

2002/08/02 Mongolian volunteer net seminar

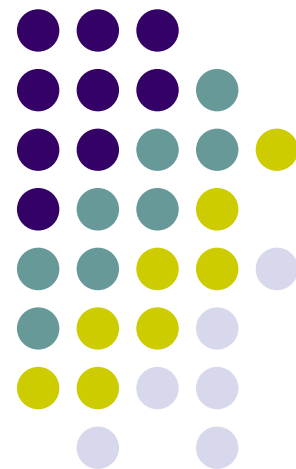
モンゴル国の自然環境 ～ 気象・水文観測からわかったこと～

宮崎 真

科学技術振興事業団

東京大学生産技術研究所虫明・沖研究室

E-mail: miyashin@iis.u-tokyo.ac.jp



本日の話の流れ



なぜ、モンゴルで気象・水文観測か？

現地カウンターパートとの関係をどう構築して行ったか？

厳しい自然環境下での様々なトラブルとどう戦ったか？

気象・水文観測から現在までのところ何が明らかとなったのか？

なぜモンゴルで気象・水文観測か？

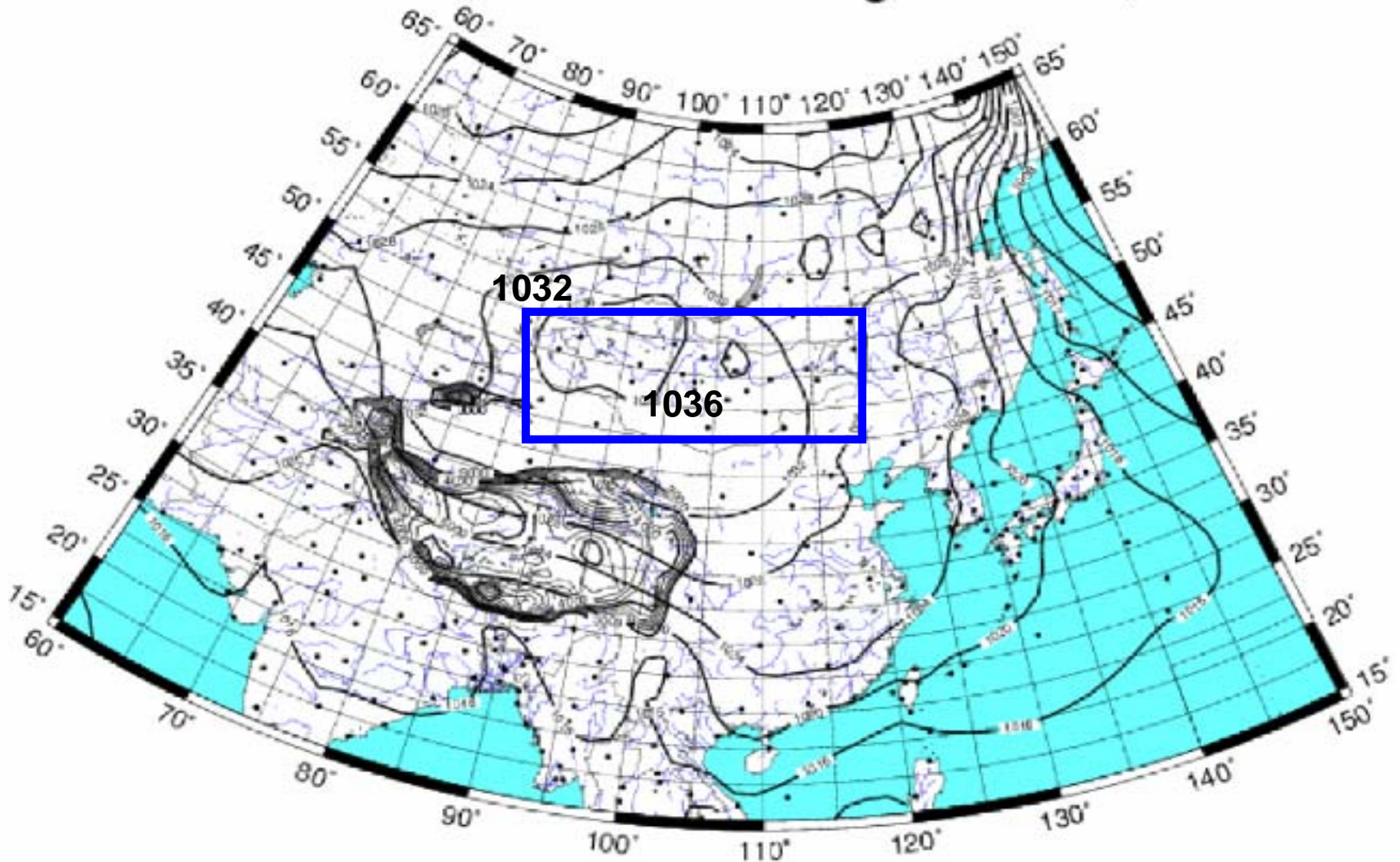


- モンゴル > 冬:シベリア高気圧の発生域で日本の冬の気候にも大きな影響あり。
春: 梅雨前線の構造変化に影響(Kato et al, 1985,87)
- モンゴル > 最近20年間の気温の上昇が顕著。
(IPCC, 1992,1995 2001; Yatagai and Yasunari, 1994)
- 将来の気候変動や水資源予測をするためには、水循環の変動メカニズムの把握が必要(アジア域では不十分)
 - > 気象・水文とくに熱・水収支の定量的長期観測が必要。
 - > 複数年に渡る熱・水収支の通年観測を行った例は少ない(モンゴル(内モンゴルを除く)ではほとんどなかった。)
(Wilson and Baldocchi, 2000): 北アメリカ落葉樹林
(Saigusa et al, 1998): 日本の草原(筑波大TERC)
(Meyers, 2001): アメリカ・オクラホマの草原
その他いくつか(欧米中心)

冬はシベリア高気圧の発生域



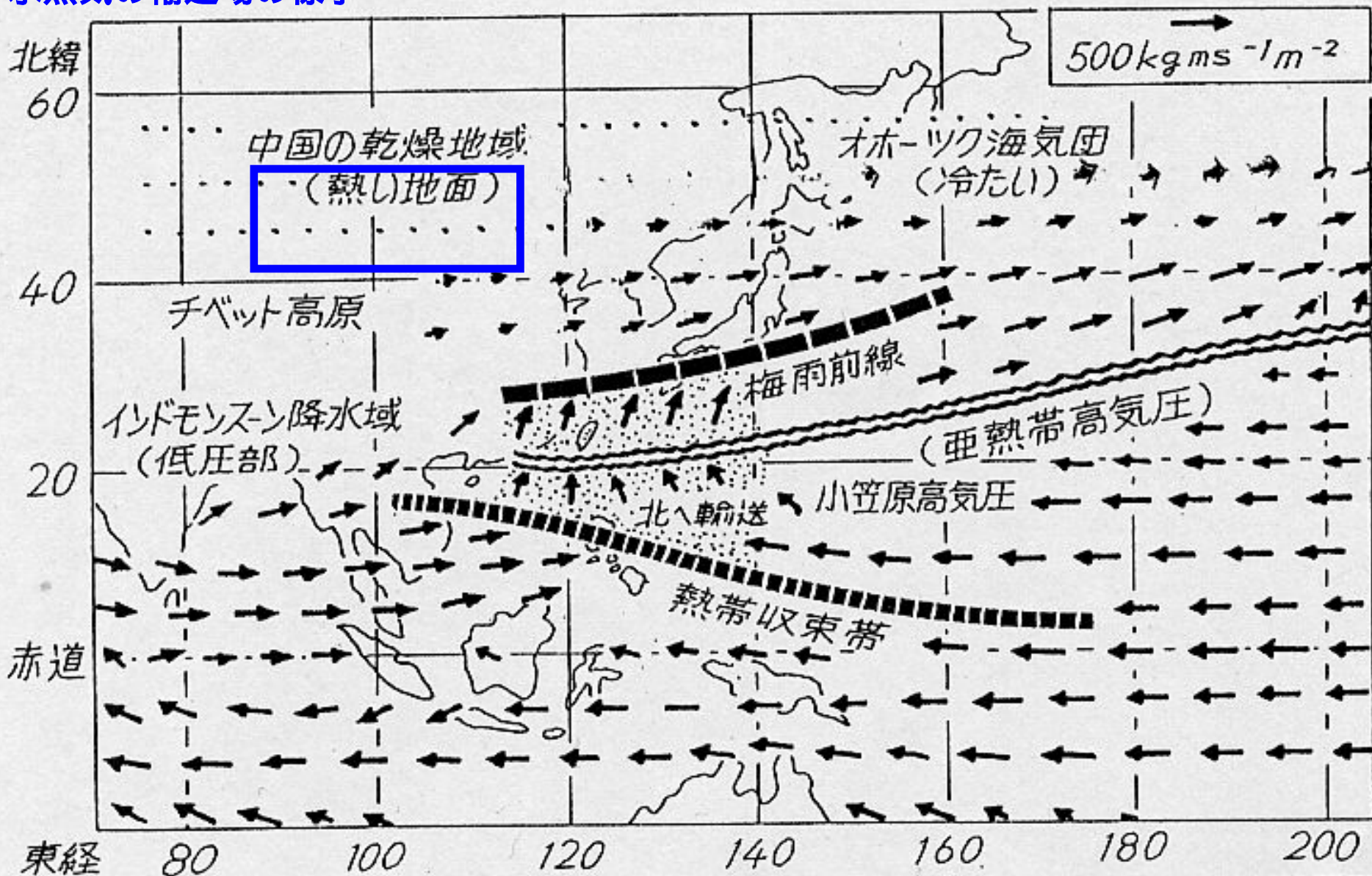
SLP Dec.(GHCN and Mongolian data)



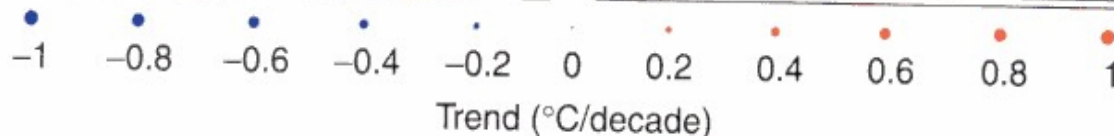
日本の梅雨にモンゴルと中国北部の強い加熱が影響している(加藤,1998)



水蒸気の輸送場の様子

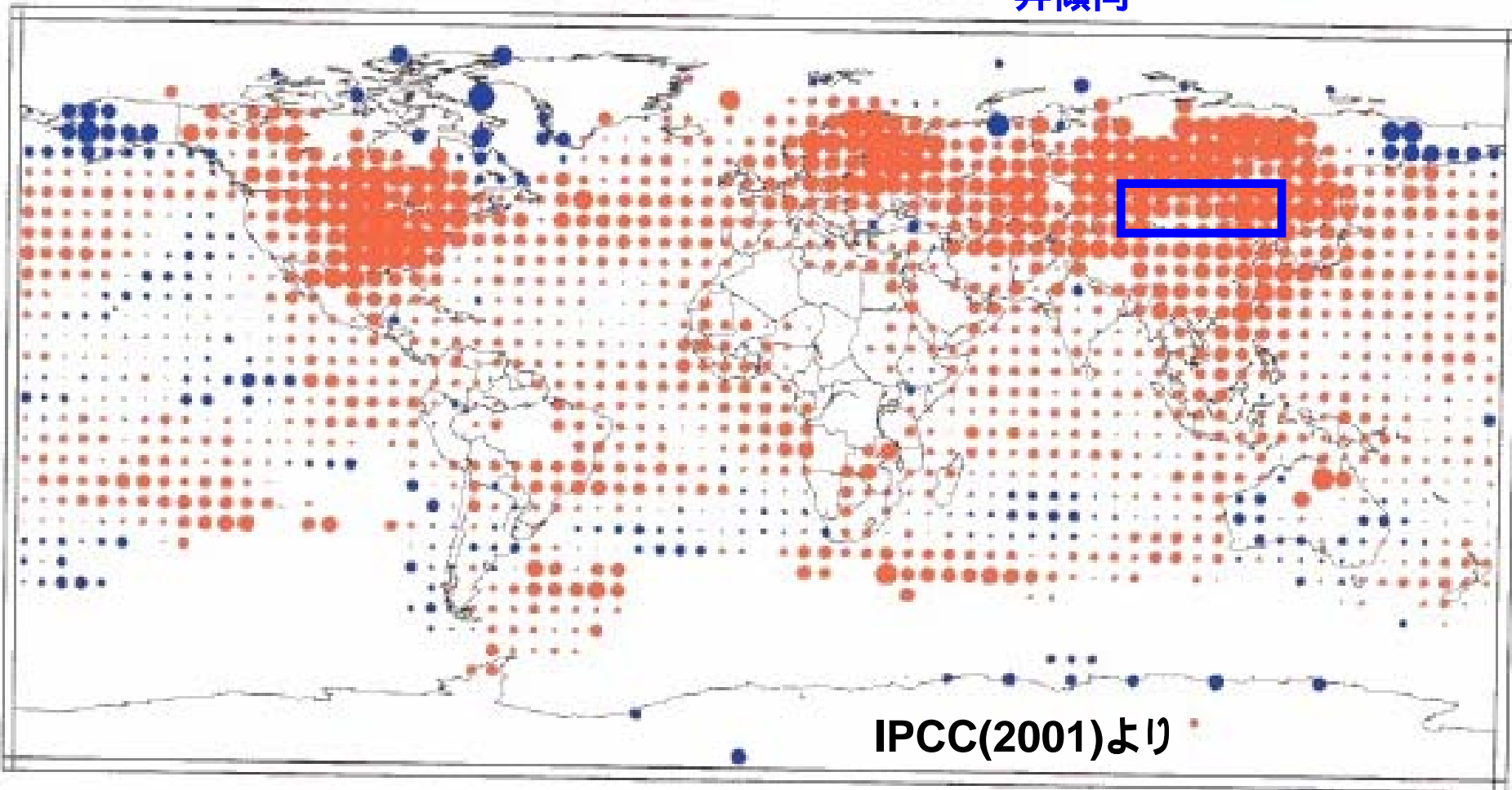


グローバルにみてモンゴルの温暖化の程度は？(冬)



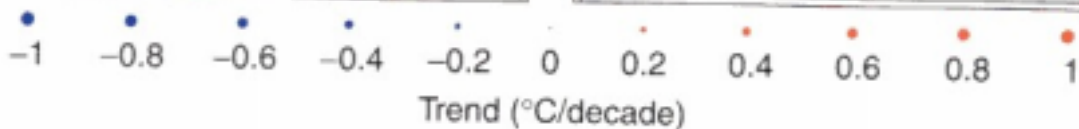
(a) DJF temperature trends, 1976 to 2000

