

B-51 CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oのインベントリーの精緻化と開発中核技術の内外への普及

(9) CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O抑制対策中核技術の汎用化、普及手法の最適化とインベントリーの精緻化、充実化のための総合評価に関する研究

環境省 独立行政法人国立環境研究所

循環型社会形成推進・廃棄物研究センター バイオエコエンジニアリング研究室

稲森悠平・水落元之

東北大学大学院工学研究科

西村 修

筑波大学農学研究科

松村正利

東北学院大学工学部

遠藤銀朗

早稲田大学理工学部

常田 聡

平成12年度～14年度合計予算額 75,812千円

(うち、平成14年度予算額 25,192千円)

[要旨]

本研究プロジェクトで検討されているCH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oの排出抑制対策技術をモデルケースとし、温室効果ガスの費用対効果や削減ポテンシャルを算出し、間接影響も含め対策技術の適用可能性を総合評価する手法を開発した。まず、各対策技術に対する費用対効果を検討した結果、畜産における飼養技術の改良は、導入により収益も増加することがわかった。また「汚泥の燃焼方法の変更」「基肥の変更」では200～300g-CO<sub>2</sub>・円<sup>-1</sup>、「補助燃料ガスの燃焼装置への吹き込み」「生活排水処理の変更」は10g-CO<sub>2</sub>・円<sup>-1</sup>程度となった。国内の削減ポテンシャルは、「乳牛の生産性向上」「肥育牛の生産性向上」「自動車触媒の改良」「汚泥の燃焼方法の変更」で1,000Gg-CO<sub>2</sub>を超えることが明らかになった。ここで、対策技術を実用性、適用性という観点から定量化が困難な波及効果等を考慮した総合評価手法を開発した。

評価は、対策技術固有の特性を評価するフェーズと、受入地域の特性を評価するフェーズに分離し、前者では、「実施要件」「温暖化」「事業への影響」「環境影響」「経済・社会への影響」といった共通の評価項目それぞれに、3～5段階程度のポイントを与えて評価することとした。後者では、前者に対応する分野で評価項目を設定し、地域における問題の重要性をポイント化し、重み付けに利用し、地域における対策技術の価値を評価できるようにした。温暖化以外の影響も含めた総合評価では、公的統計の主成分分析から、「温暖化」「都市環境」「農業環境」「経済社会」について、86カ国の地域における問題の重要度を示すポイントを算出した。日本と中国のポイントを用いて総合評価を行ったところ、両国とも「生活排水処理の変更」といったインフラ整備および環境改善に係る分野での評価が高いものとなり、「ポイント化と重み付けの手法」の導入により、対費用効果のみでは評価が困難であった地域特性を反映しつつ、温暖化以外の影響を含む総合評価の可能性が展開した。

インベントリの精緻化・充実化を目的とした各排出源における排出係数の不確実性の評価を行うために、IPCCのGood Practice Guidanceに示された不確実性評価を基礎とし、本プロジェクトの各サブテーマでの成果を導入することで、プロジェクトの推進により排出量推計の

不確実性がどれだけ低減したかを評価するシステムを検討した。ここで、従来の排出量推計の不確実性は、一般に過小評価される傾向にあることから、過去の不確実性評価の結果と最新の研究成果に基づく不確実性評価を直接比較すると、研究の進展により不確実性が増大する可能性があり、最新の知見に基づいて過去の排出量推計の不確実性を再評価し、それを基準とした上で、研究成果の不確実性低減効果を評価することとした。これらにより、客観的な不確実性の比較評価が可能となった。また、本手法の開発を通じて、現在のIPCCの不確実性評価を用いた場合、今後の研究の進展によって低減されうる不確実性（測定誤差等）と、研究が進捗しても低減されない不確実性（実際の分布の分散が大きい場合）が混同される、という課題も明らかになり、この低減される不確実性・低減されない不確実性について綿密に吟味する必要があることが明らかになった。

[キーワード] 技術評価、影響評価、費用対効果分析、主成分分析、不確実性評価

## 1. はじめに

CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>OはCO<sub>2</sub>に次ぐ主要な温室効果ガスであり、COP3でも今後の削減目標が設定され、その達成に向けた取り組みが緊急の課題となっている。削減目標達成に向けたアクションプランの作成には、排出量の解明と、重点的に対策を講ずる必要のある、ポテンシャルの高い排出源を特定することが重要である。

しかし、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oの排出源における温室効果ガス削減のポテンシャルは、十分に解明されていないのが現状である。また排出実態を捉えるためのインベントリでも、未解明な点が多い。したがって、各排出源における排出量の精度および対策技術の削減効果に関する検討は重要な位置づけとなる。このような背景から、本研究では本プロジェクト研究で検討されている各人為的排出源におけるCH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O排出抑制対策技術に関する研究と、インベントリの精緻化・充実化に関する研究を、それぞれ評価するための手法を開発し、プロジェクトの総合的な取りまとめを行うこととした。なお排出抑制対策技術の評価においては、これまでに開発された対策技術をアジア太平洋地域に展開していくことを視野に入れ、それぞれの地域での受入を考慮した評価手法を検討した。

## 2. 研究目的

### (1) 温室効果ガス排出抑制技術の評価方法に関する検討

本研究では、わが国でこれまでに開発されてきた対策技術について、効果やコストなどの詳細情報を把握してとりまとめるとともに、対策技術の特性に応じた適切でわかりやすい評価手法を提案し、総合的な評価を試みることを目的とする。特に、本プロジェクトで開発されたCH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oの排出抑制対策技術を対象に試行し、実用に足る手法とすべく検討した。

### (2) インベントリの精緻化、充実化のための総合評価に関する検討

本研究では、インベントリにおける排出推計の精緻化・充実化のために実施されてきた研究を比較評価するための評価手法の開発し、本プロジェクトのサブテーマで開発・提案された研究成果を実際に評価することを目的とする。手法構築に当たっては、IPCCがGood practice

guidanceにおいて検討を進めている、インベントリの不確実性評価の方針に準拠した。

### 3. 研究方法

#### 3. 1 温室効果ガス排出抑制技術の評価方法に関する検討

##### (1) 評価の基本的考え方

###### ①費用対効果による評価

本研究では、まず対策技術によるCH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oの排出抑制効果とその導入・実施に必要なコストから費用対効果の算出を行った。費用対効果は評価手法として一般にも受け入れられやすく、多様な対策技術を統一的に評価する指標として最もわかりやすいというメリットがある。また、仮にわが国において当該技術を最大限に導入した場合の温室効果ガス削減量（削減ポテンシャル）を推定した。

###### ②間接影響まで含めた総合的評価

本研究は、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O排出削減のための対策技術を対象としたものであることから、その主要な目的から考えると温室効果ガスの排出抑制効果を最も重視して評価することが自然である。しかしながら、こうした対策技術はCH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oを排出する社会経済活動において適用されるものであるため、必要となるコストや労働力などによって適用しやすさが異なってくることが予想される。また、対策技術の適用により、その社会経済活動の本来の活動が妨げられる恐れや、温室効果ガスの排出は抑制されても、他の環境汚染を引き起こす恐れもないとはいえず、対策技術を適用する際は、こうした影響も十分に考慮しておく必要がある。

こうしたことを踏まえると、直接的な温室効果ガス排出抑制効果ばかりでなく、費用対効果、他の環境問題への影響やその他の波及効果についても含めた様々な視点からの評価を行うとともに、これらの評価結果を集約した総合的な評価を行い、各対策技術の適用可能性を順位づけるなどの検討を事前に行っておくことは、対策技術を効果的に普及させていく上で大変有意義である。このため本研究では、ある地域に対策技術を適用しようとする場合において、対策技術に関連する様々な影響・効果について総合的に評価できる手法、特に評価の枠組みを開発することを目的としている。

