良が実現
  （世界で初めての快挙）宮城県畜試、東北大

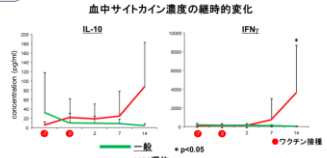
- ➢ 出荷豚の5割がマイコプラズマ性肺炎病変を有する
- ➢ （宮城県食肉衛生検査所報告）
- ➢ 病変を指標に5世代の育種改良を実施
- ➢ 抗病性育種の根拠を明らかにする



- ✓ 遺伝的に自然免疫能が高く、獲得免疫能が低い方向に変化

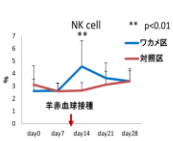


血中サイトカイン濃度の経時的変化



- ➢ IL-10やIFNγなどの血中サイトカイン濃度について、MPS選抜ランドレース種が一般豚と比べ産生量が増加することが明らかになった。

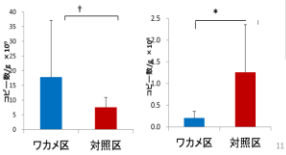
1-(8)廃棄されるワカメ茎乾燥粉末のブタ飼料添加給与がブタの免疫機能、腸内細菌叢に及ぼす影響



- ➢ ブタの飼料にday28まで1%添加給与。day7で羊赤血球接種、day14で血液中NK細胞割合が上昇し免疫能活性化を確認（左図）。



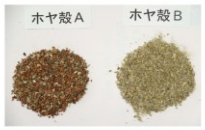
廃棄されるワカメ茎は、乾燥後、採卵鶏に添加給与されみやぎ生協で販売されている。



- ➢ ブタの結腸内乳酸菌が増え、大腸菌が減少する効果を確認（右図）。

1-（9）飼料米給与採卵鶏へのホヤ殻の飼料添加給与により卵黄色が改善される

産業廃棄物として処分されているホヤ殻の乾燥粉末を飼料米主体の採卵鶏の飼料に添加給与することで、成分として含まれているカロテノイドやヨウ素などによる卵黄色の改善効果を検証





ホヤ殻A、ホヤ殻B添加給与の卵
ホヤ殻Aは乾燥粉砕、ホヤ殻Bはプラズマローゲン抽出後乾燥粉砕

項目		ホヤ殻A	ホヤ殻B
水分	%	6.80	19.30
粗タンパク質	%	38.30	31.40
粗脂肪	%	0.80	0.10
粗繊維	%	30.70	13.60
総キサントフィル	mg/100g	71.50	2.86
アスタキサンチン	mg/100g	10.10	0.09

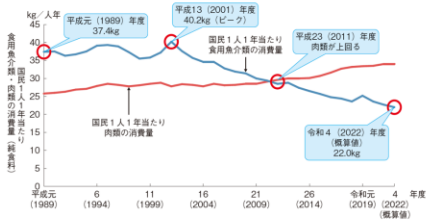
ホヤ殻A：天日乾燥、粉砕
ホヤ殻B：プラズマローゲン抽出後、乾燥粉砕

- ➢ ホヤ殻A添加区とホヤ殻B添加区には主原料としてモミ米を60%とし、大豆粕の配合も同じ割合とした。ホヤ殻A添加区とホヤ殻B添加区にはそれぞれ3%、4%のホヤ殻粉末を添加給与
- ➢ ホヤ殻B区と比べ明らかに卵黄色が改善された。

2. 日本の養豚産業の現状と課題

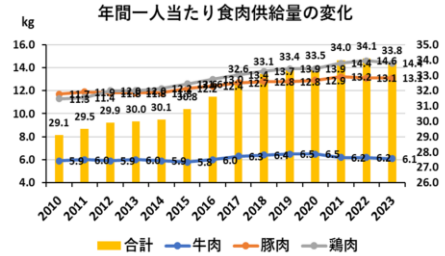
日本国民の魚介類、食肉類の消費量の推移（水産庁HP）

- ➢ 我が国の肉類の1人1年当たりの消費量は増加傾向にあり、平成23（2011）年度以降の肉類の１人１年当たり消費量は食用魚介類の1人1年当たり消費量を上回っている。
- ➢ 食用魚介類の1人1年当たりの消費量（純食料ベース）は平成13（2001）年度の40.2kgをピークに減少傾向にあり、令和4（2022）年度には、前年度より0.7kg少ない22.0kg（概算値）。



