

# 生態環境計測学 2016.12.07 の質問・補足

回答者 : 植山

1. 吸光分光法の計測精度を向上させる方法に関して説明がほしい。

[Answer]

光吸収により物質の濃度を計測する吸光分光法は、対象とする気体の濃度が極めて微量である場合、感度の問題から求められる精度が得られないことがある。吸光分光法による光の減衰率は、下記の式の通り光路長に依存するため、光路長を長くとることができれば、左辺での光の減衰率、即ち感度を高めることができる。

$$\log(I_1/I_0) = \epsilon c l$$

$I_0$  は媒質に入射する前の光の放射照度、 $I_1$  は媒質中を距離  $L$  移動したときの光の強度、 $\epsilon$  はモル吸光係数、 $c$  は媒質のモル濃度、 $l$  は光路長を表す。光路長を長くするために、セル内に 2 つの凹面鏡を使って何千回も光を反射させて実効的な航路を数 km にまで長くする技術が実用化された（例えば、Cavity Ring-Down Spectroscopy, CRDS; Off-Axis Integrated Cavity Output Spectroscopy, OA-ICOS）。

水蒸気など他の気体の影響を受けると測定精度は悪くなる。これについては、干渉となりえる気体（例えば、水蒸気）を同時に計測しておくことで、その影響を考慮することができる。また、赤外光源によって照射される赤外線は広い波長を含んでいることから、レーザー等の波長選択制が高い素子を光源に使えば、対象とする気体の吸収波長帯のみを計測でき、他の気体の影響を低減させることができる。

参考文献：

川崎昌博・江波進一, (2005) キャビティリングダウン分光法による微量物質検出, レーザー研究, 34, 1-6.

2. Pg とは

[Answer]

P(ペタ)は  $10^{15}$  を表す接頭辞

参考文献： Wikipedia 「ペタ」

### 3. 水蒸気の稀釈効果について

[Answer]

CO<sub>2</sub>濃度とは、乾燥空気の体積に対する CO<sub>2</sub>の体積比である。

$$\text{CO}_2 \text{濃度}_{\text{実際}} = \text{CO}_2 \text{体積} / \text{乾燥空気の体積}$$

ここで、サンプリングされた空気に水蒸気が含まれている場合、分析計で評価される CO<sub>2</sub>濃度は以下のようになる。

$$\text{CO}_2 \text{濃度}_{\text{分析計}} = \text{CO}_2 \text{体積} / (\text{乾燥空気の体積} + \text{水蒸気の体積})$$

