

標茶町・西別川に生育するバイカモの生長と河床変動との関係解明に関する研究

藤江 晋

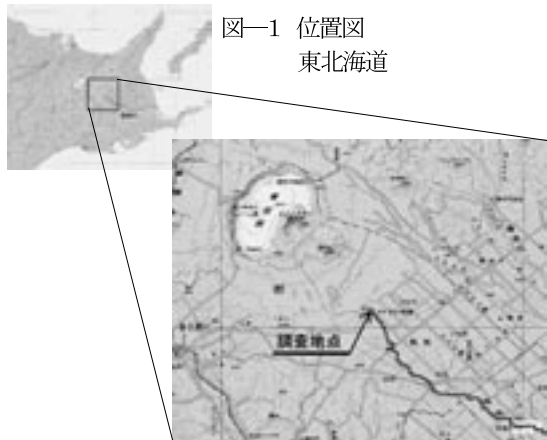
北海道

1. 目的

西別川は北海道東部の中央部を流れ、摩周湖を水源として西別岳南東の山麓より湧出しており、湧出量は豊富である。上流部の約3kmは自然の河畔林に囲まれて人為的影響を殆ど受けていない環境にある。この区間には、多年草のバイカモ(北海道RDBの希少種に指定)が河川の全てを満たすように生育していたが、2005年1月に西別川のバイカモが減少し、バイカモの群落生育数がおおよそ最盛期の約10%以下と見られる状況も発生した。河床は最大流速線上等の瀬・淵の起伏のある状況から平坦となり、硬質化した部分が多くなり環境が変化した。これらの原因については不明であり、バイカモの生育状況の変化、河床の変動との関係の観察・研究を行う。

2. 調査地の概要

西別川は北海道東部の西別岳南東の山麓を源流として、流路延長約78km、流域面積約450km²となり根釧台地を流れ太平洋にそそいでいる。植生としては、西別岳東側山麓はクマイザサ群落とダケカンバ林が見られ、西別川の湧水地を中心としてミズナラ、ハルニレ、ハンノキ、ヤチダモ類が多く、周辺地はカラマツ、アカエゾマツ、トドマツなどの造林地もある。魚類としては、サケ、ニジマス、アメマス、ヤマメ、オシロココマ、ウグイなどが生息している。気象条件は年間降水量1,073mm、平均気温5.2℃、日照時間1,575.9時間(気象庁アメダスデータ2005年・上標津)となり、日照時間については6～8月にかけて釧路地方の霧の影響もあり7月には50時間を下回り、降水量は187mmと多くなる。また、気温は夏場でも8月で平均気温19.5℃、冬場の2月には平均気温が



図一 位置図
東北海道

図二 調査地拡大図 カシミール3Dより

マイナス7.6℃となる。行政区域的には源流部は釧路支庁・標茶町・虹別となり、中・下流部は根室支庁・別海町となる。

3. バイカモの概要

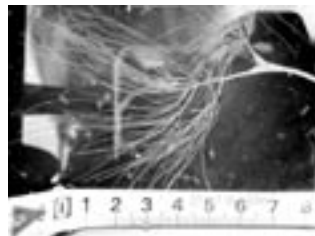
バイカモとは

きれいな河川の水中に緑の葉をなびかせ、花の時期になると水面に白い梅のような花を咲かせる常緑で多年草の沈水植物。

花の直径は約1.5cmで花期は春から秋まで見られるが、時には冬場の暖かいときに花を付けることもある。花弁は5枚で色は白、雄しべ、雌しべとも多数。

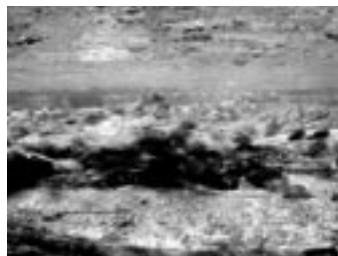


葉は緑色で葉の長さは3～7cmで糸状であるが、水中で見ると全体が筆のように見える。



茎は緑色で長さは西別川の調査地点においては最長で約1m50cm。

水中で茎を見ると流れの中でかなり激しく動いている。



4. バイカモの各部の名称と役割

バイカモは水中に生育するため、日常的には水中の様子を詳しく見る機会が少ないため、植物の器官としての、葉、茎、根などの基本的な名称・役割について述べる。

①葉と茎。

葉は針状で長さが平均5cmで扇状となり、水の流れに対して抵抗が少なく、流れにも逆らわない形状。

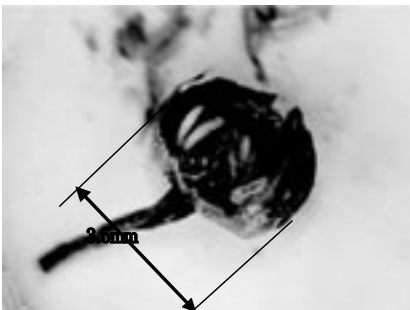
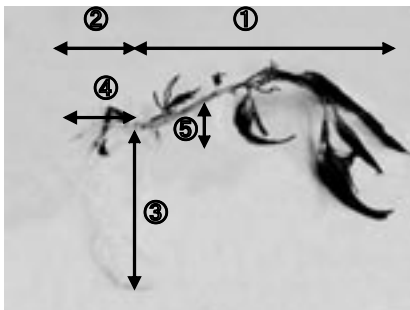
茎は観察した中で最大長は1m50cm。茎が成長する過程で流砂(礫)の堆積などにより茎が地下部になる例があった。写真上にはないが、茎は成長するに従い側枝を成長させる。バイカモが群を作る中で直射日光が当たる部分は比較的緑色が強いが、直射日光が当たらない茎は白い傾向が見られた。

②地上部を支え水や養分を供給する根。

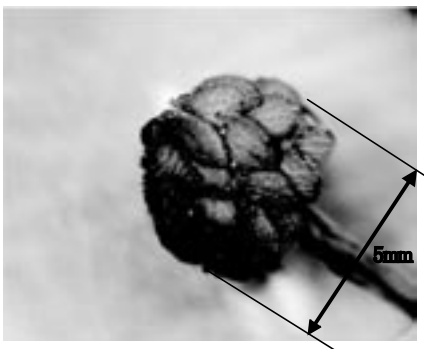
③主根は茎が流速に耐えるために非常に深く、且つ側根を発達させて茎を安定化させている。種子が発芽し茎と一体的な部分(直根)。

④根の側方に出る二次的な側根。

⑤根以外の器官(節)から二次的に成長する不定根。茎は成長するにしたがって流されないように安定化させるために、節の付近から不定根を発達させる。バイカモの個体群化した河床部に近い茎ほど節より不定根が発達している。



つぼみ



草果

5. バイカモの生長過程



バイカモはどのように生長していくのであろうか？

上の写真は4月のバイカモの生育状況であるが、今年伸長した新しい茎が多く見られる。茎の初期の生長段階として特にパターン化したものは見受けられず、疎らに生長しているように見られる。では何故バイカモの生長は一樣に個体群化しているのであろうか？という疑問がでてくる。生長の一過程としては次のような段階が観察できた。

- ①多年生草本として、地下系の根・不定根・茎、側枝、匍匐茎などからの生長。
- ②種子又は茎が流下する過程で障害物・流速等により河床に定着する。(茎の流下⇒栄養体繁殖)
- ③河床部より根・茎の生長が始まる。
- ④バイカモの茎が成長し葉が出てくるとバイカモの下流部の流速は落ちる。
- ⑤流速が落ちることにより送流砂(礫)・浮遊砂が堆積していく。
- ⑥堆積により茎が埋まると同時に節の付近から不定根が成長しより強固に定着し匍匐成長する。
- ⑦定着した茎が成長すると流速・淵・瀬などの河川状況により個体群化を形成していく。
- ⑧個体群化することにより安定的な成長をすることができる。⇔淘汰されていく(種内競争)
- ⑨個体群化したバイカモの周辺は相対的に淵となる傾向がある。
- ⑩個体群化したバイカモの茎が成長することにより河床の全体を覆い上部・中間部・底部の流速(流れに対して抵抗として)を均一的傾向にして、生育環境をより安定的な最適域を形成していく。

個体群化…バイカモの茎が複数集まり個体群を形成する。河床形状としては楕円形でドーム状が多く見られたが一定ではなく、河床変動の許容範囲内に生育河床形状が作られる。

これらのバイカモの生長過程(例)を踏まえながら観察していく。

6. 調査地点の設定

調査地点の設定としてはバイカモの生態だけに捉われることなく河川全体として、河畔林・河川の形状・水生植物帯の垂直分布などを考慮して複数の地点を調査することが必要であると考え、調

