

第4章 生物多様性保全に配慮した農業生産の環境影響評価

澤内大輔

1. はじめに

兵庫県豊岡市を中心に実施されているコウノトリ育む農法（以下、育む農法とする）は、化学肥料や農薬の使用量削減、中干し時期の延期などを特徴とする環境保全型の農法であり、コウノトリの野生復帰に資する取組として知られている。育む農法により生産されたコメは「コウノトリ育むお米」などのブランド名で販売され、同地域の通常のコメと比較して高い価格で販売されるなど経済的にも高い評価を受けている⁽¹⁾。このように育む農法はコウノトリの保護や生物多様性の保全といった観点から高い評価を得ているが、加えて温室効果ガス排出量の削減をも両立するのであれば、環境により配慮した農法としてより高く評価されるものと考えられる。

そこで本稿では、生物多様性保全の取組として一定の評価を得ている育む農法について、地球温暖化への影響の観点から評価を試みたい。具体的には、育む農法と同地域での慣行農法とを対象に、ライフサイクルアセスメントを適用して温室効果ガスの発生量を推計したうえで両者を比較することとする。

日本の水稻栽培に関して、慣行農法との比較から環境保全型の農法における温室効果ガス発生量を評価した先行研究として、黒沢他（2007）は、水質保全を目的とした環境保全型水稻生産に関して、地球温暖化に対する影響評価を実施した。分析の結果、慣行農法に比べ環境保全型農業の方が温室効果ガスの排出量が単位面積（1ha）あたりで約12%少ないことが明らかにされている。これは肥料投入量の削減によるもので、亜酸化窒素（ N_2O ）の発生が減少し、肥料の製造段階での二酸化炭素（ CO_2 ）発生量も削減されることが主たる理由として挙げられている。平口他（2005）は、農薬および化学肥料の投入量を慣行栽培に比べて50%削減する減農薬・減化学肥料栽培による地球温暖化負荷（ CO_2 の排出量）を明らかにしている。分析の結果、慣行栽培に比べ、減農薬・減化学肥料のほうが、単位面積（10a）あたりの CO_2 排出量が20%程度少ないことが示されている。一方で、佐合他（2009）は、水稻の有機栽培における雑草防除および施肥を対象として、 CO_2 の排出量などを計測した。具体的には、除草方法として機械除草（有機栽培）、紙マルチ除草（有機栽培）、化学的除草（慣行栽培）とを比較し、有機栽培での除草防除や施肥方法に関わる CO_2 排出量は、慣行栽培に比べ少ないとは言えない点が見られている。これは、刈り払い機などの化石燃料使用や紙マルチ製造にかかる温室効果ガス排出量が、農薬の製造・使用にかかる温室効果ガス排出量を上回り得ることを示したものと考えられる。

以上の研究は同一の仮定に基づいた計測結果ではないものの、環境保全型農業の温室効果ガスの排出量は、慣行栽培と比べて必ずしも少ないわけではない点が示唆されたといえよう。これは、研究対象となった環境保全型農業が水質の改善などを主目的としており、温室効果ガス排出量の削減を優先した農法でないためと考えられる。これらの先行研究からも、コウノトリの保全を主目的とする育む農法についても温室効果ガスの排出量が慣行農法と比べて削減されるとは限らないと予想される。例えば、育む農法では慣行農法に比べて化学肥料や農薬の使用量を削減するなど、温室効果ガス排出量の削減に資する栽培方法が見られる。しかし同時に、除草剤の削減を機械除草によって補うため化石燃料消費量が増加したり、水棲生物保全や除草などを目的とした湛水期間延長によって水田からのメタン（CH₄）発生量が増加したりするなど、慣行農法よりも温室効果ガス排出量を増加させる効果を持つと考えられる栽培方法も実施されている。そのため、育む農法が、慣行農法との比較で温室効果ガス排出量が増加するのか、減少するのかという点を明らかにするには、上記のような育む農法独自の栽培方法を考慮した上で温室効果ガス排出量を計測するといった実証研究が必要になる。

本稿の構成は以下のとおりである。第2節では、データの収集・加工および分析方法について述べる。第3節では分析結果、考察および今後の課題を示し、第4節で本稿をまとめる。

