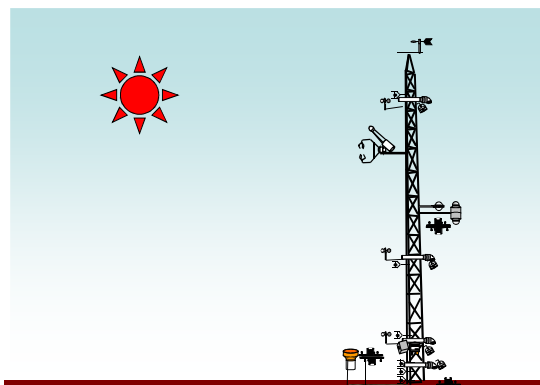


1

生態環境計測学 2015/10/14

生態系物質循環と計測デザイン

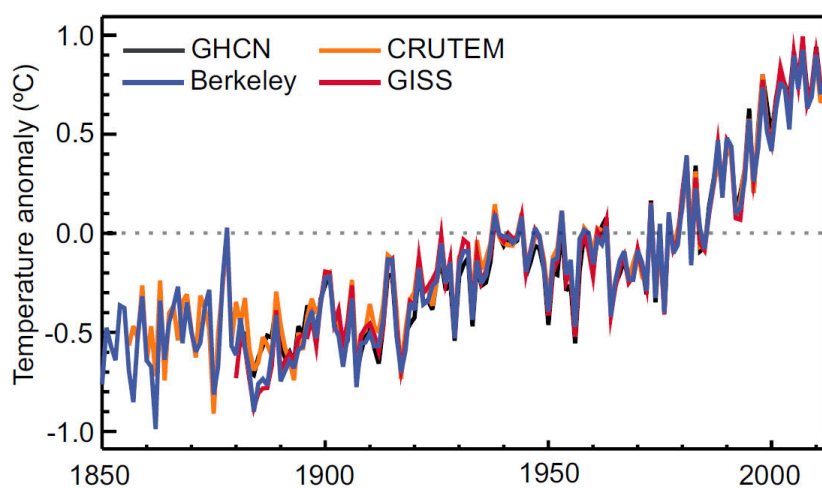


植山 雅仁

2

* 1961-1990年平均に対する相対値

全球の気温



(IPCC, 2013; 第5次報告書)

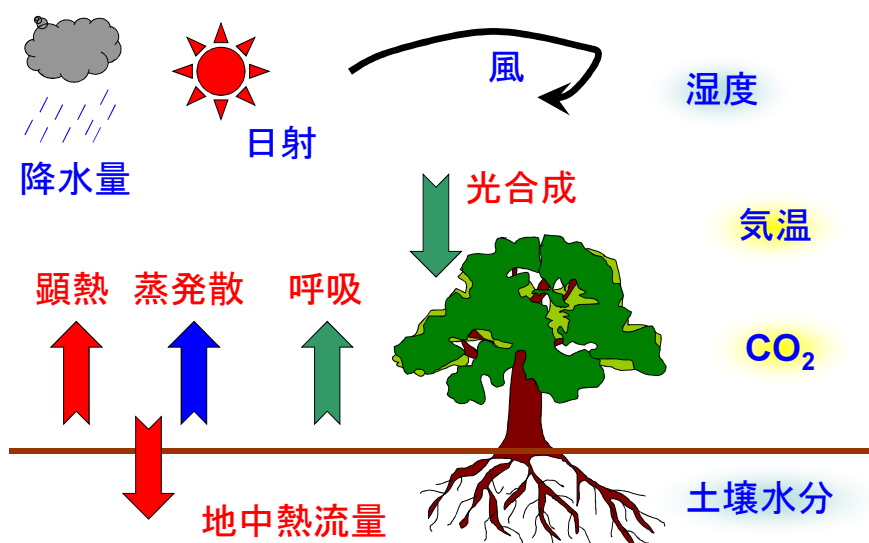
3

環境変動は

- 生態系にどのように影響？
- それをどうやって評価するか？

4

生態系をとりまく物理環境



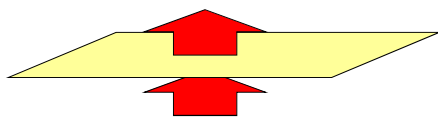
5

フラックスとプール

フラックス (Flux)

熱、物質など物理量がある面積を通して輸送される量
単位面積、単位時間当りに輸送される量

(農業気象学用語解説集, 1997)



顕熱フラックス、潜熱フラックス、地中熱流量
光合成速度、呼吸速度、CO₂フラックス など

6

フラックスとプール

大気プール



植物プール

7

フラックスとプール

フラックス : 輸送量
プール : 蓄積量



大気 760 Pg

純光合成
60 (Pg y⁻¹)

植物 650 Pg

枯死
60 (Pg y⁻¹)

土壌 1500 Pg

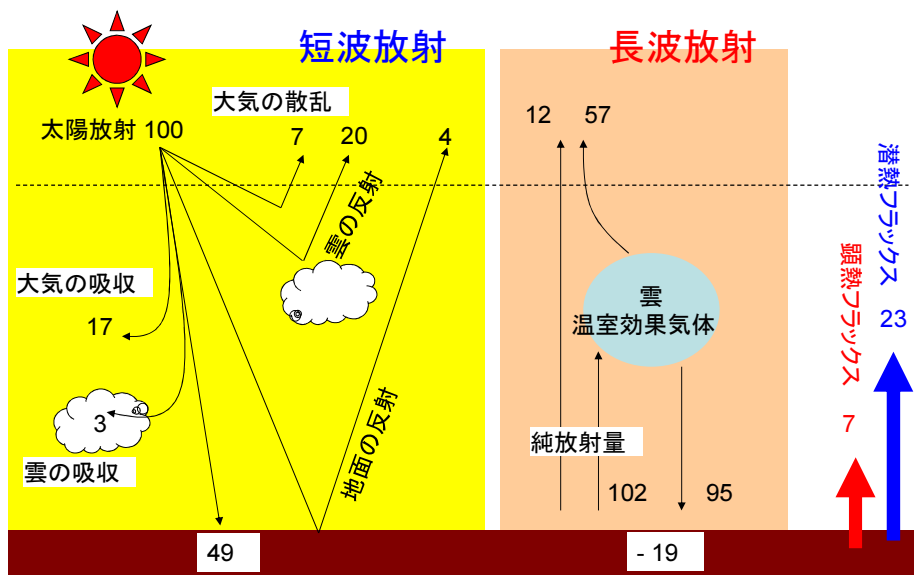
分解
55 (Pg y⁻¹)

全球での炭素循環の一部
(Chapin et al., 2002)

