

VII 報 文

VIII 調 查 報 告

VII 報 文

人工湖の水質汚濁機構解明に関する調査研究（第2報）

—萩形ダム、山瀬ダム—

加藤潤 片野登

1 はじめに

秋田県では人工湖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、萩形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。

現在、萩形ダムの水の一部は馬場目川に導水されており、八郎湖に流入している。八郎湖は窒素、リンの濃度も高く、富栄養化していることから、八郎湖の水質浄化を考えるうえからも、萩形ダムの水質汚濁機構の解明が急がれるところである。また、平成3年度には新たに山瀬ダムが誕生した。

そこで、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に、当センターでは、既存の萩形ダムと新規の山瀬ダムの水質等の変化について、継続的に調査研究を行うことにしている。本報では、平成4～6年度の萩形ダム及び山瀬ダムの水質等の調査結果について報告する。

2 ダムの諸元等

萩形ダムは図1に示したとおり、米代川水系小阿仁川の北秋田郡上小阿仁村小阿仁に、重力式コンクリートダムの県営第1号として、昭和41年に建設された。

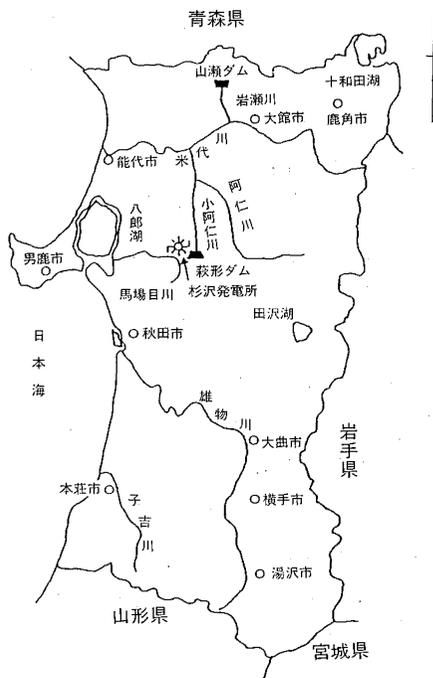


図1 位置図

このダムの流域面積は86.7km²、総貯水量は1,495万m³、堤高61mであり、小阿仁川沿川の洪水被害を防除するとともに、杉沢発電所（馬場目川水系に位置し、最大出力15,500KWの発電所）に発電用水を送水しているダムである。萩形ダムから小阿仁川への放流量は3,700～7,100万m³、杉沢発電所への送水量は15,500～20,700万m³である。¹⁾

萩形ダム流域のほとんどは、適潤性褐色森林土で、残りは乾性褐色森林土で占められているが、土層が薄く²⁾下が花崗岩類等³⁾の岩盤

になっている所が大倉又沢流域で70%、赤沢流域で40%と多くみられる。樹木については、萩形ダム流域全体で、杉を主体とする針葉樹林が20%程度となっており、残りはナラ、イタヤカエデ等の広葉樹林で大部分を占めている。²⁾

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、能代市に対し水道用水として、かつ工業用水として東北電力(株)能代火力発電所に対して取水を可能にした。また、山瀬発電所を建設し、最大出力2,100KW発電を行うダムである。ダムからの放流量量は12,500~16,700万m³(発電10,800~13,600万m³、灌漑その他1,700~3,600万m³)である。⁴⁾

山瀬ダム流域は、85%が褐色森林土で、そのうち適潤性褐色森林土が71%、残りは主に

乾性褐色森林土が占めている(適潤褐色森林土は、岩瀬川流域で68%、繋ノ沢流域で70%、内町沢流域で78%)。⁵⁾これら、森林褐色土の下は、流紋岩、凝灰岩、安山岩等になっている。³⁾樹木については、山瀬ダム流域全体で、杉を主体とする針葉樹林が45%となっており(針葉樹林は、岩瀬川流域で42%、繋ノ沢流域で77%、内町沢流域で21%)、残りはナラ、ブナ等の広葉樹林で占められている。

3 調査方法

3.1 調査期間

平成4~6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。)

萩形ダム 湖内3地点 各3層(表層、中層、下層)

流入河川4地点(小阿仁川、萩形沢、大倉又沢、赤沢)

山瀬ダム 湖内2地点 各3層(表層、中層、下層)

流入河川3地点(岩瀬川、繋ノ沢、内町沢)