査地点2ヶ所(調査地点A・B)を設定した。バイカモの生長と河床変動等を調査するには、各調査地点における任意のバイカモを選定して生長と流下を記録しながら、調査地点の河川の断面を3ヶ所設定して断面の水深・流速(上部・中間部・底部)の測定を行うことにより、バイカモの生長と河床変動を立体的に考えていく。

調査地点における特徴は、2調査地点とも水源より500m以内の距離にあるため河川に供給される水は湧水が主で一年中水温の変化が少ない。河畔林に覆われているため直射日光の影響が少なく水量も豊富なため水温が外的要因で変動を受ける要素が少なく、水深は浅く最大水深も約40cmであり、河川幅は最大で約11mというほぼ同じ生育環境である。

7. 調査地点の河川図

(1) 調査地点A

調査地点Aは全体の流れから見ると最大流速線が中心よりやや左岸側にあり、調査地点の上流・下流に淵があり全体的には瀬に相当する。調査断面はA-1, A-2, A-3として、それぞれの1m毎に上部(水面下5cm)、中間部、底部の3ヶ所の流速を測定し、水深を記録する。同時にその調査対象内で任意のバイカモ5個体群を選び茎の生長を観察する。(図を見て右を右岸、左を左岸とします)

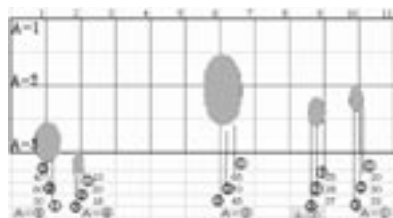
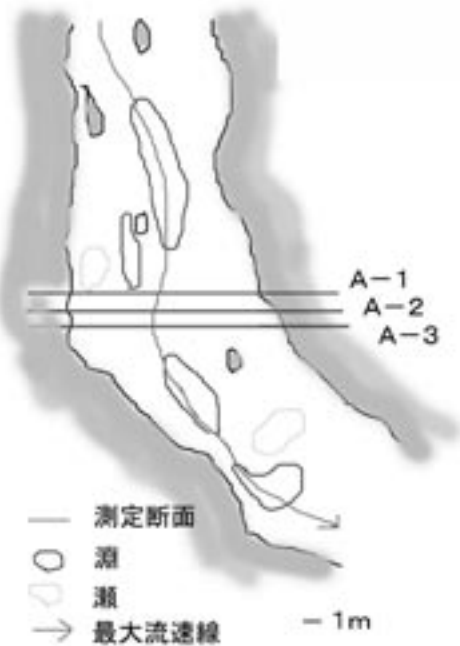


写真 2005.7.16

自然の河畔林に覆われて水生植物帯の分布についても沈水帯のバイカモ、抽水帯のヨシ等、湿生帯のヤマドリゼンマイ等、水辺林のヤナギ類、ハルニレ、ハンノキ、ヤチダモ等、水辺の垂直分布からも河岸の安定的な環境を見ることができる。

(2) 調査地点B

調査地点Bは直線的な流れの中で最大流速線は中心よりやや左岸寄り、下流で左に曲がる。最大流速線は安定的であるためか最大流速線上に一番深い淵がある。調査地点Aと同様に調査断面はB-1, B-2, B-3として、それぞれの1m毎に上部(水面下5cm)、中間部、底部の3ヶ所の流速を測定し、水深を記録する。調査対象内で任意のバイカモ4個体群・2個体を選び茎の生長を観察する。

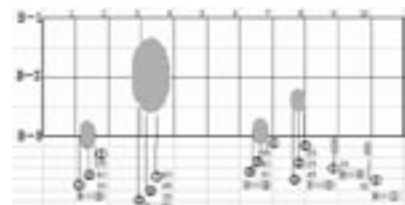
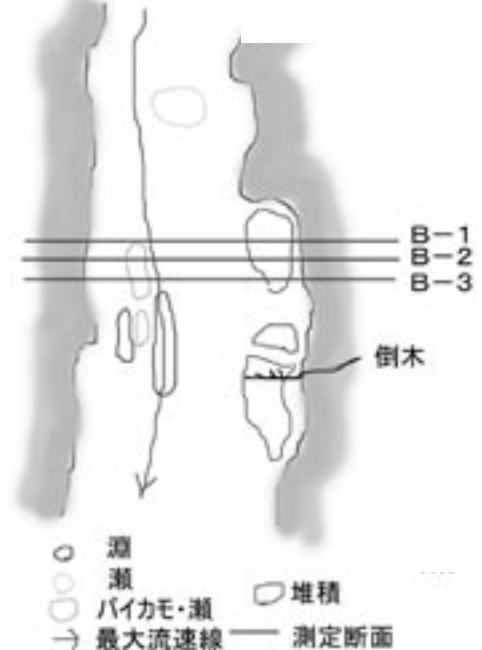




写真 2005.7.16

調査地点Bの特徴としては写真左側のバイカモの個体群B-⑤が群を抜いて大きいことであり、その個体群の線上に最大流速線が重なっている。植生の垂直分布は調査点Aとほぼ同じとなる。

8. バイカモ個体群の茎・花・不定根の測定

6月26日 調査地点AよりバイカモA-①からA-⑤の個体群と調査地点BよりB-③からB-⑥の個体群の中から任意の茎を選び、長さ、茎の分岐数、直径、花の数、節よりの不定根数、葉長を測定した。

1. 茎の分岐数は茎の長さとは比例する傾向があり約40cmで2～3本分岐し、約50cmで3～5本分岐している。
2. 花・実については約30cm以下では見られず、41cm以上ではB-③の個体に3つの花を付けていた。茎長が約50cm以上になると一様に花はついている。
3. 不定根については個体群の中で水面に近いものと河床に近いものとで違いがあり、河床に近いほど不定根は多くなる傾向が見られ、茎の色は日に当たらないと白い傾向がある。
4. 葉長は3.8～6.8cmで糸状。

調査地点	個体群	長さ (cm)	分岐数	直径 (mm)	花の数	不定根数	葉長 (cm)
A	①	45	3	1.2	0	1	4.5
A	②	35	2	1.0	0	0	3.8
A	③	55	4	1.5	3	2	6.8
A	④	40	2	1.1	0	1	4.2
A	⑤	60	5	1.8	4	3	7.5
B	③	42	2	1.3	0	1	4.8
B	④	38	2	1.0	0	0	3.5
B	⑤	52	3	1.4	2	2	6.2
B	⑥	48	3	1.3	1	1	5.5

表一 調査地点A・Bの個体群より任意の茎を測定

9. 河川水の水温・pH・電気伝導度・溶存酸素

バイカモは水中で生育するが、物理化学的環境要因として日照、気温、降水量、地形、土壌の粒径などで、水の中では水温、pH、流速などがあるが、5～9月まで水温、pH、電気伝導度、溶存酸素の測定を行ったが、水温については5月に7.8℃から7月の9.9℃を最高値として徐々に下がっていく。湧水の特徴として平均水温が8.9℃と低く、温度差は2.1℃以内で安定していることがうかがえる。pHは平均7.58となりほぼ中性ということがいえる。電気伝導度は水中に溶存しているイオンの総量であるが、日本の河川水の平均電気伝導度は130 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であるが、西別川は100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 程度で安定している。溶存酸素については6月の10.2mg O₂/lから10月の12.9mg O₂/lへと増加傾向を示している。

	5月20日	6月26日	7月18日	8月10日	9月10日	10月17日
水温 (℃)	17.0	21.0	24.0	22.0	19.0	16.0
pH	7.5	7.4	7.2	7.2	6.8	7.0
電気伝導度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	80	110	90	90	80	110
溶存酸素 (mg O ₂ /l)	—	10.2	10.5	11.5	12.0	12.9

表一 水温・pH・電気伝導度・溶存酸素

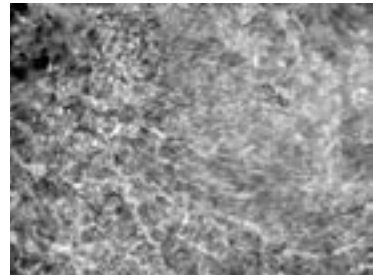
バイカモの生長の初期段階における各状況



新芽



個体群化 初期



個体群化 初期



バイカモ群 つぼみ



匍匐茎



バイカモ群 先端部



バイカモ群の下流部

10. バイカモの茎の生長と流下

1. バイカモの茎の生長を記録するため、調査地点A、Bにおける任意のバイカモの個体群を選び、調査地点Aのバイカモ5個体群A-①～A-⑤の15の茎と調査地点Bの4個体群・2個体B-①～B-⑥の14の茎にマークをつけて観察を行った。

2. 調査地点Aの特徴

- ① A-①の個体群は水深20cmと比較的水深が浅く流速が約0.7m/sで茎の浮力より流速の抵抗が大きく茎全体が河床に接触している。
- ② A-③の個体群は最大流速線上に生育し個体群の前部が淵となり洗掘傾向にある。
- ③ A-④、⑤個体群は流速がマイナス値(逆流)を示す部分もあり、流砂等の堆積傾向がある。茎は流れが弱いためか若干硬いようである。(流速と茎の硬質の関係は不明)

