

平成 28 年度 環境経済の政策研究
(遺伝資源の利用により生ずる経済的利益、及び
その生物多様性保全等促進への貢献に関する評価手法の研究)
研究報告書

平成 29 年 3 月

慶應義塾大学

甲南大学

滋賀大学

立命館大学

三菱UFJリサーチ&コンサルティング

目 次

サマリー	2
I. 研究計画・成果の概要等	10
1. 研究の背景と目的	10
2. 3年間の研究計画及び実施方法	10
3. 3年間の研究実施体制	17
4. 本研究で目指す成果	18
5. 研究成果による環境政策への貢献	18
II. 平成 28 年度の研究計画および進捗状況と成果	19
1. 平成 28 年度の研究計画	19
2. 平成 28 年度の進捗状況および成果（概要）	21
3. 対外発表等の実施状況	31
4. 平成 28 年度の進捗状況と成果（詳細）	35
（1）経済的利益（金銭的・非金銭的利益）の評価手法の研究	35
①生産者側	35
②消費者側	50
（2）PIC 等導入による遺伝資源利用に及ぼす影響の予測に向けた調査	56
①予備的検討の実施	56
②遺伝資源の利用に関する企業分析	57
（3）日本での PIC 等導入による便益・費用面での評価に向けた調査	62
①PIC 導入の便益の評価	62
②国内 ABS 事例形成調査	65
（4）理論的枠組みに基づく経済評価とレジリエンス	72
①理論的枠組みに基づく経済評価	72
②利益配分についての理論的考察	80
③遺伝資源とレジリエンスとの関係性及び経済評価	88
（5）遺伝資源利用の経済評価が生物多様性保全に与える影響の評価	108
①遺伝資源利用に関する認識が生態系保全意識に与える影響の検証	108
②有用な遺伝資源が発見される可能性が生態系保全意識に与える影響の検証	115
III. 今後の研究方針（課題含む）	120
IV. 添付資料	125
1. 消費者アンケート集計結果	127
2. 消費者アンケート調査票	149
3. 企業アンケート調査票	169
4. 対外発表報告資料	179

サマリー

(1) Method to evaluate the economic benefits (monetary and non-monetary benefits)

／経済的利益（金銭的・非金銭的利益）の評価手法の研究

① Producer side／生産者側；

The Methods of economic evaluation on genetic resources and the introduction of PIC／**遺伝資源の経済価値と利益配分の経済効果分析手法の検討**

This paper tries to analyze the two methods in order to evaluate the level of genetic utilization and its economic evaluation.

First, we estimate the incidence of genetic resources utilization. The general ratio of genetic resources usage is a useful indice which evaluates direct and indirect usage of genetic resources. This general ratio is estimated on our Input-Output Table for genetic resources (IOGR), which indicates that the indirect use of genetic resources would be larger and wider than the direct one. However the level of genetic resources usage is gradually declining.

Second, we estimate the economic values of innovation through microbe usages. We estimate the effects of Stachin on Hyperlipidemia and a new lactobacillus on Yogurt. Those effects are evaluated on the economic model. Empirical analysis indicates that the value of the innovation would be huge and some effective policy should be needed.

本稿では、我が国における遺伝資源利用の状況とその経済価値を包括的に評価するために、従来分析されることがなかった2つの試みをおこなった。

第1に遺伝資源の直接利用だけでなく、間接的な利用状況を把握するために産業連関表を用いて遺伝資源利用の帰着分析をおこなった。その結果、直接間接の遺伝資源利用を考慮すると、遺伝資源利用度は50～80%程度大きな値になること、遺伝資源を直接利用していなくても間接利用を考えると遺伝資源利用度が大きな産業があること、長期的には技術変化などによって遺伝資源利用度は低下傾向にあることが明らかになった。この結果から遺伝資源に対する規制や利益分配措置の実施は、想定よりも大きく、幅広い産業に広がることを政策策定前に考慮をするべきであり、長期的には遺伝資源節約を促す技術革新への投資を行う必要があると考えられる。

第2に微生物を利用したバイオ産業革命によって生み出される経済価値評価をおこなった。微生物利用は、新製品の開発（プロダクトイノベーション）と生産性向上（プロセスイノベーション）をもたらし、今後も遺伝子組換え技術の発展に伴い、さらに加速することが期待されている。本稿では、医薬品（スタチン）と乳酸菌（ヨーグルト）について分析を行ったが、微生物利用の経済価値は非常に大きいこととその価値を拡大するために政策措置（特許制度の柔軟な運用やトクホ制度等の品質保証制度）が重要であることが示された。

生物遺伝資源は有限ではあるが、無限の可能性を秘めている。しかし地球環境の変化による資源の枯渇と生物多様性の縮小は憂うべき状況にあるといえる。今後もこの資源を末永く活用しているためにも遺伝資源活用の価値を正當に評価し公平に分配し、それを原資とした資源保護の枠組み作りを急がなくてはならない。

②Consumer side／消費者側

We conducted a questionnaire survey last fiscal year to the general public which includes potential consumers in order to clarify preferences for the goods utilizing the genetic resources. We analyze the data this fiscal year. Using conjoint analysis, we compared the willingness to pay (WTP) for two types of goods. For the first type, a part of the sales revenue will be used to protect the habitat of genetic resources. For the second type, no sales revenue will be used for habitat protection. The result shows that the WTP for the first type is higher than that for the second type. This result suggests that the public supports a system where a part of the sales revenue will be used to protect the habitats of genetic resources.

潜在的な消費者を含む一般市民に対して、遺伝資源を利用した財に対する選好を把握するためのアンケート調査を昨年度に実施した。今年度はそのデータの分析を行った。

コンジョイント分析を用いて、遺伝資源を利用した財から得られる利益の一部が、その遺伝資源の生息地保護に使用されるケースと、そうでないケースで、財に対する支払意志額が異なるかを検証した結果、前者の方が、後者よりも、財に対する支払意志額が高いことが確認された。

このように、遺伝資源を応用した製品から得られた利益の一部が遺伝資源の生息地保護に利用されるような制度は、一般市民から一定の支持を得ることを示唆する結果が得られた。

(2) PIC 等導入による遺伝資源利用に及ぼす影響の予測に向けた調査

Analysis of the firms using genetic resources／遺伝資源の利用に関する企業分析

The objective of this study is to (1) understand how firms use genetic resources in their business activities; (2) evaluate quantitatively a relative importance of the factors affecting the use of genetic resources by the firms; and (3) investigate the difference in economic and CSR activities between firms using genetic resources and those not using them. These objectives will be achieved by using the firm-level survey regarding genetic resources and their uses. We mailed a survey to a total of 1,305 firms in agriculture, fishery, mining, and manufacturing industries. Collected data will be used to address three objectives mentioned above.

本研究の目的は、(1) 企業の遺伝資源利用の実態を明らかにすること、(2) 企業の遺伝資源利用を普及・促進するために必要な施策を特定すること、(3) 遺伝資源の利用が企業の経営パフォーマンスおよび環境保全行動に与える影響を評価すること、である。これらの目的のため本研究では、農林業、水産業、鉱業、製造業の 1,305 社を対象にアンケート調査を実施した。343 社から回答があり、うち遺伝資源を利用しているのは 118 社であった。収集されたデータを利用して、上記目的に沿った定量分析を今後進めていく方針である。

(3) 日本での PIC 等導入による便益・費用面での評価に向けた調査

① Evaluation of the benefits of introducing the PIC / PIC 導入の便益の評価

It is useful to evaluate and compare the costs and benefits of introducing the Prior Informed Consent (PIC) to examine whether to introduce the PIC from the view point of economics. In order to do it, we conducted a questionnaire survey to evaluate the benefits of introducing the PIC based on the preferences of citizens who receive the benefits. Under the assumption that some firms raise the price of their products in order to obtain funds to contribute to the conservation of the domestic ecosystem which is the habitat for genetic resources, we will estimate the maximum amount of the increase in annual expenditure which can be accepted by citizens to conserve the domestic ecosystem. We conducted the survey this fiscal year so that the data can be analyzed next fiscal year.

PIC 制度導入の是非を経済学的に検討するためには、PIC 制度導入の費用と便益を評価し、比較することが有益である。そこで、日本が PIC 制度を導入することで得られる便益を、受益者である市民の選好に基づいて評価するためのアンケート調査を実施する。

このアンケートでは、生態系保全のために拠出する資金を確保することを目的として製品を値上げする企業があるとの想定のもと、国内の遺伝資源や生息地である生態系の保護のために受け入れられる年間支出の増加額をコンジョイント分析により計測する。

次年度の分析に向けて、今年度はアンケート調査票の作成とアンケート調査の実施（データ収集）を行った。次年度の分析により、PIC 制度導入の是非を経済学的に検討するうえで有益な結果が得られると期待される。

② Feasibility study on generating domestic ABS cases in Japan / 国内 ABS 事例形成調査

It is a challenge to conduct a research that there is a lack of existing ABS cases and available data in Japan at the moment. Thus, in order to examine the possibility of a substantive research based on generating ABS case examples thorough pilot project, we visited Tsushima (Nagasaki prefecture) and Okinawa prefecture as the candidates to have meetings with stakeholders and to gather information regarding local genetic resources.

遺伝資源に係る本研究を進める上で、既存の国内事例やデータが不足していることが課題である。そこで国内で ABS に係わる事例（パイロットプロジェクト）の形成に基づく実証の実現可能性を事前に検討することを目的として、長崎県対馬、沖縄県を対象に現地関係者との意見交換や遺伝資源に係る情報収集を行った。

(4) Theoretical approach to economic evaluation on genetic resources

／理論的枠組みに基づく経済評価とレジリエンス

①An evaluation of economic value of genetic resources／理論的枠組みに基づく経済評価

This study aims to evaluate economic value of genetic resources in Japan in particular in the area of pharmaceutical development, being based on the formulas provided by Simpson et al. (1996; SSR) and Rausser and Small (2000). The study adds to the SSR formula some factors reflecting PIC in Nagoya protocol and tries to evaluate the parameters in the formula.

Several times of interviews conducted several, however, has revealed that it is not easy to specify the exact values of parameters by interviews themselves. Instead, we are in a process of evaluating the value based on the questionnaire sent to the companies developing pharmaceuticals.

本研究では、Simpson et al. (1996: SSR)と Rausser and Small (2000)などが議論してきた、遺伝資源を医薬品開発に利用するという想定の下で導出した経済価値の式を用いて日本の医薬品利用における遺伝資源の経済価値を推定する方向で進めている。本研究では、SSR式に名古屋議定書でのPIC（事前の情報に基づく同意）の要素を盛り込み、パラメータを推定することで、価値を導出する。

しかし、これまでに行ったインタビューから、パラメータを正確に特定するのは容易ではないため、創薬を行っている企業に十分な数のアンケートをとることで、評価することを進めている。このアンケート結果の集計と分析に基づき、評価を示すことができる。

②On benefits sharing among providers of genetic resources: a theoretical consideration on a cooperative benefits sharing system／利益配分についての理論的考察；

On benefits sharing among providers of genetic resources: a theoretical consideration on a cooperative benefits sharing system／遺伝資源利用における提供者側の利益配分について～「共同利益配分システム」についての理論的考察

The argument over benefits sharing (BS) in the context of the CBD centers on a bilateral BS between a user and a provider countries. A multilateral BS, however, has also attracted an attention after it was included in the Nagoya protocol in 2010. On the other hand, India establishes a national ABS system in which a superior authority manages sharing benefits arising from projects between states and users. This study examines a new benefits sharing system named “cooperative benefits sharing system” based on the characteristics that the multilateral system and India’s system have. Under some assumptions, it is shown that an expected revenue is unchanged but uncertainty of the revenue declines so that the expected net benefit of each provider involved in the system rises and the optimal preservation area of ecosystem increases.

生物多様性条約の利益配分に関する議論では、これまで想定されてきた提供国と利用国のバイラテラル（一対一）の利益配分システムを議論することが中心だった。しかし、利益を多国間で配分するシステムも、国際交渉の場で議論されつつある。これは、名古屋議定書で、その可能性が盛り込まれたことを、一つの端緒としている。一方で、インドでは、州単位で展開される国内のアクセスと利益配分を管理する上部機関を設けている国家的 ABS システムが見られる。本研究では、インドの利益配分システムおよび多国間利益配分システムの特徴に基づく、「共同利益配分システム」という新たな利益配分システムを理論的に考察する。単純化した想定のもとでは、このシステムでは、期待収入は不変だが、不確実性が低下し、最適保護面積と参加政府の期待純便益は増大することがわかる。

③Resilience／遺伝資源とレジリエンスとの関係性及び経済評価

This study investigates the importance of resilience in relation to genetic resources and the economic valuation of resilience. Genetic resources are unique in the sense that we do not know what part of ecosystem becomes important as a source of a genetic resource and when. It makes difficult to target a particular component, function or process of an ecosystem. It is an ecosystem as a whole then that we need to maintain. Resilience approach has been proved to be effective as a management approach to maintain an ecosystem that keeps biodiversity as a source of genetic resources. This study also investigates the economic valuation of resilience because specific numeration is desirable to make the importance of resilience explicit. The stated preference method is selected as an evaluation method, with which the willingness to pay (WTP) for resilience can be estimated. By adopting sophisticated models such as a latent class model, factors affecting the WTP can be elucidate, which is instructive for the adoption and implementation of a resilience based ecosystem management. Coral reefs in Okinawa was chosen as a study cite since coral reefs are considered to be a hotspot for marine genetic resources and face anthropocentric stresses. They are also important management target for the Ministry of the Environment Government of Japan. This year, a draft for the internet survey for the stated preference method was prepared for the implementation of the survey that is scheduled to be held next year.

本研究は、遺伝資源との関連性からレジリエンスの重要性を明らかにし、またレジリエンスの経済評価を実施することを目的としている。遺伝資源は生態系の何が、またいつ重要になるか不確実であるという点で特徴的である。このことが、生態系の特定の部分、機能、プロセスをターゲットとすることを難しくしている。したがって、生態系を全体として維持することが求められる。レジリエンス・アプローチは、遺伝資源の供給元としての生物多様性を維持するための生態系保全の方法として効果的であることが明らかとなっている。また、レジリエンスの重要性を量的に明らかにすることが重要であることから、レジリエンスの経済評価を行う。評価には表明選好法を用いて、支払意志額（WTP）を推計する。潜在クラスモデルなどの洗練されたモデルを使うことで、生態系管理への有用なインプリケーションが得られると考えられる。事例として、遺伝資源のホットスポットであり、人的ストレスに晒されている沖縄のサンゴ礁を取り扱う。沖縄

のサンゴ礁は環境省による重要な管理対象でもある。今年度は、来年度、実施を計画している表明選好法に必要なインターネット調査の草案を作成した。

(5) Impact of the economic value of genetic resources use on biodiversity conservation

／遺伝資源利用の経済評価が生物多様性保全に与える影響の評価

①Effect of recognizing genetic resources use on awareness of ecosystem conservation

／遺伝資源利用に関する認識が生態系保全意識に与える影響の検証

We conducted a questionnaire survey to the general public last fiscal year in order to examine whether additional information about genetic resources may change respondents' awareness and willingness to pay (WTP) for ecosystem conservation. We analyze the data this fiscal year. The analysis using contingent valuation method revealed that the group who were given the information on genetic resource utilization had higher willingness to pay for the National Trust than the group who were not given. The WTP for the conservation of the nature increased with the provision of information on the use of genetic resources. The analysis using best-worst scaling showed that the group who were given the information on genetic resource utilization were more likely to agree with the statement "ecosystem should be preserved even if we don't use it immediately, because there is a possibility that it may be used in some way or useful things may be found in the future." This result indicates that the information on genetic resource use increased the evaluation on option value. The results of two analyses suggest that disseminating the information on the utilization of genetic resources is effective for improving awareness on ecosystem conservation.

遺伝資源に関する情報を与えた場合と与えない場合のそれぞれにおいて、一般市民の生態系保全に対する意識と支払意志額を把握し、遺伝資源に関する情報の有無により有意な差があるかを検証するためのアンケート調査を昨年度に実施した。今年度はそのデータの分析を行った。

仮想評価法を用いた分析の結果、遺伝資源利用に関する情報を与えた群の方が、与えていない群よりもナショナル・トラストに対する支払意志額が高いことが明らかとなった。遺伝資源利用に関する情報により、自然保護に対する支払意志額が向上したものと推測される。

また、ベスト・ワースト・スケーリングを用いた分析の結果、遺伝資源利用に関する情報を与えた群では、「いますぐ利用することはなくても、将来何らかの形で利用したり、有益な物質が発見されたりする可能性があるので、生態系を保全すべきだ」に同意する意見がより多いことが確認された。遺伝資源利用に関する情報を与えたことで、オプション価値に対する評価が高まったものと推測される。

このように、遺伝資源利用に関する情報を普及させることが、生態系保全意識の向上に有効であることを示唆する結果が得られた。

②Effects of the potential to find useful genetic resources on the awareness of ecosystem conservation／有用な遺伝資源が発見される可能性が生態系保全意識に与える影響の検証；
Questionnaire survey／アンケート調査による検証

A questionnaire survey was conducted last fiscal year to analyze the influence of the possibility that useful genetic resources are found on the motivation of the general public to ecosystem preservation. We analyzed the data this fiscal year. The citizen's preferences for the designation as the nature reserve were analyzed by using conjoint analysis. The results made it clear that the willingness to pay for the designation as the nature reserve was higher for the nature with high possibility of finding useful genetic resources than the nature with low possibility of that. This finding suggests that the high possibility of finding useful genetic resources brings about improvement of motivation of the general public to ecosystem conservation.

有用な遺伝資源が発見される可能性が、一般市民の生態系保全に対する意欲に与える影響を分析するためのアンケート調査を昨年度に実施した。今年度はそのデータの分析を行った。

コンジョイント分析を用いて、自然保護区の設定に対する市民の選好を分析した結果、有用な遺伝資源が見つかる可能性が低い自然環境よりも、その可能性が高い自然環境を自然保護区に設定する方が、自然保護区の設定に対する支払意志額が高いことが明らかとなった。

このように、有用な遺伝資源が発見される可能性が高いことが、一般市民の生態系保全に対する意欲の向上をもたらすことが示された。

I. 研究計画・成果の概要等

1. 研究の背景と目的

(1) 研究の背景

2014年10月に生物多様性条約名古屋議定書が発効し、今後、国際的にも条約及び議定書に沿った遺伝資源の経済的利用が促進されることが期待されている。わが国でも名古屋議定書の批准に向け、特に議定書義務である提供国法規制遵守を中心に国内措置の検討が進みつつあるが、併せて、事前の情報に基づく同意（PIC）を導入するかどうかも看過できない論点となっている。

一方、従来の遺伝資源利用に関する経済学的研究は、(1)遺伝資源の経済的価値(2)利用国と提供国間での金銭的利益配分の形態(3)生物多様性保全に対する貢献が主たるものであり、国内遺伝資源管理（PICその他制度等）の観点に立った経済学的研究は申請者の知る限り存在しない。こうした背景のもと、PICの効果・影響についての経済学的研究は、必要性の高いものである。

(2) 研究の目的

日本でのPICその他制度等の導入の判断が経済的に説得力を持つものとするために、導入によって発生する社会的費用・便益についての評価、およびその評価に資する研究を行うことが目的である。また、日本での遺伝資源利用と利益配分の状況についてより正確に把握する。

この目的のために、まず、遺伝資源利用による利益を産業の利益および消費者の便益の点で評価する手法の研究を行う。さらに、日本の遺伝資源利用の現状を調べ、日本でのPIC等の導入により、遺伝資源利用がいかなる影響を受けるか、及びその影響を通じて、上記の手法に基づき産業利益と消費者便益がどのように変化するかを評価する。また、日本で遺伝資源利用に伴いどのような非金銭的便益が生じているのか、さらに、PIC等の導入により生じる便益についても整理し評価を行う。最後に、遺伝資源利用による利益が示されることで日本の生物多様性保全にどのような効果を持つのかを評価する。

2. 3年間の研究計画及び実施方法

(1) 研究項目

2015年度から2017年度にかけて3年間に実施する計画の研究項目は下記の通りである。

- (i) 日本における遺伝資源利用の調査研究（2015年度）
 - (ii) (i)をもとにした経済的利益（金銭的・非金銭的利益）の評価手法の研究（2015～16年度）
 - (iii) PIC導入による遺伝資源利用に及ぼす影響の予測調査（2016年度）
 - (iv) 日本でのPIC導入による便益・費用面での評価（2016年度）
 - (v) 遺伝資源利用の経済評価が生物多様性保全に与える影響の評価（2015～17年度）
- ※横断的事項を(vi)とする。

各年度の研究計画及び実施方法は（２）～（４）に示す通りである。なお、文中括弧書きで示す研究者名は該当箇所の研究分担者であり、研究代表者である大沼が総括を行う。

（２）2015年度

①「（i）日本における遺伝資源利用の調査研究」について

学術及び産業における遺伝資源等（特に国内の遺伝資源等）の取得及び利用と遺伝資源等の利用により生ずる金銭的、非金銭的利益の実態について、既存の関連委託調査事業の成果等を参照しつつ、適宜インタビュー又は専門家招聘による研究会等を実施することで把握し、遺伝資源等の利用により生ずる経済的価値について基礎的な概念の整理検討を行う。（（i）-①：全員）

また、検討に際しては、我が国の事情や特性を踏まえたABS（Access and Benefit-Sharing：遺伝資源の取得の機会及びその利用から生ずる利益の公正かつ衡平な配分）や遺伝資源管理の可能性を念頭に置く。（（i）-②：田中・菌・大沼）

実態調査を踏まえつつ併行して、2016～2017年度において国内特定地域でABSに係るパイロットプロジェクトを形成し、PIC等の遺伝資源管理の導入や遺伝資源提供者に対する利益配分による保全等の貢献を検証（（iv）（v）関連）することが可能か、対象地域や実施可能性等を検討するためのABS事例形成調査を行う。候補となり得る国内特定地域2ヶ所程度（長崎県、沖縄県を想定するが候補地域関係者の反応や環境省との協議に基づき適宜変更する）について、日本や当該地域の事情・特性を念頭に置いたABSスキームとなるよう、適宜当該地域等の関係者等と意見交換・協議を行い、実施可能と認められる場合には2016年度からのパイロットプロジェクト試行の調整・準備を行う。（（i）-③：菌・田中・上原・大沼）

②「（ii）経済的利益（金銭的・非金銭的利益）の評価手法の研究」について

（i）の実態調査に基づきながら、産業および消費者の遺伝資源利用による利益の評価を行う。医薬品や食品など遺伝資源を利用した財は、社会に大きな利益をもたらしていると考えられる。市場での販売を通して、開発した企業の利益（生産者余剰）となる部分の他に、利用した消費者の便益（消費者余剰）や、現段階ではその財を消費していないが、将来利用する可能性がある潜在的な消費者の便益（安心感など）もある。遺伝資源が社会にもたらす利益を計測するうえで、これら消費者（潜在的消費者を含む）が得る便益の計測は重要な課題である。2015年度は消費者側の分析を行い、生産者側の分析については2016年度以降の本格的な検討の準備を行う。

○生産者側

企業の創薬分野での研究開発（R&D）と国内遺伝資源の利用状況の関係性に着目し、企業単位のパネルデータによる定量分析も行う。研究初年度は、まず各企業のR&D状況について総務省「科学技術研究調査」による個票データを収集し、分析に必要な情報の整備をおこなう。（（ii）-①：田中・柘植）

○消費者側

潜在的な消費者の行動は市場では見えないため、市場データによる分析が不可能であることから、潜在的な消費者を含む一般市民に対して、遺伝資源を利用した財に対する選好を把握するためのアンケート調査を実施する。200 サンプル程度の予備調査で調査票の設計不備を確認した上で、1,000 サンプル程度の本調査を実施する。アンケートでは、遺伝資源を利用した財から得られる利益の一部が、その遺伝資源の生息地保護に使用されるケースと、そうでないケースで、財に対する支払意志額（WTP）が異なるかを検証する。利益の一部が遺伝資源保護に利用されることで財に対する WTP が上昇するのであれば、そのような制度は一般市民から支持を得ると判断することができる。2015 年度は予備調査の分析を行い、2016 年度に本調査の分析を行う。

（（ii）-②：柘植・田中・菌・大沼）

③「（v）遺伝資源利用の経済評価が生物多様性保全に与える影響の評価」について

遺伝資源を利用して開発された医薬品により多くの人が救われていることや、将来、生態系から有益な遺伝資源が発見される可能性があること、開発等により生態系を失うと、同時に将来の遺伝資源利用の可能性も失ってしまうことなどについて認識することで、市民の生態系保全に対する意識が向上する可能性があると考えられる。このことを検証するため、一般市民の生態系保全に対する WTP を仮想評価法（CVM）等の手法により計測するためのアンケート調査を実施する。200 サンプル程度の予備調査で調査票の設計不備を確認した上で、1,000 サンプル程度の本調査を実施する。アンケートでは、遺伝資源利用に関する情報を与えた場合と与えない場合で、生態系保全に対する WTP が異なるかを検証する。これにより、遺伝資源利用に関する情報が、人々の生態系保全意識を向上させるかを明らかにする。2015 年度は予備調査の分析を行い、2016 年度に本調査の分析を行う。（（v）-①：柘植・田中・菌・大沼）

市民は、有用な遺伝資源が発見される可能性が低い生態系よりも、その確率が高い生態系をより高く評価することが予想される。このことを検証するため、有用な遺伝資源が発見される可能性が、一般市民の生態系保全に対する意識に与える影響を分析するためのアンケート調査を実施する。調査は 2,000 サンプル程度の規模で実施する。アンケートでは、保護区の設定が検討されているという想定のもと、保全される動植物の種類と個体数、保護区の設定による世帯年収への影響、そして、有用な遺伝資源が発見される可能性が異なる保護区の設定案の中から、どの案が望ましいかを尋ねることで、有用な遺伝資源が発見される可能性が、保護区の設定に関する選好にどのような影響を与えるかを明らかにする。（（v）-①：柘植・田中・菌・大沼）

（3）2016 年度

①「（ii）経済的利益（金銭的・非金銭的利益）の評価手法の研究」について

○生産者側

企業の利益の一部は市場データに基づき計測される。ただし、遺伝資源の代替生産要素による生産が可能な財は、このケースでの費用を推定することにより、遺伝資源利用により節減される費用を計測する必要がある。市場データが存在しない場合は、生産者にインタビューを行うことで、費用差を計算する。さらに、遺伝資源を利用している部門（農業、種子、園芸品、食品、化

学製品、医薬品)は直接利用されるだけでなく、他の多くの産業で加工されることによる2次利用も考えると幅広く利便性を享受している。本研究では、産業連関分析により、その最終帰着額を評価する。((ii) -④、河井・森・菌・大沼)