モンゴルは1 / 10年の上昇傾向



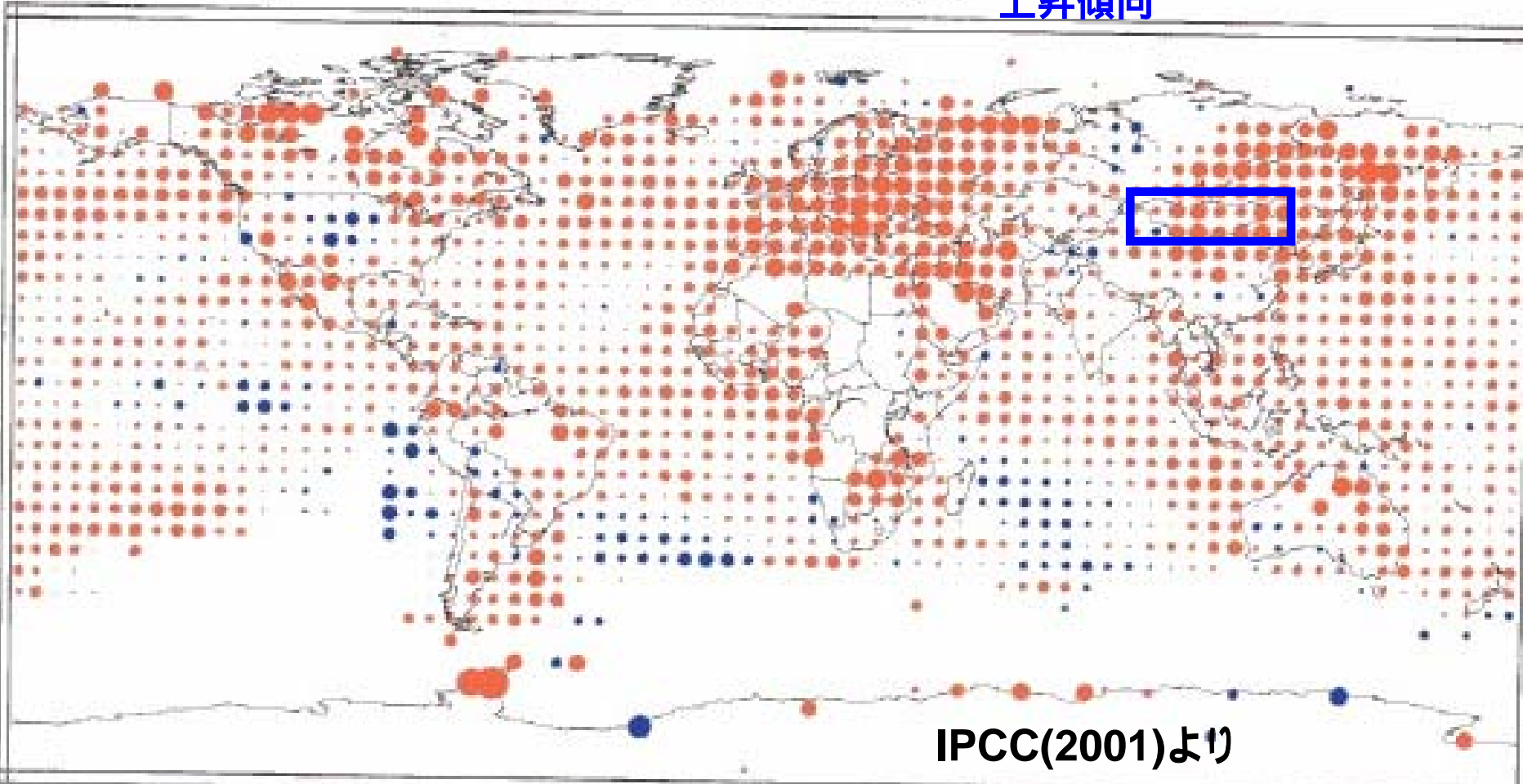
IPCC(2001)より

グローバルにみてモンゴルの温暖化の程度は？(夏)



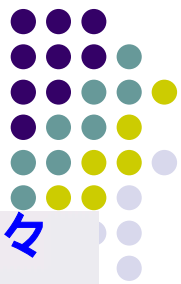
(c) JJA temperature trends, 1976 to 2000

モンゴルの0.6 ~ 1.0度/10年の
上昇傾向



IPCC(2001)より

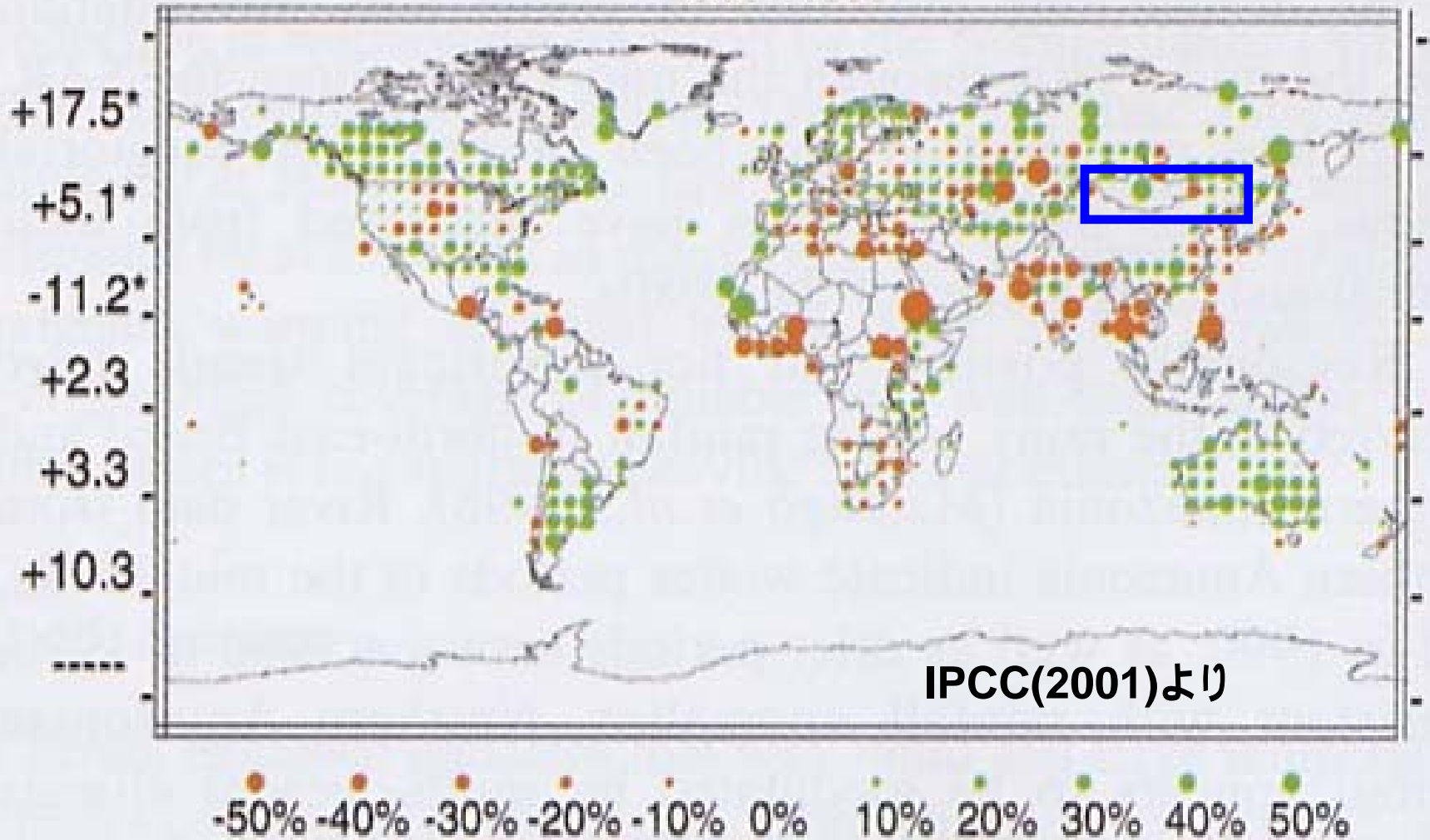
グローバルに見てモンゴルの水資源の増減程度は？(冬)



モンゴルでは40%増加、20%減少、明確な増減が見られないなど様々

(i)

Trends (%/century) in DJF Precipitation
1900 - 1999

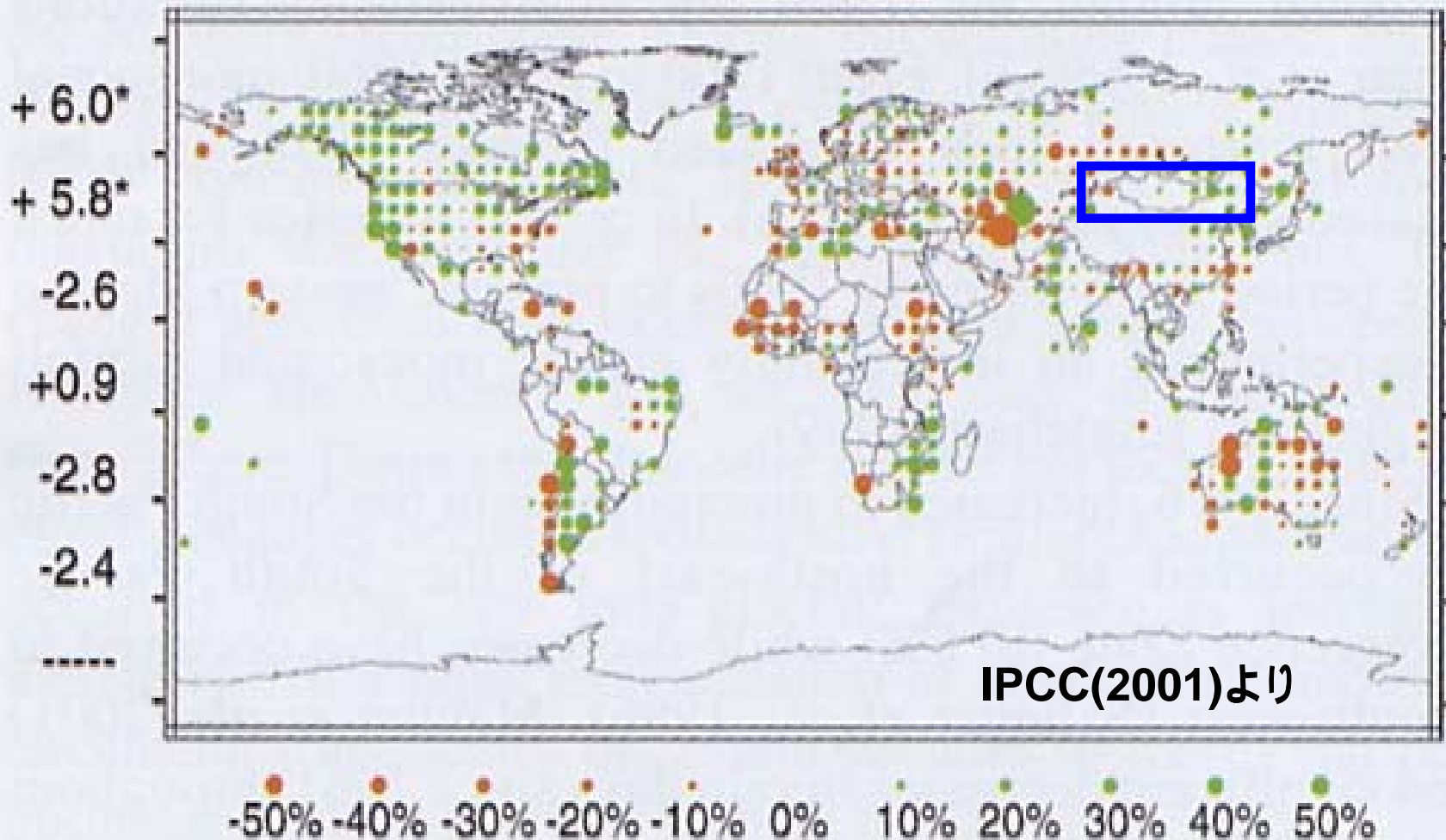


グローバルに見てモンゴルの水資源の増減程度は？(冬)

