

第1章 農業のためのLCA手法の開発及び生産形態別評価：
総合評価及びLCA手法の開発

第1章 農業のためのLCA手法の開発及び生産形態別評価：総合評価及び

LCA手法の開発

(1) インパクト評価法の開発

担当：東京大学生産技術研究所 山本研究室

要約：本研究では、これまで主に材料や工業製品を対象として研究されてきたLCIAを、農業活動に対して適用した。従来の工業製品では考慮されることが少なかった、二酸化炭素および窒素酸化物などの環境負荷物質の固定による環境負荷低減効果を考慮に入れた評価手法を構築し、実際の農作物に対する評価を行った。LCIA手法はミッドポイント型インパクト評価手法、エンドポイント型インパクト評価手法の両方を用いて評価を行った。その結果、米栽培における大気汚染物質の削減効果を確認した。また、耕起体系による環境負荷の違いを確認した。

1. 背景と目的

ライフサイクルアセスメント (LCA: Life Cycle Assessment) とは原材料の調達から設計・製造、使用、リサイクル、そして最終的な廃棄物処分 (製品のライフサイクル) にわたる製品の環境負荷を定量的に評価し、さらに製品の潜在的な環境影響を評価する手法を指す。

LCAは具体的には第1段階の目的および調査範囲の設定、第2段階のライフサイクルインベントリ (LCI) 分析、第3段階のライフサイクル影響評価 (LCIA)、第4段階のライフサイクル解釈、第5段階の報告、第6段階のクリティカルレビューから成る。現在ではまだ第2段階のインベントリの時点でのライフサイクルインベントリ (LCI) を用いる場合がほとんどである。LCAの専門家はLCIのデータである程度環境影響を判断することが可能であるが、一般のステークホルダーにとってはこのようなLCIによる表現は理解しづらいと考えられる。

<LCIAについて>

現状ではLCAの中心はLCIであり、環境負荷項目が多くない場合にはインベントリデータでの評価も可能であるが、実際の製品のLCIでは環境負荷項目が膨大になる。そこでインパクト評価を行うことによって指標を統合化し、より理解しやすいライフサイクルインパクトアセスメント (LCIA) の形式で表現することが必要となる。LCIAの手法は大きく分けてエンドポイント手法とミッドポイント手法の2種類に分類される。

現時点ではエンドポイント手法、ミッドポイ

ント手法ともに利点および欠点があり、どちらが優れているかという結論を出す段階ではない。しかし、環境政策のために市民全体の意思を集約し、利便性の高い指標を作成すること自体は社会的に重要な意義があると考えられる。

従来の多くの研究では、LCAやLCIAは主に材料や工業製品を対象に行ったものであり、農業活動におけるLCA研究を早急に導入することが望まれている。本研究では環境影響を客観的かつ総合的に評価する環境影響統合評価手法を開発するとともに、これを農業活動に伴う環境負荷に適用することで、農業生産における従来の技術の見直し、農作物生産の環境効率をどう定義するかについて研究し、環境効率の改善を図ることを目的とする。

2. 研究方法

本研究では、ミッドポイント型インパクト評価手法とエンドポイント型インパクト評価手法のそれぞれを用いて、複数の農作物の評価を行った。

対象とした農作物と評価手法は、直播きキヌヒカリ、移植コシヒカリについて、ミッドポイント評価手法を用いて評価を行った。また、慣行耕起体系によるキャベツ栽培、慣行耕起体系によるテンサイ栽培、慣行耕起体系による秋まき小麦栽培、慣行耕起体系による小豆栽培、慣行耕起体系による馬鈴薯栽培、簡易耕起体系によるテンサイ栽培、簡易耕起体系による秋まき小麦栽培、簡易耕起体系による小豆栽培についてエンドポイント型インパクト評価手法を用いて評価を行った。(使用したインベントリデ

ータについては、巻末付表を参照)

システム境界は、インベントリデータのシステム境界に準じた。

<ミッドポイント手法[図 1]>

LCIA のもうひとつの手法であるミッドポイント手法は、モデルの途中においてパネルやアンケートを用いて評価する手法である。モデルの自由度が高いため、「曖昧さ」を加味しやすいという特徴がある。しかもアンケート方法やデータ集計の方法が未確立であるため係数決定に問題が残されている。ミッドポイント手法の例としてスイスの「エコポイント法」、早稲田大学理工工学部の永田による「パネル法」などが挙げられる。

本研究では、農業生産における様々な排出物、ならびに投入物資を想定し、その農業活動による環境影響を算出、評価するためのいくつかのモデルを仮定した。そのモデルにより評価範囲(バウンダリー)を設定し、その範囲内でのエネルギーや肥料などの物質消費量、生産活動に伴う排出物などを投入資材評価グループ、作業機械評価グループによって調査、算出し農業生産のインベントリデータを作成した。その他、報告された各種インベントリデータをもとにこのバウンダリー内での環境影響を評価した。これらのインベントリデータとあわせて農業生産において重要視すべき環境影響項目を抽出し、農業生産の資源枯渇を含めた環境影響を日本の環境問題の現状に基づいて算出した。

具体的には、このとき境影響評価を右式で表し、この式をもちいて計算を行った。考慮に入れた環境影響項目は以下のとおりである。

- ・ 地球温暖化
- ・ 大気汚染
- ・ 酸性化
- ・ 光化学オキシダント
- ・ 富栄養化

またインプットによる環境影響として資源枯渇を挙げた。アウトプットの排出目標値と影響値の比(低減係数)と評価に用いたインベントリデータの各環境影響項目への分類は表 1 のように設定した、またこのとき用いた値を表 2 に示しておく。低減係数は実際の環境影響と容認環境影響の比として設定した。環境影響項目には局所的なもの地球全体の問題であるものがある。よってその項目ごとの現状値と目標値も領域に留意して設定を行った。

$$\begin{aligned} \text{環境影響指標} = & W_{\text{放出}} \sum_i \left(\frac{\text{製品の総環境影響値 } (i)}{\text{日本の総環境影響値 } (i)} \right. \\ & \left. \times \frac{\text{日本の総環境影響値 } (i)}{\text{日本の目標値 } (i)} \right) \\ & + W_{\text{投入}} \sum_r \left(\frac{\text{製品の資源使用量 } (r)}{\text{日本における資源の年間使用量 } (r)} \right. \\ & \left. \times \frac{\text{世界の年間使用量 } (r)}{\left(\frac{\text{埋蔵量 } (r)}{100} \right)} \right) \end{aligned}$$

