

2006 年低気圧通過時の降雨による網走川水系の濁り

今田和史(元 水産孵化場)・渡部貴聡(網走市水産港湾部)

はじめに

網走地方は北海道内でも少雨地帯として知られており、年平均降水量をみても札幌市が 1127mm であるのに対して、網走市は 801mm で 3 割程度少なく、理科年表に採用されている道内 8 地点の中では最も降水量が少ない(東京天文台、2005)。しかし、ここ 10 年の間にも、年降水量が 900~1000mm となる年が時折みられ、近年大型低気圧や台風の通過により、日降水量が 80mm を超える大雨の頻度も増えている(表 1)。

網走川水系は河川、湖沼、沿岸域ともに、水産利用上重要な水域となっていて(渡部、2006)、降雨増水時の河川や湖沼の濁りが、漁業に与える影響については強い関心が払われている。最近問題となったのは、2001 年秋の出水によるサケ親魚の回帰不振への懸念(北海道立水産孵化場、2002)があり、2006 年秋の出水では、遡上後蓄養中のサケ親魚の斃死(渡辺ら、2008)がある。2006 年秋には、出水による濁水の流入で網走湖内が著しい濁りにみまわれ、水位も上昇したため、湖内での漁業の操業を中止せざるをえなくなった。特に、シラウオ漁業は操業時期に当たっていたが、期待された漁獲量に達しない(西網走漁業協同組合、2006)など、漁家への影響も生じている。また、沿岸漁業者の間には、河川の濁水が沿岸域のホタテ漁業へも影響するのではないか、という心配もある。

網走川は、渚骨川や湧別川に比べて、河川の流量増加が少なくとも濁りの増しやすい河川であり、日降水量が 30mm を超えるようであれば、網走湖に流入する前の下流域での浮遊物質(SS)が 400mg/L を超える可能性があることが示されている(北海道立水産孵化場、2002)。こうした状況から、漁業協同組合や網走市役所

などが構成員となって設立されている網走市河川等漁場環境保全対策協議会では、降雨増水時の濁水発生状況の把握と発生場所の解明を目的として現地調査を行っている。2003 年秋の降雨時の調査では、一部の支流や本流で SS 増加が著しいことを報告した(渡部、2006)。

2006 年 8 月と 10 月にも低気圧通過に伴う降雨による増水が起こり、著しい SS の増加がみられた。本報告では、降雨に伴う河川ごとの SS の変化と、降雨後河川水量の減少に伴う SS の変化について調査を行ったので、この結果と 2003 年の SS の測定結果を比較し、増水に伴う網走川の濁りの状況について報告する。

調査内容と方法

調査地点および調査内容と方法は、渡部(2006)に従った。採水を行った河川名と採水地点は表 2 に、また測定項目とその分析方法を表 3 に示した。試水は 1 リットルポリ瓶に採水し、クーラボックスで冷蔵保存し網走市水産科学センターの実験室に持ち帰った。懸濁物質(SS)は工場排水試験方法(JIS K0102)に従い、

表 2 網走川水系での採水地点と河川名

地点番号	採水地点	河川名
1	大曲橋	網走川
2	女満別橋	女満別川
3	治水橋	網走川
4	木禽橋	木禽川
5	美幌橋	美幌川
6	大正橋	網走川
7	三宝橋	栄森川
8	活汲橋	網走川
9	永代橋	タッコブ川
10	達姫橋	網走川
11	緑栄橋	津別川
12	オンネキキン橋	オンネキキン川
13	展開橋	チミケップ川
14	ボンキキン橋	網走川
15	桜橋	ケミチャップ川
16	マップ橋	ドードロマップ川
17	ユウ谷の沢(河岸)	ユウ谷の沢
18	採石の沢橋	網走川

表 1 網走市の降水量(気象庁 気象統計情報)

	年降水量	最大日降水量	起日	最大 1 時間降水量
	(mm)	(mm)	月/日	(mm)
1997年	746.0	40.0	8月4日	22.0
1998年	841.0	69.0	9月16日	16.0
1999年	667.0	51.0	12月7日	12.5
2000年	952.5	83.0	9月2日	15.0
2001年	937.0	121.5	9月11日	12.5
2002年	850.0	52.0	8月20日	11.0
2003年	670.5	61.0	8月10日	22.5
2004年	768.5	40.5	12月5日	17.0
2005年	767.5	37.5	7月27日	13.5
2006年	1028.0	80.5	8月18日	24.5