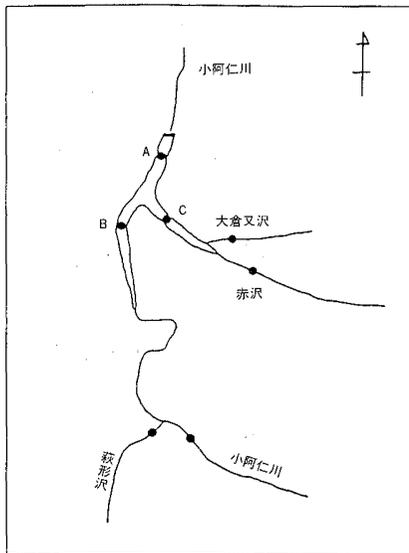


図2 萩形ダム調査地点

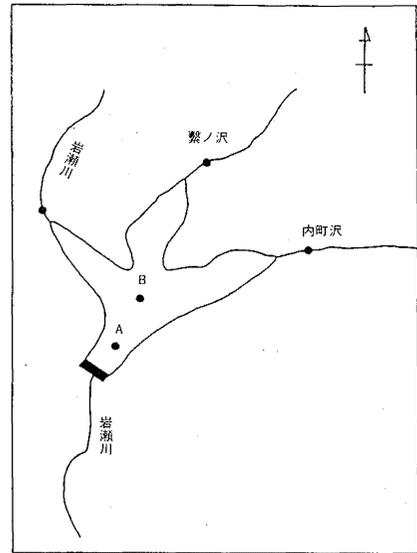


図3 山瀬ダム調査地点

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セッキー版
pH	JIS K0102 12.1
DO	JIS K0102 32.1
COD	JIS K0102 17
T-N	環境庁告示59付表7.1
T-P	環境庁告示59付表8
クロロフィルa	海洋観測指針9.6

4 調査結果の概要および考察

4.1 透明度

萩形ダムのダムサイトA地点の透明度の年平均値は、平成5年度が2.7m (2.2~3.2m)と最も高く、平成4年度の2.4m (0.5~3.8m)、平成6年度の2.1m (1.2~3.3m)の順になっている。各地点間における相違はほとんど認められない。

一方、山瀬ダムのダムサイトA地点の透明度の年平均値は、平成4年度が3.7m (1.0~6.5m)、平成5年度が3.6m (3.0~4.5m)、平成6年度が3.0m (2.0~4.5m)と徐々に低下している。各地点間における相違はほとんど認められない。

また、季節別にみると、透明度は、平成4、5年度は春から夏にかけ低下し、秋には上昇する傾向がみられたが、平成6年度は春から秋にかけ透明度が低下した。

平成4年の9月、平成6年9月及び10月には透明度の著しい低下がみられた。これは、台風の通過や長雨による影響（流入河川の濁りは1~2日で回復するが、ダムの濁りの回

復には、降雨量にもよるが、数日を要する¹⁴⁾で浮遊物質量(SS)が増加したことによるものと考えられる。

4.2 水温

萩形ダムのダムサイトA地点及び山瀬ダムのダムサイトA地点の表層における水温をみると、図4~11に示したように両ダムとも平成6年度が最も高く、平成4年度、平成5年度の順になっている。他地点においても同様な結果になっている。

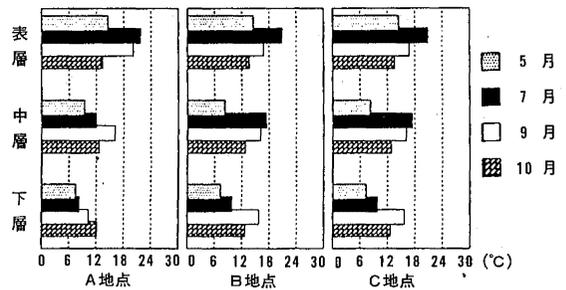


図4 萩形ダムの水温 (平成4年)

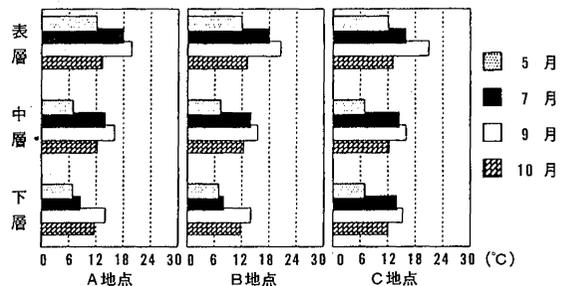


図5 萩形ダムの水温 (平成5年)

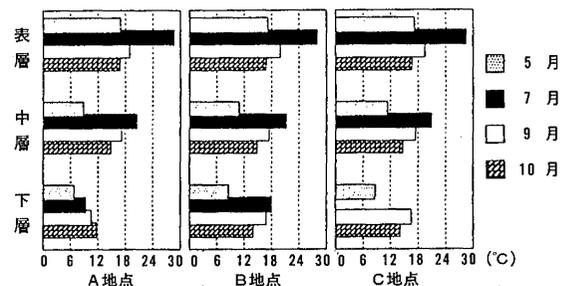


図6 萩形ダムの水温 (平成6年)

