

SWATモデルを用いた大阪平野、 淀川流域の水文解析

柴田広志(信州大・工)

中屋眞司(信州大・工)

清水裕太(広島大学大学院)

謝 辞

本研究で用いたGISソフトArcViewは、総合地球環境学研究所から提供いただいた。SWAT解析に用いた河川流量データの一部は、琉球大学農学部の安元博士に提供いただいた。

広島大学大学院総合科学研究科の小野寺博士にはSWAT解析について便宜を図っていただいた。また、滋賀大学環境総合研究センターの田中博士にはSWAT解析の貴重な資料を提供いただいた。以上の方々に謝意を表します。

はじめに

水資源の管理や保全を進めていくためには、表流水や地下水の涵養、流動とった水循環の移動過程を時空間的に把握する必要がある



有効なツール

ボックス型差分流域モデル + GIS

特徴

水文現象に影響を及ぼす気象学的要因、標高、土壌および土地利用特性などを決定し、より正確な流出過程を解明することが可能

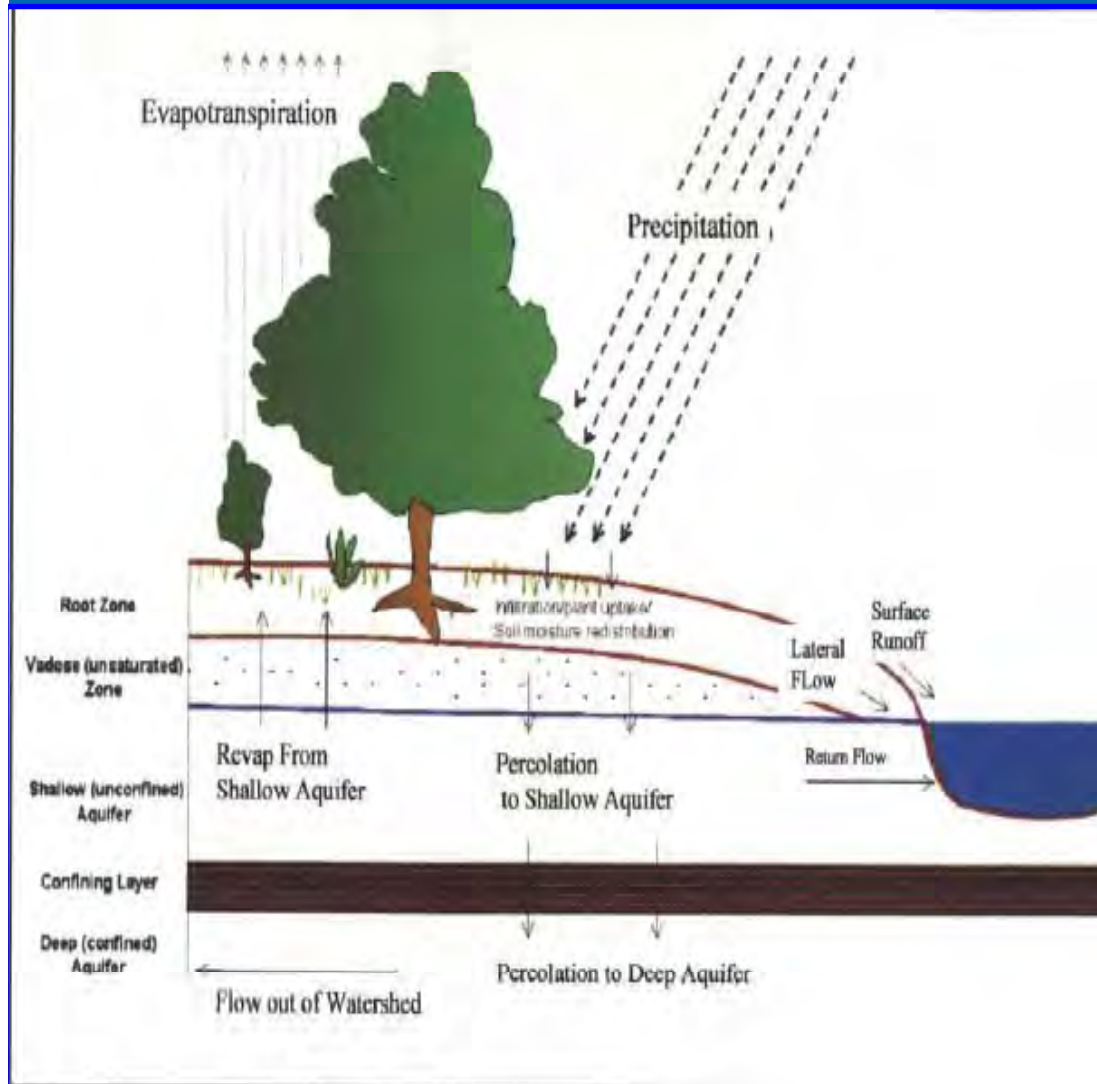
目的

大阪平野の1977-1979(期間Ⅰ)から2000-2002(期間Ⅱ)にかけての土地利用の変遷に伴う水収支の変化を検討する



GISソフトArc View
+
SWAT (Soil & Water Assessment Tool)

SWATモデル



・米国農務省(USDA)で開発された、世界標準になりつつある土壌と水の評価ツール

・表面流出: Curve Number Method (USDA-SCS,1972)

・側方流出: Kinematic Strageモデル(Sloan,1983)

