

エコフィードを用いた黒毛和種牛繁殖肥育一貫生産システムの環境負荷軽減効果

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 西日本農業研究センター

上級研究員 堤 道生

要約

輸入濃厚飼料を多給するわが国の慣行肉用牛生産システムでは、飼料生産と飼料輸送のプロセスに起因する温室効果ガス排出量がシステム全体の3~4割程度を占める。食品製造副産物や余剰食品などを利用して製造された家畜用飼料「エコフィード」は、肉用牛生産においても近年普及しつつあり、生産コスト削減だけでなく環境負荷軽減への寄与も期待できる。本報告では、エコフィードを活用した肉用牛生産に関する環境影響評価を行い、慣行生産と比較することで、エコフィードを活用した肉用牛生産の環境負荷軽減効果を定量化するとともに、さらなる環境負荷軽減に向けた考察を行う。

1 はじめに

持続可能な開発目標（SDGs）が国内外に浸透しており、農畜産業に対してもその持続可能性、とりわけ環境負荷が注目されるようになった。農畜産業から生じる環境負荷の軽減は長年の課題であるが、近年、水質汚染など地域レベルの環境負荷だけでなく、グローバルな問題である気候変動への影響（温室効果ガス排出量）も注目されるようになってきている。畜産物と農産物（マメ類など植物由来の代替食物）の生産に係る環境負荷（一定量のタンパク質あたり）を比較すると、温室効果ガス排出量をはじめとする多くの項目で畜産物が上回る（Poore and Nemecek 2018）。さらに、畜産物の生産法をより環境に配慮したものに転換したとしても、「畜産物>農産物」の序列に変化はない。このような分析結果を背景に、畜産の環境負荷に向けられる目が年々厳しくなっている。さらに、食料生産に係る環境負荷を軽減するためには、畜産物の摂取を減らし、食生活を植物中心に切り替える必要があるとの結論すら示されているが、これと同時に、人類の健康的な生活の維持には畜産物が必要であることが指摘されている（Willett *et al.* 2019）。したがって、畜産における環境負荷軽減に向けた新技術の開発と同時に、持続可能な畜産のあり方について現存の技術で可能な選択肢を考え、実践する必要がある。

わが国の畜産経営の特徴として、飼料の国外への依存が挙げられる。わが国の粗飼料自給率は76%である一方、濃厚飼料自給率は13%であり長年低迷している。その結果、輸入濃厚飼料を多給するわが国の慣行肉用牛生産による温室効果ガス排出量は、飼料生産と飼料輸送のプロセスによる寄与が同等であり、これらでシステム全体の3~4割程度を占める。このような状況にも関わらず、わが国の慣行肉用牛生産による温室効果ガス排出量は諸外国と同等かやや上回る程度の水準にある（Ogino *et al.* 2007, de Vries *et al.* 2015）。これはわが国の生産効率が極めて高いためと考えられる。したがって、濃厚飼料が自給できれば飼

料輸送に係る環境負荷の軽減が可能となり、環境負荷を諸外国と比較しても低い水準に抑制することが可能と考えられる。

「エコフィード」とは食品製造副産物や余剰食品などを利用して製造された家畜用飼料である（農林水産省 2023a）。肉用牛生産においても近年普及しつつあり（農林水産省畜産局飼料課 2023）、生産コスト削減（豊 2019）だけでなく環境負荷軽減（大西・服部 2023）への寄与も期待できる。エコフィードとして活用が可能な未利用資源は十分に存在しており、増産が見込める（農林水産省 2023b）。輸入濃厚飼料をエコフィードで代替することにより、肉用牛生産における飼料輸送に加え、飼料生産に係る環境負荷の軽減も可能となるものと考えられる。

和歌山県に所在するエコマネジメント株式会社（以降、エコマネジメント）ではエコフィードの製造・販売とともに、それを用いた自社牧場での黒毛和種牛繁殖肥育一貫生産が行われている。同社の取り組みは「畜産の情報 2019 年 9 月号」にも紹介されており、経営面で高く評価されている（豊 2019）。本研究では、同牧場の肉用牛生産に関する環境影響評価を行い、慣行生産と比較することで、エコフィードを活用した肉用牛生産の環境負荷軽減効果を定量化する。

2 材料と方法

2.1 紀州和華牛

エコマネジメントは産業廃棄物処理業者であり、様々な事業を展開しているが、その一環としてエコフィードの製造・販売を行っている。さらに、和歌山県内の自社牧場で、黒毛和種牛の繁殖・肥育一貫生産を行っており、自社製造のエコフィードを給与している（荒木 2023）。同社で生産された牛肉は「紀州和華牛」のブランドで流通している（写真 1）。紀州和華牛の認定を受けるためには、以下①～③のすべてを満たすことが必要である（紀州和華牛協議会 2021）。

- ① 飼養期間の最も長い場所が和歌山県であり、協議会が指定する飼養方法により肥育した、協議会会員が所有する 23 か月齢（2023 年 3 月以前は 24 か月）以上の黒毛和種去勢牛及び未經産雌牛から生産された枝肉であること。
- ② ①の枝肉は、和歌山県で製造された飼料原料を含む飼料を給与した牛から生産されたものであること。
- ③ ①の枝肉は、公益社団法人日本食肉格付協会による枝肉格付が、A2、A3、A4 又は B2、B3、B4 のいずれかであること。