8

大気－生態系間のエネルギーの流れ

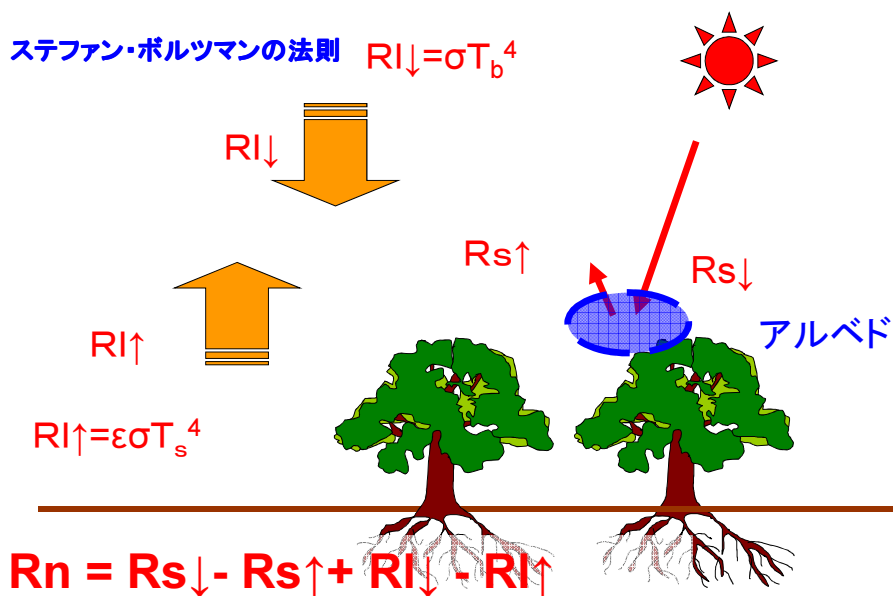
地球のエネルギー収支



文字ら, 1997; Chapin et al., 2002

生態系における放射収支

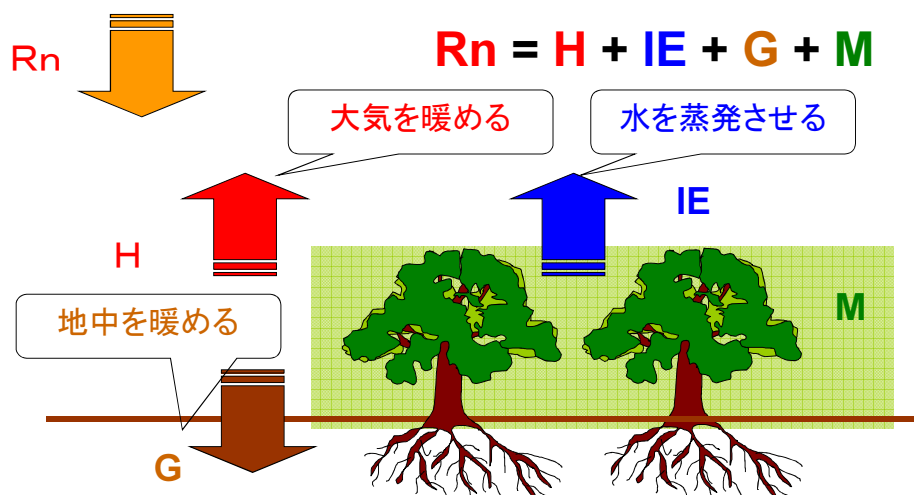
ステファン・ボルツマンの法則 $R_{\downarrow} = \sigma T_b^4$



