

平成 29 年度 委託プロジェクト研究
「農林水産分野における気候変動対応のための研究開発」
最終年度報告書

13406501

温暖化の進行に適応する畜産の生産安定技術の開発

研究実施期間	平成 25 年度～平成 29 年度（5 年間）
代表機関	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
研究開発責任者	阿部 啓之
共同研究機関	国立大学法人（東北大学農学研究科、新潟大学自然科学系生命・食料科学系列、東京農工大学生物生産学科）
	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（畜産研究部門、西日本農業研究センター、九州沖縄農業研究センター）
	熊本県農業研究センター畜産研究所
	群馬県畜産試験場
	富山県農林水産総合技術センター畜産研究所
	宮崎県畜産試験場
	佐賀県畜産試験場
	長崎県農林技術開発センター
	千葉県畜産総合研究センター
	山梨県畜産酪農技術センター
普及・実用化支援組織	全国農業共同組合連合会飼料畜産中央研究所
研究開発責任者 連絡先	TEL : 029-838-8654 FAX : 029-838-8606 E-mail : dandan90@affrc.go.jp

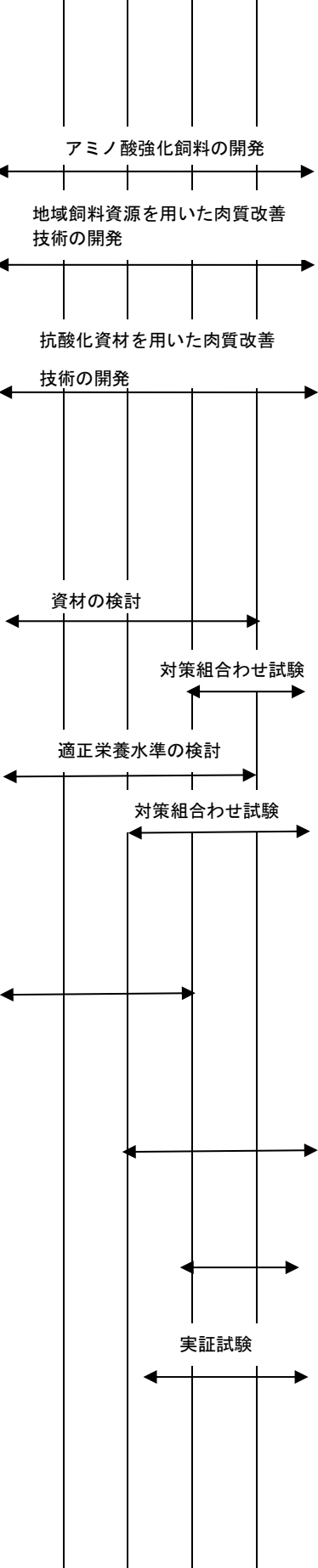
様式 3. 最終年度報告書

1頁～ 64頁

＜別紙様式 3. 平成 29 年度 の最終年度報告書＞

I - 1. 年次計画

研究課題	研究年度					担当研究機関・研究室	
	2 5	2 6	2 7	2 8	2 9	機関	研究室
1. 乳牛での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発							
(1) 泌乳牛の精密栄養管理による酸化ストレス低減技術の開発	泌乳量改善技術の開発					農研機構九州研	畜産環境・乳牛グループ
(2) 泌乳牛のエネルギー代謝に基づいた給与エネルギー精密化による温暖化適応技術の開発	飼料給与精密化技術の開発					農研機構畜産研究部門	精密栄養管理ユニット
(3) 乳用育成牛の精密栄養管理による温暖化適応技術の開発	育成牛の精密管理技術の開発					農研機構九州研	畜産環境・乳牛グループ
(4) 分娩前後乳牛の抗酸化機能性飼料活用による温暖化適応技術の開発	分娩牛の精密管理技術の開発					熊本県畜産研究所	大家畜研究室
2. 肉用牛での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発							
(1)a：暑熱環境下における肉用牛へのルーメンバイパスアミノ酸飼料給与技術の開発	ルーメンバイパスアミノ酸の夏季給与技術の開発					農研機構畜産研究部門	家畜代謝・栄養研究領域 代謝・微生物ユニット
(1)b：暑熱環境下における肉用牛へのエネルギー飼料給与技術の開発	グリセロール給与効果の確認			給与実証		群馬県畜産試験場	肉牛係
(1)c：自給飼料資源に立脚した暑熱環境下での肉用牛の給与技術の開発	発酵TMR給与メニューの開発					富山県農林水産総合技術センター畜産研究所	酪農肉牛課
(2)a：肉用牛における暑熱期の栄養素配分と筋肉性状の関連解明に基づく飼養管理技術の開発	粗濃比の配分管理技術の開発					農研機構西日本農業研究センター	畜産・鳥獣害研究領域 肥育技術グループ
(2)b：ビタミン類の抗酸化機能に着目した暑熱時の肉用牛の飼養管理技	抗酸化物質と精密栄養管理による暑熱期の飼養管理技術の開発					宮崎県畜産試験場	酪農飼料部 肉用牛部

術の開発 3. 肥育豚での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発 (1) 肥育豚の暑熱期用アミノ酸強化飼料の開発 (2) 飼料のエネルギー調整と地域資源の機能性を活かした肥育豚の暑熱対策技術の開発 (3) 抗酸化活性を有する低・未利用な飼料資源を活用した肥育豚の暑熱対策技術の開発 4. 肉用鶏での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発 (1) 新規未利用飼料資材によるストレス環境下における安定的肉用鶏生産技術の開発 (2) 各発育ステージにおける精密栄養管理による温暖化適応技術の開発 (3) 暑熱環境下の肉用鶏へのアミノ酸多給による飼養成績改善技術の開発 ・アミノ酸多給飼料が暑熱環境下における肉用鶏の飼養成績に及ぼす影響 ・低タンパク質飼料をベースにしたアミノ酸多給飼料が暑熱環境下における肉用鶏の飼養成績に及ぼす影響 ・実規模におけるアミノ酸多給飼料の実証試験 (4) 精密栄養管理または新規飼料資材による暑熱対策技術の実証	 アミノ酸強化飼料の開発 地域飼料資源を用いた肉質改善技術の開発 抗酸化資材を用いた肉質改善技術の開発 資材の検討 対策組合わせ試験 適正栄養水準の検討 対策組合わせ試験 実証試験	農研機構畜産研究部門 佐賀県畜産試験場 長崎県農林技術開発センター 東北大学大学院農学研究科 千葉県畜産総合研究センター 新潟大学 全国農業共同組合連合会飼料畜産中央研究所	家畜代謝栄養研究領域豚代謝栄養ユニット 中小家畜研究担当 中小家畜・環境研究室 動物機能科学講座 養豚養鶏研究室 動物生産生理研究室 養鶏研究室
---	--	---	--

5. 産卵鶏での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発 (1) 暑熱環境下の産卵鶏における飼料中カルシウム含量適正化・抗酸化資材添加の併用による産卵成績の低下抑制技術の開発 (2) 機能性栄養素による腸管免疫賦活化による産卵鶏の耐暑熱向上技術の開発研究 (3) 暑熱環境下の産卵鶏における酸塩基平衡の調節による産卵成績改善技術の開発	飼料中カルシウム適正化・抗酸化資材を用いた耐暑熱技術の開発 機能性栄養素による耐暑熱技術の開発 血中の酸塩基平行の矯正による耐暑熱技術の開発	農研機構畜産研究部門 東京農工大学・農学研究院 山梨県畜産酪農技術センター	家畜代謝栄養研究領域家禽代謝栄養ユニット 畜産学研究室 養鶏科
--	--	--	--

I-2. 実施体制

研究項目	担当研究機関・研究室		研究担当者
	機関	研究室	
研究開発責任者	農研機構畜産研究部門	家畜代謝栄養研究領域	◎ 阿部啓之
1. 乳牛での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発・・ (1) 泌乳牛の精密栄養管理による酸化ストレス低減技術の開発 (2) 泌乳牛のエネルギー代謝に基づいた給与エネルギー精密化による温暖化適応技術の開発 (3) 乳用育成牛の精密栄養管理による温暖化適応技術の開発 (4) 分娩前後乳牛の抗酸化機能性飼料活用による温暖化適応技術の開発 2. 肉用牛での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発 (1) ルーメン機能の強化および不足栄養素摂取量の増強による肉用牛の暑熱対策技術の開発 a. 暑熱環境下における肉用牛へのルーメンバイパスアミノ酸飼料給与技術の開発 b. 暑熱環境下における肉用牛へのエネルギー飼料給与技術の開発	農研機構九州研	畜産環境・乳牛グループ	○ 田中正仁
	前出	前出	△ 前出
	農研機構畜産研究部門	精密栄養管理ユニット	△ 樋口浩二 野中最子(2015.4～) 永西 修(～2017.3)
	農研機構九州研	畜産環境・乳牛グループ	前任者 野中最子(～2015.3) 前任者 神谷裕子(～2016.3) △ 後任者 澤戸利衣(2016.4)～
	熊本県畜産研究所	大家畜研究室	△ 福田敦子
	農研機構畜産研究部門	代謝・微生物ユニット	○ 新宮博行
	前出	前出	△ 前出
	前出	前出 代謝・微生物ユニット 精密栄養管理ユニット	△ 前出 櫛引史郎 林 征幸(2014.4～)
	群馬県畜産試験場	肉牛係	△ 浅田 勉(～2014.3, 2015.4～) 前任者 椿 由江(～2015.3, 2017.4～) 前任者 茂木麻奈美(2015.4～2017.3) 前任者 柳澤克樹(2015.4～2016.3) 前任者 加藤 聡(2014.4～2015.3) 前任者 青木寛道(2014.4～2015.3)

c. 自給飼料資源に立脚した暑熱環境下での肥育牛の給与技術の開発	富山県農林水産総合技術センター畜産研究所	酪農肉牛課	△小嶋裕子 (2017. 4～) 四ツ島賢二 南部 (柴野) 愛 後任者 天野宏志 (2017. 4～) 前任者 高平寧子 (～2017. 3) 前任者 松原禎敏 (～2014. 3) 前任者 彌榮麻衣子 (2016. 4～2017. 3)
(2) 暑熱環境下における栄養素配分と筋肉性状の関連解明に基づく肉用牛の暑熱対策技術の開発 a. 肉用牛における暑熱期の栄養素配分と筋肉性状の関連解明に基づく飼養管理技術の開発	宮崎県畜産試験場	酪農飼料部 肉用牛部	○西村慶子
b. ビタミン類の抗酸化機能に着目した暑熱時の飼養管理技術の開発	農研機構西日本農業研究センター	畜産・鳥獣害研究領域 肥育技術グループ	△ 寺井恵子 (2016. 4～) 前任者 柴田昌宏 (～2017. 3) 前任者 松本和典 (～2016. 5)
3. 肥育豚での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発	前出 宮崎県畜産試験場	前出 酪農飼料部 肉用牛部	△ 西村慶子 前田友香 後任者 中武 真 (2016. 4～) 前任者 高牟礼陽一 (2013. 4～2014. 3) 前任者 小坂昭三 (2014. 4～2015. 3)
(1) 肥育豚の暑熱期用アミノ酸強化飼料の開発	農研機構畜産研究部門	豚代謝栄養ユニット	前任者 山崎信 (～2015. 3) ○後任者 井上寛暁 (2015. 4～)
(2) 飼料のエネルギー調整と地域資源の機能性を活かした肥育豚の暑熱対策技術の開発	前出	前出	前任者 山崎信 (～2015. 3) △後任者 井上寛暁 松本光史 (～2014. 3) (2016. 4～)
	佐賀県畜産試験場	中小家畜研究担当	△ 脇屋裕一郎 前任者 大曲秀明 (～2014. 3) 前任者 和田涼子 (2014. 4～2016. 3) 後任者 本山左和子 (2016. 4～) 前任者 坂井隆宏 (2015. 4～2016. 3) 前任者 永渕成樹 (2014. 4～2016. 3) 前任者 宮島恒晴

(3) 抗酸化活性を有する低・未利用な飼料資源を活用した肥育豚の暑熱対策技術の開発	長崎県農林技術開発センター畜産研究部門	中小家畜・環境研究室	(2016.4～2017.3) 後任者 陣内孝臣 (2017.4～) 前任者 本多昭幸 (～2016.3) △後任者 深川聡 (2016.4～) 前任者 北島優 (～2015.3) 前任者 高山政洋 (2015.4～2017.3) 後任者 西山倫 (2017.4～) 前任者 坂東弘光 (2015.4～2017.3) 後任者 嶋澤光一 (2017.4～) 本多昭幸 (2016.4～)
4. 肉用鶏での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発 (1) 新規未利用飼料資材によるストレス環境下における安定的肉用鶏生産技術の開発 (2) 各発育ステージにおける精密栄養管理による温暖化適応技術の開発 (3) 暑熱環境下の肉用鶏へのアミノ酸多給による飼養成績改善技術の開発 (4) 精密栄養管理または新規飼料資材による暑熱対策技術の実証	東北大学大学院農学研究科 前出 千葉県畜産総合研究センター 新潟大学 全農飼料畜産中央研究所	動物機能科学講座 前出 養豚養鶏研究室 動物生産生理研究室 養鶏研究室	○ 豊水正昭 △ 前出 喜久里 基 △ 伊藤香葉 本多英友子 岡田浩子 高橋圭二 △ 高田良三 △ 鈴木和明 (2013.4～2017.3) 桑原徹平 (2017.4～) 吉田隼巳
5. 産卵鶏での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発 (1) 暑熱環境下の産卵鶏における飼料中カルシウム含量適正化・抗酸化資材添加の併用による産卵成績の低下抑制技術の開発 (2) 機能性栄養素による腸管免疫賦活化による産卵鶏の耐暑熱向上技術の開発研究 (3) 暑熱環境下の産卵鶏における酸塩基平衡の調	農研機構畜産研究部門 前出 東京農工大学農学部生物生産学科 山梨県畜産酪農技術センター	家禽代謝栄養ユニット 前出 畜産学研究室 養鶏科	○ 大津晴彦 △ 前出 村上 斉 山崎 信 (2017.4～) △ 佐藤 幹 △ 松下浩一 前任者 石原希朋

節による産卵成績改善技術 の開発			(～2016. 3) 後任者 小林(斎藤)那美香 (2016. 4～)
---------------------	--	--	---

委託プロジェクト研究課題番号	13406501	研究期間	平成25～29年度
委託プロジェクト研究名	農林水産分野における気候変動対応のための研究開発		
中課題名	温暖化の進行に適応する畜産の生産安定技術の開発		
代表機関・研究開発責任者名	農業・食品産業技術総合研究機構畜産研究部門・阿部啓之		

I-1. 研究目的

夏季の高温環境下では家畜の成長の鈍化や死亡・廃用、畜産物の生産量や品質の低下が生じることから、影響が顕著である乳牛を対象に研究が行われてきた。しかし、高温年の平成22年の夏季では畜産業全般にわたり多大な被害が生じた。また、21世紀末には2.6～4.8℃の気温上昇が予想されている（IPCC,2014）。そこで、わが国の主要な家畜・家禽の乳牛、肉用牛、豚、肉用鶏および産卵鶏を対象に、暑熱による生産性低下の改善に向け、比較的導入が容易な栄養管理に基づく暑熱対策技術の開発のため、以下の課題を設定した。

11001：泌乳牛の精密栄養管理による酸化ストレス低減技術の開発

11002：泌乳牛のエネルギー代謝に基づいた給与エネルギー精密化による温暖化適応技術の開発

11003：乳用育成牛の精密栄養管理による温暖化適応技術の開発

11004：分娩前後乳牛の抗酸化機能性飼料活用による温暖化適応技術の開発

12001：ルーメン機能の強化および不足栄養素摂取量の増強による肉用牛の暑熱対策技術の開発

12002：暑熱環境下における栄養素配分と筋肉性状の関連解明に基づく肉用牛の暑熱対策技術の開発

13001：肥育豚の暑熱期用アミノ酸強化飼料の開発

13002：飼料のエネルギー調整と地域資源の機能性を活かした肥育豚の暑熱対策技術の開発

13003：抗酸化活性を有する低・未利用な飼料資源を活用した肥育豚の暑熱対策技術の開発

14001：新規未利用飼料資材によるストレス環境下における安定的肉用鶏生産技術の開発

14002：各発育ステージにおける精密栄養管理による温暖化適応技術の開発

14003：暑熱環境下の肉用鶏へのアミノ酸多給による飼養成績改善技術の開発

14004：精密栄養管理または新規飼料資材による暑熱対策技術の実証

15001：暑熱環境下の産卵鶏における飼料中カルシウム含量適正化・抗酸化資材添加の併用による産卵成績の低下抑制技術の開発

15002：機能性栄養素による腸管免疫賦活化による産卵鶏の耐暑熱向上技術の研究開発

15003：暑熱環境下の産卵鶏における酸塩基平衡の調節による産卵成績改善技術の開発

その結果、1.夏季の生産性低下を10～20%改善し、2.夏季の畜産物の品質低下が改善できる暑熱環境下の栄養管理技術が開発され、研究目標を概ね達成することができた。

I - 2. 研究結果

乳牛の暑熱対策に関しては、

11001 夏季高温期間において、泌乳牛に対して、高ネエネルギー飼料として、脂肪酸を、抗酸化飼料として脂溶性抗酸化ビタミン類を給与することで、酸化ストレスは改善され、泌乳量は約16%改善すること、および収支が改善されることを示し、農家試験でも実証した。

11002 これまでの乾物摂取量推定式に新たにファクターとして体畜熱量を加味した新しい乾物摂取量推定式を提示した。

11003 暑熱環境下においてグルNaの添加もしくは第一胃内分解速度の異なる炭水化物源の給与によって、第一胃内環境の改善および窒素利用効率の改善が期待されることを示した。

11004 分娩前からのアスタキサンチン給与によって、酸化ストレスを低減し、暑熱期における泌乳量の低下を約11%抑制でき、繁殖成績については、分娩後8週間目までの給与により初回授精日数の短縮等改善が期待できることを示した。

以上の成果から、酪農において最も収益性が高い泌乳期の泌乳成績を約16%改善する技術の提示とそれ以外の試験成績において負の収支となる成果がないことから、分娩前から泌乳期および育成期にわたる生産体系の中で高温環境の影響を10%以上低減できる技術開発の目的は達成したものと考えられる。

肉用牛の暑熱対策に関しては、

12001 : (a) 暑熱期(夏季)に飼料中の約8%(乾物換算)に相応するルーメンバイパスアミノ酸飼料(リジン及びメチオニン含有)を添加給与することにより、暑熱の影響による肥育牛の増体停滞・鈍化が顕著に抑制されることが判明した。(b) 暑熱期にグリセロールを乾物中10%添加することにより、飼料効率は約18%以上、増体成績は約23%以上改善でき、夏季の乾物摂取量不足による肥育牛の増体停滞の解消の一助となることが明らかになった。(c) 暑熱期にイネホークロップサイレージを粗飼料源とした発酵TMR(発酵処理した混合飼料)の給与は従来の分離給与(濃厚飼料+稲わら)と比較して、肥育牛の増体日量の低下抑制や1kg増体に要する飼料費の削減を可能にした。また、発酵TMRの給与は肥育牛のルーメン環境を安定させることが明らかとなり、中性デタージェント繊維水準を高めることでより顕著な傾向が認められた。

12002 : (a) 暑熱前から暑熱期、暑熱後までを対象とした粗濃比の管理による、暑熱対策肥育試験では、暑熱期では38.5%の増体重の増加がみられ、通期では24.3%の増体重の改善となり、個体のバラツキはあるものの複数回におよぶ肥育試験から、その有用性が確認された。(b) 黒毛和種去勢肥育牛は、暑熱の影響により肥育後期に飼料効率及び飼料消化率の低下が認められた。肥育後期牛の暑熱期の生産性を改善する飼養管理として、ビタミンE給与と飼料の適正給与(制限給与)を組み合わせることで、飽食飼養と比べて生産性が約10%向上することが示唆された。

豚の暑熱対策に関しては、

飼料に必須アミノ酸であるリジン、トレオニン、メチオニンおよびトリプトファンを添加して、飼料中含量を要求量の150%まで高めたアミノ酸強化飼料を給与することにより、暑熱期にみられる肥育豚の増体成績低下を緩和できることを示した。また、地域資源である芋焼酎粕および緑茶粕は抗酸化活性が高く、その乾燥物を飼料にそれぞれ4および3%添加することで、生産される豚肉(胸最長筋)のドリップロスおよびクッキングロスを低減できることを示した。さらに緑茶粕の乾燥方法の検討では、低温でかつ短期間のうちに乾燥することで緑茶粕に含まれる α -トコフェロール含量を高く保持できることを明らかにした。

肉用鶏の暑熱対策に関しては、

14001・14004 : (a) 夏季フィールド試験において、前期の増体量がオレウロペイン100 ppm/Lys

0.3%/Met 0.15%添加区では対照区に比べ増加した。また前期・後期の通期では上記添加区および後期Lys 0.3%強化区において増体量の向上がみとめられた。また、オレウロペイン100 ppm/Lys 0.3% / Met 0.15%添加区では育成率が100%となり、暑熱時の斃死が防がれることが示された。(b) 小規模暑熱試験では、オレウロペイン単独、オレウロペイン / Lysの組み合わせ効果を検討した結果、オレウロペイン添加で暑熱下での体重が増加し、Lysを同時に添加することで増体量はさらに向上した。

14002 : (a) 暑熱環境下において、肥育前期ブロイラーに低CP高MEを給与すると標準飼料 (CP:22%、ME:3,150 Kcal/kg) を給与した区に比べて飼料要求率・増体量は改善され、また肥育後期ブロイラーに高CP高ME飼料 (CP:21%、ME3,360 Kcal/kg) を3週間給与すると標準飼料 (CP:18.5%、ME3,250 Kcal/kg) に比べて増体量・飼料要求率は良好で、後者の場合経済的被害を79.3%軽減できた。(b) 暑熱環境下のブロイラーに生菌剤bacillus coagulans を0.01% 添加した飼料を給与すると、増体量が改善傾向を示し、暑熱による経済的被害を軽減できた。

14003 : (a) 暑熱環境下 (30℃一定) の肉用鶏後期にリジンのみ単独で0.3%添加すると飼養成績は15%ほど改善された。アルギニン、メチオニン等のアミノ酸を添加する必要はない。(b) リジン0.3%をタンパク質として給与すると、飼養成績改善効果は認められなかった。(c) 肥育後期の肉用鶏雌では雄と異なり、アミノ酸添加飼料の飼養成績改善効果は明確ではない。(d) 低タンパク質アミノ酸添加飼料は、暑熱環境下ではむしろ飼養成績に悪い影響を与えた。

産卵鶏の暑熱対策に関しては、

飼料中カルシウム含量をおよびビタミンD含量を増強する、もしくは飼料に重曹を添加し食塩含量を調整することにより暑熱による卵殻質悪化が抑制できることを実証レベルの試験で示した。また、暑熱による産卵率低下を抑制する飼料資材として、イソマルトオリゴ糖を選抜し、その効果を実証レベルの試験において示した。更には、これらの成果を組み合わせた飼料においても、暑熱による鶏卵生産低下を抑制できることが実証試験において確認できた。

I - 3. 今後の課題

乳牛の暑熱対策に関しては、

14001 : 暑熱環境下の乳牛の泌乳生産性のさらなる向上や繁殖成績の向上も組み合わせた総合的な温暖化対策技術を検討する必要がある。

14002 : 環境温湿度と飼料摂取量の変動についての時系列的な因果関係についての解析が残されている。

14003 : 泌乳牛と比較して、乳用育成牛は非生産期間のため飼育管理は軽視されがちであり、知見も少ない。しかし育成期に受けた負の影響は後々まで残存することが確認されており、体成長の停滞は妊娠体型到達月齢や分娩月齢の遅延に繋がる。直接的な影響が見えにくい期間ではあるが、この時期の飼育管理が乳牛の生涯生産性の向上に繋がるため、今後も研究による情報蓄積が必要である。

