

平成 29 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 30 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	7
1. 研究の背景と目的	7
2. 3年間の研究計画及び実施方法	7
3. 3年間の研究実施体制	15
4. 本研究で目指す成果	15
5. 研究成果による環境政策への貢献	15
II. 平成 29 年度の研究計画および研究状況と成果	17
1. 平成 29 年度の研究計画	17
2-1. 平成 29 年度の研究状況および成果（概要）	19
2-2. 3年間の研究を通じて得られた成果（概要）	29
3. 対外発表等の実施状況	32
4. 平成 29 年度の研究状況と成果（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 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	35
② 遺伝資源の経済価値の評価研究：理論と調査に基づく実証	59
(2) PIC 等導入による遺伝資源利用に及ぼす影響の予測調査	72
① 遺伝資源の利用に関する企業分析	72
② PIC 導入に関する企業分析	89
(3) 日本での PIC 等導入による便益・費用面での評価	92
① 企業アンケートによる推計	92
② PIC 導入の便益の評価	94
③ 国内 ABS 事例形成調査	107
(4) 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	119
① 遺伝資源利用の利益配分についての理論的分析： 共同利益配分システムの生物多様性保全に与える効果	119
② レジリエンスとの関係性の検討	127
III. 添付資料	151
1. 「遺伝資源の経済価値の評価研究：理論と調査に基づく実証」（大沼）添付資料	
2. 「遺伝資源の利用に関する企業分析」（田中）添付資料	
3. 「PIC 導入の便益の評価」（柘植）添付資料	
4. 「国内 ABS 事例形成調査」（菌）添付資料	
5. 「レジリエンスとの関係性の検討」（上原・柘植・大沼）添付資料	

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

< 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 >

We have tried to analyze the innovation based on the diversity of genetic resources and the role of economic policies (ex.yogurt, anti-cholesterol medicine, rice). Innovation would accelerate a demand of new goods and cost reduction. Our empirical analysis indicate that 1)the economic effects of innovation should depend on government's economic policies , 2) those effects should be expanded largely through interindustry transactions, 3) the improvement of rice varieties not only increases demand but also productivity improvement greatly, and environmental value by maintaining paddy fields is large.

本研究は我が国における遺伝資源の多様性を活用した技術革新と政策の役割について、ヨーグルト、高脂血症薬、コメを事例とした実証研究をおこなった。技術革新は新製品登場による需要拡大と生産性向上を生むが、取引データを分析した結果、その経済効果が政策（トクホ制度、薬価制度、減反政策）に大きく左右されること、技術革新の効果は市場取引を通じてマクロ経済に大きな波及効果をもつこと、コメの品種改良は需要拡大だけでなく生産性向上も大きく、さらに水田維持による環境価値が大きいことが明らかになった。

< 遺伝資源の経済価値の評価研究：理論と調査に基づく実証研究成果要旨 >

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. To derive the economic value, several times of interviews were conducted to the researchers working for developing pharmaceutical products. In addition, we also conducted the survey to collect information regarding the use and monetary aspects of genetic resources in Japanese pharmaceutical industry. Based on the information gained by these studies and the existing publications, we derive the value as some 24.06 million yen.

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。

この目的のために、医薬品産業研究者へのインタビューを行った。また、創薬を行っている企業にアンケートをとった。これらで得られた情報と既存の医薬品産業に関する公刊物にもとづいて、経済的価値を 2406 万 4344 円と導出した。

(2) Forecasting study on effects over utilization of genetic resources by introduction of PIC systems.

PIC 等導入による遺伝資源利用に及ぼす影響の予測調査

< 遺伝資源の利用に関する企業分析 >

This study investigated a relative importance of policy alternatives for promoting the use of genetic resources. Our results of best-worst scaling show that firms prefer public financial support for R&D and information provision related to acquisition and use of genetic resources. This study also investigated how genetic resource uses affect firm's economic and environmental performance. We compare firms using and not using genetic resources using the propensity score matching. Our results find significant differences in an economic indicator (ordinary profit per employee) and five environmental indicators (environmental auditing, carbon offset, biodiversity conservation, green purchase, and eco fund).

本研究では、企業を対象としたアンケート調査により遺伝資源利用の普及促進のための重要な施策の評価と、遺伝資源利用の有無が企業の業績および環境 CSR 行動に与える影響を定量化した。ベスト・ワースト・スケーリングによる分析の結果、多くの企業は遺伝資源利用を促進する施策として、技術開発および商品化への公的な財政支援と、遺伝資源利用に関する情報提供を重要視することが示された。また、傾向スコアマッチングにより遺伝資源の利用企業と非利用企業を比較した結果、1人あたり経常利益および5種類の環境 CSR 行動（環境監査、カーボン・オフセット、生物多様性保全、グリーン調達、エコファンド）について、有意な差異が存在することが示された。

(3) Evaluation of benefits and costs caused by introduction of PIC.

日本での PIC 等導入による便益・費用面での評価

< 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. Conjoint analysis was used to estimate the willingness to pay for the expansion of the area where a healthy ecosystem is maintained and the increase of the probability of commercializing products made from genetic resources. The results showed that as these increase, willingness to pay also increases, however the degree of increase diminishes. If the expansion of the area where a healthy ecosystem is maintained and the increase of the probability of commercializing products made from genetic resources actually occurs due to the introduction of the PIC system, the introduction of the PIC system would benefit the citizens.

In addition, we investigated relative importance of various ecosystem functions (ecosystem services) for general public using best-worst scaling. The result indicated that "function to supply genetic resources used for drug development and breed improvement" is evaluated as important as "function to supply food such as fish and mushrooms and to supply raw materials such as paper and wood".

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した。

コンジョイント分析を用いた分析により、「健全な生態系が維持される面積」の拡大と「遺伝資源をもとに作られた製品が実用化される確率」の向上に対する支払意思額を推定した結果、これらに対する評価は非線形であり、これらが増加するにしたがって支払意思額も増加するが、増加の程度は低減することが明らかとなった。PIC 制度導入により実際にこれらの効果が発生するのであれば、PIC 制度の導入は市民に便益をもたらすと考えられる。

また、ベスト・ワースト・スケーリングを用いて生態系の機能（生態系サービス）の相対評価を行った結果、「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」は、「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」とほぼ同程度に評価されることが明らかとなった。

< 国内 ABS 事例形成調査 >

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。長崎県対馬市を対象として、地域における仮想的な ABS の仕組みの設定に基づき、その実現性や影響・効果等について、行政、住民、遺伝資源の提供者、利用者の多角的観点から評価検討した。ABS の考え方を地域ブランド形成に活用するなど、効果的に実践することができれば遺伝資源の保全と利用の好循環を形成できる可能性が示唆された。

In order to progress the research project regarding genetic resources, the lack of existing domestic ABS cases and data is a challenge. This study, focusing on Tsushima city (Nagasaki prefecture) as a model area, examines and evaluates the feasibility and effects of several set hypothetical local ABS systems from the multiple viewpoint of local government, residents, and providers and users of genetic resources. If ABS concept is effectively practiced, such as utilizing ABS to the local brand building, it indicates the possibility of formulating a virtuous cycle of conservation and utilization of genetic resources.

(4) 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

< 遺伝資源利用の利益配分についての理論的分析：共同利益配分システムの生物多様性保全に与える効果 >

The argument over benefits sharing (BS) in the context of the CBD centers on a bilateral BS between user and provider countries. A multilateral BS, however, has also attracted an attention after it was included in the Nagoya protocol in 2010. Multilateral BS is already implemented in International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. This study examines a new benefit-sharing system named “cooperative benefits sharing system” based on the characteristics that the multilateral system, which is developed from the study implemented last year, in that some assumptions are relaxed. Under some assumptions, it is shown that the optimal preservation area of ecosystem increases in each provider.

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。さらに、多国間利益配分システムは、「食料及び農業のための植物遺伝資源に関する国際条約」（International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture）において、すでに実現されている。本研究では、この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。これは、昨年度行った研究を、用いた仮定のいくつかをより現実に沿ったものに緩めることで発展させたものである。いくつかの条件のもとでは、このシステムでは、提供国（提供地域）の最適生態系保護面積が増大することが示された。

< レジリエンスとの関係性の検討 >

本研究では遺伝資源保全の観点からレジリエンスの重要性を検討した。遺伝資源は生態系のどの部分が、またいつ重要になるかわからないという点で特徴的である。そのため、特定の部分、機能、プロセスをターゲットとすることは困難であり、したがって、生態系自体を維持する必要がある。

これまで、レジリエンス・アプローチは遺伝資源の供給源としての生態系の生物多様性を維持する効果的な管理手法であることが明らかとなってきている。

本研究では二つの要素、遺伝資源供給を確実なものにするための生態系の維持、そして遺伝資源から得られる限界的な便益の増加により構成される遺伝資源の経済価値を推計するため、仮想評価法を用いて支払意思額を推計した。加えて、他の生態系サービスとの相対的な重要性、そしてレジリエンスを重視する背景にある人間価値（あるいは同期）という二つの異なる指標を使ってレジリエンスを測定した。

事例として、海洋遺伝資源のホットスポット、また人為的ストレスにさらされている沖縄のサンゴ礁生態系を選定した。サンゴ礁生態系は環境省の重要な管理対象の一つでもある。

海洋保護区を設定したと仮定した場合の支払意思額は、沖縄在住の回答者については634円(中央値)、2,998円(平均値)、それ以外の日本在住の回答者については480円(中央値)、3,082円(平均値)であった。したがって、居住地に関わらず、遺伝資源を保全するためのレジリエンスを高める海洋保護区が支持されていると考えられる。人間価値の分析の結果からは「家族や近隣住民のため」、「人類のため、自然のため」、「敬意をもって行動すること」、「環境への影響を最小限にとどめること」、「地元の慣習や伝統を尊重」がレジリエンスを重要とする回答と関連していることが明らかとなった。ほかの生態系サービスとの関係では、「遺伝資源を保全するレジリエントな生態系」が「豊かな漁場」と「自然防波堤」とともに高く評価された。

This study investigated the importance of resilience in light of the conservation of genetic resources. Genetic resources are unique in the sense that we do not know what part of an ecosystem becomes critical as a source of genetic resources and when. It makes difficult to target a particular component, function or process of an ecosystem. It is therefore the ecosystem as a whole system 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 estimated the economic values of resilience that comprise two components: maintenance of ecosystems which ensure the provisioning of genetic resources, and marginal increases in benefits obtained from genetic resources. We applied contingent valuation method to estimate the willingness to pay (WTP) for resilience. Along with the economic valuation, we assessed resilience using two different measures: relative importance among other ecosystem services and human values (or motivations) behind valuing resilience. Coral reefs in Okinawa were chosen as a study site since coral reefs are considered to be a hotspot for marine genetic resources and face anthropocentric stresses. They are also vital management target for the Ministry of the Environment Government of Japan. The WTP for resilience raised by demarcating a marine protected area in coral reef ecosystems was estimated at 634JPY (median) and 2,998JPY (mean) for respondents living in Okinawa, and 480JPY (median) and 3,082JPY (mean) for respondents living outside. This indicates that the preservation of marine genetic resources due to higher resilience was valued by both residents. The assessment of human values behind resilience revealed that value of resilience is associated with “For family and neighbors,” “For human beings; For nature,” “Behaving respectfully,” “Minimizing environmental impact,” “Respect for local customs and traditions.” In relation to other coral reef ecosystem services, the assessment revealed that “Resilient ecosystems conserving genetic resources” is highly valued along with “Affluent fishing grounds,” and “Natural breakwaters.”

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・藺・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：藺・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)

(2) 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： 藺・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)

(3) 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・藺)

<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：藺・田中・上原・大沼)

(4) 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) ・ 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 等の導入の要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種類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 等の導入要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 29 年度の研究計画および研究状況と成果

1. 平成 29 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

評価手法の研究として、以下について分析を実施する。一つ目は遺伝資源利用による新製品開発の事例として一昨年度実施した乳酸菌と医薬品に加え、人工甘味料や食品添加物を用い、遺伝資源によるプロダクトイノベーション価値の計測を行う。二つ目に、微生物酵素の開発といった遺伝資源によるプロセスイノベーション価値の計測を実施する。三つ目は一昨年度実施した生物資源活用の波及分析をベースにし、先 2 点のイノベーションの産業間波及効果を考慮したマクロ経済効果の評価を行う。また Simpson 他（1996 年）が行った方法に沿って、理論的枠組みに基づく、経済的評価について検討する。

(2) PIC 等導入による遺伝資源利用に及ぼす影響の予測調査

昨年度の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に実施したアンケート調査結果を踏まえつつ、本年度も継続して実施し、農業・水産業・鉱業・製造業における企業の遺伝資源の利用状況を特定することに加え、企業が遺伝資源を利用する上で重要な属性についても併せて明らかにする。これらを通して、財務指標や CSR 活動を通じた生物多様性保全活動に与える影響といった企業の経済パフォーマンスや環境保全活動に与える影響を定量的に評価するとともに、具体的方策について提言を行う。また 500 社程度を対象とする企業アンケート等の調査により名古屋議定書に係る措置・政策等に対する企業の認識、受容性、施策ニーズ等を把握する。

(3) 日本での PIC 導入による便益・費用面での評価

(2) に示す企業アンケート等の調査において、PIC 導入により遺伝資源の利用を停止する企業には損失利益について、また PIC 導入後も遺伝資源の利用を継続する場合は追加費用の状況を回答する設問を反映し、PIC 導入による費用を推計する。また、消費者側の視点から日本が PIC を導入することで得られる便益を、受託者である市民の選好に基づいて評価する。具体的には、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支出額の増加分(WTP)を表明選好法により計測する。

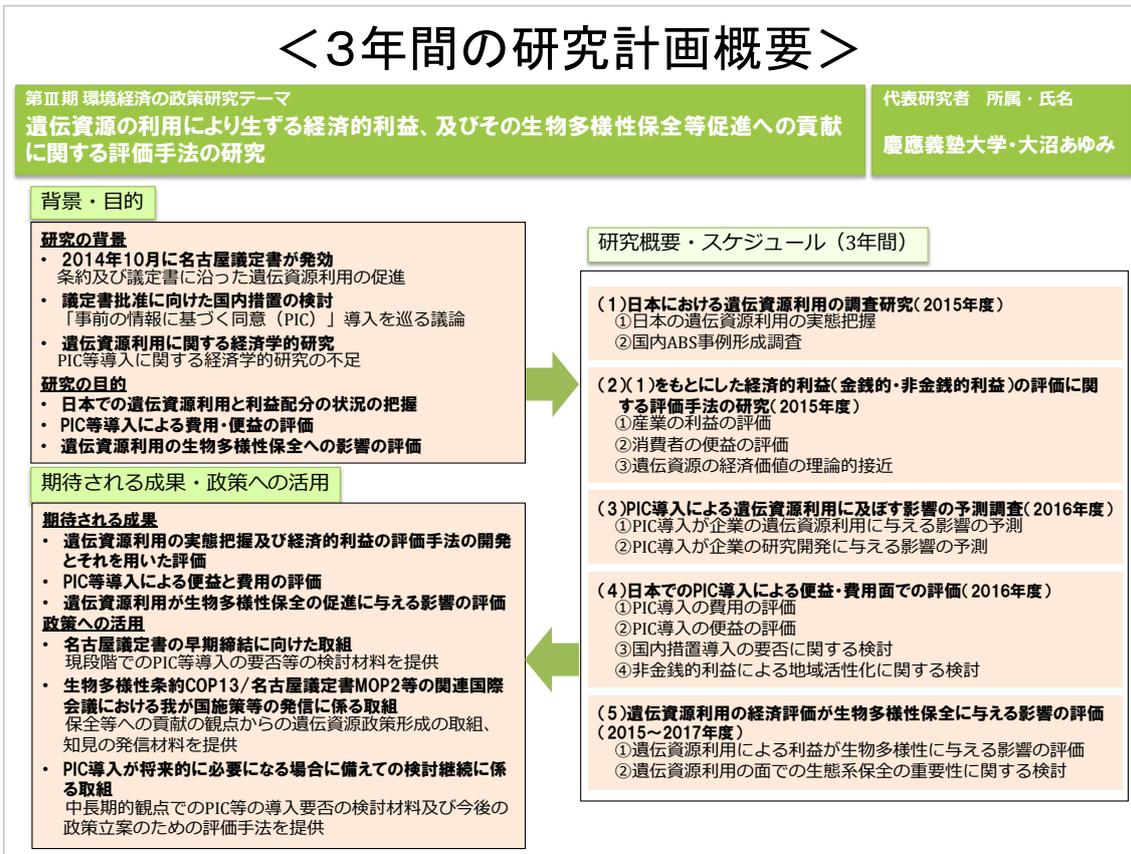
また、国内 ABS (Access and Benefit-Sharing : 遺伝資源の取得の機会及びその利用から生ずる利益の公正かつ衡平な配分) 事例形成調査に関し、昨年度までのパイロットプロジェクトの実施可能性の検討成果をもとに、長崎県対馬市において、遺伝資源アクセスの試行の検討及びコーディネートを継続しながら、遺伝資源管理の導入による影響や便益・費用面の評価・検討を行う。具体的手法として、仮想的な ABS の仕組みを設定し、模擬的に関係者で運用又はその場面を想定しながら意見交換等を行い、PIC 等の遺伝資源管理の導入による行政や遺伝資源利用者等への負担や影響、利益配分による生物多様性保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評価し、遺伝資源管理の導入の是非や望ましい管理のあり方を検討する。仮想的な仕組みは、「(2) PIC 導入による遺伝資源利用に及ぼす影響の予測調査」等の成果を踏まえて設定する。

