

平成30年3月29日

安全な農林水産物安定供給のためのレギュラトリーサイエンス研究委託事業
研究成果報告書

課題番号：2704

IPMを推進するために必要な経済的効果の指標及び評価手法確立

研究期間：平成27年度～平成29年度（3年間）

研究総括者名：澤田 守

試験研究機関名：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

1 研究目的

総合的病害虫・雑草管理（IPM）を推進するため、農林水産省は推進の基本的な考え方をまとめた IPM 実践指針等を策定した。

このような中、国際的には、OECD（経済協力開発機構）において、2017 年に IPM の経済的な効果を含めた指標案を取りまとめ、加盟国に提示することとして検討が進められており、我が国にも情報提供が求められているが、現在、我が国に IPM の経済的な効果を測る指標はない状況となっている。

このため、今後、OECD で取りまとめられる国際的な IPM の指標に反映させる必要があることから、我が国の IPM の経済的な効果を測る指標及び評価手法を確立する必要がある。また、農家等へ IPM の実践を促すには、防除効果とともに経済的な効果を示すことも求められており、国の IPM 推進に関する支援に、本指標を用いた新たな事業評価指標を導入する必要がある。

このため、本研究では、以下を実施する。

第 1 に、生物多様性に関する評価指標の動向を自然科学・社会科学の両視点から世界レベルで把握するとともに、これまでの IPM 取組事例を網羅的に整理し、これらを踏まえた指標及び評価手法を確立することにより、OECD において提案する我が国の IPM 指標案の作成を支援し、実行可能な国際指標の確立に貢献する。

第 2 に、IPM を実施した際の直接的な経済的な効果（農薬資材費低減等）に加え、間接的な経済的な効果（農産物ブランド化や 6 次産業化による収入増等）を測る指標及び評価手法を確立することにより、国の支援事業「消費・安全交付金（病害虫防除の推進）」の新たな事業評価指標として経済的な効果の指標等を定める過程に貢献する。

第 3 に、主要な作物別に事例に即した指標および評価手法の開発を行うことにより、都道府県の指導の基本である IPM 実践指針に経済的な効果の指標及び評価手法を新たに定める過程に貢献する。

2 研究内容

（1）研究課題

1）中課題 1：IPM 推進を意図した生物多様性評価指標の包括的サーベイ

生物多様性に関する評価指標の動向を自然科学・社会科学の両視点から世界レベルで把握するとともに、これまでの IPM 取組事例を網羅的に整理し、これらを踏まえた指標及び評価手法を確立する。

・小課題 1：生物多様性の経済指標と IPM 取組事例に関する国際動向の解明

生態系と生物多様性の経済学（TEEB）、生物多様性及び生態系サービスに関する政府間プラットフォーム（IPBES）、EU 生物多様性戦略における生態系サービス評価（MEAS）等における生物多様性・生態系サービスに関する評価指標のサーベイを行う。さらに、世界におけるこれまでの IPM 取組内容、評価指標の適用

結果等を体系的に整理し、今後の IPM 推進方向を検討する。

- ・小課題 2：生物多様性に関する生物学的指標のサーベイ

農業生産が生物多様性に与える影響を評価するための国内研究プロジェクト、EU における IPM の研究プロジェクト (ENDURE, PURE) 等を対象とし、生物多様性に関する生物学的指標ならびに総合的指標等に関する網羅的なサーベイを行う。

2) 中課題 2：IPM の経済的効果を測る指標および評価手法の開発

中課題 1 において収集した国際的な生物多様性に関する知見や指標などを参考にしながら、国内での IPM に取り組む先進事例や地域を対象に調査・分析を行い、以下の作目ごとに IPM の直接・間接の経済的効果を測る指標および評価手法を開発する。

- ・小課題 1：水稲作における IPM の経済的効果を測る指標および評価手法の開発

水稲作を対象に、IPM に取り組む事例の経営調査を通して、IPM の直接・間接の経済的効果を測る指標および評価手法を開発する。

- ・小課題 2：野菜作における IPM の経済的効果を測る指標および評価手法の開発

野菜作（施設園芸）を対象に、IPM に取り組む事例の経営調査を通して、IPM の直接・間接の経済的効果を測る指標および評価手法を開発する。

- ・小課題 3：果樹作における IPM の経済的効果を測る指標および評価手法の開発

果樹作（リンゴ）を対象に、IPM に取り組む事例の経営調査を通して、IPM の直接・間接の経済的効果を測る指標および評価手法を開発する。

(2) 年次計画

項目	平成27年度	平成28年度	平成29年度
1. IPM 推進を意図した生物多様性評価指標の包括的サーベイ			
(1) 生物多様性の経済指標と IPM 取り組み事例に関する国際動向の解明	生物多様性・生態系サービスに関する評価指標のサーベイ (農環研・中央農研)		
(2) 生物多様性に関する生物学的指標のサーベイ	生物多様性に関する生物学的指標ならびに総合的指標等に関するサーベイ (農環研・中央農研)		
2. IPM の経済的効果を測る指標および評価手法の開発			
(1) 水稲作における IPM の経済的効果を測る指標および評価手法の開発	水稲作における IPM 取り組み事例の解析と評価指標および評価手法の検討 (中央農研)		
(2) 野菜作における IPM の経済的効果を測る指標および評価手法の開発	施設園芸における IPM 取り組み事例の解析と評価指標および評価手法の検討 (西日本農研・中央農研)		
(3) 果樹作における IPM の経済的効果を測る指標および評価手法の開発	リンゴ作における IPM 取り組み事例の解析と評価指標および評価手法の検討 (東北農研)		
所要経費 (合計)	6,054 千円	7,595 千円	6,683 千円

(3) 実施体制

項目	担当研究機関	研究担当者	エフォート (%)
研究総括者	中央農業研究センター	迫田 登稔 (27年4月～28年3月) 宮武 恭一 (28年4月～29年9月) 澤田 守 (29年10月～)	20
1. IPM 推進を意図した生物多 様性評価指標の包括的サーベ イ	農業環境変動研究 センター	○ 林 清忠	15
(1) 生物多様性の経済指標と IPM 取り組み事例に関する 国際動向の解明	農業環境変動研究 センター	△ 林 清忠	前出
(2) 生物多様性に関する生物学 的指標のサーベイ	農業環境変動研究 センター	△ 林 清忠	前出
	中央農業研究セン ター	大藤 泰雄 日本 典秀 (28年4月～)	5 5
2. IPM の経済的効果を測る指 標および評価手法の開発	中央農業研究セン ター	○ 迫田 登稔 (27年4月～28 年3月) 宮武 恭一 (28年4月～29 年9月) 澤田 守 (29年10月～)	前出
(1) 水稲作における IPM の経 済的効果を測る指標および 評価手法の開発	中央農業研究セン ター	△ 松本 浩一 澤田 守 宮武 恭一 (28年4月～29 年9月)	5 前出
(2) 野菜作における IPM の経 済的効果を測る指標および 評価手法の開発	中央農業研究セン ター	△ 佐藤 正衛 迫田 登稔 (27年4月～28 年3月)	5 前出
	西日本農業研究セ ンター	棚田 光雄 (27年4月～29 年3月)	5
(3) 果樹作における IPM の経 済的効果を測る指標および 評価手法の開発	東北農業研究セン ター	△ 長谷川 啓哉	10

研究担当者欄について、中課題担当者には○、小課題担当者には△を付すこと。

3 研究推進会議の開催状況

別紙の（１）のとおり

4 研究成果の概要

（１）主要な成果

ア 成果の内容（別紙の（２）参照）

（ア）IPM の経済的評価手法と評価指標の提示

IPM の経済的な影響評価に関して、稲作、施設園芸、リンゴを対象に経済的指標による評価法を提示した。直接的な経済性指標は、IPM 関係の資材費、労働費などによって構成され、また間接的な経済性指標は販売面の効果などによって構成される。具体的な評価事例にそって直接的、間接的評価指標を提示した。

（イ）IPM と生物多様性との関係の整理

IPM の評価指標の国際的動向と国内の実践事例調査をもとに、IPM の具体的な取組と生物多様性との関係、及び利用されている生物的指標を分析し、IPM による農業生産が提供するサービスと生態系サービスの関係を整理・提示した。

イ 成果の活用（別紙の（２）参照）

現時点での活用は、無し。

(2) 各研究課題の成果

ア 中課題 1 (IPM 推進を意図した生物多様性評価指標の包括的サーベイ) の研究成果

(ア) 工程管理及び成果目標

工程表
①生態系と生物多様性の経済学 (TEEB) 等の取組みを包括的に抽出し、生物多様性に関わる既往の経済指標等をリストアップする。また、世界におけるこれまでの IPM の取組み事例を網羅的に収集する (小課題 1 関連)。 農業生産が生物多様性に与える影響を評価するための国内外の既往のプロジェクトを網羅的に抽出し、作物保護の生物多様性に対する影響の評価指標に関する事例の一覧を作成する (小課題 2 関連)。(平成 27 年度)
↓
②前年度収集した評価指標を、IPM の評価における活用の可能性および理論的妥当性の見地から検討し、それぞれの特徴を整理する。また、IPM 取組み事例についても、評価指標に関する同様の視点から整理を行う (小課題 1 関連)。 前年度収集した国内外のプロジェクトにおける影響評価指標の利用実態やその IPM の評価における特性を整理する (小課題 2 関連)。(平成 28 年度)
↓
③前年度実施した経済性等に関わる評価指標の整理、ならびに IPM 取組み事例の整理を踏まえ、国内での IPM を評価する際に利用可能性が高いと見られる指標を選択する (小課題 1 関連)。 前年度整理した評価指標の中から利用特性の上で、我が国で IPM の評価指標の一つとしての利用可能性が高いと見られる指標を選択する (小課題 2 関連)。(平成 29 年度)
成果目標：生物多様性に関する評価指標を包括的にサーベイし、わが国の IPM 推進政策に資する基礎資料を提供する。

(イ) 各工程の進捗状況及び成果

【工程表①】

TEEB 等の取組みを包括的に抽出するため、関連団体の動向を調査した上で、生物多様性に関わる指標をリストアップした。また、世界におけるこれまでの IPM の取組み事例を、インターネット等の情報により網羅的に収集した (小課題 1 関連)。(平成 27 年度)

農業生産が生物多様性に与える影響を評価するため、既往成果を網羅的に抽出し、作物保護の生物多様性に対する影響の評価指標に関する事例の一覧を作成した (小課題 2 関連)。(平成 27 年度)

※小課題 1（平成 27 年度成果）

生態系と生物多様性の経済学（TEEB）等の取組みを包括的に抽出するため、関連研究分野における記述を参考にし、生物多様性に関する関連団体の動向を調査した（図 1）。ミレニアム生態系評価（MA）の後、経済的な視点からの評価に重点を置いたプロジェクトである TEEB の活動、IPCC の生物多様性バージョンといえる IPBES の設立に向けた動きおよびその活動が注目された。研究プロジェクトとしては、世界の主要な研究者が集まった DIVERSITAS の活動が重要であると判断された。

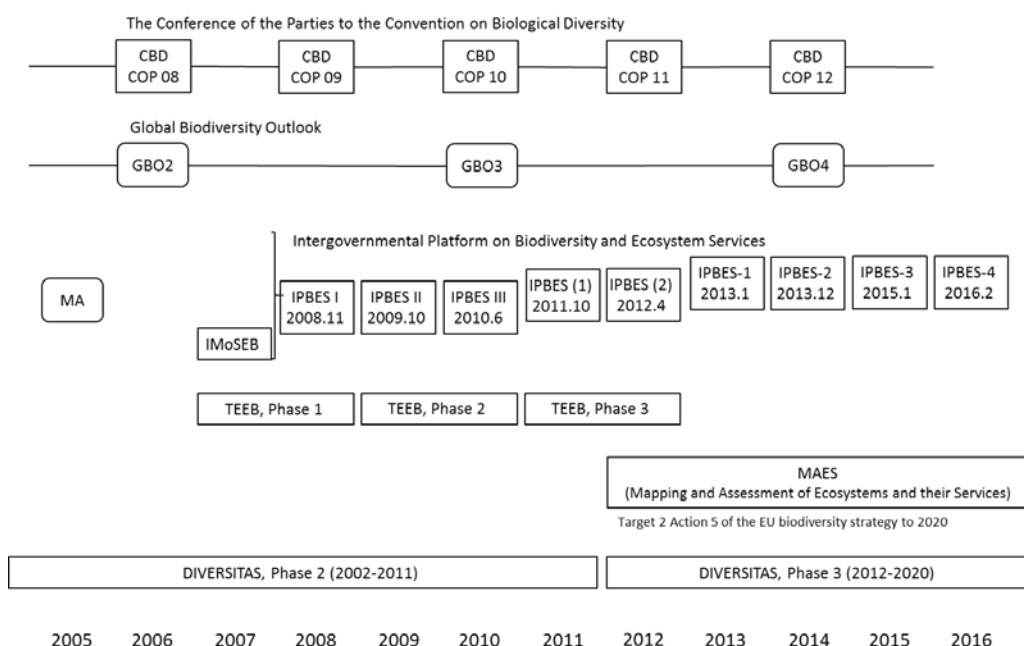


図 1 生物多様性に関連する組織の動向

Vadrot (2014) *The Politics of Knowledge and Global Biodiversity*, Routledge Fig. 4.1 を参考に作成。

TEEB における生物多様性・生態系サービスに関する測定手段（測度）と指標を整理した（表 1）。生物多様性の測定手段は、多様性、数量、状態、圧力の 4 つに類型化されている。また、取り上げられている生態系サービスは、供給サービス、調整サービス、文化的サービスの 3 つである。

さらに、生物多様性指標については、種多様性（ α 多様性：ある特定の環境における多様性）に関する検討を行い、3 つの類型があることが示された（図 2）。第 1 は、単純に種の数を示す指標である。第 2 は、種数と種の均等性を同時に考慮する指標であり、シャノン・ウィナー指数、シンプソン指数を含む。第 3 は、経済学視点から検討された（経済学のジャーナルで発表された）指標であり、ヴァイツマン指数を含む。

表1 TEEBにおける生物多様性および生態系サービスに関する測定手段・指標の一覧

大分類	類別	測定手段の例
生物多様性の測定手段と指標	多様性の測定手段	種の多様性、豊富さ（種数）、固有種 β多様性（異なった環境間での違い、種の入れ替わり） 系統学的多様性 遺伝的多様性 機能的多様性
	数量の測定手段	種や生態系の範囲と地理学的分布 発生源/個体群の大きさ バイオマス/一次純生産
	状態の測定手段	絶滅危惧種/生態系 レッドリスト指標 生態系の連結性/分断化（フラクタル次元、コアエリア指数、連結性、パッチ凝集性） 生態系の劣化 栄養十全性（海洋栄養十全性） 攪乱機構の変化（人為的影響による生態系の機能不全、野火の頻度や強度の変化） 個体群の健全さ/存在量の尺度（平均種存在量、生物多様性完全度指数、自然資本指数）
	圧力の測定手段	土地被覆の変化 気候変動 汚染と富栄養化（窒素水準評価） フットプリント指標（人類が収奪した一次純生産力、生きている地球指数、生態的負債） 利用水準（収穫、抽出） 外来侵入種
生態系サービスの測定手段と指標	供給サービスの測定手段	木材・燃料・繊維の生産 畜産 水産 野生生物の生産品 薬用植物の収穫
	調整サービスの測定手段	炭素隔離 水流調節と生産 大気の水質の調整 自然災害の調節 廃棄物処理 浸食の制御／土壌保全 病気の調整 受粉 遺伝的多様性の維持 病虫害防除
	文化的サービスの測定手段	レクリエーション目的での利用 ツーリズム（旅行者数、所得） 精神的価値 審美的価値

Kumar ed. (2010) The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations, Earthscan の Table 3.1 に基づいて作成。日本語訳は IGES 訳を修正。

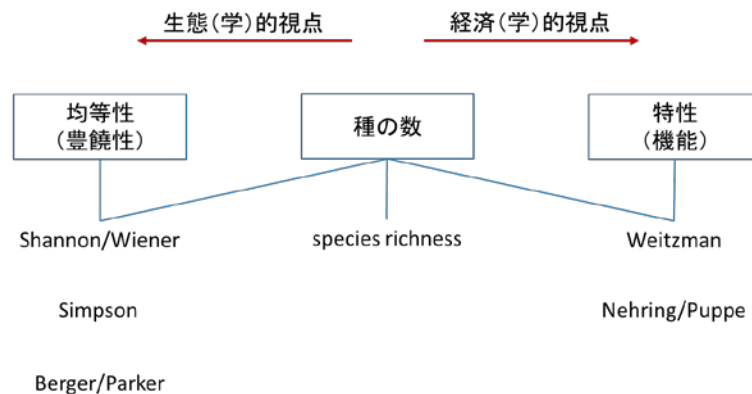


図2 生物多様性指標の種類

Baumgartner (2007) Why the measurement of species diversity requires prior value judgements, in Kontoleon et al. eds., *Biodiversity Economics*, Cambridge UP, Fig. 10.1 に基づいて作成。

生態系サービスに関しては、その議論は、Constanza et al. (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature* 387, 253–260 および Daily ed. (1997) *Nature's Services*, Island Press を嚆矢とすることが示された。ただし、MA（ミレニアム生態系評価）では、Constanza らの論文に対する激しい批判もあり、生態系サービスの価値（金銭評価）には、さほどの重要性を置いておらず、物質的狀態に重点を置いた記述となっていることが確認された。

また、世界における IPM の取組み事例を収集するため、OECD での活動、EU の研究プロジェクト等を調査した（図3）。IPM に関する OECD のワークショップは 1998 年 7 月に第 1 回が、2011 年の 10 月に第 2 回が開催されている。IPM の評価指標が議論されたのはニュージーランドで開催された 2012 年 11 月のセミナーである。IPM に関する EU のプロジェクトには、ENDURE（European Network for the Durable Exploitation of crop protection strategies）および PURE（Pesticide Use-and-risk Reduction in European farming systems with Integrated Pest Management）がある。2015 年からは、ヨーロッパと中国が関わる EUCLID（EU-China Lever for IPM Demonstration）が開始されている。2016 年からは、C-IPM（Coordinated IPM）が開始されることとなっている。また、インターネット上の関連情報（関連団体、関連文書）を検索することにより、団体リストを作成した（表2）。

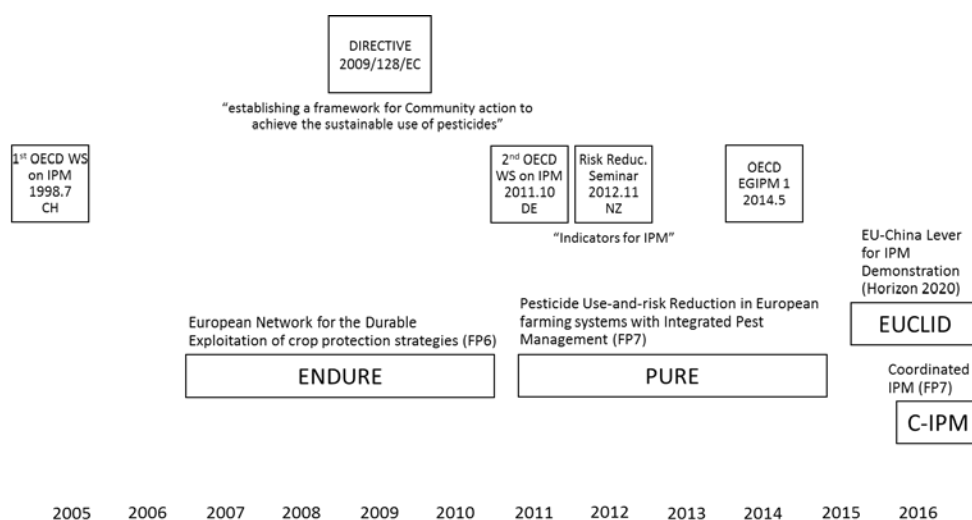


図3 IPMに関連する組織の動向

OECDの活動、EU研究プロジェクトに関する暫定的調査結果を記載。

表2 インターネットを用いた情報収集に基づくIPM関連団体の一覧

地域	団体
グローバル	FAO, OECD, IOBC (International Organisation for Biological and Integrated Control), CropLife International, CIP (International Potato Center), RSPO
ヨーロッパ	ENDURE, PURE, EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization)
北アメリカ	USDA (IPM center), USDA (NIFA, National Institute of Food and Agriculture), US EPA, IPM Institute of North America, University of California (UC IPM), University of Minnesota, Beyond Pesticides, GreenPro (National Pest Management Association), Agriculture and Agri-Food Canada, Green Shield Canada
その他	FAO (Reginal programme - South & Southeast Asia), FAO (Reginal programme - Near East), FAO (Reginal programme - West Africa)

※小課題2（平成27年度成果）

農業生産が生物多様性に与える影響を評価するため、まず、これまでの関連する研究について、Web of Science等を用いて動向を調査した（2015年11月22日現在、トピック検索、Core Collection、全範囲）。まず、IPM（“integrated pest management”）、生物多様性（“biodiversity” or “biological” and “diversity”）、生態系サービス（“ecosystem service”、単数形と複数形を対象）の間の関係をベン図として整理した（図4）。論文数から判断する限り、「IPM」に対しては、「生物多様性」の方が、「生態系サービス」より親和性が高いことが示された。また、IPMと生物多様性、IPMと生態系サービスの双方に関わる論文数は、近年増加傾向にあることが明らかとなった（図5）。さらに、IPMにおける生物多様性指標については、関連するレビュー論文（Ratnadass et al., 2012, Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: a review, Agronomy for Sustainable Development 32: 273-303）から判断すると、一般に種多様性（種数）が想定されていると考えられた。

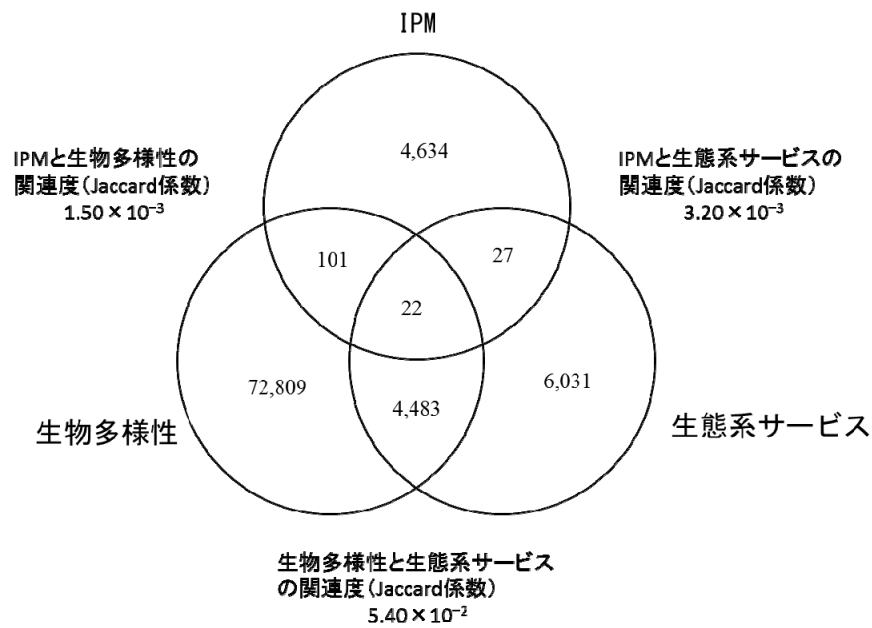


図4 論文数からみた IPM、生物多様性、生態系サービスの関係 (Web of Science)

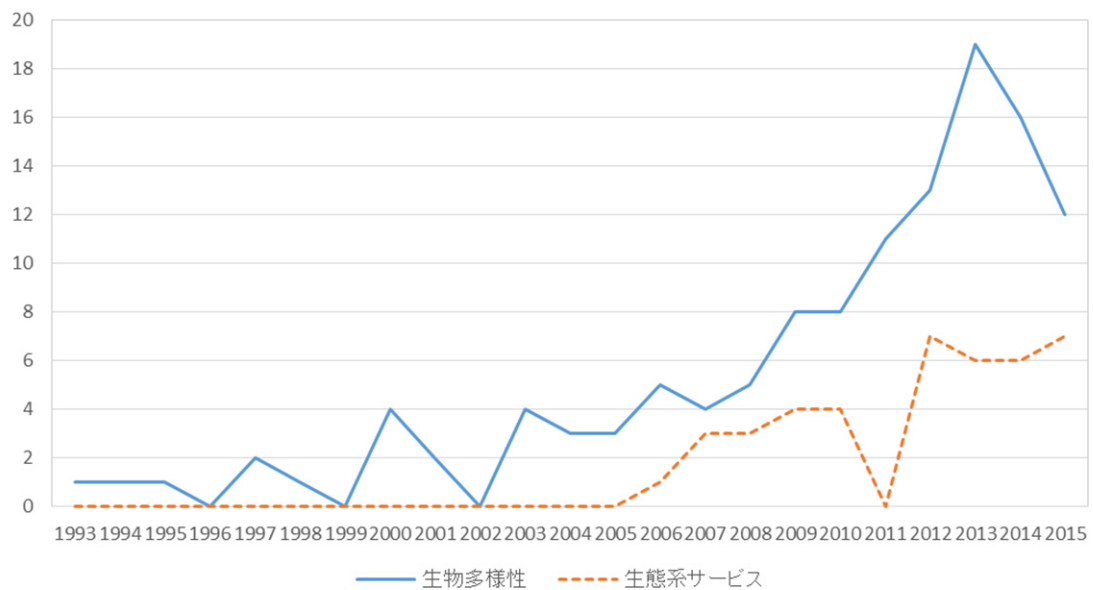


図5 IPM と生物多様性ならびに IPM と生態系サービスに関わる論文数の推移 (Web of Science)

次いで、作物保護・IPM と生物多様性の関係を整理した。作物保護の生物多様性に対する影響の評価指標に関する以下のプロジェクト等事例を取り上げ、IPM を推進する上で、どの様に生物多様性と IPM の概念を結びつけることができるのかについて、FAO による IPM

の定義の分析から開始し、以下にあげる OECD IPM-HUB、EFSA ERA、TEEB、等の基本的な関連プロジェクトの考え方を分析、ロジックを整理した。

- EFSA Journal (2016) (Draft: Guidance to define protection goals for environmental risk assessment (ERA) in relation to biodiversity and ecosystem services (ESs)
- FAO (2013)：農薬管理に関する実行の国際的コードー病虫害及び農薬管理策開発に係る手引き（付録 1，34-36）
- MEA Board (2005), Ecosystems and human well-being, Biodiversity synthesis, A report of the millennium ecosystem assessment
- OECD IPM HUB- TEMPLATE - Providing Summaries of IPM case studies to be uploaded on the website: OECD IPM HUB
- OPERA research center (2011) IPM seen from the perspective of Sustainable Use Directive Objectives -OPERA guidelines for implementation-
- Rudolf de Groot ら（2009）等 生態系と生物多様性の経済学：生態学と経済学の基礎 (TEEB D0～3)
- 農林水産省他（2012）農業に有用な生物多様性の指標生物 調査・評価マニュアルⅡ 資料

IPM を定義することが必要であるが、本研究では、国際的に広く採用されていることから FAO による IPM の定義を採用した。FAO によると、IPM は以下のように定義される：
“Integrated Pest Management (IPM) means the careful consideration of all available pest control techniques and subsequent integration of appropriate measures that discourage the development of pest populations and keep pesticides and other interventions to levels that are economically justified and reduce or minimize risks to human health and the environment. IPM emphasizes the growth of a healthy crop with the least possible disruption to agro-ecosystems and encourages natural pest control mechanisms.”

