

奥入瀬溪流における泡出現の原因の考察

花石竜治 野澤直史 工藤香織 齋藤輝夫¹

平成22年7月に発生が確認された十和田湖の流出河川である奥入瀬川における泡について、渓流水及び泡の採取を行い、分析を行った。渓流水は、メチレンブルー活性物質は不検出で、全リンや鉄、アルミニウム等は湖水に比較して高濃度ではなかった。糖類が渓流水の一部で検出され、泡では濃度が高く、限外ろ過膜法により分子量分画を行った結果、糖類の7割以上が多糖類であった。平成22年度の十和田湖の水質についてはこれまでと異なった傾向で変動していた。我が国における河川湖沼の泡発生の事例を踏まえ、自然に発生した糖類が泡発生の原因と推定された。

Key words : Oirase-River, bubble, polysaccharide

1. はじめに

十和田八幡平国立公園の中で、十和田湖からの唯一の流出河川である奥入瀬溪流は、観光の一大スポットであり、その清流美は毎年多くの観光客の目を楽しませている。

平成22年7月13日の地元紙¹⁾に、「奥入瀬溪流で泡が発生している」ことが報じられた。その報道によれば、泡の発生は同年5月頃からとのことであった。

溪流に泡とあっては、美観を損なうことはもとより、溪流の水質悪化さらには源流の十和田湖の湖水の水質悪化が危惧されたため、早速調査を行った。

本報告では、新聞報道があった直後に実施した調査と、当該年度の十和田湖の水質とあわせて検討を行った。

2. 方法

2.1 検体採取

平成22年7月14日に、奥入瀬川3地点の泡を合成樹脂製袋に採取した(銚子大滝の1地点分は泡を冷凍保存)。渓流水4地点分(1地点は十和田湖流出口の子ノロでの採水)は、同日に表層水を採取した。図1に採取地点を示した。

2.2 無機成分の分析

pH、電気伝導度、全リン、鉄、アルミニウムはJIS K0102(工場排水の分析方法)によって分析した。

微量金属元素はICP-MS法によって分析した。このうち渓流水については超純粋硝酸を添加してICP-MS測定を行った。泡は固形分があったため、テフロンビーカー内で超純粋硝酸及び超純粋フッ化水素酸を添加して熱板上で酸分解を行い、ICP-MS法による分析を行った。標準溶液はSPEX社の市販品を用いた。

泡に含まれる乾燥後固形物の重量は、緩やかに加熱、乾固した後、デシケータ内で放置後測定した。

2.3 有機成分の分析

メチレンブルー活性物質はJIS K0102によって分析をした。

糖類は、衛生試験法²⁾に準拠してアントロン硫酸法で分析した。この方法では、各種の糖類に対する発色反応の強度差があって、大雑把な糖類の濃度の目安となるものであり、グルコース(ブドウ糖)換算の濃度として示す。

分子量分画は、ADVANTEC社のウルトラフィルターユニットを用いて、分子量1万、5万、20万の分画を限外ろ過膜法によって行い、これとアントロン硫酸法を組み合わせ、分子量分画による糖類の分画試験を行った。なお、ウルトラフィルターユニットには膜保護のため、市販のままでは

1 八戸環境管理事務所

膜にグリセリンが浸潤されていたので、超純水で3回洗浄し、直ちに分析に供することにより、その影響を除いた。



図1 奥入瀬川及び十和田湖における検体採取地点



図2 石ヶ戸・馬門岩間の泡（中央の無色の塊）

3. 結果と考察

3.1 泡出現の様子

図2に石ヶ戸・馬門岩間（図1では「泡採取地点②」の近傍）の奥入瀬川に出現した泡の写真を示した。

図2は一例であるが、泡は図1の泡採取地点①から③までの奥入瀬川において、目視で確認できた。泡は無色であった。

3.2 水質の分析結果

奥入瀬渓流水質の分析結果を表1に示した。泡の要因となる陰イオン界面活性剤については、メチレンブルー活性物質として渓流水では不検出であった。また、三上らが報告している青森県内の堤川における泡発生^{3,4)}で要因として疑われた全リンや鉄、アルミニウムは下流ほど高濃度になっていたが、十和田湖の湖水のこれまでの分析結果からは、著しく高濃度ではなかった。

