

裏磐梯五色沼湖沼群の湖底堆積物 ～その物理化学的な性状～

佐藤一男（福島大学大学院・共生システム理工学研究科実践教育推進センター）・
阿部純一・佐久間智彦（公益財団法人福島県保健衛生協会）

要 旨

2012年度は、「裏磐梯湖沼環境を考える会議（2011年11月設置）」が策定した裏磐梯五色沼湖沼群環境調査要領に基づき、2011年度から3年計画で実施している湖底堆積物の化学的な成分に関する調査の2年目にあたる。今回は、昨年度の予備調査の結果を踏まえ、裏磐梯五色沼湖沼群の瑠璃沼等の5沼において、湖底堆積物の表層部（以下「底質」という）の主に金属元素組成の調査を行った。その結果、5沼の底質は主要な金属元素組成がそれぞれ異なっていた。これは、各々の沼へ水質の異なる地下水等が流入していることを示唆している。

I. はじめに

裏磐梯五色沼湖沼群は、福島県耶麻郡猪苗代町と北塩原村にまたがる磐梯山北麓、標高800m付近の磐梯高原（裏磐梯）に位置している。これらの沼は、1888年の磐梯山の噴火によって生じた泥流堆積物の窪地に湛水してできた様々に色の異なる沼の総称であり、青白色を基調とした水色に緑や赤褐色を加えた色調の多様性から、瑠璃沼、青沼、赤沼などと水色に因んだ名前と呼ばれているものが多い。

今回の調査は、裏磐梯五色沼湖沼群の水色等が変化したとの指摘を受け、底質が沼の水質や水色に与える影響といった観点から、瑠璃沼等の5沼の底質の金属元素組成等を把握するとともに、底質の水質や水色への寄与度等を明らかにする目的で行った。

これまで、この5沼の底質の金属元素組成や化学的性状に関する研究は、沼の水質、底質の外観及び水生植物に付着した沈殿物の分析結果から、推定することが行われてきた（吉村ら、1936a, 1936b; 鈴木, 1963, 1994; 千葉, 1989）。しかし、沼の底質そのものを研究対象にした事例は見当たらなかった。

II. 調査方法

1. 調査対象の沼

調査対象の沼は、沼の水質の違いによって水系区分した千葉（1988）にならい、柳沼水系（弥六沼→父沼→母沼→柳沼）から柳沼を、弁天沼水系（瑠璃沼→青沼→弁天沼）から瑠璃沼を、これらが合流した毘沙門沼水系（竜沼→深泥沼→毘沙門沼）から毘沙門沼を、それらから独立した水系（赤沼→毘沙門沼）から赤沼を選定した。これらの5沼の位置を図1に、またその面積等を表1に示した。

2. 試料採取方法

底質は、沼の中央部又はその付近にゴムボートを浮かべ、エクマンバージ型採泥器を用い、底質表面から概ね10cmの深さの泥を採取した。ただし、瑠璃沼は沼の中央部等で底質の採取ができなかったことから、地上から西側沼岸底、深さ約10cmの粘土状の泥を採取した。採取後は、バットに移し、小石や植物片等の異物を取り除いた後、均等に混合し、ポリエチレン袋に入れ分析用の試料とした。硫化物は現地で固定した後、ポリエチレン容器に入れ同試料とした。また、底質の採取に合わせて、現地の状況を把握する目的で、透明度盤を用いた透明度の観測やポータブル水質計

