

# 国産飼料を最大限に活用した乳肉用牛育成技術の確立

田淵雅彦・森川繁樹・可児宏章・西村公寿・北田寛治・左達美佐  
・竹縄徹也・吉岡正二・福見善之・阿部敏晃

## 要 約

乳肉牛の育成段階において、対照区（輸入乾草+配合飼料）、配合代替区（輸入乾草+飼料用米で4割代替した配合飼料）、自給飼料区（イタリアンライグラス（IR）サイレージ+飼料用米で4割代替した配合飼料）の3区を設定し飼養試験を実施した。肉牛の育成試験では試験開始時点で個体の偏りがあったため体重は自給飼料区が高く推移したが、試験開始時を100とする比較では区間で差は見られず、体高は同水準で推移した。乳牛の育成試験ではいずれの飼料の組み合わせによっても、体重、体高は同水準で推移した。乳肉牛のいずれにおいても、配合代替区と比較して自給飼料区はBUNが低く推移しており、飼料用米とIRサイレージの併用で、飼料中蛋白の利用効率が向上する可能性が示唆された。また、コストでも自給飼料区が最も安価に推移した。

## 目 的

本県における乳肉用牛の生産現場においては、その飼料の多くを輸入飼料に依存していることから、海外情勢の変化による畜産業への影響が懸念される。そのため、国産飼料を活用した安定的な飼養技術を提示することは重要と考えられる。

平成30年現在、国は国産飼料の増産に向けて飼料イネの作付けに対し補助金を交付しており、今後もさらに作付けが拡大すると想定される。そこで、配合飼料の一部を飼料用米で代替することを試みた。さらに、本県で多く栽培、利用されるイタリアンライグラス（IR）を組み合わせ、輸入飼料への依存度の低い県産自給飼料主体の飼養技術を提示することを目的とした。

今回は乳牛、肉牛の育成段階において、県産飼料を組み合わせた飼養技術についてそれぞれ検討を行ったのでその結果を報告する。

## 材料および方法

### （1）肉牛育成試験

当課飼養の黒毛和種肉牛育成牛を4ヶ月齢に達する週から供試し、7ヶ月齢に達する週まで飼養試験を行った。処理区は対照区、配合代替区、自給飼料区の3区を設けた（対照区n=6（♂・2頭、♀・4頭）、配合代替区n=3（♀・3頭）、自給飼料区n=3（♂・3頭））。対照区は平成28年4～11月、配合代替区は平成28年11月～平成29年2月、自給飼料区は平成29年11月～平成30年2月にかけてデータを収集した。対照区は粗飼料として細断したチモシーを給与し、濃厚飼料は市販の育成用配合飼料（TDN72%、CP19%）を給与した。配合代替区は粗飼料は対照区と同様とし、育成用配合飼料の4割（FM）を粉砕した飼料用米で代替した。飼料用米の粉砕には3号製粉機（株式会社丸七製作所、東京）を使用した。代替による配合飼料のCP低下は、大豆粕フレークを添加することで対照区と同等となるよう補った。自給飼料区は粗飼料としてロールベールにより調製したIRサイレージ

(一番草，出穂期)を細断して用い，濃厚飼料は配合代替区と同様とした。育成用配合および試験

表 1. 試験で用いた各飼料の単価

|                  |          |
|------------------|----------|
| 肉牛育成試験飼料         | (円/kgFM) |
| チモシー             | 74.5     |
| 肉牛用育成配合          | 57.3     |
| 飼料用米             | 24.8     |
| 大豆粕フレーク          | 85.8     |
| ※飼料用米4割代替+大豆粕    | 47.7     |
| 乳牛育成試験飼料         | (円/kgFM) |
| スーダン-アルファルファ混合乾草 | 71.3     |
| ヘイキューブ           | 50.8     |
| 乳牛用育成配合          | 46.3     |
| 飼料用米             | 24.8     |
| 大豆粕フレーク          | 85.8     |
| ※飼料用米4割代替+大豆粕    | 41.1     |
| 乳肉牛育成試験共通自給粗飼料   | (円/kgDM) |
| IRサイレージ          | 59.7     |