表2に泡の分析結果を示した。泡には渓流水の約100倍程度の濃度で、全リンや鉄、アルミニウムが含まれていた。

表1 奥入瀬渓流水質の分析結果

項目	奥入瀬川			十和田湖
	地点A	地点B	地点C	地点D
pH	7.8	7.9	8.0	8.1
電気伝導度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	130	160	180	180
全リン (mg/L)	0.016	0.009	<0.003	<0.003
アルミニウム (mg/L)	0.051	0.019	0.009	0.008
鉄(mg/L)	0.066	0.051	0.045	0.043
メチレンブルー活性物質 (mg/L)	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02

表2 泡の分析結果

項目	(mg/L)		
	地点①	地点②	地点③
全リン	6.9	3.4	2.1
アルミニウム	6.4	2.8	1.6
鉄	4.7	2.1	0.1

3.3 糖類の分析結果

分子量分画を含めた糖類の分析結果を渓流水については表3及び泡については表4に示した。

渓流水では、採取地点C（銚子大滝）が定量下限を上回って糖類が検出された。泡ではすべての検体で糖類が25~37 mg/Lであった。これらについて分子量分画を行った結果、分画分子量20万以上の高分子、すなわち多糖類が、糖類全体の76~95%であった。多糖類を含めた糖類の泡中の濃度

は、上流側の地点③から下流側の地点①までほぼ同様の濃度であり、表1、2に示した全リン、鉄及びアルミニウムが下流ほど高濃度となる傾向とは異なっていた。

泡中の乾燥重量は表5に示すとおりで、0.70～1.5 g/Lであり、グルコース換算された糖類の重量比は2.5～3.6 %であった。

表3 渓流水の糖類分析結果

項目	奥入瀬川			十和田湖
	地点A	地点B	地点C	地点D
糖類	<1	<1	3	<1

表4 泡の糖類分析結果(分子量分画の結果を含む)

項目	地点①	地点②	地点③	
全糖類	33	37	25	
分画	MW<1万	4	<1	<1
	1万<MW<5万	<1	2	9
	5万<MW<20万	4	<1	<1
	20万<MW	26	35	19
	(79%)	(95%)	(76%)	

※MW：分子量

表5 泡の乾燥重量とグルコース換算糖類の割合

項目	地点①	地点②	地点③
乾燥重量 (g/L)	1.3	1.5	0.70
糖類の含有量 (%)	2.5	2.5	3.6

表6 渓流水の微量元素分析結果

元素	地点A	地点B	地点C	地点D
Cr	<0.1	<0.1	0.1	0.2
Mn	1.7	1.0	4.2	1.7
Ni	0.7	0.2	0.4	0.5
Cu	1.0	0.8	0.9	1.1
Zn	1	2	5	5
As	3	4	4	5
Se	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Mo	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7
Cd	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Sb	0.2	0.3	0.4	0.4
Pb	<0.1	<0.1	<0.1	0.1
U	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02

表7 泡の微量元素分析結果

元素	地点①	地点②	地点③
Cr	4.0	3.2	1.8
Mn	630	380	320
Ni	7.7	5.8	4.9
Cu	120	120	80
Zn	760	530	470
As	22	19	16
Se	3.0	2.6	1.5
Mo	<0.7	<0.7	<0.7
Cd	2.9	2.9	1.8
Sb	0.5	0.3	0.3
Pb	35	33	26
U	0.41	0.28	0.15

3.4 微量元素の分析結果

表6、表7にICP-MS法で分析した渓流水及び泡の微量元素分析結果を示した。

泡では、Mo(モリブデン)以外については、渓流水の約10倍から100倍程度の濃度で微量元素が含まれていた。また下流になるほどおおむね濃度が高くなる傾向であった。

3.5 平成22年度の十和田湖の水質の特徴⁵⁾

十和田湖の今回の事例では、泡の出現は報道によると平成22年の5月頃とのことであった。青森県及び秋田県では、毎年4月から11月までの各月に公共用水域水質調査を実施しており、表8に環境基準点となっている「中央」及び「子ノ口」におけるCOD75%値を、図2にその推移を示した。環境基準は湖沼AA類型1 mg/Lであり達成している場合を○とし、1 mg/Lを超過している場合を×とした。

