

開発と貯水池の富栄養化

東京都水道局 一戸正憲

1. ま え が き

小河内貯水池は東京都水道の第三の貯水池として、昭和32年6月に湛水開始されたが、第一年目の埋没した植生を栄養源とする植物プランクトンの大発生による境、淀橋浄水場の汙過池閉塞障害の外は水質的なトラブルもなく経過してきた。これは貯水池が奥多摩の急峻な山間にあって、流域面積の62%が水源涵養林として水道局によって経営されており、耕作地もみるほどのものもなく、流域人口も一貫して過疎化傾向にあることに負うところが大きい。

一方、小河内ダム竣工当時から観光地としての発展を予想されはしたものの、昭和44年までは70万人/年前後で、ほぼ横這い状態であった小河内貯水池周辺への観光来訪者数は、モータリゼーションの進行、都市住民の緑への欲求の高まりと共に、昭和45年から増勢に転じ、昭和46年には100万人/年を超えた。昭和48年4月に開通した奥多摩有料道路はこの傾向を一層加速するものであり、さらに都民休暇村をはじめとする小河内貯水池周辺およびその流域の観光開発計画の進行は、水道水源としての小河内貯水池の水質保全面に深刻な影響を及ぼすことが予想され、東京都水道局としてはその影響のマイナス面を最小限に止めるための対策を早急に立てる必要にせまられた。

2. 富栄養化が水道事業に与える影響

観光施設（旅館、保養所、飲食店等）からの排水によって、湖水の富栄養化が促進され、透明度の低下、水色の変化がみられるようになり、清澄な湖水景観が損われていることが諏訪湖、日光湯ノ湖、箱根芦ノ湖等で問題になっている。上水道水源としての琵琶湖（京都水道をはじめとする淀川水系各水道）霞ヶ浦（鹿島水道）、印幡沼（千葉水道）、千刈貯水池（神戸水道）等で発生している水道水の着臭事件も湖水の富栄養化に原因があるとみられている。

小河内貯水池においても観光施設からの排水の増加は、先にあげた自然の湖沼と同様、池水の富栄養化を加速することになり、池水の景観を損うことになる以前に、浄水工程の管理上、次のような問題の発生が予想される。

- (1) 有機汚水（酸素消費物質）の流入によって、深水層の酸素が奪われ、鉄、マンガン、アンモニアといった水道にとって不都合な物質が底質から溶出する。（前塩素注入量の増加）
- (2) 生活排水から植物プランクトンの栄養物質（窒素、リン）が直接加わる外、深水層の酸素消失によって生じた還元状態の中で、有機物から分解してくるものも加算されて、貯水池のプランクトン生産力が高まる。（下流貯水池における硫酸銅、浄水場における前塩素、硫酸バンド、凝集補助剤等の薬品使用量の増加）
- (3) 貯水池のプランクトン生産力が高まると、繁殖する種類相にも変化が生じて、臭味トラブルの原因となる藍藻類、緑藻類が殖えたり、有機物生産の増加がカビ類繁殖の機会を生じて、これも臭味トラブルの原因となる。（臭味の除去には活性炭の注入あるいは汙過、オゾン処理しかない）

3. 水質保全の目的と目標水質

上水道水源としては、異臭味の発生に至っては浄水費用の飛躍的な増加を招くことになるので、その前の段階である水の華レベル以下（成層期始めの表水層で無機態窒素 0.3 ppm，無機態リン 0.015 ppm 以下といわれる）に貯水池の栄養度が保たなくてはならない。

一方、小河内貯水池の表水層の栄養塩濃度は無機態窒素 0.3 ppm，無機態リン 0.004 ppm で、ほぼ 70 : 1 とリンの量が極めて少ない。必要栄養素のうち最も少ない成分の量に生産力が支配されるという考えに立つならば、小河内貯水池では湖水中の無機リンの量が富栄養化を限定する要因といえることができる。従って前述の富栄養化に伴う障害を防止するには、BOD で表現される有機物の排出規制の必要はいうまでもないが、通常の二次処理水には残留するリンが再び有機物（植物プランクトン）生産に与かるといふ貯留水の特長から、今後増加する来訪者のし尿や雑排水に由来するリンの流入を抑制することが肝要となってくる。

4. 小河内貯水池の現況

小河内ダム地点の流域面積は 262.88 km²，これの 96 % が山林で占められ、更にその 62 % が都府県および民有林に地上権を設定した部分林として、水源林事務所の施業地となっている。流域人口は昭和 45 年現在で、1089 世帯、4246 人であるが年々減少し、過疎化傾向が著しい。総世帯の約半数が農林業従事となっているが、経営規模は 0.5 ha 未満が大部分で、専業率は極めて低い。主要生産物はこんにゃく、わさびであり、これに次ぐものは畜産の豚（179 頭）、鶏（471 羽）であるが絶対数は少ない。

