

ヘルレン川流域における水循環に伴う安定同位体比変動プロセス

佐々木 リサ*・辻村 真貴**・山中 勤**
杉本 敦子***・李 勝功****

*: 筑波大学大学院環境科学研究科

** : 筑波大学大学院生命環境科学研究科

*** : 北海道大学大学院地球環境科学研究科

**** : 科学技術振興機構

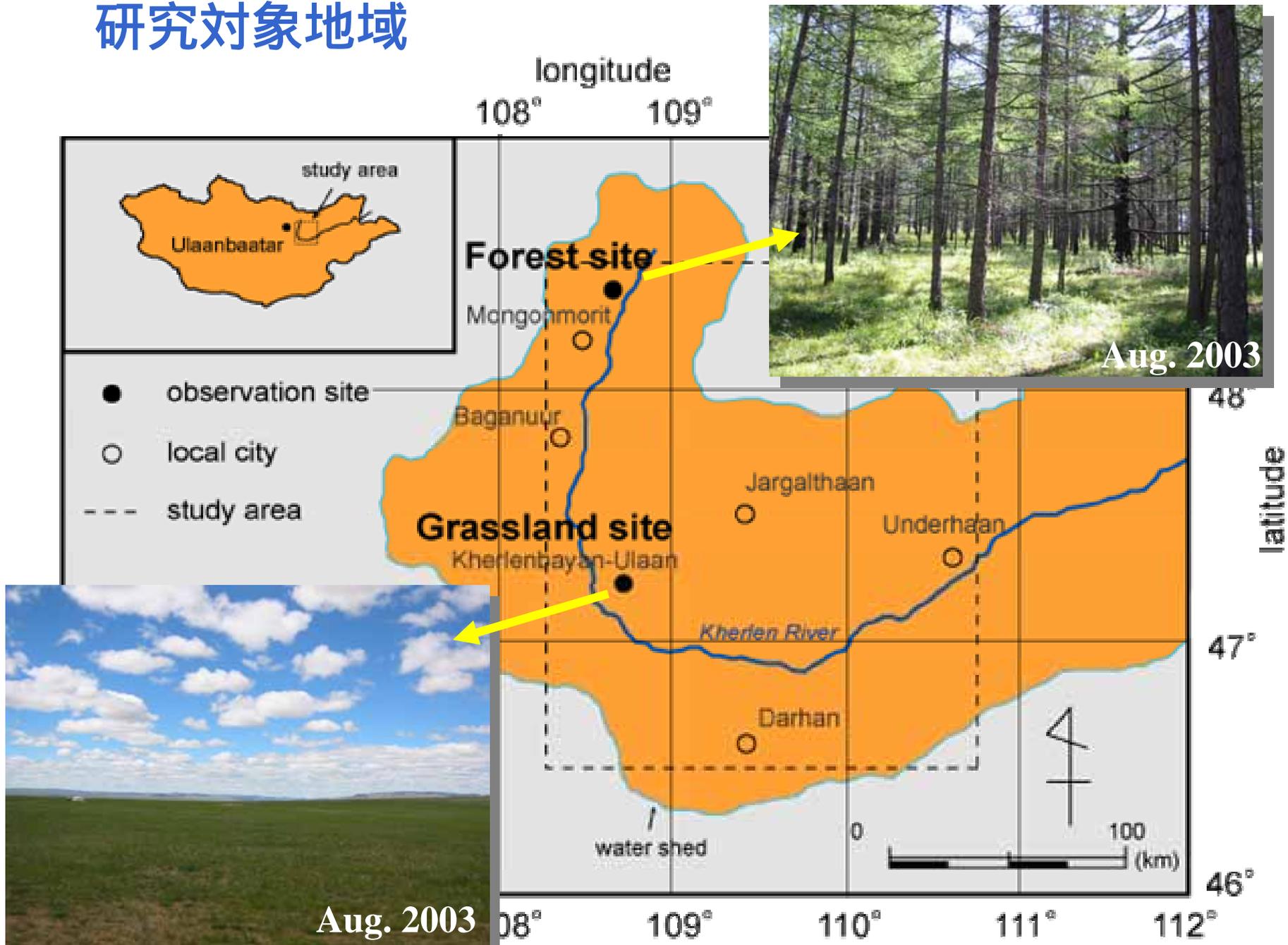
RAISEにおける同位体グループのタスク

- 複数の環境トレーサーを用い、ヘルレン川流域を中心としたモンゴルにおける水・物質循環の経路とフラックスを明らかにする
 - 水循環プロセス： ^2H , ^{18}O , ^3H , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} (降水・水蒸気・土壌水・地下水・河川水)
 - 生態系と水循環： ^{13}C (植生・土壌)
 - 物質循環プロセス： ^{137}Cs , ^7Be , ^{210}Pb (地表流・土壌浸食)
- 水循環と同位体変動プロセスを表現するモデルの構築を行う
- 同位体変動モデルを大気メソスケールモデル、水文モデルに組み込むことにより、現在の水循環、同位体変動の再現のみならず、将来予測を行う

安定同位体トレーサーによる水文プロセス研究

- Zimmermann *et al.* (1967)
 - HDOによる土壌水の浸透過程追跡(数10日・地点スケール)
 - Sklash and Farvolden (1979)
 - ^{18}O による洪水ハイドログラフの成分分離(イベント・小流域スケール)
 - Tsujimura and Tanaka (1998)
 - 降水・土壌水の ^{18}O による林床面蒸発量の推定(1年・小流域スケール)
 - Yamanaka *et al.* (2002)
 - 降水のD・ ^{18}O による水蒸気源の推定(イベント・関東平野スケール)
 - Yoshimura *et al.* (2003)
 - Rayleigh type同位体循環モデルによる降水 ^{18}O 変動の再現(1~10日・Global scale)
- 地表面付近における水(水蒸気・土壌水・地下水)の安定同位体比変動プロセスが十分に解明されていない