また平成22年度の9地点の表層におけるCOD値の推移を図3に、クロロフィル-aの濃度の推移を図4に示した。「中央」及び「子ノ口」における表層のCOD値及びクロロフィル-a濃度の推移については、平成13年度から22年度までをそれぞれ図5、図6に示した。

平成22年度は「子ノ口」において、COD75%値が平成16年度に次いで高い値であった。

平成22年度内のCOD値は6月から高くなり、クロロフィル-a濃度は7月から上昇していた。

表層におけるCOD値はおおむね春季に低く、その後上昇し、秋季に若干低下する季節変動傾向があるが、平成22年度は年度前半から上昇し、秋季

まで継続しており、これまでとは異なった傾向となっていた。

一方、平成 22 年度は春季から十和田湖の中湖（なかのうみ）近傍で赤潮が発生したとの連絡⁶⁾があり、植物プランクトンが増殖した可能性が疑われる。

クロロフィル-aについては、図 6 に示すとおり高濃度であった平成 16 年度の翌年の 17 年度以降はおおむね春季（4 月）に前年の秋の濃度より高

くなり、夏季にかけて低下し、秋季に若干上昇する季節変動が認められる。一方、平成 22 年度は過去 5 年間とは異なり、春季の濃度が前年の秋季と同程度であったこと、夏季から秋季に上昇傾向が続いたことなど、平成 17 年度の季節変動に類似していた。

以上のとおり、平成 22 年度は、COD値とクロロフィル-aの濃度推移はこれまでと異なった傾向で変動していた。

表 8 十和田湖 COD75%値の推移及び環境基準達成状況

年度	地点名		達成状況	年度	地点名		達成状況
	中央 (mg/L)	子ノ口 (mg/L)			中央 (mg/L)	子ノ口 (mg/L)	
S46	0.7	0.7	○	H3	1.1	1.1	×
S47	1.0	1.0	○	H4	1.4	1.3	×
S48	0.7	0.6	○	H5	1.3	1.3	×
S49	0.6	0.5	○	H6	1.3	1.2	×
S50	0.6	0.8	○	H7	1.2	1.1	×
S51	0.8	0.8	○	H8	1.4	1.3	×
S52	0.9	0.9	○	H9	1.5	1.5	×
S53	0.9	0.8	○	H10	1.2	1.3	×
S54	0.9	0.9	○	H11	1.3	1.2	×
S55	0.9	1.0	○	H12	1.4	1.5	×
S56	0.9	1.0	○	H13	1.4	1.5	×
S57	0.9	0.8	○	H14	1.4	1.4	×
S58	0.9	1.0	○	H15	1.2	1.3	×
S59	1.0	1.1	×	H16	1.9	2.0	×
S60	1.0	1.0	○	H17	1.4	1.4	×
S61	1.1	1.1	×	H18	1.3	1.3	×
S62	1.4	1.3	×	H19	1.4	1.4	×
S63	1.3	1.3	×	H20	1.4	1.3	×
H1	1.2	1.3	×	H21	1.3	1.1	×
H2	1.3	1.2	×	H22	1.4	1.6	×

