

ダム貯水による河川の水質変化の観測

— 飛騨川・岩屋ダム, 馬瀬川第二ダム, 川辺ダムの事例 —

鈴木 洋子・服部 典子*・山崎 勝子**・伊佐治知明***

Changes in water quality by dam impoundment

— A Case study at the Iwaya, Maze-daini and Kawabe Dams in the Hida-gawa Riversystem —

Yoko SUZUKI, Noriko HATTORI, Katuko YAMAZAKI and Chiaki ISAJI

はじめに

河川は、生活用水や農業用水の水源として、古くから人間の生活に欠かせない水資源として使用されており、その利用形態も、地域特性や季節により、様々である。我国の大部分の河川は、治水・利水活動により、自然の形態や特性を保っているものはほとんどなく、人間活動の跡が長い年月をとおして刻まれてきている。人為的な干渉が河川環境やそこに生息している淡水生物群集へ及ぼす影響の評価は、河川の現状理解や、今後の利用を議論する際に不可欠である。特に、ダム、堰等の河川横断的な構築物は、その湛水域のみならず、下流河川や内湾にも波及する多様で大きな影響を及ぼすことが指摘されている。ダムの環境影響としては、ダム湖での浮遊藻類発生¹⁾、下流への冷水放流²⁾、堆砂と海岸浸食^{3), 4)}、及びそれらの複合的影響として生じる生物影響等⁵⁾、様々であるが、特に、近年、ダム貯水池によって生じる栄養塩の捕捉とそれが一次生産に及ぼす影響が注目されるようになってきた^{6), 7)}。そこで、本研究では、ダムが連続している河川として知られている飛騨川水系を対象とし、ダムの流入、流出水の水質を比較することにより、ダムが河川水質をどのように変更するかを明らかにすることを目的として、調査を行った。

調査方法

調査地点を Fig.1a (木曾川水系)、Fig.1b (岩屋ダム・馬瀬川第二ダム周辺図)、Fig.1c (川辺ダム周辺図) に示す。

1. 対象とした水域と期間

飛騨川上流部の本川と支川には、高根第一ダム、同第二ダム等10以上のダムが設置されている。上流から流入する栄養塩や有機物等の貯水内での挙動は、貯水池の規模により様相が異なると考えられるため、貯水容量が異なる三貯水池、即ち、最大の支流の馬瀬川の岩屋ダム (有効貯水容量約150,000,000m³)⁸⁾、馬瀬川第二ダム (有効貯水容量6,100,000m³)⁸⁾、及び本川の川辺ダム (有効貯水量 1,100,000m³)⁸⁾ を選び調査の対象とした (Fig.1a)。

