

氏名	リエラ アサコ リエラ 麻子
本籍（国籍）	東京都
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	連研第750号
学位授与年月日	令和元年9月25日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当課程博士
研究科及び専攻	連合農学研究科 生物生産科学
学位論文題目	<b>Study on the integrated evaluation of environmental impacts resulting from the agricultural and livestock industries（農畜産業による環境影響の統合的評価に関する研究）</b>
学位審査委員	主査 築城 幹典（岩手） 副査 杉山 修一（弘前 教授）,松山 裕城（山形 准教授）,折笠 貴寛（岩手 准教授）

### 論文の内容の要旨

This study would like to focus on the integrated evaluation of agricultural environment from farm, region to country. This study based on the Japanese cases, and Ecuador located in Latin America.

Environmental impacts of dairy production including different types of self-supplying feed production systems were evaluated by Life Cycle Assessment (LCA) method according to “Agricultural Production Technology Systems” created by Hokkaido and Iwate Prefecture in Japan. Four types of self-supplying feed production in Hokkaido and two types in Iwate were analyzed according to three types of fertilizer application such as chemical fertilizer, compost and slurry application, respectively. These results were included into environmental impact assessment of dairy productions which consists of four types of production scales in Hokkaido and two types in Iwate. As environmental impacts, global warming load, acidification load and eutrophication load were evaluated. Furthermore, Life cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling 2 (LIME2) was used for integrated estimation in order to find the economic damage amount in total. The results showed that the environmental impact of dairy production was lower in the types of organic fertilizer use, even though the impact was higher in the case of self-supplying feed production itself. Large scale production systems had a lower environmental impact. The result of integrated environmental impact by LIME2 showed that the acidification load by  $\text{NH}_3$  had the highest contribution in the amount of economic damage.

The nitrogen balance per agricultural activity, including livestock production, was estimated based on the soil surface balance of farmland in Japan. The balance was calculated from nitrogen inputs and outputs. Furthermore, the results were

shown using geographical information system (GIS) to visualize the differences of nitrogen inputs, outputs and balance according to municipalities. The nitrogen balance of all farmland in Japan was estimated to be annually 132.9 kgN/ha positive. Notably, mineral fertilizer application and livestock manure greatly contributes to a positive nitrogen balance. The nitrogen balance was significantly positive in the place many livestock production exist, and less in the place famous for the paddy rice cultivation. Therefore, improvement and monitoring of livestock manure management will be essential in terms of the consideration of nitrogen accumulation and contamination. Next study targeted Ecuadorian agricultural activities including livestock production to reveal the nitrogen balance of the whole country as well as each region. The nitrogen balance was estimated based on the soil surface balance of farmland. This results were also visualized by GIS. The nitrogen balance of all farmland in Ecuador was estimated to be positive. Notably, mineral fertilizer application greatly contributes to a positive nitrogen balance. The nitrogen balance was positive in the north coastal and Andean regions and negative in the central and south coastal regions. In the Andean region, the nitrogen balance may be lower than current results when factoring the influence of soil erosion.

As a consequence, the important factors to consider environmental impacts by agricultural production will be fertilizer application and livestock manure management if consider the improvement. The amount of nitrogen fertilizer application in Japan and Ecuador became almost same level by 2016 according to the FAO statistic. Ecuador is also required to manage the fertilizer application as same as Japan. To minimize environmental impacts from livestock manure, it is important to consider the circulation of resources as well as nitrogen. It is essential to circulate in same farm and region, however the circulation between crop production and livestock production area is also effective to make balance in the nation if it is difficult to make circulation in their farm and region due to land limitation. With this aspect, the imported feed use affect negatively to make balanced circulation because the imported nitrogen never carry out as livestock manure. Moreover, imported feed consume a lot of fossil fuel in transportation, which cause of massive greenhouse gas emission. European countries tend to be high amount of livestock manure due to intensive farming, interestingly their rate of organic agriculture is also high. Although organic agriculture is not limited the amount of fertilizer application, the amount should also be consider to minimize environmental impacts. To promote sustainable production by minimizing environmental impacts from agricultural activities in order to contribute to sustainable development goals (SDGs), countermeasures and recommendation according to this study will be; 1) The development of nitrogen circulation system between crop and animal production, 2) Adaptation of the efficient methods according to production scale, 3) Establishment of act to control nitrogen management, 4) Promote consumer's awareness by indicating the level of environmental impacts from production, 5)

Promote monitoring and investigation of nitrogen balance in developing countries too.

## 要旨和訳

本研究では、日本およびエクアドルにおける、農場、地域から国レベルまでの農業環境の総合的な評価について検討を行った。

北海道と岩手県が作成した「農業生産技術体系」に準拠したライフサイクルアセスメント（LCA）によって、異なる種類の自給飼料生産システムを含む酪農生産の環境影響を評価した。化学肥料、堆肥およびスラリー施用の3種類の施肥を含む北海道の4種類の自給飼料生産と岩手の2種類の自給飼料生産を分析した。これらの結果は、北海道の4種類の生産規模と岩手の2種類の生産規模からなる酪農生産の環境影響評価に用いた。環境影響として、地球温暖化負荷、酸性化負荷、富栄養化負荷を評価した。さらに、経済的被害額を算定するために、LIME2を用いて統合評価を行った。その結果、自給飼料生産の方が環境影響は大きかったが、酪農生産の環境影響は有機肥料の使用においてより低いことが示された。大規模生産システムは環境への影響が少なかった。LIME2による総合的な環境影響の結果は、 $\text{NH}_3$ による酸性化負荷が経済的被害の量において最も高い貢献をしていることを示した。

