

人工湖(皆瀬ダム・山瀬ダム)の水質汚濁機構解明に関する調査研究

加藤 潤・片野 登・武藤 公二・斎藤 弥・泰良 幸男
渡辺 寿・大畑 博正・高田 熙・藤田 将充*

要旨

秋田県内の人工湖がなぜ環境基準を達成できないか、その原因を解明するため、環境基準が設定されている皆瀬ダムと、環境基準が設定されていない築後まもない、山瀬ダムについて調査を行った。皆瀬ダムは築後35年が経過し、また、流域面積も山瀬ダムの2.5倍の広さがあり、上流には小安温泉郷があることから、山瀬ダムに比べてダムへの汚濁負荷量が多いものと推測される。一方、山瀬ダムは築後6年しか経過しておらず、上流に人為的汚濁源がほとんどない。両ダムとも、夏季に水温躍層が形成されるが、皆瀬ダムでは、下層で溶存酸素量(DO)が著しく減少し、底質からの窒素、リンの溶出の増大により、藻類が増殖し、化学的酸素要求量の濃度を高めている。一方、山瀬ダムでは、築後まもないこともあり、下層におけるDOの著しい減少はみられず、栄養塩の溶出もほとんど認められなかった。しかし、今後年月の経過とともに皆瀬ダム同様に、ダムに堆積する有機物等の増加にともなってダムが富栄養化することが考えられる。そのためには、早めの富栄養化防止対策が望まれる。

1. はじめに

県内には洪水調節、発電、かんがい等を目的に多くのダムが建設されており、水資源の有効利用がなされている。このダムによって形成される人工湖のうち8箇所について、環境基準の類型(AA及びA)指定をしている。しかし、これらの人工湖は、この基準を直ちに達成しなければならないにもかかわらず、皆瀬ダムを初めとして、半数の4箇所において未達成の状態である。ダム周辺の水辺環境の開発、整備を考えると、人工湖の良好な水質保持、保全は大変重要なことであり、また、人工湖の水が流下する各河川においては、多様な利水目的からしても、良好な水質の確保が必要になっている。

そこで、皆瀬ダムと山瀬ダムの水質等の変化及び汚濁原因を解明するための調査を行ったので報告する。

2. ダムの諸元等

皆瀬ダムは図1に示したとおり、雄物川水系皆瀬川の雄勝郡皆瀬村川向字小貝沢に、表面遮水壁型ロックフィルダムとして、昭和38年に建設された。

このダムの流域面積は172.0Km²、総貯水量は3,160万m³、堤高66.5mであり、皆瀬川沿川の洪水被害を防除し、特定かんがい用水として用水を補給している。また、ダム直下の県営皆瀬発電所では、最大出力5,300KWの発電を行っている¹⁾。

一方、山瀬ダムは図1に示したとおり、米代川水系岩瀬川の北秋田郡田代町岩瀬に、中央コア型ロックフィルダムとして、平成3年に建設された。

このダムの流域面積は67.2Km²、総貯水量は1,290万m³、堤高62mであり、岩瀬川沿川の洪水被害を防除し、下流既得用水の補給等流水の正常な機能の維持と増進を図り、さらに田代町及び能代市への水道用水として、かつ工業用水として東北電力(株)能代火力発電所への取水を可能にした。また、ダム直下の県営山瀬発電所では、最大出力2,100KWの発電を行っている¹⁾。

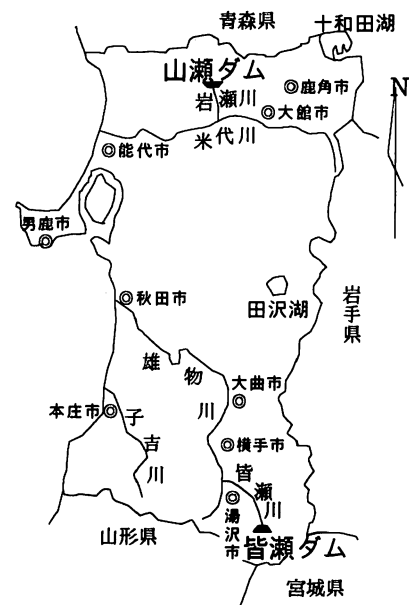


図1 位置図

*現在大館保健所 **現在大曲保健所

3. 調査方法

3.1 調査期間

平成7～9年の5月,7月,9月,10月(年4回)

