

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

表 4.2.1-1 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）。

3) 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Ⅲ．添付資料 2．企業アンケート調査票を参照）。

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。

1. 遺伝資源入手・利用における基盤的情報整備

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

2. 国による遺伝資源入手・利用環境の整備

- iii 国による遺伝資源の入手および企業への配布
- iv 国による遺伝資源の入手ルート構築

3. 企業による遺伝資源入手・利用への国による支援

- v 企業による遺伝資源の入手ルート構築への公的支援
- vi 企業による遺伝資源の研究開発・商業化への公的支援

4. 遺伝資源入手・利用のための提供国側への支援

- vii 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

- viii 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 4.2.1-1 は、この BWS 形式による質問例である。

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 4.2.1-1 ベスト・ワースト・スケーリングによる質問例

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。

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（アンケート票はⅢ．添付資料 2．参照）。

4) 分析結果

本調査により回収されたアンケート票データを使用して、(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 点について分析をおこなった。以下、それぞれの項目について報告する。

〈1〉企業における遺伝資源の利用状況の分析

上述の遺伝資源利用に関する企業アンケートの回答結果をもとに、遺伝資源の利用状況について整理・分類することで、企業の遺伝資源利用の有無、利用の形態、遺伝資源の入手先、今後の利用方針などについて分析した。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した。

表 4.2.1-2 は、産業分類別にアンケートの回収企業、遺伝資源利用企業、遺伝資源利用率をまとめたものである。本アンケートでは 1,305 社に調査票を発送したが、そのうち 343 社より回

答を受け、回収率は約 26%であった。また、回答のあった 343 社のうち、118 社が何らかの形で遺伝資源利用があると回答した（利用率約 34%）。

なお、本アンケートは大分類では農業・林業、漁業、鉱業・採石業・砂利採取業、製造業の 4 分類を対象としているが、回答のあった 1,305 社はすべて製造業であった。そのため、本アンケートの結果は、実質的に製造業における遺伝資源利用に限定されている点には留意が必要である。

この表が示すように、企業の遺伝資源利用は製造業のさまざまな業種に広がっている。対象としたすべての業種（25 中分類）のうち、遺伝資源の利用が確認されなかったのは家具・装備品製造業、なめし革・同製品・毛皮製造業（回答企業なし）、その他の製造業の 3 業種のみであった。業種の性質から考えると、電器機械機器製造業や情報通信機械器具製造業などでも、遺伝資源の利用がありそうには思われない。実際にはこれらの業種でも遺伝資源が利用されており、その理由として本業以外の業務で利用している例が見受けられた。本業とは別に健康サプリメントの製造・販売をおこなっている企業など、多角経営化が進むにつれて遺伝資源を利用する業種の幅もますます増えるものと見込まれる。

表 4.2.1-2 産業分類別回収・遺伝利用企業数

大分類業種名	中分類業種名	発送企業数	回収企業数	遺伝資源利用企業数	遺伝資源利用率
農業、林業	農業	4	-	-	-
漁業	水産養殖業	1	-	-	-
鉱業、採石業、砂利採取業	鉱業、採石業、砂利採取業	4	-	-	-
製造業	食料品製造業	90	22	14	64%
	飲料・たばこ・飼料製造業	15	5	4	80%
	繊維工業	44	11	6	55%
	木材・木製品製造業（家具を除く）	10	4	3	75%
	家具・装備品製造業	11	2	0	0%
	パルプ・紙・紙加工品製造業	26	7	3	43%
	印刷・同関連業	23	4	2	50%
	化学工業	186	51	29	57%
	石油製品・石炭製品製造業	10	1	1	100%
	プラスチック製品製造業（別掲を除く）	48	12	8	67%
	ゴム製品製造業	20	6	6	100%
	なめし革・同製品・毛皮製造業	2	-	-	-
	窯業・土石製品製造業	52	12	4	33%
	鉄鋼業	43	15	1	7%
	非鉄金属製造業	32	10	1	10%
	金属製品製造業	68	21	3	14%
	はん用機械器具製造業	74	20	3	15%
	生産用機械器具製造業	133	44	10	23%
	業務用機械器具製造業	59	13	2	15%
	電子部品・デバイス・電子回路製造業	65	19	2	11%
	電気機械器具製造業	100	25	9	36%
	情報通信機械器具製造業	52	10	2	20%
	輸送用機械器具製造業	91	20	5	25%
その他の製造業	42	9	0	0%	
	合計	1305	343	118	34%

表 4.2.1-3 は、遺伝資源を利用する企業を上場市場別にまとめたものである。遺伝資源を利用する企業全 118 社のうち、88 社（75%）が東証一部上場企業、13 社（11%）が東証二部上場企業、17 社（15%）が新興市場（JASDAQ、マザーズ）上場の企業であった。現状では遺伝資源利用の大半を大企業が占める一方で、中小企業や新興のベンチャー企業でも一定の利用実績の存在が示されたといえる。

表 4.2.1-3 上場市場別遺伝資源利用企業数

	企業数	比率
東証一部	88	75%
東証二部	13	11%
JASDAQ	15	13%
マザーズ	2	2%
合計	118	100%

表 4.2.1-4 は、遺伝資源の利用形態別に企業数をまとめたものである。この質問は複数回答方式であることから、企業数の合計は回答企業数（118 社）を上回っていることに留意されたい（表 4.2.1-4～4.2.1-7 も同様である）。本調査では、遺伝資源利用企業のうち 64 社（41%）が遺伝資源自体を研究開発で使用していると回答しており、R&D の一環としての遺伝資源利用が主流であることが示された。また、53 社（34%）が遺伝資源の研究開発成果を商品の原材料として利用しており、38 社（24%）が遺伝資源の研究開発成果を商品開発で利用していると回答した。

表 4.2.1-4 利用形態別遺伝資源利用企業数（複数回答可）

	企業数	比率
遺伝資源自体を研究開発で使用	64	41%
遺伝資源の研究開発成果を商品開発で利用	38	24%
遺伝資源の研究開発成果を商品の原材料で利用	53	34%
答えられない	1	1%
合計	156	100%

表 4.2.1-5 は、企業数を遺伝資源の利用素材別にみたものである。表が示すように、植物・植物由来素材がもっとも多く 73 社（45%）であった。次いで多いのが微生物・微生物由来素材の 51 社（31%）であり、動物・動物由来素材を利用する企業は 36 社（22%）に留まった。

表 4.2.1-5 利用素材別遺伝資源利用企業数（複数回答可）

	企業数	比率
植物・植物由来素材	73	45%
動物・動物由来素材	36	22%
微生物・微生物由来素材	51	31%
その他	3	2%
合計	163	100%

表 4.2.1-6 は、利用する遺伝資源の由来別に企業数をまとめたものである。回答企業のうち 85 社（56%）が国内由来の遺伝資源を利用しており、利用全体の半数以上が国内由来の遺伝資源で占められていることが示された。海外由来の遺伝資源を利用する企業は 55 社（36%）であり、由来不明の企業も若干（8 社）確認された。

表 4.2.1-6 由来別遺伝資源利用企業数（複数回答可）

	企業数	比率
海外由来	55	36%
国内由来	85	56%
由来不明	8	5%
答えられない	1	1%
わからない	2	1%
合計	151	100%

表 4.2.1-7 は、国内の遺伝資源を利用する企業に対して、その入手方法を複数回答形式で尋ねた結果である。もっとも多かった入手方法は、国内で原材料・商品等として流通している素材を購入している方法で 52 社（30%）であった。次いで多いのが素材を収集・供給する仲介業者（商社、素材業者等）からの購入と、共同研究又は業務委託先の国内研究機関・企業、研究者からの入手で、それぞれ 33 社（25%）であった。以下、国内の保存・分譲機関(ジーンバンク・カルチャーコレクション等)から入手が 25 社（14%）、国内の農家等が栽培・飼育しているものを直接入手、および、国内で自然に生息しているものを直接採集して入手がそれぞれ 12 社（7%）、他の研究機関・企業、研究者の研究開発成果のライセンス又は購入等に伴い入手している企業が 6 社（3%）という結果になった。

表 4.2.1-7 国内の遺伝資源等の入手方法（複数回答）

	企業数	比率
国内で原材料・商品等として流通している素材を購入	52	30%
素材を収集・供給する仲介業者（商社、素材業者等）から購入	33	19%
国内の保存・分譲機関(ジーンバンク・カルチャーコレクション等)から入手	25	14%
共同研究又は業務委託先の国内研究機関・企業、研究者から入手	33	19%
国内の農家等が栽培・飼育しているものを直接入手	12	7%
国内で自然に生息しているものを直接採集して入手	12	7%
他の研究機関・企業、研究者の研究開発成果のライセンス又は購入等に伴い入手	6	3%
答えられない	1	1%
その他	2	1%
合計	176	100%

表 4.2.1-8 は、表 4.2.1-7 と同様の質問を海外の遺伝資源について尋ねた結果である。もっとも多かったのが海外で原材料・商品等として一般に流通している素材を購入している企業で 32 社（31%）であった。次いで素材を収集・供給する仲介業者（商社、素材業者等）から購入している企業が 29 社（28%）であり、共同研究又は業務委託先の国内研究機関・企業、研究者から入手する企業が 10 社（10%）という結果になった。

以下、海外の保存・分譲機関(ジーンバンク・カルチャーコレクション等)から入手する企業が 8

社（8%）、自社で研究開発用に輸入した素材を入手、および共同研究又は業務委託先の海外研究機関・企業、研究者から入手している企業がそれぞれ7社（7%）、国内の保存・分譲機関（ジーンバンク・カルチャーコレクション等）から入手している企業が6社（6%）であった。また、海外の地域コミュニティ・農家等が栽培・飼育しているものを直接入手している企業も若干（1社）確認された。

表 4.2.1-8 海外の遺伝資源等の入手方法（複数回答）

	企業数	比率
自社で研究開発用に輸入した素材を入手	7	7%
海外で原材料・商品等として一般に流通している素材を購入	32	31%
素材を収集・供給する仲介業者（商社、素材業者等）から購入	29	28%
国内の保存・分譲機関（ジーンバンク・カルチャーコレクション等）から入手	6	6%
海外の保存・分譲機関（ジーンバンク・カルチャーコレクション等）から入手	8	8%
共同研究又は業務委託先の国内研究機関・企業、研究者から入手	10	10%
共同研究又は業務委託先の海外研究機関・企業、研究者から入手	7	7%
海外の地域コミュニティ・農家等が栽培・飼育しているものを直接入手	1	1%
答えられない	2	2%
合計	102	100%

表 4.2.1-9 は、各企業における遺伝資源利用の今後の方向性についてまとめたものである。この表によれば、全回答企業 118 社のうち、31 社（26%）が拡大していく方針を明確にしている。また、29 社（25%）が現行水準を維持する方針を明らかにする一方、縮小する方針を示す企業はわずか 1 社（1%）である。このことから、企業における遺伝資源利用は今後も拡大が続いていくことが予想されるが、全体の半数近い 56 社（47%）は明確な方針を示していない点は留意が必要である。自由記述回答でも、名古屋議定書などの今後の動向などを不確定要因としている企業が複数見受けられた。

表 4.2.1-9 遺伝資源の利用を今後拡大していく方針か（回答企業 118 社）

	企業数	比率
拡大していく方針である	31	26%
現行水準を維持	29	25%
縮小していく方針である	1	1%
答えられない・わからない	56	47%
その他	1	1%
合計	118	100%

〈2〉遺伝資源利用の普及促進のための重要な要素の評価

この分析では、上述のアンケートに含まれる遺伝資源の入手・利用を促進するための施策に関する質問（図 4.2.1-1）の結果を利用して、ベスト・ワースト・スケーリング（BWS）による定量的評価をおこなった。この分析により、遺伝資源の入手・利用を促進し得る 8 施策の相対的重要性が明らかとなり、その実現に向けた実効性・実現性の高い政策の提言が可能となる。なお、本研究ではサンプルに含まれる企業の業種や規模などが大きく異なることから、それらの異質性を考慮して企業ごとに推計値を求める混合ロジット（ランダムパラメーターロジット）モデルに

よる分析をおこなった。

表 4.2.1-10 は、混合ロジットモデルによる推計結果である。各属性の係数は、「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」を基準（ベースライン属性）とした相対的重要性を示している。推計結果が正で有意であれば、その属性の重要性は基準属性よりも相対的に高く、負であればその逆となる。統計的有意性が確認されない場合、その属性は遺伝資源の入手・利用の促進においては重要な属性でないと解釈することができる。

表 4.2.1-10 ベスト・ワースト・スケーリングによる推計結果

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。

表 4.2.1-10 が示すように、分析対象である遺伝資源の入手・利用の促進に関する 8 属性（施策）のうち、5 属性について統計的有意性が確認された。これらの属性が、遺伝資源の入手・利用の普及において企業が重要視している施策と捉えることができる。

また、係数の標準偏差（SD）についてはすべての属性において有意であった。このことから、各属性の相対的重要性は、企業間での判断の違いが大きいことが示された。本研究のように、混合ロジットモデルなど企業間の異質性を考慮した分析が重要であると考えられる。

統計的有意性から重要性が確認された 5 属性についてみると、「企業による遺伝資源の研究開発・商業化への公的支援」の係数は 2.082 で、全属性のなかでも突出して高い結果である。次いで、「遺伝資源の入手・利用の具体的方策・ノウハウの情報提供」「遺伝資源の入手・利用に関する国際ルールの情報提供」の係数がそれぞれ 1.416、1.292 である。これらの結果から、企業は遺伝資源を利用した自らの研究開発・商業化に対する直接的な支援をもっとも重要と考える一方、遺伝資源の入手・利用に関する具体的方策やノウハウ、国際ルールなどの情報提供も比較的重要と考えていることが示された。

以下、統計的有意性が確認された属性とその係数は「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)、「国による遺伝資源の入手および企業への配布」(-0.864) という結果となった。

図 4.2.1-2 は、BWS の推計結果にもとづく、回答企業ごとの各属性に対する相対的重要性をボ

ボックスプロット(箱ひげ図)にまとめたものである。この図では、ボックスの中央付近のヨコ線が係数の中央値、ボックスの横線が推計値の第1四分位数(下側)および第3四分位数(上側)を示している。また、ボックスの上下の短いヨコ線は推計値の最小値(下側)および最大値(上側)である。係数に外れ値が存在する場合は点で表示される。

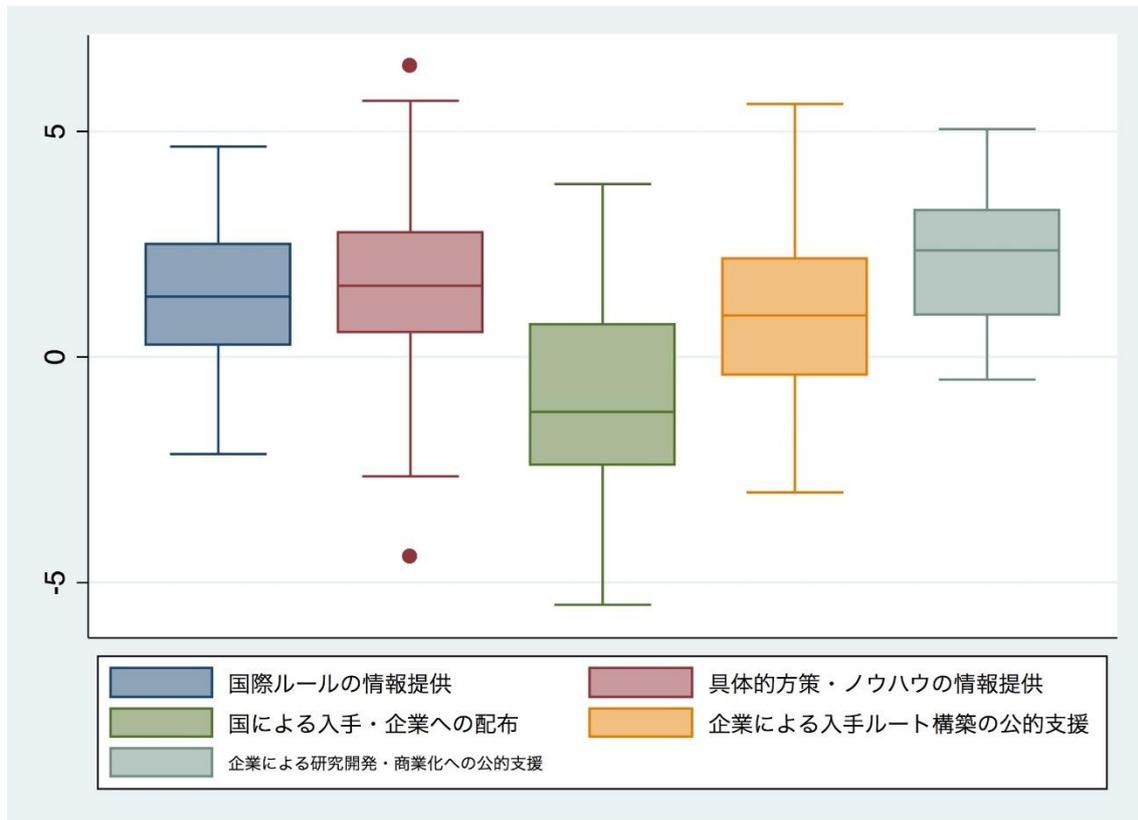


図 4.2.1-2 ベスト・ワースト・スケーリングによる推計結果のボックスプロット (全企業)

表 4.2.1-10 において「企業による遺伝資源の研究開発・商業化への公的支援」の相対的重要性の高さについて述べたが、係数の標準偏差はすべての属性の中で最小であった。図 4.2.1-2 でもボックスプロットがコンパクトにまとまっており、多くの企業がこの属性の重要性を認識していることが示されている。一方、「遺伝資源の入手・利用の具体的方策・ノウハウの情報提供」では標準偏差が比較的大きく、「遺伝資源の入手・利用の国際ルールの情報提供」では外れ値も認められる。これらの属性は、全体としてみれば相対的重要性は高いものの、企業によってはその位置づけが低いなど、回答企業による違いが大きい点ことが示された。

図 4.2.1-3 は、同様のボックスプロットを東証一部上場企業についてまとめたものである。本分析における回答企業の多くが東証一部上場であることから、全体的な傾向は図 4.2.1-2 と類似したものとなっていることが確認できる。