家畜生産を含む農業活動あたりの窒素収支を、日本の農地の土壌表面収支に基づいて推定した。収支は窒素投入量と排出量から計算された。さらに、結果は地理情報システム（GIS）を使用して、各市町村による窒素の入力、出力およびバランスの違いを視覚化して示した。日本のすべての農地の窒素収支は、年間  $132.9 \text{ kgN} / \text{ha}$  であると推定された。特に、無機肥料と家畜糞尿の施用は、プラスの窒素収支に大きく貢献していた。窒素収支は、多くの家畜生産が存在する場所では有意にプラスであり、水稻栽培のさかんな場所では少なかった。したがって、家畜糞尿管理の改善とモニタリングは、窒素の蓄積と汚染を考慮するという点で不可欠であろう。

家畜生産を含むエクアドルの農業活動を対象とし、国全体および各地域の窒素収支を明らかにした。窒素収支は農地のサーフェスバランスに基づいて推定した。この結果はGISによって視覚化した。エクアドルのすべての農地の窒素収支はプラスと推定された。特に、ミネラル肥料の施用は、プラスの窒素バランスに大きく貢献していた。窒素収支は、北部沿岸地域とアンデス地域ではプラスであり、中部および南部沿岸地域ではマイナスであった。アンデス地域では、土壌侵食の影響を考慮すると、窒素収支は現在の結果よりも低くなる可能性がある。

結果として、農業生産による環境への影響を考慮するための重要な要素は、肥料施用と家畜糞尿管理であると考えられる。FAOの統計によると、日本とエクアドルの窒素肥料の施用量は、2016年までにほぼ同じレベルになった。エクアドルも日本と同様に施肥管理を義務付けられている。家畜の糞尿による環境への影響を最小限に抑えるためには、窒素などの資源の循環を考慮することが

重要である。同じ農場や地域を循環することが不可欠であるが、土地の制限により農場内や地域を循環することが困難な場合は、農作物生産と畜産生産地域間の循環も国内の均衡を保つために有効である。輸入された窒素は、系外からの持ち込みとなり、輸入された飼料の使用はバランスのとれた循環を作るために悪影響を与える。さらに、輸入飼料は輸送中に大量の化石燃料を消費するため、大量の温室効果ガス排出が発生する。ヨーロッパ諸国は集約的な農業のために大量の家畜糞尿が発生する一方、有機農業の割合も高い。有機農業は施肥量を制限するものではないため、環境への影響を最小限に抑えるためにその量も考慮する必要がある。持続可能な開発目標（SDGs）に貢献する持続可能な農業生産を促進するためには、1) 作物と家畜の生産の間の窒素循環システムの開発、2) 生産規模に応じた効率的な方法の採用、3) 窒素管理方法の確立、4) 環境影響のレベルを示すことによる消費者の意識向上、5) 途上国における窒素収支の監視と調査が必要である。

## 論文審査の結果の要旨

本研究では、日本およびエクアドルにおける、農場、地域から国レベルまでの農業環境の総合的な評価について検討を行った。

北海道と岩手県が作成した「農業生産技術体系」に準拠したライフサイクルアセスメント（LCA）によって、異なる種類の自給飼料生産システムを含む酪農生産の環境影響を評価した。その結果、自給飼料生産の場合の方が環境影響は大きかったが、酪農生産の環境影響は有機肥料の使用においてより低いことが示された。大規模生産システムは環境への影響が少なかった。LIME2による総合的な環境影響の結果は、NH<sub>3</sub>による酸性化負荷が経済的被害の量において最も高い貢献をしていることを示した。

家畜生産を含む農業活動あたりの窒素収支を、日本の農地の土壌表面収支に基づいて推定した。日本のすべての農地の窒素収支は、年間 132.9 kgN / ha であると推定された。特に、無機肥料と家畜糞尿の施用は、プラスの窒素収支に大きく貢献していた。

家畜生産を含むエクアドルの農業活動を対象とし、国全体および各地域の窒素収支を明らかにした。窒素収支は農地のサーフェスバランスに基づいて推定した。この結果はGISによって視覚化した。エクアドルのすべての農地の窒素収支はプラスと推定された。特に、ミネラル肥料の施用は、プラスの窒素バランスに大きく貢献していた。

結果として、農業生産による環境への影響を考慮するための重要な要素は、肥料施用と家畜糞尿管理であることが明らかとなった。持続可能な開発目標（SDGs）に貢献する持続可能な農業生産を促進するためには、1) 作物と家畜の生産の間の窒素循環システムの開発、2) 生産規模に応じた効率的な方法の採用、3) 窒素管理方法の確立、4) 環境影響のレベルを示すことによる消費者の意識向上、5) 途上国における窒素収支の監視と調査が必要であることが示

された。

このように、本研究では日本およびエクアドルにおける、農場、地域から国レベルまでの農業環境の総合的な評価について検討を行い、その問題点を明らかとした。

本審査委員会は、「岩手大学大学院連合農学研究科博士学位論文審査基準」に則り審査した結果、本論文を博士（農学）の学位論文として十分価値のあるものと認めた。

#### 学位論文の基礎となる学術論文

1. リエラ麻子, 日野澤義子, 築城幹典 (2018)  
さまざまな生産体系の酪農における環境影響の比較  
システム農学 34(2) : 29-40
2. Riera A. and M. Tsuiki (2019)  
The estimation of nitrogen balance from agricultural activities in  
Ecuador  
Journal of Agricultural Development Studies 30(2)  
(掲載証明付)