

## IR-2 温室効果ガスインベントリーシステム構築の方法論に関する研究

### (1) 温室効果ガスインベントリーシステム構築手法の開発

独立行政法人国立環境研究所

地球環境研究センター

井上 元・清水英幸

(研究協力機関)

財団法人地球環境戦略研究機関 気候政策プロジェクト 西岡秀三・田辺清人

平成11～13年度合計予算額	64,303千円
(平成13年度予算額)	19,680千円)

[要旨] 温室効果ガス（GHG）インベントリーシステム構築は、気候変動枠組条約及び京都議定書の実効性を担保する上で大変重要な意味を持っている。本研究は、今後のインベントリー研究の重点について検討し、日本およびアジア太平洋地域のGHGインベントリーシステムをより信頼性の高いものに改善していくことを目的として実施した。

まず、既存の文献をもとに、アジア太平洋地域におけるGHGインベントリーに使用されている排出係数データの一覧表を作成し、IPCCデフォルト値（各国の状況を反映する独自のデータがない場合に、その代用として用いることを推奨されている値）以外のデータに乏しい現状を明らかにして、アジア地域の特性を反映した排出係数データの研究・整備を推進する必要性を確認した。そして、国際ワークショップを開催し、国内外の専門家ロスター（名簿）を作成するとともに、農業、土地利用・土地利用変化及び林業、廃棄物の各分野における研究課題を整理した。また、アジア太平洋地域インベントリー研究者ネットワークを発足させ、これを活用して同地域のGHGインベントリーの中でも特に重要で優先順位が高いと考えられる排出・吸収源について実測研究や重点的な議論を進め、IPCC等に提言すべき成果を得た。例えば土地利用・土地利用変化及び林業の分野については、東南アジア3カ国（タイ・フィリピン・インドネシア）の研究者と協力し、森林炭素の各種観測データを収集し、相対成長測定式によるバイオマス量（炭素貯蔵量）推計モデルの評価・改善等を行った。また、農業分野では稲作起源のGHG排出量推計方法について近年の研究論文を吟味し、今後のIPCCにおける推計方法改善の議論に向けた提言をまとめた。本研究の活動および成果は、今後のIPCC国別温室効果ガスインベントリープログラム（技術支援ユニットが財団法人地球環境戦略研究機関内に設置されている。）の活動とも密接に関連しており、同プログラムに対する日本の貢献の一つとなりうるものである。

[キーワード] アジア太平洋地域、温室効果ガスインベントリー、IPCC、推計方法改善、排出係数データベース

#### 1. はじめに

国連気候変動枠組条約は、附属書Iの締約国（先進国および市場経済への移行期にある国）に対し、温室効果ガス（GHG）インベントリー等について、条約事務局を通じて締約国会議（COP）に定期的に通報するよう義務づけている。この通報に当たり、温室効果ガスの排出量と吸

収量の算定は、1996年に改正されたIPCCガイドラインを使用して行うこととなっている。1997年のCOP3でGHG排出量の割当に関する約束を定めた京都議定書が採択されたことにより、日本を含む条約附属書I国にとって、信頼性の高いGHGインベントリーを作成することがますます重要となった。また京都議定書では排出量割当に関する義務を負っていない非附属書I国（主に発展途上国）も、条約下での義務としてGHGインベントリーを作成・提出しなければならないということをより強く自覚するようになってきている。このように、地球温暖化問題に対する危機意識の高まりとそれに伴う政治的交渉の進展を背景として、先進国・発展途上国を問わず、よりよいGHGインベントリー構築手法の確立を目指す機運が高まっている。

また、1999年よりIPCC国別温室効果ガスインベントリープログラムの技術支援ユニットが日本に置かれることとなり、ホスト国としてインベントリー作成、改定について特に日本の関与が求められている。

## 2. 研究目的

GHGインベントリーシステム構築は、気候変動枠組条約及び京都議定書の実効性を担保する上で大変重要な意味を持っている。本研究は、アジアを中心とした国々の本問題に関する科学的知見を集積するとともに、国際ワークショップを開催して、正確な枠組条約通報作成のために必要な科学的知見および今後のインベントリー研究の重点について検討し、日本およびアジア太平洋地域のGHGインベントリーシステムをより信頼性の高いものに改善することが目的である。

## 3. 研究方法

GHGインベントリーは、エネルギー消費活動から農業や廃棄物処理に至るまで、幅広く人間活動全般に注目してそこから生じるGHG排出・吸収量を捉えるものである。短期的にすべての排出源についての改善を実施することは不可能であり、本研究の目的を達するためには長期的なスパンで個々の排出源の方法論を一つ一つ改善していかねばならない。限られた研究資源を有効に使うため、どの排出源を優先するか、また方法論のどのような側面を改善するか（データの整備か、推計モデルの改善か、排出実態のメカニズムの精査か等）、注目するアジア太平洋地域の現状を踏まえた戦略的な研究方法を採用する必要がある。これが、本研究の前提であった。

そこで、本研究の方法としては、全体として以下のような流れをとった。

- ・ まず、文献調査を中心として、アジア太平洋地域各国のGHGインベントリーの現状を把握する。具体的には、インベントリーの作成状況と使用されているデータについて整理する。
- ・ 国際ワークショップを開催して、同地域でインベントリー作成に関わる専門家とともに、同地域のインベントリーの現状を吟味し、特に優先的に改善すべき課題を特定する。この際、併せて専門家のネットワークを構築し、その後の情報交換・研究交流の基礎とする。
- ・ 構築した専門家のネットワークを活用しつつ、特定された課題に関する研究や既存研究のレビューを進め、同地域でインベントリー改善のために使用可能な知見・データを整備する。
- ・ 最終年度に、再度、国際ワークショップを開催し、3カ年の研究成果やその他の状況の変化をレビューし、同地域のGHGインベントリーをさらに改善のための方向を検討・分析する。

この中で、優先順位が高いとして具体的な実測研究や既存研究レビューの対象となった個別分野に関しては、その研究・検討方法につき次節の中で適宜触れる。

#### 4. 結果・考察

##### (1) アジア太平洋地域における排出係数データの開発・利用状況と今後の取り組みの必要性

先進国・発展途上国の別を問わず、信頼性の高いGHGインベントリーの作成するためには、地域の特性を反映したデータ（排出原単位や各種活動量に関するデータ）の確保が必要不可欠である。本研究の始まった1999年度（平成11年度）当時には、各種排出源からのGHG排出に関する研究や基礎的な統計の整備が遅れがちな発展途上国にとって、いかに効率よく必要なデータを整備するかという問題が喫緊の課題であると一般に認識されていた。例えば1996年9月に開催されたIPCCの専門家会議は、その点を強調して「関連する科学的情報を伴ったGHG排出係数のデータベースを構築してどの国からも容易にアクセスできるようにすれば、各国は効率的にGHGインベントリーの質を改善することができる」と結論した。

