

## 21. CDMプロジェクトの収益性への影響要因分析

大藤 建太<sup>\*1</sup>, 巽 直樹<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 公立大学法人会津大学コンピュータ理工学部 (〒965-8580 福島県会津若松市一箕町鶴賀)

<sup>2</sup> 東北電力株式会社 (〒980-8550 宮城県仙台市青葉区本町1-7-1)

\* E-mail: o-fu@u-aizu.ac.jp

CDM(Clean Development Mechanism)プロジェクトへの投資に際して、収益性の吟味は重要であるが、収益性がどのような要因によってどれだけ影響されるのかはあまり論じられていない。

本稿では、2010年9月1日現在のProject Design Documentデータ1,216件を用いて、クレジットに由来する収益性がどのような要因によって影響を受けるか計量経済学的に分析した。その結果、プロジェクト種類の影響が最も大きく、メタン回収やバイオガスプロジェクトにおいては他のプロジェクト種類より10%前後収益性を押し上げると見積もられた。次いで、ホスト国や投資国の要因があるが、件数が少数にとどまるフィリピンでのプロジェクトを除けば、これらの影響はたかだか+1%以下と見積もられた。

**Key Words :** CDM projects, profitability, CER credit, Project Design Document, quantile regression

### 1. 背景と目的

京都メカニズム下のCDM(Clean Development Mechanism)プロジェクトは、発電事業などの本体収入に加えて、温室効果ガス削減の見返りとして与えられるCER(Certified Emissions Reduction)クレジットの発行・売却によるクレジット収入の2種類の収入がもたらされる。政府や民間企業などプロジェクトへの投資主体は、その収益性に関して事前にできるだけ正確な吟味を行う必要がある。

しかし、どのような要因がCDMプロジェクトの収益性に影響を与えるか、といった議論はあまり多く見られない。その理由には、CDMプロジェクトの多くが、個々のプロジェクトの実際の(事後の)収益性に関するデータを公開していないことや、プロジェクトの事業環境が千差万別であることなど、数多く考えられる。したがって、投資主体は独自の調査検討により投資判断を行っているのが実情である。

このような背景から、本稿では、PDD(Project Design Document)データを用いて、クレジットに由来する収益性がどのような要因によって影響を受けるか、定量的な見積もりを試みる。もちろん、実際の投資の意志決定には、収益性以外にも多くの考慮事項があるし、1つ1つのプロジェクトは、様々な実施環境に応じていろいろな収益性を持つので、安易な一般化は禁物であるが、本稿ではこれまで登録されたプロジェクトのデータに基づき、収益性に対する影響要因や各要因からの影響の程度をマクロ的に定量化することによって、実際の収益性、とく

にクレジットにまつわる部分の収益性の見積もりを、要因別に行うことが本研究の目的である。

### 2. 先行研究

CDMに対しての研究は、その制度的課題や政策的課題など多数なされている。制度的課題については、プロジェクトの地域的な偏在や、指定運営組織(Designated Operational Entity: DOE)の機能不全、審査プロセスの長期化に対する対策などが指摘される<sup>1)2)</sup>。政策的課題については、途上国への技術移転や温室効果ガス(Greenhouse Gas: GHG)削減の実効性などの問題が検討されている<sup>3)</sup>。また最近では、ポスト京都、新柔軟性メカニズムの制度設計にまつわる提言などもなされている<sup>4)</sup>。

1.で述べた、プロジェクト収益性への影響要因といった分野でも、収益性の促進要因、阻害要因といった概念的検討<sup>5)</sup>に始まり、ホスト国別のプロジェクト投資の魅力度<sup>6)</sup>や、技術ごと国ごとプロジェクトごとの投資収益性<sup>7)</sup>などさまざまな視点がある。このうち、Schneider et al.(2010)<sup>8)</sup>は、6種類の再生可能エネルギー技術(太陽光発電、風力発電、水力発電、バイオマス発電、廃水処理、ランドフィル)について、現実のCDMプロジェクトに基づく種々のプロジェクトパラメータを代入し、感度分析を行って、収益性や温室効果ガス削減性がどのパラメータからどの程度影響を受けるか、半定量的に試算している。その結果、再生可能エネルギー技術ごとに収益性はかなり異なり、例えば太陽光発電ではほとんど収益性は

