

GISを用いた佐賀平野における新しい地下水揚水量時空分布把握手法の提案

九州大学工学部 学生会員 ○安村 圭亮 九州大学大学院 正会員 江崎 哲郎
九州大学大学院 正会員 三谷 泰浩 九州大学大学院 学生会員 川内 一徳

1. はじめに

佐賀平野は農業用水、工業用水ともに地下水への依存が高く、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ている。よって、健全な水循環の構築と適切な地下水管理を行うためには、これまでの水利用の状況を再現し、干ばつなどを考慮した広域水循環および地盤沈下の将来予測を行う必要がある。この場合、特に平野全体における広域地下水流動解析が重要となってくる。この広域地下水流動解析を行うためには、平野全体での地下水揚水量と涵養量を定量的かつ時空間的に明らかにする必要がある。

現在、地盤沈下の規制地域である佐賀平野の一部地域では地下水揚水量の報告義務がある。しかし、規制地域周囲の観測地域に加えて規制地域内であっても地下水揚水状況が正確には把握されていない。

そこで、本研究では、GIS（地理情報システム）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の算出方法を提案し、具体的な揚水量分布を求め、揚水量調査の結果との比較、検討を行い、提案した揚水量分布把握手法の妥当性を検証する。

2. 佐賀平野における地下水揚水量の解析

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2003年までの25年間を1月単位で行う。また土地利用を考慮するため、Fig. 1に示すような数値土地利用図を使用する。

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溜池・河川水が用いられている。各水利組合は水利権を所有しており、水利権量を溜池・河川から取水する。このことから、水田・畑それぞれの需要水量はまず、溜池・河川水で賄われ、不足分が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、反復利用率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) **溜池・河川取水** 溜池・河川取水は、筑後川水系におけるアオ取水、筑後川下流用水供給事業、嘉瀬川水系における川上頭首工からの取水、六角川水系における溜池取水、鹿島地区における溜池・中小河川からの取水の時代的変遷を考慮する。佐賀平野では一部を除いて、ほとんどが慣行による取水である。取水量は、実測データがあるものについてはそのデータを用い、その他の慣行水利権による取水については、各農業取水施設の最大取水量から算出する。

(4) **農業用水の地下水揚水量** 農業用水の地下水揚水量分布は、算出した水田・畑の需要水量分布から河川取水水量分布を差し引き算出する。

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の淡水を必要とし、洗浄用の地下水揚水は海苔小屋で行われる。そこで、地下水揚水量は、漁業組合がとりまとめている海苔の出荷枚数のデータから算出する。次に、漁業センサスに記載されている漁業集落²⁾を海苔小屋の分布範囲とし、水産用水の地下水揚水量分布を算出する。

2.3 工業用水の地下水揚水量の算出

工業用水の揚水量に関しては、行政区別に調査された揚水量³⁾を用いる。工業用水は土地利用図で、工業用地、学校、住宅地などに該当する建物用地Aの土地利用区分のメッシュと数値画像⁴⁾から工業用地に該当するメッシュを抽出し、その工業用地の土地利用面積に応じて割り振る。

2.4 水道用水の地下水揚水量の算出

水道用水の揚水量に関しても、行政区別に調査された揚水量⁵⁾を用いる。水道用水では、井戸の位置⁶⁾を含む1kmメッシュに割り振り、揚水量分布を算出する。

2.5 建築物用水の地下水揚水量の算出

建築物用水の揚水量に関しては、メッシュ別に調査されたデータのみである。そこで、そのデータを用いて、建築物用水の地下水揚水量分布とする。

2.6 佐賀平野における揚水量時空分布

農業用水、水産用水、工業用水、水道用水、建築物用水の地下水揚水量分布データをオーバーレイ解析し、佐賀平野の地下水揚水量時空分布図を作成する。Fig. 2にその一例として1994年7月の結果を示す。平野全体で、1km²あたり平均で約3.5×10⁴m³、最大で1km²あたり約33×10⁴m³の揚水を行っているという結果が得られた。

