

B-51 温室効果ガス的人為的な排出源・吸収源に関する研究

(1) CO₂の排出・吸収に関する研究

③ 土地利用変化によるGHG収支に関する情報データベース

[平成10年度改定, 平成8・9年度課題名]

B-9 アジア太平洋地域の土地利用変化が地球温暖化に及ぼす影響に関する研究

(3) 温室効果ガス収支に関する多種情報のデータベース化に関する研究

② 温室効果ガス収支に関する多種情報のデータベース化手法開発に関する研究)

研究代表者 農業環境技術研究所環境管理部計測情報科 Lilik Budi Prasetyo

農業環境技術研究所

環境管理部 計測情報科 Lilik Budi Prasetyo・斎藤元也

企画調整部 地球環境研究チーム 岡本勝男・新藤純子・袴田共之

平成9-10年度合計予算額 3,719千円

(平成10年度予算額 1,786千円)

[要旨] 地図、リモートセンシングデータ、現地測定、統計データ等の種々の情報源を利用し、インドネシアスマトラ島ジャンビ地区の土地利用／土地被覆を中心とした温室効果ガス収支に関するデジタルデータセットの開発を行った。このデジタルデータセットは、地理情報システムの汎用パッケージソフトウェアPC-Arc／Infoとリモートセンシング処理プログラムERDASを利用して行った。

作成されたデータベースには、土地利用／土地被覆図・地形図・行政界図・土壌図・降雨量図・土地利用計画図・移住地及びプランテーション分布図である。1986年と1992年の土地利用／土地被覆図を14タイプに再編集し、本プロジェクトの地上観測データ（他のサブ課題）と結びつけ、地上炭素存在量、二酸化炭素・メタン・亜酸化窒素のフラックス量の空間データベースを作成した。このデータセットを利用し、ジャンビ地区での1986年と1992年の間での土地利用／土地被覆変化の算出とこの変化に伴う炭素ストックの変化を推定した。土地利用／土地被覆は、焼き畑農業、移住政策遂行、プランテーションの拡大、木材生産の森林伐採等の人間活動の要因で変化があった。これらの人間活動は、森林による炭素のストック量を減少させ、二酸化炭素及び亜酸化窒素ガスフラックスを増加させ、メタン吸収を減少させた。

[キーワード] 地理情報システム、リモートセンシング、土地利用変化、土地被覆変化、炭素ストック、温室効果ガスフラックス

1. 序

熱帯林は、現在なお8－12百万平方kmを占めており、主に、ラテンアメリカ、西赤道アフリカ、東南アジアである。温帯林と異なり、熱帯林はこの20年間で大きく減少し、地球全体の気象にインパクトを与えた。

この熱帯林は、グローバルカーボンサイクルに重要な役割を担っている。熱帯林の樹木と土壌の炭素量は、森林のタイプやその地理的な分布状況により大きく変化する。アジア地区では、樹冠の閉鎖した密な森林は200トン/ha、樹冠の開いた疎な森林では60トン/haと推定されており、ラテンアメリカ地区より大きな値となっている。土壌においては、アジアとアメリカで大きな差はなく、樹冠の閉鎖した森林の土壌で100トン/ha、樹冠の開いた森林の土壌で60トン/haと推定されている。

森林から他の土地利用/土地被覆に変化する森林破壊について、とくに、熱帯林の森林破壊につて国際的な関心事となっている。年間6－17百万haの熱帯林が減少していると推定されている。この土地利用/土地被覆変化は、プランテーションの拡大、焼き畑農業、移住政策の遂行、農場開発、木材資源開発等に伴って起きている。陸域生態系で、森林はほとんどの炭素を固定していたから、このような土地利用/土地被覆の変化は大気中の二酸化炭素の増加の原因となり、地球全体の気象を変化させる。1980年には、森林破壊により森林に固定されていた炭素が0.4－2.5ギガトン(Cとして)大気中に二酸化炭素として放出された。これは、化石燃料のからの放出量(5.2ギガトン)の1－5割に相当する。

土地利用/土地被覆変化は、また、二酸化炭素以外の温室効果ガスサイクルの土壌と大気間のフラックスに影響を与える。近年のメタンガスの平均大気濃度は、1720ppbvであり、産業革命以前の750ppbvの約2倍となっている。亜酸化窒素では、約1.5倍となっている。これらは、土地利用/土地被覆変化が温室効果ガスがサイクルに与える影響を早急に明らかにする必要があることを示している。