この一般的な認識を踏まえ、アジア太平洋地域においても排出係数データの開発・整備状況は改善の余地が大きいであろうという仮説を検証するため、既存の文献から関連データを抽出し、アジア太平洋地域GHGインベントリー排出係数データの一覧表（予備的な排出係数データベース）を作成した。使用した既存文献は、主に以下の6種類である。

- ・国別温室効果ガスインベントリーのための1996年改訂版IPCCガイドライン<sup>1)</sup>
- ・ALGAS（アジア地域における最小費用での温室効果ガス削減戦略プロジェクト）レポート<sup>2)</sup> 同プロジェクトは、GEF（地球環境ファシリティー）やアジア開発銀行などから資金を受け、アジア銀行が実施しているものである。
- ・日本の国別温室効果ガスインベントリー<sup>3)</sup>
- ・ALGASのカントリーレポート<sup>4)、5)、6)</sup>
- ・フィリピン及びインドネシアのUNFCCC（気候変動枠組条約）への国別通報レポート<sup>7)、8)</sup>
- ・タイ国別温室効果ガスインベントリーレポート1990（1997年出版）<sup>9)</sup>

具体的に調査対象とした国は、中華人民共和国、フィリピン、インドネシア、タイ、大韓民国、インド、パキスタン、バングラディシュ、ミャンマー、ベトナム、モンゴル、そして日本である。同表は巻末に示されている。

アジア太平洋地域のGHGインベントリー排出係数データの一覧表の作成を通じた結果、同地域では各種GHG排出係数として利用できるデータが乏しく、多くの場合はIPCCガイドラインに示されるデフォルト値（各国独自のデータがない場合に用いるべく提案されている便宜的な数値）が用いられている現状が確認された。すなわち、不確実性が低く信頼性の高いGHGインベントリーを作成するために、同地域の地域特性を反映した独自排出係数データの研究・整備を推進する必要性は明らかとなった。次のステップとしては、この現状をさらに精査し優先的に改善を図るべき重点分野を特定することが必要である。

##### (2) 国際ワークショップの開催による研究優先課題の検討・特定と研究者ネットワークの構築

###### ① 国際ワークショップの開催

アジア太平洋地域のGHGインベントリーの現状についてさらに深く吟味し、今後の重点的な改善事項について検討するため、2000年3月9、10日に神奈川県葉山町で「アジア太平洋地域の温室効果ガスインベントリーに関するワークショップ」を財団法人地球環境戦略研究機関と国立

環境研究所の共催により開催した。同ワークショップには、8カ国（中華人民共和国、インド、フィリピン、タイ、マレーシア、インドネシア、カナダ、日本）と4つの国際機関（IRRI、ICRA、ADB、IPCC）からGHGインベントリーに関する研究者・専門家が参加し、各種情報やデータの交換や重点研究分野についての議論を行った。

## ② インベントリーシステム構築・改善のための課題の整理、優先課題の特定

アジア太平洋諸国から集まった専門家の議論の末、まず、このワークショップにおける議論を「(土地利用、)土地利用変化及び林業」「農業」「廃棄物」の3セクターに絞ることが合意された。

これは、同3セクターからのGHG排出は、気候条件や活動上の慣習など、地域特性が特に大きく影響する分野であり、GHGインベントリーシステムの改善を図る上で地域ごとの議論が特に重要な分野だからである。とりわけ、「(土地利用、)土地利用変化及び林業」は、これまで、IPCCの専門家会合（1996年9月、キューバ・ハバナ）など、様々な場において（アジア地域での）データの質・量の改善及び推計方法自体の改善の必要性が指摘されてきた。また、近年、地球温暖化問題をめぐる議論において、特に森林等の吸収源の扱いの重要性はますます大きくなってきている。他のセクター、特に「エネルギー」セクターの推計改善ももちろん重要であり、アジア太平洋地域のインベントリーシステム改善において欠くことはできないが、これらのセクターでは比較的進んでいる欧米の研究成果をそのまま適用してよいと考えられる部分も多い。

このような背景や、ワークショップ参加者自身による各国の現状の紹介をもとに、ワークショップ参加者は、重点対象領域を「農業」「(土地利用、)土地利用変化及び林業」「廃棄物」とすることとしたのである。そして、同セクターに対応した3つの分科会に分かれて検討を進めた結果、各分野における今後の研究課題のリストが整理された。例えば以下のような点である。

### 農業セクター：

- ・ 家畜反芻活動におけるメタン排出係数の決定ための簡易かつ安価な手法の開発
- ・ 稲作起源のGHG排出に関する研究成果のレビュー、集約（アジア地域における同分野の実測等の一次研究は既に十分なされてきているが、その成果を集約してGHG推計方法論の改善につなげるプロセスが必要であると指摘された。）
- ・ GIS（地理情報システム）を利用した農地起源メタン・亜酸化窒素排出量推計モデル開発

### 土地利用、土地利用変化及び林業セクター：

- ・ 森林タイプごとのバイオマス量や成長率データ等の整備
- ・ 森林タイプごとの伐採面積データの整備
- ・ 上記を含め、GISを有効活用する技術の向上
- ・ 森林の分類方法の改善

### 廃棄物セクター：

- ・ DOC（Degradable Organic Carbon：分解性有機炭素）の地域ごとのデータ整備
- ・ 廃棄物の野焼きの割合の把握とその排出量推計式への反映