各ダム湖では、主な流入河川と流出口直下流付近を採水地点に選定し、水質調査を行った

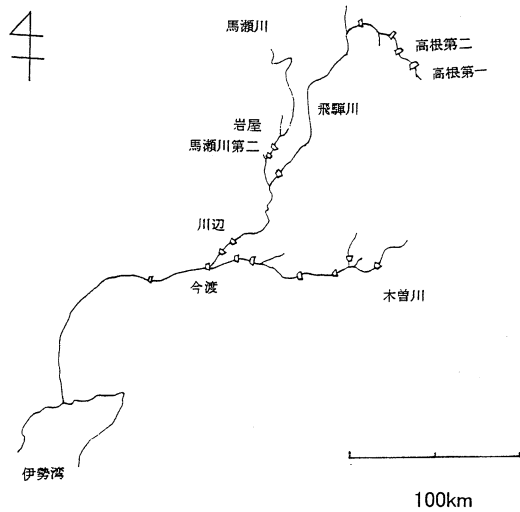


Fig.1a 木曾川水系

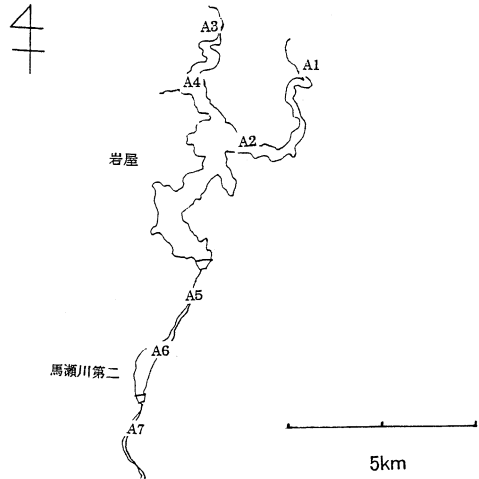


Fig.1b 岩屋ダム・馬瀬川第二ダム周辺図

(Fig.1b, 1c). 調査期間は、2003年6月から2004年8月とし、原則として隔月に表層水を採集した。

2. 試料の採集と分析方法

各観測地点では、流入・流出河川、及びダム湖上の橋より、バケツで表層水を汲み上げた。試料は、現場で、堀場製作所製多項目水質計 U-22型を用い、水温(サーミスタ法)、pH(ガラス電極法)、電気伝導度(四電極法)、溶存酸素(ガルバニ電極法)を、また、CTIS社製 P108型水温・積分濁度計を用いて、濁度を測定した。栄養塩等の分析のための試料は冷蔵し、採集後3.4時間以内にセルロース・アセテートタイプのメンブレンフィルター(孔径 $0.45\mu\text{m}$)またはガラスフィルター(Whatman GF/C)で濾過し、直ちに分析するか、または、珪酸、フミン物質用の試料を除き、分析まで凍結して保存した。

試料の水質分析は、次の方法で行った^{9), 10)}。

- ・ケイ酸態ケイ素；メンブレンフィルターで濾過した試料水をモリブデン黄法で測定した。
- ・フミン物質；ケイ酸態ケイ素と同様に濾過した試料水を紫外外部波長260nmにて測定した。標準液はフミン酸を用いた。
- ・全窒素；オートクレーブを用いアルカリ性ペルオキシ二硫酸カリウムで分解した後、紫外線吸光光度法で測定した。
- ・全リン；オートクレーブを用い、ペルオキシ二硫酸カリウムで分解後、モリブデン青法で測定した。
- ・クロロフィル a・フェオフィチン；90%アセトンで抽出した後、蛍光法で定量した。

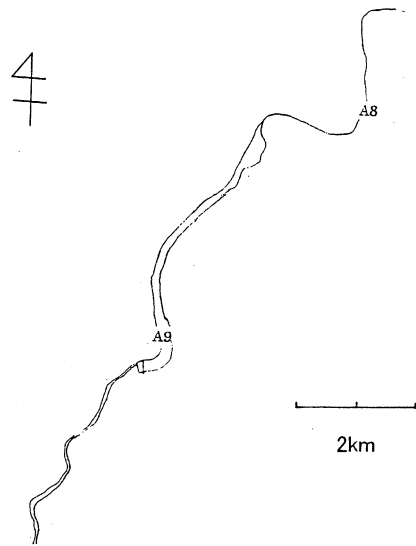


Fig.1c 川辺ダム周辺図

- ・アンモニア態窒素；インドフェノール法を用いた。
- ・亜硝酸態窒素；BR法で測定した。
- ・硝酸態窒素；カドミウム-銅カラム法で亜硝酸に還元し，BR法で測定した。
- ・リン酸態リン；モリブデン青法で測定した。
- ・溶存有機炭素；濾過した試水に塩酸を加えてpH2以下にし，無機炭素を除去した後 SHIMADZU 製 TOC-VE TN ユニットを用い測定した。
- ・溶存有機窒素；濾過処理した試水を SHIMADZU 製 TOC-VE TN ユニットで測定した。
- ・硫酸イオン；比濁法で測定した。
- ・塩素イオン；モール法を用いた。

調査結果及び考察

測定結果を，表1-1（岩屋ダム・馬瀬第二ダム水系），1-2（川辺ダム水系）に示す。

1. 冷濁水放流

岩屋ダム・馬瀬第二ダム水系の観測では，水温については，流入水（Sta.A1, A3）と比べ湛水域（Sta.A2, A4）では有意に高い値となった。調査期間は，厳冬期をはずしており，滞留日数の長期化に伴う水温上昇のためであると考えられる。一方，岩屋ダム流出水（Sta.A5）は，再び水温が低下し下流の馬瀬第二ダムに流れ込む場合が多く，特に，1993年8月には岩屋ダム湛水域表層水と放流水の温度差は7.0℃以上に達した。選択取水を行っている岩屋ダムの採水当日の取水位置は明らかではないが，水温躍層より深い水が放流されている可能性がある。貯水容量の少ない川辺ダムでは，何れの季節も流入水の水温よりも湛水域のそれが高い傾向であったが，2℃以上の変化は稀であった。