流出負荷量としては山林からの流出量が 66 % を占め、次いで流域住民および観光来訪者の雑排水負荷の 30 % である。流出負荷量の 80 % は貯水池流入河川の水質、水量として把握されている。

現在、小河内貯水池に流入する主要四河川からの濃度は無機態リンとして 0.01 ppm，総リンとして 20.02 ppm であるが、この値に経年的な増加はみられていない。一方、累年平均の貯水池流入水量は 274×10^6 m³/年であるから、流入河川からのリン負荷はおおよそ 5.6 トン/年と考えられる。更に、貯水池に対するリン供給の背景として、流入河川のもたらすものの外に、湖畔に接して生活する人々と、来訪者の宿泊、食事に付随する雑排水（この地域ではし尿は汲取りであるが、雑排水は側溝を通して垂流しである）について考慮

しなければならないが、時間的変動が大きく、また水量を的確に把握できないので、これについての信頼のおけるデータは得られていない。そこで居住者、来訪者数の動向から雑排水負荷について一応の目安となるものを求めている。これによると湛水当初は雑排水負荷の 2/3 を居住者が占めていたが、年々減少傾向にあり、昭和 46 年には居住

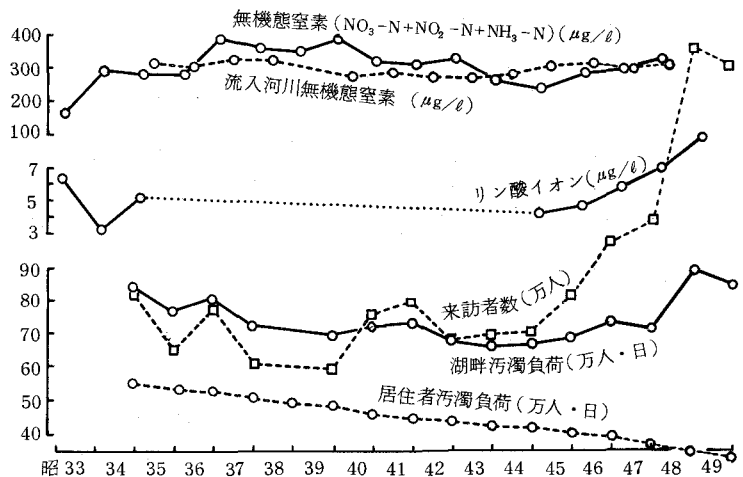


図-1 奥多摩湖の循環完了時における栄養塩レベルと汚濁負荷

者と来訪者の雑排水負荷はほぼ同率、昭和47年以後は逆転して来訪者によるものが多くなっているものと思われる。従って流入河川に含まれない湖畔汚濁負荷は湛水以来減少傾向にあったものが、昭和43年を最低に、以後は増勢に転じている。(図-1)

5. 観光来訪者の増加とそれに伴う汚濁負荷量の推定

東京都建設局は山由沢都民休暇村建設計画の基礎調査として、昭和42年3月に日本観光協会に委託して「秩父多摩国立公園都民休暇村利用者数推計、採算性の検討」を行なった。これによれば奥多摩湖周辺来訪者、休暇村来訪者および休暇村宿泊者は次表のとおりである。

表 1 奥多摩湖周辺来訪者数推計

昭和年	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
来訪者 万人	171	195	222	256	288	330	354	380	412	437	468
休暇村来訪者 万人	(55)	62	71	82	92	106	113	122	132	140	150
休暇村宿泊者 万人		1.8	2.0	2.3	2.6	3.0	3.2	3.4	3.7	3.9	4.2

これは昭和45年有料道路開通、昭和46年休暇村供用開始として推計されたものであるが、これを有料道路昭和48年、休暇村昭和52年と読み換えて汚濁負荷の推定を行なった。この場合居住者と宿泊者（奥多摩地区の宿泊率3.3%によった）はそのまま、日帰りの来訪者は1/3人・日（厚生省国立公園施設の給水原単位）として汚濁負荷量を求める。

現行取締法規の下では501人以上の污水处理施設はし尿、雑排水を合併して、活性汚泥法相当の処理を行ない、放流水質はBOD 20ppm，SS 70ppm以下であればよいことになっており，500人以下のし尿浄化槽については，上記の規制基準に適合する性能を有するものがないために，多摩川上流域では汲取りという指導が行なわれている。そこで以下の場合についてリン負荷の推定を行なった。(図-2)

- (1) 事態がこのまま推移して、休暇村は二次処理まで、その他はし尿汲取り、雑排水放流の場合。
 - (2) 休暇村は高度三次処理、その他はし尿、雑排水を二次処理後、森林土壌浸透による三次処理の場合。
- ここでリンの除去率は二次処理では40%，石灰凝集沈殿、多層ろ過による高度三次処理では95%，土壌浸透による三次処理では，4.8gp/m²/年の散布面積で，90%のリン除去能力があるとして求めた。