この他の特徴として、ビタミン制限を行わないことが挙げられ、ほどよくサシの入った赤身肉を売りにしている。ちなみに、枝肉格付 5 等級となることもあるが、その場合には紀州和華牛の認定が受けられない。

2.2 肉用牛向けのエコフィード

エコマネジメントは、繁殖雌牛用および肥育牛用のエコフィード配合飼料を製造している（写真 2）。エコフィードの原料集積および製造を行う同社の「エコの里桃山工場」（写真 3）は、食品製造工場が集中する地域に立地しており、輸送コストと同時に環境負荷も軽減されているものと推察される。エコフィードの原料の発生地はほぼすべて和歌山県内であり、その他も和歌山県に近い大阪府南部である。原料は食品製造副産物と余剰食品（賞味期限切れや規格外など）に分けられる。食品製造副産物として、豆腐粕、ミカンジュース粕、麦茶粕、緑茶粕、醤油粕、ダイズ皮および破碎ウメ種子が挙げられる（写真 4）。余剰食品には、チョコレート、破碎ダイズおよびオオムギが含まれる。水分含有量の多い原料はサイレージ化や乾燥処理が行われる。なお、乾燥処理はすべて天日により行われており（写真 5）、加工には環境負荷が係らないものと見なすことができる。

繁殖雌牛用エコフィード配合の可消化養分総量（TDN）含有率は市販の繁殖雌牛用配合飼料の値をやや下回っていたが、粗タンパク質（CP）含有率では上回った（表 1）。肥育牛用エコフィード配合の TDN および CP 含有率はともに肥育牛用配合飼料の値を上回っていた。11 種類の材料には TDN 含有率の高いものが多く、ウメ種子以外は概ね 60%以上であった。エコフィードのうち繁殖雌牛用配合は一般の農家向けに販売されており、口コミでの評判から、飼料価格の高騰も相まってシェアを伸ばし、現在では和歌山県内の肉用牛繁殖農家の約 9 割で給与が行われている。

エコフィードの原料は、飼料として活用される以前にはすべて産業廃棄物として処理されていた。そのうちのほとんどは埋め立てによる堆肥化処理がなされ、一部は焼却処分されていた。したがって、エコフィードとして活用されることにより廃棄物処理が不要となるため、飼料としての活用自体に環境負荷軽減効果があると思なすことができる。

2.3 エコフィードを活用した肉用牛生産システム

エコマネジメントの自社牧場は、和歌山県内の湯浅町（湯浅牧場）と御坊市（御坊牧場）に所在する（写真 6）。湯浅牧場では繁殖・肥育の一貫生産を行っており、飼養頭数は 247 頭である（2023 年 8 月現在）。肥育牛には市場調達の預託牛も含まれる。御坊牧場は預託牛の肥育を担っており、飼養頭数は 70 頭である（同上）。

繁殖雌牛への給与飼料はイタリアンライグラス乾草と上記の繁殖雌牛用エコフィード配合であり、分娩前後のみ少量の配合飼料（市販）が追加される。初産日齢は 747 であり、慣行（770）（和牛登録協会 2023）と比較して良好である。分娩間隔は 406 日であり慣行（和牛登録協会 2023）と同等であるが、これには市場調達の繁殖雌牛に長期不受胎牛が含まれたことが影響しており、自家産の保留牛に限れば慣行と比較して分娩間隔は短縮されている。子牛および育成牛への給与飼料は乾草（チモシー、イタリアンライグラス）と配合飼料（市販）であり、エコフィードは無給与である。

肥育牛への給与飼料はイタリアンライグラス乾草、配合飼料（市販）および前述の肥育牛用エコフィード配合である。肥育期間中の全濃厚飼料給与量に対するエコフィードの給与割合は 64%（TDN ベース）、全飼料に対する割合は 54%である。出荷月齢は 27.2 であり、慣行（29.6）（家畜改良センター改良部情報分析課 2022）と比較して 2 か月以上の早期出荷である。このため、出荷枝肉重量は 479 kg と、慣行（513 kg）（家畜改良センター改良部情報分析課 2022）を下回るが、増体成績は慣行並みと考えられる。

和歌山県の畜産の産出額は都道府県別で 45 位であり、肉用牛の飼養戸数（同 42 位）および飼養頭数（同 44 位）も少ない（和歌山県農林水産部農業生産局畜産課 2023）。そのため、同県は飼料基盤が脆弱であり、県内では自給飼料の調達が難しい。エコマネジメントの 2 牧場による肉用牛生産においても、エコフィード以外の飼料はすべて輸入に依存している。

2.4 エコフィードを活用した肉用牛生産の環境負荷軽減効果

ここまで記した通り、エコマネジメントによる肉用牛生産では、エコフィードの活用、それにとまう輸入濃厚飼料の給与量の削減と同時に、慣行生産と同等以上の生産効率を達成しており、環境負荷の軽減が期待される。そこで、エコフィードを活用した肉用牛生産の環境負荷軽減効果をライフサイクルアセスメント（LCA）の手法により定量化する。