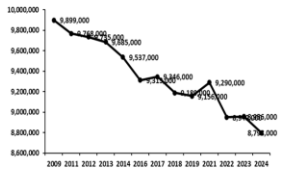
- ➢ 2010年～2023年の期間の食肉供給量は、国内生産、輸入物も含め年間一人当たり29.1kgから33.8kgと約5kg増加。
- ➢ 牛肉はほとんど変化無し、豚肉は、11.7kgから13.1kgと1.4kg増加、鶏肉は約3kg増加。

年間一人当たり食肉供給量の変化



養豚の生産構造　飼養頭数、飼養戸数、一戸あたり飼養頭数の変化

豚飼養頭数



飼養戸数、一戸当たり飼養頭数の推移



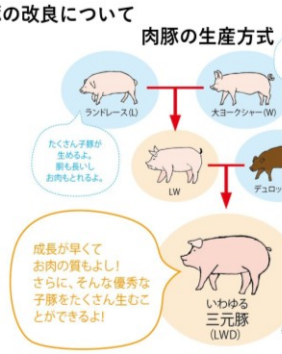
- ➢ 飼養頭数及び飼養戸数は、990万頭から880万頭、6,890戸から3,130戸と減少傾向で推移。
- ➢ 一戸当たり飼養頭数及び子取用雌豚頭数は増加しており、大規模化が進展。
- ➢ 年間1,626万頭の肉豚を生産、91万トンの部分肉を供給。海外からは92万トン輸入しており、自給率は50%を割っている。

養豚産業の課題

1. 後継者問題
   2024年度養豚農業実態調査報告書（日本養豚協会）
   - 約2割の経営が今後、業界を離れていく　・若手の活躍　・養豚大学校10年間で300名修了
2. 飼料の安定的供給
   - 輸入穀物に依存している現状から、飼料米、エコフィードなどの活用が重要
3. 衛生対策
   - 豚熱、PRRS、PCVなどの疾病対策の基本はワクチン対応。
   - オールイン・オールアウトや、農場分離（肥育、繁殖）生産体制の見直しなど。
4. 環境対策
   - 硝酸性窒素900－＞400mg/Lの規制強化への対応、2025年7月に次の見直しを迎える
   - 臭気対策
5. IT、AIの活用
   - 重労働の体重測定　AIで負担軽減　・　AIが発情を検知　繁殖効率アップ
6. 種豚の改良
   - 離乳頭数12頭程度の繁殖能力（総産子数15頭、生存産子数13頭）の改良
   - 肉質に優れた国産デュロック種の改良（官能検査の関連する化学成分の特定）

種豚の改良について

肉豚の生産方式



- ➢ 豚肉は、3つの品種の交配により生産される。
- ➢ 繁殖能力や強健性に優れたランドレース種（L）、大ヨークシャー種（W）を交配し、雑種第一代（LW）を生産する。
- ➢ 交雑によりLWは、L、Wより繁殖能力が優れる。（L、Wの産子数が11頭とすると、LWの産子数は12～13頭）
- ➢ LW雌豚に、肉質に優れたデュロック種（D）を交雑して、肉豚LWDを生産する。

① 種豚生産・販売を行っている育種会社

PIG JOURNAL(2011.5)	PIG JOURNAL(2016.6)	PIG JOURNAL(2023.6)
イワテニ・ケンボロ（株） （有）宮農場	イワテニ・ケンボロ（株） （有）宮農場	イワテニ・ケンボロ（株） （有）宮農場
コマフルト・ジャパン（株） （株）サンエスブリーディング	コマフルト・ジャパン（株） （株）サンエスブリーディング	コマフルト・ジャパン（株） （株）サンエスブリーディング
（有）シーエア東日本	（有）シーエア東日本 （株）しまぶり牧場	（有）シーエア東日本　チョイス・ジェネテックス L,W, LW, D
（株）シムコ 企農畜産サービス（株）	（株）シムコ（ダンブレッド） 企農畜産サービス（株）	（株）シムコ（ダンブレッド） 企農畜産サービス（株）
（有）パブコックスウィン・ジャパン （株）養鶏飼料	（有）パブコックスウィン・ジャパン （株）養鶏飼料 （株）春野コーポレーション	（株）養鶏飼料 （株）春野コーポレーション
日の出物産（株） （株）ファームテック 農事組合法人富士農場サービス	日の出物産（株） （株）ファームテック 農事組合法人富士農場サービス	日の出物産（株）　トピックス （株）ファームテック 農事組合法人富士農場サービス
ブライフーズ（株） （有）メンデルジャパン	ブライフーズ（株） ブリーダーズオブアンマーク （有）メンデルジャパン	ブライフーズ（株）　ハイポ原 ブリーダーズオブアンマーク （有）メンデルジャパン