・蒸発散: Penman-monteithモデル

解析方法

- ・降雨浸透モデル
- ・蒸発散モデル
- ・表面流出モデル
- ・側方流動モデル
- ・涵養モデル
- ・河川への流入出モデル

地形解析による流域分割



流域をさらにボックス分割



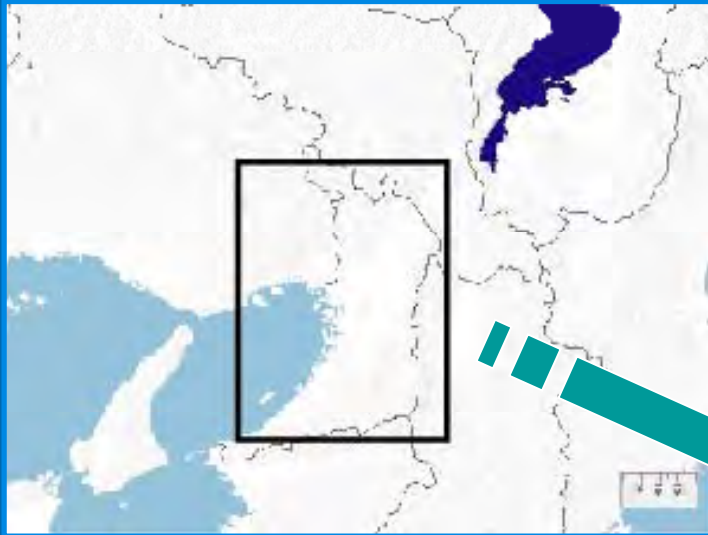
各ボックスで水収支を計算

SWATによる計算河川流量
と観測流量のマッチング



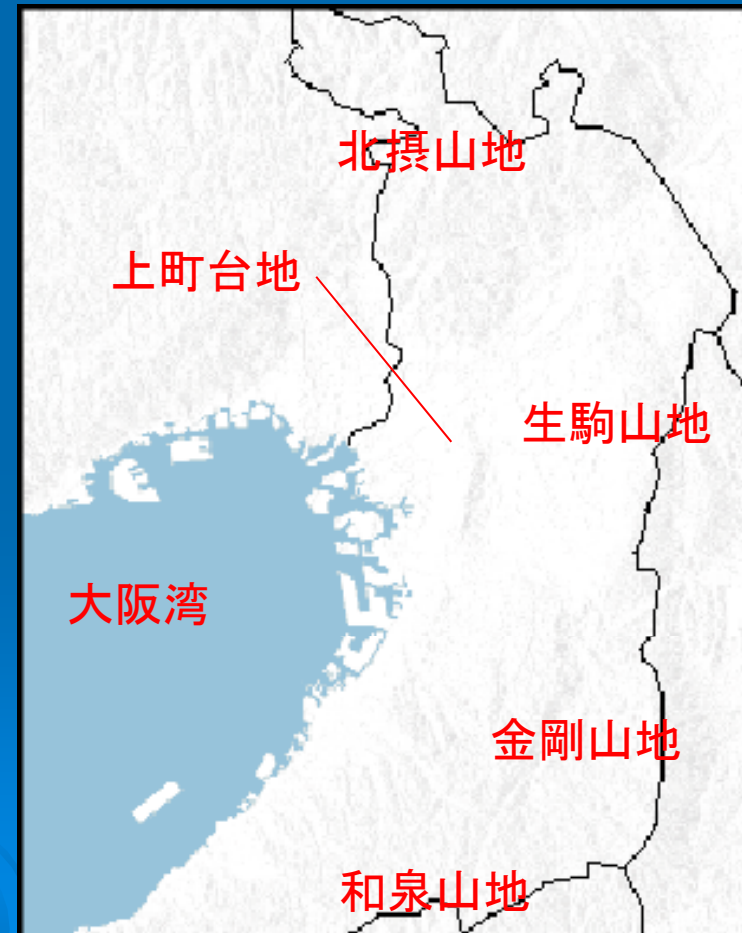
キャリブレーション、バリデーション

解析領域



解析領域の特徴

大阪平野は、北を北摂山地、東を生駒・金剛山地、南を和泉山地に囲まれ、西は大阪湾に面した台地・丘陵が広がる低平地である



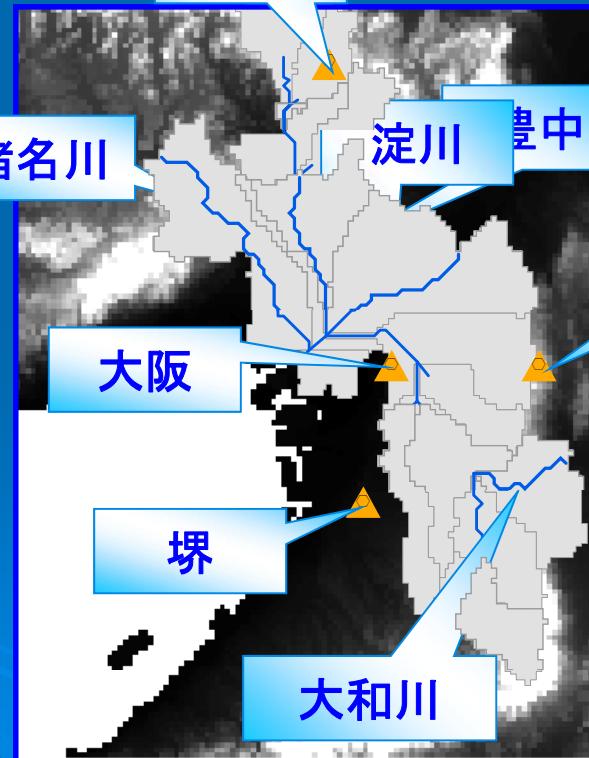
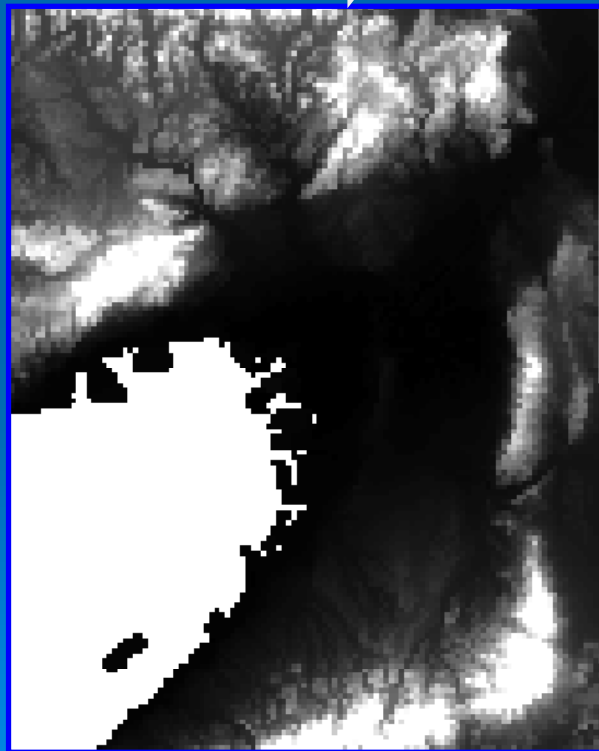
擬似河川道と小流域界

標高データより擬似河川道および小流域を決定

黒:低



白:高



River

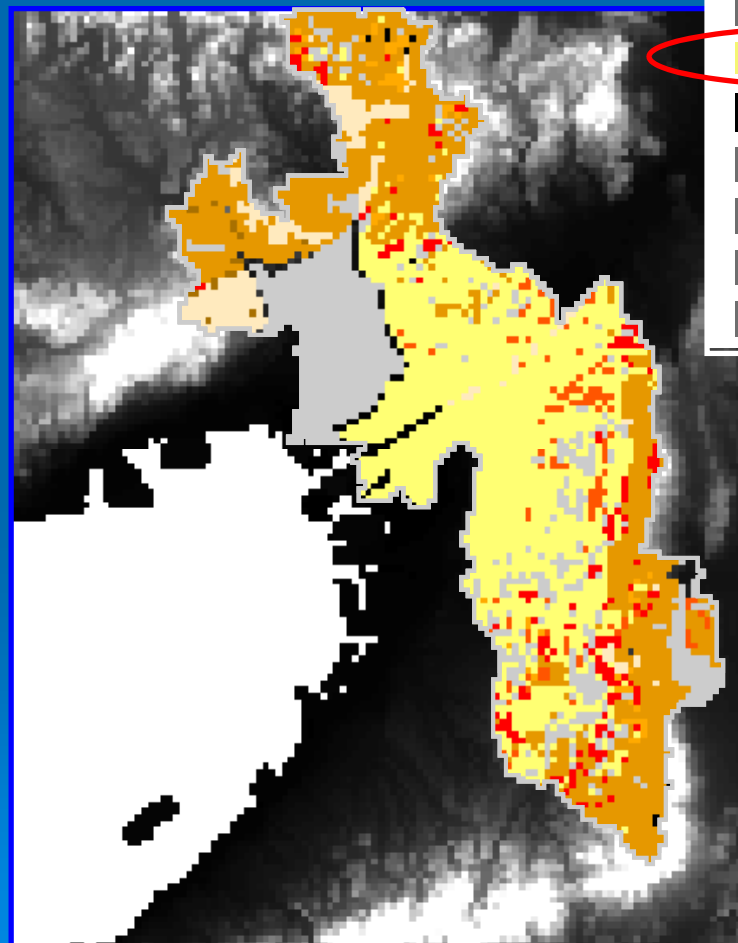


Watershed-outline



Observation point

土壤分布 : 土壤層厚モデル=3.5m均一



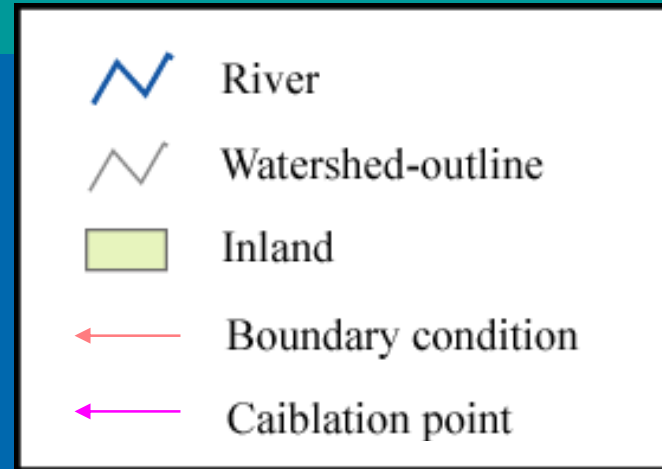
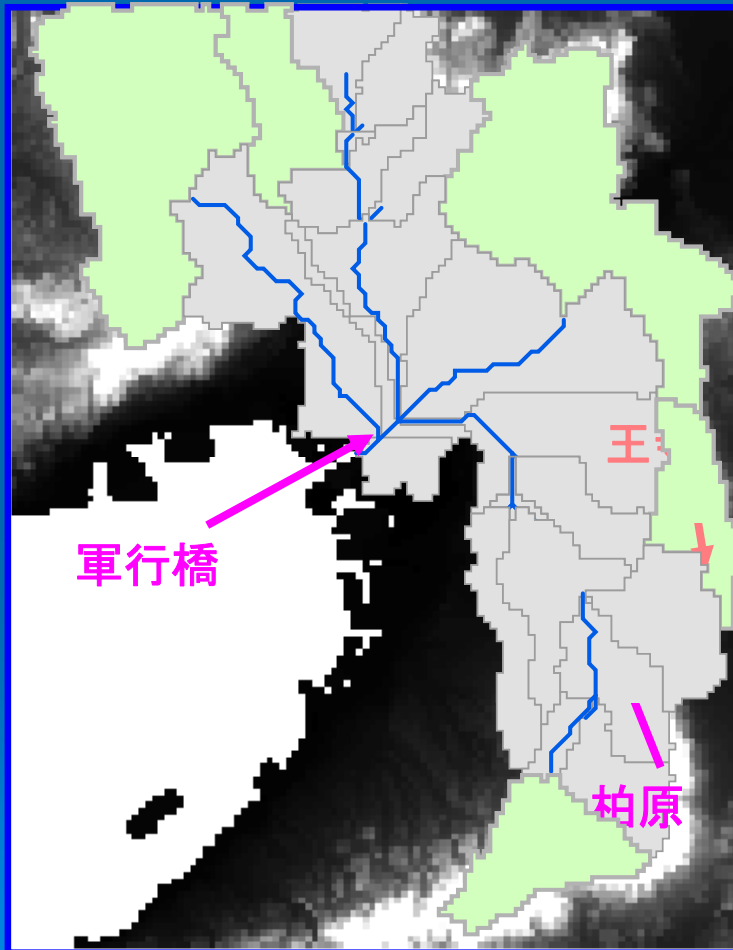
- 灰色低地土
- 褐色森林土
- 褐色低地土
- その他
- 未熟土
- 岩石地
- 赤黄色土
- 黒ボク土
- グライ土

土壤特性

- ・乾燥密度
- ・有効水分
- ・飽和透水係数
- ・有機炭素含有量
- ・粒径組成
- ・T-N含有量
- ・有効態リン酸

	面積割合 (%)		面積割合 (%)
灰色低地土	18.38	岩石地	0.38
褐色森林土	29.71	赤黄色土	3.87
褐色低地土	1.39	黒ボク土	0.20
その他(市街地、土取り場)	38.02	グライ土	2.79
未熟土	5.26		

境界条件とキャリブレーション地点 (流域外からの)