モンゴルでは増減トレンドがほとんどなく、東部で30%増加傾向

Trends (%/century) in JJA Precipitation

1900 - 1999

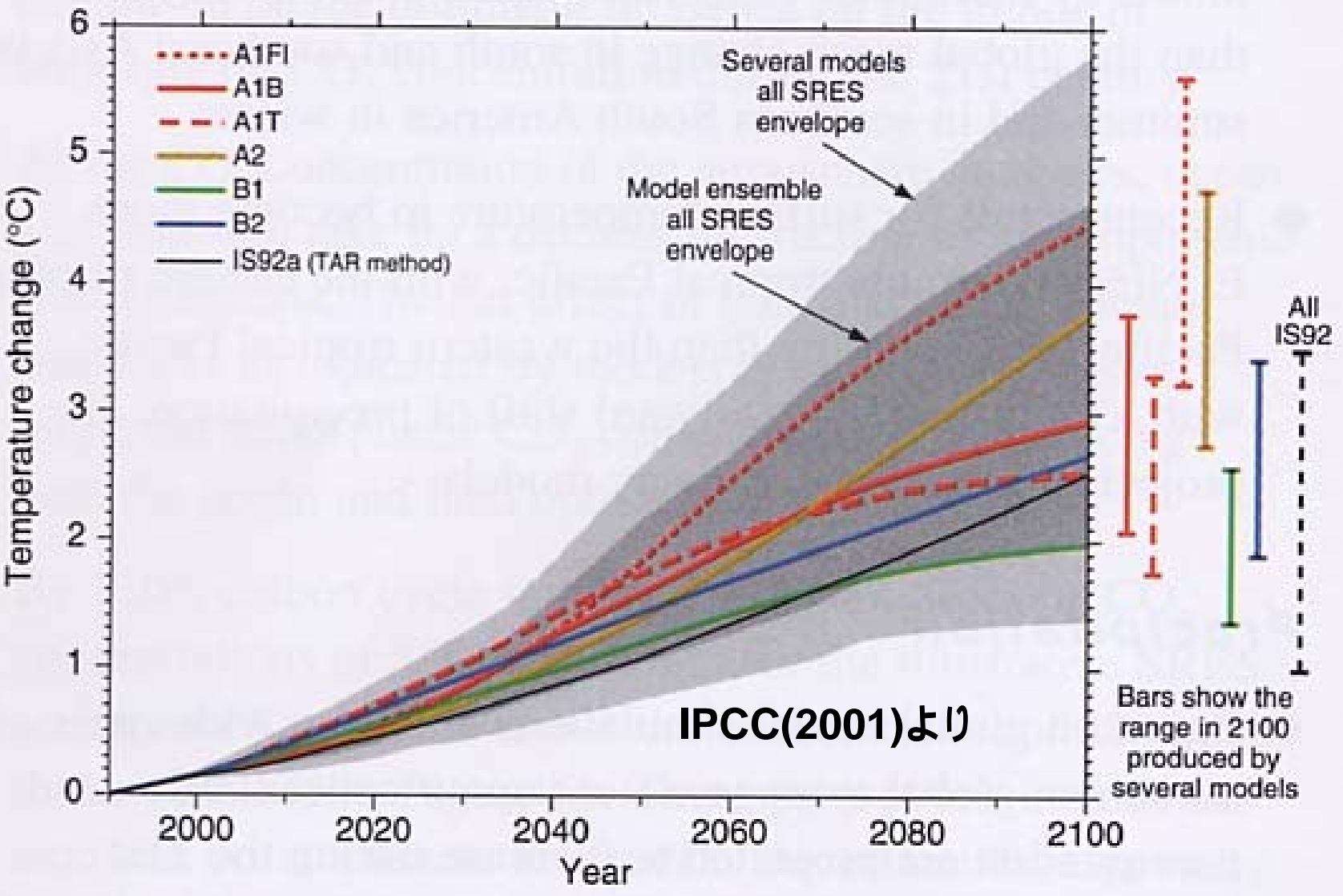




グローバルな温暖化予測

シナリオによる温暖化の程度が異なり、
同じシナリオでもモデル間での差異が大きい

(d) Temperature change



温暖化に伴う河川流量の増減予測結果



モンゴル北部は流量が増加する予測で、南部はあまり変化しない

温暖化に伴う年河川流量の増減予測結果

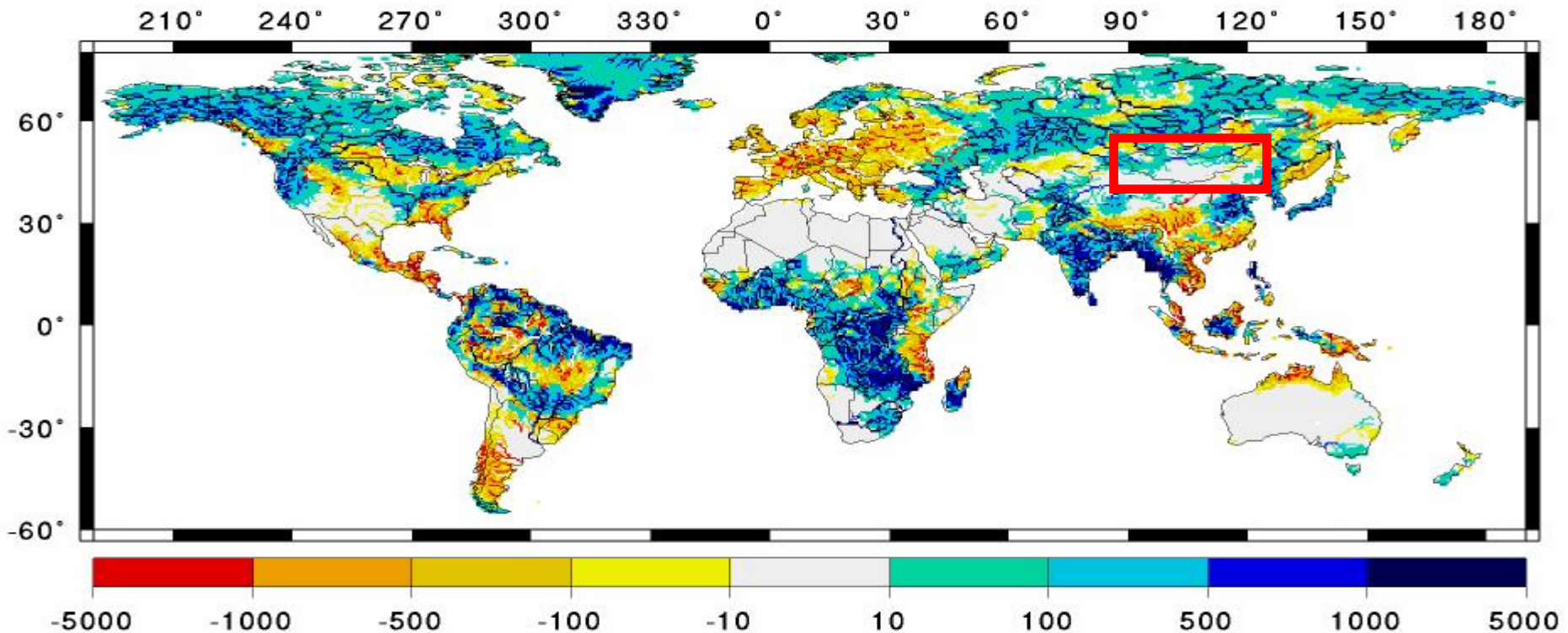
Change of Annual River Discharge

Double CO2 - current [$10^6 \text{ m}^3/\text{year}/0.5^\circ\text{grid}$]

2060 - 1990

沖ほか(2002)より

<http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/Info/Press200207/>



by CCSR/NIES AOGCM + TRIP



私のモンゴル訪問の軌跡

モンゴルでのカウンターパート(自然環境省の**Dr. Adyasuren** (国際協力局長(当時)で、後の大臣)との最初の接触し、彼の勧めでモンゴル北部の**Barunkharaa**にAWSを設置

1993年9月

Barunkharaaでの厳冬期から春季にかけての集中観測を行った際に測候所長 (Ms. Altanskh)の家に約**1ヶ月間**ホームステイし、**モンゴル語**の基本的な**日常会話を習得**。

1994年2-3月

その後、'94年7 - 8月、'95年6-7月、'95年10-11月、'96年7-8月に集中観測をBarunkharaaで行った。

1994年 ~ 1996年

'95年6 - 7月にはJIRCASの大野氏とともに2台目以降のAWSの設置候補地探しでモンゴルのゴビや山岳地域を除く広範な地域を回った。

1996年夏

私のモンゴル訪問の軌跡(続き)



'95年以降にAdyasuren氏や、彼に紹介されたDr. Namkhai氏(モンゴル水文気象研究所予報研究部長(当時))を招聘したり、彼らが訪日した際のお世話をした。

'95年以降

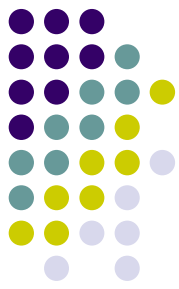
'97年9月に2台目のAWSをハンガイ山脈の麓でモンゴル中部のArvaikheerに設置した。同時に植生と土壌水分量の広域移動観測を行った。この際には同じくAdyasuren氏から紹介されたDr. Natsagdorj氏(モンゴル水文気象研究所長(当時))の取り計らいで、現地の測候所への手配も行って頂いた。この際に、日蒙共同ワークショップが行われ、他の日本人はすべて英語で行ったが、私はモンゴルで発表を行った。

'97年9月

'98年9月、'99年7月、'99年9月、2000年3月、'00年7 - 8月、'01年3月、'01年7 - 8月とArvaikheerのAWSメンテナンスと開発先生(広島大)主導のAMPEX(ADEOS衛星モンゴル高原地上検証実験)に参加した。なお、BarunkharaaのAWSは'98年に一旦撤去し、'99年9月にモンゴル中部のChoirに再設置した。

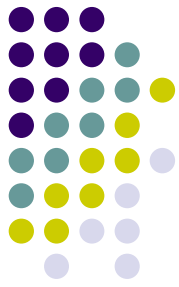
'98年9月
以降

カウンターパートとの関係構築・維持 に必要なだったのは？



- **現地語(モンゴル語)**を習得する。
- 現地の人を**日本に招聘**する。
- 頻繁に現地を**訪問**する。
- 研究成果を**共著**にして相手の成果にもなるようにする。
- 現地カウンターパートの研究者を**国際会議参加**の機会を提供する。

お世話になった人々



左上: Baruunkharaaでホームステイをさせて頂いた測候所長(前列左端の女性)とそのご家族
右下: 私が滞在していたお宅の外観(ゲルとバイシン)



お世話になった人々



左側:最初にモンゴルで仕事をする際のカウンターパート代表者であったAdyasuren氏(写真前列左から2人目)。彼が安成教授邸を訪れた際のもの。

右側:初めてモンゴルに行ったときに、現地の方がホルホク(羊肉の石蒸し焼)料理を河原で作っていただいたときのもの



お世話になった人々



左側: Namkhai氏(写真右端)のお宅に招待されたときのもの。
右側: 現在も観測を継続しているArvaikheerのAWSのメンテナンスを担当してくれているDavasuren氏



熱・水収支について



水収支式

$$P = E + R + I + \Delta S$$

ここでPは降水量、Eは蒸発量、Rは表面流出量、Iは地中での流出量、
Sは貯留量変化である。

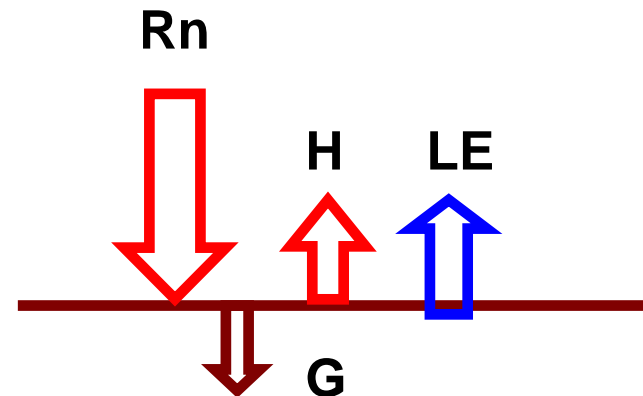
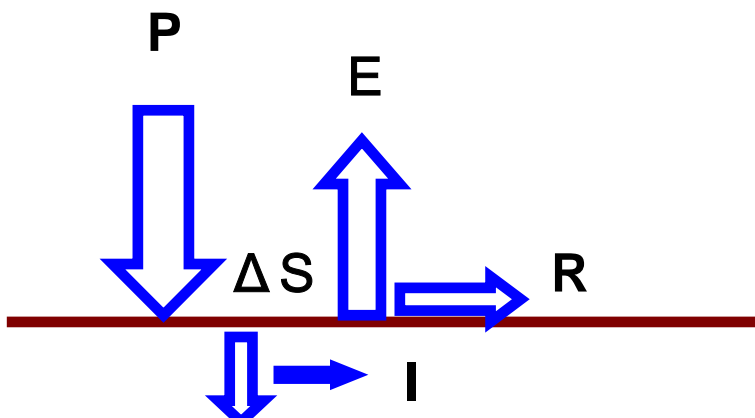
熱収支式

$$R_n = H + LE + G$$

ここで R_n は正味放射量、Hは顕熱フラックス、LEは潜熱フラックス、Gは地中熱
流量である。

$$EF = LE / (R_n - G)$$

ここでEFは蒸発率で、有効な放射エネルギーのうち潜熱フラックスが占める割
合を表す。



モンゴルの厳しい自然環境下での観測機器 トラブルとの戦い



- **風速計**が**雹**で割れてしまったことがあった。その時は交換部品を持っていなかったが、その後は必ず**スペア**の風杯を持っていくようにした。
- **太陽電池**により電源を供給してはいたが、**日照時間不足**と**低温**で電源停止したので、太陽電池とバッテリーを**2倍**にした。
- 放射計のガラスドームは**砂塵嵐**で傷だらけになったので新品と相互検定の後に交換したり、ポリエチレンドームは破れてしまったりして即交換した。
- **超低温**の際にデータロガーが動作しなくなったので、**毛布**などでくるんだりした。シベリアではヒーターを入れた部屋を離れた場所に作っているらしい。

モンゴル北部における観測の概要

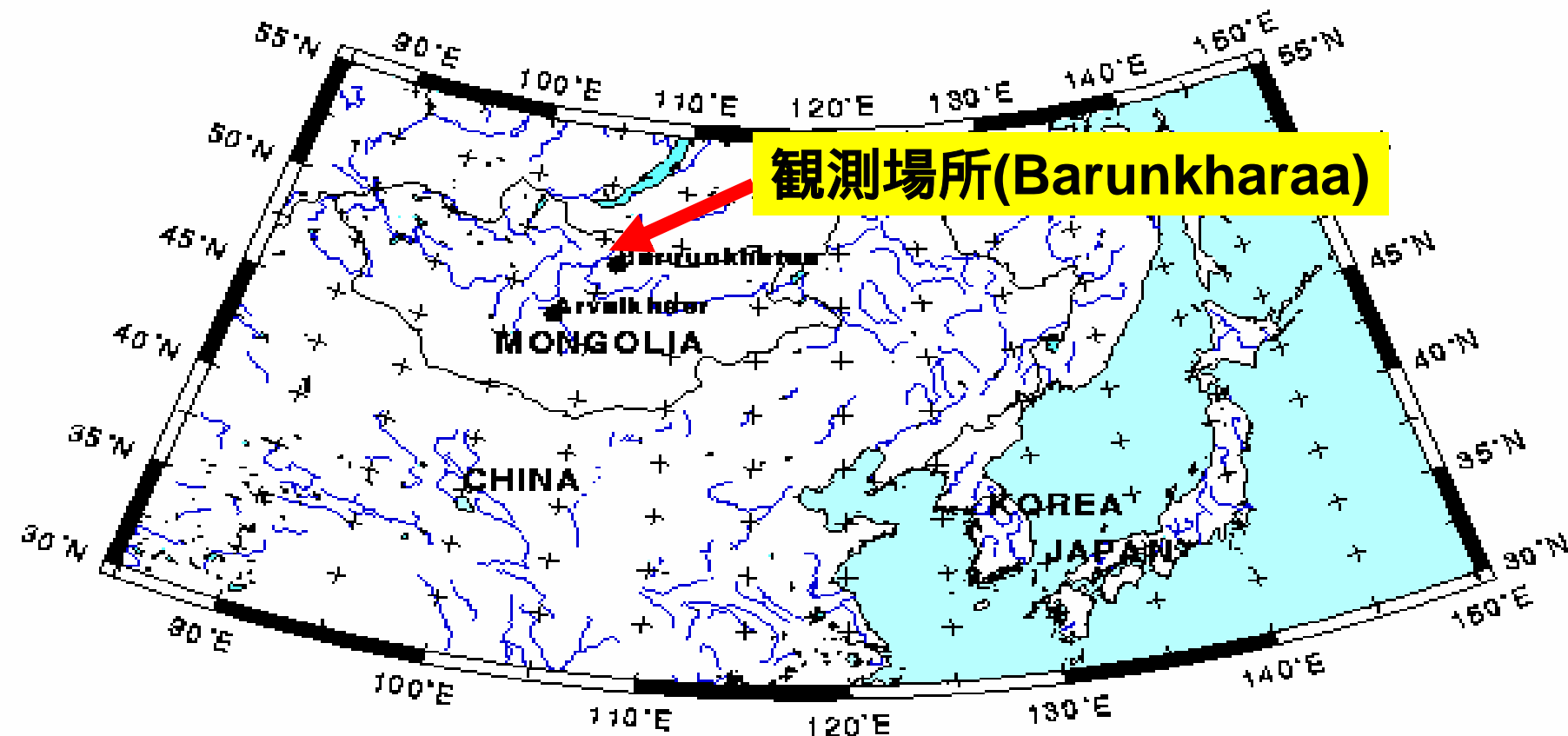


観測場所: モンゴル国セレンゲ県バルンハラ (標高806.9m)

観測項目: 気温・湿度、風速、地表面温度、日射量(上下)、現地測候所より提供されたデータ: 気圧・積雪深・降水量・風向・雲量

観測期間: 1993年9月30日 ~ 1998年8月

Location Map



Barunkharaaの様子(夏・冬)



モンゴル北部における気候の急激な季節変化(気温・比湿・アルベード(太陽放射反射率))

ステージI (11月中旬～2月下旬)

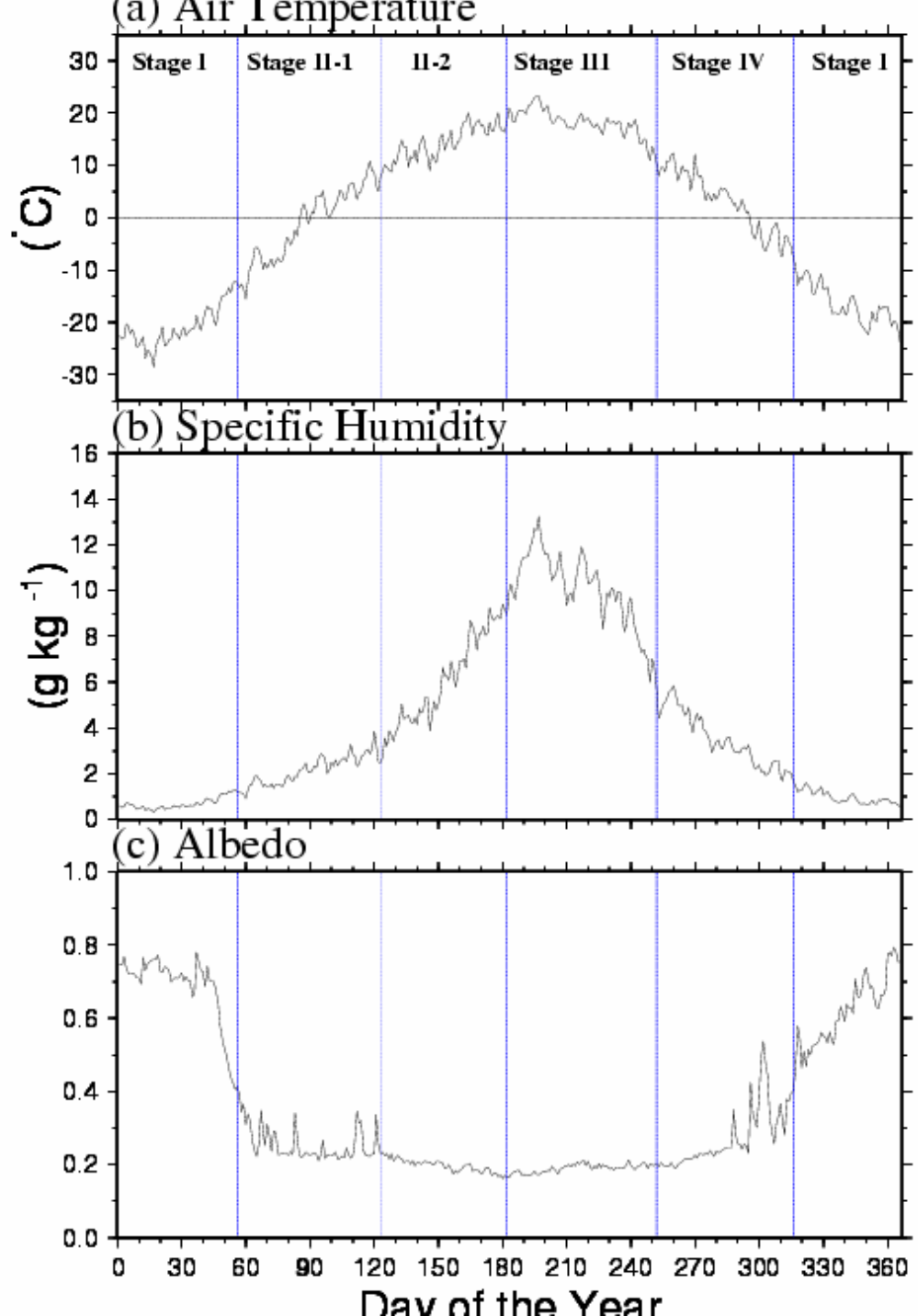
>> 積雪面。(albedo ≥ 0.4 、気温 -20 前後。)

