「環境研究」

環境影響評価のための
ライフサイクルアセスメント手法の開発

Life Cycle Assessment
for Environmentally Sustainable Agriculture

研究成果報告書

平成15年11月

独立行政法人 農業環境技術研究所

NIAES

「環境研究」

環境影響評価のための
ライフサイクルアセスメント手法の開発

研究成果報告書

平成 15 年 11 月

独立行政法人　農業環境技術研究所

は　じ　め　に

戦後の農業技術の発展によって、国の内外を問わず単収が飛躍的に向上した。これは、化学肥料や農薬の多投入、膨大なエネルギー消費を伴う機械化や施設栽培化によるところが大きい。資材を最大限に活用し生産を高めようとするこのような農業技術は、化石エネルギーへの依存度を高めることから、地球温暖化、石油資源の枯渇、水質汚濁などを助長する結果になった。

このような背景のもとに、一方では農業の持つ多面的機能の重要性が認識され、この機能を活用し農業生産を増大させ、なおかつ環境を保全する環境保全型農業を積極的に向上させる技術が求められている。

平成 9 年 12 月に京都で開催された気候変動枠組条約の議定書会合(COP3)においては、二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素など 6 種類の温室効果ガスの排出削減目標について、法的拘束力のある取り決め(京都議定書)が採択された。わが国の場合、2010 年(平成 22 年)までに 1990 年よりも 6%削減することが求められた。農業活動において発生する温室効果ガスも、この削減の例外にはならない。

また平成 7 年秋には、国際的な環境規格(IS014000 シリーズ)がスタートした。この規格は、企業活動などに伴う環境負荷を低減させることを目的として策定された。当面この規格は、工業製品に適用されるが、既に食品産業もこうした取組みを進めており、農産物の生産にも当然そのような考え方の導入が消費者から求められるようになるものと考えられる。

このような状況に対応するため、農林水産省農林水産技術会議事務局は、平成 10 年度から「持続的農業推進のための革新的技術開発に関する総合研究」の一環として、農業分野におけるライフサイクルアセスメント(LCA)手法開発に関する 5 カ年計画の研究を開始した。この研究は、農業生産に伴い発生するプラスとマイナスの環境影響を、客観的に評価する LCA 手法を開発すること、さらにこの手法による分析に基づいて、これまでの技術を見直し、全体としての環境へのプラス影響を最大化するような農業技術の開発へ資するためのものである。平成１３年度から農林水産省傘下研究機関が独立行政法人化したので、平成 13 年度からこの研究は、農業環境技術研究所および農業技術研究機構の運営費交付金プロジェクトとして行われている。

この資料は、平成 10 年度から開始されたプロジェクトの後期（平成 12～14 年度）の成果を中心にとりまとめたものである。この資料を作成するに当たってご協力いただいた方々に心から謝意を表する。なお、このプロジェクトの成果として、「LCA 手法を用いた農作物栽培の環境影響評価実施マニュアル」を別冊として発行したので、この資料と合わせてご活用いただければ幸いである。

平成 15 年 11 月

独立行政法人農業環境技術研究所

理事長　陽　捷行

目　次：

研究の要約　・・1

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　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 9
（２）評価結果の特性分析及び重み付け・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・18

第2章　ＬＣＡ評価に基づく持続可能な農業生産システムの開発
1.　ＬＣＡの作物別農業生産技術への適応
（１）野菜作におけるＬＣＡの農業生産技術への適応
1-1　キャベツ栽培におけるＬＣＡの農業生産技術への適応・・・・・・・・・・ 23
（２）畑作におけるＬＣＡの農業生産技術への適応
2-1　大規模畑作地帯におけるＬＣＡの農業生産技術への適応・・・・・・・・・ 27
2-2　茶栽培におけるＬＣＡの農業生産技術への適応・・・・・・・・・・・・・ 31
2-3　暖地畑作物体系におけるＬＣＡの農業生産技術への適応・・・・・・・・・ 35
（３）果樹栽培におけるＬＣＡの農業生産技術への適応
3-1　カンキツ栽培におけるＬＣＡの農業生産技術への適応・・・・・・・・・・ 39
3-2　ナシ栽培におけるＬＣＡの農業生産技術への適応・・・・・・・・・・・・ 43

２．　大気・水･土壌環境からみたＬＣＡ評価の検討
（１）大気環境から見たＬＣＡ評価の検討・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 46
（２）肥料等の土壌への利用からみたＬＣＡ評価の検討・・・・・・・・・・・・・・ 50
（３）土壌からの流出成分等からみたＬＣＡ評価の検討・・・・・・・・・・・・・・ 54

３．　ＬＣＡの総合評価に基づく新農業生産システムの確立
（１）稲作におけるＬＣＡ評価に基づく農業生産システムの確立・・・・・・・・・・ 58
（２）野菜におけるＬＣＡ評価に基づく農業生産システムの確立・・・・・・・・・・ 61

参考資料：作物別インベントリ表　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 65

別冊：　ＬＣＡ手法を用いた農作物栽培の環境影響評価実施マニュアル

研　究　の　要　約

Ⅰ　研究年次・予算区分

平成 10 年度～平成 14 年度
（平成 10～12 年度）　農林水産技術会議　環境研究
（平成 13～14 年度）　農業環境技術研究所・運営費交付金

Ⅱ　主任研究者

（平成 10～12 年度）
主　　査：農業環境技術研究所　所長
副　主　査　：農業環境技術研究所　環境管理部長
推進リーダー：農業環境技術研究所　肥料動態科長
サブリーダー：農業総合研究所経済政策部上席研究官
農業環境技術研究所 資材動態部 肥料動態科 多量要素動態研究室長
野菜・茶業試験場 生理生態部 作型開発研究室長
農業研究センター 機械作業部 水田作機械化研究室長
野菜・茶業試験場 施設生産部 環境制御研究室長

（平成 13～14 年度）
主　　査：農業環境技術研究所　化学環境部長
推進責任者　：農業環境技術研究所　化学環境部　栄養塩類研究グループ長
サブリーダー：果樹研究所　生理機能部　栽培生理研究室長
農業環境技術研究所　化学環境部　養分動態ユニット　研究リーダー
中央農業総合研究センター　作業技術部　作業労働システム研究室長

Ⅲ　研究担当機関

（平成 10～11 年度）
１．国立研究機関
農業研究センター 機械作業部 水田作機械化研究室
作業システム研究室
農業環境技術研究所　企画調整部　地球環境研究チーム
環境管理部　資源生態管理科　影響調査研究室
環境資源部　土壌管理科　土壌化学研究室
資材動態部　農薬動態科　農薬管理研究室
肥料動態科　多量要素動態研究室
野菜・茶業試験場　生理生態部　作型開発研究室
施設生産部　環境制御研究室
農業総合研究所　経済政策部　上席研究官
海外部　アジアアフリカ研究室

２．委託先機関
東京大学生産技術研究所
慶應技術大学商学部
（株）エコマネジメント研究所
（社）農村漁村文化協会

（平成 12～14 年度）
１．国立及び独立行政法人研究機関
（平成 12 年度）
農業研究センター 機械作業部 作業システム研究室
農業環境技術研究所 環境管理部　資源生態管理科　影響調査研究室
環境資源部　上席研究官
資材動態部　肥料動態科　多量要素動態研究室

野菜・茶業試験場	生理生態部	作型開発研究室
	施設生産部	栽培システム研究室
	茶栽培部	生理遺伝研究室
果樹試験場	カンキツ部	上席研究官
	栽培部	栽培生理研究室
北海道農業試験場	畑作研究センター	生産技術チーム
九州農業試験場	総合研究部	総合研究第 2 チーム

（平成 13～14 年度）

独立行政法人・農業技術研究機構

中央農業総合研究センター	作業技術部	作業労働システム研究室
果樹研究所	カンキツ部	形態制御研究室
	生理機能部	栽培生理研究室
野菜茶業研究所	葉根菜類研究部	作型開発研究室
	果菜研究部	栽培システム研究室
	茶業研究部	土壌肥料研究室・作業技術研究室
北海道農業研究センター	畑作研究部	生産技術研究チーム
九州沖縄農業研究センター	畑作研究部	畑作総合研究チーム

独立行政法人・農業環境技術研究所

地球環境研究部	温室効果ガスチーム
化学環境部	養分動態ユニット
化学環境部	水動態ユニット

２．委託先機関

東京大学生産技術研究所

（株）エコマネジメント研究所

Ⅳ　研究目的

農業は、生産力の基礎を自然の物質循環機能に置いており、産業活動すべた環境に負荷を与えるというものではなく、環境への適切な働きかけによって環境を積極的に管理していると言えよう。一方、農薬や化学肥料等石油を原料とする資材の多投入、機械化や施設栽培化の進展によるエネルギー投入量の増大等に伴い、環境に与える負荷が年々増大している。

近年工業部門を中心に、産業活動に伴う環境への影響を定量的かつ総合的に評価するライフサイクルアセスメント（ＬＣＡ）手法の開発が進んでいる。しかし、農業部門においては、これまでＬＣＡ手法に関する研究がほとんど実施されておらず、生産過程における環境負荷物質の排出量測定方法の開発等多くの問題が残されている。

このため、本研究では農業生産に伴う正と負の環境影響を総合的に評価するための LCA 手法を開発する。この手法を用いて、稲作及び畑作（野菜作）の主要な生産体系における環境影響の評価を行い、現在行われている農業技術全般を見直し、大気･水･土壌環境から見た農業生産システムの再構築及び新たな農業システムの確立を目指す。

Ⅴ　研究成果の概要

１．農業のためのLCA手法の開発及び生産形態別評価

（１）産業連関分析によるマクロ分析手法の開発

・産業連関分析による農林水産分野のLCA関連各種指標の計測（＊）

産業連関分析の手法によって現在の現在の平均的な農業生産技術体系の下で発生している環境負荷量のうち二酸化炭素の排出量を推計しようとした。すなわち、慶應義塾大学産業研究所の推計した 1990 年ベースの環境分析用産業連関表（生産者価格評価）から、LCA に利用可能な 1995 年ベースの二酸化炭素誘発排出係数（購入者価格評価）を推計し、また、得られた排出係数の応用可能性を検討するために、いくつかの LCA マクロ分析を試みた。

慶應義塾大学産業研究所の環境分析用産業連関表を基本に LCA に利用可能な 1995 年ベースの 405 部門別二酸化炭素誘発排出係数（購入者価格評価）を新たに推計することができた。本排出係数を用いてマクロ経済分析を行ったところ、以下のことが明らかになった。①食料消費について、生鮮品よりも加工度の高い食品や外食の CO_2 排出が相対的に多かった。②農業固定資本の耐用年数を１年延ばした場合の CO_2 排出削減効果を試算したところ、農業部門全体で 45 万トンの CO_2 削減効果があり、それらのうちの７割は、農業機械・トラクターによって占められていた。

・産業連関分析によるマクロ分析手法の開発（＊）

1985 年、1990 年に作成した環境分析用産業連関表を拡張し、1995 年ベースの農業関連の誘発 CO_2 排出量を標準的なレオンチェフ逆行列によって計算した。1990 年の日本とカナダの各国内の誘発 CO_2 排出量を競争輸入型レオンチェフ逆行列によって計算し、比較した。さらに、貿易を通じた CO_2 の波及効果についても検討を加えた。

新たに推計した 1995 年ベースの誘発 CO_2 排出量を推計したが、基本的な傾向は 1985、1990 年ベースと変化がなかった。カナダの農林水産業製品との比較では、漁業では誘発 CO_2 排出量に大きな差が生じたが、その他の品目については大きな変化は認められなかった。特に、ビールのように製造プロセスが決まっている製品については両国で非常に似た値が得られた。

（２）積み上げ法によるLCA手法の開発と生産形態別評価

水稲作：（＊）

水稲作を対象として、直播および移植栽培の２種類の栽培体系について、CO_2 等の温室効果ガス、酸性雨原因物質、水質汚濁物質等の発生・排出量を定量的に算定する手法を開発するとともに、水稲栽培の全作業過程を通じた物質収支を総合的な評価を試みた。すなわち、関東平野平野部におけるコシヒカリ移植栽培、キヌヒカリ直播栽培について、

① 肥料、土壌改良資材等の利用に伴う環境影響
② 土壌からの流出成分
③ CO_2, NOx, SOx, CH_4, N_2O の吸収固定
④ 農薬利用に伴う環境影響
⑤ 各種農作業
⑥ 乾燥調整

のそれぞれの項目について、環境影響の評価法について検討するとともに、インベントリ表作成のための前提条件・原単位について検討し、データの収集を行った。

その結果、コシヒカリ移植栽培での肥料成分は、窒素・カリについてほぼ収支均衡していたが、リン酸については土壌改良資材分のリンが吸収持ち出し量よりも過剰であった。キムヒカリ直播では、窒素、リン酸、カリのいずれともコシヒカリ移植より投入過剰であった。これら過剰な肥料成分のうち、窒素・カリは表面および浸透排出され、リンについては土壌へ蓄積される。

CO_2 収支は栽培期間に約 1160gC/m2、休耕期間に吸収量の約４割が放出される。田面水の藻類による炭素固定や浸透・排水による炭素の系外流出は水稲乾物生産の１割にも及ぶと推定されるが、インベントリーにこの項目を加えるかどうかはさらに検討が必要であった。

CH_4 と N_2O の発生はトレードオフの関係にあり。移植栽培では前者の発生が多く、不耕起直播では後者が多かった。CH_4 と N_2O とを合計した CO_2 等価発生量では移植栽培の方が不耕起直播の 1.03 倍であった。

農薬の使用量は移植栽培より耕起湿田直播で多かったが、表面流出に伴う流出負荷量は前者でやや多かった。

農業機械・施設等の燃料・消費電力から試算した CO_2 発生量は、移植栽培の方が直播よりやや高く、いずれの場合も、乾燥調整・耕起・整地で 68～74%を占めている。乾燥調整では、個別乾燥よりもカントリーエレベーターの方が CO_2 排出量は高かった。

それらに基づき、関東平野平野部におけるコシヒカリ移植栽培、キヌヒカリ直播栽培のインベント表を作成した。

トマト栽培：（＊）

トマト栽培について、雨よけ、及び施設栽培のそれぞれの栽培体系について、CO2 等の温室効果ガス・酸性雨原因物質・水質汚濁の発生吸収、施設栽培からの廃棄物等、トマト栽培の全作業過程を通じた物質収支を総合的に検討し、インベントリー表作成のための前提条件・原単位について検討し、岐阜県高山市における夏秋とり雨よけ栽培、愛知県平野部における施設型長期土耕栽培データのインベントリー表を作成した。

・総合評価及び LCA 手法の開発：インパクト評価の開発

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。

・総合評価及び LCA 手法の開発：評価結果の特性分析及び重み付け

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。

（３）伝統的農法と現行農法との LCA による評価検討

・伝統的農法における作業体系及び資材投入実態の解明（＊）

わが国の伝統的農法が記載されている江戸時代の古書および明治政府が実施した「明治２１年農事調査」に基づいて、水稲・なす・そば・茶の栽培作業工程表を設定し、工程ごとに労力・畜力・資材投入を摘出・整理した。LCA 的アプローチが可能な投入量等の記載のあるものでは、古農書では稲作３対象、なす１対象、「明治 21 年農事調査」では稲作の 40 対象であった。

明治のデータについては、単位収量あたりの労力・資材投入量の地域比較を行った。水稲収量の上位５地域と５地域を比較すると、投入労働量は概して上位５地域で多く、種籾量は下位５地域で多い傾向があった。堆肥等の自給肥料の投入量にはっきりした差は認められなかったが、魚粕・油粕等のいわゆる金肥の投入量は上位５地域で多かった。

・伝統農法と現代農法における作業体系の LCA 的比較解析（＊）

中国の伝統農法について「中国農業史研究」に基づき江南地方の稲作について栽培体系・投入資材等を整理した。しかし、当時の度量衡と現代の度量衡の換算に関する情報が乏しく、定量的な検討は困難であった。

（４）LCA による評価手法のマニュアル化

本プロジェクトで得られた成果に基づき、「LCA 手法を用いた農作物栽培の環境影響評価の実施マニュアル」を作成した（研究成果報告書別冊として刊行）。

２．LCA を活用した大気・水・土壌環境影響改善技術の確立

（１） 圃場生産システムにおける環境影響改善技術の確立（＊）

水稲の移植および直播体系の CO_2 排出量を算定したところ、それぞれ 781kg/ha、551kg/ha であった。移植体系ではカントリーエレベーターの利用を想定したことによって、CO_2 排出量が多い結果となった。どちらの体系も、乾燥・調整作業が CO_2 排出量全体の 45～60%を占め、次いで耕起・施肥作業が 20～30%を占めた。寄与の大きかった乾燥調整作業について、その改善方向を検討した。循環式乾燥機の燃料特性から、含水率 25%で収穫するところを、立毛乾燥によって仮に 20%まで下げてから収穫すると、乾燥工程での消費エネルギーを４割減らせることが推定された。

（２）施設生産システムにおける営農技術全般の見直し再構築（＊）

トマトの葉面積を指標に、養液に不要塩類の残留が無い長期トマト循環型養液栽培の開発を試みた。また、投入肥料量とエミッション量の同時減量を想定して、過剰・不要肥料成分の土壌への蓄積残留のない栽培技術の開発を行った。

３．LCA 評価に基づく持続可能な農業生産システムの開発

（１）LCA の作物別農業生産技術への適応

・キャベツ栽培における LCA の農業生産技術への適応

キャベツ栽培において機械化一貫栽培体系は、効率的な専用作業機の導入により、汎用作業機を用いる慣行栽培体系によりエネルギー消費量が少なく、環境負荷物質の排出量も少ない。また、機械化一貫栽培体系では緩効性肥料の利用による施肥量の削減により、畑地に残存する栄養塩類や、畑地からの N2O の発生量が低減する。一方、農薬の種類・量に両体系で違いは小さく、環境負荷物質の排出量も同程度であった。

・大規模畑作地帯における LCA の農業生産技術への適応

北海道十勝地域の大規模畑作に LCA 手法を適用し､慣行栽培と簡易耕起栽培による環境負荷を比較した。５つのインパクトカテゴリのうち、簡易耕起栽培では、温暖化エネルギー収支において環境負荷低減効果がみとめられたが、温暖化土壌面収支、農薬、廃棄物では慣行栽培よりも負荷が大きくなった。簡易耕起栽培は、環境に対して正負両方の効果があることが示された。

・茶栽培における LCA の農業生産技術への適応

LCA 手法でチャの生葉生産における二酸化炭素発生量を解析した。防霜で二酸化炭素発生量が大きく、作業による発生全量の 63～78%を占めた。施肥窒素由来の亜酸化窒素発生を二酸化炭素に換算すると、直接生産過程の 3.5～7.5 倍に及ぶと推計された。

・暖地畑作物体系におけるLCAの農業生産技術への適応

カンショ、ダイコン、イタリアンライグラス、トウモロコシ作についてインベントリー表を作成した。結果から、いずれの体系も施肥における CO_2 排出量が多いことから効率的な施肥による施肥法・量の改善等による CO_2 排出量の削減方向が考えられた。カンショ及びダイコンについては土壌消毒と収穫作業による環境負荷が大きく、土壌消毒については有効的な輪作や新たな土壌処理の確立、収穫作業については効率化や省エネルギー化の必要性が示唆された。省力的また環境保全的作業体系について評価を行った。省力化により、環境負荷が増大する事例があり、省力的技術の評価への環境面からの検討も重要であると思われた。

・カンキツ栽培における LCA の農業生産技術への適応

ウンシュウミカン栽培（露地栽培，マルチ栽培）における LCA をインベントリー法により実施するとともに、温室効果ガス（炭酸ガス、亜酸化窒素、メタン）フラックス量を実測した。インベントリー分析の結果、主な大気負荷は炭酸ガスによるもので、栽培様式による差は小さく 360～370kg/10a であった。ガスフラックスは、いずれもマルチ区で少なく、なかでも炭酸ガスフラックスは露地：1447kg/10a、マルチ：886kg/10a と、顕著に低いことが明らかになった。

・ナシ栽培におけるLCAの農業生産技術への適用
茨城県におけるニホンナシ‘幸水’（成木）の標準的な栽培体系において、栽培管理及び投入資材に起因する炭酸ガス排出量は380kg/10a/年である。一方、ナシ樹は１年間に1,530kg/10aの炭酸ガスを固定するが、このうち骨格枝等に翌年以降までバイオマスとして残存する量は280kg/10aにとどまり、栽培管理等に伴う炭酸ガス排出量を下回る。

（２）大気・水・土壌環境からみたLCA評価の検討
・大気環境から見たLCA評価の検討
わが国の農耕地からの亜酸化窒素（N_2O）発生量について、ライフサイクルインベントリ(LCI)による評価を行うことを目的として研究を行った。その結果、不耕起処理水田でのN_2Oとメタン（CH_4）発生のトレードオフ、わらの燃焼過程や収穫物残渣によるN_2O発生の重要性、N_2O間接発生にかかわる排出係数を明らかにした。さらに、わが国の主要な作物についてN_2O発生量を推定し、施肥量の多い野菜と茶、栽培面積の大きい水稲と飼料作物が重要であること、作物残渣や間接排出を評価することの重要性を示した。

・肥料等の土壌への利用から見たLCA評価の検討
農業生産を窒素肥料の利用面からLCA評価を行うために、必要なプロセスと評価指標を定め、関東地方の主な野菜作に関して環境影響の評価を行った。県による化学肥料と堆肥の施用量は大きくばらつき、十分に省投入で環境影響が低いと考えられる場合もあった一方で、耕種基準より多くの肥料が与えられている例があった。化学肥料の省投入は環境影響を低減するために有効であったが、堆肥を併用した手法の開発が必要であると考えられた。

・土壌からの流出成分等からみたLCA評価の検討
畑からのリンの溶出量が砂質土で少し高く出る傾向があるもののおおかたの土壌では無視できるほどの値であった。圃場の窒素収支から推定した硝酸態窒素濃度は実測値と比べて約２倍の値となった。したがって、回帰より求めた0.49を補正係数として利用する簡便法を提案した。

（３）LCAの総合評価に基づく新農業生産システムの確立
・稲作におけるLCA評価に基づく農業生産システムの確立
「積み上げ法」によるＬＣＡ評価精度向上のためコンバインの収穫作業時の燃費データを収集し解析を行った。また、作業時の排ガス連続測定法について検討を行い、20分測定、 10分リフレッシュを繰り返すことで連続測定できることを明らかにした。弾丸暗渠施工、耕うん、砕土、代かき、収穫の各作業時の排ガスデータを実測した結果、同じ作業でも作業条件や作業機により大きく値が異なることが明らかになった。燃料消費データからＬＣＡ評価を行うＬＣＡ簡易計算ソフト（Web版とスタンドアローン版）を作成した。Web版はインターネットで公開している。

・野菜におけるLCA評価に基づく農業生産システムの確立
全国各地の暖房や冷房に投入されるエネルギーの合理性を評価するために、冷暖房に要するエネルギー量の地域差の指標として、暖房・夜間冷房デグリアワーを検討した。AMeDASデータにより各地の暖房・夜間冷房デグリアワーの季節変化や全国分布の特徴が明らかになり、冷暖房の合理性の評価に利用できる基礎資料が得られた。

＊：これらの成果の詳細は、「環境影響評価のためのライフサイクルアセスメント手法の開発」―中間とりまとめ報告書―（平成13年2月、農林水産技術会議事務局・農業環境技術研究所）に所収されている。なお、水稲・トマト栽培に関わるインベントリ表は、本巻末に他のインベントリ表と合わせて再録した。

担当課題別年次計画

研究課題	課題番号	研究年次 10	11	12	13	14	担当 場所	部支所等	研究室
1　農業のためのLCA手法の開発及び生産形態別評価	1000								
(1) 産業関連分析によるマクロ分析手法の開発	1100								
ア．産業連関分析による農林水産分野のLCA関連各種指標の計測	1110	←	→				農総研	経済政策部	上席研究官
イ．産業連関分析による農業分野のLCAのための基本フレームの策定	1120	←	→				慶応義塾大学	商学部	
(2) 積み上げ法によるLCA手法の開発と生産形態別評価	1200								
ア．水稲作における生産形態別評価	1210								
ｱ) 肥料、土壌改良資材等の利用に伴う環境影響の評価	1211	←	→				農環研	資材動態部	多量要素動態部
ｲ) 土壌からの流出成分等による環境影響の評価	1212	←	→				農環研	環境資源部	土壌化学研
ｳ) CO2、NOx、SOxの吸収・固定等による環境影響の評価	1213	←	→				農環研	企画調整部	地球環境研究ﾁｰﾑ
ｴ) 農薬利用の伴う環境影響の評価	1214	←	→				農環研	資材動態部	農薬管理研
ｵ) CH4、N2Oの吸収・発生等による環境影響の評価	1215	←	→				農環研	環境管理部	環境調査研
ｶ) 各種農業作業に伴う環境影響の評価	1216	←	→				農研ｾﾝﾀｰ	機械作業部	作業システム研
ｷ) 乾燥調整に伴う環境影響の評価	1217	←	→				農研ｾﾝﾀｰ	機械作業部	水田作機械化研
イ．野菜作における生産形態別評価	1220								
ｱ) 露地野菜における環境影響の評価	1221	←	→				野茶試	生理生態部	作型開発研
ｲ) 施設野菜における環境影響の評価	1222	←	→				野茶試	施設生産部	環境制御研
ウ．総合評価及びLCA手法の開発	1230								
ｱ) インベントリー作成及び分析	1231	←	→				農環研	企画調整部	地球環境研究ﾁｰﾑ
ｲ) インパクト評価法の開発	1232	←				→	東京大学	生産技術研究所	
ｳ) 評価結果の特性分析及び重み付け	1233	←				→	(株) エコマネジメント研究所		
ｴ) LCAの統合評価手法の開発	1234	←	→				農環研	資材動態部	多量要素動態研
(3) 伝統的農法と現行農法とのLCAによる比較検討	1300								
ア．伝統的農法における作業体系及び資材投入実態の解明	1310	↔					(社) 農山漁村文化協会		
イ．伝統的農法と現行農法における作業体系のLCA的比較解析	1320	←		→			農総研	海外部	ｱｼﾞｱｱﾌﾘｶ研
(4) LCAによる評価手法のマニュアル化	1400		←			→	農環研 (株) エコマネジメント研究所	資材動態部	多量要素動態研
2　LCAを活用した大気・水・土壌環境影響改善技術の確立	2000								
(1) ほ場生産システムにおける環境影響改善技術の確立	2100								
ア．LCAに基づく営農技術全般の見直し再構築	2110	←	→				農研ｾﾝﾀｰ	機械作業部	水田作機械化研
(2) 施設生産システムにおける環境影響改善技術の確立	2200								
ア．LCAに基づく営農技術及び施設設計全般の見直し再構築	2210	←	→				野茶試	施設生産部	環境制御研

担当課題別年次計画　（平成12～14年度）

研究課題	課題番号	研究年次 12	13	14	担当 場所	部支所等	研究室
3　LCA評価に基づく持続可能な農業生産システムの開発	3000						
(1)LCAの作物別農業生産技術への適応	3100						
ア．野菜作におけるLCAの農業生産技術への適応	3110						
ｱ)　キャベツ栽培におけるLCAの農業生産技術への適応	3111	←	―	→	野茶試 野茶研	生理生態部 葉根菜部	作型開発研 作型開発研
イ．畑作におけるLCAの農業生産技術への適応	3120						
ｱ)　大規模畑作地帯におけるLCAの農業生産技術への適応	3121	←	―	→	北海道農試 北海道農研	畑作研究ｾﾝﾀｰ 畑作研究部	生産技術ﾁｰﾑ 生産技術ﾁｰﾑ
ｲ)　茶栽培におけるLCAの農業生産技術への適応	3122	←	―	→	野茶試 野茶研	茶栽培部 茶業研究部	生理遺伝研 土壌肥料ﾁｰﾑ
ｳ)　暖地畑作物体系におけるLCAの農業生産技術への適応	3123	←	―	→	九州農試 九州農研	総合研究部 畑作研究部	総合研究２ﾁｰﾑ 畑作総合ﾁｰﾑ
ウ．果樹栽培におけるLCAの農業生産技術への適応	3130						
ｱ)　カンキツ栽培におけるLCAの農業生産技術への適応	3131	←	―	→	果樹試 果樹研	カンキツ部 カンキツ部	上席研究官 栽培生理研
ｲ)　ナシ栽培におけるLCAの農業生産技術への適応	3132	←	―	→	果樹試 果樹研	栽培部 生理機能部	栽培生理研 栽培生理研
(2)大気・水・土壌環境からみたLCA評価の検討	3200						
ア．大気環境から見たLCA評価の検討	3210	←	―	→	農環研 農環研	環境管理部 地球環境部	影響調査研究室 温室効果ｶﾞｽﾁｰﾑ
イ．肥料等の土壌への利用からみたLCA評価の検討	3220	←	―	→	農環研 農環研	資材動態部 栄養塩類研究Ｇ	多量要素動態研 養分動態Ｕ
ウ．土壌からの流出成分等からみたLCA評価の検討	3230	←	―	→	農環研 農環研	環境資源部 栄養塩類研究Ｇ	上席研究官 水動態Ｕ
(3)LCAの総合評価に基づく新農業生産システムの確立	3300						
ア．稲作におけるLCA評価に基づく農業生産システムの確立	3310	←	―	→	農研ｾﾝﾀｰ 中央農研	機械作業部 作業技術研究部	作業システム研 作業労働ｼｽﾃﾑ研
イ．野菜におけるLCA評価に基づく農業生産システムの確立	3320	←	―	→	野茶試 野茶研	施設生産部 果菜研究部	栽培システム研 栽培システム研

＊担当下段は平成13年度以降の新組織名

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と地球全体の問題であるものとがある。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。

環境影響指標 =

$$W_{放出}\sum_{i}\left(\frac{製品の総環境影響値\ (i)}{日本の総環境影響値\ (i)}\times\frac{日本の総環境影響値\ (i)}{日本の目標値\ (i)}\right)+W_{投入}\sum_{r}\left(\frac{製品の資源使用量\ (r)}{日本における資源の年\quad 間使用量\ (r)}\times\frac{世界の年間使用量\ (r)}{\left(\frac{埋蔵量\ (r)}{100}\right)}\right)$$

$\frac{日本の総環境影響値\ (i)}{日本の目標値\ (i)}$: 低減係数

日本の総環境影響値 (i) : 総排出量 × 特性値 = 規格値

$\frac{世界の年間使用量\ (r)}{埋蔵量\ (r)}$: 耐用年数

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．今後の問題点

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 覚、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_2O
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_2O_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	CO2	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	
	COD			12,968,163	0.022	285,300	
酸性化	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

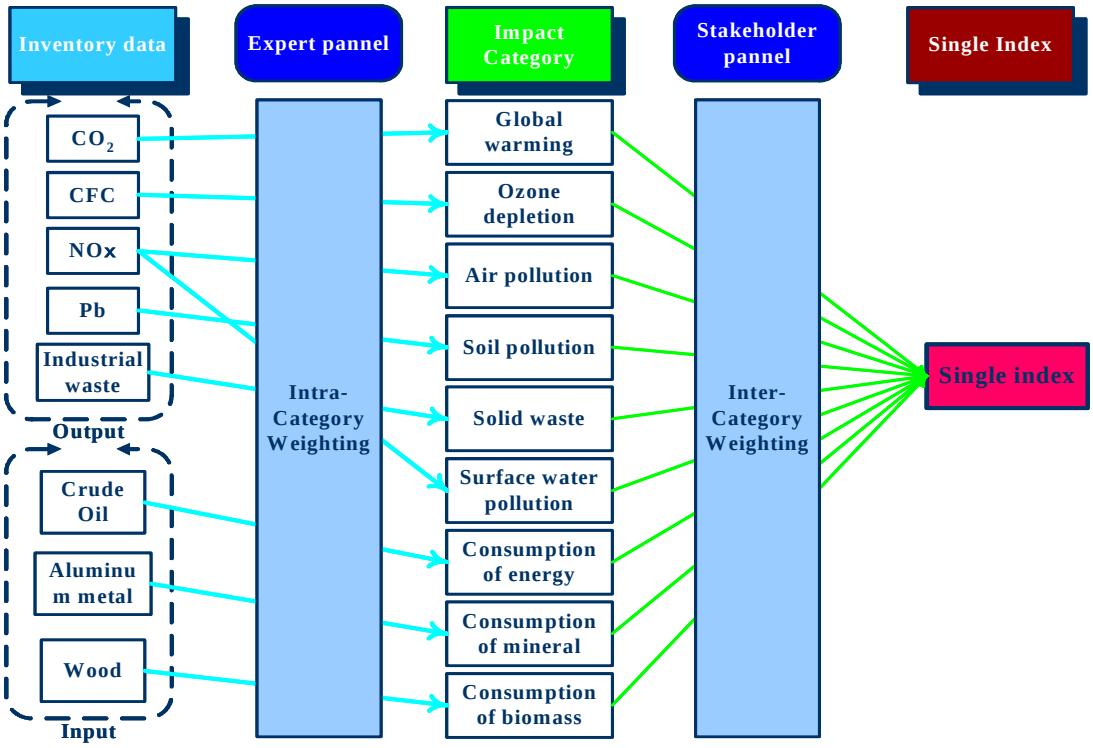


図 1　ミッドポイント手法の概念（一例）

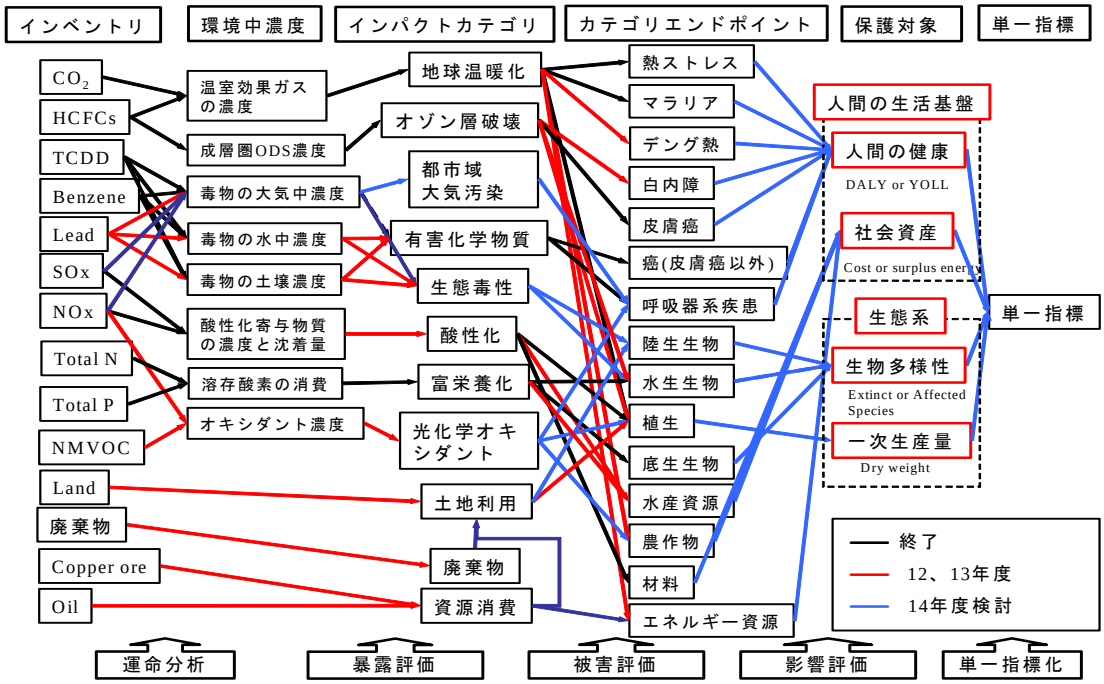


図 2　日本の被害算定型影響評価システム

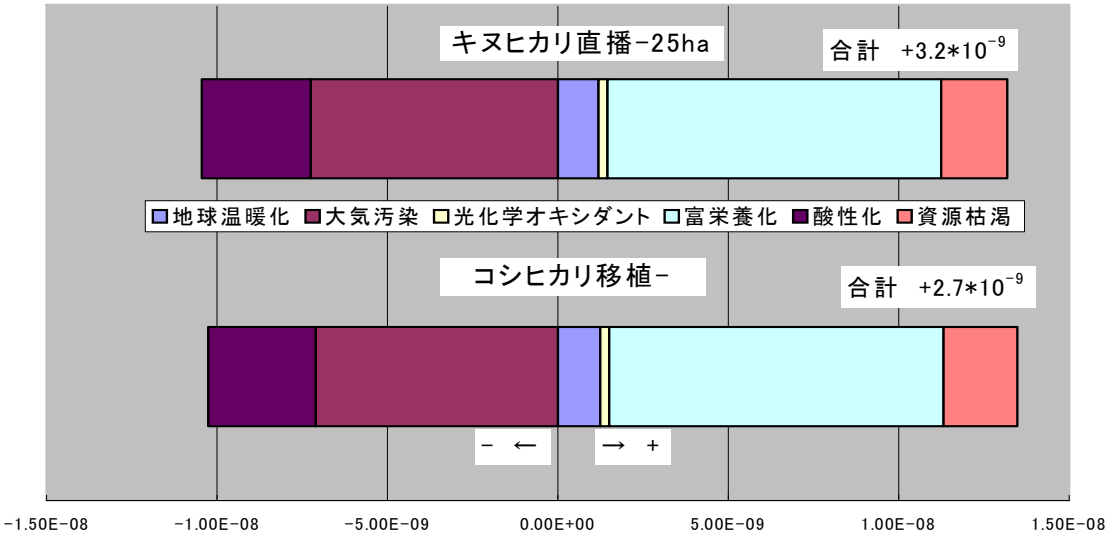


図 3　水稲作の環境影響(/ha)の比較

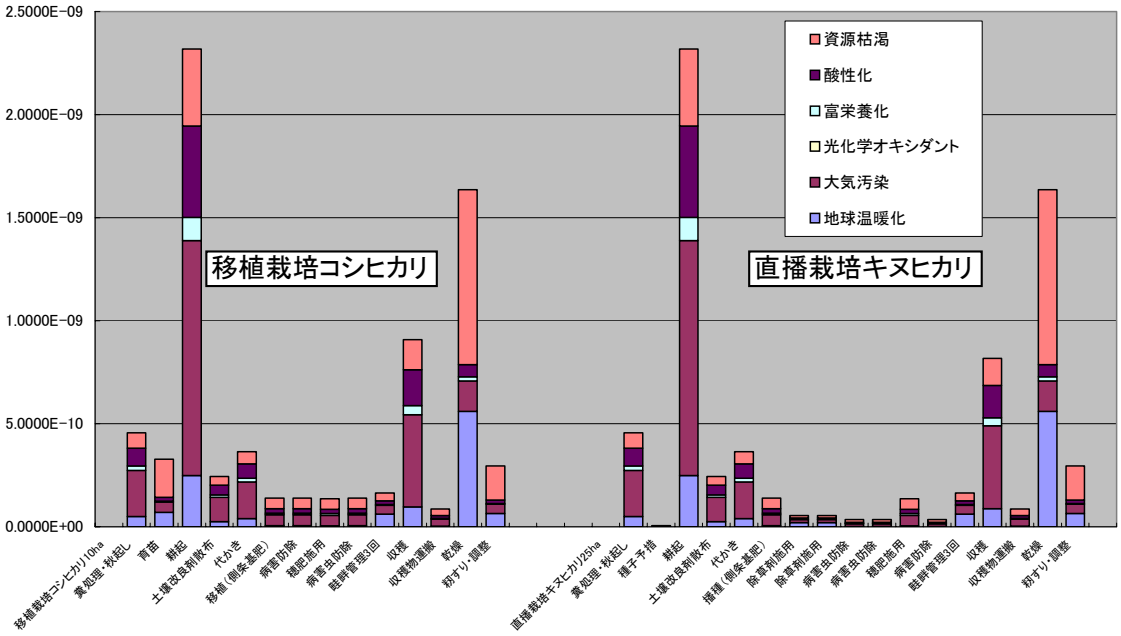


図 4　工程ごとの水稲作の環境影響(/ha)

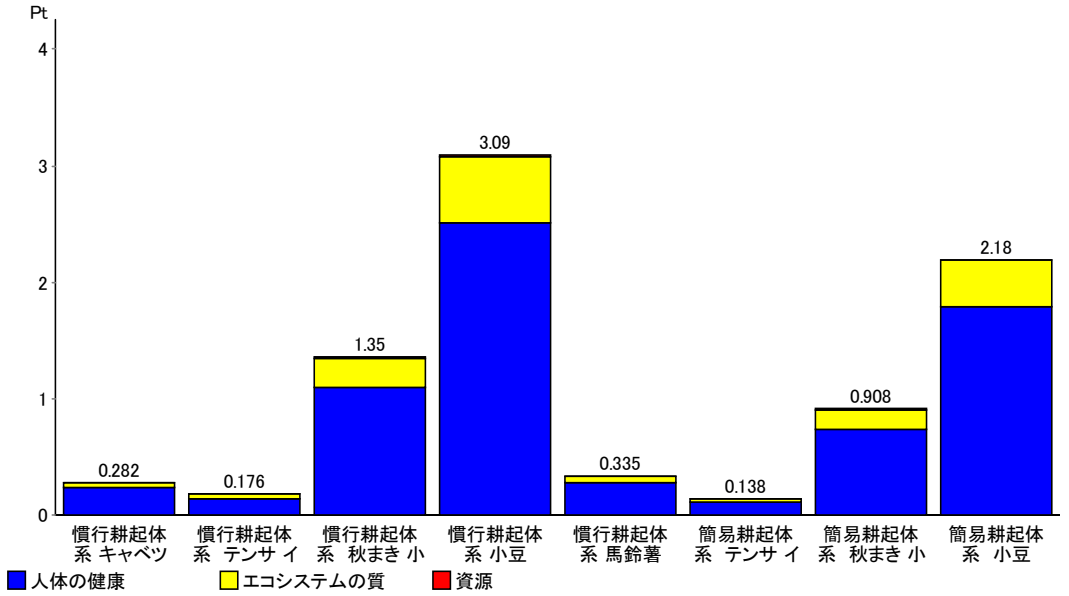


図５　収量あたりのエンドポイント手法による評価結果

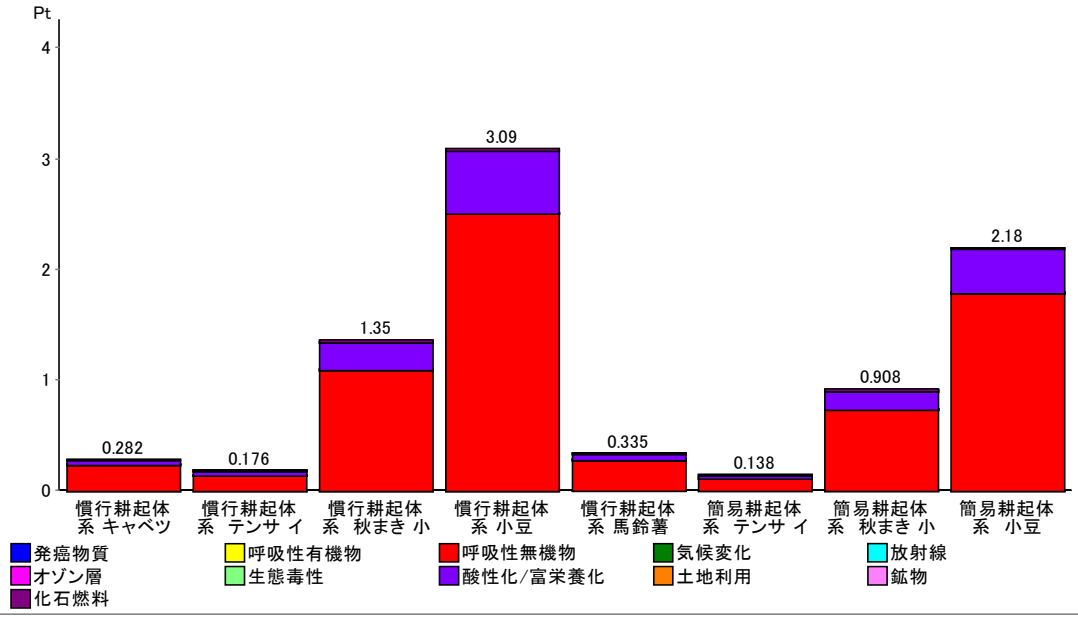


図６　収量あたりのエンドポイント手法による評価結果（インパクトカテゴリ別）

（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

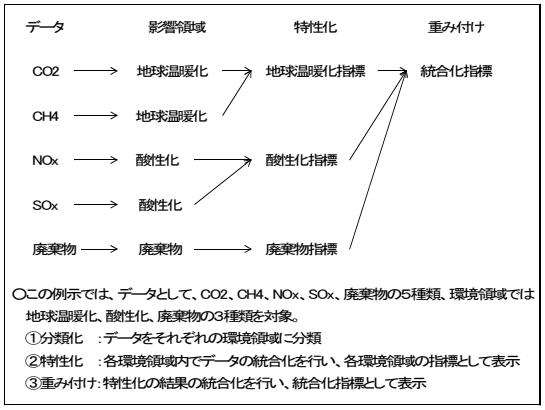
LCA 手法の手順の一つである影響評価プロセスでは、収集した製品等のライフサイクルにおける環境データを、以下の手順により、特定の環境影響とに関連付け、潜在的な環境影響の重要性の評価を行う。

