

B-51 温室効果ガスの人為的な排出源・吸収源に関する研究

(1) CO₂の排出・吸収に関する研究

④土地利用変化に伴うCO₂収支の大気モデルへの取り組み

研究代表者 資源環境技術総合研究所環境影響予測部 林 正康

通商産業省資源環境技術総合研究所

環境影響予測部 広域域間環境研究室 田口彰一

平成8-10年度合計予算額 15,008千円
(平成10年度予算額 4,994千円)

[要旨]

土地利用形態の変化、特に大規模な森林の伐採の後の農耕地、牧畜地、プランテーションへの変化により、二酸化炭素等の温室効果気体の収支が従来の平衡状態から大きく変動すると予想される。土地利用変化による温室効果気体の放出・吸収量の地域的な変化の情報データベースから大気への影響を評価するモデルを開発する。

原型となる大気モデルとして資源環境研究所で開発した全球移流拡散モデル、CTMと地域移流拡散モデル、RTMを用いる。気象条件はヨーロッパ中期予報センタの客観解析データを用いる。計算領域はインドネシア諸島を対象として、CTMでは東経90度から西経150度、南北30度の範囲、RTMでは東経90度から160度まで、南北20度の範囲とした。

この範囲の二酸化炭素濃度の挙動を調べるために、陸域植物と大気間の二酸化炭素の吸収・発生は Fung 等が作成したデータセットを用いてCTMにより計算した。ボルネオ島は年の前半で二酸化炭素を吸収、年の後半で二酸化炭素を放出している。このため計算した二酸化炭素濃度は年の前半では低く、年の後半では高くなる傾向が見られる。1998年の東カリマンタンのブキット・スハルトでの二酸化炭素濃度の測定ではその様な傾向は見られない。温室効果気体の挙動からモデルの検証を行うのはこの地域での測定が少ないため適当ではない。このため1997, 98年のエルニーニョに伴なって発生した大規模な森林火災によるエアロゾルを指標物質としてRTMの検証を行った。エアロゾルの測定地点と森林火災の発生地域の対応を調べるために前進型と後進型の流跡線解析プログラムを作成した。RTMをこの地域に適用し、ESAのERSのATSRで解析した火災発生地点の分布からエアロゾルの分布を計算した。エアロゾルの連続観測やNOAAの衛星画像の煙霧の分布と良い対応が見られた。

[キーワード] 移流拡散モデル、二酸化炭素、東南アジア

1. 序

土地利用形態の変化、特に大規模な森林の伐採の後の農耕地、牧畜地、プランテーションへの変化により、二酸化炭素等の温室効果気体の収支が従来の平衡状態から大きく変動すると予想される。

2. 研究目的

地球的規模での気候変動の原因として化石燃料の大量消費による二酸化炭素の大気への大量放出があるが、この他に森林の農耕地等への土地利用形態の変化により従来植物圏に蓄積されていた炭素が二酸化炭素として放出される効果も見過ごすことは出来ない。特にアジア太平洋地域における工業の発展と人口増加による土地利用の変化による温室効果気体の収支量の変化が地球環境への影響は強く懸念されているにも拘わらず定量的な評価は実施されていない。このため土地利用変化による温室効果気体の放出・吸収量の地域的な変化の情報データベースから大気への影響を評価するモデルを開発する。

3. 研究方法

原型となる大気モデルとして資源環境研究所で開発した全球移流拡散モデル、CTMと地域移流拡散モデル、RTMを用いる。地域モデルは土地利用変化の地域的な影響を詳細に調べるために、全球モデルは地球的規模での影響を調べるために使用する。気象条件はヨーロッパ中期予報センタ（ECMWF）の全球客観解析データを用いる。データの分解能はRTMが緯度経度1度、時間間隔6時間、CTMが2.5度、鉛直方向に10層、12時間間隔である。モデルの濃度計算の空間分解能は気象データと一致させた。東南アジアにおける二酸化炭素の収支の変動を評価する対象地域としてインドネシア・マレーシア地域とし、その影響を評価する環境測定局として米国大気海洋局の気候監視診断研究所（CMDL）のアメリカン・サモアでの測定値を用いる。この他、ハワイ島マウナロア、ミッドウエ、グアムでの測定を援用する。計算の対象範囲として図1に示す様に全球モデルでは赤道の南北30度、東経90度以東、西経150度の範囲、地域モデルでは赤道の南北20度、東経90度以東、東経160度の範囲とした。

