

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	←		→
(2) 生物多様性に関する生物学的指標のサーベイ	←		→
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	←		→
(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	←		→
(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	←		→
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
<p>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)。</p> <p>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)</p> <p>↓</p> <p>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)。</p> <p>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)</p> <p>↓</p> <p>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)。</p> <p>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)</p>
<p>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。</p>

(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。

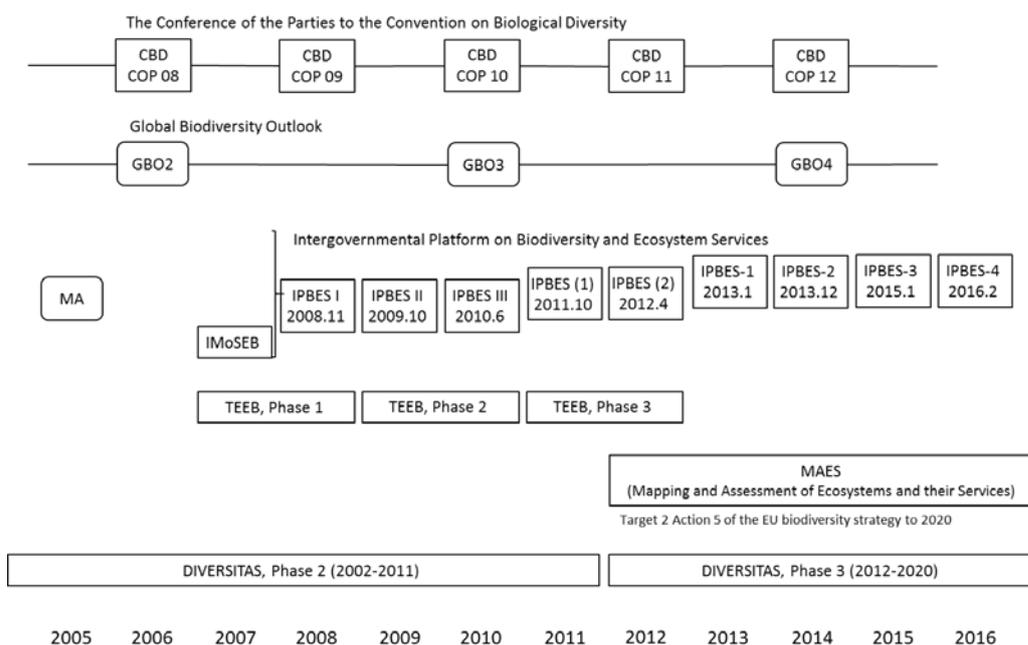


図 1 生物多様性に関連する組織の動向

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 発存量/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。