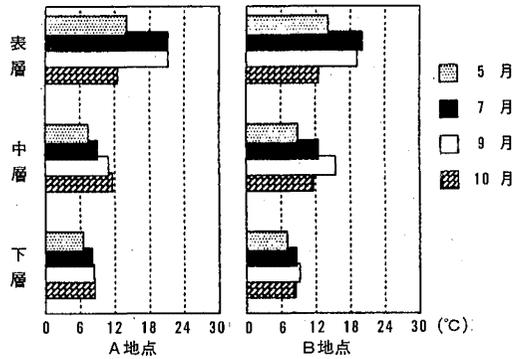


図7 山瀬ダムの水温 (平成4年)

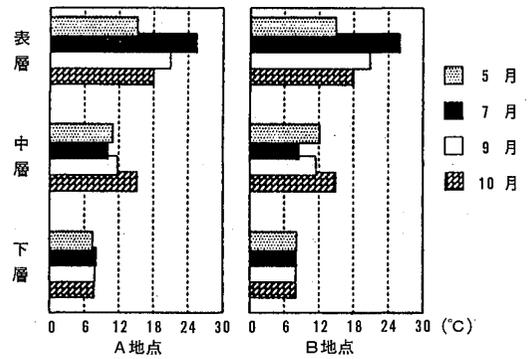


図9 山瀬ダムの水温 (平成6年)

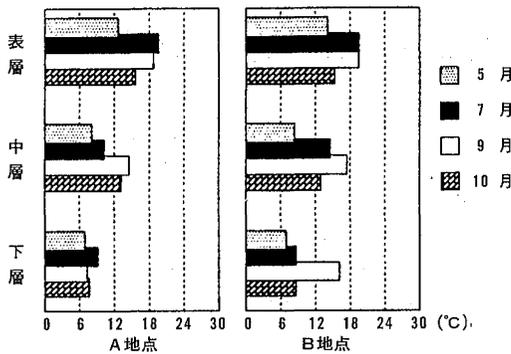


図8 山瀬ダムの水温 (平成5年)

また、萩形ダムのダムサイトA地点及び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、各年度とも夏季に表層と下層の温度差が大きくなる傾向がみられる。この傾向は他地点においても同様な結果となっている。

また、水温の調査結果から萩形ダムB地点に流入する河川である小阿仁川、萩形沢及び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、各年度とも夏季に表層と下層の温度差が大きくなる傾向がみられる。この傾向は他地点においても同様な結果となっている。

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

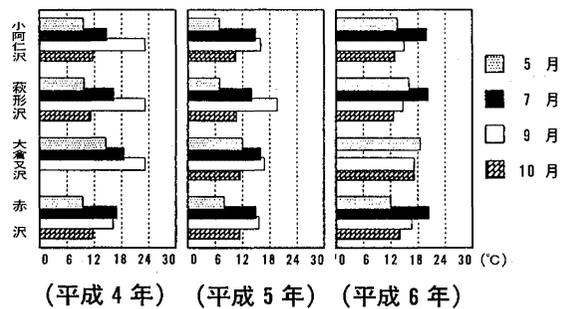


図10 萩形ダム流入河川の水温

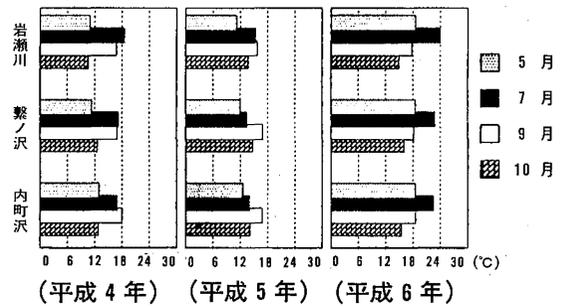


図11 山瀬ダム流入河川の水温

4.3 pH

平成4、5年度に実施した秋田県の公共用水域水質測定データ(以下環境白書)⁶⁾によれば、萩形ダムの湖心(表層及び-5m)におけるpHは、平成4年度で6.9~7.8、平成5年度は6.9~7.4で環境基準を満足している。

我々が調査した平成4~6年度における、萩形ダムのダムサイトA地点のpHは、6.3

～7.9 (表層年平均7.1～7.2、中層年平均6.7～6.9、下層年平均6.5～6.6、全層年平均6.7～6.9)の範囲で分布しており、中層及び下層で若干環境基準から外れる値を示すことがある。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地点においては、酸性河川である岩瀬川(pH4.4～6.5、年平均5.1～5.6)の流入により、pHが5.8～7.0 (表層年平均6.3～6.7、中層年平均6.2～6.5、下層年平均6.4～6.5、全層年平均6.4～6.5)と、やや酸性側に片寄っている。B地点においても、同じような値になっている。

4.4 溶存酸素量 (DO)

