

酒匂川流域の水涵養機能調査

荻野喜作*、横山尚秀*、平野富雄*、大木靖衛*、結田康一**

神奈川県温泉地学研究所

A Method of Estimating Natural Recharge of Groundwater in the Sakawa River Basin

Using the Environmental Information Maps

by

Kisaku OGINO, Takahide YOKOYAMA, Tomio HIRANO, Yasue OKI and Koichi YUITA

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture

Hakone, Kanagawa

(Abstract)

A formula for estimating natural recharge of groundwater was formulated for the basin of the River Sakawa. The formula consists of factors derived from environmental information (meshed) maps such as weather charts, land use maps, geological maps and so on. Five small areas were selected for checking the formula. Calculations show that meshed maps of recharge for these areas are a good reflection of the natural state of groundwater recharge.

1 はじめに

当所では昭和59年度から農林水産省農業環境技術研究所の委託を受け、酒匂川流域の水涵養機能調査を行っている。

これは、酒匂川流域の水涵養機能に関わる地図情報や現地計測調査結果をもとに、因子抽出と評価手法の開発、水田や森林のもつ水涵養機能の定量的評価を行い、新たな地図情報の作成と農林水産業のもつ「国土資源」総合評価の基礎資料とする。酒匂川流域の大部分は神奈川県西部に位置し、この地域の水涵養機能の分布が地図化されると、地域環境情報として役立つことが出来る。

調査手法は表層地質図、土壌分類図、土地利用区分図などいろいろな環境地図情報を組み合わせて酒匂川流域の水涵養機能をメッシュ表示するものである。このため、水涵養に関係のある要因の中から因

* 神奈川県温泉地学研究所 神奈川県足柄下郡箱根町湯本997 〒250-03

** 農林水産省農業環境技術研究所 茨城県つくば市観音台3-1-1 〒305

神奈川県温泉地学研究所報告 第19巻、第3号、25-36、1988

子を抽出し水涵養機能評価式を構成した。流域内で5地域を選定し、評価式の計算結果が各流域の特徴に適するか否かを検討した。

検討資料を得るため現地計測を行った。現地調査の結果は別途報告されているので、ここではその詳細は述べない。この報告は昭和61年度までに行った水涵養機能評価式の作成と検討結果の概要について述べる。

2 要因の選定と因子の抽出

水涵養にかかわる要因の中から次の因子を選び各々にランク付けを行った。これらの因子情報は農環研であらかじめ用意した環境アトラスデータから採ったが、地層の層厚図や地下水水面図は新たに作成し情報源とした。

(1) 各因子の分類と評点

a) 降水量因子

年降水量分布図を用い次のように雨量を分類して評点する。

評点 分類

1点 1,000mm未満

2点 1,000mm以上2,000mm未満

写真1 足柄平野上部の景観



3点 2,000mm以上3,000mm未満

4点 3,000mm以上

b) 土地利用因子

土地利用区分図を用い次のように分類して評点する。

評点 分類

0点 建物用地(市街地)、幹線交通用地

1点 建物用地(住宅地)

2点 荒地、その他の樹木畑、海浜、その他用地

3点 森林、河川地A(川原)、果樹園、畑

4点 田

5点 湖沼、河川地B(河川)

c) 傾斜因子

傾斜角区分図を用い次のように分類して評点する。

評点 分類

1点 30度以上

(昭和63年2月8日 松田山から撮影)



2点 10度～30度

3点 10度未満

d) 土壌透水性因子

土壌を透水性により次のように分けて評点する。

評点 分類

1点 透水性小 ($<10^{-5}$ cm/sec)

2点 透水性中 ($10^{-3} \sim 10^{-5}$ cm/sec)

3点 透水性大 ($>10^{-3}$ cm/sec)

e) 表層地質の透水性因子

表層地質図を用い、地質の透水性を次のように分けて評点する。

評点 分類

1点 透水性小 ($<10^{-6}$ /sec)

