

都市の温室効果ガス削減対策へのクリーン開発メカニズム (CDM) 導入における
ベースライン設定とそれに基づく認証排出削減量

Baseline options and Certified Emission Reduction in Clean Development Mechanism
project in urban area

平松 あい* 花木 啓祐* 荒巻 俊也**
Ai HIRAMATSU Keisuke HANAKI Toshiya ARAMAKI

ABSTRACT: Introduction of Clean Development Mechanism (CDM), one of the Kyoto Mechanisms defined by the Kyoto Protocol, requires a setup of “baseline”, which is the predictive value of greenhouse gas (GHG) emission in case the CDM project is not undertaken. Implementation of technology such as improving efficiency of industrial process in electricity generation has been attempted. Although there are significant potentials of introducing various counter measures to urban area, they have not been proposed as CDM in practical stage. With limited data in developing countries, the baseline should be set up in transparent and credible way. As a case study, introduction of electricity generation from solid waste into cities was studied. Three cities with different features were assumed and the baseline and the amount of emission reduction were evaluated. It was demonstrated that even if the same technology is introduced, the emission reduction changes much according to the condition and the future plan of the city. Baseline setting also causes significant difference in the emission reduction.

KEYWORDS: Clean Development Mechanism (CDM), Baseline, electricity generation, solid waste, urban area

1. はじめに

1997年12月に京都で行われたCOP3(気候変動枠組条約第3回締約国会)において、京都議定書が採択された。これにより、先進国全体で少なくとも5%の削減と各国毎に法的拘束力のある数値目標が設定された。日本は、温室効果ガス(GHG)を1990年比で、2008年から5年間の間に6%削減しなければならないということが定められている。昨年のモロッコのマラケシュで行われたCOP7ではマラケシュ合意がなされ、京都議定書の実施のために必要となる、京都メカニズム、吸収源、遵守制度などに関する運用ルールが採択された¹⁾。これを受け、各国が京都議定書の批准に向けて動き出し、発効を目指して準備が進められている段階である。アメリカが離脱したままではあるが、日本政府は批准し、地球温暖化対策推進大綱の作成など国内での対応が進められている。それに伴い国内制度の整備、GHG削減の手法や削減量について具体的な対策を早急に準備していくことも必要である。

日本のGHG排出量の推移を見ると、1999年では、1990年レベルと比較して、約9%増加となっている。そのため、京都議定書に定められた削減目標を達成するには実質約13%の削減が必要とされている。過去20年間で見ると、家庭・運輸部門からの排出は倍増、産業部門はほぼ横ばいとなっている。産業界は自主行動計画として「産業部門およびエネルギー転換部門からの二酸化炭素排出量を2010年度で1990年度レベル以下に抑制するよう努力する」ことをあげている²⁾。それが達成されたとしても、日本のGHG排出量は増加傾向であることを考えれば、日本の目標値達成のためには国内だけでの対応では不十分であり、日本の高い技術を海外で活用して削減すること、つまり京都議定書に定められた京都メカニズムを有効に機能させることが重要であるといえる。

京都メカニズムの中のクリーン開発メカニズム(Clean Development Mechanism: CDM)は、先進国と数値

* 東京大学大学院工学系研究科: School of Eng., Univ. of Tokyo.

** 東京大学先端科学技術研究センター: Research Center for Adv. Sci. and Technology, Univ. of Tokyo.

目標を持たない途上国とが協力して削減対策を行うことのできる唯一の制度であり、合理的に削減できるというメリットがある。その一方で、共同実施（Joint Implementation: JI）、排出量取引（Emissions Trading: ET）と違い、世界全体での総排出枠が増えることになるので、CDMでの排出削減量の算定にあたっては透明性、信頼性が求められる。

世界全体でのGHG削減において、CDMとして成立しうるプロジェクトの有効性を考えた場合、製造等の分野における先進技術の導入も有効であるが、大量のGHGを排出する都市に着目することもまた大きな可能性をもたらす。特に、発展途上国の都市においては今後人口が増えると共に一人当たりのGHG排出も増加していく状況にあり、そこでのGHGの削減の余地は極めて大きい。都市での温暖化対策の中にCDMとして成立するものも多く存在する。その場合、透明性・信頼性のある形でCDMを導入していくためには、客観的な評価基準の設置が必要であり、とりわけCDMプロジェクトを導入しない場合のGHGの排出を推定する「ベースライン」の設定が非常に重要である。

本研究は、今後、発展途上国の都市が環境に配慮し持続可能な発展を遂げるために、CDMとして成立しうる対策に関して、単一技術だけではなく、都市スケールでの対策を導入した場合の評価を行うことを目的とする。特に、同種のプロジェクトであっても対象都市の特徴によってベースラインの設定と認証排出削減量にどの程度差が出てくるかを示し、政策決定者・認証機関等の判断材料としていく。ケーススタディーとして都市システムの中で廃棄物発電を取り上げ、3つの異なる都市においてCDMとして導入するためのベースラインの設定とそれによる排出削減量の算出を行った。