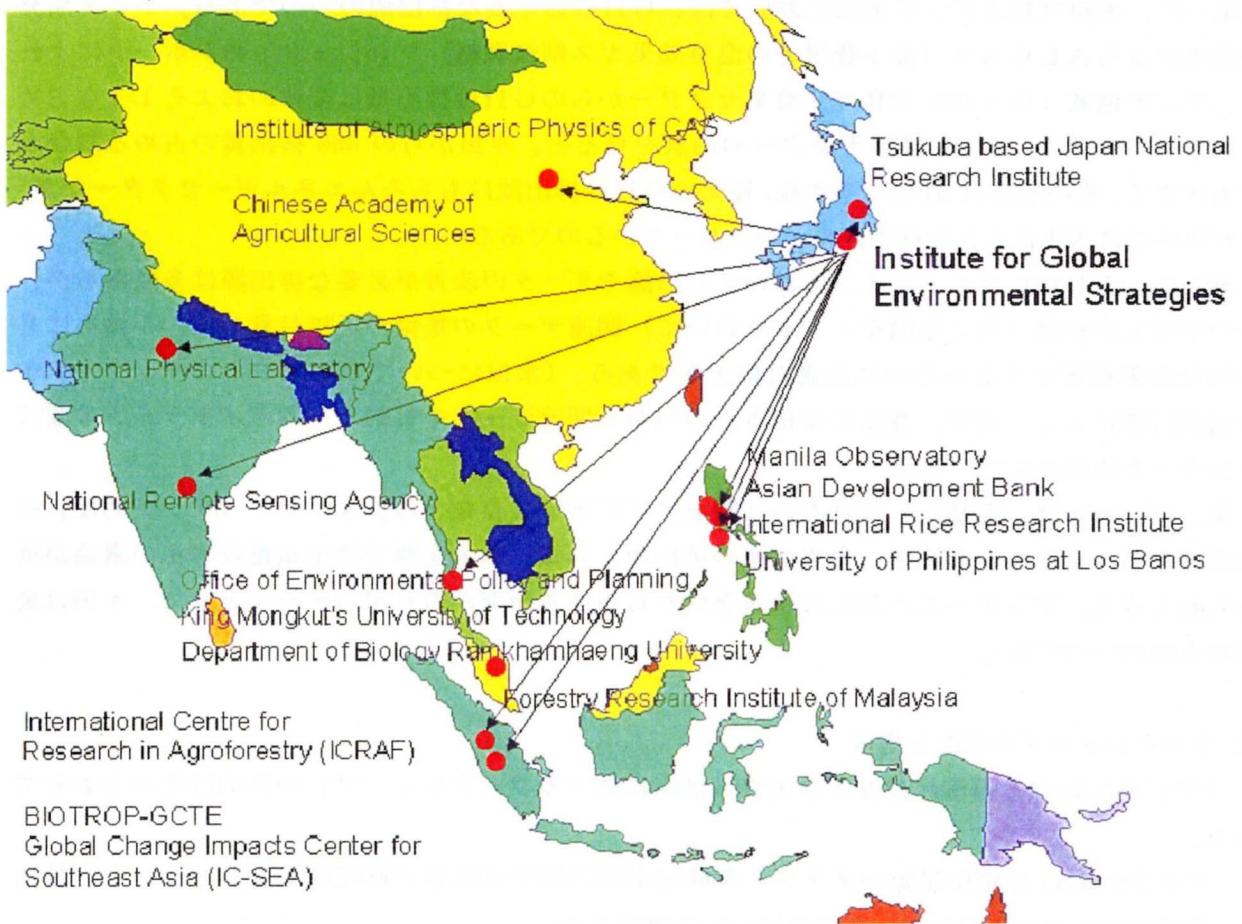
特に廃棄物セクターにおいては、現在のIPCCガイドラインの示す方法論が、アジア地域のニーズを十分に満たしていないことが指摘され、排出源カテゴリーについての新分類が提案された。この新提案は、廃棄物将来のIPCCガイドラインの改訂・改善に反映されるよう、IPCC国別温室効果ガスインベントリープログラムに推奨されるべきであろう。

③ 研究協力及び情報交換の重要性の指摘、専門家ネットワークの構築

指摘された諸課題を克服していくため、GHG排出係数データなどに関する継続した情報交換や研究協力の重要性が確認された。そして、今後の研究協力や情報交換を促進するための研究者ネットワークのあり方として、まずは今回の国際ワークショップ参加者による私的ネットワークをもとに情報交換とデータの蓄積を進めることが有用であるとの結論を得た。同ネットワークは、「Network for Asia Pacific to Improve (GHG) Inventories Database」(NAPIID)と名づけられ、活動を開始した(図1)。将来的には各国政府の協力もとりつけたより強力なネットワークへと発展させることも考えられよう。

このほか、アジア太平洋諸国のインベントリー担当者・専門家の能力開発・向上のため、ワークショップ開催などを通じたトレーニングを行うことも重要だと考えられる。

図1 ワークショップにより構築されたGHGインベントリー専門家ネットワーク



### (3) 農業分野・稲作起源GHG排出に関する方法論の改善

#### ① 国際ワークショップによる最近の研究成果のレビュー、集約

初年度の国際ワークショップにおける上記のような優先研究課題の特定結果の中から、2年度目(平成12年度)に、まずは農業分野における「稲作起源のGHG排出に関する研究成果のレビュー、集約」に取り組むこととした。具体的には、初年度に構築したGHGインベントリー専門家ネットワーク(NAPIID)の中の農業分野の専門家を核としてアジア太平洋地域における稲作起源GHG排出実態の研究者の参加を募り、2001年2月26、27日に中華人民共和国・南京で「アジアにおける稲作起源温室効果ガス排出に関するワークショップ」を開催した。同ワークショップは財団法人地球環境戦略研究機関、国立環境研究所及び南京土壤科学研究所・物質循環研究室が共催し、日本、中国をはじめとするアジア諸国や欧米から総勢43名の参加を得て、アジア太平洋地域における稲作起源GHG排出に関して過去数年の間に蓄積された研究成果のレビューと集約を試みた。

#### ② ワorkshop開催の背景 ～アジア太平洋地域における稲作起源GHG排出の重要性

初年度のワークショップで特定された諸課題のうち、特に稲作起源のGHGの問題を取り上げたのは、同課題がアジア太平洋地域においてはとりわけ重要であると考えたからだが、その背景は次のとおりである。

第一に、水田は特にアジア地域においては、GHGの主要な排出源の一つである。アジア開発銀行等によるALGAS(最小費用での温室効果ガス削減戦略)プロジェクトのレポートによれば、アジア地域(11ヶ国)全体で、農業セクターからのGHG排出量は全体のおよそ1/4を占めている(1990年)。さらに農業セクターの内訳を見ると、水田からのGHG排出量の占める割合が最も大きく、その割合は51%に達する。最大のGHG排出源はもちろんエネルギーセクターだが、それ以外では水田は大きな排出源の一つとなっているのである。

第二に、IPCCガイドラインにおいて方法論やデータの改善が必要な排出源は多数あるが、その中でも水田は(特に中国やインドにおいて)関連データの集積が近年目覚しく、手始めに具体的な改善提案をまとめるのに最適な排出源である。(水田についてのIPCCガイドライン中の情報は特に古く、近年、豊富に蓄積されつつある関連データを集約して同ガイドラインの改善を行うべき時期がきている。)

第三に、水田は、面積にして世界の9割がアジア地域に存在する、きわめて「アジア的な」排出源である。にもかかわらず、従来は他の排出源と同様、欧米主導で排出量推計方法の議論が進められてきた。アジアからの新たな情報発信を目指す本研究が取り組むテーマとして、水田は最適なものの一つである。

#### ③ ワorkshopの目的と構成

「アジアにおける稲作起源温室効果ガス排出に関するワークショップ」の目的は次のとおりである。

- アジアにおける稲作起源のメタン・亜酸化窒素に関する既存の研究成果をレビューし、排出量推計のために不足している情報について確認する。

- アジアにおける稲作起源のメタン・亜酸化窒素の推計方法を開発、改善するとともに、実行可能な削減対策について検討する。
- 以上の検討結果をまとめ、稲作起源のメタン・亜酸化窒素排出量の推計方法および排出制御のオプションについて、IPCCや政策決定者に向けた提言を行う。

