

令和元年6月12日現在

機関番号：32607

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K08010

研究課題名(和文)循環型肉牛生産方式(有機畜産)は何年続けられるか：養分フローとLCA解析

研究課題名(英文) Possible years maintained by completely organically management in beef farm in Hokkaido; by analysis of N flow and LCA.

研究代表者

寶示戸 雅之(Hojito, Masayuki)

北里大学・獣医学部・教授

研究者番号：50355088

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：循環型畜産・有機管理で牛肉を生産する八雲牧場において、窒素フロー解析を行った。220haの土壤に1952tが蓄積され、牧草生育に14.3tが使われ、その6割・8.6tがクローバの固定に依存した。牛体に3.3t、堆肥散布が15.7tであった。系外からの投入窒素は沈着2.8t、副資材1.7tであり、出荷牛として1.4tが排出された。その結果、窒素収支は8.6tの余剰であった。持ち出される養分量と土壤中の養分蓄積量から求めた維持年限はリンが最も短く、57年であった。八雲牧場の環境影響は、有機的管理導入前、導入後ともに、酸性化、富栄養化への影響およびエネルギー消費において、慣行システムの値を下回った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

完全な有機畜産を実践している事例が全くない現状で、グラスフェッドビーフを実用生産している牧場の養分フローを明らかにし、クローバの固定窒素が非常に有効に働いていることを示し、さらに牧場の窒素収支がわずかな余剰窒素を発生していることがわかったことから、少なくとも化学肥料を全く施用せずとも、窒素については消費型ではないことを明らかにした意義は、極めて実用的な価値が高い。さらにこの方式でも土壤に蓄積した養分を使い続けることで、最初にリンが枯渇までに57年もかかることから、この方式の持続性を明らかにした意義は高い。さらにLCAによるエネルギー消費量の低下は、環境保全への貢献を裏付けるものである。

研究成果の概要(英文)：N analysis was done in an organically managed beef farm in Hokkaido. N stock in soil was 1952t. Grass growth uptake 14.3t N, which included 8.6t of clover-fixed N. Livestock contained 3.3t N, Composted manure spreaded 15.7t. Input flow were; 2.8t of deposition, 1.7t of bedding material, and output flow were; 1.4t of meat production, 3.1t of ammonia volatilization, the balance was +8.6t. Comparing the nutrient outflow and nutrient stock in the soil, P was the most critical nutrient but which can be maintained upto 57 years.

Both the organic and non-organic Yakumo Beef production systems had much smaller impacts on acidification, eutrophication, and energy consumption than the conventional system. The impact on global warming associated with the organic system was equivalent to the conventional system, whereas for the non-organic system it was greater than for the conventional system. Generally, the exclusion of the process of feed transportation reduced the environmental impacts.

研究分野：草地土壌

キーワード：有機的管理 循環型畜産 養分フロー 窒素収支 アンモニア グラスフェッドビーフ LCA

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

わが国の農業は狭小な面積で多くの肥料を与え高い収量を得る集約農業が主体である。畜産業においても輸入飼料に依存した乳肉生産が主流であり、その結果、国レベルでの窒素収支は輸入過剰で、多くの余剰窒素を発生している(寶示戸ら 2003)。これを是正するために、輸入飼料に依存しない、つまり自給飼料に立脚した乳肉生産が重要である。

北里大学獣医学部附属フィールドサイエンスセンター八雲牧場(以下、八雲牧場)では 2005 年以来、化学肥料と農薬を一切使用しない、いわゆる有機的な手法で草地を管理し、肉牛(北里八雲牛)を生産している。系外からの物資の投入は行わず、自家生産された堆肥と放牧で草地管理を行っている。この方式はわが国の一般的な牛肉生産方式の対極にあるもので、つまり輸入飼料を使わず、化学肥料と農薬も使用しないので、明らかに環境保全的であり、食料自給に貢献する。すでに 10 年以上にわたり肉牛生産を続け、2010 年には畜産分野で初の有機 JAS 認証を獲得し、2011 年にはわが国で初の有機牛を出荷するなど、特色を PR しながら、収益を上げること成功している。したがって、八雲牧場は今後のわが国の畜産のあり方を示す良いケーススタディである。