2. CDMの概要

2. 1 CDMの大枠

京都メカニズムの一つであるCDMは、投資国（先進国）が発展途上国に資金と技術を移転し、ホスト国（途上国）内でGHG削減プロジェクトを行い、その削減量に応じた削減分、認証排出削減量（Certified Emission Reduction: CER）を獲得して自国の排出枠の削減量に入れることを認める制度である。途上国（非附属書I国）における持続可能な発展と、先進国（附属書I国）の目標達成への貢献という二つの大きな目的を持ち、先進国は削減分を目標達成に活用でき、途上国にとっても投資と技術移転の機会にすることができるというメリットがある。しかしCDMプロジェクトを行うことにより世界全体として総排出枠は増加するため、JIやETよりも厳しいチェックが必要とされる。

CDMとしての認可・指定・登録、そしてCERの検証・認証・発行は、COP/MOP（締約国会議）、CDM理事会（Executive Board: EB）、指定運営組織（Designated Operational Entity: DOE）が分担して行う。

CDMの概念的な適格性としては、公平性（equity）、包括性（comprehensiveness）、持続可能な開発（sustainable development）、気候変動への効果（climate change effectiveness）、追加性（additionality）、透明性（transparency）、非差別（non-discrimination）等が掲げられている。CDMとしていくつかの満たすべき要件を、COPにおいて議論中のものも含め以下に示す。

- ・ 「持続可能性」: CDMプロジェクトは途上国の持続可能な発展に貢献するものでなければならないこと。ホスト国⁴が判断する。
- ・ 「補完性（Supplementarity）」: CDMは先進国の数値目標の達成に向けた国内努力を補完するものであり、一定割合を超える利用はできない。
- ・ 「追加性（Additionality）」: CDMプロジェクトを行わない場合に生じる削減に加えて、追加的な排出削減があること。また、COPでは以下のような追加性も議論されている。
 - ・ 「環境保全における追加性」に関しては、リーケージも含めてGHG排出削減または吸収強化を定量化して求められること。
 - ・ 「技術的追加性」: ホスト国に適切な技術であり、利用可能な最高水準の技術標準に適合していること。

- ・ 「資金の追加性」:その他の条約での資金的約束より追加的で、ODA の流用であってはならないこと。

これらの追加性を客観的に評価するために、ベースライン (Baseline) を定める必要がある。ベースラインとは、「プロジェクトの排出削減量が追加的であること」を定量的に評価するための、「認証された事業活動がない場合」に当たるものである。

2. 2 ベースラインの重要性と難しさ

CDM プロジェクトはベースラインを基準としてその認定がなされ、CER は直接的にベースラインに依存する。ベースラインとは、そのプロジェクトが行われない場合に予測される GHG 排出量 (事業活動が実施されない場合の状況そのものや排出原単位をさす場合もあり、言葉の定義はまだ確立されていない) である。このベースラインよりも GHG 排出量が少なくなるようなプロジェクトでなければ CDM として認められない。そしてベースラインとの差をもとに投資する先進国が得る CER が決まる。

プロジェクトを導入しない場合の温室効果ガス予測を高めに設定した「甘い」ベースラインでは、各プロジェクトから生じるクレジットが増えると共に、「適格」であると認定されるプロジェクトの範囲が拡大する。ベースラインの排出量が高ければ高いほど CDM プロジェクトにより得られるクレジットは多くなるため、ホスト国、投資国ともベースラインを過大に見積もろうとするインセンティブが働く恐れがある (ゲーミングと呼ぶ)。この場合、認定を受けたプロジェクトが実際には GHG を削減し得ずに環境面で追加性を持たない恐れが出てくる。そのため、いかに第三者の目にとっても信頼性・透明性のあるベースライン設定するかが重要である。ただしあまりに厳密さを求めると手続きが煩雑になり、CDM プロジェクト本体以外での取引費用が高くなってしまい、CDM の普及を妨げる恐れがある。

3. 都市における CDM

マラケシュ合意により、原子力施設は当面 CDM に含まない、吸収源プロジェクトは第一約束期間では新規植林と再植林のみに限る、ということが決められた。現在 CDM プロジェクトとしては、製鉄所の効率改善、製油所効率改善、火力発電所効率改善、石炭から天然ガスへの移行といったような特に単一技術に注目する事例が多く実施されている。まずはそのような技術中心の小規模なものから CDM プロジェクトが進められていくと考えられるが、今後の CDM プロジェクトの可能性を考えた場合、単一技術のみならず様々な都市システムとして CDM を進めていくことが必要になり、またそのポテンシャルは大きい。

3. 1 都市システムに CDM を導入する場合の可能性と難しさについて

都市システムとして考えられる GHG 削減対策をあげ、CDM としての導入の可能性について考える。対策は最新技術でなければならないが、途上国においてということであって必ずしも日本国内での最新技術とは限らないことに留意が必要である。都市における GHG 削減対策は、エネルギー供給、省エネ、交通システム、廃棄物管理、熱環境対策、水管理など様々なシステムについて考えられる (図 1) が、そのうち、エネルギー供給と廃棄物管理に関するものを表 1 に示す。

都市システムに CDM の導入を考える場合の特徴を示す。まず、システム・バウンダリーの設定の重要性がある。CDM プロジェクトの影響が及ぶ範囲の境界線をひき、その範囲での排出量計算、環境影響評価を行うというものである。このシステム・バウンダリーの中で、ベースラインの排出量とプロジェクトを行った場合の排出量を比較し削減量を算出する。そして、モニタリングによる削減量の検証も必要である。都市システムを対象にした場合、影響の及ぶ範囲が広く絞りにくくなり、より複雑になってくる。それに伴うベースラインの設定も単一技術のみを考えた場合より複雑になる。また、ベースラインの設定は、都市の地域特性、現状、基本計画等に大きく依存する。クレジット (CER) の獲得については、都市システムの多くのプロジェクトはライフタイムが長い、クレジット獲得期間が長くなる。よって正確なクレジットの認定には配慮が必要である。現在は、