日本の総環境影響値 (i) : 低減係数
日本の目標値 (i)

日本の総環境影響値 (i) : 総排出量 × 特性値 = 規格値

世界の年間使用量 (r) : 耐用年数
埋蔵量 (r)

評価にあたっての以下のような設定を行った。

- ① 投入資源はエネルギー資源のみとし、全て原油換算により資源枯渇を算出した
- ② 混合ガソリンの混合比は 25:1 とした
- ③ 作物の CO2 等の吸収は便宜上時期を考慮して移植(もしくは播種)、穂肥施用、収穫等の作業工程に分類した
- ④ 栽培期間中に環境へ流出した N や P205 による富栄養化の影響は別項目として評価する等を施して評価した

<エンドポイント手法[図 2]>

エンドポイント手法とは環境負荷の物質質量を最終的に被害を受ける対象まで因果関係モデルを構築する手法である。係数を科学的に決定するため、モデルや算出方法がクリアなのが特徴である。しかしながら現時点で解明されている現象しか議論できないという問題点がある。エンドポイント手法の例としてオランダの「Eco Indicator 95/99」、スウェーデンの「EPS2000」、そして(社)産業環境管理協会で行われている「被害算定型影響評価システム」などが挙げられる。

エンドポイント手法は一般にミッドポイント手法と比べて、LCIA で問題とされている、評価の主観的価値判断が少ないとされている。

また、従来の手法の大部分が海外、特にオランダなどによる手法を土台とした評価手法であり、ダメージ関数なども策定された国に特化したものであった。そのため、地球温暖化やオゾン層破壊といったグローバルな環境問題を評価する場合にはさほど大きな問題は生じないが、大気汚染や、富栄養化のようにローカルな問題を評価しようとした場合には、結果の妥当性に疑問が投げかけられていた。そのような現状の中で、(社)産業環境管理協会で行われている「被害算定型影響評価システム」は、日本に特化したダメージ関数の算定を行っており、今後発表されるこれらのダメージ関数を利用することによって日本の環境問題を踏まえた評価が可能となると予測される。これによって、従来評価結果に疑問が持たれていた富栄養化や、土地利用による環境負荷など、農業を評価するうえで必要不可欠となる環境負荷項目の評価が従来よりも正しく行えるようになってくると予想される。そこで、本研究では今後発表される予定である、日本固有のダメージ関数を利用することを想定した上で、現時点で利用可能なエンドポイント評価手法であるEco-indicator99を利用してその評価を行い、環境影響評価を試みた。今後、日本固有のダメージ関数が公表されれば、それを利用することによって日本の環境に合致した評価が可能となる。

評価にあたってミッドポイント型インパクト評価手法と同様、以下のような設定を行った。

- ① 投入資源はエネルギー資源のみとし、全て原油換算により資源枯渇を算出した
- ② 混合ガソリンの混合比は 25:1 とした
- ③ 作物の CO₂ 等の吸収は便宜上時期を考慮して移植（もしくは播種）、穂肥施用、収穫等の作業工程に分類した
- ④ 栽培期間中に環境へ流出した窒素やリンによる富栄養化の影響は別項目として評価する等を施して評価した

3. 結果と考察

まず、本研究の環境影響評価手法についてその特徴を述べる。

- 1) 複雑かつ多様な環境影響を統合指標により定量的に表すことで、環境影響の比較を簡便に行うことが可能になる。
- 2) 評価結果は環境影響項目毎に類別化することができるので、農業生産においてど

の環境影響カテゴリーが大きく影響を及ぼすものか把握し、改善することが可能になる。

- 3) 本研究における環境影響評価は各ライフサイクルステージ毎（作業工程毎）に行うことができるので、環境影響が最も大きいと考えられるステージを把握して、有効かつ即座に環境影響の低減、改善に着手することができる。

前節で述べた仮定の下に計算を行った結果、ミッドポイント型インパクト評価手法、エンドポイント型インパクト評価手法のそれぞれについて以下のような結果を得た。

<ミッドポイント型インパクト評価結果>

水稲作栽培に関する環境影響を作業内容ごとに評価した。その結果栽培全体を通じて、図3のような結果となった。この結果から水稲作においては富栄養化と資源枯渇、地球温暖化へ与える影響が大きく、これらの問題について対処する必要があるという結果が得られた。特に、富栄養化への影響は大きく、資源枯渇の約5倍、地球温暖化への影響の約8倍に達した。マイナス部分を除いた全環境負荷の約7割を占める結果となった。逆に酸性化などへの影響は栽培期間中に光合成などによってマイナスとなり、環境負荷がマイナスとなる部分もあり、通常の産業と比べると軽減されている部分もあることがわかる。

農業のLCIAでは、工業製品のLCIAとは大きく異なる点として、マイナスの環境負荷、すなわち環境改善効果がある点で大きく異なる。特に、農作物の栽培による炭酸ガスの吸着や大気汚染の現象について正しく評価することでトータル環境負荷をゼロにするような農業体系の確立を目指すことが可能である。

ここまでの評価は農作物の栽培について全期間を通じて評価したものである。農作物の栽培によるトータルの環境負荷を知ることは重要であるが、栽培方法によってどのような環境負荷を与えているかがわかっても、図3の結果からは、どの作業工程の環境負荷が高いかを見ることはできない。そのため、より環境効率の高い農業体系を確立するためには、工程ごとの環境負荷の把握が重要である。そこで、本研究では作業工程ごとに環境負荷の特定を行った。図4