##### (2) 対象とする対策技術

評価方法の検討に当たっては、本研究プロジェクトで検討され、実施可能としてこれまでに抽出された以下の排出抑制対策技術を対象とした

	対策技術
①	乳牛の生産性の向上
②	肥育牛の生産性の向上
③	反芻家畜に与える飼料構成の改善
④	機械化バッチ式ごみ焼却プロセスの変更
⑤	基肥の全層一様施肥から溝施肥への変更
⑥	触媒の改良
⑦	補助燃料ガスの燃焼装置への吹き込みによる部分高温化および燃料の前処理と2段燃焼法
⑧	生活排水処理プロセスの変更
⑨	汚泥焼却炉の燃焼方法の変更

### (3) 分析方法

対策技術ごとに、その適用方法（前提条件）を設定し、それに基づいて評価項目を設定した上で、費用対効果による評価、および間接影響まで含めた総合的評価を実施した。費用対効果による評価で設定した前提条件は表 1 に示す通りである。

表 1 費用対効果の前提条件

	対策技術	前提条件
①	乳牛の生産性の向上	生産性向上による乳牛から 4% 乳脂補正乳 (FCM) 量の増加について 3 ケースを設定し、 $CH_4$ 発生量の変化を推定した。また FCM 量の増加によって飼養頭数が減少するものとして必要経費の変化について推定した。
②	肥育牛の生産性の向上	生産性向上による肉用牛の成長速度に応じて 3 ケースを設定し、 $CH_4$ 発生量の変化を推定した。また成長速度の向上に応じた飼養頭数の減少と一頭あたりの飼料費の増加から必要経費の変化について推定した。
③	反芻家畜に与える飼料構成の改善	乳牛に対して脂肪質肥料の多給、あるいは粗飼料中の可消化炭水化物 (TDN) 量の増加という 2 ケースの飼料改善を想定して、 $CH_4$ 発生量の変化や、飼料改善による費用増加等を考慮して費用対効果を推定した。
④	機械化バッチ式ごみ焼却プロセスの変更	焼却プロセスを「埋火方式」(ごみを残したまま消火) から「燃し切り方式」(ごみをすべて燃やしてから消火) に変更した場合の $CH_4$ 発生量の減少について推定した。
⑤	基肥の全層一様施肥から溝施肥への変更	ハクサイ栽培において、尿素肥料の全面全層施肥、尿素肥料の溝状局所施肥、被覆尿素肥料の溝状局所施肥の 3 ケースを想定し、さらに溝状施肥のためのトラクター導入も考慮した $N_2O \cdot CO_2$ 発生量の変化、人件費や農機具費の変化を推定した。
⑥	触媒の改良	自動車 (三元触媒車) の排ガス用触媒について、金属担持量を変えた場合を想定して、 $N_2O$ 発生量の減少について推定した。
⑦	補助燃料ガスの燃焼装置への吹き込みによる部分高温化および燃料の前処理と 2 段燃焼法	下水汚泥の焼却において、補助燃料ガスの吹き込み量や燃料前処理の有無により 3 ケースを設定し、それぞれの $N_2O \cdot CO_2$ 発生量の変化や、燃料費や減価償却費 (前処理施設) の増加について推定した。
⑧	生活排水処理プロセスの変更	戸別合併処理浄化槽において嫌気好気プロセス (DO 制御式等) を改善した場合を想定し、 $N_2O$ 発生量の減少や、設備費、電力・エネルギー費、消耗品費、メンテナンス費等の増加について推定した。
⑨	汚泥焼却炉の燃焼方法の変更	下水汚泥の焼却において、燃焼温度を設計温度より $50^\circ C$ 上昇させた場合を想定し、 $N_2O \cdot CO_2$ 発生量の変化、電力・エネルギー費、消耗品費、メンテナンス費等の増加について推定した。

## 3. 2 インベントリの精緻化、充実化に関する研究の総合評価

### (1) 評価の基本的考え方

インベントリでの排出量推計に用いられる排出係数や各種パラメータは、様々な研究で発表された測定結果を統計的に処理することで設定されている。IPCC の Good Practice Guideline では、これら排出係数やパラメータの不確実性を評価するために、まずこれらの設定に用いられた実際のデータの確率密度関数を定めるよう求めている。次に、この確率分布が正規分布ならば標準偏差を、三角分布なら (上限値) - (最尤値) または (最尤値) - (下限値) のうち大きな値に 0.95 を乗じた数値を、と不確実性として採用すべき統計量を定めている。ここで、最尤値とは、「最も尤 (もっとも) らしい値」のことで、IPCC Good practice guidance

に示されたmost likely valueを指す。Expert judgmentや研究の成果から最尤値を求め、これを最頻値として排出係数やパラメータの分布を仮定している。

本検討では、このように定められた排出量推計の「不確実性」が、各サブテーマの研究成果を推計に反映される前とさせた後で、どの程度変化したかを明らかにする。

## (2) 評価の対象とする研究

評価方法の検討に当たり、本プロジェクトの研究成果から表2に示した人為的排出源を抽出し、評価手法の開発および検討に供した。

表 2 本研究で取り上げた、インベントリの精緻化・充実化研究

研究内容
(1) 下水汚泥の燃焼による $N_2O$ の排出係数
(2) 自動車の三元触媒からの $N_2O$ の排出係数
(3) 亜硝酸型処理を採用する下水最終処理からの $N_2O$ 排出係数
(4) 農耕地土壌（畑地）からの $N_2O$ の直接放出の排出係数
(5) 農耕地土壌（畑地）からの $N_2O$ の間接排出のパラメータ
(6) 家畜糞尿処理過程からの $CH_4$ 、 $N_2O$ の排出係数

## (3) 必要な情報の収集方法と整理

最初に、各排出源から示される数値が、排出量推計とどのように関係しており、実際にはどの排出係数またはパラメータに該当するのかを、ここでは特定した。次にこれらをIPCCに準ずる方法で統計処理し、定量評価するために、実際に使用された測定データ・実験データを収集した。また、不足する情報を補足するため、研究者によるExpert judgmentも適宜用いた。このように該当する研究を中心として収集されたデータを補完し、また検証するために、引用文献を中心に関連研究の情報も収集した。

従来の排出量推計の不確実性については、各研究が対象とする排出源の従来のインベントリ推計方法、IPCC default値を用いた推計方法、既存の関連研究による推計、その他の公的な検討結果のうち、入手可能な情報を利用した。

## 4. 結果および考察

### 4. 1 温室効果ガス排出抑制技術の評価方法に関する調査

#### (1) 費用対効果をベースとした評価

前述のとおり、対象とする対策技術は、 $CH_4$ 、 $N_2O$ の排出を抑制する効果のほか、本来目的への影響や、波及効果を及ぼす可能性があるが、その影響範囲は対策技術によって異なっていると考えられる。

このため本評価手法では、それぞれの対策技術に関して、表 3に示すように研究の目的、プロファイル（前提条件）、進捗度、期待される効果等について十分に把握し、これらのうち定量化が容易な表 4に示す項目を用いて費用対効果を分析する枠組みを構築した。