しかし、わが国では、有機的管理の自家生産飼料と放牧で肉牛を生産する意義の、科学的検証は行われていない。たとえば、この生産方式における養分フローのうち、窒素について予備調査を行ったところ、巨大な土壌窒素プールを基盤とし、循環する窒素量はプールの数パーセント以内であることがわかった。この系における系外からの投入窒素は大気沈着とマメ科牧草による窒素固定であるが、現時点でその寄与割合は不明である。さらに、系外から一切の養分投入を行わずに生産を続ける有機畜産方式では、いずれ養分が枯渇して生産量が縮小する懸念が残される。一方、この牧場では夏山冬里方式による放牧を中心とした飼養管理を行い、その結果、赤身の特色ある牛肉が生産されているが、実際に出荷される肉牛生体による養分フローは未解明である。他方、別途行った LCA 解析の結果、有機的管理により飼料生産にかかる環境負荷が明らかに低減していることもわかった(堤ら 2015)。

2. 研究の目的

以上のことを背景に、(1) 草地生態系全体の養分(C、N、P、K、Ca および Mg など多量要素)のフローとストック、(2) 肉牛出荷に伴う養分フロー、(3) 自然沈着に伴う養分流入、の各視点から、有機的管理牧場全体における養分フローを明らかにし、制限養分を特定した上で、完全な資源循環型・有機畜産体系による肉牛生産システムの維持年限を明らかにすることを第一の目的とした。

さらに、有機的管理導入前後の北里八雲牛生産システムおよび慣行肉用牛生産システムの環境影響評価をライフサイクルアセスメント(LCA)の手法を用いて行い、これらの結果を比較した。

3. 研究の方法

有機的管理草地の養分フロー

草地生産においては、対象草地を 220ha の放牧地・採草地とし、次の項目を解析する。

- (1) マメ科牧草による窒素固定量の評価：クローバ引き抜き法(後述)により、クローバ植生割合と固定量の関係を明らかにし、これを元に牧場全体での窒素固定量を明らかにする。
- (2) 草地生産に伴う養分フロー評価：牧草生産量と養分濃度情報から草地生産に連動する養分フローを明らかにする。
- (3) 草地土壌の養分ストック解明：すべての草地の土壌養分ストック量を、0-30cm 土層を対象に明らかにする。

有機的管理草地を基盤に夏山冬里方式で生産される北里八雲牛生体の養分フロー解析

- (1) 出荷牛(年間約 40 頭)について、枝肉および主用骨の養分分析を行い、生体出荷に伴う養分フローを明らかにする。解剖実験を利用した、より精度の高い部位別養分濃度測定を行う。

自然沈着による投入養分量の評価

- (1) 湿性沈着量の観測：バルクサンプル法により評価する。
- (2) 乾性沈着量の推定：大気アンモニア濃度実測とインファレンシャル法を併用して評価する。

沈着量と出荷量を含む牧場全体の養分フロー解析

上記で求めた草地生産量と堆肥散布量、出荷する牛生体の養分濃度、窒素沈着量の実測値を用いて、牧場における養分(C、N、P、Ca、Mg および K)の流れ(フロー)を明らかにする。これに対する土壌ストック量から、完全資源循環型・有機的管理による牧場システムにおける制限養分を特定し、維持年限を明らかにする。本試験で実測できないアンモニア(NH₃)および一酸化二窒素(N₂O)による損失は、別途、文献値によるモデル計算で補完する。