②自社で種豚生産を行っている食肉会社

日ハム	・年間約63万頭の肉豚出荷 ・推定母豚数26,250頭	630,000 26,250
グローバルピッグファーム	・年間約53万頭の肉豚出荷 ・母豚数24,158頭	530,000 24,158
プリマハム	・年間44.3万頭の肉豚出荷 ・推定母豚数18,458頭	443,000 18,458
フリーデン	・年間25万頭の肉豚出荷 ・母豚数11,000頭	250,000 11,000
4社で国内母豚の10%以上を占める	肉豚合計 種豚合計	1,853,000 79,866

- 上記で国内母豚の約50～70%を占めると推察される。赤太文字は、海外輸入豚（高繁殖能力雌豚を販売）

③ 都道府県が実施してきた系統造成豚

- 日本では、（独）家畜改良センター、都道府県、民間種豚生産者が国内外から育種素材を導入し、それぞれの目的・ニーズに応じた改良を実施し、多様な特性を持つ種豚を作成。
- **国産のデュロック種は、肉質面で一定の評価を得ており、産肉能力（増体性など）は、着実に向上。**
- 繁殖能力（年間離乳頭数など）は、デンマークやオランダなどの改良先進国に比べて劣る（改良指標の違い）。
- （独）家畜改良センター、都道府県及び民間種豚生産者からなる「国産純粋種豚改良協議会」を設立（平成28年3月）し、遺伝的能力評価や優良な種豚の利活用を進めるとともに、改良に用いる豚の頭数規模を拡大し、我が国の種豚改良を加速化を図っている。

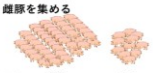
豚の遺伝的能力の育種改良

1. 改良目標を決める

- 繁殖能力：豚は一度に10～14頭出産し、年2.3回ほど出産可能。さらに産子数を増やすこと。
- 発育能力：出生時体重が1.3kg程度の子豚は、6ヶ月で出荷体重の120kg。5ヶ月で120kgに到達できれば1ヶ月短縮でき、飼料費が節約できる。
- 産肉能力：適度な皮下脂肪厚と腹部脂肪蓄積の減少、ロース面積の大きさが必要。
- 肉質：美味しい豚肉のため、軟らかく、多汁性、適度な筋肉内の脂肪の蓄積。
- 各品種毎に改良目標を決めて改良を進める。

2. 集団の遺伝的改良方法

1. 雄豚、雌豚を集める



2. 能力の測定



3. 測定情報、血統情報の収集



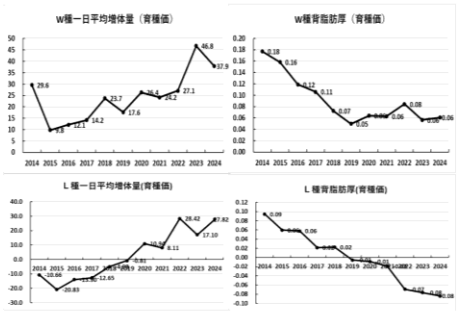
4. 遺伝的能力（育種価）の推定
   - 家畜の飼育環境効果を補正し、**統計遺伝学的方法（BLUP法）**により動物の遺伝的能力（育種価）を推定



5. 能力の高い雄豚、雌豚の選抜と交配
6. 次世代の生産

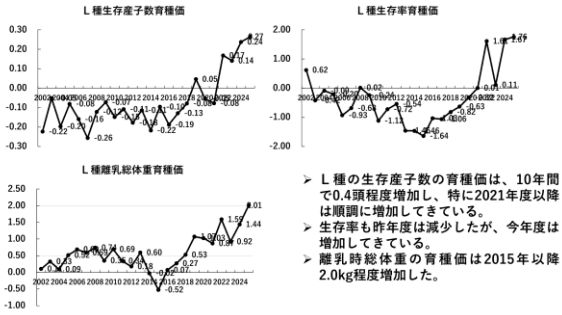
以下1～6を繰り返す

W、L種の産肉能力の遺伝的改良成果



- 発育能力の一日平均増体量は、W種では40g/日、L種でも40g/日程度、改良が進んできている。
- 背脂肪厚に関しては、W種で0.13cm、L種では0.18cm薄くなってきている。