環境白書によれば、萩形ダムの湖心 (表層及び-5 mにおけるDOは、平成4年度で8.4～11mg/l、平成5年度は8.2～10mg/lで環境基準を満足している。

我々が調査した、萩形ダム及び山瀬ダムのDOの経月変化を図12～17に示す。

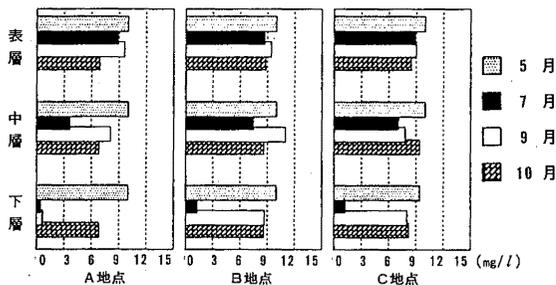


図12 萩形ダムの溶存酸素量 (平成4年)

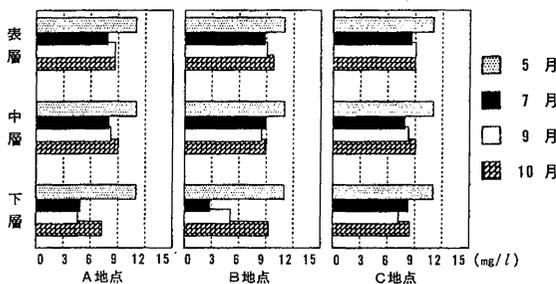


図13 萩形ダムの溶存酸素量 (平成5年)

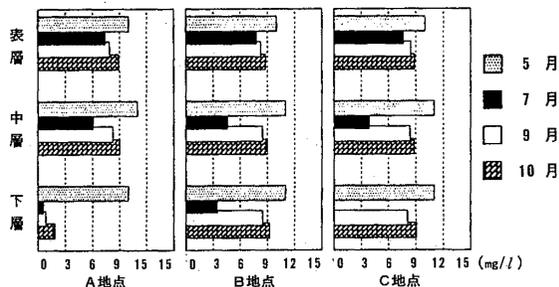


図14 萩形ダムの溶存酸素量 (平成6年)

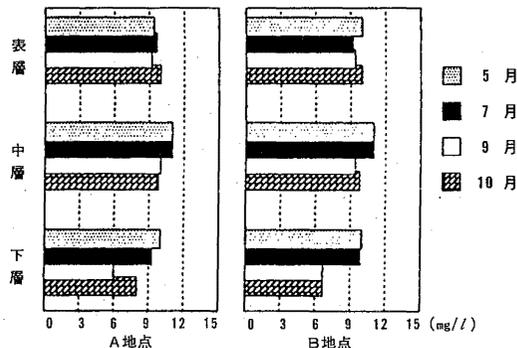


図15 山瀬ダムの溶存酸素量 (平成4年)

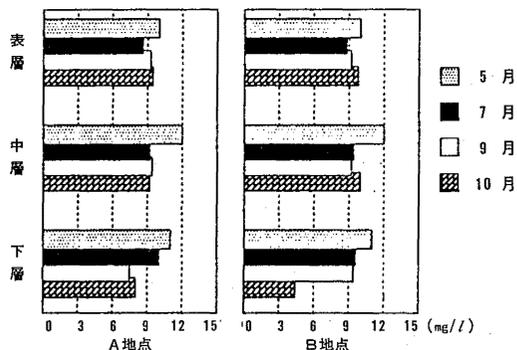


図16 山瀬ダムの溶存酸素量 (平成5年)

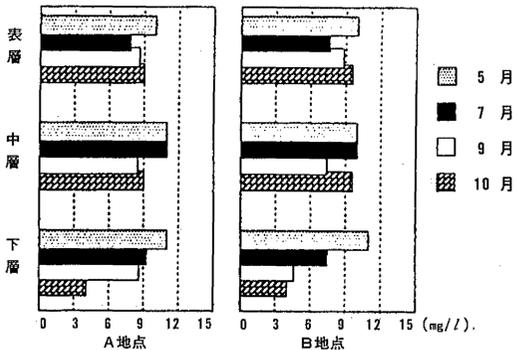


図17 山瀬ダムの溶存酸素量 (平成6年)

これによると、萩形ダムのダムサイトA地点の3年間のDOは、0.5~11mg/l(表層年平均8.6~9.3mg/l、中層年平均7.3~9.1mg/l、下層年平均3.4~7.0mg/l、全層年平均6.8~8.4mg/l)の範囲で分布している。B、C地点においては、中、下層において、A地点に比較してDOが若干高くなっている。図からもあきらかなように、平成4年7月の全地点の下層(A地点のDO飽和度4.4%、B地点のDO飽和度11.9%、C地点のDO飽和度11.7%)、9月のA地点の下層(DO飽和度6.5%)、平成5年7月のB地点の下層(DO飽和度24.4%)、平成6年のA地点の下層(7月のDO飽和度5.4%、9月のDO飽和度8.3%、10月のDO飽和度18.1%)でDOの著しい減少がみられた。