有機的管理牧場システムの LCA 解析

八雲牧場における去勢雄牛（日本短角種および短角系雑種）生産について、有機的管理導入以前（1997-2004年；非有機）および以後（2006-2013年；有機）のそれぞれを評価の対象とした。また、北里八雲牛と出荷体重の近い褐毛和種去勢雄牛の慣行生産を比較の対象とした。機能単位は枝肉重量1kg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。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とした。

4. 研究成果

有機的管理草地の養分フロー

マメ科牧草引き抜き法により、マメ科率と窒素固定量の関係を求めた（Fig1）。これを用い八雲牧場全体におけるマメ科窒素固定量は2.6t（5年平均値）と見積もった。

さらに、待機中アンモニア濃度と雨水の全窒素濃度から沈着量を2.8tと見積もった（Fig.2,3）。

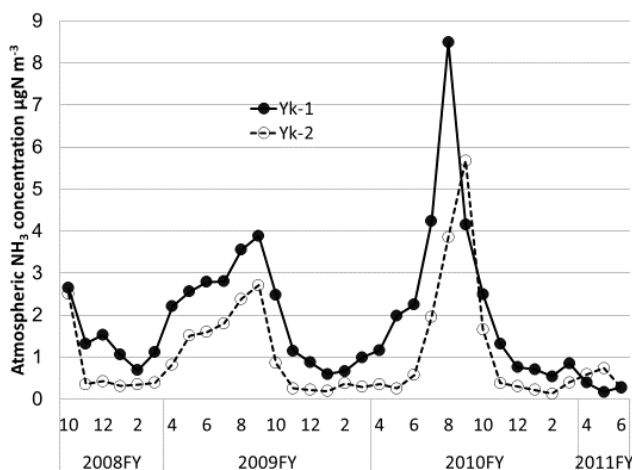


Fig.2 Atmospheric ammonia concentration on Yakumo Farm, 2008-2011

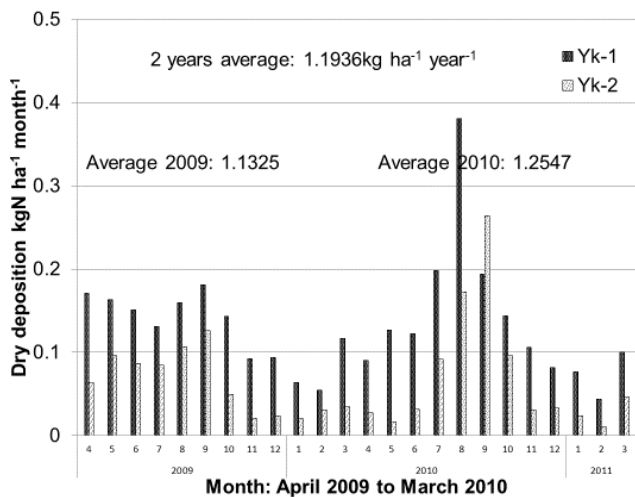


Fig.3 Monthly ammonia dry deposition on Yakumo Farm, 2009-2010.