②「(iii) PIC 導入による遺伝資源利用に及ぼす影響の予測調査」について

国内の学術及び産業界における遺伝資源等の取得及び利用の現状を踏まえ、名古屋議定書の国内措置(特に国内遺伝資源管理に係る措置)の可否及び措置・政策のオプションを、法的観点及び利用者の受容性等の観点から検討・評価するとともに、国内遺伝資源管理制度の導入や措置・政策オプションに応じた影響を分析する。((iii) -①：菌・大沼)

医薬品産業における企業のR&Dデータに、各企業の遺伝資源の利用状況や関連特許取得状況などを組み合わせ、天然物創薬・化粧品開発におけるR&Dが、国内の遺伝資源利用状況にどの程度影響されているかを推計する。遺伝資源に非代替的生産要素がないケースでは、国内措置導入により、(a)遺伝資源利用を停止する(b)増加する取引費用を受け入れ利用を継続する、の2つのケースが考えられる。そこで、企業を対象とした聞き取り・アンケート調査により、国内措置を導入した場合の遺伝資源利用やR&D水準に与える影響を推測する。((iii) -①：柘植・田中・森)

また、企業の創薬分野での研究開発(R&D)と国内遺伝資源の利用状況の関係性に着目し、企業単位のパネルデータによる定量分析も行う。ここでは、各企業のR&Dについて総務省「科学技術研究調査」による個票データを利用する。この個票データに各企業の属性や遺伝資源の利用状況、関連特許取得状況などを組み合わせ、創薬活動におけるR&D水準が、国内の遺伝資源利用にどの程度規定されているかを推計する。また、アンケート調査を用いて、国内措置によるPICの導入が、企業の遺伝資源の利用やR&D水準に与える影響についての予測も行う。((iii) -②：田中・柘植)

③「(iv) 日本でのPIC 導入による便益・費用面での評価」について

上記(a)のケースでは、逸失利益を企業の観点からの国内措置導入の費用と見なすことが出来る。また、(b)のケースでは、企業に国内措置の受入補償額(WTA)を回答してもらうことで取引費用を定量的に計測することが出来る。((iv) -①：柘植・田中・菌・大沼)

一方で、日本がPICを導入することで得られる便益を、受益者である市民の選好に基づいて評価する。企業の取引費用の増加分が製品価格に転嫁されるとの想定のもと、国内の遺伝資源や生息地である自然環境の保護のために受け入れられる製品価格の上昇額(WTP)をCVMなどにより計測する。((iv) -②：柘植・田中)

また、2015年度においてパイロットプロジェクトの実施可能性の検討が前進したことを踏まえ、試行の実現に向けた検討・調整を継続する。その結果、試行を実現できる場合には、当該プロジェクトの運営をコーディネートし、試行を支援する(パイロットプロジェクト試行を実施する場合は2016~2017年度の2ヶ年度に渡り実施する)。その上で、当該試行の内容と範囲に応じ、当該プロジェクトにおける遺伝資源の提供状況、当該遺伝資源の利用により生ずる金銭的利益と提供者に対する利益配分の規模、提供者に配分される非金銭的利益の形態、提供者が遺伝資

源アクセス管理や保全活動のために負担することとなるコスト、当該スキームにおいて PIC を導入する場合のコストとベネフィット等について、定量的又は定性的な検証を行う。その際、実施可能であれば当該地域の住民・関係者等による地域の遺伝資源や生物多様性保全に対する意識の変化や、企業・大学等によるスキームの利用意向等を可能な限り把握し、どの程度、遺伝資源の取得・利用と利益配分の促進及び生物多様性保全につながるかも評価する。なお、本格的なパイロットプロジェクトの実施が難しい場合には、仮想的な ABS スキームを設定し、関係者へのヒアリング等により代替する方法なども考慮する。（(iv)-④：菌・上原・田中・柘植・大沼）

最後に、国内措置が、遺伝資源の提供地域における利用者による非金銭的利益の創出を通して、提供地域の生物多様性保全や活性化にもつながる仕組みを検討する。上記パイロットプロジェクトが当該検討に適合する場合には、当該プロジェクトを活用した評価を行う。なお、このような保全的取り組みは、企業の社会的責任（CSR）の一環として、国内外ですでに多くの事例が存在する。こうした関連事例を参考としながら、利用企業の CSR、提供地域の生物多様性保全・地域活性化にむけた PIC の役割を検討し、具体的な制度設計・政策を検討する。（(iv)-⑤：菌・田中・大沼）

④「(ii) (iii) (iv) (v)」について（横断：理論的枠組に基づく経済評価とレジリエンス）

2016年度は、2015年度に行ったバイオプロスペクティングのレビューと PIC を含めた展開に基づき、国内での遺伝資源の経済的評価を試みる。これは、Simpson 他（1996）が行った方法に沿ったもので、厳密性には欠けるものの、簡便な方法で評価を行うことが出来る。入手可能な情報と生産者への調査を通して得られた情報に基づきながら、評価を試みる。また、あわせて利益配分について、理論分析によって、利益配分の形態の差異により提供者に与えられる異なる効果について分析を進める。（(vi)-①：大沼・上原）

また、レジリエンスについては、2015年度は、先行研究レビューにより、遺伝資源、生物多様性、レジリエンス、そして経済評価の関係を整理した。2016年度はその成果を踏まえ、遺伝資源の持続的な供給可能性につながる生態系のレジリエンスの構築（言い換えれば生物多様性の保全）の経済評価にかかる手法の確立を目指す。具体的には、生物多様性と生態系サービスの概念と親和性が高いポートフォリオ理論や、市場で取引されない財の経済評価を行う選好表明法の適用を検討する。事例はレジリエンスの概念が普及しており、また豊富な遺伝資源を有すると考えられるサンゴ礁を検討対象とする。（(vi)-②：上原・大沼）

最後に、定量分析・理論分析により行ったこれらの研究をまとめ総括する。

（4）2017年度

①「(v) 遺伝資源利用の経済評価が生物多様性保全に与える影響の評価」について

以下の2点から評価を行う。

<1> 過去に利用された遺伝資源とそれらを取り巻く生態系の状況から、遺伝資源利用における生態系保全の重要性を考える。本研究では、過去に創薬発見につながった遺伝資源を整理し、それらの位置情報を利用することで、有用な遺伝資源が含まれる生態系の保全

状況を空間データ化する。このデータに経済的・地理的・生態的情報を重ねることで、人間の経済活動（商業開発・宅地造成など）により生態系が攪乱され、遺伝資源を利用できなかったかもしれない確率をベイズ空間離散選択モデルにより推計する。この攪乱確率と、遺伝資源利用の利益（創薬による利益のうち遺伝資源に帰せられる部分）を組み合わせることで、生態系を保全しないことによる潜在的な逸失利益を数値化する。この遺伝資源利用の利益は、（ii）の経済的利益における研究成果を参考とする。本研究から、遺伝資源利用の面で特に保全を要する生態系を特定するとともに、その保全における費用対効果の高い政策オプションの提案をおこなう。((v)-②：田中・柘植・大沼・菌)

- <2> パイロットプロジェクトの試行又は代替研究が実現した場合には、2016年度に引き続き当該パイロットプロジェクト等を支援しながら、定量的又は定性的な実証的検証に基づく検討を行い、提供者に対する利益配分により実際に保全に充当できる資金やその他の便益を検証することで、利益配分の奨励措置や PIC 制度の導入により保全インセンティブが働くかどうかを評価する。((v)-③：菌・田中・上原・大沼)

(5) 研究計画行程概要表

2015 年度	7月-1月	<ul style="list-style-type: none"> ・ 学術及び産業における遺伝資源等（特に国内の遺伝資源等）の取得及び利用と遺伝資源等の利用により生ずる金銭的、非金銭的利益の実態について、文献調査、インタビュー、研究会等を行い、遺伝資源等の利用により生ずる経済的価値について基礎的な概念の整理検討を行う。((i)-①) ・ 2016～2017年度において国内特定地域でABSに係るパイロットプロジェクトを形成し、PIC等の遺伝資源管理の導入や遺伝資源提供者に対する利益配分による保全等の貢献を検証することが可能か調査・検討を行う。((i)-③) ・ 企業の創薬分野でのR&Dと国内遺伝資源の利用状況の関係に関する分析を行うためのデータの整備を行う。((ii)-①) ・ 遺伝資源を利用した財に対するWTPを消費者へのアンケートにより計測する。((ii)-②) ・ 遺伝資源利用による利益に関する情報が人々の生態系保全意識を向上させるかを分析するためのアンケートを実施する。((v)-①) ・ 市民は有用な遺伝資源が発見される可能性が高い生態系をより高く評価するかを検証するためのアンケートを実施する。((v)-②)
	2月-3月	1年目の報告書作成
2016 年度	4月-8月	<ul style="list-style-type: none"> ・ 遺伝資源利用により節減される費用を市場データや生産者へのインタビューにより計測するとともに、産業連関分析によりその最終帰着額を推計する。((ii)-④) ・ 名古屋議定書の国内措置（特に国内遺伝資源管理に係る措置）の要否及び措置・政策のオプションを、法的観点及び利用者の受容性等の観点から検討・評価するとともに、国内遺伝資源管理制度の導入や措置・政策オプションに応じた社会経済影響を分析する。((iii)-①) ・ 国内措置を導入した場合の遺伝資源利用やR&D水準に与える影響を推測するためのアンケートを実施する。((iii)-②) ・ 創薬活動におけるR&D水準が、国内の遺伝資源利用にどの程度規定されているかを、企業単位のパネルデータを用いて推計する。((iii)-③) ・ 国内措置導入により、遺伝資源利用を停止する企業の逸失利益や、増加する取引費用を受け入れ利用を継続する企業のWTAをアンケートで調査する。((iv)-①)
	9月-1月	<ul style="list-style-type: none"> ・ PICを導入することで得られる便益を、市民を対象としたアンケートにより評価する。((iv)-②) ・ 実施可能な場合には、パイロットプロジェクトを試行し、定量的又は定性的な検証を行う。パイロットプロジェクトの実施が難しい場合には、仮想的なABSスキームを設定し、関係者へのヒアリング等により代替する((iv)-③) ・ 国内措置が非金銭的利益の創出を通して、提供地域の多様性保全、活性化にもつながる仕組みを検討する。((iv)-④)

		<ul style="list-style-type: none"> • Simpson 他 (1996) の方法に沿って国内での遺伝資源の経済的評価を試みる。((vi)-①) • 利益配分の形態の差異が提供者に与える効果について理論分析を進める。((vi)-①) • 遺伝資源の持続的な供給可能性につながる生態系のレジリエンスの構築 (生物多様性の保全) の経済評価にかかる手法の確立を目指す。((vi)-②)
	2月-3月	2年目の報告書作成
2017 年度	4月-8月	<ul style="list-style-type: none"> • 有用な遺伝資源が含まれる生態系の保全状況を空間データ化する。((v)-②) • 人間の経済活動により生態系が攪乱され、遺伝資源を利用できなかったかもしれない確率を推計する。((v)-②) • パイロットプロジェクトの試行又は代替研究において、提供者に対する利益配分により実際に保全に充当できる資金やその他の便益を検証することで、利益配分の奨励措置や PIC 制度の導入により保全インセンティブが働くかどうかを評価する。((v)-③)
	9月-12月	<ul style="list-style-type: none"> • 攪乱確率と遺伝資源利用の利益から、生態系を保全しないことによる潜在的な逸失利益を数値化する。((v)-②) • 遺伝資源利用の面で特に保全を要する生態系を特定し、費用対効果の高い保全策を提案する。((v)-②) • パイロットプロジェクトの試行又は代替研究において、提供者に対する利益配分により実際に保全に充当できる資金やその他の便益を検証することで、利益配分の奨励措置や PIC 制度の導入により保全インセンティブが働くかどうかを評価する。((v)-③)
	1月-3月	最終報告書の作成

3. 3年間の研究実施体制

	研究者名	所属等	研究分担項目
研究代表者	大沼 あゆみ	慶應義塾大学経済学部 教授	(i) (ii) (iii) (iv) (v)
共同研究者	上原 拓郎	立命館大学政策科学部 准教授	(i) (ii) (v)
	河井 啓希	慶應義塾大学経済学部 教授	(i) (ii)
	菌 巳晴	三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング(株) 副主任研究員	(i) (ii) (iii) (iv) (v)
	田中 勝也	滋賀大学環境総合研究センター 准教授	(i) (ii) (iii) (iv) (v)
	柘植 隆宏	甲南大学経済学部 教授	(i) (ii) (iii) (iv) (v)
	森 宏一郎	滋賀大学国際センター 教授	(i) (ii)

4. 本研究で目指す成果

期待される主たる研究成果は以下のものである。

<1> 遺伝資源利用による経済的利益の評価手法とその応用評価

<2> PIC 等の導入による便益と費用の評価

<3> 遺伝資源利用による経済的利益（産業の利益と消費者便益）が示されることで、生物多様性保全がどのように促進されるかの評価

5. 研究成果による環境政策への貢献

第一に、「生物多様性国家戦略 2012-2020」に掲げられる議定書早期締結という政策目標（同戦略では「遅くとも 2015 年までに国内措置を実施」が目標）の実現に向けた取組（施策 A）、第二に、生物多様性条約 COP13/名古屋議定書 MOP2（2016 年 12 月）等の関連国際会議における我が国施策等の発信に係る取組（施策 B）、第三に、国内 PIC 制度が将来的に必要な場合に備えての検討継続に係る取組（施策 C）に対し下記の通りインプリケーションを提供する。

<1> 施策 A に対し、名古屋議定書締結に際して現段階での PIC 等の導入の可否等の検討材料を提供する。

2015 年度において、研究項目（i）（ii）の実施により、遺伝資源の利用及び利益の類型及び遺伝資源利用による経済的利益等、名古屋議定書の国内措置の検討に必要な基礎的知見を提供するとともに、研究項目（iii）（iv）の事前検討により PIC 等の導入による影響の経済学的知見に基づく仮説を提示する。

<2> 施策 B に対し、保全等への貢献の観点からの遺伝資源政策形成の取組、知見の発信材料を提供する。

2015 年度～2016 年 12 月頃までの研究項目（i）～（v）の研究成果からの知見を我が国の取組の観点から提供する。

<3> 施策 C に対し、中長期的観点での PIC 等の導入可否の検討材料及び今後の政策立案のための評価手法を提供する。

2015 年度成果を基礎に 2016～2017 年度における研究項目（iii）（iv）（v）の本格的評価の実施により、PIC 導入の影響、PIC 導入の便益・費用、保全等に与える効果等に関し経済学的知見を提示、評価手法を開発する。また、研究成果を基に生物多様性及び遺伝資源の保全・利用に係る普及啓発と取組推進に資する政策的知見を提示する。

II. 平成 28 年度の研究計画および進捗状況と成果

1. 平成 28 年度の研究計画

(1) 経済的利益（金銭的・非金銭的利益）の評価手法の研究

経済的利益の評価は、企業の利益の一部は市場データに基づき計測することが可能であるが、遺伝資源の代替生産要素による生産が可能な財は、ここから費用を推定した上で、遺伝資源利用により節減される費用を計測し、経済的利益の評価を行う。市場データが存在しない場合は、生産者にインタビューを行うことで、費用差を計算し評価を行うものとする。また、遺伝資源を利用している部門（農業、種子、園芸品、食品、化学製品、医薬品）は直接利用されるだけでなく、他の多くの産業で加工されることによる 2 次利用も考えると幅広く利便性を享受していることから、産業連関分析によりその最終帰着額の評価を行うものとする。

(2) PIC 等導入による遺伝資源利用に及ぼす影響の予測に向けた調査

国内の学術及び産業界における遺伝資源等の取得及び利用の現状を踏まえ、国内遺伝資源管理制度の導入や措置・政策オプションに応じた社会経済影響の分析や法的整理を通じ、名古屋議定書の国内措置（特に国内遺伝資源管理に係る措置）の要否及び措置・政策のオプションを検討・評価する。

PIC 導入による影響予測の前提として、医薬品産業における企業の R&D データに、各企業の遺伝資源の利用状況や関連特許取得状況などを組み合わせ、天然物創薬・化粧品開発における R&D が、国内の遺伝資源利用状況にどの程度影響されているか推計を行う。

また、遺伝資源に非代替的生産要素がないケースについて、国内措置導入により、(a)遺伝資源利用を停止する (b)増加する取引費用を受け入れ利用を継続する、の 2 つのケースが考えられることから、企業を対象とした聞き取りおよび、1,000 サンプル程度のアンケート調査を行い、国内措置を導入した場合の遺伝資源利用や R&D 水準に与える影響を推測するほか、国内措置に対する企業の受容性等についても把握する。

(3) 日本での PIC 導入による便益・費用面での評価

(2) (a)のケースでは、停止による企業の逸失利益を国内措置導入の費用と見なすことが可能であり、(b)のケースでは、企業に国内措置の受入補償額（WTA）を回答してもらうことで取引費用を定量的に計測することが可能である。一方、日本が PIC を導入することで得られる便益は、受益者である市民の選好に基づいて評価を行う。企業の国内措置導入による費用増加分が製品価格に転嫁されるとの想定のもと、アンケート調査より国内の遺伝資源や生息地である自然環境の保護のために受け入れられる製品価格の上昇額を仮想的市場評価法（CVM）などにより計測する。

また、昨年度実施した長崎県対馬、沖縄県の地域におけるパイロットプロジェクトの実施可能性の検討を踏まえ、試行の実現に向けた検討・調整を継続する。検討・調整に際しては、遺伝資源の提供地域における利用者による非金銭的利益の創出を通して、提供地域の生物多様性保全や活性化にもつながる仕組みとなるよう検討を行う。その結果、試行を実現できる場合には、当該

プロジェクトの運営をコーディネートし、試行を支援する。その上で、当該試行の内容と範囲に応じ、当該プロジェクトにおける遺伝資源の提供と利益配分等のスキームや遺伝資源管理措置を導入する場合のコストとベネフィット、遺伝資源の取得・利用と利益配分による生物多様性保全へのインセンティブ等について、定量的又は定性的な検証を行う。検証に際しては、例えば企業の CSR 活動との統合化や提供地域の生物多様性保全・地域活性化にむけた PIC の役割等の検討も念頭に置く。なお、本格的なパイロットプロジェクト候補地となる長崎県対馬、沖縄県の地域での実施が難しい場合には、仮想的な「A B S : Access and Benefit-Sharing (遺伝資源の取得の機会及びその利用から生ずる利益の公正かつ衡平な配分)」スキームを設定し、関係者へのヒアリング等により代替する方法なども考慮するものとする。

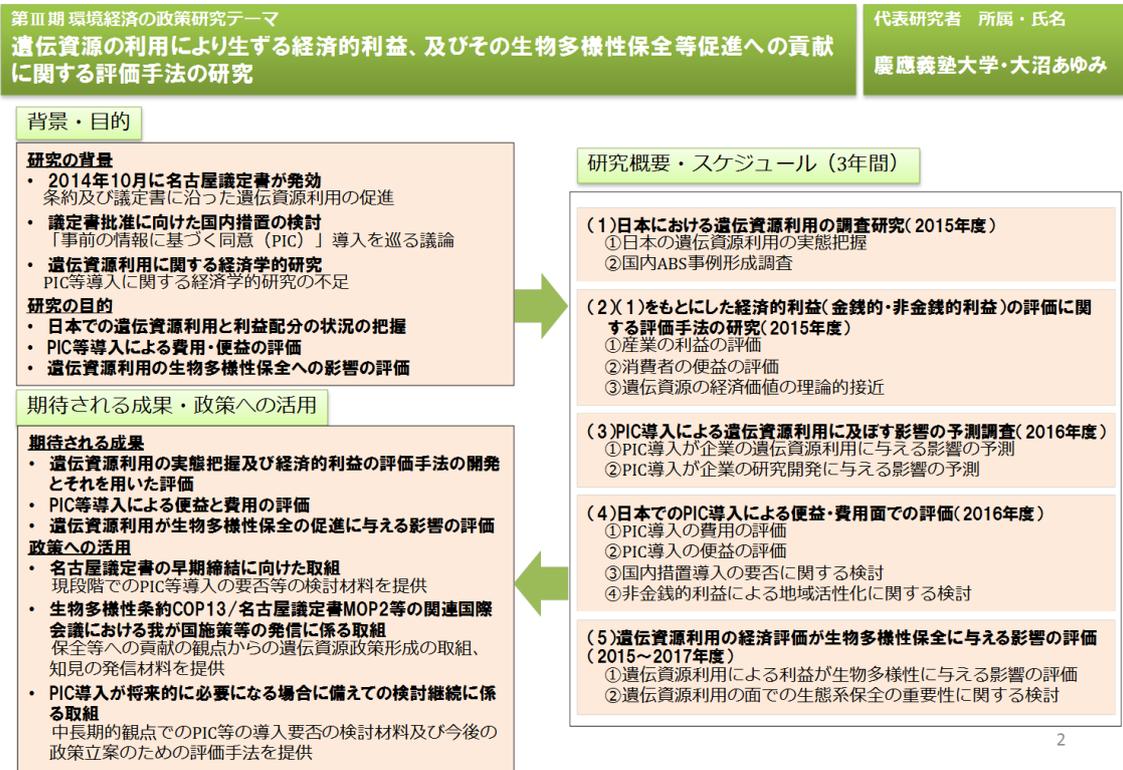
(4) 理論的枠組みに基づく経済評価とレジリエンス

昨年度実施した、バイオプロスペクティングのレビューと PIC を含めた展開に基づき、国内での遺伝資源の経済的評価を試算する。Simpson 他(1996)が行った方法で評価を行うこととし、入手可能な情報と生産者への調査を通して得られた情報に基づきながら、評価の試行を行う。また、あわせて利益配分について、理論分析によって、利益配分の形態の差異により提供者に与えられる異なる効果について分析を進める。

また、生態系のレジリエンスと遺伝資源に関し、昨年度は、先行研究レビューにより、遺伝資源、生物多様性、レジリエンス、そして経済評価の関係を整理したが、本年度はその成果を踏まえ、遺伝資源の持続的な供給可能性につながる生態系のレジリエンスの構築(生物多様性の保全)の経済評価にかかる手法の確立を検討する。具体的には、市場で取引されない財の経済評価を行う選好表明法の適用を検討する。事例としてレジリエンスの概念が普及しており、豊富な遺伝資源を有すると考えられるサンゴ礁を検討対象とする。

2. 平成 28 年度の進捗状況および成果（概要）

＜3年間の研究計画概要＞



(1) 経済的利益(金銭的・非金銭的利益)の評価手法の研究

①生産者側

遺伝資源の経済価値と利益配分の経済効果分析手法の検討

分析1: 遺伝資源商品(農林水産業商品: 除サービス)利用の帰着分析

【研究目的】

- 遺伝資源商品の直接・間接利用の程度を評価し、政策効果を判断する基礎情報を提供する

【遺伝資源の直接間接利用度】

- 遺伝資源分析用産業連関表より遺伝資源商品の直接間接の帰着効果が分析された。
- 遺伝資源商品依存度は想定よりも大きく幅広い産業利用が確認できる→政策の影響はより大きく、より広範囲にわたる。
- 技術変化により遺伝資源商品依存度は低下傾向にある。

遺伝資源商品依存度	総合遺伝資源商品係数
飼料・有機質肥料	52.75
畜産	46.73
食料品	37.60
木材・木製品	21.41
林業	13.93
ゴム製品	12.37
耕種農業	11.16
飲料	10.94
漁業	7.91
飲食サービス	7.91
たばこ	6.65
宿泊業	4.76
繊維工業製品	4.38
農業サービス	4.08
たばこ	3.37
その他の製造工業製品	2.79
なめし革・毛皮・同製品	2.64
家具・装備品	2.26
社会保険・社会福祉	1.89
その他の対個人サービス	1.69
介護	1.61
衣服・その他の繊維既製品	1.56
建築	1.16
事務用品	1.10
その他の対個人サービス	0.88
化学最終製品(医薬品を除く)	0.88
医薬品	0.85
紙加工品	0.68
自動車整備・機械修理	0.67
娯楽サービス	0.63
その他の自動車	0.61
化学繊維	0.56
陶磁器	0.51
研究	

(注)総務省「2011年産業連関表(108部門)」より推計

(2) 経済的利益(金銭的・非金銭的利益)の評価手法の研究

①生産者側

<遺伝資源の経済価値と利益配分の経済効果分析手法の検討>

分析2: 微生物利用によるイノベーションの経済評価

【分析目的】

微生物利用による新製品の登場と効率性向上の価値を評価し、必要な政策施策について分析

【イノベーションの経済価値評価】

効用関数の推定の結果、ヨーグルト市場における新開発乳酸菌によって生じた消費者の価値は**商品価格の20%程度**にもなる。

【イノベーションによる市場拡大を後押しする政策の必要性】

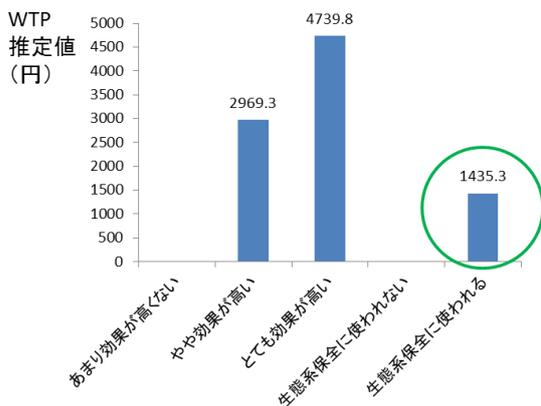
- ヨーグルト市場では新開発乳酸菌による新製品が市場を拡大させたが、**トクホ制度等の品質保証制度**が市場拡大を支えた。
- 高脂血症薬(スタチン)市場では微生物利用の先発スタチンに加えて化学合成された**後発スタチンの認可**が市場拡大を支えた。

(1) 経済的利益(金銭的・非金銭的利益)の評価手法の研究

②消費者側

以下のような2つの製品が店頭にあるとき、どちらを購入したいと思いますか？

	製品1	製品2	どちらも買わない
あなたの症状に対する効果	とても効果が高い	やや効果が高い	
あなたが支払った金額の一部が生態系保全に使われるか	生態系保全に使われない	生態系保全に使われる	
価格(3日分)	1500円	2000円	



- 利益の一部が遺伝資源の生息地保護に使用されるケースの方が、そうでないケースよりも、財に対するWTPが高い
- 利益の一部が遺伝資源保護に利用されるような制度は、一般市民から一定の支持を得ると考えられる

