

蒸発散量を気候学的に計算する方法

① ソーンズウェイト法(Thorntewaite,1948)

月平均気温のみから月可能蒸発散量を求める経験式。丈の低い緑草で密に覆われた地表面から、水不足の起こらないように給水した場合に失われる蒸発散量。

可能蒸発散量

② ペンマン法(Penman,1948)

$$E_t = f \times E_p = f \times \left\{ \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} R_n + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} E_a \right\}$$

ここで、 E_t : 実蒸発散量(mm/month)、
 E_p : 可能蒸発散量(mm/month)
 f : 可能蒸発散量を実蒸発散量に変換する係数、
 Δ : 気温における飽和水蒸気圧曲線の勾配、
 γ : 乾湿計定数、
 R_n : 正味放射量(mm/month)、
 E_a : 空気力学的効果による蒸発を表す項(mm/day)、
である。また、 E_a の式はDunne & Leopold(1979)による次式を用いた。

$$E_a = 10 \times (0.013 + 0.00016u_2)(e_{s,a} - e_a)$$

ここで、 u_2 : 地上2mにおける風速(km/day)、
 $e_{s,a}$: 気温における飽和水蒸気圧(mb)
 e_a : 水蒸気圧(mb)、である。

可能蒸発散量

③ Priestley and Taylor法(Priestley and Taylor,1972)

完全に湿っている、均質な地表面から、移流のない場合に期待される蒸発量の上限。

$$E_w = \alpha \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} R_n = 1.26 \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} R_n$$

可能蒸発量

④ 補完関係式 (Bouchet, 1963; Morton, 1978, 1983)

$$E_{ac} = 2 \times E_w - E_p$$

ここで、 E_{ac} : 補完法による実蒸発散量推定値、
 E_w : 湿潤環境の蒸発量、
 E_p : 可能蒸発散量、である。

⑤ Brutsaert & Stricker法 (Brutsaert & Stricker, 1979)

実蒸発散量

$$E_{BS} = 2 \times E_w - E_p = (2\alpha - 1) \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} R_n - \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} E_a$$

ここで、 E_{BS} は BS 法による実蒸発散量推定値、
 E_w は PT 法による可能蒸発量、
 E_p は ペンマン法による可能蒸発散量、である。

⑥ モートン法 (Morton, 1983)

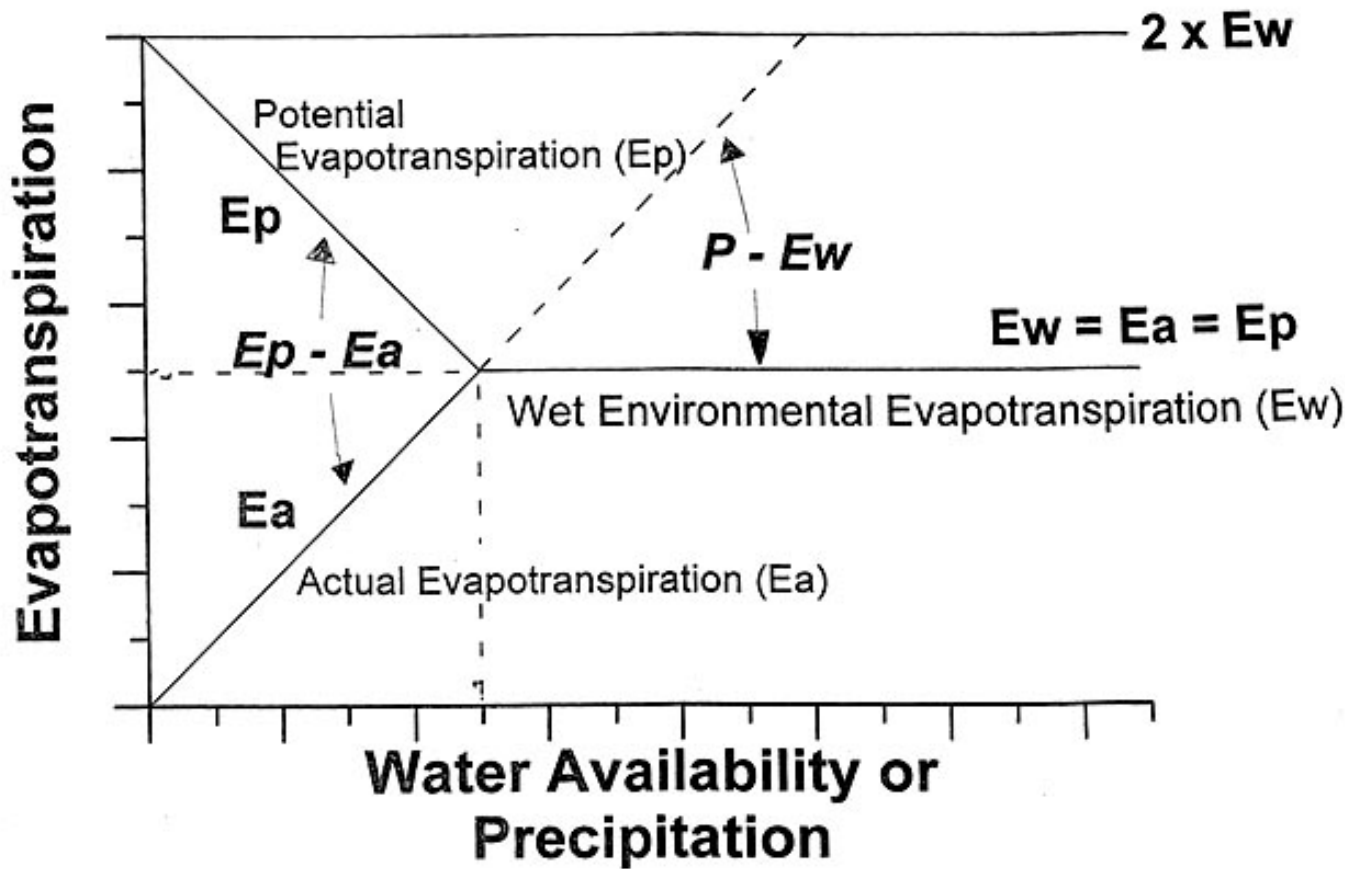
Areal Evapotranspiration

補完関係を用いた蒸発散量の推定法。熱収支各項の計算に経験式を多く含む。

Areal Evapotranspiration とは？

$$E_a = 2 \times E_w - E_p$$

補完関係とは？



- ・蒸発すべき水が十分ある状態では、実蒸発散量は可能蒸発散量に等しい (湿潤環境の蒸発散量)
- ・”土壌水分量”が少なくなると、実蒸発散量は減少、可能蒸発散量は増加
- ・この時、実蒸発散量と可能蒸発散量の和は湿潤環境の蒸発散量の2倍

$$E_a = 2 \times E_w - E_p$$

LANDUSE MAP OF HUAIHE RIVER BASIN

Legend

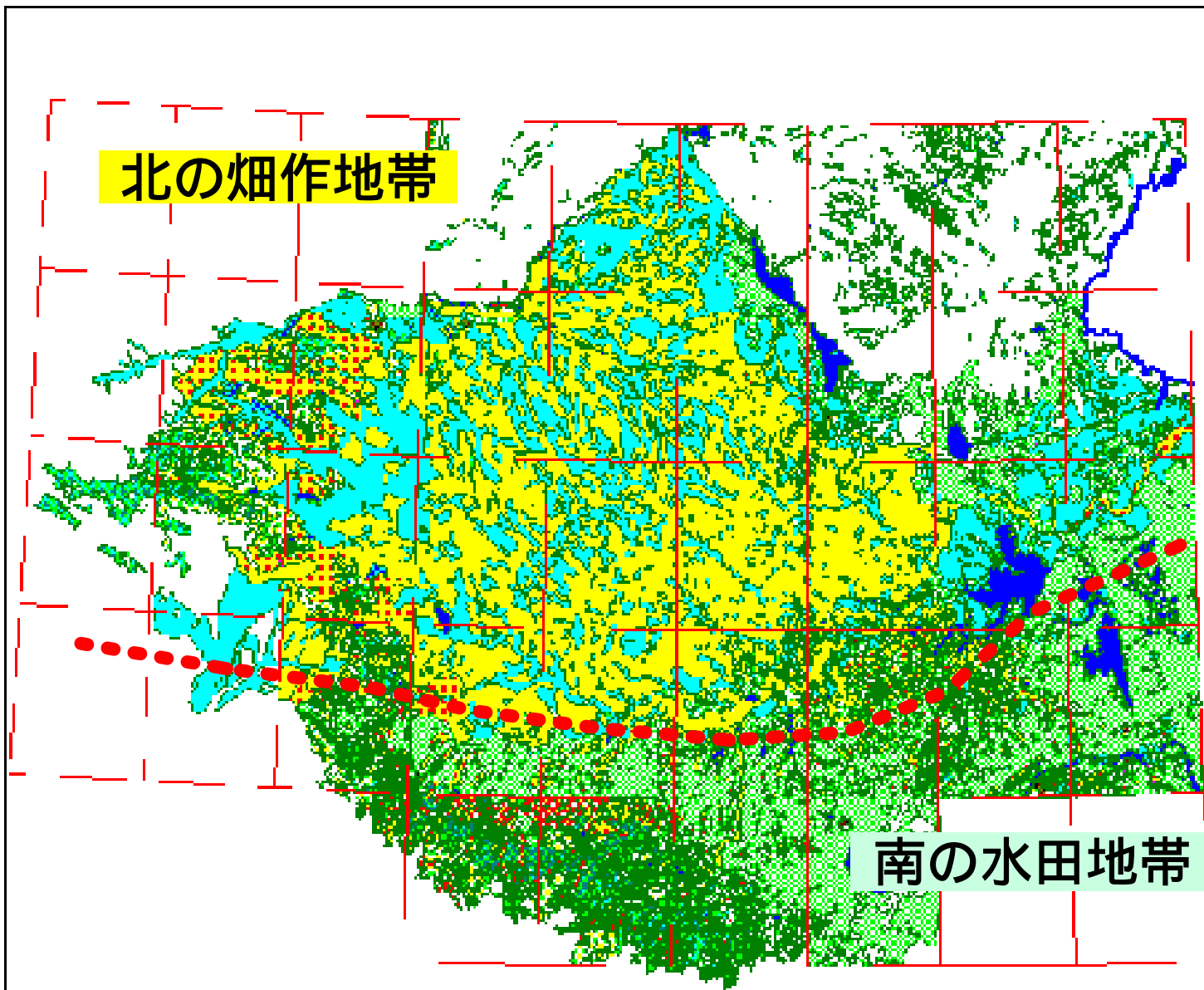
- Flain non-irrigated field
- Broad-leaf Forest
- Spruce forest
- Flain irrigated field
- Sandy land
- Open Water
- Flain paddy
- Slope grass mead
- Horse and Drinking
- Slope non irrigated field
- Tropic forest
- Coniferous Forest
- Terraced paddy
- Firwood and bush
- Terraced irrigated field
- Mixed forest
- Oak forest
- Vegetation plot
- Bamboo
- Woody grain and oil
- Exposed rock
- Irrigated and non irrigated
- Tea garden
- (Cultivated forest)
- Slope
- Salt lake
- Canal line
- Latitude line
- Longitude line