2. 研究目的

この研究は、土地利用/土地被覆とこれらに関連するデータの空間データベースを作成することである。このデータベースは、地理情報システムとリモートセンシング技術をもちいて土地利用/土地被覆変化が温室効果ガスの収支に与える影響を明らかにするためのものである。たとえば、炭素の地上ストックの変化、および、二酸化炭素・メタン・亜酸化窒素ガス放出量の変化の把握を目的とする。これらは、土地利用/土地被覆変化とその影響が、グローバルな気象に与える過程を明らかにする基本的な第一歩である。

3. 研究方法

(1) 研究対象地域

研究対象地域は、インドネシア・スマトラ島・ジャンビ地区であり、図1に示した。この地区は、南緯0度45分から南緯20度45分、東経101度0分から東経104度55分の範囲である。

側の標高が0mに近い海岸湿原地帯から、西側の標高が1000mを超える山間部まで存在する。

中央には、大きなバタンハリ川が流れ、交通および灌漑に重要な位置を占めている。大きな集落はこの川の側にある。気温は月平均で摂氏22度から34度で推移し、雨量は乾季の月平均は81mm、雨季では285mmである。ジャンビ地区の人口は、人口統計によれば、1995年で2.18百万人である。これは、1971年のデータの約2倍である。人口は、40才以下の層が中心である。

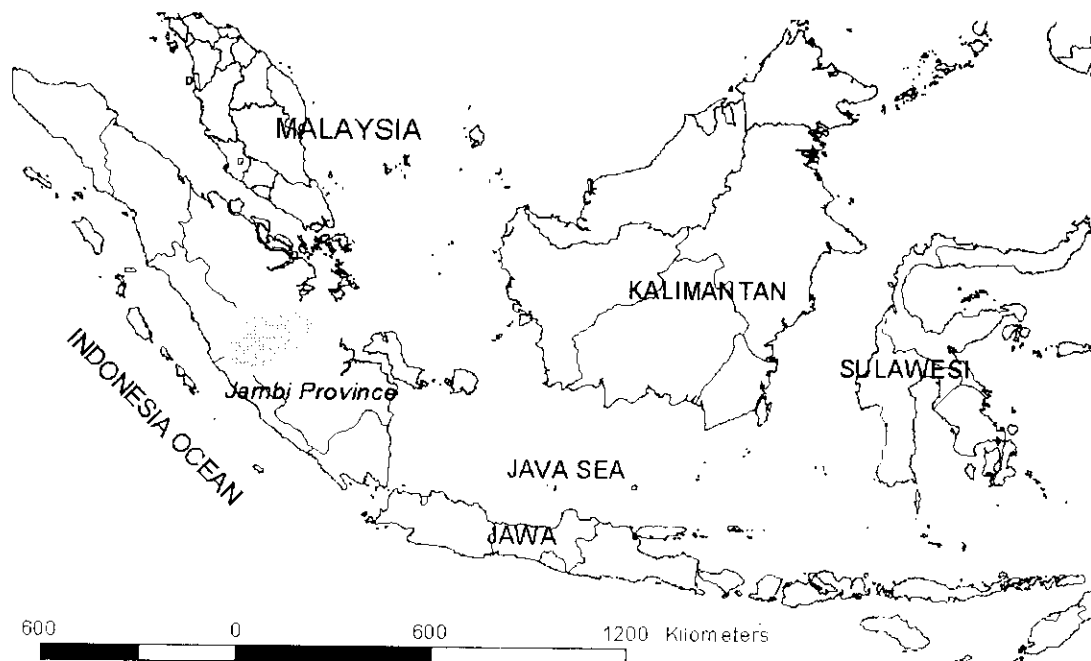


図1 対象地域（インドネシアスマトラ島ジャンビ地区）

（2）利用した資料及びデータ

ランドサットTMデータを地上観測データとの対応のために使用し、また、既存の主題図マップを利用して、ジャンビ地区全体に対しての検討を行った。使用した各種マップ等は、以下の通りである。

