

平成21年 6月 30日現在

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2006～2008

課題番号：18310018

研究課題名(和文) 雲とエアロゾルによる放射変動が陸域生態系の炭素収支と同位体効果に与える影響の解析

研究課題名(英文) Effect of radiation variability due to clouds and aerosol on the carbon exchange and its isotope ratio

研究代表者

Dennis Dye (DENNIS DYE)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境フロンティア研究センター・グループリーダー

研究者番号：80392968

研究成果の概要：アジア各地で直達・散乱成分別の光合成有効放射の長期観測を実施し、雲やエアロゾルの変動が光合成有効放射の直達・散乱成分比に与える影響を詳細に解析すると共に、散乱成分が大きい条件下で、光合成量が増加するメカニズムを三次元放射伝達モデル+光合成モデルによる解析で詳細に明らかにした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	5,900,000	0	5,900,000
2007年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2008年度	2,200,000	660,000	2,860,000
総計	10,600,000	1,410,000	12,010,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：大気現象, 地球観測, 地球変動予測, 環境変動, 光合成有効放射, 光合成, 熱帯林, 高原草地

1. 研究開始当初の背景

近年、衛星・地上観測などから大気を透過して地表面に到達する太陽光の10年スケールでの変動が報告されている。この変動の原因には、未知な部分も多くあるものの、雲量やエアロゾルが太陽放射の長期的な変動に影響を与えている物と推察される。こうした太陽放射の変動は陸上の植生の光合成活動に影響を与えている可能性がある。

最近の研究によれば、地表の植生に入射する散乱成分の光合成有効放射(PAR:植物が光合成に利用する400nm-700nmの光)の増減が地域スケール~全球スケールにおける炭素循環に影響を与える可能性が指摘されているものの、その効果についての定量的な検討結果は極めて少なく、不確実性が高い。

2. 研究の目的

本研究の目的は、1)雲とエアロゾルの変化が光合成有効放射(PAR)と陸域炭素循環に及ぼす影響と、2)散乱PARの状態が、陸域の光合成に与える影響を通して、大気二酸化炭素を制御する際の役割について、新しい知見を得ることにある。本研究では陸域炭素循環モデルに必要なアジア全域の高精度時系列の光合成有効放射を直達・散乱成分別に推定する。また、開発中の三次元植生放射伝達モデル(FLiES)の検証を行うと共に、このモデルを用いてアジア地域の植生パラメータの広域推定を行う。さらに研究で得られた知見をモデルに導入する。

3. 研究の方法

(1) アジア各地における直達・散乱成分別の光合成有効放射観測

本研究では、アジア地域の計4サイトでトータル及び散乱成分のPARの長期モニタリングを行った(中国・青海省海北, タイ・ナコンラチャシマ県ピマーイ, インドネシア・西カリマンタン州ポンティアナ, プツシバウ, 及び東カリマンタン州バリクパパン)。本研究で用いた測器は、Delta-T社製のBF3であり、サイトによって30秒~120秒のタイムインターバルで観測を行った。

図1及び表1に観測サイトの地理分布及び各観測サイトの特徴をまとめた。本研究の実施期間において、バリクパパンでは有効なデータを取得することが出来なかったがその他のサイトでは1シーズン以上のデータ



図1 光合成有効放射の観測網

海北(中国), ピマーイ(タイ), ポンティアナ, プツシバウ, バリクパパン(インドネシア)

表1 PARの観測サイト

Site Name	Address	Lon/Lat, Elevation, Standard time used	Description
Haibei (HBI)	Haibei, Qinghai, China	37.6135N, 101.30514E (3194m asl), GMT +8 (Beijing)	Alpine grassland
Phimai (PMI)	Phimai, Nakhon Ratchasima, Thailand	15.184N, 102.565E (212m asl), GMT +7 (Bangkok)	Agricultural land
Pontianak (PNK)	Pontianak, West Kalimantan, Indonesia	0.07546N, 109.191E (0m asl), GMT +7 (Jakarta)	Suburb of the Pontianak, BMG
Putusibau (PTS)	Putusibau, West Kalimantan, Indonesia	0.83875N, 112.935E (36m asl) GMT +7 (Jakarta)	Suburb near airport, BMG
Balikpapan (BKP)	Balikpapan, East Kalimantan, Indonesia	1.260S, 116.89735E (~0m asl) GMT +8	Near Airport, BMG