3. 調査地点A 茎の成長・流下 (表-3)

- ① 6月21日に茎にマークを付け各茎の長さは表-3となるが、A-③の個体が他と比較して大きく茎長も45～70cmとなる。
- ② 7月15日A-③の個体群のマークした茎は全て流下した。

茎の成長は24日を経過して平均約18cmとなるが、最大で33cmの成長がみられ一日1cm以上成長した茎もある。A-⑤-②のマイナス5cmは流砂等の堆積により茎が埋まり結果として茎の成長がマイナス値を示した。

- ③ 8月10日A-②-②、A-④-②、A-⑤-①～③の茎流下。25日間で平均成長は約20cmとなり、一日約1cm近く成長している。A-⑤個体群であるが、この場所は流速も比較的遅く安定的に成長するかと考えていたが全ての茎が流下した。原因は不明。茎の残存率40%。
- ④ 8月25日A-①-③以外全て流下。最大流速線を中心として扇状に流下していく傾向が見られるが、流速と茎の流下に何らかの関係があることが推察される。茎の残存率7%。

4. 調査地点Bの特徴

- ① A-①、A-②は個体群化する前の単独の茎であり、周囲には疎らに茎が出ている。
- ② B-⑤個体群は最大の個体群であり、他の個体群とは河床部生育面積の大きさが3倍程度ある。

5. 調査地点B 茎の生長・流下 (表-4)

- ① 6月21日B-①、②個体とB-③～⑥個体群の14箇所の茎にマークを付ける。B-①、②は単独の茎であり個体群を形成する前のもので、どのように生長(流下)するのかを見る。B-⑤個体群は群を抜いて大きな個体群であり茎の長さも60cm位のものが多く見られる。茎の長さから今年生長した茎というより昨年より継続的な個体群であることが考えられる。生育場所も最大流速線上であり、調査地点Bの最大深度(36cm)との関係があるのかもしれない。
- ② 7月15日B-①、②個体は約10cmの成長であるが、他の個体群は平均で27cmの成長がみられる。特にB-④、⑤の個体群は25～40cmの成長が認められるが、これは個体群の安定成長期は流速が速いほど成長する傾向があることが考えられる。
- ③ 8月10日B-②の個体が流下、他にも5茎が流下している。茎の残存率57%。
- ④ 8月25日B-①の個体も流下、個体群化しない茎は流下していく割合が高いことが考えられる。茎の残存率28%。

春先の4月頃は種子、地下系の根・不定根・茎、側枝、匍匐茎などからの成長が多く見られたが、5～6月にかけて同一種内の競争が行われ茎が淘汰されながら個体群を形成していく。一方、6月以降バイカモ個体群の成長期に入り茎の成長が日に約1cmとなる。茎は成長しながら個体群化していくことにより安定的な生育環境を形成していく傾向が見られたが、河川という流速があり絶えず茎が波打つように動いている状況では茎が流下する割合が高くなるが、各個体群の成長が衰退するのではなく個体群全体としては茎・側枝・葉など成長の割合の方が高く安定的に成長していく。8月以降も流下は進むが個体群全体で見ると安定的成長期といえる。

茎の生長・流下 図表

6月21日調査地点A・Bにおいて各々任意のバイカモ個体・個体群を選択し、茎にマークを付けバイカモの茎の生長・流下等の観察を行った。

調査地点A・Bの任意に選んだバイカモ個体群の分布状況(バイカモ個体群の全てではない)

楕円形の部分はバイカモの根の部分であり茎全体を示すものではない。

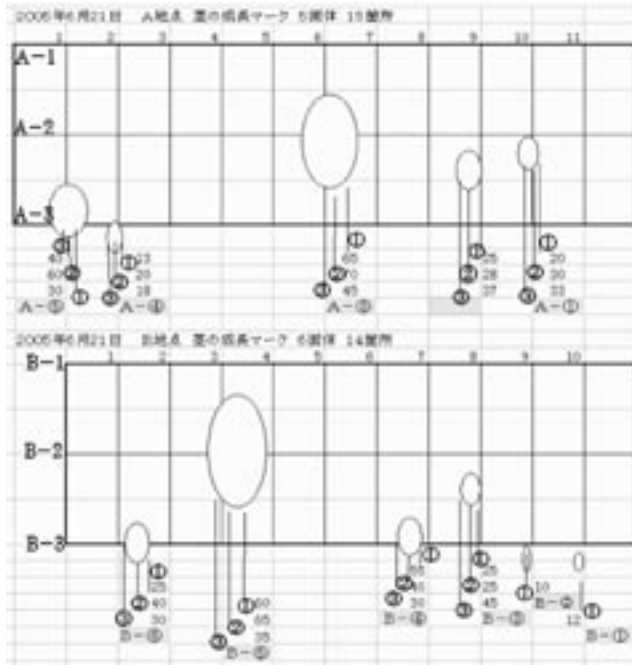


図-3

	6月 21日	7月 15日	8月 10日	8月 25日
A-1	20	55	75	成下
A-2	30	60	80	成下
A-3	32	40	80	95
A-4	25	55	80	成下
A-5	7	43	—	—
	45	成下	—	—
	75	成下	—	—
	45	成下	—	—
A-1	13	25	45	成下
A-2	20	32	成下	成下
A-3	18	20	38	成下
A-4	40	65	成下	成下
A-5	40	55	成下	成下
A-6	20	63	成下	成下

表-3 バイカモの茎の生長・流下

	6月 21日	7月 15日	8月 10日	8月 25日
B-1	32	51	32	成下
B-2	38	52	成下	—
B-3	28	45	成下	—
	25	52	80	105
	45	成下	—	—
B-1	50	成下	—	—
B-2	40	50	30	成下
B-3	20	70	成下	—
B-4	60	90	90	成下
B-5	65	成下	—	—
B-6	20	72	90	成下
B-7	25	50	72	65
B-8	40	58	82	75
B-9	20	58	72	84

表-4 バイカモの茎の生長・流下

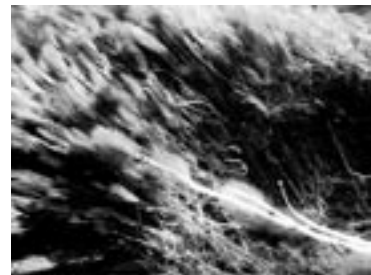
バイカモの生育環境



バイカモを定点で測定する上で二本の棒(上部ピンク色)を1ヶ月程河床に固定していたところ、流下してきたバイカモの茎が多数絡まった。このように様々な原因であろうが流下する茎の数は多い。



7月4日調査地点Aの上流部で物陰が動く気配があり、見るとエゾシカがバイカモを採食していた。冬期間は比較的採食を目にすることはあったが、夏に目撃したのは始めてである。



個体群化したバイカモ河床生育部の前部の土が洗掘されて根・茎が枯れていくところ。調査地点A-③個体の前部。



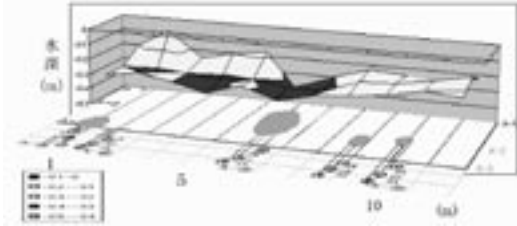
バイカモが個体群化し安定的な状態。流速に対して河床が安定状態であるため、バイカモの茎(群)が成長して枯れている状況などが見られない。

10月21日

11. バイカモの水深と流速の関係

(1) バイカモと水深

調査地点AにおいてA-1～A-3の断面の水深を測り、縦軸に水深(マイナス0.1は10cm)、横軸に1m間隔のラインをつける。各測定点を等高線グラフで表し、図-3にバイカモの根の部分に色を付けグラフ-1と合成すると次のようになる。6～9月までの4ヶ月間に流速・水深・バイカモの成長を観察したが、等高線グラフで3次元的に数値の傾向を表示し、それぞれのグラフを比較することにより変動を見ていく。(P13～16)



グラフ-1 水深とバイカモの位置との関係
(調査地点Bについても同様な関係)

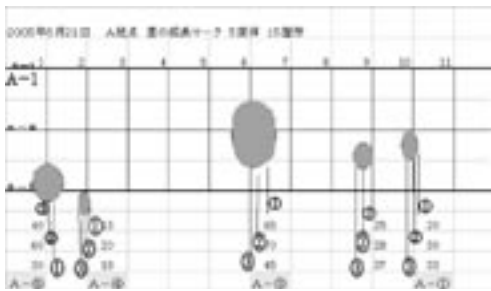
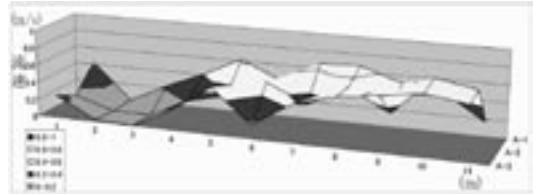


