

氏 名	ながれ ひで あき 永 禮 英 明
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2030 号
学位授与の日付	平 成 13 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 環 境 工 学 専 攻
学位論文題目	琵琶湖北湖の水質形成過程に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教授 宗 宮 功 教授 住 友 恒 教授 津 野 洋

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、わが国最大の淡水湖である琵琶湖の水質形成過程について、北湖で得られている各種水質情報、水質変化過程に関する既存情報を整理し、縦・横断面で実測した長期詳細データ並びに流入河川水質データと対比し、湖内での空間的・時間的水質分布概況、各種物質の存在量並びにそれらの変化過程について解析・検討し、流動モデルによるシミュレーションで流れの影響を解析したもので、成果は以下の6章にまとめられている。

第1章は序論であり、まず本論文で対象とした琵琶湖の地理・地形・水収支、水質現況、各種水質調査、流入・流出負荷収支など、既存の膨大な情報と情報源を整理している。さらに、本研究の目的を、琵琶湖北湖水質の長期実態調査に基づく、時間的・空間的水質分布状況、各種物質の現存量、それらの季節変化特徴の把握、栄養塩類の湖内循環過程の把握、流動影響把握などを通じて、北湖の水質形成要因を解析することとしている。

第2章では、滋賀県・建設省などで毎月ないし隔月に実施される水質調査資料から、1991年からの7年間の水深別データおよび1987年以降の表層データを用いて、湖内水質の経日変化および周期性、長期的季節変化などの特性を解析している。季節変化として、春から夏にかけ、表層の窒素は低下し、リンが増加する。また、窒素はデトリタスの沈降中に無機化されるが、リンは湖底を中心に無機化されることを示した。近年有機物濃度の増加が懸念されているが、2カ所の測定機関の水質データを用いたt検定では、経年的なCOD濃度上昇については結果が分かれ、増加しているかどうかは判断できないことを示している。

第3章では、1995年4月から2000年1月までの5年間にわたり、3ヶ月毎に、琵琶湖北湖・南湖の75地点で採水し、水質分析した地点毎のデータを基に、張力付き3次元(一部2次元)スプライン法を導入して断面方向並びに水深方向に連続な水質値の近似補完値を求め、各項目の空間分布を表現し、季節変動、項目間・地点間関連性を評価している。北湖は水質の類似性から空間分布的に9個に区別できること、水質特性として、東岸浅水域の富栄養化が著しく、冬季(1月)の東岸並びに南岸では夏期(7月)の中央部に相当する藻類繁茂があること、栄養塩については、DNは表層で減少、20m以深で上昇、躍層下では一様であるが、DPは表層、底層で高く、20~30m水深で低いこと、4月時点のChl-aの分布に関し、厳冬の1996年と暖冬の1998年の対比では表層で平均3倍近い差が見られ、冬季積雪が多い場合には春の藻類繁茂が遅れることを示した。

第4章では、5年間の実測データから張力付きスプライン法で求めた詳細水質値を基に湖内各種物質の現存量を計算し、季節毎の現存量の変化から各物質の循環状況を考察した。その結果、有機物量をCOD_{Mn}で測定した場合、4月から7月にかけて測定できない有機成分が増加すること、栄養塩に関して、湖内平均現存量は窒素で10,500t、リンで255tとなり、滞留時間は窒素で約16ヶ月、リンで3.7ヶ月となる。窒素に比べ、リンが著しく早く入れ替り、湖内水質に著しい影響を持つ。現存量に関する(TN/TP)比は全湖では平均41であるが、中層域では72~77と高く、湖内に窒素・リンを選別する機構が存在すること、表層の(有機物/P)比は懸濁性成分で352、溶存性539であり、溶存性リンが低く、分解過程でリンは放出

されないか、放出されても速やかに摂取され、懸濁性成分となること、湖底からの溶出速度と、沈降による変化速度を検討し、窒素は水中でかなりが回帰しているとしなければ説明できないことを明らかにした。また、全湖の T-P 存在量には降雨の影響が著しいこと、特に、P-P の寄与が高く、P-P は非周期的変動が支配している。春から夏にかけリンを選択的に蓄積する機構が表層中に存在し、冬の寒さが表層でのリン蓄積機構に影響していることを示し、微生物活動が主因であろうと推測している。

第5章では、栄養塩現存量の季節変化と季節変化に及ぼす気候の影響について、湖水流動シミュレーションによる解析を実施している。モデルとして湖水流動モデル、熱量収支拡散モデル、集水域積雪・融雪流出モデル、流入水量算定タンクモデルを設定し、気象条件として積雪の多い年（1996）と少ない年（1998）を選定し、融雪水量が多くなる3月1日からの30日間を計算期間としている。この間の北湖内の流動を解析し、両年における湖内での水の移動経路の差を明らかにした。この結果、暖冬年には、流れが水平に移動して東岸に短時間で収束し、東岸での富栄養化を高めるように作用しているのに対し、厳冬年には流れは北部に向かい、北部・中部の深層を通して再度南・東岸に戻っている。この流れの中で、プランクトンとリンが湖底に輸送され沈降量を高めると考えられる。この結果、表層でのリンは低減傾向にあり、夏のリン存在量の低下に連なるとしている。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、近年水質の悪化が懸念されている琵琶湖の水質について、詳細な水質調査を実施し、その個別測点データを基礎に、張力付きスプライン法を導入して水平面・水深別の連続水質値を近似導出し、空間的・時期的水質分布概況、有機物を初め、窒素、リンなど栄養塩類の北湖内現存量などを精度よく導出し、それらの循環過程を解析し、そして流動モデルを導入して水質変換機構を考察したものであり、得られた主な成果は次のようにまとめられる。

- 1) 窒素の湖内現存量は約10,500トン、滞留期間はおよそ16ヶ月である。湖外流出量は流入量の29%、残り71%は湖底へ堆積するか、脱窒され大気へ放出される。また、リンの湖内現存量は約255トン、滞留時間は約3.7ヶ月で、窒素に比し著しく短い。湖外流出量は流入量の15%、残り85%は湖底へ堆積する。
- 2) リン濃度は降雨時の流入負荷に強く影響を受け、特に懸濁性リンで顕著である。
- 3) 4月から7月の間、表層では窒素とは逆にリンの濃度は上昇し、リンを選択的に蓄積する機構が存在する。この機構は暖冬年には春先の早期藻類繁茂として現れ、寒冬年には遅れ、弱まる事を認めた。また、流入水の水温相違による融雪期の湖水流動変化が栄養塩移送に強く関与することを提示した。
- 4) 成層期、躍層以下における湖水への栄養塩類の回帰は、窒素は躍層下全域において4月から7月の間に、リンは50-60m以深の湖心湖底部において生じている。
- 5) 表層水質に関する各機関で実測されている水質データを対比的に統計解析し、湖水のCODが経年的に上昇していると判断できない事を示した。また、COD_{Mn}の酸化率（COD_{Cr}比）は溶存態で50%、懸濁性で20%と特に懸濁性で低く、COD_{Mn}の値のみで有機物の変化を論ずるのは不適當である事を示した。

以上要するに、本論文は琵琶湖北湖の各種水質に係わる現存量と分布特性を解析し、湖水流動解析を通して、琵琶湖北湖の水質形成過程について新たな知見を提示したもので、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成13年2月20日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。