ステージII - 1 (2月下旬～5月上旬)
>> 裸地または積雪面(Albedoは時折0.3以上)

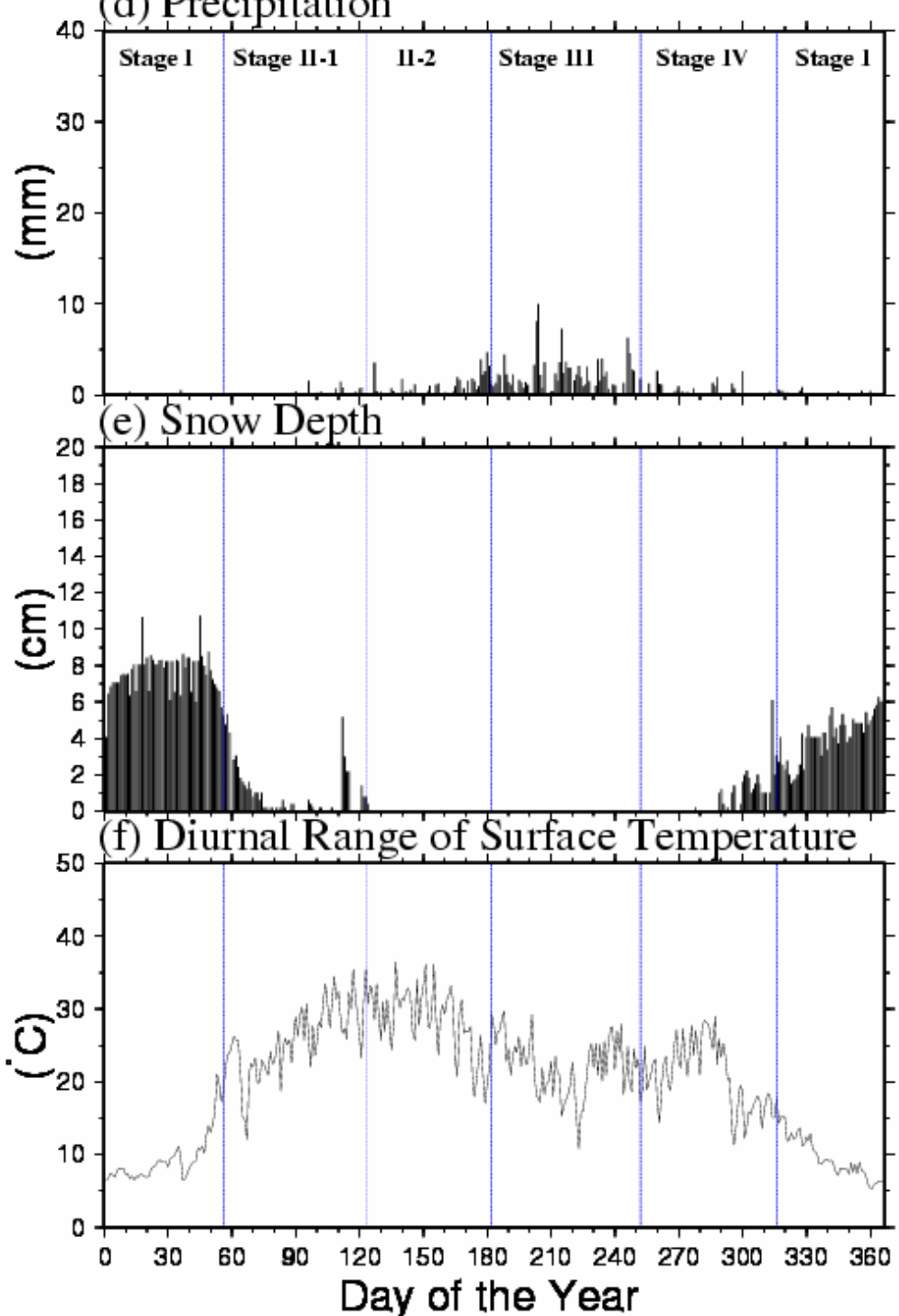
ステージII - 2 (5月上旬～7月上旬)
>> 裸地 草地 (Albedo 0.23
0.16、Tsの日較差約30)

ステージIII (7月上旬～9月中旬)
>> 草地 (比湿が約10 g/kg、降水量が最大)

ステージIV (9月中旬～11月中旬)
>> 草地 枯草地または積雪面

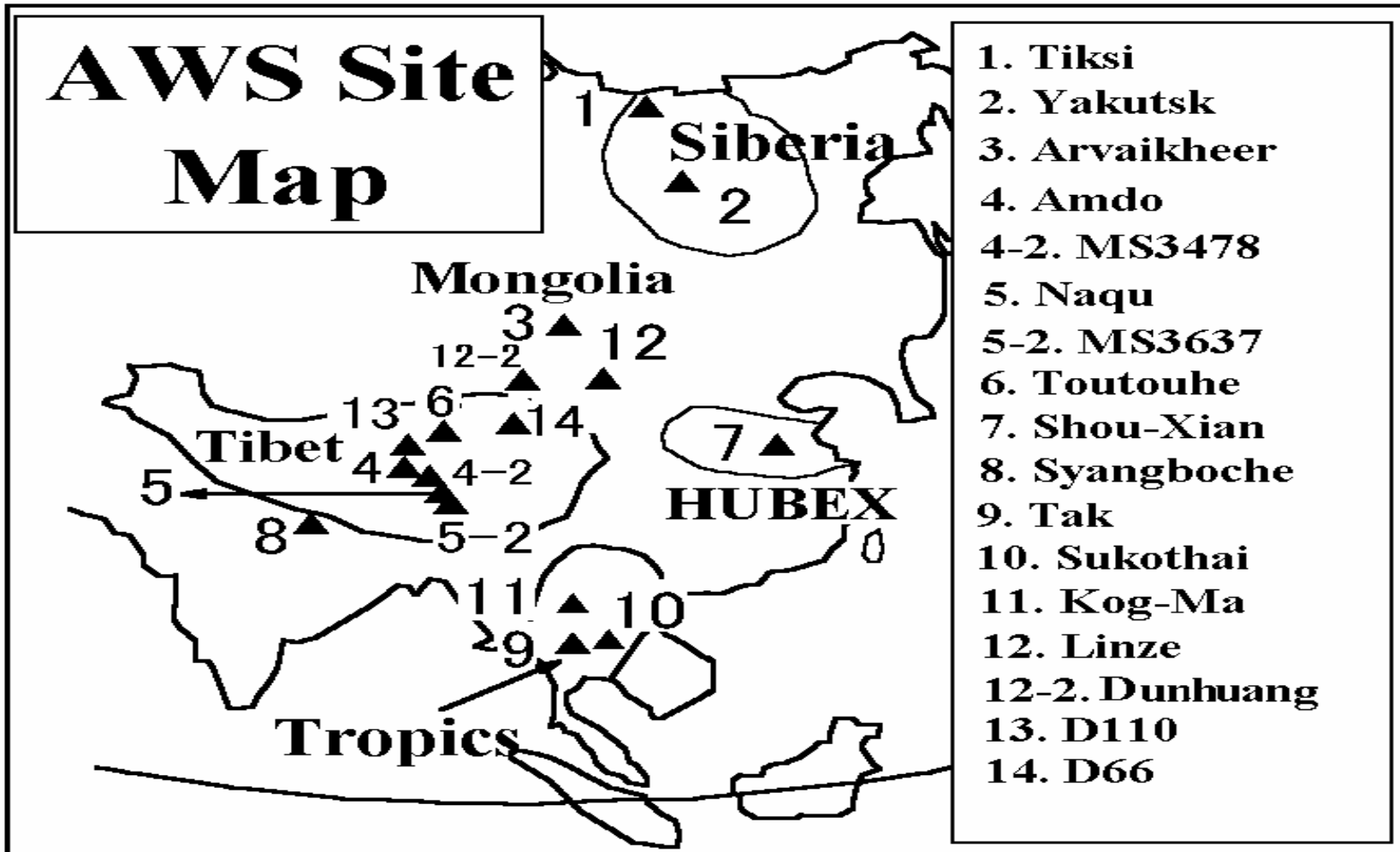
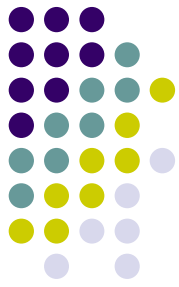


モンゴル北部における 気候の急激な季節変化 (降水量・積雪深さ・ 地表面温度の日較差)

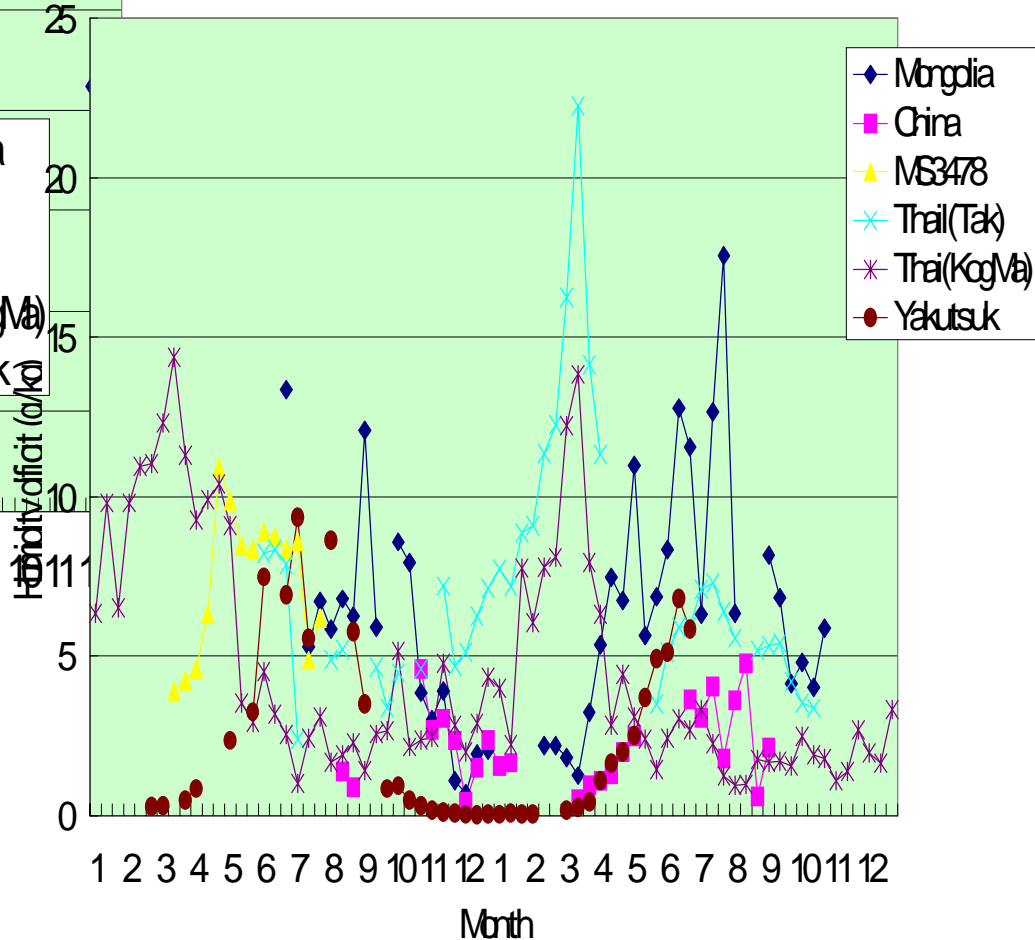
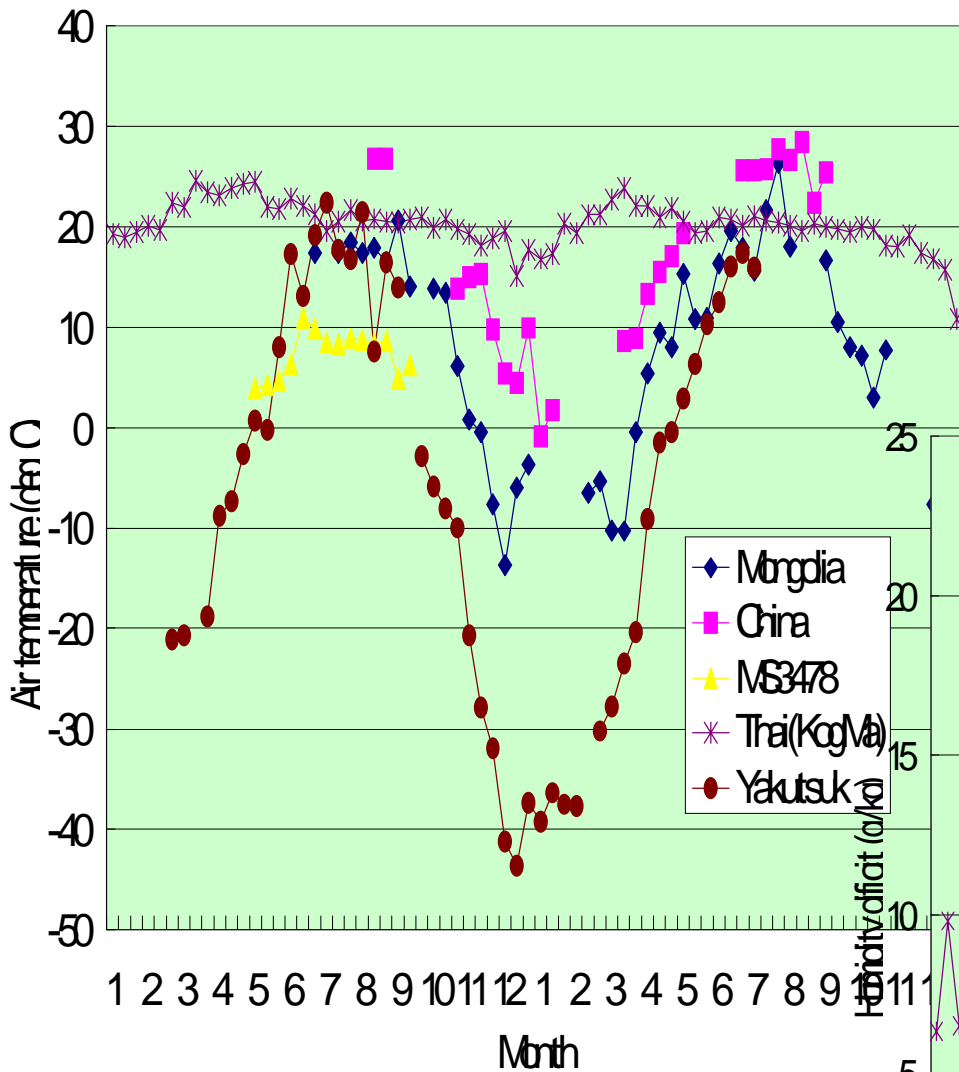