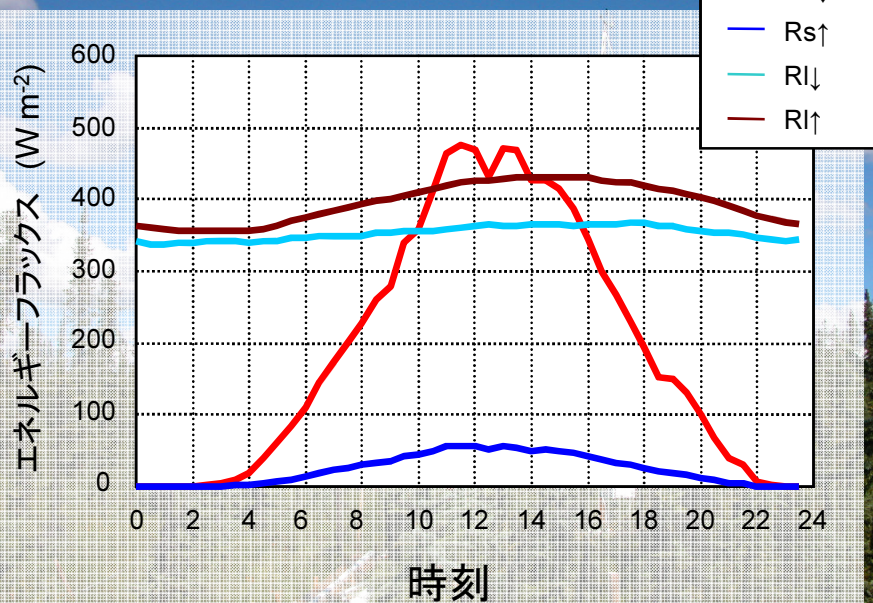
11

生態系におけるエネルギー収支

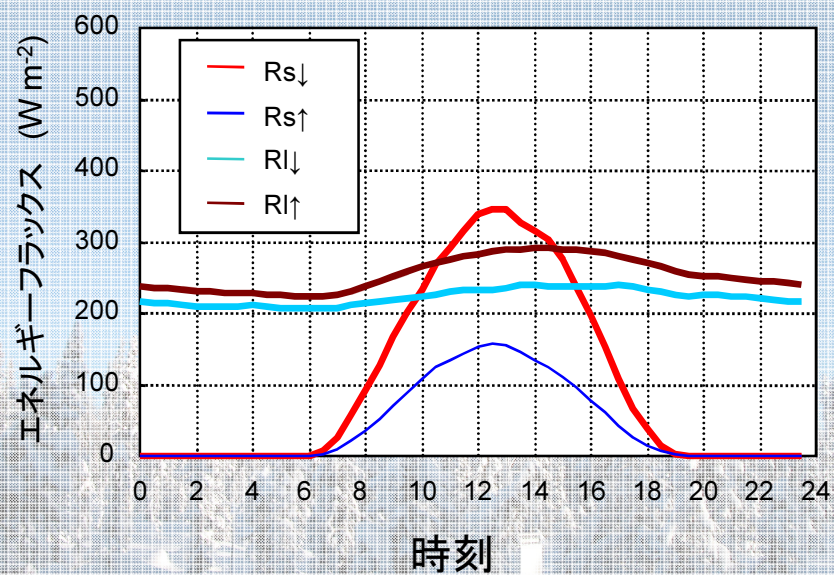
分配の割合は植生・気象・気候条件によって異なる。



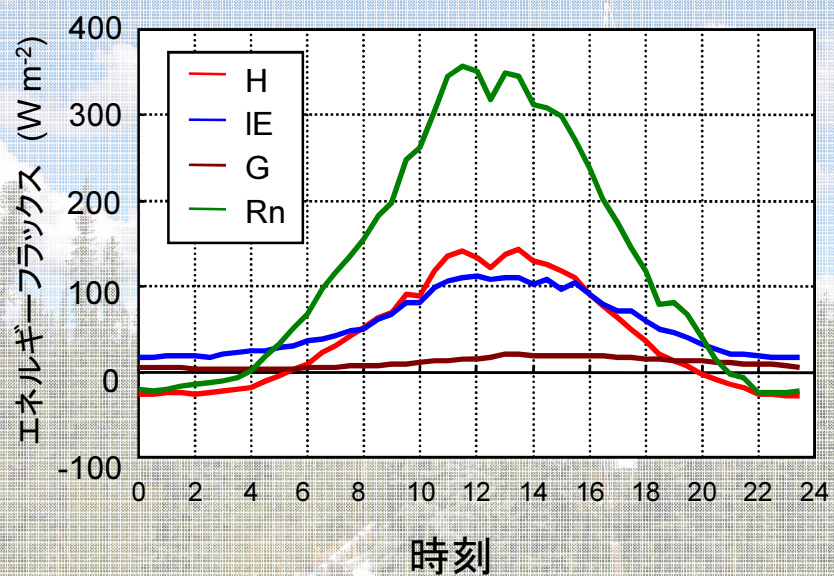
高緯度(アラスカ)の森林 : 7月



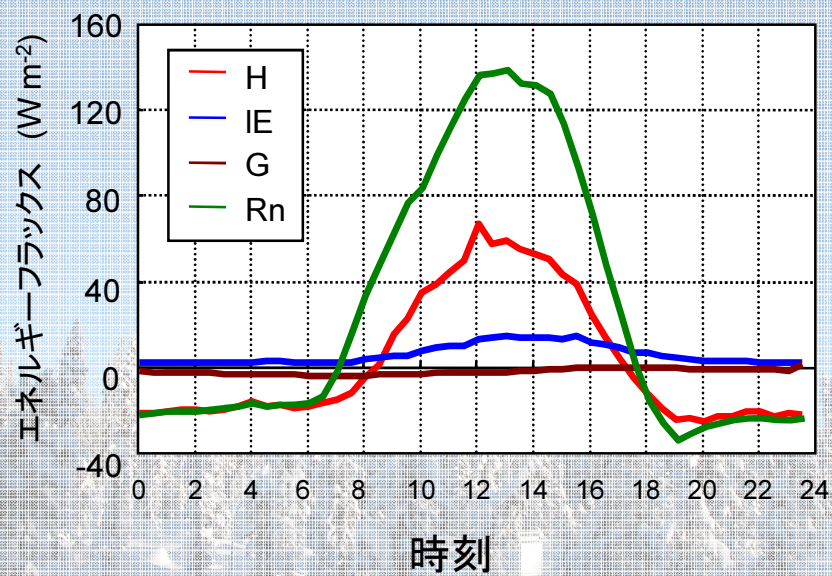
高緯度(アラスカ)の森林 : 3月



高緯度(アラスカ)の森林 : 7月

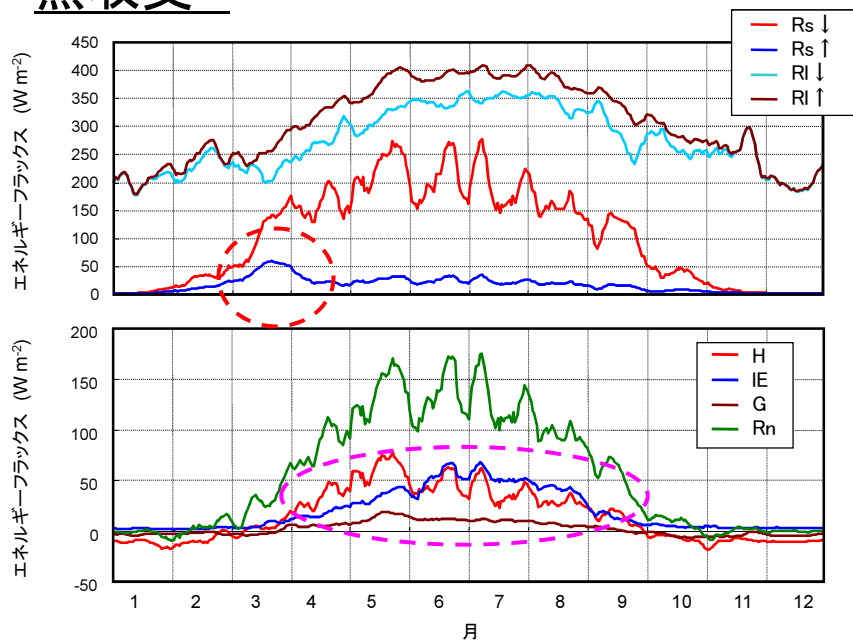


高緯度(アラスカ)の森林 : 3月



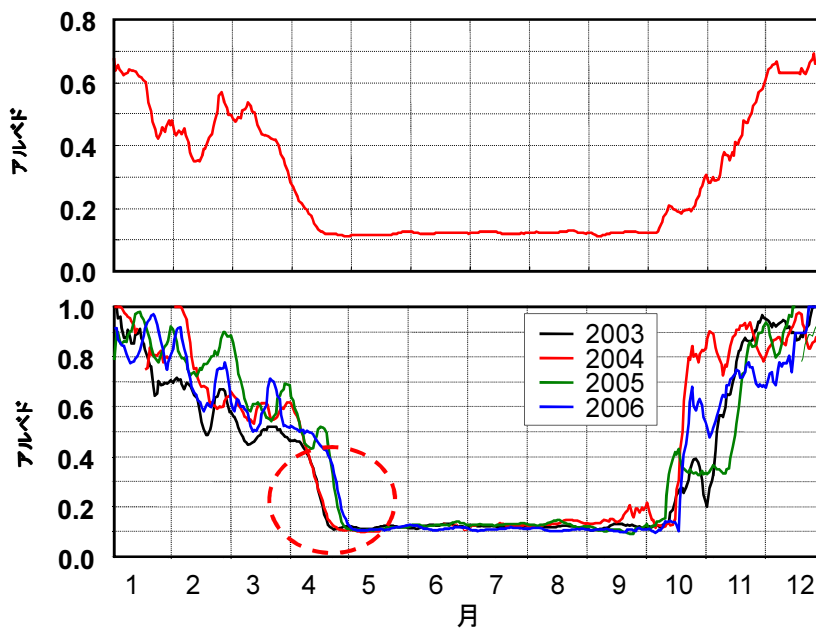
16

熱収支



17

アルベド



18

アルベド

表 1.2 アルベードの概略値

