

ドイツ・JAGUAR プロジェクトの紹介

- 生態系サービスの持続的利用に向けて -

佐々木恵子^{*1}, Stefan Hotes², Fred Jopp¹, Amanda Eigner¹, Andrea Früh-Müller¹,
Franziska Machnikowski¹, Volkmar Wolters¹

2014 年 1 月

「新しい『日本研究』の理論と実践」

SFC 研究所日本研究プラットフォーム・ラボ

本稿は、地域の生物多様性保全および生態系サービスの持続可能な利用を目的として、ドイツ・ギーゼン大学で実施されている JAGUAR プロジェクト (sustainable futures for cultural landscapes of **J**Apan and **G**ermany - biodiversity and ecosystem services as **U**nifying concepts for the management of **A**gricultural **R**egions) を紹介するものである (<http://www.uni-giessen.de/cms/JAGUAR>)。

Introduction of JAGUAR Project, Germany

- for the sustainable use of ecosystem services -

Keiko SASAKI^{*2}, Stefan Hotes², Fred Jopp¹, Amanda Eigner¹, Andrea Früh-Müller¹,
Franziska Machnikowski¹, Volkmar Wolters¹

^{*} Doctoral Student, Department of Animal Ecology, Justus-Liebig-University

Giessen

^{*} ギーゼン大学生圏システム科学研究科博士課程在学中

(Keiko.Sasaki@bio.uni-giessen.de)

¹ Department of Animal Ecology, Justus-Liebig-University Giessen

² Department of Ecology, Philipps-University Marburg

ドイツ・JAGUAR プロジェクトの紹介

- 生態系サービスの持続的利用に向けて -

佐々木恵子, Stefan Hotes, Fred Jopp, Amanda Eigner, Andrea Früh-Müller,
Franziska Machnikowski, Volkmar Wolters

概要：文化的景観における生物多様性保全および生態系サービスの持続的利用を目的に、ドイツ・ギーセン大学は 2012 年に JAGUAR プロジェクトを発足させた。これはドイツ連邦教育研究省（BMBF）が助成するプログラムの一環であり、人間活動と生態系の相互作用を多角的に捉えるため、生態学、経済学、水文学など様々な分野に携わる研究者により構成された学際的なプロジェクトである。また、本プロジェクトでは、異なる地理的地域に属するものの、社会の発展の仕方に多くの共通点を有する日本と共同研究を実施している。本稿では、ドイツにおけるプロジェクト概要および期待される成果物（1. 生物多様性と生態系サービスの評価、2. 文化的景観の持続可能な土地利用戦略の提案）を幅広く紹介し、日独間で共同研究を実施することの意義を記した。

キーワード：

学際的 シナリオ 社会・生態システム 土地利用 日独協働 文化的景観

1. はじめに

(1) 文化的景観と生物多様性

文化的景観とは、自然環境および社会、経済や文化などの力が様々な形で加わりながら人間社会の発展とともに生み出された、自然と人類の共同作品である¹。気候や地形などが異なる地球上の各地で、何千年以上にもわたりそれぞれの社会に応じた土地利用が繰り返し施された結果、牧草地やため池など多様な環境を内包する、それぞれの風土に根差した文化的景観が形成された²。国際連合教育科学文化機関（UNESCO）によると¹、今日見られる文化的景観は大きく、1) 庭園など美的価値を意図して計画された景観、2) 伝統的な土地利用など、人間社会が自然環境に働きかけたことにより有機的に形成された景観（停止および継続した状態の双方）、3) 世界遺産など、人為的改変の有無に関わらず、宗教的、美的、文化的価値を併せ持つ景観の3つのカテゴリーに分類される。本稿では、2) のカテゴリーに分類される文化的景観について取り上げ、日独共同で実施されている JAGUAR プロジェクトの紹介につなげていきたい。

地域で培われてきた知識や技術を活かし、伝統的な土地利用により維持されてきた文化的景観は世界各地に存在する³。例えば日本の里地里山は、長い歴史の中でさまざまな人間の働きかけを通じて形成された特有の自然環境であり⁴、上述したカテゴリー2を代表する伝統的な文化的景観である。地質、地形、土壌、水収支などといった自然条件に適した営みが継続的に行われてきた里地里山では、薪炭や堆肥を生産するための農用林、茅場としての採草地、畑地、水田、ため池、水路や集落などがモザイク状に連なる景観が見られる^{3,4,5}。ヨーロッパの国々、例えばドイツでも、長い年月をかけて特有の文化的景観を育んできた⁶。家畜の放牧により森林が切り開かれたことで、牧草地、ヒースにより覆われた土地、萌芽更新が行われている農用林など様々な土地利用が行われるようになり、今日のドイツでは、これらの土地利用形態に加え、農地、ヘッジローな

¹ UNESCO (2008) Operational guidelines for the implementation of the World Heritage Convention. UNESCO World Heritage Centre, Paris.

² Plieninger T and Bieling C (2012) Connecting cultural landscapes to resilience. In: Plieninger T. and Bieling C. (eds), *Resilience and the cultural landscapes: understanding and managing in human-shaped environments*. Cambridge University Press, New York, pp. 3-26

³ 環境省 (2010) SATOYAMA イニシアティブ：自然共生社会の実現を目指して。環境省，東京

⁴ 環境省 (2010) 生物多様性国家戦略 2010。環境省，東京

⁵ 武内和彦 (2001) 里山の自然をどうとらえるか 二次的自然としての里地里山. In: 武内和彦, 鷲谷いづみ, 恒川篤史. (eds), *里山の環境学*. 東京大学出版会, 東京, pp. 1-9

⁶ Ellenberg H (1988) The development of the plant cover under the influence of man. In: Ellenberg H. (ed) *Vegetation Ecology of Central Europe*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 14-43.

どの生垣、低湿地や集落がモザイク状に広がる景観が見られる⁶。こうした世界各地で見られる伝統的な文化的景観は、食糧や水土保全といった有形無形の恵みが絶えることなく供給される仕組みとして、さらには、多種多様な動植物にとって重要な生息・生育地として近年注目を集めている⁷。

生物多様性条約では、生物多様性をすべての生物の間に違いがあることと定義し、種内（遺伝子）の多様性、種間（種）の多様性、生態系の多様性という3つの階層での多様性があるとしている⁸。つまり生物多様性とは、単なる生物の種類のみだけでなく、あらゆる時空間スケールの情報を持つ遺伝子レベルから、生態系の多様性や構造の複雑さを指す概念である⁹。里地里山のような文化的景観では、農用林、水田や採草地のような多様な生態系がモザイク状に広がり、それぞれの生態系を利用する生物、異なる生態系をまたがって利用する生物双方の生息・生育を可能にしたことから、生物多様性の高い空間であることが認識されている^{7,10,11}。

日々変化する人間社会の需要に応えるように、文化的景観はこれまで時に緩やかな、あるいは時に急激な変化を遂げてきた¹²。しかし、過去50年から60年の間に見られるグローバル化、農業の拡大および集約化、耕作放棄、農作業の機械化、エネルギー需要の増加や都市化により、文化的景観はこれまでにないスピードおよび規模で変化している^{2,13}。こうした急激な変化は、文化的景観に適応する形で長い年月をかけて育まれてきた生物多様性に大きな影響を及ぼすことが予想される¹³。こうした背景も含めて、生物多様性条約第10回締約国会議（COP10）で合意された愛知目標では、2020年までのミッションとして、生物多様性の減少に実効性のある緊急行動を起こすことを掲げた

⁷ Jones-Walters L (2008) Biodiversity in multifunctional landscapes. *Journal for Nature Conservation* 16(2):117-119

⁸ United Nations (1992) Convention on biological diversity. United Nations, New York.