表 3 測定項目と分析方法

測定項目	単位	分析方法	現地観測	室内分析
採水時刻			○	
水温	℃	棒状温度計	○	
透視度	cm	透視度計	○	
浮遊物質(SS)	mg/L	GF/Cろ過JISK0102		○

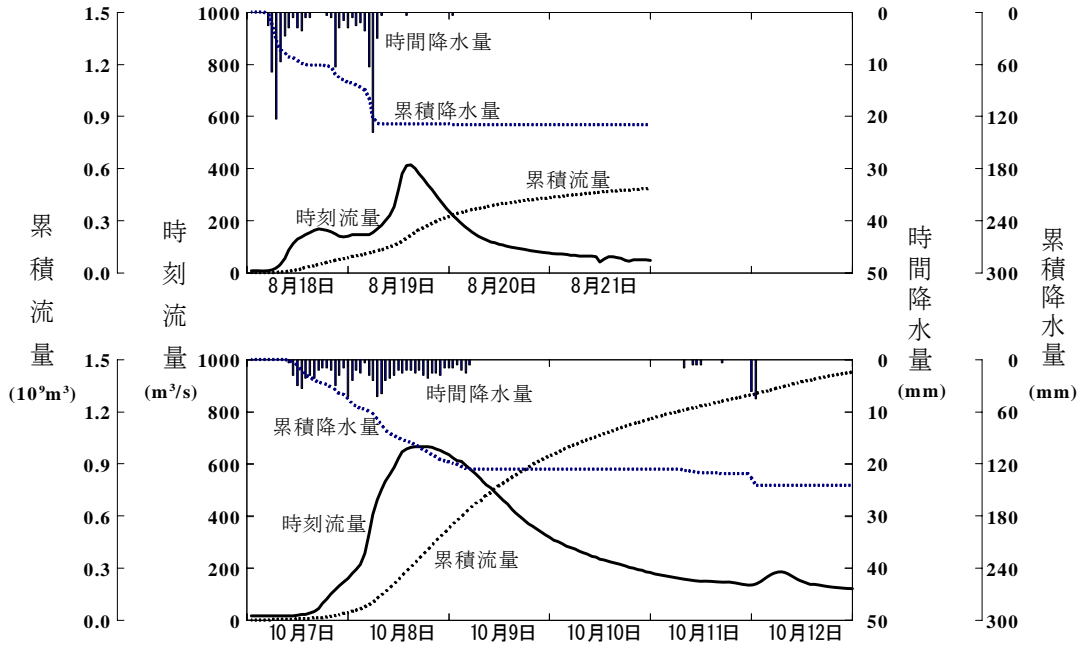


図1 2006年8月および10月の観測所網走での時間降水量と本郷流量観測所での時刻流量の変化

(上段は8月を、下段は10月を示した)

グラスファイバーフィルター (ワットマン GF/C) を用いて測定した。調査は、日降水量 30mm 以上が予測された 8月18日~19日と 10月8日~9日に行った。このほかに8月には降雨の1週間後にあたる8月25日にも調査を行った。さらに、10月の降雨時には、網走湖より下流域に当たる大曲橋と網走湖の上流部に当たる治水橋で、降雨のピークとなった10月8日を含め、以後10月20日までの毎日延べ13回の採水を行い、河川水の濁りの回復過程を観測した。降雨時に行った18地点の観測と採水には、ほぼ4時間を要した。

網走地方の降水量は気象庁の気象統計情報を用い、河川流量は網走開発建設部治水課から提供を受けた資料を用いた。

調査結果と考察

図1は、2006年8月と10月の調査期間中に観測された日降水量と網走川の流量変化である。ここでは観測地点網走での1時間当たりの降水量とその累積降水量を示し、あわせて本郷観測所での時刻降水量と累積流量の変動を示した。上段には8月18日から21日までの変化を、下段には10月7日から10月12日までの変化を示した。この間の時間降雨量と累積降水量についてみると、8月18日5時~19日8時までの28時間で累積降水量は128.5mmで、10月7日10時~9日5時にかけては、44時間の累積降水量は126mmとなった。8、10月の降水量の全量はほぼ同じであったが、降雨の持続時間は10月が長かった。また、降雨の状況も異なり、8月には最大1時間降水量が18日に22mm、19

