

中国河北平原での都市域拡大による地下水位変化の予測

国立環境研究所	(正)	大坪国順 ^{*)}
中国地質科学院水文地質工程地質研究所	(正)	張兆吉 ^{**)}
中国南京師範大学		Gong 建新 ^{***)}
国立環境研究所	(正)	一之瀬俊明 ^{*)}

中国の河北平原においては、工業、農業及び生活用水等はほとんど地下水に依存している。大量の地下水揚水による環境の悪化が懸念されるが、既に一部の都市部を中心に地盤沈下等の弊害が現れている¹⁾。そこで、本報は、河北平原において都市域の拡大が地下水位の変化に与える影響について予測を試みた。

1. 過去の研究 1975～1994年河北平原の地下水位の年間水収支を小領域毎に解析した結果、浅層において平原のほぼ全地域で年間収支は流出超過となり、深層においても、圧力水頭が平原平均で毎年1.6m、海岸地域では毎年8mも低下していることが明らかとなった。河北平原の浅層及び深層の地下水位（頭）変化を予測するために、準3次元地下水位（頭）変化モデルを構築した。シミュレーション結果によれば、揚水量を1994年実績で一定としても、2030年に平原西側では人口100～200万人の都市を中心に浅層帯の水位（頭）低下が進行し、深刻な事態を迎えると懸念される²⁾。そこで、都市の拡大が地下水位に与える影響を検討するため、都市周辺の非都市的利用地の都市的用地への変化を予測するモデルUXP（Urban eXpansion Program）を開発した。

2. 都市拡張予測プログラム UXPでは、GISの機能を用いて都市拡大の予測が以下の手順で行われる。

(1) 土地利用図をメッシュ化し、都市の影響範囲内にあるメッシュ毎に、その都市化ポテンシャルを計算する。都市周辺において、ある地点 u の用地が都市的用地に変換されたとした場合、その変換に影響を与える要素として、都市からの距離を考える（図1）。本報では、式(1)で定義される都市化ポテンシャル Du を考える。

$$Du = \sum_{i=1}^n a_0 \left(1 + \frac{r_i}{d_i}\right)^{a_1} \quad (1)$$

但し、 n は地点 u に影響を与える対象地域内全ての都市の数、 r_i は都市 i の平均半径 $=$ (都市 i の面積 $/\pi$)^{1/2}、 d_i は地点 u から都市 i の中心点までの距離、 a_0 と a_1 はパラメータである ($a_0, a_1 > 0$)。

(2) 対象地域における総都市用地の将来変化を統計的に計算する。河北省においては式(2)で表されるS曲線モデルを用いて将来の財政収入(GDP)の予測値³⁾に基づき総都市用地の将来変化を与えた。

$$b_r = e^{b_0 + b_1 / \sqrt{f_r}} \quad (2)$$

但し、 b_r は t 年後の都市部面積/都市面積の初期値、 f_r は t 年後の都市財政収入/都市財政収入の初期値、 b_0 と b_1 はパラメータである。

計算の結果、河北省においては、計算開始年の1987年に比べ、2030年までに、都市部の財政収入が約4倍になるのに対して、都市部面積は約2倍となることが分かった。

(3) 予測年の総都市用地面積に応じて、都市化ポテンシャルの大きいメッシュから順に都市的用地と変化させる。

3. 都市の拡張による地下水位の変動 上述の準3次元地下水位（頭）変化モデルに、表1で示す4つのシナリオを与えて、都市の拡張による地下水位（頭）の変化について考察した（図2）。但し、オンライン投稿で文章ファイルのサイズに制限があるので、図2にはシナリオCとシナリオDに関する深層のシミュレーション結果が示されていない。

まず、シナリオAとシナリオBのシミュレーション結果の比較（揚水シナリオは同じで都市化のシナリオが異なる場合）からは、下記のことが分かった。

- (1) 都市用地の拡大は、都市周辺の地下水位の低下を助長するが、平原全体の地下水位低下への影響は小さい。
- (2) 都市用地の拡大による都市周辺の地下水位（頭）への影響は、浅層帯水層より深層帯水層への方が大きい。

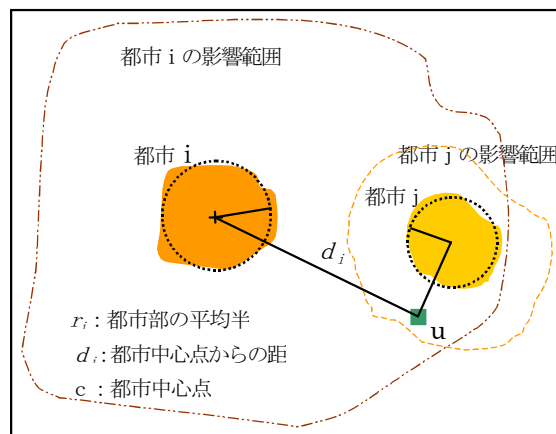


図1 都市的ポテンシャル計算の概念図

キーワード： 中国、河北平原、地下水位変化、都市化ポテンシャル、都市用地

連絡先： ^{*)} 〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2, email: kuninori@nies.go.jp ichinose@www-cger.nies.go.jp

^{**)} 中国河北省保定県, email: zahoji99@yahoo.com

^{***)} 中国江蘇省南京市寧海路122号, email: gongjian@nies.go.jp jx_gong@hotmail.com

次に、シナリオAとシナリオDのシミュレーション結果の比較からは、下記のことが分かった。

(3) 工業用揚水量（農村地域も含めて）の増加の方が、都市用地拡大よりも、地下水位低下に大きく影響する。一方、シナリオCとシナリオDのシミュレーション結果の比較からは、下記のことが分かった。