図-3 に色を付けたもの

(2) バイカモと流速

調査地点A・Bの流速を水面より水深約5cmの上部、水深の中間部、河床より約1cmの底部の3ヶ所を測定したが、それぞれの値を等高線グラフ(グラフ-2)で結び面として表す。縦軸は流速のm/sで、マイナス値の場合は逆流していることを示す。底部はバイカモの茎の影響などで比較的低い値を示す傾向があるが、中間部はバイカモの茎があるなしで値が大きく変わる。上部はバイカモの茎の影響は比較的少ないが、水面を覆うような大きな個体群の場合は極端に低い数値を示す。測定値は瀬・淵に止まらずバイカモの茎など抵抗を受け、複雑に変化する水の運動を数値化して傾向を見ることは容易なことではないが、細部の数値を等高線グラフで表す事により全体の傾向を考えていく。(P13～16)

ここでの流速は流量を求める目的ではなく、河床・バイカモ・流速の関係の視点で測定しているものである。



グラフ-2

(3) 水深等の変化

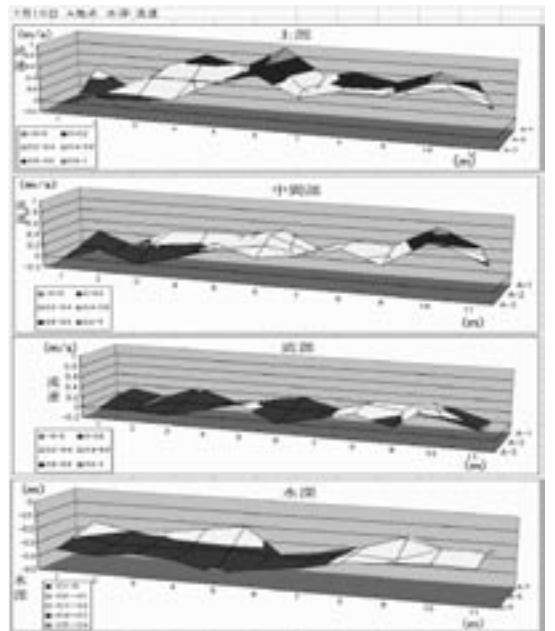
バイカモの個体群の形状は水流に対しては抵抗として作用するため、流速と成長との関係は大きい、バイカモが個体群化しながら茎が成長する時期はバイカモ周辺の流速・河床の変動など変化する要素が複雑化する傾向がある。表-5は調査地点BのB-2測定断面の変化を表したものであるが、1～10mの測定点により幅はあるが全体として水深が深くなっている。

日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7月15日	0.12	0.21	0.31	0.21	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21
7月22日	0.12	0.21	0.31	0.21	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21
7月29日	0.12	0.21	0.31	0.21	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21
8月5日	0.12	0.21	0.31	0.21	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21
8月12日	0.12	0.21	0.31	0.21	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21
8月19日	0.12	0.21	0.31	0.21	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21
8月26日	0.12	0.21	0.31	0.21	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21
9月2日	0.12	0.21	0.31	0.21	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21
9月9日	0.12	0.21	0.31	0.21	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21
9月16日	0.12	0.21	0.31	0.21	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21
9月23日	0.12	0.21	0.31	0.21	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21
9月30日	0.12	0.21	0.31	0.21	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21

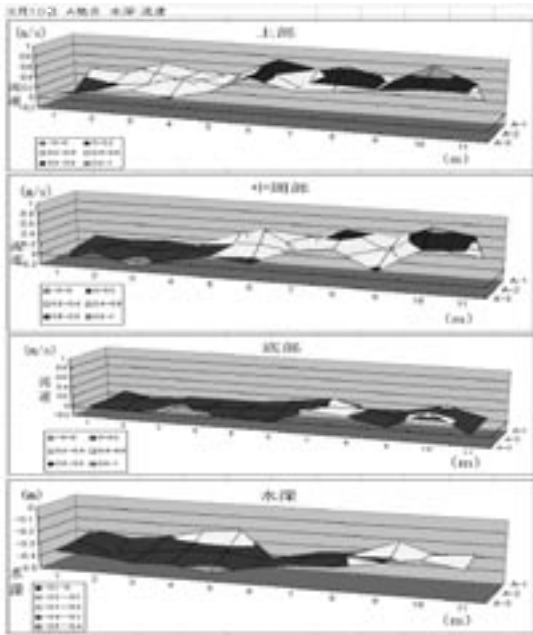
表-5 調査地点B B-2の水深変化

12. 水深と流速の変動

(1) 調査地点Aの水深、流速(上部、中間部、底部)の変動



7月15日 グラフ-3



8月10日 グラフ-4

上のグラフは7月15日から9月10日(グラフ3～5)まで水深・流速を測定した結果を等高線グラフで表示したものである。

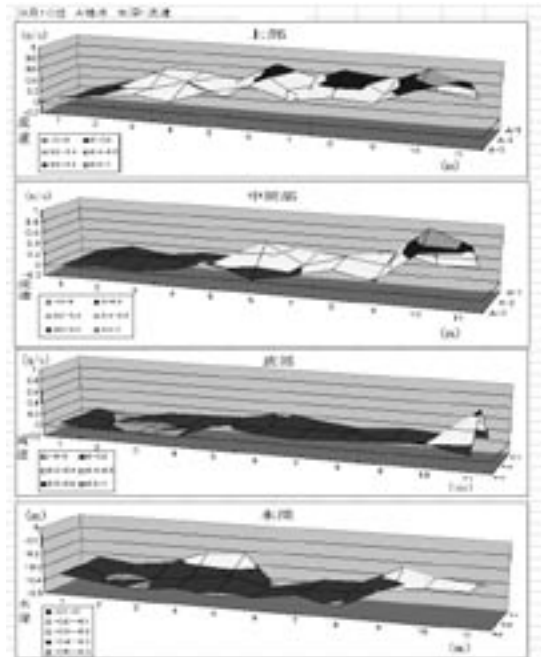
1. 水深について

7月15日から9月10日までの間にA-1～3の断面と1～6m間の変化は少ないが、7～9m間は洗掘傾向がみられる。7月頃にA-1-6地点のA-③のバイカモ個体群の前部の河床部が洗掘傾向にあり7月15日の41cmから9月まで月に5cm単位で洗掘して2ヶ月で10cm深くなり、根腐れや茎の流下が見られたが10月には洗掘が少なくなり安定してきた。一方でA-③個体群はA-2-6上にあるが、水深の変動からみると3cmの低下となり、A-1-6地点の10cm低下より少ない。原因としては河床の石などにより洗掘が押さえられたことがあるが、バイカモA-③個体群の茎により河床変動を抑制する要因になったことが考えられる。また、A-③個体群の上流部のバイカモが成長したことにより流速が減少したこと、上流部の流れが変わり最大流速線が6mから10m付近へ移行したことなどの影響もある。

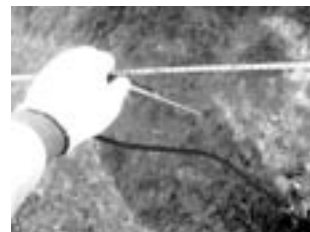
2. 流速について

7月15日時点の底部はグラフ全体として山・谷の連続であり流速の変化が見られるが、8・9月になるとバイカモの茎が河床全体を覆うように成長したために、底部は流速が減少傾向となりグラフが平坦となった。9月10日の時点では2～4m間では更なる流速の減少が見られ、A-2-3周辺では-0.023と低い値となりマイナス傾向が見られるが、バイカモ個体群の茎の下流部ではこのような逆流になる場合がある。一方で10～11m間は流速の増加傾向となり、中間部も底部と同様の

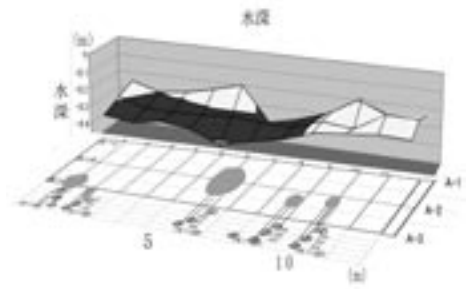
傾向となる。中間部A-2-1～5間は流速が減少傾向にあり、10m付近の流速は増加傾向となる。水面下5cmで測定した上部は7月時点でのA-1-6付近が 0.94m/s と最大流速線であるが、8～9月になるに従って 0.69m/s と減少傾向となり、7月のA-2-10付近が 0.846m/s から9月には 0.93m/s へと周辺全体が増加傾向になり最大流速線の移行がみられ、流速線の移行により水深の増加はあったが、バイカモA-1個体への影響はみられなかった。



