

氏 名	LE TIEN HUU		
授与した学位	博 士		
専攻分野の名称	環境学		
学位授与番号	博乙第	4 5 3 0	号
学位授与の日付	2 0 2 1 年 3 月 2 5 日		
学位授与の要件	博士の論文提出者 (学位規則第 4 条第 2 項該当)		
学位論文の題目	The process of seasonal and vertical dynamics of nutrient cycle in Lake Biwa (琵琶湖における栄養塩循環の季節および鉛直変動過程)		
論文審査委員	准教授 永禮 英明	教授 前田 守弘	教授 川本 克也
学位論文内容の要旨			
<p>The frame of the study describes nutrient patterns using biochemical and physical measurements, estimate the external loading process by using a hydrological tank model and loading-discharge curve, investigate internal current, basin-scale internal waves in the North basin of Lake Biwa, and exam the effects of physical processes to the change of phytoplankton via chlorophyll-a fluctuation.</p> <p>The general objective of the thesis is to evaluate the seasonal and vertical dynamic of the nutrient cycle and phytoplankton change and factors affecting these processes in Lake Biwa. With that overarching goal, the study was conducted to estimate the external nutrient loading from the river and groundwater system surrounding the Lake (i), analyze the nutrient flux to assess the seasonal time lag fluctuation, calculate the vertical and seasonal mass in the water column (ii), calculate the water currents and horizontal, vertical transport to evaluate the distribution of phytoplankton and nutrient by Gyres and internal wave (iii) To archive those objectives, the following steps were conducted:</p> <p>The first study (chapter 2) combined the L-Q equation and tank model to estimate external nutrient loading into Lake Biwa. It would be focused to discuss the applicability of the loading curve through the relationship between river discharge and nutrient loads, calculate long-term discharge and change of nutrient fluxes from river and groundwater system into the lake.</p> <p>The second study (chapter 3) concentrated on seasonal and annual changes of nutrients and chlorophyll-a in Lake Biwa over 35 years period. On the other hand, it will focus on monthly vertical flux profiles based on the time change in nitrogen, phosphorus, and chlorophyll-a, clarify the supply and removing dynamics in the lake with the production rate of through nitrification and gross metabolic rate of through assimilation and denitrification (nitrogen) or uptake, recycle and sedimentation (phosphorus).</p> <p>The last study (chapter 4) was aimed to obtain records of successive temperature profiles at stations of opposite phases for the internal Kelvin wave, and relationship to thermally- or wind-induced gyres and difference from the topographic Rossby wave. Considering the gyre is thermally induced by a strongly rotating regime, the internal seiche is set up as a wind-driven, geostrophic current of a weakly rotating regime. A buoyancy flux analysis was used to trace the internal seiche.</p> <p>Chapter 5 discussed the relationship of previous chapters, the relationship between external nutrient loading and in-lake nutrient concentration (chapter 2 and 3), the effects of current (gyres) and the mixing process to vertical and horizontal Chl-a change (chapter 3 and 4), and shown general conclusions and suggestions for further studies.</p>			

論文審査結果の要旨

本論文は、行政機関が測定した30年以上の長期間に渡る琵琶湖水質データを用い、琵琶湖内部で生じている栄養塩循環と植物プランクトンの変化に関する生物学的・物理学的機構を明らかにしようとするものである。論文は5つの章で構成されている。第1章では既存の研究について整理し、本研究の目的・位置づけを明らかにしている。第2章では、タンクモデルとL-Q式を使い周辺地域から湖へ流入する表流水・地下水の水量、栄養塩負荷量を1時間単位で計算し、1年間の平均流入負荷量が $\text{PO}_4\text{-P}$ で336 tons/yr、 SiO_2 で30,244 tons/yrであることを示している。なお、本章の内容は、*Hydrological Research Letters*に査読付き論文として掲載されている。第3章では、水質データから鉛直方向での物質量を求め、その時間変化をもとに湖内の物質輸送と微生物増殖とに関する考察を行っている。この解析の結果、栄養塩が季節によってダイナミックに湖内を移動・循環していること、植物プランクトンはそのような移動・循環過程で栄養塩を摂取しているはずであるが、栄養塩循環との明確な関係性は見いだせず、湖内の水の流動の影響が示唆されるとしている。第4章では、栄養塩の移動・循環をもたらす主要因として水の流動（特に還流と内部波）に注目し考察を行っている。琵琶湖の北部にある17B地点と南部にある12B地点とで水温から計算される浮力の変化を比較したところ、17B地点に比べ12B地点での水の上下運動が大きいことが示された。この原因として、湖の北部では還流（第一還流）が内部静振による影響が抑制される一方、南部では逆に影響が強化されている、またこの効果によって湖南部において上下方向での水の混合が生じると考察している。第5章では、湖内の多地点での水質と濃度比を比較し、水平方向での物質移動について考察し、本論文の結論を導いている。植物プランクトンは浅く温かい沿岸域と湖南部域で主に増殖し、これが沖合と湖北部域に輸送されること、夏場は還流の作用によって表層付近に保持されるが、秋（9-10月）には内部波によって湖底方向に輸送されていくことを示している。

本論文は大規模な湖における水質形成のメカニズムの一端を明らかにしており、学術的に価値が高い。よって、本論文は博士（環境学）の学位にふさわしいものと判断する。