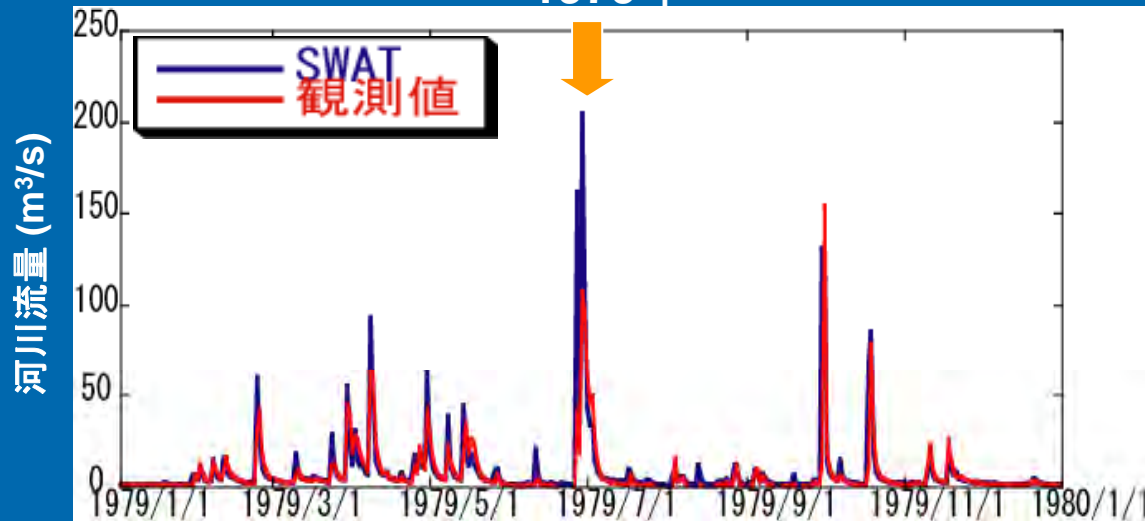


(流域外からの)境界条件
虫生・枚方・王寺
<日平均河川流量(m³/s)>

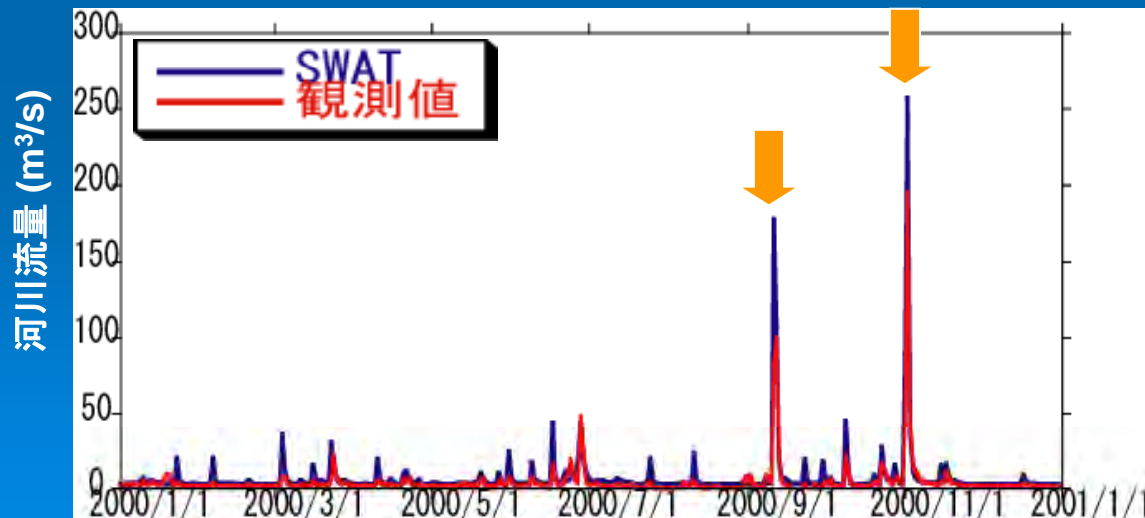
キャリブレーション
軍行橋・柏原
<日平均河川流量(m³/s)>

軍行橋

1979年



2002年



河川流量の計算結果

ピーク値でSWATの計算値が観測値をやや上回る期間がある

しかし、解析期間が3年間ということを考慮すると計算結果は観測値を良好に再現している

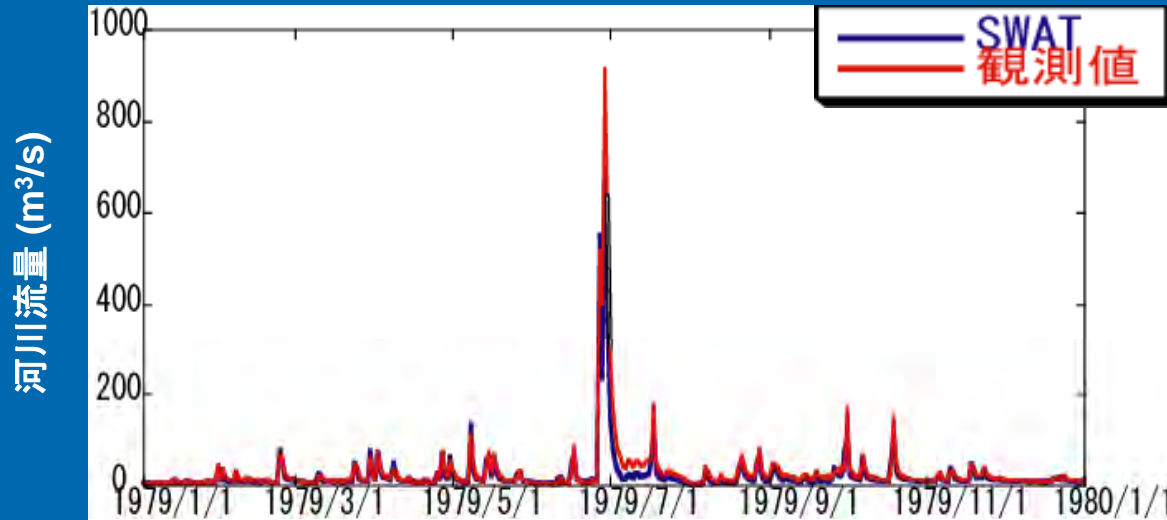
? SWAT?

普通はピーク値で一致するのでは?

