

埼玉大学工学部 正会員 佐藤邦明

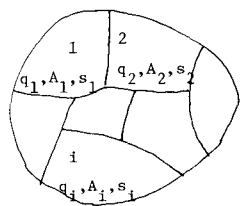
はじめに

最近、地下水資源の有効利用・開発の方策として、地下ダムや地下水強化に関する議論が活発であり、研究も進められつつある。従来、地下水資源は無秩序な揚水により、地盤沈下・塩害などにより法的規制を余儀なくされ、その利水は大きく制限されている。しかし、今時の水不足や需要増から、地下ダムによる水資源開発の有効性が検討、認識されてきているものと思われる。地下ダム構想には問題も無いではないが、その中の一つに貯留水をいかに地盤公算なく、枯渇させることなく揚水すればよいか適正の判断をすることが重要である。この判断基準の考え方を確立する意味で、地盤沈下と揚水量の関係を中心にDP計算による一つの最適化揚水配分について検討してみたので報告する。

1. 揚水配分の最適化

地下ダム貯留水に限らずある地下水資源を含めた資源を揚水しようとする場合、周辺地盤や地下水系に不都合な状態をまねきたくないという条件が加わることはある。その一つが地下水の枯渇や地盤沈下を出来るだけ最小（あるいは零）にして出来るだけ多くの揚水を得ることが可能であらうかに注目してみる。これについて筆者はつぎのように考えてみた。

図-1のように、ある揚水地域を小区域 i ($i=1, 2, 3 \dots N$) に分割し、 i 地区の単位面積当りの1日の揚水量を g_i ($g_i = Q_i/A_i$; Q_i : i 地区の1日揚水量、 A_i : i 地区の面積) とすると、式(1)のようになる。いま、ある地区 i の g_i は流量量などの関係を考慮して、 i 地区許容揚水量 g_{oi} を導入し、式(2)とする。

図-1 揚水地域の分割と揚水量 g_i 、面積 A_i および沈下量 s_i の設定

$$\sum_{i=1}^N A_i g_i = Q \leq Q_0, \quad (1)$$

$$0 \leq g_i \leq g_{oi}, \quad (2)$$

ここで、当然、 Q はその全地域の1日総揚水量であつて、全地域の許容揚水量 Q_0 より小さくならなければならない。

今回は沈下と揚水を前提に考えることとし、面積 A_i で揚水 g_i を行なった時、地区平均地盤沈下量 s_i は g_i の関数 $s_i(g_i)$ であり、地域全体の総沈下量 S は

$$S(g_1, g_2, g_3, \dots, g_N) = s_1(g_1) + s_2(g_2) + \dots + s_N(g_N), \quad (3)$$

であるとする。ここで、 $s_i(g_i)$ を沈下（あるいは地盤変動）関数と名づけることとし、この関数形は地区 i によって、地盤および水理条件の違いによって違ってくるものと考え、予め判かるものとしておく。

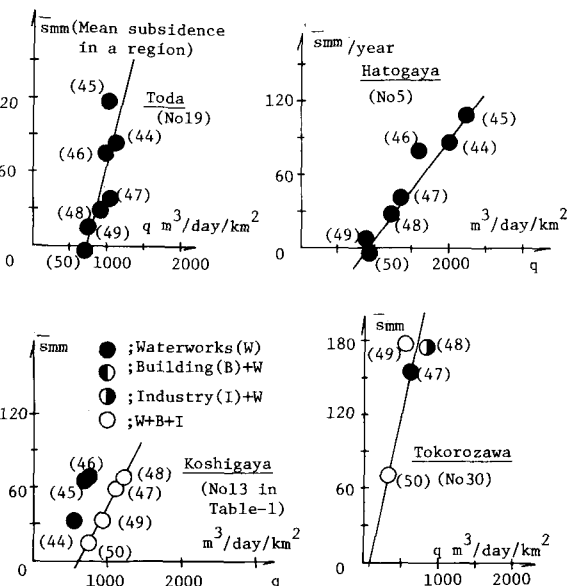


図-2 沈下関数の数例

そこで、揚水地域の性格、水需要より、 g_0 、 Q_0 は設定し得るものとして、全地区許容総現下量 $S_0 \geq S$ の範囲で、現下を最小に出来るだけ多くの揚水と行なう最適揚水量と最適性の原理

$$f_N(Q) = \min \{ S_N(g_N) + f_{N+1}(Q - A_N g_N) \},$$

$$0 \leq g_N \leq Q/A_N$$

$$0 \leq g_N \leq g_{0i} \quad (4)$$

によって進めてみる。

この場合に必要となるのは現下関数 $S_i(g_i)$ であるが、これについて今回取り上げたのは埼玉県下の昭和44~50年までの市町村別揚水量 Q_i 、水準測量結果(各年度ごとの市町村別総水準点光下量と点数で割って地区平均現下量)との関係を探めみると、図-2の数例のようになる。ここで、興味あることはある程度揚水していても現下の生じない揚水量(かりに限界揚水量 m_i とよぶ)が存在することと同時に一応直線関係とみなせば、それらのこう配がことごとく違っていることである。そこで、現下関数を式(5)のようにとる。

$$S_i(g_i) = \begin{cases} 0, & 0 \leq g_i \leq m_i \\ a_i g_i^2 + b_i g_i + c_i, & g_i > m_i \end{cases} \quad (5)$$