表-1 連続変数一覧

|       | 単位                   | 説 明                     | 記述統計量(データの事前処理後) |        |         |        |          |
|-------|----------------------|-------------------------|------------------|--------|---------|--------|----------|
|       |                      |                         | 平均               | メジアン   | 標準偏差    | 最小     | 最大       |
| 被説明変数 | IRR_WO_CER           | -                       | 0.071            | 0.069  | 0.037   | -0.200 | 0.204    |
|       | IRR_W_CER            | -                       | 0.129            | 0.109  | 0.086   | -0.032 | 1.950    |
|       | IRR_W_CER-IRR_WO_CER | -                       | 0.058            | 0.037  | 0.096   | 0.003  | 2.103    |
| 説明変数  | EVALUATION_YEARS     | (年)                     | 23.6             | 22.0   | 6.7     | 7.0    | 54.0     |
|       | CER_PRICE            | (Eur/tCO <sub>2</sub> ) | 9.03             | 8.50   | 2.51    | 1.80   | 23.57    |
|       | POWER_PRICE          | (UScents/kWh)           | 5.50             | 5.42   | 2.33    | 1.20   | 15.97    |
|       | TIME1                | (日)                     | 2,332            | 2,389  | 570     | 0      | 3,628    |
|       | GHGABATEMENT         | (tCO <sub>2</sub> e/年)  | 140,820          | 70,863 | 258,107 | 2,410  | 3,016.71 |

望めないのに対し、ランドフィルなどメタン回収系の一部のプロジェクトが、その操業条件(稼働率)、電力買取価格や系統電力の排出原単位といったホスト国の状況、およびCERクレジットの国際相場の状況等にこそ依存するものの、他の5種類の技術よりも高い収益をあげ得ることを示している。しかし、高収益となる条件がどのようなホスト国において整いやすいか、またそれが発電技術別にどのように異なるかなど、ケース別の収益性インパクトの定量評価については、その大枠のレンジを示すのみにとどまっている。これは代表的プロジェクトの設定と、それへのパラメータ代入、および感度分析という、当該研究の手法面からくる制約と考えられる。本稿ではこうした点をふまえ、以下の分析を実施した。

### 3. 分析の準備

#### (1) データ

各プロジェクトのPDDに基づき、定期的に更新が行われている(財)地球環境戦略研究機関(IGES)の「CDM投資分析データベース」を参照する。このデータは、すべてのCDMプロジェクトのうち、追加性証明のためのベンチマーク分析を行い、内部収益率(Internal Return Rate: IRR)の形で収益性が記載されているプロジェクトが収録されている。データは2011年1月末に取得したが、これは2010年9月1日現在の情報が基になっていて、計1,216件のプロジェクトが収録されている。プロジェクトの実際の収益性などの値は、これとは違った値になると考えられるが、本データは公開データのうちもっとも現実値に近いと考えられることから、解釈に注意しながら用いることとした。

#### (2) 枠組み

次式のように、クレジット価値込みの収益率となしの収益率の差を被説明変数にとり、表-1説明変数、および表-2の変数を説明変数にとって、重回帰分析を行う。

$$(IRR_{W\_CER,i} - IRR_{WO\_CER,i}) = X_i \beta + \varepsilon_i \quad (1)$$

$IRR_{W\_CER,i}$  は、プロジェクト  $i$  に対するCERクレジット価値込みの収益率で、IRRで表示されている。同様に

表-2 ダミー変数一覧

|                   |                  |            |              | 「1」ダミーの数 |
|-------------------|------------------|------------|--------------|----------|
| (ホスト国<br>ダミー)     | HOST_CHINA       | ホスト国が      | 中国で1         | 820      |
|                   | HOST_INDIA       |            | インドで1        | 188      |
|                   | HOST_BRASIL      |            | ブラジルで1       | 30       |
|                   | HOST_VIETNAM     |            | ベトナムで1       | 19       |
|                   | HOST_MEXICO      |            | メキシコで1       | 14       |
|                   | HOST_MALAYSIA    |            | マレーシアで1      | 34       |
|                   | HOST_INDONESIA   |            | インドネシアで1     | 12       |
|                   | HOST_PHILIPPINES |            | フィリピンで1      | 5        |
|                   | INV_UK           | 投資国(*1)が   | 英国で1(*1)     | 307      |
| (投資国<br>ダミー)      | INV_HOLLAND      |            | オランダで1(*1)   | 171      |
|                   | INV_AUSTRIA      |            | オーストリアで1(*1) | 25       |
|                   | INV_SWITZERLAND  |            | スイスで1(*1)    | 50       |
|                   | INV_SWEDEN       |            | スウェーデンで1(*1) | 108      |
|                   | INV_DENMARK      |            | デンマークで1(*1)  | 19       |
|                   | INV_JAPAN        |            | 日本で1(*1)     | 154      |
| (プロジェクト<br>種類ダミー) | PJT_HYDRO        | プロジェクト種類が  | 水力で1         | 523      |
|                   | PJT_WIND         |            | 風力で1         | 345      |
|                   | PJT_WASTEGASHEAT |            | 廃ガス・廃熱利用で1   | 78       |
|                   | PJT_METHANE      |            | メタン回収・利用で1   | 82       |
|                   | PJT_BIOMASS      |            | バイオマスで1      | 64       |
|                   | PJT_BIOGAS       |            | バイオガス利用で1    | 42       |
|                   | PJT_FUELSWITCH   |            | 燃料転換で1       | 25       |
|                   | SMALL            | 小規模プロジェクトに | 該当すれば1       | 398      |
|                   |                  |            |              |          |

