

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月20日現在

機関番号：82111

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22780247

研究課題名（和文） LCAを用いた肉用種繁殖牛の放牧新技術に関する環境影響評価

研究課題名（英文） Life cycle assessment of the new technologies for grazing management in beef cow-calf system

研究代表者

堤 道生（TSUTSUMI MICHIO）

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・近畿中国四国農業研究センター・畜産草地・鳥獣害研究領域・主任研究員

研究者番号：70373248

研究成果の概要（和文）：放牧を導入した肉用牛繁殖システムに関する環境影響評価を、LCAの手法を用いて行った。耕作放棄地放牧は舎飼と比較して環境影響が小さかった。舎飼管理下にある中国地域の肉用種繁殖牛全頭を周年放牧（春～秋：耕作放棄地、冬：野草地）へ移行させると、年あたりの温室効果ガス発生量、酸性化ポテンシャル、富栄養化ポテンシャル、エネルギー消費をそれぞれ、12,355 (t CO<sub>2</sub> eq)、210 (t SO<sub>2</sub> eq)、26.7 (t PO<sub>4</sub> eq) および93.1 (TJ) 低減できる。

研究成果の概要（英文）：Environmental impact assessment for beef cow-calf systems with grazing was conducted using the procedure of LCA. The environmental impacts of the system with grazing on abandoned cultivated lands were evaluated to be smaller than those of the housing system. If all beef cows under the housing system in the Chugoku region are changed to be managed with the yearlong grazing system (grazing on abandoned cultivated lands in spring to autumn, and on semi-natural grasslands in winter), 12,355 (t CO<sub>2</sub> eq) of greenhouse gas emission, 210 (t SO<sub>2</sub> eq) of acidification potential, 26.7 (t PO<sub>4</sub> eq) of eutrophication potential and 93.1 (TJ) of energy consumption will be reduced in an year.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：畜産学・獣医学、畜産学・草地学

キーワード：環境、畜産学、草地学、ライフサイクルアセスメント

## 1. 研究開始当初の背景

飼料を外部からの購入で賄ういわゆる「加工型畜産」は畜産の盛んな地域において土壌・水質汚染などの深刻な環境問題を引き起こしている。また、飼料の多くを輸入に頼る現状は、地球温暖化ガス排出量の増大を助長

するものと考えられる。これに対して、循環型あるいは低投入型の畜産システムの導入や未利用資源の活用により環境への影響を低減した持続可能な畜産への転換が提唱されている。一方、我が国の食料自給率（供給熱量ベース）は平成19年の時点で40%と低

い水準にあり、主に食料の安定供給の観点から問題視されている。その中でも、畜産物の自給率は輸入飼料による生産部分（51%）を除くとわずか16%に留まっており、全体の自給率を押し下げる原因となっている。これを受けて、農林水産省は食料自給率を10年後に50%とすることを目標として、飼料自給率の向上を含む様々な取り組みを行っており、耕作放棄地や水田裏作など未利用地の有効活用の占める役割は大きい。

牛群の飼養においては、放牧を取り入れることにより糞尿処理が不要となり、また飼料自給率の向上などから環境負荷の低減が図れるものと考えられる。さらに、最近、環境影響の低減および飼料自給率の向上に向けた、主に肉用種繁殖牛の放牧飼養技術が以下に記すように開発中あるいは開発されている：耕作放棄地放牧、飼料イネの立毛放牧、ひこばえ（再生イネ）放牧、牛の南北移動による周年放牧。

## 2. 研究の目的

前述した放牧新技術（耕作放棄地放牧、飼料イネの立毛放牧、ひこばえ放牧および牛の南北移動による周年放牧）の導入は、未利用資源の有効活用、放牧による糞尿処理の不要化、粗飼料増産による飼料輸入の抑制などを経て環境影響の低減につながるものと考えられる。しかしながら、環境影響に関しての定量的な評価はこれまで行われておらず、地球温暖化、土壌・水質汚染などの環境影響低減に新技術の導入がどの程度寄与できるか不明である。環境影響の定量化を行い、この点を明らかにするためにはLCA（ライフサイクルアセスメント）手法を用いることがふさわしいと考えられる。そこで本研究では、上記の新技術を導入した肉用種繁殖牛の飼養システムについて、LCA手法を用いて、地球温暖化、酸性化、富栄養化およびエネルギー消費の面から環境影響評価を行う。さらに、中国地域を対象に、新技術導入の余地がどの程度あるか調べ、新技術を最大限導入した場合の地域全体としての環境影響低減効果を算出する。

