

平成 24 年度 環境経済の政策研究

我が国における効果的な生物多様性の経済価値評価手法
及び経済価値評価結果の普及・活用方策に関する研究
報告書

平成 25 年 3 月

京都大学
長崎大学
北海道大学
東北大学
甲南大学

目次

I 研究の実施経過	3
1. 研究計画	3
2. 平成24年度の進捗状況	5
II 研究の実施内容	15
要約	
1. 序論	16
2. 現地調査	18
3. 経済評価の調査票設計と経済評価の政策分析	25
4. 経済評価の統計分析	50
5. 生態学を考慮した政策立案	79
6. 経済実験による政策分析	88
7. 結論	104
III 添付資料	105

I 研究の実施経過

1. 研究計画

1.1 研究の背景と目的

生物多様性条約第 10 回締約国会議(COP10)や「生態系と生物多様性の経済学 (TEEB)」において、生態系サービスの経済価値評価の重要性が示され、生物多様性保全の価値を政策に反映することが世界的に期待されている。国内においても国立公園の利用と保全、自然再生、里山の再生などの自然環境保全政策に対する社会的関心が高まっており、こうした自然環境保全政策に生物多様性保全の価値を反映することが重要な課題となっている。生物多様性・生態系サービスの経済評価に関しては海外では多数の研究実績が存在する。国内でも近年は精力的に研究が進められているものの海外に比べると実証事例が少ない。このため、国内において生物多様性保全の価値評価を行い、保全政策に生物多様性の価値を反映する方法について検討することが緊急の課題となっている。

本研究の目的は、国内の主要な自然環境を対象に生物多様性保全の価値を評価することで自然環境政策の経済効果を分析するための手法を開発するとともに、生物多様性の価値を反映した新たな保全策のあり方を示すことにある。第一に、国内の生物多様性保全の価値を評価するための手法を開発する。第二に、新たに国立公園の指定が検討されている地域を対象に外来生物防除の価値評価を行い、生物多様性保全に及ぼす効果を分析する。第三に、全国の重要な自然環境（森林、湿地、農地、里地里山等）を対象に生物多様性保全の価値を評価し、全国的な保全政策の効果を分析する。そして第四に、これらの分析結果をもとに生物多様性の価値を反映した自然環境保全政策のあり方について検討する。

1.2 3 か年における研究計画及び実施方法

平成 24 年度は、先行研究のレビューおよび評価対象に関する基礎的なデータの収集を行うとともに、生物多様性の経済評価に関する事前調査を実施する。平成 25 年度は、事前調査の結果を踏まえて大規模な本調査を実施し、試行的な政策分析を行う。平成 26 年度は、これまでの研究成果を統合し、生物多様性保全政策のシナリオを設定し、政策分析を行うことで、生物多様性の価値を反映した自然環境保全政策に関して提言を行う。具体的には以下の研究計画で研究を実施する。

平成 24 年度

先行研究の収集

海外での研究成果を収集し、最新の研究成果を本研究に反映する。

対象地域の選定

行政担当者と連携しながら評価対象地域の選定を行う。

現地調査

評価対象地域の現地調査を行い、生物多様性保全の現状と課題を調べる。

保全シナリオの検討

現地調査の結果を踏まえ、評価のための保全シナリオを検討する。

調査票設計

評価手法を検討したうえで、調査票設計を行う。

事前調査の実施

小規模な事前調査を実施し、調査票に不備がないかを確認する。

1年目の研究取りまとめ

1年目の研究成果を報告書にまとめ公表する。

平成25年度

調査票の見直し

事前調査の結果を踏まえて調査票の見直しを行う

追加調査の対象地域選定

行政担当者と連携しながら追加で調査を行う対象地域の選定を行う

追加対象地の現地調査

追加で実施する評価対象地域の現地調査を行い、生物多様性保全の現状と課題を調べる。

本調査の実施

大規模なCVMおよびコンジョイント分析調査を実施する。

データ分析

調査で得られたデータに対して統計分析を行う。

政策分析の試行

調査結果をもとに経済実験および政策シミュレーション分析の試行を行う。

2年目の研究取りまとめ

2年目の研究成果を報告書にまとめ公表する。

平成26年度

事後調査の検討

1年目および2年目に調査を行った地域に対して事後調査を検討する。

事後調査対象地の現地調査

事後調査を行う評価対象地域の現地調査を行い、生物多様性保全の現状と課題を調べる。

事後調査の実施

CVMおよびコンジョイント分析の事後調査を行う。

政策分析

これまでの研究成果をもとに経済実験および政策シミュレーション分析により政策分析を行う。

3年間の研究取りまとめ

これまでの研究成果を報告書にまとめ公表する。

1.3 本研究で目指す成果

本研究で得られる成果には以下のものが含まれる。

第一に、国内の生物多様性の価値を評価するための手法の開発である。第I期環境経済の政策研究でも生物多様性の価値評価の研究が行われたが、環境価値評価の手法は海外で開発されたものである

ため、現段階では国内の実情に適さず行政ニーズに対応できないことが判明した。そこで、国内の実情に合った評価手法の開発を行うことで、国内の生物多様性保全政策の経済分析が可能となる。第二に、価値評価手法の政策への反映方法を示すことである。本研究では、生物多様性の価値を評価するだけでなく、保全政策のシミュレーション分析を行うことで生物多様性の価値を政策に反映するための経済モデルを構築する。第三に、生物多様性の価値評価の活用が社会全体に普及することである。本研究で開発された分析手法を分かりやすく解説するマニュアルを作成し、生物多様性の価値評価を促進するための普及活動を行うことで、生物多様性の主流化に貢献する。

以上のように、本研究は生物多様性の経済評価手法の開発という学術的な新規性を有するだけでなく、分析手法の解説マニュアルを作成するなど環境評価手法の普及活動としての成果も有するものである。

1.4 研究成果による環境政策への貢献

本研究の環境政策への貢献は以下のものが含まれる。

第一に、新たに国立公園の指定が検討されている地域（やんばる、奄美諸島など）において、外来種対策や国立公園の指定などによって保全される生物多様性の価値を示すことで、保全施策による経済効果を示すことが可能となる。本研究で得られる成果は、今後の国立公園指定の議論に大きな影響をもたらすことが予想される。第二に、本研究により開発される手法を用いることで、外来種駆除、自然再生事業、国立公園整備、シカの食害対策などの様々な環境政策によって保全される生物多様性の価値を評価することが可能となる。これにより、環境省が実施している自然環境保全政策に生物多様性保全の価値を反映することが可能となる。第三に、2014年に開催されるCOP12等をはじめ、生物多様性に関する国際的な議論に不可欠な生物多様性の価値評価に関する情報を提供することが可能となる。これにより、国際的な議論において環境省がリーダーシップを発揮して議論を展開することが期待される。

以上のように、本研究は生物多様性の経済価値を評価することで、生物多様性保全政策の効果を示すことができることから、本研究成果は現実の環境政策に多くの貢献をもたらすと考えられる。

2. 平成 24 年度の進捗状況

2.1 平成 24 年度の実施体制（研究参画者と分担項目）

平成 24 年度の実施体制は以下のとおりである。

栗山浩一（京都大学）	(1)研究統括並びに連絡調整、および(6)経済実験による政策分析
吉田謙太郎（長崎大学）	(2)現地調査
庄子 康（北海道大学）	(3)経済評価の調査票設計
馬奈木俊介（東北大学）	(4)経済評価の政策分析
柘植隆宏（甲南大学）	(5)経済評価の統計分析
中静 透（東北大学）	(7)生態学を考慮した政策立案

2.2 平成 24 年度の進捗状況

平成 24 年度の各研究参画者の研究進捗状況は以下のとおりである。なお、本プロジェクトでは、各研究参画者が密接に連携して研究を進めているため、個々の研究参画者の研究進捗状況には複雑な関連性がある。(3) 経済評価の調査票設計と(5) 経済評価の統計分析は経済評価に関するものである。また(4) 経済評価の政策分析は(3)や(5)の経済評価の結果に基づいて分析を行うものである。このため、第二部では関連の近いものを並べる形で章構成を修正している。各研究項目と第二部の章構成との関係は以下を参照されたい。

(1) 研究統括並びに連絡調整

各研究グループの会合、およびメーリングリストにおける議論をもとに研究全体の統括を行い、研究の進捗状況を適宜確認しながら順調に研究が進むように連絡調整を行った。(「II-1. 序論」参照)

(2) 現地調査に関する研究

外来種対策の便益評価のため実施した現地調査結果の概要についてとりまとめるとともに、やんばる地域に関する経済評価の先行研究の概要を紹介する。先行研究及び現地調査結果を踏まえた上で、本年度の便益評価方法について検討する。調査対象地域においては、保護対象となる固有種がエコツアーリズムの対象としては十分に活用できる状況にはなく、CVM やコンジョイント分析等の表明選好法による経済評価が適切である点についても、現地調査と収集した資料により検証した。現地調査は、CVM 評価のための仮想シナリオ作成に資することを目的とするものであるため、調査結果は外来種防除とその効果という観点からとりまとめた。(「II-2. 現地調査」参照)

(3) 経済評価の調査票設計に関する研究

CVM は、環境サービスの変化に対する支払意志額(最大支払っても構わない金額)や受入補償額(受け入れるために必要な最少の補償額)を直接人々にたずねる手法である。市場価格に反映されない非利用価値についても評価することができる。一方で、CVM は環境サービスの変化に対する説明内容(シナリオ)による影響を受けやすく、適切にシナリオを設計しなければ評価結果の歪み(バイアス)が発生する。ここでは、調査票設計とそこに大きく関係しているバイアスについて検討した。

これらの調査票設計に関わる先行研究を展望した上で、本年度の評価対象である外来駆除に関する調査票設計について詳細に検討を行った。(「II-3. 経済評価の調査票設計と経済評価の政策分析」参照)

(4) 経済評価の政策分析に関する研究

外来生物(マングース)の駆除による生物多様性保全の費用と便益を測定し、効率的な保全政策のあり方を検討するために、CVM を用いた経済評価を実施する。生物多様性保全の価値は非利用価値を含むため、受益者が広範囲にわたるかのうせいがある。そこで、全国規模で CVM 調査を実施し、集計を行うことで政策分析を行うための基礎的な分析を実施する。

(「II-3. 経済評価の調査票設計と経済評価の政策分析」参照)

(5) 経済評価の統計分析に関する研究

環境評価の統計分析は、評価結果の信頼性を左右する極めて重要な作業である。経済理論との整合性が求められることは言うまでもないが、より高い信頼性を追求するうえでは、急速に発展している統計分析手法の研究動向を把握し、最先端の手法を駆使することも必要となる。そこで本年度は、本研究で使用する仮想評価法（CVM）、トラベルコスト法、選択実験の統計分析手法について既存研究の整理を行い、研究動向の把握を行った。（「Ⅱ－4．経済評価の統計分析」参照）

(6) 経済実験による政策分析に関する研究

経済学における分析の一手法として、実験手法の有用性は広く認知されつつある。環境経済学分野においても、実験手法を用いた研究は確実に増加しており、環境政策の分析にも経済実験の適用が進みつつある。そこで、本年度は環境経済学における実験研究の動向を把握する。第一に、実験研究が最も進んでいる社会的ジレンマに関するこれまでの研究を整理する。続いて、環境経済学分野で主に発展してきた環境評価に関する実験研究の最新動向を整理する。最後に、環境政策の評価や立案に果たしうる経済実験の潜在力を把握するため、環境政策に関連する実験研究の最新動向を整理し、今後の展望を示した。（「Ⅱ－6．経済評価の統計分析」参照）

(7) 生態学を考慮した政策立案に関する研究

近年日本各地の里山の森林で、ブナ科樹木萎凋病（通称ナラ枯れ）による樹木の枯死が拡大している。ナラ枯れで樹木が枯死した森林では、林分構造が変化することが指摘されている。森林は様々な生態系サービスをもたらしており、ナラ枯れによる生態系の変化が森林の生態系サービスを低下させる可能性がある。

そこで、薪炭林がもたらす多様な生態系サービスのうち、人々がどのような生態系サービスにどれだけ価値を感じているのかを明らかにすることで、ナラ枯れの問題の重要性を理解し、対策の方向性を考慮する上で重要な判断材料を得ることができる。

本研究では、1) 環境評価手法を用いて薪炭林の諸生態系サービスを価値評価することで、ナラ枯れ対策に対する市民の支払意思額を明らかにした。また、2) どのような生態系サービスが高く評価されるのかを明らかにすることで、3) 市民が価値を感じている生態系サービスを重視したナラ枯れ対策の方向性を考察した。

さらに生態学の観点から生態系サービスの経済評価に関する課題を検討した。TEEB以来、生態系サービスの経済評価が進んでいる。しかし、いまだに経済評価が難しい生態系サービスもあれば、定量化すら難しい生態系サービスもある。また、こうした経済評価は、生物多様性の保全や生態系サービスの持続的利用を促進する資金メカニズムを確立するために必要であるが、その目的のためには生態学的見地から考慮すべき点がいくつかある。今年度は、生物多様性や生態系サービスの経済評価にあたり、こうした課題を整理した。（「Ⅱ－5．生態学を考慮した政策立案」参照）

2.3 対外発表、ミーティング開催等の実施状況

今年度は各メンバーのミーティングを17回実施した。現地調査でも研究メンバーの多くが参加し、情報交換を密接に行った。またメーリングリストを設置し、日常的に意見交換を行った。対外的発表については著書7件、学術論文等7件、学会報告・セミナー報告等15件、一般市民向けシンポジウム

開催 1 件である。その内訳は以下のとおりである。

ミーティング

1. 平成 24 年 6 月 3 日 北海道大学農学部
参加者：栗山・庄子・柘植
研究計画に関する打ち合わせ
2. 平成 24 年 8 月 31 日 九州大学理学部
参加者：栗山・馬奈木
生物多様性保全政策の経済分析に関する打ち合わせ
3. 平成 24 年 7 月 31 日 インターネット会議
参加者：栗山・庄子・柘植
生物多様性の経済評価に関する打ち合わせ
4. 平成 24 年 9 月 5 日 京都大学農学部
参加者：栗山・庄子・柘植
CVM 調査に関する打ち合わせ
5. 平成 24 年 9 月 7 日 北海道大学農学部
参加者：栗山・吉田
経済評価手法と現地調査に関する打ち合わせ
6. 平成 24 年 9 月 15 日 東北大学環境科学研究科（環境経済・政策学会大会時に開催）
参加者：栗山・吉田・庄子・柘植・馬奈木
研究計画に関する打ち合わせ
7. 平成 24 年 9 月 27 日 フクラシア東京ステーション
参加者：栗山・吉田・庄子
生物多様性の経済評価に関する打ち合わせ
8. 平成 24 年 10 月 15 日 東北大学環境科学研究科
参加者：栗山・馬奈木
生物多様性保全政策の経済分析に関する打ち合わせ
9. 平成 24 年 10 月 20 日 上智大学四谷キャンパス
参加者：栗山・吉田
現地調査と生物多様性の経済評価に関する打ち合わせ

10. 平成 24 年 10 月 28 日 イー・アンド・イーズリユーションズ大会議室
参加者：栗山・中静
生物多様性の評価手法に関する打ち合わせ
11. 平成 24 年 11 月 16 日 京都大学農学部
参加者：栗山・庄子・柘植
CVM 調査に関する打ち合わせ
12. 平成 24 年 11 月 17 日 京都大学品川オフィス
参加者：栗山・庄子・柘植
CVM 調査に関する打ち合わせ
13. 平成 24 年 11 月 19 日 北海道大学農学部
参加者：栗山・吉田・庄子
CVM 調査に関する打ち合わせ
14. 平成 24 年 12 月 22 日 京都大学農学部
参加者：栗山・吉田・柘植・馬奈木
生物多様性の分析手法に関する打ち合わせ
15. 平成 25 年 1 月 9 日 インターネット会議
参加者：栗山・庄子・柘植
CVM 調査に関する打ち合わせ
16. 平成 24 年 1 月 14 日 イー・アンド・イーズリユーションズ大会議室
参加者：栗山・中静
生物多様性の評価手法に関する打ち合わせ
17. 平成 24 年 1 月 16 日 日経リサーチ会議室
参加者：栗山・吉田
CVM 調査に関する打ち合わせ

著書

- 1) 栗山浩一・柘植隆宏・庄子康(2013), 『初心者のための環境評価入門』勁草書房.
- 2) Kuriyama, K., Y. Shoji and T. Tsuge (2012) The Value of Biodiversity and Recreation Demand Models: A Spatial Kuhn-Tucker Model. Managi, S. (Eds.) The Economics of Biodiversity and Ecosystem Services. Routledge, New York, USA, pp.37-52.

- 3) 香坂玲・庄子康 (2012) 「生態系サービスの評価—環境経済からのアプローチ」 森章編「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.
- 4) Yoshida, K. (2013), “Payment for Agricultural Ecosystem Services and its Valuation.” S. Managi (ed) *The Economics of Biodiversity and Ecosystem Services*, Oxon: Routledge, pp. 53-61.
- 5) 吉田謙太郎 (2012) 「地球環境問題と環境経済政策」(環境政策研究会編『地域環境政策』ミネルヴァ書房) pp. 36-50.
- 6) 吉田謙太郎 (2012) 「生物多様性の危機と地域政策」(環境政策研究会編『地域環境政策』ミネルヴァ書房) pp. 51-66.
- 7) Yoshida, K. and K. Hayashi (2012), “Economics and Economic Valuation of Ecosystems and Biodiversity in Japan,” S. Nakano, T. Yahara, and T. Nakashizuka(eds), *The Biodiversity Observation Network in the Asia-Pacific Region: Toward Further Development of Monitoring*, Tokyo: Springer, pp. 27-35.

学術論文等

- 1) Ito, N., Takeuchi, K., Tsuge, T. and Kishimoto, A. (2012) “The Motivation behind Behavioral Thresholds: A Latent Class Approach,” *Economics Bulletin*, vol.32, No.3, pp. 1831-1847.
- 2) 柘植隆宏・笹尾俊明 (2013) 「選択型実験による廃棄物最終処分場の設置に伴う外部費用の推計—選好の多様性に注目して—」 甲南経済学論集第 53 巻第 3・4 合併号. 【2013 年 3 月刊行予定】
- 3) Juutinen, A., Svento, R., Mitani, Y., Mäntymaa, E., Shoji, Y. and Siikamäki, P. (2012), “Modeling observed and unobserved heterogeneity in choice experiments” *Environmental Economics* Vol. 3, pp. 57-65
- 4) Aikoh, T., Abe, R., Kohsaka, R., Iwate, M. and Shoji, Y. (2012), “Factors influencing visitors to suburban open space areas near a snowy northern Japanese city” *Forests* Vol. 3, pp. 155-165
- 5) Yohei Mitani, Naoyuki Izumi, and Kohei Suzuki, “Dose incentive really matter for forestry-management incentive programs? An evidence from NIPF landowners’ re-enrollment decisions to a joint thinning program in Ehime, Japan,” forthcoming in *Natural Resource Economics Review*.
- 6) Henrik Lindhjem and Yohei Mitani, “Forest owners’ willingness to accept compensation for voluntary conservation: A contingent valuation approach,” *Journal of Forest Economics*, 18(4): 290-302, 2012.
- 7) Artti Juutinen, Rauli Svento, Yohei Mitani, Erkki Mäntymaa, Yasushi Shoji, and Pirkko Siikamäki, “Modeling observed and unobserved heterogeneity in choice experiments,” *Environmental Economics*, 3(2): 57-65, 2012.

学会報告・セミナー報告等

- 1) 栗山浩一・庄子康・柘植隆宏, 国立公園のレクリエーション需要：空間的多様性を考慮した端点解モデルによる分析, 環境経済・政策学会, 東北大学, 2012 年 9 月.

- 2) 柘植隆宏・栗山浩一・庄子康, 国立公園の環境変化が観光利用に及ぼす影響：利用者の時間配分に基づく分析, 環境経済・政策学会, 東北大学, 2012年9月.
- 3) Koichi Kuriyama, Yasushi Shoji Takahiro Tsuge. Estimating the value of mortality risk reduction in outdoor recreation: An application of the Kuhn-Tucker demand model. 19th Annual Conference, European Association of Environmental and Resource Economists, Prague, June 28, 2012.
- 4) Koichi Kuriyama, Takahiro Tsuge, Yasushi Shoji. Estimating Welfare Measure of Recreation Site Condition Through Changes in Time Investment: A Multiple Discrete-Continuous Extreme Value Choice Model. Summer Conference, Association of Environmental and Resource Economists, Asheville, NC, June 4, 2012.
- 5) Tsuge, T. "Recreation demand modeling using the Kuhn-Tucker Model," The program in Environmental and Resource Economics (pERE) seminar, University of Illinois at Urbana-Champaign, April 24, 2012.
- 6) Kubo, T., Shoji, Y., Masuda, Y. and Aikoh, T. (2012) Residents' preference for bear occurrence in Shiretoko Peninsula, Japan: An image-based stated choice approach, 2012 Human Dimensions Conference, Pathways to Success Conference and Training: Integrating Human Dimensions into Fish and Wildlife Management, 24-27 September, 2012, Colorado, US.
- 7) Aikoh, T., Ohba, K., Shoji, Y. and Kubo, T. (2012) Visitors' attitudes toward introducing a new visitor management program into a brown bear habitat in Japan. Proceedings of the 6th International Conference on Monitoring and Management of Visitors in Recreational and Protected Areas, 306, 21-24 August 2012, Stockholm, Sweden.
- 8) Kubo, T., Shoji, Y., Takimoto, K., Suzuki, H., and Osada, M. (2012) Understanding residents' risk perceptions associated with fatal brown bear accidents: A case study in Shibetsu town, northern Japan, Proceedings of the 6th International Conference on Monitoring and Management of Visitors in Recreational and Protected Areas, 382, 21-24 August 2012, Stockholm, Sweden.
- 9) Kawahara, T., Koda, Y., Shimura, H., Sugiura, N., Takahashi, H., Izawa, T., Yamaki, K., Shoji, Y., Iino, T., Yamashita, N. Kitamura, K. and Inoue, K. (2012) The conservation of *Cypripedium macranthos* var. *rebunense* from multiple points of view. The 8th international Symposium on Diversity and Conservation of Asian Orchids Abstracts, 43-50, 19-21 November 2012, Shenzhen, China.
- 10) 吉田謙太郎「負の生態系サービスとしての鳥獣被害の可視化」日本生態学会第60回全国大会, 静岡県コンベンションアーツセンター, 2013.
- 11) Yoshida K., T. Nakanishi, and A. Nishiura, "Preference Heterogeneity and Willingness to Pay for Native Tree Species in an Urban Park." URBI02012, Indian Institute of Technology Bombay, Mumbai, 2012.
- 12) 吉田謙太郎・栗山浩一・西浦あさみ「沖縄県やんばる地域における絶滅危惧種保護と外来種対策」環境経済・政策学会, 東北大学, 2012.
- 13) Yoshida, K., "Make Invisible Value of Endangered Species Visible for Mainstreaming,"

Convention on Biological Diversity, Side Event, Hyderabad, 2012.

- 14) 今村航平, 馬奈木俊介, 中静透「ナラ枯れで消失が懸念される里山旧薪炭林の経済評価」環境経済・政策学会, 東北大学, 2012.
- 15) 今村航平, 馬奈木俊介, 中静透「タイトル: ナラ枯れで失われる恐れがある里山旧薪炭林の経済評価」日本生態学会東北地区会第57回大会, 2012.

一般向けシンポジウムなど

一般市民向け講習会「環境評価のための基礎実習」

日程・場所: (東京会場) 11月17日 京都大学品川オフィス

(京都会場) 11月16日 京都大学農学部

内容: 本プロジェクトで開発を進めている環境評価手法および経済実験手法を一般市民にわかりやすく解説

参加者: 本プロジェクト関係者, 一般市民

2.4 審査・評価委員の指摘事項と対応方針

審査・評価会では委員から前向きかつ建設的なコメントを頂いた。本研究では、審査・評価会での指摘事項を踏まえて報告書の修正を行った。審査・評価委員の指摘事項と対応方針は以下の通りである。

指摘事項(1) 研究計画の(6)と(7)については、評論的な記述で、具体的な政策提案には至っていない。評価結果をどのように政策に活かすかを是非考えてほしい。逆にいうと、評価が示されただけでは、だからどうなのかとなる。それから、被験者では圧倒的に当該地域へ行ったことがない人である。経験者と非経験者は異なる母集団と考えるべきではないか。あるいは、別々にパラメータを推定した場合と一体で推定した場合を分散分析などで有意差検定をするのはどうか。

対応方針 本年度は初年度のため、先行研究と基礎的なデータ収集が中心であり、本格的な政策分析は次年度以降に実施する予定である。本年度は予備的な分析段階のため、具体的な政策提案までは行っていないが、次年度以降に具体的な政策提案を行う予定である。母集団については居住地による支払意思額の差を検定したが、有意差は見られなかった。訪問経験者と非経験者の支払意思額の差については、次年度に訪問者を対象とした調査を検討している。

指摘事項(2) 「(5)経済評価の統計分析」の項で、「評価手法の改善を行う」とあるが、どのように行うのか、また行われたのか、報告書を読んでもはっきり分からない。「評価手法の開発」では、現実的な政策活用上、どこに意義や新規性があるか示せるようにしてほしい。研究の方向性・計画は優れたものであるため、この研究結果が現実の

生物多様性保全にどのように活かされるのか、そこまで考えて研究を行ってほしい。

対応方針 本年度は初年度のため、既存の評価手法による実証研究を中心に行った。外来種対策の場合、その効果の大半が非利用価値のため、CVMによる評価が妥当と考えられるため、既存の評価手法との整合性が高い。しかし、たとえば、国立公園指定による政策効果の場合、生物多様性の保全と観光利用の両者が含まれるため、既存の評価手法では限定的な分析にとどまる。そこで、生物多様性保全が訪問行動に及ぼす影響をモデル化したクーン・タッカーモデルと時間配分モデルについて検討を行った。

指摘事項(3) 外来種を入れた当時はメリットに期待があったはず。その時の期待に相当する項目はないのだろうか。

対応方針 外来種導入の経緯については現地調査で聞き取り調査を実施した。マングースの場合はハブ対策が目的であったが、マングースはハブを食べずに家畜や野鳥など他の生物を食べるようになったため、ハブ対策の効果は得られなかったと聞いている。

指摘事項(4) CVM調査は今後につながるデータを提供している。確かに生物多様性の一つの側面であるが、益獣・害獣、あるいは小鳥のように「かわいい」の区分からのみでは今後に限界が生じるのではないかという懸念はある。人にとっての価値としては「どうでも良い」生物種が多くあり、しかしそれらが多重な間接パスを通じて最終的に人間に影響するという側面があるためである。また一見害獣(虫、菌)であっても人間全体にはなんらかの益となっている場合もあればどこまでいっても害にしかならないこともある。このようなアンケートでは、無意識に「人間にとってのプラス、あるいは少なくともマイナスにならない存在」という価値基準がとられることにならないか。

対応方針 経済評価は、あくまでも人間にとっての価値を評価するものであり、生態学的には重要でも人にとってはどうでも良い生物種の価値を評価することは難しい。経済評価は生物多様性保全策の効率性を示すことはできるものの、それはあくまでも一つの尺度での判断にすぎず、経済評価だけで政策を判断することはできない。

指摘事項(5) よりチャレンジングな研究の推進に向け、CVM調査結果等を政策利用につなげる方法や、共有資源実験に係る住民との対話の方法等についても、研究内容に含めてほしい。

対応方針 今年度は行政の政策ニーズに力点を置き、既存の評価手法による分析を中心としたが、次年度以降は最新の分析手法として経済実験による分析を進める方針である。

2.5 平成 25 年度の研究方針

平成 25 年度には、本年度に収集したデータの統計分析を継続する。評価手法の開発を進め、生物多様性の価値評価の信頼性を向上させる。生物多様性は、利用価値だけではなく非利用価値を持っているため、生物多様性保全政策の社会的影響は、現地の訪問者だけではなく、一般市民にも広がることが予想される。そこで、利用価値への影響については、現地で訪問者に対するアンケートを実施する予定である。一方、非利用価値への影響については、本年度に実施した調査をさらに発展させて、洗練された評価手法による実証研究を実施する予定である。

II 研究の実施内容

要約

本研究の目的は、国内の主要な自然環境を対象に生物多様性保全の価値を評価することで自然環境政策の経済効果を分析するための手法を開発するとともに、生物多様性の価値を反映した新たな保全策のあり方を示すことにある。今年度の研究実施内容は以下のとおりである。

第一に、序論では、本研究の実施内容を整理した。第二に、現地調査については、外来種対策の便益評価のため実施した現地調査結果の概要についてとりまとめるとともに、やんばる地域に関する経済評価の先行研究の概要を紹介した。第三に、経済評価の調査票設計については、CVM で使用する調査票設計に関わる諸問題を展望し、その上で本年度の評価対象である外来種駆除に関する調査票設計について詳細に検討を行った。第四に、経済評価の統計分析については、本研究で使用する仮想評価法（CVM）、トラベルコスト法、選択実験の統計分析手法について既存研究の整理を行い、研究動向の把握を行った。第五に経済評価の政策分析については、ナラ枯れ対策の価値を評価するとともに、市民が価値を感じている生態系サービスを重視したナラ枯れ対策の方向性を考察した。第六に経済実験による政策分析については、環境経済学分野の実験経済研究の展望を行うとともに、環境政策の評価や立案に果たしうる経済実験の潜在力について検討した。第七に、生態学を考慮した政策立案については、生態系サービスの経済評価を実施する上で生態学的な観点から検討すべき項目について考察した。

1. 序論

1.1 研究の背景と目的

生物多様性条約第 10 回締約国会議(COP10)や「生態系と生物多様性の経済学 (TEEB)」において、生態系サービスの経済価値評価の重要性が示され、生物多様性保全の価値を政策に反映することが世界的に期待されている。国内においても国立公園の利用と保全、自然再生、里山の再生などの自然環境保全政策に対する社会的関心が高まっており、こうした自然環境保全政策に生物多様性保全の価値を反映することが重要な課題となっている。生物多様性・生態系サービスの経済評価に関しては海外では多数の研究実績が存在する。国内でも近年は精力的に研究が進められているものの海外に比べると実証事例が少ない。このため、国内において生物多様性保全の価値評価を行い、保全政策に生物多様性の価値を反映する方法について検討することが緊急の課題となっている。

本研究の目的は、国内の主要な自然環境を対象に生物多様性保全の価値を評価することで自然環境政策の経済効果を分析するための手法を開発するとともに、生物多様性の価値を反映した新たな保全策のあり方を示すことにある。第一に、国内の生物多様性保全の価値を評価するための手法を開発する。第二に、新たに国立公園の指定が検討されている地域を対象に外来生物防除の価値評価を行い、生物多様性保全に及ぼす効果を分析する。第三に、全国の重要な自然環境（森林、湿地、農地、里地里山等）を対象に生物多様性保全の価値を評価し、全国的な保全政策の効果を分析する。そして第四に、これらの分析結果をもとに生物多様性の価値を反映した自然環境保全政策のあり方について検討する。

1.2 各研究項目について

第二部の内容は以下のとおりである。

II-2. 現地調査

外来種対策の便益評価のため実施した現地調査結果の概要についてとりまとめるとともに、やんばる地域に関する経済評価の先行研究の概要を紹介する。先行研究及び現地調査結果を踏まえた上で、本年度の便益評価方法について検討する。調査対象地域においては、保護対象となる固有種がエコツアーリズムの対象としては十分に活用できる状況にはなく、CVM やコンジョイント分析等の表明選好法による経済評価が適切である点についても、現地調査と収集した資料により検証した。現地調査は、CVM 評価のための仮想シナリオ作成に資することを目的とするものであるため、調査結果は外来種防除とその効果という観点からとりまとめた。

II-3. 経済評価の調査票設計および経済評価の政策分析

CVM は、環境サービスの变化に対する支払意志額（最大支払っても構わない金額）や受入補償額（受け入れるために必要な最少の補償額）を直接人々にたずねる手法である。市場価格に反映されない非利用価値についても評価することができる。一方で、CVM は環境サービスの变化に対する説明内容（シナリオ）による影響を受けやすく、適切にシナリオを設計しなければ評価結果の歪み（バイアス）が発生する。ここでは、調査票設計とそこに大きく関係しているバイアスについて検討した。

これらの調査票設計に関わる先行研究を展望した上で、本年度の評価対象である外来種駆除に関す

る調査票設計について詳細に検討を行った。

Ⅱ－４．経済評価の統計分析

環境評価の統計分析は、評価結果の信頼性を左右する極めて重要な作業である。経済理論との整合性が求められることは言うまでもないが、より高い信頼性を追求するうえでは、急速に発展している統計分析手法の研究動向を把握し、最先端の手法を駆使することも必要となる。そこで本年度は、本研究で使用する仮想評価法（CVM）、トラベルコスト法、選択実験の統計分析手法について既存研究の整理を行い、研究動向の把握を行った。

Ⅱ－５．生態学を考慮した政策立案

近年日本各地の里山の森林で、ブナ科樹木萎凋病（通称ナラ枯れ）による樹木の枯死が拡大している。ナラ枯れで樹木が枯死した森林では、林分構造が変化することが指摘されている。森林は様々な生態系サービスをもたらしており、ナラ枯れによる生態系の変化が森林の生態系サービスを低下させる可能性がある。

そこで、薪炭林がもたらす多様な生態系サービスのうち、人々がどのような生態系サービスにどれだけ価値を感じているのかを明らかにすることで、ナラ枯れの問題の重要性を理解し、対策の方向性を考慮する上で重要な判断材料を得ることができる。

本研究では、１）環境評価手法を用いて薪炭林の諸生態系サービスを価値評価することで、ナラ枯れ対策に対する市民の支払意思額を明らかにした。また、２）どのような生態系サービスが高く評価されるのかを明らかにすることで、３）市民が価値を感じている生態系サービスを重視したナラ枯れ対策の方向性を考察した。

さらに生態学の観点から生態系サービスの経済評価に関する課題を検討した。TEEB 以来、生態系サービスの経済評価が進んでいる。しかし、いまだに経済評価が難しい生態系サービスもあれば、定量化すら難しい生態系サービスもある。また、こうした経済評価は、生物多様性の保全や生態系サービスの持続的利用を促進する資金メカニズムを確立するために必要であるが、その目的のためには生態学的見地から考慮すべき点がいくつかある。今年度は、生物多様性や生態系サービスの経済評価にあたり、こうした課題を整理した。

Ⅱ－６．経済実験による政策分析

経済学における分析の一手法として、実験手法の有用性は広く認知されつつある。環境経済学分野においても、実験手法を用いた研究は確実に増加しており、環境政策の分析にも経済実験の適用が進みつつある。そこで、本年度は環境経済学における実験研究の動向を把握する。第一に、実験研究が最も進んでいる社会的ジレンマに関するこれまでの研究を整理する。続いて、環境経済学分野で主に発展してきた環境評価に関する実験研究の最新動向を整理する。最後に、環境政策の評価や立案に果たしうる経済実験の潜在力を把握するため、環境政策に関連する実験研究の最新動向を整理し、今後の展望を示した。

2. 現地調査

2.1 先行研究と現地調査の課題

本章では、外来種対策の便益評価のため実施した現地調査結果の概要についてとりまとめるとともに、やんばる地域に関する経済評価の先行研究の概要を紹介する。先行研究及び現地調査結果を踏まえた上で、本年度の便益評価方法について検討する。調査対象地域においては、保護対象となる固有種がエコツアーの対象としては十分に活用できる状況にはなく、CVM やコンジョイント分析等の表明選好法による経済評価が適切である点についても、現地調査と収集した資料により検証した。現地調査は、CVM 評価のための仮想シナリオ作成に資することを目的とするものであるため、調査結果は外来種防除とその効果という観点からとりまとめることとした。

本年度は、外来種対策の中でもマングースによる固有種の捕食とその防除対策を中心として現地調査を実施した。調査対象地域は、沖縄県のやんばる地域と鹿児島県の奄美大島である。やんばる地域と奄美大島においては、両地域を代表する象徴種であるヤンバルクイナとアマミノクロウサギがマングースの捕食により生息域と生息数を減少させている。しかしながら、外来生物法施行以降の集約的なマングース捕獲等が功を奏し、生息数及び生息域は回復傾向にある。やんばる地域と奄美大島を含む奄美・琉球は、世界自然遺産への登録を目指しており、その地域を代表する固有種がどのような便益をもたらすかを明らかにすることは、重要な研究・政策課題である。

次に、本年度の CVM による便益評価の参考となる吉田・栗山・西浦(2012)によるやんばる地域の経済評価結果の概要を紹介する。やんばる地域の生態系保護の経済価値を可視化するには、表明選好法による経済価値評価が有効な手段であると考えられる。全国 1,869 名を対象としたインターネット・アンケート調査の目的は、CVM とコンジョイント分析により、やんばる地域の固有種と生態系の経済価値を可視化することである。とりわけ、外来種対策によるヤンバルクイナの保護とヤンバルテナゴコガネの絶滅回避などの経済評価が調査の主目的となる。CVM とコンジョイント分析は、仮想政策シナリオによって実現される環境の変化に対する WTP を明らかにするものである。CVM は単一の仮想シナリオに基づき WTP を明らかにする。コンジョイント分析も単一の仮想シナリオに基づくものの、政策によって実現される固有種の保護水準や生態系の保護面積など複数の選択肢から 1 つを選択する方式である。