(4) 平原全体における揚水量が1994年の実績より小さく抑えられた場合、都市用地がある程度拡大しでも、都市周辺においても、平原全体においても、地下水位の大きい変化が見られない。

表1 地下水揚水に関する4つのシナリオ

	シナリオA	シナリオB	シナリオC	シナリオD
都市面積	1987年から変化無し	2030年で1987年の2倍	1987年から変化無し	2030年で1987年の2倍
工業用揚水量	毎年6%で増加 (トレンドの延長)	毎年6%で増加 (トレンドの延長)	2030年都市部で1994年の0.942倍；農村部で1994年の0.471倍	2030年都市部で1994年の0.942倍；農村部で1994年の0.471倍
生活用揚水量	毎年2%で増加(2030年で1994年の2倍)	毎年2%で増加(2030年で1994年の2倍)	2030年で1994年の2.9倍	2030年で1994年の2.9倍
農業用揚水量	1994年の実績	1994年の実績	1994年の実績	1994年の実績

30年という比較的長い期間にもかかわらず、都市周辺での揚水量の変化の地下水位への影響は、都市周辺に限定され農村部には波及しにくい結果となった。また、農村部での工業用揚水量は小さいものの、広範囲、長期間にわたって揚水量が増加し続ける場合には、都市周辺の地下水位低下に悪影響を及ぼす結果となった。一方、平原全体で節水対策が進めば、たとえ都市域面積が2倍となっても、地下水位低下の程度はあまり変わらない。全般的に、河北平原では、揚水量変化に

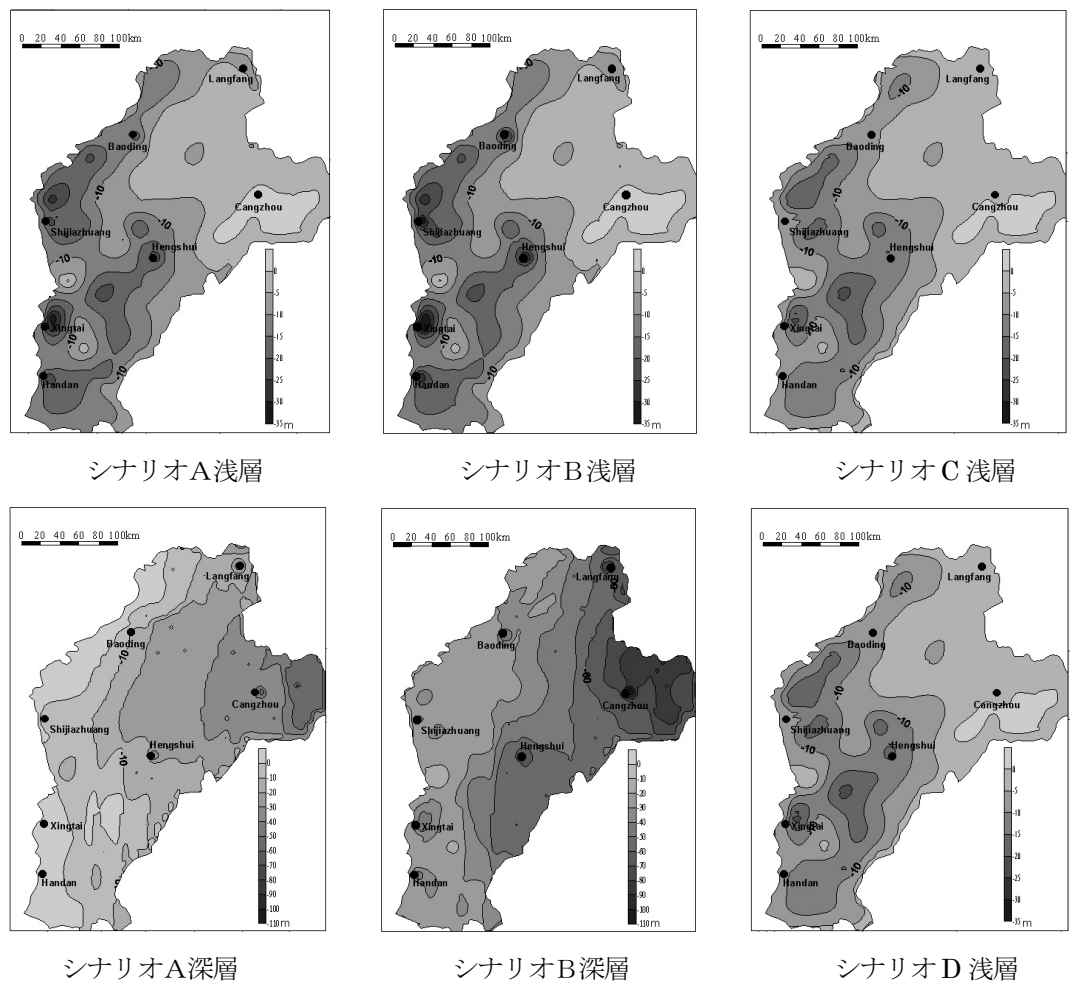


図2 4つのシナリオでの地下水位(頭)低下のシミュレーション結果

対する地下水位の変動は、都市周辺の方が農村部よりかなり敏感であるので、都市周辺での地下水位低下、及びその環境劣化について、最も警戒し対策を講ずる必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 張兆吉, 大坪国順, 石井武政: 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) 張兆吉, 大坪国順, 石井武政: 中国の河北平原における地下水資源の現状と将来予測, 水工学論文集45, pp.361-366, 2001.
- 3) Gong 建新, 大坪国順: 中国各省土地利用限界値に関する研究, 「LU/GECプロジェクト報告書Vー中国における土地利用変化のメカニズムとその影響に関する研究ー(大坪国順編)」, pp42-54, 1999, つくば.