

中国の河北平原における地下水の資源及び収支

中国地質科学院水文地質工程地質研究所 (正) 張兆吉*

環境庁国立環境研究所

(正) 大坪国順**

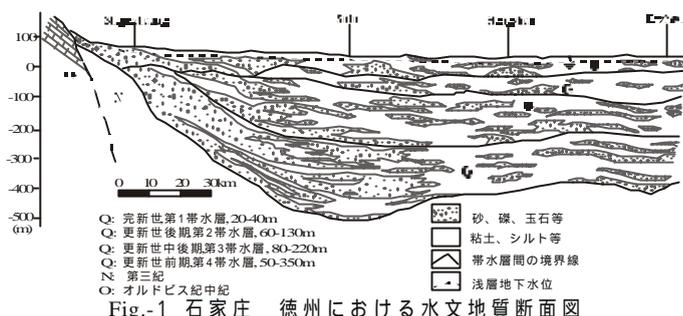
工業技術院地質調査所

石井武政*

1. はじめに 河北平原は中国の東部に位置する海河流域に属し、中国の一大農業地帯となっている。70年代からの急速な農業発展を支えた水資源はほとんど地下水揚水に依った。近年、地下水の大量揚水の弊害が都市域周辺を中心に現れており¹⁾、このまま大量の地下水揚水が続くと、環境悪化はさらに深刻化することが懸念される。この地域の持続可能な水資源利用を考えるにあたり、地下水資源の量と水収支を明らかにすることは非常に重要である。

2. 河北平原の地層構造 河北平原の第四紀地層は、厚さが異なる不連続な幾つかの砂礫層と粘土層が複雑に配列した構造となっている (Fig. -2)。そのため、一つの砂礫層毎にそれを帯水層と考えるのは難しく、複数の砂礫層と粘土層を合わせて一つの帯水層として取り扱われている。

そのため各帯水層間の境界線の定義は難しく、現在は、1980年代に中国地質鋳産部が様々な角度から決めたものが広く用いられている。それによれば、河北平原の第四紀地層は、4つの帯水層に分割される。その深さは、それぞれ40~60m、120~170m、250~350および400~600mである。第一帯水層は不圧地下水であり、他の三つの帯水層は被圧地下水である。全ての帯水層は複数の透水層と不透水層を含み、全ての帯水層の水が農業や工業水として利用されているが、特に、第一帯水層と第三帯水層中の帯水層は、粒度が大きく均一で厚さもあり、主要な給水層として多量の地下水が汲み上げられている²⁾。



3. 水収支に関するパラメータ 地下水資源を計算するため、水文地質条件と地表水流域によって、それぞれ、地下水系統計算区分 (H1~3) と地表水流域計算区分 (L1~10) に分割し、Fig. -2 に示した。

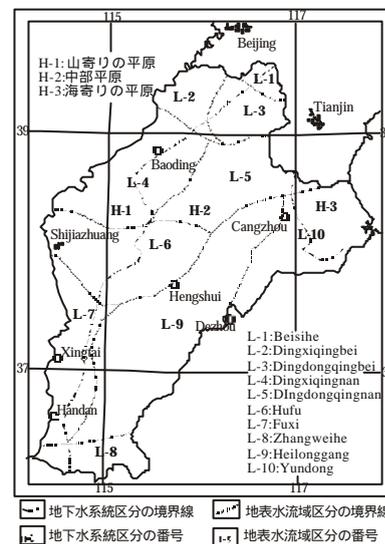
地下水流動に関する各種パラメータは、地下水収支の解析、地下水資源を計算する際のキー・ポイントである。Fig. -2 の流域区分毎に水収支を検討するために、各区分地において現地でのライシメータ実験や揚水試験を行って以下のパラメータの値を求めた³⁾。

(1) 降水浸透係数() : は、降水からの年間地下水涵養量が年間降水量に占める割合(%)である。 は地下水位の深さにより変化し、一般に、地下水位の深さが毛管上昇と一致する深さで極大値になる。河北平原での の値は、粘土で地下水位が2m以内では3.7~7.9、地下水位が4~6mで14.5~19.0である。粘土質シルトでは、地下水位が2m以内で14.0~24.4で、地下水位が4~6mで30.7~40.6であった。