定量化が困難な項目については費用対効果の計算に算入できないため、表 4に示す項目とあわせて対策技術ごとに整理し、容易に比較検討ができるようにした。

表 3 把握を行った主な項目

費用対効果をベースとした評価	ポイント化と重み付けによる評価
<ul style="list-style-type: none"> <li>* 対策技術の詳細</li> <li>* 研究の最終目的および進捗度</li> <li>* 研究のプロファイル（前提条件）</li> <li>* 作業・管理必要量、物資（消耗品・設備）必要量の対策技術導入前後での変化</li> <li>* 対策技術導入の効果（温室効果ガス削減効果、本来目的への影響、その他波及効果）</li> <li>* その他</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 対策技術固有の特性データ（「費用対効果をベースとした評価」の各項目）</li> <li>* 受入地域の特性データ               <ul style="list-style-type: none"> <li>・各国の「温暖化」に関連する指標群（17指標）</li> <li>・各国の「環境」に関連する指標群（50指標）</li> <li>・各国の「経済・社会」に関連する指標群（34指標）</li> </ul> </li> </ul>

表 4 費用対効果分析において評価した項目

	項目	内容
費用	物件費	耐久財にかかる費用 （インフラ構築、設備購入など）
		消耗品にかかる費用 （備品、メンテナンス、エネルギー・水利など）
	人件費	既存の種類の変動量変化にかかる人件費
		新規に必要な変動量変化にかかる人件費
効果	温室効果ガス排出削減効果	
	システムの本来目的への影響	量に関する影響 （農作物の収穫量、廃棄物処理量など）

各対策技術について、費用対効果を算出した結果を表 5に示す。各対策技術の費用対効果については、「①乳牛の生産性の向上」「②肥育牛の生産性の向上」「③反芻家畜に与える飼料構成の改善」に、対策技術の導入により収益も増加する「Win-win」の関係があることがわかった。他の対策技術については、およそ0～300g-CO<sub>2</sub>/円の範囲で分布しており、「⑨汚泥焼却炉の燃焼方法の変更」「⑤基肥の全層一様施肥から溝施肥への変更」は200～300g-CO<sub>2</sub>/円と、「⑦補助燃料ガスの燃焼装置への吹き込みによる部分高温化および燃料の前処理と2段燃焼法」「⑧生活排水処理プロセスの変更」は10g-CO<sub>2</sub>/円未満となった。

これらを基に国内での削減ポテンシャルの計算上の可能量を求めた結果、CH<sub>4</sub>については「①乳牛の生産性の向上」「②肥育牛の生産性の向上」では1,000Gg-CO<sub>2</sub>程度の削減ポテンシャルに、「④機械化バッチ式ごみ焼却プロセスの変更」では0.060Gg-CO<sub>2</sub>程度の削減ポテンシャルとなった。N<sub>2</sub>Oの削減ポテンシャルについては「⑤触媒の改良」「⑨汚泥焼却炉の燃焼方法の変更」では1,000Gg-CO<sub>2</sub>程度、「⑤基肥の全層一様施肥から溝施肥への変更」「⑧生活排水処理プロセスの変更」では100Gg-CO<sub>2</sub>程度となった。

これらの結果から、「①乳牛の生産性の向上」「②肥育牛の生産性の向上」は費用対効果が対策と本来目的である生産との間で「Win-win」の関係を構築できる可能性が示唆された。

このように一義的に対費用効果の算出から削減ポテンシャルを求めることが可能となった

が、以上の検討結果は温室効果ガスの排出抑制効果と対策技術の導入・実施に必要な費用のみから得られた結果であり、極端な場合、「絵に描いた餅」となる可能性もあることから、その他波及効果など定性データも含めた評価が総合的な評価を行うためには必要である。

表 5 分野別の各対策技術の費用対効果と国内の削減ポテンシャル

	対策技術	対象ガス	費用対効果 [g-CO <sub>2</sub> /¥]	削減量 [Gg-CO <sub>2</sub> ]	国内の削減ポテンシャル*		
					カテゴリー規模別の排出量に対する比率 [%]		
					最小カテゴリー	カテゴリー	全排出源
①	乳牛の生産性の向上	CH <sub>4</sub>	—**	1,400	40% (乳牛)	8.5% (農業)	4.8%
②	肥育牛の生産性の向上	CH <sub>4</sub>	—**	1,100	34% (肉牛)	6.6% (農業)	3.8%
③	反芻家畜に与える飼料構成の改善	CH <sub>4</sub>	—**	170	4.9% (乳牛)	1.0% (農業)	0.58%
④	機械化バッチ式ごみ焼却プロセスの変更	CH <sub>4</sub>	—	0.060	30% (廃棄物の焼却)	0.0033% (廃棄物)	0.00021%
⑤	基肥の全層一様施肥から溝施肥への変更	N <sub>2</sub> O	210	13	1.3% (農耕地土壌)	0.64% (農業)	0.064%
⑥	触媒の改良	N <sub>2</sub> O	—	1,000	23% (自動車)	22% (運輸)	4.9%
⑦	補助燃料ガスの燃焼装置への吹き込みによる部分高温化および燃料の前処理と2段燃焼法	N <sub>2</sub> O	0.084~9.7	256	10% (流動床炉：燃料の燃焼、廃棄物の焼却)	2.8% (工業、廃棄物)	1.3%
⑧	生活排水処理プロセスの変更	N <sub>2</sub> O	1.6~1.9	81	—	4.4% (廃棄物)	0.40%
⑨	汚泥焼却炉の燃焼方法の変更	N <sub>2</sub> O	270	1,044	57% (廃棄物の焼却)	57% (廃棄物)	5.1%

\* :ここに示した削減技術は、各削減技術を単独に導入した場合の削減ポテンシャルを示してある。同一排出源に対して2つ以上の対策技術を適用した場合の効果については、削減効果を2重計上しないように注意する必要がある。

\*\* :削減技術を導入することにより収益性が向上し、技術導入に係る費用よりも多くの収益を得ることが出来るため費用対効果の算定を行わないこととした。

## (2) ポイント化と重み付けによる評価

### ①総合的評価手法に関する検討

「費用対効果をベースとした評価手法」では、費用対効果を算出することによって、各対策技術を定量的に比較検討することが可能となった。

ところが、定量化が困難な波及効果に関連する項目等定量データを得られない指標については費用対効果の計算に算入できないため、総合的な評価を一元的な指標で示すことは難しいという点が課題として残る。また、対策技術を導入する地域の特性によっても各対策技術の持つ重要性は異なってくると考えられるため、これを反映する枠組みを構築する必要がある。これらを克服するため、本研究ではポイント化と重み付けの概念を取り入れた評価の枠組みを開発した。

この枠組みは、対策技術の受入地域をあらかじめ想定した上で定量データと定性データを総合的に一元的な指標で評価する枠組みである。評価フローは図 1に示す通りであり、対策