CVM の仮想シナリオでは、近い将来にヤンバルクイナやヤンバルテナゴコガネ、ノグチゲラなどが絶滅する可能性のあることを説明した上で、「やんばる保護基金」に対して 10 年間毎年いくらかを支払っても良いかを 2 項選択法によって尋ねた。WTP を推計した結果、中央値は 772 円/世帯/年であり、全回答者の平均値は 1,921 円/世帯/年となることが明らかとなった。コンジョイント分析では、複数の選択肢の中から 1 つを選択する方式をとることから、生態系を複数の属性に分ける必要がある。仮想シナリオにおける属性としては、固有種保護のための森林保全面積、ヤンバルクイナ生息数増加、ヤンバルテナゴコガネの絶滅回避、「やんばる保護基金」への募金を設定した。コンジョイント分析により得られた限界 WTP は、森林の保護面積 1km²あたり 2.91 円/年/世帯であった。ヤンバルクイナ 1 羽あたりの限界 WTP は 1.01 円/年/世帯であった。また、ヤンバルテナゴコガネの絶滅を確実に回避するための対策については 2472.72 円であった。これらの限界 WTP から、仮に森林 271km²をすべて保護地域とし、ヤンバルクイナを発見当時の 1,800 羽まで回復させ、ヤンバルテナゴコガネを保護した場合の WTP は年 3,981 円となる。この金額に、日本の世帯数を掛け算すると 2,070 億円となる。ヤンバルクイナに限って試算したとして、約 420 億円の価値を有するという評価結果が得られた。

上記のやんばる地域における調査結果を踏まえ、本年度は CVM によるやんばる地域と奄美大島における比較調査を実施する。その仮想シナリオ作成のため、やんばる地域と奄美大島における現地調査を実施し、両者の共通点と相違点を明らかにした上で、仮想シナリオの作成に向けて検討した。

2.2 現地調査結果

日本には数多くの侵略的外来種が定着し、固有の生態系に影響を与えている。外来種は一旦定着してしまうとその駆除はきわめて困難となる。日本の外来種対策の中で、多くの予算が割かれているのは、やんばる地域や奄美大島におけるマングース対策である。やんばる地域においては、沖縄県も多額の予算を支出し、徹底的なマングース対策を実施している。



写真 2-1 現地調査において観察されたヤンバルクイナの個体

沖縄県におけるマングースの導入は、おもにハブとネズミの駆除目的のため、1910年に13～17頭が那覇市近郊に放たれたのが最初である。その後、1979年に奄美大島にもハブ対策のため約30頭が放たれ、個体数は増加し続けてきた。2003年の調査では、沖縄全土に約30,000頭のマングースが生息していると推定されていた。奄美大島においては、10,000頭以上のマングースが生息していたが、マングース防除対策の効果により現在では300頭程度に減少していると推定されている。マングース導入当時はヤンバルクイナも発見されておらず、アマミノクロウサギの保護よりもネズミによる農作物被害やハブの危険性の方が切実であった。

やんばる地域には多くの固有種が生息しているが、その中でも1981年に発見されたヤンバルクイナは(写真2-1)、マングースによる捕食の影響を強く受け、マングースの北上とともにその個体数を減少させてきた(福田 2011)。発見当時は推定1,800羽生息していたが、一時は700～800羽ほどに減少したと推定されている。その後、外来生物法の施行とともに環境省と沖縄県が徹底的なマングース防除対策を実施した結果、個体数は1,000羽以上に回復し、国頭村、大宜味村、東村におけるマングース対策は十分な効果があがったと評価されている。アマミノクロウサギの生息数は、ヤンバルクイナほど明確ではないが、2003年に実施された調査では、奄美大島に2,000～4,800頭が生息していると

推定された。

ヤンバルクイナと同様に飛ぶことのできない鳥類は、天敵から身を守る能力に乏しく、外来種として新たな天敵が導入されることなどにより危機にさらされることが多く、世界各地の島嶼地域において絶滅が報告されている。そうしたことから、継続的な外来種防除対策等を継続することの重要性が理解される。



写真 2-2 捕獲用カゴワナと捕獲されたマンゲース



写真 2-3 やんばる地域の林道沿いに設置された捕殺用筒ワナ

沖縄県におけるマングース防除は、おもに塩屋湾と福地ダムの間の通称 SF ライン以北が中心となる。その他の地域において根絶を図ることは費用面及び技術面の制約から困難である。ヤンバルクイナやケナガネズミ、トゲネズミ等の希少な固有種の残る地域に集中して、防除のための人的資源と資金を投下することは効率的である。奄美大島においては、アマミノクロウサギの生息密度の高い地域を中心としつつも、全島的に防除が実施されている。地理条件等の相違により、マングース対策の実施方法は両地域において異なる。

やんばる地域においては、沖縄県が中心となり SF ラインに全長 4,130m のマングース北上防止柵が設置された。そして SF ライン以北への集中的なカゴワナ（写真 2-2）と筒ワナ（写真 2-3）の設置により、マングースの捕獲が進み、ヤンバルクイナの個体数は増加したと見られている。写真 2-2 は、マングース捕獲の様子である。最近では、SF ラインの近くにおいてヤンバルクイナの生息が確認されるなど、マングース生息密度の低下とヤンバルクイナの生息域拡大に相関があることが推測される。

図 2-1 はやんばる地域における防除事業の成果を示したものである。環境省が国頭村（伊地ー安波ライン以北）、沖縄県が SF ライン以北から伊地ー安波ラインまでを担当し、北部訓練場内を米海兵隊が担当した。2011 年度は、環境省 20 名、沖縄県 19 名のマングースバスターズにより捕獲作業が実施された。捕獲努力量は、環境省 524,784 わな日、沖縄県 861,871 わな日、米海兵隊 224,410 わな日であった。マングース捕獲数は沖縄県 207 頭、環境省 15 頭、米海兵隊 33 頭であった。沖縄県が担当する SF ライン近辺のマングース密度の高い地域において、集中的に捕獲されていることがわかる。

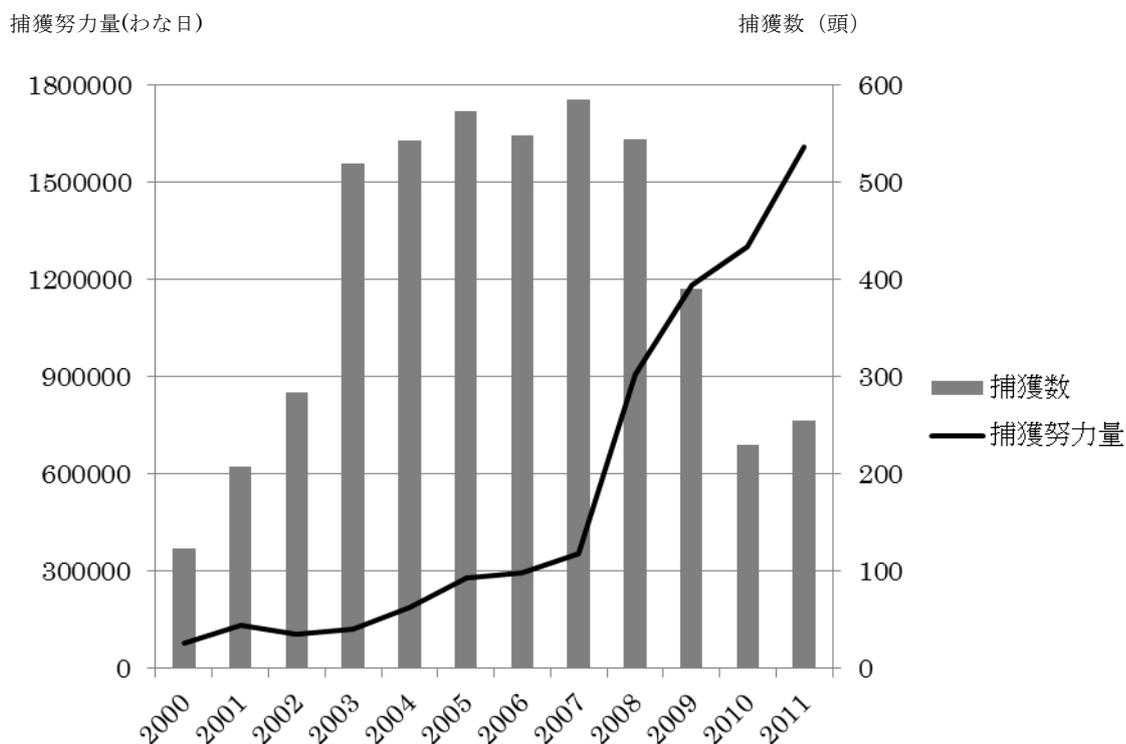


図 2-1 やんばる地域におけるマングース捕獲努力量と捕獲数

捕獲努力量(わな日) 捕獲数(頭)

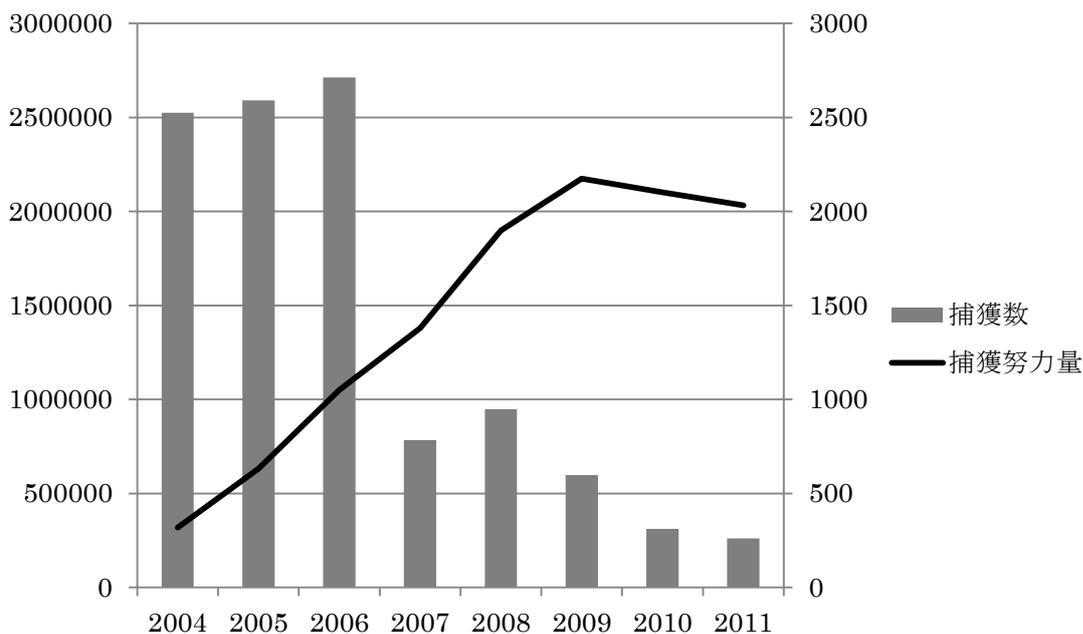


図 2-2

奄美大島におけるマングース捕獲努力量と捕獲数

図 2-2 は奄美大島におけるマングース防除事業の成果を示したものである。奄美大島においては、2005 年度に編成された奄美マングースバスターズを中心として防除事業が実施されている。2011 年度は 42 名体制で捕獲作業等を実施した。また、やんばる地域に先んじて、2008 年度からはマングースの生息状況を正確に把握するためマングース探索犬 3 頭を導入し、ハンドラーとともに探索活動を実施している。

やんばる地域においては SF ライン以北、奄美大島においては島内全域からの駆除を目指して徹底的なマングース防除対策が実施されてきた。その集中的な防除対策は概ね成功を収めており、捕獲効率は劇的に低下している。注意すべき点は、防除事業の捕獲効率低下は必ずしも事業の費用効率性の低下を意味しているわけではないことである。奄美大島などでも、一時期 10,000 頭以上のマングースが生息していたと推定されているが、ワナ設置とマングース探索犬などの効果により、現在の生息数は 300 頭ほどにまで減少したと推定されている。それにともない、アマミノクロウサギの個体数も増加傾向にあると推定されている。今後も政府、自治体、地元住民、自然保護団体、企業、NPO 等の資金と技術を結集し、世界自然遺産候補地であるやんばる地域と奄美大島の固有種を保護する試みが継続される必要がある。

上記のように、現在両地域において実施されているマングース対策とその成果を踏まえた上で、ヤンバルクイナやアマミノクロウサギなどの絶滅のおそれのある固有種保護の取り組みを維持することが仮想シナリオの基礎となることが理解される。

やんばる地域と奄美大島には、ヤンバルクイナやアマミノクロウサギ以外にも多くの貴重な固有種が生息している。やんばる地域における代表的なものとしては、ケナガネズミやオキナワトゲネズミ、キツツキの仲間であるノグチゲラ、日本最大の甲虫であるヤンバルテナガコガネなどがいる。やんばる地域には、日本の鳥類の約半分、カエル類の約 4 分の 1 の種が生息する。奄美大島においては、ア

マミトゲネズミやケナガネズミ等が生息している。また、両地域にはオキナワイシカワガエルやアマミシカワガエル等の地域固有の両生類が多く生息している。小型ほ乳類や両生類はマングースの捕食対象であるため、これらの小型哺乳類や両生類の保護についても、仮想シナリオの対象とする必要があると考えられる。

2.3 市場価値の観点からの可視化

やんばる地域や奄美大島の生態系の有する価値を可視化するには、CVM 以外にもいくつかの方法が考えられる。エコツーリズム目的で訪問する旅行者の入込数と旅行費用からアプローチする方法が考えられる。ここでは資料の制約等のため、やんばる地域に限定してエコツーリズムに関する調査結果を引用し、部分的ではあるが、市場価値の観点から可視化を試みることにする。

環境省那覇自然環境事務所が2008年3月に公表した「やんばる地域の自然資源を活用した観光のあり方検討調査業務」報告書によると、やんばる地域3村のうち国頭村を取り上げた詳細な分析が行われている。国頭村への入域者は45万5000人/年と推定されている。そのなかでもエコツーリズムを目的とするフィールド型利用者数は21,430人であり、キャンプや丘釣りなどの無料で体験できるものが13,600人、船釣り、ダイビング、トレッキング、カヌーなどガイド付き利用が7,830人と推計されている。また、宿泊費とガイド付きツアー、有料施設の立ち寄り利用、イベントなどで33.8億円と推定されている。さらに、モデルエリアにおいて環境容量を意識した上で観光振興が図られた場合には、1.56億円の観光産業の増収が達成され、村全体の経済波及効果として3.63億円の増加が見込まれる。

やんばる地域には多くの固有種が生息・生育する照葉樹林以外にも豊かな海や澄んだ溪流等があり、こうした多様な自然が魅力である。固有種として有名なヤンバルクイナやヤンバルテナガコガネ、ノグチゲラ等は一般の旅行者が観察することは困難であり、エコツーリズムの対象として旅行者に対してアピールできる状況にはない。

縄文杉などの巨木観察ができる屋久島、マザーツリーなどの巨木を含めたブナ原生林を観察できる白神山、ザトウクジラやオガサワラオオコウモリを観察できる小笠原諸島、シャチやヒグマ、オオワシ、サケの遡上などが観察できる知床といった既に登録されている国内の世界自然遺産と比較すると、エコツーリズムにおいて一般の観光客をひきつける観察可能な動植物種の魅力をさらにアピールする必要があると考えられる。

国頭村だけでなく、大宜味村と東村に範囲を拡張したとしても状況は同様であり、エコツーリズムの利用価値の観点から見た場合、多くの固有種をはぐくむ生態系の価値は十分に評価されない可能性がある。将来的に、国立公園に指定され、世界遺産に登録されると、観光開発が進み、観光客数も増加すると考えられる。しかしながら、自動車通行量の増加は、2012年度に過去最高を記録したヤンバルクイナの交通事故（ロードキル）を増加させる可能性がある。

エコツーリズムによる消費額や経済波及効果は、生態系価値を推測するための重要な価格シグナルではあるが、オーバーユースの懸念があり、単純に増加すればよいというものではない。また、外来生物対策によって守られるヤンバルクイナ等の固有種の価値は、現状のエコツーリズムの対象として大きなマーケットを形成しているわけではない。世界自然遺産への登録にともないツーリズムはさらに盛んになる可能性が高いが、他の世界遺産地域の現状を見ると、市場価値の観点のみから、やんばる地域や奄美大島のように、生物多様性や生態系の豊かな地域の価値を十分に評価することは困難であり、過少評価となる可能性がある。利用価値の観点からだけでなく、生態系が保護されることの

非利用価値の面を含めた経済評価の必要性を検討するために、本節では市場価値による経済評価の可能性という観点から検討を行った。

2.4 結論

本年度は、やんばる地域と奄美大島において現地調査を実施し、CVMによる経済評価を適用することの妥当性及び仮想シナリオについて検討した。2.3に示したとおり、ヤンバルクイナやアマミノクロウサギ等はエコツーリズムの対象として確実に観察できる状況にはなく、多数の観光客による経済波及効果が想定される対象ではないため、市場価値によるアプローチは困難である。したがって、トラベルコスト法や直接的な観光消費額による経済評価への接近は、外来種対策の便益推定には適していないと考えられ、CVMやコンジョイント分析等の表明選好法によるアプローチが適切であろう。

CVMについては、仮想シナリオとしてマングース防除対策によるヤンバルクイナやアマミノクロウサギ等の固有種保護という共通性の高いシナリオを用いることができる。しかしながら、コンジョイント分析によって経済評価を実施する際には、両地域における森林の所有形態や面積、保護される動植物種の詳細が異なるため、両地域の比較はCVMほど容易ではない。これらの点から、本年度はCVMによる経済評価とその比較が適切であるとの結論が得られた。

引用文献

環境省那覇自然環境事務所（2008）『やんばる地域の自然資源を活用した観光のあり方検討調査業務報告書』。

福田真（2011）「ヤンバルクイナの保護について」『私達の自然』52(569)，5-7ページ。

吉田謙太郎・栗山浩一・西浦あさみ（2012）「沖縄県やんばる地域における絶滅危惧種保護と外来種対策」『2012年環境経済・政策学会大会報告要旨』。

3. 経済評価の調査票設計および経済評価の政策分析¹

3.1 CVMの調査票設計とバイアス

CVMは、環境サービスの変化に対する支払意志額（最大支払っても構わない金額）や受入補償額（受け入れるために必要な最少の補償額）を直接人々にたずねる手法である。市場価格に反映されない非利用価値についても評価することができる。一方で、CVMは環境サービスの変化に対する説明内容（シナリオ）による影響を受けやすく、適切にシナリオを設計しなければ評価結果の歪み（バイアス）が発生する。ここでは、調査票設計とそこに大きく関係しているバイアスについて述べたい。本章の内容は栗山他（2013）の内容の一部を取りまとめて整理したものである。詳しくは栗山他（2013）を参照されたい。

CVMの調査は、主に「評価対象の情報収集」「調査票の草案作成」「プレテストの実施」「本調査の実施」の4つの段階から構成される。以下ではその構成について順を追って紹介したい。

3.1.1 評価対象の情報収集

調査票を設計するには、まず評価対象の情報収集をしなければならない。シナリオでは「現在の状況」と「環境サービスが変化した後の状況」を回答者に正確に説明し、どのような制度・政策でそれを実行するかを記述する必要がある。CVMを適用する状況では、評価対象はある程度決まっていることが多いであろうが、それでも評価対象とその周辺情報について改めて情報収集することは有益である。例えば、過去に導入されて失敗した制度や論争の最中にある政策などによって環境改善が行われるシナリオを設定すると、制度・政策自体がバイアスを引き起こす可能性がある（環境改善が消費税の増税によって実施されるシナリオとするならば、消費税の増税に反対である回答者は、環境改善に対しては評価をしても、評価額を0円と表明するかもしれない）。

もちろん、評価対象自体については詳しい情報収集が必要である。例えば、森林の再生に対する評価であるとするならば、評価対象の自然科学的データ（森林面積、植生、土壌、希少種の有無）、再生前後の利用状況や施設整備（訪問者数、周辺地域の開発状況、遊歩道やキャンプ場などの有無）、関連する制度・政策（保安林や国立公園・国定公園などの指定状況）、対象地域の社会経済の状況（関係市町村の人口、年齢構成、産業構造など）が含まれるだろう。同時に、評価対象に関する最新の科学的な知見、また環境評価手法を適用した過去の評価事例なども調べておくとしナリオ作成の参考となる。評価対象の「現場」が存在する場合には現地調査を行うことも重要である。現地を訪問し、地元の地方自治体や住民、環境保護団体、開発業者などを対象に聞き取り調査などを実施する。この際、何らかの意見の対立が生じている場合は、どちらかの立場に偏らないように双方の意見を聞いておくことが重要である。このような評価対象の情報収集は、できる限りシナリオを作成する前に終えておくことが望ましい。プレテストの段階で新しい事実が明らかになると、シナリオの大幅な改定が必要になるからである。

情報収集を踏まえたうえで、シナリオを作成することになるが、この前に評価を実施する目的を再検討し、明確にすることが望ましい。情報収集の結果、評価対象を変更した方が望ましいと判断されることも少なからずあるからである。また評価目的を絞らざるをえない状況が生じることもある。例えば、森林の再生によって、希少な鳥類の生息地の創出、希少な鳥類を観察するレクリエーションサ

¹ 本章の分析および執筆では京都大学の久保雄広氏および服部南美氏の協力を得た。

イトの提供、土砂災害の防止という3つの環境サービスが提供されるなど、複合した環境サービスを評価するような場合、以下のような問題が発生するかもしれない。

- 個別の環境サービスに対する評価が求められる場合、3つの環境サービスの合計額を評価するだけでは、その内訳がわからないためほとんど意味がないかもしれない。例えば、希少な鳥類の生息地の価値は0かもしれないし、合計額のすべてかもしれない。
- 便益の集計範囲が異なるため、総便益を算出する場合に問題が生じる。例えば、希少な鳥類の生息地を再生したときの受益者は全国の人々に広がるかもしれないが、土砂災害の防止による受益者は流域内の範囲に限定されるかもしれない。その場合、便益の集計範囲が決定できない。

上記のような理由から、あいまいさを排除したいのであれば、評価する環境サービスは1つに限定したシナリオとせざるをえない。

3.1.2 調査票の草案作成

目的を再確認した上で、次に調査票の草案作成に入る。例えば、森林の再生を行うことでシマフクロウの生息地を回復させることの価値を評価する例を考えてみたい。生息地の回復に対する支払意思額を聴取するためには、まず環境が現状からどのような環境改善が行われた状態に変化するのかを設定しなければならない。環境改善が行われた状況は、科学的な知見に基づいた合理的で現実的な状況設定であることが必要である。どのような森林が生息地に適しているのか、生息地として使われるまでにどれだけの年数がかかるのか、事業の実施主体は誰かなどを検討する必要がある。調査側はこれらの問いにすべて答えられるようにするため、専門家へのインタビューも必要になる。設定されたシナリオの一例が図3-1のようなものである。

次に適切な支払手段を選択することが重要である。適切な支払手段によって、シナリオがより現実的に感じられることもあれば、不適切な支払手段によってバイアスが生じることもある。これまでの研究では、税金と基金への募金が支払手段として多く用いられている。税金を支払手段に用いた場合は、支払いに強制力があること、「温情効果」が発生しにくいことなどの利点がある。「温情効果」とは、環境改善に対して支払いをすること自体から満足を得ることである。一方で、地域限定の環境改善を行うために税金を集めることなどは非現実的であることが多い（森林環境税など、法定外目的税として現実に行われている場合もある）。また、税金という支払手段自体に反対である回答者も少ないため、支

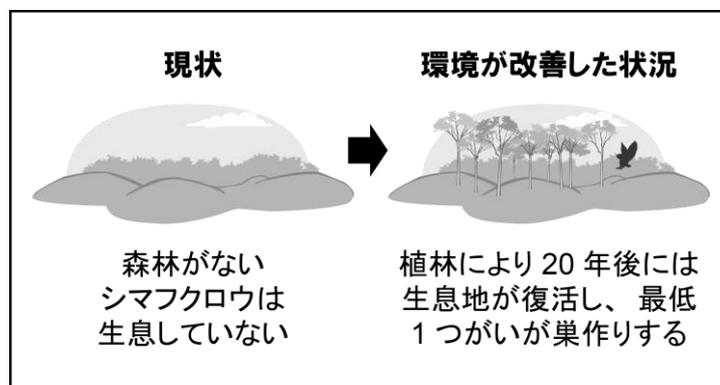


図 3-1 シマフクロウの生息地を回復させるシナリオの一例

出典：栗山他（2013）より

払手段を理由として回答を拒否する「抵抗回答」が発生する欠点もある。ここでの抵抗回答とは「シマフクロウの生息地の回復には賛成だが、増税には反対である」といった意見のように、環境改善の内容ではなく支払手段に反対を表明してしまう問題である。

一方、基金への募金を支払手段に用いた場合は、支払いに強制力がないこと、温情効果が発生しやすいことなどの欠点がある。ただ、特定の環境改善を行うために基金を設立することなどは現実的に行われているため、回答者が理解しやすく、また税金と比較して抵抗回答が少ないという利点がある。

支払意志額を聴取した後はその回答理由を質問することも重要である。このような質問を行うのは、シナリオに対する理解や支払手段に対する抵抗回答などを識別するためである。回答理由をたずねた結果、支払意志額の推定に含めるべきでない回答者がいれば、分析から除外することになる。サンプル数は減少するが、より正確で信頼性の高い評価結果を得ることができる。

以上が CVM の中心的な質問内容であるが、調査票ではこれらの質問以外にも、評価対象と回答者の関連性に関する質問や、環境問題に対する関心についての質問、シナリオの内容に関する質問、回答者の個人属性（所得や年齢など）に関して聴取する。

3.1.3 プレテストの実施

調査票の草案ができた後は、調査票に問題がないかを確認するため、本調査に先立って、小規模な調査であるプレテストを実施する。この段階まで進むと、調査側は評価対象を知りすぎてしまっているがゆえに、調査票の内容を客観的に眺められなくなっていることも多い。例えば、シマフクロウは絶滅危惧種であるが、シナリオを検討しているうちに、シマフクロウが絶滅危惧種であることは自分の中で当然のこととなってしまふ。そうなると、シマフクロウが絶滅危惧種であることを前提として、文章を記述するようになってしまふ。しかし、シマフクロウが絶滅危惧種であることはもとより、世の中の多くの人には、シマフクロウや絶滅危惧種が何であるかも詳しくは知らないのである。

同じようなことは、専門家の意見を反映させる過程でも生じることがある。例えば、絶滅危惧というカテゴリには、絶滅危惧 IA 類（絶滅寸前）、絶滅危惧 IB 類（絶滅危機）、絶滅危惧 II 類（危急）という細かい区分が存在する。これらの区分は専門家には重要であるが、そのまま調査票の文章に用いると、複雑すぎて回答者が理解できなくなるかもしれない。プレテストではこのような調査側の目の曇りを晴らすだけでなく、シナリオが妥当か、提示額が適当な金額か、あるいは支払手段が現実的かなど、これまで解説した内容が、本当に回答者にとっても妥当かどうかを確認する絶好の機会となる。具体的には表 3-1 のような項目を確認することになる。一般項目は、アンケート調査一般に当てはまる確認項目であり、CVM に関する項目は、CVM の調査に特有の確認事項である。

表 3-1 プレテストでの調査項目

アンケート調査一般に当てはまる確認項目

回答者は設問を誤解していないか？

回答者は設問を理解できるか？

選択肢は適切か？

無効回答が多い設問はないか？

すべての回答者が同一の回答をしていないか？
自由回答欄の大きさは十分か？
設問のスキップ方法に混乱はないか？
回答時間は長すぎないか？

CVMに関する項目

支払手段は妥当か？
抵抗回答はどのくらいか？
評価シナリオが非現実的ではないか？
評価シナリオを回答者は理解できるか？
賛成理由・反対理由の選択肢は適切か？
提示額は妥当か？

出典：栗山他（2013）より

プレテストのサンプル数は、一般には 25 から 100 サンプル程度であるが、プレテストのサンプルを用いて支払意志額の推定（試算）を行いたい場合には、多めにとるに越したことはない。標準的な質問形式である二肢選択形式を適用して試算を行う場合には、サンプル数が少なすぎると支払意志額を推定できないことがあるので、サンプル数は 50 以上とすべきである。

3.1.4 本調査の実施

調査票が完成すれば、本調査の実施に移ることになる。CVM のアンケート調査では、サンプリング方法、つまりどのように回答者を選び出すのが重要である。CVM を適用するにはランダムサンプリングが適用されることが多い。ランダムサンプリングを行うには、適切な調査範囲（母集団）を選定しなければならない。対象者が明示的でない場合は、プレテストで母集団の範囲を調べることが有用である。例えば、シマフクロウが生息している北海道東部に位置する釧路、北海道最大の都市札幌、東京、大阪でプレテストを実施するとしよう。このとき、釧路の支払意志額が 5,000 円、札幌の支払意志額が 1,000 円、東京と大阪の支払意志額がほとんど 0 円だとすると、シマフクロウの生息地を回復することの受益者は北海道内に限定されるので、本調査の調査範囲は北海道に限定してもかまわないことになる。もし、東京や大阪でも支払意志額が存在するのであれば、この生息地の回復の受益者は全国に広がっているので、本調査の調査範囲は全国とすべきと判断できる。

またこの場合、選定された母集団の範囲が、集計額を算出する際の対象世帯数となる。特定の地域（例えば、北海道）を対象に調査を行った場合には、集計する際もその地域の世帯数（北海道の世帯数）を用いることになる。特定の地域を対象に行った調査の結果に、全国の世帯数をかけて、全国の価値を求めることはできない。特定の地域が全国の意向を代表しているとは限らないからである。

調査範囲（母集団）を選定した後は、対象者リスト（名簿）を入手する。面接調査や郵送調査を行う場合には、住民基本台帳や電話帳を対象者リストとして用いる。住民基本台帳は市町村役場で閲覧でき、正確な母集団の名簿を作成することができる。ただ、個人情報保護の観点から簡単に利用できない場合が多い。2006 年には住民基本台帳法が改正され、住民基本台帳の写しを閲覧するには、公益性のある統計調査・世論調査・学術研究であることが求められている。電話帳は過去には有効な対象者リストであったが、携帯電話の普及により電話帳に電話番号を記載していない人が増えており、近

年は母集団を正確に反映しているとは言えないかもしれない。

CVM のアンケート調査の実施形態には、聞き取り調査（面接調査）、郵送調査、電話調査、インターネット調査などがある。聞き取り調査は高い回収率を得られ、内容的にも精度の高い調査が可能である。ただし、費用は高額となる。郵送調査は比較的 low コストで実施できるが回収率は低くなることが多い。回収率は調査内容によって大きく異なるため、一概に妥当な回収率を示すことは難しいが、経験上、回収率が 30% を下回ることも多い。電話調査は low コストで実施することが可能である。ただし、回収率はそれほど高くない（調査内容によっても大きく異なる）。平日の日中に調査を行うと、主婦や高齢者に回答が偏るなどの問題もある。また写真を使った説明ができないため、適切な情報伝達が難しい場合もある。近年はインターネット調査が用いられることも多い。回答者がインターネット利用者に限定される点が問題であるが、比較的 low 調査コストで短期間に調査を実施できる。また分岐が続く複雑な設問でも質問できる利点がある。ただし不特定多数が回答し、かつ回答者は若年層に偏りがあることが指摘されてきた。このような問題点を回避するため、調査会社のモニターを対象としたインターネット調査が増えてきている。この場合、年齢や性別などの個人属性が偏らないように、調査会社にサンプリングを依頼することができる。近年は、個人情報の不適切な扱いが大きな社会問題となっており、聞き取り調査や郵送調査、電話調査の実施は年々難しくなっている（回答率も下がる傾向にある）。電話や訪問による詐欺事件なども増えているため、警察に通報されることまで想定した、しっかりとした対応が必要である。このようなこともあり、調査側が個人情報を直接入手するのではなく、サンプリングや個人情報の取り扱いについては、調査会社に依頼する例も増えてきている。

最終的に、CVM で支払意志額を算出するためには、一定数のサンプルが必要となる。質問形式にも依存するが、二肢選択形式の場合、200 サンプル程度が必要であり、統計的な信頼性の高い支払意志額を推定するためには 600 サンプルを目安にすべきであろう。

3.1.5 CVM のバイアス

ここまで CVM の調査票設計について一連の流れを紹介してきたが、CVM を実施する上で最も注意しなければならないのが評価結果の歪み（バイアス）である。バイアスをすべて紹介することはできないので、ここではシナリオの設計とバイアスの回避に焦点を当てながら、CVM が具体的にどのような説明内容を回答者に提示するのか、その概要を示したい。

まず、CVM で評価を試みる環境サービスの価値は、環境改善に対する支払意志額、環境悪化回避に対する支払意志額、環境悪化に対する受入補償額、環境改善中止に対する受入補償額の 4 通りの方法で評価することができる。例えば、森林の価値を評価する場合には、以下のような 4 通りの聴取の方法がある。

- 環境改善に対する支払意志額：森林を 20ha 再生するために、最大いくら支払ってもかまわないと思いますか？
- 環境悪化回避に対する支払意志額：森林を 20ha 伐採する計画を中止させるために、最大いくら支払ってもかまわないと思いますか？
- 環境悪化に対する受入補償額：森林を 20ha 伐採する計画が実施される場合、最低いくら補償が必要だと思いますか？
- 環境改善中止に対する受入補償額：森林を 20ha 再生する計画が中止されることになった場合、最

低いくら補償が必要だと思えますか？

4通りの聞き方の中でどの設定を選択すべきかは、設定状況に関係しているが、支払意志額で評価した場合と受入補償額で評価した場合とでは、しばしば評価額に大きな乖離が発生することが明らかとなっている。支払意志額と受入補償額を比較した実証研究によると、多くの研究で受入補償額は支払意志額の2倍から5倍に評価されている (List and Gallet, 2001)。そのため後に述べる NOAA ガイドラインでは、控えめな評価額を得るという方針のもとで、たとえ受入補償額を用いるべき権利の設定状況になっていたとしても、支払意志額を評価に用いることが推奨されている。

次に CVM では、このような支払意志額を聴取する設定のもとで環境変化に対する人々の支払意志額を聞き出すが、その聞き出し方を質問形式と呼んでいる。これまでにいくつかの質問形式が考えられてきている。

- 自由回答形式：回答者に自らの支払意志額を自由に記入してもらう質問形式
- 付け値ゲーム形式 (競りゲーム形式)：回答者にある提示額を提示して支払う意欲があるか質問を行い、支払うとした人にはより高い提示額を、支払わないとした人にはより低い提示額を提示し、再び質問を行う。これを繰り返すことで、回答者の支払意志額を明らかにする質問形式である (オークションをイメージするとわかりやすい)。
- 支払カード形式：回答者に金額のリストを提示し、その中から自らの支払意志額に一致するものを選んでもらう質問形式である。
- 二肢選択形式：回答者に負担額を提示して、それに賛成するかどうかをたずねる質問形式である。金額の部分には複数の異なる金額の中から、ランダムに選ばれた1つの金額が割り当てられる。

4つの質問形式のうち、自由回答形式、付け値ゲーム形式、支払カード形式の質問形式については、各回答者の評価額が直ちにわかるが、二肢選択形式については回答者の支払意志額が提示額より高いか低いかしからわからないため、支払意志額を推定するためには統計的な分析が必要となる。

これらの質問形式の中で、今日、標準的な質問形式として採用されているのが、二肢選択形式である。二肢選択形式が用いられるのにはいくつかの理由が存在している。アンケート調査のデータを用いることの問題点で真っ先に思いつくのは、回答者が意図的に偽りの回答を行うことをどのように回避するかということであろう。回答者が意図的に支払意志額を過大に表明したり、逆に過少に表明したりする影響は「戦略バイアス」と呼ばれている。例えば、森林を再生させることはすでに決まっているが、調査結果に基づいて費用負担が決まる状況であったとしよう。この場合、回答者は自らの費用負担を小さくするため、意図的に実際の支払意志額よりも低い金額を回答するであろう。一方、費用負担の額はすでに決定しているが、調査結果に基づいて森林の再生面積が決まる状況ではどうか。この場合、回答者は再生面積を大きくするため、意図的に実際の支払意志額よりも高い金額を回答するであろう。このように、回答者が意図的に偽りの回答をして、自分に有利な状況を作り出そうとすることで生じるのが戦略バイアスである。この戦略バイアスの回避は、CVMにおける大きな課題であった。この課題を解決するために考案された質問形式が、上記で紹介した二肢選択形式である。これまでの研究から、二肢選択形式を用いると一定の条件のもとで戦略バイアスが発生しないことが明らかにされている (Hoehn and Randall, 1987)。したがって戦略バイアスを回避するためには、二肢選択形式を適用することが望ましいということになる。

また、われわれは商品やサービスに価格付けを行う際に、意識的にも無意識的にも価格付けの手掛かりを探している。例えば、似たような商品やサービスの市場価格、他人が行った価格付けなどがそ