2. データおよび分析方法

(1) データの収集および加工

分析に必要な育む農法および慣行農法に関するデータは、育む農法実施農家5戸および慣行農法実施農家1戸からの聞き取り調査により入手した。調査農家は、いずれも豊岡市内で営農している。調査内容は、2008年度の水稲栽培時に用いた資材やエネルギーなどの費用データおよび物量データ、水稲生産量などの産出物に関する数量、機械の利用状況などである。

第1表 調査農家の水稲生産状況

		育む農法（小規模）		育む農法（大規模）			慣行農法
		A農家	B農家	C農家	D農家	E農家	F農家
水稲作付面積（経営全体）	(a)	133	151	1,027	1,050	917	915
うち、育む農法・減農薬タイプ	(a)	62	20	452	510	521	-
育む農法・無農薬タイプ	(a)	71	73	199	152	281	-
水稲単収（経営全体）	(kg/10a)	409	298	425	396	499	473
育む農法・減農薬タイプ	(kg/10a)	480	350	391	440	583	-
育む農法・無農薬タイプ	(kg/10a)	360	301	417	342	371	-

出所：聞き取り調査（2010年1月）。

注：数値は2008年度の実績。育む農法の値は、コシヒカリ分のみを計上。

調査農家の水稲生産状況を第1表に示す。育む農法は、減農薬タイプと無農薬タイプの2タイプに分類されており、無農薬タイプは、農薬は一切使用せず、化学肥料についても栽培期間中は使用しない栽培方法である。減農薬タイプは、農薬および化学肥料の使用量を慣行栽培に比べ75%以上削減する栽培方法である。このように両者は栽培方法や栽培基準が異なるため、温室効果ガス排出量の計測に関しても別個に取り扱う必要がある。そのため、本分析では育む農法（減農薬）と育む農法（無農薬）の2とおりと慣行栽培とを比較することにする。また、育む農法での栽培品種は、大半を占めるコシヒカリ以外にも酒米やもち米なども作付けされている。本稿では、栽培品種による投入・産出状況の差異を排除するために、育む農法、慣行農法ともにコシヒカリのみを分析対象とする。

第1表で聞き取り調査を行った農家の水稲作付面積を見ると133aから1,050aまで大きな差が見られる。作付面積の違いにより、利用する機械や、資材も異なるものと推察され、温室効果ガス排出量の計測の際には作付面積の大きさによっても分けて考える必要が生じてくる。そのため本稿では、栽培方法および作付面積をもとに、調査農家を育む農法の小規模経営、育む農法の大規模経営、慣行農法の3とおりに分類する。本稿における育む農法の小規模経営は水稲作付面積が1.5ha程度である農家とする。聞き取り調査を行った農家のうちA農家とB農家がこのグループに該当し、これらの農家はいずれも家族労働力のみによる経営である。育む農法の大規模経営は水稲作付面積が10ha程度である農家とする。C農家、D農家、E農家がこのグループに該当し、これらの農家は一部作業に雇用労働力を用いる農家もしくは集落営農を実施する農家である。また、F農家は慣行農法のみを実施しており、水稲作付面積では育む農家の大規模経営に近い。また、F農家の経営上の特徴として、極力、資材の投入を抑えたとの経営方針を持つ農家である点が挙げられる。

単収を見ると、育む農法では減農薬タイプに比べて、無農薬タイプの方が単収が低い傾向にある点が読み取れる。A農家からE農家までの5戸中4戸で、減農薬タイプより無農薬タイプの方が単収が低くなっている。具体的には、減農薬タイプの単収は350kg/10aから583kg/10aであるのに対し、無農薬タイプの単収は301kg/10aから417kg/10aの間であり、無農薬タイプは減農薬タイプと比較して最大で約36%も単収が低い。また、聞き取り調査を行った農家間での単収のばらつきは、減農薬タイプ、無農薬タイプともに大きいと言えよう。温室効果ガス排出量の推計に際しては、個々の農家における投入・産出状況のばらつきをできるだけ排除し、分析結果を農家類型ごとの平均的な農家像に近づける必要がある。そこで以降の分析では、個々の農家についての分析結果ではなく、農法および作付面積による農家類型ごとの平均値を用いた分析結果を示すこととする。