\*1 当該国を中心とした複数国アライアンスの場合を含む。

$IRR_{WO\_CER,i}$  はCERクレジット価値なしの収益率である。左辺は、この差をとったものを表している。便宜的にこれを「クレジット由来収益性」と呼び、各説明変数からこのクレジット由来収益性への寄与を調べる。

なお、本来、発電由来の収益性とクレジット由来収益性の各々は、それぞれのIRRを上述のように単純に加減算すべきものではないとも考えられるが、本稿ではデータ制約によりこのように取り扱うこととする。実際、クレジット由来収益性は、発電等の本体事業に加えてクレジット収入が付帯されることによるIRRの増分、と捉えられるので、それほど無理はないと考える。

$X_i$  はプロジェクト  $i$  における各説明変数、 $\beta$  は重回帰係数、 $\varepsilon_i$  は誤差項を表す。

#### (3) 説明変数 $X_i$ と事前処理

具体的な説明変数  $X_i$  は、「クレジット由来収益性」に影響を与えると考えられた変数(連続量 a)~e)およびダミー変数 f)を、同データを基に用意した。表-1と-2にそれらを掲げた。

##### a) プロジェクト評価期間(EVALUATION\_YEARS)

各プロジェクトの収益性評価の該当期間(年)を表している。プロジェクトの概略年限と捉えることもできる。

##### b) CER参考価格(CER\_PRICE)

CERクレジットの国際相場(Eur/tCO<sub>2</sub>)を表している。高くなるほどクレジット由来収益性を押し上げると考え

られる。

#### c) 表示電力料金(Power\_Price)

現地での発電電力の買取料金(UScents/kWh)を表している。高くなるほど発電事業の収益性を押し上げると考えられる。

#### d) タイムトレンド(TIME1)

データ中、もっとも古いプロジェクトを起点とした当該プロジェクトの経過日数(日)を表している。

#### e) GHG年平均削減量(GHGABATEMENT)

プロジェクトの年平均GHG削減量( $\text{tCO}_2\text{e}/\text{年}$ )を表している。高くなるほどクレジット由来収益性を押し上げると考えられる。

#### f) ダミー変数・以下4種類

ダミー変数として、ホスト国ダミー、投資国ダミー、プロジェクト種類ダミー、小規模プロジェクトダミーの4種類を用意した。

ホスト国ダミーは、ホスト国が中国、インド、ブラジル、ベトナム、メキシコ、マレーシア、インドネシア、フィリピンである場合それぞれ1、それ以外で0とする。投資国ダミーは、投資国(プロジェクトの出資主体の在籍国)は英国、オランダ、オーストリア、スイス、スウェーデン、デンマーク、日本である場合それぞれ1、それ以外を0とする。プロジェクト種類ダミーは、プロジェクト種類が水力発電、風力発電、廃ガス廃熱利用(廃熱回収などによりGHGを削減)、メタン回収利用(ランドフィルなどから放出されるメタンガス等の回収・処理によりGHG削減)、バイオマス(バイオマス燃料等を用いた発電等によってGHG削減)、バイオガス利用(バイオガスの回収利用等によりGHG削減)、燃料転換(GHG排出の低い燃料や発電方式への転換等により削減)である場合それぞれ1、それ以外を0とする。小規模プロジェクトダミーは、当該プロジェクトが国連CDMパネルの定める小規模プロジェクトに相当すれば1、それ以外を0とする。

なお、ホスト国、投資国、プロジェクト種類には、ここで採り上げた7~8種類以外にも存在するが、ここでは今回のデータにおいて上位7~8位にランクインするものを選んでいく。推定に先立ち、データは回帰分析ソフトEviews6.0での利用を念頭に、付録に記した方法で事前処理を行った。