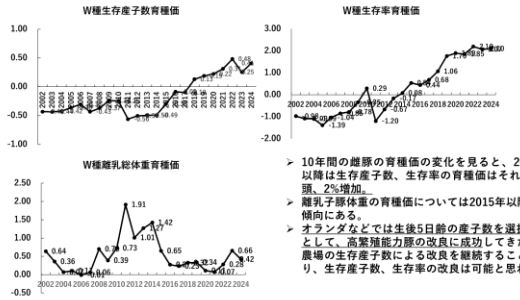
ランドレース種（L種）の繁殖成績について20年間の変化（育種価）　（種雄豚20頭、種雌豚100頭の集団）



- L種の生存産子数の育種価は、10年間で0.4頭程度増加し、特に2021年度以降は順調に増加してきている。
- 生存率も昨年度は減少したが、今年度は増加してきている。
- 離乳時総体重の育種価は2015年以降2.0kg程度増加した。

民間企業の種豚改良の支援　（種雄豚20頭、種雌豚100頭の集団）

大ヨークシャー種（W種）の繁殖成績について20年間の変化（育種価）



- 10年間の雌豚の育種価の変化を見ると、2014年以降は生存産子数、生存率の育種価はそれぞれ1頭、2%増加。
- 離乳子豚体重の育種価については2015年以降増加傾向にある。
- オランダなどでは生後5日齢の産子数を選抜形質として、高繁殖能力豚の改良に成功してきたが、農場の生存産子数による改良を継続することにより、生存産子数、生存率の改良は可能と思われる。

デュロック種（D種）の産肉能力改良の改良状況（育種価）



- 2014年以降、一日平均増体量（DG)の育種価は50g以上増加、背脂肪厚（BF）は、やや増加傾向。

育種改良による経済効果

1. 産子数改良による経済効果（母豚当1頭増加による利益増加）

	母豚数	出荷頭数/母豚/分娩	回転/年	出荷頭数	肉豚代金/頭	出荷代金
現状	11,000	**10**	2.3	253,000	50,000	12,650,000,000
改良成果	11,000	**11**	2.3	278,300	50,000	13,915,000,000
増加		1		25,300		**1,265,000,000**

- LW母豚1万1千頭規模で、1母豚当産子数増加、出荷頭数が1頭増えると、12億6500万円の経済効果

2. 発育能力改良による経済効果

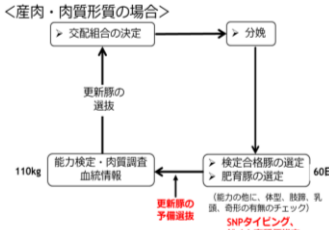
	一日平均増体量	出荷時体重kg	日数
現状	750g/日	120	160
改良成果	800g/日	120	150
出荷までの日数			-10日
一日当摂取量			3.5kg
飼料節約量			-35kg
1頭当飼料節約代金		35×40円	1400円
25万頭では			**350,000,000**

- 発育能力が750g/日から800g/日の改良により、出荷日齢が160日から150日に10日短縮。
- 肥育後期は一日当たり3kg～3.5kgの餌を摂取する。
- 飼料量が35kg節約されるとすると、25万頭の肥育豚では、3億5千万円の飼料代の節約となる。