3.2 調査地点 (図2,3に示す。)

皆瀬ダム 湖内 3地点 各2～4層
流入河川 5地点(生内沢,大俣沢,皆瀬川
上流,皆瀬川下流,寒沢)

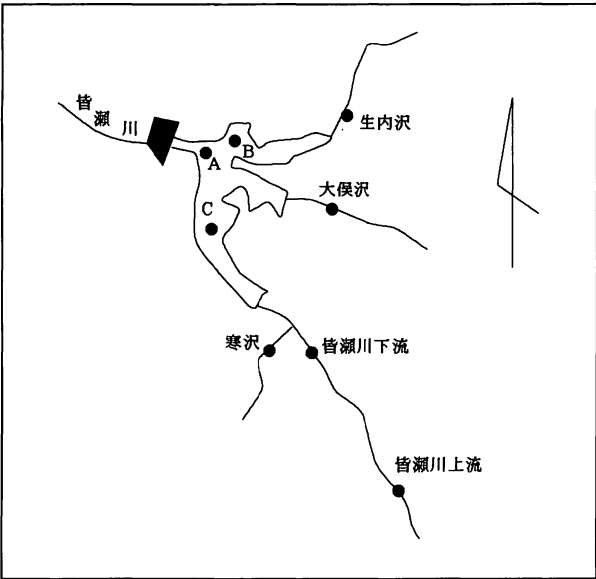


図2 皆瀬ダム調査地点

山瀬ダム 湖内 2地点 各2～4層
流入河川 3地点(岩瀬川,繫ノ沢,内町沢)

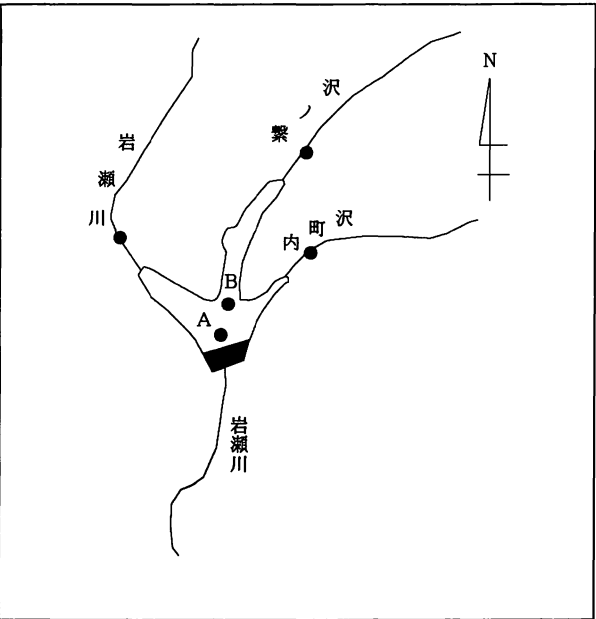


図3 山瀬ダム調査地点

3.3 調査項目及び分析方法

調査項目及び分析方法は表1に示す。

表1 水質の分析方法

項 目	分 析 方 法
透 明 度	海洋観測指針 4.1 セッキ版
水 温	JIS K0102 7.2
p H	JIS K0102 12.1
D O	JIS K0102 32.1
T - N	JIS K0102 45.2
T - P	JIS K0102 46.3.1
C O D	JIS K0102 17
クロフィルa	海洋観測指針 9.6.2
S S	環境庁告示 付表 9

4. 調査結果の概要および考察

4.1 水温

皆瀬ダム・山瀬ダムのダムサイトA地点の表層における水温は,図4,5に示したように両ダムとも平成7年末から8年始めにかけ降雪量が多く,雪解けが遅く,その影響で平成8年5月に表層部で水温の低下がみられた。

また,皆瀬ダム・山瀬ダムのダムサイトA地点の表層と下層の水温差をみると,各年度とも7月から9月にかけて温度差が大きくなる傾向がみられる。この傾向は両ダムの他地点においても同様である。

また,湖沼と河川の水温の調査結果から判断すると,皆瀬ダムB地点に流入する河川の生内沢及び大俣沢は,各月とも表層から中層にかけ流入し,C地点に流入する河川の皆瀬川及び寒沢は,表層に流入していると思われる。

