

GIS を用いた筑後・佐賀平野における地下水収支分布の算出

九州大学工学部 学生会員
九州大学大学院 正会員

○野口 順平 九州大学大学院 正会員 江崎 哲郎
三谷 泰浩 九州大学大学院 学生会員 川内 一徳

1. はじめに

筑後・佐賀平野は農業用水、生活用水、工業用水ともに地下水への依存が高いと言われており、特に干ばつ時には過剰な地下水揚水とそれに伴う地盤沈下が危惧される。しかし、地盤沈下の規制地域である佐賀平野の地下水揚水状況は把握されているのに対し、観測地域である筑後平野の地下水揚水状況は必ずしも明らかでない。また、水の移動が平野全体でどのようなになっているか、すなわち水収支を時空間的に把握し、平野全体の水循環過程を明らかにすることは極めて重要である。

本研究では筑後・佐賀平野を対象とし、GIS を用いて、各産業の水利用の現状と土地利用状況を考慮した地下水揚水量時空分布、および水収支式による地下水涵養量時空分布の算出方法を開発し、水循環に関する検討を行う。さらに、算出した揚水量・涵養量から収支計算を行い地域的な地下水利用のバランス、涵養の位置と数量について考察する。解析の時間・空間単位は、データの精度を考慮して3次メッシュ（約1km四方）を使用し、1979年から2001年までの23年間を1月単位で行う。また土地利用、地質の状況を考慮するため、Fig.1に示すような数値土地利用図、有明粘土層分布図を使用する。

2. 筑後・佐賀平野における地下水揚水量の解析

佐賀平野は、地盤沈下の規制地域に指定されているため、揚水量データが1kmメッシュで集計されている。これらのデータを1月単位で整理し、佐賀平野の地下水揚水量データとする。

一方、筑後平野では佐賀平野のようなデータが存在しないため、筑後平野の16行政区を対象として、以下の各産業の水利用の解析により1月単位、1km²単位での地下水揚水量時空分布を算出する。

2.1 農業用水の地下水揚水量の算出

農業用水は主として河川水が用いられており、水利権により水田面積に比例して配分されている。このことから、水田・畑それぞれの需要水量を基本として、需要水量はまず河川水で賄われ、不足分が地下水で賄われるものとする。しかし、ハウス栽培では河川水を使用した場合、作物の病気の原因となるなどの理由から、ハウス畑の需要水量は全て地下水で賄われるものとする。以下に算出方法を示す。

(1) **水田の需要水量** 水田の需要水量は灌漑期（6月下旬～10月上旬）における減水深、作付面積などにより算出される水田の消費水量から降水量を減じて求める¹⁾。

(2) **畑の需要水量** 畑の需要水量は、ペンマン法により得られた蒸発散量に作物、生育ステージごとに考慮した係数を乗じて得られる基準蒸発散量、作付面積から算出する¹⁾。

(3) **河川取水量** 河川取水量は、筑後川水系におけるアオ取水、筑後川下流用水供給事業、矢部川水系における取水の時代的変遷を考慮して算出する。

(4) **水田の地下水揚水量** 水田の地下水揚水量は、需要水量から河川取水量を減じたものとして算出する。河川取水量データがない区域は、需要水量に河川取水受益地内で月ごとに算出した地下水依存率（＝地下水揚水量/需要水量）を乗じて算出する。

(5) **露地畑の地下水揚水量** 水田地帯にある露地畑では河川水を使用するものとし、それ以外の地域の露地畑では主に地下水を使用するものとして算出する。

(6) **ハウス畑の地下水揚水量** ハウス畑の地下水揚水量は需要水量が全て地下水により賄われるものとするが、地下水塩水化を考慮し、ハウス栽培用水として適さないと言われる塩化物イオン濃度が500ppm以上の地域では、地下水が用いられていないものとして算出する。

以上の結果より、農業用水の地下水揚水量時空分布が得られた。総計すると年平均で $14 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、1km²あたり平均 $19 \times 10^3 \text{ m}^3$ の揚水が行われている。