(2) 蒸発係数() : は、現場での地下水からの蒸発散量とパン蒸発計からの蒸発量との比である。 は地下水位が深くなるにつれて減少する。河北平原では、地下水位が1~2mでは、 の値は粘土で0.078~0.062、シルトで0.275~0.125である。地下水位が3~4mでは、粘土で0.040~0.023、シルトで0.071~0.035である。一般に、地下水位が6m以上深くなると0.01以下となり無視できる。

(3) 透水係数 (K) : 揚水試験結果によると、山地寄り平原と中部平原でのKの値は、粘土で0.83 m/d、細砂で10.7 m/d、砂礫で100~773 m/dであった。海寄り平原のK値は、粘土で0.001 m/d、細砂で6.0~8.0 m/dであった。

(4) 比産水率 (μ) : μは、飽和状態の岩石又は土壌から重力排水により排出される水の体積の全体積に対する割合であ



キーワード : 中国 ; 河北平原 ; 地下水資源 ; 地下水収支

*) 〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-3 ; Tel:0298-613692

**) 〒305-0053 茨城県つくば市小野川16-2 ; Tel:0298-502417

る。河北平原では、 μ はシルト質粘土が0.03~0.06、シルトが0.06~0.13、粗砂が0.20、砂礫が0.22、玉石礫が0.25である。山地寄り平原から海寄り平原に向かって徐々に小さくなっていった。

4. 地下水の収支 河北平原の浅層地下水収支の要素は、地下水灌溉の浸透による戻り分(R-1)、降水の浸透(R-2)、山からの流れ込み(R-3)、地表水からの浸透(R-4)、地下水の揚水(D-1)、地下水の蒸発(D-2)、河(排水路)への流出(D-3)である。河北平原では、降水の浸透が浅層地下水の主な涵養源であり、地下水の揚水が浅層地下水の主な排出要素である。各流域区分における浅層地下水収支の解析結果をTable 1に示した。河北平原全体では、鉱化度が2g/l以下の浅層地下水涵養量は101.14億 m^3/y 、浅層地下水排出量は105.02億 m^3/y 、浅層帯水層貯留量の減少量は3.88億 m^3/y という結果となった。

現状の水収支では浅層帯水層の水資源は年々減少して行くことになる。

ここで、(R-1) = \times (地下水による灌溉水量) ; (R-2) = \times (降水量) ; (R-3) = $K \times$ (浅層帯水層の厚さ) \times (自由地下水の動水勾配) ; (R-4) = \times (地表水による

灌溉水量) + $K \times$ (断面積) \times (動水勾配) ; (D-1) = 現地調査データ ; (D-2) = \times (地表面に置いたパン蒸発計からの蒸発量) ; (D-3) 河への排出量 = $K \times$ (断面積) \times (動水勾配) ; (B-1) = 浅層帯水層貯留量の変化量、で求めた。

一方、河北平原の深層地下水収支の要素は、上部帯水層からの涵養(C-1)、山からの流れ込み(C-2)、地下水の揚水(C-3)、貯留量の変化(C-4)がある。Table 2は深層地下水収支の解析結果で、深層地下水揚水量の多い場合は、主に深層地下水の貯留量が減少するため、被圧地下水頭が絶え間なく低下することになる。

ここで、(C-1) = (難透水層の浸透係数) \times (被圧地下水頭と自由地下水位の差) / (難透水層の厚さ) ; (C-2) = $K \times$ (被圧帯水層の厚さ) \times (被圧地下水の動水勾配) ; (C-3) = 現地調査データ ; (C-4) = 被圧地下水貯留量 ; (C-5) = 被圧地下水頭の変化で計算した。

