

2005 年度日本商品先物振興協会研究報告書

表題：農畜産業における温室効果ガスの排出権取引研究

賀来康一、池口厚男

要 旨

1. はじめに
2. タイ王国・ブラジルの農畜産業からの温室効果ガス（GHG）排出削減に向けたクリーン開発メカニズム（Clean Development Mechanism, CDM）の可能性
  - 2-1. 農畜産業における温室効果ガスの排出権取引とクリーン開発メカニズム（Clean Development Mechanism, CDM）の利活用と UNFCCC（United Nations Framework Convention on Climate Change, 気候変動に関する国際連合枠組み条約）への登録
  - 2-2. 2006年8月と9月のタイ王国・ブラジル・台湾での現地調査
  - 2-3. タイ王国での農畜産業排出 GHG 削減へ向けた植物由来エネルギー利活用と CDM への取り組み
  - 2-4. ブラジルでの農畜産分野排出 GHG 削減へ向けた植物由来エネルギーと CDM そしてブラジルマーカンタイル取引所での排出権取引へ向けた取り組み
  - 2-5. 台湾での農畜産分野排出 GHG 量削減へ向けた家畜糞尿処理技術による削減可能 GHG の CDM 活用の可能性
3. ASEAN での農畜産業に対する小規模 CDM へ向けたタイ養鶏・養豚産業からの温室効果ガス（GHG）削減シナリオとベースライン策定
  - 3-1. 目的と背景
  - 3-2. 方法
  - 3-3. 結果と考察
4. 農畜産業を対象とした小規模クリーン開発メカニズム（CDM）における GHG 排出権価格の指標性
  - 4-1. 目的と背景
  - 4-2. 方法
  - 4-3. 結果
  - 4-4. 考察
5. まとめ
6. 謝 辞

## 要 旨

クリーン開発メカニズム（以下 CDM）の登録件数は増加し、公正な指標価格形成の場としての排出権先物市場の存在意義が高まりつつある。シカゴ気候取引所（CCX）は、2007年8月に CDM をもとに発行される炭素クレジット（CER）を先物市場に上場した。排出権先物市場には、公開された公正な指標価格形成機能が期待される。しかし、2007年の時点で、温室効果ガス（以下 GHG）の排出権取引は、農畜産業からの削減排出 GHG を対象としたものではない。ただし、農畜産業排出 GHG が、CDM を活用する場合、排出権取引市場の形成価格を指標価格として、CDM の価格形成に影響をうける可能性がある。

CDM の登録件数と削減可能 GHG 量の推移をまとめたところ、全部門での CDM 登録件数と削減可能 GHG 量は 2004 年から 2007 年まで増加傾向にあり、2004 年の登録開始以来 2007 年 8 月 27 日までに 765 件が登録され、削減可能 GHG 量は 16230 万トン（CO<sub>2</sub> 換算量）であった。農業部門の削減可能量は 4.4%、小規模 CDM による農業部門の削減可能量は 2.1% 程度であった。

農畜産業からの削減排出 GHG の活用先として CDM と排出権取引の現状を明らかにするため、CDM のホスト国として CDM 登録件数が多いブラジルと、2007 年 6 月に初めて CDM 理事会に承認され CDM プロジェクトが登録されたタイ王国、および畜産業からの排出 GHG 削減技術に秀でた台湾を対象とした調査を行った。

ホスト国としてインド・中国に次ぐ CDM 登録件数が多いブラジルでは、ブラジル商品取引所(BM&F)が CDM の現物による排出権取引市場を 2007 年 9 月に開設した。タイ王国の CDM 登録件数は、2007 年 8 月までに 3 件にすぎないが、2006 年 9 月の聞き取り調査により現地金融機関等が CDM 導入に積極的であったことから、農畜産業分野での小規模 CDM の可能性がみられた。台湾は、国連非加盟のため、京都議定書の枠組みの外にある。

CDM 理事会から GHG 削減量を評価する方法論として承認されているベースライン法による農畜産分野からの排出 GHG 量削減可能量の試算を、タイ王国において養鶏・養豚産業を対象に行った。糞尿処理方法の変更により従来法より 57%程度の削減可能性が試算された。

さらに、現行の欧米での排出権市場での形成価格が CDM の指標価格形成機能へ及ぼす影響を検討するため、米国・シカゴ気候取引所（Chicago Climate Exchange）の Carbon Financial Instrument の Cash Market Contract 価格、ドイツ・ライプツィヒ・ヨーロッパエネルギー取引所(European Energy Exchange)の EU Emission Allowance の Spot Market 価格、オランダ・アムステルダム・ヨーロッパ気候取引所(European Climate Exchange)の Carbon Financial Instrument (CFI)の Futures Contracts（先物）価格を比較した。また、日本には排出権市場が存在しないので、排出権価格は相対交渉により決定され、非公開である。そこで、環境省排出量取引制度における t-CO<sub>2</sub> 補助金価格と比較した。

CDM の登録件数が増加傾向にある以上、公正な指標価格形成の場として、また、価格変動リスクヘッジの場としての排出権先物市場のニーズは増加しつつある。将来、排出権先物市場が国内に誕生すれば、農業分野の削減 GHG は直接的な取引の対象外であるが、CDM 価

格形成へ公正な指標価格形成機能をもつ可能性がある。したがって、農畜産業分野の観点からも、GHG について国内での排出権先物市場の誕生は有意義であると考えられる。

## 1. はじめに

先物取引とは限月制取引である。先物市場における先物取引の存在意義は、公正な指標価格形成の場を提供すること、および価格変動リスクに対するリスクヘッジの場を提供することである。農畜産物先物市場における公正な指標価格形成機能と価格変動リスクヘッジ機能については、現物取引を前提とした多くの実証研究が、すでに賀来らにより報告された（賀来康一他、1995, 1997A, 1997B, 1998A, 1998B, 1998C, 1998D, 1998E, 1999, 2000A, 2000B, 2001, 2002A, 2002B, 2002C）。GHG の排出権取引についても、農畜産物先物市場と同様、現物市場の存在が前提であり、活発な現物市場の取引の存在があつてこそ、先物市場へのニーズが高まる。

欧米では、すでに、GHG 排出権の現物取引と先物取引がおこなわれてきた。米国 Chicago Climate Exchange (CCX) は 2003 年 12 月、Carbon Financial Instrument として世界で最初の GHG 排出権取引を開始した。ただし、米国内だけに対象を限定したドル建ての Cash Product (現金決済) 取引であつて、クリーン開発メカニズム (CDM) を念頭においた市場ではない。

CDM とは、京都議定書第 12 条に基づくメカニズムであり、GHG 削減につながるプロジェクトをホスト国 (途上国) で実施し、当該プロジェクトがなかった場合と比較して、追加的に生じる排出削減量 (Certified Emission Reduction, CER) の全部または一部を、クレジットとして日本など投資国 (先進国) へ移転することが可能な制度である (JICA (2006))。この場合、移転した排出削減量に対して資金の移動が生じるが、わが国では現在のところ、相対交渉であり契約価格は非公開とされていて指標価格は存在しない。

欧州では、ユーロ建て価格であり、ドイツ・ライプツヒの European Energy Exchange は EU Emission Allowance の Spot Market 価格 (現物取引) を 2005 年 8 月以降上場し、オランダ・アムステルダム European Climate Exchange は Carbon Financial Instrument の Futures Contracts (先物取引) を 2005 年 4 月以降上場し、CDM とは無関係の市場設計がなされた。

そして、GHG 排出権取引では、農畜産業排出 GHG は対象外であつた。これまでの GHG 排出権取引は、制度上、CDM とは無関係であつたが、欧州での排出権価格は EU 内だけで通用する EU Emission Allowance と Carbon Financial Instrument の価格が京都議定書の枠組みで認められ、この排出権価格は CDM のプロジェクトを通じて発行される炭素クレジット (CER, Certified Emission Reduction) 取得費用の指標価格としての機能を一部果たし、先進国と途上国間での資金移動へ影響を与えてきた可能性は否定できない。

農畜産業分野排出 GHG は、エネルギー産業・製造業・化学工業・輸送等からの排出 GHG に対して僅少であり、わが国での農畜産業排出 GHG の削減目標は存在せず、また GHG 削

減が直接的な経済的利益をもたらすことは無い。しかし、CDM と小規模 CDM を活用することによって、途上国の農畜産業排出 GHG をわが国のプロジェクト導入により削減できれば、国連 CDM 理事会の承認のもと CER を通じ、先進国から途上国への農畜産業を通じた資金移転が可能となる。ただし、わが国に公正な指標価格形成の場としての排出権市場が存在しないこともあり、CDM へ向けた GHG の指標価格は存在しない。

2007年8月24日に、米国 Chicago Climate Exchange(CCX)が、京都議定書の枠組みにある CER の Futures contract(先物取引)を開始した。米国は京都議定書を批准してはいないが、CER は CDM のプロジェクト実施を前提としたものであり、将来の CDM へ向けた取引需要の拡大を見込んだドル建て市場である。本市場が、CDM プロジェクトにおける資金移動に際しての指標価格を形成する可能性は否定できない(Chicago Climate Exchange (2007))。

さらに、ブラジルでも 2007年9月26日に、ブラジル商品先物取引所 (BM&F) は、CDM に基づく GHG の排出権である CER のオークション市場を開設した。これまで相対で行ってきた CDM 取引の透明性をたかめ、取引を活発にする目的でインターネット上の取引が可能となるものである。

また、CDM プロジェクトが国連 CDM 理事会に承認されて登録されるためには、GHG 排出量についての環境影響評価がなされねばならず、ベースライン法 (Baseline methodologies, UNFCCC(2003)) だけが採択されている。

賀来らは、農畜産分野と公海上での輸送にともなう排出 GHG に着目した環境影響評価法としてのライフサイクルアセスメント法 (Life Cycle Assessment Method, 以下 LCA 法) を使用した GHG 削減量に関する試算結果をすでに発表した (2005, 2006A, 2006B, 2006C)。公海上の輸送により化石燃料を使用した排出 GHG については、京都議定書の枠組みでは対象外である。畜産飼料の供給の多くを輸入に頼るわが国畜産業にとって、飼料の輸入による排出 GHG 量の影響は大きい。国内家畜の飼養頭羽数が減少傾向にあることから、畜産飼料輸入にともなう公海上の排出 GHG 量は減少傾向にある。

一方、わが国の製造業・工業・建築分野で実用化された LCA が根拠とするインベントリデータと比較して、農畜産分野での信頼性に疑義があり、国連 CDM 理事会においても、製造業・工業・建築分野で発展したライフサイクルアセスメント法 (Life Cycle Assessment Method, LCA 法) は審査の対象外である。

そこで、本稿では、1) CDM のホスト国としては、CDM 登録件数が多いブラジルと 2007年6月に初めて CDM 理事会に承認され CDM プロジェクトが登録されたタイ王国を対象として、排出権取引と農畜産分野からの削減排出 GHG の活用先として CDM と排出権取引の価格形成についての関係を明らかにすること、2) タイ王国畜産業の糞尿処理方法を変更することによる排出 GHG 削減可能量についてベースライン法による試算を行うこと、3) 現行の欧米での排出権市場での形成価格が CDM の指標価格形成機能へ及ぼす影響を検討することを目的とした。

