

猪苗代湖北部水域における流入負荷と水生植物、pHについて

○ 日大工・土木・院生 大和 泰佑
日大工・土木 中村 玄正
日大工・土木 藤田 豊
日大工・土木 佐藤 洋一

1. はじめに

猪苗代湖は、流域面積が 820.2 km²であり、湖沼面積は 103.3 km²で日本第 4 位、COD 値は 0.8mg/l(2007)で第 1 位、透明度は 9.9m(2007)と、水質は良好であるとされてきた。しかし、2007 年 12 月 21 日の環境省の発表で、大腸菌群数が環境基準を超過したためランクから除外となるなど水質汚濁が進む兆候がみられている。本来、酸栄養湖である猪苗代湖が pH 上昇により中性化してきている。しかし、pH 上昇の原因は、いまだに解明されていない。

本研究は、猪苗代湖北部水域の植生に着目し、同水域に流入する河川のリン負荷量を中心に、水質及び水生植物の増殖と pH 上昇の関連性について現地調査と室内実験を行い、猪苗代湖の水質保全上の問題点と具体的対策の資料としようとするものである。

2. 調査方法及び調査地点

本調査は、猪苗代湖北部水域に流入する主要河川と北岸湖水域を対象に行った。

3. 現地調査結果及び考察

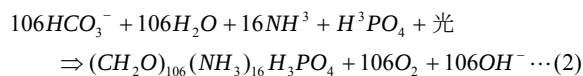
3.1 pH : 図-1 に、猪苗代湖における pH 経年変化を示す。猪苗代湖の pH 上昇が問題となっている。猪苗代湖の値は 5.0 前後であり、酸川湖沼として定義されてきた。流入河川の水素イオン収支から猪苗代湖の pH を試算すると、長瀬川

$$[H^+]_N \times Q_N + [H^+]_P \times Q_P = [H^+] \times (Q_N + Q_P) \cdots (1)$$

(1) 式に当てはめると、

$10^{-4.57} \times 10.1 + 10^{-7.04} \times 9.05 = [H^+] \times 19.15$ となり、猪苗代湖の pH は 4.85 と算定される。

次に猪苗代湖の pH 上昇について水生植物の影響を検討してみる。Richards は植物プランクトンの増殖について次式の様な関係を提示している。



今回の試算では、(2) 式が水生植物についても適用できるものとした。(2)式によると窒素が 224 g でリン 31 g があり太陽光のもとで、3,550 g の水生植物が生産され、106 モルの水酸イオンが生成される。1 モルの水酸イオンでは 33.5g の水生植物が生成される。水生植物が群生する北部水域の水生植物量を年間の総窒素、総リン負荷量から求めると、年間の総窒素流入量約 128t/年、総リン流入量約 15t/年となる。リンを主体としてリンが全て植物体に変化すると仮定すると、これにより生成される水生植物量は約 1,700t となる。

3.2 T-P : 図-2 に北部水域流入河川の平均 T-P 濃度を示す。農業排水のある地点 CR.A~CR.I では平均 0.087mg/l であった。

次に、図-3 に各地点の流入平均 T-P 負荷量を示す。長瀬川では 2456t/年、小黒川では 3320t/年、高橋川では 1651t/年となる。長瀬川を除き、急激な変化の見られた地点は、人為的負荷・農業排水等の影響があると考えられる。