2点 透水性中 ($10^{-3} \sim 10^{-6}$ cm/sec)

3点 透水性大 ($>10^{-3}$ cm/sec)

f) 地層層厚因子

水を貯え得る地層の厚さで地層の保水性を評価する。表層地質図を基に次のように分類した。

評点 分類

1点 空隙を有する層厚10m未満

2点 空隙を有する層厚10m～50m

3点 空隙を有する層厚50m以上

g) 地下水位因子

地下水の保水容量を地下水面の深さ(水位)で評価する。

評点 分類

1点 地下水位3m未満

2点 地下水位3～7m

3点 地下水位7m以上

3 評価式の設定

1) 評価の考え方

土地の水涵養機能は、その土地が水の供給を受ける立地条件と土地自体が水を浸透し保持する性質によって左右される。そこで、流域各メッシュの水涵養機能を立地上の水受給能力とメッシュ自体の水受入能力とに分けて考える。そうすれば、メッシュの水涵養機能を表す評価式は基本的にはこの両者のかけ算で表される。

水受給能力はそのメッシュが湿潤の機会に恵まれる条件で、年降水量図、土地利用図、傾斜角図から

情報を求める。

水受入能力はメッシュ自体の浸透能や保水能である。これらの情報は土壌分類図、表層地質図、地下水図から求める。

2) 評価式

酒匂川流域の水受給能力を表すのに、選定した要因の中で降水量因子、土地利用因子、傾斜因子を用いる。降水量はメッシュに直接供給される水量である。土地利用はその土地が湿潤を受ける機会の大小を示す。土地の傾斜は降水が有効に利用される割合を示す。

土地の水受入能力を示すものとして、土壌透水性因子、表層地質の透水性因子、層厚因子、地下水位因子を利用する。土壌と表層地質については水を浸み込ませる浸透能を示す。表層地質図によって分けた地層の層厚と地下水位は保水能を示す。

降水量を第1因子、土地利用を第2因子、傾斜を第3因子、土壌を第4因子、表層地質(透水性)を第5因子、地層層厚を第6因子、地下水位を第7因子とする。また各因子の水涵養に対する重み付けを $K_1 \sim K_7$ とする。いま各因子のランク付を R_{ni} とする。ここに n は因子番号で i は分級した段階値である。

あるメッシュの水受給評点は次式で与えられる。

$$A = (K_1 R_{1i} + K_2 R_{2i} + K_3 R_{3i}) / 3 \dots\dots\dots(1)$$

土地の水受入能力は浸透能、保水能の両面から評価するので、次のように示した。

$$B = \{K_4 R_{4i} + (K_5 R_{5i} \times K_6 R_{6i} \times K_7 R_{7i})^{1/3}\} / 2 \dots\dots\dots(2)$$

水涵養機能は水受給能力と水受入能力のかけ算であるから、あるメッシュの評価式 K_w は(1)式と(2)式のかけ算で表される。

$$\begin{aligned} K_w &= (A \times B)^{1/2} \\ &= [(K_1 R_{1i} + K_2 R_{2i} + K_3 R_{3i}) / 3 \\ &\quad \times \{K_4 R_{4i} + (K_5 R_{5i} \times K_6 R_{6i} \times K_7 R_{7i})^{1/3}\} / 2]^{1/2} \dots\dots\dots(3) \end{aligned}$$

水涵養機能評価式は環境アトラスデータの地図情報に基づいたもので、精度に巾があるから、もし適切な重み付けを行えばたし算でも近似出来るはずである。その場合の評価式は次のように表される。

$$K_w = (K_1 R_{1i} + K_2 R_{2i} + K_3 R_{3i} + K_4 R_{4i} + K_5 R_{5i} + K_6 R_{6i} + K_7 R_{7i}) / 7 \dots\dots\dots(4)$$