## 3. 研究の方法

まず、放牧新技術（耕作放棄地放牧、飼料イネの立毛放牧、ひこばえ放牧、牛の南北移動）を導入した肉用牛繁殖システム、従来の飼養システムおよびこれらを組み合わせたシステムを仮定する。次に、LCA手法を用いて地球温暖化、酸性化、富栄養化およびエネルギー消費に関する環境影響評価を行うためのモデルのアウトフレームを、市場に出荷される子牛1頭を機能単位として構築する。そして、既存のデータを収集するとともに、耕作放棄地の牧養力（およびその変化）、耕

作放棄地放牧下での分娩間隔、ひこばえの再生量に関して調査を行うことにより、環境影響評価モデルのインベントリを構築する。さらに、中国地域を対象として、統計データから新技術導入の余地がどの程度あるか調べる。これらの結果を統合し、中国地域に新技術を最大限導入した場合における、現状の肉用牛繁殖システムと比較しての環境影響低減効果を地域全体として評価する。

## 4. 研究成果

(1) 山口県内の肉用牛繁殖農家に12軒について、飼養状況に関する調査を行い、舎飼のみの農家6軒、耕作放棄地での放牧を導入した農家5軒のデータを得た。残りの1軒については舎飼・放牧のどちらへも分類し兼ねたので解析から除外した。これらのそれぞれについてLCAによる環境影響評価を行い、舎飼および放牧それぞれの平均値を比較した。評価項目は、温室効果ガス発生量、酸性化ポテンシャル、富栄養化ポテンシャルおよびエネルギー消費とした。その結果、放牧を導入した農家では、温室効果ガス、酸性化、富栄養化、エネルギー消費のいずれの評価項目においても舎飼のみの農家の値を下回っていた（表1）。その低減幅は富栄養化ポテンシャルと酸性化ポテンシャルでそれぞれ25.7%と22.9%と大きかった。この要因は、富栄養化ポテンシャルでは放牧導入に伴うNH<sub>3</sub>排出量の低下、酸性化ポテンシャルでは飼料輸送量の減少によるNO<sub>x</sub>排出量の減少であった。また、温室効果ガスやエネルギー消費もそれぞれ19.0%および18.2%が放牧導入で低減されていた。このように、耕作放棄地への放牧の環境影響低減効果が示された。

一方、舎飼のみの農家の中には、上記で示した環境影響に関する値が放牧導入農家の値を下回るものもあった。このような農家では、副産物の利用や低水準の給餌量が見られた。今後このような視点から、放牧以外の飼養管理による環境影響低減についてさらに追究する必要があると考えられた。

表1. 舎飼のみの肉用牛繁殖農家（6軒）と耕作放棄地での放牧を導入した農家（5軒）のデータおよびLCAによるインパクト評価（出荷子牛1頭あたり）の結果（それぞれの平均値）。

	舎飼のみ	放牧
放牧期間（月／年／頭）	0.0	7.9
繁殖牛1頭あたりの産子数	10.0	11.9
分娩間隔（日）	391.9	384.6
飼料自給率（%）	43.3	56.6
インパクト評価結果		
温室効果ガス(kg CO <sub>2</sub> eq)	5423	4393
酸性化ポテンシャル(kg SO <sub>2</sub> eq)	48.6	37.5
富栄養化ポテンシャル(kg PO <sub>4</sub> eq)	6.00	4.46
エネルギー消費(GJ)	29.7	24.3

(2) 中国地域における飼料資源としてのひこばえ(再生イネ)の賦存量を推定するため、中国地域各地で調査を行った。その結果、収穫後のイネの再生量には、地域、イネの品種、収穫時期などにより値に大きなばらつきがあることが分かり、ひこばえ賦存量の正確な推定は困難と考えられた。一方、調査地の中で最も寒冷であり、再生量が最低であった島根県飯南町赤名でも、稲刈り後の再生量は  $52 \text{ g m}^{-2}$  であった。仮に中国地域全体での平均値がこの程度であったとしても、中国地域の肉用種繁殖牛全頭(27,060頭)をひこばえが利用可能な期間である2ヵ月程度飼養するために十分な飼料資源としてのひこばえが賦存すると考えられた。

耕作放棄地や野草地について、長期間にわたり牧養力を維持することが示唆され、また、中国地域の肉用種繁殖牛全頭を長距離移動なしに飼養可能な面積があると推定された。さらに、イタリアンライグラス草地の造成による水田裏作の放牧利用についても検討した結果、同様に十分な面積があることが明らかとなった。