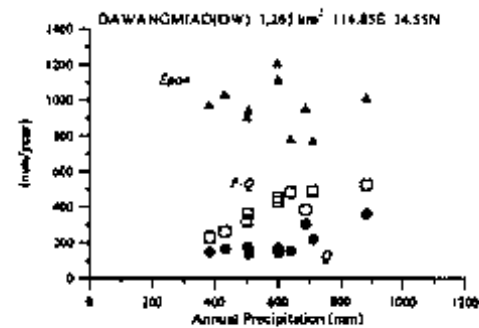
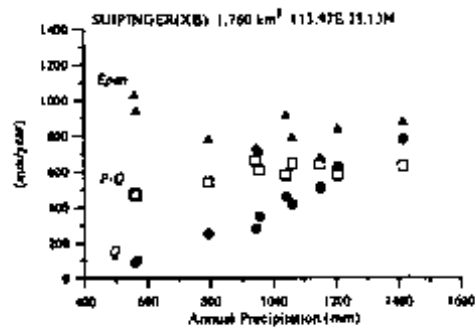
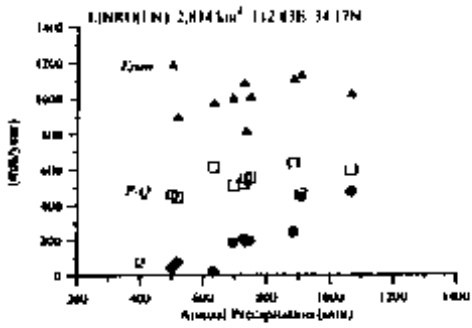
北の畑作地帯

南の水田地帯

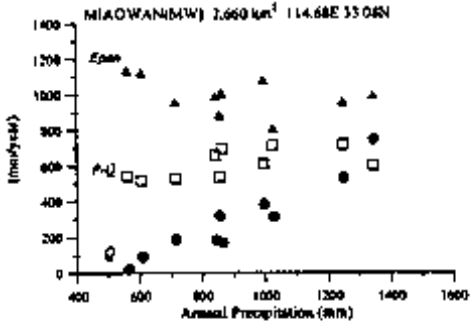
中国、淮河流域

KM

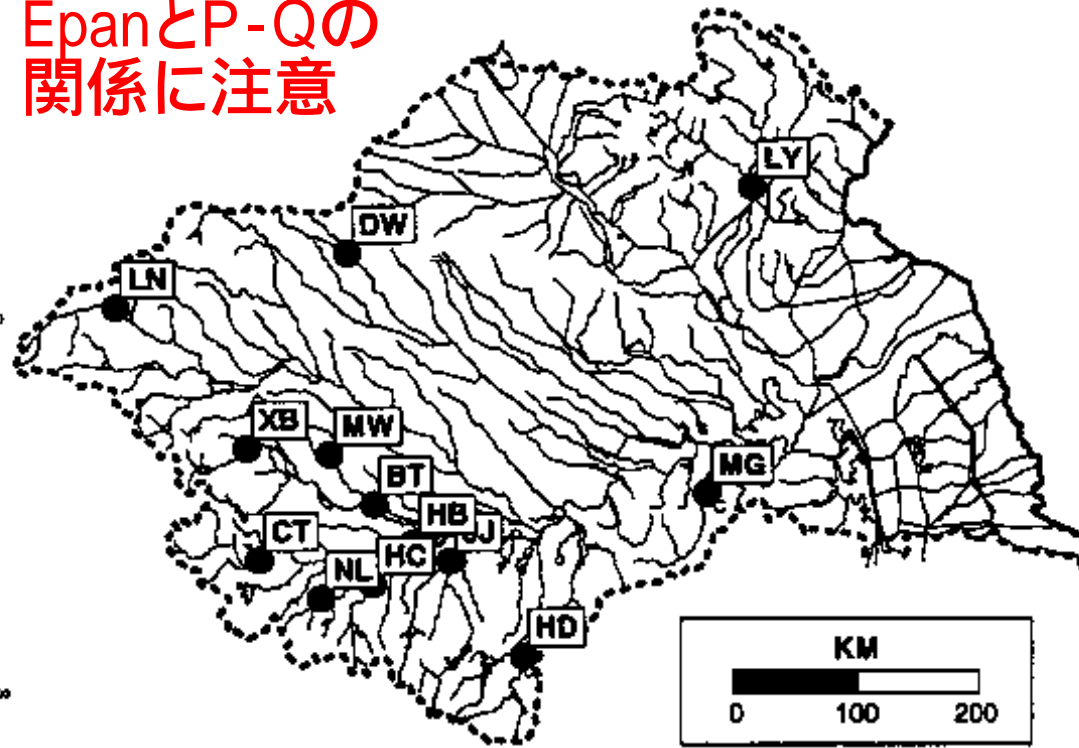
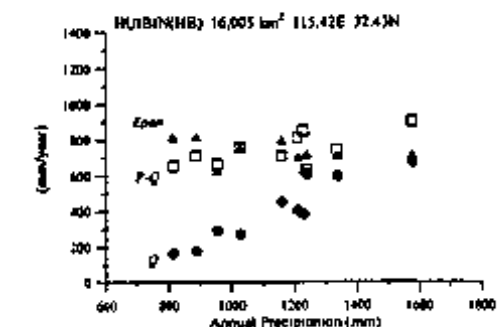
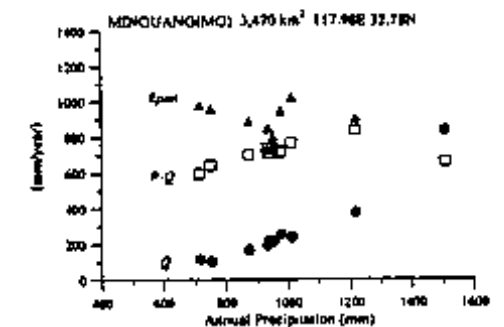
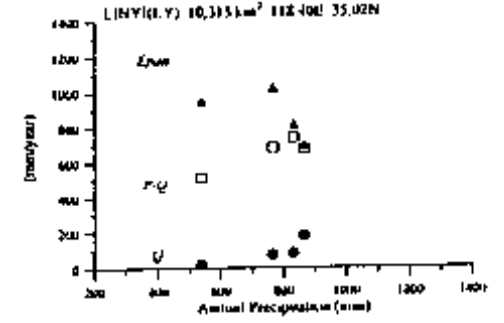
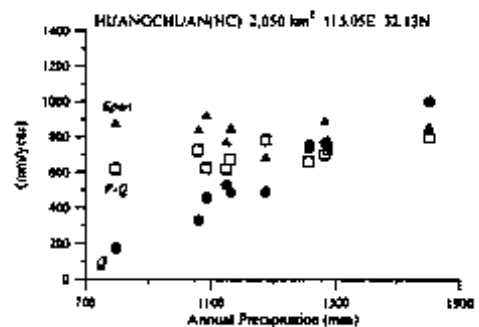
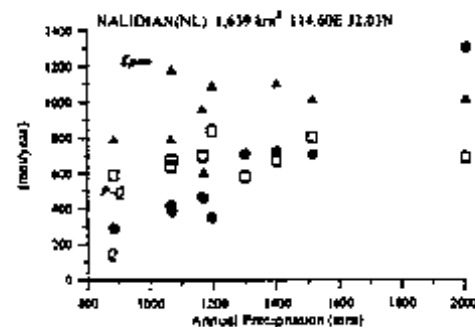
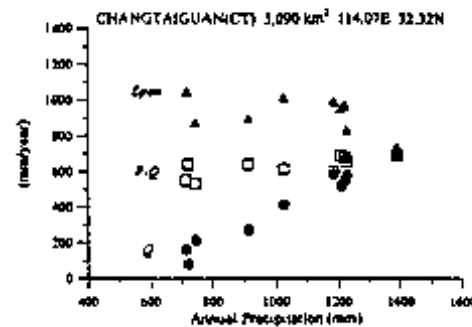
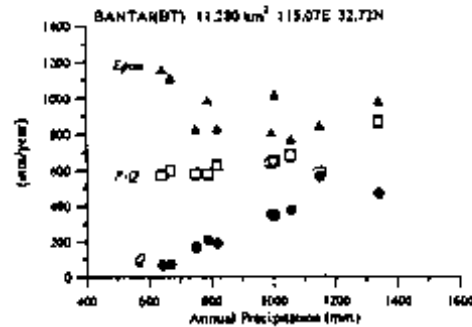