濁度の著しい変化は，稀で，2003年8月に馬瀬第二ダム放流水で観測されたのみであった。

2. 栄養塩の捕捉

岩屋ダム流入水および湖内の無機態窒素（アンモニア態，亜硝酸態，及び硝酸態窒素の総和），無機態燐（燐酸態燐），及び珪酸濃度は，Stas.A1・A2間，A3・A4間のそれぞれで，年間の平均値に有為の差（t検定，両側確率5%）を認めることができなかった。栄養塩の捕捉は，非生物的な沈殿と伴に浮遊藻類の取り込みの効果が大きいのであるが，浮遊藻類の量の

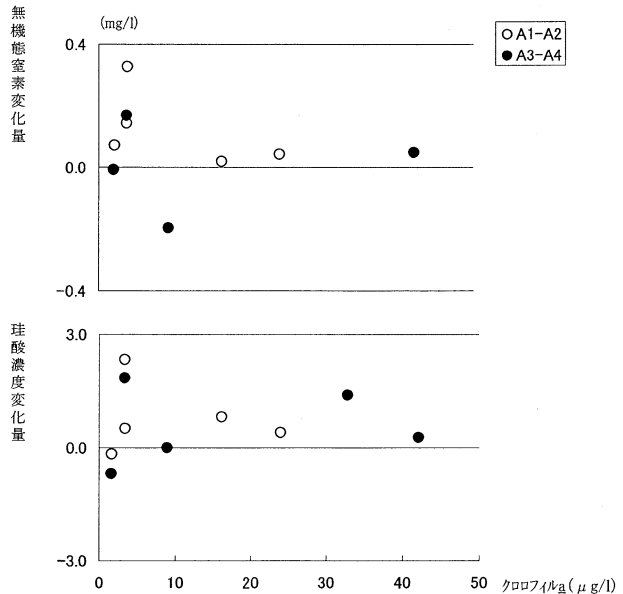


Fig.2 ダム湖内での無機態窒素と珪酸濃度の変化量と藻類量との関係
無機態窒素変化量と藻類の関係（上段）珪酸濃度と藻類量の関係（下段）

- ；岩屋ダム Sta.A1・A2の差
- ；同上 Sta.A3・A4の差

表1 岩田ダム・馬瀬川第二ダム水系の水質測定結果

採水時刻							
調査日	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
2003/6/14	12:00	12:30	12:50	13:05	13:45	14:00	14:10
2003/8/23	11:20	12:00	12:10	12:55	13:20	13:35	13:50
2004/10/26	11:40	12:10	12:45	13:05	14:00	14:30	14:55
2004/3/6	12:30	12:45	13:15	13:35	14:05	14:25	14:50
2004/5/30	13:20	13:50	14:15	14:25	15:00	15:20	15:45
2004/8/8	13:00	13:30	13:50	14:05	15:00	15:10	15:30

pH							
調査日	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
2003/6/14	6.25	7.37	6.53	8.02	6.98	6.63	6.67
2003/8/23	7.22	8.29	7.05	8.42	6.74	6.93	6.98
2004/10/26	5.60	5.67	6.04	6.10	6.38	6.13	6.19
2004/3/6	6.02	6.37	6.58	6.66	6.75	6.79	6.84
2004/5/30	7.82	8.61	7.88	8.65	7.94	8.12	8.20
2004/8/8	7.65	9.04	8.21	9.16	7.50	7.53	8.13

水温 (°C)							
調査日	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
2003/6/14	16.6	22.1	17.5	21.5	19.3	19.7	17.0
2003/8/23	18.6	27.2	21.0	26.4	19.0	23.6	21.0
2004/10/26	12.3	16.5	13.0	16.2	16.5	16.9	16.4
2004/3/6	6.0	7.1	6.3	6.7	7.0	6.2	7.3
2004/5/30	15.0	21.2	16.8	21.0	16.9	20.3	17.3
2004/8/8	21.3	28.0	24.4	27.7	23.9	25.5	23.9