(4) 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

理論的アプローチとして、昨年度実施した共同利益配分システムを発展させ、一般的な想定のもとで、共同利益配分が生態系保護面積に与える効果を算出する。またレジリエンスに関し、昨年度の成果を踏まえ、本年度はサンゴ礁が有する遺伝資源の供給可能性を高めると考えられるレジリエンスの価値（支払意志額）について、インターネットアンケートで収集した一般市民 1,000 サンプル程度のデータを、表明選好法を用いて推計する。アンケートでは、支払意志額を規定する要因（所得、職業、価値観等）を明らかにし、政策的な含意を検討する。

また、国内 ABS 事例形成調査として、昨年度対馬市の協力のもと実施したアンケート結果等により、利益配分の奨励措置や PIC 等の遺伝資源管理の導入により保全インセンティブが働くかどうか評価・検討する。

2-1. 平成 29 年度の研究状況および成果 (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 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: 遺伝資源活用イノベーションの経済評価

【分析目的】

微生物を利用した新製品開発と植物多様性利用した品種改良を題材に遺伝資源利用の価値を評価し、必要な政策を分析する

【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。

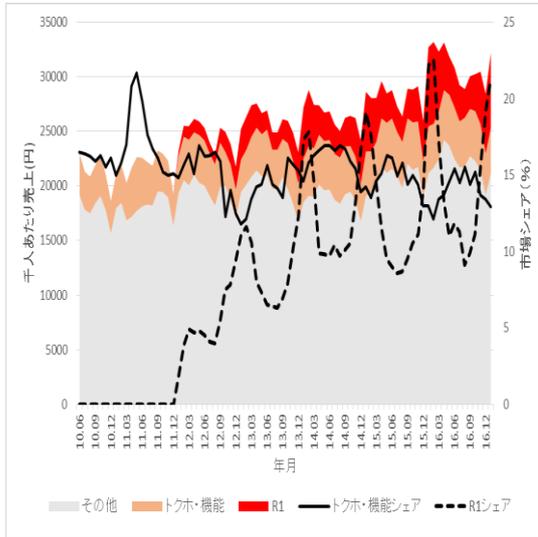
【イノベーションによる市場拡大を後押しする政策の必要性】

- ・ 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。
- ・ イネの品種改良によって現在2320億円の消費者余剰が生まれているが、今後の**生産性向上品種の開発**により10170億円の余剰に加えて水田維持による850億円の環境価値が期待できる。

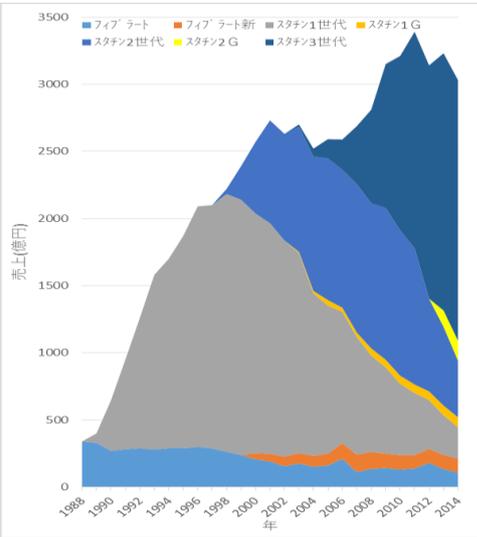
(1) 経済的利益(金銭的・非金銭的利益)の評価手法の研究
 ① 遺伝資源の経済価値と利益配分の経済効果分析手法の検討

■ 分析1: 遺伝資源活用イノベーションの経済評価

ケース1 ヨーグルト市場



ケース2 高脂血症薬



(1) 経済的利益(金銭的・非金銭的利益)の評価手法の研究
 ① 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: 遺伝資源利用の帰着分析

【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
農業サービス	4.38
繊維工業製品	4.08
その他の製造工業製品	3.37
なめし革・毛皮・同製品	2.79
社会保険・社会福祉	2.64
その他の対個人サービス	2.26
介護	1.89
	1.69
	1.61
	1.56
	1.16
	1.10
	0.88
	0.88
	0.85
	0.68
	0.67
	0.63
	0.61
	0.56
	0.51

(注) 総務省「2011年産業連関表(108部門)」より推計

(1) 経済的利益(金銭的・非金銭的利益)の評価手法の研究
 ① 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3: コメ品種改良の経済価値

【研究目的】

- これまでの食味重視の米品種改良から米の用途に応じた多様な品種改良の促進による経済価値を試算する

【主な結論】

- 従来の食味重視の品種改良より2320億円の消費者余剰が得られた
- 遺伝資源の多様性を利用して加工用・飼料用に高収量品種を開発することで余剰が10170億円に増大するだけでなく、作付け面積が維持されることで環境価値が850億円程度期待できる。

	H29年(現状)				H37(生産性改善シナリオ)				環境価値 10億円
	作付面積	生産量	単収	余剰	作付面積	生産量	単収	余剰	
	万ha	千t	kg/10a	10億円	万ha	千t	kg/10a	10億円	
主食用米	137	7306	530	226	139	7520	540	802	70
備蓄米	4	198	530	6	4	198	540	21	2
加工用米	5	284	546	0	10	600	580	64	5
飼料用米	9	483	511	0	14	1100	759	117	7
その他	5	43	512	0	1	110	759	12	1
計	160	8314		232	169	9528		1017	85

注)1.その他は米粉用、酒造用、輸出用など
 2.H37の生産性改善は品種改良や経営大規模化により平均費用が16000円/60kgから9600円/60kgへ低下
 3 水田の環境価値は國光(2003)推計5000円/10a/年にもとづく

(1) 経済的利益(金銭的・非金銭的利益)の評価手法の研究

② 遺伝資源の経済価値の評価研究: 理論と調査に基づく実証

■ 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ライブラリーでの限界価値 v_n を導出

遺伝資源の限界価値

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

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: 成功したときの年間収入
 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
 y: 商業化後の期待特許年数
 n: 遺伝資源の存在サンプル数

- パラメータの特定化を以下の情報から行った。
 - 天然創薬研究者複数にインタビュー(H28年度)。
 - 製薬企業の研究者にアンケート
 - 薬事日報社発行資料
 - 日本製薬工業協会公表資料

パラメータの絞り込みと期待利潤が正のもの の範囲で平均値を導出

導出された価値

2,406万4,344円

このとき、

$\lambda=38.9$

$r=0.1$

$R=642$ 億5170万円

$y=7.83$ 年

$n=250,000$

$c=193$ 万4187円

$p=1.93473 \times 10^{-5}$

- 既存研究結果から外れた値ではない
 - SSR: 9,471ドル
 - RS: 上記の300~440倍
- あくまでも平均値であり、パラメータを他の値にすると大きく変動するケースも多い。
- p は平均値ではなく平均価値を成立させる確率として導出
 - 回答範囲に存在
- さまざまな留保条件をつけながらも、十分に言及可能な経済的価値と考えられる。

(2) PIC導入による遺伝資源利用に及ぼす影響の予測調査

■分析1: 遺伝資源利用の入手・利用で重要な政策

～ベストワーストスケーリングによる分析結果

- おもな重要属性
 - (1) 研究開発・商業化への公的支援
 - (2) 入手・利用の国際ルールやノウハウの情報提供
- 重要属性は企業により大きく異なる
 - 中堅・ベンチャー企業ではノウハウの情報提供に高いニーズ

変数	係数		係数 (SD)	
遺伝資源の入手・利用に関する国際ルールの情報提供	1.297	***	2.299	***
遺伝資源等の入手・利用の具体的方策・ノウハウの情報提供	1.416	***	2.291	***
国による遺伝資源の入手および企業への配布	-0.864	**	2.437	***
国による遺伝資源の入手ルート構築	-0.316		2.265	***
企業による遺伝資源の入手ルート構築への公的支援	0.978	***	2.331	***
企業による遺伝資源の研究開発・商業化への公的支援	2.082	***	1.813	***
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	-		-	
名古屋議定書などでのわが国の意見の反映	-0.218		1.838	***
n	2508			
対数尤度	-677.071			

注1) **, ***はそれぞれ5%, 1%の統計的有意水準を示す。

(2) PIC導入による遺伝資源利用に及ぼす影響の予測調査

■分析1: 遺伝資源利用の入手・利用で重要な政策 ～ベストワーストスケーリングによる分析結果

- おもな重要属性
 - (1) 研究開発・商業化への公的支援
 - (2) 入手・利用の国際ルールやノウハウの情報提供
- 重要属性は企業により大きく異なる
 - 中堅・ベンチャー企業ではノウハウの情報提供に高いニーズ

変数	係数		係数 (SD)	
遺伝資源の入手・利用に関する国際ルールの情報提供	1.297	***	2.299	***
遺伝資源等の入手・利用の具体的方策・ノウハウの情報提供	1.416	***	2.291	***
国による遺伝資源の入手および企業への配布	-0.864	**	2.437	***
国による遺伝資源の入手ルート構築	-0.316		2.265	***
企業による遺伝資源の入手ルート構築への公的支援	0.978	***	2.331	***
企業による遺伝資源の研究開発・商業化への公的支援	2.082	***	1.813	***
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	-		-	
名古屋議定書などでのわが国の意見の反映	-0.218		1.838	***
<i>n</i>	2508			
対数尤度	-677.071			

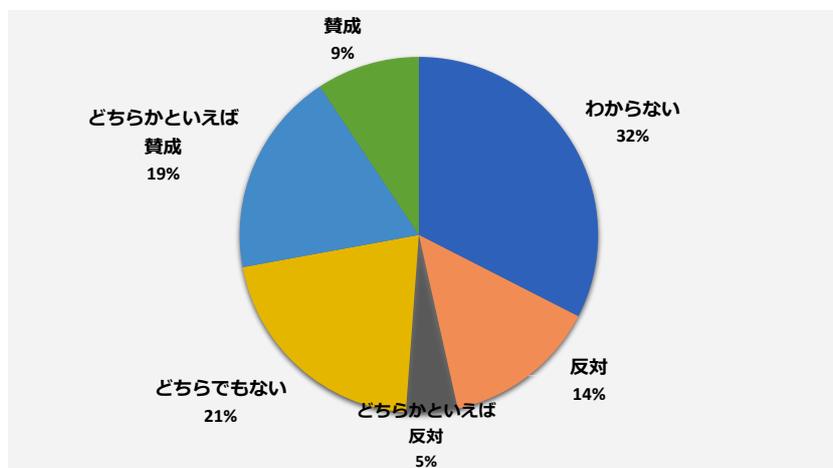
注1) **, ***はそれぞれ5%, 1%の統計的有意水準を示す。

(2) PIC導入による遺伝資源利用に及ぼす影響の予測調査

■分析2: 国内でのPIC導入による影響

<国内でのPIC導入に対する企業の反応(遺伝資源利用企業のみ)>

- 国内PICの導入に対する企業の反応は想定していたほど否定的ではない
- 賛成する企業(賛成/どちらかといえば賛成)は全体の3割近い
- 反対する企業(反対/どちらかといえば反対)は全体の2割に満たない



(2) PIC導入による遺伝資源利用に及ぼす影響の予測調査

■分析3: 遺伝資源利用企業と非利用企業の経済パフォーマンス、環境CSRにおける違い: 傾向スコアマッチングによる分析結果

- 経済パフォーマンス: 3種類の指標のうち、1人あたり経常利益は遺伝資源利用企業の方が有意に大きい
- 環境CSR: 8種類のCSR行動のうち、5種類は遺伝資源利用企業の方が取組割合が高い

		平均処置効果 (ATT)	標準誤差
経済パフォーマンス	1人あたり営業利益	0.436	0.418
	1人あたり経常利益	2.871 ***	0.943
	売上高研究開発費比率	-0.008	0.012
環境CSR	環境報告書の発行	-0.018	0.109
	環境会計の実施	-0.091	0.068
	環境監査の実施	0.238	0.068
	環境ラベルの導入	0.054	0.059
	カーボン・オフセットの実施	0.188	0.044
	生物多様性の保全	0.144	0.063
	グリーン調達の実施	0.311	0.071
	エコファンドへの取組	0.158	0.038

注1: ***, **はそれぞれ1%, 5%の有意水準を示す。

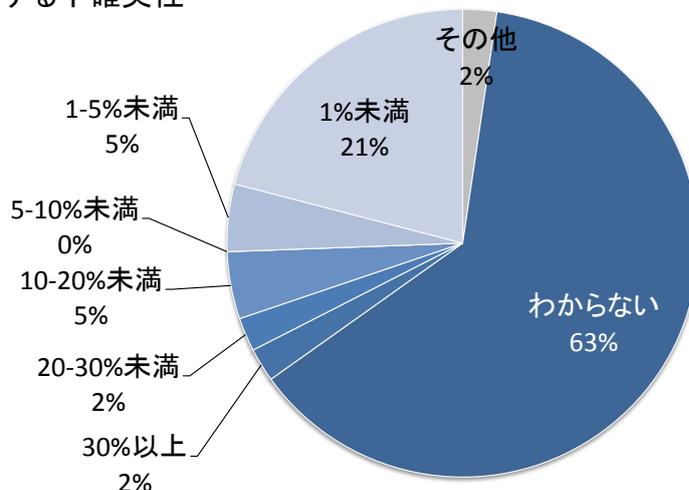
注2: 分析対象企業343社のうち100社が遺伝資源利用企業、243社が遺伝資源非利用企業である。

(3) 日本でのPIC導入による便益・費用面での評価

①企業アンケートによる便益・費用の推計

<国内でのPIC導入による業績への影響予測(遺伝資源利用企業のみ)>

- 全体の4分の1の企業は影響を軽微(5%未満)と予測
- 顕著な影響(10%以上)を予測する企業は1割に満たない
- 6割以上の企業は回答を保留している点には留意が必要 → 制度導入の影響に関する不確実性



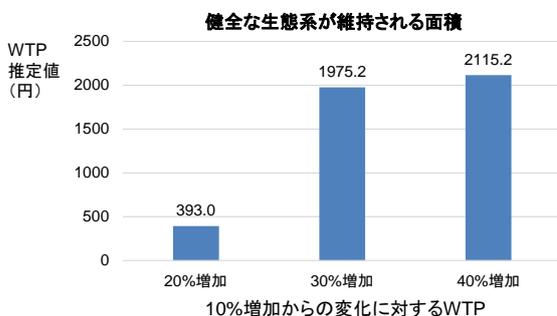
(3) 日本でのPIC導入による便益・費用面での評価

②PIC導入による便益の評価

- 健全な生態系が維持される面積の増加や遺伝資源をもとに作られた製品が実用化される確率の上昇に対するWTPを推計

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 (現状の1.1倍)	20%増加 (現状の1.2倍)	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	60%増加 (現状の1.6倍)	20%増加 (現状の1.2倍)	現状のまま
負担額(年間支出の増加額)	5000円	3000円	0円



- 「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」とも、それらの増加にしたがってWTPも増加するが、増加の仕方は非線形
- PIC導入によりこれらの効果が発生するなら、PIC導入は便益をもたらす

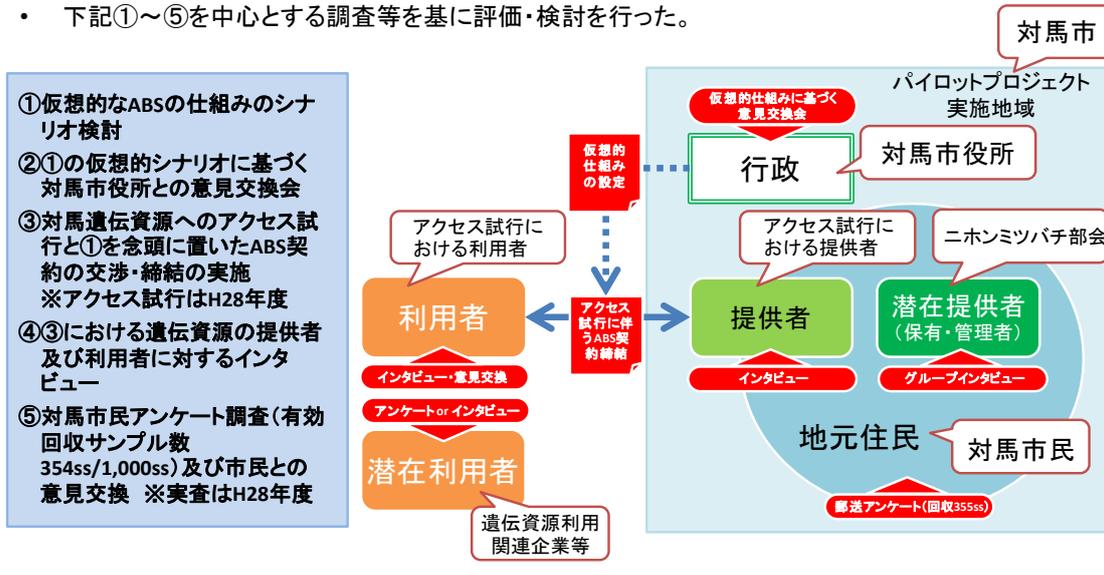
(3) 日本でのPIC導入による便益・費用面での評価

(※一部、(2)、(4)に関する内容を含む)

