

論文内容要旨（和文）

氏名 高野敬志



論文題目 北海道茨戸湖における浮游性藻類（植物プランクトン）群集の遷移に関する環境科学的研究

1970年代から、湖沼の水質の富栄養化に伴い、浮游性ラン藻が大量発生する水の華現象が多発した。水の華形成のメカニズムに関する多くの研究成果から、水の華発生の第一義的な環境要因は、湖水中に溶存する栄養塩類であることが明らかとなった。この成果に基づき、湖水中の栄養塩を軽減する対策が施行されてきたが、湖沼の水質を回復させるまでには至っていない。人的影響は、現在、様々な形で湖沼環境へ作用しており、湖沼の水圏生態系が影響を受けていると思われる。浮游性藻類の動態観察は湖沼環境を把握することに対して重要である。本研究は、富栄養化の影響を明らかに受けている北海道茨戸湖において、およそ1990年から約10年間に亘って実施した水質環境と浮游性藻類群集の観測結果から、富栄養化により誘引されたラン藻現存量の減少、それに伴って起こったケイ藻現存量の増加のメカニズムの解明を試みた。

茨戸湖では、1980年代を通じ、夏季にラン藻類が優占して水の華を定常的に形成した。ところが、1990年からラン藻類の現存量が夏季に増加せず、ケイ藻類が初夏から著しく増殖し、一年を通じて優占するようになった。1990年前後の栄養塩濃度などの水環境要因の変化を調べた結果、1990年から溶存反応性リン（SRP）が初夏に欠乏する現象が認められた。従って、SRPの欠乏はラン藻の成長を抑制したものと考えられた。さらに初夏のケイ藻類の増加が栄養塩の変化で説明がつかないことから、その原因は気象的な要因であると仮説を立て、4月から8月までの月間平均気温を1987年から1994までの年で比較した。その結果、1990年、1991年の5、6月の気温が他の年よりも高かったことが判明した。従って、1990年からのラン藻群集の衰退とケイ藻群集の優占は、初夏の高い気温のため、ケイ藻類が成長を促進され、夏に優占するはずであったラン藻のリン源を消費してしまったためと推定された。

1990年以降、ラン藻群集の中で多く出現した *Aphanizomenon flos-aquae* の糸状体数、水温、SRP濃度の変化を1993年から1996年の間で比較した。1994年は、*Aph. flos-aquae* が最も多く出現し、温度が高く、SRP濃度が高かった。高温度と高いSRP濃度は、糸状体が多く出現できることに対して寄与していると考えられた。同種の成長に対するリンと温度の関連を調べるた

め、15–25°Cの条件で、リン制限下における成長曲線と細胞内リン含量を求めた。その結果、対数期の成長の速さには温度による違いが認められないことが認められた。このことから、1994年の *Aph. flos-aquae* は、高水温により直接成長速度は影響を受けないものの、間接的な影響により多く出現したと考えられた。減少期初期の細胞内 C:P 比は、リンの非制限時の約 10 倍高い値となり、このことは、初夏のリンが豊富な時期にリンを細胞内に取り込めば、夏季のリン欠乏期であっても、細胞内 C:P 比が 10 倍になるまで成長を続けることができることが推定された。

1990 年以降、初夏のケイ藻の急速な増加に伴い、湖水中の溶存反応性ケイ素 (SRSi) 濃度が急速に減少した。1993 年では、初夏に SRSi 濃度が極めて低くなり、その時期の優占種は *Cyclotella meneghiniana* であった。一方、1994 年の SRSi 濃度は 1993 年ほど低下しなく、優占種は *Aulacoseira ambigua* であった。1993 年と 1994 年の優占種の違いを検証するために、15°C と 20°C の条件で両種の SRSi 濃度に対する成長速度を見積もった。その結果、2 つの温度の条件とも *C. meneghiniana* の方が低い濃度で成長速度が高く、半飽和定数も低い値であった。このことから、*C. meneghiniana* は低い SRSi 濃度に適応できる種であり、1993 年の SRSi 濃度が著しく減少した状態において、*Au. ambigua* よりも成長速度が高いために優占できたことが示唆された。