濁度 (mg/l) ND: 検出限界 (0.1未満)							
調査日	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
2003/6/14	1.0	3.0	11.5	1.5	1.6	1.0	2.0
2003/8/23	0.6	2.2	ND	2.6	3.1	3.1	21.0
2004/10/26	1.8	-	1.2	2.6	2.9	2.8	4.2
2004/3/6	0.3	1.7	1.1	2.6	3.3	3.4	5.4
2004/5/30	0.1	2.1	0.0	2.0	3.2	3.3	3.8
2004/8/8	1.3	1.5	4.4	3.0	2.1	1.7	1.9

DO (%)							
調査日	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
2003/6/14	103	102	115	115	126	113	115
2003/8/23	-	-	-	-	-	-	-
2004/10/26	-	-	-	-	-	-	-
2004/3/6	-	-	-	-	-	-	-
2004/5/30	108	115	112	118	123	119	114
2004/8/8	102	115	106	122	112	110	127

フミン物質 (mg/l)							
調査日	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
2003/6/14	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
2003/8/23	0.20	0.40	0.20	0.40	0.40	0.40	0.40
2004/10/26	0.20	0.10	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
2004/3/6	-	-	-	-	-	-	-
2004/5/30	-	-	-	-	-	-	-
2004/8/8	-	-	-	-	-	-	-

ケイ酸ケイ素 (mg/l)							
調査日	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
2003/6/14	9.6	8.8	9.0	8.7	8.9	9.0	9.0
2003/8/23	11.6	11.2	11.7	10.3	10.7	10.4	10.9
2004/10/26	9.8	10.6	9.4	10.3	10.5	10.5	10.4
2004/3/6	10.5	10.7	9.6	10.3	10.4	10.5	10.1
2004/5/30	10.7	8.4	10.4	8.6	8.9	8.4	8.3
2004/8/8	9.7	9.2	9.5	9.5	9.2	9.2	8.8

TN (mg/l)							
調査日	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
2003/6/14	0.20	0.40	0.26	0.51	0.26	0.25	0.17
2003/8/23	0.26	0.39	0.16	0.41	0.24	0.23	0.22
2004/10/26	0.17	0.19	0.14	0.21	0.19	0.24	0.27
2004/3/6	0.23	0.22	0.20	0.25	0.26	0.27	0.27
2004/5/30	0.17	0.20	0.13	0.20	0.21	0.25	0.23
2004/8/8	0.32	0.22	0.31	0.30	0.19	0.18	0.16

DOC (mg/l)							
調査日	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
2003/6/14	1.25	1.16	0.93	1.02	1.01	1.22	0.97
2003/8/23	1.01	0.87	1.28	-	-	-	-
2004/10/26	-	0.92	0.69	0.88	0.82	-	0.94
2004/3/6	0.72	0.98	0.74	0.88	0.82	0.91	0.91
2004/5/30	0.63	0.79	0.66	0.63	0.69	0.73	0.75
2004/8/8	0.92	0.98	1.03	0.92	0.82	0.79	0.80

NH4-N (mg/l)							
調査日	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
2003/6/14	0.008	0.001	0.003	0.006	0.007	0.029	0.009
2003/8/23	0.030	0.020	0.020	0.020	0.030	0.020	0.020
2004/10/26	-	0.002	0.002	0.013	0.006	-	0.005
2004/3/6	0.005	0.009	0.007	0.007	0.014	0.015	0.024
2004/5/30	0.003	0.007	0.005	0.005	0.011	0.012	0.022
2004/8/8	0.016	0.011	0.008	0.015	0.008	0.001	0.008

NO3-N (mg/l)							
調査日	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
2003/6/14	0.19	0.09	0.10	0.16	0.15	0.15	0.11
2003/8/23	0.08	0.17	0.13	0.09	0.07	0.15	0.13
2004/10/26	0.14	0.12	0.13	0.11	0.12	0.12	0.11
2004/3/6	0.27	0.22	0.13	0.16	0.26	0.15	0.27
2004/5/30	0.12	0.13	0.11	0.09	0.16	0.17	0.14
2004/8/8	0.31	0.05	0.04	0.29	0.17	0.06	0.15

PO3-P (mg/l) ND: 検出限界 (0.001未満)							
調査日	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
2003/6/14	0.009	ND	ND	0.005	ND	ND	ND
2003/8/23	0.016	ND	ND	0.006	ND	ND	ND
2004/10/26	0.004	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001
2004/3/6	0.011	0.004	0.003	0.006	0.004	0.005	0.005
2004/5/30	0.015	0.004	0.004	0.008	0.003	0.003	0.004
2004/8/8	0.019	0.004	0.004	0.009	0.004	0.004	0.004