の例である。しかし、環境の価値を評価する場合は、もともと市場で取引されていない財であるため、価値付けの手掛かりはほとんど存在しない。そうであるがゆえに、回答者はわずかな手掛かりから価格付けを決定しようとする。付け値ゲーム形式には、最初の提示額が回答に影響する「開始点バイアス」が発生することが知られている。最初の提示額が評価対象の相場を暗示してしまうのである。回答者は「数万円の価値が想定されるサービスに対して、調査員が100円から価格付けを始めることはないだろう」、「調査員が1,000円から価格付けを始めたのは、一般の人々が少なくとも1,000円の価値は認識しているからだろう」などと考えてしまうわけである。同様に支払カード形式では、提示された金額の範囲が回答者に影響を与える「範囲バイアス」が発生することが知られている。このように調査票に回答者の手掛かりとなりそうな情報、とりわけ金額に関する情報が記載されているとバイアスが生じる可能性が高まることになる。二肢選択形式は実はこの点でも有利な質問形式であることが知られている。二肢選択形式では金額の提示を1回しか行わないからである。付け値ゲーム形式にしても支払カード形式にしても、提示額を複数示すことで回答者に価格付けの手掛かりを与えてしまっている。しかし、金額の提示を1回しか行わなければ、回答者はその金額が自分の支払意志額よりも高いか低いかだけに基づいて回答せざるをえないからである。

このように、質問形式一つにしても、バイアスをいかに減らすか、様々努力がなされている。そもそもアンケート調査を用いる以上、バイアスの影響を完全になくすことは不可能である。一方で、シナリオの設計や調査方法を工夫することで、バイアスを大幅に回避できることも明らかとなっている。その他のバイアスについては Mitchell and Carson (1989) や栗山 (1997) を参照されたい。

バイアスの種類にかかわらず、最も有効なバイアスの回避策は前述のプレテストの実施である。プレテストの適切な実施によって、多くのバイアスは修正することができる。また、バイアスを回避するための全般的なガイドラインも示されている。1990年代前半、CVMに対する批判が高まる中、タンカー事故などを管轄している商務省国家海洋大気管理局 (NOAA) は、油濁法のもとで環境破壊の損害額の算定にCVMが適用できるか否かを検討するため、専門家による委員会を設置した (NOAA パネル)。そして約1年間にわたる検討の結果が1993年1月に報告された。NOAA パネルの結論は「CVMは環境破壊の損害賠償に関する訴訟において議論を開始するための材料として十分な信頼性を提供できる」というものであった。一方で、裁判で使えるだけの信頼性を確保するため、さまざまな条件を満たすことも求められることとなった。NOAA パネルは、満たすべき条件を表3-2のようにガイドラインの形で具体的に示した。このガイドラインは「NOAA ガイドライン」として知られている。NOAA ガイドラインは、いわばCVMの理想的な姿を示したものである。

表 3-2 NOAA ガイドライン

一般項目	
サンプルサイズ	統計的に十分なサイズが必要となる。
回収率	回収率が低いと信頼性も低くなる。
個人面接	郵送方式は信頼性が低いので個人面接方式が望ましい。電話方式も可能である。
質問者による 影響のチェック 報告	質問者がいる時といない時とを比較すべきである。 サンプルの定義、サンプルサイズ、回収率、未回答項目などすべてを報告しなければならない。
質問項目の事前テスト	事前に小規模なアンケートを行って質問項目をチェックすることが必要である。
調査項目（これまでの優れた CVM では満たされていたもの）	
控えめなアンケート設計	異常に高い金額が出ないように控えめな設計を心がける。
支払意志額	受入補償額よりも支払意志額を用いる。
住民投票方式	質問形式は住民投票方式（二肢選択形式）にすべきである。
環境政策の説明	評価しようとする環境政策を適切に説明しなければならない。
写真の事前テスト	写真による影響を調べなければならない。
他の対象についての言及	破壊されないその他の環境資源が存在することや、将来の環境資源の状態について触れることが必要である。
評価時期	環境破壊の事故から十分な時間が経過してから評価すること。
通時的平均	異なる時点で評価して平均をとることが必要である。
答えたくないオプション	賛成/反対だけではなく、「答えたくない」も選べるようにすること。
賛成/反対の フォローアップ	なぜ賛成/反対したかをたずねること（それほど価値がない、わからない、企業が払うべきなど）
クロス表の作成	所得、対象についての知識の有無、対象地までの距離などで分類してクロス表を作成すること。
回答者の理解	回答者が理解できないほど複雑な質問にならないようにすること。
目標項目（これまでの CVM では満たされていなかったもの）	
代替的支出の可能性	お金を支払うと回答すると、その他の財の購入に使えるお金が減ることを認識させなければならない。
取引価値	環境保護にお金を支払う行為そのものに満足する「倫理的満足」の影響を取り除くこと。
定常状態と一時的損失	自然環境は常に状態が変動しているので、変動の範囲と定常状態を認識させなければならない。
一時的損失の現在価値	一時的に自然が破壊された後、自然回復の状態を踏まえて現在価値で評価することが必要である。
事前の承認	仮想的シナリオについて事前に承認を得ること。
信頼できる 参照アンケート	いくつかのアンケート結果を比較検討して信頼性を確認する。
立証責任	回収率が低い、環境破壊の範囲を示していない、回答者が理解不能、「賛成/反対」の理由が不明などの場合、評価結果の信頼性は低いと判断される。

出典：栗山他（2013）および NOAA（1993）、栗山（1997）より作成

3.2 やんばる・奄美の調査票の説明

上記で述べたような調査票設計の大枠に基づき、ここからはやんばると奄美における CVM の調査票設計について、具体的にその作成過程について述べていきたい。

3.2.1 先行研究の整理

評価対象の情報収集と現地調査についてはすでに紹介しているので、ここではまず、外来種管理に関する先行研究を整理する。環境評価手法を用いて外来種管理を評価した研究は数多く存在しているが、CVMに焦点を当てると、以下のような先行研究が存在する。

- オランダの有害藻類の異常繁殖を防ぐためのバラスト水対策に対する支払意志額を評価した評価 (Nunes and Bergh, 2004)
- ラットやネコなどの外来種を駆除することでセーシル共和国の生物多様性 (セーシェルシキチョウとウミガメ) を守ることにに対する支払意志額を評価した評価 (Mwebaze et al. 2010)
- 水棲外来種の侵入の影響を遅らせることにに対する支払意志額を評価した (McIntosh et al. 2007; 2010)
- 西アメリカにおける外来種による五葉松類発疹さび病を管理することにに対する支払意志額を評価した (Meldrum et al. 2012)
- ノースカロライナ州におけるツガウーリーカサアブラムシの駆除に対する支払意志額を評価した (Moore et al. 2011)
- スペインにおける複数の外来種を根絶することにに対する支払意志額を評価した (García-Llorente et al. 2008; García-Llorente et al. 2011)
- ただし、国内で外来種駆除に関する支払意志額を評価した先行研究は (黒川・西澤, 2004) と Nishizawa et al. (2006) が行った琵琶湖の外来魚 (ブラックバスとブルーギル) 駆除に関する研究に限られている。

表 3-3 外来種管理の CVM の先行研究

reference(文献)	対象となる種	管理のレベル	支払意思額			質問形式	調査地	サンプル数	回答率	支払方法	
			1回のみ支払平均値	1回のみ支払中央値	1年間の支払平均値						1年間の支払中央値
Nunes and van den Bergh(2004)	藻類	バラスト水の管理			76.2ユーロ	二段階二肢選択形式	オランダ	242	68.75%	税金	
黒川・西澤(2004)	ブラックバス・ブルーギル	根絶			2926円	1000円	支払カード形式	滋賀	323	33.2%	税金の再配分
Nishizawa et al.(2006)	ブラックバス・ブルーギル	根絶			1860.44円	1860.43円	支払カード形式	滋賀	323	33.2%	税金の再配分
McIntosh et al.(2010)	水棲外来生物(fishes)	低い→ゼロ(1年)	57ドル	10			自由回答形式	アメリカ	376	39.2%(ア)	寄付
		高い→低い(1年)	53ドル	20					368		
		高い→低い(10年)	122ドル	25					361		
	甲殻類	低い→ゼロ(1年)	51ドル	10					415		
		高い→低い(1年)	76ドル	10					410		
		高い→低い(10年)	161ドル	25					392		
	軟体動物	低い→ゼロ(1年)	41ドル	10					380		
		高い→低い(1年)	59ドル	20					378		
		高い→低い(10年)	170ドル	25					364		
	植物	低い→ゼロ(1年)	54ドル	10					410		
		高い→低い(1年)	74ドル	20					412		
		高い→低い(10年)	189ドル	30					400		
	全て	低い→ゼロ(1年)	62ドル	10					355		
		高い→低い(1年)	73ドル	20					355		
		高い→低い(10年)	246ドル	25					351		
McIntosh et al.(2007)	水棲外来生物(コイ、カタツムリ、ミジンコ、藻)	低い→ゼロ(1 year)	108ドル	28			自由回答形式	university of wyomin	106	88.3%	特に書いてない
		高い→低い(1年)	146ドル	28							
		高い→低い(10年)	213ドル	43							
	魚類のみ	低い→ゼロ(1 year)	57ドル	18							
		高い→低い(1年)	70ドル	33							
高い→低い(10年)	35ドル	28									
Mwebaze et al.(2010)	外来種(ラットやネコを駆除しセーシェルキチョウを保護する)				40ユーロ	支払カード形式	セーシェル	300	85.7%	入場料	
	外来種(ラッチ やネコを駆除しウミガメを保護する)				44ユーロ	支払カード形式		300	85.7%		
Meldrum et al.(2012)	white pine bluster		310.44ドル			二肢選択形式	西アメリカ	895	61%	1回の支払	
Moore wt al.(2011)	ツガウーリーカサアブラムシ				122ドル	支払カード形式	ノースカロライナ	401	45%	税金	
garcia-llorente(2008)	アルゼンチンアリ	根絶			5.62ドル	自由回答形式	スペイン	366		税金	
	藻類				4.95ドル						
	カダヤシ				4.81ドル						
	コイ				4.56ドル						
	アカオタテガモ				4.42ドル						
	ユーカリ				3.88ドル						
	アメリカザリガニ				3.86ドル						
	アイスプラント				3.05ドル						
	魚類				2.2ドル						
	ミシシippアカミミガメ				0.95ドル						
cherry(2001)	レイクラウト	減少			11.16ドル	dc	イエローストーン国立公園	284	57.3%	基金	
garcia-llorente(2011)	外来種15種	根絶			44.55ユーロ	oe	スペイン	472		基金	
		予防			28.81ユーロ						

表 3-4 絶滅危惧種保護の CVM 研究

文献	調査した年 種	gain or loss	willingness to pay(2006\$)			調査地	サンプル数	回答率	支払方法
			size of change	一括	年間				
Bell et al.(2003)	2000 salmon	増える	100%	138.64	二肢選択	ワシントン	357	49.1%	税金
		増える	100%	91.55					
		増える	100%	141.27		ウイラバ湾	386	61.7%	
		減るのを防ぐ	100%	90.64		オレゴン州	424	58.4%	
		減るのを防ぐ	100%	57.99		オレゴン州	347	53.2%	
Berrens et al.(1996)	1995 silveyminnow	減るのを防ぐ	100%	134		オレゴン州	357	59.7%	
		減るのを防ぐ	100%	37.77	二肢選択	ニューメキシコ州	726	64.0%	協力金
Bowker and Stoll(1998)	1983 アメリカシロツル	減るのを防ぐ	100%	43.69	二肢選択	テキサス州	316	36.0%	基金
		減るのを防ぐ	100%	68.55	二肢選択	訪問者	254	67.0%	基金
Boyle and Bishop(1987)	1984 ハウトウワシ	減るのを防ぐ	100%	21.21	二肢選択	ウイスコンシン州	365	73.0%	基金
		減るのを防ぐ	100%	8.32	二肢選択				
Chambers and Whitehead(2003)	2001 ハイロオオカミ	減るのを防ぐ	100%	22.64	二肢選択	ミネソタ州	352	56.1%	1回の税金
Cummings et al.(1994)	1994 ウミタナゴ?	減るのを防ぐ	100%	11.65	自由回答	ニューメキシコ住民	723	42.0%	州の税金を増やす
Duffield(1991)	1990 ハイロオオカミ	再導入		93.92	二肢選択	イエローストーン国立公園訪問者	158	30.6%	lifetime membership
Duffield(1992)	1991 ハイロオオカミ	再導入		162.1	二肢選択	イエローストーン国立公園訪問者	121	86.0%	lifetime membership
Duffield et al.(1993)	1992 ハイロオオカミ	再導入		37.43	二肢選択	アイダモ州、モンタナ州、ワイオミング州	189	46.6%	lifetime membership
USDOI(1994)	1993 ハイロオオカミ	再導入		28.37	二肢選択	アイダモ州、モンタナ州、ワイオミング州	335	69.6%	lifetime membership
USDOI(1994)	1993 ハイロオオカミ	再導入		21.59	二肢選択	アイダモ州、モンタナ州、ワイオミング州	345	69.5%	lifetime membership
Duffield and Patterson(1992)	1991 アークティックグレイリング	1/3の川で改良	33%	26.47	支払カード	アメリカ訪問者	157	27.3%	協力金
		善	33%	19.84	支払カード	アメリカ訪問者	157	77.1%	協力金
Giraud et al.(1999)	1996 メキシコマダラフクロウ	減るのを防ぐ		68.84	二肢選択	アメリカの住民	688	54.4%	協力金
Giraud et al.(2002)	2000 トド	減るのを防ぐ	100%	70.9	二肢選択	アラスカ州	1653	63.6%	州の税金を増やす
Hageman(1985)	1984 ハンドウイルカ	減るのを防ぐ	100%	36.41	支払カード	カリフォルニア州	180	21.0%	州の税金を増やす
		減るのを防ぐ	100%	34.5	支払カード		174		
Hageman(1985)	1984 gray-blue whale	減るのを防ぐ	100%	45.94	支払カード	カリフォルニア州	180	21.0%	州の税金を増やす
Hagen ey al.(1992)	1990 フクロウ	減るのを防ぐ	100%	39.8	支払カード		174		
		減るのを防ぐ	100%	130.19	二肢選択	アメリカ	409	46.0%	税金と木材価格
King et al(1988)	1985 オオツノヒツジ	減るのを防ぐ	100%	16.99	自由回答	アリゾナ州	550	59.0%	基金
Kotchen and Reiling(2000)	1997 ハヤブサ	増える	87.5%	32.27	二肢選択	メイン州	206	63.1%	1回の税金
Layton et al.(2001)	1998 東ワシントンとカリフォルニア	増える	50%	210.84	コンジョイント	ワシントン州	801	68.0%	月1の支払
		増える	50%	146.57	二肢選択				
		増える	50%	229.31	二肢選択				
		増える	50%	307.76	二肢選択				
		増える	50%	311.31	MB				
Loomis(1996)	1994 ニジマス	増える	600%	79.53	自由回答	ワシントン州	284	77.0%	州の税金を増やす
		増える	600%	98.41	自由回答	ワシントン州	467	68.0%	
Loomis and Ekstrand(1997)	1996 メキシコマダラフクロウ	増える	600%	91.67	自由回答	アメリカ	423	55.0%	
		減るのを防ぐ		51.52	自由回答	アメリカ	218	56.0%	
Loomis and Larson(1994)	1991 ハイロクジラ	増える	50%	23.65	自由回答	カリフォルニア州	890	54.0%	保護基金
		増える	100%	26.53	自由回答	カリフォルニア州	890	54.0%	
		増える	50%	36.56	自由回答	カリフォルニア州、訪問者	1003	71.3%	保護基金
		増える	100%	43.46	自由回答	カリフォルニア州、訪問者	1003	71.3%	
Olsen et al.(1991)	1989 サーモンとニジマス	増える	100%	42.97	自由回答	太平洋北西岸	695	72.0%	電気代?
		増える	100%	95.86	自由回答	Pac.NW HH option		72.0%	
		増える	100%	121.4	自由回答	Pac.NW anglers	482	72.0%	
Reaves et al.(1994)	1992 アカキツツキ	% chance of survival	99%	14.69	自由回答	サウスカロライナ州	225	53.0%	回復基金
			99%	20.46	二肢選択		223	52.0%	
			99%	13.14	支払カード		234	53.0%	特に定めず
Rubin et al.(1991)	1987 フクロウ	% chance of survival	50%	38.61	自由回答	ワシントン州	249	23.0%	
			75%	39.99	自由回答				
			100%	60.84	自由回答				
Samples and Hollyer(1989)	1986 モンクアザラシ	減るのを防ぐ	100%	165.8	二肢選択	ハワイ	165	40.0%	保全基金
		ザトウクジラ		239.53					金と時間
Stanley(2005)	2001 ヨウセイエビ	減るのを防ぐ	100%	28.38	支払カード	カリフォルニア州	242	32.1%	年間の税金
Stevens et al.(1991)	1989 野生の七面鳥	減るのを防ぐ	100%	11.38	二肢選択	ニューイングランド	339	37.0%	協力金
		減るのを防ぐ	100%	15.36	自由回答	ニューイングランド			
		減るのを防ぐ	100%	10	二肢選択	マサチューセッツ州	169	30.0%	協力金
		減るのを防ぐ	100%	11.12	自由回答				
		ハウトウワシ	減るのを防ぐ	100%	45.21	二肢選択	ニューイングランド	339	37.0%
Swanson(1993)	1989 ハウトウワシ	減るのを防ぐ	100%	31.85	自由回答				
		増やす	300%	349.69	二肢選択	ワシントン州、訪問者	747	57.0%	会員基金
Whitehead(1991.1992)	1991 ウミガメ	減るのを防ぐ	100%	244.94	自由回答	ワシントン州、訪問者			
		減るのを防ぐ	100%	19.01	二肢選択	ノースカロライナ州	207	35.0%	保全基金

本研究はマングースの根絶に対する支払意志額を評価することを目的としているが、外来哺乳類の管理に対する支払意志額を評価した研究は極めて少ない。上記においても外来哺乳類を扱った研究は (Mwebaze et al., 2010) だけである。本研究の調査票はこれらの先行研究を参考に設計したが、上記のように外来哺乳類を扱った研究はほとんどなかったことから、本研究の調査においては、先行研究からは示唆されない、新たな課題が生じることも考えられる。本調査が問題なく実施されるよう、プレテストの内容をよく精査し、反映させることが重要である。

3.2.2 やんばんる・奄美の調査票の説明

以下では奄美の調査票を例に、それぞれの質問がどのような意図の下に設定されているのかを簡潔に整理した (表 3-5)。

表 3-5 奄美の調査票の質問項目

回答者の基本的な知識や考え方を聴取する質問	
問 1.	あなたは、これまでに鹿児島県の奄美群島を訪れたことがありますか？
問 2.	あなたは、奄美群島にしか生息していない、以下の固有種をこれまでにご存知でしたか？
問 3.	あなたは、希少な地域固有の野生動植物（固有種）が数多く生息する奄美群島地域の自然環境を保全することに関心はありますか？
問 4.	あなたは、アマミノクロウサギが絶滅の危機に瀕していることをご存じでしたか？
問 5.	あなたは、アマミノクロウサギを保全することは重要だと思いますか？
問 6.	あなたは、アマミノクロウサギが絶滅の危機に瀕している理由の一つがマングースによる捕食であることをご存じでしたか？
問 7.	あなたは、ネズミや毒蛇ハブを退治するために奄美大島に島外からマングースが導入されたことをご存知でしたか？
問 8.	あなたは、マングースを駆除することは重要だと思いますか？
問 9.	あなたは、外国から持ち込まれた動植物（外来生物）が、日本固有の生態系や人々の生活に影響を与えることをご存じでしたか？
問 10.	あなたは、マングースなど以下の動植物が外国から持ち込まれた外来生物であることをご存じでしたか？
問 11.	あなたは、「外来生物法」があることをご存知でしたか？
問 12.	あなたは、「外来生物法」に基づく外来生物の輸入や飼育、野外へ放つことの規制、防除について賛成ですか？反対ですか？
問 13.	あなたは、奄美大島からマングースを（根絶/完全駆除/生息していない元の環境）することについて賛成ですか？反対ですか？
問 14.	上記のようにマングースは、人為的に持ち込まれたごく少数の個体から増加し、アマミノクロウサギなどを捕食しています。そのため、環境省はワナや探索犬などを使って奄美大島からマングースを徹底的に駆除しています。あなたは、

マンガースの駆除についてどのようにお考えになりますか？

CVM の質問

- 問 15. 奄美大島からマンガースを 10 年間で完全駆除するためには、あなたに毎年〇〇円募金してもらう必要があるとします。募金を集めるのは 10 年間継続し、毎年同じ金額をお支払いしていただくものとします。あなたは、マンガース完全駆除のために 10 年間、毎年〇〇円を募金してもかまいませんか？
- 問 16. (「はい」 / 「いいえ」) とお答えになった理由を教えてください。
- 問 17. (2 段階 2 項選択法に続く)

個人属性に関する質問

- 問 18. あなたのお住まいの都道府県をお聞かせ下さい。
- 問 19. あなたの性別について、お聞かせ下さい。
- 問 20. あなたの年齢について、お聞かせ下さい。
- 問 21. あなたのご家庭の世帯人数について、お聞かせ下さい。(あなたを含めた人数でお答えください)
- 問 22. あなたは山岳会や野鳥の会、自然保護団体など、自然環境に関わる団体に所属していますか？当てはまるものをお聞かせ下さい。(いくつでも)
- 問 23. あなたは昨年一年間(2012 年)に日本の国立公園を何回訪れましたか？当てはまるものをお聞かせ下さい。
- 問 24. 自然に関する行動について、あなたは、以下に当てはまるものがありますか？当てはまるものをお聞かせ下さい。(いくつでも)
- 問 25. あなたのご職業について、当てはまるものをひとつだけお聞かせ下さい。
- 問 26. 差し支えなければ、あなたのご家庭のおおよその年収を税込みでお聞かせ下さい(社会経済学的な分析をする際に用います)。
-

「回答者の基本的な知識や考え方を聴取する質問」では、回答者の評価対象に対する知識や認識などを明らかにする。それぞれの質問項目の集計結果も重要であるが、CVM の調査票では、どのような回答者の評価額が高いのかを明らかにしたり、信頼性を検証したりするためにもこれらの質問を利用する。一般的に、評価対象を実際に見たり、生息する現地に訪れたりした回答者、あるいは評価対象に認識が深い、保全に対する意識が高い回答者の方が、支払意志額が高いと言われている。これらの質問と評価額がどのような関係にあるのか、例えば、奄美群島を訪れたことのある回答者の方が支払意志額は高いのか、また信頼性を検証する観点で、例えば、マンガースの駆除に反対している回答者の支払意志額が高いような場合は、何らかのバイアスが生じている可能性がある、などの形でこれらの質問項目は利用できる。

「CVM の質問」については、質問形式は二肢選択形式のダブルバウンドである(詳細は統計分析のセクションを参照されたい)。支払手段は税金を利用することの問題点を回避するために基金を採用した。調査票設計の際に述べたように、問 16 では回答理由を聴取している。また、問 15 もしくは問 17 の提示額の設計はプレテストによって設計を行う予定である。ここで一点述べておかなければならないことは、前述した評価目的を絞らざるをえない状況が今回の調査でも生じたことである。事前の間

き取り調査の結果、今回の調査の評価で求められていることは、単に「マングースの駆除」というよりは、やんばるあるいは奄美群島の生態系の価値の評価であった。しかしながら、やんばるあるいは奄美群島の生態系の価値は複合した環境サービスであり、そのまま評価することには、前述で述べたような技術的な問題が考えられた。そのため、今回の調査は「マングースの駆除」を通じ、「ヤンバルクイナが生息する環境」あるいは「アマミノクロウサギが生息する環境」を保全するという価値の評価、つまり、やんばるあるいは奄美群島の生態系の価値の一部を評価していることになる。

「個人属性に関する質問」は、回答者の人物像を理解するために重要であるが、「回答者の基本的な知識や考え方を聴取する質問」と同様に、どのような回答者の評価額が高いのかを明らかにしたり、信頼性を検証したりするためにもこれらの質問を利用する。

例えば年収はCVMの調査では重要な質問項目である。年収の高い回答者ほど支払意志額が高いかどうかは、評価結果の信頼性を確認するための主要なチェック項目であり（年収と支払意志額には関係がないことも多いが、年収が低いほど支払意志額が高い場合は、明らかに何らかのバイアスが生じている可能性がある）、また、支払意志額が年収に強く影響されているようであると、その政策・制度が年収に関して公平性を欠いている可能性を示唆している。

3.2.3 プレテストの概要

プレテストは2012年12月に実施した。回収サンプル数はやんばる地域167、奄美地域153であった。プレテストの回答をもとに支払意志額(WTP)を推定したところ、やんばる地域で中央値345円・平均値3,185円、奄美地域で中央値655円・平均値3,019円であった。やんばる地域、奄美大島のCVM回答の集計とWTP推定結果は表3-6、表3-7、表3-8、表3-9のとおりである。

表 3-6 やんばる地域におけるCVM回答の集計

最初の提示額(円)	yesのときの提示額	noのときの提示額	yes,yesの人数(人)	yes,no	no,yes	no,no	
200	500	100	8	0	0	6	
500	1000	200	5	3	2	7	
1000	2000	500	3	2	2	12	
2000	5000	1000	2	1	4	8	
5000	10000	2000	2	2	0	10	
10000	20000	5000	2	1	1	17	

表 3-7 やんばる地域 CVM 推定結果

変数	係数	t値	p値
constant	3.3936	4.617	0.000 ***
ln(Bid)	-0.5809	-5.455	0.000 ***
n	100		
対数尤度	-103.035		
推定WTP			
(中央値)	345		
(平均値)	∞ 裾切りなし 3,186 最大提示額で裾切り		

表 3-8 奄美大島 CVM 回答の集計

最初の提示額(円)	yesのときの提示額	noのときの提示額	yes,yesの人数(人)	yes,no	no,yes	no,no
200	500	100	8	0	2	4
500	1000	200	6	3	0	4
1000	2000	500	4	4	2	8
2000	5000	1000	1	0	2	8
5000	10000	2000	0	0	6	12
10000	20000	5000	2	0	3	9

表 3-9 奄美大島 CVM 推定結果

推定結果			
変数	係数	t値	p値
constant	5.1540	5.746	0.000 ***
ln(Bid)	-0.7949	-6.011	0.000 ***
n	88		
対数尤度	-98.497		
推定WTP			
(中央値)	655		
(平均値)	∞ 裾切りなし 3,019 最大提示額で裾切り		

プレ調査の結果をもとに、アンケート票の修正を行った。変更点としては、プレ調査の WTP の回答理由(自由回答)を参考に WTP の回答の選択肢を作成し、自由回答から選択回答に変更した点や、先行研究において、外来種の知識、環境活動・自然への関心(自然保護団体に所属しているか、自然保護地域を訪れた回数など)や外来種の影響の知覚に関する質問が WTP に影響するとされていた(García-Llorente et al. 2008, García-Llorente et al. 2011, Martín-López, Montes and Benayas 2007)ことを受けて、知識に関する設問を追加した点が挙げられる。具体的にはやんばる地域と奄美群島の固有種をそれぞれ 5 種あげ、5 段階(知っている～全く知らない)で認知度をたずねる設問等を追加した。

3.3 本調査の実施

3.3.1 本調査の概要

本調査は 2013 年 1 月 24 日～2013 年 1 月 28 日の 5 日間、インターネットによる調査を行った。回収したサンプル数はやんばる地域が 1674、奄美群島が 1786 である。調査対象者は 20 歳～59 歳であり、調査範囲は全国である。

評価対象に関する設問や環境問題全般に関する関心、年齢や所得などの個人属性をたずねる質問、CVM の設問をすべて合わせて 26 問のアンケートを行った。調査票は本報告書の巻末に掲載されているので参照されたい。

ここではやんばるの調査票を例に、それぞれの質問がどのような意図の下に設定されているのかを整理した(表 3-10)。また、設問は、どのような要因が WTP に影響を与えるのかを先行研究を参考にして作成したので、設問を作成する際に参考にした文献を同じ表に示している。

表 3-10 にあるように、問 1 から問 14 までは評価対象に関する設問や自然環境に関する関心などの設問といった簡単な設問からなる。その中でも問 1 は経験を問うもので、問 2, 4, 6, 7, 9, 10, 11 は知識を問うもの、問 3, 5, 8, 12, 13, 14 は態度を問うものである。問 15~17 は CVM の設問、問 18 以降は個人属性を問うものである。

表 3-10 やんばる地域のアンケート票の質問項目

簡単な設問				
	設問番号	内容	参考文献	
経験を問う設問	問1.	あなたは、これまでに沖縄県のやんばる地域を訪れたことがありますか？	García-Llorente et al. (2008), García-Llorente et al.(2011), Moore, Holmes and Bell(2011)	
	問2.	あなたは、やんばる地域にしか生息していない、以下の固有種をこれまでにご存知でしたか？	García-Llorente et al. (2008), García-Llorente et al.(2011)	
	問4.	あなたは、ヤンバルクイナが絶滅の危機に瀕していることをご存じでしたか？	Giraud et al. (2002)	
	問6.	あなたは、ヤンバルクイナが絶滅の危機に瀕している理由の一つがマングースによる捕食であることをご存じでしたか？	Eiswerth, Yen and van Kooten(2011)	
	問7.	あなたは、ネズミや毒蛇ハブを退治するために奄美大島に島外からマングースが導入されたことをご存知でしたか？	Fischer et al. (2011)	
	問9.	あなたは、外国から持ち込まれた動植物（外来生物）が、日本固有の生態系や人々の生活に影響を与えることをご存じでしたか？	García-Llorente et al. (2008), García-Llorente et al. (2011), Eiswerth et al. (2011)	
	問10.	あなたは、マングースなど以下の動植物が外国から持ち込まれた外来生物であることをご存じでしたか？	Martín-López, Montes and Benayas (2007b)	
	問11.	あなたは、「外来生物法」があることをご存知でしたか？	Adams et al. (2008), Nishizawa et al. (2006)	
	知識を問う設問	問3.	あなたは、希少な地域固有の野生動植物（固有種）が数多く生息するやんばる地域の自然環境を保全することに関心はありますか？	Adams et al.(2008)
		問5.	あなたは、ヤンバルクイナを保全することは重要だと思いますか？	Moore, Holmes and Bell (2011)
		問8.	あなたは、マングースを駆除することは重要だと思いますか？	Fischer et al. (2011)
問12.		あなたは、「外来生物法」に基づく外来生物の輸入や飼育、野外へ放すことの規制、防除について賛成ですか?反対ですか?	Bremner and Park (2007)	
問13.		あなたは、奄美大島からマングースを(根絶/完全駆除/生息していない元の環境に)することについて賛成ですか?反対ですか?	Nishizawa et al. (2006)	
問14.		上記のようにマングースは、人為的に持ち込まれたごく少数の個体から増加し、ヤンバルクイナなどを捕食しています。そのため、環境省はワナや探検犬などを使って奄美大島からマングースを徹底的に駆除しています。あなたは、マングースの駆除についてどのようにお考えになりますか？	Nishizawa et al. (2006)	
CVMの設問				
態度を問う設問	問15.	やんばる地域からマングースを10年間で完全駆除するためには、あなたに毎年〇〇円募金してもらう必要があるとします。募金を集めるのは10年間継続し、毎年同じ金額をお支払いしていただくものとなります。あなたは、マングース完全駆除のために10年間、毎年〇〇円を募金してもかまいませんか？		
	問16.	（「はい」／「いいえ」）とお答えになった理由を教えてください。	Meyerhoff and Liebe (2006)	
	問17.	（2段階2項選択法に続く）		
個人属性に関する設問				
	問18.	あなたのお住まいの都道府県をお聞かせ下さい。	Bremner and Park (2007), García-Llorente et al. (2008), García-Llorente et al.(2011)	
	問19.	あなたの性別について、お聞かせ下さい。	Bremner and Park (2007), Sharp, Larson and Green (2011), Mwebaze et al. (2010)	
	問20.	あなたの年齢について、お聞かせ下さい。	Bremner and Park (2007), García-Llorente et al. (2008), García-Llorente et al. (2011), Mwebaze et al. (2010)	
	問21.	あなたのご家庭の世帯人数について、お聞かせ下さい。（あなたを含めた人数でお答えください）	Nishizawa et al. (2006)	
	問22.	あなたは山岳会や野鳥の会、自然保護団体など、自然環境に関わる団体に所属していますか？当てはまるものをお聞かせ下さい。（いくつでも）	Martín-López et al. (2007b)	
	問23.	あなたは昨年一年間（2012年）に日本の国立公園を何回訪れましたか？当てはまるものをお聞かせ下さい。	Martín-López et al. (2007b)	
	問24.	自然に関する行動について、あなたは、以下に当てはまるものがありますか？当てはまるものをお聞かせ下さい。（いくつでも）	Moore et al. (2011)	
	問25.	あなたのご職業について、当てはまるものをひとつだけお聞かせ下さい。	Bremner and Park(2007)	
	問26.	差し支えなければ、あなたのご家庭のおおよその年収を税込みでお聞かせ下さい（社会経済学的な分析をする際に用います）。	Mwebaze et al. (2010)	

次に、CVM の設問について詳しく説明する。仮想シナリオ(やんばる地域)を図 3-2 に示す。

ヤンバルクイナは1981年にやんばる地域において発見され、当時は推定1,800羽が生息していました。しかし、マングースの生息域の拡大や森林開発の影響によりヤンバルクイナの推定生息数は700羽程度まで一時的に減少しました。そこで、2000年からマングースの捕獲が開始され、2006年から本格的な防除事業が実施されています。その結果、2003年から2008年までは毎年500頭以上のマングースが捕獲されました。それ以降、マングースの生息数は次第に減少してきたと考えられており、2010年にはワナを使ったマングースの捕獲数は230頭まで減少しました。マングースの生息数が減少した結果、ヤンバルクイナの生息数は1,000羽ほどに回復してきたと推定されています。やんばる地域では、現在も完全駆除を目指してマングース探索犬を導入するなど、一層の対策を実施しています。

以下は仮の質問です。現在、奄美大島ではマングースの防除が行われていますが、防除をやめてしまうと、マングースの生息域が拡大し、アマミノクロウサギが生息する環境が悪化、近い将来に絶滅してしまう可能性があります。そこで、マングース導入前の環境に回復させるため、奄美大島からマングースを10年間で完全に駆除することとします。

新たに地元設置された研究機関とNPOが中心となり、政府や鹿児島県などと協力して対策を実施するとします。そして、これらの対策を支援するために「アマミノクロウサギ保護基金」を設置し、皆さんから募金を集めるとします。この基金のお金は、奄美大島のマングースを完全駆除するためだけに使われます。この基金に募金すると、あなたの自由に使える金額が募金した分だけ少なくなることにご注意ください。

図 3-2 やんばる地域 評価シナリオ

CVM の設問において回答者に提示した金額は、プレ調査と同じで、1回目は200, 500, 1,000, 2,000, 5,000, 10,000 円の6段階で2回目の提示額は1回目の回答に応じて、100, 200, 500, 1,000, 2,000, 5,000, 10,000, 20,000 円のいずれかである。

また、1回目の回答理由を問16でたずねた。これにより「ただ募金に協力した」や「募金という支払手段が嫌だ」といった支払意志額と関係のない回答、いわゆる抵抗回答を削除することができた。

3.3.2 本調査の集計結果

本調査は、2013年1月24日から2013年1月28日までの5日間行った。調査対象者は20代～50代の男女、日本国民で、プレ調査と同様にインターネットによる調査を行った。アンケート表の配信数は、やんばる地域のアンケート票が10886、奄美大島のアンケート票が11616で、その内、回収できたのはそれぞれ1674と1786であった。回答率は両地域ともに15.4%であった。

また、支払意志額を推定する分析に使うことができた有効回答数はやんばる地域は937、奄美は972であった。

アンケートの単純集計の全体は添付資料に示すが、一部の結果を説明する。

まず、男女比についてはやんばる地域は男性763名、女性1023名、奄美大島は男性692名、女性982名で、両地域とも女性の割合が高かった。

次に、対象地であるやんばる地域や奄美群島を訪れたことがある人の数については、やんばる地域は233名(13.9%)で奄美群島は103名(5.8%)であり、やんばる地域を訪れたことがある人の割合の方が高かった。

また、地域の固有種の認識についての設問においては、やんばる地域ではヤンバルクイナ、ケナガネズミ、ノグチゲラ、ナミエガエル、ヤンバルテナゴコガネの5種について5段階(知っていた、少し知っていた、どちらとも言えない、あまり知らなかった、知らなかった)でたずねた。この中で最も認