1997 年以降、総リン (TP) 濃度が低下し始め、ケイ藻の現存量も著しく減少してきた。それに伴って、夏季にラン藻の *Phormidium tenue* の糸状体が著しく増加した。*Ph. tenue* の増加にはケイ藻類の現存量の低下が関わっていることが予測されたため、酸化ゲルマニウム添加によるケイ藻類の成長を阻害した湖水培養実験を行い、*Ph. tenue* の糸状体密度の変化を調べた。その結果、春と夏に採水した湖水について、ケイ藻類の成長を阻害した実験区の方が阻害しないものよりも *Ph. tenue* の糸状体が多くなった。このことから、ケイ藻には何らかの作用により *Ph. tenue* の成長を阻害する働きがあることが考えられた。

1990 年を境にして起こったラン藻類からケイ藻類への群集遷移は、それらが利用できるリン量の増減に支配されていることが示唆された。すなわち、群集を優占的に構成する浮游性藻類の成長に及ぼす栄養塩の変化が第一義的な要因であることが指摘できる。茨戸湖では、1970 年代から排水処理対策および浚渫事業を行っており、このことは湖のリン量の低下を導いたものと考えられる。さらに、この群集遷移は、二次的なケイ素制限や他感作用などの生物化学的要因を誘発し、ケイ藻やラン藻の群集の特定種が増減する現象を引き起こしたと考えられる。

論 文 内 容 要 旨 (英 文)

氏 名 高 野 敬 志



論 文 題 目 Environmental scientific studies on planktonic algal (phytoplanktonic) succession in Lake Barato, Hokkaido.

It is predicted that the various cultural factors have effects on the lake environments. To evaluate the effects of change in environment on the aquatic ecosystem in a lake, we must monitor the planktonic algal succession. The aim of this study is to clarify the causation of planktonic algal succession from domination of cyanobacteria to domination of diatoms in 1990-2000 in Lake Barato by the relationship with the change in lake environment.

The heavy water bloom was formed by cyanobacteria in Lake Barato throughout 1980's. The cyanobacteria decreased and did not form a water bloom suddenly in 1990. Replacing the cyanobacteria, biomass of diatoms increased rapidly in early summer. Diatoms have been dominated throughout the year from 1990. This phenomenon might be caused by the lack of soluble reactive phosphorus (SRP) which was incorporated by the increased diatoms in May and July. The high temperature might promote the increase in diatoms.

Aphanizomenon flos-aquae showed relatively abundant appearance in cyanobacterial community from 1990. This species increased and formed a thin water bloom in 1994. Since water temperature and SRP concentration in 1994 tended to be high, these may contribute to the abundance of *Apha. flos-aquae*. The laboratory experiment indicated that *Aph. flos-aquae* might increase by the indirect effect of high temperature in 1994 and their cells can divide until the cellular ratio of carbon to phosphorus increases to ten times higher value without the phosphorus supply if this species take up the enough phosphorus.

The soluble reactive silicon (SRSi) concentration decreased rapidly due to increase in diatom biomass. SRSi concentration was quite low in 1993 when *Cyclotella meneghiniana* dominated. Its concentration in 1994 did not decrease compared with in 1993, and dominant species was *Aulacoseira ambigua*. The growth rates of the two species under the silicon limitation revealed that *C. meneghiniana* was superior under the low SRSi concentration, and *Au. ambigua* is superior under the high concentration. The dominance of these species might be determined by the SRSi concentration.

As total phosphorus concentration has decreased since 1997, diatom biomass rapidly decreased. Simultaneously, filamentous density of cyanobacteria, *Phormidium tenue*, increased. On laboratory experiments, the inhibition of diatom growth caused the increase in the density of *P. tenue* in the incubation of lake water. The decrease in diatom biomass might contribute to the increase in the density of *P. tenue*.

In this study, it is suggested that the decrease in potential volume of phosphorus regulated the planktonic algal succession from 1990. This decrease in phosphorus might cause indirectly the competition between diatom species for the silicon, and the release of biological interference from diatom to specific cyanobacteria.