14004 : アスタキサンチンの最小添加量については、さらに測定頭数を増やして検討する必要がある。

肉用牛の暑熱対策に関しては、

12001 (a) ルーメンバイパスアミノ酸飼料の夏季添加給与効果 (暑熱の影響による肥育牛の増体鈍化・停滞現象の改善効果) を発現させるためには、同飼料のペレット化、基礎となる給与飼料との適合性等を検討する必要がある。(b) 飼料混合機を所有しない農家では、グリセロール混合飼料の外部購入が必要となることから、グリセロール混合飼料の流通体制を整備する必要がある。

ある。(c) 暑熱期での発酵TMR給与効果によるルーメンの安定がその後の増体や枝肉成績に及ぼす影響について検証する必要がある。

12002 (a) 暑熱前から暑熱後までの通期で、個体のばらつきを抑え、生産性をさらに向上させ、さらに標準化された技術とするためには、粗濃比の緻密管理について検証が必要と考える。(b) 暑熱が黒毛和種肥育牛の生産性に及ぼす影響は、肥育ステージによって異なることが明らかになっている。今後は、肥育前期及び肥育中期に適した暑熱対策について検討する必要がある。また、ビタミンEの添加量や添加の開始時期について更に検討することや、他の抗酸化物質の給与についても検討する必要がある。

豚の暑熱対策に関しては、

リジン、トレオニン、メチオニンおよびトリプトファンを飼料に添加して、飼料中含量を要求量の150%に高めることで暑熱期の増体成績を改善できることを示したが、それより低い添加レベルでも効果がみられるか否かについては不明であり、今後の検討課題である。また、芋焼酎粕および緑茶粕給与による肉質への効果は、その資材に含まれる抗酸化成分の量および豚が晒される暑熱ストレスの多寡により影響を受ける。飼養環境温度と肉質との関係、抗酸化資材の有効成分とその作用機序について、今後精査していく必要がある。

肉用鶏の暑熱対策に関しては、

14001：オレウロペイン単独、オレウロペイン / Lysの組み合わせ効果を実証したが、現場で活用するにあたって、さらなるコストダウンが必要とされる。このため、飼料利用にあたってはオリーブ葉の粉碎物の利用やオリーブオイル生産副産物（残渣）などの利用を推進する必要がある。また、直近の試験では、Ole/Lys+低CP+高ME飼料の組み合わせでは暑熱時の増体量のさらなる向上は認められなかったが、飼料をペレット化するなど形状を工夫することでよりよい増体効果が認められる可能性がある

14002：(a) 開放鶏舎における平飼いでの給与試験では、気温が低く暑熱に伴う飼料摂取量の低下がみられなかった。そのため体重の増える後期に飼料摂取量が下がっても要求量を満たすことのできる高CP高ME飼料と、熱に強い生菌剤の利点を活かすことができなかった。(b) このように暑熱条件は毎年一定ではなく、暑熱による被害状況も年により様々である。異なる温湿度条件の暑熱環境下での試験により、ブロイラーの最大増体に対するCP、ME摂取の最適解が確認できると考えられる。

14003：リジンの0.3%添加が有効であることは明らかにされたが、それよりも低い添加レベル（例えば0.1%, 0.2%）で効果がみられるかは不明である。また、基礎飼料のアミノ酸含量をどの程度にするかによってもリジン添加効果に違いがみられる可能性がある。

14004：暑熱ストレス（温度と風量の複合的なものによる）が過酷となりすぎる場合には、オレウロペインや耐熱菌等の抗ストレス資材の効果が表れ難い可能性もあり、温暖化が懸念される昨今では、そのような酷暑環境下においてもへい死率を一定程度抑えられるような革新的な資材や知見の確立がさらに求められる。オレウロペインを実用的なコスト域まで引き下げるため、スケールメリットを考慮した使用量の拡大や代替品の探索も今後の課題でもある。

産卵鶏の暑熱対策に関しては、

本成果は2年鶏においては、その効果が明瞭ではなく、2年鶏において暑熱による鶏卵生産低下抑制技術の開発は、さらに検討する必要がある。また、鶏卵生産における産卵量低下抑制技術についても、更なる検討が必要とされる。

委託プロジェクト研究課題番号	13406501	研究期間	平成25～29年度
小課題番号		研究期間	平成25～29年度
契約課題名	温暖化の進行に適応する畜産の生産安定技術の開発		
小課題名	乳牛での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発		
実施課題名			
小課題責任者名・研究機関	田中正仁・農研機構九州沖縄農業研究センター		

1) 研究目的

分娩前から分娩、泌乳開始、泌乳期および育成期を通した生産体系の中で、高温環境による生産性の低下を10-20%改善することを目的とした。育成牛においては、ルーメン環境を高温環境で失われがちなナトリウムを補給することで成長に欠かせない窒素の利用効率の改善をここ見た。周産期から泌乳期にかけては、分娩前から抗酸化飼料としてアスタキサンチン製剤を補給することで酸化ストレスの改善から泌乳成績、繁殖成績の改善を試みるとともに、高温環境下の飼料摂取量低下によるエネルギー不足の改善と抗酸化ビタミン類の給与による泌乳成績の改善を試みた。また、泌乳期における体畜熱量を加味した新しい乾物摂取量予測式を開発し、飼料給与量の精密化を試みた。

2) 研究成果

11001 高エネルギー飼料として、脂肪酸を、抗酸化飼料として脂溶性抗酸化ビタミン類を給与することで、酸化ストレスは改善され、泌乳量は約16%改善すること、および収支の改善を実証した。

11002 これまでの乾物摂取量推定式に新たにファクターとして体畜熱量を加味した新しい乾物摂取量推定式を提示した。

11003 暑熱環境下においてグルNaの添加もしくは第一胃内分解速度の異なる炭水化物源の給与によって、第一胃内環境の改善および窒素利用効率の改善が期待されることを示した。

11004 分娩前からのアスタキサンチン給与によって、酸化ストレスを低減し、暑熱期における泌乳量の低下を約11%抑制でき、繁殖成績については、分娩後8週間目までの給与により初回授精日数の短縮等改善が期待できることを示した。

以上の成果から、酪農において最も収益性が高い泌乳期の泌乳成績を約16%改善する技術の提示とそれ以外の試験成績において負の収支となる成果がないことから、分娩前から泌乳期および育成期にわたる生産体系の中で高温環境の影響を10%以上低減できる技術開発の目的は達成したものと考えられる。

3) 成果活用における留意点

抗酸化飼料や脂肪酸などの給与した資材については、牛用の飼料(A飼料)であることを確認し、費用対効果を十分に吟味する必要がある。

4) 今後の課題

本プロジェクトの中には、精密栄養管理からのアプローチであるが、畜舎環境の改善などの、それ以外の地球温暖化対策との組み合わせ効果による、さらなる泌乳生産性の向上技術の開発や繁殖成績の向上を含めた総合的な温暖化適応技術を検討する必要がある。

委託プロジェクト研究課題番号	13406501	研究期間	平成25～29年度
小課題番号	11001	研究期間	平成25～29年度
契約課題名	温暖化の進行に適応する畜産の生産安定技術の開発		
小課題名	乳牛での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発		
実施課題題名	泌乳牛の精密栄養管理による酸化ストレス低減技術の開発		
実施課題責任者名・研究機関	田中正仁・九州沖縄農業研究センター・畜産草地研究領域		

1) 研究目的

高温下の酸化ストレスをルーメンバイパス性が高いとされる脂溶性抗酸化物質の給与により低減し、さらに、採食量の低下に起因するエネルギー不足を高エネルギー飼料の給与で改善することにより、温暖化に適応した安定生産技術を開発する。

2) 研究成果

夏期高温期（平均気温は28.1℃、平均湿度は78.2%RH）の泌乳牛に対して、脂肪酸の給与は、活性酸素代謝産物の指標であるdROM値は有意に減少し酸化ストレス低減効果が示唆された。同様な効果は、抗酸化ビタミン給与および脂肪酸と抗酸化ビタミン給与でも観察されたが、特に後者では、脂質過酸化物の指標であるTBARS濃度も有意に減少し、酸化ストレス低減の効果が顕著であった。また、栄養充足率の指標として測定したグルコース濃度では、脂肪酸と抗酸化ビタミン給与においてのみ、有意な増加を示した。これらの結果から、夏期高温期間の泌乳牛における酸化ストレス低減効果は、TBARSとdROM値で有意な改善が認められた脂肪酸と抗酸化ビタミン給与が最適であると考えられた。また、泌乳成績においても、抗酸化ビタミンや脂肪酸の単独給与よりも同時給与において、無処理と比較して16%程度の増乳効果を確認し、良好な結果が得られた。

そこで、夏季高温環境下における泌乳牛への脂肪酸及び抗酸化ビタミンの給与効果について農家実証試験を実施した。農家実証試験では、7-8月の約40日間にわたり、給与試験を実施した。期間の終わりに試験区では無給の対照区と比較して泌乳量が約3%増加した。これは、所内試験よりも増加の程度が小さかったが、残食の影響により摂取できた給与した脂肪酸量(140g)と抗酸化ビタミン(60g)が所内試験(300gと100g)よりも少なかったことによるものと考えられた。この給与量は、酪農家の希望によるものであったが、給与する飼料の組成を十分に考慮し、最大で脂肪酸300g/日・頭、抗酸化ビタミン100g/日・頭給与することで、より増乳の効果が期待できることを示している。さらに、コスト収支においては、給与する脂肪酸と抗酸化ビタミンのコストよりも、乳量の増加による乳代の増加が大きく、コストパフォーマンスに優れていることを示した(表1)。

これらの内容は、複数の酪農普及誌に掲載され、情報の普及に貢献している。

表1. 抗酸化ビタミンと脂肪酸給与による収支の比較

ビタミン類給与量(g/頭)	脂肪酸給与量(g/頭)	増乳効果(%)	資材費(円/頭)	増益(円/頭)
100	300	16	115	418
100	200	9	92.4	207.3
60	140	3	60	33.9

日乳量を30kg/日・頭、乳価を111円/kg、脂肪酸を22.5円/100g、抗酸化ビタミンを47.3円/100gとして。

3) 成果活用における留意点

脂肪酸飼料については、乳牛への給与飼料中の脂質濃度が5%を超えると繊維の消化性に影響を及ぼすとされているので、エコフィードの多用により元の飼料中の脂質濃度が高い場合には、専門家の指示に従うべきである。A飼料としての脂肪酸及び抗酸化ビタミンは複数の種類が市販されており、それぞれ価格も異なるため、コストパフォーマンスに留意して選択する必要がある。

4) 今後の課題

本課題の内容は、精密栄養管理からのアプローチであるが、それ以外の地球温暖化対策との組み合わせ効果による、さらなる泌乳生産性の向上技術の開発や繁殖成績の向上を含めた総合的な温暖化適応技術を検討する必要がある。

委託プロジェクト研究課題番号	13406501	研究期間	平成25～29年度
小課題番号	11002	研究期間	平成25～29年度
契約課題名	温暖化の進行に適応する畜産の生産安定技術の開発		
小課題名	乳牛での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発		
実施課題名	泌乳牛のエネルギー代謝に基づいた給与エネルギー精密化による温暖化適応技術の開発		
実施課題責任者名・研究機関	樋口浩二・農研機構畜産研究部門・家畜代謝栄養研究領域		

1) 研究目的

一般牛舎を想定した夏季の変温環境下で泌乳牛の熱・エネルギー収支を測定し、体蓄熱量を指標とした適切な飼料給与水準を明らかにすることにより、過剰な飼料摂取による体蓄熱量の増加・飼料の利用性の低下を避ける暑熱対策技術を開発する。

2) 研究成果

夏季の変温環境下で乳牛の熱収支を測定し体蓄熱量を測定した。乾物摂取量と体蓄熱量のデータ20例について、日本飼養標準（乳牛）掲載の推定式による乾物摂取量の推定値（JDMI）と実測データを比較するとその推定精度は47%程度であったが、JDMIを体蓄熱量で補正することにより乾物摂取量の推定精度を93%程度にまで高めることができた。さらに、飼養環境条件から体蓄熱量を推定し、熱収支を測定していない条件での乾物摂取量のデータ（74例）を、先と同様に日本飼養標準（乳牛）に基づいて推定した場合ではその推定精度には問題があったが、推定体蓄熱量で補正して乾物摂取量を推定した場合ではその推定精度は64%程度となった。

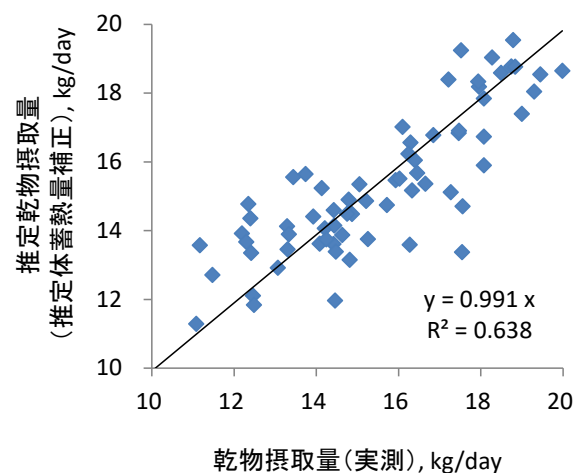


図. 乾物摂取量に対する推定乾物摂取量（体蓄熱量補正）の回帰式

3) 成果活用における留意点

本研究成果は、平均気温22~33℃、平均相対湿度55~92%において体重493~752kgで乳量11~24kgの繋ぎ飼いされた乳牛において得られた結果である。

4) 今後の課題

環境温湿度と飼料摂取量の変動についての時系列的な因果関係についての解析が残されている。

委託プロジェクト研究課題番号	13406501	研究期間	平成25～29年度
小課題番号	11003	研究期間	平成25～29年度
契約課題名	温暖化の進行に適応する畜産の生産安定技術の開発		
小課題名	乳牛での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発		
実施課題題名	乳用育成牛の精密栄養管理による温暖化適応技術の開発		
実施課題責任者名・研究機関	澤戸利衣・農研機構九州沖縄農業研究センター		

1) 研究目的

暑熱環境下における乳牛の第一胃内では、飼料摂取量の低下もあり、摂取した飼料の滞留時間の増加、水分回転率やpHの低下等が観察されることから、適温環境下と比較して第一胃内における飼料消化の様相は異なると考えられる。特に、暑熱環境下の育成牛では、体タンパク質蓄積の低下も観察され、飼料タンパク質の利用効率が低下していることが推察される。このような増体速度の低下は、育成期間の延長、初回種付け開始時期の遅延等に直接反映し、経済的な損失は明らかである。そこで本研究では、暑熱環境下の乳用種育成牛の消化管における飼料の特性を明らかにし、ナトリウム塩による水分回転率の向上、粗飼料品質等による飼料の滞留時間の短縮化を図り、第一胃内環境の改善、飼料摂取量の低下抑制を目指すとともに、良質な粗飼料利用によるエネルギー摂取量の確保とタンパク質源の組み合わせによる窒素利用効率の改善を試みる。

2) 研究成果

平成26～27年度の試験により、暑熱環境下ではナトリウム塩としてグルタミン酸ナトリウム(以下グルNa)を添加することで、第一胃内でのアンモニア態窒素生成の改善や微生物タンパク質合成量が増加したことから、第一胃内環境の改善効果を示した。平成28年度の試験では、異なる炭水化物源の給与による窒素利用効率への影響を検討し、圧ペントウモロコシよりも相対的に第一胃内分解速度が速い破碎玄米(25%)を混合した発酵TMRの給与で、尿中への窒素排泄割合が約15%減少した。この結果は、窒素給与量を35%程度削減してもトウモロコシ給与区と同程度の窒素利用効率を期待できる可能性を示している。また、第一胃内のアンモニア態窒素濃度が正常値に近づいたことから、第一胃内環境の改善も示唆された。平成29年度の試験では、グルNaと消化速度の異なる炭水化物原給与を組み合わせる実験を行ったが、前年に付随するような窒素利用効率改善の効果を示すには至らなかった。

本研究により、暑熱環境下においてグルNaの添加もしくは第一胃内分解速度の異なる炭水化物源の給与によって、第一胃内環境の改善および窒素利用効率の改善が期待される。

表1. H27年度試験 第一胃内性状、尿性状

		無添加区	グルNa区	重曹区	SEM
第一胃内性状					
アンモニア態窒素	mg/dL	1.05 ^a	1.69 ^b	0.97 ^a	0.16
酢酸	%	65.5	65.7	64.7	1.0
プロピオン酸	%	17.4	17.0	17.2	0.7
酪酸	%	15.0	15.4	15.8	0.5
尿性状					
アラントイン	g/日	16.8 ^a	18.9 ^b	19.1 ^b	0.5

異符号間(a, b)に有意差あり ($p < 0.05$)

表2. H28年度試験 窒素出納（トウモロコシ区を100とした時）

		トウモロコシ区 4頭	玄米区 4頭	SEM	P値
糞中への窒素排泄割合	%	100	104.1	2.4	NS
尿中への窒素排泄割合	%	100	84.8	0.3	<0.01
体蓄積への窒素移行割合	%	100	154.0	2.1	NS

SASのGLMプロシ ज्याを用いた一元配置分散分析 NS: 有意差無し



図1. H28年度試験 第一胃内アンモニア態窒素
(5mg/dL が第一胃内微生物の活動を支える濃度下限値)

3) 成果活用における留意点

本課題ではナトリウム塩として、重曹よりも嗜好性の良いグルタミン酸ナトリウムを用いたが、添加剤としては高価であるためその他の資材も検討する必要がある。

4) 今後の課題

泌乳牛と比較して、乳用育成牛は非生産期間のため飼育管理は軽視されがちであり、知見も少ない。しかし育成期に受けた負の影響は後々まで残存することが確認されており、体成長の停滞は妊娠体型到達月齢や分娩月齢の遅延に繋がり泌乳量にも影響を及ぼす。直接的な影響が見えにくい時期ではあるが、この時期の飼育管理が乳牛の生涯生産性の向上に繋がるため、今後も研究による情報蓄積が必要である。

委託プロジェクト研究課題番号	13406501		研究期間	平成25～29年度
小課題番号	11004		研究期間	平成25～29年度
契約課題名	温暖化の進行に適応する畜産の生産安定技術の開発			
小課題名	乳牛での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発			
実施課題題名	分娩前後乳牛の抗酸化機能性飼料活用による温暖化適応技術の開発			
実施課題責任者名・研究機関	福田敦子・熊本県農業研究センター畜産研究所・大家畜研究室			

1) 研究目的

夏季の暑熱ストレスは、乳牛の生理・生産機能に様々な悪影響を及ぼし、泌乳牛の体内では、酸化ストレスが亢進していることが知られている。この酸化ストレスの亢進は、近年分娩後の泌乳成績や初回発情等の繁殖成績および牛の周産期病との関係が報告されており、これらの問題解決が喫緊の課題となっている。

そこで、本研究では暑熱期における分娩前後の乳牛へ抗酸化機能性飼料を給与し、酸化ストレス低減を図ることで、泌乳生産性向上および繁殖成績改善を目指す。なお、この技術の開発により期待される効果としては、暑熱期の泌乳生産性が向上し、農家は季節別乳価が高い時期に生乳を出荷できることで収益増加を見込むことができる。このことは、恒常的に生乳が不足する需要期に安定して生乳を生産でき、牛乳の消費拡大にもつながる。また、分娩後の繁殖機能回復を早め受胎時期を早期化し、分娩間隔を短縮することができれば、分娩間隔の延長により生じるとされる経済的損失を抑えることができる。よって、抗酸化機能性飼料給与による飼料コストの増加と泌乳生産性向上および繁殖成績改善による収益増加を比較しても、経済効果が期待でき、現場への普及拡大の可能性は高いと考えられる。

2) 研究成果

暑熱期に分娩する乳牛に抗酸化機能性飼料であるアスタキサンチン400mg/日を分娩予定4週間前から分娩後4週間給与したところ、分娩後の酸化ストレスの亢進を低減することが明らかとなった。また、酸化ストレスの低減により、暑熱期における泌乳量の低下を抑制することができ、アスタキサンチンの給与により11%の泌乳量増加が期待できる可能性が得られた。繁殖成績については、分娩後8週間目までの給与により初回授精日数の短縮等改善が期待できる。

3) 成果活用における留意点

アスタキサンチン給与の際は配合飼料等にトップドレスで与え、確実に摂取させる必要がある。

4) 今後の課題

アスタキサンチンの給与量について、200mg/日では十分な効果が発揮できない可能性が

示唆された。しかし、供試頭数が少なく個体差による影響が大きく見られたため、更にデータの蓄積を行い、検討する必要がある。

委託プロジェクト研究課題番号	13406501	研究期間	平成25～29年度
小課題番号		研究期間	平成25～29年度
契約課題名	温暖化の進行に適応する畜産の生産安定技術の開発		
小課題名	肉用牛での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発		
実施課題名			
小課題責任者名・研究機関	新宮博行・農研機構畜産研究部門・家畜代謝栄養研究領域		

1) 研究目的

わが国の暑熱期（夏季）では、持続性の高温高湿の影響を受けて、育成や肥育に要する栄養要求量に不足が生じ、結果として肉用牛に増体鈍化現象が頻発する。この増体鈍化は出荷に至るまでの飼養期間の延長に起因した肉用牛の飼養コスト増大の一因となり、暑熱期での肉用牛の増体鈍化を可能な限り抑制する飼養管理技術の開発が必要である。さらに、夏季の後に続く冷涼期には、夏季での栄養不足を補うかのように濃厚飼料の急激な摂取により、過肥（皮下脂肪厚の増加、内臓脂肪の沈着等）の発生を増大させる。冷涼期での過肥は飼養コストを増大させる原因になることから、過肥の発生防止に向けた肉用牛の飼養管理技術の開発も喫緊に求められている。

そこで、肉用牛に関する当該実行課題を大きく2つに分け、そのうち、実行課題(1)として、ルーメン機能の強化及び不足栄養素摂取量の増強を図る肉用牛の暑熱対策飼養管理技術の開発に向け、①夏季での蛋白質摂取不足を効率良く補填するルーメンバイパスアミノ酸飼料（RP-A）の給与技術の開発（農研機構畜産研究部門）、②夏季でのエネルギー不足を可能な限り解消する糖原性エネルギー飼料（グリセロール）の給与技術の開発（群馬畜試）、③自給良質粗飼料を混合し、さらに発汗等により失われるミネラルの適正要求量を考慮した発酵TMR（発酵処理した混合飼料）を調製し、暑熱期における肉用牛の乾物摂取量向上を図る飼養管理技術の開発（富山畜研）の3課題を、また、実行課題(2)では、暑熱環境下における栄養素配分と筋肉性状の関連解明に基づく肉用牛の暑熱対策技術の開発に向け、①栄養素あるいはエネルギーバランスの再配分による暑熱冷涼期の飼料給与プログラムならびに暑熱ストレスに関するバイオマーカーの開発による飼養管理技術の開発（農研機構西日本農研）、②抗酸化物質（ビタミンE）給与や緻密栄養管理等による暑熱期の肉用牛安定生産技術の開発（宮崎畜試）の2課題をそれぞれ設定し、実施する。