知度が高かった種はヤンバルクイナで、842名(50.2%)が知っていたと回答した。続いて、ノグチゲラ、ヤンバルテナガコガネの順で認知度が高く、逆に最も認知度が低いのはナミエガエルであった。奄美大島においてはアマミノクロウサギ、ルリカケス、アマミイシカワガエル、オットンガエル、アマミクサアジサイの5種についてやんばる地域と同様に5段階でたずねた。最も認知度が高かったのは、アマミノクロウサギで338名(20%)の人が知っていたと回答した、ルリカケス、アマミイシカワガエルの順に続き、最も認知度が低かったのはアマミクサアジサイであった。ただ、ヤンバルクイナとアマミノクロウサギを比較すると認知度に30%近い差があり、やんばる地域の固有種の方が、全体的に認知度は高かった。また、ヤンバルクイナやアマミノクロウサギが絶滅の危機に瀕していることを知っているかという設問に対しては、ヤンバルクイナについては491名(29.3%)が知っていたと回答し、アマミノクロウサギについては244名(13.5%)が知っていたと回答した。アマミノクロウサギの絶滅危機に対する認知度の方が低いのは、アマミノクロウサギの認知度が低いことが原因だと考えられ、実際ヤンバルクイナを知っていたと回答した人で絶滅の危機に瀕していることを知っていた人は842名中410名(48.7%)でアマミノクロウサギを知っていたと回答した人の中で絶滅の危機に瀕していることを知っていたと回答した人は338名中200名(59.2%)であった。つまり、絶滅危惧の認知度については、全体ではヤンバルクイナのほうが高いが、実質的にはヤンバルクイナもアマミノクロウサギもそれほどの差はないということである。

さらに、外来種10種(マングース、アライグマ、ヌートリア、ソウシチョウ、セイヨウオオマルハナバチ、セアカゴケグモ、カミツキガメ、グリーンアノール、ウシガエル、ブラックバス)についても固有種の間と同様に5段階で認知度をたずねた。10種の外来種の中で最も認知度の高い外来種は両地域の調査においてブラックバスで、認知度は65%を超えた。また、マングースの認知度は両地域で約38%であった。最も認知度の低かった外来種はソウシチョウで知っていたと回答した人は両地域とも約2%ほどであった。

また、「駆除」という言葉の伝え方を変えることで、駆除に対して賛成か反対か、人びとの回答が変わるのではないかと、変わるとするならば人々に理解を得られやすい言葉でマングース駆除について伝えるほうが効果的ではないかと考え、3通りの聞き方で駆除に対する賛否をたずねた。この設問については表4-6でも述べているが、マングース駆除に対して賛成か反対かということをも「完全駆除」「根絶」「(マングースが生息していない)元の環境に戻す」という3通りの表現を使用してたずねた。表3-11と表3-12にアンケートの結果を示すが、「完全駆除」「根絶」「(マングースが生息していない)元の環境に戻す」の3通りの表現でマングース駆除に対する賛否の違いはそれほど表れないことが明らかになった。

表 3-11 やんばる地域 問 13 回答結果

Q13	完全駆除	根絶	元の環境
大いに賛成	19.9%	23.0%	26.2%
賛成	37.7%	33.2%	43.5%
どちらとも言えない	39.6%	40.3%	27.7%
反対	2.4%	2.6%	1.7%
大いに反対	0.5%	0.9%	0.9%

表 3-12 奄美大島 問 13 回答結果

Q 13	完全駆除	根絶	元の環境
大いに賛成	21.2%	22.6%	28.3%
賛成	36.8%	35.3%	37.1%
どちらとも言えない	37.7%	38.2%	32.7%
反対	3.8%	3.0%	1.6%
大いに反対	0.5%	0.8%	0.3%

CVM 設問の回答は、表 3-13 と表 3-14 のとおりである。提示額が高くなるほど 1 回目も 2 回目も「いいえ」と答える人が増加している。

表 3-13 やんばる地域 CVM 回答

1 回目の提示額	2 回目の提示額(1 回目「はい」)	2 回目の提示額(1 回目「いいえ」)	1: Yes 2: Yes	1: Yes 2: No	1: No 2: Yes	1: No 2: No
200	100	500	60	28	3	51
500	200	1000	46	21	13	72
1000	500	2000	29	20	12	75
2000	1000	5000	4	25	9	113
5000	2000	10000	15	14	15	126
10000	5000	20000	4	6	9	167

表 3-14 奄美大島 CVM 回答結果

1 回目の提示額	2 回目の提示額(1 回目「はい」)	2 回目の提示額(1 回目「いいえ」)	1: Yes 2: Yes	1: Yes 2: No	1: No 2: Yes	1: No 2: No
200	100	500	71	31	7	48
500	200	1000	63	35	9	69
1000	500	2000	31	27	7	78
2000	1000	5000	8	23	9	112
5000	2000	10000	9	19	16	126
10000	5000	20000	2	7	10	155

3.3.3 支払意志額の推定²

対数線形ロジットモデルで分析した結果、抵抗回答を除外する前のやんばる地域での WTP の平均値は 2,230 円で中央値は 303 円、奄美大島での WTP の平均値は 2,296 円で中央値は 394 円であった。CVM の推定結果を表 3-15 と表 3-16 に示す。

表 3-15 やんばる地域 WTP 推定結果
(全サンプル)

推定結果

変数	係数	t値	p値
constant	4.0956	13.897	0.000 ***
ln(Bid)	-0.7169	-16.173	0.000 ***
n	937		
対数尤度	-878.399		

推定WTP

(中央値) 303

(平均値) ∞ 裾切りなし
2,230 最大提示額で裾切り

表 3-16 奄美大島 WTP 推定結果
(全サンプル)

推定結果

変数	係数	t値	p値
constant	4.6512	15.285	0.000 ***
ln(Bid)	-0.7784	-16.910	0.000 ***
n	972		
対数尤度	-952.405		

推定WTP

(中央値) 394

(平均値) ∞ 裾切りなし
2,296 最大提示額で裾切り

また、抵抗回答を除外した後に WTP の推定を行った結果を表 3-17 と表 3-18 に示す。

表 3-17 やんばる地域 WTP 推定結果
(抵抗回答除外)

推定結果

変数	係数	t値	p値
constant	4.6936	14.616	0.000 ***
ln(Bid)	-0.7679	-16.203	0.000 ***
n	793		
対数尤度	-782.529		

推定WTP

(中央値) 451

(平均値) ∞ 裾切りなし
2,538 最大提示額で裾切り

表 3-18 奄美大島 WTP 推定結果
(抵抗回答除外)

推定結果

変数	係数	t値	p値
constant	5.4200	16.331	0.000 ***
ln(Bid)	-0.8540	-17.271	0.000 ***
n	818		
対数尤度	-843.584		

推定WTP

(中央値) 571

(平均値) ∞ 裾切りなし
2,539 最大提示額で裾切り

² 推定方法の詳細は「4. 経済評価の統計分析」を参照されたい。

やんばる地域における WTP の中央値は 451 円，平均値は 2,538 円であった。奄美大島においては，中央値が 571 円で平均値は 2,539 円であった。抵抗回答を除外することで，やんばる地域においても，奄美大島においても，中央値，平均値がともに上昇した。

これ以降，全の分析において使用しているデータは抵抗回答を除外したものである。

3.3.4 WTP に影響する要因

次に，WTP にどのような要因が影響を与えているか分析を行うダブルバウンドのフルモデルも行った（フルモデルについては後述する）。

フルモデルには 10 種類の説明変数をいれることができる。今回の分析ではどのような説明変数を使用したのかを表 3-19 に示す。

表 3-19 使用した説明変数

x1	固有種(問 2)と外来種(問 10)の知識の 5 段階評価(5 知っている～1 知らない)の平均
x2	居住地(1=九州沖縄, 0=それ以外)
x3	性別(1=女性, 0=男性)
x4	年齢(1=10 代～6=60 代以上)
x5	収入(1=200 万円以下～10=1800 万円以上)
x6	世帯人数
x7	希少な固有種が数多く生息するやんばる地域の自然環境を保全することに関心があるか(1=大いに関心がある～5=まったく関心がない)
x8	種の知識以外の知識に関する設問(5=知っている～1=知らない)の平均
x9	外来生物法に賛成か反対か(5=大いに賛成～1=大いに反対)
x10	マングースの駆除は重要だと思うか(5=とても重要～1=重要でない)

フルモデルの推定結果は表 3-20 と表 3-21 に示す。

表 3-20 やんばる地域フルモデル推定結果

変数	係数	t値	p値	
constant	3.3717	4.093	0.000	***
ln(Bid)	-0.9483	-17.035	0.000	***
x1	0.3291	2.227	0.026	**
x2	0.0015	0.006	0.996	
x3	-0.0274	-0.162	0.872	
x4	0.0651	0.844	0.399	
x5	0.1539	3.233	0.001	***
x6	-0.0623	-0.968	0.334	
x7	0.3544	3.566	0.000	***
x8	0.0890	0.778	0.437	
x9	0.2388	1.934	0.054	*
x10	-0.6953	-6.275	0.000	***
n	772			
対数尤度	-782.1617			

やんばる地域においては、x1, x5, x7, x9, x10 の 5 つの変数が有意になっていることがわかる。

表 3-21 奄美大島フルモデル推定結果

変数	係数	t値	p値	
constant	-0.0387	-0.060	0.952	
ln(Bid)	-1.0601	-18.122	0.000	***
x1	0.6161	4.249	0.000	***
x2	0.0753	0.319	0.750	
x3	-0.1076	-0.676	0.499	
x4	0.0671	0.888	0.375	
x5	0.0343	0.752	0.452	
x6	0.0294	0.447	0.655	
x7	0.6184	6.964	0.000	***
x8	-0.2796	-2.547	0.011	**
x9	0.2292	2.435	0.015	**
x10	0.6395	5.781	0.000	***
n	798			
対数尤度	-726.0909			

また、奄美大島においては、x1, x7, x8, x9, x10 の 5 種類が有意になっている。両地域で共通して有意になっている変数は x1, x7, x9, x10 の 4 種類である。

また、 x_2 が両地域ともで、有意になっていないことがわかる。つまり、居住地が対象地に近いことは特に WTP には関係ないということだ。このことから、推定結果が非利用価値であることがわかる。

3.4 考察

CVM 調査の結果をまとめると、抵抗回答を除外した場合、やんばる地域における WTP の中央値は 451 円、平均値は 2,538 円であった。奄美大島においては、中央値が 571 円で平均値は 2,539 円であった。WTP に対して居住地のダミーが影響していないことから、外来種駆除の経済価値には、非利用価値としての性質が強いことが示唆される。仮に、この外来種駆除の受益者として全国の一般市民を想定した場合、これらの WTP に全国世帯数 51,950,504 世帯（平成 22 年国勢調査）をかけた集計額は、中央値の場合やんばる地域 234 億円、奄美大島 297 億円、平均値の場合やんばる地域 1,342 億円、奄美大島 1,319 億円となる。

全国の過半数の世帯が同意することを目的とする場合は中央値を採用することが望ましい。一方、外来種駆除対策の費用と比較して費用便益分析を行う際には、理論的には平均値を用いることが妥当である。ただし、平均値は想定する分布関数の形状によって影響を受けやすく、過大評価になる危険性があるため、中央値が使われることも多い。

むしろ、この評価額を政策評価に使用するためには、やんばる地域および奄美大島の外来種駆除の経済価値が非利用価値であり、その受益者の範囲が全国に広がっていることを検証することが不可欠である。今後は、本研究の分析結果をさらに詳しく検討し、受益者の範囲を検証するとともに、政策実施の費用と比較することで、外来種駆除対策の費用便益分析を実施することが必要であろう。

引用文献

栗山浩一・柘植隆宏・庄子康（2013）『初心者のための環境評価入門』勁草書房。

List, J. A. and Gallet, C. (2001), “What experimental protocols influence disparities between actual and hypothetical stated values?” *Environmental and Resource Economics* Vol. 20, pp. 241-254

Hoehn, J. P. and Randall, A. (1987), “A satisfactory benefit cost indicator from contingent valuation” *Journal of Environmental Economics and Management* Vol. 14, pp. 226-247

Mitchell, R. C. and Carson, R. T. (1989), *Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method*. Resources for the Future. Mitchell, R. C. and Carson, R. T. 環境経済評価研究会訳（2001）『CVM による環境質の経済評価—非市場財の価値計測』山海堂。

栗山浩一（1997）『公共事業と環境の価値—CVM ガイドブック』築地書館。

NOAA (1993), “Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation” *Federal Register*, US, Vol. 58, pp. 4601-4614

Nunes, P. A. L. D., and J. C. J. M. v. d. Bergh. (2004), “Can People Value Protection against Invasive Marine Species? Evidence from a Joint TC-CV Survey in the Netherlands” *Environmental and Resource Economics* Vol. 28, pp. 517-532

Mwebaze, P., MacLeod, A., Tomlinson, D., Barois, H. and Rijpma J. (2010), “Economic valuation of the influence of invasive alien species on the economy of the Seychelles islands”

- Ecological Economics Vol. 69, pp. 2614-2623.
- McIntosh, C. R., Shogren, J. F. and Finnoff, D. C. (2007), “Invasive Species and delaying the inevitable: Results from a pilot valuation experiment” *Journal of Agricultural and Applied Economics* Vol. 39, pp. 83-95
- McIntosh, C. R., Shogren, J. F. and Finnoff, D. C. (2010), “Invasive species and delaying the inevitable: Valuation evidence from a national survey” *Ecological Economics* Vol. 69, pp. 632-640
- Meldrum, J. R., Champ, P. A. and Bond, C. A. (2012), “Heterogeneous nonmarket benefits of managing white pine bluster rust in high-elevation pine forests” *Journal of Forest Economics* Vol. 19, pp. 61-77
- Moore, C. T., Lonsdorf, E. V., Knutson, M. G., Laskowski, H. P. and Lor, S. K. (2011), “Adaptive management in the U.S. National Wildlife Refuge System: Science-management partnerships for conservation delivery” *Journal of Environmental Management* Vol. 92, pp. 1395-1402
- García-Llorente, M., Martín-López, B., González, J. A., Alcorlo, P. and Montes, C. (2008), “Social perceptions of the impacts and benefits of invasive alien species: Implications for management” *Biological Conservation* Vol. 141, pp. 2969-2983
- García-Llorente, M., Martín-López, B. and Montes, C. (2011), “Exploring the motivations of protesters in contingent valuation: Insights for conservation policies” *Environmental Science and Policy* Vol. 14, pp. 76-88
- Nishizawa, E., Kurokawa, T. and Yabe, M. (2006), “Policies and resident’s willingness to pay for restoring the ecosystem damaged by alien fish in Lake Biwa, Japan. *Environmental Science and Policy* Vol. 9, pp. 448-456
- 黒川哲治・西澤栄一郎 (2004) 「生物多様性の保全に向けた外来種対策の経済的評価—琵琶湖の外来魚問題を事例に一」『水資源・環境研究』第17号, 23-34 ページ.

4. 経済評価の統計分析

4.1. はじめに

環境評価の統計分析は、評価結果の信頼性を左右する極めて重要な作業である。経済理論との整合性が求められることは言うまでもないが、より高い信頼性を追求するうえでは、急速に発展している統計分析手法の研究動向を把握し、最先端の手法を駆使することも必要となる。そこで本年度は、本研究で使用する仮想評価法（CVM）、トラベルコスト法、選択実験の統計分析手法について既存研究の整理を行い、研究動向の把握を行った。以下では、それぞれの評価手法の統計分析について解説を行う。なお、本節では図や具体例を用いた直感的な解説を行い、数式を使用した詳細な解説は補論で行う。

4.2 CVMの統計分析

4.2.1. 自由回答形式、付け値ゲーム形式、支払いカード形式

回答者に自らの支払意志額を自由に回答してもらう自由回答形式、回答者に提示額を提示して支払う意志があるか質問を行い、支払うとした人にはより高い提示額を、支払わないとした人にはより低い提示額を提示し、再び質問を行うことを繰り返すことで、回答者の支払意志額を明らかにする付け値ゲーム形式、金額のリストの中から自らの支払意志額に一致するものを選んでもらう支払カード形式は、得られた回答の平均を計算することで支払意志額の平均値を求めることができる。例えば、それぞれの質問形式により、以下の表 4.1 のような回答が得られたとしよう。表 4.1 において、金額が 0 円、回答人数が 40 人とは、CVM の質問に対して 0 円と回答した回答者が 40 人いることを示している。

表 4-1 聴取した回答データの例

金額	回答人数
0 円	40 人
500 円	50 人
1,000 円	40 人
2,000 円	30 人
3,000 円	20 人
5,000 円	10 人
8,000 円	5 人
10,000 円	3 人
15,000 円	2 人
20,000 円	0 人

出典：筆者らによる仮想データ

このとき支払意志額の平均値は、「 $(0 \text{ 円} \times 40 \text{ 人} + 500 \text{ 円} \times 50 \text{ 人} + 1,000 \text{ 円} \times 40 \text{ 人} + 2,000 \text{ 円} \times 30 \text{ 人} + 3,000 \text{ 円} \times 20 \text{ 人} + 5,000 \text{ 円} \times 10 \text{ 人} + 8,000 \text{ 円} \times 5 \text{ 人} + 10,000 \text{ 円} \times 3 \text{ 人} + 15,000 \text{ 円} \times 2 \text{ 人} + 20,000 \text{ 円} \times 0 \text{ 人}) / 200 \text{ 人} = 1,675 \text{ 円}$ 」ということになる。このように、自由回答形式、付け値ゲーム形式、支払カード形式は、簡単な計算で支払意志額の平均値を求めることができる。

また平均値とともに報告される値が中央値である。中央値は回答者を支払意志額が小さな回答者から大きな回答者の順に並べ替えたときの、真ん中の回答者の支払意志額である。上記の場合回答者は200名いるため、ちょうど真ん中の回答者は存在しない。そこで100番目の回答者と101番目の回答者の平均値を用いることになる。この場合の中央値は1,000円である。

4.2.2. 二肢選択形式

シングルバウンド

二肢選択形式は、環境変化とそれを実現するために必要な負担額を提示して、それに賛成するかどうかをたずねる質問形式である。一般的には4から6種類ほどの異なる金額が用意され、1人の回答者にはそのうちの1つの金額がランダムに提示される。低い金額設定に対しては賛成する回答が多くなり、高い金額設定に対しては反対する回答が多くなると予想される。このような回答に基づいて、提示額とそれに賛成する確率の関係から支払意志額を推定するのが、二肢選択形式で得られた回答の分析方法である。

二肢選択形式で得られたデータは、ランダム効用モデル、支払意志額関数モデル、生存分析などにより分析が行われる。また、分布を仮定しないノンパラメトリックな分析も可能である³。ここでは、最も一般的に用いられるランダム効用モデルによる分析について解説を行う。

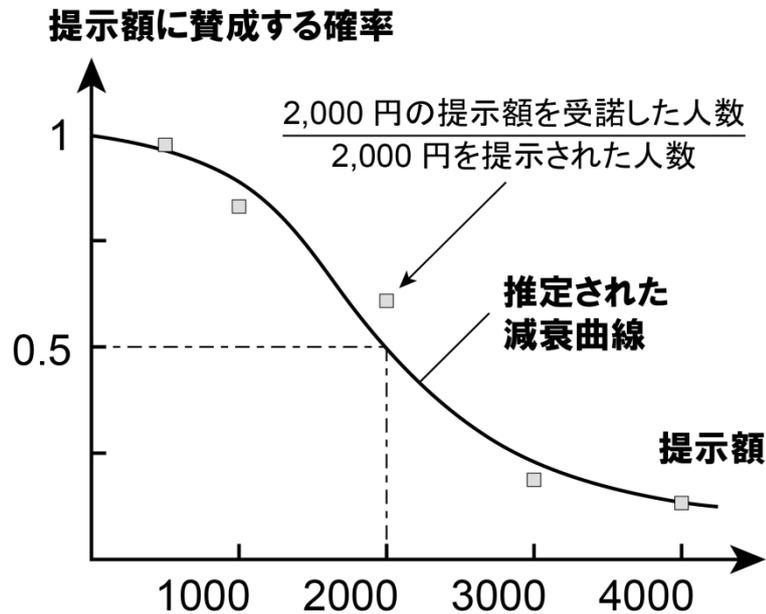
ランダム効用モデルは効用関数に基づくモデルであり、「環境改善が行われる代わりに提示額を支払う状況」と「環境改善が行われない代わりに提示額も支払わない状況」の2つの状況設定から、どちらか1つの設定を選択するという選択行動をモデル化する。もし前者の効用の方が大きければ、シナリオに対して賛成と回答することになる。

図4.1の縦軸は提示額に賛成する確率、横軸は提示額を示している。プロットは、提示額ごとに賛成するとした回答者の比率を示している。われわれの目的は、このプロットに最も当てはまりのよい右下がりの減衰曲線を描くことである。

ここで賛成を選んだときの効用から反対を選んだときの効用を差し引いたものを効用差と呼ぶ。CVMの分析でよく用いられる対数線形ロジットモデルでは、「効用差=定数項(環境変化がもたらす効用変化)+係数×ln(提示額)+誤差(ϵ)」と示すことができると想定する。定数項(環境変化がもたらす効用変化)は効用差にプラスの影響を与えると予想されるが、提示額はマイナスの影響を与えると予想される。ここで、効用差から誤差を取り除いた確定部分を ΔV とすると、賛成を選択する確率は「 $1/[1+\exp(-\Delta V)]$ 」によって示すことができる。この賛成を選択する確率が、図4.1で示した減衰曲線に相当する。

³ 支払意志額関数モデルについては栗山(1998)やHaab and McConnel(2002)を、生存分析については栗山(1998)や栗山他(2000)を、ノンパラメトリックな推定については柘植他(2011)、栗山他(2000)、Haab and McConnel(2002)をそれぞれ参照されたい。

図 4-1 提示額と提示額に賛成する確率との関係



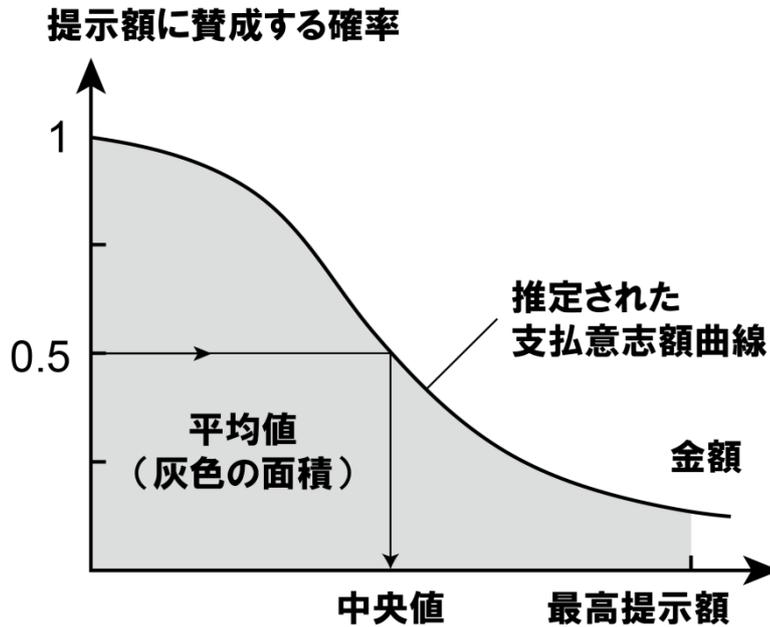
引かれた減衰曲線からは、支払意志額の推計値として中央値と平均値の2種類の値を得ることができる。支払意志額の中央値は、賛成すると回答したときの効用と、賛成しないと回答したときの効用が等しくなる金額である。つまり、提示額に賛成する確率を0.5とする提示額が支払意志額の中央値となる（図4.2）。一方、支払意志額の平均値は、減衰曲線の下側の面積に相当する（すなわち、減衰曲線の下側の面積を積分することで求めることができる）。なお、減衰曲線の下側の面積を計算する際には、最大提示額までの範囲を計算することが多い。この操作は据切りと呼ばれている。

ダブルバウンド

ダブルバウンドの二肢選択形式は、環境変化とそれを実現するために必要な負担額を提示して、それに賛成するか否かを2度たずねる質問形式である。例えば、1,000円を支払うことに賛成と回答した回答者には、3,000円でも賛成するかどうか聴取され、逆に反対と回答した回答者には、500円では賛成するかどうか聴取される。1,000円では賛成、3,000円では反対と回答した場合、支払意志額は1,000円から3,000円の範囲にあることになる。このようにダブルバウンド形式では、支払意志額の上限と下限を示すことができることからダブルバウンド（2つの境界）と呼ばれる。

少々複雑なダブルバウンドであるが、適用するメリットは大きなものがある。ダブルバウンドはシングルバウンドよりも統計的な効率性が高く、推定に必要なサンプル数が少ないという利点がある。CVMの調査において最も経費のかかる部分は、アンケート調査の実施である。二肢選択形式は、他の質問形式と比較して多くのサンプル数を集めなければならない。その意味で、少ないサンプルでも信頼性の高い評価結果を得ることができるダブルバウンドには大きな利点がある。

図 4-2 ランダム効用モデルの平均値と中央値



フルモデル

CVM では支払意志額を推定することが主要な目的であるが、多くの場合、どのような回答者が高い（低い）支払意志額を有しているのか、つまり支払意志額にどのような要因が影響しているかを分析することにも興味がある。これらの知見を得ることで、評価の信頼性を確認できたり、評価結果を実際の政策に反映させる際に役立てたりできる。例えば、所得が高い人ほど支払意志額が高いかどうかを確認することで、評価結果が経済理論と整合的かを確認することができる。一方で、所得が支払意志額に与える影響は、シナリオが所得の低い社会的弱者に対して不利な影響を与えていないかを確認するためにも使うことができる。このような分析を行うために、アンケート調査で聴取される情報には以下のようなものがある。

1. 個人や世帯の社会経済的属性（例えば、性別、年齢、職業、所得、同居する家族の人数、居住地など）
2. 評価対象とのかかわり（例えば、評価対象に関する知識や印象、訪問経験など）
3. 環境への関心（例えば、環境問題に関心があるか、環境問題に関するテレビ番組をよく観るか、アウトドアレクリエーションに参加するか、環境 NPO に所属しているかなど）

支払意志額に影響する要因を分析する方法には 2 つの方法がある。1 つはサブサンプルを作成する方法である。例えば、男性と女性で支払意志額に差があるかを確認したい場合には、サンプルを男性サンプルと女性サンプルに分割し、それぞれの支払意志額を推定すればよい。この方法は簡単であるが、要因ごとに分析を行う必要がある。またサブサンプルの回答数が十分に確保できない場合には、信頼できる分析結果は得られないかもしれない。

もう 1 つの方法は、ランダム効用モデルにこれらの変数を組み込んでしまうフルモデルと呼ばれる

方法である。これは減衰曲線を推定する際に、これらの変数も説明変数に加えてしまう方法である。この方法を用いれば、複数の要因の影響を一度に分析することができる。

4.2.3. 便益の集計

CVMにより得られた支払意志額は、1世帯あたり（または1人あたり）のものである。したがって、総便益を算出するためには支払意志額に対象となる世帯数（または人数）を掛けることになる。

問題となるのは、中央値と平均値のどちらを採用すべきかである。中央値は、半数の人が政策の実施に賛成する金額であるため、多数決的な観点から意志決定を行いたい場合には中央値が適当である。一方の平均値は、人々の平均的な支払意志額であるため、この金額に母集団の人数をかければ、母集団の集計された総便益を得ることができる。対策の費用と便益を比較する費用便益分析を実施することが目的であるならば、平均値を用いる方がより理論に忠実である。それぞれにメリット・デメリットはあるが、平均値は分析者が想定する減衰曲線の分布形の影響を受けやすいこと（特に最高提示額で賛成とする確率が高い場合、平均値は予想以上に高額になることがある）、一般に平均値よりも中央値の方が控えめな金額が得られることから、代表値として中央値を採用することが多い。

4.3 トラベルコスト法の統計分析

4.3.1. シングルサイトモデル

ゾーントラベルコスト法

トラベルコスト法はシングルサイトモデルとサイト選択モデルに大別される。シングルサイトモデルとは、ある特定のサイトへの訪問行動をモデル化するものであり、ゾーントラベルコスト法や個人トラベルコスト法が含まれる。一方、サイト選択モデルとは、複数のサイトの中から訪問地を選択する選択行動をモデル化するものである。さらに近年は、両者を融合させたモデルが登場し、注目を集めている。以下ではそれぞれの統計分析について解説を行う。

ハロルド・ホテルのアイデアに基づいて、最初の実証研究が行われたのがゾーントラベルコスト法である。国立公園への訪問の文脈に沿う形で、この手法について説明していきたい。まず、すべての利用者が自家用車で訪れていると仮定し、レクリエーションを提供する国立公園を中心として、玉ねぎの輪切りのように、同心円状に旅行費用が等しいゾーンを設ける。ここでは旅行費用 200 円ごとにゾーンを設け、内側から 1, 2, 3, …とゾーン番号を振ることとする。旅行費用は自家用車のガソリン代だけとし、ガソリンの価格は 1ℓあたり 100 円、自家用車の燃費は 1ℓあたり 10km と仮定している。つまり、国立公園から 30km 離れた居住地から訪れた利用者の旅行費用は、「100 円×3ℓ×2（往復）=600 円」ということになる。利用者の居住地の情報は、利用者に対する聞き取り調査あるいはアンケート調査から明らかにすることができる。

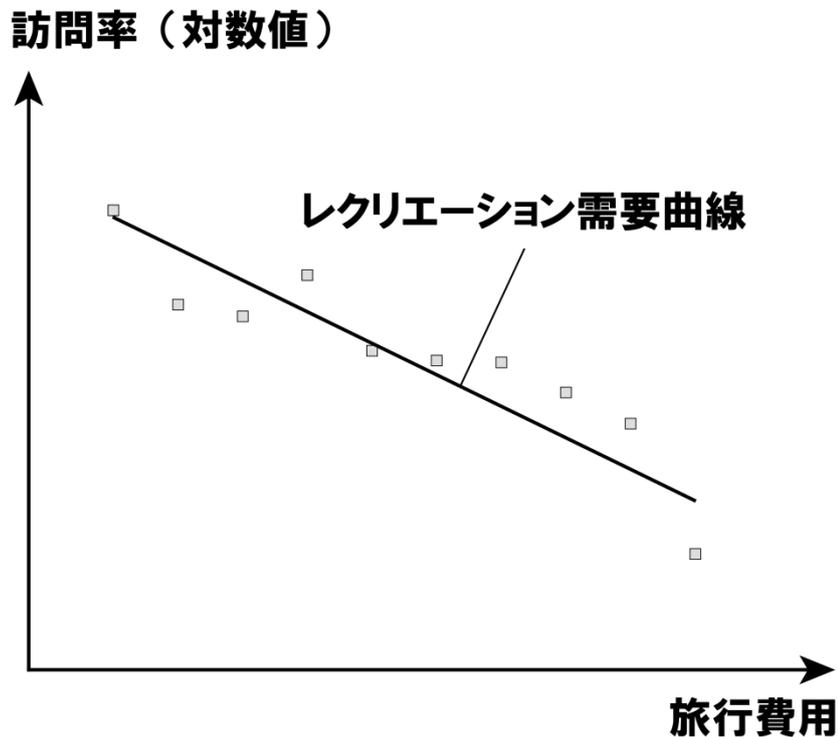
各ゾーンの利用者数を計算し、またそれぞれのゾーンの人口を統計資料から調べることで、各ゾーンの国立公園への訪問率（人口に占める利用者の割合）を計算することができる（表 4.2）。さらに各ゾーンの訪問率と旅行費用との関係をグラフにすると、図 4.3 に示すような関係となる。旅行費用が上昇すれば訪問率は下がることから、訪問率は右に行くほど値が小さくなっている。この観測値に、回帰分析を用いて最も当てはまりのよい直線（あるいは曲線）を引くと、図 4.3 の右下がりの直線（あるいは曲線）となる。ここでは、訪問率の対数値を旅行費用で説明することを試みている。回帰分析を適用すると、「訪問率の対数値 = -4.731 - 0.0009237 × 旅行費用」と推定される。

表 4-2 各ゾーンの訪問率

旅費（円）	各ゾーンの 利用者数（人）	各ゾーンの 人口（人）	各ゾーンの 訪問率
0-200	17	2,032	0.008366
201-400	15	3,360	0.004464
401-600	39	9,452	0.004126
601-800	72	13,256	0.005432
801-1,000	55	16,742	0.003285
1,001-1,200	62	20,145	0.003078
1,201-1,400	72	23,695	0.003039
1,401-1,600	71	28,556	0.002486
1,601-1,800	66	32,659	0.002021
1,801-2,000	31	36,521	0.000849

出典：筆者らによる仮想データ

図 4-3 訪問率と旅行費用との関係



レクリエーション需要曲線が上記のような形（片対数型）である場合、訪問あたりの消費者余剰は、「 $-1/(\text{レクリエーション需要曲線の傾き})$ 」として求めることができる。さらにこの訪問あたりの消費者余剰の値に、国立公園の年間訪問者数をかければ、この国立公園の年間レクリエーション価値を

算出することができる。例えば、年間4万人ののべ利用者が訪問する国立公園であれば、その年間レクリエーション価値は「 $-1/(-0.0009237) \times 40,000 = 43,305,452$ 円」ということになる。

この価値が意味するところをわかりやすく表現すれば、仮に何らかの理由によって国立公園の利用ができなくなった場合に、レクリエーション利用の喪失を通じて社会が被る年間の損害ということになる。もちろんこの損害の中には、国立公園の生物多様性の価値が損なわれることに対する損害などは含まれていない。あくまでもレクリエーション利用にかかわる損害である。

個人トラベルコスト法

ゾーントラベルコスト法は利用者の訪問回数の情報ではなく、調査対象となった利用者の居住地の情報に基づき、レクリエーション需要曲線を推定している。一方、個人トラベルコスト法は、利用者の訪問回数と旅行費用との関係からレクリエーション需要曲線を推定する方法である。いま、500人の利用者に対する聞き取り調査あるいはアンケート調査から、表4.3に示すように、訪問回数と旅行費用が把握できているとしよう。まず、表4.3に基づき、利用者の国立公園への訪問回数の対数値と旅行費用について、図4.4のような散布図を作成することができる。

表 4-3 国立公園への訪問回数と旅行費用

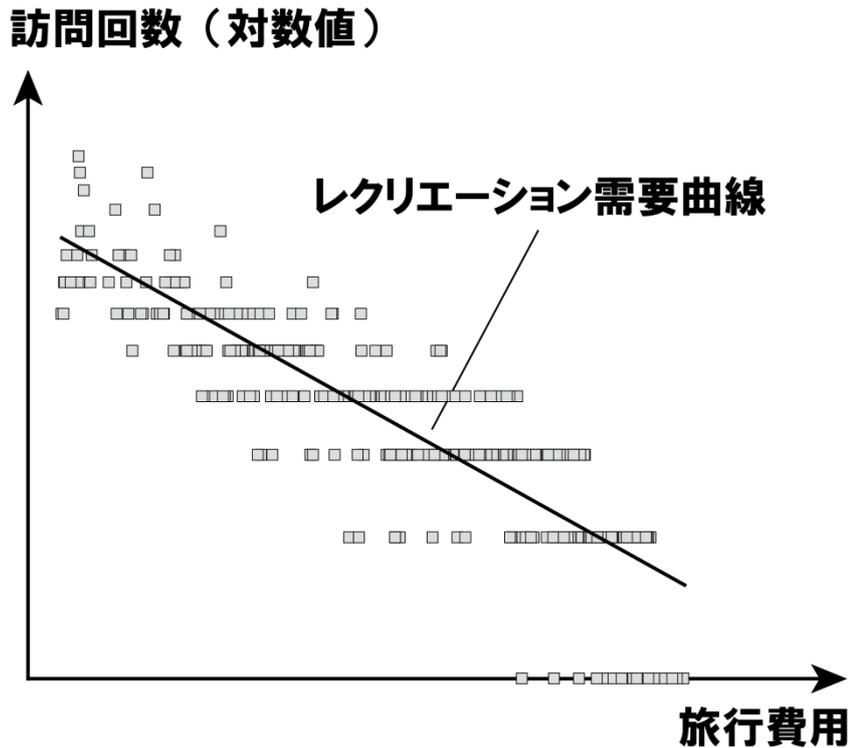
番号	訪問回数 (回/年)	旅行費用 (円)
1	4	776
2	2	1,120
3	3	1,420
4	2	1,480
5	2	1,676
...
500	3	1,586

出典：筆者らによる仮想データ

個人トラベルコスト法は、この散布図に対し回帰分析を適用して最も当てはまりのよい直線（あるいは曲線）を引くことによって、レクリエーション需要曲線を求める方法である。回帰分析の結果、「訪問回数の対数値 = $2.246 - 0.0008808 \times$ 旅行費用」と推定されたとしよう。

レクリエーション需要曲線が上記のような片対数型である場合は、訪問者1人あたりの消費者余剰は、「 $-1/(\text{レクリエーション需要曲線の傾き})$ 」として求めることができる。ここで λ は、利用者の訪問回数の平均値（このデータでは3.886）である。この訪問回数の情報も、利用者に対する聞き取り調査あるいはアンケート調査から明らかにすることができる。例えば、年間1万人の利用者が訪問する国立公園であれば（利用者の平均訪問回数が3.886であるから、年間約4万人ののべ利用者が訪問している）、年間レクリエーション価値は「 $-3.886/(-0.0008808) \times 10,000 = 44,118,983$ 円」ということになる。

図 4-4 訪問回数と旅行費用との関係



初期の研究では、レクリエーション需要関数を最小二乗法で推定していた。しかし Shaw (1988) が示すように、現地調査で得られる訪問回数のデータは必ず非負の整数となり、最小二乗法による分析ではバイアスが生じることが明らかとなった。そのため近年では、カウントモデルと呼ばれる分析手法が用いられている。