この結果から、水稲作では工程毎に環境に与える負荷の大きさが全く異なることがわかる。

図4の結果では、耕起と収穫、乾燥の工程での環境負荷が、その他の工程に比べて大きな環境負荷を与えていることがわかる。耕起と収穫の環境負荷の大部分は機器の利用によるエネルギー消費に起因するものである。また、乾燥工程での環境負荷は、乾燥のために利用される重油の消費と重油の燃焼による環境負荷物質の排出に起因したものである。

この結果をもとに耕期と収穫、乾燥の3工程で重点的に環境負荷の削減をするような作業の改善手法について検討されることが望まれる。このように作業工程ごとに環境負荷を表示することによって、栽培の全期間を通じての作業改善を行う場合よりも大きな環境改善効果が期待できる。また、作業者の負担やコストの面からも作業工程ごとの評価が重要であると考えられる。

<エンドポイント型インパクト評価結果>

評価対象作物は、慣行耕起体系によるキャベツ栽培、テンサイ栽培、秋まき小麦栽培、小豆栽培および馬鈴薯栽培、ならびに簡易耕起体系によるテンサイ栽培、秋まき小麦栽培および小豆栽培である(使用したインベントリデータについては、巻末付表を参照)。

前節で述べた手法を用いてエンドポイント型インパクト評価を行った。図5は、それぞれの栽培が人体の健康、生態系の質ならびに資源の3項目に対して与える影響の大きさについての評価結果である。この結果により、人体の健康への影響が大部分を占めていることが示唆される。

次に、図5の結果をインパクトカテゴリごとに分類した結果を図6に示す。人体への健康影響の大部分が、呼吸性無機物によるものであることがわかった。環境負荷の値が大きい、秋まき小麦と小豆については、温室での栽培を行っているために重油の燃焼に伴う大気汚染の影響が顕著に表れたと考えられる。

耕起体系の違いによる環境負荷の違いに関しては、従来の慣行耕起体系に比べると、簡易耕起体系の環境負荷は約20%低減されることが確認された。したがって、収量に極端な差がない場合には、簡易耕起体系の利用は有用であると考えられる。

4. 今後の課題点

本研究では、農作物の栽培において環境負荷が大きいことが予測される農薬に関するデー

タが含まれていない。その理由として、農薬の毒性に関するデータが整備されていないことが挙げられる。今後は、農薬の毒性データをもとにした評価が必要である。

また、現段階では日本国内の被害算定係数が整備されていないため、本研究で行ったエンドポイント型インパクト評価手法では、ヨーロッパの被害算定係数をもとにした評価に留まった。今後は、日本独自の被害算定係数をもとに本研究で新たに構築した手法を利用して再計算を行うことが望ましい。

農業の環境影響評価においては、二酸化炭素の固定効果を考慮した評価手法を確立し、排出権取引などの今後の情勢を考慮した上での利用価値の高い評価体系の構築が必要である。

実際にアメリカでは、長年化学肥料による作物の生産に頼ってきたため土壌中の有機成分および微生物が減少し、その結果生産性が低下している。この事実を認識している事業者は有機農業に着目し、土壌中に有機炭素を固定(例えば毎年1ha当たり0.4トン程度の炭素を固定)するようになれば、地力は回復し、かつ炭素固定分を炭素排出権として販売する事が可能となり、その結果、21世紀には農場経営者達は農業収入を10%増加させることが出来ると試算している。

将来的には、日本においても排出権取引が実施されることが考えられる。その際には、現在の米価など作物の価格(製造原価)に加え、社会的負担削減分を排出権販売として受けることが可能となる。特に農業では、植物及び土壌の炭素固定量を正確に把握することが排出権取引を行う上で必要条件となってくる。炭素固定量の正確な把握のためには、農業を中心とした標準的なLCA手法を作成しておくことによって円滑な取引が可能となることが考えられる。

5. 研究発表誌上発表

・LCA of water-field farming: Tomonori Honda, Masao Kamiko, Ryoichi Yamamoto, Proceedings of The Fifth International Conference on EcoBalance p187-188

・非木材パルプ及び古紙パルプを配合した上質紙のライフサイクル影響評価: 中澤克仁, 本田智則, 桂徹, 片山恵一, 山本良一, 安井至, 紙・パルプ学会誌(印刷中)

• Lead emission and energy consumption of solder waste treatment: Minako Hara, Tomonori Honda, Keiichi Katayama, Ryoichi Yamamoto, Itaru Yasui, Journal of Material Cycles and Waste Management

• 伊坪徳宏、東京大学博士論文、平成9年12月

• 河瀬 寛、東京大学修士論文、平成12年2月

(本田智則 神子公男 山本良一)

環境影響項目	低減係数	環境負荷物質
地球温暖化	2.24	CO ₂ ,CH ₄ ,N ₂ O
大気汚染	2.59	NO ₂ ,SO ₂
光化学オキシダント	1.87	HC
富栄養化	4.46	N,P ₂ O ₅
酸性化	1	NO ₂ ,SO ₂

表 1 低減係数と環境負荷物質

環境影響項目	環境負荷物質	単位	年度	年間排出量	特性値	指数値	規格値
地球温暖化	CO ₂	GWpTon	1990	1,170,000,000	1	1,170,000,000	1,170,000,000
大気汚染	SOx	ton	1990	876,000	1.2	1,051,200	2,533,200
	NOx	ton	1990	1,900,000	0.78	1,482,000	
光化学オキシダント	Organics	POCPton		2,060,000	0.416	856,960	856,960
富栄養化	NOx	NPton	1990	1,900,000	0.13	247,000	5,034,840
	N			7,009,553	0.42	2,944,012	
	P			509,323	3.06	1,558,528	
酸性化	COD			12,968,163	0.022	285,300	
	NOx	APton	1990	1,900,000	0.7	1,330,000	2,206,000
	SOx	APton	1990	876,000	1	876,000	