一方、山瀬ダムのダムサイトA地点の3年間のDOは4.1~12mg/l(表層年平均8.9~9.6mg/l、中層年平均9.9~10mg/l、下層年平均8.3~9.1mg/l、全層年平均9.0~9.5mg/l)の範囲で分布している。

このように、萩形ダムにおいて、特に夏季の下層でDOが著しく減少したことは、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と推測される。山瀬ダムにおいては、水温躍層は形成されるものの、ダムが稼動して日も浅いことから、堆積している有機物が少なく、夏季の下層において、DOの著しい減少がみられないものと考えられる。

4.5 窒素、りん

萩形ダムのダムサイトA地点における表層の全窒素(T-N)、全りん(T-P)の年平均値は、それぞれ平成4年度がT-Nで0.31mg/l、T-Pで0.017mg/l、平成5年度がT-Nで0.22mg/l、T-Pで0.011mg/l、平成6年度

がT-Nで0.25mg/l、T-Pで0.014mg/lとなっている。また、B地点の表層のT-N、T-Pの年平均値は、それぞれ0.23~0.28mg/l、0.011~0.016mg/l、C地点の表層のT-N、T-Pの年平均値は、それぞれ0.22~0.27mg/l、0.011~0.015mg/lとなっており、地点間の相違はほとんど認められない。

これら表層におけるT-N、T-Pの年平均値を環境基準(本県では湖沼への窒素、りんの種類あてはめをしていないが)に基づいて区分すると、萩形ダムは窒素、りんともIII類型に区分され、多変数富栄養化指数(MTSI: Multiparameter trophic state indices)⁷⁾により分類するとダムサイトでのMTSI値の年平均値は3.1~3.4で貧~中栄養湖に分類される。

また、図18~23に示したとおり、萩形ダムにおいては、夏季の下層で、T-N、T-P濃度に著しい上昇がみられる。そのなかでも、平成4年の7月の全地点の下層(T-Nが0.55~0.88mg/l、T-Pが0.043~0.058mg/l)、9月のA地点の下層(T-Nが0.66mg/l、T-Pが0.055mg/l)、平成5年のB地点の下層(T-Nが0.62mg/l、T-Pが0.047mg/l)、平成6年のA地点の下層(T-Nが0.47~0.95mg/l)で特に濃度が高くなっている。これは、前に記述したように、これらの地点でDOが著しい減少した時期と一致しておりDOの減少にともなって底質からの栄養塩の溶出を誘発し、その結果下層におけるT-N、T-Pの濃度を大幅に上昇させたものと考えられる。

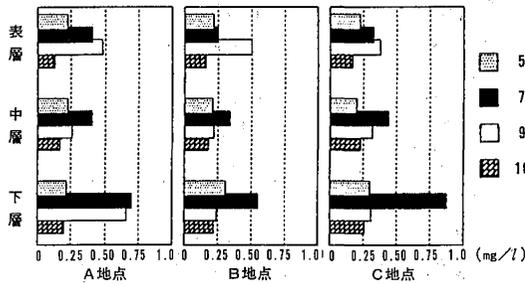


図18 萩形ダムの全窒素濃度 (平成4年)

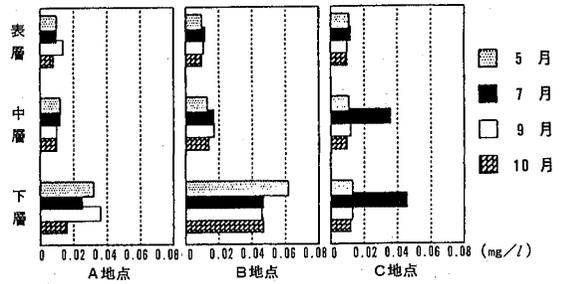


図22 萩形ダムの全りん濃度 (平成5年)

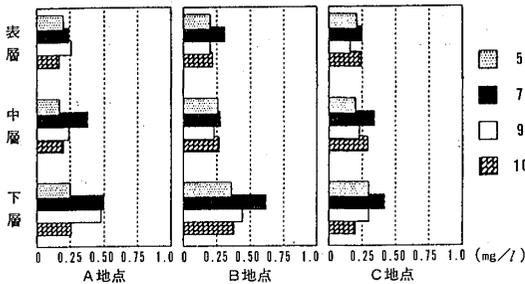


図19 萩形ダムの全窒素濃度 (平成5年)