をいた水質調査も行った。

3. 試料採取時期

2012 年 9 月 20 日・21 日

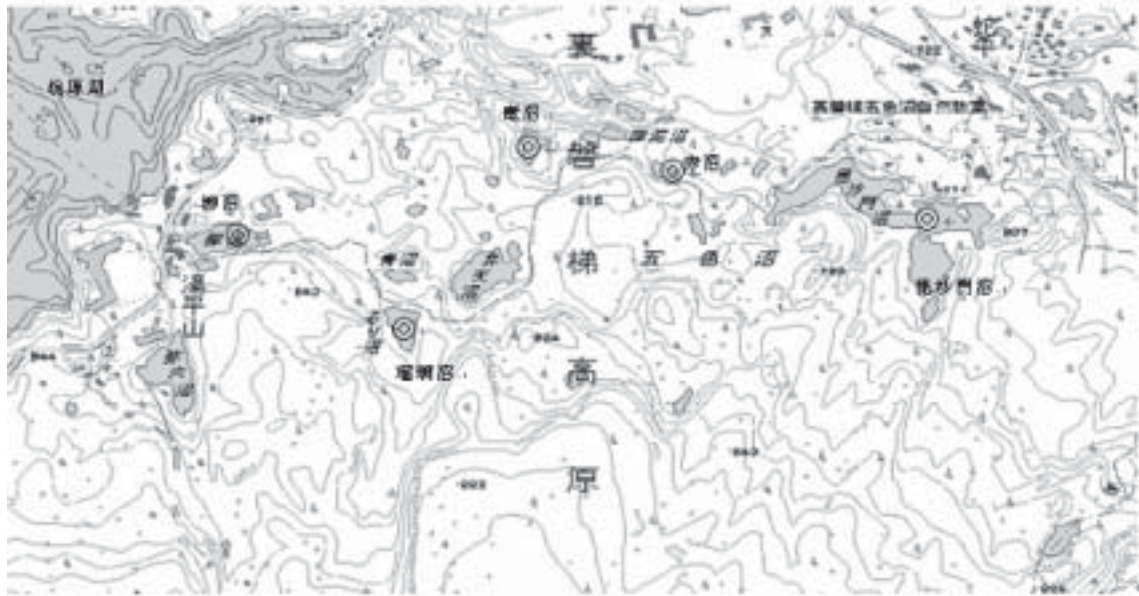


図 1 調査対象の 5 沼の位置

国土地理院の 1/25,000 地形図「磐梯山」を元に作成した。図中の◎印が調査対象の沼を示す。

表 1 5 沼の面積等

	柳沼	瑠璃沼	竜沼	赤沼	毘沙門沼
水面標高(m)	830※1	820※3	795※1	795※1	770※3
湖岸線長(m)	623※2	700※3	559※2	230※2	2,000※3
表面積(m ²)	19,500※2	20,000※3	7,910※2	2,510※2	100,000※3
容積(m ³)	90,300※2	—	29,000※2	4,820※2	—
最大深度(m)	12.2※2	11※3	10.51※2	3.98※2	13※3
平均深度(m)	4.64※2	—	3.66※2	1.92※2	—
枝節量	1.26※2	—	1.77※2	1.3※2	—
計測時期(年)	1970※2	—	1967※2	1970※2	—

※1 吉村ら (1936a)

※2 IBP 裏磐梯湖沼群研究グループ (1975)

※3 鈴木 (1992)

4. 調査項目

調査項目は、表 2 に示したように現地調査項目と底質調査項目(室内での分析項目)に大別した。現地調査項目は、透明度、pH、EC 及び ORP 等である。底質の調査項目は、pH、乾燥減量、強熱減量、硫化物、全窒素、全リン、Na、Mg、Al、Si、Cl 等である。

5. 測定及び分析方法

現地調査項目の透明度は海洋観測指針(気象庁, 1999)に準拠し、pH・EC・ORP は TDK のポータブル水質計(WM-32EP, RM-20P)を用いて測定した。底質は、調査項目ごとに、底質調査方法(環境省, 2012)、肥料分析法(農林水産省, 1992)及び土壌標準分析・測定法(日本土壌肥料学会, 2004)に準拠し、試料の調整や分析を行った。