研究对象地域



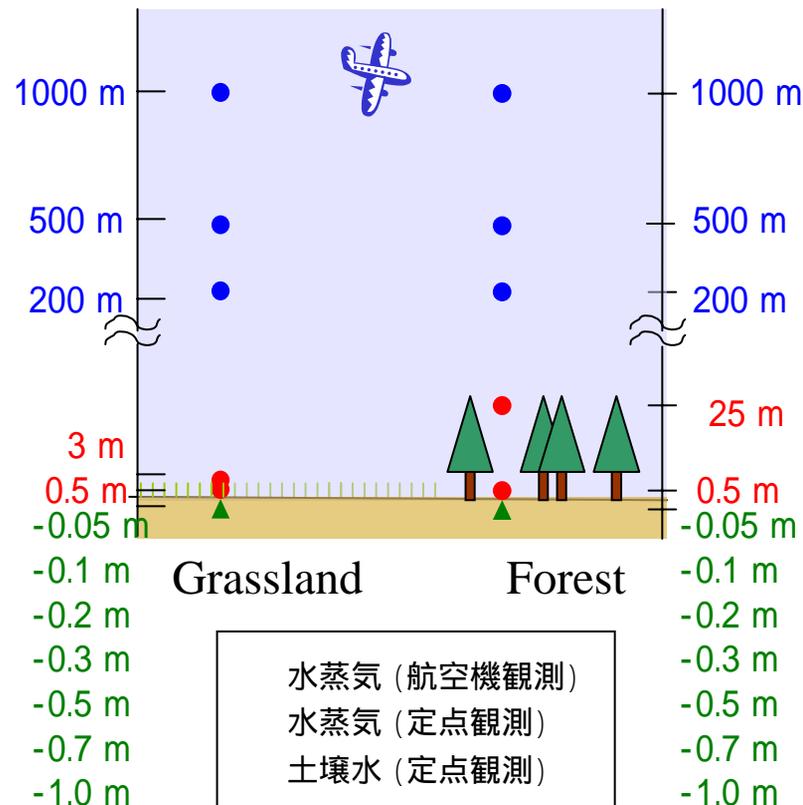
観測項目

定点観測

- サンプルング
 - 水蒸気 (Forest: 0.5 m, 25 m / Grass: 0.5 m, 3 m)
 - 土壌水 (深度 5, 10, 20, 30, 50, 70, 100cm)
 - 降水
- 土壌水分 (深度 10, 20, 30, 70, 100 cm)
- 気温 (Forest: 30 m / Grass: 3 m)
- 相対湿度 (Forest: 30 m / Grass: 3 m)

航空機観測

- サンプルング
 - 水蒸気 (高度 200, 500, 1000 m)
- 気温 (高度 200, 500, 1000 m)
- 相対湿度 (高度 200, 500, 1000 m)

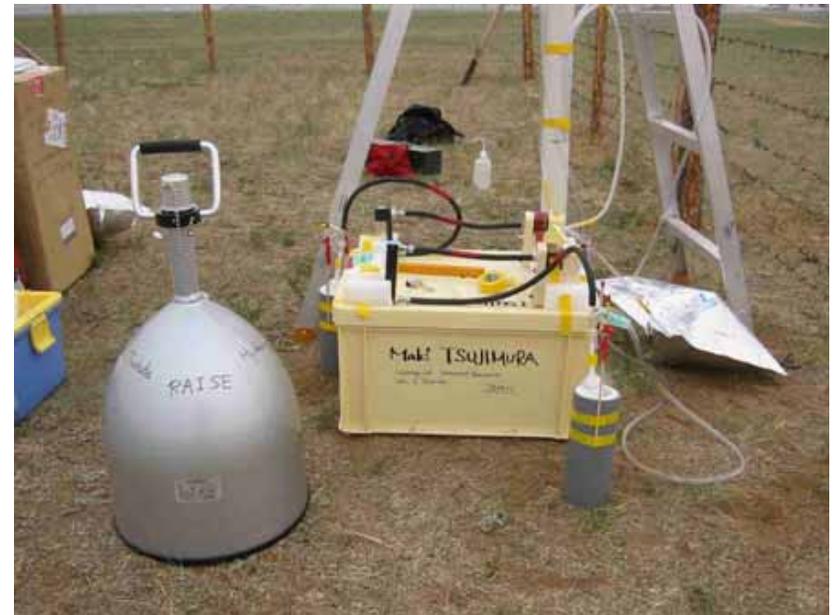


観測期間(2003)

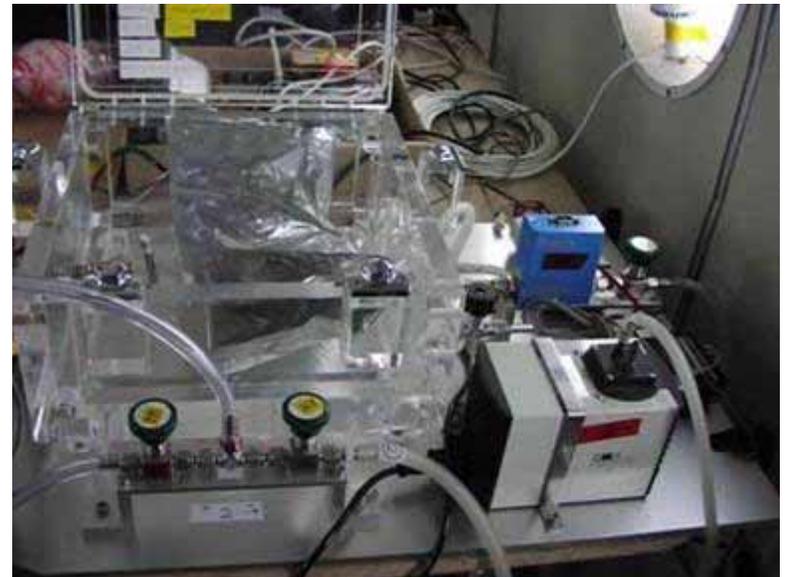
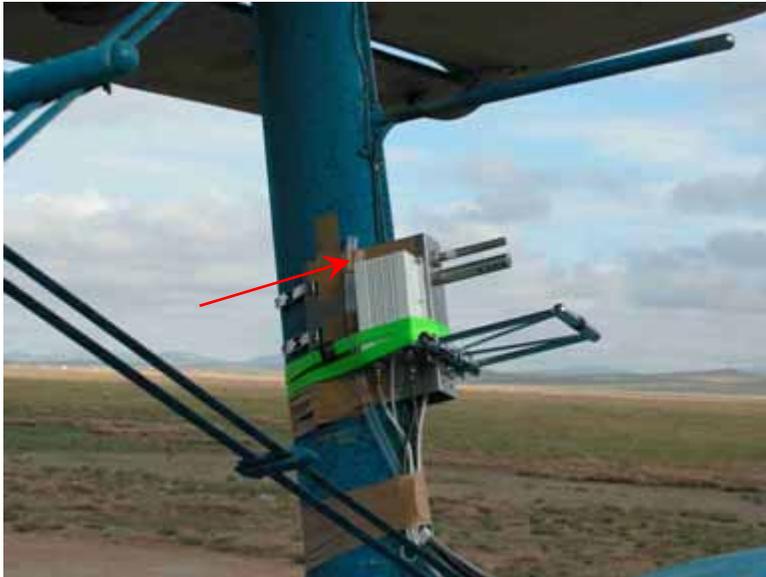
6/13 - 19	7/18 - 23	8/18 - 23	9/28 - 10/4
-----------	-----------	-----------	-------------