以上をまとめると、本稿において温室効果ガス排出量を計測する農家の類型は、①育

む農法・無農薬タイプの小規模経営，②育む農法・無農薬タイプの大規模経営，③育む農法・減農薬タイプの小規模経営，④育む農法・減農薬タイプの大規模経営，⑤慣行農法の5類型となる⁽²⁾。

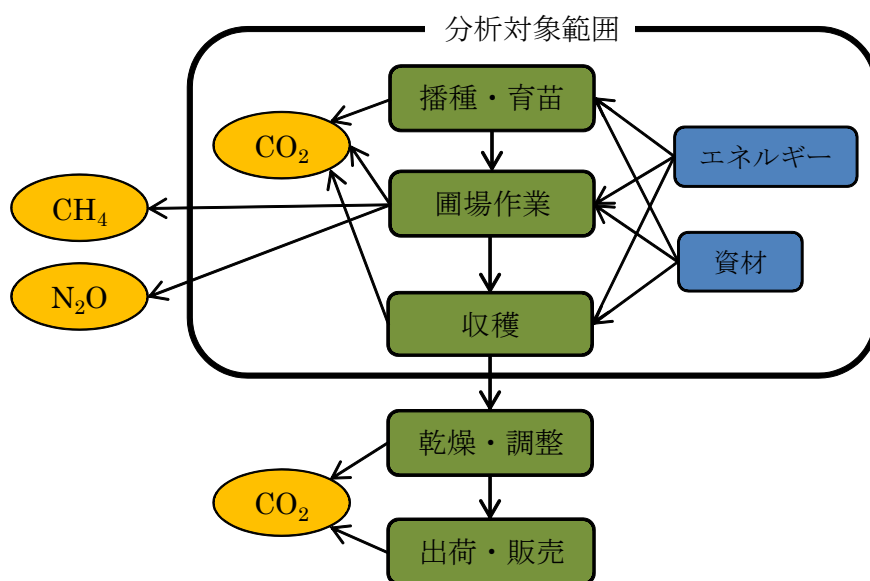
なお，育む農法を実施している農家であっても，農地の一部で慣行農法を実施していることもあるが，本稿では，育む農法実施農家については，育む農法分のみを分析対象とする。育む農法と慣行農法のデータとを別個に分離した形で入手できなかった場合，または育む農法において減農薬タイプと無農薬タイプのデータを別個に分離した形で入手できなかった場合には，算出した温室効果ガス排出量を作付面積をウェイトとして農法間で按分した。

(2) 分析方法

本稿の目的は，育む農法および慣行農法の温室効果ガス排出量を算出し，両者を比較の上で生物多様性保全の取組として一定の評価を得ている育む農法について，地球温暖化への影響の観点から評価を試みることである。温室効果ガスの計測対象範囲は，播種・育苗から収穫までの水稻栽培作業とした（第1図）⁽³⁾。乾燥・調整作業については，自前の施設を使う農家と共同の乾燥・調整施設を利用する農家とが混在しているため生産物単位あたりのエネルギー使用量も大きく異なるものと考えられることから，計測対象から除外した。計測対象の温室効果ガスはCO₂のみとし，計測した温室効果ガス排出量は農地面積10aあたりの値で比較する⁽⁴⁾。

本稿では，水田からのCH₄発生量を分析対象としていない。これは，CH₄発生量に大きな影響を及ぼす土壌の質などの情報が入手できなかったこと，育む農法の特徴である中干し時期の延期がCH₄発生量にどれだけ影響を及ぼすのかについての知見が得られなかったことなどが理由である。同様に，窒素肥料の投入により農地から発生するN₂Oも分析対象外とした。また，ビニールハウスなどの耐久財や農業機械についても，実際には法定耐用年数を超えて使用されるケースも多く見られ，正確な減価償却分を推計することが困難であったため評価対象から除いた⁽⁵⁾。