※IRサイレージの単価は中央農業総合研究センター研究資料<sup>1)</sup>に基づく。

配合は体重の2%程度を目安に給与を開始し，4.5kgを上限として食べきる場合は週に0.2~0.4kgずつ増給した。粗飼料は飽食とした。なお，試験期間中の5.5ヶ月齢の時点で雄牛については去勢を実施した。

採食量は毎日測定を行い，週ごとに平均乾物摂取量(DMI)を算出した。試験開始時から1ヶ月ごとに体重，体高を測定し，同時に頸静脈より採血を行った。血液から血清を分離した後-20℃で凍結保存し，株式会社ファルコバイオシステムズに依頼し7180形自動分析装置(株式会社日立ハイテクノロジーズ，東京)により分析を行った(血液は対照区からは未採取)。

試験終了後，採食データに基づき育成に要したコストを算出した。購入飼料については，平成30年度における当課での購入実績に基づき計算を行い，自給飼料のコストについては中央農業総合研究センター研究資料<sup>1)</sup>におけるイタリアンライ

グラスの乾物kgあたり費用価を元に算出した。各飼料の価格を表1に示す。

統計処理は3区間の差の検定はSASのGLMプロシジャーを用いTukey法により行った。血液性状については，Microsoft Excel2013のt検定により配合代替区と自給飼料区の差を求めた。

## (2) 乳牛育成試験

当課飼養の乳牛育成牛を3ヶ月齢に達する週から供試し，1歳に達する週(365日齢となる週)まで飼養試験を行った。処理区は対照区，配合代替区，自給飼料区の3区を設けた。細断した輸入乾草(スーダン乾草，アルファルファ乾草を1:1で混合)と自家配合飼料(泌乳牛用配合87%，大豆粕6.0%，圧ぺんトウモロコシ6.0%，炭酸カルシウム1.0%)を給与する対照区，配合飼料の4割(現物)を粉碎飼料用米で代替する配合代替区，配合代替に加えて粗飼料の全量を細断したIRサイレージで置き換える自給飼料区を設けた(各区n=3)。

配合飼料の給与量は各区とも試験12週までは現物で2.0kg/日とし以降は2.6kg/日とした。配合代替区，自給飼料区ではさらに大豆粕を0.15kg，0.2kg添加し，濃厚飼料あたりの粗蛋白(CP)水準を調整した。また，試験22週からは全ての区でヘイキューブを2.0kg/日給与した。粗飼料は飽食とした。

採食量は週3回測定を行い，4週ごとの平均DMIを月平均DMIとして算出した。試験開始時から1ヶ月ごとに体重，体高を測定し，同時に頸静脈より採血を行った。血液から血清を分離した後-20℃で凍結保存し，株式会社ファルコバイオシステムズに依頼し肉牛育成試験と同様の方法で分析を行った。

試験終了後には，肉牛育成試験と同様に，採食データをもとに育成に要したコストを算出した。

統計処理は，3区間の差の検定はSASのGLMプロシジャーを用いTukey法により行った。

## 結 果

### (1) 肉牛育成試験

#### 1) 体重

図1に体重の実測値と試験開始時体重をベースとした百分比の推移を示す。配合代替区は試験開始時点で体格が他区よりも大きく、試験期間中他区よりも大きい傾向で推移した。百分比で比較したものでは、いずれの時点においても区間で差は認められなかった。

#### 2) 体高

図2に体高の推移を示す。いずれの時点においても区間で差は認められなかった。

#### 3) DMI

実測値と試験開始時DMIをベースとした百分比で示したときの推移、また濃厚飼料（育成用配合飼料、飼料用米、大豆粕）のみのDMIの推移を図3に示す。実測値の比較では、試験2週目と5週目で対照区と自給飼料区の間で有意差が認められた。百分比で比較したものでは、試験2週目に対照区が他区よりも有意に低かった。試験5週目においては、対照区と配合代替区の間で有意差が認められた。試験6、7週目においては、配合代替区が他区よりも有意に高かった。濃厚飼料DMIは試験13週目で対照区と配合代替区の間で有意差が認められた。