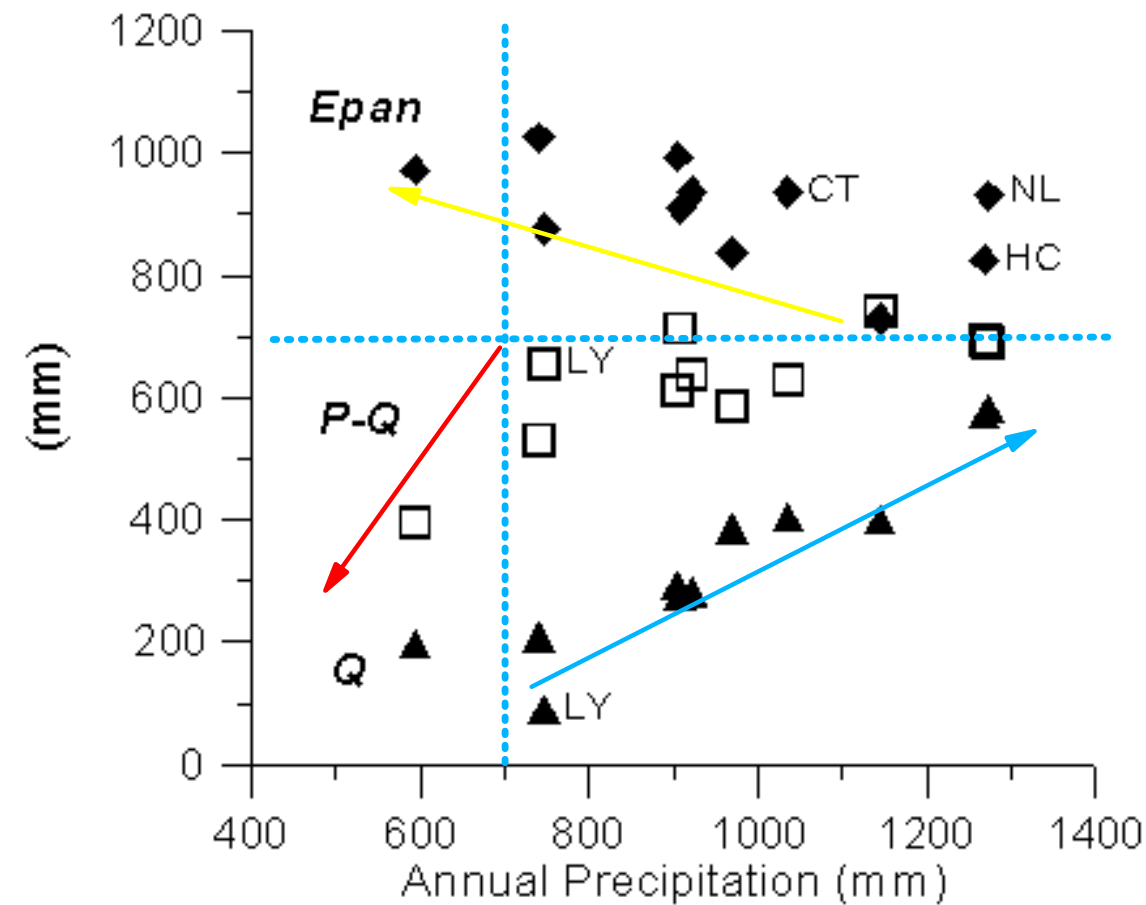


パン蒸発量(Epan)
流出量(Q)
降水量-流出量
(P-Q)



EpanとP-Qの
関係に注意



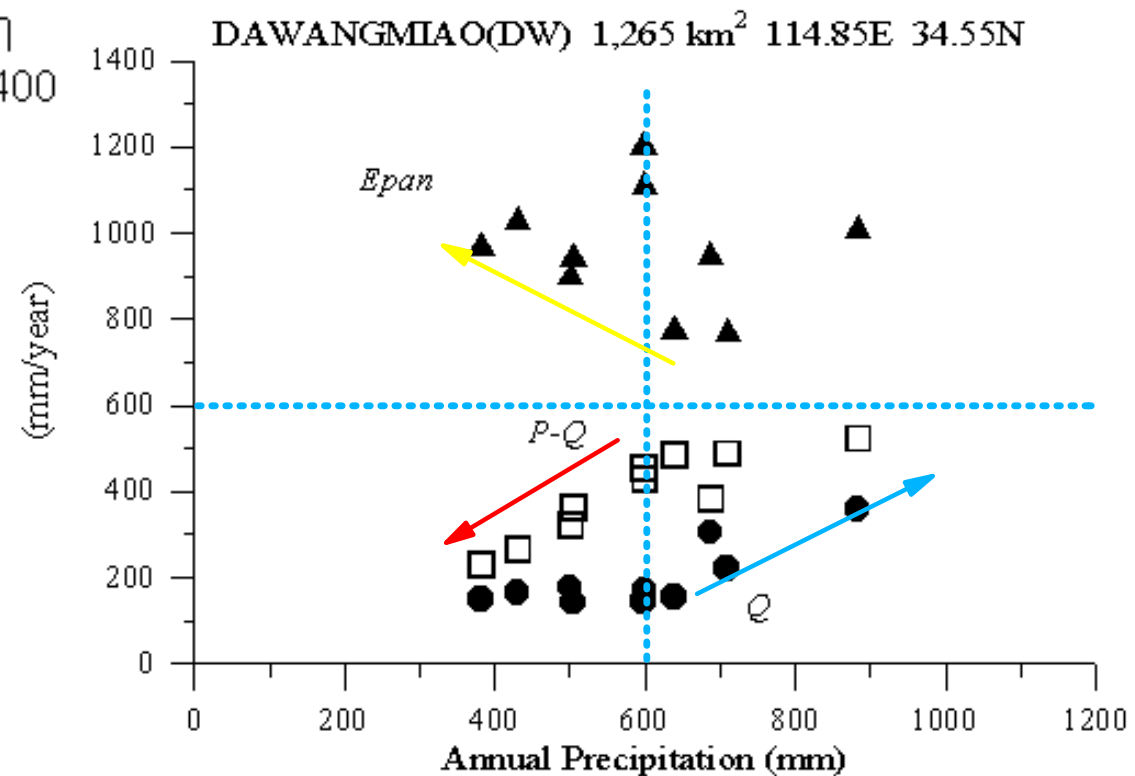


流域全体の平均水収支 (左)

- ・気候学的に決まるP-Q (湿潤環境の蒸発散量) は一定値
- ・年降水量が一定のP-Qを下回ると、P-Qは減少
- ・その時、Epanは増加

DW流域の年々の水収支 (右)

- ・気候学的に決まる湿潤環境の蒸発散量は600mm程度
- ・年降水量が600mmを下回ると、P-Qは直線的に減少
- ・その時、Epanは増加



乾燥地域では、蒸発は抑制
されることがわかった

では、モンスーンアジアの蒸
発散量計算値はどのような
分布をしているか？

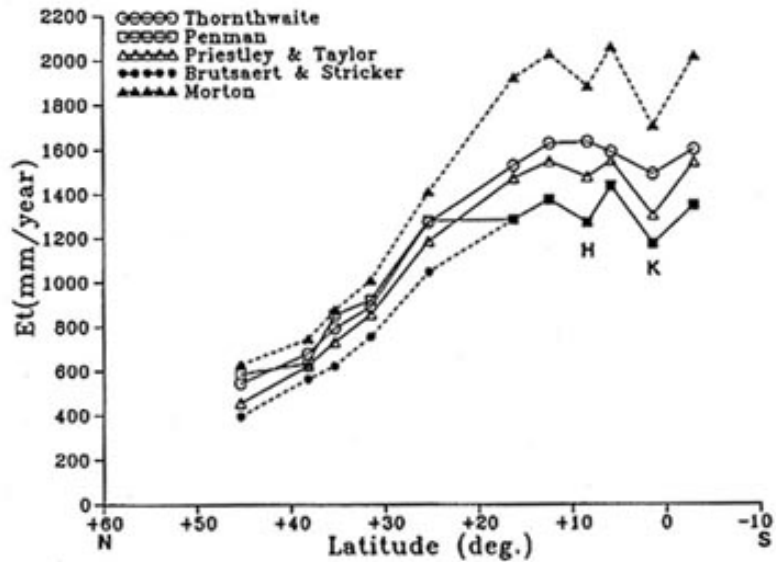


Figure 1 Latitudinal distribution of annual evapotranspirations.
H: Hinatuan (Philippine), K: Kuching (Malaysia)