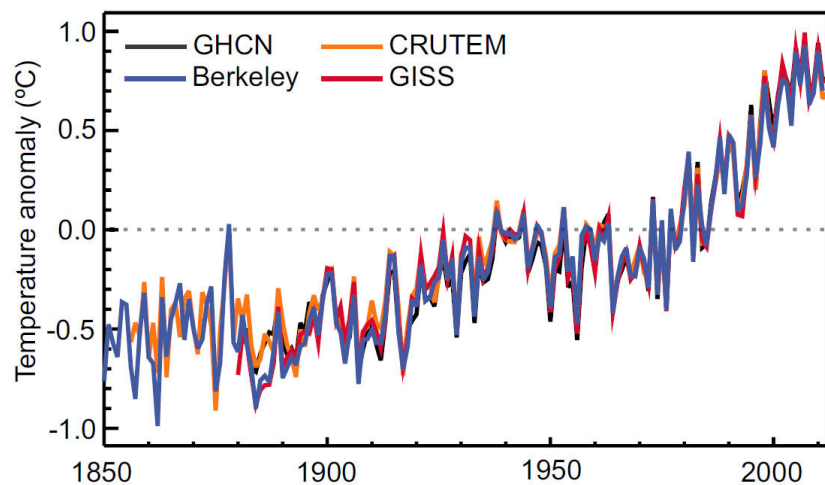
地表面	アルベード (%)	地表面	アルベード (%)
水 面	2～10	裸地 (乾燥)	20～35
森 林	3～15	砂 地	15～30
草地 (みどり)	10～20	砂 漠	25～40
草 地	20～25	雪 (旧)	40～70
畑	15～25	雪 (新)	70～90
裸地 (湿)	5～15	海洋	7

(近藤, 1994)

19

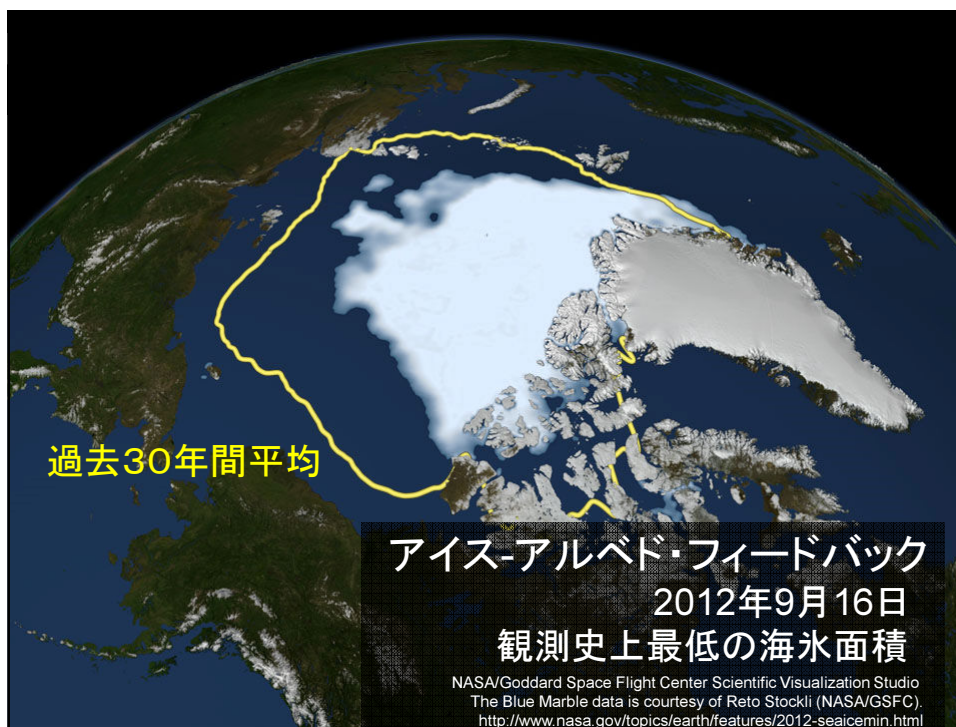
全球の気温

* 1961-1990年平均に対する相対値

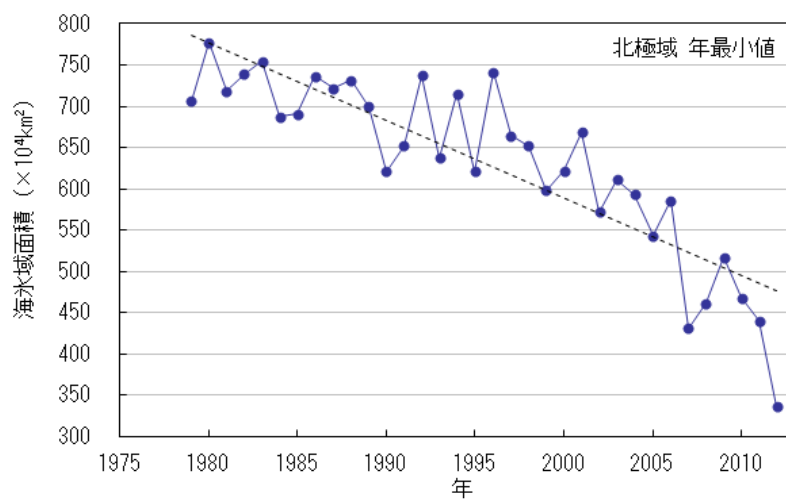


(IPCC, 2013; 第5次報告書)





22



(気象庁: http://www.data.kishou.go.jp/shindan/a_1/series_global/series_global.html)