## 4. 分析の結果

### (1) 推定の方法(区分回帰法QREG)

推定は区分回帰法(Quantile Regression: QREG)<sup>9)</sup>により行った。式(1)の推定結果を、表-3に掲げた。QREGを用い

た理由は、被説明変数クレジット由来収益性における、非対称分布や外れ値などからの影響をみることができると期待したためである。推定区間値(quantile値) $\tau$  ( $0 < \tau < 1$ )は、4分割( $\tau=0.25, 0.50, 0.75$ )を採用した。

### (2) クレジット由来収益性への影響要因

#### a) 連続量変数の係数の符号と大きさに関する解釈

表-3に太字で示した項目は、有意水準99%以上を得た項目である。まず、 $\tau=0.50$ (メジアン)における結果を確認し、つぎに、異なる $\tau$ における結果の差違などに注目することにする。

最初に、係数の符号について読み取ると、CER想定価格が高いほど・評価期間が短いほど・表示電力料金が低いほど、クレジット由来収益性は高くなるのがわかる。CER想定価格が高いほどクレジット由来収益性が高いのは自然である一方、評価期間を長くしなければならないようなプロジェクトは単年あたりのクレジット産生量が小さいと推測される。また、表示電力料金が低いほど、発電部分の収入でなくクレジット由来の収入に頼る必要があるものと推測される(実際、クレジットを考慮しない $IRR_{NO\_CER}$ について同様の推定を行うと、符号は負でなく正になる)。また、プロジェクト開始日のタイムトレンドについては、新しいプロジェクトになればなるほどクレジット由来収益性が高めに出る傾向となった。この理由に関しては、プロジェクト審査が長期化する傾向にあることや、CER発行率が低下していることなどを踏まえ、新しいプロジェクトになるほど収益性を高めに設定していることなどが想像される。

次に、係数の大きさに着目すると、例えばCER想定価格が1(Eur/tCO<sub>2</sub>)上昇すると、ほかの条件が変わらない場合、クレジット由来収益性は0.19%だけ上昇することになる(これは、例えばクレジット由来収益性が元来10%のプロジェクトがあったとして、CER想定価格が1(Eur/tCO<sub>2</sub>)上昇すると、それが10.19%になることを意味する)。同様に、表示電力料金が1(UScents/kWh)高くなれば、ほかの条件が変わらない場合、クレジット由来収益性は0.42%低下する。

#### b) ダミー変数の係数の符号と大きさに関する解釈

続いて、 $\tau=0.50$ における結果について、ホスト国・投資国・プロジェクト種類の各ダミー変数の係数に着目する。まずホスト国ダミーであるが、表-3では、フィリピン>メキシコ>中国について正で、この順に高収益をもたらすことがわかる。例えば、ほかの条件が変わらない場合、ホスト国がフィリピンであるというだけで、今回掲げた8ヶ国以外の国に比して、相対的に12%高収益となる。同様に、ホスト国がメキシコであるというだけで、相対的に2.7%、中国であるというだけで相対的に1.1%高

