

第5章 飼料米の利用による環境コベネフィット

林 岳

矢部光保（九州大学）

1. はじめに

日本農業においては、水田農業の衰退が言われて久しいが、食用米は生産過剰の状態が続いており、水田農業を維持するためには食用以外の用途を拡大することが求められている。このような状況の中、米の新たな需要先として、家畜への飼料としての用途（飼料米）が検討されている。飼料米は地域の水田農業の維持にも効果があるほか、畜産農家にとっては、輸入飼料価格の急激な変動に対処する方策としても有効である。さらに、仮に飼料米を用いることで輸入飼料よりも温室効果ガス（GHG）排出量を削減することができれば、地球温暖化防止策としての効果ももたらし、いわゆる環境面でのコベネフィット（相乗便益）も得られることになる。

輸入されるとうもろこし飼料と比較した場合、飼料米を利用することによって、輸送に関するエネルギー消費に伴う GHG 排出量は少なくなると考えられるが、一方で、国内における飼料米生産は米国などで生産されるとうもろこし飼料と比べて圧倒的に生産規模が小さく、規模の経済が働きにくいことから、単位あたりの GHG 排出量も多くなることが予想される。そのため、飼料米の利用が地球温暖化対策として有効であるかを判断するためには、飼料生産から消費までの GHG 排出量を適切に把握することが必要である。

そこで本研究では、福岡県築上町において行われている地元産飼料米を利用した鶏卵生産を事例として取り上げ、海外から輸入されるとうもろこし飼料と地元で生産される飼料米の GHG 排出量をそれぞれ計測し、比較することを目的とする。

2. GHG 排出量計測の前提条件・仮定

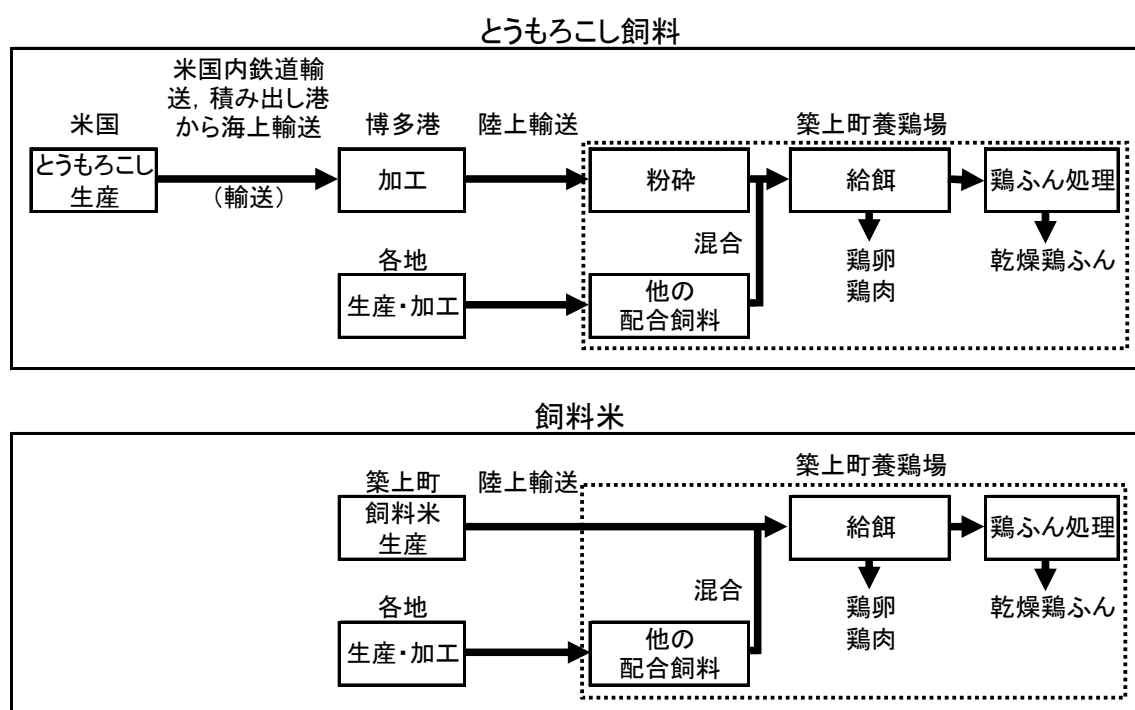
（1）比較対象とシステム境界、機能単位の設定

今回の分析で計測対象とする築上町の養鶏場では、飼料米給餌、とうもろこし飼料給餌のほか、飼料米ととうもろこし飼料の混合給餌を行っている鶏も飼養している。このうち

本研究では、とうもろこし飼料給餌と飼料米給餌の比較を行うこととする。なお、本研究での飼料米給餌鶏、とうもろこし飼料給餌鶏とも、これらの他に魚かす、コーングルテンなどの飼料も給餌されている点に留意いただきたい（第12表参照）。

GHG 排出量を推計する上では、まずどの範囲を計測対象にするかといったシステム境界を設定することが必要となる。本研究では、飼料米を用いた鶏卵生産ととうもろこし飼料を用いた鶏卵生産との違いを把握することを目的としているので、餌となる飼料米およびとうもろこし飼料の生産から、鶏卵が生産され鶏ふんが処理される段階までを計測対象とする（第1図）。したがって分析では、出荷される際の包装・梱包、および輸送に伴うGHG 排出量は計測の対象から除いている。一方、とうもろこし飼料については、生産時の窒素肥料投入による亜酸化窒素（ N_2O ）排出を計算には含め、また、飼料米については、水田に湛水することで発生するメタン（ CH_4 ）を計算に取り入れている。

GHG 排出量を評価する上では、どのように単位を設定するかによって大きく結果が異なってくる。鶏卵生産の場合は、鶏卵1個もしくは鶏卵重量あたり（例えば1kgあたりなど）がふさわしいと考えられる。本研究では鶏卵1個あたりのGHG 排出量を求めることとする。



第1図 とうもろこし飼料および飼料米のシステム境界の設定

（２）副産物の設定

鶏卵生産の GHG 排出量を計測する際、鶏卵とともに生産される副産物がある場合には、鶏卵とこれらの副産物との間で GHG 排出量を配分する必要がある。養鶏で発生する生産物は、鶏卵のほか鶏肉があり、これらは養鶏場から有償にて販売されている。この他、鶏の飼養に伴い発生する鶏ふんについても、養鶏場の副産物として築上町内および近隣市町村の農家などに有償で頒布している。このことから、本研究では鶏卵生産の副産物は鶏肉と鶏ふんとする。また、鶏肉、鶏卵、鶏ふん以外の産出物としては、鶏の毛、油、骨（鶏ガラ）などがあるが、いずれも養鶏場で有償販売されておらず、また一部のものについては逆に処理に費用をかけていることから、これらの産出物については廃棄物として扱い、GHG 排出量の配分は行わない。なお、GHG 排出量の計測における副産物の取り扱いの詳細については、第 6 節を参照のこと。

