

# 生態環境計測学 2015.10.21 の質問・補足

回答者 : 植山

## 1. 生育期間の長さ と 森林の CO<sub>2</sub> 吸収量 に関して 補足 してほしい

[Answer]

生態系スケールでの年間光合成量は、個葉の光合成能力、葉量、そして、樹木が葉をつけている期間によって決まる。落葉樹林の年間光合成量は、展葉から落葉までの期間、即ち生育期間の長さによって決定することがさまざまな森林での長期観測から分かってきている (Baldocchi, 2008)。生育期の長さ と CO<sub>2</sub> 吸収量の関係は、落葉樹林の吸収量の年次間差を決定する要因でもあり、落葉樹林間の CO<sub>2</sub> 吸収量を決定する要因でもある。

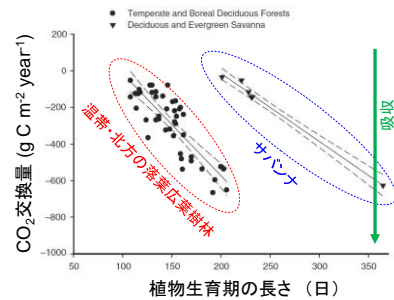


図 1. 様々な森林で計測された年間 CO<sub>2</sub> 吸収量 と 生育期の長さ (Baldocchi, 2008)

## 引用文献

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

## 2. 雪の融解熱 というのは 熱収支 に 含まれている か?

[Answer]

地表面の熱収支は、以下の式で表される。

$$Rn = H + LE + G + S \quad (1)$$

ここで、 $Rn$  は純放射量、 $H$  は顕熱フラックス、 $LE$  は潜熱フラックス、 $G$  は地中熱流量、 $S$  は生態系の貯熱量をあらわす。ここで、水の相変化に伴うエネルギーは潜熱フラックスとしてあらわされる。ただし、微気象学的手法 (渦相関法、傾度法) に代表される大気中の水蒸気から潜熱フラックスを計測する場合、相変化を起こした水が水蒸気として大気に輸送される必要がある。雪が昇華 (固体⇄気体の変化) される場合、そこで使用されたエネルギーは潜熱フラックスとして計測されるが、融解 (固体→液体の変化) が生じた場合はそのエネルギーは微気象学的手法では潜熱フラックスとして計測されない。この場合、生態系内の貯熱量に変化が生じたとして、熱収支式の貯熱項が変化したと考えることが出来る。

3. 熱収支の季節変化について再度、説明してください。

[Answer]

生態系が純放射量として受け取ったエネルギーは、1式で示されるように顕熱フラックス、潜熱フラックス、地中熱流量として大気や地中に発散される。地表面に植生がある場合、植物の蒸散により潜熱フラックスは日変化、季節変化する。例えば、アラスカの森林の場合、融雪後に液体水が利用できるようになると、蒸散が行われるようになり、生態系はエネルギーを潜熱の形で多く発散するようになる。また、季節の推移による展葉、落葉などの植物季節、或いは乾燥などの水ストレスの強度によっても、潜熱フラックスによって発散される割合は変化する。そのため、顕熱フラックスと潜熱フラックスの比率（ボーエン比）から、植物活性を類推することが出来る。

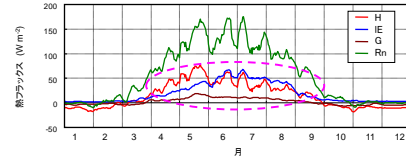


図 2. アラスカ・クロトウヒ林における熱フラックスの季節変化

4. アイス・アルベド・フィードバックによる正のフィードバックはとめることが出来るか？

[Answer]

アイス・アルベド・フィードバックとは、雪氷面積の変化によりアルベドが変化し、その結果、熱収支が変化することで再び、雪氷面積の変動を増減するように働く機構である。一般に、温暖化により雪氷面積が減少するとより温暖化を加速させ、寒冷化が生じるとより寒冷化を加速させる正のフィードバックとして働くと考えられている。この正のフィードバックを弱める要因としては、雪氷面積の低下による潜熱フラックスの増加、それに伴う雲量の増加（短波放射の入力の減少）や温室効果の増大（下向き長波放射の増大）などが考えられる。

5. 陸域生態系における炭素循環について説明が欲しい。(NEE = RE - GPP とする理由)

[Answer]

炭素は、光合成によって二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)がでんぷんとして固定されることで陸域生態系に取り込まれる。取り込まれた炭素は、植物体による呼吸（独立栄養呼吸）によって大気にCO<sub>2</sub>として放出される。また植物体に固定された炭素（根、幹、葉など）も、落葉や植物の枯死により土壌にかえり、土壌中の微生物に分解されること（従属栄養呼吸）で再び、CO<sub>2</sub>として大気に戻る。このような生態系と大気における炭素の流れは炭素循環と呼ばれる。

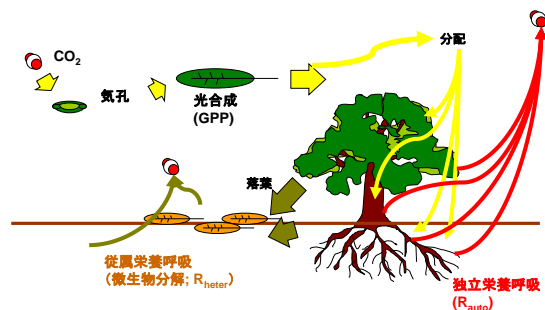


図 3. 生態系をめぐる炭素の流れ

大気と生態系における炭素収支は以下のように表すことができる。

$$\begin{aligned} \text{NEE} &= \text{Ra} + \text{Rh} - \text{GPP} \\ &= \text{RE} - \text{GPP} \end{aligned} \quad (2)$$

ここで NEE (Net Ecosystem Exchange) は純生態系交換量、Ra は独立栄養呼吸、Rh は従属栄養呼吸、GPP (Gross Primary Productivity) は総一次生産量 (光合成量)、RE は生態系呼吸量 (Ra + Rh) を表す。一般に、生態系から大気への放出を正とし、吸収を負とするため 2 式のように NEE は RE から GPP を引いた形で表される。

#### 6. 炭素循環フィードバックに不確実性が高い理由は？

[Answer]

生物に由来する様々なプロセスが複雑に影響しているため、個別の関係性や相互作用を野外や室内の実験から全て明らかにすることが困難である。例えば、土壌微生物の有機物分解速度 (従属栄養呼吸) は個々の微生物の量や特性によって変化するが、個別の微生物の振る舞いを全て特定することは困難である。異常気象が生じたときの植物や微生物の応答や、将来の気候化において生態系がどのように順化するかなどは、現状の観測のみからでは正確に評価することが難しい。長い時間スケールでは、極相に達した生態系が火災、風害、虫害などの攪乱によってどのように枯死し、それがどのくらいの次時間をかけて CO<sub>2</sub> として大気に戻るかについても、短期間の観測のみからでは正確に評価することが難しい。このように、生態系にかかわる様々なプロセスを、様々な時間スケールで精緻化する必要があるため、現状の陸域炭素循環や炭素循環フィードバックの理解については大きな不確実性が残されている。