サンプルング高度

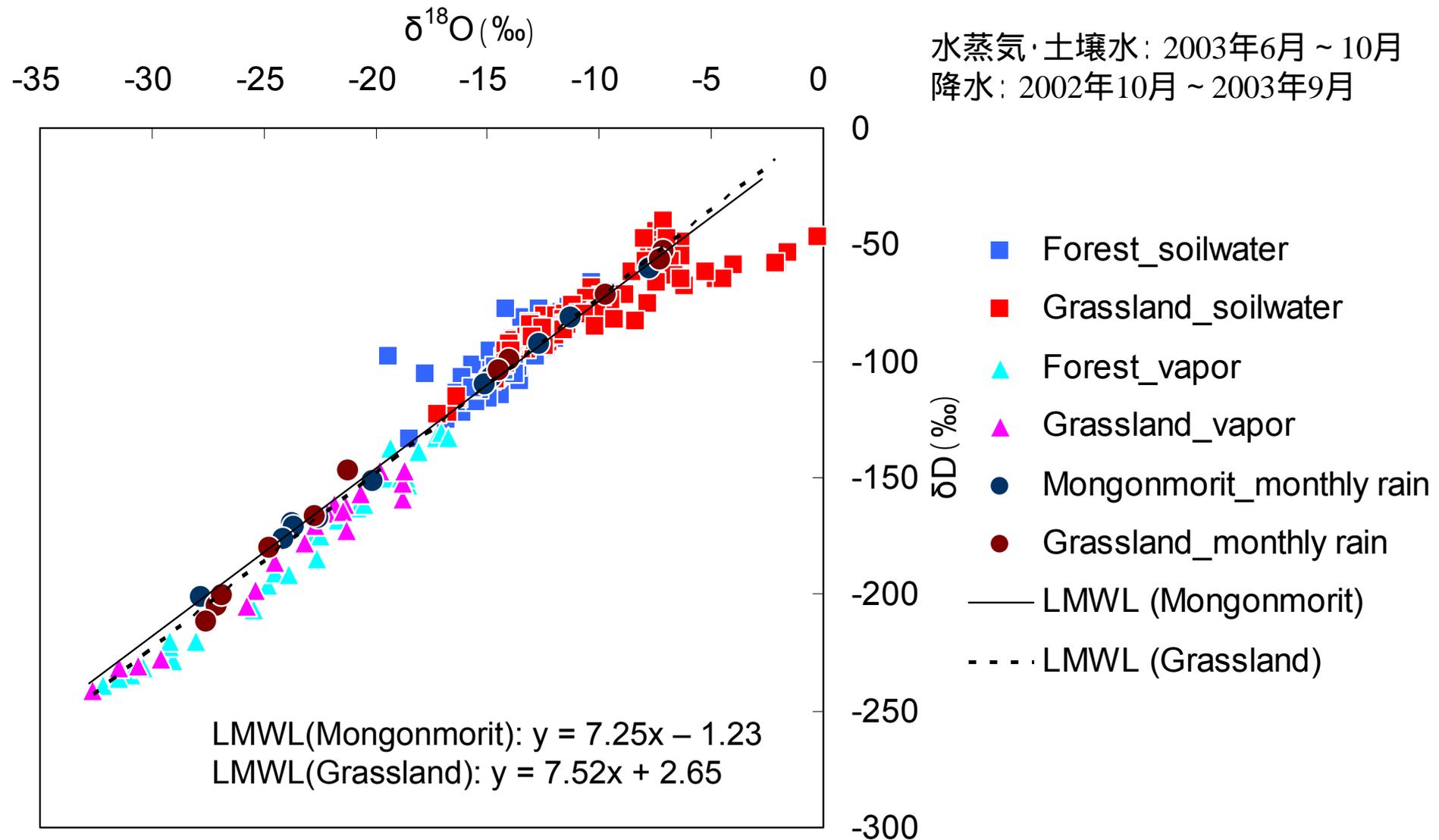
草原・森林におけるサンプリング状況



航空機による水蒸気サンプリング



天水および土壌水の水素・酸素安定同位体組成

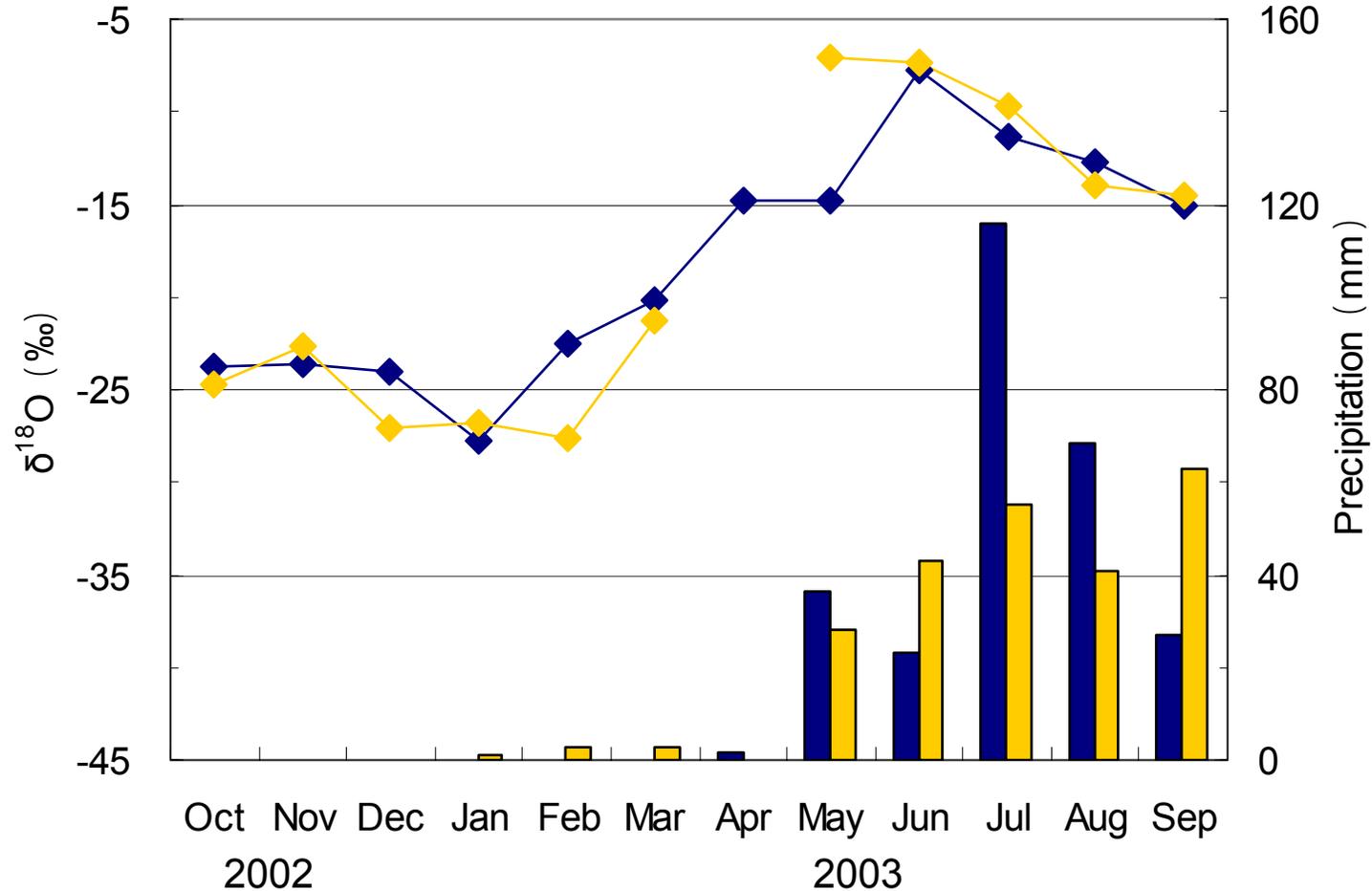


降水の酸素安定同位体比と降水量

* 降水量データ

Forest: Apr. 2003 ~ Sep. 2003

Grassland: Jan. 2003 ~ Sep. 2003



Forest_Precipitation

Grassland_Precipitation