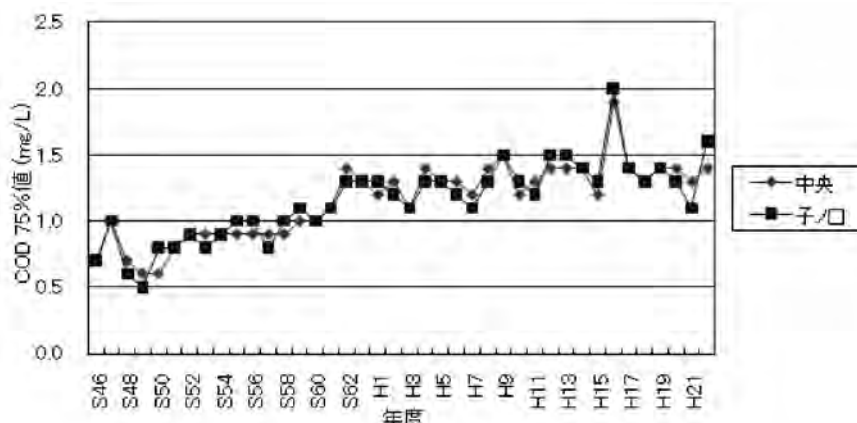


図 2 十和田湖の COD75%値の推移

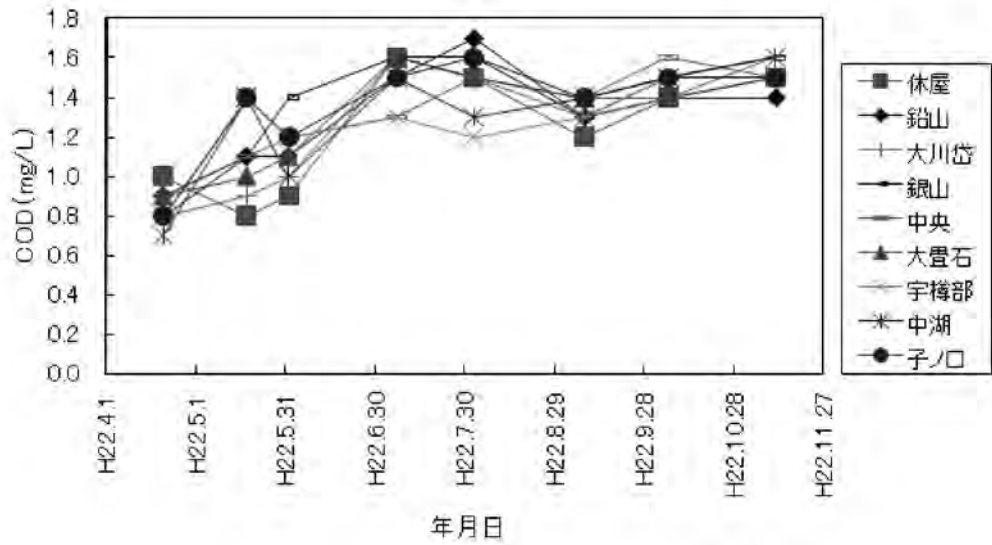


図3 十和田湖表層のCOD値の推移（平成22年度）

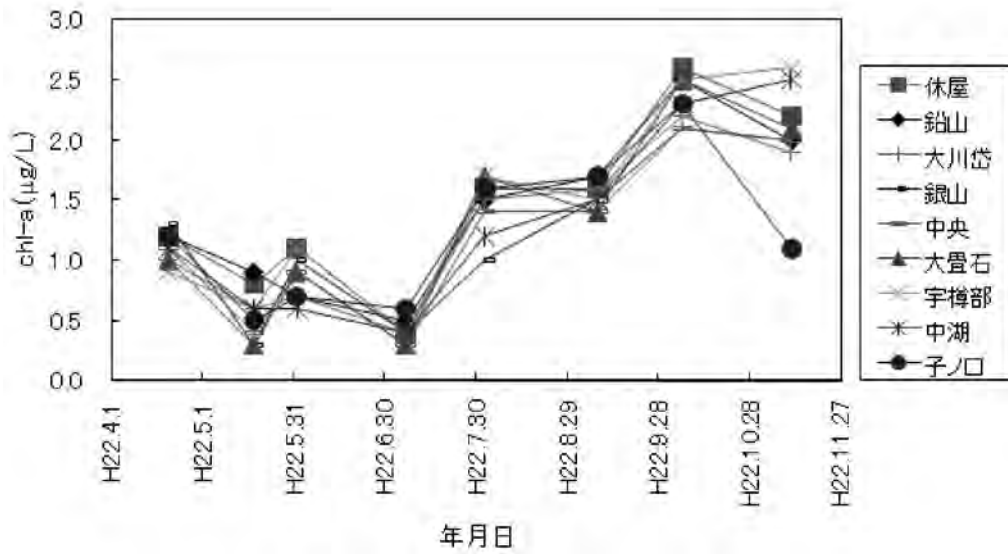