この中で、下線部は農業生産上の経済的評価に係る記述、斜体下線部分は生態系評価にかかる記述である。主に斜体下線部で示された内容から、IPM と生態系・生物多様性の関係としては、「ヒト・環境リスク低減」「農業生態系の保全」「天然の病虫害制御機能保全」に集約されていることがわかった。以降、この 3 点について、OECD の農薬ワーキンググループの IPM エキスパートグループ (EGIPM) および IPM-HUB、欧州食品安全委員会 (EFSA) の環境リスク評価 (ERA) のガイドライン策定、生態系と生物多様性の経済学 (TEEB)、という 3 つのプロジェクトの視点を取り入れて、整理した。

はじめに、EGIPM における活動の目的は、「1. 参加国間の IPM に関する情報交換と調整を円滑に進める」、「2. IPM の適用と遂行のための政策の開発と促進」、「3. IPM の採用とその影響の指標を開発する」、「4. 社会と食品流通者における IPM に関する注意喚起

を促す」、の4点であり、一方、IPM-HUBにおけるケーススタディーの調査項目として例示されているのは、「費用便益分析／経済的価値」、「作物保護または防除のアウトカム（有効性）」、「農薬リスク削減のインパクト（成績の指標、可能であれば）」、「IPM 適用促進に用いた取り組みの成功率」、「生産者の理解や習熟度の変化（取り込み）」、の4つである。これらからは、本研究課題の目的「生物多様性に関する評価指標の動向を自然科学・社会科学の両視点から世界レベルで把握するとともに、これまでの IPM 取組事例を網羅的に整理し、これらを踏まえた指標及び評価手法を確立することにより、OECD において提案する我が国の IPM 指標案の作成を支援し、実行可能な国際指標の確立に貢献する。」に直接関係するものは、「3. IPM の採用とその影響の指標を開発する」という点に関連して、「農薬リスク削減のインパクト（成績の指標、可能であれば）」に盛り込むべき指標を提案することであると考えられる。すなわち、IPM の採用における農薬リスク削減のインパクトの指標（成績の指標）を示すことが求められていると整理できる。

次いで、EFSA が、現在、パブリックコメントを公募している ERA に関するガイダンス（Guidance to define protection goals for environmental risk assessment in relation to biodiversity and ecosystem services (20YY)）の素案から、EU における農業の環境への影響評価の考え方を分析した。この中で、生物多様性・生態系に対するリスク要因（ストレス）として農薬を例示していることから、IPM-HUB における「農薬リスクの低減」と基本的な考え方は共有されている。このプロジェクトの目的を要約すると、「漠然としたものになりがちな生物多様性と環境の保全の目標を、法制度と施策による保護の具体的な目標として設定するための手引き（手順とその考え方の整理）」と整理できた。その目標設定のための3段階からなるフレームワークは、以下の通りである：

第1段階 生態系サービスの特定



第2段階 対象とする生態系サービスに関連して提供される「サービス提供単位（SPU; Luck 2003）」の特定



第3段階 生態系 SPU の段階・限定要素の詳細の提示：生態的独自性、保護されるべき属性、保護の時空間的尺度、受け入れ可能な効果の規模、が含まれる。

このフレームワークにおける生態系サービスの定義・類型はミレニアム環境評価（MEA、2005）にもとづく。また、SPU は、「個々の生態系サービスにおいてケースバイケースで決められるもの」としている。また、生物多様性は、「全ての生態系サービスに対する基盤を形成している」（Garbach et al., 2014）という立場をとる（図6）。つまり、「農薬リスク低減の影響を、特定された生態系サービスを介して、そのサービスに固有の指標（SPU）を設定し評価、生態系サービスを通じて生物多様性と関連付ける」という立場を取ってい

ることが明らかとなった。

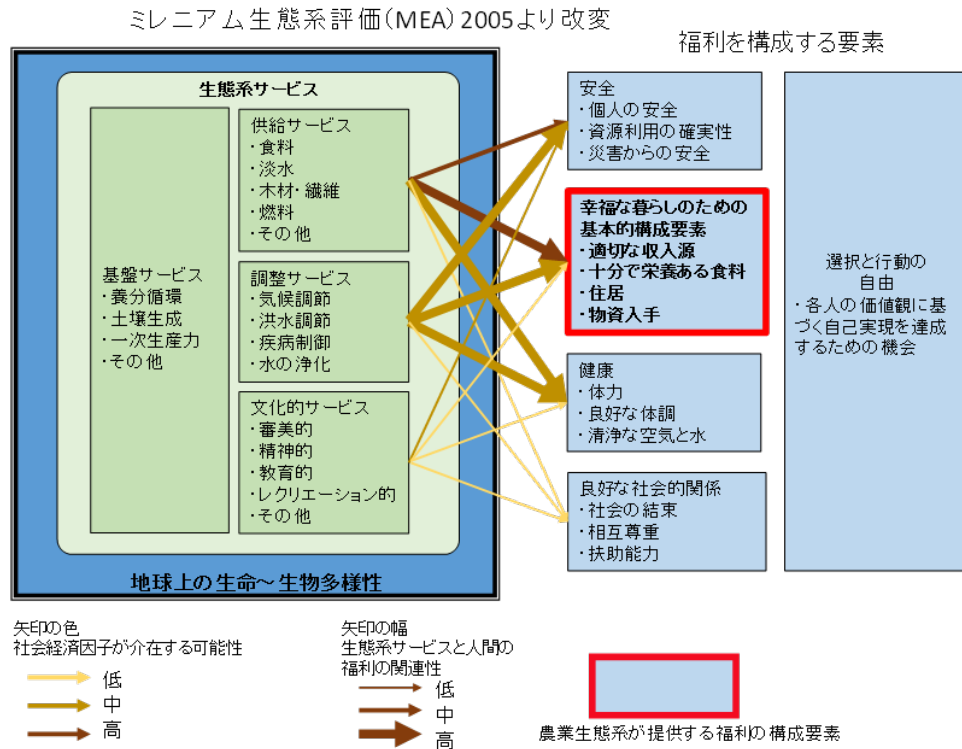


図6 生物多様性、生態系サービス、農業生態系の関係

次に、TEEB における生物多様性と生態系の影響評価の考え方について分析した。TEEB では、生態系の「機能」と「サービス」と「便益」を明確に区別したうえで、シナリオに基づく生態系サービスの経済的価値の可視化を行おうとするもので、「各種施策が生態系に及ぼす影響を、生態系サービスを媒体として（生態系の健全さと生命を支える機能、社会・文化的意義にも配慮しつつ）経済的価値として可視化する取り組み」といえる。IPM の推進を一つの施策としてみた場合に、「IPM の遂行が生態系に及ぼす影響を生態系サービスの経済的価値から評価する」ことが、TEEB の立場からの IPM の評価と考えることができる。

最後に、農水省委託プロジェクト研究「農業に有用な生物多様性の指標及び評価手法の開発」における生物多様性評価の指標決定の視点を解説する。このプロジェクト研究は、生物多様性条約等の国際的な枠組みへの対応を上位の背景として、「農林水産関連施策を効果的に推進するうえで生物多様性指標の開発が必要であることや、農林水産業が生物多様性に果たす役割を解明し、国民的・国際的な理解を深めることを推進すること」をアウトカムとしており、基本的に、上記の海外の事例と同じ枠組みの中での取り組みと言える。その目的は「環境保全型農業など生物多様性を重視した農業が、生物多様性の保全・向上に及ぼす効果を、科学的根拠に基づいて現場レベルで評価できるような指標生物とその評

価法を開発すること」(農業環境技術研究所、2011)とされている。結論として、農業生態系における環境保全型農業の生物多様性保全効果の指標として、主に開放系について、農業生態系を水田と果樹・野菜作に分けて、農業に有用な農業害虫の天敵となる昆虫類やクモ類などの捕食寄生者を選んでいる。指標を選定する作業においては、機能群に基づき、農業害虫の天敵を選ぶという判断基準が示されており、「害虫密度抑制効果という農業生産活動が受け取る生態系サービスを配慮しつつ、農業生態系と特定の環境保全型農業の多面的機能のひとつとして環境保全機能のポテンシャルを評価するための指標」ということになり、生態系・生物多様性の「機能」・「サービス」・「便益」という観点からは、農業生態系の機能の農業生態系内・外部への生態系サービスについての理解を深めること目的としている立場にあると考えられる。

以上の各種プロジェクトの視点を総合し、TEEB で示された生態系・生物多様性の「機能」「サービス」「便益」という視点で、IPM と生物多様性保全の関係を整理した(図7)。この枠組みでは、IPM の定義、EU の ERA における農業のリスク評価、あるいは OECD の ECIPM の観点とも矛盾無く、IPM の推進という施策と生態系・生物多様性との関係を整理する事が可能であり、現在国内で実施されている生物多様性評価指標に基づく環境保全型農業の効果の評価の立場も説明出来る。

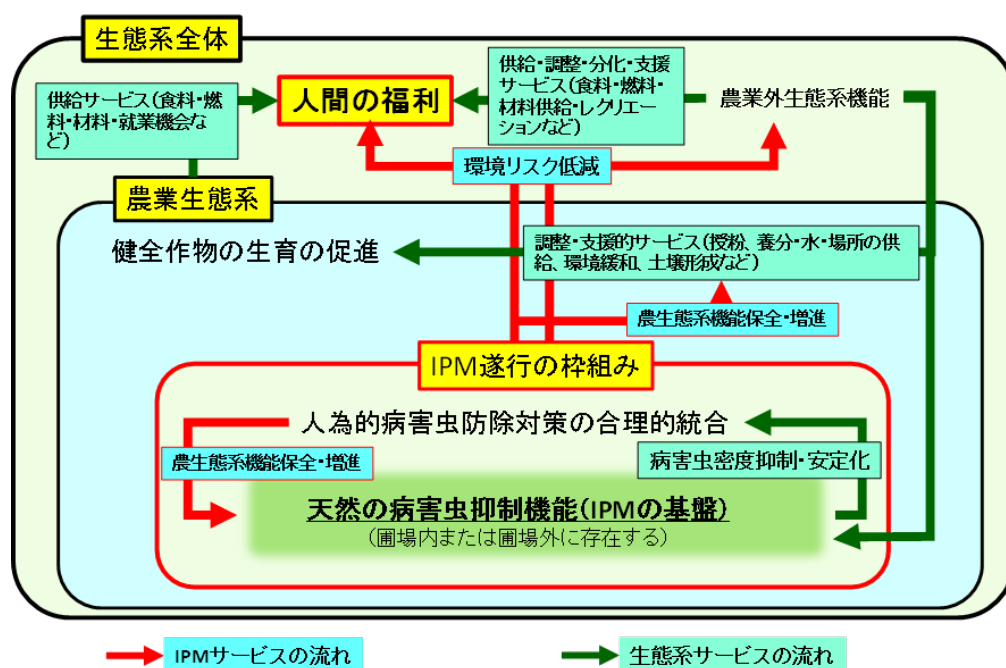


図7 IPMを開始点とする生態系サービスとIPM実践農業生産が提供するサービス(IPMサービス)との関係

さらに、IPM と生物多様性の指標に関する文献サーベイと解題を行った。ここでは、IPM と Biodiversity をキーワードとして Google と Google Scholar で、病害虫防除に関する

生物群毎に検索を試みた。昆虫に関するヒット数が群を抜いて多く、病害に関係する糸状菌、あるいは、土壌の性質や有機物分解等にも関係する微生物、脊椎動物と関連するものは少なかった（表 3）。それらの中から、生物多様性の指標とその分析を行った事例について、異なった生物群を対象とした論文が含まれるように選んだ結果を以下に示す。

- (1) Agrivita Volume 33 No. 2 June-2011 ISSN : 0126-0537
Bodiversity of soil fungi on integrated pest management farming system
Anton Muhibuddin, Lu'aali Addina, Abdul Latief Abadi and Atho'illah Ahmad
- (2) Agricultural and Forest Entomology (2016), 18, 11–21
Relationships between management practices and ground-active invertebrate biodiversity in New Zealand kiwifruit orchards
Jacqui H. Todd, Louise A. Malone, Jayson Bengé, Joanne Poulton, Emma I. Barraclough and Mark W. Wohlers
- (3) Agriculture, Ecosystems and Environment 141 (2011) 32–38
Invertebrate community richness in New Zealand kiwifruit orchards under organic or integrated pest management
Jacqui H. Todda, Louise A. Malonea, Brian H. McArdleb, Jayson Bengec, Joanne Poultona, Stephen Thorped, Jacqueline R. Beggsd
- (4) Journal of Rural Studies 27 (2011) 209-219
Transition pathways towards a robust ecologization of agriculture and the need for system redesign. Cases from organic farming and IPM
Claire Lamine
- (5) Agronomy for Sustainable Development 30 (2010) 139–152
Biodiversity and pest management in orchard systems. A review
Sylvaine Simon, Jean-Charles Bouvier, Jean-François Debras, Benoît Sauphanor
- (6) Sustainability 2011, 3, 238-253; doi:10.3390/su3010238
Agricultural biodiversity is essential for a sustainable improvement in food and nutrition security
Emile A. Frison , Jeremy Cherfas and Toby Hodgkin
- (7) Integrated Pest Management Reviews 5: 175–183, 2000.
Integrated biodiversity management in paddy fields: shift of paradigm from IPM toward IBM
Keizi Kiritani
- (8) Geophysical Research Abstracts Vol. 16, EGU2014-12224, 2014 EGU General Assembly 2014
Evaluation of different agronomic managements on rice mesofauna: a case study in Piedmont (North Italy)
Silvia Landi, Giada d'Errico, Elena Gagnarli, Gian Paolo Barzanti, Annarita Cito, Rossella

表 3 検索エンジンを用いた文献・インターネット上の情報のサーベイ

検索語	検索結果件数	
	Google	Google Scholar
insects IPM biodiversity	23600000	10800
microorganisms IPM biodiversity	79600	4700
fungi IPM biodiversity	81100	5560
vertebrate IPM biodiversity	66100	1840
pathogen IPM biodiversity	127000	5860
plant IPM biodiversity	271000	13700

【工程表②】

IPM における活用可能性の視点から、生物多様性・生態系サービスに関する指標の検討を開始した（小課題 1 関連）。（平成 28 年度）

前年度収集した国内外のプロジェクトのうち、FAO のプロジェクトについて、影響評価指標の利用実態の調査に着手し、IPM の評価における特性を整理した（小課題 2 関連）。（平成 28 年度）

※小課題 1（平成 28 年度成果）

【評価指標の検討】

生物多様性指標を含む IPM の評価指標を、その活用の可能性および理論的妥当性の見地から検討した。検討の際に用いたフレームワークは図 8 の通りである。「評価の視点 1」は、昨年度の検討、関連する研究領域での最近の動向（Sukhdev, May and Müller, 2016; Bennet, 2017）等を踏まえ設定した。すなわち、近年の生態系サービスへのシフトを考慮した検討を行うためのものである。「評価の視点 2」は、ヨーロッパでの IPM 研究プロジェクトである ENDURE における評価手法の研究成果、OECD が 2012 年に実施したワークショップにおける評価指標（表 4）が持続可能性評価指標と同等であると考えられること等により設定した。OECD の IPM のインパクト評価指標は、本プロジェクトとも直接関わるものである。（「評価の視点 3」は GAP 等においては重要であると考えられるが、本検討では対象外とする。）なお、図における「適用 1」については GAP 等を説明する箇所で、「適用 2」については FAO の取組を検討する箇所で言及する。

以上に基づき、IPM の評価と関わる文献における各種指標の出現頻度を求めることにより、評価指標の適用状況等を検討した。対象とした文献は、昨年度実施した文献検索結果

(図4) 等の情報に基づき選択した(表5)。OECDの指標については別格扱いとしたが、記述のように、インプットの指標とアウトプットの指標の混在、指標の概念上の重複等に対応することにより、持続可能性指標として精錬化が可能であると考えられる。指標の比較検討にあたっては、持続可能性評価の視点から、環境、経済、社会それぞれに関する指標の出現頻度を調査するとともに、生態系サービス評価の視点からの文献の検討を行った。

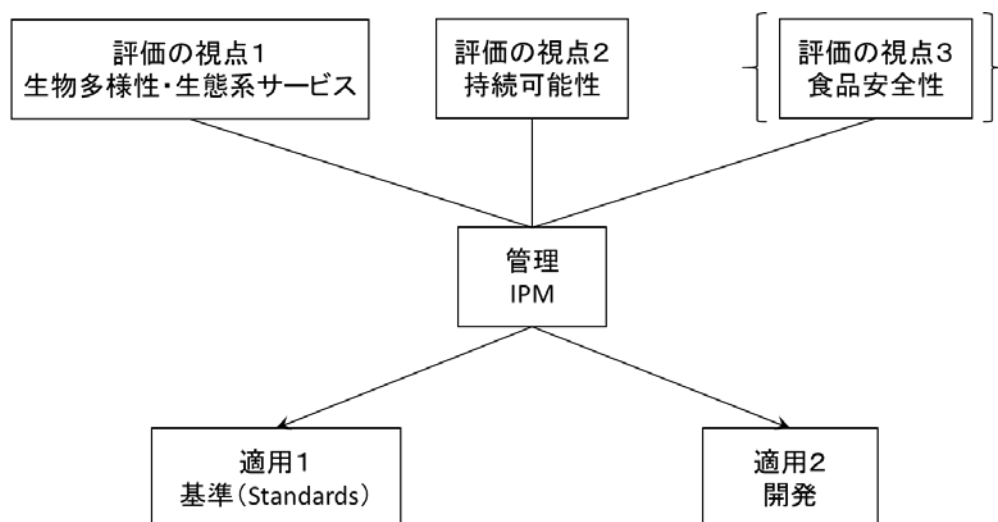


図8 指標検討に用いたフレームワーク

表4 IPMのインパクト指標(OECD, 2014)

グループ	指標名	単位
Farming, pesticides, and risk impacts	Pesticides risk indicators	N/A
	Fertiliser use	kg/ha
	Pesticide use	kg/ha
	Avoided risk due to IPM	%
	Yield	tons, kg/ha
	Yield increase	%
	Damages caused by pests and diseases	N/A
	Use of low-risk pesticides	kg
	Purchases of precision application technology	\$
	Pesticide residue levels (in food, in surface/ground water, etc.)	mg/kg, ppm
	Changes in farmers' attitude/practices	% rational decisions as decisions backed by observation and data
	Improvement of farmers' knowledge and skills (increased human capacity)	Number of field experiments, advice giving, management scores
Environmental impacts	Environmental Impact Quotient (EIQ)	1-5
	Environmental indicator models	N/A
	Harvest damage	%

	Chemical insecticide residue	ppm
	Increase in environmental stability	N/A
	Number of pests/natural enemies	Number of pests
	Observed biodiversity	Number of species
Health impacts	Environmental Impact Quotient (EIQ)	1–5
	Pesticide-related lost work days	Days/year
	Pesticide-related health expenditures	\$/year
	Customer/community health impact	poisoning cases, workdays lost
Economic impacts	Employment Creation/Destruction	Number of jobs, % unemployment rate
	Seed Cost	\$/ha
	Fertiliser Cost	\$/ha
	Cost of Pesticide Use	\$/ha
	Profit Margin	\$/ha
	Price of Agricultural Inputs	\$
	IPM Certification Adoption	Number growers, % growers
	Value of Ecosystem Services	\$
	Farmer's improved income	\$/farmer
	Government cost/benefit assessment	\$
Social impacts	Communication Among Farmers (Advice Giving Frequency)	Frequency of advice giving per time period
	Impact on Management Skills	Frequency of experimentation, observation, and record keeping
	Level of public awareness about IPM	N/A
	Public attitude towards farmers adopting IPM	N/A

表 5 指標検討に用いた文献

	文献	備考
1	An, E.B., Begg, G.S. & Squire, G.R. 2011. How agro-ecological research helps to address food security issues under new IPM and pesticide reduction policies for global crop production systems. <i>Journal of Experimental Botany</i> , 62, 3251-61.	
2	Anton, A., Castells, F., Montero, J.I. & Huijbregts, M. 2004. Comparison of toxicological impacts of integrated and chemical pest management in Mediterranean greenhouses. <i>Chemosphere</i> , 54, 1225-35.	
3	Dantsis, T., Douma, C., Giourga, C., Loumou, A. & Polychronaki, E.A. 2010. A methodological approach to assess and compare the sustainability level of agricultural plant production systems. <i>Ecological Indicators</i> , 10, 256-263.	
4	Deacon, S., Alix, A., Knowles, S., Wheeler, J., Tescari, E., Alvarez, L., Nicolette, J., Rockel, M., Burston, P. & Quadri, G. 2016. Integrating ecosystem services into crop protection and pest management: Case study	TEEB の枠組みで IPM を評価した論文

	with the soil fumigant 1,3-dichloropropene and its use in tomato production in Italy. <i>Integr Environ Assess Manag</i> , 12, 801-10	
5	Landis, D.A., Gardiner, M.M., van der Werf, W. & Swinton, S.M. 2008. Increasing corn for biofuel production reduces biocontrol services in agricultural landscapes. <i>Proc Natl Acad Sci U S A</i> , 105, 20552-7.	
6	Lichtfouse, E., Navarrete, M., Debaeke, P., Souchère, V., Alberola, C. & Ménassieu, J. 2009. <i>Agronomy for Sustainable Agriculture: A Review</i> . 1-7.	
7	Mazzia, C., Pasquet, A., Caro, G., Thenard, J., Cornic, J.F., Hedde, M. & Capowiez, Y. 2015. The impact of management strategies in apple orchards on the structural and functional diversity of epigeal spiders. <i>Ecotoxicology</i> , 24, 616-25.	
8	Mouron, P., Calabrese, C., Breitenmoser, S., Spycher, S. & Baur, R. 2016. Sustainability Assessment of Plant Protection Strategies in Swiss Winter Wheat and Potato Production. <i>Agriculture</i> , 6, 3.	ENDURE の成果
9	Mouron, P., Heijne, B., Naef, A., Strassemeyer, J., Hayer, F., Avilla, J., Alaphilippe, A., Höhn, H., Hernandez, J., Mack, G., Gaillard, G., Solé, J., Sauphanor, B., Patocchi, A., Samietz, J., Bravin, E., Lavigne, C., Bohanec, M., Golla, B., Scheer, C., Aubert, U. & Bigler, F. 2012. Sustainability assessment of crop protection systems: SustainOS methodology and its application for apple orchards. <i>Agricultural Systems</i> , 113, 1-15.	ENDURE の成果
10	Pelzer, E., Fortino, G., Bockstaller, C., Angevin, F., Lamine, C., Moonen, C., Vasileiadis, V., Guérin, D., Guichard, L., Reau, R. & Messéan, A. 2012. Assessing innovative cropping systems with DEXiPM, a qualitative multi-criteria assessment tool derived from DEXi. <i>Ecological Indicators</i> , 18, 171-182.	
11	Pretty, J. & Bharucha, Z.P. 2015. Integrated Pest Management for Sustainable Intensification of Agriculture in Asia and Africa. <i>Insects</i> , 6, 152-82.	
12	Ratnadass, A., Fernandes, P., Avelino, J. & Habib, R. 2011. Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: a review. <i>Agronomy for Sustainable Development</i> , 32, 273-303.	
13	Taylor, D., Mohamed, Z., Shamsudin, M., Mohayidin, M. & Chiew, E. 1993. Creating a farmer sustainability index: A Malaysian case study. <i>American Journal of Alternative Agriculture</i> , 8.	
14	Thivierge, M.-N., Parent, D., Bélanger, V., Angers, D.A., Allard, G., Pellerin, D. & Vanasse, A. 2014. Environmental sustainability indicators for cash-crop farms in Quebec, Canada: A participatory approach. <i>Ecological Indicators</i> , 45, 677-686.	
15	Tixier, P., Peyrard, N., Aubertot, J.-N., Gaba, S., Radoszycki, J., Caron-Lormier, G., Vinatier, F., Mollot, G. & Sabbadin, R. 2013. Modelling Interaction Networks for Enhanced Ecosystem Services in Agroecosystems. <i>Advances in Ecological Research</i> , 49, 437-480.	
16	van der Werf, H.M.G. & Petit, J. 2002. Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: a comparison and analysis of 12 indicator-based methods. <i>Agriculture, Ecosystems & Environment</i> , 93, 131-145.	
17	Zhang, W., Ricketts, T.H., Kremen, C., Carney, K. & Swinton, S.M. 2007. Ecosystem services and dis-services to agriculture. <i>Ecological Economics</i> , 64, 253-260.	

持続可能性（環境） 対象とした論文で用いられている評価指標と LCA における影響領域の対応付けを行い、その出現頻度をカウントした（図 9）。影響領域としては、ヨーロッパにおける環境フットプリントと整合的な ILCD（the International Reference Life Cycle Data System）のミッドポイントの領域を用いた。ただし、ILCD の影響領域には生物多様性が含まれないため、生物多様性に関する結果を追加した。結果から、気候変動の出現頻度が相対的に高くないこと、毒性、資源消費等の出現頻度が高いこと等の傾向が示された。これは、IPM を評価する際には、後者（毒性、資源消費等）に注目することが多いことを示していると考えられる。

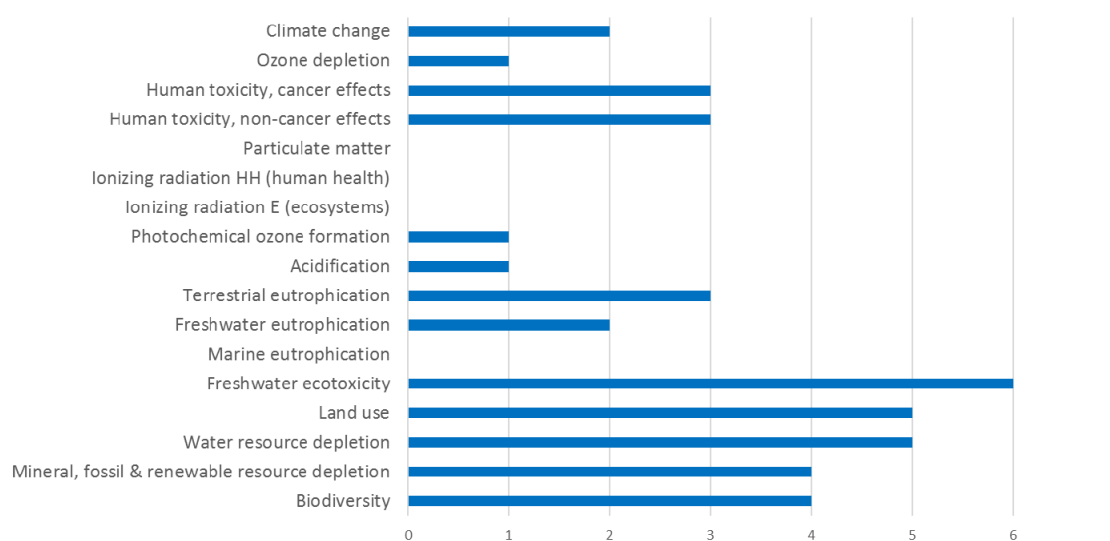


図 9 環境影響領域ごとの指標の出現頻度（論文数）

持続可能性（経済） 経済的な側面については、「新たな農業経営指標」との対応付けを行うことにより、評価指標の検討を行った（図 10）。総費用、自己資本比率、農業所得、土地および労働生産性の頻度が高いが、総じて出現頻度は分散傾向にあることが示された。

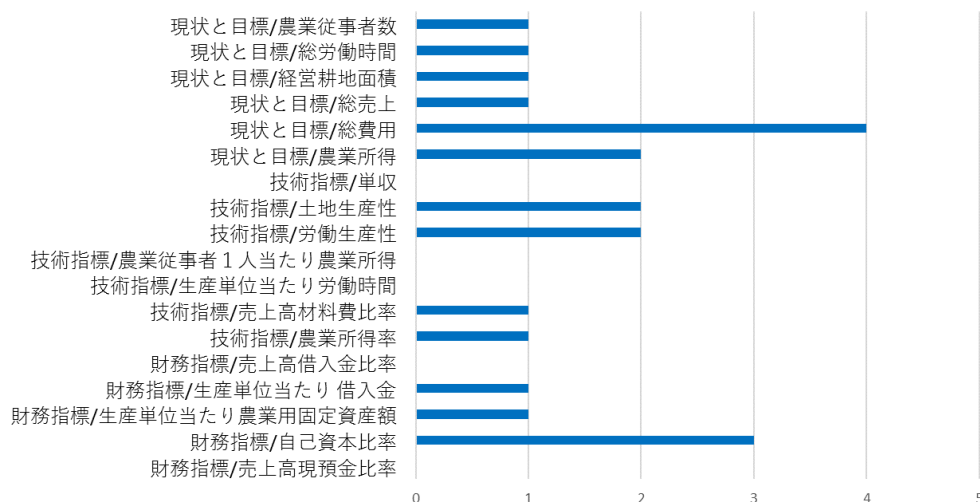


図 10 経済的側面に関する指標ごとの出現頻度（論文数）

持続可能性（社会） 社会的な影響を評価する指標としては、Social Hotspot Database の 22 カテゴリーを用いた（図 11）。社会的指標を扱っている論文数は少ないが、労働環境に関わる指標に言及されている事例が相対的に多いことが示された。

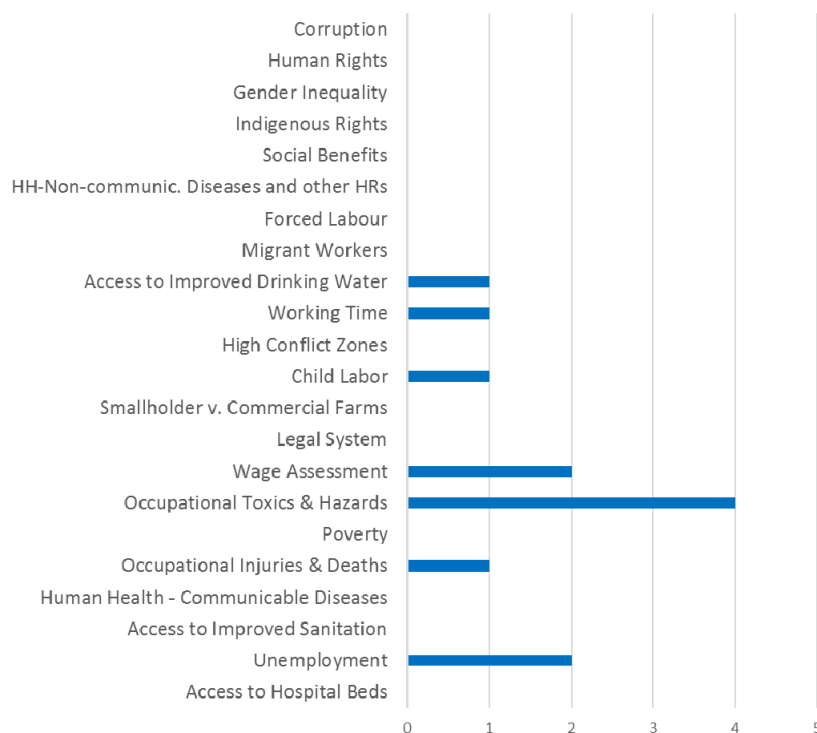


図 11 社会的側面に関する指標ごとの出現頻度（論文数）

生態系サービス 生態系サービスについては、CICES (the Common International Classification of Ecosystem Services) version 4.3 におけるグループまでの分類を使用した (表 6)。ただし、TEEB の枠組みを用いて分析した Deacon et al. (2016)は除外した。該当数は必ずしも多くないが、現状では、網羅的というよりは、水あるいは土壌に関わる生態系サービス、病虫害制御サービスに偏ったものとなっている。

