

人間活動に伴う地下水の流況変化の評価

長崎大学大学院 学生員 ○朴 元培

長崎大学工学部 フロー 野口正人

長崎大学工学部 正 員 西田 渉

1. まえがき

流域における都市化の進展を初めとして、人間活動が地下水を含んだ流域水に与える影響は甚大である。長崎県においては、現在、諫早湾干拓事業が進行中であるが、その影響評価については多面的に検討されるべきであることは言うまでもない。本事業では、1840ha の干拓地と 1710ha の調整池が建造される予定になっているが、これらが地下水の量的・質的両側面に大きな影響を及ぼすことは容易に推察される。すなわち、干拓に伴う水際線の沖側への移動は地下水位の上昇を招くが、一方では、調整池の管理水位が低く設定されると地下水位の低下を引き起こす。また、ガイブ・ヘルツベルグの理論を引き合いに出すまでもなく、水際付近の地下水の水質が調整池のそれに強く影響されることは当然のことであり、調整池の水質悪化はそのまま、揚水される地下水の水質劣化に繋がってることが予想される。

上述されたことから、干拓地で十全なる水環境管理を実施するためには、地下水の水量・水質変化を詳しく知る必要がある。本論では地下水の流況を数理的に模擬する問題を取り上げ、近い将来に締切堤および干拓地の造成がされる前述の区域において地下水の現状ならびに将来的な変化について検討した。

2. 数理モデルの概要

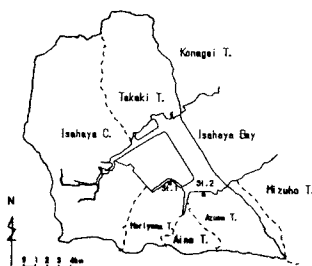
地下水の流況変化を明らかにするために、微小体積要素で成り立つ基礎方程式を地下水流れの底面から水面まで積分し、2次元解析を行った。具体的な数値計算は有限要素法により実行され、離散化は三角形3節点要素を用いて行われた。なお、時間方向の計算は有限差分法の陰形式(implicit 法)を用いてなされた。以下には、地下水流れの基礎方程式を示すが、水質変化予測についても類似の方程式を連立させて実行することができる。

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k_x (h - z_b) \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y (h - z_b) \frac{\partial h}{\partial y} \right) + i^* \quad (1)$$

ここに、 h : 水位、 k_x , k_y : x , y 軸方向の透水係数、 z_b : 不透水性基盤の高さ、 i^* : 降下浸透量である。

3. 地下水の流況変化の評価

諫早湾干拓事業区域ならびにその流域が【図-1】に示されている。本地域では、干拓地ならびに調整池の築造が行われており、事業が環境に及ぼす影響を評価するためには、これらによる地下水の流況変化を調べ、地下水揚水の影響について検討する必要がある。ここでは、干拓地造成ならびに地下水揚水の影響について検討するために、前述のモデルを用いた数値シミュレーションが実行されたが、具体的な計算のために透水係数の値を知らねばならないことは当然である。ここでは、干拓地が造成される前の灌漑期の地下水位の実測値¹⁾を参考にしてそれらの値の評価を行い、揚水に伴う地下水位の変化のシミュレーションの可否について検討した。



【図-1】観測地点概念図

諫早湾を含む有明海で干拓が始められたのは400～500年前であるとも言われるが²⁾、当該地域はこれらの干拓で造成された土地である。その後、水田農業を行うために多くの揚水井が掘削され、また、【図-1】に示された森山(st.1)、吾妻(st.2)の両地点に地下水位の観測井が掘られている。【図-2】には、森山地区の7ヶ所の揚水井で汲み上げられた月間揚水量を1日あたりの量に換算した値が、森山の観測井での地下

水位と共に示されている。なお、森山、吾妻の両地域には凡そ十数個の揚水井があるが、それらの井戸での揚水量は揚水に使用された使用電力量から換算して求められている。しかし、吾妻地域の井戸に対してはこのような方法ですら揚水量の観測は行われていない。そのため、入力データを整備する面からは、前項で示された数値モデルを用いて前述された影響評価を詳細に実施することは困難である。ここでは便宜的に森山地域の揚水量が、森山地域の揚水井が分布しているほぼ中心の位置に存在する仮想の井戸で汲み上げられているものとして計算が行われた。同図中には $k_x=k_y=0.015\text{cm/s}$ として求められた地下水位の計算値も併せて示された。当該地域が干拓地であるという事情を考慮しても、計算に用いられた透水係数の値はかなり大きいようであるが、これについては今後検討が必要である。これまでに記されたことから、計算値と観測値との厳密な比較は行えないが、揚水量ならびにその揚水個所が正確に知られれば地下水位が詳しくシミュレートされる可能性が示された。

次に、干拓地の造成前後の地下水位の変化について調べるために、事業前と事業後との土地状況に対して地下水の計算がされた。ただし、前述されたように諫早湾干拓事業の完成後は干拓地と調整池とができるが、北部・南部の両排水門のゲート操作に係る調整池の水位が明確には予測されない部分もあるので、ここでの計算では干拓地の有無に伴う地下水の流況変化のみが調べられた。

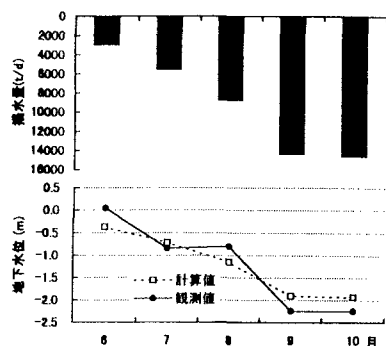
【図-3】には、上述された干拓地の有無に応じた地下水位の計算結果が示されている。なお、同図中の破線は干拓前の、実線は干拓後の地下水の等水位線を表している。等水位線の間隔は5mに取られている。いずれの計算においても水際線での地下水位の境界条件は平均海水面の高さに等しく取られた。【図-3】より、干拓後の地下水位の上昇は、とくに干拓地で顕著に見られる。なお、この図からも明らかなように、森山・吾妻の両観測井は水際線付近にあり、干拓に伴う地下水の変化を調べるためには差ほど適切でないようにも思える。【図-4】には干拓後に揚水がされている場合の地下水流の速度ベクトルが示されている。揚水個所付近では、降雨の降下浸透量だけを考慮した結果に比べて速度が大きくなっているが、その他の個所では速度は非常に小さいことが分かる。

4. あとがき

前述されたように諫早湾地域を対象にした地下水の流況を詳しく知るためには今後多くの問題に対処せねばならないが、ここに示された幾つかの計算結果は今後の数値計算を進める上で知見に富んだものであると考えている。今後は、上述された数値計算上の問題点に対処すると共に、地下水揚水を考慮した水質変化予測についても検討していきたい。

参考文献

- 九州農政局諫早湾干拓事務所：平成5年度環境モニタリング調査結果、平成6年。
- 九州農政局諫早湾干拓事務所：干拓の歴史（パンフレット）、平成2年。



【図-2】地下水位と揚水量の関係