期間が10年間だけであれば見直しをせずに続けて獲得できることになっているが、そうでなければ7年間ごとの更新で最大2回(21年間)の更新が認められる。そして更新の際には、DOEがベースラインの見直しについて判断することになっている。

このように、都市においては多くの情報が必要でありながら不確定要素が多く、加えて途上国では正確なデータの入手が困難な中で、客観的な評価基準であるベースラインを適切に設定することが求められている。データや計画が不確実である場合、民間レベルでのCDMを促進するために、曖昧なまま妥協してCDMプロジェクトが行われる恐れがあり、客観的な視点で透明性・信頼性のあるベースラインの設定が必要となる。

表1：都市システム(廃棄物管理・エネルギー)にCDMを導入する場合の検討項目

大枠	項目	内容	CO2削減	他GHG削減	ベースラインの構成要素、標準化の可能性	追加性	環境への他の影響・効果	システムバウンダリ	モニタリング
廃棄物管理	廃棄物発電	埋立からのメタン削減、化石燃料での発電によるCO ₂ 削減	ある程度	大	ベースとなる燃料、排出要因・排出係数、効率向上対策	(スーパー・ごみ発電:コスト高)	ダイオキシン・大気汚染の可能性	導入地域(ごみの収集範囲)	廃棄物組成、CO ₂ 排出原単位
エネルギー・熱供給(発電)	バイオマス	生物系、廃棄物系	ある程度	大	ベースとなる燃料、自律的エネルギー効率向上対策、排出要因	畜産廃棄物・汚泥等のメタン発酵による発電		バイオマス収集、電気供給範囲	
	木質バイオマス	化石燃料使用分のCO ₂ 削減	小	ある程度	同上	ガス化しガスタービンで発電、燃料電池との組合せ	森林活性化、地域経済振興		
	燃料電池	化学発電システム(直接電気エネルギーに変換)、高効率	大	非常に大	ベースとなる燃料、自律的エネルギー効率向上対策	上記メタンでの発電、病院・ライフサポートへ	大気汚染物質の削減		
	太陽光発電	CO ₂ 排出なし	大	ある程度		高コスト			
	地域冷暖房	冷房CO ₂ の削減	ある程度	ある程度	ベースとなる燃料、エネルギー効率向上対策	地域システム		熱供給地域	
複合システム	複合システム	個別技術と都市構造を複数あわせたシステムによるGHG削減	非常に大	非常に大	エネルギー効率向上対策、排出要因	地域・都市循環システム			

項目	地域適性・技術的問題等
廃棄物発電	主な処分方法は埋立の地域。また、主要発電システムが石油・石炭の火力発電の地域。都市(その近郊)に設置、廃棄物量の確保、運搬、分別。熱需要があれば供給できる。
バイオマス	畜産廃棄物または下水汚泥の確保。ある程度の密度が必要。
木質バイオマス	設備投資大。木質バイオマス供給源。電力供給地の密度がある程度大。
燃料電池	水素確保(メタン、天然ガス)。
太陽光発電	日射の強いところで有効。設備投資大。
地域冷暖房	もともと世帯毎の冷房の地域。都市内で、ある程度の高密さが必要。新規設備のCO ₂ 排出量を入れると範囲をあまり広げられない(LCCO ₂)、配管等の問題。
複合システム	

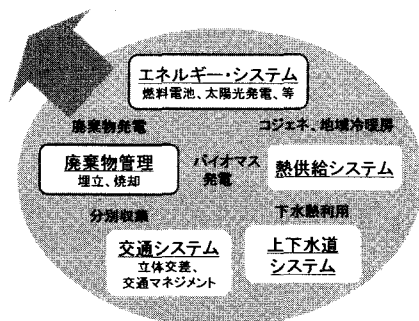


図1：GHG削減となる都市システム

4. ベースラインの設定について

現時点におけるベースラインの設定方法については、主に、それぞれのプロジェクト毎に個別に設定する方式と、各セクター・各技術等の排出特性別にある程度標準化して設定し、各プロジェクトの実施にあたってはその基準にあてはめる方式(マルチプロジェクト方式と呼ばれる)が提案されている。まずは従来の事業活動からベースラインが特定可能な場合はそれによって決定し、特定することが難しい場合はそれ以外の方法で推定するというのが基本的な考え方である。また、ベースライン自体の時間変化の必要性(設定の見直し)が議論されている。ベースラインがプロジェクト期間中に一定であるとする静的ベースラインと、ベースライン自体も変化していくという動的ベースラインがあげられる。これはプロジェクトの継続期間中にベースラインを再評価すべきかどうかという問題にも関わってくる。透明性、信頼性を強く求めれば実務が複雑でコストがかさむ上に、長期に

わたって安定してクレジットを獲得できないかもしれないという不確実性が増し、CDM として成り立ちにくくなり普及面でマイナスになる。逆に実務的に行きやすくクレジットの獲得安定性を高めて簡易な手続きにしすぎると、信頼性の低下を招くというトレードオフの関係があり難しい側面がある。透明性、信頼性を強く求めるとマルチプロジェクトで標準値を設定しておく項目がある程度ある方がよいと言われている。システム・バウンダリーの設定やリーケージの問題も、ベースラインの設定に関わる。^{3), 4)}