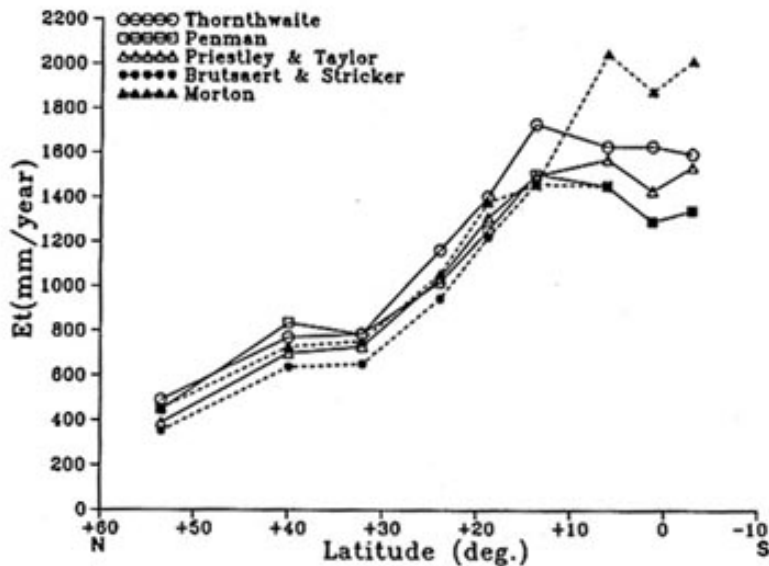


Figure 2 Latitudinal distribution of annual evapotranspirations.

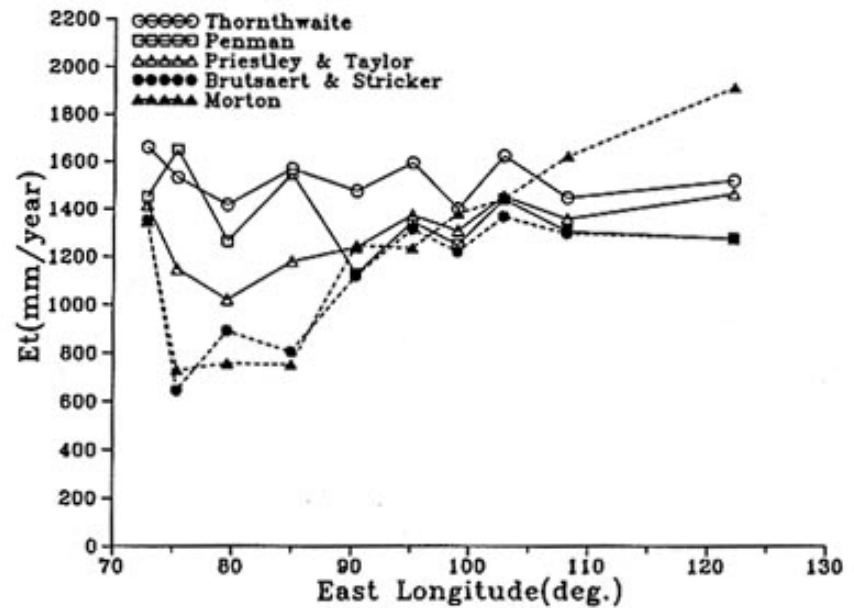
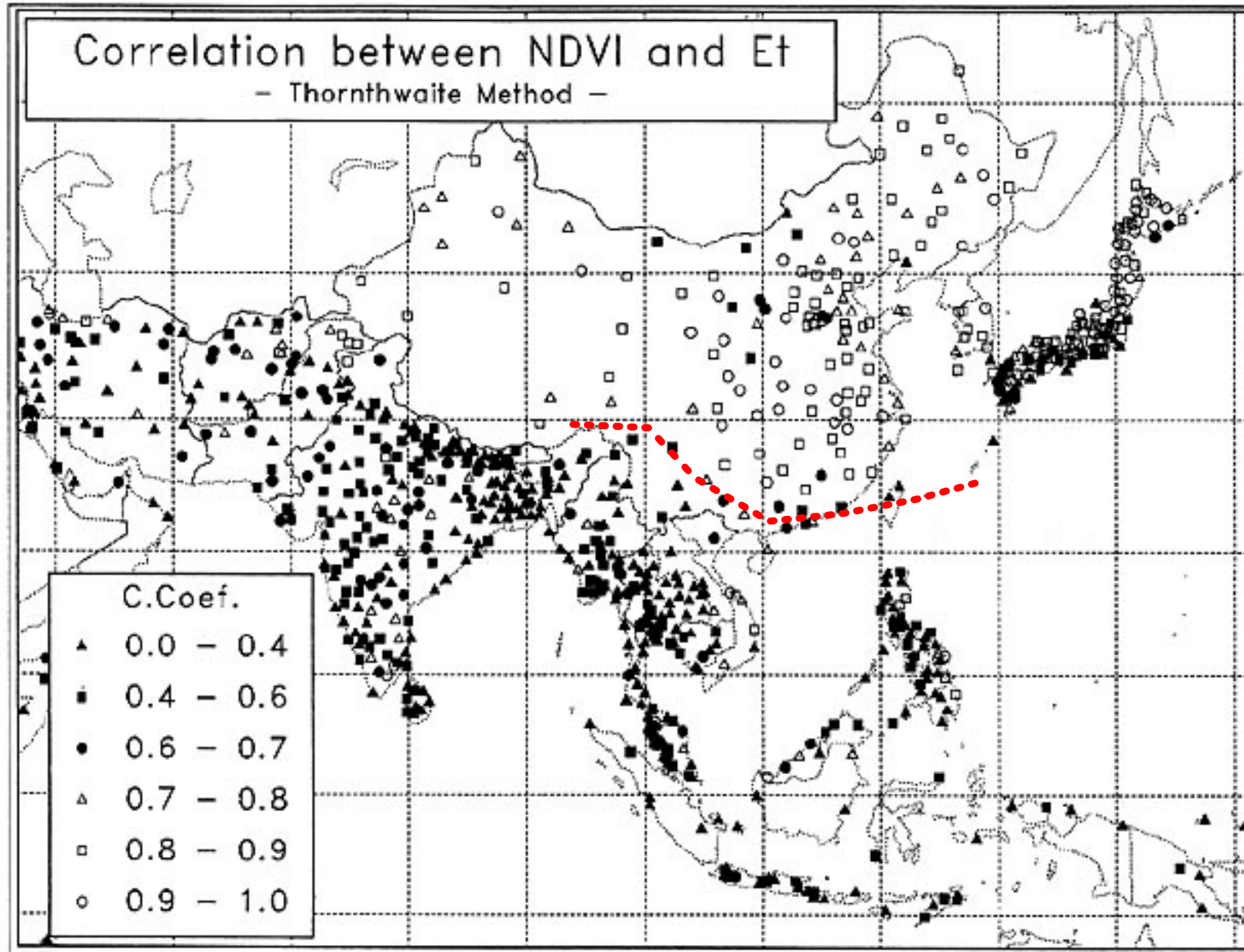