使用した画像及び地図

- 1993年6月11日 LANDSAT/TM
- 1995年6月17日 LANDSAT/TM
- 1986年 土地利用／土地被覆マップ（1／250,000）
- 1992年 土地利用／土地被覆マップ（1／250,000）
- 土壌図（1／400,000）
- 年および月別降雨量図（1／1,000,000）
- 地形図（1／250,000 及び 1／400,000）
- ジャンビ地区土地利用計画図（1／400,000）
- 移住地及びプランテーション分布図（1／400,000）
- 行政界マップ（1／400,000）

現地観測データ

地上炭素現存量

熱帯生物学地域センター（インドネシア）

温室効果ガスフッラクス

本プロジェクト及び熱帯生物学地域センター（インドネシア）

統計データ

人口

その他

社会情勢、歴史、自然環境のレポートや書籍

(3) データ入力

地図をディジタイザで入力し、ポリゴン化して各々のポリゴンに地図上の特性を与えた。エラーの修正後、UTMゾーン47の座標系に変換した。

(4) データベースの構築

1986年と1992年の土地利用／土地被覆マップは、64の土地利用／土地被覆タイプに分かれていたが、この研究では14タイプに再編集して使用した。

地上炭素存在量、二酸化炭素・メタン・亜酸化窒素の空間データベースを、本プロジェクトの地上観測データ（他のサブ課題）と土地被覆マップデータを結びつけることで作成した。

4. 研究結果

地形図・行政界図・土壌図・降雨量図・土地利用計画図・移住地及びプランテーション分布図・地形図、土壌図、行政界図、1986年土地利用／土地被覆マップ、1992年土地利用／土地被覆マップ等のポリゴン型のデータベースとした。データベースの例として、図2に行政界および集落分布図・地形図・土壌図・降雨量図を示した。

1986年と1992年のジャンビ地区の土地利用／土地被覆図および変化地域図を図3に、集計表を表1に示した。このデータベースを用いて1986年と1992年間の土地利用変化、地上部での炭素存在量の変化を明らかにし、表1に示した。この地区での原生森林の減少が認められ、プランテーションの増加が認められた。地上炭素存在量は土地利用／土地被覆毎のha当たりの炭素量に該当の土地利用／土地被覆面積を掛け合わせることで算出した。ジャンビ地区全体で、1986年には613メガトンであったが、1992年においては557メガトンの炭素量となった。

温室効果ガスのフラックスについては観測時期と観測地点により大きく異なっており、正確なフラックス量を算出するためには地上調査データが不足している。しかし、データベースの使用例として、このジャンビ地区全体の地表面からの温室効果ガスフラックスの算出を行い表2に示した。本プロジェクト（他のサブ課題）、および、BIOTROPで現地観測したフラックスデータを利用し、1986年と1992年のガスフラックス量を算出して比較を行った。1986年および1992年と同一の土地利用／土地被覆面積での温室効果ガスフラックス量は同じであるとし、土地利用／土地被覆の変化が温室効果ガスに与える影響を評価した。この結果は、二酸化炭素及び亜酸化窒素の地表面からのガスフラックスは若干増加傾向にあり、メタンガスの吸収は減少していた。

5. 考察

本研究によって得られた地上炭素存在量および温室効果ガスフラックスは、試算にとどまっており、信頼度および含まれる誤差の統計手法による推定はできていない。この主な原因は現地調査サンプル数の絶対的不足に起因していると考えられる。現地観測データは繰り返しがほとんどなく、現地観測データ自身に含まれる誤算の把握ができていないことが大きな原因である。正確な温室効果ガスをフラックスを推定するためには、現地地上観測をさらに充実する必要がある。