4. 結果・考察

・全球モデルによる解析

この範囲の二酸化炭素濃度の挙動を調べるために、陸域植物と大気間の二酸化炭素の吸収・発生はFung等が作成した気温と正規化植生指数、NDVIから算出する方式を用いてCTMにより計算した。NOAAのパスファインダで得られたNDVIを赤道に沿って東から西へ横切った値を図2上に示す。図2下はそれに対応した二酸化炭素の発生量で、ボルネオ島では年の前半で0.5より大きく二酸化炭素を吸収、年の後半で0.5より小さく二酸化炭素を放出している。これはこの地域が年の前半では（あまり明瞭ではないが）雨季、後半では乾季に対応している。この時期の発生源分布を図3a（4月）と図4a（12月）に示す。この発生源から計算した二酸化炭素濃度は、図3b（3月）と図4b（11月）に示すように、年の前半では低く、年の後半では高くなる傾向が見られる。1998年の東カリマンタンのブキット・スハルトでの二酸化炭素濃度の測定ではその様な傾向

は見られない。これは1997、98年のエルニーニョによる一時的な現象か検討している。

・流跡線解析

温室効果気体の挙動からモデルの検証を行うのはこの地域での測定がないため適当ではない。このため1997、98年のエルニーニョに伴なって発生した大規模な森林火災によるエアロゾルを指標物質としてモデルの検証を行った。エアロゾルの測定地点と森林火災の発生地域の対応を調べるために前進型と後進型の流跡線解析プログラムを作成した。前進型流跡線解析では森林火災が頻発したスマトラ島東部のパレンバン付近とボルネオ島南西部を仮想的な気塊の出発点とした。6時間毎に出発する気塊の位置を内挿した風速で順次計算し、それらの気塊の移動から発生源の影響する範囲を推定した。年初から5月にかけて、図5 aの風の分布が示すように、弱い北西季節風に乗って気塊は図5 bに示すようにジャワ海周辺を漂った。この時期にはエルニーニョはまだ発現していなく、森林火災も発生していない。5月以降は図6 aに示すように季節風の風向が南東に変化し、気塊は図6 bに示すようにマレー半島の方向へ移動している。その後、マレー半島中央部にある熱帯収束帯に沿って北東方向へ移動し、7日後にはフィリピン諸島に達した。この状況は11月まで継続し、その後は年初と同じ状況に変化した。

後進型の流跡線解析は観測点に到達する気塊の由来を調べる手段の一つである。図7に1997年10月初旬の計算例を示す。仮想気塊の出発位置はマレーシア半島のタナラタ、クアラルンプールとシンガポール、出発高度は400 hPaである。これらの地点に到達した気塊は東風に乗ってボルネオ島上空から飛来してきたことが判る。タナラタでのオゾン・ゾンデ観測で対流圏上部にまで森林火災の影響と思われる数値が測定されており、その根拠の傍証としてこれらの解析を用いる。