ゾーントラベルコスト法は、ゾーンの訪問率を旅行費用だけで説明しようとする。そのため、前述の例では、国立公園から旅行費用 200 円以内に居住している回答者は 17 人いるが、17 人の個性はレクリエーション需要にはまったく反映されていない。例えば、バードウォッチングを趣味にする回答者は、足しげく国立公園に通っているかもしれない。また所得の高い回答者は、遠くに居住していても頻繁に国立公園を訪問しているかもしれない。所得が大きければ、可処分所得が大きいため、実際の旅行費用が家計に与える影響は比較的小さいからである。ゾーントラベルコスト法では、これらの影響を分析に反映させることは基本的にできないのである。一方、個人トラベルコスト法は、個人の訪問回数を旅行費用で説明しようとしている。図 4.4 では訪問回数を旅行費用だけで説明しようとしているが、旅行費用だけでなく、バードウォッチングを趣味にしているかどうかや個人の所得といった項目も変数化して、訪問回数の説明変数として用いることができる。このような理由から、シングルサイトモデルを適用する場面においては、近年は個人トラベルコスト法が使われることが多い。ただし、利用者の訪問回数が 1 回ばかりで、複数回訪問する利用者が極端に少ないレクリエーションサイトの評価には、個人トラベルコストは適用できないので、依然としてゾーントラベルコスト法が使われることになる。

4.3.2. サイト選択モデル（マルチサイトモデル）

サイト選択モデル（マルチサイトモデル）では、複数のサイトの中から訪問地を選択する選択行動をモデル化する。以下では、データを使いながら、サイト選択モデルの分析について紹介していく。ここで使用するデータはある都市に存在する、A～Eの合計5つの森林公園の仮想的な訪問データである。それぞれの場所では野鳥が観察できるとする。これまでの調査に基づき、それぞれのサイトで観察できる野鳥の種類は、表4.4に示すように15種から25種であるとする。バードウォッチングを趣味とする利用者は、見られる野鳥の種数が多いレクリエーションサイトをより訪問したいと考えているが、一方でレクリエーションサイトまでの旅行費用も考慮して訪問するレクリエーションサイトを選択しているとする。ここでは、そのトレードオフ関係から、野鳥観察に対するレクリエーション価値を評価する。表4.5に利用者の居住地とサイトA～Eまでの旅行費用を示す。

表4-4 各サイトの環境属性

レクリエーション サイト	観察できる 野鳥の種	総選択数	選択確率
A	20	54	18.0%
B	15	6	2.0%
C	22	117	39.0%
D	16	4	1.3%
E	25	119	39.7%

出典：筆者らによる仮想データ

表4-5 各レクリエーションサイトと回答者の居住地間の旅行費用

回答者	居住地からの旅行費用（円）					実際に選択 されたサイト
	A	B	C	D	E	
1	1,414	4,472	3,606	4,000	5,831	C
2	1,000	3,606	3,162	4,123	5,385	A
3	1,414	2,828	3,000	4,472	5,099	A
4	2,236	2,236	3,162	5,000	5,000	C
5	3,162	2,000	3,606	5,657	5,099	A
...
300	5,000	3,000	3,606	4,123	1,000	E

出典：筆者らによる仮想データ

サイト選択モデルはランダム効用モデルから導出される条件付きロジットモデルを用いて推定を行う。ランダム効用モデルでは、各サイトの効用（ U ）が観察可能な確定効用（ V ）と誤差項（ ε ）の合計で示されると仮定する（ $U=V+\varepsilon$ ）。観察可能な確定効用は「 $V=\beta_{\text{種数}} \times$ 各サイトで観察できる野鳥の種数 $+\beta_{\text{旅行費用}} \times$ 各サイトまでの旅行費用」によって表現されるとしよう。ただし、 β は推定される

係数であり、それぞれの属性変数が1単位増加したときの効用の変化分を意味する。誤差項に第一種極値分布（ガンベル分布）を仮定すると、サイトA～Eの選択確率は、各サイトの効用を用いて記述することができる（McFadden, 1974）。例えばサイトAの選択確率は、「 $\text{サイトAの選択確率} = \frac{\exp(\text{サイトAの確定効用 } V_A)}{\{\exp(\text{サイトAの確定効用 } V_A) + \dots + \exp(\text{サイトEの確定効用 } V_E)\}}$ 」として計算することができる。選択結果（どのレクリエーションサイトが選択されたか）と、各サイトまでの旅行費用、レクリエーションサイトの属性は観測されたデータが存在するので、モデルが最も当てはまりが良くなるように係数を推定することになる。

推定を行うと、観察できる野鳥の種の係数は0.538、旅行費用の係数が-0.00137と計算される。このことは、観察できる野鳥の種が1種増えると、0.538だけ効用が増大し、逆に1円旅行費用が増加すると、0.00137だけ効用が減少することを意味している。野鳥の種が1種増えるものの、旅行費用が増加することで効用が相殺する値を求めると、「 $-0.538 / (-0.00137) = 392.7$ 」となる。つまり、観察できる野鳥の種が1種増えることに対して、訪問者は最大392.7円の旅行費用を追加的に支払ってもかまわないと考えていることになる。

4.3.3. クーンタッカーモデル（端点解モデル）

シングルサイトモデルでは訪問回数を分析することはできるが、特定のサイトのみを分析対象とするため、代替地の影響を分析できないという問題がある。一方、サイト選択モデルでは、訪問地選択を分析することはできるが、訪問回数を分析できないという問題がある。そこで、これまでは、訪問回数の分析にはシングルサイトモデル、訪問地選択の分析にはサイト選択モデルという使い分けが行われてきた。しかし、現実には「今年の夏休み中に、どの海水浴場に何回ずつ訪問するか」といったように「一定期間中に、どのサイトに何回ずつ訪問するか」といった意思決定を行うことも多い。このような行動を分析するためには、訪問地選択と訪問回数選択の双方を分析できるモデルが必要となる。そこで、近年、訪問地選択と訪問回数選択の双方を分析できるモデルとして、クーンタッカーモデル（端点解モデル）が注目を集めている。

表 4-6 シングルサイトモデル、サイト選択モデルとクーンタッカーモデルの比較

	訪問回数選択	訪問地選択	理論との整合性
シングルサイトモデル	Yes	No	No
サイト選択モデル	No	Yes	Yes
クーンタッカーモデル	Yes	Yes	Yes

クーンタッカーモデルでは、訪問するサイトについては内点解、訪問しないサイトについては端点解として扱うことで、訪問地選択と訪問回数選択の双方を1つの効用最大化問題としてモデル化する。このようなモデル化を行うことで、「ほとんどのサイトには訪問しない（端点解の存在）が、複数回訪問するサイトもある」といったシーズン単位のレクリエーションデータの特徴を考慮した分析が可能となる。また、効用最大化の一階の条件を用いて推定を行うため、経済理論との整合性が高い。クーンタッカーモデルの特徴をまとめたものが表4.6である。

クーンタッカーモデルの分析には、代替案である各レクリエーションサイトの属性データ、回答者の属性データ、そして「どのサイトに何回ずつ訪問したか」を表す訪問データを用いる。レクリエー

ションサイトの属性データとしては、水質の程度、生息する生物の種数、保護地区の面積など、環境質の状況を表すデータや、宿泊施設やレストランの数など、施設の整備状況を表すデータなどが用いられる。回答者の属性データとしては、分析上必須のデータである所得と居住地の他に、年齢、性別などの個人属性や、レクリエーション経験の豊富さを表す経験年数などのデータが用いられる。これらのデータのうち、レクリエーションサイトの属性データに関しては、公表された統計資料等から把握することが可能であるが、回答者の属性データと訪問データに関しては、独自のアンケート調査により収集することが一般的である。分析上最も重要な変数である旅行費用は、回答者の居住地のデータをもとに作成する。具体的には、各回答者の居住地から各サイトへの距離を計算し、一定の交通手段を利用することを仮定したうえで、訪問に要する交通費や時間を算定する。旅行費用には機会費用も含めなければならないため、訪問に要する時間も貨幣換算し加算する。

推定を行うためには、効用関数の形状を特定する必要がある。効用関数を特定化したら、収集・加工されたデータを使用して、選好パラメータの推定を行う。推定には、効用最大化の一階の条件を用いる。

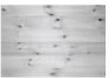
選好パラメータが推定されたら、それをを用いて補償変分を計算する。環境変化や政策実施に関するシナリオを想定し、それが実現した場合の厚生変化を補償変分により評価する。しかし、効用関数に仮定することが多いCES型やLES型などの効用関数では、効用関数が所得に関して非線形であるため、補償変分を代数的に解いて求めることができない。そこで、二分法 (numerical bisection) などの数値計算により探索的に求める方法が用いられる (柘植他, 2011)。

4.4 選択実験の統計分析

選択実験は、図 4.5 のように、回答者に複数の代替案からなる選択セットを提示して、その中から最も望ましいものを選択してもらう質問形式である。以下では、環境に影響を与えないよう、適切に管理された森林から切り出された木材にラベルをつけて販売する「森林認証」に対する人々の評価を明らかにすることを目的として実施した調査を事例として、選択実験の分析手法を紹介しよう。

回答者には自宅の1室 (6~8 畳) の内装を変更することになったと想定してもらい、1) 森林認証の有無、2) 地産地消への配慮、3) 外観、4) くるい (性能に影響ないそり・ねじれ) の4項目と工事費などすべてを含んだ総費用を組み合わせた代替案の中から、最も望ましいものを選択してもらった。

図 4-5 提示される選択セットの一例

例	木材使用	木材使用	木材使用	木材不使用	選べない
森林認証	認証なし	認証有り	認証有り		
地産地消	北海道産	国産	外国産	壁紙など 他の素材を 選ぶ	この 組み合わせ からは 選べない
外観					
くるい	まったくなし	わずか	多少あり		
総施工費用	150,000 円	100,000 円	75,000 円	50,000 円	
最も望ましい 商品の一つ→	↓	↓	↓	↓	↓
	1.	2.	3.	4.	5.

選択実験で得られた回答データは、サイト選択モデルと同様に、条件付きロジットモデルを用いて分析することができる。サイト選択モデルの節でも紹介したように、条件付きロジットモデルでは、各商品（内装変更の案）の効用（U）が観察可能な確定効用（V）と誤差項（ ϵ ）の合計で示されると仮定する（ $U=V+\epsilon$ ）。観察可能な確定効用は「 $V=\beta_{\text{森林認証}}\times\text{森林認証の有無}+\beta_{\text{地産地消}}\times\text{地産地消の状況}+\beta_{\text{外観}}\times\text{外観の状況}+\beta_{\text{くるい}}\times\text{くるいの状況}+\beta_{\text{費用}}\times\text{総施工費用}$ 」によって表現されるとする。ただし、 β は推定される係数であり、それぞれの属性変数が1単位増加したときの効用の変化分を意味する。森林認証の有無のような名義で定義される変数は、ここではダミー変数として取り扱われている。ダミー変数とは0か1かで定義される変数であり、ここでは森林認証を受けていれば1、そうでなければ0と定義されている。推定される係数は、森林認証を受けていない木材を基準として、森林認証を受けた木材を選ぶことによる効用の変化分を意味している。総施工費用の係数は、低い方が望ましいので符号はマイナス、森林認証の係数は、森林認証を受けた木材を選ぶことによる環境改善が効用を増大させると考えられるので、符号はプラスであると想定される。

ある代替案の選択確率は、各代替案の効用を用いて記述することができ、例えば図4.5の左から1番目の代替案の選択確率は、「1番目の代替案の選択確率 $=\exp(1\text{番目の代替案の確定効用 } V_1)/\{\exp(1\text{番目の代替案の確定効用 } V_1)+\dots+\exp(4\text{番目の代替案の確定効用 } V_4)\}$ 」として計算することができる。なおこの例では、「選べない」が選択された選択セットは分析から除外されている。選択結果（どの代替案が選択されたか）と、代替案の属性についてはデータが存在するので、モデルが最も当てはまりが良くなるように係数を推定することになる。

推定を行うと、森林認証の係数は0.8172、総施工費用の係数が-2.0708と計算される。このことは、森林認証を受けた木材を選択すると、0.8172だけ効用が増大し、逆に10万円総施工費用が増加すると、2.0708だけ効用が減少することを意味している。森林認証を受けた木材を選択することで得られる効用の増大を相殺する総施工費用の増加額を求めると、「 $0.8172/2.0708\times 100,000=39,463$ 」となる。つまり、森林認証を受けた木材に対して、回答者は最大39,463円の総施工費用を追加的に支払ってもかまわないと考えていることになる。

同様に、他の属性に対する評価額を求めると、外国産と比較して北海道産の木材に対する支払意志額は65,096円、国内産（北海道産以外）に対する支払意志額は56,225円、外観に関しては、図4.5の左から3番目の写真の外観を基準として、左から1番目の写真の外観に対する支払意志額が20,702円、左から2番目の写真の外観に対する支払意志額が10,093円であった。一方、木材のくるいに関しては、くるいがまったくないことを基準として、性能に影響はない多少のくるいが-33,040円、気づかない程度のわずかなくるいが-9,856円であった。この負の支払意志額は、この金額分だけわれわれの効用が低下することを意味している。このように、選択実験を適用すると、森林認証を受けた木材に対する支払意志額が評価できるだけなく、森林認証という属性が、木材の他の属性と比較してどれだけ重要であるかを定量的に示すことができる。

4.5 評価手法の改良に向けて

本年度は、CVM、トラベルコスト法、選択実験の統計分析手法について既存研究の整理を行った。本年度の研究より、研究動向として以下の状況が把握できた。

- 1) 近年、表明選好法の分野では、属性単位の支払意志額を求めることができる選択実験が多くの

研究で用いられるようになってきている。これまで生物多様性に関する研究では CVM が用いられることが多かったが、今後は選択実験の適用、および手法面でのさらなる洗練化が重要な課題になると考えられる。

一方、トラベルコスト法では、訪問地選択と訪問回数選択の双方を分析できるクーンタッカーモデルが登場し、注目を集めている。国立公園等をレクリエーションに利用することで得られる価値は、生物多様性が有する利用価値の代表的なものであると考えられる。今後は生物多様性の利用価値をより正確に評価するため、国立公園等の利用行動の分析に対するクーンタッカーモデルの適用、および手法面でのさらなる洗練化が重要な課題になると考えられる。

以上の状況を踏まえ、本研究では来年度、選択実験とクーンタッカーモデルを用いた分析を行う予定である。分析においては、以下のような手法上の改良も試みる。

1) 選択実験を改良した手法として、「ベストワースト選択実験」の開発を試みる。通常の実験では、選択セットの中から最も望ましい選択肢を1つ選択してもらうのに対し、ベストワースト選択実験では、最も望ましいものと最も望ましくないものを選択してもらう。通常の実験と比較して、1人の回答者から得られる情報量が増加するため、分析の精度向上やより少ないサンプル数での分析が可能となることが期待される。選択実験などの表明選好法は、調査費用が高額となることが問題であるため、現実の保全政策での活用を考えたとき、分析に必要なサンプル数を減らせることは、大きな意義を持つものと考えられる。

2) クーンタッカーモデルを改良した手法として、「MDCEV (multiple discrete-continuous extreme value) モデル」のレクリエーション行動の分析への適用を試みる。このモデルでは、時間を制約条件とした場合のレクリエーション行動（時間配分行動）のモデル化が可能となる。時間が制約条件となることは現実によくある状況であるため、このモデルを用いることで、より現実的な行動のモデル化が可能となり、その結果、より信頼性の高い厚生分析やより正確な需要予測が可能となることが期待される。保全政策が利用者の厚生や観光需要に及ぼす影響をより正確に把握できることは、現実の保全政策での活用において大きな意義を持つものと考えられる。

現在、これらの手法の開発に取り組むとともに、これらの手法を適用することを想定したアンケート調査を実施中である。これらの手法の詳細は、実証研究の結果と併せて、来年度の報告書で詳しく報告する予定である。

補論 4-1. CVM の統計分析の詳細

シングルバウンド

ランダム効用モデルでは、回答者 n が賛成と回答したときの効用 U_n^Y と反対と回答したときの効用 U_n^N が、それぞれ観察可能な確定項 V と、観察不可能な誤差項 ε からなるとする⁴。

$$U_n^Y = V(q^Y, M_n - p_n) + \varepsilon_{nY} \quad (1)$$

$$U_n^N = V(q^N, M_n) + \varepsilon_{nN} \quad (2)$$

ただし、 M_n は所得、 p_n は賛成と回答した場合の負担額、 q^Y は環境改善がなされる場合の環境の状況、 q^N は環境改善がなされない場合の環境の状況を示している。

このとき、回答者 n が賛成と回答する確率 P_{nY} は、賛成と回答したときの効用 U_n^Y が反対と回答したときの効用 U_n^N よりも高くなる確率であるから、以下のように表すことができる。

$$\begin{aligned} P_{nY} &= \Pr[U_n^Y > U_n^N] \\ &= \Pr[V(q^Y, M_n - p_n) + \varepsilon_{nY} > V(q^N, M_n) + \varepsilon_{nN}] \\ &= \Pr[V(q^Y, M_n - p_n) - V(q^N, M_n) > \varepsilon_{nN} - \varepsilon_{nY}] \\ &= \Pr[\varepsilon_{nY} - \varepsilon_{nN} > -\Delta V_n] \end{aligned} \quad (3)$$

ただし、 ΔV_n は賛成と回答した場合と反対と回答した場合の確定項の差であり、効用差関数と呼ばれる。

ここで、誤差項 ε_{nY} と ε_{nN} が第一種極値分布 (type I extreme value distribution) にしたと仮定すると、回答者が賛成と回答する確率 P_{nY} は、以下の二項ロジットモデルによって表すことができる (McFadden, 1974)。

⁴ 二肢選択形式の統計分析については、Hanemann and Kanninen(1999)が詳しい。

$$P_{nY} = \frac{1}{1 + e^{-\Delta V_n}} \quad (4)$$

また、誤差項 ε_{nY} と ε_{nN} が標準正規分布にしたがうと仮定すると、確率 P_{nY} は、以下の二項プロビットモデルによって表すことができる。

$$P_{nY} = \Phi(\Delta V_n) \quad (5)$$

ただし、 Φ は標準正規分布の累積密度関数を示している。

効用差関数 ΔV_n には、以下のような線形関数や対数線形関数が用いられることが多い。

$$\Delta V = \alpha + \beta p_n \quad (6)$$

$$\Delta V = \alpha + \beta \ln p_n \quad (7)$$

ただし、 α と β は推定されるパラメータである。いずれのモデルも、以下に示す対数尤度関数の値を最大化することによって推定値を求めることができる。

$$\ln L = \sum_{n=1}^N (\delta_n^Y \ln P_{nY} + \delta_n^N \ln(1 - P_{nY})) \quad (8)$$

ただし、 δ_n^Y は回答者 n が賛成を選択したときに1、それ以外の場合は0となるダミー変数であり、 δ_n^N は回答者 n が反対を選択したときに1、それ以外の場合は0となるダミー変数である。

ダブルバウンド

ダブルバウンドの場合も、シングルバウンドと同様の方法で推定を行うが、1回目の提示額 p_n^1 、2回目のより高額な提示額 p_n^U 、2回目のより低額な提示額 p_n^L と3種類の提示額があり、1回目と2回目

の質問に対する回答の組み合わせが、1) p_n^1 と p_n^U の双方に対して賛成 (YY), 2) p_n^1 に対して賛成, p_n^U に対して反対 (YN), 3) p_n^1 に対して反対, p_n^U に対して賛成 (NY), 4) p_n^1 と p_n^U の双方に対して反対 (NN) の4パターンになる。したがって、それぞれの回答パターンの確率 P_{nYY} , P_{nYN} , P_{nNY} , P_{nNN} は以下のように表される。

$$P_{nYY} = 1 - G(p_n^U) \quad (9)$$

$$P_{nYN} = G(p_n^U) - G(p_n^1) \quad (10)$$

$$P_{nNY} = G(p_n^1) - G(p_n^L) \quad (11)$$

$$P_{nNN} = G(p_n^L) \quad (12)$$

ここで $G(p_n^1)$, $G(p_n^U)$, $G(p_n^L)$ は分布関数であり、例えば、効用差関数に対数線形関数を仮定した対数ロジットモデルの場合には以下のように表される。

$$G(p_n^1) = 1 / (1 + \exp(\alpha + \beta \ln p_n^1)) \quad (13)$$

$$G(p_n^U) = 1 / (1 + \exp(\alpha + \beta \ln p_n^U)) \quad (14)$$

$$G(p_n^L) = 1 / (1 + \exp(\alpha + \beta \ln p_n^L)) \quad (15)$$

尤度関数は以下のように表される。

$$\ln L = \sum_{n=1}^N (\delta_n^{YY} \ln P_{nYY} + \delta_n^{YN} \ln P_{nYN} + \delta_n^{NY} \ln P_{nNY} + \delta_n^{NN} \ln P_{nNN}) \quad (16)$$

ただし、 δ_n^{YY} は回答者 n が p_n^1 と p_n^U の双方に対して賛成と回答したときに1それ以外のときは0となるダ

ミー変数であり、 δ_n^{YN} 、 δ_n^{NY} 、 δ_n^{NN} はそれぞれ同様に、 p_n^I に対して賛成、 p_n^U に対して反対と回答したときに1をとるダミー、 p_n^I に対して反対、 p_n^L に対して賛成したときに1をとるダミー、 p_n^I と p_n^L の双方に対して反対を選択したときに1をとるダミーである。

支払意志額の算出

中央値は、提示額に賛成する確率が0.5となる金額と定義される。線形と対数線形の効用差関数を仮定した場合の中央値 WTP_{linear}^* と $WTP_{log-linear}^*$ は、それぞれ以下のように表される (Hanemann, 1984)。

$$WTP_{linear}^* = -\frac{\alpha}{\beta} \quad (17)$$

$$WTP_{log-linear}^* = \exp\left(-\frac{\alpha}{\beta}\right) \quad (18)$$

一方、平均値は、減衰曲線の下側の面積に相当する。一般に、平均値は減衰曲線を積分することで求められるが、あまりに高額な提示額まで積分を行うことは現実的ではないため、回答者の所得まで打ち切ったり、最大提示額まで打ち切ったりすることが多い。線形と対数線形の効用差関数を仮定した場合に、最大提示額 p_{max} まで積分を行った場合の平均値 WTP_{linear}^+ と $WTP_{log-linear}^+$ は、それぞれ以下のように表される。

$$WTP_{linear}^+ = \int_0^{p_{max}} \frac{1}{1+\exp[-(\alpha+\beta p)]} dp \quad (19)$$

$$WTP_{log-linear}^+ = \int_0^{p_{max}} \frac{1}{1+\exp[-(\alpha+\beta \ln p)]} dp \quad (20)$$

補論 4-2. 個人トラベルコスト法の統計分析の詳細

基本モデル

個人トラベルコスト法におけるレクリエーション需要曲線は、以下のように表わされる。

$$r = f(p_i) \quad (21)$$

ただし、 r はある期間中のサイト*i*への訪問回数、 p_i はサイト*i*への旅行費用を表す。ここでの旅行費用には、交通費だけでなく、レクリエーションに費やす時間の機会費用も含めた、レクリエーションを楽しむために費やすすべての費用が含まれる。

訪問回数を説明する変数として、サイト*i*への旅行費用以外にも、代替的なサイト*j*への旅行費用や、年齢、性別、所得などの個人属性も含めることができる。これらを含めると、レクリエーション需要曲線は以下のように表される。

$$r = f(p_i, p_j, M, z) \quad (22)$$

ただし、 p_j は代替的なサイト*j*までの旅行費用、 M は個人の所得、 z は個人の年齢や性別などの個人属性のベクトルを表す。

消費者余剰は、レクリエーション需要曲線と旅行費用とに囲まれた面積として、以下のように表される。ただし、 CS は消費者余剰、 p_c はチョークプライス、 p_A は実際の旅行費用である。

$$CS = \int_{p_A}^{p_c} f(p_i, p_j, M, z) dp_i \quad (23)$$

推定方法の発展

初期の研究では、レクリエーション需要曲線を最小二乗法で推定していた。しかしながら、最小二乗法による推定にはいくつかの問題点が存在する。Shaw (1988)は、訪問回数のデータは必ず非負の整数となり、連続データとして扱う最小二乗法による推定はバイアスを発生させることを示した。そのため近年では、カウントモデルと呼ばれる分析手法が用いられている⁵。

カウントモデルの最も基本的なものは、ポアソン回帰 (poisson regression) である。ポアソン回帰では、ある期間中に個人*n*がサイト*i*を*r*回訪問する確率 $\Pr(r_n)$ を、以下のように表す (Shaw, 1988 ; Haab and McConnell, 2002)。

⁵ カウントモデルについては、Cameron and Trivedi(1998)が詳しい。

$$\Pr(r_n) = \frac{\exp(-\lambda_n) \cdot \lambda_n^{r_n}}{r_n!} \quad (24)$$

ここで、 λ_n は個人 n の訪問回数の期待値であり、分散でもある。 λ_n は、サイト i への旅行費用 p_{ni} や所得 M_n 、個人属性ベクトル z_n 、代替的なサイト j への旅行費用 p_{nj} などの関数として、

$\ln(\lambda_n) = \beta_{p_i} p_{ni} + \beta_{p_j} p_{nj} + \beta_M M_n + \beta_z' z_n$ のように表される。確率が非負となるよう、左辺を $\ln(\lambda_n)$ とすることが多い。パラメータの推定は最尤法によって行われる。

個人 n の消費者余剰 CS_n は、以下のように求められる。

$$CS_n = -\frac{\lambda_n}{\beta_{p_i}} \quad (25)$$

ポアソン回帰では、訪問回数の期待値と分散が等しいという制約的な仮定が置かれる。この仮定を必要としない、より一般的なモデルに、以下の負の二項分布モデル(negative binomial model)がある(Haab and McConnell, 2002)。

$$\Pr(r_n) = \frac{\Gamma\left(\frac{1}{\alpha} + r_n\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{\alpha}\right)\Gamma(r_n + 1)} \left(\frac{1}{\alpha}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \left(\frac{\lambda_n}{\lambda_n + \frac{1}{\alpha}}\right)^{r_n} \quad (26)$$

ここで、 Γ はガンマ関数を表す。また、 α は過分散(overdispersion)パラメータであり、 $\alpha = 0$ であれば、このモデルはポアソン回帰と一致する。パラメータは最尤法によって推定される。個人 n の消費者余剰 CS_n は、ポアソン回帰と同様に式(25)で求められる。

オンサイトサンプリングの問題点と対処法

分析には一定のサンプル数が必要であるが、一般市民を対象とした無作為抽出などによる調査(以下、オフサイトサンプリング)で、訪問者に関する十分なサンプル数を確保するためには大規模な調査が必要となる。そこで、データを効率的に収集するため、現地で訪問者を対象とした調査(以下、オンサイトサンプリング)を行うことが多い。

Shaw (1988)が示したように、現地でデータを収集するオンサイトサンプリングを行った場合には、

実際に訪問した個人からしか回答が得られないため、訪問回数は必ず 1 以上となる。これを切断 (truncation) という。また、オンサイトサンプリングでは、訪問回数が多い人ほどサンプルに含まれやすい。これを内生的層化 (endogenous stratification) という。これらはパラメータの推定値に影響を及ぼすため、対策が必要である。

前者に関しては、式(24)や式(26)を、以下の式(27)や式(28)のように修正することで、正しい推定値を求めることが可能である (Shaw, 1988 ; Englin and Shonkwiler, 1995 ; Haab and McConnell, 2002 ; Martínez-Espiñeira and Amoako-Tuffour, 2008)。

$$\Pr(r_n) = \frac{\exp(-\lambda_n) \lambda_n^{r_n}}{r_n! (1 - \exp(-\lambda_n))} \quad (27)$$

$$\Pr(r_n) = \frac{\Gamma\left(\frac{1}{\alpha} + r_n\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{\alpha}\right) \Gamma(r_n + 1)} (\alpha \lambda_n)^{r_n} (1 + \alpha \lambda_n)^{-\left(r_n + \frac{1}{\alpha}\right)} \left(\frac{1}{1 - (1 + \alpha \lambda_n)^{-\frac{1}{\alpha}}}\right) \quad (28)$$

後者に関しては、式(24)や式(26)を、以下の式(29)や式(30)のように修正することで、正しい推定値を求めることが可能である (Shaw, 1988 ; Englin and Shonkwiler, 1995 ; Haab and McConnell, 2002 ; Martínez-Espiñeira and Amoako-Tuffour, 2008)。なお、式(29)や式(30)は、切断の問題も解決している。

$$\Pr(r_n) = \frac{\exp(-\lambda_n) \cdot \lambda_n^{r_n - 1}}{(r_n - 1)!} \quad (29)$$

$$\Pr(r_n) = \frac{r_n \Gamma\left(\frac{1}{\alpha} + r_n\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{\alpha}\right) \Gamma(r_n + 1)} \left(\frac{1}{\alpha + \lambda_n}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \left(\frac{1}{\alpha + \lambda_n}\right)^{r_n} \lambda_n^{r_n - 1} \quad (30)$$

補論 4-3. サイト選択モデルと選択実験の統計分析の詳細

基本モデル

サイト選択モデルと選択実験は、いずれも代替案の中から最も望ましいものを選択する行動をモデル化するため、統計分析の手法は共通である。以下では、サイト選択モデルを想定して解説を行うが、選択実験についても同様である。

複数の代替的なサイトの中から訪問するサイトを 1 つ選択する状況を考えよう。ここで、個人 n がサイト i から得る効用が、観察可能な確定項と観察不可能な誤差項からなるとする。ランダム効用モデルを用いると、前者を確定項 V_{ni} 、後者を誤差項 ε_{ni} とし、サイト i を訪問することから得られる

効用を以下のように表すことができる。

$$U_{ni} = V_{ni} + \varepsilon_{ni} \quad (31)$$

ここで、確定項 V_{ni} には、以下のような線形の関数を仮定することが多い。

$$V_{ni} = \beta'_q q_i + \beta_p p_i \quad (32)$$

ただし、 q_i はサイト i のサイト属性ベクトル、 β_q はそのパラメータのベクトル、 p_i はサイト i までの旅行費用、 β_p はそのパラメータである。

個人は代替的なサイトの中から、旅行費用やサイト属性を考慮し、総合的に見て最大の効用が得られるサイトを選択すると考えられる。個人 n が、代替的なサイトの集合である選択セット $C = \{1, 2, \dots, J\}$ の中からサイト i を選択する確率 P_{ni} は、サイト i を選択したときの効用 U_{ni} が、その他のサイト j ($j \neq i$) を選択したときの効用 U_{nj} よりも高くなる確率であるから、以下のように表すことができる。

$$\begin{aligned} P_{ni} &= \Pr(U_{ni} > U_{nj} \quad \forall j \in C, j \neq i) \\ &= \Pr(V_{ni} - V_{nj} > \varepsilon_{nj} - \varepsilon_{ni} \quad \forall j \in C, j \neq i) \end{aligned} \quad (33)$$

ここで、誤差項が第一種極値分布 (type I extreme value distribution) にしたと仮定すると、個人 n がサイト i を選択する確率 P_{ni} は、以下の条件付きロジットモデル (conditional logit model) により表される (McFadden, 1974)。

$$P_{ni} = \frac{\exp(\mu V_{ni})}{\sum_{j \in C} \exp(\mu V_{nj})} = \frac{\exp\{\mu(\beta_q q_i + \beta_p p_i)\}}{\sum_{j \in C} \exp\{\mu(\beta_q q_j + \beta_p p_j)\}} \quad (34)$$

アンケート調査などにより、人々がどのようなサイトの中から、どのサイトを選択したかを把握で

できれば、それらのデータに基づいて、最尤法により確定項のパラメータ β_q や β_p を推定することができる。なお、 μ はスケールパラメータを表し、通常は1に基準化される。

ここで、推定された β_q はサイト属性の限界効用のベクトルを表す。また、 β_p は旅行費用の限界効用を表し、その絶対値は所得の限界効用を表す。これらのパラメータを用いることで、サイトの環境質の変化、あるいは、サイトの新設や閉鎖がどれだけの便益や費用を発生させるかを評価することができる。例えば、環境質が q^0 から q^1 に改善した場合の便益は、補償変分 CV として以下のように表すことができる (Small and Rosen, 1981 ; Hanemann, 1985 ; Haab and McConnel, 2002)。

$$CV = -\frac{1}{\beta_p} \left[\ln \left[\sum_{j \in C} \exp[V(q^1)] \right] - \ln \left[\sum_{j \in C} \exp[V(q^0)] \right] \right] \quad (35)$$

ここで、ある1つのサイト属性 q_1 の限界的な変化の便益は、サイト属性 q_1 の限界効用 β_{q_1} と所得の限界効用 $-\beta_p$ の比として、以下のように求めることができる。

$$CV = -\frac{\beta_{q_1}}{\beta_p} \quad (36)$$

また、サイトが新設された場合の便益は以下のように表すことができる。ただし、 C は新設されたサイトを含まないサイトの集合、 C' は新設されたサイトを含むサイトの集合を表す。

$$CV = -\frac{1}{\beta_p} \left[\ln \left[\sum_{j \in C'} \exp[V(q)] \right] - \ln \left[\sum_{j \in C} \exp[V(q)] \right] \right] \quad (37)$$

ランダムパラメータロジットモデル

条件付きロジットモデルでは、すべての個人が同一の効用パラメータを持つこと、すなわち個人間の選好の同質性が仮定されていた。また、任意の2つの選択肢の選択確率の比が、他の選択肢から独立に決まるという「無関係な選択肢からの独立 (Independence from Irrelevant Alternatives: IIA)」の性質が満たされていることが仮定されていた⁶。しかしながら、これらの仮定は制約的であるため、近年はこれらの仮定を緩和したランダムパラメータロジットモデル (random parameter logit model)

⁶ IIA に関して、詳しくは栗山・庄子(2005)、Train(2009)を参照されたい。

を用いた実証研究が増えている⁷.