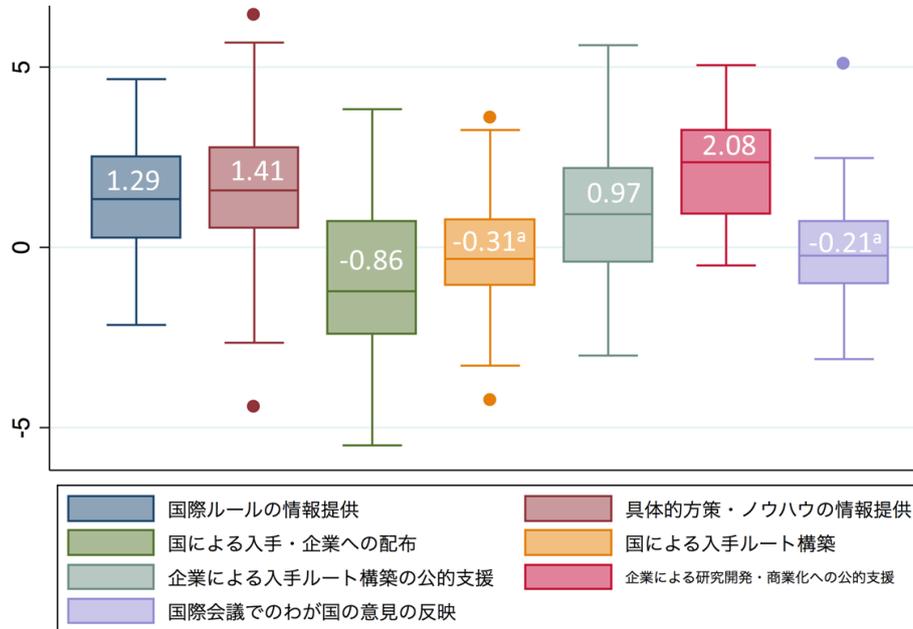
(2) PIC等導入による遺伝資源利用に及ぼす影響の予測に向けた調査

＜企業の遺伝資源利用に関するアンケート調査＞

- 目的
 1. 企業による遺伝資源の利用状況の把握
 2. 遺伝資源利用の普及促進に必要な要素を特定(次スライド)
 3. 遺伝資源の利用の有無が、企業の経済パフォーマンス・生態系保全行動に与える影響の評価(次年度)
- 調査対象
 - 農林業・水産業・鉱業・製造業の全1,305社
 - 東証一部、東証二部、新興市場(JASDAQ、マザーズ)のいずれかに上場し、アンケート調査に対応可能なすべての企業が対象
- 調査スケジュール
 - 2017年2月6日発送
 - 2017年2月27日受付終了
 - 回収率26%(343社)、うち遺伝資源を利用する企業34%(118社)

(2) PIC等導入による遺伝資源利用に及ぼす影響の予測に向けた調査
 <企業の遺伝資源利用に関する調査>

ベスト・ワースト・スケーリングによる、遺伝資源利用の普及促進のために重要な属性の相対評価



a 統計的有意性は確認されず

(3) 日本でのPIC導入による便益・費用面での評価

①PIC導入による便益の評価

- 日本がPICを導入することで得られる便益を、受益者である市民の選好に基づいて評価するためのアンケート調査を実施
 - 今年度は調査票の作成と調査の実施
- PIC導入により、企業が生態系保全のために拠出する資金を確保することを目的として製品を値上げするとの想定のもと、遺伝資源の生息地である国内の生態系の保護のために受け入れられる年間支出の増加額(WTP)をコンジョイント分析により計測
 - PICの導入を検討するうえで、有益な情報

以下の3つの選択肢のうち、どれが望ましいと思いますか？

	選択肢1	選択肢2	選択肢3(この制度を導入しない)
健全な生態系が維持される面積	10%増加	20%増加	現状のまま
遺伝資源をもとに作られた製品が実用化される確率	現状の2倍	現状の1.5倍	現状のまま
負担額(年間支出の増加額)	2000円	1000円	0円

(3) 日本でのPIC導入による便益・費用面での評価
(一部、(2)PIC導入による遺伝資源利用に及ぼす影響の予測調査を含む)

②国内ABS事例形成調査

【背景】

- 国内における既存のABS関連事例やデータが不足しており、ABS法規制の不在や研究開発情報の機密性から通常的手法では十分なデータ収集が困難。

国内でABSに係る事例形成(パイロットプロジェクト等)を模索し、試行に基づいて行政、住民、遺伝資源の提供者、利用者という多角的観点から実証的に検討する。

【H28年度の実施状況】

<長崎県対馬市>

- 国内遺伝資源管理に係る措置・政策のオプションを考慮し、試行的なABSの仕組みのシナリオ案を検討
- 対馬の遺伝資源へのアクセス試行(民間企業2社、大学1研究者により対馬の遺伝資源にアクセス)
- 試行的なABSの仕組みの設定と上記アクセスへの適用による評価実施に向け対馬市、利用者、提供者との事前調整等を実施
- ABSの取組(仕組みを含む)による影響・効果の評価の一環として、対馬市と共同で対馬市民アンケート調査を実施

<沖縄県おきなわ生物資源活用戦略、沖縄県慶良間諸島>

- 沖縄県事業関係者を訪問し、県ライブラリ構築事業の進捗状況の把握、連携した経済評価の実施等の可能性について意見交換
- 慶良間諸島については、阿嘉島臨海研究所とパイロットプロジェクト等の実現可能性について意見交換

(3) 日本でのPIC導入による便益・費用面での評価 ②国内ABS事例形成調査

(一部、(2)PIC導入による遺伝資源利用に及ぼす影響の予測調査を含む)

【H28年度の成果】

- 対馬市:** いくつかの遺伝資源アクセスの実施事例を形成。対馬市の協力の下、影響・効果の評価の準備及び体制が概ね整った。
→ABSを通じた地域資源の付加価値化による保全や地域活性化、より幅広い環境政策に対する波及性について、一定の評価・検討へ
- 沖縄県おきなわ生物資源活用戦略/慶良間諸島:** 沖縄県事業関係者との連携による県内遺伝資源の保存・利用実態調査やケーススタディは実現可能であるが、パイロットプロジェクト等の試行に基づく検証等には更なる時間を要することを確認。

【来年度の計画】

<PIC導入による遺伝資源利用に及ぼす影響の予測調査>

- 我が国で将来に向け検討する必要性があり、想定し得る国内遺伝資源管理に係る措置・政策のオプションを精査する。→対馬市での仮想的なABSの仕組みに反映
- 企業アンケートまたはインタビュー等により、国内遺伝資源管理(PIC制度等)の認識、受容性、施策ニーズを把握し、分析する。

<日本でのPIC導入による便益・費用面での評価(及び遺伝資源利用の経済評価が生物多様性保全に与える影響の評価)>

- 対馬市において仮想的なABSの仕組みの設定による評価を実施し、市民アンケートや上記企業アンケートの結果を踏まえて、影響・効果等を分析する。

(4) 理論的枠組みに基づく経済評価とレジリエンス

① 理論的枠組みに基づく経済評価 遺伝資源の経済価値の理論的接近

Simpson, Sedjoand, Reid (1996, SSR)をもとに

n種の遺伝資源により構成されるコレクションの価値 V_n と限界価値 v_n を導出

遺伝資源の限界価値

$$v_n = \frac{\lambda}{r} (pR - c)(1 - p)^n - [(y + g) - (s + b)]$$

製薬企業の研究開発を想定
 p: 1つの遺伝資源の開発成功確率
 R: 成功したときの収入
 c: 一回の試験の費用
 r: 割引率
 λ: 新たな医薬品開発需要数/年

上記(SSR)に下記の要素を考慮

利用者サイド

- 取得料金: q
- 手続き費用: y
- 取得可能性への効果: s

提供者サイド

- 金銭的利益(対価) q
- 非金銭的利益 b
- 機会費用: g

- 天然創薬研究者複数にインタビューを行った。
 - パラメータを特定することは容易ではない。
- ⇒製薬企業の研究者にアンケート
- 所属企業ではなく、日本の天然物由来の創薬産業全体について質問することで、企業の開示しにくい情報というよりも、研究者自身が認識している、日本の状況について回答をしてもらう。

(4) 理論的枠組みに基づく経済評価とレジリエンス

① 理論的枠組みに基づく経済評価 遺伝資源の経済価値の理論的接近～アンケートから

質問内容	回答数	回答平均
天然物由来ライブラリーから取得した化合物が臨床試験を通過する確率	6	下限平均: 10万当たり3.2 上限平均: 10万当たり10.8
一つの新薬の開発に成功した場合に期待できる年当たりの売上収入	7	下限平均: 54億4千万円 上限平均: 964億2千万円
一つの新薬の開発に成功した場合に売上収入を計上できる平均年数	7	7.83年
天然物由来のサンプル1つを追加的に増やす費用(自社で培養・抽出・精製)	4	下限平均: 1.65万円 上限平均: 4万円
天然物由来のサンプル1つを追加的に増やす費用(他社から購入)	4	下限平均: 0.21万円 上限平均: 0.66万円

②利益配分についての理論的研究 提供国側の利益配分についての理論的研究

背景:単純に利用国・提供国相互の利益配分ではなく、提供国側でもさまざまな動向
・インドのNBA(上部機関として州単位のプロジェクトを管理⇒多様な利益配分方法の可能性
・生物多様性条約締約国会議で多国間利益配分システムの議論が行われる。

問題意識

提供国で複数のバイオプロスペクティングの共同利益配分システムが、生態系保護面積と各提供者の純便益にどのような効果を持つかを理論的に推定。

モデル

各地方政府が生態系を保有。どの割合で保護するか、農地等に転換するかを決定。
・農地に転換すれば確実に収入が発生。
・保護して遺伝資源利用によるバイオプロスペクティングを展開すれば、外生的な確率Pで収入Mが発生。

結果

各地方政府の意志決定が、期待収入だけではなく、収入のリスクにも依存するとき、共同利益配分システムをとる

⇒期待収入は変化しないが、その分散が低下

⇒生態系保護面積と各地方政府の純便益が増加⇒生物多様性保全と経済発展

提供国側の利益配分システムの工夫で、CBDの期待する効果を強める可能性

(3) 遺伝資源利用の経済評価が 生物多様性保全に与える影響の評価

②有用な遺伝資源が発見される可能性が
生態系保全意識に与える影響の検証

<レジリエンスとの関係性の検討>

=今年度の研究状況=

【研究目的】

- ・ レジリエンスの経済価値推計手法の選定を行う。
- ・ 経済価値推計の事例として、サンゴ礁の海洋遺伝資源を検討する。
- ・ 経済価値推計に必要なデータ収集方法等の選定と設計を行う。

【まとめ】

- ・ 遺伝資源の供給可能性を高めるレジリエンスに対する市民(全国を対象)の支払意思額を推計するための手法として、表明選好法を選定した。
- ・ サンゴ礁は、海洋遺伝資源のホットスポットの一つであるが、人的ストレスによる影響が懸念されている、管理が重要な生態系である。また、サンゴ礁では、レジリエンスの考え方による生態系管理が普及していることから、本研究の事例として相応しいことが明らかとなった。
- ・ 表明選好法に必要なデータの収集方法としてインターネット・アンケート調査を選定し、沖縄でのヒアリング調査、および先行研究レビューをふまえて、その素案を作成した。

(3) 遺伝資源利用の経済評価が
生物多様性保全に与える影響の評価

②有用な遺伝資源が発見される可能性が
生態系保全意識に与える影響の検証

<レジリエンスとの関係性の検討>

＝来年度の研究課題＝

【来年度の課題】

- ・ 今年度作成したインターネット・アンケート調査の素案をもとに、インターネット用のアンケート調査票を作成する。
- ・ インターネット・アンケート調査を実施し、表明選好法のためのデータを収集する。
- ・ 表明選好法(コンジョイント分析を検討中)を用いて、遺伝資源の供給可能性を高めるレジリエンスに対する支払意思額を推計する。
- ・ 支払意思額と回答者の属性(所得、職業、環境意識等)との関係を分析することにより、環境政策への知見を導出する。

(4) 理論的枠組みに基づく経済評価とレジリエンス
③ 遺伝資源とレジリエンスとの関係性及び経済評価

＝来年度の研究課題＝

【来年度の課題】

- ・ 今年度作成したインターネット・アンケート調査の素案をベースに、インターネット用のアンケート調査票を作成する。
- ・ インターネット・アンケート調査により、表明選考法のためのデータを収集する。
- ・ 表明選好法(コンジョイント分析を検討中)を用いて、遺伝資源の供給可能性を高めるレジリエンスに対する支払意思額を推計する。
- ・ 支払意思額と回答者の属性(所得、職業、環境意識等)との関係を分析することにより、環境政策への知見を導出する。

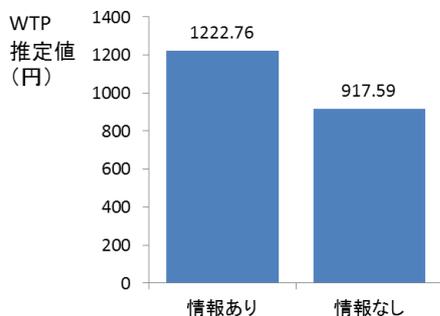
(5) 遺伝資源利用の経済評価が 生物多様性保全に与える影響の評価

① 遺伝資源利用に関する認識が 生態系保全意識に与える影響の検証

あなたがお住まいの都道府県の自然環境のうち、生態系保全の観点から特に重要性が高い土地10ha(10万平方メートル、30250坪、東京ドーム2.1388個分)を購入し、保全していくためのナショナル・トラストの取り組みが行われていると想定してください。土地を取得することができれば、その土地に存在する生態系は永久に保全されます。

あなたは、このナショナル・トラストのために、1000円寄付してもいいと思いますか？ただし、寄付された金額は、この土地の購入のためだけに使われます。他の目的に使われることは決してありません。

はい いいえ



- 遺伝資源に関する情報を与えた群の方が、与えない群よりもナショナル・トラストに対するWTPが高い
- 遺伝資源に関する情報により、自然保護に対する意識が向上したものと考えられる

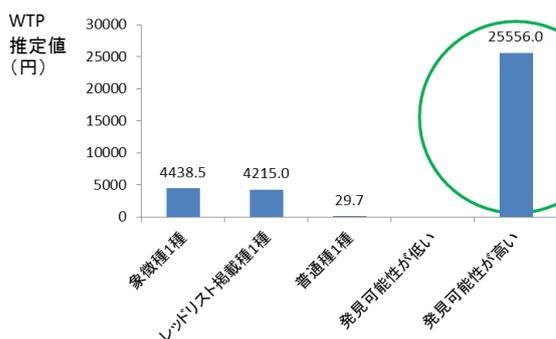
(5) 遺伝資源利用の経済評価が生物多様性保全に 与える影響の評価

② 有用な遺伝資源が発見される可能性が 生態系保全意識に与える影響の検証

アンケート調査による検証

自然環境保全地域の設定の仕方として、以下のような3つの案があるとき、どれが望ましいと思いますか。

	選択肢1	選択肢2	選択肢3
【保全される動植物】象徴種	0種	1種	自然環境保全地域は設定すべきでない
【保全される動植物】レッドリスト掲載種	2種	2種	
【保全される動植物】普通種	100種	300種	
有用な遺伝資源が見つかる可能性	高い	低い	
あなたの世帯の年収の減少	1万円	3万円	



- 有用な遺伝資源が見つかる可能性が低い自然環境よりも、その可能性が高い自然環境を自然保護区に設定の方が、自然保護区の設定に対するWTPが高い
- 有用な遺伝資源が発見される可能性が高いことが、一般市民の生態系保全に対する意欲の向上をもたらすと考えられる

3. 対外発表等の実施状況

(1) 研究会等の実施状況

本年度における研究会及び研究打合せ等の実施状況は下記の通りである。また、下記のほか本研究全般に従事するコアメンバー間（大沼、田中、柘植、菌ほか）、個別の研究項目の研究分担者間で随時、電子メール、電話による綿密な情報・意見交換を行うほか、適宜 Skype を使用しての打合せ・検討等を実施した。

実施	日時	場所	出席者 (敬称略)	概要
研究会	2016年 4月16日(土) 13:00~17:00	慶應義塾大学 (三田)産業研 究所会議室	大沼、河井、柘植、 田中、森、上原、菌	各研究計画に関する意見交換及び各研究内容の報告・検討
環境省との研究打合せ	2016年 7月11日(月) 14:00~17:00	慶應義塾大学 (三田)産業研 究所会議室	環境省、 大沼、河井、柘植、 菌	研究内容に関する意見交換及び研究実施の打合せ、国内遺伝資源利用事例インタビュー結果報告・検討、環境経済・政策学会企画セッション打合せ
特別研究会	2016年 8月11日(木) 14:00~17:00	九州産業大学 TBA	Charles Perrings (アリゾナ州立 大)、大沼、柘植、 田中、森	遺伝資源に関する経済分析について、アリゾナ州立大 Charles Perrings 教授による講演及び意見交換
研究会	2016年 12月3日(土) 13:00~17:00	慶應義塾大学 (三田)産業研 究所会議室	大沼、河井、柘植、 田中、上原、菌	各研究内容の進捗報告・検討及び研究実施の打合せ
環境省との研究打合せ	2017年 1月17日(火) 13:00~15:30	慶應義塾大学 (三田)産業研 究所会議室	環境省、 大沼、河井、菌	研究内容に関する意見交換及び研究実施の打合せ

(2) 対外発表

本年度における研究成果の対外発表の実施状況は下記の通りである。

①論文

大沼あゆみ・柘植隆宏 (2016) 「生態系サービスへの支払 (PES) によるサンゴ礁保全の可能性」『生物科学』農文協、68 (1)、pp.41-49.

②学会発表

2016年9月11日(日) 青山学院大学 青山キャンパス

環境経済・政策学会 2016年大会企画セッション「日本の遺伝資源利用の経済的評価～名古屋議定書の効果的実施の議論に向けて」(座長:大沼あゆみ、討論者:環境省 中山直樹)

概要

(報告) 大沼あゆみ「遺伝資源利用と PIC 導入の経済効果: 理論モデルの検討と応用」

(報告) 柘植隆宏・田中勝也「遺伝資源利用に関する情報は保全意識を高めるか」

(報告) 菌巳晴「名古屋議定書の理念は実現可能か: 遺伝資源の利用促進と生物多様性保全」

(報告) 森宏一郎「民間営利企業は遺伝資源利用をどれくらい重視しているか?」

以上の報告に対し、環境省 中山直樹氏より資料「名古屋議定書と生物多様性保全」を用いてコメント、その上で会場との間でディスカッションを行った。

※学会報告資料は巻末の添付資料参照。



③シンポジウム

<p>2017年3月24日（金）東京国際フォーラム ガラス棟 6階 G602 環境経済の政策研究 名古屋議定書シンポジウム「名古屋議定書を産業と生物多様性にどう活かすか～遺伝資源の経済価値から考える研究開発推進と生物多様性保全～」 （共催：慶應義塾大学、滋賀大学、三菱UFJリサーチ&コンサルティング、環境省）</p>		
<p>プログラム</p>		
<p>司会：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株) 藺 巳晴 副主任研究員</p>		
開始	内容	講演者
13:00	開会挨拶	環境省 自然環境局 生物多様性施策推進室 西山 理行 室長
13:10	本日のプログラムについて	司会
13:15 13:15-13:35	基調講演 遺伝資源の経済価値評価の意義と展開：遺伝資源の経済価値からみた研究開発推進と生物多様性保全	慶應義塾大学 経済学部 大沼 あゆみ 教授
13:35 13:35-13:55	I. 研究報告：遺伝資源の経済価値 1. 企業による遺伝資源利用の経済分析	滋賀大学 環境総合研究センター 田中 勝也 教授
13:55-14:15	2. 産業の遺伝資源利用の経済効果：微生物利用のケース	慶應義塾大学 経済学部 河井 啓希 教授
14:15-14:35	3. 遺伝資源の生息域内保全に対する消費者の評価	甲南大学 経済学部 柘植 隆宏 教授
14:35 14:35-14:55	II. 名古屋議定書時代における遺伝資源の研究開発 1. 遺伝資源を活用した医薬リード探索の実績と今後の展開	大鵬薬品工業(株) 天然物フロンティア研究所 永井 浩二 所長
14:55-15:15	2. 産業界からみた遺伝資源アクセスの円滑化と名古屋議定書	(一財)バイオインダストリー協会 生物資源総合研究所 井上 歩 所長
15:15-15:35	3. 海外遺伝資源に関する産業利用推進及び能力構築と名古屋議定書	(独)製品評価技術基盤機構 バイオテクノロジーセンター 須藤 学 国際戦略課長
15:35-15:50	＜休憩＞	
15:50 15:50-16:10	III. 遺伝資源の研究開発推進と生物多様性保全の好循環 1. 名古屋議定書の実施と活用に向けた取組	環境省 自然環境局 生物多様性施策推進室 中山 直樹 室長補佐
16:10-16:25	2. “名古屋議定書”を産業と生物多様性に活かすために	三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株) 藺 巳晴 副主任研究員
16:25-16:40	3. 資源国におけるABS交渉現場の観点から	(株)ニムラ・ジェネティック・ソリューションズ 二村 聡 代表取締役社長
16:40 16:40-17:30	IV. パネルディスカッション コーディネーター：大沼あゆみ 教授 パネリスト：田中勝也 教授、永井浩二 所長、井上歩 所長、須藤学 課長、 中山直樹 室長補佐、藺巳晴 副主任研究員、二村聡 代表取締役社長	
<p>概要</p>		
<p>遺伝資源アクセスと利益配分（ABS）の国際的な実施を定める「名古屋議定書」は、2017年1～2月に国内措置案「ABS指針案」のパブコメが実施されるなど、日本の締結準備が大詰めを迎えている。</p> <p>遺伝資源の経済価値評価に関する最新の研究成果を紹介しながら、名古屋議定書時代における遺伝資源の研究開発と産業利用の推進に向けた課題と展望、さらに生物多様性保全との好循環をどのように形成できるのかについて、“名古屋議定書を活かす”観点から議論した。</p> <p>まず大沼教授から基調講演として本シンポジウムのテーマ全体に関わる意義や問題設定</p>		

を行った。Ⅰ部では「環境経済の政策研究」の研究成果として、遺伝資源の経済価値評価について、本共同研究メンバーから報告を行ったうえで、Ⅱ部では実業の立場から、遺伝資源の産業上の価値や重要性、研究開発の推進（遺伝資源アクセス促進を含む）について取組紹介を交えながら、名古屋議定書を今後の遺伝資源の研究開発の推進に活かすための課題と展望について講演が行われた。Ⅲ部では遺伝資源の研究開発推進と生物多様性保全の好循環に向け、名古屋議定書の国内外における実施について環境省の講演のうえで、パネルディスカッションへの導入として、本共同研究メンバー・関係者から話題提供や問題提起を行った。その上で、遺伝資源の経済価値を手がかりとして、名古屋議定書を活用しながら研究開発の推進、さらには生物多様性の保全との好循環をどのように形成していくことができるのか、登壇者間、また会場との間で意見交換・議論を行った。

※本共同研究参画者及び環境省の報告資料は巻末の添付資料参照。



慶應大学 大沼教授



大鵬薬品 永井氏



JBA 井上氏



NITE 須藤氏

4. 平成 28 年度の進捗状況と成果（詳細）

（1）経済的利益（金銭的・非金銭的利益）の評価手法の研究

①生産者側

遺伝資源の経済価値と利益配分の経済効果分析手法の検討

慶應義塾大学 河井啓希

1) 序論

人類は長期にわたって鉱物資源や生物資源を活用して豊かさを享受してきたが、その結果、生じている地球温暖化と生物多様性の減少は重大な地球環境問題となっている。

生物多様性の保全と遺伝資源の持続的利用を目的とした生物多様性条約(CBD: Convention on Biological Diversity)の目標達成に向けて我が国には積極的な政策関与が望まれているが、そのためには遺伝資源の利用状況ならびにその経済価値を把握したうえで政策措置の影響を実証的に推測する必要がある。

本稿では、我が国における遺伝資源利用の状況とその経済価値を包括的に評価するために、従来分析されることがなかった2つの試みをおこなう。

第1に遺伝資源(商品)の直接・間接的な利用状況を把握する遺伝資源利用の帰着分析を行う。遺伝資源は、それを直接利用している部門だけでなく、遺伝資源を利用して作られた財・サービスの利用を通して幅広い産業で間接的に利用されている。この直接・間接遺伝資源利用を評価するために遺伝資源分析用に組みかえた産業連関表を用いるが、これにより直接遺伝資源を利用していない幅広い産業において間接的に遺伝資源を利用していることが明らかになる。

第2に遺伝資源(微生物)を利用したバイオ産業革命によって生み出される経済価値評価をおこなう。微生物利用は、伝統的には酒や味噌・醤油などの発酵食品が代表的であったが、近年では、食品、化学、製薬産業を中心として、微生物を利用した新製品の開発(プロダクトイノベーション)と生産性向上(プロセスイノベーション)が同時に生じるバイオ産業革命が顕著となっている。これからも遺伝子組換え技術の発展に伴い、この傾向はさらに加速することが期待されている。本稿では、微生物利用によるバイオ産業革命の効果を把握するために医薬品(スタチン)と乳酸菌(ヨーグルト)について分析を行うが、微生物利用の経済価値は非常に大きいものの、その価値を拡大するための政策措置が重要であることが示される。

2) 本論

〈1〉遺伝資源と遺伝資源利用産業

生物多様性条約(CBD)において遺伝資源(genetic resources)は「現在または潜在的な価値のある生物(植物、動物、微生物)由来の素材」と定義されているが、再生産可能で取引量が大きい商品(commodity)、遺伝資源をもとに開発された派生物を対象として含めるか否かについては議論の余地もあるし、我が国の統計では明確に区別することができない。

本稿の遺伝資源取引の分析では、産業連関表が利用されるが、遺伝資源の価値を統計的に捉えることが困難なため、遺伝資源利用の一次近似として農林水産品(除サービス)の利用を遺伝資源取引と見なす。表1にはCBDにおける遺伝資源の概念と農林水産品(除サービス)の差異に

ついて整理した表が示されている。

表 1 遺伝資源と農林水産品(除サービス)の差異

利用産業	商品	遺伝資源	派生物
農林水産業			
製造業			
サービス業			

(注 1)商品(再生産可能な一般流通品)、遺伝資源(希少な動植物・微生物)、派生物(遺伝資源をもとに人工的に作られた財)

(注 2)太線内が CBD における遺伝資源取引、網掛が農林水産品(除サービス)の取引

表 1 の太線内が分析対象である CBD における遺伝資源の取引であるが、公的統計で捕らえられる農林水産品(除サービス)の取引は、再生産可能な商品と希少性の高い遺伝資源と派生物の一部が混在する概念となっている。

例えば、味噌の製造において、原料となる遺伝資源商品(大豆など)は考慮できるが、味噌製造に不可欠な微生物遺伝資源の貢献分は無視することになってしまう。

本年は、微生物遺伝資源の価値評価をヨーグルトと高脂血症薬の 2 ケースについて行い、微生物遺伝資源の貢献を考慮した遺伝資源取引の分析を次年度実施することとしたい。

表 2 には、主な遺伝資源商品利用産業が示されている。遺伝素材(動物、植物)は、第 1 次産業(農林水産業)で労働力や資本を用いて採取または栽培される。第 1 次産業に属する生産者は、一定の利益を加えた価格で、運輸・流通を経て、家計に販売されるだけでなく、様々な製造業生産者とサービス業生産者に対して原材料として販売されることになる。

