

# 生態環境計測学 2017.10.25 の質問・補足

回答者 : 植山

## 1. アラスカのエネルギー収支の夏と冬の違い

[Answer]

高緯度生態系の放射収支の季節変化は、入射角の変化による短波放射量の違いに強く影響をうける。夏には入射角が大きくなることで日中の短波放射量は、冬季のものと比べて大きくなる。また、夏は日の出が早く、日没が遅くなるため日照時間が長くなる。入射するエネルギーが大きいため、地表面近傍は暖まり、夏は地表面が露出する。地表面が植生に覆われていれば、アルベドは 0.03~0.15 と低い値をとり、短波放射の反射は少なくなる。一方、冬季は気温が低くなり、気温が 0°C を下回るアラスカのような高緯度では、雪が地表面を覆おう。雪はアルベドが高いため、入射した短波放射の 40~90% を反射する。よって積雪を伴う高緯度の冬季は、短波放射の入射が減り、反射も増えるため、正味の短波放射量は低くなる。

上述の通り、高緯度の冬季は夏季と比べて地表面の気温、表面温度が低くなるため、上向きの長波放射量は小さくなる。下向きの長波放射は大気から地表面にむけて射出される放射である。地表面よりも上層の大気の温度が低いため、冬季であっても下向きの長波放射量は上向き長波放射量よりも小さい。

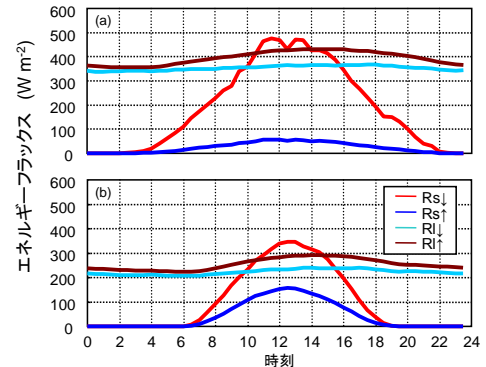


図 1. アラスカのクロトウヒ林で観測された 7 月(a)と 3 月(b)の放射収支の平均日変化: 短波放射 (Rs)、長波放射 (RL)

## 2. 講義資料 (図 4) において、冬季のアルベドの増減が見られるがこの理由は何か?

[Answer]

冬季においてアルベドが増減する (例えば、図 2 の 2~3 月の変動) 理由は、新雪と古い雪とでアルベドが異なったり、また厳冬期の間にも昇華により積雪量に増減があるためである。アラスカの場合は、林床の積雪が無くなるということはほとんど無いが、樹木に積もった雪の量は変化する。このため、樹木における積雪量の変化も図 2 におけるアルベドの増減の理由のひとつであると考えられる。

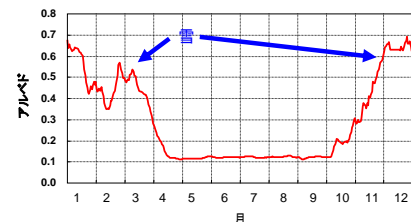


図 2 アラスカのクロトウヒ林におけるアルベドの季節変化

## 3. 純放射量が負である事の意味は?

[Answer]

地表面の純放射量は長波放射と短波放射の収支により決まる。負の純放射量は、正味で地表面が放

射エネルギーを失っているときに観測される。例えば、夜間は短波放射が無く、下向き長波放射を地表面からの上向き長波放射が上回ると純放射量は負となる。このとき放射エネルギーが失われることで、地表面温度が低下するが、気象条件によって大気から熱を奪う（負の顕熱フラックス）、水蒸気を結露させる（負の潜熱フラックス）、地温が低下する（負の地中熱流量）ことで地表面温度の低下が緩やかになる。

4. 下向きの長波が代表する気層はどのくらいの高度？

[Answer]

長波の吸収と再放射は大気の全ての層において起こる。長波放射量はステファン・ボルツマンの法則に従うが、晴天時の大気の射出率は温室効果気体の濃度に従う。そのため、空気の密度が高く、水蒸気や CO<sub>2</sub> などの温室効果気体の濃度が高い大気境界層が下向きの長波放射に対して重要な役割を持っている。曇天時については雲が黒体（射出率≒1）とみなせることから同じ気温であれば、下向き長波放射量は大きくなる。

参考文献：

Arya, S. P. (2001) *Introduction to Micrometeorology 2nd Edition*, Academic Press, San Diego, 420pp.