②国内ABS事例形成調査

【実施方法】

- 長崎県対馬市を対象地域として、仮想的なABSの仕組み(地域遺伝資源の管理制度)の実現性や影響・効果等について、行政、住民、遺伝資源の提供者、利用者の多角的観点から評価。
- 下記①～⑤を中心とする調査等を基に評価・検討を行った。



(3) 日本でのPIC導入による便益・費用面での評価
 (※一部、(2)、(4)に関する内容を含む)
 ②国内ABS事例形成調査

【設定シナリオと遺伝資源アクセス試行状況】

シナリオ1 規制制シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> ● PIC制度(遺伝資源取得の許可制)の導入 ● 利益配分の努力義務 ● 許可証、取得証明の発給
シナリオ2 状況把握・奨励的シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> ● 届出に基づく遺伝資源取得証明の発給制度の導入 ● 利益配分の奨励 ● 取得証明の発給サービス
シナリオ3 現状のまま	<ul style="list-style-type: none"> ● 遺伝資源管理制度の導入なし

遺伝資源アクセス(先行してH28年度に実施)					H29年度 シナリオを念頭に契約交渉・利用状況確認等 (併せてインタビューを実施)	
取得時期	実施者	遺伝資源	取得地	利用目的	提供者との契約	利用状況
2016年 10月2~3日	メーカー A社	昆虫	野外(公道・林道 周辺)	有用物質に係る基礎 研究(有用物質生産に 関わる遺伝子解析等)	契約交渉中(基本事項 は了解済み)	A社で遺伝子解析が進み、 今年中には対馬市への謝 辞を載せて論文発表を予定
2016年 9月22~24 日	バイオベン チャー B社	微生物	地元企業 施設内	酵母等の探索・用途開 発を目的とした基礎研 究	一社と契約締結済み 一社と契約交渉中	大学へ微生物の分離・培養 を依頼したが実施が遅れて いるため、同社で引き取っ て実施する予定
2016年 9月22~24 日	大学研究 者 X大学	果実(自 生)	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)	契約締結済み	X大学で遺伝子解析後、系 統分析中で、時期をみて対 馬市への謝辞を載せて論 文発表を検討

(3) 日本でのPIC導入による便益・費用面での評価
 (※一部、(2)、(4)に関する内容を含む)
 ②国内ABS事例形成調査

【結果・考察】

- ・ 各主体から総じて地域的なABSの取組に対する期待や有効な可能性があるとの認識が示された。特に対馬のブランド化にABSの考え方を活用することへの有効性が示唆された。
- ・ 地域でABSの取組を効果的に推進できれば、地域資源の付加価値化による生物多様性保全や地域活性化等の波及効果の可能性もある。遺伝資源・ABSが分かりにくい等の反応があり推進にはまず伝え方に工夫が必要。
- ・ 今後は対馬市の地域特性に基づいたABSの仕組みを制度面、体制面、普及面から具体化し、社会実装に基づく有効性の実証的検証を進める必要がある。

対馬市役所の担当者 (方法②)	<ul style="list-style-type: none"> ● 地域資源を掘り起こし、生物多様性保全にもつなげるABSの考え方は期待できる。 ● 遺伝資源の管理制度の導入によって、対馬遺伝資源の採集・持ち出し、研究等の状況や、研究成果などの情報を把握することができる。 ● 対馬遺伝資源であることの証明や認証を提供し、研究成果や商品に対馬の名を冠して発信することで対馬ブランドを形成する効果が期待。 ● (シナリオ1) 対馬での取得証明や認証の信頼性を高め、対馬のブランド力向上を図るにはシナリオ1が望ましいが、市に許可権限のない他の関連法規制との調整や審査、執行など行政コストが高い。 ● (シナリオ2) 実現可能性があるが、証明や認証の信頼性を高める工夫が必要だと思う。
対馬遺伝資源の提供者 (方法④)	<ul style="list-style-type: none"> ● 遺伝資源の提供に際し、何らかの契約を締結できるほうが安心できる。 ● 必ずしも研究開発成果が上がるとは限らないと分かっているが、前向きな期待感を持つことができるので楽しい。 ● 対馬には潜在的な遺伝資源、伝統的知識がある(子どもの頃に食用にしていたものや、自生作物を自家消費用に採集しているものなど)。 ● 自分では有用性があるかどうかよく分からないが、外部の企業や研究者によって光が当てられるのはよいこと。
対馬遺伝資源の利用者 (方法④)	<p><企業></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 国内でも利益配分がスタンダードになるならシナリオ1でも受容可能。 ● (シナリオ1導入時のマイナス影響) 手続きが煩雑化し、アクセスの手間、コストがかかる。 ● (シナリオ1導入時のプラス影響) 利益配分する/していることの発信や成果のアピールがしやすい。 ● (シナリオ2) シナリオ1と比べ手続きは簡素でアクセスしやすいが、成果のアピールを躊躇。 ● シナリオ1のような地域的なABSの仕組みがあれば活用したい。 <p><大学研究者></p> <ul style="list-style-type: none"> ● シナリオ2は従来の慣行に近く対応可。シナリオ1は重要遺伝資源ホットスポットや海外からのアクセス向き。
対馬市民 (方法⑤)	<ul style="list-style-type: none"> ● 対馬の遺伝資源は「一部失われているが豊富にある」(30.8%)、「大部分が失われてあまり豊富でない」(26.0%)。 ● 外部企業・研究者の遺伝資源採集等によって「対馬の生物多様性や伝統文化を守るためのアイデアが生まれる」(41.5%)、「対馬の知名度が上がる」(41.5%)等に期待。懸念は「特に心配することはない」(35.0%)のほか「盗掘者が増えちゃう」(27.1%)とも。 ● 「遺伝資源」や「ABS」が難しい。 ● (「遺伝資源」の説明提示後の生物多様性保全意識の変容) ● 説明提示前と比べ、約8割が対馬の自然や生物多様性への関心を高め、6割近くが自ら保全のために行動する意識を高めた。 ● ただし、生物多様性保全の重要度認識についてはポイントが低下し、「どちらともいえない」や無回答が増加。

(4) 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 遺伝資源利用の利益配分についての理論的分析:

共同利益配分システムの生物多様性保全に与える効果

■ 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

・「食料及び農業のための植物遺伝資源に関する国際条約」(ITPGR)で多国間利益配分が実際に行われている。

・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言及されている。

複数の提供国で遺伝資源利用に関する共同利益配分システムが、生態系保護面積と効用にどのような影響を与えるかを理論的に推定→昨年度の試行研究を一般化

モデル

各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ブロスペクティングを展開すれば、保護面積に応じた成功確率Pで収入Mが発生。

・効用関数が一般的な形

結果

同一の2つの政府の意志決定が、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と

→生態系保護面積と両政府の効用が増加→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

(4) 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 レジリエンスとの関係性の検討

サンゴ礁生態系のレジリエンスを高めて遺伝資源を保全することに対するWTPを推計

【海洋保護区の設定】

沖縄のサンゴ礁生態系の1ha (100m×100m)を海洋保護区とすることで、レジリエンスが高いサンゴ礁生態系を維持し、豊かな遺伝資源が失われないようにします。

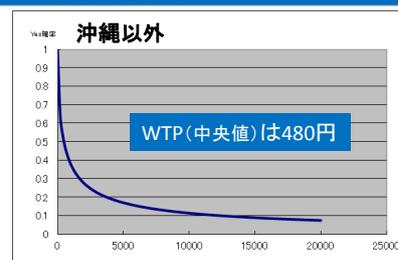
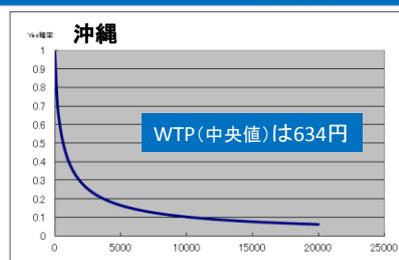
【管理費用の必要性】

海洋保護区の維持管理にはサンゴ礁生態系の保全(モニタリング, オニヒトデの駆除, サンゴの移植)や監視活動のための費用が掛かります。こうした資金が確保できないと、海洋保護区は維持できないとします。

あなたは、1000円の募金をお願いされたら、実際に募金を行いますか？寄付を行うのは1回だけです。なお、この支払いを行うことで、他の目的に使える金額が減ることを理解したうえで回答してください。

1. 寄付を行う

2. 寄付を行わない



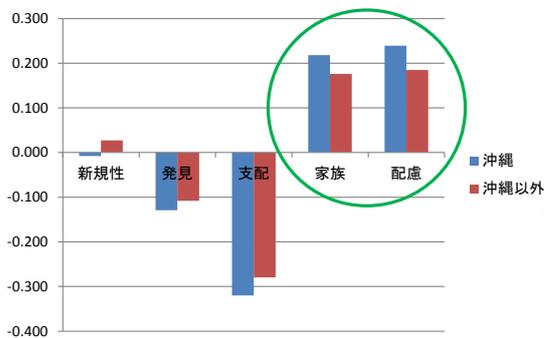
(4) 遺伝資源利用の経済評価が生物多様性保全に与える影響の評価
②レジリエンスとの関係性の検討

人間価値理論を応用してレジリエンスを重要だと考える理由を明らかにする

あなたがレジリエンスを重要だと思う背景・理由として**最も近い選択肢**と**最も遠い選択肢**を選択してください。各選択肢にはいろいろな説明が含まれていますが、**総合的に判断してください**。

最も近いもの	最も遠いもの
レジリエンスという考え方に 新規性を感じる から; 不確かなことへ 挑戦したい から; 新たな収入源を 探求 するため; 新たな遺伝資源を探求するため	
必要性を抜きにして, 新しい発見に対する 純粋な喜びを感じる から	
自然を 支配したい から; 自然を 活用したい から; 地域、人々、家族、自分へ恩恵をもたらす 達成感を得たい から	
自分以外の家族や身近な地域の人のため; 人類のため; 自然のため	

std.BW



- 沖縄、沖縄以外ともに評価が高いもの
 - 「自分以外の家族や身近な地域の人のため; 人類のため; 自然のため」
 - 「社会へ配慮し、慎んで行動したいから; 環境への影響を最小限にとどめたいから; 地元の慣習や伝統を尊重したいから」
- 沖縄、沖縄以外ともに評価が低いもの
 - 「自然を支配したいから; 自然を活用したいから; 地域、人々、家族、自分へ恩恵をもたらす達成感を得たいから」

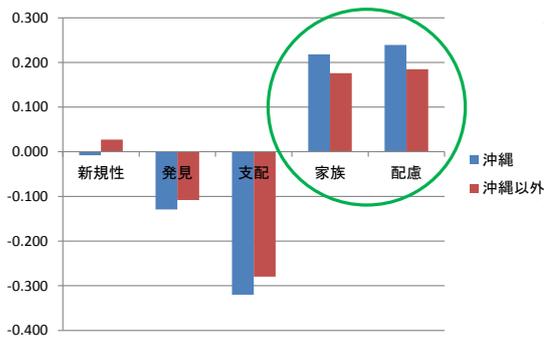
(4) 遺伝資源利用の経済評価が生物多様性保全に与える影響の評価
②レジリエンスとの関係性の検討

人間価値理論を応用してレジリエンスを重要だと考える理由を明らかにする

あなたがレジリエンスを重要だと思う背景・理由として**最も近い選択肢**と**最も遠い選択肢**を選択してください。各選択肢にはいろいろな説明が含まれていますが、**総合的に判断してください**。

最も近いもの	最も遠いもの
レジリエンスという考え方に 新規性を感じる から; 不確かなことへ 挑戦したい から; 新たな収入源を 探求 するため; 新たな遺伝資源を探求するため	
必要性を抜きにして, 新しい発見に対する 純粋な喜びを感じる から	
自然を 支配したい から; 自然を 活用したい から; 地域、人々、家族、自分へ恩恵をもたらす 達成感を得たい から	
自分以外の家族や身近な地域の人のため; 人類のため; 自然のため	

std.BW



- 沖縄、沖縄以外ともに評価が高いもの
 - 「自分以外の家族や身近な地域の人のため; 人類のため; 自然のため」
 - 「社会へ配慮し、慎んで行動したいから; 環境への影響を最小限にとどめたいから; 地元の慣習や伝統を尊重したいから」
- 沖縄、沖縄以外ともに評価が低いもの
 - 「自然を支配したいから; 自然を活用したいから; 地域、人々、家族、自分へ恩恵をもたらす達成感を得たいから」

2-2. 3年間の研究を通じて得られた成果（概要）

（1）日本における遺伝資源利用の調査研究

遺伝資源の利用は、対象とする遺伝資源、その利用形態、利用から生ずる利益の形態、関連するセクターが多様であることや、価値の具現化過程が複雑さを伴う一方で、先行研究が乏しいため、遺伝資源利用により生ずる経済的利益を研究する前提として、先行調査研究結果の分析、遺伝資源ユーザー等に対するインタビュー等を通じ、遺伝資源の取得・利用実態及び類型等を整理し、共同研究者間で問題状況や基礎概念等につき共通認識の共有化を図り、遺伝資源利用に関わる経済学的研究の基盤を整えた。

（2）経済的利益（金銭的・非金銭的利益）の評価手法の研究

<生産者側>

遺伝資源活用イノベーションの経済評価を実施し、政策関与の重要性を確認。

- ・ 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。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。
- ・ 従来の食味重視のイネの品種改良によって現在 2320 億円の消費者余剰が生まれているが、今後の生産性向上品種の開発により 10170 億円の余剰に加えて水田維持による 850 億円の環境価値が期待できる。
- ・ 各分野における遺伝資源を活用したイノベーションによる生産性向上と需要拡大は、産業間取引を通じて広く波及し、さらに大きな経済効果を持つ。

<消費者側>

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（WTP）が異なるかを検証した。

- ・ 前者の方が、後者よりも、財に対する WTP が高いことが確認された。
- ・ 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。

<遺伝資源の経済価値の理論的接近>

シンプソン他の提示した理論式に、日本で聞き取りおよびアンケートに基づく数値を適用することで、医薬品産業における遺伝資源の限界経済価値の平均値が、**2,406 万 4,344 円**であることを示した。

(3) PIC 等導入が遺伝資源利用に及ぼす影響の予測調査

- ・ 製造業部門で遺伝資源を利用している企業 118 社を対象に、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を導出した。全体として、国には、研究開発・商業化への公的支援と入手・利用の国際ルールやノウハウの情報提供が期待されていることが示された。特に、中堅・ベンチャー企業では遺伝資源入手・利用のためのノウハウの情報提供に高いニーズが認められた。
- ・ 国内での PIC 導入による業績への影響予測（遺伝資源利用企業対象）。全体の 4 分の 1 の企業は影響を軽微（5%未満）と予測。顕著な影響（10%以上）を予測する企業は 1 割に満たない。なお、6 割以上の企業は回答を保留している点には留意が必要。
- ・ 遺伝資源利用企業と非利用企業の経済パフォーマンス、環境 CSR における違い：傾向スコアマッチングによる分析結果
 - － 経済：3 種類の指標（1 人あたり経常利益、1 人あたり営業利益、売上高研究開発費比率）のうち、1 人あたり経常利益について遺伝資源利用企業の方が有意に大きいことが示された。
 - － 環境：8 種類の CSR 行動（環境報告書、環境会計、環境監査、環境ラベル、カーボン・オフセット、生物多様性保全、グリーン調達、エコファンド）のうち、生物多様性保全を含む 5 種類について遺伝資源利用企業の方が取組度合が高い結果に。

(4) 日本での PIC 導入による便益・費用面での評価

①PIC 導入の便益の評価

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した。

- ・ 「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」とも、それらの増加にしたがって WTP も増加するが、増加の仕方は非線形。
- ・ PIC 導入によりこれらの効果が発生するなら、PIC 導入は便益をもたらす。

②国内 ABS 事例形成調査

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な側面がある。このため国内で実際に ABS に係る事例形成（パイロットプロジェクト等）を模索しながら実証的に示唆を得るため、長崎県対馬市、沖縄県（おきなわ生物資源活用戦略）、沖縄県慶良間諸島で実現可能性を調査した。いずれの地域でも ABS に係る事例形成の可能性や実証的検討の実現性が確認され、今後の研究の展開に向けた準備を整えることができた。

その中でも自治体から調査実施等への協力が得られ、本共同研究の期間内に一定の検討を行う見通しが得られた長崎県対馬市を対象地域として選定し、仮想的な ABS の仕組み（地域遺伝資源の管理制度）の実現性や影響・効果等について、行政、住民、遺伝資源の提供者、利用者の多角的観点からアンケート、インタビュー、意見交換等の調査に基づき評価を行った。各主体から総じて地域的な ABS の取組に対する期待や有効な可能性があるとの認識が示された。今後は対