3. 算出結果と行政による揚水量調査結果との比較、検証

地下水揚水量分布算出結果の中から例として1994年7月の算出結果について行政機関による揚水量調査の結果との比較を行う。比較の対象となる揚水量調査として、佐賀・白石規制地域については佐賀県環境の保全と創造に関する条例による地下水揚水量調査結果を、それ以外の観測地域については国土交通省土地・水資源局による筑後・佐賀平野地盤沈下防止等対策要綱調査の結果を用いる。1994年7月の地下水揚水量調査結果の分布図をFig. 3に示す。調査結果では、1994年7月の平野全体での揚水量は1km²あたり平均で約1.0×10⁴m³、最大で1km²あたり約28×10⁴m³である。1994年7月における揚水量分布算出結果と調査結果について、1km²あたりの最大揚水量および平均揚水量をTable 1に示す。

Fig. 2 と **Fig. 3** を比較すると揚水量分布は概ね捉えられているが、**Table 1** に示す揚水量を比較すると、調査結果よりも算出結果のほうが揚水量は多い。この傾向が特に顕著に見られる区域を **Fig. 2** 中の A, B, C に示す。A に示す白石山麓区域では大小多くの溜池が点在しており、実際に使用されている溜池を全て考慮しきれていないために農業用水の地下水揚水量が多く算出されたと考えられる。B に示す白石沿岸区域では、溜池取水量が少ない区域である。また、C に示す筑後川に沿った区域はアオ取水区域である。両区域ともに溜池・河川取水量が豊富ではない区域であり、クリークの水が高度に反復利用されている。しかし、これらの区域を含めて平野全域で一定の反復利用率¹⁾を用いて農業用水の地下水揚水量を算出したため、B, C の両地域で農業用水の地下水揚水量が多く算出されていると考えられる。一方、揚水量分布を特によく捉えている区域を **Fig. 2** 中の D, E に示す。D に示す鹿島市では、水道用水の地下水揚水量が揚水量の6~7割と最も多くを占め、揚水量の総計は算出結果が約 $51 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、調査結果が約 $52 \times 10^4 \text{ m}^3$ であり、ほぼ一致している。また、E に示す佐賀中心部では工業用水と建築物揚水の地下水揚水量が全揚水量の9割程度を占め、揚水量の総計は算出結果が約 $12 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、調査結果が約 $13 \times 10^4 \text{ m}^3$ であり、こちらもほぼ一致している。

以上のように農業用水の揚水量が過剰に算出されたために、全体としての揚水量が多く、揚水量分布が広がっている区域はあるが、その傾向が顕著である区域を除くと、従来よりも定量的に揚水量分布を捉えることができたと考えられる。

4. まとめ

水循環に関わる各産業の地下水利用、土地利用、気象などを考慮して、これまで確立されていなかった地下水揚水量の時空分布把握手法を提案し、実際に揚水量分布を算出した。次に、調査結果と比較することで手法の妥当性を検証した。以下に結論を示す。

- ・提案した地下水揚水量時空分布把握手法では、揚水量の総計が多く算出された地域もあるが、地域全体の分布を定量的かつ時空間的に把握できた。
- ・規制地域および観測地域外であるため地下水揚水量調査の行われていない塩田町においても年平均で $32 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{year}$ 程度の地下水揚水が行われていると推定できた。

今後は、農業揚水量を算出する際の反復利用率や溜池・河川取水施設からの取水量などをさらに考慮することで、精度を向上させる予定である。

<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) 農林水産省：第9次漁業センサス 第14報，平成8年，pp.98-115。

- 3) 佐賀県：佐賀県の工業，1979-2003。
- 4) 国土地理院：数値地図25000（数値画像），平成9年。
- 5) 佐賀県：佐賀県の水道，1979-2003。
- 6) 佐賀県：地盤沈下防止等対策要綱推進調査 報告書。