この製造業者(食料品、繊維、木材など)やサービス業者(飲食業、宿泊業など)は遺伝資源商品そのものだけでなく、遺伝資源商品を利用した財・サービスを利用して、自身の製品やサービスを作り、他の企業や家計に販売する。

表 2 主な遺伝資源商品(農林水産品除くサービス)利用産業

産業	遺伝資源	生産額
第1次産業		
農林水産業	植物、動物、微生物	11,695,288
種苗・花き	植物	456,740
第2次産業(製造業)		
食料品・飲料	植物、動物、微生物	36,399,677
繊維・衣服	植物、動物	3,225,896
木材・家具	植物	3,964,329
紙・パルプ	植物	7,197,500
皮革	動物	330,797
医薬品	植物、動物、微生物	7,105,664
化粧品	植物、動物、微生物	1,431,284
有機化学	植物、動物、微生物	5,264,829
その他化学製品	植物、動物、微生物	4,925,193
合計		81997197
(出所)経済産業省「2013年延長連関表」		
(注)生産額は2013年の数値で百万円単位		

このように遺伝資源（動物、植物）は様々な形を変えながら、数多くの企業や家計が利用するのであるが、この遺伝資源の直接間接利用を通じた最終的な帰着分析は産業連関分析によって容易に分析することができる。

〈2〉産業連関表を用いた遺伝資源商品利用の帰着分析

遺伝資源商品の直接間接利用の帰着分析を行うために、図1に示すような遺伝資源分析産業連関表を作成した。

図1 遺伝資源分析産業連関表

	1		n	内需	外需	輸入	国内需要
1	X11		X1n	F1	E1	M1	X1
	:		:	:	:	:	:
n	Xn1		Xnn	Fn	En	Mn	Xn
資源国産	R1		Rn	Rf	Er		
資源輸入	Rm1		Rmn	Rm			
労働	V11		V1n				
資本	Vk1		Vkn				
税	T1		Tn				
国内生産	X1		Xn				

この図1では、遺伝資源を外生化することで、様々な遺伝資源の帰着効果の分析が可能になるだけでなく、輸入遺伝資源を別掲することによって遺伝資源提供国との利益分担を行った際の帰着効果の分析が可能となる。

産業jの生産量を X_j 、遺伝資源利用量を R_j 、各種中間財投入量を X_{ij} とすると技術的なパラメーターとして遺伝資源係数 $r_j=R_j/X_j$, $j=1, \dots, n$ 、投入係数 $a_{ij}=X_{ij}/X_j$, $i, j=1, \dots, n$ が一定だとすると各産業での遺伝資源利用量は

$$\mathbf{R}(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}\mathbf{f}$$

ただし、 \mathbf{A} :投入係数行列 a_{ij} 、 \mathbf{f} :最終需要ベクトル f_i 、 \mathbf{R} :遺伝資源係数 r_j の対角行列によって説明できる。これより遺伝資源の直接・間接の需要部門別誘発係数(総合遺伝資源係数) r_j^* は $\mathbf{R}(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}=\sum_i r_i b_{ij}$ (ただし b_{ij} は逆行列係数)で把握可能となり、需要部門別に遺伝資源商品依存度(どのような需要項目が遺伝資源を直接間接に多用しているのか)を確認することができる。

表3には2011年の108部門産業連関表から遺伝資源商品係数 r_j と総合遺伝資源商品係数 r_j^* を推計し、0.5%以上の上位産業が示されている。

この表より、第1に総合遺伝資源商品係数は直接・間接の遺伝資源利用を反映しているため、直接遺伝資源商品係数より50~80%程度大きな値になっていること、第2に直接遺伝資源商品係数はほぼゼロでも総合遺伝資源商品係数はより大きな値になっていることがわかる。

この結果から直接遺伝資源商品を利用してはいなくても、間接的に遺伝資源商品を利用することになること、さらに資源提供国との利益分担が実施された場合、当該資源が直接利用されている商品だけでなく、間接的に遺伝資源を利用する幅広い財・サービスの価格が上昇し、その水準も大きくなることが予想される。

表 3 遺伝資源商品利用産業（0.5%以上の上位、単位は%）

遺伝資源商品依存度		総合遺伝資源商品係数	
飼料・有機質肥料	38.07	飼料・有機質肥料	52.75
畜産	24.58	畜産	46.73
食料品	24.48	食料品	37.60
木材・木製品	15.32	木材・木製品	21.41
林業	11.53	林業	13.93
ゴム製品	10.59	ゴム製品	12.37
耕種農業	9.43	飲食サービス	11.16
飲料	4.32	耕種農業	10.94
漁業	3.84	漁業	7.91
飲食サービス	3.83	飲料	7.91
たばこ	3.64	宿泊業	6.65
宿泊業	2.82	なめし革・毛皮・同製品	4.76
農業サービス	2.55	農業サービス	4.38
繊維工業製品	2.18	たばこ	4.08
その他の製造工業製品	1.50	繊維工業製品	3.37
なめし革・毛皮・同製品	1.40	家具・装備品	2.79
社会保険・社会福祉	0.78	その他の製造工業製品	2.64
その他の対個人サービス	0.66	パルプ・紙・板紙・加工紙	2.26
介護	0.61	社会保険・社会福祉	1.89
		介護	1.69
		衣服・その他の繊維既製品	1.61
		建築	1.56
		事務用品	1.16
		その他の対個人サービス	1.10
		化学最終製品（医薬品を除く）	0.88
		医薬品	0.88
		紙加工品	0.85
		自動車整備・機械修理	0.68
		娯楽サービス	0.67
		その他の自動車	0.63
		化学繊維	0.61
		陶磁器	0.56
		研究	0.51

(注) 総務省「2011年産業連関表(108部門)」より推計

しかし、近年、人工甘味料の利用によりショ糖の利用が代替されるなど遺伝素材から化学合成素材への代替は他の分野でも進んでいることが予想される。

表 4 には総合遺伝商品係数の 1995～2013 年の時系列推移が示されているが、どの産業でも遺伝資源利用が徐々に減少している傾向がみとれる。このことから長期的には技術や嗜好の変化や価格代替を通じて遺伝素材利用度は減少していることがわかる。次節では、遺伝資源(微生物)利用による技術革新が遺伝資源利用を代替している事例が、医療薬や甘味料の事例を通して確認されることになる。

表 4 総合遺伝資源商品係数の推移

	1995	2000	2005	2010	2013
01農林水産業	19.4%	19.3%	17.6%	19.2%	19.1%
02鉱業	1.1%	0.9%	0.9%	0.8%	0.7%
03食料品	31.6%	26.7%	26.1%	24.2%	26.0%
04繊維	2.6%	2.3%	2.3%	2.9%	2.6%
05パルプ・紙	1.2%	0.8%	0.8%	0.8%	0.9%
06化学	1.2%	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%
07石油・石炭製品	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
08窯業・土石製品	0.6%	0.5%	0.4%	0.4%	0.4%
09一次金属	0.5%	0.4%	0.3%	0.3%	0.3%
10金属製品	0.5%	0.4%	0.3%	0.4%	0.3%
11一般機械	0.6%	0.5%	0.4%	0.4%	0.4%
12電気機械	0.7%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%
13輸送用機械	0.8%	0.6%	0.5%	0.5%	0.5%
14精密機械	0.6%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%
15その他の製造工業製品	5.1%	3.6%	3.0%	2.9%	2.9%
16建設	0.9%	0.7%	0.7%	0.6%	0.6%
17電気・ガス・水道	0.6%	0.4%	0.4%	0.3%	0.3%
18卸売・小売	0.4%	0.4%	0.5%	0.7%	1.0%
19金融・保険	0.8%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%
20不動産	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
21運輸	0.4%	0.3%	0.4%	0.3%	0.3%
22情報通信	0.7%	0.6%	0.7%	0.7%	0.6%
23サービス	2.8%	2.1%	2.1%	2.1%	2.0%
24政府サービス	0.9%	0.7%	0.6%	0.6%	0.6%
25対家計民間非営利サービス	1.2%	1.0%	1.0%	0.9%	1.0%
(注)内閣府「SNA産業連関表(各年)」より推計					

〈3〉微生物利用産業の経済価値評価

[1] 微生物利用によるイノベーションと経済評価

我々にとって微生物利用は、伝統的には酒や味噌・醤油などの発酵食品が主なものであったが、近年では、表5に示されるように食品、有機化学、製薬産業を中心として微生物を利用することで新製品の開発（プロダクトイノベーション）と生産性向上（プロセスイノベーション）が同時進行するバイオ産業革命が顕著となっている。

地球上の微生物数は 10^{29} 種存在すると言われていたが、現在、分離培養可能な微生物はバクテリア13000種、アーキア500種に過ぎず、今後の遺伝子解析・組換え技術の発展に伴い、大きな可能性をもつ遺伝資源として期待されている。

この微生物利用によるイノベーションの経済価値評価は、動植物遺伝資源とは違い、単に取引価格や取引量を見るだけでは把握することはできない。例えば、ある微生物を利用して新商品が作られた場合、微生物のもつ遺伝資源情報がどれほど新製品の取引価値を引き上げ、どれほど生産コスト削減に寄与したのかを知るの、容易なことではない。

表5 産業における微生物利用

産業分類	一般名	遺伝資源	商品例
農業	遺伝子組換作物		輸入のみ
林業	きのこ類		しいたけ、しめじ等
畜産食料品	チーズ	乳酸菌	
	ヨーグルト	乳酸菌	ブルガリアヨーグルト
	乳酸菌飲料	乳酸菌	
水産食料品	くん製品	カビ	鰹節など
パン菓子類	パン・菓子類	パン酵母	
甘味料	ブドウ糖	クモノスカビ	
	果糖	放線菌	
	異性化糖	アミラーゼ等	
調味料	味噌	麹、酵母、乳酸菌	
	醤油	麹、酵母、乳酸菌	
	食酢	酢酸菌	
食品原料	グルタミン酸	コリネ菌	
	ペプチド	大腸菌	アスパルテーム
	脂肪酸(DHA、EPA)		
その他食料品	クエン酸	コウジカビ	酸味料
	納豆	枯草菌	
	イースト、麹、麦芽		
酒類	日本酒	麹、酵母、乳酸菌	
	みりん	麹、酵母	
	ビール	酵母	
	洋酒	酵母	
	焼酎	麹、酵母	
	ワイン	酵母	
飼料	有機質肥料	根粒菌など	
抗生物質	ペニシリン	青カビ	
	ストレプトマイシン	放線菌	
	クラリスロマイシン		クラリス
抗真菌薬	ミカファンギン	糸状菌	ファンガード
	抗がん剤	放線菌	
抗ウィルス薬	マイトマイシン	放線菌	
	エリブリン	クイカイメン	ハラヴェン
	インフルエンザ		
高脂血症薬	HIV	酵母(遺組換)	
免疫抑制剤	スタチン	放線菌	メバロチン
糖尿病治療薬	タクロリムス	放線菌	プログラフ
	ボグリボース	放線菌	ベイスン
C型肝炎治療薬	ヒト・インスリン	酵母(遺組換)	
	インターフェロン	大腸菌(遺組換)	
化粧品			
その他化学製品	エタノール		
	リジン	コリネ菌	家畜飼料添加物
	コハク酸	コリネ菌	
	アセトン		
	ブタノール		
	アクリルアミド		
微生物酵素	グルコアミラーゼ	クモノスカビ	ぶどう糖変換
	グルコースイソメラーゼ	放線菌	果糖変換
	トレハロース遊離酵素		トレハロース
	セルラーゼ		セルロース分解
	プロテアーゼ	麹菌	アミノ酸
	ムコールレンニン	ケカビ	チーズ凝固酵素
	セルラーゼ	KSM635株	花王アタック
	キモシン	大腸菌・酵母(遺組換)	1994年認可
リパーゼ		脂質分解	
上下水道		各種微生物	活性汚泥法
廃棄物処理		各種微生物	
研究		各種微生物	

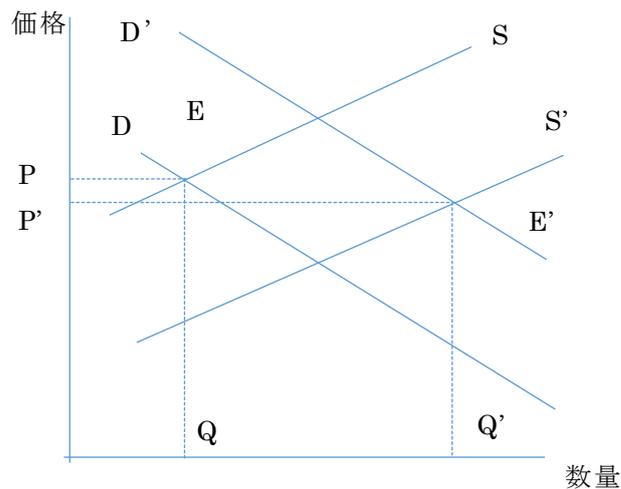
(注) 岩橋・重松(2015)『暮らしに役立つバイオサイエンス』放送大学をもとに作成

本稿では、微生物利用により生じる2つの技術革新の価値評価を経済モデルに基づいて評価する方法を提示する。図2には、技術革新が発生した市場の需給均衡を需要関数と供給関数を用いて表現している。

第1の技術革新である新製品の開発(プロダクトイノベーション)は、今まで存在しなかった商品が現れることで需要曲線をDからD'に上方シフトさせる。この需要者の支払い意思額の上昇分が微生物利用の需要者側の価値とみなすことができる。後に示される高脂血症におけるスタチンやヨーグルト市場におけるR1ヨーグルトの登場は、その画期的な効能のため、需要が急拡大することになった。

第2の技術革新である生産性向上(プロセスイノベーション)は、従来の技術では大きな設備と多大なコストが必要だったものが、微生物活用によって、より安価に生産が可能となることで供給関数がSからS'に下方シフトする。この費用の定価こそが微生物利用の生産者側の価値とみなすことができる。事実、微生物由来の酵素による生産性向上の事例は数多く存在するし、ヨーグルトの事例では、多数の乳酸菌を開発する明治乳業には、研究開発における範囲の経済性が存在することが、限界費用を引き下げたのかもしれない。

図2 微生物利用による技術革新



この2つのイノベーションの効果を分析するために Berry、Levinson & Pakes(1995)が開発した BLP モデルを利用する。

消費者 i が t 時点に商品 j を消費したときの効用関数を

$$u_{ijt} = \alpha(y_{it} - p_{jt}) + \mathbf{x}_{jt}\beta + \xi_{jt} + \varepsilon_{ijt} = \delta_{jt} + \varepsilon_{ijt}$$

ただし u_{ijt} : 消費者 i の効用、 p_{jt} : 商品 j の価格、 y_{it} : 消費者 i の所得、 \mathbf{x}_{jt} : 商品 j の属性群、 ξ_{jt} : 商品 j の観測されない品質、 ε_{ijt} : 確率効用

とすると、Berry(1994)より、商品 j の需要関数は、

$$\ln s_{jt} - \ln s_{0t} = \alpha p_{jt} + \mathbf{x}_j\beta + \xi_{jt}$$

ただし s_j : 商品 j の市場シェア s_{0t} : outside option の市場シェア

となることが示された。

このモデルでは消費者余剰 CS の変化は

$$\Delta CS_t = \left[\ln \left\{ 1 + \sum \exp(\delta_{jt}) \right\} - \ln \left\{ 1 + \sum \exp(\delta'_{jt}) \right\} \right] / \alpha$$

より求めることができ、プロダクトイノベーションによる新製品の登場は、平均効用 δ_{jt} の増加と財のバラエティの増加を生み、貨幣の限界効用 α で金額換算することができる。

一方、商品 j の限界費用を

$$\ln(mc_j) = \mathbf{W}_j \gamma + \omega_j$$

ただし \mathbf{W}_{jt} : 商品 j の要素価格群、 ω_{jt} : 確率的变化

と仮定する。通常、個別商品の限界費用は観察できないが、企業の合理的な価格付けを仮定することで

$$\mathbf{p} = \mathbf{mc} + \Delta^{-1} \mathbf{s} \quad (\text{ただし } \Delta \text{ は価格弾力性行列})$$

より限界費用を推定することができる。

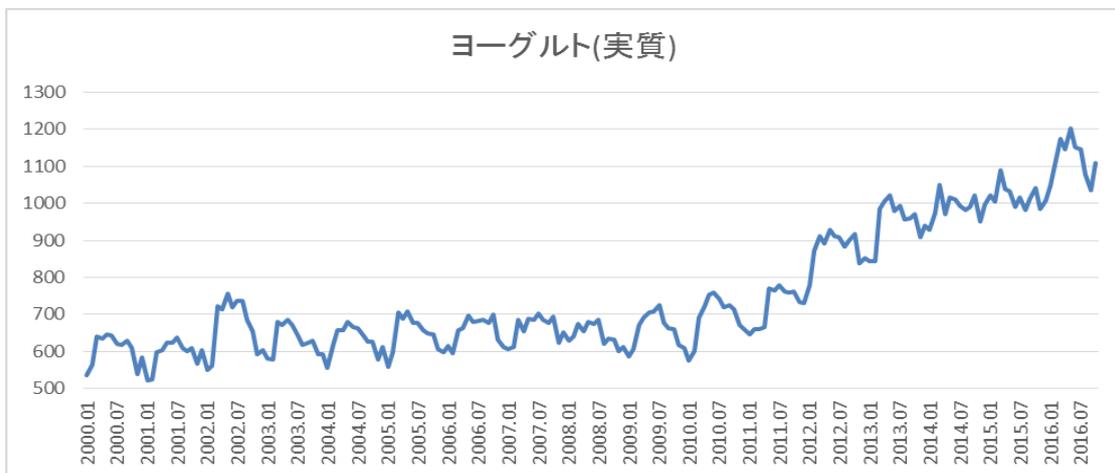
この限界費用がプロセスイノベーションによって変位するとすれば、効率性向上の効果を評価することが可能となる。

[2] ヨーグルトにおける微生物利用の経済価値

食品市場における微生物利用は、古来より酒、ビール、味噌、醤油など幅広く普及し、現在に至っているが、近年、最も注目されているのは、乳酸菌活用の事例であろう。そのなかでも政策との関連で興味深いヨーグルト市場の分析をおこなった。

近年のヨーグルト市場では、健康志向の高まりとバイオ技術の発展による新商品の開発（特に機能性ヨーグルト）に伴い、市場規模が急激に拡大しており、図 4 を見ても 2000 年代に比べて、2012 年以降急増し、現在は 2 倍近くまで需要が増大していることがわかる。

図 3 製品技術革新(機能性ヨーグルト)による市場拡大と政策による後押し



(注) 総務省「家計調査」より作成

その要因として2つの要因が重要だと考えられる。

第1に高齢化に伴う健康志向とバイオ技術の発展による微生物研究の発展より様々な付加機能が加えられたヨーグルトが各社から発表されたためである。表6には主なメーカーが発売した機能性ヨーグルトが示されているが、最近の最大のヒット商品である明治乳業のプロビオヨーグルトは機能に合わせた様々な菌種が開発され、なかでもインフルエンザに対する免疫力向上をうたったR1ヨーグルトは、図4にも示されるように、2011年以降、急激なシェア拡大を達成している。

第2に、多種多様なヨーグルトに対して国や民間企業がその品質を評価する制度が利用されたことも重要であろう。国による食品品質保証基準には、表6に示される特定保健用食品（トクホ）、機能性表示食品、栄養機能食品の3つがある。メーカーは厳しい審査が必要なトクホを表示することにより、品質に対して不安を持つ消費者にアピールすることができるため、90年代後半からトクホ認定を受けた機能性ヨーグルトがいくつも登場している。しかし、審査に時間がかかるために、より簡単な機能性表示食品や栄養機能食品表示にしたり、プロビオヨーグルトのように企業の宣伝やマスコミで採りあげられることで認知されるようになった商品も存在する。こうした品質表示制度や企業広告などは、機能性ヨーグルトの需要拡大に寄与したと考えられる。

表6 主なメーカーが発売した機能性ヨーグルト

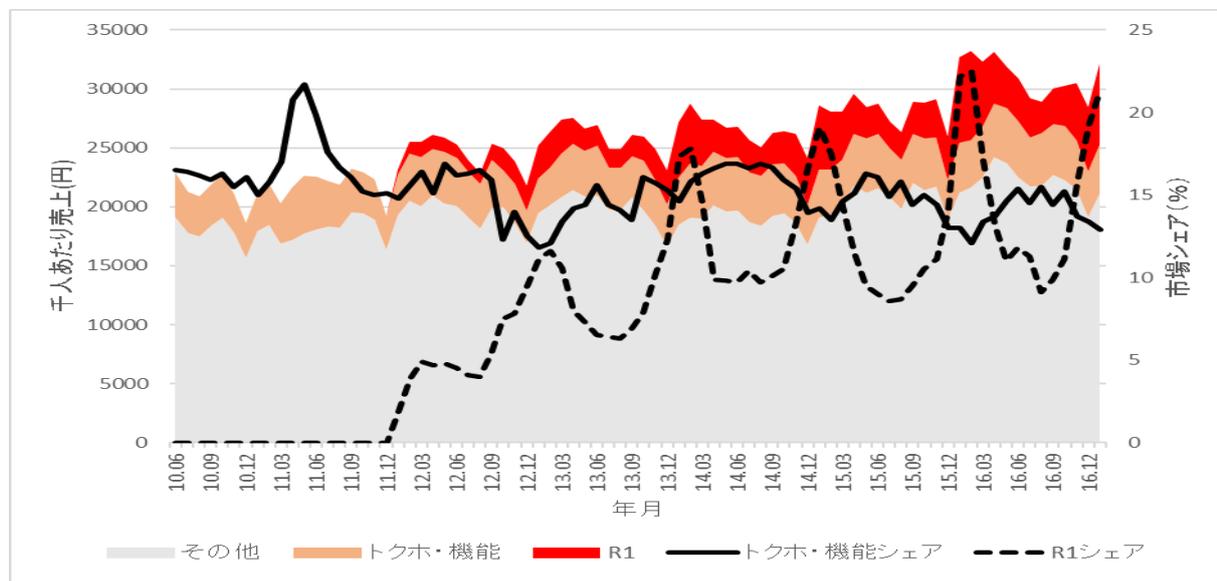
主なメーカー	主な商品	微生物資源	機能	評価基準
明治	ブルガリアLB81	ブルガリア菌、サーモフィラス菌	整腸	トクホ97
	プロビオLG21		胃がん・胃潰瘍	自社PR、TV12
	プロビオR1		インフルエンザ	自社PR、TV12
	プロビオPA-3		痛風	自社PR、TV12
森永	ビヒダスプレーン	ビフィズス菌BB536	大腸がん	トクホ00
	ラクトフェリン	ラクトフェリン	ノロウイルス	
	アロエヨーグルト			
雪印メグミルク	ナチュレ恵	ガセリ菌、ビフィズス菌	内臓脂肪	トクホ09
	恵ガセリ菌SP株	ガセリ菌SP株	内臓脂肪	機能15
ダノン	ダノンピオ	ビフィズス菌BE80		
カルピス	プレミアガセリ菌CP2305	ガセリ菌CP2305	便秘・下痢	
グリコ	朝食BifiX	ビフィズス菌	整腸	トクホ15、機能15
ヤクルト	ソファール	シロタ株	整腸	トクホ99
オハヨー	セノビック	カルシウム	成長	栄養機能
協同	おなかにおいしい	ビフィズス菌LKM512	整腸	トクホ01
チチヤス	クラシック	ST9618菌		
日本ルナ	バニラ	HN019、HSK201		
タカナシ	おなかへGG	LGG乳酸菌		トクホ99
小岩井	生乳100%	プラズマ乳酸菌	免疫力	トクホ04
カゴメ	ラブレ	植物性乳酸菌		
フジッコ	カスピ海	クレモリス菌FC株	免疫力、コレステロール	

(注)トクホ、機能、TVに付された数字は導入年次

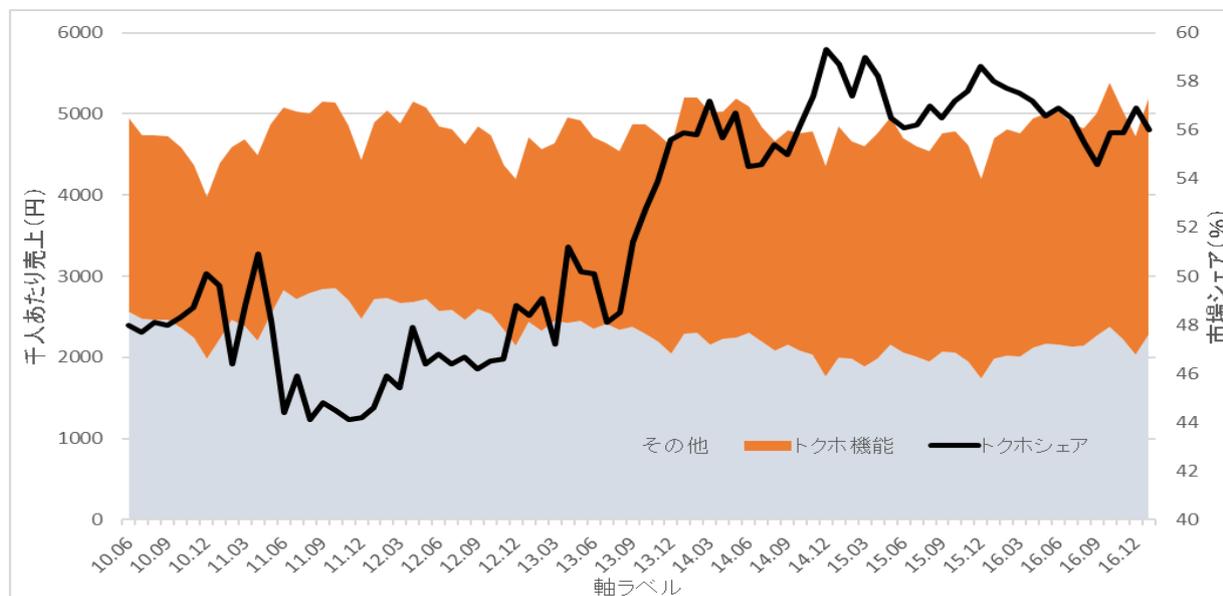
	開始年	基準	届出	審査
特定保健用食品(トクホ)	1991	効能	○	○
栄養機能食品	2001	栄養成分	×	×
機能性表示食品	2015	効能	○	×

図 4 2010 年以降のヨーグルト・乳酸菌飲料消費の増大と機能性ヨーグルト

(1) ヨーグルト



(2) 乳酸菌飲料



(出所) 日経 POS データをもとに作成

(注) 1. 左軸は販売額の推移(千人あたり円)。右軸は機能性ヨーグルトの割合(%)