LCA とは、製品やサービスのライフサイクル全体（資源採取～原材料調達～製造～加工～組立～流通～使用～廃棄）あるいはその段階における環境負荷を定量的に評価する手法である。本研究では、LCA の手法を用いた環境影響評価を、エコマネジメントによる肉用牛生産システムと慣行の黒毛和種牛生産システム（ともに去勢雄牛）を対象に実施し、結果を比較した。エコマネジメントの肉用牛生産システムに関するデータは過去 5 年間の実測値に基づいており、前節で述べたとおりである。慣行システムに関する飼養モデルは、既報（Ogino *et al.* 2004, 2007）のモデルを最近のデータ（家畜改良センター改良部情報分析課 2022, 農業・食品産業技術総合研究機構 2023, 和牛登録協会 2023）に基づく改変を行って構築した。機能単位（LCA における評価の単位）は枝肉重量 1 kg とした。システム境界は、飼料の生産・加工・輸送、家畜管理、消化管活動、排泄物およびその処理を含むものと定義した。インベントリ分析（環境負荷項目に関する入出力明細一覧の作成）の対象は、二酸化炭素（CO₂）、メタン（CH₄）、一酸化二窒素（N₂O）、アンモニア（NH₃）、二酸化窒素（NO₂）、窒素酸化物（NO_x）、二酸化硫黄（SO₂）、硫黄酸化物（SO_x）の排出量およびエネルギー消費量とした。インベントリ作成には LCA システム MiLCA ver.3.1.1.0（サステナブル経営推進機構 2023）を使用し、LCI データベース IDEAv.3.1（産業技術総合研究所 2022）を参照した。影響評価項目は気候変動（＝温室効果ガス排出量）、酸性化、富栄養化およびエネルギー消費量とした。

エコマネジメントおよび慣行の両システムにおける飼料生産、飼料輸送、舎内での家畜管理、消化管活動、排泄物および堆肥化（堆積発酵）過程における環境負荷を既報（Tsutsumi

et al. 2018) に準じて計算した。なお、エコフィード原料の製造および発生地までの輸送に関する環境負荷は考慮しないこととした。さらに、慣行の肉用牛生産に係る環境負荷に、廃棄物処理に係っていた環境負荷を上乗せし、これからエコマネジメントにおける肉用牛生産に係る環境負荷を差し引くことで、エコフィードの活用による慣行負荷軽減効果を推定した。また、これにさきがけ、同様の手法にてエコフィード配合の調達に係る環境負荷を繁殖雌牛用および肥育牛用で算出し、市販の配合飼料（繁殖雌牛用あるいは肥育牛用）の調達に係る環境負荷と比較した。

2.5 飼料自給率向上を想定したシナリオ分析

前述のとおり、エコマネジメントの肉用牛生産においては、エコフィード以外の飼料をすべて輸入に依存している。このうち、子牛向けの高品質乾草の自給は困難とみられるが、イタリアンライグラス乾草あるいはそれに代わる粗飼料を自給することは技術的に可能と考えられる。したがって、現状で粗飼料の大半を占める輸入イタリアンライグラス乾草を自給飼料で代替することで、粗飼料の輸入に係る環境負荷を削減することが可能である。そこで、エコマネジメントにおける現状の肉用牛生産システムにおいて、イタリアンライグラス乾草を輸入から自給に転換した場合に環境負荷がどの程度軽減されるかについて、解析を行った。

3 結果と考察

廃棄物処理方法のほとんどを占める堆肥化処理の過程ではメタン（温室効果ガスの一つ）が大量に発生する（産業技術総合研究所 2022）が、エコフィードとしての活用によりこれが削減される。その結果、エコフィードの活用による廃棄物処理の不要化が、温室効果ガス排出量の軽減に大きく寄与することがわかった（図 1）。エコフィードの活用は、すべての影響項目において環境負荷軽減効果が大きく、エコフィード配合（繁殖雌牛用および肥育牛用）と市販の配合飼料の調達に係る環境負荷を比較すると、繁殖雌牛用エコフィード配合は各項目で 93.8～99.5%、肥育牛用エコフィード配合も同様に 95.3～99.5%市販の配合飼料の値を下回ることが明らかとなった。先に述べたとおり、繁殖雌牛用のエコフィード配合は一般農家向けに販売されており、和歌山県内の肉用牛繁殖農家の約 9 割が利用している。したがって、エコマネジメント自社牧場だけでなく、地域全体での大きな環境負荷軽減効果が期待される。

図 2 に肉用牛システム全体における環境負荷をプロセスごとに示した。エコフィードの活用により、飼料生産に係る環境負荷が各項目で 14～27%、飼料輸送に係る環境負荷は同じく 14～18%軽減されていた。図 1 に示した通り、廃棄物処理に係っていた環境負荷は温室効果ガス排出量で非常に大きかったため、全体での環境負荷軽減効果も温室効果ガス排出量で大きく、慣行比 52.2%減となった。この他の項目においても全体での環境負荷軽減効果が認められ、その効果はエネルギー消費量、酸性化、富栄養化の順に大きく、慣行比にお