4. 水生植物室内実験結果及び考察

4.1 猪苗代湖北部水域の pH

北部水域の pH を図-4 に示す。L3 の pH が 4.80 と低いのは、酸性河川である長瀬川の河口のためと考えられる。

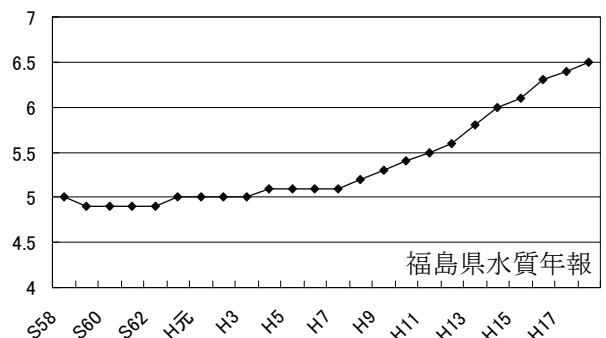


図-1 湖心 pH 経年変化

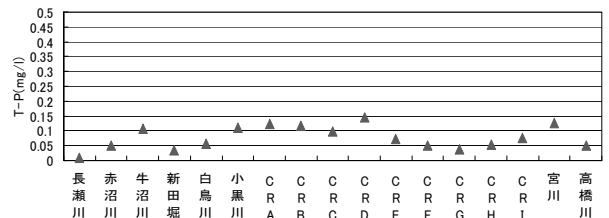


図-2 平均 T-P 濃度

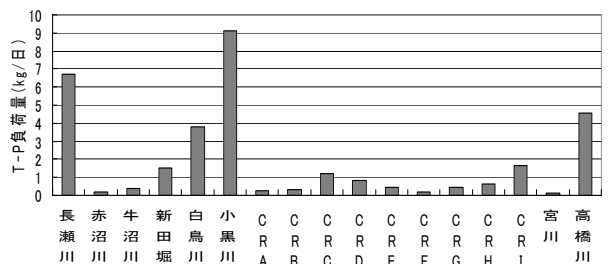


図-3 平均流入 T-P 負荷量

また、pH が 8.00 を超えた地点では水生植物が多く群生しており、光合成によって水酸イオンが生成され蓄積し、その結果 pH が上昇したと考えられる。

4.2 理論的見解：植物プランクトンの一次生産における理論的考え方として、3.1 の(2)式が考慮される。

4.3 室内実験方法：3 リットルのプラスチック製ビーカーに pH 調整水を入れ、それぞれに 0g、5g、10g、20g、30g の水生植物を入れ、日当たりのいい室内に静置し、軽くエアレーションを行う。測定は 10 日間 1 日 1 回午前中とした。

4.4 実験結果：水生植物の入った試験水の pH 値は徐々に上昇し初期植物量 5g でも当初 pH6.5 が 10 日で 8.0 となった。

5. pH と水生植物の関係

5.1 猪苗代湖北部水域の pH：4 章で示した猪苗代湖北部水域の pH は図—4 のようになる。

5.2 理論的見解：植物プランクトンの一次生産における理論的考え方として、3.1 の(2)式が考慮される。(2)式を基に、猪苗代湖北部水域に増殖すると予想される水生植物と pH の関係について試算してみた。

試算の手順は、以下の通りである。

- ① Richards の式より 33.5g の水生植物は 1 モルの水酸イオンを生成する。
- ② 水生植物 70t は水酸イオン 2089552 モルを生成する。
- ③ 2089552 モルを湖水量 38 億 5900 万 m³ で除すると水酸イオン濃度は 5.4148*10⁻⁷ モル/ℓ となる。
- ④ 猪苗代湖の源 pH 値は 4.85 で、水素イオン濃度は 1.4125*10⁻⁵ モル/ℓ である。
- ⑤ 水素イオン濃度 1.4125*10⁻⁵ から③の水酸イオン濃度 5.4148*10⁻⁷ を減ずると新しい水素イオン濃度は 1.35839*10⁻⁵ となる。
- ⑥ 水素イオン濃度 1.35839*10⁻⁵ は pH4.87 となる。この値が 70t の水生植物が繁殖した S55 年の新 pH となる。

以上の計算を昭和 55 年から平成 17 年までを行い、図示すると図—6 となる。

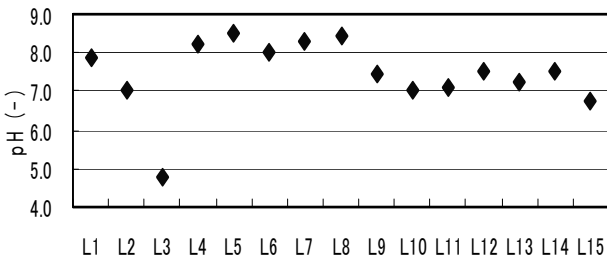
5.3 結果：

(1) 現在夏季に約 70ton の水生植物が猪苗代湖北部水域に繁殖していると考えられる。すなわち、全リン負荷量 15t/年の約 4 % (0.617t/年) のリンが水生植物になったと考えられる。平成 19 年 9 月 24 日に天神浜に打ち上げられていた水生植物は約 5.7t であった。