・地域モデルによる解析

さらに放出・吸収情報データベースに対応させるため計算の格子間隔を東西、南北方向に1度、約100 kmに狭めたRTMをこの地域に適用した。モデルの妥当性を検証するトレーサー物質として1997年に南アジア地域で蔓延した森林火災によるエアロゾルをとりあげる。火災発生地点は図8に示すように、ヨーロッパ宇宙機関が打ち上げたERS搭載のATSRで解析した火災発生地点の分布を入力データとした。火災発生地点1カ所から1単位のエアロゾルが発生するとした。計算条件と合わせて、東西南北1度毎に集計し発生地点数を発生強度としてエアロゾルの分布を計算した。火災は主にスマトラ島ジャンビからパレンバンにかけての地域、ボルネオ島の南部で発生している。火災発生地点は8月から12月までの月毎の集計であるので、ここでは火災が頻発し、周辺諸国でも問題となった9月下旬を対象として計算した。9月後半のエアロゾル濃度の計算結果を図9地上付近の濃度分布、図9 bに上空4 km付近の濃度分布を示す。森林火災に伴うエアロゾルは地上付近ではジャワ海一帯の南東風によりマレーシア半島あるいは南シナ海へ向かい、南シナ海付近の西風によりフィリピン方向へ流される。上空のエアロゾルは偏東風により西に運ばれるが、それぞれの持ち上げ位置を反映して地上付近より複雑な様相を示す。これらの計算結果は、図9に示すように、インドネシア気象地球科学局のエアロゾルの連続観測やシンガポール気象局がNASA/TOMSの衛星画像から解析した煙霧の分布と良い対応が見られた。

5. 本研究から得られた成果

本研究においては土地利用形態／植生が変化した場合に生ずる温室効果気体の発生量の変化による大気環境への影響を評価するモデルを開発した。大気中での寿命の長い物質についてはより広範な影響を調べるために全球規模の移流拡散モデルを使用し、寿命の短い物質については発生源付近を詳細に調べることができる地域モデルを使用する。さらに特定の地点、例えば観測局での測定への影響・由来を調べるために前進型・後進型の流跡線解析プログラムを開発した。これらのモデルはそれぞれ特徴的な事象により校正し実用に向けて検討改良している。特に1997、8年のエルニーニョによるインドネシア諸島での森林火災の発生はモデルの検証に絶好の機会となり、本研究においても活用している。これらの成果は今後、更なる解析を踏まえて公表していく予定である。

6. 参考文献

Fung, I. et al., 1987: Application of advanced very high resolution radiometer vegetation index to study atmospheric-biosphere exchange of CO₂, J.G.R., 92,2999-3015.

前田高尚、今須良一、林正康、蒲生稔、1996：東南アジア地域を対象とした大気汚染物質の長距離輸送モデルの開発、環境工学シンポジウム。

田口彰一、1994：3次元移流拡散モデルを用いた大気中二酸化炭素の研究—化石燃料の消費と季節変化する陸上生態系に対する応答、資源と環境 3、283—295。

World Fire Atlas, 1999: <http://shark1.esrin.esa.it/FIRE>

[国際共同研究等の状況]

[研究成果の発表状況]

林正康、田口彰一 1997：熱帯林における二酸化炭素フラックスの変動の推定、第3回大気化学討論会。

Hayashi, M. and Taguchi S., 1997: A numerical experiment for the transportation of air parcels from hot-spots in Indonesia, International Study Conference on the 1997 Indonesian Forest Fire Event.