III. 調査結果及び考察

現地調査の位置及び測定結果並びに底質調査項目ごとの分析結果は、表 2 に示した。また、これらに基づく考察は、次のとおりである。

1. 現地調査項目

(1) 透明度

調査場所や天候等の影響を受けるものの、湖沼の美しさを示す要因の一つであり、測定が比較的容易であることから、全国的に 1930 年代から調査が行われている。今回の 5 沼の透明度は、1.5 m から 6.5 m までの範囲にあった。また、沼ごとの状況は、次のとおりである。

柳沼は、過去に観測記録（吉村, 1932; 環境庁, 1979, 1987, 1993）があり、吉村（1932）が観測した 6.5 m が最大であった。今回は環境庁の 3 回の観測記録と同水準の 3.3 m であった。

瑠璃沼は、過去に観測記録（吉村, 1932; 環境庁, 1979, 1987, 1993）があり、環境庁（1987）の 10 m 以上が最大であった。今回はこれまで最も小さい 1.3 m であった。

竜沼は、過去に観測記録（環境庁, 1979, 1987, 1993）があり、環境庁（1987）の 6.2 m が最大であった。今回は環境庁（1979）の観測記録と同水準の 4.3 m であった。

赤沼は過去の観測記録は見当たらず、今回は 3.0 m であった。

毘沙門沼は、過去に観測記録（吉村, 1932; 環境庁, 1979, 1987, 1993; 福島県, 1978～2011）があり、吉村（1932）の 8.5 m が最大であった。今回は環境庁（1987）の記録と同水準の 6.5 m であった。また、この沼は、裏磐梯五色沼湖沼群の水質環境基準点（水域類型：A）であり、福島県が 1974 年から定期的に水質調査（透明度は 1978 年から）を行っている。

(2) pH（水素イオン濃度指数）

水中での物質の溶け方の目安となる。測定が比較的容易であることから、5 沼でも 1930 年代から調査が行われている。今回の 5 沼の pH は、酸

性の 4.08（赤沼）から中性に近い 6.77（柳沼）までの範囲にあり、赤沼が最も低かった。このような状況は、1930 年代の 4 沼（吉村ら, 1936a）から 6 沼へと pH が大幅に上昇した毘沙門沼を除けば、過去の観測記録（吉村ら, 1936a; IBP 裏磐梯湖沼群研究グループ, 1975; 千葉, 1989; 國井ら 2012）とほぼ同様であった。

(3) EC（電気伝導度）

水中の電解質（イオンとなる物質）の総量の目安となる。我が国の河川の平均的な EC は約 11 mS/m である（国土交通省関東地方整備局, 2013）。それに比べれば今回の 5 沼の EC は、5 から 10 数倍高かった。特に、瑠璃沼と赤沼が高かった。

(4) ORP（酸化還元電位）

水域が好気的な環境にあるのか、嫌気的な環境にあるのかを判断する目安となる。今回の 5 沼の ORP は、+200 mV 前後であったことから、好気的な環境にあったと思われる。

2. 底質調査項目

(1) pH

底質の間隙水の pH であり、通常は沼の水の pH の影響を強く受ける。今回の 5 沼の pH は、3.8（赤沼）から 5.6（毘沙門沼）までの範囲にあり、全てが沼の水よりも低く酸性の状態であった。特に、赤沼を除く 4 沼は沼の水との差が大きかった。

(2) 強熱減量

底質の有機物含有量の目安となる。今回の 5 沼の強熱減量は、水生植物が比較的少なく底質の粒径が比較的大きい柳沼が 9.4%と小さく、それ以外の 4 沼が 20%台と大きかった。このように、強熱減量は、底質の粒度組成や水生植物の繁茂状況と関係している可能性がある。

(3) 硫化物

底質が好気的な環境にあるのか、嫌気的な環境にあるのかを判断する目安となる。今回の 5 沼の硫化物は、全て 0.1 mg/kg 前後と小さかったことから、好気的な環境にあったと思われる。