Cl- (mg/l)							
調査日	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
2003/6/14	4.53	4.80	4.00	5.33	5.33	6.40	5.33
2003/8/23	6.13	5.07	5.33	5.87	5.60	5.33	5.33
2004/10/26	5.33	5.33	5.87	5.07	6.40	5.60	6.40
2004/3/6	6.13	5.60	6.40	6.40	6.67	6.67	6.67
2004/5/30	5.07	5.33	5.87	5.87	5.87	5.33	5.87
2004/8/8	5.33	5.07	5.33	6.13	4.80	5.33	7.20

表2 川辺ダム水系の水質測定結果

採水時刻			pH			水温 (°C)			導電率 (μS/cm)			濁度 (mg/l)		
調査日	A8	A9	調査日	A8	A9	調査日	A8	A9	調査日	A8	A9	調査日	A8	A9
2003/6/14	16:45	17:05	2003/6/14	6.79	6.81	2003/6/14	17.6	19.3	2003/6/14	0.58	0.62	2003/6/14	2.0	3.0
2003/8/23	16:30	17:00	2003/8/23	6.75	6.73	2003/8/23	21.0	22.7	2003/8/23	0.49	0.48	2003/8/23	1.4	1.7
2004/10/26	-	-	2004/10/26	-	-	2004/10/26	-	-	2004/10/26	-	-	2004/10/26	-	-
2004/3/6	10:30	9:52	2004/3/6	6.89	7.01	2004/3/6	6.3	6.8	2004/3/6	0.55	0.55	2004/3/6	2.6	2.4
2004/5/30	11:10	10:10	2004/5/30	7.79	7.29	2004/5/30	16.4	19.0	2004/5/30	0.44	0.55	2004/5/30	3.0	3.8
2004/8/8	10:30	10:00	2004/8/8	7.45	7.84	2004/8/8	24.5	26.0	2004/8/8	0.50	0.58	2004/8/8	23.7	10.8

フミン物質 (mg/l)			DO (%)			ケイ酸態ケイ素 (mg/l)			加味ア (μg/l)			TN (mg/l)		
調査日	A8	A9	調査日	A8	A9	調査日	A8	A9	調査日	A8	A9	調査日	A8	A9
2003/6/14	0.30	0.30	2003/6/14	114	110	2003/6/14	9.6	9.3	2003/6/14	0.9	5.5	2003/6/14	0.29	0.35
2003/8/23	0.40	0.40	2003/8/23	-	-	2003/8/23	11.6	11.9	2003/8/23	0.7	1.4	2003/8/23	0.32	0.35
2004/10/26	0.40	0.50	2004/10/26	-	-	2004/10/26	10.9	11.1	2004/10/26	-	-	2004/10/26	0.34	0.35
2004/3/6	-	-	2004/3/6	-	-	2004/3/6	10.5	10.5	2004/3/6	0.7	0.6	2004/3/6	0.38	0.37
2004/5/30	-	-	2004/5/30	115	115	2004/5/30	9.9	9.8	2004/5/30	2.0	2.1	2004/5/30	0.29	0.34
2004/8/8	-	-	2004/8/8	110	119	2004/8/8	8.7	9.4	2004/8/8	0.9	10.1	2004/8/8	0.65	0.39

TP (mg/l)			DOC (mg/l)			DON (mg/l)			NH4-N (mg/l)			NO2-N (mg/l)		
調査日	A8	A9	調査日	A8	A9	調査日	A8	A9	調査日	A8	A9	調査日	A8	A9
2003/6/14	0.011	0.015	2003/6/14	0.96	1.04	2003/6/14	0.20	0.28	2003/6/14	0.013	0.001	2003/6/14	0.002	0.002
2003/8/23	0.023	0.028	2003/8/23	1.07	0.92	2003/8/23	0.23	0.28	2003/8/23	0.020	0.020	2003/8/23	0.002	0.002
2004/10/26	0.011	0.013	2004/10/26	0.96	0.96	2004/10/26	0.20	0.30	2004/10/26	0.004	0.008	2004/10/26	0.001	0.002
2004/3/6	0.011	0.011	2004/3/6	0.95	0.91	2004/3/6	0.32	0.24	2004/3/6	0.011	0.012	2004/3/6	0.003	0.003
2004/5/30	0.009	0.012	2004/5/30	0.81	0.86	2004/5/30	0.11	0.22	2004/5/30	0.009	0.009	2004/5/30	0.002	0.002
2004/8/8	0.017	0.024	2004/8/8	1.27	1.15	2004/8/8	0.54	0.21	2004/8/8	0.050	0.019	2004/8/8	0.004	0.004