当該研究課題成果を通じて、暑熱の影響による肉用牛の夏季生産性の低下を10～20%改善する将来の温暖化の進行に適応した肉用牛の生産安定技術を提示する。

2) 研究成果

(1)①では、夏季におけるRP-A（リジン及びメチオニン含有）の短期（2週間）給与効果を検討するため、飼料中約8%（乾物換算）に相応するRP-Aを添加給与することにより、夏季における肥育牛（肥育期にある肉用牛）の増体日量（DG）及び粗蛋白質の消化率が増大することが判明した。さらに、RP-Aの長期（6週間）添加給与効果について夏季に調査した結果、夏季にDGが大きく低下した賦形剤添加肥育牛（対照区牛群）に比べ、RP-A添加肥育牛の方がその低下を顕著に抑制させることを明らかにした。②では、暑熱期にグリセロールを乾物中10%添加することにより、飼料効率及び発育が向上し、夏季の乾物摂取量不足による肥育牛の増体停滞の解消の一助となることが明らかになった。さらに、同効果の再現性及び給与後の肉質への無影響が現地実証試験においても認められた。③では、夏季にイネホールクロップサイレージ（イネWCS）を混合した発酵TMR（NDF（中性デタージェント繊維）水準：20%）を肥育牛に給与すると、夏季でも乾物摂取量やDGを高く維持できることが認められ、飼料の分離給与よりもTMRで給与する方が肥育牛のDGの増加に有効であることが判明した。さらに、NDF水準を24%から30%にまで引き上げると、ルーメン環境が改善され、同時に飼料費も低減できることが明らかになった。

(2)①では、暑熱前から暑熱期、暑熱後までを対象に、粗飼料源として飼料イネWCSを使用した粗濃比の管理による、暑熱対策肥育試験を行った。その飼養条件は、暑熱前に濃厚飼料を約20%制限、飼料イネWCSを飽食、暑熱時に飼料イネWCSを最大で3kg/日まで制限、濃厚飼料を飽食、ならびに暑熱後に濃厚飼料を10~20%制限、飼料イネWCSを飽食とした。この結果、暑熱期では38.5%の増体重の増加、通期では24.3%の増体重の改善がみられ、個体のバラツキはあるものの複数回におよぶ肥育試験から、その有用性が明らかになった。②では、ビタミンE給与と制限給与技術を組み合わせることで、暑熱環境下における黒毛和種肥育後期牛の飼料効率及び増体を、一般的な飽食飼養と比べて向上できることが示された。また、増体に要する費用を低減できることが明らかになった。

3) 成果活用における留意点

- ・(1)①：RP-Aの嗜好性の低下を防止するため、慣行飼養で用いられる稲わらを粗飼料とする低粗濃比・低水分の肥育用飼料にRP-Aを添加することが推奨される。また、RP-A添加給与時には少量ずつ添加するなど、供試牛に馴致させる必要がある。
- ・(1)②：グリセロールを使用する場合には、濃厚飼料と混合して給与する。また、1~2週間程度かけてグリセロール給与量を増加させる馴致期間を設ける。
- ・(1)③：濃厚飼料と稲わらの分離給与からの発酵TMR給与への切替は、十分な馴致期間を設ける必要がある。
- ・(2)①：粗飼料源として飼料イネWCSを使用するため、給与前にはその成分分析、嗜好性の確認を行い、これを反映した飼料設計を行う必要があり、これに伴い粗濃比の給与割合を適宜増減する必要がある。
- ・(2)②：本試験で対象とした時期は肥育後期の暑熱期であり、肥育前期や肥育中期での効果については明らかにしていない。そのため、対象牛の肥育ステージに留意した活用が必要である。

4) 今後の課題

- ・(1)①：嗜好性の低下を防止し、各種形態の給与飼料と適合性を持たせるため、湿潤性を

有する粉粒状固形物である現物をペレット化するなど、RP-Aの仕様を替える必要がある。

- ・(1)②：飼料混合機を所有しない農家では、グリセロール混合飼料の外部購入が必要となることから、グリセロール混合飼料の流通体制を整備する必要がある。
- ・(1)③：暑熱期での発酵TMR給与効果によるルーメン環境の安定が、その後の増体や枝肉成績への影響を検証する必要がある。
- ・(2)①：暑熱前から暑熱後までの通期で、個体のばらつきを抑え、生産性をさらに向上させ、さらに標準化された技術とするためには、粗濃比の緻密管理について検証が必要と考える。
- ・(2)②：暑熱が黒毛和種肥育牛の生産性に及ぼす影響は、肥育ステージによって異なることが明らかとなっている。今後は、肥育前期及び肥育中期に合した暑熱対策について検討する必要がある。また、ビタミンEの添加量や添加の開始時期について更に検討することや、他の抗酸化物質の給与についても検討する必要がある。

委託プロジェクト研究課題番号	13406501	研究期間	平成25～29年度
小課題番号	12001	研究期間	平成25～29年度
契約課題名	温暖化の進行に適応する畜産の生産安定技術の開発		
小課題名	肉用牛での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発		
実施課題題名	(1) ルーメン機能の強化および不足栄養素摂取量の増強による肉用牛の暑熱対策技術の開発		
実施課題責任者名・研究機関	新宮博行・農研機構畜産研究部門・家畜代謝栄養研究領域		

1) 研究目的

わが国の暑熱期（夏季）は、高温高湿の気象状況が連日持続するため、寒冷よりも暑熱の影響を受けやすい家畜にとって過酷な飼養環境下におかれることになる。そのため、乳用牛と同様に、肉用牛においても、育成や肥育に要する飼料の摂取量が低下することにより、増体の遅滞・停滞が頻発するようになる。夏季の肉用牛の増体遅滞・停滞は出荷に至るまでの飼養期間を延長させるため、結果、枝肉生産にかかる飼養コストの上昇を招くことになる。

本研究では、ルーメン機能の強化及び不足栄養素摂取量の増強を図る肉用牛の暑熱対策技術の開発に向け、肉用牛を供試する次の3つの課題を設定する。

農研機構畜産研究部門では、夏季での蛋白質摂取不足を効率良く補填するルーメンバイパスアミノ酸飼料（**rumen-protected amino acids: RP-A**）の給与技術の開発を、群馬畜試では、夏季でのエネルギー不足を可能な限り解消する糖原性エネルギー飼料（グリセロール）の給与技術の開発を、また、富山畜研では、自給良質粗飼料を混合し、さらに発汗等により失われるミネラルの適正要求量を考慮した発酵**TMR**（発酵処理した混合飼料）を調製し、暑熱期における肉用牛の乾物摂取量向上を図る飼養管理技術の開発を目的に実施する。

これら成果に基づき、夏季における生産性（肥育飼養成績）を10%以上改善する新たな肥育牛の飼養管理技術を確立する。

2) 研究成果

＜農研機構畜産研究部門＞

夏季において黒毛和種の肥育牛に対する**RP-A**の給与適量を検討するため、**RP-A**を夏季に短期（2週間）添加給与した結果、**RP-A**給与は肥育牛の増体日量（**DG**）及び粗蛋白質（**CP**）の消化率を増大させることが判明した。さらに、育成期及び肥育期にある黒毛和種去勢牛に**RP-A**を夏季に長期（6週間）添加給与した結果、夏季に**DG**が大きく低下した賦形剤（**placebo**）添加給与の供試牛（対照区群）に比べ、**RP-A**の添加給与により夏季の**DG**が育成牛で約1.3倍、肥育牛で約3.5倍に増加し、**CP**消化率も増大する傾向が認められた。29年度はこれまでの供試牛に使用した稲わらを粗飼料源とする粗濃比15.8%DMの濃厚飼料多給型飼料：慣行肥育用飼料）に替わり、高含量の**NDF**（中性デタージェント繊維）を有する**TMR**（粗濃比35.5%DM）を用いて、

RP-Aの夏季短期添加給与試験を実施したが、肥育牛におけるRP-Aの給与効果の発現は認められなかった。

<群馬畜試>

暑熱期におけるグリセロールの添加量（乾物中0%、5%、10%）について比較検討した結果、10%まで添加できることが明らかになった。黒毛和種育成牛および肥育牛において、暑熱期にグリセロールを乾物中10%添加することにより、飼料効率及び発育が向上し、夏季の乾物摂取量不足による増体停滞の解消の一助となることが明らかになった。黒毛和種肥育牛において、暑熱期にグリセロールを乾物中10%添加することにより、増体重、DG及び飼料要求率が改善されることが現地実証試験においても確認できた（表1）。また、グリセロール給与による肉質低下も認められないことが明らかになった（表2）。

表1 現地実証試験成績

項目	慣行区	添加区	P値
開始体重 (kg)	718	733	0.57
終了体重 (kg)	748	770	0.46
増体重 (kg/8W)	29.6	36.6	0.19
DG (kg/日)	0.5	0.7	0.19
飼料摂取量 (kg/日・頭)	11.7	11.3	
1kg増体に要した飼料量	21.3	18.0	

表2 現地実証試験枝肉成績

項目	慣行区	添加区
枝肉重量(kg)	511.4	534.4
胸最長筋面積 (cm ²)	57.3	67.6
ばらの厚さ(cm)	7.7	8.8
皮下脂肪の厚さ(cm)	2.0	2.7
歩留基準値	73.8	74.9
肉質等級	3.0	4.1
BMS No	4.5	6.9
BCS No	3.8	3.8

<富山畜研>

生稲わらサイレージを乾物中14%及び6%混合して調製した発酵TMRを暑熱期の肥育後期黒毛和種に給与したところ、乾物摂取量は分離給与より劣る結果となった。稲わらサイレージより消化性が良いとされるイネホールクロップサイレージを混合した発酵TMRを用いて、そのNDF水準を20%及び24%に調製したところ、20%水準で乾物摂取量やDGを高く維持できた。NDF水準を24%及び30%に調製し給与したところ、乾物摂取量及びDGは試験年度により異なる結果となったが、DGは分離給与時と比較して高くなった。潜在性アシドーシスの判定基準であるpH5.6以下の出現率やエンドトキシン活性値からみて、飼料の分離給与時に比べ、発酵TMR給与時の方がルーメン環境の安定度は高く、NDF水準が高くなるにつれ、その効果は顕著にみられた。また、イネWCS混合発酵TMRは分離給与時より飼料単価が低く、1kg増体に要する飼料費も低くなることが判明した。

3) 成果活用における留意点

<農研機構畜産研究部門>

RP-Aの嗜好性低下を防止するため、慣行飼養で用いられる稲わらを粗飼料とする低粗濃比・低水分の肥育用飼料にRP-Aを添加することが推奨される。また、RP-A添加給与時には少量ずつ添加するなど、供試牛に馴致させる必要がある。

<群馬畜試>

グリセロールを使用する場合には、濃厚飼料と混合して給与する。また、1～2週間程度かけてグリセロール給与量を増加させる馴致期間を設ける

<富山畜研>

濃厚飼料と稲わらの分離給与からの発酵TMR給与への切替は、十分な馴致期間を設ける必要がある。

4) 今後の課題

<農研機構畜産研究部門>

RP-Aの嗜好性低下を防止し、各種形態の給与飼料と適合性を持たせるため、湿潤性を有する

粉粒状固形物である現物をペレット化するなど、RP-Aの仕様を替える必要がある。

<群馬畜試>

飼料混合機を所有しない農家では、グリセロール混合飼料の外部購入が必要となることから、グリセロール混合飼料の流通体制を整備する必要がある。

<富山畜研>

暑熱期での発酵TMR給与効果によるルーメン環境の安定が、その後の増体や枝肉成績への影響を検証する必要がある。

委託プロジェクト研究課題番号	13406501	研究期間	平成25～29年度
小課題番号	12002	研究期間	平成25～29年度
契約課題名	温暖化の進行に適応する畜産の生産安定技術の開発		
小課題名	肉用牛での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発		
実施課題題名	(2) 暑熱環境下における栄養素配分と筋肉性状の関連解明に基づく肉用牛の暑熱対策技術の開発		
実施課題責任者名・研究機関	西村慶子・宮崎県畜産試験場		

1) 研究目的

暑熱は肉用牛の飼料摂取量を減少させ、生体を維持するための要求量を充足することが困難な状況にあり、この暑熱ストレスは生産性の低下へとつながり、さらに暑熱後の冷涼期は濃厚飼料の急激な摂取により、皮下脂肪厚の増加等、過肥の発生を増大させると考えられる。また、肉用肥育牛は肉質の向上を図るため、一般的にビタミンA（βカロテン等）を制限する給与体系で飼養されている。特に、暑熱環境下にある肉用牛は暑熱ストレスにより更に過酷な飼養条件であり、乾物摂取量が低下するとともに枝肉生産及び肉質にも大きな影響を及ぼしていると考えられる。

本研究では、栄養素の再配分ならびに抗酸化物質給与と緻密栄養管理による暑熱期の肉用牛飼養管理技術の開発を目指し、2つの実施課題を設定する。

西日本農業研究センターでは、暑熱発生前からその後の暑熱、冷涼期にかけて粗濃比の給与割合を変更することで、ルーメン機能の維持と栄養素摂取の再配分による暑熱期ならびに冷涼期の肉用牛の飼養管理技術を開発する。

宮崎県畜産試験場では、抗酸化物質等の給与による暑熱ストレスの緩和による増体を促すとともに、精密栄養管理によりルーメン機能を維持し、暑熱期の肉用牛安定生産技術を確立する。

2) 研究成果

＜農研機構西日本農研＞

暑熱前から暑熱期、暑熱後までを対象に、粗飼料源として飼料イネWCSを使用した粗濃比の管理による、暑熱対策肥育試験を行った。その飼養条件は、暑熱前に濃厚飼料を約20%制限、飼料イネWCSを飽食、暑熱時に飼料イネWCSを最大で3kg/日まで制限、濃厚飼料を飽食、ならびに暑熱後に濃厚飼料を10～20%制限、飼料イネWCSを飽食とした。この結果、暑熱期では38.5%の増体重の増加、通期では24.3%の増体重の改善がみられた。この時の枝肉成績、飼料代は対照区と同等である一方、試験区では飼料自給率の改善が見られた。肉質は、試験区間で概ね同等であったが、試験区ではビタミンEの含量増加や一部で保水性の改善（平成27、28年度）も確認された。暑熱前から暑熱後に至る飼料イネWCSを活用した粗濃比の飼養管理による暑熱対策では、個体のバラツキはあるものの複数回におよぶ肥育試験から、その有用性が明らかに

なった。

<宮崎畜試>

平成25年度では、暑熱が黒毛和種去勢肥育牛の生産性に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、宮崎県畜産試験場で飼養された肥育牛の飼養成績を用いて暑熱の影響を解析した。その結果、暑熱の影響により、飼料摂取量、発育及び飼料効率が低下することが明らかとなり、特に肥育後期で影響が顕著であることが示唆された。また、肥育後期牛を対象として、飼料消化性を検討したところ、暑熱期には適温期と比べて飼料消化率が低下することが認められた。そこで、平成26年度から平成28年度にかけて、暑熱環境下における肥育後期牛の生産性低下を改善する方法として、ビタミンE給与と飼料の適正給与について検討を行った。ビタミンE給与の検討では、暑熱期の飼料消化性には明確な影響はなかったものの、酸化ストレスの指標である肉中TBARSを抑制することが示され、酸化ストレスの抑制が示唆された。飼料の適正給与の検討では、制限給与および粗飼料多給を行った。制限給与の検討では、一般的な飽食給与と比べて暑熱期の飼料消化率低下を抑制する可能性とルーメンpHの安定化の効果が示唆された。また、粗飼料多給の検討では、通常肥育よりも飼料消化率は低下したが、ルーメン発酵の安定化の効果が認められた。

これらの結果を踏まえ、平成29年度では実証的試験としてビタミンE給与と制限給与を組み合わせた試験を実施した。その結果、飼料消化率には組み合わせの効果は認められなかったが、肝機能酵素や第一胃液性状への良好な効果が認められた。また、飽食飼養と比べると暑熱期の増体及び飼料効率は10%以上増加し、1kg増体に要する費用は減少した。以上より、暑熱環境下における肥育後期牛の生産性を改善する飼養管理として、ビタミンE給与と飼料の適正給与（制限給与）を組み合わせることで、飽食飼養と比べて生産性は約10%向上することが示唆された。

3) 成果活用における留意点

<農研機構西日本農研>

粗飼料源として飼料イネWCSを使用するため、給与前にはその成分分析、嗜好性の確認を行い、これを反映した飼料設計を行う必要があり、これに伴い粗濃比の給与割合を適宜増減する必要がある。

<宮崎畜試>

本試験で対象とした時期は肥育後期の暑熱期であり、肥育前期や肥育中期での効果については明らかにしていない。そのため、対象牛の肥育ステージに留意した活用が必要である。

4) 今後の課題

<農研機構西日本農研>

暑熱前から暑熱後までの通期で、個体のばらつきを抑え、生産性をさらに向上させ、さらに標準化された技術とするためには、粗濃比の緻密管理について検証が必要と考える。

<宮崎畜試>

暑熱が黒毛和種肥育牛の生産性に及ぼす影響は、肥育ステージによって異なることが明らかとなっている。今後は、肥育前期及び肥育中期に合した暑熱対策について検討する必要がある。また、ビタミンEの添加量や添加の開始時期について更に検討することや、他の抗酸化物質の給与についても検討する必要がある。

委託プロジェクト研究課題番号	13406501	研究期間	平成25～29年度
小課題番号		研究期間	平成25～29年度
契約課題名	温暖化の進行に適応する畜産の生産安定技術の開発		
小課題名	肥育豚での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発		
実施課題名			
小課題責任者名・研究機関	井上寛暁・農研機構畜産研究部門・家畜代謝栄養研究領域		

1) 研究目的

豚は汗腺が未発達なために暑さに弱い。また、肥育が進むと皮下脂肪も厚くなるため放熱効率が低下し、食欲の減退による発育の停滞が顕著になる。本課題では、肥育豚に給与する飼料のアミノ酸およびエネルギー水準の調節により、暑熱により低下する飼養成績を改善する技術を開発するとともに、夏季に問題となる肉質の低下に対する機能性に富む地域未利用資源の効果について明らかにし、生産現場への導入・普及を図る。

2) 研究成果

飼料中のアミノ酸含量の調整により、暑熱期の肥育豚の増体成績低下を緩和できるか否かについて検討を行った。その結果、飼料にリジン、トレオニン、メチオニンおよびトリプトファンを添加し、飼料中のアミノ酸含量を要求量の150%まで高めることで(LTMT区)、暑熱期に低下する肥育豚の増体成績を緩和できることを、試験場(単飼、室温32℃一定)および生産現場レベル(群飼、暑熱期)で示した(図1)。

また、抗酸化活性の高い地域飼料資源である芋焼酎粕および緑茶粕の肥育豚への給与が、暑熱期の豚肉の肉質に及ぼす影響について検討した。芋焼酎粕においては、飼料にその乾燥物を4%添加することで、うま味に係わる成分である遊離グルタミン酸濃度がロース肉中で増加することを示した(図2)。乾燥芋焼酎粕をLTMT飼料に4%添加して、暑熱期の肥育豚の増体成績と肉質の両方の改善を狙った試験では、通常飼料を給与した区と比較して日増体量が増加し、ロース肉中の遊離グルタミン酸濃度は有意な差は認められなかったものの高い値となった(図3)。また、ロース肉のドリップロス(図4)およびクッキングロス(図5)は通常飼料を給与した区と比べて有意に低くなった。

緑茶粕の肥育豚に対する給与効果においては、給与飼料にその乾燥物を3%添加することにより、暑熱環境下(室温30℃一定の環境制御室)の豚の血漿抗酸化能が通常飼料を給与した区と比べて高く維持される(図6)。また、得られた豚肉(ロース肉)に含まれる α -トコフェロールの含量が通常飼料を給与した区と比べて有意に増加することを示した(図7)。さらに、ロース肉のドリップロスは対照区と比べて低くなる傾向を示し(図8)、クッキングロスが有意に低くなる(図9)ことを明らかにした。ただし、緑茶粕の主要な抗酸化成分である α -トコフェロールの含量は、緑茶粕を乾燥する際の条件(乾燥温度/乾燥時間)によ

って大きく減じる（図10）。その乾燥にあたっては、低温でかつ短期間のうちに行う必要がある。

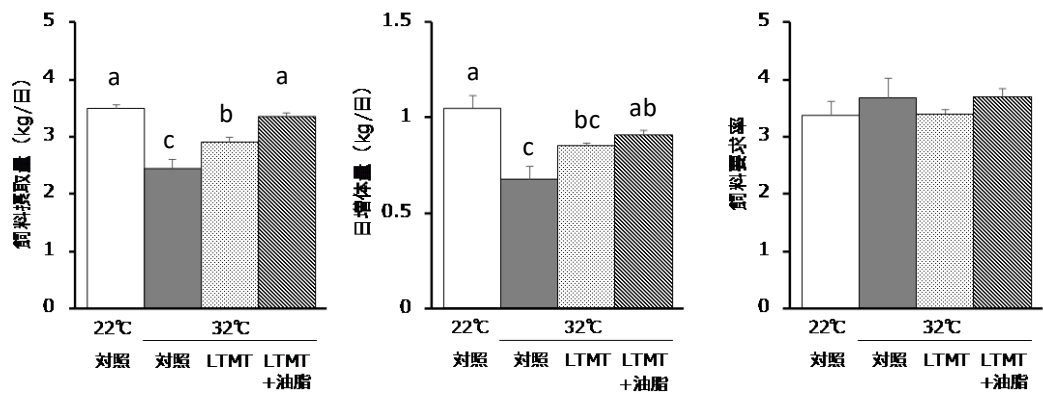


図1. 室温32℃一定の暑熱環境下におけるLTMT飼料およびLTMT+油脂飼料の給与が単飼育した肥育豚（去勢）の飼養成績に及ぼす影響
各区n=4、異符号間に5%水準で有意差あり

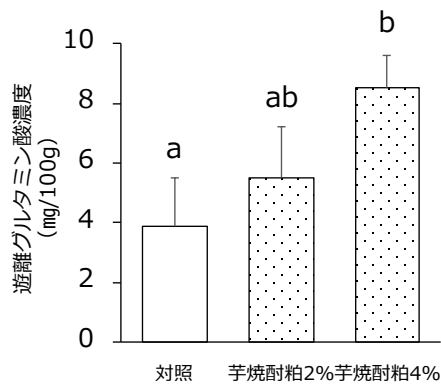


図2. 飼料への芋焼酎粕の添加がロース肉中の遊離グルタミン酸濃度に及ぼす影響
Mean±SD、異符号間に5%水準で有意差あり

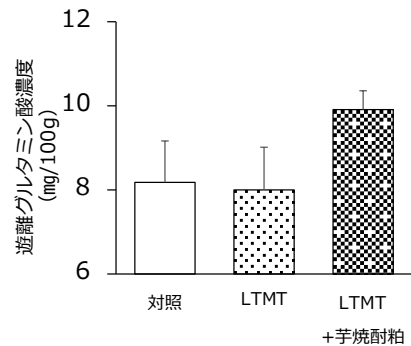


図3. 暑熱期の養豚農家におけるLTMT飼料およびLTMT+芋焼酎粕添加飼料の給与が肥育後期豚のロース肉中の遊離グルタミン酸濃度に及ぼす影響
Mean±SEで表示、各区n=8

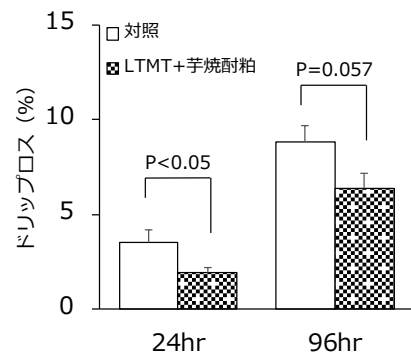


図4. 暑熱期の養豚農家におけるLTMT+芋焼酎粕添加飼料の給与が肥育後期豚のロース肉のドリップロスに及ぼす影響
Mean±SDで表示、各区n=8

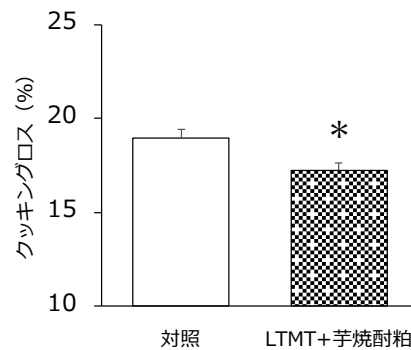


図5. 暑熱期の養豚農家におけるLTMT+芋焼酎粕添加飼料の給与が肥育後期豚のロース肉のクッキングロスに及ぼす影響
Mean±SDで表示、各区n=8
*5%水準で有意差あり