図1 計算領域。大きな枠は全球移流拡散モデルでの全球計算から切り出した領域。小さな枠は地域移流拡散モデルでの計算領域。

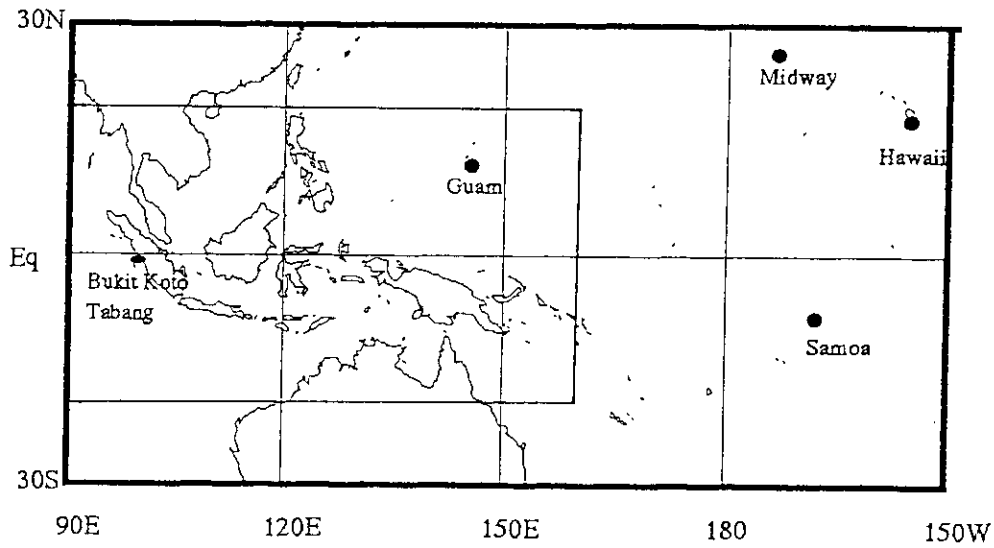


図2 上図 ボルネオ島の赤道に沿ったNDVIの季節変化。
 下図 上図のNDVIに対応した二酸化炭素の発生量の季節変化。
 正は放出、負は吸収。

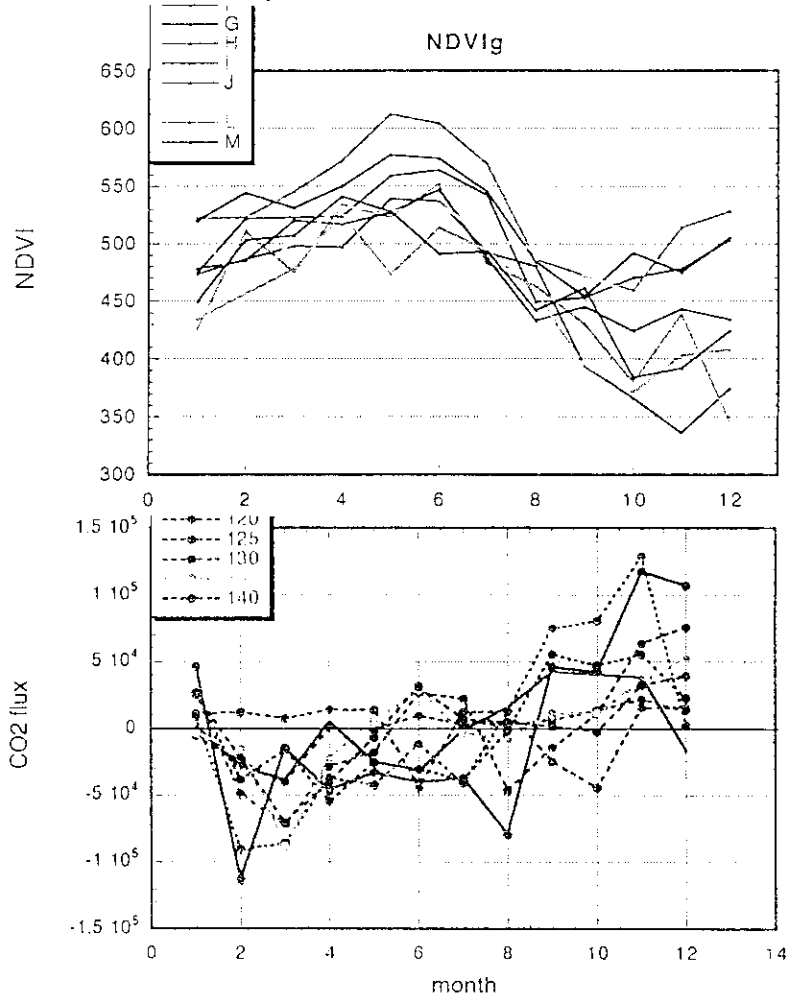


