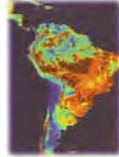
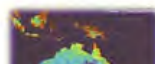


第14回CEReSシンポジウム:

衛星利用型光合成モデルによるCDMプロジェクト
支援システムの開発
- ベースラインとA/R複合目的の重視 -

金子大二郎 (株) 遠藤環境モニター
代表取締役
松江高専 名誉教授



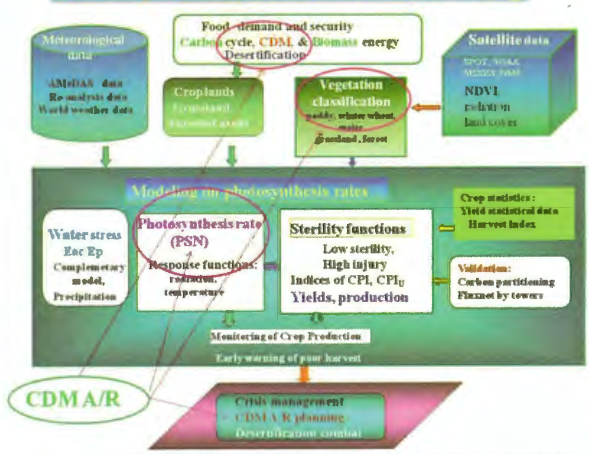
背景 現状の認識:

1. 地球温暖化ガスとしてCO₂の排出量を削減することが問題となっている。この削減対策のほかに、多くの国が森林による吸収量を有効な方策として期待している。
2. 我が国は、京都メカニズムの排出権取引であるCDMにより、開発途上国の森林や工場のCO₂排出削減への技術協力によって、温室効果ガスの削減目標を達成しようとしてきた。一方、森林における炭素固定量の推定は、多くの研究が進められてきた。しかし、森林におけるFluxnetによる地上実測はエネルギー収支の不閉合(イムバランス)の問題がある。また、光合成モデルによる推定の両方法は、衛星による地域差や検証法の問題があり、炭素固定量の推定に多くのばらつきを齎すと報告されてきた。このため、多種な樹種の存在する森林の場合には、CDMのモデルとして実用として使えるレベルではない。
3. 森林CDMの中で最も炭素固定の推定が容易と考えられるのは、アカシアやユーカリ等の単一樹種による単種単林や混交単林の組合せである。本研究は、モデル開発と実測の検証が容易な樹種を対象としている。
4. 日本は、前述の通り炭素量の検証方法は未発達である。京都協定書に基づきCO₂の削減策を計画してきた。しかし、前述の通り炭素量の検証方法は未発達である。
5. これまでに、世界の多くのCDM事業の登録が申請されてきたが、森林については証明の審査が厳しく進めて一部のみの承認である。国土スケールによる森林の吸収規模が巨大であることも、安易な認定を避ける理由の一つであり、プロジェクトの認定が少くない原因である。
6. 森林によるA/R/CDMプロジェクトは、対象地域が初期条件として1989年以前から森林でなく放棄された地域(開墾地、荒地、良田跡地等)である必要がある。これらの候補地域を適度選定せねばならない。
7. 森林による炭素量の推定には、衛星の実測に基づくデータが広く採用されている。しかし、本格的な広大な地域の炭素量を推定するためには、人的効率と費用の面から現実的でなく適切ではない。現段階のCDM事業の規模は、決して広大とは言えない状況であると認識する。
8. 代わって、衛星利用による炭素量の推定方法の精度向上を図り、広域的な実用を目指す。幹線の地上実測と合わせて、植林・再森林化によるCDM事業を支援するシステムの開発が望ましい。
9. このシステムにより、森林CDMの適地選定、A/Rプロジェクトの長年にわたるモニタリング、或いは広大な地域の炭素固定量分布の推定等に、衛星リモートセンシングを利用し、CDM/A/Rプロジェクトを支援する。

Afforestation & Reforestation projects register:

Registered	Title	Host Parties	Other Parties	Methodology	Reduction as %	Ref
10-Nov-09	Reforestation and Afforestation Project in the State of Sao Paulo, Brazil	Brazil	Canada, Luxembourg, France, Japan, Spain, Germany, Netherlands, Italy, Finland, Luxembourg, France, Sweden	AR-AM001 v12.2	2785	947
20-Jun-09	Mt. Kinabalu Reforestation Project	Republic of Maldives	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland	AR-AM002 v12.2	1791	1810
22-Mar-09	Small Scale Reforestation and Afforestation CDM Activities in the State of Kerala, India	India	India, Viet Nam	AR-AM001 v12.2	1194	1343
27-Apr-09	Reforestation of degraded lands in the State of Kerala, India	India	India	AR-AM001 v12.2	2645	2363
5-Jun-09	Reforestation of degraded lands in the State of Kerala, India	India	India	AR-AM001 v12.2	5732	2241
11-Jun-09	Reforestation of degraded lands in the State of Kerala, India	India	Belgium	AR-AM001 v12.2	4241	2510
21-Apr-09	Mt. Kinabalu Reforestation Project No. 2	Malaysia	Canada, Japan, Italy, France, Japan	AR-AM001 v12.2	954	1571
8-Sep-09	Reforestation of degraded lands in the State of Kerala, India	India	India	AR-AM001 v12.2	152	1084
18-Nov-09	Afforestation and Reforestation in the State of Kerala, India	India	India	AR-AM001 v12.2	1000	1100
18-Nov-09	Reforestation of degraded lands in the State of Kerala, India	India	India	AR-AM001 v12.2	4000	1715

RSEM System for environmental monitoring



既往研究 従来のCDM/A/Rへの取り組み

- 1) Verchot, L.V., Zomer, R., Straaten, O.V., Muys, B., 2007. Implications of country-level decisions on the specification of crown cover in the definition of forests for land area eligible for afforestation and reforestation activities in the CDM. *Climate Change*, 81, 415-430.
- 2) Dutschke, M., Butzengeiger, S., Michaelowa, A., 2006. A spatial approach to baseline and leakage in CDM forest carbon sinks projects. *Climate Policy* 5, 517-530.
- 3) Dutschke, M., Schlamadinger, B., Wong, J.L.P., Rumberg, M., 2005. Value and risks of expiring carbon credits from afforestation and reforestation projects under the CDM. *Climate Policy* 5, 109-125.
- 4) Zomer, R.J., Trabucco, A., Bossio, D.A., Verchot, L.V., 2008. Climate change mitigation: A spatial analysis of global land suitability for clean development mechanism afforestation and reforestation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 126, 67-80.
- 5) Thomas, S., Dargusch, P., Harrison, S., Herbohn, J., 2010. Why are there so few afforestation and reforestation Clean Development Mechanism projects? *Land Use Policy* 27, 880-887.
- 6) Pearson, T.R.H., Brown, S., Andraszkó, K., 2008. Comparison of registry methodologies for reporting carbon benefits for afforestation projects in the United States. *Environmental Science & Policy* 11, 490-504.
- 7) Murdiyoso, D., Noordwijk, M., Puntodewo, A., Widayati, A., Lusiana, B., 2008. District-scale prioritization for A/R CDM project activities in Indonesia in line with sustainable development objectives. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 126, 59-66.