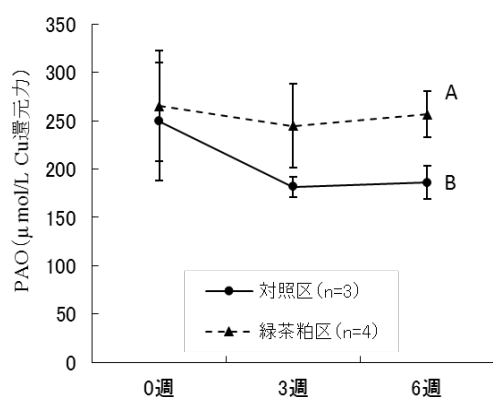


図6. 飼料への緑茶粕の3%添加が豚血漿中の抗酸化能に及ぼす影響
異符号間に1%水準で有意差あり

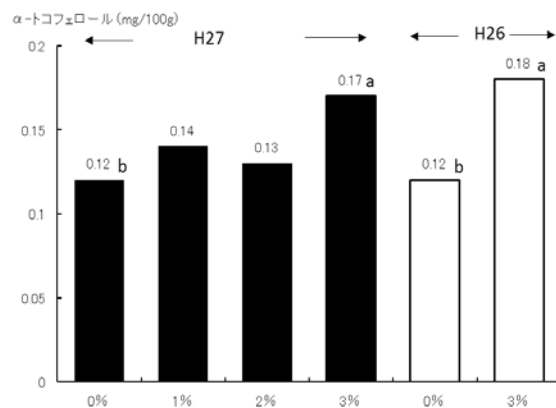


図7. 飼料への緑茶粕の添加割合がロース肉中のα-トコフェロール含量に及ぼす影響
異符号間に5%水準で有意差あり

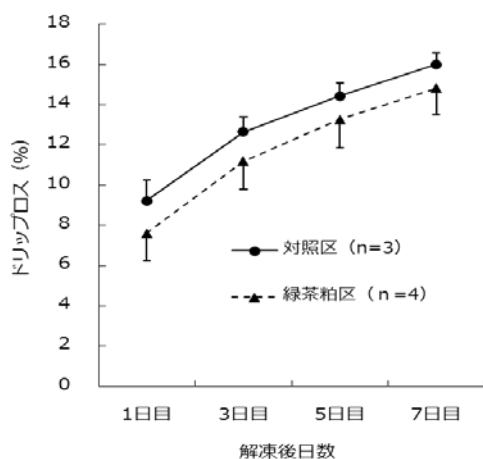


図8. 飼料への緑茶粕の3%添加がロース肉のドリップロスに及ぼす影響

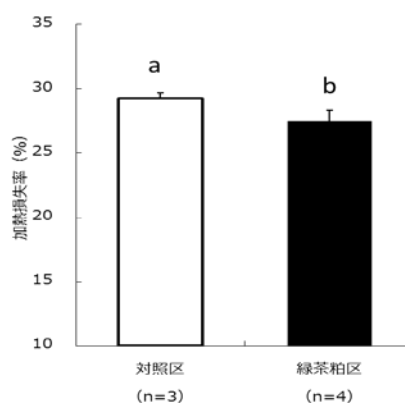


図9. 飼料への緑茶粕の3%添加がロース肉のクッキングロスに及ぼす影響
異符号間に1%水準で有意差あり

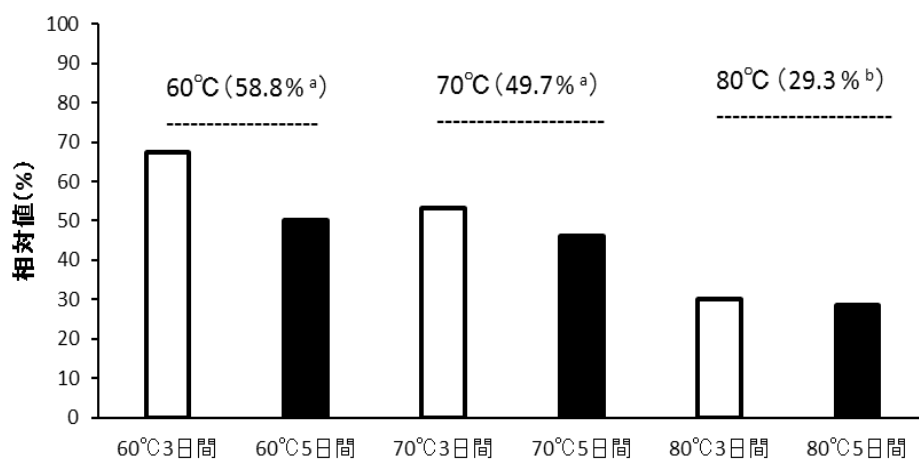


図10. 乾燥条件の違いが緑茶粕のα-トコフェロール含量に及ぼす影響
1)真空凍結乾燥機で乾燥した緑茶粕のα-トコフェロール含量を100としたときの相対値
2)異なるアルファベットは5%水準で有意差あり（アークサイン変換後、分散分析を実施し、Tukey-Kramer法による有意差検定を行った）

3) 成果活用における留意点

LTMT飼料の調製に際しては、単体アミノ酸を用いてリジン、トレオニン、メチオニンおよびトリプトファンの4種の必須アミノ酸のみの飼料中濃度を高める必要がある。また、芋焼酎粕および緑茶粕の肉質に対する効果は、その乾燥物に含まれる抗酸化成分の量および豚が晒される暑熱ストレスの多寡により影響を受ける。

4) 今後の課題

技術普及に向けて、飼料メーカー、農業団体等への働きかけをより一層推し進めていく必要がある。

委託プロジェクト研究課題番号	13406501	研究期間	平成25～29年度
小課題番号	13001	研究期間	平成25～29年度
契約課題名	温暖化の進行に適応する畜産の生産安定技術の開発		
小課題名	肥育豚での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発		
実施課題名	肥育豚の暑熱期用アミノ酸強化飼料の開発		
実施課題責任者名・研究機関	井上寛暁・農研機構畜産研究部門家畜代謝栄養研究領域		

1) 研究目的

豚は他の家畜と比べて熱放散の効率が比較的低いとされ、暑熱によるダメージを受けやすい。また、肥育のステージが進むとともに皮下脂肪が厚くなり、更に熱放散の効率が低下した結果、飼料摂取量が減少し、発育の停滞が顕著になる。本課題では栄養管理による暑熱対策技術、具体的には肥育豚に給与する飼料のアミノ酸含量を調整し、暑熱時に低下する飼養成績を改善させる技術を開発する。

2) 研究成果

暑熱環境下で飼養されている豚では、血漿中の遊離リジン等の必須アミノ酸濃度の低下が認められ、これらアミノ酸が欠乏した状態になっている可能性が考えられた。そこでリジン等の必須アミノ酸を強化した飼料の給与が、暑熱時の増体成績低下を緩和できる可能性について検討を行った。

室温を32℃一定に温度制御した豚舎の単飼豚房にて、第一制限アミノ酸であるリジンの飼料中含量を要求量の200%に高めた飼料を肥育後期豚に5週間給与した際の飼料摂取量、日増体量および飼料効率は、通常飼料を給与した区と比べて有意な差はみられなかった。同様に、第一～第三制限アミノ酸であるリジン、トレオニン、メチオニンの飼料中含量を要求量の200%に高めた飼料を給与した区においても暑熱時の飼養成績の改善に効果はみられなかった。一方、第一～第四制限アミノ酸であるリジン、トレオニン、メチオニンおよびトリプトファンの飼料中含量を要求量の150%に高めた飼料（LTMT飼料）を給与した区では、通常飼料を給与した区に比べて飼料摂取量および日増体量が増加した（図1）。LTMT飼料に油脂を添加して飼料中のエネルギー含量を高めたLTMT＋油脂飼料を給与した区では通常飼料を給与した区と比べて日増体量が高くなったものの、LTMT飼料給与区との間に有意な差はみられず（図1）、暑熱時の飼養成績の更なる改善に油脂添加の効果は認められなかった。これらのことから、室温32℃一定の暑熱環境においては、リジン、トレオニン、メチオニンおよびトリプトファンの飼料中含量を強化したLTMT飼料の給与が肥育豚の飼養成績改善に有効であることが示された。

次に、LTMT飼料が夏季の生産現場においても飼養成績改善に有効であるか否かについて

検証を行った。試験期間中の日平均気温、日最高気温、日最低気温が平均で28.1、33.4、24.1℃の暑熱期に、佐賀県内の養豚農家にて群飼育した肥育後期豚にLTMT飼料を6週間給与したところ、飼料摂取量は通常飼料を給与した区と比較して有意な差はみられなかったが、日増体量が約12%増加した。出荷した豚の枝肉成績および胸最長筋の肉質は、両区の間で有意な差はみられなかった。別の農家で行った試験では、枝肉成績において通常飼料区と比較してLTMT飼料区でと体長およびと体幅が大きくなり、枝肉歩留りが有意に高くなった（表1）。また、背脂肪厚（背）はLTMT飼料区で薄く、上物率が高くなった（表1）。肉質成績では、通常飼料区と比べてLTMT飼料区で胸最長筋のL*値が低くなった。b*値はLTMT飼料区の去勢で低くなった。また、剪断力価は通常飼料区と比べてLTMT飼料区で高くなる傾向がみられた。水分、粗蛋白質、粗脂肪含量、ドリップロス、クッキングロスはいずれも両区間に有意な差はみられなかった。

以上のことから、LTMT飼料の利用は暑熱期の生産現場においても、枝肉および肉質成績に悪影響を及ぼすことなく増体成績の低下を緩和する技術として有効であることが示唆された。

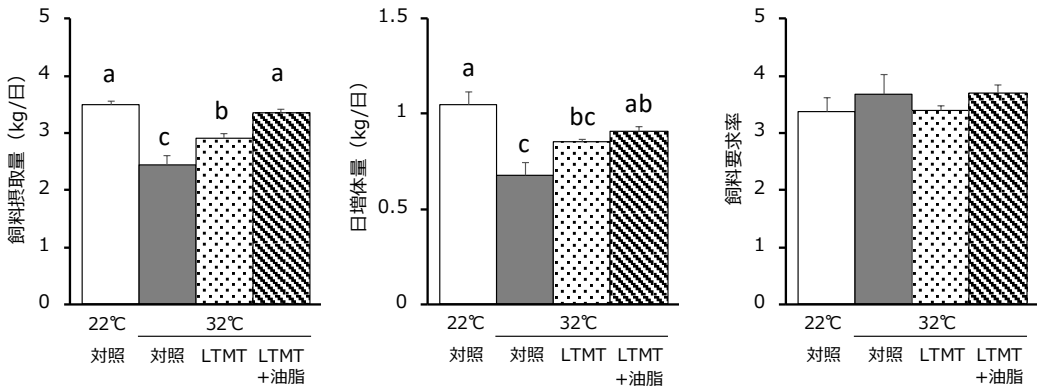


図1. 室温32℃一定の暑熱環境下におけるLTMT飼料およびLTMT+油脂飼料の給与が単飼育した肥育豚（去勢）の飼養成績に及ぼす影響
各区n=4、異符号間に5%水準で有意差あり

表1. 暑熱期の養豚農家におけるLTMT飼料の給与が群飼育した肥育後期豚の枝肉成績に及ぼす影響

	通常飼料		LTMT飼料		P値		
	去勢 (n=10)	雌 (n=10)	去勢 (n=10)	雌 (n=10)	飼料	性別	飼料×性別
と畜時体重 (kg)	111.6	106.2	109.8	111.5	n.s.	n.s.	n.s.
枝肉重量 (kg)	72.3	69.1	72.4	73.3	n.s.	n.s.	n.s.
枝肉歩留り (%)	64.8	65.1	66.0	65.8	P<0.05	n.s.	n.s.
上物率 (%)	75 (15/20)		85 (17/20)				
と体長 (cm)	96.6	96.5	98.6	99.5	P<0.05	n.s.	n.s.
背腰長Ⅰ (cm)	82.5	83.0	83.3	84.4	n.s.	n.s.	n.s.
背腰長Ⅱ (cm)	69.3	69.1	69.9	70.9	n.s.	n.s.	n.s.
と体幅 (cm)	33.9	33.1	34.5	34.2	P<0.05	n.s.	n.s.
背脂肪厚 (cm)							
肩	4.13	3.73	3.89	3.56	n.s.	P<0.05	n.s.
背	2.29	1.97	1.91	1.76	P<0.05	P<0.05	n.s.
腰	3.24	3.13	3.08	3.05	n.s.	n.s.	n.s.

表2. 暑熱期の養豚農家におけるLTMT飼料の給与が群飼育した肥育後期豚の肉質成績に及ぼす影響

	通常飼料		LTMT飼料		P値		
	去勢 (n=4)	雌 (n=4)	去勢 (n=4)	雌 (n=4)	飼料	性別	飼料×性別
水分 (%)	73.9	74.0	74.4	74.3	n.s.	n.s.	n.s.
粗蛋白質 (%)	21.2	21.4	21.6	21.8	n.s.	n.s.	n.s.
粗脂肪 (%)	3.5	3.4	2.7	2.6	n.s.	n.s.	n.s.
肉色 L*	55.7	53.4	50.2	50.6	P<0.05	n.s.	n.s.
a*	7.2	6.0	6.1	7.4	n.s.	n.s.	n.s.
b*	2.2	1.0	-0.5	1.3	P<0.05	n.s.	P<0.05
脂肪色 L*	75.6	75.8	75.7	74.4	n.s.	n.s.	n.s.
a*	2.8	2.9	3.1	3.4	n.s.	n.s.	n.s.
b*	3.9	4.1	3.8	4.4	n.s.	n.s.	n.s.
ドリップロス (%)							
24時間後	4.7	3.2	3.2	4.1	n.s.	n.s.	P<0.05
96時間後	9.4	8.4	7.8	9.6	n.s.	n.s.	n.s.
クッキングロス (%)	20.3	18.5	19.0	18.9	n.s.	n.s.	n.s.
剪断力価 (N)	22.7	23.8	28.8	25.8	P=0.06	n.s.	n.s.

3) 成果活用における留意点

本技術は、飼料に単体アミノ酸を添加して飼料中のリジン、トレオニン、メチオニンおよびトリプトファン含量を要求量の150%とした際に、暑熱期の増体成績低下が緩和されるものである。飼料中の粗蛋白質含量を高めて上記4種の必須アミノ酸の飼料中含量を高めても同様の効果が得られる可能性は低いと思われる。

4) 今後の課題

飼料に添加する4種のアミノ酸は既に飼料用添加物として認可されていることから、成果普及に向けての技術的ハードルは低い。今後は飼料メーカー、農業団体等への情報発信をより一層推し進めていく必要がある。

委託プロジェクト研究課題番号(e-Rad システム課題 ID8 桁)	13406501	研究期間	平成 2 5 ～ 2 9 年度
小課題番号（桁数は任意）	13002	研究期間	平成 2 5 ～ 2 9 年度
契約課題名	温暖化の進行に適応する畜産の生産安定技術の開発		
小課題名	肥育豚での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発		
実施課題名	飼料のエネルギー調整と地域資源の機能性を活かした肥育豚の暑熱対策技術の開発		
実施課題責任者名・研究機関	脇屋裕一郎・佐賀県畜産試験場		

1）研究目的

豚は他の家畜と比べて熱放散の効率が比較的低いとされ、暑熱によるダメージを受けやすく、増体や肉質に影響を及ぼす。本課題では栄養管理による暑熱対策技術、具体的には肥育豚に給与する飼料のエネルギー水準の調整や機能性に富む地域飼料資源の活用により、暑熱により低下する増体や肉質を改善する技術を開発する。

2）研究成果

畜産試験場での試験において、茶葉を配合した肥育後期飼料に油脂（パーム油）を7%配合した場合、肥育豚の背脂肪厚の肥大を抑制することができた。また、官能評価では、味、香りおよび全体で好まれる結果となった（図1、表1）。

また、肥育後期豚に乾燥芋焼酎粕を配合した飼料を給与すると、ロース肉中でアミノ酸のうちうま味成分の一つである遊離グルタミン酸含量が増加した（図2）。

佐賀県内の養豚農家において13001との共同で実証試験を行い、肉質と併せて発育成績を改善するために芋焼酎粕4%配合した飼料にアミノ酸を添加給与した肥育試験を行った結果、日増体量は対照区と比較して有意に増加した。飼料要求率は試験区間に差は認められなかったが、低い値となった（図3）。また、肉質成績では、ロース肉のドリップロスやクッキングロスを抑えることができた（図4、図5）。

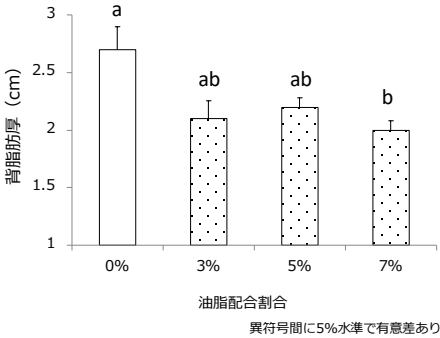
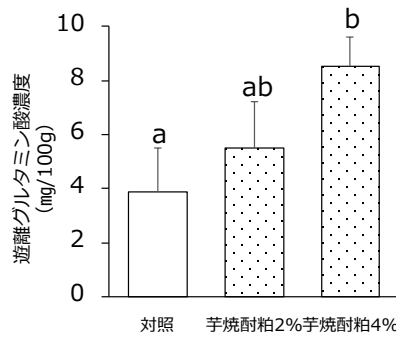


図1．油脂配合による肥育豚の背脂肪厚

表1．官能評価

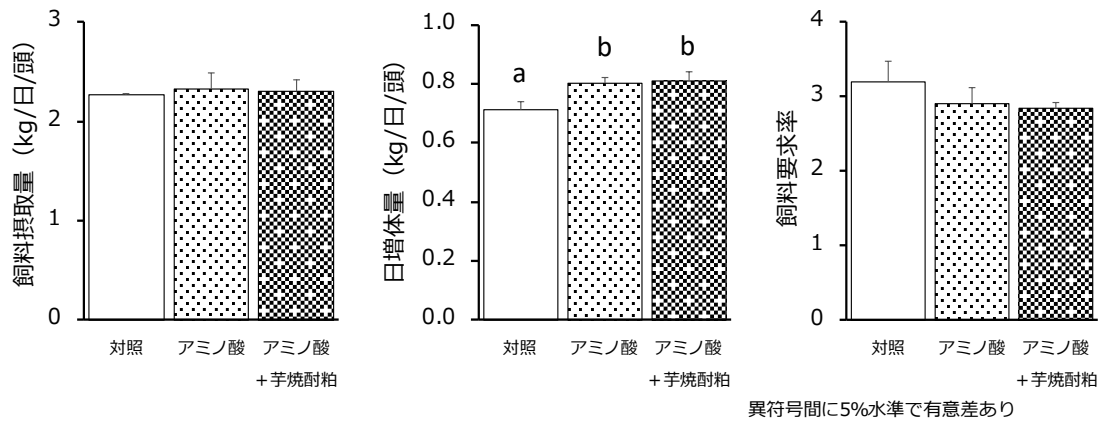
項目	回答数 (n)	油脂配合割合 (%)	
		0	7
味	92	30	62*
香り	90	28	62*
食感	92	45	47
全体	92	32	60*

* P<0.05



異符号間に5%水準で有意差あり

図2. 芋焼酎粕給与によるロース中の遊離グルタミン酸含量



異符号間に5%水準で有意差あり

図3. アミノ酸、芋焼酎粕給与による発育成績（農家実証）

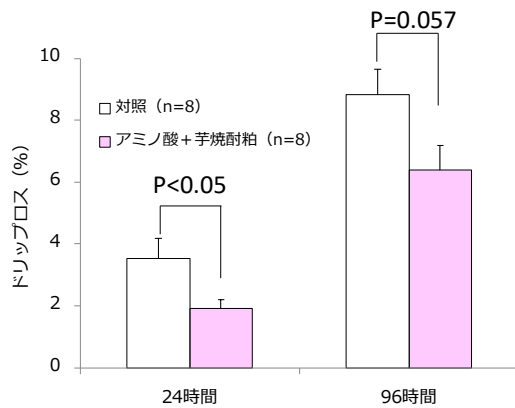


図4. ロース肉のドリップロス

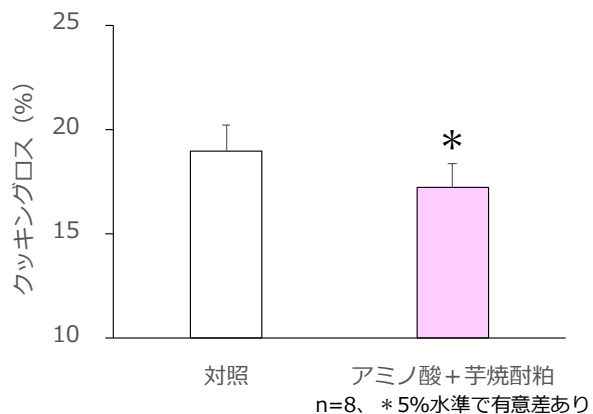


図5. ロース肉のクッキングロス

3) 成果活用における留意点

高い抗酸化能を有する地域飼料資源として芋焼酎粕を給与することで、暑熱期の豚肉にみられるドリップロスやクッキングロス等の肉質低下を改善できる技術として、生産現場での普及、利活用が期待できる。

芋焼酎粕は、飼料としての保存性を考慮して、飼料原料として流通している乾燥品を利用することが望ましい。

4) 今後の課題

今後は普及に向けて、飼料会社、農業団体等との連携した調整が必要となる。

委託プロジェクト研究課題番号	13406501	研究期間	平成25～29年度
小課題番号	13003	研究期間	平成25～29年度
契約課題名	温暖化の進行に適応する畜産の生産安定技術の開発		
小課題名	肥育豚での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発		
実施課題名	抗酸化活性を有する低・未利用な飼料資源を活用した肥育豚の暑熱対策技術の開発		
実施課題責任者名・研究機関	深川 聡・長崎県農林技術開発センター		

1) 研究目的

暑熱期における肥育豚の生産性の低下には酸化ストレスの関与が指摘されている。将来的な地球温暖化に伴う気温の上昇や暑熱期間の延長によるストレス度の亢進は、さらなる生産性や肉質の悪化に影響すると予想される。酸化ストレスの緩和には抗酸化物質の給与が有効と考えられることから、アントシアニン等の抗酸化物質を含有した低・未利用資源を調査して飼料評価を行い、それらの効果的な給与方法を確立することで暑熱期の生産性の安定化と肉質改善を目的とした技術開発を行う。

2) 研究成果

低・未利用資源（紫黒米、ツバキ油粕、ミカン皮、コーヒー粕、紅茶粕、緑茶粕、ビワ葉）について、抗酸化活性を測定したところ、DPPHラジカル消去活性、H-ORAC法およびTAS法のいずれ方法においても、緑茶粕は高い値を示したことから、抗酸化物質として緑茶粕を選定した（図1）。

30℃の環境制御室で飼養した肥育豚に対して、トウモロコシおよび大豆粕主体の飼料に緑茶粕を3%添加して肥育試験を実施したところ、緑茶粕を添加した区が緑茶粕を添加しなかった対照区と比べて、肥育豚の血漿抗酸化能が高く推移し（図2）、肥育成績および枝肉成績は有意差がなかった（表1）。また、緑茶粕を3%添加した区は、対照区と比べてロース肉の α -トコフェロール含量が有意に高い値であった（図3）ことから、緑茶粕の添加割合は3%が最も妥当であると考えられた。さらに、緑茶粕区は、対照区と比べてロース肉の加熱損失率が有意に低く（図4）、ドリップロスが相対的に低く推移する傾向にあった（図5）。

そこで、生産現場において現地実証試験を実施した結果、緑茶粕を3%添加した区は、無添加の対照区と比べて、枝肉成績および飼養成績は変わらず（表2、3）、ロース肉のドリップロスが相対的に低く推移した（図6）ことから、暑熱期における肥育豚に対して、緑茶粕を3%添加した飼料の給与が有効であることが確認された。

緑茶粕添加飼料におけるロース肉のドリップロス低減効果には、 α -トコフェロールが関係していると考えられるが、供試した緑茶粕の α -トコフェロール含量は、試験年度によって3.6 - 18.1 mg/100gとバラツキが見られた。高水分である緑茶粕は、乾燥させて利用することが想定

されるため、乾燥方法および乾燥日数が緑茶粕の α -トコフェロール含量に及ぼす影響を調査したところ、真空凍結乾燥機で乾燥した緑茶粕の α -トコフェロール含量を100とした相対値で示すと、乾燥温度が高く、乾燥日数が長くなるほど緑茶粕の α -トコフェロール含量が低下する傾向にあった（図7）。緑茶粕の飼料化にあたっては、低温でかつ短期間のうちに乾燥させることで、緑茶粕の α -トコフェロール含量をより高く保持できることが明らかとなった。

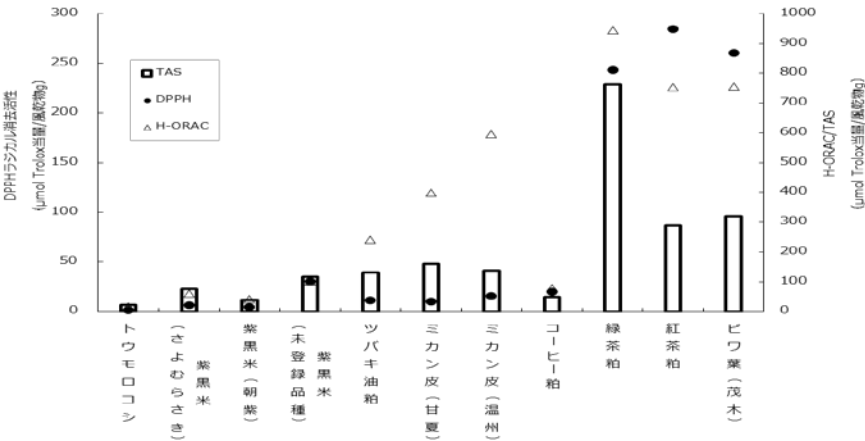


図1. 低・未利用資源の抗酸化活性.