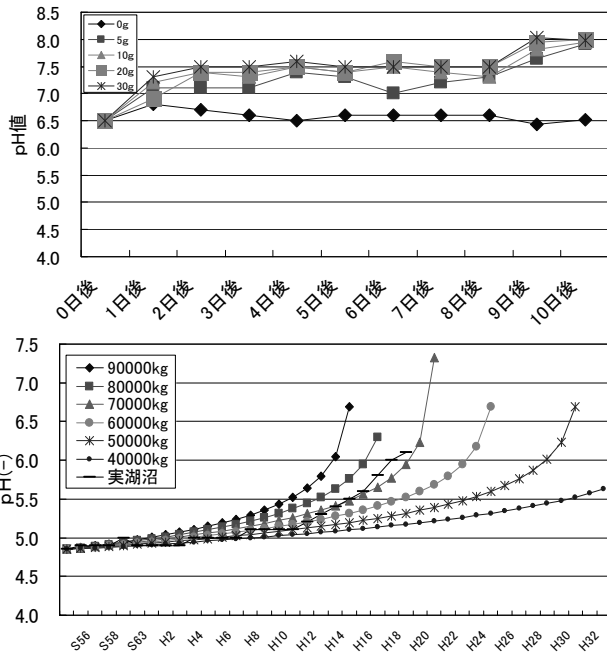
総括：

- (1) 小黒川の平均 T-P 負荷量は、約 9t/日で年間では約 3320kg のリンが、高橋川の平均 T-P 負荷量は約 4t/日で年間では約 1.651t 流入する。長瀬川を除く北部水域の平均リン流入量は、9.36t/年となる。
- (2) 小黒川等の負荷の流入する北部水域は平均水深が約 2.5m 程度であり、水生植物が生育しやすい環境である。
- (3) 約 9t/年のリンがすべて水生植物に変わったとすると、植物生産量約 1073t/年と推定される。
- (4) 湖水の pH には、水生植物の影響が大きく関係する。
- (5) 高橋川、小黒川等からの有機物や窒素、リン等の流入負荷を削減していく必要がある。
- (6) 湖岸に打ち上げられる水生植物を回収・処分し、窒素・リン等の湖への流出を抑制する必要がある。

謝辞：本研究は、福島県との共同研究であり福島県環境センターに謝意を表します。



図—4 pH(湖)



図—6 今後予想される pH 変化

表—1 pH 試算表(例：70t)

	①水生植物	②生成水酸イオン	③湖中水酸イオン濃度	④原湖水中水素イオン濃度	⑤新湖水中水素イオン濃度	⑥新湖水pH
	g	モル	モル/ℓ	モル/ℓ	モル/ℓ	(—)
	33.5	1		4.85		
S55	70000000	2089552.24	5.4148E-07	1.41254E-05	1.35839E-05	4.866975512
S56	70000000	2089552.24	5.4148E-07	1.35839E-05	1.30424E-05	4.884641641
S57	70000000	2089552.24	5.4148E-07	1.30424E-05	1.2501E-05	4.903056972
S58	70000000	2089552.24	5.4148E-07	1.2501E-05	1.19595E-05	4.922287877
S59	70000000	2089552.24	5.4148E-07	1.19595E-05	1.1418E-05	4.942409955
S60	70000000	2089552.24	5.4148E-07	1.1418E-05	1.08765E-05	4.963509833
S61	70000000	2089552.24	5.4148E-07	1.08765E-05	1.03351E-05	4.985687416
S62	70000000	2089552.24	5.4148E-07	1.03351E-05	9.79358E-06	5.009058746
S63	70000000	2089552.24	5.4148E-07	9.79358E-06	9.2521E-06	5.033759684
H1	70000000	2089552.24	5.4148E-07	9.2521E-06	8.71062E-06	5.059950688
H2	70000000	2089552.24	5.4148E-07	8.71062E-06	8.16915E-06	5.087823138
H3	70000000	2089552.24	5.4148E-07	8.16915E-06	7.62767E-06	5.117607832
H4	70000000	2089552.24	5.4148E-07	7.62767E-06	7.0862E-06	5.149586611
H5	70000000	2089552.24	5.4148E-07	7.0862E-06	6.54472E-06	5.184108619
H6	70000000	2089552.24	5.4148E-07	6.54472E-06	6.00325E-06	5.221613598
H7	70000000	2089552.24	5.4148E-07	6.00325E-06	5.46177E-06	5.26266623
H8	70000000	2089552.24	5.4148E-07	5.46177E-06	4.9203E-06	5.30800846
H9	70000000	2089552.24	5.4148E-07	4.9203E-06	4.37882E-06	5.358642466
H10	70000000	2089552.24	5.4148E-07	4.37882E-06	3.83735E-06	5.415968656
H11	70000000	2089552.24	5.4148E-07	3.83735E-06	3.29587E-06	5.482029355
H12	70000000	2089552.24	5.4148E-07	3.29587E-06	2.7544E-06	5.559973103
H13	70000000	2089552.24	5.4148E-07	2.7544E-06	2.21292E-06	5.655033456
H14	70000000	2089552.24	5.4148E-07	2.21292E-06	1.67145E-06	5.776906826
H15	70000000	2089552.24	5.4148E-07	1.67145E-06	1.12997E-06	5.946931504
H16	70000000	2089552.24	5.4148E-07	1.12997E-06	5.88499E-07	6.230254226
H17	70000000	2089552.24	5.4148E-07	5.88499E-07	4.7024E-08	7.327680379