

大気・地表環境変化に伴う地下水流動機構の評価に関する基礎的研究 A Fundamental Study on the Evaluation of Groundwater Flow System by the Change of Atmosphere and Groundsurface Conditions

宮岡邦任

Kunihide MIYAOKA

三重大学教育学部

Fac. of Education, Mie University

The purpose of this study is to make clear the effect of groundwater flow system by the environmental changes. The results showed that the decrease of shallow groundwater level was controlled by the environmental changes of land surface and the basement conditions. The remarkable decrease areas of shallow groundwater level are as follows: the urbanized area and around there at the top of fan, and the thick alluvial fan gravel layer distributed area at the central fan.

In the future, we will be able to analyze more detail about groundwater flow system at the micro scale area by means of three-dimensional simulation using the monitoring data of subsurface water.

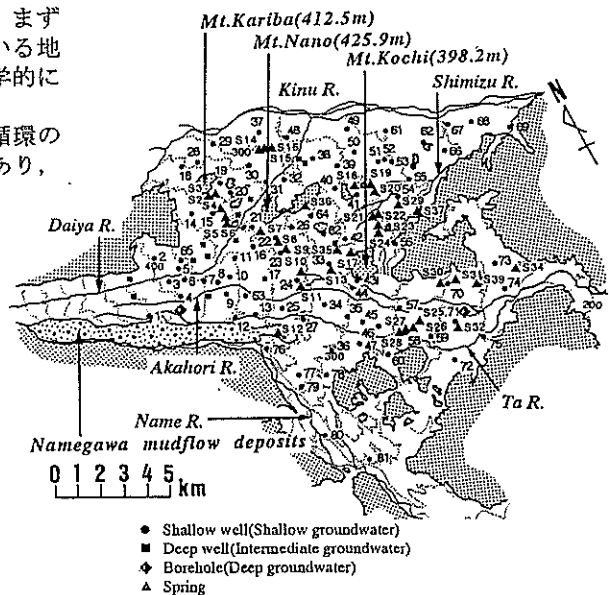
1. はじめに

従来、地下水は、水資源の安定供給のための最も有効な手段として利用されてきた。その一方で、かつて高度経済成長期に始まる地盤沈下、産業廃棄物処理場建設による水質汚染などの環境破壊という苦い経験が数多くある。地球環境変化がクローズアップされ、将来的には気象条件が大きく変化することが予想される中で、今後ある地域において水資源として地下水保全を考える上で、まず第一に実際に自然条件下において挙動している地下水流動を含めた水循環機構の実態を、科学的に明らかにする必要がある。

我が国に代表される湿潤地域における水循環の基本的な方向は、降水→地下水→河川水であり、一般に河川水は地下水の排水経路の一つとして機能している場合が多い。このような水循環の実態が湿潤地域において解明されたのは最近のことである。地下水流動に関しても、1960年代にToth・1963などにより地下水流動系の概念が導入され、地下水が涵養→流動→流出という循環プロセスを介し、最終的に地表水と交流する水体であり、地球上において挙動している水循環プロセスのなかできわめて重要な循環系を構成していることが認識されたのも最近のことである。

地球規模で水資源としての地下水の位置づけが高まる中で、地下水流動に関する研究は、その流動機構が内部構造に規制されることによる地

域的特性を持つことから、未だケーススタディの蓄積の段階にあるといえる。近年、トレーサーとして一般水質、同位体、希ガス、地下水温などを用いた多岐にわたる研究手法の開発から、我が国においても各地域における地下水流動機構に関する研究が実施されてきている。しかしながら、下部境界である基盤の形状を解明した上で、深層岩



第1図 研究対象地域の概要

盤地下水まで含めた地下水流動機構を三次元的に解明した研究例はきわめて少ない。

以上のような背景から本研究では、都市圏において慢性化している水不足に対し、土地改変による環境変化および今後予想される地球温暖化による温度上昇・降水量の変化が、水資源としての地下水流動機構にもたらす影響を定量的に評価することを目的とした。

2. 研究対象地域の概要

研究対象地域は、栃木県中西部に位置する今市扇状地である(第1図)。日光火山群を集水域とし、大谷川によって形成されたものである。扇状地面は大きくA~Dの4面の地形面に分類できる。扇端部は鬼怒川と山地によって閉じており、この扇状地からの河川水および地下水の流出口は鬼怒川右岸と山地の狭さく部に限定される。