9月10日 グラフ-5



流速の測定状況

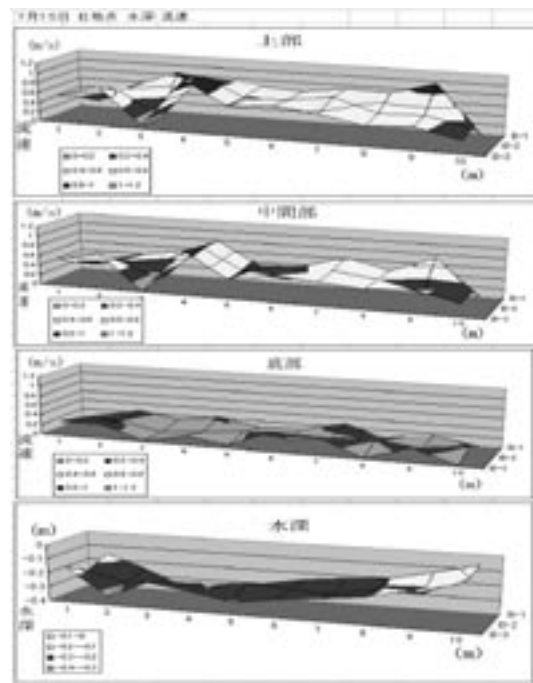


水深とバイカモの位置
グラフ-6

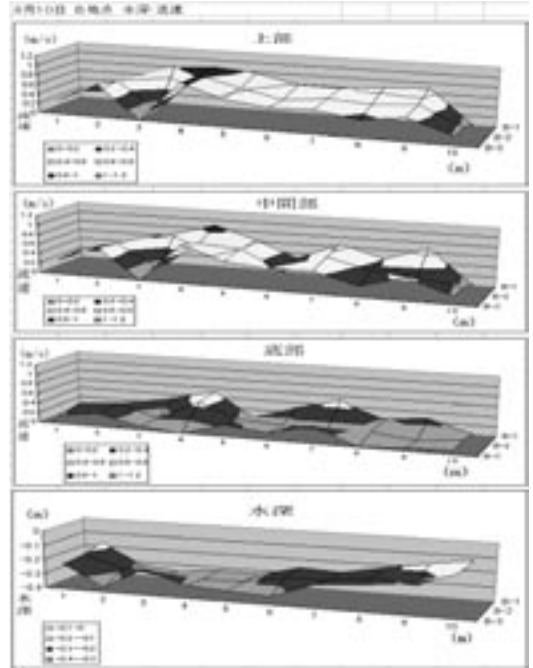
日付	測点	水深	流速	水深	流速	水深	流速	水深	流速
6月5日	A-1	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-2	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-3	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-4	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-5	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-6	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-7	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-8	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-9	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-10	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
6月10日	A-1	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-2	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-3	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-4	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-5	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-6	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-7	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-8	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-9	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-10	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
7月15日	A-1	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-2	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-3	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-4	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-5	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-6	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-7	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-8	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-9	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-10	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
8月10日	A-1	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-2	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-3	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-4	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-5	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-6	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-7	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-8	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-9	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-10	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
9月10日	A-1	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-2	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-3	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-4	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-5	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-6	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-7	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-8	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-9	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03
	A-10	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03	0.10	0.03

6月5日—9月10日 表—6

(2) 調査地点Bの水深、流速(上部、中間部、底部)の変動



7月15日 グラフ—7



8月10日 グラフ—8

上のグラフは7月15日から9月10日(グラフ7～9)まで水深・流速を測定した結果を等高線グラフで表示したものである。

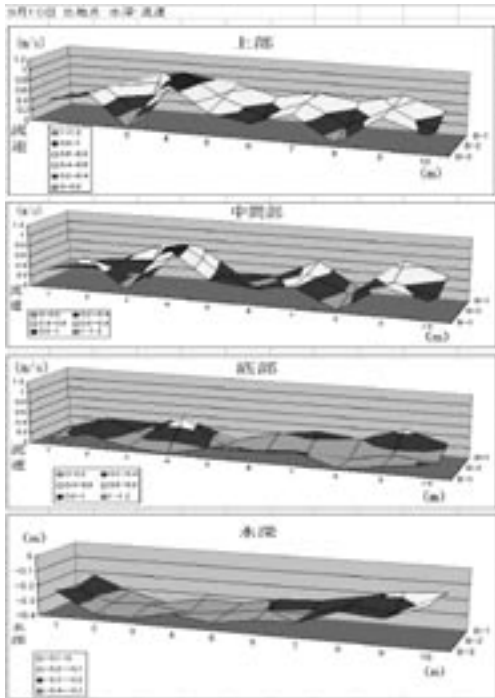
1. 水深について

全体として急激な変化は認められないが、8月10日には2～6m間が洗掘傾向となり、9月10日には1.5～7間まで洗掘傾向が広がっていく。B-2-4は最大流速線上でもあり水深27cm→37cmへと10cm深くなっているが、1m右側のB-2-3バイカモ個体群の中は3cmの水深変化となり、A-③個体群と同様にバイカモB-⑤個体群の河床変動が少ないといえる。

2. 流速について

底部についてはバイカモの影響や礫などの影響などが大きく、数値だけで言い表すには複雑な要因があるが、7月15日はB-3-6が0.403m/sで最大値となるが流速全体的には0.2m/sと低い値を示している。8月10日のB-1-4周辺とB-1-7は0.5m/sの流速が見られ、9月10日にB-1-7は減少するがB-1-9が0.265m/sから0.457m/sと増加傾向となる。中間部は通常の河川では一番安定的に流速を測定できる範囲となるが、西別川は中間部もバイカモの影響があり、中間部B-2-3周辺はB-⑤バイカモ群の中になり0.03m/sと小さな値を示している。7月15日はB-2-3以外は比較的平坦であったが、8月10日以降はグラフ全体として山・谷となる傾向がみられる。これは調査地点Bの上部よりバイカモの茎が成長したことによるもの。または測定内でのバイカモ個体群が成長することにより茎の原因によるものがある。9月10日はB-1-8はバ

イカモの茎の中となり減少傾向が顕著になる。水面下5cmで測定した上部についても中間部と同様にグラフに山・谷の傾向が見られるが、8月10日の中間部と9月10日測定の上部の流速は全体的な傾向が相似形となり上部のほうが中間部に比べてバイカモの茎の影響が約1ヶ月程遅く見られる傾向があった。これはバイカモの茎の成長により徐々に水面に茎が出てきているためである。全体として7月15日はB-⑤のバイカモ群以外のバイカモが成長段階ということもあり、流速の均一的傾向が見られるが、バイカモが成長し個体群化するにしたがって流速もグラフが山・谷になっていく傾向が見られた。



9月10日 グラフ-9

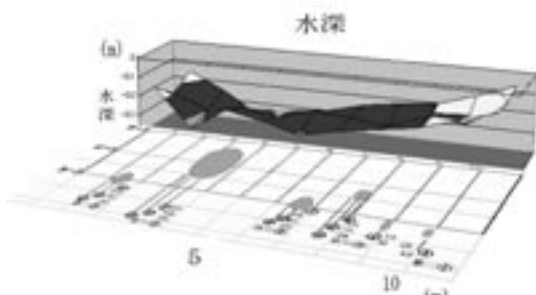
日付	水深	水深	水深	水深	水深	水深	水深	水深	水深
6月16日	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7月4日	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7月15日	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8月10日	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9月10日	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