(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

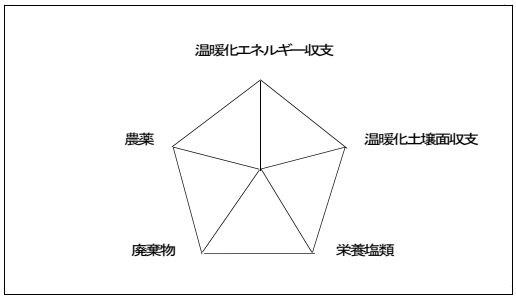
⑤農薬

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。

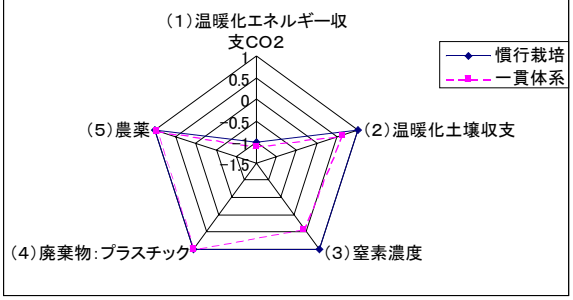
表1. キャベツの特性化の結果

	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

図3. 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



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。

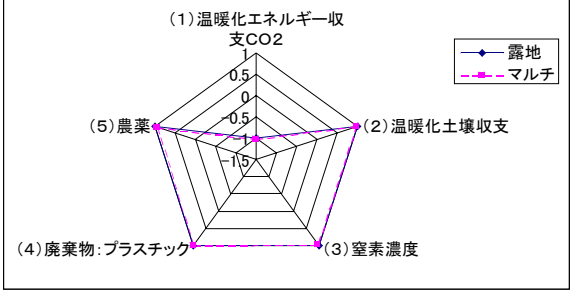
表3. みかんの特性化の結果

	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

図4. みかんの露地栽培とマルチ栽培の影響評価の比較結果



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)

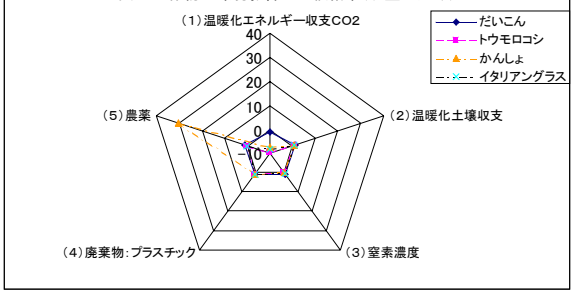
	だいこん	トウモロコシ	かんしょ	イタリアングラス
(1)温暖化エネルギー収支CO2	−146290.6	−2205312.4	−1065942.5	−1609200.9
(2)温暖化土壌収支	51974.7	38658.6	31759.9	44294.4
(3)窒素濃度	17225.0	5520.0	4770.0	6880.0
(4)廃棄物:プラスチック	0.0	0.0	0.0	0.0
(5)農薬	6041.1	0.2	183149.1	0.0

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。

図5. 4作物の環境影響の比較結果(収量t当たり)



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）

第2章　ＬＣＡ評価に基づく持続可能な農業生産システムの開発

第2章　ＬＣＡ評価に基づく持続可能な農業生産システムの開発

1.　ＬＣＡの作物別農業生産技術への適応

（１）野菜作におけるＬＣＡの農業生産技術への適応

キャベツ栽培におけるＬＣＡの農業生産技術への適応

担当：野菜茶業研究所・葉根菜研究部・作型開発研究室

要　約　：キャベツ栽培において機械化一貫栽培体系は、効率的な専用作業機の導入により、汎用作業機を用いる慣行栽培体系によりエネルギー消費量が少なく、環境負荷物質の排出量も少ない。また、機械化一貫栽培体系では緩効性肥料の利用による施肥量の削減により、畑地に残存する栄養塩類や、畑地からの N2O の発生量が低減する。一方、農薬の種類・量に両体系で違いは小さく、環境負荷物質の排出量も同程度であった。

１．背景と目的

キャベツは重量露地野菜であるにもかかわらず、生産現場では手作業が大部分を占めていた。しかし近年、全自動移植機や収穫機などが開発されて機械化進んできており、現行の慣行栽培から作業体系が大きく変化してきている。一方、消費者の環境汚染、食の安全・安心への関心の高まりから、農業生産も環境問題に前向きに取り組まざるを得なくなってきている。そこで持続可能なキャベツ機械化一貫生産システムの開発を図るため、夏まき冬どりキャベツについて、慣行栽培体系と先進的な機械化一貫栽培体系の二つの栽培体系を取り上げ、環境負荷物質の収支を明らかにする。

２．研究方法

LCA 手法に基づき以下の方法で評価を加えた。

（1）目的の設定(Goal Definition)

持続可能なキャベツ機械化一貫生産の体系確立に資するため、先進的な大規模キャベツ産地の一つである中部地方平野部を対象とし、慣行栽培体系（以下、慣行体系）、機械化一貫栽培体系（以下、機械化体系）のそれぞれについて、育苗から出荷までの範囲で評価をする。環境負荷物質収支の評価単位は 10a 当たりとする（目標収量を別途明記し、生産物単位に換算可とする）。収穫物に吸収された物質は固定されたと見なしてアウトプットとして扱い、作物残渣については、キャベツ栽培では通常、全量が圃場に鋤込まれるため、吸収量は明記するがアウトプットとはしない。また、作物残渣からの一酸化二窒素（N2O）等の発生については、後作物や処理法により大きく変わるため、範囲には含めない。

（2）インベントリー分析(Inventory anaylsis)

インベントリーデータの前提条件として播種から圃場整備までとし（図1）、慣行体系は“地床育苗－半自動移植－汎用トラクタ管理－手取り収穫・運搬台車搬出”、機械化一貫栽培体系については“セルトレイ育苗－全自動移植－専用作業車管理－機械収穫”とした（詳細については巻末付表参照）。作業機器類、投入資材やエネルギー消費等などは文献調査や聞き取りを行い、キャベツによる二酸化炭素（CO2）吸収や養分収支、N2O の発生量は実測した。

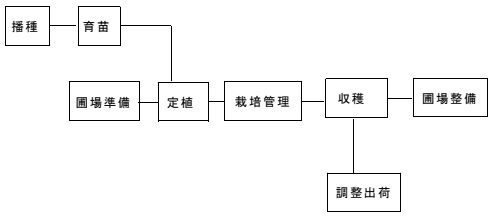


図１　キャベツ栽培のインベントリーのフロー図

（3）環境影響評価(Impact analysis)

環境影響項目はエネルギー消費、地球温暖化、土壌汚染等への寄与にカテゴリー分けをし、環境への影響影響の度合いを評価する。

(4)改善評価(Improvement)

機械化一貫栽培体系による、環境負荷物質の増減を明らかにし、改善すべき点を明らかにする。

３．結果と考察

キャベツ慣行体系、機械化体系の投入資材量と環境負荷物質収支については巻末の集約表、インベントリ表にまとめた。

（1）育苗行程では、慣行体系は地床育苗、機械化体系はエブ＆フロー育苗装置を用いたセルトレイ育苗で、使用エネルギー・資材は共に少なかった。両体系で大きく異なる点は、慣行体系では苗床の土壌

消毒を行うことあり、機械化体系では育苗にアンダートレイ（ポリプロピレン（PP）、耐用年数10年）40枚/10aとセルトレイ（ポリエチレンテレフタレート（PET）、耐用年数3年）40枚/10aを用いることであった。以前は塩化ビニルやポリスチレンなど、リサイクルが困難な材料が用いられ、耐用年数を過ぎた物は廃棄されていたが、現在ではリサイクル可能資材のPPやPETなどへの切り替えが進んでいるため、廃棄物の排出量は0kg/10aとした。

（2）耕うん、有機物施用等の圃場準備行程では、両体系に違いはなく、用いられるトラクタの馬力やエネルギー消費量の違いにより若干異なる程度で、エネルギー消費に伴う環境負荷物質の排出量は、慣行体系でCO2：21.2kg/10a、窒素酸化物（NOx）：146.9g/10a、硫黄酸化物（SOx）：50.9g/10a、機械化体系でCO2：22.2kg/10a、NOx：154.3g/10a、SOx：53.4g/10aと機械化体系がわずかに上まわった。

（3）施肥・畦立行程では、機械化体系で畦立同時施肥機の利用による率化により、エネルギー消費量が低下し、環境負荷物質の排出量は、慣行体系でCO2：17.7kg/10a、NOx：89.0g/10a、SOx：19.0g/10a、機械化体系でCO2：10.32kg/10a、NOx：35.6g/10a、SOx：0g/10aと、機械化体系で大きく低下した。

投入資材の肥料については、圃場準備段階で投入した有機質肥料や単質肥料は、両体系で投入量はほぼ同じであった。複合肥料では機械化体系で畦立同時施肥機の導入によるCDU化成やコーティング肥料等の緩効性肥料の畦内条（局所）施用で、基肥の施肥量削減が図れ、かつ追肥が不要となった。したがって土壌負荷物質の総投入量では慣行体系の窒素47.8kg/10a（内、化学肥料分29.7kg）、リン酸38.1kg/10a（同28.8kg）、カリ48.7kg/10a（同29.5kg）から、機械化体系ではそれぞれ窒素29.4kg/10a（同11.2kg）、リン酸23.6kg/10a（同14.4kg）、カリ30.4kg/10a（同11.2kg）へと、約4割削減できた（図2）。

しかし、緩効性肥料は、慣行体系で用いられる通常の化学肥料に比べ高価で、総購入価格は両体系で差は小さく、産業連関法に基づけば、肥料の生産行程でのCO2の発生量は、慣行体系149.7kg/10a、機械化体系134.6kg/10aとなり、機械化体系で約1割の削減にとどまった。

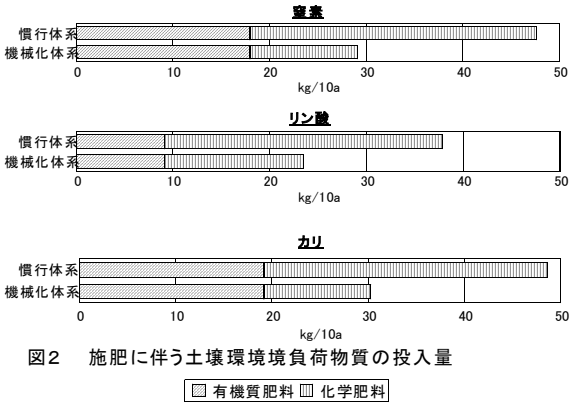


図2　施肥に伴う土壌環境境負荷物質の投入量

（4）定植作業行程では、慣行体系の半自動型移植機や歩行型管理機、汎用トラクタと作業機の組合せに比べ、機械化体系の全自動移植機や専用作業機は作業能率が高く、環境負荷物質の排出量は、慣行体系でCO2：11.4kg/10a、NOx：49.8g/10a、SOx：7.0g/10a、機械化体系でCO2：9.3kg/10a、NOx：34.2g/10a、SOx：1.3g/10aと機械化体系で低下した。

（5）肥培管理行程のうち、追肥作業については上述したように、機械化一貫栽培体系では緩効性肥料を用いるため、相応分の環境負荷物質の輩出が削減された。培土作業においても、慣行体系の歩行型管理機に比べ機械化体系の乗用管理作業車の能率が高く、エネルギー消費量とそれに伴う環境負荷物質の排出量が低下し、肥培管理全体では、慣行体系でCO2：33.6kg/10a、NOx：131.5g/10a、SOx：10.1g/10a、機械化体系でCO2：14.1kg/10a、NOx：49.2g/10a、SOx：0g/10aであった。

（6）病害虫防除行程においては、両体系共に使用農薬の種類は多い（表1）が、作業機による使用農

表1　キャベツ栽培における農薬の使用量と毒性

使用農薬（単位）	使用量		急性毒性（甲殻類）
	慣行体系	機械化体	ミジンコLC50
クロルピクリン99.0%剤（mL）	1500	0	0.91
アセフェート5.0%粒剤（g）	3000	3200	―
アセフェート50.0%水和剤(g)	110	100	―
カルタップ50.0%水和剤(g)	110	110	33
フルスルファミド0.1%粉剤(g)	30000	30000	―
トリフルラリン44.5%乳剤mL	300	300	10.56
エトフェンプロックス20.0%乳剤(mL)	100	100	40
フルフェノクスロン10.0%乳剤（mL）	50	50	―
バチルス・チューリンゲンシス生菌10.0%(g)	100	100	―
メソミル45.0%水和剤(g)	100	100	0.025
PAP50.0%乳剤(mL)	100	100	―
エマメクチン安息香酸塩(mL)	100	100	0.0015
テフルベンズロン5.0%(mL)	50	50	―

―：不明

薬、散布回数に差は認められず、用いる作業機の使用燃料の違いにより、慣行体系でCO2：4.8kg/10a、NOx：33.0g/10a、SOx：11.4g/10a、機械化体系でCO2：5.12kg/10a、NOx：17.7g/10a、SOx：0g/10aで慣行体系ではNOxやSOxの排出量が、機械化体系ではCO2の排出量が若干多くなった。また総散布量が多くなるため、農薬生産に伴うCO2の発生量が多く、慣行体系で97.9kg/10a、機械化体系で92.6kg/10aとなり、慣行体系で地床育苗の苗床の土壌消毒に用いた農薬分の排出量が増加した。

総使用農薬の毒性は甲殻類（ミジンコ）のLC50を用いた急性毒性の特性価値で 、慣行体系は36780.0、機械化体系では苗床消毒が不要となるため35148.1となった。

キャベツ栽培では農薬生産、薬剤散布作業に伴うCO2の発生量が多く、また、急性毒性の特性価値も高い。機械化が進められても慣行体系とこれらの点は変わらず、改善すべき点が多いため、IPM技術の早急な確立が求められる。

（7）収穫・出荷行程においては、収穫作業で慣行体系は手取り収穫となるが、圃場外への搬出には動力運搬台車を用いている。機械化体系の収穫作業機は運搬車も兼ねており、収穫・搬出にかかるエネルギー消費量は軽油2.6L/10aと、慣行体系の動力運搬台車のガソリン4.5L/10aより少なく、環境負荷物質の排出量は慣行体系でCO2：10.6kg/10a、NOx：36.9g/10a、SOx：0g/10a、機械化体系でCO2：6.9kg/10a、NOx：47.6g/10a、SOx：16.5g/10aであった 。出荷作業においては両体系とも同じ作業機を用いた体系であり、環境負荷物質の排出量は共にCO2：3.2kg/10a、NOx：22.0g/10a、SOx：7.6g/10aであった。また、出荷用段ボール箱500個（紙400kg）、ステープ4000本（鉄12kg）が使用されるが、リサイクルされるとみなし、廃棄物の排出量は0kg/10aとした。また、機械化体系では、出荷行程で折りたたみ式の通いコンテナの導入が容易で、段ボールやステープルからの切り替えることにより、リサイクルに必要なエネルギー削減が図られると考えられる。

（8）収穫後の圃場整備や、日々の細々とした管理は両体系で同一であり、環境負荷物質の排出量は共に、圃場整備でCO2：6.6kg/10a、NOx：45.8g/10a、SOx：15.9g/10a、その他管理でCO2：4.2kg/10a、NOx：29.3g/10a、SOx：10.1g/10aであった。

（9）キャベツ機械化体系は、慣行体系に比べ専用作業機の導入による効率化が進み、総作業時間は慣行体系の70時間から32時間へと大幅に短縮された。

（１０） 全作業行程における総所要エネルギー量は、慣行体系のガソリン25.0L/10a、軽油20.8L/10aに対し、機械化体系ではガソリン16.3L/10a、軽油16.5L/10a、電力0.18kwと機械化体系で少なく、機械作業に伴う環境負荷物質発生量も、機械化体系で減少した（図３）。

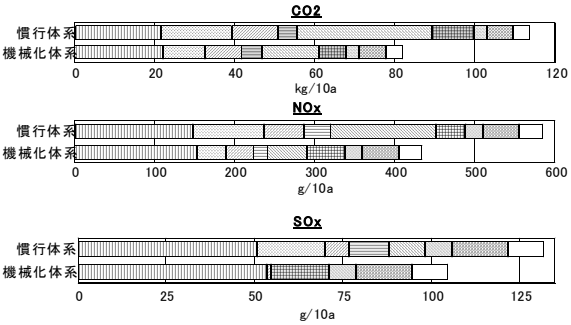


図３ 機械作業によるエネルギー消費に伴う環境負荷物質の排出量

育苗 施肥・畦立 病害虫防除 収穫・調整 圃場整理 圃場準備 定植 肥培管理 出荷 その他管理

（１１）キャベツ栽培における機械化体系は、確立の途にあり、大規模産地においても、一部機械の導入から最新機械の利用まで、様々な段階が見受けられる。特に手作業から機械化体系への過渡期に当たる慣行体系では、従前の地床育苗に対応した効率の悪い半自動型移植機や、現有の汎用型トラクタの利用により、エネルギー消費量が高い。専用管理作業車や収穫機においても改良が加えられ、本研究に着手した３年前と比較しても効率が向上し、機械化が進むほどエネルギー消費量が低下する傾向にある。キャベツ栽培においては、機械化進めることが、作業行程に伴う環境負荷物質の低減につながる。

（１２）CO2の総排出量は慣行体系で361.5kg/10a、機械化体系では309.3kg/10aとなった。一方、キャベツによるCO2吸収量は、収穫部：378.3kg/10a、残渣：218.4kg/10aであった。温暖化エネルギー収支CO2はキャベツによる吸収量を収穫物に限定すると、慣行体系 -16.7kg/10a、機械化体系では -68.9kg/10a、残渣を含めた地上部全体とすると、慣行体系 -235.0kg/10a、機械化体系では -278.3kg/10aとなった（図４）。

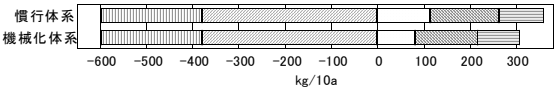


図４ 温暖化エネルギー収支CO2

収穫物 残渣 燃料消費 肥料生産 農薬生産

キャベツによるCO2固定量は普通畑作物に比べ

低いものの、温暖化エネルギー収支 CO2 では、慣行、機械化両体系とも負となっており、機械化体系でより環境保全的である。しかし、全 CO2 排出量に占める直接的な燃料消費に関わる部分は、慣行体系で 32 %、機械化体系では 27 %に過ぎず、残りは肥料教農薬生産に関わる部分であり、作業機の効率化による排出量削減の余地は小さい。したがって、作物残渣に由来する有機物循環を利用した施肥量削減や、上述したような IPM 技術利用による、農薬散布量の削減による CO2 排出量抑制が求められる。

（１３）キャベツによる養分吸収量は両体系で同じと見なし、収穫部の結球葉で、窒素：16.4kg/10a、リン酸：5.5kg/10a、カリ：22.6kg/10a　、残渣の外葉で、窒素：10.5kg/10a、リン酸：3.0kg/10a、カリ：11.9kg/10a であった（図４）。機械化体系では施肥量の削減が図られているため、圃場に残存する負荷物質量も低減した。

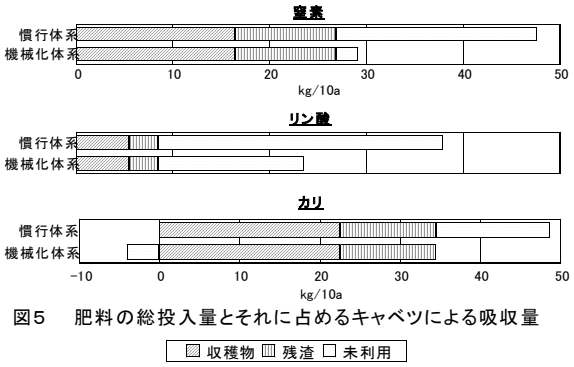


図５　肥料の総投入量とそれに占めるキャベツによる吸収量

（１４）施肥窒素に由来する圃場からの N2O の発生量は、機械化体系では施肥量の削減と緩効性肥料の利用により 80.2g/10a で、慣行体系の 150.8g/10a に比べ半減し、施用窒素単位量当たりの発生量も低減した。

（１５）温暖化土壌面収支は、目的設定で述べたように、範囲を育苗から出荷・圃場整備までとし、残渣から発生する N2O を含めないため、栽培期間中の N2O 発生量に温暖化係数 310 を乗じた CO2 相当量では、慣行体系 46.7kg/10a、機械化体系 24.9 kg/10a　となった。

（１６）キャベツは普通畑作物に比べ、施肥量は多いが吸収量は少なく、土壌・水環境への窒素負荷や施肥窒素由来の N2O の発生が問題となる。局所施肥や緩効性肥料の利用は、施肥量の削減が図れることに加え、削減比例分以上に N2O の発生量を抑えることができ、環境負荷物質排出の抑制効果が高い方法である。

（１７）本 LCA では範囲外としたキャベツの残渣は、地上部乾物重の約 40 %を占めるが、藁稈類に比べ可搬性や利用価値が低く、ほとんどが鋤込まれている。加えて易分解性で C/N が低く、鋤込まれた残渣から速やかな養分の放出が始まる。また、残渣からは、地球温暖化係数の高い N2O の発生量が高くなり易い。N2O の発生量は土壌水分や微生物相に左右されるが、鋤込み深度が深まるほど発生量が高ま傾向にある。また、土壌鎮圧により発生量が高まる。これらのことを踏まえ、作付体系に配慮する必要があると考えられる。

４．今後の問題点

今回、範囲外とした落葉及び収穫後の残渣についての評価法を確立する必要がある。また、N2O の発生を抑える肥培管理技術や、施肥量削減のための残渣の有機資源化技術、薬剤散布回数・量の低減化が図れる IPM 技術を早期に確立する必要がある。

（生駒泰基）

（２）畑作におけるＬＣＡの農業生産技術への適応

２－１　大規模畑作地帯におけるLCAの農業生産技術への適応

担当：北海道農業研究センター・畑作研究部・生産技術研究チーム

要約：北海道十勝地域の大規模畑作にＬＣＡ手法を適用し、慣行栽培と簡易耕起栽培による環境負荷を比較した。５つのインパクトカテゴリのうち、簡易耕起栽培では、温暖化エネルギー収支において環境負荷低減効果がみとめられたが、温暖化土壌面収支、農薬、廃棄物では慣行栽培よりも負荷が大きくなった。簡易耕起栽培は、環境に対して正負両方の効果があることが示された。

1. 背景と目的

北海道十勝地域の畑作生産は、秋まき小麦、豆類（小豆、菜豆、大豆）、てんさい、ばれいしょの輪作からなる。一戸あたりの栽培面積が 30ha を超える大規模経営であり、ほとんどの作業が機械化されている。また、それぞれの作物に対応して、施肥や防除などの作業が慣行的に行われ、化石燃料、化学肥料、農薬などの資材が消費される結果、地球温暖化や硝酸態窒素による水系の汚染などの環境負荷を引き起こしている。この研究では、土壌浸食の軽減や燃料節約を目的として導入が期待される簡易耕起栽培を取り上げ、耕起を含む栽培体系が環境に及ぼす影響をＬＣＡ手法により評価した。

2. 研究方法

評価の対象となる作物は、秋まき小麦、小豆、てんさい、ばれいしょおよび近年導入が進んだキャベツである。栽培体系は、慣行耕起体系（春の整地２回と秋のプラウ耕起１回）と簡易耕起体系（春の整地１回と非選択性除草剤散布１回）であり、そのほかの作業は共通とした。前提収量を表２に示し、両耕起体系間に差はないとした。

（１）温暖化エネルギー収支

CO_2の直接排出量は、トラクターによる圃場作業、収穫物および資材のトラック輸送、子実乾燥における化石燃料（軽油、ガソリン、灯油）と電力の消費量から求めた。トラクターによる圃場作業は、石灰散布、整地、播種、移植、施肥、農薬散布、中耕・培土、収穫、プラウ耕起などを含み、作業の種類、回数およびトラクターのサイズからヘクタールあたりの軽油消費量を計算した（１，表１）。

収穫物の輸送については、圃場から目的地までの距離を10kmと仮定し、トラックの積載量や燃費（２）、前提収量から軽油消費量を計算した（表２）。農家と圃場間の資材（苗、肥料など）の輸送は、その距離を 1km と仮定し、資材輸送を要する作業の回数から求めた（表３）。そのほか、秋まき小麦の子実乾燥（前提収量 5t/ha）には、灯油 29.5L/t と電力 44.4kWh/t （３）、てんさい移植苗の準備に 49.5kWh/ha の電力、秋まき小麦、てんさいの融雪剤散布にガソリン 1.8L/ha を要するとした（１）。

軽油、ガソリン、灯油 1L の燃焼から発生する CO_2 量はそれぞれ 2.64、2.36、2.53kgCO_2 であり、電力 1kWh の消費から発生する CO_2 量は、0.38kgCO_2 とし

表１　慣行および簡易耕起体系の圃場作業における軽油消費量　（てんさいの例）

作業	機械	トラクター (馬力)	燃料消費率 (l ha-1)	慣行耕起体系 回数	慣行耕起体系 消費量 (l ha-1)	簡易耕起体系 回数	簡易耕起体系 消費量 (l ha-1)
石灰散布	ライムソワー	50	6.0	1	6.0	1	6.0
砕土・整地	ロータリーハロー	80	20.7	2	41.3	1	20.7
施肥	総合施肥播種機	60	9.5	1	9.5	1	9.5
移植	ビート移植機	60	17.0	1	17.0	1	17.0
除草剤散布	ブームスプレイヤー	80	1.9	1	1.9	2	3.8
中耕	カルチベーター	50	5.7	3	17.2	3	17.2
殺菌剤・殺虫剤散布	ブームスプレイヤー	80	1.9	5	9.6	5	9.6
収穫	ビートハーベスター	60	32.5	1	32.5	1	32.5
収穫物積み込み	フロントローダー	80	9.0	1	9.0	1	9.0
プラウ耕起	はつ土板プラウ	80	29.8	1	29.8	0	0.0
資材配置	トラック		1.0	10	10.0	11	11.0
合計消費量					183.8		136.3

表2 収穫物の輸送に消費される軽油量

作物	出荷先	収量	トラック積載量	燃費	燃料消費率[a]	輸送距離	燃料消費量
		(t ha^{-1})	(t)	(km l^{-1})	(l km^{-1} ha^{-1})	(km)	(l ha^{-1})
秋まき小麦	乾燥施設	5.0	4	5.5	0.45	10	4.5
てんさい	製糖工場	60.0	10	3.5	3.43	10	34.3
小豆	集荷場	2.5	4	5.5	0.23	10	2.3
ばれいしょ	集荷場	40.0	4	5.5	3.64	10	36.4
キャベツ	集荷場	40.0	4	5.5	3.64	10	36.4

[a] 燃料消費率＝2×収量/トラック積載量/燃費

表3 農家・圃場間の資材輸送に消費される軽油量

作物	燃費	燃料消費率[a]	距離	慣行耕起体系 回数	慣行耕起体系 燃料消費量	簡易耕起体系 回数	簡易耕起体系 燃料消費量
	(km l^{-1})	(l km^{-1} ha^{-1})	(km)		(l ha^{-1})		(l ha^{-1})
秋まき小麦	8	0.25	1	11	2.8	12	3.0
てんさい	8	0.25	1	10	2.5	11	2.8
小豆	8	0.25	1	6	1.5	7	1.8
ばれいしょ	8	0.25	1	8	2.0	9	2.3
キャベツ	8	0.25	1	10	2.5	11	2.8

[a] 燃料消費率＝2/燃費

表4 十勝地域の畑作における燃料・電力消費量（まとめ）

作物	耕起体系	軽油 圃場作業	軽油 収穫物輸送	軽油 資材輸送	ガソリン	灯油	電力
			L ha^{-1}		L ha^{-1}	L ha^{-1}	kWh ha^{-1}
秋まき小麦	慣行	130.8	4.5	2.8	1.8	147.5	222.0
	簡易	83.3	4.5	3.0	1.8	147.5	222.0
てんさい	慣行	183.8	34.3	2.5	1.8		49.5
	簡易	136.3	34.3	2.8	1.8		49.5
小豆	慣行	156.9	2.3	1.5			
	簡易	109.4	2.3	1.8			
ばれいしょ	慣行	241.4	36.4	2.0			
	簡易	193.9	36.4	2.3			
キャベツ	慣行	214.6	36.4	2.5			
	簡易	167.1	36.4	2.8			

表5 十勝地域の畑作における資材費（平成11～13年の平均）

作物	耕起体系	肥料	農薬	農業機械
			円 ha^{-1}	
秋まき小麦	慣行	78,850	49,980	61,370
	簡易	78,850	61,058	61,370
てんさい	慣行	185,570	102,430	114,830
	簡易	185,570	113,508	114,830
小豆	慣行	69,150	63,360	115,340
	簡易	69,150	74,438	115,340
ばれいしょ	慣行	70,010	60,780	85,910
	簡易	70,010	71,858	85,910
キャベツ	慣行	153,340	24,760	80,150
	簡易	153,340	35,838	80,150

た（4）。燃料・電力の総消費量を表4にまとめた。

肥料、農薬、農業機械の消費に伴う間接 CO_2 排出量は、産業連関表（5）を用いて生産費から計算した。肥料、農薬、農業機械に関する購入者価格ベースの排出原単位は、それぞれ 5.2525、3.1185、2.6653 gCO_2/円を用いた。（農業機械の排出原単位については購入者価格ベースの数値が掲載されていなかったので、生産者価格ベースの排出原単位に 30%減じた数値を独自で採用した。）生産費は、農業経営統計調査（帯広統計情報事務所）の平成 11 年から 13 年の平均値を用いた（表5）。簡易耕起栽培で使用される非選択性除草剤（ラウンドアップ）の価格は、11,078 円/ha とした。

（2）温暖化土壌面収支

2001 年 5 月から 2002 年 8 月までに北海道農研畑作研究部（芽室町）内の長期耕起・不耕起試験圃場において対象作物を栽培し、クローズトチャンバー法により定期的にサンプリングしたガスの濃度変化から、畑土壌表面における N_2O と CH_4 の年間フラックスを求めた（表6）。施肥量は、北海道の施肥標準にしたがった。N_2O と CH_4 による地球温暖化ポテンシャルは、温暖化係数（CO_2=1、N_2O=310、CH_4=21）を用いて CO_2 ベースに換算した。

（3）栄養塩類（硝酸性窒素溶脱のポテンシャル）

圃場における窒素のインプットとアウトプットから窒素収支を計算し、土壌に残留する窒素量を硝酸性窒素溶脱のポテンシャルとした（表7）。

（4）農薬

前提条件として、この地域で一般的と思われる除草剤、殺菌剤、殺虫剤の組合せを選択した。それらの薬剤の圃場への投入量を有効成分の重量ベースで算出した（図2）。

（5）廃棄物

農薬および化学肥料の使用に伴って発生するプラスチック、ビニール製の袋や容器の重量を前提条件に基づいて計算した。例えば、農薬の 500mL 容器は 54g、肥料袋（20kg 入り）は 80g であった。

3. 結果と考察

トラクター作業を中心とする圃場作業では、耕起（整地、プラウ耕起）および収穫作業における軽油消費の割合が大きく、簡易耕起栽培を導入することにより、47.5L/ha の軽油の節約が可能となった（表4）。慣行体系では、圃場作業から発生する CO_2 量は、総 CO_2 発生量の 22～43%を占めた（図1）。てんさい、ばれいしょ、キャベツのような重量作物では、収穫物の輸送にある程度の軽油消費があり（表2）、これに伴い発生する CO_2 量は、総 CO_2 発生量の 4～6%であった。農家と圃場間の資材輸送では、燃料消費

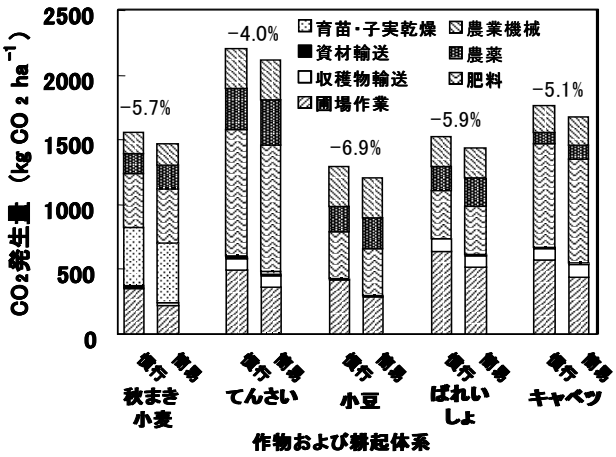


図1 慣行および簡易耕起体系における総CO_2排出量

表6　亜酸化窒素とメタンの年間フラックスとその温暖化ポテンシャル

作物	耕起体系	N_2O	CH_4	温暖化ポテンシャル
		g ha^{-1}		kg CO_2 ha^{-1}
無作付け	慣行	−36.7	−1302.9	−38.7
	簡易	201.8	−2367.6	12.8
秋まき小麦	慣行	872.5	−846.8	252.7
	簡易	834.8	−2494.0	206.4
てんさい	慣行	535.6	−1487.9	134.8
	簡易	3709.5	−2524.1	1096.9
小豆	慣行	300.4	−1806.3	55.2
	簡易	488.0	−2037.2	108.5
ばれいしょ	慣行	148.4	−1444.1	15.7
	簡易			
キャベツ	慣行	1293.6	−1607.0	367.3
	簡易			

表7　硝酸性窒素溶脱のポテンシャル（窒素収支）

	秋まき小麦	てん菜	小豆	ばれいしょ	キャベツ
	kg N ha^{-1}				
インプット					
種子・種いも	1.7	0.0	1.1	4.1	0.0
化学肥料	110.0	150.0	40.0	60.0	220.0
降雨	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1
窒素固定[a]			99.7		
アウトプット					
収穫物	86.9	67.6	82.0	81.8	77.3
持ち出し残渣	5.8		22.3		
脱窒[b]	6.6	9.0	2.4	3.6	13.2
残存量	22.5	83.5	44.2	−11.2	139.6

[a] 窒素固定-N = 植物吸収-N − (種子-N + 化学肥料-N + 降雨-N)
[b] 脱窒による窒素量は、施肥窒素量の6%とした。

が小さく（表３）、CO_2の発生もわずかであった。秋まき小麦では、子実乾燥において灯油と電力の消費が大きく（表４）、そのCO_2発生量は、総CO_2発生量の29%となった。

一方、資材消費から間接的に排出されるCO_2量は、肥料由来が最も大きく、総CO_2発生量の24～46%を占めた（図１）。簡易耕起体系では、非選択性除草剤を１回使用するので、農薬消費から発生するCO_2量が大きくなった。

直接および間接CO_2発生量を合計すると、慣行耕起体系では、1293（小豆）～2206（てんさい）kgCO_2/haのCO_2が発生し、簡易耕起体系を導入することにより、4～7%のCO_2量を削減できることが明らかとなった（図１）。燃料消費や肥料の使用から発生するCO_2の割合が高いことから、燃料節約や減肥は農業分野での地球温暖化を軽減する有効な手段となることが裏付けられた。

慣行耕起栽培におけるN_2Oの年間発生量は、148（ばれいしょ）～1294（キャベツ）gN_2O/haであり、窒素施用量と強い相関（r=0.914）があった。収穫残渣を土壌表面に留置した簡易耕起栽培では、土壌水分が高くなった３月中下旬の融雪時期に極めて大きなフラックスがあり、秋まき小麦を除いて、N_2Oの年間発生量は慣行耕起栽培と比べて大きくなった。CH_4について、まとまった降雨の直後を除き、ほとんどの期間で負のフラックスがみとめられた。その結果、大気中のCH_4は吸収され、慣行耕起栽培では、１年間あたり847（秋まき小麦）～1806（小豆）gCH_4/haの吸収量となった。簡易耕起栽培におけるCH_4吸収量は慣行耕起栽培よりも大きく、2037～2524 gCH_4/haであった。温暖化指数を用いて、この２種類のガスによる温暖化ポテンシャルを合算すると、CH_4吸収により地球温暖化を緩和する効果がみとめられたが、N_2Oの寄与が大きいため、どの作物においても温暖化土壌面収支は正となった。簡易耕起栽培では、N_2Oの発生が増大したので、温暖化土壌面収支も大きくなった。

栄養塩類について、窒素施用量が大きく、収穫残渣の圃場への還元量も大きかったてんさいとキャベツでは、土壌中に残る窒素量が大きく、地下水を汚染するリスクが高いことが示唆された（表７）。一方、ばれいしょでは、窒素収支はほぼ均衡しており硝酸性窒素汚染のリスクは小さいと考えられた。慣行と簡易耕起栽培では、施肥量や収穫量を同じと仮定したので窒素収支は同じとなった。しかし、耕起の違いは残渣の分解に影響するので、実際の窒素溶脱量には何らかの差が生じると思われる。

農薬散布により圃場に投入される成分量は、2.7～10.8kg/haであった（図２）。簡易耕起栽培では、雑草管理のため非選択性除草剤の散布を増やす前

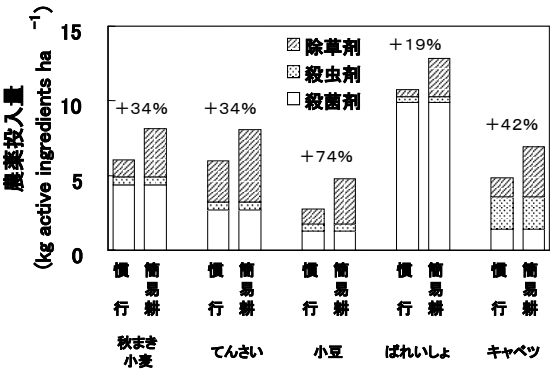


図2　十勝地域の慣行および簡易耕体系における農薬の投入量

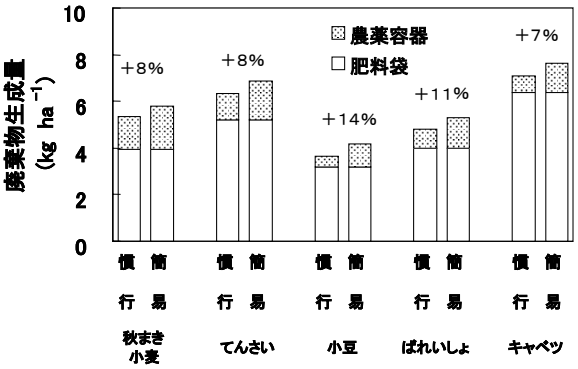


図3　十勝地域の慣行および簡易耕起体系における廃棄物の生成量

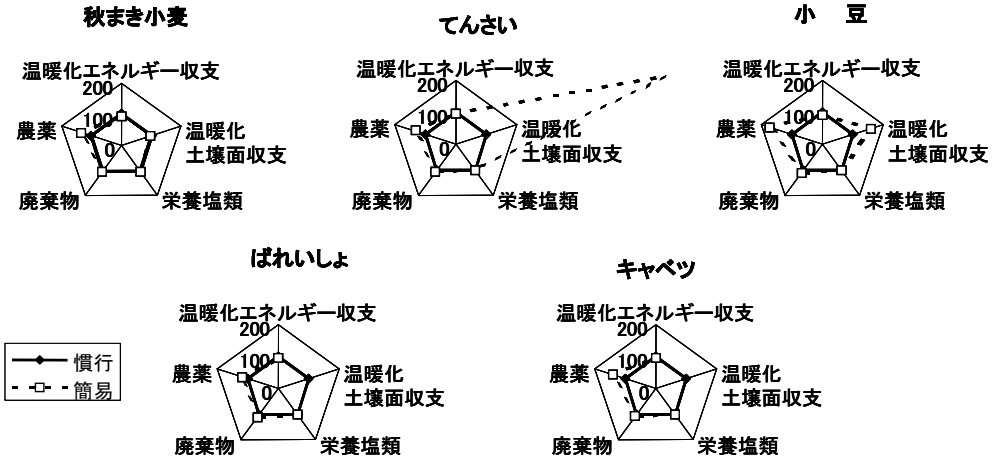


図4　十勝地域の慣行および簡易耕起体系における環境負荷の比較

提としたので、農薬成分の投入量は、慣行耕起栽培よりも大きくなった。

廃棄物について、簡易耕起栽培では、除草剤散布を増やす前提から、廃棄される農薬の容器が増えた（図３）。

以上の結果から、５つのインパクトカテゴリについて、慣行耕起と簡易耕起体系の比較を行った（図４）。LCA を簡易耕起栽培に適用すると、環境に対して正の効果を示すインパクトカテゴリは温暖化エネルギー収支のみで、温暖化土壌面収支、農薬、廃棄物において負の効果を持つことが明らかとなった。不耕起や簡易耕起栽培は環境保全的な栽培技術と考えられてきたが、LCA の観点から判断すると、必ずしも環境負荷低減効果があるとは言えないという結果が得られた。

4. 今後の問題点

・土壌への農薬投入による環境負荷の評価

5. 引用文献

１）北海道農政部(2000)北海道農業生産技術体系（第２版)、北海道農業改良普及協会

２）環境情報科学センター(1998)ライフサイクルインベントリー分析の手引き、化学工業日報社

３）金子一也(1994)農業機械学会調査報告書：環境保全機能向上のための作業・作付体系、p103-113. 農業機械学会

４）環境省(1999)温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン

５）南齋規介ら(2002)産業連関表による環境負荷原単位データブック、国立環境研究所

6. 研究発表

口頭発表

１）古賀伸久・鶴田治雄・辻博之・中野寛(2002). 北海道十勝の大規模畑作から排出される温室効果ガス（1）-機械作業、資材消費に伴う CO_2 発生量-. 日本土壌肥料学会講演要旨集 48: 146

２）古賀伸久・鶴田治雄・澤本卓治・西村誠一・八木一行・中野寛(2003) 北海道十勝の大規模畑作から排出される温室効果ガス(2)-畑圃場における N_2O と CH_4 のフラックス-. 日本土壌肥料学会講演要旨集（発表予定）

誌上発表

１）Koga, N., Tsuji, H., Nakano, H. (2002), Assessing overall environmental impacts of arable land crop production in Hokkaido. Proceedings of The Fifth International Conference on EcoBalance. 183-186

２）Koga, N., Tsuruta, H., Tsuji, H., Nakano, H. (2003), Fuel consumption-derived CO_2 emissions under conventional and reduced tillage cropping systems in northern Japan. *Agri. Ecosys. Environ.*（印刷中）

３）古賀伸久(2003). 十勝地域の大規模畑作におけるＬＣＡ．ＬＣＡ日本フォーラムニュース. 12 月号

（古賀伸久）

２－２　　茶栽培におけるLCAの農業生産技術への適応

担当：野菜茶業研究所・茶業研究部・土壌肥料研究室
野菜茶業研究所・茶業研究部・作業技術研究室

要約：LCA 手法でチャの生葉生産における二酸化炭素発生量を解析した。防霜で二酸化炭素発生量が大きく、作業による発生全量の 63 ～ 78 %を占めた。施肥窒素由来の亜酸化窒素発生を二酸化炭素に換算すると、直接生産過程の 3.5 ～ 7.5 倍に及ぶと推計された。

茶園管理作業による二酸化炭素発排出量の算出

１．背景と目的

近年、茶栽培においては、施肥量の適正化や有機栽培など、環境調和型生産への取り組みが行われている。しかし、栽培過程全体における環境負荷量や改善技術の環境負荷削減の程度などを定量的に比較検討した例は見あたらない。そこで、産業界において導入されているLCA手法を用い、茶栽培における環境影響評価法を構築するため、モデル作業体系を設定し、年間のプロセス(栽培工程)を通したインベントリー表を基に、茶園管理により排出される年間CO_2量を試算する。

２．研究方法

（１）LCAの対象とインベントリーの範囲：インベントリー分析の対象として緑茶生産量の多い東海地方、南九州地方を想定した。それぞれの地域において、農家規模は大規模、作業体系は標準的なものとした。インベントリーの範囲は通常の茶園管理および加工工場までの運搬とした(表１)。

（２）対象とする資材と環境負荷物質：インベントリー分析の対象となるインプットは、作業機械の燃料、施設に使用する電力とし、アウトプットはCO_2とした。

（３）インベントリーデータの収集：算出に用いた基礎資料は、作物別技術原単位(静岡県農政部、1995)、茶生産指導指針(静岡県経済農業協同組合、1994)、農業機械による環境保全機能向上のための調査研究調査報告書(農業機械学会、1992)、主要作目の作業体系におけるエネルギー消費原単位(農林水産技術情報協会、1996)、実測並びに製造会社等からの聞き取りである。

３．結果と考察

モデル作業体系において、茶園管理により排出されるCO_2量の試算結果は東海地方で151.3 kg･10a^{-1}･year^{-1}、南九州地方で330.7 kg･10a^{-1}･year^{-1}であった(表２)。防霜設備により排出されるCO_2量の差が著しく大きかった。プロセスについてみると、両地方とも、防霜設備の使用(100 h･year^{-1})により排出されるCO_2量が総CO_2排出の大半(東海地方62.9%、南九州地方78.3%)を占めた。次いで、東海地方では年間 10 回の防除作業が12.6 kg･10a^{-1}･year^{-1}、年間 3 回の生葉運搬が7.4 kg･10a^{-1}･year^{-1}、南九州地方では年間6回の整枝作業が21.8 kg･10a^{-1}･year^{-1}、年間 3 回の摘採が10.9 kg･10a^{-1}･year^{-1}と多く、作業体系により異なった。

表１．ＬＣＡの対象の概要

地 域	農家
東海	経営茶園規模270a 男２・女１の家族労働、茶専作、共同工場 労働時間121 h･10a^{-1}･year^{-1} 生葉生産量1580 kg･10a^{-1}･year^{-1} (一番800kg・二番600kg・秋冬番400kg) 可搬型摘採機・歩行型管理機による作業体系 動力散布機による防除 防霜ファンによる防霜 圃場数10、通作距離それぞれ1.5 km
南九州	経営茶園規模1000a 男２・女１の家族労働、茶専作、共同工場 労働時間は33 h･10a^{-1}･year^{-1} 生葉生産量1800 kg･10a^{-1}･year^{-1} (一番650kg・二番600kg・三番550kg) 乗用型摘採機・乗用型管理機による作業体系 スプリンクラーによる防除 (4回) スプリンクラーによる防霜 圃場数5、運搬・移動距離それぞれ1.5 km

以上から、慣行茶栽培体系において排出されるCO_2量は、防霜設備の使用によるCO_2排出量が多い特徴があることがわかった。排出されるCO_2量を削減するためには、防霜設備の使用方法を検討することが効果的と考えられた。