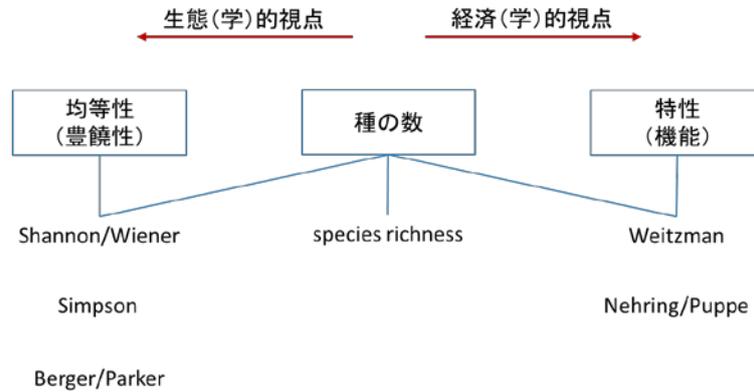


図2 生物多様性指標の種類

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)。

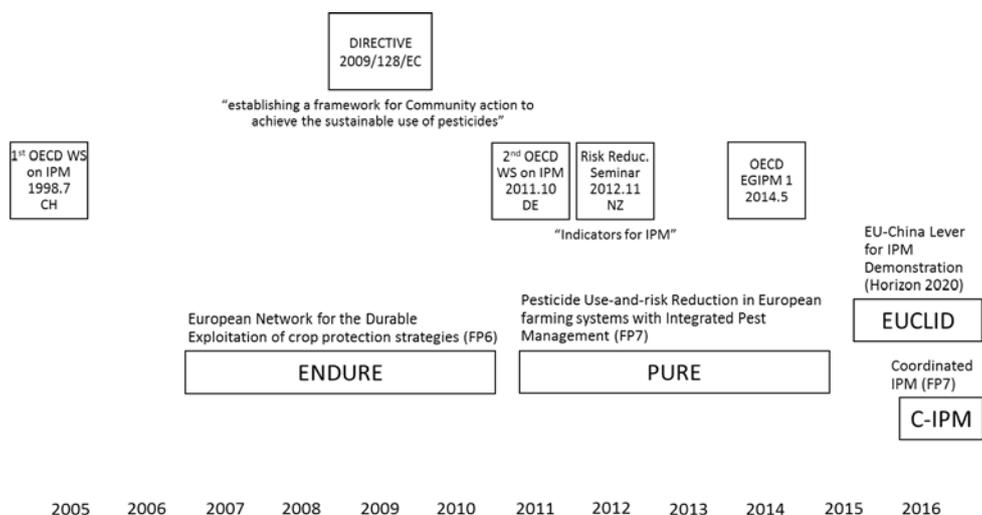


図3 IPMに関連する組織の動向

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。

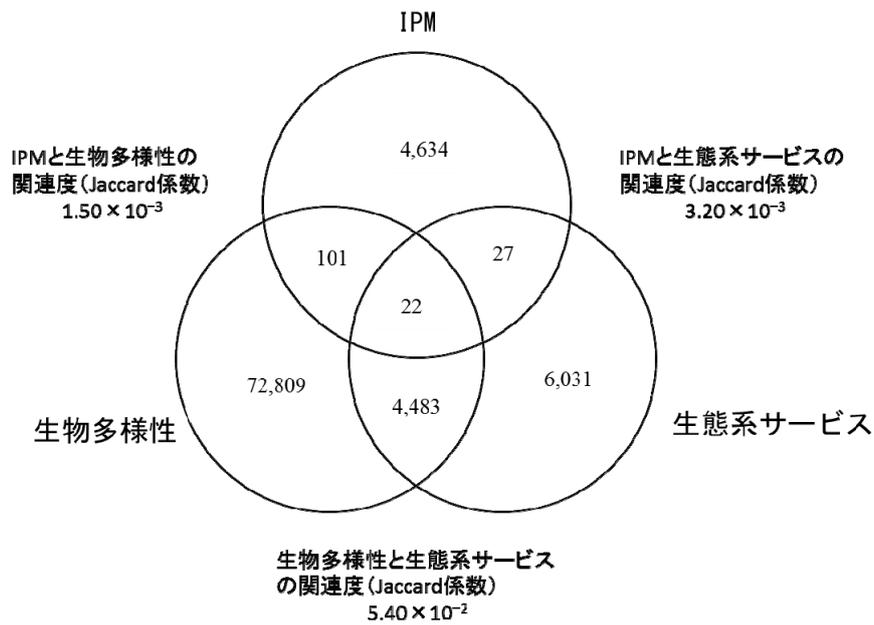


図4 論文数からみた IPM、生物多様性、生態系サービスの関係 (Web of Science)

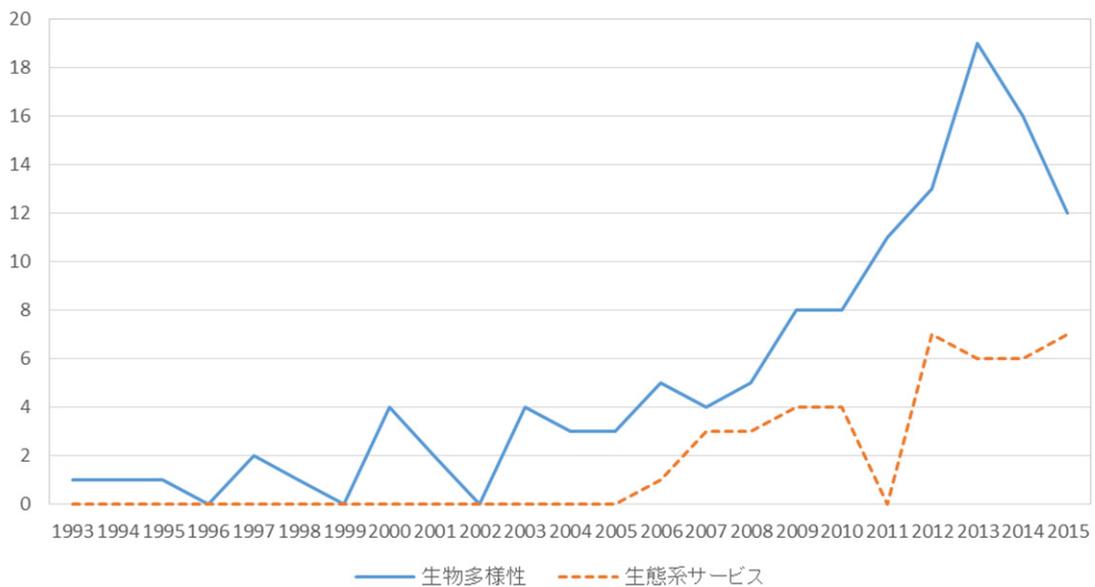


図5 IPM と生物多様性ならびに IPM と生態系サービスに関わる論文数の推移 (Web of Science)