一方,山瀬ダムB地点に流入する河川の岩瀬川,繫ノ沢及び内町沢は,各月とも表層から中層にかけ流入しているものと思われる。

4.2 pH

皆瀬ダムのダムサイトA地点の平成7～9年度のpHは,6.4～8.0(0m年平均7.0～7.6,-10m年平均6.8～6.9,-20m年平均6.6～7.0,-30m年平均6.5～7.0,全層年平均6.7～7.0)の範囲で分布している。なお,地点間による相違はほとんどみられない。

一方,山瀬ダムのダムサイトA地点の平成7～9年度のpHは,酸性河川である岩瀬川(pH4.4～6.3,年平均5.1～5.4)の影響をうけ,pHが5.9～7.2(0m年平均6.3～6.5,-10m年平均6.0～6.3,-20m年平均6.0～6.4,-30m年平均6.1～6.8,全層年平均6.1～6.5)と,やや酸性を呈している。B地点においても,同じような値になっている。

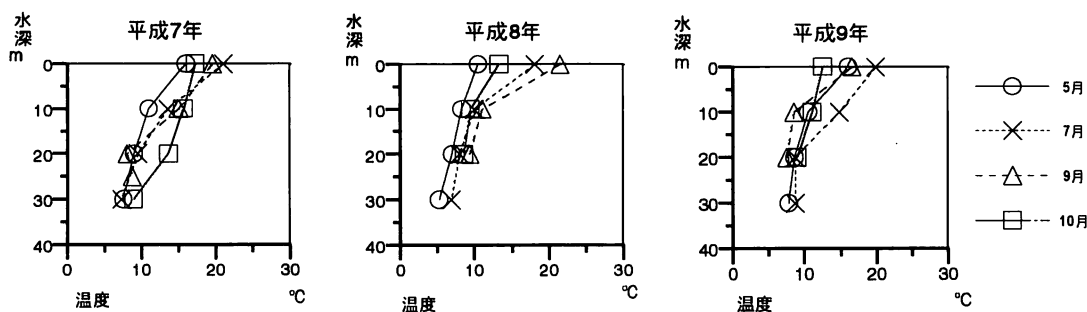


図4 皆瀬ダムA地点の水温

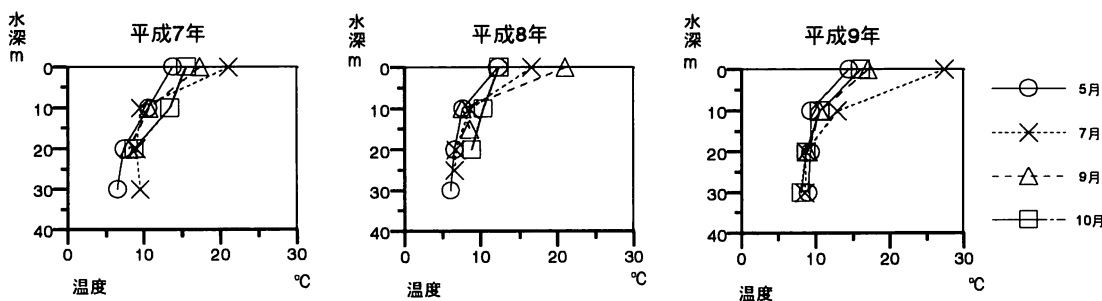


図5 山瀬ダムA地点の水温

4.3 溶存酸素量(DO)

皆瀬ダムのダムサイトA地点の平成7～9年度のD0は、0.4～12mg/l(0m年平均9.2～9.8mg/l, -10m年平均5.5～8.4mg/l, -20m年平均5.8～6.8mg/l, -30m年平均3.4～10mg/l, 全層年平均7.0～7.3mg/l)の範囲で分布している。B,C地点においては,A地点に比較してD0が若干高くなっている。

一方,山瀬ダムのダムサイトA地点の平成7～9年度のD0は4.7～11mg/l(0m年平均9.4～9.7mg/l, -10m年平均8.8～10mg/l, -20m年平均8.2～8.7mg/l, -30m年平均8.0～10mg/l, 全層年平均8.7～9.3mg/l)の範囲で分布している。

