

GISを用いた筑後平野における地下水揚水量の時空分布モデルの構築

九州大学工学部 学生会員 ○川内 一徳 九州大学大学院 正会員 江崎 哲郎
九州大学大学院 正会員 周 国云 九州大学大学院 非会員 吉岡 隆宏

1. はじめに

筑後・佐賀平野における地盤沈下は、広域での過剰な地下水の揚水に起因する地盤中の軟弱な粘土層の圧密により生じる。地盤沈下は 1957 年頃から継続しており、2003 年 2 月までに累積最大沈下量は 123cm、かつ地盤沈下の範囲は広域に及んでいる。

広域地下水流動—地盤沈下解析モデルの構築にあたり、地下水揚水量の時空分布を把握することは極めて重要である。しかし、揚水規制地域である佐賀平野は地下水揚水量の報告が義務付けられているが、観測地域である筑後平野は揚水量の報告義務がなく、地下水揚水量の定量的かつ空間的な把握がなされていない。

本研究は、筑後平野の 16 行政区を対象に、GIS を用いて、農業の生産、灌漑用水の計算法、筑後平野の水利状況、水産業の生産状況、土地利用等を考慮した地下水揚水量時空分布モデルの構築を行う。解析は 1979 年から 2001 年までの 23 年間、1 月単位で行う。

2. 筑後平野における地下水揚水量の推定

地下水揚水量は、工業¹⁾、建築物²⁾、水道用水³⁾に対しては行政区別で調査されているが、水田、畑、水産用水は報告義務がないため、これらについて行政区毎に推定する。

2.1 水田用水の地下水揚水量

水田の需要水量は、灌漑期(6 月下旬から 10 月上旬)に水田での消費水量から降雨量を差し引いて求める。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、河川取水量データのない行政区は福岡県のアンケート調査²⁾による地下水依存率(需要水量のうち地下水に依存する割合)を参考に求める。水田の需要水量、揚水量は次式で求められる。

$$Dw_{i,j} = \{l_{i,j} - R_{i,j} \times (1 - F)\} \times A_{i,j} \times 10 \quad (1)$$

$$Gw_{i,j} = Dw_{i,j} / p - \alpha'_{i,j} \text{ または } Gw_{i,j} = (Dw_{i,j} \times S_j) / p \quad (2)$$

ここで、 $Dw_{i,j}$: 需要水量(m^3)、 $l_{i,j}$: 減水深(mm)、 $R_{i,j}$: 降水量(mm)、 $A_{i,j}$: 稲の作付面積(ha)、 F : 表面流出率、 $Gw_{i,j}$: 地下水揚水量(m^3)、 $\alpha'_{i,j}$: 河川取水量(m^3)、 p : 反復利用率、 S_j : 依存率、 i : 年月、 j : 行政区。

上式のパラメータは以下のように設定する。

(a) 降雨量、表面流出率 降雨量はアメダスデータから、表面流出率は、河川砂防技術基準⁴⁾に定められた値を使用する。

(b) 減水深、作付面積 減水深は一定時間に水田で消費される水量により低下する水位であり、国土交通省の筑後川流域での実測値を基に月毎に算出する。作付面積は、福岡県農林水産統計年報⁵⁾の値を用いる。

(c) 反復利用率、取水量 反復利用率とは水田から排水された水を再び水田で反復して利用する割合のことで嘉瀬川水系の実測値の平均値 1.22 を用いる。取水量はアオ取水、筑後川下流用水等を考慮して算出する。

以上の結果より、水田の推定揚水量は、月別では 9 月が最も多く、年別では作付面積の最も多い 1979 年が平野全体で約 9600 万 m^3 となり、最大となる。

2.2 畑用水の地下水揚水量

畑の需要水量は、露地、ハウス畑それぞれで、ペンマン法で得られた蒸発散量に、作物、生育ステージ毎に考慮した係数を乗じて得られる基準蒸発散量を基に推定する。Fig.1 に畑での土層のモデルと水の動きの概念図を示す。また、露地畑の消費水量は、水田と同様に、まず降雨で補われ、不足分を取水量、地下水で賄うものとし、ハウス畑の消費水量は全て地下水で賄われるものとする。行政区別、作物別、年月別の畑の需要水量、揚水量は次式で求められる。

$$Dwe_{i,j,k} = ETa_{i,j,k} - R_{i,j} \times (1 - F) - W \quad (3)$$

$$\text{ここで、} ETa_{i,j,k} = Ka_{i,k} ETs_{i,j}, ETs_{i,j,k} = Kc_{i,k} ET_{i,j} \quad (4)$$

$$Dw_{i,j} = \sum_{k=1}^N Dwe_{i,j,k} \times A_{i,j,k} \quad (5)$$

$$Gw_{i,j} = Dw_{i,j} / p - \alpha'_{i,j} \text{ または } Gw_{i,j} = Dw_{i,j} \times S_j \quad (6)$$

ここで、 $Dwe_{i,j,k}$: 需要水深(mm)、 $ETa_{i,j,k}$: 計画蒸発散量(mm)、 W : 上向き補給水量(mm)、 $ETs_{i,j,k}$: 基準蒸発散量(mm)、 $Kc_{i,k}$: 作物係数、 $ET_{i,j}$: ペンマン法による蒸発散量(mm)、 $Ka_{i,k}$: 水分反応係数、 $A_{i,j,k}$: 畑作物の作付面積(ha)、 N : 主要作物の数、 k : 作物の種類、 $\alpha'_{i,j}$: 河川取水量(m^3)、その他の値は式(1)、式(2)に準ずる。

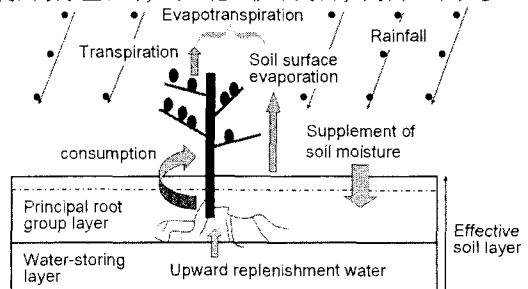


Fig.1 Concept of soil layer and water balance.