## 2. タイ王国・ブラジルの農業分野からの排出温室効果ガス (GHG)削減に向けた クリーン開発メカニズム (Clean Development Mechanism, CDM)の可能性

### 2-1. 農畜産業における温室効果ガスの排出権取引とクリーン開発メカニズム (Clean Development Mechanism, CDM) の利活用と UNFCCC への登録

GHG は、大気中に蓄積することで地球温暖化をもたらすと考えられている気体の総称である。京都議定書の枠組みでは二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>)、メタン (CH<sub>4</sub>)、亜酸化窒素 (N<sub>2</sub>O)、HFC<sub>s</sub>、PFC<sub>s</sub>、SF<sub>6</sub>の6種類が対象であるが、排出量・削減量の単位として二酸化炭素換算量(CO<sub>2</sub>-equivalent)が使用される。

CDM は、京都メカニズムとして規定される柔軟性措置の一つである(JICA2006)。先進国と途上国の事業者が共同で GHG 削減・吸収プロジェクトを途上国で実施し、途上国の持続可能な開発の達成に貢献するとともに、そこで生成された GHG の削減分あるいは吸収分を炭素クレジット (CER、Certified Emission Reduction, 認証排出削減量) として事業者が獲得する。この CER は、先進国の京都議定書の目標達成に利用することができる(JICA2006)。そして CDM で CER の取得にともない、先進国から途上国へ資金の移転が発生し、CER 取得費用は相対交渉で決定され、2007年8月の時点では、CER 取得費用の目安となる公開された公正な指標価格形成の場は存在しない。

ホスト国と投資国による CER の発行に際しては、当事国 DNA(Designated National Authority, 指定国家機関)によるプロジェクトの承認、DOE(Designated Operational Entity, 指定運営組織)による PDD(Project Design Document, プロジェクト設計書)の有効化と削減量・吸収量の検証、さらに CDM 理事会による認証などの手続きを踏む必要がある (JICA(2006))。

ET (Emission Trading, 排出権取引) は、京都メカニズムで CDM とともに認められた GHG などの削減量を排出権として売買することにより、経済的に効果的な方法で社会全体の排出量の減少を図るメカニズムである(JICA2006)。削減を行う事業者に経済的方法で報いる一方、自ら削減を行うことが困難な事業者が安価に削減目標を達成することを可能にするものであり、欧米では、現物市場と先物市場が存在し機能している。ただし、現時点で、農畜産分野からの排出 GHG については排出権取引の対象ではない。

2007年8月27日の時点での CDM 理事会の承認を得て国連に登録された CDM プロジェクトの登録件数と削減可能な GHG 量の推移を 2004年11月18日の登録第1号以降について整理・分類して表2-1に示す (UNFCCC(2007))。

表2-1. クリーン開発メカニズム(CDM)プロジェクト登録件数と削減可能GHG量  
2004年11月18日から2007年8月27日まで(出典:国連UNFCCC2007)

	2004年	2005年	2006年	2007年8月27日迄	計
<b>全部門でのCDM</b>					
登録件数	1件	62件	409件	293件	765件
削減可能GHG量(A)	67.0万t	2785.6万t	7930.5万t	5447.1万t	16230.2万t
<b>農業部門の全CDM</b>					
登録件数	0件	6件	66件	5件	77件
削減可能GHG量(B)	0	68.4万t	683.2万t	13.4万t	720.1万t
(B)/(A)	0%	2.5%	8.6%	0.3%	4.4%
<b>農業部門の小規模CDM</b>					
登録件数	0件	0件	23件	4件	27件
削減可能GHG量(C)	0	0	331.1万t	11.6万t	342.7万t
(C)/(A)	0	0	4.1%	0.2%	2.1%

エネルギー産業、製造業、化学工業、建設業、輸送業、鉱山、冶金業、廃棄物処理業、林業、農畜産業等全部門についての CDM 登録件数は、2004 年の 1 件、2005 年の 62 件、2006 年の 409 件、2007 年の 8 ヶ月間の 293 件（1 年間換算で 439 件程度の可能性？）と、増加傾向にあり、登録開始以来 2007 年 8 月 27 日までに合計 765 件が登録された。48 カ国のホスト国別内訳を表 2—2 に示す。CDM 登録にともない、削減可能 GHG 量も増加傾向にあり、合計 16230.2 万トンの削減が見込まれる。UNFCCC(2007)によれば、2007 年 8 月 27 日の時点で、CDM の全登録件数は 765 件で、ホスト国としてインド 268 件、ブラジル 105 件、中国 108 件、その他 284 件（タイ王国 3 件をふくむ）であった。各ホスト国に対して先進国として申請・登録された件数の国(以下、パートナー国)別内訳は、イギリスと他国の連合 193 件(25%)、日本と他国の連合 70 件(9%)、オランダと他国の連合 67 件(9%)、スイスと他国連合 37 件 (5%)、スウェーデンと他国の連合 26 件(3%)、スペインと他国の連合 21 件(3%)、イタリアと他国連合 18 件(2%)、カナダと他国の連合 17 件(2%)、オーストリアと他国連合 16 件(2%)、ドイツ 15 件(2%)、フランス 5 件(1%)、フィンランド 5 件(1%)、デンマーク 5 件(1%)、その他 270 件(35%)であった。この日本の民間企業による登録件数 70 件のホスト国別内訳は、ブラジルが最大で 17 件(24.5%)、次に中国の 15 件(21.5%)、マレーシア 5 件(7%)、韓国 5 件(7%)、その他 28 件(40%)であった。

表2-2.2007年8月28日時点のCDM理事会登録済みCDMプロジェクト765件の  
国別内訳(48カ国)(UNFCCC(2007))

ホスト国	件数	全体に占める割合(%)
インド	268	35.03%
中国	108	14.12%
ブラジル	105	13.73%
メキシコ	90	11.76%
チリ	19	2.48%
マレーシア	16	2.09%
大韓民国	15	1.96%
フィリピン	11	1.44%
ホンジュラス	11	1.44%
南アフリカ	10	1.31%
アルゼンチン	9	1.18%
インドネシア	9	1.18%
エクアドル	9	1.18%
ペルー	6	0.78%
イスラエル	6	0.78%
コロンビア	6	0.78%
グアテマラ	5	0.65%
パナマ	5	0.65%
その他30カ国	57	7.45%
計	765	100%

農業部門についての全登録 CDM プロジェクトについて、小規模 CDM とそれ以外の規模  
 が大きい CDM プロジェクトの登録件数は、2005 年の登録以降 2007 年 8 月 27 日までに 77  
 件が登録され、削減可能 GHG 量は 720.1 万トンであった。日本の民間企業による登録件数  
 は 7 件で登録件数全体の 9%を占め、そのホスト国の内訳はブラジル 3 件、マレーシア 2 件、  
 インドネシア 1 件、カンボジア 1 件であった。農業部門の CDM プロジェクトの内容として  
 は、鶏糞（アルゼンチン・インドなど）や豚糞（ブラジル・チリ・エクアドル・インドネシ  
 アなど）からの回収メタンガスによるバイオマスプラント、農作物によるバイオマス発電所  
 （インドネシア・ブラジルなど）を中心としたものであった。10 カ国の国別の内訳を表 2—  
 3 に示す。全部門での CDM 登録プロジェクト全体に対して、削減可能 GHG 量は 4.4%程度  
 であった。

この農業部門のなかで、年間 GHG 排出量 15000 トン未満の小規模 CDM に限定した場合、

農業部門の小規模 CDM 登録件数は、これまで全体で 27 件が登録され、削減可能 GHG 量は 342.7 万 t であり、全部門での CDM 登録プロジェクト全体に対して、削減可能 GHG 量は 2.1%程度であった。農業部門の小規模 CDM プロジェクトの内容としても、バイオマス発電所が中心であった。6 カ国の国別内訳を表 2—4 に示す。

農業分野の小規模 CDM について、2007 年 8 月の時点での UNFCCC の CDM : Project Activities をホスト国別に検索すると、インド 9 件、ブラジル 8 件、マレーシア 7 件、カンボジア 1 件、チリ 1 件、ホンジュラス 1 件が抽出され、日本の民間企業がパートナー国として参加した案件は 6 件であり全登録件数 27 件の 22%を占め、そのホスト国の内訳は、ブラジル 3 件、マレーシア 2 件、カンボジア 1 件であった。(UNFCCC(2007))。

表2-3. 2-2.2007年8月28日時点のCDM理事会登録済み農業分野のすべての CDMプロジェクト77件の国別内訳(10カ国)(UNFCCC(2007))

ホスト国	件数	全体に占める割合(%)
ブラジル	28	36.36%
メキシコ	21	27.27%
インド	9	11.69%
マレーシア	7	9.09%
チリ	5	6.49%
エクアドル	3	3.90%
ホンジュラス	1	1.30%
アルメニア	1	1.30%
カンボジア	1	1.30%
インドネシア	1	1.30%
計	77	100%

表2-4.2007年8月28日時点のCDM理事会登録済み農業分野の小規模 CDMプロジェクト27件の国別内訳(6カ国)(UNFCCC(2007))

ホスト国	件数	全体に占める割合(%)
インド	9	33.33%
ブラジル	8	29.63%
マレーシア	7	25.93%
カンボジア	1	3.70%
チリ	1	3.70%
ホンジュラス	1	3.70%
計	27	100%

わが国農業分野排出 GHG については、IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change、気候変動に関する政府間パネル) の規定にもとづき、1. 家畜の消化管内発酵によるメタン、2. 家畜排泄物の管理にともなう亜酸化窒素とメタン、3. 稲作によるメタン、

4. 農用地の土壌からの亜酸化窒素とメタン、5. 農作物残渣の野焼きにともなうメタンと亜酸化窒素の排出に分類される。日本国温室効果ガスインベントリ報告書(2007)によれば、日本国内の総排出 GHG 量 12 億 9300 万トン (CO<sub>2</sub>換算量) に占める国内農畜産業からの排出 GHG 量 2741 万トンは、わずか 2.1%にすぎない。この内訳は、家畜の消化管内発行・稲作等からのメタン (CH<sub>4</sub>) 排出量 1542 万トン (CO<sub>2</sub>換算量) と家畜排泄物の管理・農用地土壌等からの亜酸化窒素 (N<sub>2</sub>O) 排出量 1199 万トン (CO<sub>2</sub>換算量) の合計である。さらに、排出源である国内農耕地の耕地面積と国内家畜飼養頭羽数は減少傾向にあるため、農畜産分野排出 GHG 量も減少傾向にある。国内での農畜産業からの排出 GHG を削減することによる経済的利益はほとんど期待できない状況である。

しかし、途上国においては農畜産業においてわが国で開発された農業技術を導入することにより、排出 GHG 量の削減は可能である。わが国からの途上国農業分野への資金移動と、途上国から CER として排出権が移転されるためには、国内に公正な指標価格形成の場としての排出権市場が形成されることが望まれる。