（３）利用するデータ

本研究の分析で使用するデータは、2010 年 11 月に行った築上町にある飼料米を使用している養鶏場および飼料米生産農家へのヒアリング調査を中心としている。養鶏場については築上町内で飼料米を使用して鶏卵生産を行っている 1 つの養鶏場に対してヒアリング調査を実施した。飼料米生産農家については生産組合も含め 6 戸に他の研究者との合同調査を実施し⁽¹⁾、データを収集している。分析には 6 戸の農家のうち著者が直接ヒアリング調査を担当した 1 戸のデータを利用した。また、ヒアリング調査では得られなかったデータや GHG 排出原単位などの環境データについては、滋賀県立大学環境科学部（2010）、南斉・森口（2009）、田中（2011）などの既存研究から引用した。

一方、輸入とうもろこし飼料の GHG 排出量については、農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」（2006）などの計測結果を引用し、築上町への国内輸送を考慮して結果を修正した。

3. 飼料米の生産・輸送に伴う GHG 排出量の計測

（１）エネルギー・資材由来の CO₂ 排出量

第 1 表には飼料米の生産に伴う投入エネルギー量および投入資材額が掲げられている。これらのデータは多くがヒアリング調査による収集したものであるが、一部ヒアリング調

査では得られなかったデータがあるため、ここでは既存研究の滋賀県立大学環境科学部（2010）からデータを引用した。滋賀県立大学環境科学部（2010）から引用したデータは、飼料米ではなく食用米の生産に投入される 10a あたりのエネルギーおよび資材量を掲げているが、他に使用できるデータがなかったためこれを引用する。

第1表 飼料米生産における投入エネルギー・資材量

	投入	単位	数値	データ出所
エネルギー	軽油	L/10a	25	ヒアリング調査
	ガソリン	L/10a	2.5	ヒアリング調査
	混合油	L/10a	2.5	ヒアリング調査
	灯油	L/10a	25	ヒアリング調査
	電力	kWh/10a	114.3	ヒアリング調査
資材	種苗費	円/10a	2,813	ヒアリング調査
	肥料費(化学肥料)	円/10a	16,825	ヒアリング調査
	肥料費(鶏ふん)	円/10a	625	ヒアリング調査
	農薬費	円/10a	5,500	ヒアリング調査
	水道費	円/10a	85	滋賀県立大学環境科学部(2010)
	農業用プラスチック資材費	円/10a	1,822	滋賀県立大学環境科学部(2010)
	建物費	円/10a	2,125	滋賀県立大学環境科学部(2010)
	パイプハウス費	円/10a	950	滋賀県立大学環境科学部(2010)
	農業機械・小道具類	円/10a	27,046	田中(2011)

第2表 エネルギー、費目ごとのCO₂排出係数

	単位	排出係数	データ出所
軽油	kg-CO ₂ /L	0.268	味の素(2007)153-159(注1)
ガソリン	kg-CO ₂ /L	0.378	味の素(2007)153-155
混合油	kg-CO ₂ /L	0.374	味の素(2007)153-155, 153-173
灯油	kg-CO ₂ /L	0.109	味の素(2007)153-158
電力	kg-CO ₂ /kWh	0.374	九州電力(online)
種苗費	g-CO ₂ /円	0.279	南斉・森口(2009)(I-(I-M)A) ⁻¹ 種苗
肥料費(化学肥料)	g-CO ₂ /円	1.798	南斉・森口(2009)(I-(I-M)A) ⁻¹ 化学肥料
肥料費(鶏ふん)	g-CO ₂ /円	0.207	本分析の結果(注2)
農薬費	g-CO ₂ /円	1.582	南斉・森口(2009)(I-(I-M)A) ⁻¹ 農薬
水道費	g-CO ₂ /円	0.307	南斉・森口(2009)(I-(I-M)A) ⁻¹ 上水道
農業用プラスチック資材費	g-CO ₂ /円	0.720	南斉・森口(2009)(I-(I-M)A) ⁻¹ プラスチック製品
建物費	g-CO ₂ /円	0.774	南斉・森口(2009)(I-(I-M)A) ⁻¹ 非住宅建築(非木造)
パイプハウス費	g-CO ₂ /円	3.929	南斉・森口(2009)(I-(I-M)A) ⁻¹ 非住宅建築(非木造)
農業機械・小道具類	g-CO ₂ /円	0.839	南斉・森口(2009)(I-(I-M)A) ⁻¹ 農業機械

注1 滋賀県立大学(2010)にならい、混合比をガソリン25:オイル1と設定した。

2 鶏ふんのCO₂排出係数については、本文第5節(3)を参照のこと。

3 データ出所中の、味の素(2007)の後の数字は文献中の分類番号と品目数番号である。

次に、それぞれの投入エネルギー量および費目に CO₂ 排出係数を乗じることで、CO₂ 排出量を計測する。計測に用いた CO₂ 排出係数は第 2 表のとおりである。そして、第 1 表の投入エネルギー量および投入資材額と第 2 表の CO₂ 排出係数を乗じることで求めた CO₂

排出量は第3表に示した。ここに示されるとおり、飼料米1kgの生産に伴うエネルギー・資材由来のCO₂排出量は154.0g-CO₂/kgとなった。なお、エネルギー・資材由来のGHGについては、CO₂が大部分を占めるため、CO₂以外のGHGについては計測を行っていない。

第3表 飼料米生産に伴うCO₂排出量

	単位	排出量
軽油	kg-CO ₂ /10a	6.7
ガソリン	kg-CO ₂ /10a	0.9
混合油	kg-CO ₂ /10a	0.9
灯油	kg-CO ₂ /10a	2.7
電力	kg-CO ₂ /10a	42.7
種苗	kg-CO ₂ /10a	0.8
肥料(化学肥料)	kg-CO ₂ /10a	30.3
肥料(鶏ふん)	kg-CO ₂ /10a	0.1
農薬	kg-CO ₂ /10a	8.7
水道	kg-CO ₂ /10a	0.0
農業用プラスチック資材	kg-CO ₂ /10a	1.3
建物	kg-CO ₂ /10a	1.6
パイプハウス	kg-CO ₂ /10a	3.7
農業機械・小道具類	kg-CO ₂ /10a	22.7
合計	kg-CO ₂ /10a	123.3
飼料米1kgあたり(注1)	g-CO ₂ /kg	154.0

注1 ヒアリング調査より、飼料米の単収を800.5kg/10aとして計算した。

(2) 水田からのメタン

水田への湛水に伴って発生するメタンについては、IPCC(2006)の排出係数算定モデルを用いて推計した。その結果、水田からのメタンの排出量は、飼料米1kgあたり154.0g-CO₂eq/kgとなった。