#### 4) 総コレステロール

図4に血清中総コレステロール値の推移を示す。いずれの時点においても区間で差は認められなかった。

#### 5) 血中尿素窒素 (BUN)

図5にBUNの推移を示す。4ヶ月齢、5ヶ月齢、6ヶ月齢から7ヶ月齢にかけて自給飼料区が有意に低かった。

#### 6) 血糖

図6に血糖値の推移を示す。5.5ヶ月齢から7ヶ月齢にかけて自給飼料区が有意に低かった。

#### 7) 育成コスト

図7に育成コストの推移を示す。1日あたりのコストを比較するといずれの時点においても区間で差は認められなかった。採食乾物1kgあたりのコストを比較すると、試験期間を通じてそれぞれの区間が有意な差が認められた。

### (1) 乳牛育成試験

#### 1) 体重

図8に体重の推移を示す。いずれの時点においても区間で差は認められなかった。

#### 2) 体高

図9に体高の推移を示す。いずれの時点においても区間で差は認められなかった。

#### 3) DMI

図10にDMIの推移を示す。3ヶ月齢で対照区と配合代替区の間で有意差が認められた。4、7、8、9ヶ月齢では配合代替区が他区よりも有意に高かった。6、10ヶ月齢で自給飼料区と配合代替区の間で有意差が認められた。

#### 4) 総コレステロール

図11に血清中総コレステロール値の推移を示す。いずれの時点においても区間で差は認められなかった。

#### 5) BUN

図12にBUNの推移を示す。2ヶ月齢で対照区と自給飼料区の間で有意差が認められた。12ヶ月齢では、自給飼料区が他区よりも有意に低かった。

#### 6) 血糖

図13に血糖の推移を示す。いずれの時点においても区間で差は認められなかった。

#### 7) 育成コスト

図14に育成コストの推移を示す。1日あたりの育成コストでは、3、5～7、9、10ヶ月齢時において自給飼料区が配合代替区よりも有意に低かった。また、4、8ヶ月齢時においては、配合代替区が他区よりも有意に高かった。DMI 1kgあたり

のコストは3, 5ヶ月齢時に自給飼料区が他区よりも有意に低かった。4, 6ヶ月齢時には各区分でそれぞれ差が認められた。9, 10, 12ヶ月齢時には, 自給飼料区が対照区よりも有意に低かった。

## 考 察

### (1) 肉牛育成試験

試験開始時において供試個体に偏りがあったため, 体重は実測値では試験期間を通じ自給飼料区が他区よりも高い傾向を示した。一方, 試験開始時体重を100として比較した場合, 試験期間中区分間で差は認められず, 体高も同様に区分間で差は認められなかった。日増体を算出し比較したところ, 区分間で差は認められなかった。このことから発育の程度に区分間で差は無いものと考えられた。

DMIの実測値では, 先述のように初期の体重の差から自給飼料区が他区よりも高く推移し, 一部では対照区よりも有意に高い値となった。試験開始時のDMIを100とする比較では, 試験4~8週にかけて配合代替区が著しい増加を示していた。濃厚飼料DMIを見ると, 有意差は無かったものの試験6~9週にかけて配合代替区で他区より高い傾向で推移していた。肉牛については, 濃厚飼料を食べ切るならば順次増給しており, 輸入乾草より濃厚飼料をより好んで食べるためにDMIに占める濃厚飼料の比率が高く, このように推移したと考察する。試験9週では配合代替区のDMIは低下しており, 濃厚飼料比率の増加によりルーメンpHの低下が生じたことが原因と推察する。この影響により試験13週目では, 配合代替区が対照区よりも低い濃厚飼料DMIを示したと考えられる。

血糖は配合代替区が自給飼料区よりも高値で推移した。血糖はデンプン質飼料の過剰により高値となるとされ<sup>2)</sup>, 配合代替区での濃厚飼料DMIが高い傾向であったことを反映した結果と考えられ

た。自給飼料区では6.5ヶ月齢において, 血糖の低下が見られる。BUNにおいては自給飼料区が低値で推移した。これには, IRサイレージとチモシー中のCPの分解パラメーターの違いが影響したものと推察する。日本標準飼料成分表(2009年版)<sup>3)</sup>によると, IRサイレージはチモシー乾草よりもCPが高く, また分解パラメーターでは可溶性蛋白の比率が高い。IRサイレージと飼料用米の分解が同調することで, 飼料中蛋白がルーメン微生物により効率よく利用され, 余剰となり排出される蛋白が減少したために, 自給飼料区でのBUNの低下が生じたと推察する。ルーメン微生物による飼料中蛋白の利用についてさらに明らかにするためには, 微生物体蛋白質生産量の指標とされる尿中アラントイン<sup>4)</sup>の分析が必要と考えられる。