⁹ Naeem S, Loreau M, and Inchausti P (2002) Biodiversity and ecosystem functioning: the emergence of a synthetic ecological framework. In: Loreau M., Naeem S., and Inchausti P. (eds), *Biodiversity and Ecosystem Functioning: Synthesis and Perspectives*. Oxford University Press, Oxford, pp. 3-11

¹⁰ 鷲谷いづみ (2001) 里山の自然をどうとらえるか 保全生態学から見た里地自然. In: 武内和彦, 鷲谷いづみ, 恒川篤史. (eds), *里山の環境学*. 東京大学出版会, 東京, pp. 9-18

¹¹ Farina A (2000) The Cultural Landscape as a Model for the Integration of Ecology and Economics. *Bioscience* 50(4):313-320

¹² Antrop M (2005) Why landscapes of the past are important for the future. *Landscape and Urban Planning* 70(1-2):21-34

¹³ Millennium Ecosystem Assessment (2005) *Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends: Findings of the condition and trends working group*. Island Press, Washington D.C.

14。文化的景観の生物多様性を維持するための個別目標として、1) 農業・養殖業・林業が持続可能に管理される、2) 自然の恵みが提供され、回復・保全される、3) 伝統的知識が尊重され、主流化されることなどがリストアップされている¹⁴。

(2) 生態系サービスと持続可能な利用

人間社会は、農水産物などの食糧や飲料水、木材、気候の安定など、多様な生物がさまざまな形で関わる生態系から恩恵を得て成立している^{4,13}。2005年に国連主導で編纂されたミレニアム生態系評価では、これらのさまざまな自然の恵みを「生態系サービス」と呼んでいる¹³。これによると、生態系サービスは1) 供給サービス、2) 調整サービス、3) 文化的サービス、4) 基盤サービスの4つに分類される。供給サービスとは例えば、食糧や水、燃料、医薬品の開発等の資源などを提供する恩恵を指し、調整サービスには水質浄化や気候の調節、病虫害などの抑制する機能が分類される。文化的サービスでは、人の精神文化を支える機能、例えば自然景観などの審美的な価値、宗教的な価値、レクリエーションの場の提供などが挙げられる。これらの3つのサービスを支える土台として分類されるのが、光合成による酸素の供給、土壌形成、栄養塩の循環などの基盤サービスである¹³。これらの4つのサービスはいずれも、人間の福利(例えば、人々の安全、豊かな生活の基本資材、健康など)を根本から支え、複雑に結びついていると考えられている^{13,15}。

生態系サービスの適正に管理する上で重要なのが、持続可能性という考え方である。国際連合では、持続可能な開発を「将来世代のニーズを損なうことなく、今日の世代のニーズを満たすこと」と定義している¹⁶。これは資源や環境の持続可能性に留まった議論ではなく、経済や社会にとっても受け入れ可能である、つまり環境保護、社会発展、経済成長の3要素を同時に実現することが持続可能な開発に不可欠である¹⁷。里地里山のような文化的景観は、伝統的な農業生産と生活に必要な資源、例えば薪炭、茅、食糧、飼料、建築資材、灌漑水などの生態系サービスを絶えず供給してきた経緯から、持続可能な土地利用・資源循環システムの模範として評価されている¹⁰。先述した社会経済的

14 環境省 (2013) 生物多様性条約 COP10・11 の成果と愛知目標。環境省, 東京

15 古川拓哉, 佐伯いく代, 森章 (2012) 第六章 生態系サービスと社会・生態システム - 持続可能性の探究. In: 森章. (ed), エコシステムマネジメント - 包括的な生態系の保全と管理へ -. 共立出版株式会社, 東京

16 United Nations (1987) General Assembly "Report of the world commission on environment and development" 42/187. United Nations, New York

17 United Nations (2005) General Assembly "2005 World Summit Outcome" A/RES/60/1. United Nations, New York

変化の中で、こうした各地域で培われてきた伝統的な知識をどのように活かし、現代社会のシステムの持続可能性を保つかが重要課題である¹⁵。

(3) 社会・生態システムと学際的研究プロジェクトの発展

生態系サービスを持続的に利用するためには、生態系の健全性が維持されるだけでなく、それを理解する社会システムが生態系に対する理解を深め、うまく機能することが不可欠である¹⁵。このように人間社会と生態系が密接に関係し、切り離して考えることのできないシステムは「社会・生態システム」と呼ばれており、生態学と社会学が一体となって問題解決に取り組むべき対象である^{18,19}。社会・生態システムを対象とする研究分野では、これまで生態学と社会学がそれぞれ個別に検討されてきたプロジェクトには見られなかった特徴がいくつか挙げられる²⁰。それは、1) 自然科学的および社会的情報に留まらず、双方に関連する情報も取得すること、2) 問題意識を共有する生態学者および社会学者により構成された学際的プロジェクトであること、3) 様々なツールを用いて、情報の統一や管理を行うこと、4) 問題解決に導くべき事柄の文脈を特定し、十分な時系列データを対象とすることである²⁰。分野を超えた学際的な視点から社会・生態システムを捉えることで、人間社会と生態系の間にある複雑な関係性をより正確に認識することができると考えられている^{15,20}。このような複合的な視点を持った学際的プロジェクトは、世界中のさまざまな社会・生態システムを対象に活発に行われており、その重要性は今後さらに増していくことが予想される²⁰。

¹⁸ Berkes F and Folke C (1998) Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience:1-25

¹⁹ Folke C, Hahn T, Olsson P, and Norberg J (2005) Adaptive governance of social-ecological systems. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 30:441-473

²⁰ Liu J, Dietz T, Carpenter SR, Alberti M, Folke C, Moran E, Pell AN, Deadman P, Kratz T, Lubchenco J, Ostrom E, Ouyang Z, Provencher W, Redman CL, Schneider SH, and Taylor WW (2007) Complexity of Coupled Human and Natural Systems. *Science* 317(5844):1513-1516

2. ドイツ・JAGUAR プロジェクト

(1) プロジェクトの概要

こうした社会生態学的アプローチへのニーズの高まりを背景に、ドイツ・ヘッセン州に位置するギーゼン大学では、2012 年度に JAGUAR プロジェクトを発足させた。正式名称は下記の通りであり、日本語訳すると「日本とドイツの里山環境の持続的利用に向けて - 農村環境管理の総合的理念としての生物多様性と生態系サービス - 」である。

Sustainable futures for cultural landscapes of JApan and Germany
- biodiversity and ecosystem services as Unifying concepts for the
management of Agricultural Regions -