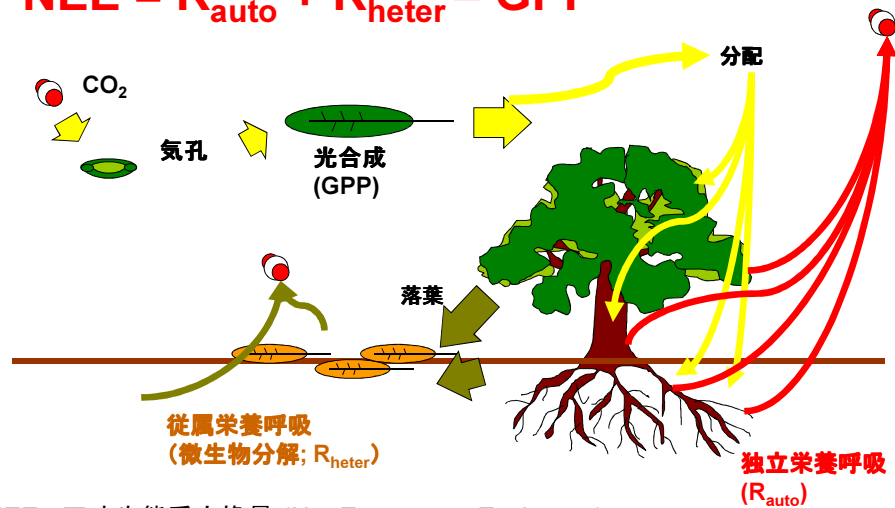
24

大気－生態系間の炭素の流れ

25

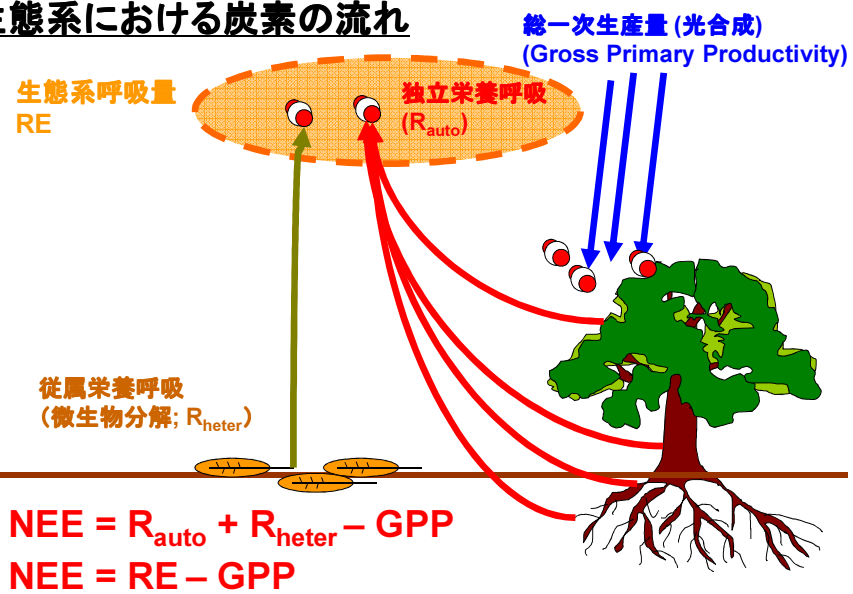
生態系における炭素の流れ

$$NEE = R_{\text{auto}} + R_{\text{heter}} - GPP$$

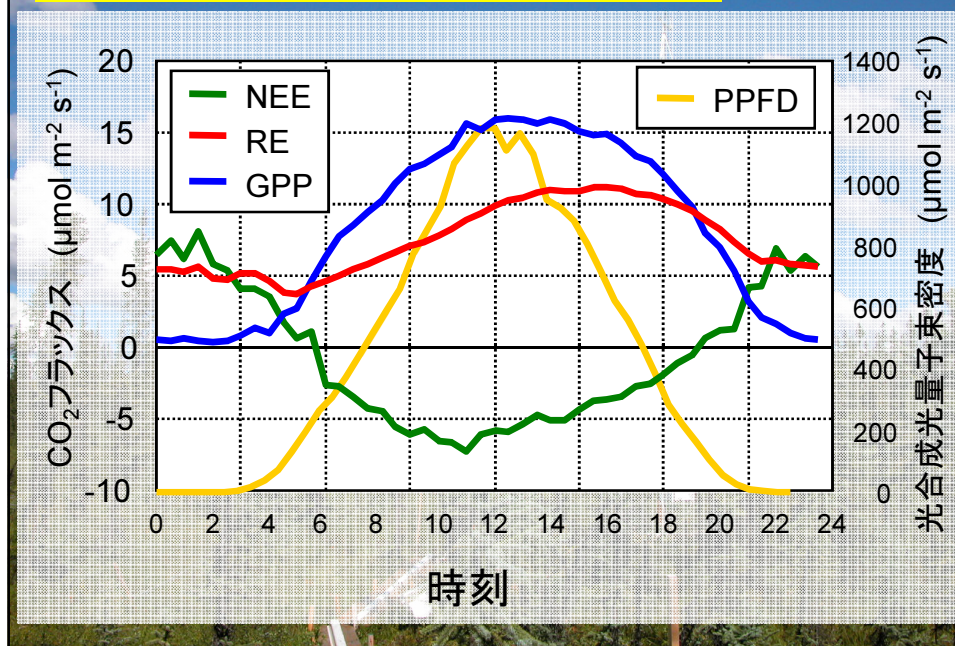


26

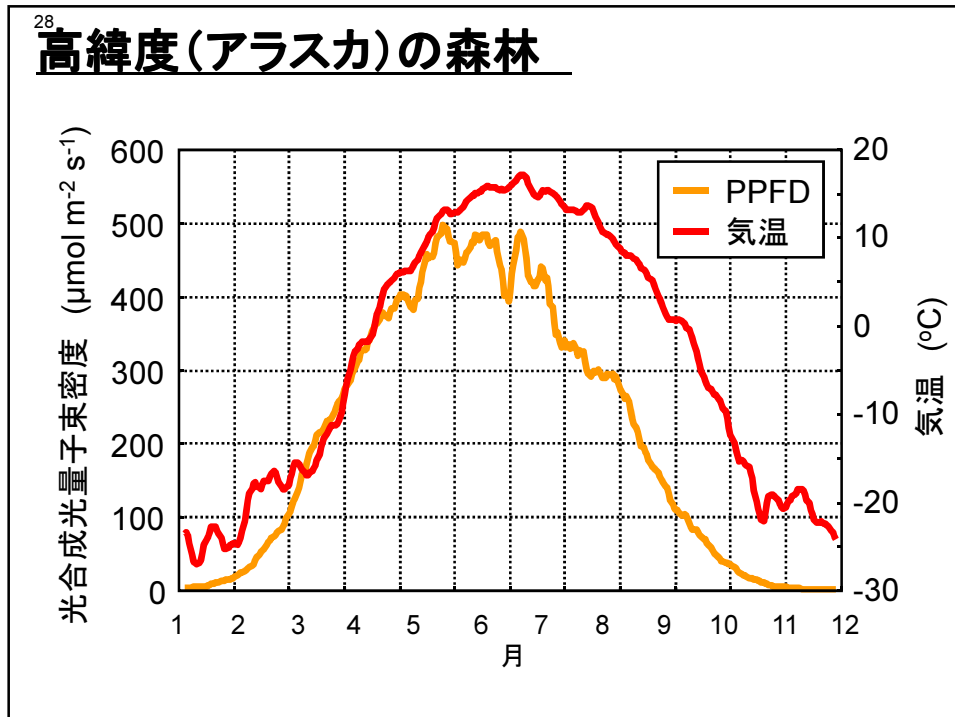
生態系における炭素の流れ



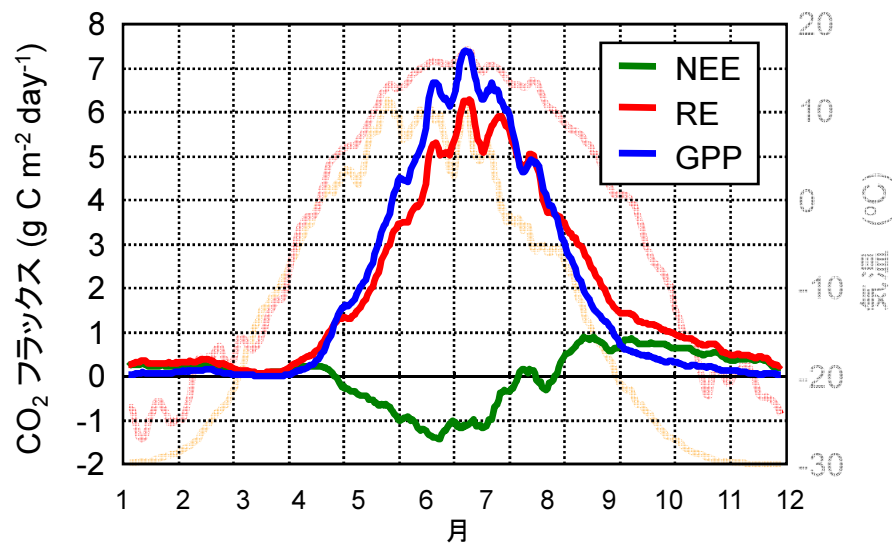
高緯度(アラスカ)の森林 : 7月



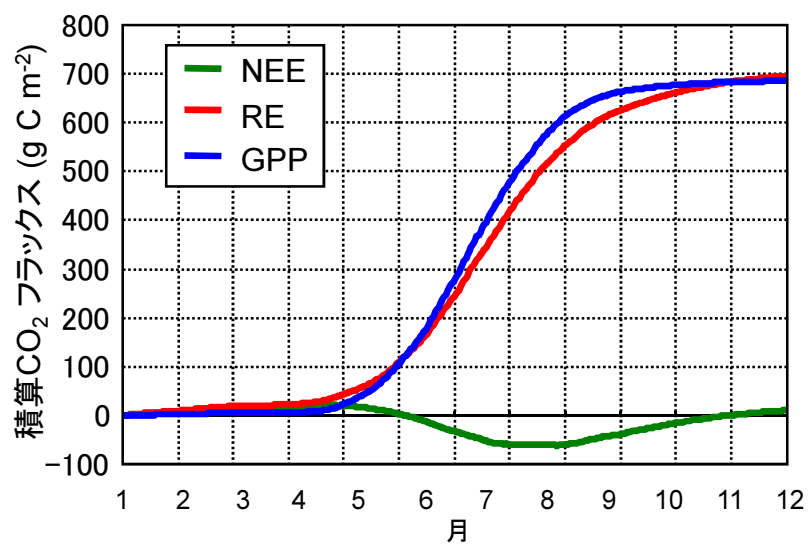