いてそれぞれ 24.4%、6.8%、2.7%が軽減されていた。

図 2 と同一のデータを生産段階（肥育素牛生産、肥育）別に示したものが図 3 である。これを見ると、エコフィードの活用による環境負荷軽減効果は、肥育段階での温室効果ガス排出量およびエネルギー消費量で大きく、それぞれ 58.0%および 33.0%であった。これらの影響項目における軽減効果は肥育素牛段階でも大きく、温室効果ガス排出量およびエネルギー消費量でそれぞれ 44.2%および 15.1%であった。図 1 より、エコフィードの給与量が多いほど環境負荷が軽減される。エコフィードの給与量は肥育段階で多く、このことが肥育段階における大きな環境負荷軽減につながったものと考えられる。

イタリアンライグラス乾草を輸入から自給に切り替えることで、肉用牛生産システム全体の飼料自給率（TDN ベース；エコフィードを自給飼料と見なした）は 34%から 65%に上昇する。粗飼料の大半を自給に転換することで、飼料の輸送に係る環境負荷が各項目で半減すると推定された。その結果、温室効果ガス排出量は現状からさらに 8.0%軽減されることが見込まれた。この他の項目においても環境負荷軽減効果が認められ、その効果は酸性化、富栄養化、エネルギー消費量の順に大きく、現状からの軽減幅はそれぞれ 29.3%、23.7%、20.4%と推定された。

これまでに示したとおり、エコフィードの給与量が多いほど環境負荷は軽減される。したがって、粗飼料自給以外の環境負荷削減策として、エコフィードの給与対象の拡大、および給与量の増加が考えられる。すなわち、現状ではエコフィードの給与が実施されていない子牛・育成牛への対象拡大、肥育牛へのエコフィード給与量増加である。エコフィード配合は限られた原料から製造されており、これらの策を実行することは容易でないと考えられるが、今後の技術開発に期待したい。

4 おわりに

エコマネジメントのエコフィードの特徴の一つに特産品（ミカン、ウメ、醤油）の活用が挙げられる。このことを「和歌山らしさ」として押し出すことで、ブランド価値を向上させていると考えられる。もう一つの特徴は、大都市郊外の食品工場の集中する立地条件によって、多種のエコフィード原料を近距離から大量に調達できることである。

活用可能ながら処分されているエコフィードの原料は全国に存在するものと考えられる。エコマネジメントの生産システムを他地域でそのまま適用することは極めて困難であるが、上記の点を参考にしてエコフィード活用を推進することで、環境負荷軽減だけでなく、生産コスト削減による肉用牛生産の振興や、地域の特性を生かした牛肉のブランド化にもつながることが期待される。

謝辞

本稿の執筆にあたり、阪口宗平社長をはじめとするエコマネジメント株式会社の皆様、湯浅牧場・御坊牧場で管理獣医師を務める山中克己氏には多大なるご尽力を賜りました。心よ

り感謝申し上げます。

引用文献

- 荒木太郎 (2023) 素人だから実現できた、エコフィードで SDGs な「紀州和華牛」-和歌山県和歌山市エコマネジメント (株) -. 肉牛ジャーナル. 東京, 肉牛新報社. **2023.6**: 22-27.
- de Vries, M, van Middelaar, CE and de Boer, IJM (2015) Comparing environmental impacts of beef production systems: a review of life cycle assessments. *Livestock Science* **178**: 279-288.
- 家畜改良センター改良部情報分析課 (2022) 枝肉成績とりまとめ概要 (令和 3 年度) . http://www.nlbc.go.jp/kachikukairyo/data/pr/edadbgaiyou_r03.pdf
- 紀州和華牛協議会 (2021) 紀州和華牛. <https://kishu-wakaushi.com/>
- 農業・食品産業技術総合研究機構 (2023) 日本飼養標準・肉用牛 (2022 年版) . 東京, 中央畜産会.
- 農 林 水 産 省 (2023a) エコフィードの取組事例 . https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/attach/pdf/ecofeed-148.pdf
- 農林水産省 (2023b) 令和 3 年度食品廃棄物等の年間発生量及び食品循環資源の再生利用等実施率 (推計値) . <https://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syokuhin/attach/pdf/kouhyou-2.pdf>
- 農 林 水 産 省 畜 産 局 飼 料 課 (2023) エコフィードをめぐる情勢 . https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/attach/pdf/ecofeed-152.pdf
- Ogino, A, Kaku, K, Osada, T and Shimada, K (2004) Environmental impacts of the Japanese beef-fattening system with different feeding lengths as evaluated by a life-cycle assessment method. *Journal of Animal Science* **82**: 2115-2122.
- Ogino, A, Orito, H, Shimada, K and Hirooka, H (2007) Evaluating environmental impacts of the Japanese beef cow-calf system by the life cycle assessment method. *Animal Science Journal* **78**: 424-432.
- 大西千絵・服部明彦 (2023) 畜産クラスターにおける肉用牛へのエコフィードの活用ー付加価値形成と環境保全効果ー. <https://www.alic.go.jp/content/001224894.pdf>
- Poore, J and Nemecek, T (2018) Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science* **360**: 987-992.
- 産業技術総合研究所 (2022) LCI データベース IDEA ver.3.1. つくば, 産業技術総合研究所.
- サステナブル経営推進機構 (2023) LCA システム MiLCA ver.3.1. 東京, サステナブル経営推進機構.
- Tsutsumi, M, Ono, Y, Ogasawara, H and Hojito, M (2018) Life-cycle impact assessment of

organic and non-organic grass-fed beef production in Japan. *Journal of Cleaner Production* **172**: 2513-2520.