3) 因子の重み付け

評価式で与えられるメッシュの評価点は因子の重み付け($K_1 \sim K_7$)によって変わってくる。河川の流況はそれぞれ特徴があるので、因子の重み付けは流域毎に考慮する必要がある。

酒匂川流域では表1のように各因子の重み付けを配分した。

この配分に従えば、たし算方式の(4)式は次のように表現される。

$$K_w = (0.21R_{1i} + 0.42R_{2i} + 0.07R_{3i} + 0.03R_{4i} + 0.03R_{5i} + 0.12R_{6i} + 0.12R_{7i}) \dots\dots\dots(5)$$

かけ算方式の(3)式は、計算式の展開が複雑になり、今後の検討も困難になるので(5)式を用いて流域の検討を行った。

表1 評価式の因子重み付け配分

水涵養	水受給 A (0.7)	降水量因子 (0.3)	0.21
		土地利用因子 (0.6)	0.42
		傾斜因子 (0.1)	0.07
	水受入 B (0.3)	土壌因子 (0.1)	0.03
		地質浸透因子 (0.1)	0.03
		地質浸透因子 (0.4)	0.12
		地下水位因子 (0.4)	0.12

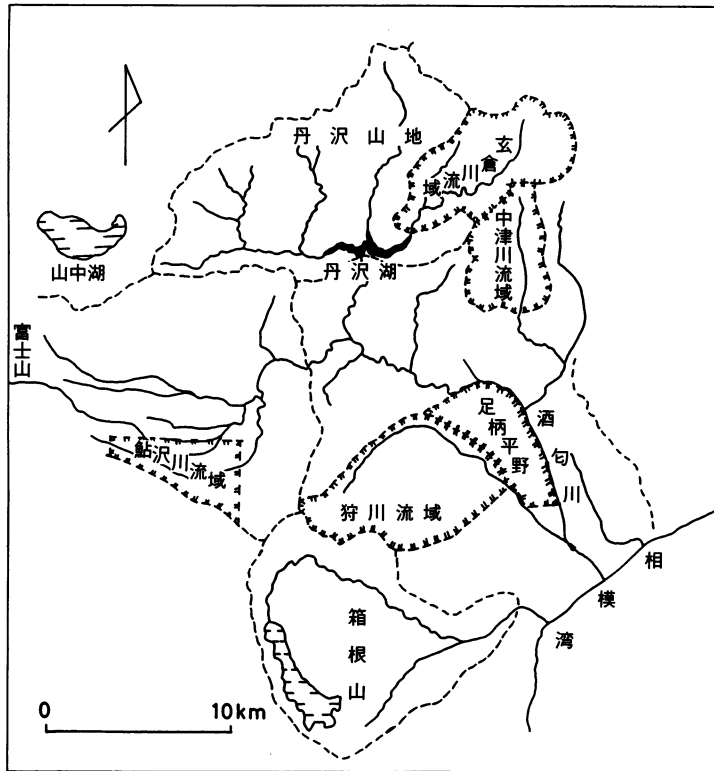


図1 検定流域の位置

4 検定流域の選定と評価式の検討

1) 検定流域の選定

評価式の検討を行うため、流域流量が観測されている4小流域および水涵養状況の調査が進んでいる足柄平野上流部を選んだ(図1)。4小流域は、狩川流域、中津川流域、玄倉川流域、鮎沢川流域である。検討用のメッシュは、緯経度を基にした3次メッシュの縦横を5等分したもので、1メッシュの大きさ