表 6 生態系サービスに関する指標 (グループ) ごとの出現頻度 (論文数)

Section	Division	Group	Count
<i>This column lists the three main categories of ecosystem services</i>	<i>This column divides section categories into main types of output or process.</i>	<i>The group level splits division categories by biological, physical or cultural type or process.</i>	
Provisioning	Nutrition	Biomass	0
		Water	0
	Materials	Biomass	0
		Water	5
	Energy	Biomass-based energy sources	0
		Mechanical energy	0
Regulation & Maintenance	Mediation of waste, toxics and other nuisances	Mediation by biota	0
		Mediation by ecosystems	0
	Mediation of flows	Mass flows	2
		Liquid flows	0
		Gaseous / air flows	1
	Maintenance of physical, chemical, biological conditions	Lifecycle maintenance, habitat and gene pool protection	0
		Pest and disease control	2
		Soil formation and composition	4
		Water conditions	3
		Atmospheric composition and climate regulation	1
Cultural	Physical and intellectual interactions with biota, ecosystems, and land-/seascapes [environmental settings]	Physical and experiential interactions	1
		Intellectual and representative interactions	0
	Spiritual, symbolic and other interactions with biota, ecosystems, and land-/seascapes [environmental settings]	Spiritual and/or emblematic	0
		Other cultural outputs	0

持続可能性と生態系サービスの関係 上記傾向は、結果として、持続可能性と生態系サービスを整合的に把握することに伴う困難を示していると考えられる。現在、持続可能性と生態系サービスを統合的に把握しようとする試みはあるが（Othoniel et al., 2016）、体系的な評価指標を構築する上で重要な視点であると考えられた。

評価指標の妥当性 以上の検討を踏まえ、評価属性が備えるべき性質に関する議論（Keeney, 2007）を参考としつつ、妥当な評価指標が備えるべき性質を考察した。①明瞭性（IPM 実施の結果と評価指標の値の間に明確な関係があること）、②網羅性（IPM 実施が与えるであろう影響を網羅的にカバーすること）、③直接性（評価指標の値が、IPM 実施の目的を直接的に示すものであること）、④操作性、⑤理解可能性が指標の備えるべき性質（メタ指標）であると考えられた。

【取組事例の検討】

取組事例の検討に当たり、IPM に言及している基準（standard）の調査を行った（表 7）。ほとんどの基準において IPM への言及があり、例えば、GlobalG.A.P.では、IPM を生産に取り入れるための方法を述べたツールキットが、総合農場認証の中に用意されている（GlobalG.A.P., 2016）。UTZ においても、IPM を実施するための文書が用意されている。

表 7 IPM に言及している基準（standard）の例

基準（standard）	GFSI ¹⁾	ISEAL ²⁾
GlobalG.A.P.	✓	
JGAP		
ChinaGAP		
CanadaGAP	✓	
SQF	✓	
PrimsGFS	✓	
RSPO		✓
FAIRTRADE		✓
Rainforest Alliance		✓
UTZ		✓
LEAF		✓
FSC		✓

1) Global Food Safety Initiative

2) International Social and Environmental Accreditation and Labelling Alliance

また、評価指標の利用状況に関する知見を得るため、国内大手流通業者等を訪問した。GAP マニュアルの中で IPM が重要な柱として説明されていること、農薬メーカーから講師

を招き、IPM に関する勉強会を開催していること、GAP に関しては外部からの講演依頼等に対応していることが示された。GAP は小売段階における商品差別化を狙ったものというよりは、仕入担当者へ PR するものという認識が得られ、欧州環境フットプリント等における環境情報開示とは異なった方向を目指したものであることが示唆された。IPM の評価指標を検討する際に留意すべき視点であると考えられた。

<参考文献>

- Sukhdev, P., May, P. & Müller, A. Fix food metrics. *Nature* 540, 33 (2016).
- Bennett, E. Changing the agriculture and environment conversation. *Nature Ecology & Evolution* 1, 0018 (2017).
- OECD. Report of the OECD Seminar on Indicators for Integrated Pest Management, (2014)
- Othoniel, B., Rugani, B., Heijungs, R., Benetto, E. & Withagen, C. Assessment of life cycle impacts on ecosystem services: promise, problems, and prospects. *Environmental Science & Technology* 50, 1077–1092 (2016).
- Keeney, R.L. Developing objectives and attributes. In Edwards, W., Miles, Jr., R.F. & von Winterfeldt, D. *Advances in Decision Analysis*, Cambridge University Press, (2007)
- GlobalG.A.P. 総合農場認証、全農場基本－農作物基本－コンバイン作物、管理点と適合基準, (2016).
- UTZ, UTZ Guidance Document, Pest Management and Pesticide Handling, (2016)

※小課題 2（平成 28 年度成果）

前年度収集した国内外のプロジェクトのうち、FAO のプロジェクトについて、影響評価指標の利用実態やその IPM の評価における特性を整理する作業の一環として、対象とするテーマ、IPM 実践方法について、項目別に出現頻度（46 件中）を求めた（図 12、図 13）。

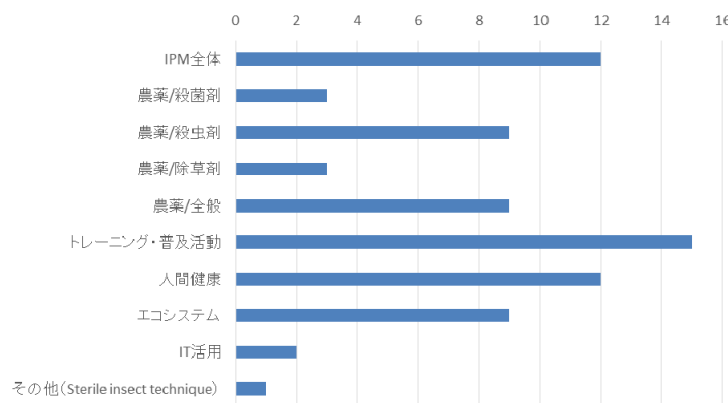


図 12 FAO プロジェクト（46 事例）中のテーマ

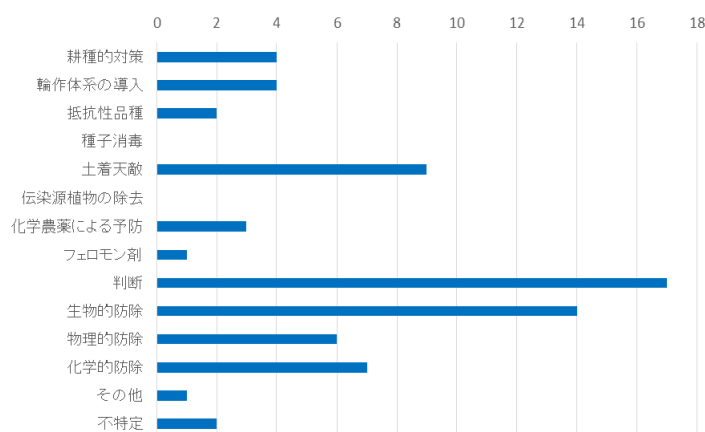


図 13 FAO プロジェクト（46 事例）中の IPM 実践方法

FAO の事例は、図 8 に示したように、IPM を開発の分野に適用したものであり、国内の事例とは状況が異なると考えられるが、図 12 における「トレーニング・普及活動」および図 13 における「判断」の箇所は、ソフト面に関する評価指標の必要性を示唆していると考えられた。

さらに、28 年度は、実際の国内での先進的な IPM の取り組み事例を聞き取り調査し、27 年度に収集し分析した OECD IPM-HUB、EFSA ERA、TEEB、農水省委託プロジェクト研究等の国内外のプロジェクトにおける影響評価指標の枠組み（上記図 7）の中の IPM を開始点とする生態系サービスと IPM 実践農業生産が提供するサービス（IPM サービス）の中で、どのような IPM サービスが提供されているか、どのような指標が設定されているか、

また、その IPM 実践における生物多様性への意識の度合いについて推定した。

A 県のナスについて 2 地域、C 県の茶について 2 地域を、それぞれ、施設園芸、露地栽培の先進的 IPM 実践事例として取り上げ、現地の聞き取り調査により、IPM の実践内容、IPM サービスの種類、生物多様性への考慮を推定した。以下にその取りまとめ結果を記す。

1) A 県施設ナス栽培聞き取り調査結果

地域 1 : A 県 A 地域

対象作物 : ナス、米ナス、ピーマン、シシトウ : (雨よけ夏秋栽培)

主要な病害虫 : ホコリダニ類、コナジラミ類、ハダニ類、ミナミキイロアザミウマ、ヒラズハナアザミウマ、アブラムシ類

IPM 導入の動機

害虫の薬剤抵抗性獲得、マイナー作物 (シシトウなど) での薬剤の登録が不足、に対する解決オプションとして天敵製剤の導入を開始、後に土着天敵利用へ拡大。

IPM において利用している技術コンポーネント :

- ・天敵製剤 (コレマンアブラバチ、スワルスキーカブリダニ、タイリクヒメハナカメムシ、ナミテントウなど、天敵利用の 7 割)
- ・土着天敵 (タバコカスミカメ、クロヒョウタンカスミカメ、テントウムシ類など、天敵利用の 3 割、購入天敵との重複有り) およびバンカー植物 (ゴマ、ソルガム、コムギ、オオムギ、エンバク、クレオメ、カボチャ)
- ・微生物殺菌剤、フェロモン剤 (コンフューザー)、微生物殺虫剤 (BT 剤)
- ・物理的防除資材 (防虫ネット、循環扇、硫黄燻蒸機、畦上マルチ、紫外線カットフィルム)
- ・天敵温存ハウス (土着天敵を温存するための施設を協働で管理)
- ・他地域との天敵のリレー利用 (夏秋栽培地域と冬春栽培地域の間での土着天敵のやり取り) による土着天敵個体群の安定確保
- ・作物毎の防除カレンダー (天敵の温存・維持作業を含む) による管理の総合化
- ・天敵リレー (山間高冷地と平地の産地間で気候の違いを利用) 現在は個人ベースで。

IPM 実践において利用している指標・評価項目等

- ・収量等指標 : 品質と収量は集計している
- ・病害虫の被害・農薬の残留等 : 無し
- ・生物多様性の指標 : 施設内の害虫の種類と発生度合い、天敵の種類と発生度合いについて、概観的な観察を行っている。
- ・その他指標 : ISO14001 に準拠した環境保全に関するチェック、および、GAP のための生産履歴記録。

IPM の取り組みの根拠としている情報 :

JA 園芸部・普及センターを中心とした活動を通じた情報提供

・ISO14001 に基づいた「A 版 ISO」（GAP を含む）の取り組みを JA の園芸部 ISO 部会で推進、新規部会員への勉強会、生産現場の環境点検、出荷場での環境点検、緊急事態対応訓練、チェックシートによる点検活動。

・JA 園芸部 IPM 研究会を通じた土着天敵利用活用推進（リレー利用ほか）

・JA 園芸部による啓発 PR 活動：小学校への出前授業の開催

生態系サービスに対する意識

・意識の有無：有り

・意識のレベル：中（具体的指標による定性的評価）

具体的な意識の中身： IPM の枠組み内での天敵の温存、授粉昆虫に対する農薬リスク低減、圃場周囲の植生管理の認識など、IPM の枠内での生態系サービスの保全のための IPM 実践によるサービスを意識して取り組んでいる。特に施設内及びその周辺植生における天敵の種類の把握は熱心に取り組んでいる。一方で、高次捕食者や地表徘徊性昆虫等への具体的な言及はない。

具体的な利得・サービス

IPM 実践が提供するサービスの種類

人へのサービス：作業者の労力と被曝の軽減、

その他：天敵利用における環境への知的関心から農作業へのモチベーション向上へのリンク、

IPM の枠外の生態系（農生態系、自然生態系）へのサービス：具体的な関心として調査対象としておらず抽象的に認識。

地域 2：A 県 A 農業振興センター管内（A 県東部沿岸）

対象作物：ナス

主要な病害虫：ホコリダニ類、コナジラミ類、ハダニ類、ミナミキイロアザミウマ、ヒラズハナアザミウマ、アブラムシ類、

IPM 導入の動機

害虫の薬剤抵抗性発達による防除オプションの喪失、農薬散布コスト（薬剤費・労働費・労働負荷）の上昇に対する危機感。平成 10 年頃から取組本格化、平成 17 年以降は導入天敵から土着天敵へ技術的に拡大。

IPM において利用している主な技術コンポーネント：

・天敵製剤（イサエアヒメコバチ、ハモグリマユコバチ、ミヤコカブリダニ、チリカブリダニ、オンシツツヤコバチ、スワルスキーカブリダニ、ククメリスカブリダニ）

・土着天敵（クロヒョウタンカスミカメ、ヒメカメノコテントウ、タバコカスミカメ）およびバンカー植物（ゴマ、ソルガム、コムギ、オオムギ、エンバク、クレオメ、カボチャ）

・物理的防除資材（防虫ネット、循環扇、畦上マルチ、黄色防蛾灯）

・天敵温存ハウス（土着天敵を繁殖させるために部会内部にグループを形成し、施設・天

敵を共同で管理)

- ・他地域との天敵のリレー利用（夏秋栽培地域と秋冬栽培地域の間での土着天敵のやり取り）による土着天敵個体群の安定確保
- ・天敵に影響が少ない化学農薬
- ・GAP チェックシート
- ・作物毎の防除カレンダー（天敵の温存・維持作業を含む）による管理の総合化

課題

土着天敵の維持が難しくなっている集落・農家が出てきており、価格が高くても購入天敵製剤に頼らざるを得ない例も増えつつある。

IPM 実践において利用している指標・評価項目等

認定制度

概要：農薬使用基準遵守と天敵・授粉ハチや環境に影響が少ない農薬の使用、防虫ネット、害虫防除への天敵の利用、ハチによる交配、栽培管理記録作成・保管(3年間)

IPM の取り組みの根拠としている情報：

詳細な防除暦に基づく普及員を通じた啓蒙活動のほか、天敵温存ハウスの協働管理を通じたコミュニティが存在、新規就農者への教育も行われる。

生態系サービスに対する意識

- ・意識の有無：有
- ・意識のレベル：中（具体的指標による定性的評価）

具体的な意識の中身:IPM の枠組み内での天敵の温存、授粉昆虫に対する農薬リスク低減、圃場周囲の植生管理の認識など、IPM の枠内での生態系サービスの保全のための IPM 実践によるサービスを意識して取り組んでいる。施設内における天敵の把握。

生物多様性の指標の利用は、かつて検討したが、労力的な観点から実施が困難であるため、行っていない。

IPM の枠外の生態系（農生態系、自然生態系）のサービスの利用に対する意識は存在する(野外での土着天敵の採集活動が存在する)。IPM 実践農業が生態系へ提供するサービスについては、具体的な調査対象としておらず認識は小。

具体的な利得・サービス

IPM 実践が提供するサービスの種類（図 14）

人へのサービス：労力と被曝リスクの低減

IPM 実践の枠内の農業環境へのサービス：施設内天敵の温存、授粉サービスの温存
農薬散布に伴う労力や作業者の被曝の軽減（大）。

農薬代の節約効果（中）：購入天敵の価格は高いが、散布器具の減価償却を含む化学農薬との比較で、やや優位性有り。ただし、そもそも、化学農薬が効かない場合もあるため代替選好性は低い。以上から、経済的な利得は中程度。

施設外への化学農薬のドリフト、水系への漏出などの環境影響は低減されると推察され

るが、化学分析や生物指標によるデータはないため、評価しない。

《A 県調査まとめ》

IPM サービスは、人間への環境リスク低減、IPM 枠内での生態系保全が主で、農業外生態系へのサービスの流れは具体的に考慮されていない。IPM の枠内の農業生態系サービスとしての病虫害抑制機能に加えて、農業外生態系機能からの土着天敵供給としての生態系サービスを受けていると推定される点が特徴（図 14）。

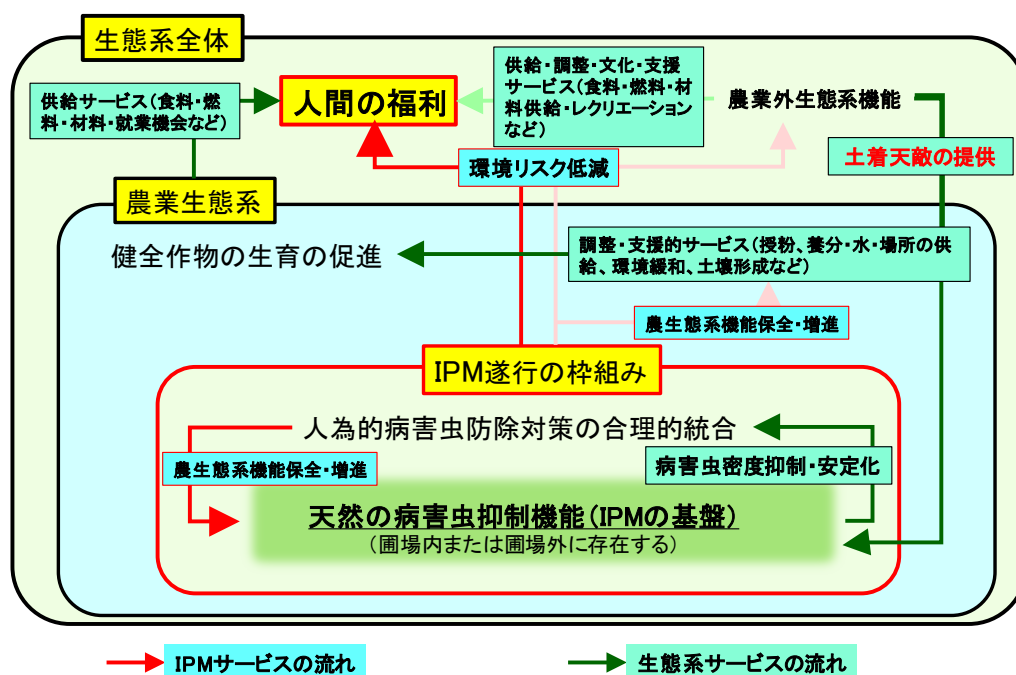


図 1 4 A 県の施設ナス栽培の IPM 実践事例における生態系サービスと IPM サービスの流れ

2) C 県露地茶栽培聞き取り調査結果

地域 1 : B 地域（およそ 1000ha）

対象作物：茶

主要な病虫害：クワシロカイガラムシ、チャノホソガ他

IPM 実施期間：2010 年～

IPM 導入の動機

畑地灌漑の整備が進んだときに、散水によるクワシロカイガラムシ防除効果に関する情報を得て、灌漑設備の利用促進策として導入。一方、社会的な食の安心・安全への関心の高まり（消費ニーズ）に伴い、農家の経営志向として農薬に頼らない防除への関心が高まった。普及行政と農家の志向が一致したことで導入に向けた動きが進んだ。

IPM において利用している技術コンポーネント：

- ・抵抗性品種（対象：炭そ病等、ただし改植の時間的制約から全体ではない）
- ・散水防除（対象：クワシロカイガラムシ、チャノホソガ）
- ・黄色ランプ（対象：チャノホソガ）
- ・有機農業用薬剤（マシン油）と栽培管理（中切更新）（対象：チャトゲコナジラミ）
- ・その他、選択制殺虫剤の利用による天敵の保護

IPM 実践において利用している指標・評価項目等

・収量等生産指標：農家の期待としては売り上げの増加であるが現実的には農薬代の削減効果として経営的指標として現れている。例えば、平均的な農薬費は 25,000 円/10a から 4,000 円/10a に減少している。

・病虫害の被害評価指標：平均的には、無し。

・農薬残留値等の分析値：茶商が行っている（輸出対策が重要なので）

・生物多様性の指標生物：特定の種の利用はない。天敵の見分け方などを知りたいという農家の志向はある（自分たちでは難しい）。

・その他：経営的には、IPM を謳っても直接のメリットは得にくい。その原因は、

①IPM に取り組んで生産したものも、大手の取引先で、加工の過程でそうでないものと混用され商品になる（例えば大手飲料メーカーのペットボトル茶）ため、生産過程で IPM を宣伝してもメリットが消える。

②単独で六次産業化しても IPM 自体にブランディングできる基準がない（有機ならば有機 JAS 等がある）ため、その市場が形成されにくい。

③六次産業化した場合でも国内市場の縮小から、輸出への転換を図る必要があり、その場合、輸出先の MRL をクリアする必要がある、IPM ではクリアできない場合もある。

結果として、IPM の実践を通じて形成された病虫害管理の基本技術が土台として機能して、有機栽培の取組を促し、六次産業化・輸出へ展開が可能になったと考えられ、有機農業へのエントリー技術体系ととらえる事もできる。

IPM の取り組みの根拠としている情報：

普及員による情報、インターネットを通じた情報検索、

生態系サービスに対する意識

IPM 遂行の枠組みにおける病虫害密度抑制機能にたいしての考慮が認められ、天敵となる生物への農家の関心は高いが具体的な観察や調査には至っていない。一部農家では、天敵の供給源としての農業外生態系への意識は存在する。

具体的な利得・サービス

IPM サービスとしては、残留農薬リスク低減などの人間の福利、IPM 遂行の枠組みにおける農生態系保全機能が主で、農業外生態系への考慮も一部推定される。

地域 2 : C 地域

対象作物 : 茶

主要な病害虫 : クワシロカイガラムシ、チャハマキ、チャノコカクモンハマキ、

IPM 実施期間 : 1980 年代～

IPM 導入の動機

チャハマキを対象とする顆粒ウイルスの自家生産・施用による防除が農家に広まり、それを契機として、選択制殺虫剤利用、天敵利用への志向が高まった結果、地域の防除体系としては IPM へ向かった。一方、顆粒ウイルスの農薬登録により安価に自家生産できなくなりジアミド剤への移行が起こったが薬剤抵抗性個体群の出現により、高価であるが顆粒ウイルス剤の購入利用へと回帰した。

IPM において利用している主な技術コンポーネント :

- ・抵抗性品種（対象：炭そ病、網もち病、ただし改植の時間的制約から全体に波及していない）
- ・脱皮阻害（TGR）剤（対象：クワシロカイガラムシ）
- ・選択性殺虫剤（対象：スリップス、ホソガ）
- ・発生予察（フェロモントラップやハダニ発生量の観察）
- ・茶園管理ごよみ（一般防除・米国輸出向け防除）と発生予察による指導

課題

・一方、残された問題点として、チャノミドリヒメヨコバイの被害が目立つ（増えたと言うことではなく残った問題として）。原因としては、薬剤抵抗性が発達しており、一方で天敵がいないうことが原因で、IPM による対応が困難。

IPM 実践において利用している指標・評価項目等

収量等生産指標：なし

病害虫の被害評価指標：発生予察に基づく発生量の把握

農薬残留値等の分析値：大手の農家・生産組合では輸出対応として自主的に実施。

生物多様性の指標生物：農家は、クモの巣などによる捕食者の観察など、概観観察による定性的観察を実施。指導・普及組織では、天敵ダニの種構成の変化などを観察（従来は薬剤に強いケナガカブリダニが大層を占めていたが、選択制薬剤の導入、農薬の削減により、多様化している）。IPM の導入前に比べ、寄生蜂の個体群密度が増える一方、クワシロカイガラムシの個体群密度がかなり低下。

その他：C 県として、茶以外の農産物も含めた IPM の実践指標を策定、認証者にはそのマークを付して販売することが出来る制度にしているが、茶に関しては、有明地区同様、国内向けに、他産地とのブレンドなどで利用されることが多いため、認証のメリットが発生しないことが認証の増加を妨げている。

IPM の取り組みの根拠としている情報 :

普及センター・研究機関からの情報、それら機関への直接の問い合わせ

生態系サービスに対する意識

意識の有無：概念としては理解しているが具体的な把握に至っていないと考えられる。

レベル：低～中 具体的な種について調査等を行っているわけではない。

具体的な利得・サービス

IPM 実践が提供するサービスの種類

農業生態系内の天敵による病害虫の抑制

人間への直接の農薬のリスクの低減

・ハダニの発生は確実に減っており、リサージェンスが起きにくくなっていると考えられる。

《C 県調査まとめ》

残留農薬低減による直接的な人間の福利への IPM サービス、農業内・外生態系機能への環境リスク低減によるサービスの提供を通じて、主に点的生物の保護による生物多様性を通じた天然の病害虫抑制機能としての生態系サービスの供給を受けていると推察。さらに、有機農業などの取組を促すことにより、間接的に農業生態系からの供給サービスの増進につながっていると考えられる（図 15）。

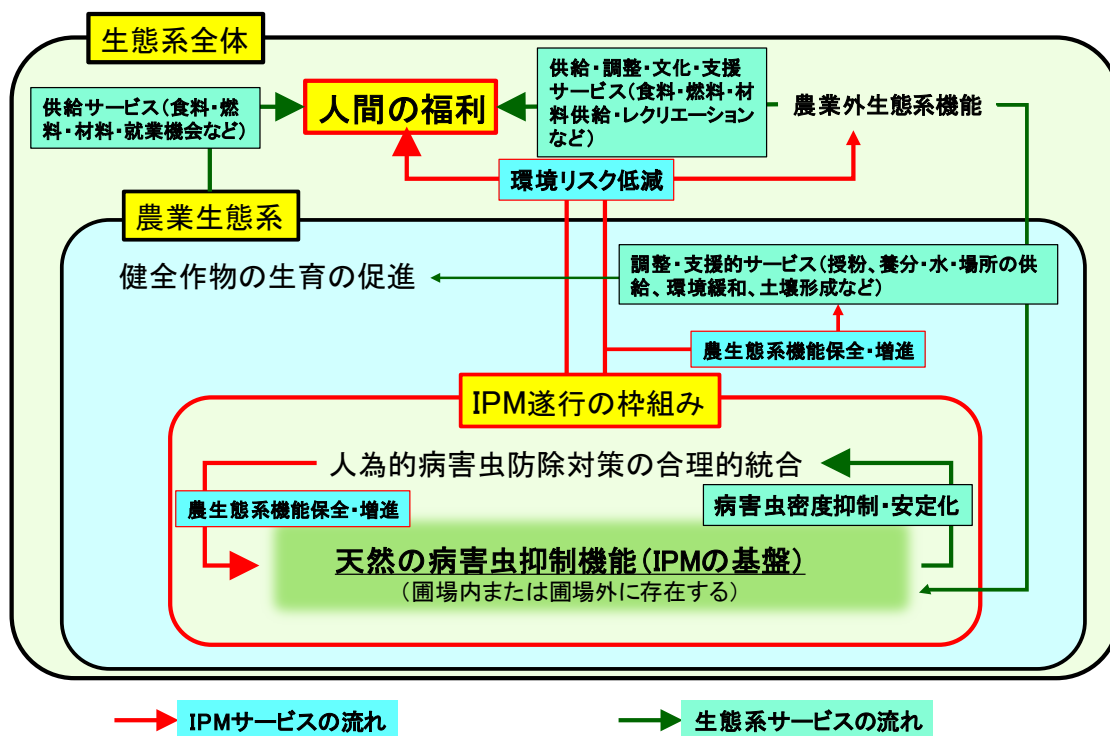


図 15 C 県の露地茶栽培の IPM 実践事例における生態系サービスと IPM サービスの流れ

《28 年度調査結果のまとめ》

・28 年度の「IPM 実践の成功事例」という観点からの A 県と C 県の調査では、IPM 本来の「化学的防除のみに頼らない複数手段の合理的統合による防除効果」、「経済的合理性」が実践の評価のエンドポイントとなっている実態がうかがえる。また、生物多様性に対する関心も、病虫害防除効果をエンドポイントとする圃場内の天敵の種数や量、害虫の種類と量が主体であり、農業生態系に於ける天然の病虫害抑制機能に特化する傾向にある。特に、施設栽培における IPM の実践事例では、農業外生態系へのつながりが希薄となり、上記の傾向が一層強まる。

一方で、露地の茶栽培では、有機農業など、更に化学肥料・化学合成農薬を削減した農業への展開のエントリーポイントとしての役割も明らかになった。ただし、有機農業に対するインセンティブは、差別化・6 次産業化などによる販売の促進であり、環境保全効果、特に農業外生態系に対する働きかけが具体的な取り組みの指標となっている例は少ないと考えられた。

さらに環境保全型農業の取組としての IPM 実践の実態と生物多様性との関係を明らかにするためには、防除効果、経済性以外の環境保全に対するインセンティブを直接付与する取り組みの中で、IPM と生物多様性の関係に考慮した実践事例について、生物指標の利用実態を明らかにすることも必要であると考えられる。

【工程表③】

前年度実施した経済性等に関わる評価指標の整理、ならびに IPM 取組み事例の整理を踏まえ、国内での IPM を評価する際に利用可能性が高いと見られる指標を選択した（小課題 1 関連）。（平成 29 年度）

前年度整理した評価指標の中から利用特性の上で、我が国で IPM の評価指標の一つとしての利用可能性が高いと見られる指標を選択した（小課題 2 関連）。（平成 29 年度）

※小課題 1（平成 29 年度成果）

【持続可能性の視点からの指標（群）の選択】

昨年度までの検討結果を踏まえ、国内での IPM を評価する際、持続可能性の視点から、環境・経済・社会に関する指標（群）を選択した。

環境 環境に関しては、製品環境フットプリント（PEF）における影響領域と指標を取り上げた（表 8）。各影響領域は、環境影響を網羅的に評価する際に注目すべき項目をそれぞれ示したものである。