分析手順は次のとおりである。まず，聞き取りによって得た生産コストデータから各農法のエネルギー使用量および投入資材額を推計する。続いて，それらにエネルギーの使用量あたりCO₂排出量（CO₂排出原単位）および資材の生産額あたりCO₂排出量を掛け合わせることで各農法のCO₂発生量を推計する。エネルギー使用に関するCO₂排出原単位は，石油産業活性化センター（2000）および関西電力資料を用いた。資材のCO₂排出原単位は，南齊・森口（2009）を用いた。



第1図 本研究における分析対象範囲

3. 分析結果

(1) エネルギーおよび資材投入量

第2表に単位面積あたりでのエネルギー投入量および資材投入額を類型別に示す。これらのデータとCO₂排出原単位とを掛け合わせることで育む農法と慣行農法のCO₂排出量が求められることになる。

エネルギー投入量のうち、ガソリンは、主として自動車での圃場の見回りなどに用いられている。混合ガソリンは、主として刈り払い機の燃料として用いられている。軽油は、主としてトラクターやコンバインの燃料として用いられている。電力は、播種作業、乾燥・調整作業などで用いられるが、本稿の分析対象範囲外である乾燥・調整作業に関わる分は除外した。これらのほか第2表には計上していないエネルギーとして、乾燥機の燃料として利用される灯油が挙げられる。

エネルギー投入量について、以下の傾向が読み取れる。第1に、育む農法のガソリン、混合ガソリンおよび軽油の面積あたりの使用量は、無農薬タイプ、減農薬タイプともに小規模経営よりも大規模経営のほうが少ない傾向にある。化石燃料については、小規模経営に比べ、大規模経営のほうが効率的な利用ができていものと推察される。第2に、無農薬タイプ、減農薬タイプともに大規模経営の面積あたり電力使用量は小規模経営および慣行農法に比べて大きくなっている。規模の経済を考慮すると、大規模経営のほうが小規模経営よりも面積あたり電力使用量が小さくなることが予想されるが、本分析で得られた結果はこれに反するものである。実際の栽培方法などを考慮しても小規模経営

第2表 農法別10aあたりエネルギーおよび資材投入額の比較

単位	無農薬タイプ		減農薬タイプ		慣行農法	
	小規模経営	大規模経営	小規模経営	大規模経営		
エネルギー投入量						
ガソリン	L/10a	19.9	13.5	28.4	11.4	20.8
混合ガソリン	L/10a	2.0	0.8	3.0	0.7	0.0
軽油	L/10a	16.4	12.3	18.8	13.4	21.7
電力	kWh/10a	18.6	60.3	11.9	60.3	20.1
資材投入額						
種苗費	円/10a	4,194	3,307	5,689	2,941	2,096
肥料費	円/10a	15,670	6,677	16,822	7,909	9,841
薬剤費	円/10a	0	0	5,427	3,860	7,309
その他物財費	円/10a	2,387	8,806	3,088	8,723	2,719

出所：聞き取り調査（2010年1月）資料をもとに著者推計。

のほうが面積あたり電力使用量が少なくなる要因はあまり考えられないことから、このような結果となった要因は電力使用量の推計時の計測誤差が主な原因と考えられる。具体的には、①本稿の使用電力量を各農家の電気料金からの推計⁽⁶⁾する際の誤差、②推計した電力使用量から乾燥・調整分に関わるエネルギー量を控除する際の誤差、などが考えられる。このような誤差を少なくするためには、費用データだけではなく電気使用量などの物量データを農家から聞き取る必要がある。

