



# A study of mechanisms of biodiversity declines due to land-use changes in agricultural ecosystems

Uchida, Kei

---

(Degree)

博士 (理学)

(Date of Degree)

2014-09-25

(Date of Publication)

2016-09-25

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第6255号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1006255>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



(別紙様式4)

## 論文内容の要旨

氏名 内田圭  
専攻 人間環境学  
指導教員氏名 丑丸 敦史

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

A study of mechanisms of biodiversity declines due to land-use changes in agricultural ecosystems

(農業生態系における、土地利用形態の変化が引き起こす生物多様性低下のメカニズムに関する研究)

### 論文要旨

#### ■はじめに

伝統的な人為管理により維持されてきた農業生態系(半自然草原や里山林を含む二次的自然)は、世界的にみても生物多様性の高い生態系のひとつであり、日本においては国土の約40%を占める。しかし20世紀以降、管理放棄や集約的農業にともなう土地利用形態の変化により、生物多様性は世界各地で急激に減少している。日本でも、半自然草原の面積は1900年代初頭には約500万haであったが、2005年時では43万ha(国土の約1%)にまで減少しており、生物多様性の減少が最も危惧される生態系となっている。

農地は、農産物を生産する機能だけでなく、生物多様性を維持する機能も有している。特に農地の辺縁部は、管理・土地利用・景観構造などが影響を及ぼす複雑で多様な生態系であり、縁部の半自然草原には多くの生物が生息している。例えばヨーロッパでは、農地の辺縁部はfield margin, field edge, field boundaryなどとよばれ、オランダやドイツにおける生物種多様性の高さ、生物の逃避場所としての重要性などが報告されている。

しかしながら、世界的に土地利用の変化や耕作放棄などは、農業生態系における生物多様性を減少させていることが報告されつつあり、日本においても生物多様性の減少が危惧されるようになった。2011年における日本全体の水田畦畔の面積は、約14万ha(総務省の政府統計)にあたる。山地の半自然草原の面積が減少するなかで、草原生生物の多様性維持にとって畦畔の半自然草原はさらに重要性が高くなるものと考えられる。しかし、生物多様性の高い日本の水田畦畔は、土地利用形態の変化(圃場整備や耕作放棄)によって面積が減少するとともに、多様性は減少し種組成は急激に変化していることが危惧されるようになってきた。

畦畔草原は、植物だけでなく動物の生息空間としても重要であると考えられるが、日本において畦畔草原における植物と動物との関係あるいは動物同士の関係を明らかにし、多様性の成立、減少要因について明らかにした研究は非常に少ない。

(氏名 内田 圭 , No. 1 )

#### ■目的

人の手により維持されてきた半自然草原は、生物多様性が非常に高い生態系である。しかし、人間活動様式の変化により、植物や植食性昆虫を含む生物多様性は急激に減少しつつある。半自然草原の生物多様性を保全する為には、多様性の減少をもたらす要因を解明することが最重要である。これまで、土地利用形態と植物・植食性昆虫の多様性の関係については調査報告されているが、多様性が減少するメカニズムについては解明されていない。そこで本研究は、植物群集の多様性減少・種組成変化が、植食性昆虫群集の多様性減少・種組成変化を引き起こすメカニズムの解明を目的とした。兵庫県南東部は、伝統的営農地・集約的営農地・放棄地が同所的に存在し、伝統的営農地には希少種が多く生息していることから、本課題を解明するのに適した地域である。

#### 1, 問題点

生物多様性の減少メカニズムの解明が立ち後れている理由は、①因果関係にある生物群集を定量化することが困難であること、②減少メカニズムが生物群集ごとに異なる可能性があることにある。近年、植物群集の減少メカニズムの検証例が報告されたが、植食性昆虫群集の減少メカニズムに至っては未だほとんどわかっていない。

#### 2, 解決方策

生物多様性の減少メカニズムを解明するには、①群集組成の定量的把握と、②機能種群(同様の生態特性を持つもの)毎の減少・増加傾向とその決定要因の解明が必要である。本研究はこれまでにない緻密で規模の大きな現地調査により、植食性昆虫群集とその資源である植物群集について種多様性(質的)と個体数(量的)の変化を定量化し、機能種群ごとに解析することで問題点の解決を行う。

#### ■研究方法

植物多様性の定量: 兵庫県南東部(神戸市・三木市・三田市・宝塚市・猪名川町)の中山間地域の棚田において、管理様式(伝統的, 集約的, 放棄)の異なる半自然草原31地域124区画(一区画の面積は5m×50m)を選び、4月から9月の毎月、確認された植物の種数および開花した植物の花量を定量化した。