馬市の地域特性に基づいた ABS の仕組みを制度面、体制面、普及面から具体化し、社会実装に基づく有効性の実証的検証を進める必要がある。

(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 遺伝資源利用の利益配分についての理論的分析

利益配分による生態系保全効果について、利益配分なし、個別的利益配分、共同利益配分のケースで分析し、共同利益配分のケースが最大になることを、最終的にはより一般的な形で示した。

② レジリエンスとの関係性の検討

- ・ サンゴ礁生態系のレジリエンスを高めて遺伝資源を保全することに対する WTP を推計→ WTP は 634 円（沖縄）および 480 円（沖縄以外）
- ・ 人間価値理論を応用してレジリエンスを重要だと考える理由を明らかにする 自分以外の家族や身近な地域の人のため；人類のため；自然のため；社会への配慮
- ・ サンゴ礁生態系がもたらす様々な生態系サービスの相対的重要性を把握する→「遺伝資源を保護するレジリエントな生態系」に対する評価が「豊かな漁場」、「天然の防波堤」とともに高く評価される

③ 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

遺伝資源に関する情報を与えた場合と与えない場合で、一般市民の生態系保全に対する意識と WTP に有意な差があるかを検証した。

- ・ 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 WTP が高いことが明らかとなった。情報を与えたことで、自然保護に対する WTP が向上したものと推測される。
- ・ 情報を与えた群では、「いまず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」という意見に対する同意がより多いことが確認された。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。
- ・ 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。

④ 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

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した。

- ・ 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 WTP が高いことが明らかとなった。
- ・ 遺伝資源の保護と活用、ならびに遺伝資源利用に関する広報が、生態系保全意識の向上につながることを示唆する結果。

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
研究会及び環境省との打合せ	2017年 5月23日(火) 13:00~17:00	三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)会議室	環境省、 大沼、河井、柘植、 田中、森、上原、 菌、五十嵐、土方	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
研究会	2017年 6月24日(土) 13:00~17:30	滋賀大学 大津サテライトプラザ会議室	大沼、河井、田中、 森、菌	研究内容に関する意見交換及び研究実施の打合せ
研究会	2017年 12月10日(日) 15:30~17:30	対馬市交流センター	大沼、河井、柘植、 田中、菌	研究進捗報告及び研究報告に向けた打合せ
研究会及び環境省との打合せ	2017年 12月25日(月) 14:00~18:30	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、 田中、菌、五十嵐、 土方	研究進捗報告、研究内容に関する意見交換及び研究報告に向けた打合せ
研究会	2018年 3月9日(金) 14:30~18:00	慶應義塾大学(三田)産業研究所会議室	招聘者：渡辺均准教授(千葉大学)、橋口晶子博士(筑波大学) 大沼、河井、柘植、 菌、五十嵐、二村	招聘者による講演(対馬における遺伝資源や伝統知の収集・保存・利用に関する研究報告)、国内ABS事例形成調査の報告、意見交換

(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

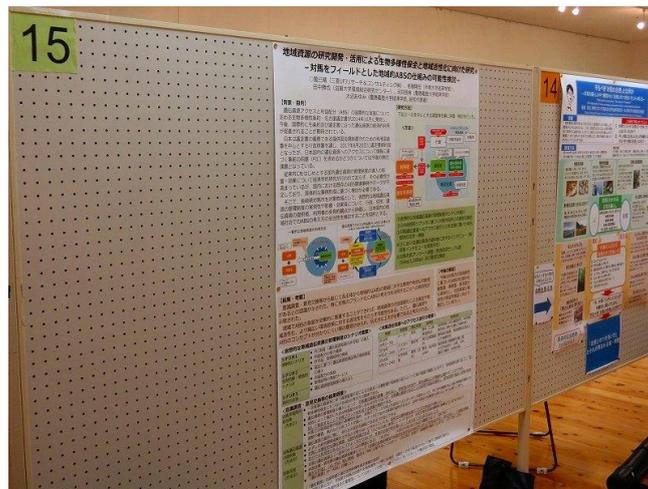
河井啓希(2018)「遺伝資源の価値評価と産業連関分析」『統計』2018年2月号, pp.37-44

②学会発表

Tanaka, K., M. Sono, T. Tsuge, A. Onuma (2017) “Factors Affecting the Use of Genetic Resources by Private Firms in Japan” The 7th Congress of the East Asian Association of Environmental and Resource Economics (August 5-7, Singapore)

③シンポジウムその他

藺巳晴・柘植隆宏・田中勝也・河井啓希・大沼あゆみ「地域資源の研究開発・活用による生物多様性保全と地域活性化に向けた研究－対馬をフィールドとした地域的 ABS の仕組みの可能性検討－」(ポスター発表) 2017年12月10日(日) 対馬学フォーラム2017(対馬市交流センター)
※ポスター内容は次頁参照



地域資源の研究開発・活用による生物多様性保全と地域活性化に向けた研究 - 対馬をフィールドとした地域的ABSの仕組みの可能性検討 -

○園田晴（三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)）、柘植隆宏（甲南大学経済学部）、
田中勝也（滋賀大学環境総合研究センター）、河井啓希（慶應義塾大学経済学部）、
大沼あゆみ（慶應義塾大学経済学部、研究代表者）

【背景・目的】

遺伝資源アクセスと利益配分（ABS）の国際的な実施について定める生物多様性条約・名古屋議定書が2014年10月に発効し、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。

日本は議定書の義務である提供国法規制遵守のための利用国措置を中心とする行政措置を講じ、2017年8月20日に議定書締約国となったが、日本国内の遺伝資源へのアクセスについては情報に基づく事前の同意（PIC）を求めるかどうかについては今後の検討課題となっている。

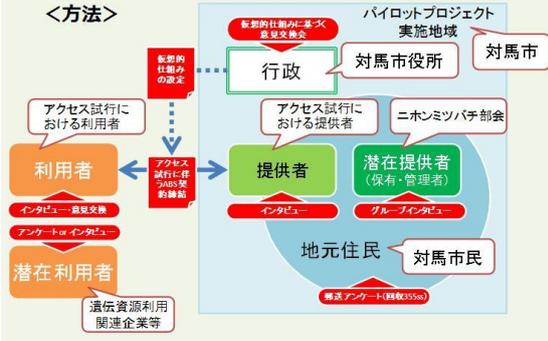
従来PICをはじめとする国内遺伝資源の管理制度の導入の影響・効果について経済学的研究が行われておらず、その必要性が高まっているが、国内における既存のABS関連事例やデータが不足しており、具体的な事例形成に基づく検討が必要である。

そこで、長崎県対馬市を対象地域として、仮想的な地域遺伝資源の管理制度の実現性や影響・効果等について、行政、住民、遺伝資源の提供者、利用者の多角的観点から評価し、日本国内の地域社会でのABSの考え方の妥当性を検討することを目的とする。

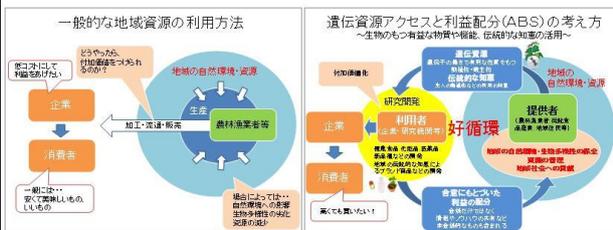
【研究方法】

下記①～⑤を中心とする調査等を基に評価・検討を行った。

<方法>



- ① 仮想的な地域遺伝資源の管理制度のシナリオ検討
- ② ①の仮想的シナリオに基づく対馬市役所との意見交換会
- ③ 対馬遺伝資源へのアクセス試行と①を念頭に置いたABS契約の交渉・締結
- ④ ③における遺伝資源の提供者に対するインタビュー（利用者インタビューも実施予定）
- ⑤ 対馬市民アンケート調査（有効回収サンプル数 354ss/1,000ss）及び意見交換会



【結果・考察】

意識調査・意見交換等から総じて各主体から地域的なABSの取組に対する期待や有効な可能性があると認識が示された。特に対馬のブランド化にABSの考え方を活用することへの有効性が示唆された。

地域でABSの取組を効果的に推進することができれば、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をもたらす可能性もある。ただし、遺伝資源やABSのコンセプトが分かりにくい等の意見がみられ、伝え方に工夫が必要であると考えられる。

【今後の展望】

今後は対馬市の地域特性に基づいたABSの仕組みを制度面、体制面、普及面から具体化し、社会実装と有効性の実証的検証に向けて検討していきたい。

<仮想的な地域遺伝資源の管理制度のシナリオ概要>

シナリオ1 規制のシナリオ	<ul style="list-style-type: none"> ● PIC制度（遺伝資源取得の許可制）の導入 ● 利益配分の努力義務 ● 許可証、取得証明の発給
シナリオ2 状況把握・奨励的シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> ● 届出に基づく遺伝資源取得証明の発給制度の導入 ● 利益配分の奨励 ● 取得証明の発給サービス
シナリオ3 現状のまま	<ul style="list-style-type: none"> ● 遺伝資源管理制度の導入なし

<対馬遺伝資源へのアクセス試行の概要>

時期	実施者	遺伝資源	取得地	利用目的
2016年 10月2～3日	メーカー	昆虫	野外（公道・林道周辺）	有用物質に係る基礎研究（有用物質生産に関わる遺伝子解析等）
2016年 9月22～24日	バイオベンチャー	微生物	地元企業施設内	酵母等の探索・用途開発を目的とした基礎研究
2016年 9月22～24日	大学研究者	果実（自生）	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）

<意識調査・意見交換等の結果概要>

対馬市役所の担当者 (方法②)	<ul style="list-style-type: none"> ● 一次産業の衰退等に伴う資源管理不足による生態系への悪影響や鳥獣害の拡大といった負の連鎖が課題となる中で、地域資源を掘り起こし、生物多様性保全にもつなげるABSの考え方は期待できる。 ● 遺伝資源の管理制度の導入によって、対馬遺伝資源の採集・持ち出し、研究等の状況や、研究成果などの情報を把握することができる。 ● ABSによって俄かに大きな利益配分が生じるかは分からないが、対馬遺伝資源であることの証明や認証を提供し、研究成果や商品に「対馬の名」を冠して発信することで対馬ブランドを形成する効果が期待できる。 ● 対馬での取得証明や認証の信頼性を高め、対馬のブランド力向上を図るにはシナリオ1が望ましいが、市に許可権限のない他の関連法規制との調整や審査、執行など行政コストが高い。シナリオ2であれば実現可能性があるが、証明や認証の信頼性を高める工夫が必要だと思う。
対馬遺伝資源の提供者 (方法④)	<ul style="list-style-type: none"> ● 遺伝資源の提供に際し、何らかの契約を締結できるほうが安心できる。 ● 必ずしも研究開発成果が上がるとは限らないと分かっているが、前向きな期待感を持つことができるので楽しい。 ● 対馬には潜在的な遺伝資源、伝統的知識がある（子どもの頃に食用にしていたものや、自生作物を自家消費用に採集しているものなど）。 ● 自分では有用性があるかどうかよく分からないが、外部の企業や研究者によって光が当てられるのはよいこと。
対馬市民 (方法⑤)	<ul style="list-style-type: none"> ● 対馬の遺伝資源は「一部失われているが豊富にある」（30.8%）、「大部分が失われてあまり豊富でない」（26.0%）。 ● 外部企業・研究者の遺伝資源採集等によって「対馬の生物多様性や伝統文化を守るためのアイデアが生まれる」（41.5%）、「対馬の知名度が上がる」（41.5%）等に期待。懸念は「特に心配することはない」（35.0%）のほか「盗掘者が増えてしまう」（27.1%）とも。 ● 「遺伝資源」や「ABS」が難しい。 <p>（「遺伝資源」の説明提示後の生物多様性保全意識の変容）</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 説明提示前と比べ、約8割が対馬の自然や生物多様性への関心を高め、6割近くが自ら保全のために行動する意識を高めた。 ● ただし、生物多様性保全の重要性についてはポイントが低下し、「どちらともいえない」や無回答が増加。

図 2.3-1 対馬学フォーラム 2017 でのポスター発表

4. 平成 29 年度の研究状況と成果（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 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

（※本稿は、29年度の成果を含めた3年間の成果をまとめたうえで記述する。）

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、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。1992年の地球サミットで生物多様性条約(CBD: Convention on Biological Diversity)が採択されてから、現在までに日本を含めた194か国が加盟しているが、生物多様性の保全と遺伝資源の持続的利用のために我が国は積極的な関与が望まれている。

一般論ではなく、具体的な政策を策定するためには、実証的な根拠に基づいた政策（Evidence Based Policy）が必要である。生物多様性の価値や遺伝資源利用の価値を評価する方法としては、市場価格法(Hedonic Approach)や表明選好法(WTP や WTA)が従来利用されてきたが、本稿では、従来分析されることがなかった3つの方法を用いて遺伝資源の経済価値評価を試みる。

第1に遺伝資源（微生物や植物）を利用した様々なケースをとりあげて、そこで生み出された経済価値評価をおこなう。微生物利用については、乳酸菌（ヨーグルト）と医薬品（スタチン）における新製品開発による価値創造について分析をおこなう。植物については、イネの品種改良による食味改善と生産性向上について分析をおこなう。こうした遺伝資源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）が市場を拡大し、消費者厚生の上昇を生み出すことを示す。本年度は、イノベーションの事例として、人工甘味料等の食品添加物と微生物酵素の分析を実施したが、データの制約のため意味ある結論とはならなかったため、コメ品種改良の分析をおこなった。

第2に遺伝資源を利用したイノベーションが産業間取引を通じてマクロ経済全体に波及する効果を産業連関分析を用いて分析する。この方法により遺伝資源の直接・間接的な利用状況を把握するとともに需要拡大の波及効果と生産性向上の波及効果が分析される。

第3にコメの品種改良の分析では、食味改善の需要拡大効果と業務用米・加工用米における生産性向上のマクロ経済効果を検討するだけでなく、水田の有効利用による生態系サービスの価値についても検討を行う。

以上の3つの方法は、従来の遺伝資源価値評価ではほとんど用いられてこなかったが、経済の一般均衡と生態系からの外部効果を考えると、経済政策の評価に重要な視点を与えると考えることができる。

2) 本論

〈1〉市場データを用いた遺伝資源価値評価の方法

本稿では、遺伝資源を活用したイノベーションの経済効果を評価するために、部分均衡モデルにもとづいた価値評価の方法を利用する。

図 4.1.1-1 には、イノベーション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 のイノベーションである新製品の開発による価値創造は、今まで存在しなかった商品が現れることで需要曲線が D から D' への上方シフトを引き起こす。この需要者の支払い意思額の上昇が遺伝資源利用の需要者の価値とみなすことができる。後に示されるヨーグルト市場における R1 ヨーグルトの登場、高脂血症におけるスタチンの登場、イネにおけるコシヒカリ等の新品種登場は、需要が急拡大することになった。

第 2 のイノベーションある生産性向上は、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、遺伝資源の多様性を活用することで、より安価に生産が可能となり、供給関数が S から S' に下方シフトする。この費用の低下こそが遺伝資源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企業の研究開発における範囲の経済性の存在、イネにおける品種改良による収量増大など様々な事例を挙げるることができる。

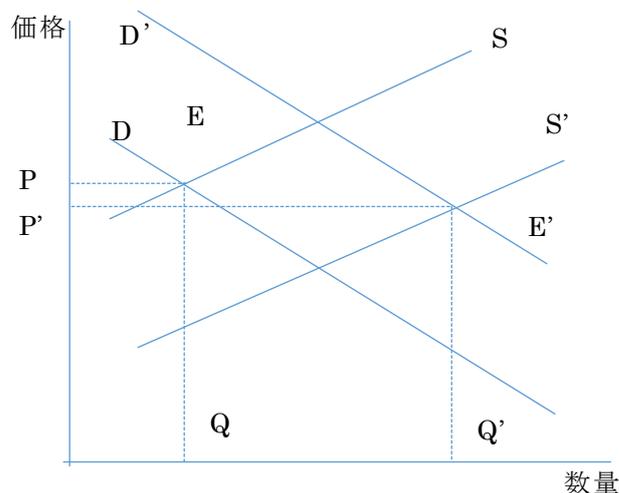


図 4.1.1-1 イノベーションと市場均衡

この 2 つのイノベーションの効果进行分析するために 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。

[1] 遺伝資源を活用したイノベーション

遺伝資源を活用したイノベーションの事例として微生物を活用したイノベーションと植物の多様性を活用した品種改良の事例を本稿では取り上げる。

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 4.1.1-1 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るが、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。

表 4.1.1-1 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)		
	クエン酸	コウジカビ	酸味料
その他食料品	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	
抗真菌薬	クラリスロマイシン		クラリス
	ミカファンギン	糸状菌	ファンガード
抗がん剤	アンスラサイクリン	放線菌	
	マイトマイシン	放線菌	
抗ウィルス薬	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)	
	スタチン	放線菌	メバロチン
免疫抑制剤	タクロリムス	放線菌	プログラフ
糖尿病治療薬	ボグリボース	放線菌	ベイスン
	ヒト・インスリン	酵母(遺組換)	
C型肝炎治療薬	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