ランダムパラメータロジットモデルでは、効用パラメータが確率分布にしたがって個人間で異なることを許容する。したがって、個人 n がサイト i を選択したときの効用 U_{ni} は、以下のように表される。

$$U_{ni} = V_{ni}(\beta_n) + \varepsilon_{ni} \quad (38)$$

ここで、添え字の付いた効用パラメータ β_n は個人によって効用パラメータが異なることを表している。 ε_{ni} が独立で同一なガンベル分布にしたがうと仮定すると、効用パラメータ β_n を持った個人 n がサイト i を選択する確率 $L_{ni}(\beta_n)$ は以下のように表される。

$$L_{ni}(\beta_n) = \frac{\exp(V_{ni}(\beta_n))}{\sum_{j \in C} \exp(V_{nj}(\beta_n))} \quad (39)$$

ここで、各個人の効用パラメータ β_n は観察不可能なため、効用パラメータ β_n の密度に関する条件付きロジットモデルの積分を考える。このとき、個人 n がサイト i を選択する確率は以下のように表される。

$$P_{ni}(\Omega) = \int L_{ni}(\beta_n) \cdot f(\beta|\Omega) d\beta \quad (40)$$

ただし、 $f(\beta|\Omega)$ は β の確率密度関数を、 Ω はこの確率密度関数の特徴を表すパラメータのベクトルを表している。推定にあたっては、 β の確率分布を分析者が仮定する。ここでの積分計算は代数的に解けないため、最尤法により推定することはできない。そのため、シミュレーションを用いて積分を近似する方法が用いられる。推定に関する詳細は栗山・庄子(2005)や Train(2009)を参照されたい。

潜在クラスモデル

ランダムパラメータロジットモデルを用いることにより、個人間で選好の多様性が存在するかを検証することができる。しかし、選好の多様性が存在することが明らかになったとしても、その多様性をもたらす要因は明らかにされない。そこで、選好の多様性をもたらす要因を分析するためには、潜在クラスモデル (latent class model) が用いられる。潜在クラスモデルは、個人を選好の同質な個

⁷ ランダムパラメータロジットモデルは、混合ロジットモデル (mixed logit model) とも呼ばれる。

人からなるいくつかのグループ（以下、クラスという）に分類し、各クラスに固有の効用パラメータを推定する。この際、年齢、性別、所得などの個人属性と態度や動機などの心理的な潜在変数を説明変数とするメンバーシップ関数を推定することで、選好の多様性が生じる要因を分析することができる。

サンプル内に S 個のクラスが存在し、個人 n はあるクラス $s = \{1, 2, \dots, S\}$ に属していると仮定する。

個人 n があるクラス $s = \{1, 2, \dots, S\}$ に所属する場合、個人 n がサイト i を選択したときの効用はランダム効用モデルにより以下のように表される。

$$\begin{aligned} U_{ki|s} &= V_{ki|s} + \varepsilon_{ki|s} \\ &= \beta'_s x_{ki} + \varepsilon_{ki|s} \end{aligned} \quad (41)$$

このとき、クラス s におけるサイト i の選択確率は以下のように表される。

$$P_{k|s}(i) = \frac{\exp(\mu_s \beta'_s x_{ki})}{\sum_{j \in C} \exp(\mu_s \beta'_s x_{kj})} \quad (42)$$

ここで、 β_s と μ_s はそれぞれクラス s に固有の効用パラメータとスケールパラメータである。

Swait (1994) と Boxall and Adamowicz (2002) にしたがって、個人をいずれかのクラスに分類するメンバーシップ関数 M^* を考える。メンバーシップ関数の説明変数 z_k としては、年齢、性別、所得などの個人属性と態度や動機などの心理的な潜在変数が用いられる。個人 n がクラス s に所属するとき、メンバーシップ関数は以下のように表される。

$$M_{ks}^* = \gamma'_s z_k + \zeta_{ks} \quad (43)$$

ただし、 γ_s と ζ_{ks} は、それぞれ推定されるパラメータと誤差項を表す。誤差項 ζ_{ks} が独立で同一のガンベル分布にしたがうと仮定すると、個人 n がクラス s に分類される確率 P_{ks} は以下のように表される。

$$P_{ks} = \frac{\exp(\lambda \gamma'_s z_k)}{\sum_{s^*=1}^S \exp(\lambda \gamma'_{s^*} z_k)} \quad (44)$$

ただし、 λ はスケールパラメータ、 s^* はクラスを表す添え字、 s はある特定のクラスを表す。1つのクラスのパラメータを基準として推定を行うため、基準となるクラスのパラメータはゼロと設定される。したがって推定されるパラメータ γ_s は基準となるクラスに対する相対的なパラメータと解釈される。

潜在クラスモデルにおいて、個人 n が選択肢 i を選択する確率 $P_k(i)$ は、式(42)と式(44)を用いて以下のように表される。

$$\begin{aligned} P_k(i) &= \sum_{s=1}^S P_{ks} \cdot P_{k|s}(i) \\ &= \sum_{s=1}^S \left[\frac{\exp(\lambda \gamma'_s z_k)}{\sum_{s^*=1}^S \exp(\lambda \gamma'_{s^*} z_k)} \right] \left[\frac{\exp(\mu_s \beta'_s x_{ki})}{\sum_{j \in C} \exp(\mu_s \beta'_s x_{kj})} \right] \end{aligned} \quad (45)$$

パラメータは最尤法によって推定される。また、クラス数については、先見的に決定することはできない。そこで、分析者がクラス数を設定して推定を行い、Akaike information criterion (AIC)や Bayesian information criterion (BIC)などの情報量基準に基づいて最適なクラス数を決定する方法がとられることが多い。

補論 4-4. クーンタッカーモデルの統計分析の詳細

クーンタッカーモデル、または端点解モデル (corner solution model) では、訪問するサイトについては内点解、訪問しないサイトについては端点解として扱うことで、サイト選択と訪問回数選択の双方を1つの効用最大化問題としてモデル化する。クーンタッカーモデルの研究は、Hanemann(1978)と Wales and Woodland(1983)により始められた。その後もクーンタッカーモデルに関する研究は行われたが、特に、Phaneuf et al. (2000)と von Haefen et al. (2004)により飛躍的な進歩を遂げ、その後、研究が急速に進展している⁸。

⁸ クーンタッカーモデルについて、より詳しくは von Haefen and Phaneuf (2005)、柘植他 (2011) を参照されたい。

クーンタッカーモデルでは、以下の効用最大化問題を考える。

$$\begin{aligned} & \text{Max } U(r, q, h, \beta, \varepsilon) \\ & \text{s.t. } p' r + h = M, \quad h > 0, \quad r_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, J \end{aligned} \quad (46)$$

ただし、 \mathbf{U} は効用関数、 \mathbf{r} は各サイトへの訪問回数のベクトル、 \mathbf{q} は各サイトの属性行列、 \mathbf{h} はニューメロール、 β はパラメータのベクトル、 ε は誤差項のベクトル、 \mathbf{p} は各サイトへの旅行費用のベクトル、 \mathbf{M} は所得である。

この問題を解くと、以下の条件が得られる。

$$\begin{aligned} & U_j \leq U_h p_j, \\ & r_j^* \geq 0, \\ & r_j^* [U_j - U_h p_j] = 0, \quad j = 1, \dots, J \end{aligned} \quad (47)$$

ただし、 $U_j = \partial U / \partial r_j$ 、 $U_h = \partial U / \partial h$ であり、 r^* は効用最大化問題の解である。ここで、 $U_{h\varepsilon} = \partial U_h / \partial \varepsilon = 0$ 、 $\partial U_j / \partial \varepsilon_k = 0 (\forall k \neq j)$ 、 $\partial U_j / \partial \varepsilon_j > 0 (\forall j)$ を仮定すると、式(47)は以下のよう書ける。

$$\begin{aligned} & \varepsilon_j \leq g_j(r^*, p, M, q, \beta), \\ & r_j^* \geq 0, \\ & r_j^* [\varepsilon_j - g_j] = 0, \quad j = 1, \dots, J \end{aligned} \quad (48)$$

ただし、以下の等式の解を g_j とする。

$$U_j(r^*, q, M - p' r^*, \beta, g_j) - U_h(r^*, q, M - p' r^*, \beta, g_j) p_j = 0 \quad (49)$$

ここで、訪問回数がゼロ（端点解）となる確率は $\Pr(\varepsilon_j < g_j)$ であり、一方、訪問回数が正（内点解）となる確率は $\Pr(\varepsilon_j = g_j)$ であるため、最初の k 個のサイトを訪問する（ $r_j > 0, j = 1, \dots, k$ かつ

$r_j = 0, j = k + 1, \dots, J$) 確率は, 以下のように表される.

$$\int_{-\infty}^{g_{k+1}} \cdots \int_{-\infty}^{g_J} f_{\varepsilon}(g_1, \dots, g_k, \varepsilon_{k+1}, \dots, \varepsilon_J) \times |J_k| d\varepsilon_{k+1}, \dots, d\varepsilon_J \quad (50)$$

ただし, $|J_k|$ は $\boldsymbol{\varepsilon}$ から $(r_1, \dots, r_k, \varepsilon_{k+1}, \dots, \varepsilon_J)$ への変換のためのヤコビアン行列式である.

ε_j の分布 f_{ε_j} に特定の確率分布を仮定することで, $\boldsymbol{\beta}$ を推定することが可能となる. なお, ε_j の分布 f_{ε_j} に は, 第一種極値分布が仮定されることが多い. このように, クーンタッカーモデルでは, 効用最大化の一階の条件を用いて推定を行うため, 効用理論との整合性が高い.

推定にあたっては, 効用関数の関数形を特定する必要がある. 効用関数には, CES (constant elasticity of substitution) 型や LES (linear expenditure system) 型などの関数形を仮定することが多い. しかし, これらの関数形では, 効用関数が所得に関して非線形であるため, 補償変分を代数的に解いて求めることができない. そこで, 二分法などの数値計算により探索的に求める方法が用いられる (von Haefen et al., 2004).

なお, 補論 4-3 で紹介したランダムパラメータロジットモデルや潜在クラスモデルは, クーンタッカーモデルにおいても用いられる.

参考文献

- Boxall, P. and W. Adamowicz (2002), "Understanding Heterogeneous Preferences in Random Utility Models: A Latent Class approach," *Environmental and Resource Economics*, vol.23(4), pp.421-446.
- Cameron, A. C. and P. K. Trivedi (1998), *Regression Analysis of Count Model*, Cambridge, University Press.
- Englin, J. and J. S. Shonkwiler (1995), "Estimating Social Welfare Using Count Data Models: An Application to Long-Run Recreation Demand Under Conditions of Endogenous Stratification and Truncation," *The Review of Economics and Statistics*, vol.77(1), pp.104-112.
- Haab, T. C. and K. E. McConnell (2002), *Valuing Environmental and Natural Resources: The Econometrics of Environmental Valuation*, Edward Elgar.
- Hanemann, W. M. (1978), "A Theoretical and Empirical Study of the Recreation Benefits from Improving Water Quality in the Boston Area," PhD dissertation, Harvard University.
- Hanemann, W. M. (1984), "Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses," *American Journal of Agricultural Economics*, vol.66, pp. 332-341.
- Hanemann, W. M. (1985), "Welfare Analysis with Discrete Choice Models," Working Paper.

- Department of Agricultural Economics, University of California, Berkeley. Reprinted in Kling, C. and J. Herriges (eds.), *Valuing Recreation and the Environment: Revealed Preference Methods in Theory and Practice*, Edward Elgar.
- Hanemann, W. M. and Kanninen, B. (1999) “The statistical analysis of discrete-response CV data,” in I. J. Bateman and K. G. Willis (Eds.) *Valuing Environmental Preferences: Theory and Practice of the Contingent Valuation Method in the US, EU, and Developing Countries*. Oxford University Press.
- 栗山浩一 (1998), 『環境の価値と評価手法—CVMによる経済評価』北海道大学図書刊行会.
- 栗山浩一・北畠能房・大島康行編著(2000), 『世界遺産の経済学—屋久島の環境価値とその評価』勁草書房.
- 栗山浩一・庄子康編著(2005), 『環境と観光の経済評価 国立公園の維持と管理』勁草書房.
- 栗山浩一・柘植隆宏・庄子康(2013), 『初心者のための環境評価入門』勁草書房. 【予定】
- Martínez-Espiñeira, R. and J. Amoako-Tuffour (2008), “Recreation Demand Analysis Under Truncation, Overdispersion, and Endogenous Stratification: An Application to Gros Morne National Park,” *Journal of Environmental Management*, vol.88(4), pp. 1320-1332.
- McFadden, D. (1974), “Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior,” in P. Zarembka (eds.), *Frontiers in Econometrics*, Academic Press.
- Phaneuf, D. J., C.L. Kling, and J.A. Herriges (2000), “Estimation and Welfare Calculations in a Generalized Corner Solution Model with an Application to Recreation Demand,” *Review of Economics and Statistics*, vol.82(1), pp.83-92.
- Small, K.A. and H.S. Rosen (1981), “Applied Welfare Economics with Discrete Choice Model,” *Econometrica*, vol.49(1), pp.105-130.
- Shaw, D. (1988), “On Site Samples’ Regression: Problems of Nonnegative Integers, Truncation, and Endogenous Stratification,” *Journal of Econometrics*, vol.37(2), pp. 211-223.
- Swait J. (1994) “A structural equation model of latent segmentation and product choice for cross sectional revealed preference choice data,” *Journal of retailing and consumer services*, vol.1, pp.77-89.
- Train, K. E. (2009), *Discrete Choice Methods with Simulation, 2nd edition*, Cambridge University Press.
- 柘植隆宏・庄子康・栗山浩一(2011) 「トラベルコスト法の研究動向」, 『環境経済・政策研究』第4巻第2号, 46-68 ページ.
- 柘植隆宏・栗山浩一・三谷羊平編著(2011), 『環境評価の最新テクニック：表明選好法・顕示選好法・実験経済学』勁草書房.
- von Haefen, R. H., D. J. Phaneuf, and G. R. Parsons (2004), “Estimation and Welfare Analysis with Large Demand Systems,” *Journal of Business and Economic Statistics*, vol.22(2), pp. 194-205.
- von Haefen, R. H., and D. J. Phaneuf (2005), “Kuhn-Tucker Demand System Approaches to Non-market Valuation,” in Scarpa, R. and A.A. Ablerini, (eds.) *Applications of Simulation Methods in Environmental and Resource Economics*, Springer.

Wales, T.J. and A. Woodland (1983), "Estimation of Consumer Demand Systems with Binding Non-negativity Constraints," *Journal of Econometrics*, vol.21(3), pp. 263-285.

5. 生態学を考慮した政策立案

生物多様性の経済評価を実施し、政策立案を行う際には、生態学の考慮が不可欠であろう。本研究では、生態系サービスの経済評価の実証研究として近年日本各地の里山の森林で深刻化しているブナ科樹木萎凋病（通称ナラ枯れ）の問題を取り上げ、生態系サービスの経済評価における課題を生態学の観点から考察する。

5.1 先行研究

近年日本各地の里山の森林で、ブナ科樹木萎凋病（通称ナラ枯れ）による樹木の枯死が拡大している（伊藤・山田，1998）。



図 5-1 ナラ枯れ発生地

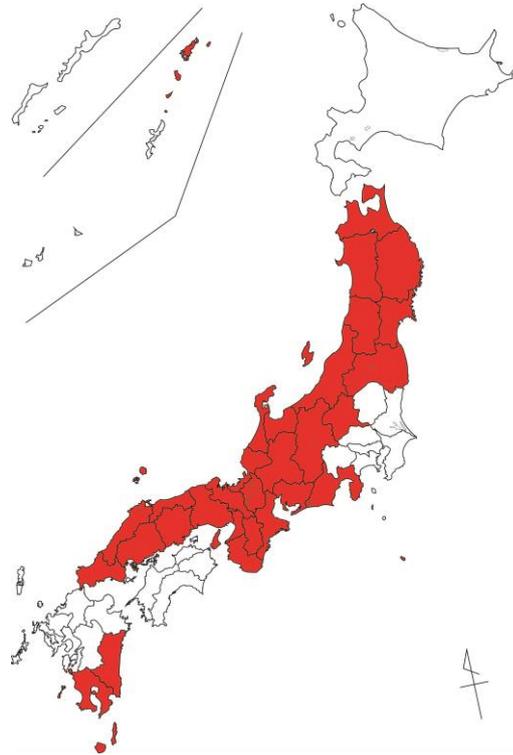


図 5-2 2011 年度にナラ枯れが発生した都道府県

ナラ枯れで樹木が枯死した森林では、林分構造が変化することが指摘されている（伊東ら，2008；2009；2011）。森林は様々な生態系サービスをもたらしており，ナラ枯れによる生態系の変化が森林の生態系サービスを低下させる可能性がある。

ナラ枯れで主に枯死している森林は，薪炭材需要の低下によって管理放棄された薪炭林である。現代の薪炭林は薪炭材生産としての本来の役割が薄れて管理する目的が曖昧であるため，薪炭材生産以外の生態系サービスの重要性を考慮せず，ナラ枯れによる生態系サービス低下のリスクを過小評価している可能性がある。

そこで，薪炭林がもたらす多様な生態系サービスのうち，人々がどのような生態系サービスにどれだけ価値を感じているのかを明らかにすることで，ナラ枯れの問題の重要性を理解し，対策の方向性を考慮する上で重要な判断材料を得ることができる。

森林の生態系サービスの環境価値を評価した先行研究は数多くあるが（Tobias and Mendelsohn, 1991；Tyrvaainen and Vaananen, 1998；Tyrvaainen and Miettinen, 2000；Garrod and Willis, 1997；Czajkowski et al., 2009），それらは単一のサービスを評価した研究が大多数で，複数のサービスを評価した研究は数少ない。

日本学術会議（2001）は代替法による森林の多面的機能の評価価値を提示しているが，この評価は代替財が存在しない生物多様性保全機能などを評価できていない問題がある。

Horne et al.（2005）や Chang et al.（2011）は，レクリエーションや木材生産など役割が明確な森林に関して，人々が重視する生態系サービスを評価している。これは薪炭林のような役割が不明確な森林においてどのような生態系サービスが重視されるかという問題とは異なっている。

そこで本研究の目的としては、1) 環境評価手法を用いて薪炭林の諸生態系サービスを価値評価することで、ナラ枯れ対策に対する市民の支払意思額を明らかにする。また、2) どのような生態系サービスが高く評価されるのかを明らかにすることで、3) 市民が価値を感じている生態系サービスを重視したナラ枯れ対策の方向性を考察することとした。

5.2 手法

5.2.1 評価する生態系サービス

本研究では日本学術会議（2001）の森林の多面的機能に着目して、表5-1の4種類の生態系サービスの環境価値を評価した。そして評価結果からどのような生態系サービスが高く評価されているかを分類した。

表 5-1 本研究で環境価値を評価する生態系サービス

サービスの種類	サービスの概要説明
生物多様性保全	様々な動植物の生息地になる。
地球温暖化緩和	二酸化炭素を吸収して地球温暖化を緩和する。
水土保全	洪水防止、土砂災害防止、水質浄化、土壌の保護を行う。
木材生産	木材資源を生産する。

5.2.2 分析手法

表明選好法はアンケートを用いて人々に評価対象とする財の価値を尋ねることで環境価値を得る手法で、生物多様性の遺産価値や存在価値といった非市場価値を評価できる唯一の方法である。

選択型実験(Choice Experiment: CE)は表明選好法の一つで、複数の属性で構成される評価対象(プロフィール)をその属性ごとに価値評価できる。アンケートの回答者は複数のプロフィールを提示されて、その中から最も好ましいと思うものを一つ選択する(Louviere and Woodworth, 1983)。

CEは環境評価においてポピュラーな手法で、生態系管理と関連してCEで環境価値を評価した最近の研究例としては、Christie et al. (2006)、Birol et al. (2006)、Naidoo and Adamowicz (2005)などが挙げられる。

本研究のCEでは、仮想的なナラ枯れ対策をプロフィールに用いた。ナラ枯れ対策が表7-1の生態系サービスに与える影響をプロフィールの属性として価値評価した。

図5-3に本研究のCEで用いた質問例を示す。質問は生態系サービスに与える影響と負担額が異なる森林管理政策の4択で構成されている。回答者1人につき、質問は4回行われる。なお、選択型実験では、属性間の相関が生じないように直交性を考慮して各属性の水準を組み合わせることでプロフィールを作成するため、提示される対策は仮想的な対策である。

図5-3において、「森林に生息する動植物の種数」とはナラ枯れ対策が生物多様性保全サービス与える影響を表すために用いた定量的指標である。同様に、「森林の二酸化炭素貯蔵量」は地球温暖化緩和サービスに、「洪水時の水量」は水土保全サービスに、「資源を利用して将来見込める収益」は物質生産サービスに対応している。

アンケート結果をMixed Logit Modelを用いて解析し、1) 本研究の回答者がどのような生態系サービスに特に価値を感じていたのかを推定し、2) どのような社会経済属性や価値観が評価に影響してい

るのかを推定した。

本解析では、性別、年齢、収入、森林にどの程度関心があるか、ナラ枯れをどの程度身近に感じるか、各生態系サービスをそれぞれの程度重要だと思うか、各生態系サービスの恩恵をそれぞれの程度受けていると思うか、の個人属性に着目した。

問1 ナラ枯れに対する政策として、以下の4つの中から最も望ましいと思うものを1つ選んでください。

施策の種類	P1	P2	P2	P4
豊かな自然 (森林に生息する動植物の種類)	動植物の種類が35%増加する	動植物の種類が45%増加する	動植物の種類が35%増加する	動植物の種類が10%減少する
地球温暖化の緩和 (森林の二酸化炭素貯蔵量)	二酸化炭素貯蔵量がやや増加する(+10%)	二酸化炭素貯蔵量がやや減少する(+0%)	二酸化炭素貯蔵量は現状維持(+0%)	二酸化炭素貯蔵量が減少する(-45%)
水害防止、土砂災害防止、水質浄化、土壌保全 (洪水時の水量)	水害や土砂災害などの規模がやや大きくなる(+10%)	水害や土砂災害などの規模がやや小さくなる(-10%)	水害や土砂災害などの規模は現状維持(+0%)	水害や土砂災害などの規模がやや大きくなる(+10%)
資源の生産 (資源を利用して将来見込める収益)	収益が40%増加	収益が10%増加	収益が20%増加	何の利用もしない(+0%)
政策に賛成するときの負担額	1000円	0円	5000円	0円

↓ ↓ ↓ ↓

一つ選択

図5-3 CEの質問例

問2 ナラ枯れに対する政策として、以下の4つの中から最も望ましいと思うものを1つ選んでください。

施策の種類	P3	P2	P1	P4
豊かな自然 (森林に生息する動植物の種類)	動植物の種類が15%減少する	動植物の種類が25%増加する	動植物の種類が25%増加する	動植物の種類が10%減少する
地球温暖化の緩和 (森林の二酸化炭素貯蔵量)	二酸化炭素貯蔵量がやや増加する(+10%)	二酸化炭素貯蔵量がやや減少する(-10%)	二酸化炭素貯蔵量は現状維持(+0%)	二酸化炭素貯蔵量が減少する(-45%)
水害防止、土砂災害防止、水質浄化、土壌保全 (洪水時の水量)	水害や土砂災害などの規模がやや大きくなる(+10%)	水害や土砂災害などの規模は現状維持(+0%)	水害や土砂災害などの規模はやや小さくなる(-10%)	水害や土砂災害などの規模がやや大きくなる(+10%)
資源の生産 (資源を利用して将来見込める収益)	収益が10%増加	収益が20%増加	収益が40%増加	何の利用もしない(+0%)
政策に賛成するときの負担額	5000円	2000円	10000円	0円

↓ ↓ ↓ ↓

一つ選択

図5-3 CEの質問例(続き)

表 5-2 施策(どういふナラ枯れ対策を行ったか)の概要

施策の種類	施策の概要
P1	現在の薪炭林を、昔の姿の薪炭林に戻し、ナラ枯れを防ぐ。
P2	薪炭林を、様々な樹木が混交する生物多様性の高い、ナラ枯れに強い森林に転換し、ナラ枯れを防ぐ。
P3	薪炭林を、スギやヒノキが中心の森林に転換し、ナラ枯れを防ぐ。
P4	ナラ枯れに関する対策を行わず、ナラ枯れを防がない。

5.2.3 回答者の概要

本研究では「日本の森林に関するアンケート」と題して、日本全国の20代から60代の男女を対象としたWEBアンケート調査を行った。アンケートの総送信数は28562通で、6440通の回答が得られた、回答率は22.5%であった。得られた回答のうち、有効回答は5766通であった。

表5-3に本研究の回答者の概要を示す。本研究の回答者集団は、男性がやや多く、年齢は40代前後が多く、年収は300万円台～500万円台が多い。また、比較的森林に関心が高い人が多い。

表 5-3 アンケートの回答者の概要

変数	変数の説明	平均	標準偏差
性別	男性=0, 女性=1	0.465	0.498
年齢	20代=2, 30代=3, 40代=4, 50代=5, 60代=6	4.100	1.407
年収	200万円台未満=1, 200万円台=2, 300万円台=3～1500万円台以上=15	5.725	3.428
森林への関心	とても関心がある=4, まあ関心がある=3, あまり関心がない=2, まったく関心がない=1	2.805	0.741

5.3 結果

5.3.1 本研究の回答者が重視する生態系サービス

アンケート結果を統計解析して得られた、本研究の回答者の各生態系サービスに対する限界支払意思額（サービスを1単位増加させることに対する支払意思額）を表5-4に表す。

表 5-4 生態系サービスの MWTP

生態系サービス	MWTP
生物多様性保全(森林に生息する動植物の種数)	212 円/％
地球温暖化緩和(森林の二酸化炭素貯蔵量)	21 円/％
水土保全(洪水時の水量)	-137 円/％
物質生産(資源の利用で将来見込める収益)	87 円/％

「森林に生息する動植物の種数」を1単位増加させて生物多様性保全サービスを向上させることに対して、一人当たり212円まで支払う意思がある。

「森林の二酸化炭素貯蔵量」を増加させて地球温暖化緩和サービスを向上させることに対して、一人当たり21円まで支払う意思がある。

「資源の利用で将来見込める収益」を増加させて物質生産サービスを向上させることに対して、一人当たり87円まで支払う意思がある。

「洪水時の水量」を1単位減少させて水土保持サービスを向上させることに対して、一人当たり137円まで支払う意思がある。

本研究の回答者は、生物多様性保全サービス、地球温暖化緩和サービス、水土保持サービス、物質生産サービスいずれにも有意な正の価値を感じている。特に生物多様性保全>水土保持>物質生産>地球温暖化緩和の順に価値を感じている。

5.3.2 個人属性が評価に及ぼす影響

各生態系サービスの恩恵をそれぞれの程度受けているか、は評価に有意に影響しなかった。

各生態系サービスをそれぞれの程度重要だと思っているか、は生物多様性保全サービス、地球温暖化緩和サービス、水土保持サービスの評価に有意な正の影響を与える。生物多様性保全サービスを重要だと思っている人ほど、生物多様性保全サービスをより高く評価する。(地球温暖化緩和、水土保持も同様)

森林にどの程度関心があるか、は生物多様性保全サービス、地球温暖化緩和サービス、物質生産サービスの評価に有意な正の影響を与える。森林への関心が高い人ほど、これらの生態系サービスをより高く評価する。水土保持サービスは、森林への関心の程度によって評価が変化せず、森林に関心がない人にも評価される。

ナラ枯れをどの程度身近に感じるか、は生物多様性保全サービスの評価に有意な正の影響を与える。ナラ枯れを身近に感じている人ほど、生物多様性保全サービスをより高く評価する。

女性は男性に比べて、地球温暖化緩和サービスと物質生産サービスを低く評価する。

年齢は水土保持サービスの評価に有意な正の影響を与える。年配の人ほど、水土保持サービスを高く評価する。

収入は地球温暖化緩和サービスの評価に有意な正の影響を与える。収入が多い人ほど、地球温暖化緩和サービスを高く評価する。

5.4 実証研究の結論

本研究は、日本の里山という薪炭材需要の低下によって管理する目的が曖昧になった森林が、現代において薪炭材供給に代わってどのような価値を重要視されているのかを初めて明らかにした。具体的には環境評価手法を用いて、旧薪炭林がもたらす様々な生態系サービスの中から、人々がどのようなサービスにどれだけお金を支払う意思があるかを明らかにした。このことによって、旧薪炭林を脅かすナラ枯れに対して、何のためにナラ枯れ対策を行うのかという根本的命題を解き明かし、人々が重要視するサービスに合わせた新しいナラ枯れ対策の方向性を示した。

本研究の結果から、市民が価値を感じている薪炭林の生態系サービスは、ナラ枯れの当事者である人とそうでない人とで異なることが明らかになった。水土保持サービスは幅広い人々に普遍的に高く評価されている。しかし、ナラ枯れに関心が高く、この問題を身近に感じている人々は、生物多様性保全サービスも高く評価している。どのような人々のためにナラ枯れ対策を行うかによってナラ枯れ対策の方向性は異なり、ナラ枯れ問題を身近に感じる人々のためにナラ枯れ対策を行うのならば、水土保持サービスに加えて生物多様性保全サービスを重視する必要がある。

5.5 生態学の観点からの考察

5.5.1 はじめに

TEEB (2010) 以来、生態系サービスの経済評価が進んでいる。しかし、いまだに経済評価が難しい生態系サービスもあれば、定量化すら難しい生態系サービスもある。また、こうした経済評価は、生物多様性の保全や生態系サービスの持続的利用を促進する資金メカニズムを確立するために必要であるが、その目的のためには生態学的見地から考慮すべき点がいくつかある。今年度は、生物多様性や生態系サービスの経済評価にあたり、こうした課題を整理しておく。

5.5.2 生態系サービスの経済評価の現状

TEEB(2010)では、さまざまな生態系サービスが経済評価されているが、同時に評価の限界についても述べられている。供給サービスの多くは市場で取引されるもので、市場価格で評価できる。調節サービスの中には、サービスの定量化が可能になることで、経済評価も可能になるものがある。一方、調節サービスの一部や文化サービスの多くは、アンケートなどにより支払意志額を推定する方法によらないと評価できないことが多い。

このうち、調節サービスの中には、近年定量化の手法開発が進んでいる分野が多い。二酸化炭素吸収や気候調節などは、純生産速度や蒸発散量などの生態系機能を測定することで推定が可能である。したがって、こうした生態系サービスの評価には、現存量、成長速度、物質循環速度などが推定できれば、ある一定の精度で推定が可能だと考えられる。これらのパラメータは、どちらかというとなら生態系の物理量やその変化が問題となり、生物多様性の関与は間接的であることが多く、場合によっては大きな影響がない場合もある(中静, 2010)。

これに対して、花粉媒介、病虫害制御などに関するサービスの定量化手法は、上記のものとは異なり生物間相互作用や空間構造などを考慮する必要があるため、これまで難しいと考えられてきた。しかし、コスタリカのコーヒー農園の花粉媒介サービスの推定(Ricketts et al. 2004)をはじめとして、農場周辺の花粉媒介者の生息環境からサービス料を定量する手法が開発されつつある。日本でも、ソバについて花粉媒介サービスが評価されている(Taki et al. 2009)。一方、病虫害などについては、現象やそのメカニズムの解明は進んでおり、新興人獣共通感染症の発生原因の多くが生物多様性の劣化と結びついていることなども解明されている(Keesing 2010)。サービスとしての定量化は遅れている。手法としては、農地周辺の天敵生物の生息環境と、その状態における病虫害発生リスクの評価を合わせて行い、サービスを定量化するという手法になるが、事例は少ない。

5.5.3 生態系サービス間のシナジーとトレードオフ

こうした生態系サービス間にはシナジーとトレードオフがある。TEEB (2010)では、4つのトレードオフを整理している。(1) 生態系サービス間のトレードオフ、(2) 空間的トレードオフ(生態系サービスとして利益を得る地域と、コストを払う地域が異なっている)、(3) 時間的トレードオフ(利益を得る時期とコストを払う時期が異なる)、(4) 受益者間のトレードオフである。(1)の生態系サービス間のトレードオフやシナジーは、まだよく分析されていないだけでなく、単純なトレードオフ関係だけでなく生態系や状況に応じて異なるという、複雑な構造をもつ可能性が高い。これらのトレードオフが解決されないと、PESなどが導入されても効果的に機能しない場合がある。

5.5.4 生態系サービスの評価と地理情報化

近年、生態系サービスを意識した土地利用などを考える必要性から、生態系サービスを地理情報化するツールが発達している。Stanford 大学などが中心となって開発された InVEST は、主として土地利用情報などを基礎として、水質保全、土壌保全、極端現象の回避、炭素吸収、商品作物の供給などの生態系サービスと生物多様性が、地理的な分布で表現され、シナリオ分析も可能なツールとして発展しつつある(Heather et al. 2009)。こうしたツールが完成し、生態系サービスの経済評価も精緻化されると、先に述べた生態系サービス間のトレードオフの解決にも役立ち、より効果的な PES の導入が可能になる。地域の土地利用計画などにも有用なツールとなるだろう。

5.5.6 おわりに

以上のような進展は、生物多様性や生態系サービスの経済内部化を進め、実際の地域計画などに適用することを現実的にするものである。次年度以降は、こうした方向を意識しながら、生態学的知見を経済評価に活かす研究を進める予定である。

5.6 引用文献

- Birol Ekin, Karousakis Katia, Koundouri Pheobe (2006), "Using economic valuation techniques to inform water resources management: A survey and critical appraisal of available techniques and an application", *Science of the total environment*, Vol.365 No.1-3, pp.105-122.
- Christie M., Hanley N., Warren J. (2006), "Valuing the diversity of biodiversity", *Ecological Economics*, Vol.58 No.2, pp.304-317.
- G.D. Garrod, K.G. Willis (1997), "The non-use benefits of enhancing forest biodiversity: A contingent ranking study", *Ecological Economics*, vol.21 pp.45-61.
- Heather et al. 2009. Integrating conservation and development in the field: implementing ecosystem service projects. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7, 12-20.
- Keesing, F. 2010. Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. *Nature* 468, 647-652.
- Liisa Tyrvainen and Antti Miettinen (2000), "Property Prices and Urban Forest Amenities" *Journal of Environmental Economics and Management*, vol.39 pp.205-223.
- Liisa Tyrvainen and Hannu Vaananen (1998) "The economic value of urban forest amenities: an

- application of the contingent valuation method” , *Landscape and Urban Planning*, vol.43 pp.105-118.
- Louviere, J. and Woodworth, G. (1983), “Design and Analysis of Simulated Consumer Choice or Allocation Experiments: An Approach Based on Aggregate Data” , *Journal of Marketing Research*, Vol.20, pp.350-367.
- Mikolaj Czajkowski, Malgorzata Buszko-Briggs, Nick Hanley (2009), “Valuing changes in forest biodiversity” , *Ecological Economics*, vol.68 pp.2910-2917.
- Naidoo R. and Adamowicz W.L. (2005) “Economic benefits of biodiversity exceed costs of conservation at an African rainforest reserve” , *Proceeding of the national academy of sciences of the United States of America*, Vol.102 No.46, pp.16712-16716.
- Paula Horne, Peter C. Boxall, Wiktor L. Adamowicz (2005), “Multiple-use of forest recreation sites: a spatially explicit choice experiment” , *Forest Ecology and Management*, vol.207, pp.189-199.
- Ricketts, T. H. et al. 2004. Economic value of tropical forest to coffee production. PNAS 101, 12579-12582.
- Robert Cameron Mitchell and Richard T. Carson (1989), *Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method*, Resources for the Future, USA.
- Taki, H. et al. 2009. Contribution of small insects to pollination of common buckwheat, a distylous crop. *Annals of Applied Biology* 155, 121-129.
- TEEB 2010. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB.
- Tobias, D. and Mendelsohn, R. (1991), “Valuing ecotourism in a tropical rain-forest reserve” , *AMBIO*, Vol. 20 No.2, pp.91-93.
- Wei-Yew Chang, Van A. Lantz, David A. MacLean (2011), “Social Benefits of Controlling Forest Insect Outbreaks: A Contingent Valuation Analysis in Two Canadian Province” , *Canadian Journal of Agricultural Economics*, vol.59, pp. 383-404.
- 伊藤進一郎・山田利博 (1998) 「ナラ類集団枯損被害の分布と拡大」『日本林学会誌』第 80 巻第 3 号, 229-232 頁.
- 伊東宏樹・大住克博・衣浦晴生・高畑義啓・黒田慶子 (2008) 「滋賀県朽木のナラ類集団枯損被害林分の林分構造」『森林総研研報』第 7 巻第 3 号, 121-124 頁.
- 伊東宏樹・五十嵐哲也・衣浦晴生 (2009) 「京都市京北地域におけるナラ類集団枯損による林分構造の変化」『日本森林学会誌』第 91 巻第 1 号, 15-20 頁.
- 伊東宏樹・衣浦晴生・奥恵一 (2011) 「ササ型林床を有するナラ類集団枯損被害林分の林分構造」『日本森林学会誌』第 93 巻第 2 号, 84-87 頁.
- 中静 透. 2010. 生態系サービスと生物多様性. *JEAS News* 125, 12-13.
- 日本学術会議(2001)『地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的機能の評価について』

6. 経済実験による政策分析⁹

6.1 今年度の課題

経済学における分析の一手法として、実験手法の有用性は広く認知されつつある。環境経済学分野においても、実験手法を用いた研究は確実に増加しており、環境政策の分析にも経済実験の適用が進みつつある。そこで、本年度は環境経済学における実験研究の動向を把握する。第一に、実験研究が最も進んでいる社会的ジレンマに関するこれまでの研究を整理する。続いて、環境経済学分野で主に発展してきた環境評価に関する実験研究の最新動向を整理する。最後に、環境政策の評価や立案に果たしうる経済実験の潜在力を把握するため、環境政策に関連する実験研究の最新動向を整理し、今後の展望を示す。

6.2 経済学における実験研究

近年、経済学分野における実験手法の利用は大きな流れとなっている。実験手法を用いた経済学論文の国際主要学術誌への掲載は、1960年代半ばまで一切見られなかった。しかしながら、Smith(1962)の市場取引への応用やBohm(1972)の需要表明分野への応用に始まり、2000年を目前としてその出版は1年当たり200本を超えるようになり、その増加に留まる兆しは見えない(List, 2009)。また2002年にVernon SmithとDaniel Kahnemanがノーベル経済学賞を共同受賞して以来、実験経済学の手法としての体系化も進みつつある(例えば、Friedman et al., 2004)。

この実験経済学ブームは、環境経済学分野においても例外ではない。環境経済学主要学術誌 *Journal of Environmental Economics and Management* 及び *Environmental and Resource Economics* には、2000年と2001年の2年間に合計294本の論文が出版され、その中で実験手法を用いた論文はわずか4本(約1%)であったが、2010年と2011年の2年間では合計390本の出版された論文のうち47本(約12%)の論文が実験手法を用いている。また、アメリカでは近年になって、実験経済学や行動経済学の手法や知見をどのように環境資源経済学の分野に応用するか、或は、どのような貢献ができるのか、という問いに関して議論するワークショップが開催され成功を収めている(Brown and Hagen, 2010; Messer and Murphy, 2010)。このように実験手法の利用は確実に増加しており、環境経済学者にとっても実験手法の理解は必要不可欠となりつつある。

6.3 実験手法とは

実験手法とは、独立変数(原因となりうる変数)のみを実験操作によって変化させ、従属変数(結果)に与える効果を、他の条件(剰余変数)を精密にコントロールしつつ検討する手法といえる。すなわち、実験手法は仮説である原因(独立変数)を実験操作し、他の要因(剰余変数)をコントロールすることで因果関係を分析する。このように実験手法は、ある結果に対する原因を示す因果関係を特定することを目的としたアプローチといえる。

ここで、実験操作とは原因となる独立変数の操作可能な離散的な水準を創ることである。また、原因とは結果を引き起こす事象として定義され、原因は結果に対して時間的に先行する。相関関係や回帰分析といった統計的分析は、どの変数が先(原因)かを必ずしも確認しておらず因果を明らかにするのに適したアプローチとはいえない。最後に結果は、実験トリートメントを受けた被験者に生じた