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、どのように生物多様性と 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害虫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」「天然の病害虫制御機能保全」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。

ることが明らかとなった。

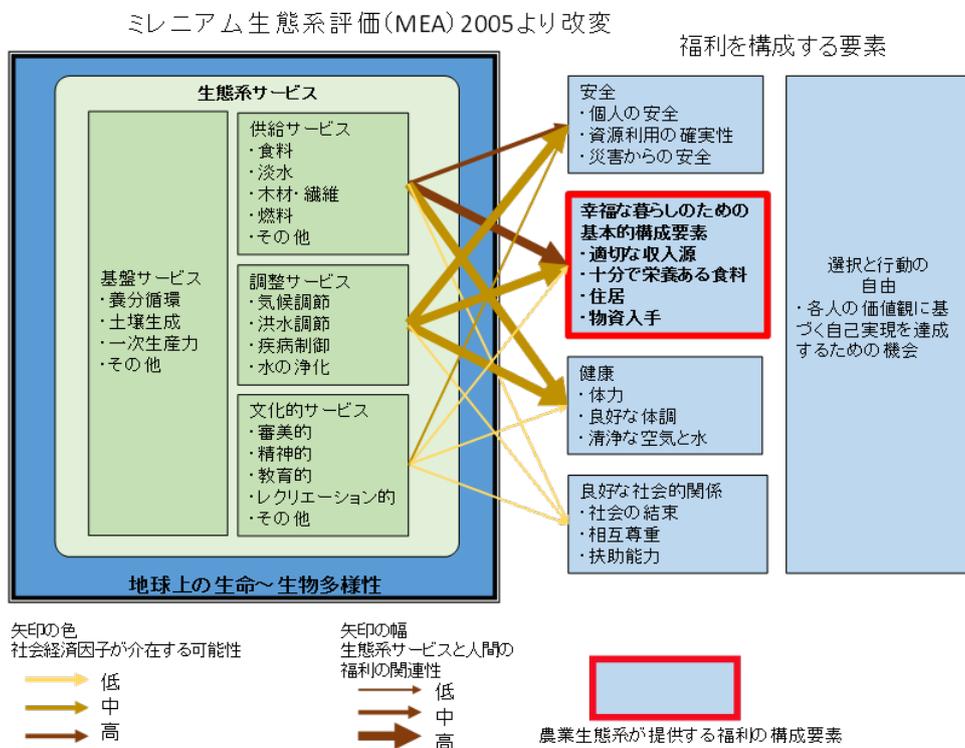


図6 生物多様性、生態系サービス、農業生態系の関係

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。

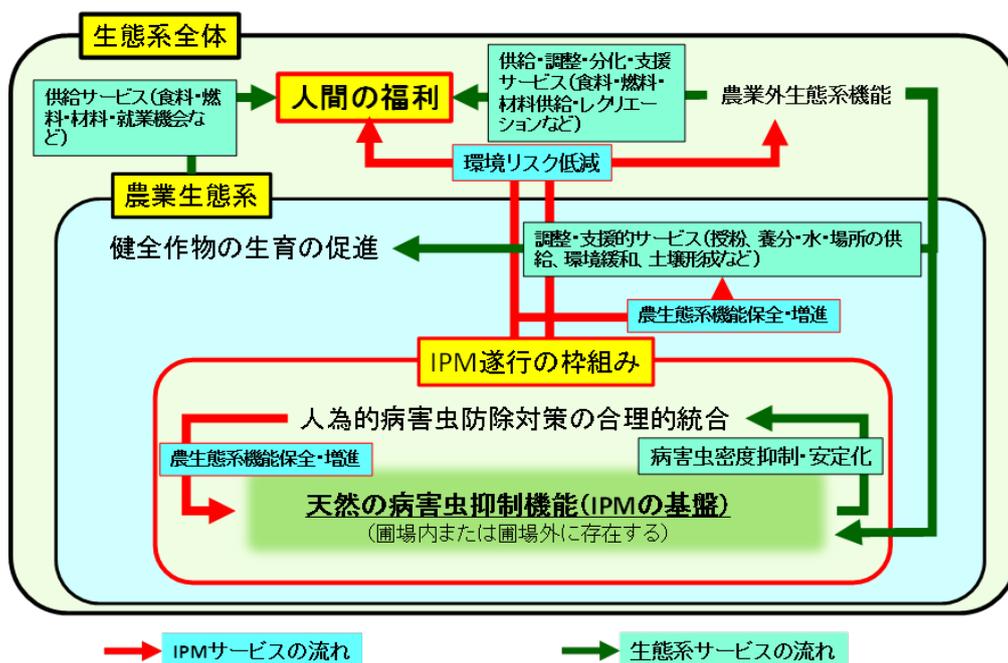


図7 IPMを開始点とする生態系サービスとIPM実践農業生産が提供するサービス(IPMサービス)との関係

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、病害に係る糸状菌、あるいは、土壌の性質や有機物分解等にも係る微生物、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、異なる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