ゲノム情報の活用の取組
D種のゲノム育種価推定と利用

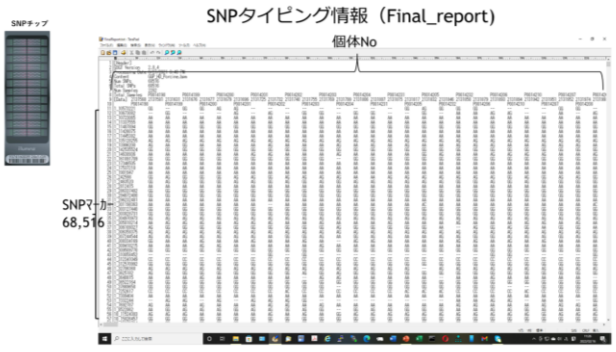
ゲノム育種価を用いた改良

<産肉・肉質形質の場合>

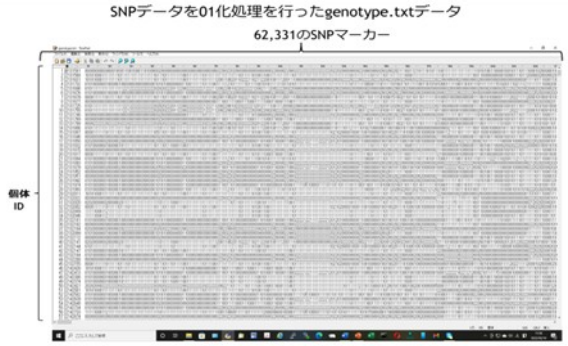


- 豚のDNAは出生後に、耳刻片から抽出、SNPタイピングが可能。
- 核染色体上に配置された、6万個のSNP情報を使い、従来のBLUP法にSNP情報を取り込むことで、ゲノム育種価の推定が可能。
- 出生後の早期にゲノム育種価を推定し、ゲノム育種価により予備選抜を行うことで、豚の飼育室の混雑を軽減できる。
- ①検定記録（DG、BF、EM）、②SNPデータと③血統情報を持つ2,000頭以上のリファレンスを構築し、SNP情報と血統情報からゲノム育種価を推定し、早期の選抜を実施する。

SNPタイピング情報（Final_report）

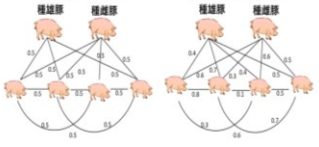


SNPデータを01化処理を行ったgenotype.txtデータ



ゲノム情報による血縁情報

・従来の血縁関係　　・SNPによる血縁関係



親子、きょうだいは一律に0.5の関係

正確な血縁関係情報が得られる

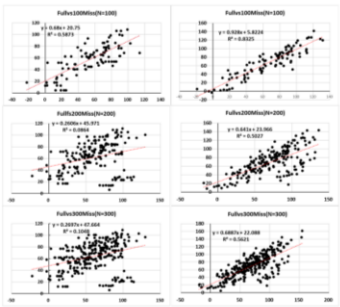
	BLUPBV	ゲノムBV
2225303	52.71	45.22
2225304	52.71	37.75
2225306	52.71	68.55
2225307	52.71	48.24
2225308	6.70	-16.11
2225309	6.70	-29.34
2225311	6.70	-11.88
2225312	6.70	5.00
2225313	32.03	57.14
2225314	32.03	47.16
2225315	32.03	36.29
2225316	32.03	19.04
2225317	32.03	48.96
2225319	32.88	46.47
2225320	32.88	54.56
2225321	32.88	53.79

BLUP法育種価（BLUPBV）：きょうだいは同じ値

ゲノムBV：きょうだいでも異なる値。

全体と記録無の相関

BLUP育種価（DG）　　ゲノム育種価（DG）



- 検定記録のあるリファレンス合計4,827頭のSNPデータを使い発育（DG）のゲノム育種価を推定。
- ①検定記録、SNP情報と血統情報で計算したゲノム育種価（全体）と、②検定記録が無（-100、-200、-300頭）と仮定し、SNP情報と血統情報で計算したゲノム育種価（記録無）、③検定記録と血統情報で計算したBLUP育種価（全体）、④血統情報あるが検定記録無（-100、-200、-300頭）と仮定して計算したBLUP育種価（記録無）を計算して比較。
- ゲノム育種価がBLUP育種価より正確度が高く、ゲノム育種価での選抜が有効であることを示す。

	BLUP育種価 N	BLUP育種価 R^2	BLUP育種価 r	ゲノム育種価 N	ゲノム育種価 R^2	ゲノム育種価 r
全体vs記録無100	777	0.912	0.955	777	0.951	0.975
全体vs記録無200	777	0.635	0.797	777	0.820	0.906
全体vs記録無300	777	0.534	0.730	777	0.786	0.886
全体vs記録無100	100	0.587	0.766	100	0.833	0.912
全体vs記録無200	200	0.086	0.294	200	0.503	0.709
全体vs記録無300	300	0.105	0.324	300	0.562	0.750
記録無100vs表型値	100	0.086	0.293	100	0.092	0.303
記録無200vs表型値	200	0.014	0.119	200	0.031	0.176
記録無300vs表型値	300	0.033	0.180	300	0.046	0.214