柏原

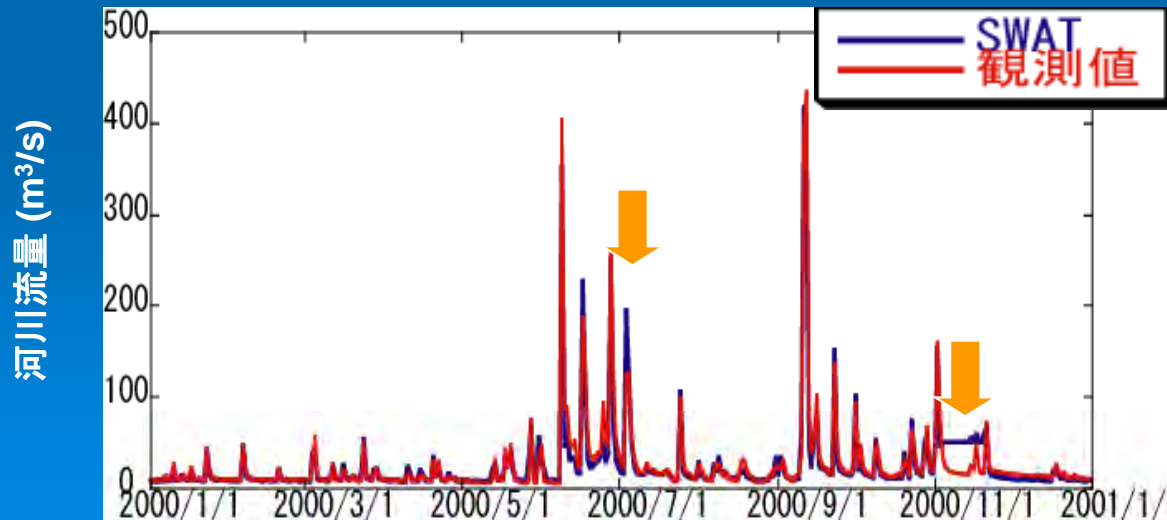
河川流量の計算結果

1979年



計算結果は観測値を良好に再現している

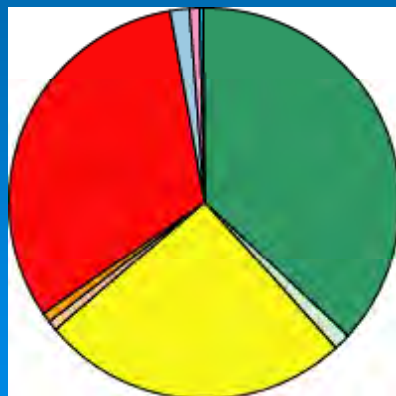
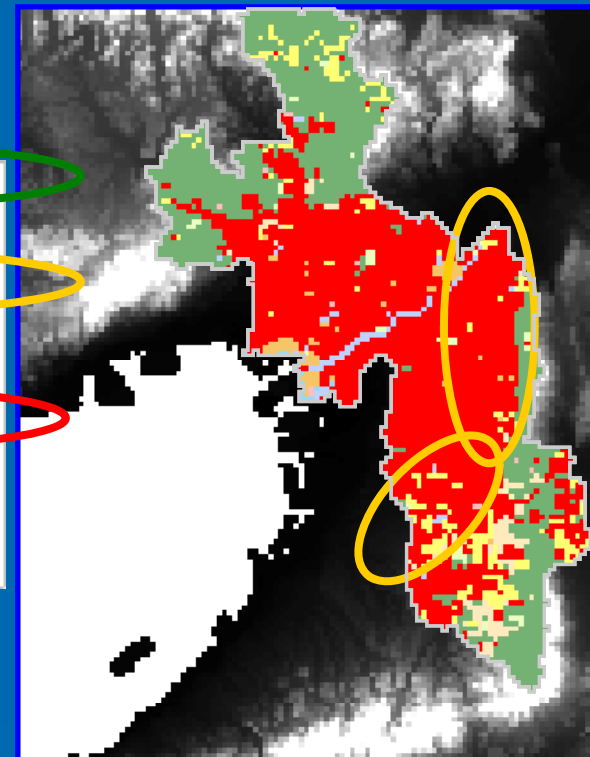
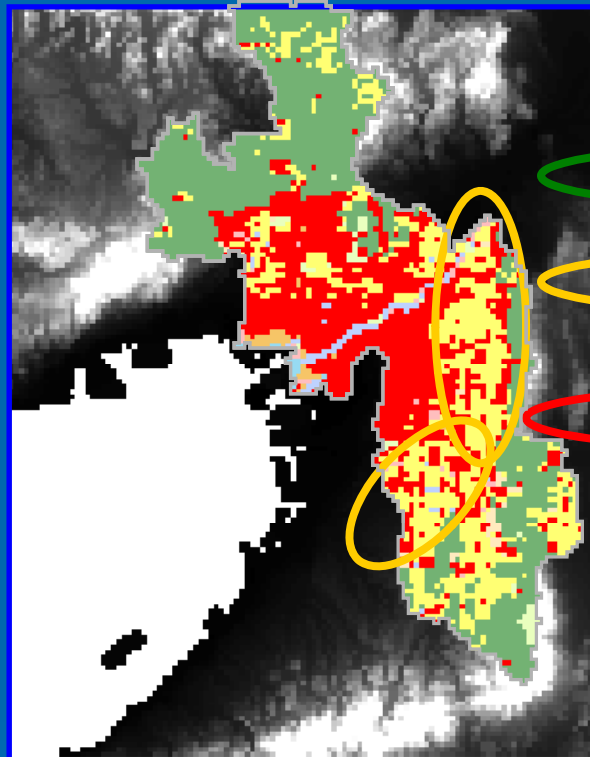
2000年



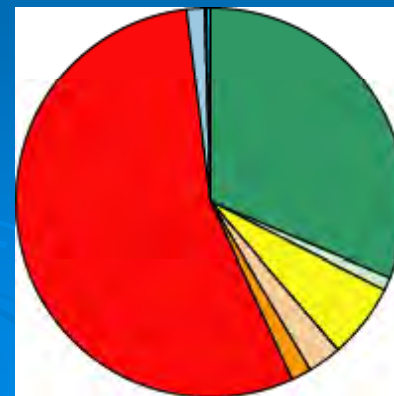
土地利用の変遷

1970年代

2000年代

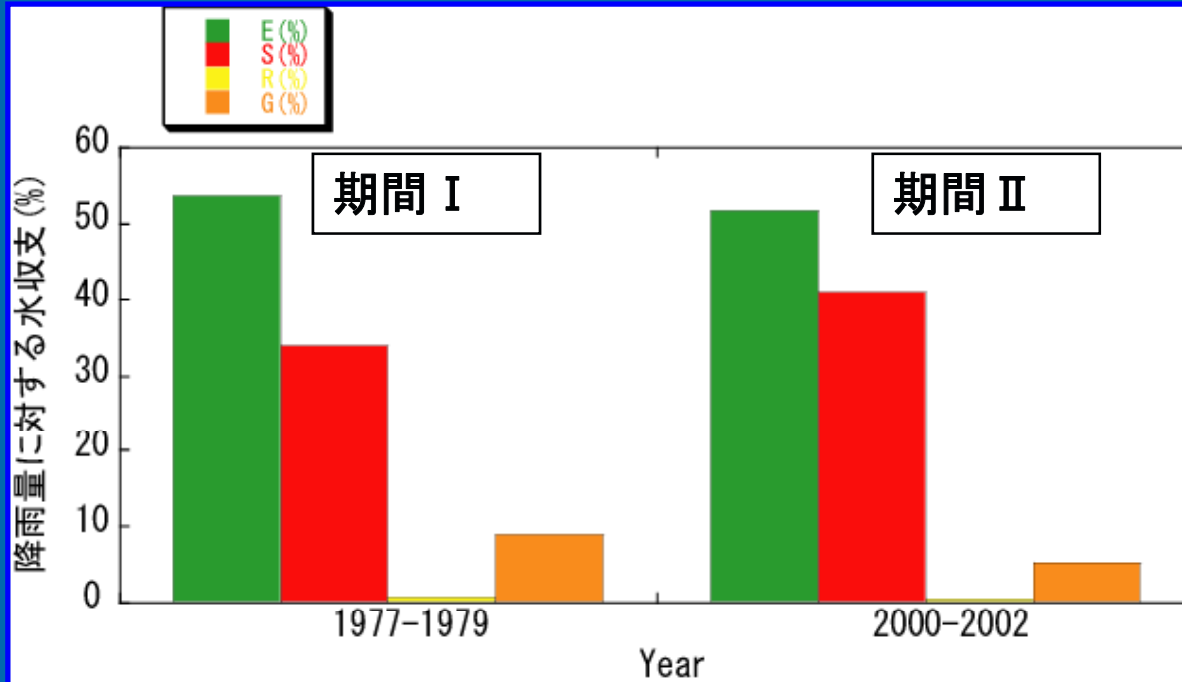


	面積割合 (%)
FRST: 森林	36.85
GRSS: 草原	1.53
RICE: 水田	25.22
AGRL: その他農地	0.91
UIDL: 工業用地	0.82
URHD: 宅地	31.98
WETL: 水域・湿地	1.53
AGRR: 未利用地	0.91
WATR: 海	0.27



	面積割合 (%)
FRST: 森林	31.34
GRSS: 草原	1.22
RICE: 水田	6.1
AGRL: その他農地	2.76
UIDL: 工業用地	1.61
URHD: 宅地	54.98
WETL: 水域・湿地	1.57
AGRR: 未利用地	0.24
WATR: 海	0.18