図6,7からもあきかなように,皆瀬ダムでは平成8年7月を除き,7月から10月にかけて下層でD0が著しく減少している。この時期に水温躍層が形成され,上層と下層における水の循環が行われず,また,下層においては微生物が堆積した有機物の分解を行った結果,D0が減少したものと推測される。平成8年7月の下層で D0が減少しなかった原因については明らかでないが,雪解けが遅く,冷たい水の流入が影響していることも考えられる。山瀬ダムにおいても,この時期に水温躍層は形成されるものの,ダムが稼働して日も浅いことから,堆積している有機物が少なく,下層におけるD0の著しい減少がみられないものと考えられる。

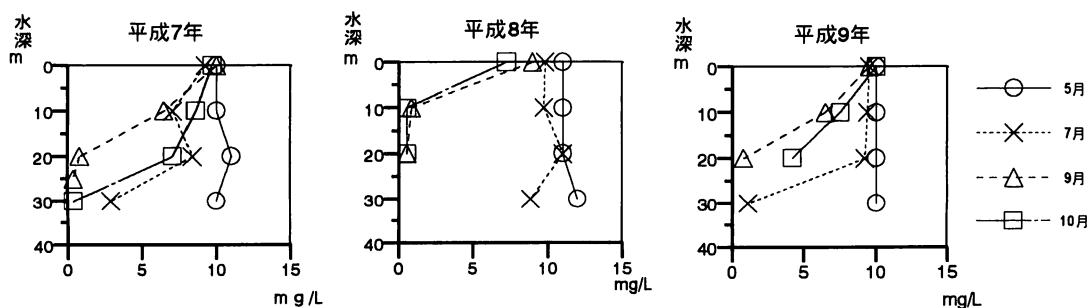


図6 皆瀬ダムA地点のD O

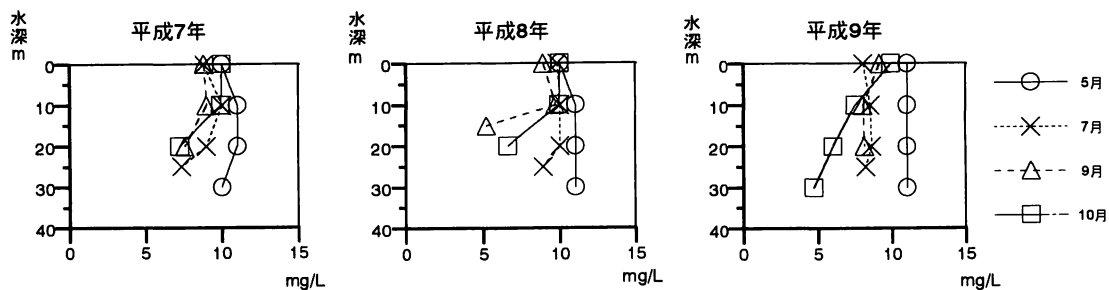


図7 山瀬ダムA地点のDO

4.4 全窒素(T-N),全りん(T-P)

皆瀬ダムのダムサイトA地点での表層のT-N,T-Pの年平均値は,それぞれ平成7年度がT-Nで0.19mg/l,T-Pで0.010mg/l,平成8年度がT-Nで0.25mg/l,T-Pで0.013mg/l,平成9年度がT-Nで0.42mg/l,T-Pで0.013mg/lとなっており,湖沼内の地点間の相違はほとんど認められ

ない。また,図8,9に示したとおり,皆瀬ダムでは,夏から秋にかけて下層で,T-N,T-P濃度の上昇がみられる。これは,前に記述したように,この時期に下層のDOが著しく減少し,底質からの栄養塩の溶出を誘発した結果,下層におけるT-N,T-Pの濃度を大幅に上昇させたものと考えられる。