表3 クレジット由来収益性への影響要因(式(1))の、区分回帰による推定結果

| 変数                        | 0.25      |            | 0.5 (ミアン) |            | 0.75      |           |
|---------------------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|
|                           | 係数        | p-値        | 係数        | p-値        | 係数        | p-値       |
| C(定数項)                    | 0.056914  | 0 ***      | 0.059452  | 0.0029 *** | 0.136726  | 0 ***     |
| CER_PRICE(CER想定価格)        | 0.001723  | 0 ***      | 0.001916  | 0 ***      | 0.002436  | 0 ***     |
| GHGABATEMENT(GHG年平均削減量)   | -3.03E-09 | 0.1357     | -5.66E-09 | 0.431      | -4.15E-09 | 0.1317    |
| EVALUATION_YEARS(評価期間)    | -0.00084  | 0 ***      | -0.000747 | 0 ***      | -0.000857 | 0 ***     |
| ホスト国が:                    |           |            |           |            |           |           |
| HOST_BRASIL(ブラジル)         | -0.028912 | 0.0002 *** | -0.000427 | 0.9516     | 0.00485   | 0.4399    |
| HOST_CHINA(中国)            | 0.005236  | 0.0193 **  | 0.010851  | 0.0025 *** | 0.014765  | 0 ***     |
| HOST_INDIA(インド)           | 0.001464  | 0.6468     | 0.00758   | 0.0805 *   | 0.010919  | 0.0149 ** |
| HOST_INDONESIA(インドネシア)    | 0.039822  | 0 ***      | 0.006011  | 0.8099     | -0.03661  | 0 ***     |
| HOST_MALAYSIA(マレーシア)      | -0.006588 | 0.1818     | -0.006315 | 0.6807     | -0.008978 | 0.2368    |
| HOST_MEXICO(メキシコ)         | 0.000297  | 0.9421     | 0.026864  | 0.0458 **  | 0.137327  | 0 ***     |
| HOST_PHILIPPINES(フィリピン)   | 0.003364  | 0.5439     | 0.123212  | 0 ***      | 0.417157  | 0 ***     |
| HOST_VIETNAM(ベトナム)        | -0.005995 | 0.0202 **  | -0.004111 | 0.2316     | -0.003205 | 0.314     |
| 投資国が:                     |           |            |           |            |           |           |
| INV_AUSTRIA(オーストリア)       | -2.49E-05 | 0.9928     | 0.001526  | 0.5959     | 0.00317   | 0.2721    |
| INV_DENMARK(デンマーク)        | -0.018268 | 0.0109 **  | 0.006799  | 0.2462     | 0.003946  | 0.258     |
| INV_HOLLAND(オランダ)         | 0.004292  | 0.0055 *** | 0.004178  | 0.0047 *** | 0.003576  | 0.0603 *  |
| INV_JAPAN(日本)             | 0.003706  | 0.0618 *   | 0.005941  | 0.0003 *** | 0.005114  | 0.0812 *  |
| INV_SWEDEN(スウェーデン)        | 0.003808  | 0.0564 *   | 0.005752  | 0.0001 *** | 0.003035  | 0.1054    |
| INV_SWITZERLAND(スイス)      | 0.00331   | 0.0345 **  | 0.003019  | 0.0585 *   | 0.000729  | 0.687     |
| INV_UK(英国)                | 0.003641  | 0.0084 *** | 0.004477  | 0.001 ***  | 0.002764  | 0.0902 *  |
| プロジェクト種類が:                |           |            |           |            |           |           |
| PJT_BIOGAS(バイオガス)         | 0.047192  | 0 ***      | 0.094717  | 0 ***      | 0.094614  | 0 ***     |
| PJT_BIOMASS(バイオマス)        | -0.002046 | 0.721      | 0.002744  | 0.8913     | -0.058936 | 0 ***     |
| PJT_FUELSWITCH(燃料転換)      | -0.012365 | 0.0163 **  | -0.007252 | 0.7129     | -0.08129  | 0 ***     |
| PJT_HYDRO(水力発電)           | -0.020756 | 0 ***      | -0.022369 | 0.2476     | -0.093573 | 0 ***     |
| PJT_METHANE(メタン回収利用)      | 0.07864   | 0 ***      | 0.117709  | 0 ***      | 0.134722  | 0 ***     |
| PJT_WASTEGASHEAT(廃ガス廃熱利用) | -0.006324 | 0.1394     | -0.001914 | 0.9228     | -0.064102 | 0 ***     |
| PJT_WIND(風力発電)            | -0.020109 | 0 ***      | -0.020086 | 0.3131     | -0.093962 | 0 ***     |
| POWER_PRICE(表示電力料金)       | -0.003726 | 0 ***      | -0.004162 | 0 ***      | -0.004087 | 0 ***     |
| SMALL(小規模プロジェクトダミー)       | 0.00223   | 0.0848 *   | 0.001762  | 0.1824     | 0.00094   | 0.5078    |
| TIME1(プロジェクト開始日のタイムトレンド)  | 4.02E-06  | 0.0001 *** | 2.15E-06  | 0.0714 *   | 1.17E-07  | 0.923     |
| Pseudo R-squared          | 0.338009  |            | 0.41833   |            | 0.543333  |           |
| Adjusted R-squared        | 0.313811  |            | 0.397068  |            | 0.52664   |           |

\*\*\*:統計的に有意水準99%で有意, \*\*:同 95%で有意, \*:同 90%で有意

くなる(ただし、表2に示したように、フィリピンのプロジェクトは今回データ中では5件、メキシコは14件に限られる)。

投資国ダミーに関しても同様で、投資国が日本、英国、スウェーデン、オランダのプロジェクトに関して相対的に高収益となる。日本では0.59%、英国では0.45%だけ、それぞれ高くなる。