(3) 飼料米輸送に伴うCO₂排出

飼料米の生産は、飼料米の圃場がある築上町築城の築上町役場築城支所付近から養鶏場のある築上町下香楽までの距離をNAVITIME (online) で検索して出た距離4.6kmを引用した。圃場から養鶏場までは最大積載量350kgの軽トラックを利用して輸送するとして、計算を行った。車両の燃料消費率については、2011年2月現在新車販売されている国内5メーカーの5車種における10.15モード燃料消費率の平均を取って17.24km/Lとした⁽²⁾。したがって、4.6kmの距離を往復するのに必要なガソリン量は0.53Lとなり、積載量350kgで除すと1kgあたり1.52mL/kgとなった。

次に、養鶏場で飼料米を給餌される鶏 1 羽が一生の間に必要な飼料米給餌量を計算すると、第 4 表のとおり 29.6kg となった。したがって、飼料米給餌鶏の飼育に必要な飼料米の輸送のために 45.2mL となり、第 2 表のガソリンの CO₂ 排出係数 0.378g・CO₂/mL を乗じると、17.0g・CO₂ となった。

第4表 鶏の一生に必要な飼料米給餌総量(飼料米給餌鶏)

日令	(g/日/羽) 一日一羽 あたり配合飼 料給餌量	飼料米 配合割合	(g/日/羽) 一日一羽 あたり飼料米 給餌量	日数	(kg/羽) 一羽あたり 飼料米 給餌総量
1～40日(幼すう)	25	0%	0	40	0.0
41～100日(中すう)	50	0%	0	60	0.0
101～120日(大すう)	80	33%	27	20	0.5
121～510日(成鶏)	114.5	65%	74	390	29.0
合計			101	510	29.6

注1 幼すうは日令30日，中すうは日令60日，大すうは日令120日の給餌量で代表値とした。

2 日令別飼料羽数はデータが得られなかったため，幼すう数9000羽を日数割合で按分した。

第5表 飼料米輸送に伴うCO₂排出量

項目	単位	数値
軽トラック燃料消費率	km/L	17.24
輸送距離(往復)	km	9.20
往復輸送に伴う使用ガソリン量	L	0.53
最大積載量	kg	350
1kgあたり使用ガソリン量	mL/kg	1.52
鶏1羽一生の飼料米給餌料(飼料米給餌鶏)	kg	29.5
上記飼料米を運ぶのに必要なガソリン量	mL	45.1
ガソリンのCO ₂ 排出係数	g-CO ₂ /mL	0.378
飼料米輸送に伴うCO ₂ 排出量	g-CO ₂	17.0

注 飼料米輸送に伴うCO₂排出量は，飼料米を給餌される鶏が一生の間に必要とする飼料米を輸送する際に排出されるCO₂の量である。

4. とうもろこし飼料の生産・輸送に伴う GHG 排出量の計測

(1) 輸入されるまでの GHG 排出量

輸入とうもろこし飼料の GHG 排出量については，農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」(2006)の計測結果を引用する。農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」(2006)では，米国から輸入されるとうもろこし飼料のライフサイクル・アセスメント(LCA)の結果が掲載されており，LCAに用いられたデータや前提条

件が詳細に記述されている。本研究では、このデータを用いて米国内でのとうもろこし生産、米国内での輸送、アメリカから日本までの海上輸送、および日本国内での加工・保存に関する CO₂ 排出量データを引用する。第 6 表には、農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」(2006) から引用したデータを掲載している。農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」(2006) では、都道府県を単位として消費地の違いによる CO₂ 排出量の違いも計測している。福岡県の場合は福岡(博多港)に陸揚げする設定となっており、本研究でもこの設定に基づいてデータを引用した。

第6表 米国からの輸入とうもろこし飼料のCO₂排出量(とうもろこし1kgあたり)

プロセス	地域	(g-CO ₂ /kg) CO ₂ 排出量
とうもろこし生産	米国内	126.3
飼料輸送	米国内生産地→積み出し港	40.5
海上輸送	積み出し港→福岡港	97.7
貯蔵・加工	福岡市	34.7

出所: 農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」(2006)

注 CO₂排出量はいずれも加工段階で発生する副産物分を按分した後の値である。

(2) 福岡県内での輸送に伴う CO₂ 排出

農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」(2006) の研究では、福岡市が福岡県内を代表する消費地として設定されており、築上町で消費する場合に比べ県内の輸送距離が短くなるため過小評価となる。そこで、本研究では福岡市から築上町までの輸送を考慮して国内(県内)の飼料輸送に伴う CO₂ 排出量を計測する。

第 7 表には、博多港から養鶏場までの飼料輸送に伴う CO₂ 排出量を計測したデータを示している。輸送距離は NAVITIME (online) により、博多港付近で穀物サイロがありかつ製粉工場や飼料工場が集まる福岡市中央区那の津 5 丁目から養鶏場のある築上町下香楽までとし、一般的な輸送ルートである飯塚経由という条件で検索して出た距離 74km を輸送距離として設定し、復路は空車で帰ると仮定して福岡市と築上町を往復した際の軽油使用量を推計した。単位あたりの軽油使用量は、農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」(2006) より、トンキロあたりのエネルギー使用量 2.72MJ/t・km および軽油の単位あたり発熱量 43.12MJ/L を引用して算出した結果、とうもろこし飼料 1kg を博多港から築上町へ輸送するのに必要な軽油量は 0.0060L (6mL) となった。これに軽油 1 L あたりの CO₂ 排出量を乗じることで県内輸送に関わる CO₂ 排出量を計測した。軽油 1 L あ

たりの CO₂ 排出量は農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」(2006) から引用した 3,044g-CO₂/L を用いた。推計の結果, 県内輸送に関わる CO₂ 排出量は飼料 1kg あたり, 28.4g-CO₂ となった。

(3) 土壌から発生する N₂O

また, とうもろこしを生産する際に土壌から発生する N₂O については, 窒素肥料投入量のうち 0.5%が N₂O として発散するという Eichner(1990)の結果を引用して推計する。FAO の FertiStat(online)によると, 米国におけるとうもろこし生産に投入される窒素肥料量は 150kg-N/ha (1998 年) とあり, 多少古いデータではあるものの, このデータを引用して計算を行う。Eichner(1990)によると, このうちの 0.5%が N₂O として発散することから, 発散量は 0.75 kg-N/ha となり, N₂O 量に換算すると, 2.4kg-N₂O/ha となった。農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」(2006) より米国のとうもろこし単収 7,971kg/ha を引用し, とうもろこし 1kg あたりの N₂O 発生量を推計すると, 0.30g-N₂O/kg となった。これを地球温暖化係数 (GWP) で CO₂ 換算すると, 91.7g-CO₂eq/kg となった。

第7表 福岡県内での飼料輸送に伴うCO₂排出量の推計

データ	数値	単位	データ出所
輸送距離	74	km	NAVITIME(online)
軽油使用量	0.0093	L/kg	農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」(2006)
CO ₂ 排出原単位	3,044	g-CO ₂ /L	農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」(2006)
輸送に伴うCO ₂ 排出量	28.4	g-CO ₂ /kg	上記データより計算

出所: 農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」(2006)

注1 軽油使用量については, 農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」(2006) からトンキロあたりエネルギー使用量 (2.72MJ/t-km) および軽油の単位あたり発熱量 (43.12MJ/L) を引用して計算した。