表8 製品環境フットプリント(PEF)における影響領域と指標 (European Commission, 2012)

影響領域	指標
気候変動	CO ₂ 等価量 kg
オゾン層破壊	CFC-11 等価量 kg
生態毒性 (淡水)	生態系に対する比較毒性ユニット (CTUe)
人体毒性 (発癌効果)	人間に対する比較毒性ユニット (CTUh)
人体毒性 (非発癌効果)	人間に対する比較毒性ユニット (CTUh)
粒子状物質	PM2.5 等価量 kg
放射線影響	U (ウラン) 234 等価量 kg
光化学オキシダント	NM VOC (非メタン揮発性有機化合物) 等価量 kg
酸性化	H ⁺ 等価量モル
富栄養化 (陸域)	N 等価量モル
富栄養化 (水域)	淡水域 : P 等価量 kg、海水域 : N 等価量 kg
資源消費 (水)	水使用量 m ³ (水の局所的希少性)
資源消費 (鉱物、化石燃料)	Sb (アンチモン) 等価量 kg
土地転換	SOM (土壌有機物) kg

生物多様性に関しては、PEF の中には現在含まれていないため、評価手法の利用可能性を別途検討した (表 9)。取り上げた方法は、a. 多様性調査 (種および個体数の実際の調査、それに基づく生物多様性指標の計算)、b. 指標種調査 (指標種のみその個体数を調査)、c. 管理法から計算 (施肥、薬剤散布等に関する管理法からの多様性指標の計算 (Jeanneret et al., 2014))、d. 位置と土地利用から計算 (エコリージョンと土地利用類型からの多様性指標を計算 (UNEP/SETAC, 2016)) の 4 つである。

表9 生物多様性評価手法のメタ評価

	多様性との 整合性	管理法との 対応	適用可能性 (地理的範囲)	適用可能性 (手間)
a. 多様性調査	○	○	○	×
b. 指標種調査	×	○	○	○
c. 管理法から計算	○	○	×	○
d. 位置と土地利用から計算	○	×	○	○

「a. 多様性調査」をその都度実施するには相当の手間がかかり、この点がこの最も直接的な方法の問題点である。どのような多様性指標を計算するかにより、調査の負荷はことなる。たとえば、種多様性 (species richness) を計算するためには存在する種の数調査が必要であるのに対し、生物多様性としてシャノン指数を用いるためには個体数の調査も必

要である。しかしながら、いずれの場合においても、調査にはかなりの労力が必要になると考えられる。

「b. 指標種調査」も、圃場での調査を実施するという意味で手間はかかるが、実施を妨げる要因では必ずしもないと考えられる。ただし、あくまでも指標種の調査であり、生物多様性自体ではないことに注意が必要である。

「c. 管理法から計算」は、直接支払いの枠組みと最も整合的な方法であると考えられるが、現在提案されている方法は、スイスのみが対象となっている。

「d. 位置と土地利用から計算」は地球上のあらゆる取組みの得点化が可能な方法ではあるが、農業生産における管理法との対応関係は検討ができない。したがって、IPM の導入によりどの程度生物多様性が改善されたかを示すことはできない (Anton et al., 2017)。

以上のように、現在までのところ常に望ましい方法はないが、評価指標の政策利用を考えると、今後は「c. 管理法から計算」の日本における可能性を検討することが重要であると考えられた。

経済 経済に関しては、昨年度示した OECD の指標を和訳の上再掲した (表 10)。農業経営体の経済性および地域的な効果に関する指標が利用可能であると考えられた。生態系サービスについては、環境に分類する場合と経済に分類する場合の 2 通りがあると考えられるが、OECD の使用の場合には、生態系サービスの価値は経済に入れられている。既述の生物多様性についても、金銭評価が可能であれば、経済指標の一つとして位置づけることが可能であると考えられた。

表 10 2012 年の OECD セミナーにおける影響指標 (経済影響)

指標	単位
雇用の創造と喪失	仕事数、非雇用率%
種苗費	金額/ha
肥料費	金額/ha
薬剤費	金額/ha
利益率	金額/ha
農業投入財の価格	金額
IPM 認証の導入	農家数、%
生態系サービスの価値	金額
農家所得	金額/農家
政府の費用便益評価	金額

社会 社会に関しては、国連環境計画 (UNEP) のガイドライン (Benoit and Mazijn, 2009) の例を取り上げた (表 11)。ステークホルダーのカテゴリーが明示されていることが、ここでの特徴である。人間の健康に関する指標は、環境と社会のどちらか、あるいは両方に

位置づけることが可能であると考えられた。

表 1 1 社会 LCA におけるステークホルダー・カテゴリと影響領域

ステークホルダー・カテゴリ	影響領域
労働者	人権
地域社会 (local community)	労働条件
社会 (society)	健康と安全性
消費者	文化遺産
バリューチェーンのアクター	ガバナンス
	社会・経済的反響

【環境・経済・社会各指標（群）内部での選択】

以上で説明した環境・経済・社会に関する指標（群）のそれぞれの指標群においては、IPM を評価する実際の場面の特性に応じて指標を選択する必要があると考えられるため、これまでの傾向を検討した。そのための素材として、IPM プログラムの影響評価 (Jayaratne, 2014) (表 1 2)、ならびに国レベルの作物保護政策の達成度評価 (Wijnands et al., 2014) (表 1 3) を取り上げた。後者は、オランダにおける 2000 年代の最初の 10 年における作物保護政策を評価した際の指標である。

IPM プログラムの影響評価における長期の影響の箇所から、指標選択における基本的考え方は、既を示した持続可能性の視点と同様であると判断された。環境に関しては、環境影響の網羅的評価ではなく、水質と生物多様性に関する指標に特化していることが示された。社会に関しては、健康と国民認知度に関する指標に特化しており、途上国の IPM を評価するには必要であると思われる人権等の指標は含まれていないことが特徴的であった。

国レベルでの評価の例においても同様に、持続可能性の視点が採用されていると考えられた。ここでも、環境・社会・経済を網羅的にカバーするのではなく、環境に関しては生態系と水質、社会に関しては食品と作業の安全性に特化していることが示された。

表 1 2 IPM プログラムの影響指標の例

	結果のタイプ	影響指標
短期の結果（学習における変化）		
1.	参加者の IPM に関する知識の変化	IPM に関する知識を深めた参加者数
2.	参加者の IPM に関する技能の変化	IPM に関する技能（有益昆虫の同定、経済的閾値の推定等）を高めた参加者数
3.	参加者の IPM に対する態度の変化	IPM に対する態度を改善させた参加者数
4.	希求水準（熱意）の変化	IPM を実施しようとする参加者数
中期の結果（実践における変化）		
1.	IPM 管理技術の導入	IPM 管理技術（抵抗性品種栽培、圃場衛生、機械的防除法、輪作、生物的防除法等）を導入した農家数
2.	圃場モニタリング（crop scouting）と経済的閾値の導入	農薬散布の意思決定を行う前に、圃場モニタリングと経済的閾値推計を実施した農家数
3.	農薬使用水準の低下	化学的な病虫害防除を中止あるいは減少させた農家数
4.	生態系管理に関する意識向上	有益な昆虫を識別し、その保全に努める農家数
長期の経済的結果		
1.	生産費低減	節約された病虫害防除費
2.	所得向上	IPM 実践により増加した所得
3.	利益向上	利益（あるいは便益コスト比）の上昇額
長期の社会的結果		
1.	健康ハザードの減少	農薬に起因する健康ハザードの減少数
2.	IPM に関する国民の認知度向上	IPM に基づく食料生産に対する消費者の需要増大数
3.	IPM に対する国民のサポート	導入された IPM 志向の法制・政策の数
長期の環境の結果		
1.	水質改善	水路における農薬残留の減少量
2.	生物多様性の向上	病虫害発生が自然のバランスによって減少する程度
		薬剤抵抗性の獲得が低減する程度

表 1 3 国レベルの作物保護政策の評価指標の例（オランダ）

政策目標	評価指標
生態系の質	表流水の生態系の質
	農業に起因する表流水への環境影響
飲料水の質	飲料水の質に関する問題
食品安全性	食品中の許容される残留レベルの超過
作業安全性	リスクの洗い出しと評価
経済見通しの維持	作物保護政策と関連する経済見通し

【モニタリングのための指標（群）】

以上の IPM 導入の影響評価に関する指標以外に、IPM の導入・普及の状況をモニタリングするための指標が利用されているため、その検討も併せて実施した（表 1 4）。農家数（およびそのシェア）、金額、面積、散布量および頻度に関する指標が提案されていることが示された。IPM プログラムの影響評価（表 1 2）における短期および中期の指標も、モニタリングのための指標に相当すると考えられた。

表 1 4 2012 年の OECD セミナーにおける IPM 導入指標

指標	単位
農薬散布の頻度 (Treatment Frequency Index) [販売量／標準散布量]	無単位
IPM 実施農家数（シェア）	農家数、%
普及サービスやコンサルタントを活用した農家数（シェア）	農家数、%
農薬（および生物農薬）販売量	金額、金額／年
面積当たり有効成分量 (Pressure Index)	kg/ha
自己申告による IPM 実施農家数（シェア）	農家数、%
IPM トレーニングプログラム実施状況	農家数、イベント数／年
IPM 実施面積	ha、%
IPM に関する R&D プログラム実施状況	金額、金額／年

【IPM における生物多様性の評価ならびに持続可能性の評価に関する今後の展望】

農業生産システムの評価指標に関する研究の中で、近年注目される取組みの一つは、TEEBAgriFood である (Sukhdev et al., 2016)。その評価枠組 (Valuation Framework) の第 1 の特徴は、その枠組が基本的に生態系サービスの評価として構成されていることである。生物多様性も生態系サービスの枠組の中に位置づけられている。したがって、生物多様性に関する各種の指標をいかに定義するかという議論 (Manurran, 2004) よりも、金銭的評価（経済的評価）に主要な関心があると考えられる。

第 2 の特徴は、同枠組において用いられている評価指標が、生態系サービス（供給サービス、調整サービス、文化的サービス）だけでなく、経済（国民経済計算）、健康、汚染（硝酸性窒素汚染等）、排出（GHG 排出等）、さらには、社会的価値、リスク・不確実性を含んでいることである。評価範囲も農業生産のみでなく、加工、流通、消費を含むバリューチェーンとなっている（林, 2017）。これは、既述の持続可能性評価の方向を、この評価枠組が志向していることを示していると考えられる。

このことは、相互に独立して開始された評価指標に関するプロジェクトが、その取り組みの過程を経て、同一の方向を向くという意味で興味深く、IPM 評価指標の今後の発展方向を考える上でも示唆に富む経緯である。国連の持続可能な開発目標（SDGs）では、そのパートナーシップにおいて、IPM は目標 15（陸の豊かさを守ろう）に位置づけられており

(UN, 2018)、IPM 評価指標を検討する際に持続可能性という概念が果たす役割はますます増加すると思われる。生物多様性の経済評価も、その中に適切に位置づけることが重要であると考えられる。

<参考文献>

- Anton, A., 林 清忠, 湯 龍龍. 2017.土地利用に起因する生物多様性消失指標を LCA に導入する : その最新動向. 日本 LCA 学会誌, 13(3), 239–244.
- Benoit, C. and Mazijn, B. 2009. Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products. UNEP.
- European Commission. 2012. Product Environmental Footprint (PEF) Guide.
- 林 清忠. 2017. 農業 LCA の 20 年 : 国際会議にみる研究動向. 日本 LCA 学会誌, 13(3), 224–233.
- Jayarathne, K.S.U. (2014) Evaluation of Integrated Pest Management Interventions: Challenges and Alternatives. In Pimentel, D. and Peshin, R. eds. *Integrated Pest Management*, Vol. 3, Springer, 433–470.
- Jeanneret, P., Baumgartner, D., Knuchel, R., Koch, B. and Gaillard, G. 2014. An expert system for integrating biodiversity into agricultural life-cycle assessment. *Ecological Indicators*, 46, 224–231.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell.
- Sukhdev, P., May, P. and Müller, A. 2016. Fix food metrics. *Nature*, 540, 33–34.
- UNEP/SETAC. 2016. Global Guidance for Life Cycle Impact Assessment Indicators, Vol. 1.
- UN. 2018. Sustainable Development Knowledge Platform, Partnerships for the SDGs, Implementation of Integrated Pest Management.
<https://sustainabledevelopment.un.org/partnership/?p=2287> (2018.1.31アクセス)
- Wijnands et al. (2014) Integrated Pest Management Adoption in the Netherlands: Experiences with Pilot Farm Networks and Stakeholder Participation. In Peshin and Pimentel (2014), 513–554.

※小課題 2 (平成 29 年度成果)

29 年度は、28 年度に整理した評価指標の中から利用特性の上で、我が国で IPM の評価指標の一つとしての利用可能性が高いと見られる指標を選択する事を目的として、農林水産省の「環境保全型農業直接支払い交付金」制度の都道府県の実践における IPM の位置づけ、IPM と生物多様性の関係事例を網羅的にサーベイし、IPM の環境保全型農業における位置づけ、及び、利用されている指標を聞き取り調査により明らかにした。

続いて、28 年度の IPM 実践事例調査も踏まえて、IPM の実践事例における生物多様性との関わり方から、わが国の IPM における生物指標の考え方を整理した。

全国 47 都道府県庁の HP から、環境保全型農業直接支払地域特認要件をサーベイした結

果、IPM を要件として明示している事例は、19 県で見られた。その中で、何らかの生物指標の調査を導入している事例は、D 県の水稲で委託プロジェクト研究「農業に有用な生物多様性の指標及び評価手法の開発」において開発された「農業に有用な生物多様性の指標生物 調査・評価マニュアル」を利用している事例であった。また E 県の取り組みの中では、「農業に有用な生物多様性の指標生物 調査・評価マニュアル」に基づく指標生物の調査結果を根拠として天敵の種類の把握や天敵に影響の少ない農薬の施用、ナギナタガヤの除草などの技術要素の採用を推奨していた。そこで、指標生物調査を IPM 実施圃場で行っている D 県における環境保全型農業直接支払いにおける IPM の取組について現地聞き取り調査を実施した。

また、特定の生物指標を要件としておらず、かつ、施設園芸・茶・水稲以外の経営形態として果樹生産において、IPM と生物多様性との関係をどの様に捉えているかの聞き取りを行うために、中課題 2 での経営的評価手法の課題でも取り上げている F 県におけるりんご栽培での IPM の取り組み事例について聞き取り調査を実施した。

1. 環境保全型農業直接支払制度における IPM の位置づけと生物指標の利用について

1) D 県の取り組み

聞き取り調査は、はじめに県農林水産部で制度の実施の内容を聞き取り、その後に、現地の市町村担当者から実際の取り組みの詳細を聞き取った。

(1) 事業のしくみ 制度設計と県が負担する取り組みについて

支払い単価の決定：掛かり増し経費の概算に基づく。その環境保全型農業を実施するに当たり通常栽培に比べて増加した費用の平均金額を 10a 当たりに換算し算出、国がチェックして単価を決定している。

支払い：年度末に取り組みについての報告書を実施団体から提出し、実施内容を確認して支払いの手続きを取る。

事業評価：日本型直接支払制度としては、平成 27 年度から県が第三者委員会を設置して事業を評価するしくみにしている。数値目標としての達成面積などは設定していない。

(2) 生物多様性の生き物調査について

水田が中心で、平成 24 年度から実施している。毎年 6 月中旬から末に実施している。

環境保全型農業の取り組みの効果の確認として、取り組みを行っている圃場で実施（環境支払いの要件ではなく、効果の確認作業としての位置づけ）。

委託プロジェクト研究「農業に有用な生物多様性の指標及び評価手法の開発」において開発された「農業に有用な生物多様性の指標生物 調査・評価マニュアル」を利用して実施。対象生物は水生昆虫とカエル、29 年度からは捕食性のクモを追加。

県が、環境コンサルタント業者を入札により決定。入札要件に、環境評価に係る技術士の資格者がいることを指定。

生物多様性の調査結果については、HP 上で公開している。実施圃場では、安定して毎年生物多様性は慣行区に比較して高い。

(3) IPM と実践指標の利用

水稻についてのみ IPM 実践指標モデルを策定しており、その利用に基づき、7 項目以上の実践を IPM の実施を環直支払いの要件としている。その他、魚毒性の低い除草剤の利用、畦畔機械除草による農薬使用量の削減（カメムシ対策）、秋起しと冬期湛水によるニカメイガのリスク低減（D 県農業試験場成果）などの IPM の個別技術も要件として設定している。

2) 生産現場の取り組み

A 町 生命に優しい米づくり運動

(1) 基本情報

対象作物：水稻

主要な病虫害：いもち病、斑点米カメムシ

地域：A 町全域（食用米の 2 / 3）

団体名：A 町有機米生産研究会

IPM の実施期間：平成 18 年から

(2) IPM 実施の動機、目的

A 町としての取組を開始、畜産振興としての平成 14 年度のアグリパワーアップセンターの開設により、堆肥活用から進めて、地域資源循環型農業を目指し、食品資源（生ゴミ）を回収、町内産牛糞・粃殻と混ぜて有機肥料を生産し、水田へ還元、土作りを行い、特別栽培米の栽培を開始。

(3) IPM で取り組む技術要素

低魚毒性除草剤の年 1 回使用 後期雑草が難題

秋起し：雑草、ニカメイガ対策

畦畔雑草機械除草（年三回）：斑点米カメムシ対策、実施する団体を設立、請負で行っている。

(4) IPM の実践で利用している指標

農薬残留の分析：分析機関に依頼

生物多様性指標：県が実施（水生昆虫、カエル類、29 年度からはクモも追加）

(5) IPM の取り組みの根拠・参考情報源

「生命に優しい米作り栽培暦」

(6) 想定される IPM 実践が提供するサービス

ヒトへの直接的な曝露低減

生態系（農業生態系）および農外生態系（低魚毒性、薬剤ドリフトの削減）

(7) IPM 実践により生態系から得られる具体的サービスの認識

とくに認識無し。

その他取り組みについての詳細

- ・独自に認証基準を設けて、ブランド化

認証にあたっては、外部の有識者を交えた「米作り審査会」を開き、生産履歴の報告と現地の審査により認証の可否を決めている。審査会の前には、生産者グループによる見回りを実施している。

- ・日本型直接支払いへの対応

農地の共同管理、農業用施設の長寿命化支援等の取り組みを行っている。：農地維持支払い＋資源向上支払い

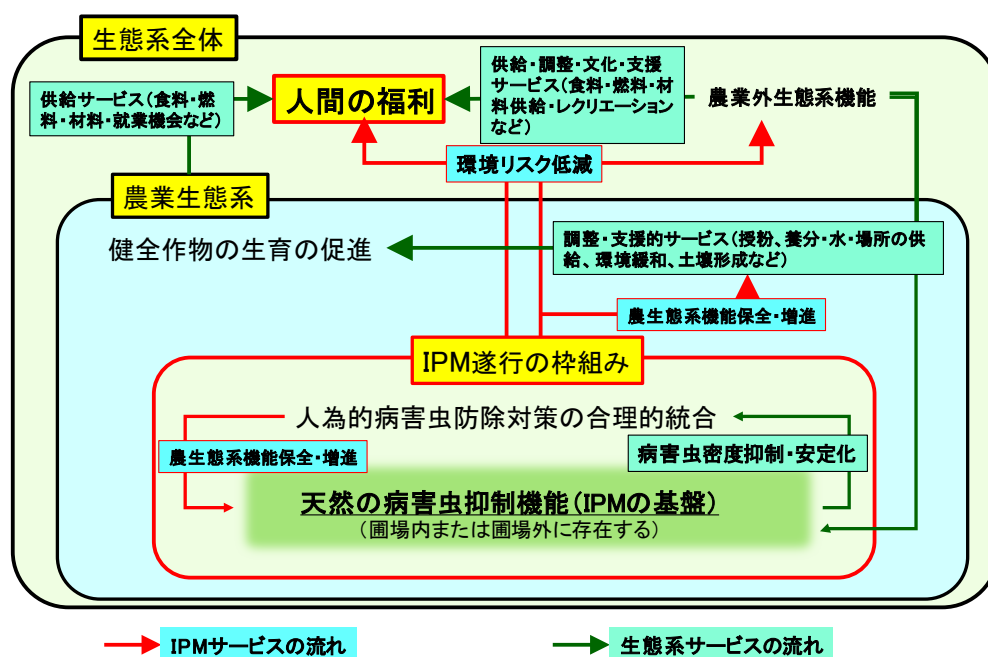


図 16 D 県の水稲の IPM 実践事例における IPM サービスと生態系サービスの流れ

2. F 県のりんご栽培における IPM と生物多様性調査の取組事例について

交信攪乱剤を柱としたりんご栽培の IPM の実践事例

(1) 基本情報

対象作物：リンゴ

主要な病虫害：ハダニ

地域：F 県 A 市（共同防除の取り組みでは 33 ヘクタール）

生産者あるいは団体名：E 氏

IPM 実施期間：2007 年～

(2) IPM の実施の動機（理由）・目的

・ミツバチの巣崩壊（colony collapse disorder: CCD）が世界的に問題となり西洋ミツバチが不足し授粉コストが急上昇した際に、在来ニホンミツバチの飼育による授粉の試みを開始。その際に、ミツバチへの影響を考慮した防除としてスタート。交信攪乱材の導入はそ

れ以前から取り組んでいた。

・さらに、ダニの薬剤抵抗性の発達により、防除回数が増加しコスト上昇する一方、薬剤の効果が低下したため、防除の適正化も目的として開始。

（３）IPM で取り組む技術的要素

- ・ 交信攪乱材の利用
- ・ 土着天敵利用とそのための下草管理（下草へのクローバの導入、高刈りによる蜜源の確保）
- ・ 脱皮阻害剤等の選択性薬剤の利用
- ・ 共同防除組合による発生予察活動
- ・ 土着天敵種の観察

下草があることで、ダニが下草に留まり、りんごの葉へ移行してこなくなった。

（４）IPM の実践で利用している指標

病害虫の被害評価指標：ルーペ等を用いた観察（未知種については普及員等へ問い合わせる等により確認）、授粉用ニホンミツバチの観察、捕食性天敵の観察

（５）IPM の取り組みの根拠・参考情報源

- ・ 公立機関（農業研究センター、普及センター）からの情報

（６）想定される IPM 実践が提供するサービス

- ・ 授粉昆虫個体群の維持
- ・ 防除コストと被曝リスクの削減（ダニ剤の散布回数が、半減以下）
- ・ 農環境における生態系保全

（７）あなたが実践する IPM が生態系に及ぼす良い影響によって、あなたの IPM の実践に有利な影響があると考えていますか（あるいは、良い効果があると期待していますか?）

- ・ 土壌が乾燥しにくくなった
- ・ 土壌動物が活発に活動しているのが確認できる
- ・ ニホンミツバチによる授粉サービスの継続が可能になった
- ・ ツバメが増えた（餌が豊富になった、ミツバチもそのうち）

（８）残された課題

- ・ 土着天敵を利用する場合の要防除水準の見極め方など、マニュアル化
- ・ 天敵の自主観察に使える識別・同定方法やその講習会
- ・ 草刈り機（乗用）の刈り取り高さが市販品だと合わないため改造が必要。
- ・ 夏場のニホンミツバチ個体群維持のための蜜源（イネに行かないようにするための）
- ・ 機動的に防除するための機材
- ・ 下草が長いので、脚立の取り回しなどで手間が掛かる。
- ・ 下草処理が土壌の物理・化学・生物的特性にどういった影響を及ぼしているのか知りたい（土壌の化学性・物理性、生物性の指標）。

※下草処理により、摘果や選定のくず、罹病残渣などの回収が難しくなる事はなく、管理

作業上の問題はほとんどないと感じている。

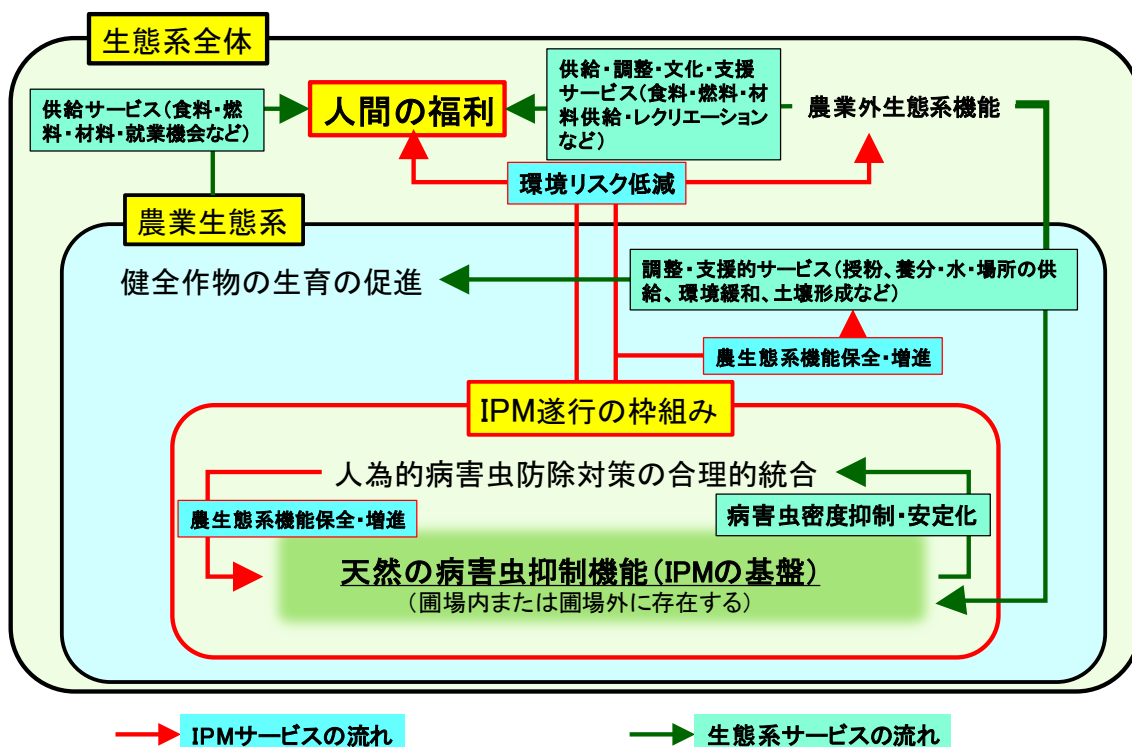


図 17 F 県 A 市のりんご栽培の IPM 実践事例における IPM サービスと生態系サービスの流れ

3. わが国の IPM の実践において利用可能な生物多様性の指標について

28 年度の小課題 1 における国際的な動向の解析例にあるように、GAP 等の標準の要件として IPM を位置づけている例がある。わが国の環境保全型農業直接支払いの要件としても、半数近い県で IPM 実践指針の利用が導入されている。しかし、多くの IPM の実践指針においては、特定の生物指標を用いて IPM を評価する事にはなっていない。そうした中で、D 県のように「農業に有用な生物多様性の指標生物 調査・評価マニュアル」を活用した調査を導入している事例もある。また、IPM の実践事例の聞き取り調査結果においては、病虫害防除に関係する生態系サービスとして、特定の天敵生物に関する関心は高く、他の天敵となる生物種に関する情報に対する関心も存在する。IPM の枠組みの中でのみ考えるのであれば、現時点で確実に利用されている生物指標としては、農林水産省の事業の成果である上記マニュアルに示された農地における捕食性動物を主とする生物種を中心とした圃場内の天敵の種類と数が利用可能である。また、27 年度に実施した海外の IPM と生物多様性に係る文献のサーベイの結果、天然の病虫害抑制機能の涵養だけではなく、土壌動物等の腐食性生物種を指標として考慮しようとする事例は存在する。実際に、F 県のリンゴの栽培における IPM 実践の現場の聞き取り調査では、IPM 実践圃場内の土壌の物理性の改善

や土壌動物などの生物の活動の指標化もニーズとして存在することが分かった。こうしたことから、結論として、今後、環境保全型農業のツール・基盤として IPM を位置づけるのであれば、現実的な生物指標は、IPM 実践の枠組みの中で天然の病害虫抑制機能を担う捕食性動物種に加えて、IPM 実践の枠組みの中で活動する授粉・土壌形成・環境緩和などの調整サービスを担う授粉昆虫、土壌動物である。

今回の事例調査の中では、IPM 実践の枠外の農生態系・農外生態系の生物多様性保全効果について言及している例はほとんどない。しかし、生態系サービスのつながりを見る限り、施設野菜栽培における IPM の取組や、露地果樹栽培における IPM の取り組みで認められる通り、IPM の枠組みの外側の農生態系・農外生態系における生物多様性についても、これら IPM 実践の枠内へ、移動性の土着天敵や授粉昆虫などの生態系サービスを提供していることから、それらの生態系サービスに及ぼす IPM 実践の影響が及ぶ範囲を明らかにした上で、天敵生物や訪花昆虫の種類・量などを指標として生物多様性を評価する事も考慮すべきと考える。

（ウ）成果目標に対する達成状況

生物多様性に加え、関連する生態系サービスに関する評価指標、さらには持続可能性の視点から関連する評価指標を包括的にサーベイし、我が国における IPM の評価に活用可能な指標群を示した。これは、わが国の IPM 推進政策における基礎資料となるものであり、OECD 等での諸活動に我が国が貢献する際にも有用であると考えられる。以上より、成果目標は達成できたと判断された。