流域全体



降雨量に対する水収支の割合

Eに大きな変化はみられない

Sはおよそ7%増加

Rは両期間1%以下

Gはおよそ5%の減少

蒸発散率E 54% → 52%

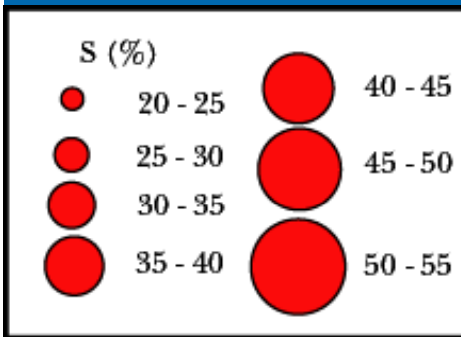
表面流出率S 34% → 41%

側方流出率R 0.7% → 0.5%

地下帯水層への涵養率G 10% → 5%

土地利用の変遷 (都市化) による、Sの増加、Gの減少

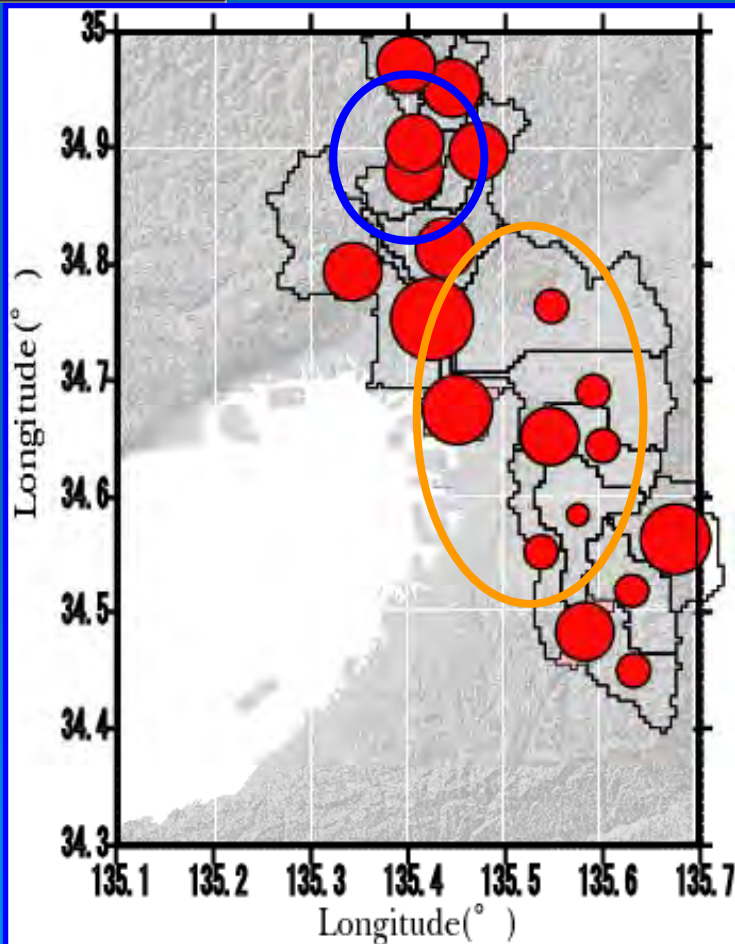
表面流出率Sの分布図



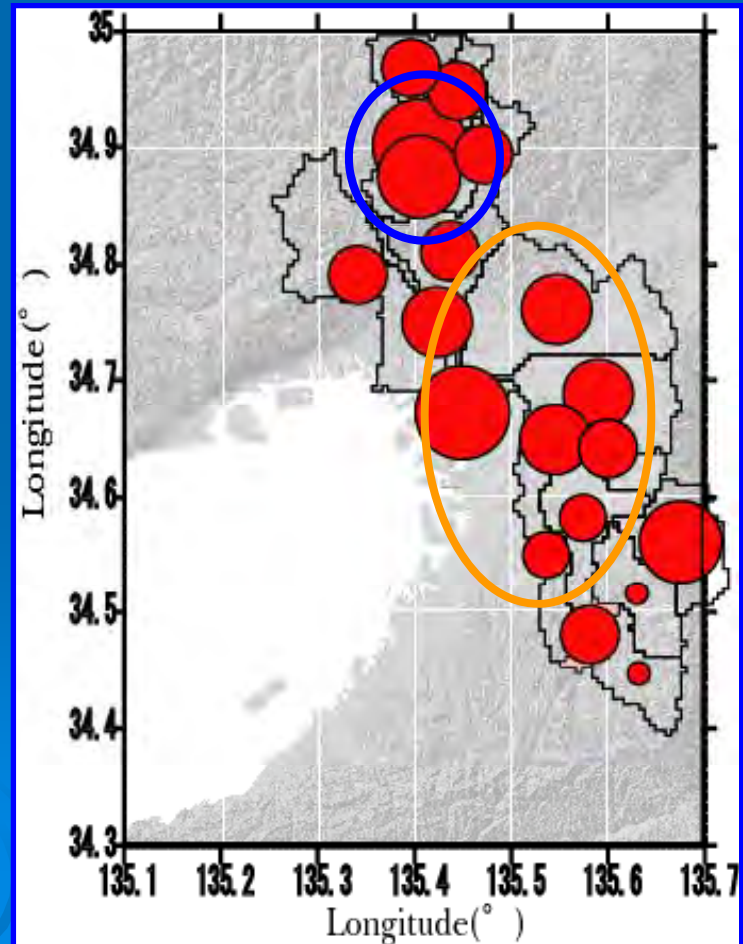
宅地が33%~66%増加
森林が減少

水田のほとんどが宅地化

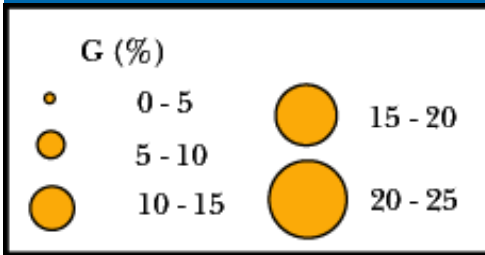
1977-1979(期間 I)



2000-2002(期間 II)



涵養率Gの分布図

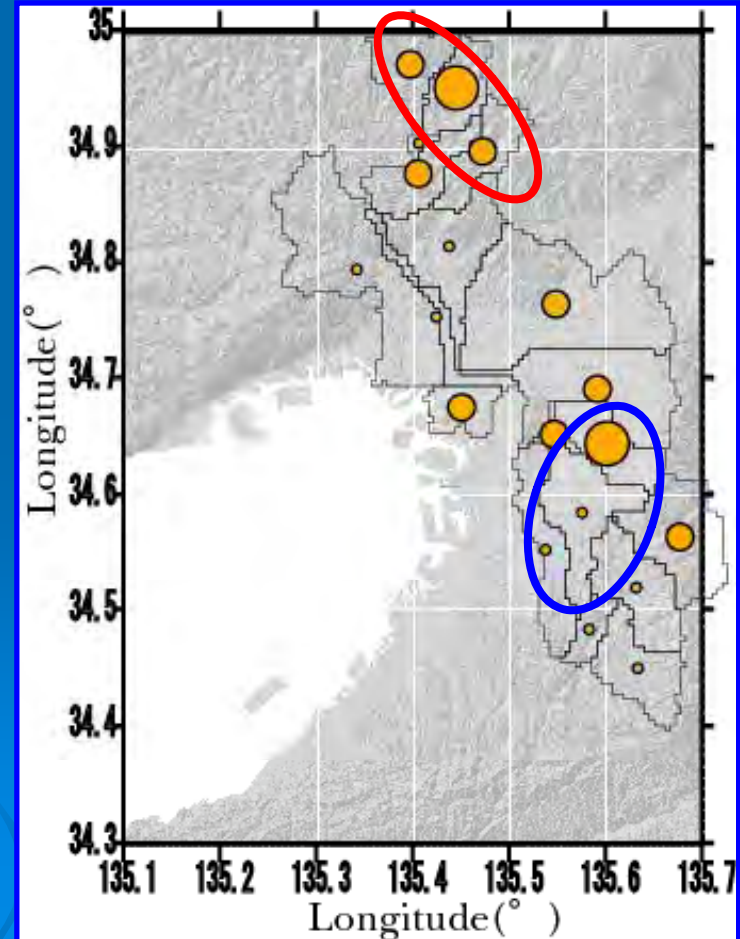
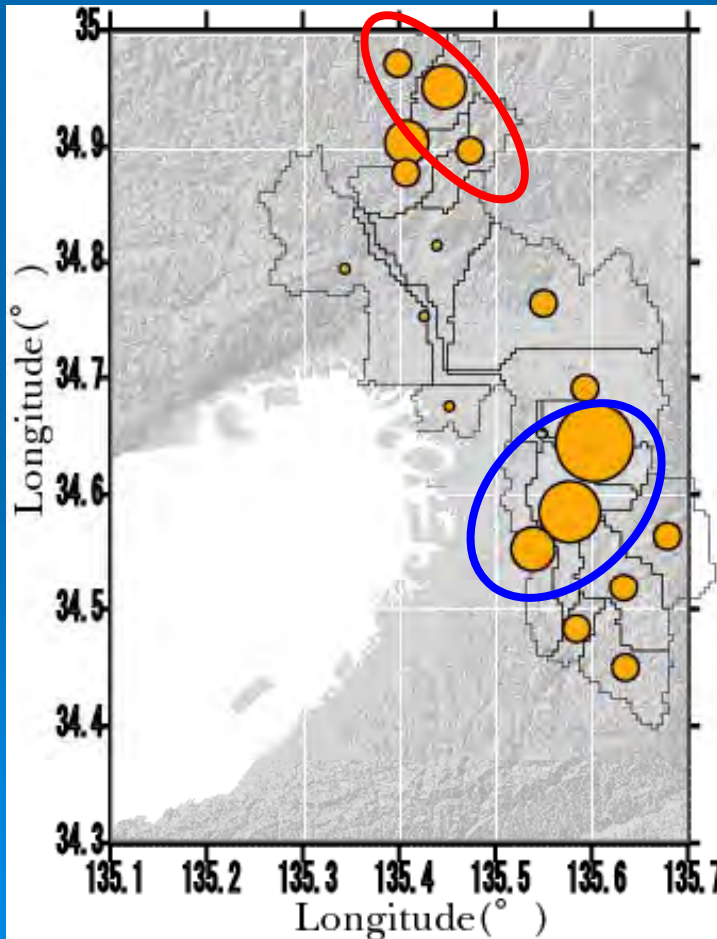


宅地化により、土地利用
が大きく変化

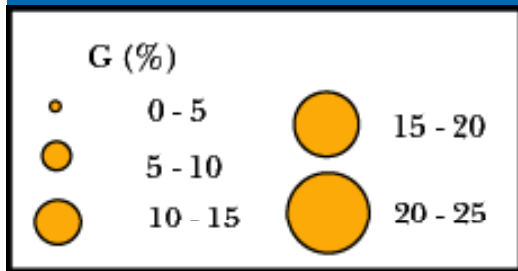
土地利用の変化がなく、
Gに大きな変化なし

1977-1979 (期間 I)

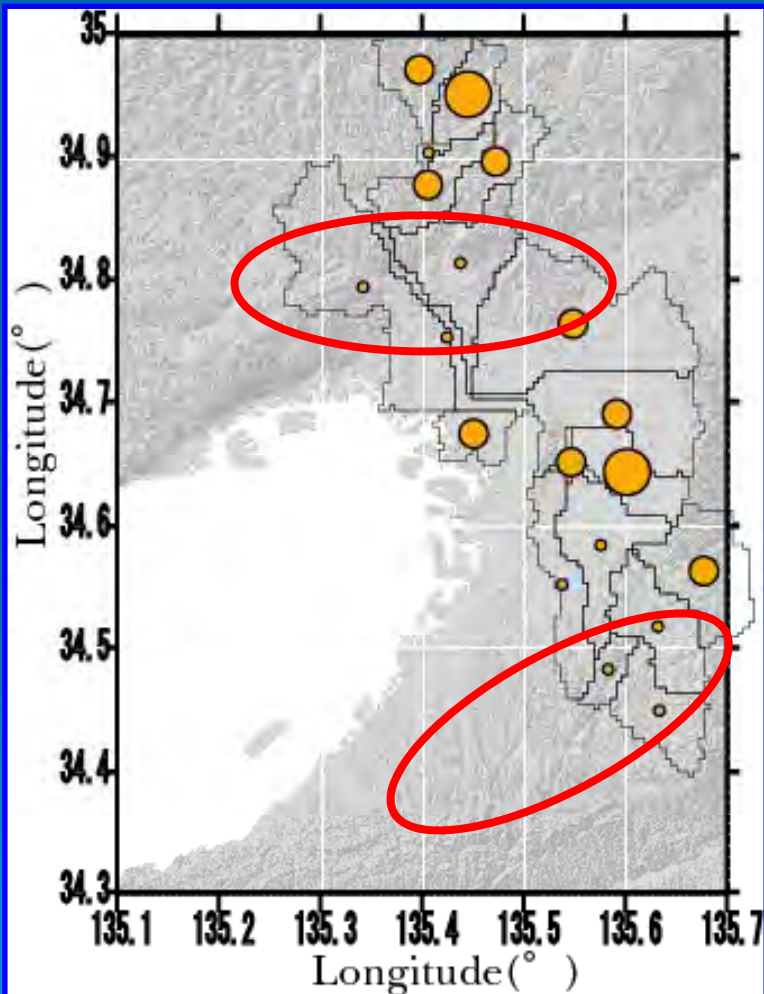
2000-2002 (期間 II)



