

CS-91 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

中国水文地質工程地質研究所 正員 張兆吉*)

国立環境研究所 正員 大坪国順**)

通商産業省地質調査所 石井武政*)

1.はじめに 河北平原は、中国の東部に位置し、北に北京・天津を、西に太行山を望み、東は渤海に面した海河流域に属する。現在では中国の一大農業地帯であるが、半乾燥の気候区に属し水資源に乏しく環境は脆弱である。70年代からの農工業の急速な発展に伴う工業用水、農業用水の急激な増加は、水資源不足を招き経済発展を阻害しかねない問題を生じさせている。すなわち、大量汲み上げによる地下水の涵濁、地下水位の低下、および地盤沈下などの環境への悪影響が起き始めている。今後、農工業が更に発展するにつれて地下水の揚水量も益々増え、環境も一層悪化すると予想される。この地域は、土地利用変化に伴う環境悪化が最も深刻に危惧される地域の一つである。

2.河北平原の水資源 河北平原の第四紀地層は厚くて、一般に400~600mに達して四つの帯水層に分けられされている。各帯水層はそれぞれ第四紀の完新世(Q_4)、更新世後期(Q_3)、更新世中期(Q_2)、更新世前期(Q_1)の地層に相当する。第一帯水層は不圧地下水を含有しており、第二帯水層との境界の深さは40~60mで細砂とシルトから構成されている。第二帯水層以下の層はいずれも被圧地下水を有し、第二帯水層は砂礫から構成され第三帯水層との境界の深さは20~170mである。第三帯水層は厚い砂礫からなり、第四帯水層との境界の深さは250~350mである。第四帯水層は薄層の砂から構成され、下部地層との境界の深さは400~600mである。第一帯水層と第三帯水層が主要な帯水層で農工業用水等として大量の水が揚水されている。

河北平原の水資源はかなり乏しく、持続的利用可能な地下水資源量は全体で89.71億t/yで、浅層地下水資源と深層地下水資源の量はそれぞれ79.86億t/y、9.85億t/yである。地表水資源は降水の変化を直接受けるため、資源量の変化が大きく、水源としての確実性が低い。河北平原での平均的な地表水資源量は69.87億t/yであるが、1997年には21.52億t/yだけであった。

3.河北平原での水利用状況 河北省では、耕地面積は省別耕地面積の第四位にランクされ、農業が経済の中心である。工業は軽工業が主である。このため、水資源は主に農業用水として利用されている。1997年の河北平原の農業用水量は121.09億t/yで、総用水量(157.60億t/y)の78%を占める。林牧畜業用水量、生活用水量および工業用水量はそれぞれ、3%、8%、11%である(図1)。農業用水のうち、水田面積は少ないわりに水の需要が高く農業用水の53%を占め、次に灌漑地の用水量が42%を占める。農業用水は年々増加しつつも年降水量の変動の影響も受けている(図2)。工業用水は都市部に集中しその75%を占める。農村部は一人当たりの用水量が少ないが、人口が多いため、生活用水の56%を占めている。

河北平原の河川は短かいので、集水面積が小さく地表水資源は乏しい。1997年には25.97億tが地表水資源として利用されたが、全給水量の16%を占めるのみである。地下水が河北平原の主要な給水源であることがわかる。1997年には河北平原の地下水揚水量は131.23億t/yに及び総利用量の83%にあたる。そのうち、浅層地下水、深層地下水および塩水の揚水量はそれぞれ95.01億t/y、33.35億t/y、2.87億t/yで、地

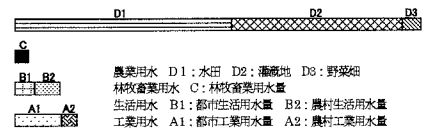


図1 河北平原の用水構成図

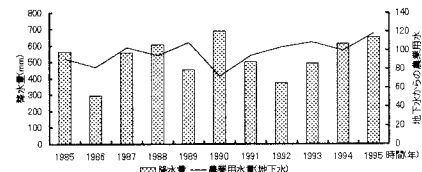


図2 降水量と農業用水量(地下水)の関係図

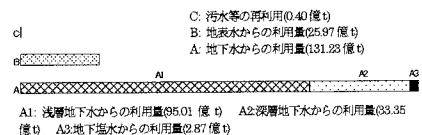


図3 河北平原の給水構成図

キーワード：河北平原、地下水、環境悪化

連絡先：*) 茨城県つくば市東1-1-3 Tel: 0298-54-3692 Fax: 0298-54-3533

**) 茨城県つくば市小野川16-2 Tel: 0298-50-2417 Fax: 0298-50-2576

下水揚水量の72%、25%および3%にあたる（図3）。利用量は地下水利用可能限度をはるかに超え、地下水位の低下が継続して起こっている。

70年代以降、農工業が急速に発展し生活も豊かになるにつれて、農、工業用水と生活用水の需要量が急増し、水資源の需要供給の関係が年々逼迫してきた。1985年以降、河北平原の地下水揚水総量は毎年3.4%増えている（図4）。生活水準が向上するにつれて地下水からの生活用水量が毎年8.5%も急増し、全国都市の平均生活用水量は70年代後期の130l/日/人から90年代には220l/日/人に達した。農村での生活用水量も70年代後期の都市生活用水量標準値の55l/日/人を超えた。また、工業発展につれて工業用水量も増え、地下水の利用率は6.3%である。地下水からの農業用水量の増加率は緩慢で、2.7%である。