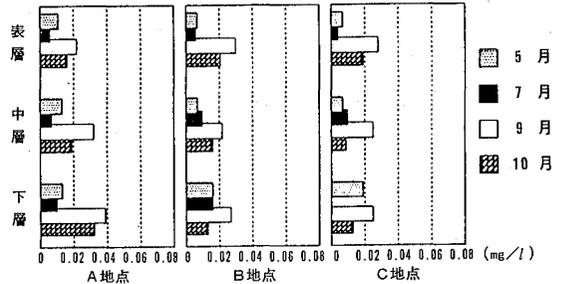


図23 萩形ダムの全りん濃度 (平成6年)

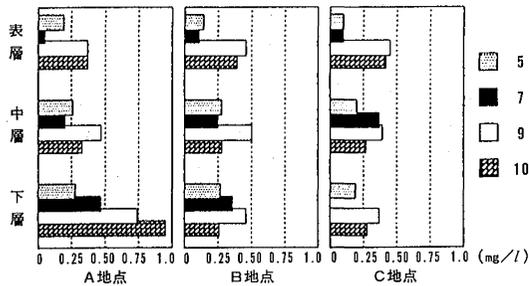


図20 萩形ダムの全窒素濃度 (平成6年)

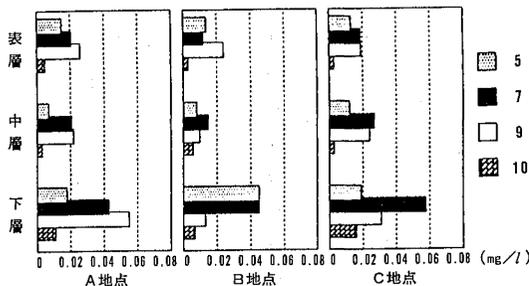


図21 萩形ダムの全りん濃度 (平成4年)

流入河川についてみると、B地点に流入する小阿仁川及び萩形沢のT-Nの年平均値は、それぞれ0.11~0.13mg/l、0.13~0.17mg/l、T-Pの年平均値は、それぞれ0.007~0.008mg/l、0.015~0.019mg/lであり、C地点に流入する大倉又沢及び赤沢のT-Nの年平均値は、それぞれ0.28~0.32mg/l、0.17~0.24mg/l、T-Pの年平均値は、それぞれ0.008~0.018mg/l、0.003~0.010mg/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、大倉又沢のT-N、T-P、赤沢のT-N、萩形沢のT-Pがダムと同レベルである。

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4年度がT-Nで0.23mg/l、T-Pで0.010mg/l、平成5年度がT-Nで0.17mg/l、

T-Pで0.003mg/l、平成6年度がT-Nで0.25mg/l、T-Pで0.004mg/lとなっている。

また、B地点の表層のT-N、T-Pの年平均値は、それぞれ0.22~0.26mg/l、0.003~0.006mg/lとなっており、地点間の相違はほとんど認められない。

これら表層における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が）に基づいて区分すると、山瀬ダムは窒素でII~III類型、リンはI~II類型に区分され、ダムサイトでのMTSI値の年平均値は1.8~2.2で貧~中栄養湖に分類される。