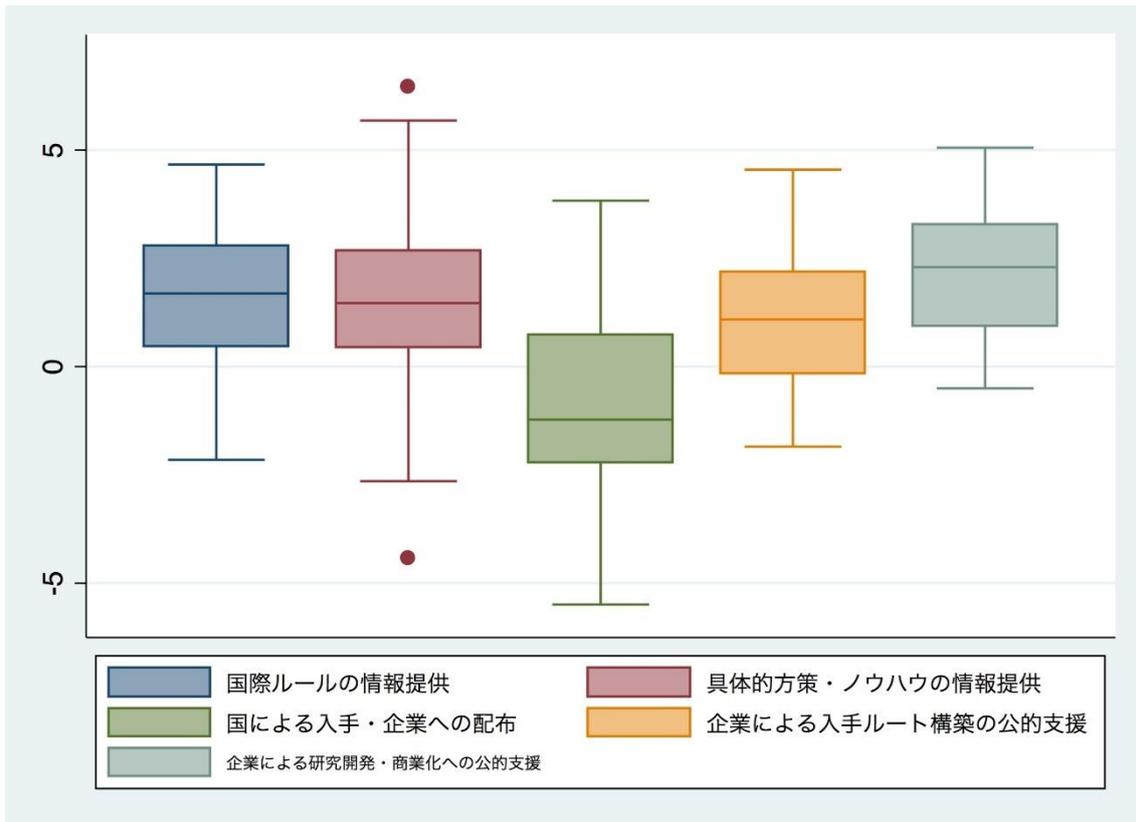


図 4.2.1-3 ベスト・ワースト・スケーリングによる推計結果のボックスプロット
(東証一部上場企業)

図 4.2.1-4 は、東証二部上場企業についての係数のボックスプロットである。この図からは、上述の図 4.2.1-2 および図 4.2.1-3 とは異なる傾向が見て取れる。具体的には、「企業による遺伝資源の研究開発・商業化への公的支援」の重要性の高さは同じであるが、係数の標準偏差はより小さい。次いで重要な属性が「遺伝資源の入手・利用の具体的方策・ノウハウの情報提供」である点も同様であるが、係数の中央値は大きく、上述の公的支援に近い値となっている。その一方で係数の違いは企業により大きく、ボックスプロットが上下に広がっていることが見て取れる。「遺伝資源の入手・利用の国際ルールの情報提供」の重要性は企業全体より低いものであるが、標準偏差は非常に全属性で最小である。

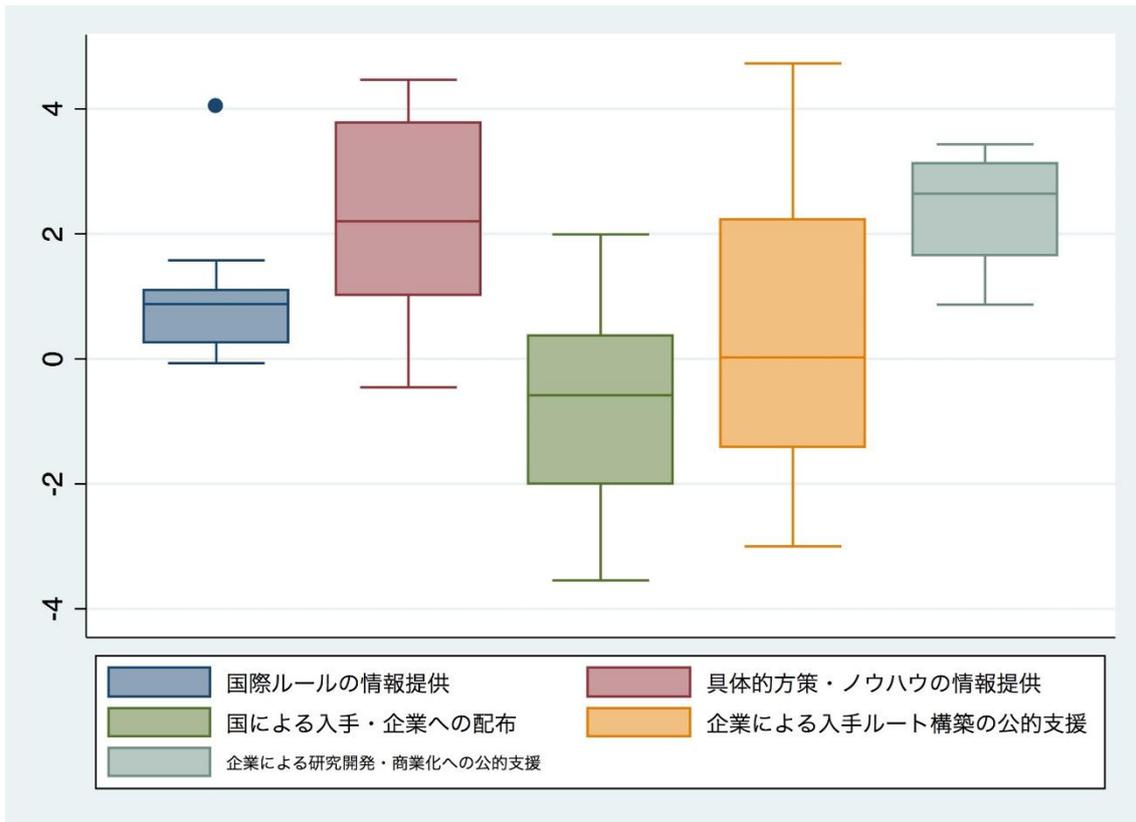


図 4.2.1-4 ベスト・ワースト・スケーリングによる推計結果のボックスプロット
(東証二部上場企業)

図 4.2.1-5 が示す通り、新興 2 市場（JASDAQ、マザーズ）に上場する企業についても東証二部市場と類似の傾向が認められるが、係数の散らばりは全体的により均一である。これらの結果が示すように、遺伝資源の入手・利用の促進で期待される施策は、上場市場により明確に異なる。市場ごとに異なる企業の業務・規模・方向性などを考慮して、きめの細かい具体的施策の検討・立案が重要といえる。

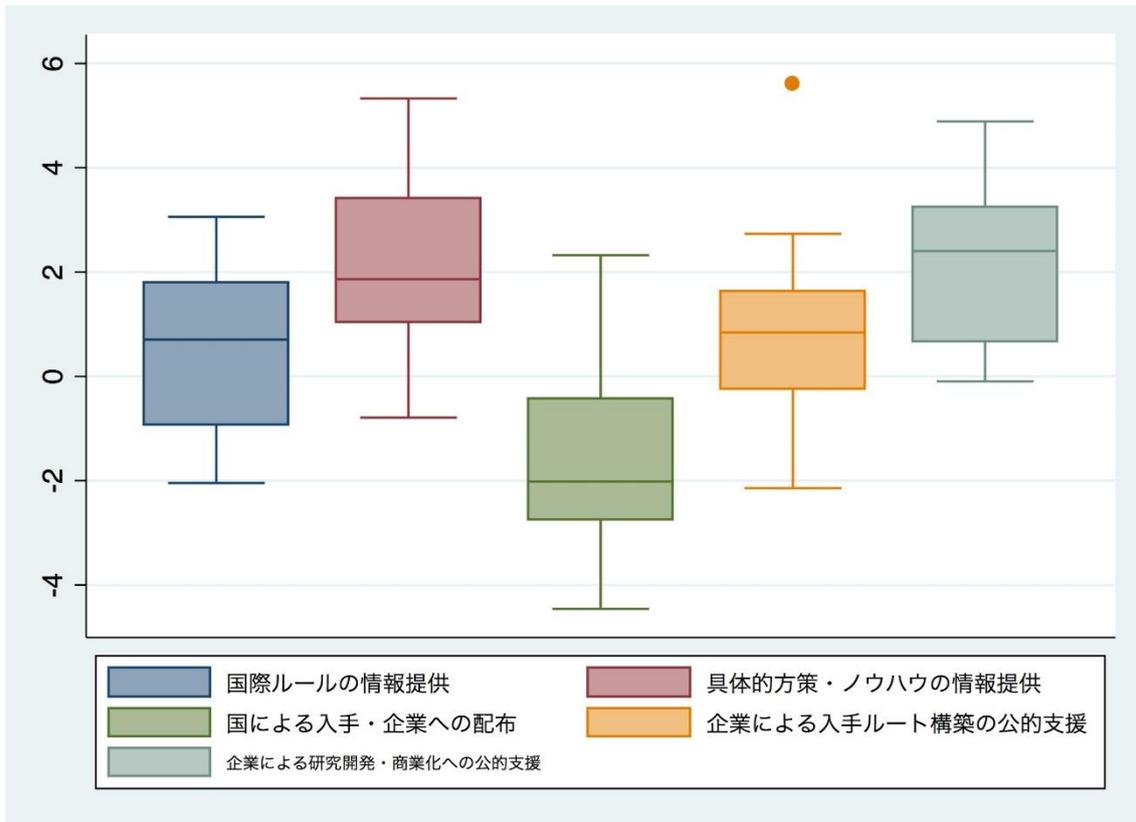


図 4.2.1-5 ベスト・ワースト・スケーリングによる推計結果のボックスプロット (JASDAQ、マザーズ上場企業)

〈3〉 遺伝資源の利用が企業の業績・環境 CSR 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、遺伝資源の利用企業と、非利用企業を比較・分析することで、遺伝資源利用の有無が企業の環境 CSR 行動および経済パフォーマンスに与える影響を定量化した。

企業の環境 CSR 行動では、アンケートで尋ねた (1) 環境報告書の発行、(2) 環境会計の実施、(3) 環境監査の実施、(4) 環境ラベルの導入、(5) カーボン・オフセットの導入 (6) 生物多様性の保全 (7) グリーン調達の実施、(8) エコファンドの導入、の 8 種類を分析対象とした。また、経済パフォーマンスについては日経 NEEDS 財務データより収集した、各企業の (1) 売上総利益、(2) 従業員当たり売上総利益、(3) 売上高研究開発費の 3 種類を分析対象とした。

表 4.2.1-11 は環境 CSR の取り組み状況について、遺伝資源利用の有無別にまとめたものである。いずれの変数も二項型であり、該当する CSR に取り組んでいれば 1、取り組んでいなければ 0 の値をとる。全体として、遺伝資源の利用企業は、非利用企業と比較して環境 CSR 行動により取り組む傾向にあるといえる。対象とした 8 種類の環境 CSR のうち、環境会計を除く 7 種類については遺伝資源の利用企業の方が平均値で上回っている。その中でも、遺伝資源利用の有無による違いがより顕著なのはグリーン調達、カーボン・オフセット、環境監査、生物多様性の保全である。

表 4.2.1-11 環境 CSR の取り組み状況（2016 年、いずれも取り組みあり=1, 取り組みなし=0）

	変数	企業数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
遺伝資源利用企業	環境報告書	40	0.325	0.474	0	1
	環境会計	100	0.370	0.485	0	1
	環境監査	100	0.420	0.496	0	1
	環境ラベル	40	0.050	0.221	0	1
	カーボン・オフセット	100	0.320	0.469	0	1
	生物多様性の保全	100	0.380	0.488	0	1
	グリーン調達	100	0.630	0.485	0	1
	エコファンド	100	0.200	0.402	0	1
遺伝資源非利用企業	環境報告書	183	0.301	0.460	0	1
	環境会計	243	0.395	0.490	0	1
	環境監査	243	0.189	0.393	0	1
	環境ラベル	183	0.044	0.205	0	1
	カーボン・オフセット	243	0.041	0.199	0	1
	生物多様性の保全	243	0.189	0.393	0	1
	グリーン調達	243	0.243	0.430	0	1
	エコファンド	243	0.012	0.111	0	1
全体	環境報告書	223	0.305	0.461	0	1
	環境会計	343	0.388	0.488	0	1
	環境監査	343	0.257	0.437	0	1
	環境ラベル	223	0.045	0.207	0	1
	カーボン・オフセット	343	0.122	0.328	0	1
	生物多様性の保全	343	0.245	0.431	0	1
	グリーン調達	343	0.356	0.479	0	1
	エコファンド	343	0.067	0.250	0	1

表 4.2.1-12 は企業の経済パフォーマンスについて、遺伝資源利用の有無別にまとめたものである。この表が示すように、分析対象とする指標のうち、売上高総利益と従業員当たり売上総利益については遺伝資源利用企業が平均値において上回る一方、売上高研究開発比率については遺伝資源を利用しない企業の方が高い値となっている。

表 4.2.1-12 分析対象企業の経済パフォーマンス（2016 年、単位 100 万円）
（いずれも 2016 年における過去 5 年平均値）

	変数	企業数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
遺伝資源利用企業	売上総利益	100	49,723.4	104,650.5	149.2	529,892.8
	従業員当たり売上総利益	100	52.4	29.8	12.4	179.5
	売上高研究開発比率	95	56.8	71.1	2.3	426.9
遺伝資源非利用企業	売上総利益	241	15,435.5	47,106.3	-2,477.8	506,198.8
	従業員当たり売上総利益	241	43.0	29.1	5.5	253.9
	売上高研究開発比率	228	258.2	2,046.0	1.2	30,682.2
全体	売上総利益	341	25,490.6	70,708.0	-2,477.8	529,892.8
	従業員当たり売上総利益	341	45.7	29.5	5.5	253.9
	売上高研究開発比率	323	199.0	1,720.8	1.2	30,682.2

このように、遺伝資源の利用企業と非利用企業の間には環境 CSR 行動や経済パフォーマンスに顕著な違いが見られるものの、利用企業と非利用企業は本質的に異なるグループのため、両者の単純比較には大きな意味はない。近年では、同質性の高い 2 グループを統計的に作り出し、その上で両者の違いを定量化するマイクロ計量経済学の手法が目覚ましい発展をみせている。本研究では、その代表的な分析手法のひとつである傾向スコアマッチング（propensity score matching; PSM）を使用して、遺伝資源利用の有無が企業の経済パフォーマンスおよび環境 CSR 行動に与える影響を分析した。

表 4.2.1-13 は傾向スコアマッチングによる、遺伝資源利用の有無による企業の経済パフォーマンスおよび環境 CSR における差異（平均処置効果）の推計結果である。まず経済パフォーマンスについてみると、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の有無による有意な差異が確認された。本業での利益を示す 1 人あたり営業利益では差異が認められなかったものの、本業外の収益と費用を考慮した経常利益では有意な違いが示されたことから、遺伝資源を利用する形での業務分野の拡大や経営の多角化が、企業の経済パフォーマンスの向上につながっていると考えられる。

実際、製造業では本業とは別に健康サプリメントを開発・販売し、業績の改善につながる例など、遺伝資源を利用した異分野への参入事例が少なくない。従来業種分類にとらわれず、遺伝資源の利用について幅広い分野を対象に企業の動向を把握していくことが必要である。

次に、CSR 行動についてみると、分析対象とした 8 種類（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り組みの度合いが高い結果になった。遺伝資源の利用もその内容はさまざまであるが、共通するのは生物多様性を含む生態系サービスから、直接的な便益を受けている点である。そのため、遺伝資源を利用しない企業よりも環境配慮型の CSR 行動に積極的になっていることが考えられる。遺伝資源利用が企業の業績を通じた私的便益の向上にとどまらず、環境 CSR の広がりを通じて社会的便益の増大にも貢献する可能性が、定量的に示された結果といえる。

表 4.2.1-13 傾向スコアマッチングによる分析結果：遺伝資源利用企業と非利用企業における
経済パフォーマンスおよび環境 CSR 行動の違い（平均処置効果）

		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1%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。

②PIC 導入に関する企業分析

滋賀大学 田中勝也

将来的に国内措置として情報にもとづく事前の同意（PIC）等の提供国措置が検討される可能性を踏まえ、その導入が国内企業に与える影響に関する調査をおこなった。上述（4.（2）①遺伝資源の利用に関する企業分析 参照）の「遺伝資源の利用に関する企業アンケート調査」は、わが国の名古屋議定書批准前に実施した調査のため、PIC など具体的な施策に関連する質問項目は盛り込まれなかった。そのため、PIC を含めた遺伝資源利用に関する施策への企業の認識などを理解するため、2018 年 1 月に「遺伝資源等（天然物）の研究開発と商業利用に関する企業追加アンケート」を実施した（調査票の内容はⅢ. 添付資料 2. を参照）。

「遺伝資源の利用に関する企業アンケート調査」の結果を踏まえ、製造業部門の中でも遺伝資源の利用実績の高い業種の 500 社に調査票を配布した結果、92 社より回答を得た（回収率 18.4%）。回答企業のうち、遺伝資源を利用している企業は 41 社であった（遺伝資源利用率 44.6%）。

まず、PIC に関連する質問であるが、事前の情報として、「国内の遺伝資源の入手に際し、「情報に基づく事前の同意（PIC）の取得」（PIC 制度）が導入される」という仮説的な状況を提示した（あくまで仮の話である点を強調した）。ここで PIC 制度は、遺伝資源にアクセスする際は、国内法令や行政措置などに従って、情報の提供や許可取得などの手続きが求められるもの（例：許可制）であることを説明した。

上記の前提を示した上で、仮にこの PIC 制度が国内の遺伝資源を対象に導入される場合、企業にとっては、国内遺伝資源の入手に手続きが必要になるデメリットが予想される一方、遺伝資源を適正に入手していることが明確化されるメリットが考えられる点を説明した。この仮想的な PIC 制度を踏まえて、本アンケート調査では（a）PIC 制度導入に対する企業の見解、（b）PIC 制度導入による企業業績への影響、の 2 点を尋ねた（図 4.2.2-1）。

（※以下では上記（a）PIC 制度に対する企業の見解 について述べる。（b）については、（3）①を参照されたい。）

C. 国内遺伝資源の入手の施策に関して (すべて仮想的な質問です。実際に政策に反映されるものではありません)		
<p>国内の「遺伝資源」(遺伝の機能的単位(遺伝子)を有するもののみ。抽出エキス等は除く。)の入手に際し、「情報に基づく事前の同意(PIC)の取得」(PIC制度)が導入されるとします(あくまで仮の話です)。これは、遺伝資源にアクセスする際は、国内法令や行政措置などに従って、情報の提供や許可取得などの手続きが求められるものです。(例:許可制)</p> <p>企業にとっては、国内遺伝資源の入手に手続きが必要になる一方、遺伝資源を適正に入手していることが明確化されるメリットが考えられます。この仮想的なPIC制度を踏まえて、以下の質問にお答えください。</p>		
(以下はすべて仮想的な質問です。実際の政策に反映されるものではありません)		
C-1 国内遺伝資源の入手に関するPIC制度の導入についてどうお考えですか。(単数回答)		
1. 賛成である	5. 反対である	
2. どちらかといえば賛成である	6. わからない・答えられない	
3. どちらでもない	7. その他(具体的に:)	
4. どちらかといえば反対である		
C-2 国内遺伝資源の入手に関するPIC制度の導入による、貴社の損失は利益全体の何パーセント程度だと思えますか。PIC制度の影響として、(1)制度導入により国内遺伝資源を利用しなくなる場合は、それにより失われる利益、(2)PIC導入後も国内遺伝資源を入手・利用する場合は、追加的に発生する費用、などを考慮して、おおよその影響度合をお答えください。(単数回答)		
1. 1%未満	4. 10-20%未満	7. わからない・答えられない
2. 1-5%未満	5. 20-30%未満	8. その他(具体的に:)
3. 5-10%未満	6. 30%以上	