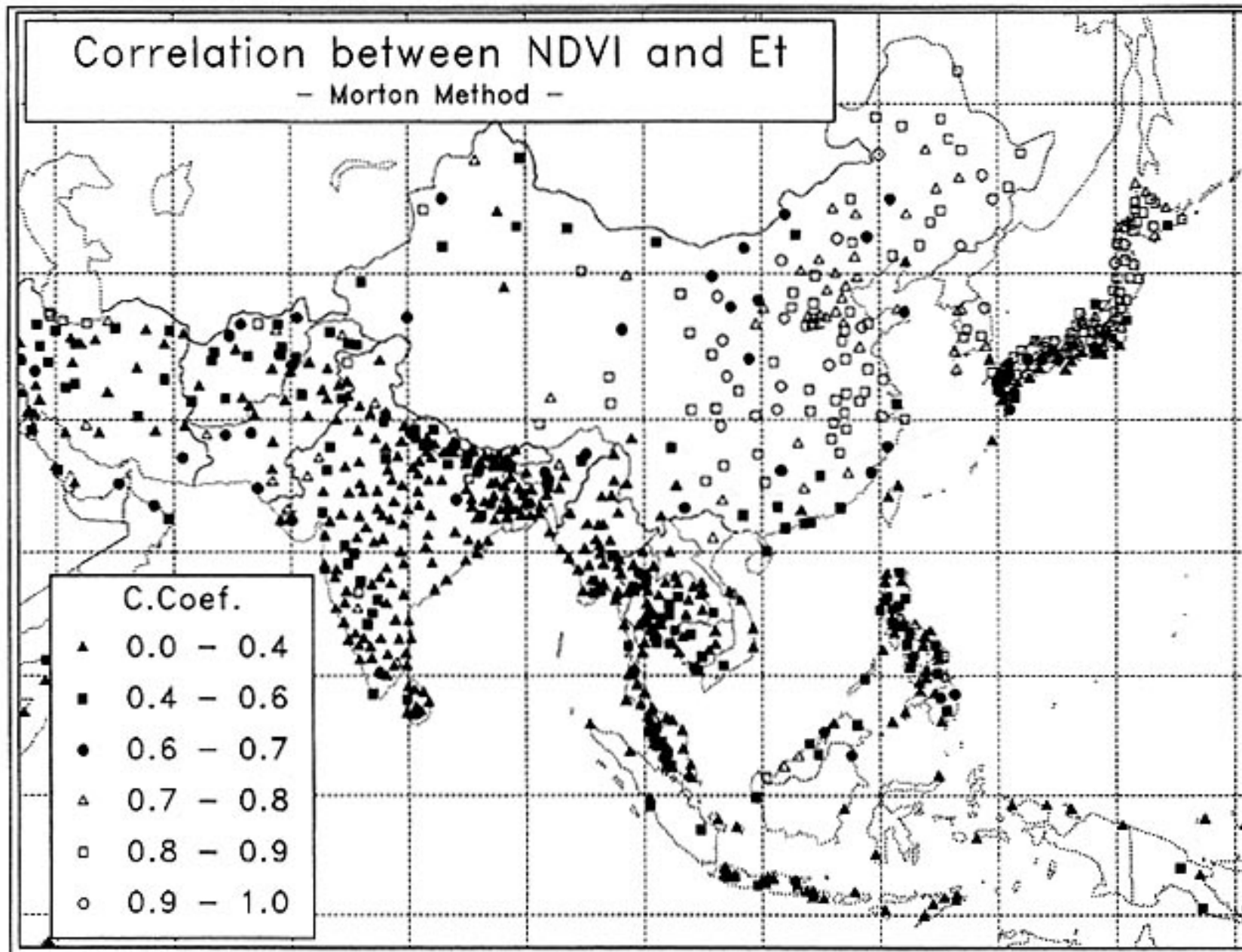
Figure 3 Longitudinal distribution of annual evapotranspirations.