表２　年間のプロセス、インプット、アウトプットおよびCO_2排出量

地域	プロセス	回数	作業機械 出力 [kW] *[kW・10a^{-1}]	作業機械 燃料	作業機械 燃料消費量 [L・h^{-1}] **[kW・h^{-1}]	械利用時間 [h・10a^{-1}・year^{-1}]	消費量 [L・10a^{-1}・year^{-1}] *[kW・10a^{-1}・year^{-1}]	CO_2排出量 [kg・10a^{-1}・year^{-1}]
東海	施肥	7	1.8	ｶﾞｿﾘﾝ	0.7	2.33	1.545	3.643
	耕うん	7	2.6	ｶﾞｿﾘﾝ	0.7	3.50	2.516	5.933
	整枝	4	0.9	ｶﾞｿﾘﾝ	0.5	4.00	1.935	4.563
	摘採	3	1.5	ｶﾞｿﾘﾝ	0.8	3.50	2.975	7.014
	生葉運搬	3	96.9	軽油	2.8	1.00	2.800	7.403
	土壌改良材散布	1	1.8	ｶﾞｿﾘﾝ	0.7	0.33	0.221	0.520
	深耕	1	1.8	ｶﾞｿﾘﾝ	0.7	0.67	0.479	1.130
	防除	10	4.5	軽油	1.4	3.33	4.750	12.559
	敷き草刈り	1	0.9	ｶﾞｿﾘﾝ	0.5	2.50	1.209	2.852
	防霜(防霜ﾌｧﾝ)	1	*2.5	電力	**2.5	100.00	*250.000	95.250
	茶園巡回	15	31.3	ｶﾞｿﾘﾝ	1.6	0.83	1.333	3.144
	通作(機械運搬)	35	31.3	ｶﾞｿﾘﾝ	1.6	1.94	3.111	7.336
	全プロセス							151.348
南九州	施肥	2	20.9	軽油	4.0	0.26	1.040	2.750
	施肥(ｽﾌﾟﾘﾝｸﾗｰ)	4	*6.8	電力	**6.8	4.00	*27.200	10.363
	耕うん	2	20.9	軽油	4.0	0.22	0.888	2.348
	整枝	6	20.9	軽油	4.0	2.06	8.256	21.829
	摘採	3	20.9	軽油	4.0	3.50	4.128	10.914
	生葉運搬	3	96.9	軽油	2.8	1.00	2.800	7.403
	土壌改良材散布	1	20.9	軽油	4.0	0.13	0.500	1.322
	深耕	1	20.9	軽油	4.0	0.13	0.500	1.322
	防除Ａ	5	11.0	軽油	2.5	0.75	1.875	4.958
	防除Ｂ	2	11.0	軽油	2.5	0.54	1.355	3.583
	敷き草刈り	1	0.9	ｶﾞｿﾘﾝ	0.5	2.50	1.209	2.852
	防霜(ｽﾌﾟﾘﾝｸﾗｰ)	1	*6.8	電力	**6.8	100.00	*680.000	259.080
	茶園巡回	15	31.3	ｶﾞｿﾘﾝ	1.6	0.11	0.180	0.424
	通作(機械運搬)	28	96.9	軽油	2.8	0.21	0.588	1.555
	全プロセス							330.696

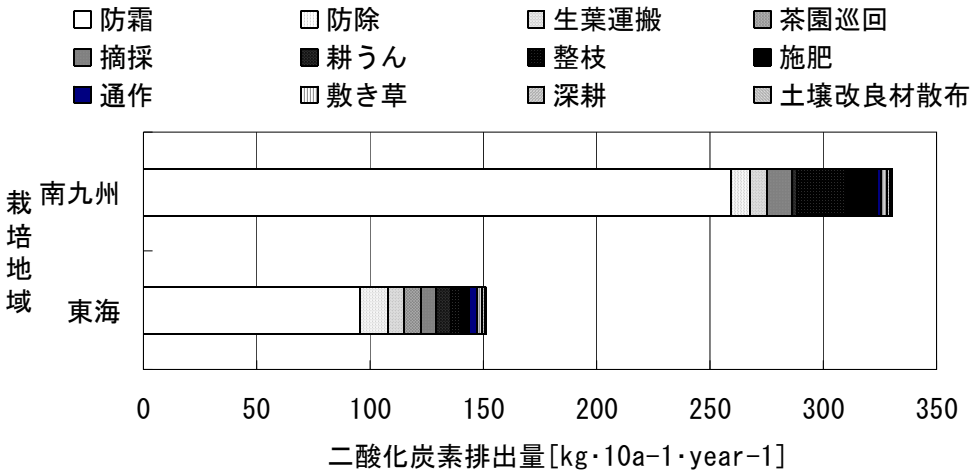


図1　茶園管理による二酸化炭素排出量

茶園窒素施肥による環境負荷物質発生量の評価

１背景

チャは、新芽を収穫対象とする常緑の木本性作物である。収量となる新芽の生育量や加工後の茶品質と密接に関連する遊離アミノ酸含有量は、新芽に含まれる窒素含有率と密接に関連するため、チャの栽培では多量の窒素肥料が施用されている。 ところが、窒素多肥が続くと、土壌の強酸性化および肥料に含まれる塩類による土壌ECの上昇が発生してくる。そのような状態では、塩類障害によって茶樹の吸収根が次第に衰退して施肥した肥料が効きにくくなり、その対応策としてさらなる多肥に陥るという悪循環がおこりやすくなる。その結果として、樹体が吸収する窒素が年間最大でも30ｋｇ/10a以下であるのに、茶園への窒素施肥量が窒素成分で年間100kg/10aを越えている、という状況が、ここ２０年以上全国各地の茶園で続いてきた。茶樹に吸収されなかった窒素肥料は最終的に硝酸イオンに変化し、降雨に流されて系外に流出し地下水はじめ公共水域に硝酸性窒素による水質汚染を発生させる。公共水域の硝酸性窒素は水域で脱窒されるが、その過程で温室効果ガスである亜酸化窒素が発生する。また、茶園土壌中で窒素肥料が硝酸イオンになって茶園の土壌微生物によって脱窒されると、その一部が温室効果ガスである亜酸化窒素として大気中に揮散するので、茶栽培の環境負荷はかなり大きいと考えられてきた。また、茶園の肥料施用部位は、葉層がない畝間約30cmの部分が中心で、茶園全面積比に換算すると約16％（畝間30cm÷条間180cm）なので、肥料施用部位の局所的な実質濃度は10aあたり施用量の約6.3倍にも達する。

茶園におけるこのような多量の窒素施肥が、温室効果ガス発生を通じた環境負荷を、既存データを元に見積もった。

２研究方法

(1)茶園作土から亜酸化窒素の発生量の試算

渡部ら[1]によって牧ノ原台地赤黄色土のライシメータ実験で得られた施肥窒素量別の窒素収支実測データを用い、茶園土壌から亜酸化窒素の発生率は日本土壌協会の調査結果[2]を適用して、施肥窒素量 40,60,80,100kg/10a とした場合の亜酸化窒素発生量を補間して試算した。

(2)茶園浸透水が地下水となって湧出する場で発生する亜酸化窒素

野菜茶業研究所金谷茶業研究拠点付近の牧ノ原台地の斜面に湧出する湧水について、含有される亜酸化窒素量をほぼ年間実測した中島のデータ[3]から、先のライシメータ試験による施肥窒素量別の浸透水硝酸性窒素濃度をもとにして地下水湧出に伴う亜酸化窒素放出量を試算した。なお、亜酸化窒素から二酸化炭素への換算は、温室効果ガスの係数である 310 を用いて換算した。

３結果と考察

年間の 10a 当たり窒素施肥量別に窒素施肥に由来する亜酸化窒素発生を試算した結果を表３に示した。

実際の農家茶園における年間窒素施用量の実測データは得られていないので、以下の記述は推定であるので留意願いたい。窒素施肥量 40kg は、茶の主産地では約４０年以上前の施肥レベ

表３．年間窒素施肥量別にみた茶園からの亜酸化窒素（N_2O）発生量の試算結果（kg/10a）
（（）内数字は二酸化炭素換算値 kg/10a）

施肥窒素	N溶脱量	茶園表面発生 N_2O	二次的発生 N_2O	合計
４０	8.9	2.8 （876）	0.03（9.7）	2.83 （886）
６０	19.3	4.4（1363）	0.08（24.3）	4.48 （1387）
８０	29.8	5.8（1801）	0.11（34.1）	5.91 （1835）
１００	40.2	7.8（2424）	0.16（48.7）	7.96 （2472）

茶園土壌表面からは施肥窒素の4.61%、二次的な発生は溶脱窒素から地下水溶存ガスとして二次的に0.24%が亜酸化窒素に変化するとした（H8土壌協会調査結果、農環研鶴田・中島のデータに基づく）。溶脱窒素量は野茶研渡部の実測データ（2001）から補完して算出した。

ルで、現在では粗放的な茶園や、寒冷地で多量の窒素施肥ができない地帯に一部残る程度の施肥量である。約１０年前には牧の原台地の茶産地では 100kg を越える施肥が常態で、一部の産地では 150kg 以上の極多肥管理も行われていたことから、1990 年前後に茶園から発生していた温室効果ガスは非常に多かったと考えられる。公共水域の硝酸性窒素に水質基準が設定された前後から、環境基準を達成するための指導や努力が行われ、一般茶農家の施肥量は 2000 年頃には 60 ～ 80kg 程度まで下がっていると推定される。

４直接生産過程と間接生産過程の比較

直接農作業によって発生する二酸化炭素の量は、図１に示した南九州の場合でも 330kg/10a 程度であるので、窒素施肥に起因する亜酸化窒素発生が、茶栽培における温室効果ガスの主たる原因である。したがって今後もより一層の施肥削減と、それを可能にする技術開発が重要である。

茶樹による樹体乾物生産量概算のための調査

１背景と目的

チャは永年生の木本作物なので幹や太根に「材」として二酸化炭素を固定するが、茶樹の「材」としての年間生産量は測定されていない。そこで、茶樹体による年間二酸化炭素固定量を概算するため成木茶樹掘り取り調査を行った。

２調査方法

野菜茶業研究所金谷茶業研究拠点で成木茶園から茶株を掘り取り、付着した土砂を取り除いてガラス室内で数ヶ月間十分乾燥後地下部と地上部に分けて乾燥重量を計測した。掘り取りはバックホウを用いて十分注意して行い、直径約１ cm 以上の太根は可能な限り掘り出した。このほか、牧ノ原台地周辺の農家茶園からも茶株を抜き取って同様に調査した。

３結果と考察

調査結果を表４に示した。ｎ印は農家のサンプルで、いずれの試料株も単条植えで株間 30cm である。地上部 a が地面から約 40cm 以上の部分で数年に一度更新時に除去される部分で、地上部 b がその際除去されない太い枝の部分である。農家茶園では非常に生育が旺盛であった。茶樹の品種によってもかなりの差異があり、地下部が太くなりやすい'かなやみどり'では'やぶきた'よりかなり重かった。

表４、茶樹の樹体生産量（風乾重 kg/株）

樹齢年：品種	試料数	地上部 a	地上部 b	地下部	
10:やぶきた	5	2.0	1.8	1.0	n
16:おくゆたか	5	―	0.8	0.4	
7:いずみ	4	―	―	0.4	
37:やぶきた	13	(a+b 2.2)		0.8	
37:かなやみどり	14	(a+b 2.5)		1.2	

この調査データから、通常の植栽密度（株間 30cm、条間 180cm）で 10a 当たり 1850 株あるので、'やぶきた'の場合地下部の根風乾重は 1.5 トン程度あり、地上部風乾重は４トン程度と見積もられる。この量は生の場合約２倍になり、地下部３トン地上部８トンほどと計算される。

４．今後の問題点

茶園における亜酸化窒素の発生量については今後さらに詳しい実態の実測データが不可欠である。また、茶農家の詳しい施肥実態調査も今後重要な課題と考えれる。その際には、実際に茶園に施用されている肥料のありのままの現実を可能な限り詳しく把握することが、とりわけ重要と考えられる。

５．引用文献

1) 渡部育夫(2003)集団茶園からの窒素流出防止技術総合モデルの評価．集団茶園からの環境負荷窒素化合物の流出防止技術の開発に関する研究．農林水産技術会議事務局成果 409. 50-54

2) 日本土壌協会（1996)土壌生成温室効果等ガス動態調査報告書（概要編）

3) 中島泰弘ら(2001)茶園台地下の湧水中の亜酸化窒素のモニタリング．土肥要旨集 47．229

６．研究発表

口頭発表

１）荒木琢也・古山徹・松尾喜義・深山大介・宮崎昌宏(2001)．茶栽培におけるインベントリ表の作成．茶業技術研究発表会，島田

２）荒木琢也・松尾喜義・深山大介・宮崎昌宏(2002)．茶園管理における CO_2 排出量の算出．日本農作業学会第 37 回講演会，松戸

（荒木琢也・松尾喜義）

２－３　暖地畑作物体系におけるＬＣＡの農業生産技術への適応

担当：九州農業研究センター・畑作研究部・畑作総合研究チーム

要　約：カンショ、ダイコン、イタリアンライグラス、トウモロコシ作についてインベントリー表を作成した。結果から、いずれの体系も施肥における CO_2 排出量が多いことから効率的な施肥による施肥法・量の改善等による CO_2 排出量の削減方向が考えられた。カンショ及びダイコンについては土壌消毒と収穫作業による環境負荷が大きく、土壌消毒については有効的な輪作や新たな土壌処理の確立、収穫作業については効率化や省エネルギー化の必要性が示唆された。

省力的また環境保全的作業体系について評価を行った。省力化により、環境負荷が増大する事例があり、省力的技術の評価への環境面からの検討も重要であると思われた。

１．背景と目的

南九州畑作地帯は豊富な気象資源に恵まれて多様な作付けが展開している一方で、この温暖多雨な気候が養分溶脱、病虫害の多発を招き、より多くの農薬､肥料が使われる傾向にある｡加えて、作付けの早期化や土壌浸食・雑草防止のためマルチフィルムの利用が進み、周辺環境への負荷が高まっている｡基幹作物であるカンショにおいても、資材多量投入型農業となっている一方で化学物質に依存しない環境保全型技術の導入も始められている。そこで南九州畑作に多いカンショを基軸とし、秋冬野菜作と結合した栽培体系や小規模畜産経営のため飼料作栽培について、各作業工程における環境負荷物質収支を積み上げ、インベントリー分析を行うことで、環境負荷を計測するとともに、低減ための方向性を検討した。

２．研究方法

（1）南九州の代表的な畑作地帯である都城盆地周辺の農家を想定し、焼酎・澱粉原料用カンショ作、露地ダイコン作、サイレージ用イタリアンライグラス・トウモロコシ作について、生産における作業プロセスを分類し、作業フロー図を作成した。そして、分類された作業プロセスごとの投入資材、使用薬剤、エネルギー消費などの調査を行い､推定された環境負荷物質の積み上げにより、作業全行程を通じたインベントリー表（巻末付表参照）を作成し、分析を行った。

調査の前提条件、資材投入量、環境負荷物質の推定方法については巻末に記載した。各体系におけるインベントリーの範囲は播種から出荷（搬出）までした。

（2）省力的また環境保全的として取り上げられている作業体系について、環境負荷物質排出の低減という観点から従来の体系と比較し、その有効性について検討を行った。

a)畦表面硬化法と生分解性マルチをカンショ作に適応した場合の環境負荷について､従来のポリマルチ法と比較し、これらの環境負荷低減への有効性を検討した。

b)カンショの省力化体系として検討されている直播体系について、従来の体系との比較を行った。

３．結果と考察

（1）　焼酎・澱粉原料用カンショ体系は大きく育苗工程・栽培管理工程、運搬工程の３工程に分かれ、さらにそれらは28の作業プロセスに分類された。

カンショ体系全体でトラクターなどの作業機などで使用されたエネルギー量はガソリン 1.7L/10a、軽油 27.6L/10a で環境負荷物質に換算して CO_2：76.9kg/10a、NOx：519g/10a、SOx：175g/10a であった。カンショ体系全体の CO_2 排出量に対しするエネルギーによる負荷の発生は43.6%であった。NOx、SOx の発生はすべてがエネルギー由来であった。育苗工程の作業プロセスは栽培管理工程のほとんどで使用されている機械は使用されず、人力による作業によるものであった。また、３月伏せ込み、５月上旬定植の作型ではボイラーや電気温床による加温は必要でないことから、投入されたエネルギーは耕転作業においてカルチベータの使用による軽油 0.4L/10a のみであった。育苗工程とは逆に栽培管理工程はほとんどすべての作業にトラクター、軽トラック等の作業機が使われ、ガソリン、軽油が消費されていた栽培工程における全エネルギー量はガソリン 1.7L/10a、軽油 27.6L/10a で、エネルギー由来の CO_2 排出量の 86.6%、全体の 37.8%に及んだ。最もエネルギー消費量の多かった作業プロセスは堀取り機による収穫作業であった。軽油を 7L/10a 消費し、

エネルギー投入量を CO_2 排出量に換算した場合、18.51kg/10a となり、エネルギー由来の排出量の24.1%、全体の 10.5%に達した。

肥料の投入量は育苗工程で堆肥 24kg/10a、化成肥料 3.9kg/10a で窒素成分として 0.82kg/10a であった。栽培管理工程では堆肥 1200kg/10a、化成肥料が 60kg/10a で、窒素成分 13.4kg/10a であった。肥料による CO_2 排出量は 50.4kg/10a と推定され、全 CO_2 排出量の 28.6%であった。堆肥と化成肥料による CO_2 排出量の比率は 29.2 : 70.8 であった。圃場から発生する N_2O の発生量はカンショ畑の場合、施用窒素量の 0.31%とされ、44.1g/10a と推定された。発生した N_2O の内、有機質肥料由来が16.8g/10a、化成肥料由来が 27.3g/10a であった。

農薬における CO_2 排出量は体系全体で49.0kg/10a、排出量全体に対しては 27.8%であった。そのうち土壌消毒剤によるものが 34.9kg/10a、殺菌剤によるものが 0.4kg/10a、除草剤によるものが 9.7kg/10a、殺虫剤によるものが 4.1kg/10a であった。

露地加工用ダイコン体系はカンショのような育苗工程はなく、栽培管理工程と運搬工程に分かれ、25 作業プロセスに細分化された。

露地加工用ダイコン体系の作業プロセスのほとんどで作業機械やトラクターが使用され、ガソリンなどの燃料が消費されていた。投入されたエネルギー量はガソリン 2.3L/10a、軽油 33.7L/10a であった。エネルギー投入による環境負荷物質の発生は CO_2 : 94.5kg/10a 、NOx : 636g/10a、SOx : 214g/10a で CO_2 排出量は体系全体で発生した量の 31.6%であった。最もエネルギー消費の大きかったプロセスはダイコン収穫機による収穫作業で軽油を 18.7L/10a 消費し、エネルギー由来の52.3%、体系全体の 16.5%の CO_2 排出量を示した。

肥料の投入量は堆肥 1500kg/10a、化成肥料241kg/10a で窒素成分として 22.0kg/10a であった。肥料による CO_2 排出量は 152.3kg/10a と推定され、全 CO_2 排出量の 50.8%であった。堆肥と化成肥料による CO_2 排出量の比率は 11.8 : 88.2 であった。圃場から発生する N_2O の発生量はダイコン畑の場合、施用窒素量の 0.19%とされ、41.7g/10a と推定された。発生した N_2O の内、有機質肥料由来が 12.8g/10a、化成肥料由来が28.9g/10a であった。

農薬における CO_2 排出量は体系全体で52.7kg/10a、排出量全体に対しては 16.5%であった。排出量のうち土壌消毒剤によるものが44.3kg/10a、除草剤によるものが 3.8kg/10a、殺虫剤によるものが 4.61kg/10a であった。

プラスチック廃棄物はポリマルチ(ポリエチレン) 40kg/10a とシードデープ用テープ 0.1kg/10a であった。シードデープ用テープは生分解性プラスチック製と思われたが、材質は不明であり、少量であることから積算からは除外した。

飼料作物のイタリアンライグラス体系は栽培管理工程、サイレージ加工工程、運搬工程に大きく分けられ、19 の作業プロセスに細分化された。二番草までの収穫を想定したため刈り取り作業、サイレージ加工工程の各作業、運搬工程については同様な作業が２度行われた。投入された資材等の積算は二番草の収量が一番草の倍であると仮定して行った。

イタリアンライグラス体系ではすべての作業がトラクターやトラックを利用した機械作業であった。投入されたエネルギー量は、軽油 17.8L/10a であった。エネルギー投入による環境負荷物質の発生は CO_2 : 47.0kg/10a 、NOx : 325g/10a、SOx : 113g/10a で CO_2 排出量は体系全体で発生した量の 30.1%であった。エネルギー投入による CO_2 排出量の内、栽培工程、サイレージ加工工程、運搬工程それぞれの発生割合は 48.3%、20.8%、30.9%であった。最もエネルギー消費の大きかったプロセスはトラックによるロールベールの運搬で上記のようにエネルギー由来の 30.9%の CO_2 排出量を示した。になるが使用したマルチ資材の分解や廃棄による CO_2 の排出まで考えた場合、通常マルチ、生分解性マ

肥料の投入量は堆肥 2000kg/10a、化成肥料238kg/10a で窒素成分として 24.0kg/10a であった。肥料による CO_2 排出量は 113.8kg/10a と推定され、全 CO_2 排出量の 74.2%であった。堆肥と化成肥料による CO_2 排出量の比率は 29.9 : 70.1 であった。圃場から発生する N_2O の発生量はイタリアンライグラス畑の場合、施用窒素量の 0.5%とされ、120g/10a と推定された。発生した N_2O の内、有機質肥料由来が45.0g/10a、化成肥料由来が 75.0g/10a であった。飼料用トウモロコシ体系はイタリアンライグラスと同様に栽培管理工程、サイレージ加工工程、運搬工程に大きく分けられ、12 の作業プロセスに細分化された. また、トウモロコシ体系でもイタリアンライグラス体系と同様にすべての作業がトラクターやトラックを利用した機械作業であった。投入されたエネルギー量は、軽油 13.1L/10a であった。エネルギー投入による環境負荷物質の発生は CO_2 : 34.5kg/10a 、NOx : 240g/10a、SOx : 83g/10a で CO_2 排出量は体系全体の発生量 27.0%であった。エネルギー投入に

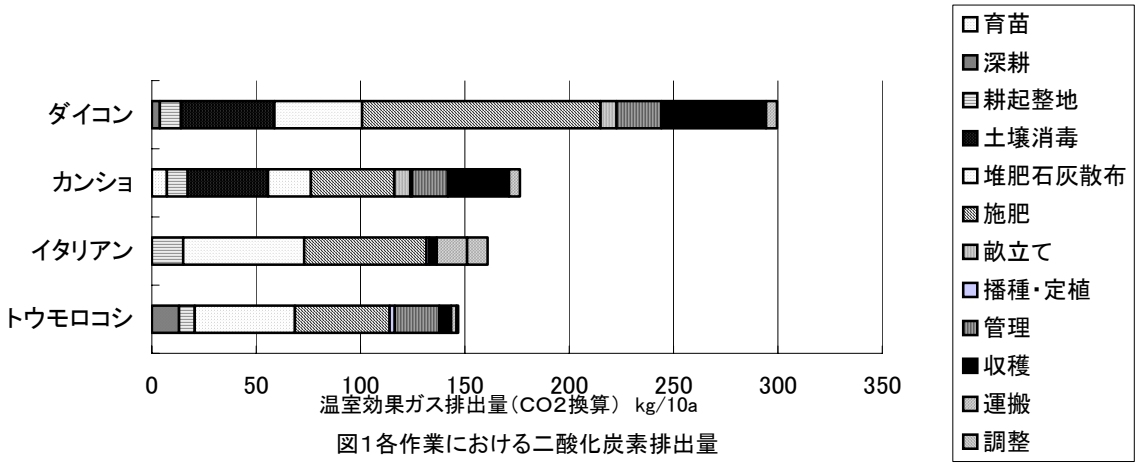


図1各作業における二酸化炭素排出量

よる CO_2 排出量の栽培工程、サイレージ加工工程、運搬工程それぞれの発生割合は97.4%、0.6%、2.0%であった。最もエネルギー消費の大きかったプロセスはロータリーによる整地作業で、同様の作業が一体系の中で二度行われた。一作業で軽油を2.83L/10a 消費し、エネルギー由来の 21.6%、体系全体の 5.8%の CO_2 を排出した。

肥料の投入量は堆肥 2000kg/10a、化成肥料200kg/10a で窒素成分として 19.1kg/10a であった。肥料による CO_2 排出量は 91.0kg/10a と推定され、全 CO_2 排出量の 71.1%であった。堆肥と化成肥料による CO_2 排出量の比率は 26.4：73.6 であった。圃場から発生する N_2O の発生量はトウモロコシ畑の場合、施用窒素量の 0.2%とされ、38.2g/10a と推定された。発生した N_2O の内、有機質肥料由来が 18.0g/10a、化成肥料由来が 20.2g/10a であった。

使用された農薬は除草剤のみで、これによる CO_2 排出量は 2.5kg/10a であり、体系全体の 1.9%であった。

各作物体系の CO_2 排出量について類似する作業ごとにまとめたグラフを図－１に示した。いずれの体系も施肥における CO_2 排出量が多くなっており、化成肥料の投入による発生が大半を占めていた。特にダイコン作については化成肥料の投入量が多い上に、ダイコンの窒素吸収量が少ないため、大半の窒素が土壌に残っており、水系への流出等による汚染も懸念される。全面施肥から局所施肥への移行など効率的な施肥による施肥量の削減、肥効調節のしやすい有機質肥料の開発による化成肥料主体から有機質肥料主体の施肥法への移行などによる CO_2 排出量の削減方向が考えられた。

カンショ及びダイコンについては土壌消毒による環境負荷物質の排出量が際だっていた。南九州では線虫等の防除のため露地栽培においてもＤＤ剤などによる土壌消毒が必ず行われている。土壌処理剤の削減については、対抗植物の導入や輪作による増殖の抑制や薬剤を使わない太陽熱や熱水による土壌処理が検討されている。土壌消毒は土壌消毒剤による負荷が大きいだけでなく、それに関連した鎮圧やガス抜き等の機械作業作業を伴っている。これを削減することは環境負荷の低減に対する効果は大きい。

他にカンショ及びダイコンについては収穫作業で使用されるエネルギーが大きな負荷となっていた。カンショやダイコンは土中から収穫のため、機械に大きな負荷がかかったり、作業効率が悪く時間がかかったりしていることによるエネルギー消費増大によるものと考えられる。収穫作業の効率化や低燃費の農業用エンジン開発による環境負荷の削減が考えられる。

（２）

(a)　表１に畝立て・マルチの方法として畦表面硬化法と生分解性マルチを使用した場合の作業とそれによる CO_2 排出量について示した。畦表面硬化法はマルチを使用しない代わり、作業機の負荷が大きいため、通常の畝立てマルチング作業より、作業へのエネルギー投入量が多い。また、畦表面に草が生えやすいため、畝立て時に初期除草剤の散布が現状では不可欠となっており、その環境負荷が多くなっている。しかし、マルチ剥ぎについては作業が必要ないため、負荷は軽減されている。生分解性マルチは、畝立てマルチング作業については、通常のマルチと同様であるであるが、マルチ剥ぎ作業が不要であるため作業に要するエネルギーの総計は少なくなっている。

作業だけを比較した場合、環境負荷物質の大きさは通常マルチ、畦表面硬化法、生分解性マルチの順になるが使用したマルチ資材の分解や廃棄による

表1　マルチ法の違いによるCO2負荷量

作業名	使用機械・資材	CO2負荷量(kg/10a)		
		畦表面硬化	生分解マルチ	ポリマルチ
畝立てマルチ張り	トラクター＋マルチャー（畦表面硬化機）	9.47	7.66	7.66
マルチ剥ぎ	マルチ回収機	－	－	0.74
雑草防除	動力噴霧器、軽トラック ペンデメタリン300ml	5.34	－	－
小計		14.81	7.66	8.4
廃棄・分解		－	87.16	178.25
計		14.81	94.82	186.65

注）生分解マルチはポリ乳酸製とした。廃棄・分解の値は焼却もしくは土中での分解とし、CO2量は構造式から算出した。

表2　カンショ直播技術導入による作業時間及び環境負荷物質の増減

作業の増減	作業時間	投入資材	環境負荷物質量		
増　減	直播－慣行		CO2	NOx	SOx
	h/10a		kg/10a	g/10a	g/10a
育苗	-21	クロールピクリン(1L)、ベノミル(0.1kg),堆肥(24kg)、硫安(1.8kg)、過石(1.2kg)、塩加(0.9kg)、軽油0.6L、塩化ビニル2.6kg、水	-7.97	-7.32	-2.54
イモ切断	1.1	電力(1.2kwh)	0.46	0.35	0.26
キュアリング	0.2	電力(144kwh)	54.86	41.76	31.68
植え付け	-2	軽油　3.0L	7.93	54.90	19.02
計	-21.7		55.28	89.69	48.42

CO_2の排出まで考えた場合、通常マルチ、生分解性マルチ、畦表面硬化法となると考えられる。

（b）焼酎・澱粉カンショ体系に機械作業による直播技術を導入した際の作業及び環境負荷物質の増減について表２に示した。

直播技術の導入により、育苗工程は省くことが出来るほか　植え付けの機械化が容易であるためおよそ、作業時間では10a当たり21.7時間作業時間が短くなる。また、苗床のための土壌消毒剤、肥料、保温資材や灌水のための水等の投入が不必要となる。しかし、種イモの切断、萌芽を促進させるためのキュアリング作業や植え付け機械によるエネルギー投入量が大きくなっている。これらを発生する環境負荷物質量に換算し比較した場合、廃プラスチックの発生量や水の消費は減少したもののCO$_2$、NOx、SOx の環境負荷物質量は増大する結果となった。

機械化等による農作業の省力化は、農業従事者が高齢化している現状では不可欠のものである。投入資材の減少や機械作業の効率化等をめざした省力化技術は環境保全面での問題は少ないが、人力中心の作業へ省力化のために機械を導入するような場合、エネルギー投入量の増大により環境負荷物質量が増大するなど環境的な問題を含んでいる場合が多い。環境へ配慮が各産業で問われている中、省力的技術には作業時間による評価だけでなく、環境保全的側面からの検証も合わせた総合的評価が重要になってくると思われる。

４．今後の問題点

今研究における肥料・農薬等の評価は生産のためのエネルギーを中心としたものであり、農薬や肥料の水系や動植物への直接的な環境への影響は十分に捉えられていない。直接的な環境影響をエネルギー利用による影響と同列に扱えるような評価システムの開発が必要であると思われる。

５．引用文献

１）生駒泰基(2000)シンポジュウム「暖地畑作における革新的環境保全技術」抄録．20-26

２）深澤秀夫・渡辺輝男・菅原晃美(2002)九州農業研究　64:141

６．研究発表

口頭発表

１）生駒泰基(2000)．LCA 手法を用いた甘しょ栽培の環境評価．イモ類研究会

２）石井孝典・大塚寛治・新美洋(2002)．LCA 手法による暖地露地野菜体系の環境影響評価．園芸学会九州支部会

（石井孝典）

（３）果樹栽培におけるＬＣＡの農業生産技術への適応

３－１　カンキツ栽培におけるLCAの農業生産技術への適応

担当：果樹研・カンキツ研究部・形質制御研究室、上席研究官

要　約：ウンシュウミカン栽培（露地栽培，マルチ栽培）における LCA をインベントリー法により実施するとともに、温室効果ガス（炭酸ガス、亜酸化窒素、メタン）フラックス量を実測した。インベントリー分析の結果、主な大気負荷は炭酸ガスによるもので、栽培様式による差は小さく 360-370kg/10a であった。ガスフラックスは、いずれもマルチ区で少なく、なかでも炭酸ガスフラックスは露地：1447kg/10a、マルチ：886kg/10a と、顕著に低いことが明らかになった。

1. 背景と目的

近年、地球環境に関する諸問題が顕在化してきており、IPCC（気候変動に関する政府間パネル）やOECD（農業と環境）において農業生産活動が環境に及ぼす影響について議論が進められてきている。

地球表面からの赤外線放射を吸収し、地球を温暖化する温室効果ガスとしてはメタン（CH_4）、二酸化炭素（CO_2）、クロロフルオロカーボン（CFC_S）、亜酸化窒素（N_2O）が知られており、主に農業生産活動で排出される温室効果ガスは、CH_4、CO_2、N_2Oである。

CH_4は嫌気条件で細菌に有機物が分解されることによって生成され大気中に拡散され、その一部は土壌中に吸収され微生物によって酸化される。CO_2は植物の根の呼吸および微生物呼吸により生産され、N_2Oは、硝化過程の副産物あるいは脱窒過程の中間生成物として生産される。

本課題ではカンキツ栽培に必要な資材に由来する上記温室効果ガス負荷を、積み上げ法によるインベントリー分析により評価した。分析は通常の露地栽培にくわえ、近年、高品質化を目的に普及しているマルチ栽培（秋季の降水をマルチにより遮断することで糖度の増加を図る栽培方法）の２栽培様式について実施し、栽培様式による大気負荷の差を比較した。

さらに、これまで測定例のないカンキツ園土壌からの温室効果ガスフラックスを１年間通して測定し、フラックス発生量の実態把握を行った。

2. 研究方法

2-1）インベントリー分析

静岡県西部のスピードスプレヤー防除体系をとる緩傾斜地ウンシュウミカン園　（前提条件は付表参照）を、分析対象園に想定した。異なる栽培様式（露地、マルチ）間の大気負荷をインベントリー分析により比較した。大気負荷は、各栽培様式を作業工程に細分し、工程ごとの大気負荷をエミッション排出量原価単位（付表参照）に基づいて算出、それらを積み上げることで大気負荷を算出した。

2-2）カンキツ園土壌からの温室効果ガスフラックス

(1)供試材料

果樹研究所カンキツ研究部興津内の平坦圃場（埴壌土）に植栽された 31 年 (2001 年) 生シルバーヒル温州 6 樹を供試した。フラックスの測定は、2001 年 2 月～2002 年 3 月まで行った。

(2)栽培様式

試験区は、露地（無被覆）区とマルチ区とした。マルチ区は、2000年は9月中旬～12月下旬まで、2001年は9月17日～12月19日までマルチの敷設を行った。

(3)測定方法

露地区、マルチ区ともに 3 樹ずつ供試し、それぞれの樹冠下の東西に（直径 60cm、高さ 15cm の円柱状の）チャンバーを設置した。主幹からチャンバー間の距離は 1m とした。チャンバー設置 0、10、20 分後にチャンバー内のガスを採取し、CH_4、CO_2、N_2O をガスクロマトグラフにより分析、0、10、20 分後におけるガス濃度の変化から CH_4、CO_2、N_2O フラックスを算出した。測定中の土壌温度変化は小さかったため、そのフラックスを日平均フラックスとし、台形計算により 1 年間の累積フラックスを算出した。

チャンバー内ガスの採取は、露地区では土壌中にチャンバーの受けを埋設し、測定毎にその上に設置し採取した。マルチ区では、チャンバーにビニルのスカートを履かせ、その周囲に約 2kg の鎖の重しを乗せることで外気の侵入を防いだ後にガスを採取した。年間の窒素施用量は露地区で 270kgN・ha^{-1}（3 月 27 日：67.5kgN・ha^{-1}、5 月 14 日：67.5kgN・ha^{-1}、6 月 13 日：54.0kgN・ha^{-1}、11 月 16 日：81.0kgN・ha^{-1}）、マルチ区で 189kgN・ha^{-1}（3 月 27 日：67.5kgN・ha^{-1}、5 月 14 日：67.5kgN・ha^{-1}、6 月 13 日：54.0kgN・ha^{-1}）

であった。土壌の水分含量（VWC%）は TDR 土壌水分計（Hydrosense CD620 and CS620）で、土壌の硝酸態及びアンモニア態窒素含量は、純水抽出後に RQflex で測定した。平均気温と降水量のデータは、当研究所内設置のアメダスから取得した。雑草被覆度は地温、土壌水分、窒素含量への影響を介してフラックスを変化させる可能性がある。そこで、マルチの雑草被覆度への影響を検討するために2002年7月 18 日に、圃場の $1m^2$ の草を刈り取り、乾燥重量を測定した。

3. 結果と考察

3-1)インベントリー分析

マルチ区は露地区に比較して①施肥回数が 1 回少ない、②マルチ資材を投入する、点で異なる程度である。したがって、大気負荷を検討したインベントリー分析の結果も大差なく、最も温室効果に寄与の高い CO_2 負荷で 360-370kg/10a であった（付表参照）。

3-2) カンキツ園土壌からの温室効果ガスフラックス

(1)平均気温、地温、降水量（図 1）

試験期間中の、2001 年 3 月～2002 年 2 月末までの平均気温は 16.7℃、積算降水量は 1954mm であった。1979 年～2000 年までの平均気温は 16.0℃，平均降水量は 2340.1mm であり、試験期間中の平均気温は平年より 0.7 度高く、降水量は 386.1mm 少なかった。

気温が最も高かったのは 7 月、地温が最も高かったのは 8 月であり、気温、地温共に最も低かったのは、1 月～2 月であった。降水量は春季より 9 月～11 月中旬の秋季に多かった。2001 年～2002 年にかけて、地温の上昇は気温の上昇より遅れたが、下降は気温と同様であった。マルチ敷設期間の降水量は 649mm であった。

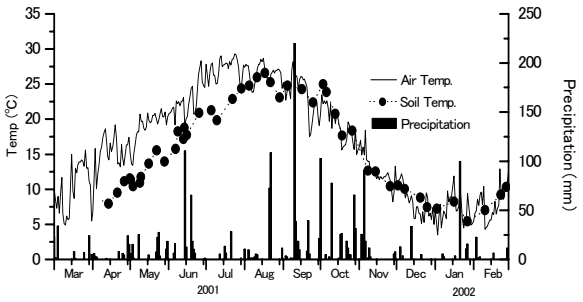


図 1　平均気温、土壌温度、降水量の推移

(2)土壌水分含量（図 2）

マルチ区の土壌水分含量はマルチ敷設期間以外でも露地区より低く推移した。これは前年のマルチの影響で雑草被覆度が低かったために土壌が乾燥気味に経過したためと考えられた。マルチ敷設期間の土壌水分含量は、露地区より著しく低かった。

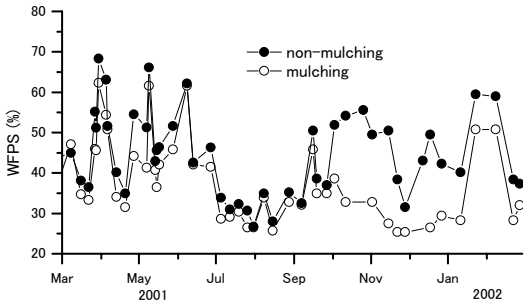


図 2　土壌水分含量の推移

(3)水溶性土壌窒素含量（図 3,4）

3 月 27 日の施肥後の窒素含量はマルチ区で高い値を示したが、露地区ではそのような増加は見られなかった。5 月 14 日、6 月 13 日の施肥後は、露地区で窒素含量の増加が見られたもののマルチ区では見られなかった。露地区では11月16日にも施肥したが、その後、窒素含量の増加は見られなかった。一方、マルチ区で 11 月～12 月にかけて窒素含量が高かったが、これは土壌の乾燥に伴う塩類集積あるいは乾土効果による無機態窒素の集積によるものと考えられた。

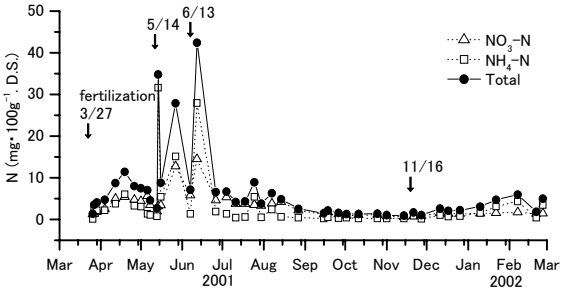


図 3　露地区の土壌窒素含量の推移

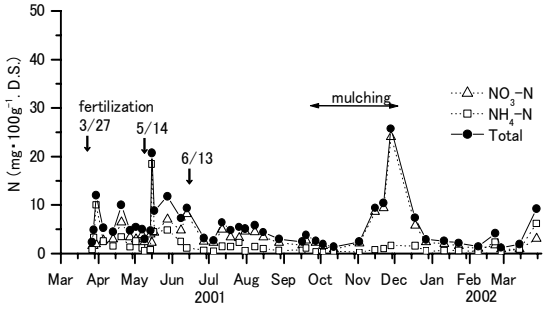


図 4　マルチ区の土壌窒素含量の推移

(4)温室効果ガスフラックス

CO_2フラックス(図5)

露地区、マルチ区、共にCO_2フラックスは気温の上昇とともに増加し、露地区のフラックスは、マルチ区より常に高く推移した。この差は、主に土壌水分含量の差によるものと推察された。

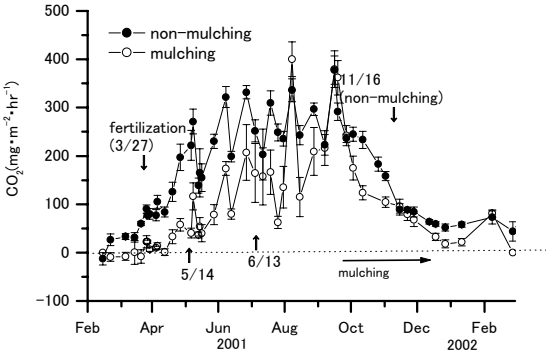


図5　CO_2フラックスの推移

CH_4フラックス(図6)

露地区、マルチ区、共にCH_4フラックスは吸収と拡散の両方向への振れが大きかったものの、全体を通したフラックスは吸収傾向にあった。また、マルチ区で吸収が多いように見うけられた。CH_4フラックスは気温、土壌水分含量との間に相関は見られなかった。

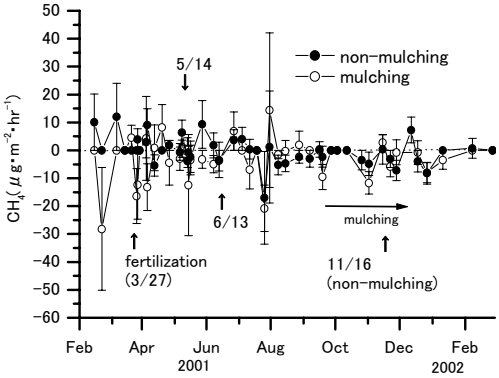


図6　CH_4フラックスの推移

N_2O フラックス(図7)

CO_2フラックス同様にマルチ区のN_2Oフラックスは、露地区のフラックスより低く推移した。このフラックスの変動および処理区間の差は、主に土壌中窒素含量ならびに土壌中水分含量に関連するものと思われた。

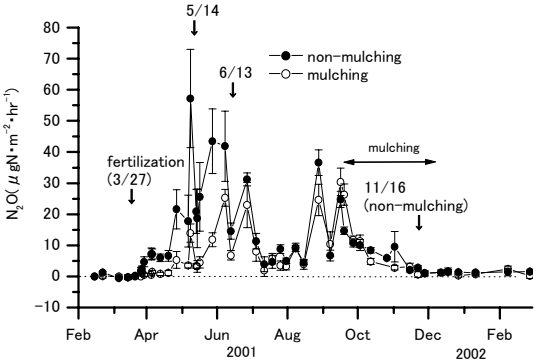


図7　N_2Oフラックスの推移

(5)雑草被覆度(表1)

マルチ区では初春から夏にかけて前年のマルチの影響を受けて雑草被覆度の低下が見受けられたので、2002年7月18日に雑草被覆度の調査を行った。露地区の草の$1m^2$当たり乾燥重量はマルチ区の約1.7倍重かった。したがって、露地区と比較して草量の少ないマルチ区では、土壌水分の蒸発が促進され、土壌水分含量の減少を引き起こし、CO_2、N_2O フラックスの抑制に結びついたものと考えられた。また、土壌中窒素含量においても、降雨後の肥料の流亡に雑草被覆度が影響しているものと考えられた。

表1　雑草被覆度

処　理　区	露地区	マルチ区
乾燥重量(g・m^{-2})	227.6	132.2
標準偏差	30.5	43.8

(6)累積フラックスと温暖化ポテンシャル(GWP)(表2)

CH_4の累積フラックスは、露地区よりマルチ区で少なく、両処理区ともマイナス（吸収）の値を示した。温帯林土壌では、CH_4は吸収されることが報告されており、その吸収速度は土壌の孔隙率との間に相関が認められている（1)。土壌が嫌気条件になりにくいウンシュウミカン園土壌では、年間を総合するとCH_4フラックスは吸収方向に向いているものと思われた。

露地区の累積CO_2フラックスとN_2O フラックスは、マルチ区のそれぞれ約1．6倍、1．7倍であり、処理区間による差が大きかった。N_2Oフラックスは、土壌水分含量と相関することが知られており、土壌

水分含量が低く推移したマルチ区で累積フラックスが低かったものと考えられた。今回算出したCO_2の累積フラックスは、ブドウの 12,100kg・ha^{-1}（3）と比較して大差は無かった。畑地や水田の土壌呼吸量は、カンキツ園より高い例が報告されており（2）、カンキツ園土壌のCO_2フラックスは農地の中でも低い方に分類されるものと思われた。

試験期間中の累積フラックスを GWP に換算し、寄与割合を算出した。換算係数は、CH_4を 20、N_2Oを 310 とした（4）。露地区、マルチ区共に CH_4 の GWP 割合は累積フラックスがマイナスであるため、寄与率は若干のマイナスとなった。N_2O の温室効果ガスの寄与率は2%以下と低く、CO_2の寄与率が 98%以上であった。

表２　累積フラックスと温暖化ポテンシャル（GWP）

露　地　区	CH_4	CO_2	N_2O
フラックス総量(・ha^{-1})	−170g	14470kg	930g
GWP（%）	0.0	98.1	2.0

マルチ区	CH_4	CO_2	N_2O
フラックス総量(・ha^{-1})	−240g	8860kg	550g
GWP（%）	−0.1	98.2	1.9

以上のことから、ウンシュウミカン栽培において最も温室効果に寄与の高い温室効果ガスはCO_2であることが明らかになった。さらにマルチ栽培することにより、資材由来のCO_2負荷には差はないものの、フラックスが顕著に抑制されるため総負荷は低減できる可能性が示唆された。

4. 今後の問題点

異なる土性，気象条件下での追試が必要である。また、炭酸ガス負荷を解釈するには今回明らかにしたフラックスに加えて固定量を考慮する必要がある。

5. 引用文献

１）Kagotani, Y. et. Al. (1999) Environ. Sci. 12: 9-16.