技術固有の特性評価と受入地域の特性評価という2つの流れによって構成されている。

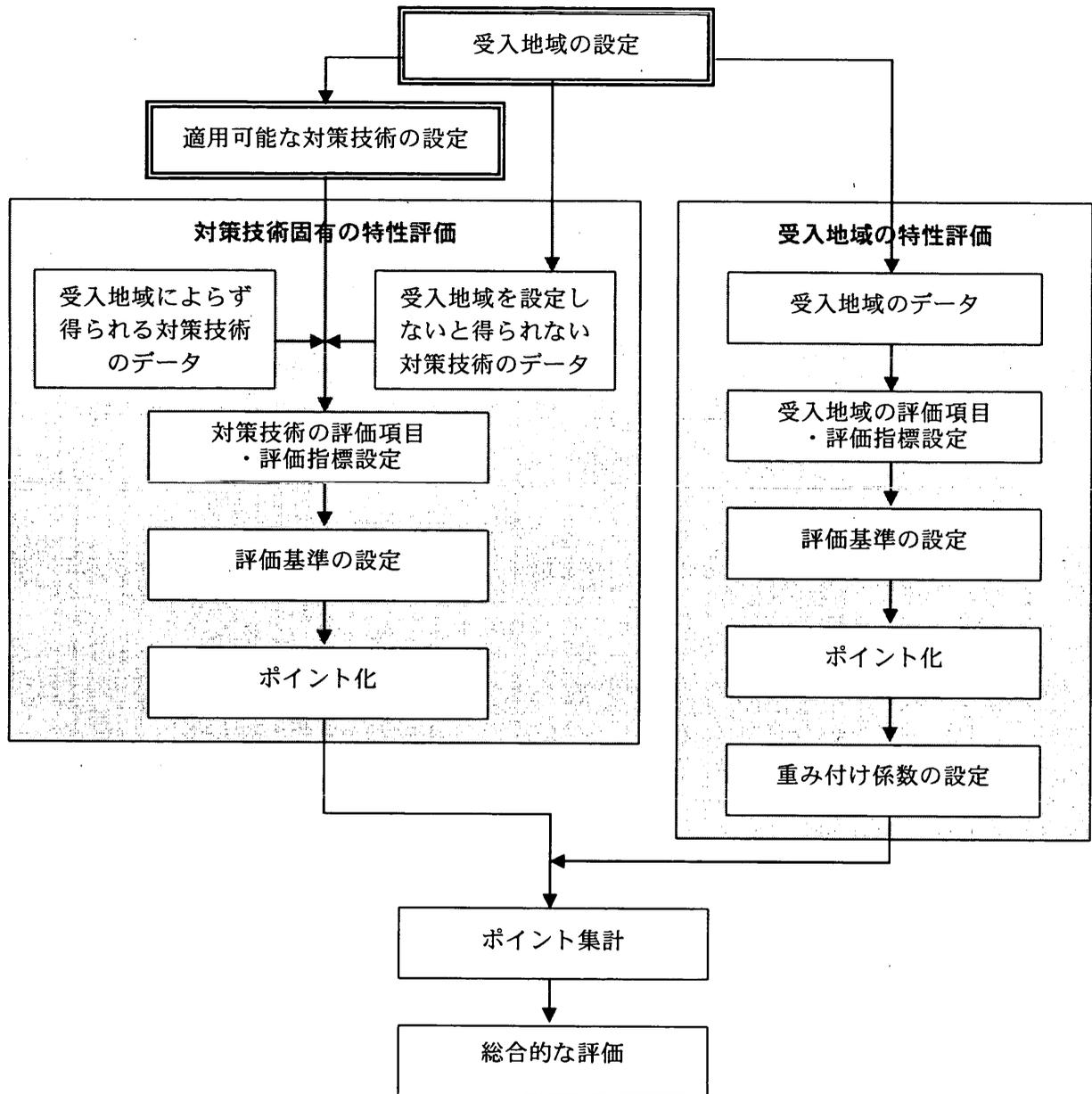


図 1 対策技術の評価フロー

対策技術固有の特性評価では、想定した受入地域において明らかに適用できない対策技術を除外した上で、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oの排出抑制、本来目的への影響、その他の波及効果に関する各評価項目について、対策技術ごとに得られる定量データ、定性データに対し、あらかじめ設定した一定の基準に基づいて決められたポイントを付与する（対策技術固有の特性評価）。

評価項目は対策技術がもたらす各影響を考慮した結果、表 6に掲げる5分野14項目となった。これらのうち「2-1削減ポテンシャル」「2-2費用対効果」についてはこれまでに検討された定

量データが利用可能となるが、それ以外の項目については、定量化が基本的に困難であることから定性データを用いた。

表 6 分野別の対策技術の評価項目

評価分野	評価項目	
1. 対策技術の実施要件	1-1	熟練技術の必要性
	1-2	専門知識の必要性
	1-3	必要な経費
	1-4	必要な労働力
2. 温暖化への影響	2-1	削減ポテンシャル
	2-2	費用対効果
3. 事業への影響	3-1	品質に与える影響
	3-2	事業量に与える影響
	3-3	事業収支に与える影響
4. 環境への影響	4-1	廃棄物削減・省資源
	4-2	有害化学物質排出削減
	4-3	生活環境改善
5. 経済への影響	5-1	市場に与える影響
	5-2	雇用に与える影響

ここで、受入地域の特性評価では、対策技術の受入地域を想定し、その受入地域の特性を分野別に把握して、その受入地域にとってどの分野が重要で、どの分野が重要でないかを数値で表現する（受入地域の特性評価）。この数値を分野別に「対策技術固有の特性評価」で得たポイントに掛け合わせる重み係数とすることによって、対策技術固有の特性と受入地域の特性の両方を反映した一元的な指標を得ることができる。

評価にあたっては、対策技術固有の特性に関するデータに加え、表3に示したように受入地域の特性に関するデータが必要となる。前者は「費用対効果をベースとした評価」で把握したものを使用した。後者については、世界銀行「World development indicators」から「温暖化特性」「環境特性」「経済・社会特性」に属する指標群を収集した。「温暖化特性」については、「World development indicators」において該当する分類がなかったため、この統計で指標名に「CO<sub>2</sub>排出」「エネルギー消費」「電力」を含む指標を抽出したところ計17指標が抽出され、これらを実評価に使用することにした。

「ポイント化と重み付けによる評価」を行う際には、評価項目ごとに把握した定量データや定性データを用いて、評価基準に基づく評価を行いそれぞれ5段階のポイントが付与している。「対策技術固有の特性評価」では、対費用効果に係る定量データ（評価項目2-1、2-2）については、表6に示したようにデータセットに対する平均値と標準偏差から主成分得点を算出して5段階に分類し、それぞれポイントが付与した。それ以外の定性データについては、

表 8 に示す評価基準に基づいて5段階のポイントが付与した。「受入地域の特性評価」では、温暖化、環境、経済・社会の3分野に関連する国別の指標群（定量データ）に対して、分野別に主成分分析を行い、国別・分野別に得られた主成分得点を表 7 の評価基準で5段階にポイント化した。ここで、 $\mu$ は平均値を、 $s$ は標準偏差を示している。例えば、主成分得点が正規分布を取る場合、 $\mu - 0.5s < (\text{主成分得点}) < \mu + 0.5s$  の範囲には全体の40%が分布することになる。

表 7 定量データに対する評価基準およびポイント

評価基準（主成分得点の範囲）		ポイントと意味
	主成分得点 $< \mu - 1.5\sigma$	1点 状況はかなり良い
$\mu - 1.5\sigma <$	主成分得点 $< \mu - 0.5\sigma$	2点 状況は良い
$\mu - 0.5\sigma <$	主成分得点 $< \mu + 0.5\sigma$	3点 平均的である
$\mu + 0.5\sigma <$	主成分得点 $< \mu + 1.5\sigma$	4点 状況は悪い
$\mu + 1.5\sigma <$	主成分得点	5点 状況はかなり悪い