2 輸送距離は博多港付近で飼料工場のある福岡市中央区那の津5丁目を起点, 養鶏場のある築上町下香楽を終点として計測し, 復路は空車で往復すると仮定した。

(4) その他の GHG 排出量の推計

このほか, とうもろこし飼料の場合は, 養鶏場での粉碎作業が必要となり, 粉碎機の使用のため電力を必要とする。このため, 粉碎機の電力消費による CO₂ 排出量の計測を行う。ヒアリング調査から, 1 日あたりの配合飼料給餌量は 114.5g/羽となっている。配合飼料の中でとうもろこし飼料の割合は 65%となっており, 1 日あたり 74.4g/羽となる。また, 第8表にはとうもろこし飼料を給餌している成鶏飼養羽数が掲げられており, とうもろこし飼料を給餌しているのは 30 羽, 飼料米ととうもろこし飼料を 1:9 の割合で混合給餌し

ているのが 24,328 羽となっている。したがって、成鶏用の餌として 1 日に必要なとうもろこし飼料の量は 1,631kg と計算できる。また、ひな用の配合飼料に必要なとうもろこし飼料については、第 9 表に示されるとおりであり、1 日あたり 239kg と推計され、成鶏用、ひな用合わせて 1,870kg のとうもろこし飼料が給餌されると示された。

第8表 とうもろこし飼料給餌鶏の飼養羽数と1日のとうもろこし飼料給餌総量

	(g/日)	(羽)	(kg/日)
	一日あたり とうもろこし飼料 給餌量	成鶏 飼養羽数	一日あたり とうもろこし飼料 給餌総量
とうもろこし飼料給餌鶏	74.4	30	2
飼料米・とうもろこし飼料混合給餌鶏	67.0	24,328	1,629
合計		24,358	1,631

第9表 日令ごとのひな飼養羽数と1日の必要飼料量

日令	(g/日/羽) 一日一羽 あたり配合 飼料給餌 量	とうもろこし飼料配 合割合	(g/日/羽) 一日一羽あ たりとうもろこ し飼料給餌量	(羽) 日令別ひな 飼養羽数	(kg/日) 一日あたり とうもろこし 飼料給餌総量
1～40日(幼すう)	25	76%	19	3,000	57
41～100日(中すう)	50	63%	32	4,500	142
101～120日(大すう)	80	33%	27	1,500	40
合計			51	9,000	239

注1 幼すうは日令30日、中すうは日令60日、大すうは日令120日の給餌量で代表値とした。

2 日令別飼料羽数はデータが得られなかったため、幼すう数9000羽を日数割合で按分した。

ヒアリング調査より、粉砕機の稼働時間は1日 1 時間であることが判明しているため、1,870kg のとうもろこしの粉砕を 1 時間で行っていることになる。粉砕機の電力使用量は 1 時間あたり 20kWh なので、とうもろこし 1kg の粉砕に必要な電力量は 0.011kWh となる。電力 1kWh あたりの CO₂ 排出量は九州電力 (online) より 0.374kg・CO₂/kWh という数値が入手できるので、とうもろこし 1kg の粉砕に伴い排出される CO₂ 量は 4.0g・CO₂/kg と計算された。

以上、輸入とうもろこし飼料に関する GHG 発生量をまとめ、第 6 表に本研究独自の推計部分である博多港からの輸送および粉砕に関わる GHG 排出量を加え、米国からの輸入とうもろこし飼料の GHG 排出量を集計したものが第 10 表である。

第10表 米国からの輸入とうもろこし飼料のGHG排出量(とうもろこし飼料1kgあたり)

		(g-CO ₂ eq/kg)	
プロセス	地域	GHG排出量	割合
とうもろこし生産	アメリカプレーリー地帯	126.3	29.8%
土壌からのN ₂ O	アメリカプレーリー地帯	91.7	21.7%
飼料輸送	アメリカプレーリー地帯→積み出し港	40.5	9.6%
海上輸送	積み出し港→福岡港	97.7	23.1%
貯蔵・加工	福岡市	34.7	8.2%
県内輸送	福岡市→築上町→福岡市(往復)	28.4	6.7%
粉砕	築上町養鶏場内	4.0	0.9%
合計		423.3	100%

出所: 農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」(2006)および本研究での推計。

注 GHG排出量はいずれも加工段階で発生する副産物分を按分した後の値である。

5. とうもろこし飼料と飼料米に共通する部分のCO₂排出量の計測

(1) とうもろこし飼料, 飼料米以外の配合飼料に伴うCO₂排出量

とうもろこし飼料と飼料米以外に給餌される飼料種類とそのCO₂排出係数は第11表に示されるとおりである。これらのCO₂排出係数とヒアリング調査から得られた鶏1羽の一生において給餌される飼料量に乗じて、CO₂排出量を推計した(第12表)。その結果、鶏1羽のライフサイクルで給餌される餌の生産のために排出されるCO₂量は993.8g-CO₂となった。ただし、この推計値の中には、CO₂排出係数が得られなかった一部飼料のCO₂排出量は含まれていない。

(2) 給餌に伴うCO₂排出量

配合飼料の給餌に際しては給餌機を用いるため、給餌機の電力使用によるCO₂排出量も計測しなければならない。給餌機の定格電力は250W、稼働時間は1日45分であるので、187.5Whとなる。給餌機は26台を稼働させるので、1日に全飼養鶏に対する配合飼料の給餌のため、4.875kWhの電力が必要となり、これからCO₂排出量を計算すると1,823g-CO₂/日となる。

次に、1日あたりの配合飼料給餌総量を求めると、第13表のとおり1日あたり3,286tと推計された。CO₂排出量1,823 g-CO₂を1日あたり配合飼料給餌総量3,286tで除すと、給餌に伴うCO₂排出量は配合飼料1kgあたり0.0006g-CO₂と計算された。

第11表 飼料米, とうもろこし飼料以外の配合飼料のCO₂排出係数

	CO ₂ 排出係数		出所	備考
	数値(注1)	単位		
魚かす	0.164	kg-CO ₂ /kg	味の素(2007)77-628(注2)	利用可能データなし
コーングルテン				
生ぬか	0.015	kg-CO ₂ /kg	味の素(2007)52-371	
大豆かす	0.117	kg-CO ₂ /kg	味の素(2007)62-476	利用可能データなし
リン酸カルシウム				
炭酸カルシウム	1.733	kg-CO ₂ /kg	味の素(2007)125-805	
塩	29.15	t-CO ₂ /百万円	味の素(2007)63	1985年の値 廃棄物の無償引き取りのため
ビタミン剤	2.383	t-CO ₂ /百万円	味の素(2007)143	
食品残渣	0	kg-CO ₂ /kg	本研究で独自に設定	
海藻	1.880	kg-CO ₂ /kg	味の素(2007)30-227	利用可能データなし
カキ殻	0.134	kg-CO ₂ /kg	味の素(2007)50-352	
牧草	0.013	kg-CO ₂ /kg	味の素(2007)11-102	
グリッド				