(4) 全窒素及び全リン

底質の有機物の堆積状態の目安となる。今回の5沼は、全窒素は670から5,600 mg/kgまでの範囲に、全リンは200から3,200 mg/kgまでの範囲にあった。全窒素及び全リンとも瑠璃沼が最も高かったことから、強熱減量と同様に底質の粒度組成や水生植物の繁茂状況と関係している可能性がある。

水質への影響が著しくなる底質の臨界値の目安は、全窒素及び全リンだけに着目した場合、前者が1,500から1,800 mg/kg程度、後者が600 mg/kgとされている（国土交通省近畿地方整備局, 2013）。これを5沼と比較すると、赤沼を除く4沼は全て臨界値を超えていたことから、この2項目に限って見た場合、窒素等の栄養塩類は溶出しやすい状態にあったことになる。

(5) 金属元素

底質には土壌起源の金属元素が一定量含まれており、雨水の流入や岩石土壌の風化の程度並びに地下水の混入等により増減する。今回の5沼の金属元素の種類ごとの含有量は、柳沼はNa, Mg, K, Caが、瑠璃沼はAl, Siが、竜沼はNi, Cu, Znが、赤沼はFeが、毘沙門沼はMnが、他の沼に比較して多いことが特徴的である。特に、赤沼のFe (48%)や毘沙門沼のMn (4.9%)は、地表付近の元素の存在比(Fe: 7.07%, Mn: 0.14%)（国立天文台編, 2011）と比較しても、桁違いに多い。このように、今回の5沼は、比較的狭い範囲に位置し（最上流の柳沼から最下流の毘沙門沼まで直線距離で約2 km）、赤沼を除く4沼は水系の連絡があるにも関わらず、底質の主要な金属元素の組成がそれぞれ異なっていた。これは、各々の沼へ別系統の表流水や水質の異なる地下水が流入していることを示唆している。過去にも、吉村ら（1936b）や千葉ら（1986）は、沼の水質の

違いから同様のことを指摘していた。

底質の色を化学組成で見ると、一般的に赤褐色の泥には水酸化鉄（Ⅲ）が、黒色の泥には酸化鉄（Ⅱ）や酸化マンガンが、白色の泥には炭酸カルシウムや硫酸カルシウム並びにケイ酸アルミニウム等が含まれている。今回の5沼は、底質の化学組成の全体像は不明瞭ではあるものの、主要な金属元素組成がそれぞれ異なっており、そのことが底質の色に影響を与え、岸边から観測される水色を変化させる原因の一つと考えている。

