



# 水と環境をまもる森の働き

水循環モニタリングの

森には、雨水を蓄え我々に飲み水を供給すると同時に洪水を防ぐ「緑のダム」としての働きや、雨水を浄化し川や地下水にきれいな水を供給したり、水蒸気や二酸化炭素のやりとりを通して地球の水循環や気候システムを維持調整する働きがあります。しかし一方で、実際の森がもつ科学的な機能には限界があります。森と水と環境を持続可能な状態に保つためには、森の様々な機能がどのようなバランスを保っているのかを注意深く見ていくことが大切です。森林水文学分野では、森をめぐる様々な姿の水のモニタリングに取り組んでいます。

## Q. 水を消費するとは、どういうことか？

- 我々が使える水は地球上に存在する水の1%未満(湖、河川、地下水など)。農業用水、工業用水、生活用水として使われる。
  - ✓工業用水・生活用水: 汚水として排出されるか、蒸発して大気中に戻る。汚水は浄水過程を経て最終的には海へ。
  - ✓農業用水: 植物が蒸散したり耕作地や水路から蒸発したりして大気中に戻るか、汚水として排出され海へ。
- つまり、

■水を消費する = 汚れる or 蒸発する

水の総量は減らず、蒸発過程を経て、降水として絶えず新しい水が再生されている。 → 水循環過程の持続性が重要

## タワーを使って森と大気の間の水蒸気や二酸化炭素の交換をモニタリングする

### 調べ方

森林-大気間では、大小様々な風の渦に乗って物質が輸送されている。タワーを使って「渦相関法」で直接測定できる。

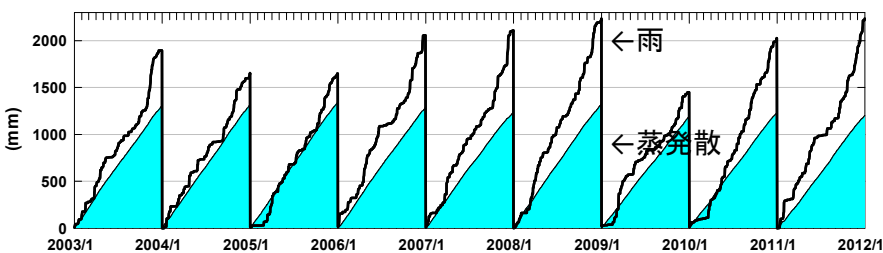


超音波風速温度計  
x,y,z方向の風速・温度変動を測定

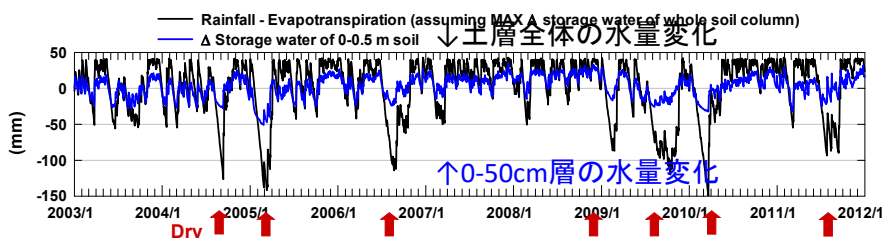
オープンパス式ガスアナライザー  
CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O濃度の変動を測定