5. 浅層帯水層貯留量 浅層帯水層貯留量(S-1)は、浅層帯水層の厚さ(M)と比産水率(μ)で概算できる。また、浅層帯水層の地下水を使い切る年数(S-3)は、浅層帯水層貯留量を毎年の減少量(S-2)で除することにより概算できる。浅層帯水層貯留量とそれを使い切る年数の概算結果をTable-3に示した。ここで、(S-1) = $\mu \times M \times$ (概算面積) ; (S-2) = 浅層帯水層貯留量の毎年減少量 ; (S-3) = (S-1)/(S-2)で求めた。Table-3によれば、河北平原全体で見れば、現在の揚水量であれば浅層帯水層が21世紀中に涸渇する心配はないと考えられるが、都市域周辺など局所的には問題は深刻化しよう¹⁾。

参考文献

- 1) 張、大坪、石井: 中国河北平原における地下水の開発利用とその環境への影響, 第54回土木学会年講, 共通セッション, pp182-183, 1999.
- 2) 朱 延華他: 黄淮海平原水文地質総合評価, 水文地質工程地質, 第11号, 10-16, 1992.
- 3) 朱 延華他: 華北地区地下水資源評価, 水文地質工程地質研究所資料, 70-75, 1990.

Table 1 浅層地下水 (鉱化度が2g/l以下) 収支表 (面積: km^2 ; 水量: 億 m^3)

地域	面積	涵養の要素					排出の要素				B-1
		R-1	R-2	R-3	R-4	合計	D-1	D-2	D-3	合計	
L-1	3801	1.23	6.99	0.46	0.83	9.51	7.61	1.73	0.31	9.65	-0.14
L-2	2284	0.93	4.40	0.37	1.32	7.02	6.85	0.29		7.14	-0.12
L-3	2482	0.72	4.38	0.32	0.44	5.86	5.23	0.87		6.10	-0.24
L-4	9491	2.52	13.16	2.82	3.69	22.19	20.96	1.61	0.20	22.77	-0.58
L-5	3545	0.49	5.82	0.02	0.51	6.84	5.36	1.20	0.54	7.10	-0.26
L-6	5398	1.68	7.89	2.72	1.98	14.27	15.31	0.77	0.13	16.21	-1.94
L-7	6321	1.55	9.66	1.96	0.75	13.92	13.60	0.41		14.01	-0.09
L-8	1847	0.32	3.18	0.05	0.49	4.04	3.45	0.61	0.14	4.20	-0.16
L-9	7244	1.06	11.31	0.54	0.95	13.86	10.78	3.39	0.17	14.34	-0.48
L-10	1821	0.19	3.20		0.24	3.63	2.53	0.72	0.25	3.50	0.13
合計	44234	10.69	69.99	9.26	11.2	101.14	91.68	11.6	1.74	105.02	-3.88

Table 2 深層地下水 (鉱化度が2g/l以下) 収支表

地域	補給の要素		C-3	C-4	C-5
	C-1	C-2			
Changzhou	2.019	0.042	2.721	-0.660	-1.85
Hengshui	3.084	0.202	4.266	-0.980	-2.80
Xingtai	1.236	0.067	1.478	-0.175	-0.86
Handan	0.343	0.075	0.440	-0.022	-0.18
合計	6.682	0.386	8.905	-1.837	-1.61

(水位: m; 水量: 億 m^3)

Table-3 浅層帯水層貯留量とそれを使い切る年数

地域	面積	μ	M	S-1	S-2	S-3(y)
L-1	3801	0.14	35	186	-0.14	1328
L-2	2284	0.15	35	119	-0.12	991
L-3	2482	0.12	30	89	-0.24	370
L-4	9491	0.13	40	493	-0.58	850
L-5	3545	0.12	30	127	-0.26	488
L-6	5398	0.13	35	245	-1.94	126
L-7	6321	0.11	30	208	-0.09	2311
L-8	1847	0.12	35	77	-0.16	481
L-9	7244	0.10	30	217	-0.48	452
L-10	1821	0.06	20	21	0.13	
合計	44234			1782	-3.88	459

(単位) 面積: Km^2 , M: m, S-1, S-2: 億 m^3 , S-3: years