植食性昆虫多様性の定量: 植物調査と同一地区画で、チョウ群集を4-9月の年6回調査、バタ群集を8月中旬から9月末までの間に2回調査し、種数および個体数を定量化した。

植生構造の調査: 5-9月で6回、10mごとの植生高を計測した。

広域の景観要因の測定: GIS(ArcGIS9.3,ESRI)を用いて調査地周辺(0.5~2km以内)における土地利用(半自然草原面積・森林(アカマツ・コナラ林等)面積・人工地面積)を定量化した。

局所環境要因の測定: 局所的な光環境の指標として、トランセクト内に設置した15cm×15cmの方形区において地上部の植物体を刈り取り、地上部バイオマス(乾燥重量)を測定した。

人為攪乱の測定: 4-10月の毎月、調査地を訪れ草刈りの回数と時期を確認した。

#### ■解析

本研究では、プロットスケール( $\alpha$ 多様性)およびサイトスケール( $\beta$ 多様性)に着目し、

(氏名 内田 圭 , No. 2 )

ミクروسケールからマクروسケールでの多様性の低下を引き起こすであろう要因の関係を、定量化したデータから明らかにした。植物群集と植食性昆虫群集の因果関係を明らかにするため、それぞれの群集を機能群ごとにグループ化し、植食性昆虫の $\alpha$ 多様性および $\beta$ 多様性に影響を与える要因を、1、資源である植物、2、攪乱(年内の草刈り回数)、3、調査地周辺の景観要素であると仮説を立て、植物群集および植食性昆虫群集に及ぼす影響を一般化線形混合モデルで解析した。さらにそれぞれの種ごとに土地利用形態が変化することで、消失・減少・増加する傾向についてシミュレーションモデルを用いて解析した。

## ■結果

植物480種、チョウ類65種6615個体、バッタ類33種6180個体が確認された。本データを用いて解析を実施した。多年生植物、チョウ・バッタ群集の $\alpha$ 多様性は、伝統的営農地で最も多様だった。一方、一年生植物は、集約的営農地と伝統的営農地で種多様性が高く、放棄地では低かった。さらに攪乱は植物、植食性昆虫に影響を与えており、年2回ほどの草刈りで多様性は最大となった。本結果は、土地利用形態ごとの攪乱動態（草刈り頻度）の違いが群集組成に影響することを示唆する。周辺景観要素は植物に影響を与えていたが、植食性昆虫への影響は非常に小さかった。

チョウ群集とバッタ群集には植物の多様性が大きな影響を与えていたが、特に多年生植物の影響が大きいと考えられた。よって、半自然草原における植食性昆虫群集の多様性減少は、資源である多年生植物の多様性が変化と攪乱の頻度が要因であると考えられた。周辺景観は多様性へ与える影響は小さいと考えられたが、植物への影響を介したメカニズムが存在することが考えられた。さらに $\beta$ 多様性でも同様に伝統的営農地で最も高くなった。それらに影響を与えている要因は、植物へは攪乱が強く植食性昆虫へは植物の $\beta$ 多様性が支配的な要因であることが明らかとなった。種ごとの消失・減少の傾向については、伝統的営農地で個体数が少なかった種が土地利用形態の変化とともに消失することが明らかとなった。

## ■考察

本研究結果は、土地利用形態が変化することによって、植物および植食性昆虫の多様性はプロットスケールおよびサイトスケールにおいても減少していることを示した。結果から、伝統的な管理がその場の多様性を維持することが可能な攪乱動態を生み出していることを示唆している。チョウ類・バッタ類は植物に強く依存した種群であるため植物の多様性が重要であると考えられる。分類群ごとの種数が最大になる攪乱の回数が植物と植食性昆虫でほぼ一致していること、チョウ類では食草の種数が、バッタでは植物の種数が強く影響を与えている要因であると考えられることから上記の仮説を支持している。

よって、土地利用形態の変化は人間の管理動態を変化させることで、植物多様性に直接的に影響を与えており、その影響を通して植食性昆虫へ影響を与えている可能性がある。

種ごとの結果から、個体数の少ないものから消失する傾向が確認された。本結果は、人為のインパクトはある特定の種群や種特性へ影響を与えるよりも、より全体的に影響を与えていることを示唆したものである。生態系における捕食者群集などへの影響も今後の課題としたい。

(注) 3,000~6,000字 (1,000~2,000語) でまとめること。 (氏名 内田 圭 , No. 3)