また、図24~29に示したとおり、山瀬ダムでは下層において、T-N、T-Pの著しい濃度変化は認められない。

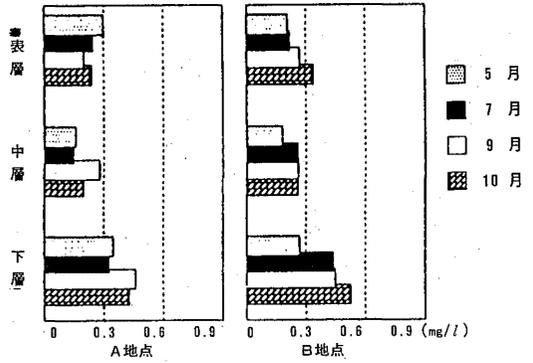


図26 山瀬ダムの全窒素濃度（平成6年）

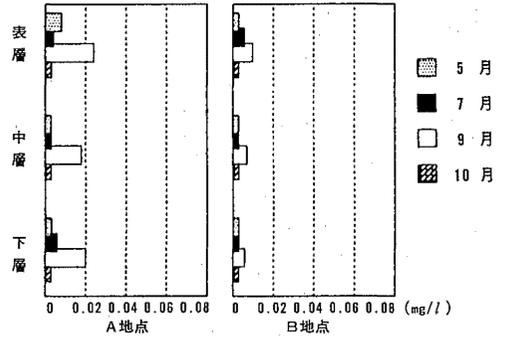


図27 山瀬ダムの全りん濃度（平成4年）

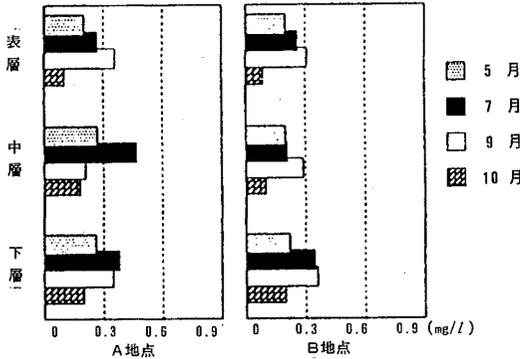


図24 山瀬ダムの全窒素濃度（平成4年）

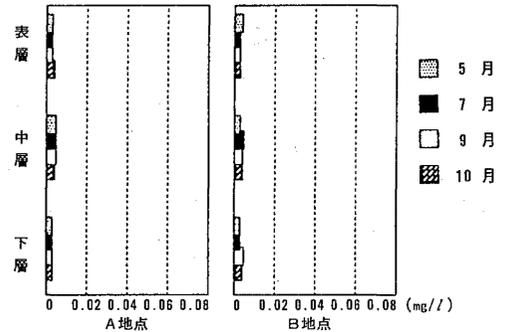


図28 山瀬ダムの全りん濃度（平成5年）

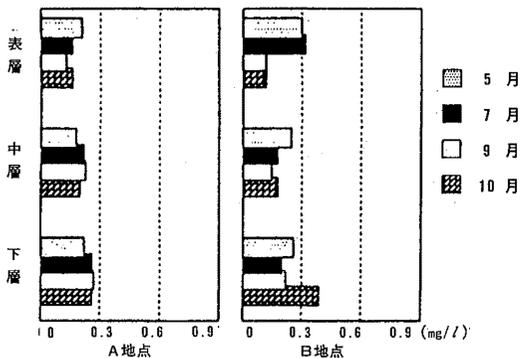


図25 山瀬ダムの全窒素濃度（平成5年）

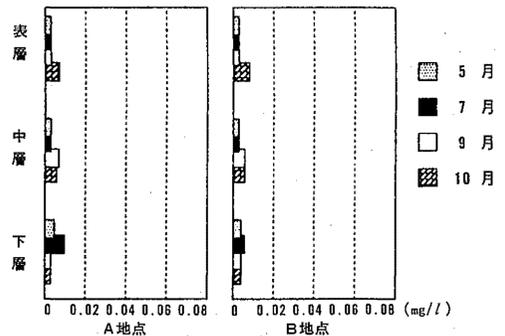


図29 山瀬ダムの全りん濃度（平成6年）

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T-Nの年平均値は、それぞれ0.19~0.21mg/l、0.006~0.15mg/l、0.08~0.17mg/l、T-Pの年平均値は、それぞれ0.004~0.005mg/l、<0.003mg/l、<0.003~0.006mg/lとなっている。これら流入河川のT-N、T-P濃度をダム濃度と比較すると、岩瀬川のT-N、T-P、内町沢のT-Pがダムと同レベルである。

4.6 化学的酸素要求量 (COD)

環境白書によれば、萩形ダムの湖心(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4年度で3.1mg/l、平成5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。

我々が調査した萩形ダムの各地点の全層におけるCODの年平均値(平成4~6年度)をみても、A地点で3.0~3.6mg/l、B地点で2.9~3.7mg/l、C地点で3.4~3.7mg/lと高い濃度となっている。

また、季節別にみると、春から夏にかけてCODの上昇がみられる。

流入河川についてみると、B地点に流入する小阿仁川及び萩形沢のCODの年平均値(平成4~6年度)は、それぞれ1.3~1.8mg/l、1.2~3.3mg/lであり、C地点に流入する大倉又沢及び赤沢のCODの年平均値は、それぞれ4.6~6.5mg/l、1.9~3.2mg/lであり、特に大倉又沢のCODが高い値を示している。

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4~6年度)は、A地点で1.1~1.4mg/l、B地点で1.2~1.5mg/lとなっている。

また、季節別にみると、春から夏にかけてCODの上昇がみられる。

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4~6年度)は、それぞれ1.3~1.7mg/l、0.7~1.2mg/l、1.1~2.1mg/lである。

4.7 クロロフィルa (Chl.a)

萩形ダムのChl.aは全般的に表層が高く、中層及び下層が低くなっている。また、年度別では平成4年度が低い値を示し、中、下層ではほとんど<0.5μg/lである。各地点における表層の年平均値は、A地点で3.2~4.7μg/l、B地点で2.3~4.7μg/l、C地点で2.4~5.3μg/lとなっている。

一方、山瀬ダムのChl.aは全般的に表層が高く、中層及び下層が低くなっている。また、年度別では平成4年度が低い値を示し、中、下層ではほとんど<0.5μg/lである。各地点における表層の年平均値は、A地点で0.7~1.1μg/l、B地点で0.6~1.4μg/lとなっている。