需要が急拡大した 2010 年以降のヨーグルトと乳酸菌飲料の需要量の推移を日経 POS データでみたものが図 4 に示されている。ヨーグルトでも乳酸菌飲料でも機能性飲料の割合が増加しており、なかでもヨーグルトにおける R1 ヨーグルトの割合が急拡大していることがわかる。

この動きを説明するために、先の BLP モデルを推定した結果が表 7 に示されている。

表 7 需要関数の推定結果（2010年6月～2017年1月）

ヨーグルト					乳酸菌飲料				
	モデル1		モデル2			モデル1		モデル2	
単価(円/ml)	-1.203	-6.3	-1.258	-6.5	単価(円/ml)	-0.680	-4.0	-0.608	-3.6
log(容量)	-0.828	-12.6	-0.841	-12.8	log(容量)	-0.417	-5.0	-0.386	-4.5
低カロリー	0.013	0.5	0.017	0.6	低カロリー	0.501	9.4	0.474	8.8
飲むタイプ	0.053	1.4	0.040	1.0	付加栄養	-0.108	-2.2	-0.133	-2.7
果実入り	-0.396	-9.0	-0.381	-8.4	果実入り	-0.379	-5.6	-0.406	-6.0
トクホ	0.658	19.6	0.625	2.8	トクホ	1.143	17.9	-0.220	-2.3
機能性	-0.532	-5.8	-0.191	-0.8	機能性	-0.571	-3.3	-0.385	-1.8
トクホ1			0.050	8.2	トクホ1			1.308	13.0
機能性1			-0.179	-0.9	機能性1			-0.233	-0.9
プロビオ	0.117	2.3	0.149	2.6	栄養表示	0.110	1.4	0.098	1.2
プロビオ冬	0.202	4.3	0.200	4.2					
夏	-0.004	-0.2	-0.008	-0.3	夏	0.055	1.0	0.055	1.0
秋	-0.029	-1.2	-0.032	-1.3	秋	0.073	1.3	0.074	1.3
冬	-0.067	-2.5	-0.069	-2.6	冬	0.033	0.6	0.032	0.6
決定係数	0.445		0.449		決定係数	0.622		0.662	
Root MSE	0.340		0.339		Root MSE	0.568		0.538	
(注) 操作変数法による推定									

推定結果は、概ね理論から予想される想定内のものになったが、品質評価の効果について詳しくみると、政府による評価（トクホ、機能性表示食品、栄養表示食品）と企業努力の効果（プロビオ）について検討されている。トクホに指定されている商品はもともと高品質で需要は大きい、トクホ認定によって需要量がさらに増大すること。機能性表示食品については需要増大の有意な効果が認められないこと。企業宣伝のみの R1 等プロビオヨーグルトの品質は高く、需要を有意に押し上げているが、インフルエンザが流行る冬期にその効果が一層拡大することが明らかとなった。

以上の結果から、微生物資源を利用して開発された機能性ヨーグルトは、需要を有意に増大させ、消費者の評価も高いが、政府による品質保証制度は、製品の品質に対する認知度を高め、需要を増大させる効果があることが明らかになった。

[3] 製薬産業における微生物利用の経済価値

製薬産業における遺伝資源利用は、漢方薬などの生薬において従来から盛んであったが、1928年のペニシリンの発見以降、微生物を活用した医薬品開発の事例は数多くある。

その中でも画期的な高脂血症薬であるスタチン（三共藤澤「メバロチン」）と免疫抑制剤のタクロリムス（アステラス「プログラフ」）は、市場へのインパクトでは特筆できる事例といえる。

高脂血症治療薬におけるスタチンの普及については、長岡(2016)などに詳しく解説されているが、1989年のメバロチンと1991年のリポバスの上市以降、大幅に需要が拡大したが、スタチンの成功は、第1世代スタチン（メバロチン、リポバス）以降に、化学合成することで効能をより改善した第2世代スタチン（ローコールなど）、第3世代スタチン（クレストールなど）が順次、保険薬として承認されたことが、需要拡大のカギとなっていた（大橋(2016)）。本稿ではス

タチンの普及の推移を見ることで、微生物利用の経済価値とその価値を拡大するための政策の重要性について考察を行う。

表 8 には高脂血症薬を 7 つに分類した表が示されている。一つ目は 80 年代に主流だったフィブラート系薬で 80 年代のものを Fibrate 他、90 年以降に収載されたフィブラート系薬を Fibrate 新とした。表の下段には薬の効能を示す 3 指標である発現期間（薬が最大効果を示すまでの時間、短いほど即効性がある）、半減期（薬の効果が最大値の半分になるまでの時間、長いほど効果が持続する）、LDL 低下率（LDL コレステロール値の低下率、大きいほど効果が大きい）の平均値が示されている。

2 つ目はスタチン第 1 世代（メバロチン、リポバス）を示す Stachin1 とその後発薬 Gen1 が記載されている。スタチンは従来の薬と比較して、半減期は短いものの、発現時間が短く、コレステロール低下効果が格段に大きいことから、画期的な新薬であったことがわかる。

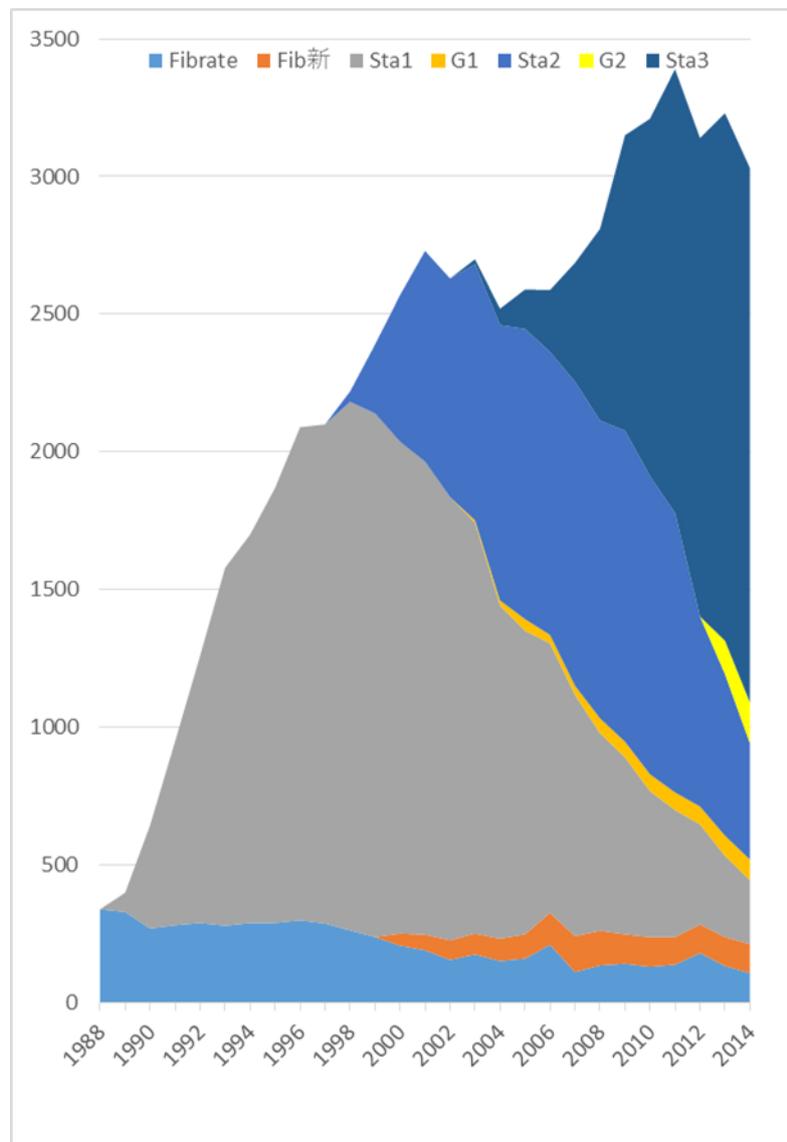
3 つ目はスタチン第 2 世代（ローコール、バイコールなど）を示す Stachin2 とその後発薬 Gen2 が記載されている。第 2 世代スタチンは、第 1 世代スタチンを化学合成することで改善したもので半減期が長くなり、コレステロール低下率も向上している。

4 つ目はスタチン第 3 世代（リバロ、クレストール）を示す Stachin3 が記載されているが、第 3 世代はさらに半減期が長く、コレステロール低下率も向上するなど、改善が進んでいることがわかる。

表 8 高脂血症薬の世代交代と効能

	Fibrateほか	Fibrate新	Stachin1	Gen1	Stachin2	Gen2	Stachin3
主な銘柄	81エラスチール	99リパンチル	89メバロチン	03プラバスタチン	98ローコール	11アトルバスタチン	03リバロ
	81リポクリン	99コレバイン	91リポバス		99セルタ		05クレストール
	85ロレルコ	05リピディル			99バイコール		
	85シンレスタ	05トライコア			00リピトール		
	91ベザトール						
由来			微生物		合成		合成
発現時間(h)	12.0		1.6	2.8	1.8	1.8	1.4
半減期(h)	19.0	13.0	2.2	2.7	8.3	8.3	15.5
LDL低下率(%)	15.0	19.8	29.5	26.0	32.0	32.0	46.0
(出所)長岡(2016)をもとに作成							
(注)薬剤名の前の数値は収載年							

図 5 高脂血症薬の売上推移



(資料)国際医薬品情報『製薬企業の実態と中期展望』各年版

高脂血症薬の登場によって販売量がそれぞれどのように推移したのかが図 5 に示されている。第 1 世代スタチンの登場はそれまでの 400 億円ほどの市場規模を 2100 億まで急拡大した画期的な薬剤であったことがわかるが、1998 年の第 2 世代スタチンの登場によって第 1 世代スタチンから第 2 世代スタチンへの世代交代が起こっている。さらに 2003 年と 2005 年の第 3 世代スタチンの登場によって第 3 世代スタチンへの世代交代が生じている。

後発薬による代替は第 1 世代スタチンも第 2 世代スタチンも大きくないこともわかる。

重要なのは、画期的な微生物由来の第 1 世代スタチンの登場で市場が急拡大したが、その後の化学合成によって改善された第 2、第 3 スタチンの登場によって、市場規模はさらに拡大し続けている点である。

もし第 2 世代スタチン、第 3 世代スタチンの収載が認められなかったら、こうした市場の持続的拡大は起こらなかったであろう。このスタチンの事例は、微生物遺伝資源による技術革新の効

果が非常に大きいこと、その後の化学合成による効能改善が更なる需要を拡大したこと、さらに新薬の収載を積極的に承認してきた政策が持続的な市場拡大を支えたことを示していると考えられる。

こうした高脂血症薬需要の推移を説明するために、先の分析と同様に BLP モデルの推定を行った結果が表 9 に示されている。

表 9 高脂血症薬需要関数の推定結果(1989～2014 年)

	モデル1		モデル2		モデル3	
log(価格)	1.411	2.4			log(薬価差)	0.640 4.5
log(薬価差)	0.499	3.3	0.505	3.3	log(収載年数)	2.139 9.9
log(収載年数)	2.016	8.2	2.097	8.6	log(収載年数) ²	-0.578 -8.6
log(収載年数) ²	-0.462	-4.9	-0.592	-7.7	後発薬	-2.457 -9.3
後発薬	-0.540	-0.7	-2.152	-7.7	Fib新	-0.854 -4.1
Fib新	-2.384	-3.3	-0.767	-3.3	メパロチン	0.505 1.9
Sta1	-1.968	-1.9	0.338	2.0	リホパス	-0.317 -1.0
Sta2	-2.123	-2.6	-0.256	-1.0	ローコール	-1.251 -4.5
Sta3	-2.887	-3.2	-0.887	-1.2	リピトール	0.152 1.6
R2	0.568		0.555		クレストール	-0.567 -1.9
Root MSE	0.829		0.839		ゼチーア	-1.398 -4.7
					ロトリガ	-0.032 -0.1
					R2	0.669
					Root MSE	0.732

(注)各モデルの左側の数値は係数の推定値、右側は Z 値である

モデル 1 では価格の係数がプラスと理論条件を満たさないので、モデル 2 とモデル 3 では価格を除いた結果をしめす。薬価差はプラス、後発薬はマイナスで有意なことから、薬価差が大きい薬剤が利用されていること、後発薬は先発薬と比べて利用されないことがわかるが、個々の薬効の効果は思ったような結果が得られなかった。

経済価値評価をするためには、理論条件を満たす推定結果を得る必要があるので、データと説明変数を改善して、更なる分析を次年度以降に実施したいと思う。

3) 結論

本稿では、我が国における遺伝資源利用の状況とその経済価値を包括的に評価するために、従来分析されることがなかった 2 つの試みをおこなった。

第 1 に遺伝資源商品の直接利用だけでなく、間接的な利用状況を把握するために産業連関表を用いて遺伝資源商品利用の帰着分析をおこなった。その結果、直接間接の遺伝資源商品利用を考慮すると、遺伝資源商品利用度は 50～80% 程度大きな値になること、遺伝資源商品を直接利用していなくても間接利用を考えると遺伝資源商品利用度が大きな産業があること、長期的には技術変化などによって遺伝資源商品利用度は低下傾向にあることが明らかになった。この結果から遺伝資源に対する規制や利益分配措置の実施は、想定よりも大きく、幅広い産業に広がることを政策策定前に考慮をするべきであり、長期的には遺伝資源節約を促す技術革新への投資を行うことで遺伝資源依存度を抑制することができると考えられる。

第2に微生物を利用したバイオ産業革命によって生み出される経済価値評価をおこなった。微生物利用は、新製品の開発（プロダクトイノベーション）と生産性向上（プロセスイノベーション）をもたらし、今後も遺伝子組換え技術の発展に伴い、さらに加速することが期待されている。本稿では、医薬品（スタチン）と乳酸菌（ヨーグルト）について分析を行ったが、微生物利用の経済価値は非常に大きいこととその価値を拡大するために政策措置（特許制度の柔軟な運用やトクホ制度等の品質保証制度）が重要であることが示された。

生物遺伝資源は有限ではあるが、無限の可能性を秘めている。しかし地球環境の変化による資源の枯渇と生物多様性の縮小は憂うべき状況にあるといえる。今後もこの資源を末永く活用しているためにも遺伝資源活用の価値を正當に評価し公平に分配し、それを原資とした資源保護の枠組み作りを急がなくてはならない。

< 参考文献 >

岩橋均・重松亨(2015)『暮らしに役立つバイオサイエンス』放送大学教材

大橋弘(2015)『プロダクト・イノベーションの経済分析』東京大学出版会

リチャード W オリバー(2002)『バイオエコノミー』ダイヤモンド社

長岡貞男(2016)『新薬創製～日本発の革新的医薬品の源泉を探る～』日経 BP 社

Berry S, J Levinson and A Pakes(1995) “Automobile Prices in Market Equilibrium”
Econometrica 63(4):841-90.

②消費者側

甲南大学 柘植隆宏

1) 序論

潜在的な消費者の行動は市場では見えないため、市場データによる分析が不可能である。そこで、潜在的な消費者を含む一般市民に対して、遺伝資源を利用した財に対する選好を把握するためのアンケート調査を実施した。このアンケートでは、遺伝資源を利用した財から得られる利益の一部が、その遺伝資源の生息地保護に使用されるケースと、そうでないケースで、財に対する支払意志額が異なるかを検証した（図1）。利益の一部が遺伝資源保護に利用されることで財に対する支払意志額が上昇するのであれば、そのような制度は一般市民から一定の支持を得ると判断することができると思われる。

昨年度は、予備調査を実施し、その結果を踏まえて修正を行った調査票を用いて本調査を実施した。今年度はその本調査の分析を行った。ここでは、主要な内容であるコンジョイント分析の結果を報告する。その他の集計結果はIV.1. 消費者アンケート集計結果「動植物や微生物などから作られる製品に関するアンケート」に、調査票はIV.2. 消費者アンケート調査票「動植物や微生物などから作られる製品に関するアンケート」にそれぞれ示す。

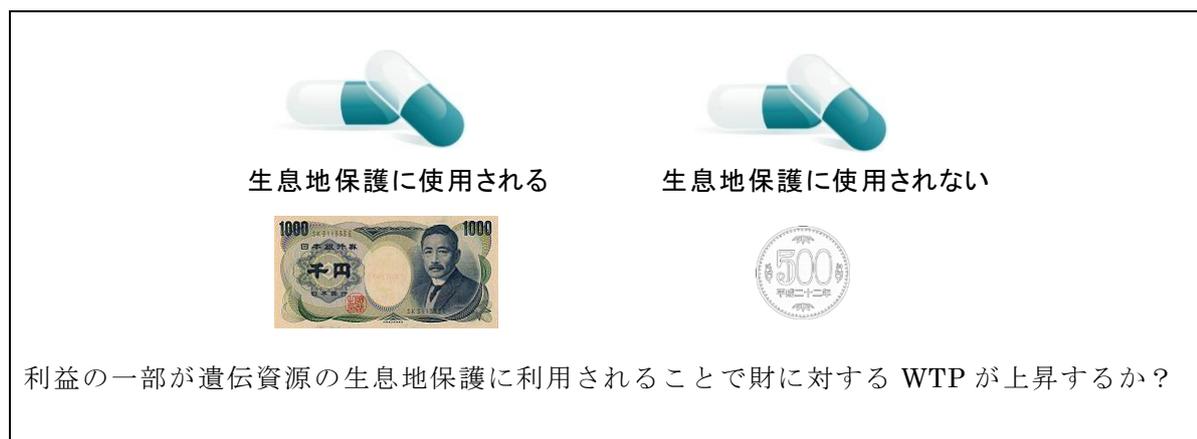


図1 分析のイメージ

2) 本論

〈1〉調査の概要

アンケートは「動植物や微生物などから作られる製品に関するアンケート」という名称で実施した。調査の概要は以下の通りである。

「動植物や微生物などから作られる製品に関するアンケート」

- 調査期間：2016年2月25日～3月1日
- 調査媒体：インターネット
- 対象者：調査会社にモニター登録している全国の20歳から69歳の男女
- サンプルング：全国を6ブロックに分け、ブロックごとの性・年代別人口構成比に合わ

せて調査対象者を抽出

- 回答者数：1115 人（回収率 11.9%）

〈2〉 コンジョイント分析を用いた分析

日本で取得した遺伝資源を応用した製品を販売して利益をあげている国内外の企業から、利益の一部を日本の生態系保全のために拠出してもらう制度を導入してはどうかという考え方があることについて説明したうえで、価格の一部が生態系保全に還元される製品は、そうでない製品よりも好まれるかを、コンジョイント分析により検証した（Q9）。ここで用いるコンジョイント分析とは、1960年代に計量心理学の分野で誕生し、その後は市場調査や交通研究の分野で研究が進んだ手法であり、1990年代以降は環境経済学の分野でも環境の価値を評価するための手法として広く用いられている。コンジョイント分析では、回答者に対して複数の選択肢を提示し、それらに対する回答者の評価に基づいて、選択肢を構成する各属性の価値を評価する（栗山他、2013）。

コンジョイント分析では、日本で取得した遺伝資源を応用した製品を開発・販売して利益をあげている国内外の企業から、利益の一部を日本の生態系保全のために拠出してもらう制度が導入された状況を想定してもらった。植物の根からとれる遺伝資源を応用した2つの風邪薬が店頭に並んでいる状況を想定してもらい、2つの風邪薬、およびいずれも購入しないことを表す「どれも買わない」の中で、最も望ましいと思うものと、最も望ましくないと思うものを1つずつ選択してもらった。2つの風邪薬は、「あなたの症状に対する効果の高さ」、「あなたが支払った金額の一部が生態系保全に使われるか」、「価格」の3つの点で異なっているため、回答者はそれらの間のトレードオフを考慮して、総合的に見て最も望ましいと思うものと最も望ましくないと思うものを選択する。コンジョイント分析における属性と水準の設定は以下のとおりである。

属性	水準			
あなたの症状に対する効果	とても効果が高い	やや効果が高い	あまり効果が低い	
あなたが支払った金額の一部が生態系保全に使われるか	生態系保全に使われる		生態系保全に使われない	
価格（3日分）	500円	1000円	1500円	2000円

表1 コンジョイント分析の属性と水準（風邪薬のケース）

調査に用いた質問は以下のようなものである。提示する2つの風邪薬を変化させて、1人の回答者に8回同様の質問を繰り返した。

	製品 1	製品 2	
あなたの症状に対する効果	とても効果が高い	やや効果が高い	どれも 買わない
あなたが支払った金額の一部 が生態系保全に使われるか	生態系保全に 使われる	生態系保全に 使われない	
価格（3日分）	2000 円	1000 円	
最も望ましい			
最も望ましくない			

図 2 コンジョイント分析の質問例（風邪薬のケース）

なお、本調査の前に実施したプレテストでは、「あなたの症状に対する効果の高さ」、「価格のうちどれだけが生態系保全に使われるか」、「価格のうちどれだけが遺伝資源の提供者に支払われるか」、「価格」の4つの属性の組み合わせで表現される3つの製品と「どれも買わない」の4つの選択肢を提示していた。また、1人の回答者に12回の質問を行っていた。しかし、分析を行ったところ、一部の変数で予想と異なる結果が得られた。質問が複雑すぎて、理解が不十分なまま回答した回答者が存在する可能性が考えられたため、本調査では属性や水準の設定を見直すとともに、質問回数を減らすことで、回答者の負担を軽減することとした。また、この調査では、通常、コンジョイント分析で尋ねる「最も望ましい」選択肢に加えて、「最も望ましくない」選択肢についても回答してもらったが、日常の購買行動で経験している「最も望ましい」選択肢の選択と比較して、経験の少ない「最も望ましくない」選択肢の選択は信頼性が低い可能性が考えられるため、通常のコジョイント分析と同様に、「最も望ましい」選択肢のデータのみを使って推定を行った。

基本モデルである条件付きロジットモデルと、選好の多様性を考慮したランダムパラメータロジットモデルによる推定を行った。ここでは、よりモデルフィットのよいランダムパラメータロジットモデルの結果を示す。「価格」以外をランダムパラメータとし、係数の分布に正規分布を仮定したランダムパラメータロジットモデルの推定結果は表2の通りである。

	平均パラメータ		標準偏差パラメータ		WTP
	係数	t 値	係数	t 値	
ASC1	1.99142 ***	21.55	1.86112 ***	23.51	3375.29 円
ASC2	1.76793 ***	18.08	1.80863 ***	23.33	2996.49 円
あまり効果が高くない	-1.51613 -		- -		-2569.71 円
やや効果が高い	0.23578 ***	8.15	0.36864 ***	7.32	399.63 円
とても効果が高い	1.28035 ***	24.56	0.88449 ***	14.83	2170.08 円
生態系保全に使われない	-0.42341 -		- -		-717.64 円
生態系保全に使われる	0.42341 ***	13.55	0.76029 ***	21.84	717.64 円
価格	-0.00059 ***	-12.69	- -		-
サンプル数	8920				
対数尤度	-7617.54810				
McFadden Pseudo R-squared	0.2226692				

***は 1%水準で有意であることを表す。

表 2 ランダムパラメータロジットモデルの推定結果

質的変数はエフェクトコードでコード化して推定を行った。「あなたの症状に対する効果の高さ」については、「あまり効果が高くない」を推定から除外し、「やや効果が高い」と「とても効果が高い」の係数を推定した。「やや効果が高い」と「とても効果が高い」の係数は、正に有意となった。エフェクトコードを用いているため、推定から除外した「あなたの症状に対する効果の高さ」の係数は、「やや効果が高い」の係数と「とても効果が高い」の係数にそれぞれ-1をかけて合計することで求められる。3つの係数を比較すると、効果が高くなるにつれて係数が大きくなっており、効果が高い方が高く評価されることが明らかとなった。これは予想通りの結果である。「あなたが支払った金額の一部が生態系保全に使われるか」については、「生態系保全に使われない」を推定から除外し、「生態系保全に使われる」の係数を推定した。「生態系保全に使われる」の係数は正に有意となった。「生態系保全に使われない」の係数は、「生態系保全に使われる」の係数に-1をかけることで求められる。2つの係数を比較すると、「生態系保全に使われない」よりも「生態系保全に使われる」の方が係数が大きくなっており、自らが支払った金額の一部が生態系保全に使われる方が高く評価されることが明らかとなった。「価格」は負に有意となった。これは、価格の安い製品の方が好まれることを表しており、予想通りの結果である。

すべての変数について、標準偏差パラメータが有意となった。ここから、すべての変数について、選好の多様性が存在することが明らかとなった。

それぞれの平均パラメータの係数と価格の係数の比に-1をかけることで求められる、各変数に対する支払意志額は、表 2 の「WTP」の列に示されている通りである。また、それらを図示したものが図 3 である。なお、図 3 では、「あまり効果が高くない」から「やや効果が高い」および「とても効果が高い」への変化に対する支払意志額と、「生態系保全に使われない」から「生

「生態系保全に使われる」への変化に対する支払意志額をそれぞれ算出し、図示している。図3より、人々は、自らが支払った金額の一部が生態系保全に使われことについて、そうでない場合と比較して、約1435円に相当するくらい望ましいと考えていることがわかる。このことは、消費者が支払った金額の一部が生態系保全に使われるという制度が一種の付加価値として消費者から評価されることを意味する。したがって、そのような制度は、一般市民から一定の支持を得ると解釈することができる。

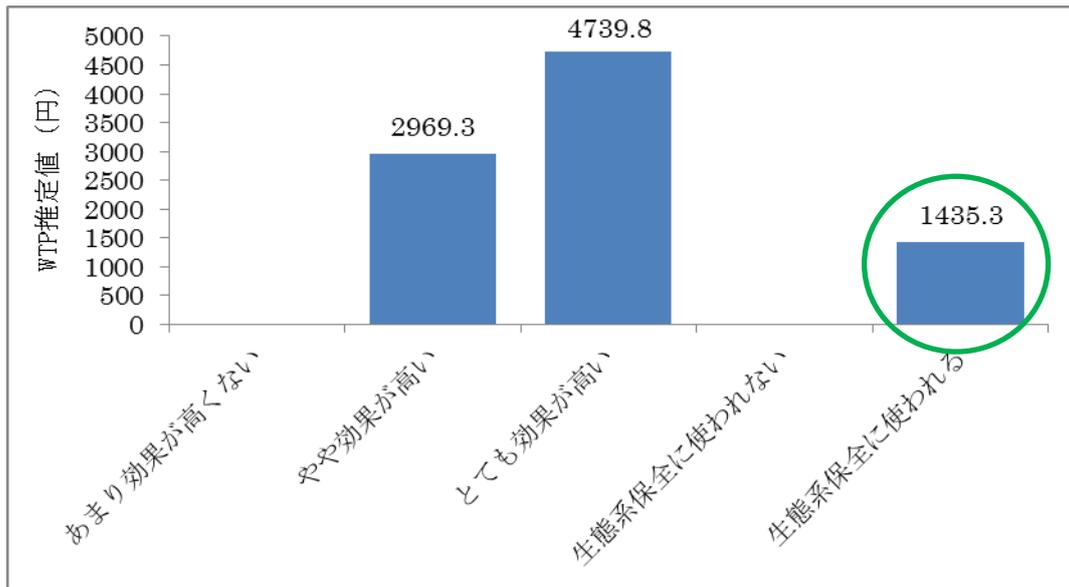


図3 推定された支払意志額

3) 結論

コンジョイント分析を用いて、遺伝資源を利用した財から得られる利益の一部が、その遺伝資源の生息地保護に使用されるケースと、そうでないケースで、財に対する支払意志額が異なるかを検証した結果、前者の方が、後者よりも、財に対する支払意志額が高いことが確認された。ここから、遺伝資源を応用した製品から得られた利益の一部が遺伝資源保護に利用されるような制度は、一般市民から一定の支持を得ると考えられる。これは、このような制度の導入を検討するうえで有益な示唆を与える結果であると考えられる。

今年度の分析では、ランダムパラメータロジットモデルを用いることで、すべての変数に対する評価が個人間で多様であることが確認されたが、その多様性をもたらす要因については明らかにできていない。利益の一部が遺伝資源保護に利用されることについて、どのような人がそれをより高く評価しているのか、あるいはより低く評価しているのかを明らかにすることができれば、そのような制度の導入に向けた合意形成を図るうえで有益な知見が得られるものを期待される。そこで、次年度は、潜在クラスモデル等を用いて、選好の多様性をもたらす要因を解明することを試みる予定である。

<参考文献>

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.