を収集することができた。

(2) 中華人民共和国青海省内に設置した観測サイトにおける集中観測

中国・青海省海北エリアにおける観測サイト(図2参照)では、PARの観測に加えて植生関連の集中観測及び衛星データの収集を2006年から2008年にかけて行った。まず、草地の分光反射率、葉面積指数及びバイオマス計測を行った。また、常時設置したデジタルカメラを用いて草原のフェノロジー観測を行った。

4. 研究成果

(1) 直達・散乱成分別の光合成有効放射分布

図3は、海北、ピマーイ及びプツシバウにおけるトータルPARと散乱PARの日変化の観測例である。それぞれの観測は、各サイトのPAR変化の特徴をよく表している。まず、海北とプツシバウでは、比較的小規模の雲が全天一面に分散した天空条件が頻繁に現れる。そのため、これらの雲の移動により太陽が遮蔽されたり現れたりといったサイクルが数分から1時間スケールで発生し、非常に短期スケールでのPAR変動が確認される。また、太陽が雲間から出現した際に周囲の雲から大量の散乱光が同時に降り注ぎ、時としてトータルPARが大気上端における入射PAR(図3中青線)より大きくなる場合がある。

ピマーイにおけるPARのデータ(図3中段)は乾季の後半における観測データである。雨

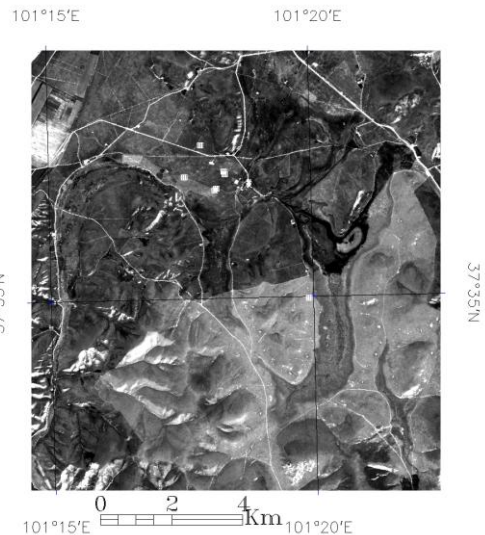


図2 中国青海省における観測サイト(地球観測衛星ASTERによる観測データ)

期と乾季のサイクルが明瞭なインドシナ半島では、乾季の後半に農地・森林の野焼きが大規模に行われ大気がバイオマスバーニングエアロゾルで汚染される。その結果、被雲率の低い乾季であってもエアロゾルの散乱により、相対的に散乱 PAR の割合が高くなっていることが明らかとなった。