図 4.2.2-1 「遺伝資源等(天然物)の研究開発と商業利用に関する企業追加アンケート」におけるPIC関連の質問文

(a)のPIC制度の導入に対する企業の見解については、遺伝資源利用企業41社と、非利用企業2社の計43社が回答した。この質問は、すでに遺伝資源を利用している企業を想定したものであるため、遺伝資源利用企業41社のみを分析対象とした(ただし、非利用企業2社を含めても結果に大きな違いは見られなかった)。図4.2.2-2が示すように、PIC制度の導入に賛成する企業(賛成/どちらかといえば賛成)はあわせて28%と、全体の3割近くにのぼった。一方、導入に反対する企業(反対/どちらかといえば反対)はあわせて19%と、全体の2割に満たない結果となった。

このように、国内PIC制度の導入に対する企業の反応は、当初想定していたほどには否定的でないことが示された。PIC制度には遺伝資源入手の許認可手続など、入手コストが上昇するデメリットがあるため、多くの企業が反対することを予想していた。実際には、PIC制度導入により遺伝資源を適正に入手していることが明確化されるなど、制度の導入によるメリットが評価された可能性が考えられる。近年では環境配慮をCSR・本業を問わず重視する企業が増加しており、PIC制度もその一環として広く受け入れられる可能性が示されたといえる。

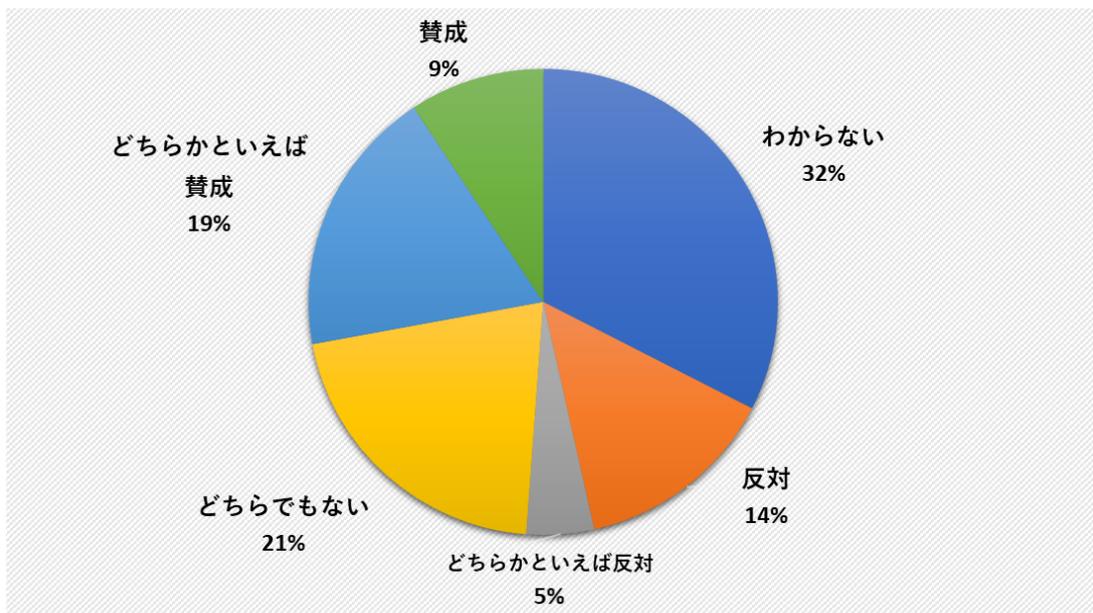


図 4.2.2-2 国内での PIC 導入に対する回答企業の見解（遺伝資源利用企業のみ）

(3) 日本での PIC 等導入による便益・費用面での評価

①企業アンケートによる推計

滋賀大学 田中勝也

PIC を含めた遺伝資源利用に関する施策への企業の認識などを理解するため、2018 年 1 月に「遺伝資源等（天然物）の研究開発と商業利用に関する企業追加アンケート」を実施した（調査票の内容はⅢ．添付資料 2．を参照）。

「遺伝資源の利用に関する企業アンケート調査」の結果を踏まえ、製造業部門の中でも遺伝資源の利用実績の高い業種の 500 社に調査票を配布した結果、92 社より回答を得た（回収率 18.4%）。回答企業のうち、遺伝資源を利用している企業は 41 社であった（遺伝資源利用率 44.6%）。

まず、PIC に関連する質問であるが、事前の情報として、「国内の遺伝資源の入手に際し、「情報に基づく事前の同意（PIC）の取得」（PIC 制度）が導入される」という仮説的な状況を提示した（あくまで仮の話である点を強調した）。ここで PIC 制度は、遺伝資源にアクセスする際は、国内法令や行政措置などに従って、情報の提供や許可取得などの手続きが求められるもの（例：許可制）であることを説明した。

上記の前提を示した上で、仮にこの PIC 制度が国内の遺伝資源を対象に導入される場合、企業にとっては、国内遺伝資源の入手に手続きが必要になるデメリットが予想される一方、遺伝資源を適正に入手していることが明確化されるメリットが考えられる点を説明した。この仮想的な PIC 制度を踏まえて、本アンケート調査では（a）PIC 制度導入に対する企業の見解、（b）PIC 制度導入による企業業績への影響、の 2 点を尋ねた（（2）②図 4.2.2-1 参照）。

（※以下では上記（2）PIC 制度導入による企業業績への影響 について述べる（設問については、（2）②図 4.2.2-1 の設問 C-2 参照）。（a）については、（2）①を参照されたい。）

「（b）PIC 制度導入による企業業績への影響」については、調査票では制度導入による損失を、利益全体の何パーセント程度かを選択方式で尋ねた（図 4.2.2-1）。PIC 導入に対する見解と同様に、遺伝資源利用企業 41 社と、非利用企業 2 社の計 43 社が回答した。この質問もすでに遺伝資源を利用している企業を想定したものであり、遺伝資源利用企業 41 社のみを分析対象とした。

図 4.3.1-1 が示すように、PIC 制度による業績への影響を軽微（1%未満、1-5%未満のいずれかを回答）と予測する企業は 26%と、全体の約 4 分の 1 を占めた。その一方で、PIC 制度による顕著な影響（10-20%未満、20-30%未満、30%以上のいずれかを回答）を予測する企業は合わせても 9%と、全体の 1 割に満たない結果となった。このように、PIC 制度が業績に与える影響は、比較的穏当な水準にとどまると予測する企業が少なくない結果となった。

ただし、回答企業のうち 6 割以上が回答を保留した点には留意が必要である。PIC 制度がどのような形で導入されるのかは現時点では明らかでないため、制度の不確実性が回答に少なからず影響していることが示された。PIC 制度の国内措置に対する今後の議論の進展を踏まえ、制度の方向性がより明確になった時点で、改めて企業に尋ねる必要があると考えられる。とはいえ、現時点の限られた情報の中ではあるものの、PIC 制度に対する企業の見解が予想ほど否定的でなかったことは、制度を検討していく上で貴重な知見であると考えられる。

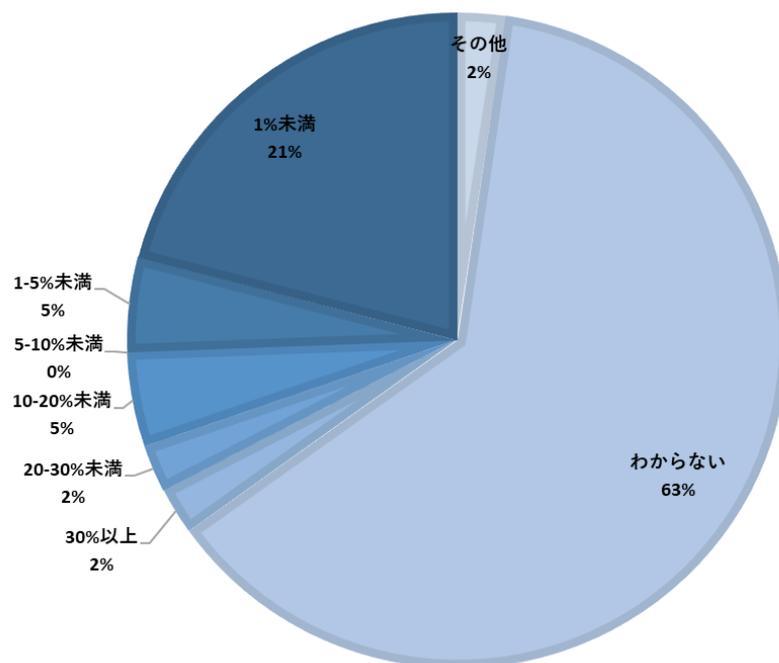


図 4.3.1-1 国内での PIC 導入による業績への影響予測（遺伝資源利用企業のみ）

②PIC 導入の便益の評価

甲南大学 柘植隆宏

(※3年間の研究を通じて得られた成果は、4) 参照。)

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した。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した。

昨年度は、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。今年度はそのデータを用いた分析を行った。ここでは、主要な内容であるコンジョイント分析とベスト・ワースト・スケーリングの結果を報告する。その他の集計結果は添付資料 3. (1) に、調査票は添付資料 3. (2) にそれぞれ示す（「Ⅲ. 添付資料」の 3. を参照）。



健全な生態系が維持される面積の拡大



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



PIC 制度導入により期待される効果に対する WTP はいくらか？

図 4.3.2-1 分析のイメージ

2) 本論

〈1〉調査の概要

アンケートは「企業の自然保護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。

「企業の自然保護に関するアンケート」

- 調査期間：2017年3月3日～3月7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：861人（回収率 4.31%）

〈2〉コンジョイント分析を用いた分析

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した（Q8）。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）。

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4.3.2-1のとおりである。これらの属性・水準を組み合わせることで選択肢を作成した。選択肢の作成にはD効率性デザインを用いた。

表 4.3.2-1 コンジョイント分析の属性と水準

属性	水準				
	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)	30%増加 (現状の 1.3 倍)	40%増加 (現状の 1.4 倍)
遺伝資源をもとに作られた製品が実用化される確率	20%増加 (現状の 1.2 倍)	40%増加 (現状の 1.4 倍)	60%増加 (現状の 1.6 倍)	80%増加 (現状の 1.8 倍)	
負担額 (年間支出の増加額)	1000 円	3000 円	5000 円	8000 円	12000 円

調査に用いた質問は図 4.3.2-2 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 (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

図 4.3.2-2 コンジョイント分析の質問例

「健全な生態系が維持される面積」と「遺伝資源をもとに作られた製品が実用化される確率」については、限界効用が逓増または逓減する可能性を考慮し、各水準を表す質的変数を用いて推定を行った。

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。「負担額」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 4.3.2-2 の通りである。

表 4.3.2-2 ランダムパラメータロジットモデルの推定結果

	平均パラメータ			標準偏差パラメータ		
	係数		t 値	係数		t 値
ASC3	-3.36142	***	-13.71	5.30516	***	18.41
健全な生態系が維持される面積						
20%増加	-0.32027	***	-5.25	0.13215		0.83
30%増加	0.37592	***	4.98	0.33263	**	2.36
40%増加	0.43752	***	7.28	0.73646	***	9.99
遺伝資源をもとに作られた製品が実用化される確率						
40%増加	-0.05780		-1.04	0.02344		0.24
60%増加	0.16714	**	2.48	0.06548		0.34
80%増加	0.19981	**	2.06	1.17223	***	15.10
負担額	-0.00044	***	-18.48	-		-
サンプル数	5166 選択データ (861 人×6 回)					
対数尤度	-3775.36467					
McFadden Pseudo R-squared	0.3347880					

***は 1%水準で、**は 5%水準で、それぞれ有意であることを表す。

「健全な生態系が維持される面積」と「遺伝資源をもとに作られた製品が実用化される確率」の各水準を表す変数はエフェクトコードでコード化して推定を行った。

「ASC3」は、選択肢 3「この制度を導入しない」に固有の定数項である。係数が負に有意であることは、選択肢 3「この制度を導入しない」よりも選択肢 1 または選択肢 2 を選択することで、より高い効用が得られることを意味する。

「健全な生態系が維持される面積」については、「10%増加」を推定から除外し、「20%増加」、「30%増加」、「40%増加」の係数を推定した。「20%増加」の係数は負に、「30%増加」と「40%増加」の係数は正に、それぞれ有意となった。エフェクトコードを用いているため、推定から除外した「10%増加」の係数は、「20%増加」、「30%増加」、「40%増加」の係数にそれぞれ-1をかけて合計することで-0.49317と求められる。4つの係数を比較すると、面積が大きくなるにつれて係数が大きくなっており、面積が大き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。

「遺伝資源をもとに作られた製品が実用化される確率」については、「20%増加」を推定から除外し、「40%増加」、「60%増加」、「80%増加」の係数を推定した。「40%増加」は有意でなく、「60%増加」と「80%増加」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「20%増加」の係数は、「40%増加」、「60%増加」、「80%増加」の係数にそれぞれ-1をかけて合計することで-0.30915と求められる。4つの係数を比較すると、確率が大きくなるにつれて係数が大きくなっており、確率が大き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。

「負担額」は負に有意となった。これは、負担額が大きいほど望ましくないと評価されていることを表しており、予想通りの結果である。

「ASC3」、「健全な生態系が維持される面積」の「30%増加」と「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」の「80%増加」については、標準偏差パラメータが有意となった。ここから、これらの変数については、選好の多様性が存在することが明らかとなった。

「健全な生態系が維持される面積」の「10%増加」から、「20%増加」、「30%増加」、「40%増加」のそれぞれへの変化に対する支払意思額を求めた結果が図 4.3.2-3 である。たとえば、「10%増加」から「20%増加」への変化に対する支払意思額は、「20%増加」の係数-0.32027 と「10%増加」の係数-0.49317 の差を「負担額」の係数の絶対値 0.00044 で割ることで 393 円と求められる。同様に、「10%増加」から「30%増加」への変化に対する支払意思額と「10%増加」から「40%増加」への変化に対する支払意思額は、それぞれ 1975.2 円、2115.2 円と求められる。「10%増加」から「20%増加」への変化に対する支払意思額と比較して、「10%増加」から「30%増加」への変化に対する支払意思額は約 5 倍とかなり大きく、「10%増加」から「40%増加」への変化に対する支払意思額は、「10%増加」から「30%増加」への変化に対する支払意思額と大きくは異なることが明らかとなった。

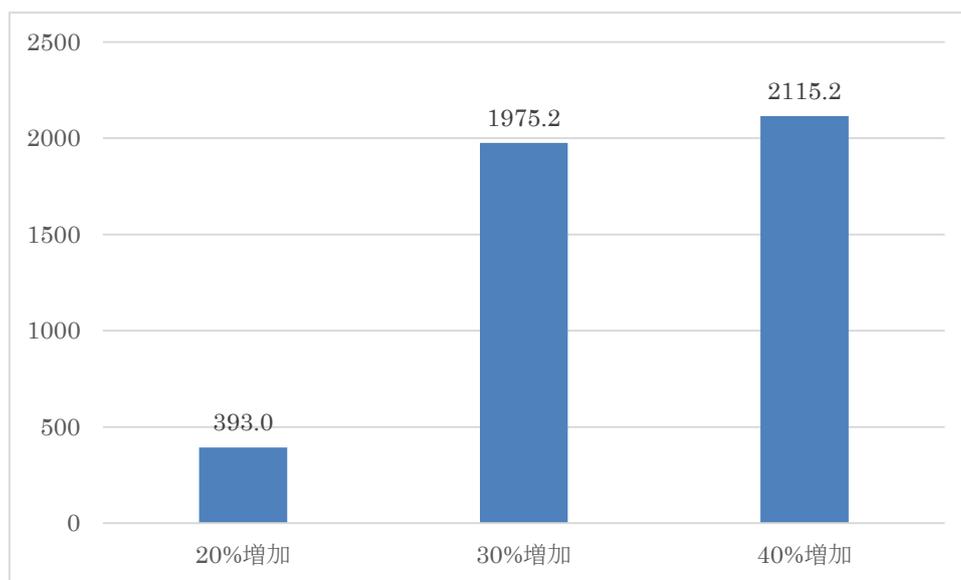


図 4.3.2-3 10%増加からの変化に対する支払意思額
(健全な生態系が維持される面積)

同様の方法で、「遺伝資源をもとに作られた製品が実用化される確率」の「20%増加」から、「40%増加」、「60%増加」、「80%増加」のそれぞれへの変化に対する支払意思額を求めた結果が図 4.3.2-4 である。「20%増加」から「40%増加」、「60%増加」、「80%増加」への変化に対する支払意思額は、それぞれ 571.3 円、1082.5 円、1156.7 円と求められる。「20%増加」から「40%増加」への変化に対する支払意思額と比較して、「20%増加」から「60%増加」への変化に対する支払意思額は約 1.9 倍と大きく、「20%増加」から「80%増加」への変化に対する支払意思額は、「20%増加」から「60%増加」への変化に対する支払意思額と大きくは異なることが明らかとなった。

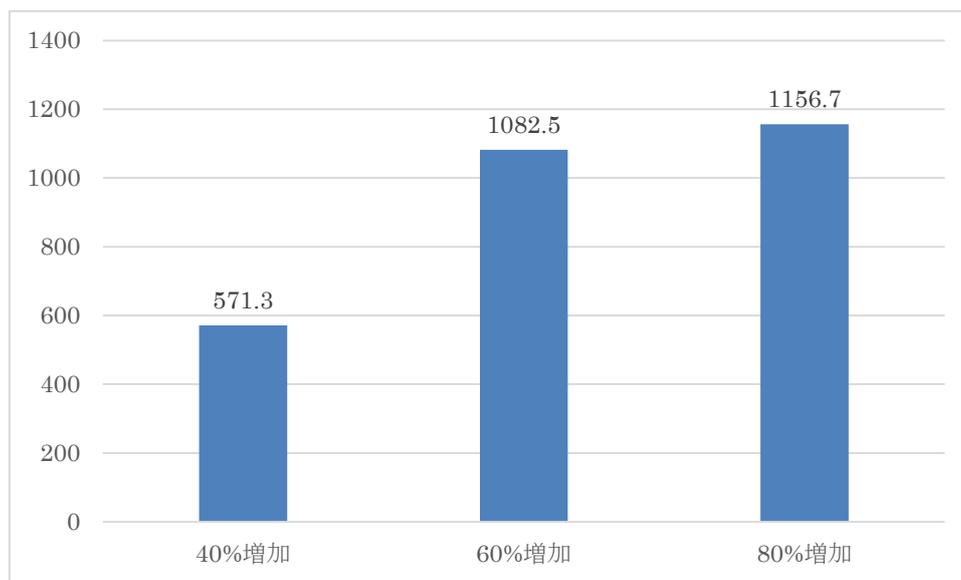


図 4.3.2-4 20%増加からの変化に対する支払意思額
(遺伝資源をもとに作られた製品が実用化される確率)

〈3〉 ベスト・ワースト・スケーリングを用いた分析

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・スケーリングによる分析を行った。

ここで用いたベスト・ワースト・スケーリングとは、回答者に対して複数の選択肢を提示し、その中から「望ましさ」、「重要性」、「同意できる程度」といった何らかの評価基準に基づいて、最も高く評価するもの（ベスト）と最も低く評価するもの（ワースト）を1つずつ選択してもらう質問を、提示する選択肢を変えて繰り返すことで、回答者の選好を把握する方法である（Louviere et al., 2015）。ベスト・ワースト・スケーリングには Case1 から Case3 の3種類の質問形式があるが、ここでは、複数の項目に対する回答者の相対的な評価を把握するのに適した Case 1 (object case)を用いる。

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つの機能のうち、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、提示する機能を変えて7回繰り返した（Q6）。調査に用いた質問は図 4.3.2-5 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 4.3.2-5 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）により集計した。結果は図 4.3.2-6 の通りである。

「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」が最も高く評価され、「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」、「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」、「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」、「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」と続いた。

直接利用価値をもたらす「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」よりも、間接利用価値をもたらす「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」や、主に非利用価値をもたらすと考えられる「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」が高く評価されたことは注目に値する。このような結果が得られた理由の1つとして、気候変動やそれに関連した自然災害、さらには生物多様性への関心の高まりがあるものと考えられる。

「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」とほぼ同程度の評価であり、「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」よりも高く評価された。



図 4.3.2-6 ベスト・ワースト・スケーリングの集計結果 (Q13)

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ことを試みた。

コンジョイント分析を用いた分析により、PIC 制度導入により期待される「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。その結果、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、増加の仕方は非線形であることが明らかとなった。

ベスト・ワースト・スケーリングを用いた分析からは、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明らかにした。その結果、「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。

平成 29 年度の成果の環境政策への貢献は、第一に、PIC 制度導入の便益を評価するための手法を提案し、その有効性を示したことである。PIC 制度導入の受益者は市民であるため、その選好に基づいて便益するのが適切であり、そのための手法としては、本研究で用いたコンジョイント分析をはじめとした環境評価手法が有望であると考えられる。特に、PIC 制度導入が生態系保全をもたらす場合には、その便益には非利用価値が含まれる可能性が高いので、コンジョイント分析や仮想評価法などの表明選好法を用いるのが適当であると考えられる。本研究では、コンジョイント分析を用いることで、PIC 制度導入による期待される効果が市民にもたらす便益を評価できることを示した。

第二の貢献は、PIC 制度導入による期待される「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」の上昇が、市民に便益を及ぼすことを明らかにしたことである。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。

以上の通り、平成 29 年度の研究により、PIC 制度導入の便益を検討するうえで、有益な知見が得られたと考えられる。

<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.