２）Nakadai, T.,et al. (1996) Ecological Research 11: 214-227

３）関川清広 (2001) 平成 12 年度温室効果ガス排出削減定量化法調査報告書: p61-67. 財団法人農業技術協会.

４）鶴田治雄・尾崎保夫 (2000) 農業におけるライフサイクルアセスメント, p72-83. 養賢堂.

6. 研究発表

口頭発表

１）野田勝二・奥田均・木原武士・平林利郎 (2001) カンキツ栽培における LCA（Life Cycle Assessment）手法によるインベントリーの作成. 園芸学会雑誌 (70) 別 2:99

２）野田勝二・奥田均・平林利郎・八木一行・鶴田治雄 (2002)ウンシュウミカンの露地栽培と秋季マルチ栽培土壌からの CH_4, CO_2, N_2O フラックス.園芸学会雑誌 (71) 別 2:106

（奥田　均）

３－２　ナシ栽培におけるLCAの農業生産技術への適用

担当：農業技術研究機構果樹研究所・生理機能部・栽培生理研究室

要　　約：茨城県におけるニホンナシ‘幸水’（成木）の標準的な栽培体系において、栽培管理及び投入資材に起因する炭酸ガス排出量は 380kg/10a/年である。一方、ナシ樹は１年間に 1530kg/10a の炭酸ガスを固定するが、このうち骨格枝等に翌年以降までバイオマスとして残存する量は 280kg/10a にとどまり、栽培管理等に伴う炭酸ガス排出量を下回る。

１．背景と目的

農業は、本来、環境に優しいという特質を有しているが、農薬やエネルギー投入量の増加に伴い環境負荷が増大している。しかしながら、農産物の生産過程全体にわたる環境負荷の発生量はほとんど明らかにされていない。そこで、工業部門を中心に開発が進んでいるライフサイクルアセスメント(LCA)手法をニホンナシ栽培に適用し、年間の栽培管理工程において排出される環境負荷物質のうち、主要な温室効果ガスである炭酸ガスの排出量を推定し、環境負荷低減に向けた技術開発に資する。また、本推定値とナシ樹が年間に吸収する炭酸ガス量から標準的なナシ成木園における年間の炭酸ガス収支を明らかにする。

２．研究方法

LCA の基礎となるインベントリー分析は、作業工程を細分化し、各作業工程における環境負荷物質の排出・吸収を算出し、これを積み上げる「積み上げ法」によって行った。

茨城県平野部（火山灰黒ボク土壌）におけるニホンナシ‘幸水’の成木園（15 年生以上を想定）を対象とし、１年間における炭酸ガスの排出量及び吸収量を推定した。なお、想定した園地の立地条件及び経営条件は「巻末付表」のとおりである。

インベントリー分析に当たって、ナシの栽培管理作業を、「せん定・誘引」、「人工受粉」、「防鳥網管理」、「施肥」、「除草」、「病害虫防除」、「収穫・調整」及び「その他」の 8 工程に区分した。各工程において投入される資材の種類及び量については、茨城県における栽培指導基準(1,2)から求めた。ただし、結束紐の使用量は、1 側枝当たりの使用量及び単位面積当たりの側枝数から算出した。また、各工程における軽トラック等機械類によるエネルギー消費量は、各機械のリンゴ栽培における燃料消費量等(3)を参考に茨城県の栽培指導基準(1,2)等から推定した稼働時間等に基づき算出した。

各工程毎に投入資材及びエネルギー消費量を集計し、エミッション排出量原単位(4)から炭酸ガス排出量を算出した。なお、ナシ棚及び多目的防災網については耐用年数が長いことから、施工及び資材に起因する炭酸ガスについては今回の推定に算入しなかった。

一方、ナシ樹による炭酸ガス吸収量は、器官別の年間炭素固定量(5)から求めた。

３．結果と考察

ニホンナシ‘幸水’成木における 1 年間の栽培管理に係るインベントリー表「巻末付表参照」に基づき算出した各管理工程毎の炭酸ガス排出量を表１に示した。

年間の栽培管理に伴い排出される炭酸ガスの総量は約 380kg/10a と推定された。工程別では、「病害虫防除」に係る排出量が約 200kg/10a/年と最も多く、次いで「施肥」に係る排出量が 90kg/10a/年と多かった。両者の排出量を合わせると全体の約 3/4 に達する。

「病害虫防除」に係る排出量の内訳を見ると、投入農薬に起因する排出量（160kg/10a/年）が 8 割を占め、残り 2 割がスピードスプレーヤの消費する軽油に起因するものであった。

一方、「施肥」に係る排出量は、化成肥料を主とする投入肥料に起因する排出量（80kg/10a/年）が 9 割を占め、残り 1 割が動力運搬車の消費するガソリンによるものであった。

以上のように、ニホンナシ‘幸水’の標準的な栽培管理において発生する炭酸ガスは、農薬等化学物質の製造等に関わるものが主体と考えられる。

表1　ニホンナシ‘幸水’の栽培管理工程における炭酸ガス排出量

管理工程	投入資材等(/10a/年) ガソリン (L)	軽油 (L)	電力 (KWh)	単肥 (円)	複合肥料 (円)	堆肥 (円)	農薬 (円)	CO_2排出量 (kg/10a/年)
せん定・誘引	5.9							13.8
人工受粉			0.6					2.3
防鳥網管理	0.3							1.1
施肥	4.2			786	11,250	3,000		90.6
除草	5.1							12.0
病害虫防除		14.7					42,004	198.5
収穫・調製								20.3
その他	16.8							39.6
計	32.3	14.7	0.6	786	11,250	3,000	42,004	378.2

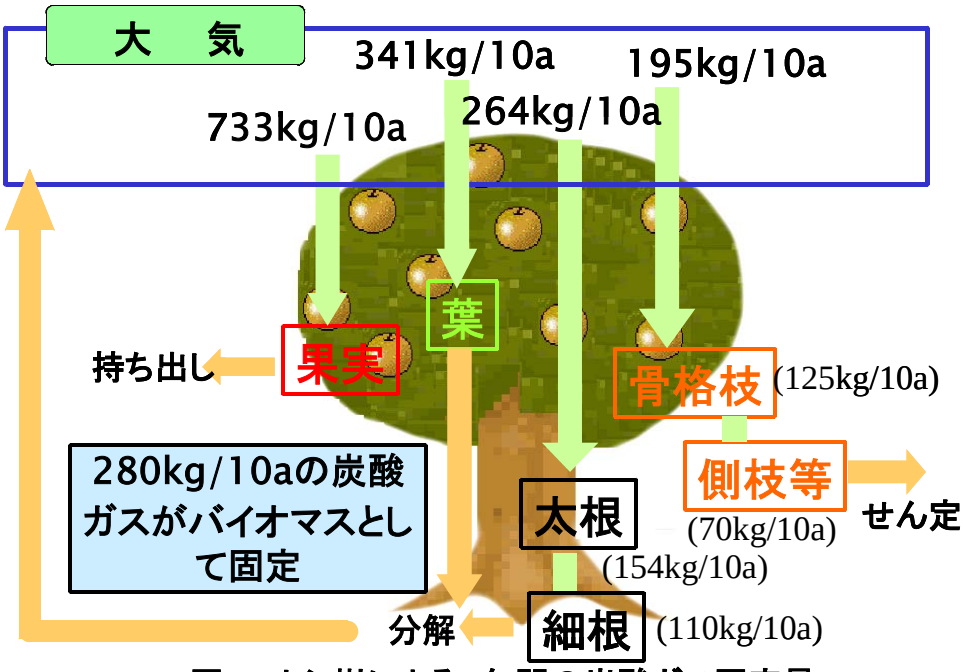


図1　ナシ樹による1年間の炭酸ガス固定量

これらの物質は、系外へ流出すること等により環境負荷を引き起こす要因となっているが、温室効果ガスを低減する観点からも、使用量を削減することが極めて重要と考えられる。

また、機械類の燃料消費による炭酸ガス発生量は 115kg/10a/年と推定された。果樹栽培は、人手に頼るところが大きく、薬剤散布等を除き機械化が進んでいないため、この多くは園地と自宅間の往復等に用いられる軽トラック（40kg/10a/年）及び薬剤散布用のスピードスプレーヤ（39kg/10a/年）によるものであった。なお、西南暖地を中心に行われている加温ハウス栽培においては、加温用燃料の消費による発生量が重要な位置を占めるものと考えられる。

近年、果樹栽培においては、環境負荷の低減を目指し、交信攪乱剤（性フェロモン）や耐病性品種の利用が進められているが、これらにより投入農薬のみならずスピードスプレーヤの消費燃料も削減できることから、ナシの栽培管理に伴い発生する炭酸ガス消費量を削減する上でも、極めて有効と考えられる。

一方、ナシ樹による年間の炭酸ガス固定量の推定値を図 1 に示した。

ナシ樹が 1 年間に固定する炭酸ガスの総量は約 1500kg/10a に達し、栽培管理に伴う排出量を大きく上回った。しかしながら、果樹園土壌における炭素含量はほとんど変化しないことから、葉に固定された炭素は、落葉後ほとんどが炭酸ガスとして大気に放出されるものと考えられる。同様に、細根に固定された炭素（110kg/10a/年）についても、

ほとんどが炭酸ガスとして大気に放出されるものと考えられる。また、成木段階に達したナシ樹においては、側枝、結果枝等骨格枝以外の枝の量はほぼ一定であることから、これらの枝における年間の成長量とせん定により除去される量はほぼ等しいと考えられる。したがって、枝として固定される炭酸ガスのうち骨格枝に固定される 70kg/10a/年のみが翌年以降まで果樹園内にとどまるものと推定される。

以上のことから、ナシ樹によって固定される炭酸ガスのうち、翌年以降まで果樹園内にバイオマスとしてとどまるのは、骨格枝及び太根として固定される 280kg/10a/年となり、栽培管理に伴う排出量を 100kg/10a/年程度下回ることになる。ただし、生産物として果樹園外に持ち出される果実に固定される炭酸ガスは 733kg/10a/年と非常に多く、これを炭酸ガスの吸収量に算入すると吸収量が排出量を 600kg/10a/年以上上回ることになる。

４．今後の問題点

本課題では、温室効果ガスのうち炭酸ガスの収支のみを推定した。今後、ナシ園土壌から発生する亜酸化窒素等の量を推定する手法を開発し、温室効果ガス全体について収支を明らかにする必要がある。

また、果樹等栽培が複数年にわたる永年生作物では、作物によって固定される炭酸ガスの一部が抜根時まで園地に残存する。このようなバイオマスとして固定される炭酸ガスの取り扱い等を含め、永年生作物に適した LCA 手法の開発が望まれる。

５．引用文献

1) 茨城県農業総合センター(1997)　果樹栽培基準.
2) 茨城県病害虫防除所(2000)　平成 12 年度ナシ病害虫防除暦（赤ナシ無袋栽培基準）.
3) 農林水産技術情報協会(1996)　主要作目の作業体系におけるエネルギー消費原単位.
4) 農林水産技術会議事務局・農業環境技術研究所（2001）　環境研究「持続的農業推進のための革新的技術開発に関する総合研究」環境影響評価のためのライフサイクルアセスメント手法の開発－中間とりまとめ報告書－. p.71.
5) 伊藤大雄(1999)　果樹園における温室効果ガス収支の推定．果樹試験研究推進会議資料．果樹試験場.

６．研究発表

口頭発表

1) Kashimura, Y., A. Ito and H. Hayama.（2002）. Life Cycle Assessment of Japanese Pear Cultivation. The 5th International Conference on EcoBalance, Tsukaba.

（樫村芳記）

２． 大気・水･土壌環境からみたＬＣＡ評価の検討

（１）大気環境から見たＬＣＡ評価の検討

担当：農業環境技術研究所・地球環境部・温室効果ガスチーム

要 約 ： わが国の農耕地からの亜酸化窒素（N_2O）発生量について、ライフサイクルインベントリ(LCI)による評価を行うことを目的として研究を行った。その結果、不耕起処理水田での N_2O とメタン（CH_4）発生のトレードオフ、わらの燃焼過程や収穫物残渣による N_2O 発生の重要性、N_2O 間接発生にかかわる排出係数を明らかにした。さらに、わが国の主要な作物について N_2O 発生量を推定し、施肥量の多い野菜と茶、栽培面積の大きい水稲と飼料作物が重要であること、作物残渣や間接排出を評価することの重要性を示した。

１．背景と目的

産業革命期以降の急激な人間活動の拡大は、地球規模での物質循環に影響を与え、二酸化炭素（CO_2）、メタン（CH_4）、亜酸化窒素（N_2O：一酸化二窒素）、ハロカーボン類などの大気微量ガス濃度を増加させてきた。これらのガスは、温室効果ガスであると同時に、成層圏オゾンの反応に関与するものも多く、地球規模での大気環境変化に重要な役割を果たしている(1)。このことから、農業のためのライフサイクルアセスメント（LCA）評価を行う場合、これらの微量ガスの環境影響、特に、地球温暖化への影響を考慮した大気環境から見たLCA評価が必要となっている(2)。

農耕地からの温室効果ガスの発生に関する研究では、水田からのメタンおよび畑地からの二酸化炭素発生にくらべて、畑地および水田からの亜酸化窒素に関する研究は少なく、農耕地における大気環境からみたライフサイクルインベントリ（LCI）およびライフサイクルアセスメント（LCA）評価を行うことを困難にしている。

そこで､LCA評価に基づく持続可能な農業生産システムの開発に資するため、わが国の農耕地からの温室効果ガス発生に関する大気環境から見たLCA評価を検討した。水稲作および代表的な畑作について、地球温暖化ポテンシャル（GWP）とライフサイクルに基づいた温室効果ガス発生のインベントリーを作成し、定量評価を可能とすることを目的とした。

２．研究方法

（１）移植と直播、および耕起と不耕起といった栽培様式の異なる岡山県内の水田において、年間を通して CH_4 と N_2O 発生を測定した。CH_4 と N_2O のフラックスは、原則として週に１回、クローズドチャンバー法により２反復で測定した。得られた結果について、既存のデータとの比較をあわせて、LCA評価を行った。

（２）窒素施肥量の多い野菜栽培からの N_2O 発生量とそのメカニズムを明らかにすることを目的として、茨城県の淡色黒ボク土にてハクサイを栽培し、4 ヶ月間にわたり、クローズドチャンバー法を用いて N_2O のフラックスを測定した。畑は尿素肥料を全層一様に施肥した処理区（U-BC 区）、尿素肥料を溝状に局所施肥した処理区（U-B 区）、被覆尿素肥料を溝状に局所施肥した処理区（CU-B 区）に分け、それぞれに対し 250 kg N ha^{-1} の窒素を投入した。

（３）収穫物残渣である稲わらおよび麦わらの燃焼による温室効果ガスの発生を明らかにするため、これらの資材の燃焼実験を行った。燃焼ガスを採取し、CO_2、CH、N_2O、およびハロゲン化メチルの濃度をガスクロマトグラフィーにより定量した。その際、資材の積み方とガス発生の関係について注意を払った。また、既存の文献値との比較を行った。

（４）地下水への溶脱による N_2O 間接発生を明らかにするため、静岡県中部の牧ノ原台地における茶園台地下の６カ所の湧水地点で，2000 年 10 月から，約週に１回定期的に水の採取を行った。採取した試料水の､溶存 N_2O 濃度をガスクロマトグラフィーで、無機態窒素濃度を比色定量法で測定した。

（５）わが国の主要な作物について、既存の資料と圃場試験から、年間にわたる資材投入量と N_2O 発生量との関係を整理した。作目別に求められた化学窒素肥料と有機質資材の窒素投入量に関する既存資料(3)と、作目別の栽培面積(4)、および作目別の N_2O 排出係数を用いて、N_2O 発生量推定手

法を式１のように開発した。なお、畑地における N_2O 排出係数は全国調査結果(5)を主に用いており、有機質資材による排出係数は、実測によるデータは非常に少ないので、化学窒素肥料と等しいと仮定した。水田からの N_2O 発生量では、既存の２つの年間発生量調査結果から得られた排出係数の平均値を用いた。

$$F = (44/28) \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} (Ai\ Nij\ Eij)/109 \qquad (式１)$$

ここで、F：日本全体の農耕地からの N_2O 発生量（Gg N_2O yr^{-1}）、A：作目別の栽培面積（m^2）、N：作目別の農地への投入窒素量（g N m^{-2}）、E：作目別の投入窒素量に対する N_2O の発生割合（N_2O-N/N）、i：投入窒素の種類（m=2: 化学窒素肥料、有機質資材（有機質肥料、堆肥化資材））、j：作目の種類（n=13: 水稲、麦、馬鈴薯、かんしょ、雑穀、豆類、野菜、果樹、茶、葉たばこ、工芸農作物（桑と工芸作物を含む）、飼料作物）をそれぞれ表す。この計算から、わが国の畑作物栽培からの N_2O 発生量を推定し、その LCI による評価を行った。

３．結果と考察

（１）栽培様式の異なる水田からの CH_4 と N_2O 発生量を、GWP を用いて計算された CO_2 等価発生量で比較した。その結果、耕起移植水田での N_2O 発生量は CH_4 発生量の 2～5%にすぎなかった。一方、耕起直播および不耕起直播圃場では N_2O 発生量が耕起移植水田よりも大きく、それぞれ、7 および 13%に達した。しかし、同時に、CH_4 発生量は少なくなっており、CH_4 と N_2O 発生について、各処理間でトレードオフ関係にあることが示された（図１）。投入した窒素肥料量に対して N_2O として１年間に放出された窒素の割合は、直播栽培圃場で 1.10～2.30%であり、耕起移植栽培圃場では 0.52～0.64%であった。不耕起直播栽培からの N_2O の発生割合は、畑地からの平均的な発生割合よりも多かった。また、直播栽培圃場での N_2O 発生量は、施肥窒素の全量を被覆窒素肥料にすることにより、削減された。

（２）淡色黒ボク土ハクサイを栽培における N_2O 発生量は、収穫までの期間では U-BC、U-B、および CU-B 区で、それぞれ 54.7、41.3、54.0 mg N m^{-2}、収穫後ではそれぞれ 24.4、34.0、32.8 mg N m^{-2} であった。この結果は、溝状局所施肥によって N_2O 発生量を減らすことができる可能性と、尿素肥料の代わりに被覆尿素肥料を使用しても N_2O 発生量を減少させることができないことを示している。また、栽培後期の落葉や収穫物残渣の土壌すき込みにともない、すべての処理区で N_2O フラックスが増加しており、このような作物残渣の土壌への供給が N_2O の大きな発生源になっていることが明らかになった（図２）。

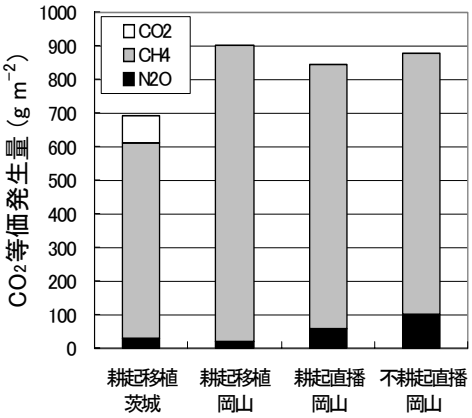


図１．各栽培体系の水田における温室効果ガスの年間発生量に関する評価（岡山では CO_2 は未計測）.

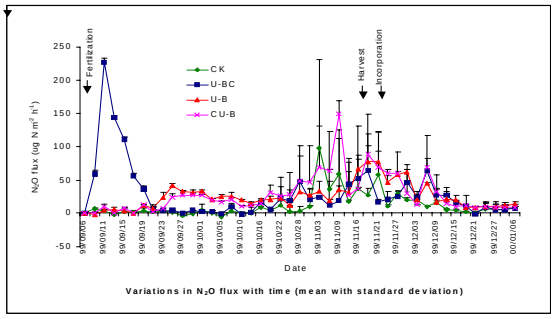


図２．ハクサイ栽培における N_2O 発生の計測結果. 栽培後期の落葉や収穫物残渣の土壌すき込みが N_2O の大きな発生源であることが明らかになった.

（３）稲わらや麦わらの燃焼により発生する N_2O は、CO_2 とのモル比で、0.21～3.30x10^{-3} であった。過去に実施されたわが国の稲わら燃焼や、インドネシアの二次林での燃焼実験と比較したところ、本研究における稲わらの N_2O の発生比率は他の結果の約 10%程度となり、極めて低い値を示した。CO や CH_4 なども、同様に低めの値であることから、燃焼状態の違いによるとも考えられる。しかし、それでも、収穫されたわらを燃焼した場合の単位面積あたりの N_2O 発生量は、0.1～1.8 g N m^{-2} であり、重要な N_2O 発生源であることが明らかになった。一方、ハロゲン化メチルの発生は、敷詰め及び積上型焼却でともに、バックグラウン

表１．わが国の主要作物における化学肥料および有機資材からの亜酸化窒素発生量インベントリー

作物	栽培面積	窒素施肥量		N_2O排出係数	N_2O排出量		
		化学肥料	有機資材		化学肥料	有機資材	合計
	(1,000 ha)	(kg N ha^{-1})			(ton N)		
水稲	1,793	78	32	0.0067	940	386	1,326
野菜	540	213	236	0.0077	887	985	1,873
果樹	295	147	109	0.0069	300	222	522
茶	51	485	437	0.0474	1,177	1,060	2,237
バレイショ	100	127	79	0.0201	255	160	415
豆類	183	31	62	0.0073	41	83	125
飼料作物	1,038	100	100	0.0060	623	623	1,246
かんしょ	46	62	89	0.0073	21	29	50
麦	276	100	57	0.0049	134	76	210
雑穀	36	41	18	0.0073	11	5	15
桑	10	162	0	0.0073	12	0	12
工芸作物	146	229	40	0.0073	244	42	286
たばこ	25	154	114	0.0073	28	21	50
合計	4,539	1,929	1,373		4,673	3,693	8,366

栽培面積は農林水産省統計情報部「耕地および作付け面積統計」，「作物統計」，および「野菜生産出荷統計」を，窒素施肥量については農林水産省統計情報部「農業生産環境調査報告書」により，1998 年の数値を用いた．N_2O 排出係数は日本土壌協会「平成７年度環境保全型土壌管理対策推進事業」での調査結果に既存の文献資料の結果を加えて求めた．実測データのない作物については，N_2O 排出係数として 0.0073 を用いた．また，実測データの不足から，有機資材からの N_2O 排出係数は化学肥料のそれと同じであると仮定した．

ド大気中の 1000 倍以上の高濃度のハロゲン化メチルの発生が確認された。稲わらと麦わらの発生比率を比較すると、ハロゲン化メチル各成分とも、60%以内の相違となり、概ね発生比率は同等であると評価された。一方、アマゾンやアフリカサバンナ等の草地での結果と比較すると、CH_3Cl、CH_3I では、ほぼ同程度の発生比率であったのに対し、CH_3Br のみ 10 倍以上の高い発生比率となった。国内の実験結果がすべて高めの値を示していることから、臭素の含有率が高いのは海洋の影響が強い日本の試料に関連する特徴である可能性も示唆された。

（４）茶園台地下の６カ所における湧水中の溶存 N_2O 濃度は、7.63～60.8 μg N L^{-1} の範囲にあった。これは大気平衡濃度のおよそ 20～170 倍に相当し、きわめて多量の N_2O が農耕地の地下水や湧水中に存在し、潜在的に重要な発生源であることが示された。しかし、地点や採取した水の種類により、これらの濃度は大きく異なった。また、これらのデータにおける溶存 N_2O-N と NO_3-N 濃度との比は、IPCC のデフォルト値（0.015）よりも小さいことを示した。

（５）わが国の主要な作物について、作物別の栽培面積、化学肥料と有機資材投入量、および N_2O 排出係数を整理し、N_2O 発生量を推定した。その結果、平成 10 年における日本の畑地と水田へ投入された化学窒素肥料および有機質資材の年間総量は、それぞれ 535 および 393 Gg N と推定された。また、畑地に投入された化学窒素肥料および有機質資材による N_2O 発生量は、それぞれ 3.87 および 2.78 Gg N yr^{-1}、水田へ投入された化学窒素肥料および有機質資材による N_2O 発生量は、それぞれ 0.88 および 0.36 Gg N yr^{-1} と推定された。これらから、日本全体での農耕地からの N_2O 発生量は、8.37 Gg N yr^{-1}（年間 8,370 トン窒素）と推定された。このうち、施肥量の多い野菜と茶、栽培面積の大きい水稲と飼料作物が重要であることが示された（表１）。

（６）わが国の農耕地からの N_2O 発生量について、IPCC-Good Practice Guidance 手法を用いて、直接排出、家畜生産、間接排出それぞれについて見積もった結果、デフォルト値を用いて計算した作物残渣からの直接排出および窒素溶脱・流出からの間接排出の値は、表１で求められた合成肥料（化学肥料）および畜産廃棄物の施用からの直接排出の値よりも大きかった（表２）。このことから、わが国の畑作物栽培からの亜酸化窒素発生量に関する LCI 評価において、これらの排出量を評価することの重要性が示された。

４．今後の問題点

各種要因による N_2O と CH_4 発生の変動から、

表２．わが国の農耕地からの亜酸化窒素発生量インベントリー計算結果

	排出量 (Gg N_2O)	排出量 (Gg CO_2eq.)	排出量の不確実性 (%)
直接排出			
合成肥料	7.34	2,174	*130*
畜産廃棄物の施用	5.80	1,718	*55*
作物残渣	*20.95*	*6,495*	*396*
有機質土壌の耕起	*2.77*	*859*	*769*
家畜生産	*0.02*	*5*	*116*
間接排出			
大気沈降	*2.52*	*780*	*84*
窒素溶脱・流出	*12.25*	*3,797*	*66*
合計	51.65	15,827	

イタリック体で示した数字は、IPCC-Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventoriesのデフォルト式を用いて計算した値である.

インベントリーには大きな不確実性が残されている。また、N_2O 発生量インベントリーにおいて、有機資材からの排出係数、収穫物残渣のすき込みによる直接発生量、および地下水への溶脱による間接発生量が十分評価できなかった。

これらの問題について、今後、実測データを集積するとともに、モデル等を用いたスケーリングアップを進める必要がある。

５．引用文献

1) IPCC (2001)：Climate change 2001, the scientific basis. Cambridge university press.

2) 鶴田治雄・尾崎保夫 (2000) 農業におけるライフサイクルアセスメント，農業環境研究叢書，第 12 号，p.72-83.

3) 農林水産省統計情報部 (2000) 農業生産環境調査報告書，農林水産統計報告 12-15（地域-1）.

4) 農林水産省統計情報部 (2002) 平成 11 年―耕地および作付面積統計(A).

5) 日本土壌協会編 (1996) 平成 7 年度環境保全型土壌管理対策推進事業・土壌生成温室効果等ガス動態調査報告書（概要編）.

６．研究発表

口頭発表

Tsuruta, H. (2000) An application of the methodology of LCA to Agro-Ecosystems, in Proceedings of The Fourth International Conference on EcoBalance, Tsukuba

中島泰弘・松尾喜義・野中邦宏・鶴田治雄 (2001) 茶園台地下の湧水中の溶存亜酸化窒素のモニタリング，日本土壌肥料学会，高知

須藤重人・米村正一郎・鶴田治雄・川島茂人 (2001) 農作物残さの焼却による大気中微量ガスの発生，日本土壌肥料学会，高知

鶴田治雄・秋山博子・中島泰弘・須藤重人・程　為国・I.P.McTaggart, B.C.Ball, A.Hou, C.Sharma (2001) 施肥土壌からの N_2O と NO の発生制御要因，大気環境学会，北九州

中島泰弘・澤本卓治・松尾喜義・野中邦宏・鶴田治雄 (2002) 台地小流域湧水からの溶存温室効果ガス発生量の推定，日本土壌肥料学会，名古屋

程 為国・鶴田治雄 (2002) ハクサイ残渣を添加した黒ボク土からの N_2O と CO_2 などのガスの放出に及ぼす土壌水分の影響，日本土壌肥料学会，名古屋

Sudo, S., Yonemura, S., Saharjo, B.H., Tsuruta, H., and Murdiyarso, D. (2002) Trace gas emission from biomass burning in Asia. International Seminer on Environmental Chemistry and Toxicology, Bogor

誌上発表

石橋英二・赤井直彦・大家理哉・石井俊雄・鶴田治雄 (2001) 不耕起乾田直播栽培の継続とメタン発生量の関係．土肥誌，72：542-549

Akiyama, H., and Tsuruta, H. (2002) Effect of chemical fertilizer form on N_2O, NO and NO_2 fluxes from Andosol field. Nutr. Cycle Agroecosys., 63: 216-230

Cheng, W., Nakajima, Y., Sudo, S., Akiyama, H., and Tsuruta, H. (2002) N_2O and NO emissions from Chinese cabbage field as influenced by band application of urea or controlled-release urea fertilizers. Nutr. Cycle Agroecosys., 63: 231-238

八木一行 (2003) 土壌生態系からの微量ガス発生と大気環境．土壌の物理性，印刷中

（八木一行）

（２） 肥料などの土壌への利用から見たLCA評価の検討

担当：農業環境技術研究所・化学環境部・養分動態ユニット

要　約：農業生産を窒素肥料の利用面から LCA 評価を行うために、必要なプロセスと評価指標を定め、関東地方の主な野菜作に関して環境影響の評価を行った。県による化学肥料と堆肥の施用量は大きくばらつき、十分に省投入で環境影響が低いと考えられる場合もあった一方で、耕種基準より多くの肥料が与えられている例があった。化学肥料の省投入は環境影響を低減するために有効であったが、堆肥を併用した手法の開発が必要であると考えられた。

1. 緒言

肥料成分の面から見た農業生産の LCA とその環境側面は、化学肥料などの資材の投入と作物生産による肥料成分の回収が一つのライフサイクルであり、農地で未回収となる肥料成分は環境負荷のポテンシャルとして環境側面の指標になりうると考えられる。本研究では、畑作物に関する各種作物の養分利用のインベントリを積み上げ法で考えた場合の各種プロセスを考え、フレームワークを作成し､いくつかの野菜に関して試算を行った。次に、各プロセスに関して有用なもの・省略できるものを挙げて簡略化し、関東地方での代表的な畑作物に関して環境負荷のポテンシャル推定を行った。最後に各県で行われている環境保全型施肥を行った場合の環境負荷のポテンシャルを推計し評価を行った。評価は肥料成分においてもっとも環境負荷になりやすい窒素に関して行った。

2. 方法

(1)インベントリの構築

各種畑作物に関して、既存の文献やライシメーター試験などから得られた窒素収支データを集めることにより、畑作物生産に関する窒素収支のインベントリを構築する。その中で窒素成分流出のポテンシャルとなる要素を挙げ、簡易にデータを収集比較できる形にする。

(2)作物による環境負荷のポテンシャルの比較

関東地方の主な畑作物として茨城県・栃木県・群馬県・埼玉県・千葉県を対象にキャベツ・ハクサイ・ニンジン・ダイコンを取り上げ、これら作物への窒素量で見た化学肥料と堆肥の施用量、窒素量で見た収穫量を求め、施用量から収穫量を引いた農地で過剰となる窒素量と施用した窒素量に対する収穫量の割合(吸収率)を求めた。

化学肥料と堆肥の施用量は 1997 年生産分に関して農林水産省統計情報部地域環境保全班が行った農家生産環境調査の結果を用いた。収穫量は第 74 次農林水産省統計から求め、これに尾和 [3]によって求められた収穫物中の窒素含有率をかけて作物収穫量を窒素量に変換した。

評価は、農地に過剰する窒素量と窒素吸収率を対象に行った。

(3)省投入農業による環境負荷ポテンシャルの低減効果の評価

ダイコン・ニンジン・キャベツ・トマト・ハクサイを対象作物として、茨城県 [2]・千葉県 [1]において開発された化学肥料の省投入農業を行った場合の農地で過剰となる窒素量と慣行または耕種基準に準じた窒素施肥が行われた場合の農地で過剰となる窒素量を比較した。慣行の施肥量は(2)で使用した農家生産環境調査または文献中の対象区から求めた。窒素量で見た収穫量は第 74 次農林水産省統計または文献値に尾和 [3]の窒素含有率をかけて求めた。第 74 次農林水産省統計を用いた場合、(2)では年平均の反収を用いたが、ここでは必要に応じて引用文献にある作期に合わせた反収を用いたため、同じ県の同じ作物であっても窒素量で見た収穫量が異なる場合がある。評価指標は(2)同様農地で過剰となる窒素量と農地に過剰する窒素が土壌浸透水中に全量溶け出した場合の窒素濃度(仮想浸透水濃度)とした。土壌浸透水量は各都道府県の県境所在地またはその付近の平均気温から Thornthwaite の式で求めた可能蒸発散量を算出し、これを同地点の降水量から差し引いて求めた。

3. 結果と考察

(1)インベントリの構築

表1-1各種作物の窒素収支のプロセス

	ﾈｷﾞｰｷｬﾍﾞﾂ		ﾀﾞｲｺﾝｰﾆﾝｼﾞﾝ	
	2年4作			
	ﾈｷﾞ	ｷｬﾍﾞﾂ	ﾀﾞｲｺﾝ	ﾆﾝｼﾞﾝ
投入量	46.1		37.0	
化学肥料	23.5	19.6	12.0	25.0
有機物				
(種類)				
降水	3.0			
持ち出し量	35.9		18.2	
収穫	18.1	17.8	8.8	9.4
農地過剰	10.2		18.8	
	5.4	1.8	3.2	15.6
流出	12.1		9.0	
土壌中変化	-1.6		9.8	

(kgN 10a $^{-1}$ 年$^{-1}$)

表1-2各種作物の窒素収支のプロセス

	ﾗｲﾑｷﾞｰﾃﾞﾝﾄｺｰﾝ	
	8年16作	
	ﾗｲﾑｷﾞ	ﾃﾞﾝﾄｺｰﾝ
投入量	81.0	
化学肥料	22.5	40.5
有機物		18.0
(種類)		(牛糞)
降水		
持ち出し量	58.8	
収穫	29.0	29.8
農地過剰	22.2	
	-6.5	10.7
流出	3.2	
土壌中変化	1.0	

(kgN 10a $^{-1}$ 年$^{-1}$)

畑作に伴う硝酸態窒素等の環境負荷量を推計する基礎として、関東地方における畑作物栽培下での窒素収支データを収集した。表１-1,1-2 に例として、関東東海農業試験研究推進会議土壌肥料検討会資料（平成６年度）[5] から、同一作目で数年間のデータがあるものを示した。プロセスとしては、農地への化学肥料と有機物の投入、農作物による持ち出し、投入量と持ち出しの差である農地過剰、農地からの流出、農地土壌中のＮの変化といったことが挙げられた。栽培作物の種類による窒素収支の特徴を要約すると、

・ 葉菜類についてはネギーキャベツ栽培の場合を示した。一作当たりの施肥による窒素投入量はそれぞれ 23.5kgN 10a^{-1}、19.6kgN 10a^{-1}、作物収穫による窒素持ち出し量は 18.1kgN 10a^{-1}、17.8kgN10a^{-1} で、投入量量が持ち出し量を上回った。また、圃場からの窒素流出量は 12.1kgN 10a^{-1} 年$^{-1}$ とライシメーターで観測されている。

・根菜類についてはダイコンーニンジン栽培の例を表１-1 に示した。夏作ダイコンでは窒素投入量―持ち出し量が 3..2kgN 10a^{-1} と余剰の窒素量が小さいが、ニンジンでは余剰の窒素量が 15..6kgN 10a^{-1} と大きい。また年間を通しての窒素流出量は 9.0kgN 10a^{-1} 年$^{-1}$ の観測値がモデル圃場で得られている。

・飼料作物栽培では、ライムギーデントコーン栽培の場合を示した。有機物施用をしない場合は収穫に伴う持ち出し量が投入量を上回って土壌窒素が減少するため、生産を維持するためには、適度な有機物施用が必要と考えられる。

このように、圃場から流出する窒素量については、ライシメーター試験の結果得られたものが多く、作目ごとのデータは未だ少ない。しかし、投入量－持ち出し量　で示される余剰窒素量と流出窒素量は比例関係が認められるので、余剰窒素量、環境負荷のポテンシャルを示す指標として利用できると考えられた。

以上の結果から、今後は化学肥料と堆肥の投入量とおよび収穫に伴う窒素持ち出し量から求められる、農地過剰窒素量に関して検討を進めることとした。

(2)現状の畑作物生産における窒素収支

各県における各種作物ノ関する窒素収支の結果と収穫量を投入量で割った吸収率を表 2.に示す。作物ごとの化学肥料と堆肥の施用は県間のばらつきが大きい事から χ^2 乗検定にかけたところ、ハクサイの化学肥料と堆肥の施用に関して有意差が認められたが、他では認められなかった。投入に関しては葉菜類のキャベツとハクサイと根菜類のニンジンとダイコンの間で有意差はなかったが、生産量は葉菜類のほうが多かった。しかし、葉菜類と根菜類の間で農地過剰に有意差はなかった。収穫量のばらつきよりも投入量のばらつきが有意に大きいため(F 検定)、農地過剰が大きくばらつき、有意差が見られなかったことが考えられた。各県間のばらつきが大きいことから、葉菜類のハクサイとキャベツの間、根菜類のニンジンとダイコンの間での農地過剰の有意差は見られなかった。葉菜類と根菜類での農地過剰には有意差がなかった。吸収率を見ると、葉菜類のハクサイとキャベツの間では有意差はなかったが根菜類のニンジン

はダイコンよりも有意に窒素吸収率が低かった。原因としては有意差はないが投入量が少ないことが挙げられた。葉菜類と根菜類として両者の吸収率を比較した場合、吸収率には有意差はなかった。

農地過剰と吸収率を指標としたが作目・作物間の違いは概ね認められなかった。県間のばらつきとともに、いずれも同等の栽培期間を要する作物であり、生産成長中に収穫する作物であることから、窒素要求特性が似ている事も影響していると考えられた。

表2. 各県の野菜作に関する養分収支

キャベツ	茨城	栃木	群馬	埼玉	千葉
投入量	90.7	25.5	32.5	47.9	64.8
化学肥料	60.4	13.6	24.3	21.3	34.6
堆肥	30.3	12.0	8.2	26.5	30.2
収穫量	11.2	7.0	14.2	9.1	11.1
農地過剰	79.5	18.5	18.3	38.8	53.7
吸収率	12.4%	27.3%	43.8%	18.9%	17.2%
ハクサイ	茨城	栃木	群馬	埼玉	千葉
投入量	20.1	28.2	36.4	88.9	17.3
化学肥料	16.1	14.7	27.9	64.0	12.2
堆肥	4.0	13.5	8.5	24.9	5.1
収穫量	10.1	6.6	6.1	5.8	6.9
農地過剰	10.0	21.6	30.3	83.1	10.4
吸収率	50.2%	23.5%	16.8%	6.5%	40.0%
ニンジン	茨城	栃木	群馬	埼玉	千葉
投入量	11.6	117.2	-	21.2	60.3
化学肥料	11.2	9.4	-	19.7	14.4
堆肥	0.4	107.7	-	1.6	45.9
収穫量	4.7	4.0	-	4.6	5.3
農地過剰	6.9	113.2		16.6	55.0
吸収率	40.3%	3.4%	-	21.6%	8.8%
ダイコン	茨城	栃木	群馬	埼玉	千葉
投入量	7.8	17.6	14.9	6.0	16.5
化学肥料	6.1	10.4	13.3	6.0	13.7
堆肥	1.7	7.2	1.6	0.0	2.8
収穫量	4.7	4.5	4.1	3.8	5.4
農地過剰	3.1	13.1	10.9	2.2	11.1
吸収率	60.0%	25.7%	27.2%	62.9%	32.7%
					(kgN 10a $^{-1}$)

(3)省投入農業による農地過剰の低減効果と有効性

茨城県のキャベツ・ハクサイ・ダイコン [2]、千葉県のキャベツ・ニンジン [1]に関して耕種基準と緩効性肥料の利用などによる省投入農業技術を導入した場合の施肥の収支結果を表 3 に示す。仮想浸透水濃度(mg L^{-1})は、農地残存(kg 10a^{-1})を土壌浸透水(mm = 1000L 10a^{-1})で除して 1000 を乗じて求めた。仮想浸透水濃度は水道水の環境基準を鑑みて 10mgN L^{-1} を基準として評価することとした。慣行の施肥を見ると仮想浸透水濃度はいずれの県の作物に関しても 10mgN L^{-1} を上まわっていた。一方で省投入時には茨城県のキャベツを除き 10mgN L^{-1} を下まわっていた。このことは、耕種基準に準じた化学肥料の施用を行った場合には作付を行った場合には水道水の環境基準を上ま

表3. 耕種基準と省投入技術導入時の収支

キャベツ(秋冬)			
茨城県	耕種基準	堆肥施用	省投入
投入量*	25.0	50.0	18.0
化学肥料	25.0	25.0	18.0
堆肥		25.0	
収穫量*	9.1	9.9	9.0
農地残存*	15.9	40.1	9.0
仮想浸透水濃度**	24.6	62.3	13.9
キャベツ(秋冬)			
千葉	耕種基準	省投入	
投入量*	23.2	15.3	
化学肥料	23.2	15.3	
堆肥	-		
収穫量*	9.2	7.3	
農地残存*	14.0	8.0	
仮想浸透水濃度**	16.7	9.6	
ハクサイ(冬)			
茨城県	耕種基準	省投入	
投入量*	30.0	20.0	
化学肥料	30.0	20.0	
堆肥	-		
収穫量*	15.6	14.9	
農地残存*	14.4	5.1	
仮想浸透水濃度**	22.3	7.9	
ニンジン(春夏)			
千葉県	耕種基準	省投入	
投入量*	20.0	6.0	
化学肥料	20.0	6.0	
堆肥	-		
収穫量*	7.3	5.4	
農地残存*	12.7	0.6	
仮想浸透水濃度**	15.2	0.7	
ダイコン(春夏)			
茨城県	耕種基準	堆肥施用	省投入
投入量*	12.0	37.0	9.0
化学肥料	12.0	12.0	9.0
堆肥		25.0	
収穫量*	5.4	5.6	5.3
農地残存*	6.6	31.4	3.7
仮想浸透水濃度**	10.3	48.8	5.8
	(*:kgN 10a $^{-1}$ **:mgN L $^{-1}$)		

わる窒素濃度の地下水の発生するポテンシャルはあるが、省投入を行うことでポテンシャルを回避できることを示すと考えられた。しかしいずれの省投入の場合も堆肥の施用を伴ったものではなかった。耕種基準においても堆肥の施用は単純に化学肥料の施用量に上乗せされているだけであることから、堆肥を併用した省投入の技術開発が必要であると考えられた。

(4)農家生産環境調査の結果と耕種基準・省投入との比較

表３では、4 種の野菜類に関して化学肥料と堆肥の施用量は、県・作物によっては既に省投入並に施肥量が低減している場合が見られた。仮想浸透水濃度から見るとこのような肥培管理がなされているならば窒素による地下水の汚染への寄与は低いと考えられた。しかし一方で耕種基準以上の施肥が行われている場合があり、そのような作物生産は環境基準を超過するポテンシャルの面から化学肥料または堆肥の施用削減を行う必要があると考えられた。

4. 引用文献

1)千葉県(2000)平成 11 年度第 II 期環境保全型農林業技術開発試験成績書、p142.千葉県

2)小川吉雄・酒井一(1986)畑地からの窒素の流出制御-環境保全・省資源的施肥への提言-農業及び園芸 61-1,15-20

3)尾和(1996)平成 8 年度関東東海農業環境調和型農業生産における土壌管理技術に関する第 6 回研究会養分の効率的利用技術のための新たな動向、p.1-15.農業研究センター

4)Yatazawa(1978)Cycling of mineral nutrients in agricultural ecosystems p.167-179 、Elsevier Scientific Pub. Co.

5) 平成６年度関東東海農業試験研究推進会議土壌肥料検討会資料，農業研究センター，平成７年２月.

