

## 湖沼の水質・生物に与える大出水の影響

沖野外輝夫\*, 矢沢正章\* 竹内勝巳\*\*

The Relation Between the Water Quality and the Amount of Phytoplankton in Lake Water and the Great Flood of Inflows.

Tokio OKINO, Masaaki YAZAWA, Katsumi TAKEUCHI

### 1. はじめに

台風などによる大出水が、湖沼の水質および生物に与える影響については、その研究の必要性を以前から指摘されているにもかかわらず、実測を含めての報告は未だ少ないのが実情である。その原因として考えられることは、大出水が何時起こるかを予測することが難しく、突発的な出水に対応して機敏に調査を行うことが出来にくいことである。さらに、調査を行える機会に恵まれたとしても、大出水時の調査には多くの危険が伴うなど、技術的な面にも難問を抱えていることも一因である。

筆者らは、幸い諏訪湖湖畔に研究の場をもち、大出水といった突発的な気象現象に対処するには格好な条件に恵まれている。しかし、それでも過去何回かの洪水の際にもなかなか調査の機会をとらえることは出来なかった。幸いにも、1985年6月30日から7月1日未明にかけて、当地域にも影響を与えた台風6号は大雨を伴い、筆者らの調査の態勢も整っていたことから、諏訪湖湖水の水質・生物に与える大出水の影響を追跡することが出来たのでここに報告する次第である。

台風6号に伴う豪雨は、梅雨期に入り、各河川がすでに増水していたことも原因して、大量の水を湖内に流入させ、市内の一部を冠水した。諏訪湖湖内の水位は平常時よりも1m以上も高く、流入水量は $280 \text{ ton} \cdot \text{sec}^{-1}$ と平常のやく10倍量であったことが、長野県諏訪湖工事事務所釜口水門日誌に記録されている。この量は諏訪湖の容積から単純に計算すると、3~4日間で湖水が入替る量に相当している。

### 2 方 法

諏訪湖湖内での観測、採水は湖心(約6m)で行った。採水深度は0, 2, 4, 6mである。但し、諏訪湖定期観測日であった6月20日, 7月2日, 7月20日については1m間隔で、計7層から採水を行っている。観測、採水の

時刻は、全て6時30分から7時30分の間に行い、台風通過(6月30日~7月1日)後の7月2日から7月10日までは毎日1回の連続観測を行った。採水はVan Dorn型採水器(5L容量)で行っている。

調査項目は水温、透明度、セストン量、クロロフィル量、栄養塩としての各態の窒素、燐濃度である。水温は電気水温計(東邦電探, EST-3型)により、表層から底層へ0.5m間隔で測定している。透明度はセッキの白色円板(25cm)を用いている。

各測定項目の分析法は以下の通りである。

セストン量(Whatmann社製, GF/Cフィルター使用, 80°C, 24時間乾燥)、セストン中の有機物量(セストン秤量後の試料を電気炉中で450°C, 30分間灼熱し、灼熱減量として算出)、クロロフィル量(前記GF/Cフィルターにて濾過後、ガラス製乳鉢中で磨砕しながら90%アセトンにして抽出、抽出後3,000 rpm, 15 min. 遠心、その上澄液の吸光度を分光光度計にて測定、UNESCO-SCOR式にて算出。吸光度の測定は750, 663, 645, 630 nmの四波長について行っている)、全燐(過硫酸カリ分解法, Menzel and Corwin, 1965)、燐酸態燐(アスコルビン酸還元法, Murphy and Riley, 1962)、全窒素(アルカリ性、過硫酸カリ分解、紫外吸光度法, 大槻, 1981)、硝酸態窒素(銅-カドミウムカラム還元法)、亜硝酸態窒素(スルファニルアミン法)、アンモニア態窒素(インドフェノー法)。溶存態の有機燐(DOP)および窒素(DON)については、GF/C濾液の全燐、全窒素から燐酸態燐および溶存三態の無機態窒素の合計を差引いたもので示されている。

観測、測定日前後の降雨量については諏訪湖候所記録(気象月報)より、諏訪湖への流入・流出水量については釜口水門日誌(長野県)より資料を借用した。

### 3 結果および考察

\* 信州大学理学部 Fac. Science, Shinshu Univ.

\*\* 北海道大学水産学部. Dept. Fishery, Hokkaido Univ.