- 1) DPPHラジカル消去活性 (μ mol Trolox/g 風乾物)
- 2) H-ORAC : 親水性・活性酸素吸収能力 (μ mol Trolox/g 風乾物)
- 3) TAS : 抗酸化能 (μ mol Trolox/g 風乾物)

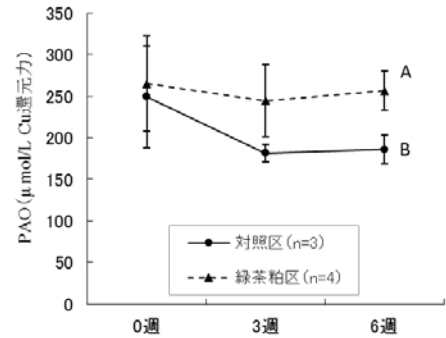


図2. 肥育豚における血漿中の抗酸化能の変化.

- 1) 異なるアルファベットは1%水準で有意差あり.

表1. 高温環境下における緑茶粕の飼料への添加割合が肥育豚の産肉性に及ぼす影響.

	緑茶粕の添加割合				分散分析 P値
	0%	1%	2%	3%	
	(n=4)	(n=4)	(n=3)	(n=4)	
肥育成績					
開始体重(kg)	77.5	77.6	78.3	76.3	0.951
終了体重(kg)	102.2	103.4	106.5	100.1	0.562
1日平均増体量(g/日)	707	737	805	703	0.387
飼料摂取量 ¹⁾ (g/頭)	2427	2518	2702	2459	-
飼料要求率 ¹⁾	3.44	3.44	3.37	3.53	-
枝肉成績					
枝肉歩留り(%)	73.6	72.3	72.2	73.0	0.218
背脂肪厚(mm)	21	20	22	20	0.824
屠体長(cm)	91.5	92.5	94.2	92.1	0.535
背腰長Ⅱ(cm)	67.3	67.4	68.5	66.8	0.739
ロース芯面積(cm ²)	25.4	24.4	27.5	26.3	0.301

最小二乗平均値.

1) 群の平均値(n=2)

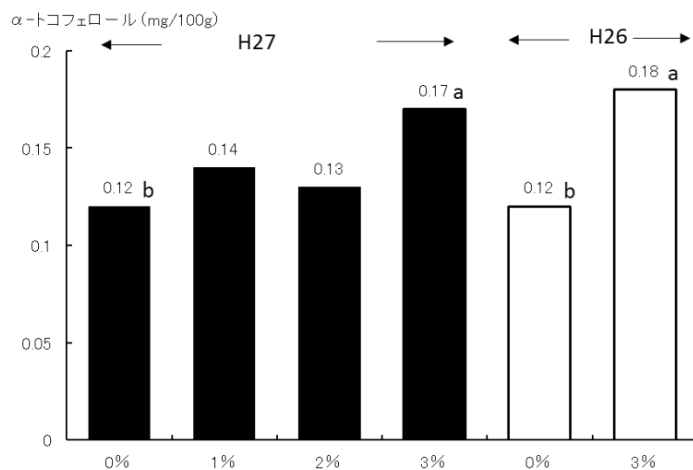


図3. ロース肉のα-トコフェロール含量.

1) 異なるアルファベットは5%水準で有意差あり.

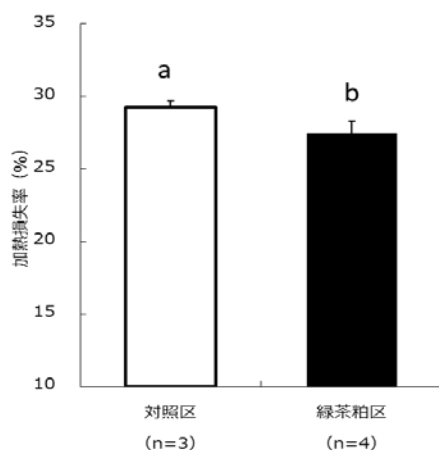


図4. ロース肉における加熱損失率.

1) 異なるアルファベットは1%水準で有意差あり.

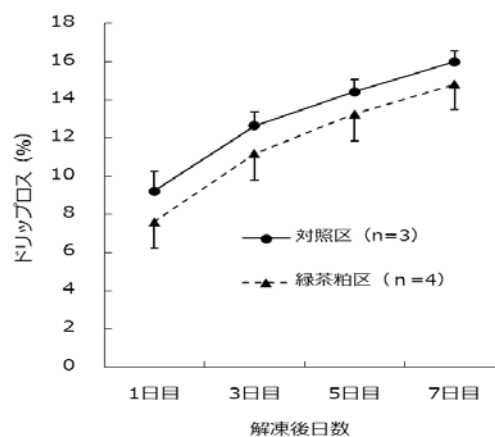


図5. ロース肉のドリップロスの変化.

表2. 現地実証試験における枝肉成績.

項目	飼料		性		分散分析		
	対照区	緑茶粕区	去勢	雌	飼料	性	交互作用
	(n=10)	(n=10)	(n=12)	(n=8)			
出荷体重 (kg)	112.4	112.7	114.0	110.4	ns	*	ns
枝肉重量 (kg)	78.5	79.0	79.6	77.5	ns	ns	ns
歩留 (%)	69.9	70.1	69.9	70.2	ns	ns	ns
背脂肪 (セ) (mm)	24.9	25.6	26.6	23.3	ns	ns	ns
と体幅 (cm)	34.7	35.0	34.8	34.8	ns	ns	ns
と体長 (cm)	95.0	95.3	94.7	95.8	ns	ns	ns
背腰長 I (cm)	78.6	79.4	78.7	79.4	ns	ns	ns
背腰長 II (cm)	68.5	69.7	68.5	69.9	ns	ns	ns
ロース長 (cm)	57.4	58.5	57.2	59.0	ns	ns	ns
ロース芯面積 (cm ²)	27.0	25.6	25.3	27.8	ns	ns	ns

1) 分散分析表における*は5%水準で有意差があることを示す (ns: 有意差なし).

表3. 現地実証試験における飼養成績.

項目	対照区 (n=1)	緑茶区 (n=1)
飼料摂取量(kg/日)	3.01	2.90
日増体量(kg/日)	0.87	0.88
飼料要求率	3.59	3.36

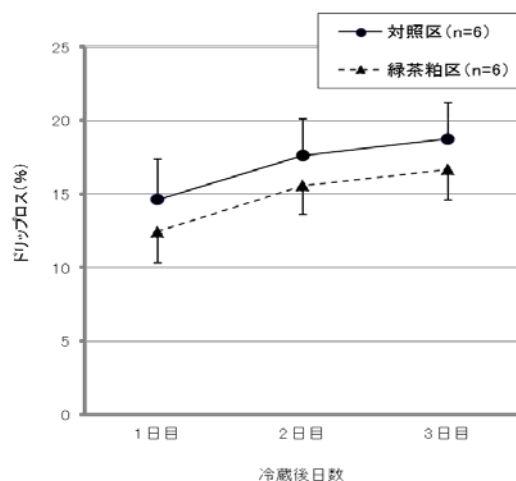


図6. 現地実証試験におけるロース肉のドリップロスの変化.

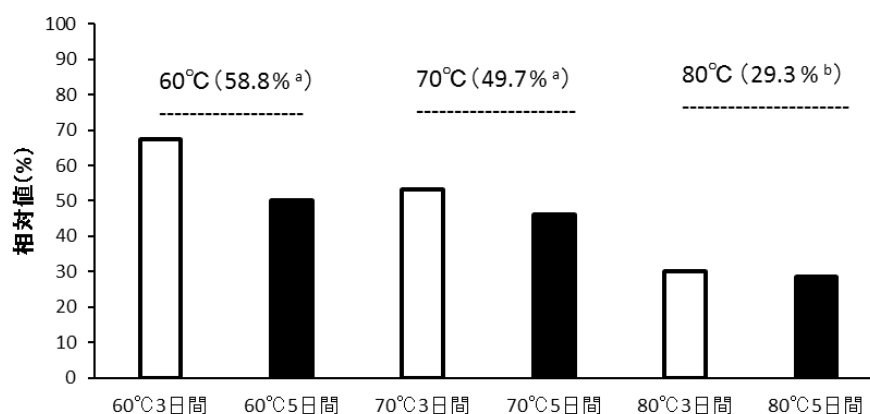


図7. 乾燥条件の違いが緑茶粕の α -トコフェロール含量に及ぼす影響.

- 1) 真空凍結乾燥機で乾燥した緑茶粕の α -トコフェロール含量を 100 としたときの相対値. 括弧内の値は各温度処理区の平均値で, 異なるアルファベットは, 5%水準で有意差あり (アークサイン変換後, 分散分析を実施し, Tukey-Kramer 法による有意差検定を行った).

3) 成果活用における留意点

緑茶粕の α -トコフェロール含量が低いものを利用すると, 肉質の改善効果が期待できないので, できるだけ高いものを利用する。

4) 今後の課題

個々の農家で緑茶粕を収集して利用することは困難であるため, 飼料会社に対して緑茶粕の飼料化を推進する必要がある。

委託プロジェクト研究課題番号	13406501	研究期間	平成25～29年度
小課題番号		研究期間	平成25～29年度
契約課題名	温暖化の進行に適応する畜産の生産安定技術の開発		
小課題名	肉用鶏での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発		
実施課題名			
小課題責任者名・研究機関	豊水正昭・国立大学法人 東北大学大学院農学研究科・動物栄養生化学分野		

1) 研究目的

近年の地球温暖化の進行に伴う気温上昇は畜産業の生産性や繁殖性に世界的に大きな被害を与えている。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第5次評価報告書（2014）によると21世紀末には現在よりも気温が2.6～4.8℃上昇し、高温年の頻度が高まると予想されている。現在の肉用鶏は度重なる育種改良により速い成長速度や高い飼料効率を獲得したが、その代償として多量にエネルギーを蓄熱する性質を有しているため、肉用鶏での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発は喫緊の課題である。

暑熱感作時での肉用鶏の成長低下は、酸化ストレス、炎症応答、体タンパク質分解、腸内細菌叢の変化などが関与していると考えられるため、これらの発症機序を分子レベルで統合的に解明するとともに、暑熱適応を可能にする機能性飼料資材の探索を行う。さらに、精密栄養管理による暑熱時の適正飼料給与法およびアミノ酸最適配合割合の決定・給与技術の開発を参画機関の連携による実証試験を通じて行うため、肉用鶏に関する当該実行課題を大きく4つにわけた。

実行課題（1）として、新規未利用飼料資材によるストレス環境下における安定的肉用鶏生産技術の開発（東北大学・大学院農学研究科）にむけ、暑熱感作時の鶏の生体応答を網羅的に解析するとともに、暑熱適応を可能にする機能性飼料資材の有効性をスクリーニングし、小規模および実用規模での試験を実施する。また、実行課題（2）として、各発育ステージにおける精密栄養管理による温暖化適応技術の開発（千葉県畜産総合研究センター）にむけ、暑熱期の肉用鶏の飼料中適正栄養素含量について検討を行うとともに、東北大学で選抜された暑熱適応を可能にする機能性飼料資材について、実用的な規模での実証試験を行い、実行課題（3）として、暑熱環境下の肉用鶏へのアミノ酸多給による飼養成績改善技術の開発（新潟大学・農学部）にむけ、暑熱環境下の肉用鶏にリジンを中心としたアミノ酸の適正給与試験を実施する。さらに、実行課題（4）として、精密栄養管理ならびに機能性飼料資材による暑熱対策技術の確立のため実用的な規模での実証試験を行なう。

当該研究課題成果を通じて、暑熱環境下における肉用鶏の飼養成績を10～20%改善できる飼料を開発し、将来の温暖化の進行に適応した肉用鶏の生産安定技術を提示する。

2) 研究成果

(1) ならびに(4)では、①夏季フィールド試験において、前期の増体量がオレウロペイン 100 ppm/Lys 0.3%/Met 0.15%添加区では対照区に比べ増加し暑熱時の斃死が防がれることが示された。また前期・後期の通期では上記添加区および後期Lys 0.3%強化区において増体量の向上がみとめられた。また、オレウロペイン100 ppm/Lys 0.3% / Met 0.15%添加区では育成率が100%となり、。(b) 小規模暑熱試験では、オレウロペイン単独、オレウロペイン / Lysの組み合わせ効果を検討した結果、オレウロペイン添加で暑熱下での体重が増加し、Lysを同時に添加することで増体量はさらに向上した。

(2) では、①暑熱環境下において、肥育前期ブロイラーに低CP高MEを給与すると標準飼料 (CP:22%、ME:3,150 Kcal/kg) を給与した区に比べて飼料要求率・増体量は改善され、また肥育後期ブロイラーに高CP高ME飼料 (CP:21%、ME3,360 Kcal/kg) を3週間給与すると標準飼料 (CP:18.5%、ME3,250 Kcal/kg) に比べて増体量・飼料要求率は良好であった。②暑熱環境下のブロイラーに生菌剤bacillus coagulansを0.01%添加した飼料を給与すると、増体量が改善傾向を示した。

(3) では、① 暑熱環境下 (30℃一定) の肉用鶏後期にリジンのみ単独で0.3%添加すると飼養成績は15%ほど改善された。②リジン0.3%をタンパク質として給与すると、飼養成績改善効果は認められなかった。低タンパク質アミノ酸添加飼料は、暑熱環境下ではむしろ飼養成績に悪い影響を与えた。

3) 成果活用における留意点

- ・ (1) : オレウロペイン/Lys (あるいはオレウロペイン/Lys/Met) が暑熱緩和飼料としては最も優れていることを明らかにしているが、レウロペインは胃などの低pH環境下では容易に加水分解されることから、試験ではあらかじめ油分に懸濁した後、その他飼料と混合するなどの対処策を講じた。Oleを飼料添加物として今後する場合には、上記のような策に関わらず、低pH環境への曝露を避ける必要があると考えられる。
- ・ (2) : 有効性が明らかとなった飼料には、代謝エネルギー含量を上げるために油脂を添加している。前期飼料で6.9%、後期飼料で8.0%添加しており、飼料中に添加する油脂上限とされる6%をいずれも超えており、生産現場で使うためには、他の原料を使用するか、油脂の形状を変えるなど工夫が必要である。
- ・ (3) : 新潟における7～8月の自然環境下での平飼い実験の結果では、2年間の気温が高くならなかったためリジン添加飼料の明確な飼養成績改善効果が得られなかった。実際、鶏はパンティングをほとんどしていなかった。このことは逆に猛暑の時にはリジン添加効果は有効になると思われる。リジンの0.3%添加は容易に行うことができるため、成果は直ちに活用できる。
- ・ (4) アミノ酸強化の知見では、基礎飼料にリジン+0.3%、メチオニン+0.15%を強化したものであり、基礎飼料に含まれるアミノ酸量は市販の一般的水準のものである必要がある。基礎飼料のアミノ酸水準がすでに何らか強化されている場合には更なるアミノ酸強化にともない飼料摂取量減少や飼料コストのむやみな増加に繋がる可能性がある。

4) 今後の課題

- ・ (1) オレウロペイン単独、オレウロペイン / Lysの組み合わせ効果を実証したが、現場で活用するにあたって、さらなるコストダウンが必要とされる。このため、飼料利用にあたってはオリーブ葉の粉碎物の利用やオリーブオイル生産副産物(残渣)などの利用を推進する必要がある。また、直近の試験では、Ole/Lys+低CP+高ME飼料の組み合わせでは暑熱時の増体量のさらなる向上は認められなかったが、飼料をペレット化するなど形状を工夫することでより

よい増体効果が認められる可能性がある

- ・（２）：①開放鶏舎における平飼いでの給与試験では、気温が低く暑熱に伴う飼料摂取量の低下がみられなかった。そのため体重の増える後期に飼料摂取量が下がっても要求量を満たすことのできる高CP高ME飼料と、熱に強い生菌剤の利点を活かすことができなかった。②このように暑熱条件は毎年一定ではなく、暑熱による被害状況も年により様々である。異なる温湿度条件の暑熱環境下での試験により、ブロイラーの最大増体に対するCP、ME摂取の最適解が確認できると考えられる。
- ・（３）リジンの0.3%添加が有効であることは明らかにされたが、それよりも低い添加レベル（例えば0.1%, 0.2%）で効果がみられるかは不明である。また、基礎飼料のアミノ酸含量をどの程度にするかによってもリジン添加効果に違いがみられる可能性がある。
- ・（４）暑熱ストレス（温度と風量の複合的なものによる）が過酷となりすぎる場合には、オレウロペインや耐熱菌等の抗ストレス資材の効果が表れ難い可能性もあり、温暖化が懸念される昨今では、そのような酷暑環境下においてもへい死率を一定程度抑えられるような革新的な資材や知見の確立がさらに求められる。オレウロペインを実用的なコスト域まで引き下げするため、スケールメリットを考慮した使用量の拡大や代替品の探索も今後の課題でもある。

委託プロジェクト研究課題番号	13406501	研究期間	平成25～29年度
小課題番号	14001	研究期間	平成25～29年度
契約課題名	温暖化の進行に適応する畜産の生産安定技術の開発		
小課題名	肉用鶏での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発		
実施課題名	新規未利用飼料資材によるストレス環境下における安定的肉用鶏生産技術の開発		
実施課題責任者名・研究機関	豊水正昭・国立大学法人 東北大学大学院農学研究科・動物栄養生化学分野		

1) 研究目的

本小課題では、暑熱感作時に起こる肉用鶏（ブロイラー）の生体反応を明らかにするとともに、暑熱適応を可能にする機能性飼料添加物（抗酸化物質、多糖類、食品残渣抽出物など）の組み合わせについて、主に抗酸化力評価試験・培養細胞試験（*in vitro*試験）、ならびに研究室レベルでの小規模試験により評価・選抜する。研究実施期間後半においては、期間前半で選抜された候補物質の実質的作用を小規模・中規模試験で複数回検証し、その有効性を実証する。

2) 研究成果

H25-26年度

In vitro試験：アスコルビン酸、コエンザイムQ₁₀、 α トコフェロール、Ole（オリーブ特有フェノール化合物）（Ole）などの化合物の抗酸化力を評価するため、BAPテスト（遷移性金属イオンFeに対する還元力）を行い、OleはコエンザイムQ₁₀、アスコルビン酸といった既知の抗酸化物質を上回る抗酸化力を有することが認められた。続いて、上記化合物の高温ストレス緩和効果をニワトリ培養筋細胞を用いて評価した結果、特にOleにおいて、強い抗酸化作用が認められ、さらに暑熱時においても細胞タンパク質量が維持されることが示された。これらの結果から、Oleを*in vivo*試験で検証する候補物質として選定した。

In vivo試験：*in vitro*試験結果を基に、暑熱環境下における肉用鶏の成長におよぼすOleの作用を検証した。日本飼養標準の成分含量に準拠設計した自家製飼料（CP：21%、ME：3,100 kcal/kg）にOle製剤（エーザイフードケミカル株式会社）を添加した飼料を14日齢ブロイラー（Ross、♂）に給与し、同動物を35日齢まで周期的暑熱環境（28℃：PM21:00-AM6:00 ⇄ 33℃：AM6:00-PM21:00）で飼育した（対照区は常時24℃で飼育）。その結果、Ole添加区において暑熱感作にともなう増体量の減少が有意に抑制された。以上より、Oleは暑熱時のニワトリの増体量を向上できる候補物質として次年度の中規模試験の対象にした。

H27年度

全農くみあい飼料で設計・作製した飼料にOleを添加し18-43日齢の間飼育し、夏季におけるブロイラーの飼養成績・酸化ストレスにおよぼす影響を調べた。浅胸筋中の過酸化脂質含量はOle添加区で低下することが示された。Ole添加区（♂）では給与期間が長くなるにつ

れ増体度が徐々に大きくなり、飼料要求率についてもOle添加区において36-43日齢の要求率が対照区のそれに比べわずかに改善されることが示された。以上の結果から、Oleは中規模農場でも夏季の暑熱ストレスを緩和できる添加物であることが実証された。

H28年度

前年度までに中課題グループ内の他小課題で見出された暑熱ストレス低減策：低CP＋高ME（千葉県）、リジン・メチオニン多給（Lys 0.3%/Met 0.15%）（新潟大）、ならびに自然免疫調整物質トレハロースとOleの組み合わせ効果を検証するため、小規模暑熱試験（研究室レベル）および夏季フィールド試験を実施した。その結果、Ole製剤給与により暑熱ニワトリの増体量は回復し、この回復効果はオリーブ葉乾燥粉末給与でも認められ、さらに同区では浅胸筋の過酸化脂質含量の低下も認められた。Lys/Met給与区では暑熱時の体重が増加し、ここにOleを添加すると増体量が増加した。低CP/高ME飼料を給与すると暑熱時の体重が有意に増加したが、これに対するOle添加の影響は認められなかった。暑熱ニワトリの体重はトレハロース給与により有意に増加することが示された。これらの結果より、各小課題グループで見出された暑熱軽減資材候補を組み合わせると、一部の組み合わせ（Lys/Met/Ole）では増体効果のさらなる向上が認められたが、反対に増体効果がなくなってしまう組み合わせ（低CP/高ME＋Ole）があることが明らかになった。