1日あたりのコストを比較すると試験後半で自給飼料区で低い傾向となったものの, いずれの時点においても区分間で差は認められなかった。飼料用米の利用によるコストへの影響に着目すると, 飼料用米代替によるCPの低下を補うために添加した大豆粕フレークの価格が市販配合飼料の約1.5倍であったものの, 濃厚飼料全体で見ると約10円/kgFMのコスト削減となっている。DMI 1kgあたりのコストを比較すると, 飼料用米の利用により1割, 自給粗飼料を併用することでさらに1割のコスト減となっている。DMI 1kgあたりのコストは各区分で有意に差があったにもかかわらず, 1日あたりのコストに反映されなかったのはDMIの差が影響したものと考えられる。配合代替区においては, 濃厚飼料DMIの顕著な上昇がコストを上昇させたと考えられる。また自給飼料区は, 先述の個体の偏りによってか, 実測DMIは試験期間中, 他区よりも高く推移した。個体の偏りを排除できていれば, 1日あたりのコストも他区よりも低く抑えられたものと推察する。

### (2) 乳牛育成試験

乳牛において、区間で体重、体高に差は認められず、月ごとに日増体を算出しても差は見られなかった。試験終盤にはDMIに区間で差は無くなったものの、長期間にわたり配合代替区でDMIが高く推移した。乳牛においては配合飼料は定量給与としており、いずれの区でも配合飼料は期間中ほぼ食べきっていたため、配合代替区で粗飼料の採食量が高く推移したと考えられた。この要因としては、ルーメン絨毛の発達が関与していると推察する。ルーメン絨毛の発達にはルーメン微生物により生成する揮発性脂肪酸（VFA）のうち酪酸、次いでプロピオン酸が寄与するとされ<sup>5)</sup>、特にプロピオン酸はデンプンの濃度が高まるにつれ増加するとされる<sup>6)</sup>。飼料用米は非繊維性炭水化物の割合が約85%と高いことから<sup>7)</sup>、ルーメン内でのプロピオン酸生成が増加したものと推察する。一方で、同じく飼料用米を給与した自給飼料区ではDMIは配合代替区と同程度で推移している。これには、サイレージ中の有機酸が一要因となったと推察する。当課で過去に実施した発酵TMRとフレッシュTMRの給与試験では、発酵TMRでDMIが低下するという結果が得られており<sup>8)</sup>、その要因について検証するため乾草へ有機酸を添加し単位時間あたりの採食量を比較したところ、特に乳酸を添加したときに採食量の低下が大きく、2.5%FM、5%FMと添加量を高めるほどに採食量の減少が顕著であった（データ未公表）。その他としては、長期の試験のため粗飼料のロットが変わり品質が変動したことも要因として考えられる。試験終盤においては区間の差はなくなったが、ロールベールにより調製した自給粗飼料は輸入乾草と比較して品質の変動が大きく、給与にあたっては良質なものをを用いるよう注意が必要である。

血液性状においては、総コレステロールはばらつきが大きく、飼料の影響は明らかではなかった。血糖は期間中区間で差は無く、各区でのエネルギー状態に差は無いものと考えられた。BUNに着目

すると、区間での差が見られた時点は一部だったが、肉牛での試験と同様に自給飼料区が低く推移しており、IRサイレージと飼料用米の併用が飼料中蛋白の利用効率の向上に寄与したことが示唆された。

1日あたりコストは、期間を通じ自給飼料区が低く推移した。DMI 1kgあたりのコストでは飼料用米、自給粗飼料の利用によるコスト低減の効果が現れていた。配合代替区は高いDMIを示したが、発育は他区と差がなかったため、DMIが増加した分、余分にコストを要する結果となった。

### （3）総合考察

育成用配合飼料の4割を飼料用米で代替しても、CPを調整することで遜色ない発育が望めると考えられた。一方で、飼料中の栄養が最大限に利用できる他の飼料との組み合わせに留意しなければ、飼料中の栄養利用効率が低下し十分な費用対効果が得られないことも示唆された。