本プロジェクトはドイツ連邦教育研究省 (BMBF) が助成する「持続可能な開発のための研究プログラム (Research for Sustainability: FONA)」²¹の一環として採択され、助成期間は 2015 年までの 3 年間である。生物多様性保全や生態系サービスの持続的利用を目的に、持続可能な文化的景観の土地利用戦略の提案を行う本プロジェクトでは、人間活動と生態系の相互作用を多面的に捉えるため、生態学者を中心に環境経済学や水文学を扱う研究者が日々分野を超えた議論を交わしている (写真 1)。また、異なる地理的条件、文化および政治体制の下にありながら、多くの共通点を有する日本とドイツが共同し、比較研究を行うことで、互いの国の文化的景観を保全するための考え方や手法を共有することができると考えている (詳細は 2. (3) を参照)。これまでのところ、日本からは東京大学、慶應義塾大学や国立環境研究所を中心とした研究機関も本プロジェクトに携わり、日本では北海道黒松内町および福井県の三方五湖の 2 か所を対象に研究活動を行っている。日独間の活動としては、2012 年に黒松内での現地見学、2013 年に東京大学でのシンポジウムの開催およびドイツでの現地見学および生態学会での自由集会の開催などが挙げられるが、こちらは別の機会に紹介したい。本稿では、ドイツにおける取り組みに焦点をあて、プロジェクトの目的やその内容等幅広く紹介できたらと考えている。

²¹ BMBF Framework Programme Research for Sustainable Development (FONA) FONA | Research for Sustainability. <http://www.fona.de/en/index.php> (最終閲覧日 2014 年 1 月 22 日)

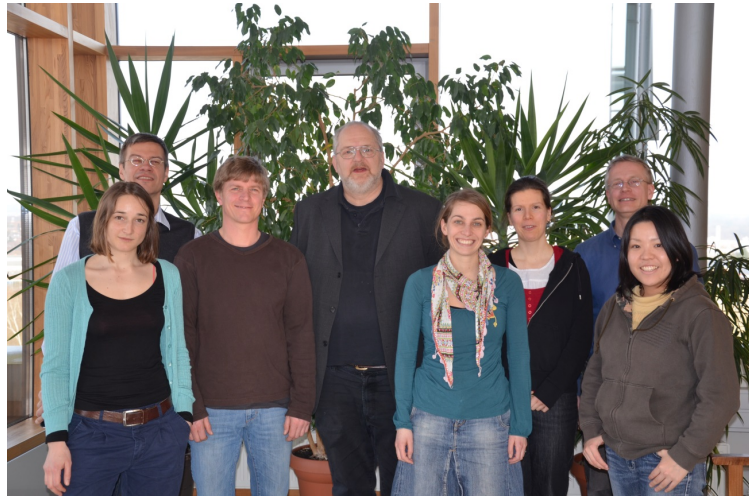


図 1：プロジェクトのロゴマーク。日独で文化的景観を象徴するシジュウカラ。

写真 1：プロジェクトチーム写真（ギーセン大学にて）

（2）プロジェクトの目的と期待される成果

本プロジェクトの研究目的は、地域の生物多様性を保全しつつ、人々が持続的に生態系サービスを楽しむことができる土地利用の指針を意思決定者および管理者に提示することである。多様な生命が長い歴史の中で維持されてきた生物多様性と、生物多様性を含む生態系の上に成立している人々の暮らしを直接的あるいは間接的につながるものが生態系サービスであり⁴、本プロジェクトでも、連携する様々な学問分野を結び合わせる中心的な役割を果たす。里地里山を代表する伝統的な土地利用システムは、今日の生物多様性を育ててきたこと⁴や、比較的持続的な資源利用を可能にした例が数多く報告されている^{5,15}。こうした文化的景観の生物多様性や生態系サービスが、想定された幾つかの土地利用形態および管理強度の変化（シナリオ）により今後どのような影響を受ける可能性があるかを多面的に評価することは、それらを維持するための土地利用戦略を立てる上で重要なプロセスである²²。ひいてはこれは、人々の暮らしへの影響を最小限に抑えるための対策を講じる上でも重要事項である。

本プロジェクトは、2つの前提の上に成立している。まず一つ目は、土地利用形態の空間配置やその管理強度が生態系サービスを支える生物多様性や生態系機能を決定す

²² Busch G (2006) Future European agricultural landscapes—what can we learn from existing quantitative land use scenario studies? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 114(1):121-140

る要因のひとつであることである^{23,24}。例えば生態学分野では、広大な農地におけるヘッジロー、二次林、草地などの土地利用形態およびその空間的な組み合わせ^{25,26,27,28}や、有機農業および粗放農業などの管理強度^{29,30}が地域の生物相の豊かさや分布を決定付けるとされている。生物多様性と生態系機能やサービス間の定量的な関係について明らかになっていない点が多いものの³¹、近年の操作実験で種数の違いが生態系機能の量と速度を向上させること^{32,33,34,35}や、ある一定量の生態系サービスの供給に必要な個体群密

²³ Reidsma P, Tekelenburg T, van den Berg M, and Alkemade R (2006) Impacts of land-use change on biodiversity: An assessment of agricultural biodiversity in the European Union. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 114(1):86-102

²⁴ Fahrig L, Baudry J, Brotons L, Burel FG, Crist TO, Fuller RJ, Sirami C, Siriwardena GM, and Martin J-L (2011) Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters* 14(2):101-112

²⁵ Benton TG, Vickery JA, and Wilson JD (2003) Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology & Evolution* 18(4):182-188

²⁶ Hendrickx F, Maelfait J-P, Van Wingerden W, Schweiger O, Speelmans M, Aviron S, Augenstein I, Billeter R, Bailey D, Bukacek R, Burel F, Diekötter TIM, Dirksen J, Herzog F, Liira J, Roubalova M, Vandomme V, and Bugter ROB (2007) How landscape structure, land-use intensity and habitat diversity affect components of total arthropod diversity in agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology* 44(2):340-351

²⁷ Kremen C, Williams NM, and Thorp RW (2002) Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99(26):16812-16816

²⁸ Gottschalk TK, Dittrich R, Diekötter T, Sheridan P, Wolters V, and Ekschmitt K (2010) Modelling land-use sustainability using farmland birds as indicators. *Ecological Indicators* 10(1):15-23

²⁹ Bengtsson J, Ahnström J, and WEIBULL AC (2005) The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta - analysis. *Journal of Applied Ecology* 42(2):261-269

³⁰ Tscharrntke T, Klein AM, Kruess A, Steffan - Dewenter I, and Thies C (2005) Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management. *Ecology Letters* 8(8):857-874

³¹ de Groot RS, Alkemade R, Braat L, Hein L, and Willemsen L (2010) Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity* 7(3):260-272

³² Naeem S, Thompson LJ, Lawler SP, Lawton JH, and Woodfin RM (1994) Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems. *Nature* 368(6473):734-737

³³ Tilman D, Naeem S, Knops J, Reich P, and Siemann E (1997) Biodiversity and ecosystem properties. *Science* 278:1866-1867