涵養率Gの分布図②



2000-2002
(期間Ⅱ)



・笠松(2008)は1993年大阪府全域の水収支を検討し、涵養率を19%と求めている

・中屋他(2009)は、地下水の環境同位体の測定から20~30年前には主な涵養域であったと報告している。

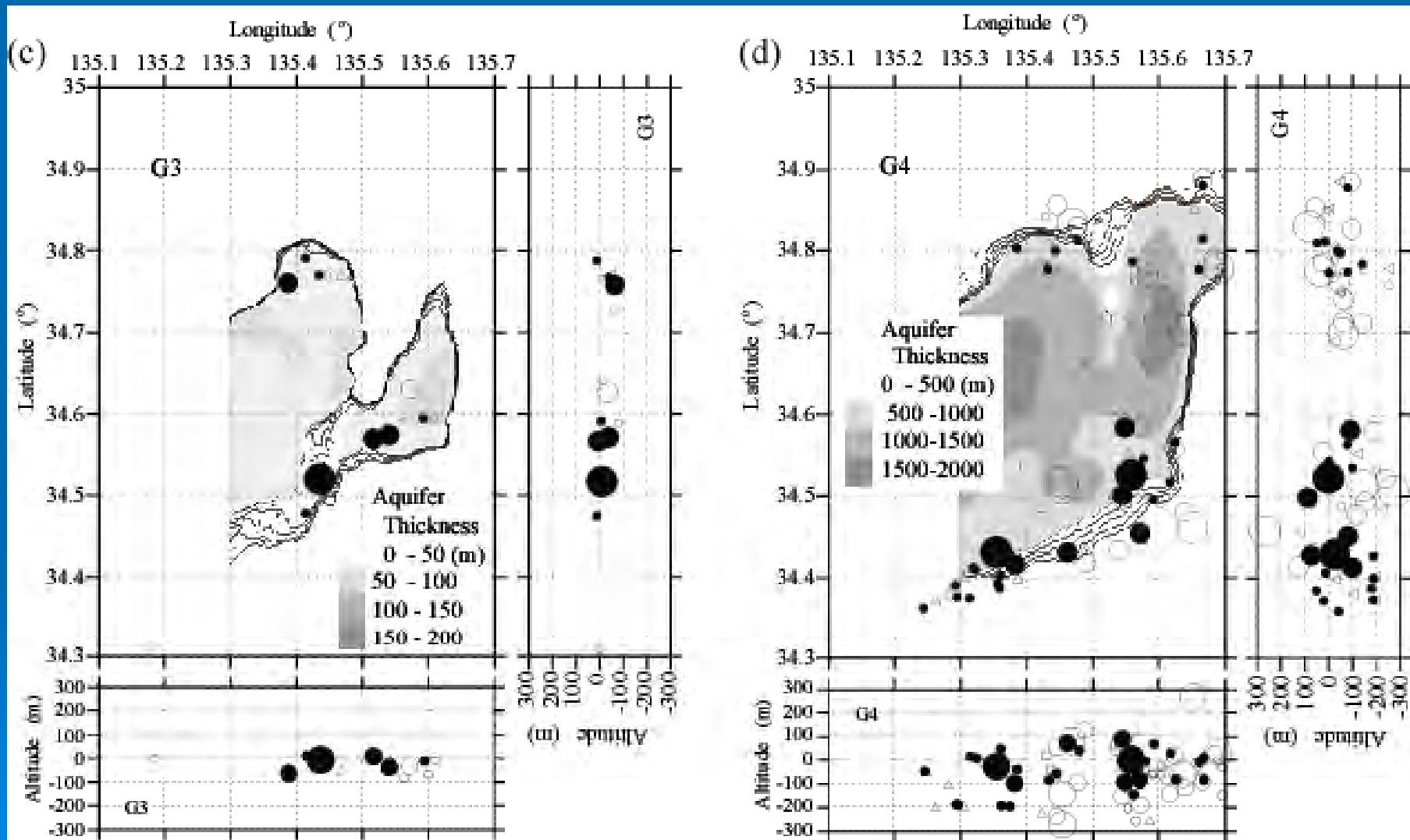


SWAT解析では、0~5%と小さい



工業用水、農業用水の揚水による誘発涵養が生じている

● : 平野周辺の丘陵部の主な涵養域 (中屋他(2009))



結論

- 都市化にともなって全域の表面流出率は34%から41%に増加している
- 潜在地下涵養率は10%から5%に減少している
- 実測された涵養率19%が正しいならば、盆地周辺の丘陵では、潜在涵養量を補うように9~14%の誘発涵養が生じていると類推される。
- 丘陵部での誘発涵養を補うために、北部森林での涵養が重要な役割を果たしている

終

参考文献

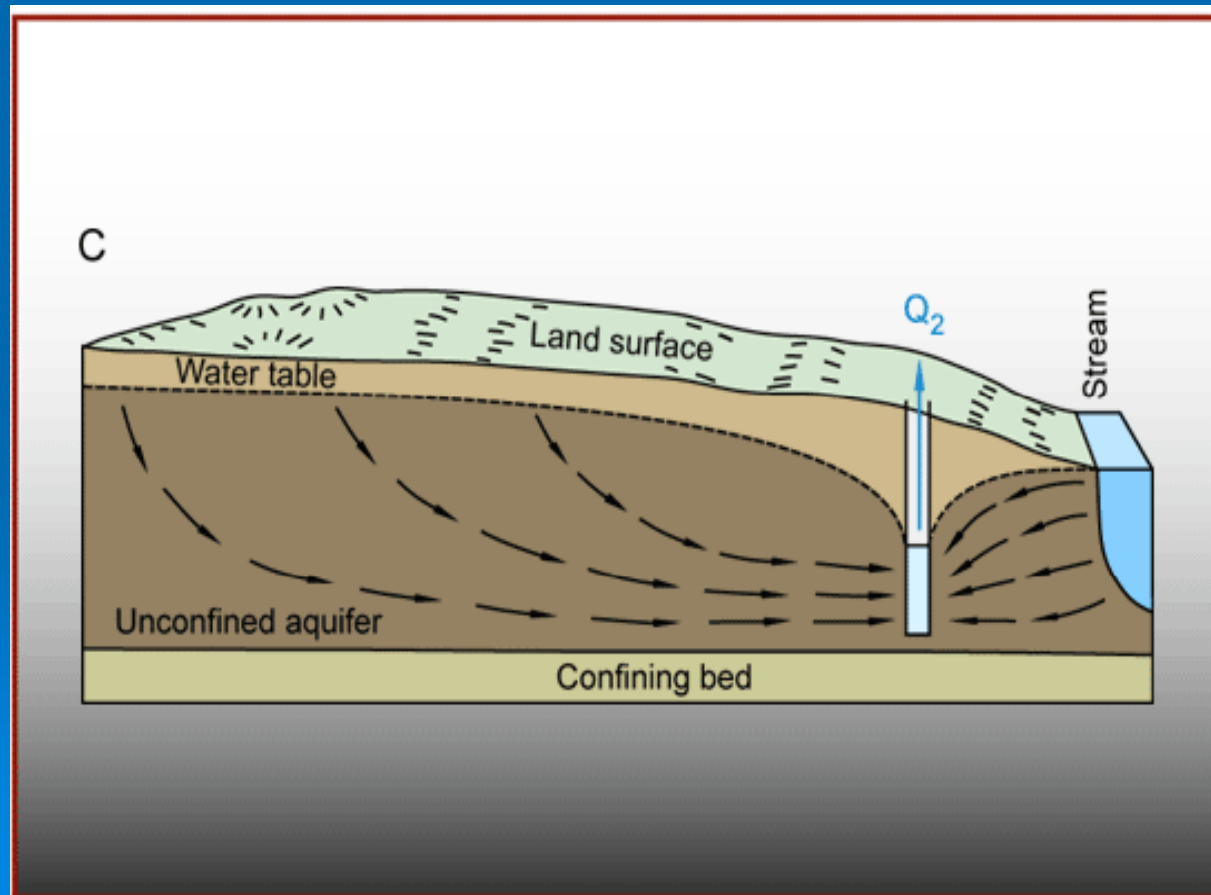
- 1) 笠松昌弘 (2008)、大阪の地下水環境について、地下水技術、49(8)、23-28.
- 2) 総合地球環境学研究所データベース
<http://www.chikyu.ac.jp/USE/index-j.html>
- 3) 中屋眞司、三田村宗樹、益田晴恵、上杉健司、本舘佑介、日下部実、飯田智之、村岡浩爾 (2009)、環境同位体と水質より推定される大阪盆地の地下水の涵養源と流動特性、日本地下水学会誌、51、15-41.
- 4) 米野泰滋、安田典夫、戸田鋤一、大森豊一、三重県の農耕地土壌に関する研究第I報土壌の種類と理化学性について
- 5) Arnold, J.G., Allen, P.M., Bernhardt, G. (1993), A comprehensive surface-groundwater flow model. *Journal of Hydrology* 142, 47–69.