タワーの上で1/10秒程度の間隔で変動を測定  
→ 交換速度を算出する

## 東南アジア熱帯雨林の蒸発散



←常に安定した蒸発散を保っている。

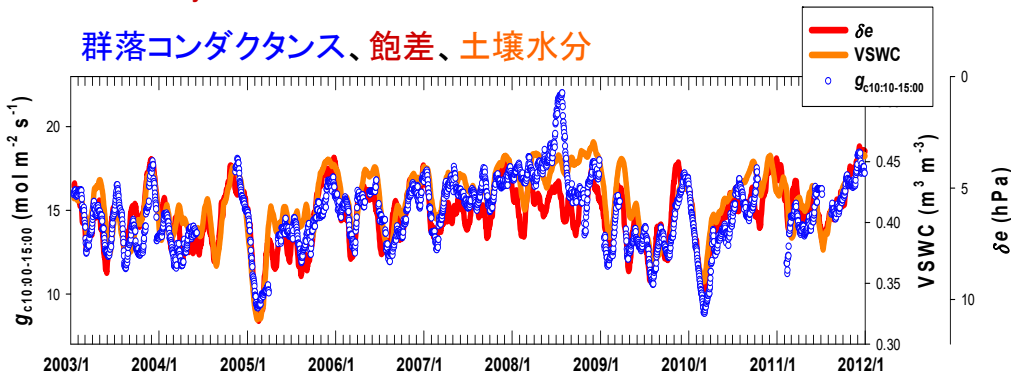


←湿潤時は土壌表層から、乾燥時はより深くから吸水。



↑掘ってみたら地下4mにも少しだが細根があった。

### 群落コンダクタンス、飽差、土壌水分



←土壌や大気の乾燥に対して、樹木が気孔の開き具合を敏感に調整している。

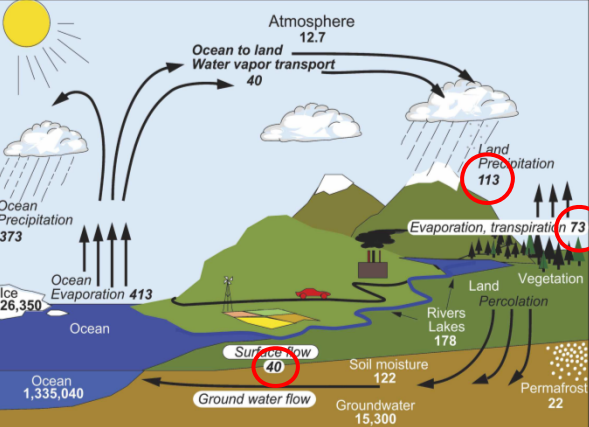
熱帯雨林には、多様な環境下で常に安定した蒸発散を保つ仕組みがある。  
安定的 ≠ 静的  
様々な微調節が働いた結果、森の機能のバランスが保たれている。  
未来の気候変動下では..!?

群落コンダクタンス = 気孔の開き具合の指標、飽差 = 大気の乾燥具合の指標



重要性について

Hydrological Cycle



- 地球上における水の動きのことを、**水循環**という
- 陸地には、113,000 km<sup>3</sup>/yearの**降水**がある
- 73,000 km<sup>3</sup>/yearが**蒸発散**によって大気中に戻される
  - ✓ 水循環や大気大循環の駆動力となる
  - ✓ 放射エネルギーの8割を潜熱エネルギーとして消費
  - ✓ 水蒸気は最大の「温室効果ガス」、地球の温度環境をほどよく保つ
  - ✓ 陸地の31%を占める森林の蒸発散：光合成や内陸部の降水にも影響
- 残りの40,000 km<sup>3</sup>/yearが河川・湖・土壌・地下水などを涵養しつつ、最終的に海への**流出水**となる
  - ✓ 我々が使う水資源
  - ✓ しかし、一気に流れると洪水や土砂災害を引き起こす

バランスが重要。気候変動下で、水循環過程の持続性が崩れるかもしれない。  
 → **モニタリングが必要**

ミネラルウォーターを使って  
 世界の水循環をモニタリングする

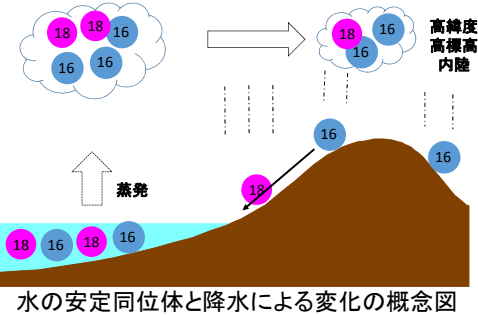
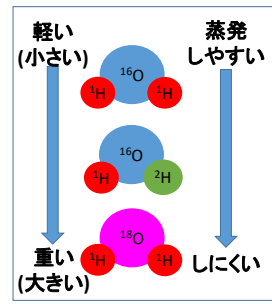
調べ方