図3上 陸域生態系による二酸化炭素の発生強度の分布。春。
 下 二酸化炭素発生強度に対応した地上付近の大気中の二酸化炭素濃度分布

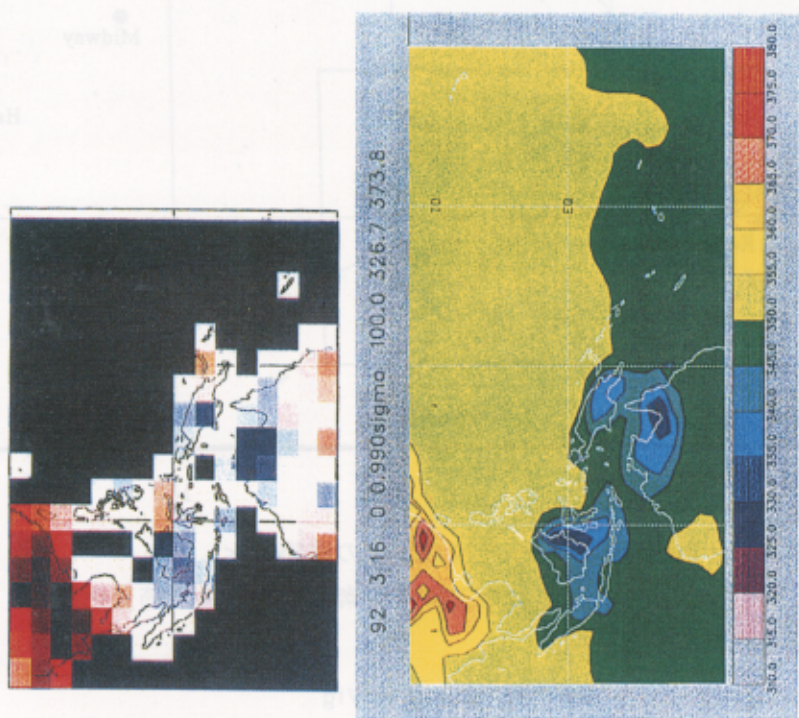


図4上 図3 aと同じ。冬
 下 図3 bと同じ

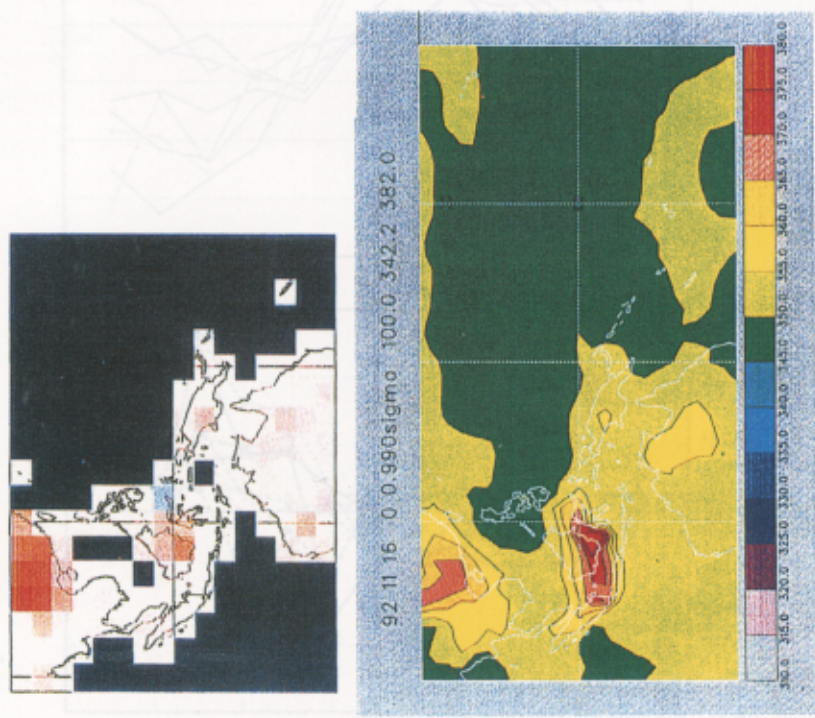


図5 風系と流跡線 (前進型、1992年2月上旬)