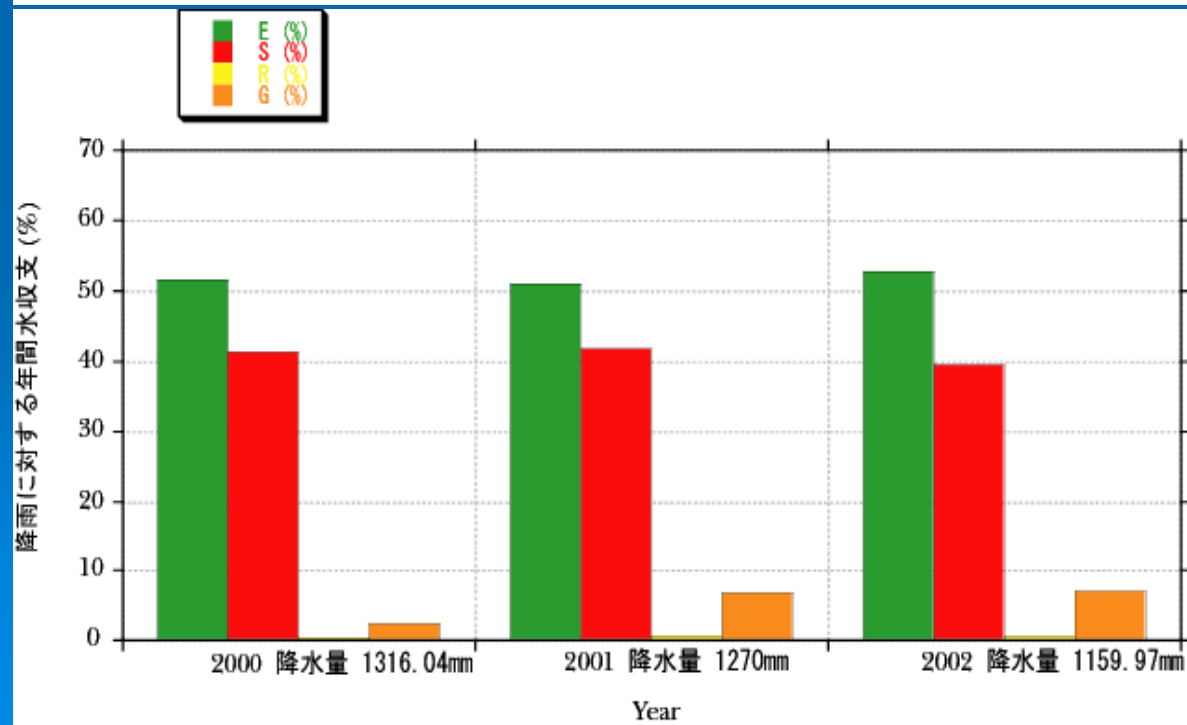
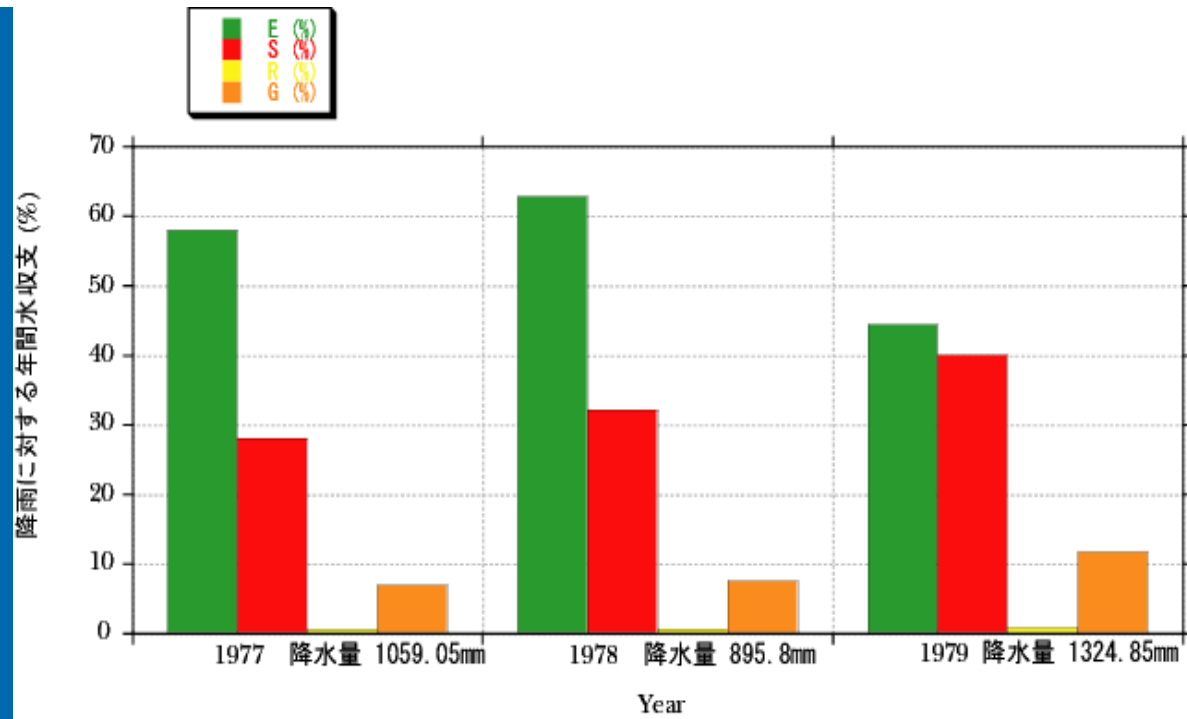
問題点と今後の方針

- + 土壌データ、層厚
- + 河川の河道の手入力
- + 1930年代の解析
- + SWATで得られたHRUを用いて表層から地下への涵養量の求め方、3D浸透解析への引き渡し
- + 担当者と進め方

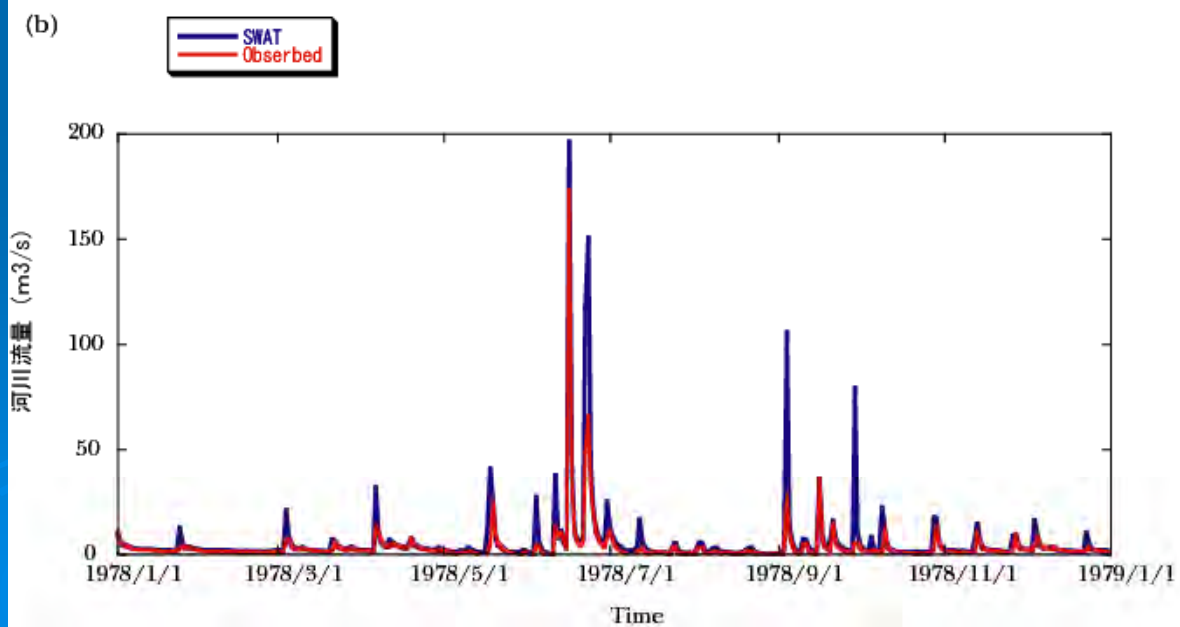
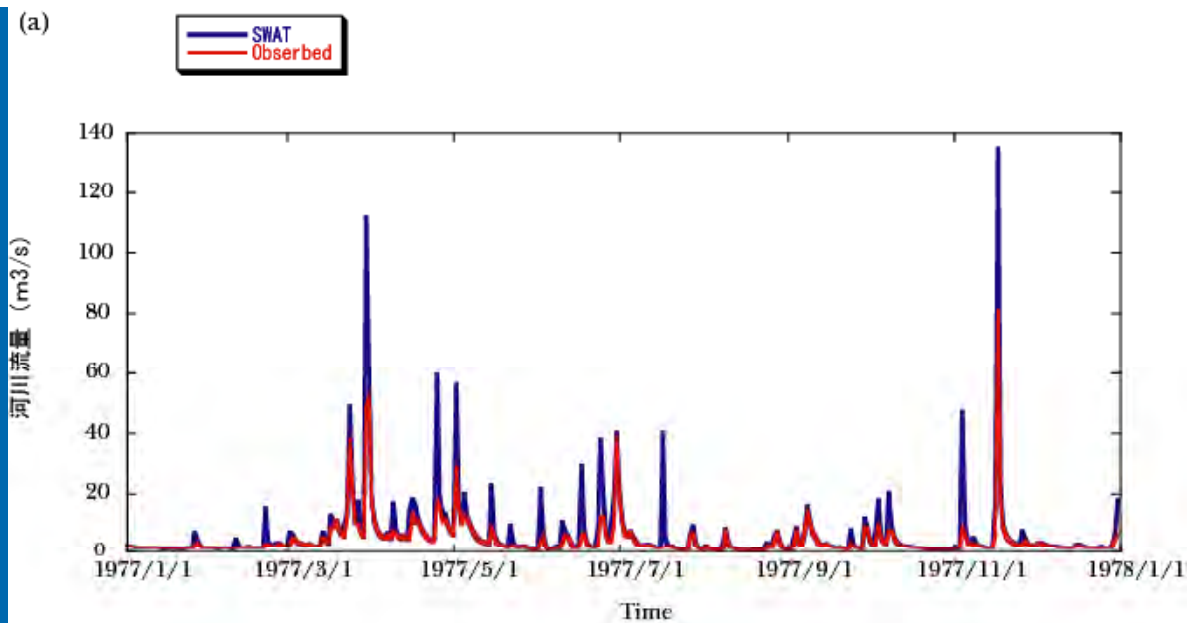
誘発涵養