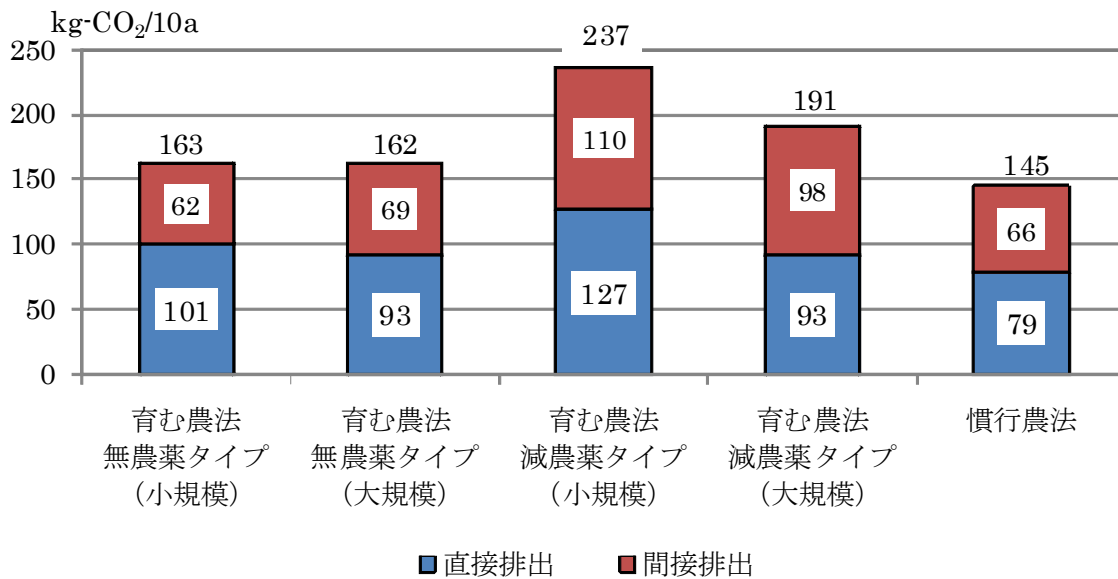
投入資材費について、種苗費は種籾の購入費用、肥料費は化学肥料や有機肥料の購入費用、薬剤費は除草剤等の購入費用である。また、その他物財費は苗箱や培土、米ぬかなどの生産資材の購入費用である。

投入資材費について、以下の傾向が読み取れる。第1に、育む農法の種苗費、肥料費および薬剤費は、無農薬タイプ、減農薬タイプともに大規模経営よりも小規模経営のほうが高い傾向にある。この要因としては、大規模経営のほうが大量購入などにより安価に資材を入手できている可能性が考えられる。第2に、薬剤費に関して、育む農法の減農薬タイプのほうは慣行農法より投入額が少なく、育む農法の特徴である農薬・化学肥料の削減を反映したものとなっている。

（2）農法間でのCO₂排出量の比較

第2図に、類型ごとのCO₂排出量の推計結果を示した。単位面積あたりのCO₂排出量が最も多かったのは、育む農法（小規模）の減農薬タイプであり237kg-CO₂/10aであった。逆に、単位面積あたりのCO₂排出量が最も少なかったのは、慣行農法であり145kg-CO₂/10aであった。なお、図中の直接排出とは、化石燃料などの利用により農場などで直接排出されるCO₂であり、間接排出とは種子や肥料などの投入資材の製造過程において排出されるCO₂である。以下で分析を通じて読み取れた点を述べる。

第1に、慣行農法に比べ、育む農法のほうが単位面積あたりCO₂排出量が大きく、その差は最大で約1.6倍（=237/145）であった。育む農法が慣行栽培に比べて1.6倍もの



第2図 10a当たり温室効果ガス排出量の比較

出所：聞き取り調査（2010年1月）資料をもとに著者推計。

注：CH₄およびN₂Oは計測対象外である。図中の直接排出とは化石燃料などの利用により農場などで直接排出されるCO₂であり、間接排出とは種子や肥料などの投入資材の製造過程において排出されるCO₂である。

CO₂を排出している点は注目すべき結果であるが、結果の解釈には以下の点に注意する必要がある。1つに、本稿での慣行農法実施農家が、極力資材の投入を抑える経営方針であることである。すなわち、本稿での慣行農法では、豊岡市周辺地域での標準的な慣行農法に比べCO₂排出量が過小評価されている可能性が高く、このことを勘案すると、標準的な慣行農法と育む農法との間での面積あたりCO₂排出量の差は、1.6倍を上回ることはないものと考えられる⁽⁷⁾。また、本稿では農家類型ごとの平均値を提示しているが、個別農家ごとの計測結果を見ると、慣行農法よりも単位面積あたりCO₂排出量が小さい農家も見られた。これはCO₂排出量に関しても農家ごとのばらつきが大きく、実際には慣行農法に比べCO₂排出量が少ない農家も存在することを示しており、結果の解釈にはその点を留意する必要がある。