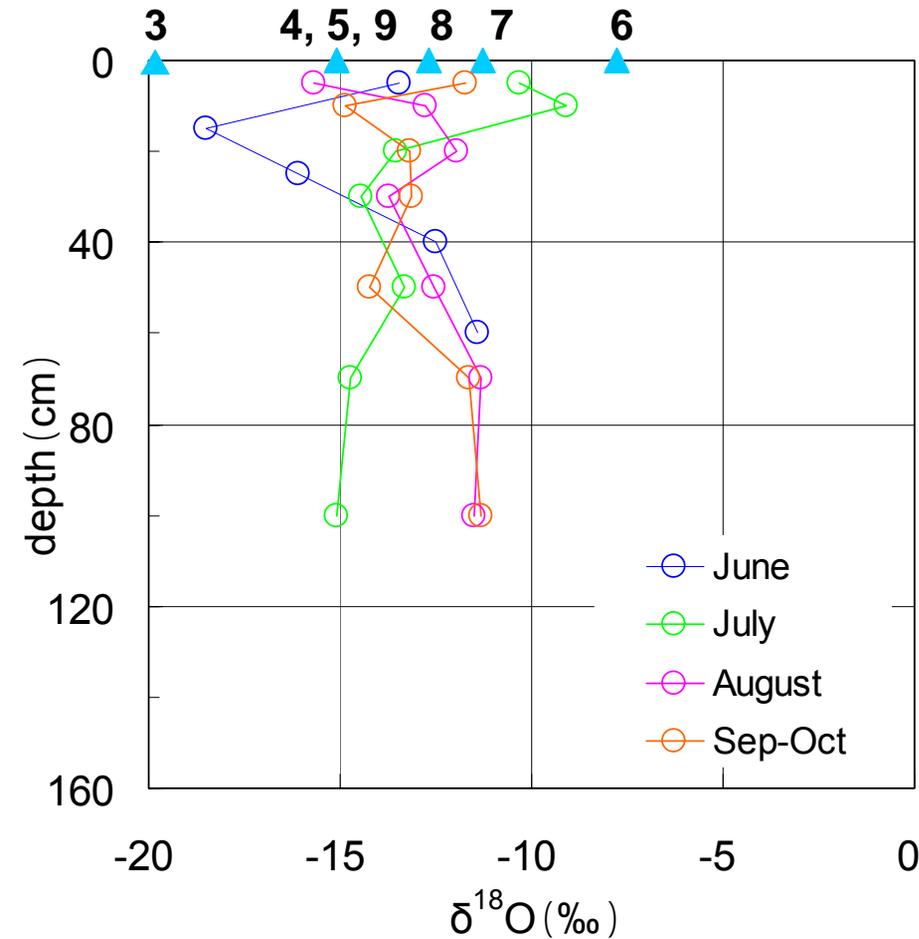
Mongonmorit_δ18O

Grassland_δ18O

土壌水の酸素安定同位体比

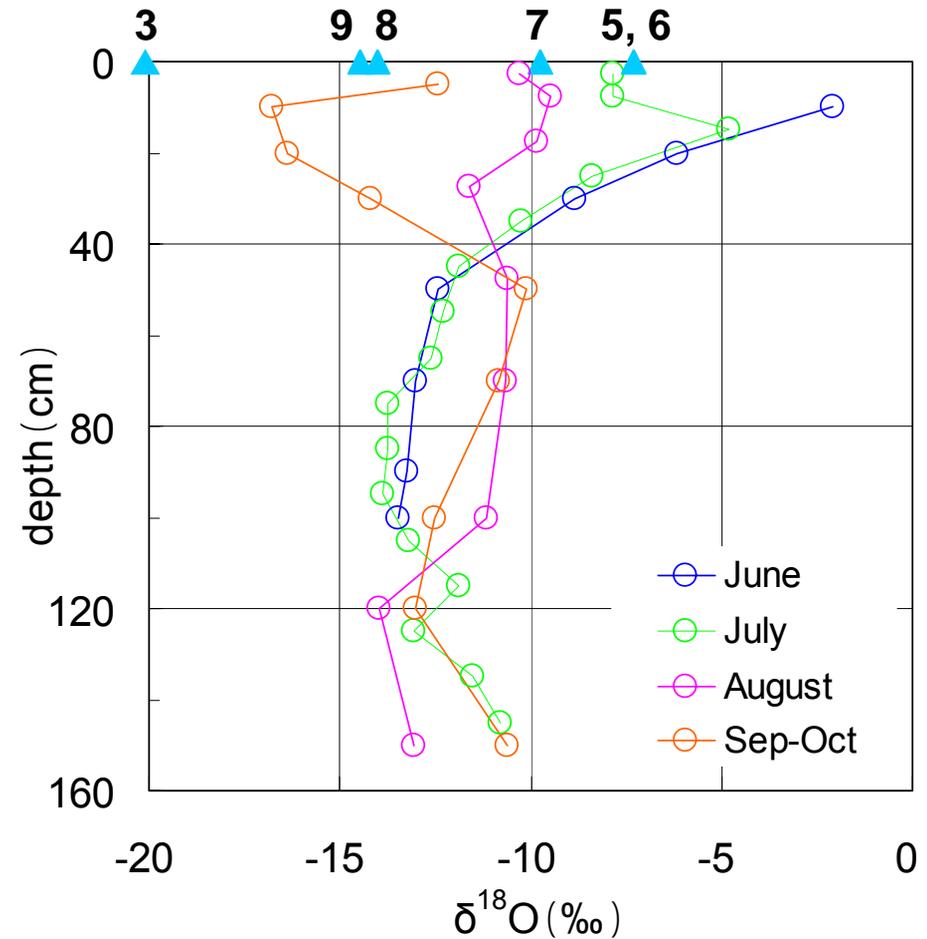
Forest site

Mongonmorit における降水の酸素安定同位体比
(3月～9月の各月の加重平均値)



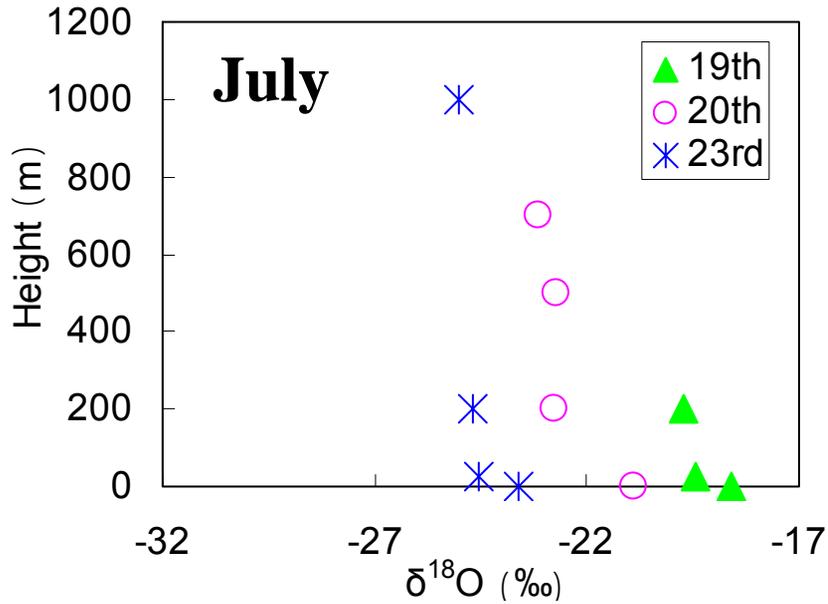
Grassland site

Grassland site における降水の酸素安定同位体比
(3月～9月の各月の加重平均値)