イ 中課題 2（IPM の経済的効果を測る指標および評価手法の開発）の研究成果
 (ア) 工程管理及び成果目標

工程表
①国内での IPM に取り組む先進事例や地域を対象に調査・分析を行い、品目や事例ごとの IPM に取り組む上での経営的課題と経済的効果（直接的効果・間接的効果）を把握する（小課題 1～3 関連）。（平成 27～28 年度） ↓ ②中課題 1 において収集した国際的な生物多様性に関する知見や指標などを参考にし、国内の先進事例の調査と比較分析を行い、品目ごとの IPM 導入の経済的効果（直接的効果・間接的効果）を評価するのに妥当な評価指標を抽出する（小課題 1～3 関連）。（平成 28 年度） ↓ ③品目あるいは事例の特徴に応じて、分析手法にバリエーションを持たせながら、IPM 導入の経済的効果（直接的効果・間接的効果）を評価する手法を検討し、経済性効果の評価マニュアルを作成する（小課題 1～3 関連）。（平成 28～29 年度）
成果目標：IPM の直接・間接の経済的効果を測る指標および評価手法を開発し、国・県の IPM 事業推進における経済的効果の指標及び評価手法を定める過程に有益な知見を提供する。

(イ) 各工程の進捗状況及び成果

2) 各工程の進捗状況及び成果

【工程表の①】

小課題 1（水稲作）に関しては、①環境保全、販路確保、経済性、持続性という指標で、トキを育む米づくりを評価した。②生き物の種類の増加、佐渡米の販路確保、高い米単価の確保などの効果と「生きものを育む農法」、IPM、肥培管理の改善を 3 本柱とする環境保全型農業の収支を明らかにし、単収向上や取り組みの持続性に関する課題を確認した。

小課題 2（野菜作）に関しては、①天敵利用による IPM について、費用・収益・作業等における慣行防除に対する変化を通し、直接的な経済的効果を把握した。②野菜産地において IPM が慣行栽培に代替することで、農薬依存度を大きく低下させている状況が認められ、また、IPM が標準技術化し、産地の出荷量維持に寄与していると推測された。③天敵利用体系の構築に影響する産地条件の違いを確認した。

小課題 3（果樹作）に関しては、リンゴの IPM では中核的な技術である交信攪乱剤の導入を指標として、先進的かつ長期間取り組んでいる地域及び経営を 4 事例調査し、

①各事例とも交信攪乱剤のみならず発生予察、耕種防除なども用いて総合的に IPM が進められていること、②交信攪乱剤費用、発生予察費用、耕種防除費用など多くの IPM 費用がかかる一方、価格向上効果は得られておらず、経営的なメリットを容易には見だしにくいこと、③IPM の効果としてダニ剤の削減やニホンミツバチの馴致に成功している事例もあり、これらは経営的にもメリットとなっていることを確認した。

【工程表②】

小課題 1（水稻作）に関しては、①環境保全、販路確保、経済性、持続性という 4 つの視点から、佐渡市・JA 佐渡におけるトキを育む米づくりを評価するための評価指標を具体化した。②生き物の種類の増加、生産コストや労力の変化などの直接的効果、直接的効果と佐渡米の販路確保、活動への関心・取り組み意欲などの間接的効果を評価する詳細指標と簡易指標を抽出した。

小課題 2（野菜作）に関しては、天敵利用による IPM の経済性にかかわる項目・要素を検討し、直接的な経済的効果の主要な評価指標として抽出した。また、IPM 関係の資材費に反映する個々の技術対応の内容について、「IPM 実践指標モデル」に基づいて整理した。

小課題 3（果樹作）に関しては、果樹の IPM 文献をもとに、IPM の評価指標を 1 防除の直接的な収支（直接効果）、2 生産者及び社会的な利益の計測（間接効果）、3 生態系や環境リスクの低減（リスク低減効果）の 3 つの視点から抽出した。

この評価指標に基づき、リンゴ作における先進事例の取組に適用した結果、IPM の防除の直接効果について、慣行栽培の違いなど事例に固有の条件を加味した、評価が重要であることが解明された。間接効果については、特別栽培リンゴの販売面でのプレミアム効果と授粉生物の馴致効果が事例的に評価できた。

【工程表③】

小課題 1（水稻作）に関しては、斑点米カメムシ被害への対策の経済性、及びイネ縞葉枯病対策の経済収支を組み合わせた評価、新潟県佐渡市におけるトキを育む郷のコメ作りの経済性を考察し、稲作における IPM の取り組みを評価する際に重要と思われる特徴を明らかにした。

小課題 2（野菜作）に関しては、IPM の導入効果について、経済的側面と非経済的側面に分け、効果発現の様式（直接・間接、経営内・経営外など）を考慮することにより、多面的に把握するための枠組みと方法を検討した。

小課題 3（果樹作）に関しては、直接的効果を評価するための経済性指標表を作成するとともに、事例に基づき計測し、防除暦など活用データを示した。またリンゴ作の特徴を考慮した間接的効果の枠組みを示し、そのマトリクスにある地域的な販売効果、生態系サービス効果の計測手法について、事例に基づき示した。

※小課題 1（平成 27 年度～平成 29 年度成果）

【工程表の①】

佐渡市・JA 佐渡と N 生産組合の取り組みの調査・分析を行った。佐渡では、5 割減栽培、生き物を育む農法（冬みずたんぼ等）、田んぼの生き物調査、タンパク含量などを基準にトキ認証米の生産がおこなわれている（表 1～4）。取り組み当初より、約 80ha の全水稻でトキ認証米を栽培している N 営農組合において経営調査を実施し（表 5）、販路確保、担い手確保の概況を明らかにした。

N 生産組合の栽培体系について新潟県における IPM 指標 30 項目（参考表）の N 営農組合における実施状況についてみると、「IPM の実施レベルが高い」ことが確認できた。また、生き物調査において確認生物種の増加などの生物多様性への貢献が確認された（表 6）。

栽培方法の変更に伴い、販売単価の積み増し効果が確認できたが（表 7）、単収は佐渡平均と比べて 5～6%低収（表 8）となっており、朱鷺認証＝16,746 円/60kg×502.5kg＝140,248 円と一般米＝16,226 円/60kg×534kg＝144,411 円を比較すると、4,163 円のマイナスとなっている（農協を通じて出荷した分）。このため土づくりなどによる改善に取り組み始めている。生産コスト・労働時間への影響（図 1）については、環境保全型農業の 3 要素に分けてみると、「生き物を育む農法」については作業性低下や減収などのデメリットが大きく、佐渡市からの補助金で埋め合わせをしている。IPM については、2016 年は、紋枯病とカメムシ 2 回目の防除を中止したが、いもち病とイネアオムシ防除を行ったため 1,091 円のコストダウンとなった。また、除草剤 1 剤－615 円を減らし、手取除草(クサネム)を一回行ったので(時給 1,400 円として 280 円) 335 円のコストダウンとなった。一方、肥培管理の改善では、ケイ酸肥料を含めると 1,414 円のコストアップとなった。

なお、佐渡市では急激な高齢化が進み、「朱鷺と暮らす郷」認証米に取り組む農家数も減少に転じていることから、取り組みの持続性についても検討する必要がある（表 9）。

表1 佐渡における生物多様性の取り組み

取 り 組 み	内 容	生産者のコメント
「ふゆ水たんぼ」	耕耘して轍をつけた後、11月～2月まで暗渠の栓を閉じて湛水	3月に圃場を干して耕耘するがコンバインがぬかる。
「江の設置」	田んぼの畦畔沿いに溝を掘って栽培期間中、水が切れないように	中干しの際に以前は干からびていたオタマジャクシが逃げ込んでいる。畦畔が2重になるので除草が大変。
5割減減	全島の99%の水稻で5割減減を実施	特に問題なし。
殺虫剤の見直し	新潟大の調査に基づき、昆虫数への影響の少ないキラップに切り替え	特に問題なし。
田んぼの生き物調査	6月（中干し時期）、8月（落水時期）に一斉調査	生き物の種類は増えている。インストラクターがいな いとつまらない。生産者自身が田んぼにこんな生き物 がいるということを知ることが大切。

表2 「朱鷺と暮らす郷づくり」認証制度
の取り組み状況(2015年)

	戸数(人)	面積(ha)
認証農家	525	1,216
佐渡全体	5,436	5,156
認証割合	9.7%	23.6%

表3 実施技術別取り組み状況(2015年)

	取組面積	助成金
ふゆみずたんぼ	1,016ha	500円/10a
江の設置	535ha	3,500円/10a
水田内ビート	2.3ha	5,500円/10a
魚道設置	44.7ha	4,000円/基

注: 2項目取組には加算金 2千円/10a

生き物調査への助成金 1千円/経営体

表4 「朱鷺と暮らす郷」認証米の認証条件と関係機関による支援

認証条件		関係機関による支援	
栽培条件	佐渡で栽培された米であること 栽培者がエコファーマー 農薬・化学肥料5割減減 生きものを育む農法で栽培 年2回生きものの調査を実施	市役所	市独自助成金(注) 生きものの調査の講習会
		農協	温湯消毒施設の設置 農薬使用ガイドライン (コシBLへの切替) 土壌診断による施肥マップ 全島100カ所での栽培指導 タンパク区分集荷の実施
品質条件	1等米であること 玄米タンパクが6.0%以下		
販売 メリット	認証マークを付けて販売が可能 (玄米60kgあたり1,500円程度の加算) なお、精米1kgあたり3.0~3.5千円で販売 新潟コシヒカリの店頭価格=2,070円(税込) (米穀機構POSデータ解析2015年10月)	生協	「佐渡トキ応援米プロジェクト」 CC-OP 新潟佐渡コシヒカリ お買い上げ1kgにつき1円を寄付 年間240万円

注: 冬期湛水などの条件を満たした場合は、環境支払など国の助成金を得られる

表5 N生産組合の概要

品種・品目	栽培法	面積	備考
コシヒカリ	トキ認証米	42.8ha	農協出荷分は生協向け販売 「会員」向け直売が半分。11月に役員宅に 民泊して収穫祭。
	8割減減	0.4ha	5割減減との違いがアピールできない
	有機栽培	0.14ha	固定圃場、竹ぼうき除草で栽培 認証米の販売が増えたので縮小
在来コシ	トキ認証米	4.3ha	米穀店7~8社向け販売。8月末に圃場巡回
こしいぶき	トキ認証米	6.6ha	大豆と輪作
	加工用米	16.6ha	大豆と輪作、転作カウント
こがねもち	トキ認証米	2.3ha	固定圃場
五百万石	酒米	10.0ha	固定圃場
大豆		11.0ha	ブロックローテーションで栽培
バラ転		2.1ha	

表6 生き物調査水田での確認生物種

	2009	2010	2011	2012	2013
6月調査	10	17	18	18	20
8月調査	9	17	17	17	22

注：調査水田の平均値、目が慣れた効果を含む

表7 JA佐渡における清算金の推移

コシヒカリ1等、円／60kg

	一般米	5割減減	朱鷺認証	差額
2008	15,252	15,382	16,362	1,110
2009	14,480	14,554	15,068	588
2010	13,916	13,958	14,350	434
2011	16,596	16,624	17,093	497
2012	—	16,226	16,746	520
2013	—	—	—	—

注：桑原2015より引用

2012年より、全量5割減減に移行した

表8 N生産組合における水稻単収の推移

単位(kg／10a)

	H25	H26	H27	H28	平均
コシヒカリ 無農薬無化学肥料	297.9	446.8	446.8	425.4	404.2
コシヒカリ 5割減減	510.2	486.8	500.0	513.0	502.5
こしいぶき 5割減減	570.9	556.7	667.0	530.4	581.3
こしいぶき 慣行栽培	546.6	549.5	575.9	604.8	569.2
水稻平均	513.4	501.5	529.6	533.6	519.5
参考：佐渡市水稻単収	549	515	524	547	534

注：佐渡市水稻単収は作物統計。H26までは1.70mm，H27からは1.85mm以上で算出。

N生産組合は、全て1.85mmのふるいを通したものの。

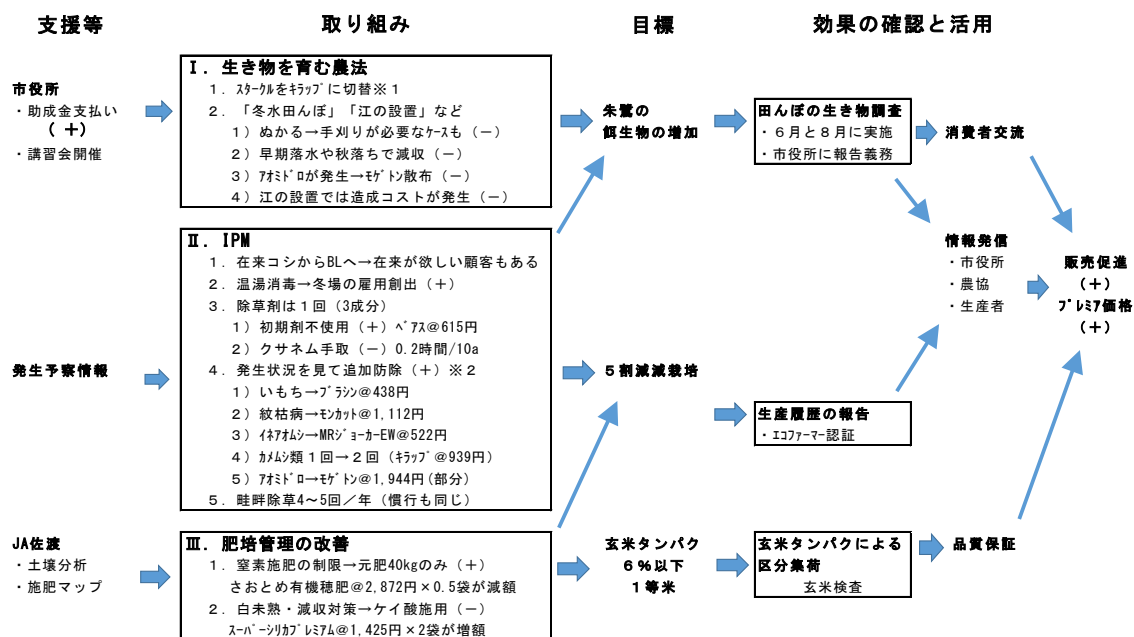


図1 佐渡における環境保全型農業の取り組みの功罪表

図中の (+) はプラスの効果、(-) はマイナスの効果を表す

※1、新潟大の調査に基づき、田んぼの生き物に影響の少ない剤に切り替えた

※2、通常は、フェルテラ箱施用 (1成分)、キラップのラジヘリ防除 (1成分) のみ

表9 朱鷺と暮らす郷づくり認証制度の取組推移

単位: 人、ha

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
農家数	256	510	651	685	684	622	539	525
認証面積	426	862	1,188	1,307	1,367	1,334	1,214	1,216

<参考> 佐渡市における農業就業人口の推移 (販売農家)

	15~ 19歳	20~ 24	25~ 29	30~ 34	35~ 39	40~ 44	45~ 49	50~ 54	55~ 59	60~ 64	65~ 69	70~ 74	75~ 79	80~ 84	85歳 以上	合計
2010年	294	58	39	71	62	69	128	248	498	1,043	1,199	1,571	1,696	1,127	478	8,581
2015年	180	57	37	25	75	65	61	148	288	700	1,093	1,048	1,141	895	519	6,332
変化率	-39%	-2%	-5%	-65%	21%	-6%	-52%	-40%	-42%	-33%	-9%	-33%	-33%	-21%	9%	-26%

【工程表の②】

「水稻作に関する評価指標の抽出」に関して以下の整理を行った。

1) IPM の定義に基づく基本的な考え方の抽出

IPM 実践指針では、IPM を「総合的病害虫・雑草管理とは、利用可能なすべての防除技術を経済性を考慮しつつ慎重に検討し、病害虫・雑草の発生増加を抑えるための適切な手段を総合的に講じるものであり、これを通じ、人の健康に対するリスクと環境への負荷を軽減、あるいは最小の水準にとどめるものである。また、農業を取り巻く生態系の攪乱を可能な限り抑制することにより、生態系が有する病害虫及び雑草抑制機能を可能な限り活用し、安全で消費者に信頼される農作物の安定生産に資するものである。」と定義している。

また、IPM 実践指針の中で、IPM の目的については、「人の健康に対するリスクと環境への負荷を軽減あるいは最小限にし、我が国農業全体を環境保全を重視したものに転換することにより、消費者に支持される食料供給を実現することと位置付ける」とされている。さらに、農業者側については、病害虫・雑草の発生状況に対応した適切な防除手段を総合的に講じることで、「経済的に受け入れ可能なコストにより、安全で消費者に信頼される農作物の安定した生産を確保できる」といったメリットを通じて、その実現を推進するとある。

→ こうした定義に基づき、以下の4つの視点を基本的な考え方として抽出した

- 視点1. 「環境保全を重視した農業への転換」が図られているか?・・・環境保全
- 視点2. 「消費者に支持される食糧供給」が実現しているか?・・・販路確保
- 視点3. 「経済的に受け入れ可能なコスト」に収まっているか?・・・経済性
- 視点4. 「農産物の安定した生産」が確保されているか?・・・持続性

2) 基本的な考え方の佐渡市の取り組みへの当てはめ

JA 佐渡では、「日本一安心・安全でおいしい農産物の島「佐渡」をめざした取り組みが行われており、目標とすべき3つの農業像（下線部分）が掲げられている。それらは、上述の基本的な考え方と以下のように対応している。また、「経済的に受け入れ可能なコスト」に関しては、助成金を含めた費用／便益との関係が考えられる。

- 視点1. 「環境保全を重視した農業への転換」が図られているか?・・・環境保全

→ 「人とトキの共生する島」をめざす農業

- 視点2. 「消費者に支持される食糧供給」が実現しているか?・・・販路確保

→ 生産者と消費者が共感できる農業

- 視点3. 「経済的に受け入れ可能なコスト」に収まっているか?・・・経済性

→ （費用／収益の関係と価格補償や支援制度が関連）

- 視点4. 「農産物の安定した生産」が確保されているか?・・・持続性

→ 多様な担い手の育成による活力ある農業

3) 基本的な考え方に対応した評価手法の具体化

以上の整理に基づき、佐渡市・JA 佐渡の取り組みを対象に IPM の取組の直接的効果、間接的効果について評価する評価指標を表 10 のように整理した。

評価指標については、時間とコストをかけた「詳細分析」と営農現場で取り組みやすい「簡易分析」の 2 通りを想定した。

表10 評価の視点と評価指標

評価の4つの視点 (下段は佐渡のケース)		評価指標 (上段は簡易指標、下段は詳細指標)		調査事例
環境保全	「環境保全を重視した農業への転換」が図られているか?	生き物調査水田での確認生物種	生産者・消費者・地元小学生などによる簡易調査	佐渡市役所
	「人とトキの共生する島」をめざす農業	単位面積当たりの餌生物量(kg/a)	サンワコン、日本生態系協会等によるコンサル	山中(小山市)、北陸農政局
販路確保	「消費者に支持される食糧供給」が実現しているか?	販売価格(一般米との価格差)、販売数量	農協等での聞き取り	環境省PES、桑原2013
	生産者と消費者が共感できる農業	取組の認知度、購買意思の有無	販売業者・消費者アンケート、試食・購買実験	中津2014、青木
経済性	「経済的に受け入れ可能なコスト」に収まっているか?	単収、販売単価、除草時間など	生産者からの聞き取り	桑原2015、芦田2011
	(費用/収益の関係と価格補償や支援制度が関連)	生産費、便益費用分析	作業記録、会計記録に基づく分析	西川2013、柘植、中央農研
持続性	「農産物の安定した生産」が確保されているか?	取組参加農家の推移、販売数量の推移など	認証機関(市役所)での聞き取り	北陸農政局、佐渡市
	多様な担い手の育成による活力ある農業	営農類型別の取組状況、将来意向	取組農家へのアンケート、悉皆調査	水野2013、佐渡市2012

4) 評価指標の特徴と今後の課題

現在、各県で作成している IPM 指標は「実践指標」＝取り組みを行ったか否かを問うものであり(参考表)、取り組みによる成果(アウトカム)を測る指標・評価手法「結果指標」とはなっていないため、IPM の経済的効果を測るには、こうした観点から新たな評価手法を整備していく必要がある。

また、4つの視点からの評価指標は相互に関連している(図2)。IPM の取り組みによって生まれる効果には、生物量・生物種の変化など「生物多様性の向上」や労力・コストの変化による「活動の持続性向上」のように直接効果として表れるものもあるが、「米の販売促進」や「生産者の関心・取組意欲」のように、専門家による解説や成果のアピール、消費者交流の取組などを通じて発揮される間接的効果もみられる。

このため、間接効果の発揮に向けた取り組みとして、「情報発信」や「コミュニケーション」についても評価指標(実践指標)に加味していく必要がある(表11)。

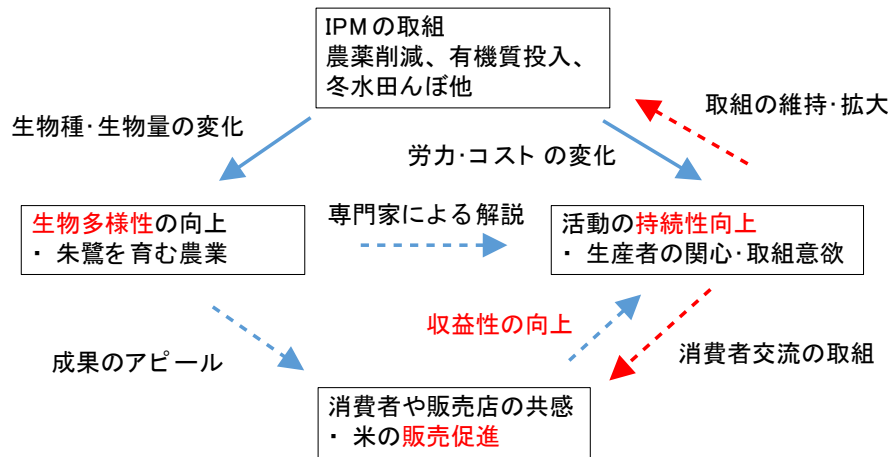


図2 佐渡における朱鷺を育み農法の直接的効果と間接的効果の関係

表11 認証米に関わる情報発信と消費者交流

	佐渡農協	N生産組合
情報発信	・ 佐渡米通信こめ〜る(機関誌) ・ 佐渡のたんぼにつき(FB) ・ 特別栽培米ガイドラインに基づく使用農薬等の公開 ・ 米検査結果、生育情報など(生協、米穀店、米卸むけ)	・ 長畝ふるさと通信 ・ 大井理事ブログ ・ 組合パンフレット作成 ・ 市役所作成の販促資材も活用 ・ 東京農大との交流20人、民泊して生き物調査
消費者交流	・ コープにいがた子供ツアー13人、ビオトープづくり、生きもの調査 ・ コープにいがた田植えツアー39人、田植え体験、生きもの調査 ・ コープネット 稲刈りツアー50人、稲刈り体験、生きもの調査	・ 新規契約のための商談会(春: 東京、秋: 大阪) ・ 個人で米の直接購入を行う「会員」むけ収穫祭(11月) ・ 得意先の米穀店を招いての圃場見学と民泊(8月、5~6社)

<参考文献>

- 1.北陸農政局「トキとの共生を目指す佐渡農業・環境再生の取組」
- 2.佐渡市「トキと暮らす島 生物多様性佐渡戦略」2012年
- 3.佐渡市「生物多様性佐渡戦略推進に関するアンケート」2013年
- 4.山中哲「小山市「ふゆみずたんぼ実験田」における生きもの調査の実施について」小山市「ふゆみずたんぼ実験田」推進協議会
- 5.桑原考史「冬期湛水の課題と展望」2013年度日本農業経済学会論文集
- 6.桑原考史「環境保全型稲作実践の地域的条件に関する予備的考察」日本農研『農業研究』26、2013年

- 7.桑原考史「佐渡における環境保全型農業の到達点と課題」農業問題研究、2015 年
- 8.芦田敏文ほか「水田冬期湛水の環境保全コストと持続性」農村工学研究所 2010 年度研究成果情報
- 9.西川潮ほか「佐渡島における野生生物共生型農法の費用対効果」農業農村工学会 H25 講演要旨集
- 10.水野亮「トキ野生復帰の取り組みが農業に与えた影響」水資源・環境研究 26.-1、2013 年

『佐渡市生物多様性学術研究等奨励事業報告書』

- 11.中津充裕「朱鷺と暮らす郷づくり認証米に関する販売者・消費者への意識調査」2014 年
- 12.石原公貴「4.「朱鷺と暮らす郷づくり認証米」の販売者アンケートを活用した消費者の意識調査」2015 年

新潟大学朱鷺・自然再生学研究センター『トキを象徴種とした里地の社会生態システムの再生』H23～25 年度 報告書

- 13.柘植隆宏ほか「生物共生農法の費用対効果」
- 14.青木恵子ほか「佐渡米に対する消費者評価～試食・購買実験」



<参考>N 集落における田んぼの生き物調査（本田内すくい取り）と調査ガイドブック

参考表 新潟県IPM実践指標（水稲）

管理項目	管理ポイント	点数
水田及びその周辺の管理	全栽培期間を通じ、水田や水路及び畦畔等周辺の生き物を観察し、種類を把握する。	2
	農業の効果向上と水質汚濁防止のため、畦畔の整備、畔塗りなどにより、漏水を防止する。	1
	不耕起栽培を除き、翌年のオモダカ、クログワイ等多年生雑草の発生を抑制するため、稲刈り後早期に耕耘する。	1
適正な品種の選定	品種は、県奨励品種の中から病害抵抗性、耐倒伏性等を考慮し選定する	1
健全種子の確保・選別	毎年度、種子を更新し、塩水選の実施により健全種子を選別する。	1
種子消毒	種子消毒を実施する。温湯消毒を行う場合は、生物農薬との体系処理を行う。化学合成農薬による場合は、塗沫処理等、廃液が発生しにくい方法を選択する。	1
健全苗の育成	適正な播種量（基準：稚苗130～140g乾籾/箱）や育苗施肥を守り、育苗温湿度管理を適切に行い健苗育成に努め、病気が発生した苗は早く処分する。	1
代かき作業	代かきは丁寧にし、田面をできるだけ均平にする。	1
移植作業	健全な苗を選別し、適切な栽培密度（基準：平坦地18～22株、山間地22～25株/㎡）を確保する。	1
雑草対策	水田初期除草剤を、移植前または移植時に使用する場合は、環境への影響に充分配慮して処理する。	1
病害虫発生予察情報の確認	病害虫防除所が発表する発生予察情報入手し、確認する。	1
防除の要否の判断	防除のめやすが設定されている病害虫について発生量調査を行い、必要と判断された場合に防除を実施する。	1×6
	紋枯病、イネドロオイムシ、イネミズゾウムシ、ニカメイチュウ、イナゴ、セジロウンカ	
いもち病対策	葉いもちの伝染源をなくすために水田内の補植苗は、補植が終了し、不要になったものから早急に処分する。	1
	適正な基肥量を遵守し、窒素質肥料の多施用はしない。追肥については、葉色や警報・注意報の内容を確認して、適正な範囲で施用する。	1
ごま葉枯病対策	稲わらの秋すきこみを実施するとともに、完熟堆肥等有機物を積極的に施用し、土づくりを行う。	1
	土壌分析結果に基づき補給すべき養分（鉄、ケイ酸、マンガン等）を把握した上で、これらを含む土づくり資材を施用する。	1
	後期栄養を確保できる施肥管理を行うとともに、根の活力を維持する水管理を行う。	1
斑点米カメムシ類対策	適期に畦畔及び水田周辺の雑草管理を適切に行う。除草は、機械除草を基本とし、法面保護等による除草剤を使用しない省力的な雑草管理に努める。	1
	アカヒゲホソミドリカスミカメに対してはフェロモントラップ誘殺数により防除要否を判断する。	1
農薬使用全般	十分な薬剤効果が得られる範囲で最小限の使用量となる最適な散布方法を検討し、使用量・散布方法を決定する。	1
	当該病害虫・雑草に効果のある農薬がある場合には、飛散しにくい剤型を選択する。	1
	農薬毎に定められている止水期間中、落水・かけ流しは、行わない。特に、水田除草剤は、処理後4～5日は湛水状態を保ち、7日間は止水とし、かけ流しはしない。	1
	飛散防止対策を徹底する。	1
	薬剤ローテーションを実施し、防除効果が劣る薬剤は使用しない。	1
その他	作業日・内容や使用農薬の内容等の記帳を徹底する。	1
合計点数		31

評価基準

合計点数21点以上＝IPMの実践レベルが高い。

合計点数11～20点＝IPMの実勢レベルが中程度。

合計点数10点以下＝IPMの実践レベルが低い。

【工程表の③】

稲作における IPM の取り組みについて、「斑点米カメムシ対策（宮城県・岩手県）」、「イネ縞葉枯病対策（岐阜県・栃木県・茨城県）」、「水田生態系保全にむけた IPM（新潟県佐渡市）」を調査した。その背景、取り組み内容、取り組みの成果という視点から概要をまとめると表 12 のようになる。宮城県、岩手県の斑点米カメムシ対策では、年次変動や品種間差の大きい斑点米カメムシ被害への対策として、伝染源植物の除去、アメダス情報に基づく発生予察と追加防除の取り組みとその成果について検討し、リスクマップを使って病害虫リスクを認識、評価する方法を適用して、岩手県の取り組みの経済性を確認した。岐阜県、栃木県、茨城県のイネ縞葉枯病対策では、年度をまたいだ保毒虫の増加とその移動により、発病エリアが刻々と広がる中で、抵抗性品種の利用や化学農薬の組み合わせに、地域ぐるみで取り組んだ経過とその成果について検討し、発病株率や保毒虫率の広域的なモニタリングと現地圃場での病害虫対策の経済収支を組み合わせた評価を試みた。さらに、新潟県佐渡市におけるトキを育む郷のコメ作りを事例に、「冬水たんぼ」などの生きものを育む農法と IPM や減化学肥料栽培を組み合わせによって、田んぼの生態系を改善した取り組みについて検討し、その成果を消費者等に発信し、ブランド価値を高め、販売促進につなげていることを IPM の間接効果として評価した。