4.環境への影響 70年代以前は揚水量が少く浅層と深層地下水は人為的影響を受けないで水位は降水量に応じて平均値を上下する状態で保たれていた。しかし、70年代以降は揚水量の増加につれて地下水位の大幅な低下傾向と地盤沈下の環境問題が起き始めている。

過去30年間の河北平原での浅層地下水位低下は、山地寄り平原で大きく平均12~25mに達したが、中部平原や海寄りの平原では緩慢で平均2~10m程度であった。例えば、石家庄、衡水および滄州の低下速度はそれぞれ0.67m/y、0.17m/y、0.11m/yである（図5）。浅層地下水の流動方向にも変化が起き、30年前にはSEE方向に自然流下していたものが、現在では都市の近傍に合流する流動になっている。

浅層地下水位の昇降は塩化土地の発生や変化と密接な関係がある。過去50年間で、農業灌漑の給水源が何度も変動して地下水位の昇降がたびたび反復し、それに呼応して塩化土地面積が変化した。例えば、ある県では、50年代には浅井戸による灌漑で塩化土地が安定した。しかし、60年代初期に黄河の水を引いて無計画に灌漑した結果、地下水位が上昇して塩性土地面積が拡大し、食糧生産高が減少した。その後、水路を掘削して地下水を排水し、浅井戸灌漑を復活させた結果、地下水位が下がり、塩化土地面積が徐々に縮小して食糧生産高は次第に増加している（図6）。

深層地下水はその貯留係数が小さいために水位の低下は浅層地下水より速い。海寄りの平原では速度は一層大きく、これまでに水位が20~60m下って海面より低い区域が60~70%を占めた。山地寄りの石家庄での速度は1.44m/y、中部の衡水では2.28m/yであるのに対して、海寄りの滄州では3.33m/yである（図7）。深層地下水位の大幅な下降によって、海寄りの平原で地盤沈下が拡大した。これまでの累積地盤沈下量は平均で253mm、最大で1131mmに達した（図8）。

5.中国での水資源対策 上述のように、河北平原の水資源は貴重で脆弱である。そのために、中国政府は下記の用水対策を立案した。

- ①節水：河北平原では用水路による粗放な灌漑が幅をきかせている。用水量の低いスプリンクラーによる灌漑農地は5%のみである。一方、イスラエルやイギリス等では95%以上である。工業用水の循環利用も河北平原では20~30%である。一方、アメリカや日本等では60~70%に達している。河北平原には節水効果がかなり期待できるとも言える。
- ②水の再利用：河北平原には污水が13.87億t/y排出されているが、現在0.4億t/yのみが再利用されている。污水が処理されて十分に再利用されれば、利用可能な水資源が増加するだけでなく、環境汚染も軽減される。
- ③塩水の利用：中部と海寄りの平原に塩水が広く分布する。濃度2~3g/lの塩水資源は14.4億t/y利用可能であるが、現在は2.87億t/yだけ利用されている。今後、この低濃度の塩水の利用を強化するべきである。
- ④長江から導水：長江から導水路として東線、中線および西線が計画されている。もし東線と中線が現実のものとなれば、河北平原には61.6億t/y（東線：14億t/y、中線：47.6億t/y）が導水されることになる。

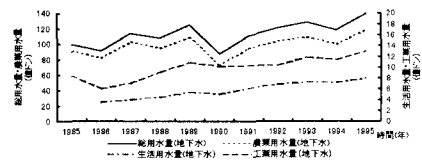


図4 地下水からの用水量の時間過程線図

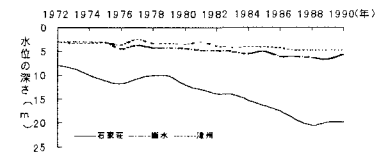


図5 浅層地下水位の変化

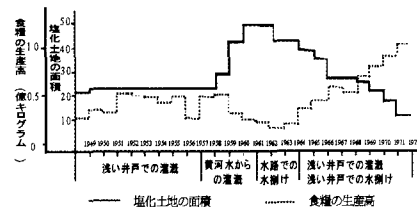


図6 某県における各段階の塩化土壌と食糧生産高の変化

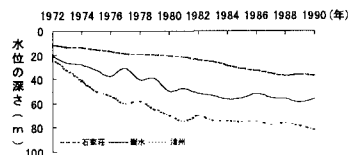


図7 深層地下水位の変化

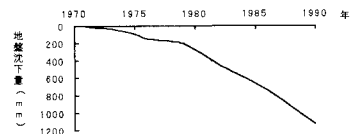


図8 滄州市における地盤沈下の経過線