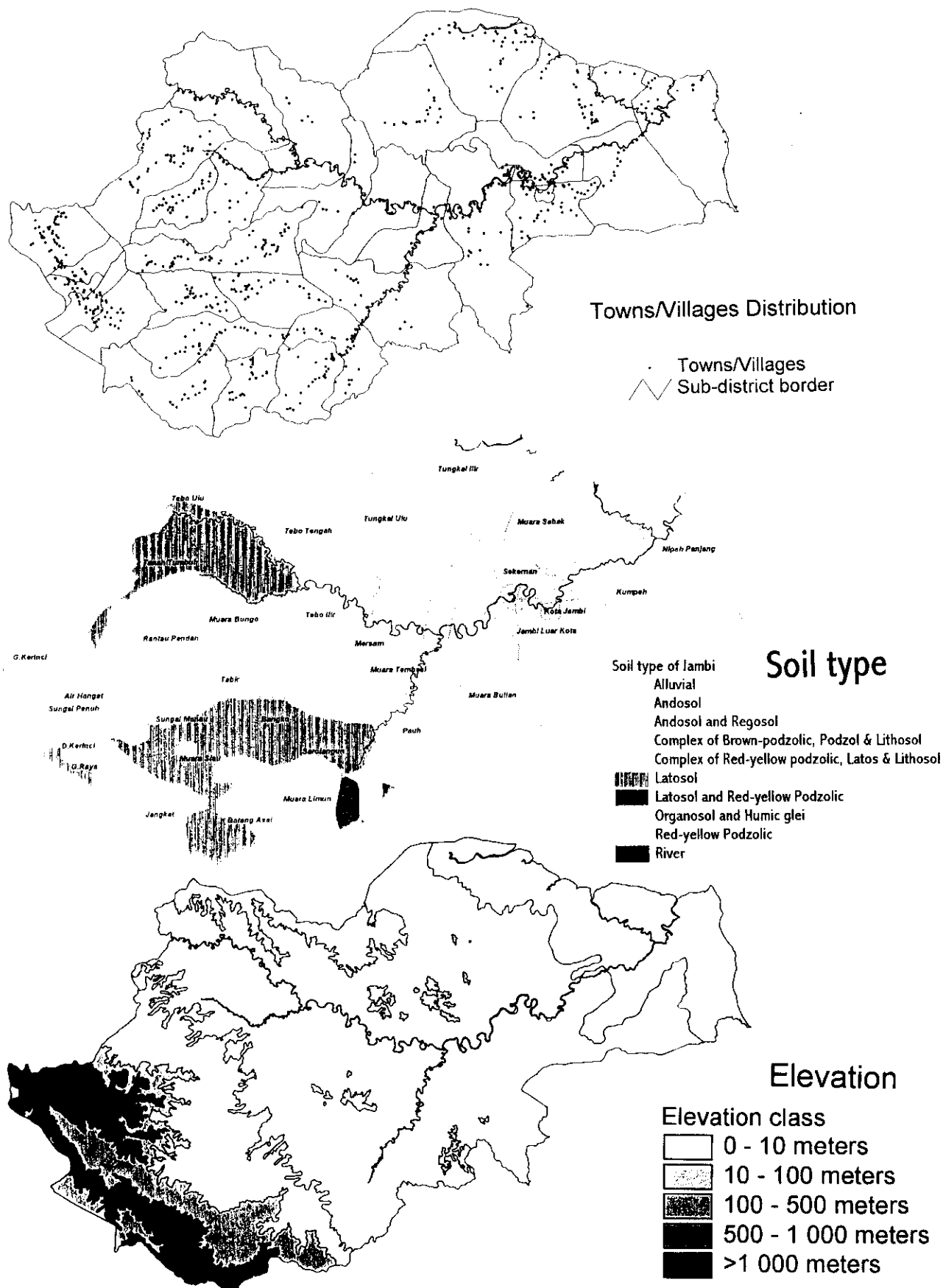
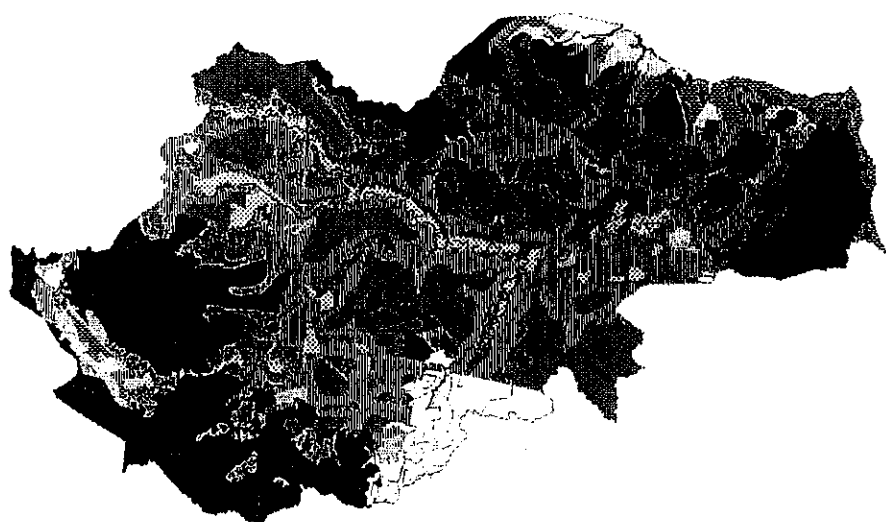
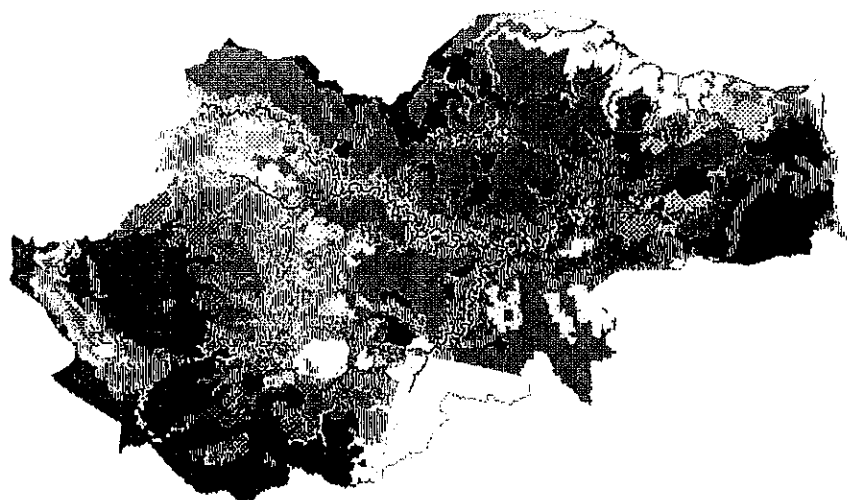