こうした評価を通じて、稲作における IPM の取り組みを評価する際に重要と思われるいくつかの特徴も明らかになった。第 1 に、稲作の場合、経済効果の表れ方として、個人のレベル、産地のレベル、社会のレベルがあり、特に広域防除や産地ブランドなど、産地のレベルが重要であること。第 2 に、年次変動、越年感染、取組の持続性などの問題から単年度の評価だけでは不十分なケースもあること。第 3 に、まん延防止のための広域的取組では、参加者個人のレベルでは利益が減じるケースやフリーライダーが感染をまねがれるケースがあり、補助金の活用などのコスト負担がポイントとなること。第 4 に、生態系の保全が、消費者の満足度を向上させ、その結果、ブランド化・販売促進が進むというように、環境調査・情報発信などを含めたバリューチェーン構築が成功の条件であること。第 5 に、IPM の効果や費用は取り組みが進む中で徐々に把握され、産地としての IPM の普及を促していることである。以上のような特徴を整理したのが図 3 である。

IPM に取り組む個々の農業経営のレベルでは、単収、品質などの農業の生産性への影響や農薬使用の増減による生産コストの変化などが、直接的な経済指標となるとともに、IPM の取り組みを通じた環境保全型農業生産に関する知識や田んぼの生態系などへの関心の変化が間接的な指標として把握できよう。産地のレベルでは、病害虫のまん延防止による産地レベルでの減収回避や品質向上が、直接的な経済指標として活用でき、さらに産地ブランドの認知度や産地としてのコメの販売実績などが間接効果として利用できる。さらに社会・環境レベルでは、生き物調査などにより、生物多様性向上の直接的な効果が測られると同時に、その情報を得た消費者や住民の満足度などの間接的な効果についてもアンケー

トなどを通じた把握が行われている。

こうした指標を OECD の IPM プログラム等でまとめられた評価指標と比較すると、①産地としての取り組みを評価する指標、②農産物ブランドに影響する品質への影響、③消費者とのつながりなどの販売指標といった点が加味されるべきということがわかる。

なお、IPM の取り組みを通じて生産者の知識や意識が高まることで、産地としての活力やまとまりが強まったり、より効果的な農薬使用が行われ、病虫害のまん延防止につながったりするケースや、生物多様性が向上したことで、消費者の満足度が高まり、産地のブランド認知度が高まり、販売促進につながるケースなど、それぞれの指標は相互に影響している点にも注意が必要である。

表 12 分析事例における IPM の背景と特徴・成果

	岩手・宮城カメムシ	岐阜・栃木・茨城イネ絹葉枯病	新潟トキをはぐくむ米作り
背景	温暖化による斑点米カメムシ類の増加 年次や品種による被害リスクの変動	媒介虫の越年による保毒虫の増加 保毒虫の移動による病気のまん延	朱鷺放鳥に伴うエサ生物の確保 「コシヒカリ」ブランドの陳腐化
取組内容			
予防的措置	伝染源植物の除去(畦畔草刈、本田内 除草:イヌホタルイ、シズイ、ノビエ)	伝染源植物の除去(ヒコバエすき込み) 抵抗性品種利用(岐阜)、箱剤利用	コシヒカリBLへの切替、温湯消毒 畦畔除草、箱剤利用
判断	アメダス情報にもとづき「高温年」は 追加防除を呼びかけ(割れ羽多発品種)	要防除水準(越冬世代保毒虫率など) 本田防除の時期(第2世代幼虫対象)	紋枯病は発生状況をみて防除を判断 6月と8月に「生き物調査」を実施
防除	穂揃期1週間後の防除の徹底に加え 「高温年」では2〜3週間後に追加防除	多発地域では地域ぐるみで薬剤防除 抵抗性品種であっても防除に参加	農薬は5成分しか使用しない ネオニコ系農薬を他剤に切替
取組の成果	一律防除に比べて農薬費が節減できる 斑点米による極端な品質低下が解消 農薬使用を減らしたブランド米生産	抵抗性品種の作付増で保毒虫が減少 地域ぐるみでの箱剤+本田防除体系で 保毒虫率が漸減、まん延に歯止め	水田で確認される生物種が倍増 生協向けなどプレミアム価格で米販売 地域全体でもコメ販売量が回復
留意点	色彩選別機の導入で被害リスクが減少 農薬成分数の制限がある場合、殺虫剤 使用を増やすために他剤の削減が必要	抵抗性品種への消費者理解が必要 地域ぐるみの対策では、個別経営の 経済性が損なわれる場合もある	管理コストの増加を補助金で補填 生き物ブランドによる販促を強化中 高齢化で参加農家が減少傾向

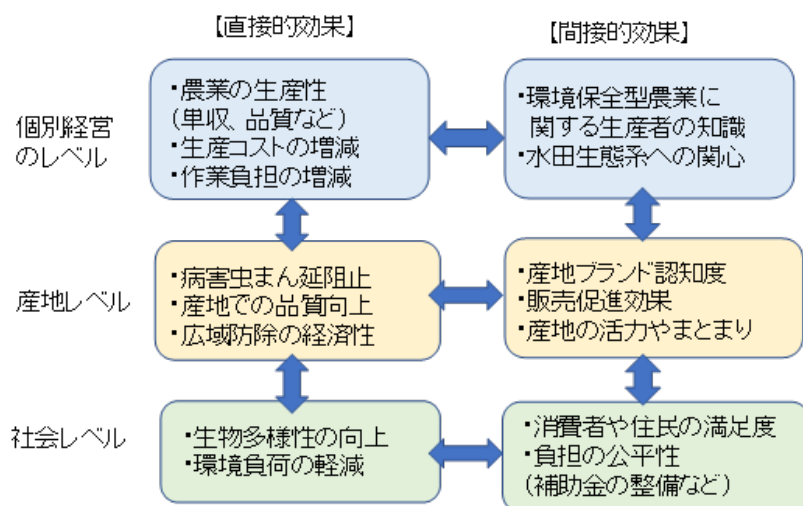


図 3 個別経営・産地・社会の各レベルにおける IPM の導入効果

※小課題 2（平成 27 年度～平成 29 年度成果）

【工程表の①】

1) 野菜作 IPM の防除費用、防除作業

天敵利用による IPM は、複数の購入天敵を組み合わせた防除体系の場合、防除資材費が慣行より高く（F 地区ピーマン）、経営費は上昇するが、土着天敵を併用する場合、防資材費は慣行を下回る（G 地区ナス、C 地区キュウリ）（表 1）。G 地区ナスでは慣行の農薬使用が以前（旧慣行）より減っている現状においても、IPM の方が経費面からみて有利となっている。

また、IPM の導入によって防除作業回数の大幅な減少が可能になり、これは防除時間の削減効果をもたらすことになる。

表 1 野菜作における天敵利用による IPM の経済的効果

年次	ナス(P県G地区)			キュウリ(B県C地区)		ピーマン(L県F地区)		
	IPM 2015年	慣行 2015年	旧慣行 2009年	IPM 2014年	慣行 2014年	IPM1 2012年	IPM2 2012年	慣行 2012年
天敵利用体系	スワルスキーカ ブリダニ、チリカ ブリダニ、タバコ カスミカメ	—	—	スワルスキーカ ブリダニ、タバコ カスミカメ	—	スワルスキーカ ブリダニ、ミヤコ カブリダニ、コレ マンアブラバチ	スワルスキーカ ブリダニ、ミヤコ カブリダニ	—
天敵製剤(円/10a)	37,460	—	—	77,228	—	74,200	63,000	—
殺虫剤(円/10a)	6,621	58,508	78,156	6,127	75,450	29,786	36,016	64,030
殺菌剤(円/10a)	50,370	42,292	31,002	17,041	54,041	28,271	31,974	32,958
防除資材費計(円/10a)	94,451	100,800	109,158	116,836	129,491	132,257	130,990	96,988
(天敵+殺虫+殺菌)	(93.7)	(100.0)	(108.3)	(90.2)	(100.0)	(136.4)	(135.1)	(100.0)
殺虫剤(回)	3	25	38	4	37	4	5	17
殺菌剤(回)	20	15	12	12	38	8	8	9
薬剤使用回数計(回)	23	40	50	16	75	12	13	26
(殺虫+殺菌)	(57.5)	(100.0)	(125.0)	(21.3)	(100.0)	(46.2)	(50.0)	(100.0)
防除作業回数(回)	21	31	30	16	30	8	8	10
	(67.7)	(100.0)	(96.8)	(53.3)	(100.0)	(80.0)	(80.0)	(100.0)
収量(t/10a)	12.0	12.0	12.0	24.5	19.1	7.1	6.7	6.3
	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(128.3)	(100.0)	(112.7)	(106.3)	(100.0)
生産物価格(円/kg)	450	450	450	230	230	350	350	350
	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)
粗収益(千円/10a)	5,400	5,400	5,400	5,635	4,393	2,485	2,345	2,205
	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(128.3)	(100.0)	(112.7)	(106.3)	(100.0)
収益(千円/10a)	5,306	5,299	5,291	5,518	4,264	2,353	2,214	2,108
	(100.1)	(100.0)	(99.8)	(129.4)	(100.0)	(111.6)	(105.0)	(100.0)

注: 1)ナスについては、農協なす部会作成の防除暦(2015年版、2009年版)に基づいて資材費・使用回数・防除回数を算出。「必須防除」

のみを対象とし、必要に応じて行う「応急防除」を除く。「収量」と「生産物単価」は農協販売実績から推定した産地平均。

2)キュウリについては、普及機関提供の資料(IPM実証調査報告書)より引用・加工。微生物殺虫剤は「天敵製剤」に含めている。実証調査における慣行区ではキュウリ黄化えそ病の発生により大幅に減収したため、「慣行」収量は農協部会の平均値を用いた。

3)ピーマンについては、普及機関提供の資料(IPM実証調査結果)より引用・加工。粘着板は「天敵製剤」に含めている。

4)土着天敵(タバコカスミカメ)の費用は算入していない。5)収益＝粗収益－防除資材費計。6)()内は、各品目について慣行＝100.0とした比率(%)。

2) 野菜作 IPM の収量・単価

F 地区ピーマンと C 地区キュウリにおいて、天敵利用による IPM の収量が慣行を上回っている（表 1）。ピーマンでは、農薬散布が開花中の花に影響（着果の悪化）することから、農薬散布回数の少ない IPM は着果が比較的よくなることに起因していると考えられている。キュウリでは、殺虫剤抵抗性の発達によりアザミウマが媒介するキュウリ黄化えそ病の被害を十分に抑えることができない中で、IPM の成功（黄化えそ病の発生率 10%未満）によ

り収量が維持されたと考えられる（図1）。

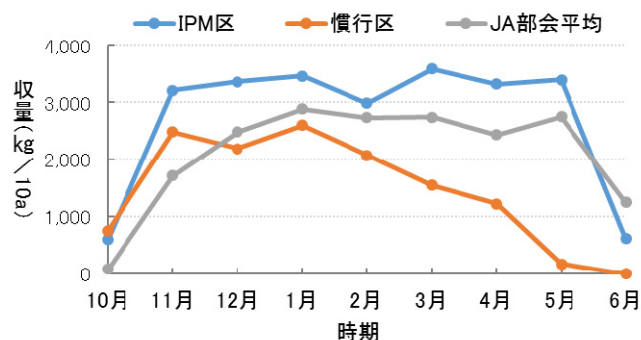


図1 施設キュウリの収量(C地区)

注:C普及機関資料

生産物価格についてはいずれの事例も IPM と慣行で格差は生じていない。IPM の取り組みは短期的な単価上昇を期待せず、生産の持続的な安定性が基本におかれている。

土着天敵を併用する IPM では、収量に変化がない場合、収益は慣行とほぼ同等であり（G地区ナス）、また、購入天敵による IPM において、収量の向上により、粗収益の増加で防除資材費の増加がカバーされ、慣行より収益的に有利となっている（F地区ピーマン）。なお、IPM による品質改善（秀品率向上）が認められる場合（図2）、その収益に及ぼす影響を考慮する必要がある。

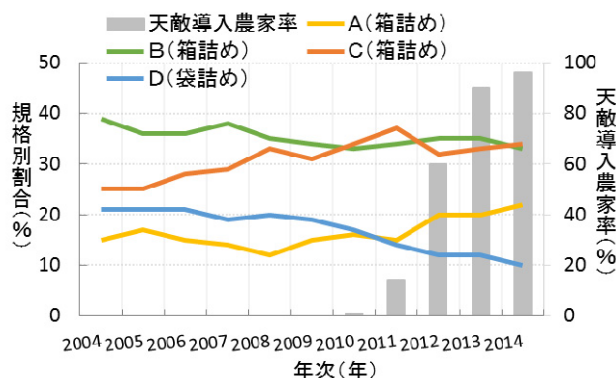


図2 施設ナスの規格別割合（G地区）

注:G農協資料。A→Dの順に品質が低下。

3) 野菜作 IPM による産地維持

B 県のナス産地（B 地区）では主要害虫の薬剤抵抗性が発達する中で、化学殺虫剤の使用量は年々増加したが、天敵を利用した IPM の普及によって最近の化学殺虫剤の販売金額はピーク時の 1/2 まで減っている（図3）。同産地では天敵導入面積率が 90%を超えており、土着天敵を基幹とした IPM 体系が確立され、標準技術化する段階に入っている。IPM は慣行防除体系に代替することで、農薬依存度を高める傾向に歯止めをかけ、持続性のあ

る防除体系として産地の維持に寄与しているといえる。

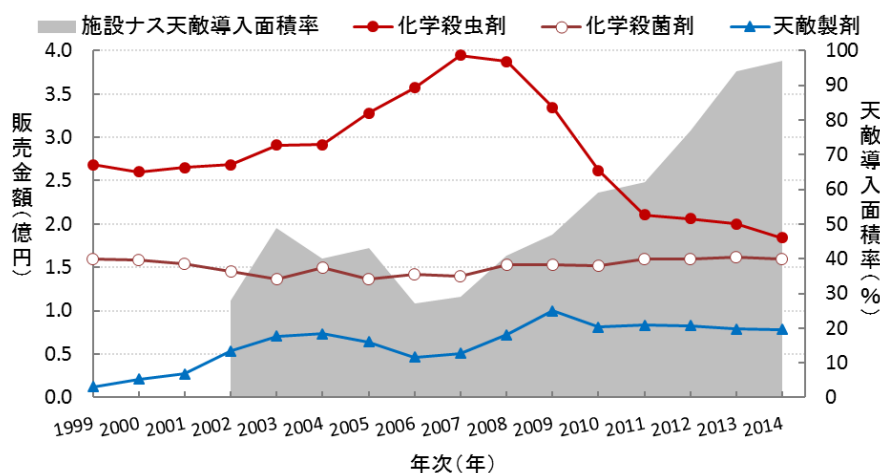


図3 園芸用農薬の販売金額の推移（B県B地区）

注:1)B農協資料、B県資料により作成

2)天敵導入面積率はB県施設ナス(促成・雨よけ)を対象とした数値。

3)B地区(農協管内)野菜作における施設ナスの面積シェアは83%(2014.10)。

4)B県施設ナスにおけるB地区(農協管内)施設ナスの面積シェアは91%(2014.10)。

B県ではナスの他にピーマンにおいて、天敵利用によるIPM体系が広範に普及し、産地レベルで標準技術となっている。ナス・ピーマンでは作付面積が減少基調（2003年→2015年間：ナス19%減、ピーマン34%減）にあるが、ナスでは近年、収量の増加によって産地の出荷量が維持されている（図4）。また、ピーマンでは天敵導入面積率が2005年に60%に達し、IPM体系を比較的早く確立することで産地が展開している。ナス・ピーマンでは経営レベルにおけるIPMの導入が産地全体に波及し、地域効果として産地の出荷量維持に寄与していると推測される。

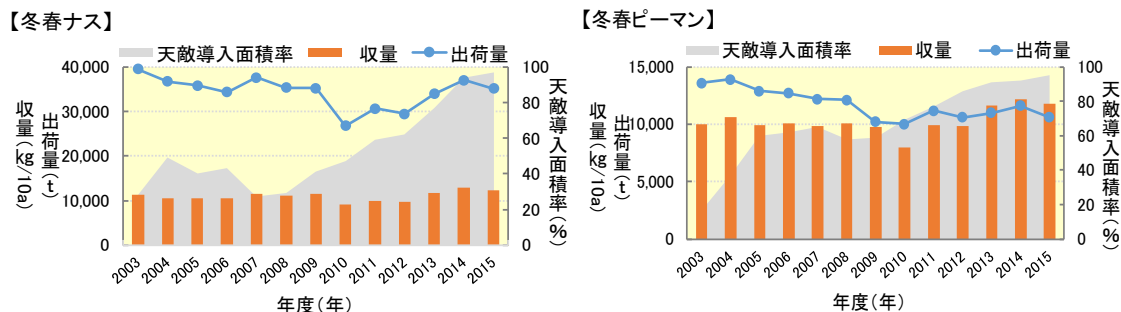


図4 施設ナス・ピーマンの出荷量と収量の推移（B県）

注:農水省「野菜生産出荷統計」、B県資料による。

4) キュウリ産地における IPM

B 県において IPM の導入が遅れている品目としてキュウリの実態を見てみる(表 2)。主要産地のうち C 地区では、タバコカスミカメを併用した IPM 体系を導入する農家は 34% まで高まり、その内 9 割近くが成功させている。D 地区では農家の農薬への依存意識が極めて高いため、天敵導入面積率は 2 % 弱に過ぎず、また、土着天敵にこだわらず、農薬に対してより強い天敵が現場から要望されている。E 地区では地域内のタバコ作との関係からタバコカスミカメの確保・利用に制約が生まれ、購入天敵利用が中心にならざるを得ない現状にある。このように地域条件の違いが IPM 体系の組み立てと確立度合いに影響しているが、いずれにしても地域の実情を踏まえて IPM を推進する必要がある。

表 2 施設キュウリ作における IPM の取組概要 (B 県主要産地)

区分	C地区	D地区	E地区
キュウリ作付面積、農家数	54ha(2014年)、218戸(2015年)	29ha(2014年)、133戸(2015年)	18ha(2014年)、80戸(2014年)
天敵導入農家率、導入面積率*	37.6%(2015年)	1.7%(2015年)*	60%(2014年)
天敵利用体系	スワルスキーカブリダニ(2回放飼)＋タバコカスミカメ、微生物殺虫剤も併用	スワルスキーカブリダニ(1回放飼)＋リモニカスカブリダニ ※現在組み立て中	スワルスキーカブリダニ(2回放飼)＋タバコカスミカメ ※高知地区を参考
取組み及び産地の特徴	・薬剤抵抗性を持ったアザミウマ(ウイルス媒介虫)の防除のため天敵利用に転換。 ・土着天敵だけでは不十分であり、市販天敵との併用が有効。 ・温存ハウスの多くは個人有。	・黄化えそ病による被害経験から、薬剤防除の意識が強い産地であり、IPMの取組みは遅れた。 ・農薬使用の制限が比較的緩い天敵が生産者から要望され、市販天敵による防除体系をとる。	・地域内のタバコ作との関係から、タバコカスミカメの確保・利用に制約が生まれ、市販天敵利用が中心にならざるを得ない。 ・天敵導入農家率が高いが、市販天敵単体では効果が小さい。

注：各地区普及機関資料および聞き取り調査による。

【工程表の②】

野菜作 IPM 導入の経済的効果(直接的効果)の指標に関して次のような整理を行った。

IPM 導入の経済性については、IPM 関係の資材費と労働費、そして粗収益によって検討でき、それら項目とその内容や構成要素が IPM の経済的効果を測る主要な指標として抽出される(表 3)。

IPM 関係の資材費は害虫防除の方法(耕種・生物・物理・化学)に分けて整理することにより、その内容と特徴が捉えられる。なお、こうした資材費に反映する個々の技術的対応については、施設ナス等の「IPM 実践指標モデル」における具体的な管理ポイントに基づいて特定し、慣行での技術的対応の内容や費用と比較することで整理される(表 4)。

IPM 関係の労働費は慣行を基本に作業を区分(解消・省力化・追加・緻密化)して整理することにより、その内容と特徴が捉えられる。なお、作業別に労賃単価を変えることで、各作業の強度・負担度合いを考慮した労働評価も可能になる。

表3 野菜作 IPM の直接的な経済的効果の指標

(単位:円/10a、時間/10a)

項 目	内 容	IPM	慣行	慣行との差額 (IPM－慣行)
IPM関係の資材費		217,000	102,000	115,000
耕種的防除の費用	抵抗性品種	0	0	0
生物的防除の費用	天敵製剤、微生物製剤、フェロモン剤	35,000	0	35,000
物理的防除の費用	ネット、シート、黄色蛍光灯等	1,000	1,000	0
化学的防除の費用	殺虫剤、殺菌剤	56,000	101,000	-45,000
その他関連費用	交配昆虫	125,000	0	125,000
IPM関係の作業時間		29	336	-307
解消される作業	交配昆虫利用の場合のホルモン処理	0	300	-300
省力化される作業	農薬散布	16	36	-20
新たに発生する作業	天敵の確保・放飼・観察	2	0	2
	交配昆虫管理	10	0	10
緻密化する作業	病気・害虫の観察(発生、密度)	1	0	1
IPM関係の労働費	作業時間×労賃単価	29,000	336,000	-308,000
労賃単価(円/時間)		1,000	1,000	0
粗収益	収量×生産物価格	4,302,000	4,302,000	0
収量(kg/10a)		18,000	18,000	0
生産物価格(円/kg)	秀330円/kg(15%)、優230円/kg(65%)、 良200円/kg(20%)	239	239	0
粗収益[IPM品質改善]	IPM品質:秀330円/kg(25%)、優230円/kg (65%)、良200円/kg(10%)	4,536,000	4,302,000	234,000
生産物価格(円/kg)		252	239	13
収益1	粗収益－IPM資材費	4,085,000	4,200,000	-115,000
収益2	粗収益－(IPM資材費＋IPM労働費)	4,056,000	3,864,000	192,000

注:表中の数字は仮の値。

表4 経済効果に関わる「IPM 実践指標モデル」項目(施設ナス等、暫定)

項目		管理ポイント	資材 区分	投入資材 IPM 慣行	
【環境の整備】	健全苗の育成	育苗施設や育苗圃場への害虫侵入を抑制するため、物理的防除手段を講じる(紫外線除去フィルム・ネット被覆・粘着トラップ等)。	物理	○	○
	施設内への害虫侵入防止措置	適用のある害虫に対して性フェロモン剤を設置する。	生物	○	○
		チョウ目害虫の侵入防止、産卵抑制を図るため、黄色灯を設置する。	物理		
		栽培施設を紫外線除去フィルムで被覆する。	物理	○	○
		施設開口部に防虫ネットを展張する。	物理	○	○
		粘着トラップ等を設置する。	物理		
	作物の栽培管理	雑草抑制のため、マルチを利用する。	物理	○	○
		適正な灌水と適切な換気を行う(循環扇)。	物理	○	○
		交配昆虫を利用する。	その他	○	
【防除の実施】	生物農薬の利用	生物農薬(天敵昆虫)を使用する。 害虫に対して微生物農薬(殺虫剤)を散布する。 病害に対して微生物農薬(殺菌剤)を散布する。	生物 生物 生物	○ ○ ○	
	農薬の選択	選択性殺虫剤を利用する。	化学	○	
【収穫後】	圃場の衛生管理	病害虫を死滅させるため、栽培終了後に施設を蒸し込む(くん蒸器)。	物理	○	○

注:○印は、管理を実施し、投入資材ありを表す(例示)。

粗収益は収量と生産物価格で構成されるため、IPM と慣行の間に価格差が生じない場合、粗収益差をもたらす収量の水準や安定性が IPM 導入の有利性を左右する重要な要素になる。また、IPM の導入によって販売単価の上乗がない状況においても、品質改善（秀品率向上）が可能な場合、生産物の平均価格が引き上げられ追加粗収益を得ることができる。

【工程表の③】

1) 野菜作 IPM の導入効果の多面的な把握

IPM の取り組みでは経済的効果以外の効果も重要であり、その効果を非経済的な側面からも捉える必要がある。そこで、IPM 導入における多面的な効果とその発現過程を示す図 5（以下、「導入効果・発現過程図」）を策定した。

野菜作での IPM 導入の効果は、圃場・経営レベルで発現する経営的效果と産地レベルで発現する地域的效果に大別される。また、IPM には経済面以外にも環境面や社会面からその効果が期待されることから、経済的效果と環境的・社会的効果に区分される。圃場・経営レベルにおいて直接的にもたらされる効果は、所得向上や省力・軽労化等の経済的效果、健康リスク軽減や環境負荷軽減等の環境的・社会的効果として整理でき、経済的效果と環境的・社会的効果は相互に関連する。また、直接的效果から派生する間接的效果も、経済的側面と環境的・社会的側面の効果が相互に関連する。こうした圃場・経営レベルでの効果は地域に波及し、産地レベルにおいて IPM 導入による地域的效果が経済・環境・社会的側面から発現する。

経済的效果を対象にした場合、IPM 導入の効果は次のような過程で捉えられる。直接的效果については前節で抽出した評価指標で測られる経済的效果、つまり経営体における収益面や作業面の改善効果として発現する。また、派生する間接的效果については、圃場・経営レベルにおいて、作業ピークの緩和による規模拡大、他作物との作業競合、販売や加工等による新規事業の展開などの経営的效果が発現する。さらに、産地レベルにおいて、持続的な生産による出荷量の維持、産地ブランドの創出、生態系サービスの保全などの地域的效果が発現することになる。

なお、間接的な経済的效果に関しては、調査対象事例において表れていない効果（販売や加工等による新規事業展開、産地ブランドの創出など）も多く、具体的な評価指標について未整理である。今後、社会的効果（消費者等の関係深化、技術情報の共有、生産者の組織化など）との関連性を踏まえて、間接的な経済的效果に繋がる取り組みについても指標化を検討する必要がある。

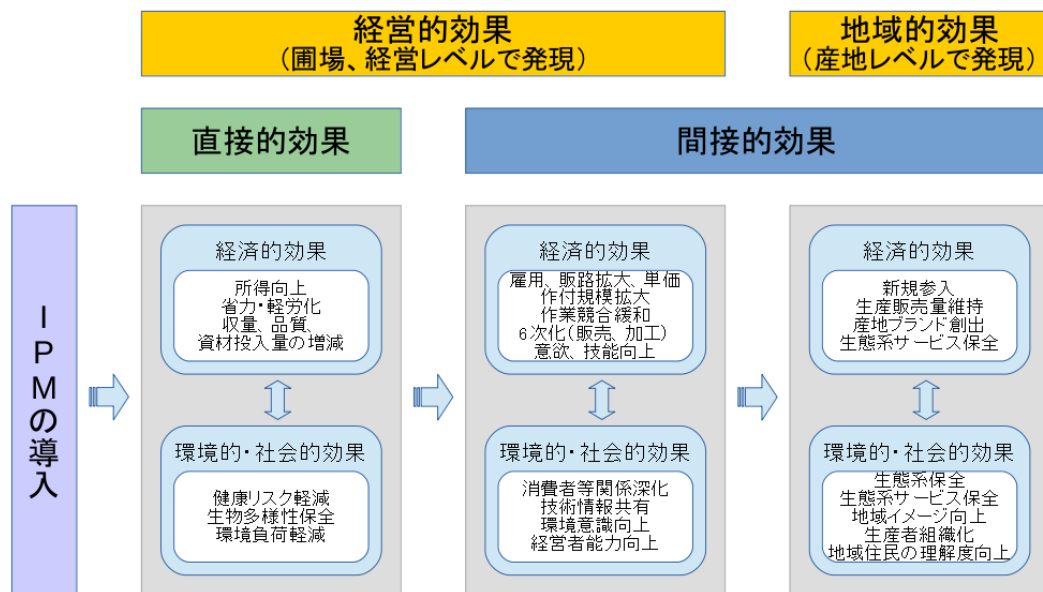


図5 IPM導入効果とその発現過程—野菜作—〔暫定〕

注:IPMの導入効果を圃場・経営レベルと地域レベルで顕在化する効果に大別し、経済的あるいは環境的・社会的な側面からみて、IPM導入により直接的にもたらされる効果(直接的効果)と派生する効果(間接的効果)に区分。

2) IPM導入効果とその発現過程の検討—発現過程図の策定方法—

以下に、前節で提示した「導入効果・発現過程図」の策定方法について説明する。図の策定については、まず、本章で紹介した野菜作IPMの4事例を対象として、その効果発現の様式を、因果関係(直接的、間接的)、主体(経営内部、経営外部)、目的(主目的、副次的)、時間的範囲(短期的、長期的)、空間的範囲(局所、広域)、関心領域(経済、社会、環境)の6つの観点から分類し整理することとした。次に、OECD(2014)において提示された指標群「IPMのインパクト指標」を参照基準として、4事例から抽出した効果項目について不足した情報の有無を確認した(表5)。以上の検討を踏まえ「導入効果・発現過程図」を策定した。