Biodiversity of soil fungi on integrated pest management farming system
Anton Muhibuddin, Lu'aaili 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 Bengel, 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. Todd, Louise A. Malone, Brian H. McArdle, Jayson Bengel, Joanne Poulton, Stephen Thorpe, Jacqueline R. Beggs
- (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。

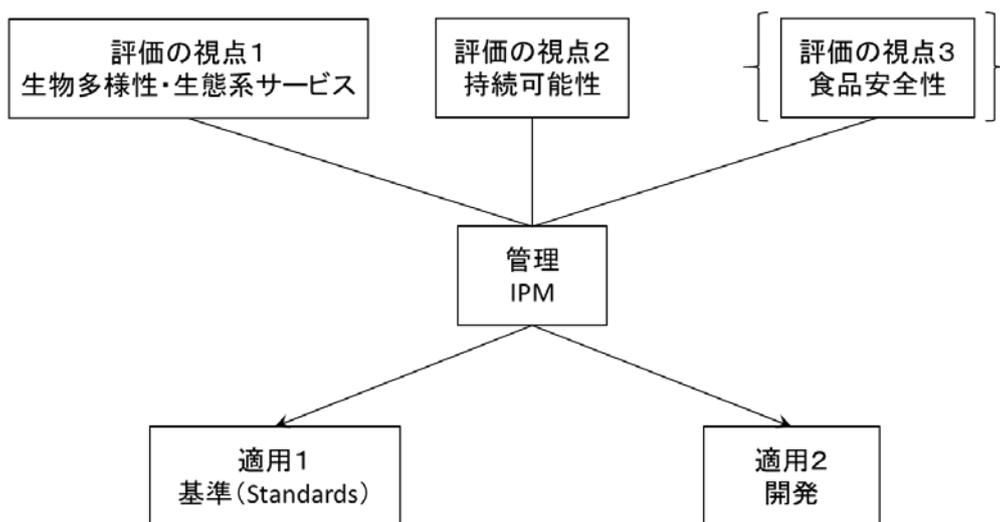


図8 指標検討に用いたフレームワーク

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統合的な 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。