また、本ワークショップは以下のとおり5つのセッションをもって議論が進められた。

第1セッションのテーマは、「稲作起源の温室効果ガス排出について地球規模での概観」である。このセッションでは、IPCCのインベントリー作成方法論の開発にも深く携わってきた欧米の専門家らが、稲作起源のメタン・亜酸化窒素の排出量推移やその推計方法の開発状況に関する現状報告を行った。

第2セッションのテーマは、「稲作起源の温室効果ガス排出量の国別インベントリー」である。このセッションでは、アジア各国の専門家から、稲作起源温室効果ガス排出量の推計について現状報告がなされた。

第3セッションのテーマは「稲作活動から温室効果ガスが発生する仕組み」である。ここでは、土壌タイプ別、灌水管理方法別あるいは有機物添加の有無別に、温室効果ガス（メタン、亜酸化窒素）の排出量の比較実験結果等の発表が行われた。

第4セッションは、「稲作起源の温室効果ガス排出の緩和方策」をテーマとするものであった。ここでは、参加者から、収穫量を減らすことなく温室効果ガス排出量を抑制する方法について、現在、有効だと考えられるものの発表がなされた。

最後に、全体の発表・議論を踏まえて今後の研究方針やIPCCへの提言について議論する第5セッションが開かれ、主に以下の事柄が、本ワークショップの結論として指摘された。

#### ④ ワークショップの結論 ～稲作起源GHG排出量推計方法論に関する提言

- ・ 稲作起源のメタン排出については、モデル研究を含め既に十分な研究がなされてきており、もう重点的な研究を終了させるべき時期に来ている。ただ、いくつかの異なるモデルを比較し、それぞれの妥当性を評価する必要がある。
- ・ IPCCガイドラインの次回の改訂には、これまで開発されてきたモデルの成果を反映させる必要がある。最新のモデルをさまざまな地域に適用してみれば、現在示されているIPCCガイドラインのデフォルト値は、高めであることがわかるだろう。しかし、世界中のすべての地域にモデルを適用するには、膨大な資金と手間が必要となる。IPCCガイドラインに反映させるためには、モデルの単純化が必要であるが、これは容易ではない。
- ・ 稲作からのメタン排出量の削減余地はまだ相当量残されており、研究テーマは尽きたわけではない。しかし、この分野は食糧問題と密接に関係しており、研究がなされたからと言ってその方策が実行に移されるかどうかは疑わしい。この観点から、限られた研究資源（研究費）は他の分野に投入されるべきであろう。
- ・ 1996年改訂版IPCCガイドラインのデフォルト値の表は、最近の研究をもとに改定されるべきである。
- ・ 今後も、長期の定点観測は必要である。
- ・ 稲作からの亜酸化窒素排出については、今後、研究を推進する必要がある。特に、局所的・

短期的な排出に注目するのではなく、炭素循環や窒素循環などにつき、ライフサイクルアセスメント的な評価を行う必要がある。

- ・ 緩和策を評価するにあたっては、長期の観測を行う必要がある。さもないと、結論を誤る恐れがある。例えば、無耕起直播による栽培は、一見、メタン排出量を抑制するよう見えるが、7-8年続けていると逆にメタン排出量の増加につながるという観測データがある。
- ・ 土地利用変化、土地管理、及びそれに伴う温室効果ガス排出についてのデータベースを開発する必要がある。
- ・ IPCC国別温室効果ガスインベントリープログラムは、IPCCの他の作業部会とは異なり、専門家のネットワークが確立されていない。このようなワークショップを通じて、専門家のネットワークを構築していく必要がある。

#### (4) 土地利用、土地利用変化及び林業分野のデータ収集（東南アジア）

##### ① 東南アジア3カ国との共同研究

初年度の国際ワークショップにおいて特定された優先研究課題の中から、さらにもうひとつ、「森林タイプごとのバイオマス量や成長率データ等の整備」についても平成12～13年度にかけて取り組んだ。土地利用、土地利用変化及び林業セクターは、これまで、IPCCの専門家会合（1996年9月、キューバ・ハバナ）やUNFCCCによる専門家諮問グループ（CGE）による非附属書I国の国別通報促進に関する検討など、様々な場において（アジア地域での）データの質・量の改善及び推計方法自体の改善の必要性が指摘されてきた。また、近年、地球温暖化問題をめぐる議論において、特に森林等吸収源の扱いの重要性はますます大きくなってきている。

具体的には、初年度に構築したGHGインベントリー専門家ネットワーク（NAPIID）中の土地利用、土地利用変化及び林業分野の専門家を通じて、東南アジア3カ国の研究機関と共同研究を進めた。協力研究機関は、次のとおりである。

タイ： タイ王立森林局

インドネシア： ボゴール農業大学

フィリピン： フィリピン大学ロスバニョス校

年間バイオマス増量と地上バイオマス量の正確な把握は、陸域生態系における炭素ストック変化について信頼性の高い推計値を得るために必要不可欠である。本研究では、協力研究機関の存在する東南アジア3カ国について、樹種ごとの相対成長測定の回帰推計式(allometric regressions)やGIS（地理情報システム）を用いて年間バイオマス増量及び地上バイオマス量の推計を改善するためのデータ収集や検討を行った。具体的には、目標を次のように設定した。

- フィリピンの2次林、タイのチーク植林園及びインドネシアのJambi、Java地方の植林園において、年間バイオマス増量のデータを収集するための観測地点を設定し、その収集を行う。
- 上記東南アジア3カ国に設置された観測地点で、地上バイオマス量のデータ収集を行う。
- 各種文献や観測により、サイトごと、樹種ごとの樹木密度のデータを収集する。
- GISを用いるアプローチにおいて必要なデータ（気候データ、農業気象に関するデータ、農業生態分布についてのデータ、土壌タイプ、傾斜、森林面積等）の収集を行う。
- 測定されたサンプルのデータからバイオマス量全体を推計するための相対成長測定の回帰推



計式を改善する。

- GISを組み込み、さまざまな場所のさまざまな環境条件のもとでの年間バイオマス増量及び地上バイオマス量を推計できるよう、推計モデルの改善を図る。
- 今後の他の研究や実際のインベントリー作成において有効活用されるよう、3カ国で収集されたデータを集め提示する。

## ② 研究成果

3カ国で行われた研究の結果、各地域の森林炭素蓄積の推計に使用できる各種のデータを収集することができた。その成果の詳細は、この共同研究のレポートとしてまとめた「Improving estimates of annual biomass Increment and forest aboveground In Southeast Asia using GIS approach and site- or species-specific allometric regressions」(次節、「本研究により得られた成果」を参照)にまとめられている。ここでは、各国の研究成果ごとにその一端を示すのみにとどめるが、いずれも今後の東南アジア地域(あるいはもっと広いアジア地域)での土地利用、土地利用変化及び林業セクターのGHG排出・吸収量推計の精度を高める上で有用なデータ・情報だと言える。

