

正規化植生指標を用いたグローバルなCO₂固定量の推算 およびその利用に関する研究

A Study on the Estimation of Global CO₂ Fixation using NDVI and its Utilization

後藤真太郎* · 村井俊治** · 本多嘉明***
Shintaro GOTO · Shunji MURAI · Yoshiaki HONDA

ABSTRACT; From the statistics of fossil fuel consumption from Rotty & Marland(1986) we know that its consumption has increased from the middle of the last century to the present with about 3% annually, with the present value of about 6.0GtC/year. On the other hand the atmospheric CO₂ concentration is 2.7GtC/year. But the sink of the other CO₂ concentration is not known, it is called as a problem of missing sink.

Many proposal to control global warming locally by fixing CO₂ concentration is presented. But the total balance of CO₂ is not cleared now.

In this study, using NDVI from NOAA-AVHRR data the capacity of CO₂ fixation on land is yielded. After that the result from above is checked to the result of other studies. And the utilization of the map of CO₂ fixation is discussed.

KEYWORDS; global warming, climate change, carbon dioxide, remote sensing,
geographic information system

1. はじめに

化石燃料の使用で、年間約60億tCの炭素が大気中に放出されている。大気中のCO₂濃度増加分は、約27億tCであり、残りの炭素がどこに蓄積されているのか明確にされていない。これは「ミッシングシンク問題」として問題になっている。地球規模でのCO₂のマスバランスを明らかにすることは、人間活動が地球環境に及ぼす影響を予測をし、地球の開発限界を求める上で重要な要素となり、このためにもグローバルなCO₂固定能力の地域分布特性を把握必要があると考える。

地球規模でのCO₂のマスバランスを考える場合、定点観測結果の集計結果によるCO₂固定量の推算値がこれまで用いられてきている。しかしながら、観測結果はあくまで点の観測日時におけるデータを表現しているのみならず、将来的に地球規模で同時に複数点の観測データを取得することは不可能である。

著者らはこれまで人工衛星NOAAのデータより求めたNDVI (Normalized Difference Vegetation Index) を利用しグローバルなCO₂固定量を推算し、その適用可能性を示してきた¹⁾。しかしながら、植生別でCO₂の固定量が不連続となるという問題点を残している。

本研究では、E.BOXら²⁾により提案されたNDVIと純一次生産力との関係式を用いCO₂固定量の地域分布図を作成し、その精度および利用方法について検討を行なった。

*金沢工業大学経営工学科 Department of Managerial Engineering, Kanazawa Inst. of Technology,

東京大学生産技術研究所 Institute of Industrial Science, Univ. of Tokyo, *横浜国立大学環境科学研究センター Inst. of Environmental Science & Technology, Yokohama National Univ.

2. CO2固定量の推算方法

2.1 使用データ

人工衛星のデータはグローバルな均質の観測が周期的に継続して可能であることから、本研究では人工衛星NOAAのAVHRR（Advanced Very High Resolution Radiation）センサーのデータから求められたGVI（Global Vegetation Index）データを用いた。

GVIデータはAVHRRセンサーの可視（バンド1）および赤外（バンド2）バンドから求められるNDVIを雲の影響を除去するため一週間の最大値でポーラステレオの形にまとめたもののことをいう。データの空間分解能は約20kmx20kmであり、これによりグローバルな植生の状態を時系列データとして取り扱うことができる。NDVIは理論上-1.0から+1.0までの値をとるが、植生と関係があるのは0.1から0.6までといわれ、しかも大きな値ほどクロロフィルの密度および活力が高いことが知られている。

$$NDVI = \frac{\text{第2バンド} - \text{第1バンド}}{\text{第2バンド} + \text{第1バンド}} \dots\dots\dots (1)$$