Asian Automatic Weather Station Network (AAN)

<http://www.suiri.tsukuba.ac.jp/Project/aan/aan.html>

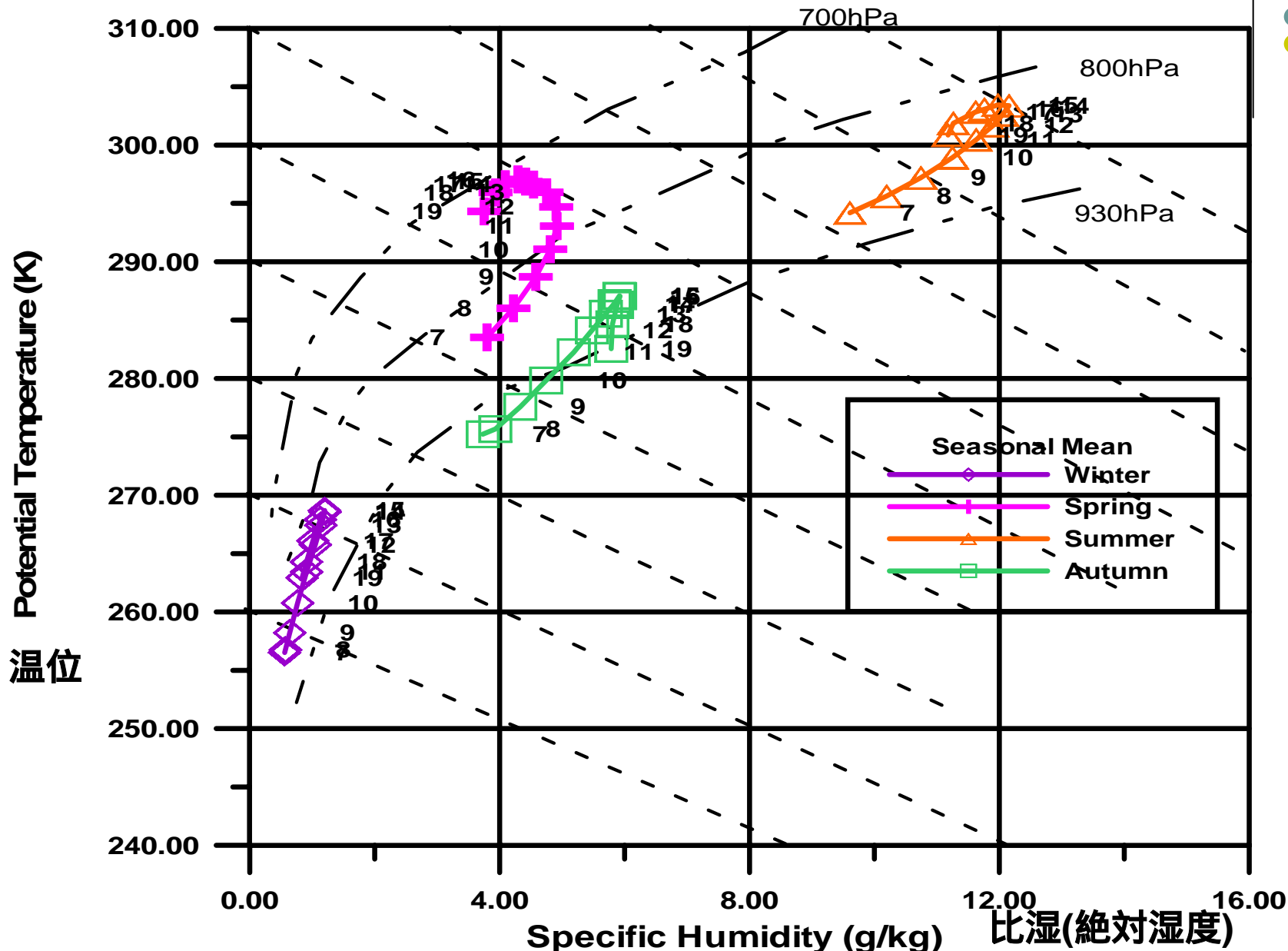


アジア域の他のサイトの比較

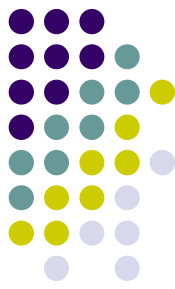


モンゴルはシベリアと同様に気温の年較差が大きい。冬の水蒸気量は熱帯地域の5分の1程度。シベリアはもっと少ない。

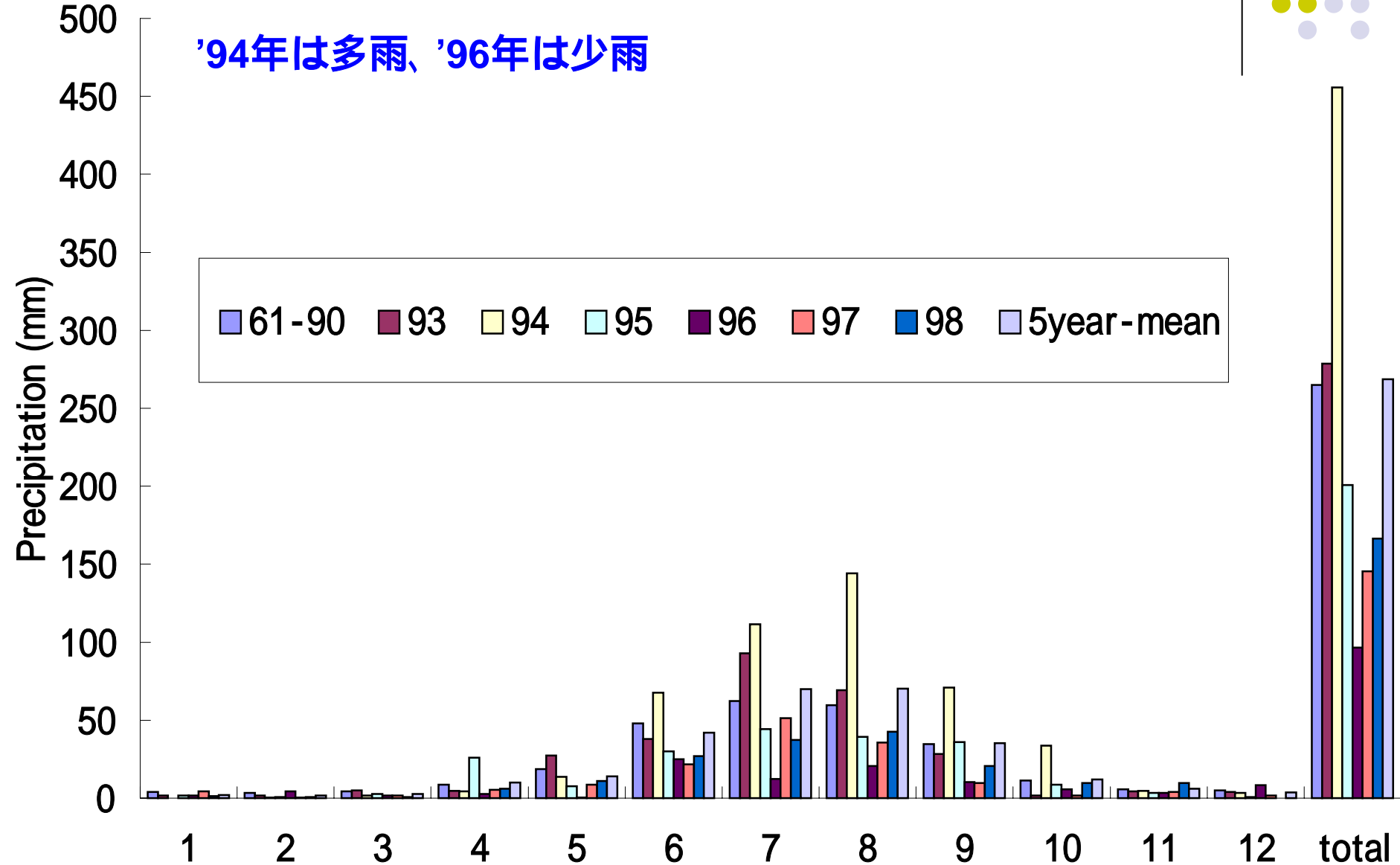
バルンハラでの温位-比湿の日変動の季節変化



モンゴル北部における降水量の年々変動



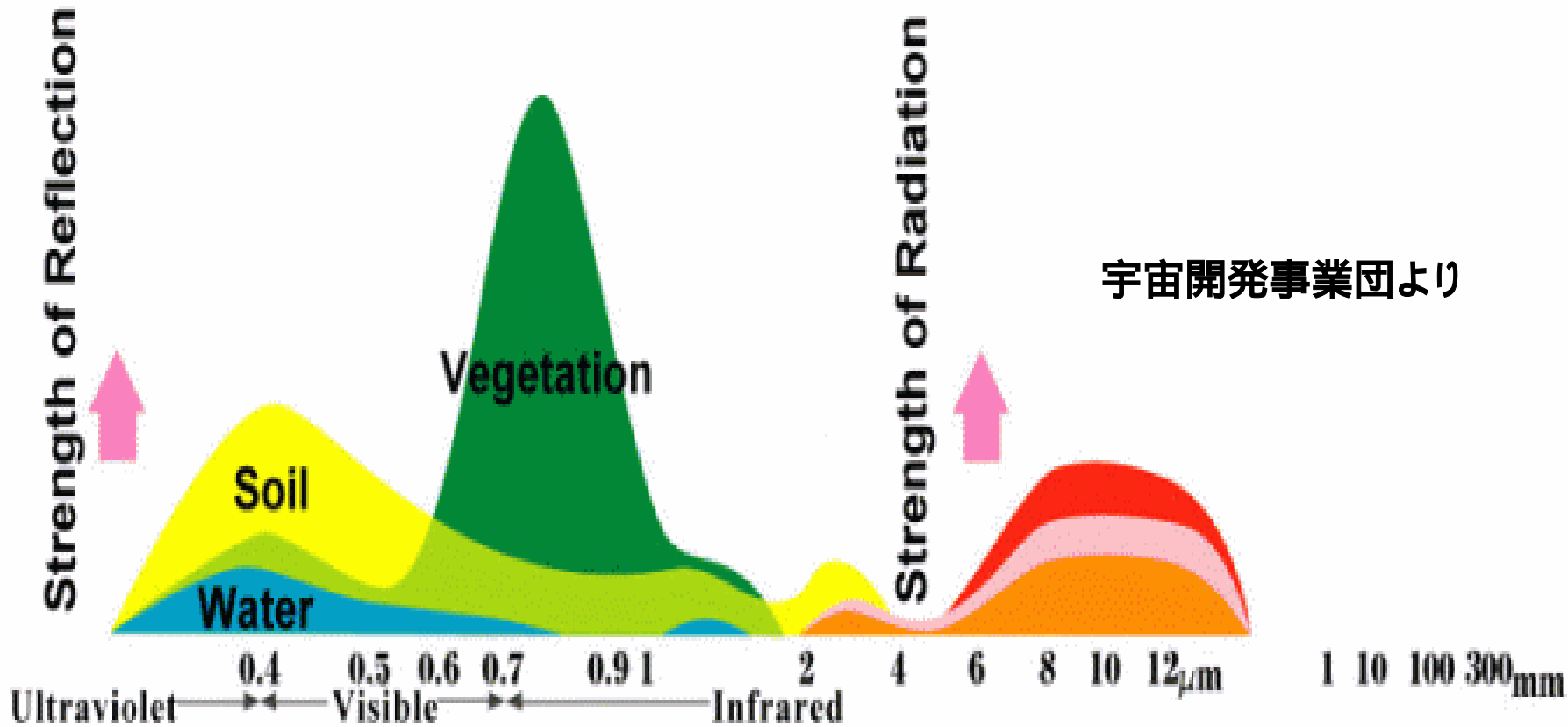
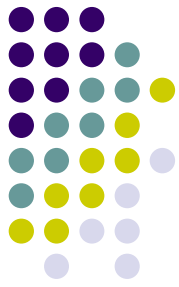
'94年は多雨、'96年は少雨



NDVI(正規化植生指標)とは？

$$NDVI = (IR - R) / (IR + R)$$

ここでIRは近赤外領域の反射率、Rは可視光線(赤色)の反射率で、-1から1までの値をとり、値が大きいほど植物の活性度が高い



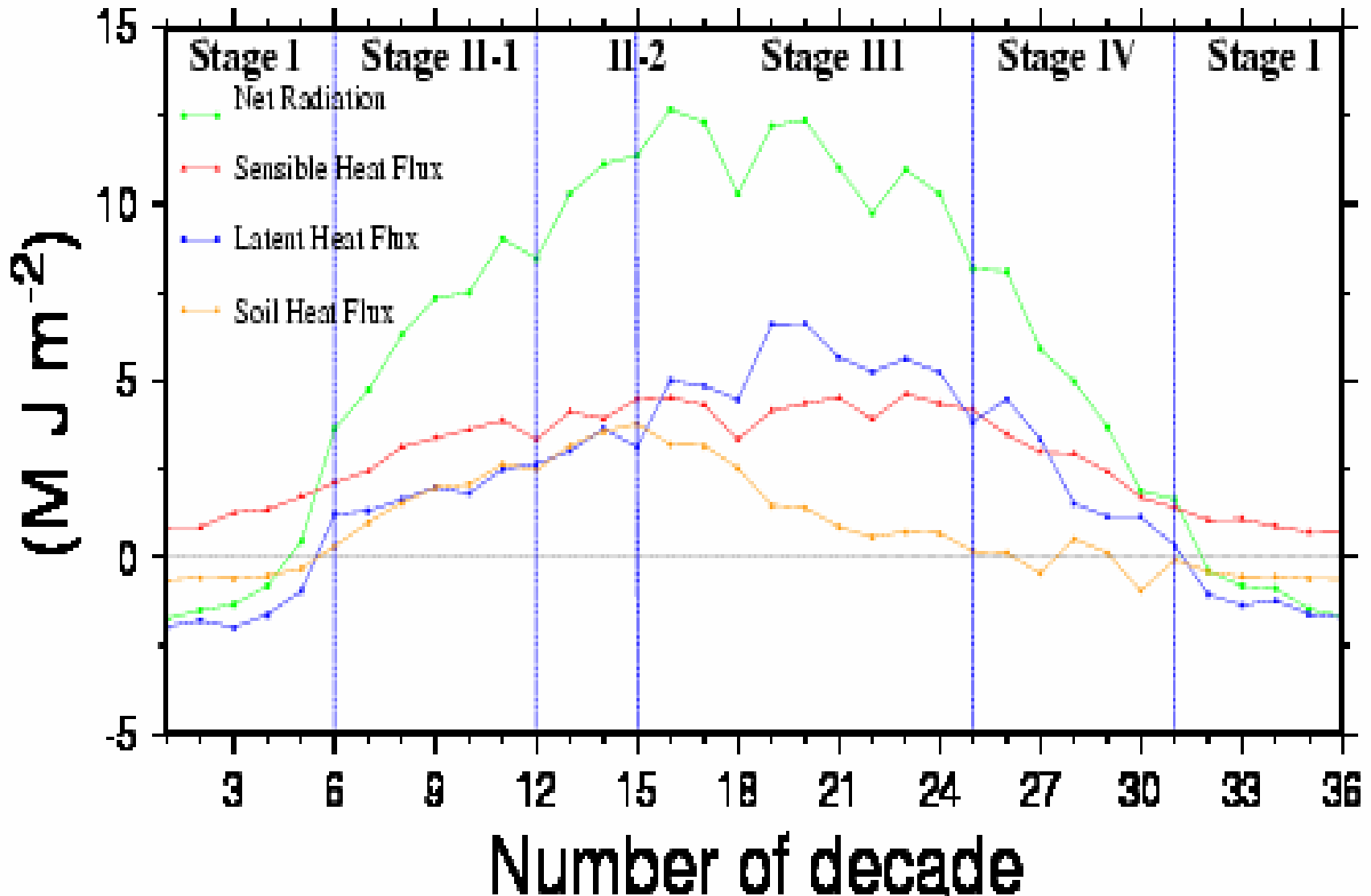
IKONOS

B G R I

モンゴル北部における熱収支の季節変化(5年平均値)