注1 いずれも特記以外は1985年, 1990年, 1995年の3か年平均値である。

2 出所の, 味の素(2007)の後の数字は文献中の分類番号と品目数番号である。

第12表 鶏1羽の一生で給餌される飼料量とCO₂排出量(飼料米, とうもろこし飼料以外)

	幼すう	中すう	大すう	成鶏	(kg/羽)	(g-CO ₂ /羽)
					合計	CO ₂ 排出量
魚かす	0.1	0.3	0.1	2.2	2.7	439.0
コーングルテン	0.0	0.2	0.0	2.2	2.5	—
生ぬか	0.0	0.2	0.0	0.3	0.5	8.0
大豆かす	0.1	0.0	0.1	4.5	4.7	545.9
リン酸カルシウム	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	—
炭酸カルシウム	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
塩	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01
ビタミン剤	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.04
食品残渣	0.0	0.2	0.2	1.3	1.8	0.00
海藻	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.08
カキ殻	0.0	0.0	0.1	1.8	1.9	0.26
牧草	0.0	0.1	0.0	1.3	1.5	0.02
グリッド	0.0	0.0	0.0	1.8	1.8	—
合計	0.3	1.1	0.5	15.6	17.4	993.8

注1 塩とビタミン剤は, ヒアリング調査よりそれぞれの単価を54円/kg, 300円/kgとして, 生産額百万円あたりの排出係数を用いて推計した。

2 幼すう, 中すう, 大すう, 成鶏の日数はそれぞれ40日, 60日, 20日, 390日とした。

3 「—」はCO₂排出係数データが得られなかったため推計しなかった項目である。

第13表 餌の種類ごとの飼養羽数と一日の必要飼料量

日令	(g/日/羽)	(羽)	(kg/日)
	一日一羽 あたり配合 飼料給餌量	日令別 飼養羽数	一日あたり 配合飼料 給餌総量
1~40日(幼すう)	25	3,000	75
41~100日(中すう)	50	4,500	225
101~120日(大すう)	80	1,500	120
121~510日(成鶏)	114.5	25,030	2,866
合計		34,030	3,286

注1 幼すうは日令30日, 中すうは日令60日, 大すうは日令120日の給餌量で代表値とした。

2 日令別飼料羽数はデータが得られなかったため, 幼すう数9000羽を日数割合で按分した。

（３）鶏ふんの処理に伴う CO₂ 排出量

鶏ふんの処理に伴い、鶏ふんをかき混ぜ、たい肥化するための機械（スクレーパー）と送風機の稼働に電力を使用している。ヒアリング調査から、この電力使用量は年間 2,160kWh/年であるので、これに CO₂ 排出原単位を乗じ、CO₂ 排出量は 807.8kg-CO₂/年となった。これを鶏の飼養期間の 510 日あたりに換算すると、1,128.7kg-CO₂ となり、さらに成鶏飼養羽数である 25,030 羽で除すと、鶏ふんの処理のため飼養期間中に成鶏 1 羽あたり 45.1g-CO₂ の CO₂ が排出されることになる。また、鶏ふんからの年間たい肥化生産量は年間 230t であるので、鶏ふんたい肥 1kg あたりに換算すると、3.5g-CO₂/kg となった。そして、たい肥 1kg は 17.5 円で販売しているので、たい肥 1 円あたりの CO₂ 排出係数は 0.207 g-CO₂/円となった。この CO₂ 排出係数は飼料米生産の CO₂ 排出量計測に適用する。

（４）その他の CO₂ 排出量

鶏卵生産に伴うその他の CO₂ 排出量としては、鶏卵の包装に用いる容器生産や商品輸送に関わる CO₂ 排出量が挙げられる。しかし、本研究では養鶏場で鶏卵が産卵されるまでをシステム境界として設定しているため、これらの CO₂ 排出量は計算には考慮しないこととする。

（５）総 GHG 排出量の推計

１）飼料米給餌の場合

飼料米給餌の場合に 1 羽の鶏が一生の間に給餌される飼料米の生産・輸送、飼料米以外の配合飼料の生産・輸送、さらには水田からのメタン、鶏ふんの処理に伴う GHG 排出量は第 14 表に示される。ここに示されたとおり、飼料米給餌の場合、GHG 排出量は鶏 1 羽あたり 13.88kg-CO₂eq/羽となった。

第14表 鶏の一生におけるGHG排出量(飼料米給餌)
(kg-CO₂eq/羽)

	GHG排出量	割合
飼料米の生産	4.55	32.8%
飼料の生産・輸送	8.23	59.3%
水田からのメタン	0.06	0.4%
飼料米の輸送	0.99	7.2%
飼料米以外の生産・輸送	0.00	0.0%
給餌	0.05	0.3%
鶏ふん処理		
合計	13.88	100.0%

注 数値は鶏肉などの副産物との配分前のものである。

2) とうもろこし飼料給餌の場合

とうもろこし飼料の場合に1羽の鶏が一生の間に給餌される餌の生産・輸送，とうもろこしの粉砕，とうもろこし飼料以外の配合飼料の生産・輸送，さらには鶏ふんの処理に伴うGHG排出量は第15表に示される。ここに示されたとおり，とうもろこし飼料給餌の場合，GHG排出量は鶏1羽あたり14.67kg-CO₂eq/羽となった。この値は飼料米給餌の場合よりも多くなっている。

第15表 鶏の一生におけるGHG排出量(とうもろこし給餌)
(kg-CO₂eq/羽)

	GHG排出量	割合
とうもろこし生産・加工・貯蔵	5.32	36.2%
飼料の生産・輸送	2.95	20.1%
土壌からのN ₂ O	5.37	36.6%
とうもろこしの輸送	0.99	6.8%
とうもろこし以外の生産・輸送	0.00	0.0%
給餌	0.05	0.3%
鶏ふん処理		
合計	14.67	100.0%

ただし，第14表，第15表の数値は，鶏が一生の間に排出するGHG量であり，鶏卵のみならず，鶏肉などの副産物を全て含んだ値となっている。次節では，鶏卵生産における副産物を特定した上で副産物への配分を行い，鶏卵のみのGHG排出量を計測する。

6. 鶏卵以外の生産物・副産物との配分

(1) 鶏卵の生産量の推計

まず，鶏1羽がその一生において産卵する鶏卵の数および重量を計測する。養鶏場への

調査では、日令による産卵率の違いを調べており、その結果は第 16 表に示される。これをもとに、日令別の産卵率は第 17 表のように設定した。このデータをもとに、鶏 1 羽が一生の間に産卵する鶏卵の個数と総重量を求めると、第 18 表のとおり、鶏が一生のうちに産卵する鶏卵数は 301.5 個、重量換算で 18,135g となった。

第16表 日令別の産卵率, 給餌量, 卵重

日令	産卵率	(g/日/羽) 給餌量	(g/個) 卵重
1	0%	10	—
30	0%	25	—
60	0%	50	—
120	0%	80	—
150	50%	110	50
210	95%	120	54
510	72%	120	72