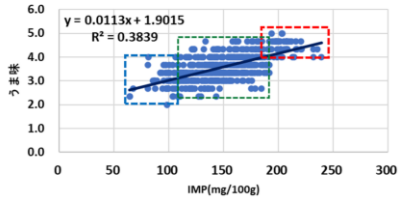
3. 美味しい豚肉指標探索の取り組み支援

- 農水省の補助事業として、日本養豚協会が2019年から取り組むゲノム情報を活用した試験
- D種の肉質に関して、官能検査と肉質の物理学的特性、化学成分との関連解析を行い、改良指標を探索
- 2農場から出荷された合計657頭について、官能検査（軟らかさ、多汁性、弾力性、旨味、甘味、総合評価）と、物理的特性値（Tenderness、pH、加熱損失率）、化学成分（イノシン酸、イノシン、ヒポキサンチン、グルタミン酸、オレイン酸）との関連を検討。

	イノシン酸	イノシン	ヒポキサンチン	核酸総量	筋肉内脂肪	オレイン酸	融点	Tenderness	pH	加熱損失率
軟らかさ	0.096	0.017	0.119	0.132	**0.357**	**0.187**	**-0.209**	**-0.289**	-0.007	**-0.300**
	0.013	0.717	0.013	0.006	**<.0001**	**0.024**	**<.0001**	**<.0001**	0.896	**<.0001**
多汁性	0.120	0.039	0.085	0.169	**0.214**	0.104	**-0.282**	-0.142	-0.038	-0.211
	0.002	0.413	0.074	0.000	**<.0001**	0.210	**<.0001**	0.000	0.453	<.0001
弾力性	0.041	-0.030	-0.023	-0.017	**-0.231**	-0.209	0.161	0.201	-0.036	0.183
	0.291	0.528	0.638	0.729	**<.0001**	0.011	0.001	<.0001	0.474	<.0001
甘味	**0.229**	0.137	0.006	**0.313**	-0.022	**0.588**	-0.191	-0.029	0.066	-0.114
	<.0001	0.004	0.905	**<.0001**	0.567	**<.0001**	<.0001	0.455	0.194	0.010
うま味	**0.512**	0.050	-0.010	**0.555**	-0.035	0.116	-0.104	0.016	0.131	-0.162
	<.0001	0.296	0.838	**<.0001**	0.370	0.165	0.025	0.680	0.010	0.000
総合評価	**0.435**	0.076	0.005	**0.511**	0.104	0.189	-0.166	-0.085	0.128	**-0.231**
	<.0001	0.113	0.921	**<.0001**	0.008	0.023	0.000	0.029	0.011	**<.0001**

- 官能検査の「うま味」はイノシン酸と0.512の有意な正の相関を示した。
- 官能検査の「甘味」が物不飽和脂肪酸のオレイン酸と0.588の有意な正の相関を示した。

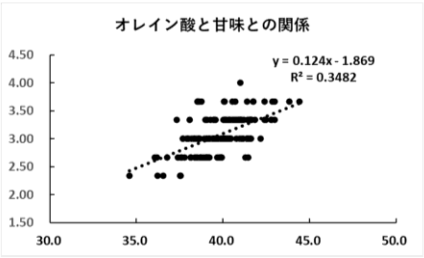
イノシン酸量と官能テストうま味との関係



IMP量	うま味
60~120	2~3.8
120~180	2.5~4.8
180~240	4~5

＊イノシン酸濃度が30～120(mg/100g）と180～240(mg/100g)の豚肉は、官能テストのうま味評価が「2～3.8」と「4～5」と判定され、120～180（mg/100g)の豚肉は、2.5～4.8と判定される。
＊イノシン酸濃度が180（mg/100g)以上の肉はうま味に優れる肉と評価できる。
＊簡易にイノシン酸を測定できる機器の開発が必要

オレイン酸と甘味との関係



- オレイン酸については、牛肉で近赤外線による測定装置が活用されている。この機器の利用が検討課題



御静聴ありがとうございました。

2022年2月21日
東北大学出版会より発行