高緯度(アラスカ)の森林



²⁹ 高緯度(アラスカ)の森林

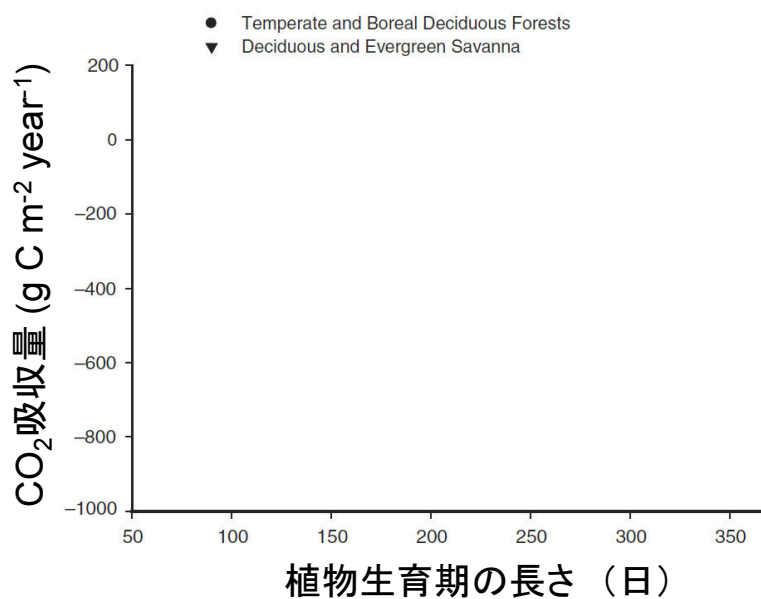


³⁰ 高緯度(アラスカ)の森林の年間収支は？



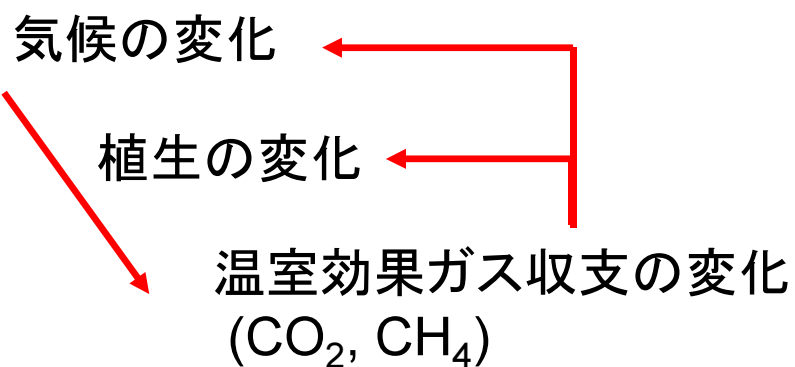
31

いろいろな森林を比べると、 (Baldocchi, 2008)



32

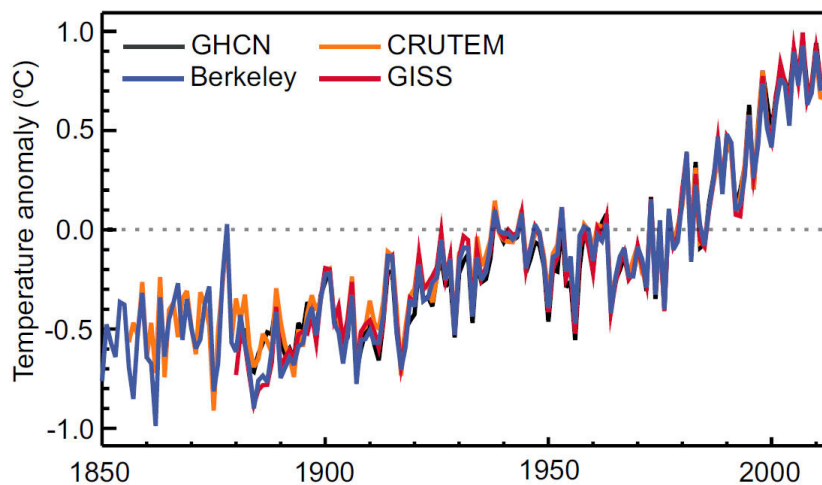
炭素循環フィードバック



33

全球の気温

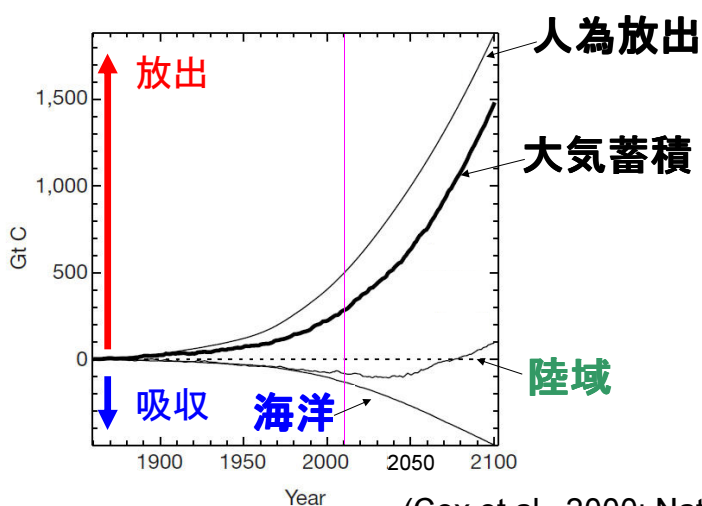
* 1961-1990年平均に対する相対値



(IPCC, 2013; 第5次報告書)