5. 成果

口頭発表

1)三島慎一郎（2001）日本における窒素利用に伴う環境リスクと地域における改善案. 日本土壌肥料学会講演要旨集第 47 集,217

2)三島慎一郎(2001) 宮崎県における窒素フローと県内優良事例に関する考察. システム農学第 17 巻別号 2,65-66

3)Shin-ichiro Mishima, Sunao Itahashi, Ryosuke Kimura, Tsunehisa Inoue (2002) Phosphate fertilizer use and phosphate flow on agricultural production in Japan. Proceedings Fifth International Conference on EcoBalance. 791-794

誌上発表

1)S.Mishima (2001) Quantitative evaluation of environmental risk associated with nitrogen flow in agricultural production and mitigation plan for 2 typical prefectures in Japan. Soil Sci. Plant Nutri., 47 (3), 511-518

2)S.Mishima (2001) Phosphate use in Japan. Ecosystems and Sustainable Development III, Ed. Y. Villacampa, C.A. Brebbia and J-L. Uso, 669-675, WIT Press

3)三島慎一郎（2001）地域レベルの有機性資源フローと農地還元, 圃場と土壌, 33, 17-22

4)Shin-ichiro Mishima, Sunao Itahashi, Ryosuke Kimra, Tsunehisa Inoue (2002) Trends of phospate fertilizer demand and phosphate balance in farmland soils in Japan. Soil Science and Plant Nutrition 49, 39-45

5)Shin-ichiro Mishima (2002) The recent trend of agricultural nitrogen flow in Japan and improvement plan. Nutrient Cycling in Agroecosystem 63, p151-163

（三島慎一郎・板橋直・井上恒久）

（３）　土壌からの流出成分等からみたLCA評価の検討

担当：農業環境技術研究所・化学環境部・栄養塩類グループ・水動態ユニット

要　約：畑からのリンの溶出量が砂質土で少し高く出る傾向があるもののおおかたの土壌では無視できるほどの値であった。圃場の窒素収支から推定した硝酸態窒素濃度は実測値と比べて約２倍の値となった。したがって、回帰より求めた0.49を補正係数として利用する簡便法を提案した。

１．背景と目的

リンは土壌中で沈殿反応を生じやすく、多くの土壌では溶脱は問題ないほど少ないと考えられている。しかし、最近は高精度分析により測定可能となった。そこで、リンの土壌浸透水による排出量に関する既存のデータ収集と浸透水の実測値からリンの排出量を推定する。

窒素は、畑から硝酸態窒素として溶脱し、硝酸態窒素濃度が地下水汚染と関わり、環境基準は 10ppm である。圃場の窒素収支と浸透水量から浸透水の硝酸態窒素濃度を推定する手法は、窒素の有機化、無機化、アンモニア揮散、脱窒等の値を省略すると、推定値に大きな誤差を生じる場合がある。そこで、これらの項目を省略した窒素収支からの推定値と窒素溶脱量の実測値との関係を解明し、溶脱窒素濃度を窒素収支から評価する手法を開発し、畑からの窒素とリンの溶出からみたLCA評価を検討する。

２．研究方法

浸透水または暗渠排水を採取した。採取地点および採取水は、農業環境技術研究所構内のライシメータ畑（黒ボク土および砂質土）、ライシメータ水田（灰色低地土）の浸透水、愛知県農試豊橋研究センター構内の茶園（黄色土）の暗渠排水であった。採取後、全リン、無機リン濃度を測定した。

ライシメータ畑や畑圃場における窒素またはリンの溶脱量を計測した日本の文献を集めた。リンは排出量を整理した。窒素は、圃場の収支から推定した硝酸態窒素濃度(a)から圃場での実測値(b)への換算係数(k)（注：k=b/a）は原点を通る１次回帰式から求めた。

３．結果と考察

a)リンの排出量の推定

ライシメータ畑の浸透水の全リン濃度に黒ボク土と砂質土で違いは小さく、約0.01mgP/Lで、うち86%が無機リンであった。一方、ライシメータ枠の縁に沿って溶出した全リン濃度は砂質土で0.119mgP/Lと高かった。ライシメータ施設はまだ新しく、表層に肥料として施用されたリンがまだ表層にとどまっているものと考えられた。したがって、縁を通った浸透水のリン濃度が高くなったと考えられる。ライシメータ水田の浸透水の全リン濃度は0.021mgP/Lで、うち80%が無機リンであった。茶園の浸透水の全リン濃度は0.2～0.7mgP/Lで、うち80%が無機リンであった。すなわち、今回測定した試料の無機リンの割合は土地利用や土壌による違いが無く80%であり、浸透水の多くは無機リンであった。

表３には畑から溶出するリンに関する文献を示した。畑からのリンの溶出量は土壌により違い、黒ボク土と黒ボク土以外に大きく２つに分けられた。溶出量は黒ボク土で0.04kgP/ha、黒ボク土以外で1.1～2.1kgP/haとなった。沖積土、第三紀、砂質土で高い例が見られた。溶脱以外のリンの流出として傾斜畑では表面流去(3.6kgP/ha)の測定例があり、全体の 96%が表面流去であった。集水域レベルでの文献調査では黒ボク土（５例）の畑からの年間溶出量は 0.0～0.6kgP/ha で平均は0.18kgP/haであった。黒ボク土以外（７例）の平均は0.7kgP/haとなった。以上をまとめるとリンの浸透による排出量は LCA の収支からみて無視できるほど少ない値であった。

b)圃場の収支から推定した硝酸態窒素濃度から圃場での実測値への換算係数

換算係数の値はかなり分散し、１以上の区

表１　ライシメータ畑、水田から溶出したリンの平均濃度

地目 土壌	採水場所					
	中央			へり		
	TP mgP/L	IP mgP/L	IP/TP %	TP mgP/L	IP mgP/L	IP/TP %
畑　黒ボク土	0.010	0.009	83	0.008	0.005	61
畑　砂質土	0.011	0.010	89	0.165	0.119	72
水田 灰色低地土	0.021	0.016	80	0.019	0.022	115

もあった。換算係数は、普通畑有機物無施用（化学肥料）、普通畑有機物施用、永年畑有機物無施用（化学肥料）、永年畑有機物施用でそれぞれ 0.49, 0.70, 0.28, 0.52 となり、永年畑で低く、有機物施用区で高い傾向を示した。永年畑で低かった原因の１つとして、永年作物では収穫後も作物が残存し、この作物残存量が作物吸収量に入っていないためと考えられる。一般に、有機物中の窒素は脱窒やアンモニア揮散を受けやすく、その分、溶出分が少なくなる結果、換算係数が低くなると推測される。しかし、文献値は逆の傾向を示した。また、ここでは、試験期間が１年以上を回帰式の対象にしたために、土壌の有機化や無機化による攪乱要因が大きくなった可能性がある。従って、換算係数は普通畑、永年畑、有機物施用の区別をせずに全データからの回帰により求めた値である 0.49 を推奨する。

４．今後の問題点

主な有機物や多くの作物の窒素含有率の平均値がわかっているので、施肥量と作物収量から圃場での窒素収支が計算できる。この計算値を浸透水量で割り、ここで求めた係数を掛ければ、大まかな硝酸態窒素濃度が推定可能となる。ただし、浸透水量を推定する必要がある。浸透水量は圃場における降水量と作物の蒸発散量の差から推定可能である。この点が、今後の問題として残された。

表２　畑からのリンの溶脱量（kgP/ha）の文献値

県	土壌	作物	施肥量	溶脱量
愛知	沖積	ｷｬﾍﾞﾂ/ﾊｸｻｲ	262	18.6
愛知	洪積	ｷｬﾍﾞﾂ/ﾊｸｻｲ	262	1.9
愛知	第三紀	ｷｬﾍﾞﾂ/ﾊｸｻｲ	262	5.2
愛知	第三紀	ｷｬﾍﾞﾂ/ﾊｸｻｲ	262	2.3
香川	褐色森林土	ﾄｰﾙﾌｪｽｸ	51	0.0
香川	褐色森林土	ﾄｰﾙﾌｪｽｸ	73	0.0
香川	褐色森林土	ﾊﾞｰﾐｭﾀﾞｸﾞﾗ	40	0.0
香川	褐色森林土	茶	51	0.0
香川	褐色森林土	みかん	51	0.0
福井	褐色森林土	ﾄｳﾓﾛｺｼ/ﾀﾞｲ	306	3.0
福井	褐色森林土	ﾄｳﾓﾛｺｼ/ﾀﾞｲ	568	3.0
福井	褐色森林土	ﾄｳﾓﾛｺｼ/ﾀﾞｲ	306	3.0
福井	褐色森林土	ﾄｳﾓﾛｺｼ/ﾀﾞｲ	314	3.0
島根	マサ土	ﾄｳﾓﾛｺｼ/ﾊｸｻ	389	0.2
島根	マサ土	ﾄｳﾓﾛｺｼ/ﾊｸｻ	256	0.2
島根	マサ土	ﾄｳﾓﾛｺｼ/ﾊｸｻ	430	0.2
島根	マサ土	ﾄｳﾓﾛｺｼ/ﾊｸｻ	424	0.1
千葉	砂質土	ﾎｳﾚﾝｿｳ		0.6
千葉	砂質土	ﾎｳﾚﾝｿｳ		0.1
静岡	砂土	ｺﾏﾂﾅ	131	2.8
静岡	砂土	ｺﾏﾂﾅ	87	0.8
静岡	砂土	ｺﾏﾂﾅ	44	0.1
群馬	黒ﾎﾞｸ土	＊	87	0.0
群馬	黒ﾎﾞｸ土	＊	383	0.0
群馬	黒ﾎﾞｸ土	＊	828	0.0
群馬	黒ﾎﾞｸ土	＊	1568	0.0
大分	黒ﾎﾞｸ土	ﾄｳﾓﾛｺｼ/ﾊｸｻ	192	0.3
大分	黒ﾎﾞｸ土	飼料作	48	0.0
大分	黒ﾎﾞｸ土	普通作	52	0.0
大分	黒ﾎﾞｸ土	野菜	52	0.0
大分	黒ﾎﾞｸ土	野菜	52	0.0
大分	黒ﾎﾞｸ土	野菜	256	0.1
大分	黒ﾎﾞｸ土	野菜	253	0.1
大分	黒ﾎﾞｸ土	野菜	242	0.1
大分	黒ﾎﾞｸ土	野菜	332	0.1
大分	黒ﾎﾞｸ土	野菜	192	0.1
大分	黒ﾎﾞｸ土	野菜	256	0.1
大分	黒ﾎﾞｸ土	野菜	253	0.1
大分	黒ﾎﾞｸ土	野菜	242	0.1
大分	黒ﾎﾞｸ土	野菜	332	0.1
神奈川	黒ﾎﾞｸ土	茶	102	0.0
神奈川	黒ﾎﾞｸ土	茶	102	0.0
神奈川	黒ﾎﾞｸ土	茶	102	0.0
神奈川	黒ﾎﾞｸ土	茶	102	0.0
神奈川	黒ﾎﾞｸ土	茶	102	0.0
鹿児島	黒ﾎﾞｸ土	ｶﾝｼｮ/ｺﾑｷﾞ	70	0.0
鹿児島	黒ﾎﾞｸ土	ｶﾝｼｮ/ｺﾑｷﾞ	70	0.0
鹿児島	黒ﾎﾞｸ土	ｶﾝｼｮ/ｺﾑｷﾞ	70	0.0
鹿児島	黒ﾎﾞｸ土	ｶﾝｼｮ/ｺﾑｷﾞ	70	0.0
鹿児島	黒ﾎﾞｸ土	＊＊	93	0.0
鹿児島	黒ﾎﾞｸ土	＊＊	93	0.0

注）＊:　デントコーン/ホウレンソウ

＊＊:　陸稲/ｺﾑｷﾞ/ｶﾝｼｮ/ｴﾝﾊﾞｸ/ﾛｰｽﾞｸﾞﾗｽ

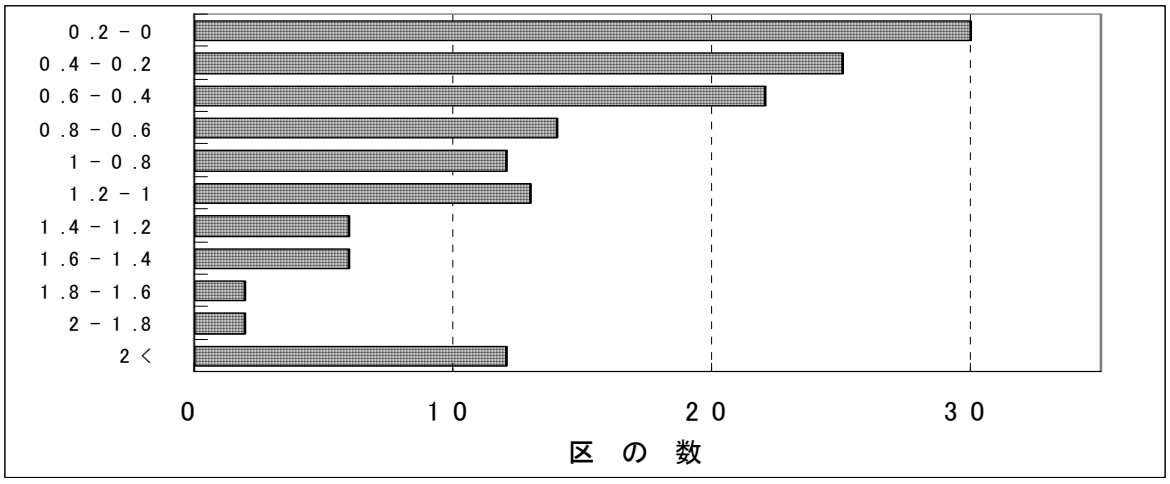


図１　浸透水の硝酸濃度の実　　測値／推定値の布

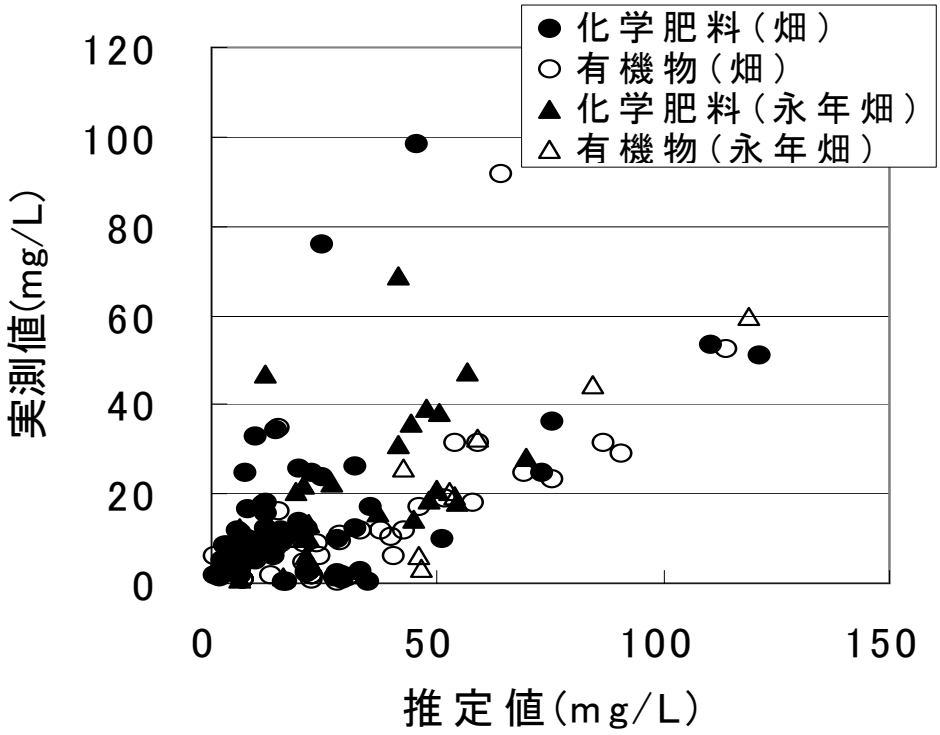


図2　窒素収支から推定した浸透水の硝酸態窒素濃度と実測値との関係

表３　文献一覧

1)赤江剛夫、土壌物理性 69:3-10 (1994)
2)福島忠雄・河村宣親，農土論集 142 : 75-82 (1989)
3)藤島哲男ら，土肥誌 43 : 333-338 (1972)
4)船引真吾ら、土肥誌 34 : 125-130 (1963)
5)花野義雄ら、土肥誌 67 : 194-197 (1996)
6)長谷川清善ら、滋賀農試研報 26 : 16-23 (1985)
7)長谷川清善、ペドロジスト 42:138-143 (1998)
8)長谷川清善、滋賀農試特別研報 17: 1-164 (1992)
9)Y. Hayashi and R. Hatano, Soil Sci. Plant Nutr., 45 451-459 (1999)
10)平井高一ら，福井農試報告 30: 37-60 (1993)

表３　文献一覧　（つづき）

11) 平田健正ら，　公害研報告 94: 105-117 (1986)
12) 平山力・酒井一、茨城農試研報 25:133-146 (1985)
13) 井田明ら、四国農試報告 49 : 35-49 (1987)
14) 井戸豊ら，愛知農試研報 17 : 312-319 (1985)
15) 稲部善博・中田久雄，石川砂丘農試報告 1 : 1-28 (1976)
16) 神野雄一・本名俊正．日本砂丘学会誌 46 : 27-36　(1999)
17) 神野雄一・本名俊正，土肥誌 70 : 297-305 (1999)
18) 神野雄一，鳥取園試特別研報 6 : 1-77 (2000)
19) 金木亮一ら、農土論集 201:369-375 (1999)
20) 金木亮一，農土誌 68:1283-1286 (2000)
21) 金子文宜・山本幸洋，土肥誌 70 : 190-193 (1999)
22) 金子文宣・山本幸洋，農土誌 67: 611-615 (1999)
23) 木村進ら，静岡農試研報 27 : 67-73 (1982)
24) 北嶋敏和，岐阜農研研報　4 : 1-35 (1991)
25) 小林正幸ら，滋賀農試研報 22:72-79 (1980)
26) 甲木哲哉ら、熊本農研研報　4 : 86-95 (1995)
27) 國松孝男，環境技術 14:114-119 (1985)
28) 國松孝男，環境技術 14:195-202 (1985)
29) 松丸恒夫 土肥誌 68 : 423-429 (1997)
30) 松丸恒夫 土肥誌 68 : 430-434 (1997)
31) 松下研二郎ら，土肥誌 40 : 337-343 (1969)
32) 松下研二郎ら，土肥誌 40 : 337-343 (1969)
33) 成松克彦ら，農土論集 198 : 23-29 (1998)
34) 野地良久・高田勝重、大分農セ研報 14 : 87-95 (1984)
35) 野中昌法・加村崇雄、土肥誌 66 : 372-380 (1995)
36) 小川吉雄ら、茨城農試特別研報 4: 1-71 (1979)
37) 小川吉雄・陽捷行，農環研資源・生態管理科研究　集録 5 : 98-119 (1989)
38) 大嶋秀雄ら、九州農試報告 26 : 283-310 (1990)
39) 小山田勉ら，茨城農試研報 26 : 159-175 (1986)
40) 小山田勉・平山力，茨城農試研報 30: 89-101 (1990)
41) 桜井善雄，農土誌 43 : 518-524 (1975)
42) 佐藤一郎，鳥取大砂丘研報 6 : 1-14 (1965)
43) 芝野和夫・大野芳和、野茶試研報 A 2 : 201-208 (1988)
44) 嶋田永生ら，愛知農試研報 B 2 : 24-30 (1970)
45) 園田敬太郎ら、滋賀農試研報 38:57-65 (1997)
46) 末信真二ら、福岡農試研報 15 : 114-117 (1996)
47) 須永文雄ら，群馬農試報告 19 : 59-66 (1979)
48) 田島英男ら、愛知農試研報 A 10:150-159 (1978)
49) 中橋富久ら、滋賀農試研報　34:1-9 (1993)
50) 高村義親ら，土肥誌 48 : 431-436 (1977)
51) 高村義親ら、土肥誌 50:211-216 (1979)
52) 高村義親ら，土肥誌 47 : 398-405 (1976)
53) 武田育郎、島根大農研報 25: 99-102 (1991)
54) 武田育郎ら、農土論集 153: 73-78 (1991)
55) 武田育郎ら、農土論集 153:63-72 (1991)
56) 武田育郎，農土誌 68: 221-226 (2000)
57) I.TAKEDA et. al., Wat. Res., 31: 2685-2692 (1997)
58) 冨樫政博・山崎紀子、土肥誌 71 : 888-892 (2000)
59) 十河稔・尾崎元扶、四国農試報告 16 : 35-68 (1967)
60) 徳留昭一ら，四国農試報告 41 : 64-83 (1983)
61) 宇土顕彦ら，水環境学会誌 23:298-304 (2000)
62) 渡部尚久，神奈川園試研報 34 : 57-67 (1987)
63) 渡部尚久，神奈川園試研報 33: 54-64 (1986)
64) 渡部尚久，神奈川園試研報 35 : 22-32 (1988)
65) 渡辺毅ら，福井園試報告 7 : 31-41 (1990)
66) 山崎隆生，広島果樹試研報 12 : 39-46 (1987)
67) 山崎隆生，広島果樹試研報 7 : 9-17 (1981)
68) 山崎清功ら，四国農試報告 45 : 93-145 (1985)
69) 矢野文夫ら，長崎農試研報 12 : 19-58 (1984)
70) 安田道夫ら，果樹試報告 A 15 : 59-67 (1988)
71) 吉浦昭二ら，大分農セ研報 16 : 43-63 (1986)

---

5. 引用文献

6. 研究発表

口頭発表

1) 関口哲生・木下忠孝・井上恒久：黄色土茶園圃場の暗渠排水中のリンの挙動、日本土壌肥料学会（2001）

（神田健一・関口哲生）

３．LCAの総合評価に基づく新農業生産システムの確立

（１）稲作におけるＬＣＡ評価に基づく農業生産システムの確立

担当：中央農業総合研究センター・作業技術研究部・作業労働システム研究室

要　約：「積み上げ法」によるＬＣＡ評価精度向上のためコンバインの収穫作業時の燃費データを収集し解析を行った。また、作業時の排ガス連続測定法について検討を行い、20分測定、 10分リフレッシュを繰り返すことで連続測定できることを明らかにした。弾丸暗渠施工、耕うん、砕土、代かき、収穫の各作業時の排ガスデータを実測した結果、同じ作業でも作業条件や作業機により大きく値が異なることが明らかになった。燃料消費データからＬＣＡ評価を行うＬＣＡ簡易計算ソフト（Web 版とスタンドアローン版）を作成した。Web 版はインターネットで公開している。

１．背景と目的

地球温暖化防止、環境保全の観点から化石エネルギー使用の節減と新エネルギー等の有効利用がこれまで以上に強く求められている。このためには省エネルギー農業生産システムの開発が重要である。そこで、新農業生産システムの導入効果の確認を行うため、ＬＣＡ手法に基づく「積み上げ法」を用いて稲作における作業工程別の各種環境負荷物質の推計を行う。また、推計精度の向上を図るため作業時の燃費データ等の収集によりエネルギー消費量データベースの拡充を行うと共に現場で活用できる簡易型ＬＣＡ評価システムを作成する。

２．研究方法

(1) 水稲生産における新技術導入時の作業工程別のインベントリー表を作成し、ＬＣＡ手法により負荷物質低減効果等を推定する。

(2) 水稲に関わるエネルギー消費量データベースを拡充するため、現地調査や、資料等によりデータを追加する。また、生研機構が行っているコンバインの型式検査成績書の能率試験時燃料消費データから水稲収穫作業時の環境影響評価を行う。

(3) 農業機械作業による温室効果ガスの排出量を実測するため作業時の農業機械の排ガスデータ収集法について検討を行う。

(4) ＬＣＡ簡易計算プログラム

Web上で利用できるＬＣＡの簡易計算プログラムと、ボタン操作等で各種作目、地域、作業機の大きさ等を選択することにより簡単に環境負荷物質の排出量が推定できるプログラム（スタンドアローン版）を試作した（図５）。

３．結果と考察

(1)平成 10 ～ 11 年度に実施した水稲移植栽培（試算Ｉ）における電力・燃料消費量から試算した乾燥・調整作業を除く大気負荷は CO2 で 37kg/10a 程度と推定されたが、耕起作業にエネルギー消費の少ない機械を用い、代かき・移植作業を同時工程とし、虫害防除にＲＣヘリを用いた結果（試算Ⅱ）、CO2 は 28kg/10a に低減できることが試算された（表１）。

表１　水稲移植栽培の燃料等による環境負荷

試算	試算Ｉ		試算Ⅱ	
作業	電力・燃料	使用機械	電力・燃料	使用機械
秋起し	軽1.56L	ﾄﾗｸﾀ70PS+ﾛｰﾀﾘ2m	同左	
育苗播種	電1kWh 電9kWh	播種ﾌﾟﾗﾝﾄ 催芽機	同左	
耕起	軽3.57L	ﾄﾗｸﾀ70PS+ﾛｰﾀﾘ2m	軽2.42L	ﾄﾗｸﾀ70PS+駆動ﾃﾞｨｽｸ8連
土改材散布	軽0.13L ガ0.16L	ﾄﾗｸﾀ70PS+ﾌﾞﾛｰﾄﾞｷｬｽﾀ 軽ﾄﾗｯｸ(資材運搬)	同左	
代かき	軽0.68L	ﾄﾗｸﾀ70PS+代かきﾛｰﾀﾘ3.3m	軽0.38L ガ0.65L	代かき同時田植機6条 軽ﾄﾗｯｸ（苗運搬）
移植（側条施肥）	ガ1.15L ガ0.27L	側条施肥・除草剤散布付き乗用田植機6条 軽ﾄﾗｯｸ（苗運搬）	ガ0.27L	
病虫害防除	ガ1.01L ガ0.16L	乗用管理機 軽ﾄﾗｯｸ(資材運搬)	ガ0.1L ガ0.16L	ＲＣヘリ 軽ﾄﾗｯｸ(資材運搬)
穂肥施用	混0.14L ガ0.16L	動力散粒機 軽ﾄﾗｯｸ(資材運搬)	同左	
病虫害防除	ガ1.01L ガ0.16L	乗用管理機 軽ﾄﾗｯｸ(資材運搬)	ガ0.1L ガ0.16L	ＲＣヘリ 軽ﾄﾗｯｸ(資材運搬)
畦畔管理(3回)	混0.6L	刈払機	同左	
収穫 運搬	軽1.99L ガ0.50L	自脱型ｺﾝﾊﾞｲﾝ4条 2tダンプ	同左	
燃料合計 エネルギー 環境負荷(g)	電10kWh,軽8.0L,ガ・混5.3L 140.1Mcal CO2：37300, NOX：190, SOX：50		電10kWh,軽6.5L,ガ・混3.0L 107.3Mcal CO2:28000,NOX:150,SOX:40	

また、水稲栽培において最も大気負荷の大きい乾燥作業については、乾燥形態や方式によって大きくことなるため一律に定義できないが、最近開発された遠赤外線乾燥方式の調査事例を表２に示す。この結果、遠赤外線の燃料消費は循環型と差が無いことが示されていた。また初期水分によって燃料消費は大き

く異なるため、インベントリー表の作成時には地域別の代表値を設定するなどの工夫が必要であると考える。

表２　乾燥時の環境負荷量の比較

乾燥方式	遠赤外線		循環型	
籾初期水分(%)	19.5	26	19.5	26
乾燥後重量(kg)	4172	5151	4188	5158
灯油消費量（L）	30	84.5	29.2	83.8
消費電力(kWh)	12.1	26.9	16.7	36.9
エネルギー(Mcal/10a)	43.7	97.6	43.8	99.3
CO2(kg/10a)	12.1	27.2	12	27.4

注）面積は玄米収量を480kg、玄米/籾比0.8として求めた。試算に用いたデータは農林水産技術情報協会の資料

(2) 63型式のコンバインの能率試験時のデータを収集した。コンバインの燃料消費量から算出したCO2排出量は刈取り条数が同じでも機種により大きく異なり（図１）、機関出力、機体質量が大きいほど単位面積当たりの排出量が多くなっていた（図２）。また、刈取り時の籾水分や収量によっても排出量は大きく異なっていたが、明らかな相関はみられなかった（図２）。

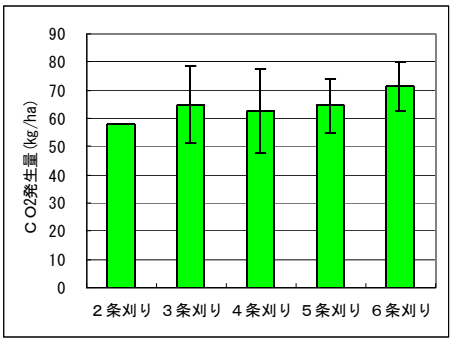


図１　刈取り条数とCO2排出量

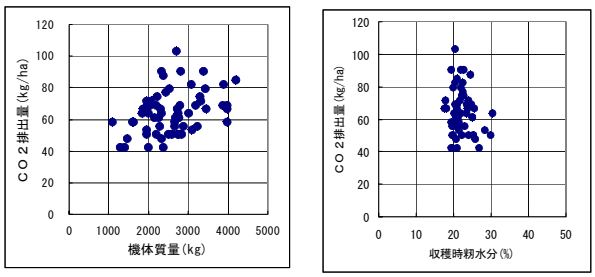


図２　機体質量、収穫時水分と CO2 排出量

(3) 排ガスの測定はＴ社350-XLを用い、測定項目はCO、CO2、O2、 NO、NO2、NOx、HCで、作業中（暗渠施工、耕うん、砕土、整地、田植え、収穫）の農業機械（トラクタ、コンバイン、田植機）の排気管に延長ホースの先端に取り付けたプローブを挿入して連続記録を行った。

作業中の排ガスは20～30分のサンプリングの後、10分間のセンサリフレッシュ（この間測定はできない）を行うことにより連続測定できることが確認された。測定を行った作業、作業機と各種作業時のCO2排出量は表３に示す通りである。CO2排出量は、排ガス濃度と機関排気量と作業時の機関回転数から求めた単位時間当たりの排気量を掛け合わせて算出した。作業中の機関回転数と排ガスデータはデータロガに記録した。また、吸入空気の体積効率は0.85とした。

単位面積（１ha）当たりのCO2排出量は、同じ作業でも使用するトラクタやコンバインによって異なり、砕土作業では３倍、耕うん作業では1.5倍、収穫作業では約２倍の差があった。同一トラクタの場合でも装着する作業機、作業条件によってCO2排出量は大きく異なりトラクタDではドライブハローによる砕土作業と代かき作業の２回目では63.1kg/haと 19.5kg/haと３倍以上の差があった。

また、CO2の排出量は負荷の低下する旋回時には30～40%低下していた（図４）。

表３　各種作業時の実測結果概要

型式	作業名	作業機名	作業幅 m	排気量 cc	定格出力 kW	CO2排出量 kg/ha
田植機Ａ	移植	田植機	1.8	398	7.7	18.6
田植機Ｂ	移植	田植機	1.8	340	6.3	15.3
トラクタＡ	暗渠施工	弾丸暗渠		2438	29.8	13.7
トラクタＢ	耕起	プラウ	14inch×３	3863	48.5	42.6
トラクタＣ	砕土	ドライブハロー	2.8	4062	58.1	106.2
トラクタＤ	耕うん	ロータリ	1.7	1499	20.6	63.2
トラクタＤ	砕土	ドライブハロー	2.4	1499	20.6	31.5
トラクタＤ	耕うん	ロータリ	1.7	1499	20.6	40.1
トラクタＤ	耕うん	ロータリ	1.7	1499	20.6	42.4
トラクタＥ	耕うん	ロータリ	2.4	2775	36.8	53.8
トラクタＦ	耕うん	ロータリ	1.6	1496	22.1	61.3
トラクタＦ	耕うん	ロータリ	1.6	1496	22.1	36.6
トラクタＤ	代かき１	ドライブハロー	2.4	1499	20.6	30.1
トラクタＤ	代かき２	ドライブハロー	2.4	1499	20.6	19.6
トラクタＧ	代かき	ドライブハロー	2.2	1463	18.4	52.6
コンバインＡ	収穫	コンバイン	４条刈り	2189	34.5	82.5
コンバインＢ	収穫	コンバイン	３条刈り	1123	16.5	42.0

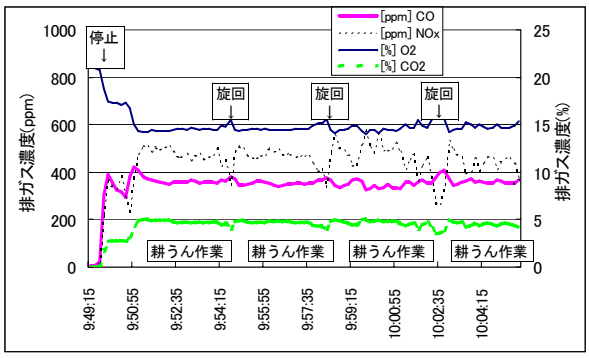


図３　耕うん作業時の排ガスの連続測定例

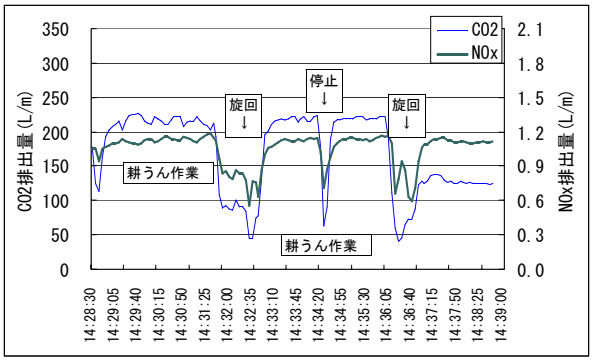


図４　耕うん作業時の CO2、NOx 排出量（トラクタＤ）

(4) 開発したソフトは、ｉ)標準作業体系選択機能：作目、地域、機械の規模を指定することにより該当する地域の標準作業体系を表示する。現在は水稲、麦、大豆作について標準体系のデータが入力済みである。　ii)ＬＣＡ計算機能：表示された標準的な作業体系、及び編集した作業からCO2排出量などを自動計算する。また計算結果のファイルへの保存や印刷を行う。　iii)環境影響度グラフ表示機能：計算したCO2、NOx、SOxの排出量をグラフ化する。　iv)データ管理機能：作目、地域、機械の規模毎にＬＣＡデータテーブルの管理を行う。

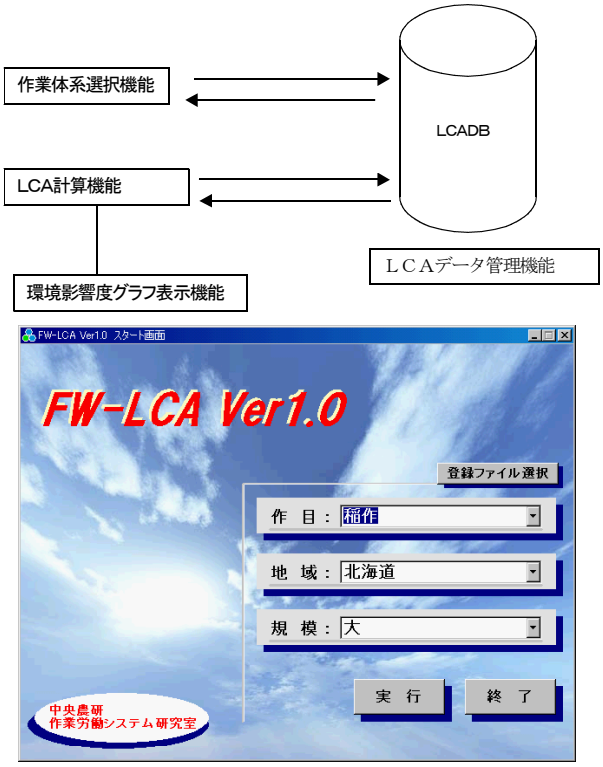


図５　ＬＣＡ簡易計算プログラム（スタンドアローン版）

４．今後の問題点

(1)収集した燃費データや、実測した排ガスデータの値は、同一のトラクタであっても作業条件により大きく異なり、また、同じ作業であっても機種や大きさにより大きく異なっている。このため、インベントリー表の作成に当たっては標準値の扱いに留意すると共に、データの収集によるエネルギー消費データベースの拡充をさらに進める必要がある。

(2) ＬＣＡ簡易算出ソフトのスタンドアローン版は新たな交付金プロ「精密畑作」の中で実証試験に供すると共に、データの整備が終わり次第、配布を予定している。

５．引用文献

1)金谷　豊(1999)水稲生産システムとＬＣＡ、研究ジャーナル22(10)、(社) 農林水産技術情報協会：15-19

2)金谷　豊(2001)環境影響評価のためのライフサイクルアセスメント手法の開発－中間とりまとめ報告書－、農林水産技術会議事務局：49-53

3)園部和彦（1999）平成 10 年度エネルギー管理型農業生産システム開発調査委託事業報告書、(社)農林水産技術情報協会：23-49

4)園部和彦（2000）平成 11 年度エネルギー管理型農業生産システム開発調査委託事業報告書、(社)農林水産技術情報協会：34-43

5)機械化計画のたて方(2002)、(編) ＪＡ全農生産資材部：41-50

６．研究発表

１）金谷　豊(2001)テクノワード-水稲生産におけるＬＣＡの適用事例-, 農業電化, 54-2:22-23

２）ＬＣＡ簡易算出ソフトのWeb版（農作業におけるＬＣＡ評価）はhttp://narc.naro.affrc.go.jp/oldss/kikai/fwsl/LCA.htmlで公開中

（小林　恭・金谷　豊）

（２）野菜における LCA 評価に基づく農業生産システムの確立

担当：野菜茶業研究所・果菜研究部・栽培システム研究室

要　約：全国各地の暖房や冷房に投入されるエネルギーの合理性を評価するために、冷暖房に要するエネルギー量の地域差の指標として､暖房･夜間冷房デグリアワーを検討した。AMeDAS データにより各地の暖房・夜間冷房デグリアワーの季節変化や全国分布の特徴が明らかになり、冷暖房の合理性の評価に利用できる基礎資料が得られた。

１．背景と目的

施設利用の周年栽培で最も大きなエネルギーを要するのは冬季の暖房であり、トマト栽培におけるLCA調査では、全エネルギー投入量の60～85%を暖房運転が占めていることがわかった。そこで、環境負荷を低減するためには、暖房や冷房などのエネルギー消費の多い工程を改善するのが効果的である。

わが国では地方によって気象環境が大きく異なるので、暖房・冷房等の環境調節に要するエネルギーには大きな地域差がある。したがって、気象環境の異なる地域の暖房・冷房の消費エネルギーをそのまま比較して、合理性を検討することはできない 。

本研究では、気象環境の地域差の指標として、暖房・冷房デグリアワーを取り上げ、その全国的な分布の特徴を明らかにすることを目的とする。

対象場所の暖房・冷房デグリアワーが明らかになると､実際の燃料使用量と比較することにより、対象栽培施設の熱的な効率がわかるので、その地域に適した施設構造やカーテンの方法、暖房方法などの合理性を評価することが可能となる。

２．研究方法

(1)福島県原町、大分県東国東郡、熊本県玉名地域、愛知県渥美地域のトマト、ミニトマト生産者における肥料、資材、燃料の投入量を調査した。

(2)暖房･冷房デグリアワーの算出のための気象データとして、気象官署の半旬平年値およびAMeDAS観測所の半旬準平年値データを用いた。

暖房デグリアワーは温室内の目標設定温度と外気温との差を対象時間について積算したもので、一日の暖房デグリアワーを*DH*とすると次式で表される。

$$DH = \int_{t1}^{t2} (T_{in} - T_{out})dt$$

ここで、t_1, t_2はそれぞれ、外気温が温室内の設定気温より下がった時刻、外気温が設定気温まで上昇した時刻で、T_{in}, T_{out}は温室内・温室外の気温である。暖房・冷房デグリアワーの単位は℃ day となる。算出方法としては、日最高気温と日最低気温および日照時間を用いた計算式(1)を用いた。

なお、対象期間の暖房デグリアワーを DHn とすると、燃料消費量は次式より概算できる。

$$V = A\,U\,(1\text{-}f)\,DHn\,/\,(hk)$$

ここで、Vは燃料消費量､Aは温室の表面積(㎡)，U は平均的な暖房負荷係数 (kcal m^{-2} hr^{-1} $℃^{-1}$)，fは保温被覆(カーテンなど)による熱節減率で、hは燃料の発熱量、k は暖房システムの熱利用効率である。これらの諸特性値は関係の諸文献に基づいて設定可能である。

(3)冷房デグリアワーについては､日射のある冷房負荷の大きな条件で冷房するのは現実的ではないので、夜間のみを対象として、夜間冷房デグリアワーを算出した (2,3)。外気温の日変化を sin 曲線で表し、設定温度と外気温との差を数値的に積算して求めた。各地の夜の長さは、季節や緯度によって異なるが、ここでは夜間冷房の対象時間を一律に 12 時間とした。

３．結果と考察

(1)施設トマト生産者の投入資材の調査

土耕栽培と養液栽培については、堆肥投入の有無や利用資材の種類･量に大きな違いが見られた。ロックウール養液栽培では、年間で窒素量が100kg 以上を使用している。暖房の燃料消費量は年間 10～15 キロリットル程度である。

(2)わが国各地における暖房デグリアワーの特徴

各地域の暖房デグリアワーの季節変化を図 1 に示す。暖房必要期間は、北に位置する寒冷地で長

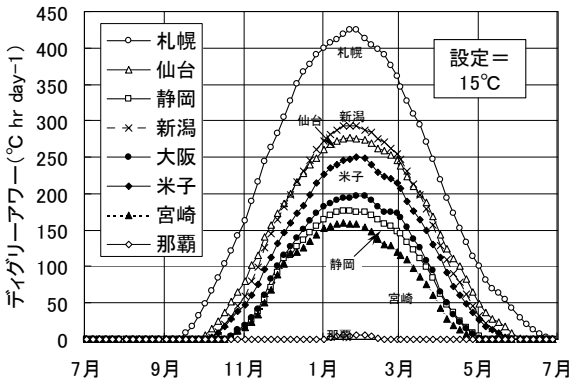


図１　各地の暖房デグリアワーの季節変化

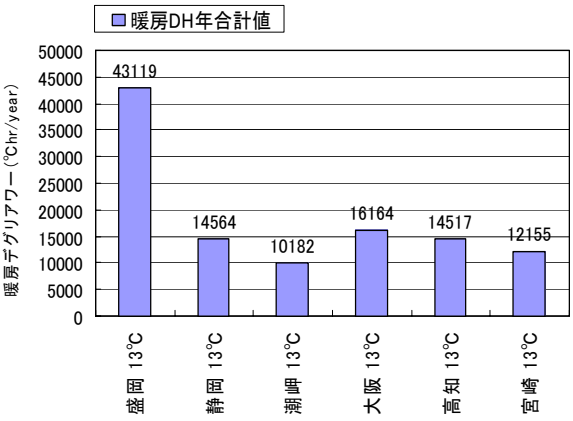


図２　各地の年間暖房デグリアワーの比較
（設定 13℃）

く、札幌では最大暖房デグリアワーも大きくなる。　那覇では 13℃に設定する場合には暖房はほとんど不要である。

設定温度 13℃の場合の各地の年間暖房デグリアワーを図２に示す。盛岡と暖地と施設の熱的特性が同程度と仮定すると、暖地における燃料消費量は盛岡の２～３割程度ですむことになる。暖房デグリアワーについては、厳寒期の暖房デグリアワーのピークが大きい地域は、年間の積算値も大きくなるとみられる。

13℃の暖房デグリアワーの全国分布を調べたところ、北陸地域については、新潟県の海岸平野部などのかなり北に位置する地域でも、予想外に暖かく、暖房必要熱量が少ないことがわかった。

(3) わが国の夜間冷房デグリアワーの特徴

夜間冷房デグリアワーの季節変化の形は、冷房必要期間が真夏の短期間になるため、暖房デグリアワーより尖った形になる。設定温度 25℃では、盛夏期には大阪では宮崎よりもはるかに大きい値になった（図３）。

西南暖地の多くでは25℃冷房の対象期間は７月中旬から８月下旬ころで１ヶ月程度であるが、２０℃の冷房を対象にすると３ヶ月から４ヶ月になる。那覇では 20℃の冷房対象期間は４月から 11 月半ばまで、実に７ヶ月半にもおよぶ。

大阪では冷房対象期間は九州地方と大差はないが、真夏の夜間冷房デグリアワーの最大値は大きく、25℃･hr／day 程度の那覇に次いで 20 ℃･hr／day 前後である。この設定温度では新潟では冷房対象期間が約１ヶ月生じるが、その最大値は 5 ℃･hr／day 以下で小さい。

設定温度が 23℃の各地の年間夜間冷房デグリアワーを比較した（図４）。夜間にこの温度まで下げるのに、盛岡では冷房不要である。大阪の夜間冷房デグリアワーは年間でみると宮崎よりやや高く、静岡や高知よりもかなり高い。冷房エネルギー消費量の指標としては、年合計値と真夏のピーク時期の値の両方について検討する必要がある。

冷房設定温度 23℃における年間の夜間冷房デグリアワーの全国分布図では、北海道や東北地方の大部分、中部地方の山間部では０で夜間冷房は不要である（図５）。東北地方では、太平洋側では

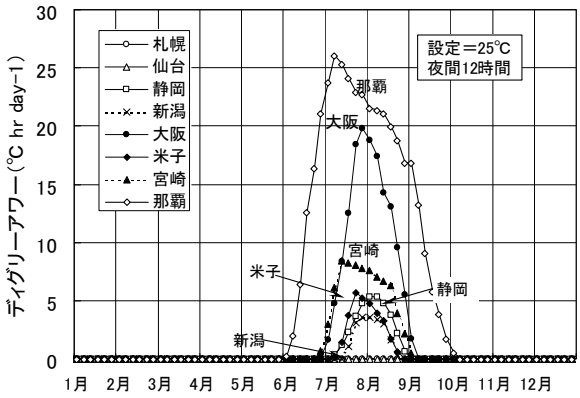


図３　各地の夜間冷房デグリアワーの季節変化

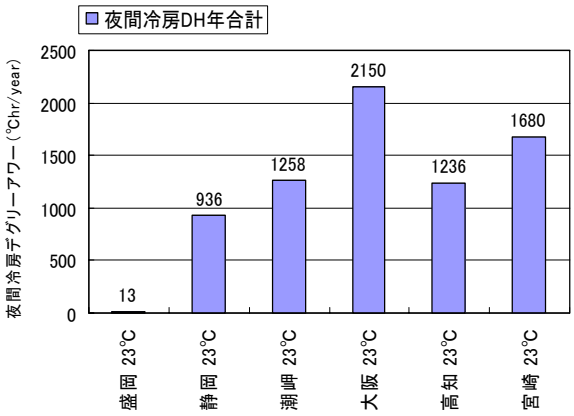


図４　各地の年間夜間冷房デグリアワーの比較（設定 23℃）

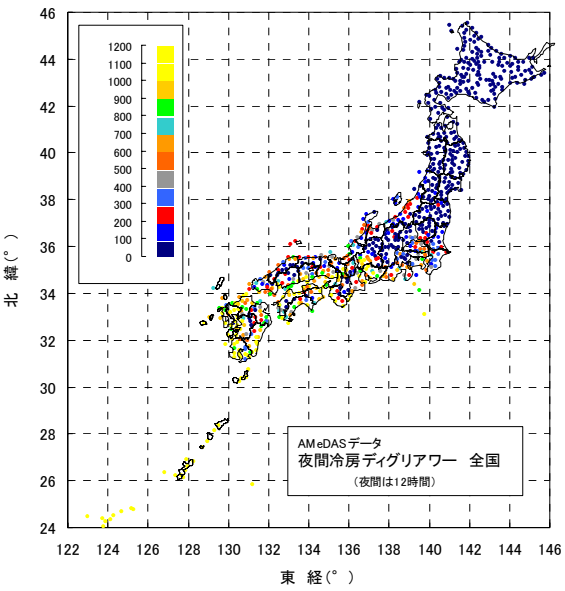


図５　全国の夜間冷房デグリアワーの分布（設定 23℃）

福島県と茨城県の境界付近まで、日本海側では酒田（山形県）付近まで、冷房不要の地域が広がっている。関東地方では、銚子（千葉県）で値が小さくなっており、海洋の影響と考えられる。中部地方では平野部の新潟や富山ではやや大きくなる。長野県などの高冷地ではほとんど冷房は不要である。東海・近畿・中国地方では、1,000 ℃･hr／year を超える地域が多い（大阪は 2,150 ℃･hr／year）である。瀬戸内・四国・九州地方の平野部では、1,000 ℃･hr／year を超える地域が多い。

以上のように、日本全体をみると、東京、名古屋、大阪などの大都市あるいは平野部で、周辺地域より大きな値が出ている。

(4)暖房燃料の使用量と暖房デグリアワー

調査地点における、燃料使用量と年間暖房デグリアワーを表１に示す。大分と熊本については、暖房デグリアワーは近い値であるにもかかわらず燃料消費量は大幅に異なっているが、これは設定温度や施設構造･設備の違いによると推察される。

暖房消費エネルギーは暖房設定によって大きく変化する。夜間の早期を高温にして明け方に低く管理するいわゆる変温管理によっても削減することが可能である。

４．今後の問題点

各地の生産者の暖房エネルギー投入の合理性を詳細に評価するためには、温度管理（温度設定方法）データを入手し、それに基づいて暖房デグリアワーを算出する必要がある。

施設栽培における投入エネルギー量のデータはまだ不足しており、とくに１つのハウスで1haを超える大規模施設が増加しているので、これらの調査データの蓄積が重要である。

なお、今回の各地の暖房・夜間冷房デグリアワーの計算に用いた平年値データは、1990～2000年に利用する平均値を用いたので、今後、2000年～2010年用の平年値を用いて再計算する必要がある。

５．引用文献

1) 三原義秋（1978）*農業気象* 39:181-189.
2) 權　在永・高倉　直（1989）*農業気象* 44: 287-294.
3) 林　真紀夫・古在豊樹・渡部一郎(1983) *農業気象* 39:181-189.