第Ⅲ期環境経済の政策研究「遺伝資源の利用により生ずる経済的利益、及びその生物多様性保全等促進への貢献に関する評価手法の研究」平成 27 年度研究報告書

(2) PIC等導入による遺伝資源利用に及ぼす影響の予測に向けた調査

①予備的検討の実施

三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング 菌 巳晴

環境省より2017(平成29)年1月20日に名古屋議定書の国内措置案として、財務省、文部科学省、厚生労働省、農林水産省、経済産業省及び環境省共管の「遺伝資源の取得の機会及びその利用から生ずる利益の公正かつ衡平な配分に関する指針(案)」が公表され、パブリックコメントが実施され、名古屋議定書の国会審議の段階に差しかかっている。同指針(案)では、名古屋議定書締結の段階では国内遺伝資源の取得機会の提供についてPICは必要としないことが明記され、提供国措置の要否については指針の施行日から5年以内に検討を加え、必要に応じ措置を講ずることとされている。他方、PICとは別に、独立行政法人その他の機関により遺伝資源が国内で取得されたことを示す書類を発給する場合に主務大臣が技術的助言等の措置を講ずるよう努めることが示されている。

以上の状況を踏まえ、本研究により現在進行途上の政策へ影響を与えることを回避するため、今年度において実施を予定していたPIC等の遺伝資源管理に係る設問を含む企業アンケート等の実施や、(3)②に示す「国内ABS事例形成調査」における対馬市での試行的なABSの仕組みの設定に基づく評価の実施を来年度に延期した。今年度ではこれらの調査・評価等の次年度実施に向け、諸外国のABS国内法令や、国内の学術及び産業界における遺伝資源等の取得及び利用の現状を踏まえ、評価検証を行う上で想定する国内遺伝資源管理に係る制度・措置・政策オプション(PIC、取得地証明書発行、ライブラリ構築等)を検討した。

②遺伝資源の利用に関する企業分析

滋賀大学 田中勝也

1) 序論

〈1〉本調査の目的

本調査「遺伝資源の利用に関する企業アンケート調査」は、企業による遺伝資源等の天然物の入手、研究開発及び商業利用の状況を明らかにするとともに、その経済価値を分析し、天然物の研究開発及び商業利用の活性化にむけた施策を検討することを目的としている。具体的な目的は、

(1) 企業における遺伝資源の利用状況の分析、(2) 遺伝資源利用の普及促進のための重要な要素の評価、(3) 遺伝資源利用の有無・利用形態の違いが、企業の業績・環境行動に与える影響の計測、の3点である。

本アンケートが対象とする遺伝資源は、ヒトを除く植物、動物、微生物などの生物由来素材を指す。遺伝資源の取得について規律する、生物多様性条約や名古屋議定書では、遺伝子を含まない抽出物などは「遺伝資源」には該当しないとしているが、本調査では天然物の研究開発および商業利用に関する経済価値分析に必要なデータを把握するため、すべての生物由来素材（遺伝資源のほか抽出エキスなどを含む）を対象とした。

また、本アンケートにおける「遺伝資源の利用」とは、①遺伝資源等（天然物）を利用した研究開発、②それらの研究開発成果（自社研究開発成果に限らない）にもとづく商品開発、③それらの研究開発成果（自社研究開発成果に限らない）にもとづく商品製造における原材料等としての利用、の3種類の利用形態を指す。これも名古屋議定書の定義よりは、利用範囲をより広く捉えたものである。

このように本調査では、遺伝資源および遺伝資源の利用について生物多様性条約や名古屋議定書よりも幅広く解釈した形でアンケート調査を実施している。このことにより、幅広く企業の遺伝資源に関する利用状況を把握するとともに、その内容を詳細に分析することを狙いとしている。なお、遺伝資源の種類や利用形態についてはアンケートで詳細に尋ねているため、名古屋議定書に該当する範囲での利用など、異なる条件のもとで柔軟に把握・分析できるように設計している。

2) 本論

〈1〉調査の概要・実施スケジュール

本調査の対象企業は、東証一部、東証二部および新興2市場（JASDAQ、マザーズ）に上場する4業種（農業・林業、水産業、鉱業・採石業・砂利採取業、製造業）に属する企業1,305社である¹²。

¹ 本章における大分類および中分類業種は、いずれも日本標準産業分類に依拠したものである。
(http://www.soumu.go.jp/toukei_toukatsu/index/seido/sangyo/H25index.htm)

² 実際の企業数は1,305社を上回る。この1,305社は、委託業者（株式会社日経リサーチ）が、宛先部署がアンケート調査を実施可能な（宛先部署を指定して調査票を送付することできる）全企業である。

表 1 産業分類別調査対象企業数（全 1,305 社）

業種	大分類業種名	中分類業種名	合計	東証一部 上々企業	東証二部 上場企業	JASDAQ・ マザーズ
1	農業、林業	農業	4	2	—	2
4	漁業	水産養殖業	1	1	—	—
5	鉱業、採石業、砂利採取業	鉱業、採石業、砂利採取業	4	4	—	—
9		食料品製造業	90	49	23	18
10		飲料・たばこ・飼料製造業	15	12	2	1
11		繊維工業	44	29	11	4
12		木材・木製品製造業（家具を除く）	10	4	4	2
13		家具・装備品製造業	11	7	3	1
14		パルプ・紙・紙加工品製造業	26	11	10	5
15		印刷・同関連業	23	9	4	10
16		化学工業	186	123	32	31
17		石油製品・石炭製品製造業	10	9	1	
18		プラスチック製品製造業（別掲を除く）	48	27	6	15
19		ゴム製品製造業	20	14	5	1
20	製造業	なめし革・同製品・毛皮製造業	2	—	—	2
21		窯業・土石製品製造業	52	29	11	12
22		鉄鋼業	43	32	7	4
23		非鉄金属製造業	32	19	10	3
24		金属製品製造業	68	29	20	19
25		はん用機械器具製造業	74	43	18	13
26		生産用機械器具製造業	133	70	28	35
27		業務用機械器具製造業	59	37	6	16
28		電子部品・デバイス・電子回路製造業	65	40	10	15
29		電気機械器具製造業	100	65	16	19
30		情報通信機械器具製造業	52	39	8	5
31		輸送用機械器具製造業	91	65	16	10
32		その他の製造業	42	24	7	11
		合計	1,305	793	258	254

注）いずれの市場でも上場企業数がゼロだった中分類業種はこの表に含まれない（例：林業）。

表 1 は、上記 1,305 社の内訳について、産業分類および上場市場別に企業数を示したものである。農業・林業、水産業、鉱業・採石業・砂利採取業では該当する企業は少なく、サンプルの大半が製造業に属する企業である。製造業は業種の多様さから細かく分類されており、産業中分類では製造業は 24 の業種に分かれている。その中には、遺伝資源の利用と無関係に見えるものも少なくない。しかしながら、近年では本業以外で遺伝資源を利用している事例も増えつつあり、その実態は明らかでない。たとえば、東証一部に上場する水産養殖業のある企業は、本業の水産養殖業では遺伝資源を利用していないかもしれないが、近年注力する健康食品・サプリメント事業では利用が予想され、企業業績にも貢献している。

このように、近年では企業の業種転換、経営の多様化などにともない、本来の業種以外で遺伝資源を利用していることも考えられる。そのため、アンケート調査の対象業種については過度な

取捨選択をおこなわず、製造業をはじめとする4業種全体について幅広くアンケート調査を実施することとした。

なお、調査方法については郵送方式を採用した。近年では、特に個人アンケートにおいてインターネットによるオンライン調査が主流になりつつあるが、企業を対象とした調査では郵送方式が依然として主流であり、本調査もそれに倣うこととした。

調査業務全体については株式会社日経リサーチに業務委託し、調査票の配布から回収、データ入力までの一連の作業を委託することとした。

本調査の実施スケジュールは以下の通りである。

- 2017年2月6日 株式会社日経リサーチより全企業にむけて一斉送付
- 2017年2月24日 中間データ納品
- 2017年2月20日 調査票回収期限（2月27日までは受付）
- 2017年2月27日 調査受付終了
- 2017年3月8日 最終データ納品

〈2〉質問項目

本調査で使用したアンケート票は、AからEまで5つのセクションで構成されている。それぞれのセクションにおける質問項目について、調査票の流れに沿って説明する（詳細は別紙調査票を参照）。

まずセクションAは、回答企業の遺伝資源等（天然物）の入手経験に関する質問である。具体的には、過去5年間程度における、遺伝資源等（天然物）の入手の有無について（天然物由来の研究開発成果の購入なども含めて）、入手先・入手経路に関わらず尋ねている。入手経験のある企業については、セクションB以下の質問に進む形式となっている。

セクションBは、遺伝資源等（天然物）の利用に関する質問である。過去5年程度における利用の目的、利用した遺伝資源の種類、入手時点の遺伝資源の由来（海外由来、国内由来）、遺伝資源の入手経路などについて尋ねた。またこのセクションでは、遺伝資源等（天然物）の利用を今後拡大、縮小するのか、現状を維持するののかについても質問するとともに、遺伝資源の入手や研究開発、研究開発成果を用いた商品開発・製品製造などの商業利用に際して、困難な点、問題点などを自由回答方式で尋ねた。

セクションCは、遺伝資源等の入手・利用の促進に関する質問である。ここでは、遺伝資源の入手・利用を促進・促進していく上で企業が期待する施策について、ベスト・ワースト・スケールリング（BWS）形式による質問により尋ねている。BWSは、1970年代にマーケティング分野で開発された分析手法で、環境分野でも1990年代後半より適用例がみられ、近年その利用が拡大している。BWSの質問形式にはいくつかのバリエーションが存在するが、本調査ではもっともシンプルな形式を採用することとした。

本調査では、企業による遺伝資源の利用を普及・促進する施策として、以下の8項目を評価対象とした。

A. 遺伝資源入手・利用における基盤的情報整備

1. 遺伝資源入手・利用に関する国際ルールの情報提供
2. 遺伝資源入手・利用の具体的方策・ノウハウの情報提供

- B. 国による遺伝資源入手・利用環境の整備
 - 3. 国による遺伝資源の入手および企業への配布
 - 4. 国による遺伝資源の入手ルート構築
- C. 企業による遺伝資源入手・利用への国による支援
 - 5. 企業による遺伝資源の入手ルート構築への公的支援
 - 6. 企業による遺伝資源の研究開発・商業化への公的支援
- D. 遺伝資源入手・利用のための提供国側への支援
 - 7. 提供国に対する遺伝資源に関する制度・運用能力の構築支援
- E. 遺伝資源入手・利用のための国際環境の整備
 - 8. 遺伝資源に関する国際会議でのわが国の意見の反映（名古屋議定書など）

アンケート票では、上記 8 項目のうち 4 項目を提示し、そのなかで「最も重要」と思うものと、「最も重要でない」と思うものを、それぞれひとつ選択する形式とした。図 1 は、この BWS 形式による質問例である。

本調査では、同様の質問を 4 回繰り返し尋ねることで、8 項目がそれぞれ 2 回ずつ質問に登場する形式とした。項目の組み合わせは不完備ブロック計画（BIBD）により選択し、4 つの異なるバージョンの質問票を作成した。それらを同数印刷し、業種・上場市場に関係なく無作為に選択されたバージョンが、各企業に送付されることとした。

C-1 遺伝資源等（天然物）の入手・利用を促進するうえで、どのような施策を期待しますか。
最も重要と思うものと、最も重要でないと思うものを、それぞれひとつ選択してください。
（それぞれ単数回答）

項目	最も重要	最も重要でない
遺伝資源等に関する国際会議でのわが国の意見の反映（名古屋議定書など）	1	1
企業による遺伝資源等の研究開発・商業化への公的支援	2	2
企業による遺伝資源等の入手ルート構築への公的支援	3	3
提供国に対する遺伝資源等に関する制度・運用能力の構築支援	4	4
わからない		5
遺伝資源等を利用しておらず、今後の利用予定もない		6

図 1 ベスト・ワースト・スケーリングによる質問例

セクション D は、遺伝資源に関連する国際条約などの認知に関する質問である。具体的には、(a) 生物多様性条約（CBD）、(b) 名古屋議定書、(c) 遺伝資源の入手における事前の情報にもとづく合意（PIC）について、それぞれの認知の度合いを 3 段階の選択方式で尋ねた。

最後にセクション E は、環境分野における CSR（企業の社会的責任）の取り組み状況に関する質問である。ここでは、(1) 環境会計、(2) 環境監査、(3) 環境ラベルによる環境情報開示、(4) カーボン・オフセット、(5) 生物多様性の保全、(6) 認証財などのグリーン調達、(7) エコファンドの対象となることへの意識、の 7 項目への取り組み状況について、それぞれ 5 段階のリッカート尺度により尋ねる形式とした。

以上が、本調査におけるアンケート票の基本的な構成である。なお、調査対象企業 1,305 社のうち、医薬品製造業（中分類 16 化学工業に含まれる）に含まれる企業に対しては、追加的なアンケート（詳細は（4）理論的枠組みに基づく経済評価とレジリエンス①理論的枠組みに基づく経済評価を参照）を同封し、遺伝資源を利用した創薬についてより詳細に尋ねることとした。

〈3〉分析方法

本調査により回収されたアンケート票データを用いて、以下の 3 点について分析を進める方針である。

[1] 企業における遺伝資源の利用状況の分析

回収結果を整理・分類することで企業の（1）遺伝資源利用の有無、（2）利用する遺伝資源の種類および由来、（3）利用形態、などについて、業種、企業規模、上場市場にわけて個別に分析する。このことから、企業による遺伝資源の利用状況について明らかにするとともに、今後の研究・政策提言にむけた基礎的情報を整備することができる。

[2] 遺伝資源利用の普及促進のための重要な要素の評価

遺伝資源の入手・利用を促進するための施策について、ベスト・ワースト・スケーリング（BWS）形式による定量的評価をおこなう。この分析により、遺伝資源利用にむけた 8 施策における相対的重要性を定量化することで、実効性・実現性の高い政策とその組み合わせ（ポリシー・ミックス）の具体的な提言が期待される。

[3] 遺伝資源の利用が企業の業績・環境行動に与える影響

本調査におけるアンケートデータをもとに、遺伝資源を利用する企業と、利用しない企業を比較・分析することで、遺伝資源の利用が企業の業績・環境行動に与える影響を計測する。評価対象となる指標は、業績面では売上高、利益、売上高研究開発比率を検討する。また環境行動については、生物多様性の保全、カーボン・オフセット、認証財の調達、環境会計、環境監査、環境ラベルによる環境情報開示などを用いる。傾向スコアマッチングにより、遺伝資源利用の有無について比較可能なサンプルを抽出し、業績・環境行動に与える影響を定量化する。

この分析により、遺伝資源利用が企業の経済的指標と環境行動に与える影響が明らかとなる。

3) 結論

以上のうち、[1] [2]については 2016 年度内に研究成果シンポジウムにおいて報告した。[3]については、次年度の研究項目とする。

(3) 日本での PIC 等導入による便益・費用面での評価に向けた調査

①PIC 導入の便益の評価

甲南大学 柘植隆宏

1) 序論

PIC 制度導入の是非を経済学的に検討するためには、PIC 制度導入の費用と便益を評価し、比較することが有益である。そこで、日本が PIC 制度を導入することで得られる便益を、受益者である市民の選好に基づいて評価するためのアンケート調査を実施する。このアンケートでは、企業の国内措置導入による費用増加分の一部が製品価格に転嫁されるとの想定のもと、国内の遺伝資源や生息地である生態系の保護のために受け入れられる年間支出の増加額をコンジョイント分析により計測する。

次年度の分析に向けて、今年度はアンケート調査票の作成とアンケート調査の実施（データ収集）を行った。以下では調査の中心部分であるコンジョイント分析とベスト・ワースト・スケールリングの質問を紹介する。

2) 本論

〈1〉コンジョイント分析の質問

企業の国内措置導入による費用増加分の一部が製品価格に転嫁されるとの想定のもと、国内の遺伝資源や生息地である生態系の保護のために受け入れられる年間支出の増加額をコンジョイント分析により計測する。

日本で取得した遺伝資源を応用した製品を開発・販売して利益（金銭的利益）をあげている国内外の企業から、利益の一部を日本の生態系保全のために拠出してもらう制度が導入された状況を想定してもらった。ここでは、この制度が導入されることで、以下の3点に影響があると仮定した。

第一に、生態系保全の程度である。この制度が導入されると、日本で取得した遺伝資源を応用した製品を開発・販売して利益をあげている国内外の企業が、利益の一部を日本の生態系保全のために拠出することにより、健全な生態系が維持される面積が拡大すると仮定した。

第二に、有用な遺伝資源が発見され、それをもとに作られた製品が実用化される確率である。この制度が導入されると、生態系がより多く保全されるようになることで、有用な遺伝資源が発見される確率が高まると仮定した。ただし、どの地域のどのような生態系が保全されるかによって有用な遺伝資源が発見される確率が異なること、および、そこでどのような遺伝資源が発見されるかによって遺伝資源をもとに作られた製品が実用化される確率が異なることを仮定した。

第三に、日本の各世帯の支出額である。企業の中には、生態系保全のために拠出する資金を、消費者にも協力してもらって確保しようと考えるところがあると仮定した。そして、そのような企業が、生態系保全のために拠出する資金を確保することを目的として製品を値上げすることにより、これまで通りの消費を行うために必要な、日本国内の各世帯の1年間の支出額が増加すると仮定した。

以上の想定のもと、この制度が導入されることで実現する可能性がある将来の状況を表す「選択肢1」および「選択肢2」と、この制度を導入しないことを表す「選択肢3（この制度を導入しない）」を回答者に提示し、最も望ましいと思うものを1つ選択してもらった。選択肢1と選択肢2は、「健全な生態系が維持される面積」、「遺伝資源をもとに作られた製品が実用化される確率」、「負担額（年間支出の増加額）」の3つの点で異なっているため、回答者はそれらの間のトレードオフを考慮して、総合的に見て最も望ましいと思うものを選択する。コンジョイント分析における属性と水準の設定は表1のとおりである。

属性	水準				
健全な生態系が維持される面積	5%増加	10%増加	20%増加	40%増加	
遺伝資源をもとに作られた製品が実用化される確率	現状のまま	現状の1.5倍	現状の2倍	現状の3倍	
負担額（年間支出の増加額）	1000円	2000円	4000円	6000円	8000円 10000円

表1 コンジョイント分析の属性と水準（生態系保護のケース）

調査に用いた質問は図2のようなものである。提示する選択肢1と選択肢2の内容を変化させて、1人の回答者に6回同様の質問を繰り返した。

	選択肢1	選択肢2	選択肢3（この制度を導入しない）
健全な生態系が維持される面積	10%増加	20%増加	現状のまま
遺伝資源をもとに作られた製品が実用化される確率	現状の2倍	現状の1.5倍	現状のまま
負担額（年間支出の増加額）	2000円	1000円	0円

図2 コンジョイント分析の質問例（生態系保護のケース）

このような質問により得られた回答データを計量経済学的に分析し、各変数に対する支払意額を算出する。

〈2〉ベスト・ワースト・スケージングの質問

人々がどのような生態系の機能（生態系サービス）を重要と考えているかを把握するために、ベスト・ワースト・スケージングによる質問を行った。

ここでは、主要な生態系の機能として、「魚やキノコなどの食料を供給したり、紙や木材などの原材料を供給したりする働き」、「薬の開発や品種改良のもととなる遺伝資源を供給する働き」、「大気汚染物質や二酸化炭素（CO₂）を吸収することなどにより、きれいな大気を維持したり、気候を調整したりする働き」、「水資源（生活用水、農業用水、工業用水、発電用水など）を供給したり、水質を浄化したりする働き」、「肥沃な土壌を形成するとともに、土壌の浸食を防いだり、土砂災害や洪水などを防いだりする働き」、「さまざまな生きもの（動物や植物など）の

生息・生育の場としての働き」、「美しい景観を形成したり、観光やレクリエーションの場を提供したり、芸術の題材や信仰のよりどころとなったりする働き」の7つを取り上げた。

上記の7つの意見のうち、統計的基準（釣合い型不完備ブロック計画）に基づいて選ばれた3つを回答者に提示し、最も重要だと思うものと最も重要でないと思うものを選択してもらう質問を、提示する意見を変えて7回繰り返した。調査に用いた質問は図3のようなものである。

生態系は我々人類にさまざまな恩恵（自然の恵み）を与えてくれています。
以下のそれぞれの自然の働きの中で、あなたが最も重要だと思うものと、最も重要でないと思うものを1つずつ選んでください。

最も重要		最も重要でない
<input type="checkbox"/>	魚やキノコなどの食料を供給したり、紙や木材などの原材料を供給したりする働き	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	薬の開発や品種改良のもととなる遺伝資源を供給する働き	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	さまざまな生きもの（動物や植物など）の生息・生育の場としての働き	<input type="checkbox"/>

図3 ベスト・ワースト・スケーリングの質問（生態系の機能のケース）

このような質問により得られた回答データを計数法（counting analysis）などで分析し、それぞれの機能の重要性を表すスコアを算出する。また、たとえば、生態系の「薬の開発や品種改良のもととなる遺伝資源を供給する働き」を高く評価する人は、「遺伝資源をもとに作られた製品が実用化される確率」に対する支払意志額が高いかといったように、ベスト・ワースト・スケーリングで得られたスコアとコンジョイント分析で得られた支払意志額の間を分析する。

3) 結論

日本がPIC制度を導入することで得られる便益を、受益者である市民の選好に基づいて評価するためのアンケート調査を実施した。次年度は、この調査のデータを分析する予定である。

コンジョイント分析のデータからは、国内の遺伝資源や生息地である生態系の保護のために受け入れられる年間支出の増加額を計測する。これにより、PIC制度導入の便益を評価する。

ベスト・ワースト・スケーリングのデータからは、生態系の様々な機能の重要性に対する一般市民の評価を表すスコアを算出する。また、このスコアとコンジョイント分析で得られた支払意志額の間を分析する。

次年度の分析により、PIC制度導入の是非を経済学的に検討するうえで有益な知見が得られると期待される。

<参考文献>

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。

Louviere, J. J., Flynn, T. N., and Marley, A. A. J. (2015) Best-Worst Scaling: Theory, Methods and Applications. Cambridge: Cambridge University Press.