34

炭素循環フィードバック: 将来は？

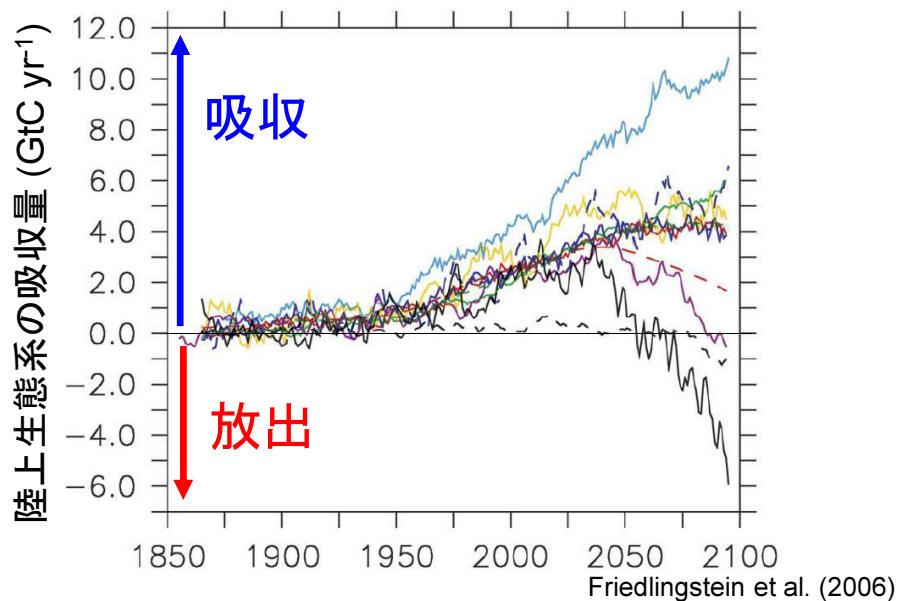


(Cox et al., 2000; Nature)

* モデルは、発展途上なので、ひとつの仮説として結果を解釈すること

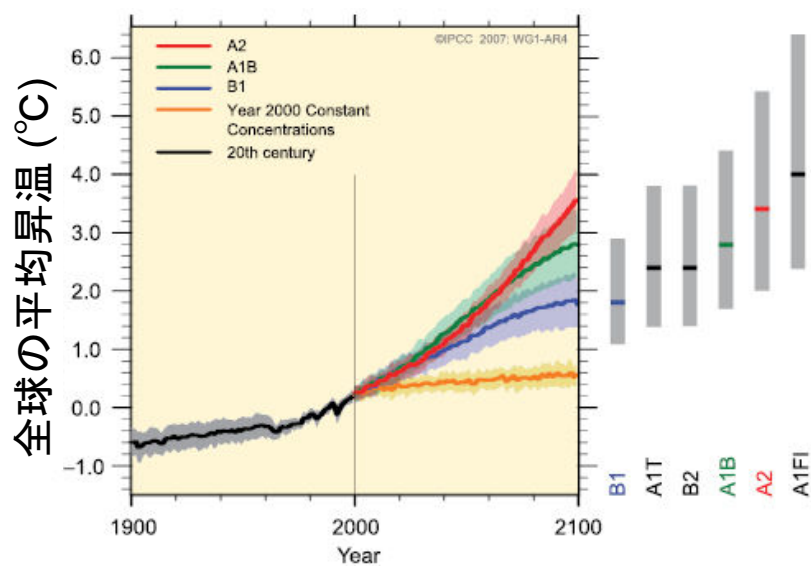
35

炭素循環フィードバック: 将来は？

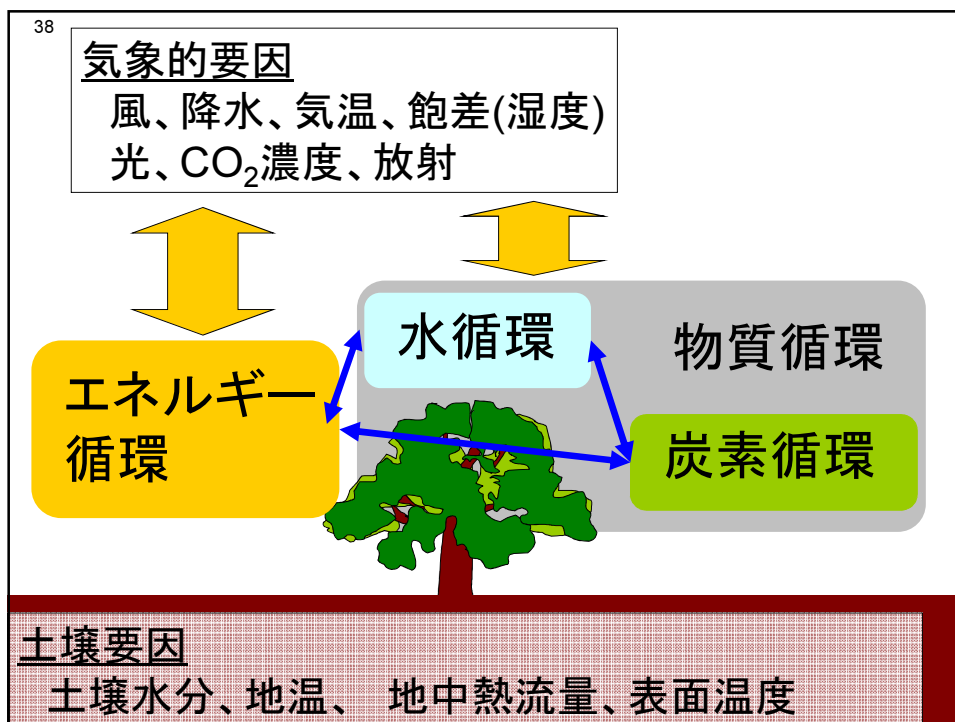
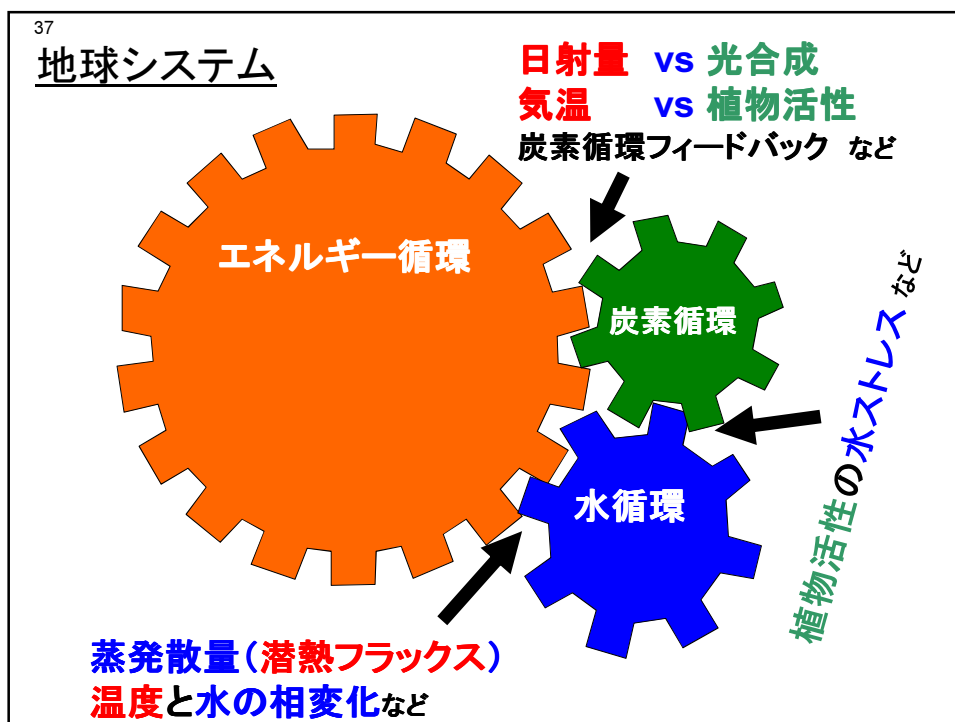