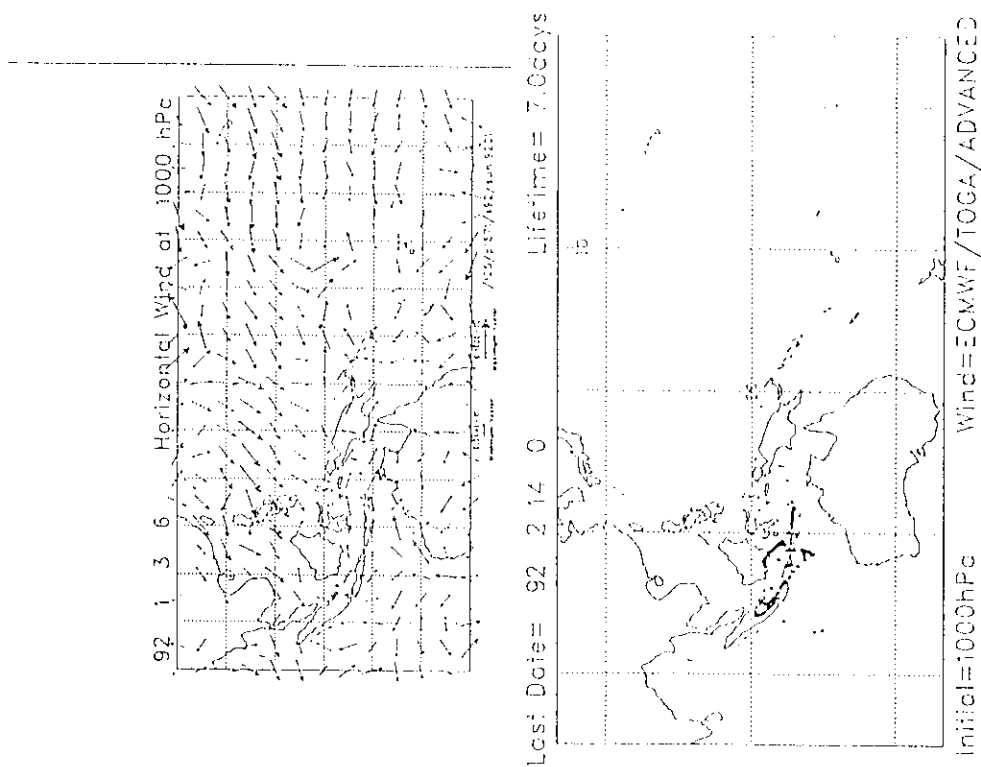


図6 風系と流跡線 (前進型、1997年10月上旬)