表 2 計算に用いられた値

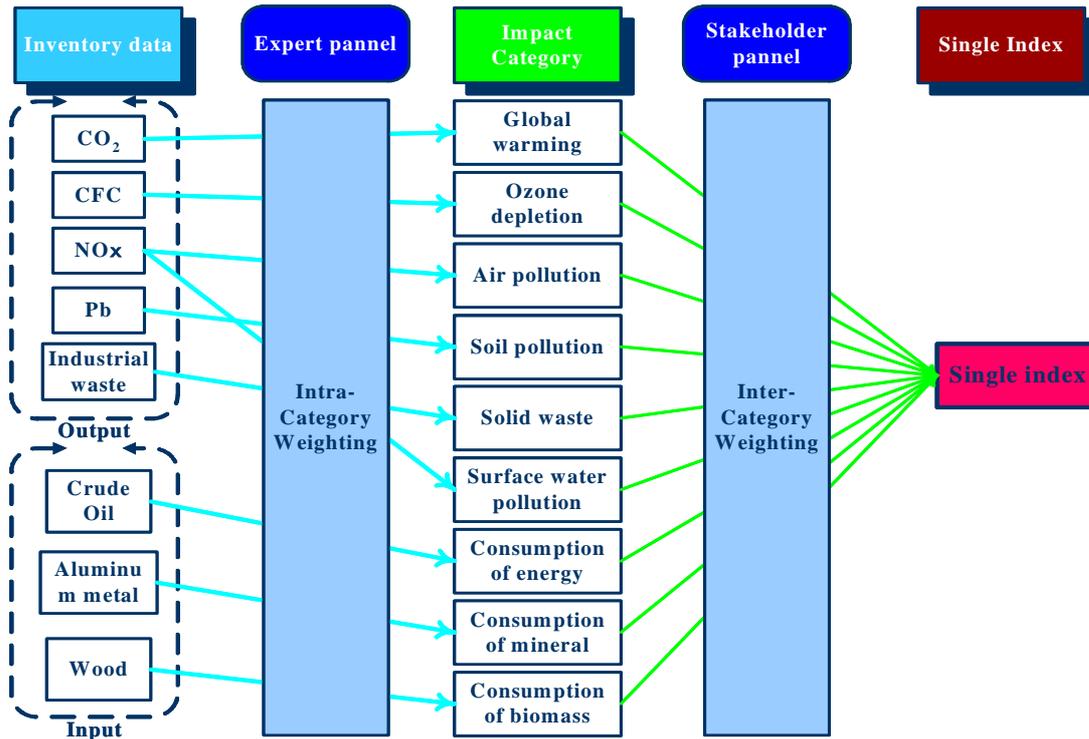


図 1 ミッドポイント手法の概念 (一例)