## 2-2. 2006年8月と9月のタイ王国・ブラジル・台湾での現地調査

農畜産分野からの排出 GHG 削減をめざす方途について、2つの方向がある。

1 番目の方向は、農畜産分野からの GHG 排出量が大きい排出源からの排出量を減らすことである。具体的には、糞尿管理・処理に伴う亜酸化窒素・家畜の飼料に由来する消化管からの排出メタン・水田からの排出メタンを削減することである。2 番目の方向としては、化石燃料から自然・バイオマスエネルギーへの移行が効果的である。とくに、米国産トウモロコシ等の穀物・ブラジル産サトウキビ・タイ王国のタピオカや糖みつなど農作物由来エタノール、あるいは使用済み植物油・精製植物油 (パーム油・ナンヨウアブラギリ (ヤトロファ) 等を原料としたバイオディーゼルによる化石燃料代替エネルギーを使用することである。

畜産飼料であるトウモロコシとサトウキビについて、家畜の飼料として活用するかあるいは無水エタノールへ変換してエネルギーとして活用することのいずれが、温暖化への環境負荷に関して望ましいかを比較検討する目的で、タイ王国とブラジルにおける情報収集を実施し、GHG 削減と排出権取引の可能性について聞き取り調査を実施した。

京都議定書の枠組みの計算根拠である IPCC において農業分野から最大の GHG の排出源であるとされる家畜糞尿処理における GHG の制御技術について、台湾で意見交換と情報収集を行った。

タイ王国での調査項目として、タイ農産品取引所ではエタノール生産仕向け農畜産物と CDM の可能性、チュラロンコン大学・ラムカーヘン大学・KMITL では環境影響評価法としてのベースライン法と LCA 法、JETRO パンコクセンターではタイ王国での CDM 申請状況と農畜産排出 GHG の現状について情報を収集した。

ブラジルでの調査項目として、ブラジルマーカンタイル取引所では、砂糖とエタノールの

先物市場と現物市場の価格形成および CDM と排出権取引の関係、JETRO サンパウロセンターではブラジルでの農畜産業を対象とした CDM 申請の実態、UNICA と COSAN ではさとうきび生産から砂糖・エタノール生産と流通および CDM の可能性、サンパウロ大学経済学部では CDM 理事会前理事から CDM における環境影響評価法と採択の基準について聞き取り調査を実施した。

台湾での調査項目として、行政院農業委員会では、台湾での農畜産業排出 GHG の CDM 活用による利用の可能性、国立台湾大学と行政院農業委員会畜産試験場では、養豚産業排泄物処理技術導入による GHG 削減可能性についての技術情報を収集した。

### 2-3. タイ王国での農畜産分野排出 GHG 削減へ向けた植物由来エネルギー利活用と CDM への取り組み

タイ王国の植物由来バイオエネルギーは、エタノールとバイオディーゼルの生産に重点がおかれている。

タイ王国エネルギー省は、2005年4月、ガソリンの代替燃料としてエタノール燃料使用の支援実施政策を発表した。JETRO バンコクセンター（2006）による、タイ王国での植物原料由来エタノール生産量と原料の関係を表2-5にまとめた。

**表2-5. タイでの植物原料由来エタノール生産量**  
**出典: JETROバンコクセンター(2006)、**  
**タイ国における代替エネルギーと省エネルギー**

原料 (1ton)	生産可能なエタノール量 (liter)
糖みつ	260
さとうきび	70
生タピオカ芋	180
粟	70
穀物(米・とうもろこし)	375
ココナッツミルク	83

タイ国内原料によるエタノール生産に適しているものとして、年間を通じた安定供給と低価格が期待でき、さらに原料から効率よくエタノール収量が期待できるという観点から、タピオカと糖蜜の2種類が2大原料とされている。サトウキビの生産は天候の影響をうけ、不

作だと糖蜜価格が上昇し、エタノール生産業者は原料を糖蜜からタピオカに変更する傾向がある（JETRO バンコク事務所(2006)）。

バイオディーゼル戦略として、2005年1月に、タクシン政権は、タイ王国エネルギー省と農業・共同組合省の提案に基づき、パームやしを原料とするバイオディーゼル消費開発支援戦略に合意した。タイ王国におけるバイオディーゼル原料はパーム油が主で、ナンヨウアブラギリ（学名ヤトロファ）についても関心が集まっている。ただし、タイ王国国内でのバイオディーゼルはいまだ実験的利用段階であって、実用レベルに達していない。

タイ王国国内でバイオディーゼル生産の潜在力がある原料は、使用済み植物油、精製したばかりの植物油8種類（パーム油、ココナツ油、大豆油、ピーナツ油、ひまし油、ごま油、ひまわり油、ナンヨウアブラギリ油）である。バイオディーゼルの主原料となるパーム油は、生産コストと販売価格が他の植物油よりも安価であるため、生産や市場において競争力に長ける可能性のある植物油である。そのほかに、パームやしは食品向けなどの用途がある。ナンヨウアブラギリについては、食用植物ではなく、収穫高はパームヤシに比べ少ない。

バイオマスについては、化石燃料からの代替エネルギーとして利用可能なタイ王国の農産物として、米（もみがら）、とうもろこし（穂軸、幹、葉）、さとうきび（バガス（サトウキビの絞りかす）、パームやし（繊維、から、果実）、タピオカ（幹、葉）がある。ただ、バイオマスエネルギーによる電力の売買価格が低いため、販売目的の発電システム設立に投資する魅力に欠ける（JETRO バンコクセンター（2006））。

農畜産業由来のバイオガスについては、タイの主要インテグレーターであり財閥系複合企業で世界20カ国に投資するCP（チャロン・ポカパン）グループなどが、養豚産業からの排泄糞尿を利活用したメタン発酵によるエネルギー利用を行っており、多くは堆肥として活用されている。JETRO バンコクセンター（2006）によれば、2005年12月時点の中規模・大規模養豚農場数は2100カ所程度であり、そのうちCPグループなど25カ所（1.2%程度の事業所数）で養豚産業からの排泄糞尿を活用したバイオガス生産を行い、1日あたり17856千立方メートルのバイオガスを生産している。

CDMについて、タイ王国は2003年8月に京都議定書を批准した。その結果、GHG削減量の削減方法として、Joint Implementation（共同実施）、Emission Trading（排出権取引）、CDMの実施が可能となり、GHG削減計画を担当するDesignated National Authority(DNA, 指定国家機関)が創設された。CDMに対して気候変動国家委員会（NCCC）が責任をもち、天然資源環境大臣が委員長を務め、天然資源環境政策計画事務局事務局長が事務局と小委員会を統括する。天然資源省がCDM事業を統括し、外国が「カーボンクレジット（CER）」の形態でのCDMの申請をおこなった場合、その都度、内閣の許可が必要となる。気候変動国家委員会（NCCC）は、天然資源環境省事務次官を委員長とする事務局として、NCACDM(Designated National Authority for CDM)を設置し、ワーキンググループとしてエネルギー・工業部門と林業・農業部門を持つ。2007年の6月から7月にかけてようやく3件のCDM（ホスト国、日本1件と英国2件）が登録されたにすぎず（UNFCCC(2007)）、十

分なノウハウが蓄積された状態ではない。CDM 事例としてはじめて、2007年6月に登録された、「AT バイオパワー社によるピチット県の籾殻発電所事業」は、日本企業として中部電力が新規に籾殻発電プラントをピチット県に建設するプロジェクトであった。小規模 CDM に適した事例としては、小規模・零細養豚農家におけるバイオガス生産システムが報告されている (JETRO バンコクセンター2006)。

#### 2-4. ブラジルでの農畜産分野排出 GHG 削減へ向けた植物由来エネルギーと CDM そしてブラジルマーカンタイル取引所での排出権取引へ向けた取り組み

農畜産分野で GHG 排出削減効果が大きいと見込まれる分野として、米国産トウモロコシなどの穀物原料エタノールとブラジル産サトウキビ原料による植物エタノールによる化石燃料代替えが注目を集めている。わが国畜産業へ及ぼす影響としては、米国産トウモロコシ・大豆など穀物の需給バランスが崩れれば、穀物価格の不安定要因となる。濃厚飼料の供給をほぼ 100%輸入しているわが国畜産業への影響は大きい。サトウキビについては、国内にエタノール仕向けの十分な供給体制は無い。したがって、サトウキビ原料による製品としてのエタノールを化石燃料の代替燃料とする場合には、供給については輸入に依存することになる。

2006年2月の米国ブッシュ大統領の一般教書演説が、米国でのエタノール利用促進を打ち出し、化石燃料に代わる代替え燃料としてエタノールの需要が急増した。さらに、国際原油価格の高値安定状態は継続し、ブラジルでは、世界で唯一、植物(サトウキビ)由来エタノールの原料であるサトウキビと製品であるエタノール両者の現物流通と先物市場がそれぞれ存在する。

ブラジルマーカンタイル取引所 (Brazilian Mercantile & Futures Exchange, 以下 BM&F) は、サトウキビを原料とした砂糖(Crystal Sugar Futures Contract)と無水燃料エタノール(Anhydrous Fuel Alcohol Futures Contract)を上場する南米最大の商品取引市場である。この先物市場に対する現物市場として、広大なサトウキビ畑を背景とした砂糖の大生産地が存在し、またサトウキビ原料を燃料としたフレックス車が普及し、化石燃料の代替え燃料としてのエタノール生産・消費が現実に行われている。

さらに、アルコールとガソリン両方の燃料を使えるフレックス車の販売台数は年々上昇し(表 2-6)、シェアは 2005 年には 53.6%と、2004 年の 21.6%から 2.5 倍となり、エタノール燃料による自動車が広く普及している (ジェトロサンパウロ 2006)。

表2-6.ブラジルでのサトウキビ原料エタノール仕様車の生産量  
(農畜産振興事業団のデータをもとに試算)

年	サトウキビ 生産量(億トン)	エタノール 生産量(億リットル)	フレックス車 販売台数
2003-04	3.56	148	48,178
2004-05	3.84	168	328,374
2005-06 (推定)	3.86	158	1,230,000
2006-07 (見込み)	4.10	165	1,270,000

図2-1に示すとおり、ブラジルでのサトウキビ生産量に占めるエタノール生産割合は過去23年間で、46%から65%の間で推移した。

また、図2-2に示すとおり 2004年の時点で、ブラジルは世界最大のエタノール生産国であった。

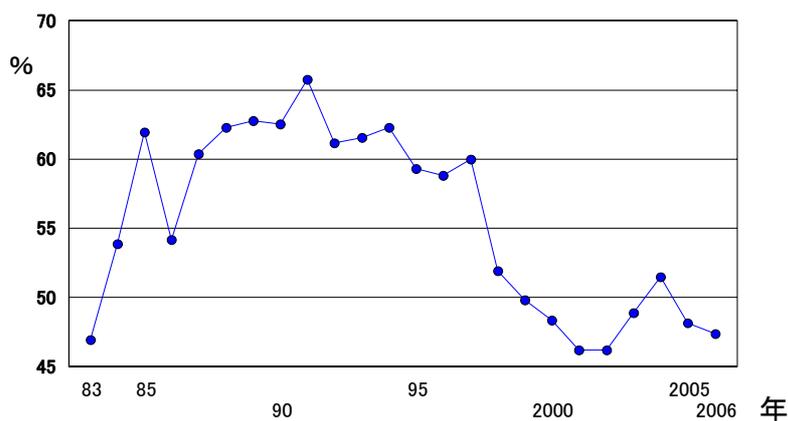


図2-1.ブラジルでのサトウキビ生産量に占める  
サトウキビ原料エタノール生産量の仕向け割合の推移  
:過去23年間で、46%から66%の範囲  
前提条件:サトウキビ1トン→エタノール85リットル生産可能  
(2006年5月、農畜業産振興機構データにより計算)