台風通過の6月30日の降水量は119.5 mmと1985年の最高値を示し、6月の日降水量としても諏訪測候所開設以来の最高値でもあった。図1に示すように、6月25日、28日にも50mm前後の降水量が記録されており、梅雨期でもあることから、すでに流入水量は平常よりも増加の傾

向にあった。そのことも影響して、6月30日の大雨と同時に諏訪湖への流入水量は280 ton・sec<sup>-1</sup>にまで急増し大量の土砂をも流入させることとなった。台風通過後も若干の降雨が続いているが、流入水量が平常に戻るまでには、およそ1週間を経過している。

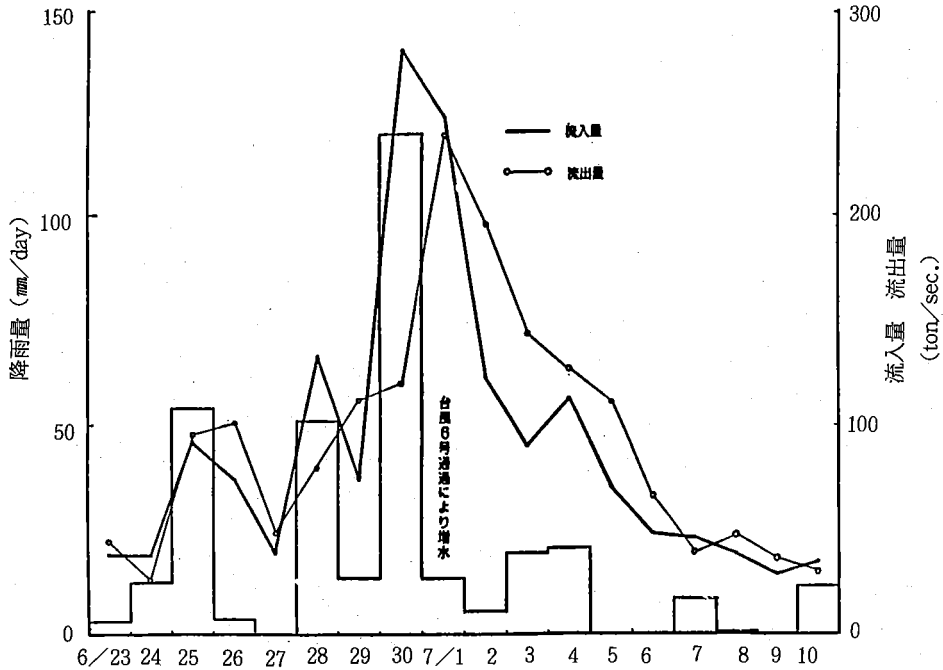


図1 増水前後の降水量および諏訪湖への流入水量、流出水量の変化 (1985年6月23日—7月10日:長野県気象月報1985年6月, 7月 長野県諏訪地方事務所資料より作成)

流入水の増加により、昇温期にあった湖水の水温は全体に2℃前後低下し、流入水の増加前の水温に回復したのは9日後の7月9日となっている。流入水とともに大量に流入した懸濁態物質(セストン)の影響は、透明度の変化に顕著に現れている(図2)。台風通過前の定期観測(6月20日)結果によると、セストン量は68 g・m<sup>-2</sup>で、湖内平均濃度として10 mg・L<sup>-1</sup>弱であるが、7月2日には203 g・m<sup>-2</sup>と、一挙に3.5倍にまで増加している。その影響は透明度の低下として現れ、6月20日の透明度92cmは、7月2日には43cmになった。湖内に流入したセストン量のその後の変化を追跡すると(図3)7月6日までは全体に濃度を減じ、底層に多い分布型が認められる。このことは流入したセストンが流入後1週間程度で沈降、湖水中から除去されることを示している。当然、透明度も回復し、7月7日には120 cm前後で安定した。