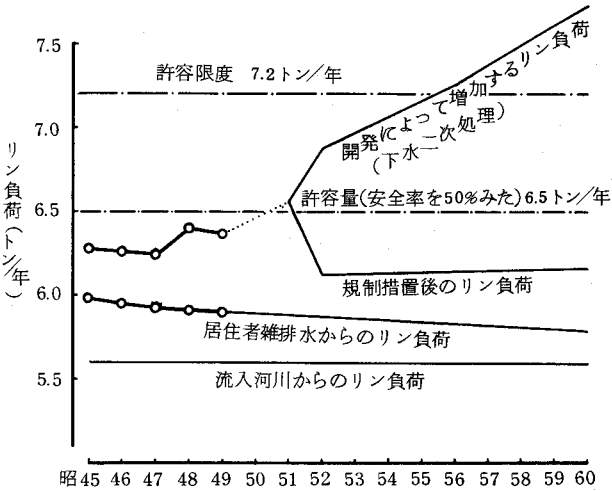


図-2 小河内貯水池に対する汚濁(リン)負荷

6. 小河内貯水池におけるリン負荷の許容限度

先に植物プランクトンの異常大発生を起さない程度の栄養度は無機態リンとして0.015 ppm 以下とすることを述べたが、これを小河内貯水池の累年平均流量にあてはめると、4.11トン/年となる。これを総リンに換算した8.2トン/年を貯水池として許容し得る最大限度という見方もあるが、貯留水の挙動、汚濁負荷の季節的変動を無視したもので实际的でない。

4～9月の成層期は湖水の垂直混合が起らないために、湖畔からの排水は全て表水層に流入する。また、来訪者の61%はこの時期に集まるので、この成層期に限って考えれば、危険限界はさらに早くなる。平均水位を90m（貯水率75%）とすれば、表水層の容積は $32.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ であるから、無機リンとして490kg、総リンの通年量に換算して1600kgで0.015 ppmに達する。従って、貯留水および貯水池周辺来訪者の季節変動を考慮した許容限度は、流入河川5.6トン/年+湖岸負荷1.6トン/年=7.2トン/年ということになる。

しかしながら、流入リン負荷の貯水池への蓄積、堆積泥から池水への回帰の機構が明らかになっていない現状では、更に50%の安全率を見込み、且つ観光施設分だけを規制するとして、
流入河川 $5.6 \text{ t/年} + \text{居住者負荷 } 0.2 \text{ t/年} + (\text{湖岸負荷 } 1.6 \text{ t/年} - \text{居住者負荷 } 0.2) \times 0.5 = 6.5 \text{ t/年}$
を小河内貯水池の当面のリン負荷許容量と考えた。

7. 小河内貯水池の水質汚濁防止対策の基本的考え方

- (1) し尿浄化槽放流水のみでなく雑排水も規制の対象とする。
- (2) 処理対象人員21人（民宿でいど、放流量4～13 m³/日）以上の新築および増築によってこれを越えるものの放流水は以下の値を越えてはならない。

特定施設、指定作業上は501人以上に準ずる。

即ち、居住者、既存の施設および20人以下の新規建築は規制の対象としない。従来通りし尿は汲取り、雑排水の放流は止むをえない。但し、浄化槽を設置するときは雑排水も含めて21人以上の建築に準ずるものとする。

処理対象人員	BOD	SS	総リン
21～500人	5	5	0.5
501人以上	5	5	0.3

- (3) リン負荷を軽減するために、リン酸塩を含む合成洗剤の使用を制限する。

8. 水質保全のための当面对策と将来対策

当面对策

羽村堰より上流域の排水は、前掲の放流基準に近づけるよう行政指導（多摩西部建築指導事務所、多摩公害事務所）を強化する。

- (1) 新規の放流許可願に対しては放流基準の遵守を条件に、企業者と公害局あるいは水道局の間で水質汚濁防止協定を締結する。
- (2) リン負荷を軽減するために、リン酸塩を含む合成洗剤の使用を制限する。

将来対策

- (1) 東京都公害防止条例の中で、羽村堰より上流域を水質保全湖沼等の区域に指定する。
- (2) この区域について、科学的根拠に基づいた環境容量を定め、厳しい規制基準を定める。
（昭和50年11月の都水質審議会において、この区域の浄化目標値が採択された。）

- (3) リン酸塩を含む合成洗剤の使用禁止
- (4) 規制対象は日平均排出量4m³以上を含める。
- (5) 流域下水道建設を促進して、水域と排水を完全に分離す。(下水道局で調査中)