

氏名	高木不折 たかぎふせつ
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第432号
学位授与の日付	昭和46年5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	A STUDY ON THE DYNAMIC PROCESS OF THE LONG-TERM RUNOFF (河川における長期流出の機構に関する研究)
論文調査委員	(主査) 教授 石原安雄 教授 岩佐義朗 教授 石原藤次郎

論文内容の要旨

水資源としては、河川水がもっとも主要なものであるが、中でも無降雨時にも長期間流出してくる地下水流出がとくに重要である。本論文は、このような地下水流出について、流出機構を究明して流出解析を行なったものであり、緒言、結語のほか2部9章からなっている。

緒言では、従来経験則ないしは概念的モデルとしてしか取扱われていなかった長期流出の問題を、その内部機構にまで立入って研究した本論文の立場とその内容を述べている。

第1部では、長期流出の主要素である山地地下水の流出量を、被圧地下水帯からの流出成分と不被圧地下水帯からの流出成分とに分けて、それぞれに対する流出モデルを提示し、これらの流出モデルによる流出量の特性を解析して、その成果の実河川への適用を述べている。

第1章では、まず地下水流出に関する従来研究成果を概説し、流出機構にまで立入った研究が極めて少ないことを指摘している。ついで現地観察の結果を検討して、地下水が地表へ流出してくる際には、湧出状態か浸出状態のいずれかであることを述べ、それぞれの被圧地下水帯および不被圧地下水帯からの流出であるとして、これらに対する流出モデルを提示している。

第2章では、これら二つの流出モデルを対象とし、無降雨時における流出量のてい減特性を理論的に解明して、実際の流出解析への適用法と適用結果を述べている。まず、流出量のてい減特性を理論的に解析して、不被圧流出モデルでは時間についての分数式で、被圧流出モデルでは指数式で表わされることを示すとともに、両者ともてい減状況を表わす係数がモデルの大きさと物理的性質のみによって定まることを確かめている。さらに、実河川では被圧流出モデルからの流出量は降雨終了直後にはかなり大きい、てい減係数が大きいために数日後にはほとんど減衰してしまい、長期間にわたって流出する水の主成分は不被圧流出モデルからのものであることを明らかにしている。ついで、実際のハイドログラフのてい減をこれらの2成分に分離するための図解的方法を示し、多くの河川について解析した調査、面積20~200 km²の比較的小流域の河川、および1000 km²以上の大流域の河川に対しては、上記の単純な流出モデルが適

用できるが、面積 300~1000 km² の中流域の河川に対しては適合しにくいことを示し、第 2 部で改めて論ずることになっている。

第 3 章では、降雨時の地下流出量の増加機構について理論的に考察した結果を述べている。被圧流出モデルの場合には、指数関数的に増加し、その増加率はてい減時のてい減率にほぼ等しいことを理論的に示すとともに、降水ごとの最大増加量がほぼ日降雨量に比例することを実証している。ついで、不被圧流出モデルの場合にも、流出量は近似的に指数関数的に増加するが、増加率は被圧流出モデルの場合とは異なり、地下水位の初期状態によって変化することを理論的、実証的に明らかにするとともに、雨水の供給が浸透現象によるものとして総供給水量と降雨の継続時間との関係を調べ、両者の間にはほぼ直線の関係があることを実証している。

第 4 章では、こうしてえられた二つの流出モデルを組合わせて、地下水流出量を計算するために行なった数値的シミュレーションを述べている。まず、土壌の保水能力の限界をこえた降雨分が流出に直接関与するとして有効降雨を求め、さらに土壌中に保留された雨水は時間の経過とともにその強度が指数関数的に減少するような蒸発散によって損失となり、また上記の有効降雨から洪水流出に対応する降雨分を差引いた残りが地下水流出に対する有効降雨となることを示している。ついで、前 2 章で解析した地下水流出モデルに、上述の有効降雨を与えて数値的に流出量を算定するためのシミュレーションの方法を説明し、実河川について計算した結果、ハイドログラフの形状および降雨ごとの水収支の関係が実測値とよく一致することを確かめている。