６．研究発表

口頭発表

1) 高市益行･鴨田福也･岩崎正男･米澤博行(2001). 冷・暖房デグリアワーによる施設栽培コスト低減の評価. 農業環境工学関連４学会合同大会講演要旨. 110,

（高市益行）

表１　地域別の暖房燃料使用量と年間暖房デグリアワーとの比較

調査地点	栽培品目	重油使用量 (kl/10a)	年間DHh (x1000℃hr/year) 設定13℃	設定10℃	設定8℃
福島県原町	トマト	15.6	29.8	19.6	13.7
愛知県渥美地域	トマト	9.0	16.8	9.2	5.3
大分県国東郡	ミニトマト	15.0	18.7	10.3	6.0
熊本県玉名地域	ミニトマト	4.2	18.9	10.6	6.3

調査地点	栽培期間等
福島県原町	6月定植～翌7月終了
愛知県渥美地域	9月定植～翌6月終了
大分県国東郡	9月定植～翌6月終了
熊本県玉名地域	8月定植～翌6月終了

参考資料：作物別インベントリ表

インベントリー表・フォーマット

作物・積算基準　【　　】【　　】
栽培体型　【　　】

	作業期間														栽培期間を通じた管理		備考
	各作業工程																
使用作業機械・機材																	
投入資材																	
	水（L）															0	
エネルギー	ｶﾞｿﾘﾝ（L）															0	
	混合ｶﾞｿﾘﾝ（L）															0	
	軽油（L）															0	
	灯油(L)															0	
	A重油（L）															0	
	電力（kwh）															0	
肥料	肥料（kg）															0	
	窒素（kg）															0	
	リン酸(kg)															0	
	単質肥料（円）															0	
	複合肥料（円）															0	
	有機肥料（円）															0	
農薬	農薬の種類1(kg)															0	
	農薬の種類2(kg)															0	
	農薬の種類3(kg)															0	
	農薬の種類4(kg)															0	
	農薬の種類5(kg)															0	
	農薬の種類6(kg)															0	
	農薬の種類7(kg)															0	
	農薬の種類8(kg)															0	
	農薬の種類9(kg)															0	
	農薬の種類10(kg)															0	
	農薬（円）															0	
大気負荷	CO2(g)（燃料分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	CO2(g)（電力分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	CO2(g)（肥料分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	CO2(g)（農薬分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	CO2(g)（合計）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	NOX(g)（燃料分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	NOX(g)（電力分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	NOX(g)（合計）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	SOX(g)（燃料分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	SOX(g)（電力分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	SOX(g)（合計）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

	CH4(g)															0	
	N2O(g)															0	
廃棄物	廃棄物の種類1(kg)															0	
	廃棄物の種類2(kg)															0	
	廃棄物の種類3(kg)															0	
	廃棄物の種類4(kg)															0	
	廃棄物の種類5(kg)															0	
（プラスチック廃棄物）	プラの種類1(kg)															0	
	プラの種類2(kg)															0	
	プラの種類3(kg)															0	
埋め戻し （廃棄物）	廃棄物の種類1(kg)															0	
	廃棄物の種類2(kg)															0	
	廃棄物の種類3(kg)															0	
範囲内での焼却 （廃棄物）	廃棄物の種類1(kg)															0	
	廃棄物の種類2(kg)															0	
	廃棄物の種類3(kg)															0	
アウトプット	アウトプットの種類1(kg)															0	
	アウトプットの種類2(kg)															0	
	アウトプットの種類3(kg)															0	

水稲直播栽培（早期）関東標準　　対象品種：キヌヒカリ　　収量（出荷量）450kg／10a

		用水・降雨による負荷物質	藁処理・秋耕（非湛水）	種子予措（非湛水）	耕起（非湛水）	土壌改良材散布（非湛水）	代掻き（湛水）	播種（湛水）（側条基肥）	除草剤散布湛水）	除草剤散布湛水）	病虫害防除（湛水）	病虫害防除（湛水）	穂肥施用（湛水）	病虫害防除（湛水）	畦畔管理3回（湛水）	収穫（非湛水）	運搬（非湛水）	乾燥	籾摺り調製	栽培期間中を通じた管理	集計
	使用機材		トラクタ70ps、ロータリ2m	コーティングマシン	トラクタ70ps、ロータリ2m	トラクタ70ps、プロードキャスタ、軽トラ	トラクタ70ps、代掻きロータ3.3m	8条湛水土壌中施肥播種機、軽トラ	動力撒布機	動力撒布機	RCヘリ	RCヘリ	動力撒布機、軽トラ	RCヘリ	刈り払い機	6条自脱コンバイン	2tダンプ	循環型乾燥機	籾摺り機	軽トラ1日2往復月平均25日作業	
	投入資材	N1.8kg リン酸0.15kg	藁562.5kg	種子3kg、ヘルシードTフロアブル12mL カルパー16・6kg		ヨウリン20kg、ケイカル120kg		被覆種子3kg、塩加燐安1号29kg	サンバード粒剤3kg	プッシュ粒剤3kg	カスラブトレボンゾル0.1L	デプレックス乳剤1L、モンセレンフロアブル0.1L	NK-C6号（17-0-17）18kg	フジワン乳剤0.1L					出荷用紙袋20枚		
	水(L)																				
	ガソリン(L)					0.02		0.84			0.10	0.10	0.02	0.10			0.50			0.29	1.68
	混合ガソリン(L)								0.12	0.12			0.12		1.80						2.16
	軽油(L)		1.56		3.57	0.13	0.65									2.23					8.14
	灯油																	12			12
	電力(kwh)			2															1		2.95
	A重油(L)																				0
	単質肥料（円）					4648															4648
	複合肥料（円）							2954					1026								3980
	有機肥料（円）																				0
	農薬（円）			2886					3170	2480	521	549		283							9889
大気負荷	CO2(g)		4124.64	11728.8	9439.08	42222.88	1718.6	19409.32	12328.96	9706.96	2215.6	2322	6383.52	1311.2	4244.4	5896.12	1179	30360	361.95	679.104	164953
	NOX(g)		28.548	0.58	65.331	2.543	11.895	6.888	0.984	0.984	0.82	0.82	1.148	0.82	14.76	40.809	4.1	17.4	0.2755	2.3616	198.7055
	SOX(g)		9.8904	0.44	22.6338	0.8242	4.121	0	0	0	0	0	0	0	0	14.1382	0	0.72	0.209	0	52.9766
	CH4(g)						37400														37400
	N2O（g）		119																		119
水負荷	硝酸性窒素(kg)		3.6																		3.6
	硫黄(kg)																				
	リン酸(kg)		0.35																		0.35
	カリウム(kg)																				
土壌負荷	窒素(kg)																				
	硫黄(kg)																				
	カリウム(kg)																				
	リン酸(kg)		4.8																		4.8
系内残留農薬(g)				5.88					294.84	269.42	24.97	22.59		35.96							653.658
系外流出農薬(g)				0.00					5.16	35.68	1.23	1.41		4.04							47.522
廃棄物	プラスチック(kg)																				0
	鉄(kg)																				0
	ガラス(kg)																				0
	作物残渣乾物(kg)																		22.5		22.5
フロー			秋耕済み圃場	被覆種子	耕起済み圃場	土改剤散布済み圃場	代掻き済み圃場	播種済み圃場	除草済み圃場	除草済み圃場	防除済み圃場	防除済み圃場	追肥済み圃場	防除済み圃場	管理済み畦畔	生籾		乾燥籾562.5kg			
アウトプット																			玄米450kg・籾殻112.5kg		

水稲移植栽培（早期）関東標準　　対象品種：コシヒカリ 収量（出荷量）480kg／10a

		用水・降雨による負荷物質	藁処理・秋耕（非湛水）	育苗（非湛水）	耕起（非湛水）	土壌改良材散布（非湛水）	代掻き（湛水）	移植（湛水）	病虫害防除（湛水）	穂肥施用（湛水）	病虫害防除（湛水）	畦畔管理3回（湛水）	収穫（非湛水）	運搬（非湛水）	乾燥・出荷	栽培期間中を通じた管理	集計
	使用機材		トラクタ70ps、ロータリ2m	播種プラント催芽機	トラクタ70ps、ロータリ2m	トラクタ70ps、ブロードキャスタ、軽トラ	トラクタ70ps、代掻きロータ3.3m	6条田植機（側条施肥・除草剤散布付き）、軽トラ	乗用管理機	動力散布機（トラクタ）、軽トラ	乗用管理機	刈り払い機	4条自脱コンバイン	2tダンプ	共同乾燥施設	軽トラ1日2往復で月平均25日の作業	
	投入資材	N1.8kg リン酸0.15kg	藁600kg	種子3.5kg、ヘルシードTフロアブル14mL ダコレート18mL、人工培土68kg、覆土、育苗箱18箱、育苗ハウス		ヨウリン20kg、ケイカル120kg		稚苗、塩加燐安1号23kg、フジワンオンコル粒剤0.85kg、ウルフエース1kg粒剤1kg	モンセレンフロアブル0.1L	NKC6号（17-0-17）12kg	ビームゾル0.1L エルサン乳剤0.1L				玄米480kg当たりCO2：45800g		
	水(L)																
	ガソリン(L)					0.16		1.42	1.01	0.14	1.01	1.80		0.50		0.48	6.04
	混合ガソリン(L)																0.00
	軽油(L)		1.56		3.57	0.13	0.65						1.99				7.90
	灯油																0
	電力(kwh)			10													10
	A重油(L)																0
	単質肥料（円）					4648											4648
	複合肥料（円）							2343		684							3027
	有機肥料（円）																0
	農薬（円）			211				3183	345		395						4134
大気負荷	CO2(g)		4124.64	4611.8	9439.08	42553	1718.6	29267.46	3692.58	4365.72	3882.58	4244.4	5261.56	1179	45800	1131.84	160140.4
	NOX(g)		28.548	2.9	65.331	3.691	11.895	11.644	8.282	1.148	8.282	14.76	36.417	4.1	0	3.936	196.998
	SOX(g)		9.8904	2.2	22.6338	0.8242	4.121	0	0	0	0	0	12.6166	0	0	0	52.286
	CH4(g)						42,000										42,000
	N2O(g)		37														37
水負荷	硝酸性窒素(kg)	1.5															1.5
	硫黄(kg)																
	リン酸(kg)	0.35															0.35
	カリウム(kg)																
土壌負荷	硝酸性窒素(kg)																
	硫黄(kg)																
	カリウム(kg)																
	リン酸(kg)	3.9															3.9
系内残留農薬(g)				18.48				284.79	18.71		65.56						387.54
系外流出農薬(g)				0.00				44.81	1.29		4.44						50.54
廃棄物	プラスチック(kg)			6.72													6.72
	鉄(kg)																0
	ガラス(kg)																0
	作物残渣乾物(kg)														24		24
フロー			秋耕済み圃場	移植苗	耕起済み圃場	土改剤散布済み圃場	代掻き済み圃場	移植済み圃場	防除済み圃場	穂肥済み圃場	防除済み圃場	管理済み畦畔					
アウトプット															玄米480kg、籾殻120kg		

トマト愛知県平坦部施設長期土耕標準栽培　　収量（出荷量）20t／10a

対象作型：施設長期土耕栽培

		床土づくり	育苗ハウス準備	床土消毒	播種準備	播種	播種床管理	接ぎ木	仮植床準備	仮植(鉢上げ)	仮植床管理	育苗ハウス片づけ	被覆材展張	土壌消毒	環境制御機設置	施肥畝立て	灌水・マルチ・誘引縄設置	定植	トマトトーン散布
	使用機材	人力・軽トラ	人力・軽トラ	人力	人力	人力	人力	人力	人力	人力	動力噴霧機	人力	人力	人力・耕転機	人力	トラクター・人力・軽トラ	人力	人力	人力・小型スプレー
	投入資材	水田土壌3.5kl完熟藁堆肥3.5kL苦土石灰17.5kg　油粕26.3kg　ヨウリン8.8kg　硫酸加里2.1kg	ﾋﾞﾆｰﾙｼｰﾄ0.1mm×278㎡　ハウス ﾊﾞﾝﾄﾞ400m ﾊﾞｯｶｰ50個	床土3.5kL臭化ﾒﾁﾙ1050g古ﾋﾞﾆﾙ20㎡	72穴ｾﾙﾄﾚｲ42枚　128穴ｾﾙﾄﾚｲ24枚　市販培養土263L支柱10本温床綿120m ﾋﾞﾆﾙｼｰﾄ0.1mm×25㎡	培養土入りｾﾙﾄﾚｲ66枚　台木種子3000粒穂木種子3000粒		台木42ﾄﾚｲ穂木24ﾄﾚｲ カミソリ20本支柱ﾁｭｰﾌﾞ3000個	15cmﾎﾟﾘ鉢2300個仮植床土35kL　ﾄﾝﾈﾙ支柱50本　古ﾋﾞﾆﾙ100㎡ ﾋﾞﾆﾙｼｰﾄ0.1mm×100㎡	接ぎ木苗ｾﾙﾄﾚｲ42枚床土詰めﾎﾟﾘ鉢2300個　オルトラン粒剤2.3kg	ﾀﾞｺﾆｰﾙ1000・50g、　スミチオン乳剤60ml、ﾀﾞｲﾌｧｰ水和剤100g	なし	POﾌｨﾙﾑ：300kg、　ﾎﾟﾘｴﾁﾚﾝﾌｨﾙﾑ:150kg、　ﾋﾞﾆﾛﾝ寒冷紗:20kg、塩ﾋﾞ留め具：20kg	臭化ﾒﾁﾙ40kg	暖房機:370kg、制御機:10kg、窓開閉機：90kg、　換気扇：72kg、　電線:120kg、　ﾀﾞｸﾄ:50kg、　油漕:800kg、　錆管：3kg	窒素:10kg、燐酸:16kg、カリ:10kg、堆肥:250kg、イネ藁:1000kg、	電動ﾎﾟﾝﾌﾟ15kg、　電磁弁＋ﾀｲﾏｰ、塩ﾋﾞ管20.8kg、　ｴﾊﾞｰﾌﾛ:18kg、　ﾏﾙﾁﾌｨﾙﾑ：22.5kg、　誘引縄20kg、水槽60kg	ﾎﾟｯﾄ苗2050株、オルトラン粒剤1kg	ﾊﾟﾗｸﾛﾙﾍｷｼﾝ酢酸0.9g、ｼﾞﾍﾞﾘﾝ0.45g
	水(L)						660				13900							2000	44
	ｶﾞｿﾘﾝ(L)	0.8									0.575			4.3					
	軽油(L)															5			
	電力(kwh)						216	69.3											
	A重油(L)																		
	単質肥料（円）	1220														5662			
	複合肥料（円）																		
	有機肥料（円）	31157														30750			
	農薬（円）									1848	643							804	5760
大気負荷	CO2(g)	167043.2	0	0	0	0	82296	26403	0	7022.4	3799.25	0	0	10139	0	137978	0	3055.2	21888
	NOX(g)	6.56	0	0	0	0	62.64	20.097	0	0	4.715	0	0	35.26	0	91.5	0	0	0
	SOX(g)	0	0	0	0	0	47.52	15.246	0	0	0	0	0	0	0	31.7	0	0	0
	臭化メチル（g）			648										24825					
	N2O(g)																		
	HC(g)																		
水負荷	硝酸性窒素(kg)															3.8			
	リン酸(kg)															0			
	硫黄(kg)															5.3			
	カリウム(kg)															3.5			
土壌負荷	硝酸性窒素(kg)	4.5														1.6			
	硫黄(kg)															2.2			
	カリウム(kg)															0.36			
	リン酸(kg)															5.9			
系内残留農薬(g)																			
系外流出農薬(g)																			
廃棄物	ﾌﾟﾗｽﾁｯｸ(kg)			1.25					1.14	3.23		19.75	110		29		4.49	0.39	
	鉄(kg)								0.012				1		76		1		
	ｶﾞﾗｽ(kg)											0.3							
	紙(kg)																		
	作物残渣乾物(kg)																		
フロー		床土3.5kL(放出CO2量79400)	育苗ハウス	消毒済み床土3.5kL	たセルトレイ66枚播種床トンネル	播種済みセルトレイ66枚	幼病セルトレイ66枚	接ぎ木苗トレイ42枚	ポリ鉢2300個トンネル4本	ポリ鉢植の苗2300株	トマト苗2300株	なし							
アウトプット													POﾌｨﾙﾑ：62.4kg、　ﾎﾟﾘｴﾁﾚﾝﾌｨﾙﾑ:41.6kg、ﾋﾞﾆﾛﾝ寒冷紗:5kg、塩ﾋﾞ留め具：1kg、ｽﾃﾝﾚｽﾞ		制御機:0.7kg、窓開閉器8kg、換気扇:4.8kg、電線8kg、　ダクト:10kg、　油漕:53kg、　銅管:		電動ﾎﾟﾝﾌﾟ1kg、　電磁弁＋ﾀｲﾏｰ0.06kg、　塩ﾋﾞ管0.69kg、　水槽3.8kg		

＊現時点では農薬の流出のデータ不明

ﾄﾏﾄﾄｰﾝ600cc

硫安47.17kg. 重焼燐28.41kg. 硫加18.5kg

灌水作業	摘芽・摘心・摘葉・摘果・誘引	虫害・病害防除	収穫・運搬	追肥	保温等環境管理作業	残渣処理	マルチ・潜水資材の除去	選果・箱詰め		
自動制御	人力・誘引機	人力・動力(電力)噴霧機	人力・作業車、軽トラ	人力・ポンプ・水槽(潜水用を使用)	人力・暖房機・換気扇等	人力・作業車・小型トラック	人力・作業車・小型トラック	自動選果機	栽培機関を通じた管理	集計
なし	なし(潜水・ﾏﾙﾁ・誘引縄設ﾌﾟﾛｾｽ)	ﾌﾙﾌｪﾉｸｽﾛﾝ:106.4g、ｱｾﾌｪｰﾄ:50g、 ﾌﾙﾊﾞﾘﾈｰﾄ:160g、 ｱﾌﾟﾛｰﾁB1:1600g、ｼﾞｴﾄﾌｪﾝｶﾞﾌﾞﾙ:200g、 ﾁｵﾌｧﾈｰﾄﾒﾁﾙ:840g、 ﾎﾟﾘｵｷｼﾝ複合体:800g	なし	液肥677kg(窒素28kg、燐19kg、カリ18kg)	100v 360kWh 200v 3592kWh	なし	なし	正常果20000kg、 段ﾎﾞｰﾙ箱5000個 結束ひも5668m	軽トラ1日2往復で月平均30日の作業日	
750000		4800								771404
			87						176	92.675
										5
40		30			3952			685		4992.3
					4500					4500
				63977						70859
										0
										61907
		53529								62584
15240	0	214840.2	205146	575793	13651212	0	0	260985	41500.800	15382841
11.6	0	8.7	713.4	0	9201.08	0	0	198.65	144.32	10354.2
8.8	0	6.6	0	0	53069.44	0	0	150.7	0	53330.01
										25473
										0
										0
				11.0						14.8
				0.0						0
				15.0						20.3
				6.7						10.2
				4.6						10.7
				6.3						8.5
				6.4						6.8
				6.9						12.8
										0
										0
						19	38.4	21.3		247.95
										78.012
										0.3
								1494		1494
	42		300			175	3.4			520.4
			果実22t(生)							
	整枝残渣840kg(乾物:42kg)		熟果・奇形果:5t(乾物:250kg)、未熟果:1t(乾物:50k			茎葉:35t(乾物175kg) ﾎﾟﾘｴﾁ縄:20kg、	22.5kg、ｴﾊﾞｰﾌﾛｰ:18kg、 作物根:170kg(乾物:34kg)	箱詰め出荷品20t、ｼﾞｭｰｽ向け2t		

トマト岐阜県高山市近郊トマト雨よけ栽培地域標高400～800m　　収量（出荷量）65t／10a

対象作型：夏秋とり雨よけ栽培

		床土づくり	育苗ハウス準備	床土消毒	播種準備	播種	播種床管理	接ぎ木	仮植床準備	仮植（鉢上げ）	仮植床管理	育苗ハウス片づけ	ビニル被覆（屋根）	施肥・畝立て	灌水装置組立て・支柱立て	定植	除草剤散布	トマトトーン散布	心・摘葉・摘果・誘引
	使用機材	人力・軽トラ	人力・軽トラ	人力	人力	人力	人力・温床線	人力・養生室	人力	人力	動力噴霧機	人力	人力・軽トラ	施肥は人力、耕起トラクタ22PS、ロータリー、畝立て管理機5PS、軽トラ	人力	人力	人力・噴霧機	人力・小型スプレー	人力・誘引機
	投入資材	水田土壌3.5KL 完熟藁堆肥 3.5KL 苦土石灰175Kg 油粕26.3Kg ヨウリン8.8Kg 硫酸加里2.1Kg	ビニールシート0.1mm×278㎡ ハウスバンド400m バッカー50個	床土3.5KL 臭化メチル10.50g 古ビニル20㎡	72穴セルトレイ42枚 128穴セルトレイ24枚 市販培養土263L支柱10本温床綿120m ビニルシート0.1mm×25㎡	培養土詰めたセルトレイ 66枚 台木種子3000粒 穂木種子3000粒		台木42トレイ 穂木24トレイ カミソリ20本 支持チューブ3000個	15cmポリ鉢2300個 仮植床土3.5KL トンネル支柱50本 古ビニル100㎡ ビニルシート0.1mm×100㎡	接ぎ木苗セルトレイ42枚 床土詰ポリ鉢2300個 オルトラン粒剤2.3Kg	ダコニール1000・50g スミチオン乳剤60mL ダイファー水和剤100g	なし	ビニルシート0.1mm×1435㎡ ハウスバンド400m	堆肥4t 苦土石灰150kg 重焼燐40kg トマトップ130kg 硫酸加里20kg	灌水チューブ800m 支柱2000本 ポリ紐	ポット苗2000株 オルトラン粒剤4kg	センコル水和剤80g	トマトトーン80ml	誘引テープ0.1x11mm x40mx5巻
	水(L)						660				13900					2000	200		
	ガソリン(L)	0.8									0.575		0.16	1.5					
	軽油(L)													15					
	電力(kwh)						216	69.3											
	A重油(L)																		
	単質肥料（円）	1220												9445					
	複合肥料（円）													11186					
	有機肥料（円）	31157												12000					
	農薬（円）									1848	643					3217	699	7232	
大気負荷	CO2(g)	167043.2	0	0	0	0	82296	26403.3	0	7022.4	3799.25	0	377.28	222999.4	0.00	12224.6	2656.2	27481.6	0
	NOX(g)	6.56	0	0	0	0	62.64	20.097	0	0	4.715	0	1.312	286.8	0	0.00	0.00	0	0.0
	SOX(g)	0	0	0	0	0	47.52	15.246	0	0	0	0		95.1	0	0	0	0	0
	臭化メチル（g）			648															
	N2O(g)																		
	HC(g)																		
水負荷	硝酸性窒素(kg)													5.1					
	リン酸(kg)													0					
	硫黄(kg)													7					
	カリウム(kg)													3.5					
土壌負荷	硝酸性窒素(kg)	4.5												2.1					
	硫黄(kg)													3.7					
	カリウム(kg)													8.7					
	リン酸(kg)													19.5					
系内残留農薬(g)																			
系外流出農薬(g)																			
廃棄物	プラスチック(kg)			1.25					1.14	3.23		19.75				5.7			
	鉄(kg)							0.012											
	ガラス(kg)											0.3							
	紙（kg）																		
	作物残渣乾物(kg)															0.8			30
フロー		床土3.5kL（放出CO2量79400g）	育苗ハウス	消毒済み床土3.5kL	培養土詰めたセルトレイ66枚播種床トンネル	播種済みセルトレイ66枚	幼苗セルトレイ66枚	接ぎ木苗トレイ42枚	床土詰めポリ鉢2300個トンネル4本	ポリ鉢植の苗2300株	トマト苗2300株	なし	雨よけハウス4棟	施肥・畝立て済みほ場	定植前のほ場	定植済みほ場	定植済みほ場	着果したトマト	誘引・整枝済みトマト
アウトプット												なし				余剰苗13kg（乾物：0.8kg）			整枝残渣500kg（乾物：30kg）

＊現時点では農薬の流出のデータ不明

防除(～収穫前	防除(収穫中	灌水・追肥	ビニル被覆(側・妻面)	ビニル除去	残渣処理	収穫	選果・箱詰め	栽培期間中を通じた管理	集計
動力噴霧機、自走式防除機	動力噴霧機、自走式防除機	ﾎﾟﾝﾌﾟ3PS	人力	人力	人力	人力・軽トラ	自動選果機	軽トラ1日２往復で月平均30日の作業日	
農薬6銘柄	農薬11銘柄	液肥220kg	ﾋﾞﾆﾙｼｰﾄ0.1㎜×793.6㎡ ﾊﾞｯｶｰ500個	なし	なし	なし			
750	2400	200000							219910
3.45	6.9	36				9.12		11.2	58.505
									15
189	378						222.63		1074.93
									0
									10665
		20790							31976
									43157
4020	25878								43537
95420.1	258624.6	207549	0	0	0	21504.96	84822.03	26409.6	1220224
83.1	166.2	295.2	0	0	0	74.784	64.5627	91.84	1065.971
41.58	83.16	0	0	0	0	0	48.9786	0	331.5846
									648
									0
									0
									0
		8.6							13.7
		0							0
		11.8							18.8
		5.9							9.4
		3.5							10.1
		6.3							10
		2							10.7
		7							26.5
									0
									0
				79.6	34.9		7.9		153.47
					89.7				89.712
									0.3
							485.7		485.7
					426	36			492.8
防除済みトマト	防除済みトマト	追肥済みトマト	被覆済みハウス	ﾋﾞﾆﾙ除去ハウス					
					ほ場残渣7100kg(乾物:	6533kg裂果．奇形果．未熟果	箱詰め出荷品6.5t．ｼﾞｭｰｽ用		

作物・積算基準　【キャベツ】【10a（但し、1筆当たり面積10a、栽培面積　80a）】
栽培体型　【慣行栽培体系（地床育苗・手取り収穫）】

	作業期間																								備考
	各作業工程	7月下旬：苗床消毒	7月上旬：ガス抜き、苗床準備	7月上旬：播種	8月上旬～9月上旬：育苗管理	8月上旬～9月上旬苗床防除×２回	9月上旬：圃場準備堆肥散布	9月上旬：耕起	9月上旬：石灰、ネビシン同時散布	9月上旬：耕耘	9月上旬：施肥	9月上旬：耕耘	9月上旬：畦立て	9月上旬：除草剤散布	9月上旬：苗運搬、定植、土壌混和型差駐	9月上旬：定植時かん水	9月中旬～10月中旬：追肥、中耕×3回	適宜：薬散×6回	12月中下旬：収穫	12月中下旬：調整・箱詰め	12月中下旬：出荷	12月下旬：圃場整備	栽培期間を通じた管理		
使用作業機械・機材			歩行型管理機		手かん水	動力噴霧機	トラクタ53ps+マニュアスプレッダ	トラクタ53ps+プラウ	トラクタ53ps+ライムソア	トラクタ53ps+ロータリ	トラクタ25ps+ブロードキャスタ	トラクタ53ps+ロータリ	歩行型管理機4ps	トラクタ53ps+ブームスプレイヤ	2tトラック、半自動1条移植機	トラクタ53ps+ブームスプレイヤ	2tトラック、歩行型管理機	トラクタ53ps+ブームスプレイヤ	手取り、収穫台車	ステイプラー	2tトラック	トラクタ53ps+ロータリ	2tトラック		
投入資材			堆肥（N:0.45、P2O5:0.23、K2O:0.48）30kg-59円、炭酸苦土石灰1kg-29円、BBあつみ（N:14、P2O5:8	裸種子10000粒			堆肥4t-7920円		炭酸苦土石灰100kg-2800円		ようりん（0-20-0）40kg-2600円、BBあつみ（N:14、P2O5:8、K2O:14）80kg-6000円					河川水1200L	BBあつみ（N:14、P2O5:8、K2O:14）40kg-3000円、BB追肥あつみ（N:16、P2O5:20、K2O:15）80kg-4800円			段ボール箱380箱（紙300kg）、ステープル4000本（金属12kg）					
	水（L）			500	1000	20										1200L		1200						2720	
エネルギー	ｶﾞｿﾘﾝ（L）		0.2			0.02							4.16		3.62		12.47		4.5					24.97	
	混合ｶﾞｿﾘﾝ（L）																							0	
	軽油（L）						0.37	4.28	0.88	2.5	0.2	2.5		0.3	0.2	0.9	16	1.8			1.2	2.5	1.6	35.23	
	灯油（L）																							0	
	A重油（L）																							0	
	電力（kwh）																							0	
肥料	肥料（kg）		31.5				4000				220						120							4371.5	
	窒素（kg）		0.205				18				11.2						18.4							47.805	
	リン酸(kg)		0.098				9.2				9.6						19.2							38.098	
	単質肥料（円）		29						2800		2600													5429	
	複合肥料（円）		38								6000						7800							13838	
	有機肥料（円）		59				7920																	7979	
農薬	クロルピクリン99.0%　L剤（L）	1.5																						1.5	
	アセフェート5.0%粒　g剤（g）														3000									3000	
	カルタップ50.0%水和　g剤(g)					10																		10	
	フルスルファミド0.1%　g粉剤(g)								30000															30000	
	トリフルラリン44.5%　mL乳剤mL													300										300	
	アセフェート50.0%水　g和剤(g)					10												100						110	
	エトフェンプロックス　mL20.0%乳剤(mL)																	100						100	
	フルフェノクスロン　mL10.0%乳剤（mL）																	50						50	
	カルタップ50.0%水和　g剤(g)																	100						100	
	バチルス・チューリン　gゲンシス（生菌																	100						100	
	メソミル45.0%水和剤　g(g)																	100						100	
	PAP50.0%乳剤(mL)　mL																	100						100	
	エマメクチン安息香　mL酸塩(mL)																	100						100	
	テフルベンズロン　mL5.0%(mL)																	50						50	
	農薬（円）	1500				76			13900					1440	2180			6674						25770	
大気負荷	CO2(g)（燃料分）	0	471.6	0	0	47.16	978.28	11316.32	2326.72	6610	528.8	6610	9809.28	793.2	9064.76	2379.6	71708.26	4759.2	10611	0	3172.8	6610	4230.4	152027.38	
	CO2(g)（電力分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	CO2(g)（肥料分）	0	626.8	0	0	0	19008	0	25200	0	58800	0	0	0	0	0	46020	0	0	0	0	0	0	149654.8	
	CO2(g)（農薬分）	5700	0	0	0	288.8	0	0	52820	0	0	0	0	5472	8284	0	0	25361.2	0	0	0	0	0	97926	
	CO2(g)（合計）	5700	1098.4	0	0	335.96	19986.28	11316.32	80346.72	6610	59328.8	6610	9809.28	6265.2	17348.76	2379.6	117728.26	30120.4	10611	0	3172.8	6610	4230.4	399608.18	
	NOX(g)（燃料分）	0	1.64	0	0	0.164	6.771	78.324	16.104	45.75	3.66	45.75	34.112	5.49	33.344	16.47	395.054	32.94	36.9	0	21.96	45.75	29.28	849.463	
	NOX(g)（電力分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	NOX(g)（合計）	0	1.64	0	0	0.164	6.771	78.324	16.104	45.75	3.66	45.75	34.112	5.49	33.344	16.47	395.054	32.94	36.9	0	21.96	45.75	29.28	849.463	
	SOX(g)（燃料分）	0	0	0	0	0	2.3458	27.1352	5.5792	15.85	1.268	15.85	0	1.902	1.268	5.706	101.44	11.412	0	0	7.608	15.85	10.144	223.3582	
	SOX(g)（電力分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	SOX(g)（合計）	0	0	0	0	0	2.3458	27.1352	5.5792	15.85	1.268	15.85	0	1.902	1.268	5.706	101.44	11.412	0	0	7.608	15.85	10.144	223.3582	
	CH4(g)																							0	
	N2O(g)																							0	
廃棄物	廃棄物の種類1(kg)																							0	
（プラスチック廃棄	プラの種類1(kg)																							0	
埋め戻し（廃棄物）	残渣　kg																					300		300	乾物
	廃棄物の種類2(kg)																							0	
	廃棄物の種類3(kg)																							0	
範囲内での焼却（廃棄物）	廃棄物の種類1(kg)																							0	
	廃棄物の種類2(kg)																							0	
	廃棄物の種類3(kg)																							0	
アウトプット	収穫物　t																				5.7			5.7	

作物・積算基準　【キャベツ】【10a（但し、1筆当たり面積30a、キャベツ栽培面積800a）】
栽培体型　【機械化一貫体系】

	作業期間																			栽培期間を通じた管理		備考
	各作業工程	8月上旬：播種	8月上旬～9月上旬：育苗管理	8月上旬～9月上旬苗床防除	9月上旬：圃場準備堆肥散布	9月上旬：耕起	9月上旬：石灰、ネビシン同時散布	9月上旬：耕耘	9月上旬：畦立て同時畦内施肥	9月上旬：除草剤散布	9月上旬：苗運搬、定植、土壌混和型差駐	9月上旬：定植時かん水	9月中旬～10月中旬：中耕×3回	適宜：薬散×6回	12月中下旬：収穫	12月中下旬：調整・箱詰め	12月中下旬：出荷	12月下旬：圃場整備				
使用作業機械・機材		エブ＆フロー育苗装置	エブ＆フロー育苗装置育	動力噴霧機	トラクタ+マニュアスプレッダ	トラクタ+プラウ	トラクタ+ライムソア	トラクタ+ロータリ	乗用管理作業車+畦立て同時施肥機	乗用管理作業車+ブームスプレイヤ	2tトラック、乗用型2乗用全自動移植機	乗用管理作業車+ブームスプレイヤ	乗用管理作業車+カルチャ	乗用管理作業車+ブームスプレイヤ	キャベツ収穫機	ステイプラー	2tトラック	トラクタ+ロータリ		2tトラック		
投入資材		コーティング種子5000粒、育苗培土（38kg）、育苗箱40枚（プラスチック、12.88kg）、128穴セルトレイ40枚（プラスチック 5.92kg）	1/10濃度大塚A処方液肥500L（大塚1号75g、大塚2号50g N:26g、P2O5:23.3、K2O：40.5）18円		堆肥4t 7920円		炭酸苦土石灰100kg2800円		くみあいCDU複合燐加安S555（N:15、P2O5:15、K2O:15）30kg-3690円、LPコートくみあいロング40日（14-12-14）50kg-10000円、苦土重焼燐1号（N:0、P2O5:25			河川水1200L				段ボール箱380箱（紙300kg）、ステープル4000本（鉄12kg）						
	水（L）		1500	10								1200L		1200							2710	
エネルギー	ｶﾞｿﾘﾝ（L）			0.01					4	0.36	2.64	1.08	6	2.16	9.24						25.49	
	混合ｶﾞｿﾘﾝ（L）																				0	
	軽油（L）				0.37	4.28	1.28	2.5			0.2						1.2	2.5		1.6	13.93	
	灯油（L）																				0	
	A重油（L）																				0	
	電力（kwh）		0.18																		0.18	
肥料	肥料（kg）		0.125		4000				91												4091.125	
	窒素（kg）		0.026		18				11.4												29.426	
	リン酸（kg）		0.0233		9.2				14.4												23.6233	
	単質肥料（円）						2800		1056												3856	
	複合肥料（円）		18						13690												13708	
	有機肥料（円）				7920																7920	
農薬	アセフェート5.0%粒剤 g	200									3000										3200	
	カルタップ50.0%水和剤 g			10																	10	
	フルスルファミド0.1%粉剤 g						30000														30000	
	トリフルラリン44.5%乳剤 mL									300											300	
	アセフェート50.0%水和剤 g													100							100	
	エトフェンブロックス20.0%乳 mL													100							100	
	フルフェノクスロン10.0%乳剤 mL													50							50	
	カルタップ50.0%水和剤 g													100							100	
	バチルス・チューリンゲンシス g（生菌10.0%）													100							100	
	メソミル45.0%水和剤 g													100							100	
	PAP50.0%乳剤 mL													100							100	
	エマメクチン安息香酸塩 mL													100							100	
	テフルベンズロン5.0% mL													50							50	
	農薬（円）	145		38			13900			1440	2180			6674							24377	
大気負荷	CO2(g)（燃料分）	0	0	23.58	978.28	11316.32	3384.32	6610	9432	848.88	6753.92	2546.64	14148	5093.28	21787.92	0	3172.8	6610	0	4230.4	96936.34	
	CO2(g)（電力分）	0	68.58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68.58	
	CO2(g)（肥料分）	0	106.2	0	19008	0	25200	0	90275	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134589.2	
	CO2(g)（農薬分）	551	0	144.4	0	0	52820	0	0	5472	8284	0	0	25361.2	0	0	0	0	0	0	92632.6	
	CO2(g)（合計）	551	174.78	167.98	19986.28	11316.32	81404.32	6610	99707	6320.88	15037.92	2546.64	14148	30454.48	21787.92	0	3172.8	6610	0	4230.4	324226.72	
	NOX(g)（燃料分）	0	0	0.082	6.771	78.324	23.424	45.75	32.8	2.952	25.308	8.856	49.2	17.712	75.768	0	21.96	45.75	0	29.28	463.937	
	NOX(g)（電力分）	0	0.0522	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0522	
	NOX(g)（合計）	0	0.0522	0.082	6.771	78.324	23.424	45.75	32.8	2.952	25.308	8.856	49.2	17.712	75.768	0	21.96	45.75	0	29.28	463.9892	
	SOX(g)（燃料分）	0	0	0	2.3458	27.1352	8.1152	15.85	0	0	1.268	0	0	0	0	0	7.608	15.85	0	10.144	88.3162	
	SOX(g)（電力分）	0	0.0396	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0396	
	SOX(g)（合計）	0	0.0396	0	2.3458	27.1352	8.1152	15.85	0	0	1.268	0	0	0	0	0	7.608	15.85	0	10.144	88.3558	
	CH4(g)																				0	
	N2O(g)																				0	
廃棄物（プラスチック廃棄物）	廃棄物の種類1(kg)																				0	
	PP kg										1.2										1.2	
	PS(もしくはPET) kg										2										2	
埋め戻し（廃棄物）	残渣 kg																		300		300	乾物
	廃棄物の種類2(kg)																				0	
	廃棄物の種類3(kg)																				0	
範囲内での焼却（廃棄物）	廃棄物の種類1(kg)																				0	
	廃棄物の種類2(kg)																				0	
	廃棄物の種類3(kg)																				0	
アウトプット	収穫物 t																	5.7			5.7	

作物・積算基準　【秋まきコムギ（ホクシン）】【ha（栽培面積7ha、栽培密度100kg/ha）】
栽培体型　【慣行耕起体系】

	作業期間	播種前	9月中	9月20日ごろ	播種後	11月中、12	3月中～下	4月10日ごろ	5月10日ごろ	5月中～7月	月上～7月上	7月下	収穫後	収穫後	収穫後	収穫後	栽培期間を通じた管理			備考
	各作業工程	種子消毒	砕土・整地2回	播種・施肥	除草剤散布（1回）	殺菌剤散布（2回）	融雪剤散布	追肥（起生期）	追肥（幼穂形成期）	殺菌剤散布（4回）	殺虫剤散布（1回）	収穫	出荷(圃場-乾燥施設)	乾燥	残差処理（わら持ち出し）	残差処理（刈り株すき込み）	圃場内資材配置（水、苗、肥料、融雪剤など）	資材運搬（農家ー圃場）（11回）		
使用作業機械・機材			トラクタ（ロータリハロー）80PS 2.6m	トラクタ(ドリルシーダ) 60PS 20条 2.5m	トラクタ(スプレーヤ) 80PS 1000L	トラクタ(スプレーヤ) 80PS 1000L	スノーモービル 22.5PS 同上用ブロードキャスタ	トラクタ(ブロードキャスタ) 80PS 1000L	トラクタ(ブロードキャスタ) 80PS 1000L	トラクタ(スプレーヤ) 80PS 1000L	殺菌剤と混合散布	普通型コンバイン 刈り幅 4.5m	4tトラック 片道10km 5.5km/L	共同乾燥施設	トラクタ（ロールベーラ）60PS 5.2m	トラクタ(ボトムプラウ) 80PS 18″×2	2tトラック 11回 1L/回/ha	2tトラック 片道1km 11往復 7km/L		
投入資材		種子100kg		化成肥料 60kgN (8-25-10-5) 750kg			融雪剤 100kg	硫安 30kgN 140kg	硫安 20kgN 100kg											
	水(L)				1000	2000				4000									7000	
エネルギー	ｶﾞｿﾘﾝ(L)						1.8												1.8	
	混合ｶﾞｿﾘﾝ(L)																		0	
	軽油(L)		41.3	6.7	1.9	3.8		4.6	4.6	7.6		14.5	4.5		5	29.8	11	2.8	138.1	
	灯油(L)													147.5					147.5	
	A重油(L)																		0	
	電力(kwh)													222					222	
肥料	肥料(kg)			750				140	100										990	
	窒素(kg)			60				30	20										110	
	リン酸(kg)			187.5															187.5	
	単質肥料(円)							3591	2565										6156	
	複合肥料(円)			46050															46050	
	有機肥料(円)																		0	
農薬	ﾍﾟﾌﾗﾝ液剤 mL	500																	500	
	ﾘｿﾞﾚｯｸｽﾍﾟﾌﾗﾝﾌﾛｱﾌﾞﾙ mL					4000													4000	
	ﾄｯﾌﾟｼﾞﾝM水和剤 mL					1000													1000	
	ｺﾞｰｺﾞｰｻﾝ乳剤 mL				4000														4000	
	ﾁﾙﾄ乳剤25 mL									1000									1000	
	ｲｵｳﾌﾛｱﾌﾞﾙ mL									2500									2500	
	ｽﾄﾛﾋﾞｰﾌﾛｱﾌﾞﾙ mL									500									500	
	ｼﾙﾊﾞｷｭｱﾌﾛｱﾌﾞﾙ mL									500									500	
	ｽﾐﾁｵﾝ乳剤 mL										1000								1000	
	農薬(円)	2667			14240	29326				20202	2432								68867	
大気負荷	CO2(g)(燃料分)	0	109197.2	17714.8	5023.6	10047.2	4244.4	12162.4	12162.4	20094.4	0	38338	11898	373175	13220	78791.2	29084	7403.2	742555.8	
	CO2(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84582	0	0	0	0	84582	
	CO2(g)(肥料分)	0	0	271695	0	0	0	32319	23085	0	0	0	0	0	0	0	0	0	327099	
	CO2(g)(農薬分)	10134.6	0	0	54112	111438.8	0	0	0	76767.6	9241.6	0	0	0	0	0	0	0	261694.6	
	CO2(g)(合計)	10134.6	109197.2	289409.8	59135.6	121486	4244.4	44481.4	35247.4	96862	9241.6	38338	11898	457757	13220	78791.2	29084	7403.2	1415931.4	
	NOX(g)(燃料分)	0	755.79	122.61	34.77	69.54	14.76	84.18	84.18	139.08	0	265.35	82.35	213.875	91.5	545.34	201.3	51.24	2755.865	
	NOX(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64.38	0	0	0	0	64.38	
	NOX(g)(合計)	0	755.79	122.61	34.77	69.54	14.76	84.18	84.18	139.08	0	265.35	82.35	278.255	91.5	545.34	201.3	51.24	2820.245	
	SOX(g)(燃料分)	0	261.842	42.478	12.046	24.092	0	29.164	29.164	48.184	0	91.93	28.53	8.85	31.7	188.932	69.74	17.752	884.404	
	SOX(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48.84	0	0	0	0	48.84	
	SOX(g)(合計)	0	261.842	42.478	12.046	24.092	0	29.164	29.164	48.184	0	91.93	28.53	57.69	31.7	188.932	69.74	17.752	933.244	
	CH4(g)																		0	
	N2O(g)																		0	
廃棄物	廃棄物の種類1(kg)																		0	
(プラスチック廃棄物)	プラの種類1(kg)																		0	
埋め戻し	廃棄物の種類1(kg)																		0	
(廃棄物)	廃棄物の種類2(kg)																		0	
範囲内での焼却	廃棄物の種類1(kg)																		0	
(廃棄物)	廃棄物の種類2(kg)																		0	
アウトプット	収穫物 kg												5000						5000	