図2 データベースの例（行政界および集落分布図・標高図・土壌図）



(a) Land-use/land cover in 1986



(b) Land-use/land cover in 1992



(c) Land-use/land cover change

LEGEND

- River
- Administrative boundary
- Land-use/land cover
- Bareland
- Cash crops plantation
- Cultivated land and secondary vegetation
- Cultivated land and settlement
- Grassland
- Logged forest
- No data
- Paddy field
- Primary forest
- Secondary forest
- Fallow land
- Upland field
- Urban area
- Water surface



- River
- Administrative boundary
- Land-use/land cover
- Cash crop plantation
- Cultivated land and secondary vegetation
- Cultivated land and settlement
- Deforested area
- Degraded forest
- Fallow land
- Grassland
- Paddy field
- Regenerated forest
- Unchanged
- Upland field
- Urban area

図2 ジャンピ地区の1986年と1992年土地利用／土地被覆図および変化地域図

表1 1986年と1992年のジャンビ地区の土地利用／土地被覆および地上炭素存在量

LAND-USE/LAND COVER	1986			1992		
	Area (sq. km)	% of total area	Total carbon (10 ⁶ ton)	Area (sq. km)	% of total area	Total carbon (10 ⁶ ton)
Primary forest	16521.20	33.91	416.89	12569.86	25.80	317.19
Secondary forest	0.00	0.00	0.00	1274.34	2.62	7.40
Logged forest	10022.39	20.57	155.53	12448.65	25.55	193.18
Fallow land	9401.68	19.30	14.10	6072.66	12.47	9.11
Grassland	535.99	1.10	0.32	523.19	1.07	0.31
Bare land	3.67	0.01	0.00	3.67	0.01	0.00
Cash crops plantation	912.78	1.87	2.56	3303.17	6.78	9.25
Paddy field	1002.78	2.06	0.75	649.16	1.33	0.49
Upland field	0.00	0.00	0.00	235.84	0.48	0.18
Cultivated lands and Secondary Vegetation	7036.29	14.44	24.97	7933.39	16.29	28.16
Cultivated lands and Settlement	1339.84	2.75	0.50	1630.68	3.35	0.61
Urban area	0.00	0.00	0.00	132.17	0.27	0.00
Water surface/lake	42.41	0.09	0.00	42.27	0.09	0.00
No data	1896.60	3.89	-	1896.6	3.89	-
Total	48715.65	100.00	615.62	48715.65	100.00	565.88

Note: Above ground biomass was estimate using allometric equation, conducted by Biotrop