### ア. タイにおける研究成果

タイで進められた研究では、同国北部及び西部に、4つの研究対象地域(プランテーション)が設定され、そこで年間バイオマス増量や地上バイオマス量、樹木密度などのデータが収集された。これらのデータをもとに、まずはプロットごとにバイオマス重量を推計するための相対成長測定式を導き出した。その一例を以下に表1に示す。

表1 Thong Pha Phum 地域等におけるチーク林のバイオマス重量の相対成長測定式

プロット番号	樹齢(年)	推計式	プロット番号	樹齢(年)	推計式
TPP_07	6	$Wl = 0.0026 DBH^2Ht^{1.0066}$ $Wb = 0.0012 DBH^2Ht^{1.0712}$ $Ws = 0.0441 DBH^2Ht^{0.8445}$ $Wt = 0.0454 DBH^2Ht^{0.8801}$ $Vs = 0.0001 DBH^2Ht^{0.8940}$ $LA = 11.978 Wl^{0.8653}$	SL_06	9	$Wl = 0.0003 DBH^2Ht^{1.1898}$ $Wb = 0.00005 DBH^2Ht^{1.5242}$ $Ws = 0.0134 DBH^2Ht^{1.0132}$ $Wt = 0.0079 DBH^2Ht^{1.1149}$ $Vs = 0.0001 DBH^2Ht^{0.9387}$ $LA = 11.136 Wl^{1.0081}$
TPP_04	14	$Wl = 0.0009 DBH^2Ht^{1.0477}$ $Wb = 0.0003 DBH^2Ht^{1.3116}$ $Ws = 0.0298 DBH^2Ht^{0.9315}$ $Wt = 0.0212 DBH^2Ht^{1.0056}$ $Vs = 0.0001 DBH^2Ht^{0.8967}$ $LA = 7.5711 Wl^{1.0748}$	SL_07	13	$Wl = 0.0031 DBH^2Ht^{0.9478}$ $Wb = 0.0009 DBH^2Ht^{1.2025}$ $Ws = 0.0333 DBH^2Ht^{0.9152}$ $Wt = 0.0430 DBH^2Ht^{0.9284}$ $Vs = 0.0001 DBH^2Ht^{0.8806}$ $LA = 12.332 Wl^{0.9242}$
TPP_08	21	$Wl = 0.0001 DBH^2Ht^{1.2202}$ $Wb = 0.0001 DBH^2Ht^{1.3712}$ $Ws = 0.0074 DBH^2Ht^{1.0888}$ $Wt = 0.0051 DBH^2Ht^{1.1508}$ $Vs = 0.00002 DBH^2Ht^{1.0381}$ $LA = 8.0297 Wl^{1.0211}$	SL_02	21	$Wl = 0.00002 DBH^2Ht^{1.3201}$ $Wb = 0.0001 DBH^2Ht^{1.3133}$ $Ws = 0.0437 DBH^2Ht^{0.8903}$ $Wt = 0.0256 DBH^2Ht^{0.9658}$ $Vs = 0.0001 DBH^2Ht^{0.9304}$ $LA = 18.6871 Wl^{0.8210}$

DBH	= 胸高位樹幹径 (cm)	Ht	= 樹高 (m)
Wl	= 葉 (バイオマス) 重量 (kg)	Wb	= 枝 (バイオマス) 重量 (kg)
Ws	= 幹 (バイオマス) 重量 (kg)	Wt	= 地上バイオマス重量 (kg)
Vs	= 幹材積 (m <sup>3</sup> )	LA	= 葉の面積 (m <sup>2</sup> )

さらに、表 1 の推計式を普遍化し、同国の他地域における森林の地上バイオマス重量推計に使える式として次式を導き出した。

$$WT = 0.0358 \text{ DBH}^2 \text{ Ht}^{0.9468} \quad (R^2 = 0.9851; N = 63)$$

WT = 地上バイオマス重量 (kg)

DBH = 胸高位樹幹径 (cm)

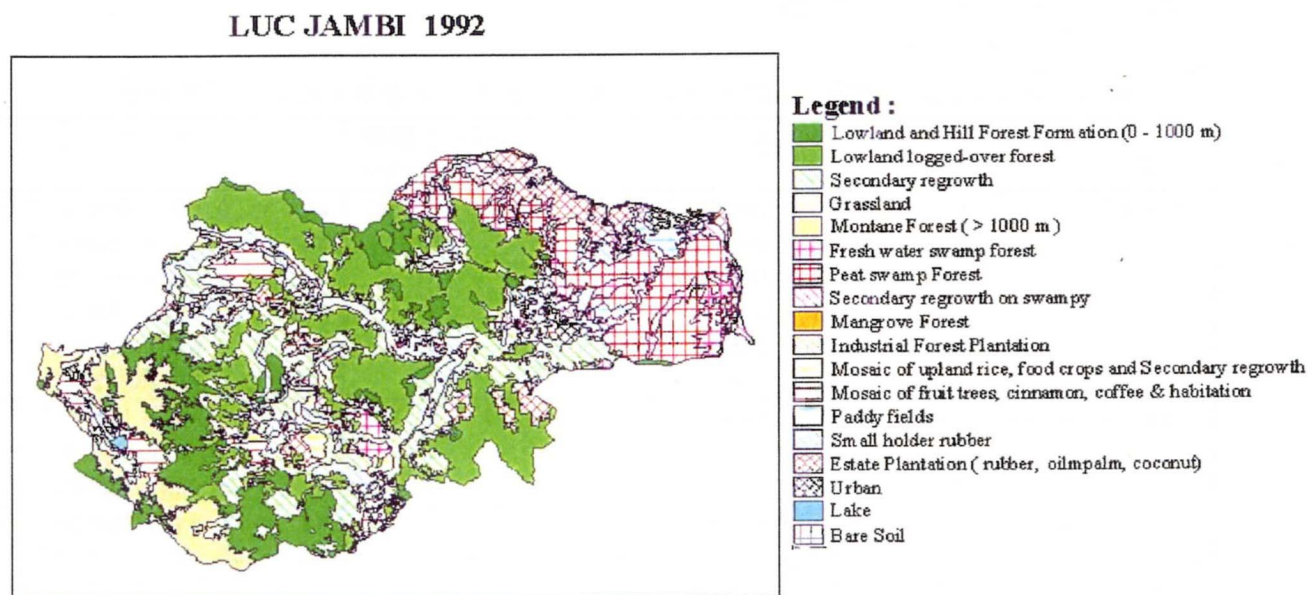
Ht = 樹高 (m)

同式を他地域、他国における森林（チーク林）の炭素蓄積推計に無条件で用いることはできないが、気候、土壌、林業慣行など諸条件を考慮した上でこの式の援用を試みることににより、アジア太平洋地域のGHGインベントリーの改善を図ることが可能になると期待される。

#### イ. インドネシアにおける研究成果

インドネシアで進められた研究では、まず、Jambi 及び Java 地方における植生分布についての詳細なマップが作成された（図 2）。これは、土地利用変化による樹冠の減少（あるいは増加）を推計するために役立つと期待される。

図 2 Jambi 地方の植生分布



また、さまざまな文献から、年間バイオマス増量と地上バイオマス量及び樹木密度などのデータが収集された。これらのデータは、サイトごと、樹種ごとの相対成長測定式による推計モデルの改善に用いられた。さらに、地上バイオマス量を推計するためのリモートセンシング及びGIS活用の可能性についても検討された。

結果として得られた、樹種ごとの相対成長測定式とバイオマス拡張係数(BEF)を表2に示す。

表2 インドネシアにおける樹種ごとの相対成長測定式とバイオマス拡張係数 (BEF).

