



## 化学、生物の

# 観点からみた大沼の実態

松 永 勝 彦

### 一、はじめに

大沼湖群は大沼、小沼、尊菜沼と二、三の湖沼からなり、駒ヶ岳より噴出した溶岩による河谷の堰止とともに地盤の陥没が伴って生じた湖沼群といわれている。大沼は湖群中最も大きく面積は五・一km<sup>2</sup>を占める。流入河川は宿野辺川、新潤川、軍川その他の細流からなり、排水はセバットを通して小沼に入る。小沼は大沼

と通じその面積は三・八km<sup>2</sup>であり、流入河川は細流のみであり、小沼への流入はほとんどない。湖水からの流出は、以前は北隅にある河川を通して噴火湾に流出していたが、現在では南隅にある発電所取入口一カ所から流出している。以前は、透明度が高く水泳も可能であったが、現在は二m以下の透明度となっている。その原因については後述する。

近年、沿岸の海洋、湖沼などの富栄養化についての

社会的関心が高まっているが、大沼も例外ではなく生活排水の影響が懸念されている。また湖の主漁獲物であるワカサギ、コイ、フナなどの漁獲量が減少しているともいわれているが、その原因についてもまだ説明されていない。湖水の水質調査はこれまでも実施されているが、年間を通しての系統的な調査はまだ行われておらず、湖水の実態を把握するまでには至っていない。

筆者は昭和五十二〜五十五年にかけて大沼、小沼の調査を行っており、一部学会誌に報告しているが、それをもとに湖の実態について報告する。

## 二、湖水の化学成分

調査地点を図一に示した。水質悪化の原因の一つに、水中の有機物質が微生物分解を受ける際に溶存酸素が消費され、無酸素状態になることが挙げられている。しかしながら、大沼の溶存酸素は全点 (St. 1〜St. 6) 全層 (二〜三層) を通し年間八〇%以上の飽和度を示し、湖水は酸素不足になってはいない。即ち系外からの分解をうける有機物質の負荷、湖水中で生産された有機物の無機物質への再生による水質の悪化はないといえることができる。

生物生産力と関連し、栄養塩と称される窒素化合物 (硝酸、亜硝酸、アンモニア)、リン酸、ケイ酸が重要である。水中の酸素が十分に存在すると窒素化合物の大部分は硝酸である。六月の湖水の硝酸濃度は〇・三 PPM程度であるが七月からは大きく減少し、冬場の十一月までほとんど零の濃度を持続している。植物ア

ランクトンは光合成、即ち炭酸ガス、水、リン、窒素などの化学成分をもとに新しい生命を誕生させている。この植物プランクトンが増殖する力のことを基礎生産力と呼んでいる。七月から湖水の硝酸が零になるのは基礎生産力が高まり、河川から供給される硝酸よりも消費の方が大きいから零になるわけである。冬場の基礎生産力の低下とともに湖水の硝酸濃度は上昇する。十二月より、ほぼ河川中の硝酸濃度と等しくなり、翌年六月までこの状態が続く。窒素の他の形態である亜硝酸、アンモニアは湖水が十分酸化状態であるため、これら還元性成分濃度はほとんど零である。

リン酸は年間を通し低濃度であり、河川の濃度よりおよそ一ケタ低い。これは、リンが光合成作用によって消費されることと、河川の鉄濃度が極めて高いことから考えて、鉄粒子による吸着除去が働いて、生物が利用できるリン濃度を低下させている。また、リンが年間を通しきわめて低濃度であることから、大沼の生物を制限する要因になっていると考えられる。

ケイ酸は岩石の主成分であり当然のことであるが、年間を通し高濃度で存在し基礎生産力を維持するには十分な濃度である。

懸濁物質、化学的酸素消費量はともに年間を通し大きな変化はなく、ともに数 PPM 程度である。これは後述するように湖水の懸濁物と有機物質の起源は主に河川であり、粘土鉱物と有機物である腐植物質との混合物と考えられる。St. 7 は生活排水が流入している排水溝から二〇 m 程度離れている場所であるが、夏季には硝酸はほとんど検出されず、アンモニア濃度が〇・四

PPM 以上も存在し、還元的な状態を呈している。リンも〇・三 PPM と極めて高濃度である。この還元的状態は十一月まで持続される。即ち、水中の酸素は完全に排水によってもたらされる有機物の分解によって消費されるため、水中の硫酸の酸素を利用して有機物の分解が生じるため、硫化水素の発生を伴う、重金属は硫化水素と化合して沈澱物となるが、この沈澱物の色は概して黒色であるため、水色は黒色となり、腐敗臭を呈している。さらに水中の硫酸が消費されると、炭酸の酸素が有機物の分解に利用されメタンガスの発生を伴うようになる。