H29年度

前年度試験で調べた飼料添加物組み合わせ効果をさらに精査するため、夏季フィールド試験および小規模暑熱試験を実施した。また、本年度は次年度より使用が禁止される硫酸コリスチン（成長促進用飼料添加物）を除いた飼料を用いた。夏季フィールド試験において、前期の増体量がOle 100 ppm/Lys 0.3%/Met 0.15%添加区では対照区に比べ増加した。また前期・後期の通期では上記添加区および後期Lys 0.3%強化区において増体量の向上がみとめられた。また、Ole 100 ppm/Lys 0.3%/Met 0.15%添加区では育成率が100%となり、暑熱時の斃死が防がれることが示された。小規模暑熱試験では、Ole単独、Ole/Lys、Ole/Lys/トレハロース、Ole/Lys＋低CP＋高ME飼料の組み合わせ効果を検討した結果、Ole添加により暑熱下での体重が増加し、Lysを同時に添加することで増体量はさらに向上した。Ole/Lysをトレハロースあるいは低CP＋高ME飼料と組み合わせると暑熱ニワトリに給与した結果、いずれの場合においてもOle/Lys添加を上回る増体効果は得られず、むしろ増体量は低下する結果となった。また、本年度は硫酸コリスチンの代替物質の検索の一環として、カシューナッツ殻油の暑熱ストレス緩和効果を新たに評価・検証した。その結果、暑熱時においても同油添加によって体重が増加することが認められた。

3）成果活用における留意点

上記5年間の研究期間を通じて、当小課題グループではOle/Lys（あるいはOle/Lys/Met）が暑熱緩和飼料としては最も優れていることを見出した。Oleは胃などの低pH環境下では容易に加水分解されることから、上記試験ではあらかじめ油分に懸濁した後、その他飼料と混合するなどの対処策を講じていた。Oleを飼料添加物として今後する場合には、上記のような策に関わらず、低pH環境への曝露を避ける必要があると考えられる。

4）今後の課題

上記の成果を実際の現場で活用するにあたって、さらなるコストダウンが必要とされる。特に、Oleはヒトサプリメントの原料を流用していたことから、単価が高い。しかし、国内で生産されるOle製品においてこの単価を下回るものはない。Oleの飼料利用にあたってはオリーブ葉の粉碎物の利用やオリーブオイル生産副産物（残渣）などの利用を推進する

必要がある。また、H29年度試験では、Ole/Lys＋低CP＋高ME飼料の組み合わせでは暑熱時の増体量のさらなる向上は認められなかったが、これは同区のニワトリでは飼料摂取量が大きくなっていたことに起因する可能性が考えられる。飼料摂取量の増加は、摂取行動や代謝熱によって、増体効果に負の影響をおよぼす可能性があるため、上記の飼料はペレット化するなど形状を工夫することで、よりよい増体効果が認められる可能性がある。

委託プロジェクト研究課題番号	13406501	研究期間	平成25～29年度
小課題番号	14002	研究期間	平成25～29年度
契約課題名	温暖化の進行に適応する畜産の生産安定技術の開発		
小課題名	肉用鶏での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発		
実施課題題名	各発育ステージにおける精密栄養管理による温暖化適応技術の開発		
実施課題責任者名・研究機関	伊藤香葉・千葉県畜産総合研究センター		

1) 研究目的

ブロイラーが成長する至適温度は19～23℃であるため、暑熱期には飼料摂取量が落ち、成長遅延等による経済的被害が考えられる。そこで、暑熱期の肉用鶏の飼料中適正栄養水準について検討し、飼料メーカー等で利用可能な、安定生産のための温暖化適応技術の開発を行う。さらに、複数の暑熱対策を講じることによる複合効果等を検証するため、種々の暑熱対策の中から効果的な組み合わせの検討を行うとともに経済性についても検討を行うことによって、農家にとってより実践的な対策を実証する。

2) 研究成果

- (1) 暑熱環境下の肥育前期ブロイラーに、低CP高ME飼料(CP:20.1%、ME3,255Kcal/kg)を給与すると、標準飼料(CP:22%、ME:3,150 Kcal/kg)を給与した区に比べて飼料要求率で良好な値を示し、増体量は改善傾向となる。
- (2) 暑熱環境下の肥育後期ブロイラーに、1週間高CP飼料(CP:21%、ME3,250 Kcal/kg)飼料を給与すると、暑熱ストレスの軽減傾向がみられ、標準飼料(CP:18.5%、ME3,250 Kcal/kg)を給与した区に比べて飼料摂取量の改善が認められ、増体も改善傾向となる。
- (3) 暑熱環境下の肥育後期ブロイラーに、3週間高CP高ME飼料(CP:21%、ME3,360 Kcal/kg)を給与すると、標準飼料(CP:18.5%、ME3,250 Kcal/kg)に比べて増体量および飼料要求率で良好な値を示し、後期3週間のみの暑熱の場合、経済的被害を79.3%軽減できる。
- (4) 暑熱環境下のブロイラーに生菌剤*bacillus coagulans*を0.01%添加した飼料を給与すると、増体量が改善傾向を示し、暑熱による経済的被害を軽減できる。
- (5) 暑熱環境下のブロイラーに、肥育前期は低CP高ME飼料(CP:20.1%、ME3,255Kcal/kg)に生菌剤*bacillus coagulans*を0.02%添加した飼料を給与し、肥育後期は高CP高ME飼料(CP:21%、ME3,360 Kcal/kg)に生菌剤*bacillus coagulans*を0.02%添加した飼料を給与すると、前期は標準飼料(CP:22%、ME:3,150 Kcal/kg)を給与した区に比べて増体量および飼料要求率で良好な値を示し、増体改善効果が認められるが、肥育後期は増体改善傾向はあるものの、標準飼料(CP:18.5%、ME3,250 Kcal/kg)を給与した区との差は小さくな

り、暑熱による経済的被害の軽減効果も小さくなる。

3) 成果活用における留意点

今回その有効性が明らかとなった飼料は、代謝エネルギー含量を上げるために油脂を添加している。前期飼料で6.9%、後期飼料で8.0%添加しており、飼料中に添加する油脂上限とされるが6%をいずれも超えている。ハンドリング等の問題が生じるため、生産現場で使うためには、他の原料を使用するか、油脂の形状を変えるなど工夫が必要となる。

4) 今後の課題

開放鶏舎における平飼いでの給与試験では、気温が低く暑熱に伴う飼料摂取量の低下がみられなかった。そのため体重の増える後期に飼料摂取量が下がっても要求量を満たすことのできる高CP高ME飼料と、熱に強い生菌剤の利点を活かすことができなかった。

このように暑熱条件は毎年一定ではなく、暑熱による被害状況も年により様々である。異なる温湿度条件の暑熱環境下での試験により、異なる温湿度条件の暑熱環境下での試験により、ブロイラーの最大増体に対するCP、ME摂取の最適解が確認できると考えられる。

委託プロジェクト研究課題番号	13406501	研究期間	平成25～29年度
小課題番号	14003	研究期間	平成25～29年度
契約課題名	温暖化の進行に適応する畜産の生産安定技術の開発		
小課題名	肉用鶏での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発		
実施課題名	暑熱環境下の肉用鶏へのアミノ酸多給による飼養成績改善技術の開発		
実施課題責任者名・研究機関	高田良三・国立大学法人新潟大学自然科学系（農学部）		

1) 研究目的

暑熱環境下の家畜においては飼料摂取量の減少に起因する飼養成績の低下が古くから知られている。この飼養成績低下を改善しようとして、飼料栄養制御面から多くの試みがなされてきたが、これまでに効果のある具体的な技術は開発されていない。当研究室では、暑熱環境下の肥育豚がリジン不足の特徴的な症状を呈し、この時リジンを多給することによって飼養成績が改善される現象を見出した。同様な現象は同じ単胃動物である家禽においても期待できる。しかし、家禽におけるアミノ酸栄養においては豚とは異なるいくつかの特徴を示すことも知られており、詳細な検討が要求される。本研究では、暑熱環境下の肉用鶏にリジンを中心としたアミノ酸を強化した飼料を給与し、暑熱環境下で低下した飼養成績の改善技術を開発することを最終目的とする。

2) 研究成果

- 暑熱環境下（30℃一定）の肉用鶏後期に対して、市販飼料にリジン、アルギニン、メチオニン等のアミノ酸を添加した飼料を給与すると飼養成績は改善される。
- 暑熱環境下（30℃一定）の肉用鶏後期にリジンのみ単独で0.3%添加すると飼養成績は15%ほど改善される。アルギニン、メチオニン等のアミノ酸を添加する必要はない。
- リジン0.3%をタンパク質として給与すると、飼養成績改善効果は認められない。
- 肥育後期の肉用鶏雌では雄と異なり、アミノ酸添加飼料の飼養成績改善効果は明確ではない。
- 低タンパク質アミノ酸添加飼料は、暑熱環境下ではむしろ飼養成績に悪い影響を与える。
- 1羽当たり飼料費はリジン0.3%添加で1.0円高くなるが、1羽当たりの暑熱による損失162円のうち24円分を回復できるので、全体として162円の損失を $(162 - 24 \times 1) = 139$ 円にとどめることができる。

3) 成果活用における留意点

新潟における7～8月の自然環境下での平飼い実験の結果では、リジン添加飼料の明確な飼養成績改善効果が得られなかった。これは実験を行った2年間の気温が高くならなか

ったためである。実際、鶏はパンティングをほとんどしていなかった。このことは逆に猛暑の時にはリジン添加効果は有効になると思われる。

リジンの0.3%添加は容易に行うことができるため、成果は直ちに活用できる。

4) 今後の課題

リジンの0.3%添加が有効であることは明らかにされたが、それよりも低い添加レベル（例えば0.1%, 0.2%）で効果がみられるかは不明である。また、基礎飼料のアミノ酸含量をどの程度にするかによってもリジン添加効果に違いがみられる可能性がある。

中課題番号	13406501	研究期間	平成25～29年度
実行課題番号	14004	研究期間	平成25～29年度
中課題名	温暖化の進行に適応する畜産の生産安定技術の開発		
小課題名	肉用鶏での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の開発		
実行課題名	精密栄養管理または新規飼料資材による暑熱対策技術の実証		
実行課題代表研究機関・研究室・研究者名	全国農業協同組合連合会飼料畜産中央研究所・養鶏研究室・鈴木和明 桑原徹平 吉田隼巳		

1) 研究目的

暑熱環境下におけるブロイラーの飼料摂取量低下および発育停滞を緩和するため、各研究機関が *in vitro*でのスクリーニング調査あるいは小規模飼育試験により効果の確認された資材や知見について、野外農場に準じた中規模平飼い試験設備にて実証を行う。効果の確認された資材や知見については、複合的な効果検証を行い、高増体型ブロイラーの暑熱下に最適な知見を得る。

2) 研究成果

平成27年度

東北大にて有用性が見出されたにオリーブ特有フェノール化合物（有効成分：オレウロペイン、以下Ole）を用いて、ブロイラー肥育後期での添加給与効果を検証したところ、雌では各種添加剤による効果は認められないものの、雄では特に舎内温度が高く推移した36～43日令において、Oleを高濃度（飼料中100ppm）で添加することで発育および飼料要求率の改善が確認された。

平成28年度

東北大学におけるOleの知見と千葉県畜総セにおける低CP高ME飼料および耐熱性乳酸菌製剤（以下、耐熱菌）の知見に基づき、当所の中規模平飼い施設において、これらを単一または複合的に活用した場合の効果を検証した。その結果、暑熱感作が過剰となりすぎたこともあり、Oleの単体使用あるいは耐熱菌およびOleの複合的使用のいずれも明確な改善効果が確認されなかった。また、前期段階で低CP高ME飼料を給与したとしても中規模平飼い環境下では明確な改善は確認されず、育種改良の進展にともない前期段階でのCP要求量が年々高まっていることが影響していると思われた。

平成29年度

Oleに加えて新潟大で有用性が確認されたアミノ酸強化の知見を単体あるいは複合的に評価した。その結果、肥育前期では、Ole添加とアミノ酸強化の併用により期間増体が19-39 g/羽向上した。また最終の出荷成績では、Ole添加とアミノ酸強化の併用により期間増体が43 g/羽向上、後期アミノ酸強化のみにより45 g/羽向上する傾向であった。

以上のことから、アミノ酸強化により増体が改善され、Oleとの併用により、さらに育成率を高く維持できる可能性が示唆された。

3) 成果活用における留意点

アミノ酸強化の知見では、基礎飼料にリジン+0.3%、メチオニン+0.15%を強化したものであり、基礎飼料に含まれるアミノ酸量は市販の一般的水準のものである必要がある。基礎飼料のアミノ酸水準がすでに何らか強化されている場合には更なるアミノ酸強化にともない飼料摂取量減少や飼料コストのむやみな増加に繋がる恐れがある。また、それらアミノ酸を豊富に含む大豆粕を多配することによりアミノ酸強化が達成されるものの、大豆粕強化にともないカリウム過剰、および副次的に飲水量の増加、軟便発生に留意する必要がある。

4) 今後の課題

鶏への暑熱ストレス（温度と風量の複合的なものによる）が過酷となりすぎる場合には、Oleや耐熱菌等の抗ストレス資材の効果が表れ難い可能性もあり、温暖化が懸念される昨今では、そのような酷暑環境下においてもへい死率を一定程度抑えられるような革新的な資材や知見の確立が今後求められる。また、東北大でも指摘されているが、Oleを実用的なコスト域まで引き下げるため、スケールメリットを考慮した使用量の拡大や代替品の模索も今後の課題と思われる。

委託プロジェクト研究課題番号	13406501	研究期間	平成25～29年度
小課題番号		研究期間	平成25～29年度
契約課題名	温暖化の進行に適応する畜産の生産安定技術の開発		
小課題名	産卵鶏での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発		
実施課題名			
小課題責任者名・研究機関	大津晴彦・農研機構畜産研究部門・家畜代謝栄養研究領域		

1) 研究目的

暑熱は産卵鶏において、産卵量低下および卵殻質悪化・破卵率増加を誘発する。この卵殻質悪化・破卵率増加は、体温を下げるための過呼吸により血中の酸塩基バランスが崩れることによる血中カルシウム濃度の減少に起因し、産卵量の低下は、酸化ストレス亢進、腸内免疫応答低下などの生体防御機構低下が一要因であると考えられる。そこで、飼料中カルシウム含量、食塩含量の適正化および重曹添加により、暑熱による卵殻質悪化・破卵率増加を抑制する技術を開発する。さらに、産卵量低下の抑制技術として、オリゴ糖などの機能性栄養素による腸内免疫応答改善および抗酸化資材の飼料添加による酸化ストレス抑制を図る。以上の検討により得られた成果の現場レベルでの実証試験を行い、暑熱環境下における産卵成績低下を10～20%改善する鶏卵生産の実用技術を開発する。

2) 研究成果

暑熱による鶏卵卵殻質悪化抑制として、飼養標準要求量である飼料中カルシウム（Ca）含量3.33%を3.6%、ビタミンD（VitD）含量を500IU/kgから1500IU/kgに増強すること、および飼料中の食塩含量を約1/3量（0.075%）に減少させ、不足するナトリウム源を炭酸水素ナトリウム（重曹）で補填（0.207%）することにより、抑制できることを実証レベルの試験において示した（図1）。また、腸管内微生物叢の多様性の保持および腸管免疫機能の正常性保持の効果より、機能性飼料資材としてイソマルトオリゴ糖を選抜し、飼料に0.5%添加することにより、暑熱による産卵量の低下および卵殻質悪化を抑制できることを実証レベルで示した（図2）。さらに、暑熱による酸化ストレス亢進・産卵量低下も抗酸化物質であるアントシアニンを含有する飼料資材を添加する事によっても、暑熱による産卵量の低下を抑制できる可能性が示唆された。

暑熱による鶏卵生産低下抑制技術として、各課題で得た成果を併用し、飼料中Ca、VitD、食塩含量の調整、重曹、イソマルトオリゴ糖添加、もしくは飼料中Ca、VitD含量の調整、イソマルトオリゴ糖添加および飼料中食塩含量の調整、重曹、イソマルトオリゴ糖添加により1年鶏において暑熱による卵殻質悪化つまり鶏卵生産の低下が抑制できることを実証レベルで示した（図1、図3）。

以上のように産卵鶏（1年鶏）において、暑熱による鶏卵生産低下を抑制する飼料メニューを開発することが出来た。

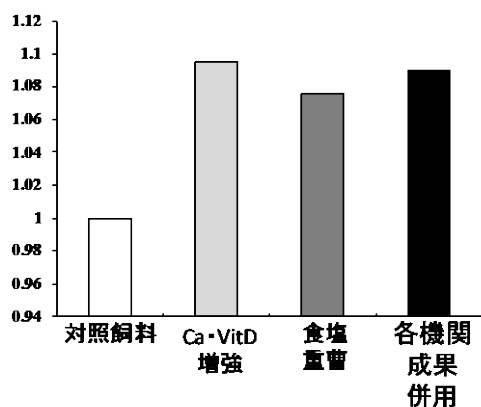


図1 暑熱による卵殻質悪化抑制(実証試験)

対照飼料 (Ca:3.33%, VitD500IU/kg、食塩0.22%)
 Ca・VitD増強飼料 (Ca:3.6%, VitD1500IU/kg、食塩0.22%)
 食塩重曹飼料 (Ca:3.33%, VitD500IU/kg、食塩0.075%、重曹0.207%)
 各機関成果併用飼料 (Ca:3.6%, VitD1500IU/kg、食塩0.075%、重曹0.207%、イソマルトオリゴ糖0.5%)
 対照飼料給与区の値を1とした際の比率

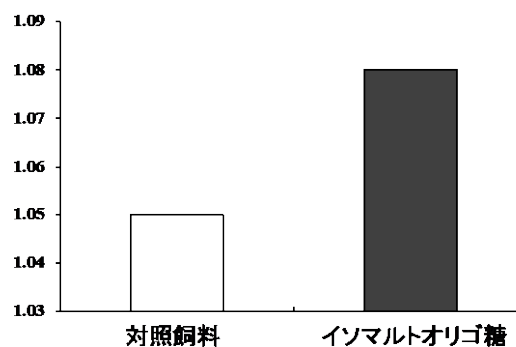


図2 オリゴ糖添加による産卵量低下抑制(実証試験)

イソマルトオリゴ糖添加飼料：対照飼料に0.5%添加
 試験飼料給与前の産卵率に対する暑熱環境下における試験飼料給与時の産卵率の比率を算出した。

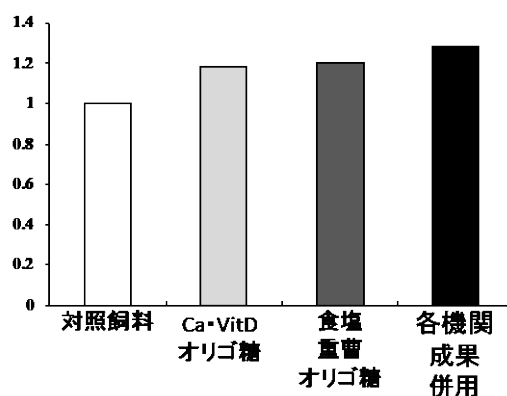


図3 暑熱による卵殻質悪化抑制(実証試験)

対照飼料 (Ca:3.33%, VitD500IU/kg、食塩0.22%)
 Ca・VitD オリゴ糖飼料 (Ca:3.6%, VitD1500IU/kg、イソマルトオリゴ糖0.5%、食塩0.22%)
 食塩重曹 オリゴ糖飼料 (Ca:3.33%, VitD500IU/kg、食塩0.075%、重曹0.207%、イソマルトオリゴ糖0.5%)
 各機関成果併用飼料 (Ca:3.6%, VitD1500IU/kg、食塩0.075%、重曹0.207%、イソマルトオリゴ糖0.5%)
 対照飼料給与区の値を1とした際の比率

3) 成果活用における留意点

本成果は、1年鶏において示したものであり、2年鶏ではその効果が明瞭ではないため留意する必要がある。また、各機関の成果を併用した飼料中Ca、VitD、食塩含量調整、重曹、イソマルトオリゴ糖添加飼料給与によって暑熱環境下における産卵量低下の抑制効果はみられるものの、その効果は明瞭ではないため留意する必要がある。

4) 今後の課題

2年鶏において、暑熱における鶏卵生産低下抑制の検討および、産卵量低下を抑制する飼料メニューの検討をさらに進める必要がある。

委託プロジェクト研究課題番号	13406501	研究期間	平成25～29年度
小課題番号	15001	研究期間	平成25～29年度
契約課題名	温暖化の進行に適応する畜産の生産安定技術の開発		
小課題名	産卵鶏での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発		
実施課題題名	暑熱環境下の産卵鶏における飼料中カルシウム含量適正化・抗酸化資材添加の併用による産卵成績の低下抑制技術の開発		
実施課題責任者名・研究機関	大津晴彦・農研機構畜産研究部門家畜代謝栄養研究領域		

1) 研究目的

暑熱は、産卵鶏の産卵量減少、卵重低下、卵殻質悪化・破卵率増加を誘発する。この卵殻質悪化・破卵率増加は、熱放散のためのパウンティングにより、酸塩基バランスが崩れ、呼吸性アルカローシスになり、血中カルシウムイオン濃度が減少することに起因する。従って、この卵殻質悪化・破卵率増加の抑制には暑熱環境下の産卵鶏のカルシウム適正量を精密に捉え、適切なカルシウム給与を行うことが有用であると考えられる。しかし、暑熱時の産卵鶏に給与する飼料中カルシウムの適正含量、つまり環境温度を加味した要求量を示す科学的データは現在、充分にない。そこで、本課題では、暑熱環境の産卵成績に対する影響を検証し、更には、暑熱環境下での飼料中カルシウム適正量の提示および、その適正給与条件の探索を行う。また、暑熱による産卵量低下の要因としては、酸化ストレス亢進があると考えられる。そこで、飼料中カルシウム含量を適正に調製した飼料に、更に抗酸化資材を添加し、暑熱環境適応飼料を開発することを目的とした。

2) 研究成果

産卵鶏を暑熱環境下において飼養し、卵殻質への影響を検討するとともに、飼料中カルシウム含量およびカルシウム吸収を促進するビタミンD含量を変化させ卵殻強度および卵殻厚への影響を検討した。その結果、暑熱（30℃、32℃）により、鶏卵の卵殻強度は低下し、卵殻厚は薄くなるが、飼養標準要求量である飼料中カルシウム（Ca）含量3.33%を3.6%にし、ビタミンD（VitD）含量を500IU/kgから1500IU/kgに増強することにより抑制できることを実験室レベル（図1、図2）および夏季に山梨県で行った実証レベル（図3）の試験において示した。また、他課題において産卵性および卵殻質改善が示されたイソマルトオリゴ糖添加（0.5%）および卵殻質改善が示された重曹添加（0.207%）・食塩含量調整（0.075%）とカルシウム、ビタミンD増強の併用によっても、暑熱環境下で卵殻質が改善されることを実証試験において示した（図3）。

抗酸化資材の飼料への添加による効果としては、抗酸化物質であるアントシアニンを含む紫サツマイモパウダー、カンショ茎葉、アントシアニン、トコトリエノール（ビタミンE）、オリザノールを含む黒米、トコトリエノール、オリザノールを含む米胚芽

油および飼料用米、ビタミンEである酢酸トコフェノール、抗酸化物質であるキャノロールを含有する菜種粕の暑熱環境下における抗酸化作用および産卵性への影響を検討した。その結果、卵黄脂質過酸化抑制、血中還元型グルタチオン濃度の上昇、血中グルタチオンペルオキシダーゼ活性の上昇、血中脂質過酸化の低下など、暑熱環境下において抗酸化物質を飼料に添加することにより酸化ストレスが抑制できることを示し、特にカンショ茎葉（8%）給与による卵黄脂質過酸化抑制の様な効果、酢酸トコフェロール添加による卵黄中脂質過酸化の著しい低下が示された（表1）。一方、抗酸化資材の添加による暑熱環境下での産卵性への影響としては、カンショ茎葉および黒米給与により暑熱による産卵性の低下を抑制する傾向が示された。

以上より、暑熱環境下において飼料中カルシウム・ビタミンD含量の増強およびアントシアニンを含有する抗酸化資材の添加により、暑熱環境下における鶏卵生産低下を抑制できる可能性を示した。