樹種	推計式	標本数	R <sup>2</sup> (%)	BEF
チーク ( <i>Tectona grandis</i> )	$B_T = 0.221D^{2.2805}$	24	95.6	(1.25±0.12)
松 ( <i>Pinus merkusii</i> )	$B_T = 0.206D^{2.2261}$	30	94.3	(1.31±0.06)
マホガニー ( <i>Swietenia macrophylla</i> )	$B_T = 0.048D^{2.6756}$	30	95.8	(1.36±0.04)

注：BT = 樹木のバイオマス重量 (kg/本)； D = 樹幹径 (cm)

タイの場合と同様、表2の式を他地域、他国における森林（チーク林、松林、マホガニー林）の炭素蓄積推計に無条件で用いることはできないが、気候、土壌、林業慣行など諸条件を考慮した上でこの式の援用を試みることにより、アジア太平洋地域のGHGインベントリの改善を図ることが可能になると期待される。

#### ウ. フィリピンにおける研究成果

フィリピンで進められた研究においては、2次林の中に観測地点が設けられ、その中から、同国におけるタイプの異なる農業気象条件を代表するものとして特に4つのサイトが選ばれた。それらのサイトにおいて、相対成長測定式を用いて樹木のバイオマス量を推計するために必要なデータの収集が行われた。また土壌中の有機物量を分析するため、土壌標本も採取された。測定の結果、4つのうち2つのサイトでは、樹木のバイオマス量が550Mg/haであると推定され、IPCCガイドラインの示す熱帯林用デフォルト値（300-370Mg/ha）よりもかなり高めであることがわかった。他方、他のサイトでは378Mg/haと推定され、IPCCガイドラインのデフォルト値に近いことがわかった。

また、本研究により、フィリピン国内の様々な地域における樹種ごとの平均年間増量 (MAI : Mean Annual Increment) のデータが収集・整理された (表3)。

表3 フィリピンにおけるさまざまな樹種のバイオマス、炭素密度及びそれらの平均年間増量

樹種	樹齢 (年)	バイオマス Mg/ha	バイオマス平均 年間増量 Mg/ha/年	炭素密度 Mg/ha	炭素の平均 年間増量 Mg/ha/yr	地域
<i>Acacia auriculiformis</i>	6	7.39	1.23	3.33	0.55	Nueva ecija
<i>Tectona grandis</i>	13	8.70	0.67	3.92	0.30	Iloilo
<i>Gmelina arborea</i>	6	17.22	2.87	7.75	1.29	Iloilo
<i>Pinus kesiya</i>	13	107.83	8.29	48.52	3.73	Iloilo
<i>P. kesiya + broadleaf spp.</i>	13	83.24	6.40	37.46	2.88	Iloilo
<i>Swietenia macrophylla</i>	80	564.92	7.06	254.21	3.18	Makiling
<i>Pinus caribaea</i>	2	15.97	7.98	7.18	3.59	Surigao del Sur
<i>Eucalyptus deglupta</i>	2	5.76	2.88	2.59	1.30	Surigao del Sur
<i>Casuarina equisetifolia</i>	2	2.83	1.41	1.27	0.64	Tarlac

本研究により得られた新たなデータをもとに、1996年改訂版IPCCガイドラインの方法に基づいて推計を行ったところ、2000年にはフィリピンにおける森林（土地利用変化及び林業セクター）は、二酸化炭素換算で127Mtの炭素吸収に貢献していたと推計された。これは、1999年に作成された1994年インベントリーにおいてIPCCガイドラインの示すデフォルト値を用いた結果、土地利用変化及び林業セクターがネットの吸収源とはなっていなかった（わずかながら排出側であった）ことと対照的な結果である（表4）。

表4 1994, 1997-1998年GHGインベントリーと本研究による2000年インベントリーの比較（LUCFセクター：フィリピン）

	Mt-CO <sub>2</sub>		
	1994年のインベントリー (フィリピン国別通報, 1999年)	1997-98年の インベントリー	2000年の インベントリー (本研究)
バイオマス生長	-111	-222	-217
木材伐採	42	31	30
伐採現場あるいは 現場外での燃焼	36	23	29
腐蝕	33	23	29
純吸収量	<1 (0.126)	-142	-126

1994年のインベントリーと2000年のインベントリーを単純に比較することはできないが、これらの結果の重大な差はデータの質の違いにも大きく影響を受けていると考えられる。より信頼性の高いGHGインベントリーを作成していくためには、このような実測研究に基づくデータの集積が大変重要である。

#### (5) 国際ワークショップの開催による3ヵ年研究のレビューと今後のさらなる改善方策の検討

##### ① 国際ワークショップの開催

3ヵ年にわたって行われてきた本研究の最後に、GHGインベントリーの方法論に関する国際的な議論の最新の動向を踏まえながら、この3ヵ年の成果を総括しつつ、改めて今後のGHGインベントリー改善の方向性をアジア太平洋地域の専門家の中で検討するため、2002年1月17、18日に神奈川県葉山町で「アジア太平洋地域の温室効果ガスインベントリーに関するワークショップ」を財団法人地球環境戦略研究機関と国立環境研究所の共催により再び開催した。本ワークショップには、日本、中国をはじめとするアジア地域8カ国と1国際機関（IPCC）を中心として、総勢34名の参加者があり、精力的な議論を行った。

##### ② ワークショップの目的と構成

本ワークショップの目的は、次のとおりである。

- 3 ヶ年にわたる本研究の成果をレビューする。
- 本研究の初年度に構築されたN A P I I D（アジア太平洋 GHG インベントリー・データベースのための専門家ネットワーク）の現状をレビューし、今後の更なる発展のあり方について検討する。
- 以上の検討を通じて、アジア太平洋地域の GHG インベントリーの効率的な改善方策について議論し、その戦略を検討する。
- この取り組み全体を通じて、日本（アジア）に事務局が設置されている IPCC 国別温室効果ガスインベントリープログラムの発展に貢献する。