出所:ヒアリング調査にて入手

第17表 分析で設定した日令別産卵率と卵重

日令	産卵率	(g/個) 卵重
1~135	0%	—
136~180	50%	50
181~360	95%	54
361~510	72%	72

第18表 鶏一羽の一生の産卵数と総卵重

日令	(日) 日数	(個/期間/羽) 産卵数	(g/期間/羽) 総卵重
1~135	135	0.0	0
136~180	45	22.5	1,125
181~360	180	171.0	9,234
361~510	150	108.0	7,776
合計	510	301.5	18,135

注 例えば、日令136~180の産卵数の31.5とは、日令136~180日の間の45日間に31.5個の卵を産卵するという意味である。

(2) 鶏ふんの発生量の推計

次に、鶏ふんの発生量を推計する。ヒアリング調査によると、鶏ふんの発生量は給餌量の約 1.5 倍とのことである。そこで、第 5 表にある日令別給餌量に 1.5 を乗じ、日令別の鶏ふん発生量を推計し、その結果、鶏 1 羽が一生の間に排出する鶏ふん量は 76,950g と推計された (第 19 表)。また、この値は生ふんの重量であり、ヒアリング調査によると、乾燥させることによりその重量は 1/3 に減少するという。そのため、乾燥ふんの発生量は上記値に 1/3 を乗じて算出した。なお、前述のとおり、鶏ふんについては飼料米生産農家を含めた近隣農家などへ有償で配布している。そのため、本研究においても、鶏ふんについては鶏卵の副産物に相当するものとして取り扱う。

第19表 日令別の鶏ふん発生量

日令	日数	(g/日/羽) 給餌量	(g/期間/羽) 鶏ふん発生量	(g/期間/羽) 乾燥ふん量
1～15	15	10	225	75
16～45	30	25	1,125	375
46～90	45	50	3,375	1,125
91～135	45	80	5,400	1,800
136～180	45	110	7,425	2,475
181～360	180	120	32,400	10,800
361～510	150	120	27,000	9,000
			76,950	25,650

注 例えば, 日令1～15の鶏ふん発生量の225とは, 日令1～15日の間の15日間に合計225gの鶏ふんが発生するという意味である。

(3) その他の副産物・廃棄物の発生量の推計

鶏ふん以外の副産物としては, 処分時に発生する毛, 油, 骨, 肉, 骨(鶏ガラ)が挙げられる。ヒアリング調査により, 成鶏の処分時の体重はおよそ 2kg で, 処分時に発生する副産物の重量は第 20 表に掲げるとおりである。調査から得られた重量データには幅があるが, 本研究では中央値を代表値として設定し, これを分析に用いることにする。なお, このうち, 肉以外の項目は商品として取り扱われておらず, 廃棄物として処理されている。そのため, 本研究でも肉以外の副産物項目については, 取り扱われている。

第20表 卵, 鶏ふん以外の副産物

	(g) 重量	(g) 代表値	取り扱い
毛	200～300	250	廃棄物
油	300～400	350	廃棄物
骨(鶏ガラ)	500～700	600	廃棄物
肉	800	800	副産物
合計		2,000	

(4) 生産物・副産物の価額推計

ここでは, 生産物(鶏卵, 鶏ふん, 肉)の発生量と単価から価額の推計を行う。まず, 主産物である鶏卵については, 飼料米給餌ととうもろこし飼料給餌では鶏卵の販売単価が異なるので, 両者を分けて推計する。第 21 表には, ヒアリング調査によって得られた飼料米給餌の鶏卵の販売単価とそれぞれの販売形態の割合が示されている。直販の場合は 1 個 30 円, 外部販売の場合は 1 個 40 円, その他の場合(液卵など)は 1kg あたり 100 円で取引されている。鶏卵 1 個の平均卵重は 67g なので, これをもとに鶏卵 1 個あたりの単価を 1kg あたりの単価に換算した。これを鶏 1 羽が一生の間に産む鶏卵の総重量に乗じることで, その価額を求めた。同様に, とうもろこし飼料給餌についても第 22 表のとおり

価額を求めた⁽³⁾。

次に、鶏ふんの価額推計であるが、ヒアリング調査のデータから、鶏ふんの販売価格は12kgあたり210円となっており、1kgあたりに換算すると17.5円となる。これに乾燥鶏ふんの発生量を乗じることで、鶏ふんの価額を算出した。最後に鶏肉の価額だが、ヒアリング調査のデータより、単価は飼料米給餌鶏で1,500円/kg、とうもろこし飼料給餌鶏で1,200円/kgを用いて推計した。なお、鶏肉については全量直販形態で販売され、外部販売はしていない。以上の計算により算出された鶏1羽あたりの生産物(主産物および副産物)、そして廃棄物発生量は、第23表および第24表に掲げる。

第21表 鶏一羽が一生の間に産卵する卵の販売価額(飼料米給餌鶏)

	(円/個)	(g/個)	(円/kg)		(円/羽)
	単価	卵重	kgあたり単価	シェア	販売価額
直販	30	67	448	30%	2,436
外部販売	40	67	597	50%	5,413
その他	—	—	100	20%	363
合計					8,212

第22表 鶏一羽が一生の間に産卵する卵の
販売価額(とうもろこし飼料給餌鶏)

	(円/kg)		(円/羽)
	kgあたり単価	シェア	販売価額
直販	330	10%	598
外部販売	280	90%	4,570
合計			5,168

第23表 生産物・副産物の重量(飼料米給餌鶏)

本研究での		重量	重量割合		単価		価額	
		(g/羽)	廃棄物含む	廃棄物除く	金額	単位	金額(円/羽)	価額割合
卵	主産物	18,135	39.6%	40.7%	第21表参照		8,212	83.3%
鶏ふん	副産物	25,650	56.0%	57.5%	0.0175	円/g	449	4.6%
肉	副産物	800	1.7%	1.8%	1.5	円/g	1200	12.2%
毛	廃棄物	250	0.5%	—	0		0	0.0%
油	廃棄物	350	0.8%	—	0		0	0.0%
骨(鶏ガラ)	廃棄物	600	1.3%	—	0		0	0.0%
合計		45,785	100.0%	100.0%			9,861	100.0%

第24表 生産物・副産物の重量(とうもろこし飼料給餌鶏)

本研究での		重量	重量割合		単価		価額	
		(g/羽)	廃棄物含む	廃棄物除く	金額	単位	金額(円/羽)	価額割合
卵	主産物	18,135	39.6%	40.7%	第22表参照		5,168	78.6%
鶏ふん	副産物	25,650	56.0%	57.5%	0.0175	円/g	449	6.8%
肉	副産物	800	1.7%	1.8%	1.2	円/g	960	14.6%
毛	廃棄物	250	0.5%	—	0		0	0.0%
油	廃棄物	350	0.8%	—	0		0	0.0%
骨(鶏ガラ)	廃棄物	600	1.3%	—	0		0	0.0%
合計		45,785	100.0%	100.0%			6,577	100.0%