以上のことは、湖外から流入した土砂の大半は3日程度で湖底に沈降し、粒子の小さいものも7~8日程度で

沈降し、湖水への影響が除かれることを示している。

同じセストン中に含まれている植物プランクトンの量については、クロロフィル-a量を指標として流入水量の増加の影響を追跡した。クロロフィル-a量の場合にはセストン量の変化とは逆の傾向が認められた。6月20日のクロロフィル-a量は347 mg・m<sup>-2</sup>で、表層に多く(89 mg・m<sup>-3</sup>)、底層に向けて減少(6 mで31 mg・m<sup>-3</sup>)する分布型となっている。すでに、この時期には藍藻類の*Microcystis* spp.による『水の華』発生期に入っているため、クロロフィル-a量の分布型は表層に集積する型になっていた。流入水の増加は植物プランクトンにたいしては希釈効果となり、7月2日には58 mg・m<sup>-2</sup>と流入水量増加前の6分の1にまでプランクトン密度を低下させる結果となった。その後、3~4日間は60 mg前後を維持し、4日後から次第に回復し、7月8日には210 mg・m<sup>-2</sup>と最大値となり、分布型も表層に集積した型に戻った。しかし、クロロフィル量の回復にもかかわらず、透明度の変化は増加傾向を続け、この時期の透明度