第2に、育む農法において、無農薬タイプ、減農薬タイプともに小規模経営に比べ、大規模経営のほうが、単位面積あたりのCO₂排出量が少ない。例えば、減農薬タイプでは、小規模経営に比べ大規模経営の方が約19%CO₂排出量が少ない。内訳をみると直接排出においてその差が大きく、大規模経営の方が約27%CO₂排出量が少なくなっている。これは、大規模経営のほうがエネルギーの利用効率が良いことを反映したものと考えられる。

第3に、育む農法において、大規模経営、小規模経営ともに、減農薬タイプに比べ無農薬タイプの方がCO₂排出量が少ない。例えば、小規模経営で比較すると、減農薬タイ

ブが 237kg-CO₂/10a であるのに対し、無農薬タイプが 163kg-CO₂/10a であり、無農薬タイプの方が約 31% CO₂ 排出量が少ない。大規模経営においても、減農薬タイプが 191kg-CO₂/10a であるのに対し、無農薬タイプが 162kg-CO₂/10a であり、無農薬タイプの方が約 15% CO₂ 排出量少ない。これは温室効果ガス削減の観点からは減農薬タイプよりも無農薬タイプのほうが望ましいことを示している。

以上をまとめると、慣行農法に比べ、育む農法のほうが単位面積あたりの CO₂ 排出量が多い点が多くなってきた。つまり、育む農法においては、コウノトリ保全のための取組と地球温暖化対策とがトレードオフの関係にありうることを示唆されたと考える。とはいえ育む農法であっても小規模経営から大規模経営への規模拡大や、減農薬タイプから無農薬タイプへの農法転換によって、CO₂ 排出量を現在の水準より抑えることが可能である点も同時に示された。しかし、大沼・山本(2009)などで指摘されているとおり、慣行農法に比べて育む農法は労働時間を多く必要とするため、家族経営など労働力が制限される状況下では、温室効果ガス排出抑制のために大規模化や無農薬タイプへの農法転換は現実的ではないであろう(8)。

(3) 本研究の限界と今後の展望

本稿の分析では、データの制約などのために育む農法の特徴の一部を分析対象から除外せざるを得なかった。本稿で取り扱わなかったものの育む農法の特徴のうち、温室効果ガスの排出に深くかかわると考えられる水田の湛水期間の延長、および堆肥の投入について考察を加えたい。

まず、育む農法では、冬期湛水および早期湛水により水田からの CH₄ 発生量が慣行農法と比べて増加しているおそれがある。育む農法における冬期湛水とは、コウノトリのエサ場確保などを目的に、10 月末から 3 月の期間も水田に水を張っておく取組であり(豊岡市農林水産課(2008))、早期湛水は、水田内の抑草や水生生物への配慮などの目的で慣行栽培よりも早い時期に水田に水を入れる取組である。一般に、湛水期間が長くなると水田からの CH₄ の発生量が多くなることが報告されている。冬期湛水も早期湛水も田面の湛水期間を延長する取組であり、慣行農法に比べ水田からの CH₄ 発生量が増加するものと見込まれる。

一方で、育む農法では堆肥など有機物の投入を通じた土作りが奨励されている。水田への有機物の投入は地球温暖化の観点から、土壌での炭素ストック量の増大と見ることができ、温室効果ガスの削減に資する取組であると考えられる。

以上をまとめると、育む農法の特徴のうち水田の湛水期間延長については、温室効果ガス排出量を増加させる効果を持ち、堆肥の投入については温室効果ガス排出量を削減する効果が見込まれる。しかし、これらの点は本稿において、土壌の質データが入手できないなどの理由で分析対象外としている。今後は、実地での CH₄ 発生量計測、もしくは

は、より詳細な農地情報の収集などにより、水田からの CH₄ 発生量についても検討していく必要があると考える。また同時に、育む農法の特徴をより反映させた分析とするためには、炭素貯留による温室効果ガス吸収効果を有すると考えられる有機物の投入も分析対象することが必要であろう。