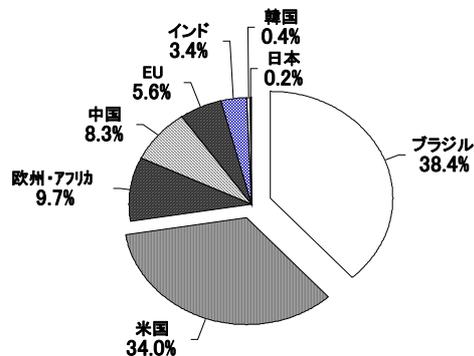


図 2-2. 2004年のエタノール生産国  
出典：東京穀物商品取引所(2006)より作成

京都議定書の枠組みでは、2012年まで、公海上での化石燃料の燃焼にともなう GHG は計算の対象外である。そこで、ブラジルからのサトウキビ原料によるエタノール輸入による GHG 削減効果を、公海上の輸送にともなう GHG 排出量を考慮しないシナリオのもと計算をおこなった。日本政府が 2010 年度までに年間原油 50 万トン(年間原油 50 万トン)を植物エタノール(バイオエタノール)で代替した場合、原油の発熱量 1L(リットル) = 9126Kcal、原油の排出係数

18.66tC/TJ(Gross), T=10 の 12 乗、1Kcal=4.1868×(1/1000)MJ として削減可能排出 CO<sub>2</sub> 量を計算した。その結果、削減推定量は  $500,000 \times 1000(L) \times 9126(Kcal/L) \times 4.1868 \times (1/1000)(MJ/Kcal) \times 18.66 \times (1/1000,000)(tC/MJ) \times (44/12) = 1,307,120$  トンとなった。

計算結果から、年間原油 50 万トンの輸入を米国産とうもろこし原料あるいはブラジル産サトウキビ原料のバイオエタノールに代替した場合、輸送・生産時の排出 GHG を考慮にいれなければ、年間 130 万トンの GHG が削減可能となる。

また、ポスト京都議定書の枠組みで、公海上の輸送にともなう排出 GHG を計算の対象とする場合、ブラジルからの公海上の輸送とブラジルでのサトウキビ・エタノール生産にともなう GHG 排出量を考慮した場合についても、地球全体としては 1 キロリットルあたり 1 トン以上の GHG が削減されるとの報告がある(大聖泰弘(2006))。

ブラジルの CDM プロジェクトとしては、サンパウロ周辺と南部地域でのゴミ処理場の廃棄物から発生するメタンガスの回収等をめざすランドフィルタイプのプロジェクト、水力発電による小規模な再生可能エネルギーによる CDM プロジェクト、バイオディーゼル発電の CDM プロジェクト、畜産業が盛んな南部地域での豚・牛など畜産業排泄物からのメタン回収による CDM プロジェクト、さらに、世界最大のサトウキビ生産国であるブラジルは、その絞り粕であるバガスを利用した発電などバイオマス分野のプロジェクトがある

(JICA(2006))。

## 2-5. 台湾での農畜産分野排出 GHG 量削減へ向けた家畜糞尿処理技術による削減可能 GHG の CDM 活用の可能性

1997年の台湾での口蹄疫発生により、国外マーケットを失った結果、台湾養豚業は国内仕向けに特化し、生産規模も縮小し、養豚業排出 GHG 量も減少傾向にある。

行政院農業委員会の立場として、台湾は国連に加盟していない現状から、国連 CDM 理事会の承認を必要とする CDM のホスト国となることはできないという状況であった。台湾大学が開発した養豚業における糞尿処理システムによる GHG 削減技術については米国での特許も取得し、GHG 削減技術としては有用である。

具体的には、Automatic Monitoring and Control System for livestock Wastewater (畜産排水自動モニターと管理システム) は養豚生産現場での豚糞吸引技術による糞尿処理量の軽減とメタンガス GHG 削減が見込める (Council of Agriculture Executive Yuan (TAIWAN) (2003))。また、国立台湾大学を中心として農畜産業排出 GHG 削減対策についての技術情報の集積は印刷物として公開されている (国立台湾大学生化科技学系(2007))。

## 3. ASEAN での農畜産業に対する小規模 CDM へ向けたタイ養鶏・養豚産業からの温室効果ガス (GHG) 削減シナリオとベースライン策定

### 3-1. 目的と前提条件・背景

#### 3-1-1. 目的

本稿「2. ブラジル・タイ王国の農畜産業からの排出温室効果ガス (GHG) 削減に向けたクリーン開発メカニズム (CDM) の可能性」の現地聞き取り調査から、タイ王国は CDM に前向きでありながら、2007年6月に初めて CDM 理事会に登録されるまで、農畜産分野での CDM の実績が無かった (UNFCCC(2007))。そこで、本稿では、タイ王国ブロイラー産業を対象とした先進国との CDM プロジェクトの可能性を検討した。

#### 3-1-2. 背景

2004年のタイ王国の GDP に占める農業の割合は 9.9%であり、ASEAN10 カ国では、シンガポールの 0.1%、ブルネイの 3.6%、マレーシアの 9.1%について農業への依存度は小さくなりつつある (独立行政法人農畜産振興事業団、2006)。

筆者が 2006年9月にタイ王国のタクシン政権下で実施した聞き取り調査では、タイ軍人銀行(Thai Military Bank)など金融機関をはじめとする関係者は CDM 実施へ強いニーズがあることを確認した。

タイ王国国民の豚肉・鶏肉への嗜好性は強い。タイの養鶏産業が、2004年1月に発生を確

認した鳥インフルエンザにより輸出停止などの大きな影響を受けるまで、鶏肉についてはアセアンで最大の生産国であり多くを日本向けに輸出していた。また、豚肉については国内消費者向けにベトナム、フィリピンに次ぐ生産国であった（独立行政法人農畜産振興事業団、2006）。

タイでの養鶏産業では、CPF（チャロン・ポカバン・フーズ、大手飼料会社によるインテグレーター）、サハ・ファーム、ペダグロ、GFPTなど、多くのインテグレーターの大企業による寡占化が進行している現状から、インテグレーターが組織的にGHG削減技術を導入することで養鶏産業からの大規模GHG削減効果が可能である（独立行政法人農畜産振興事業団、2004）。

### 3-2. 方法

#### 3-2-1. ベースライン法

小規模CDMについては、先進国が途上国へCDMプロジェクトを導入することにより、途上国での農業分野から排出されるGHG削減分の活用が可能となる。図3-1に、国連の機構変動に関する枠組み会議の決定にもとづいて（UNFCCC(2003)）、小規模CDMとベースライン法（方法論）についてまとめた。

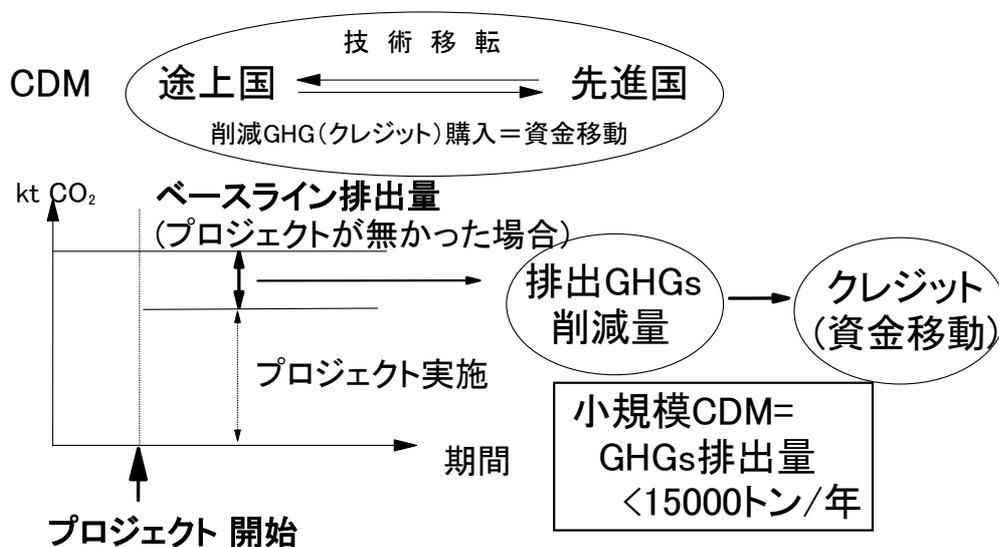


図3-1.小規模CDMとベースライン法(方法論):小規模CDMを途上国の農業に適用し、ベースラインシナリオに基づき、ベースライン排出量とプロジェクト排出量を算出する。ベースラインシナリオ策定が必要である。

(出典:FCCC/CP/2002/7/Add3)

ベースラインとは、GHGの排出削減量または吸収増大量を計算する際の比較となるシナリオで、「プロジェクトが存在しなかった場合」のGHG排出量または吸収量の推定量であ

る。CDMプロジェクトにおいては、国連 CDM 理事会が承認した方法論によりベースラインを算定することが求められている。CDM プロジェクトにおけるベースラインシナリオの同定、ベースラインシナリオにおける排出量、プロジェクトの排出量のモニタリングの手法を数式で表現する必要がある (JICA(2006))。

### 3-2-2. 家畜と糞尿管理からの排出 GHG 量の試算

豚と鶏の消化管と排泄物からの排出 GHG 量を試算した方法を表 3-2-1 にまとめた。畜産業からの排出 GHG は消化管からのメタン (CH<sub>4</sub>)、排泄物 (糞尿) 管理によるメタン (CH<sub>4</sub>) と亜酸化窒素 (N<sub>2</sub>O) が対象となる。タイ王国における養豚・養鶏業を想定しているので、鶏については、「途上国」で年間平均気温が 15° C 以上、豚については、「アジア地域」で気温 25° C 以上で在る場合の排出係数を使用した。

2006 年版 IPCC ガイドライン (IPCC (2006)) の TIER1 法によるデフォルト値 (標準値としてあらかじめ設定された数値) を使用して計算した。タイ王国国内での鶏・豚の飼養頭羽数については、2006 年 9 月の現地調査において、バンコク JETRO から入手した JEC Agri-Report Co., Ltd.(2005)に拠った。

表 3-2-1(方法):家畜と糞尿管理からの排出GHG量の試算  
2006IPCCインベントリガイドラインTier1法(デフォルト値).