乳肉牛いずれの育成においても自給飼料区でのコスト低減効果が大きかった。飼料用米とIRサイレージの併用により、飼料中の蛋白質の利用効率が向上することが示唆され、飼料コストの低減にも寄与できることが示された。

## 文 献

- 1) 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター（2015）. 中央農業総合研究センター研究資料. 第11号. p44-48
- 2) 内藤義久・浜名克己・元井菫子 編. 生産獣医療における牛の生産病の実際（2000）. 分永堂出版, 東京, p24
- 3) 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構（2009）日本標準飼料成分表（2009年版）. 中央畜産会, 東京, p52-53, p78-79, p210-211
- 4) 松本光人・板橋久雄, 尿中アラントイン排泄

量からみたルーメン微生物体蛋白質合成に関与する諸要因 (1990). 栄養生理研究会報. No34. p51-67

5) 津田恒之 監修・柴田章夫 編. 新 乳牛の科学 (1987). 濱田龍夫. 第5章 生産の栄養生理. 農山漁村文化協会, 東京, p241-242

6) ルーメン8 (2010). 甘利雅弘. 第7章 ルーメンと有効繊維・炭水化物の摂取量. デーリィ・ジャパン社, 東京, p64-72

7) 木村信熙・阿部亮・野中和久・永西修 監修. 飼料特性を理解して上手に設計に活かす (2014). 関誠. 飼料用玄米および精白米. デーリィ・ジャパン社, 東京, p187-197

8) 鈴江有里・田淵雅彦・中井文徳・後藤充宏, 西南暖地における飼料給与技術の開発 夏季における発酵混合飼料給与の有効性の検討 (2009). 徳島畜研報. No 9. p 6-8

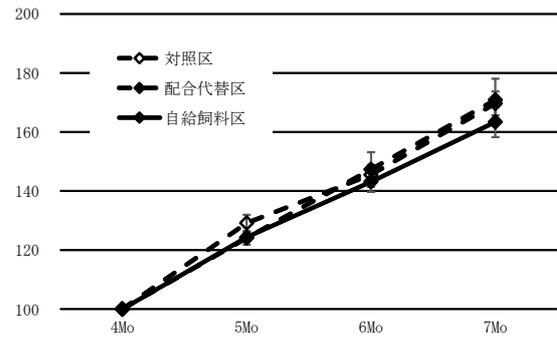
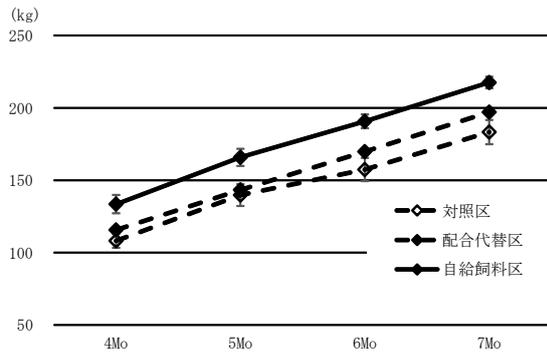


図1. 肉牛・体重の推移 (左: 実測値, 右: 試験開始時体重をベースとした百分比)