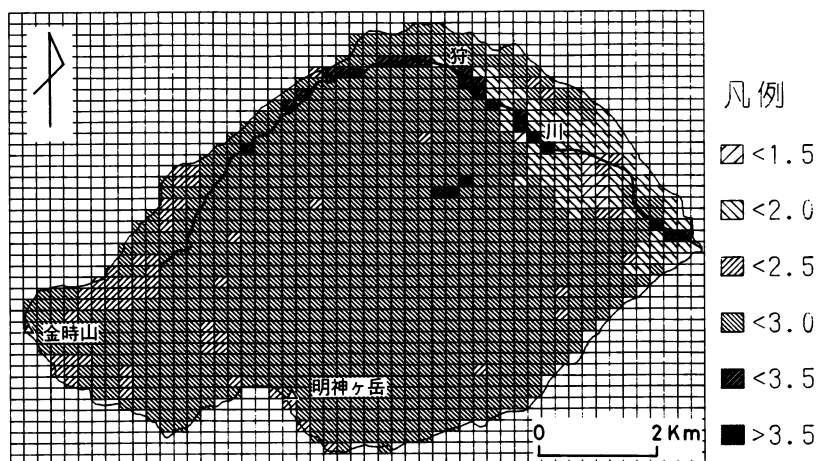


図2 狩川流域

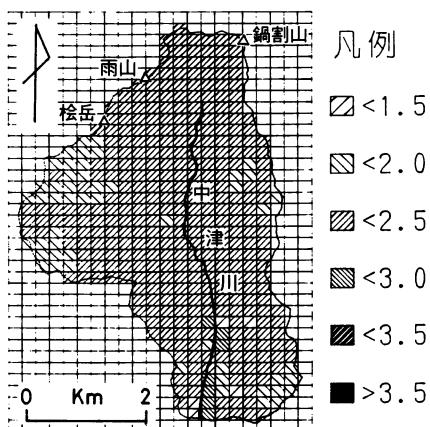


図3 中津川流域

は約200m×200mである。

2) 検定流域の水涵養機能図

検定小流域の水涵養機能総合評価図を(5)式により作成した(図2～6)。

図2は狩川流域である。この流域は箱根火山外輪山東斜面にあり水涵養機能のかなり良い地域である。北部から東部にかけて狩川の流れる低地があり、ここに水田や畑があるが、人家が多く工場も立地し水涵養機能に乱れがみられる。しかし、全体的には森林山地が多く地下水涵養域として良好な流域である。

図3の中津川流域は丹沢山地にあるため、水涵養機能は火山山体の狩川流域に比較して劣っている。この流域の南部低平地の川沿いに水田が多少存在し水涵養機能の良いメッシュが認められる。