消化管からの: CH <sub>4</sub> 排出量	$CH_{4Enteric} = \sum (EF(T) \cdot N(T))$ 鶏 無し。豚 1.0 KgCH <sub>4</sub> /head/YR
糞尿管理によるCH <sub>4</sub> 排出量:	$CH_{4manure} = \sum (EF(T) \cdot N(T))$ EF(T)=排出係数, N(T)=頭羽数, T=畜種
鶏	「途上国」鶏(ブロイラー・産卵鶏)、年間平均気温>15°C 糞尿管理によるCH <sub>4</sub> 排出係数 0.02 kgCH <sub>4</sub> /head/YR
豚	「アジア地域」・気温25°C以上のCH <sub>4</sub> 排出係数 6 kgCH <sub>4</sub> /head/year
糞尿管理による排出N <sub>2</sub> Oの排出量:	$N_{2O(mm)} = [ \sum [ \sum (N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(TS)}) \cdot EF_{3(S)} ] ] \cdot (44/28)$ 排出係数1.10(鶏)と0.46(豚)(kg/1000kg animal mass/day), 排泄物処理全体の排出係数EF <sub>3(S)</sub> と出荷時体重 ; 0.001(鶏)と1.8kg, 0.005(豚)(kgN <sub>2</sub> O-N)/(kg 排出N量)と60kg

次に、鶏糞を燃焼した場合の GHG 削減量を計算した。2006 年版 IPCC ガイドライン (IPCC (2006)) の「農業」と「廃棄物」に家畜糞尿の燃焼によるデフォルト値は存在しない。

タイ王国のブロイラー産業は、大企業数社の寡占による生産構造であること (独立行政法

人農畜産振興事業団、2004)、また、本稿でのシナリオとして、日本への輸出仕向けの飼料の給与技術・飼養期間などの飼養技術に基づいた生産を行っているとして、表3-2-2にまとめたCH<sub>4</sub>とN<sub>2</sub>Oの排出係数を使用した。

このシナリオのもと、天日乾燥と火力乾燥および焼却処理について、排出係数を2006年版日本国温室効果ガスインベントリ報告書から使用した(温室効果ガスインベントリオフィス(2007))。

**表3-2-2(方法)：鶏糞燃焼によるGHG削減量の計算に使用したCH<sub>4</sub>とN<sub>2</sub>Oの排出係数**  
出典：日本国温室効果ガスインベントリ報告書2007(2007)

	CH <sub>4</sub> 排出係数	N <sub>2</sub> O排出係数
天日乾燥処理	0.20%	2.0%
火力乾燥処理	0%	2.0%
焼却処理	0.4%	0.1%

### 3-3. 結果と考察

ASEAN 諸国の人々の食肉に対する嗜好性については、伝統的に、鶏肉と豚肉が高く、牛肉に対して低い。また、鳥インフルエンザ発生以前のタイ王国では、2003年12月まで、ブロイラー産業が日本の消費者へASEAN 諸国の中で最大の供給源であった。したがって、タイ王国での畜産業におけるプライオリティーは、ブロイラーと豚肉生産が、肉牛生産や酪農産業よりも高い。

タイ王国でのブロイラーと豚の飼養にともなう排出GHGのCO<sub>2</sub>換算量を、IPCC(2006)に従って概算した結果を図3-2に示した。ブロイラーと豚の排泄物(糞尿)処理システムとしては天日乾燥(化石燃料等エネルギーを使用せずに自然乾燥する方法)を行ったとして計算した。

図3-2は、ベースラインである。ブロイラー生産にともなう排出GHGのCO<sub>2</sub>換算量は、1994年から2003年にかけて26%増加した。しかし、2004年に、鳥インフルエンザ発生による飼養羽数激減にともない、わずか1年間で88.1万トンから55.6万トンへ37%減少した。豚飼養にともなう排出GHGのCO<sub>2</sub>換算量は、1999年から2003年にかけて14%増加した。

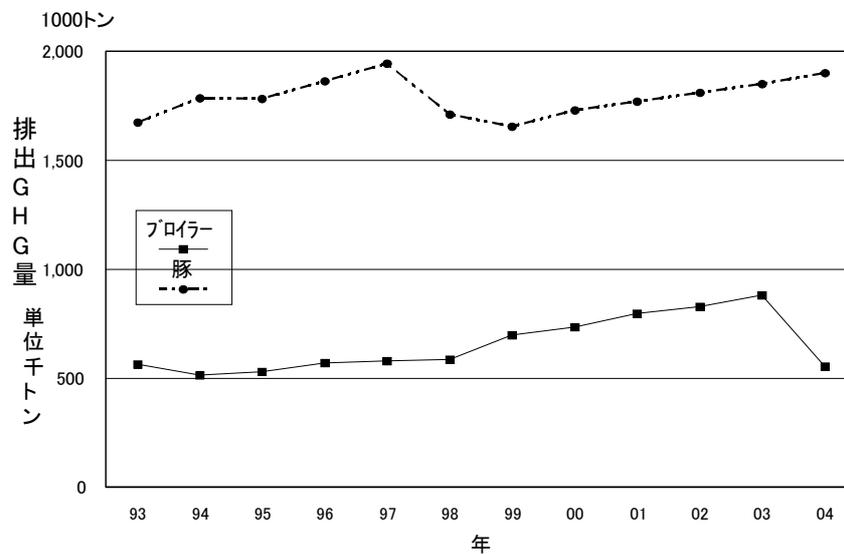


図3-2. 2006IPCC Tier1 法とデフォルト値によるタイでのブロイラー・豚からの排出GHG量(CO<sub>2</sub>換算量)

タイ王国でのブロイラー産業の排泄物処理システムへ、焼却、火力乾燥および天日乾燥（ベースライン）を導入した場合の概算 GHG 排出量を図 3-3 に示した。ブロイラー飼養による GHG 排出量に関するベースラインは、既に図 3-2 に示した、天日乾燥による糞尿処理システムを採択したものである。

火力乾燥による鶏糞の乾燥処理法を採択した場合、ベースラインである天日乾燥処理法の採択より、GHG 排出量の 57%が削減可能となる。それに対して、鶏糞の焼却処理法を採択した場合、ベースラインより GHG 排出量が 17%増加する。

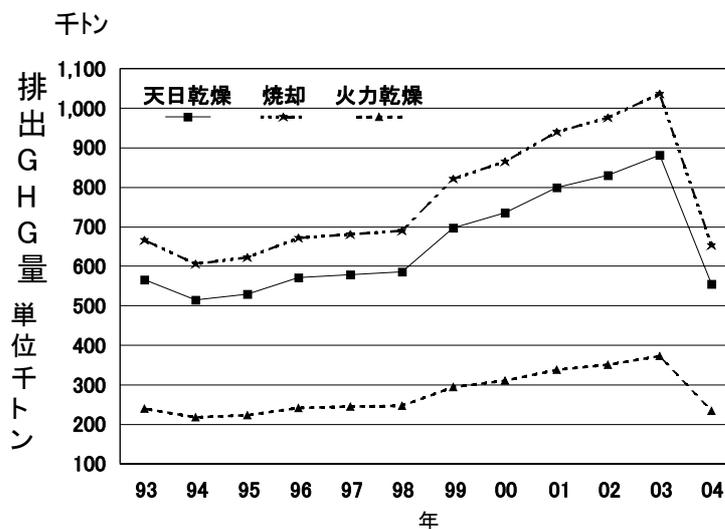


図3-3. タイ王国でのブロイラー排泄物処理法による排出GHG量：  
鶏糞処理について、天日乾燥から火力乾燥への変更で、  
排出GHG削減可能性

CDM 活用の基礎となるベースライン策定には、IPCC ガイドラインの TIER 1 法の試算結果だけでは、国連 CDM 理事会の審査に十分かどうかの確証は無い。CDM として承認されるためには、TIER2 法・TIER3 法 (IPCC (2006)) での試算を行う方が望ましい可能性は否定できない。

IPCC のガイドライン(IPCC2006)では、途上国における GHG 排出量の計算はデフォルト値を使用した TIER1 法による計算が認められている。国連 CDM 理事会での国連登録されるための審査においては、CDM 理事会で承認された方法論を用いるかまたは新規方法論を提案して CDM 理事会で承認される必要がある状況 (JICA(2006)、UNFCCC(2007)) のもと、タイ王国でのブロイラー生産現場からの排出 GHG を計測することは望ましいと考える。なぜなら、デフォルト値を使用した TIER 1 法による GHG 削減量の評価が、国連 CDM 理事会による審査でアクセプトされるかどうかについての情報は公開されていない。農畜産業分野からの排出 GHG 削減により小規模 CDM の適用がみこめる、タイ王国をはじめとした ASEAN 諸国において、GHG インベントリの収集を実施することが重要である。

#### 4. 農畜産業を対象とした小規模 CDM における GHG 排出権価格の指標性

##### 4-1. 目的と背景

##### 4-1-1. 目的

途上国の農畜産業から削減可能な GHG を、小規模 CDM を活用して、わが国が購入するために必要な指標価格を検討する目的で、ヨーロッパとアメリカの GHG 排出権価格を比較した。

#### 4-1-2. 背景

1. わが国の国内農業からの排出 GHG の削減目標は存在しない。

2. わが国の農畜産業からの GHG 排出源は減少傾向にある。耕地面積は2001年の479.4万 ha から2006年467.1万 ha へ2.57%減少し（農林水産省2007）、家畜飼養頭数は、牛豚鶏すべて1995年から2006年にかけて減少した（農林水産省生産局畜産部畜産企画課2007）。

具体的には、乳用牛は195.1万頭から163.5万頭へ16.2%、肉用牛は296.5万頭から275.5万頭へ7.1%、豚は1025.0万頭から962.0万頭へ6.15%、ブロイラーは11968.2万羽から10368.7万羽へ13.36%、採卵鶏は14663.0万羽から13689.4万羽へ6.64%減少した。

したがって、国内畜産業からの排出 GHG 量は、過去11年間の飼養頭羽数の減少に応じ、それぞれ乳用牛については16.2%、肉用牛では7.1%、豚で6.15%、ブロイラーで13.36%、採卵鶏で6.64%の排出量の減少となった。

農業分野からの2005年度 GHG 排出量は2740万トン（CO<sub>2</sub>換算量）であり、京都議定書の基準年1990年度比で14.9%減少した。農業分野排出 GHG の内訳をみると、家畜排泄物管理にともなう排出量が26.32%を占め最大であった（温室効果ガスインベントリオフィス2007）。

3. わが国の農業分野の排出 GHG は、全 GHG 排出総量に対して僅少である。2005年度の GHG 総排出量は、13億6000万トン（CO<sub>2</sub>換算量）であり（温室効果ガスインベントリオフィス2007）、農業分野からの GHG 排出量2740万トンは、2.01%に過ぎなかった。

以上の状況から、国内農業分野からの排出 GHG は、排出源の減少傾向から自然減が期待され、さらに国内全排出 GHG に比べて僅少であることから、国内農業分野での排出 GHG 削減についての費用対効果の観点からの影響は僅少である。

#### 4-2. 方法

1. 米国 Chicago Climate Exchange の Carbon Financial Instrument の Cash Market Contract 価格を2003年12月12日から860日間について検討した(Chicago Climate Exchange(2007))。