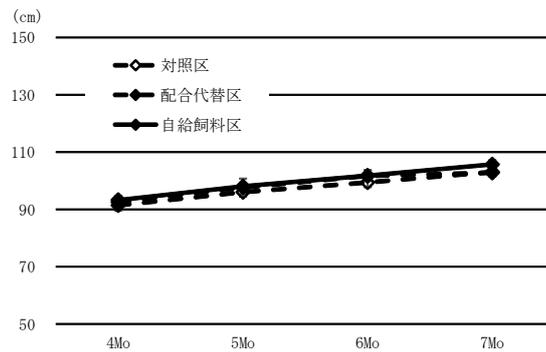


図2. 肉牛・体高の推移

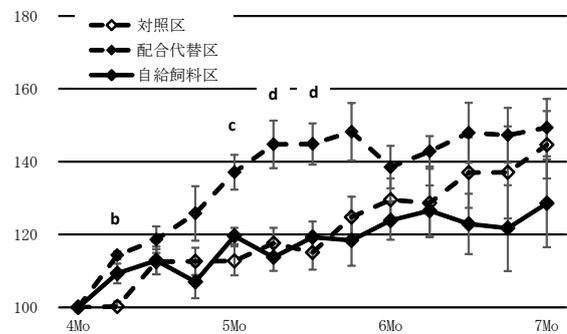
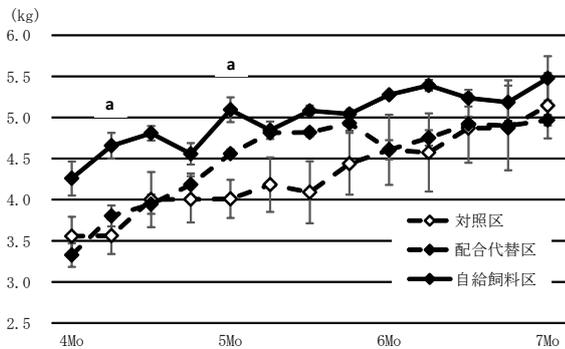
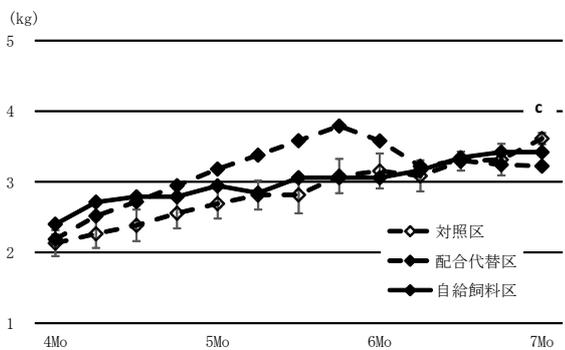


図3. 肉牛・DMIの推移

(上左: 実測値, 上右: 試験開始時DMIをベースとした百分比, 下左: 濃厚飼料DMI)



a: 対照区と自給飼料区の間で有意差あり (P<0.05)

b: 対照区と配合代替区・自給飼料区の間で有意差あり (P<0.05)

c: 対照区と配合代替区の間で有意差あり (P<0.05)

d: 配合代替区と対照区・自給飼料区の間で有意差あり (P<0.05)