さらに、策定した図の妥当性を検討するため、農林水産省ホームページ「都道府県におけるIPM実践優良事例」(2017年11月時点)に掲載された56事例(表6)について、IPM推進による効果を抽出し、それら効果が策定図の枠組みで捕捉されうるかを検討した。その結果、IPM実践優良事例で報告されたIPMの効果の多くは圃場・経営内の直接的効果であり、IPM実践主体が認識している主要な効果については策定図に含まれていることを確認した(表7)。しかしながらこのことは、IPM実施主体がIPMの効果を自己評価する場合には、直接的効果に重点が置かれていること、また間接的効果の把握が困難であることが反映された可能性を指摘することができる。間接的効果の発現を促進させるためには、

利用者にとって理解しやすく、簡易にデータを収集できる指標を提示することが必要であることが伺える。

表5 IPM のインパクト指標と先進事例での調査項目との比較

グループ	指標名	単位	調査項目	具体的データ項目
農業生産、農業、 リスクインパクト	農業リスク	あり/なし	薬害	収量、労働投入の増減
	施肥量	kg/ha	データあり	資材投入量の増減
	農薬使用量	kg/ha	データあり	農薬使用量の増減
	IPM によるリスク回避	あり/なし	?	
	収量	t/ha	データあり	収量の増減
	増収割合	%	データあり	収量の増減
	病害虫による被害	あり/なし	データあり	収量の増減
	低リスク農薬の使用	kg	データあり (天敵、 フェロモン)	収量、品質
	高精度農薬散布機の購入	金額	お茶	収量、農薬使用量の増減
	残留農薬レベル (食品、 河川、地下水など)	mg/kg, ppm	事例あり	品質 (食品安全)
	農家の実践・態度の変化	割合	調査可能	収量、品質、資材投入量 ←技術水準、意欲
	農家の知識や技術の改善 (人的能力の向上)	回数	調査可能	収量、品質、資材投入量 ←技術水準、意欲
	記載なし		発生予察情報の活用	収量、品質、資材投入
	記載なし		抵抗性品種の割合	収量、品質、農薬散布量
	記載なし		耕種的防除の実施	収量、品質、農薬散布量
	記載なし		受粉生物への影響	収量、品質
	記載なし		農産物の品質	収入←品質
環境面への影響	環境影響指数	1-5		
	環境指標モデル (環境変化による) 減収	あり/なし		収量
	残留殺虫剤	%		食品安全
	環境面での安定性の改善	ppm	調査事例	収量
	害虫・天敵の数	あり/なし	環境負荷ポイント	
	生物多様性の変化	害虫の発生数	生物量調査あり	
	記載なし	生物種の数	田んぼの生き物調査	
	記載なし		指標生物の調査 専門家による調査	
健康面への影響	環境影響指数	1-5		
	農業被害による休日数	日/年		
	農業被害による医療費	金額/年		
	消費者や地域住民への影 響	農業中毒の例、農業 被害による休日数		
	記載なし		作業負担の軽減	生産関連か
経済的な影響	雇用の創出/喪失	農業従事者数、雇用 割合	新規就農者の増加	
	種苗費	金額/ha	データあり	
	肥料費	金額/ha	データあり	
	農薬費	金額/ha	データあり	
	農業収益	金額/ha	データあり	
	農業資材価格	金額	データあり	
	IPM 証明の取得	増加数、増加割合	GAP 取得、トキ米 認定	
	生態系サービスの価値	金額	多面的機能の評価	
	農家所得の向上	金額/戸	計算可能	
	政策的な損益費用分析	金額	計算可能か	

次ページに続く

前ページからの続き

グループ	指標名	単位	調査項目	具体的データ項目
	記載なし		労働時間・労働費の増減	
	記載なし		産地ブランドの創出	
	記載なし		農産物の販路拡大(輸出)	
	記載なし		農産物単価の向上	
社会的な影響	農民間のコミュニケーション		生産部会の開催数	
	管理スキルへの影響		栽培記録の作成義務	
	IPM に関する住民の理解			
	IPM 採用農家への公的支援			
	記載なし		IPM に取り組む農家数	
	記載なし		IPM に関する生産者の理解	
	記載なし		技術情報の共有	
	記載なし		農協や共防組織等の取り組み	
	記載なし		IPM に関する消費者の理解	
	記載なし		消費者との交流機会	
	記載なし		マスコミ報道	

注：OECD(2014)をもとづくIPMのインパクト指標と先進事例での調査項目を比較し間接的効果に含まれていない指標があるかどうかを整理した。表頭のグループ名、指標名、単位はOECD(2014)に記載されたものである。指標名の「記載なし」は、調査事例で把握できたが、OECD(2014)に対応する指標がないものである。

表6 都道府県におけるIPM実践優良事例の品目別掲載数

品目	掲載数	品目	掲載数
アスパラガス	3	ナシ	2
イチゴ	10	ナス	4
イチヨウイモ(ヤマトイモ)	1	ナス、ピーマン	1
ウメ	1	ピーマン	2
オクラ	1	ブドウ	1
カラーピーマン	1	マンゴー、キク	1
キュウリ	5	ミョウガ	1
キュウリ、ピーマン	1	リンゴ	2
コマツナ、キャベツ	1	ワサビ	1
コンニャク	1	果菜類	1
スイカ	1	食用ぎく	1
スダチ	1	水稻	7
トウガラシ	1	茶	2
トマト	2	合計	56

出所：農水省ホームページ「都道府県におけるIPM実践優良事例」

表7 都道府県における IPM 実践優良事例からみた IPM 推進効果

No.	地域	組織	品目	IPM 推進による効果
1	栃木県	JA はが野イチゴ部会	イチゴ	生産者 70% 天敵導入。殺ダニ剤散布回数 3 割減。精神的ストレス緩和。
2	岡山県	県南ナス産地	ナス (促成栽培)	秀品率回復, 所得向上。化学合成農薬散布回数低減。薬剤散布労力軽減, 防除コスト削減。
3	徳島県	阿南市	スダチ (ハウス)	化学合成農薬散布回数低減。薬剤に係るコスト削減。地区内農家への IPM 技術普及 52%。
4	高知県	県内	ミョウガ (施設栽培)	技術普及。適期防除。天敵導入推進。生産シェア拡大。
5	佐賀県		アスパラガス	生産拡大。経営安定化。
6	福島県	県北	リンゴ	交信かく乱剤に影響ない防除体系を確立。
7	群馬県	全域	コンニャク	被害面積減少。土壌くん蒸剤削減。
8	兵庫県		イチゴ	経営コスト削減。安全性高いイチゴ生産実現 (品質の向上)。
9	和歌山県	田辺市	ウメ	環境保全型農業直接支払事業面積の増加。
10	鹿児島県	指宿市	オクラ (露地)	防除回数減少。意識向上。
11	千葉県	山武地区	ナス	可販収量増加。薬剤散布労力軽減。
12	静岡県	加茂地区	イチゴ	IPM 実践指標値の向上。実践面積の拡大。
13	富山県	全域	水稻	化学合成農薬の廃液処理問題減少。意識向上。
14	福井県	全域	水稻	防除回数削減。費用削減。実践面積の拡大。
15	岐阜県	海津	キュウリ	防虫ネット利用拡大。病害被害減少。
16	滋賀県	全域	水稻	温湯消毒を補完。環境こだわり農業に利活用。
17	鹿児島県		茶	農薬使用量の低減。土作り意識の向上。輸出拡大。付加価値。産地の活性化。
18	沖縄県	全域	マンゴー, キク	IPM 認知度の向上。体制整備。
19	宮城県	亘理地区	イチゴ	生産者の環境配慮の意識向上。殺虫剤使用の削減。IPM 技術普及。
20	山形県	尾花沢市	スイカ	観察技術の向上。防除効果維持, 薬剤散布の作業時間の短縮
21	鳥取県	全域	イチゴ	IPM 技術普及。導入面積拡大。薬剤散布回数の減少。
22	島根県	出雲地区	ブドウ (ハウス栽培)	観察技術, 意識の向上。
23	愛知県	今治地区	イチゴ (ハウス)	被害増加の不安解消。天敵導入面積の増加。IPM への生産者理解。化学合成農薬散布回数の減少。
24	埼玉県	久喜地区	イチゴ	予冷库の有効利用。天敵技術の定着。
25	静岡県		ワサビ	アオムシ被害の大幅軽減。水系の汚染を最小化。安定生産の維持。産地形成。
26	愛知県	東三河地区	食用ぎく	防除体系の確立, 普及。実践戸数, 面積増。生産者組織の確立。技術情報の共有化し, 改善。
27	大阪府	泉州, 南河内地区	ナス (施設)	化学合成農薬使用量の削減。防除作業の省力化。薬剤抵抗性発達の回避。他品目の取組みへ波及。
28	山口県	山口地区	トマト	発病の抑制。収量の増加。
29	香川県	全域	イチゴ	技術向上。意欲向上。他産地への波及。実践面積, 実践産地数の増加。
30	佐賀県	全域	キュウリ (施設)	特別栽培農産物認証の農家数増加。天敵利用面積拡大。
31	長崎県	全域	アスパラガス	薬剤散布回数の低減。生産者の IPM 技術, 考え方の理解度向上。
32	大分県	全域	ピーマン	害虫被害の抑制。薬剤散布回数の削減。害虫棒状の意識向上。
33	青森県	大鰐町	リンゴ	実践者の増加。実践面積拡大。

次ページに続く

前ページからの続き

No.	地域	組織	品目	IPM 推進による効果
34	秋田県	全域	水稻	農業費、労働費の削減。農業使用量の削減による環境負荷の低減。ブランド化。消費者への訴求力向上。
35	群馬県	全域	キュウリ (施設)	農業散布回数の減少。天敵導入面積の増加。病害の発生減少。
36	長野県	長野地区	カラーピーマン	農業使用量の削減。農業散布削減。省力化。品質の維持。収量の増加。有利販売。
37	三重県	伊賀市羽根地区	ナシ	被害軽減効果の向上。
38	奈良県	平坦部	ナス (露地)	普及率向上。面積、農家数の増加。被害率率の抑制。
39	広島県	豊松地区	トマト	防除回数の低減。エコファーマー認定数の増加。
40	愛媛県	八幡浜地区	キュウリ (ハウス)	天敵導入面積の増加。病害の防除効果確認。収量の増加。収益の増加。
41	岩手県	全域	ピーマン (施設)	被害率率の削減。防除回数の削減。生産者の IPM の理解度向上。
42	東京都	全域	コマツナ、キャベツ	防虫効果の確認。
43	長野県	松本地区	アスパラガス	散布農薬の削減。環境にやさしい農業技術の実証。
44	石川県	松任地区	ナシ	生産者の意識、IPM 理解度の向上。
45	兵庫県	豊岡地区	水稻	指標生物の確保。生物多様性評価方法の開発。虫害による作物被害が低下。実践面積の増加。ブランド化。
46	山口県	山口地区	イチヨウイモ (ヤマトイモ)	単収の回復。感染防止効果が維持。
47	宮崎県	全域	キュウリ、ピーマン (施設)	病害虫防除効果の安定。収量の増加。品質の向上。防除経費の削減。防除時間の削減。技術普及し慣行化。宮崎方式 ICM
48	北海道	岩見沢市	水稻	化学合成農薬の散布回数の低減。薬剤費の削減。
49	茨城県	鹿行地区	イチゴ	体系の確立。導入面積増加。天敵定着率豪華。
50	神奈川県	湘南地区	キュウリ (施設)	害虫侵入の低減。病害発生圃場の減少。防除技術水準の向上 (ローテーション)。
51	京都府	山城、中丹、丹後	トウガラシ (施設)	天敵実践数の増加。意識向上 (自主的調査)。IPM 理解度の向上。
52	熊本県	熊本市地域	ナス、ピーマン (施設)	技術情報共有。導入戸数の増加。殺虫剤の使用低減。回数の減少。経費削減。
53	新潟県	全域	水稻	防除削減。農業使用回数の削減。環境保全型農業の拡大。適正流通の確保。
54	高知県	全域	果菜類 (施設)	IPM 実践の拡大。導入面積の増加。防除作業時間の削減。農業費の削減。
55	福島県	県南地区	イチゴ	化学合成農薬の使用減少。新規導入者の増加。
56	埼玉県	入間地区	茶	バンカー植物による圃場内生態系の確立。土壌の流亡防止。害虫の発生抑制。防除回数の削減。

出所：表 6 に同じ。

※小課題 3（平成 27 年度～平成 29 年度成果）

【工程表の①】

事例において、IPM の取組の概要と費用及び効果の試算を総括したのが表 1 である。交信攪乱剤の費用と対チョウ目等の薬剤費用の削減はおおむね同等であるが、M 県 D 農協の様に交信攪乱剤対象外害虫が蔓延すると厳しくなる。ダニ剤削減の効果は大きい、土着天敵がいることが前提であり、かつ発生予察や耕種防除を行い、土着天敵の増加に先行するハダニ増加を容認する必要がある。病害については予防的管理を行う産地が主流であり、G 県 B 農協のような重点時期防除方式をとるのはまれである。表 1 には示していないが、各事例とも IPM による価格向上効果が得られていない中で、交信攪乱剤、耕種防除、発生予察等の費用をカバーするには、対チョウ目等薬剤のみならず、対ダニ剤、対病害薬剤などの薬剤削減などの効果もあわせて追求する必要がある。ただし、表 1 はあくまで試算であり、耕種防除をはじめさらに効果、費用項目を精査する必要がある。

表 1 リンゴ IPM 先進事例の防除の特徴と効果の収支の概況

		単位：円/10a			
		N県A農協	G県B農協	G県C共防	M県D農協
取組の特徴		2000年から続く集団的な複合交信攪乱剤導入の取組	複合交信攪乱剤導入を核とした農協ぐるみの特別栽培の取組	複合交信攪乱剤防除体系とニホンミツバチの馴致による授粉への活用	1996年から続く複合交信攪乱剤導入および土着天敵に配慮した防除の取組
防除(IPM)の特徴		・交信攪乱剤(コンフューザー-R)使用 ・発生予察による防除 ・粗皮削り、バンド巻き等耕種防除 ・モモシクイガ等対チョウ目農薬の削減(4剤)	・交信攪乱剤(コンフューザー-R)使用 ・発生予察による防除 ・モモシクイガ等対チョウ目農薬の削減(4剤) ・重点時期防除方式による対病害薬剤の削減(3剤) ・特別栽培認証取得のためノーカーボント農薬の使用	・交信攪乱剤(コンフューザー-R)使用 ・発生予察による防除 ・粗皮削り等耕種防除 ・モモシクイガ等対チョウ目薬剤の削減(3剤) ・ダニ剤の削減(2剤)	・交信攪乱剤(コンフューザー-R)使用 ・粗皮削り、バンド巻き等耕種防除 ・ヒメボクトウ等の多発により対チョウ目薬剤削減は1剤のみ ・ダニ剤の削減(2剤) ・モモ作と共通防除化
薬剤削減効果(試算 ^{注1})	対チョウ目薬剤等 対ダニ剤 対病害	6,190 0 0	8,909 0 6,013	6,565 10,775 0	870 9,695 0
付帯効果(試算)	授粉費用削減	0	0	2,948 ^{注2}	0
IPM費用(試算)	交信攪乱剤 ^{注3}	7,864	7,864	7,864	7,864
	耕種防除(粗皮削り) ^{注4}	4,363	0	4,363	4,363
	発生予察・判断 ^{注5}	33	1,085	1,485	0
	追加的地表面管理 ^{注6}	0	0	1,075	0
特殊関連費用	特別栽培認証取得のための費用 ^{注7}	0	2,246	0	0
IPM効果収支(効果-費用)		-6,070	3,727	5,501	-1,662

注1 薬剤削減効果については、対象地区の防除における削減薬剤分の費用を算出した。それゆえ薬剤散布量の違いについては考慮していない。

注2 C共防の授粉費用削減についてはセイヨウミツバチ借入放飼を想定した場合の費用3,173円より巣箱制作費225円を差し引いた。

注3 交信攪乱剤費用については事例はすべてコンフューザー-Rを使用しており、G県の価格で統一した。

注4 耕種防除はダニ、カイガラムシ対策の粗皮削りのみ計上し、費用はG県C共防E経営の実績で統一した。

注5 発生予察・判断費用は各事例の実績より算出した。

注6 C共防の追加的地表面管理費用は、実施している高刈り草生費用と慣行草刈の費用差を計上した。

注7 B農協は特別栽培認証取得のため追加的にノーカーボントのダニ剤を散布しており、費用として計上した。

出所 聞き取り調査、各事例防除暦

【工程表の②】

IPM の評価指標の考え方と直接的効果・間接的効果の試験的計測を行った。

1) IPM の評価指標の考え方

IPM の中核的な概念である EIL（経済的許容水準）は特に果樹作では計測が難しいこと

が知られている（足立礎「IPM に基づく果樹病虫害防除の方向性と対策」、『Biocontrol』4(2)、3-15、2000）。そこで、足立による定義をみると、IPM は「農生態系の長期にわたる安定的持続性を実現して、有害生物個体群の密度を『経済的損害』が生じないレベルに保つこと、防除行為による人間の健康、他の動植物及び環境のリスクを最小にすること、そして生産者や社会に経済的利益をもたらすことを目的とする」と定義されており、このうち「農生態系の長期にわたる安定的持続性を実現して、有害生物個体群の密度を『経済的損害』が生じないレベルに保つこと」を具体化する概念が EIL である。この EIL は「経済的損害が生じる時点での害虫密度」と定義され、下記の算式で表現される。

$$C(b1t) - C(b0t) = D \{n \cdot s(b0t)\} - D \{n \cdot s(b1t)\}$$

ここで $b1t$ は時点 t における防除、 $b0t$ は無防除を表し、 $C(b1t)$ は防除にかかるコストを表す。また、防除により害虫の生存率は $s(b1t)$ へ変化し、害虫個体数は $n \cdot s(b1t)$ になる。この個体数により生じる経済的損失が $D \{n \cdot s(b1t)\}$ である。この式を n について解くと、時点 t における EIL が得られる（足立同上）。つまり左辺は追加的な防除コスト、右辺は防除をした場合としない場合の損害差であり、それを等しくしようということである。このように EIL は防除する場合と防除しない場合でコストと損害を比較していくものであることから、無防除状態から構築していくことが基本となる。

しかし、そのようなデータの蓄積は果樹作においては難しい。そこで、果樹作における IPM の評価にあたっては慣行防除を基準とせざるを得ない。すなわち慣行防除を「防除コストと損害が均衡している」到達点とみなすのである。また、品質重視のわが国果樹作においては、許容被害率を下げられない。そうした制約から、ここで評価する環境保全型農業を推進する技術体系を「IPM 的防除」とする。

以上のような考え方から、「IPM 的防除」の評価では、①IPM 的防除が慣行防除と比べて遜色ない病虫害制御の均衡局面を創出し、かつ追加的なコスト $\leq$ 薬剤防除コスト削減効果を成立させているかという「防除の直接的収支」が第 1 の評価視点となる。

なお、IPM 的防除においても許容被害水準は一般防除と同等で扱われていることから、費用及び効果の分析に際し、単収差および品質差が出ないものとする。このため、IPM 的防除のコストと効果が慣行防除同程度であれば、②生態系や環境リスクの低減や③生産者利益や社会的利益の追求が IPM の主たる目標となる。このうち、防除以外の生産者の利益や社会的利益などは間接効果といえる。以上のような整理から、果樹作における IPM の評価は次の 3 つの視点で行われることが基本となる。

評価視点 1. 防除の直接的な収支（直接効果）

評価指標 → IPM 的防除が慣行防除と比べて遜色ない病虫害制御の均衡局面を創出し、かつ追加的なコスト $\leq$ 薬剤防除コスト削減効果を成立させているか。

評価視点 2. 間接効果が得られているか。

評価指標 → 生産者及び社会的な利益の計測。

評価視点 3. 生態系や環境リスクの低減

評価指標 → 環境リスク低減が得られているか。

2) 先進事例における具体的評価のプロセス

評価にあたっては、同じ地域の一般防除を比較対照におく。防除暦は産地の防除の考え方を基本としながら、産地の毎年の経験を加味して決定される。リンゴ作は開放系の生産方式であり、実際の防除は病害虫の発生状況などから毎年変わり、投入する薬剤、防除の効果の生じ方も毎年違う。そのため、防除暦を産地の防除の長期的な最適行動を示しているものと捉え、評価基準とする。

なお、防除暦における薬剤散布機会は、定期散布と特別散布に分けられて示されている。定期散布はほぼ必ず行う散布、特別散布は発生予察に基づき判断する散布である。産地の長期的・平均的な状況に対応するのは定期散布であるため、分析対象を定期散布とする。

評価の方法については、そのまま単純に費用総計を比較するのではなく、分析対象主体が IPM 的防除を選択したことで減じた薬剤を比較対照防除暦から割り出し、その薬剤の価格と分析対象主体の散布量から削減効果を算出する。これは使用薬剤が異なることによる価格の違いや散布量の違いの影響を排除するためである。以上のような分析枠組みで、追加調査で得た数値も含め、各事例における IPM 的防除の効果収支を再整理した。

3) 先進事例への適用

まず防除の直接的な収支についてである。IPM における基幹的な技術である①交信攪乱剤（コンフューザー R）の費用が、対チョウ目薬剤の削減効果を下回っているのは、N 県 A 農協のみである（表 2）。G 県 C 共防では散布量が少ないために交信攪乱剤が割高になり、M 県 D 農協ではヒメボクトウが多発しているために対チョウ目薬剤の削減効果が大きく減殺している。

IPM 的防除としては、この他に②対ダニ剤の削減と③粗皮削りなどの耕種的防除がある。N 県 A 農協以外の 3 事例では、対ダニ剤の削減効果が大きくなっている。一方、G 県 B 農協以外の 3 事例では、耕種的防除による追加的費用が発生している。また、IPM 的防除を行う際に必要となる④発生予察にかかる費用が G 県 B 農協と C 共防で 1 千円/10a 以上生じている。

以上の①～④に関して、効果－追加的費用を計算すると、G 県 B 農協以外は、IPM 効果収支が大きくマイナスとなり、IPM 的防除の導入は経済的に成立しないという結果になった。しかし、各事例の位置する地域での一般防除と比較すると（表 3）、耕種防除は IPM 的防除、一般防除に関わりなく防除暦に取り入れられており、追加的費用から省くことができると思われる。そこでこの額を除いて再計算すると、G 県 C 共防以外では、IPM 的防除の直接的効果がプラスになっていると評価できた（発生予察費用についても集团的費用であり、追加的費用から取り除けると思われる）。

以上のように、IPM 的防除の直接的な収支は、慣行防除の違いや交信攪乱剤の仕入価格、発生予察経費の負担額など、事例の位置する地域に特有の条件によって大きく変化する。このため、IPM 的防除の評価を一般論として行うことには大きな限界があり、現段階の IPM 的防除の経済性評価は個々の条件を折り込みながら行う必要があるといえる。

表 2 事例の IPM 的防除の効果収支の試算

		単位:円/10a			
		N県A農協	G県B農協	G県C共防	M県D農協
農薬散布量(夏期)		550ℓ	550ℓ	250ℓ	550ℓ
薬剤削減効果	対チャウ目薬剤等	5,748	3,296	3,200	870
	対ダニ剤	0	2,652	5,380	9,695
	対病害	0	3,409	0	0
薬剤散布回数削減効果	薬剤散布労働費削減	0	750	1,000	0
効果計		5,748	10,107	9,580	10,565
IPM的防除費用(試算)	交信攪乱剤	—	—	—	—
	交信攪乱剤取り付け	403	1,500	1,500	250
	耕種防除(粗皮削り)	1,883	0	1,773	3,545
	耕種防除(バンド巻き)	1,400	0	0	0
	追加的地表面管理	0	0	1,075	0
	デンプン水和剤	0	1,123	0	0
	発生予察・判断	33	1,085	1,485	0
追加的費用計		9,308	7,640	13,697	11,885
対照防除暦に対する追加的費用計		5,622	6,140	11,122	8,090
効果-追加的費用		-3,560	2,467	-4,117	-1,320
効果-対照防除暦に対する追加的費用		126	3,967	-1,542	2,475
防除以外効果(試算)	授粉費用削減	0	0	2,948	0
防除以外効果も含めた対照防除暦に対する効果収支		126	3,967	1,407	2,475

表 3 事例の害虫防除における IPM 的防除一般防除との比較

	N県A農協		G県B農協		G県C共防		M県D農協	
	A農協管内 IPM的防除	A農協管内 一般防除	B農協 IPM的防除	同一県農協 一般防除	C経営 IPM的防除	同一県農協 一般防除	D農協 IPM的防除	県非IPM 一般防除
非化学合成農薬	マシン油	マシン油	マシン油	マシン油	マシン油	マシン油	マシン油	マシン油
生物農薬	バチルス	バチルス	バチルス	バチルス	バチルス	バチルス	バチルス	バチルス
選択型農薬	ジアミド	ジアミド×2	ジアミド	ジアミド×2	ジアミド	ジアミド×2	ジアミド×2	ジアミド
非選択型農薬	フロニカミド	フロニカミド	フロニカミド	フロニカミド	フロニカミド	フロニカミド	フロニカミド	フロニカミド
	有機リン	有機リン×3	有機リン	有機リン×5	有機リン×3	有機リン×5	有機リン×2	有機リン×3
	合ピレ	合ピレ	合ピレ	ネオニコ×2	ネオニコ×2	ネオニコ×2	ネオニコ×4	合ピレ
	ネオニコ	ネオニコ×2	ネオニコ	ネオニコ	ネオニコ	ネオニコ	ネオニコ	ネオニコ×3
ダニ剤	ダニ剤×2	ダニ剤×2	ダニ剤×2	ダニ剤×3	ダニ剤×2	ダニ剤×3	ダニ剤×1	ダニ剤×3
合計	9剤	13剤	9剤	12剤	7剤	12剤	10剤	12剤
主要耕種防除	粗皮削り	粗皮削り			粗皮削り		粗皮削り	粗皮削り
	バンド巻き	バンド巻き						

次に間接効果について、2 事例を紹介する。第 1 は、G 県 B 農協における特別栽培リンゴのプレミアム効果である。B 農協の特裁リンゴと一般リンゴを品種別に 5 年分比較すると、ほとんどの区分で特裁リンゴの方が一般リンゴより高い価格で販売されていた(図 1)。A 農協や D 農協の調査ではプレミアム効果は確認されていないことから、このような効果

は、特定のチェーンスーパーと関係性を強化するB農協のマーケティング戦略が基盤となっていてと推察される。したがって、間接効果を評価するにあたって、個別の条件について吟味する必要がある。

第2には、G 県C共防における授粉生物（ニホンミツバチ）の馴致効果である。C経営はクローバー播種による草生栽培を行っている（表2の追加的地表面管理）。草生栽培はナミハダニの天敵であるカブリダニ類に、生息地と代替餌を提供し、保護する効果があり、それによってナミハダニが一時的に増加しても、カブリダニ類により抑制されることが指摘されている。同時にC経営ではクローバーの花蜜を利用してニホンミツバチを周年馴致している。ニホンミツバチの馴致費用はセイヨウミツバチの借入放飼と比較して 2,948 円/10a の費用削減効果が計測される（表2の受粉費用削減）。直接効果に関してはマイナスであったC共防においても、こうした間接効果を含めると IPM 的防除の効果収支がプラスとなった。

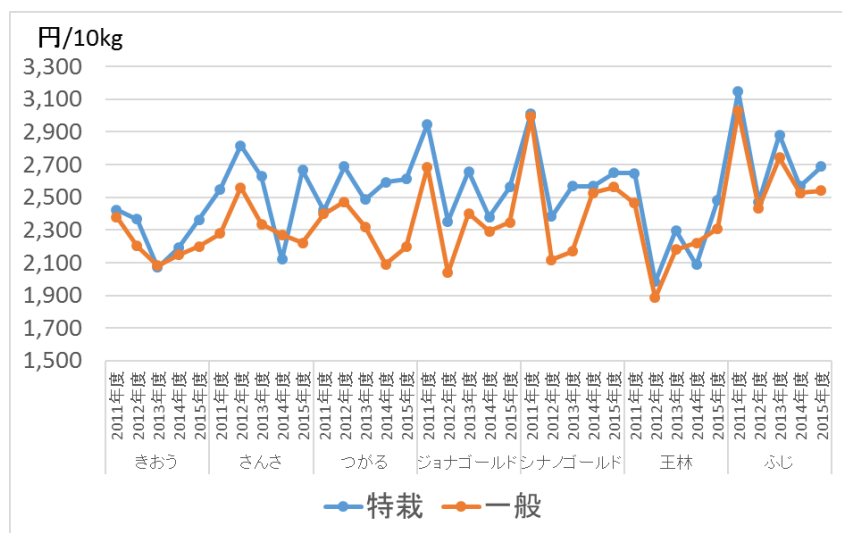


図1 B農協におけるリンゴ価格の比較

【工程表③】

1) リンゴ作における直接的効果の評価表

野菜作小課題で提案されている直接的な経済的効果の指標における項目分類を用い、現地調査およびリンゴの IPM 実践指標の内容を盛り込んで直接的効果の評価指標表を作成した。本表を用いて、各事例の直接的な経済的効果を整理したものが表 4～7 である。