表2 1986年および1992年の温室効果ガスフラックス

Land-use/ Land cover class	Total flux of CO ₂ (mg/day)		Total flux of N ₂ O (mg/day)		Total flux of CH ₄ (mg/day)	
	1986	1992	1986	1992	1986	1992
Primary forest	1.69x10 ¹⁴	1.28x10 ¹⁴	3.2x10 ⁹	2.43x10 ⁹	-1.45x10 ¹⁰	-1.10x10 ¹⁰
Secondary forest	0.00	5.75x10 ¹²	0.00	7.03x10 ⁸	0.00	-3.36x10 ⁹
Logged forest	1.24x10 ¹⁴	1.54x10 ¹⁴	2.48 x10 ⁹	3.08x10 ⁹	-1.04x10 ¹⁰	-1.29x10 ¹⁰
Fallow land	1.31x10 ¹⁴	8.46x10 ¹³	4.51 x10 ⁹	2.91x10 ⁹	-1.00x10 ¹⁰	-6.47x10 ⁹
Grassland	7.76x10 ¹²	7.58x10 ¹²	1.42 x10 ⁸	1.38x10 ⁸	0.00	0.00
Bare land	2.44x10 ¹⁰	2.44x10 ¹⁰	5.67x10 ⁵	5.67x10 ⁵	-6.25x10 ⁵	-6.25x10 ⁵
Cash crops plantation *	1.87x10 ¹³	6.75x10 ¹³	4.68x10 ⁸	1.69x10 ⁹	0.00	0.00
Paddy field	-	-	9.63x10 ⁷	6.23x10 ⁷	7.22x10 ⁸	4.67x10 ⁸
Upland field	0.00	2.41x10 ¹²	0.00	4.03x10 ⁷	0.00	0.00
Cultivated land and Secondary vegetation	8.00x10 ¹³	9.02x10 ¹³	3.43 x10 ⁹	3.87x10 ⁹	-3.33x10 ⁹	-3.75x10 ⁹
Cultivated lands and Settlement	6.85x10 ¹²	8.33x10 ¹²	1.16 x10 ⁸	1.41x10 ⁸	0.00	0.00
Total flux	536.5x10 ¹²	548.3 x10 ¹²	14.4 x10 ⁹	15.1x10 ⁹	-37.5x10 ⁹	-37.0x10 ⁹

Note : calculations were made based on field measurement in November 1997, conducted by IC-SEA

* : assumed flux of CH₄ and CO₂ of cash crops plantation are equal upland, while flux of N₂O is equal to three times of upland field flux due to intensive fertilizer application.

6. 本研究により得られた成果

本研究により、アジア太平洋地域における土地利用変化が地球温暖化に及ぼす影響解明のための温室効果ガス収支に関する多種情報のプロトタイプデータベースが開発された。本研究で開発されたデータベースを利用することにより、現地測定のポイントデータを面的に拡大する手段ができてきた。

7. 参考文献

- Adger, N. etc. 1994. Land-use and the causes of global warming. John Wiley & sons. New York. 271p
- Babcock, T. 1986. Transmigration the regional impact of miracle cure in Central government and local development (MacAndrews, Colin ed.). Singapore. Oxford University Press. 157-189
- Ball, D. etc. 1989. Geographical information system; defense application. New South Wales. Macathur Press. 257 p
- Bappeda Jambi. 1988. Jambi province statistics. Bappeda (in Indonesian)
- Bappeda Jambi. 1995. Jambi province statistics. Bappeda (in Indonesian)
- Barbier, B. Joanne C. B. and A. Markandya. 1991. The economic of tropical deforestation. *Ambio* 20 (2), 55-58
- Burrough, A. 1986. Principles of geographical information system for land resources assessment, Oxford, Clarendon Press. Oxford, 193p
- Grainger, A. 1993. Rates of deforestation in the humid tropics : estimates and measurement, *The Geographical Journal*, 159 (1), 1583-1587
- Helmi, Y. 1954. The importance of rubber : the economic life of the population of Indonesia. Jakarta. Tinta Mas. 66p (in Indonesian).
- Houghton, A. 1990. The future role of tropical forest in affecting the carbon dioxide concentration of the atmosphere. *Ambio* 19 (4), 204-209
- Houghton, A. 1995. Determining emission carbon from land : A global strategy, in *Toward global planning of sustainable use of the earth ; development of global eco-engineering* (Murai, Shunji eds) Elsevier, 59-76
- Houghton, A. etc. 1985. Net flux of carbon dioxide from tropical forest in 1985. *Nature* 316 (15), 617-620
- Japan association on Remote Sensing. 1996. Remote sensing note. Nihon Printing Co. Ltd. Tokyo. 300p
- Mahmood, N. etc. 1991. Characterization of environmental changes using remote sensing technique - a case study applied to Klang valley area. in *Application of remote sensing in Asia and Oceania - Environmental change monitoring..* (Murai eds) Asian Assoc. on Remote Sensing. 157-167
- Maguire, J. etc. 1991. Geographical information system; principles and application. New York. John Wiley and Sons Inc. 588p
- Murdiyarso, D. etc. 1996. Green house gas emission and carbon balance in slash and burn practices.
- Myers, N. 1991. The world's forest and human population : the environmental interconnections, in *Resources, environment and population ; present knowledge and future options* (Davis, K. etc. eds.) Oxford, Oxford Univ. Press. 237-251