2.2 水産用水の地下水揚水量の算出

海苔の洗浄には1枚につき1Lの淡水を必要とする。また地下水塩水化のため、水産業の水利用は昭和50年から63年にかけて地下水から水道水へと転換している。これらと海苔の出荷枚数、福岡県のアンケート調査をもとに、揚水量が転換期に線形的に減少しているものとして揚水量を推定する。さらに漁協、漁港の位置関係をもとに海苔小屋の分布位置を現地調査し、水産用水の地下水揚水量分布を算出する。以上の結果より、年平均で $470 \times 10^3 \text{ m}^3$ 、1km²あたり100～900m³の揚水が行われているという結果が得られた。

2.3 工業、建築物、水道用水の地下水揚水量の算出

工業²⁾、建築物³⁾、水道用水⁴⁾の揚水量に関しては、行政区別に調査がなされているためそのデータを用いる。建築物用水の揚水量はいくつかの行政区においてデータが存在しないため、一人当たりの使用水量が対象地域内で等しいと仮定し、各行政区における人口比により推定する。工業・建築物用水は、該当する土地利用の面積に応じて割り振る。水道用水では、井戸の位置⁵⁾を含む1kmメッシュに割り振り、算出する。揚水量の総計は工業、建築物、水道用水がそれぞれ年平均で、 $18 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、 $6.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、 $9.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、1km²あたり平均で $25 \times 10^3 \text{ m}^3$ 、 $9.0 \times 10^3 \text{ m}^3$ 、 $12 \times 10^3 \text{ m}^3$ となった。

2.4 まとめ

以上の結果から得られた筑後平野における各年の揚水量の推移をFig.2に示す。平野全体の揚水量の年平均は $32 \times$

$10^6 \text{ m}^3/\text{year}$ であり、工業用水が総量の約 40% を占め、最も大きい。一方、農業用水は平年で総量の約 25% を占める。しかしながら、干ばつ時の 1994 年には地下水の依存量が增大するとともに、農業用水は総量の約 60% を占め、工業用水との総量に占める割合の大小が逆転している。

3. 筑後・佐賀平野における地下水涵養量の解析

3.1 地下水涵養量の算出

地下水涵養量は、解析範囲内で降雨、蒸発散、流出、農業灌漑用水をパラメータとして以下の水収支式から浸透量を算出し、水田の横浸透を考慮して、1 月単位、 1 km^2 単位の分布を算出する。

$$\sum (R + A) - \sum (E + O + I) = 0$$

ここで、R: 降水量, A: 農業灌漑用水量, E: 蒸発散量, O: 流出量, I: 浸透量

GIS による各パラメータ算出方法を以下に述べる。

(1) **降水量, 蒸発散量** 降水量、蒸発散量はアメダス観測所の位置で解析範囲をティーセン分割して、算出する。

(2) **流出量** 各 1 km メッシュで土地利用面積の集計を行い、その面積比から 1 km メッシュごとに流出係数を算出し、降水量を乗じて流出量を算出する。

(3) **農業灌漑用水** 水田の減水深から農業灌漑用水量を算出し、土地利用面積比により 1 km メッシュに振分ける。

(4) **浸透量** 以上の結果を、水収支式をもとにオーバーレイ解析を行い、浸透量の時空分布を算出する。

(5) **涵養量** 筑後・佐賀平野における代表的な水田モデルを作成し、湛水による浸透と水田構造等を考慮して、水田面からの浸透量のうちクリークへ還元される割合を求める解析を行った。その結果、有明粘土層上の水田では 96% がクリークへ還元されることがわかった。また、有明粘土層の存在しない水田では農政省試算の還元率 75% を使用する⁶⁾。この結果を用い、浸透量から涵養量の算出を行う。

3.2 まとめ

以上の結果から、23 年間の平均で 0.38 mm/day 、平野部で 0.33 mm/day 、山地部で 0.52 mm/day の地表水が涵養されているという結果が得られた。また、灌漑期の平均が 0.75 mm/day 、非灌漑期の平均が 0.11 mm/day となっており、この平野では山地部に加え、有明粘土層のない地域における水田の涵養が大きな役割を果たしていることが明らかになった。

4. 筑後・佐賀平野における地下水収支時空分布

算出した揚水量・涵養量の時空分布をもとに涵養をプラス、揚水をマイナスとしてオーバーレイ解析を行った。結果の一例として、1994 年の地下水収支分布を Fig.3 に示す。全体の地下水収支は、解析範囲の外輪部である山地、有明粘土層の存在しない水田が主な地下水涵養源となり、プラスの値を示す。一方、都市部では工業・建築物用水の揚水量が大きく、さらに都市的利用区域の流出量が大きいため、マイナスの値が大きい。また 1994 年は干ばつ期であるため、農業地域においてもマイナスの値を示している。