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

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 28 年度研究報告書

4) 3 年間の研究を通じて得られた成果

3 年間に 4 件のアンケート調査を実施した。以下では、それぞれの調査で得られた成果と環境政策への貢献について述べる。

※ なお、3 年間で実施したアンケート調査は、本項「日本での PIC 等導入による便益・費用面での評価」以外にも複数の研究課題に関し実施している。いずれの研究課題に係る成果かを併せて付記する。

〈1〉「経済的利益の評価手法の研究」のうち「消費者側」の利益に関する調査 (平成 27~28 年度)

<成果>

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。

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。

<環境政策への貢献>

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。これは、遺伝資源の生息地である生態系の保護のための資金調達方法等を検討するうえで、有益な知見であると考えられる。

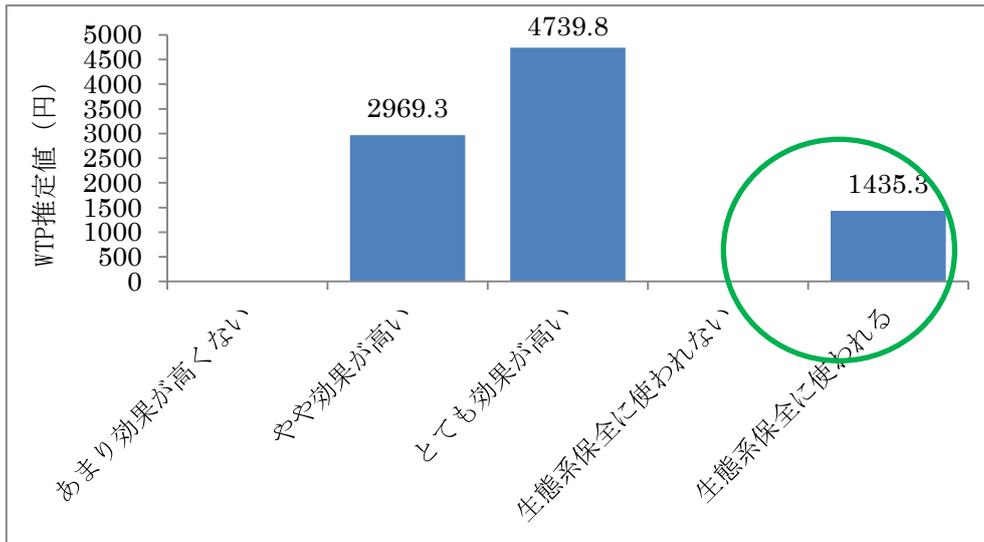


図 推定された支払意志額

〈2〉「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」のうち「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」に関する調査
(平成 27 年度～28 年度)

<成果>

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実施した。

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いが、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ため、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。

<環境政策への貢献>

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。これは、生態系保全意識の向上をもたらす方策を検討するうえで、有益な知見であると考えられる。

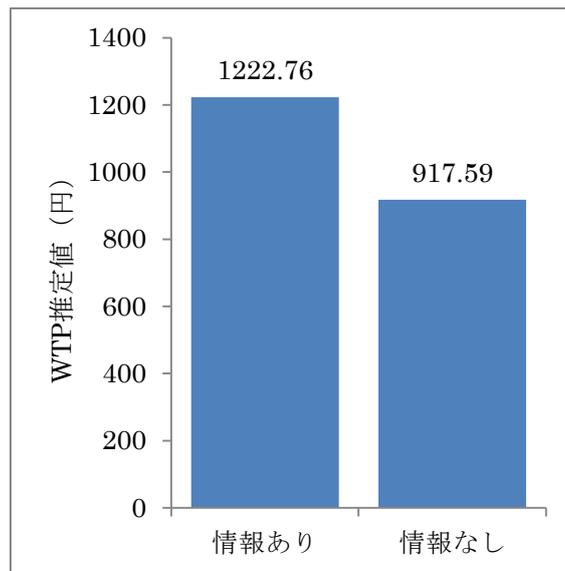


図 2 群の支払意志額の比較

〈3〉「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」のうち
アンケート調査による検証（平成 27 年度～28 年度）
（担当：柘植、田中）

〈成果〉

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実施した。

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。

〈環境政策への貢献〉

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。これは、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であり、生態系保全意識の向上をもたらす方策を検討するうえで、有益な知見であると考えられる。

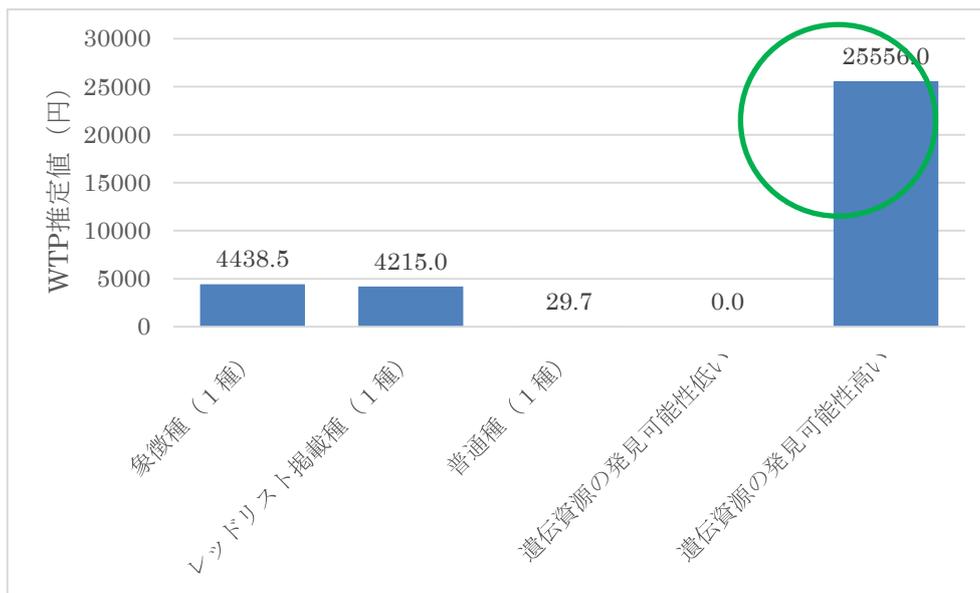


図 推定された支払意志額

〈4〉「日本での PIC 導入による便益・費用面での評価」のうち「PIC 導入の便益の評価」に関する調査（平成 28 年度-平成 29 年度）

〈成果〉

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、PIC 制度導入により期待される「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、増加の仕方は非線形であることが明らかとなった。

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。

〈環境政策への貢献〉

生態系保全の取り組み強化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が、市民に便益を及ぼす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。これは、PIC 制度導入の便益について検討するうえで、有益な知見であると考えられる。

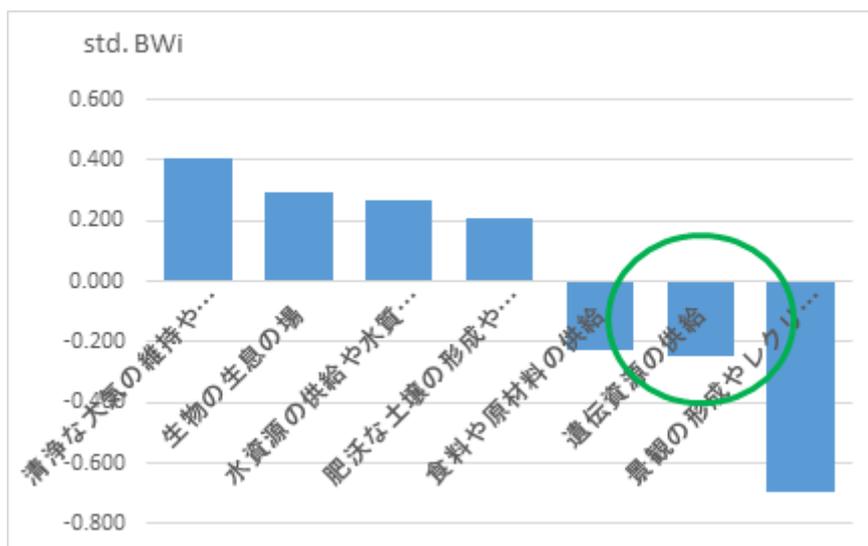


図 生態系サービスの相対評価

<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.

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

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 28 年度研究報告書

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 29 年度研究報告書

③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

(※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

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。

平成 27-28 年度にかけて、長崎県対馬市、沖縄県慶良間諸島、沖縄県おきなわ生物資源活用戦略（ライブラリ構築・活用）を対象候補として、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討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、協議等を通じ検討してきた。平成 29 年度には企業や大学により対馬の遺伝資源採集の試行をコーディネートするとともに対馬市の協力の下、対馬市民アンケートを実施することができた。

このため本年度は、引き続き対馬市を対象地域として、仮想的な ABS の仕組み（PIC 等）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。具体的には下記の調査等を実施し、その結果をもとに評価検討を行った。

- ① 仮想的な ABS の仕組みのシナリオ検討
- 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・締結の実施
- ④ ③における遺伝資源の提供者及び利用者に対するインタビュー
- ⑤ 対馬市民アンケート調査（有効回収サンプル数 354ss/1,000ss）及び市民との意見交換

なお、上記①は、「(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」に、上記④⑤の一部は、「(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」に関連する内容が含まれる。

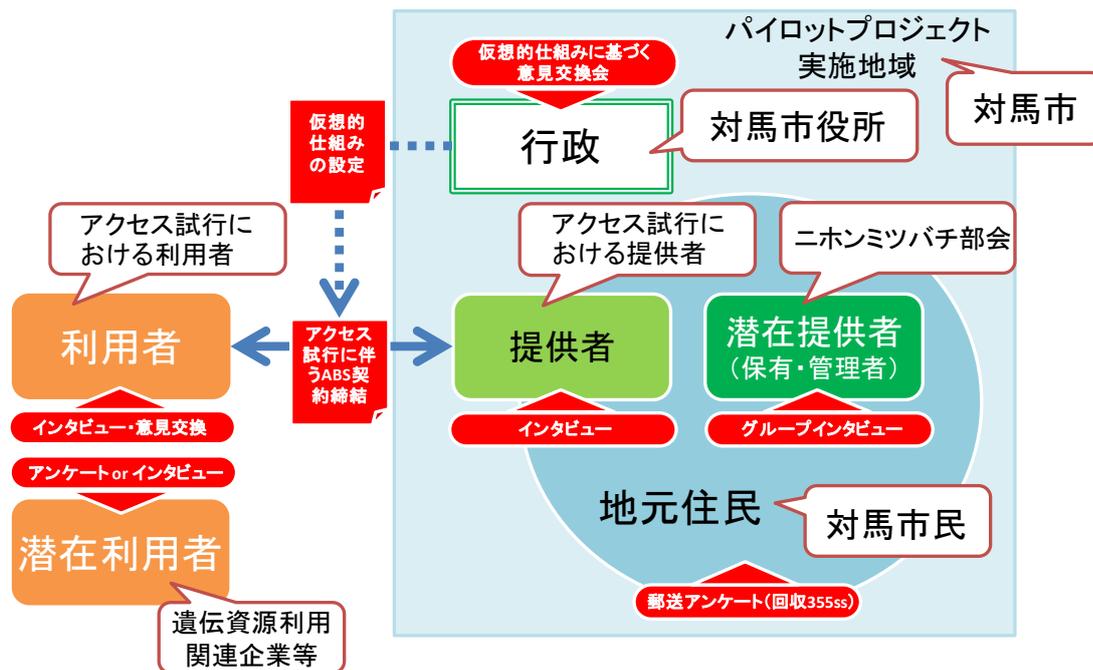


図 4.3.3-1 対馬市における ABS 事例形成調査の概要図

2) 本論

〈1〉仮想的な ABS の仕組み（地域遺伝資源の管理制度）のシナリオ検討結果

評価検討の土台として、対馬市における仮想的な ABS の仕組みのシナリオを検討した。具体的なシナリオの内容は、日本に PIC 等の制度が存在しないことから、海外の ABS 制度の要素をもとに、日本の企業や大学・研究機関等の受容性や制度ニーズなど日本国内での導入可能性を勘案しながら、環境省や対馬市、共同研究者等との意見交換を通じ作成した。また、この評価検討は、日本での PIC 等の導入に関する評価に資する材料を得ることを目的とするものであり、必ずしも地方公共団体など地域的な制度の検討を目的とするものではないが、対象地域の範囲での検討に適合させるため、対馬市における地域遺伝資源の管理制度を念頭に置いて仮定した。設定した仮想的な ABS の仕組みのシナリオは下記の通りである。

表 4.3.3-1 仮想的な ABS の仕組みのシナリオ

	シナリオ 1	シナリオ 2	シナリオ 3
概要	PIC 制度の導入（規制的シナリオ）	届出に基づく取得証明発給制度の導入（状況把握・奨励的シナリオ）	遺伝資源管理制度なし
権限ある当局（窓口）	対馬市文化交流・自然共生課に窓口を置く op)案内・情報提供、関連法規制手続支援サービス	対馬市文化交流・自然共生課に窓口を置く 届出を行う者は、案内・情報提供、関連法規制手続支援サービスを受けることができる	無し

<p>事前申請手続</p>	<p>所定事項*を記入し申請</p> <p>*対象遺伝資源、取得量、取得地域、取得先・提供者、取得方法、取得活動等の計画、取得時期・期間、取得先・提供者の了解・合意の状況、所定条件**への合意、その他の利益配分等の特記（任意）</p> <p>**当該遺伝資源による研究成果発表時の謝辞、発表論文・資料等の提供、遺伝資源を第三者に移転する場合の届出</p> <p>op)オンライン</p>	<p>任意で所定事項*を記入し届出できる</p> <p>*対象遺伝資源、取得量、取得地域、取得先・提供者（任意）、取得方法（任意）、取得活動等の計画（任意）、取得時期・期間、取得先・提供者の了解・合意の状況（任意）、所定条件**への合意、その他の利益配分等の特記（任意）</p> <p>**当該遺伝資源による研究成果発表時の謝辞、発表論文・資料等の提供、遺伝資源を第三者に移転する場合の届出</p> <p>op)オンライン op)任意ではなく義務的届出制</p>	<p>無し</p>
<p>審査・許可</p>	<p>許可なく対馬市内の遺伝資源を取得して研究開発を行うことを禁止し、申請内容を審査*の上、所定期間内（要検討）に許可証を発給</p> <p>*取得先・提供者の了解・合意済み、所定条件への合意、取得地域で絶滅や重大な影響の恐れがない、等</p>	<p>無し （届出者には届出受理書を発給）</p>	<p>無し</p>
<p>利益配分</p>	<p>提供者に対する利益配分、生物多様性保全への貢献を含む合意の努力義務</p> <p>研究開発成果に基づく商品・サービスを上梓する際の利益配分（又はその場合の利益配分条件を含む提供者等との合意）の奨励</p>	<p>届出を行った者は、窓口で土地所有者、利害関係者の紹介サービス</p> <p>提供者に対する利益配分、生物多様性保全への貢献、研究開発成果に基づく商品・サービスを上梓する際の利益配分を奨励</p> <p>（その他、成果を利用する際に何らかの対馬への言及等、</p>	<p>個別交渉（自由）</p>

		アピールの奨励)	
	op)窓口で土地所有者、利害関係者の紹介サービス、利益配分奨励制度（表彰、認定、ブランドマーク使用許諾など要検討） op)上梓時又はライセンス時の金銭的利益配分の義務（上限を規定）、等	op) 利益配分奨励制度（表彰、認定、ブランドマーク使用許諾など要検討） op)上梓時又はライセンス時の金銭的利益配分の義務（上限を規定）、等	
取得後の報告	取得後、所定期間内に取得実施（申請・許可時の条件に従って実施した旨を含む）を報告	無し又は任意 （但し、当該遺伝資源による研究成果発表時の謝辞、発表論文・資料等の提供） op)届出者への報告義務 op)義務的届出制→報告も義務	無し
取得証明	取得遺伝資源を持参して上記報告を行うことで取得証明を発給 ※取得証明の項目は後掲 op)写真等の何らかの証拠書類添付による申請など（より簡素な手続）	届出を行った者は、所定期間内に取得遺伝資源を持参し申請することで取得証明を発給 ※取得証明の項目は後掲 op)写真等の何らかの証拠書類添付による申請など（より簡素な手続）	無し
後続利用者	取得遺伝資源を第三者に移転する場合の届出	取得遺伝資源を第三者に移転する場合の届出	無し
執行（違反者取締り・違反予防・罰則等	指導・氏名公表・罰金等 ※取締り・予防等	指導・氏名公表・罰金等 ※取締り・予防等	無し