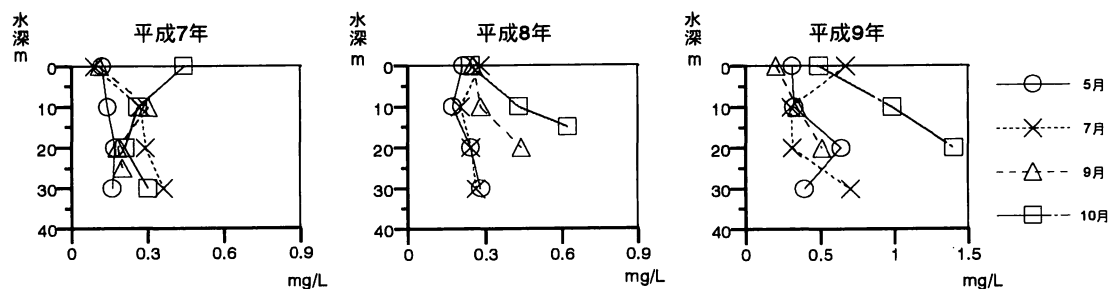


図8 皆瀬ダムA地点のT-N

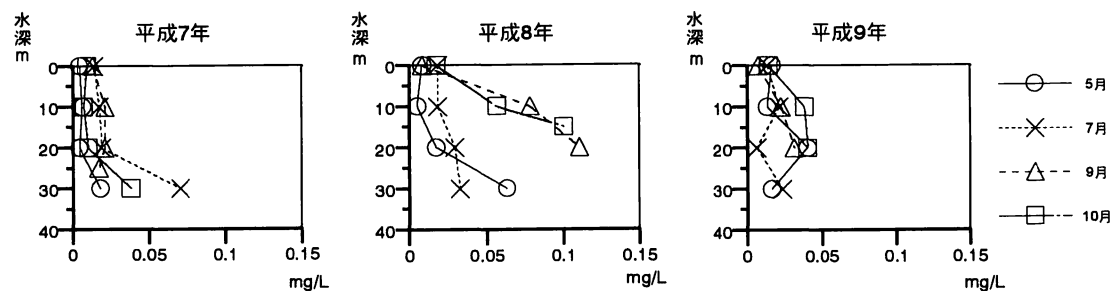


図9 皆瀬ダムA地点のT-P

表層におけるT-N,T-Pの年平均値を環境基準(本県では湖沼への窒素,リンの類型あてはめをしていない)に基づいて分類すると,皆瀬ダムは窒素でII~IV類型に分類され,りんでII~III類型に分類される。

皆瀬ダムはN/P比が1⁷⁾でNとPの両方またはNかPのどちらか一方が制限的な栄養塩となっている湖沼であり,平成10年6月の環境庁告示改正により,りん含有量についての排水基準に係る湖沼から窒素含有量及びりん含有量についての排水基準に係る湖沼になった。

湖沼の富栄養化の現象を透明度,T-P,クロロフィルaを基準とした多変数富栄養化指数³⁾(MTSI:Multiparameter trophic state indices)で分類すると,MTSI値は3.7⁷⁾で貧栄養湖~中栄養湖に分類される。

流入河川についてみると,B地点に流入する生内沢及び大俣沢のT-Nの年平均値は,それぞれ平成7年度が0.22,0.12mg/l,平成8年度が0.17,0.16mg/l,平成9年度が0.39,0.23mg/l,T-Pの年平均値は,それぞれ平成7年度が0.011,0.012mg/l,平成8年度が0.012,0.013mg/l,平成9年度が0.027,0.012mg/lであり,C地点に流入する皆瀬川及び寒沢のT-Nの年平均値は,それぞれ平成7年度が0.45,0.15mg/l,平成8年度が0.20,0.16mg/l,平成9年度が0.22,0.22mg/l,T-Pの年平均値は,それぞれ平成7年度が0.045,0.013mg/l,平成8年度が0.026,

0.014mg/l,平成9年度が0.019,0.012mg/lとなっている。これら流入河川のT-N,T-P濃度をダムの濃度と比較すると,平成7年度は皆瀬川のT-Nがダムの濃度の2倍,T-Pが4倍になっているが,他の3河川はダムと同レベルになっている。平成8年度は皆瀬川のT-Pがダムの濃度の2倍になっているが,他の3河川はダムと同レベルになっている。平成9年度は生内沢のT-Nがダムの濃度と同レベルで,T-Pがダムの2倍になっており,他の3河川はT-Nでダムの濃度の約半分,T-Pはダムと同レベルになっている。皆瀬川と生内沢のT-N,T-Pが高くなっているのは,皆瀬川上流には小安温泉郷,生内沢上流には集落があり,人為的な汚濁が影響しているものと思われる。

一方,山瀬ダムのダムサイトA地点の表層のT-N,T-Pの年平均値は,それぞれ平成7年度がT-Nで0.14mg/l,T-Pで0.005mg/l,平成8年度がT-Nで0.20mg/l,T-Pで0.006mg/l,平成9年度がT-Nで0.37mg/l,T-Pで0.015mg/lとなっており,湖沼内の地点間の相違はほとんど認められない。また,図10,11に示したとおり,山瀬ダムでは下層において,平成9年度(100mm前後の大雨の影響で浮遊物質質量が増大し,T-N,T-Pが増加したものと思われる)を除いてT-N,T-Pの著しい濃度変化は認められない。