日に24mmであったのに対して、10月は7日が7mm、8日が7.5mmと、大きな違いが見られた(表4)。8月は短時間に多くの降雨があり、10月は時間降雨が少なくても、降雨が長時間続いた。また、8月と10月では網走川流域でも上流部と下流部での降雨状況が異なり、8月に観測地点津別二股での降水量は、網走の1.3倍程度であったが、10月には1.8倍と上流部の降水量が多かった(表5)。このような降雨状況の違いが、ピーク流量の大きさや累積量に影響があったといえる。

表4 網走における2006年8月と10月の降雨状況

月日	最大瞬間風速	風向	日降水量	最大1時間降水量	最大10分間降水量
	(m)				
8月17日	14.5	南	0.0	0.0	0.0
8月18日	12.3	北	80.5	22.0	5.0
8月19日	10.0	北西	48.5	24.5	7.5
10月6日	8.0	東南東	—	—	—
10月7日	29.5	北	47.5	7.0	1.5
10月8日	34.0	北北東	70.5	7.5	2.0
10月9日	26.8	北北西	8.0	2.5	1.0

表5 2006年 網走管内の観測地点における降水量

月日	観測地点			
	網走	美幌	津別	津別二股
8月18日	80.5	88	130	121
8月19日	48.5	31	40	47
8月20日	0.5	0	1	0
8月18日~20日計	129.5	119	171	168
10月7日	47.5	47	74	95
10月8日	70.5	59	107	118
10月9日	8	6	12	12
10月10日	0	0	1	0
10月11日	11	12	14	25
10月7日~11日計	137.0	124	208	250

表 6 2006 年 8 月、10 月の網走川濁水分析結果 (空欄は欠測)

地点 番号	採水地点	8月18日		8月19日		8月21日		8月25日		10月8日		10月9日		10月16日	
		透視 度 cm	SS mg/L	透視 度 cm	SS mg/L	透視 度 cm	SS mg/L	透視 度 cm	SS mg/L	透視 度 cm	SS mg/L	透視 度 cm	SS mg/L	透視 度 cm	SS mg/L
1	大曲橋							>50	6		17	19.5	20	31.0	9
2	女満別橋	11.0	226	6.0	130			>50	11			6.0	134	>50	
3	治水橋	6.5	442	2.0	808	5.0	226	32.0	24		2260	1.5	1212	18.0	58
4	木禽橋	8.5	295	3.0	242			28.0	23			2.5	704	20.0	42
5	美幌橋	12.5	126	12.0	96			>50	8			6.5	178		
6	大正橋	6.0	642	1.0	1312			39.0	19			1.5	1337		
7	三宝橋	9.0	336	1.0	870			41.0	20			2.0	1277	28.5	30
8	活汲橋	4.0	734	1.0	1010			48.0	19			2.0	1370		
9	永代橋	4.0	960	1.0	1502			>50	8			1.5	1880	26.0	23
10	達娯橋	5.0	990	1.5	1060			>50	13			2.0	1103	27.0	41
11	緑栄橋	17.5	110	12.5	78			>50	2			5.0	329	>50	9
12	オンネキキン橋	9.5	262	3.5	448			>50	7			4.0	468		
13	展開橋	18.0	134	2.0	626			42.0	22			1.5	1913	25.0	39
14	鱒木禽橋	12.5	134	2.5	600			>50	4			2.5	653	>50	6
15	桜橋	4.0	1602	1.0	1338			>50	11			2.0	943	38.0	16
16	マップ橋	14.0	155	1.5	922			>50	2			2.0	803	>50	7
17	ユウ谷の沢	22.0	56	11.5	98			>50	1			4.5	336		
18	採石の沢橋			35.5	49			>50	3			23.0	57		

次に、表 6 には 8 月と 10 月に行った網走川本支流の調査地点で測定された透視度と SS の値をまとめ、表 7 には 10 月 8 日～20 日までの、網走湖より下流の大曲橋と網走湖より上流部の治水橋で測定した透視度と SS の経時変化をまとめた。図 2 には、各調査地点の位置図とそこでの SS の変動を示した。この図 2 には、2003 年と 2006 年の比較を行うために、渡部 (2006) をもとに、2003 年 7 月～8 月の SS と、今回 2006 年 8 月と 10 月の SS の変動とを併せて示した。