以上の目的をもって、本ワークショップは次のような構成（4セッション）で行われた。

第1セッションでは、東南アジア3カ国での森林・土壌炭素関連データの研究や、アジア地域の稲作起源GHG排出に関するワークショップ（南京、平成13年2月）などの成果につき、それぞれアジア諸国の研究協力者から報告がなされ、その有用性につき合意が得られた。同研究成果は、本ワークショップの参加者を通じてアジア太平洋地域諸国に浸透し、活用されていくものと期待される。

第2セッションのテーマは、「良好手法指針の適用とそれを通じた将来の研究分野の優先順位づけ」であった。このセッションでは、本研究の遂行中に発行された「国別温室効果ガスインベントリーにおける良好手法指針と不確実性管理」に関するIPCC報告書の概要が紹介され、カンボジアにおける良好手法指針適用（主要排出源特定とその主要排出源への良好手法の適用）のケーススタディが報告された。その後、他のアジア諸国専門家からもインベントリーの現状と主要排出源特定の試行結果等について報告がなされ、それらを踏まえた議論の結果、同地域のインベントリー改善のためにIPCC良好手法指針の適用が有効であるとの合意が得られた。本ワークショップの参加者を通じて、同報告書（IPCC良好手法指針）のアジア太平洋地域への普及が加速されよう。

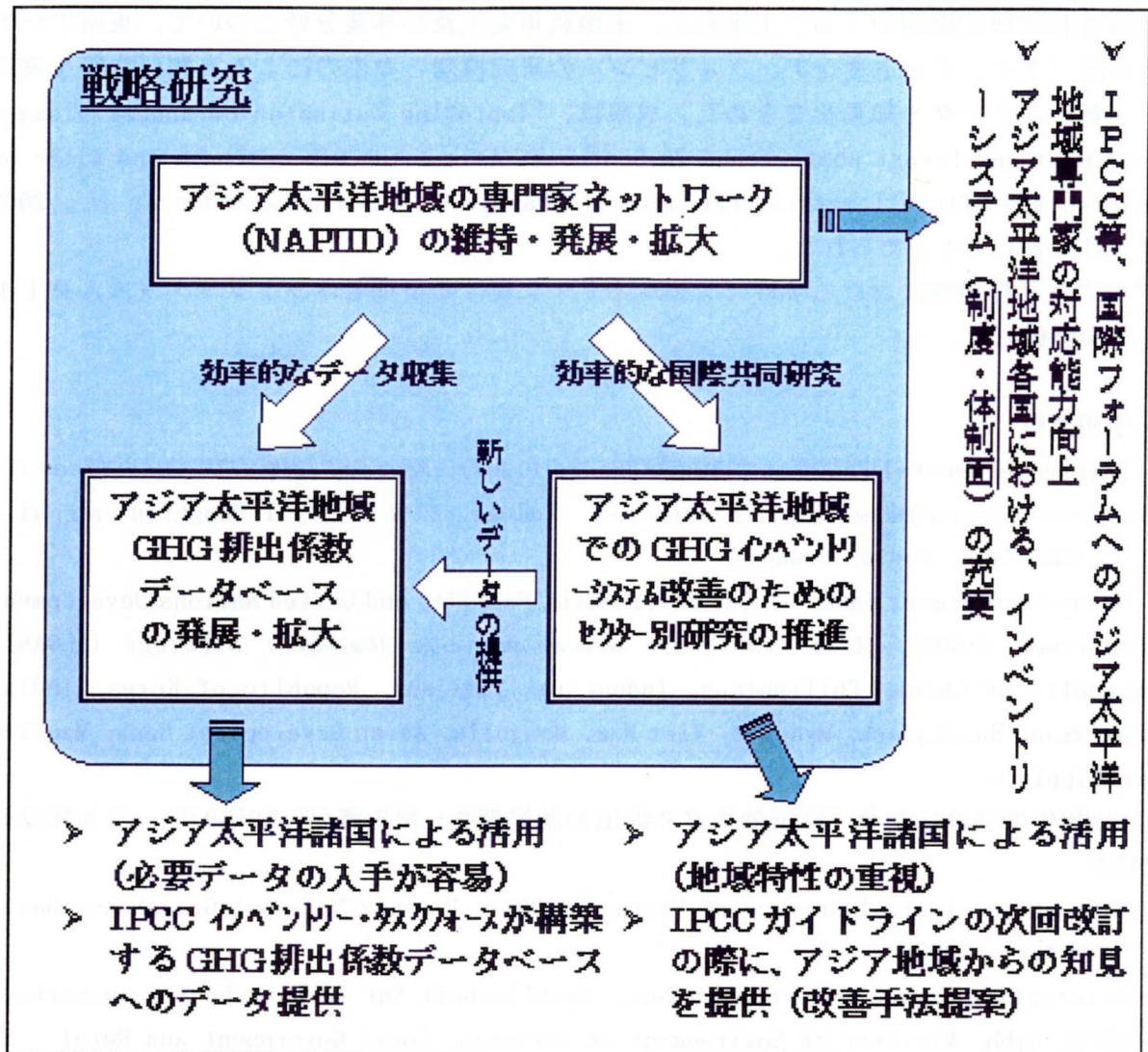
第3セッションでは、GHGインベントリーのための国家制度、すなわちインベントリー作成の制度的・手続き的・組織的側面について議論がなされた。ここでは、まず日本におけるGHGインベントリー作成のための組織、手続き等について解説がなされた後、アジア諸国それぞれの、この面での現状について報告があった。後述するとおり、持続的で組織化されたインベントリー構築体制を確保することは、近年とくに重要視されてきている。例えば中国の専門家による同国の国別通報作成過程の紹介など、この面での各国の情報交換が本セッションにおいて活発になされた。

第4セッションは、アジア太平洋地域においてデータ・情報の交換を活発にするための専門家ネットワークのあり方をテーマとするものであった。ここでは、IPCCで進行中のGHG排出係数データベース構築プロジェクトの紹介がなされ、同プロジェクトへの期待とアジアからの情報発信・専門家の積極参加の重要性が認識された。また、この3ヵ年研究の初年度に構築されたN A P I I D（アジア太平洋GHGインベントリー・データベースのための専門家ネットワーク）の意義について一致した認識が得られ、今後も同ネットワークを維持・発展させていくことへの期待が表明された。