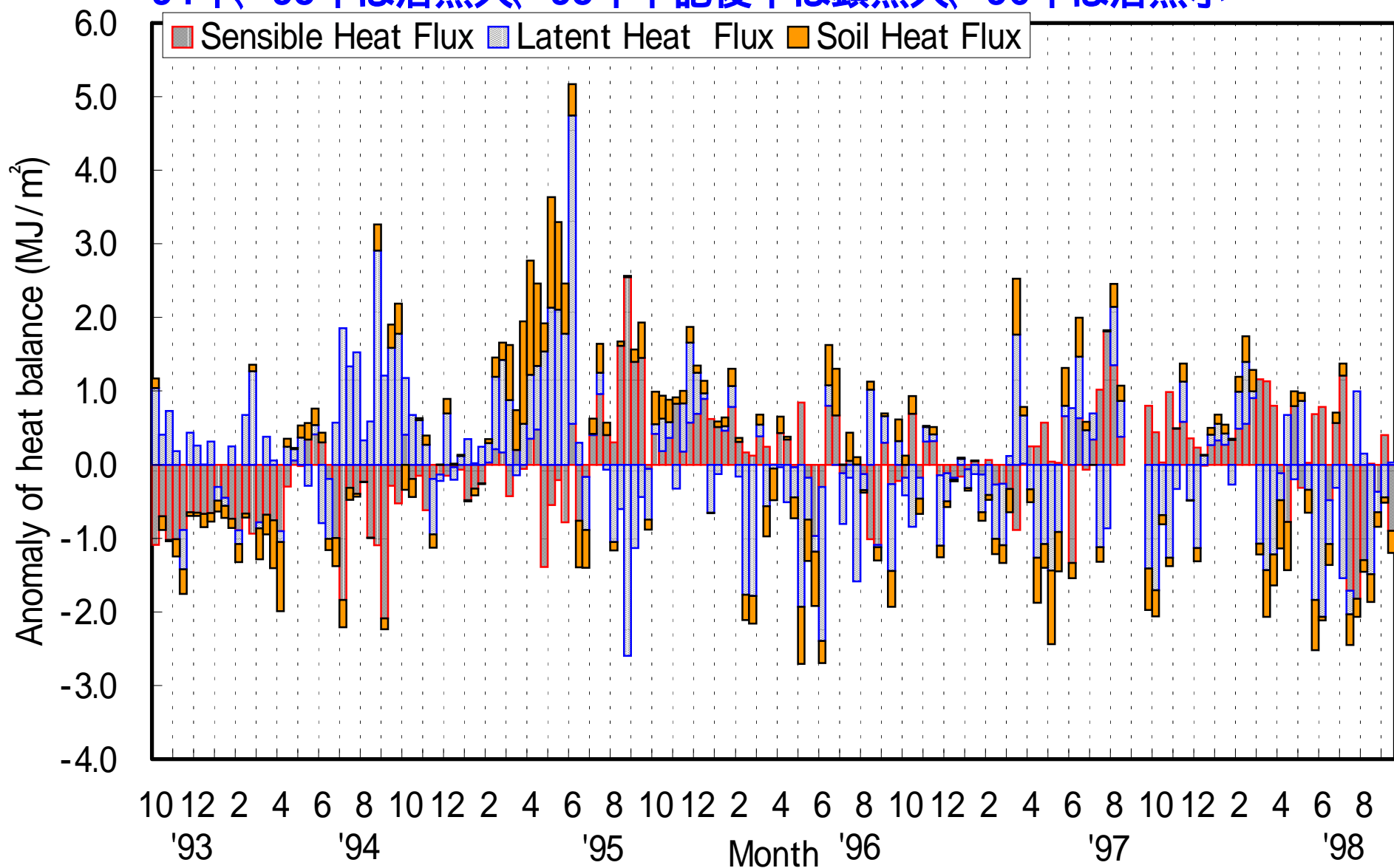
Stage II (春)は強い加熱(顕熱大)、6月から潜熱(蒸発散量)が急増



モンゴル北部における熱収支の年々変動



'94年、'95年は潜熱大、'95年下記後半は顕熱大、'96年は潜熱小

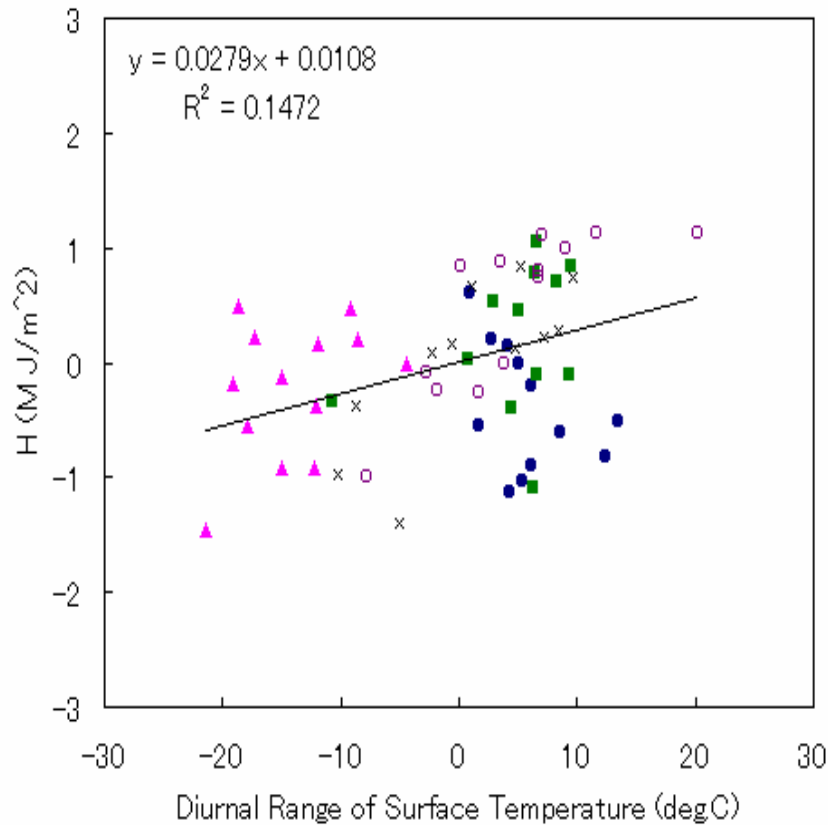


地表面温度の日較差(土壌の乾湿の指標)と顕熱・潜熱フラックスとの関係



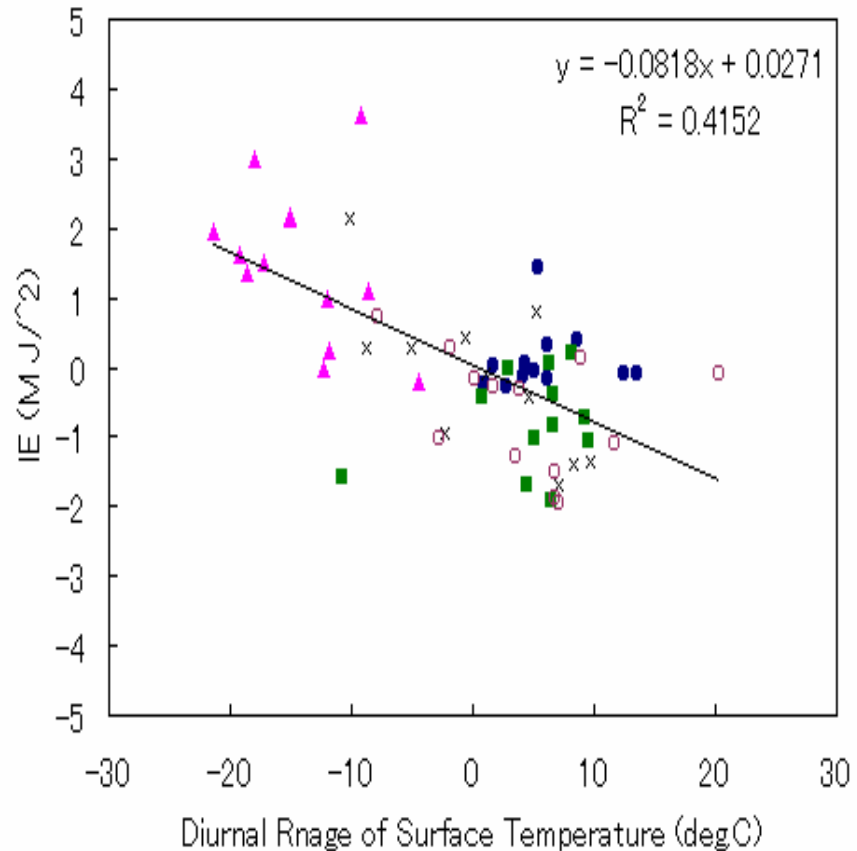
地表面が乾いているときほど、顕熱フラックスが大きく、湿っているときほど潜熱フラックス(蒸発散量)が大きくなる傾向

Stage II T-test >> Significant at the 1% and 5% level.
 $T_1(R)=3.191, T_{0.005}=2.660, T_{0.025}=2.000$



● 94 ▲ 95 ■ 96 × 97 ○ 98 Regression —

Stage II T-test >> Significant at the 1% and 5% level.
 $T_1(R)=6.472, T_{0.005}=2.660, T_{0.025}=2.000$



● 94 ▲ 95 ■ 96 × 97 ○ 98 Regression —

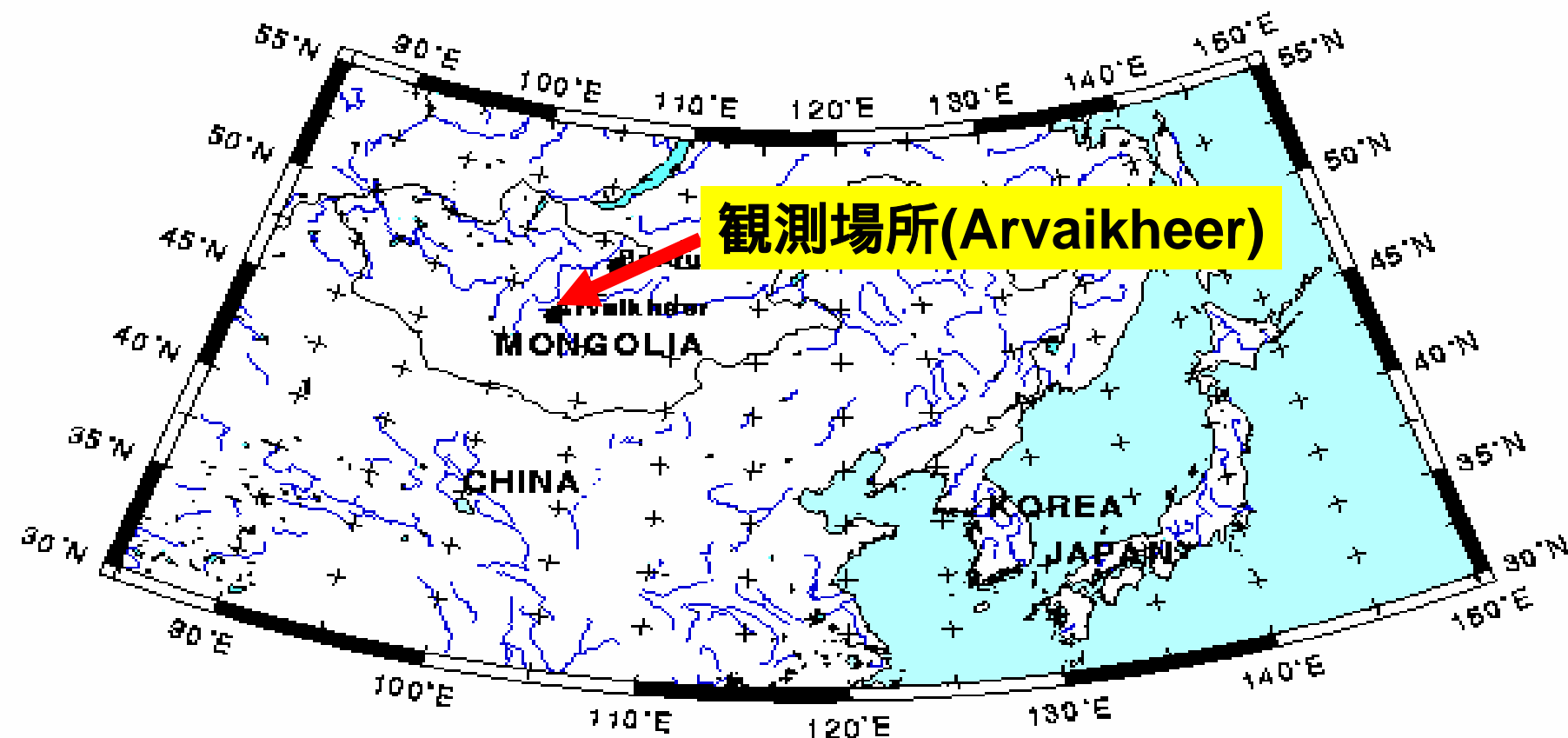
モンゴル中部における観測の概要

観測場所: モンゴル国ウルブンハンガイ県アルバイヘル(標高1813m)

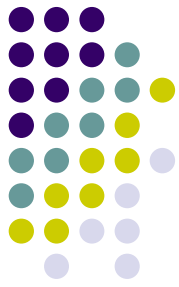
観測項目: 気温・湿度、風向・風速、気圧、降水量、顕熱・潜熱フラックス
正味放射量、短波・長波放射(上下)、地温、地表面温度、土壤水分量