表 4.3.3-2 シナリオ上、対馬遺伝資源の取得証明に記載する項目

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● 対馬市で取得された旨（可能なら適法性に言及） ● 取得した遺伝資源又は分離源（微生物の場合）の種類・名称（可能な限り学名） ● 取得サンプル数・量 ● 取得地（可能な限り集落） ● 取得時期 |
|---|

〈2〉対馬遺伝資源へのアクセス試行（パイロットプロジェクト）

平成 28 年度において、株式会社ニムラ・ジェネティック・ソリューションズ（以下、NGS）の協力の下で下記の遺伝資源アクセス試行（パイロットプロジェクト）を実施し、併せて遺伝資源の提供者と利用者に対し、平成 29 年度において当該遺伝資源アクセスについて、仮想的な ABS の仕組みを念頭に置きながら、契約締結や本研究への協力を要請した。

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。

表 4.3.3-3 対馬における遺伝資源アクセス試行

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） A 社	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） B 社	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） X 大学	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）

本年度は、〈1〉で検討した仮想的な ABS の仕組み（地域遺伝資源の管理制度）を念頭に置きながら、上記の遺伝資源アクセス試行における提供者と利用者の契約交渉・締結等をコーディネートするとともに、アクセス後の遺伝資源の利用状況及び今後の展望等の確認を行った。契約（案）の概要と遺伝資源の利用状況・展望等は下記の通りである。

<契約（案）の概要>

今回のアクセス試行は NGS の協力の下で実施したことから、アクセス実施者を直接の契約当事者とせず、NGS を仲介者（提供者との直接の契約当事者）とし、契約の中で明記した NGS の提携先が利用権を得るとともに契約上の義務を負わせる形をとっている。下記では NGS と提携先を併せて利用者とする。

<p>(権利帰属)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 遺伝資源自体は提供者に帰属 ● 遺伝資源の利用権 ● 研究成果は利用者に帰属 <p>(利益配分等)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 研究成果等の発表における提供者に対する謝辞 ● 年一回書面による研究・開発等の進捗報告 ● 収入発生時のロイヤルティ支払い（仲介者収入分の一定割合）
--

表 4.3.3-4 対馬遺伝資源の利用状況や想定される今後の展望等

利用者	遺伝資源	提供者との契約	利用状況	今後の展望 (一般論として想定される展開で 現段階では具体的計画ではない)
民間企業 (メーカー) A社	昆虫	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	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 商業的価値の高発光物質開発への 貢献 ◇ 遺伝子解析による分類学への貢献
民間企業 (ベンチャー) B社	微生物	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	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 遺伝子解析による分類学への貢献 ◇ 発酵代謝産物の研究(有用物質探索 等) ◇ 市販の株でない酵母が見つかった 場合、醸造適性を検討 ◇ 醸造適性があれば市内酒造会社で 醸造に使用(対馬特産品の検討) ◇ 醸造適性がなければパンや菓子等 の発酵に使用(対馬特産品の検討)
大学(研究者) X大学	果実	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	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 遺伝子解析による分類学への貢献 ◇ 品種改良向け遺伝資源として保存 ◇ ジャムなどのコンポート類の原料 (対馬特産品の検討) ◇ ジュース類などの原料(対馬特産品 の検討)

〈3〉対馬市、遺伝資源の提供者・利用者との意見交換結果

対馬市における仮想的な ABS の仕組み（地域遺伝資源の管理制度）のシナリオをもとに、昨年度の対馬遺伝資源アクセス試行の状況を念頭に置いて、シナリオの手续・条件について模倣的適用を想定して、仮想的な ABS の仕組みで生じる負担、影響及び効果に関する認識・意見等を把握した。得られた示唆は次の通りである。

対馬市役所の担当者	<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	<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けど、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、伝統的知識があることに気付いた（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	<p>(企業)</p> <p>※シナリオを主に国の制度と想定した場合について回答</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 海外遺伝資源は規制され、国内遺伝資源はフリーなのはバランスがとれていないので、日本も PIC 制度を導入すべき。国内的にも利益配分がスタンダードになるなら企業も受け入れ可能(一部の真面目な事業者ばかりがコストがかかるという仕組みにならないようにすべき)。 ● シナリオ 1 は、制度がない場合と比べ、 <ul style="list-style-type: none"> ◇ マイナス影響：手続が煩雑化し、アクセスの手間、コストがかかる。 ◇ プラス影響：利益配分する/していることを正式に表だって発信しやすい。成果が出たときにアピールしやすい。 ● シナリオ 2 は、シナリオ 1 と比べ、手続は簡素でアクセスしやすいが、利益が生じたときにかえって後ろめたさを感じ、発信しにくくなる。 ● シナリオ 2 はアマチュア研究者を含む分類学・生態学研究利用にとってよい仕

	<p>組み。研究者も対応可能であるうえ、地域にも情報が還元され地域がアピールしていく材料も得られる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 産業利用（産業利用へ潜在的に展開可能な学術利用を含む）と分類学・生態学研究利用の間で段階的な制度とすることが望ましい。 <ul style="list-style-type: none"> ◇ 例えば、産業利用は内外無差別でシナリオ 1、分類学・生態学研究利用はシナリオ 2（分類学・生態学者も従来の慣行で行っていることなので受け入れ可能）。外国人には分類学・生態学研究利用もシナリオ 1 でよいかもしれない。 ● 採集の確認は、写真での確認程度が妥当。 ● 窓口サービスがあるのはアクセスしやすい。 ● 企業としては、正式な許可申請、利益配分契約の前に、お試しで利用できる期間がある制度だとやりやすい。 ● 仮に対馬等の地域でこのような仕組みが整備されれば、制度を利用して遺伝資源にアクセスしたい。 <p>（大学）</p> <ul style="list-style-type: none"> ● シナリオ 2 は従来の研究活動でも対応しているので対応可能。 ● シナリオ 1 は対応が厳しい印象。特に生物資源との境界が分かりにくい農業や食品分野では混乱するのではないか（特に国内間のアクセス）。 ● 重要な遺伝資源が存するホットスポットなどではシナリオ 1 も一考の余地があるかもしれない。 ● 海外から国内遺伝資源にアクセスする場合には、シナリオ 1 を導入してもよいのではないか。
--	---

〈4〉対馬市民の意識

平成 28 年度に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（自記式郵送アンケート、住民基本台帳から 1000 サンプルを無作為抽出、有効回収 354 サンプル、調査期間 2017 年 3 月 10 日～2017 年 3 月 31 日）。

本年度はアンケート調査結果を集計・分析するとともに、定性的に対馬市民の意識を把握するため、対馬でニホンミツバチによる伝統的養蜂を行っている生産者のネットワークである「対馬市ニホンミツバチ部会」の会合に参加し、会員の方々（対馬市民であり潜在的に遺伝資源の管理者・提供者になり得る主体）との意見交換を行った。

アンケートでは、遺伝資源や ABS の情報提示により、生物多様性保全意識に変化があるか、つまり保全へのインセンティブが働くかどうかを検証するため、次の 2 つの方法で質問を行った。

【1】 遺伝資源に関する情報提示（※）の前と後で下記の質問

■（情報提示前の質問文）あなたは、対馬の自然や生物多様性を保全することは重要だと思いますか。（1つだけ）

■（情報提示後の質問文）上記の「遺伝資源」に関する説明を読んだうえで、あらためて、対馬の自然や生物多様性を保全することは重要だと思いますか。（1つだけ）

1. とても重要
2. どちらかといえば重要
3. どちらともいえない
4. どちらかといえば重要ではない
5. まったく重要ではない

【2】 遺伝資源に関する情報提示（※）の後で下記の質問

■上記の「遺伝資源」に関する説明を読む前と比べて、対馬の自然や生物多様性の保全に対するあなたの考え方はどのように変わりましたか。(a)～(e)それぞれお答えください。（それぞれ1つだけ）

	1.とても そう思う	2.まあそ う思う	3.あまり そう思わ ない	4.まった くそう思 わない
(a)以前よりも、対馬の自然や生物多様性の ことを知りたいと思う	1	2	3	4
(b)以前よりも、対馬の自然や生物多様性に ついて家族や友人と話したいと思う	1	2	3	4
(c)以前よりも、保全に取り組む行政や組織 に協力したいと思う	1	2	3	4
(d)以前よりも、保全活動の募金に協力した いと思う	1	2	3	4
(e)以前よりも、自ら保全のために行動した いと思う	1	2	3	4

※提示した遺伝資源に関する情報

○遺伝資源：生物のもつ有益な物質や機能の利用

私たちの生活は、生物多様性の恵みによって支えられていますが、それは単に動物や植物を原材料として利用することだけではありません。豊かな自然環境に育まれた多様な生物から、私たちの工夫や科学技術によって、人類にとって有益な性質や物質、機能が発見されることがあります。

たとえば、古くから漢方や民間薬などの動植物の薬用法の知恵が蓄積されてきています。今日では科学技術を用いて動植物・微生物に含まれる有益な物質から、抗生物質や抗がん剤などの医療用の医薬品や、健康食品・化粧品などが開発される例もあります。また、農作物や家畜は、美味しさや栽培・飼育のしやすさ、病気への強さなどの有益な性質をもつ動植物種を見出して、それらをかけ合わせることで改良された品種が栽培・飼育されているのです。

このように、人類にとって有益な性質や物質、機能を持つ動植物や微生物のことを遺伝資源といいます。対馬には大陸系と日本系の生物が入り混じる独特の生物多様性があります。対馬で育まれた様々な生物の中には、未だ発見されていない有益な性質や物質、機能が眠っているかもしれません。

○伝統的な知恵：動植物の伝統的な利用の知恵や習わし

現代では生物の有益な性質や物質、機能は、科学技術によって応用されることが増えてきていますが、人々は古くからそれぞれの土地にある動植物の性質を見出し、工夫を加えて、衣食住や薬に利用してきました。対馬でも、例えば伝統的な発酵食品である「セン」をはじめ、独自の自然環境や風土に根差した昔ながらの暮らしや習慣の中に、先人たちの知恵が生きています。

このような伝統的な知恵は、単に古くからの文化的な習わしというだけではなく、場合によっては科学技術による応用のためのヒントを提供することもあります。

○地域における遺伝資源と伝統的な知恵

遺伝資源は、各地域の独特の自然環境に適応した、生物の特有の性質が価値を持つものです。また、伝統的な知恵も各地域の独特の生物多様性の恵みを先人たちが巧みに利用しながら育んできたもので、地域における文化の源にもなっています。

地域づくりや、特産品や観光をはじめとする産業振興のために、遺伝資源や伝統的な知恵を活かしていくことも考えられます。

上記の結果、2つ目の方法では、情報提示により約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。一方で、1つ目の方法では、生物多様性保全の重要度認識のポイントが低下し、「どちらともいえない」や無回答が増加した。

表 4.3.3-5 対馬の生物多様性保全の重要度認識

選択肢	提示前(%)	提示後(%)
とても重要	54.2	44.4
どちらかといえば重要	33.3	36.4
どちらともいえない	9.0	13.0
どちらかといえば重要ではない	0.8	0.8
まったく重要ではない	0.3	0.3
無回答	2.3	5.1
全体	100.0	100.0

表 4.3.3-6 生物多様性保全意識の変化

	とてもそ う思う	まあそ う思う	あまりそ う思わな い	まったく そう思わ ない	無回答	(%)
以前よりも、対馬の自然や生物多様性のことを知りたいと思う	21.8	58.2	11.9	1.1	7.1	
以前よりも、対馬の自然や生物多様性について家族や友人と話したいと思う	11.9	44.4	33.6	2.8	7.3	
以前よりも、保全に取り組む行政や組織に協力したいと思う	14.1	57.6	18.4	2.5	7.3	
以前よりも、保全活動の募金に協力したいと思う	12.1	47.7	27.7	5.1	7.3	
以前よりも、自ら保全のために行動したいと思う	11.0	46.0	32.5	2.5	7.9	

上記を含め、対馬市民アンケートから得られる主な示唆は次の通りである。

対馬市民アンケート	<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。 ● (「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」や無回答が増加した。
-----------	--

生物多様性保全の重要度認識のポイントが低下した要因を把握するため、対馬市民（「対馬市ニホンミツバチ部会」会員）との意見交換で、同様に遺伝資源やABSの情報提示前後で、対馬の生物多様性保全の重要性について質問した結果、次の反応が認められた。

対馬市民との意見交換 (インタビュー)	<p>(「遺伝資源」の説明提示後の生物多様性の重要度認識)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 対馬や身のまわりにあるものは普通のもので、棄にしたり研究開発するような有用なものがあるかどうか。 ● 研究開発して利益配分というのがピンとこない。 ● 「遺伝資源」や「ABS」が難しく、端的に何なのか分からない。
------------------------	--

この反応から、アンケートにおいても、遺伝資源の情報提示によって、有用性の研究開発が想起され、普段身のまわりにある自然環境や動植物等との結びつきが捉えにくくなり、遺伝資源の視点から見ると対馬の生物多様性保全が重要だと思える人が減少し、「どちらともいえない」や無回答が増加したものと考察される。

3) 結論

対馬市を対象に仮想的な ABS の仕組みのシナリオの設定に基づいて実施した意識調査・意見交換等から、行政、住民、遺伝資源の提供者、利用者の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、実際に地域において具体化するためには伝え方に工夫が必要であると考えられる。

(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

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

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：はじめに

遺伝資源の利用をめぐる国際的議論は、ABS(アクセスと利益配分)を中心に展開されてきた。利用者・提供者間の利益配分システムは、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。

本研究プロジェクトの昨年度の報告書において、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についての議論が行った。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反映していた。¹

この多国間利益配分システムの具体的な形態については、「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: ITPGR)で行われているものが興味深い。

ITPGRは、「多数国間の制度」(Multilateral System: MLS)と呼ばれるシステムを採用している。このシステムでは、遺伝資源の共通プールと基金を設けており、締約国は、遺伝資源を、共通プールに提供し、他国がそこから取得することを可能にしている。その意味では、一対一で契約を結ぶ必要がない。さらに、その利用からの利益配分も、個々の遺伝資源提供国に個別配分するのではなく、基金に支払う。この基金からは、途上国でプロジェクトを実施することや遺伝資源の保全のための支出が行われる。²

本章では、この多国間利益配分システムとして共同利益配分システムについて理論的な研究を行う。このシステムにおいては、遺伝資源から医薬品などの研究開発を行う国では、仮に商業化に失敗しても利益が配分される可能性がある。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。経済主体はリスクのある行動をとろうとするとき、そのリスクの大きさを考慮することが一般的である。したがって、研究開発の成功確率が十分小さい場合、たとえ期待値が大きくとも、その選択肢をとることを躊躇する可能性がある。すなわち、保全したときの期待値だけに着目するのではなく、そのリスクの大きさを考慮した分析を行わなければならない。

本研究における昨年度までの分析では、この点について、リスク回避型の効用関数に基づき、

¹ 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規模で支援するために利用される。

² 農水省ウェブサイトにおける食料・農業植物遺伝資源条約の解説に基づく。

多国間利益配分システムを視野に置く共同利益配分システムを理論的に議論した。その中では、生態系を保護するか開発するかオプションを持つ政府を想定して、最適保護面積を考察した。そして、共同利益配分システムにおける最適保護面積および純便益は、バイラテラルな利益配分を想定する独立利益配分システムの最適保護面積よりも必ず大きくなることを示した。しかし、その分析では、遺伝資源利用による研究開発の成功確率が、保護面積によらず一定とするなど、いくつかの強い想定を置いていた。本章では、H29年度の研究として、この仮定を緩め、同様の分析を行う。

2) 本論

〈1〉独立利益配分システムと共同利益配分システム

[1] 独立利益配分システム：リスク中立的な場合

昨年度の分析と同様に、ある途上国を想定する。各国には森林生態系が存在し政府により管理されているものとする。その生態系の面積を \bar{L}_i とする。各国では、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、その面積に応じて成功確率が決定されるものとする。これは、保護面積が大きいほど、バイオプロスペクティングに投入される生物多様性の数が増えることを反映している。ここでは、 $P(L)$ の確率で医薬品開発が成功し、その際 M だけの収入が期待できるものとする。したがって、保護面積 L に対して、その期待収入は $P(L)M$ 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、

$$C = C(L) \quad (1)$$

と表す。ここで、 $C(0) = 0, C' > 0, C'' > 0$ と仮定する。この機会費用は生態系を保護することによる便益を差し引いたネットの値であるとする。ここで、国の純便益 W は、

$$W = P(L)M - C(L) \quad (2)$$

と定められる。まず、昨年度と同様に、政府は期待純便益を最大化するとすれば、最適な保護面積 L_a は、

$$P'(L_a)M = C'(L_a) \quad (3)$$

を満たすものとして決定される。以下では、

$$C(L) = \frac{cL^2}{2}, c > 0, L \leq \bar{L} \quad (4)$$

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。また、成功確率を

$$P(L) = \bar{p}(1 - e^{-rL}), \bar{p} < 1 \quad (5)$$

と表せば、(3)は、

$$re^{-r\bar{p}L_a}M = cL_a \quad (6)$$

より、

$$e^{-rL_a}L_a = \frac{r\bar{p}M}{c} \quad (7)$$

を満たすものとなる。左辺は L_a の増加関数かつ $L_a = 0$ ならゼロとなるので、均衡式を満たす L_a が唯一存在することになる。

[2] 独立利益配分システム：リスク回避的な場合

本章では、政府の効用関数は、期待利潤 μ だけではなく、分散 σ の関数とする。これは、利潤のばらつきを反映したもので、リスク回避的な個人行動として経済学で想定されている。さて、任意の保護面積 L のもとでは、

$$\mu = P(L)M - C(L) \quad (8)$$

および利潤を x とすると、

$$\sigma = E(x^2) - \mu^2 = P(M - C)^2 + (1 - P)C^2 - (PM - C)^2 = P(1 - P)M^2 \quad (9)$$

である。昨年度の報告書の議論では、 $P(L) = P$ と一定とし、さらに、各国政府の効用を、

$$v(\mu, \sigma)L - C(L)$$

と置いて議論していた。しかし、一般的には、次のように置くことが望ましい。すなわち、効用を W とすれば、

$$W = v(\mu(L), \sigma(L)) = v(P(L)M - C(L), P(L)(1 - P(L))M^2) \quad (10)$$

である。ここで、

$$\frac{\partial W}{\partial \mu} \equiv v_\mu > 0, \frac{\partial W}{\partial \sigma} \equiv v_\sigma < 0 \quad (11)$$

である。本論では、さらに

$$\frac{\partial^2 W}{\partial \mu^2} \equiv v_{\mu\mu} < 0, \frac{\partial^2 W}{\partial \sigma^2} \equiv v_{\sigma\sigma} \leq 0, \frac{\partial^2 W}{\partial \mu \partial \sigma} \equiv v_{\mu\sigma} = 0 \quad (12)$$