これらのことや前述のLCAの結果から、中国地域に賦存する未利用地の豊富な飼料資源の活用による環境影響低減の可能性が示唆された。

(3) 肉用牛繁殖システムの環境影響を可能な限り低減するための飼養管理法について検討を行った。飼料イネの立毛放牧は、本課題の研究期間中に発表された先行研究により、環境影響の大幅な低減につながらないことが示されており、検討項目から除外した。耕作放棄地(野草地やひこばえも含む)を利用した季節放牧(放牧期間:春~秋の4.6ヵ月)と周年放牧(分娩前後6ヵ月以外は放牧)についてLCAによる解析を行い、これらに加え前述の舎飼のみのシステムに関する結果と比較した。周年放牧については、冬季の放牧地へ片道75kmの牛の輸送を伴うものと仮定し、冬季の放牧地を野草地(以降、周年・野草)、牧草地(水田裏作イタリアンライグラス草地、以降、周年・牧草)およびこれらの併用(以降、周年・野草牧草)とした場合について検討した。評価項目には、温室効果ガス発生量、酸性化ポテンシャル、富栄養化ポテンシャル、エネルギー消費に加え、LIME2(日本版被害算定型ライフサイクル環境影響評価手法)の統合化指標を用いた。

周年・野草が各評価項目で最も環境影響が小さいと評価され、季節放牧あるいは周年・野草牧草がこれに続いた(図1)。飼養システムを周年舎飼から周年・野草へ転換することで、温室効果ガス、酸性化、富栄養化、エネルギー消費およびLIME2統合化指標をそれぞれ、12%、23%、24%、17%および20%を低減で

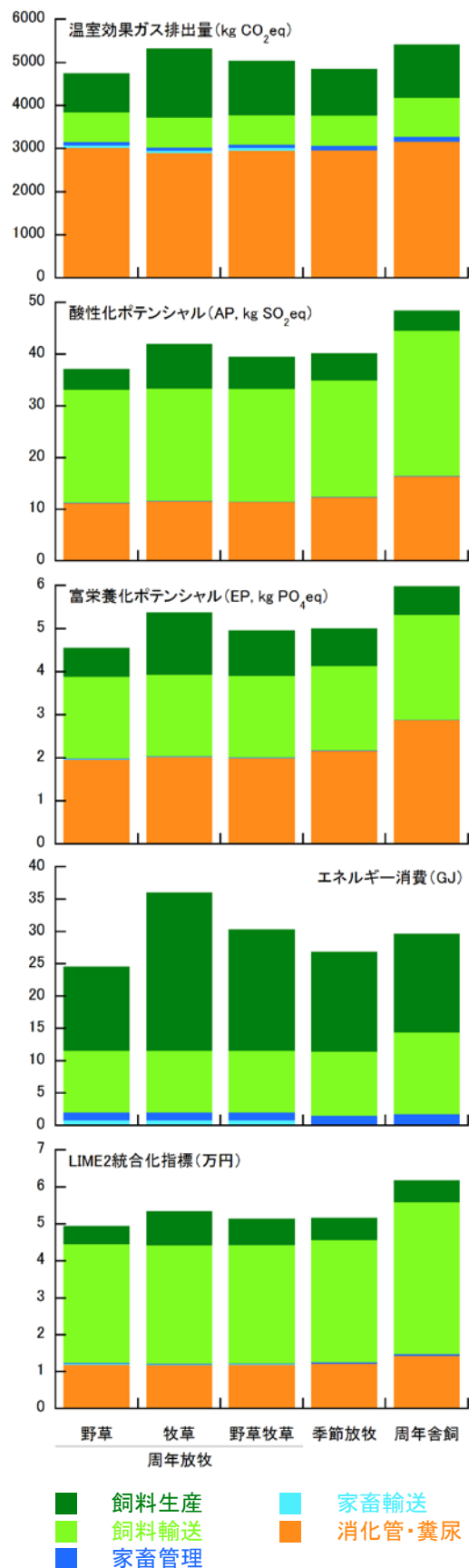


図1. 放牧モデルおよび周年舎飼(農家6軒の平均値)の肉用牛繁殖システムにおける出荷子牛1頭あたりの環境影響評価結果。

きる。また、飼養システムを周年舎飼から季節放牧へ転換することによっても、同様にそれぞれ10%、17%、16%、9%および16%を低減できる。周年・牧草は他の放牧システムと比較して環境影響が大きいと評価された。したがって、季節放牧から周年放牧への転換による環境影響低減効果は、冬季の放牧地として牧草地を利用する場合には高くないかあるいは負となると考えられた。ここでは冬季に放牧利用する牧草地として、イタリアンライグラス草地を、化成肥料の施用を伴って毎年造成することを仮定している。化成肥料を堆肥で代替することや、低投入の永年草地を利用することで、冬季の放牧地に牧草地を利用する場合の環境影響をある程度削減できるものと考えられる。舎飼はすべての項目で最も環境影響が大きいと評価された。一方、前述の通り、評価結果における各舎飼農家間のばらつきは大きく、舎飼の中で最も環境影響が小さいと評価された農家は周年・野草の値を下回っていた。