2. ドイツ・ライプツィヒ European Energy Exchange の EU Emission Allowance の Spot Market 価格を2005年8月4日から452日間について検討した(European Energy Exchange (2007))。

3. オランダ・アムステルダム European Climate Exchange の Carbon Financial Instrument (CFI)の Futures Contracts (先物) 価格を2005年4月22日から520日間について検討した(European Climate Exchange (2007))。

4. 日本については、公開された公正な排出権市場が存在しないので、排出権価格は入手できなかった。そこで、環境省の「自主参加型国内排出量取引制度」の tCO<sub>2</sub> 削減あたりの補助金額の2005年度分から3年分について検討した(環境省(2007))。

#### 4-3.結 果

米国 Chicago Climate Exchange(以下 CCX)の Carbon Financial Instrument の Cash Market Contract 価格を 2003 年 12 月 12 日から 860 日間の推移を図 4-1 に示した。

CCX は、北米で唯一、自主的な参加者によって、世界で最初に GHG 排出権取引を開始した。CCX の参加者は、フェーズ I (2006 年 12 月) 末までに、1998 年から 2001 年までのベースライン期間より 4%の排出削減をめざした。フェーズ II として、CCX は 2010 年までの削減プログラムにより、全参加者にベースラインからの 6%削減をめざしている。したがって、CCX での GHG 排出権取引は、米国国内だけに対象が限定されたドル建ての Cash Product(現金決済)取引である(Chicago Climate Exchange(2007))。

2004 年 5 月 7 日の 0.73\$/tonCO<sub>2</sub>から 2006 年 6 月 21 日の 4.85\$/tonCO<sub>2</sub>まで、664%上昇し、2007 年 1 月 30 日に 3.25\$/tonCO<sub>2</sub>へ 25%下落した。

欧米では温暖化対策として「キャップ・アンド・トレード方式」(以下、Cap & Trade)が採用され、日本では採用されず企業の自主規制にゆだねられている。企業ごとの GHG 排出量に上限を義務的に設け、過不足を売買する「Cap & Trade 方式」の、キャップ(Cap)とは GHG の排出規制であり、トレード(Trade)とは排出権取引である。排出権取引における価格形成へは排出規制が強ければ、需給が引き締まり価格は高騰し、排出規制が弱ければ、需給が緩和して価格が下落するという市場メカニズムが期待される。しかし、現状では、GHG 排出規制が緩やかであるため、排出権取引での市場メカニズムが働きにくく、GHG の排出権の需給が緩和した結果、排出権価格の大きな下落が起きたと考えられる。

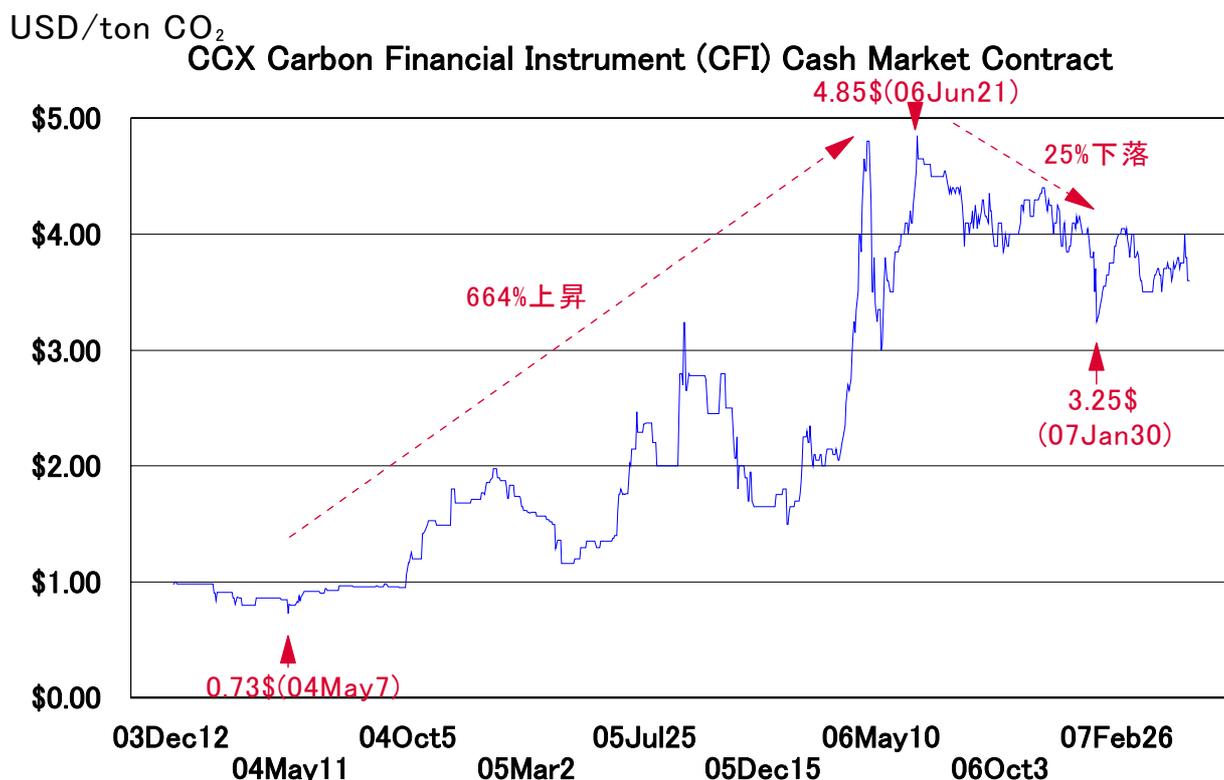


図4-1 : 米国シカゴChicago Climate Exchangeドル建て現物価格  
 (出典 CCX(2007),<http://www.chicagoclimatex.com/>)

ドイツ・ライプツィヒ European Energy Exchange(以下 EEX)の EU Emission Allowance の Spot Market 価格を 2005 年 8 月 4 日から 452 日間について図 4-2 に示した。

EEX では、2005 年に京都議定書に基づいて EU 内部での GHG 削減に資するため、EU によって EU emission allowance(EUAs)の取引が認可された。EUAs は、EU の国別割り当て量に応じて GHG 排出企業に対して発行される(European Energy Exchange (2007))。

2005 年 8 月 4 日の 19.91 ユーロ/tonCO<sub>2</sub> から 2006 年 4 月 18 日の 29.71 ユーロ/tonCO<sub>2</sub> へ 50%上昇し、2006 年 5 月 12 日までの 17 日間で、9.13 ユーロ/tonCO<sub>2</sub> へ 3 分の 1 に暴落した。結果として、一時的に回復したとはいえ、2005 年 8 月 4 日の 19.91 ユーロ/tonCO<sub>2</sub> から約 1 年間かけて、2007 年 5 月 18 日 0.27 ユーロ/tonCO<sub>2</sub> へ 100 分の 1 に崩落し、事実上、指標価格形成機能を喪失したものとする。

2005年8月4日-2007年5月18日  
EEX排出権SPOT Market価格

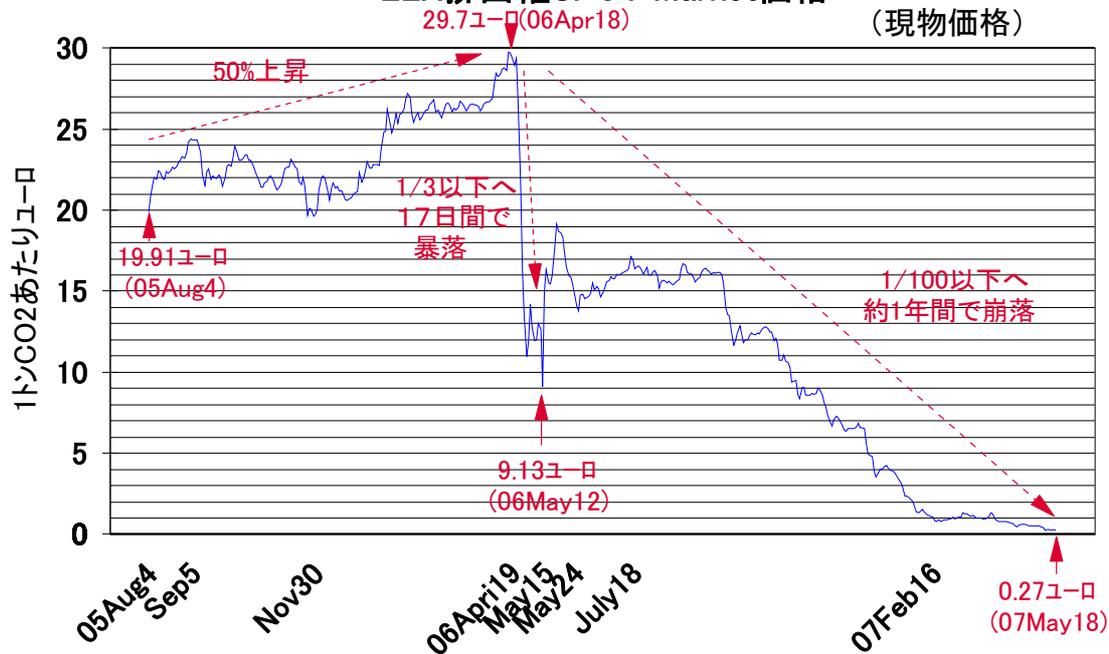


図4-2: European Energy Exchange(EU emission Allowance)  
所在地:ドイツ・ライプツヒ 出典 EEX(2007)

EEX の EU emission Allowance の価格と出来高の変動について、変動係数と出来高の平均値を計算した結果を表4-1に示した。

価格変動係数が最大であった期間は、2006年4月18日の最高値29.7ユーロから1ユーロ/tonCO<sub>2</sub>を割り込んだ2007年2月19日の過程であった。出来高が最大であった期間は、最高値29.7ユーロ/tonCO<sub>2</sub>から2006年5月12日までの17日間で9.13ユーロ/tonCO<sub>2</sub>へ約3分の1以下に大暴落した過程であった。出来高の変動係数が最大であった2007年2月19日以降、価格は下落し、2007年5月18日に0.27ユーロ/tonCO<sub>2</sub>となった。

表4-1. European Energy Exchange(EU emission Allowance)の価格変動:  
2005年8月4日から2007年5月18日まで452日間

期間	日数	価格 変動係数	出来高 平均値	出来高 変動係数
1. 上場後上昇	22	0.0438	17,418	0.7548
2. 小天井から下降	61	0.0458	13,413	0.9588
3. 最高値へ上昇	97	0.1010	37,111	0.7237
4. 最高値から大暴落	17	0.4213	67,353	0.7664
5. 小幅回復	7	0.0847	33,035	0.7431
6. 戻り天井から下落	11	0.1035	30,094	0.7045
7. 小幅回復	26	0.0430	19,688	0.7719
8. 長期価格崩壊過程	149	0.4892	38,108	0.9777
9. 1ユーロ割れ後	62	0.3633	23,801	0.9806
全期間	452	0.5844	31,359	1.004