を仮定する。このように定式化することで、成功確率が保護面積に依存することに加えて、期待収益と費用を同じ効用関数の中に位置づけられる、より一般的な定式化になる。

この定式化における最適保護面積 L^* は、(4)のもとで、次の条件を満たす。

$$v_\mu(P'M - C') + v_\sigma(M^2P'(1 - 2P)) = 0 \quad (13)$$

P は十分小さいと考えてよいから、本章では、 $P(L) < 1/2$ を仮定する。よって、(13)の第2項は負である。したがって、最適点では、

$$P'(L)M - C'(L) > 0 \quad (14)$$

でなければならない。リスク中立的なケースでは、最適面積は $P'(L)M - C'(L) = 0$ を満たすことに注意しよう。これは、(13)における、 $v_\sigma = 0$ である場合に相当する。したがって、 $P'' < 0, C'' > 0$ より最適保護面積 L^* は、

$$L^* < L_a \quad (15)$$

を満たすものとなる。よって、次の性質が成立する。

結論 1: (10)を仮定する。このとき、政府の行う森林保護面積は、リスク中立的なケースよりも、リスク回避的なケースの方が小さくなる。

つぎに、効用関数 v を次のように特定化する。まず、任意の収入 x に対する効用 W を

$$W = ax - \frac{bx^2}{2} \quad (16)$$

とおく。一方、

$$\sigma = E(x - \mu)^2 = E(x^2) - \mu^2 \quad (17)$$

より

$$E(x^2) = \mu^2 + \sigma \quad (18)$$

になる。したがって、

$$E(ax - \frac{bx^2}{2}) = a\mu - b\frac{\mu^2 + \sigma}{2} \equiv v(\mu, \sigma) \quad (19)$$

となる。したがって、

$$v_\mu = a - b\mu, v_\sigma = -\frac{b}{2} \quad (20)$$

これを用いれば、(13)は

$$(a - b\mu)\mu'_L - \frac{b\sigma'_L}{2} = 0 \quad (21)$$

と表される。

〈3〉共同利益配分システム

上記の議論は、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一対一（バイラテラル）の取引を想定している。つぎに、政府が他の国の政府と共同する利益配分の枠組み（共同利益配分システム）を考える。以下では、政府の数が 2 のもとで議論をすすめる。すなわち、同一の生態系 (L_1, L_2) を保有する 2 つの政府（政府 1 と政府 2）があるものとする。ま

た、それぞれの政府は、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。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、各政府の期待利潤 $\mu(1), \mu(2)$ は、次のように表される。

$$\begin{aligned}\mu(1) &= \frac{(P(L_1)+P(L_2))M}{2} - C(L_1) \\ \mu(2) &= \frac{(P(L_1)+P(L_2))M}{2} - C(L_2)\end{aligned}\quad (22)$$

また、それぞれの分散を $\sigma(i)$ で表し、以下のように計算する。まず、共同利益配分システムで、プールされる総利益 R 、およびそれぞれの政府にとっての実際の利潤 π は、次のような 4 つのケースに分けられる。

- 2 つの国で商業化に成功するケース (その確率は $P(L_1)P(L_2)$)

$$R_1 = 2M, \pi_{11} = M - C(L_1), \pi_{12} = M - C(L_2) \quad (23)$$

- 1 の国でのみ商業化に成功するケース (その確率は $P(L_1)(1 - P(L_2))$)

$$R_2 = M, \pi_{21} = \frac{M}{2} - C(L_1), \pi_{22} = \frac{M}{2} - C(L_2) \quad (24)$$

- 2 の国でのみ商業化に成功するケース (その確率は $(1 - P(L_1))P(L_2)$)

$$R_3 = M, \pi_{31} = \frac{M}{2} - C(L_1), \pi_{32} = \frac{M}{2} - C(L_2) \quad (25)$$

- いずれかの国でも失敗するケース (その確率は $(1 - P(L_1))(1 - P(L_2))$)

$$R_4 = 0, \pi_{41} = -C(L_1), \pi_{42} = -C(L_2) \quad (26)$$

ここで、 π_{xi} は、ケース x における政府 i の実際の利潤を表す。すると、

$$\sigma(i) = E(\pi_{xi}^2) - \mu(i)^2 \quad (27)$$

より、

$$\sigma(1) = \sigma(2) = \frac{P(L_1)(1-P(L_1))+P(L_2)(1-P(L_2))}{4} M^2 \quad (28)$$

と計算される。

以上より、各地方政府の効用を W_i とすると、

$$\begin{aligned}
W_i &= v^i(\mu(i), \sigma(i)), i = 1, 2 \\
&= v^i \left(\frac{(P(L_1) + P(L_2))M}{2} - C_i(L_i), \frac{P(L_1)(1-P(L_1)) + P(L_2)(1-P(L_2))}{4} M^2 \right)
\end{aligned} \quad (29)$$

となる。すなわち、各地方政府の効用は、

$$W_i = W_i(L_1, L_2), i = 1, 2 \quad (30)$$

として書き表されることになる。各地方政府は、他政府の保護面積を所与として自身の効用を最大化するものと仮定する。すなわち、両政府の最適保護面積 (L_1^*, L_2^*) はナッシュ均衡として表現されることになる。すなわち、 (L_1^*, L_2^*) は、

$$\frac{\partial W_1(L_1^*, L_2^*)}{\partial L_1} = \frac{\partial W_2(L_1^*, L_2^*)}{\partial L_2} = 0 \quad (31)$$

で表される。これに基づいて計算すると、ナッシュ均衡では、

$$v_\mu^i \mu'_{L_i}(i) + v_\sigma^i \sigma'_{L_i}(i) = 0 \quad (32)$$

が満たされている。ここで、

$$\mu'_{L_i}(i) = P'(L_i)M - C'_i(L_i), \sigma'_{L_i}(i) = \frac{P'(L_i)(1-2P(L_i))}{4} M^2 \quad (33)$$

であり、 $\mu'_{L_i}(i)$ は L_i に関して逓減する。また、 $\sigma'_{L_i}(i)$ も $P < 1/2$ の想定のもとでは逓減することが示される。

以下では、独立利益配分システムと共同利益配分システムでの最適保護面積を比較する。比較のために、両地方政府はまったく同一であり、したがって、 $C_i(\cdot) = C(\cdot)$ とする。さらに、ナッシュ均衡でも両者の最適保護面積は同一となる。この条件のもとで、(32)を(13)と比較してみよう。

まず、(32)の左辺を $r^i(L_1, L_2)$ で表す。上記の同一性の仮定より、両地方政府にとって、この関数は同一であるため、

$$r^i(L_1, L_2) = v_\mu \mu'_{L_i}(i) + v_\sigma \sigma'_{L_i}(i), i = 1, 2. \quad (34)$$

となる。ここで、(12)より、

$$\frac{\partial r^i(L_1, L_2)}{\partial L_i} < 0 \quad (35)$$

および

$$\frac{\partial r^i(L_1, L_2)}{\partial L_j} < 0, j \neq i \quad (36)$$

が導かれる。さらに、(13)と比較することで、 $L_1 = L_2 = L^*$ であるならば、

$$\mu(i) = \mu^*, \mu'_L(i) = \mu'_L - \frac{P'(L^*)M}{2}, \sigma'_L(i) = \frac{\sigma'_L}{4} \quad (37)$$

であることがわかる。以上より、 $L_1 = L_2 = L^*$ であるとき、 $r^i(L^*, L^*) > 0$ であるならば、 $r^i(L^* + \Delta L, L^* + \Delta L) = 0$ を満たす ΔL は、必ず正であることがわかる。

以下では、 $L_1 = L_2 = L^*$ であるとき、 $r^i(L_1, L_2)$ の符号を示す。まず、

$$\begin{aligned} r^i(L^*, L^*) &= v_\mu \left(\mu'_L - \frac{P'(L^*)M}{2} \right) + v_\sigma \frac{\sigma'_L}{4} \\ &= v_\mu \mu'_L + v_\sigma \sigma'_L - \frac{1}{2} (v_\mu P'(L^*)M + v_\sigma \frac{3\sigma'_L}{2}) \\ &= -\frac{1}{2} (v_\mu \mu'_L + v_\sigma \sigma'_L + v_\mu C' + v_\sigma \frac{\sigma'_L}{2}) \quad (38) \\ &= -\frac{1}{2} (v_\mu C' + v_\sigma \frac{\sigma'_L}{2}) \\ &= -\frac{1}{2} (v_\mu cL^* + v_\sigma \frac{P'(L^*)(1-2P(L^*))M^2}{2}) \end{aligned}$$

この式から、

$$r^i(L^*, L^*) > 0 \Leftrightarrow -\frac{v_\sigma}{v_\mu} > \frac{2cL^*}{P'(L^*)(1-2P(L^*))M^2} \quad (39)$$

となる。ここで、 $-\frac{v_\sigma}{v_\mu} = \frac{d\mu}{d\sigma}$ であり、分散が一単位増加したときに等効用を維持するために必要な期待値の増加分を表す。したがって、リスク回避的なほどこの値が大きくなる。よって、(39)の十分条件が満たされるならば、次の性質が成り立つ。

$$L_1^* = L_2^* > L^* \quad (40)$$

ここで、 v を(19)と特定化すると、

$$-\frac{v_\sigma}{v_\mu} = \frac{b}{2(a-b\mu)} \quad (41)$$

したがって、 $a - b\mu > 0$ を満たす範囲で b が十分大きい時、(39)は成立することになる。この結果を次にまとめる。

結論 2： 地方政府の数が2であるとする。このとき、両政府の効用関数及び費用関数が同一であるならば、共同利益配分システムにおける最適保護面積 L_i^* は、

$$-\frac{v_\sigma}{v_\mu} > \frac{2cL^*}{P'(L^*)(1-2P(L^*))M^2}$$

が満たされるならば、独立利益配分システムにおけるそれぞれの最適保護面積である L^* より大きいものとなる。

結論 3： (19)を仮定する。さらに、地方政府の数が2であるとする。このとき、両政府の効用

関数及び費用関数が同一であるならば、共同利益配分システムにおける最適保護面積 L_i^* は、

$$-\frac{b}{2(a-b\mu)} > \frac{2cL^*}{P'(L^*)(1-2P(L^*))M^2}$$

が満たされるならば、独立利益配分システムにおけるそれぞれの最適保護面積である L^* より大きいものとなる。この結果は L^* が M の増加関数である場合に、 M が十分大きくなることで成立していることになる（ただし、 $a-b\mu > 0$ が満たされていないと成り立たない）。

つぎに共同利益配分システムにおいて、各政府の効用が、独立利益配分システムと比較して増加しているかどうかを見てみる。ここで、

$$\begin{aligned} \frac{dW_i}{dL_i} \Big|_{L_i=L_2=L^*} &= r^i(L^*, L^*), \\ \frac{dW_i}{dL_i} \Big|_{L_i=L_2=L^*} &= r^i(L^*, L^*) + v_\mu C'(L^*) \end{aligned} \quad (42)$$

したがって、 $L_1^* = L_2^* > L^*$ であるならば、明らかに両政府の効用は、共同利益配分システムにおいて増加していることになる。この結果を次にまとめる。

結論 4： 地方政府の数が2であるとする。このとき、両政府の効用関数及び費用関数が同一であり、共同利益配分システムにおける最適保護面積 L_i^* が独立利益配分システムに比べて増大するならば、両政府の効用も増加している。

したがって、最適保護面積が増加する条件のもとでは、効用も増加することになる。

3) 結論

本章では、より一般的な効用関数の下で、昨年度の問題意識である共同利益配分システムの効果について分析を行った。十分にリスク回避的であるとき、共同利益配分システムの方が、独立利益配分システムにおけるよりも最適保護面積は必ず大きくなった。このことは、今後の遺伝資源利用のABS問題で多国間利益配分システムを十分に検討することが意味あることであることを示している。

本章の利益配分システムでは、商業的成功が実現したプロジェクトの売上収入が共同配分されるが、費用については配分されない。この点を考慮した分析はのちの課題である。

<参考文献>

大沼あゆみ（2017）「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」『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』pp.80-87.

②レジリエンスとの関係性の検討

立命館大学 上原拓郎
甲南大学 柘植隆宏
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。)

目次

- 1) 序論
 - 2) 本論
 - 〈1〉海洋遺伝資源の重要性
 - 〈2〉レジリエンス
 - [1] 海洋遺伝資源とレジリエンスの関係
 - [2] レジリエンス評価の重要性
 - 〈3〉研究対象：サンゴ礁生態系
 - 〈4〉評価方法
 - 〈5〉結果
 - 3) 結論
- 添付資料（Ⅲ．添付資料5．参照）
- （1）アンケート調査の記述統計
 - （2）アンケート票

1) 序論

本研究では、遺伝資源と生物多様性の保全に貢献する生態系のレジリエンスに着目した。そこで、生態系のレジリエンスを高める生態系管理を実施することで得られる国民の利益（具体的には遺伝資源の将来的な利用可能性、及びレジリエンスが高まった生態系）を環境経済学、価値理論、生態系サービスの観点から多角的に評価する手法を検討し、沖縄県のサンゴ礁生態系における海洋遺伝資源に適用した。多角的な測定を実施することで、遺伝資源の経済的価値に加えて、遺伝資源と生物多様性の保全に貢献するレジリエンス管理に対する国民の意向を把握し、政策的示唆を得ることを目的としている。

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 4.4.2-1）。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 4.4.2-1）。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, CBD）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.）。

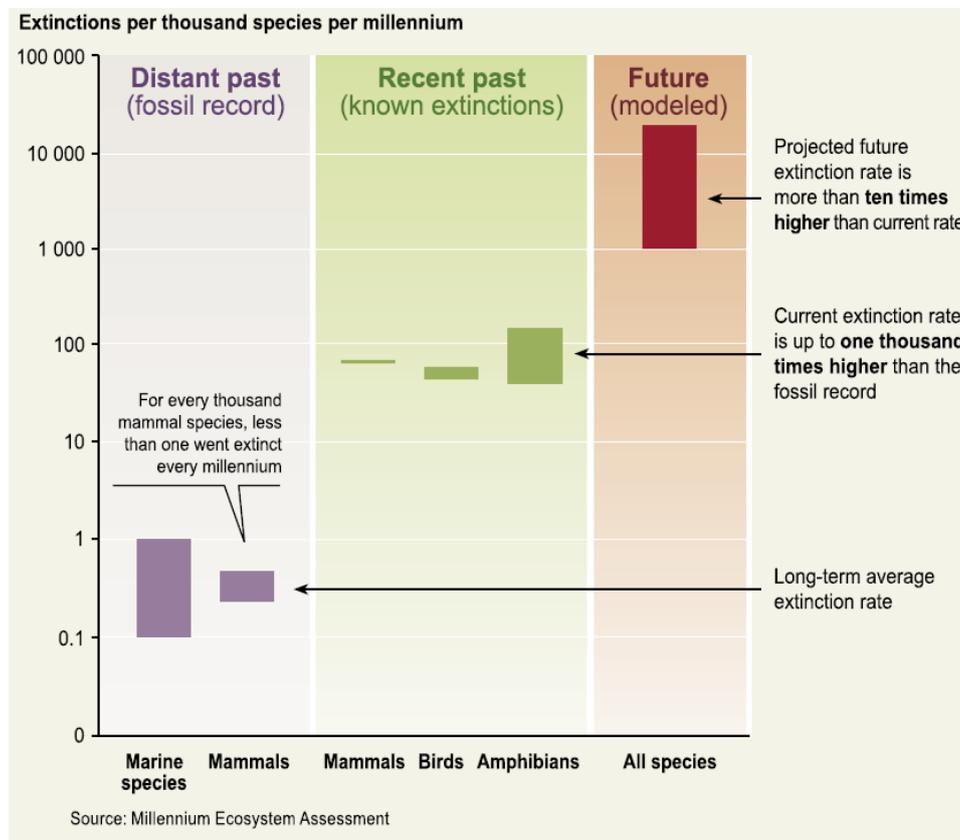


図 4.4.2-1 生物種の絶滅の動向

（出典：Convention on Biological Diversity

(<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、生物多様性を保全し、遺伝資源の供給可能性を維持することが求められる。

そこで本研究では、生物多様性を保全し、遺伝資源の供給可能性を維持する生態系管理のあり方としてのレジリエンスへの国民の評価を多角的に測定した。具体的には、インターネットアンケート調査を用いて、1) 表明選好法を用いた国民のレジリエンスがもたらす便益への支払意思額の推計、2) 人間価値理論を用いたレジリエンスを重視する背景にある価値観の測定、そして3) 生態系サービス学を用いた他の生態系サービスとの比較におけるレジリエンスの相対的な重要性を測定した。

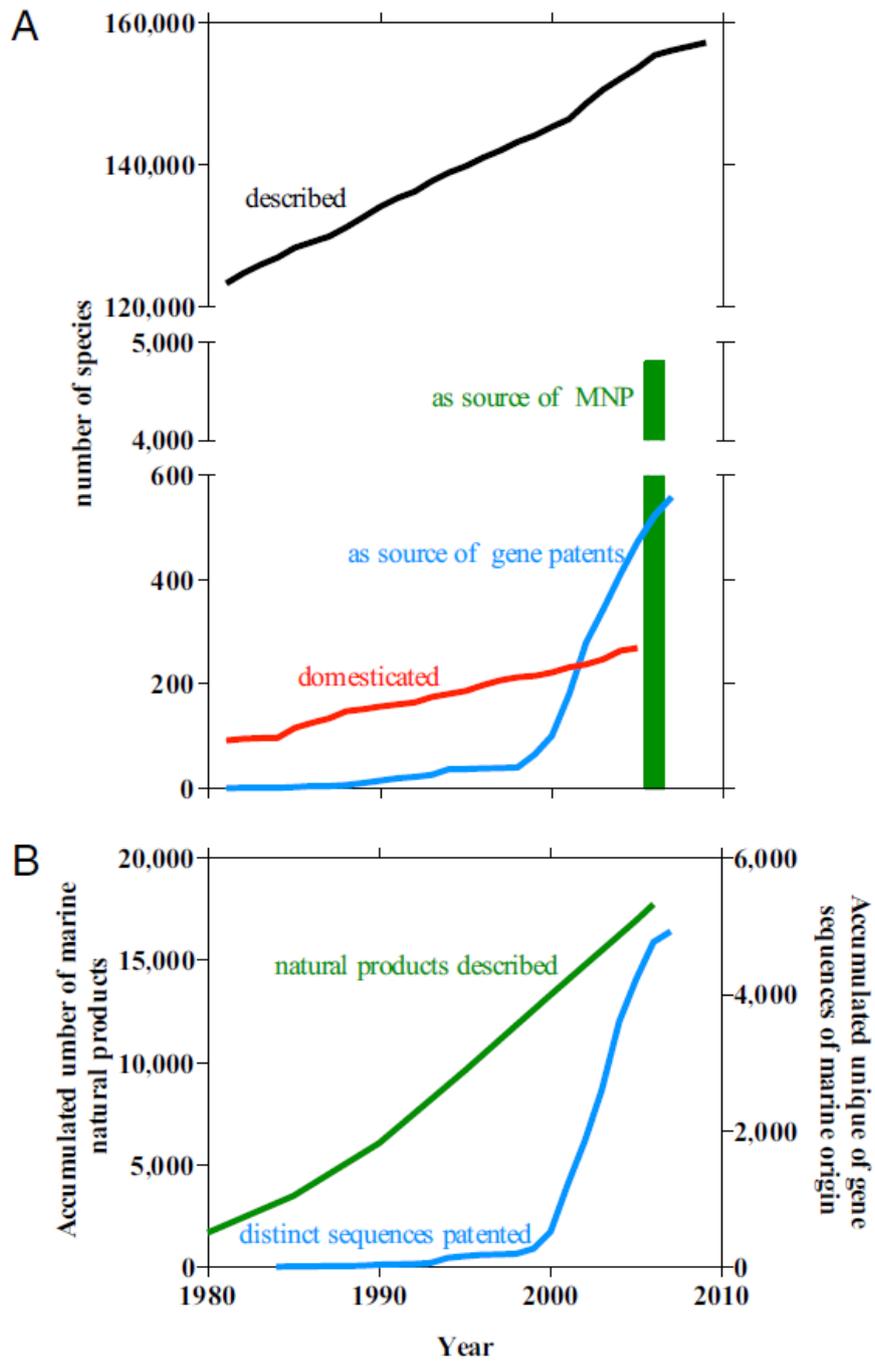
事例として、その重要性がますます高まっている海洋遺伝資源、特にサンゴ礁の海洋遺伝資源とレジリエンスを選定した。サンゴ礁は、海洋遺伝資源の観点からホットスポットとされている