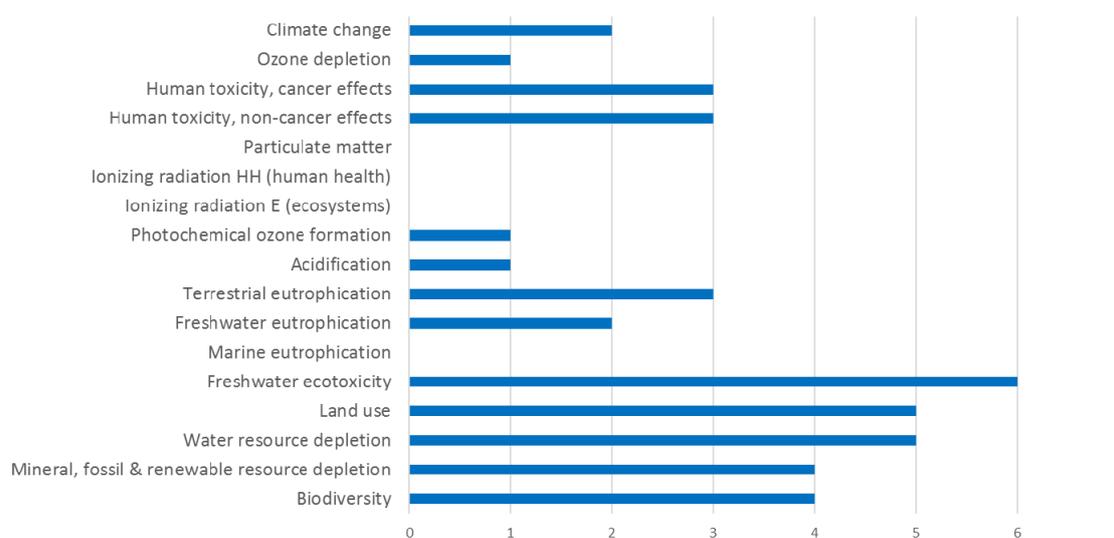


図 9 環境影響領域ごとの指標の出現頻度（論文数）

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。

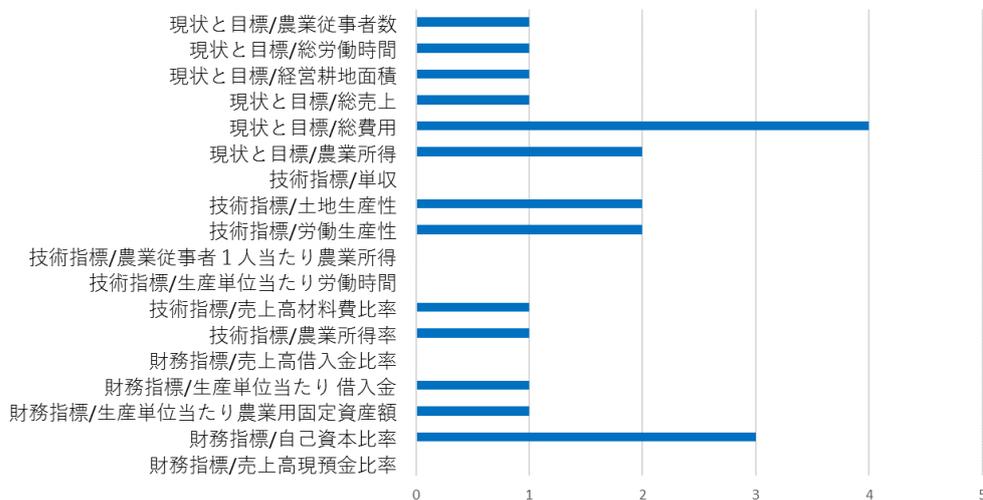


図 10 経済的側面に関する指標ごとの出現頻度（論文数）

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。

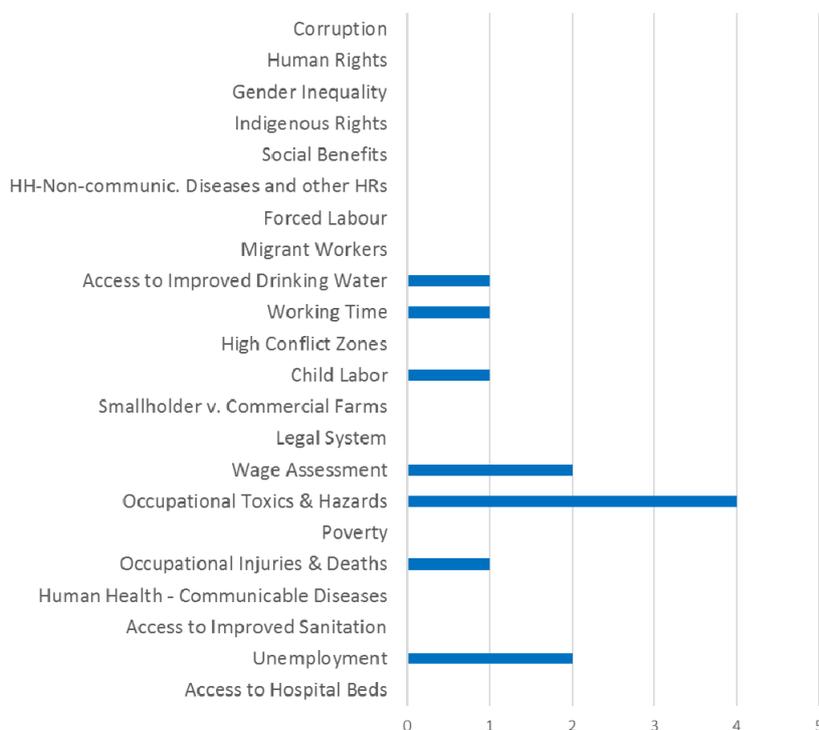


図 11 社会的側面に関する指標ごとの出現頻度（論文数）

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統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、全農場基本ー農作物基本ーコンバイン作物、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）。