即ち、サンプルされた空気に水蒸気が多く含まれているほど、実際の CO<sub>2</sub>濃度に比べて分析計は過小評価した濃度を出力することになる。

この過小評価についての補正係数は、大気圧(P)と水蒸気圧(e)を用いて以下のように表される。

$$\frac{P}{P-e}$$

例えば、大気圧 1013hPa で水蒸気圧が 13hPa の時は、分析計から得られた濃度を 1.013 倍する必要がある。

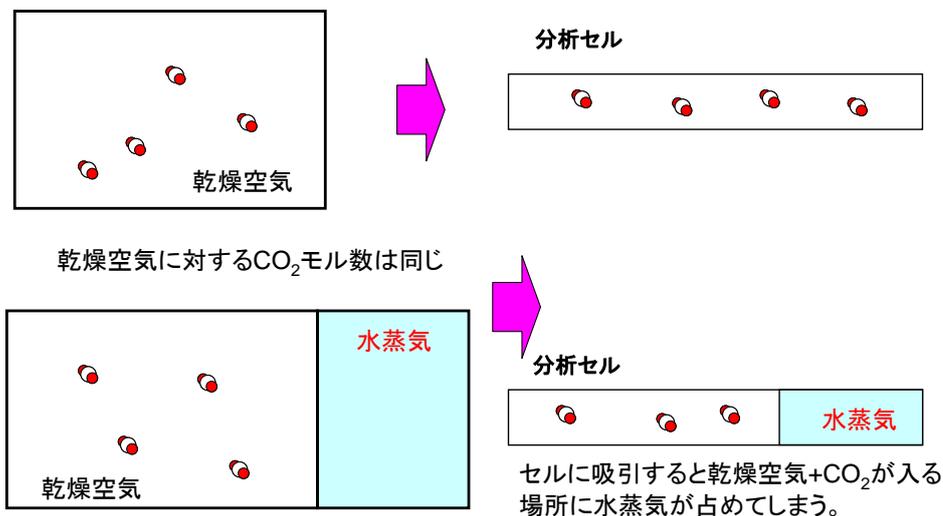


図 1. 水蒸気による稀釈効果に関する模式図

#### 4. 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、冬季のものに比べて大きくなる。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、反射が増えるため、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。

#### 5. 大気中のメタン濃度は CO<sub>2</sub> に比べて微量であるが、メタン削減が温暖化抑制につながるのか？

[Answer]

メタンは 100 年換算で CO<sub>2</sub> の 25 倍の温室効果を及ぼす強力な温室効果気体である。大気中にはおおよそ 2 ppm 程度の濃度でしか存在しないが、放射強制力としては 2014 年時点で、CO<sub>2</sub> が 1.9 W m<sup>-2</sup> に対して、メタンが 0.5 W m<sup>-2</sup> となっている。即ち、メタンは微量にしか存在しないが、産業革命以降の温暖化に対しておおよそ 25% 程度寄与していることを表す。メタンは、大気中の寿命はおおよそ 12 年である。このため、メタンの人為排出を低下させると十年程度の比較的短期間で効果が現れることが期待できる。現在社会は化石燃料の燃焼、即ち CO<sub>2</sub> 排出を前提とした基盤の上に成り立っていることを考慮すると、CO<sub>2</sub> 排出を急激に抑制することは困難である。一方、メタンの人為排出は、反芻家畜、水田、埋立地、廃棄物、排水や化石燃料の採掘に伴うものであり、メタン排出の削減は CO<sub>2</sub> と比べて社会基盤に与える影響は少ない。効果が短期間で現れ、社会基盤に与える影響の少なさからメタンの削減は重要な政策選択の一つと考えられている。ただし、メタンに比べて CO<sub>2</sub> の放射強制力が高いため、長期的な温暖化に対しては、全ての温室効果気体の削減が望まれる。

参考文献：

野尻幸宏, 2010: 二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)以外の温室効果ガス削減の効果, 気象ブックス 032 ココが知りたい地球温暖化 2. 国立環境研究所 地球環境センター, 成山堂, 24-32.

[http://www.cger.nies.go.jp/ja/library/qa/15/15-1/qa\\_15-1-j.html](http://www.cger.nies.go.jp/ja/library/qa/15/15-1/qa_15-1-j.html)

Wikipedia ([https://en.wikipedia.org/wiki/Radiative\\_forcing](https://en.wikipedia.org/wiki/Radiative_forcing)) 関連キーワード：Radiative forcing

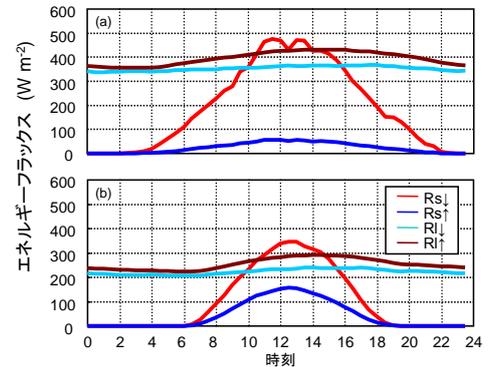


図 2. アラスカのクロトウヒ林で観測された 7 月(a)と 3 月(b)の放射収支の平均日変化: 短波放射 (Rs)、長波放射(RI)