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〉海洋遺伝資源の重要性

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%の割合で登録も進められている（図 4.4.2-2A、黒線）。また活用状況についてみると、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 4.4.2-2A、青線）。その活用方法や用途は多岐にわたっており（図 4.4.2-3、4.4.2-4）、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 4.4.2-4、Human Health）。



☒ 4.4.2-2 Arrieta et al., 2010

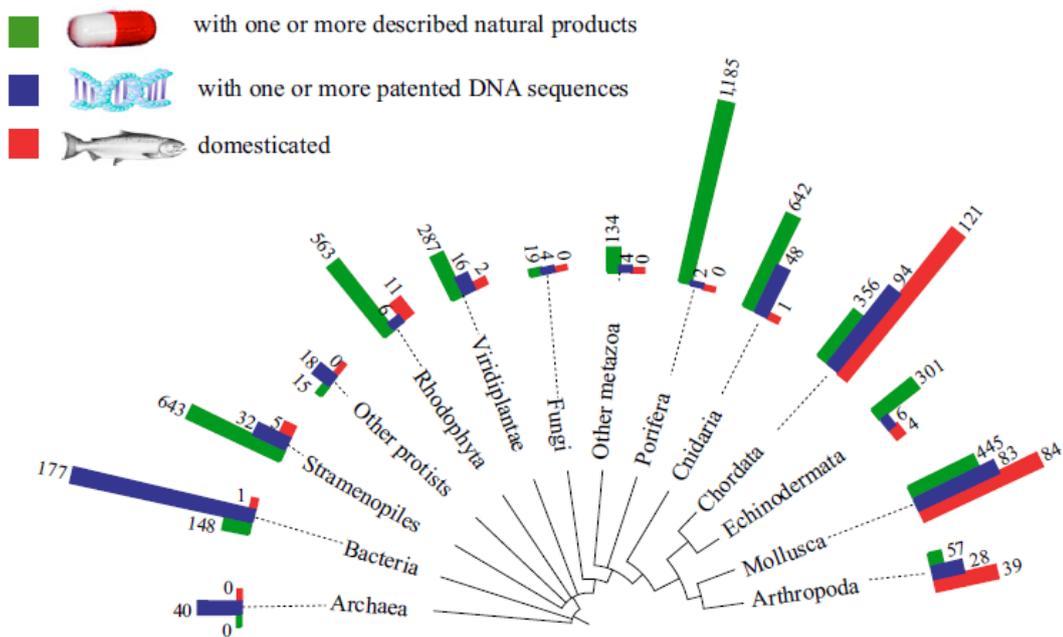


図 4.4.2-3 Arrieta et al., 2010

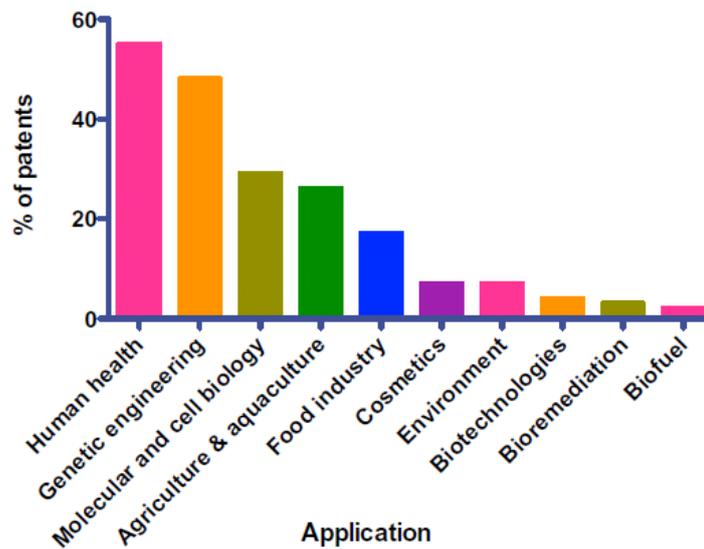


図 4.4.2-4 Arrieta et al., 2010

海洋遺伝資源の経済価値については、Leary et al. (2009)が製薬産業、酵素市場、化粧品産業に関して取りまとめており、それぞれ 6,430 億ドル、500 億ドル、2,310 億ドルと推計している (表 4.4.2-1)。

表 4.4.2-1 海洋遺伝資源の経済価値に関するまとめ

産業	世界市場の推定総価値	年商（例）
医薬産業	6430 億ドル（2016 年）	<ul style="list-style-type: none"> • 5000 万～1 億ドル（海綿由来のヘルペス治療薬，2005 年） • 10 億ドル（海洋資源由来のガン対抗物質，2005 年） • 2300 万ドル（エイズ治療薬【Retrovir】，2005 年） • 2.37 億ドル（ヘルペス治療薬【Zovirtax】，2006 年）
酵素市場	<ul style="list-style-type: none"> • 最低 500 億ドル／年（酵素） • 10 億ドル／年（DNA 抽出市場） 	<ul style="list-style-type: none"> • 推定 1.5 億ドル／年（【Valley Ultra Thin】，深海の熱水排出源由来） • 推定 2000～3000 万ドル（【Luminase】，間欠泉由来）
化粧品産業	<ul style="list-style-type: none"> • 2310 億ドル（2005 年） • 383 億ドル（スキンケア商品，2005 年） 	

出典：Leary et al. (2009).

また、Erwin et al. (2010)は統計データ等を用いて、海洋生物由来の腫瘍治療薬の潜在的な経済価値の推計を行っている。彼らによれば、253,120～594,232 種類の新たな化学物質が海洋生物に含まれており、その 90.4～92.6%が未発見であるとしている。また海洋生物由来の腫瘍治療薬の潜在的な経済価値については、生物多様性の程度によって、0.56～5.69 兆ドルの価値があると推計している。

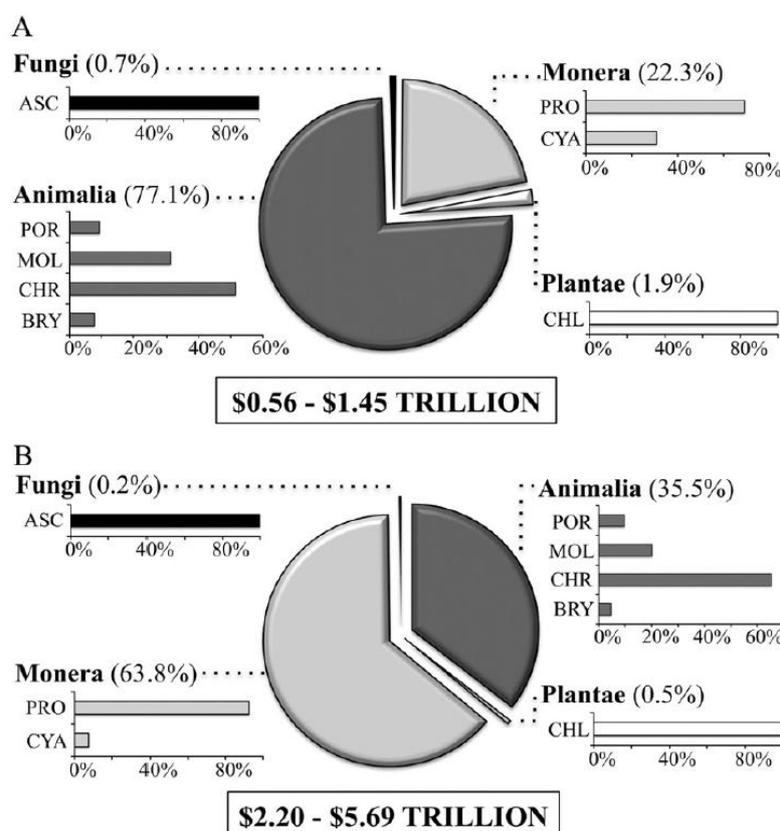


図 4.4.2-5 海洋生物由来の腫瘍治療薬の潜在的な経済価値の推計 (Erwin et al., 2010)

円グラフは各グラフの下に表示されている生物多様性の推計価値の内訳である。棒グラフは各界での各階級の寄与度を示している。Ascomycota (ASC), Bryozoa (BRY), Chlorophyta (CHL), Cyanobacteria (CYA), Chordata (CHR), Mollusca (MOL), Porifera (POR), and Proteobacteria (PRO)。

〈2〉レジリエンス

[2]-1 海洋遺伝資源とレジリエンスの関係

先述の通り、近年、海洋遺伝資源の重要性が認識され、海洋資源管理の重要性がますます高まっている。さらに、Arrieta et al. (2010)や Leary et al. (2009)が指摘するように、海洋遺伝資源がもたらす価値を踏まえた海洋資源管理への見直しが求められている。

海洋遺伝資源は魚介類同様、生態系サービスの分類において供給サービスに位置づけられるが (Haines-Young & Potschin (2013)、Kumar(2010)、MA (2005)、Moberg and Folke (1999))、他と異なる特徴を有している。つまり、他の遺伝資源同様、海洋遺伝資源は、海洋生態系のどの部分がいつ人間に便益をもたらすのかを特定することは非常に困難であるという不確実性が伴っている。例えば Leary et al. (2009)は一つの新薬が市場に出るまでに 15~20 年かかり、5,000 種類の潜在的に医療上の価値があると思われる化合物のうち、平均して 5 つが臨床試験までたどり着き、商用利用の認可まで至るのは 1 件でしかないと指摘している。

したがって、遺伝資源にとってすべての生態系が重要であり (Kumar, 2010)、遺伝資源の将来的な供給可能性を見据えた海洋資源管理は、海洋資源を含む生態系を維持することが求められるのである。生態系を維持することは、多様な遺伝資源の供給可能性をもたらす生物多様性を維持

することにつながっている。

生態系を維持するための考え方、管理のターゲットとして、レジリエンスが注目を集めている。レジリエンスは、外的ストレスを受けても、生態系の機能や構造を維持する能力のことである。たとえば、Anthony et al. (2015)は、サンゴ礁は表 4.4.2-2 のような、外的ストレスにさらされているとしている。外的ストレスには二つの種類があり、**press-type stressors**（汚染、堆積物、乱獲、海水温の上昇、酸化）は生態系のレジリエンスにマイナスの影響を与えるものであり、**pulse-type stressors**（嵐、白化現象、オニヒトデの大発生）は生態系の機能や構造を維持するために必要なレジリエンスをさらに必要とすることになるストレスである。

表 4.4.2-2 サンゴ礁が受ける外的ストレス、生態系への影響、及びレジリエンス

Stressor	Pulse/Press	Drivers or activities	Impact	Resilience processes affected	Potential management levers (see also Table 2)
Storms	Pulse (stochastic)	Natural cycles, climate change	Structural damage, floods and sedimentation	Recovery and connectivity if damage is extensive	Preparedness and recovery planning locally; compensatory measures
Destructive fishing	Pulse	e.g. bomb fishing, poison fishing	Structural damage, mortality of flora and fauna	Recovery, reproduction, recruitment and connectivity if damage is extensive	Increase incentives for nondestructive harvest of resource through education, regulation and enforcement
Crown-of-thorns starfish (CoTS)	Pulse	Nutrient enrichment, natural cycles	Coral mortality	Recovery, recruitment and connectivity if mortality is extensive	Improved management of catchment, protection of CoTS predators, tactical CoTS control
Thermal anomalies	Pulse, with press-type after-effects	Climate change, natural cycles	Coral bleaching, diseases and mortality	Reduced growth and reproduction, and potentially connectivity if impact is extensive	Identify sites that may have lower vulnerability; protect from local stressors; manage for enhanced recovery
Sedimentation/turbidity	Mixed depending on source	Mixed: land use and river catchment practices, flooding, resuspension, coastal construction	Sediment stress and light limitation, enhancement of algal growth	High turbidity from re-suspension can cause long-term suppression of coral recovery and provide competitive advantage to other benthic groups such as algae and sponges	Improved management of catchment land use through education, regulation, incentives and penalties. Restore land vegetation. Control coastal development activities.
Nutrient enrichment	Press, but pulse if linked to flood events	Mixed: land use and river catchment practices, flooding	Enhanced algal growth, increased turbidity	Increases susceptibility of corals to thermal bleaching. Provides competitive advantage to algae, which can suppress coral recovery.	Improved management of sewage and intensive agriculture activities through education, regulation, incentives and penalties
Pollution (herbicides, pesticides and heavy metals)	Press, but pulse if linked to flood events or marine incidents	Land-based (urban and agriculture) and from shipping	Toxicity, affects metamorphosis and larval survival.	Reduced coral growth and reproduction. Suppresses reef supply-side ecology.	Improved management of urban, agricultural and shipping activities through education, regulation, incentives and penalties
Ocean acidification	Press	Direct CO ₂ effect, point and nonpoint sources of low pH runoff	Reduced coral growth and strength, enhanced algal growth	Coral growth rates, skeletal strength and recruitment reduced.	Identify sites that could have lower vulnerability and target for protection from local stressors, control land-based sources of pollutants that decrease pH (e.g. nitrogen/sulfur oxides)
Decline in herbivores	Press	Human use	Reduced algal mortality, algal overgrowth of corals	Potentially drive phase shift to macroalgae, exacerbated by nutrients, warming and acidification	Improved fisheries management through education, regulation, incentives and penalties.

出典 : Anthony et al. (2015)

したがって、レジリエンスを高めることにより、望ましい生態系の状態を将来も維持し、生物

多様性、そして潜在的な遺伝資源を維持することが可能となると考えられる。

レジリエンスの考え方は生態系管理のアプローチとしても、注目されており、生態系管理のターゲットとして、レジリエンスを高めることが、これまでの実証研究からも有効であるとされている (Scheffer et al., 2001)。例えば Anthony et al. (2015)はレジリエンスの考え方を実際に生態系管理に適用するためのフレームワークとして、適応的レジリエンス型管理 (Adaptive Resilience-Based Management, ARBM) フレームワークを提唱している (図 4.4.2-6)。遺伝資源や生物多様性は生態系が維持されることで得られる事後的 (ex-post) な事象、結果であるのに対し、レジリエンスは遺伝資源や生物多様性をもたらす生態系を将来的に維持する事前的 (ex-ante) な状態であるということができ、後者のレジリエンスが直接の管理対象としてふさわしい。

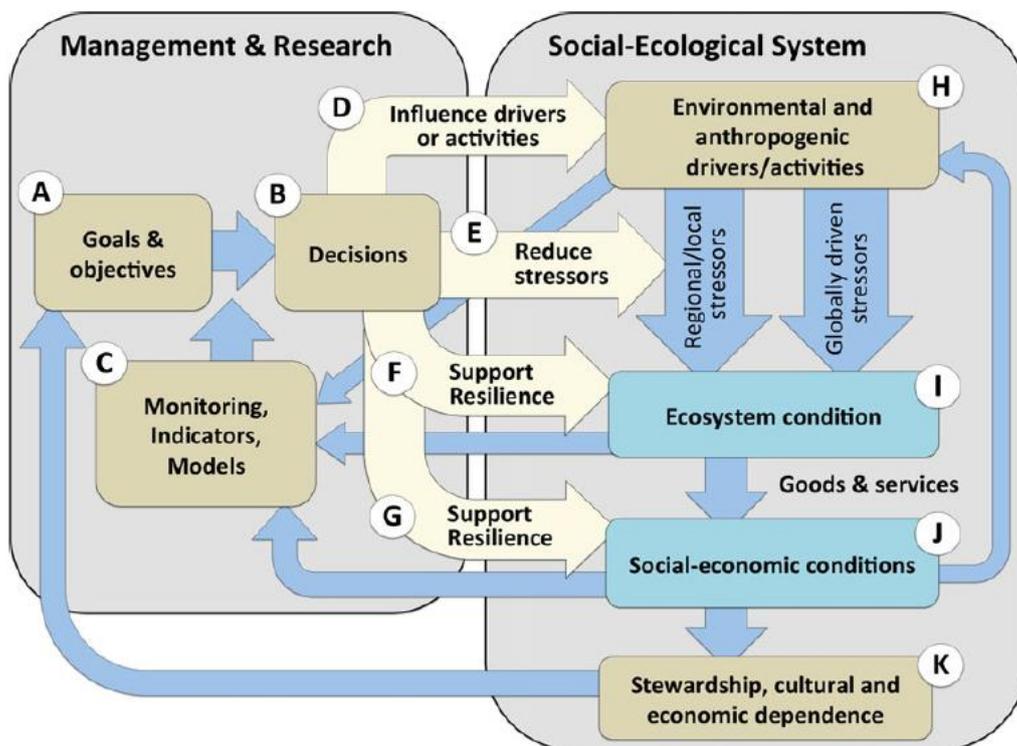


図 4.4.2-6 適応的レジリエンス型管理のフレームワーク

[2]-2 レジリエンスの経済評価

レジリエンスの経済評価研究は限定的である。本研究では、Baumgärtner and Strunz (2014)の考え方をベースに表明選好法を用いた支払意思額の推計を実施する。

レジリエンスの経済価値は、主に生態系が外的ストレスを受けても、閾値を超えてレジームシフトが起こることでこれまでの生態系サービスが受けられなくなることを防ぐ、保険価値 (insurance value) として捉えられることが多い (例えば、Admiraal et al. (2013)、Baumgärtner, S. (2007)、Perrings et al. (1995)、Rönnbäck et al. (2007))。ただし、厳密に言えば、保険価値はレジリエンスがもたらす価値の一つであり、Baumgärtner and Strunz (2014)によれば、レジリエンスの経済価値は保険価値とレジリエンスの向上に伴って期待される便益の

向上分の総和として捉えられる。

ここでは、以下、Baumgärtner and Strunz (2014)が提起した、リスクプレミアムの考え方と生態経済モデルを組み合わせて導出した、レジリエンスの経済価値を用いる。

まず 2 種類の生態系の状態を考え、生態系から高い所得 ($y_H > 0$) が得られる状態、生態系から低い所得 ($y_L > 0$) が得られる状態があるとし、その差を以下のように定義する。

$$\Delta y := y_H - y_L > 0$$

所得の差は、生態系が閾値をまたぐことにより、高い所得から低い所得へと所得の損失が発生している状態であると考えられることができる。

生態系が高い所得が得られる状態 (domain) から低い所得が得られる状態へと移行する確率を p とし、確率は連続変数であるレジリエンス ($R \in [0,1]$) の関数と定義する。

$$p = p(R) \text{ with } p'(R) \leq 0 \text{ for all } R \text{ and } p'(R) < 0 \text{ for all } R \in (0,1)$$

and $p(0) = 1, p(1) = 0$.