4.8 底質

萩形ダムの底質のCODは20~31mg/g、T-Nは0.92~2.9mg/g、T-Pは0.58~0.90mg/gとなっている。

一方、山瀬ダムの底質のCODは22~25mg/g、T-Nは0.13~1.1mg/g、T-Pは0.27~0.67mg/gとなっており、CODは同レベルであるが、T-N、T-Pは萩形ダムに比較して低い濃度となっている。

5 まとめ

人工湖(萩形ダム、山瀬ダム)の水質汚濁機構解明調査を行った結果以下の知見が得られた。

- (1) 萩形ダムのダムサイトA地点の透明度の年平均値は、平成5年度が2.7mと最も

高く、4年度の2.4m、6年度の2.1mの順となっている。

一方、山瀬ダムのダムサイトA地点の透明度の年平均値は、平成4年度が3.7m、5年度が3.6m、6年度が3.0mと徐々に低下している。

また、季節別にみると、透明度は、平成4、5年度は春から夏にかけ低下し、秋には上昇する傾向がみられたが、平成6年度は春から秋にかけ透明度が低下した。

(2) 萩形ダム、山瀬ダムとも、夏季に表層と下層の水温差が大きくなる傾向がみられる。

(3) 萩形ダムのpHはほぼ中性であるが、山瀬ダムのpHは酸性河川である岩瀬川の流入により、やや酸性側に片寄っている。

(4) 萩形ダムのダムサイトA地点のDOは0.5~11mg/lの範囲で分布しており、夏季の下層でDOの著しい減少がみられた。

一方、山瀬ダムのダムサイトA地点のDOは4.1~12mg/lの範囲で分布しており、山瀬ダムにおいては、下層のDOの減少はそれほどでもない。

(5) 萩形ダムの表層のT-N、T-Pの年平均値は、それぞれ平成4年度がT-Nで0.29mg/l前後、T-Pが0.014mg/l前後、平成5、6年度はT-Nで0.25mg/l前後、T-Pで0.013mg/l前後となっている。

一方、山瀬ダムにおいてはT-Nが0.21mg/l前後、T-Pは平成4年度が0.007mg/l前後、平成5、6年度が0.004mg/l前後となっている。これら表層におけるT-N、T-Pの平均値を環境基準（本県では湖沼への窒素、りんの種類あ

てはめをしていないが）に基づいて区分すると、萩形ダムは窒素、りんともⅢ類型に区分され、山瀬ダムは窒素でⅡ~Ⅲ類型、りんはⅠ~Ⅱ類型に区分される。

一方、MTSIにより分類すると両ダムとも貧~中栄養湖に分類される。

また、萩形ダムにおいて、夏季に下層のDOが著しく減少し、それにもなって底質からの栄養塩の溶出を誘発し、その結果下層におけるT-N、T-Pの濃度を大幅に上昇させている。

(6) 萩形ダムの各地点の全層におけるCODの年平均値は、A地点で3.0~3.6mg/l、B地点で2.9~3.7mg/l、C地点で3.4~3.7mg/lと高い濃度となっている。

一方、山瀬ダムの各地点の全層におけるCODの年平均値は、A地点で1.1~1.4mg/l、B地点で1.2~1.5mg/lとなっている。

季節別にみると、萩形ダム、山瀬ダムとも春から夏にかけ濃度の上昇がみられる。

(7) 萩形ダム及び山瀬ダムのChl.aの濃度は、全般的に表層が高く、中層及び下層が低くなっている。また、年度別では平成4年度が低い値を示し、中、下層はほとんど<0.5μg/lである。

萩形ダムの表層のChl.aの年平均値は2.3~5.3μg/l、山瀬ダムの表層のChl.aの年平均値は0.6~1.4μg/lと表層部で萩形ダムが山瀬ダムの約3倍の濃度となっている。

以上のように、萩形ダムは人為的汚濁がほとんど無いにもかかわらず、水質の悪化が著しい。今後、このような状況を踏まえて水質保全を考えていかなければ

ならない。

そのためには、COD濃度の上昇要因である表層部の植物プランクトンの増殖、下層部の底質からの栄養塩類の溶出を抑制する必要があり、その対策として殺藻剤による処理、湖水の人工的なばっき・循環等が必要と考えられる。

参 考 文 献

- 1) 萩形・森吉ダム管理事務所聞き取り
- 2) 上小阿仁営林署聞き取り
- 3) 東北土木地質図 建設省東北地方建設局
- 4) 山瀬ダム管理事務所聞き取り
- 5) 秋田営林局、早口営林署聞き取り
- 6) 秋田県環境白書 平成5、6年版
- 7) Hiroshi Yohimi (1987) : Simultaneous construction of single parameter and multiparameter trophic state indices. Wat.Res, vol.21, No.12, 1505-1511.