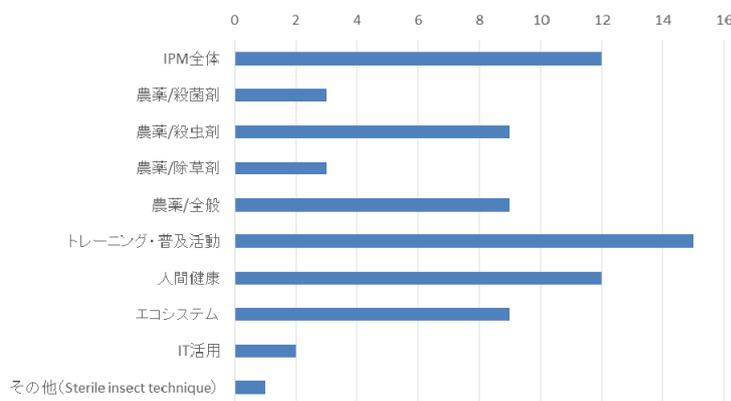


図 12 FAO プロジェクト（46 事例）中のテーマ

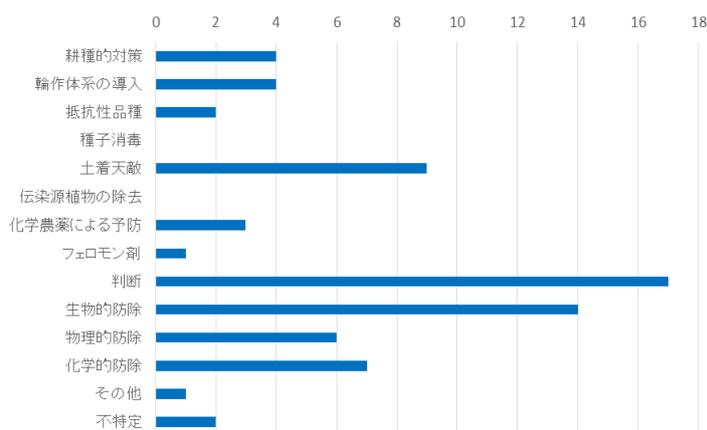


図 13 FAO プロジェクト（46 事例）中の IPM 実践方法

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、どの様な IPM サービスが提供されているか、どの様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ーが存在、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）。

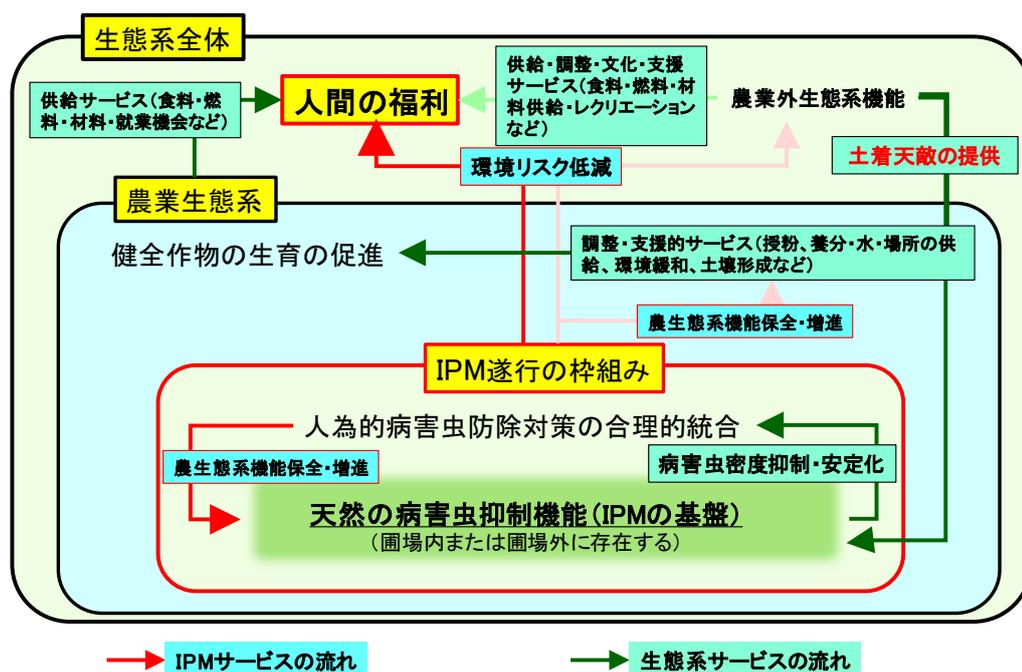


図 1 4 A 県の施設ナス栽培の IPM 実践事例における生態系サービスと IPM サービスの流れ

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。

・ 病害虫の被害評価指標：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ため、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害虫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害虫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、一方で天敵がない事が原因で、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こり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）。