作物・積算基準　【秋まきコムギ（ホクシン）】【ha（栽培面積7ha、栽培密度100kg/ha）】
栽培体型　【簡易耕起体系】

	作業期間	前作収穫後	播種前	９月中	9月20日ごろ	播種後	1月中、12月	3月中～下	1月10日ごろ	5月10日ごろ	月中～7月	月上～7月	7月下	収穫後	収穫後	収穫後	栽培期間を通じた管理			備考
	各作業工程	除草剤散布（1回）	種子消毒	砕土・整地1回	播種・施肥	除草剤散布（1回）	殺菌剤散布（2回）	融雪剤散布	追肥（起生期）	追肥（幼穂形成期）	殺菌剤散布（4回）	殺虫剤散布（1回）	収穫	出荷(圃場-乾燥施設)	乾燥	残差処理（わら持ち出し）	圃場内資材配置（水、苗、肥料、融雪剤な	資材運搬（農家ー圃場）（12回）		
使用作業機械・機材		トラクタ（スプレーヤ）80PS 1000L		トラクタ（ロータリハロー）80PS 2.6m	トラクタ(ドリルシーダ) 60PS 20条 2.5m	トラクタ(スプレーヤ) 80PS 1000L	トラクタ(スプレーヤ) 80PS 1000L	スノーモービル 22.5PS 同上用ブロードキャスタ	トラクタ(ブロードキャスタ) 80PS 1000L	トラクタ(ブロードキャスタ) 80PS 1000L	トラクタ(スプレーヤ) 80PS 1000L	殺菌剤と混合散布	普通型コンバイン 刈り幅 4.5m	4tトラック 片道10km 5.5km/L	共同乾燥施設	トラクタ（ロールベーラ）60PS 5.2m	2tトラック 12回 1L/回/ha	2tトラック 片道1km 12往復 7km/L		
投入資材			種子100kg		化成肥料 60kgN (8-25-10-5) 750kg			融雪剤 100kg	硫安 30kgN 140kg	硫安 20kgN 100kg										
	水(L)	1000				1000	2000				4000								8000	
エネルギー	ｶﾞｿﾘﾝ(L)							1.8											1.8	
	混合ｶﾞｿﾘﾝ(L)																		0	
	軽油(L)	1.9		20.7	6.7	1.9	3.8		4.6	4.6	7.6		14.5	4.5		5	12	3	90.8	
	灯油(L)														147.5				147.5	
	A重油(L)																		0	
	電力(kwh)														222				222	
肥料	肥料(kg)				750				140	100									990	
	窒素(kg)				60				30	20									110	
	リン酸(kg)				187.5														187.5	
	単質肥料(円)								3591	2565									6156	
	複合肥料(円)				46050														46050	
	有機肥料(円)																		0	
農薬	ﾗｳﾝﾄﾞｱｯﾌﾟ mL	5000																	5000	
	ﾍﾞﾌﾗﾝ液剤 mL		500																500	
	ﾘｿﾞﾚｯｸｽﾍﾞﾌﾗﾝﾌﾛｱﾌﾞﾙ mL						4000												4000	
	ﾄｯﾌﾟｼﾞﾝM水和剤 mL						1000												1000	
	ｺﾞｰｺﾞｰｻﾝ乳剤 mL					4000													4000	
	ﾁﾙﾄ乳剤25 mL										1000								1000	
	ｲｵｳﾌﾛｱﾌﾞﾙ mL										2500								2500	
	ｽﾄﾛﾋﾞｰﾌﾛｱﾌﾞﾙ mL										500								500	
	ｼﾙﾊﾞｷｭｱﾌﾛｱﾌﾞﾙ mL										500								500	
	ｽﾐﾁｵﾝ乳剤 mL											1000							1000	
	農薬(円)	11078	2667			14240	29326				20202	2432							79945	
大気負荷	CO2(g)(燃料分)	5023.6	0	54730.8	17714.8	5023.6	10047.2	4244.4	12162.4	12162.4	20094.4	0	38338	11898	373175	13220	31728	7932	617494.6	
	CO2(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84582	0	0	0	84582	
	CO2(g)(肥料分)	0	0	0	271695	0	0	0	32319	23085	0	0	0	0	0	0	0	0	327099	
	CO2(g)(農薬分)	42096.4	10134.6	0	0	54112	111438.8	0	0	0	76767.6	9241.6	0	0	0	0	0	0	303791	
	CO2(g)(合計)	47120	10134.6	54730.8	289409.8	59135.6	121486	4244.4	44481.4	35247.4	96862	9241.6	38338	11898	457757	13220	31728	7932	1332966.6	
	NOX(g)(燃料分)	34.77	0	378.81	122.61	34.77	69.54	14.76	84.18	84.18	139.08	0	265.35	82.35	213.875	91.5	219.6	54.9	1890.275	
	NOX(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64.38	0	0	0	64.38	
	NOX(g)(合計)	34.77	0	378.81	122.61	34.77	69.54	14.76	84.18	84.18	139.08	0	265.35	82.35	278.255	91.5	219.6	54.9	1954.655	
	SOX(g)(燃料分)	12.046	0	131.238	42.478	12.046	24.092	0	29.164	29.164	48.184	0	91.93	28.53	8.85	31.7	76.08	19.02	584.522	
	SOX(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48.84	0	0	0	48.84	
	SOX(g)(合計)	12.046	0	131.238	42.478	12.046	24.092	0	29.164	29.164	48.184	0	91.93	28.53	57.69	31.7	76.08	19.02	633.362	
	CH4(g)																		0	
	N2O(g)																		0	
廃棄物	廃棄物の種類1(kg)																		0	
(プラスチック廃棄物)	プラの種類1(kg)																		0	
埋め戻し	廃棄物の種類1(kg)																		0	
(廃棄物)	廃棄物の種類2(kg)																		0	
範囲内での焼却	廃棄物の種類1(kg)																		0	
(廃棄物)	廃棄物の種類2(kg)																		0	
アウトプット	収穫物 kg												5000						5000	

作物・積算基準　【テンサイ】【ha(栽培面積4ha、栽培面積:種子 1.3kg/ha)】
栽培体型　【慣行耕起体系】

	作業期間	前年	2月下～3月	3月中～下	3月下～5月上	3月中～下	4月中～5月上	4月中～5月上	4月中～5月上	4月下～5月上	4月下～5月上	5月中～6月上	5月下～6月下	6月下～9月中	6月上～7月上	10月中～11月上	収穫後	収穫後	栽培期間を通じた管理			備考
	各作業工程	床土準備	ハウス設置	土詰め・播種	育苗管理	融雪剤散布	土壌改良材散布	砕土整地2回	作条施肥	移植	補植(人力)	除草剤散布(1回)	中耕 3回	殺菌剤散布(5回)	殺虫剤散布(2回)	収穫	出荷(圃場ー製糖工場)	耕起	圃場内資材配置(水、苗、肥料、融雪剤な	資材運搬(農家ー圃場)(10回)		
使用作業機械・機材		トラクター(フロントローダ)80PS		土ふるい機、土詰め機、は種機(3点11kw)		スノーモービル22.5PS同上用ブロードキャスタ	トラクタ(ライムソワー)50PS 480L	トラクタ(ロータリハロー)80PS 2.6m	トラクタ(総合施肥は種機)60PS 4畦	トラクタ(ビート移植機)60PS 全自動4畦		トラクタ(スプレーヤ)80PS 1000L	トラクタ(カルチベータ) 50PS株間除草機付き4畦	トラクタ(スプレーヤ)80PS 1000L	殺菌剤と混合散布	トラクタ(ビートハーベスタ) 60PS けん引1条トラクタ(フロントローダ)80PS	10tトラック片道10km 3.5km/L	トラクタ(ボトムプラウ) 80PS 18″×2	2tトラック10回 1L/回/ha	2tトラック片道1km 10往復 7km/L		
投入資材		床土3.5t/ha	ハウス用ビニール	ペーパーポット60冊ペレット種子1.3kg殺菌剤	育苗用化成肥料50kg	融雪剤100kg	炭カル		化成肥料150kgN(12-20-12-4)1250kg	苗	苗											
	水(L)											1000		5000							6000	
エネルギー	ｶﾞｿﾘﾝ(L)					1.8															1.8	
	混合ｶﾞｿﾘﾝ(L)																				0	
	軽油(L)						6	41.3	9.5	17		1.9	17.2	9.6		41.5	34.3	29.8	10	2.5	220.6	
	灯油(L)																				0	
	A重油(L)																				0	
	電力(kwh)			49.5																	49.5	
肥料	肥料(kg)				50				1250												1300	
	窒素(kg)								150												150	
	リン酸(kg)								250												250	
	単質肥料(円)																				0	
	複合肥料(円)				4500				102375												106875	
	有機肥料(円)																				0	
農薬	ﾀﾁｶﾞﾚﾝ液剤 mL				120																120	
	ｱｸﾞﾘﾏｲｼﾝ100 g				300																300	
	ﾚﾅﾊﾟｯｸ水和剤 g											3000									3000	
	ﾍﾞﾀﾅｰﾙ乳剤 mL											5000									5000	
	ﾌﾞﾗﾝﾀﾞﾑ乳剤25 mL													666							666	
	ｸﾞﾘｰﾝﾀﾞｲｾﾝM水和剤 mL													2000							2000	
	ﾓﾝｶｯﾄ水和剤50 mL													1000							1000	
	ﾓﾝｾﾚﾝ水和剤 mL													2000							2000	
	ｵﾙﾄﾗﾝ水和剤 mL														1000						1000	
	ﾍﾞｲｵﾌME剤 mL														500						500	
	農薬(円)				1734							37568		21710	8325						69337	
大気負荷	CO2(g)(燃料分)	0	0	0	0	4244.4	15864	109197.2	25118	44948	0	5023.6	45476.8	25382.4	0	109726	90689.2	78791.2	26440	6610	587510.8	
	CO2(g)(電力分)	0	0	18859.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18859.5	
	CO2(g)(肥料分)	0	0	0	26550	0	0	0	604012.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	630562.5	
	CO2(g)(農薬分)	0	0	0	6589.2	0	0	0	0	0	0	142758.4	0	82498	31635	0	0	0	0	0	263480.6	
	CO2(g)(合計)	0	0	18859.5	33139.2	4244.4	15864	109197.2	629130.5	44948	0	147782	45476.8	107880.4	31635	109726	90689.2	78791.2	26440	6610	1500413.4	
	NOX(g)(燃料分)	0	0	0	0	14.76	109.8	755.79	173.85	311.1	0	34.77	314.76	175.68	0	759.45	627.69	545.34	183	45.75	4051.74	
	NOX(g)(電力分)	0	0	14.355	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.355	
	NOX(g)(合計)	0	0	14.355	0	14.76	109.8	755.79	173.85	311.1	0	34.77	314.76	175.68	0	759.45	627.69	545.34	183	45.75	4066.095	
	SOX(g)(燃料分)	0	0	0	0	0	38.04	261.842	60.23	107.78	0	12.046	109.048	60.864	0	263.11	217.462	188.932	63.4	15.85	1398.604	
	SOX(g)(電力分)	0	0	10.89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.89	
	SOX(g)(合計)	0	0	10.89	0	0	38.04	261.842	60.23	107.78	0	12.046	109.048	60.864	0	263.11	217.462	188.932	63.4	15.85	1409.494	
	CH4(g)																				0	
	N2O(g)																				0	
廃棄物	廃棄物の種類1(kg)																				0	
(プラスチック廃棄物)	プラの種類1(kg)																				0	
埋め戻し	廃棄物の種類1(kg)																				0	
(廃棄物)	廃棄物の種類2(kg)																				0	
範囲内での焼却	廃棄物の種類1(kg)																				0	
(廃棄物)	廃棄物の種類2(kg)																				0	
アウトプット	収穫物 kg															60000					60000	

作物・積算基準　【テンサイ】【ha(栽培面積4ha、栽培面積:種子 1.3kg/ha)】
栽培体型　【簡易耕起体系】

	作業期間	前作収穫後	前年	2月下～3月上	3月中～下	3月下～5月上	3月中～下	4月中～5月上	4月中～5月上	4月中～5月上	4月下～5月上	4月下～5月上	5月中～6月上	5月下～6月下	6月下～9月中	6月上～7月上	10月中～11月上	収穫後	栽培期間を通じた管理			備考
	各作業工程	除草剤散布(1回)	床土準備	ハウス設置	土詰め・播種	育苗管理	融雪剤散布	土壌改良材散布	砕土整地1回	作条施肥	移植	補植(人力)	除草剤散布(1回)	中耕	殺菌剤散布(5回)	殺虫剤散布(2回)	収穫	出荷(圃場ー製糖工場)	圃場内資材配置(水、苗、肥料、融雪剤な	資材運搬(農家ー圃場)(11回)		
使用作業機械・機材		トラクタ(スプレーヤ) 80PS 1000L	トラクター(フロントローダ) 80PS		土ふるい機、土詰め機、は種機(3点 11kw)		スノーモービル 22.5PS 同上用ブロードキャスタ	トラクタ(ライムソワー) 50PS 480L	トラクタ(ロータリハロー) 80PS 2.6m	トラクタ(総合施肥は種機) 60PS 4畦	トラクタ(ビート移植機) 60PS 全自動4畦		トラクタ(スプレーヤ) 80PS 1000L	トラクタ(カルチベータ) 50PS 株間除草機付き4畦	トラクタ(スプレーヤ) 80PS 1000L	殺菌剤と混合散布	トラクタ(ビートハーベスタ) 60PS けん引1条 トラクタ(フロントローダ) 80PS	10tトラック 片道10km 3.5km/L	2tトラック 11回 1L/回/ha	2tトラック 片道1km 11往復 7km/L		
投入資材			床土(3.5t/ha)	ハウス用ビニール	ペーパーポット60冊 ペレット種子1.3kg 殺菌剤	育苗用化成肥料 50kg	融雪剤 100kg	炭カル		化成肥料 150kgN (12-20-12-4) 1250kg												
	水(L)	1000											1000		5000						7000	
エネルギー	ｶﾞｿﾘﾝ(L)						1.8														1.8	
	混合ｶﾞｿﾘﾝ(L)																				0	
	軽油(L)	1.9						6	20.7	9.5	17		1.9	17.2	9.6		41.5	34.3	11	2.8	173.4	
	灯油(L)																				0	
	A重油(L)																				0	
	電力(kwh)				49.5																49.5	
肥料	肥料(kg)					50				1250											1300	
	窒素(kg)									150											150	
	ﾘﾝ酸(kg)									250											250	
	単質肥料(円)																				0	
	複合肥料(円)					4500				102375											106875	
	有機肥料(円)																				0	
農薬	ﾗｳﾝﾄﾞｱｯﾌﾟ mL	5000				120															5120	
	ﾀﾁｶﾞﾚﾝ液剤 mL					120															120	
	ｱｸﾞﾘﾏｲｼﾝ100 g					300															300	
	ﾚﾅﾊﾞｯｸ水和剤 g												3000								3000	
	ﾍﾞﾀﾅｰﾙ乳剤 mL												5000								5000	
	ﾌﾞﾗﾝﾀﾞﾑ乳剤25 mL														666						666	
	ｸﾞﾘｰﾝﾀﾞｲｾﾝM水和剤 mL														2000						2000	
	ﾓﾝｶｯﾄ水和剤50 mL														1000						1000	
	ﾓﾝｾﾚﾝ水和剤 mL														2000						2000	
	ｵﾙﾄﾗﾝ水和剤 mL															1000					1000	
	ﾍﾟｲｵﾌME剤 mL															500					500	
	農薬(円)	11078				1734							37568		21710	8325					80415	
大気負荷	CO2(g)(燃料分)	5023.6	0	0	0	0	4244.4	15864	54730.8	25118	44948	0	5023.6	45476.8	25382.4	0	109726	90689.2	29084	7403.2	462714	
	CO2(g)(電力分)	0	0	0	18859.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18859.5	
	CO2(g)(肥料分)	0	0	0	0	26550	0	0	0	604012.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	630562.5	
	CO2(g)(農薬分)	42096.4	0	0	0	6589.2	0	0	0	0	0	0	142758.4	0	82498	31635	0	0	0	0	305577	
	CO2(g)(合計)	47120	0	0	18859.5	33139.2	4244.4	15864	54730.8	629130.5	44948	0	147782	45476.8	107880.4	31635	109726	90689.2	29084	7403.2	1417713	
	NOX(g)(燃料分)	34.77	0	0	0	0	14.76	109.8	378.81	173.85	311.1	0	34.77	314.76	175.68	0	759.45	627.69	201.3	51.24	3187.98	
	NOX(g)(電力分)	0	0	0	14.355	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.355	
	NOX(g)(合計)	34.77	0	0	14.355	0	14.76	109.8	378.81	173.85	311.1	0	34.77	314.76	175.68	0	759.45	627.69	201.3	51.24	3202.335	
	SOX(g)(燃料分)	12.046	0	0	0	0	0	38.04	131.238	60.23	107.78	0	12.046	109.048	60.864	0	263.11	217.462	69.74	17.752	1099.356	
	SOX(g)(電力分)	0	0	0	10.89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.89	
	SOX(g)(合計)	12.046	0	0	10.89	0	0	38.04	131.238	60.23	107.78	0	12.046	109.048	60.864	0	263.11	217.462	69.74	17.752	1110.246	
	CH4(g)																				0	
	N2O(g)																				0	
廃棄物	廃棄物の種類1(kg)																				0	
(プラスチック廃棄物)	プラの種類1(kg)																				0	
埋め戻し	廃棄物の種類1(kg)																				0	
(廃棄物)	廃棄物の種類2(kg)																				0	
範囲内での焼却	廃棄物の種類1(kg)																				0	
(廃棄物)	廃棄物の種類2(kg)																				0	
アウトプット	収穫物 kg															60000					60000	

作物・積算基準　【アズキ（エリモショウズ）】【ha（栽培面積2ha、栽培密度35kg/ha）】
栽培体型　【慣行耕起体系】

	作業期間	2月中～3月下	5月中～6月上	5月中～6月上	5月中～6月中	6月下～7月中	7月下～8月中	7月下～8月中	9月中～下	9月下～10月中	10月中～11月上	9月下～10月上	収穫後	栽培期間を通じた管理			備考
	各作業工程	種子消毒	砕土整地2回	施肥播種	除草剤散布（1回）	中耕・除草3回	殺菌剤散布（4回）	殺虫剤散布（1回）	収穫・乾燥（にお積み）	脱穀	出荷（圃場ー集荷場）	残差処理（持ち出し）	耕起	圃場内資材配置（水、苗、肥料、融雪剤な	資材運搬（農家ー圃場）（6回）		
使用作業機械・機材			トラクタ（ロータリハロー）80PS 2.6m	トラクタ（総合施肥は種機）50PS 4条 2.4m	トラクタ（スプレーヤ）80PS 1000L	トラクタ（カルチベータ） 30PS 株間除草機付き4畦	トラクタ（スプレーヤ）80PS 1000L	殺菌剤と混合散布	ビーンハーベスタ（自走式） 2条	トラクタ（スレッシャ）40PS 直装式 500kg	4tトラック 片道10km 5.5km/L		トラクタ（ボトムプラウ）80PS 18″×2	2tトラック 6回 1L/回/ha	2tトラック 片道1km 6往復 7km/L		
投入資材		種子35kg		化成肥料 40kgN (5-20-12-5) 800kg													
	水（L）				1000		4000									5000	
エネルギー	ｶﾞｿﾘﾝ（L）															0	
	混合ｶﾞｿﾘﾝ（L）															0	
	軽油（L）		41.3	9.5	1.9	20.3	7.7		8.9	31.5	2.3		29.8	6	1.5	160.7	
	灯油（L）															0	
	A重油（L）															0	
	電力（kwh）															0	
肥料	肥料（kg）			800												800	
	窒素（kg）			40												40	
	リン酸（kg）			160												160	
	単質肥料（円）															0	
	複合肥料（円）			53240												53240	
	有機肥料（円）															0	
農薬	ﾁｳﾗﾑ80 g	105														105	
	ﾊﾟﾜｰｶｲｻﾞｰ液剤 mL				2000											2000	
	ﾌﾛﾝｻｲﾄﾞ水和剤 mL						2000									2000	
	ｽﾐﾚｯｸｽ水和剤 mL						1000									1000	
	ｹﾞｯﾀｰ水和剤 mL						1000									1000	
	ﾊﾞｲｼﾞｯﾄ乳剤 mL							1000								1000	
	農薬（円）	157			7394		41732	2490								51773	
大気負荷	CO2(g)（燃料分）	0	109197.2	25118	5023.6	53673.2	20358.8	0	23531.6	83286	6081.2	0	78791.2	15864	3966	424890.8	
	CO2(g)（電力分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	CO2(g)（肥料分）	0	0	314116	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	314116	
	CO2(g)（農薬分）	596.6	0	0	28097.2	0	158581.6	9462	0	0	0	0	0	0	0	196737.4	
	CO2(g)（合計）	596.6	109197.2	339234	33120.8	53673.2	178940.4	9462	23531.6	83286	6081.2	0	78791.2	15864	3966	935744.2	
	NOX(g)（燃料分）	0	755.79	173.85	34.77	371.49	140.91	0	162.87	576.45	42.09	0	545.34	109.8	27.45	2940.81	
	NOX(g)（電力分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	NOX(g)（合計）	0	755.79	173.85	34.77	371.49	140.91	0	162.87	576.45	42.09	0	545.34	109.8	27.45	2940.81	
	SOX(g)（燃料分）	0	261.842	60.23	12.046	128.702	48.818	0	56.426	199.71	14.582	0	188.932	38.04	9.51	1018.838	
	SOX(g)（電力分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	SOX(g)（合計）	0	261.842	60.23	12.046	128.702	48.818	0	56.426	199.71	14.582	0	188.932	38.04	9.51	1018.838	
	CH4(g)															0	
	N2O(g)															0	
廃棄物	廃棄物の種類1(kg)															0	
（プラスチック廃棄物）	プラの種類1(kg)															0	
埋め戻し	廃棄物の種類1(kg)															0	
（廃棄物）	廃棄物の種類2(kg)															0	
範囲内での焼却	廃棄物の種類1(kg)															0	
(廃棄物)	廃棄物の種類2(kg)															0	
アウトプット	収穫物									2500						2500	

作物・積算基準　【アズキ（エリモショウズ）】【ha（栽培面積2ha、栽培密度35kg/ha）】
栽培体型　【簡易耕起体系】

	作業期間	前作収穫後	2月中～3月下	5月中～6月上	5月中～6月上	5月中～6月中	6月下～7月中	7月下～8月中	7月下～8月中	9月中～下	9月下～10月中	10月中～11月上	9月下～10月上	栽培期間を通じた管理			備考
	各作業工程	除草剤散布（1回）	種子消毒	砕土整地 1回	施肥播種	除草剤散布（1回）	中耕・除草 3回	殺菌剤散布（4回）	殺虫剤散布（1回）	収穫・乾燥（にお積み）	脱穀	出荷（圃場ー集荷場）	残差処理（持ち出し）	圃場内資材配置（水、苗、肥料、融雪剤な	資材運搬（農家ー圃場）（7回）		
使用作業機械・機材		トラクタ（スプレーヤ）80PS 1000L		トラクタ（ロータリハロー）80PS 2.6m	トラクタ（総合施肥は種機）50PS 4条 2.4m	トラクタ（スプレーヤ）80PS 1000L	トラクタ（カルチベータ） 30PS 株間除草機付き4畦	トラクタ（スプレーヤ）80PS 1000L	殺菌剤と混合散布	ビーンハーベスタ（自走式） 2条	トラクタ（スレッシャ）40PS 直装式 500kg	4tトラック 片道10km 5.5km/L		2tトラック 7回 1L/回/ha	2tトラック 片道1km 7往復 7km/L		
投入資材		ﾗｳﾝﾄﾞｱｯﾌﾟ 5000mL/ha	種子35kg ﾁｳﾗﾑ80 種子0.3%		化成肥料 40kgN (5-20-12-5) 800kg	ﾊﾟﾜｰｶｲｻﾞｰ液剤 1回		ﾌﾛﾝｻｲﾄﾞ水和剤 2回、ｽﾐﾚｯｸｽ水和剤 1回、ｹﾞｯﾀｰ水和剤 1回	ﾊﾞｲｼﾞｯﾄ乳剤 1回								
	水（L）	1000				1000		4000								6000	
エネルギー	ｶﾞｿﾘﾝ（L）															0	
	混合ｶﾞｿﾘﾝ（L）															0	
	軽油（L）	1.9		20.7	9.5	1.9	20.3	7.7		8.9	31.5	2.3		7	1.8	113.5	
	灯油(L)															0	
	A重油（L）															0	
	電力（kwh）															0	
肥料	肥料（kg）				800											800	
	窒素（kg）				40											40	
	リン酸(kg)				160											160	
	単質肥料（円）															0	
	複合肥料（円）				53240											53240	
	有機肥料（円）															0	
農薬	ﾗｳﾝﾄﾞｱｯﾌﾟ mL	5000														5000	
	ﾁｳﾗﾑ80 g		105													105	
	ﾊﾟﾜｰｶｲｻﾞｰ液剤 mL					2000										2000	
	ﾌﾛﾝｻｲﾄﾞ水和剤 mL							2000								2000	
	ｽﾐﾚｯｸｽ水和剤 mL							1000								1000	
	ｹﾞｯﾀｰ水和剤 mL							1000								1000	
	ﾊﾞｲｼﾞｯﾄ乳剤 mL								1000							1000	
	農薬（円）	11078	157			7394		41732	2490							62851	
大気負荷	CO2(g)（燃料分）	5023.6	0	54730.8	25118	5023.6	53673.2	20358.8	0	23531.6	83286	6081.2	0	18508	4759.2	300094	
	CO2(g)（電力分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	CO2(g)（肥料分）	0	0	0	314116	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	314116	
	CO2(g)（農薬分）	42096.4	596.6	0	0	28097.2	0	158581.6	9462	0	0	0	0	0	0	238833.8	
	CO2(g)（合計）	47120	596.6	54730.8	339234	33120.8	53673.2	178940.4	9462	23531.6	83286	6081.2	0	18508	4759.2	853043.8	
	NOX(g)（燃料分）	34.77	0	378.81	173.85	34.77	371.49	140.91	0	162.87	576.45	42.09	0	128.1	32.94	2077.05	
	NOX(g)（電力分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	NOX(g)（合計）	34.77	0	378.81	173.85	34.77	371.49	140.91	0	162.87	576.45	42.09	0	128.1	32.94	2077.05	
	SOX(g)（燃料分）	12.046	0	131.238	60.23	12.046	128.702	48.818	0	56.426	199.71	14.582	0	44.38	11.412	719.59	
	SOX(g)（電力分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	SOX(g)（合計）	12.046	0	131.238	60.23	12.046	128.702	48.818	0	56.426	199.71	14.582	0	44.38	11.412	719.59	
	CH4(g)															0	
	N2O(g)															0	
廃棄物	廃棄物の種類1(kg)															0	
（プラスチック廃棄物）	プラの種類1(kg)															0	
埋め戻し	廃棄物の種類1(kg)															0	
（廃棄物）	廃棄物の種類2(kg)															0	
範囲内での焼却	廃棄物の種類1(kg)															0	
（廃棄物）	廃棄物の種類2(kg)															0	
アウトプット	収穫物									2500						2500	

作物・積算基準　【バレイショ（食用加工用品種）】【ha（栽培面積4ha、栽培密度2000kg/ha】
栽培体型　【慣行耕起体系】

	作業期間	播種前	月上～5月	月下～5月	月下～5月	5月上～6月	月下～6月	6月中～下	月中～9月	6月上～7月	月下～10月	収穫後	収穫後	栽培期間を通じた管理			備考
	各作業工程	種いも消毒	浴光催芽芋切り	砕土整地2回	植え付け・施肥	除草剤（茎葉処理剤）散布（1回）	中耕	培土	殺菌剤散布（6回）	殺虫剤散布（2回）	収穫	出荷（圃場ー集荷場）	耕起	圃場内資材配置（水、苗、肥料、融雪剤な	資材運搬（農家ー圃場）（8回）		
使用作業機械・機材			ポテトカッター	トラクタ（ロータリハロー）80PS 2.6m	トラクタ（ポテトプランタ）60PS 4畦（施肥機付き）	トラクタ（スプレーヤ）80PS 1000L	トラクタ（カルチベータ）50PS 4畦 株間除草機能付き	トラクタ（カルチベータ）50PS 4畦 培土アタッチ付き	トラクタ（スプレーヤ）80PS 1000L	殺菌剤と混合散布	トラクタ（ポテトハーベスタ）70PS けん引式1条 食用加工用トラクタ（フロントロー	4tトラック 片道10km 5.5km/L	トラクタ（ボトムプラウ）80PS 18″×2	2tトラック 8回 1L/回/ha	2tトラック 片道1km 8往復 7km/L		
投入資材		種いも 2000kg			化成肥料 60kgN (6-20-14-4) 1000kg												
	水（L）					1000			6000							7000	
エネルギー	ｶﾞｿﾘﾝ（L）															0	
	混合ｶﾞｿﾘﾝ（L）															0	
	軽油（L）			41.3	10.4	1.9	5.25	5.25	11.5		127	36.4	29.8	8	2	278.8	
	灯油（L）															0	
	A重油（L）															0	
	電力（kwh）		2.8													2.8	
肥料	肥料（kg）				1000											1000	
	窒素（kg）				60											60	
	リン酸（kg）				200											200	
	単質肥料（円）															0	
	複合肥料（円）				69150											69150	
	有機肥料（円）															0	
農薬	ｱｸﾞﾘﾏｲｼﾝ100 g	500														500	
	ｾﾝｺﾙ水和剤 g					1000										1000	
	ｸﾞﾘｰﾝﾀﾞｲｾﾝM水和剤 mL								10000							10000	
	ｸﾞﾘｰﾝｴﾑﾀﾞｲﾌｧｰ水和剤 mL								2500							2500	
	ﾌﾛﾝｻｲﾄﾞ水和剤 mL								1000							1000	
	ﾍﾞｲｵﾌME剤 mL									1000						1000	
	ﾙﾋﾟﾄｯｸｽ乳剤 mL									1000						1000	
	農薬（円）	2890				8977			19677	7390						38934	
大気負荷	CO2(g)（燃料分）	0	0	109197.2	27497.6	5023.6	13881	13881	30406	0	335788	96241.6	78791.2	21152	5288	737147.2	
	CO2(g)（電力分）	0	1066.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1066.8	
	CO2(g)（肥料分）	0	0	0	407985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	407985	
	CO2(g)（農薬分）	10982	0	0	0	34112.6	0	0	74772.6	28082	0	0	0	0	0	147949.2	
	CO2(g)（合計）	10982	1066.8	109197.2	435482.6	39136.2	13881	13881	105178.6	28082	335788	96241.6	78791.2	21152	5288	1294148.2	
	NOX(g)（燃料分）	0	0	755.79	190.32	34.77	96.075	96.075	210.45	0	2324.1	666.12	545.34	146.4	36.6	5102.04	
	NOX(g)（電力分）	0	0.812	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.812	
	NOX(g)（合計）	0	0.812	755.79	190.32	34.77	96.075	96.075	210.45	0	2324.1	666.12	545.34	146.4	36.6	5102.852	
	SOX(g)（燃料分）	0	0	261.842	65.936	12.046	33.285	33.285	72.91	0	805.18	230.776	188.932	50.72	12.68	1767.592	
	SOX(g)（電力分）	0	0.616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.616	
	SOX(g)（合計）	0	0.616	261.842	65.936	12.046	33.285	33.285	72.91	0	805.18	230.776	188.932	50.72	12.68	1768.208	
	CH4(g)															0	
	N2O(g)															0	
廃棄物	廃棄物の種類1(kg)															0	
（プラスチック廃棄物）	プラの種類1(kg)															0	
埋め戻し	廃棄物の種類1(kg)															0	
（廃棄物）	廃棄物の種類2(kg)															0	
範囲内での焼却	廃棄物の種類1(kg)															0	
（廃棄物）	廃棄物の種類2(kg)															0	
アウトプット	収穫物 kg										40000					40000	

作物・積算基準　【バレイショ（食用加工用品種）】【ha（栽培面積4ha、栽培密度2000kg/ha】
栽培体型　【簡易耕起体系】

	作業期間	前作収穫後	播種前	4月上～5月中	4月下～5月中	4月下～5月中	5月上～6月上	5月下～6月	6月中～下	6月中～9月上	6月上～7月上	7月下～10月上	収穫後	栽培期間を通じた管理			備考
	各作業工程	除草剤散布（1回）	種いも消毒	浴光催芽芋切り	砕土整地　1回	植え付け・施肥	除草剤（茎葉処理剤）散布（1回）	中耕	培土	殺菌剤散布（6回）	殺虫剤散布（2回）	収穫	出荷（圃場－集荷場）	圃場内資材配置（水、苗、肥料、融雪剤な	資材運搬（農家－圃場）（9回）		
使用作業機械・機材		トラクタ（スプレーヤ）80PS 1000L 4tトラック		ポテトカッター	トラクタ（ロータリハロー）80PS 2.6m	トラクタ（ポテトプランタ）60PS 4畦（施肥機付き）4tトラック	トラクタ（スプレーヤ）80PS 1000L 4tトラック	トラクタ（カルチベータ）50PS 4畦 株間除草機能付き	トラクタ（カルチベータ）50PS 4畦 培土アタッチ付き	トラクタ（スプレーヤ）80PS 1000L 4tトラック	殺菌剤と混合散布	トラクタ（ポテトハーベスタ）70PS けん引式 1条 食用加工用 トラクタ（フロント	4tトラック 片道 10km 5.5km/L	2tトラック 9回 1L/回/ha	2tトラック 片道1km 9往復 7km/L		
投入資材			種いも 2000kg			化成肥料 60kgN (6-20-14-4) 1000kg											
	水（L）															0	
エネルギー	ｶﾞｿﾘﾝ（L）															0	
	混合ｶﾞｿﾘﾝ（L）															0	
	軽油（L）															0	
	灯油（L）															0	
	A重油（L）															0	
	電力（kwh）															0	
肥料	肥料（kg）					1000										1000	
	窒素（kg）					60										60	
	リン酸（kg）					200										200	
	単質肥料（円）															0	
	複合肥料（円）					69150										69150	
	有機肥料（円）															0	
農薬	ﾗｳﾝﾄﾞｱｯﾌﾟ mL	5000														5000	
	ｱｸﾞﾘﾏｲｼﾝ100 g		500													500	
	ｾﾝｺﾙ水和剤 g						1000									1000	
	ｸﾞﾘｰﾝﾀﾞｲｾﾝM水和剤 mL									10000						10000	
	ｸﾞﾘｰﾝｴﾑﾀﾞｲﾌｧｰ水和剤 mL									2500						2500	
	ﾌﾛﾝｻｲﾄﾞ水和剤 mL									1000						1000	
	ﾍﾟｲｵﾌME剤 mL										1000					1000	
	ﾙﾋﾟﾄｯｸｽ乳剤 mL										1000					1000	
	農薬（円）	11078	2890				8977			19677	7390					50012	
大気負荷	CO2(g)（燃料分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	CO2(g)（電力分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	CO2(g)（肥料分）	0	0	0	0	407985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	407985	
	CO2(g)（農薬分）	42096.4	10982	0	0	0	34112.6	0	0	74772.6	28082	0	0	0	0	190045.6	
	CO2(g)（合計）	42096.4	10982	0	0	407985	34112.6	0	0	74772.6	28082	0	0	0	0	598030.6	
	NOX(g)（燃料分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	NOX(g)（電力分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	NOX(g)（合計）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	SOX(g)（燃料分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	SOX(g)（電力分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	SOX(g)（合計）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	CH4(g)															0	
	N2O(g)															0	
廃棄物	廃棄物の種類1(kg)															0	
（プラスチック廃棄物）	プラの種類1(kg)															0	
埋め戻し	廃棄物の種類1(kg)															0	
（廃棄物）	廃棄物の種類2(kg)															0	
範囲内での焼却	廃棄物の種類1(kg)															0	
（廃棄物）	廃棄物の種類2(kg)															0	
アウトプット	収穫物 kg										40000					40000	

作物・積算基準　【キャベツ(アーリーボール)】【ha(栽培面積1ha、栽培密度400ml/ha (コーティング種子)】
栽培体型　【慣行耕起体系】

	作業期間	前年秋		4月上	月中～6月	5月下	5月下	6月上	6月上	6月下～8	月下～8月	6月中	7月上	8月中	収穫後	収穫後	栽培期間を通じた管理			備考
	各作業工程	石灰散布	ハウス設置	土詰め・播種	殺菌剤散布（苗立ち枯れ病、斑点	施肥	耕起・整地2回	定植	除草剤散布 1回	殺虫剤散布 4回（モンシロチョウ、コ	殺菌剤散布 2回（軟腐病）	追肥・中耕	追肥・中耕	収穫（手取り）	出荷（圃場ー集荷場）	残査すき込み	圃場内資材配置（水、苗、肥料、融	農家ー圃場間 資材運搬10回		
使用作業機械・機材		トラクタ（ライムソワー）30PS 2.2m 360L				トラクタ（ブロードキャスタ）30PS 200L	トラクタ（ロータリハロー）50PS 2.2m	全自動野菜移植機自走10PS乗用2条	トラクタ（スプレーヤ）50PS 650L	トラクタ（スプレーヤ）50PS 650L		トラクタ（施肥カルチベータ）30PS 2.4m	トラクタ（施肥カルチベータ）30PS 2.4m	トラクタ（フロントローダ）50PS 2a（80ケース）0.25k	4tトラック片道10km 5.5km/L	トラクタ(ボトムプラウ）80PS 18″×2	2tトラック10回 1L/回/ha	2tトラック片道1km 10往復 7km/L		
投入資材		炭カル	ハウス資材	トレイ、培養土、コーティング種子400ml		化成肥料110kgN (10-20-10-3)		セル苗				NK化成66kgN (17-0-17) 390kg	NK化成44kgN (17-0-17) 260kg	段ボール箱						
	水(L)								1000	4000									5000	
エネルギー	ｶﾞｿﾘﾝ(L)																		0	
	混合ｶﾞｿﾘﾝ(L)																		0	
	軽油(L)	6				4.6	41.3	24.8	1.9	7.6		6.8	6.8	75	36.4	29.8	10	2.5	253.5	
	灯油(L)																		0	
	A重油(L)																		0	
	電力(kwh)																		0	
肥料	肥料(kg)					1100						390	260						1750	
	窒素(kg)					110						66	44						220	
	リン酸(kg)					220													220	
	単質肥料(円)																		0	
	複合肥料(円)					73260						19051	12701						105012	
	有機肥料(円)																		0	
農薬	ﾄﾚﾌｧﾉｻｲﾄﾞ乳剤 mL								3000										3000	
	Zﾎﾞﾙﾄﾞｰ mL										2000								2000	
	ﾖﾈﾎﾞﾝ水和剤 mL										2000								2000	
	ｵﾙﾄﾗﾝ水和剤 mL									1000									1000	
	ｱｸﾃﾘｯｸｽ乳剤 mL									2000									2000	
	ﾓｽﾋﾞﾗﾝ水溶剤 mL									1000									1000	
	ﾊﾞﾀﾞﾝ水和剤 mL									1000									1000	
	農薬(円)								12810	35285	7342								55437	
大気負荷	CO2(g)(燃料分)	15864	0	0	0	12162.4	109197.2	65571.2	5023.6	20094.4	0	17979.2	17979.2	198300	96241.6	78791.2	26440	6610	670254	
	CO2(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	CO2(g)(肥料分)	0	0	0	0	432234	0	0	0	0	0	112400.9	74935.9	0	0	0	0	0	619570.8	
	CO2(g)(農薬分)	0	0	0	0	0	0	0	48678	134083	27899.6	0	0	0	0	0	0	0	210660.6	
	CO2(g)(合計)	15864	0	0	0	444396.4	109197.2	65571.2	53701.6	154177.4	27899.6	130380.1	92915.1	198300	96241.6	78791.2	26440	6610	1500485.4	
	NOX(g)(燃料分)	109.8	0	0	0	84.18	755.79	453.84	34.77	139.08	0	124.44	124.44	1372.5	666.12	545.34	183	45.75	4639.05	
	NOX(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	NOX(g)(合計)	109.8	0	0	0	84.18	755.79	453.84	34.77	139.08	0	124.44	124.44	1372.5	666.12	545.34	183	45.75	4639.05	
	SOX(g)(燃料分)	38.04	0	0	0	29.164	261.842	157.232	12.046	48.184	0	43.112	43.112	475.5	230.776	188.932	63.4	15.85	1607.19	
	SOX(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	SOX(g)(合計)	38.04	0	0	0	29.164	261.842	157.232	12.046	48.184	0	43.112	43.112	475.5	230.776	188.932	63.4	15.85	1607.19	
	CH4(g)																		0	
	N2O(g)																		0	
廃棄物	廃棄物の種類1(kg)																		0	
(プラスチック廃棄物)	プラの種類1(kg)																		0	
埋め戻し	廃棄物の種類1(kg)																		0	
(廃棄物)	廃棄物の種類2(kg)																		0	
範囲内での焼却	廃棄物の種類1(kg)																		0	
(廃棄物)	廃棄物の種類2(kg)																		0	
アウトプット	アウトプットの種類1(kg)													40000					40000	

作物・積算基準　【キャベツ(アーリーボール)】【ha(栽培面積1ha、栽培密度400ml/ha (コーティング種子)】
栽培体型　【簡易耕起体系】

	作業期間	前作収穫後	前年秋		4月上	5月中～6月	5月下	5月下	6月上	6月上	月下～8月上	6月下～8月	6月中	7月上	8月中	収穫後	栽培期間を通じた管理			備考
	各作業工程	除草剤散布(1回)	石灰散布	ハウス設置	土詰め・播種	殺菌剤散布(苗立ち枯れ病、斑点細菌病対策)	施肥	耕起・整地1回	定植	除草剤散布 1回	殺虫剤散布 4回(モンシロチョウ、コナガ、ヨトウガ)	殺菌剤散布 2回(軟腐病)	追肥・中耕	追肥・中耕	収穫(手取り)	出荷(圃場ー集荷場)	圃場内資材配置(水、苗、肥料、融雪剤など)	農家ー圃場間 資材運搬 1 1回		
使用作業機械・機材		トラクタ(スプレーヤ)80PS 1000L	トラクタ(ライムソワー)30PS 2.2m 260L				トラクタ(ブロードキャスタ)30PS 200L	トラクタ(ロータリハロー)50PS 2.2m	全自動野菜移植機自走10PS乗用2条	トラクタ(スプレーヤ)50PS 650L	トラクタ(スプレーヤ)50PS 650L		トラクタ(施肥カルチベータ)30PS 2.4m	トラクタ(施肥カルチベータ)30PS 2.4m	トラクタ(フロントローダ)50PS 2a(80ケース)0.25h	4tトラック片道10km 5.5km/L	2tトラック11回 1L/回/ha	2tトラック片道1km 11往復 7km/L		
投入資材		ﾗｳﾝﾄﾞｱｯﾌﾟ 5000mL/ha	炭カル	ハウス資材	トレイ、培養土、コーティング種子400ml		化成肥料 110kgN (10-20-10-3) 1100kg		セル苗	ﾄﾚﾌｧﾉｻｲﾄﾞ乳剤 1回	ｵﾙﾄﾗﾝ水和剤 1回、ｱｸﾃﾘｯｸｽ乳剤 1回、ﾓｽﾋﾟﾗﾝ水溶剤 1回、ﾊﾟﾀﾞﾝ水溶	Zﾎﾞﾙﾄﾞｰ 1回、ﾖﾈﾎﾟﾝ水和剤 1回	NK化成 66kgN (17-0-17) 390kg	NK化成 44kgN (17-0-17) 260kg	段ボール箱					
	水(L)	1000								1000	4000								6000	
エネルギー	ｶﾞｿﾘﾝ(L)																		0	
	混合ｶﾞｿﾘﾝ(L)																		0	
	軽油(L)	1.9	6				4.6	20.7	24.8	1.9	7.6		6.8	6.8	75	36.4	11	2.8	206.3	
	灯油(L)																		0	
	A重油(L)																		0	
	電力(kwh)																		0	
肥料	肥料(kg)						1100						390	260					1750	
	窒素(kg)						110						66	44					220	
	リン酸(kg)						220												220	
	単質肥料(円)																		0	
	複合肥料(円)						73260						19051	12701					105012	
	有機肥料(円)																		0	
農薬	ﾗｳﾝﾄﾞｱｯﾌﾟ mL	5000																	5000	
	ﾄﾚﾌｧﾉｻｲﾄﾞ乳剤 mL									3000									3000	
	Zﾎﾞﾙﾄﾞｰ mL											2000							2000	
	ﾖﾈﾎﾟﾝ水和剤 mL											2000							2000	
	ｵﾙﾄﾗﾝ水和剤 mL										1000								1000	
	ｱｸﾃﾘｯｸｽ乳剤 mL										2000								2000	
	ﾓｽﾋﾟﾗﾝ水溶剤 mL										1000								1000	
	ﾊﾟﾀﾞﾝ水和剤 mL										1000								1000	
	農薬(円)									12810	35285	7342							55437	
大気負荷	CO2(g)(燃料分)	5023.6	15864	0	0	0	12162.4	54730.8	65571.2	5023.6	20094.4	0	17979.2	17979.2	198300	96241.6	29084	7403.2	545457.2	
	CO2(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	CO2(g)(肥料分)	0	0	0	0	0	432234	0	0	0	0	0	112400.9	74935.9	0	0	0	0	619570.8	
	CO2(g)(農薬分)	0	0	0	0	0	0	0	0	48678	134083	27899.6	0	0	0	0	0	0	210660.6	
	CO2(g)(合計)	5023.6	15864	0	0	0	444396.4	54730.8	65571.2	53701.6	154177.4	27899.6	130380.1	92915.1	198300	96241.6	29084	7403.2	1375688.6	
	NOX(g)(燃料分)	34.77	109.8	0	0	0	84.18	378.81	453.84	34.77	139.08	0	124.44	124.44	1372.5	666.12	201.3	51.24	3775.29	
	NOX(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	NOX(g)(合計)	34.77	109.8	0	0	0	84.18	378.81	453.84	34.77	139.08	0	124.44	124.44	1372.5	666.12	201.3	51.24	3775.29	
	SOX(g)(燃料分)	12.046	38.04	0	0	0	29.164	131.238	157.232	12.046	48.184	0	43.112	43.112	475.5	230.776	69.74	17.752	1307.942	
	SOX(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	SOX(g)(合計)	12.046	38.04	0	0	0	29.164	131.238	157.232	12.046	48.184	0	43.112	43.112	475.5	230.776	69.74	17.752	1307.942	
	CH4(g)																		0	
	N2O(g)																		0	
廃棄物	廃棄物の種類1(kg)																		0	
(プラスチック廃棄物)	プラの種類1(kg)																		0	
埋め戻し	廃棄物の種類1(kg)																		0	
(廃棄物)	廃棄物の種類2(kg)																		0	
範囲内での焼却	廃棄物の種類1(kg)																		0	
(廃棄物)	廃棄物の種類2(kg)																		0	
アウトプット	アウトプットの種類1(kg)													40000					40000	