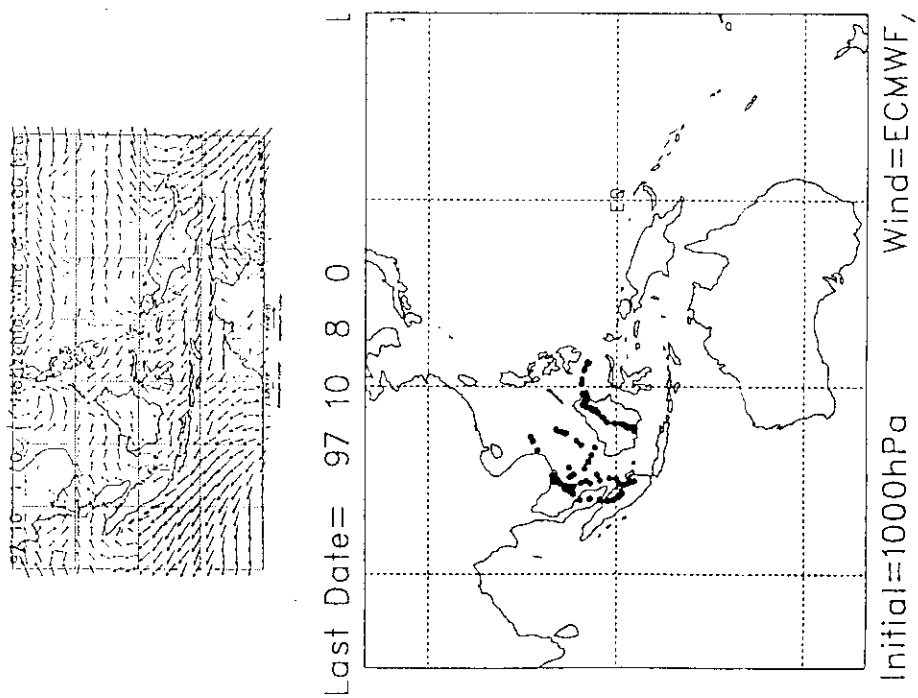


図7 後進型流跡線解析

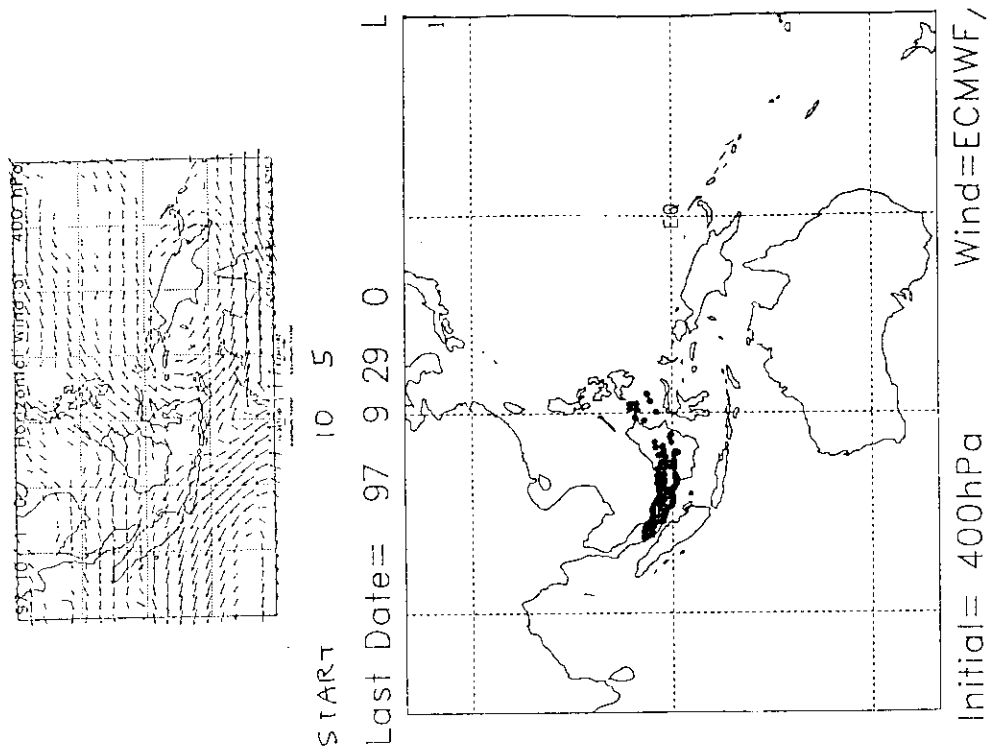
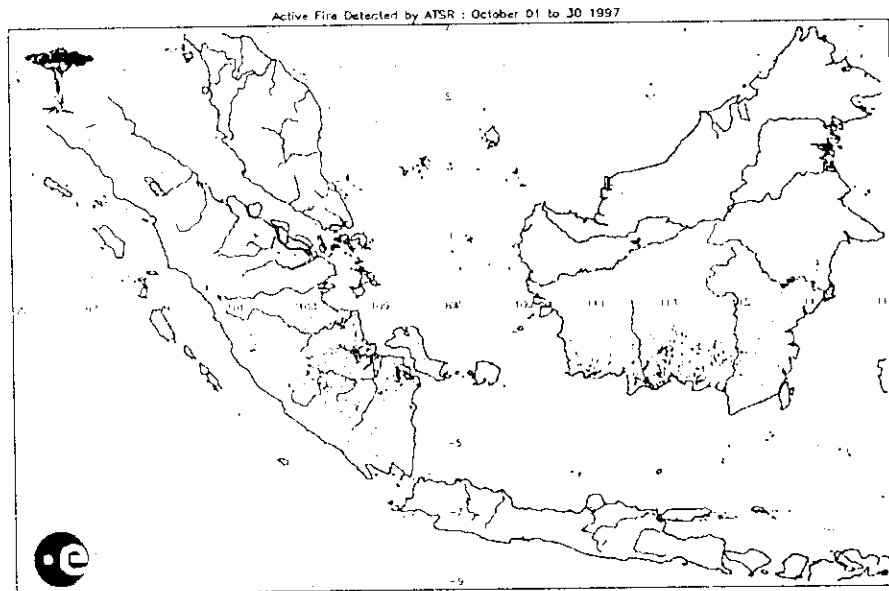