## 三、河川水の化学成分と湖への流入量

図一に示した流入河川の化学成分、即ち硝酸、亜硝酸、アンモニア、リン酸、ケイ酸の年間の濃度はそれ

図1 調査地点

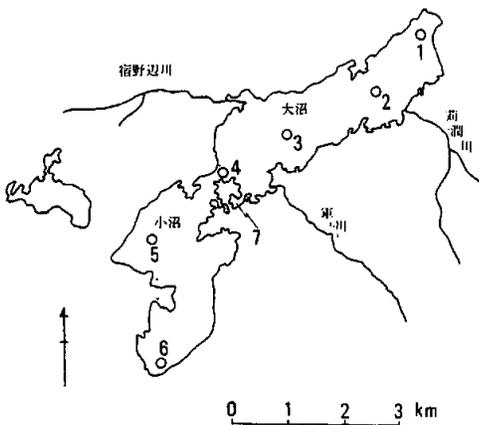


図2 基礎生産力の季節変化

注：生産されたプランクトンを炭素(C)の重さで表わした。即ち縦軸の数値が大きいことは、プランクトンが多く生産されたことを意味している。

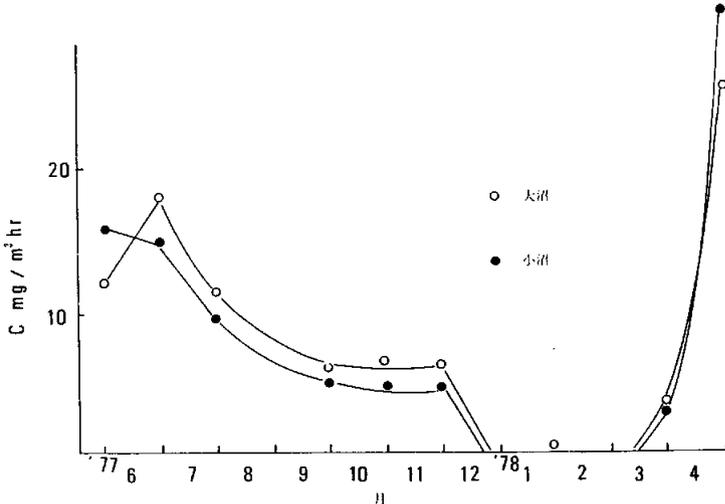
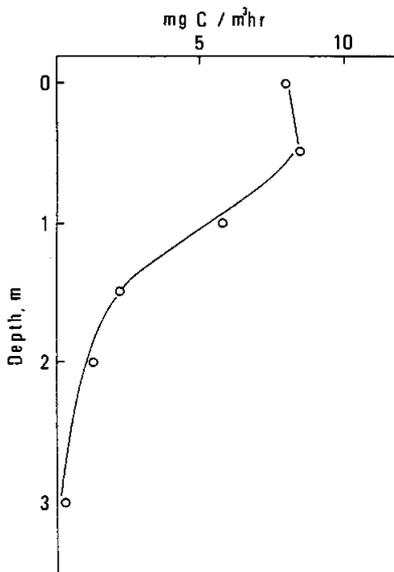


図3 鉛直的に測定した基礎生産力

注：2 m以深でのプランクトンの生産はほとんどないことを示している。



それ〇・三、〇・〇四、〇・〇一、三五PPM程度であり、日本の河川の平均的濃度にほぼ等しく、人為的な汚染はないといえる。栄養塩成分の湖水への流入量は、各河川水中の栄養塩濃度が大きく変動しないことから、流入総量は河川水量によって支配されることになる。宿野辺川の流量が最も多いことから湖水への栄養塩負荷量の八〇%以上が宿野辺川から供給されていることになる。生活排水の栄養塩濃度は河川よりも一ケタ高濃度であるが流量を加味すると、生活排水からの栄養塩負荷量は河川水から加えられる量の二割以下

である。しかも排水溝付近(St.7)の水は停滞し、水の交換が極めて悪いことから局部的に汚染をうけていることになるが、湖全体への影響はないといえる。

#### 四、基礎生産力

水圏においては、光合成によって植物プランクトンが誕生しこれを捕食する動物プランクトン、次いで動物プランクトンを捕食する魚という食物連鎖をとっている。従って、植物プランクトン即ち基礎生産力が高くないと魚は増えないことになる。この意味で基礎生産力は大切である。

St.3における各月の基礎生産力を図二に示す。また八月にSt.3で鉛直に測定した基礎生産力を図三に示す。図三から明らかのように植物プランクトンの生産は表層よ

り2m以浅に限定されている。即ち、2m以深でのプランクトンの生産は殆んどない。後述するように湖水の透明度は年間を通じてすべての観測点で2m以下であるため、濁りによって光の透過がきわめて悪いために2m以深での生産力を低下させている。七月から生産力は低下してゆくが、これは光合成に必要な湖水中の硝酸が減少していくことに起因している。

#### 五、透明度が低下している原因について

湖沼の透明度は季節に無関係に全点(St.1-6)2m以下で、極めて悪いといえる。冒頭で述べたように、昔は水泳ができるほどのきれいな湖で、透明度は現在よりもずっと高かったはずである。