一方、植物の多様性を活用した品種改良は、米、小麦、トウモロコシなどの穀物だけでなく、リンゴ、イチゴ、かんきつ類などの果実などで、収量拡大・食味改善した品種が次々に開発されている。本稿では、食味改善と生産性向上のイノベーションが顕著で、農業政策の転換に直面しているイネについての分析を行う。

[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 4.1.1-2 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。

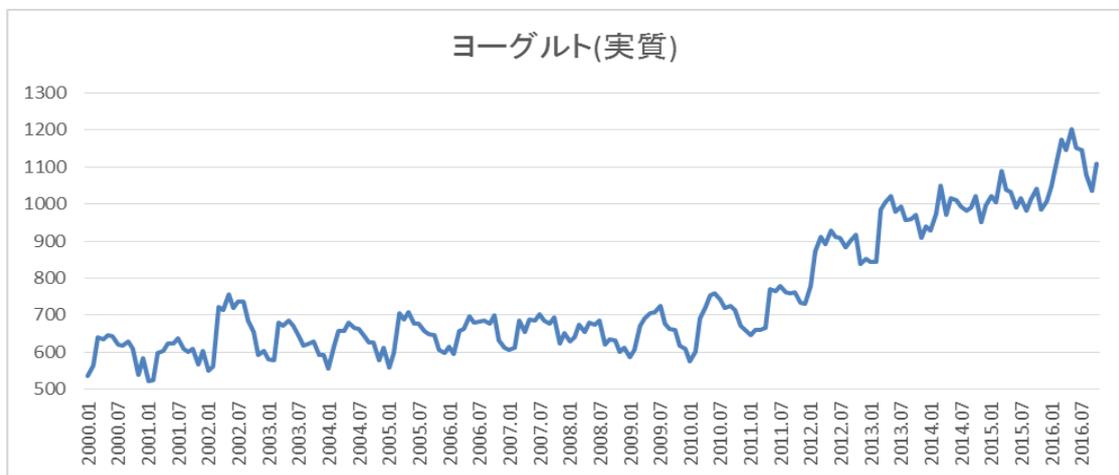


図 4.1.1-2 製品技術革新(機能性ヨーグルト)による市場拡大と政策による後押し

(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 4.1.1-2 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 4.1.1-3 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 4.1.1-2 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 4.1.1-2 主なメーカーが発売した機能性ヨーグルト

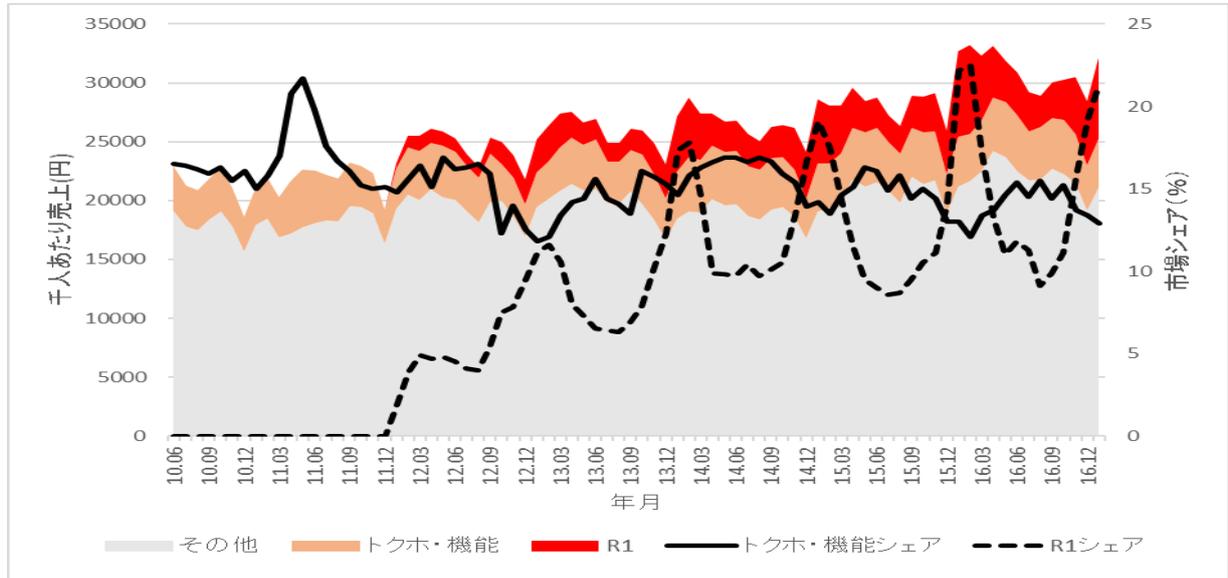
主なメーカー	主な商品	微生物資源	機能	評価基準
明治	ブルガリアLB81	ブルガリア菌、サーモフィラス菌	整腸	トクホ97
	プロビオLG21		胃がん・胃潰瘍	自社PR、TV12
	プロビオR1		インフルエンザ	自社PR、TV12
	プロビオPA-3		痛風	自社PR、TV12
森永	ビヒダスプレーン	ビフィズス菌BB536	大腸がん	トクホ00
	ラクトフェリン	ラクトフェリン	ノロウイルス	
	アロエヨーグルト			
雪印メグミルク	ナチュレ恵	ガセリ菌、ビフィズス菌	内臓脂肪	トクホ09
	恵ガセリ菌SP株	ガセリ菌SP株	内臓脂肪	機能15
ダノン	ダノンビオ	ビフィズス菌BE80		
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%	ブラズマ乳酸菌	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

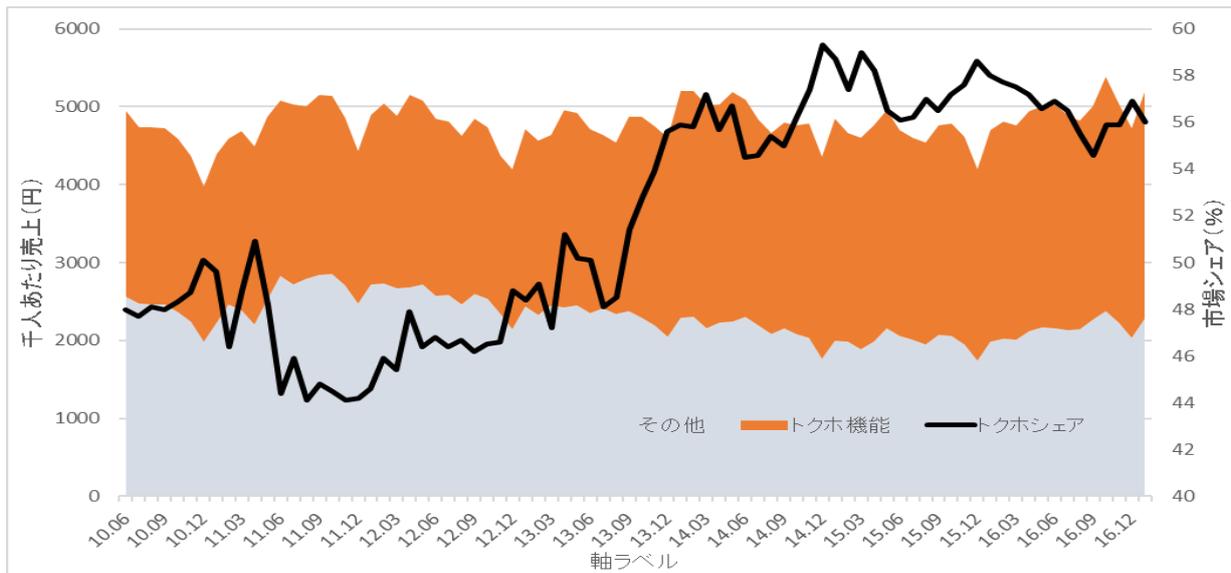
	開始年	基準	届出	審査
特定保健用食品(トクホ)	1991	効能	○	○
栄養機能食品	2001	栄養成分	×	×
機能性表示食品	2015	効能	○	×

図 4.1.1-3 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) 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 4.1.1-3 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 4.1.1-3 に示されている。

表 4.1.1-3 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ですが、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用薬であるスタチン（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 4.1.1-4 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。

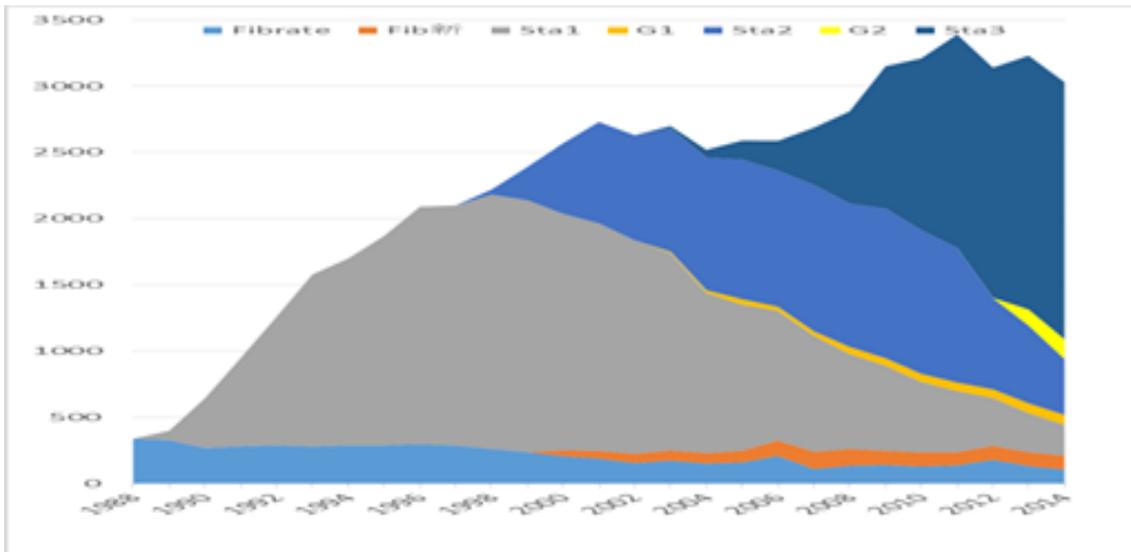
3つ目はスタチン第2世代（ローコール、バイコールなど）を示すStachin2とその後発薬Gen2が記載されている。第2世代スタチンは、第1世代スタチンを化学合成することで改善したもので半減期が長くなり、コレステロール低下率も向上している。

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 4.1.1-4 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リバンチル	89メバロチン	03プラバスタチ	98ローコール	11アトルバスタ	03リバロ
	81リボクリン	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シンレスター	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 4.1.1-5 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 4.1.1-5 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 4.1.1-5 に示されている。

表 4.1.1-5 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ため、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。

[4] コメ品種改良における生物多様性活用の経済価値

コメの品種改良は、多様な品種を掛け合わせて新品種を開発することから、遺伝資源の多様性が必要となる。日本における品種改良は、コシヒカリを中心とした食味改善を重視する傾向にあったが、近年の農業政策の変更（減反制度の廃止と飼料用米に対する補助金政策）と業務用米・加工用米の需要拡大の動きは、より収量が増える生産性向上品種の開発が求められている。

[4]-1 コメの生産性停滞と多様性減少

コメの品種改良は、遺伝資源を活用した好例であり、主食として重要な作物であるが、現在、生産性の停滞、貿易自由化の流れと減反政策見直しの中で、大きな岐路に直面している。

コメ生産性の停滞

図 4.1.1-6 に示されているように 1960～2012年の土地生産性(10aあたり反収)は 400kg/10a から 540kg/10a へと着実に増加している。同期間に労働時間が 180 時間から 26 時間まで 1/6 になっていることから労働生産性は急増していることになる。その要因としては、収穫機や田植機の普及、水田整備が考えられる。

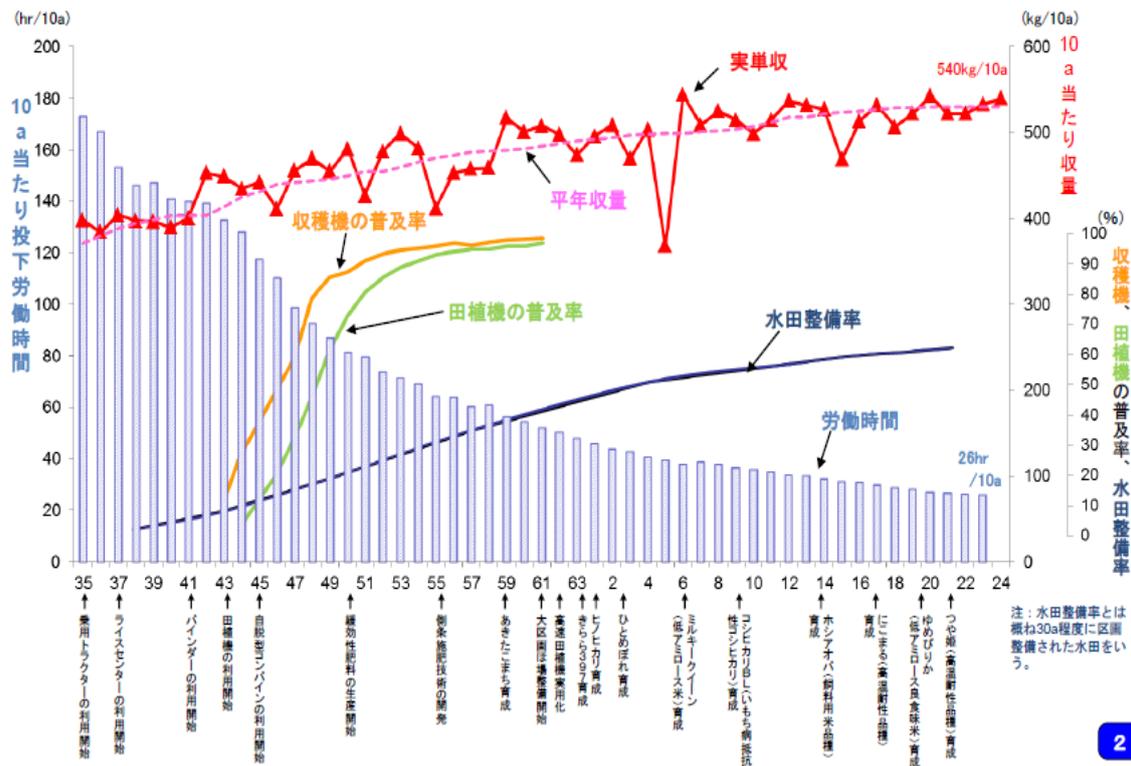


図 4.1.1-6 コメの栽培方法変化と生産性の変化
(出所)農林水産省資料

コメの生産性を諸外国と比較するために、FAO データから 10a あたり反収の推移を比較した。図 4.1.1-7 には代表的なコメ生産国を I (インド、パキスタン、フィリピン)、II (中国、ベトナム、タイ)、III (日本、アメリカ、オーストラリア) に分けて、10 年おきに反収の推移が示されている。日本の反収は諸外国に比べて高い部類に入るが、生産性が上昇している他の国々に比べて停滞しており、アメリカ、オーストラリアだけでなく、中国よりも低くなっていることがわかる。

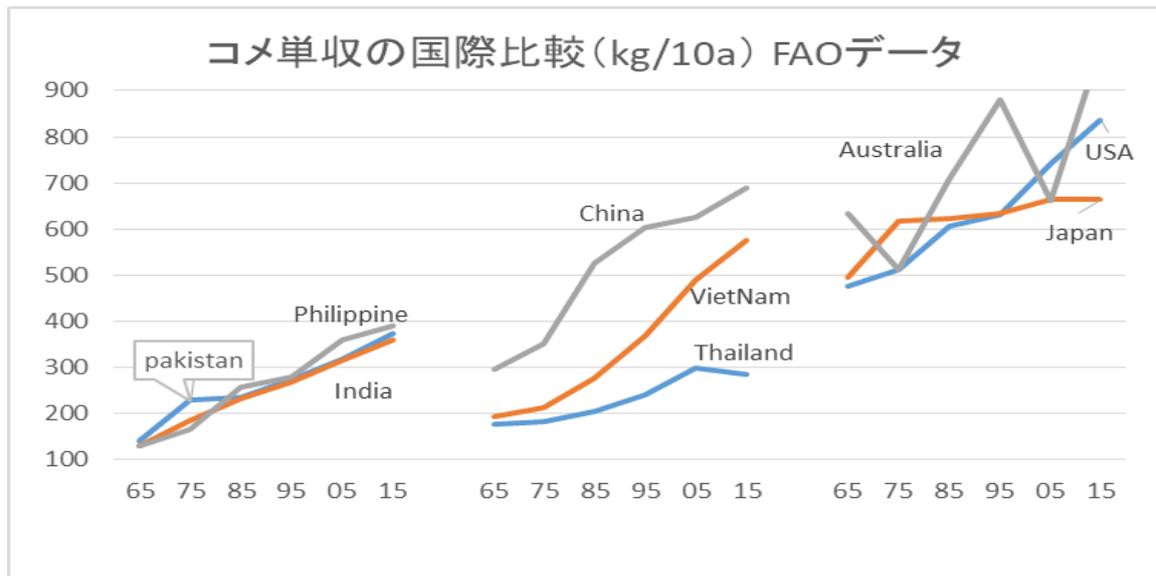


図 4.1.1-7 コメ単収の国際比較

(出所) FAO stat

日本では、この間、機械化が進展したにもかかわらず、反収が停滞している原因として品種改良が大きな要因であると考えられる。

日本のコメ品種改良と多様性の低下

日本における品種改良は戦前より農業試験場を中心として活発に行われており、1956年のコシヒカリなど数多くの新品種が開発されている。図 4.1.1-8 には 1929 年以降に登録された水稻品種数の推移が示されているが、毎年 10 品種近くが登録され、2014 年には 500 品種近くが登録されている。