水循環の目印として、”水の指紋” **水の安定同位体比**を利用する

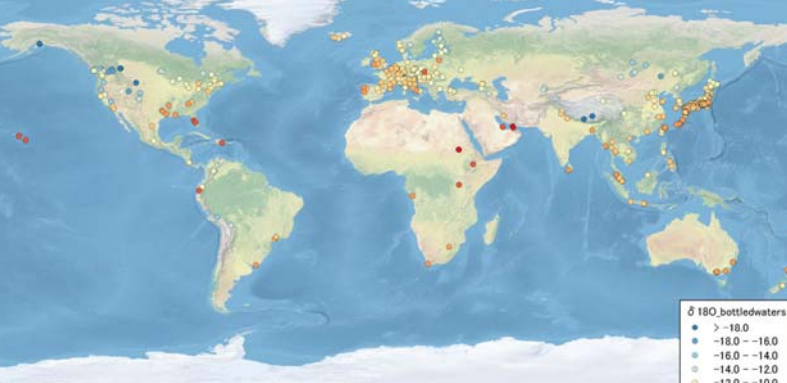
- ✓ 水の分子(H<sub>2</sub>O)を作っている水素と酸素の原子には少しだけ質量(重さ)の異なる**安定同位体**が存在する。
- ✓ これらは分子量すなわち質量が異なるため、水が蒸発し水蒸気になるとときには軽い(分子量が小さい)水分子を多く含む同位体比の低い水が先になる。

世界中の地下水を定期的に集めて安定同位体比を調べたいが 実際に取りに行くのは大変...

！世界中で売られているミネラルウォーターが使える

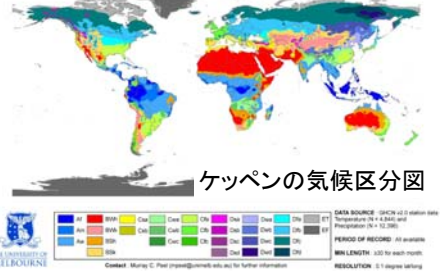


世界の地下水の安定同位体比分布



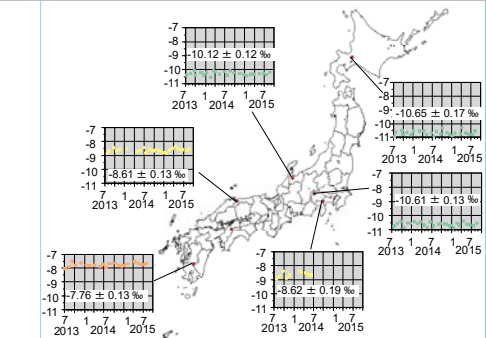
- ✓ 高標高チベットや高緯度のアラスカ、内陸部で軽い
- ✓ 寒流(カリフォルニア海流)が通る北米西岸よりも、暖流(北大西洋海流)が通るヨーロッパ西岸で重い
- ✓ 日本の南北やヨーロッパの東西の分布のように、気候帯の違いが同位体比に反映されている

安定同位体比分布  
 = 地球の温度計



ミネラルウォーターの酸素安定同位体比世界分布  
 (日本413種類、世界68か国388種類)

日本の地下水の安定同位体比時間変化



- 北海道・富山・山梨・静岡・鳥取・宮崎の6道県で、「いろはす」の2年間の変動を見た
- ✓ 北日本(北海道・富山)や標高の高い山梨で軽く、南の宮崎で重い
- ✓ すべての県で、変化は小さい。2年くらいでは大きな変化は見られないでも...
- ✓ 地球温暖化によって蒸発する水蒸気同位体比が変わるため、やがて地下水同位体比にも変化がでる

安定同位体比変動  
 = 地球の時計

気候変動は10年、20年、100年と、長い時間を掛けて起こる。その影響を見るには、世界中で協力して、長い時間を掛けてモニタリングし続ける必要がある。

地下水の酸素安定同位体比の時間変化  
 (日本コカ・コーラ社提供「いろはす」「森の水だより」)