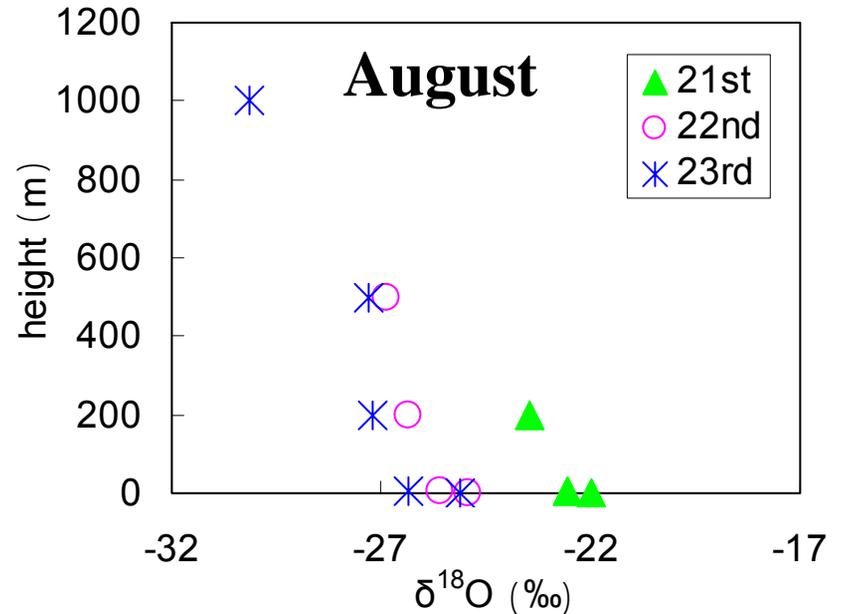
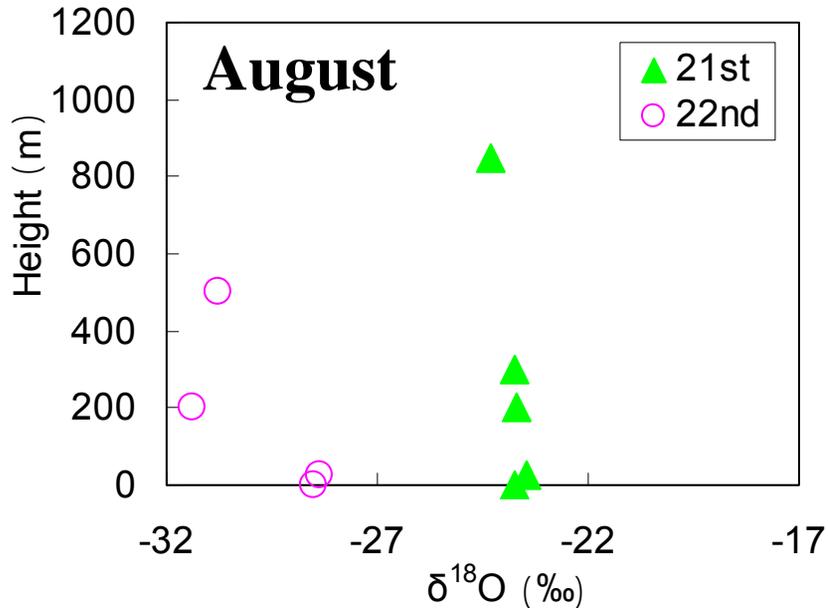
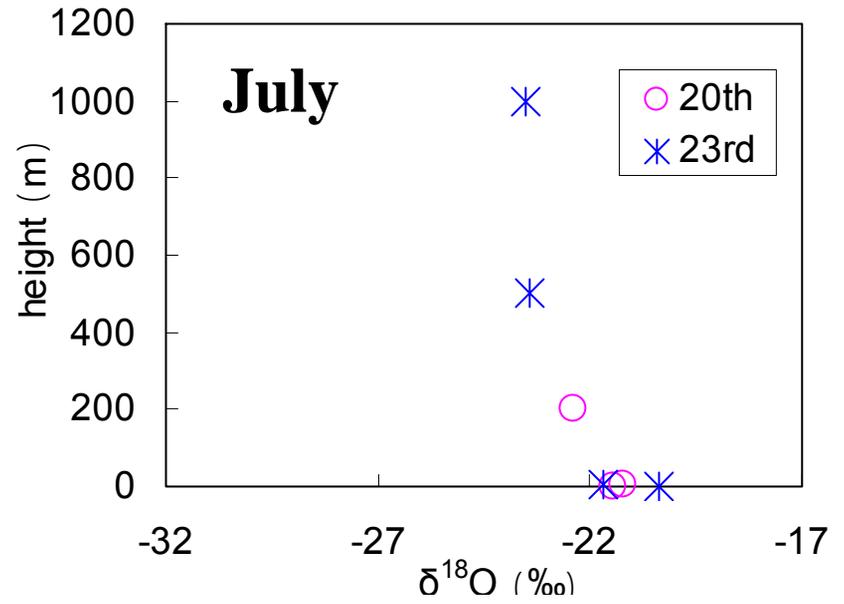