新品種開発の努力が継続して試みられているのに、生産性が停滞している理由として、日本の品種改良の特性が他の国と大きな異なることが挙げられるだろう。

アジア諸国の品種改良は、緑の革命といわれた 1961 年の IR8 開発に代表されるインディカ米ベースの高生産性品種の開発が中心で、さらに農家も高生産性品種を積極的に導入してきた。

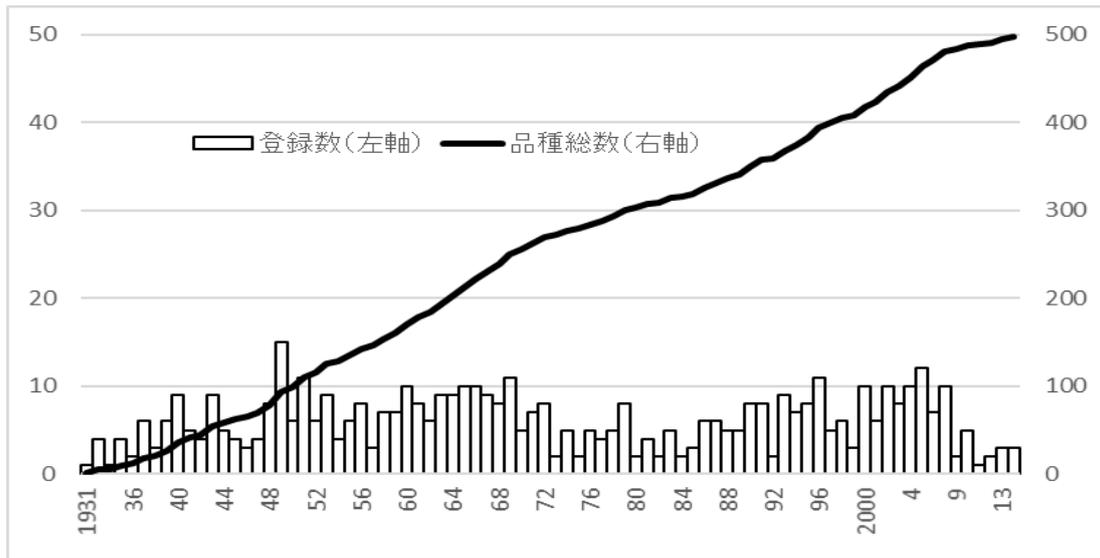


図 4.1.1-8 日本におけるコメ品種登録数の推移

(出所)農林認定品種データベース

一方、日本では、コシヒカリに代表されるように反収の多さよりも食味の良さを重視した品種が消費者から好まれることから、品種改良の開発もコシヒカリをベースとした品種が多くなった。農家も単価が高いコシヒカリ系の品種を導入したことから、反収が諸外国に比べて停滞していると考えられる。

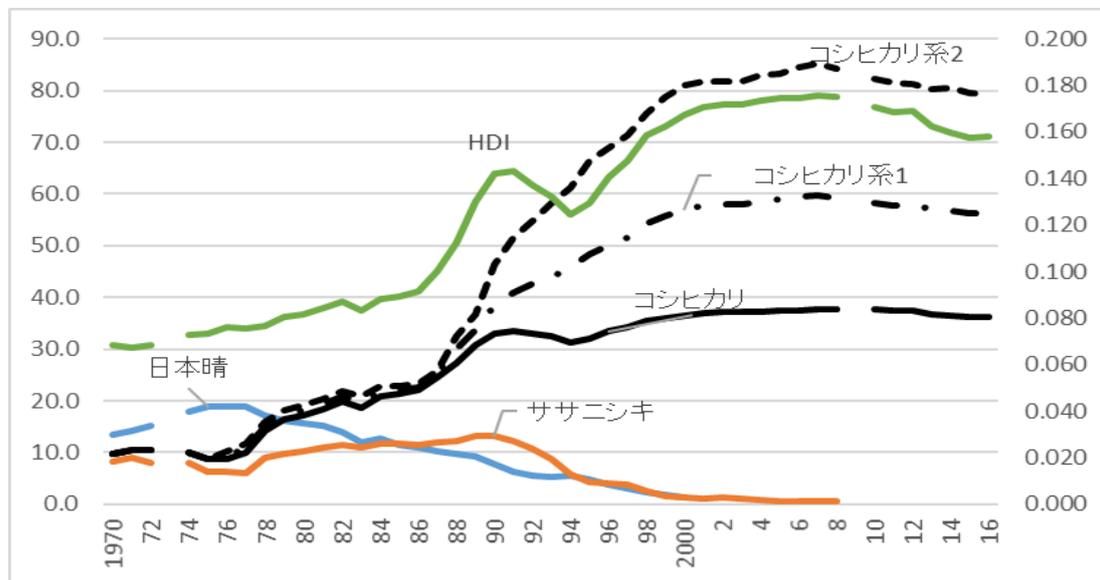


図 4.1.1-9 作付け面積シェア (%) と集中度 HDI の推移

(出所)農林水産省「作物統計」より作成

図 4.1.1-9 には 1970 年以降の水稲の主要品種（日本晴、ササニシキ、コシヒカリ）の作付け面積シェアの推移が示されている。

1970年代までは、日本の水田では様々な品種が植えられており、最大のシェアを占めていた日本晴でも20%程度であった。1979年にコシヒカリが首位になると、1980年代以降はコシヒカリだけでなく、コシヒカリを改良したコシヒカリ系品種が数多く開発されたため、それらを加えるとほぼ8割がコシヒカリベースの品種が栽培されている。

作付け面積の品種集中度をハーフィンダール指数(HDI)で計算すると、70年以降、上昇しており、0.6から0.16~0.18と3倍程度となっていることから、日本のコメの品種多様性は大きく減少していることが確認できる。

コメ栽培の多様性欠如の問題点

このように特定の品種ばかりが栽培される傾向は、イネに限らず、様々な動植物で同様に生じている現象である。こうした栽培種の画一化は、農業・畜産業の効率性が上昇するため食糧増産に大きく貢献したことは確かであろう。しかし、多様性の喪失は2つの問題を生じさせる。

第1に遺伝資源の多様性は優良な形質を生む源泉であるからだ。実際、様々な品種をかけ合わせることで、より生産性が高く、よりおいしい農作物が作られてきた。

第2に遺伝資源の多様性の欠如は気候変動や疾病の発生などの環境変化に対して種の維持を困難にさせる恐れがある。最も有名な例は、19世紀におこったアイルランドのじゃがいも飢饉であろう。北米から入った病原菌のため、アイルランドで栽培されていた高収量品種が全滅して、100万人もの餓死者が生じたといわれている。

こうしたことから国連では、地球温暖化とともに生物多様性の維持を重要な環境問題と考えているのだ。

[4]-2 コメ政策の変遷とコメ品種改良

日本のコメ政策は2018年度を控え、大きな転換期を迎えている。この政策変化とコメの品種改良は決して無関係ではない。日本におけるこれまでのコメ政策の推移とコメ品種改良について整理してみよう。

戦前～1967年 食管制とコメ増産の時代

戦前は市場メカニズムにもとづき取引されていたが、戦中は1942年に食糧管理制度(食糧管理法)にもとづく配給制となった。戦中、戦後の混乱期を経て、肥料や農業機械を導入によるコメ生産が増大し、1967年には米自給率100%を達成した。

この時期はコメ不足に対処するため、高生産性品種が積極的に育成されており、図4.1.1-8に示されているように、数多くの品種が登録され続けた。

1968～1980年 コメ余りと減反の時代

食事の欧米化と高い生産者米価により米余剰が発生し、食管会計が赤字化したため、1970年から生産調整(減反)が開始された。農家にとっては高い価格で生産したコメを買い取られていたため、品質の向上を意図する必要はなかったといえる。

1981～2008年 食糧法廃止・食糧法による規制緩和

1981年の食糧管理法改正によって流通自由化と自主流通米入札制度が導入されたことでコメ品種のブランド化が進み、1995年の食糧法廃止・食糧法制定、2004年の食糧法改正により、規制緩和が進められた。この時期には、食味の良いコメが高い価格で販売されるようになったので、図4.1.1-9に示されるようにコシヒカリを中心とした品種の栽培が急激に増加した。

2009～2018年 業務用米・飼料用米への転作と減反廃止

2009年に減反補助金を飼料米に適用開始し、2013年には環太平洋経済連携協定(TPP)加入交渉を通じて2018年減反廃止を決定したため、コメの価格競争力を高める必要が出てきた。これに対して、加工用米、飼料用米向けの高収量品種の開発が進められている。

[4]-3 コメ市場における遺伝資源活用の経済価値評価

(従来型) 食味重視の品種改良の経済効果

日本における品種改良がコシヒカリを中心とした食味重視であることは、これまで確認してきたが、この食味重視の品種改良の成果を経済学的に評価しよう。

この食味を重視した品種改良は、プロダクトイノベーションにあたり、消費者の需要関数を上方にシフトさせ、商品に対する支払い意思額を増やす。しかし、コメの場合、消費者は明らかに個別品種に対する好みを持ち、商品にも品種の違いは明記されていることから差別化財(differentiated product)であると考えられる。

差別化財の場合は、図4.1.1-10のように従来の方の需要関数 D とは異なる新品种の需要関数 D_n が登場すると考えらる。コメ市場で新品种は、より高い価格 p_n で q_n まで需要されるとすると、新商品登場による社会的厚生は図の台形部分となる。

この新品种による消費者余剰の増大分は、価格プレミアム $\Delta p = p_n - p$ と需要量 q_n の積 $\Delta p q_n$ と支払い意思額と価格との差 $(p_n q_n) / (2 |\epsilon_n|)$ の和として推計することができる (ϵ_n は新品种需要の価格弾力性)。

価格弾力性 $|\epsilon_n| = 0.5$ とすると余剰は $(p_n + \Delta p) q_n$ より利用可能なデータから容易に推計することができる。

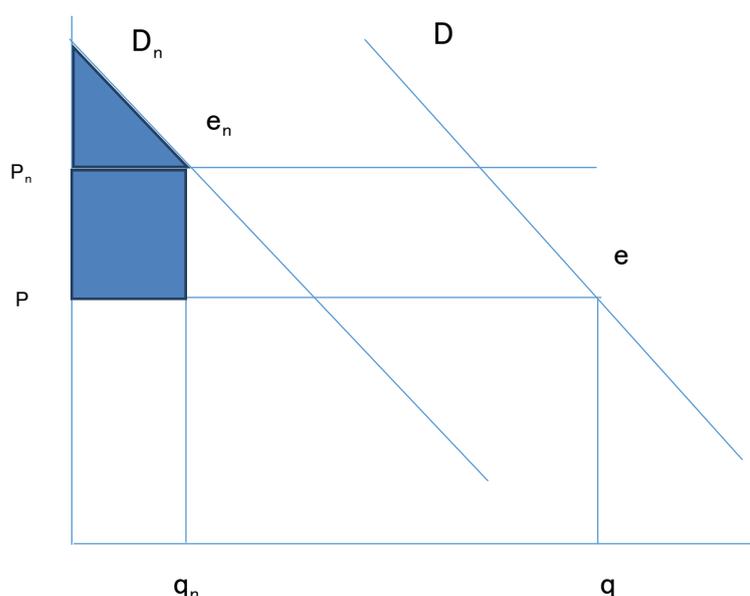


図 4.1.1-10 新品種登場による厚生効果

生産性向上品種改良の経済効果

2018 年 4 月から減反政策が廃止されて、逆に加工用米や飼料米で利用される高収量品種の開発ならびに利用が今後促進されると考えられる。

表 4.1.1-6 には、用途別コメの品種改良の動向が整理されている。

表 4.1.1-6 用途別コメ消費と品種改良の動向

用途	消費量(万t)			栽培技術	銘柄	品種改良	生産性 (kg/10a)
	1983	2012	2025				
家庭用	800	600	761		おぼろづき、ミルクQueen	食味、低アミロース	
外食中食	200	300		直播、作期分散	あきだわら、萌えみのり、やまだわら	多収性、低コスト	530→700
加工原料	20	30		直播	タカナリ、ふくひびき	超多収性、超省力	530→758
飼料米	0	20	110	直播	クサホナミ、モミロマン	超多収性、超省力	482→3000

(出所)農水省(2018)「米をめぐる状況について」

この表からもわかるように政府は加工米や飼料米で高収量品種を開発して、コメ生産コストを削減して、価格競争力を獲得することを目指している

先の食味重視の品種改良では、主に家計のコメ消費需要が増大すると考えられるが、加工用米、飼料用米のように中間財として利用されるコメの高収量米の採用は、コメを使って作られる財やサービスの価格を下げるだけでなく、コメ利用産業の財・サービスのコスト低下を招き、そのコスト低下の波及効果は経済全体に薄く広く広がる。

表 4.1.1-7 を見ると、コメは製造業（食料品、酒、飼料、化学）、サービス業（医療介護、宿泊、飲食）で利用されており、中間財としてのコメでは比較的に輸入比率が高いことがわかる。

表 4.1.1-7 コメの販路と輸入比率

米の販売先				精穀の販売先			
	国産	輸入	(比率%)		国産	輸入	(比率%)
総額	1869766	145	0.0	総額	2201822	50113	2.3
精穀	1879496	145	0.0	食料品	369523	28684	7.8
種粳	16910	0	-	酒類	33504	3975	11.9
畜産	1905	0	-	飼料	12143	12143	100.0
農業サービス	5543	0	-	化学	104	25	24.0
飼料	5116	0	-	医療福祉介護	49102	0	
在庫	-39108	0	-	宿泊	50333	0	-
輸出	49	0	-	飲食	318750	1372	0.4
				その他サービス	9905	0	-
				公務	1326	973	73.4
				家計消費	1399205	619	0.0
				家計外消費	3624	6	0.2
				在庫	2383	2316	97.2
				輸出	4066		-
(出所) 総務省「2011年産業連関表」より作成							

コメの生産性上昇はコメ自体の価格低下だけでなく、コメを利用する製造業、サービス業のコストを低下させる、2次波及、3次波及を通して全産業のコストを低下させる。

この価格低下の厚生効果は図 4.1.1-11 のように図示することができる。コメ価格が P から P_n に低下することで、需要量が q から q_n に増加するため、消費者余剰が図 4.1.1-11 の台形部分になる。

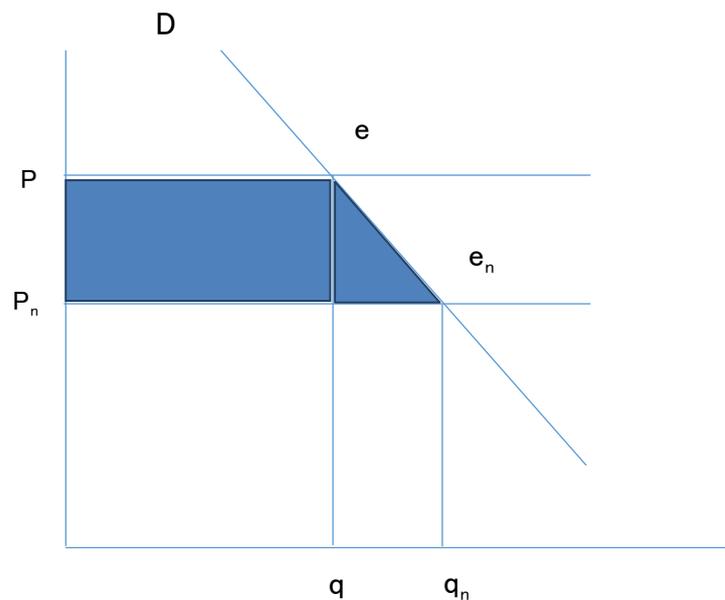


図 4.1.1-11 高収量米利用による消費者余剰の増大

〈3〉部門間取引を通じた遺伝資源直接間接利用の経済評価

[1] 遺伝資源利用の直接間接利用の評価

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 4.1.1-12 に示すような遺伝資源分析産業連関表を作成した。

図 4.1.1-12 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	Vl1		Vln				
資本	Vk1		Vkn				
税	T1		Tn				
国内生産	X1		Xn				

この図 4.1.1-12 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 4.1.1-8 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していることになること、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 4.1.1-8 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 4.1.1-9 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てとれる。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 4.1.1-9 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					