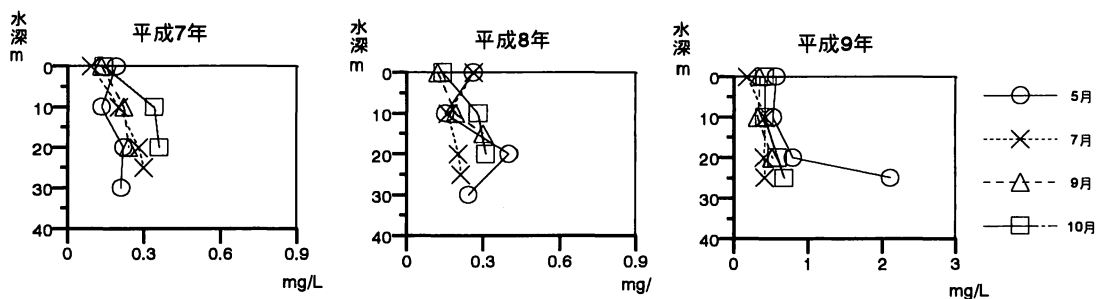


図10 山瀬ダムA地点のT-N

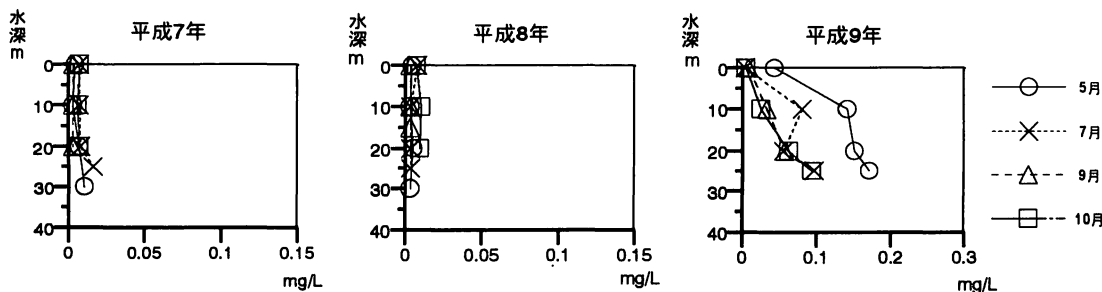


図11 山瀬ダムA地点のT-P

表層におけるT-N,T-Pの年平均値を環境基準(本県では湖沼への窒素,リンの類型あてはめをしていない)に基づいて分類すると,山瀬ダムは窒素でII~III類型,りんはI~III類型に分類される。

山瀬ダムはN/P比が57²⁾でPが制限的な栄養塩となっている湖沼であり,平成10年6月の環境庁告示改正により,りん含有量についての排水基準に係る湖沼になった。

湖沼の富栄養化の指数であるMTSI値は1.8²⁾で山瀬ダムは貧栄養湖~中栄養湖に分類される。

流入河川についてしてみると,B地点に流入する岩瀬川,繋ノ沢及び内町沢のT-Nの年平均値は,それぞれ平成7年度が0.09,0.09,0.10mg/l,平成8年度が0.09,0.09,0.12mg/l,平成9年度が0.27,0.17,0.20mg/l,T-Pの年平均値は,それぞれ平成7年度が0.005,0.004,0.008mg/l,平成8年度が0.008,0.007,0.009mg/l,平成9年度が0.008,0.006,0.006mg/lとなっている。これら流入河川のT-N,T-P濃度をダムの濃度と比較すると,平成7年度はT-Nがダムの濃度よりやや低く,T-Pはダムと

同レベルになっている。平成8年度はT-Nがダムの濃度の約半分,T-Pはダムと同レベルになっている。平成9年度はT-N,T-Pともダムの濃度の約半分になっている。

4.5 化学的酸素要求量(COD)

環境白書⁴⁾によれば,皆瀬ダムの湖心(表層及び-5m)の全層における日間平均値のCODの75%値は,平成7年度で2.4mg/l,平成8年度で2.5mg/lであり,環境基準の1mg/l以下を大きく上回っている。