観測期間: 1997年9月から現在まで

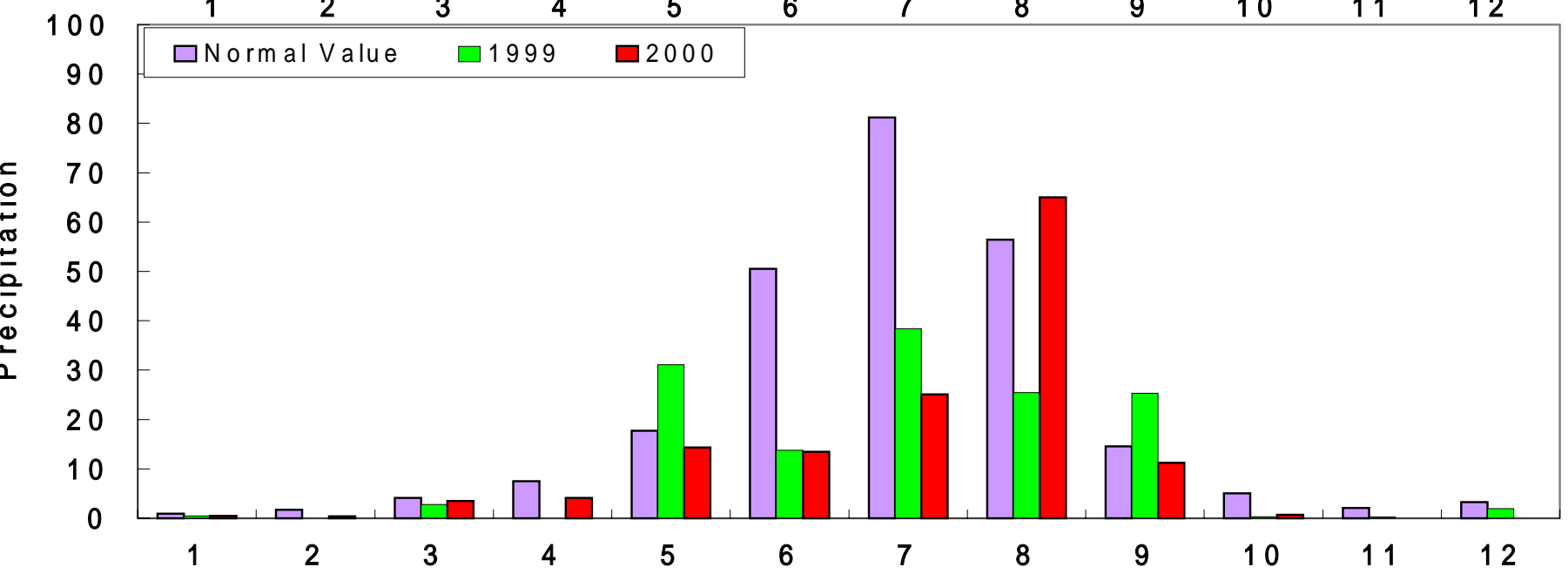
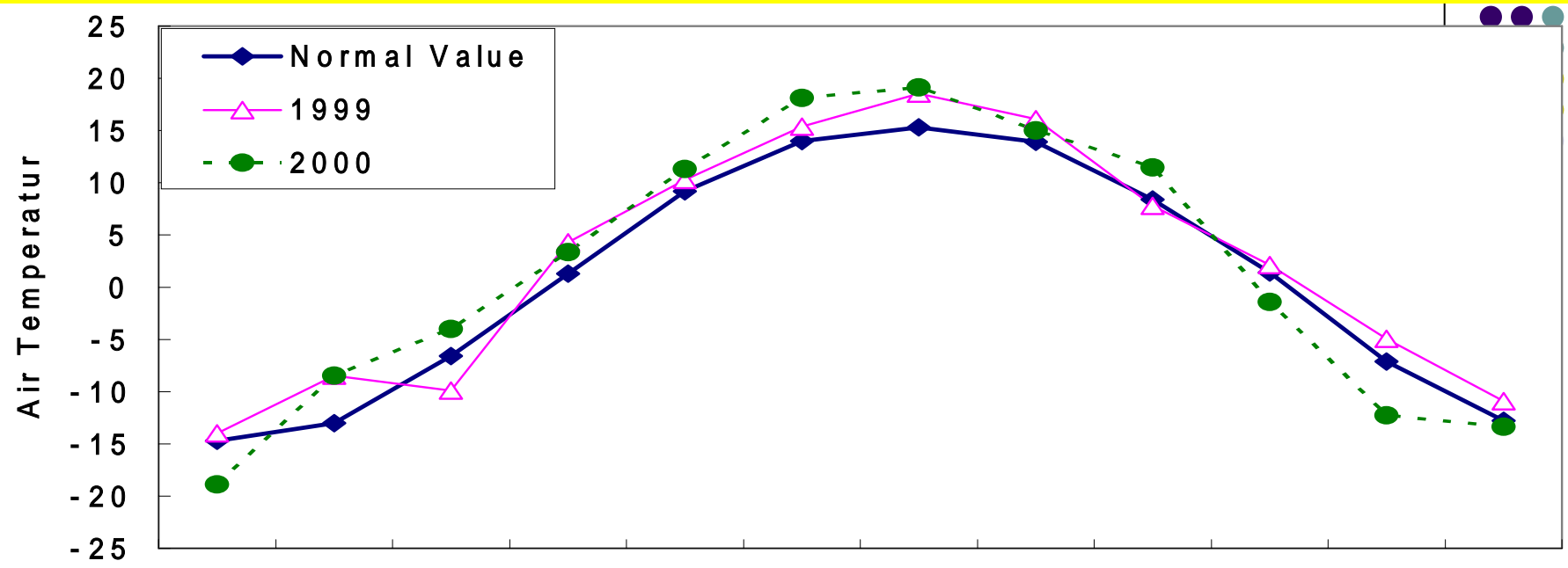
Location Map



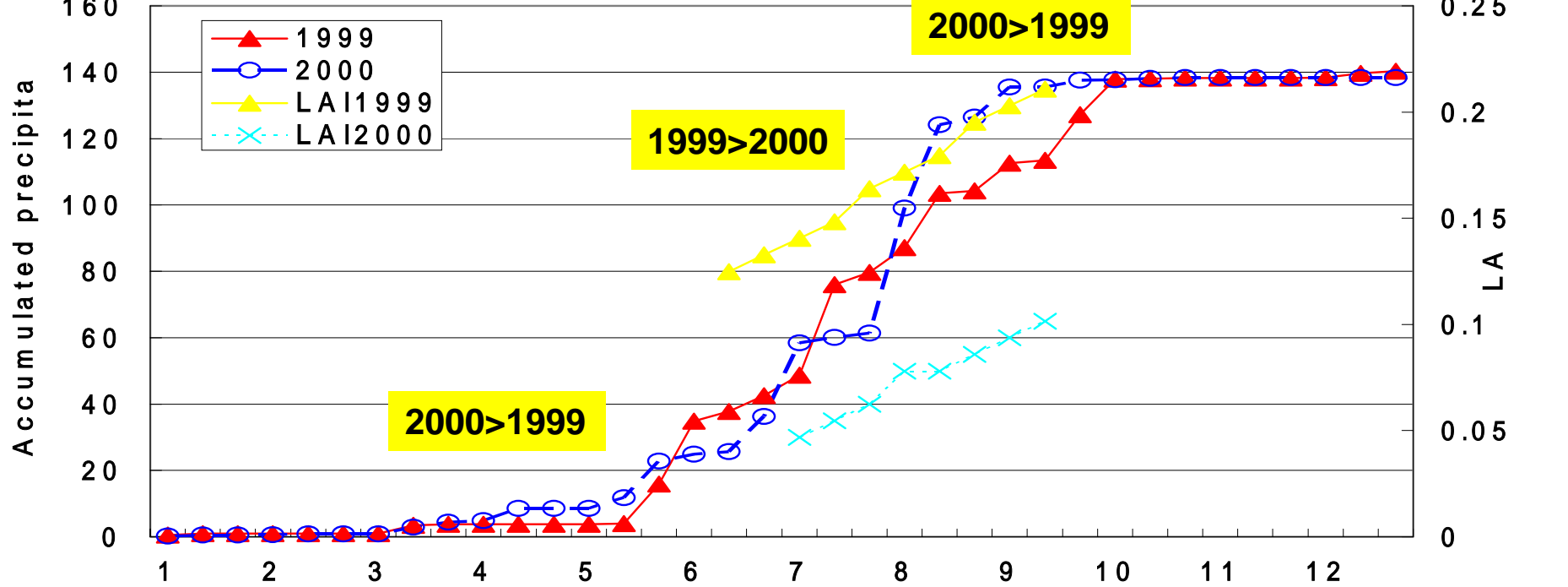
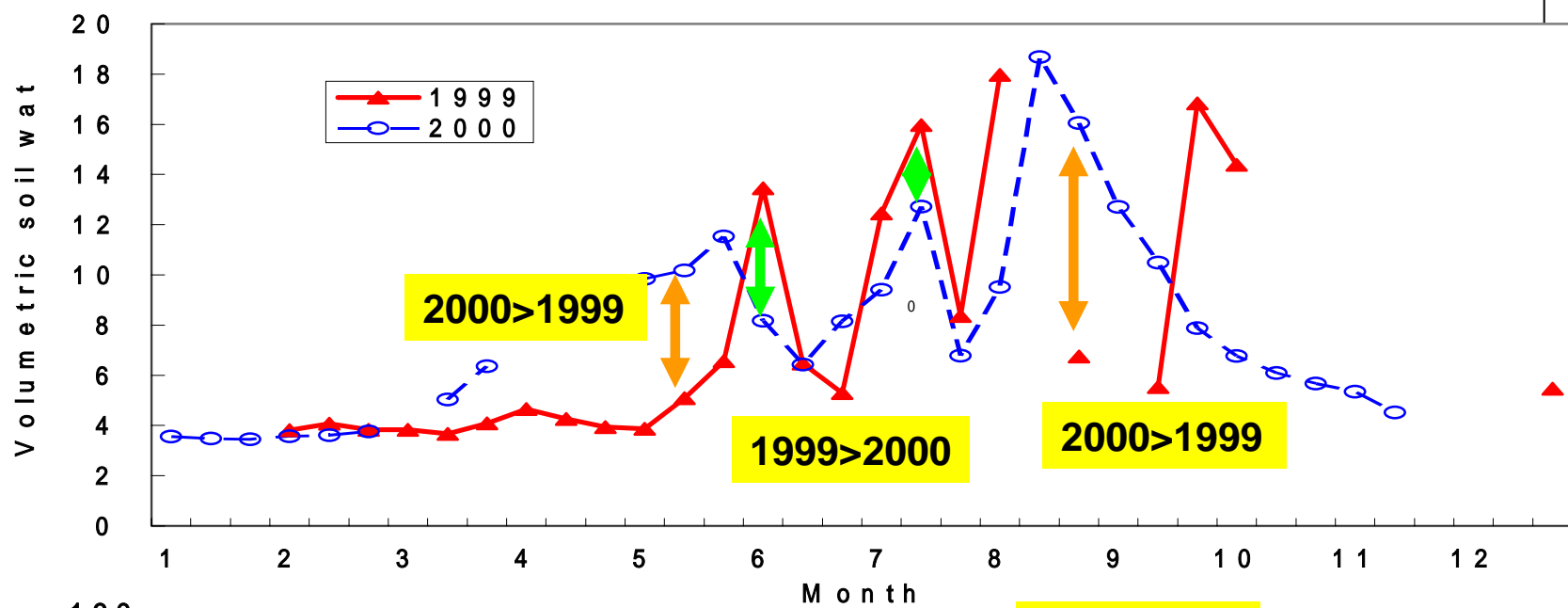
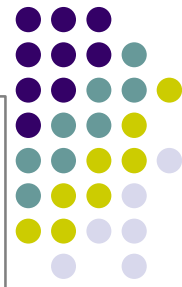
観測地の様子(上段:夏、下段:冬)



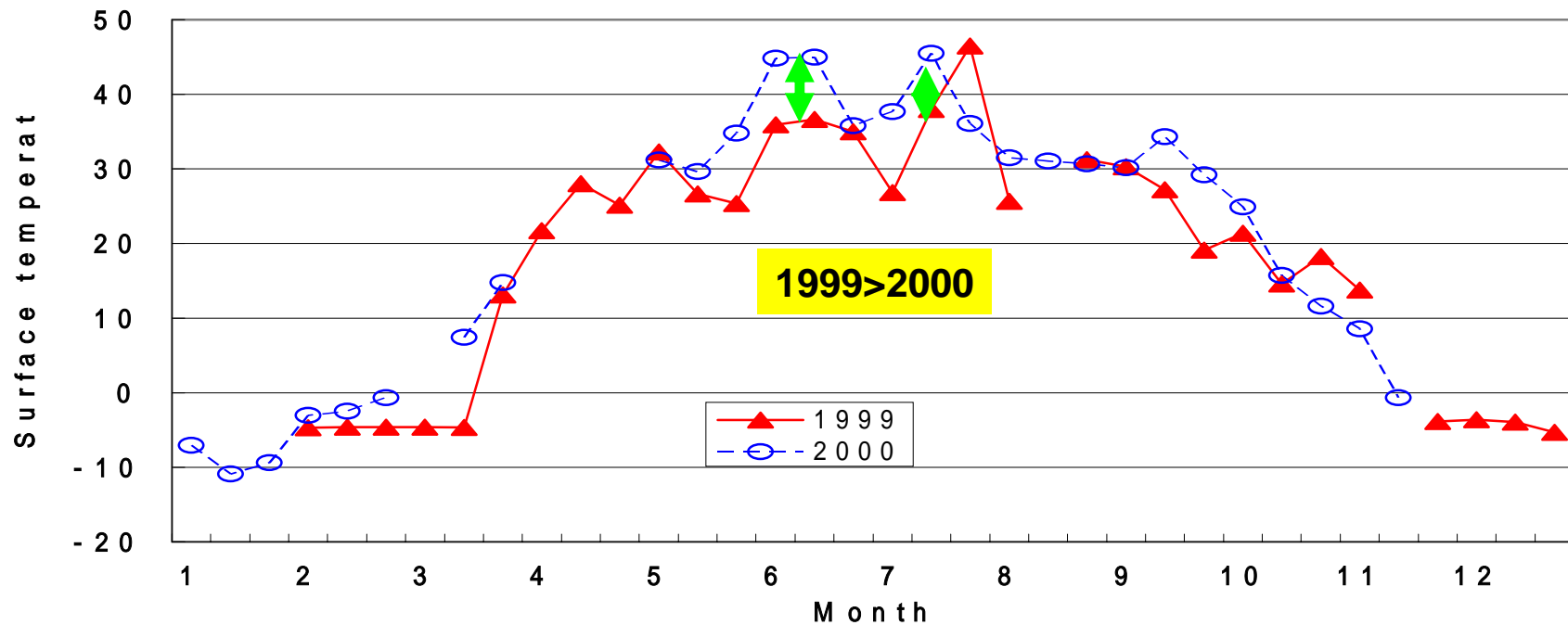
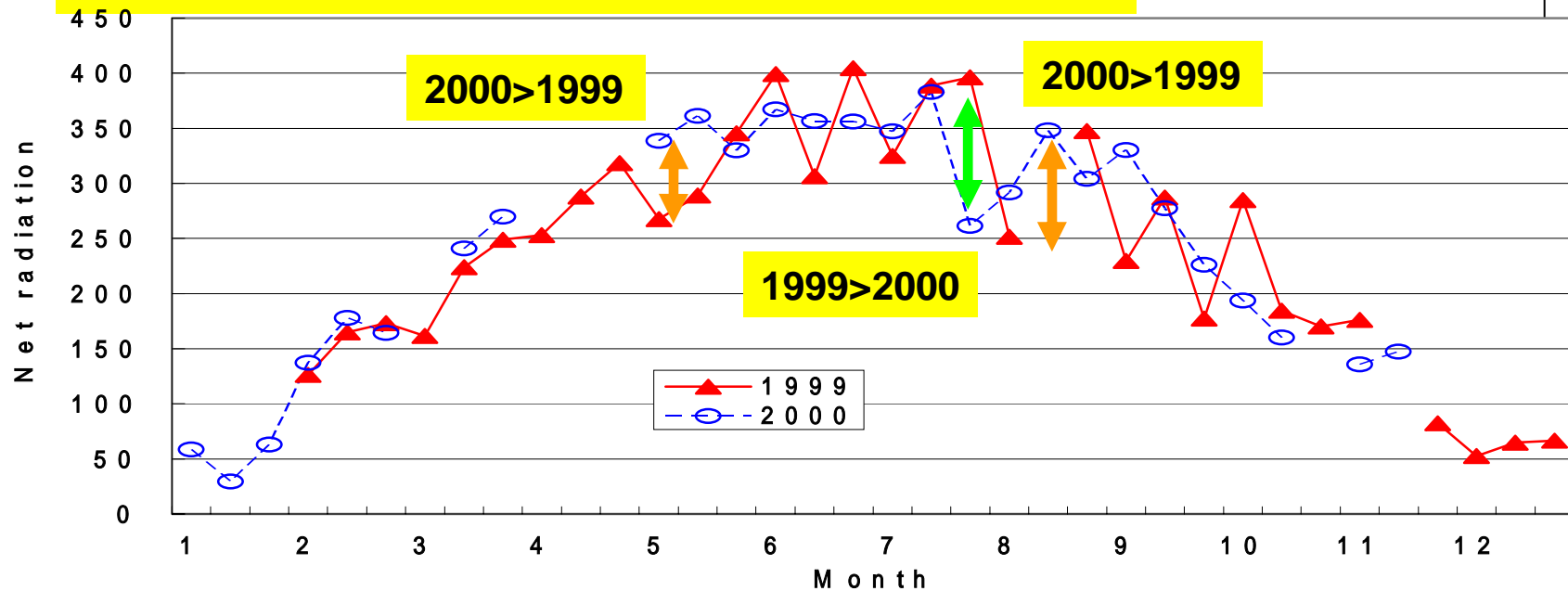
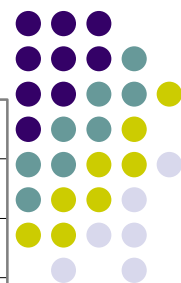
観測地の気候(年平均気温 約0.8、年平均降水量 約245mm)