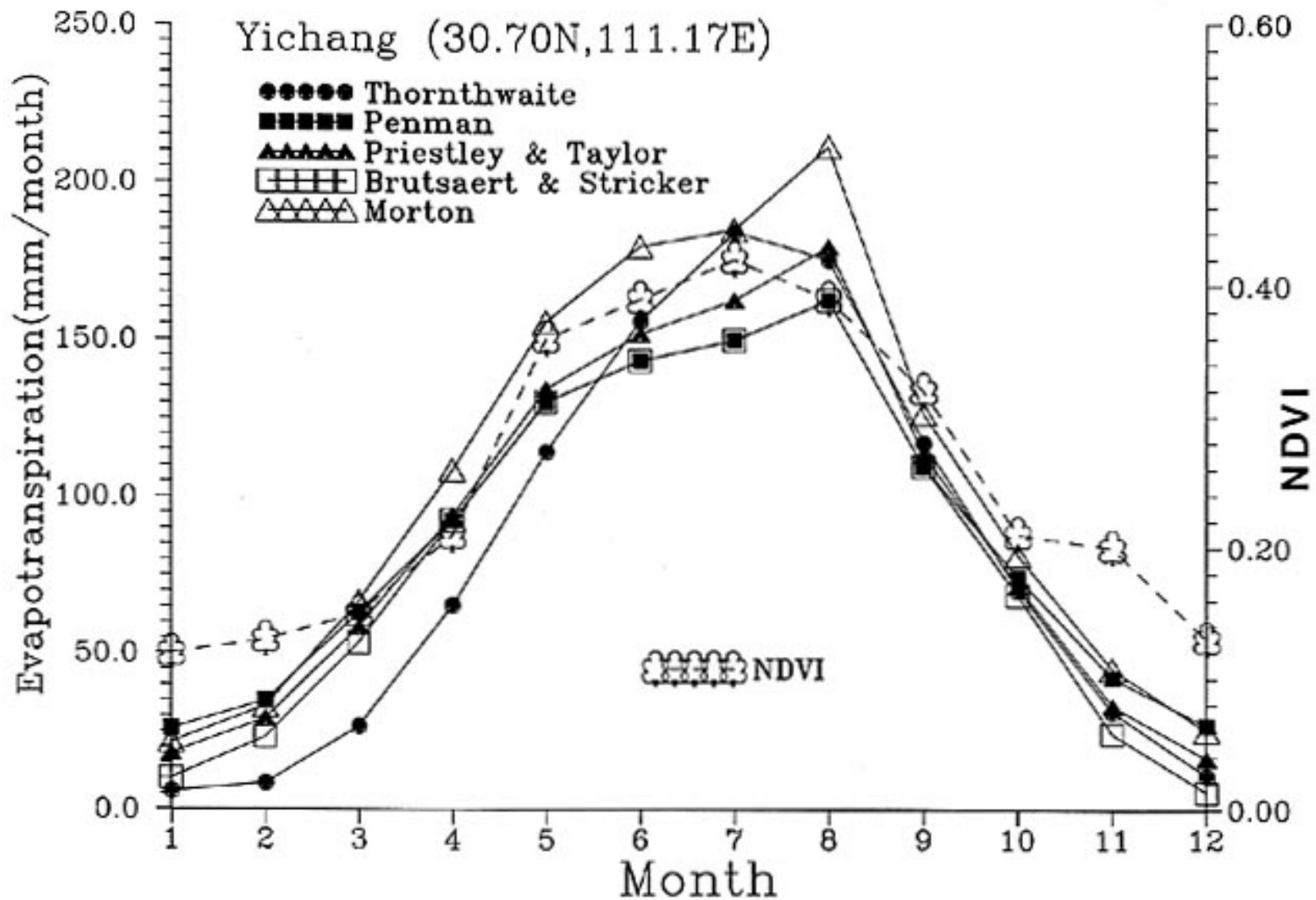
月々のNDVIと蒸発散量の相関



可能蒸発散量であるソーンズウエイ法では、東アジアで相関が高い

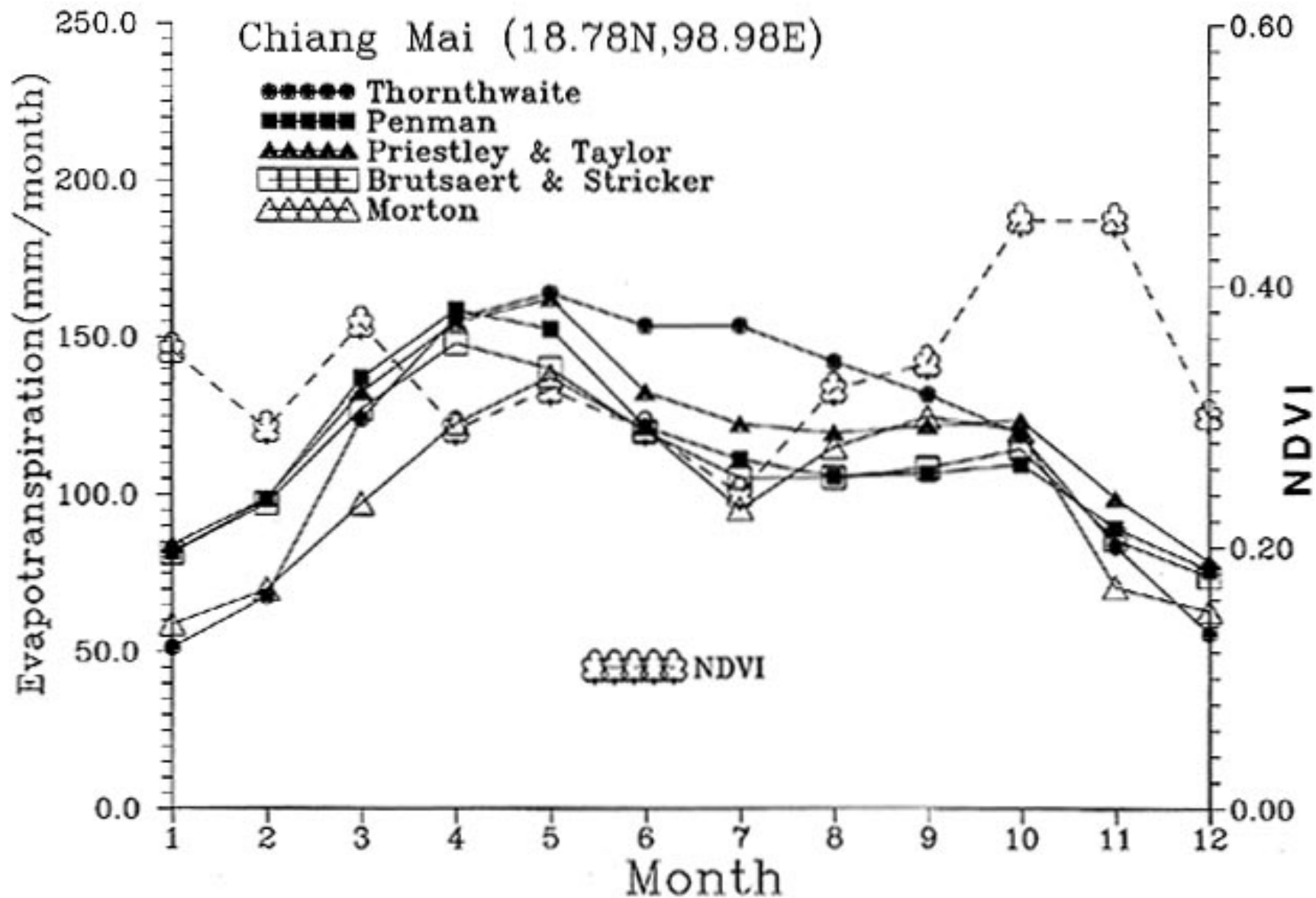
月々のNDVIと蒸発散量の相関





最も相関が高かった中国、宜昌におけるNDVIと蒸発散量
計算値の関係

・蒸発散量もNDVIも正味放射量と相関



タイ、チェンマイでは、雨期の後にNDVIのピークが来る
 ・雨緑林地帯、エネルギーより水が重要

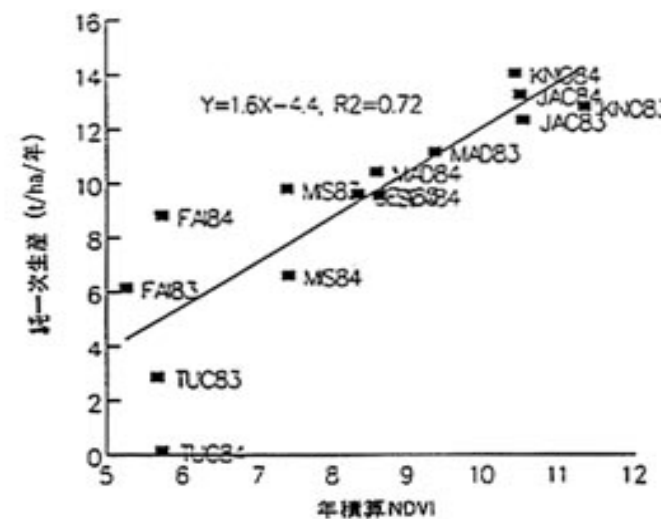
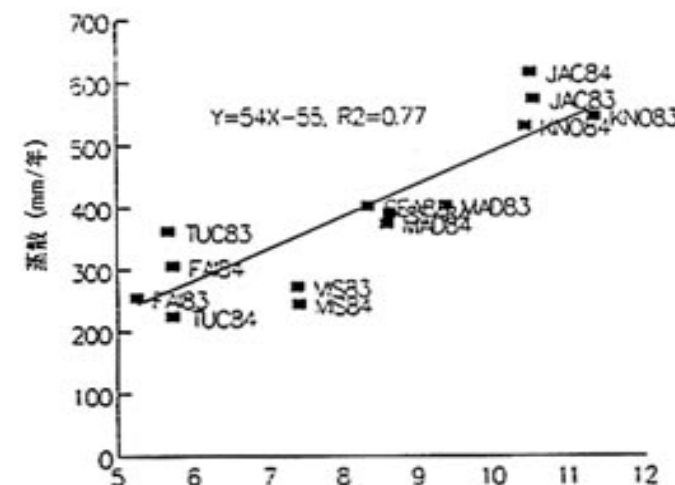
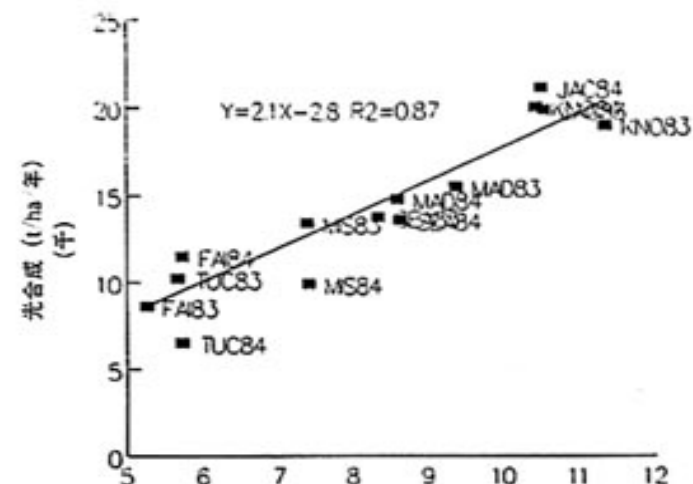
このような経験的な方法は、解析的ではないが、

- ・衛星データは撮影時の地表面近傍の状態やフラックスを記録している
- ・撮影時の状況を反映しているため、検討する価値は高い！

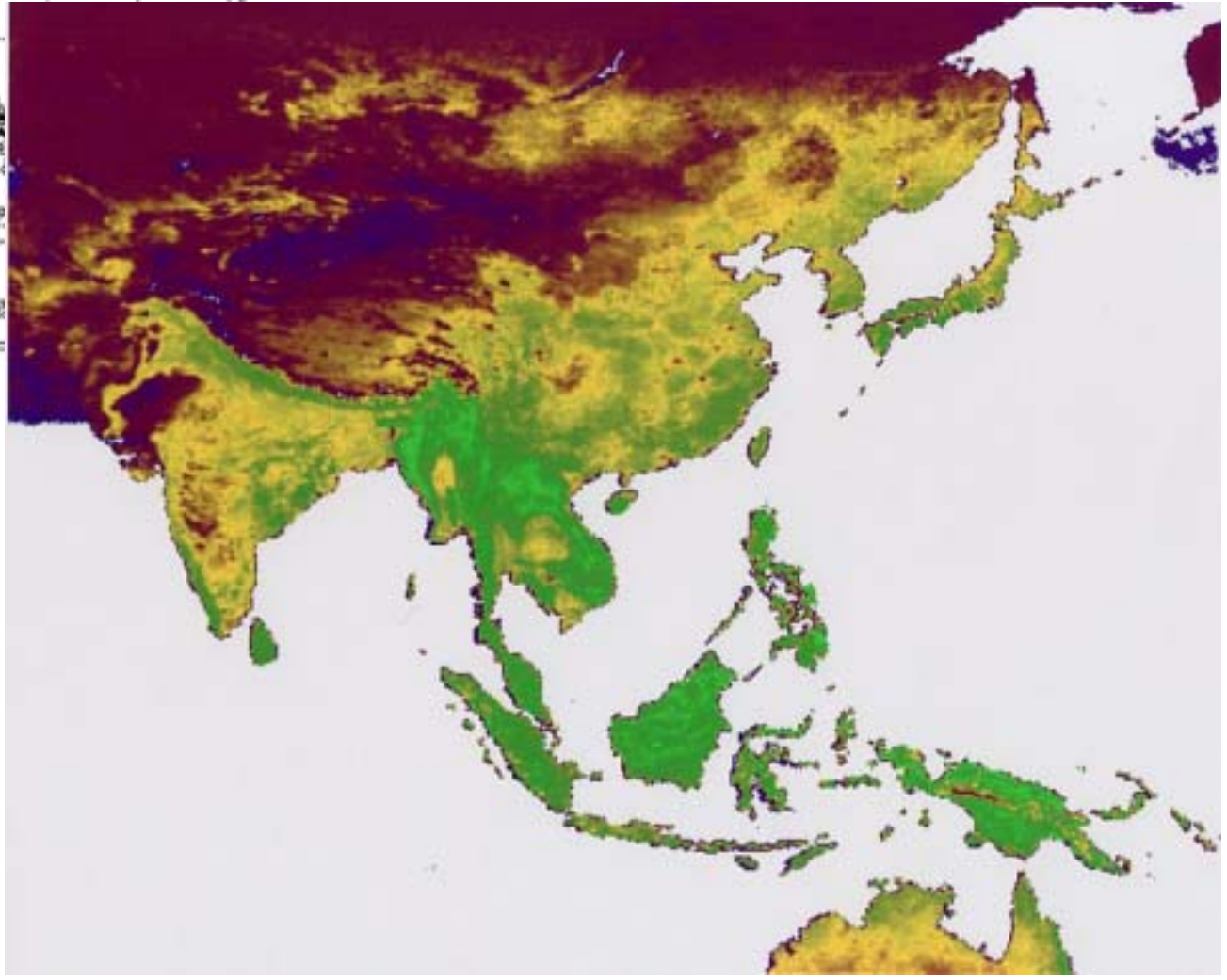
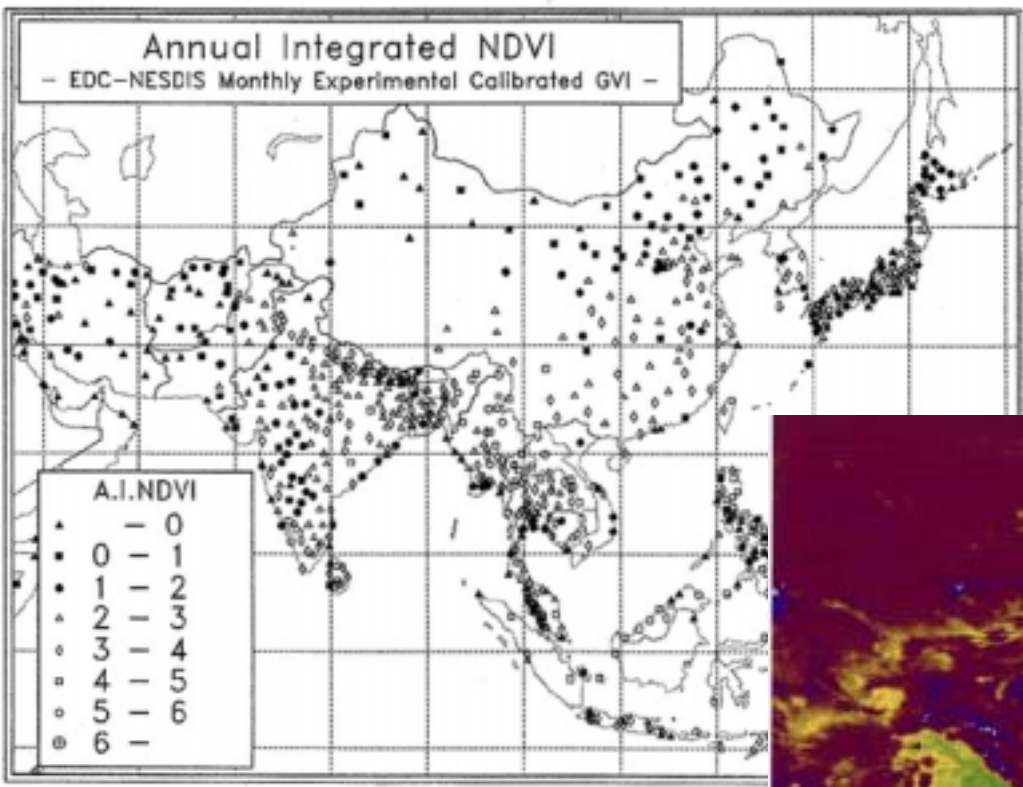
熱帯では季節変化は蒸発散量の良い指標にはならなかった