3. 研究経過

3.1 内部構造の把握

まず、地下水の流動を明らかにするために、その容れ物である内部構造の発達過程を明らかにした。既に、本研究助成開始時点で第三紀基盤上面の形状および地質がほぼ推定されていたため、扇端地域を中心に電気探査による基盤上面の形状の解析を行い、主にC面(MIYAOKA, 1995)についてその形状を明らかにした。

3.2 現地調査および水質分析

現時点における地下水の流動機構、涵養機構、およびその他の水体の挙動を含めた水循環機構を明らかにするために対象地域内に分布する行政、大学、公団、民家が所有する約120本の観測井、ボーリング孔、生活・農業用井戸を利用して、それらの地下水位の記録を整理するとともに、現地調査によって上記の井戸の他に湧水、河川水、降水の採水を行い、これらのサンプルについて一般水質分析(Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , HCO_3^-)、同位体分析(Oxygen-18, Deuterium)を実施した。

現地における測水調査および採水は、1998年8月、1999年3月、8月、2000年3月、9月の5回実施した。採水地点については第1図に示す。

また、地域内の土地利用の変化を主に水田分布について明らかにするために、いくつかの年代について水田分布図を作成した。第2図に例を示す。

さらに、浅層地下水への大量の涵養が考えられる水田において、その涵養機構を明らかにするために、C面の標高250m付近(扇端部)において、テンシオメータを0.5m, 1m, 2mの3深度に設置し、モニタリングを行った(この調査については現在継続中である)。

4. 研究成果

内部構造に関しては、以前推定された扇状地北西から南東にかけての推定断層の他に、新たに扇状地南部を東西に横切る形で基盤の不連続線が存在することが示唆された。C面下流部において、局所的に電気伝導度の高い地域が分布するが、これは、これらの基盤地形の規制を受け、扇状地礫層下部あるいは岩盤を流動する地下水が、この地域で上向きのポテンシャルを持って上昇した結果であると考えられる。

土地利用変化について、水田分布に変化を第2図に示す。減反政策による水田の減少はみられるものの、休耕田を利用した、輪作的な耕地の利用形態がなされていることが考えられ、全体としての減少面積はごくわずかであった。扇頂部に位置する市街地周縁部において、市街地の拡大や、郊外における大型店舗出店のための大幅な水田面積の減少が認められた。また、扇央部を中心に、最近3年ほどで扇状地を南北に走る道路の建設が各所で急ピッチで行われている。

土地利用変化に伴う地下水の物理・化学的特性の変化に関しては、扇状地全体に及ぶような大規模な変化は認められなかった。しかしながら、減反政策によるとみられる水田面積の大幅な減少地域の下流では、この数年間で地下水位の低下傾向が認められた。また、大規模な地下水揚水が行われている工場が大谷川近傍に建設され、この影響とみられる下流域での地下水位の低下傾向が認められた。

水質については、顕著な変化は認められなかったが、湧水の湧出量については、灌漑期においても大幅に減少している場所が出現し始め、非灌漑期においては枯渇するものも、5年ほど前と比較すると増加傾向にある。これらの傾向は、1991年と2000年を比較した地下水等高線図からも認められた。

第3図に示した、過去30年間の地下水位の変化について検討してみると、地域によって変化の傾向に顕著な地域的差異が存在することが明らかとなった。地下水位の減少は、扇状地礫層の厚い地域で特に顕著で、これは地下水の涵養源が主に地表水(灌漑用水、水田からの落水を含む)である地域と一致した。一方、地下水位の変化がほとんどみられない地域は、河川のごく近傍であるか、扇端部における涵養源が岩盤地下水であると推定される地域と一致した。このことは、現時点で滞留時間の長い深層地下水については、地表面形態の変化の影響が未だ現れていないか、涵養源の地表面形態が変化していないのに対し、相対的に滞留時間の短い浅層地下水については、地表面形態の変化が短時間で地下水位の変化という形で影響を及ぼしていることを示している。なお、第3図