表 8 定性データに対する評価基準

評価項目	評価基準	評価基準の考え方
1-1. 熟練技術の必要性	必要ない（5） 熟練技術が必要となる可能性がある（3） 一定の熟練技術が必要または不明（1）	熟練技術の習熟が不要で実施が容易な対策技術に高いポイントを与える。
1-2. 専門知識の必要性	必要ない（5） 一定の専門知識が必要となる可能性がある（3） 一定の専門知識が必要または不明（1）	専門知識が不要で実施が容易な対策技術に高いポイントを与える。
1-3. 必要な経費	経費はほとんど必要ない（5） 多額の経費が必要となる可能性がある（3） 多額の経費が必要または不明（1）	実施のための必要な経費が少なく実施が容易な対策技術に高いポイントを与える。
1-4. 必要な労働力	労働力はほとんど必要ない（5） 大きな労働力が必要となる可能性がある（3） 大きな労働力が必要または不明（1）	実施のための必要な労働力が少なく実施が容易な対策技術に高いポイントを与える。
3-1. 品質に与える影響	好影響をもたらす（5） 好影響をもたらす可能性がある（4） 影響はほとんどない、または該当しない（3） 悪影響をもたらす可能性がある（2） 悪影響をもたらす、または影響は不明（1）	対策技術の導入によって事業の品質が向上し、事業（本来目的）に好影響をもたらす対策技術に高いポイントを与え、悪影響をもたらす対策技術に低いポイントを与える。
3-2. 事業量に与える影響	好影響をもたらす（5） 好影響をもたらす可能性がある（4） 影響はほとんどない、または該当しない（3） 悪影響をもたらす可能性がある（2） 悪影響をもたらす、または影響は不明（1）	対策技術の導入によって事業の品質が向上し、事業（本来目的）に好影響をもたらす対策技術に高いポイントを与え、悪影響をもたらす対策技術に低いポイントを与える。
3-3. 事業収支に与える影響	事業の収支が改善される（5） 事業の収支が改善される可能性がある（4） 影響はほとんどない、または該当しない（3） 事業の収支が悪化する可能性がある（2） 事業の収支が悪化する、または影響は不明（1）	対策技術の導入によって事業収支が改善し、事業（本来目的）に好影響をもたらす対策技術に高いポイントを与え、悪影響をもたらす対策技術に低いポイントを与える。
4-1. 廃棄物排出削減・省資源	廃棄物の排出を削減させる（5） 廃棄物の排出を削減させる可能性がある（4） 廃棄物の排出への影響はほとんどない、または該当しない（3） 廃棄物の排出を増加させる可能性がある（2） 廃棄物の排出を増加させる、または不明である（1）	対策技術の導入によって事業に伴う廃棄物の排出が削減される対策技術に高いポイントを与え、増加する対策技術に低いポイントを与える。
4-2. 有害化学物質排出削減	有害化学物質の排出を削減させる（5） 有害化学物質の排出を削減させる可能性がある（4） 影響の排出への影響はほとんどない、または該当しない（3） 有害化学物質の排出が増加する可能性がある（2） 有害化学物質の排出が増加する、または不明である（1）	対策技術の導入によって事業に伴う有害化学物質の排出が削減される対策技術に高いポイントを与え、増加する対策技術に低いポイントを与える。
4-3. 生活環境改善	生活環境を改善させる（5） 生活環境を改善させる可能性がある（4） 生活環境改善への影響はほとんどない、または該当しない（3） 生活環境を悪化させる可能性がある（2） 生活環境を悪化させる、または不明である（1）	対策技術の導入によって地域の生活環境が改善される対策技術に高いポイントを与え、悪化させる対策技術に低いポイントを与える。

5-1. 市場に与える影響	市場規模拡大に貢献する可能性がある(5) 市場規模拡大への影響はほとんどない(3) 市場規模を縮小させる可能性がある、または不明である(1)	対策技術の導入によって関連産業の市場規模拡大に直接貢献する対策技術に高いポイントを与え、効率化等により市場規模が縮小する対策技術に低いポイントを与える。
5-2. 雇用に与える影響	雇用拡大に貢献する可能性がある(5) 雇用拡大への影響はほとんどない(3) 雇用を縮小させる可能性がある、または不明である(1)	対策技術の導入によって関連産業の雇用拡大に直接貢献する対策技術に高いポイントを与え、効率化等により雇用が縮小する対策技術に低いポイントを与える。

主要国間で最も差が大きかった評価分野は「温暖化への影響」である。米国と中国で5ポイントとなっており重要度が高いのに対し、イタリア、ブラジルで2ポイントと比較的重要度が低い。「温暖化」について、主成分分析で大きな影響を与えている指標はエネルギーの生産量・消費量、二酸化炭素排出量であることから、これらの差が重み付け係数の差になったと考えられる。

「環境への影響」については、米国で「都市における環境影響」「農業による環境影響」ともに5ポイントであり重要度が高い。「都市における環境影響」では自動車台数、人口の都市集中、消費といった指標が、「農業による環境影響」では都市人口、農地面積、肥料消費といった指標の影響が強いことから、世界有数の巨大都市を持つと同時に世界有数の農業国でもある米国が最も環境に影響を与えていることが示唆されていると考えられる。

「経済・社会への影響」については、中国とブラジルで3ポイントとなっており、重要度が高くなっているようにみえるが、主要国以外の国も含めるとエチオピアやモザンビークといった国では5ポイントとなっており、中国やブラジルの重要度は中程度とみることができる。

表 9 評価分野別に得られた主成分

評価分野	影響度(因子負荷量)の大きい指標	得られた主成分(寄与率 <sup>1)</sup> )
温暖化関連特性	* 工業や商業におけるエネルギーの生産量 * 工業や商業におけるエネルギーの消費量 * 二酸化炭素排出量	第一主成分 * 温暖化(27%)
環境特性	* 自動車台数 * 人口の都市集中 * 消費	第一主成分 * 都市における環境影響(21%)
	* 都市人口 * 農地面積 * 肥料消費	第二主成分 * 農業による環境影響(18%)
経済・社会特性	* 小児生存率 * 寿命 * 農業労働力 * 就学率・文盲率 * 一人当たり収入	第一主成分 * 貧困(35%)

<sup>1</sup> 寄与率とは、各評価分野の全指標に対する、第1主成分の相対的な説明力を表している。

表 10 主要国における受入地域の特性評価ポイント

評価分野	主成分	日本	米国	英国	フランス	イタリア	中国	韓国	タイ	マレーシア	ブラジル
温暖化への影響	温暖化	3	5	3	3	2	5	3	3	3	2
環境への影響	都市における環境影響	5	5	5	5	5	3	4	3	4	4
	農業による環境影響	4	5	3	3	3	5	3	3	3	5
経済・社会への影響	貧困	1	1	2	2	2	3	2	2	2	3

### ③総合評価結果

日本および本プロジェクトにおいて対策技術の適用を視野に入れていた中国を想定して総合的な評価を行った結果をそれぞれ表 11および表 12に示す。高い対費用効果と削減ポテンシャルが得られていた「①乳牛の生産性の向上」「②肥育牛の生産性の向上」は、今回の評価結果でも同様に高い総合評価を得られ、当該分野での実効性の高い中核技術として位置づける事が可能となった。一方、これらと比較して、「⑧生活排水処理プロセスの変更」は対費用効果はそれほど高いものでは無かったが、総合評価としては重要な中核技術として位置づけられた。つまり「⑧生活排水処理プロセスの変更」は環境影響に関する評価が高く、高い総合評価が得られ、温暖化抑制と環境負荷抑制の両について「Win-Win」の関係にあるものと考えられた。これらの重要性は対策技術の適用対象国での環境政策の優先順位を考慮する事により、より明確になるものと思われる。

日本と中国での重み付け係数を比較すると、「温暖化への影響」については中国では日本より係数が大きく、温暖化への影響がより深刻という評価がなされている。このため、対策技術固有の特性として温暖化対策への寄与度が比較的高い「①乳牛の生産性の向上」や「⑨汚泥焼却炉の燃焼方法の変更」では、日本でのポイントはそれぞれ4.5ポイント、4.0ポイントであるのに対し、中国でのポイントは9.0ポイント、8.0ポイントとなり、重み付けによって差がひらいた。これが総合ポイントに影響した結果、これらの対策技術では日本よりも中国で高い順位となっている。