これらの表と図をもとに、はじめに 2006 年の結果をみると、8 月の降雨では支流のケミチャップ川桜橋とタッコブ川永代橋の SS が 1500mg/L を超えたのが際立っている。桜橋では降雨後比較的短時間で濁りが増しやすしいといえる。8 月の本流では下流に行くにつれて SS が増加する傾向が見られ、大正橋の 1312mg/L がも

っとも高い値となった。10 月の降雨時にも 8 月とほぼ同様な結果が見られ、チミケップ川展開橋、タッコブ川永代橋がそれぞれ 1913mg/L、1880mg/L と高い値を示していた。10 月は上流部で降雨量が多かったことが上流部の SS が高い濃度となった原因の一つと考えられる。10 月の本流では、8 日に治水橋で測定された値が最も高い濃度であったが、他の地点での測定は行っていない。9 日に予定地点の全地点で測定を行い、この結果では本流の SS は流下するにつれて濃度は増加し、いずれの地点で 1000mg/L を超えていた。本流では流下につれて SS が増加するという傾向は 2003 年の調査結果と同様であった (渡部、2006)。10 月は上流部の降雨量が多かったこともあり、地点によっては 8 月の増減とは異なった動きを示していた。それは、8 月に高い値を示したケミチャップ川やタッコブ川に代わりチミケップ川展開橋の SS が最も高い値を示した。本流では 8 月に比較しても高い濃度で推移していた。

2006 年の測定結果で最も特徴的なことは、本流左岸への流入河川の SS が高いことである (図 2)。本流右岸に流入する支流の SS の増加量は少なく、おおむね 200～300mg/L 程度で、中でも高い濃度が見られたオンネキキン川オンネキキン橋でも、8 月、10 月ともに 500mg/L を超えていない。一方、本流左岸に流入する支流では、すでに示したように 1500mg/L を超えるような濁りの河川が多い。このような差の生ずる原因として、流域の土地利用上の違い、河川周辺の開発の差、地質条件の差などが考えられ、今後検討しなければならない課題も明らかとなった。

次に降雨が収まった後、河川水の SS はどのような変化をたどるか、また流量と SS の関係はどのような連動を示すかについて検討した。図 3 には 10 月 8 日から

表 7 網走川連続採水調査結果

月日	大曲橋			治水橋		
	透視 度 cm	SS mg/L	時間	透視 度 cm	SS mg/L	時間
10月8日		17	15:02		2260	14:40
10月9日	19.5	20	16:48	1.5	1212	16:00
10月10日	3.5	152	8:55	2.0	770	10:15
10月11日	7.0	66	9:00	3.0	494	9:50
10月12日	11.5	36	8:50	4.0	334	14:35
10月13日	12.0	33	8:50	5.5	198	10:20
10月14日	11.5	37	13:00	7.5	145	13:25
10月15日	15.5	20	13:40	13.5	80	14:00
10月16日	31.0	9	16:53	18.0	58	16:26
10月17日	13.5	34	9:53	17.5	42	11:20
10月18日	38.0	9	7:40	33.5	26	15:05
10月19日	>50	6	8:20	46.0	27	16:26
10月20日	>50	8	15:30	>50	20	15:30