以上は、育む農法の特徴に関する考察であったが、次に本稿のデータおよび仮定に関する限界および展望について述べたい。

本稿で用いたデータは、育む農法実施農家 5 戸、慣行農法実施農家 1 戸からの聞き取りデータである。これらのデータを農法と経営規模をもとに 5 つの類型に分けそれぞれの平均値を分析結果として提示した。個別農家のデータを見ると、同じ類型の農家であっても資材・エネルギー投入、コメの産出状況や、CO₂ 排出量に大きな差異が見られた。このことは温室効果ガスの排出量の観点からは、育む農法をひと括りにすることはできず、各農家の取組いかんによって温室効果ガスを削減することも増加させることも想定されることを示すものである。一方で、農家ごとのばらつきはデータ収集とその整理方法に起因する部分があるとも考えられる。こういった問題には、①無作為の農家調査とし、サンプル数も増やすことで、データをより農家の平均像に近づける、②平均値とともに分散などデータの散らばり具合についての情報も同時に提供する、③農家が水稻生産の際に参考に行っている栽培暦をデータ元として分析する、などの対処方法が考えられる。

本稿で分析対象から除外した乾燥・調整作業に起因する CO₂ 排出量は、本稿で提示した収穫までの作業からの CO₂ 排出量と比較して大きいと推察される。乾燥・調整作業は燃料消費が多く、水稻栽培作業の中でも CO₂ 排出量が大きい作業である点は、小倉（2000）などでも指摘されている。本稿の調査対象農家のデータを見ても、乾燥・調整作業での灯油使用量は、容積で見て軽トラックやトラクターなどの燃料として用いられるガソリンや軽油の使用量を上回っていた。乾燥・調整作業は農法の違いに関わらず必要な作業となる。とくに、育む農法で栽培された米のように、ブランド化した米では、他の米との混合を避けるため、共同乾燥施設ではなく個別の乾燥施設を利用しなければならず、エネルギー使用量も大きく異なるものと考えられる。こういった点も勘案すると、乾燥・調整作業の違いも考慮した包括的な分析が必要と考えられる。

4. おわりに

本稿の課題は、育む農法による水稻栽培の温室効果ガス排出量を、慣行栽培と比較の上で評価することであった。農家 6 戸への聞き取りデータをもとに、播種から収穫までに排出される CO₂ の発生量のみを推計し、農家類型ごとに平均値を提示した結果、育む農法の水稲栽培は慣行農法に比べ単位面積あたりの CO₂ 排出量が多い可能性がある点

が示された。とはいえ、個別農家の CO₂ 排出量計測結果を見ると、一部の農家では慣行農法を下回っていた。このことは、温室効果ガスの排出量の観点からは、育む農法をひと括りにする評価することは難しく、各農家の取組いかんによって温室効果ガスを削減することも増加させることもありうることを示すものである。また、本稿で慣行農家の代表として取り扱った農家が低投入を経営方針とする農家であり、標準的な慣行農法よりも CO₂ 排出量が低く推計されたと考えられる点も、分析結果を解釈する際には注意しなければならない。

本稿で得られた結果は、生物多様性保全などを目的とした環境保全型農法と地球温暖化対策とが必ずしも両立しないトレードオフの関係になりうる点を示唆するものと解釈できよう。これに対して、育む農法の経営の大規模化と無農薬タイプ栽培への転換が、現状の CO₂ 排出量の削減に有効である点も、本研究で示されている。前述のように、現実的には育むお米の大規模化や減農薬から無農薬タイプ栽培への転換にはさまざまな障壁があるものの、コウノトリ保全と地球温暖化対策とのトレードオフの関係を、両者が同時に成立つコベネフィットの関係に少しでも近づけることができれば、育む農法はこれまで以上により高く評価される取組になり得るであろう。最後に、本稿は地球温暖化への影響という点のみからの評価を試みた研究であったが、育む農法は、野生絶滅種であるコウノトリの野生復帰への貢献が最も重視すべき目的であろう。この他、食料生産などの主たる役割に加え、観光客増加による地域経済活性化への貢献や、生き物調査など教育の場の提供といった側面をも有しており、第 2 章、第 3 章での知見も踏まえ、経済的側面などを含めて包括的に評価されるべき取組であると考えられる。この点については、CO₂ 排出量計測の精緻化などとともに今後の課題としたい。