### ③ 今後の方向性についての提言

本研究の開始当初は、GHG推計に必要な排出係数等につき信頼性の高いデータを収集・整備していくことが何よりも重要だというのが一般的な認識であり、本研究もその面に重点を置いて遂行してきた。しかし、3年の時が流れる中で、GHGインベントリーをめぐる問題点についての国際的な議論にも若干の変化が見られ、最近では各国（特に発展途上国）におけるインベントリー作成の体制面・制度面（institutional frameworks）を整備することの重要性が指摘されるようになってきている。例えば、気候変動枠組条約の下で非附属書I国の国別通報に関する議論を行ってきた専門家諮問会議（CGE）は、2001年秋に、インベントリー作成の制度面の充実を重視する勧告を行っている。また、GEF（地球環境ファシリテーター）とUNDPによって進められている非附属書I国の国別通報支援に関するプログラムでは、従来は「排出係数等のデータをいかに確保するか」という点が重視されてきたが、徐々に「いかに持続的で組織化されたインベントリー構築体制を整えるか」を重視する流れになってきている。

本研究の過程で構築されたアジア太平洋地域GHGインベントリー専門家ネットワーク（NAPIID）は、情報・データの交換や研究交流を通じて同地域の専門家の能力向上・連携強化にも寄与し、近年重視されてきた組織面・制度面の充実のためにも有用であると期待される。この点も踏まえ、本研究で進めてきた下図のような枠組みを、今後も維持しより活発にしていくことが、アジア太平洋地域のGHGインベントリー改善という長期的な取り組みには不可欠であろうと考えられる。



- ◆ アジア太平洋諸国のインベントリシステム改善により、気候変動枠組条約や京都議定書の履行に貢献
- ◆ 科学的知見・データの蓄積・提供により、IPCC インベントリタスクフォースの発展に貢献
- ◆ アジア太平洋地域の GHG 排出実態の解明により削減方策検討にも寄与

5. 本研究により得られた成果

- ・アジア太平洋地域における予備的な温室効果ガス (GHG) 排出係数データベース (一覧表) を作成し、同地域において独自排出係数データの研究を推進する必要性を明示した。
- ・農業、土地利用・土地利用変化・森林、廃棄物の各分野における、今後の研究課題のリストを作成した。
- ・認識された研究課題のうち、農業分野 (稲作起源 GHG) の推計方法論改善について、IPCC 等への提言をまとめた。

- ・認識された研究課題のうち、土地利用、土地利用変化及び林業分野について、東南アジア3カ国（タイ、インドネシア、フィリピン）の研究機関との協力による実測研究等を実施し、新たなデータ・知見をまとめた。成果は、「Improving estimates of annual biomass Increment and forest aboveground In Southeast Asia using GIS approach and site- or species-specific allometric regressions」(Damasa B. Magcale-Macandog *et al.*, 2002年1月)としてまとめられた。
- ・アジア太平洋地域におけるGHGインベントリーに関する研究者ネットワーク（N A P I I D）を整備した。

## 6. 引用文献

- 1) Intergovernmental Panel on Climate Change (1997), *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 2 & 3*, J.T.Houghton et al., IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- 2) Asian Development Bank, Global Environment Facility and United Nations Development Programme (1998), *Asia Least-cost Greenhouse Gas Abatement Strategy (ALGAS): Republic of China, Philippines, Indonesia, Thailand, Republic of Korea, India, Pakistan, Bangladesh, Myanmar, Viet Nam, Mongolia*, Asian Development Bank, Manila, Philippines
- 3) 平成8年度環境庁請負「温室効果ガス排出抑制等調査」報告書(平成9年3月)、三和総合研究所
- 4) Hydrometeorological Service of Vietnam (1997), *Vietnam National Greenhouse Gas Inventory, 1993*
- 5) Alternative Energy Development Inc., Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Ministry of Environment of Pakistan, Local Government and Rural Development of Pakistan (1997), *Pakistan GHG Source and Sink Coefficients*
- 6) Centre for Global Change, National Physical Laboratory of India (1996), *Greenhouse Gas Emissions In India (1996 Update)*  
[4)～6)は、<http://ntweb03.asiandevbank.org/oes0019p.nsf> から入手可能である。]
- 7) Indonesia (1999), *The First National Communication on Climate Change Convention*
- 8) The Philippines (1999), *The Philippines' Initial National Communication on Climate*  
[7)、8)は、<http://www.unfccc.int> から入手可能である。]
- 9) Thailand (1997), *Thailand's National Greenhouse Gas Inventories 1990*

### [国際共同研究等の状況]

- ・前述のとおり、本研究初年度に構築したGHGインベントリー専門家ネットワーク（N A P I I D）の中の土地利用、土地利用変化及び林業分野の専門家を通じて、東南アジア3カ国の研究機関と共同研究「Improving estimates of annual biomass Increment and forest aboveground In Southeast Asia using GIS approach and site- or species-specific allometric regressions」を進めた。協力研究機関は、次のとおりである。



タイ： タイ王立森林局

インドネシア： ボゴール農業大学

フィリピン： フィリピン大学ロスバニョス校

- ・国際共同研究ではないが、本研究はIPCC国別温室効果ガスプログラムへの貢献（データ・情報・知見のインプット）を明確に意識して行われたものであり、例えばIPCCが遂行中のGHG排出係数データベース構築に対しても本研究で得た成果（土地利用変化及び林業セクターにおける東南アジア諸国のデータなど）を反映させることが可能である。

[研究成果の発表状況等]

(1) 誌上发表（学術雑誌） なし

(2) 口頭発表

- ① K. Tanabe : APN funded workshop with GCTE, LUCC, STAR, IDGEC [IGBP-IHDP] on Land Use Change and the Terrestrial Carbon Cycle in the Asia, Kobe, Japan, 29 January - 1 February 2001 "GHG Inventories for Asian Region"
- ② K. Tanabe : NCSP/GEF Project Initiation Workshop "Capacity Building for Improving National GHG Inventories (West African Region), Cotonou, Benin, 16 - 18 October 2001 "On-going effort by a Cambodian expert to apply the Good Practice Guidance"

(3) 出願特許 なし

(4) 受賞等 なし

(5) 一般への公表・報道等

- ① IPCC Expert Meeting on Establishing a Database on GHG Emission Factors (12年7月24日、インド・ニューデリー) アジア地域のGHG排出係数一覧表が紹介された。
- ② UNFCCC SBSTA12 (2000年6月、ドイツ・ボン)において「アジア太平洋地域の温室効果ガスインベントリーに関するワークショップ」(初年度のワークショップ)の報告書を公表。
- ③ UNFCCC COP6 (2000年11月、オランダ・ハーグ)において「アジア太平洋地域の温室効果ガスインベントリーに関するワークショップ」(初年度のワークショップ)の報告書を公表。
- ④ 科学時報 (13年3月16日、中華人民共和国の科学紙全国版)

(6) その他成果の普及、政策的な寄与・貢献について

- ① UNFCCC regional workshop of the Consultative Group of Experts on national communications from non-Annex I Parties of the Asian region (12年10月16~20日、タイ・バンコク) アジア地域インベントリー専門家ネットワーク(NAPIID)の活動が紹介され、同ワークショップ報告書(気候変動枠組条約の公式文書:FCCC/SBI/2000/INF.10)にもその活動の紹介がなされている。