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成17年2月 7日

理工学研究科長 殿

論文博士論文審査委員会

主 査 原 慶明

副 査 山野井徹

副 査 辻村東國

副 査 日野修次

副 査



学位論文の審査及び最終試験の結果を下記の通り報告いたします。

記

1. 論文申請者

所属名 北海道立衛生研究所

氏 名 高野 敬志

2. 論文題目

北海道茨戸湖における浮遊性藻類群集の遷移に関する環境科学的研究

3. 学位論文公聴会

開催日 平成17年 2月 7日

場 所 理学部2号館25番教室

4. 審査年月日

論文審査 平成17年 1月 25日 ~ 平成17年 2月 7日

最終試験 平成17年 2月 7日

5. 学位論文の審査及び最終試験の結果（「合格」・「不合格」で記入すること）

(1) 学位論文審査 合 格

(2) 最終試験 合 格

6. 学位論文と審査結果の要旨

別紙のとおり

2. 最終試験の結果の要旨

別紙のとおり

別紙

| | |
|---|-------|
| 氏名 | 高野 敬志 |
| 学位論文の審査結果の要旨 | |
| <p>本論文の研究調査は茨戸湖（北海道で最大の石狩川河口近くに同川の治水のため1930年に作られた三日月湖）で行われた。同湖は札幌市からの3本の生活排水用水路の流入を受け常に大きな栄養塩負荷受けるため、行政的にも、環境科学的にも湖沼の環境保全や改善に取り組まなければならない状況にある。1970年代から始まった高度成長政策の所産による環境汚染をもろに受け、全国の富栄養化した湖沼同様、夏季にはアオコと呼ばれるラン藻による水の華発生が10年ほど続いた。その間国・地方自治体は、湖沼の富栄養化防止対策として河川への排水規制や浚渫工事などに取り組んだ。その結果としてどのように湖沼環境および湖内生物（浮遊性藻類）群集に変化があり、その防止対策によって、どのように改善が計られたかを1990年～2000年の約11年の間追求した。その中でエポックメイキングな3つの現象をとらえ、その時間的経過に沿って、生物と環境、生物と生物の関係に絞って解析した。第1の現象：水の華を形成していたラン藻の衰退に代わってケイ藻群集が増加する現象、を観測し、その要因を栄養塩と温度（水温）に限定して、現場および実験室での調査により解析した。栄養塩として窒素とリンに注目し、通常の湖沼では窒素が直接藻類群集の増減に深く係わるとされるが、茨戸湖ではリンが第一義的に関与していたことを指摘した。また、リンの濃度と温度により優占する種構成が代わること、すなわちその2要因が群集遷移に深く係わっていることを明らかにした。さらに富栄養化防止対策とラン藻類の増殖によるリンの消費の影響により、リンの低濃度下でケイ藻群集の増加し、その優占種が年により変動する現象に着目し、その要因を特定した。ケイ藻の種ごとにケイ素の取り込み速度やその飽和度が異なることを実験的に確かめた上で、現場の群集変動現象に適合する事を確認した。1997年頃まで続いたケイ藻類を主体とする浮遊性藻類群集は湖沼の総リン量の経時的減少にともない、再度ラン藻（種類は別の <i>Phormidium tenue</i>）が優占する群集に交代した。この交代の主因をそれぞれの群集の優占種間で起こる競合であるとの作業仮説を設け、それを検証すべく現場の群集を用いた培養実験を考案して解析した。その結果は必ずしも仮説を支持するものではなかったが、一因である証左を得たことは確かである。このような長期にわたった、緻密な研究は希有であり、貴重な成果を蓄積した点で高く評価できる。特に湖沼における富栄養化対策が如何に重要であり、その成果は一朝一夕には現れず、茨戸湖を例に取れば少なくとも20年以上経過を追跡しなければ判明しないことの指摘は新たな環境科学研究の一面を切り開いたといえる。公聴会では一部核心をつく質問に的確に回答できなかった点を差し引いても本研究は論文博士の学位に値することは変わらない。主査・副査全員で合格を確認した。</p> | |
| 学力確認の結果の要旨 | |
| <p>公聴会で発表した内容・質疑応答および論文審査の結果に基づいて最終試験を行った。発表内容の一部に解析不足が有り、それを公聴会での質問で指摘され応答に手間取ったが、本質的な問題についての理解は充分であることを最終試験で改めて確認した。職務内容に基づいた論文とはいえ、11年という長期間継続的な観測と実験による知見の蓄積は計り知れない価値があり、しかも、環境改善・保全といった現在なお我々が取り組まなければならない課題への貢献度も極めて大きい。以上の結果、全員一致で、最終試験を合格と判定した。</p> | |