②国内 ABS 事例形成調査

三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング 菌 巳晴

1) 序論

遺伝資源や ABS に係る経済評価を進める上で、既存データや具体的事例が不足していることが課題である。特に、我が国では従来、PIC 手続等の ABS 法規制は導入されておらず、既存の ABS 事例が存在しないため、PIC 等の遺伝資源管理の影響や便益・費用面での評価、生物多様性保全に与える影響・効果の検証を行うための既存データや具体的事例がない。このため、経済学的な評価手法の検討と併行して、国内において ABS に係わる事例（パイロットプロジェクト等）を発掘し、あるいはその実現可能性を模索しながら、可能であれば実証的に検討することが望まれる。

昨年度に引き続き、ABS に係わる事例（パイロットプロジェクト等）の試行及び当該事例に基づく評価検証の実施に向けた可能性について現地関係者との意見交換、協議等を通じ検討する。実施可能と認められた場合は、パイロットプロジェクトの試行や評価検証の実施に向けた事前準備を開始する。

2) 本論

〈1〉意見交換・現地調査等の実施結果

ABS に係わる事例（パイロットプロジェクト等）の試行及び当該事例に基づく評価検証の実施に向けた可能性を検討するため、昨年度において一定の実現性が示唆された長崎県対馬市、沖縄県慶良間諸島、沖縄県事業である「おきなわ生物資源活用戦略」（ライブラリ構築・活用）の取組を対象地域等として引き続き設定した。

なお、対象地域等の設定や、下記に記載する想定やねらいは、あくまで本研究実施者の案に過ぎず、現段階では対象地域の自治体や言及している関係機関等の了解や合意があるものではない点に留意されたい。

＜対象地域等と本研究実施者による想定案＞

対象地域等	想定案	ねらい
長崎県 対馬市	保全と探索を組み合わせたパイロットプロジェクトを実施	地域資源の付加価値化に基づく保全・地域活性化の取組と遺伝資源アクセス管理制度の試行的検証
沖縄県 慶良間諸島	那覇自然環境事務所・慶良間自然保護官事務所や(一財)熱帯海洋生態研究振興財団・阿嘉島臨海研究所と連携してパイロットプロジェクトを実施	国立公園での保全と遺伝資源アクセス管理の試行的検証

沖縄県 おきなわ生物資源活用戦略(ライブラリ構築・活用)	沖縄県が検討を開始している県内 遺伝資源活用戦略(ライブラリ構築・活用)の事業と連携して、検討 状況に応じた評価・検証を実施	ライブラリ構築を通じた遺 伝資源アクセス管理制度の 評価・検証
---------------------------------	--	---------------------------------------

上記対象地域等についての意見交換・現地調査等の主な実施状況とその結果の概略は下記の通りである。なお、訪問先の自治体・機関等からは、あくまで当該学術研究の目的の範囲で協力いただいているものであり、各自治体・機関等の公式の見解又は事業ではない点に留意されたい。このため、訪問先との間での具体的な了解事項や回答内容等については本報告書への掲載を割愛する。

<意見交換・現地調査等の実施・結果概要>

対象地域等	意見交換・現地調査等の実施状況	結果概要
長崎県 対馬市	<p><意見交換></p> <p>日程：2016年5月～6月</p> <p>○対馬市と電話・メール等による意見交換(環境省による自治体対象の事業公募への応募を念頭に置いた検討)</p> <p>○実施者：三菱UFJリサーチ&コンサルティング 菌 巳晴 副主任研究員</p> <p>○協力者：三菱UFJリサーチ&コンサルティング 土方直美 生物多様性担当、ニムラ・ジェネティック・ソリューションズ 二村 聡 社長</p>	<p>○対馬市内の団体・ネットワーク組織を核とした遺伝資源の管理・利用の仕組みづくりの考え方・骨子の一案について意見交換を行った。</p> <p>○応募結果は不採択ではあったが、対馬市において地域主体で生物多様性保全と遺伝資源の管理・利用を推進するための考え方について問題意識を共有することができ、今後も引き続き意見交換を行う見通しを得ることができた。</p>
	<p><調整></p> <p>日程：2016年9月～10月</p> <p>○対馬市と電話・メール等による調整</p> <p>○実施者：ニムラ・ジェネティック・ソリューションズ 二村 聡 社長、三菱UFJリサーチ&コンサルティング 菌 巳晴 副主任研究員</p>	<p>○〈2〉に示すパイロットプロジェクト(対馬市の遺伝資源へのアクセス)を実施するための調整を行った。</p>
	<p><現地調査></p> <p>日程：2016年11月25日(金)</p> <p>○対馬市役所訪問協議</p> <p>○実施者：慶應義塾大学 大沼あゆみ 教授、三菱UFJリサーチ&コンサルティング 菌 巳晴 副主任研究員</p> <p>○協力者：三菱UFJリサーチ&コンサルティング</p>	<p>○対馬市の協力で、対馬市民意識調査を共同で実施できることとなった。</p> <p>○地元の潜在的な遺伝資源の管理者・提供者のグループインタビュー又は意見交換会の実施に向け見通しが得られた。</p>

	<p>土方直美 生物多様性担当</p>	<p>○パイロットプロジェクトをもとにした試行的なABSの仕組みの設定と意見交換形式による評価の実施に向け見通しが得られた。</p> <p>○次年度に対馬市内で開催されるイベント等を機会として地元での研究成果紹介や意見交換を行う可能性を検討した。</p> <p>※試行的なABSの仕組みについては、「(2) PIC等導入による遺伝資源利用に及ぼす影響の予測に向けた調査」の予備的検討をもとに対馬市の状況や名古屋議定書の国内措置案の検討状況を踏まえ素案を検討した。</p>
	<p><意見交換・準備調整等> 日程：2016年12月～2017年3月 ○対馬市と電話・メール等による意見交換、調整等 ○実施者：三菱UFJリサーチ&コンサルティング 菌 巳晴 副主任研究員、甲南大学 柘植隆宏 教授、慶應義塾大学 大沼 あゆみ 教授 ○協力者：三菱UFJリサーチ&コンサルティング 土方直美 生物多様性担当</p>	<p>○現地調査を踏まえ、対馬市民意識調査の調査票、実施方法等について意見交換を行い、実施の準備調整等を行った。</p> <p>※今年度、試行的なABSの仕組みの設定に基づく評価を実施する予定で検討を進めたが、名古屋議定書の国内措置案が公表されパブコメを実施する段階にある情勢を踏まえ、評価等の実施は来年度に延期した。</p>
<p>沖縄県 慶良間諸島</p>	<p><意見交換> 日程：2016年6月、2016年12月～2017年1月 ○阿嘉島臨海研究所と電話・メール等による情報・意見交換</p>	<p>○将来的に保全に配慮した遺伝資源探索やABSによる地域や保全への貢献等の仕組み作りの必要性や可能性が示唆された。</p> <p>○ただし地元でこの取組を進める調整役となり得る主体や体制を整えるためにしばらく時間を要する状況が把握された。</p> <p>※平成29年度を最終年限とする本共同研究事業の間にパイロットプロジェクトの試行に基づく評価検証を行うことは困難と判断されるた</p>

		<p>め現地調査は中止し、沖縄県の「おきなわ生物資源活用戦略」の取組に係る検討の中で適宜考慮することとした。</p>
<p>沖縄県 おきなわ生物資源活用戦略 (ライブラリ構築・活用)</p>	<p><現地調査> 日程：2017年2月1日(水) ○沖縄科学技術振興センター(沖縄県事業受託者)と情報・意見交換</p>	<p>○「沖縄生物資源活用戦略」の取組のその後の状況や課題を把握することができ、取組を推進するために県内の遺伝資源の保存・利用の具体的実態やライブラリの経済価値や整備・利用による経済効果の把握のニーズがあることが示唆された。</p> <p>○上記の調査や評価、県の取組のケーススタディを実施する場合に県内関係機関等の紹介等の連携・協力が得られる見通しが得られた。</p>

〈2〉対馬におけるパイロットプロジェクト

対馬市におけるパイロットプロジェクト（遺伝資源へのアクセス）の試行を模索するため、株式会社ニムラ・ジェネティック・ソリューションズの協力の下、昨年度の現地調査結果をもとに対馬における遺伝資源アクセスプロジェクト（案）（6プロジェクト）を検討し、それぞれ潜在的に関心を有すると思われる企業や大学の研究者等の情報収集、打診、調整等を行った。その結果、下記の通り対馬の遺伝資源へのアクセスが試行された。遺伝資源へのアクセスに際し、提供者との契約締結や本研究への協力を依頼しており、今後実施する試行的なABSの仕組みの設定による評価に協力していただく予定である。なお、遺伝資源へのアクセスの試行自体は当該企業・大学等の取組に属することから、具体的な対象遺伝資源やアクセス状況については本報告書への掲載を割愛する。

＜対馬におけるパイロットプロジェクト（遺伝資源アクセス）実施状況＞

時期	実施者	遺伝資源	取得地	目的
2016年10月2日(日) ～10月3日(月)	民間企業(メーカー)	昆虫	野外(公道・林道周辺)	有用物質生産に関わる遺伝子解析等、有用物質に係る基礎研究
2016年9月22日(木) ～9月24日(土)	民間企業(ベンチャー)	微生物	地元の醸造関係会社施設内	現在使用されていない蔵付き酵母の再発掘を目的とした基礎研究
2016年9月22日(木) ～9月24日(土)	大学研究者	果実	野外(私有地山林)	栽培果実の類縁野生種に関する学術研究(分類、分布、遺伝子解析、利用法等)

〈3〉対馬市民アンケート

対馬市民による地域の遺伝資源・生物多様性に対する認識や、保全・利用に関する態度・意向を把握することで、地域的な ABS の仕組みの導入による生物多様性保全や持続可能な地域社会の形成への貢献の可能性等についての検討材料を得ることを目的として、対馬市と共同でアンケート調査を行った。

調査概要は下記の通りである。調査結果については次年度に分析を行う。

■ 調査方法

- 自記式郵送アンケート

■ 調査対象

- 対馬市民 1000 サンプル
- 無作為抽出法（住民基本台帳より抽出）

■ 調査主体

- 対馬市及び本共同研究プロジェクト（代表：慶應義塾大学、担当共同研究機関：三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング）

■ 調査期間

- 2017 年 3 月 10 日～2017 年 3 月 31 日

■ 調査項目概要（調査票は巻末添付資料参照）

- 対馬市が希望する生物多様性関連の調査項目を盛り込む。
- 生物多様性の関連用語の認知度
- 生物多様性との関わりのあることについての認識
- 対馬の自然環境・生物多様性に対する認識（生物多様性の豊かさ、減少、恵み等）
- 生物多様性関連活動への従事・参加経験
- 生物多様性保全意識・意向
- 生物多様性保全の課題についての意識
- 遺伝資源の関連用語の認知度
- ……………遺伝資源や ABS の情報提示……………
- 生物多様性保全意識・意向の変化
- 対馬の遺伝資源、伝統的知識に対する認識
- 対馬の地域資源の利用と保全・地域貢献（ABS）に対する意見・意向
- 対馬の地域資源として将来に引き継いでいきたい遺伝資源、伝統的知識
- 期待する生物多様性・遺伝資源・伝統的知識施策
- 属性（性別、年代、居住地区名、市内居住年数、出身が市内か市外か、職業、子どもの有無）

3) 結論

昨年度以来、対象地域等の自治体担当者や関係者と情報・意見交換を行うことを通じ、各地域の事情や特性を基礎として、ABSを通じた地域資源の付加価値化により、生物多様性保全や地域活性化との好循環を形成するなど、より幅広い環境政策、地域政策に対する波及可能性が示唆されている。

対馬市ではパイロットプロジェクトの試行により、いくつかの遺伝資源アクセスの実施事例を形成することができ、これを基に対馬市の協力の下、試行的なABSの仕組みの設定による影響や便益・費用面での評価、また対馬市民の意識調査による生物多様性保全に与える影響・効果の評価を行う準備及び体制を概ね整えることができた。沖縄県の「おきなわ生物資源活用戦略」の取組については、事業関係者との連携により、沖縄県内の遺伝資源の保存・利用実態の把握やライブラリの経済価値評価手法の検討等のケーススタディを実施する見通しを得ることができた。

以上の評価検討の準備等をもとに、次年度ではPIC等の遺伝資源管理の影響や便益・費用面での一定の評価、生物多様性保全に与える影響・効果についての一定の評価を行い、生物多様性保全や地域活性化に対する遺伝資源管理やABSの意義を検証する。

(4) 理論的枠組みに基づく経済評価とレジリエンス

①理論的枠組みに基づく経済評価

遺伝資源の経済価値の評価研究

慶應義塾大学 大沼あゆみ

滋賀大学 森宏一郎

1) 序論

本研究では、Simpson et al. (1996: SSR)と Rausser and Small (2000)などが議論してきた、遺伝資源を医薬品開発に利用するという想定の下で導出した経済価値の式を用いて日本の遺伝資源の経済価値を推定する方向で進めている。

2) 本論

SSR の分析が最初に想定したのは、次の状況である。まず、 n 個の種を含むライブラリーが存在する。このライブラリーの種を適用して、ある医薬品についての研究開発を行う。このライブラリーで開発に用いられるそれぞれの種の商業化確率は同一で、 p とする。また成功すると得られる収入を R とする。また、一方、一つの種をテストするには、コスト c が発生する。これが基本的な設定である。

さらに、新たな医薬品需要が継続して発生する。毎年生じる新たな新薬へのニーズの数を λ_t で表す。この開発のために、同じライブラリーを用いて、サンプルを毎年テストすることを想定する。さらに、時点 t のあらたな薬品 s への需要が実現したときの収入を R_{st} 、 s のためのサンプル i のテスト費用を c_{st}^i で表す。また、商業化成功確率を p_{st} とする。簡単化のために、 $R_{st} = R$, $c_{st} = c^i$, $\lambda_t = \lambda$, 成功確率を p で一定とする。すると、

以上の設定のもとで、ライブラリーが n から $n+1$ に増えることの限界価値 v_n は、

$$v_n = \frac{\lambda}{r}(pR - c)(1 - p)^n$$

となる。同様に、ライブラリーの価値 V_n を求めると、

$$V_n = \frac{\lambda(pR - c)}{pr} (1 - (1 - p)^n)$$

上記の限界価値は、 p に関して次のように最大値 p^* を持つ。

$$p^* = \frac{1}{n+1} + \left(\frac{n}{n+1}\right) \cdot \frac{c}{R} \approx \frac{1}{n+1} + \frac{c}{R}$$

この値を用いることで、限界価値の最大値は、

$$v^* \approx \frac{\lambda R}{r(n+1)c}$$

に近似的に等しくなることが導出された。また、この近似値にもとづき、 n 種のライブラリーの価値 $V^*(n)$ を計算すると、

$$V^*(n) = \int_0^n \frac{\lambda R}{r(n+1)^e} dn = \frac{\lambda R}{r^e} [\log(n+1) + 1]$$

である。この値がライブラリーの最大値になる。これらの式は、 p と c を考慮せずに、 λ, R, n, r を特定化すれば求められるので大変便利なものであるが、最大値であるため、複数のライブラリーを比較するなどにおいて有用であるものの、特定のライブラリーでの評価には適用可能性は低い。

本研究では、PIC 等の導入する可能性も含めて、昨年度導出した SSR 式の拡張を用いて、評価を進めている。

$$V_n = \frac{\lambda(p(R-T) - c)}{pr} (1 - (1-p)^n) - (q - s + y)n$$

ここで、

- λ : 毎年生じる新たな新薬へのニーズ
- p : 1 つのサンプルから商業化成功確率
- R : 成功することによる期待純収入
- T : 提供国への利益配分 ○
- c : 1 つのサンプルを試験する費用
- r : 割引率 ○
- n : ライブラリー（国内）のテスト可能な遺伝資源種数
- q : 取得費用（国内措置導入前）
- y : 国内措置導入による取得費用の上昇分（手続き費用等）○
- s : 国内措置導入による取得費用の減少分
(PIC が整備されることで、より許可を得やすくなるなど) ○

○印は、外生的に与えることを予定している。他のパラメータについては、さまざまな方向から推定を進めている。

< λ について >

日本の新薬についての文献調査により、1967～2016 まで、異なる成分でカウントすると 1945 の新薬が認められている。年平均は、下記のように 38.9 となる。この値をベースにして、 λ を推定する。

1967～2016 年に薬価基準に収載された新薬のうち、以下の集計方法で新成分を含む新薬の件数を年単位に集計した。

< 集計方法 >

- ・ 同一の成分は 1 件として集計する
- ・ 同一の成分から作られた新薬は、薬効に関わらず 1 件として集計する
- ・ 同一成分が異なる年にも収載された場合、一番過去に収載された年に 1 件とカウントする

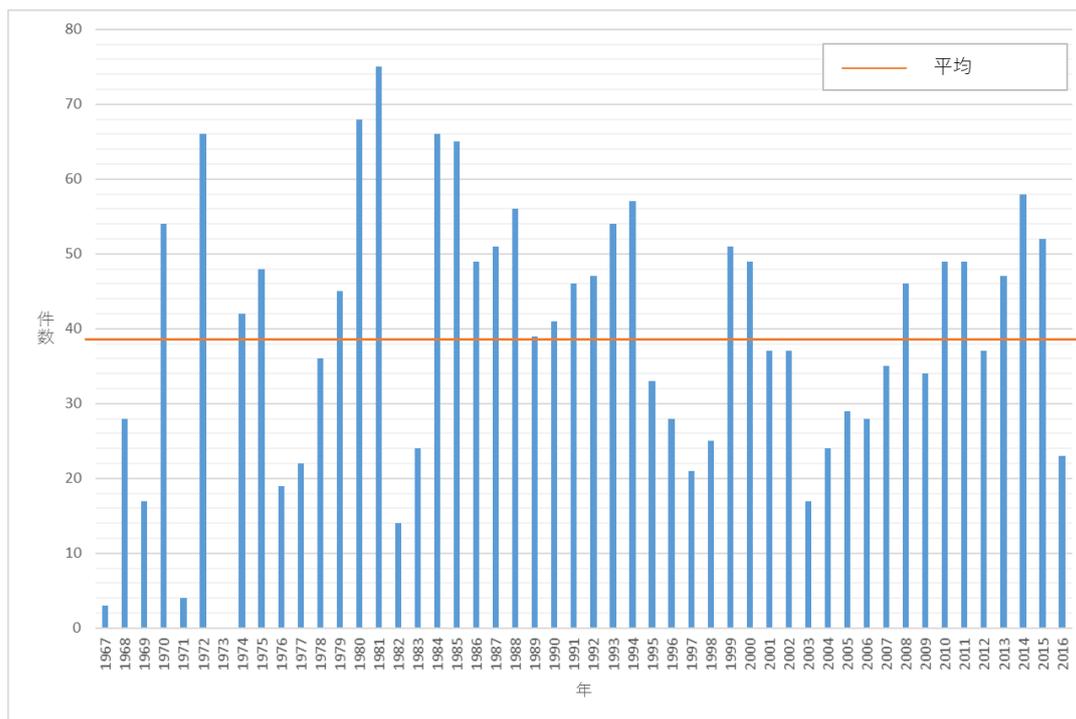


図1 日本の新薬件数

出典：薬事日報社「新医薬品薬価データ 2016年版」により作成

収載年	集計結果(件)
1967	3
1968	28
1969	17
1970	54
1971	4
1972	66
1973	0
1974	42
1975	48
1976	19
1977	22
1978	36
1979	45
1980	68
1981	75
1982	14
1983	24
1984	66

収載年	集計結果(件)
1985	65
1986	49
1987	51
1988	56
1989	39
1990	41
1991	46
1992	47
1993	54
1994	57
1995	33
1996	28
1997	21
1998	25
1999	51
2000	49
2001	37
2002	37

収載年	集計結果(件)
2003	17
2004	24
2005	29
2006	28
2007	35
2008	46
2009	34
2010	49
2011	49
2012	37
2013	47
2014	58
2015	52
2016	23
合計	1945
平均	38.9

表1 日本の新薬件数

出典：薬事日報社「新医薬品薬価データ 2016年版」により作成

<p, c, q, R について>

天然物由来の医薬品開発研究者に複数名インタビューすることができた（インタビュー結果は本稿末尾囲み「企業インタビュー結果」参照）。その結果、これらをピンポイントで推定することが容易ではないことがわかってきた。

まず、確率 p を推定することは、次のような理由で容易ではない。一つは、研究者が在職中に商業化に成功する数はきわめて少ないため、多くの経験例をもとにした確率水準を研究者自身も確信を持って知っているわけではない。

医薬品開発では、ある創薬のためのプロセスとして、一次スクリーニング、二次スクリーニング、動物試験、そして最後に臨床試験がある。こうしたプロセスをパスしていったサンプルが、最終的に創薬につながるのだが、先述のように成功例自体が少なく、経験的な試験サンプル数と成功数から、成功確率を求めるのは一般性を欠くのである。また、ある創薬で振り落とされたサンプルであっても、他の創薬で有用となる可能性もある。そのため、ライブラリーのサンプルは何度も異なる創薬試験で試されるため、保有するライブラリーの数が大きいほど、創薬の成功確率が高まるということでもない。

また、サンプルのテスト費用 c についても、一挙に多くのサンプルをテストするため、総費用をサンプル数で割って求めることになる。その費用も、サンプルの形態などで異なる。すでに、単離した化合物であれば、きわめて利用しやすいが、必ずしもこうした形態とは限らない（アンケート質問項目 1.4 参照）。

さらに、取得費用 q についてもどの形態で取得するかによって異なる。期待収入 R についても、薬によって大きく異なるため、ピンポイントで示すことは不可能である。ただし、総費用をカバーするほどのものがないと持続的な研究開発を行うのが難しくなるため、費用回収的な考えからも接近することができるだろう。

加えて、こうした情報の多くが、企業にとって開示しにくいものであることも、インタビューに基づく推定が容易ではないものになっている。

本研究では、添付のアンケートを実施しており（調査票はIV、添付資料3、企業アンケート調査票「日本における遺伝資源の価値のアンケート」参照）、揃い次第、集計・分析を行う。その際、回答者の所属企業に関する情報ではなく、日本の製薬産業全般について認識していることを問うようにしているため、回答のしにくさが低下すると推測している。

アンケートは11社からの回答があり、主な質問の回答結果は、表2に以下のようにまとめられている。下限値の平均値、上限値の平均値、およびそれらの平均値を記している。

質問概要	有効回答 社数	A		B		(A+B)/2	
		下限値の平均		上限値の平均			
天然物由来ライブラリーから取得した化合物が臨床試験を通過する確率 (10万サンプル中、通過するサンプルの数) (Q2.1)	6	2.7	サンプル	10.8	サンプル	6.8	サンプル
一つの新薬の開発に成功した場合に期待できる年当たりの売上収入 (Q2.2)	7	5,443	百万円	96,429	百万円	50,936	百万円
一つの新薬の開発に成功した場合に売上収入を計上できる平均年数 (Q2.2)	6	7.83	年	7.83	年	7.83	年
天然物由来のサンプル1つを追加的に増やす費用(自社で培養・抽出・精製) (Q2.4)	4	1.65	万円	4	万円	2.83	万円
天然物由来のサンプル1つを追加的に増やす費用(他社から購入) (Q2.4)	4	0.21	万円	0.66	万円	0.44	万円

表2 アンケートによる回答結果 (抜粋)

このうち「一つの新薬の開発に成功した場合に期待できる年当たりの売上収入 (Q2.2)」の質問に対する回答は100～5,000百万円から10,000～500,000百万円と回答に幅があった。これは薬効や市場規模によって売上収入が変わる実態を元に、アンケート回答者が過去の経験から適切と推定した結果を回答したためと考えられる。本研究で使用する値は今後回収予定のアンケートの結果をふまえて推定する。

なお、開発費用に関する値については、更なる調査が必要であることがわかったため、ここには掲載せず、次年度にすべてをあわせてまとめる予定である。

3) 結論

<来年度の方針>

アンケートを集計した上で、パラメータを推定し、経済的価値の導出を行う。また、感度分析のような、パラメータが変化することでの推定価値に与える効果についても、十分な考察を行う。

企業インタビュー結果

経済的利益(金銭的・非金銭的利益)の評価に関する評価手法の研究において、Simpson et al. (1996)のモデルをベースに日本版の評価値導出をしている。その際、モデル内の各関数のパラメータを推定

する必要があるが、統計数値による推定がきわめて難しいのが現状である。Simpson 等も大胆な推論をおこなっていると推察できる。そこで、依然として天然物による創薬を実施している日系医薬品企業の担当者にインタビューすることによって、パラメータ値の推論に資する情報を収集することとした。なお、取材先に対しては個別情報の非公開を条件にインタビューした。インタビューした企業は第一三共製薬、エーザイ、アステラス製薬、大鵬薬品工業の 4 社である。なお、インタビューで得られた主な知見を後述するが、守秘義務のため、どこから得た情報なのかは示さない。

主な質問項目は以下のとおりであるが、パラメータ値の推論に資するように、質問内容は二段階で構成されている。

【主な質問項目】

一般的な質問

1. これまで、貴社の医薬品開発において、遺伝資源（あるいは自然由来の原材料、生物多様性）は、どれだけの重要性を占めておりますか。また、現在の売上のうち、自然由来の医薬品のシェアはどれほどになるか、教えて下さい。特に、開発された薬にはどのようなものがあるのでしょうか。加えて、成功割合（定義によって変わるということのようですが）や1回の試験コストはどのようなものなのでしょうか。
2. 遺伝資源を用いない医薬品開発との間での研究開発の割合と傾向についてご教示下さい。
3. 遺伝資源による医薬品や医薬品開発には、非遺伝資源のものと比較して、どのような特徴（長所や短所）があるとお考えでしょうか。
4. 遺伝資源の採取や調達は今現在どのようにされているのでしょうか。また、その対価や費用についてご教示下さい。また、その効果は、対価・費用に照らし合わせて十分経済的効果のあるものなのでしょうか。
5. 日本が提供国である遺伝資源をこれまでどのように利用されてきたのでしょうか。また、日本の遺伝資源利用は貴社ではどのような傾向にあるのでしょうか。さらに今後の利用をどのようにお考えでしょうか。
6. 提供国の法規制遵守を中心に国内措置の検討が進みつつあり、また、一方で名古屋議定書に基づく遺伝資源取得についての事前の情報に基づく同意（PIC）を導入するかどうか、議論になっています。貴社では、こうした動きをどのように評価しておられるのでしょうか。

ややテクニカルな質問

1. 御社で、製薬に用いる主たる生物は何でしょうか（例：菌類、植物、動物）。
2. また、その具体的な入手先（採取地や委託の有無）。また、その対価や費用についてご教示下さい（幅で示していただいて結構です）。業界での状況についても、ご教示ください（推測で結構です）。
3. 毎年、新薬開発について、日本でどの程度の数の新薬について需要が発生するのかご教示ください（幅で示していただいて結構です）。過去に開発に失敗したものでも、いまだ、開発の需要があるものも含まれます。なお、ご参考までに、米国についての評価では、10.52 という推定があります。

4. 一つの新薬の開発に成功すると、平均してどれだけの売上収入が予想されますか（幅で示していただけて結構です）。米国についての評価では、4億5千万ドルという推定があります。
5. 一つの新薬の開発に成功するまで、どれだけの費用がかかりますか（幅で示していただけて結構です）。米国についての評価では、3億ドルという推定があります。
6. 一つの遺伝資源を試験するのにかかる費用を教えてください（幅で示していただけて結構です）。米国についての評価では、3,600ドルという推定があります。
7. どれ位の数の遺伝資源を試して、一つの新薬の開発に成功すると考えられますか（新薬開発に成功する確率を求めるためのものです）。さまざまな条件で異なると思いますが、幅で示していただけて結構です。

インタビューから得られた重要な事実情報・知見は以下のとおりである。ただし、個別企業が特定化され、かつ、個別企業の秘匿情報に該当する内容は掲載できないため、以下、公開可能なサマリーだけを記載する。

※-※-※-※-※

- ◆ 天然物由来の創薬にも魅力がある。人間が作り出せないような複雑な構造を持っているが、自然界に存在している以上、必ず意味がある。また、後発品の参入を抑制できる可能性もある。
- ◆ 天然物からの創薬をやめて、低分子の化合物と高分子のたんぱく質を用いた化学的合成によって創薬を行っている
- ◆ 化合物を利用する方法だと、作れるものだけを利用するので、成分の構造が単純なのがよい。逆に言えば、単純なものしかできない
- ◆ 化合物による全合成の場合、コンピューターをベースにして行われている。単純に、その組み合わせの数量で勝負
- ◆ 天然物由来だと、人間が思いつかないような複雑な構造を利用できるという魅力はあるが、、、
- ◆ 売上に占める割合としては、天然物由来が10~30%、化合物由来が70~90%ぐらいになっている。利益ベースで見ても、だいたい同じような構成。
- ◆ 発見から製品化までに10~20年という長い時間が必要。現在、売上や利益に貢献している医薬品は相当以前に発見したものがベースになっている
- ◆ 成功事例としては、プログラフという薬がある。この薬は移植の拒絶を抑制するものである。この薬は、現在、会社の約1兆2,400億円の売り上げのうち2,150億円ぐらいを稼ぎ出している。だいたい20%ぐらいを占める成功商品
- ◆ 25年ぐらい前に筑波山麓の土壌から見つけた天然物から活性を発見。その後、開発に10年ぐらいかかっている
- ◆ 他の成功事例では、スタチンという脂質降下剤
- ◆ 植物由来や海洋生物由来のものもあるにはある。
- ◆ 特定の場所を対象とすることはない。周辺の土壌でも可能性はある。他方、極端な条件は魅力的である。日本は南北に長く色々な気候があるので、多様性のある良い菌が取れる可能性がある。

- ◆ 日本は昔から発酵創薬が多い。伝統的技術と言えなくもない。世界初の日本由来のものは多い。ただ、伝統的技術ということよりは、資源の多様さのおかげ
- ◆ 熱帯の魅力はある（高温度という特性）。逆に、低温度の地域にも魅力がある。日本は南北に長く色々な気候があるので、多様性のある良い遺伝子資源（菌）が取れる
- ◆ 特定の地域が特別の魅力を持つわけではないが、日本では、たとえば、原生林があるようなところが魅力的（離島とか）
- ◆ 天然物（菌）からの創薬成功確率は何を分母にするかによって大きく変わるが、確率は高いとは言えない。特定のサイトを対象にしないこともあり、特定のサイトの保全に強い関心はない。
- ◆ スクリーニング前の微生物で考えれば、200～1,000 万分の1ということになる。スクリーニング後の化合物レベルでも、500～1,000 分の1
- ◆ 特定のサイトをターゲットに菌を狙うことはない。また、微生物（菌）から得られたライブラリーを売買することはほとんどないので、ライブラリー自体には経済価値はない
- ◆ 医薬品開発コストは平均して 500～600 億円ぐらいかかる。年間 1,000 億円を数年間続けて超える売上がないと回収は難しい

<参考文献>

Rausser, G. C. and A. A. Small (2000), Valuing research leads: Bioprospecting and the conservation of genetic resources. *Journal of Political Economy* 108, 173-206.