和牛登録協会 (2023) 令和4年度登録関係統計より. 和牛だより. **53**: 5.

和歌山県農林水産部農業生産局畜産課 (2023) 統計からみたわかやまの畜産'22.
https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/070400/chikusan_top_d/fil/wakayamanotikus-an20.pdf.

Willett, W, Rockström, J, Loken, B, Springmann, M, Lang, T, Vermeulen, S, Garnett, T, Tilman, D, Wood, A, DeClerck, F (2019) Our food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet* **393**: 447-492.

豊 智行 (2019) 肉用牛へのエコフィードの利用に向けた取り組みと連携～和歌山県のエコマネジメント株式会社が製造するエコフィードを事例として～. 畜産の情報. 東京, 農畜産業振興機構. **2019.9**: 47-54.



写真1 紀州和牛および認定店の印

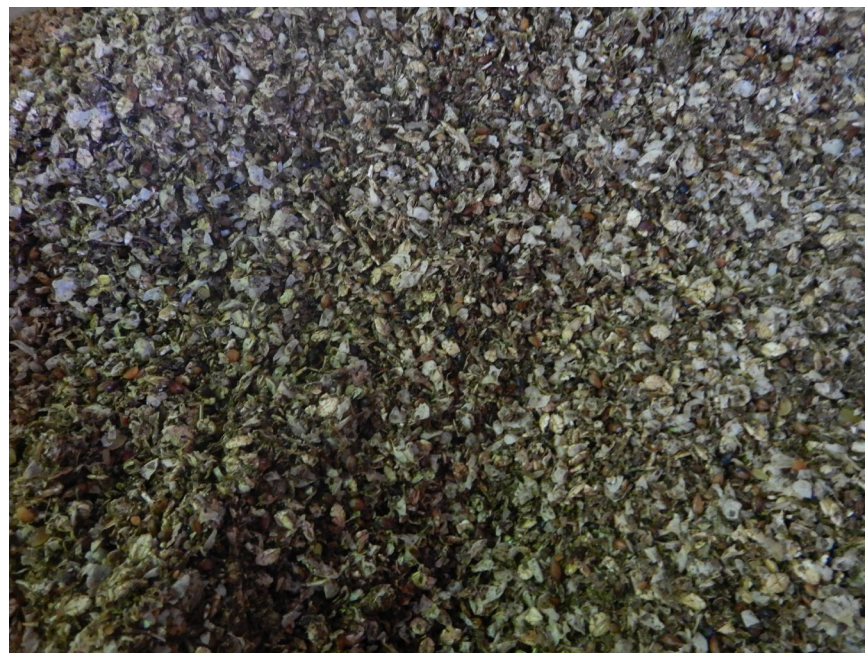


写真2 エコフィード配合
(左) 繁殖雌牛用
(右) 肥育用



写真3 エコの里桃山工場（和歌山県紀の川市）
 阪口社長（右から三番目）、管理獣医師の山中氏（一番左）、他従業員の皆様。
 左側にエコフィード認証マークが見える。