プロジェクト種類ダミーに関しても同様で、メタン回収利用、およびバイオガスのプロジェクトに関して相対的に高収益となる(前者では12%、後者では9.5%)。メタン回収利用ダミーについては係数の大きさが全プロジェクト種類中最大になっている。

係数の大きさを横断的に比較してみると、件数が5件しかないフィリピンを特殊視するかどうか難しいところであるが、これを除外するとすれば、ホスト国の選択(どこで行うか)が収益性に対して1%程度の影響があるのに対し、投資国(誰が行うか)はたかだか0.6%未満の影響しかないことがわかる。しかし、これらを凌駕するのはプロジェクト種類(なにを行うか)である。メタン回収利用やバイオガスを選択することで、10%前後の大きな

差が開く。このことから、何を行うか(プロジェクト種類)>どこで行うか(ホスト国)>誰が行うか(投資国)の順に、クレジット由来収益性へのインパクトを有することが了解できる。

#### c) 異なる区間値 $\tau$ における結果の差違

表3において、異なる区間値 $\tau$ における結果の差違に着目する。 $\tau$ の小さな部分( $\tau=0.25$ )は、クレジット由来収益性の相対的に低い部分のプロジェクト、 $\tau$ の大きな部分( $\tau=0.75$ )は、逆に相対的に高い部分のプロジェクトと考えられるので、以下それぞれ「低収益プロジェクト」「高収益プロジェクト」と呼び、傾向の違いを見てみる。

最初に連続変数に関しては、POWER\_PRICE(表示電力料金)、EVALUATION\_YEARS(評価期間)、CER\_PRICE(CER想定価格)に関する結果は、どの区間値でも有意水準が高く、係数値もほぼ一定しており、ロバストといていいと思われる。今回はクレジットに由来する収益率であるから、POWER\_PRICEの係数がほぼ一定なのに対して、CER想定価格では区間値の上昇とともに係数も上昇傾向にあるのは整合的と考えられる。なお、

GHGABATEMENT (GHG年平均削減量)の係数が各区間値で有意でなく、これだけ見るとGHG削減量に対する規模の経済性がないように見える。そこで、表には掲げていないが、データセットをプロジェクト種類別に分割した上で、表-3と同様の推定を行った。しかし、すべてのプロジェクト種類に関してGHG年平均削減量の規模の経済性は観察されなかった。この理由は、GHG年平均削減量以外に設備投資や期待収入を決定づける要因があるためと推察されるが、今回のデータセットだけからすべてを判じることはいくつかできない。

次にホスト国に関しては、中国、インドは高収益プロジェクトほど収益性が高まり、有意水準も高まっている。この理由は、中印は控えめな収益性の水力発電、風力発電が件数ベースで8割を占めるが、相対的に高収益なメタン回収、バイオマスが次に多く1割弱である点にあると考えられる。殆どのプロジェクトが水力発電であるブラジルは、低収益プロジェクトにおいて2.8%ほど他国より低いのが特徴的である。インドネシアは、低収益プロジェクトでは収益性が他国よりも相対的に高く、高収益プロジェクトでは逆に低い。今回のデータセットにおいてインドネシアのプロジェクトは9件で、内訳はメタン、バイオマス、バイオガス、燃料転換が2~3件ずつと少数なので、どの部分が関係しているかは精査の必要がある。対照的に、高収益プロジェクトに関する係数が異常に高いフィリピンとメキシコでは、両国で18件中13件がメタン関連であることによると考えられる。

最後に、投資国に関しては、スウェーデン、日本、英国が、低収益プロジェクトに関してよりもメジアン程度のプロジェクトに関して収益性を高めている点に興味深い。他方、オランダは低収益プロジェクトで相対的に収益性が高い。

### (3) 投資国が英国のケースにおけるホスト国別収益性

表-3の結果から、投資国となることが多い英国のプロジェクトや、ホスト国となること多い中国のプロジェクトは高収益となる傾向であることを見た。ここでは更に、投資国が英国である場合を例に、ホスト国別の傾向の差を推定してみる。ダミー変数INV\_UKと各ホスト国の交差項をいれて、表-3と同様の推定を行ったのが表-4である。推定は区分回帰で $\tau = 0.50$ として行った。

表-4最下部の網掛け部分を見ると、ホスト国が中国・マレーシア・メキシコにおいて、いずれも正で有意になっているが、係数の大きさを見ると中国に比べマレーシア・メキシコが1桁高い。今回のデータセット中、英国の対中国案件は計255件でさまざまなプロジェクト種類があるが、対メキシコは5件で、その内訳を確認すると、5件すべてが高収益のランドフィルであった。また、対