（５）配分方法

推計された GHG 排出量は、主産物と経済的価値を有する副産物との間で配分することが必要である。この配分方法には大きく 2 つが考えられる。1 つは重量による配分で、もう 1 つは価値割合を用いる経済価値による配分方法である。経済価値による配分の長所は、経済価値が高い主産物（この場合は鶏卵）に多く配分されるので、市場価値に即した GHG 排出量の評価ができることである。一方で、経済価値による配分はその時点での市場価格を反映させるため、市場価格の変動が大きい商品に不向きであるほか、環境への配慮を行うことで高付加価値を達成し、高価格で販売されている商品に多くの GHG 排出量が配分されることになり、環境への配慮を正しく評価できないという欠点がある。また、重量配分では、上記の欠点は克服できるものの、主産物と副産物という位置づけがあいまいになり、両者の重量割合によっては、副産物に多くの GHG 排出量が配分されることになってしまう。

このように、どちらの配分方法にもそれぞれの利点があることから、本研究では双方の配分方法での推計を行うこととする。

6．結果と考察

（１）重量配分

第 14 表および第 15 表で求めた飼料米給餌およびとうもろこし飼料給餌の場合の GHG 排出量をそれぞれ第 23 表および第 24 表の重量割合で配分したのが第 25 表である。これを見ると、鶏卵への配分は飼料米給餌の場合 $5.6\text{kg}\cdot\text{CO}_2\text{eq}$ 、とうもろこし飼料給餌の場合は $6.0\text{kg}\cdot\text{CO}_2\text{eq}$ となった。どちらの飼料の場合も生産物重量は変わらないため、飼料米ととうもろこし飼料がほぼ同じであるという両者間の比率は鶏卵に配分された GHG 排出量だけを見ても変わらない。

さらに、鶏卵に配分された GHG 排出量を鶏卵 1 個あたりに換算する。第 23 表または第 24 表より鶏 1 羽が一生の間に産む鶏卵の総重量は $18,135\text{g}$ であり、第 21 表より鶏卵 1 個あたり 67g で換算すると、鶏 1 羽は一生の間に産卵する鶏卵の個数は 271 個となるので、これで GHG 排出量を除すと、飼料米給餌の場合は鶏卵 1 個あたり $20.9\text{g}\cdot\text{CO}_2\text{eq}$ 、とうもろこし飼料給餌の場合は鶏卵 1 個あたり $22.1\text{g}\cdot\text{CO}_2\text{eq}$ となった（第 26 表）。この場合も、

飼料米ととうもろこし飼料の比率は変わらず，飼料米の GHG 排出量はとうもろこし飼料の 94.6%となり，とうもろこし飼料給餌に比べて GHG がおよそ 5%削減されたことになる。

第25表 配分後のGHG排出量(重量配分)

	(kg-CO ₂ eq)	
	飼料米給餌	とうもろこし飼料給餌
鶏卵	5.6	6.0
鶏ふん	8.0	8.4
鶏肉	0.2	0.3
合計	13.9	14.7

第26表 鶏卵1個あたりのGHG排出量(重量配分)

	単位	飼料米給餌	とうもろこし飼料給餌
鶏卵に配分されたGHG排出量	kg-CO ₂ eq	5.6	6.0
鶏卵総産卵数	個	271	271
鶏卵1個あたりのGHG排出量	g-CO ₂ eq/個	20.9	22.1
飼料米給餌／とうもろこし飼料給餌の割合			94.6%

注 総産卵数は第23表および第24表の鶏卵総重量を第21表の卵重で除した値である。

(2) 経済価額配分

第14表および第15表のGHG排出量を第23表および第24表の経済価額割合で配分したのが第27表である。これを見ると，鶏卵への配分は飼料米給餌の場合 11.6kg-CO₂eq，とうもろこし飼料給餌の場合は 11.5kg-CO₂eq となった。鶏卵に配分された GHG 排出量を鶏卵1個あたりに換算すると，飼料米給餌の場合は鶏卵1個あたり 42.7g-CO₂eq，とうもろこし飼料給餌の場合は鶏卵1個あたり 42.6g-CO₂eq となった（第28表）。飼料米給餌ととうもろこし飼料給餌の場合の割合で見ると，飼料米給餌の場合はとうもろこし飼料の場合の 100.2%と，飼料米給餌の場合の GHG 排出量はとうもろこし飼料の場合とほとんど変わらない。これは，経済価額配分の場合，飼料米給餌の鶏卵のほうが高く売られており，その分多くの GHG 排出量が配分されたことが原因である。

第27表 配分後のGHG排出量(経済価額配分)

	(kg-CO ₂ eq)	
	飼料米給餌	とうもろこし飼料給餌
鶏卵	11.6	11.5
鶏ふん	0.6	1.0
鶏肉	1.7	2.1
合計	13.9	14.7

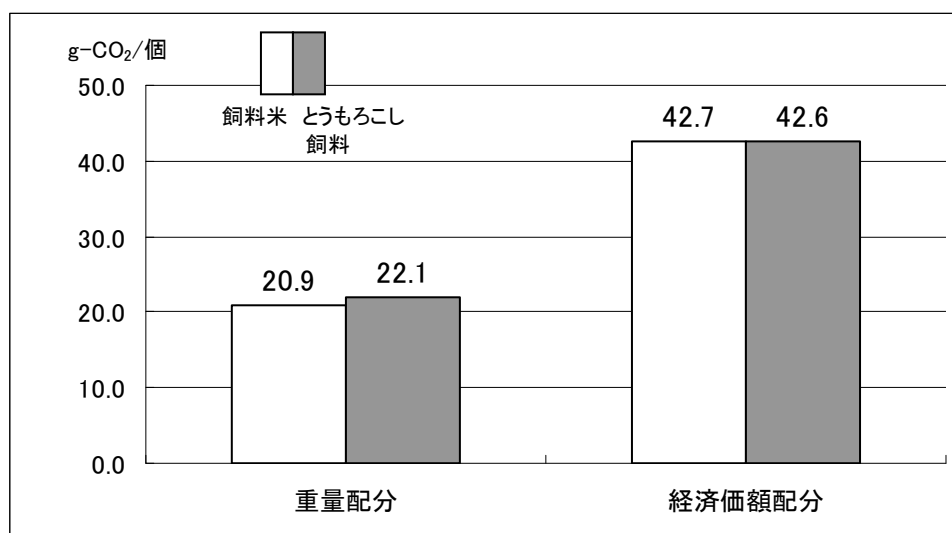
第28表 鶏卵1個あたりのGHG排出量(経済価額配分)

	単位	飼料米給餌	とうもろこし 飼料給餌
鶏卵に配分されたGHG排出量	kg-CO ₂ eq	11.6	11.5
鶏卵総産卵数	個	271	271
鶏卵1個あたりのGHG排出量	g-CO ₂ eq/個	42.7	42.6
飼料米／とうもろこし飼料の割合			100.2%