金属元素ごとの5沼の状況は、次のとおりである。

Naは、250から8,700 mg/kgまでの範囲にあり、赤沼が最も少なく、柳沼が最も多かった。

Mgは、140から12,000 mg/kgまでの範囲にあり、赤沼が最も少なく、柳沼が最も多かった。

Kは、88から6,700 mg/kgまでの範囲にあり、赤沼が最も少なく、柳沼が最も多かった。

Caは、460から26,000 mg/kgまでの範囲にあり、赤沼が最も少なく、柳沼が最も多かった。

Alは、3,700から200,000 mg/kgまでの範囲にあり、赤沼が最も少なく、瑠璃沼が最も多かった。

Siは、5,400から32,000 mg/kgまでの範囲にあり、赤沼が最も少なく、瑠璃沼が最も多かった。

Mnは、48から49,000 mg/kgまでの範囲にあり、赤沼が最も少なく、毘沙門沼が最も多かった。

Feは、16,000から480,000 mg/kgまでの範囲にあり、柳沼が最も少なく、赤沼が最も多かった。

Niは、<1から27 mg/kgまでの範囲にあり、赤沼が最も少なく、竜沼が最も多かった。

Cuは、2から35 mg/kgまでの範囲にあり、赤沼が最も少なく、竜沼が最も多かった。

Znは、10から200 mg/kgまでの範囲にあり、瑠璃沼が最も少なく、竜沼が最も多かった。

表2 現地調査及び底質の分析結果

調査機関及び調査項目等			柳沼	瑠璃沼※	竜沼	赤沼	毘沙門沼	試験方法
現地調査 結果 (福島 大学)	採取年月日		2012.9. 21	2012.9. 21	2012.9. 20	2012.9. 20	2012.9. 20	
	採取時刻		10:11	12:13	15:06	13:48	10:00	
	天候		小雨	曇り・晴れ	曇り	曇り	曇り	
	気温		—	—	—	—	—	
	水温	℃	22.5	21.1	16.3	13.8	21.1	
	透明度	m	3.3	1.3	4.3	3.0	6.5	(注1)
	底質採取水深	m	8.0	—	8.8	3.3	6.8	
	底質色相		黒灰色	灰白色	黒色・灰色	赤錆色	黒褐色	
	pH(沼水)		6.77	5.60	6.55	4.08	6.61	(注2)
	EC(沼水)	mS/m	56.0	131.8	42.4	131.4	74.5	(注2)
	ORP(沼水)	mV	192	228	198	269	192	(注2)
採取位置	UTM-E	m	417647	418158	0418537	0418927	0419722	
	UTM-N	m	4167572	4167289	4167896	4167788	4167629	
底質の 分析結果 (福島県 保健衛生 協会)	pH		5.0	4.7	5.4	3.8	5.6	(注3)
	乾燥減量	%	58.5	82.3	78.9	52.0	79.6	(注4)
	強熱減量	%	9.4	29.9	22.6	20.8	20.5	(注4)
	硫化物	mg/kg (dry)	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	(注4)
	全窒素(T-N)	mg/kg (dry)	3,500	5,600	4,100	670	4,400	(注5)
	全りん(T-P)	mg/kg (dry)	1,200	3,200	2,000	200	1,200	(注6)
	Na	mg/kg (dry)	8,700	1,800	1,600	250	1,700	(注7)
	Mg	mg/kg (dry)	12,000	1,100	1,800	140	1,800	(注7)
	Al	mg/kg (dry)	60,000	200,000	130,000	3700	100,000	(注7)
	Si	mg/kg (dry)	13,000	32,000	31,000	5,400	30,000	(注8)
	(SiO ₂ 換算)	mg/kg (dry)	27,000	69,000	66,000	12,000	63,000	
	Cl	mg/kg (dry)	0.2	1.6	0.6	2.1	0.8	(注9)
	K	mg/kg (dry)	6,700	980	1,100	88	1,300	(注7)
	Ca	mg/kg (dry)	26,000	2,600	9,900	460	6,800	(注7)
	Mn	mg/kg (dry)	200	56	1,200	48	49,000	(注10)
	Fe	mg/kg (dry)	16,000	23,000	34,000	480,000	60,000	(注10)
	Ni	mg/kg (dry)	6	3	27	<1	23	(注10)
	Cu	mg/kg (dry)	15	12	35	2	17	(注10)
	Zn	mg/kg (dry)	41	10	200	42	150	(注10)

※ 瑠璃沼の底質は、沼底に植物が繁茂していたことなどから、採取位置では採取できなかったため、西側湖岸の水底の粘土状の泥を採取し、分析対象にした。

(注1) 海洋観測指針4.1

(注2) ポータブル水質計

(注3) 土壌標準分析・測定法(ガラス電極法)

(注4) 底質調査方法

(注5) 底質調査方法(中和滴定法)

(注6) 底質調査方法(硝酸－硫酸分解法)

(注7) 土壌標準分析・測定法(フッ化水素酸分解法－ICP発光分光分析法)

(注8) 肥料分析法(アルカリ融解法－ICP発光分光分析法)

(注9) 土壌標準分析・測定法(イオンクロマトグラフィー法)

(注10) 底質調査方法(湿式分解法－ICP発光分光分析法)