- Myers, N., 1994. Tropical deforestation : rates and pattern in The causes of tropical deforestation (Brown, K. etc. eds.) England, UCL Press, 27 - 40
- Parker, D. 1989. GIS software 1989; a survey and commentary. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 55 (11) : 1589-1591
- Saatchi, S. etc. 1997. Mapping deforestation and land-use in Amazon rainforest by using SIR-C Imagery. Remote Sens. Environ. 59, 191 - 202
- Setzer, W. etc. 1991. Amazonia biomass burning in 1987 and an estimation of their tropospheric emissions. Ambio 20(1), 19 - 22
- Sinaga, S. etc. 1968. Pengusahaan dan tata niaga karet rakyat di Sumatera Selatan dan Kalimantan Selatan. Bogor. Survei Agro-Ekonomi Indonesia. 94 p (in Indonesian)
- Tamura, M. etc. 1995. Estimation of methane emission from western Siberian wetlands by using satellite remote sensing techniques in Proceedings of the International Symposium on Vegetation Monitoring. August 29-31, 1995. Chiba - Japan
- Tateishi, R. etc. 1991. Global land cover classification by phenological methods using NOAA GVI data. Asian-Pacific Remote Sensing Journal. 4 (1), 41-52

[国際共同研究等の状況]

インドネシアのBIOTROPとの共同研究を実施中

[研究成果の発表状況]

(1) 口頭発表

①Genya SAITO : Workshop on Land-use/Cover Change and Greenhouse Gas Emissions in Humid Tropical Environment, Bogor Indonesia, 1999.2.12-13

“Studies of Landuse Changes and Effects of the Landuse Changes Using Remote Sensing and GIS”

②Prasetyo, L.B, Saito, G., and Wasrin, U.R., Tsuruta, H : Workshop on Land-use/Cover Change and Greenhouse Gas Emissions in Humid Tropical Environment, Bogor Indonesia, 1999.2.12-13

“Spatial database development for greenhouse gas emission estimation using remote sensing”

③Genya Saito, Lilik Budi Prasetyo, Upik Rosalina, Haruo Tsuruta, Katsuo Okamoto, Ishizuka Shigehiro, Ueda Shingo, Daniel Murdiyarso, Atick Widayati : Global Mapping Mini-Forum (1999.3.2, Tsukuba Japan)

“Influence of Green House Gasses Emissions with Land Use Changes -Development of Database for Green House Gasses Emissions and Land-use Changes-”

(2) 論文発表

①Lilik Budi Prasetyo, Genya Saito, Katsuo Okamoto, Haruo Tsuruta, Shigehiro Ishizuka, Shingo Ueda, Upik Rosalina, Daniel Murdiyarso, and Atiek Widayati : Spatial Database Development for Green House Gas Emission Estimation Using Remote Sensing and GIS, Proceedings of the 19th Asian Conference on Remote Sensing, L-9-1 – 6 (1998)

②Lilik Budi Prasetyo, Genya Saito, Haruo Tsuruta, Upik Rosalina, and Daniel Murdiyarso : Impacts of Land-use/Land Cover Change on Soil Surface Emission of Green House Gases 日本写真測量学会平成11年度年次講演会発表論文集・日本リモートセンシング学会第26回学術講演会論文集, pp119-122 (1999)

(3) 出願特許、受賞等

なし