注 総産卵数は第22表および第24表の鶏卵総重量を第21表の卵重で除した値である。

(3) 結果の考察と分析の限界

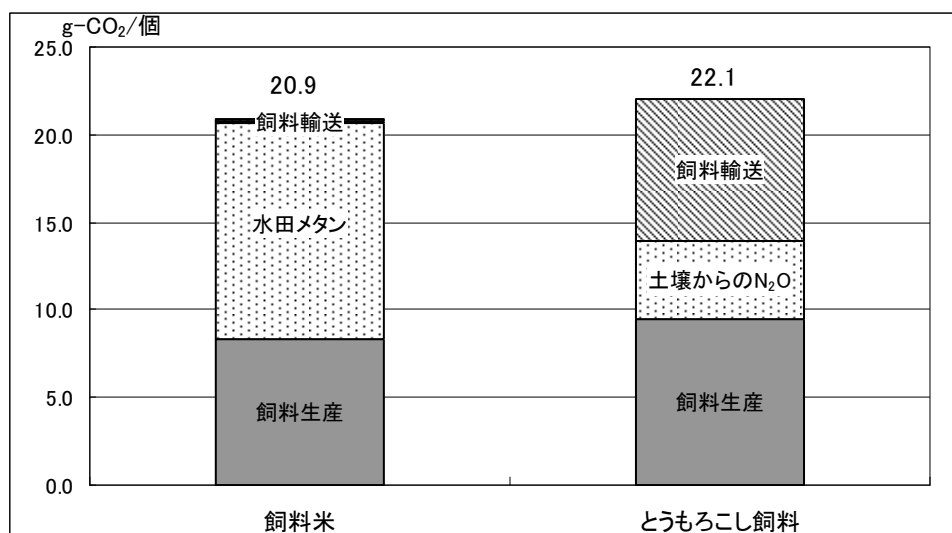
(1), (2)より重量配分で見した場合, 飼料米の GHG 排出量はとうもろこし飼料の GHG 排出量をわずかに下回っていることが窺える(第2図)。第3図には GHG 排出量の内訳が示されている。飼料米の場合は水田メタンと生産そのものにかかる GHG 排出量がほとんどを占めているのに対し, とうもろこし飼料給餌の場合は飼料生産とともに輸送に伴う GHG 排出量が大きな割合を占めている。このことから, 輸入飼料の場合には輸送に伴う GHG 排出量は全体に大きな影響を与えていることがわかる。



第2図 GHG 排出量の計測結果 (鶏卵 1 個あたり)

これらの結果から, 海外から輸入されるとうもろこし飼料を給餌して生産された鶏卵よりも地元で生産される飼料米を給餌して生産した鶏卵のほうが, 特に輸送に伴う GHG 排出を抑制し, 飼料生産から鶏ふん処理までを含めた全体としてもわずかながら GHG 排出

量が少ないことが示された。飼料米は地域の水田農業の維持にも効果があるほか、畜産農家にとっては、輸入飼料価格の急激な変動にも対処する方策としても有効である。さらに、GHG 排出を削減することができ、地球温暖化防止策としても有効であることが示され、いわゆる環境面でのコベネフィット（相乗便益）も得られることが明らかになった。



第 3 図 GHG 排出量の内訳（重量配分）

今後さらにこのようなコベネフィットを増進するためには、飼料米の生産段階においていかに GHG を削減するかが課題となってくる。特に水田から発生するメタンが大きなウェイトを占めていることから、その抑制が GHG 削減効果の発揮の大きな鍵となろう。

最後に、上記の結果は可能な限りヒアリング調査で得られた実際の養鶏場、飼料米生産におけるデータを用いて算出されたものだが、一部必要なデータが得られなかった部分については、他地域で生産される飼料米や主食米の生産データで代用した部分がある。このような仮想的な数値を実際のデータで置き換え、より現実に近い GHG 排出量を計測することが今後の課題として残されている。分析結果を見る場合は以上の点に留意いただきたい。

7. おわりに

本研究では、福岡県築上町において行われている地元産飼料米を利用した鶏卵生産を事

例として取り上げ、海外から輸入されるとうもろこし飼料を地元で生産される飼料米に置き換えることで温暖化緩和の効果があるかを検証することを目的として、飼料米ととうもろこし飼料を用いた鶏卵生産について、生産に必要なエネルギーおよび投入資材に伴う GHG 排出量を計算した。その結果、とうもろこし飼料に比べ、地元で生産される飼料米を利用した鶏卵生産のほうがエネルギー起源の GHG 排出量を 5 % ほど削減し、飼料米給餌による鶏卵生産は、飼料の地産地消や地域農業の振興といった直接的な効果のみならず、GHG 排出を削減するという副次的な効果も有することが示された。飼料米は地域の水田農業の維持にも効果があるほか、畜産農家にとっては輸入飼料価格の急激な変動にも対処する方策としても有効である上、GHG 排出を削減することができるという地球温暖化防止策としても有効であることが示され、いわゆる環境面でのコベネフィット（相乗便益）が得られることが明らかになった。

注

- (1) 調査は築上町の飼料米農家を対象に研究を行っている佐賀大学農学部田中宗浩准教授および東京大学大学院石田一喜研究員のチームと合同で行い、共通の調査票を用いて飼料米農家 6 戸を分担してヒアリングを行った。
- (2) 同一車種でもミッション形式やグレードごとに燃料消費率が異なるので、本研究では、一部車種で農業用としてのグレード設定がある 4 輪駆動 5 速手動変速車を基準として燃料消費率を採用した。
- (3) とうもろこし飼料を給餌する鶏では kg あたりで鶏卵の単価設定が行われている。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、築上町役場産業課田村啓二氏、有限会社城井ふる里村徳永隆康氏、築上町石井澄夫氏には、本研究に不可欠なデータの取得のためのヒアリング調査にご協力いただいた。記して感謝を表する。

〔引用資料〕

味の素（2007）『味の素グループ版「食品関連材料 CO₂ 排出係数データベース」』。

Eichner, M. J., (1990) “Nitrous oxide emissions from fertilized soils: summary of available data” *Journal of Environmental Quality* 19, pp.272-280.

FertiStat(online) http://www.fao.org/ag/agl/fertistat/fst_fubc_en.asp

IPCC(2006) "IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories".

九州電力 (online)「九州電力 環境への取組み」

http://www.kyuden.co.jp/environment_index.html (2010 年 12 月 1 日アクセス)。

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 (β 版)』。

NAVITIME(online)「ナビタイム」<http://www.navitime.co.jp/>(2010 年 12 月 1 日アクセス)。

農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」(2006)『バイオマス利活用システムの設計と評価』。

滋賀県立大学環境科学部 (2010)『農業分野における温室効果ガス排出量・吸収量の算定調査報告書』。

田中宗浩 (2011)「築上町における他州米「ミズホチカラ」の生産費」『「育てる，食べる，生きる」を考えるシンポジウム資料集』。