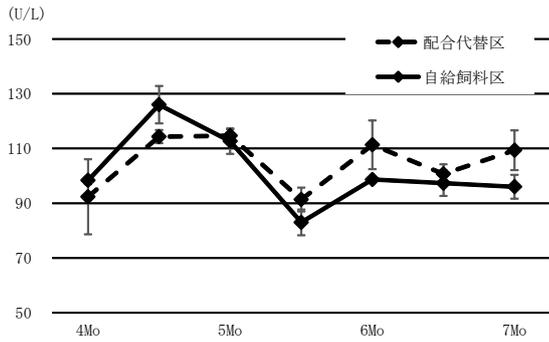


図4. 肉牛・総コレステロールの推移

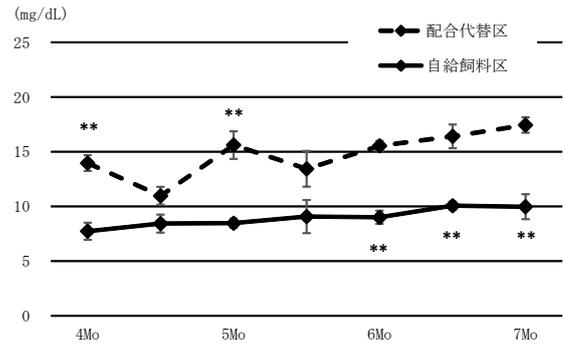


図5. 肉牛・BUNの推移

\*\* : P < 0.01

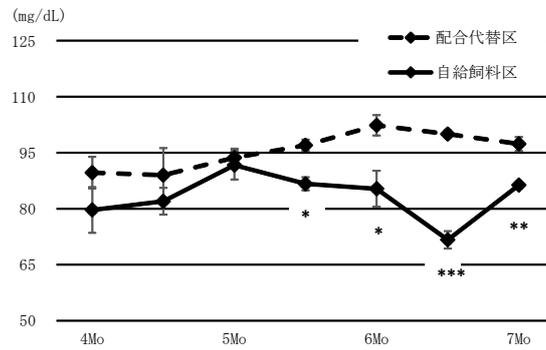


図6. 肉牛・血糖の推移

\* : P < 0.05, \*\* : P < 0.01, \*\*\* : P < 0.001

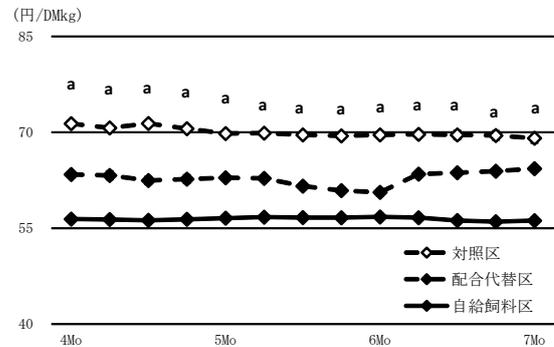
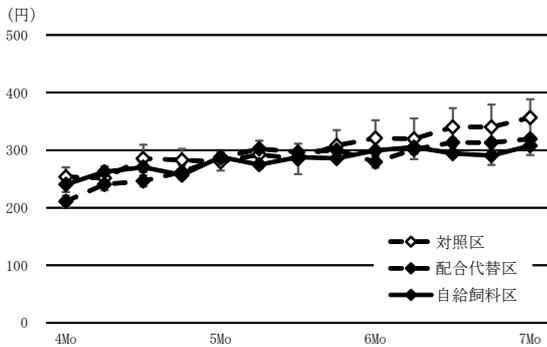


図7. 肉牛・育成コストの推移 (左 : 1日あたりコスト, 右 : DMI1kgあたりコスト)

a : 対照区, 配合代替区, 自給飼料区の間で有意差あり (P < 0.05)

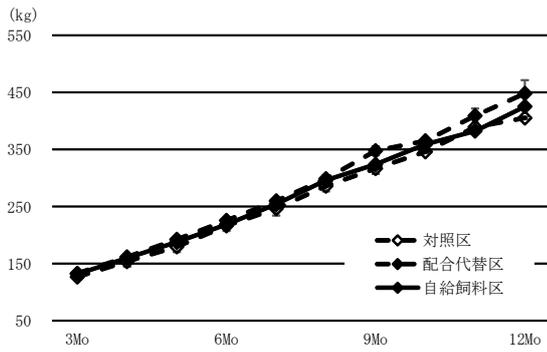


図8. 乳牛・体重の推移

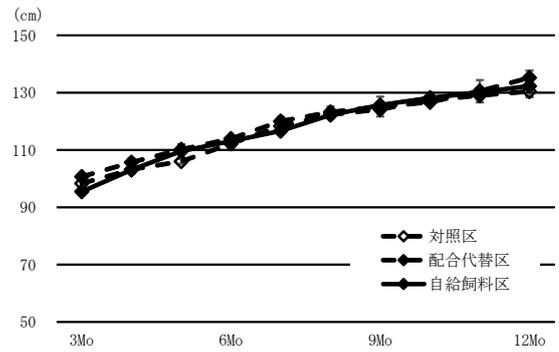


図9. 乳牛・体高の推移

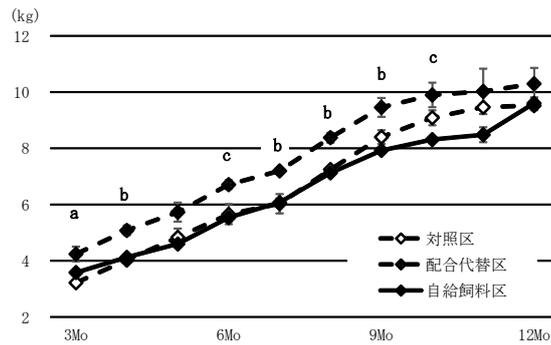


図10. 乳牛・DMIの推移

a: 対照区と配合代替区の間で有意差あり (P<0.05)

b: 配合代替区と対照区・自給飼料区の間で有意差あり (P<0.05)

c: 配合代替区と自給飼料区の間で有意差あり (P<0.05)