以上より、春～秋季の耕作放棄地の放牧利用に加え、冬季の放牧地として資源の投入を伴わない野草地を用いて放牧期間の延長を達成することで、標準的な舎飼いシステムと比較して最も大幅に環境影響が低減されることが示された。

(4) 前節の結果より、春～秋の耕作放棄地の放牧利用に加え、冬季の放牧地として野草地を利用することで、環境影響を最も大幅に低減できることが明らかとなった。また、前々節より、未利用地の飼料資源が、中国地域全体の肉用種繁殖牛全頭の飼養に十分であるほど豊富であることが示された。これらの結果を踏まえ、次のようなシナリオを想定し、前節で使用した評価項目における現状からの環境影響低減量を試算した：

シナリオ1：周年舎飼管理下にある中国地域の肉用種繁殖牛全頭(21,810頭)を周年放牧(冬季の放牧地：野草地)へ移行させる。

シナリオ1は環境影響低減の観点からは理想的であるが、やや実現性に欠けるため、下記のようなシナリオについても検討した：

シナリオ2：周年舎飼管理下にある中国地域の肉用種繁殖牛全頭を、耕作放棄地を利用した季節放牧へ移行させる；

シナリオ3：周年舎飼管理下にある中国地域の肉用種繁殖牛のうち半数を季節放牧、残り半数を周年放牧(冬季の放牧地：野草地)へ移行させる；

シナリオ4：周年舎飼管理下にある中国地域の肉用種繁殖牛全頭を周年放牧(冬季の放牧地：野草地およびイタリアンライグラス草地を半数ずつ)へ移行させる。

試算の結果、シナリオ1による現状からの環境影響低減量(年あたり)は、温室効果ガ

ス、酸性化、富栄養化、エネルギー消費およびLIME2統合化指標でそれぞれ、12,355(t CO<sub>2</sub>eq)、210(t SO<sub>2</sub>eq)、26.7(t PO<sub>4</sub>eq)、93.1(TJ)および2.30(億円)であった。このときの温室効果ガスの低減量は、わが国における農業部門からの年間排出量(2760万t)の0.045%に当たる。シナリオ2および3についても、シナリオ1と比較して各項目でそれぞれ55%–84%および77%–92%の環境影響低減効果が認められた。一方シナリオ4では温室効果ガス、酸性化、富栄養化において、シナリオ1と比較して57%–84%の環境低減効果が認められたが、エネルギー消費は13.0TJ増加すると推定された。

これらの試算値は今後、行政サイドが放牧の推進を図る際などに、環境影響の観点からの判断材料として活用できるものと期待される。

表2. 各シナリオにおける現状からの環境影響低減量(年あたり)の試算.

	シナリオ			
	1	2	3	4
GHG <sup>1</sup>	12355	10430	11393	7100
AP <sup>2</sup>	210	154	182	165
EP <sup>3</sup>	26.7	18.1	22.4	19.0
EC <sup>4</sup>	93.1	51.1	72.1	-13.0
LIME2 <sup>5</sup>	2.30	1.89	2.10	1.94

1温室効果ガス発生量(t CO<sub>2</sub>eq)

2酸性化ポテンシャル(t SO<sub>2</sub>eq)

3富栄養化ポテンシャル(t PO<sub>4</sub>eq)

4エネルギー消費(TJ)

5統合化指標(億円)

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計6件)

(1) 堤道生、広域連携周年放牧を導入した肉用牛繁殖システムのLCA、システム農学会、2012年11月3日、信州大学(上伊那郡南箕輪村)

(2) 堤道生、耕作放棄地への放牧を導入した肉用牛繁殖システムのLCA：舎飼システムとの比較、日本草地学会、2012年8月29日、酪農学園大学(江別市)

(3) 堤道生、耕作放棄地で放牧牛が摂取する野草の飼料価値の推定、日本草地学会、2012年8月29日、酪農学園大学(江別市)

(4) 堤道生、耕作放棄地の持続的な放牧利用、日本草地学会、2012年8月28日、酪農学園大学(江別市)

(5) 堤道生、放牧を導入した肉用牛繁殖システムのLCA：舎飼いシステムとの比較、日本LCA学会、2012年3月8日、東京理科大学(野田市)

(6) 堤道生、LCAを用いた耕作放棄地への放牧導入による環境影響低減効果の試算、システム農学会、2010年11月7日、関西学院大学（西宮市）

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

堤道生 (TSUTSUMI MICHIO)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・近畿中国四国農業研究センター・畜産草地・鳥獣害研究領域・主任研究員  
研究者番号：70373248