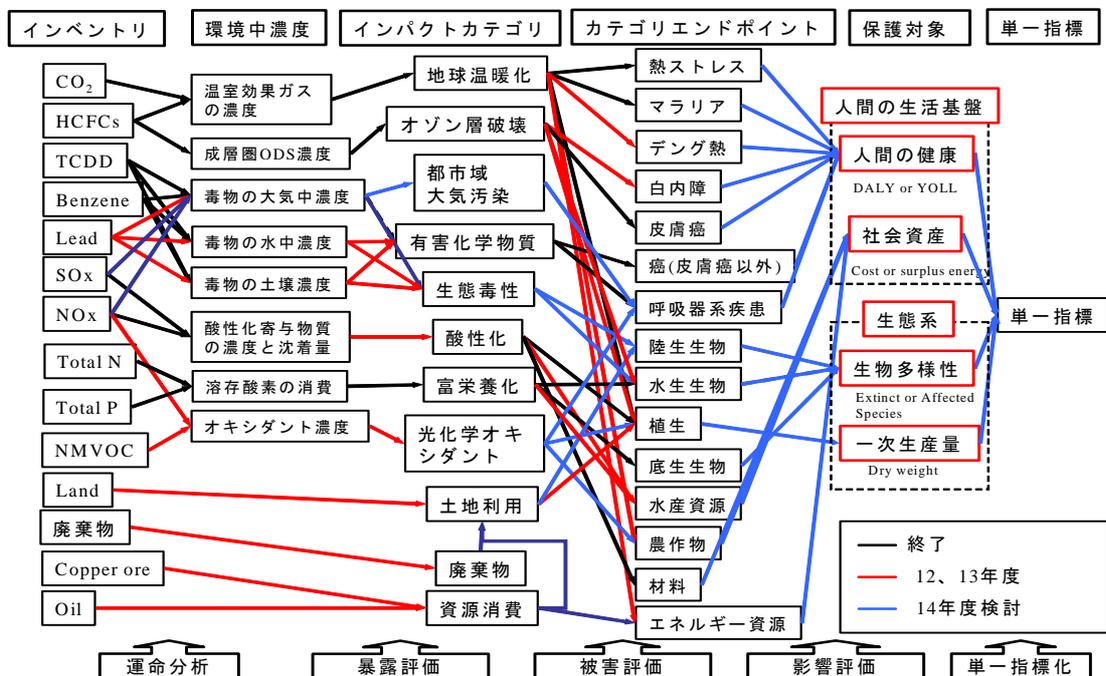


図 2 日本の被害算定型影響評価システム

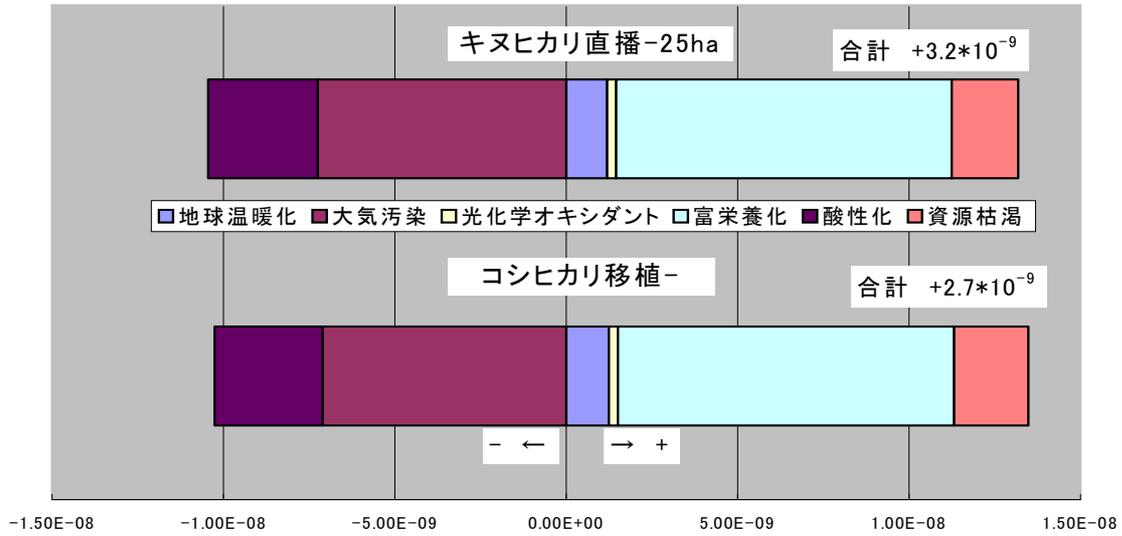


図3 水稲作の環境影響(ha)の比較

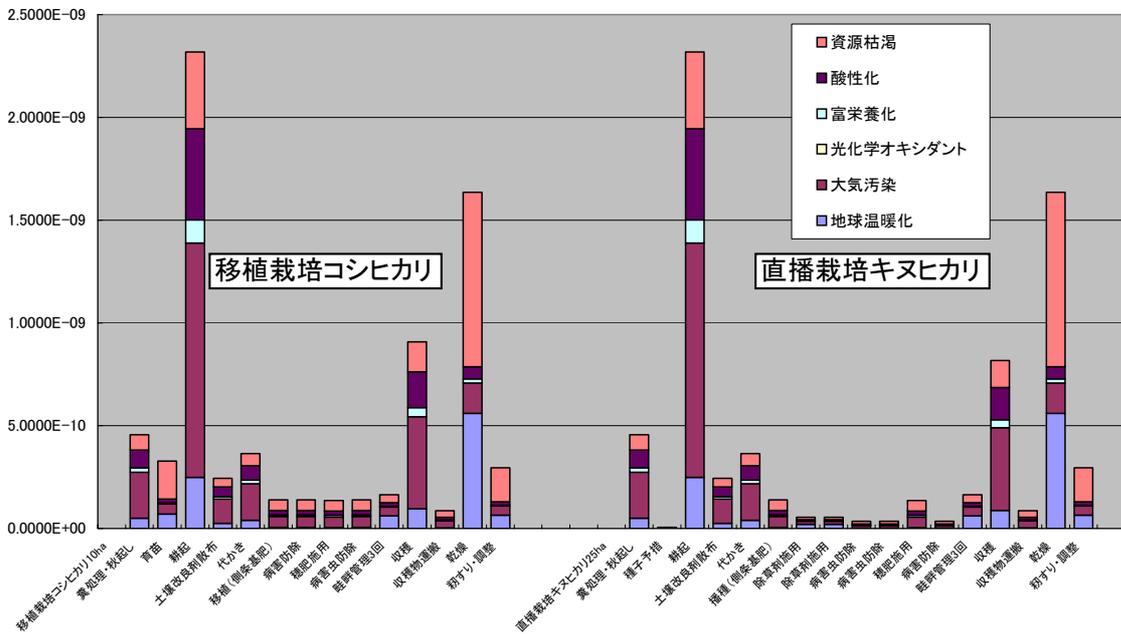


図4 工程ごとの水稲作の環境影響(ha)