5. 廃棄物発電導入におけるベースライン設定のケーススタディ

本研究においては、都市の廃棄物発電導入を対象にしたケーススタディを行う。

5. 1 仮想都市の設定

都市システムの中で特に廃棄物発電の導入を取り上げ、主にアジアを中心とした発展途上国の都市を参考に、仮想都市を設定してケーススタディを行う。この場合、埋立からのメタン生成の回避、火力発電に伴う化石燃料の燃焼回避が期待される。ただしその反面、廃棄物中のプラスチックの燃焼による CO₂ が発生する。

ベースラインの設定方法をいくつか考え（ベースライン・オプションと呼ぶ）、CDM として検討し、またベースラインとの差異（排出削減量）を試算する。このケーススタディでは、実際の都市がおかれている状況によって、同種の対策であっても効果が異なること、またベースラインの設定の考え方によって得られる排出削減量が異なることを示すことを目的とした。そのため、用いるデータの厳密性にはこだわらず、むしろ都市による差が明確に出るように条件設定を行った。また、ここでは「ベースライン」という言葉で、GHG 排出の原単位レベルを表すこととし、ベースラインは期間中一定である静的ベースラインとする。

途上国の都市として、3つの都市 A 市、B 市、C 市を設定した。廃棄物発電を導入するにあたって、関連する項目として各都市の廃棄物処理・処分状況と電源構成をそれぞれ図 2、3、4 に示す。あわせて、それらの項目についての各都市の将来計画についても現実の計画を参考にしながら想定し、表 2 に示す。比較しやすいために廃棄物の組成は各都市同一とした⁵⁾。組成は、約 50%が食品廃棄物、約 20%が紙類、23%がプラスチックとなっており、残りの数%がゴム・皮革・木材・ガラス・灰という割合になっている。なお、衛生埋立と開放型埋立はメタンの生成の面では大きな相違がないので一括して埋立として扱った。

●A 市の廃棄物処理・処分状況は、埋立処分が主な処分方法で 70%を占めており、廃棄物処分の方針に関する将来計画でもこの方式の変更は特に考えないこととしている。電源構成については、ほとんどを石炭火力発電に頼っており、87%を占める。次いで水力発電が 5.7%となり、石油は 5.5%である。天然ガスは 0.6%と少ない。A 市の電力供給に関する将来計画は、既存の石炭火力発電の効率改善をしていくことが主にあげられている。

●B 市の廃棄物処理・処分状況は、主な処理・処分方法が焼却で 60%、埋立処理は 20%を占める。将来計画においてもこの処分方式の変更は特に考えていない。電源構成については、ほとんどすべてを化石燃料で供給しているが、その中でも天然ガスが 50%を占め、石炭、石油が各 24%という割合になっている。将来計画も特に定めておらず、大幅な変更はなく継続していくと考えられる。

●C 市の廃棄物処理・処分状況は、A 市と同じく 70%を埋立処分が占める。ただし、廃棄物処分の方針に関する将来計画では、焼却処理を増やしていくこととしている。電源構成については、83%を水力発電で供給しており、化石燃料の割合は小さい。ただし化石燃料の割合は石油、石炭、天然ガスの順となる。将来は人口増加が予測され、水力発電で不足する分を天然ガスで補うという計画がある。

表 2：廃棄物処理・処分、電力供給に関する各都市の将来計画

	廃棄物処分の方針に関する将来計画	電力供給に関する将来計画
A市	方式変更なし	石炭火力発電の効率改善
B市	方式変更なし	特に定めなし
C市	焼却処理を増やす	水力の不足分を天然ガスで補う

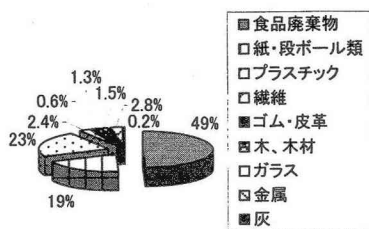


図 2：廃棄物構成

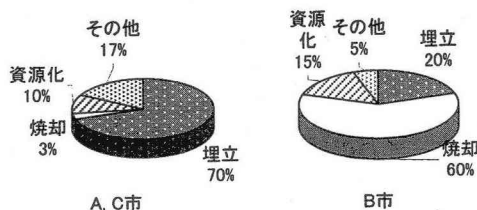


図 3：各都市の廃棄物処理・処分状況

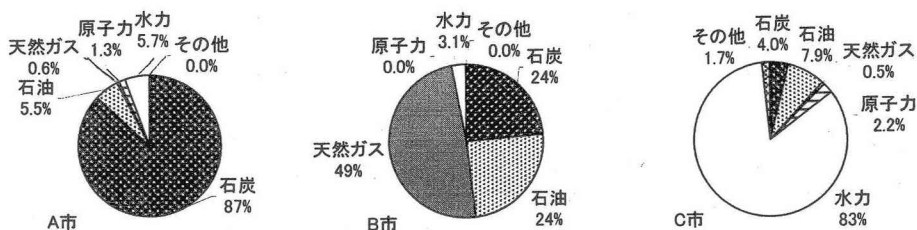


図 4：各都市の電源構成

5. 2 ベースライン・オプションのリストアップと排出削減量の計算

5. 1 の各都市の現況と将来計画を踏まえ、ベースライン・オプションをリストアップする。ベースラインは、まずは廃棄物処理の段階と、電力供給の段階に分けて考える。リストアップの方法としては、YES/NO でオプションを選択していく方式で考える⁶⁾。