³⁴ Hector A, Schmid B, Beierkuhnlein C, Caldeira MC, Diemer M, Dimitrakopoulos PG, Finn JA, Freitas H, Giller PS, Good J, Harris R, Höglberg P, Huss-Danell K, Joshi J, Jumpponen A, Körner C, Leadley PW, Loreau M, Minns A, Mulder CPH, O'Donovan G, Otway SJ, Pereira JS, Prinz A, Read DJ, Scherer-Lorenzen M, Schulze E-D, Siamantziouras A-SD, Spehn EM, Terry AC, Troumbis AY, Woodward FI, Yachi S, and Lawton JH (1999) Plant Diversity and Productivity Experiments in European Grasslands. *Science* 286(5442):1123-1127

³⁵ 黒川紘子, 佐々木雄大, 牧野能士, 加藤広海 (2013) 生物多様性と生態系機能. In: 東北大学生態適応グローバル COE (ed), 生態適応科学. 日経 BP 社, 東京都, pp. 22-38

度が存在することが明らかになりつつある^{36,37}。土地利用形態に基づく生息地の分類は、生息地の質、空間形状、大きさ、個体群の中心までの距離や種の分布のばらつきを画一的に扱うため議論も多いが³⁸、現在のところ頻繁に使われている指標である。

そして、文化的景観の土地利用形態やその管理強度を直接的あるいは間接的に関与するのは、地域の一次産業に従事する農家や林業家などの土地利用者、および政策を打ち出す行政機関などの意思決定者である。持続可能な開発は環境、社会、経済の3要素によって成り立っており¹⁷、地域経済や意思決定者の意向は十分に理解すべき項目として、本プロジェクトでも重要な位置を占める。経済が要因のひとつとして近年見られる傾向は、農地の集約化・大規模化と耕作放棄地の二分化であり³⁹、いずれも土地利用形態および管理強度に影響を与えている。また、環境に配慮した農業を運営する農家に支払われる補助金も、土地利用形態では文化景観におけるヘッジローや草地の維持、管理強度では粗放的管理の実施など、間接的に地域の土地利用に影響を及ぼしている⁴⁰。行政機関などによる政策では、規制緩和や将来の土地利用計画という形で、土地利用形態や管理強度に関与するケースが多い。

本プロジェクトに携わるすべての分野が様々な形で土地利用形態およびその管理強度と深く関わっており、また期待される成果が将来の土地利用戦略であることから、土地利用が本プロジェクトの基盤情報である。そして、科学と実践、それに携わるすべての人間を統合する役割を果たすのは生態系サービスの概念である。従って、本プロジェクトでは、生態系サービスの概念を盛り込むことで、持続可能性や生物多様性保全を重視した土地利用戦略の具体化およびそれに向けた意思決定につながることを、第二の前提として捉えている。つまり、持続可能な開発に不可欠な環境・社会・経済の3要素の視点から、包括的に生態系サービスを評価することで、生物多様性を維持しつつ、生態系から享受する総体的な利益を最適化することが可能であると考えている。

³⁶ Luck GW, Daily GC, and Ehrlich PR (2003) Population diversity and ecosystem services. *Trends in Ecology & Evolution* 18(7):331-336

³⁷ Luck GW, Harrington R, Harrison PA, Kremen C, Berry PM, Bugter R, Dawson TP, de Bello F, Díaz S, and Feld CK (2009) Quantifying the contribution of organisms to the provision of ecosystem services. *Bioscience* 59(3):223-235

³⁸ Nelson E, Mendoza G, Regetz J, Polasky S, Tallis H, Cameron D, Chan KMA, Daily GC, Goldstein J, Kareiva PM, Lonsdorf E, Naidoo R, Ricketts TH, and Shaw M (2009) Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7(1):4-11

³⁹ Vos W and Meekes H (1999) Trends in European cultural landscape development: perspectives for a sustainable future. *Landscape and Urban Planning* 46(1-3):3-14

⁴⁰ Roeder N, Lederbogen D, Trautner J, Bergamini A, Stofer S, and Scheidegger C (2009) The impact of changing agricultural policies on jointly used rough pastures in the Bavarian Pre-Alps - an economic and ecological scenario approach. *Ecological Economics* 69:2435-2447

ここで重要なのが、生物多様性、生態系サービス供給量や農産物等の収穫量などの構成要素を定量化することである。人間は生態系から様々な利益を享受していることをミレニアム生態系評価が表明したが¹³、そこから具体的な数値の提示、つまり生態系サービスの定量化への移行は容易ではなく³⁸、現在世界的に注目を集める研究対象である⁴¹。また、生物や生態系サービスが空間的にどのような分布を示しているのか、土地利用管理者がどこでどのような管理を行っているのかなどの空間明示的な情報整備も不足している^{13,42}。土地利用形態およびその強度管理に加え、生物相、水や土壌肥沃度などの生態系サービス、収穫量がそれぞれの空間スケールで定量化され、具体的な位置関係が明らかになれば、それぞれの構成要素間の定量的な関係を示すことができるだろう。本プロジェクトでは、1) 生態系サービスは肥料や農薬などの農業投入量に対抗することができるのか、2) 生態系サービスは農家の自然資本の貯蓄に貢献しているのかを評価する(例えば、土壌水分条件のよい場所では農業運営の生存能力の向上に貢献するのか、あるいは生物多様性の概念を取り入れた環境配慮型農業は肥料や農薬にかかるコスト削減につながっているか等)。それぞれの生態系サービスの定量化および空間的な位置関係を分析に加えることで、最終成果物として提示する土地利用戦略はより具体的なものとなり、実践にもつながりやすくなるだろう。

生物多様性、生態系サービスおよび生産量などの構成要素と土地利用形態および管理強度の定量的な関係、そして空間的な位置関係を明らかにした後、想定されたシナリオに基づき各構成要素に与える影響を評価する。シナリオ分析は、複雑かつ不確実な組織(例えば、社会・生態システム)について将来を予測するときに有用だとされており⁴³、最も悲観的な場合と楽観的な場合を想定したいくつかのシナリオに基づき将来像を提示する場合が多い⁴⁴。本プロジェクトでは、1) 現在の傾向が続いた場合、2) 生物多様性地域戦略や持続的発展に関する戦略が実現した場合、3) 市場に任せた開発が進ん

⁴¹ Fisher B, Turner RK, and Morling P (2009) Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics* 68(3):643-653

⁴² Balmford A, Bruner A, Cooper P, Costanza R, Farber S, Green RE, Jenkins M, Jefferiss P, Jessamy V, Madden J, Munro K, Myers N, Naeem S, Paavola J, Rayment M, Rosendo S, Roughgarden J, Trumper K, and Turner RK (2002) Economic Reasons for Conserving Wild Nature. *Science* 297(5583):950-953

⁴³ Henrichs T, Zurek M, Eickhout B, Kok K, Ciara R-H, Ribeiro T, van Vuuren D, and Volkery A (2010) Scenario Development and Analysis for Forward-looking Ecosystem Assessments. In: Centre U.N.E.P.a.W.C.M. (ed), *Ecosystems and Human Well-being - A Manual for Assessment Practitioners*. Island Press, Washington D.C.