作物・積算基準　【緑茶】【10a】
栽培体型　【緑茶栽培】

	作業期間	2月-10月	2月-10月	2月-10月	4月-9月	4月-9月	8月	8月	2月-3月	5月	5月	6月	7月	7月-8月	8月	9月	10月	5月-6月	11月-1月	3月-4月	栽培期間を通じた管理			備考
	各作業工程	施肥(7回)	耕うん(7回)	整枝(4回)	摘採(3回)	生葉運搬(3回)	土壌改良材散布(1回)	深耕(1回)	防除	防除	防除	防除	防除	防除	防除	防除	防除	防除	敷き草刈り(1回)	防霜(1回)	茶園巡回(15回)	通作(35回)		
使用作業機械・機材		散布機	クランクカルチ	整枝機	摘採機	軽トラ	散布機	深耕機	動力噴霧機	動力噴霧機	動力噴霧機	動力噴霧機	動力噴霧機	動力噴霧機	動力噴霧機	動力噴霧機	動力噴霧機	動力噴霧機	刈り払い機	防霜ファン	軽トラ	軽トラ		
投入資材		肥料(ニューさかな茶配合・240kg、チャニフル・80kg、ロングIB茶配合・160kg、フレッシュエース12・80kg、ニューロング茶配140kg)					土壌改良材(アズミック30・140kg)	ガソリン																
	水(L)								200	200	200	200	200	200	200	200	200	1000					2800	
エネルギー	ｶﾞｿﾘﾝ(L)	1.545	2.516				0.221	0.479													3.111	1.333	9.205	
	混合ｶﾞｿﾘﾝ(L)			1.935	2.975														1.209				6.119	
	軽油(L)					2.8			0.475	0.475	0.475	0.475	0.475	0.475	0.475	0.475	0.475	0.475					7.55	
	灯油(L)																						0	
	A重油(L)																						0	
	電力(kwh)																			250			250	
肥料	肥料(kg)	700																					700	
	窒素(kg)	64.4																					64.4	
	リン酸(kg)	22.6																					22.6	
	単質肥料(円)																						0	対象外
	複合肥料(円)																						0	対象外
	有機肥料(円)																						0	対象外
農薬	ドイツボルドーA　L								0.4														0.4	
	ダーズバン乳剤　L									0.2													0.2	
	コテツフロアブル　L										0.1												0.1	
	Zボルドー　L										0.4												0.4	
	アファーム乳剤　L											0.1											0.1	
	フロンサイドSC　L												0.1										0.1	
	アドマイヤー水和剤　L												0.2										0.2	
	スコア水和剤　L													0.1									0.1	
	オルトラン水和剤　L													0.2									0.2	
	ロムダンフロアブル　L													0.2									0.2	
	ガンバ水和剤　L														0.2								0.2	
	ダコニール1000　L														0.2								0.2	
	モスピラン水溶剤　L															0.1							0.1	
	ノーモルト乳剤　L															0.1							0.1	
	エンセダン乳剤　L																0.2						0.2	
	コサイドボルドー　L																0.4						0.4	
	アプロードフロアブル　L																	1					1	
	農薬(円)																						0	対象外
大気負荷	CO2(g)(燃料分)	3643.11	5932.728	4562.73	7015.05	7403.2	521.118	1129.482	1255.9	1255.9	1255.9	1255.9	1255.9	1255.9	1255.9	1255.9	1255.9	1255.9	2850.822	0	7335.738	3143.214	56096.192	
	CO2(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95250	0	0	95250	
	CO2(g)(肥料分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	CO2(g)(農薬分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	CO2(g)(合計)	3643.11	5932.728	4562.73	7015.05	7403.2	521.118	1129.482	1255.9	1255.9	1255.9	1255.9	1255.9	1255.9	1255.9	1255.9	1255.9	1255.9	2850.822	95250	7335.738	3143.214	151346.19	
	NOX(g)(燃料分)	12.669	20.6312	15.867	24.395	51.24	1.8122	3.9278	8.6925	8.6925	8.6925	8.6925	8.6925	8.6925	8.6925	8.6925	8.6925	8.6925	9.9138	0	25.5102	10.9306	263.8218	
	NOX(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72.5	0	0	72.5	
	NOX(g)(合計)	12.669	20.6312	15.867	24.395	51.24	1.8122	3.9278	8.6925	8.6925	8.6925	8.6925	8.6925	8.6925	8.6925	8.6925	8.6925	8.6925	9.9138	72.5	25.5102	10.9306	336.3218	
	SOX(g)(燃料分)	0	0	0	0	17.752	0	0	3.0115	3.0115	3.0115	3.0115	3.0115	3.0115	3.0115	3.0115	3.0115	3.0115	0	0	0	0	47.867	
	SOX(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	0	0	55	
	SOX(g)(合計)	0	0	0	0	17.752	0	0	3.0115	3.0115	3.0115	3.0115	3.0115	3.0115	3.0115	3.0115	3.0115	3.0115	0	55	0	0	102.867	
	CH4(g)																						0	
	N2O(g)																						0	
廃棄物	廃棄物の種類1(kg)																						0	
(プラスチック廃棄物)	プラの種類1(kg)																						0	
埋め戻し	廃棄物の種類1(kg)																						0	
(廃棄物)	廃棄物の種類2(kg)																						0	
範囲内での焼却	廃棄物の種類1(kg)																						0	
(廃棄物)	廃棄物の種類2(kg)																						0	
アウトプット	収穫物　kg																						1580	1580

作物・積算基準　【イタリアンライグラス】【10a(播種量　3kg/10a)】
栽培体型　【ロールベール・ラップサイレージ体系】

	作業期間																						備考
	各作業工程	堆肥散布	石灰散布	耕起整地	施肥播種	覆土鎮圧	刈り取り	反転	集草	梱包	運搬	密封	追肥	刈り取り	反転	集草	梱包	運搬	密封	耕起整地	栽培期間を通じた管理		
使用作業機械・機材		トラクター、マニュアスプレッダー	トラクター、ライムソワー	トラクター、ロータリー	トラクター、ブロードキャスター	トラクター、K型ローラー	トラクター、モアコンデショナー	トラクター、テッダーレーキ	トラクター、テッダーレーキ	トラクター、ロールベーラー	トラクター、ベールグリッパー、トラック	トラクター、ラッピングマシン	トラクター、ブロードキャスター	トラクター、ディスクモア	トラクター、テッダーレーキ	トラクター、テッダーレーキ	トラクター、ロールベーラー	トラクター、ベールグリッパー、トラック	トラクター、ラッピングマシン	トラクター、ロータリー			
投入資材		堆肥2000kg	苦土石灰100kg		種子3kg、酪303　77kg、ようりん23kg					トワイン(P.P製0．3kg)		ラッピングフィルム(PE製1．52kg)	酪NK32 38kg				トワイン(P.P製0．6kg)		ラッピングフィルム(PE製3．04kg)				
	水(L)																					0	
エネルギー	ｶﾞｿﾘﾝ(L)																					0	
	混合ｶﾞｿﾘﾝ(L)																					0	
	軽油(L)	0.42	0.3	2.83	0.2	0.52	0.68	0.22	0.22	0.28	1.83	0.75	0.13	0.68	0.22	0.22	0.28	3.66	1.5	2.83		17.77	
	灯油(L)																					0	
	A重油(L)																					0	
	電力(kwh)																					0	
肥料	肥料(kg)	2000	100										38									2138	
	窒素(kg)	9			10.1								4.94									24.04	
	リン酸(kg)	4.3			20																	24.3	
	単質肥料(円)		2450		1414.5																	3864.5	
	複合肥料(円)				5467								2166									7633	
	有機肥料(円)	10000																				10000	
農薬	農薬の種類1(kg)																					0	
	農薬(円)																					0	
大気負荷	CO2(g)(燃料分)	1110.48	793.2	7482.52	528.8	1374.88	1797.92	581.68	581.68	740.32	4838.52	1983	343.72	1797.92	581.68	581.68	740.32	9677.04	3966	7482.52	0	46983.88	
	CO2(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	CO2(g)(肥料分)	24000	22050	0	44985.8	0	0	0	0	0	0	0	12779.4	0	0	0	0	0	0	0	0	103815.2	
	CO2(g)(農薬分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	CO2(g)(合計)	25110.48	22843.2	7482.52	45514.6	1374.88	1797.92	581.68	581.68	740.32	4838.52	1983	13123.12	1797.92	581.68	581.68	740.32	9677.04	3966	7482.52	0	150799.08	
	NOX(g)(燃料分)	7.686	5.49	51.789	3.66	9.516	12.444	4.026	4.026	5.124	33.489	13.725	2.379	12.444	4.026	4.026	5.124	66.978	27.45	51.789	0	325.191	
	NOX(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	NOX(g)(合計)	7.686	5.49	51.789	3.66	9.516	12.444	4.026	4.026	5.124	33.489	13.725	2.379	12.444	4.026	4.026	5.124	66.978	27.45	51.789	0	325.191	
	SOX(g)(燃料分)	2.6628	1.902	17.9422	1.268	3.2968	4.3112	1.3948	1.3948	1.7752	11.6022	4.755	0.8242	4.3112	1.3948	1.3948	1.7752	23.2044	9.51	17.9422	0	112.6618	
	SOX(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	SOX(g)(合計)	2.6628	1.902	17.9422	1.268	3.2968	4.3112	1.3948	1.3948	1.7752	11.6022	4.755	0.8242	4.3112	1.3948	1.3948	1.7752	23.2044	9.51	17.9422	0	112.6618	
	CH4(g)																					0	
	N2O(g)	45			50.5								24.7									120.2	
廃棄物	廃棄物の種類1(kg)																					0	
(プラスチック廃棄物)	ポリエチレン　kg											1.52							3.4			4.92	
	ポリプロピレン　kg											0.3							0.6			0.9	
埋め戻し	廃棄物の種類1(kg)																					0	
(廃棄物)	廃棄物の種類2(kg)																					0	
範囲内での焼却	廃棄物の種類1(kg)																					0	
(廃棄物)	廃棄物の種類2(kg)																					0	
アウトプット	ラップサイレージ　kg											400							800			1200	6000kg/10a(乾物率20%)

作物・積算基準　【カンショ(澱粉・焼酎用)】【10a(種芋:200kg/10a、5300本/10a】
栽培体型　【澱粉・焼酎原料用マルチ栽培】

	作業期間																	
	各作業工程	苗床消毒	施肥	耕転	ビニル張り	種芋消毒	種芋植え付け	苗床管理	耕転	消毒	鎮圧	ガス抜き	堆肥散布	耕転	施肥	耕転	畝立てマルチ	採苗
使用作業機械・機材				カルチベータ					トラクタ、ロータリー	トラクタ、土壌消毒器	トラクタ、ローラー	トラクタ、ロータリー	トラクター、マニュアスプレッダー	トラクタ、ローラー	トラクタ、ライムソワー	トラクタ、ロータリー	トラクタ、畝立てマルチャー	
投入資材			堆肥24kg、硫安1.8kg、過石1.2kg、										堆肥120 0kg		イモ化成8 20 60kg	ポリマルチ(PE)46kg		
	水(L)							15000										
エネルギー	ｶﾞｿﾘﾝ(L)																	
	混合ｶﾞｿﾘﾝ(L)																	
	軽油(L)			0.4					1.9	0.6	0.32	1.9	0.42	1.9	0.32	1.9	2.9	
	灯油(L)																	
	A重油(L)																	
	電力(kwh)																	
肥料	肥料(kg)		28										12000		60			
	窒素(kg)		0.82										5.4		8			
	リン酸(kg)		0.96										2.8		15.2			
	単質肥料(円)		169															
	複合肥料(円)														5790			
	有機肥料(円)		120										6000					
農薬	クロールピクリン L	1																
	ベンレートT kg					0.1												
	DD油剤 L									20								
	553粒剤 kg																	
	デップテレックス乳剤 mL																	
	デップテレックス粒剤 kg																	
	グルホシネート水和剤 mL																	
	農薬(円)	1034				102				8140								
大気負荷	CO2(g)(燃料分)	0	0	1057.6	0	0	0	0	5023.6	1586.4	846.08	5023.6	1110.48	5023.6	846.08	5023.6	7667.6	0
	CO2(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CO2(g)(肥料分)	0	1809	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14400	0	34161	0	0	0
	CO2(g)(農薬分)	3929.2	0	0	0	387.6	0	0	0	30932	0	0	0	0	0	0	0	0
	CO2(g)(合計)	3929.2	1809	1057.6	0	387.6	0	0	5023.6	32518.4	846.08	5023.6	15510.48	5023.6	35007.08	5023.6	7667.6	0
	NOX(g)(燃料分)	0	0	7.32	0	0	0	0	34.77	10.98	5.856	34.77	7.686	34.77	5.856	34.77	53.07	0
	NOX(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NOX(g)(合計)	0	0	7.32	0	0	0	0	34.77	10.98	5.856	34.77	7.686	34.77	5.856	34.77	53.07	0
	SOX(g)(燃料分)	0	0	2.536	0	0	0	0	12.046	3.804	2.0288	12.046	2.6628	12.046	2.0288	12.046	18.386	0
	SOX(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SOX(g)(合計)	0	0	2.536	0	0	0	0	12.046	3.804	2.0288	12.046	2.6628	12.046	2.0288	12.046	18.386	0
	CH4(g)																	
	N2O(g)		2.542										16.74		24.8			
廃棄物	廃棄物の種類1(kg)																	
(プラスチック廃棄物)	プラの種類1(kg)																	
埋め戻し	廃棄物の種類1(kg)																	
(廃棄物)	廃棄物の種類2(kg)																	
範囲内での焼却	廃棄物の種類1(kg)																	
(廃棄物)	廃棄物の種類2(kg)																	
アウトプット	収穫物 kg																	

挿苗	除草剤散布	害虫防除	害虫防除	除草剤散布	畦畔管理	つる刈り	マルチ剥ぎ	掘り取り	運搬	整地	栽培期間を通じた管理		備考
軽トラック	散粒機、軽トラック	軽トラック、動力噴霧器	軽トラック、動力噴霧器	軽トラック、動力噴霧器	刈り払い機	つる刈り機		掘取り機	トラック	トラクタ、ロータリー			
												15000	
0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.12							1.72	
												0	
		0.02	0.02	0.02		3.8	0.28	7	1.968	1.9		27.568	
												0	
												0	
												0	
												12088	
												14.22	
												18.96	
												169	
												5790	
												6120	
												1	
												0.1	
												20	
	4											4	
		150										150	
			4									4	
				400								400	
	1192	269	800	1360								12897	
754.56	754.56	807.44	807.44	807.44	282.96	10047.2	740.32	18508	5203.392	5023.6	0	76945.552	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50370	
0	4529.6	1022.2	3040	5168	0	0	0	0	0	0	0	49008.6	
754.56	5284.16	1829.64	3847.44	5975.44	282.96	10047.2	740.32	18508	5203.392	5023.6	0	176324.152	
2.624	2.624	2.99	2.99	2.99	0.984	69.54	5.124	128.1	36.0144	34.77	0	518.5984	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.624	2.624	2.99	2.99	2.99	0.984	69.54	5.124	128.1	36.0144	34.77	0	518.5984	
0	0	0.1268	0.1268	0.1268	0	24.092	1.7752	44.38	12.47712	12.046	0	174.78112	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0.1268	0.1268	0.1268	0	24.092	1.7752	44.38	12.47712	12.046	0	174.78112	
												0	
												44.082	
												0	
												0	
												0	
												0	
												0	
												0	
								4500				4500	

作物・積算基準　【加工ダイコン】【10a(播種量　2dl/10a)】
栽培体型　【露地無マルチ】

	作業期間																
	各作業工程	深耕	整地	土壌消毒	鎮圧	ガス抜き	堆肥散布	石灰散布	整地	施肥	土壌施薬	畝立て・播種	間引き	中耕	追肥	防除	防除
使用作業機械・機材		トラクター、プラウ	トラクター、ロータリー	トラクター、土壌消毒器	トラクター、ローラー	トラクター、ロータリー	トラクター、マニュアスプレッダー	トラクター、ライムソワー	トラクター、ロータリー	トラクター、ライムソワー	散粒機	トラクター、マルチャー、テープシーダー		管理機	軽トラック	軽トラック,動噴	軽トラック,動噴
投入資材							堆肥1500kg	苦土石灰100kg		尿素硫化燐安60kg、BMようりん40kg、ほう砂1kg		種子0.5kgシードテープ(0.1kg)	軽トラック		NK化成7号	パダンSG水溶剤(カルタップ塩酸塩75.0%)、13つc	バシレックス水和剤(BT毒素10%)20cc、
	水(L)																
エネルギー	ｶﾞｿﾘﾝ(L)												0.32		0.32	0.32	0.32
	混合ｶﾞｿﾘﾝ(L)																
	軽油(L)	1.28	1.9	0.6	0.32	1.9	0.42	0.32	1.9	0.32		2.9		0.4	0.2	0.02	0.02
	灯油(L)																
	A重油(L)																
	電力(kwh)																
肥料	肥料(kg)							121		101					40		
	窒素(kg)						6.75			9.6					5.6		
	リン酸(kg)						3.45			13.6							
	単質肥料(円)							2450		6424							
	複合肥料(円)									6932					2296		
	有機肥料(円)						7500										
農薬	DD92　L			20													
	ダイシストン粒剤　kg										6						
	パダンSG水溶剤　mL															13	
	バシレックス水和剤　mL																20
	アファーム乳剤　mL																
	デランK水和剤　mL																
	トレファノサイド乳剤　mL																
	農薬(円)			9817							1840					74	173
大気負荷	CO2(g)(燃料分)	3384.32	5023.6	1586.4	846.08	5023.6	1110.48	846.08	5023.6	846.08	0	7667.6	754.56	1057.6	1283.36	807.44	807.44
	CO2(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CO2(g)(肥料分)	0	0	0	0	0	18000	22050	0	98714.8	0	0	0	0	13546.4	0	0
	CO2(g)(農薬分)	0	0	37304.6	0	0	0	0	0	0	6992	0	0	0	0	281.2	657.4
	CO2(g)(合計)	3384.32	5023.6	38891	846.08	5023.6	19110.48	22896.08	5023.6	99560.88	6992	7667.6	754.56	1057.6	14829.76	1088.64	1464.84
	NOX(g)(燃料分)	23.424	34.77	10.98	5.856	34.77	7.686	5.856	34.77	5.856	0	53.07	2.624	7.32	6.284	2.99	2.99
	NOX(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NOX(g)(合計)	23.424	34.77	10.98	5.856	34.77	7.686	5.856	34.77	5.856	0	53.07	2.624	7.32	6.284	2.99	2.99
	SOX(g)(燃料分)	8.1152	12.046	3.804	2.0288	12.046	2.6628	2.0288	12.046	2.0288	0	18.386	0	2.536	1.268	0.1268	0.1268
	SOX(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SOX(g)(合計)	8.1152	12.046	3.804	2.0288	12.046	2.6628	2.0288	12.046	2.0288	0	18.386	0	2.536	1.268	0.1268	0.1268
	CH4(g)																
	N2O(g)						12.825			18.24					10.64		
廃棄物	廃棄物の種類1(kg)																
(プラスチック廃棄物)	ポリエチレン　kg																
埋め戻し	残渣　kg												100				
(廃棄物)	廃棄物の種類2(kg)																
範囲内での焼却	廃棄物の種類1(kg)																
(廃棄物)	廃棄物の種類2(kg)																
	廃棄物の種類3(kg)																
アウトプット	収穫物　kg																

									栽培期間を通じた管理		備考
防除	防除	除草剤散布	畦畔管理	抜き取り	収穫調整	運搬	マルチ剥ぎ	整地			
軽トラック，動噴	軽トラック，動噴	軽トラック，動噴	草刈り機	ダイコン収穫機		トラック	トラクター、マルチ回収機	トラクター、ロータリー			
アファーム乳剤（エマメクチン安息香酸塩1%） １０cc	デランK水和剤（シチアノン１３%、塩基性塩化銅43%）	トレファノサイド乳剤（ﾄﾘﾌﾙﾗﾘﾝ44.5%）２００cc									
										0	
0.32	0.32	0.32	0.06							2.3	
										0	
0.02	0.02	0.02		18.7		1.968	0.28	0.19		33.698	
										0	
										0	
										0	
										262	
										21.95	
										17.05	
										8874	
										9228	
										7500	
										20	
										6	
										13	
										20	
10										10	
	250									250	
		200								200	
186	780	1010								13880	
807.44	807.44	807.44	141.48	49442.8	0	5203.392	740.32	502.36	0	94520.912	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	152311.2	
706.8	2964	3838	0	0	0	0	0	0	0	52744	
1514.24	3771.44	4645.44	141.48	49442.8	0	5203.392	740.32	502.36	0	299576.112	
2.99	2.99	2.99	0.492	342.21	0	36.0144	5.124	3.477	0	635.5334	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.99	2.99	2.99	0.492	342.21	0	36.0144	5.124	3.477	0	635.5334	
0.1268	0.1268	0.1268	0	118.558	0	12.47712	1.7752	1.2046	0	213.64532	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.1268	0.1268	0.1268	0	118.558	0	12.47712	1.7752	1.2046	0	213.64532	
										0	
										41.705	
										0	
							40			40	
					2700					2800	
										0	
										0	
										0	
										0	
						4500				4500	

作物・積算基準　【青刈りトウモロコシ】【10a（播種量　3kg/10a）】
栽培体型　【バンカーサイロによるサイレージ体系】

	作業期間													栽培期間を通じた管理		備考
	各作業工程	堆肥散布	石灰散布	プラウ	耕起整地	施肥	播種	鎮圧	除草剤散布	刈り取り	運搬	詰め込み	耕起整地			
使用作業機械・機材		トラクター、マニュアスプレッダー	トラクター、ライムソワー	トラクター、プラウ	トラクター、ロータリー	トラクター、ブロードキャスター	トラクター、コーンプランター	トラクター、K型ローラー	トラクター、ブームスプレイヤー	トラクター、コーンハーベスター、テッピングワゴン	ダンプトラック	ダンプトラック	トラクター、ロータリー			
投入資材		堆肥(2000kg)	苦土石灰(100kg)			酪303(77kg)ようりん(23kg)						サイロ用ビニール(塩ビ1.46kg)				
	水（L）														0	
エネルギー	ｶﾞｿﾘﾝ（L）														0	
	混合ｶﾞｿﾘﾝ（L）														0	
	軽油（L）	0.42	0.3	2.12	2.83	0.2	0.36	0.52	0.11	2.12	0.99	0.3	2.83		13.1	
	灯油(L)														0	
	A重油（L）														0	
	電力（kwh）														0	
肥料	肥料（kg）	2000	100			100									2200	
	窒素（kg）	9				10.1									19.1	
	リン酸(kg)	4.3				20									24.3	
	単質肥料（円）		2450			1415									3865	
	複合肥料（円）					5467									5467	
	有機肥料（円）	10000													10000	
農薬	ゲサノンフロアブル　mL								100						100	
	農薬（円）								652						652	
大気負荷	CO2(g)（燃料分）	1110.48	793.2	5605.28	7482.52	528.8	951.84	1374.88	290.84	5605.28	2617.56	793.2	7482.52	0	34636.4	
	CO2(g)（電力分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	CO2(g)（肥料分）	24000	22050	0	0	44990.3	0	0	0	0	0	0	0	0	91040.3	
	CO2(g)（農薬分）	0	0	0	0	0	0	0	2477.6	0	0	0	0	0	2477.6	
	CO2(g)（合計）	25110.48	22843.2	5605.28	7482.52	45519.1	951.84	1374.88	2768.44	5605.28	2617.56	793.2	7482.52	0	128154.3	
	NOX(g)（燃料分）	7.686	5.49	38.796	51.789	3.66	6.588	9.516	2.013	38.796	18.117	5.49	51.789	0	239.73	
	NOX(g)（電力分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	NOX(g)（合計）	7.686	5.49	38.796	51.789	3.66	6.588	9.516	2.013	38.796	18.117	5.49	51.789	0	239.73	
	SOX(g)（燃料分）	2.6628	1.902	13.4408	17.9422	1.268	2.2824	3.2968	0.6974	13.4408	6.2766	1.902	17.9422	0	83.054	
	SOX(g)（電力分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	SOX(g)（合計）	2.6628	1.902	13.4408	17.9422	1.268	2.2824	3.2968	0.6974	13.4408	6.2766	1.902	17.9422	0	83.054	
	CH4(g)														0	
	N2O(g)	18				20.2									38.2	
廃棄物	廃棄物の種類1(kg)														0	
（プラスチック廃棄物）	塩化ビニル　kg											1.46			1.46	
埋め戻し	廃棄物の種類1(kg)														0	
（廃棄物）	廃棄物の種類2(kg)														0	
範囲内での焼却	廃棄物の種類1(kg)														0	
(廃棄物)	廃棄物の種類2(kg)														0	
アウトプット	収穫物　kg											7000			7000	

作物・積算基準　【普通温州ミカン】【10a（経営面積：2ha：50本／10a】
栽培体型　【周年露地栽培】

作業期間	各作業工程	防寒対策（1月上旬）	土壌改良（1月）	剪定（2月）	除草剤（2月）	土曜改良（2月）	施肥（3月）	防除（3月）	防除（5月）	摘蕾（5月）	草刈り(5月)	施肥（6月）	施肥（11月）	防除（6月）	品質向上剤（6月）
使用作業機械・機材		農用運搬車（0.2h/2ha）	農用運搬車（13h/2ha）	軽トラ（50km/2ha）	動力噴霧器（10h/2ha）	農用運搬車（0.5h/2ha）	農用運搬車（0.5h/2ha）	スピードスプレイヤー（2.4h/2ha）	スピードスプレイヤー（2.4h/2ha）	人力のみ	草刈器	農用運搬車（0.5h/2ha）	農用運搬車（0.5h/2ha）	スピードスプレイヤー（2.4h/2ha）	動力噴霧器（20h/2ha）、ホース、ノズル
投入資材		寒冷紗（289,800円, 1400m/2ha）@20700円	牛糞堆肥			アズミック30	柑配11号 有機割合 72%, 6-5-5		（6kg/2ha）			ジシアン S282 12-8-12	FTE S604 16-10-14		
	水（L）				200			590	600					590	199.9
エネルギー	ｶﾞｿﾘﾝ（L）	0.015	0.975	0.2	0.575	0.0375	0.0375	0.7512	0.7512		1.07	0.0375	0.0375	0.7512	1.15
	混合ｶﾞｿﾘﾝ（L）														
	軽油（L）														
	灯油(L)														
	A重油（L）														
	電力（kwh）														
肥料	肥料（kg）		2000			160	120					100	60		
	窒素（kg）		15.4				7.2					12	9.6		
	リン酸(kg)														
	単質肥料（円）														
	複合肥料（円）						2503.2					8050	5490		
	有機肥料（円）		6300			9360	6436.8								
農薬	ゾーバー g				300									750	
	マシン油 L							10						10	
	ストロビーDF g								300						
	ジマンダイセン水和剤 g														
	フィガロン L														0.2
	Mダイファー水和剤 g														
	アドマイヤーFA mL														
	ケルセン乳剤 mL														
	バスタ L														
	バロックFA L														
	パノコン乳剤 L														
	ベフラン液剤 L														
	農薬（円）				3590			2683	4566					3765	6820
大気負荷	CO2(g)（燃料分）	35.37	2299.05	471.6	1355.85	88.425	88.425	1771.3296	1771.3296	0	2523.06	88.425	88.425	1771.3296	2711.7
	CO2(g)（電力分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CO2(g)（肥料分）	0	15120	0	0	22464	30217.2	0	0	0	0	47495	32391	0	0
	CO2(g)（農薬分）	0	0	0	13642	0	0	10195.4	17350.8	0	0	0	0	14307	25916
	CO2(g)（合計）	35.37	17419.05	471.6	14997.85	22552.425	30305.625	11966.7296	19122.1296	0	2523.06	47583.425	32479.425	16078.3296	28627.7
	NOX(g)（燃料分）	0.123	7.995	1.64	4.715	0.3075	0.3075	6.15984	6.15984	0	8.774	0.3075	0.3075	6.15984	9.43
	NOX(g)（電力分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NOX(g)（合計）	0.123	7.995	1.64	4.715	0.3075	0.3075	6.15984	6.15984	0	8.774	0.3075	0.3075	6.15984	9.43
	SOX(g)（燃料分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SOX(g)（電力分）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SOX(g)（合計）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CH4(g)														
	N2O(g)														
廃棄物	廃棄物の種類1(kg)														
（プラスチック廃棄物）	プラの種類1(kg)														
埋め戻し	乾物 kg									0.15					
（廃棄物）	廃棄物の種類2(kg)														
範囲内での焼却	廃棄物の種類1(kg)														
（廃棄物）	廃棄物の種類2(kg)														
アウトプット	乾物（剪定） t			2.5											
	収穫物 t														

防除(7月)	品質向上剤(8月)	防除(8月)	除草剤(8月)	枝つり(9月)	防除(9月)	摘果、樹上選果(9-11	防除(10月)	防除(11月)	収穫(12月)	選果、出荷(12-1月)	栽培期間を通じた管理		備考
スピードスプレイヤー(2.4h/2ha)	動力噴霧器(20h/2ha)、ホース、ノズル	スピードスプレイヤー(2.4h/2ha)	動力噴霧器(10h/2ha)	農用運搬車(0.5h/2ha)	スピードスプレイヤー(2.4h)	人力のみ	スピードスプレイヤー(2.4h/2ha)	スピードスプレイヤー(2.4h/2ha)	トラック(4km×25日)、軽トラック(4km×25日)、臨時雇	トラック(選果場まで47往復)	軽トラックでの圃場往復、1日2往復、20日/1月		
				支柱(1000本/2ha)、マイカ線(10m×1000本/2ha)	(6liter)		(12liter/2ha)	(6liter/2ha)		ダンボール箱(5500個/2ha)歩留まり80%、残りは目減り・加工			
599.85	199.9	599.6	99.5		599.7		599.4	599.7				5477.55	
0.7512	1.15	0.7512	0.575	0.0375	0.7512		0.7512	0.7512	0.4		3.84	16.1471	
												0	
									0.7	1.315		2.015	
												0	
												0	
												0	
												2440	
												44.2	
												0	
												0	
												16043.2	
												22096.8	
							フェノチオカルクアガチン(25%)					1050	
												20	
												300	
		750										750	
	0.2											0.4	
750												750	
150												150	
		400										400	
			0.5									0.5	
					0.3							0.3	
							0.6					0.6	
								0.3				0.3	
3453	6820	2665	2220		5346		2052	1794				45774	
1771.3296	2711.7	1771.3296	1355.85	88.425	1771.3296	0	1771.3296	1771.3296	2794	3476.86	9054.72	43402.5218	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	147687.2	
13121.4	25916	10127	8436	0	20314.8	0	7797.6	6817.2	0	0	0	173941.2	
14892.7296	28627.7	11898.3296	9791.85	88.425	22086.1296	0	9568.9296	8588.5296	2794	3476.86	9054.72	365030.9218	
6.15984	9.43	6.15984	4.715	0.3075	6.15984	0	6.15984	6.15984	16.09	24.0645	31.488	169.28072	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6.15984	9.43	6.15984	4.715	0.3075	6.15984	0	6.15984	6.15984	16.09	24.0645	31.488	169.28072	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.438	8.3371	0	12.7751	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.438	8.3371	0	12.7751	
												0	
												0	
												0	
												0	
						78.75						78.9	乾物重量
												0	
												0	
												0	
												2.5	
										3.5		3.5	

作物・積算基準　【普通温州ミカン】【10a（経営面積：2ha：50本／10a】
栽培体型　【周年露地・マルチ栽培】

作業期間	各作業工程	防寒対策（1月上旬）	土壌改良（1月）	葉面散布(1-3月に2回)	剪定（2月）	土曜改良（2月）	施肥(3月)	防除（3月）	除草剤(4月)	施肥（5月）	防除(5月)	摘蕾(5月)	施肥(6月)	防除(6月)	品質向上剤(6月)
使用作業機械・機材		農用運搬車(0.2h/2ha)	農用運搬車(13h/2ha)	スピードスプレイヤー(2.4h/2ha×2回)	軽トラ(50km/2ha)	農用運搬車(0.5h/2ha)	農用運搬車(0.5h/2ha)	スピードスプレイヤー(2.4h/2ha)	動力噴霧器(10h/2ha)ホース、ノズル	農用運搬車(0.5h/2ha)	スピードスプレイヤー(2.4h/2ha)	人力のみ	農用運搬車(0.5h/2ha)	スピードスプレイヤー(2.4h/2ha)	動力噴霧器(20h/2ha)、ホース、ノズル
投入資材		寒冷紗(289,800円,1400m/2ha)@20700円	牛糞堆肥	プロテアー青10-5-3		アズミック30	柑配11号有機割合72%, 6-5-5			柑配12号有機割合545%、7-6-7			ジシアンS282 12-8-12		
	水(L)			1200				590	99.5		600			590	199.9
エネルギー	ｶﾞｿﾘﾝ(L)	0.015	0.975	1.5025	0.2	0.0375	0.0375	0.7512	0.575	0.0375	0.7512		0.0375	0.7512	1.15
	混合ｶﾞｿﾘﾝ(L)														
	軽油(L)														
	灯油(L)														
	A重油(L)														
	電力(kwh)														
肥料	肥料(kg)		2000			160	120			120			100		
	窒素(kg)		15.4				7.2			8.4			12		
	リン酸(kg)														
	単質肥料(円)														
	複合肥料(円)			506.4			2503.2			4664.4			8050		
	有機肥料(円)		6300			9360	6436.8			5475.6					
農薬	ラウンドアップ液剤 L														
	マシン油 L							10						10	
	ストロビーDF g										300				
	ジマンダイセン水和剤 g													750	
	フィガロン L														0.2
	Mダイファー水和剤 g														
	アドマイヤーFA mL														
	ケルセン乳剤 mL														
	バスタ L								0.5						
	バロックFA L														
	パノコン乳剤 L														
	ベフラン液剤 L														
	農薬(円)							2683	2220		4566			3765	6820
大気負荷	CO2(g)(燃料分)	35.37	2299.05	3542.895	471.6	88.425	88.425	1771.3296	1355.85	88.425	1771.3296	0	88.425	1771.3296	2711.7
	CO2(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CO2(g)(肥料分)	0	15120	2987.76	0	22464	30217.2	0	0	40661.4	0	0	47495	0	0
	CO2(g)(農薬分)	0	0	0	0	0	0	10195.4	8436	0	17350.8	0	0	14307	25916
	CO2(g)(合計)	35.37	17419.05	6530.655	471.6	22552.425	30305.625	11966.7296	9791.85	40749.825	19122.1296	0	47583.425	16078.3296	28627.7
	NOX(g)(燃料分)	0.123	7.995	12.3205	1.64	0.3075	0.3075	6.15984	4.715	0.3075	6.15984	0	0.3075	6.15984	9.43
	NOX(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NOX(g)(合計)	0.123	7.995	12.3205	1.64	0.3075	0.3075	6.15984	4.715	0.3075	6.15984	0	0.3075	6.15984	9.43
	SOX(g)(燃料分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SOX(g)(電力分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SOX(g)(合計)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CH4(g)														
	N2O(g)														
廃棄物	廃棄物の種類1(kg)														
(プラスチック廃棄物)	プラの種類1(kg)														
埋め戻し	乾物 kg											3		0.15	
(廃棄物)	廃棄物の種類2(kg)														
範囲内での焼却	廃棄物の種類1(kg)														
(廃棄物)	廃棄物の種類2(kg)														
アウトプット	乾物(剪定) t				2.5										
	収穫物 t														

除草剤（7月）	防除(7月)	マルチ設置(8月)	品質向上剤(8月)	防除(8月)	枝つり(9月)	防除(9月)	摘果、樹上選果(9-11	防除(10月)	防除(11月)	収穫(12月)	選果、出荷(12-1月)	栽培期間を通じた管理		備考
動力噴霧器(10h/2ha)、ホース、ノズル	スピードスプレイヤー(2.4h/2ha)	農用運搬車(0.5h/2ha)	動力噴霧器(20h/2ha)、ホース、ノズル	スピードスプレイヤー(2.4h/2ha)	農用運搬車(0.5h/2ha)	スピードスプレイヤー(2.4h/2ha)	人力のみ	スピードスプレイヤー(2.4h/2ha)	スピードスプレイヤー(2.4h/2ha)	トラック(4km×25日)、軽トラック(4km×25日)、臨時雇	トラック(選果場まで47往復/2ha)	軽トラックでの圃場往復、1日2往復、20日/1月		
		タイベック(2m×100mを100本/2ha)、トンボ(7000個			支柱(1000本)、マイカ線(10m×1000本)						ダンボール箱(5500個/2ha)歩留まり80%、残りは目減り・加			
99.5	599.85		199.9	599.6		599.7		599.4	599.7				6577.05	
0.575	0.7512	0.0375	1.15	0.7512	0.0375	0.7512		0.7512	0.7512	0.4		3.84	16.6171	
													0	
										0.7	1.315		2.015	
													0	
													0	
													0	
													2500	
													43	
													0	
													0	
													15724	
													27572.4	
0.5													0.5	
													20	
													300	
				750									1500	
			0.2										0.4	
	750												750	
	150												150	
				400									400	
													0.5	
						0.3							0.3	
								0.6					0.6	
									0.3				0.3	
1730	3453		6820	2665		5346		2052	1794				43914	
1355.85	1771.3296	88.425	2711.7	1771.3296	88.425	1771.3296	0	1771.3296	1771.3296	2794	3476.86	9054.72	44510.7818	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	158945.36	
6574	13121.4	0	25916	10127	0	20314.8	0	7797.6	6817.2	0	0	0	166873.2	
7929.85	14892.7296	88.425	28627.7	11898.3296	88.425	22086.1296	0	9568.9296	8588.5296	2794	3476.86	9054.72	370329.3418	
4.715	6.15984	0.3075	9.43	6.15984	0.3075	6.15984	0	6.15984	6.15984	16.09	24.0645	31.488	173.13472	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4.715	6.15984	0.3075	9.43	6.15984	0.3075	6.15984	0	6.15984	6.15984	16.09	24.0645	31.488	173.13472	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.438	8.3371	0	12.7751	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.438	8.3371	0	12.7751	
													0	
													0	
													0	
													0	
							78.75						81.9	乾物重量
													0	
													0	
													0	
													2.5	
											3.5		3.5	

作物・積算基準　【ナシ栽培】【10a(ただし、経営面積は50a)】
栽培体型　【露地栽培(ヤマナシ台、改良折衷式棚仕立て)】

	作業期間													栽培期間を通じた管理		備考
	各作業工程	整枝・せん定	有機物施用	人工受粉(含、花粉採取)	摘花・摘果	多目的防災網展張	芽かき・新梢管理	収穫・出荷	施肥(礼肥)	多目的防災網収納	施肥(基肥)	病害虫防除	除草			
使用作業機械・機材		動力運搬車	動力運搬車	開葯器		動力運搬車		軽トラック・動力運搬車	動力運搬車	動力運搬車	動力運搬車	スピードスプレーヤ	歩行式草苅機	軽トラック		
投入資材		結束紐	堆肥				結束紐					農薬18銘柄				
	水(L)											5100			5100	
エネルギー	ｶﾞｿﾘﾝ(L)	5.85	1.2			0.3		8.6	1.5	0.15	1.5		5.1	16.8	41	
	混合ｶﾞｿﾘﾝ(L)														0	
	軽油(L)											14.7			14.7	
	灯油(L)														0	
	A重油(L)														0	
	電力(kwh)			6											6	
肥料	肥料(kg)		1000						23.8		250				1273.8	
	窒素(kg)		12.2						5		20				37.2	
	リン酸(kg)										20				20	
	単質肥料(円)								786						786	
	複合肥料(円)										11250				11250	
	有機肥料(円)		3000												3000	
農薬	イミダクロプリド kg											0.3			0.3	
	ﾍｷｻｺﾅｿﾞｰﾙ L											0.3			0.3	
	ﾌｪﾆｿﾌﾟﾛﾓﾚｰﾄ L											0.7			0.7	
	ｷｬﾌﾟﾀﾝ・有機銅 kg											1.5			1.5	
	ｷｬﾌﾟﾀﾝ・ﾍﾟﾉﾐﾙ kg											1.725			1.725	
	ﾊﾞﾐﾄﾞﾁｵﾝ L											0.2			0.2	
	ﾐﾙﾍﾞﾒｸﾁﾝ kg											0.15			0.15	
	ﾄﾗﾛﾒﾄﾘﾝ kg											0.15			0.15	
	ｼﾞﾌｪﾉｺﾅｿﾞｰﾙ kg											0.075			0.075	
	DMTP kg											0.2			0.2	
	MEP kg											0.6			0.6	
	ｸﾛﾙﾋﾟﾘﾎｽ kg											0.3			0.3	
	ｼﾞﾁｱﾉﾝ L											0.3			0.3	
	ｼﾞﾗﾑ・ﾁｳﾗﾑ kg											1.5			1.5	
	ｴﾄｷｻｿﾞｰﾙ L											0.15			0.15	
	ｲﾐﾉｸﾀｼﾞﾝｱﾙﾍﾞｼﾙ酸塩 kg											0.8			0.8	
	ﾌｪﾅﾘﾓﾙ kg											0.1			0.1	
	ﾌｪﾝﾌﾟﾛﾊﾞﾄﾘﾝ kg											0.3			0.3	
	農薬(円)											42004			42004	
大気負荷	CO2(g)(燃料分)	13794.3	2829.6	0	0	707.4	0	20278.8	3537	353.7	3537	38866.8	12025.8	39614.4	135544.8	
	CO2(g)(電力分)	0	0	2286	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2286	
	CO2(g)(肥料分)	0	7200	0	0	0	0	0	7074	0	66375	0	0	0	80649	
	CO2(g)(農薬分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	159615.2	0	0	159615.2	
	CO2(g)(合計)	13794.3	10029.6	2286	0	707.4	0	20278.8	10611	353.7	69912	198482	12025.8	39614.4	378095	
	NOX(g)(燃料分)	47.97	9.84	0	0	2.46	0	70.52	12.3	1.23	12.3	269.01	41.82	137.76	605.21	
	NOX(g)(電力分)	0	0	1.74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.74	
	NOX(g)(合計)	47.97	9.84	1.74	0	2.46	0	70.52	12.3	1.23	12.3	269.01	41.82	137.76	606.95	
	SOX(g)(燃料分)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93.198	0	0	93.198	
	SOX(g)(電力分)	0	0	1.32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.32	
	SOX(g)(合計)	0	0	1.32	0	0	0	0	0	0	0	93.198	0	0	94.518	
	CH4(g)														0	
	N2O(g)														0	
廃棄物	結束紐(藁・麻) g	20000					750								20750	
	作物残渣 kgD.W.	400			25									340	765	
(プラスチック廃棄物)															0	
埋め戻し(廃棄物)	廃棄物の種類1(kg)				25									340	365	
	廃棄物の種類2(kg)														0	
範囲内での焼却(廃棄物)	廃棄物の種類1(kg)														0	
	廃棄物の種類2(kg)														0	
	廃棄物の種類3(kg)														0	
アウトプット	収穫果実 kg							3000							3000	

環境影響評価のためのライフサイクルアセスメント手法の開発
研究成果報告書

平成 15 年 11 月 25 日印刷
平成 15 年 12 月 22 日発行
編集兼発行者
〒305-8604　茨城県つくば市観音台 3-1-3
独立行政法人　農業環境技術研究所
印　刷　　牛久印刷株式会社