表-4 投資国が英国のケースにおけるホスト国別収益性

| 項目                                | 投資国が英国の<br>ホスト国別収益性 |            |
|-----------------------------------|---------------------|------------|
|                                   | 係数                  | p-値        |
| C(定数項)                            | 0.058778            | 0.0029 *** |
| CER_PRICE (CER想定価格)               | 0.001965            | 0 ***      |
| GHGABATEMENT (GHG年平均削減量)          | -5.66E-09           | 0.257      |
| EVALUATION_YEARS (評価期間)           | -0.000747           | 0 ***      |
| HOST_BRASIL (ホスト国がブラジル)           | -0.000119           | 0.9864     |
| HOST_CHINA (中国)                   | 0.010911            | 0.002 ***  |
| HOST_INDIA (インド)                  | 0.007942            | 0.0613 *   |
| HOST_INDONESIA (インドネシア)           | 0.00625             | 0.8047     |
| HOST_MALAYSIA (マレーシア)             | -0.006262           | 0.6809     |
| HOST_MEXICO (メキシコ)                | 0.002441            | 0.7861     |
| HOST_PHILIPPINES (フィリピン)          | 0.130739            | 0 ***      |
| HOST_VIETNAM (ベトナム)               | -0.004119           | 0.2216     |
| INV_AUSTRIA (投資国がオーストリア)          | 0.001467            | 0.6112     |
| INV_DENMARK (デンマーク)               | 0.006068            | 0.3865     |
| INV_HOLLAND (オランダ)                | 0.004011            | 0.0068 *** |
| INV_JAPAN (日本)                    | 0.005981            | 0.0002 *** |
| INV_SWEDEN (スウェーデン)               | 0.005485            | 0.0002 *** |
| INV_SWITZERLAND (スイス)             | 0.002777            | 0.0815 *   |
| INV_UK (英国)                       |                     |            |
| PJT_BIOGAS (プロジェクトがバイオガス)         | 0.095131            | 0 ***      |
| PJT_BIOMASS (バイオマス)               | 0.003156            | 0.8738     |
| PJT_FUELSWITCH (燃料転換)             | -0.006816           | 0.7295     |
| PJT_HYDRO (水力発電)                  | -0.02214            | 0.2466     |
| PJT_METHANE (メタン回収利用)             | 0.115227            | 0 ***      |
| PJT_WASTEGASHEAT (廃ガス廃熱利用)        | -0.001181           | 0.9517     |
| PJT_WIND (風力発電)                   | -0.019629           | 0.3195     |
| POWER_PRICE (表示電力料金)              | -0.004228           | 0 ***      |
| SMALL (小規模プロジェクト)                 | 0.00166             | 0.1658     |
| TIME1 (タイムトレンド)                   | 2.29E-06            | 0.0762 *   |
| INV_UK*HOST_CHINA (英国から中国へ)       | 0.004357            | 0.001 ***  |
| INV_UK*HOST_INDIA (英国からインドへ)      | 0.000382            | 0.943      |
| INV_UK*HOST_MALAYSIA (英国からマレーシアへ) | 0.039183            | 0.0133 **  |
| INV_UK*HOST_MEXICO (英国からメキシコへ)    | 0.031709            | 0.0409 **  |
| INV_UK*HOST_VIETNAM (英国からベトナムへ)   | -0.004483           | 0.2704     |
| Pseudo R-squared                  | 0.420626            |            |

マレーシアは16件 (バイオガス9件、バイオマス4件、メタン回収3件) で、これらのうち収益性が計算可能な案件の平均値は20.05%と高かった。しかし、対インドと対ベトナムに関しては、有意に正の収益性はみられず、英国といえども、すべての国で高い収益性を確保しているというわけではなく、いわば「数で稼ぐ」中国に加え、ある程度プロジェクト種類を絞り込んだ上でメキシコやマレーシアの案件を手がけているものと推察される。

## 5. まとめ

以上、2010年9月1日現在のPDDデータ1,216件を用いて、クレジット由来収益性がどのような要因でどれだけ影響を受けるか分析した。その結果、プロジェクト種類の影響が最も大きく、メタン回収やバイオガスプロジェクトにおいては他のプロジェクト種類より10%前後収益性を押し上げると見積もられた。次いで、ホスト国の要因があるが、件数が少数にとどまるフィリピンでのプロジェクトを除けばこの影響はたかだか+1%以下、そして最も小さいのは投資国の影響で、たかだか+0.6%未満と見積もられた。