このように、本研究で構築したポイント化と重み付けによる総合的な評価手法の導入により、温室効果ガス抑制効果以外の影響も含めた評価が可能となり、温室効果ガス抑制効果だけで評価した場合より、より現実的かつ客観的な評価が可能となった。さらに、重み付け係数による地域特性の違いを対策技術の総合的な評価に反映することができ、地域によって異なる評価結果をもたらす可能性があることが強く示された。

今後、わが国の温暖化対策技術を導入する際には、温暖化対策以外の影響を考慮すること、特に海外に導入する場合は、受入地域を想定した評価を実施することに十分留意して対応すべきであることも示唆された。

表 11 地域特性反映ポイントおよび総合ポイント（対象国：日本）

対策技術	評価分野					総合ポイント	順位
	対策技術の実施要件	温暖化への影響	事業への影響	環境への影響	経済・社会への影響		
①乳牛の生産性の向上	3.5	4.5	3.7	6.7	1.3	19.7	2
②肥育牛の生産性の向上	4.0	4.0	4.0	6.7	1.3	20.0	1
③反芻家畜に与える飼料構成の改善	3.5	3.5	3.3	5.0	1.3	16.6	7
④機械化バッチ式ごみ焼却プロセスの変更	4.5	1.5	3.7	5.0	2.0	16.7	6
⑤基肥の全層一様施肥から溝施肥への変更	5.0	3.0	4.3	6.2	1.0	19.5	3
⑥触媒の改良	5.0	2.0	1.7	6.2	1.5	16.4	8
⑦部分高温化および燃料の前処理と2段燃焼法	3.0	2.0	2.3	6.2	2.0	15.5	9
⑧生活排水処理プロセスの変更	4.5	2.0	3.0	8.4	1.5	19.4	4
⑨汚泥焼却炉の燃焼方法の変更	4.5	4.0	2.3	4.5	1.5	16.8	5
重み付け係数（日本）	1.00	1.00	1.00	1.68	0.50	—	—

表 12 地域特性反映ポイントおよび総合ポイント（対象国：中国）

対策技術	評価分野					総合ポイント	順位
	対策技術の実施要件	温暖化への影響	事業への影響	環境への影響	経済・社会への影響		
①乳牛の生産性の向上	3.5	9.0	3.7	5.6	2.5	24.3	1
②肥育牛の生産性の向上	4.0	8.0	4.0	5.6	2.5	24.1	2
③反芻家畜に与える飼料構成の改善	3.5	7.0	3.3	4.2	2.5	20.5	6
④機械化バッチ式ごみ焼却プロセスの変更	4.5	3.0	3.7	4.2	4.0	19.4	7
⑤基肥の全層一様施肥から溝施肥への変更	5.0	6.0	4.3	5.2	2.0	22.5	3
⑥触媒の改良	5.0	4.0	1.7	5.2	3.0	18.9	8
⑦部分高温化および燃料の前処理と2段燃焼法	3.0	4.0	2.3	5.2	4.0	18.5	9
⑧生活排水処理プロセスの変更	4.5	4.0	3.0	7.1	3.0	21.6	4
⑨汚泥焼却炉の燃焼方法の変更	4.5	8.0	2.3	3.8	3.0	21.6	4
重み付け係数（中国）	1.00	2.00	1.00	1.41	1.00	—	—

#### 4. 2 インベントリの精緻化、充実化に関する研究の総合評価

本プロジェクトで得られた成果により、ここでは、各人為的排出源からのインベントリ-の不確実性を「IPCC Good Practice Guidance」に基づいて評価した。得られた不確実性は従前あるいは「IPCC Guideline」のデフォルト値における排出係数の不確実性からの差、つまり、どの程度改善されたのかという観点で評価される必要がある。しかしながら、従前の排出係数は「IPCC Guideline」のデフォルト値を含めて、科学的知見が十分に反映されていない場合

が多いものと想定される。このようなことから、排出源によっては排出係数の幅（上限値と下限値）が原理的に見ても狭すぎるケースにより、不確実性比較評価において科学的知見の蓄積によるデータ間のバラツキにより、研究の進行により不確実性が增大してしまうという逆転現象を示す場合が想定される。

このような結果については、上述したように研究の進捗によるデータ蓄積に起因した排出係数のバラツキの増大が考えられるが、このバラツキは排出係数に固有のものであり、むしろ従来推計の不確実性が過小評価されていた、と解釈することの方が妥当であろう。本研究ではこのような考察を経て、研究成果を含む新しい知見に基づき、従来の排出量の不確実性を再評価するプロセスを加え、その結果と「新しい知見に基づき、新しく提案される不確実性」とを比較する、という評価手法を開発した。これらの考え方を図2に示した。新たな研究成果等の知見の集積による排出量推計の評価を通じて、過去の排出量推計の上限・最尤値・下限と、最新の知見に基づく排出量推計の上限・最尤値・下限の6つの値がわかる。「新しい知見に基づく従来推計の評価」は、最尤値では従来推計の値を採用するが、下限・上限については、それぞれ2種類の下限のうちより小さいものと、2種類の上限のうちより大きいものを採用する。評価の構造を変更することで、従来推計の不確実性はより適正に評価できるようになるものと考えられる。表13に下水汚泥の燃焼を例として不確実性の比較評価結果を示す。従来の排出係数の幅は科学的知見の不足により小さなものとなっているため、いわゆる逆転現象を示すものの、図2に示した考え方の適用により不確実性に改善が見られた結果となった。