2.2 算出方法

図1のフローに従い、陸域におけるCO2の固定量を算出した。

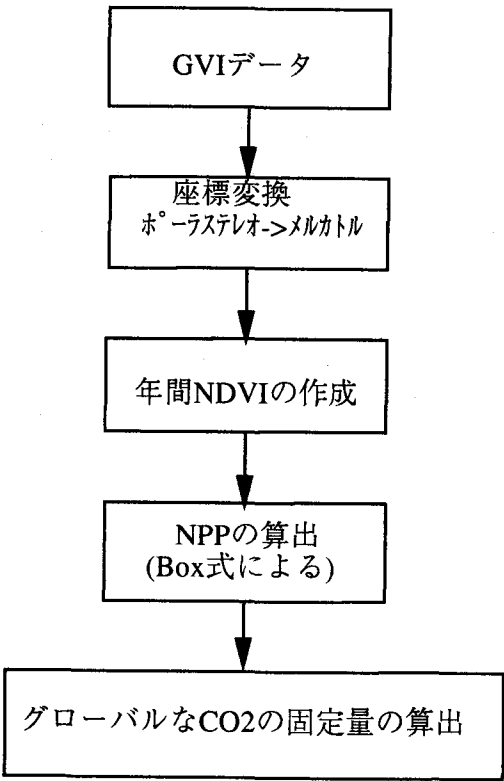


図1.CO2固定量の算出フロー

本計算において用いた前提条件を以下に示す。

- (1)陸域におけるCO₂固定量は陸上植物の純一次生産量で評価する。
- (2)陸域において、CO₂は植物以外に地表面および土壌中の腐植物により評価されるが、前者は総量が少なく、後者は量的な推定が困難である³⁾ことから、植物以外のCO₂固定量は考慮しない。(土壌中の腐植物によるCO₂の固定はIGBPでは植物によるものと同じ量であるものと見積もられている。)
- (3)CO₂固定量は現状の植生を対象にし、森林伐採等によるCO₂の放出は考慮しない。
- (4)CO₂の固定量の推算是固定先によりその原単位がまちまちであるため、本来は、固定先別の原単位を用い相互間の固定量の連続性を考慮しながら、時間的な積分値で議論する必要がある。ここでは、固定先を陸域のみに限定しているため、時間積分を行わず1年単位の固定量で評価する。さらに、植生と純一次生産力を結び付ける関係式としてE.BOXら²⁾が947点の観測結果より導いた回帰式を使用した。

$$NDVI = 0.4 \left[1 - e^{-0.00068128NPP} \right] \dots\dots\dots (2)$$

(分散：r=0.835)

ここで、NPPは純一次生産量（gDM/m²/年、DMは乾重量であることを表す。）であり、0.45倍すると炭素換算できる⁴⁾。

3. 陸域における

3.1 グローバルなCO₂固定量

本手法により推算された陸域のCO₂固定量と従来の研究との比較結果を表1に示した。本研究では53.7Gt/年であり、現地観測をもとに算出された従来の研究結果とほぼ同様の結果を示している。また、比較のため、後藤ら¹⁾が植生別に純一次生産量の平均値を植生別の面積に乘以て求めた結果を示している。

また、図2～8は植生別に純一次生産量の分布を示したものである。この平均値をWhittaker and Likens⁴⁾の観測データに基づくものとの比較結果を表2に示す。表2より、植生別の分布においても平均値は観測データに基づくものと良好な対応を示している。

表1 陸域のCO₂固定量に関する従来の研究結果との比較

(GtC/年)

	Whittaker & Linkes ⁵⁾	Box ⁵⁾	Lieth ⁵⁾	Whittaker ⁵⁾	後藤ら ¹⁾	本研究
純一次 生産量	49.5	47.7～ 56.6	55.3	52.0	48.3	53.7

表 2 植生別純一次生産量に関する比較結果

生態系のタイプ	単位面積当りの純一次生産gDM/m2/年		
	範囲	平均	本研究
熱帯多雨林	1000-3500	2200	2131 注1)
熱帯季節林	1000-2500	1600	
温帯常緑樹林	600-2500	1300	1605 注2)
温帯落葉樹林	600-2500	1200	1020 注3)
北方針葉樹林	400-2000	800	
疎林と低木林	250-1200	700	
サバナ	200-2000	900	
温帯イネ科草原	200-1500	600	618 注4)
ツンドラと高山荒原	10-400	140	596 注5)
砂漠と半砂漠	10-250	90	1)168,2)288 注6)
岩質および砂質砂漠と氷原	0-10	3	
耕地	100-3500	650	
沼沢と湿地	800-3500	2000	
湖沼と河川	100-1500	250	
陸地合計		773	