⁹ 本章の分析および執筆には京都大学の三谷羊平氏および伊藤伸幸氏の協力を得た。

こと（事実）と、もし同一の被験者が同時にトリートメントを受けなかったとしたときに生じたであろうこと（反事実）の差として定義される。実験手法を正しく利用するためにはこれらの概念の正確な理解が必要である。より詳しい説明は三谷 (2011a) を参照されたい。なお、現実には反事実を観察することはできないので、反事実の近似となるコントロールを見つけることが実験計画のゴールとなる。このように実験計画成功の鍵は、質の高い反事実を創ること、そしてその反事実がコントロールの条件とどのように異なっているかを正しく理解することといえる。

人々の意思決定を分析する経済学分野では、しばしば被験者の選好が剰余変数となりうる。経済学分野では長らくこの選好や効用は操作不可能なものとして扱われてきたが、2002年にノーベル経済学賞を受賞した Vernon Smith が提案した価値誘発理論は、実験報酬を用いることで被験者の価値や選好を誘導できる条件を示した（三谷, 2011b）。現在では、被験者の選好をコントロール或は実験操作した実験経済学的手法が広く用いられている。

独立変数を操作し剰余変数をコントロールする最も強力かつ理想的な手法として、ランダム化が広く用いられている。すなわち、被験者をランダムにコントロールとトリートメントの2つの条件に割当てること、各被験者は50%の確率でいずれかの条件に割当てられる。つまり被験者がトリートメントを受けるか否かという独立変数を操作している。また、ランダムに割当てられるので剰余変数となりうる被験者の特性をコントロールしている。このようなランダムプロセスを用いた実験をランダム化実験という。また、広義の実験には条件の実験操作はなされるが、被験者が各条件に割当てられるプロセスはランダムになされないクエサイ実験や、自然に生じた事象と比較グループを対比させるナチュラル実験を含むことがある（三谷, 2011a）。本稿では、ランダム化実験のみを扱う。

実験手法を用いる利点は以下の2点に整理される。第1に、実験手法は環境評価手法の妥当性や経済理論の予測を検証する際に強力なツールとなる。例えば、多くの実験研究が支払意思額と受取補償額の乖離を説明しようとする理論的仮説を検証している（Shogren et al., 1994）。第2に、実験をたたき台として用いることで、新たな制度やルールの効果を実前に検証することができる。例えば、排出権取引市場のような新しい市場設計に関して、多くの実験研究がその効率性や異なる制度の効果を検証している（Cason and Plott, 1996）。このように、実験手法の利用は評価手法や理論及びメカニズムなどの検証に大変有効であり、評価手法や理論分析と補完的な性質をもつ。このため、実験研究は実験研究者や実証研究者のみならず、理論の結果を検証したい理論研究者や新たな政策のテストをしたい政策担当者にも極めて有用なツールとして注目を集めている。

環境経済学における分析手法の一つとして、実験手法の有用性は広く認知されつつある。近年では環境経済学の全領域において実験手法は一般的な分析手法の一つとなっており、実験室に被験者を集めて実施するラボ実験を中心に様々なタイプの実験研究が広くなされている。包括的なサーベイ論文としては Sturm and Weimann (2006) や Shogren (2005) がある。また、論文集としては Cherry et al. (2008) や List (2006) が出版されている。和書では 柘植他 (2011) が詳しい。

6.4 社会的ジレンマに関する実験研究

実験経済学において先進的かつ精力的に実験研究が行われてきた関連領域として社会的ジレンマがある。周知のとおり多くの環境問題は公共財と共有資源という2つのタイプの社会的ジレンマとして定式化できる。公共財はフリーアクセスかつ消費が競合しないケースで大気などが例として挙げられる。このような公共財の自発的供給は合理的個人のフリーライドを誘発するため効率的な供給は達成

されない。共有資源は、フリーアクセスかつ消費が競合するケースで漁獲資源などが例として挙げられる。自発的管理下において個々人の利得最大化行動は共有資源の過剰利用をもたらす。実験経済学アプローチは、様々なタイプの理論的予測の検証や社会的ジレンマ環境における人々の行動をより深く理解するのに有用である。

公共財実験

公共財ゲームをベースにした公共財実験は基準化が早くから進んでおり、これまでに多数の実験研究が学術誌に出版されている。完全なフリーライドでもなくパレート最適となる完全な協力でもなくその中間という、理論的予測に反する実験結果が一般に観察されている (Ledyard, 1995)。ベースとなる公共財ゲームの被験者 i の利得関数 (π_i) は以下のように定式化される。

$$\pi_i = e_i - c_i + \frac{a}{N} \sum_{j=1}^N c_j$$

ここで、 e_i は被験者 i の初期保有、 c_i は公共財への支払、 N はグループサイズ (被験者数)、 a / N は一人当たり限界収益 (MPCR) である。パラメータが $a > 1 > a / N$ のときジレンマ状況となる。このゲームは自発的支払メカニズム (VCM) と呼ばれる。一回限りのゲームでは、全く貢献 (投資) しないことが支配戦略となる。繰り返しゲームにおいても、繰り返し回数が共有知識の場合、全ての回で全ての被験者が全く貢献しないことがユニークな部分ゲーム完全均衡となる。このように個人の利得を最大化する合理的個人は公共財供給に全く貢献しないというのが理論的な予測となる。

しかしながら、この利己的で合理的な個人を想定する理論的予測に反する結果が多くの実験研究において広く観察されている。これまでの実験研究によって積み重ねられてきた頑健な結果は以下のとおりである。

(1) フリーライダー仮説は棄却。例えば 1 回目の意思決定において初期保有額の約 40-60% の平均支払額が観察されている。最後の回や 1 回限りの意思決定においても支配戦略が多くの被験者に選択されることはない。また、繰り返し実験においては、徐々に平均支払額が減少すること、及び最後の回の平均支払額は最低額になることなどが広く観察されている (Ledyard, 1995)。

(2) 多くの被験者は条件付協力者。ここで条件付協力者とは、他の被験者が協力するのであれば自分も協力するが、他の被験者が協力しないのであれば自分もしないという被験者のタイプをさす。公共財実験では、条件付協力者と合理的な利己主義者の 2 つの被験者タイプが広く観察されている (Fischbacher et al., 2001; Ostrom, 2010)。

このように被験者のタイプとその被験者間の相互作用によって公共財実験における協力レベルが有意に異なることが知られている。また、公共財実験において被験者の協力レベルを規定する要因として、多くの実験研究が 1 人当たり限界収益 (MPCR) とグループサイズの影響を利得関数のパラメータとして操作することで分析している (Issac et al., 1994)。その他、標準的なデザインを少し拡張することで、サンクション (制裁)、コミュニケーション、供給メカニズムといった影響が主に分析されている。

Fehr and Gächter (2000) は、フリーライダーに制裁を与えられる機会の導入が 10 回の繰り返しゲームにおける平均出資額を有意に上昇させることを示した。この制裁の効果は、同じ被験者と繰り返しゲームを行う場合 (パートナー) とそうでない場合 (ストレンジャー) や制裁に伴う費用などに依存することが知られている。後者は、制裁制度導入の評価をする際には、制裁に伴う費用を差し引い

た純効果を見極める必要があることを示唆している。気候変動問題などの地球環境政策では、有効な制裁機関をもつ国際環境協定を考えることが重要であり、環境経済学分野における実験研究の貢献が期待されている (Barrett, 2003; Kroll et al, 2007)。

公共財実験の標準的なデザインは、完全な匿名性と被験者間でのあらゆるコミュニケーションの禁止を課している。理論的には、ユニークなナッシュ均衡が存在する場合、コミュニケーション (発話) は均衡を変化させないことが知られておりチープトークといわれている。しかしながら、被験者間のコミュニケーションを導入した多くの実験研究が、コミュニケーションは協力レベルを有意に高めることを示している (Issac and Walker, 1988; Chan et al., 1999)。15名を超えるような大規模グループにおけるコミュニケーションの効果や何故コミュニケーションが協力レベルを高めるのかに関しては依然として重要な研究課題の一つといえる。

協力レベルを高めるメカニズムや真の需要を表明することが弱支配戦略となるメカニズムに関しては、理論研究と実験研究が共に進んでいる。実際の政策などフィールドでの適用を考慮した際、これらのメカニズムはシンプルかつ簡潔でそのメカニズムの運用にかかる費用が十分に低いなど、実際に実施可能である必要がある。この意味において VCM は大変優れており生態系サービスへの自発的支払 (PES) などでも実際に用いられている (Engel et al., 2008)。VCM のように比較的实施が容易でありかつより高い協力レベルが期待できるメカニズムとして閾値付公共財ゲーム (PPM) がある。この PPM では、グループの総支出額が目標となる供給コストに達した場合のみ公共財が供給され、達しなかった場合は供給されない。このゲームには全員非協力の均衡に加え複数の効率的なナッシュ均衡が存在するため、理論的にも VCM よりも高い協力レベルが予測される。実際、総支出額が閾値に達しなかった際には被験者の支払額は全額返却されるというゲームを用いた多くの実験研究が、PPM は VCM と比較し有意に協力レベルを高めることを示している (Cadsby and Maynes, 1999)。

なお、標準デザインでは通常、公共財の価値が全ての被験者で同質と設定される。しかしながら、現実には公共財の価値は個人によって異なり多様 (heterogeneous) である。公共財の価値を多様にした PPM を用いた複数の実験研究が、公共財への支払額と公共財の価値との関係を分析し、両者に正の相関があることを示している (Rondeau et al., 2005; Mitani and Flores, 2009)。公共財の最適な供給という観点から、このようにメカニズムと需要表明パフォーマンスの関係を検討することは重要であり、今後は PES を含むフィールドでの応用と検証が課題となるだろう。

経済学における実験研究は理論の検証のみならず人々の実際の行動原理の解明を目指している。公共財ゲームのみならず他のタイプのゲームを用いた実験研究においても、合理的で利己的な行動からの乖離が頻繁に観察されている。これらの研究の多くは、実際に観察される行動原理や協力レベルを高める原理などをより良く理解するため心理学の知見を用いて人々の経済行動をモデル化し実験手法などを用いて分析する行動経済学として認知されている。これまで紹介した以外にも公共財実験における協力レベルを高める動機として、利他的行動 (Becker, 1976)、ワームグロウ (Andreoni, 1990)、プレステイジ (Hollander, 1990)、ソーシャルアプルーバル (Rege and Telle, 2004)、フェアネスと互惠性 (Fehr and Gächter, 2000) などの研究が進んでいる。これらの動機は被験者の効用に影響を与えることで、利己的な標準モデルからの乖離を説明する。

環境評価研究の自然な延長として、PES、カーボンオフセット、WWF (World Wildlife Fund) などへの寄付といった自発的協力を分析する必要性が高まっており、公共財実験分野で得られた知見を環境評価研究に取り込むと同時に、様々な環境問題への適用をとおして、環境評価研究が行動経済学的な

研究に貢献することが期待される。環境評価研究は、協力レベルや支払レベルのみならず、真の価値との関係に着目する点で、従来の公共財実験研究よりもアドバンテージがある。

共有資源実験

共有資源（CPR）とは、水、魚、森林、牧草地のように個人やグループが共同で利用管理する資源でコモンズと呼ばれることもある。世界各地では共有資源を巡る対立や乱獲による共有資源の枯渇などが大きな環境問題となっており、共有資源の適切な保管理は現実社会においてとても重要な課題である。Ostrom 教授はこの共有資源のガバナンスに関する一連の実証、実験、及び理論研究が評価され 2009 年にノーベル経済学賞を受賞した。個人やグループによる利己的な行動は共有資源の過剰利用という非効率な帰結をもたらす。この解決策として Ostrom 教授は、市場や国家による解決ではなく自発的協力による組織や管理の可能性を追求した（Ostrom, 2010）。この Ostrom 教授と共同研究者らをはじめに、実験室のみならずフィールドを含めた多くの実験研究が存在する。

共有資源ゲームのもっともシンプルな利得関数は、

$$\pi_i = w(e_i - x_i) + \frac{x_i}{\sum_{j=1}^N x_j} F(\sum_{j=1}^N x_j), \text{ for } \sum_{j=1}^N x_j > 0$$

ここで、 w は私的財からの一定な限界収益、 e は初期保有、 x_i は個人 i の投資、 F は原点に対して凹な共有資源生産関数である（Ostrom, 2010）。このとき、パレート効率的な利用の下では生産関数の傾きが私的財からの限界収益と等しくなる。一方、全ての個人が同じ戦略（投資額）を取る対称ナッシュ均衡の下では生産関数の傾きは私的財からの限界収益よりも小さくなる。生産関数の性質（凹関数）より、対称ナッシュ均衡での利用はパレート効率的な利用よりも大きくなる。このように各個人の利己的な利得最大化は共有資源の過剰利用を引き起こすというのが理論的な予測になる。

各実験結果を評価する際には、パレート効率的な資源利用と実験で観察された資源利用を比較した効率性指標が用いられる。ナッシュ均衡下での指標と比較することでナッシュ均衡の検証にも用いられる。標準的デザインの下では、ナッシュ均衡の下よりもさらに低い効率性が広く観察されている（Ostrom et al., 1994）。また、共有資源からの平均的な収益が私的財からの限界収益より高いとき被験者はより多く投資することや、効率性は初期保有の影響を受け低い初期保有において比較的高い効率性が観察されている。

自主的な共有資源管理が成功する鍵として Ostrom 教授達はコミュニケーションと制裁制度の重要性を示してきた。共有資源実験においても、コミュニケーションが効率性を大きく高めるという結果が広く観察されている（Ostrom and Walker, 1991; Hackett et al., 1994）。当事者による被験者のモニタリングと利己的な被験者に対する制裁の有効性も広く観察されている。例えば、Ostrom et al. (1992) はコミュニケーションと制裁の機会を組み合わせた。被験者はコミュニケーションなしでも制裁手段を利用し、結果として制裁費用を含めた効率性は大きく低下した。しかし、コミュニケーションかつ制裁手段のデザインは、効率性を劇的に高めた。Ostmann (1998) は、理論的に高い効率性の予測される第三者機関による制裁手段を実験にて検証した結果、低い効率性を観察した。

共有資源の多くは過剰利用に伴い枯渇することがある。Walker and Gardner (1992) は、この枯渇可能性を共有資源実験に取り込んだ。枯渇する確率がゼロになる安全な利用上限を示したデザインで高い効率性を観察した。近年では、実際のフィールドでの共有資源実験実施も行われている。Velez et

a1. (2009) はコロンビアの教育水準や性構成が異なる三つの地域で伝統漁業を営む漁師を被験者とした実験を行い共有資源利用の動機を調べ、利己的動機と同調的動機の組み合わせが最も実験結果をよく説明することを示した。

6.5 環境評価に関する実験研究

環境経済学のなかでもとりわけ非市場財を分析の対象とする環境評価分野では、実験手法が比較的早い時期から頻りに用いられてきた (Bohm, 1972; Knetsch and Sinden, 1984)。表明選好法はサーベイを用いて市場では取引されていない財やサービスに対する人々の選好を分析するが、回答者の選好を聞き出す設問では、価格と環境の質をランダムに割り当てるなど実験的な手法が用いられることが多い。また、評価手法自体の検証にも、実験手法が多く用いられる。経済学における主な実験研究との相違は、実際の財サービスに対する人々の価値額を明らかにすることを最終的な目的としている点である。これは費用便益分析を視野に入れた厚生評価を目的としているためである。これまでに、環境評価分野では実験的手法を用いて異なる需要表明メカニズムの影響や質問のフレーミングの影響などを明らかにしてきた。価値抽出手法に関する一連の研究は環境経済学の実験経済学への最も固有な貢献といえる。また、最大の相違点でありかつしばしば表明選好研究が実験経済学を含む標準的な経済学研究から区別される点として、サーベイの評価シナリオにおける回答者の意思決定が仮想的であり、経済的インセンティブが伴わない点である。環境評価の実験研究としては、仮想バイアス、支払意志額 (WTP) と受取補償額 (WTA) の乖離、需要表明がある。

仮想バイアス

表明選好法における回答者の選択行動はその帰結が伴わないという意味で仮想的であることが多い。表明選好法の妥当性を担保するには、仮想的な選択と実際の支払を伴う選択の関係を明らかにする必要がある。この仮想的な支払額 (仮想支払) と実際の支払額 (実際支払) の乖離は仮想バイアスといわれ、表明選好法の妥当性を検討する際に最も重大な問題として論争が続いている (Loomis, 2011)。これまでに多くの実験研究が、仮想性を実験トリートメントとし、経済的インセンティブがある下での実際支払と経済的インセンティブがない下での仮想支払を比較することでこの問題を検証してきた。Murphy et al. (2005) は学術誌に出版された 28 の研究事例から得た 83 のデータセットを用いてメタ分析を行い仮想バイアスの大きさを規定する要因を調べた。仮想支払は実際支払に比べて平均値は 2.6 倍、中央値は 1.35 倍であった。自由回答形式に比べ二肢選択形式など離散的な選択に基づいたメカニズムの方が比較的小さい乖離、私的財と比較して公共財の方が比較的大きい乖離になることを統計的に示した。

このメタ分析が示すとおり仮想支払は実際支払を過大推定しているということが一般的に認知されてきた。しかし、近年の実験経済学アプローチを用いたラボ実験の研究は、支払の仮想性と供給の仮想性及び真の価値を厳密にコントロールしたうえで仮想支払と実際支払を比較し、仮想バイアスが存在しないという統計的結果を示している (Taylor et al., 2001; Vossler and McKee, 2006; Mitani and Flores, 2009)。Carson and Groves (2007) は住民投票における被験者の選択行動に基づきその帰結が実現するか実現しないかという状況を考え、帰結が実現する確率が正である限り被験者のインセンティブ構造に変わりはないことを理論的に示した。Carson et al. (2004) はこの理論的仮説を実験にて確認し、帰結が実現する確率が 20% 以上のとき被験者の選択行動に統計的有意差がないことを示した。

この帰結性が仮想バイアスの問題を解決するという実験結果はこれまでのこところ頑健であり一つのパラダイムとなりつつある (Vossler and Evans, 2009; Mitani and Flores, 2010a; Poe and Vossler, 2010).

これまで事前及び事後の仮想バイアスの補正に関する研究が盛んになされてきたが、そのバイアスが発生する要因の解明はこれまで重要な課題として残されている。Mitani and Flores (2010b)は閾値付公共財ゲームに支払の不確実性と供給の不確実性を導入することで、この仮想バイアスが生じうるメカニズムを体系的に明らかにした (Loomis, 2011)。さらに実験手法を用いてその理論的予測の信頼性を確認し、支払の確率と供給の確率の相対的な比率の変動が、これまで観察されてきた仮想バイアスの現象を極めてよく説明しうることを示した。今後は、これらの理論及び実験研究で得られた知見の検証を進めると同時に、これらをいかに調査票の設計に生かしていくかが課題といえよう。

WTP と WTA の乖離

経済学では合理的な個人を想定して分析を行うことが多いが、環境評価分野では実験手法やサーベイを用いて被験者や回答者の観察される選択行動が合理性の仮定を満たすか否かを検証してきた (Shogren, 2005)。この文脈において頻繁に観察されてきたのが、WTP と WTA の乖離である。理論的には、所得効果が十分に小さく代替財が十分に多く存在するとき、その財を手に入れる際の WTP とその同じ財を手放す際の WTA は等しくなるはずである。しかし、多数の実験研究が WTP の方が WTA より大きくなることを支持している。

Hanemann (1991)は WTP と WTA の乖離の大きさは所得弾力性と代替弾力性の比に依存することを理論的に示した。つまり、所得弾力性が十分に小さいとき、密接な代替財が存在する場合は WTP と WTA は等しくなるが、密接な代替財が存在しない場合はその乖離は非常に大きくなりうることを示唆している。これは代替財が存在しないような環境財サービスにおいて、WTP と WTA の乖離が大きくなるということを説明しうる。Shogren et al. (1994)は実験手法を用いてこの Hanemann (1991)の理論的仮説を検証した。代替財が存在するチョコレートバーを用いたトリートメントでは WTP と WTA が等しくなること、代替財が存在しないと考えられる病原菌付きのサンドウィッチを用いたトリートメントでは安全なサンドウィッチから病原菌付きのサンドウィッチに交換する WTA が病原菌付きから安全なものへ交換する WTP を遥かに大きくなることを示した。

WTP と WTA の乖離の有力な原因として考えられているものにエンドウメント効果がある。これは、人々は損失を獲得よりも高く評価するというある種の損失回避の傾向をもつという仮説に基づく。この非対称は、Kahneman and Tversky (1979)のプロスペクト理論の本質であり、WTP と WTA の乖離の説明にも用いられてきた (Knetsch and Sinden, 1984; Knetsch, 1989)。Kahneman et al. (1990)は簡単な実験を用いてエンドウメント効果を調べた。売り手には換金できる価格を買い手には価値 (WTP) をそれぞれ与えた標準的な実験デザインで取引回数を調べた結果、理論的に予測される取引回数と同じ取引が観察され、ギャップは観察されなかった。続いて、大学のロゴ入りのマグカップとボールペンを用いた取引実験では、売り手は買い手より有意に高い評価額を示した。取引回数も理論的な期待値より少ない回数が観察され、売り手が WTA を高く見積もっていることが示された。なお、この結果はマグカップとボールペンの市場価格が知らされても、価値の抽出方法として真の表明をすることが弱支配戦略となる BDM (Becker-Degroot-Marschak) メカニズムを用いても変わらなかった。

エンドウメント効果と代替弾力性に関して、Kahneman et al. (1990)は代替が容易な財の場合、エン

ドウメント効果が弱くなると指摘している。Horowitz and McConnell (2002)はメタ分析を行い非市場財のWTPとWTAの乖離は平均で10.4、市場財の乖離は2.9であることを示し、エンドウメント効果と代替可能性に関するKahneman et al. (1990)の指摘を支持している。なお、代替が容易な市場財の乖離2.9はHanemann (1991)の理論的仮説から有意に逸脱する。

第3の説明として、被験者の市場経験がある。Coursey et al. (1987)は実験での取引が十分に繰り返されると、エンドウメント効果は消えうると指摘した。これは、市場での取引経験はこれまで観察されてきた様々なアノマリーを取り除くというList (2003)の主張と一致する。しかし、Kahneman et al. (1990)はエンドウメント効果は安定的であり被験者の経験に依存しないことを示している。また、Horowitz and McConnell (2002)は、エンドウメント効果は繰り返し学習によって弱まることはあっても、取り除かれることはない結論している。Plott and Zeiler (2005)はこれまで観察されてきた様々な結果は被験者の誤認に関する不完全な定義や不完全なコントロールによると主張し、被験者の誤認を被験者の匿名性、価値抽出メカニズム、そのメカニズムに関する練習の3点から再度定義し直した上でその影響を調査した。このよく検討され修正された手順を用いた実験でWTPとWTAとが等しくなることを観察した。WTPとWTAの乖離に関してはこれからも論争が続くとみられるが、このPlott and Zeiler (2005)の研究は実験結果が本質的なものなのかあるいは実験の手順によるものなのかという妥当性の検証の重要性を示している。

私的財への需要表明

実在する私的財の価値評価では、被験者に真の表明を誘発する需要表明メカニズムの検討が大きな課題とされこれまでに膨大な数の研究がなされてきた。実験研究では、主に実験オークションが実際の私的財に対する被験者の価値を測る際に用いられ、食品リスクの評価などこれまでに非常に多くの研究が出版されている(Lusk and Shogren, 2007)。実験室において実際に貨幣と商品を交換することで通常の市場取引と同じように被験者に経済的インセンティブを課した上で、実際の財に対する被験者の価値を引出す。オークションメカニズムとしては、真の表明をする(嘘をつかない)ことが弱支配戦略となるセカンドプライスオークションなどがよく用いられる。

環境評価の新しい手法として、誘因両立性を満たす実験オークションを用いることで、市場で取引されていない財サービスに対する各被験者の真の価値額(すなわち支払意志額)を直接観察することができる。このように、実験アプローチを用いることで、経済的インセンティブを課しつつ新製品や新しい政策オプションの価値評価が可能になりうる。

実験研究としては、通常のオークションと比較し、実験室において様々なコントロール環境下でオークションが行われるなど、オークションメカニズムや情報提供などの効果自体を研究の対象とすることが多い。また、市場で取引されていない新製品などが取引の対象となることも多い。これまでに謝金支払のタイミングや市場の均衡価格のアナウンスなどの影響が分析されてきた。

なお、実験オークションでは、あくまでも実在する財サービスの評価が主要な課題であるためコンテキストの具体性が問われる。しかしそれは同時に実験としてのコントロールの強さを失うことになる。このため、実験計画においては、研究の目的に合わせコンテキストの具体性とコントロールの強さのバランスを吟味する必要がある。実験オークションをいかに実在する公共財の評価に応用することができるかを検討することは今後の重要な課題となる。

6.6 環境政策に関する実験研究

近年、実験手法を用いた環境政策の評価や立案が注目されている。ある経済的手段を環境政策として実際に適用する前に、その政策や制度のパフォーマンスを実験室における被験者実験により検証することができる。すなわち、現実的な環境をシミュレートした実験室でどの制度がよく働くかを効率性などの尺度で評価する。このような実験をたたき台実験といい、排出権や水利権の取引市場や非点源汚染への環境税など新しい制度の分析に利用されている。ここでも市場の失敗を解消する理論的なメカニズムを検証することが多く、伝統的な実験経済学と同様の実験手法が用いられる。これらの実験では、排出削減費用や生産費用などを被験者に割り当てることで便益や利益を誘発する。

排出権取引実験

環境政策のたたき台実験として最も活発に研究が行われているのは、排出権取引実験である。1980年代から取引方法の効率性を評価するため実験手法が用いられてきた。実験は排出権や国家といったコンテキストは一切特定せず、抽象的な文脈で行われる。許可証への選好は、次節で解説する社会的ジレンマ実験と同様に実験者が利得関数を与えることでコントロールする。買い手は、売り手から許可証を購入し取引終了後に換金する。売り手は、実験者から許可証を購入し売り手に売却する。買い手 i と売り手 j はそれぞれの以下の効用関数を最大化するように取引量 q を決める。

$$\text{買い手: } \max_q u_i[\pi_i] = u_i[\sum_k (b_{ik} - p_{ik})q_{ik}]$$

$$\text{売り手: } \max_q u_j[\pi_j] = u_j[\sum_l (p_{jl} - c_{jl})q_{jl}]$$

ここで、 b_{ik} は許可証 k から得られる便益（実験者から受取る額）、 p_{ik} は許可証 k の取引価格、 c_{jl} は許可証 l の費用（実験者に支払う額）である。買い手にとっての許可証の価値 b_{ik} と売り手にとっての許可証の費用 c_{jl} を操作することで許可証の需要と供給をコントロールすることができる。各実験結果の評価には、競争均衡下での取引からの純利益と実験での取引からの純利益を比較した効率性指標が用いられる。また、取引価格の安定性も頻繁に分析の対象になる。

排出権取引実験は、外部性の内部化手段として直接規制、ピグー税、許可証取引の効率性を実験により比較検討した Plott (1983) に始まる。Plott (1983) は、買い手と売り手が財を取引する市場をデザインした実験を行うことで経済的手段のパフォーマンスを検証し、許可証取引とピグー税のトリートメントでは数回の取引後すぐに競争均衡配分に収束することを示した。

Plott 教授による実験研究は理論の検証であったが、初期の重要な実験研究として合衆国環境保護局 (EPA) が二酸化硫黄の排出権取引市場で用いたオークション方法のパフォーマンスを検討した実験がある (Cason, 1995; Cason and Plott, 1996)。EPA は排出権が高値で取引されることを狙い high-bid-to-low-offer ルールを策定した。最も高い付値をした買い手と最も低いオファーをした売り手が取引し、次に 2 番目に高い付値をした買い手と 2 番目に低いオファーを出した売り手が取引を行う。買い手は各自が提示した付値額を払う。この EPA の取引制度の下では、合理的な売り手は各自の限界削減費用より低い額のオファーを出すインセンティブがあるため、排出権の価格が大幅に低くなる。Cason and Plott (1996) はこの取引方法の欠陥を実験にて確認し、一様価格オークションの方が EPA の方法よりも高い効率性を保証することを示した。このような実験結果は、オークションの効率性を高めるために EPA ができることを示し、新たな政策を導入する際に有用となる。

排出権取引実験は、許可証の取引に用いられるオークションのデザインや市場支配力をもつプレイヤーの影響などの分析にも利用されている。排出権取引実験では、売り手と買い手の双方が価格を提示するダブルオークションが最も頻繁に用いられている。Godby et al. (1997) は余った排出権の来期への持ち越しを認めるバンキングが、不確実性下で効率性と価格安定性に与える影響をダブルオークション実験で分析し、排出権取引にてバンキングを導入すると時間を通じての取引価格のばらつきが小さくなることを確認した。また、国際排出権取引市場では、アメリカのような影響力を持つ国が存在するため、市場支配力の分析が重要になる。実験を用いた市場支配力をもつプレイヤーがいるときの理論的仮説の検証が行われており、排出権市場以外で市場支配力をもつプレイヤーが排出権取引に影響を与え効率性が大きく損なわれることなどが示されている (Brown-Kruse et al., 1995)。

許可証取引制度は水利権や水産資源といった資源管理問題にも応用されている。例えば、過剰漁業問題に関して実験による譲渡可能個別割当 (ITQ) などの検証が行われている (Anderson and Sutinen, 2005)。今後はより広い分野での応用が進むと同時に、各市場に個別の問題も分析の対象になると考えられる。

水質取引オークション

事業場や工場などの点源からの水質汚染物質の排出量は比較的容易に計測できるのに対し、非点源からの排出量は汚染源の特定や汚染量の計測が難しい。そのため汚染者負担原則を適用し、汚染者に排出削減義務を課しにくく、閉鎖性水域における水質改善が難航する大きな要因となっている。そのような状況下で注目されているのが水質取引による汚染削減である。水質取引では、自治体あるいは排出削減義務をもつ企業や下水処理施設などの点源が、排出削減義務の課されていない農家のような非点源から排出削減クレジットを購入する。農家は排出削減クレジットに相当する量の汚染物質を削減するため取引されたクレジットの分だけ水質の改善が見込める。しかしながら、農家の汚染物質の削減は農業収入の減少を伴い、その機会費用に関する情報は農家の私的情報となる。したがって、水質取引の効率性を高めるためには、農家の機会費用に関する私的情報をいかにして聞き出すかが課題となる。そこで登場するのが水質取引オークションである。農家が汚染削減義務を負わない場合、農家は排出削減クレジットの買い手になることはなく常に売り手となる。したがって、水質取引オークションでは売り手のみが価格を提示するシングルオークションが用いられる。もっとも標準的なシングルオークションは1つの財を保有する1人の売り手に対して複数の買い手がそれぞれ価格を提示するものである。これに対し、水質取引オークションのように売り手が価格を提示するオークションは逆オークションと呼ばれている。入札者が価格を提示する方法には公開入札と封印入札がある。水質取引オークションでは、共謀の影響を受けにくい封印入札が用いられている (Cason et al. 2003)。

排出権取引同様、水質取引オークションにもいくつかオークション形式があり、これまで異なるオークション形式間におけるパフォーマンスの比較がたたき台実験で行われている。例えば Cason and Gangadharan (2005) は予算制約下での水質取引オークションについて、差別価格オークションと一様価格オークションをラボ実験で比較し、差別価格オークションの方が費用効果的であることを示した。また、Schilizzi and Latacz-Lohmann (2007) は、オークションと単位削減あたりのクレジットの購入価格を一定にした場合を比較し、オークションの優位性をラボ実験によって示したが、その優位性もオークションを繰り返すことによって低下することを指摘した。彼らはさらに、予算制約がある場合と予算制約がなく汚染削減目標を達成するまで水質取引を行う場合を比較し、予算制約がある場合の

方が費用効果的であることも示している。Cason et al. (2003)は、買い手の公開する情報に焦点を当て、売り手の排出削減クレジットがどの程度の汚染削減効果をもつかを公開することの影響をラボ実験によって調べ、情報の公開によって汚染削減効果の大きいクレジットの入札額が高くなることを示した。

土地保全メカニズム

生物多様性保全などを目的とした土地や森林の保全では、生息域が分断されないように保全地域を設定することが重要となる。しかし、多くの土地や森林が私有地である場合、所有者個々人の自発的協力に頼ることとなる。この場合、各所有者が各々の目的に応じて保全への参加協力を決めるため、隣接したまとまりのある土地や森林を保全することは容易でない。そこで、保全地区に面した土地や森林の保全に協力した場合、補助金（隣接ボーナス）を与えるというメカニズムを考える。Parkhurst et al. (2002)と Parkhurst and Shogren (2007)は空間的広がりを特定したラボ実験を用いて、保全に対する補償額が一定の場合と隣接ボーナスがある場合とで比較を行い、各メカニズムの効率性を空間的に理想的な保全パターンの達成度という観点から評価している。これらの実験研究では、コミュニケーションや繰り返し隣接ボーナスの効率性を高めることが示された。

水質取引オークションの仕組みを土地保全メカニズムに応用したものが保全オークションである。水質取引や保全オークションでは、隣接する土地における汚染物質の排出削減や保全への協力が水質改善あるいは生態系の保全をより効果的なものにする。したがって今後は、そのような農家や土地所有者の相互依存的関係に焦点をあてた研究が進められると考えられる。

規制とコンプライアンス

環境経済学では環境規制といった環境政策の理論分析や実証分析が広く行われてきた。近年、この環境政策の規制とコンプライアンスに関しても理論研究と実証研究の橋渡しとして実験アプローチが用いられるようになってきた。環境汚染に関する経済的手法の理論は、非点源汚染者の汚染量を最適な水準に導くことができると示すが、近年の実験研究はこれらの経済的手段の性能に疑問を投げかける結果を示している (Poe et al., 2004; Cochard et al., 2005)。環境情報開示プログラムの効率性はプログラムのデザイン、企業の特長、罰則政策などに依存すると考えられているが、自発的な開示と強制的な開示の比較などは重要な研究課題である。企業の大きさといった特長と企業のコンプライアンスに関係があるとプログラムの策定に有用であるが、排出権取引を用いたいくつかの実験がコンプライアンスと企業の特長は無関係であることを示している (Murphy and Stranlund, 2006; 2007; Stranlund and Dhanda, 1999)。汚染の自己申告プログラムは違反の申告を促すか否か。伝統的な直接規制と比較して自発的プログラムの性能はどうかといった検証も実験にて行われている (Murphy and Stranlund, 2008)。さらには、規制者による制度やインセンティブに関する情報提供は、コンプライアンスに影響を与えないという結果も報告されている (George et al., 2008)。

6.7 結論

ここでは、環境経済学分野でこれまでに得られてきた実験研究の知見を整理した。個々の政策への含意は前節を参照して頂きたい。実験経済学の分野では、実験手法として伝統的に選好を完全に統制するラボ実験が用いられてきた。ここで紹介した実験研究のほとんどが実験室で学生を被験者とした

ラボ実験である。環境政策における実験研究は、理論や手法的な課題への貢献と平行して、選好を統制するラボ実験が、現実の環境問題解決に役立つのか、実際の政策に使えるのか、といった外的妥当性が今後より要求されるだろう。そこで近年は、被験者プールおよび意思決定環境のコンテキストといった観点から、より現実的な要素を実験手法に取り込むフィールド実験が環境経済学に限らず広く経済学分野で注目を集めている（三谷，2011a；三谷他，2011）。しかし、現実的な要素を実験に取り込むと実験研究自体の内的妥当性を損なうことになる。内的妥当性と外的妥当性のトレードオフという実験研究の限界を理解することもまた重要と思われる。今後は信頼性の高い実験データを生み出す実験デザインとその実施方法を良く理解し、高い外的妥当性が問われる環境経済政策研究にいかに取り込むことができるかが一つの課題となってくるだろう。

引用文献

- Anderson, C. and J. Sutinen. 2005. "A Laboratory Assessment of Tradable Fishing Allowances." *Marine Resource Economics*, 20(1), pp. 1-23.
- Andreoni, J. 1990. "Impure Altruism and Donations to Public-Goods - a Theory of Warm-Glow Giving." *Economic Journal*, 100(401), pp. 464-77.
- Barrett, S. 2003. *Environment and Statecraft: The Strategy of Environmental Treaty-Making*. Oxford University Press.
- Becker, G. S. 1976. "Altruism, Egoism, and Genetic Fitness - Economics and Sociobiology." *Journal of Economic Literature*, 14(3), pp. 817-26.
- Bohm, P. 1972. "Estimating Demand for Public Goods: An Experiment." *European Economics Review*, 3(2), pp. 111-30.
- Brown, G. and D. A. Hagen. 2010. "Behavioral Economics and the Environment." *Environmental & Resource Economics*, 46(2), pp. 139-46.
- Brown-Kruse, J.; S. R. Elliott and R. W. Godby. 1995. "Strategic Manipulation of Pollution Permit Markets: An Experimental Approach," In Department of Economics Working Paper. McMaster University.
- Cadsby, C. B. and E. Maynes. 1999. "Voluntary Provision of Threshold Public Goods with Continuous Contributions: Experimental Evidence." *Journal of Public Economics*, 71(1), pp. 53-73.
- Carson, R.; T. Groves; J. List and M. Machina. 2004. "Probabilistic Influence and Supplemental Benefits: A Field Test of the Two Key Assumptions Underlying Stated Preferences," In Working Paper. University of California at San Diego.
- Carson, R. T. and T. Groves. 2007. "Incentive and Informational Properties of Preference Questions." *Environmental & Resource Economics*, 37(1), pp. 181-210.
- Cason, T. N. 1995. "An Experimental Investigation of the Seller Incentives in the Epa's Emission Trading Auction." *American Economic Review*, 85(4), pp. 905-22.
- Cason, T. N. and C. R. Plott. 1996. "Epa's New Emissions Trading Mechanism: A Laboratory Evaluation." *Journal of Environmental Economics and Management*, 30(2), pp. 133-60.
- Cason T.N.; L. Gangadharan and C. Duke. 2003. "A Laboratory Study of Auctions for Reducing Nonpoint Source Pollution." *Journal of Environmental Economics and Management* 46(3) ,

- pp. 446-71.
- Chan, K. S. ; S. Mestelman; R. Moir and R. A. Muller. 1999. "Heterogeneity and the Voluntary Provision of Public Goods." *Experimental Economics*, 2, pp. 5-30.
- Cherry, T. L. ; S. Kroll and J. F. Shogren. 2008. *Environmental Economics, Experimental Methods*. Routledge.
- Cochard, F. ; M. Willinger and A. Xepapadeas. 2005. "Efficiency of Nonpoint Source Pollution Instruments: An Experimental Study." *Environmental & Resource Economics*, 30(4), pp. 393-422.
- Coursey, D. L. ; J. L. Hovis and W. D. Schulze. 1987. "The Disparity between Willingness to Accept and Willingness to Pay Measures of Value." *Quarterly Journal of Economics*, 102(3), pp. 679-90.
- Engel, S. ; S. Pagiola and S. Wunder. 2008. "Designing Payments for Environmental Services in Theory and Practice: An Overview of the Issues." *Ecological Economics*, 65(4), pp. 663-74.
- Fehr, E. and S. Gächter. 2000. "Cooperation and Punishment in Public Goods Experiments." *American Economic Review*, 90(4), pp. 980-94.
- Fischbacher, U. ; S. Gächter and E. Fehr. 2001. "Are People Conditionally Cooperative? Evidence from a Public Goods Experiment." *Economics Letters*, 71(3), pp. 397-404.
- Friedman D. and A. Cassar. 2004. *Economics Lab: An Intensive Course in Experimental Economics*, New York: Routledge
- George, J. G. ; L. T. Johnson and E. E. Rutstrom. 2008. "Social Preferences in the Face of Regulatory Change," In *Environmental Economics, Experimental Methods*, ed. T. L. Cherry, S. Kroll and J. F. Shogren, 293-306. Routledge.
- Godby, R. W. ; S. Mestelman; R. A. Muller and J. D. Welland. 1997. "Emissions Trading with Shares and Coupons When Control over Discharges Is Uncertain." *Journal of Environmental Economics and Management*, 32(3), pp. 359-81.
- Hackett, S. ; E. Schlager and J. Walker. 1994. "The Role of Communication in Resolving Common Dilemmas - Experimental-Evidence with Heterogeneous Appropriators." *Journal of Environmental Economics and Management*, 27(2), pp. 99-126.
- Hanemann, W. M. 1991. "Willingness to Pay and Willingness to Accept - How Much Can They Differ." *American Economic Review*, 81(3), pp. 635-47.
- Hollander, H. 1990. "A Social-Exchange Approach to Voluntary Cooperation." *American Economic Review*, 80(5), pp. 1157-67.
- Horowitz, J. K. and K. E. McConnell. 2002. "A Review of Wta/WTP Studies." *Journal of Environmental Economics and Management*, 44(3), pp. 426-47.
- Isaac, R. M. and J. M. Walker. 1988. "Group-Size Effects in Public-Goods Provision - the Voluntary Contributions Mechanism." *Quarterly Journal of Economics*, 103(1), pp. 179-99.
- Isaac, R. M. ; J. M. Walker and A. W. Williams. 1994. "Group-Size and the Voluntary Provision of Public-Goods - Experimental-Evidence Utilizing Large Groups." *Journal of Public Economics*, 54(1), pp. 1-36.