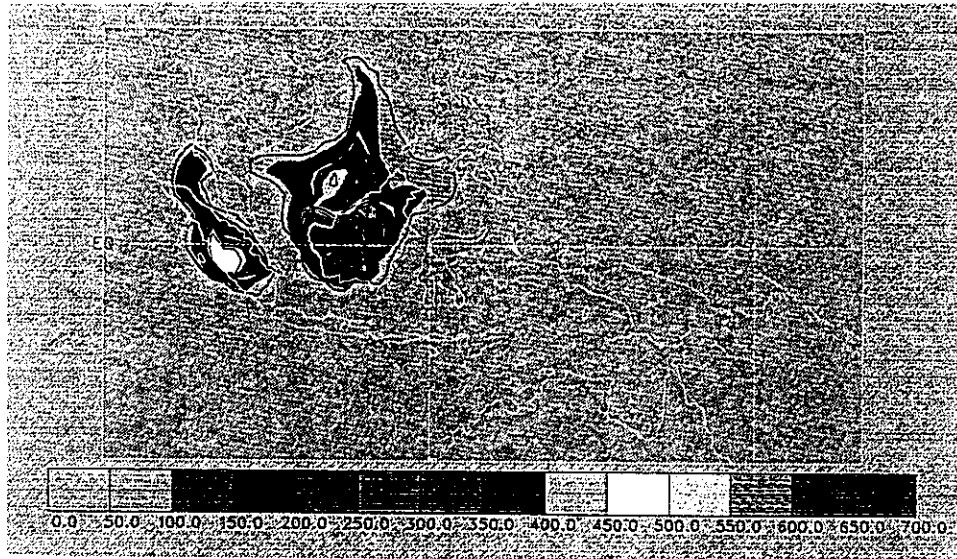
図8 1997年9月の森林火災発生分布



<http://ghsl.jpl.nasa.gov/DIR/REQUESTS/0002/Map/01.tif>

00/06/97

図9 a エアロゾル濃度分布の計算結果の例 (1997年9月24日、地上付近)



9 b エアロゾル濃度分布の計算結果の例 (1997年9月24日、上空4 km付近)

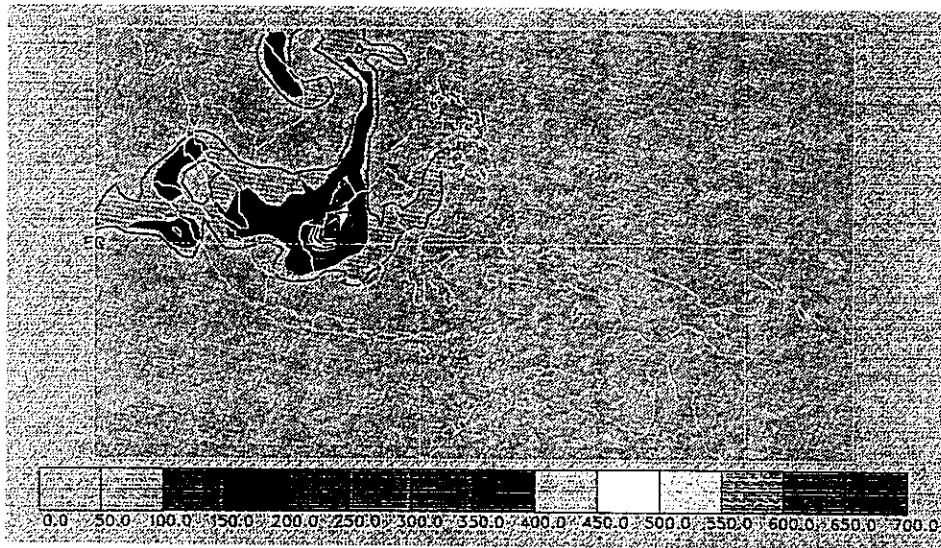


図10 衛星解析 (1997年9月24日、NASA/TOMS)