6月16日 - 9月10日 表-7

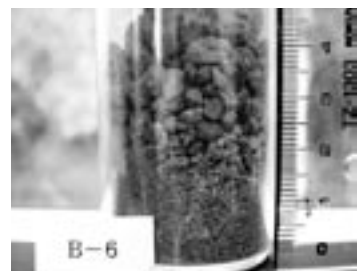
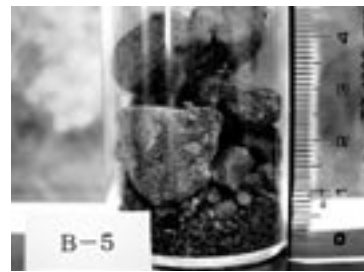
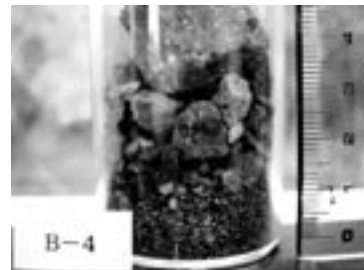
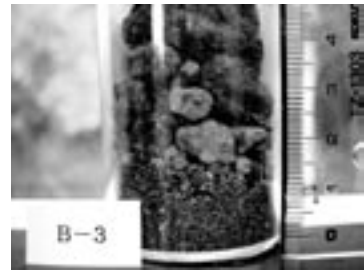
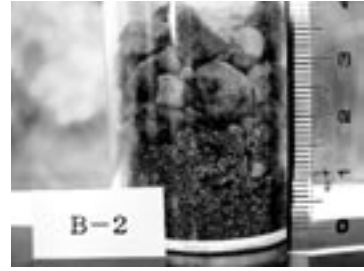
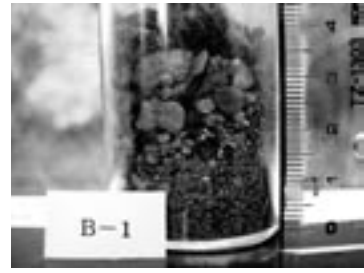
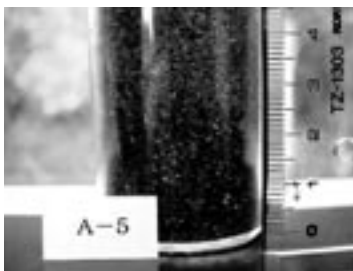
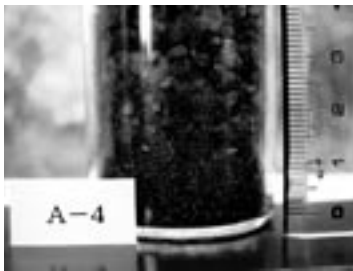
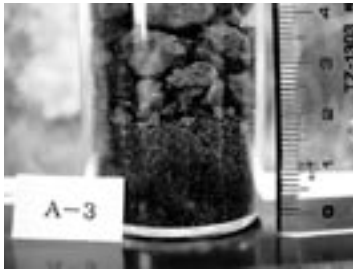
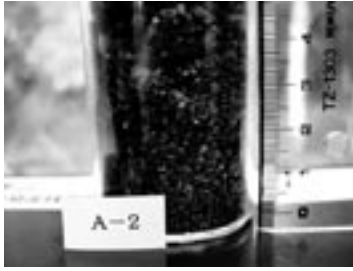
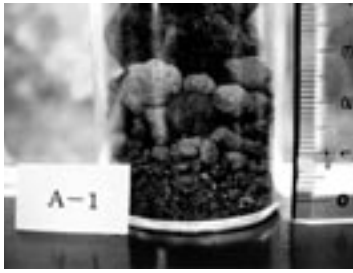
13. バイカモが生育している河床部の粒徑

調査地点A・Bのバイカモ個体群の土を採取し比較する (土砂採取2005. 6. 21)

A-1からA-5までの土の粒徑はバイカモの生育する流速の違いにより発生する。流水の力により水底を移動する掃流砂は流速が早いほど流されるため、流速の速いA-1・A-3は粒徑の大きな礫が多く、流れの緩やかなところはA-5のように粒徑の小さな砂が多く堆積する。



グラフ-10 水深とバイカモの位置



B-1～B-3は砂・礫共粒径が比較的近いが、B-4、B-5は最大流速線に近く流れが速いため砂の比率が下がり1.5cm以上の礫が多くなる。B-6は流速が遅く砂分が多く含まれる。

14. バイカモが生育していない河床部の粒度構成

調査地点A・Bにおいてバイカモが生育していない河床を任意に選び、バイカモが個体群化した粒度構成(P-19)とバイカモが生育していない粒度構成の対比を行うことにより粒度構成の違いを検証する。(粒径が2mm以上を礫、0.125~1mmまでを砂、0.063以下をシルトとする)

1. 調査地点A

調査地点AにおいてA-2断面線上のバイカモの生育していない5ヶ所を選び、直径10cmの筒を河床に挿入して土の採取を行い、それぞれの粒度構成を調べた。A-2-2は水深30cmで流速は底部においてマイナス値を示すような箇所であり、礫が42%で砂が57%となり、砂分が多い。A-2-5・7・9は各礫平均75%・砂25%・水深30cm・流速0.2m/sと低部の流速・水深等から近似値を示している。但し流速については土砂採取場所と底部測定場所が同一ではないのであくまで目安となり、水深についても同様である。A-2-11は流速が-0.029m/sで砂が40%と多い。A-2-5・7・9の3ヶ所から河床全体としては同じような粒度構成ということが考えられる。

2. 調査地点B

調査地点BにおいてB-2断面線上のバイカモの生育していない5ヶ所を選び、河床の土の採取を行ったが、B-2-1は礫43%、砂57%とA-2-2に近い粒度構成である。他のB-2-2・7・9・10の4地点は平均で礫76%・砂24%・水深23cm・流速0.154m/sとなり、各地点がほぼ平均的な値を示しあまりバラツキが見られない。B-2-10地点は水深10cmと他の地点に対して浅いが流速が逆に0.211m/sと平均より早い。他との粒度構成があまり変わらない。河床全体としては同じような粒度構成ということが考えられる。

A・B調査地点で土の採取を行ったが、河床全体に石(75mm以上)が隙間なく分布している河床部が多く筒では採取できない部分もあった。これから比較的河床変動が少ないことがうかがえる。

調査地点	水深 (cm)	流速 (m/s)	粒度構成 (%)		
			礫 (%)	砂 (%)	シルト (%)
A-2	30	0.2	75	25	0
	30	0.2	75	25	0
	30	0.2	75	25	0
	30	0.2	75	25	0
	30	0.2	75	25	0
B-2	23	0.154	76	24	0
	23	0.154	76	24	0
	23	0.154	76	24	0
	23	0.154	76	24	0
	23	0.154	76	24	0

表—8

15. バイカモ一個体群の土の粒度構成と流速

10月になるとバイカモの個体群が安定化してきたので、バイカモ個体群の土の粒径を測り、バイカモの一個体群の粒度はどのように構成されているのか構成要素をみる。調査地点A・Bのそれぞれの任意の個体を選び、個体群の①上流部、②中心部、③下流部、④左側面部、⑤右側面部の5地点に内径3cmのアルミパイプを挿入して、土を採取し粒径を測る。また、土を採取したバイカモの近くの水深・流速を測定し、粒度と流速の関係を考える。測定方法としてはアルミパイプで採取した土を乾燥させて「ふるい」にかけて、ふるいの径により残留質量の残留率(%)が求められるので、残留率により個体群の粒度構成を調べる。A・Bの任意の個体は、調査地点Aは多少水面が白波が立っている瀬の部分を選び、調査地点Bは淵を選び瀬と淵の違いを測定差異要素に加えた。粒径が2mm以上を礫、0.125~1mmまでを砂、0.063以下をシルトとする。