円借款を活用した植林・砂漠化防止事業例

植林関係1099億円

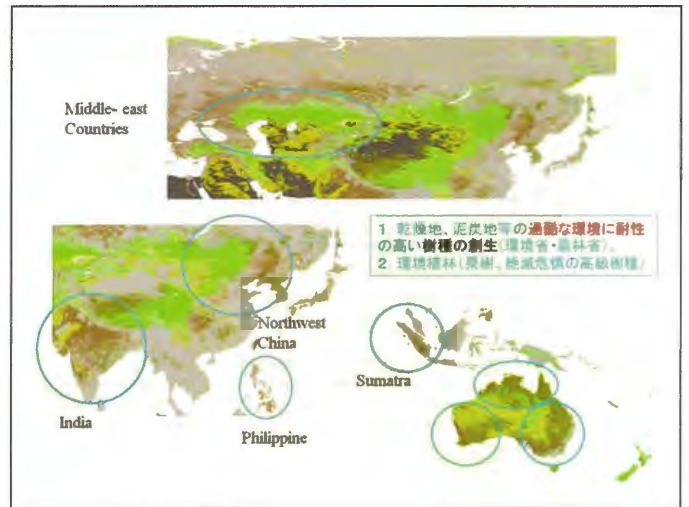
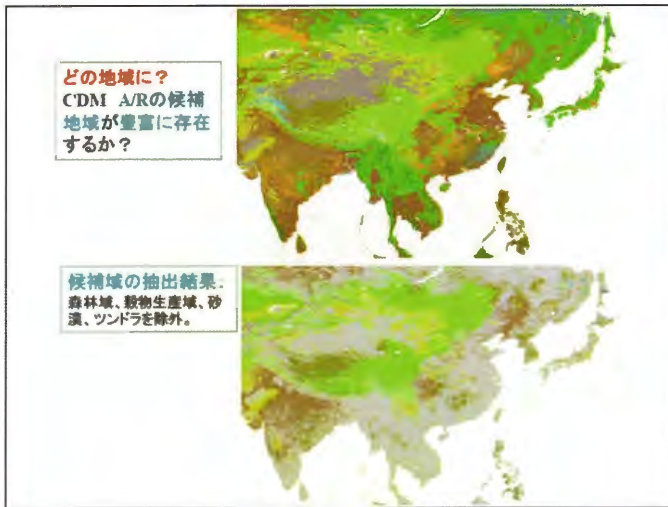
中国北西部地域:

承諾額は植林事業該当部分のみを計上(単位百万)

- 1) 年度2000 額 6,000 件名: 甘肃省 水资源管理・砂漠化防止事業
- 2) 年度2000 額 14,400 件名: 新疆ウイグル自治区 水资源管理・砂漠化防止事業
- 3) 年度2000 額 4,200 件名: 陕西省 黄土高原 植林事業
- 4) 年度2000 額 4,200 件名: 山西省 黄土高原 植林事業
- 5) 年度2000 額 3,600 件名: 内モンゴル自治区 黄土高原 植林事業
- 6) 年度2001 額 7,977 件名: 寧夏回族自治区 植林植草事業
- 7) 年度2002 額 12,400 件名: 甘肃省 植林植草事業
- 8) 年度2002 額 15,000 件名: 内モンゴル自治区 植林植草事業
- 9) 年度2003 額 7,507 件名: 江西省 植林事業
- 10) 年度2003 額 7,536 件名: 湖北省 植林事業
- 11) 年度2004 額 1,725 件名: 新疆ウイグル自治区 伊寧市環境総合整備事業
- 12) 年度2004 額 6,503 件名: 四川省 長江上流地区 生態環境総合整備事業
- 13) 年度2005 額 1,915 件名: 貴州省 環境整備・人材育成事業
- 14) 年度2005 額 7,434 件名: 河南省 植林事業
- 15) 年度2006 額 9,500 件名: 吉林省 松花江流域 生態環境総合整備事業

109,897

植林 1099億円



Types of radiation response function on photosynthesis rate (PSN) and vegetations

$$PSN = f_{rad} \cdot f_{syn}(T_c) \cdot \beta_s \cdot eLAI$$

1) Prioul-Chartier type..... Forest, grassland, paddy rice

$$f_{rad_pc} = \frac{\alpha_m \cdot PAR + PSN_m - \sqrt{(\alpha_m \cdot PAR + PSN_m)^2 - 4\alpha_m \cdot \alpha_m \cdot PSN_m \cdot PAR}}{2\alpha_m}$$