直接的な経済性評価としては、防除体系の変更にもなう防除コストの変化としてとらえることができる。防除コストは防除暦の農薬を費用換算するとともに、物理的防除などについては実態を把握しながら算出することが必要となる。また発生予察コストも欠かすことのできないコストである。これらについては多くの事例で算出することができる。なお、費用の増減は、地域の慣行防除水準、病害虫の発生状況、地域の栽培方式など地域によって評価の環境が異なり、留意する必要がある。収入面としては価格と収量の把握が必要となるが、IPM の効果が現地で見込まれておらず、その場合、慣行と同等をせざるを得ないことが多い。なお、防除コストの削減面で効果を得るには、農薬削減をダニ剤の削減まで発展させることができるかがカギである。それには天敵の保護が重要となる。

表 4 B 農協の取組における直接的な経済性指標による評価

指標・項目	内容	IPM	慣行	慣行との差額
IPM関係の資材費				
耕種的防除の費用	抵抗性品種、草刈機(高刈)	8,516		8,516
生物的防除の費用	微生物農薬、フェロモン剤			
物理的防除の費用	高圧洗浄機、ナイフ(粗皮削り)			
	段ボール(バンド巻き)			
	果実袋			
化学的防除の費用	殺虫剤、殺菌剤	46,858	63,393	-16,535
IPM関係の作業時間				
解消される作業	農薬散布	7.50	9.55	-2.05
省力化される作業	フェロモン剤取り付け	0.50		
新たに発生する作業	粗皮削り(高圧洗浄機)			
	粗皮削り(手作業)			
	バンド巻き			
	袋かけ			
	病害虫の発生予察・防除判断	0.72		0.72
緻密化する作業	草刈り(高刈り等)			
	その他(剪定、被害果枝処理、虫打払い・斃殺、中間宿主伐採、放任園の処分)			
IPM関係の労働費	作業時間×労賃単価	12,205	13,364	-1,159
労賃単価(円/時間)		1400	1400	
粗収益	収量×生産物価格	532,583	486,848	45,734
収量(kg/10a)		2,014	2,014	0.00
生産物価格(円/kg)		264	242	22.71

注：防除暦、G 県農業経営指標およびB 農協資料より作成。なお、慣行価格はB 農協の一般品の価格。

表5 C 共防の取組における直接的な経済性評価の指標

指標・項目	内容	IPM	慣行	慣行との差額
IPM関係の資材費				
耕種的防除の費用	抵抗性品種、草刈機(高刈)			
生物的防除の費用	微生物農薬、フェロモン剤	7,861		7,861
物理的防除の費用	高圧洗浄機、ナイフ(粗皮削り)	2,727		
	段ボール(バンド巻き)			
	果実袋			
化学的防除の費用	殺虫剤、殺菌剤	48,397	63,393	-14,996
IPM関係の作業時間				
解消される作業				
省力化される作業	農薬散布	5.50	9.55	-4.05
新たに発生する作業	フェロモン剤取り付け	0.50		0.50
	粗皮削り(高圧洗浄機)	0.55		
	粗皮削り(手作業)			
	バンド巻き			
	袋かけ			
緻密化する作業	病害虫の発生予察・防除判断	0.99		0.99
	草刈り(高刈り等)	3.00	2.50	0.50
	その他(剪定、被害果枝処理、虫打払い・棘殺、中間宿主伐採、放任園の処分)			
IPM関係の労働費	作業時間×労賃単価	9,118	11,550	-2,432
労賃単価(円/時間)		1210	1210	
粗収益	収量×生産物価格	573,737	573,737	0
収量(kg/10a)		2,500	2,500	0
生産物価格(円/kg)		229	229	0

注：防除暦、G 県農業経営指標、果樹経営コンクール調書およびE氏への聞き取り調査結果から作成

表6 A 農協の取組における直接的な経済性評価の指標

指標・項目	内容	IPM	慣行	慣行との差額
IPM関係の資材費				
耕種的防除の費用	抵抗性品種、草刈機(高刈)			
生物的防除の費用	微生物農薬、フェロモン剤	7,150	1,427	5,723
物理的防除の費用	高圧洗浄機、ナイフ(粗皮削り)	800	800	0
	段ボール(バンド巻き)	383	383	0
	果実袋	(34,100)	(34,100)	
化学的防除の費用	殺虫剤、殺菌剤	53,399	59,370	-5,971
IPM関係の作業時間				
解消される作業				
省力化される作業	農薬散布	5.4	5.4	0.00
新たに発生する作業	フェロモン剤取り付け	0.27		0.27
	粗皮削り(高圧洗浄機)	0.25	0.25	0.00
	粗皮削り(手作業)			
	バンド巻き	1	1	0
	袋かけ	(44)	(44)	
緻密化する作業	病害虫の発生予察・防除判断	0.02		0.02
	草刈り(高刈り等)			
	その他(剪定、被害果枝処理、虫打払い・棘殺、中間宿主伐採、放任園の処分)			
IPM関係の労働費	作業時間×労賃単価	10,412	9,975	437
労賃単価(円/時間)		1,500	1,500	
粗収益	収量×生産物価格	493,500	493,500	0
収量(kg/10a)		2,350	2,350	0
生産物価格(円/kg)		210	210	0

注 収量は2015年度N県の平均値「作況調査(果樹)」(農林水産省)、価格は2015年産N県りんご販売価格(N県A課)によった。それ以外はA農協防除暦の資料、N県農業経営指標、およびN県A協会聞き取り調査結果によった。

表 7 D農協の取組における直接的な経済性評価の指標

指標・項目	内容	IPM	慣行	慣行との差額
IPM関係の資材費				
耕種的防除の費用	抵抗性品種、草刈機(高刈)			
生物的防除の費用	微生物農薬、フェロモン剤	8,090		8,090
物理的防除の費用	高圧洗浄機、ナイフ(粗皮削り)	381		381
	段ボール(バンド巻き)	383	383	0
	果実袋			
化学的防除の費用	殺虫剤、殺菌剤	56,210	68,955	-12,745
IPM関係の作業時間				
解消される作業				
省力化される作業	農薬散布	7.60	7.60	0.00
新たに発生する作業	フェロモン剤取り付け	0.17		0.17
	粗皮削り(高圧洗浄機)			0.00
	粗皮削り(手作業)	7.00	7.00	0.00
	バンド巻き	1.00	1.00	0.00
	袋かけ			
緻密化する作業	病害虫の発生予察・防除判断			
	草刈り(高刈り等)			
	その他(剪定、被害果枝処理、虫打払い・蟻殺、中間宿主伐採、放任園の処分)			
IPM関係の労働費	作業時間×労賃単価	8,767	8,600	167
労賃単価(円/時間)		1,000	1,000	
粗収益	収量×生産物価格	732,780	732,780	0
収量(kg/10a)		2,070	2,070	0
生産物価格(円/kg)		354	354	0

注：D農協防除暦、県防除指針、およびM県農業経営指標より作成

2) 間接的効果の枠組みと評価手法

①間接的効果の枠組み

野菜作小課題で提案されている枠組みをベースに、露地で多種多様な農薬を回数多く散布することから、防除の影響が周辺に及びやすいというリンゴ作の特徴を加えたのが表8である。防除の影響は、たとえば作目間ではドリフト、経営間では他園地からの害虫等の侵入、地域住民への農薬被曝の可能性などが指摘される。また、基本的に収穫したままのリンゴが消費者に届けられることから消費者の安全性に対する意識の高さ、贈答を含めた地域需要の重要性も併せて指摘される。これらの点は間接的効果に反映する。以下、事例分析から抽出された間接効果の計測方法について示す。

表8 リンゴにおける IPM 導入効果の枠組み

	経営的效果		地域的效果
	直接的効果	間接的效果	
経済的効果	費用削減 収益向上	ドリフト危険性の軽減 消費者評価の向上 6次化(販売・加工) 生態系サービスの保全	生産販売量への影響 産地ブランドの創出 契約的販売の促進 地域需要開拓 ドリフト危険性の軽減 生態系サービス保全
環境的・社会的効果	健康リスク軽減 生物多様性保全 環境負荷軽減	消費者等関係深化 技術情報共有 環境意識向上 地域住民との共存 経営者能力の向上	生態系サービス保全 地域イメージ向上 生産者組織化・再編 生産者教育 地域住民との共存

②新規顧客獲得効果（地域）

B農協では特別栽培リンゴを目玉商品としながら、量販店との関係性の構築、契約的販売の推進を図った。その結果、新たな顧客を中心に契約的な取引を行う販売先に切り替わった（表9）。このように、販売先の変化を時点間比較することで、新規顧客の獲得あるいは顧客の再編効果を評価できる。

表9 特別栽培導入に伴うB農協の取引先の変化

	特別栽培前(2001年)	特別栽培後(2007年)
主要取引 量販店	・ギフト中心から全面的な相対取引への展開 ・K百貨店(贈答品・提携取引) 1995年開始、1999年中止 ・Lスーパー(コンテナ出荷)1997年 ・Jスーパー(レンタルコンテナ)1997年 ・Iスーパー1997年	・相対取引の全面的展開、深化 ・F社 2億円 ・S生協 4千万円 ・Aスーパー 6千万円 ・Hスーパー 4千万円 ・Mスーパー 3千万円

注：長谷川啓哉（2012）『リンゴの生産構造と産地の再編——新自由主義的経済体制下の北東北リンゴ農業の課題』筑波書房、141-162 より引用加工

③価格向上効果（地域）

B農協では特別栽培リンゴと一般栽培リンゴの販売量、販売価額を別個に集計している。そのため販売価格差がわかるが、それぞれの全量平均価格は特別栽培リンゴの価格が高く、特別栽培に価格向上効果を計測できる（図2）。さらに、その価格差を特別栽培リンゴの販売量全体に乗じると取組による産地全体の販売価額の向上効果を計測できる（図3）。

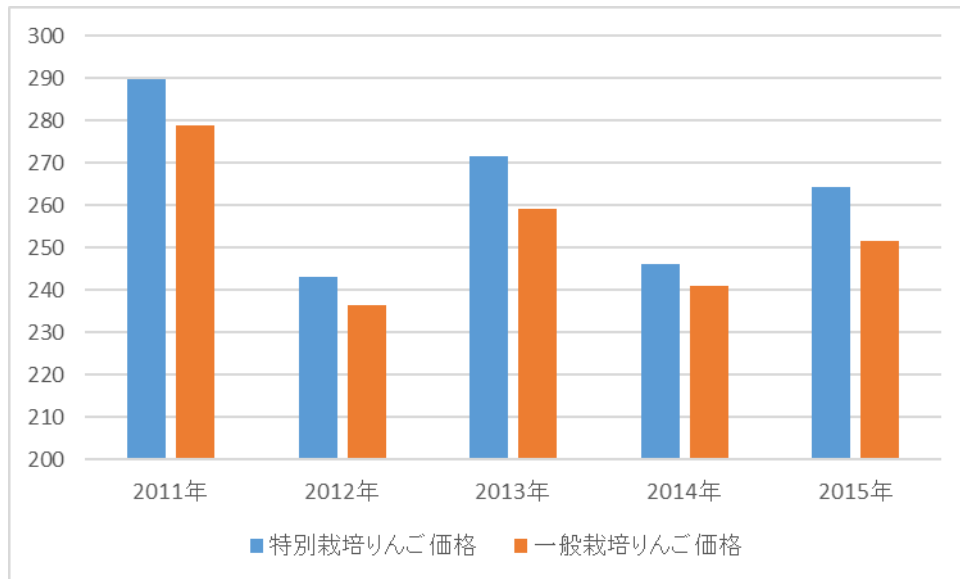


図2 B農協における特別栽培リンゴと一般栽培リンゴの価格比較

注：B農協販売資料より算出

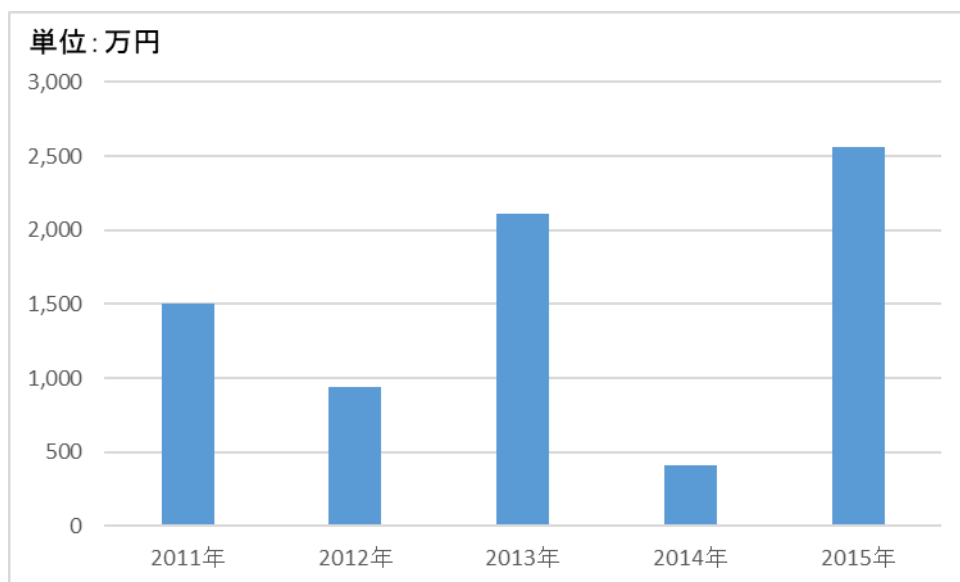


図3 B農協における特別栽培リンゴ導入による販売価額の向上効果

注：B農協販売資料より算出

④産地ブランドの創出効果（地域）

東京中央卸売市場に出荷された G 県産リンゴに対する B 農協産リンゴの相対的な価格を算出すると、価格は上昇しており、特別栽培を軸に販売戦略全体の再編成の価格上昇効果が認められる（図 4）。このように、卸売価格と産地の実際価格を長期的に比較することで、産地ブランドの創出効果が把握できる。

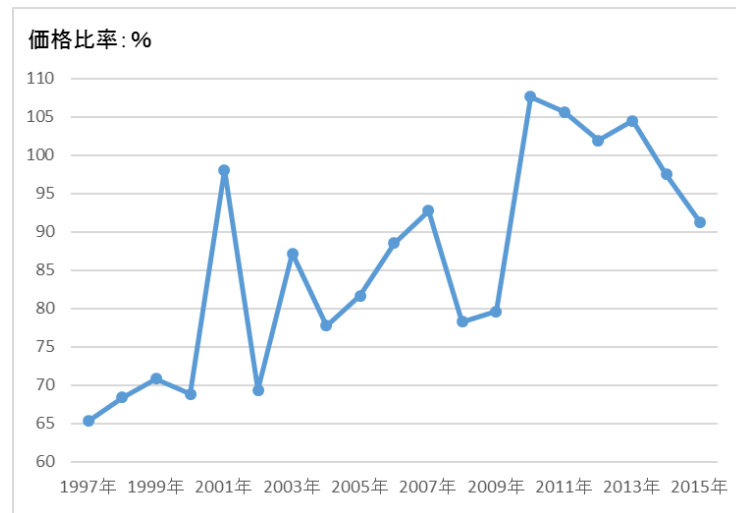


図 4 東京中央卸売市場（G 産）に対する価格比率

注：東京中央卸売市場（G 産）の価格を 100 とした場合の B 農協の全体平均価格比率

⑤契約的取引の成立効果

特別栽培リンゴ取引を契機に関係性を深めた販売先では、一般市場価格と比較すると高い価格で取引されており、価格向上効果がみられる（表 10、B 農協とリージョナルチェーン F 社との取引事例）。一般市場価格は出荷後期になるに従い価格が低下するのに対し、契約的販売では比較的価格は一定になるので、販売後半ほど価格向上効果がみられる。この数値と取引総量から、特別栽培の取組を契機とした契約的取引の経済的効果が算出できる（表 11）。

表 10 「ふじ」のF社との契約的取引価格と東京都中央卸売市場価格の比較

単位：円/kg

		平成16年	平成17年	平成18年	平成19年
11月	F社との相対販売価格	314	246	272	274
	市場価格(G県産)	252	203	229	238
	価格比	125	121	119	115
12月	F社との相対販売価格	301	285	272	271
	市場価格(G県産)	244	175	206	197
	価格比	124	163	132	138
1月	F社との相対販売価格	291	207	245	217
	市場価格(G県産)	186	156	178	162
	価格比	156	133	138	134

注：契約取引価格はB農協資料、市場価格(G産)は東京都中央卸売市場年報のデータによる。

表 11 「ふじ」におけるF社との契約的取引の効果

		実績	市場価格換算	差引(取引効果)
11月	平成16年	17,928,500	14,381,136	3,547,364
	平成17年	14,023,240	11,580,155	2,443,085
	平成18年	21,916,200	18,450,530	3,465,670
	平成19年	20,470,300	17,759,560	2,710,740
12月	平成16年	12,797,700	10,361,704	2,435,996
	平成17年	21,042,180	12,923,645	8,118,535
	平成18年	24,250,900	18,351,716	5,899,184
	平成19年	25,787,500	18,730,366	7,057,134
1月	平成16年	18,560,800	11,863,604	6,697,196
	平成17年	16,213,420	12,218,809	3,994,611
	平成18年	24,342,400	17,685,499	6,656,901
	平成19年	20,880,700	15,568,200	5,312,500
合計	平成16年	49,287,000	36,606,444	12,680,556
	平成17年	51,278,840	36,722,610	14,556,230
	平成18年	70,509,500	54,487,745	16,021,755
	平成19年	67,138,500	52,058,126	15,080,374

注1：「実績」とはF社との実際の取引額

注2：「市場価格換算」はF社との取引量に東京都中央卸売市場 G 産「ふじ」価格を乗じて算出した取引額。つまり同じ量を東京都中央卸売市場に出荷した場合に得られる販売額

注3：「差引(取引効果)」とは、東京都中央卸売市場に出荷せず、F社と契約的取引することによって得られたプラス分

⑥地域住民のイメージ向上効果（地域）

リンゴの消費には、生食と贈答があるが、双方において地域住民は地元産リンゴの主要な消費者である。加えて、地元住民は農薬散布等、リンゴ生産の外部不経済の受け手でもある。それゆえ、地域住民の評価はリンゴ産地にとって重要である。B農協の地元はB市である。B市民を対象にしたアンケートでは、贈答用リンゴとして地元産を志向する消費者群が抽出されるとともに、「安全性に配慮して栽培されたリンゴを送りたい」という消費性向が示されている（表12）。同時に、特別栽培の取組に対して「地域の評価を高める」と考えており、特別栽培は地域住民の地元産リンゴに対するイメージ向上効果があるとみられる（図5）。このように地域住民に対するアンケートにより地域住民の地元産リンゴに対するイメージが把握できる。

表12 B市民のリンゴ贈答に対する意識

贈答用リンゴ意識項目	全体 (411)
1 できるだけ地元で生産されたリンゴを贈りたい	1.75
2 安全性に配慮して栽培されたリンゴを贈りたい	1.67
3 自分の住む地域のリンゴはおいしいと相手に思ってもらいたい	1.65
4 自分が味を知っている産地のリンゴを贈りたい	1.58
5 地元のリンゴを贈って地域の農業に貢献したい	1.39
6 日持ちのいい品種のリンゴを贈りたい	1.31
7 自分が味を知っている生産者のリンゴを贈りたい	1.19
8 保存期間や品種の説明などが詳しく書いてあるものを贈りたい	1.03
9 糖度保証がしてあるものを贈りたい	0.97
10 完熟、蜜入り、葉とらずなどの表示があるものを贈りたい	0.96
11 相手が持てあまさないように贈る量は少なめにしたい	0.72
12 色々な品種の詰め合わせを贈りたい	0.66
13 赤いリンゴと黄色いリンゴがセットになっているものを贈りたい	0.32
14 高級感のある大玉のリンゴを贈りたい	0.30
15 有名な産地やブランドのものを贈りたい	0.09
16 日持ちを考慮して小玉のリンゴを贈りたい	-0.10
17 ネーミングに工夫があるものを贈りたい	-0.17
18 包装材やパッケージに工夫のあるものを贈りたい	-0.25
19 カタログの写真が良いものを贈りたい	-0.27
20 既に箱詰めされたものではなく自分で詰め合わせて贈りたい	-0.46
21 リンゴと他の果物などの農産物がセットになっているものを贈りたい	-0.48
22 リンゴとリンゴ加工品がセットになっているものを贈りたい	-0.49

注1：それぞれの項目について、そう思う（+2）そう思う（+2）、いくらかそう思う（+1）、どちらともいえない（0）、あまり思わない（-1）、思わない（-2）と5段階で回答させ得点化している。表中の数値は平均得点である。

注2：磯島昭代（2011）「リンゴ生産地における消費者の贈答意識と購買行動」『農村経済研究』、29（2）、85-92を加工・引用。調査は住民基本台帳ファイルから無作為抽出されたB市在住の20歳以上の男女1000名に郵送で行われた。回収数は491部、実質回収率は49.7%、必要な項目に欠損のある回答を除いた411部を分析に使用。

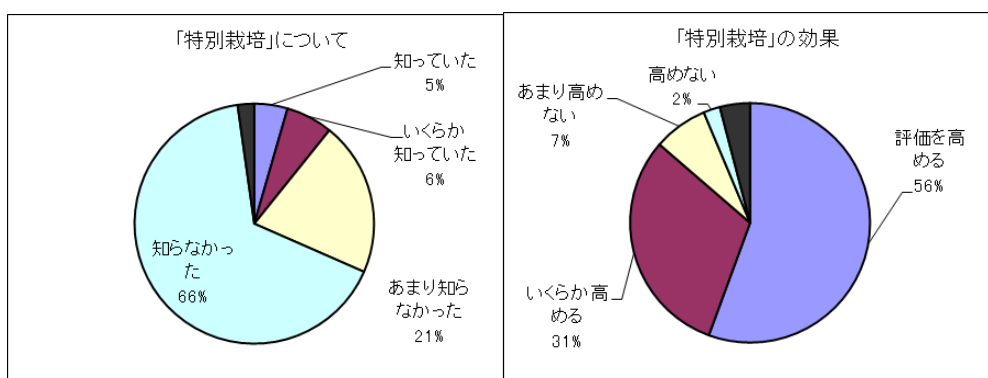


図5 「B市は特別栽培（50%減農薬栽培）リンゴの先進地域であることをご存知でしたか。また、このことは『Bりんご』に対する評価を高めることになると思いますか」という質問に対する回答

注：表12と同じ調査アンケートの結果による

⑦生態系サービス（ポリネーター）の保全効果（経営・地域）

生態系サービスの一つにポリネーターの機能がある。C共防E経営ではポリネーターとしてニホンミツバチを飼養する取組である。セイヨウミツバチの減少問題が深刻化している現在、社会的な意義は大きいと考えられる。さしあたり、その問題はセイヨウミツバチの借上価格に反映すると考えると、セイヨウミツバチの借入放飼とニホンミツバチの飼養の費用比較により、経済効果として算出する（表13）。

なお、ハチミツの販売や加工品などの効果も生じる可能性はあるが、E経営では手間の問題や農薬の残存検査などの問題から実施していないので計測していない。

表13 ポリネーターの費用比較

単位：円/10a

		ニホンミツバチ飼養	セイヨウミツバチ借入	差し引き
諸材料費	ハチ借入		3,122	-3,122
	巣箱材料	150		150
	登録料	150		150
機械費	除草機	6,818	6,494	324
労働費		3,731	3,065	666
費用合計		10,849	12,681	-1,833
労働時間	巣箱設置	0.03	0.03	0.00
	巣箱作成	0.05		0.05
	除草	3.00	2.50	0.50
	合計	3.08	2.53	0.55
労賃単価		1,210	1,210	0

注：E氏への聞き取り調査結果から作成

3) 今後の評価上の課題ー環境保全効果の計測の重要性

リンゴ作では生物多様性保全など IPM による環境保全効果の計測が、他作目などに対して遅れている。間接効果を計測する上での基礎データとなるので、今後取組が求められる。

(ウ) 成果目標に対する達成状況

稲作、施設園芸、果樹（リンゴ）作の具体的な事例をもとに、IPM の経済的効果を計測し、報告書を作成した。IPM の直接・間接の経済的効果を測る指標および評価手法の開発について有益な知見を提供するという成果目標については、直接的効果を評価するための経済性指標表などをまとめており、活用が期待できる。以上より、成果目標は達成できたと判断された。

5 研究成果の発表（主要な論文、取得した（申請中）の特許等を記述）

別紙の（3）～（8）のとおり。

6 目的の達成に当たっての現時点での問題点等

本研究の目的である IPM の評価指標及び評価手法の確立に関しては、国際的な視点によるレビューから IPM の評価に活用可能な指標群を示すとともに、IPM を実施している国内の稲作、野菜作（施設園芸）、果樹作（リンゴ）の経済的効果を計測し、評価手法を確立した。今後、IPM の推進を支援するには、取り上げていない他の作目に関する IPM の経済的効果指標、及び IPM の経済的な効果を把握するための実践マニュアルなどの作成について検討する必要がある。

研究推進会議の開催状況、研究成果の発表(論文、特許等)等

試験研究課題名	IPMを推進するために必要な経済的効果の指標及び評価手法確立
---------	--------------------------------

課題 番号	(1) 研究推 進会議 等開催 回数	(2) 行政が 活用し うる成 果の有 無	(3)学術論文数		(4)口頭発表回数		(5) 出版 図書数	(6)国内特許権等数		(7)国際特許権等数		(8) 報道 件数	(9) 物品購 入の有 無
			和文	欧文	国内	国際		出願	取得	出願	取得		
2704	8	無	0	0	5	0	2	0	0	0	0	0	無

(1)研究推進会議等の開催実績

区分:①推進会議、②現地検討会、③その他

区分	推進会議の名称	年月日	開催場所	参加者 数	消費・安全局担当 官の出席有無	主な議題及び決定事項
①	キックオフミーティング	平成27年7月27日	農林水産技術会議筑波事務所 会議室	13	有り	事業開始に当たっての研究推進方向と研究実施計画の検討
①	中間検討会	平成27年11月26日	コンベンションルームAP秋葉原 会議室	12	有り	27年度中間時点での研究進捗状況の検討と今後の推進方向の確認
①	成績検討会	平成28年2月29日	コンベンションルームAP秋葉原 会議室	13	有り	27年度の研究成果と28年度の研究計画の検討
①	設計会議	平成28年6月20日	コンベンションルームAP秋葉原 会議室	13	有り	28年度の研究推進に当たっての研究の進捗状況の確認と研究計画の検討
①	成績検討会	平成29年2月16日	コンベンションルームAP秋葉原 会議室	13	有り	28年度の研究成果と29年度の研究計画の検討
①	設計会議	平成29年7月3日	コンベンションルームAP秋葉原 会議室	13	有り	29年度の研究推進に当たっての研究の進捗状況の確認と研究計画の検討
①	中間検討会	平成29年11月16日	コンベンションルームAP秋葉原 会議室	14	有り	29年度中間時点での研究進捗状況の検討と今後のとりまとめ方向の確認
①	成績検討会	平成30年2月16日	コンベンションルームAP秋葉原 会議室	12	有り	29年度の研究成果とプロジェクトのとりまとめの検討

(2) 行政が活用しうる成果

区分: ①行政がすでに活用した成果、②行政が活用する目途がたった成果

区分	成果の内容	主な利用場面	活用状況
②	IPMの導入に伴う経済的効果の評価指標	IPM実践指標モデルの基礎資料	IPM実践指針の改訂の参考資料とする方向で検討中。

(3) 学術論文

タイトル、著者名、学会誌名、巻、ページ、発行年月	機関名

(4)口頭発表

タイトル、発表者名、学会等名、発表年月	機関名
農業における病虫害対策の経済的評価の方法と課題、宮武恭一・澤田守・長谷川啓哉、日本農業経営学会、平成28年9月	農研機構
施設野菜作IPMの取組実態と経済的効果について、棚田光雄・佐藤正衛、平成28年度 近畿農業経営研究会、平成28年12月	農研機構
営農現場におけるIPMの取組と成果、宮武恭一・佐藤正衛・棚田光雄・長谷川啓哉、日本農業経営学会、平成29年9月	農研機構
リンゴIPMの消費者評価の可能性―農業特性別削減を組み入れた消費者への選択実験による―、長谷川啓哉、東北農業経済学会、平成29年8月	農研機構
How to Measure Biodiversity Impacts in Life Cycle Assessment of Agriculture: A Behavioral-based and Data-driven Validation of UNEP/SETAC Recommendation, Kiyotada Hayashi, LCA XVII, 2017.10	農研機構

(5)出版図書

区分:①出版著書、②雑誌、③年報、④広報誌、⑤その他

区分	著書名、(タイトル)、著者名、出版社名、発行年月	機関名
⑤	長谷川啓哉、(環境保全型リンゴ生産の推進で地元住民の理解向上がもたらす2つの効果)、りんごタイムズ、岩手県果樹協会、平成29年12月	農研機構
⑤	宮武恭一、(農業における病虫害対策の経済的評価の方法と課題)、農業経営研究、日本農業経営学会、平成29年4月	農研機構

(6)国内特許権等

特許権等の名称	発明者	権利者 (出願人等)	特許権等の種類	番号	出願年月日	取得年月日	機関名

(7)国際特許権等

特許権等の名称	発明者	権利者 (出願人等)	特許権等の種類	番号	出願年月日	取得年月日	機関名

(8)報道件数

区分:①プレスリリース、②新聞記事、③テレビ放映

区分	記事等の名称	掲載紙・放送社名	年月日	機関名	備考