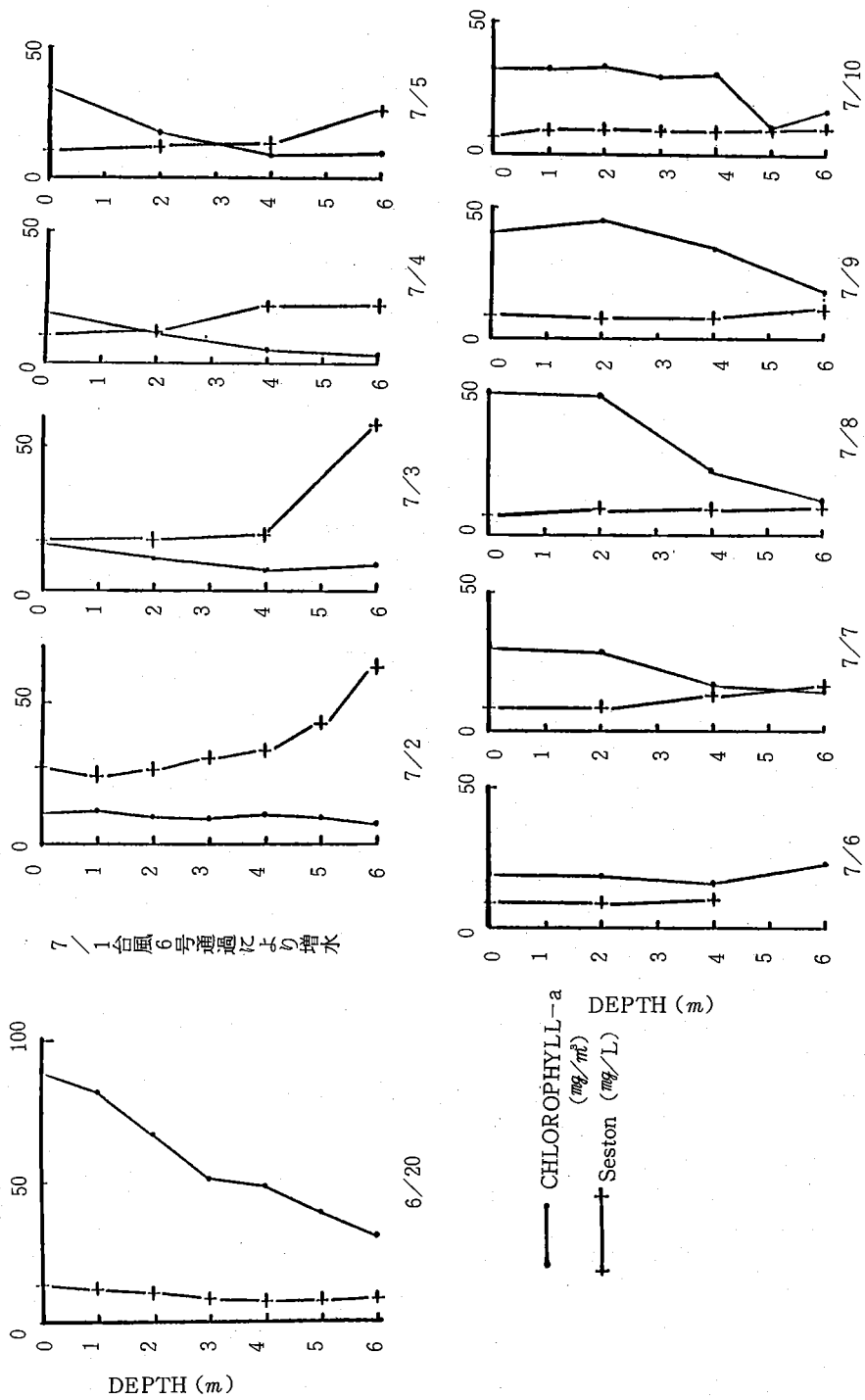


図2 増水前(6/20)及び増水後(7/2-7/10)のセストン量およびクロロフィルa量の鉛直分布

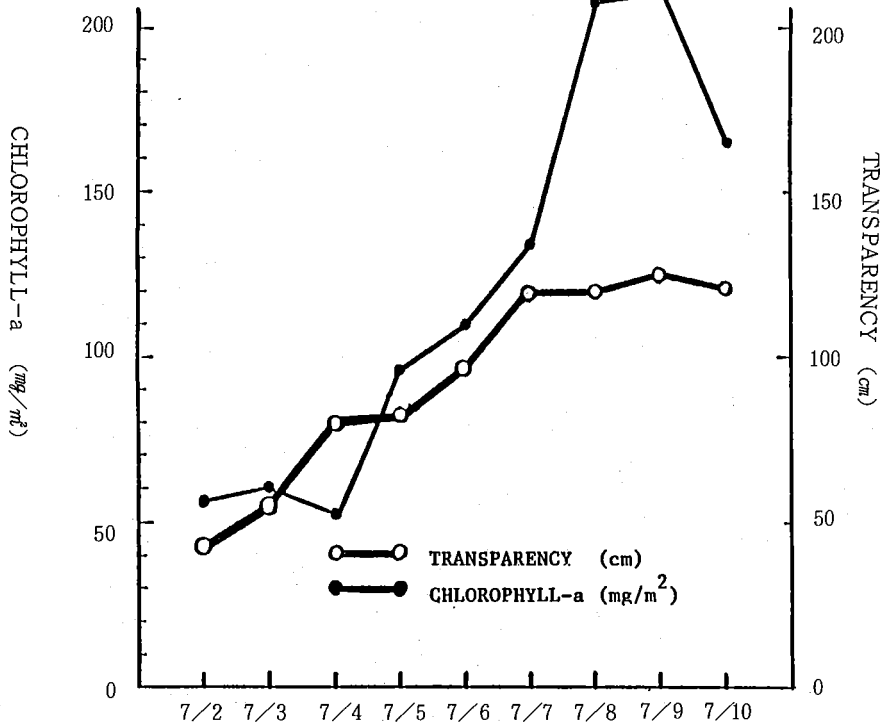


図3 増水後の透明度及びクロロフィルa量の経時変化  
(1985年7月2日-7月10日)

の変化はセストン量の変化に左右されていたことが分る。植物プランクトンの増加は、流入水の減少による湖水の滞留時間の増加と、湖外からの窒素、磷などの栄養塩の供給によるもので、特に後者の影響について定量的な把握が必要であると指摘されてきた。

今回の調査では栄養塩についての毎日のデータを得ることは出来なかったが、台風を狭んで前後4回の測定値を得ることが出来た。その結果を以下に示す。

窒素成分についてみると、6月20日の全窒素の平均濃度は  $1027 \mu\text{g N} \cdot \text{L}^{-1}$  であったが、7月2日には  $2157 \mu\text{g N}$  とおよそ2倍に増加している。その後、全窒素の濃度の減少は、台風通過後10日間あまりなく、7月20日になってようやく  $200 \mu\text{g N}$  弱の減少が認められたに過ぎない。窒素成分の内容を検討すると、6月20日には全窒素のうち懸濁態と溶存態の占める割合は、 $523 \mu\text{g N} \cdot \text{L}^{-1}$  と  $523 \mu\text{g N}$  とほぼ同じ割合となっている。しかし、7月2日には溶存態の窒素の全窒素に占める割合は72%にまで増加し、絶対量でも  $1654 \mu\text{g N} \cdot \text{L}^{-1}$  となっている。即ち、大出水の影響は、窒素の場合には溶存態の成分が増加し、その影響は20日を経過しても残されていたことが分る(図4)。