(2) 海北観測サイトにおける植生の集中観測

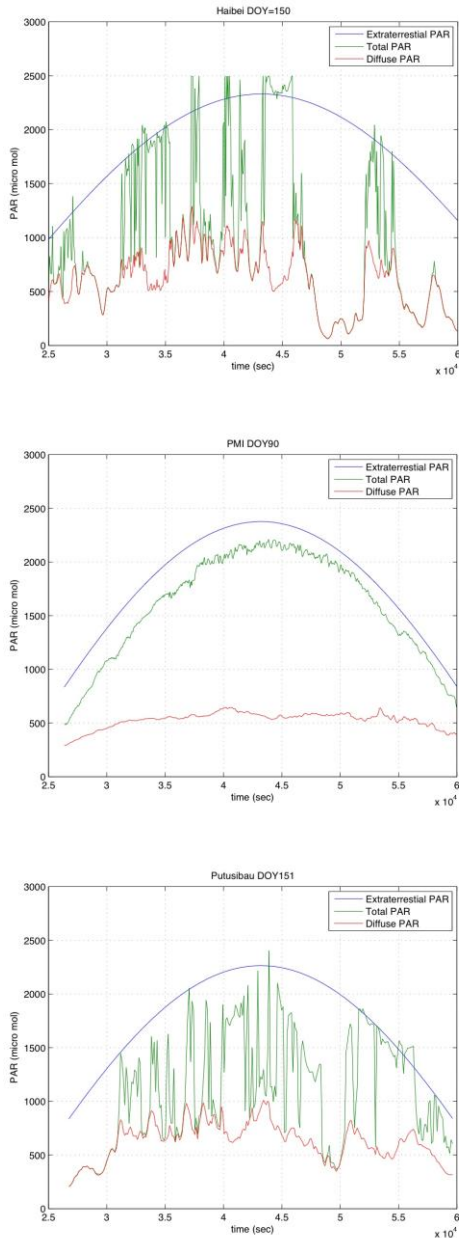


図3 海北、ピマーイ、プツシバウにおけるトータル PAR と散乱 PAR の日変化の例。それぞれ、積算日=150, 90, 151 日のデータ

図4は、本研究で作成した植生指標 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) と地上部バイオマスの関係式である。本研究では、ヤクなどによる放牧圧が強い場所とそうでない場所を含めた様々な場所でバイオマスデータと分光反射データの関係を求めた。その結果、放牧圧の強弱に関係なく、NDVI と地上部バイオマスは図4に示した一つの関係式で表せることが分かった。

また、この関係式を用いて海北サイト近傍の草原のバイオマス分布図を作成した(図5)。この結果、夏期には地上部バイオマス

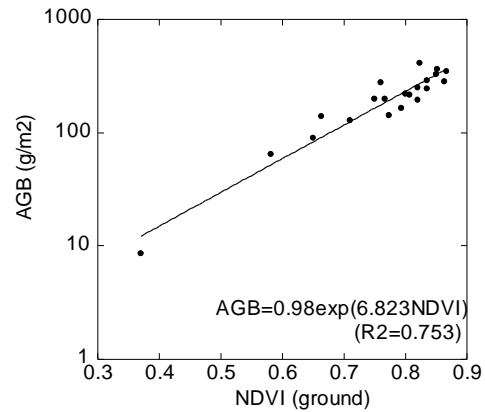


図4 海北サイトにおける地上部バイオマスと衛星植生指標 NDVI の関係

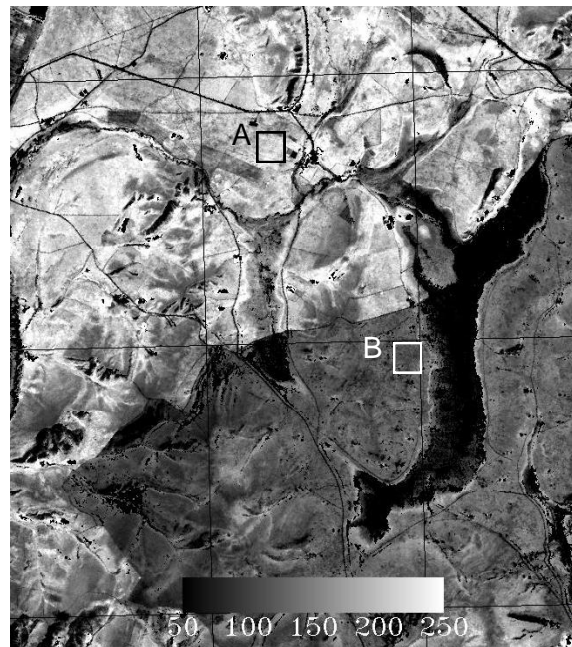


図5 海北サイトにおける地上部バイオマス推定結果 (2006年8月3日の SPOT/HRG 画像を利用)

の大きさは放牧圧の強い地域と弱い地域では、2倍近い開きがあることや放牧圧の強い地域では、草原バイオマスが全域にわたって非常に均質に減少していることが明らかとなった。また、他の衛星データ SPOT - VEGETATION を用いて草原のフェノロジーを観察したところ、放牧圧の有無による草のフェノロジカルな変化は小さいことが明らかとなった。

(3) 光合成有効放射データと放射伝達モデル+光合成モデルによる光合成量のモデル計算

雲の増加に起因するトータル PAR 及び散乱 PAR の増加が森林の群落スケールの光合成に与える影響を研究担当者らが開発した三次元放射伝達モデル (Foresst Light Environmental Simulator, FLiES) と光合成速度計算モデル (Farquhar モデル) で調べた。その結果、熱帯地域では光合成速度が 11-12% 増加することが明らかとなった。このように、熱帯林の光合成有効放射の吸収量と炭素循環に関する新しい知見が得られた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