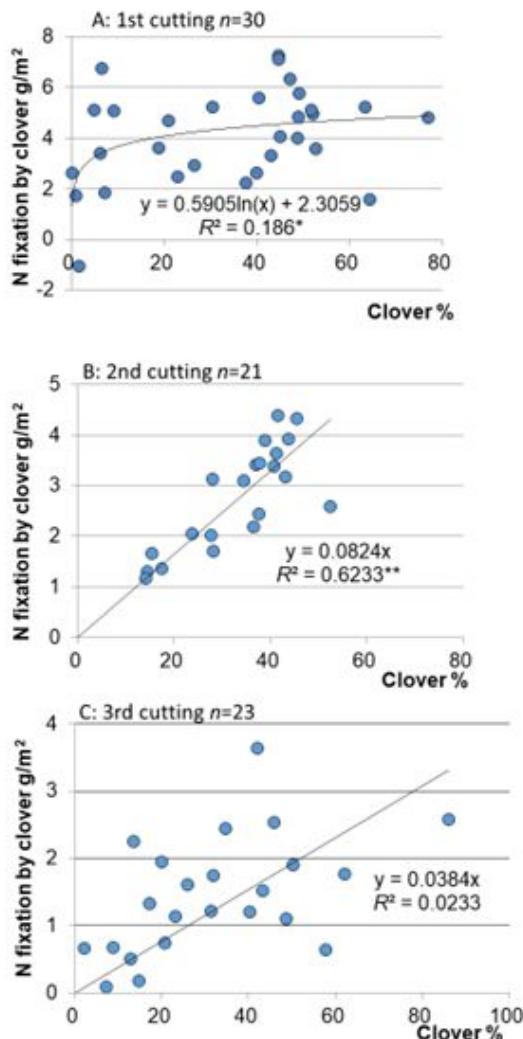
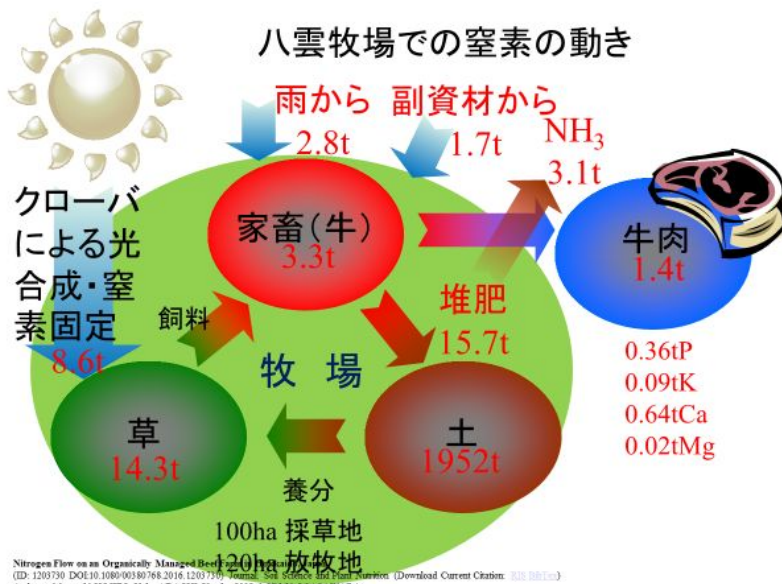


Fig.1 N fixation by clover in 2012

この他に、排泄ふん尿から堆肥を介して草地に施用される窒素として15.7t、堆肥生産過程から3.1tがアンモニアとして揮散すると推定された。牧草生産に用いられるのが14.3tであり、上記のマメ科牧草固定窒素はこの6割に当たることがわかった。250頭の家畜には3.3tの窒素がプールされ、出荷されるのが1.41tに相当し、土壌には全窒素として1912tという膨大なプールが形成されていた。全体の窒素収支は5年平均で2.6t（38kg/ha）の余剰窒素を残した

出荷に伴う養分アウトフローは0.36tP、0.09tK、0.64tCa、0.02tMgと見積もられた。このうち土壌の保持する養分量を、土壌分析値から割返したところ、最も養分量が枯渇するのが早いものがリン（P）であり、57年であった。他の養分はカルシウムで469年、マグネシウム2600年、カリで341年であった。

このように、八雲牧場の土壌には十分量の窒素、リン酸、カリ、カルシウム、マグネシウムが蓄積されているため、クローバによる窒素固定8.6tも手伝い、窒素については蓄積傾向にあり、他の養分についても少なくとも50年は補給なしで営農が継続できることが明らかとなった。



Av-P 20.6t・・・57years
Ex-Ca: 300・・・469 years
Ex-Mg: 52t・・・2600 years
Ex-K: 30.7t・・・341 years

図 補給せずに継続できる年数

Nitrogen Flow on an Organically Managed Beef Farm in Hokkaido, Japan
(ID: 1203730 DOI:10.1080/0013787.2016.1203739) Journal of Cleaner Production (Download Current Citation: 828 88[1])
Authors: Masayuki HOJITO, Yoko ADACHI, Yurika ONO & Hidetsi OCHIAIWARA