Whittaker and Likensの植生分類は地図上の境界が不明確であるため後藤ら1)の分類に従った。なを空白部分は後藤ら1)の分類にない部分示す。

注1) 熱帯雨林帯での平均値を使用

注2) 常緑樹林帯での平均値を使用

注3) 落葉樹林帯での平均値を使用

注4) 草原での平均値を使用

注5) ツンドラでの平均値を使用

注6) 1)砂漠、2)半砂漠での値を使用

4. CO2固定量分布図およびその利用方法

4.1 CO2固定量分布図

図9は本手法によって作成された純一次生産量の分布図であり、各PIXELの値を0.45倍すればCO2固定量の分布図が得られる。その利用方法として考えられるものを以下に示す。

4.2 ミッシングシンク問題への適用

CO2の海洋への固定量は従来から言われてきた程多くなく、陸域の高緯度地域の森林による固定量を見積もる必要があることがここ数年の通説になりつつある⁵⁾。本研究では、高緯度地域のNDVIの補正は行っておらず、そのまま使用するのには問題があるが、ミッシングシンク問題を解明する上でも陸域のCO2固定量の分布図は必須のものとなる。

4.3 地球温暖化対策のためのベースデータとしての利用

今後、大規模プロジェクトの環境アセスメントの中に地球環境への影響度を評価する際、森林伐採等により一次的に減少するCO2固定量を見積もる場合にCO2固定量の変化を把握する必要が生じるものと考えられる。さらに、NOAA-AVHRRのLACデータ（約1kmx1km）やLANDSAT、MOS-1を利用すれば数10mの空間分解能でNDVIの計算が可能となり、局地的なCO2固定量のプロジェクトによる変化が把握可能になる。さらに、温暖化対策のための植林面積等の算出を可能にする。

5. まとめ

本研究により以下の内容を明らかにした。

- (1) 陸域においてNOAA-AVHRRより算出したNDVIを用い、純一次生産量マップを作成した。
これより陸域におけるCO₂固定量は53.7GtC/年であり、総量的および植生別の分布における比較結果から、既往研究との対応も良好であり、その実利用の可能性を示した。
- (2) 純一次生産量分布図の利用方法としては、ミッシングシンク問題を解明するためのベースデータとしての利用や、マルチレベルデータとして他の衛星データとの併用することにより、大規模プロジェクトの地球環境への影響の評価への利用が考えられる。
今後、詳細な現地調査による純一次生産量の検証を通して実利用面での検討が必要である。

参 考 文 献

- 1) 後藤真太郎, 村井俊治, 本多嘉明: 人工衛星データを用いたグローバルなCO₂固定量の推算, 日本写真測量学会平成4年度年次講演会, pp159-164, 1992.
- 2) E.O.Box, B.N.Holben and V. Kaib: Accuracy of the AVHRR Vegetation Index as a predictor of biomass, primary productivity and net CO₂ flux, Vegetatio, Vol.80, pp71-89, 1989.
- 3) Whittaker, H.: 生態学概説, 培風館, pp.204, 1974.
- 4) Whittaker, H.: 生態学概説, 培風館, pp.205, 1974.
- 5) Box, E.: Quantative Evaluation of Global Primary Productivity Models Generated by Computers, Primary Productivity of the Biosphere(ed.Lieth, H and Whittaker, H.), Springer-Verlag New York Inc., pp.265-283, 1975.