(1) 廃棄物処理・処分に関わる各都市のベースライン・オプションと排出削減量

廃棄物処理・処分に関するそれぞれの都市のベースライン・オプションを、5. 1 での設定をもとに図 5 のリストアップ方法に沿って選び出す。A、C 市の現状は同じなので一緒に見ていくと、現状は埋立処分であり、廃棄物処理に関する計画は存在するが、廃棄物発電は優先的な計画ではないので、ベースラインとしては現状の処理方法（埋立処分）が継続するというオプションが有効であると考えられる。また、C 市に関しては焼却処理を増やしていくということなので、それを第一優先プロジェクトとするならば、焼却処理がベースラインになるというオプションもある。B 市は、焼却処理がそのままベースラインとなる。この部分だけで見ると CDM は成立しえないが、次の電力供給での検討もあるのでここでは他と同じようにオプションの一つとして入れておく。

このようにして得られた各都市のベースライン・オプションを考慮して、それぞれの GHG 排出量を廃棄物 1 トン当たりで算出すると、表 3 のようになる。ここでの計算は上記の廃棄物の構成（図 2）を元に計算している。埋立処分の場合は 50% のメタン回収・燃焼を行い、50% が大気中に排出されるとし、その埋立処分によるメタン排出分を CO₂ に換算して表した。また、焼却での CO₂ はプラスチック由来のものとして計算している。A、C 市の埋立からの GHG 排出は、B 市の焼却の 2 倍近くになった。

なお、廃棄物発電をするために焼却処理を行うときの GHG 排出量は 599(kgCO₂/t)となる。

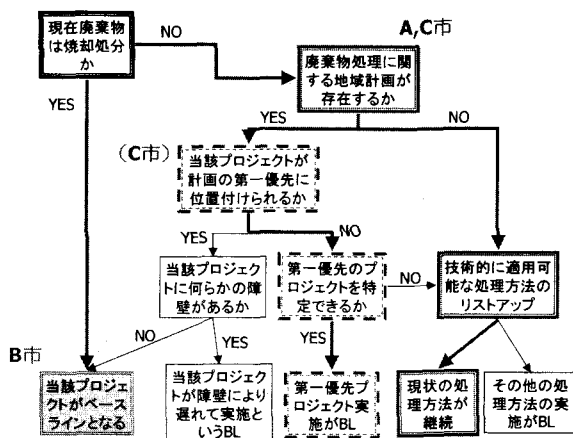


表 3：廃棄物処理・処分でのベースライン・オプションの各都市における値

(kgCO ₂ /t)	A市	B市	C市
現状の主要処理方法	942 (埋立)	599 (焼却)	942 (埋立)
優先的な計画	-	-	599 (焼却)

図 5：廃棄物処理・処分でのベースライン・オプションのリストアップ

(平成 12 年度 CDM/JI に関する検討調査 報告書⁶⁾ より改変)

(2) 電力供給での各都市のベースライン・オプションと排出削減量

電力供給面におけるそれぞれの都市のベースライン・オプションについても、(1)と同様にして、図 6 のリストアップ方法に沿って選び出していく。A-C 市は共に現在既に電力供給されている地域であり、電力供給に関する計画も存在している。ただし、廃棄物発電による電力供給は其中で優先的なものではないといえる。A 市では効率改善、C 市では天然ガスの導入が計画の主なものに入っている、それらを第一優先プロジェクトと考えるならば、ベースラインとなりうる。また、それらが第一優先計画とまでいかない場合、現在の状況をもとに予測すると、まず現在の主要電源をベースラインとするオプションが考えられる。この場合は、A 市では石炭火力発電、B 市では天然ガス、C 市では水力発電がそれぞれベースラインとなる。A、B 市においては、将来既存電源の発電効率が上がって二酸化炭素排出量が減少すると考え、ベースラインは現状を少し下回るという予測もありえる。また、主要電源だけではなく、各電源も含んだ全電源構成での重み付け平均をベースラインの設定方法とすることもオプションとして考えられる。

ここでさらに、新しく廃棄物発電を導入する際に、どの電源を優先的に代替していくのかということを考慮に入れると、ベース部分の発電を担う水力や原子力発電に代替して廃棄物発電が導入されるよりも、化石燃料にとってかわるという方が自然である。そうすると、ベースラインの設定方法としては、化石燃料のみの重み付け平均をとるという方法が考えられる。また、現在よりも効率が上がるとして、現在より低めに見積もるベースラインもオプションとしてありえる。

以上のベースライン・オプションを考慮して、表 4 にそれぞれにおける CO₂ 排出量を発電量 1kWh 当たりで表した。廃棄物発電を行わなかった場合は各ベースラインの発電において電力供給を行うと考えられる。したがって、廃棄物発電によりその CO₂ 排出量が回避されるとし、各ベースラインでの排出削減量を廃棄物 1 トン当たりで算出し、同じく表 4 に表した。ここでのベースラインの計算は、各都市の電源構成を元にしており、発電効率は表 5 の通りである^{7),8)}。ベースライン・オプションの中の、現状の主要電源の効率向上がベースラインとなる場合と、化石燃料の効率向上とし重み付け平均がベースラインになる場合については、同じく表 5 に掲げる効率改善があるとして計算を行った。廃棄物発電での発電量は、表 6 に示すように従来型での廃棄物発電と高効率での廃棄物発電の二種類を設定した。