確率関数は以下の通りに定義する。

$$p(R) = 1 - R^{1-\sigma} \text{ with } -\infty < \sigma < +1$$

確率関数は σ の大きさによって、図 4.4.2-7 のような形状となる。

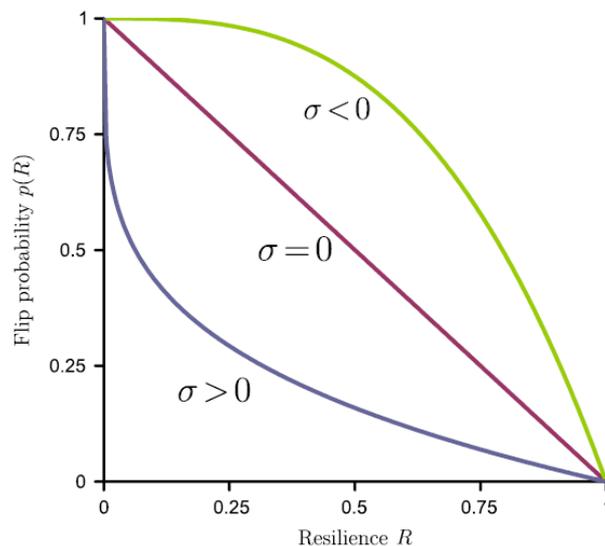


図 4.4.2-7 レジリエンスと生態系が別の状態に移行する確率の関係

次に効用関数を定義する。生態系利用者は、高い便益と低い便益の二つの可能性に直面しており、それぞれの確率は $p(R)$ と $1 - p(R)$ で与えられる。つまり、レジリエンスによってのみ規定される「所得くじ (income lottery)」であると考えられることができる。von-Neuman Morganstern 型の

期待効用関数を用いて、効用関数を以下の通り定義する。

$$U = E_R[u(y)] \text{ with } u'(y) > 0 \text{ and } u''(y) < 0 \text{ for all } y,$$

生態系利用者のリスク忌避度を反映させるために、効用関数の関数形は以下のベルヌーイ型を用いる。

$$u(y) = -e^{-\rho y} \text{ with } \rho > 0,$$

ρ は生態系利用者のリスク忌避度を現すパラメータである。

ここで、保険価値が所得くじのリスクプレミアムから得られるとすると、期待効用関数とリスクプレミアムの関係は以下の通りに定義される。

$$u(E_R[y] - \Pi(R)) = E_R[u(y)]$$

つまり、确实得られる期待所得からリスクプレミアムを除いた効用が得られる所得にリスクが伴う場合の効用と同一であることを意味している。

このリスクプレミアムの概念を用いて、レジリエンスの保険価値 $I(R)$ は、レジリエンス R が限界的に変化した際のリスクプレミアムの変化として、以下の通りに定義する。

$$I(R) := -\frac{d\Pi(R)}{dR}$$

またレジリエンスの経済価値 $V(R)$ を以下の通りに定義する。

$$V(R) := \lim_{\Delta R \rightarrow 0} \frac{W(\Delta R)}{\Delta R}$$

$$E_R[u(y)] = E_{R+\Delta R}[u(y - W(\Delta R))]$$

つまり、レジリエンスの経済価値は、レジリエンスを限界的に向上させることに対する事前(ex-ante) 最大支払意思額 W によって与えられる。本価値は事前価値であり、つまり、結果的に得られる所得とは独立したものである。

以上のモデルを展開することにより、レジリエンスの経済価値は以下の通りに表現することができる（導出過程については Baumgärtner and Strunz (2014)を参照）。

$$V(R) = -p'(R) \frac{1}{\rho} \frac{e^{\rho \Delta y} - 1}{1 + p(R)(e^{\rho \Delta y} - 1)}$$

上記は以下の関係を以下のように要約することができる。

$$V(R) \equiv -p'(R)\Delta y + I(R), V(R) \geq 0 \text{ for all } R.$$

つまり、レジリエンスの向上に伴う期待所得の向上 ($-p'(R)\Delta y$) とレジリエンスの向上がもたらす保険価値 ($I(R)$) の総和として捉えられる。

〈3〉 研究対象：サンゴ礁生態系

本研究では、以下の理由により、沖縄県のサンゴ礁から得られる海洋遺伝資源とサンゴ礁のレジリエンスを事例とする。

第一に、サンゴ礁は、海山や極地および熱水の通気生態系といった極限環境とならんで、海洋遺伝資源のホットスポットと言われている (Arrieta et al., 2010)。

第二に、極限環境と比較して、管理の対象としやすく、また実際に取り組みが既に行われていることが挙げられる。環境省では 2010 年 4 月に「サンゴ礁生態系保全行動計画」を策定し、2016 年 4 月にはこれまでの行動計画達成状況を踏まえて、「サンゴ礁生態系保全行動計画 2016-2020」を策定した。本計画は「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して位置づけ、もって愛知目標の達成に資するための行動計画とされている (環境省、2016)。

第三に先述の表 4.4.2-2 に掲げたようにサンゴ礁はさまざまな外的ストレスにさらされており、適切な管理が急務となっている。こうした外的ストレス、特に人為的なストレスによるサンゴ礁の死滅や劣化は世界的な趨勢であり (Arrieta et al., 2010)、日本のサンゴ礁も例外ではない (環境省、2016)。さらに近年では劣化したサンゴ礁生態系が回復しにくい (環境省、2016) という、レジリエンスの低下の懸念が指摘されている。

第四にサンゴ礁学において、レジリエンスの概念が広く受け入れられており、レジリエンスの観点からの研究が盛んである (Bellwood et al., 2004; Hughes et al., 2010; Nystrom et al. 2008)。実証研究により、サンゴ礁は、非線型ダイナミクス、閾値、複数の安定領域によって特徴づけられる複雑系であることが明らかとなってきた (Nystrom et al. 2008)。例えば、図 4.4.2-8 のように、サンゴ礁生態系は漁業や陸域からの栄養塩の流入の程度によって、健全なサンゴ礁生態系から大型藻優位やウニ焼け等の安定領域にシフトする可能性が指摘されている。また、サンゴ礁が別の安定領域にシフトする契機となる閾値についても活発な研究がなされている (Dakos et al. 2015; Karr et al., 2015; Quinlan, A. E., et al., 2015)。閾値を特定する研究に加え、どのような状態であれば、レジームシフトが起こらないか、という一般的な指針を与える *safe operating space* の考え方が提唱されており、Norström et al. (2016) はこれまでの実証研究をベースに、漁獲量、水質、気候変動に関して、この程度であれば、レジームシフトは起こらないという数値を提唱している。

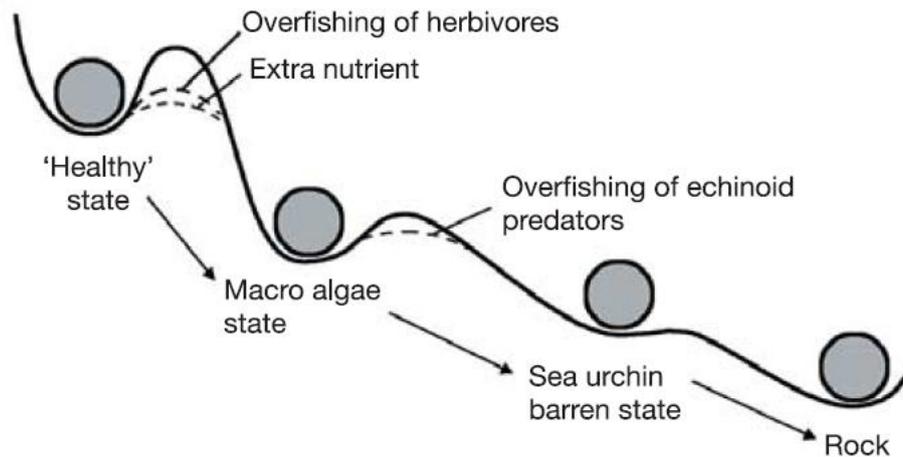


図 4.4.2-8 サンゴ礁生態系のレジームシフトをあらわす概念図(Bellwood et al., 2004)

破線は漁業や栄養塩の流入によって、レジリエンスが低下している状況をあらわしている。

最後に先述のとおり、サンゴ礁のレジリエンス研究の進展に伴って、レジリエンスの概念をサンゴ礁の生態系管理に取り入れる研究が進められ、また提唱されている (Anthony et al., 2015; Hughes et al., 2010; Karr et al., 2015; Mellin, C., et al., 2016; Nystrom et al., 2008)。

〈4〉評価方法

[1] 調査の概要

アンケートは「海の環境保全に関するアンケート調査」という名称で実施した。調査会社にモニター登録している全国の20歳から69歳の男女を対象者として、インターネットによる調査を実施した。2017年9月29日から10月4日に沖縄県在住の120人と沖縄県以外在住の120人を対象としたプレテストを実施し、調査票を改善したうえで、2017年10月26日から11月1日に本調査を実施した。本調査の概要は以下の通りである。

「海の環境保全に関するアンケート調査」

- 調査期間：2017年10月26日～11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
- 回答者数：沖縄県在住者605件、沖縄県以外在住者566件

アンケートでは、仮想評価法の質問とベスト・ワースト・スケーリングの質問を行った。仮想評価法の質問はすべての回答者に共通であるが、ベスト・ワースト・スケーリングの質問は内容の異なる2種類の質問を用意し、回答者にはそのいずれかに回答してもらった。具体的には、沖縄県在住者、沖縄県以外在住者とも、約半数の回答者にはレジリエンスに関する価値観を調べるための質問に回答してもらい、約半数の回答者にはサンゴ礁生態系が提供する様々な生態系サービスの相対的重要性を調べるための質問に回答してもらった。レジリエンスに関する価値観を調

べるためのベスト・ワースト・スケーリングの質問は、アンケートにおいて「レジリエンス（回復力）を高めて遺伝資源を保全するという考え方自体を重要だと思いませんか」という質問に対して「はい」と回答した回答者にのみ提示した。

また、アンケートにおいて回答者に提示されるレジリエンスや遺伝資源の説明の影響で、回答者のレジリエンスに対する評価が高まる可能性が考えられたため、サンゴ礁生態系が提供する様々な生態系サービスの相対的重要性を調べるためのベスト・ワースト・スケーリングの質問については、約半数の回答者にはレジリエンスや遺伝資源に関する説明を行う前に回答してもらい、残りの約半数の回答者にはレジリエンスや遺伝資源の説明を行った後に回答してもらった。両者の比較から、レジリエンスや遺伝資源に関する説明が回答者の回答に及ぼす影響の有無を検証する。

[2] 仮想評価法の質問

レジリエンスを向上させ、遺伝資源を保護することに対する支払意思額を仮想評価法により推計した。仮想評価法とは、アンケートを用いて環境変化に対する人々の支払意思額を聞き出す方法である（栗山他, 2013）。

仮想評価法の質問では、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するという仮想的な計画を回答者に示した。ここでは、海洋保護区を設定することにより、漁業やレジャーによる利用等、レジリエンスと遺伝資源以外への影響はないと仮定した。そして、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るため、それらを実施するための資金が確保できないと、海洋保護区は維持できないと仮定した。

そのうえで、計画の実施に必要な資金を確保するため、基金をつくって募金を募ると想定した。支払いは1回限りとし、支払いによって、海洋保護区を今後10年間継続できるとした。

この仮想評価法の質問では、回答者に2つの不確実性を考慮したうえで回答してもらった。1つは遺伝資源が発見されることに関する不確実性である。この海洋保護区で、いつ、どの遺伝資源が発見されるかは明確ではないこと、そして、発見されたとしても、実用化までには10年から20年という長い時間がかかり、回答者自身がその便益をどの程度受けられるかははっきりとはわからないことを説明した。

もう1つは、レジリエンス管理の効果がどの程度発揮されるかに関する不確実性である。サンゴ礁生態系のレジリエンスを高めるためには、海洋保護区を設定することが有効であることが明らかとなってきたが、この海洋保護区でどの程度レジリエンスが高められるのかははっきりとはわからないこと、ならびに、海洋保護区を設定しないことで、どの程度サンゴ礁生態系が失われるかもはっきりとはわからないことを回答者に説明した。その一方で、サンゴ礁を含む生態系は複雑でその解明が非常に困難であること、また、一度失われた生態系を回復することは非常に困難であることから、不確かな状況でも管理を進める必要があるという考え方もあることを回答者に伝えた。

以上のような説明の後に、図 4.4.2-9 のような支払意思額に関する質問を行った。ここでは、二段階二肢選択形式を採用し、表 4.4.2-3 に示す5バージョンの提示額を設定した。

といった何らかの評価基準に基づいて、最も高く評価するもの（ベスト）と最も低く評価するもの（ワースト）を1つずつ選択してもらうものである。このような質問を、提示する選択肢を変えて繰り返すことで、回答者の選好を明らかにすることができる(Louviere et al., 2015)。

上記の5つの背景・理由のうち、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4つを回答者に提示し、「最も同意できる」と「最も同意できない」ものを選択してもらう質問を、提示する理由を変えて1人につき5回繰り返した。調査に用いた質問は図4.4.2-10のようなものである。

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	

図 4.4.2-10 ベスト・ワースト・スケーリングの質問例（レジリエンスに対する価値観のケース）

②生態系サービスの相対的評価

遺伝資源を保護する役割が、他の生態系サービスと比較してどの程度重要と評価されているかを明らかにするため、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評価を行った。

ここでは、サンゴ礁生態系がもたらす代表的な生態系サービスとして、「豊かな漁場」、「装飾品や土産物」、「建築用の資材」、「天然の防波堤」、「土地の形成」、「遺伝資源を保護するレジリエントな生態系」、「独自の伝統行事や祭事等の文化の形成」、「教育の場」、「癒やしや観光資源」、「観賞用魚類等」、「サンゴ礁と人、人と人のつながりの形成」の11個を取り上げ、それぞれの相対的重要性をベスト・ワースト・スケーリングによって調べた。ここから、「遺伝資源を保護するレジリエントな生態系」が他の生態系サービスと比べてどの程度重要と考えられているかが明らかになる。なお、「サンゴ礁と人、人と人のつながりの形成」は関係価値(Chan et al., 2016)を表す。

上記の11個の生態系サービスのうち、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5つを回答者に提示し、自身にとって「最も重要なもの」と「最も重要でないもの」を選択してもらう質問を、提示する生態系サービスを変えて1人につき11回繰り返した。調査に用いた質問は図4.4.2-11のようなものである。

サンゴ礁生態系からは様々な恵みが得られると考えられます。あなたにとって最も重要なものと、最も重要でないものを選択してください。各項目をクリックすると詳しい解説がでます。

最も重要なもの		最も重要でないもの
	建築用の資材	
	天然の防波堤	
	遺伝資源を保護するレジリエントな生態系	
	癒やしや観光資源	
	観賞用魚類等	

図 4.4.2-11 ベスト・ワースト・スケーリングの質問例
(サンゴ礁生態系の生態系サービスのケース)

〈5〉結果

[1] 仮想評価法の分析結果

沖縄県在住者と沖縄県以外在住者のそれぞれのデータを、提示額の対数値を説明変数とする対数線形ロジットモデルにより分析した。分析には「Excel できる CVM Version4.0」を使用した。

沖縄県在住者と沖縄県以外在住者の推定結果は、それぞれ表 4.4.2-4 と表 4.4.2-5 の通りである。また、提示額と Yes 回答の関係を表す受諾確率曲線は、それぞれ図 4.4.2-12 と図 4.4.2-13 の通りである。定数項は正に、提示額の対数値は負に、それぞれ有意になった。前者は、回答者が提示された仮想的な計画を望ましいと評価していることを、後者は提示額が高いほど支払いに賛成する回答が減ることを表している。

推定された係数に基づき求められる支払意思額をまとめたものが表 4.4.2-6 である。支払意思額の中央値と平均値（最大提示額で裾切り）は、沖縄県在住者でそれぞれ 634 円と 2998 円、沖縄県以外在住者でそれぞれ 480 円と 3082 円となった。

表 4.4.2-4 沖縄県在住者の推定結果

変数	係数	t 値	p 値
constant	4.1875	13.756	0.000 ***
ln(Bid)	-0.6784	-15.372	0.000 ***
n	605		
対数尤度	-671.744		

***は 1%水準で有意であることを表す。

表 4.4.2-5 沖縄県以外在住者の推定結果

変数	係数	t 値	p 値
constant	5.0778	14.835	0.000 ***
ln(Bid)	-0.7870	-15.880	0.000 ***
n	566		
対数尤度	-651.987		

***は 1%水準で有意であることを表す。

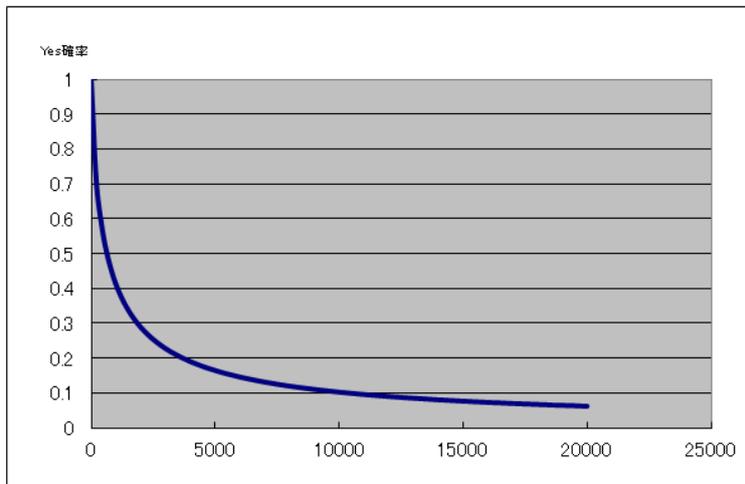


図 4.4.2-12 沖縄県在住者の受諾確率曲線

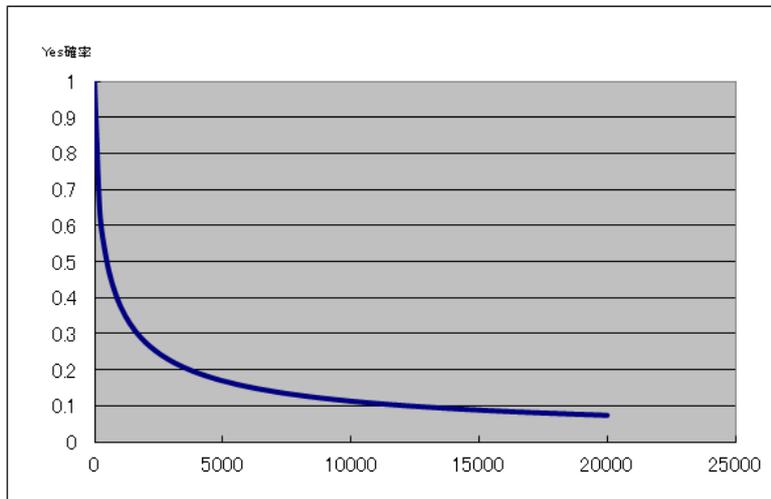


図 4.4.2-13 沖縄県以外在住者の受諾確率曲線