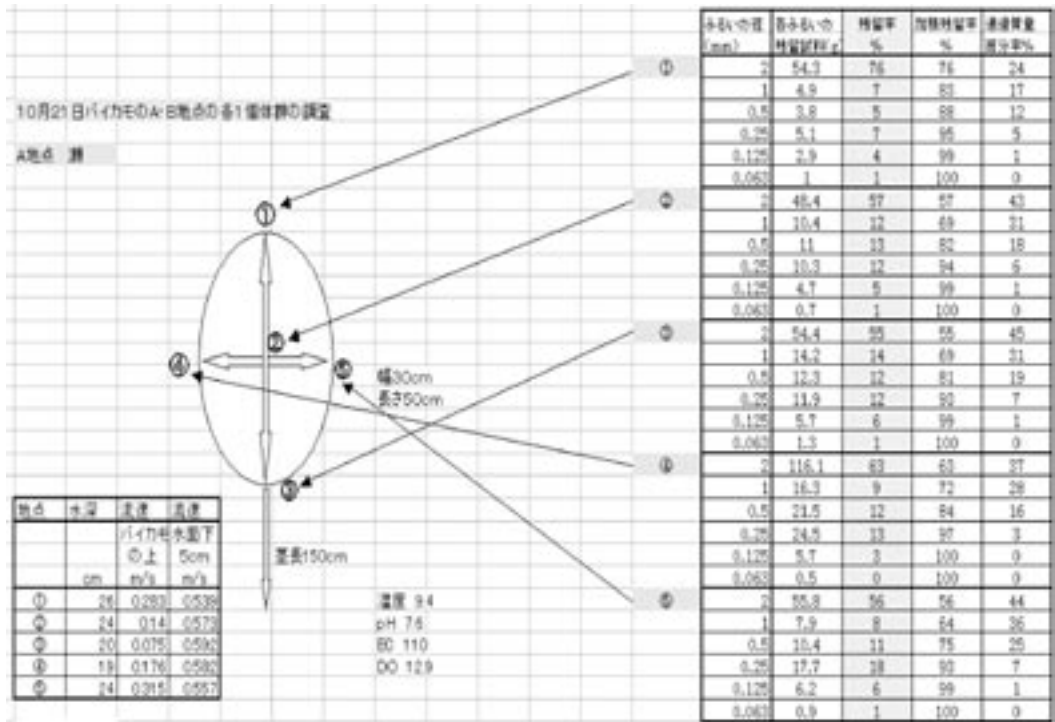
1. 調査地点Aの個体群の粒度構成と流速

調査地点Aは瀬に生育しているバイカモを選択したが、礫を各採取点で比較すると①上流部の残留率が76%となり、他が55%前後に対して残留率が高い。これは礫を流送する掃流力が大きく流速が0.283m/sため砂が流され砂の残留率が23%と低くなり相対的に礫が多くなったものと思われる。砂については②~⑤は平均41%となり大きな差異は認められない。流速から見ると個体群の①②③とバイカモの下流部にいくに従って流速が①0.283m/s、②0.14m/s、③0.075m/sと半減していく傾向があり、下流部③は流速が0.075m/sと他の流速に対して小さな値となっているが、他の測定点②④⑤の礫、砂の構成がほぼ同じである点があるが、これは流速が遅い分土が堆積傾向を示す要因となることが考えられ、成長した茎の節の部分から二次的に成長する不定根が定着させ茎を安定化し群を成長させることができると考えられる。バイカモの水面下5cmの流速から見ると平均0.56m/s前後と均一的な値である。

2. 調査地点Bの個体群の粒度構成と流速

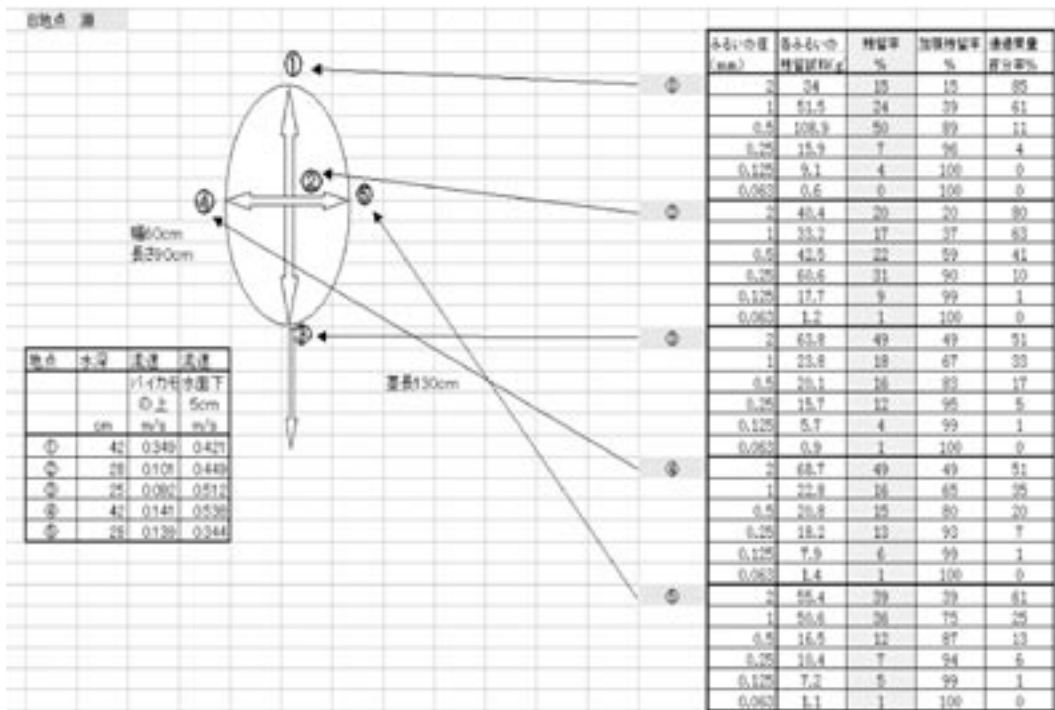
調査地点Bは淵に生育しているバイカモを選択したが、礫をみると①と②の残留率が15%~20%と近い値を示し、他は39~49%となっている。選択した個体が淵のためか上流部①と中心部②が礫・砂とも近似値を示し、調査地点Aと比較すると礫と砂の比率が逆転している。個体群の上流部の水深は測定していないが、流砂が堆積傾向にあると考えられる。水面下5cmの流速も①地点が0.421m/sと③地点の0.512m/sより流速が遅いが、バイカモ個体群の①②③の下流部になるに従って流速が①0.349m/s、②0.101m/s、③0.092m/sと全体として半減していく傾向があり、調査地点Aの瀬のバイカモと共通している。バイカモの上部と下部では流速が1/3となっている。③地点より下流部の茎の周辺流速は測定していないが、③地点と極端な違いはないと思われるので、個体群の下流部の流速は遅く茎の生長し易い比較的穏やかな環境ということがいえる。実際に水中眼鏡で見ると前部は葉が寝ているが下流部は葉が開

調査地点 A のバイカモの粒度と流速



表—9

調査地点 B のバイカモの粒度と流速



表—10

き加減で茎もゆらゆらと揺れている。

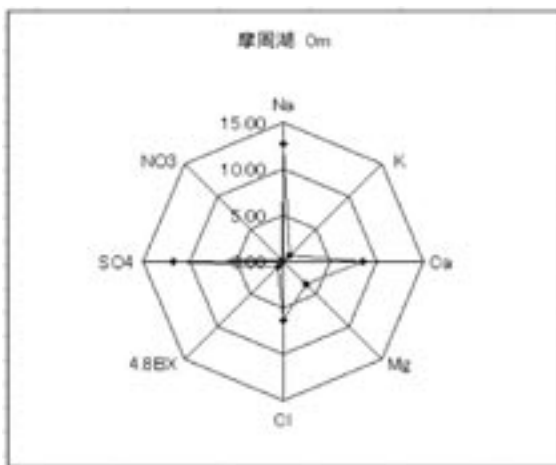
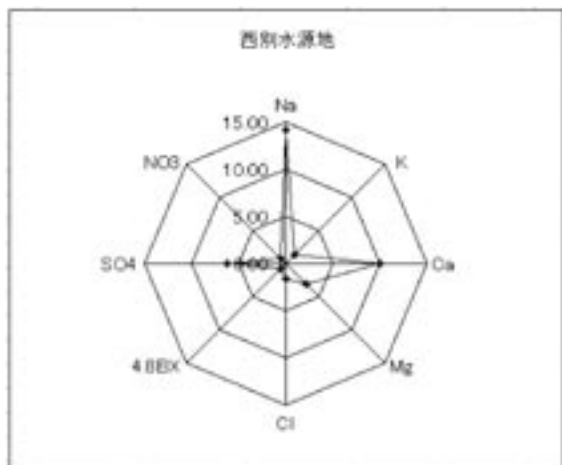
3. バイカモ個体群の粒度構成と安定的河床変動

河床全体としては石(75mm以上)が隙間なく分布している河床部が多く比較的安定的な河床の上に採取した土が堆積しているが、調査地点Aの個体群の粒度構成では全体平均が礫61%、砂38%で、調査地点Bの個体群の粒度構成は全体平均で礫34%、砂65%となり、調査地点Aの瀬と調査地点Bの淵に生育するバイカモ個体群の粒度構成の違いがある。一方、バイカモの生育していない調査地点AのA-2-5・7・9の3地点の平均75%・砂25%・水深30cm・流速0.2m/sと調査地点BのB-2-2・7・9・10の4地点の平均で礫76%・砂24%・水深23cm・流速0.154m/sは礫・砂の割合が近似値である。これは河床全体としては同じような粒度構成であることがうかがえる。河床全体的に石が隙間が少なく分布している箇所が多いことなどを踏まえ、調査地点A・Bは同じような粒度構成であり、河床変動として瀬・淵が構成された上にバイカモ個体群の生育環境が形成されていくという