主要電源をベースラインにするという設定方法をとると、A 市では石炭、B 市では天然ガス、C 市では水力となり、CO₂ 排出量に大きな差が出る。特に C 市では削減量がゼロとなるため、電力供給面では CDM として成

```

graph TD
    Q1[現在電力供給  
されている地  
域であるか] -- NO --> Q2[電力供給に関  
する地域計画  
が存在するか]
    Q1 -- YES --> Q3[電力供給に関  
する地域計画が存  
在するか]
    Q2 -- YES --> Q4[当該プロジェクト  
が計画の第一  
優先に位置付け  
られるか]
    Q2 -- NO --> Q5[技術的に適用可  
能な処理方法の  
リストアップ]
    Q3 -- YES --> Q4
    Q3 -- NO --> Q5
    Q4 -- YES --> Q6[当該プロジェクト  
に何らかの障  
壁があるか]
    Q4 -- NO --> Q7[第一優先のプロ  
ジェクトを特  
定できるか]
    Q6 -- NO --> Q8[当該プロジェ  
クトがベース  
ラインとなる]
    Q6 -- YES --> Q9[当該プロ  
ジェクトが障  
壁により遅  
れて実  
施という  
BL]
    Q7 -- YES --> Q10[第一優先  
プロジェクト  
実施が BL]
    Q7 -- NO --> Q11[技術的に適用可  
能な処理方法の  
リストアップ]
    Q11 --> Q12[現状の電力  
供給を  
向上させ  
て継続]
    Q11 --> Q13[既存の発  
電所の効  
率改善し  
て対処]
    Q11 --> Q14[計画等に位  
置付けられ  
た発電所  
の新設]
    Q15[技術的に適用可  
能な処理方法の  
リストアップ] --> Q16[電力需要  
場所へ分  
散型電源  
の新設]
    Q15 --> Q17[最普及型  
電源がBL]

```

(平成 12 年度 CDM/JI に関する検討調査 報告書⁶⁾ より改変)

	現状⇒効率改善	改善率(%)	
石炭	0.29	0.34	20
石油	0.27	0.30	10
天然ガス	0.34	0.38	10
原子力	0.27	0.27	0
水力	0.77	0.77	0

	発電効率 (%)	発電量 (kWh/t)
従来型発電	10	376
高効率発電	20	751

	電力供給でのベースライン (kgCO ₂ /kWh)			廃棄物発電による電力供給面でのCO ₂ 削減量					
	A市	B市	C市	従来型発電 (kgCO ₂ /t)			高効率発電 (kgCO ₂ /t)		
ベースライン・オプション	A市	B市	C市	A市	B市	C市	A市	B市	C市
現状の主要電源	1,038	0,615	0	390	231	0	780	462	0
	石炭	天然ガス	水力	石炭	天然ガス	水力	石炭	天然ガス	水力
現状の全重み付け平均	0.908	0.767	0.117	341	288	44	682	577	88
現状の化石燃料の重み付け平均	1,029	0,818	0.946	387	307	355	773	614	711
現状の主要電源の効率向上	0.865	0.559	0	325	210	0	650	420	0
化石燃料の効率向上とし重み付け平均	0.861	0.720	0.831	324	270	312	647	541	625
計画中の技術がBL	0.865	-	0.615	325	-	231	650	-	462
	効率改善	天然ガス	効率改善	天然ガス	効率改善	天然ガス	効率改善	天然ガス	

5. 2の結果をもとに、廃棄物処理・処分面と電力供給面を統合し、①埋立からのメタン排出の減少、②焼却処理によるCO₂発生、③廃棄物発電による電力供給時のCO₂減少、の3点に留意して、廃棄物発電を導入した場合の各都市の排出削減量(kgCO₂/t)を算出しグラフに表した。表7に、図で用いるペースライン・オプション一覧を示す。

ここでは廃棄物処理・処分をベースラインは現状の方式として比較する。主要な電源構成をベースラインとした場合の排出削減量は、従来型発電では A 市が一番大きく、次いで C 市、B 市となった。C 市は電力供給での削減量がゼロ（水力であるため）であったにも関わらず、B 市より高い値をとっているのは、埋立でのメタン排出抑制が大きく影響しているためである。ところが、高効率での発電にした場合、B 市が C 市よりも高い値を示した。これは、廃棄物発電を導入しない場合の B 市の化石燃料使用による CO₂ 排出量の割合が多くなり、C

市でのメタン排出抑制分を上回ったためである。

また、化石燃料のみの重み付け平均をベースラインとした場合には、C市はA市とほぼ同じくらいの値をとった。これは、化石燃料の中だけの割合でみると石油60%、石炭36%、残りが天然ガスとなり、石油・石炭由来の排出量が強く出た結果になっているためである。C市で将来計画の天然ガスの導入をベースラインとした場合にはそれよりも少し小さな値をとるが、B市のどの値と比べてもかなり高い値をとっていることがわかる。

よって、A市のように、埋立処分を行い石炭火力発電が主要であるような典型的な都市においては、大きな削減量が期待されることがわかるが、B市、C市のようなところにおいては、削減量は一概に決められず、ベースラインの設定方法と処理・処分状況、廃棄物発電の発電量により削減量の差が異なってくることがわかる。