- Kahneman, D. ; J. L. Knetsch and R. H. Thaler. 1990. "Experimental Tests of the Endowment Effect and the Coase Theorem." *Journal of Political Economy*, 98(6), pp. 1325-48.
- Kahneman, D. and A. Tversky. 1979. "Prospect Theory - Analysis of Decision under Risk." *Econometrica*, 47(2), pp. 263-91.
- Knetsch, J. L. 1989. "The Endowment Effect and Evidence of Nonreversible Indifference Curves." *American Economic Review*, 79(5), pp. 1277-84.
- Knetsch, J. L. and J. A. Sinden. 1984. "Willingness to Pay and Compensation Demanded - Experimental-Evidence of an Unexpected Disparity in Measures of Value." *Quarterly Journal of Economics*, 99(3), pp. 507-21.
- Kroll, S. ; T. L. Cherry and J. F. Shogren. 2007. "Voting, Punishment, and Public Goods." *Economic Inquiry*, 45(3), pp. 557-70.
- Latacz-Lohmann U. and C. Van der Hamsvoort. 1997. "Auctioning Conservation Contracts: A Theoretical Analysis and an Application." *American Journal of Agricultural Economics* 79(2), pp. 407-18.
- Ledyard, J. O. 1995. "Public Goods: A Survey of Experimental Research," In *Handbook of Experimental Economics*, ed. J. H. Kagel and A. E. Roth, 111-94. Princeton.
- List, J. A. 2009. "An Introduction to Field Experiments in Economics." *Journal of Economic Behavior & Organization*, 70, pp. 439-42.
- _____. 2003. "Does Market Experience Eliminate Market Anomalies?" *Quarterly Journal of Economics*, 118(1), pp. 41-71.
- _____. 2006. *Using Experimental Methods in Environmental and Resource Economics*. Edward Elgar.
- Loomis, J. 2011. "What's to Know About Hypothetical Bias in Stated Preference Valuation Studies?" *Journal of Economic Surveys*, 25(2), pp. 363-70.
- Lusk, J. L. and J. F. Shogren. 2007. *Experimental Auctions: Methods and Applications in Economic and Marketing Research*. Cambridge.
- Messer, K. D. and J. J. Murphy. 2010. "Special Issue on Experimental Methods in Environmental, Natural Resource, and Agricultural Economics." *Agricultural and Resource Economics Review*, 39(2), pp. iii-vi.
- Mitani, Y. and N. E. Flores. 2009. "Demand Revelation, Hypothetical Bias, and Threshold Public Goods Provision." *Environmental & Resource Economics*, 44(2), pp. 231-43.
- _____. 2010. "Public Goods Referenda without Perfectly Correlated Prices and Quantities," In *AERE Session at the ASSA 2010 Meeting*. Atlanta.
- _____. 2010. "Hypothetical Bias Reconsidered: Payment and Provision Uncertainties in a Threshold Provision Mechanism," In *World Congress on Environmental and Resource Economics*. Montreal.
- Murphy, J. J. ; P. G. Allen; T. H. Stevens and D. Weatherhead. 2005. "A Meta-Analysis of Hypothetical Bias in Stated Preference Valuation." *Environmental & Resource Economics*, 30(3), pp. 313-25.
- Murphy, J. J. and J. K. Stranlund. 2006. "Direct and Market Effects of Enforcing Emissions

- Trading Programs: An Experimental Analysis." *Journal of Economic Behavior & Organization*, 61(2), pp. 217-33.
- _____. 2007. "A Laboratory Investigation of Compliance Behavior under Tradable Emissions Rights: Implications for Targeted Enforcement." *Journal of Environmental Economics and Management*, 53(2), pp. 196-212.
- _____. 2008. "An Investigation of Voluntary Discovery and Disclosure of Environmental Violations Using Laboratory Experiments," In *Environmental Economics, Experimental Methods*, ed. T. L. Cherry, S. Kroll and J. F. Shogren, 261-79. Routledge.
- Ostmann, A. 1998. "External Control May Destroy the Commons." *Rationality and Society*, 10(1), pp. 103-22.
- Ostrom, E. 2010. "Beyond Markets and States: Polycentric Governance of Complex Economic Systems." *American Economic Review*, 100(3), pp. 641-72.
- Ostrom, E.; R. Gardner and J. M. Walker. 1994. *Rules, Games, and Common-Pool Resources*. University of Michigan Press.
- Ostrom, E.; J. Walker and R. Gardner. 1992. "Covenants with and without a Sword - Self-Governance Is Possible." *American Political Science Review*, 86(2), pp. 404-17.
- Ostrom, E. and J. M. Walker. 1991. "Communication in a Commons: Cooperation without External Enforcement," In *Laboratory Research in Political Economy*, ed. T. R. Palfrey, 287-322. University of Michigan Press.
- Parkhurst, G. M. and J. F. Shogren. 2007. "Spatial Incentives to Coordinate Contiguous Habitat." *Ecological Economics*, 64(2), pp. 344-55.
- Parkhurst, G. M.; J. F. Shogren; C. Bastian; P. Kivi; J. Donner and R. B. W. Smith. 2002. "Agglomeration Bonus: An Incentive Mechanism to Reunite Fragmented Habitat for Biodiversity Conservation." *Ecological Economics*, 41(2), pp. 305-28.
- Plott, C. R. 1983. "Externalities and Corrective Policies in Experimental Markets." *Economic Journal*, 93(369), pp. 106-27.
- Plott, C. R. and K. Zeiler. 2005. "The Willingness to Pay-Willingness to Accept Gap, The Endowment Effect," Subject Misconceptions, and Experimental Procedures for Eliciting Valuations." *American Economic Review*, 95(3), pp. 530-45.
- Poe, G. L.; K. Segerson; W. D. Schulze; J. F. Suter and C. A. Vossler. 2004. "Exploring the Performance of Ambient-Based Policy Instruments When Non-Point Source Polluters Can Cooperate." *American Journal of Agricultural Economics*, 86(15), pp. 1203-10.
- Poe, G. L. and C. A. Vossler. 2010. "Consequentiality and Contingent Values: An Emerging Paradigm," In *International Handbook on Non-Market Valuation*, ed. J. Bennett. Edward Elgar.
- Rege, M. and K. Telle. 2004. "The Impact of Social Approval and Framing on Cooperation in Public Good Situations." *Journal of Public Economics*, 88(7-8), pp. 1625-44.
- Rondeau, D.; G. L. Poe and W. D. Schulze. 2005. "Vcm or Ppm? A Comparison of the Performance of Two Voluntary Public Goods Mechanisms." *Journal of Public Economics*, 89(8), pp.

1581-92.

- Schilizzi S. and U. Latacz-Lohmann. 2007. "Assessing the Performance of Conservation Auctions: An Experimental Study." *Land Economics* 83(4), pp. 497-515.
- Shogren, J. F. 2005. "Experimental Methods and Valuation," In *Handbook of Environmental Economics*, ed. K. G. Maler and J. R. Vincent, 969-1027. North-Holland.
- Shogren, J. F.; S. Y. Shin; D. J. Hayes and J. B. Kliebenstein. 1994. "Resolving Differences in Willingness-to-Pay and Willingness to Accept." *American Economic Review*, 84(1), pp. 255-70.
- Smith, V. L. 1962. "An Experimental-Study of Competitive Market Behavior." *Journal of Political Economy*, 70(2), pp. 111-37.
- Stranlund, J. K. and K. K. Dhanda. 1999. "Endogenous Monitoring and Enforcement of a Transferable Emissions Permit System." *Journal of Environmental Economics and Management*, 38(3), pp. 267-82.
- Sturm, B. and J. Weimann. 2006. "Experiments in Environmental Economics and Some Close Relatives." *Journal of Economic Surveys*, 20(3), pp. 419-57.
- Taylor, L. O.; M. McKee; S. K. Laury and R. G. Cummings. 2001. "Induced-Value Tests of the Referendum Voting Mechanism." *Economics Letters*, 71(1), pp. 61-65.
- Velez, M. A.; J. K. Stranlund and J. J. Murphy. 2009. "What Motivates Common Pool Resource Users? Experimental Evidence from the Field." *Journal of Economic Behavior & Organization*, 70(3), pp. 485-97.
- Vossler, C. A. and M. F. Evans. 2009. "Bridging the Gap between the Field and the Lab: Environmental Goods, Policy Maker Input, and Consequentiality." *Journal of Environmental Economics and Management*, 58(3), pp. 338-45.
- Vossler, C. A. and M. Mckee. 2006. "Induced-Value Tests of Contingent Valuation Elicitation Mechanisms." *Environmental & Resource Economics*, 35(2), pp. 137-68.
- Walker, J. M. and R. Gardner. 1992. "Probabilistic Destruction of Common-Pool Resources - Experimental-Evidence." *Economic Journal*, 102(414), pp. 1149-61.
- 三谷羊平 (2011a) 「実験アプローチの新展開」 柘植隆弘・栗山浩一・三谷羊平編『環境評価の最新テクニック』勁草書房, 151-181 ページ.
- 三谷羊平 (2011b) 「実験アプローチの最新テクニック 1: 経済実験デザイン」 柘植隆弘・栗山浩一・三谷羊平編『環境評価の最新テクニック』勁草書房, 182-207 ページ.
- 三谷羊平・栗山浩一・庄子康 (2011) 「実験アプローチの最新テクニック 2: 実験実施とフィールド実験」 柘植隆弘・栗山浩一・三谷羊平編『環境評価の最新テクニック』勁草書房, 208-233 ページ.
- 柘植隆弘・栗山浩一・三谷羊平編 (2011) 『環境評価の最新テクニック』勁草書房

7. 結論

本研究の目的は、国内の主要な自然環境を対象に生物多様性保全の価値を評価することで自然環境政策の経済効果を分析するための手法を開発するとともに、生物多様性の価値を反映した新たな保全策のあり方を示すことにある。平成 24 年度は、先行研究や基礎的なデータの収集を行うとともに、予備的分析を進めた。

生物多様性の価値評価の手法について検討を行ったが、生物多様性の価値には利用価値だけではなく非利用価値も含まれる。利用価値についてはトラベルコスト法などの顕示選好アプローチが有効だが、非利用価値については CVM やコンジョイント分析などの表明選好アプローチが不可欠である。だが、表明選好アプローチではアンケートを用いるためバイアスが生じやすく、調査票設計を慎重に行う必要がある。

実証研究については、環境省の政策ニーズを踏まえ、本年度は主に外来種対策の経済評価を中心に研究を進めた。やんばる・奄美における外来種対策の現状と問題点について現地調査を行い、CVM 評価のための調査票設計に反映した。そして CVM の事前調査を実施し、基本的な分析を実施した。

政策分析については、ナラ枯れ対策を例に、生態系サービスに対する市民の価値を反映した政策のあり方について検討を行った。また経済実験を用いた政策分析の有効性を検討するために、環境経済学分野の実験経済研究の整理を行った。そして、生物多様性の経済評価や政策分析を行う上では、生態学の知見を反映させることが重要だが、そのための課題について検討を行った。

次年度では、これらの研究成果を踏まえて、生物多様性の価値評価に有効な手法を開発するとともに、実証研究にてその有効性を検証することが必要であろう。また、評価結果をもとに生物多様性の価値を反映した政策のあり方について分析を行うことも重要な課題である。

Ⅲ 添付資料

やんばる調査票（本調査）

沖縄県やんばる地域の自然保護に関する調査

沖縄県北部には山原（やんばる）地域と呼ばれる豊かな自然環境の残る地域があります（図1）。やんばるとは「山々が連なり、森が広がる地域」という意味を持ちます。名護市以北が一般的に「やんばる」と呼ばれていますが、比較的まとまった森林の残る、沖縄本島北部3村（くにがみそん おおぎみそん ひがしそん 国頭村，大宜味村，東村）が生物多様性の保全からも重要な地域となっています。



図1 沖縄県やんばる地域の地図

問1. あなたは、これまでに沖縄県やんばる地域を訪れたことがありますか？

1. ある 2. ない

やんばる地域を訪れたことが「ある」と答えた方にお聞きします。あなたは、これまでに何回やんばる地域を訪れたことがありますか？

1. 1回 2. 2回 3. 3回 4. 4回 5. 5回 6. 6回 7. 7回以上

やんばる調査票（本調査）

やんばる地域には希少な野生動植物として、やんばる地域以外の地域では見ることのできない野生動植物（固有種）が数多く生息しています。

問2. あなたは、やんばる地域にしか生息していない、以下の固有種をこれまでにご存知でしたか？

		知っていた	少し知っていた	どちらとも言えない	あまり知らなかった	知らなかった
1. ヤンバルクイナ						
2. ケナガネズミ						
3. ノグチゲラ						
4. ナミエガエル						
5. ヤンバルテナガコガネ						

問3. あなたは、希少な地域固有の野生動植物（固有種）が数多く生息するやんばる地域の自然環境を保全することに関心はありますか？

1. 大いに興味がある 2. 興味がある 3. どちらとも言えない 4. 興味がない 5. 全く興味がない

やんばる地域に生息するヤンバルクイナなどの固有種は絶滅の危機に瀕しています。

問4. あなたは、ヤンバルクイナが絶滅の危機に瀕していることをご存じでしたか？

1.知っていた 2.少し知っていた 3.どちらとも言えない 4.あまり知らなかった 5.知らなかった

やんばる調査票（本調査）

問5. あなたは、ヤンバルクイナを保全することは重要だと思いますか？

- 1.とても重要だと思う 2.重要だと思う 3.どちらとも言えない 4.重要だと思わない 5.全く重要だと思わない

沖縄県では外来生物のマンガース（図2）がヤンバルクイナ等の在来種を捕食し、問題となっています。マンガースは1910年に那覇市郊外にネズミや毒蛇ハブを退治するために外国から人為的に導入されました。現在はヤンバルクイナなどの希少な固有種を保全するために、政府や自治体、地元住民などが努力してさまざまな対策や活動を行っています。



図2 捕獲されたマンガースの写真

問6. あなたは、ヤンバルクイナが絶滅の危機に瀕している主な理由の一つがマンガースによる捕食であることをご存じでしたか？

- 1.知っていた 2.少し知っていた 3.どちらとも言えない 4.あまり知らなかった 5.知らなかった

問7. あなたは、ネズミや毒蛇ハブを退治するために沖縄県に島外からマンガースが導入されたことをご存知でしたか？

- 1.知っていた 2.少し知っていた 3.どちらとも言えない 4.あまり知らなかった 5.知らなかった

問8. あなたは、マンガースを駆除することは重要だと思いますか？

- 1.とても重要 2.重要 3.どちらとも言えない 4.重要ではない 5.全く重要ではない

問9. あなたは、外国から持ち込まれた動植物（外来生物）が、日本固有の生態系や人々の生活に影響を与えることをご存じでしたか？

- 1.知っていた 2.少し知っていた 3.どちらとも言えない 4.あまり知らなかった 5.知らなかった

やんばる調査票（本調査）

問10. あなたは、マングースなど以下の動植物が外国から持ち込まれた外来生物であることをご存じでしたか？

		知っていた	少し知っていた	どちらとも言えない	あまり知らなかった	知らなかった
1. マングース						
2. アライグマ						
3. スーテリア						
4. ソウシチョウ						
5. セイヨウオオマルハナバチ						
6. セアカゴケグモ						
7. カミツキガメ						
8. グリーンアノール						
9. ウシガエル						
10. ブラックバス (オオクチバス)						

人々の生活および生態系への悪影響を及ぼすおそれのある外来生物の輸入や飼育，野外へ放つことの規制と外来生物の防除（完全駆除や少ない生息数で維持すること）などを行うことを目的とした「外来生物法」が2005年に施行されました。

問11. あなたは、「外来生物法」があることをご存知でしたか？

やんばる調査票（本調査）

1.知っていた 2.少し知っていた 3.どちらとも言えない 4.あまり知らなかった 5.知らなかった

問12. あなたは、「外来生物法」に基づく外来生物の輸入や飼育，野外へ放つことの規制，防除について賛成ですか？反対ですか？

1.大いに賛成 2. 賛成 3. どちらとも言えない 4. 反対 5. 大いに反対

問13. あなたは、やんばる地域からマングースを（根絶/完全駆除/生息していない元の環境）することについて賛成ですか？反対ですか？

1.大いに賛成 2. 賛成 3. どちらとも言えない 4. 反対 5. 大いに反対

やんばる調査票（本調査）

ヤンバルクイナは1981年にやんばる地域において発見され、当時は推定1,800羽が生息していました。しかし、マングースの生息域の拡大や森林開発の影響によりヤンバルクイナの推定生息数は700羽程度まで一時的に減少しました。そこで、2000年からマングースの捕獲が開始され、2006年から本格的な防除事業が実施されています。その結果、2003年から2008年までは毎年500頭以上のマングースが捕獲されました。それ以降、マングースの生息数は次第に減少してきたと考えられており、2010年にはワナを使ったマングースの捕獲数は230頭まで減少しました。マングースの生息数が減少した結果、ヤンバルクイナの生息数は1,000羽ほどに回復してきたと推定されています。やんばる地域では、現在も完全駆除を目指してマングース探索犬を導入するなど、一層の対策を実施しています。

問14. 上記のようにマングースは、人為的に持ち込まれたごく少数の個体から増加し、ヤンバルクイナなどを捕食しています。そのため、環境省と沖縄県では、ワナや探索犬などを使ってやんばる地域からマングースを徹底的に駆除しています。あなたは、マングースの駆除についてどのようにお考えになりますか？

1. マングースの完全駆除を実施すべきである
2. マングースの生息数が減るように駆除すべきである
3. マングースの生息数が現状で推移するよう駆除すべきである
4. マングースの駆除は実施せず自然に任せるべきである
5. マングースの保全を実施すべきである
6. よくわからない
7. その他（自由解答欄）

やんばる調査票（本調査）

以下は仮の質問です。現在、やんばる地域ではマングースの防除が行われていますが、防除をやめてしまうと、マングースの生息域が拡大し、ヤンバルクイナが生息する環境が悪化、近い将来に絶滅してしまう可能性があります。そこで、マングース導入前の環境に回復させるため、やんばる地域からマングースを10年間で完全に駆除することとします。

新たに地元設置された研究機関とNPOが中心となり、政府や沖縄県などと協力して対策を実施するとします。そして、これらの対策を支援するために「ヤンバルクイナ保護基金」を設置し、皆さんから募金を集めるとします。この基金のお金は、やんばる地域のマングースを完全駆除するためだけに使われます。この基金に募金すると、あなたの自由に使える金額が募金した分だけ少なくなることにご注意ください。

問15. やんばる地域からマングースを10年間で完全駆除するためには、あなたに毎年1,000円募金してもらう必要があるとします。募金を集めるのは10年間継続し、毎年同じ金額をお支払いしていただくものとします。あなたは、マングース完全駆除のために10年間、毎年1,000円を募金してもかまいませんか？

1. はい 2. いいえ 3. よくわからない

問16. （「はい」／「いいえ」）とお答えになった理由を教えてください。

「はい」と回答した人に提示

1. 希少な地域固有の野生動植物種の保全は大切だから
2. やんばる地域の自然保護のためにできることをしたいから
3. 外来生物は問題だと思うから
4. マングースの駆除とは関係なく募金に協力したいから
5. この程度の金額なら支払ってもかまわないから
6. その他（自由解答欄）

やんばる調査票（本調査）

問18. あなたのお住まいの都道府県をお聞かせ下さい。

問19. あなたの性別について、お聞かせ下さい。

- 1.男性
- 2.女性

問20. あなたの年齢について、お聞かせ下さい。

1. 20代
2. 30代
3. 40代
4. 50代
5. 60代以上

問21. あなたのご家庭の世帯人数について、お聞かせ下さい。（あなたを含めた人数でお答えください）

1. 1人
2. 2人
3. 3人
4. 4人
5. 5人
6. 6人
7. 7人以上

問22. あなたは山岳会や野鳥の会、自然保護団体など、自然環境に関わる団体に所属していますか？当てはまるものをお聞かせ下さい。（いくつでも）

1. 所属していない
2. 山岳会（山岳団体）に所属
3. 自然保護団体に所属
4. その他自然環境に関わる団体に所属（自由解答欄：）

問23. あなたは昨年一年間（2012年）に日本の国立公園を何回訪れましたか？当てはまるものをお聞かせ下さい。

1. 0回（訪れていない）
2. 1回
3. 2回
4. 3回
5. 4回
6. 5回
7. 6回
8. 7回以上

問24. 自然に関する行動について、あなたは、以下に当てはまるものがありますか？当てはまるものをお聞かせ下さい。（いくつでも）

1. 自然環境に関するテレビを良く見る
2. 花や植物を見たり、育てたりすることに興味がある
3. 花の写真や風景の写真をよく撮影する
4. キャンプによくでかける
5. よく登山をする
6. 上記のいずれも該当しない

やんばる調査票（本調査）

問25. あなたのご職業について、当てはまるものをひとつだけお聞かせ下さい。

1.会社員 2.公務員 3.自営業 4.パート 5.主婦 6.年金生活 7.学生 8.その他（自由解答欄）

問26. 差し支えなければ、あなたのご家庭のおおよその年収を税込みでお聞かせ下さい（社会経済学的な分析をする際に用います）。（ブランク可）

1. 200万円以下
2. 201-400万円
3. 401-600万円
4. 601-800万円
5. 801-1,000万円
6. 1,001-1,200万円
7. 1,201-1,400万円
8. 1,401-1,600万円
9. 1,601-1,800万円
10. 1,800万円以上

奄美調査票（本調査）

鹿児島県奄美群島の自然保護に関する調査

奄美群島は九州本土と沖縄の中間に位置する島々です（図1）。奄美群島は希少な野生動植物が生息する亜熱帯照葉樹林や美しいサンゴ礁に囲まれた海岸地域などを有しており、生物多様性の保全において重要な地域となっています。

（※奄美群島とは、奄美大島、喜界島、徳之島、沖永良部島、与論島などからなる島々です。）

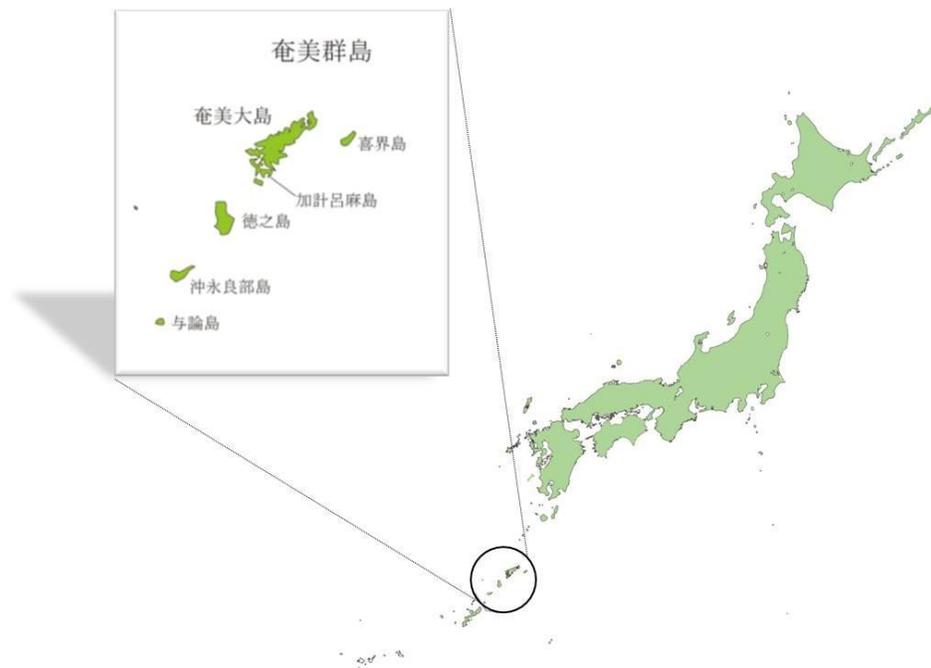


図1 奄美群島の地図

問1. あなたは、これまでに鹿児島県の奄美群島を訪れたことがありますか？

1. ある 2. ない

奄美群島を訪れたことが「ある」と答えた方にお聞きます。あなたは、これまでに何回奄美群島を訪れたことがありますか。

1. 1回 2. 2回 3. 3回 4. 4回 5. 5回 6. 6回 7. 7回以上

奄美調査票（本調査）

奄美群島には希少な野生動植物として、奄美群島以外の地域では見ることのできない野生動植物（固有種）が数多く生息しています。

問2. あなたは、奄美群島にしか生息していない、以下の固有種をこれまでにご存知でしたか？

		知っていた	少し知っていた	どちらとも言えない	あまり知らなかった	知らなかった
1. アマミノクロウサギ						
2. ルリカケス						
3. アマイシカワガエル						
4. オットンガエル						
5. アマミクサアジサイ						

問3. あなたは、希少な地域固有の野生動植物（固有種）が数多く生息する奄美群島地域の自然環境を保全することに関心はありますか？

1. 大いに興味がある 2. 興味がある 3. どちらとも言えない 4. 関心がない 5. 全く関心がない

奄美群島に生息するアマミノクロウサギなどの固有種は絶滅の危機に瀕しています。

問4. あなたは、アマミノクロウサギが絶滅の危機に瀕していることをご存じでしたか？

1.知っていた 2.少し知っていた 3.どちらとも言えない 4.あまり知らなかった 5.知らなかった

問5. あなたは、アマミノクロウサギを保全することは重要だと思いますか？

奄美調査票（本調査）

- 1.とても重要だと思う 2.重要だと思う 3.どちらとも言えない 4.重要だと思わない 5.全く重要だと思わない

奄美群島の奄美大島では外来生物のマンガース（図2）がアマミノクロウサギ等の在来種を捕食し、問題となっています。マンガースは1979年に奄美大島の名瀬市（現奄美市名瀬）西部地域にネズミや毒蛇ハブを退治するために外国から人為的に導入されました。現在はアマミノクロウサギなどの希少な固有種を保全するために、政府や自治体、地元住民などが努力してさまざまな対策や活動を行っています。



図2 捕獲されたマンガースの写真

問6. あなたは、アマミノクロウサギが絶滅の危機に瀕している理由の一つがマンガースによる捕食であることをご存じでしたか？

- 1.知っていた 2.少し知っていた 3.どちらとも言えない 4.あまり知らなかった 5.知らなかった

問7. あなたは、ネズミや毒蛇ハブを退治するために奄美大島に島外からマンガースが導入されたことをご存知でしたか？

- 1.知っていた 2.少し知っていた 3.どちらとも言えない 4.あまり知らなかった 5.知らなかった

問8. あなたは、マンガースを駆除することは重要だと思いますか？

- 1.とても重要 2.重要 3.どちらとも言えない 4.重要ではない 5.全く重要ではない

問9. あなたは、外国から持ち込まれた動植物（外来生物）が、日本固有の生態系や人々の生活に影響を与えることをご存じでしたか？

- 1.知っていた 2.少し知っていた 3.どちらとも言えない 4.あまり知らなかった 5.知らなかった

奄美調査票（本調査）

問10. あなたは、マングースなど以下の動植物が外国から持ち込まれた外来生物であることをご存じでしたか？

		知っていた	少し知っていた	どちらとも言えない	あまり知らなかった	知らなかった
1. マングース						
2. アライグマ						
3. ヌートリア						
4. ソウシチョウ						
5. セイヨウオオマルハナバチ						
6. セアカゴケグモ						
7. カミツキガメ						
8. グリーンアノール						
9. ウシガエル						
10. ブラックバス (オオクチバス)						

人々の生活および生態系への悪影響を及ぼすおそれのある外来生物の輸入や飼育，野外へ放つことの規制と防除（完全駆除や少ない生息数で維持すること）などを行うことを目的とした「外来生物法」が2005年に施行されました。

問11. あなたは、「外来生物法」があることをご存知でしたか？

1.知っていた 2.少し知っていた 3.どちらとも言えない 4.あまり知らなかった 5.知らなかった

奄美調査票（本調査）

問12. あなたは、「外来生物法」に基づく外来生物の輸入や飼育，野外へ放つことの規制，防除について賛成ですか？反対ですか？

- 1.大いに賛成 2. 賛成 3. どちらとも言えない 4. 反対 5. 大いに反対

問13. あなたは，奄美大島からマングースを（根絶/完全駆除/生息していない元の環境）することについて賛成ですか？反対ですか？

- 1.大いに賛成 2. 賛成 3. どちらとも言えない 4. 反対 5. 大いに反対

奄美調査票（本調査）

奄美大島では1979年に導入されたマングースの生息域拡大による影響によりアマミノクロウサギの生息数が減少していると考えられています。2003年の調査ではアマミノクロウサギは2,000頭から4,800頭が奄美大島に生息すると推定されています。2005年にマングースを捕獲する専門チームが作られ、それ以降本格的な防除事業が実施されています。2006年に2,712頭のマングースが捕獲され、マングースの生息数は次第に減少してきています。2011年には2006年の約2倍のワナによるマングース駆除を試みましたが、261頭にまで捕獲数が減少してきています。マングースの生息数が減少した結果、アマミノクロウサギの生息密度と分布域は回復してきたと推定されています。奄美大島では、現在も完全駆除を目指してマングース探索犬を導入するなど、一層の対策を実施しています。

問14. 上記のようにマングースは、人為的に持ち込まれたごく少数の個体から増加し、アマミノクロウサギなどを捕食しています。そのため、環境省はワナや探索犬などを使って奄美大島からマングースを徹底的に駆除しています。あなたは、マングースの駆除についてどのようにお考えになりますか？

1. マングースの完全駆除を実施すべきである
2. マングースの生息数が減るように駆除すべきである
3. マングースの生息数が現状で推移するよう駆除すべきである
4. マングースの駆除は実施せず自然に任せるべきである
5. マングースの保全を実施すべきである
6. よくわからない
7. その他（自由解答欄）

奄美調査票（本調査）

以下は仮の質問です。現在、奄美大島ではマングースの防除が行われていますが、防除をやめてしまうと、マングースの生息域が拡大し、アマミノクロウサギが生息する環境が悪化、近い将来に絶滅してしまう可能性があります。そこで、マングース導入前の環境に回復させるため、奄美大島からマングースを10年間で完全に駆除することとします。

新たに地元に設置された研究機関とNPOが中心となり、政府や鹿児島県などと協力して対策を実施するとします。そして、これらの対策を支援するために「アマミノクロウサギ保護基金」を設置し、皆さんから募金を集めるとします。この基金のお金は、奄美大島のマングースを完全駆除するためだけに使われます。この基金に募金すると、あなたの自由に使える金額が募金した分だけ少なくなることにご注意ください。

問15. 奄美大島からマングースを10年間で完全駆除するためには、あなたに毎年1,000円募金してもらう必要があるとします。募金を集めるのは10年間継続し、毎年同じ金額をお支払いしていただくものとします。あなたは、マングース完全駆除のために10年間、毎年1,000円を募金してもかまいませんか？

1. はい 2. いいえ 3. よくわからない

問16. （「はい」／「いいえ」）とお答えになった理由を教えてください。

「はい」と回答した人に提示

1. 希少な地域固有の野生動植物種の保全は大切だから
2. 奄美大島の自然保護のためにできることをしたいから
3. 外来生物は問題だと思うから
4. マングースの駆除とは関係なく募金に協力したいから
5. この程度の金額なら支払ってもかまわないから
6. その他（自由解答欄）

奄美調査票（本調査）

問18. あなたのお住まいの都道府県をお聞かせ下さい。

問19. あなたの性別について、お聞かせ下さい。

- 1.男性
- 2.女性

問20. あなたの年齢について、お聞かせ下さい。

1. 20代
2. 30代
3. 40代
4. 50代
5. 60代以上

問21. あなたのご家庭の世帯人数について、お聞かせ下さい。（あなたを含めた人数でお答えください）

1. 1人
2. 2人
3. 3人
4. 4人
5. 5人
6. 6人
7. 7人以上

問22. あなたは山岳会や野鳥の会、自然保護団体など、自然環境に関わる団体に所属していますか？当てはまるものをお聞かせ下さい。（いくつでも）

1. 所属していない
2. 山岳会（山岳団体）に所属
3. 自然保護団体に所属
4. その他自然環境に関わる団体に所属（自由解答欄：）

問23. あなたは昨年一年間（2012年）に日本の国立公園を何回訪れましたか？当てはまるものをお聞かせ下さい。

1. 0回（訪れていない）
2. 1回
3. 2回
4. 3回
5. 4回
6. 5回
7. 6回
8. 7回以上

問24. 自然に関する行動について、あなたは、以下に当てはまるものがありますか？当てはまるものをお聞かせ下さい。（いくつでも）

1. 自然環境に関するテレビを良く見る
2. 花や植物を見たり、育てたりすることに興味がある
3. 花の写真や風景の写真をよく撮影する
4. キャンプによくでかける
5. よく登山をする
6. 上記のいずれも該当しない

奄美調査票（本調査）

問25. あなたのご職業について、当てはまるものをひとつだけお聞かせ下さい。

- 1.会社員 2.公務員 3.自営業 4.パート 5.主婦 6.年金生活 7.学生 8.その他（自由解答欄）

問26. 差し支えなければ、あなたのご家庭のおおよその年収を税込みでお聞かせ下さい（社会経済学的な分析をする際に用います）。（ブランク可）

1. 200万円以下
2. 201-400万円
3. 401-600万円
4. 601-800万円
5. 801-1,000万円
6. 1,001-1,200万円
7. 1,201-1,400万円
8. 1,401-1,600万円
9. 1,601-1,800万円
10. 1,800万円以上