式(5)で a_i, b_i, c_i は実測より決まる定数であつて、図-2からすると $a_i = 0$ とおける。その結果を埼玉県下で資料のある範囲で整理すると表-1のようになった。

2. 計算二例

上述の考え方に立つて、地下ダムの場合と必ずしも即応した計算例とは言えないが、深層地下水の場合について埼玉県南部および東部について計算した結果と示してみる。この考え方は地下ダム群留の場合にも有効なものと思つてゐる。いま、地域最適配分を述べたいみるに当つて、表-1に示した南部(和光、川口、浦和、蕨、鳩ヶ谷、戸田、三郷、草加、八潮、吉川)、東部(蓮田、伊奈、潮和、大宮、上尾、若槻、春日部、越谷、子野、白岡)の10市町村を対象とした。そこで、総揚水量は一応50年度の揚水量から南部、190,000 m^3/day 、東部、310,000 m^3/day とし g_{0i} は、南部、和光、1747.990、川口、468.130、浦和795.890、蕨、2302.950、鳩ヶ谷、937.100、戸田、722.710、三郷、501.900、草加、1227.850、八潮、852.430、吉川、160260 m^3/day であり、東部、蓮田、679.730、伊奈、176.860、潮和795.890、大宮、622.770、上尾、1754.720、若槻、472.880、春日部、769.520、越谷、751.740、子野、5648.551、白岡、320.430 m^3/day とした。また、現下関数 $S_i(g_i)$ の定数は表-1のものを用い、計算揚水量のきざみは5000 m^3/day とした。

計算結果は図-3、4のようであり、図-3(南部地域)を例にとると、全体に最適揚水配分は、全揚水量190,000 m^3/day に対し、浦和、55,000、草加、30,000、川口、25,000、和光、20,000、三郷、八潮、15,000、蕨、戸田、10,000、鳩ヶ谷、吉川、5,000 m^3/day のようであり、現下量は浦和14.86、八潮8.73、三郷、7.26、川口6.92、和光、6.80、吉川、2.55、蕨、鳩ヶ谷、戸田、草加0 m^3/day で、 $S=47.12$ m^3 である。

最後に、本研究を進めるに当り、埼玉県環境部より資料を提供していただいた事に記して心より謝意を表わす次第である。

表-1 現下関数の係数

市町村名	A_i	b_i	C_i	m_i	市町村名	A_i	b_i	C_i	m_i
1 三郷	30.41	0.110	-47	425.18	蕨	5.09	0.083	-177	2130
2 宮代	16.26	0.620	-306	330.19	戸田	15.03	0.250	-180	720
3 蓮田	27.28	0.480	-275	575.95	越谷	17.78	0.365	-214	1340
4 伊奈	14.85	0.380	-128	546.23	川島	42.13	0.470	-14	30
5 鳩ヶ谷	6.20	0.080	-72	900.22	三芳	15.56	0.300	-224	680
6 越谷	71.03	0.200	-140	700.23	新堤	22.89	0.170	-140	825
7 八潮	16.12	0.170	-122	775.24	人間	40.06	0.480	-67	140
8 大宮	66.87	0.090	-54	900.25	志木	6.96	0.074	-72	370
9 上尾	45.63	0.140	-220	1073.26	和光	11.58	0.085	-140	1400
10 羽黒	49.77	0.130	-46	350.27	上福岡	5.38	0.150	-375	4900
11 春日部	37.96	0.130	-37	520.28	杉戸	29.64	0.340	-28	85
12 吉川	31.00	0.270	-41	150.29	狭山	49.45	0.330	-115	360
13 鎌倉	58.74	0.130	-56	600.30	所沢	70.38	0.290	-33	80
14 草加	27.54	0.084	-111	1300.31	真光	19.53	0.200	-132	660
15 子野	8.28	0.150	-236	1570.32	川越	110.99	0.240	-136	650
16 白岡	24.52	0.430	-90	210.33	大井	0.04	0.190	-201	1120
17 川口	55.68	0.100	-38	580					

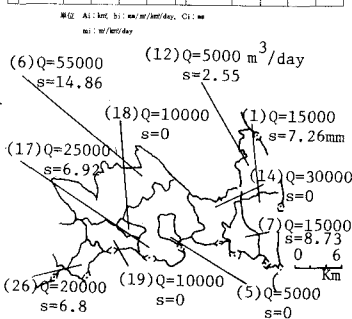


図-3 計算結果(南部)

総揚水量 190,000 m^3/day

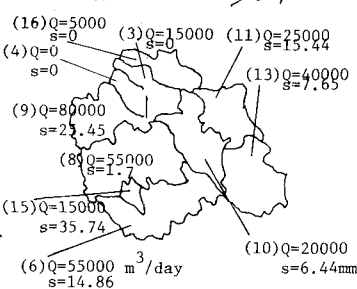


図-4 計算結果(東部)

総揚水量 310,000 m^3/day