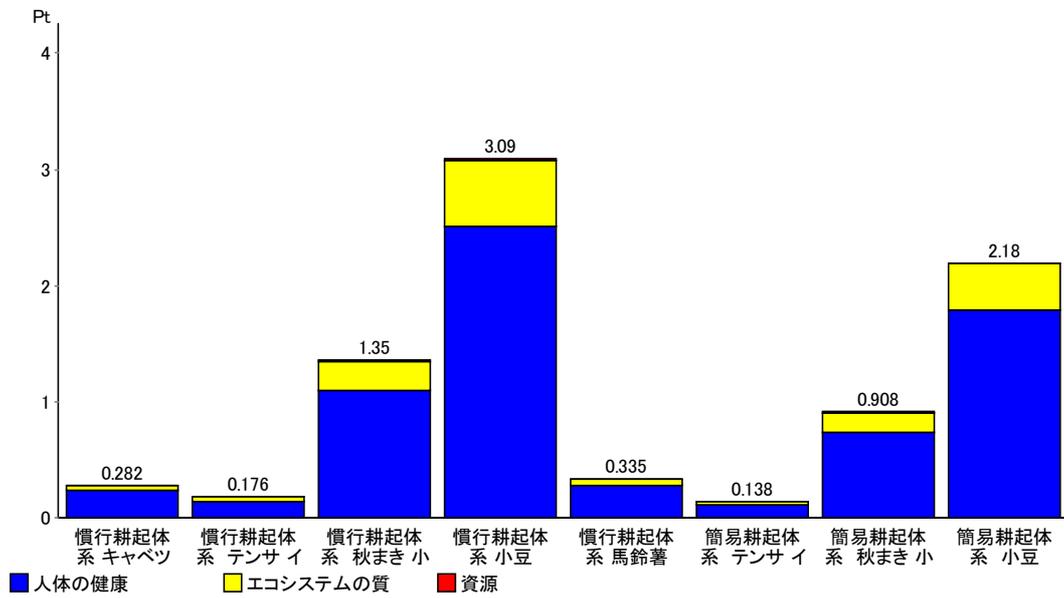


図5 収量あたりのエンドポイント手法による評価結果

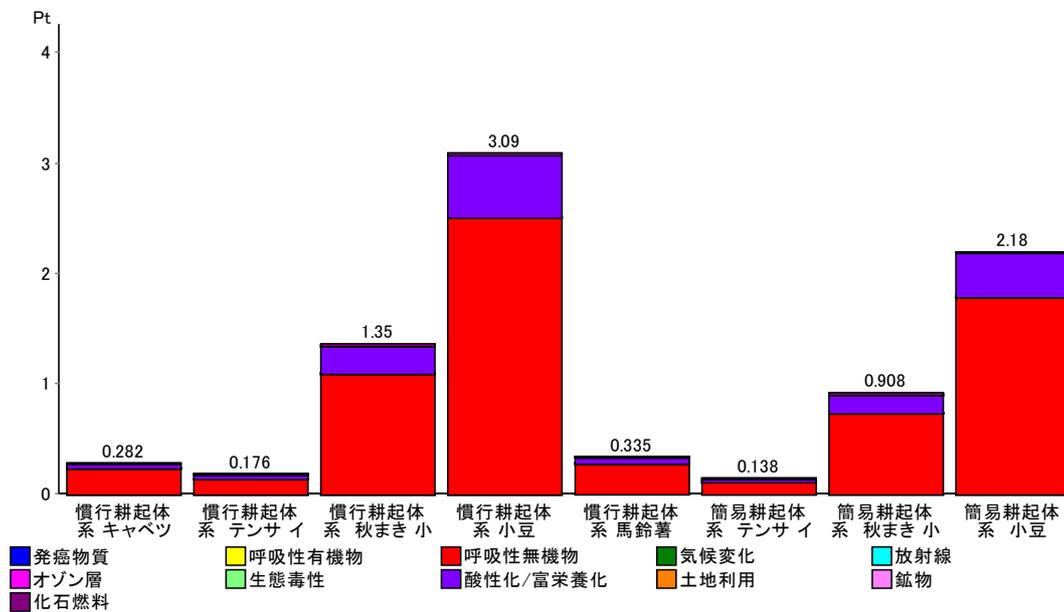


図6 収量あたりのエンドポイント手法による評価結果（インパクトカテゴリ別）

(2) 評価結果の特性分析及び重み付け

担当：(株)エコマネジメント研究所

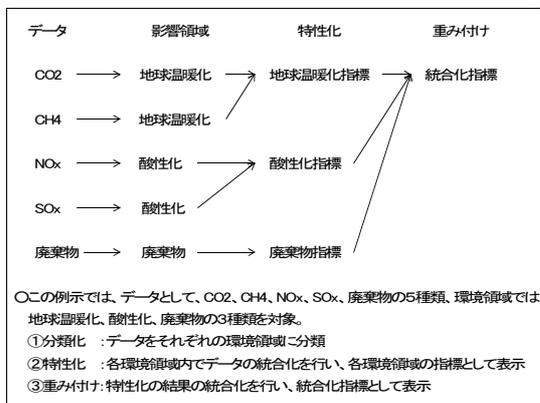
要約：LCA 手法の手順の一つである影響評価プロセスは、環境に関する様々なデータと実際の環境影響（影響領域）とを結びつけるプロセスであるが、既存の手法の影響評価プロセスを、農作物の評価に用いるには問題が多かった。そこで、本課題では、①評価の対象となる環境影響を5種類に限定、②環境影響の非統合化（環境影響を単一の指標によって表す）し、現状において実践的使用が可能な影響評価プロセスを開発した。

1. 背景と目的

LCA 手法の手順の一つである影響評価プロセスでは、収集した製品等のライフサイクルにおける環境データを、以下の手順により、特定の環境影響とに関連付け、潜在的な環境影響の重要性の評価を行う。

- (1) データをそれぞれの影響領域に割り振る（分類化）
- (2) それぞれの影響領域内でデータのモデル化を行う（特性化）
- (3) 非常に特殊な場合で、かつ、意味のあるときに限り、可能な場合は特性化の結果を統合化する（重み付け）

図1. LCA手法の影響評価プロセスの例



しかし、(i) 影響評価プロセスの方法は未だ開発途上であること（特に、統合化指標が確立されていない）(ii) 農作物の評価については、ライフサイクルにおける環境面の評価を実施した事例が少ない（→ 農作物のライフサイクルにおける環境データが整備されていない）、(iii) LCA 手法自体が工業製品の評価を対象として検討された経緯がある（→ 農作物特有の環境影響が考慮された事例が少ない）等のことから、既存の LCA 手法を、そのままの形で農作物の評価に用いるには問題が多いと言える。

そこで、現状において、農作物の環境面を評価する際に使用可能な、実践的な影響評価のプロセス（本検討プロセス）を取りまとめることを目的に研究を行った。

2. 研究方法

(1) 農作物の環境側面の整理

農作物が影響を与える環境側面について整理を行う。

(1) 環境データの整備状況等の把握

以下の環境データについて、その整備状況等の把握を行う。

- ・現状で把握されている農作物のライフサイクルにおける環境データ
- ・現状で把握が可能な農作物のライフサイクルにおける環境データ
- ・農作物の環境面を評価する上で、評価項目とすることが望まれる環境データ

(3) 評価項目の選定

(1) 及び (2) の結果より、評価対象とする環境影響項目の選定を行う。

(4) 特性化及び重み付け方法の検討

(3) の結果及び既存の LCA 事例を踏まえて、特性化及び重み付けの方法の検討を行う。

3. 結果と考察

(1) 影響評価の手順

LCA の影響評価段階では、①分類化、②特性化、③重み付けの三つの手順があるが、本検討プロセスでは、①分類化（データをそれぞれの環境領域に分類）、②特性化（各環境領域内でデータの統合化を行い、各環境領域の指標として表示）の2つの手順のプロセスとした。

(2) 影響評価項目について

本検討プロセスでは、以下の5つの環境影響項目

を影響評価項目とした。

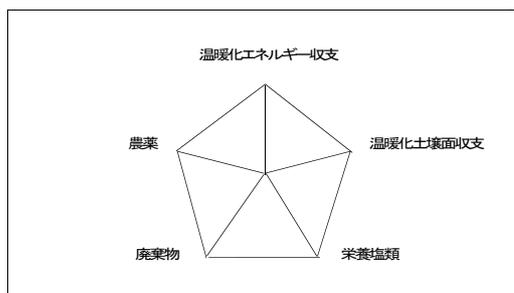
- ①温暖化エネルギー収支 CO₂
- ②温暖化土壌面収支
- ③栄養塩類：窒素濃度
- ④廃棄物：プラスチック
- ⑤農薬