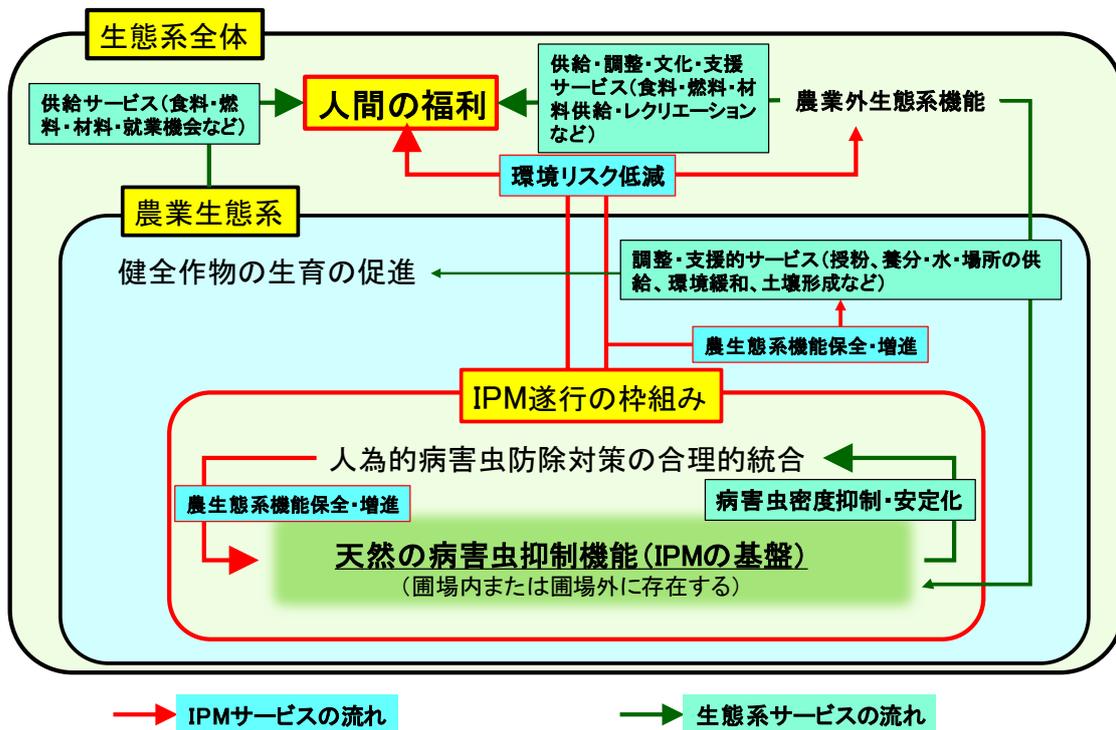


図 15 C 県の露地茶栽培の IPM 実践事例における生態系サービスと IPM サービスの流れ

《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、病害虫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害虫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	NMVOG (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の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、既に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」制度の都道府県の取組における 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、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（環直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・籾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