[2] 遺伝資源によるイノベーションの経済波及効果

本稿では、遺伝資源を利用したイノベーションの事例としてヨーグルト、高脂血症薬、コメの事例を取り上げた。そしてヨーグルトと高脂血症薬では、遺伝資源を活用した新商品が開発されたため大きな需要拡大効果が生じたことが確認された。またコメでは、従来の食味重視の品種改良では需要拡大効果が、さらに今後推進が予想される生産性重視の品種改良では生産性向上効果が生じることが推察された。

これらのイノベーションは、当該産業にとどまらず、企業間取引を通じてマクロ経済全体に波及することが予想される。

需要拡大効果があるイノベーションは、先の産業連関分析の枠組みでは $\Delta \mathbf{X} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \Delta \mathbf{f}$ より求められ、特に特定部門の需要波及効果は $\sum_i b_{ij}$ よりマクロ経済効果として求められる。

生産性向上効果があるイノベーションは、先の産業連関分析の枠組みでは $\Delta \mathbf{p} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \Delta \mathbf{v}$ より求められ、特に特定部門の価格波及効果は $\sum_j b_{ij}$ よりマクロ経済効果として求められる。

表 4.1.1-10 には、コメ、ヨーグルト、高脂血症薬で生じた遺伝資源利用イノベーションが及ぼすマクロ経済効果を 2011 年の 190 部門産業連関表を用いて評価した結果が示されている。

表 4.1.1-10 遺伝資源利用イノベーションの経済波及効果

遺伝資源	産業	需要波及効果		費用削減効果	
		影響力	係数	価格影響力	係数
コメ	穀類、精穀	2.350	1.176	2.072	1.037
ヨーグルト	畜産食料品	2.470	1.236	1.275	0.638
高脂血症薬	医薬品	2.073	1.038	1.328	0.665
平均		1.825	1.000	1.998	1.000
(出所)総務省「2011年産業連関表」190部門表より計算					

各分野で生じた需要拡大イノベーションは、波及効果を考慮すると 2.1～2.5 倍に効果が拡大し、より大きな需要拡大効果を持つことがわかる。今回分析した 3 分野は、産業平均を 1 とした係数でみると、平均よりもやや大きいといえる。

次に、各分野で生じた生産性上昇イノベーションは、波及効果を考慮すると 1.3～2 倍に効果が拡大し、より大きな生産性上昇効果を持つことがわかる。今回分析した 3 分野では、特にコメにおける生産性上昇の波及効果が大きいことが確認された。

〈4〉生態系サービスを考慮した遺伝資源価値の評価

遺伝資源利用イノベーションの経済価値を計測するために考慮すべきもう一つの論点は、環境に対する外部効果である。

コメ生産におけるイノベーションが起こらなければ、日本のコメ生産は減少し続け、水田面積は減少するであろうが、もし需要拡大ならびに生産性向上イノベーションが生じると水田面積は維持あるいは増加する可能性もある。

この水田が維持されることが環境に対して経済価値をもつという考え方は、「生態系と生物多様性の経済学(The Economics of Ecosystems and Biodiversity, TEEB)」で 2006 年に提示された。

ここでは表 4.1.1-11 のように生態系サービスの経済価値を供給サービス、調整サービス、生息地サービス、文化サービスに分け、それぞれに経済価値を様々な手法を通じて推計し、評価を試みている。表中には 10a あたりの価値の推計値が記されているが、残念ながら水田に限った推計値では適当なものを見つけることができなかった。

本稿では、コメ品種改良の経済価値評価を行うために、その環境価値を評価するために、水田における灌漑用水保全の経済価値を推定した事例 (Kunimitsu (2006) 5000 円/10a/年) を利用するが、これは表 11 からわかるように環境価値のごく一部しか評価できていないことに留意する必要がある。

表 4.1.1-11 生態系サービスの経済価値（千円/10a/年）

生態系サービス	水田	農業	湿原	干潟	森林
総計		182.7	660-770	1240	294
供給サービス				185	
食料					
原材料					
遺伝資源(品種改良)					
医薬品					
水(飲用、灌漑)	4-6.6				
調整サービス				603	
気候調整		0.193	58-250		
水量調整		111.5	59		
水質浄化		0.273	343		
土壌維持		18.0			
生息地サービス				445	
生息生育環境の提供			163		
遺伝資源多様性の維持					
文化サービス				9.1	
景観の保全		52.8	95		
レクリエーション・観光			9.6-90		
科学知識					
(出所) 環境省「湿地の経済価値評価検討会」資料					
日本学術会議(2001)「地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について」					

表 4.1.1-12 には米品種改良の経済価値が整理されている。コメの種類（主食用米・備蓄米、加工用米、飼料米、その他）ごとに H29 年の現状と H37 年の見通しが示されている。

表 4.1.1-12 コメ品種改良の経済価値

	H29年(現状)				H37(生産性改善シナリオ)				環境価値 10億円
	作付面積 万ha	生産量 千t	単収 kg/10a	余剰 10億円	作付面積 万ha	生産量 千t	単収 kg/10a	余剰 10億円	
主食用米	137	7306	530	226	139	7520	540	802	70
備蓄米	4	198	530	6	4	198	540	21	2
加工用米	5	284	546	0	10	600	580	64	5
飼料用米	9	483	511	0	14	1100	759	117	7
その他	5	43	512	0	1	110	759	12	1
計	160	8314		232	169	9528		1017	85
注) 1.その他は米粉用、酒造用、輸出用など									
2.H37の生産性改善は品種改良や経営大規模化により平均費用が16000円/60kgから9600円/60kgへ低下									
3 水田の環境価値は國光(2003)推計5000円/10a/年にもとづく									

H29年の現状では、これまでの食味重視品種改良によって 2260 億円の経済価値が生じているが、H37年までに加工用米、飼料米において生産性向上品種が開発され単収が改善することで、より大きな余剰が生まれることが予想される。さらに作付面積が維持されることから生じる環境価値の増加も無視することはできない。

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に遺伝資源の多様性を利用したバイオ産業革命によって生み出される価値を経済モデルに基づいて評価をおこなった。遺伝資源活用は、すでに新製品の開発(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)の多くの事例を生み出しているが、今後も遺伝子組換え技術の発展に伴い、さらに加速するだろう。本稿では、医薬品(スタチン)、乳酸菌(ヨーグルト)、コメについて分析を行ったが、遺伝資源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、トクホ制度等の品質保証制度、減反政策など)が重要であることが示された。

第2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利用の帰着分析をおこなった。その結果、遺伝資源利用では、直接効果だけでなく間接効果を考慮するべきで、需要拡大効果は2.1~2.5倍に、生産性上昇効果は1.3~2倍に拡大することが確認された。

第3にコメの品種改良の分析では、食味改善の需要拡大効果と業務用米・加工用米における生産性向上のマクロ経済効果を検討するだけでなく、水田利用による生態系サービスの価値についても考慮する必要が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

日本学術会議(2001)「地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について(答申)」

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

Kunimitsu Y(2006) "Pricing for irrigation water on Japanese paddy-fields: applicability of stochastic choice model," ed. K. Aravossis, et. al., *Environmental Economics and Investment Assessment*, WIT press, pp.285-293

②遺伝資源の経済価値の評価研究：理論と調査に基づく実証

慶應義塾大学 大沼あゆみ

(※本稿は、29年度の成果を含めた3年間の成果をまとめたうえで記述する。)

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式を用いて、日本の遺伝資源の経済価値を推定することである。以下では、評価に用いた評価式、およびその式に適用するパラメータを推定する調査結果について概説し、その後、実際の評価値を導出する。

本研究における H27 年度および H28 年度の研究では、本年度の研究に向けての予備研究を行ってきた。具体的には、遺伝資源価値の導出方法の模索および医薬品業界研究者へのインタビューとアンケート等である。H29 年度は、以下、2)〈1〉および〈2〉でこれらをまとめ、それに基づき最終的に経済的価値を導出する。

2) 本論

〈1〉SSR の遺伝資源価値評価

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。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、その商業化成功確率を 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。

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。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、評価を進めた。

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

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
- c : 1つのサンプルを取得・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
- y: 商業化後の特許が認められる年数
- q: 1つのサンプルを取得する費用

以下、これらのパラメータについて調査結果よりその水準を特定していく。

〈2〉パラメータの導出

[1] λ

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 1,945 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 年に薬価基準に掲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掲載された場合、一番過去に掲載された年に 1 件とカウントする

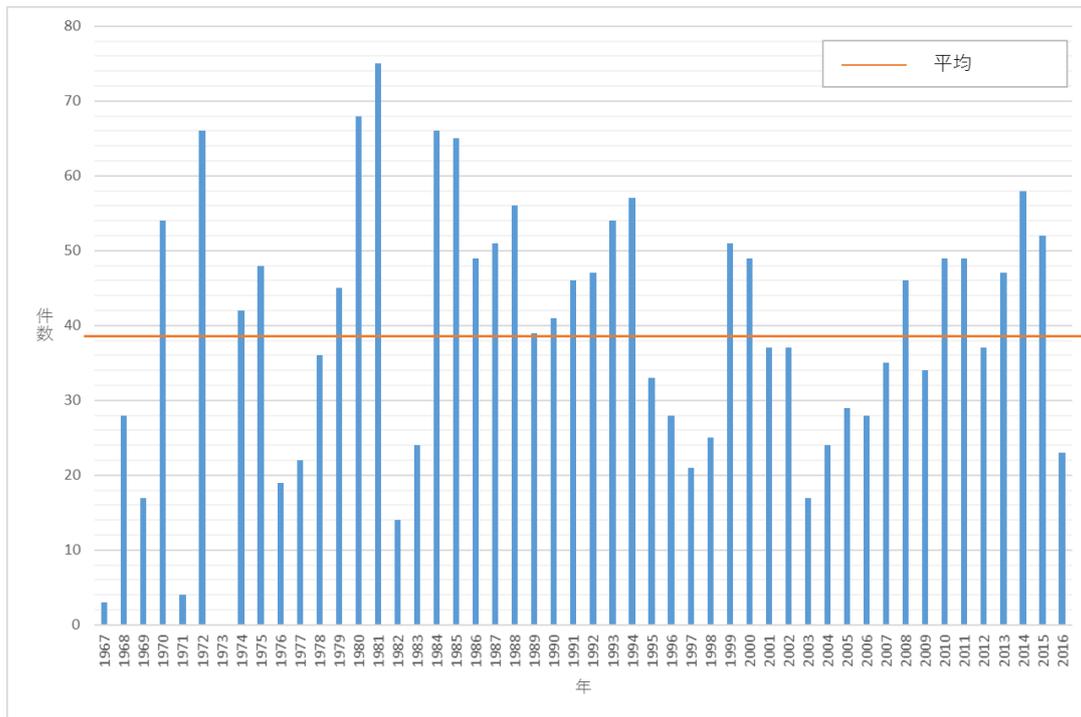


図 4.1.2-1 日本の新薬件数

出典：薬事日報社「新医薬品薬価データ 2016年版」により作成

表 4.1.2-1 日本の新薬件数

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	1,945
平均	38.9

出典：薬事日報社「新医薬品薬価データ 2016年版」により作成

[2] r および n

r については SSR で使用したのと同じ 0.1 で経済的価値の導出を行う。同様に n は 250,000 を用いる。

[3] p

p のパラメータ推定は、実施した添付のアンケートから行う。(調査票はⅢ. 添付資料 1. (1) 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 (フォロー調査)」Q2.参照)

有効回答 7 社の回答結果を見ると、1 つの医薬品を創出するための一次スクリーニングで評価するサンプル (化合物) 数は、下限値の最小 300 個から上限値の最大 30 万個までかなりの幅があった。これはアンケート回答者が過去の経験から製薬業界全体で認識されている平均的な値を推測したためであると考えられる。そのため各社の下限値もしくは上限値の回答値が他社のそれと 1,000 倍以上もしくは 1,000 分の 1 倍以下の差がある場合、値の妥当性を検討した後に特異値として計算から除外し、パラメータの推測を行った。p の場合、下限値は 300 個~3 万個の幅があり、300 個の回答以外はすべて 1,000 個以上であることから、300 個を特異値として除外しパラメータの推測を行った。以降の c,q,R についても、パラメータの推定の過程で同様に回答値の検証を行っている。

またアンケート回答結果の値のばらつきが大きかった p については、より精緻なパラメータ推定を行うため、新薬の開発プロセスである一次スクリーニング、前臨床試験、臨床試験の通過率も考慮し行うものとした。各プロセスの概要は、製薬企業が加盟する日本製薬工業会が発行した日本製薬工業協会(2016) 図「1-3 新薬の研究開発・承認。製品販売後調査のプロセス」(pp.8-9)

に基づきまとめると下記のようになる。

- 一次スクリーニング：様々な評価手法を用いて、化合物の有効性や安全性を検証し選択する工程。スクリーニング前のライブラリー作成や標的分子の特定とあわせて約 2～3 年かかる。
- 前臨床試験：大きく薬理的試験、薬物動態試験、毒性試験の 3 つの試験を経て、臨床試験で人に投与する安全性を予測する工程である。薬理的試験では、効力の裏付けを検証し、期待している効能や効果を調べ、投与量や生理機能に望ましくない作用がないかを確認する。薬物動態試験では、化合物が体内でどのように吸収・分布・代謝・排泄されるかを確認する。毒性試験とは、動物等を用いて安全性を確認する試験である。これらを平均 3～5 年かけて行う。
- 臨床試験：新薬をヒトに投与し、有効性や安全性を確認する試験である。試験は 3 つのフェーズに分けて行われ、約 3～7 年かけて行う。

ここで 1 サンプル当たりの一次スクリーニングの開始確率を p_1 とし、同様に前臨床試験の開始確率を p_2 、臨床試験の開始確率を p_3 、商業化成功確率を p とすると、4 つの確率は、

$$p_1 > p_2 > p_3 > p$$

となる。なお今回使用する確率は、日本製薬工業協会(2016)の低分子化合物の調査結果 (p.10) を用いることにより $p_2=2.66809E-04$ 、 $p_3=1.03928E-04$ と定め、 p_1 は 1 となる。なお、ここで $E-0x$ は 10^{-x} を表しており、 $E-04$ 、 $E-05$ はそれぞれ 1 万分の 1 および 10 万分の 1 を示している。

さて、アンケートの質問では 1 つの医薬品を創出するために一次スクリーニングで評価するおおよそのサンプル数を聞いた。ここから一次スクリーニングで評価するサンプルが 1 つの医薬品になる確率を求めるために、回答結果の逆数を取ることで確率 p を取得する。この方法で取得した確率と p_3 を比較し、 $p_3 > p$ となる範囲で、確率 p の下限値平均、上限値平均、下限値平均と上限値平均の平均を算出する。

以上より、一次スクリーニングで評価するサンプル数が 1 つの医薬品になる確率は表 4.1.2-2 のように推定する。また前述の日本製薬工業協会(2016)の調査結果では、1 サンプル当たりの承認取得確率は $4.07282E-05$ であり、これは今回のアンケート結果から推定した表 4.1.2-2 のパラメータのうち、下限値の平均と上限値の平均の範囲内の値となる。限界経済価値 v の推定は各パラメータの総当たり結果を基に行うが、 p のパラメータは表 4.1.2-2 の結果に加え、上記調査結果の値も使用するものとする。

表 4.1.2-2 p として適用する値

A. 下限値の平均	B. 上限値の平均	(A+B)/2
1.07143E-05	5.55556E-05	3.31349E-05

[4] c

c のパラメータ推定は、実施した添付のアンケートから行う。(調査票はⅢ. 添付資料 1. (1) 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(フォロー調査)」SQ1.～SQ3. および Q2.参照)

今回の研究で1サンプルあたりの限界価値 v を算出するにあたり、 c は1つの医薬品を創出するために必要な一次スクリーニングの総費用、前臨床試験費用の総費用、開発総費用を質問した。ここで敢えて「1つの医薬品を創出するための費用」と質問したのは、研究者が比較的把握しやすいと考えられる費用の認識単位であることが事前に有識者からのヒアリング結果でわかったためである。そのため一次スクリーニングで評価するサンプルの各費用は、アンケート回答の各費用やテストサンプル数、1サンプルが各試験を通過する確率を考慮して推定することとする。

アンケート結果から計算した一次スクリーニング費用を見ると、最小では0円から最大では2万円の幅があった。次に前臨床試験では、一次スクリーニングに比べ費用がかかることより、最小では500万円から最大では3億7,480万円となった。さらに、臨床試験は当初の想定通り非常に高額な結果となり、最小では7億4,041万円から最大では1,597億2,520万円と幅のあるものになった。臨床試験が高コストになる理由を有識者にヒアリングしたところ、化合物を大量に生産する必要がある上、人に投与する化合物なので厳しいレギュレーション下で作る必要があるため、高コスト・多工数・多工程になるとのことである。また作るコストだけでなく、臨床試験を実施するコスト、例えば病院や医者に依頼、患者集め、臨床試験の計画・実施、試験結果の収集・分析がかかるためである。このため臨床試験の費用が文字通り桁違いに大きな値になる。

アンケート回答結果の各費用を、各フェーズのサンプルテスト個数で割って推定した結果は表4.1.2-3のようになる。なお p と同様の考えで、分母 Q_2 の値が下限値300個のデータは特異値として除外した。