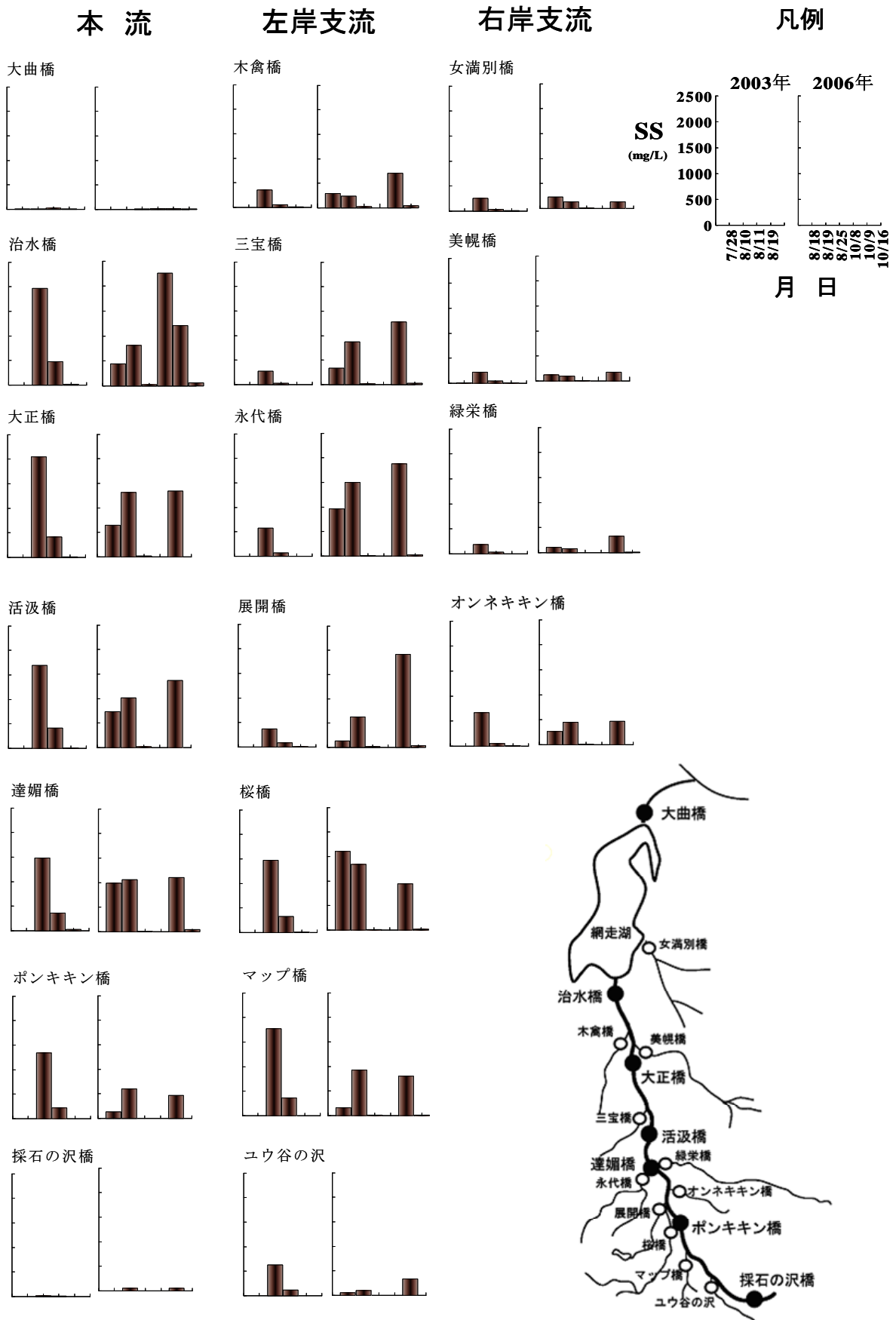


図2 2003年と2006年に測定された採水地点別のSS濃度

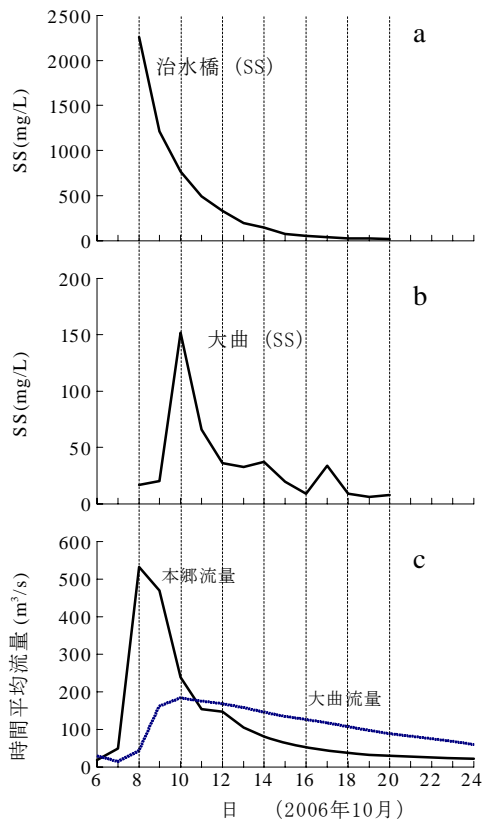


図3 2006年10月増水時のSSと流量変化
(治水橋(a)、大曲橋(b)のSSと、本郷、大曲の流量(c))