〔注〕

- (1) 育む農法に関する認証制度や、育む農法で生産された農産物のブランドに関しては南 (2007) に詳しい。
- (2) 具体的には、例えば、①育む農法・無農薬タイプの小規模経営では、小規模経営である A 農家および B 農家のデータのうち、育む農法・無農薬タイプのデータのみを用いて、温室効果ガス排出量を推計する。
- (3) 第 1 図には明示していないが、倉庫と圃場の間などでの軽トラックなどによる物資の輸送に関わるエネルギー消費量も計測対象に含むものとした。
- (4) 機能単位 (CO₂ 排出量の比較のもととなる単位) の候補としては、生産額あたりや生産物重量あたりなどが考えられるものの、本稿では先行研究との比較可能性を重視して機能単位を面積あたりと定めた。
- (5) 具体的には、法定耐用年数が 3 年以上である資材および農業機械を温室効果ガス排出量の計測対象から除外した。

- (6) 具体的には、電気使用量と電気料金両方が得られた農家のデータを用いて、単位電力あたりの電気料金を求め、この値を用いて他農家の電力使用量を推計した。
- (7) 本稿で計測対象外とした CH₄ や N₂O の単位面積あたり排出量は、慣行農法に比べ育む農法の方が多く排出されるものと推察される。このため、CH₄ や N₂O も計測対象とした場合、育む農法と慣行農法の温室効果ガス排出量の差は 1.6 倍以上になることも考えられる。
- (8) 大沼・山本（2009）では慣行農法に比べ、減農薬タイプで 2.73 倍、無農薬タイプで 3.82 倍の労働時間が必要となる点を示している。

〔引用・参考文献〕

- 平口嘉典・坂内久・大村道明（2005）「環境保全型稲作普及のコストと環境評価」『東北農業経済研究』第 23 巻第 1 号，pp.55-65。
- 金谷豊（1999）「水稻生産システムと LCA」『農林水産技術研究ジャーナル』Vol.22(10)，pp.15-19。
- 黒沢美幸・山敷庸亮・手塚哲央（2007）「環境保全型の水稲栽培におけるエネルギー消費量と環境負荷削減効果の推計」『日本 LCA 学会誌』3 巻 4 号，pp.232-238。
- 南斉規介・森口祐一（2009）『産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID):2005 年表（B 版）』,独立行政法人国立環境研究所地球環境研究センター，
<http://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d031/index-j.html>（2010 年 10 月 4 日アクセス）
- 農業環境技術研究所（2003）『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：環境離京評価のためのライフサイクルアセスメント手法の開発 研究成果報告書別冊』農業環境技術研究所。
- 丸山一成・牛腸奈緒子・守屋透・林清忠（2009）「超多収水稻生産システムの LCA：地球温暖化への影響およびエネルギー投入量による慣行システムとの比較」『Journal of Life Cycle Assessment, Japan』Vol.5, No.4, pp.432-438。
- 南朋子（2007）「新しい環境保全型農業と農産物の地域ブランド化に関する研究：兵庫県豊岡市における「コウノトリ育む農法」の取組みを事例として」『農林業問題研究』第 166 号，pp.118-123。
- 小倉昭男（2000）「稲作における投入資材およびエネルギー」農林水産省農業環境技術研究所編『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，pp.57-71。
- 大沼あゆみ・山本雅資（2009）「兵庫県豊岡市におけるコウノトリ野生復帰をめぐる経済分析：コウノトリ育む農法の経済的背景とコウノトリの野生復帰がもたらす地域経済への効果」『三田学会誌』102 間 2 号，pp.191-211。
- 佐合隆一・新井愛希・小林久（2009）「水稻の有機栽培における雑草防除と施肥のライフサ

イクル分析」『雑草研究』Vol.54(1), pp.1-6。

石油産業活性化センター（2000）『石油製品油種別 LCI 作成と石油製品環境影響評価調査報告書』, 石油産業活性化センター。

豊岡市農林水産課（2008）『生き物豊かな田んぼづくり』豊岡市。

鶴田治雄・尾崎保夫（1999）「水田における温室効果ガス及び水質に関する LCA」『農林水産技術研究ジャーナル』Vol.22(10), pp.20-25。