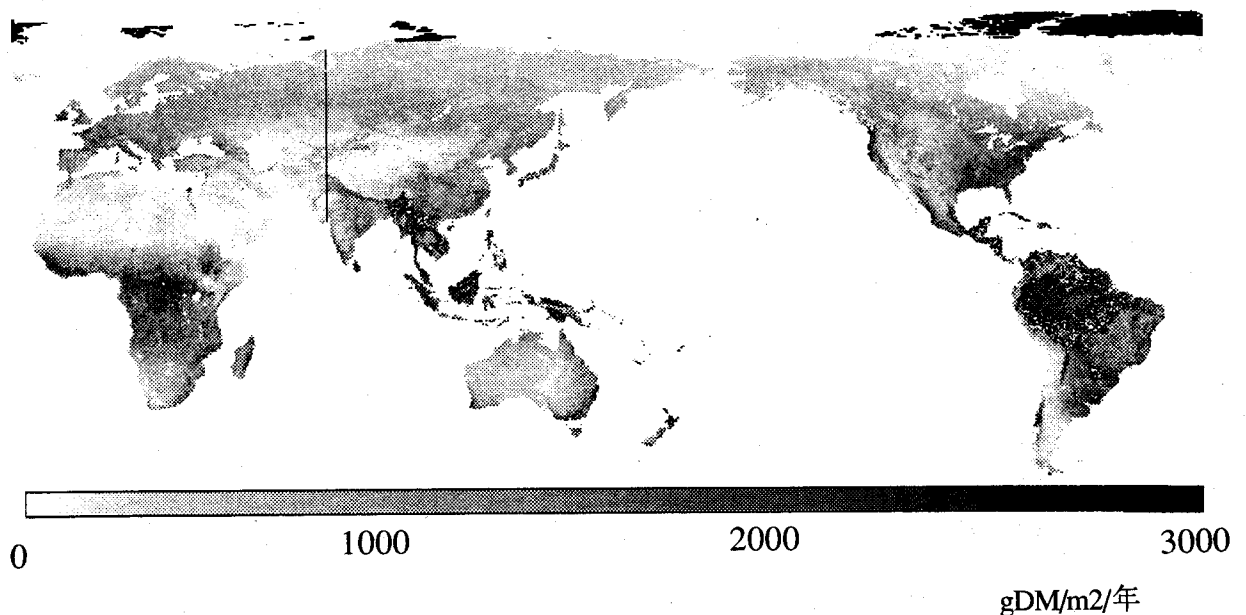


図9 グローバルな純一次生産量の分布図

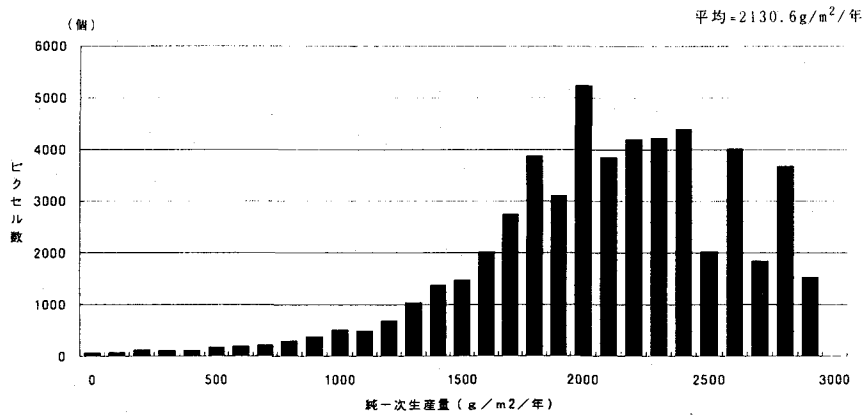


図2 熱帯雨林における純一次生産量の分布

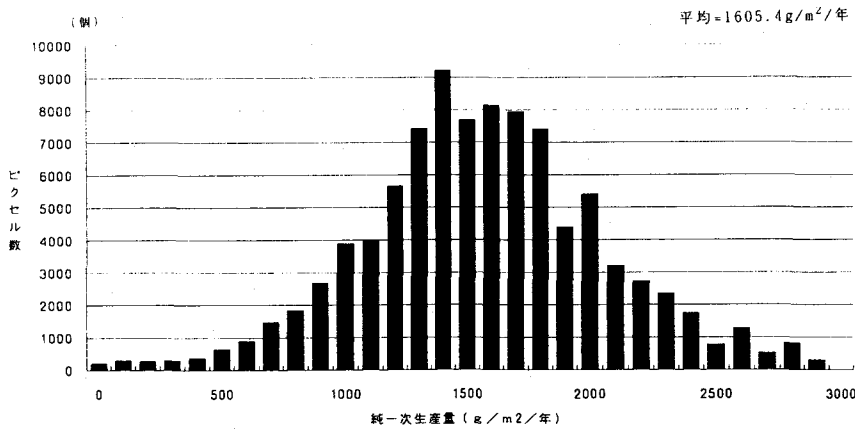


図3 常緑樹林における純一次生産量の分布

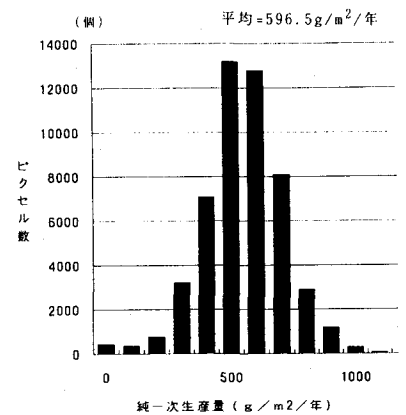


図6 ツンドラにおける純一次生産量の分布