5. 昇華に伴う潜熱とは？

[Answer]

潜熱エネルギーとは、水の相変化にともなうエネルギーである。ゆえに、固相、液相、気相のどの相からどの相への相変化であっても、相変化によって生じる（消散する）エネルギーは潜熱エネルギーである。

例えば、昇華は、液体の相を経由しない固体から気体への相変化のことである。図 3 は水の相変化を表した模式図である。

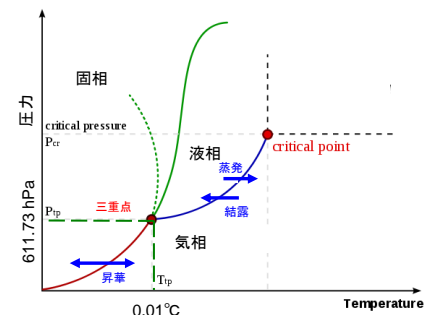


図 3 水の相変化 (Wikipedia)

温度が三重点（気体、液体、固体が共存する状態； 温度 0.01°C、水蒸気圧 6.108 hPa）以下の場合、雪面が純放射としてエネルギーを受けると、顕熱フラックス、地中熱流量として使用されなかったエネルギーは、雪が液体を経由せずに水蒸気となるためのエネルギーとして使用される。この時、昇華に要する気化熱（昇華熱）は、融解熱と気化熱の合計として表される。

参考文献：

Wikipedia 「昇華（化学）」「三重点」

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.

「昇華」、「三重点」

6. アラスカの冬に蒸散が起きないこと

[Answer]

アラスカの冬季は、気温が氷点下であるため大気中の水蒸気量が低く、地温も氷点下であるため液体としての水が存在しない乾燥状態である。そのため、常緑の植物であっても根からの給水ができず、また気孔が閉じているために、蒸散できない。北方林では地温が 0°C を超えて液体水が利用できることで休眠が解除され、光合成・蒸散活動が始まることが知られている (Jarvis and Linder, 2000)。

参考文献：

Jarvis, P., Linder, S. (2000) Constraints to growth of boreal forests. *Nature*, **405**, 904-905.

7. 炭素フラックスの日変化について補足が欲しい。

[Answer]

生態系における CO<sub>2</sub> 収支は以下のように定義される。

$$NEE = RE - GPP$$

ここで、NEE (Net Ecosystem Exchange) は正味生態系交換量で負であれば生態系の CO<sub>2</sub> 吸収を、正であれば CO<sub>2</sub> 放出を表す。RE (Ecosystem Respiration) は生態系呼吸量、GPP (Gross Primary Productivity) は総一次生産量を表す。日中、

PPFD (Photosynthetically Photon Flux Density; 光合成有効光量子束密度) の増加に伴って光合成活動が盛んになるため GPP は増加する。また、RE も気温の増加に伴って日中増加する。日中は、RE よりも GPP のほうが大きいため、生態系は正味の CO<sub>2</sub> 吸収源として作用し、NEE は負となる。一方、夜間は光合成が行われないため GPP は 0 となり、RE のみとなり NEE は正となる。

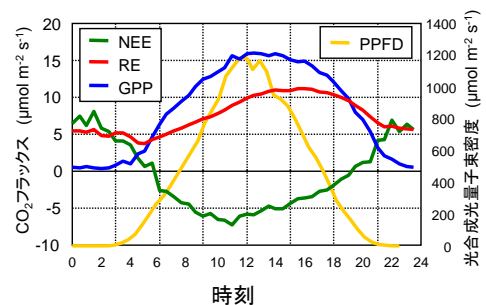


図 4. アラスカのクロトウヒ林で観測された7月の CO<sub>2</sub> 交換量と PPFD の平均日変化

8. Pg とは

[Answer]

P(ペタ)は 10<sup>15</sup> を表す接頭辞

参考文献： Wikipedia 「ペタ」