⁴⁴ 赤坂宗光, 森章 (2012) 第三章 自然保全区のマネジメント - 設置の計画から管理のあり方まで. In: 森章. (ed), *エコシステムマネジメント - 包括的な生態系の保全と管理へ -*. 共立出版株式会社, 東京

だ場合の将来像を想定している。各シナリオの想定がどのような土地利用形態および管理強度の変化をもたらし、その結果地域の生物多様性、生態系サービスおよび生産量にどのような影響が出る可能性があるのかを定量的に示し、地図化することで、これらの将来予測に基づいた土地利用戦略の策定や計画の実行に移せることができると考えている。そして、地域や国、国際レベル（EU）で公表されているシナリオを予め1）～3）のシナリオに盛り込み、局所的なスケールから広域スケールまで対応できるようなアウトプットを意思決定者や管理者に提示することを目標としている。

（3）なぜ日本とドイツなのか - 共同研究することの意義 -

日本とドイツは異なる地理的地域に属し、それぞれの体制や枠組みの中で社会、経済、環境面の課題に対処してきた経緯があるものの、今日の社会、技術、経済や土地利用の発展の仕方には多くの類似点が見られる（図2、表1）。両国が持つ類似点・相違点は、文化的景観における生物多様性および生態系サービスの比較研究を行うための理想的な環境といえるだろう。従って、生物多様性保全および生態系から享受するサービスの最適化を共通の目的として掲げる両国が共同し、評価方法を導き出すことは、双方にとって非常に有益であると考えられる。

両国における伝統的な文化的景観は、有史前から現代の組織化された土地利用システムに至るまで長い歴史を有する。20世紀半ばまでは緩やかな人口増加の中で、一次産業が主要産業として地域を支えてきた。第二次世界大戦後、両国は目覚ましい経済発展を遂げ、主要な経済セクターのシフト、人口の都市部と農村部の二極化、人口構造や土地資源管理方法の変化などが起きた。これらの傾向は社会に大きな富を与えたが、同時に土地の劣化や生物多様性の損失を招いた。また、近年見られる新たな傾向が、生物多様性保全や持続可能な土地利用に対してさらなる挑戦を社会に突き付けている。両国における人口減少や少子高齢化は、特に過疎地域で深刻な問題となっており、耕作放棄地の増加や森林管理の停滞を引き起こしている。バイオマスエネルギーへの需要の高まりが文化的景観への新たな圧力となり、産業が発達した地域では農地の集約化が進むケースが多く見られている。こうした耕作放棄地の増加および農地の集約化は生物多様性にも負の影響を与えるだけでなく、多くの生態系サービスを代償に人間社会を優先することから、生態系サービス間のバランスにも影響を及ぼすだろう。

上述した社会経済面だけでなく、両国は政策や制度面でも類似点・相違点が見られる。ドイツと日本はそれぞれ、生物多様性条約第9・10回締約国会議の議長国を務め、生

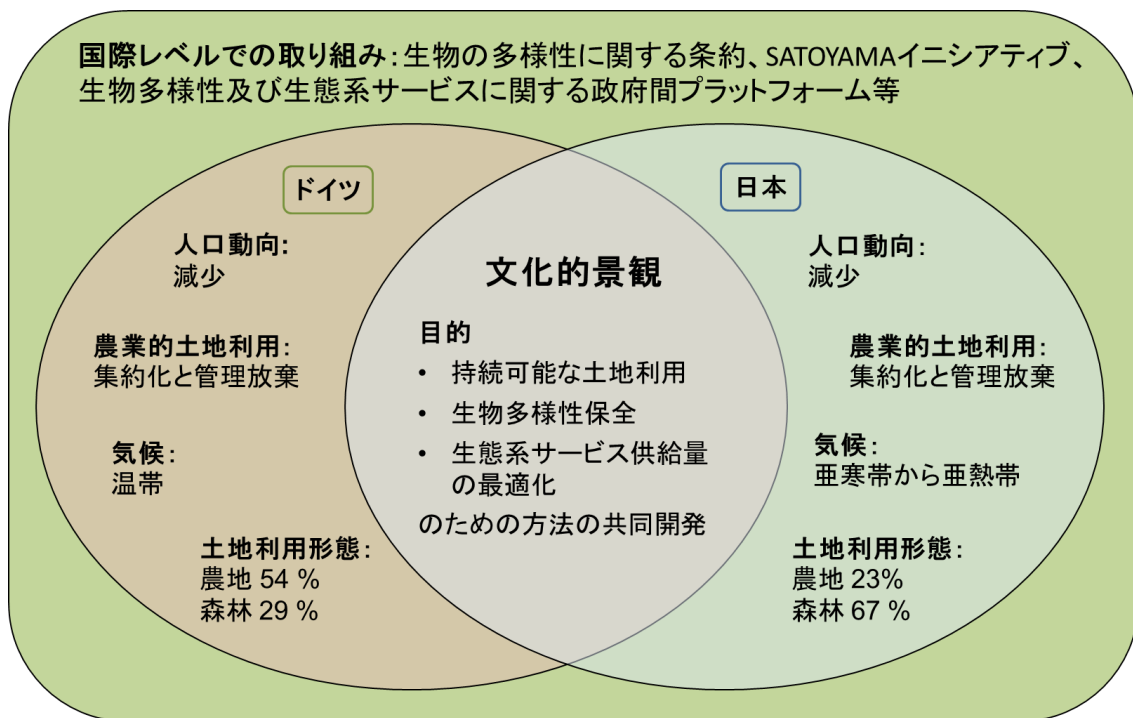


図 2：日独の文化的景観を対象とした JAGUAR プロジェクトの目的。共通する社会経済的な傾向と対照的な環境条件の例、そして両国の国際レベルでの取り組みを図化。

物多様性と生態系サービスを取り入れた持続可能な土地利用戦略の取組事例を呼びかけるなど、国際的なリーダーシップを発揮してきた。日本では、2010年に公表された生物多様性国家戦略を基本計画として、さらに詳細な地域戦略が市町村レベルで作成されつつある。ドイツの生物多様性国家戦略が策定されたのは2007年であり、州レベルでの地域戦略は見られるようになってきたが、市町村レベルではほとんど策定されていない⁴⁵。2050年に自然共生社会を目指す愛知目標を達成するには、両国とも早急に具体的な地域戦略策定手法を示していく必要がある。また、環境保全のための助成金制度も生物多様性保全に重要な役割を果たす。日本では例えば中山間地域等直接支払制度が挙げられ、これは農業生産条件が不利な状況にある中山間地域等における農業生産の維持を図りながら、自然環境保全や保健休養などの多面的機能の確保を目的とするものである⁴⁶。ヨーロッパでは共通農業政策（CAP）における Agri-Environmental Scheme が挙げられ、その報酬は環境配慮型農業を営む個々の農家にとって重要な収入源となっ

⁴⁵ ホーテス・シュテファン, 佐々木恵子, ヨップ・フレッド, アイグナー・アマンダ, ヴォルター・フォルクマー (2013) ヨーロッパにおける生物多様性地域戦略—特にドイツを事例として。ランドスケープ研究 77(2):114-118

⁴⁶ 農林水産省 (2013) 中山間地域等直接支払交付金実施要領。農林水産省, 東京

ている⁴⁷。これらの違いは、日本では地域として助成金に応募する必要があるのに対し、ヨーロッパでは個々の農家に直接支払われている点である。それぞれの支払制度が対象とする農地の空間的な違い（地域レベルあるいは農家レベル）を比較し、それぞれの長所・短所を学ぶことは、生物多様性保全を考慮した農業政策を充実させる上で重要である。