IV. まとめ

この調査研究の成果をまとめると、次のとおりである。これを、今後の調査等に反映することにしたい。

(1) 5 沼の底質は、主要な金属元素組成がそれ

ぞれ異なっていた。これは、各々の沼へ別系統の表流水や水質の異なる地下水が流入していることを示唆している。

(2) 5 沼の底質の主要な金属元素組成の差が、各々の沼の底質の色を特徴づけている原因の一

つとを考えている。しかし、底質の色を形成する元素の存在形態（化合物の種類等）は、不明瞭である。また、沼の底質の色は、岸から観測される水色に影響を与えている。しかし、その度合いは不明瞭である。

(3) 底質の富栄養化による有機汚濁は、湖沼生態系の漸進的推移又は栄養塩類の過剰な投入等に伴うものである。しかし、5 沼の有機汚濁の程度や原因等は判然としない。

(4) 瑠璃沼の透明度は 1990 年代の観測値と比較して 5 沼のなかで最も小さく、毘沙門沼の水の pH は 1930 年代の観測値と比較して 5 沼のなかで最も上昇した可能性がある。しかし、その程度や原因は判然としない。

最後に、我が国の湖沼学の先覚者の吉村信吉（1907～1947）は、裏磐梯五色沼湖沼群を、「磐梯五色沼！五色沼はその形態に、水質に、生物相に、それらの統合された湖沼標識に、日本否世界に於ける類例のない特殊な位置を占めている」と評した（吉村ら、1936a）ことを紹介する。

謝辞

現地調査や底質の採取にあたり、福島大学理工学群共生システム理工学類の長橋良隆教授、高貝慶隆准教授、柴崎研究室の皆さん、高貝研究室の皆さん及び福島大学大学院共生システム理工学研究科実践教育推進センターの廣瀬孝太郎助教に協力していただいた。ここに感謝の意を表する。

引用文献

- 千葉 茂・朝倉誠司・松本仁志（1986）裏磐梯五色沼の水質とその成因について、福島大学教育学部論集理科報告（38）抜刷，19-29。
- 千葉 茂（1988）猪苗代・裏磐梯湖沼群の水質について、地学雑誌 Vol.97.No4(891)別刷，376-381。
- 千葉 茂（1989）裏磐梯五色沼の水質と水の色，化学と教育 37（5）別刷，42-45。
- 福島県（1978～2011）福島県水質年報。

IBP 裏磐梯湖沼群研究グループ（1975）裏磐梯湖沼群の研究，福島県。

環境庁（1979）第 2 回自然環境保全基礎調査，湖沼調査報告書（福島県），103-133。

環境庁（1987）第 3 回自然環境保全基礎調査，湖沼調査報告書（東北版Ⅱ），102-127。

環境庁（1993）第 4 回自然環境保全基礎調査，湖沼調査報告書（東北版Ⅱ），102-127。

國井芳彦・鈴木 仁・佐久間智彦・林王克明（2012），裏磐梯五色沼湖沼群の湖水の化学的な成分に関する調査結果，裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査中間報告書，51-60。

国土交通省関東地方整備局（2013）水質用語集，霞ヶ浦河川事務所 HP（2013.1）。

国土交通省近畿地方整備局（2013）大阪湾環境データベース，国土交通省近畿地方整備局 HP（2013.1）。

国立天文台編（2011）理科年表，638p，丸善。

鈴木静雄（1963）磐梯湖沼の微生物学的研究（Ⅷ 五色沼群の糸状菌類），日本生態学誌会 13(2)，57-59。

鈴木静雄（1992）日本の湖沼，220p，内田老鶴圃。

鈴木静雄（1994）水辺の科学，22p，内田老鶴圃。

吉村信吉（1932）磐梯火山四周の火山湖の地方湖沼学的予察研究（1），地理学評論 8(10)，782-802。

吉村信吉・根来健一郎・山本荘毅（1936a）磐梯五色沼の湖沼学的予察研究（上），地理学評論 12（1），1-17。

吉村信吉・根来健一郎・山本荘毅（1936b）磐梯五色沼の湖沼学的予察研究（下），地理学評論 12（2），126-153。