オランダ・アムステルダム European Climate Exchange(以下、ECX)の Carbon Financial Instrument (CFI)の Futures Contracts (先物) 価格を2005年4月22日から520日間について図4-3に示した。

EU Emissions Trading の枠組みに向けた、限月制取引による、先進的、低コスト、金融面での保証のついたツールとして、Futures Contracts (先物) が ECX によって提供されている。

2005年12月限、2006年12月限、2007年12月限、2008年12月限、2009年12月限、2010年12月限は、2006年4月6日に期先価格(2009年12月限)が32.9ユーロ/tonCO<sub>2</sub>の最高価格を形成するまで、期近限月価格が期先価格より高い逆ザヤであり、逆ザヤの縮小と拡大をくりかえしていた。しかし、期先価格が天井を形成した2006年4月6日以降、当限価格・期近価格より期中・期先価格が高い順ザヤへ転換した。

2007年5月の時点で、4つの限月(当限、期中、期先)が取引され、当限価格(2007年12月限)価格が現物価格に収斂して最安値を更新するなか、期中・期先価格と大きな価格差のある順ザヤを形成した。ただし、2番限(2008年12月限)と3番限(2009年12月限)および期先(2010年12月限)については価格差の小さい順ザヤとなり、2007年5月7日の期先(2010年12月限)が22.5ユーロ/tonCO<sub>2</sub>、当限(2007年12月限)は0.29ユーロ/tonCO<sub>2</sub>であった。

期中と期先(2008年12月限、2009年12月限、2010年12月限)価格は、アメリカのCCXとドイツのEEXの現物価格とほぼ同時期に最高価格をつけたあと、いったん下落したが、CCXとEEXの現物価格と異なり、回復傾向を示した。



わが国における環境省の自主参加型国内排出量取引制度(Japan's Voluntary Emissions Trading Scheme, JVETS)は、工場・事業上からの CO<sub>2</sub> 排出削減を自主的にコミットする目標保有参加者を募り、その参加者に対して CO<sub>2</sub> 排出削減をもたらす設備導入経費の 1/3 に相当する補助金を交付するところからスタートする(二宮(2007))。この際、企業の削減インセンティブを可能な限り高くするため、単位補助金額あたりの削減量コミットが多い企業から優先的に採択し、逆に単位補助金あたり削減量の少ない事業者は不採択とする(二宮(2007))。2005 年開始の第 1 期には 31 社、2006 年開始の第 2 期には 58 社、2007 年開始の第 3 期には 61 社、合計 150 社の企業が目標保有企業として採択されている。EU 排出量取引制度(EU-ETS)の対象施設数(約 11,500)と比較すると(二宮(2007))、JVETS の規模は 1.3%程度であり、非常に小規模な制度である。

#### 4-4. 考察

欧米排出権市場での排出権価格形成と日本の排出権価格・環境省による自主参加型国内排出量取引制度における t-CO<sub>2</sub> 補助金価格との関係を図 4-4 にまとめた。

日本に排出権市場は存在しない。排出権価格は相対交渉で決定され、原則非公開である。環境省の自主参加型排出量取引制度による t-CO<sub>2</sub> 補助金価格は、欧米の排出権価格とは無関係に決定される国からの補助金である。具体的には、自主参加型国内排出量取引制度は、CO<sub>2</sub> の排出を費用対効果に優れた形で確実に削減することと、国内排出量取引制度に関する知見・経験を蓄積することを目的として、平成 17 年度から環境省により開始されたものである。これは、CO<sub>2</sub> の排出削減に自主的・積極的に取り組もうとする事業者に対し、一定量の排出削減約束と引換に、CO<sub>2</sub> 排出抑制設備の整備に対する補助金を交付することにより支援するとともに、排出削減約束達成のために排出枠の取引という柔軟性措置の活用も可能とする、という制度である(環境省(2007))。したがって、制度の趣旨から、国内排出権価格形成との関係は無い。

ドイツ・ライプツィヒの EEX の現物価格は、2006 年 4 月 18 日以降、2007 年 5 月 18 日にかけて、100 分の 1 以下へ崩落し、事実上、GHG 排出権価格について指標価格形成機能を喪失したと考える。

オランダ・アムステルダム(ECX)の先物価格は、2006 年 4 月 19 日以降、逆ざやから順ざやへ転換し、当限と 2 番限以降の期先価格のサヤが拡大し、当限価格は納会に近づくにつれ現物価格にサヤ寄せし現物価格へ収斂し、2 番限以降の先物価格が指標価格になったものと判断できる。

米国シカゴの CCX は、米国が京都議定書を批准していない状況での国内での自主的な取引である以上、米国内部でのみの価格形成であり、国際的な影響力は乏しい。

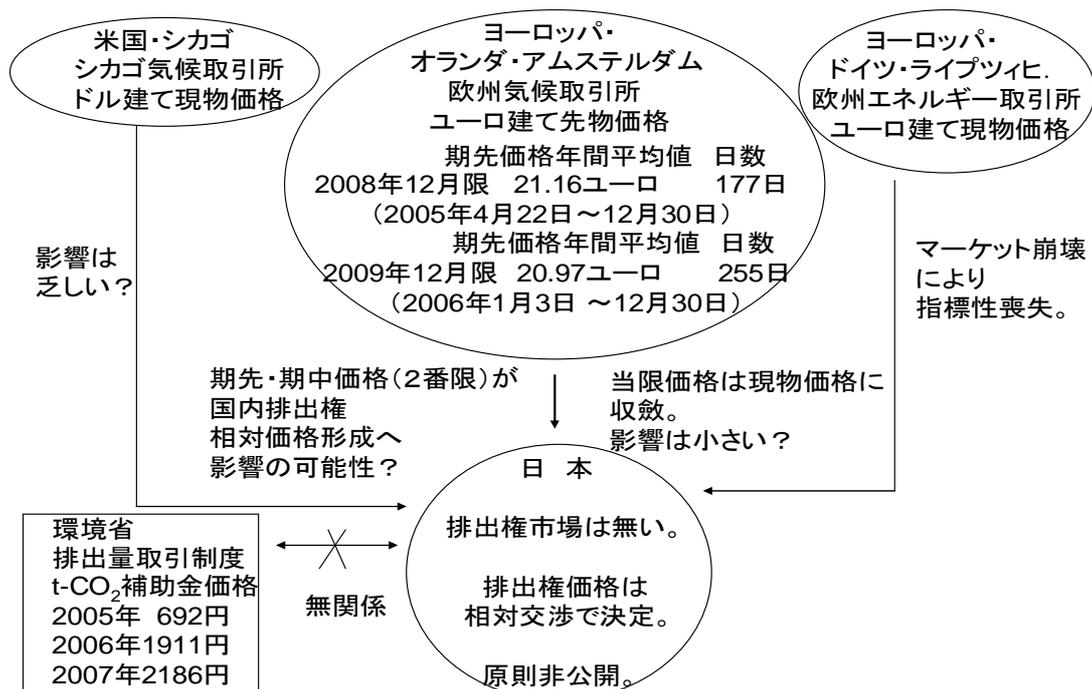


図4-4. 欧米排出権市場での排出権価格形成と日本の排出権価格・環境省補助金の関係

日本の排出権市場創設による CDM 価格形成への公正で公開された指標価格形成の可能性について図4-5にまとめた。

欧米での排出権市場での 2007 年 1 月 2 日から 5 月 18 日の平均価格/t-CO<sub>2</sub>は、ドイツ・ライプツィヒ EEX のユーロ建て現物価格が 1.58 ユーロ、オランダ・アムステルダム ECX のユーロ建て先物 Dec2010 が 17.47 ユーロ、米国シカゴ CCX の Vintage2003 が 3.77 ドルであった。この価格は、それぞれの地域でのみ適用される価格である。

一方、日本において排出権市場は存在せず、排出権価格は相対交渉で決定され、結果については原則、非公開である以上、当事者同士の合意のもとに形成されるとはいえ、力関係にもとづく価格が決定される可能性は否定できず、公正な価格形成がされる保証はない。

欧米の EEX、ECX、CCX の事例から、将来、国内に排出権市場が、国内商品先物取引所において誕生した場合、GHG の公開された公正な指標価格形成の場として機能する可能性がある。この場合、欧米と同様に農業排出 GHG が取引の対象外ではあっても、わが国と ASEAN をはじめとした途上国とのあいだでの CDM のもと、途上国で削減した GHG をクレジットとして獲得する際の価格決定に際し、指標価格としての機能を期待できる。

そして、小規模 CDM が途上国農業を対象としている以上、期待される公正な指標価格形成機能は、農業分野の排出削減 GHG の有効利用にとって、有意義であると考えられる。

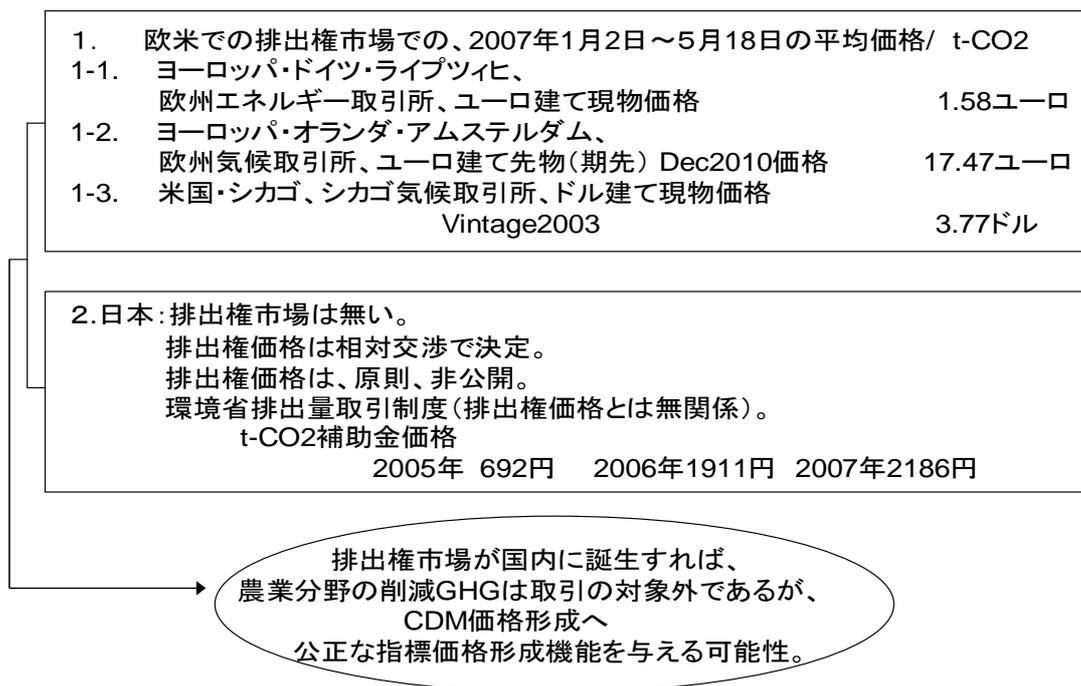


図4-5. 日本の排出権市場創設による  
CDM価格形成への公正で公開された指標価格形成の可能性

## 5. まとめ

先物取引の存在意義は、現物市場の存在を前提とした、公正な指標価格形成機能と価格変動リスクヘッジの場の提供である。本稿で明らかにしたとおり、現物市場が指標価格形成機能を喪失した場合、先物市場において当限価格は納会に近づくにつれて現物価格に収斂することから、現物価格に連動して指標性を喪失する可能性がある。ただし、ECXの先物価格の推移で示したとおり、たとえ先物市場において当限価格が指標性を喪失しても、2番限以降の先物価格が指標性をもち、2番限が中心限月となって事実上の指標価格となりうる。2番限から期先にかけて順ザヤであるECXの場合、GHG排出権価格の将来への先高期待を示している。