2) Michaelis-Menten type Wheat, maize

$$f_{rad_mm} = \frac{\alpha_{mm} \cdot PAR}{b_{mm} + PAR}$$

The air temperature response of the photosynthesis rate Sigmoidal-Logistic type function

The temperature response of the photosynthesis rate shows a S-shaped curve, and is well known as the **Sigmoidal-Logistic type function** from the work of Horie (1978) and Ishihara and Saito (1987).

$$f_{syn}(T_c) = \left[\frac{1}{1 + \exp\{k_{syn}(T_c - T_{lv})\}} \right]$$

where T_{lv} : temperature parameter at half of the maximum photosynthesis rate,
 k_{syn} : slope parameter,
 T_c : plant leaf temperature.

by KANEKO

Complementary model:

Priestley Taylor evaporation (potential evaporation)

$$E_{equil} = \alpha \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n - G)$$

Penman potential evaporation

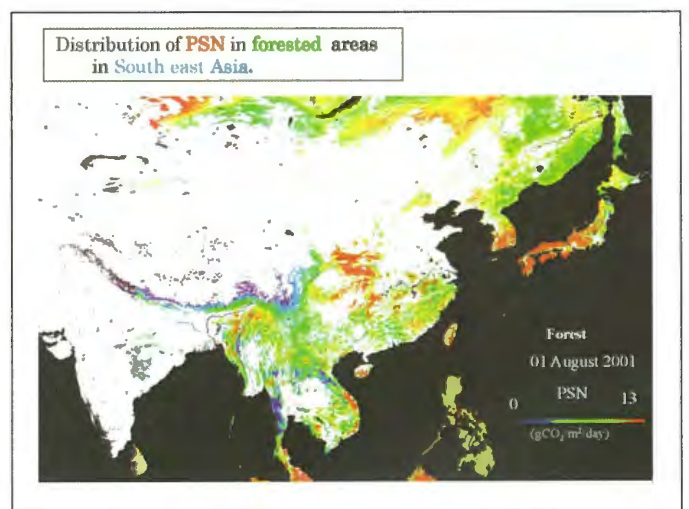
$$E_p = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \cdot (R_n - G) + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} \cdot E_a$$

Actual evapotranspiration expressed by Complementary model

$$E_{ac} = 2E_{p0} - E_p$$

J : the slope of the saturation vapor pressure and temperature curve.
 γ : the psychrometric constant,
 α : the constant of Priestley and Taylor, G : the soil heat flux,
 R_n : the net radiation,
 E_a : the drying power of the air

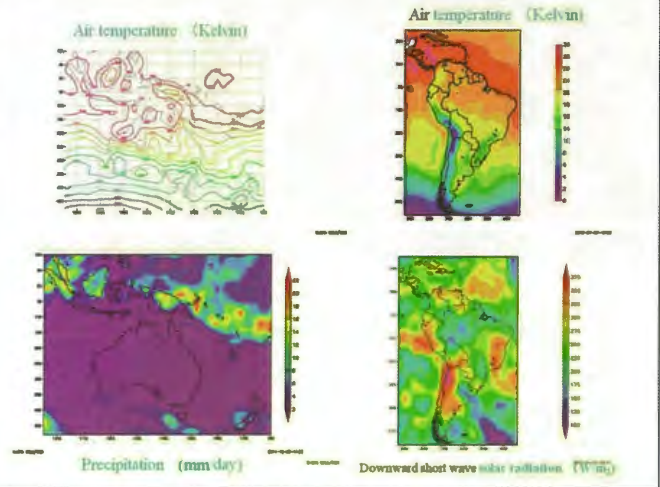
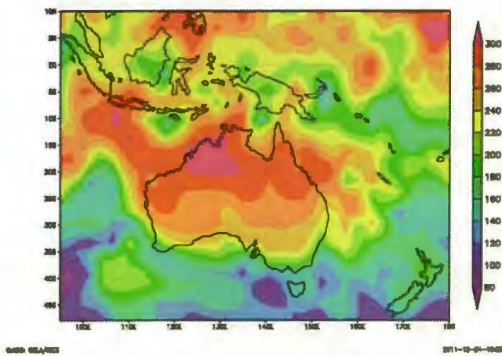
Crop water stress index (CWSI)
 = Stomatal opening β_s