一方、磷についてみると、窒素の場合とは量的変化、

流入する成分の内容ともに傾向が異なっていた。

6月20日の全磷は  $88 \mu\text{g P} \cdot \text{L}^{-1}$  であり、流入水量の増加によって、7月2日には  $112 \mu\text{g P} \cdot \text{L}^{-1}$  と、1.5倍の増加でしかない。流入により増加した成分も、そのほとんどが懸濁態のもので、湖内に存在していた量(6月20日;  $59 \mu\text{g P} \cdot \text{L}^{-1}$ )の1.4倍に増加(7月2日;  $85 \mu\text{g P}$ )している。しかし、植物プランクトンに直接利用される磷酸態磷は  $8 \mu\text{g P}$  から  $19 \mu\text{g P}$  へと2.3倍の濃度にはなるものの、その絶対量は決して高いとはいえない。

流入水量の増加により増加した湖内の磷の濃度は、図5にみられるように、流入後10日程度で  $112 \mu\text{g P} \cdot \text{L}^{-1}$  から  $63 \mu\text{g P}$  へと、約0.6倍にまで減少している。減少した磷成分のほとんどは懸濁態の磷で、この減少はセストン量の減少傾向と相関している。

以上の結果は、今回と同規模の増水があった1983年9月27日前後に観測された磷、窒素成分の濃度変化(図6)とも一致しており、諏訪湖では平常の流入水量の10倍程度の突発的な増水は水温、透明度、セストン量、植物プランクトンにたいしては1週間程度の影響を与えること、供給される栄養塩の成分は、窒素では溶存態が、磷では懸濁態が多いことが示された。さらに、流入した栄養塩のうち、窒素はその影響が長く残るが、磷の場合は

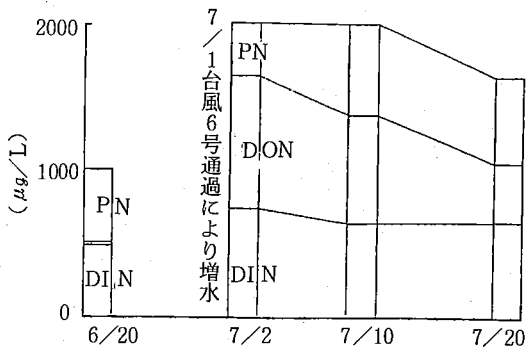


図4 増水前後の各態Nの変化  
(1985年6月20日—7月20日)

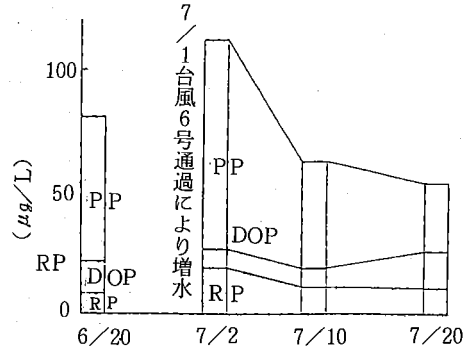


図5 増水前後の各態Pの変化  
(1985年6月20日—7月20日)

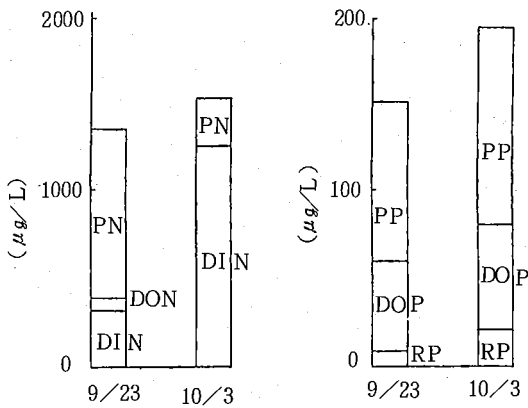


図6 1983年9月27日台風通過前後の各態N, Pの変化  
(1983年9月23日—10月3日)

セストンの沈降とともに減少し、10日程度で事前の濃度に戻ることが認められた。

植物プランクトンの場合は、増水により一時的に希釈されるが、流入水量が減少し、湖水の滞留日数が増加するようになると(3~4日後)、流入、増加した溶存の無機磷、無機窒素成分を利用して増殖を行い、10日後には最大値に達することが示された。

本報告に当たり、調査に協力された信州大学理学部付属諏訪臨湖実験所の塩野崎寛技官、同大学院呉完寿氏、ならびに試料の分析に協力いただいた申賢姫氏に心から感謝の意を表する次第です。