クレジット由来収益性の、異なる区間値における結果の差違に関しては、高収益プロジェクトほどCER想定価格に対して収益性が向上し、表示電力料金や評価期間に関してはロバストであった。ホスト国に関しては、国によって低収益、高収益それぞれにばらつきのある分布がみられたが、そのばらつきはおおむね当該国における支配的なプロジェクト種類と関連づけて捉えることができた。投資国に関しては、スウェーデン、日本、英国が、メジアン程度のプロジェクトに関して収益性を高めており、この点でオランダよりも相対的に収益性が高い。

投資国が英国のケースにおけるホスト国別収益性を推計したところ、ホスト国となることの多い中国における案件が相対的に高収益だが、水力発電や風力発電で収益性が多少薄まりつつも数で稼いでいる中国に比して、それより1桁程度も高収益なマレーシアやメキシコでは確かにメタンやバイオガス等プロジェクトが選択されていた。

留意点としては、CDMプロジェクトにはその申請から登録を経てCER発行に至るまで様々なリスクがあり、実際に受け取れるクレジット量はPDD値とは乖離することがある。PDDデータに基づいて行った今回の分析はその意味で、推定された係数の大きさや確度に関して割り引いて解釈する必要がある。

## 付録 データの事前処理の概要

データの事前処理は次のように行った。明らかなタイプミスなどの軽微・明白なエラーを除き、表示電力料金とCER想定価格に関しては2011年2月1日のレート(各国通貨に関して過去2年ほどの平均的な値になっている)を用いてそれぞれ(UScent/kWh), (Euro/CO<sub>2</sub>)に統一した。表示電力料金は本体価格のみとし、稼働年数に応じて上昇する契約になっているものについては、保守的な推定とす

るため低い方の値を採用し、複数値が記載されているものについては平均値を採用した(計125件)。CER想定価格も、複数記載の場合は低い方の値をとった(計10件)。投資国は、英蘭など相乗りのケースでは便宜上、筆頭国の案件であるものとした(計122件)。

## 参考文献

- 1) Ellis, J., Kamel, S.: Overcoming barriers to Clean Development Mechanism projects, OECD, 2007.
- 2) (財)地球環境戦略研究機関(IGES)市場メカニズムグループ: 「CDM改革に向けて」, 2010.
- 3) van der Gaast, W., Begg, K., Flamos, A.: Promoting sustainable energy technology transfers through the CDM, *Applied Energy* 86, 230-236, 2009.
- 4) Klepper, G.: The future of the European Emission Trading System and the Clean Development Mechanism in a post-Kyoto world, *Energy Economics* 33, 687-698, 2011.
- 5) Georgiou, P., Tourkolias, C., Diakoulaki, D.: A roadmap for selecting host countries of wind energy projects in the framework of the Clean Development Mechanism, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 12, pp. 712-731, 2008.
- 6) Jung, M.: Host country attractiveness for CDM non-sink projects, *Energy Policy* 34, 2173-2184, 2006.
- 7) Purohit, P.: Small hydro power projects under clean development mechanism in India: a preliminary assessment, *Energy Policy* 36, 2000-2015, 2008.
- 8) Schneider M., Schmidt T.S., Hoffmann, V.H.: Performance of renewable energy technologies under the CDM, *Climate Policy*, Vol. 10, No. 1, pp. 17-37, 2010.
- 9) Koenker, R., Hallock, K.F.: Quantile Regression, *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 15 (4), pp. 143-156, 2001.

(2011.3.30 受付)

(2011.7.21 受理)

## An Econometric Analysis on Determinants and their Impacts on the Profitability of CDM Projects

Kenta OFUJI<sup>1</sup> and Naoki TATSUMI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Computer Science and Engineering, University of Aizu

<sup>2</sup>Tohoku Electric Power Company

This article empirically studies the determinants of profitability of CDM(Clean Development Mechanism) projects, and their impacts on the profitability. In particular, attention was paid to which project type, which investing country, and which host country are likely to yield higher (or lower) profit. The profitability dealt with here is limited to credit-induced profit, or the profit from the sale of CER credits derived from projects. Based on Ordinary Least Squares and Quantile Regression estimations, it was estimated that the project type, particularly methane recovery and utilization, and biogas projects, tend to yield higher incremental profit to the credit-induced profit by about 10%, expressed in internal return rate (IRR). This effect supercedes those from host country and investing country, in this order, that do not exceed 1%.