CDMについて、登録件数と削減可能GHGは2004年から2007年まで増加傾向にあり、2004年の登録開始以来2007年8月27日までに765件が登録され、削減可能GHG量は16230万トン(CO<sub>2</sub>換算量)であった。

2007年8月の米国シカゴCCXと同年9月のブラジルBM&FでCDMを視野に入れた先物取引が開始され、わが国で商品先物取引所におけるGHGについての先物取引が開始されれば、農畜産業分野での小規模CDMのクレジット価格形成における指標価格としての機能が期待できる。また、GHG削減技術評価の観点からも、技術の現場への適応は既存技術や新規技術の導入に際してコスト比較が実用性・有用性の点で不可欠の要素となる。したがって、わが国の国内商品先物取引所におけるGHGの先物取引(排出権取引)については、農畜産業排出GHGのCDMによる利活用と適応技術のコスト面での評価を行うニーズがあるこ

とから、開始が望ましい。

## 6. 謝 辞

本研究へは、日本商品先物振興協会から、2005年度「商品先物取引に係る研究調査助成金制度」から研究助成を受けました。深甚の謝意を表します。

東京工業品取引所の小野里光博氏と山岡博士氏には、排出権取引についての全般的なアドバイスとご指導を賜りました。東京穀物商品取引所の太田博氏と小笠原メリアン氏から、ブラジルマーカンタイル取引所(BM&F)とUNICA(サトウキビ生産者団体)およびCOSAN(サトウキビ・エタノール精製企業)へのご紹介をいただき、中部大阪商品取引所の河合成治氏、安藤和弘氏にはタイ農産物取引所(AFET)およびAFETを介したタイ王国の複数の大学およびJETROバンコクセンターへのご紹介を賜りました。独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構畜産草地研究所の羽賀清典博士には、台湾行政院農業委員会畜産試験所へのご紹介をいただきました。また、国内での情報収集に際しては、独立行政法人農畜産業振興機構(ALIC)調査情報部、独立行政法人国際協力機構(JICA)、日本貿易振興機構(JETRO)、農林水産省生産局畜産部畜産企画課環境企画班等のご担当者様をはじめとした多くみなさまに、ご多忙のなか貴重なお時間を頂戴して聞き取り調査の機会をいただきました。心から感謝いたします。

## 参考文献

Brazilian Mercantile & Futures Exchange(BM&F)(2007),

[http://www.bmf.com.br/portal/portal\\_english.asp](http://www.bmf.com.br/portal/portal_english.asp) (verified 28 August 2007)

Chicago Climate Exchange (2007), <http://www.chicagoclimatex.com/>

(verified 7 August 2007)

Council of Agriculture Executive Yuan (TAIWAN) (2003), Introduction to Livestock Research Institute, Livestock Waste Treatment and Utilization, 23-24, Taiwan Republic of China

大聖泰弘 (2006)、図解バイオエタノール最前線、第2章バイオエタノールと環境問題、35—46、工業調査会

独立行政法人農畜産振興事業団 (2006)、畜産2006—2006年度—IV東南アジア、112—123

独立行政法人農畜産振興事業団 (2004)、畜産の情報(海外編)2004.7、鳥インフルエンザによる東南アジア養鶏産業への影響、54—67、

European Climate Exchange (2007), [http://www.ecxeurope.com/default\\_flash.asp](http://www.ecxeurope.com/default_flash.asp) (verified 7 August 2007)

- European Energy Exchange (2007), <http://www.eex.com/en/Download/Market%20Data>  
(verified 7 August 2007)
- IPCC (2006) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4, Agriculture, Forestry and Other Land Use, Chapter 10 'Emissions From Livestock and Manure Management. Available at <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.htm> (verified 15 June 2007)
- JEC Agri-Report Co., Ltd.(2005), タイ国農畜産水産物生産・貿易情勢 2005 年版、179-195、タイ王国
- JETRO サンパウロ(2006)、ブラジルビジネス情報 【産業動向】(1)自動車・二輪産業 22-23
- JETRO サンパウロ(2006)、ブラジルビジネス情報 【産業動向】(4)CDM ビジネス 31-34
- JETRO バンコクセンター(2006)、タイ国における代替エネルギーと省エネルギー 第3章 代替エネルギーの消費状況と政策 3.3 CDM (Clean Development Mechanism) 101-113
- JICA (2006)、クリーン開発メカニズム (CDM) と JICA の協力第1章 CDM の概要と JICA の協力との接点 1-37 (verified 7 August 2007)
- 賀来康一. Roll Hedge の損益分析による畜産生産者の国内鶏卵・豚肉先市場活用に関する検討.  
日本畜産学会報, 1995年7月, 第66巻第7号, p618-629.
- 賀来康一. 先物取引による肉牛と牛肉の価格リスク管理に関する実証分析.  
日本畜産学会報, 1997年1月, 第68巻第1号, p61-81.
- 賀来康一. 鶏肉国内流通と国産ブロイラー価格.  
日本畜産学会報, 1997年10月, 第68巻第10号, p977-982.
- 賀来康一・駒井亨. 日米ブロイラー産業と先物取引,  
先物取引研究, 1998年, 第3巻第2号:p73-155.
- 駒井亨・山内盛弘・Joseph BD・賀来康一, アグリビジネス論 第13章畜産物の先物取引と畜産業のリスクマネジメント.p114-128, 1998年1月, 養賢堂
- 賀来康一. 国産ブロイラー正肉の価格変動に関する先物市場上場適性.  
日本畜産学会報, 1998年2月, 第69巻第2号, p154-160.
- 賀来康一. 米国ブロイラー・鶏卵の価格変動と先物市場上場の可能性.  
日本畜産学会報, 1998年, 第69巻第8号, p797-804.
- 賀来康一. 米国内のブロイラー流通と価格形成. 日本畜産学会報, 1998年, 第69巻第9号, p883-890.
- 賀来康一. 国産ブロイラーと輸入とうもろこしの市場規模と出来高に基づくブロイラー先物取引標準品補の検討, 日本畜産学会報, 1999年, 第70巻第9号, pJ219-J225 .
- 賀来康一. ブロイラー先物市場における受渡しと指標価格形成機能.  
日本畜産学会報, 2000年, 第71巻第7号, pJ82-J90.
- 賀来康一. 農産物の価格変動と市場規模にもとづくブロイラーと鶏卵の先物場における出来高の推

- 定. 日本畜産学会報, 2000年, 第71巻第9号, pJ370-J380.
- 賀来康一, 国産豚部分肉の現物先物取引における標準品の可能性.  
日本畜産学会報, 2001年年8月, 第72巻9号, PJ400-J408
- 賀来康一, 島田和宏, 荻野暁史, 山内盛弘, 深瀬誠. 豚部分肉の流通に基づく部位別自給率と現行制度の検討. 日本畜産学会報. 2002年2月. 第73巻1号, P103-114
- 賀来康一, 島田和宏, 荻野暁史, 山内盛弘, 深瀬誠. 米国肥育豚生産者とパッカー間の販売契約の増加が豚肉先物取引に及ぼした影響. 2002年8月, 日本畜産学会報, 第73巻3号, P457-465
- 賀来 康一、深瀬 誠. 日本の豚肉生産・流通・消費・価格形成—豚肉先物取引の基礎研究—.  
先物取引研究, 2002年12月, 日本商品先物振興協会, 第7巻第1号 p87-150.
- Kaku K, Ogino A, Ikeguchi A, Osada T, Shimada K(2005) Environmental impacts on concentrate feed supply systems for Japanese domestic livestock industry. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 7, 1022-1028.
- Kaku K, Ikeguchi A(2006) Heading for clean development mechanism on reductions of greenhouse gas emissions in Japanese domestic livestock industry. *Laos Journal on Applied Science* 1, 684-687.
- Kaku K, Ogino A, Ikeguchi A(2006) Comparison of 5 scenarios on reductions of greenhouse gas emissions in Japanese livestock industry as evaluated by a life-cycle assessment method preparing for post Kyoto-protocol regime. In 'Program and Abstract of 5<sup>th</sup> Australian Conference on Life Cycle Assessment. Melbourne, Australia. November 22-24, 2006'.
- Kaku K, Ogino A, Ikeguchi A(2006) Reduction of greenhouse gas emissions in Japanese domestic livestock industry as evaluated by a life-cycle assessment method and emissions trading advantages. In 'Congress Proceedings of 12<sup>th</sup> AAAP Animal Science Congress 2006, Busan, Korea, September 18-22, 2006'.
- 環境省(2007)、自主参加型国内排出量取引制度、  
<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/det/index.html> (verified 7 August 2007)
- 国立台湾大学生化科技学系(2007)、農工業生産時温室気体排放與減量対策、1-488、中華民國台北
- Ministry of the Environment Japan (2007) National Greenhouse Gas Inventory Report of JAPAN, Chapter 6, Agriculture. Available at  
<http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/2007/JPN-NIR2007ver3.1E.pdf>  
(verified 15 June 2007)
- 二宮康司(2007)、自主参加型国内排出量取引制度の特徴政策的意義とその評価、環境経済・政策学会2007年大会報告要旨集、p30—31、2007年10月
- 農林水産省(2007)、農林水産基本データ集(平成19年7月)

<http://www.maff.go.jp/www/info/shihyo/ichiran.html> (verified 7 August 2007)

農林水産省生産局畜産部畜産企画課 (2007)、畜産の動向平成 19 年 7 月、

<http://www.maff.go.jp/lin/pdf/chikusandoukou.pdf> (verified 7 August 2007)

温室効果ガスインベントリオフィス (2007)、日本国温室ガスインベントリ報告書 2007 年 5 月—第 2 章温室効果ガス排出量及び吸収量の推移、

<http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/2007/JPN-NIR2007ver3.1J.pdf> (verified 7 August 2007)

東京穀物商品取引所(2006)、粗糖取引ハンドブック 2006 年 4 月、p21

UNFCCC(2003) FCCC/CP/2002/7/Add.3, Report of the Conference of the Parties on its eighth session, held at New Delhi from 23 October to 1 November 2002. Addendum 3. Part two: Action taken by the Conference of the Parties at its eighth session. Available at [http://unfccc.int/files/kyoto\\_mechanisms/cdm/application/pdf/07a03.pdf](http://unfccc.int/files/kyoto_mechanisms/cdm/application/pdf/07a03.pdf) (verified 15 June 2007)

UNFCCC(2007) CDM project activities. Available at

<http://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html><sup>1</sup> (verified 28 August 2007)