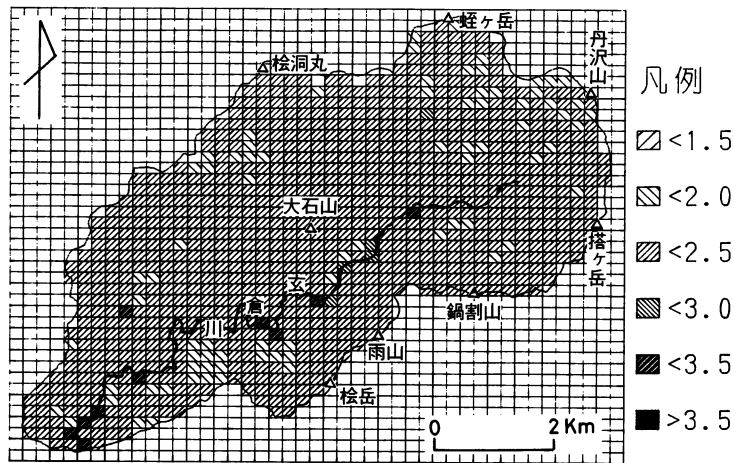


図4 玄倉川流域

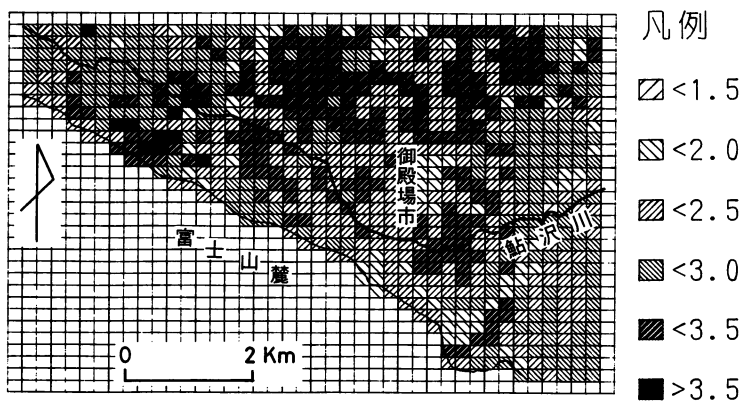


図5 鮎沢川流域

図4は玄倉川流域である。山地であるため雨量がやや多く、流域に森林があることは水涵養機能に有利である。しかし、この流域も丹沢山地にあるため表層地質の保水性は優れていない。また、土地も急峻な所が多く、荒地も散在している。水涵養機能の良いメッシュは河道沿いに点在する程度である。

図5は鮎沢川流域である。富士山東麓の御殿場市のある山間低地である。立地上雨量が多く、地質も富士山の火山噴出物に覆われているので、水涵養機能の良好な地域である。土地利用の状況は変化に富み、山地は森林、草地で、低平地は水田や畑が多いが道路に沿って人家や諸施設が立ち並んでいるので、評価値の異なったメッシュが入り混ざっている。

図6は酒匂川右岸の足柄平野上流部から中央部地域で、西部には関本丘陵が含まれている。この地域

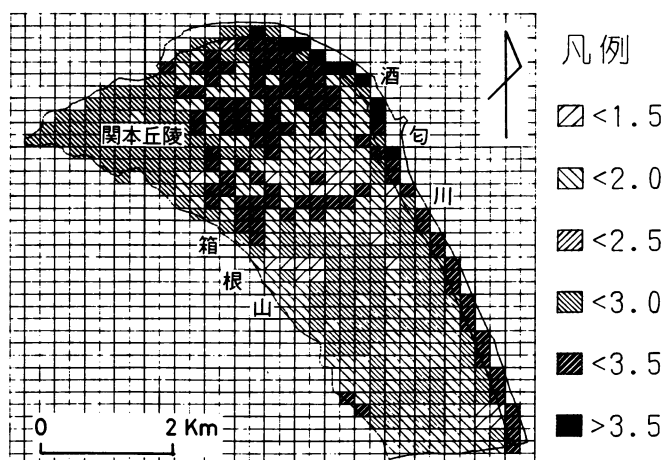


図6 足柄平野

は水田が多く、特に平野上流部は地下水の良好な涵養域になっている。また、西部の関本丘陵もルーズな火山堆積物からなり、かなり良好な水涵養域である。平野上流部から南に下るに従って地下水位は次第に浅くなり自噴帯へと漸移する。水涵養機能も北から南に向かうに従って徐々に低下してくる。メッシュ図の分布にも、平野上流部の水涵養機能が高い状況が表現され、特に酒匂川に掛かるメッシュの評価が優れている。足柄平野は全体的に水涵養機能度の高い地域であるが、土地開発による宅地や工場の分布により部分的に機能低下の虫食い現象の認められる地域である。

以上図2から図6に見られるように、(5)式を用いたメッシュ表示の結果は、各流域の水涵養機能の特徴をイメージとして良くとらえている。

3) 流域特性の検討

検定4小流域メッシュの平均評価点と湧水比流量の関係を調べた。

狩川流域は岩原観測点の、中津川流域は田代観測点の、玄倉川流域は玄倉観測点の、鮎沢川流域は鮎沢観測点の資料を用いた。

縦軸に湧水比流量を、横軸に流域の平均評価点を取り各流域の値をプロットした(図7)。評価点と湧水比流量の間には正の相関関係が認められる。丹沢山塊に位置する玄倉川流域と中津川流域の評価点は約2.28点で、火山山地の狩川流域と火山堆積物に覆われている鮎沢川流域は約2.7点である。湧水比流量は丹沢山塊のものが平均 $1.89 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 火山山体のものが平均 $3.4 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ である。これを浸透高に直すと第三紀の丹沢山塊が約1.6mm/日、第四紀の火山山体のものが約2.9mm/日となり、山体による差を良く表している。