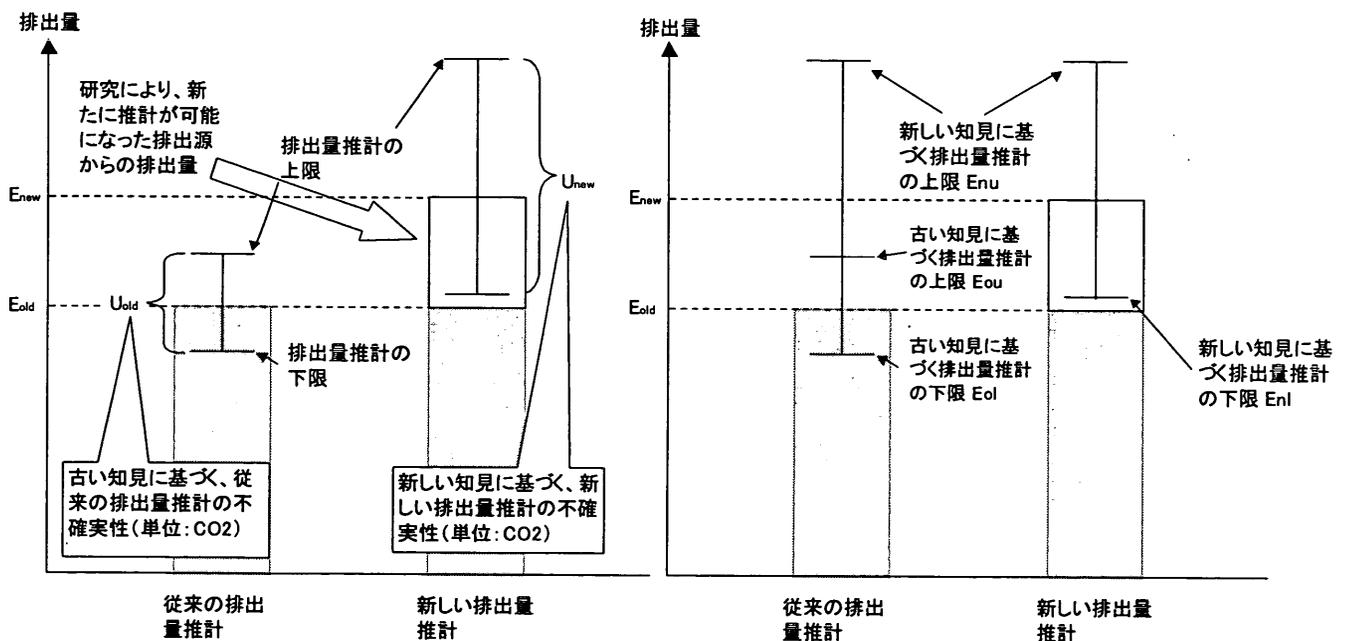


図2 本研究で開発した不確実性低減の評価手法

表 13 下水汚泥の燃焼によるN<sub>2</sub>O排出に関する研究の不確実性低減効果の再計算

単位： Gg-CO<sub>2</sub>

項目	下限	最尤値	上限	上限・下限との差異*	不確実性
従来の排出量推計	1,182	1,391	1,599	198	±15.0%
新しい知見に基づく 従来推計の評価	1,182	1,391	2,494	1,048	±79.4%
新しく提案される 排出量推計	1,373	1,838	2,494	623	±35.7%
低減効果				425	40.5%

この評価手法に基づく各研究の評価結果は表14のようになった。低減量が大きい(2)と(5)は、IPCC default値との比較結果である。排出係数やパラメータの改訂にあたっては、default値を用いている排出源の見直しをすることが重要であることを示唆している。(3)では特に新しい排出係数・パラメータは提案されていない。しかし不確実性評価にあたり、Expert judgmentを用いて下水処理方法を4つに分類し、特に不確実性の大きい下水処理方法を特定したことで、全体としての不確実性を大幅に低減することができた。

(1)(4)(5)では、従来の排出量推計も同じ研究者が担当したものである。またサブテーマの研究者以外による先行研究の引用が少ないという特徴も共通していた。これらでは、一様に不確実性の低減効果が小さくなっていることがわかる。

本研究の手法では、従来推計が極端な過小評価・過大評価であると判断された排出源では、それぞれ従来推計の下限値・上限値も極端な値にひきずられる、という課題を残した。また各研究の担当者以外の参考文献の少ない分野では、Expert judgmentへの依存度が高くなり、評価の客観性に課題を残している。

これらの低減効果を比べる際に注意しなければならないのは、現在のIPCCの不確実性評価を用いた場合、今後の研究の進展によって低減されうる不確実性（測定誤差等）と、研究が進展しても低減されない不確実性（実際の分布の分散が大きい場合）が混同される、という点である。一見、不確実性が大きく見えても、実際に低減できる余地は小さい可能性もあり、この低減される不確実性および低減されない不確実性について綿密に吟味する必要があるものと考えられた。

表 14 分野別の各研究の各排出源における不確実性の低減効果

研究名称	不確実性の低減		
	排出源	不確実性の低減 [%]	上限・下限との差異×2 [Gg CO <sub>2</sub> eq.]
(1) 下水汚泥の燃焼による N <sub>2</sub> O の排出係数	6C N <sub>2</sub> O 廃棄物の焼却(下水汚泥)	40.5%	849
(2) 自動車の三元触媒からの N <sub>2</sub> O の排出係数	1A3 N <sub>2</sub> O 自動車	65.7%	5,207
(3) 亜硝酸型処理を採用する下水最終処理からの N <sub>2</sub> O 排出係数	6B CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O 排水処理	67.5%	2,506
(4) 農耕地土壌(畑地)からの N <sub>2</sub> O の直接放出の排出係数	4D CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O 農耕地土壌	15.5%	534
(5) 農耕地土壌(畑地)からの N <sub>2</sub> O の間接排出のパラメータ	4D CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O 農耕地土壌	93.0%	5,368
(6) 家畜糞尿処理過程からの CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O の排出係数	4B CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O 家畜糞尿の管理	58.3%	952

※「最適推定値-下限値」「上限値-最適推定値」のうち値の大きいものの 95%×2 倍で、不確実性の幅全体を現すものとする。

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 温室効果ガス排出抑制技術の評価方法に関する調査

- ① 分野別の各対策技術の費用対効果、本来目的(当該産業分野)への影響、波及効果を整理することにより、費用対効果による比較検討を行い、各対策技術の特性を把握することができた。
- ② 費用対効果に加え、本来目的(当該産業分野)への影響、波及効果を含めた総合的な評価を行うため、対策技術固有の特性をポイント化するとともに、重み付けの方法によって対策技術の受入地域特性を評価する方法を確立した。
- ③ 現実的な評価手法として、主成分分析等の導入により、評価の客観性を高めることができ、これらにより受入地域に応じた対策技術の適用可能性に関する総合的な評価手法を構築することができた。
- ④ 構築された総合的な評価手法では、「対策技術固有の評価」「受入地域の評価」の双方で可能な限り客観的な評価を行う必要があるが、この評価手法に有用なデータは特に海外において十分とは言えず、本評価手法の本格的な運用を行う場合には、本評価手法のスキームに合致したデータ収集の重要性が明らかになった。

### (2) インベントリの精緻化、充実化に関する研究の総合評価

- ① IPCCの不確実性の定義に基づき、各種インベントリ研究による精緻化・充実化の実質的な部分を評価できる方法が開発された。
- ② 重点研究分野の検討などの際に不確実性評価の結果を用いるためには、更に今後の研究によって低減されうる不確実性(測定誤差等)、研究が進展しても低減されない不確実性(実際の分布の分散が大きい場合)など、不確実性の性質による区別を明示的に盛り込んでゆく必要のあることが示唆された。

## 6. 引用文献

- (1)秋山、鶴田“有機質資材を施用した畑土壌からの亜酸化窒素 ( $N_2O$ ) と一酸化窒素 ( $NO$ ) の発生”、資源・生態科学研究収録15号別刷(農業環境技術研究所)、(1999)
- (2)秋山、鶴田、宝川“窒素施肥土壌からの $NO$ および $N_2O$ の発生(1)－被覆尿素系肥料、硝化抑制剤入り尿素系肥料、尿素系肥料施用区からのフラックスの比較”、資源・生態科学研究収録14号(農業環境技術研究所)、29-37、(1998)
- (3)秋山、鶴田、宝川“窒素施肥土壌からの $NO$ および $N_2O$ の発生(2)－被覆硝酸系肥料、硝酸系肥料、被覆尿素系肥料施用区からのフラックスの比較”、資源・生態科学研究収録14号(農業環境技術研究所)、39-45、(1998)
- (4)大阪府「固定発生源からの温室効果ガス排出係数調査」、(1996)
- (5)環境庁「地球温暖化対策の推進に関する法律に基づく地方公共団体の事務及び事業に係る温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン」、(1999)
- (6)下水道新技術推進機構「下水道の長期的技術開発に関する基礎調査－下水道施設における地球温暖化原因物質の実態調査-」,(1995)
- (7)下水道新技術推進機構「下水道の長期的技術開発に関する基礎調査－下水道施設における地球温暖化原因物質の実態調査-」,(1996)
- (8)小池、鈴木、“自動車から排出される $N_2O$ 排出抑止に関する研究”、平成10～11年度 地球環境研究総合推進費修了研究報告書(環境庁)、13-24、(2000)
- (9)厚生省「廃棄物処理施設整備費国庫補助金交付要綱の取り扱いについて(案)」、(1998)
- (10)厚生省「厚生白書 平成11年版」、(1999)
- (11)国立環境研究所「輸送・循環システムに係る環境負荷の定量化と環境影響の総合評価手法に関する研究」、国立環境研究所特別研究報告、(2000)
- (12)国立環境研究所「平成11年度 $CH_4$ 、 $N_2O$ の重点対策ポテンシャルの評価に関する研究調査報告書」、(2000)
- (13)国立環境研究所「平成12年度 $CH_4$ 、 $N_2O$ の重点対策ポテンシャルの評価に関する研究調査報告書」、(2001)
- (14)後藤雄一、“自動車の $N_2O$ 総排出量推計とその低減手法の中核技術の汎用化と普及に関する研究”、地球環境研究総合推進費平成12年度研究成果-中間成果報告集-(環境省)、257-260、(2001)
- (15)酒井、鈴木、重村、平出、森田、落、原田「温室効果ガス排出抑制のための下水処理システム対策技術」、地球温暖化防止のための $CH_4$ 、 $N_2O$ の対策技術の開発と評価に関する研究、55-66、(1999)
- (16)三和総合研究所「温室効果ガスの排出・吸収目録作成に必要な資料の収集及びカテゴリ別の整理に関する業務 報告書」(1999)
- (17)資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」、(2000)
- (18)竹石、鈴木、松原「下水処理場からのメタン・亜酸化窒素の放出量の解明に関する研究」、平成5年度 下水道関係調査研究年次報告書集、105-110、(1994)
- (19)竹石、鈴木、松原「メタン・亜酸化窒素の放出源及びその放出量の解明に関する研究」、平成6年度 下水道関係調査研究年次報告書集、115-121、(1995)