10月20日まで、治水橋(図3a)と大曲橋(図3b)で測定されたSSの経時的な変化を示した。あわせて本郷および大曲の流量観測所で測定されたSS調査日の時間平均流量の変化を示した(図3c)。

これらの図から、10月8日の治水橋での測定は、流量とSSのピーク時の測定となったと推測される。治水橋のSSは日時の経過とともに急激に減少し、大曲橋では治水橋よりも2日遅れてピークを示し、治水橋でのピーク時の値に比較すると10分の1以下の濃度となっていた。また、大曲橋の流量は治水橋の最大流量に比較すると5分の1程度と少なく、網走湖は網走川から流入した多量の水を貯める一時的な水がめとして、また多量の濁りの沈殿池としての役割も担わされている。

降雨後のSSは、治水橋では急速に低下するが、濃度が100mg/L以下になるまでに約1週間を要し、水産用水基準(日本水産資源保護協会, 2006)にある河川水中のSS基準である25mg/L以下になったのは10月20日で、この間2週間という長時間を要した(表7)。一方、網走湖から流出した水は10日に一時的に150mg/LのSS濃度となり、その後は30mg/Lを超える濃度が1週間続いた(表7)。前回、2003年には治水橋のSSの最大値が約2000mg/Lであったにもかかわらず、

大曲橋では30mg/Lを超えていなかった(渡部, 2006)ことから考えると、今回の降雨は湖水に与えた影響も大きかったことが推測できる。網走湖に限らず、湖内のSSは光合成による生物生産を妨げることから、水産用水基準(日本水産資源保護協会, 2006)では、湖でのSSはサケ、マス、アユの生息以外では3.0mg/L以下とされている。網走湖の出口で30mg/Lを超える濁りが1週間近く続いたことは、湖内の生物の生息にとっても異常な現象であった(渡辺, 2008)。

Newcombe and MacDonald (1991)は濁りの濃度とその継続時間からサケ科魚類に与える影響の度合いを次の式で近似し、階級の持つ影響の程度を14階級で示している。

$$\text{影響の階級} = 0.738 \times \ln(\text{強度}) + 2.179$$

$$\text{強度} = \text{時間} \times \text{濃度} \quad (h \times \text{mg/L})$$

今回の10月8日から20日までの治水橋でのSSの濃度と継続時間を考えると、影響の階級は約10程度と計算された。次に8~11の階級の値がもつ影響度合いについて示すと、

8-生理学的なストレス、組織学的な変化

9-成長率の減少

10-0~20%のへい死

11-20~40%のへい死

とされていることから、10月の増水時の濁りは、少なからずへい死を招く値であり、影響が大きかったといえる。

次に河川流量とSSの関係では、本郷観測所での時刻流量と治水橋でのSSとの関係(図4a)、大曲観測所での時刻流量と大曲橋でのSSの関係(図4b)について示した。大曲橋の関係は直線的でないことから、2つの場所に共通する回帰式を採用するため、二次式を用いて近似した。治水橋での観測では一回帰式でも

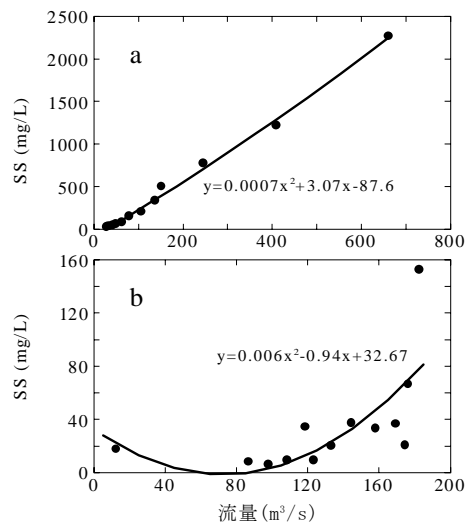


図4 時刻流量とSSとの関係(治水橋のSSと本郷の流量(a)、大曲橋のSSと大曲の流量(b))

$r=0.997$ という高い相関係数となり、流量の増加がSSの増加に結びついていた。この原因が河川周辺の表層流からのSS負荷か、河床に沈殿していた泥が攪拌され流量の増加とともに流出して来たものか、今回の調査からは明確な原因は明らかにできなかった。この理由として、降雨初期から増水のピークにいたるまでのSSの変化を把握していないことによる。橘・中川 (1998) による、増水の初期から平常水位に戻るまでの流量とSS負荷量の関係式から、洗い出し型、濃度一定型、希釈型などの要因評価を行う必要がある。また、武田 (2001) は水量が増す過程でのSS負荷量の増加と、水量が減少する過程での負荷量減少のパターン (ヒステリシス) の特徴も評価の指標としている。これらの解析にならない、より詳しい検討が必要である。