$$CWSI \approx \beta_s = \frac{E_{ac}}{E_p}$$


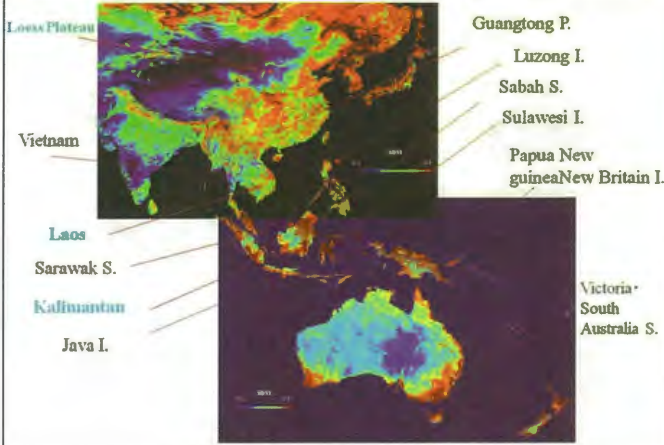
光合成計算に必要な気象条件:

NCEP Re-analysis data

Downward shortwave solar radiation for PSN computation (W/m²)



CDM experimental projects funded by Japanese ministries

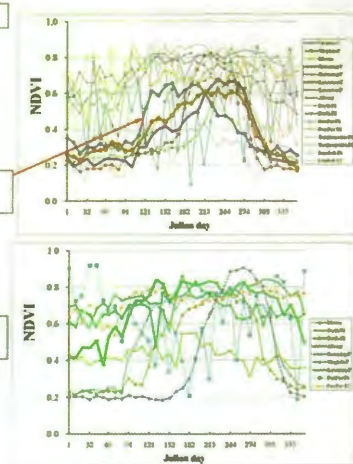


Seasonal variation of NDVI

All monitoring sites in Australia, Indonesia, New Zealand

Bold lines show variation of NDVI at winter wheat sites

Seasonal variation of NDVI at CDM afforestation sites



結論と課題

衛星利用型光合成モデルによるCDMプロジェクト支援システムの開発
- ベースラインとA/R複合目的の重視 -

- 1) CDM A/Rプロジェクトは、CO₂の削減や資金の回収ばかりでなく、その優れた特質である複数の便益、すなわち木材資源、治水・水資源涵養、土砂流出防止、砂漠化抑制、生物多様性、生活環境・景観の改善等の効果を重視する。
- 2) 光合成モデルを開発する。また、炭素固定量の季節変化の計算や、樹木の生長に合わせた長年のモニタリングを可能とする。この推定結果とFluxnetの測定値および植林の木材生産量と比較検討し、衛星の利用を基本とした支援システムを構築する。これらは、地上における樹木諸元の測定による従来の方法に、面的な把握方法として吸収量の評価データを提供し、CDMによる炭素固定のプロジェクトに役立てることができる。Operationalな衛星利用CDM A/R支援システムを目指す。
- 3) 衛星利用による吸収量の推定方法の精度向上を図り、広域的な実利用を目指す。幹径の地上実測による検証と合わせて、植林・再森林化によるCDM事業を支援するシステムの開発している。
- 4) 衛星利用の支援システムについて、ベースライン・使用する衛星データ、対象地域、光合成モデル等について現在の開発段階を示した。

今後の課題

・地上データであるFluxnetによる炭素吸収量測定データを光合成モデルの検証ように利用すると共に、植林地域における木材伐採データを使い、樹種毎に光合成モデルの検証をすることを考えている。また、PALSARの利用等である。