なお、実際に農作物の評価を実施する際には、この評価項目の中から、評価の目標（目的）にあった項目を選定したり、影響評価を実施しない場合には、収集データ自身を評価対象項目として選定することになる。

(3) 結果の表示形式

同じ農作物における生産システムの比較を目的とした影響評価の場合、本検討プロセスでは、以下に示す 5 角形のレーダーチャートを用いて、結果の表示を行う。なお、その他の目的の場合には、特に表示形式の指定はしていない。

図2. 影響評価の表示形式



(4) 各影響評価項目に該当する環境データ

本検討プロセスでは、評価の対象となる各影響評価項目に該当する環境データを、以下のように定めた。なお、(3) の 5 つの影響評価項目及び環境データについては、今後の環境問題の進展や農作物の環境データの整備状況により、今後見直しを図って行く予定である。

①温暖化エネルギー収支 CO₂

- (a) 作業機械や設備等の燃料使用からの直接排出：CO₂
- (b) 作業機械や設備等の電気使用からの間接排出：CO₂
- (c) 作物の吸収分：CO₂
- (d) 廃棄物（プラスチック）の燃焼によって排出：CO₂、CH₄、N₂O
- (e) 肥料及び薬剤の生産時に排出（評価対象範囲に含めた場合のみ）：CO₂

②温暖化土壌面収支

- (a) 作物の生産による土壌からの排出あるいは吸収：CH₄、N₂O

- (b) 廃棄物（残渣）の焼却によって排出：CH₄、N₂O
- ③栄養塩類：窒素濃度
 - (a) 投入肥料の窒素の量
- ④廃棄物：プラスチック
 - (a) プラスチック廃棄物の量
 - (b) リサイクルされるプラスチック廃棄物の量（焼却による熱回収はリサイクルに含めず）
- ⑤農薬
 - (a) 薬剤の投入量

(4) 特性化の方法について

本検討プロセスでは、特性化（各影響評価項目内での環境データの統合化）の方法を以下のように定めた。

①温暖化エネルギー収支 CO₂

(a)～(e) の排出量に温暖化係数（CO₂：1、CH₄：21、N₂O：310）を乗じて、それぞれの CO₂ 排出量を算出し合計する（(c) の吸収分はマイナス）。

作業機械分(a+b) + 廃棄物の焼却分(d) + 肥料及び薬剤分(e) - 吸収分(c)

②温暖化土壌面収支

(a) (b) の排出量に温暖化係数を乗じて、それぞれの CO₂ 排出量を算出し合計する。

作物の生産分(a) + 廃棄物の焼却分(b)

③栄養塩類：窒素濃度

窒素濃度を算出するためには、投入される窒素の量、降水量（+散水量）、可能蒸発散量、収穫物及び収穫物以外の地上部（収穫残渣）の窒素含有量のデータが必要となる。

算出方法は以下の通りである。

- ・投入窒素より、収穫物及び埋め戻ししなかった収穫物以外の地上部（収穫残渣）の窒素を差し引く（→ **農地余剰の窒素**）。
- ・降水量（+散水量）から可能蒸発散量を差し引く（→ **地下浸透水**）。
- ・農地余剰の窒素を地上浸透水で割り、0.49 の係数を乗じる（→ **窒素濃度**）。

なお、降水量（+散水量）と可能蒸発散量の水関係のデータの把握が出来ない場合には、窒素投入量（農地余剰の窒素）で評価を行う。

④廃棄物：プラスチック

(a) プラスチック廃棄物から(b) リサイクルされるプラスチック廃棄物の量（焼却による熱回収はリサイクルに含めず）を差し引く。

⑤農薬

農薬は、農薬取締法、食品衛生法（食品、添加物等の規格基準）、環境基本法（環境基準）、水道法（水質基準）、水質汚濁防止法（排水基準）などに、農薬

が満たすべき各種の基準が設定されているが、本検討プロセスでは、「カイコ、ミツバチなど有用生物、魚など水産生物を含む生態系への影響や環境への安全性の基準」の中から、「甲殻類（ミジンコ）の急性毒性 LC50」を用いて特性化を行うこととした。

各農薬の基準値（ミジンコ（3h）:mg/l）が判明（農薬の製造メーカー等にお問い合わせるか、データベースを利用等）、各農薬の投入量（g）を、その基準値で割って、各農薬の特性化の値を算出し合計する。

(6) 事例

影響評価結果の事例を以下に示す。

①キャベツ

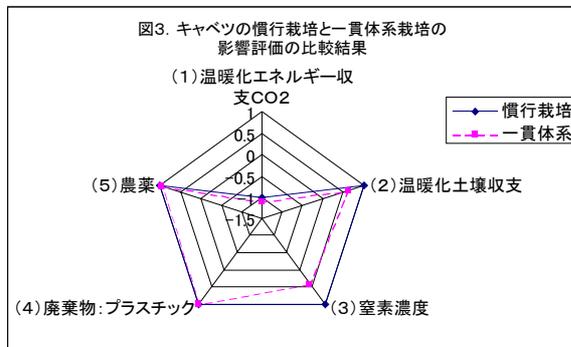
キャベツの慣行栽培と一貫体系栽培の影響評価の比較結果を以下に示す。

表1. キャベツの特性化の結果

	慣行栽培	一貫体系
(1) 温暖化エネルギー収支CO2	-603592	-678973
(2) 温暖化土壌収支	113691	69820
(3) 窒素濃度	31389	13010
(4) 廃棄物:プラスチック	0	0
(5) 農薬	45388	42684

表2. キャベツの特性化の結果(慣行栽培を基準)

	慣行栽培	一貫体系
(1) 温暖化エネルギー収支CO2	-1	-1.125
(2) 温暖化土壌収支	1	0.614
(3) 窒素濃度	1	0.414
(4) 廃棄物:プラスチック	1	1.000
(5) 農薬	1	0.940