透明度を低下さしめる湖水中の懸濁物の化学組成は、河川から由来する腐植物質(これ以上分解されない有機物質)、粘土、鉄の粒子から成っている。昔は北隅の

河川を通して湖水は噴火湾に流出していたが、現在は南隅の発電所の取水口からのみしか流出しないようになっていいる。湖には風による湖流が生じる。南西風の場合、湖水の表層水は北隅に流されるが、そこに流出口がないために湖底にもぐりこむ形になる。即ち湖底土

を巻き上げることになり、湖水から沈降堆積した粒子を再び湖水中にもどす役割を演じている。

一般に粒子は1m/日程度の沈降速度しかないために、水中に巻き上った粒子が湖底まで到達する(平均水深六〜七m程度)には一週間も必要とし、その間に再び南西風が吹けば粒子は舞い上り、年中湖水には粒子が存在することになる。即ち、透明度を低下させる原因となる。

透明度の低下は生産力の減少にもつながり、湖水の流出口を変更する場合にはあらゆる角度から検討する必要がある。

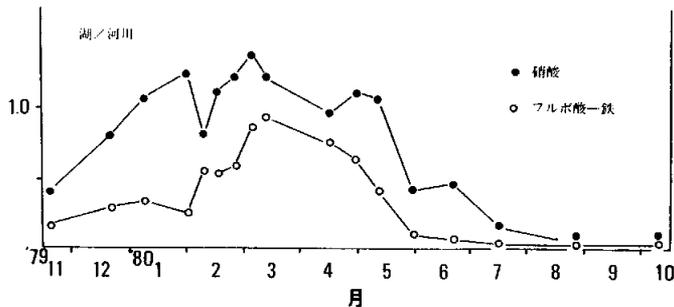
## 六、生物生産量からみた

### 大沼と洞爺湖の相違

植物プランクトンが増えるためには窒素、リンなどの栄養塩成分は必要条件ではあるが、必ずしも十分条件ではない。洞爺湖の窒素、リン濃度は大沼とほとんど変りないが、洞爺湖の生産力は大沼の1/10程度しかない。他の物理的条件たとえば、夏季の洞爺湖の水温は20℃近くもあり、大沼との相違はみられない。従って、何らかの化学成分がこの相違に関与していると考えざるをえない。

従来から鉄が光合成に関与しているのではないかとされていたが、実態は明らかではなかった。水中における鉄の大部分は水酸化物としての沈澱であり、この沈澱は水に溶解しているわけではなく、粒子が植物プランクトンに摂取されるとは考えられないからである。筆者は、水に溶解している鉄が存在することをつき

図4 河川水と湖水の硝酸濃度比、フルボ酸濃度比



とめた。この鉄は腐植物質の一つである有機物のフルボ酸と結合した鉄であることを明らかにした。植物プランクトンの培養実験を行ってみた場合、このフルボ酸-鉄を添加すると著しい増殖効果があることがわかった。また大沼においてフルボ酸-鉄の季節変化を追ってみると、その挙動は硝酸(光合成で消費される)と同じであることがわかった。硝酸もフルボ酸-鉄も河川(宿野辺川)から供給されており、湖水での消費がなければ、それらの濃度は河川と等しいはずである。図四には、河川と湖水におけるこれらの濃度比を月別に示したものである。冬期間におけるその比は一に近いが、春からその比は硝酸、フルボ酸-鉄とともに減少していき、夏には零である。即ち、湖水中の硝酸、フルボ酸-鉄は夏には零になることを意味しており、光合成にはフルボ酸-鉄が

必要とされると考えられる。それでは洞爺湖にフルボ酸-鉄が存在するかという点、ほとんど存在していない。従って、洞爺湖における生産力の低い原因は、フルボ酸-鉄が大沼に比べて極端に低いことに起因しているものと考えられる。

## 七、まとめ

大沼の生産力が高いとはいいがたく、その原因は窒素、リンの不足によるものである。生産力からみると、年間に六〇〇トン程度の魚が生産されることになる。大沼には、ワカサギ、フナ、コイが生棲しており、三者とも同重量生棲しているとすると、ワカサギは二〇トン程度の生産しかないことになる。ワカサギの生長速度をみると、諏訪湖と比べ大沼は著しく劣っているが、水温の相違もさることながら生産力の低い(餌不足)ことにも起因しているであろう。生産力を高めるには、窒素、リンを加えればよいが、あまり高くなりすぎると水の華(海域では赤潮)となり、水棲生物には負の原因にもなり、兼ね合いがむずかしい。一般に湖水は高栄養化の傾向をたどるといわれているが、現在の大沼については生活排水からの栄養塩負荷量は河川からのそのの一〇%以下であり、しかも排水溝付近の水の交換は極めて悪く、局部的な汚濁をひきおこしているに過ぎない。しかしながら局部的とはいえず、秋には硫化水素の発生、それに伴う金属硫化物による黒色を呈しており、大沼の美観をそこねている。これについては、空気によるパッキを行えば解決できることであり、何故行政はこの問題を放置しておくのか、われわれ研究者には理解できない問題でもある。