表 7: ベースライン・オプション一覧

ベースラインオプション	(廃棄物)	(電力供給)
廃:現/電:主要 廃:現/電:全・重 廃:現/電:化石・重 廃:現/電:主要up 廃:現/電:化石・重up 廃:現/電:計画	現状の主要 処理・処分 方法	現状の主要電源 現状の全重み付け平均 現状の化石燃料の重み付け平均 現状の主要電源の効率向上 化石燃料の効率向上とし重み付け平均 計画中の技術がBL
廃:計/電:主要 廃:計/電:全・重 廃:計/電:化石・重 廃:計/電:主要up 廃:計/電:化石・重up 廃:計/電:計画	将来計画の 処理・処分 方法	現状の主要電源 現状の全重み付け平均 現状の化石燃料の重み付け平均 現状の主要電源の効率向上 化石燃料の効率向上とし重み付け平均 計画中の技術がBL

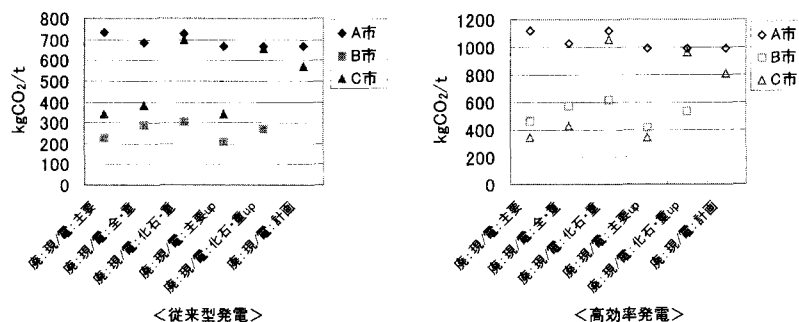


図 7: A-C市の各ベースライン・オプションにおける排出削減量

(2) 各都市ごとに見た、異なるベースライン設定での排出削減量の変化 (図 8)

次に、A～C市それぞれの都市に注目してベースラインによる排出削減量の比較を行う。

A市では、埋立と石炭由来の電力の削減により大きな値をとっている。全電源の重み付け平均がベースラインになると、少し減るが依然高い値をとっている。電力供給のベースラインで、主要電源の効率改善と将来計画での火力発電の効率改善も同じく20%としたので、ここでの削減量もどちらの項目とも同じ値になっている。従来型発電と高効率発電での差は大体325～390 (kgCO₂/t) となった。

B市はA市に比べると削減量は小さい。天然ガスが主要電源でベースラインとなる場合には、他の化石燃料よりも小さな削減量となる。将来化石燃料の効率改善が行われ、主要電源である天然ガスがベースラインとなったときには、かなり低い値をとることになる。逆に発電の約98%が化石燃料であるために、全電源での重み付け平均をベースラインとした場合には、50～100 (kgCO₂/t) ほど削減量が大きくなる。また、従来型発電と高効率発電とでは差が210～300 (kgCO₂/t) 程度となった。

C市においては、A市、B市と比べて各ベースラインによる相違が大きい結果となった。これは一つに、廃棄物処理・処分方式において埋立 (現状) または焼却 (将来計画) というオプションをとりえ、両者の間にはGHG排出量に大きな差があるためである。そしてもう一つに、電源構成においても水力発電 (現主要電源) または天

然ガス（将来導入）というオプションがあり、どちらをベースラインに採用するかによって GHG 排出量に大きな差が出るためである。まず、電力供給面で水力発電または全重み付け平均をベースラインとしたとき、廃棄物処理・処分において焼却処理に重点がおかれた場合は、廃棄物発電が CDM として成立する余地はない。この場合は廃棄物発電だけでなく、他の化石燃料の効率改善プロジェクトや比較的効率のよい天然ガスの導入といったエネルギーに関わる多くのプロジェクトが CDM として成立しないことになる。しかし、先にも書いたように、廃棄物発電により代替される電源として水力発電は考えにくく、むしろ化石燃料使用分が代替されていくのではないかというのが妥当な考え方である。こちらをベースラインに設定した場合には、化石燃料に重点がおかれるので、非常に高い削減量が予測されることになる。高効率での発電を行う場合には、1,000 (kgCO₂/t) を超える削減量が見込まれることになる。また、埋立と焼却のどちらがベースラインとして決まるかによって、約 340 (kgCO₂/t) の差が生まれる。実際にベースラインを設定する場合には、このように排出削減量に大きな差が出る可能性があるということを認識し、慎重に選択していくことが必要であろう。