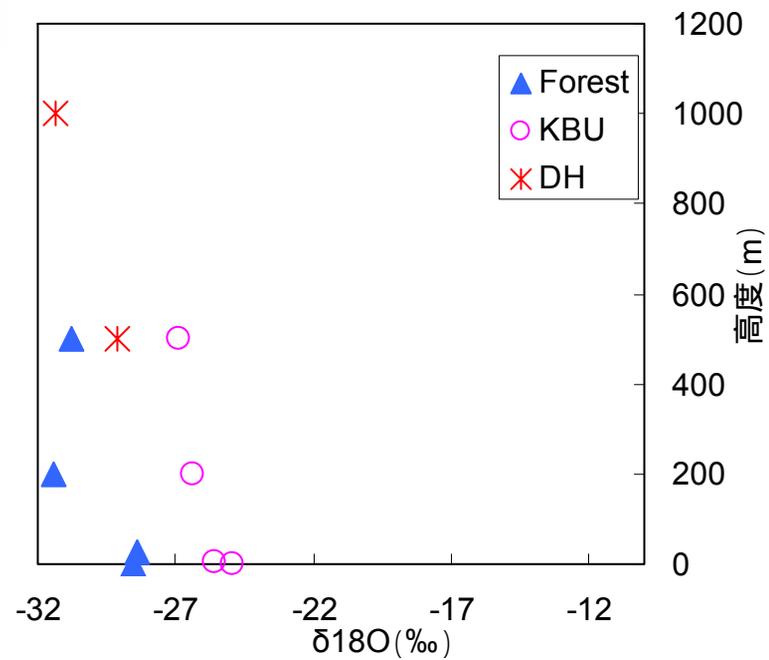
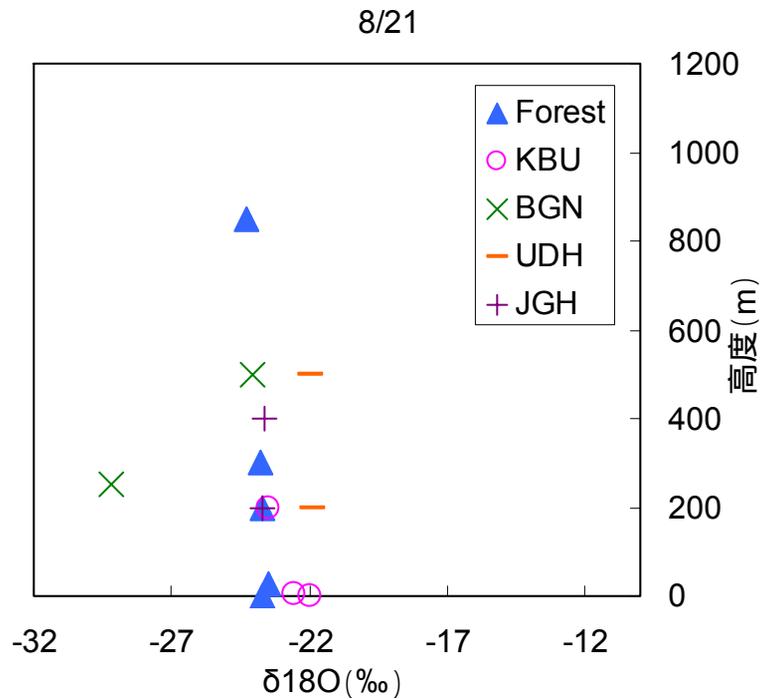
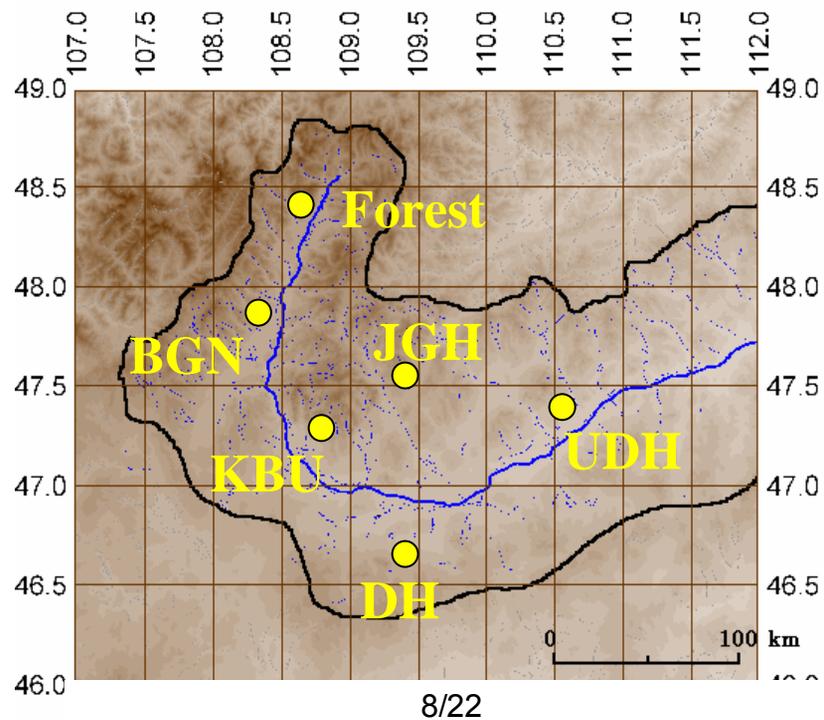
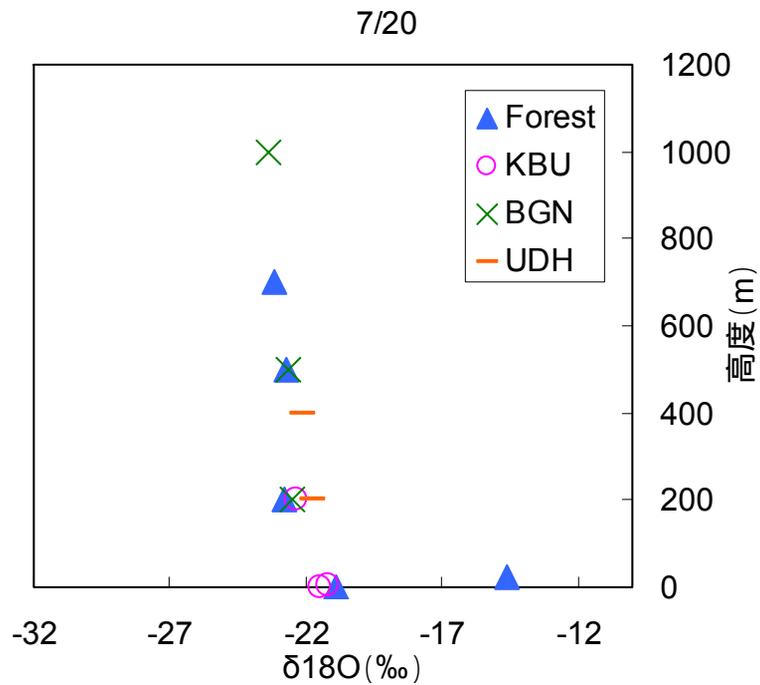
水蒸気の酸素安定同位体比 鉛直プロファイル