本検討プロセスを用いた評価結果によると、キャベツの場合、一貫体系栽培のほうが慣行栽培よりも、環境影響の低い栽培体系だと言える。

②みかん

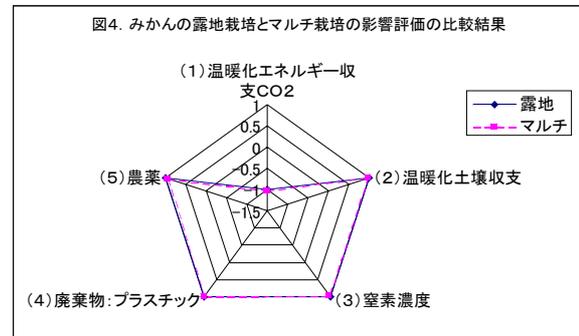
みかんの露地栽培とマルチ栽培の影響評価の比較結果を以下に示す。

表3. みかんの特性化の結果

	露地	マルチ
(1) 温暖化エネルギー収支CO2	-458021.8	-473038.2
(2) 温暖化土壌収支	94123.8	91557.0
(3) 窒素濃度	41400.0	40200.0
(4) 廃棄物:プラスチック	0.0	0.0
(5) 農薬	137.3	132.1

表4. みかんの特性化の結果(露地栽培を基準)

	露地	マルチ
(1) 温暖化エネルギー収支CO2	-1	-1.033
(2) 温暖化土壌収支	1	0.973
(3) 窒素濃度	1	0.971
(4) 廃棄物:プラスチック	1	1.000
(5) 農薬	1	0.962



本検討プロセスを用いた評価結果によると、みかんの場合、マルチ栽培のほうが露地栽培よりも、若干ではあるが、環境影響の低い栽培体系だと言える。

③4作物の影響評価結果

4作物（だいこん、トウモロコシ、かんしょ、イタリアングラス）の影響評価（特性化）の結果を以下に示す。

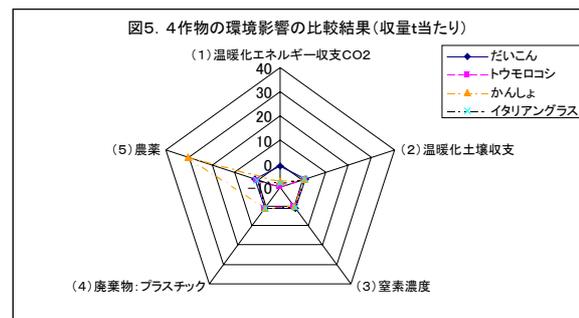
表5. 4作物の特性化の結果(耕地面積10a当たり)

	だいこん	トウモロコシ	かんしょ	イタリアングラス
(1) 温暖化エネルギー収支CO2	-146290.6	-2205312.4	-1065942.5	-1609200.9
(2) 温暖化土壌収支	51974.7	38658.6	31759.9	44284.4
(3) 窒素濃度	17225.0	5520.0	4770.0	6880.0
(4) 廃棄物:プラスチック	0.0	0.0	0.0	0.0
(5) 農薬	6041.1	0.2	183149.1	0.0

表6. 4作物の特性化の結果(収量t当たり)

	だいこん	トウモロコシ	かんしょ	イタリアングラス
(1) 温暖化エネルギー収支CO2	-32509.0	-315044.6	-236876.1	-268200.2
(2) 温暖化土壌収支	11549.9	5522.7	7057.7	7382.4
(3) 窒素濃度	3827.8	788.6	1060.0	1146.7
(4) 廃棄物:プラスチック	0.0	0.0	0.0	0.0
(5) 農薬	1342.5	0.0	40699.8	0.0
収量(t)	4.5	7	4.5	6

なお、収量当たりの結果（表6）を、5角形のレーダーチャートを用いて示す（図5）が、かんしょの農薬の特性化の値が大きいため、他の評価項目の差が明確になっていない。このことから、本検討プロセスでは、同じ農作物における生産システムの比較を目的とした影響評価の場合にのみ、5角形のレーダーチャートを用いることとした。



④果樹の影響評価結果

果樹（みかん（露地）、みかん（マルチ）、ナシ）の影響結果を以下に示す。

表7. 果樹の特性化の結果(耕地面積10a当たり)

	みかん(露地)	みかん(マルチ)	ナシ
(1) 温暖化エネルギー収支CO2	-458021.8	-473038.2	-110305.0
(2) 温暖化土壌収支	94123.8	91557.0	79150.8
(3) 窒素濃度	41400.0	40200.0	35700.0
(4) 廃棄物:プラスチック	0.0	0.0	0.0
(5) 農薬	137.3	132.1	109437.9

表8. 果樹の特性化の結果(収量1t当たり)

	みかん(露地)	みかん(マルチ)	ナシ
(1) 温暖化エネルギー収支CO2	-130863.4	-135153.8	-36768.3
(2) 温暖化土壌収支	26892.5	26159.1	26383.6
(3) 窒素濃度	11828.6	11485.7	11900.0
(4) 廃棄物:プラスチック	0.0	0.0	0.0
(5) 農薬	39.2	37.7	36479.3
収量(t)	3.5	3.5	3

4. 今後の問題点

本検討プロセスは、農作物の環境影響に関するデータの整備の進展、新たな環境影響評価手法の開発、利用者からの意見等により、今後もその内容を見直していくことが必要である。

特に、現在、農薬の基準値については、①農薬毎ではなく有効成分毎になっている、②全ての農薬(有効成分)に該当する基準項目がない(本検討プロセスでは「甲殻類(ミジンコ)の急性毒性LC50」を採用したが、全ての農薬にあるとは限らない)等、農薬に関するデータベースの整備が遅れていると言えるので、データベースの整備について、関係部署及び関係者等への働き掛けが必要である。

そして、本検討プロセスが、実際に農業関係者にとって役立つものになるためには、多くの農業関係者の意見を反映させていくことが重要であり、そのためには、別冊「LCA手法を用いた農作物の環境影響評価の実施マニュアル」の普及方策を考えていく必要がある。

5. 引用文献

引用文献については、別冊「LCA手法を用いた農作物の環境影響評価の実施マニュアル」を参照のこと

(田中浩二・森下 研)