我々が調査した皆瀬ダムの各地点の全層におけるCODの年平均値(平成7,8,9年度)をみると,A地点で2.7,3.8,3.6mg/l,B地点で2.6,3.6,3.8mg/l,C地点で2.3,3.1,4.1mg/lと高い濃度となっている。

また,季節別にみると,図12に示したように夏から秋にかけてCODの上昇がみられる。特に平成8年9,10月が顕著であるが,同時期は,下層部でD0が著しく減少し,底質からの窒素,リンの溶出を誘発し,藻類が増殖して,CODの濃度を高めているものと考えられる。

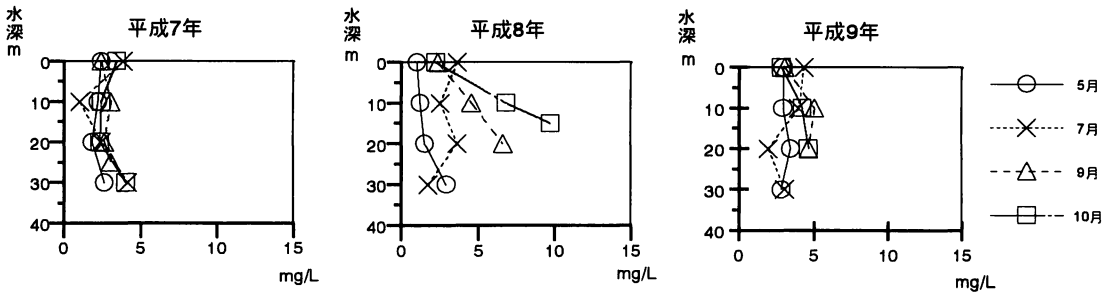


図12 皆瀬ダムA地点のCOD

流入河川についてしてみると,B地点に流入する生内沢及び大俣沢のCODの年平均値(平成7,8,9年度)は,それぞれ1.8,1.4,2.3mg/l,1.6,1.3,1.8mg/lであり,C地点に流入する皆瀬川及び寒沢のCODの年平均値(平成7,8,9年度)は,それぞれ2.1,1.7,2.6mg/l,2.5,2.9,2.6mg/lとなっている。これら流入河川のCODは,ダムの濃

度と比較すると,全般的に低くなっている。

一方,山瀬ダムの各地点の全層におけるCODの年平均値(平成7,8,9年度)は,A地点で1.5,1.4,3.8mg/l,B地点で1.2,1.6,3.5mg/lとなっており,図13に示したように平成9年度は5,9,10月の大雨の影響で浮遊物質量が急増し,CODの濃度を大幅に上昇させている。

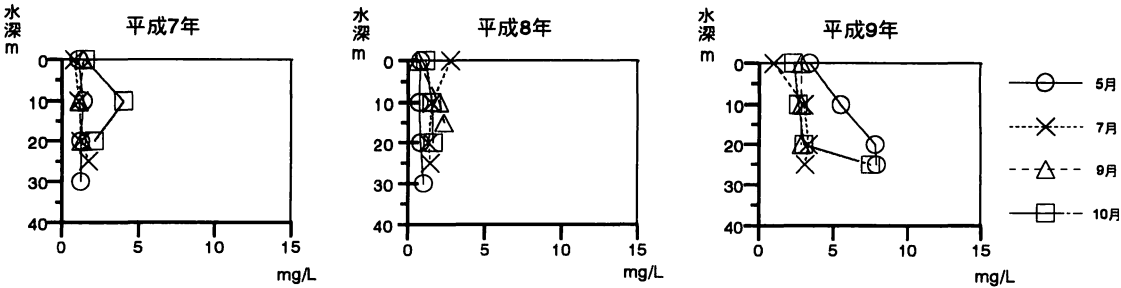


図13 山瀬ダムA地点のCOD

流入河川についてみると、B地点に流入する岩瀬川、繋ノ沢及び内町沢のCODの年平均値(平成7,8,9年度)は、それぞれ1.5,1.2,1.5mg/l,0.9,1.0,1.1mg/l,1.7,1.6,1.6mg/lである。これら流入河川のCODは、ダムとの濃度と比較すると、ダムと同レベルかそれ以下になっている。

4.6 クロロフィルa(Chl.a)