技術および組織的にも、本プロジェクトは共同研究を進めるための理想的な環境が整っている。例えば、生物相、環境要因および人為的影響に影響などの空間情報が国レベルで整備されており、それらのデータを扱う研究機関が両国で発達している点である。また、官民学間の協力体制が整っていることも大きい。本プロジェクトの最終段階において、シナリオ分析による生物多様性および生態系サービスの評価方法を、異なる気候、地理的条件、社会経済環境に置かれた日本およびドイツに適用する予定である。双方で整合性を取ることができれば、日独間で共同開発されたこの評価手法はアジアおよびヨーロッパに存在する文化的景観に適用可能となる。国際的に適用できる1) 生物多様性および生態系サービスを組み込んだ土地利用戦略の構築手法、そして2) 生物多様性地域戦略の策定手法の確立に向けた取組事例として国際的に貢献することができるだろう。

⁴⁷ European Commission's Directorate General for Agriculture and Rural Development Agri-environment measures. European Commission's Directorate General for Agriculture and Rural Development, http://ec.europa.eu/agriculture/envir/measures/index_en.htm（最終閲覧日 2014年1月22日）

表 1：環境面および社会経済面におけるドイツと日本の概要

項目	ドイツ	日本
経度	5°52' - 15°02'	122°59' - 153°58'
緯度	47°16' - 55°03'	20°25' - 45°31'
面積 (km ²)	357,050	377,835
平均温度 (°C)	8.4	8.5 - 22.7
年間平均降水量 (mm)	700	1123 - 2279
生物群系	温帯落葉樹林	亜寒帯針葉樹林～ 亜熱帯常緑広葉樹林
エコリージョン	7	10
人口 (人)	81,880,000	127,360,000
人口密度 (人/km ²)	230	337
2010年度のGDP (百万ドル)	3,305,898	5,390,897
人間開発指数	0.885	0.884
農地面積の割合 (%)	54	23
主要な農作物	小麦、大麦、ライムギ、 トウモロコシ	米、小麦、大麦、ソバ
森林面積の割合 (%)	29	67
生物多様性国家戦略	2007	1995, 2002, 2007, 2010
生物多様性総合評価報告	-	2010
国家の生態系評価	-	2010
生物多様性国家戦略に関する 法律	Federal Programme Biological Diversity (2011)	生物多様性基本法 (2008)、 地域における多様な主体の 連携による生物の多様性の 保全のための活動の促進等 に関する法律 (2010)

(4) 研究対象地

ドイツの研究対象地は、ヘッセン州の中心に位置する Vogelsberg 郡および Wetterau 郡である (図 3)。両郡とも中央ヨーロッパを代表する文化的景観を有しており、文化的景観における生物多様性保全および生態系サービスの持続的利用を掲げる本プロジェクトに適した対象地である。Vogelsberg 郡は森林や牧草地に囲まれた台地であり、低地の Wetterau 郡はフランクフルト近郊に位置し、集約的な農業が営まれている。このセクションでは、Vogelsberg 郡および Wetterau 郡について紹介したい。

Vogelsberg 郡 (写真 2) はヘッセン州で最も標高の高い地域である (773m)。第三紀に起きた頻繁な火山活動により、現代では火山地域として知られている。本郡はヘッ

セン州で最も人口密度に低い地域（74 人/km²）⁴⁸であり、畑地、牧草地、森林の合計面積は約 90%を占めるが（表 2）、本郡で農業や林業などの一次産業に従事する人口は少ない。多くの住民は近隣の都市（例えば、フランクフルト）に勤務している。そのため、この地域では人口流出が大きく（1028 人/年の移出、2011 年度）、人口減少や少子高齢化が深刻な問題であり、空き家や耕作放棄地が目立ち始めている。近年では、火山の跡や森林などの豊かな自然を利用した観光に力を入れており、2011 年の宿泊客数は 489,672 人に上るなど、文化的景観が Vogelsberg 郡にとって重要な地域資源となっている。また、森林に覆われたこの地域はドイツの中でも有数の水源として知られており、多くの人口を抱えるフランクフルト近郊にとって極めて重要な水資源の供給源である。

Vogelsberg 郡とは対照的に、Wetterau 郡（写真 3）は農業に適した肥沃な土壌が特徴的である。新石器時代から人々が定住し始めたこの地域は、ドイツで見られる最も古い文化的景観のひとつで、現在では Wetterau 郡の約 40%を畑地が占めている。集約的農業が営まれており、主要な農作物は春穀物および冬穀物である。また、フランクフルトに接する本郡は、農業以外の産業も非常に発達した地域であり、人口密度も 271 人/km²と高い⁴⁸。人口減少が見込まれる Vogelsberg 郡に対して、本郡では人口増化が予測されている⁴⁸。従って、フランクフルト近郊の中規模都市では今後さらなる住宅需要の増加および産業の発達が予想され、生態系への負荷はさらに高まるであろう。さらに、Wetterau 郡は産業的に発達した地域であるだけでなく、湿地や森林など、地域の生物相にとって重要な生息地も多く分布している。本郡の中央を走る Wetter 川を中心に自然保護区が設定されており、タシギ、ダイシャクシギ、タゲリなどの水鳥の重要な繁殖地として機能している⁴⁹。

Vogelsberg 郡と Wetterau 郡は対照的な状況にあるが、両郡とも今後見込まれる変化に備えた戦略を立てるべき時期にある。生物多様性保全や生態系サービスの最適化を目的とした土地利用戦略は、これらの変化に対応し、持続可能な社会の発展に貢献することができるだろう。

⁴⁸ Hessisches Statistisches Landesamt (2010) *Statistisch Berichte: Bevölkerung in Hessen 2060*. Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden

⁴⁹ Hessische Gesellschaft für Ornithologie und Naturschutz (2010) *Vögel in Hessen*. Hessische Gesellschaft für Ornithologie und Naturschutz, Echzell