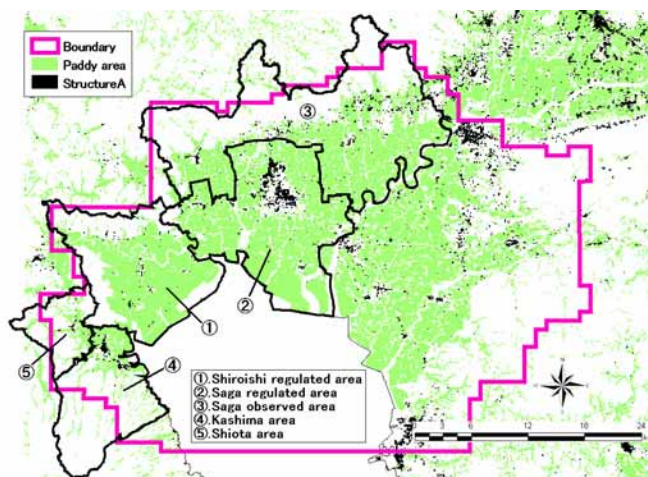


Fig. 1 Land use map in Saga Plain.

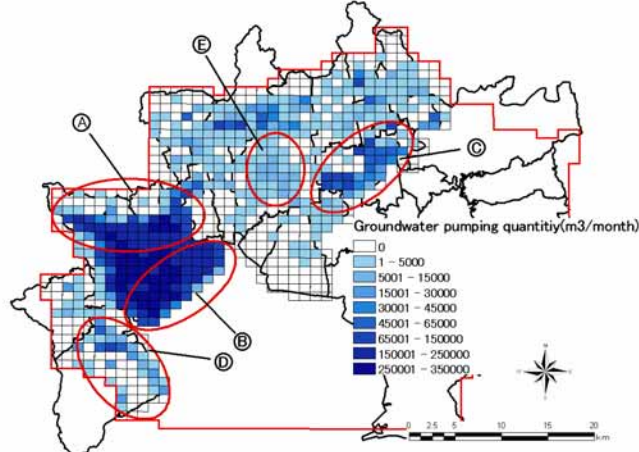


Fig. 2 Calculated result of monthly groundwater pumping quantity distribution (1994.7).

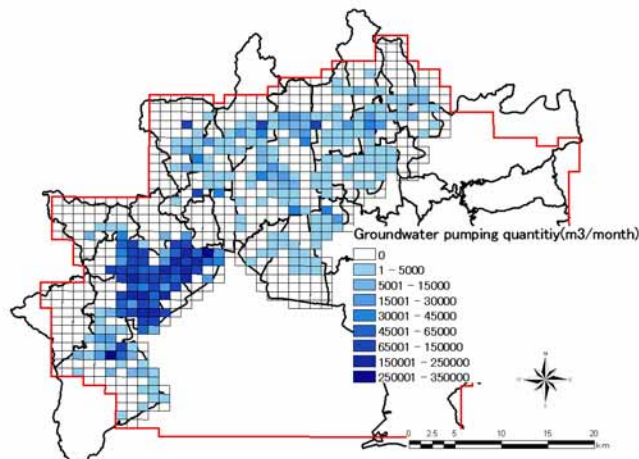


Fig. 3 Investigated result of monthly groundwater pumping quantity distribution (1994.7).

Table 1 Calculated result and investigated result of groundwater pumping quantity (1994.7).

Calculated result	Saga regulated area		Shiroishi regulated area		Saga observed area		Kashima area		Investigated result	Saga regulated area		Shiroishi regulated area		Saga observed area		Kashima area	
	Max(m ³)	Average(m ³)	Max(m ³)	Average(m ³)	Max(m ³)	Average(m ³)	Max(m ³)	Average(m ³)		Max(m ³)	Average(m ³)	Max(m ³)	Average(m ³)	Max(m ³)	Average(m ³)	Max(m ³)	Average(m ³)
Agriculture	156665	7267	326481	125518	104799	5341	22313	923	Agriculture	101146	1501	278638	30562	95040	1119	6729	294
Fishery	0	0	0	0	0	0	0	0	Fishery	0	0	0	0	0	0	0	0
Industry	62508	1093	1957	42	21536	575	30346	1403	Industry	120163	1126	1085	16	27421	356	68783	1066
Waterworks	29453	259	48836	1848	59594	546	113351	4030	Waterworks	4945	82	82981	2035	110471	867	263625	4929
Structure	22779	499	1376	27	17415	295	15300	640	Structure	22779	499	1376	27	17415	295	15300	640
Total	156665	8944	326481	127431	104799	6753	113351	6765	Total	120163	3169	278638	32637	112001	2638	263625	6930