第 5 章では、第 1 部でえられた結果成果をとりまとめている。

第 2 部では、単一の流出モデルを対象とした第 1 部に対して、流出状況が変動する河川流域を対象とし、流域内に存在している地下水が流域全体として向うべき方向を変分原理を用いて理論的に取扱い、その成果を実河川へ適用した結果を述べている。

第 1 章では、第 1 部で取扱った単純な地下水流出モデルでは説明できない流出状況を示すのは、その内部構造が複雑なためであって、こうした場合にも流域内に存在する水は全体として何らかの法則に支配されて移動すると考えられるが、その定式化のために変分原理を適用するに至った経緯を説明し、地下水と河川水とを対象とした流出のてい減特性を取扱うことを述べている。

第 2 章では、均一で様な地下水帯における地下水とこれに隣接する河道を流れる水とを同時に考慮したときの水位変動に関する変分式を導くとともに、この場合の局所ポテンシャルの物理的意義を明らかにしている。

第 3 章では、異なった性質をもつ多くの地下水帯と河道とが存在する場合の流出量のてい減特性を調べるために、試験関数として単純な不被圧流出モデルに対してえられたてい減関数を用いて理論的に解析し、基礎式を導いている。さらに、この解をいろいろの流域構成の場合に検討し、小流域や大流域に対しては平均化の効果のために、単純な流出モデルからの流出とほぼ同じような性状を示すが、中流域の場合には平均化の効果が弱く、降雨ごとに流出特性を異にする可能性があることを見出し、実河川におけるてい減要素の分布状態を調べて理論的結果の妥当性を確かめている。

第 4 章では、第 2 部でえられた成果をとりまとめている。

結語では、本論文の要約とえられた成果をとりまとめるとともに、こうした研究の将来への展望を述べている。

論文審査の結果の要旨

水資源の重要性はますます増大しているが、そのものとも基本となるものは無降雨時にも長期にわたって河川へ流出してくる地下水流出分である。この水が河川流域内でどのような過程を経て流出してくるかについては未解明の点が多い。本論文はこうした長期流出の機構を流体力学的に研究し、その成果に基づいて実河川での地下水流出過程を解明したものであって、えられた成果の主なものは次のとおりである。

(1) 地下水流出には湧出と浸出の二つの状態があって、それぞれ被圧地下水帯および不被圧地下水帯からの流出であることを明かにするとともに、これらに対する流出モデルを提出した。

(2) 被圧地下水帯からの流出量は降雨終了直後にはかなりの量になるが、指数関数的に急激に減衰してしまう。一方、不被圧地下水帯からの流出量には流域の最終浸透能によって定まる上限があるが、その減は時間に関して分数関数的であって、非常に長期にわたり流出が持続することを理論的、実証的に明らかにした。さらに、両者とも減衰状況を表わす係数が流域の地形、地質、流域面積などによってきまる流域固有の値となることを示した。

(3) 降雨時における地下水流出量の増加の仕方は、被圧地下水帯、不被圧地下水帯のいずれに対しても指数関数的であることを明らかにした。

(4) 著者が提示した二つの流出モデルを組合せ、さらに土壌水分の消長と蒸発散による損失過程を加えて、長期の流出量を算定するためのシミュレーションの方法を提案し、それをを用いた計算結果はハイドログラフの形状および降雨ごとの水収支とも実測値とよく一致することを示した。

(5) 小流域および大流域の河川の長期流出に対しては上記の単純な流出モデルを適用することができるが、中程度の流域面積の河川においては、平均化の効果が弱くて、流域内の各種の不規則さがそのまま流出状況に現われ、降雨ごとに性状を異にする場合があることを、変分原理を適用して理論的に示すとともに、実河川について実証した。

以上要するに、本論文は従来ほとんど研究されていなかった長期流出過程の内部機構を流体力学的に研究し、新しい流出モデルを提案するとともに、複雑な流域構成の河川に対しては変分原理を応用して力学的に流域水の挙動を調べる方法を開発し、さらに実河川における流出解析を行なって実際問題の解決をはかったものである。本研究は長期流出という水文学の分野にとどまらず、水資源という実際的な分野に対しても有益な知見を加えたものであって、学術上、実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。