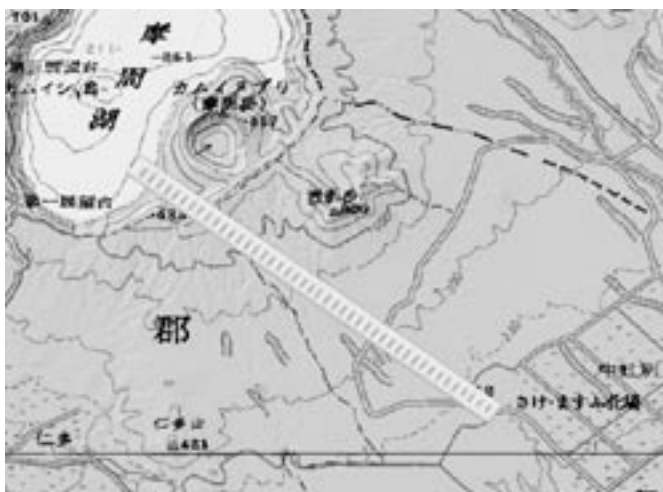
ことが考えられる。

16. 西別川と摩周湖の関係

西別川の川の水を見ていると、キラキラと輝くこのような美しい水はいったどこから来たのであるかという疑問がわいてくる。年間を通じて水温が一定で孵化場以外の周辺部からも豊富な湧出量があり豊かな水の恩恵に与っている場所である。西別川の湧水は一般的に摩周湖のものと言われているが、今回、国立環境研究所が摩周湖の調査を行っているデータと千葉大学の濱田助教授が摩周湖周辺の湧水調査を行っているデータを見せていただくことができ双方を比較することができました。下のグラフで西別水源地と摩周湖の水を比較すると、摩周湖から虹別に至るまで透水性のある地下を流れてくる間に様々な成分が溶存、または沢水の混入などがあり湧水地では水質が変化するが、水の成分を全体的に見た場合に西別川の湧水と摩周湖の水質が相似形であるということがいえる。



グラフ-11



摩周湖と虹別さけ・ますふ化場の距離は直線で約8.5kmほどになる。摩周湖の湖岸線距離は約20km、集水面積32.4 km²、湖面標高352mでふ化場との標高差は約140mとなる。

カシミール3Dより

17. 考察

西別川において約1年間「バイカモの生長と河床変動との関係」という観点から、茎の生長と流下、流速、河床変動、個体群の土の粒度構成等の観察を行った。

バイカモの生育環境として水温が低く河床変動が少ないことが重要である。調査地点においても湧水が主なため流量の変化が少なく、水生植物帯・河畔に隣接して樹高15m以上の樹木がみられることなど河川の形状変化が少ない。水温は平均で8.9℃と低く、pH、電気伝導度、溶存酸素も測定したが大きな変動は見られなかった。河床全体としては石(75mm以上)が隙間なく分布している河床部が多く、最大流速線以外はバイカモの生育河床部を流下するような河床変動は少なく、バイカモの安定的な生育環境であることが確認できた。

5月、茎長約2cmのバイカモが河床に不特定に分布するが、多年生草本として地下系の根・不定根・茎、側枝、匍匐茎等や種子によるもの、及び栄養体繁殖による成長が確認できた。茎が成長するに従って流れに対して抵抗となり、単一の茎としての生長は出来ず流下していくが、5~6月にかけて種内競争が行われ茎が淘汰されながら個体群を形成していく。個体群化の育成条件は流速と河床形状の関係から形成される河床変動の許容範囲内に作られる傾向がみられ、流速・河床の土の粒径等の生育条件下で、不特定で主体的に定着できるものではない。茎は流水の抵抗が少なくなるような生育河床形状を形成しながら葉・茎・根を成長させていくが、葉・茎が流速に対して抵抗となり流速を落として流砂を堆積させることにより河床の変化を少なくし安定的な生育環境を作り出し成長していく。個体群化した茎が成長すると節から不定根を延ばし匍匐成長してより生育環境を安定化させ最適域を形成していく。茎が成長すると流速と茎の浮力の関係で水面近くまで茎を成長させ、花期の季節を迎え種子の流下により新たな生育場所を求めて拡大していく。一時的ではあるがバイカモの減少が見られたが、その後、順調に回復して以前の姿を取り戻すまでになった。何らかの要因でバイカモが減少することがあっても河川を取り巻く総合的な環境が激変しないかぎり、バイカモの繁殖が行われ生長していくことが確認できた。しかし、バイカモ個体群の形成過程や土の粒径及びその根等からバイカモの生育している河床は脆弱であり外的要因には弱い性質があることが解った。観察地点においてバイカモ個体群が外的要因により影響を受ける可能性として、大雨や地震による地下水の異常出水等により河床が影響を受けると考えていたが、観察期間中に一度台風が通過したが調査地点において大きな河床変動・バイカモ生育状況の変化は見られなかった。2005年の1月にバイカモの減少及び生育域の河床の全体的な硬質化及び平坦化が見られたが、2006年の冬期間にバイカモが減少した原因としては「多数のカモ科の鳥が越冬地としてバイカモを採食・エゾシカによる採食」が観察された。冬鳥が越冬し採食している状況の中で、調査地点にお

いても一部採食された痕が見受けられたが影響は少なかった。調査地点以外ではバイカモの大半を採食した区間も見受けられ、河川幅全体を満たしていたバイカモの大半がなくなると、河川の容量が上昇し相対的に水位が低下した。水位が低下した河床は河川が全体的に平瀬となり、最大流速線も不明確な状況となった。今年の経過から、バイカモの減少→水位の低下→河床の平坦化という図式が見られたが、2005年のバイカモの減少・河床の変化との原因・経過関係は不明である。

西別川で上記のような経緯が確認できたが、私の住んでいる周辺には釧路川、美留和川、アメマス川などの河川でも生育が見られる。河川は水温、水質などそれぞれの河川固有のものがあるが、バイカモも同一河川の中でも生育条件を満たす所に限定的に生育する傾向がある。河川は安定的環境にある反面、自然の循環の中で本来ないものが混入すると逃げ場のないクローズした領域でもある。水草はこれらの微妙な環境の上で成り立っているためすぐに生育領域が激変してしまう可能性が高い。

自然とは不思議であり変化に富んで様々な要因が絡み合い因果関係を見つけ出すことは容易な事ではない。観察を続けていく中で「自然の循環の中において変化は一つの過程であり、人が見る一時的な現象も自然界においては一つのプロセスである。絶えず変化していく自然を観察することは面白くもあり不思議の連続でありなかなか答えは見出せるものではないが、自然を見て不思議と思う目線は今後も大切にしていきたい」と考えているところです。

おわりに

バイカモという水面(水中)で花を咲かせる植物が好きで川に通い数年が経過し、西別川の上流部は人為的影響が少なく、豊富な湧水と河畔林に囲まれ自然環境の激変は少ないところであると思っていたが、2005年1月にバイカモの減少を目の当たりにして、何故このようなことが起こるのか疑問に感じていました。そのような時に環境省の小島 明朗保護官より助成の制度を紹介していただきました。今回、この調査を行うにあたり調査地点の選択がありましたが、独立行政法人さけ・ます資源管理センター根室支所虹別事業所の石村 豊所長にはいろいろご配慮を頂き、最良の調査地点で調査をすることができました。しかし、調査地点は選定できたが調査を始めたところ最初に思い描いていたものを数値化する上で様々な疑問が発生し、どのような手法が目標としている「バイカモの生長」が観察できるのかという問題が出てきました。参考にといいバイカモの生長に関する文献を探してもあまり見当たらず調査方法の試行錯誤がありました。そのような中、てしかが自然史研究会の細川 音治会長にはいろいろアドバイスをして頂き感謝しています。独立行政法人国立環境研究所の田中 敦研究員には相談に乗っていただき問題解決への糸口を示していただきました。実践的調査方法や水質については千葉大学の濱田 浩美助教授に教わり、西別川の水質データ

等を提供していただき摩周湖と西別川の関係を教えていただきました。水草・河川の専門家ではない私が皆様のご指導のもとで調査を終えることができました。この場をお借りして御礼申し上げます。

今回、調査を終えましたが、再度取り組み考えて見たい部分が残りました。水中でダイナミックに変化していくバイカモの生育環境を捉えることはなかなか容易ではないということが解りました。西別川へは何度通ったかわかりませんが、なによりもこのようなすばらしい川がいつまでも残ってほしいと願わずにはいられません。

最後になりましたがこのような機会を作ってくださいました公益信託 TaKaRa ハーモニストファンド、宝ホールディングス株式会社、みずほ信託銀行株式会社の皆様に感謝いたします。

参考文献

- 大滝 末男 (1974) 水草の観察と研究. ニュー・サイエンス社
川合 茂・和田 清・神田 佳一・鈴木 正人 (2002) 河川工学. コロナ社
有田 正光 (1998) 水圏の環境. 東京電機大学出版局
栗津 清蔵 (1998) 土質力学. オーム社
駒村 正治・中村 好男・榊田 信彌 (2000) 土と水の植物環境. 理工図書
近畿高校土木会 (1998) 水理. オーム社出版局
国立環境研究所地球環境研究センター・北見工業大学・北海道環境科学研究センター (2004) GEMS/Water 摩周湖モニタリングデータブック. 独立行政法人 国立環境研究所

使用機器

電磁流速計	KENEK	VP 1000R
デジタル温度計	Nikkei	T - 100
pH・導電率計	ハンナ	HI - 9812
DO メーター	電気化学計器	HDO - 110
BOD	共立理化学研究所	WA - BOD
電子天秤	A&D	EK - 2000 I
ふるい	学研	6 段150mm