Forest site

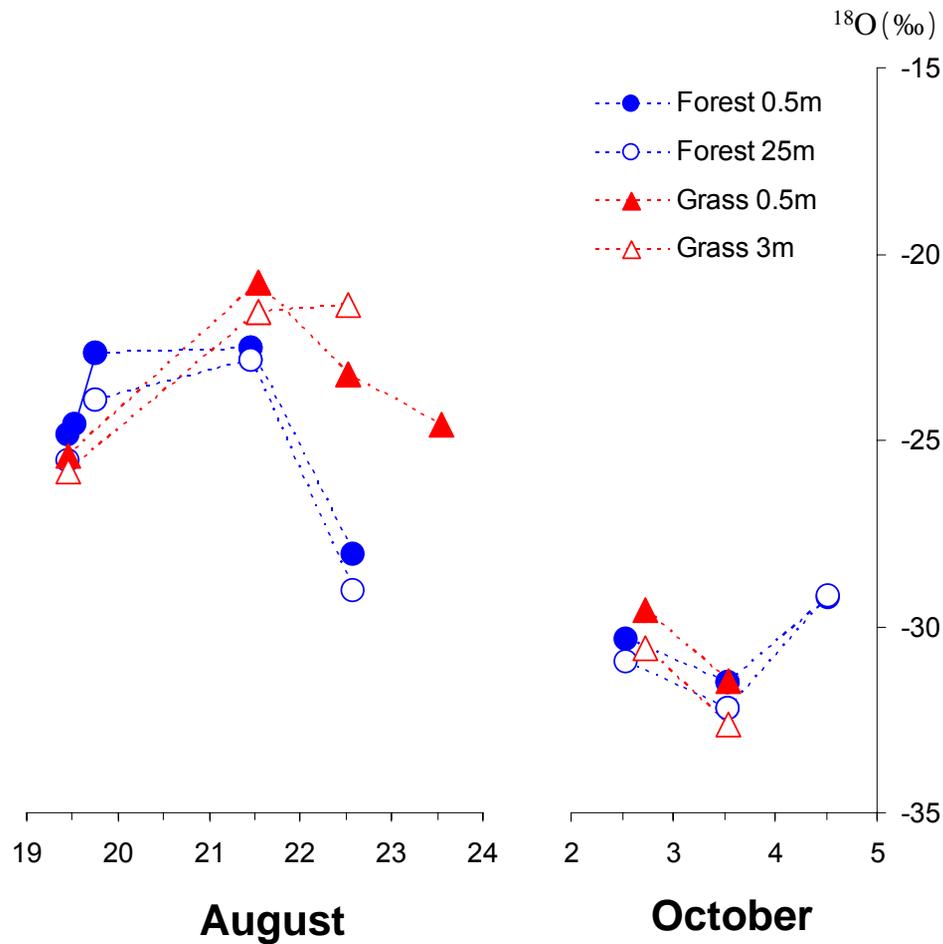
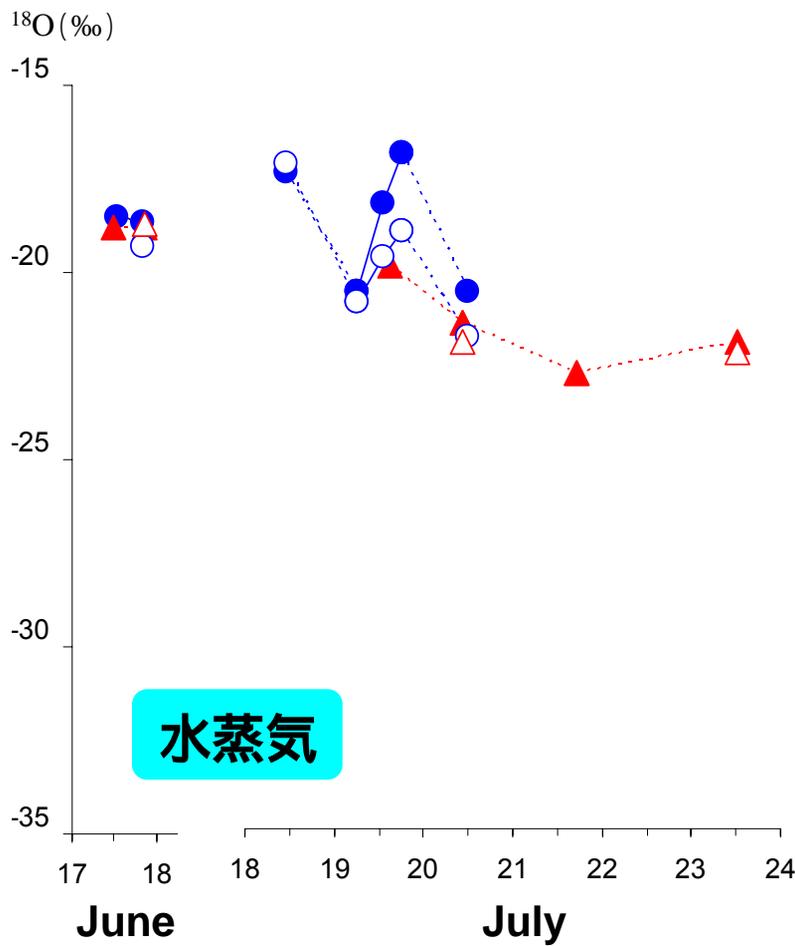
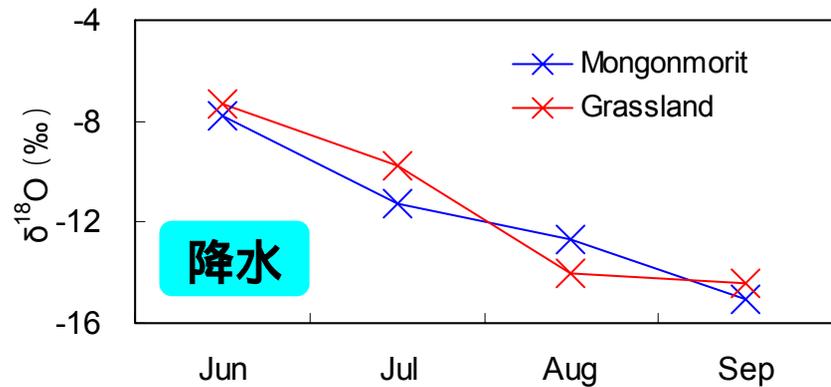


Grassland site

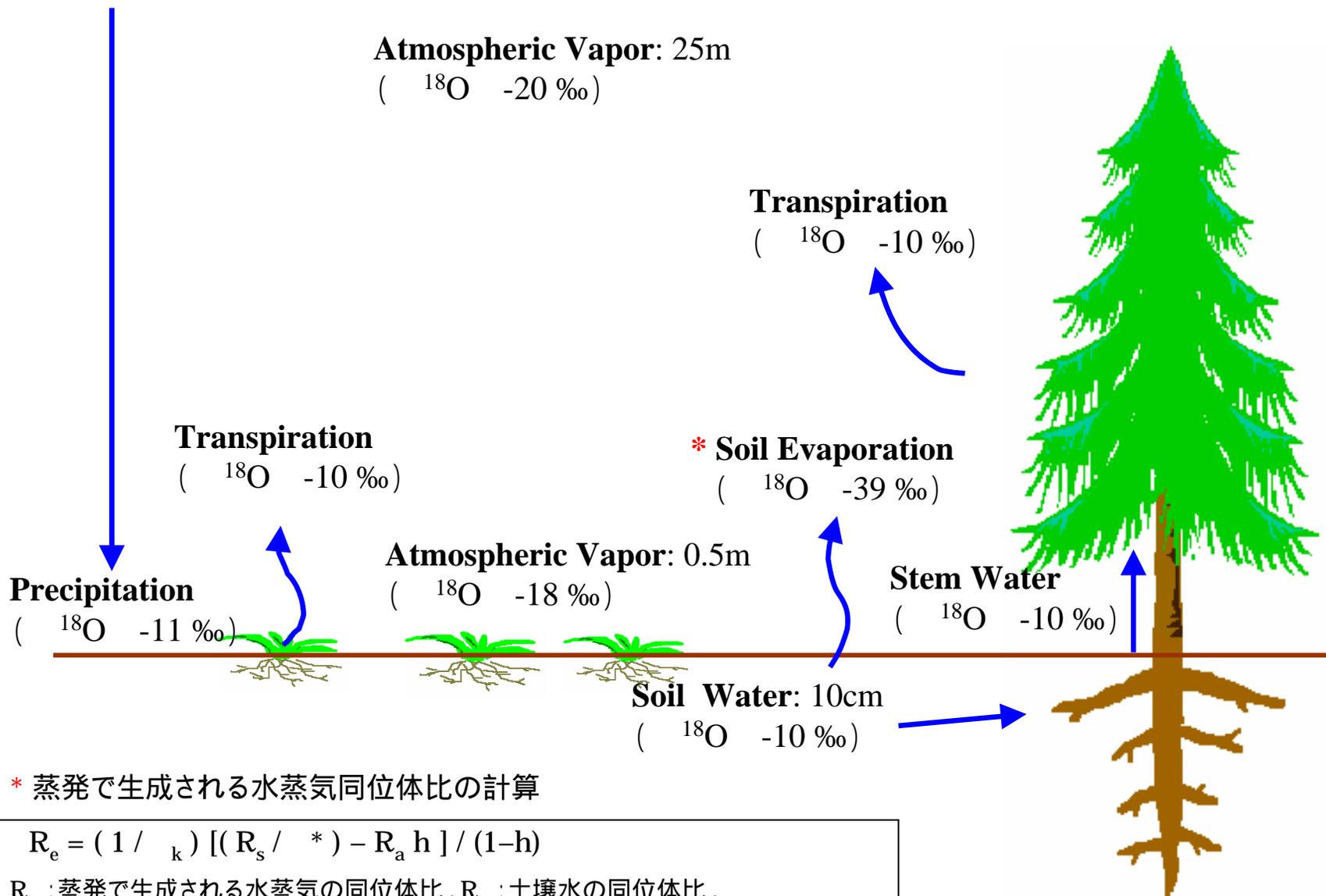




水蒸気の 酸素安定同位体比



各水の安定同位体比 (Forest site 7/19)