における平成 10 年以降のデータについては、入手でき次第追加補足する予定である。

5. 今後の課題と発展

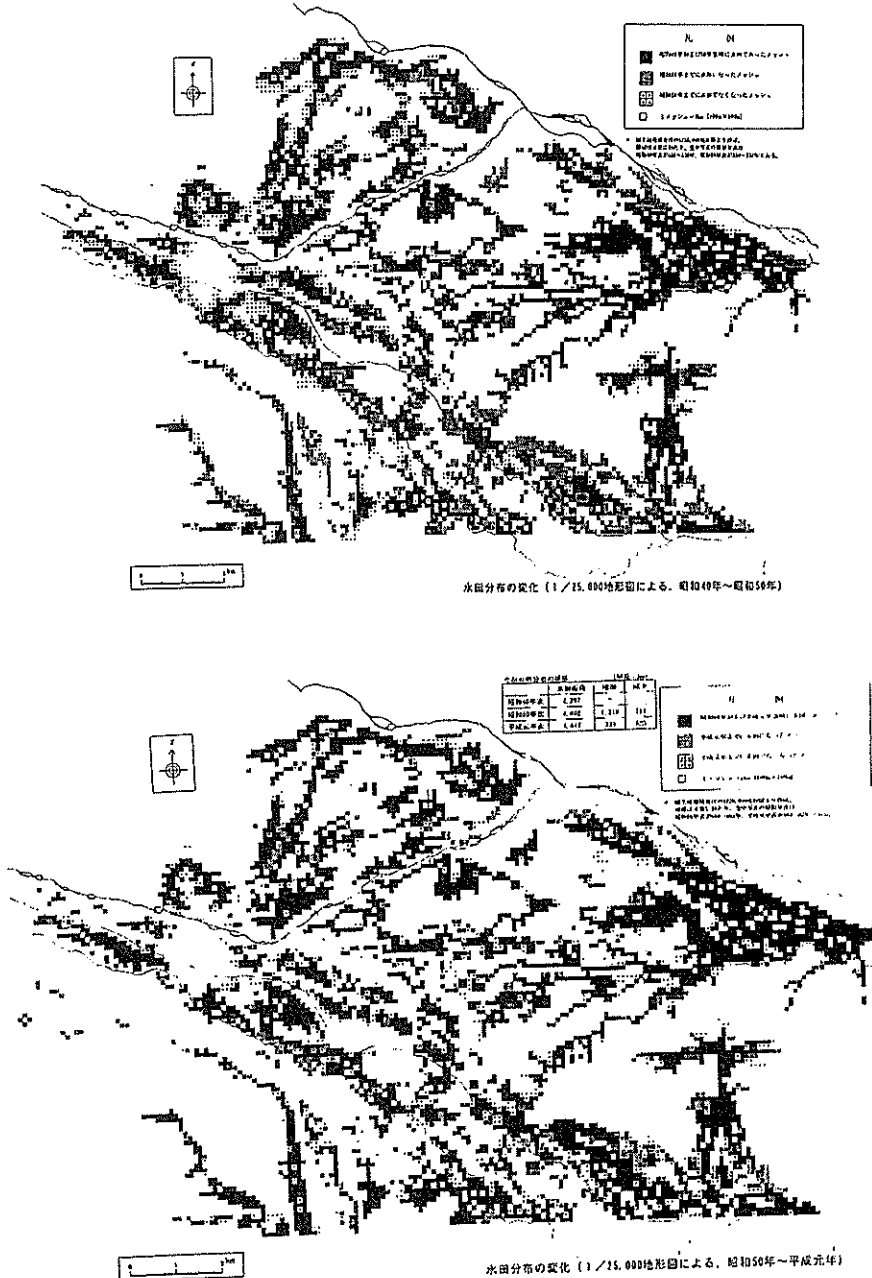
5.1 場の条件が地下水の物理化学的特性に及ぼす影響に関する評価

これまでの灌漑期および非灌漑期における測水調査と土地利用の状況、内部構造との比較検討の結果、地下水位の低下は、水田面積の減少に伴う涵養源からの供給量の減少の他に、基盤の形状に規制された扇状地礫層の厚さの地域的差異によるものが大きいことが明らかになった。このことは、今後地下水資源を維持しながら効率的な利用を考えたとき、単に現在の地下水賦存量のみを把握するだけでなく、地下水を流動系として捉え、流動の場である内部構造を考慮に入れた三次元的な解析結果から検討を加えなければならないことを示している。