図4 十和田湖表層のクロロフィル-a濃度の推移（平成22年度）

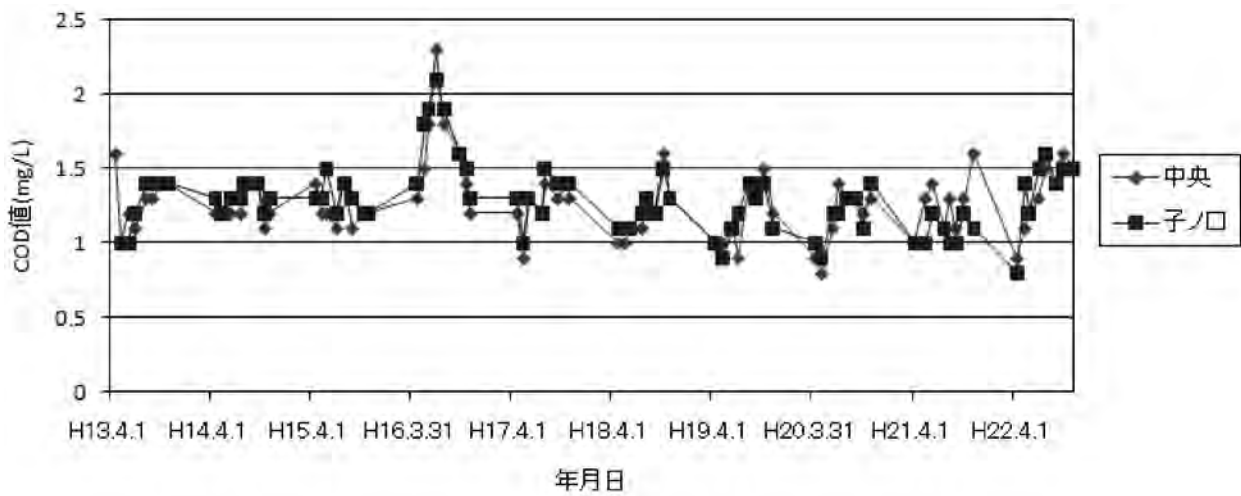


図5 十和田湖表層のCOD値の推移（10年間）

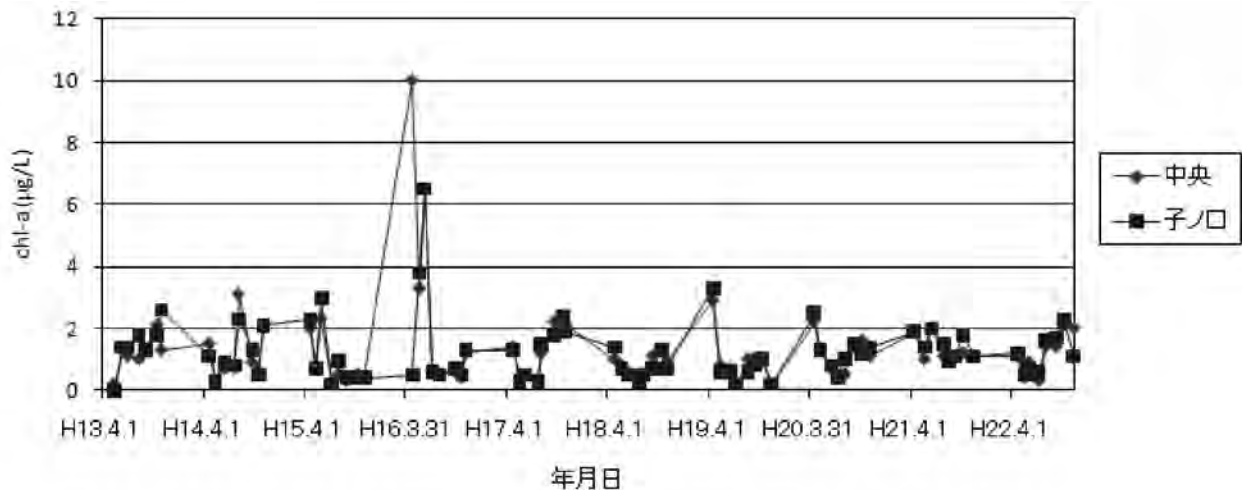


図6 十和田湖表層のクロロフィル-a 濃度の推移 (10年間)