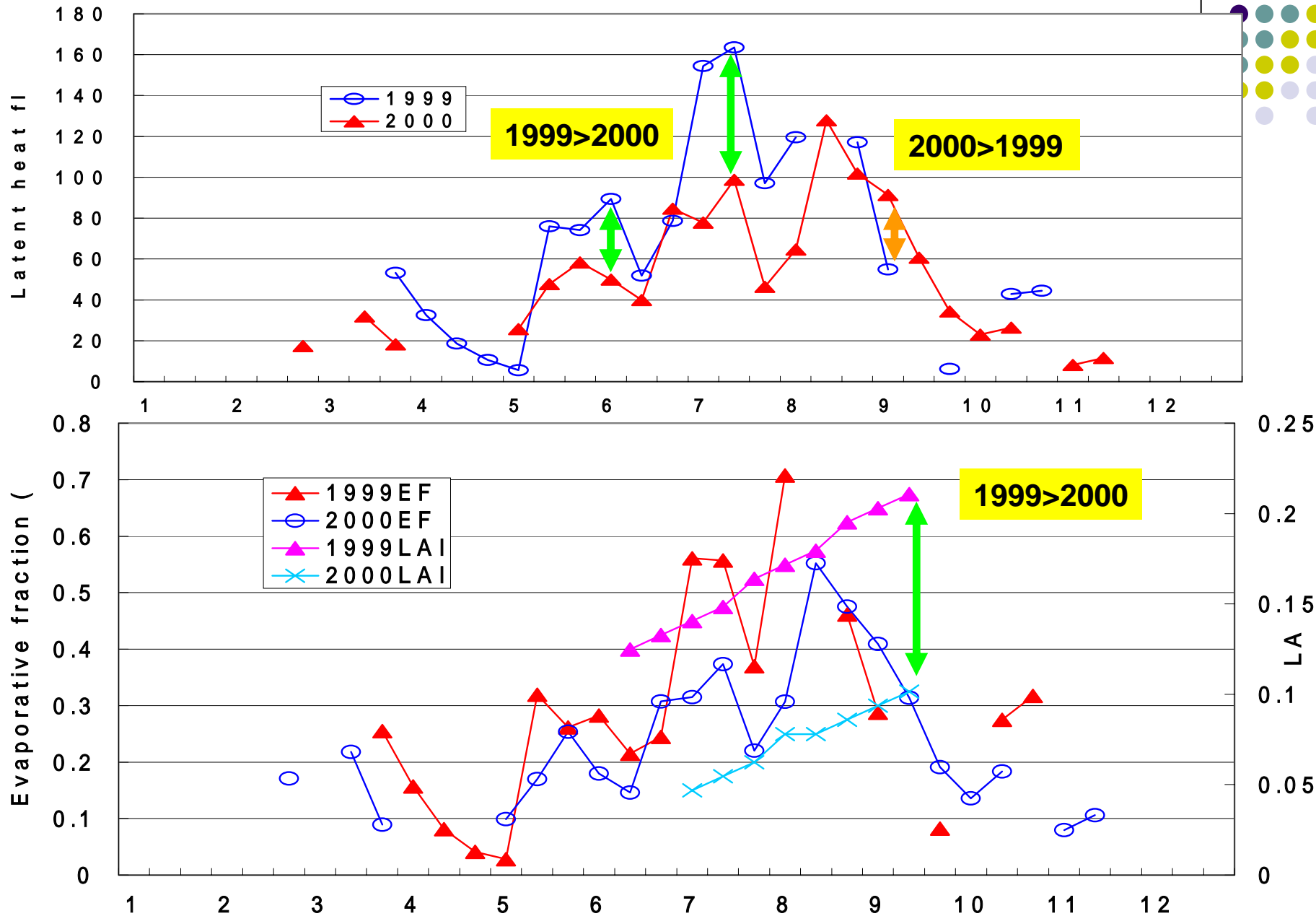
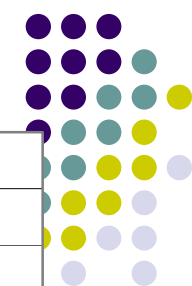
上段：土壤水分 / 下段：降水とLAI(葉面積指数)



上段: 正味放射 / 下段: 表面温度



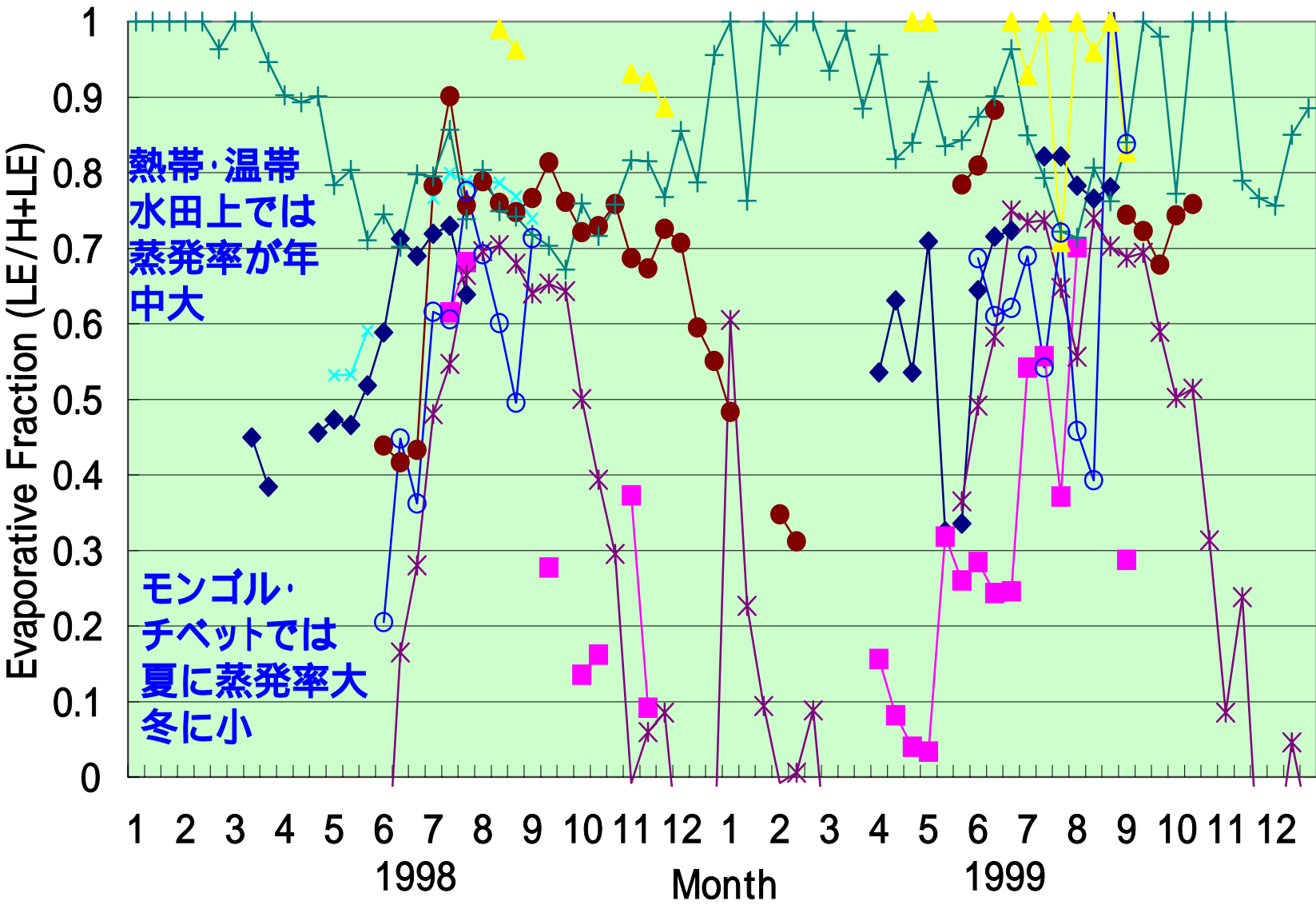
上段：潜熱フラックス/ 下段：蒸発率とLAI



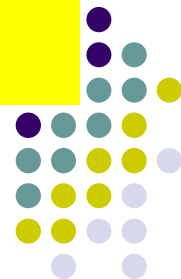
アジア域の他のサイトとの蒸発率(LE/Rn-G)の比較



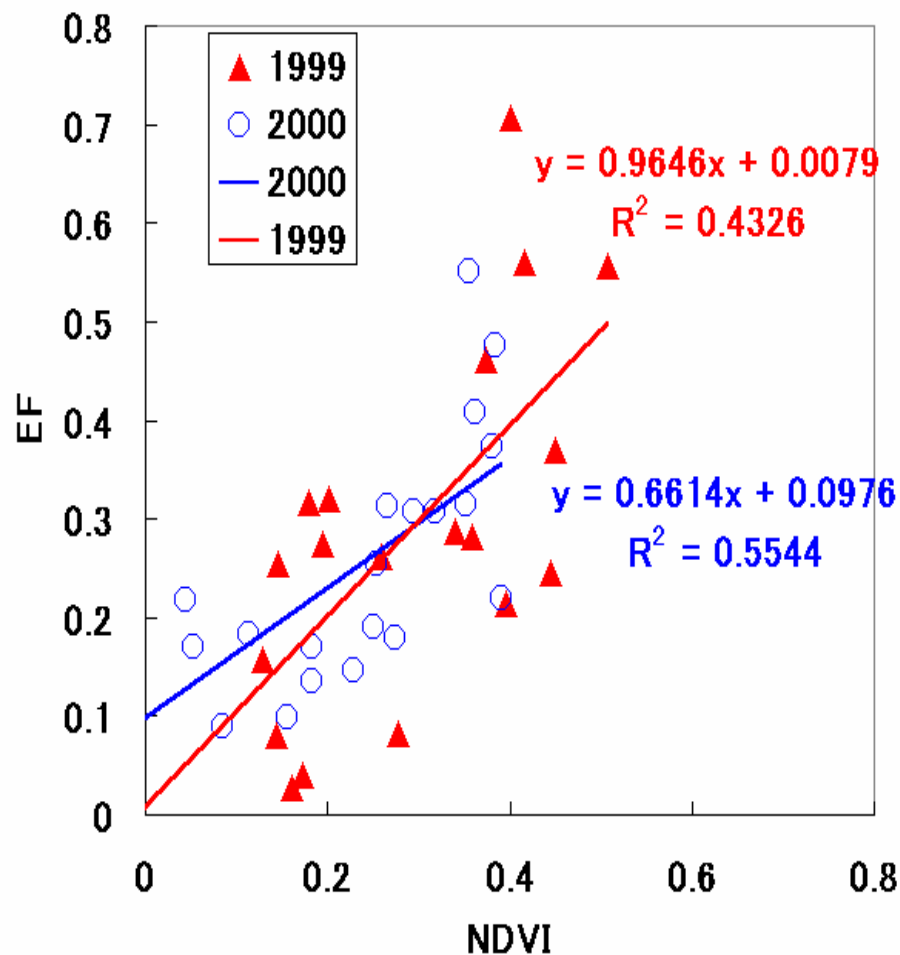
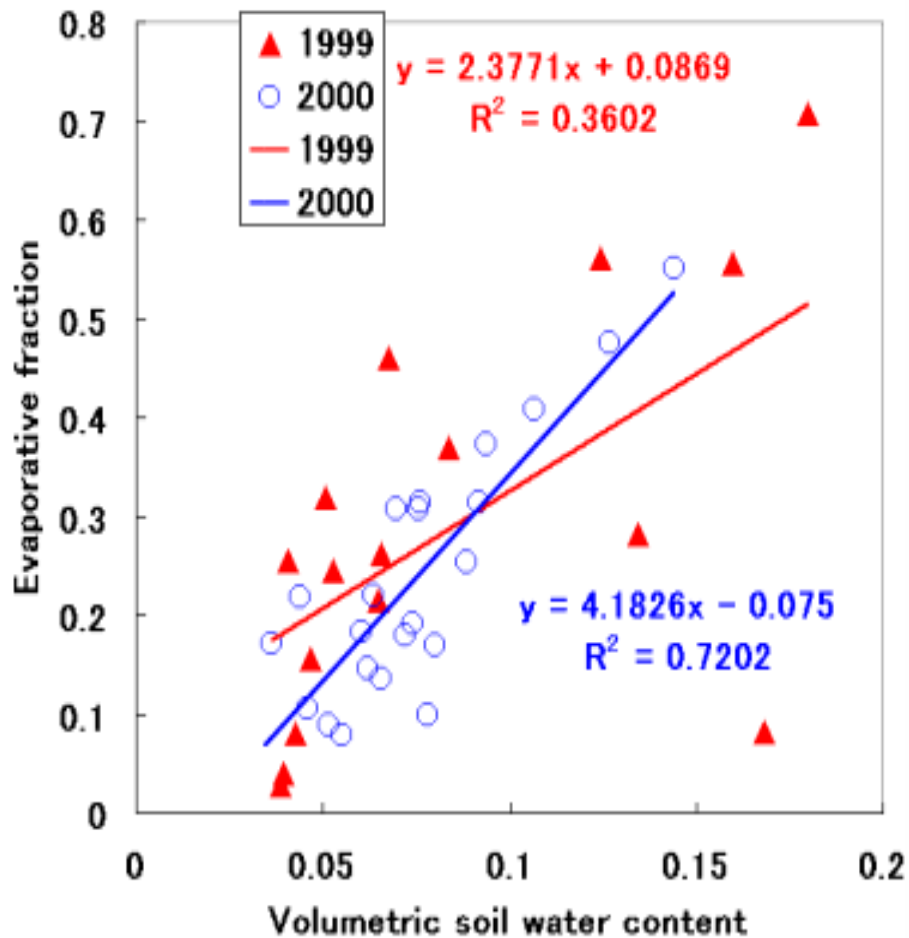
- ◆ Yakutsuk
- Mongolia
- ▲ China
- ✧ Tibet(npam)
- * Tibet(Amdo)
- Thail(Tak)
- + Thai(KogMa)
- Tiksi



左：土壤水分量－蒸發率 / 右：植生指數－蒸發率



$$EF = LE / (R_n - G)$$



飽和体積含水率=0.474 at 10cm



ご拝聴ありがとうございました！