写真4 エコフィードの原料

上段左から、豆腐粕、ミカンジュース粕、麦茶粕。

中段左から、緑茶粕、醤油粕、ダイズ皮。

下段左から、破碎ウメ種子、チョコレート、破碎ダイズ。



写真5 麦茶粕（左）とウメ種子（右）の天日干し



写真6 湯浅牧場（上段）と御坊牧場（下段）

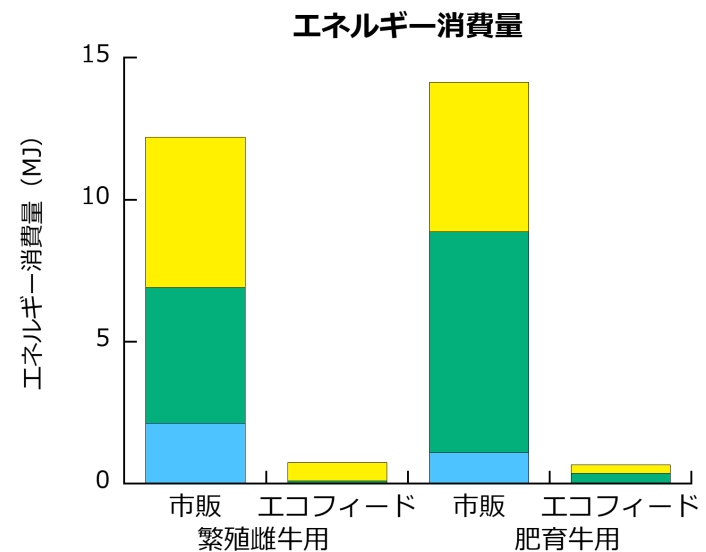
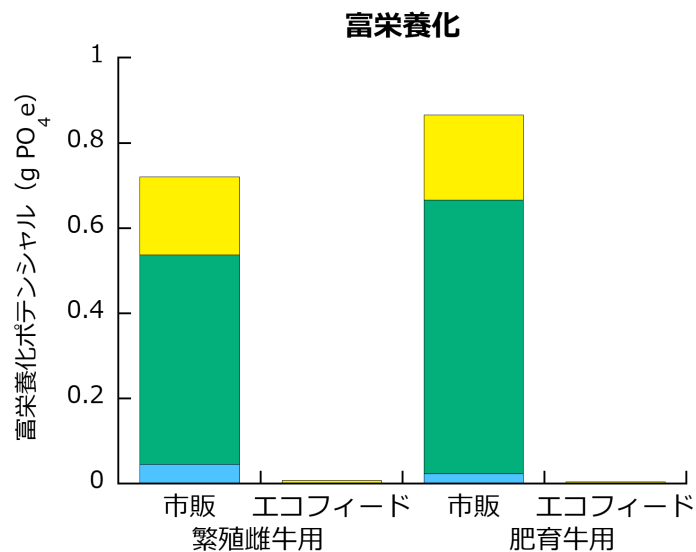
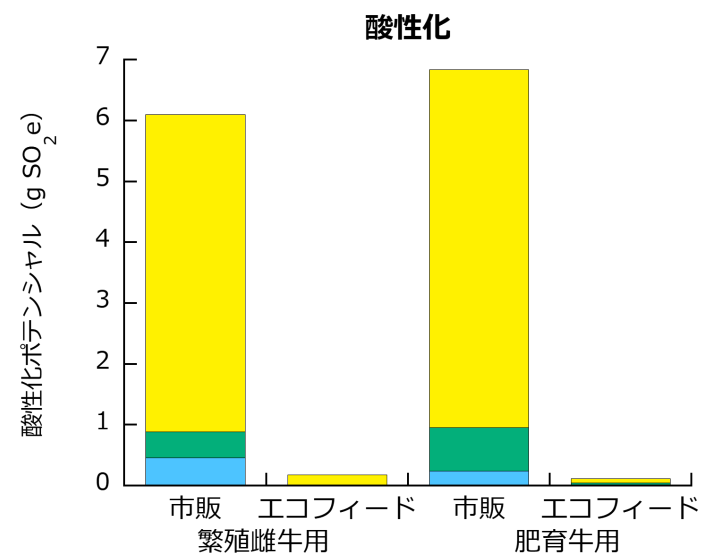
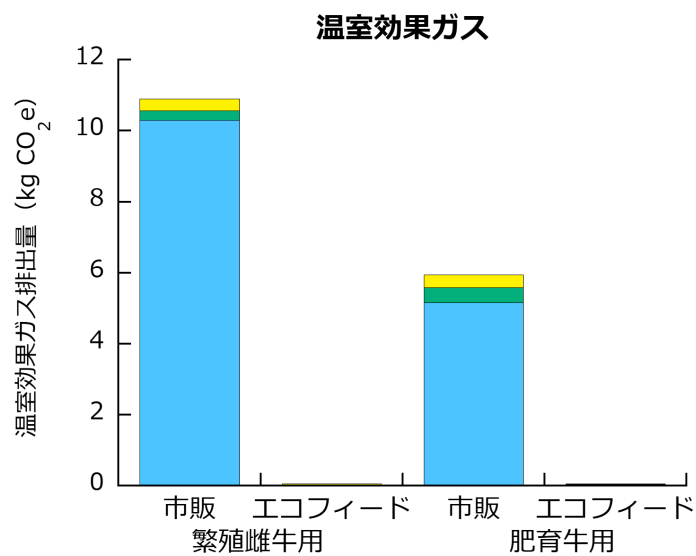