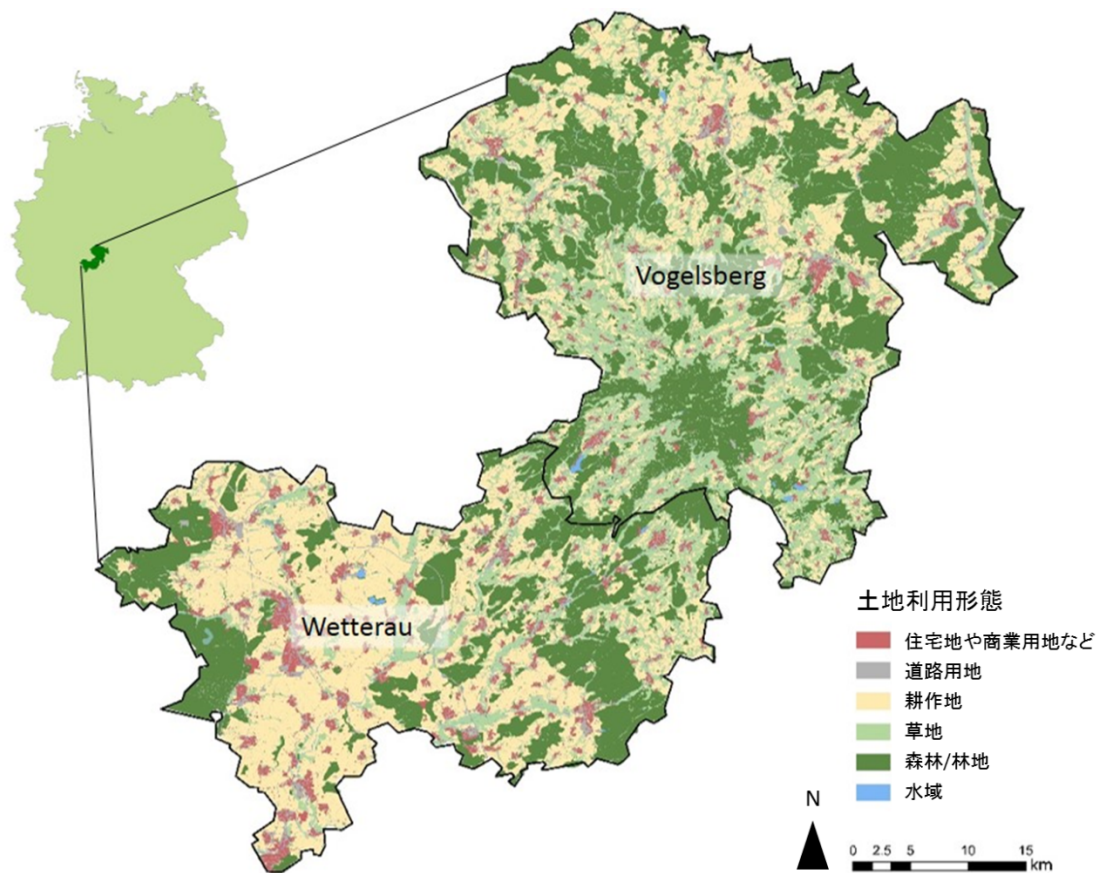


図 3 : 研究対象地の位置とその土地利用形態

表 2 : Vogelsberg 郡と Wetterau 郡の概要

項目	Vogelsberg 郡	Wetterau 郡
面積 (km ²)	1,459	1,101
人口 (人)	108,027	298,620
人口密度 (人/km ²)	74	271
農家数 (世帯)	1,287	526
都市的土地利用面積の割合 (%)	9.32	13.77
畑地面積の割合 (%)	22.58	40.40
水域面積の割合 (%)	0.97	1.06
放牧地面積の割合 (%)	27.83	15.15
森林面積の割合 (%)	38.86	29.29
その他土地利用面積の割合 (%)	0.44	0.33



写真 2 : Vogelsberg 郡



写真 3 : Wetterau 郡

(5) 8つのワークパッケージ

このセクションでは、本プロジェクトを構成する 8 つのワークパッケージ（以下、WP に省略）について紹介する（図 4）。WP とは、プロジェクトメンバーが担当する個別のテーマのことであり、構成図は WP 間の関係やプロジェクトの流れを簡潔に示している。これはドイツ側の構成図であり、WP 間、関係者および日本のパートナーとの関係の明確化を目的に作成されたものである。

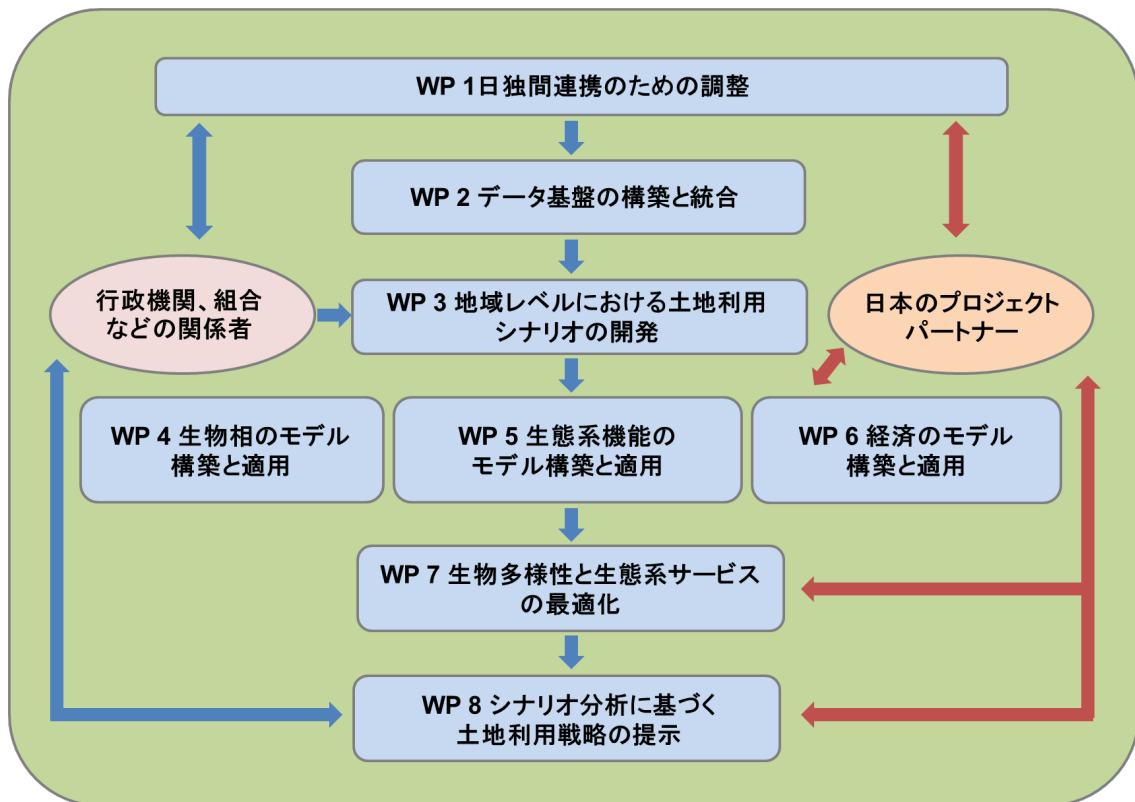


図 4 : ワークパッケージ (WP) 間、関係者および日本のパートナーとの関係を記した JAGUAR プロジェクトの構成図。

・ WP1：日独間連携のための調整

ドイツでは都市近郊から過疎地域への土地利用変化を反映する Wetterau 郡および Vogelsberg 郡を対象とし、日本では生物多様性保全に向けた研究が既に進められている北海道黒松内町（朱太川集水域）および福井県三方五湖を対象としている。WP1 では、それぞれの対象地で収集される情報交換が日独間、助成機関および様々な形で携わる関係者の間でスムーズに行われるよう管理する。

・ WP2：データ基盤の構築と統合

2.（3）で先述したように、国際レベルにおける本プロジェクトの目的は、国際的に適用可能な 1）生物多様性および生態系サービスの評価手法の開発、および 2）生物多様性地域戦略の策定手法の確立である。従って、本プロジェクトでは新たに現地調査を実施するのではなく、行政機関、研究機関や NGO などがこれまで数多く蓄積した既存情報を活用する（例えば、生物情報、土地利用形態、標高、傾斜角、土壌条件、農作物情報、自然保護区などの空間情報）。WP2 では、異なる機関によって異なるスケールで整備された情報を精査・統一し、後述する WP4-6 間で共有できるデータ基盤を構築する。

