

氏 名	あ お き か ず お 青 木 一 男
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 2170 号
学位授与の日付	昭 和 63 年 9 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	過剰揚水に伴う塩水化問題と地下水保全のための地下ダムの有効性の評価に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 赤 井 浩 一 教 授 石 原 安 雄 教 授 吉 川 和 広
--------	--

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、地下水開発に伴って発生する障害として塩水化問題を取り上げ、その機構を究明するとともに、このような地下水障害に対する保全対策として、地下ダムや人工涵養の有効性の評価を行い、さらに地下水の開発と保全の両面から最適揚水問題に論及したものであって、緒論と結論を含めて6章からなる。

第1章は緒論であって、水資源としての地下水の重要性を述べ、地下水開発に伴う障害の現状を示し、本研究の目的と内容の概要を明らかにしている。

第2章では、地下水の塩水化に伴う移流分散吸着特性について室内実験および数値解析により検討している。すなわち、まず、Na イオンの土粒子に対する吸脱着特性としては、吸着過程と脱着過程の間に、電解質濃度の相違による状態変化に起因する化学ヒステリシスが存在することを明らかにし、吸脱着反応の時間効果についても、両者の反応機構の違いによることを結論づけた。さらに、本実験から得られた吸脱着特性を移流分散解析に導入すべくイオン吸着機構の定式化を行うとともに、Freundlich 式にもとづく有限要素解析手法を示し、分散率や透水係数などの種々の影響因子について詳細に検討した結果、移流分散に吸脱着現象を考慮すべきことを明らかにした。

第3章では、地下水流動解析の手法として、水文学的意義を具えた地下水ハイブリッドモデルを提案し、その同定を行なっている。この解析モデルは、流出モデル、地下水浸透モデルおよび地下水保水モデルの三者より構成されている。まず、直列三段のタンクモデルで表わした流出モデルの同定手法として、河川流出量の高水部から低水部までをひろく評価しうるように新しい目的関数を提示した。次に、地下水浸透モデルのパラメーターである透水量係数と貯留係数、およびそれらの空間分布や境界流入量を同時に推定する方法として間接法逆問題による有限要素解析手法を提案し、その同定にあたっては、それぞれの感度行列値と水位低下曲線の性状との関係を論じて、高精度の同定が可能な地下水観測地点と観測時刻の選択方法を定めた。また、地下水保水モデルはさきの流出モデルの一部と構造は同じであるが、その物理的意味が異なることを明らかにした。

第4章では、地下ダムおよびその補助手段である人工涵養の有効性を評価することを目的として、福井

県三方町常神半島の海岸に建設されている延長約200 m、深さ約2.7 m～21.6 mの地下ダムを対象に、現地計測結果ならびに前章で提示した地下水ハイブリッドモデルによる数値解析を行なった結果を記述している。すなわち、ダム施工前後の計測データにより、この地下ダムがダム本体のみでは地下水の塩水化は防げるものの、貯留される水量は夏季にこの地域の需要をとうていまかなえないことが明らかになった。しかし、深井戸と浸透池の組合せからなる人工涵養を併用することによって、地下ダムが水質・水量ともに地下水保全に十分役立っていることを知り、これらの諸現象を用いた上記のモデルの逆解析を通して、当該地域における地盤モデルの各パラメーターの同定を行なった。

第5章では、地下水開発および地下水保全の立場から最適揚水問題を取り上げ、多目的計画法と有限要素法とを組み合わせた手法を用いて詳細に検討している。すなわち、まず多目的計画法を最適揚水問題に適用するさいの目的関数および制約条件の導入法と、それを有限要素解析へ用いるための定式化を示した。複数の目的関数のスカラー化には $\epsilon$ -制約法を用い、付加価値の概念を導入することによって、揚水量と地下水位の関係が明らかになり、地下水開発の計画段階において開発の可能性とそれが周辺地域に及ぼす環境影響を評価することを容易にした。最後に現地への適用例として、前章で述べた実在ダムを対象に地下ダムの施工前と施工後の最適揚水問題を検討し、今後の地下水利用計画に有用な指針を示した。

第6章は本研究の結論をまとめたものである。

## 論文審査の結果の要旨

地下水は一般に良質で水温の変化が少ないことなどから、都市用水や工業用水など各種の用途に供されてきているが、陸水の水文学的循環の様態である。水資源として地下水を開発利用する場合には、常に揚水と涵養とのバランスが保たれなければならないが、過剰揚水などによってそれが崩れたときに地下水位の低下を招き、井戸の枯渇、地盤沈下、地下水の塩水化などの障害をひき起こすことが多い。本論文は、海岸地下水の塩水化の機構を究明するとともに、地下水障害に対する保全対策として地下ダムや人工涵養の有効性を評価し、あわせて最適揚水問題の解決法を論述したものであり、得られた成果の主なものを列記すれば次の各項目のとおりである。

1. 地下水の塩水化に伴う移流分散吸着特性について実験的並びに解析的に検討し、Naイオンの土粒子への吸着と脱着の両過程の間に存在する化学ヒステリシスの機構の定式化を行うとともに、分散率や透水係数などの種々の因子の組合せが地下水の濃度分布に大きい影響を与えることを定量的に明らかにし、移流分散特性に吸脱着現象を考慮すべきことを結論づけた。

2. 地下水流動解析の手法として新たに地下水ハイブリッドモデルを提案し、その水文学的意義を明確に与えたのち、この複合モデルの同定手法とその妥当性を示した。これは河川の流出と地下水の流動とを同時に解明しようように工夫したものであり、その構成は流出モデル、地下水浸透モデルおよび地下水保水モデルの組合せからなる。

3. 特に地下水浸透モデルにおいては、地盤のパラメーターである透水量係数と貯留係数、およびそれらの空間分布や境界流入を推定する逆問題の有限要素解析手法を提案し、それぞれの感度行列値と水位低下曲線の性状との関係を論ずることにより、高精度の同定が可能な地下水位の観測地点と観測時刻の選択

方法を、均質地盤と非均質地盤のそれぞれについて示した。

4. 地下ダムおよびその補助手段としての人工涵養の有効性を評価することを目的として、海浜近傍に現存する連続壁式地下ダムの現地計測と地盤モデルの解析を行い、深井戸と浸透池との組合せからなる地下水涵養による水質・水量保全効果を実証するとともに、前述の提案モデルの逆解析によって当該地域の帯水層定数の同定を行なった。

5. 多目的計画法と有限要素法とを組み合わせた新しい手法により地下水の最適揚水問題の土木計画学的解明を試み、地下水開発の計画段階において開発の可能性と、それが周辺地域に及ぼす環境影響を評価することを容易にした。あわせて、前項の地下ダムにこれを適用して施工前後の揚水事例を論じ、今後の地下水利用計画に有用な指針を示した。

これを要するに、この論文は、現実の非均質地盤における帯水層定数同定のための逆解析に関する詳細な理論的実験的研究から進んで、塩水化の障害を内蔵する実際地盤での地下水の最適揚水問題を解く新しい手法を提示したものであり、ここに得られた多くの知見は学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって本論文は、工学博士の学位論文として価値あるものと認める。

また、昭和63年8月18日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行なった結果、合格と認めた。