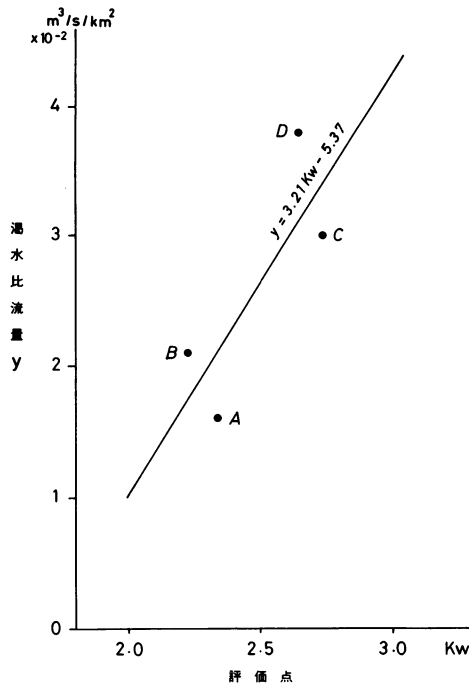


図7 評価点と湧水比流量の関係

- A 玄倉川
- B 中津川
- C 狩川
- D 鮎沢川

5 評価点の計量化

1) 資料の抽出

図7の評価点と湧水比流量の関係は流域の特性を検討するためのものである。河川に実際流れる水量はこれよりもはるかに多く、また水田等は灌漑期間中では雨がなくても湛水し水涵養が行われている。メッシュの評価点と水涵養量との関係は、涵養量の現地計測調査結果と比較検討しなくてはならない。検討資料は今回の現地計測の結果に加え、足柄平野の既存資料を補足した。

昭和49年の資料に基づけば、足柄平野上流部における河床からの浸透高は1日250mmとなる。また、足柄平野右岸上流部における水田からの浸透高は農業用水路を含めて1日43mmと推定される。

足柄平野上流部の水涵養機能総合評価結果によれば、河川地B（河川）メッシュの評価値は3.51～3.63であり、この中で頻度の多い3.63を代表値とした。水田も評価値3.15～3.21のうちで3.18を代表値に採った。林地、茶園については今回行った実測資料を用いる。

表2に評価値と浸透高の関係が実測あるいは推定される資料を示した。

2) メッシュ浸透高の推定

片対数グラフの縦軸に浸透高を、横軸に評価値をとって表2の値をプロットした（図8）。この図から両者の関係を一本の直線で表現することは無理のようである。そこで、低評価値のグループと高評価値のグループに分けて相関関係を検討した。

低評価値に属するものは、流域の解析値と林地、茶園の値である。このグループの相関関係は、

$$\log H = 0.50Kw - 0.82 \dots \dots (6)$$

表2 評価値と浸透高の対比表

評価値 (Kw)	浸透高 (H)	土地利用状況	備考
2.28	1.6	丹 沢 山 地	図 7
2.70	2.9	火 山 山 体	図 7
2.52	3.66	三 竹 茶 園	現地計測
2.94	4.43	三 竹 林 地	〃
2.37	2.36	谷 峨 茶 園	〃
2.28	2.36	谷 峨 樹 木 畑	〃
3.18	3.05	延 沢 水 田	〃
3.21	12.79	宮 台 水 田	〃
2.19	1.82	曾 比 水 田	〃
3.18	43	平野上流部水田	推 定 値
3.63	250	平野上流部河川	〃