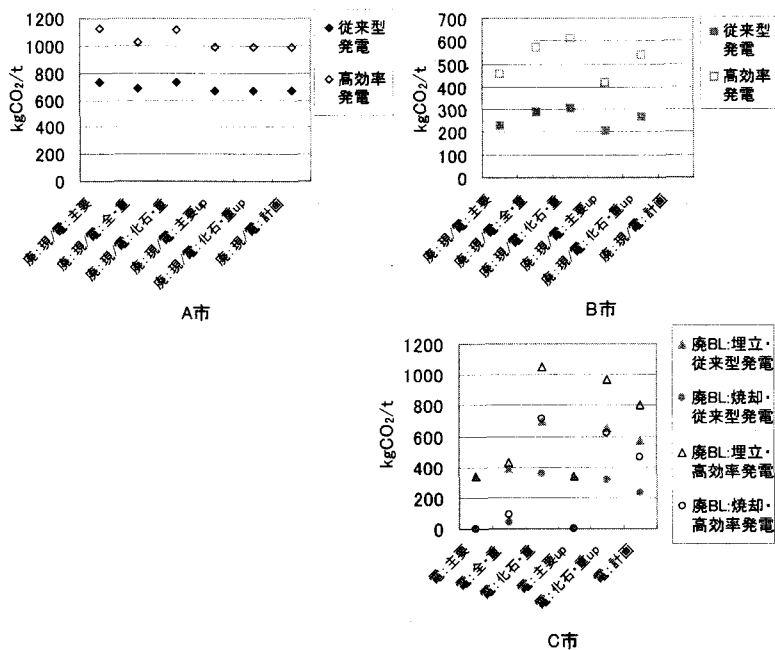


図 8：都市ごとにみた、ベースラインと発電の種類による削減量の差

5. 4 B市において廃棄物の分別を徹底させた場合

B市は、既に焼却処理が主要な廃棄物処理になっているが、分別処理を徹底させ、焼却する廃棄物へのプラスチックの混入を防止した場合について排出削減量を計算し、図 9 に示した。B市において焼却処理の前段階で分別を徹底した場合、プラスチック由来の CO₂ が減るので、CO₂ 排出量は 32.4 (kgCO₂/t) まで減少する。そうすると、現在の焼却処理のみのままだでも 567 (kgCO₂/t) の削減が見込まれ、CDM として成立する可能性が出てくる。さらに、廃棄物発電を行った場合

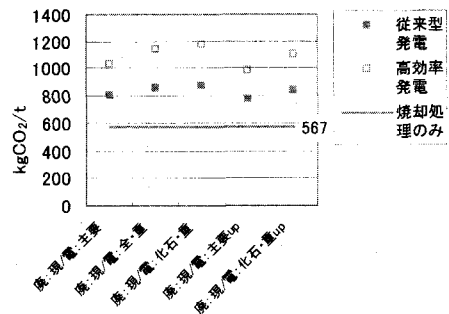


図 9：B市で分別を徹底させた場合の削減量

には5. 3でのA市での排出削減量に匹敵する高い排出削減量が見込まれる。

以上から、同じ廃棄物発電のプロジェクト、同じベースライン設定方法を導入するとしても、A市のように大きな削減量を期待できる場所もあれば、B市のように小さな削減量が予測される場所もあり、都市の状況によって差が生まれることがわかった。さらに、C市のようにベースライン・オプションによって大幅に排出削減量が変わる可能性のある都市もあることがわかった。そして、廃棄物処理・処分のみや電力供給のみでベースラインを下回らず、単独ではCDMにならない場合でも、都市システムとして複合させた場合にCDMとして成立しうる可能性があることもわかった。

6. まとめ

廃棄物発電の仮想的ケーススタディを行った本研究から、以下のことがわかった。

- 同じプロジェクト、ベースライン設定方法でも、ホスト国の特徴（政策・開発計画・現状・資源状況）によってCDMが成立しうるかどうか異なる。さらに、排出削減量にかなり差が出る。
- 一つの都市でも、ベースラインの設定によって排出削減量異なる、すなわち獲得できるCERに差が生まれる。
- 都市システムとしてGHG削減をすることで、単一技術のみではCDMとして成立しえなかったものがCDMとして活用される可能性がある。

これからの課題としては、都市システムとして排出原単位で出したものを、CERとして認定されるためにどのように総量での比較をしていくかということがあげられる。つまり、都市における人口の増加予測、一人当たりのエネルギー消費量の増加、それによる将来のエネルギー需要増加をどのように的確に予測し、排出削減量を予測していくかということである。また、都市システム導入の際の他の環境面への影響、新規施設を導入した場合の影響評価・コスト計算などを含めた検討が今後の課題としてあげられる。

謝辞

本論文を書くにあたり、途上国の廃棄物処理・処分に関わるデータについて東京大学大学院Ms. Mara Mendesにご協力頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) UNFCCC サイト: <http://unfccc.int/> <http://maindb.unfccc.int/library/> Marrakesh Accords
- 2) 環境省地球環境局: 自主協定検討会報告書、平成13年6月21日
- 3) OECD Environment Directorate and International Energy Agency: Options for project emission baselines, 2000
- 4) ベースライン研究会（事務局: GISPRI, MRI）: ベースライン研究会報告書、平成12年2月
- 5) George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil: Integrated Solid Waste Management – Engineering Principles and Management Issues, McGraw-Hill, Inc.
- 6) パシフィックコンサルタンツ株式会社: 平成12年度CDM/JIに関する検討調査報告書、平成13年3月
- 7) EDMC: エネルギー・経済統計要覧1998年版、省エネルギーセンター
- 8) SRU-250-E, Bern, Switzerland

ⁱ 非附属書I国: 条約を批准した国のうち附属書Iに明記されていない締約国。途上国。特定の排出義務は負わない。

ⁱⁱ 附属書I国: 条約を批准し、数値目標の達成が義務づけられている先進国、経済移行国。

ⁱⁱⁱ ホスト国: 途上国（非附属書I国）で、京都議定書を批准している国。CDMを担当する政府機関が必要。