36

IPCC AR4 による温暖化の将来予測



http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/spmsspmpm-projections-of.html



39

気象的要因

様々な要因が複雑に絡んでいる！

群落光合成:

日変化:

風速、日射、気温、湿度、土壌水分

季節・年次変化:

気象・土壌要素、葉量、細根量

長期変化:

CO₂濃度、窒素、樹齡、遷移

土壌水分、地温、地中熱流量、夜間温度

40

観測のデザイン

- ☒ 様々な要素を計測 → 植物機能のメカニズムが明らかに
- ☒ 長期的モニタリングでは、対象とする現象に関連する多くの要因が長期的に計測されていることが重要
 - * 1つ環境要素が欠けているだけでデータを正確に評価できないことがある。
- ☒ 長期モニタリングを実施する際は事前に綿密な計画が必要であると同時に、追加で計測する必要がある環境要因がないかを注視してデータをみる必要がある。

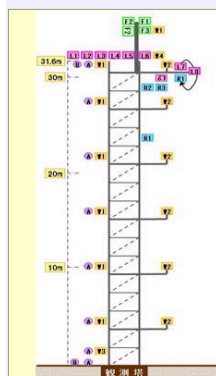
41

観測のデザイン

富士北麓フラックス観測サイトの場合



- 森林生態系-大気間のCO₂・エネルギー収支(フラックス)の観測
- 林内微気象・地下環境の観測
- 森林生態系の構造の調査
- 森林植物の生理機能の調査
- 森林植生のフェノロジーの調査
- 土壌生態系の機能の調査
- 森林生態系のバイオマス・生理機能のリモートセンシング観測



<観測項目一覧>

→データ回収・保存方法

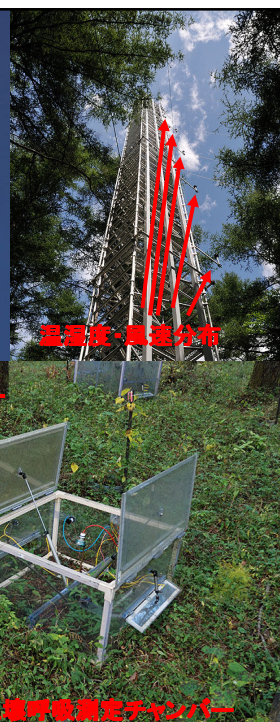
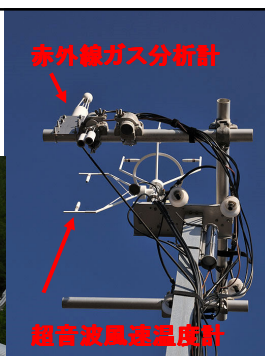
記号・測定項目	数	設置場所・備考・詳細
F1 3成分風向・風速	1台	塔頂1
F2 CO ₂ /H ₂ O濃度実動(オープンパス)	1台	塔頂1
F3 CO ₂ /H ₂ O濃度実動(クローズドパス)	1式	塔頂1
A CO ₂ 濃度フロッグ	1式	8高度
B -	-	-
L1 全天日射	6台	塔上1、林床5
L2 光合成有効放射(PPFD)	2台	林床2
L3 -	4式	上下設置:塔上1、林床3
L4 -	-	-
L5 直達/散乱日射	1台	塔上1 ※シャット・ハット
L6 分光放射	2式	上下回転式:塔上1、林床1
L7 直達放射スペクトル	1式	塔上1 ※スライダ・カメラ
L8 放射収支	3台	塔上1、林床3
M1 気温・湿度	11台	塔頂1、塔6、林床4
M2 2成分風向・風速	7台	塔6、林床1
M3 気圧	1台	地上1
M4 降水	1台	地上1
M5 積雪深	1台	地上1
R1 魚眼カメラ	6台	上下回転式:林床1
R2 -	-	固定式:塔上2、塔1、林床2
R3 レーザ・プロファイラー	1台	塔上1
S1 地温	13台	林床3地点、3深度
S2 土壌水分	7台	林床3地点、3深度
S3 地熱流量	3式	林床3地点

<http://db.cger.nies.go.jp/gem/warm/flux/1/forest/fujihokuroku/observations.html>

42

観測のデザイン

富士北麓フラックス観測サイト



43

復習事項

☒ 生態系のエネルギーと炭素の流れ
地表面の熱・エネルギー収支

生態系の炭素収支

数式、フィードバック機構

☒ 観測デザイン

44

引用・参考文献

Baldocchi, D. 2008. 'Breathing' of the terrestrial biosphere: lessons learned from a global network of carbon dioxide flux measurement systems. *Australian Journal of Botany*, 2008, 56, 1-26.

Chapin III, F. S., P. A. Matson, and H. A. Mooney. 2002. *Principles of terrestrial ecosystem ecology*. Springer-Verlag Press, New York, 436 pp.

Cox, P. M., Betts, R. A., Jones, C. D., Spall, S. A., and Totterdell, I. J. 2000; Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. *Nature*, 408, 184-187.

Friedlingstein, P. et al. 2006; Climate-carbon cycle feedback analysis: Results from the C⁴MIP model intercomparison, *J. Climate*, 19, 3337-3353.

近藤純正, 1994: 水環境の気象学 -地表面の水収支熱収支-, 朝倉書店, 350pp.

日本農業気象学会編, 1997: 新編 農業気象学用語解説集—生物生産と環境の科学—, 313pp.

文字信貴・平野高司・高見晋一・堀江武・桜谷哲夫, 1997: 農学・生態学のための気象環境学, 丸善, 199pp.

Randerson, J.T., Chapin, III, F.S., Harden, J.W., Neff, J. C., and Harmon, M. E., 2002: Net ecosystem production: A comprehensive measure of net carbon accumulation by ecosystems. *Ecol. Appl.*, 12, 937-947.