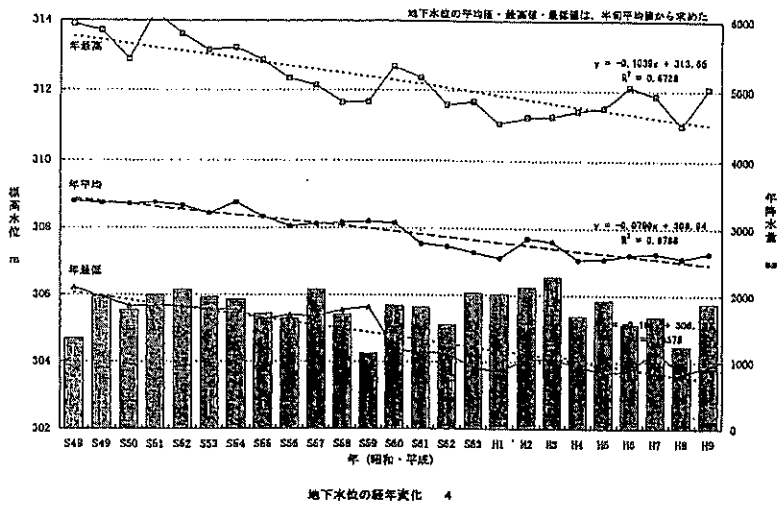
化学的特性に関しては、土地利用の変化に伴う顕著な変化は認められなかった。現段階では、一部の項目についてはデータのモニタリングが継続途中ということもあり、総合的な解析については、今後の課題とする。

5.2 土壌水モニタリングデータの活用

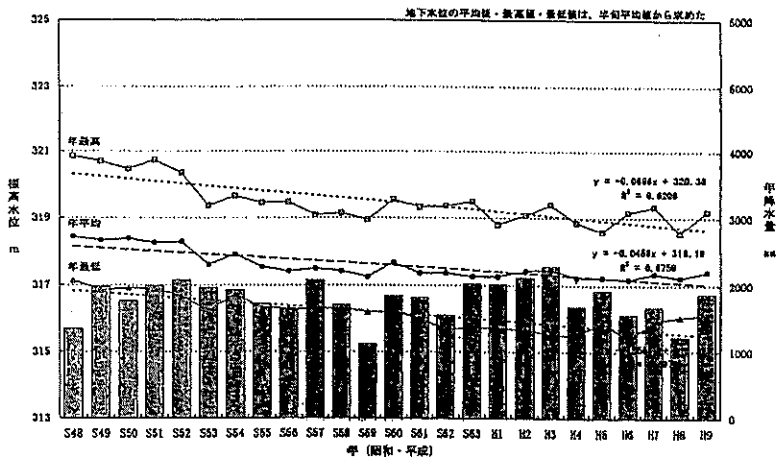
当初の研究計画には予定していなかった項目であるが、過去 30 年間の地下水位の変化



第2図 水田分布の変化



地下水位の経年変化 4



地下水位の経年変化 5

第3図 過去30年間の地下水水位の変化の例

と水田面積の減少に密接な関係のある地域が存在したことから、地表から地下水面までの浸透過程を明らかにし、地表水が浅層地下水に涵養されるまでの時間と量的な把握を目的として、実施したものである。現在、モニタリング継続中であり、ある程度のデータの蓄積がなされた時点で、地表水から地下水の浸透過程の解析、さらに流動シミュレーションへの応用といった活用につなげていく予定である。

5.3 将来に向けた非定常流動シミュレーション

の可能性

前述したように、本扇状地における地下水流動形態は、内部構造および地表面形態に規制された結果、地域的差異が大きいため、扇状地全体を一つの単位として均一に扱うことは極めて困難である。従って、これまでに収集・解析したデータをもとにいくつかの流動・変化のパターンごとに、扇状地における地下水の流動の型として地域区分し、それぞれの地域特性に合った形での流動シミュレーションの構築から将来的な変化を予測していく必要がある。そのときに、扇状地全体が一様に激しい変化の傾向を示しているわけではなく、扇頂の市街化の激しい地域、扇中央の水田面積が大きく変化している地域、扇状地礫層の厚い地域といったように、将来的に地下水の物理化学的特性に何らかの変化が予想される地域を対象にした。さらに詳細な解析を実施することにより、自然状態により近い形での結論が導き出されることが期待できる。

文献

宮岡邦任・嶋田純・榎根勇 (2000) : 水を素材とした環境教育に関する地理学的研究—大谷川流域の例—。2000年度日本地理学会秋季学術大会予稿集。