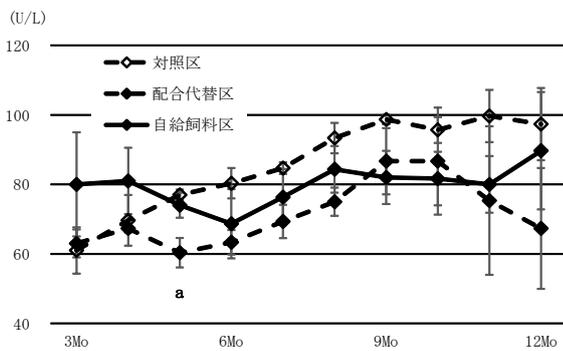


図11. 乳牛・総コレステロールの推移

a: 対照区と配合代替区の間で有意差あり  
(P<0.05)

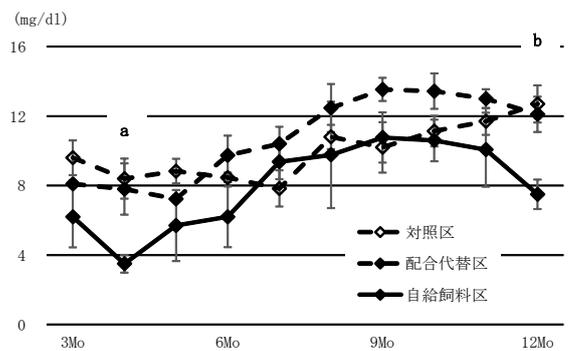


図12. 乳牛・BUNの推移

a: 対照区と自給飼料区の間で有意差あり  
(P<0.05)

b: 自給飼料区と対照区・配合代替区の間で  
有意差あり (P<0.05)

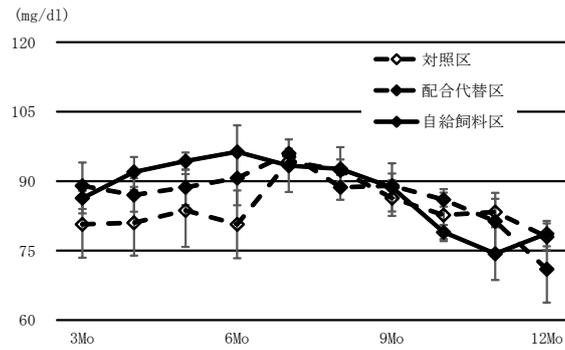


図13. 乳牛・血糖の推移

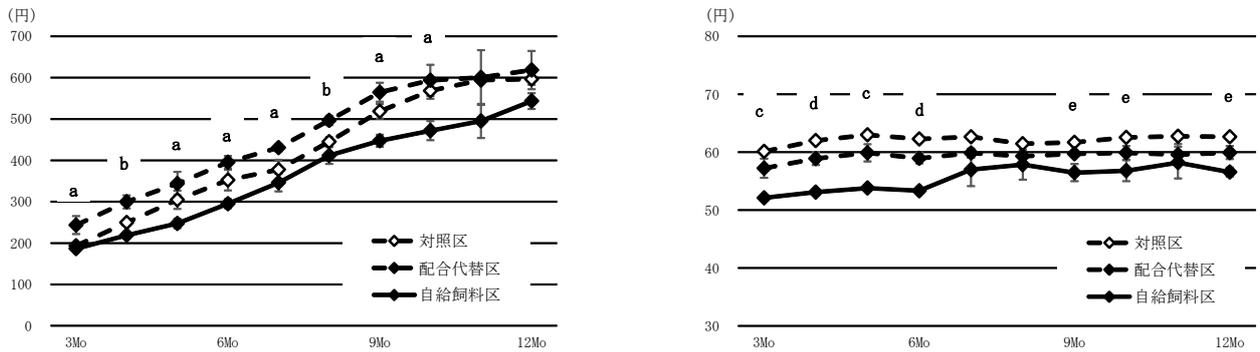


図14. 乳牛・育成コストの推移 (左：1日あたりコスト，右：DMI1kgあたりコスト)

- a: 自給飼料区と配合代替区の間で有意差あり (P<0.05)
- b: 配合代替区と対照区・自給飼料区の間で有意差あり (P<0.05)
- c: 自給飼料区と対照区・配合代替区の間で有意差あり (P<0.05)
- d: 対照区，配合代替区，自給飼料区の間で有意差あり (P<0.05)
- e: 対照区と自給飼料区の間で有意差あり (P<0.05)