論文審査の結果の要旨

氏名	内田 圭		
論文題目	A study of mechanisms of biodiversity declines due to land-use changes in agricultural ecosystems (農業生態系における、土地利用形態の変化が引き起こす生物多様性低下のメカニズムに関する研究)		
判定	合格・不合格		
審査委員	区分	職名	氏名
	主査	教授	丑丸 敦史
	副査	教授	榎本 平
	副査	教授	蝦名 邦禎
	副査	准教授	高見 泰興
	副査	農学研究科 准教授	杉浦 真治
要 旨			
<p>本博士論文は、農地の土地利用の変化(圃場整備および耕作放棄)が農地周辺の半自然草地における生物多様性を減少させるメカニズムを解明すること、それを踏まえ半自然草地における多様性保全に対して提言を行うことを目的としている。</p> <p>本論文は、摘要を含む5章構成で、序論(第1章)と個々の研究内容を示している第2章~4章と研究結果の総括を行う議論(第5章)、謝辞、引用文献から構成されている。</p> <p>序論では世界的に進行する生物多様性減少、特に半自然草地における土地利用変化に伴う生物多様性減少についての既往研究をレビューし、その多様性保全の重要性および多様性減少メカニズムに関する研究が十分でないことを述べている。</p> <p>2章では、兵庫県南東部の棚田における水田畦畔を対象に調査を行った結果から、単位面積あたりの植物・植食性昆虫の多様性が、伝統的棚田に比べて圃場整備棚田や耕作放棄棚田で有意に減少していること、この減少は土地利用の変化に伴う草刈り頻度の増加・減少とそれがもたらす多年生草本類の減少によって引き起こされていることを明らかにしている。また、植食性昆虫の多様性減少はランダムな種の絶滅(random loss)によって起こっている可能性が高いことを示している。</p> <p>3章では、同一の調査データから圃場整備や耕作放棄が棚田全体の時空間的不均質性の減少を引き起こすこと、そのプロセスを明らかにしている。</p> <p>4章では、圃場整備や耕作放棄が対象地域内のβ多様性を減少させていること、</p>			

そのメカニズムについてはランダムな種の減少、および極少数種の有占による可能性が高いことを明らかにした。

5章ではこれらの結果を総括し、本書博士論文のオリジナリティが、(1)圃場整備と耕作放棄による畦畔草地の多様性減少を草刈り頻度の変化、棚田周囲の景観変化、およびそれに伴う植物の多様性減少というメカニズムで統一的に説明できることを明らかにした点、(2)植食性昆虫の多様性減少はランダムな種の絶滅によるものである可能性があることを示した点にあり、これが世界的に見ても貴重な知見であることを述べている。さらにまとめとして、博士後期課程における野外研究から得られた全ての知見を基に棚田における半自然草地の保全に向けた提言を掲げ、博士論文としての哲学としている。

本博士論文は、阪神地区の30を超える棚田を2年間かけて徹底的に調べ上げ、圃場整備・耕作放棄に伴う植物・植食性昆虫の多様性減少を引き起こすメカニズムが中規模攪乱仮説(草刈り頻度の増加や低下が多様性を減少させることを説明する仮説)で説明できることを示した世界初の報告であり、応用(保全)生態学的だけでなく基礎生態学的にも、非常に価値の高い論文である。さらに、農業生態系における植食性昆虫の多様性減少がランダムな絶滅によることを示した点は、非常に新規性が高い。今回、草刈り頻度が畦畔の多様性保全の際の鍵となることが解明されたことによって、今後の多様性保全を計画する際に留意すべき点が明確になったといえる。よって学位申請者の内田圭は、博士(理学)の学位を得る資格があると認める。

本論文を構成する各章(第2~4章)は個別の投稿論文としてまとめており、第2章はEcological Monographs誌のWeb Page上でPreprint(56ページ)が掲載されている。3章は投稿後に、編集部からのコメントへ対応し、改訂稿を作成中である。4章は投稿論文とするための大詰めの作業中である。下記に各投稿論文の詳細を示す。

2章: Uchida K and Ushimaru A (in press) Biodiversity declines due to abandonment and intensification of agricultural lands: patterns and mechanisms. Ecological Monographs

3章: Uchida K and Ushimaru A (in revision) Land abandonment and intensification diminish spatial and temporal β-diversity of grassland plants and herbivorous insects within paddy terraces.

4章: Uchida K, Hiraiwa MK and Ushimaru A (in preparation) Processes of local species pool decline by random loss due to land abandonment and intensification around paddy terraces.

また、関連する査読付き和文論文を筆頭・共著者として3編(内2編は在学中)発表している。

1. 内田圭・藤木大介・岸本康誉 (2012)兵庫県本州部の落葉広葉樹林におけるニホンジカによる土壌侵食被害の現状。兵庫県森林動物研究センター。兵庫ワイルドライフモノグラフ, 4, 69-90.
2. 内田圭・浅見佳世・武田義明 (2006)兵庫県南東部、六甲山地における二次林の面積と種多様性の約50年間の変化。ランドスケープ研究, 69(5), 497-502.