図1 市販の配合飼料（繁殖雌牛用および肥育牛用）とエコフィード配合の調達に係る環境負荷（kg TDNあたり）の比較

市販の配合飼料の調達にはエコフィード原料を廃棄物処理する場合の環境負荷が上乘せされている。

■：飼料輸送 ■：飼料生産 ■：廃棄物処理

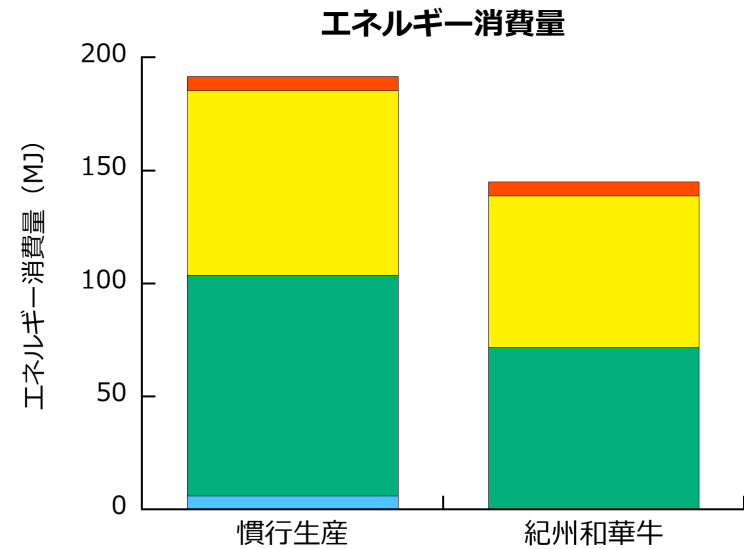
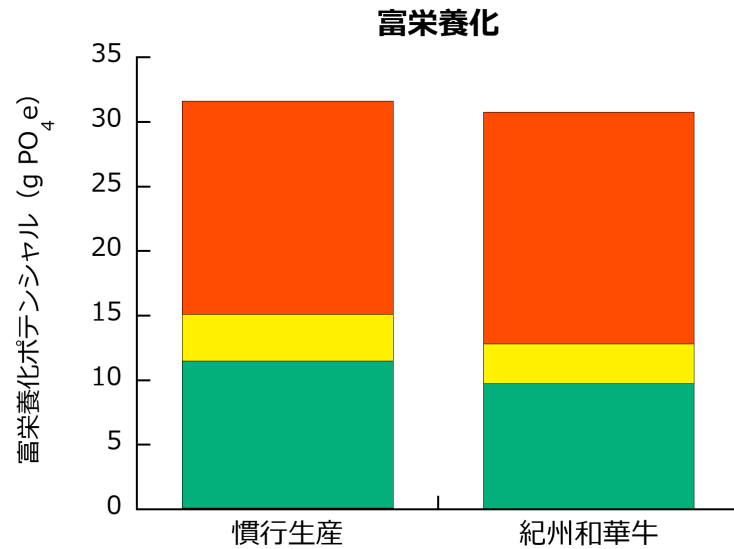
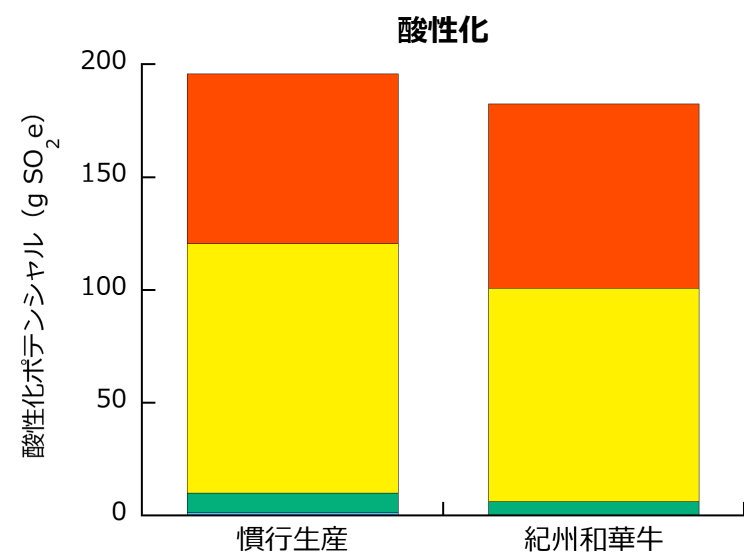
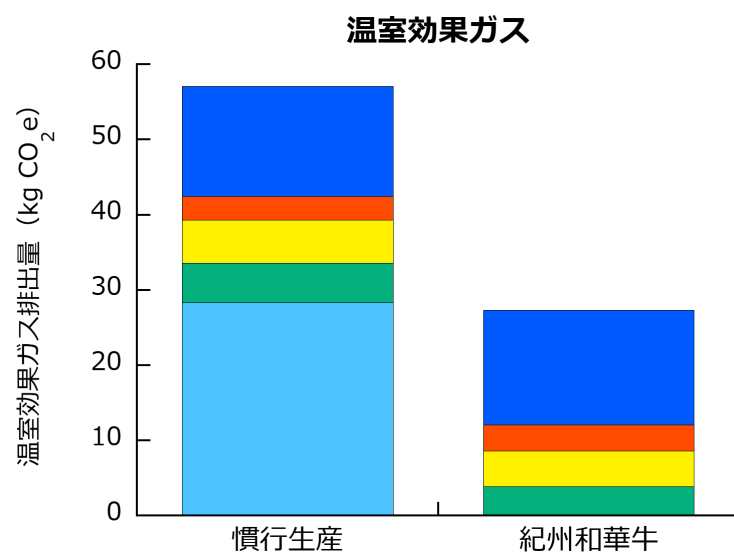