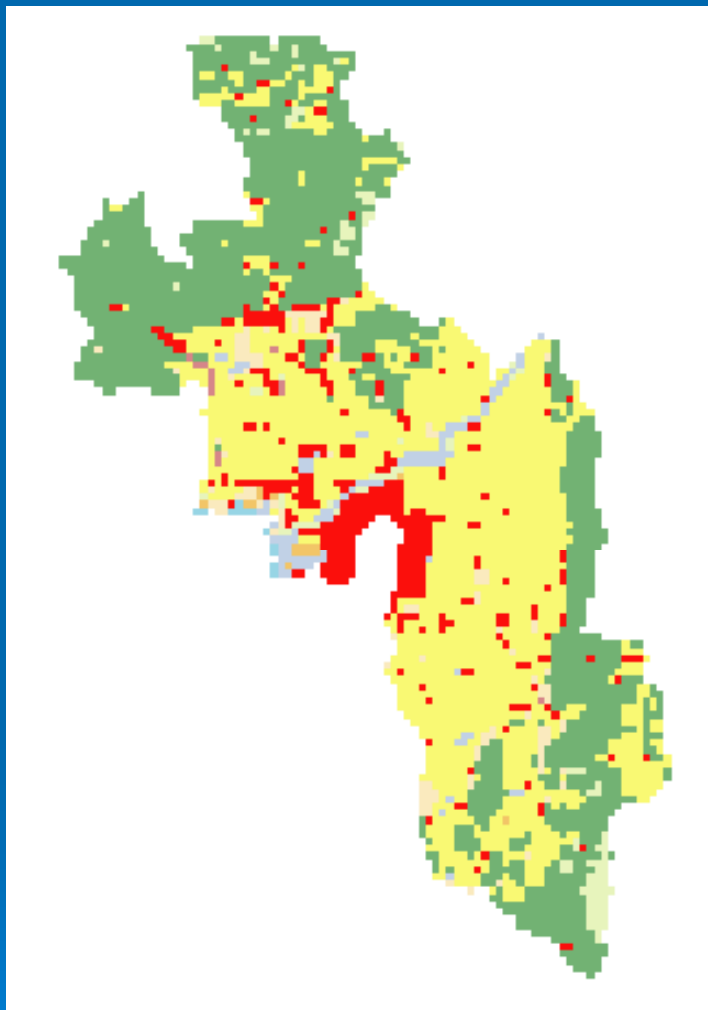
揚水により被圧水頭が減少を補うために、帯水層の付近の河川から河川水が帯水層へと引きずり込まれる現象





軍行橋





- FRST: 森林
- GRSS: 草原
- RICE: 水田
- AGRL: その他農地
- UIDU: 工業用地
- URHD: 宅地
- WETL: 水域・湿地
- AGRR: 未利用地
- WATR: 海

Curve Number Method

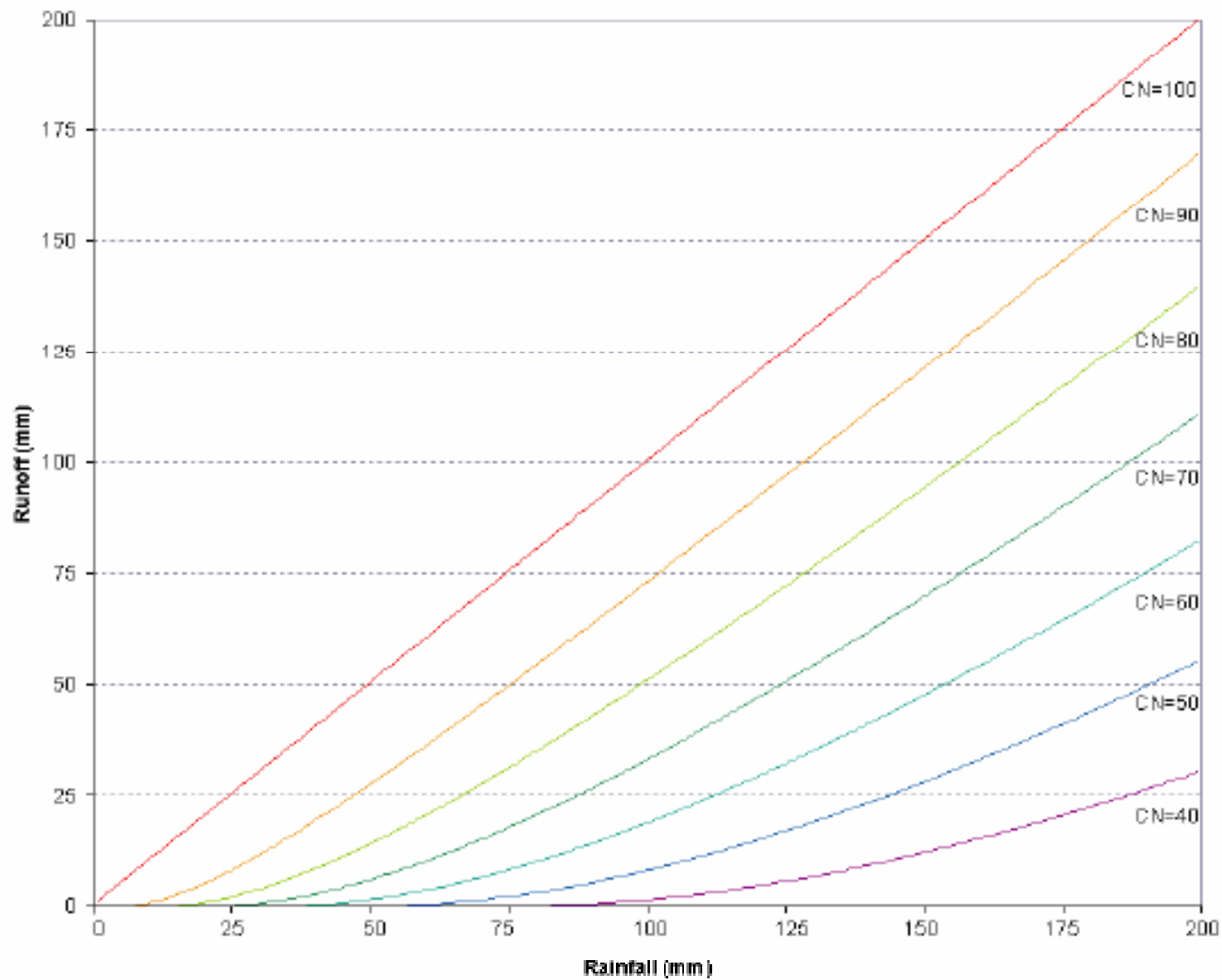
$$Q = \frac{(R - 0.2S)^2}{R + 0.8S}, R > 0.2S$$

$$Q = 0.0, R < 0.2S$$

Q : 日直接流出量 (mm) R : 日降水量 (mm)
S : 保水係数 (mm)

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

CN: Curve Number



浸透性：小



浸透性：大

Penman-Monteith式

$$E = \frac{\Delta(H_{net} - G) + 86.7 \rho_{air} (e_s - e_d)}{r_a} \bigg/ \lambda(\Delta + \gamma)$$

$$E_p = \frac{\Delta(H_{net} - G) + 86.7 \rho_{air} (e_s - e_d)}{r_a} \bigg/ \lambda \left[\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a} \right) \right]$$

E : Potential Evapotranspiration (mm)

Ep : Predicted Plant Water evaporation rate (mm)

H_{net} : 正味放射量(MJ/m²) Δ : 飽和水蒸気圧曲線の傾き(kPa/°C)

G: 土壤熱フラックス(MJ/m²) e_s : 平均気温の飽和水蒸気圧(kPa)

e_d : 平均気温の水蒸気圧(kPa) HV: 気化熱†: 乾湿計定数

ρ_{air} : 空気密度(g/m³) r_a : 空気力学的抵抗(s/m) r_c : 群落抵抗(s/m)

Kinematic Storageモデル

$$S = \frac{1000 \cdot H_0 \cdot \phi_d \cdot L}{2}$$

S : 飽和層の流出量(mm)

H₀ : Steady state water level (mm/mm)

L:傾斜距離 (m) φ_d:間隙率 (mm/mm)

$$Q_{lat} = 24 \cdot H_0 \cdot v$$

Q_{lat}:側方流量 (mm/day) v :流出流速 (mm/hour)

24 :単位換算, Q_{lat} (mm/day), v (mm/hour)より