- (20)畜産技術協会「畜産における温室効果ガスの発生制御 第四集」、(1999)
- (21)鶴田「日本の水田からのメタンと畑地からの亜酸化窒素発生量－3年間(1992～1994年)の全国調査結果の概要－」、農業環境技術研究所 資源・生態管理科研究収録13号別冊、(1997)
- (22)中村、鈴木、重村、落、原田「温室効果ガス排出抑制のための下水処理システム対策技術」、地球温暖化抑制のためのCH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oの対策技術開発と評価に関する研究, 103-117, (1998)
- (23)日本土壌協会「環境保全型土壌管理対策推進事業 土壌生成温室効果等ガス動態調査報告書(資料編)」、(1996)
- (24)日本農業年鑑刊行会「日本農業年鑑1997年版」、(1997)
- (25)農業技術協会「温室効果ガス排出削減定量化法調査報告書」、(2001)
- (26)農水省「平成5年産 野菜生産費」、(1995)
- (27)農水省「家畜改良増殖目標」、(1996)
- (28)農水省「畜産統計 I 畜産基本調査結果(平成11年2月1日調査)」、(1999)
- (29)農水省「平成10年 畜産物生産費」、(1999)
- (30)農水省「平成9年 青果物卸売市場調査報告」、(1999)
- (31)農水省「農林水産統計速報11-223(構造-55) 平成11年 農業構造動態調査(基本構造)結果概要 -農家調査・農業法人等調査-」、(2000)
- (32)農水省「農林水産統計速報12-12(経営-2) 平成11年12月 農村物価指数」、(2000)
- (33)農水省「平成10年産 米及び麦類の生産費」、(2000)
- (34)花木、中村、松尾、糸川「都市下水の硝化脱窒過程での亜酸化窒素の発生」、水環境学会誌 Vol.23, No.12, pp803-810, (2000)
- (35)水野欽司(1996)「多変量データ解析講義」,朝倉書店
- (36)山根、関根、平野「エアレーションタンクから発生する一酸化二窒素についての調査研究」,第34回下水道研究発表会講演集, pp1129-1131, (1997)
- (37)「下水道統計 平成11年度版(行政編)」
- (38)Hou, Tsuruta "The impact of land use/cover change on greenhouse gas emissions in terrestrial ecosystems of tropical Asia – Development of mitigation options of nitrogen oxides emission from agro-ecosystems in Asia-", Eco-Frontier fellowship in 1999
- (39)IPCC,"The IPCC 1996 Revised Guidelines", (1996)
- (40)IPCC,Good Practice & Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories", (2000)
- (41)Koike & Odaka, "Methane and Nitrous Oxide (N<sub>2</sub>O) Emission Characteristics from Automobiles", SAE technical paper series 960061 (1996)
- (42)Minami, K. and A. Ohsawa (1990), "Emission of nitrous oxide dissolved in drainage water from agricultural land." In: Soils and the greenhouse effect, A.F. Bouwman (ed.) John Wiley & Sons, New York, pp. 503-509.
- (43)Minami, K. and S. Fukushi (1984), "Methods for measuring N<sub>2</sub>O flux from water surface and N<sub>2</sub>O dissolved in water from agricultural land." Soil Sci. Plant Nutr. 30:495-502.
- (44)Odaka et al, "Influence of catalyst deactivation on N<sub>2</sub>O emission from automobiles",

Chemosphere: Global Change Science 2, 413-423 (2000)

(45)Sharma, Tsuruta “Development of techniques for reduction of nitrous oxide emissions from agricultural fields”, Eco-Frontier fellowship in 1997

(46)Ueda, S., N. Ogura and E. Wada (1991), “Nitrogen stable isotope ratio of groundwater N<sub>2</sub>O.” Geophysical Research Letters 18(8):1449-1452.

(47)World Bank (2001) 「World development indicators 2000」

(48)World Bank (2002) 「World development indicators 2001」

## 7. 国際共同研究等の状況

日中環境保護協定：E14 生活污水处理過程で発生する地球温暖化温室効果ガスの抑制技術の開発に関する研究

## 8. 研究成果の発表状況

### (1)誌上発表（学術誌・書籍）

<学術誌（査読あり）>

1) Park, K. Y., Lee, J. W., Inamori, Y., Mizuochi, M. and Ahn, K. H. : Effects of fill modes on N<sub>2</sub>O emission from the SBR treating domestic wastewater, Water Sci. Tech., 43, 147-150 (2001)

<学術誌（査読なし）>

なし

<書籍>

なし

<報告書類等>

なし

### (2)口頭発表

1) Mizuochi, M. and Inamori, Y. :GHG emissions from wastewater handling and its further studies, IGES/NIES Workshop on GHG Inventories for Asia-Pacific Region, Hayama, 2000.3

2) 稲森、水落、石川、富永、木持、古屋：温室効果ガスN<sub>2</sub>Oの浄化槽放出量の実態調査、日本水処理生物学会第37回大会、2000年11月、相模原市

3) Mizuochi, M. and Inamori, Y. : The importance of N<sub>2</sub>O emission from wastewater handling in Japan and its further studies, The First Regional Conference on Energy Technology Towards a Clean Environment, Chiang Mai, Thailand, 2000.12

4) 三上、福本、野田、常田、平田、木持：産業排水の生物学的窒素除去プロセスにおける亜酸化窒素発生特性、第38回日本水処理生物学会 神戸 2001年11月

5) 木持、孔、桂、桑原、稲森、須藤：生態工学活用型水処理システムにおけるCH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O発生特性の比較解析、日本水処理生物学会第39回大会、2002年11月、さいたま市

### (3)出願特許

なし

(4)受賞等

なし

(5)一般への公表・報道等

なし

9. 成果の政策的な寄与・貢献について

「環境省地球環境局監修：温室効果ガス削減技術、pp242～pp306、エネルギーフォーラム、平成13年」に本研究の費用対効果に関する研究が全面的に反映されている。また、本研究の成果については開発途上国への対策技術の適用を視野に入れ、JICA等の研修で普及を図っており、大きな成果が得られつつある。