年間の積算NDVIは、生育期間における光合成量、蒸散量、純一次生産量と相関がある

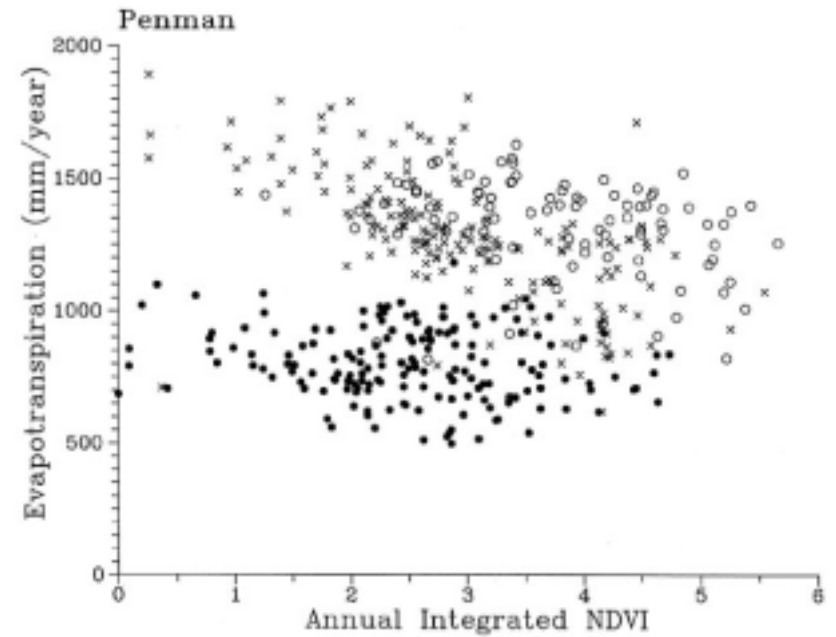
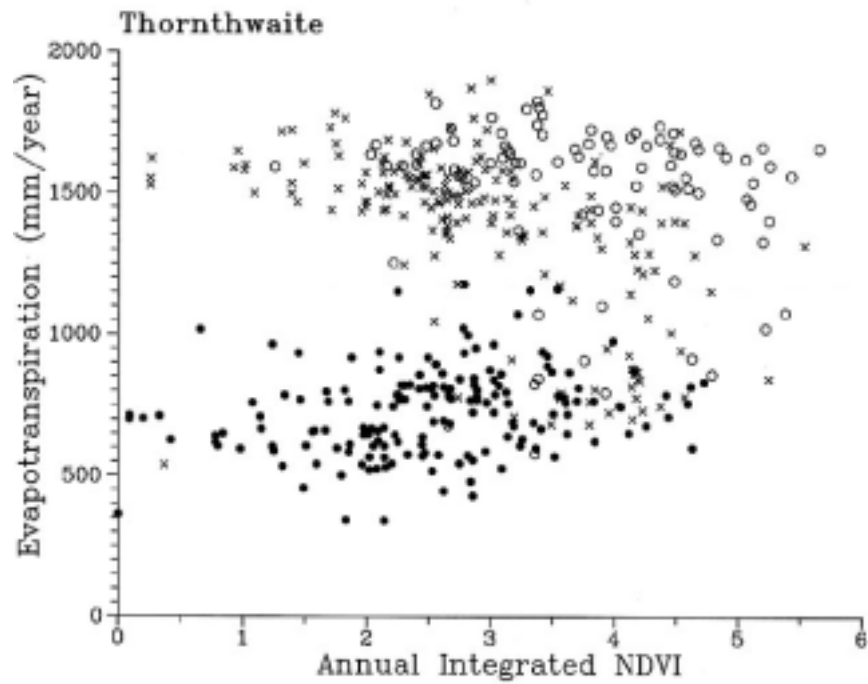
右はモンタナ大学のRunningらによるモデル計算の結果