その結果、畑の推定揚水量は、平野全体の平均で年間約 550 万 m^3 、年別では 1994 年が最も多く、約 750 万 m^3 であった。ハウス畑は露地畑に比べ、約 7 倍の地下水を使うことが分かった。

2. 3 水産用水の地下水揚水量

海苔の洗浄には、1 枚につき、水約 1 ℓ を必要とし、そのほとんどに地下水を用いる。よって、水産用水の地下水揚水量は海苔の出荷枚数に海苔 1 枚を洗浄するのに必要な水量を乗じて求める。福岡県のアンケート調査を基に地下水利用率は 78.5% として推定する。その結果、最も海苔の生産量が多かった 2001 年は地下水揚水量は全体で約 115 万 m^3 であった。

2. 4 地下水揚水量推定のまとめ

Fig.2 に平野全体での年地下水総揚水量の推移を示す。揚水量のうち水田用水が最も多くの割合を占める。また、年別では稲の作付面積が多い 1979 年を除くと、干ばつであった 1994 年が最も多く、平野全体で約 1.3 億 m^3 という結果が得られた。

3. 地下水揚水量の時空間分布解析

3. 1 水田、畑、工業・建築物・水道用水の地下水揚水量分布

前述の行政区単位で得られた地下水揚水量データを基に、3 次メッシュ（一辺約 1km）を用いたメッシュ単位で、地下水の用途に応じた土地利用による地下水揚水量の分布解析を行う。以下にその手順を示す。

①各メッシュの土地利用項目の面積集計を行う。②メッシュ毎に行政区の土地利用面積に対するメッシュの土地利用面積の比を算出する。③メッシュ毎に地下水揚水量を土地利用比に応じて割り振る。④行政区毎に求めた地下水揚水量を結合して項目別の地下水揚水量の分布図を作成する。

3. 2 水産用水の地下水揚水量分布

有明海での水産業は漁協単位で行われ、海苔業者は、地下水を用いる海苔の洗浄を海苔小屋にて行う。そこで、漁港、漁協の位置関係をもとに漁協毎の海苔小屋の分布範囲を現地調査して、メッシュ毎の海苔小屋分布の比を算出し、各漁協の水産用水の地下水揚水量の分布図を作成する。

3. 3 地下水揚水量分布のまとめ

水田用水、畑用水、工業・建築物・水道用水、水産用水の地下水揚水量分布データをオーバーレイ解析し、筑後平野の地下水揚水量時空分布図を作成する。Fig.3 にその一例として 1994 年の結果を示す。最大で、1 km^2 メッシュ当たり年間約 81 万 m^3 の揚水を行っているという結果が得られた。

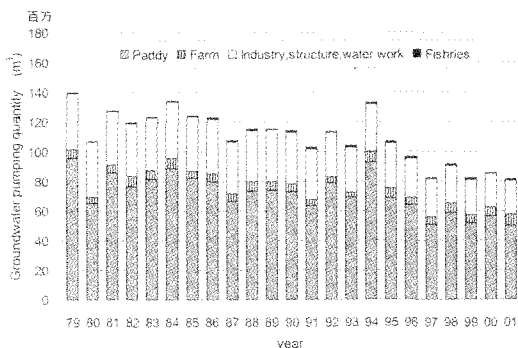


Fig.2 Groundwater pumping quantity in Chikugo plain.

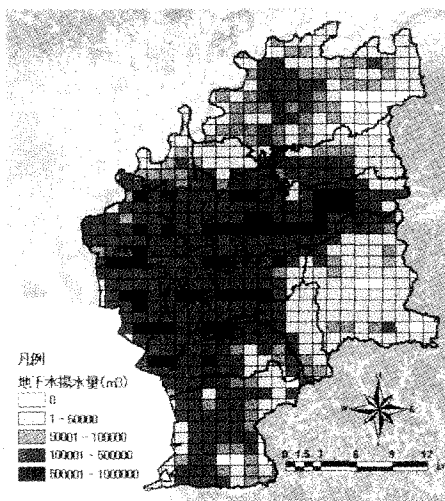


Fig.3 Groundwater pumping distribution in 1994.

4. まとめ

農業の生産、灌漑用水の計算法、筑後平野の水利状況、水産業の生産状況、土地利用等を考慮し、これまで推定方法が確立されていなかった地下水揚水量の推定および時空分布解析を行った。以下に結論を示す。

- ・水田用水の地下水揚水量が全体の約 65% を占め、年間平均約 7100 万 m^3 の揚水量があると推定された。
- ・筑後川から取水を行っている筑後川の下流域では、農業用水の需要水量を取水量で補えるため、地下水揚水をあまり行っていないことが分かった。
- ・水産用水の地下水揚水量は全体に比べ少ないが、海苔の養殖が盛んな有明海沿岸で局所的に揚水量の値が大きくなっている。

参考文献

- 1) 福岡県：福岡県の工業，1979-2001.
- 2) 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.
- 3) 福岡県：福岡県の水道，1979-2001.
- 4) 建設省河川局：改訂新版 建設省河川砂防技術基準（案）同解説 調査編，pp.86-88，1997.
- 5) 九州農政局福岡統計情報事務所：福岡農林水産統計年報，1979-2001.