- ① Kato, T., Tang, Y., Spatial variability and major controlling factors of CO₂ sink strength in Asian terrestrial ecosystems: evidence from eddy covariance data. *Global Change Biology*, 14, 2333-2348, doi:10.1111/j.1365-2486.2008.01646.x., 2008. (査読有)
- ② Gu, S., Tang, Y., Cui, X., Du, M., Zhao, L., Li, Y., Xu, S., Zhou, H., Kato, T., Qi, P., Zhao, X., Characterizing evapotranspiration over a meadow ecosystem on the Qinghai-Tibetan Plateau, *J. Geophys. Res.*, 113, D08118 doi:10.1029/2007JD009173, 2008. (査読有)
- ③ 加藤知道, 東アジアの年間炭素収支のレビュー. 「長期生態系モニタリングモニタリングの現状と課題 -温暖化影響と生態系影響-」, 国立環境研究所 CGER レポート, 47-50. 2008. (査読無)
- ④ Cui, X., Gu, S., Zhao, X., Wu, J., Kato T., Tang Y., Diurnal and seasonal variations of UV radiation

on the northern edge of the Qinghai-Tibetan Plateau, *Agricultural and Forest Meteorology*, 148, 144-151., 2008. (査読有)

- ⑤ Hirota M., Kawada K., Hu Q., Kato T., Tang Y., Mo W., Cao G. and Mariko S., Net primary productivity and spatial distribution of vegetation in an alpine wetland, Qinghai-Tibetan Plateau, *Limnology*, 8, 161-170., 2007 (査読有)
- ⑥ Kobayashi, H. and T. Kato, High-resolution mapping of the seasonal changes in leaf area index and above ground biomass in Qinghai-Tibetan Plateau, China, *Proceeding of the 28th Asian Conference on Remote Sensing*, T25.1, CD-ROM., 2007. (査読無)
- ⑦ 岩淵弘信・小林秀樹, モンテカルロ法を用いた曇天大気および植生キャノピーの放射伝達のモデル化, *Frontier Technical Report 7*, p 234, 2006. (査読無)

[学会発表] (計 7 件)

- ① Dye, D. Induced Variability of Photosynthetically Active Radiation, Tropical Forest PAR Absorption and Photosynthesis in Central Borneo. AGU Spring meeting, Fort Lauderdale convention center, Florida, USA, May 28, 2008.
- ② Dye, D., Cloud effects on Photosynthetically active radiation, tropical forest canopy PAR absorption and photosynthesis in West Kalimantan, Indonesia, AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, December 19, 2007
- ③ Dye, D., Monitoring of photosynthetically active radiation in the Asia region, Japan-US Workshop on Plant Plasticity., Nikko convention center, Nikko, Japan, October 26, 2007
- ④ Ito, A., Simulating terrestrial photosynthesis at regional-global

scales using mechanistic models and remote sensing data, Japan-US Workshop on Plant Plasticity, Nikko convention center, Nikko, Japan, October 26, 2007

- ⑤ Dye, D., The response of tropical forest photosynthesis to seasonal variations in light conditions in the Amazon region, International Workshop on Flux Estimation over Diverse Terrestrial Ecosystems in Asia, Chain Mai Conference Center, Chiang Mai, Thailand, November. 29, 2006.
- ⑥ Dye, D., Seasonal and interannual variation in light availability, light absorption and photosynthesis in moist tropical forest, AGU WPGM, Beijing International Conference Center, Beijing, China, August 26, 2006.
- ⑦ Kobayashi H., The 3-D canopy radiative transfer model for understanding the relation among satellite reflectance, canopy light environment and canopy photosynthesis, AGU WPGM, Beijing International Conference Center, Beijing, China, August 26, 2006.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

Dennis Dye (DENNIS DYE)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境フロンティア研究センター・グループリーダー
研究者番号：80392968

(2) 研究分担者

小林 秀樹 (KOBAYASHI HIDEKI)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境フロンティア研究センター・研究員
研究者番号：10392961

加藤 知道 (KATO TOMOMICHI)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境フロンティア研究センター・研究員
研究者番号：60392958

(3) 連携研究者

伊藤 昭彦 (ITO AKIHIKO)

独立行政法人国立環境研究所・地球環境研究センター・研究員

研究者番号：70344273