* 蒸発で生成される水蒸気同位体比の計算

$$R_e = (1 / \alpha_k) [(R_s / \alpha^*) - R_a h] / (1-h)$$

R_e : 蒸発で生成される水蒸気同位体比, R_s : 土壌水の同位体比,

R_a : 大気中の水蒸気同位体比, α_k : 非平衡分別係数,

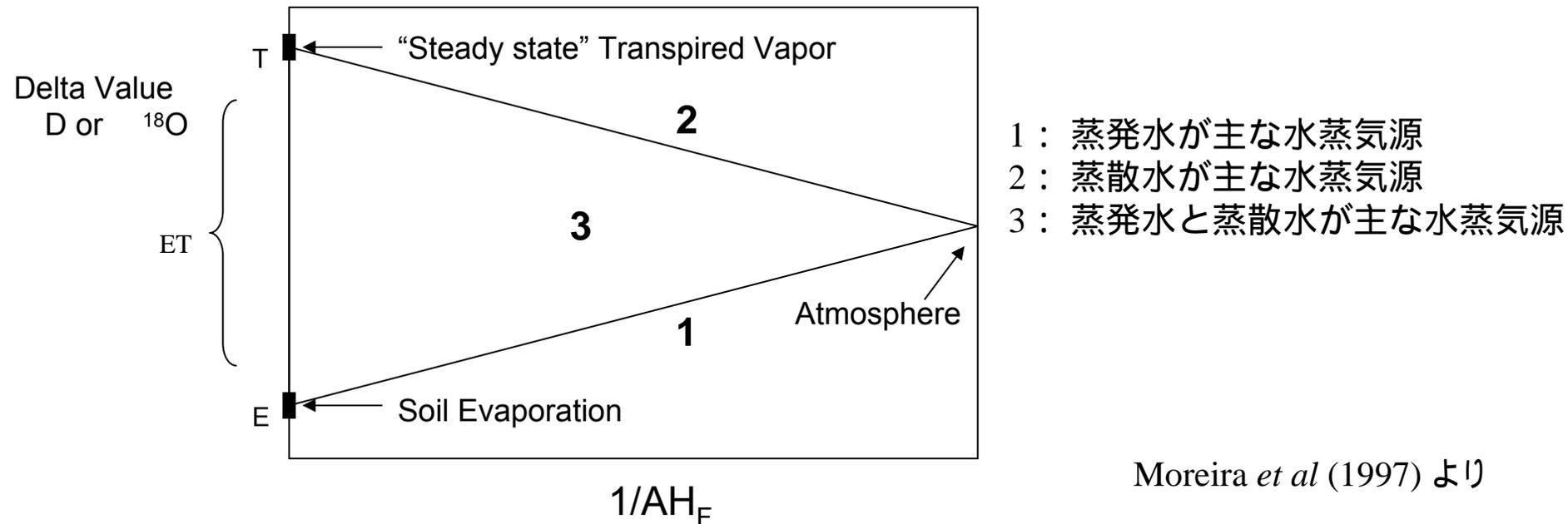
α^* : 平衡分別係数, h : 相対湿度

Moreira *et al* (1997) より

Keeling plot analysis

$$F = [AH_{atm} (\text{atm} - ET)] (1/ AH_F) + ET$$

F : 任意高度の水蒸気同位体比 (実測値)
 atm : 大気中の水蒸気同位体比 (蒸発散の影響を受ける前)
 ET : 蒸発散で生成される水蒸気同位体比
 AH_{atm} : 大気の絶対湿度 (蒸発散の影響を受ける前)
 AH_F : サンプル時の大気の絶対湿度



Moreira *et al* (1997) より

蒸発散に占める蒸散の割合

$$F_T(\%) = (E_T - E) / (T - E)$$

F_T : 蒸発散に占める蒸散の寄与率

E : 蒸発で生成される水蒸気同位体比(計算値)

T : 蒸散で生成される水蒸気同位体比

Forest site		Grassland site	
Date	F_T (%)	Date	F_T (%)
2003/7/19	71.4	2003/7/20	49.2
2003/7/20	66.4	2003/7/23	55.1
2003/7/23	68.6		

2003/8/21	72.9	2003/8/21	58.7
2003/8/22	60.7	2003/8/23	35.0

Study case	Location	Climatic division	Vegetation	Date	FT(%)
Moleira et al. (1997)	Amazon	Am	Tropical rain forest	1994/10/25	99
		Af	Tropical rain forest	1994/11/4	64
		Af	Pasture	1994/11/5	48
Willson et al. (2001)	US	Cfa	Oak forest	1998/1999	55-59
Tamai and Httori (1994)	Japan	Cfa	Quercus serrata forest	1990/6~10	87
Granier et al. (2000)	France	Cfb	Beech forest	1996/1997	72-76
Blanken et al. (2001)	Canada	Df	Aspen forest	1994/7~9	95
Kelliher and Black (1986)	Canada	Df	Fir forest	1981/1982	65-76
Yepez (2003)	Arizona	BS - BW	Savanna woodland	2001/9/22	85
Wang and Yakir (2000)	Israel	BS - BW	Wheat field	1994/2/18	96-98
This study	Mongol	Dw	Larch forest	2003/7~8	60-73
		BS	Grassland	2003/7~8	35-59

まとめ

デルタダイアグラム

- 土壌水および水蒸気の安定同位体比はほぼ天水線上に分布する。

降水の安定同位体比

- 2002年10月から2003年9月までの期間にMongonmoritおよび草原サイトで採取した降水の酸素安定同位体比には、冬期に低く、夏期に高いという季節変化がみられた。

土壌水の安定同位体比

- 森林サイトにおける6月の浅層土壌水の酸素安定同位体比は比較的低く、一方草原サイトにおけるそれは非常に高い値を示した。
- 森林・草原の両サイトにおける土壌水の安定同位体比は、降水の影響を受けた変動を示す。

水蒸気の安定同位体比

- 高度0.5mから1000mにおける水蒸気の酸素安定同位体比は、地表面に近い高度ほど高い値を示した。
- 高度0.5mから25mまでの水蒸気の酸素安定同位体比は時間スケール、日スケールで大きく変動し、季節的には低下していく傾向を示した。

蒸発散に占める蒸散の割合

- Keeling Plot により、7・8月の森林サイトにおける蒸発散に占める蒸散の割合は61～73%、草原サイトにおけるそれは35～59%と求められた。