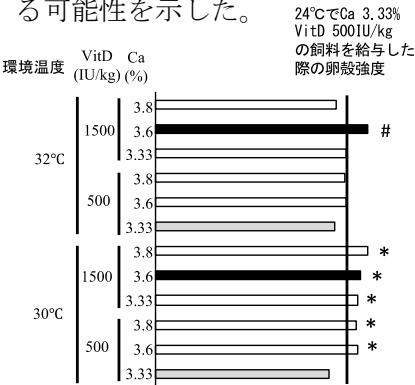


図1 暑熱による卵殻強度低下の飼料中カルシウム・ビタミンD含量増強による抑制効果

24°C 環境下でCa3.33%、VitD500IU/kgの飼料を給与した際の卵殻強度を1.0としてとその比率を算出

* : 対照 (30°C Ca3.33% VitD500IU/kg) に対して有意差あり (P<0.05)
: 対照 (32°C Ca3.33% VitD500IU/kg) に対して有意差あり (P<0.05)

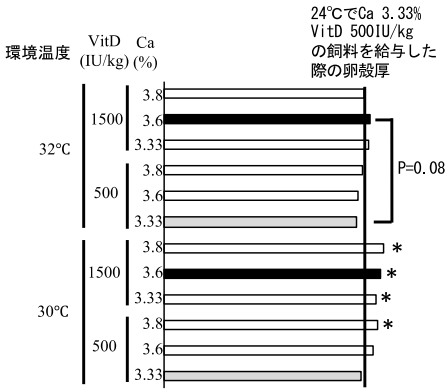


図2 暑熱による卵殻厚減少の飼料中カルシウム・ビタミンD含量増強による抑制効果

24°C 環境下でCa3.33%、VitD500IU/kgの飼料を給与した際の卵殻厚を1.0としてその比率を算出

* : 対照 (30°C Ca3.33% VitD500IU/kg) に対して有意差あり (P<0.05)

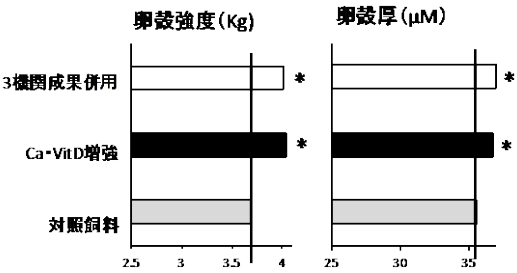


図3 暑熱環境下におけるCa・VitD増強の卵殻質悪化抑制(実証試験)

* : 対照飼料 (Ca3.33% VitD500IU/kg) に対して有意差あり (P<0.05)

表1 暑熱環境下における抗酸化資材の作用

資材	主な抗酸化物質	抗酸化効果
紫サツマイモエキスパウダー	ポリフェノール (アントシアニン)	卵黄脂質過酸化↓
カンショ茎葉	ポリフェノール (アントシアニン)	卵黄中脂質過酸化↓ 血液中還元型グルタチオン濃度↑ 血液中グルタチオンペルオキシダーゼ活性↑
黒米	ポリフェノール (アントシアニン) ビタミンE オリザノール	血液中還元型グルタチオン濃度↑
米胚芽油	ビタミンE オリザノール	血液中還元型グルタチオン濃度↑
	酢酸トコフェロール (ビタミンE)	卵黄脂質過酸化↓ 血中脂質過酸化↓

3) 成果活用における留意点

暑熱による卵殻質悪化の抑制効果は、1年鶏と2年鶏で異なる可能性があり、2年鶏では、その効果は弱いもしくは安定しない可能性がある。抗酸化資材の効果は酸化ストレスの多寡により作用が異なり、また、必ずしも産卵性への抑制には至らない。

4) 今後の課題

2年鶏において、暑熱における鶏卵生産低下抑制の検討および、産卵量低下を抑制する飼料メニューの検討をさらに進める必要がある。

委託プロジェクト研究課題番号	13406501	研究期間	平成25～29年度
小課題番号	15002	研究期間	平成25～29年度
契約課題名	温暖化の進行に適応する畜産の生産安定技術の開発		
小課題名	産卵鶏での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発		
実施課題題名	機能性栄養素による腸管免疫賦活化による産卵鶏の耐暑熱向上技術の開発研究		
実施課題責任者名・研究機関	佐藤 幹・東京農工大学		

1) 研究目的

産卵開始直後の採卵鶏は、暑熱ストレスによる体重の減少と産卵成績の低下が、産卵最盛期以降の鶏に比べて著しく、さらに夏季の暑熱ストレスに曝露された産卵開始直後の鶏は、暑熱が解消した後の常温環境下（秋季や冬季）における成績にも影響が残る。これまでの栄養管理による産卵鶏の産卵成績および卵質改善技術は、生体内部の暑熱応答に着目して行われており、一定の成果を上げているが、腸管の免疫賦活化による制御技術は、いまだ実践されていない。近年、腸管の細菌叢やそれに応答した腸管免疫により、様々なストレス応答が調節されているとの知見が蓄積しつつあり、注目されている。そこで本研究では、耐暑熱対策の新たなアプローチとして、機能性栄養素を用いて腸管免疫を賦活化あるいは調節し、鶏の暑熱ストレス応答性を緩和することにより、暑熱環境下においても生産性と卵質を維持するだけでなく、常温に回復した後の生産性に対する影響を最小限にする技術を開発する。

2) 研究成果

本研究課題では、暑熱環境下における産卵開始直後の採卵鶏における腸管免疫と微生物叢の変動を機能性栄養素で制御して、暑熱対策に対する新たなアプローチを提示することを試みた。本研究では、まず、暑熱環境下の採卵鶏の腸管免疫と微生物叢を把握し、暑熱環境下における卵管の遺伝子発現を網羅的に比較することを行った。次いで、糖類、オリゴ糖、S-アデノシルメチオニン、グルタチオンなどの機能性栄養素でそれを制御することを試みた。その結果、イソマルトオリゴ糖によって腸管内微生物叢の多様性が保たれ、腸管免疫が正常に維持されて、暑熱による採卵鶏の体重減少および卵質劣化の改善が認められた（図1）。次に、現場応用を行うためのイソマルトオリゴ糖の適切な給与条件を①イソマルトオリゴ糖は混餌給与する、②給与量は1日1羽あたり0.5g以上とする、③暑熱開始以前より給与を開始する、の3点を決定した。また、イソマルトオリゴ糖を給与すると、暑熱からの回復が早く、1週間後には産卵率の回復が認められることを明らかにした（表1）。この条件をもとに、現場応用試験を行った結果、イソマルトオリゴ糖が現場レベルで生産性を改善することを明示した。また、イソマルトオリゴ糖は、他機関の課題で得られた成果と併用することが可能であった。さらに、様々な解析から得られた結果から、脂質代謝を活性化する、特に腸管からの脂質吸収を促進す

るリン脂質とコレステロールの飼料添加が、暑熱暴露時の採卵鶏における卵胞の発達抑制を改善する可能性が示唆され、当初計画以上の成果を上げることができた。

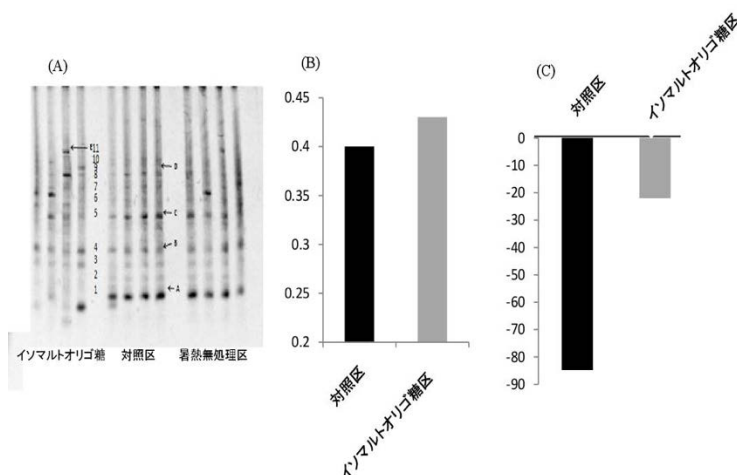


図1 暑熱環境下における採卵鶏へのイソマルトオリゴ糖給与の影響
(A)腸管上部のDGGEによる微生物叢の解析
(B)暑熱暴露4週間後の卵殻厚(mm)
(C)暑熱暴露4週間後の体重減少(g)
暑熱暴露はいずれも32℃で行い、イソマルトオリゴ糖は0.5g/dayを飲水給与した

表1 暑熱停止後の産卵成績

	1 週		2 週		4 週	
	卵重	産卵率	卵重	産卵率	卵重	産卵率
暑熱区	61	81	55	86	55	90
イソマルトオリゴ糖区	51*	93*	53	91	54	90

対照区との有意な差は*で示した (P<0.05)。

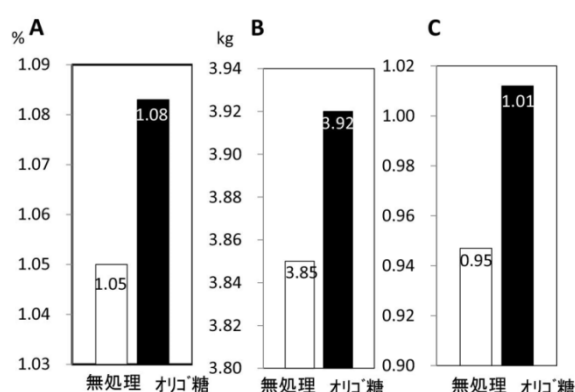


図2 イソマルトオリゴ糖による実地試験 (n=75)
イソマルトオリゴ糖は0.5g/羽/日添加した。
A:暑熱前の産卵率を1とした時の産卵率
B: 卵殻強度
C:暑熱前の体重を1とした時の体重

3) 成果活用における留意点

暑熱による卵殻質悪化の抑制効果は、1年鶏と2年鶏で異なる可能性があり、2年鶏では、その効果は弱いもしくは安定しない可能性がある。イソマルトオリゴ糖は他機関で提示した添加物よりも単価が高いため、他機関で示した添加物と併用で使用する事が望ましい。

4) 今後の課題

2年鶏において、暑熱における鶏卵生産低下抑制の検討および、産卵量低下を抑制する飼料メニューの検討をさらに進める必要がある。さらには、最終年度に示された脂質代謝改善による産卵率の上昇や新たな細胞骨格に関与する因子などの制御を行うことにより、これまで根本的な解決策がなかった暑熱に対する採卵鶏の生産性への影響を緩和する技術が確実にになっていくと考えられる。

委託プロジェクト研究課題番号	13406501	研究期間	平成26～29年度
小課題番号	15003	研究期間	平成26～29年度
契約課題名	温暖化の進行に適応する畜産の生産安定技術の開発		
小課題名	産卵鶏での栄養管理に基づく安定生産のための暑熱対策技術の研究開発		
実施課題題名	暑熱環境下の産卵鶏における酸塩基平衡の調節による産卵成績改善技術の開発		
実施課題責任者名・研究機関	松下浩一・山梨県畜産酪農技術センター		

1) 研究目的

鶏には汗腺がないため体温を下げるには呼吸によって体内の熱を放出する。熱射病は暑熱環境が長時間続くことで、過呼吸を招き血中の酸・塩基バランスが不均衡になることにより発生すると考えられている。一方、卵殻形成のためのカルシウム代謝においては、塩素源(Cl)が阻害作用を有するとされており、そのため飼料中の食塩(NaCl)含量を調節することで卵殻質の低下を防止できるものと考えられる。そこで酸塩基平衡に重要な役割を有する重炭酸ナトリウム(重曹)や炭酸水素カリウムなどを用いながら飼料栄養を調整し、生体内の不均衡を矯正し卵殻質の低下や産卵性の低下を改善するための技術開発を目指す。一方、各研究機関で得られた成果を併用した際の効果について、フィールドレベルに近い飼育を行う中で、問題点の抽出・改善をしながら暑熱時に対応した飼料給与マニュアルの作成を行う。

2) 研究成果

パンティングによる血中の酸塩基平衡の不均衡を是正するために、飼料中の食塩含量を約1/3量(0.075%)に減少させ、その際に不足するナトリウム源を炭酸水素ナトリウム(重曹)で補填した結果、暑熱時の卵殻強度の低下が抑制されるとともに、血中のカルシウム/ナトリウム比率が正常値に近づくことが明らかとなった(図1, 図2)。また、農研機構畜産研究部門、東京農工大学および当センターで得られた成果を併用したフィールドレベルの試験を行った結果、カルシウムを3.6%(飼養標準3.33%)、ビタミンDを1,500IU(飼養標準500IU)に強化し、イソマルトオリゴ糖を0.5%(w/w)添加した飼料(以下カルシウム強化2種併用飼料)あるいは食塩含量を0.075%に低下させ、重曹を0.207%、イソマルトオリゴ糖を0.5%添加した飼料(以下食塩減少2種併用飼料)またこれら3種を併用した飼料(カルシウムを3.6%、ビタミンDを1,500IU、食塩0.075%、重曹0.207%、イソマルトオリゴ糖0.5%(以下3種併用飼料という)を給与することによって1年鶏の卵殻強度が有意に増加することを明らかにした(図3)。一方、暑熱環境における卵殻強度への反応は1年鶏においては暑熱暴露により比較的速く反応するものの、2年鶏では反応が遅く、夏ばての影

響が大きいものと推察された（図4，図5）。一方、経済試算で見た場合には、3種併用飼料では卵重が小さくなる傾向があるものの、卵殻強度が高まることから破損卵発生危険率が低下することで収益性が高まるものと考えられた。

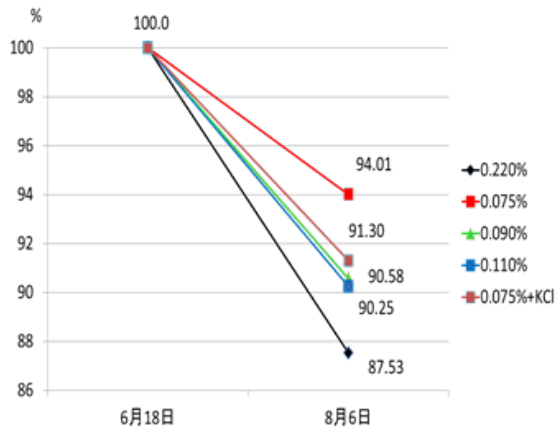


図 1

平常時を100とした場合の暑熱時の卵殻強度

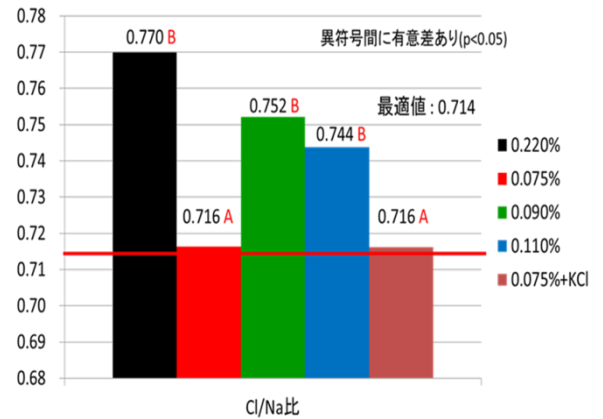


図 2 血中Ca/Na比

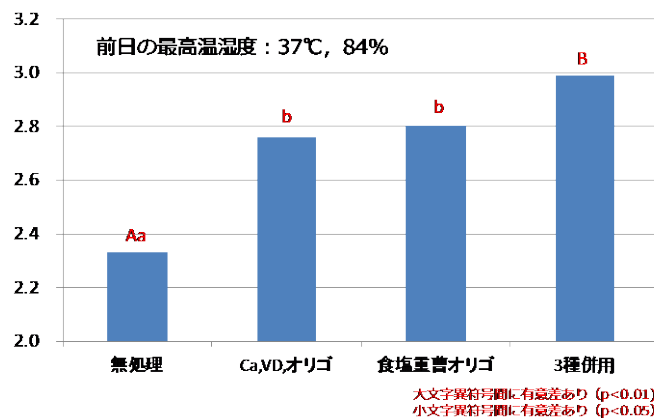


図 3 卵殻強度における資材の併用効果

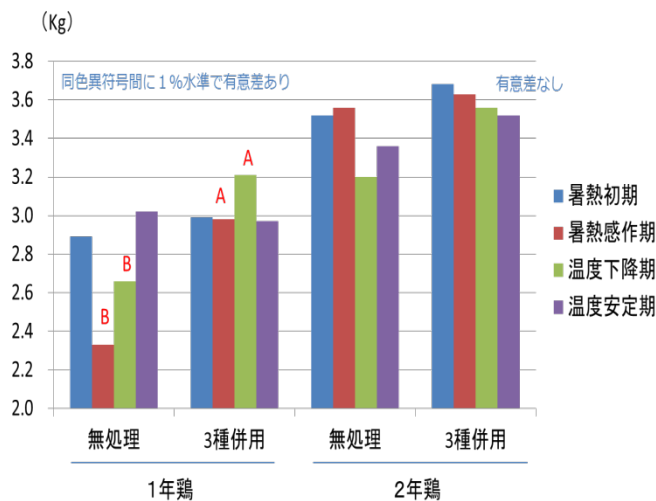


図4 3種併用時における1年鶏と2年鶏の卵殻強度

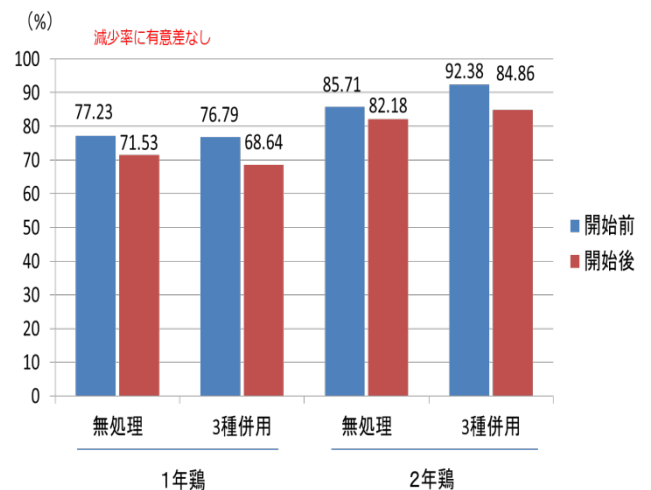


図5 3種併用における1年鶏と2年鶏の産卵率

3) 成果活用における留意点

食塩含量を下げると卵重が小さくなる傾向があるため、大玉出荷が中心の場合には注意が必要である。また暑熱による卵殻質悪化の抑制効果は、1年鶏と2年鶏で異なる可能性があり、2年鶏では、その効果は弱いもしくは安定しない可能性がある。

4) 今後の課題

2年鶏において、暑熱における鶏卵生産低下抑制の検討および、産卵量低下を抑制する飼料メニューの検討をさらに進める必要がある。

V これまでの研究実施期間における研究成果(論文発表、特許他)【一般公表可】

課題番号 13406501

成果等の集計数

課題 番号	学術論文		学会等発表(口頭 またはポスター)		出版 図書	国内特許権等		国際特許権等		報道件 数	普及しう る成果	発表会 の主催 (シンポ ジウム・ セミナー)	アウト リーチ活 動
	和文	欧文	国内	国際		出願	取得	出願	取得				
13406501	5	1	54	4	17	0	0	0	0	3	0	10	26

注1)学術論文数は直接本事業の成果を掲載したものに限定してカウントすること。

(1)学術論文

区分: ①原著論文、②その他論文

整理 番号	区分	機関名	タイトル	著者	掲載誌	巻 (号)	掲載 ページ	発行 年	発行 月
1	①	九州沖 縄農研 センター	栄養管理による高温環境下の泌乳生産性改善に関する研究	田中正仁ら	栄養生理研究会報	58 (2)	1- 11	2014	9
2	①	佐賀畜 試、農研 機構	飼料用米、大麦および製茶加工残さの混合給与におけるパーム油の添加が夏季の肥育後期豚の飼養成績と肉質成績に及ぼす影響	脇屋裕一郎ら	日本養豚学会誌	51 (4)	207- 212	2014	12
3	①	東北大	Oleuropein induces mitochondrial biogenesis and decreases reactive oxygen species generation in cultured avian muscle cells, possibly via an up-regulation of peroxisome proliferator-activated receptor γ coactivator-1	Kikusatoら	Animal Science Journal	87 (11)	1371- 1378	2016	
4	②	群馬県畜 産試験場	黒毛和種育成牛への糖原性エネルギー飼料給与技術の開発	浅田 勉ら	群馬県畜産試験場 研究報告	23	-	2017	-
5	①	宮崎県畜 産試験場	暑熱環境が黒毛和種肥育牛の飼料摂取量、発育、血液成分および飼料消化に及ぼす影響	前田友香ら	日本畜産学会報	88 (3)	281- 291	2017	8
6	①	宮崎県畜 産試験場	肥育中期から後期の定量給与が黒毛和種去勢肥育牛の飼料摂取量、発育、枝肉成績および暑熱期の飼料の消化性に及ぼす影響	前田友香ら	日本畜産学会報	89 (2)	171- 179	2018	5

注1)和文、欧文の順で記載。発行年は発行年月(西暦年以下同じ)とする。

注2)区分①の原著論文(受理されたものに限る)は、謝辞等に本事業予算の支援を受けたことが明記されていること。また、論文は直接本事業の成果を掲載したものに限定して記載すること。

注3)機関名は当該成果に関与した代表・共同機関名を記載する。

(2)学会等発表(口頭またはポスター)

整理 番号	タイトル	発表者名	機関名	学会等名	発行年	発行 月
1	暑熱環境下におけるホルスタイン種育成前期牛への食塩または重曹添加が尿性状に及ぼす効果	野中最子ら	九州沖縄農研	日本暖地畜産学会	2013	10
2	暑熱期の分娩前後の乳牛へのアスタキサンチン給与が血液性状・繁殖成績に及ぼす影響	三角亮太ら	熊本県畜産研究所	日本暖地畜産学会	2013	10
3	夏季高温下の泌乳牛に対する脂溶性抗酸化ビタミンと脂肪酸の給与効果	田中正仁ら	九州沖縄農研	日本畜産学会	2014	3
4	分娩前後の乳牛の酸化ストレス指標の動態把握	三角亮太ら	熊本県畜産研究所	日本畜産学会	2014	3
5	暑熱環境が黒毛和種肥育牛の飼料効率に及ぼす影響	西村慶子	宮崎県畜産試験場	日本畜産学会	2014	3
6	暑熱環境が黒毛和種肥育牛の消化性に及ぼす影響	前田友香	宮崎県畜産試験場	日本畜産学会	2014	3
7	暑熱期における黒毛和種去勢育成牛へのルーメンバイパスアミノ酸の短期給与効果	新宮博行	農研機構畜産研究部門	肉用牛研究会	2014	9
8	黒毛和種育成牛への糖原性エネルギー飼料給与技術の検討	椿 由江	群馬県畜産試験場	肉用牛研究会	2014	9
9	高温環境が肥育豚の血漿抗酸化能、生産性および豚肉の理化学的特性に及ぼす影響	本多昭幸ら	長崎県農技セ	日本養豚学会	2014	3
10	飼料用米、大麦および製茶加工残さの混合給与における油脂の添加が夏季の肥育後期豚の飼養成績と肉質成績に及ぼす影響	脇屋裕一郎ら	佐賀畜試、農研機構	日本養豚学会	2014	10
11	飼料中の粗蛋白質、エネルギー含量が暑熱環境下の肥育前期ブロイラーの発育に及ぼす影響	伊藤香葉ら	千葉県畜産総合研究センター	日本畜産学会	2014	3
12	暑熱環境下における肉用鶏へのアミノ酸添加効果	高田良三ら	新潟大学	日本畜産学会	2014	3
13	暑熱による鶏卵の卵殻質悪化に対する飼料中カルシウム(Ca)含量の影響	大津晴彦ら	農研機構畜産草地研究所	日本畜産学会	2014	3
14	アスタキサンチン給与がホルスタイン種泌乳牛の繁殖成績に及ぼす影響	三角亮太ら	熊本県畜産研究所	日本畜産学会	2015	3
15	夏季乳用種育成牛へのナトリウム塩添加が尿、血液および胃液性状に及ぼす効果	野中最子ら	九州沖縄農研	日本暖地畜産学会	2015	9
16	暑熱及び寒冷期の発酵TMR給与が黒毛和種去勢牛の生産性およびルーメン性状に及ぼす影響	高平寧子	富山県農林水産総合技術センター畜産研究所	日本畜産学会	2015	3
17	ビタミンE給与が黒毛和種去勢肥育牛のルーメン液性状および飼料消化性に及ぼす影響	前田友香	宮崎県畜産試験場	日本畜産学会	2015	3