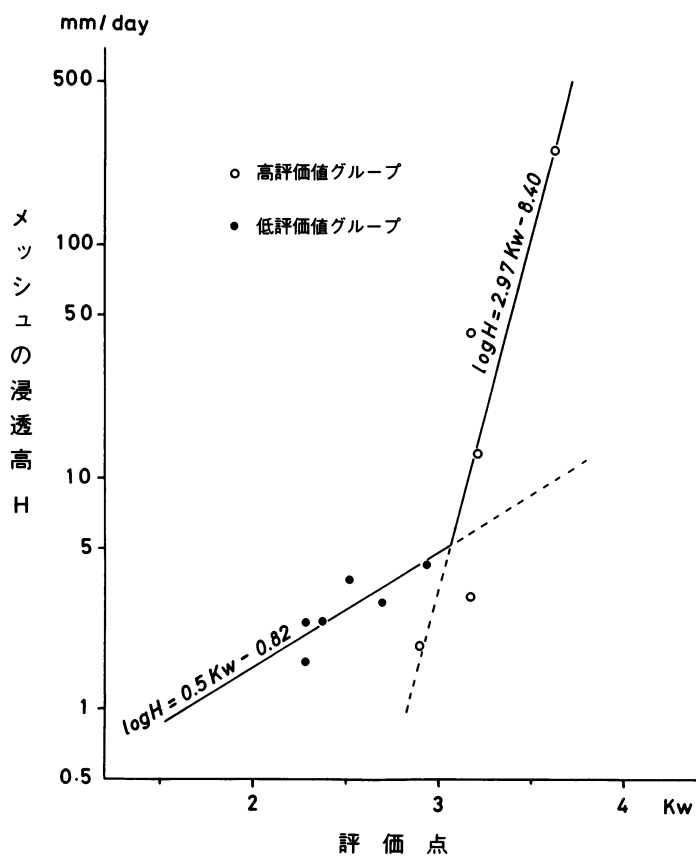


図8 評価点とメッシュの浸透高の関係

で示される。

高評価値グループに入るものは、河川地Bおよび水田などで、その相関関係は、

$$\log H = 2.97Kw - 8.40 \dots \dots (7)$$

で示される。

両直線は評価点3.07の所で交わる。評価点と浸透高の関係は、評価点3.07までは(6)式でそれ以上は(7)式で知ることが出来る。

6 あとがき

酒匂川流域の水涵養機能メッシュ評価はイメージとして良好な結果が得られたが、その計量化については尚検討の余地がある。

図8の関係を一つの直線で表現させるためには、例えば土地利用状況で水田の点数を6～7点・河川地Bの点を12～13点など、土地が湿潤を受ける機会を考慮して配点しなくては行けない。メッシュの総合評価点を定量化と結び付けるためには各因子の分類別評点から吟味する必要がある。

水涵養機能評価式作成の作業は一応の成果が得られたが、残された問題も多いので更に開発、発展が望まれる。

この調査を行うにあたり農業土木試験場、小前隆美氏からは有益な助言をいただいた。温泉地学研究所の職員の方々には調査に協力していただき順調に作業を進めることが出来た。以上の方々に御礼申し上げる。なお、本調査は水涵養機能調査費（農林水産省、農林水産業のもつ国土資源と環境の保全機能及びその維持増進に関する総合研究）によった。

7 参考文献

荻野喜作、横山尚秀、加藤浩、川合康男（1974）、足柄平野の地下水（その1）－開成町付近の地下水－、神奈川温地研報告、Vol.5、No.3、155-166.

横山尚秀、荻野喜作、大木靖衛、結田康一（1985）、足柄平野上流部の地下水流動機構と水温変化（足柄平野の地下水 その8）、神奈川温地研報告、Vol.16、No.4、177-190.

神奈川県企業庁（1965）、酒匂川流域地下水調査報告書、企業庁総合開発局調査課。