図4で示した回帰式から流量変化によるSSの予測値を求め、積算により湖内に沈殿すると推定される泥の量を見積もることも可能である。しかし、上述のように増水のピークに至る過程のSS変化に関する把握が十分でないため、ここでは触れない。

2006年の8月と10月では、調査地点による濁りの現れ方の違いがみられ、SSの増加過程もやや異なっていた。この原因には、降雨量や降雨強度、集水域内での降雨量の差、河川周辺の土地利用形態の違いなど、複雑な要因があると考えられる。これらの解明のためには、さらに詳しい調査が必要であり、原因のはっきりしているところから順次対策が求められている。

網走川水系の下流域には漁業生産の場として利用されている網走湖があり、濁水が湖内に流入することは、湖沼の正常な漁業生産に少なからず影響を与える。しかし、これらの評価も決して十分には行われていない。前述のように、網走地区は小雨地帯ということから、降雨増水の頻度も少なく、影響も見過ごされがちであった。しかし、近年の降雨状況からみると楽観することはできなくなっており、河川の濁りについては十分その発生原因を考え、湖沼環境の悪化や漁業被害を最小限にとどめるための対策が望まれている。

謝 辞

結果の取りまとめに当たり、網走川の流量データをご提供いただきました網走開発建設部治水課にお礼申し上げます。また、本調査デザインについての助言、現地調査においてご協力いただきました網走漁協の小林耕一総務部長、西網走漁協の川尻敏文技師に深謝申し上げます。また貴重な助言を頂きました東京農業大学の西浜雄二客員教授に感謝申し上げます。

文 献

網走開発建設部(2006). 網走湖の現況について.

第19回網走湖水産研究会資料.

北海道立水産孵化場(2002). オホーツク海区東・中部地区のサケ親魚遡上不振の原因究明報告書, p. 47.

気象庁 気象統計情報

(<http://www.data.kishou.go.jp/index.html>)

Newcombe, C. P., and MacDonald, D. D. (1991). Effects of suspended sediments on aquatic ecosystems. *North Amer. J. Fisheries Management*, 11, pp. 72-82.

日本水産資源保護協会(2006). 水産用水基準(2005年版), pp. 4. 日本水産資源保護協会, 東京.

西網走漁業協同組合(2006). 網走湖の漁業の状況, 19回網走湖水産研究会資料.

橘 治国・中川桂久(1998). 石狩川の融雪期水質. 積雪寒冷地の水文・水資源, pp. 139-158. 信山サイテック, 東京.

武田育郎(2001). 水と水質環境の基礎知識. pp. 155-166. オーム社, 東京.

東京天文台(2006). 理科年表 2006年版, p. 184. 丸善, 東京.

渡部貴聰(2006). 2003年台風10号による降雨時の網走川水系の濁り. 魚と水, 42, 55-59.

渡辺智治・安富亮平・隼野寛史・田村亮一・畑山誠・藤原真・鈴木邦夫・新谷康二・川尻敏文・今田和史(2008). 2006年秋の網走川におけるサケ親魚斃死時の状況. 魚と水, 44, 36-39.

まとめ

1. 少雨地帯の網走で、2006年には8、10月に2度の出水にみまわれ、このときの河川のSS変化について調査した。
2. 本流左岸に流入する支流では、10月に最大1900mg/Lを超える濁水が発生し、右岸の支流に比べ、濁りやすい川が多い。これは2003年の出水時もほぼ同様であった。
3. 2006年も2003年と同様に、網走川本流では下流に行くにつれて濁りが増す傾向にあった。このことから、増水初期から増水の終期にいたる観測を行い、SSの発生要因を検討する必要がある。
4. 2006年10月の網走川本流では、SSの水産用水基準である25mg/L以下になるには2週間を要していた。
5. 河川・湖沼の濁りは、SSの濃度と持続時間の積である強度によって生息する水産生物に様々な影響がある。影響を最小限にとどめるため、早急な対策が求められる。

(いまだ かずし：現 北海道栽培漁業振興公社)