表 4.1.2-3 各フェーズの費用（各フェーズ成功確率考慮前）

	計算式	A. 下限値の平均 (百万円)	B. 上限値の平均 (百万円)	(A+B)/2 (百万円)
一次スクリーニング費用	$\frac{SQ_1}{Q_2}$	0.001609	0.003593	0.002601
前臨床費用	$\frac{SQ_2}{p_2 Q_2}$	54.524476	233.208888	143.866682
臨床費用	$\frac{SQ_3 - SQ_1 - SQ_2}{p_3 Q_2}$	6,952.662469	31,574.51282	19,263.58764

※ SQ_1 、 SQ_2 、 SQ_3 および Q_2 はアンケートの質問番号の回答値を表す。

表 4.1.2-3 の結果は各フェーズの1サンプル当たりの試験費用であるが、この費用は各フェーズを通過した場合に発生すると推定できる費用である。そのためそれぞれの費用に前臨床試験の開始確率、臨床試験の開始確率をかけることで、各フェーズの期待費用を知ることができる。表 4.1.2-4 は、表 4.1.2-3 の結果に対し、各フェーズの成功確率をかけたものある。

表 4.1.2-4 パラメータ c の推定の元になる各フェーズの期待費用

	計算式	A.下限値の平均 (百万円)	B.上限値の平均 (百万円)	(A+B)/2 (百万円)
一次スクリー ニング費用	$\frac{SQ_1}{Q_2}$	0.001609	0.003593	0.002601
前臨床費用	$p_2 \frac{SQ_2}{p_2 Q_2}$	0.014547	0.062222	0.038384
臨床費用	$p_3 \frac{SQ_3 - SQ_1 - SQ_2}{p_3 Q_2}$	0.722579	3.281491	2.002035

※ SQ_1 、 SQ_2 、 SQ_3 および Q_2 はアンケートの質問番号の回答値を意味する

[5] q

実施した添付のアンケートから q のパラメータは下記のように推定する。(調査票はⅢ. 添付資料 1. (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」 2.4.参照) ライブラリーは自社で培養・抽出・精製する場合と、他社から購入する場合があるため、今回のアンケートでも実態にあわせて 2 パターンに分けて金額を質問した。

1 万サンプルあたりの自社で培養・抽出・精製する費用は、下限値が 1,000 万円から 5 億円、上限値が 1 億円から 10 億円までと、他のアンケート結果に比べて回答値の幅が小さかった。また他社から購入した費用も、下限値が 500 万円から 5,000 万円、上限値が 1,500 万円から 1 億円と、こちらも回答値の幅が小さかった。

これらのアンケート結果から 1 サンプルあたりの各取得費用を算出すると、表 4.1.2-5 の通りになる。

表 4.1.2-5 パラメータ q の推定結果

	A.下限値の平均 (百万円)	B.上限値の平均 (百万円)	(A+B)/2 (百万円)
自社で培養・抽出・精製	0.0165	0.04	0.02825
他社購入	0.002125	0.006625	0.004375

算出したパラメータ q の両者の値の間には、それぞれ約 6~8 倍の差があるものの、推定した v の値の大きさから見るとわずかな差であったため、製薬会社自身が遺伝資源にアクセスして取得・培養を行う費用で v の推定を行う。

[6] R

実施した添付のアンケートから R のパラメータを推定する。(調査票はⅢ. 添付資料 1. (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」 2.2.(ア) 参照)

1 年当たりの売上収入の予想の回答値を見ると、下限値 1 億から上限値 5,000 億と回答者によ

って幅がかなりあった。特に下限値は1億～100億と大きな幅があり、1億の回答以外はすべて10億以上であることから、1億を特異値として除外しパラメータの推測を行った。推測の結果は表4.1.2-6の通りである。

表 4.1.2-6 パラメータ R の推定結果

A.下限値の平均 (百万円)	B.上限値の平均 (百万円)	(A+B)/2 (百万円)
6,333.333333	96,428.571428	51,380.952380

膨大な売上を出すいわゆるブロックバスターと呼ばれる医薬品は、明確な定義はないものの一年間の売上が1,000億円もしくは10億ドルを超える医薬品のことを指すことが多いと言われている。今回の上限値の平均も約964億2,857万円と概ね1,000億円に近い値となり、妥当な金額と思われる。

[7] y

実施した添付のアンケートでは、最短4年から最長15年の幅であった。これらの回答結果から、yのパラメータは7.83年と特定する。(調査票はⅢ. 添付資料1.(1) 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」2.2.(イ) 参照)

〈3〉 経済的価値の導出

上記で導出したパラメータを総当たりで組み合わせた972件のvの値の範囲を見ると、最小はマイナス7,627万9,981円から最大は1億9,589万3,954円までと2億7,217万3,935円の幅がある結果となった。計算結果vのおおまかな分布を見るため、データ個数を1,000万円毎にカウントしたものが表4.1.2-7である。

表 4.1.2-7 v の金額範囲およびデータ個数

v (百万円)	データ個数	v (百万円)	データ個数
-80~-70 未満	27	70~80 未満	0
-70~-60 未満	0	80~90 未満	0
-60~-50 未満	0	90~100 未満	27
-50~-40 未満	27	100~110 未満	0
-40~-30 未満	0	110~120 未満	0
-30~-20 未満	0	120~130 未満	27
-20~-10 未満	0	130~140 未満	0
-10~0 未満	162	140~150 未満	0
0~10 未満	594	150~160 未満	3
10~20 未満	0	160~170 未満	24
20~30 未満	27	170~180 未満	0
30~40 未満	0	180~190 未満	0
40~50 未満	0	190~200 未満	27
50~60 未満	15	合計	972
60~70 未満	12		

計算結果 v がマイナスになるケースは、SRR の価値式の $pRy - c$ がマイナスになる場合であり、医薬品の期待売上収入より期待開発費用が大きくなる場合を意味する。どのパラメータのケースで起こっているかを見るため、計算結果 v がマイナスになるデータ個数を、期待純収入 R と商業化成功確率 p の組み合わせでカウントしたものが表 4.1.2-8 である。計算結果 v がマイナスになるのは今回使用したパラメータの場合、いずれも $R=6,333.333333$ と、 R が三つのパラメータの中で最小となる場合である。また商業化成功確率 p が小さくなるほど計算結果 v がマイナスとなるデータ個数が増える結果となった。

表 4.1.2-8 計算結果 v がマイナスになるデータ個数 (p と R の組み合わせ)

		p				小計
		1.07143E-05	3.31349E-05	4.07282E-05	5.55556E-05	
R (百万円)	6,333.333333	81	54	54	27	216
	51,380.952380	0	0	0	0	0
	96,428.571428	0	0	0	0	0
小計		81	54	54	27	216

開発者である製薬会社は、この期待利益に当たる部分がマイナスになる場合は投資を行わないと考え、以降の分析では期待利益がプラスになる 756 件のデータについて考察を行う。

[1] パラメータから導出した v に関する考察

v がプラスのケースに絞ってデータの個数および割合をまとめたのが表 4.1.2-9 である。

表 4.1.2-9 算出した v の金額範囲およびデータ個数

v (百万円)	データ個数	割合
0～10 未満	594	78.6%
10～20 未満	0	0.0%
20～30 未満	27	3.6%
30～40 未満	0	0.0%
40～50 未満	0	0.0%
50～60 未満	15	2.0%
60～70 未満	12	1.6%
70～80 未満	0	0.0%
80～90 未満	0	0.0%
90～100 未満	27	3.6%
100～110 未満	0	0.0%
110～120 未満	0	0.0%
120～130 未満	27	3.6%
130～140 未満	0	0.0%
140～150 未満	0	0.0%
150～160 未満	3	0.4%
160～170 未満	24	3.2%
170～180 未満	0	0.0%
180～190 未満	0	0.0%
190～200 未満	27	3.6%
合計	756	100%

900万円以下が全体の78.6%を占めていることが表からわかるが、これは今回使用したパラメータの推定値の組み合わせの結果である。また例えば1億6,000万円から1億6,900万円は24個データが集合しているが、1億7,000万円から1億8,900万円までのデータ個数は0個など、データの個数にばらつきがある部分が何か所かある。これは今回使用した各パラメータの値の差が大きかったためと考えられるもので、パラメータとして使用する値を増やすことができれば、ばらつきが解消される。

これら756件の v について、平均値、中央値、最小値、最大値を算出すると表4.1.2-10のようになる。なお以降は v の平均値を v_n^{Av} と表し、同様に中央値は v_n^{Me} 、最小値は v_n^{Min} 、最大値は v_n^{Max} と表す。

表 4.1.2-10 v_n^{Av} 、 v_n^{Me} 、 v_n^{Min} 、 v_n^{Max} の計算結果

n	v_n^{Av}	v_n^{Me}	v_n^{Min}	v_n^{Max}
250,000	2,406万4,344円	42万1,574円	233円	1億9,589万3,954円

ここで $v_{250,000}^{Av}=2,406万4,344円$ となる p_n^* を算出するため R および c の値を固定し計算すると、表4.1.2-11のように $1.93473E-05$ となる。これはアンケート結果の下限値 $1.07143E-05$ より $8.63E-06$ 大きい値であった。固定した R および c は、ここでは v と同様に平均値を使用した。なお以降は R^{Av} 、 c^{Av} と表し、それぞれの値は $R^{Av}=64,251.70068$ 、 $c^{Av}=1.9341873583$ （単位はどちらも100万円）となる。

表 4.1.2-11 $v_{250,000}^{Av} = 2,406$ 万 4,344 円となる $p_{250,000}^*$

n	v_n^{Av}	p_n^*	λ	r	R^{Av} (百万円)	y	c^{Av} (百万円)
250,000	2,406 万 4,344 円	1.93473E-05	38.9	0.1	64,251.70068	7.83	1.9341873583

[2]パラメータ n を変化させた場合の考察

ここまでは SSR と同じように n=250,000 として分析してきたが、世界の遺伝資源や個々の企業が保有するライブラリー数の増減により実際に n は様々な値に変化する。今回のアンケートでも製薬業界各社が保有する天然資源由来の推定ライブラリー数をアンケートで調査したが、回答値 4 件の範囲のばらつきが大きく、絞り込むことができなかった。これは天然物創薬の経験がない研究者の場合は回答が難しいことやライブラリーの規模を開示すること自体への抵抗感があったと考えられた。そのため今回の分析では SSR と同じ n の値から ±1%、±10%、±20%、±30% 変動させ、計算結果がどのように変わるかを計算したものが表 4.1.2-12 である。

表 4.1.2-12 n を変更した場合の v_n^{Av} 、 v_n^{Me} 、 v_n^{Min} 、 v_n^{Max} の計算結果

No	n	v_n^{Av}	v_n^{Me}	v_n^{Min}	v_n^{Max}
1	175,000 (-30%)	5,874 万 1,145 円	875 万 5,105 円	1 万 5,084 円	4 億 3,753 万 1,716 円
2	200,000 (-20%)	4,284 万 2,544 円	316 万 2,651 円	3,761 円	3 億 3,471 万 8,747 円
3	225,000 (-10%)	3,191 万 9,078 円	114 万 2,460 円	937 円	2 億 5,606 万 5,185 円
4	247,500 (-1%)	2,474 万 4,904 円	45 万 6,932 円	268 円	2 億 121 万 2,048 円
5	250,000 (±0%)	2,406 万 4,344 円	42 万 1,574 円	233 円	1 億 9,589 万 3,954 円
6	252,500 (+1%)	2,340 万 3,988 円	37 万 2,743 円	203 円	1 億 9,071 万 6,418 円
7	275,000 (+10%)	1,826 万 1,576 円	14 万 9,080 円	58 円	1 億 4,986 万 2,002 円
8	300,000 (+20%)	1,390 万 8,060 円	5 万 3,853 円	14 円	1 億 1,464 万 6,824 円
9	325,000 (+30%)	1,061 万 3,472 円	1 万 9,453 円	3 円	8,770 万 6,650 円

※ n の括弧内は n=250,000 からの増減率を意味する

計算結果を見ると、 v_n^{Av} の場合、 $v_{250,000}^{Av}$ と比べて $v_{175,000}^{Av}$ は 3,467 万 6,801 円(約 2.44 倍)、 $v_{325,000}^{Av}$ は -1,345 万 872 円(約 0.44 倍) 増減する。同様に中央値は $v_{250,000}^{Me}$ と比べて 833 万 3,531 円(約 20.77 倍) から -40 万 2,121 円(約 0.05 倍) の増減、最小値は $v_{250,000}^{Min}$ と比べて 1 万 4,851 円(約 64.74 倍) から -230 円(約 0.01 倍)、最大値は $v_{250,000}^{Max}$ と比べて 2 億 4,163 万 7,762 円(約 2.23 倍) から -1 億 818 万 7,304 円(約 0.45 倍) の幅で変動した。

また n=250,000 の場合と同様、 $R^{Av} = 64,251.70068$ 、 $c^{Av} = 1.9341873583$ の場合に v_n^{Av} とする p_n^* をそれぞれ計算すると、表 4.1.2-13 のようになる。

表 4.1.2-13 v_n^{Av} とする p_n^*

No	n	v_n^{Av}	p_n^*	λ	r	R_n^{Av} (百万円)	y	c_n^{Av} (百万円)
1	175,000	5,874 万 1,145 円	2.40548E-05	38.9	0.1	64,251.70068	7.83	1.9341873583
2	200,000	4,284 万 2,544 円	2.21239E-05					
3	225,000	3,191 万 9,078 円	2.05822E-05					
4	247,500	2,474 万 4,904 円	1.94591E-05					
5	250,000	2,406 万 4,344 円	1.93473E-05					
6	252,500	2,340 万 3,988 円	1.92379E-05					
7	275,000	1,826 万 1,576 円	1.83501E-05					
8	300,000	1,390 万 8,060 円	1.75362E-05					
9	325,000	1,061 万 3,472 円	1.68643E-05					

これらの結果の変化率を見るため、表 4.1.2-12、4.1.2-13 の $n=250,000$ からの増減率が±1%である No.4 および No.6 を除いたデータの平均値と中央値をグラフ化したものが図 4.1.2-2 である。グラフより v_n^{Av} 、 v_n^{Me} のいずれも逓減していることがわかる。

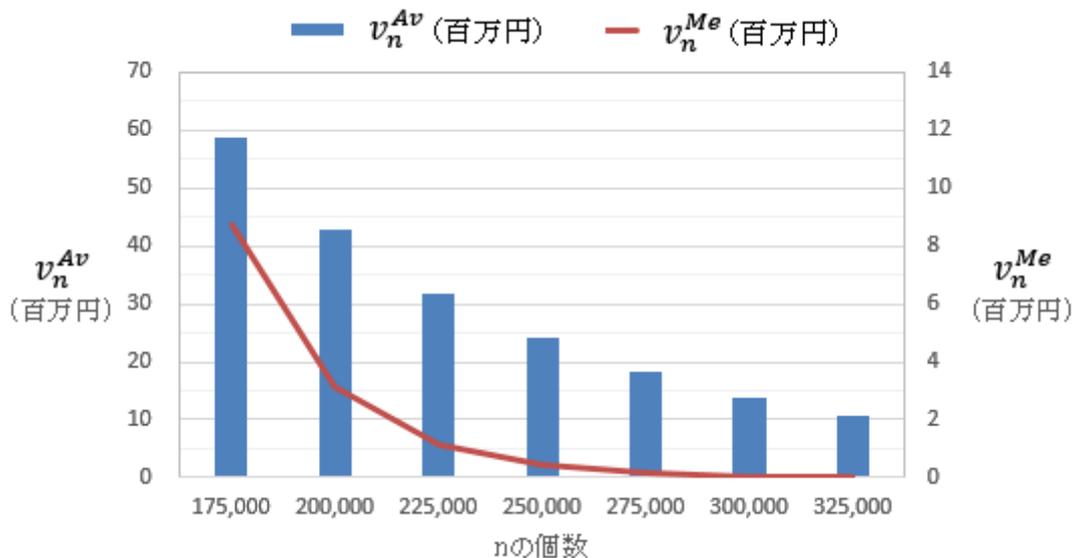


図 4.1.2-2 n を変更した場合の v の計算結果

3) 結論

本研究では、日本における遺伝資源の限界価値を議論した。この研究では、さまざまなパラメータの値を絞り、さらに、限界価値が正であるものに限定してその平均値を求めた。その結果は、約 2,406 万円であった。この結果を SSR の結果および Rausser and Small (RS) の結果と比較してみよう。SSR が示した値は、米国の遺伝資源の経済的価値は、9,431 ドルであった。一方、RS では、約 300 倍から 440 倍の水準になることを示している。本研究での 2,406 万円は、こうした値と比較したときに大きく乖離したものではなく、結果として示す第一の値としては、妥当なものと考えられる。

<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.

日本製薬工業協会(2016)「てきすとぶっく 製薬産業 2016-2017」

(2) PIC 等導入による遺伝資源利用に及ぼす影響の予測調査

① 遺伝資源の利用に関する企業分析

滋賀大学 田中勝也

1) 調査の目的

本調査は、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。

これら3点の研究項目について実証的に分析するために、「遺伝資源の利用に関する企業アンケート調査」を実施した。この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。

なお、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) 調査概要

本アンケート調査が対象とする企業は、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。

表4.2.1-1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

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。