皆瀬ダムのChl.aの表層の平均値(平成7~9年度)は、A地点で4.6 μ g/l,B地点で4.8 μ g/l,C地点で5.1 μ g/lになっており、図14に示したとおり平成8年度の9,10月を除き全般的に表層で高い濃度になっている。

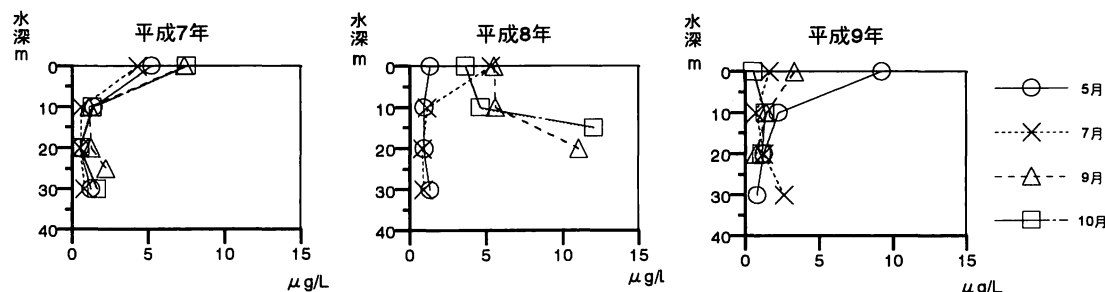


図14 皆瀬ダムA地点のchl.a

一方、山瀬ダムのChl.aの表層の平均値(平成7~9年度)は、A地点で1.1 μ g/l,B地点で1.2 μ g/lになっており、図15に示したとおり平成7年度は表層から下層まで

ほとんど変化がないが、平成8年度の8月には表層,9月には中,下層の濃度が高くなり、平成9年度には中,下層の濃度が高くなっている。

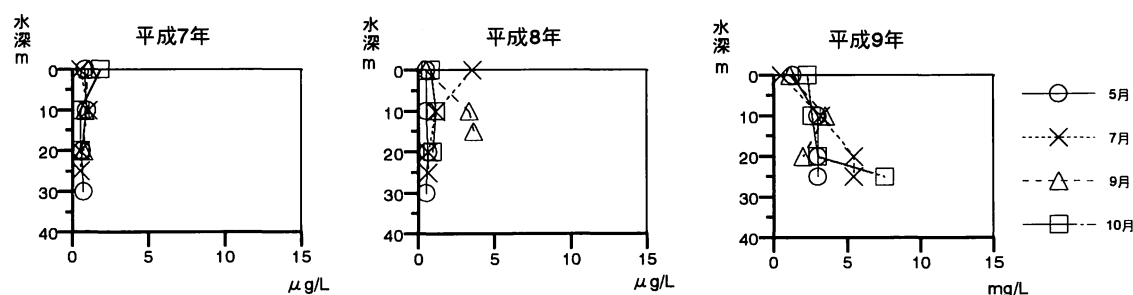


図15 山瀬ダムA地点のchl.a

5. まとめ

人工湖(皆瀬ダム・山瀬ダム)の水質汚濁機構解明調査を行った結果、人工湖は年数の経過とともに、その流域からの有機物の堆積が多くなり、湖の富栄養化の要因である、窒素、りんを底質から溶出させ、藻類の増殖を促し、CODの濃度を高めている。

人工湖の富栄養化を防止するためには、流域からの有機物の流入を出来るだけ削減する必要がある。

また、人工湖への汚濁負荷量としては、自然的な汚濁と人為的な汚濁があり、対策が取りやすい人為的な汚濁を出来るだけ少なくする必要がある。

我々が調査した皆瀬ダムでは、窒素及びりん、山瀬ダムではりんが富栄養化の制限的な栄養塩となっており、その防止対策としては、水温躍層をなくし、湖内の下層

まで十分なD0を供給するための湖水の人工的なばっき等、また、ダムに堆積した有機物等を除去するための浚渫が考えられる。

参考文献

- 1)秋田県のダム 秋田県
- 2)秋田県内における湖沼の富栄養化について(第2報), 秋田県環境技術センター年報No.25,(1997)
- 3)Hiroshi Yoshimi(1987):Simultaneous construction of single parameter and multiparameter trophic state indices.Wat.Res,Vol.21.No.12,1505-1511
- 4)秋田県環境白書 平成8,9年版