図2 慣行肉用牛生産（エコフィード原料の廃棄物処理を含む）とエコフィードを活用した肉用牛生産（紀州和華牛）で生じる枝肉重量（kg）あたりの環境負荷（プロセス別）

■：消化管活動 ■：排泄物・家畜管理 ■：飼料輸送 ■：飼料生産 ■：廃棄物処理

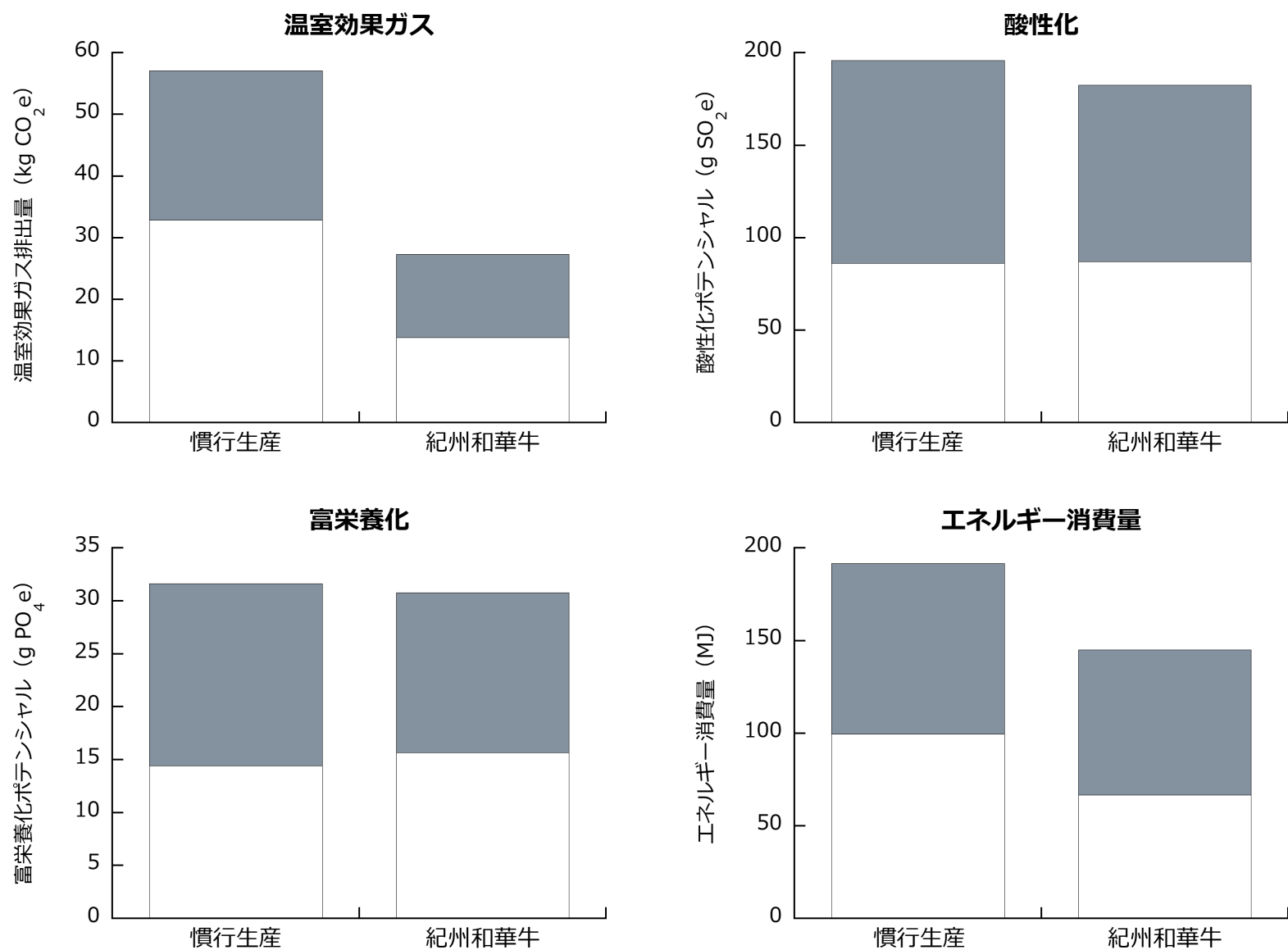


図3 慣行肉用牛生産（エコフィード原料の廃棄物処理を含む）とエコフィードを活用した肉用牛生産（紀州和華牛）で生じる枝肉重量（kg）あたりの環境負荷（生産段階別）

■：肥育素牛生産段階 □：肥育段階

表1 エコフィード配合とその材料および市販の配合飼料の可消化養分
総量（TDN）および粗タンパク質（CP）含有率

	TDN（乾物中％）	CP（乾物中％）
繁殖雌牛用エコフィード配合	68.8	22.0
肥育牛用エコフィード配合	79.9	19.4
豆腐粕サイレージ	85.2	25.3
ミカンジュース粕サイレージ	77.8	7.9
麦茶粕サイレージ	64.3	15.4
ウメ種子（破碎）	26.1	5.7
ダイズ皮	93.2	33.4
チョコレート	100.0	4.5
緑茶粕サイレージ	59.8	25.6
大麦	77.9	10.4
乾燥麦茶粕サイレージ	64.2	15.7
醤油粕	89.7	23.8
大豆（破碎）	94.7	39.9
繁殖雌牛用配合飼料（市販）	75.0	19.3
肥育牛用配合飼料（市販）	78.8	15.2