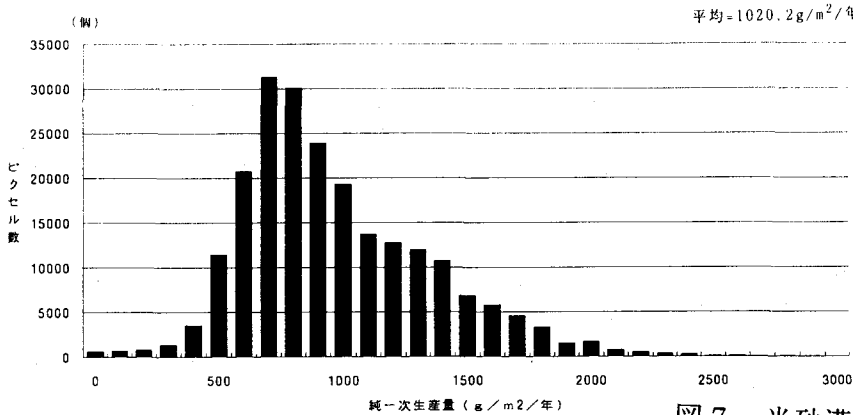


図4 落葉樹林における純一次生産量の分布

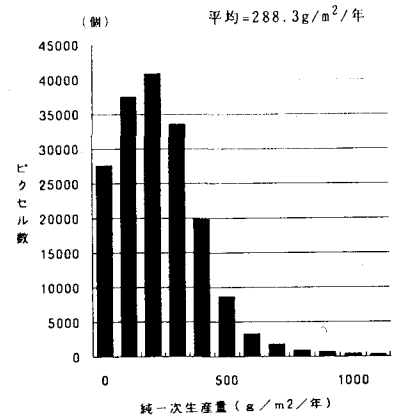


図7 半砂漠における純一次生産量の分布

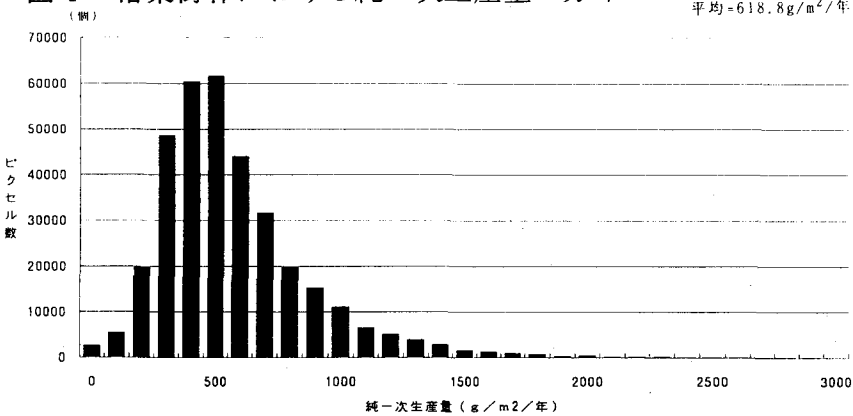


図5 草原における純一次生産量の分布

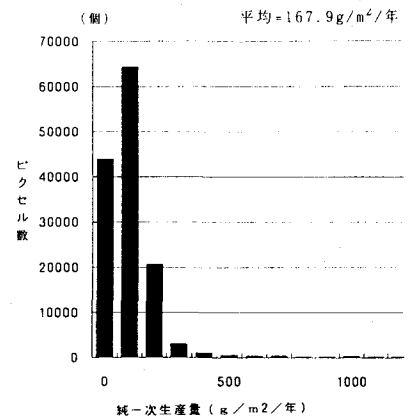


図8 砂漠における純一次生産量の分布