18	暑熱期の飼料イネWCS給与が黒毛和種去勢牛の生産性に及ぼす影響	柴田昌宏	農研機構西日本農業研究センター	日本畜産学会	2015	9
19	黒毛和種肥育牛への糖原性エネルギー飼料給与技術の検討	浅田 勉	群馬県畜産試験場	肉用牛研究会	2015	9
20	暑熱および寒冷期の発酵TMR給与が黒毛和種去勢牛の胃内pHの変動に及ぼす影響	高平寧子	富山県農林水産総合技術センター畜産研究所	北信越畜産学会大会	2015	11
21	高温環境下における緑茶粕の給与が肥育後期豚の産肉性および豚肉の理化学的特性に及ぼす影響	本多昭幸ら	長崎県農技セ	日本養豚学会	2015	3
22	高温環境下における低・未利用資源の給与が肥育豚の血漿抗酸化能に及ぼす影響	本多昭幸ら	長崎県農技セ	日本畜産学会	2015	9
23	飼料用米、大麦および製茶加工残さの混合給与における油脂と大麦焼酎粕の添加が夏季の肥育後期豚の飼養成績と肉質に及ぼす影響	脇屋裕一郎ら	佐賀畜試、農研機構	日本養豚学会	2015	10
24	慢性暑熱曝露時のタンパク質分解関連遺伝子発現亢進におけるミトコンドリア活性酸素種(ROS)の関与	喜久里基ら	東北大	日本家禽学会	2015	3
25	暑熱環境下で飼育した肉用鶏後期へのアミノ酸多給が飼養成績に及ぼす影響	高田良三ら	新潟大学	日本畜産学会	2015	3
26	暑熱による鶏卵卵殻質悪化の飼料中カルシウム・ビタミンD含量調整による抑制	大津晴彦ら	農研機構畜産草地研究所	日本畜産学会	2015	3
27	イソマルトオリゴ糖による採卵鶏の暑熱緩和効果と腸内細菌叢の変動	佐藤幹ら	東京農工大	日本家禽学会	2015	9
28	Approach to global warming on dairy farming in Japan	田中正仁ら	九州沖縄農研	17th AAAP Animal Science Congress Satellite Workshop	2016	8
29	夏季における黒毛和種育成去勢牛へのルーメンバイパスアミノ酸の長期給与効果	新宮博行ら	農研機構畜産研究部門	日本畜産学会	2016	3
30	飼料イネWCSを活用した黒毛和種肥育牛の暑熱対策	柴田昌宏	農研機構西日本農業研究センター	日本畜産学会	2016	3
31	制限給与が暑熱期の黒毛和種去勢肥育牛の消化率および第一胃内溶液性状へ及ぼす影響	前田友香	宮崎県畜産試験場	日本畜産学会	2016	3
32	Effect of restricted feeding on rumen fermentation of Japanese Black fattening steers during summer	前田友香	宮崎県畜産試験場	16th International Conference on Production Diseases in Farm Animals	2016	6
33	Influence of a Rice Whole Crop Silage Diet during the Hot Season on Growth Performance and Gene Expression in Steers	柴田昌宏	農研機構西日本農研センター	The 17th AAAP Animal Science Congress	2016	8
34	黒毛和種肥育牛への糖原性エネルギー飼料給与技術の検討	浅田 勉	群馬県畜産試験場	肉用牛研究会	2016	9

35	飼料用米、大麦の混合給与における芋焼酎粕の添加が夏季の肥育後期豚の飼養成績と肉質に及ぼす影響	脇屋裕一郎ら	佐賀畜試、農研機構	日本養豚学会	2016	3
36	Time-course of changes in muscle antioxidant peptide concentrations in heat-stressed broiler chicken	喜久里基ら	東北大	The 17th AAAP Animal Science Congress	2016	8
37	暑熱条件下における採卵鶏卵殻腺部の炭酸脱水素酵素4発現特性	佐藤幹ら	東京農工大	日本家禽学会	2016	3
38	暑熱環境下における産卵鶏の酸化ストレスマーカー・卵質に対する甘藷茎葉・菜種粕の作用	大津晴彦ら	農研機構畜産研究部門	日本家禽学会	2016	9
39	発酵TMR中のNDF水準の違いが暑熱期の黒毛和種去勢牛の飼養成績およびルーメン内性状に及ぼす影響	高平寧子	富山県農林水産総合技術センター畜産研究所	日本畜産学会	2017	3
40	暑熱環境下の肥育後期豚へのアミノ酸強化飼料の給与が飼養成績に及ぼす影響	井上寛暁ら	農研機構	日本養豚学会	2017	3
41	4種の必須アミノ酸及び芋焼酎粕の添加給与が暑熱環境下の肥育後期豚の飼養成績と肉質に及ぼす影響－夏季の養豚農家における実証試験－	脇屋裕一郎ら	佐賀畜試、農研機構	日本養豚学会	2017	3
42	アミノ酸多給が暑熱環境下における後期肉用鶏の飼養成績に及ぼす影響－アルギニン添加量の検討－	高田良三ら	新潟大学	日本畜産学会	2017	3
43	オレウロペインがもたらすニワトリ骨格筋酸化ストレス緩和作用の検証	豊水正昭ら	東北大	日本畜産学会	2017	3
44	暑熱環境下の産卵鶏における抗酸化資材給与の産卵量、卵質、酸化ストレスステータスに対する影響	大津晴彦ら	農研機構畜産研究部門	日本家禽学会	2107	3
45	飼料中の食塩・炭酸水素ナトリウム含量が暑熱時の採卵鶏の血中成分および卵質に及ぼす影響	松下浩一ら	山梨畜産試験場	日本家禽学会	2107	3
46	アスタキサンチン給与がホルスタイン種泌乳牛の繁殖成績に及ぼす影響	林ら	岐阜県畜産研究所	日本畜産学会	2015	3
47	夏季乳用種育成牛へのナトリウム塩添加が尿、血液および胃液性状に及ぼす効果	野中ら	九州沖縄農研	日本暖地畜産学会	2015	9
48	「破碎玄米または圧ペントウモロコシの給与が高温環境下での育成牛の窒素利用効率に及ぼす影響」	澤戸 利衣	農研機構	日本畜産学会	2016	3
49	「破碎玄米または圧ペントウモロコシの給与が暑熱環境下での育成牛の血液性状およびルーメン液性状に及ぼす影響」	澤戸 利衣	農研機構	日本畜産学会	2017	3
50	Approach to global warming on dairy farming in Japan.	Masahiro Tanaka	農研機構	2016 AAAP Satellite Workshop: Mitigation of greenhouse gases and adaptation to climate change in livestock production systems	2016	8

51	緑茶粕添加飼料の給与が生産現場における肥育豚の飼養成績および肉質に及ぼす影響	深川 聡ら	長崎県農技セ	九州農業研究発表会	2017	9
52	4種の必須アミノ酸及び芋焼酎粕の添加給与が暑熱環境下の肥育後期豚の飼養成績と肉質に及ぼす影響－夏季の養豚農家における実証試験(第2報)－	脇屋裕一郎ら	佐賀畜試、農研機構畜産研究部門	日本養豚学会	2018	3
53	肥育豚における飼料・栄養面からの暑熱対策技術の開発	井上寛暁ら	農研機構畜産研究部門	第78回飼料懇談会	2018	3
54	産卵鶏における暑熱対策:栄養からのアプローチ	大津晴彦ら	農研機構畜産研究部門	第78回飼料懇談会	2018	3
55	黒毛和種肥育牛への糖原性エネルギー飼料給与技術の開発	浅田 勉	群馬県畜産試験場	第78回飼料懇談会	2018	3
56	乾燥調製の温度および期間が緑茶粕の α -トコフェロール含量および飼料成分含量に及ぼす影響	深川 聡ら	長崎県農技セ	日本草地学会	2018	3
57	飼料中の粗蛋白質、エネルギー含量が暑熱環境下の肥育前期ブロイラーの発育に及ぼす影響	伊藤香葉	千葉県畜産総合研究センター	日本畜産学会	2014	3
58	リジン単独の多給が暑熱環境下における後期肉用鶏の飼養成績に及ぼす影響(口頭)	天川清仁・高田良三	新潟大学院	北信越畜産学会	2017	9

注1)機関名は当該成果に関与した代表・共同機関名を記載する。

(3)出版図書

区分: ①出版著書、②雑誌(注)(1)学術論文に記載したものを除く、重複記載をしない。)、③年報、④広報誌、⑤その他

整理番号	区分	著書名(タイトル)	著者名	機関名	出版社	発行年	発行月
1	④	地球温暖化が進む中での酪農における暑熱対策について	田中正仁	九州農研	酪農文庫社	2014	7
2	④	暑熱および寒冷期の発酵TMR給与が黒毛和種去勢牛の胃内pHの変動に及ぼす影響	高平寧子	富山県農林水産総合技術センター畜産研究所	富山県農林水産総合技術センター畜産研究所「畜研だより」	2016	7
3	④	夏季泌乳牛に対する抗酸化ビタミンと高エネルギー飼料給与効果	田中正仁	九州農研	熊本県酪連	2017	7
4	④	今すぐできる泌乳牛の暑熱対策	田中正仁	九州農研	デイリーマン社	2017	7
5	⑤	暑熱期の肥育豚への油脂、大麦焼酎粕配合給与で背脂肪厚や肉質が改善する	脇屋裕一郎ら	佐賀畜試、農研機構	研究成果情報	2016	3
6	②	油脂や大麦焼酎粕の配合が枝肉、肉質に及ぼす影響	脇屋裕一郎	佐賀県畜産試験場	養豚の友(日本畜産振興会)	2016	6
7	⑤	米、麦、茶葉配合飼料に油脂を配合しても肥育豚の背脂肪厚に影響せずに食味が好まれる(No.2180)	脇屋裕一郎ら	佐賀畜試、農研機構	技術の窓(日本政策金融公庫)	2017	1

8	④	低・未利用資源の飼料利用	本多昭幸	長崎県農技セ	新ながさき養豚振興計画情報誌「プラス1」	2017	2
9	⑤	暑熱期肥育豚への乾燥芋焼酎粕の給与で肉質が改善する	脇屋裕一郎ら	佐賀畜試、農研機構	研究成果情報	2017	3
10	②	肥育後期豚へのアミノ酸強化飼料の給与が暑熱期の飼養成績に及ぼす影響	井上寛暁	農研機構	養豚の友 (日本畜産振興会)	2017	6
11	⑤	暑熱期肥育豚への芋焼酎粕給与で豚肉の脂肪融点やグルタミン酸含量が高くなる(No.2240)	脇屋裕一郎ら	佐賀畜試、農研機構	技術の窓(日本政策金融公庫)	2017	11
12	②	「プロバイオティクスが暑熱環境下のブロイラーの発育に及ぼす効果」	伊藤香葉	千葉県畜産総合研究センター	日本畜産振興会養鶏の友編集部	2017	6
13	②	「飼料中における粗蛋白質およびエネルギー含量が暑熱環境下のブロイラーの発育に及ぼす影響①～肥育前期の適正水準～」	伊藤香葉	千葉県畜産総合研究センター	木香書房	2017	8
14	②	「飼料中における粗蛋白質およびエネルギー含量が暑熱環境下のブロイラーの発育に及ぼす影響②～肥育後期の適正水準～」	伊藤香葉	千葉県畜産総合研究センター	木香書房	2017	9
15	②	暑熱環境が黒毛和種肥育牛の生産性に及ぼす影響(1回目)	前田友香	宮崎県畜産試験場	(株)農林出版社	2018	1
16	②	暑熱環境が黒毛和種肥育牛の生産性に及ぼす影響(2回目)	前田友香	宮崎県畜産試験場	(株)農林出版社	2018	1
17	②	黒毛去勢 暑熱期の飼料消化率低下抑制	前田友香	宮崎県畜産試験場	開拓情報(公益社団法人)	2018	9

注1)機関名は当該成果に関与した代表・共同機関名を記載する。

注2)複数機関ある場合は著者名の順番と合わせる。

(4)国内特許権等

整理番号	特許権等の名称	発明者	権利者 (出願人等)	機関名	特許権等の種類	番号	出願年月日	取得年月日
------	---------	-----	---------------	-----	---------	----	-------	-------

注1)「特許権等の種類」には、特許権、実用新案権、意匠権、回路配置利用権及び品種登録を記載する。

注2)複数の機関による共同出願の場合は、主となる出願人の下に行を追加し、共同出願人の情報を記載する。

(5)国際特許権等

整理番号	特許権等の名称	発明者	権利者 (出願人等)	機関名	特許権等の種類	番号	出願年月日	取得年月日	出願国
------	---------	-----	---------------	-----	---------	----	-------	-------	-----

注1)複数の機関による共同出願の場合は、主となる出願人の下に行を追加し、共同出願人の情報を記載する。

(6)報道等

区分:①プレスリリース、②新聞記事、③テレビ放映、④その他

区分	記事等の名称	掲載紙・放送社名等	掲載年	掲載月	掲載日	機関名	備 考
②	暑熱対策を万全に-良質粗飼料+補助飼料-	農業共済新聞	2014	6	3	九州農研	
②	農業技術プリズム 「食品残さ飼料資源に、高い抗酸化活性評価」	日本農業新聞	2016	3	22	長崎県農技セ	
②	肥育牛 グリセロール給与で暑熱期も増体維持	日本農業新聞	2016	10	15	群馬県畜産試験場	

注1)機関名は当該成果に関与した代表・共同機関名を記載する。

(7)普及に移しうる成果

区分:①普及に移されたもの、製品化して普及できるもの、②普及のめどがたったもの、製品化して普及のめどがたったもの、③主要成果として外部評価を受けたもの

区分	成果の名称	機関名	普及(製品化) 年月	主な利用場面	普及状況
----	-------	-----	---------------	--------	------

注1)区分は複数可。

注2)機関名は当該成果に関与した代表・共同機関名を記載する。

(8)発表会の主催の状況

(シンポジウム・セミナー等を記載する。)

整理 番号	発表会の名称	年月日			開催場所	参加者 数	機関名	備 考
1	家畜管理-暑熱対策最前線-ことしこそは	2014	9	30	JA菊地(パシオン)	50	農研機構九州農研	
2	APPROACH TO GLOBAL WARMING ON DAIRY FARMING IN JAPAN	2016	8	30	九州産業大学	80	農研機構九州農研・畜産研究部門	
3	九州農研で展開される畜産業の新技术と発展方向	2015	10	23	熊本県民交流館パレアホール	70	農研機構九州農研・暖地畜産学会	
4	夏季泌乳牛に対する暑熱対策	2017	6	7	滋賀県婦人会館会議室	35	滋賀県家畜保健衛生所	
5	平成29年度熊本県畜産関係業績発表会	2017	11	30	熊本県農業研究センター畜産研究所	70	熊本県農業研究センター畜産研究所	ポスター発表
6	シンポジウム「牛の栄養に関する研究と今後の方向性-タンパク質・アミノ酸・ビタミン・ミネラル-」	2014	11	28	秋葉原コンベンションセンター	100	農研機構畜産研究部門	一般講演「肉用牛におけるルーメンバイパスアミノ酸研究」
7	千葉県試験研究成果発表会養鶏部門	2015	2	6	成田国際文化会館	120	千葉県畜産総合研究センター	

8	千葉県試験研究成果発表会養鶏部門	2016	2	19	成田国際文化会館	120	千葉県畜産総合研究センター	
9	千葉県試験研究成果発表会養鶏部門	2017	2	10	成田国際文化会館	120	千葉県畜産総合研究センター	
10	千葉県試験研究成果発表会養鶏部門	2018	2	9	成田国際文化会館	120	千葉県畜産総合研究センター	

注1)機関名は当該成果に関与した代表・共同機関名を記載する。

(9)アウトリーチ活動の状況

当事業の研究課題におけるアウトリーチ活動の内容は以下のとおり。

区分：①一般市民向けのシンポジウム、講演会及び公開講座、サイエンスカフェ等、②展示会及びフェアへの出展、大学及び研究所等の一般公開への参画、

③その他(子供向け出前授業等)

整理番号	区分	アウトリーチ活動	年月日			開催場所	参加者数	主な参加者	機関名	備考
1	①	群馬県農林水産業関係試験研究機関成果発表会 「黒毛和種育成牛への糖原性エネルギー飼料給与技術の検討」	2015	2	4	群馬県庁	150	畜産農家、農業改良普及センター、家畜保健衛生所、行政、全国農業協同組合連合会等	群馬県畜産試験場	担当：椿
2	①	群馬県農林水産業関係試験研究機関成果発表会 「黒毛和種肥育牛への糖原性エネルギー飼料給与技術の検討」	2016	2	2	群馬県庁	150	畜産農家、農業改良普及センター、家畜保健衛生所、行政、全国農業協同組合連合会等	群馬県畜産試験場	担当：浅田
3	①	富山県農林水産総合技術センター成果発表会 「暑熱および寒冷期の発酵TMR給与が黒毛和種去勢牛の胃内pHの変動に及ぼす影響」	2016	11	15	富山県民会館	100	畜産農家、農業改良普及センター、家畜保健衛生所、行政、全国農業協同組合連合会等	富山県農林水産総合技術センター畜産研究所	担当：高平
4	①	群馬県農林水産業関係試験研究機関成果発表会 「黒毛和種肥育牛への糖原性エネルギー飼料給与技術の検討」	2017	2	1	群馬県庁	150	畜産農家、農業改良普及センター、家畜保健衛生所、行政、全国農業協同組合連合会等	群馬県畜産試験場	担当：浅田
5	①	農業環境技術公開セミナー 「温暖化が肥育牛の生産性に及ぼす影響」	2017	11	1	宮崎県総合農業試験場	100	畜産農家、農業改良普及センター、家畜保健衛生所、行政、全国農業協同組合連合会等	宮崎県畜産試験場	担当：前田
6	①	宮崎県畜産技術研究発表会 「飼料の制限給与が黒毛和種肥育牛の飼養成績および暑熱期の飼料消化性に及ぼす影響」	2017	11	9	宮崎県総合農業試験場	100	畜産農家、農業改良普及センター、家畜保健衛生所、行政、全国農業協同組合連合会等	宮崎県畜産試験場	担当：前田

7	①	宮崎県立試験研究機関合同研修会 「飼料の制限給与が黒毛和種肥育牛の飼養成績および暑熱期の飼料消化性に及ぼす影響」	2017	12	5	宮崎県県電ホール	100	畜産農家、農業改良普及センター、家畜保健衛生所、行政、全国農業協同組合連合会等	宮崎県畜産試験場	担当：前田
8	①	富山県畜産関係業績・成果発表会 「NDF水準の異なる発酵TMRが暑熱期の黒毛和種去勢牛の飼養成績およびブルーメン内性状に及ぼす影響」	2018	1	19	富山県民会館	100	畜産農家、農業改良普及センター、家畜保健衛生所、行政、全国農業協同組合連合会等	富山県農林水産総合技術センター畜産研究所	担当：小嶋
9	①	群馬県農林水産業関係試験研究機関成果発表会 「黒毛和種肥育牛への糖原性エネルギー飼料給与技術の検討」	2018	2	7	群馬県庁	150	畜産農家、農業改良普及センター、家畜保健衛生所、行政、全国農業協同組合連合会等	群馬県畜産試験場	担当：浅田
10	①	農林水産省委託プロジェクト研究 「農林水産分野における気候変動対応のための研究開発」平成29年度研究成果発表会 「黒毛和種肥育牛への糖原性エネルギー飼料給与技術の検討」	2018	2	14	一橋大学一橋講堂	400	水産・農業分野研究者、畜産業従事者、畜産関連企業・団体、行政、一般市民等	群馬県畜産試験場	担当：浅田
11	①	農林水産省委託プロジェクト研究 「農林水産分野における気候変動対応のための研究開発」平成29年度研究成果発表会 「暑熱環境が黒毛和種肥育牛の飼養成績および飼料消化性に及ぼす影響」	2018	2	14	一橋大学一橋講堂	400	水産・農業分野研究者、畜産業従事者、畜産関連企業・団体、行政、一般市民等	宮崎県畜産試験場	担当：西村/前田
12	①	「平成25年度試験研究部門別検討会」にて研究報告、意見交換	2014	2	28	長崎県農林技術開発センター	46	生産者、普及、行政	長崎県農技セ	
13	①	農研機構第3期小課題「家畜温暖化」成果発表会	2014	9	30	JA菊池パシオン	30	研究者、普及指導員、生産者	農研機構	
14	①	気候変動対策プロジェクト研究成果発表会「農業分野における気候変動への対応 これまでとこれから」にて、成果をポスター発表	2014	12	10	新宿明治安田生命ホール	200	大学、県研究機関、学生、行政等	佐賀畜試	
15	①	「平成26年度試験研究部門別検討会」にて研究報告、意見交換	2015	3	6	長崎県農林技術開発センター	44	生産者、普及、行政	長崎県農技セ	
16	①	「第28回うれしの茶ミット」にてロース肉の官能評価	2015	4	4	嬉野市茶業研修施設「嬉茶楽館」	100	生産者、主婦、学生、行政等	佐賀畜試	
17	①	「平成27年度試験研究部門別検討会」にて研究報告、意見交換	2016	2	28	長崎県農林技術開発センター	34	生産者、普及、行政	長崎県農技セ	
18	①	「平成28年度試験研究部門別検討会」にて研究報告	2017	2	28	長崎県農林技術開発センター	41	生産者、普及、行政	長崎県農技セ	

19	①	「市民大学(相模原・座間)麻布大学コース」にて研究紹介	2017	8	2	麻布大学	30	一般市民	農研機構	
20	②	「アグリビジネス創出フェア」にてパネル展示	2017	10	4～6	東京ビックサイト	38000	生産者、農業関連企業、大学、県研究機関等	農研機構	
21	①	「平成29年度全国畜産関係者普及指導員調査研究会合同会合」にて成果発表	2017	11	16	筑波産学連携支援センター	30	普及指導員	農研機構	
22	①	「第25回島原地域養豚研究会」にて成果発表	2017	11	24	島原振興局	15	生産者、普及、関係団体、行政	長崎県農技セ	
23	①	「長崎県養豚セミナー」にてポスター発表	2017	12	2	大村市中央公民館	51	生産者、普及、関係団体、行政	長崎県農技セ	
24	①	「気候変動対策プロジェクト平成29年度研究成果発表会」にて、成果をポスター発表	2018	2	14	一橋講堂		大学、県研究機関、学生、行政等	農研機構九州研・畜産研究部門、佐賀畜試、長崎県農技術セ、群馬県畜試、山梨県畜産酪農技セ、新潟大学、東北大学、東京農工大、宮崎畜試、富山県農林水産総合技術センター畜産研究所、熊本県農業研究センター畜産研究所、千葉県畜産総合研究センター、JA全農飼料畜産中央研究所	各機関よりポスター発表を実施(16課題)
25							約100	畜産技術開発・指導者	日本科学飼料協会	
26	①	研究会：暑熱時のブロイラー生体応答と添加物等の利用による新たな栄養制御	2017	5	26	馬事畜産会館	約150	飼料メーカー・大学、県研究機関	東北大	担当：豊水