NO3-N (mg/l)			PO3-P (mg/l)			SO42- (mg/l)			Cl- (mg/l)		
調査日	A8	A9	調査日	A8	A9	調査日	A8	A9	調査日	A8	A9
2003/6/14	0.20	0.20	2003/6/14	0.004	0.003	2003/6/14	3.38	3.80	2003/6/14	7.73	6.13
2003/8/23	0.19	0.22	2003/8/23	0.003	0.003	2003/8/23	3.17	3.28	2003/8/23	5.87	6.67
2004/10/26	0.19	0.20	2004/10/26	0.004	0.004	2004/10/26	4.22	5.27	2004/10/26	5.87	8.00
2004/3/6	0.29	0.34	2004/3/6	0.008	0.007	2004/3/6	2.54	2.33	2004/3/6	6.67	6.67
2004/5/30	0.23	0.14	2004/5/30	0.004	0.004	2004/5/30	2.12	2.75	2004/5/30	5.87	5.33
2004/8/8	0.21	0.22	2004/8/8	0.011	0.006	2004/8/8	3.49	3.59	2004/8/8	6.13	6.67

指標となるダム湖内のクロロフィル a 濃度との関連も認めることはできなかった (Fig.2)。川辺ダムでも、湛水後の栄養塩濃度の顕著な変化は観測できなかった。

今回の調査で、貯水に伴う栄養塩の捕捉の実態を捕らえることができなかったのは、対象としたダム湖の集水域の汚濁負荷が小さく、常に流入水、湛水の栄養塩濃度レベルが低かったため、有意の差が検出できなかったことによる。

謝 辞

本研究は、2003、2004年度科学研究費補助 (基盤研究 (C) (2)) 課題番号 15510033「ダム建設とその運用による河川の水温異常とその生物影響」、及び2002年度名古屋女子大学特別研究助成「ダム等河川横断的な構築物の環境影響」、2003年度「河川・内湾系の物質移動の人為的变化とそれに起因する環境影響」、2004年度「貯水池の富栄養化と生活用水の汚染に関する研究」の助成を受けた。

引用文献

- 1) 小島貞男; 上水道の浄水作業を対象とした plankton の control に関する研究. 78pp. (1964)
- 2) 新井正; 日本の水. 278pp. 三省堂. (1988)
- 3) 高杉晋吾; 日本のダム. 123pp. 三省堂. (1980)
- 4) 砂村継夫; 土木工事による海岸の地形変化, 小池一之・太田陽子 (編)「変化する日本の海岸」pp.137-156, 古今書院 (1996)
- 5) 谷田一三・竹門康弘; ダムが河川の底生物に与える影響. 応用生態工学, 2, 153-164. (1999)
- 6) Kimmel, B. L., Lind, O. T. and Paulson, L. J.; Reservoir Primary Production, Thornton, K. W.,

- Kimmel, B. L. and Payne, F. E. (eds.) "Reservoir Limnology" pp133-193, Wiley (1990)
- 7) エンツ, B. (井出慎司抄訳); アスワンハイダム湖(その建設が及ぼした影響). 土木学会誌, 79 (5) : 50-52. (1994)
 - 8) 日本ダム協会 (編); ダム年鑑, p.144~145 日本ダム協会. (2002)
 - 9) 西條八東・三田村緒佐武; 湖沼調査法, p.142~145, 155~168, 189~192, 講談社サイエンティフィック (2002)
 - 10) 日本分析化学会北海道支部 (編); 水の分析 (第4版), p.151~158, 181~184, 253~277, 化学同人 (2002)

摘 要

貯水容量が異なる三つのダムの流入水と湛水の水質を比較することにより, ダムによる栄養塩の捕捉効果を明らかにすることを試みた. 対象としたダムの集水域の汚濁負荷はきわめて小さく, 通常分析法では, 貯水池内での有意な減少を検出することができなかった. また, 貯水池内の浮遊藻類の発生量とも関連は認められなかった.