5. おわりに

水循環に関わる各産業の地下水利用、土地利用、気象など

から揚水量と涵養量の収支を算出し、時空間的な地下水利用バランスを定量的に明らかにした。結論を以下に示す。

- ・筑後平野では、農業用水揚水量が平年の平均で約 13×10^6 であるのに対し、干ばつ時には約 $45 \times 10^6 \text{ m}^3$ と増加しており、干ばつ時の地下水管理の重要性が高いといえる。
- ・有明粘土層のある地域では地下水涵養が極めて少ない。
- ・地下水収支は、平年では都市部で、加えて干ばつ時では佐賀県白石地区、筑後平野でマイナスの値が大きい。

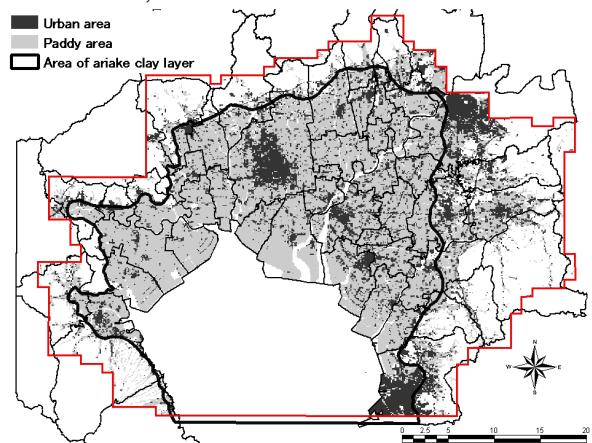


Fig.1 Land use map and area of ariake clay layer.

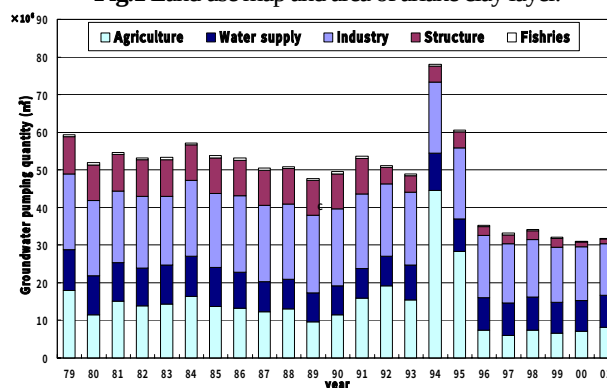


Fig.2 Groundwater pumping quantity in Chikugo plain.

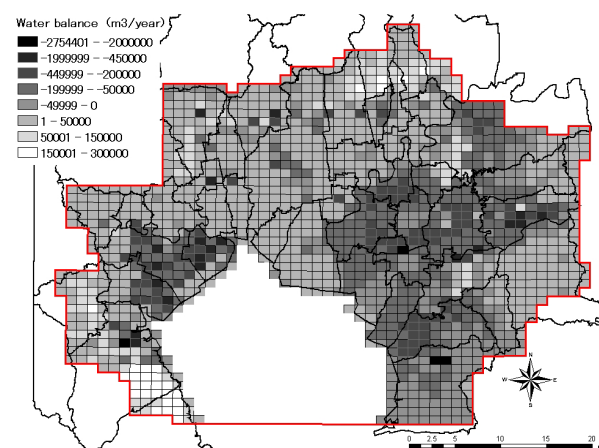


Fig.3 Water balance distribution in 1994.

＜参考文献＞

- 1) 川内他：平成 15 年度土木学会西部支部研究発表会公演概要集，pp.A392-A393，2004。
- 2) 福岡県：福岡県の工業，1979-2001。
- 3) 福岡県：平成 13 年度 地盤沈下防止等対策要綱推進調査報告書。
- 4) 福岡県：福岡県の水道，1979-2001。
- 5) 福岡県：平成 13 年 3 月，福岡県水道地図。
- 6) 農林水産省：農業用水，<http://www.maff.go.jp/soshiki/koukai/keikaku/den-en/pamphlet/nougyouyousui/1/index.html>