Simpson, R.D., R.A. Sedjo and J.W.Reid (1996), Valuing biodiversity for use in pharmaceutical research, *Journal of Political Economy* 104, 163-85.

②利益配分についての理論的考察

遺伝資源利用における提供者側の利益配分について～「共同利益配分システム」についての理論的考察

慶應義塾大学 大沼あゆみ

1) 序論：はじめに

遺伝資源利用の経済理論は、「バイオプロスペクティング」の議論の中で発展してきた。バイオプロスペクティングは、医薬品の基になる天然物を探索することを指すが、経済学では、典型的には遺伝資源の利用国の企業と、提供国政府（ないしは政府機関）が共同で行う、天然由来の医薬品等の開発を指すことが多い。バイオプロスペクティングの中での利益配分の形態は、アクセスと並んで最もバイオプロスペクティングの効果に影響を与えるものである。理想的な形態は、利用国の利益が、遺伝資源提供国に十分還元され、その利益が提供国の発展と生物多様性保全に持続的に活用されることである。この観点からは、配分利益が十分大きいものであることが当然望ましいが、大きいほど利用国の利用インセンティブを削ぐことになる。Onuma (2012)は、こうした観点に立って、社会的に望ましい配分率を求めた。

利用者・提供者間の利益配分システムについては、言うまでもなく、生物多様性条約の理念である「公正かつ衡平な」方向性に沿って議論されてきたものであり、名古屋議定書にも、利用国・提供国の「相互の合意に基づく条件」のもとで定められることが明記されている。こうした動向に沿って、途上国では、具体的な利益配分システムが明示化され適用されつつある。

一方で、これまで想定されてきたバイラテラル（一対一）の利益配分システムではなく、利益を多国間で配分するシステムも、国際交渉の場で議論されつつある。これは、名古屋議定書で、その可能性が盛り込まれたことを、一つの端緒としている。本研究では、以下で、インドの利益配分システムおよび生物多様性条約での多国間利益配分システムについて紹介し、こうしたシステムの特徴に基づく、提供国側の新たな利益配分システムを議論する。これは、利益配分を受け取る側での配分システムのことである。本論では、後述するように、複数の提供者が、共同で利益配分を行うシステムを考える。

2) 本論

〈1〉利益配分システムの例

[1] インドの ABS システム

名古屋議定書を批准した途上国は、さまざまなシステムを構築し、アクセスと利益配分の形態を規定している。たとえば、インドでは、国家生物多様性局（NBA）が中心となり、ABSに関して次のようなシステムを構築している。インドでは、中央政府レベルの NBA に加えて、州レベルで州立生物多様性委員会（SBB）、さらに地方自治体レベルで生物多様性管理委員会（BMC）が存在する。BMC は、遺伝資源を実際に管理する機関で設置が義務づけられている。商業的目的で遺伝資源を利用しようとする者は、NBA または SBB に申請を行う。

申請者は、年間の税引き後の総販売出荷額に応じて、0.1%から 0.5%までの範囲内で利益配分を支払うことが義務づけられる。1 千万ルピーを下回る額については 0.1%、1 千万ルピー以上 3 千万ルピーを下回る額については 0.2%、3 千万ルピーを超える額については 0.5%である。一見少ないようだ

が、利潤額をもとにすれば、配分率は上昇する。たとえば、利潤率が10%であれば、配分率は10倍になる。こうした利益額は、次のようにして配分される。

申請がNBAに対して行われた場合には、NBAに5%が配分され、その半分（すなわち2.5%）がSBBに管理費として交付することができる。残りの部分を関連するBMCあるいは利益請求者が受け取る。一方、申請がSBBに対して行われた場合には、利益の5%を超えない範囲でSBBに配分が行われ、残りの部分は関連するBMCあるいは利益請求者が受け取る。生物資源や伝統的知識の提供を行った個人・集合体に対して、利益は配分されるが、そのような個人・集合体が特定出来ない場合は、生物資源の保全と持続可能な利用を支援し、生物資源が取得された地域の地元住民の生計を増進するために使われる³。

このように、提供国では、利用国および提供国内での明確な利益配分のあり方が確立しつつあり、提供国が経済的利益を不当に利用国に奪われることなく、適切に配分されることが保証されるようになってきている。これは、生物多様性条約の理念の一つである、利益の公正かつ衡平な配分を実現し、提供国に、十分な生物多様性保全のインセンティブを与えることにつながる。

インドのABSシステムで興味深いのは、さまざまなSBBを管理するNBAが存在していることである。こうした統括的な上部機関が存在し、利益配分についての決定の自由度が大きければ、さまざまな形態のインセンティブと効果を創出することができるであろう。

[2] 多国間利益配分システム

名古屋議定書では、多国間利益配分システムの可能性が明記された。以前に国外に流出している生物資源によって生み出された利益についても配分を求めるためであることも、一つの理由とされている。⁴ この可能性は、名古屋議定書第十条に、次のように記されている。

締約国は、遺伝資源及び遺伝資源に関連する伝統的な知識であって、国境を越えた状況で存在するもの又は事前の情報に基づく同意を与えること若しくは得ることができないものの利用から生ずる利益の公正かつ衡平な配分に対処するため、地球的規模の多数国間の利益の配分の仕組みの必要性及び態様について検討する。遺伝資源及び遺伝資源に関連する伝統的な知識の利用者がこの仕組みを通じて配分する利益は、生物の多様性の保全及びその構成要素の持続可能な利用を地球的規模で支援するために利用される。

この多国間利益配分システムの具体的な形態についての議論が起こっているわけではない。しかしながら、遡及性を除いても、次の点で興味深い特徴を持っている。すなわち、生物多様性保全によって遺伝資源利用を促進する国については、その結果が出なくとも、すなわち、商業化に成功しなくとも、利益が配分される可能性があることである。このことによって、提供国が、遺伝資源利用のために保全に力を入れても研究開発が成功しないリスクを軽減できる可能性があるのである。

³ 「インド官報 臨時 2部-3条- 官公庁発行 第612号」2014年11月24日（環境省 暫定訳）

⁴ いわゆる利益の遡及については、生物多様性条約第10回締約国会議（名古屋会議）では、その可能性が否定された。

[3] 本章での問題意識

途上国の生態系保全の意志決定に、遺伝資源利用のオプションが効果を与えることは、生物多様性条約でも想定されている。しかしながら、どのような保全意志決定を行うかは、慎重に検討する必要がある。

次節の冒頭で紹介するように、保全したときの期待純便益が最大化するように、意志決定を行うものと想定することが一般的である。しかしながら、期待収益だけではなく、その不確実性についても十分考慮することがあると推測される。ここでは、簡単な例を挙げて説明しよう。

ある貧しい途上国が、自国の生態系を保全するか否かの選択を行うものとしよう。また、保全することの機会費用（他用途に土地利用を行うことでの経済的利益）が、 X ドルとしよう。一方、保全することで遺伝資源利用が可能となり、バイオプロスペクティングを展開することで、成功した場合、商業化利益の一部を得ることができるとする。この利益は Y ドルであるが、成功確率が p である。このとき、 $pY - X$ が正であるならば、この国は必ず保全の意志決定を行うと言えるのだろうか。 p が小さいほど、途上国は、多くの場合、貧困にあえぐ状態から抜け出せないことになる。したがって、期待収入が十分大きいものであっても、確実に収入を発生させてくれる生態系転換を選択する可能性が決して低くないと考えるのは自然である。

このように、期待値の大小だけで意志決定を行うのではないとして、他のさまざまな基準が、以前より提示されて来た。マキシミン基準や、危険回避的な効用関数をもとにした効用最大化は、その代表的なものである。こうした考えに立つと、バイオプロスペクティングが、十分に大きな経済的利益をたとえ平均的に生み出すことが出来ても、多くの途上国ではそれほど大きな魅力のあるものにはならない可能性もあることがわかる。

次節以降では、途上国政府の意志決定が、期待値だけに依拠せず、その不確実性も重要視するとの認識に立って、失敗のリスクを低めるような利益配分システムを分析する。

〈2〉独立利益配分システムと共同利益配分システム

[1] 基本モデル

ある途上国を想定する。この国では、多数の独立した森林生態系が存在し、各生態系がそれぞれの地方政府により管理されているものとする。各地域の生態系の面積を L_i とする。各地域では、この生態系を保全してバイオプロスペクティングに活用するか、農業のために転換することが出来る。バイオプロスペクティングに利用した場合、単位面積当たり、 P の確率で M だけの収入が期待できるものとする。

$$\mu = PM \quad (1)$$

とすれば、したがって、保護面積 L に対して、その期待収入は μL となる。一方、農地に転換すれば、農業収入が期待できる。保護することの機会費用 C を、

$$C = C(L) \quad (2)$$

と表す。ここで、 $C(0) = 0, C' > 0, C'' > 0$ と仮定する。最もシンプルなケースにおいては、地域の純便益 C は、

$$W = \mu L - C(L) \quad (3)$$

と定められる。最適な保護面積 L_a は、

$$\mu = C'(L_a) \quad (4)$$

と決定される。特に、

$$C(L) = \frac{cL^2}{2}, c > 0, L \leq \bar{L} \quad (5)$$

と特定化しよう。ここで、 c は、限界機会費用の上昇率を表している。

$$L_a = \frac{\mu}{c} \quad (6)$$

と明示的に表される。以下では(5)を仮定する。

[2] 独立利益配分システム

しかし、前節で説明したように、このような定式化は、収入の不確実性に対する当事者の評価を反映していない。期待収入が大きくとも、成功確率が低い場合には、住民の生活水準を配慮する地方政府は、より、その期待収入を低く見積もるであろう。なぜなら、研究開発が失敗した場合には、十分低い経済水準に甘んじなければならず、その可能性が高いほど、政府は、よりリスク回避的に行動を行うものと考えられる。この状況を反映させるために、本章では、期待収入だけではなく、標準偏差 σ も評価に反映させる。すなわち、不確実性のある収入の単位評価を v とし、 v を期待値と分散の関数とするのである。

$$v = v(\mu, \sigma) \quad (7)$$

ここで、

$$v_\mu \equiv \frac{\partial v}{\partial \mu} > 0, v_\sigma \equiv \frac{\partial v}{\partial \sigma} < 0 \quad (8)$$

である。このような定式化は、金融資産の最適ポートフォリオ理論で提示されたものであるが、保全における意志決定でも十分適用可能である。

したがって、分散が大きいほど、同じ期待収入であっても、その評価は低いものとなる。この観点から、地方政府の純便益を表すと、

$$W = v(\mu, \sigma)L - C(L) \quad (9)$$

となる。この定式化における最適保護面積は、(5)のもとで、次のように表される。

$$L_s = \frac{v(\mu, \sigma)}{c} > L^* \quad (10)$$

したがって、次の性質が成立する。

結論 1 (2)および(5)を仮定する。このとき、地方政府の行う森林保護は、期待収入が大きいほど、また分散が小さいほど、大きくなる。一方、機会費用の上昇率が大きいほど、森林保護面積は小さくなる。

なお、ここでは、

$$\sigma = P(1 - P)M^2 \quad (11)$$

である。

〈3〉共同利益配分システム

ここまでの議論は、地方政府（ないしはその地域の組織や共同体）と先進国企業などの利用者との取引を想定している。すなわち、相互取引の形態である。ここからは、地方政府が他の地方政府と共同する利益配分の枠組みを考える。

〔1〕地方政府数が2のケース

簡単化のため、同一の生態系を保有する2つの地方政府（政府1と政府2）があるものとする。また、それぞれの地方政府は、個別に同じタイプの遺伝資源利用者とABS契約を結ぶものとする。したがって、それぞれのプロジェクトが直面する商業化成功確率 P および利益配分される収入 M も同等とする。

このとき、次のような新たな利益配分システムを導入する。それぞれが個別にプロジェクトを展開するが、商業化成功に際して受け取った利益配分は、2つの地方政府が作る共同組織体に一旦プールした上で均等に配分するというものである。この新たなシステムを、共同利益配分システムと呼ぶことにする。また、各地方政府が独立してプロジェクトを展開する利益配分システムを、独立利益配分システムと呼ぶ。また、独立利益配分システムでの μ, σ の値を μ^*, σ^* で表す。

このとき、2つの地方の生態系およびプロジェクトは全く同一のものであるので、各政府ともそれぞれの保護面積は同一となると想定して行動する。すなわち、

$$L_1 = L_2 \equiv L_g \quad (12)$$

である。共同利益配分システムで、プールされる期待総利益 R およびそれぞれの政府に配分される期待収入 r は、次のような4つのケースに分けられる。

- 2つの地域で商業化に成功するケース：

$$R_1 = 2P^2ML_g, r_1 = P^2ML_g \quad (13)$$

- 1の地域でのみ商業化に成功するケース：

$$R_2 = P(1 - P)ML_g, r_2 = \frac{P(1 - P)ML_g}{2} \quad (14)$$

- 2の地域でのみ商業化に成功するケース：

$$R_3 = (1 - P)PML_g, r_3 = \frac{(1 - P)PML_g}{2} \quad (15)$$

- いずれかの地域でも失敗するケース：

$$R_4 = r_4 = 0 \quad (16)$$

したがって、この新たな利益配分システムでの、各政府の期待収入 μ_ε は、

$$\mu_\varepsilon L_\varepsilon = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}{2} = PML_\varepsilon = \mu^* L_\varepsilon \quad (17)$$

となることがわかる。すなわち、単位面積あたりの期待収入は、独立にプロジェクトを展開したときの期待収入と同一になる。一方、各政府の単位面積当たりの収入の分散については変化することが確認できる。すなわち、

$$\begin{aligned} \sigma_\varepsilon &= (r_1)^2 P + (r_2)^2 P(1-P) + (r_3)^2 (1-P)P - \mu^2 = \frac{M^2 P(1-P)}{2} \\ &= \frac{\sigma^*}{2} \end{aligned} \quad (18)$$

すなわち、共同利益配分システムでは、独立利益配分システムと比較して、分散の値がちょうど半分になっていることがわかる。以上の結果を、次にまとめる。

結論 2 地域政府数が 2 であるものとする。このとき、共同利益配分システムでは、各政府の期待収入は独立利益配分システムの期待収入と等しい。一方、各政府の収入の分散は、独立利益配分システムにおける分散の半分となる。すなわち、 $\mu_\varepsilon = \mu^*$ 、 $\sigma_\varepsilon = \sigma^*/2$ である。

以上の性質を用いて、共同・独立利益配分システムの生態系保護面積の大きさを比較することができる。それぞれの政府の純便益は

$$W = v(\mu_\varepsilon, \sigma_\varepsilon) L_\varepsilon - C(L_\varepsilon) \quad (19)$$

となる。したがって、最適保護面積 L_ε^* は、次のように表される。

$$L_\varepsilon^* = \frac{v(\mu_\varepsilon, \sigma_\varepsilon)}{c} \quad (20)$$

結論 2 および v の定義 より、明らかに、

$$v(\mu_\varepsilon, \sigma_\varepsilon) > v(\mu, \sigma) \quad (21)$$

が成立する。したがって、次が成立する。

$$L_\varepsilon^* = \frac{v(\mu_\varepsilon, \sigma_\varepsilon)}{c} > \frac{v(\mu, \sigma)}{c} = L^* \quad (22)$$

この結論は、次にまとめられる。

結論 3 地域政府数が 2 であるものとする。このとき、共同利益配分システムにおける各政府の最適保護面積は、独立利益配分システムにおけるよりも大きい。すなわち、 $L_\varepsilon^* > L^*$ である。

このように、共同利益配分システムでは、総保護面積が、独立利益配分システムに比較して、 $2(L_\varepsilon^* - L^*)$ だけ増加することがわかる。

[2] 地方政府数が n のケース

より一般化して、地方政府数が n であるケースを考えよう (n は 2 以上の整数)。この場合は、プロジェクトが一つ成功することでの、各地方政府の配分額は M/n となる。また、配分額の可能性は、

$$(M, (n-1)\frac{M}{n}, (n-2)\frac{M}{n}, \dots, \frac{M}{n}, 0) \quad (23)$$

と $n+1$ だけのケースが存在する。また、それぞれの確率は、配分額を一般に $k\frac{M}{n}$ ($k=0,1,\dots,n-1$)と表すと、 k に対して

$$(P^n, {}_n C_k P^{n-k}(1-P)^k, \dots, (1-P)^n), k=1, \dots, n-1 \quad (24)$$

となる。上記のケースでの各政府 i の単位面積当たりの期待収入 μ_n とその分散 σ_n は、

$$\begin{aligned} \mu_n &= \frac{PM}{n} \\ \sigma_n &= \frac{M^2 P(1-P)}{n} \end{aligned} \quad (25)$$

となることが計算できる。同様の議論を行うことで、最適保護面積 L_n^* は、

$$L_n^* = \frac{v(\mu_n/\sigma_n)}{c} > \frac{v(\mu_{n-1}/\sigma_{n-1})}{c} = L_{n-1}^* \quad (26)$$

が得られる。この結果は次のようにまとめられる。

結論4 地域政府数が n ($n \geq 2$)であるものとする。このとき、共同利益配分システムにおける各政府の最適保護面積は、 n とともに増大する。すなわち、 $L_n^* > L_{n-1}^*$ である。

3) 結論

ここまで提供国側の利益配分について、複数のプロジェクトが、各プロジェクトで得られる利益を均等配分するシステムを考察した。このシステムにおいては、単位面積当たりの期待収入は、独立利益配分システムと同等になるが、共同システムに参加する地方政府が多いほど、生態系保護面積が大きくなるという結果が得られた。第2節で紹介した、インドの利益配分システムでは、関連する州政府に利益が還元されるが、もっとドラスチックに、すべての州政府に還元されるというシステムをとることで、保護することが合理的である生態系面積が増大することが示された。もちろん、ここで参加数が増大することで上昇する費用面を考慮すれば、最適な参加数を求めることが出来るだろう。

このように、従来の利益配分システムの議論では、利用国側と提供国側の配分についてが主たる焦点となってきたが、バイオプロスペクティングの効果を高めるためには、提供国側でのシステムについて工夫することが有意義であると思われる。こうした議論は、生物多様性条約の理念をより体現するような、生物多様性保全と経済的発展が両立する仕組みを作ることに貢献するだろう。さらに、今日議論が開始している多国間利益配分システムにも適用可能な議論である。

<来年度の方針>

上記の議論は、きわめて単純な仮定に基づいている。重要な一般化は下記の通りである。

1. 商業化成功確率と保全面積の関連性：本論では、保全面積がいかほどであれ、成功確率 P が独立に与えられていると想定した。しかし、一般には、多くの面積を保全してより豊かな生物多様性を利用する方が、成功確率は上昇すると考えるのが妥当である。
2. 地方政府の効用関数：本論では、 μ を単位面積当たりの期待収入としたが、より一般的な議論では、保全と土地利用転換での期待収入とすべきであろう。

3. 機会費用の差異性：本論では、各地方政府の機会費用は同一としたため、他政府の保全面積について、自身と同様の者として議論を進めることができたが、差異性をつけることが興味深い分析である。

以上、少なくとも拡張すべき点を挙げた。こうした点を、より一般化して、複雑であると予想される結果を整理することが目的である。

<参考文献>

Onuma, Ayumi. (2012) "Monetary benefit sharing arising from bioprospecting with traditional knowledge between the North and the South." *International Journal of Ecological Economics and Statistics*, 26, no.3, pp.16-30.

③ 遺伝資源とレジリエンスとの関係性及び経済評価

立命館大学 上原拓郎

1) 序論

遺伝資源は、生態系が人間に便益をもたらしている生態系サービスの一つとしてその重要性が広く認識されている (Haines-Young & Potschin (2013)、Kumar(2010)、MA (2005)、Moberg and Folke (1999))。その一方で (生物多様性 (あるいは種の絶滅)) 国連のミレニアム生態系評価 (MA, 2005) によれば、種の絶滅が過去にない速度で進行しており、化石記録に基づいた平均的な絶滅率と比較して、50~1000 倍高い絶滅率であるとされている (図 1)。現在も、哺乳類、鳥類、両生類の 10~30% が絶滅の危機に晒されており、将来的には絶滅率は更に加速すると予測されている (図 1)。こうした状況を受け、その保全や適正な利用が求められている。そこで保全に向けたさまざまな取り組みがなされており、生物の多様性に関する条約 (Convention on Biological Diversity) では、生物多様性の保全とその構成要素の持続可能な利用に加えて、遺伝資源の適正な利用を条約の三つの目的の一つとして掲げている (CBD, n.a.)。

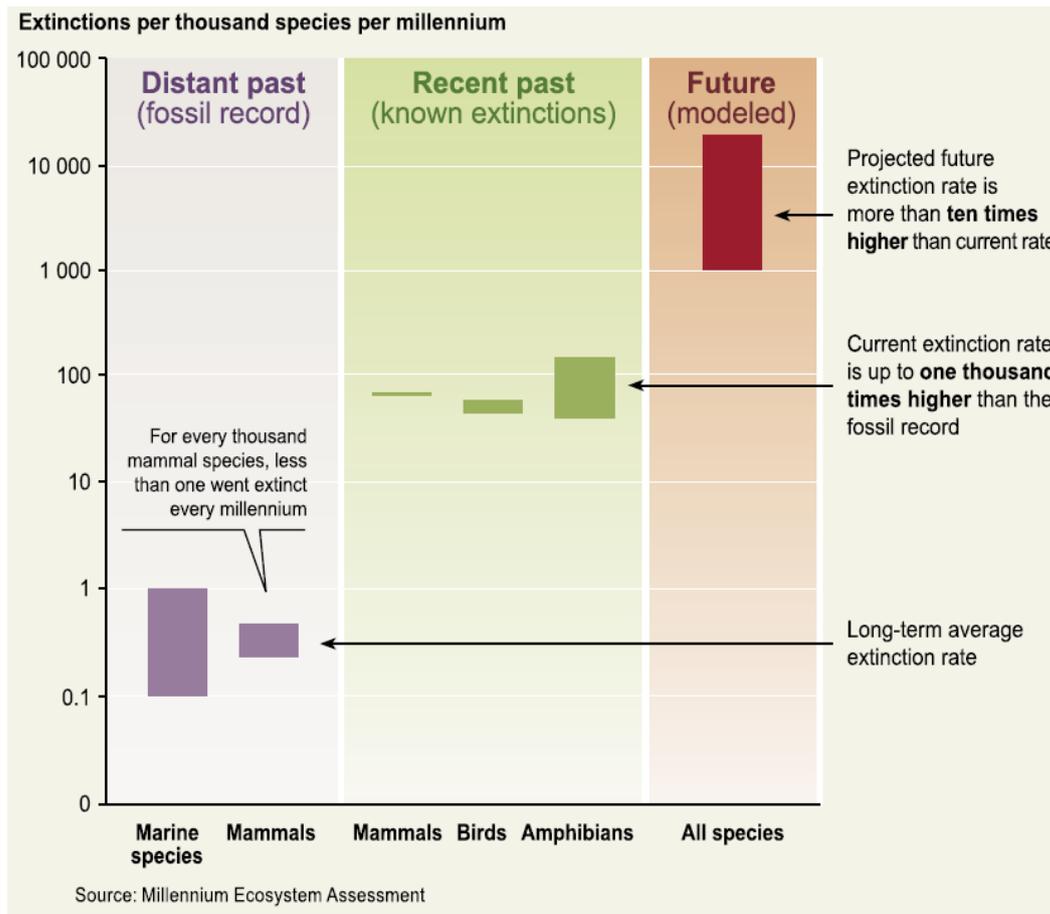


図 1 (<https://www.cbd.int/decision/cop/?id=12268>)

遺伝資源は穀物、木材、海産物、家畜、飲料水などと同様に供給サービスに位置付けられるが (Haines-Young, & Potschin (2013))、他の供給サービスとは大きく異なる特徴を有している。つまり、生態系のどの部分がいつ遺伝資源とみなされるのか、きわめて不確実であるという特徴がある。したがって、遺伝資源の将来的な供給可能性を考えた場合、生態系の特定の機能やプロセスを保全するのではなく、生態系そのものを保全し、生物多様性を維持し、したがって遺伝資源の供給可能性を維持することが求められる。本研究では、そのためのアプローチとしてレジリエンスの可能性について検討を行った。さらに、レジリエンスを生態系管理のアプローチとして採用するための知見としてレジリエンスの経済価値評価について検討を行った。今年度は、遺伝資源、生態系の持続可能性、レジリエンスの関心の整理、レジリエンスの経済価値の考え方の整理、レジリエンスの経済価値を推計するための手法の検討、そして推計に必要なアンケート調査の素案を作成した。

なお、本研究では、その重要性がますます高まっている海洋遺伝資源、特にサンゴ礁の海洋遺伝資源とレジリエンスを事例として選定した。サンゴ礁は、海洋遺伝資源の観点からホットスポットとされているとともに、人的ストレスの影響により劣化・死滅が発生しており、適切な生態系管理が急務となっている。サンゴ礁は、環境省でも「サンゴ礁生態系保全行動計画 2016-2020」を策定し、「生物多様性国家戦略 2012-2020」(平成 24 年 9 月 28 日閣議決定)及び「海洋基本計画」(平成 25 年 4 月 26 日閣議決定)に掲げられているサンゴ礁生態系保全に関する目標等の達成のための行動計画と位置付けるなど(環境省、2016)、重要な管理対象とされている。

2) 本論

〈1〉海洋遺伝資源

海洋遺伝資源の重要性は、バイオテクノロジーの発展やバイオプロスペクティングの取り組みにより、急速に高まっている。同時に、The Census of Marine Life および the World Register of Marine Species の取り組みにより、新たな海洋資源が年 0.93%の割合で登録が進んでいる(図 2A、黒線)。また活用状況については、GenBank の特許部門への海洋遺伝資源が関連した特許登録に関しては年 12%と、急速に進んでいる(図 2A、青線)。その活用方法や用途は多岐にわたっており(図 3、4)、特に、海洋遺伝資源と関連した特許のうち、55%が人の健康に関するものであり、その重要性がうかがえる(図 4、Human Health)。