3.6 泡発生原因の推定

前述のとおり、渓流水中の糖類については低かったが、泡中の糖類は約 30 mg/L で 70%以上が多糖類であった。

我が国の河川湖沼における泡出現の事例については、高知県四万十川⁷⁾、京都府宇治川⁸⁾、栃木県中禅寺湖^{9、10)}などがあり、いずれも原因は多糖類に起因すると推定されている。

四万十川の例では、フェーリング反応、薄層クロマトグラフィーによる分離と定性試験などによって泡に多糖類が含まれていることを定性的に確認し、さらに多糖類の界面活性的性質を物理学的に評価している。

また中禅寺湖の例では、泡に含まれる多糖類を酸で分解し、誘導化してガスクロマトグラフで分析し、糖類の組成から、水生植物や落葉の分泌・分解物が起源として推定している。中禅寺湖において泡が発生したときの溶存糖類の最も高い濃度は、フェノール硫酸法で、湖水の水深 10 m 層で 2.25 mg/L であり、今回の奥入瀬川の銚子大滝でのアントロン硫酸法での観測値 3 mg/L はそれと同程度であった。

以上のことと、平成 22 年度の十和田湖の水質が COD 値及びクロロフィル-a がこれまでと異なった傾向であったこと、陰イオン界面活性剤の指標となるメチレンブルー活性物質が不検出であったこと、微量元素元素や全リンが川の上流から下流で高くなる傾向を示し、濃度が極めて低いこと、また国内における同様の事例を踏まえれば、今回の泡の原因は自然に発生した多糖類と推定することが妥当と考えられる。

3.7 微量元素の挙動

表 6、表 7 に示したように、微量元素元素は、渓流水に比べて 2~3 桁の高い濃度となっている。

これは、選鉱製錬の分野で知られる浮遊選鉱の原理が働き、泡で生じた界面に疎水性の金属類元素含有物が濃縮したと考えられる。

4. 結論

奥入瀬渓流で泡が発生した 22 年度の湖水の水質はこれまでと異なった変動をしており、また泡から糖類が検出され、70%以上が分子量 20 万以上の多糖類であることから、自然に発生した糖類が原因と推定された。

文 献

- 1)デーリー東北,2010年7月13日
- 2)日本薬学会編：衛生試験法・注解 2005. 金原出版,東京,2005
- 3)三上一ほか：堤川水系における泡の発生機構解析(I)—水質特性—. 青森県環境保健センター研究報告,4,72-80,1993
- 4)三上一ほか：堤川水系における泡の発生機構解析(II)—泡の構成成分—. 青森県環境保健センター研究報告,9,31-35,1998
- 5)青森県・秋田県：平成 22 年度公共用水域水質調査結果.
- 6)秋田県鹿角郡小坂町鉛山 住民からの私信.
- 7)藤村茂夫ほか：四万十川あわ発生機構解析調査結果. 高知県環境研究センター所報,16,15-57,1999
- 8)国土交通省近畿地方整備局のウェブサイト資料による。
http://www.kkr.mlit.go.jp/yodoto/pdf/tounoshima/2kai/siryu1_2.pdf (2011年5月6日現在アクセス可能)

9)世取山守ほか：中禪寺湖のアワ発生機構（1）アワ成分とその起源についての検討．水質汚濁研究,**10**,31-38,1987

10)小山次朗ほか：中禪寺湖の湖水中糖類の起源－アワ発生に関連して－水質汚濁研究,**12**, 353-357,1989

Discussion on the Cause of Foam in the Oirase River

Ryuji Hanaishi, Naofumi Nozawa, Kaori Kudo, Teruo Saito

Because foaming was observed in July 2010 in the Oirase River, which flows out of Lake Towada, samples of river water and foam were collected and analyzed. No methylene blue-active substances were detected in the river water and the concentrations of total phosphorus, iron and aluminum were not high compared to lake water. Saccharides were detected in some samples of river water and were found at high concentrations in foam. After fractional separation by molecular weight using ultrafiltration method, it was found that over 70% of the saccharides were polysaccharides. The water quality of Lake Towada for fiscal 2010 showed a different trend compared to previous years. Taking cases of foaming in other rivers and lakes in Japan into consideration, the cause of foaming is presumed to be naturally occurring saccharides.

Key words: Oirase-River, foam, polysaccharide