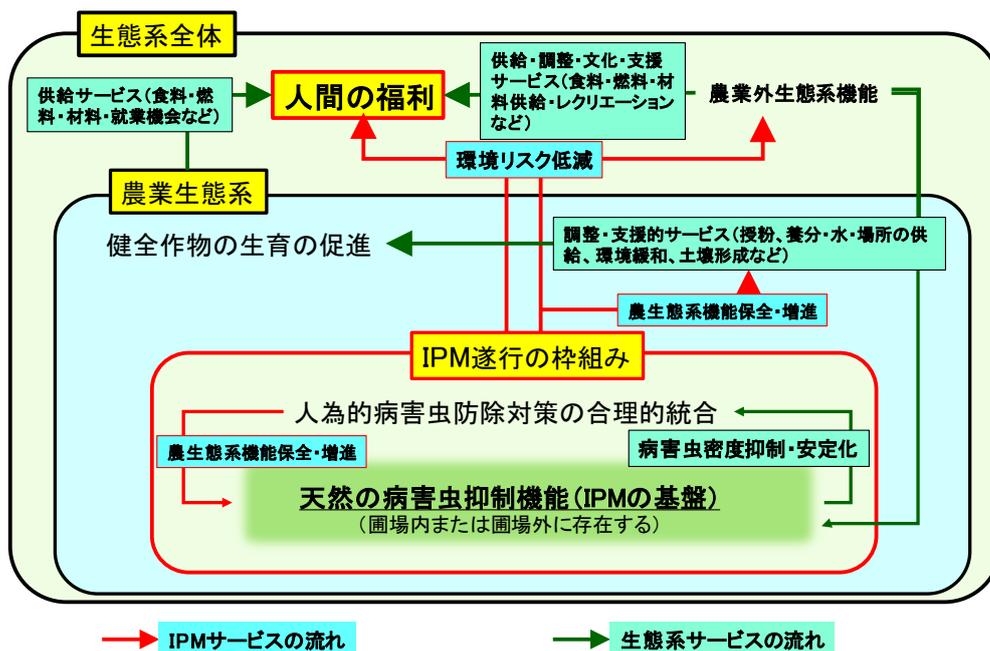


図 16 D 県の水稲の IPM 実践事例における IPM サービスと生態系サービスの流れ

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

主要な病害虫：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。

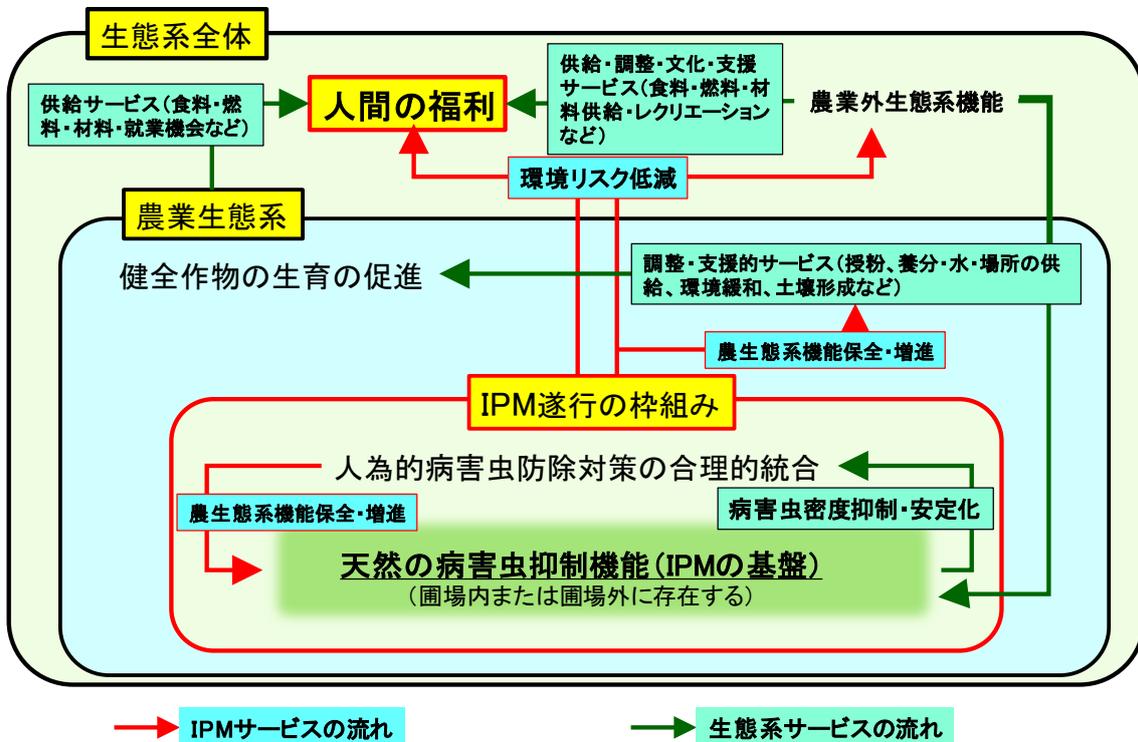


図 17 F 県 A 市のりんご栽培の IPM 実践事例における IPM サービスと生態系サービスの流れ

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、病害虫防除に関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、天然の病害虫抑制機能の涵養だけではなく、土壤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 実践圃場内の土壤の物理性の改善

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。