図 八雲牧場の養分フロー（5年平均値）

有機的管理牧場システムのLCA解析

八雲牧場の去勢雄牛生産に係る環境影響は、有機的管理導入前、導入後ともに、酸性化、富栄養化への影響およびエネルギー消費において、慣行システムの値を下回る（図）。気候変動への影響において、有機的管理導入後の値は慣行と同等であるものの、有機的管理導入前の値は慣行を上回る。有機的管理導入によりエネルギー消費が大幅に削減されており、これには化学肥料の施用中止が寄与している。

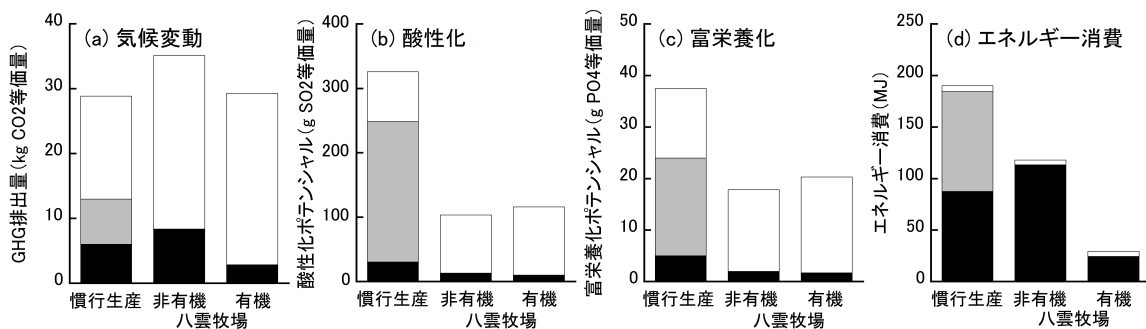


図 八雲牧場（有機的管理導入前後：それぞれ非有機および有機）で生産された肉用牛の枝肉重量 1 kg あたりの環境影響
：飼料生産段階、：飼料輸送段階、：その他（消化管活動や排泄物およびその処理など）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Tsutsumi, M., Ono, Y., Ogasawara, H. and Hojito, M. (2018.01) Life-cycle impact assessment of organic and non-organic grass-fed beef production in Japan. Journal of Cleaner Production, 172, 2513-2520. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.11.159 (査読有)

〔学会発表〕(計 3 件)

1. M.Hojito (2017.9) Nitrogen flow on an organically managed beef farm in Hokkaido. RAMIRAN meeting 2017, Wexford, Ireland.
2. M.Hojito (2017.7), Nitrogen flow in an organically managed beef farm in Hokkaido. Rycycle Expo 2017, Rome, Italy.
3. 堤道生・小野 泰・小笠原英毅・寶示戸雅之 (2017.03) 有機的管理による国産グラスフェッドビーフの環境影響評価. 第11回日本LCA学会研究発表会, つくば, 講演要旨集,

p. 242-243.

堤 道生 (2018.06.19) 有機畜産(八雲牧場)の LCA 解析. 平成 30 年度循環型畜産研究会報告会, 十和田, p. 3-4. (基調講演)

[その他]

ホームページ等

堤 道生・中村好徳・金子 真・林 義朗・山田明央・小林良次・竇示戸雅之・小笠原英毅・小野 泰 (2019.03) 自給粗飼料による肉用牛生産システム導入で環境影響を低減できる. 研究成果情報

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 堤 道生

ローマ字氏名: Michio Tsutsumi

所属研究機関名: 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構

部局名: 西日本農業研究センター 畜産・鳥獣害研究領域

職名: 上級研究員

研究者番号(8桁): 70373248

(2) 研究協力者

研究協力者氏名:

ローマ字氏名:

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。