・ WP3：地域レベルにおける土地利用シナリオの開発

WP3 では、WP8 のシナリオ分析の基となるいくつかの前提条件を設定する。地域、国、EU レベルで予測されている環境・社会・経済面における変化を要約・反映した 3 つのシナリオ（3 つのシナリオについては 2.（2）を参照）を、行政機関や地域住民に発表し、実際の土地利用管理者の判断をシナリオに組み込んでいく。これらのプロセスを通して、より現実的なシナリオに修正していくことが主な内容である。

・ WP4-6：生物相、生態系機能および経済のモデル構築と適用

WP4-6 では、生物相（WP4）、水や土壌に関する生態系機能（WP5）、および地域経済（WP6）の 3 つのテーマを扱う。すべての WP は土地利用形態および管理強度を中心に、それぞれ重要な生物的・非生物的要因との関係を定量化し、生物、生態系機能や農作物の生産量の空間分布を地図化することを目的とする。WP4-6 で使用する生物的・非生物的要因は WP2 で統一されている。各モデル構築に共通の要因を含めることで、これらの要因に変化があったときに、1）生物、生態系機能や農作物の生産量にど

のような変化をもたらすのか、2) 具体的にどこに大きな影響を及ぼすのかを分析し、その結果を同時比較できる構造になっている (WP8)。

・ WP7 : 生物多様性と生態系サービスの最適化

WP7 では、WP4-6 で構築されたモデルに基づき、生物多様性と生態系サービスの最適化を行う。またここでは、WP4-6 の相互作用の解析や、生物多様性および生態系サービス供給量を最適化する具体的な土地利用戦略を提示する。

・ WP8 : シナリオ分析に基づく土地利用戦略の提示

WP8 では、1) 現行の政策・制度と照らし合わせながら、WP7 で提示された土地利用戦略を実現するための計画を立てること、2) WP3 で開発された土地利用シナリオに基づき、生物多様性、生態系サービス、地域経済に及ぼす影響を予測することを主なタスクとする。対象地域の行政機関や管理組合など意思決定を下す関係者を対象に、現行の政策・制度を鑑みながら1) と2) の結果を提示し、EU や国の枠組みの中で地域に則した土地利用戦略を開発する。

3. おわりに

本稿では、人間社会と自然の相互作用で形成された文化的景観を対象に、生物多様性保全および生態系サービスの持続的利用に向けた取り組み、JAGUAR プロジェクトを紹介した。文化的景観のような人間社会と自然が複雑に関係する社会・生態システムは、社会学あるいは生態学どちらかが欠けても問題解決は困難であることから、分野を超えた多角的な視点からシステムを捉える必要がある。JAGUAR プロジェクトは、生物多様性や生態系機能などの自然科学的情報および生産量などの社会学的情報を用いて、今後予想される人口構造、産業構造や農業形態の変化による影響を土地利用ベースで考察する学際的な取り組みである。

本プロジェクトは、大きく分けて2つの成果を期待する。まずひとつは、生物多様性保全と生態系サービス供給量の最適化を実現する土地利用戦略を提示することである。これは、先にあげた生物多様性、生態系機能および生産量などの評価手法の開発、それら項目間の相互関係の解析および最適化など、社会・生態システムを持続的に維持するための科学的知見を深めるものである。そこからさらに一步踏み込んだのが二つ目の成果であり、これは行政機関や一次産業従事者など土地利用管理に携わる関係者の意見を

取り込み、実社会と科学的知見の融合を目指した社会生態学的アプローチの側面を色濃くしたものである。土地利用管理者の意見および科学的根拠に基づくシナリオ分析を実行することで、生物多様性、生態系サービス、地域経済に及ぼす影響をより正確に認識し、それらの変化に対する策や計画につなげることができると考えられる。

国・EUの枠組みの中で、地域レベルで検討した生物多様性の将来予測や保全に向けた土地利用戦略は、ヘッセン州の生物多様性地域戦略の策定に貢献することができるだろう。2050年には自然と共生する社会を実現することを目指す愛知目標を達成するために、各国で生物多様性国家戦略とさらに詳細な地域戦略の策定および取り組みが求められている。従って、本プロジェクトの成果は地域戦略の策定に貢献するだけでなく、ドイツの生物多様性国家戦略、ひいては国際的な取り組みにつながるものである。

また、異なる自然条件の下に成立する日本とドイツの文化的景観を対象に比較研究を行うことは、国際的に適用可能な評価手法を開発する上で大きな意義がある。日独間で整合性を取ることができれば、共同開発された生物多様性および生態系サービスの評価手法はアジアおよびヨーロッパに存在する文化的景観に適用可能となる。これは、1)生物多様性および生態系サービスを組み込んだ土地利用戦略の構築手法、そして2)生物多様性地域戦略の策定手法の確立に向けた取組事例として国際的に貢献することができるだろう。日独間のJAGUARプロジェクトのプロセスおよび成果を通じて、社会・生態システムへの理解がさらに深まることが望まれる。

<主要参考文献>

- Folke C, Hahn T, Olsson P, and Norberg J (2005) Adaptive governance of social-ecological systems. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 30:441-473
- Liu J, Dietz T, Carpenter SR, Alberti M, Folke C, Moran E, Pell AN, Deadman P, Kratz T, Lubchenco J, Ostrom E, Ouyang Z, Provencher W, Redman CL, Schneider SH, and Taylor WW (2007) Complexity of Coupled Human and Natural Systems. *Science* 317(5844):1513-1516
- Millennium Ecosystem Assessment (2005) *Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends: Findings of the condition and trends working group.* Island Press, Washington D.C.
- Nelson E, Mendoza G, Regetz J, Polasky S, Tallis H, Cameron D, Chan KMA, Daily GC, Goldstein J, Kareiva PM, Lonsdorf E, Naidoo R, Ricketts TH, and Shaw M (2009) Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7(1):4-11

- Plieninger T and Bieling C (2012) Resilience and the cultural landscapes: understanding and managing in human-shaped environments. Cambridge University Press, New York, p. 348.
- UNESCO (2008) Operational guidelines for the implementation of the World Heritage Convention. UNESCO World Heritage Centre, Paris.
- United Nations (2005) General Assembly "2005 World Summit Outcome" A/RES/60/1. United Nations, New York.
- United Nations (1992) Convention on biological diversity. United Nations, New York.
- 環境省 (2010) SATOYAMA イニシアティブ：自然共生社会の実現を目指して。環境省，東京。
- 環境省 (2010) 生物多様性国家戦略 2010。環境省，東京。
- 環境省 (2013) 生物多様性条約 COP10・11 の成果と愛知目標。環境省，東京。
- 武内和彦，鷺谷いづみ，恒川篤史 (2001) 里山の環境学。東京大学出版会，東京，p. 257.
- ホーテス・シュテファン，佐々木恵子，ヨップ・フレッド，アイグナー・アマンダ，ヴォルター・フォルクマー (2013) ヨーロッパにおける生物多様性地域戦略—特にドイツを事例として。ランドスケープ研究 77(2):114-118
- 森章 (2012) エコシステムマネジメント - 包括的な生態系の保全と管理へ - . 共立出版株式会社，東京，p. 320.