NDVIのマップがバイオマスや蒸散量の分布と対応していると
考えられる

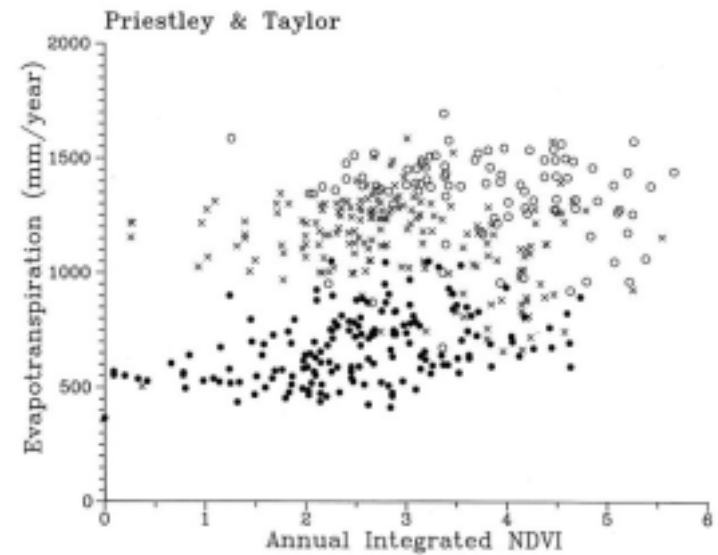


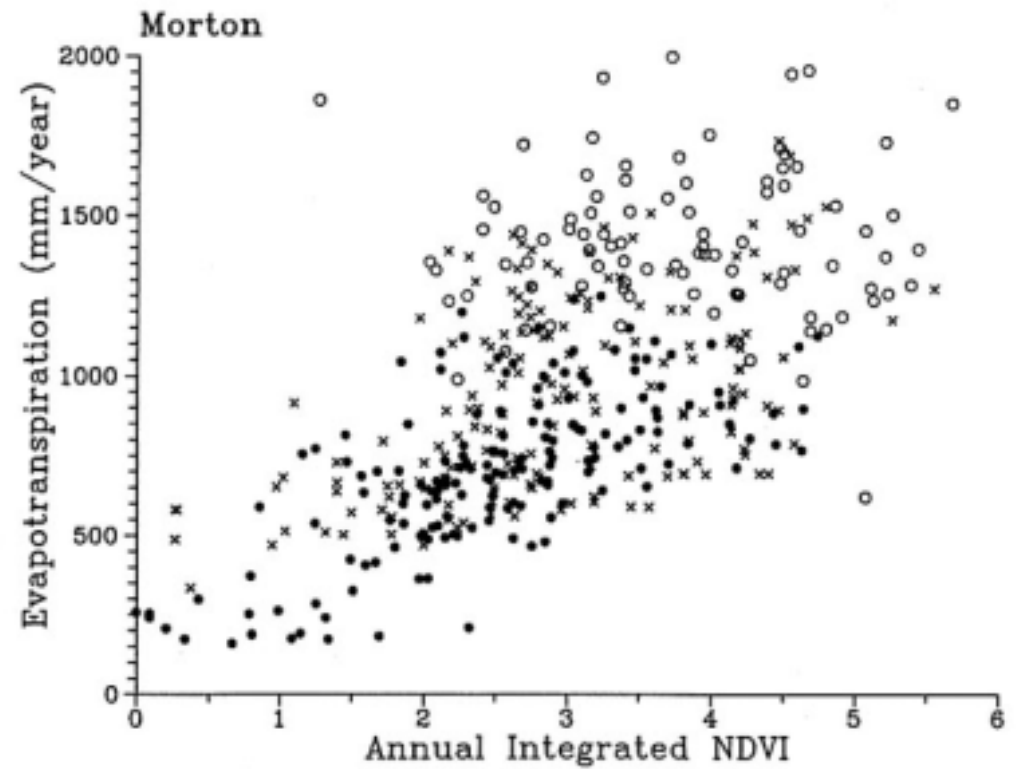
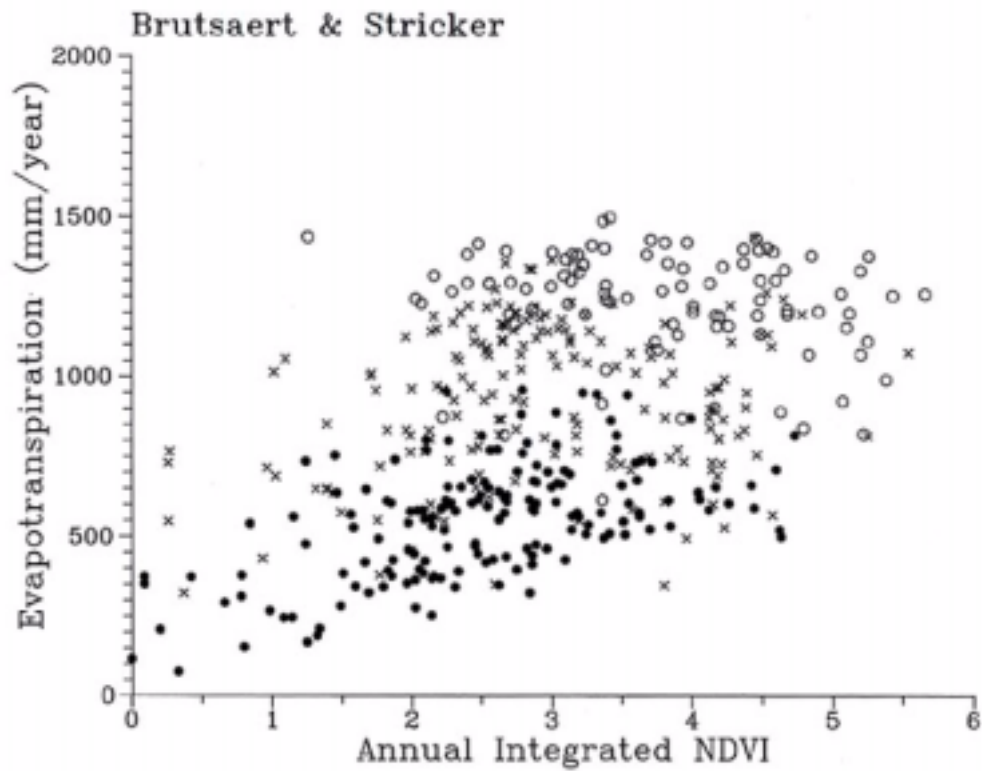
- ・年蒸発散量と乾物生産量
 - ・VIとLAIの関係
 - ・等々
- も得られている



ここで、示したのは可能蒸発散量

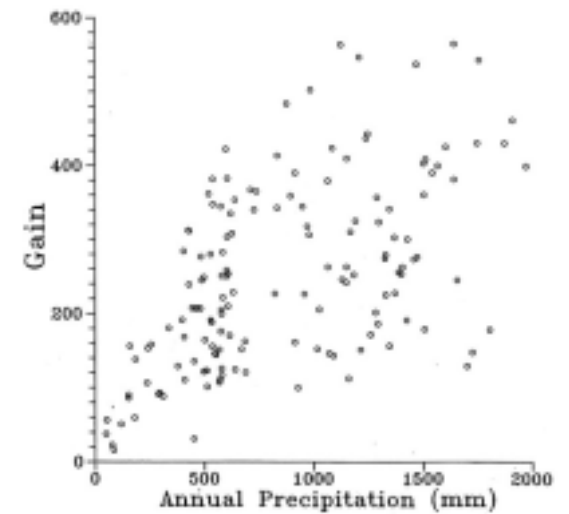
- : 東アジア
- : 東南アジア
- × : 南アジア

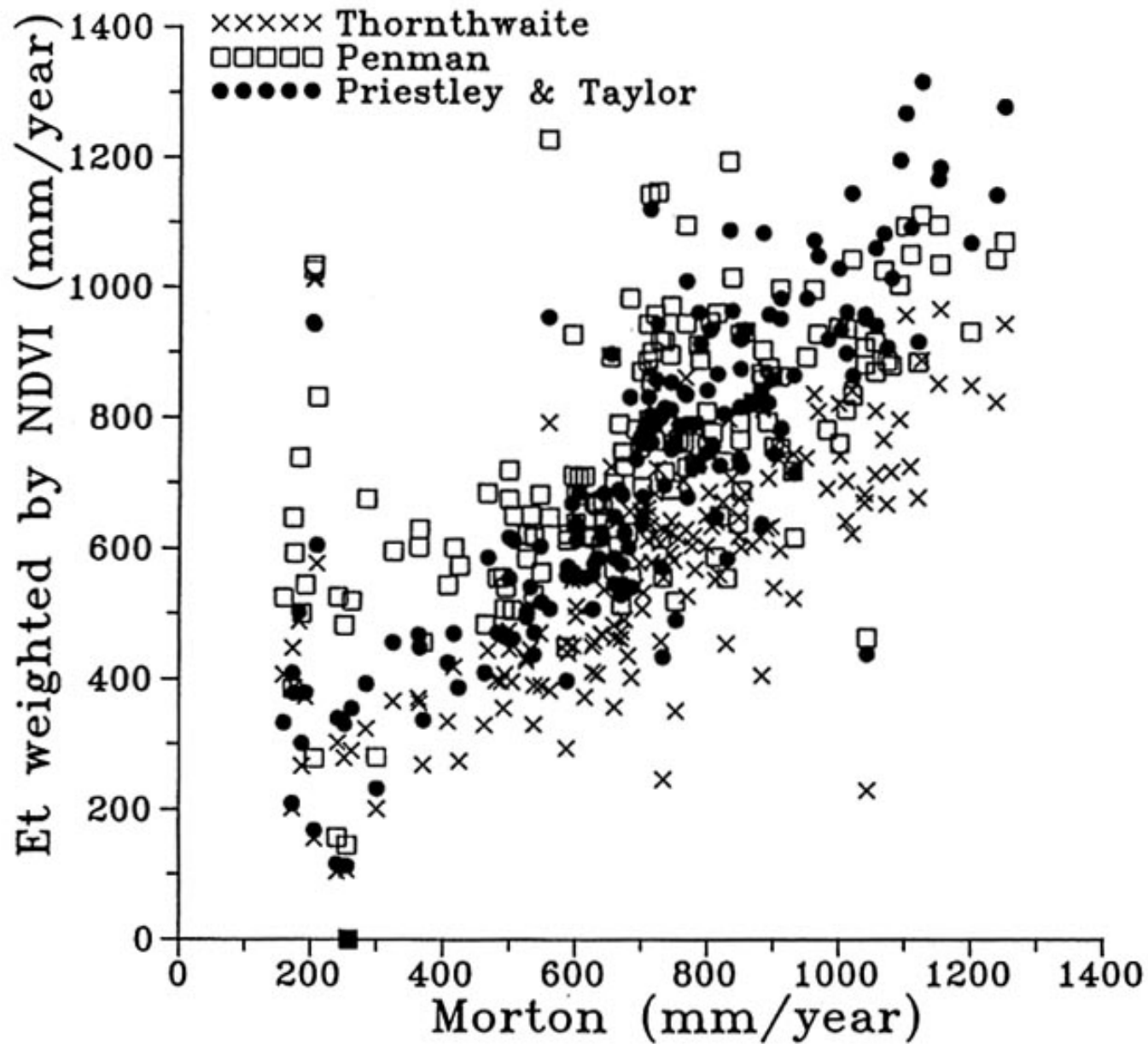




これは”実蒸発散量”

相関が認められる





可能蒸発量をNDVIで重み付けした結果

モートン法を基準にすると、重み付けした蒸発散量は1:1の直線に乗ってくる

特に、P-T法は少ないパラメーターで蒸発量を計算できる