

堰堤工事の水棲動物に及ぼす影響

1 木曾川と発電事業

現在（昭和13年11月）におけるわが国の発電所は合計 1,203 カ所，その発電量は4,333,318 kw に達している。木曾川発電事業は，その中で日本第一を誇り，既設設備による発電量240,600kw，計画中のもの254,530kw，計 495,130kw に達している。現在計画中で，王滝川水系にあるものは次のようになっている。

三浦	8,200kw	常盤	13,400kw
滝越	16,300kw	計	99,600kw
御岳	61,700kw		

2 発電施設にともなう河流の性状の変化と水棲動物

発電施設を大別すれば

堰堤式

水路式

混合式

に分たれる。今ここで取り上げている工事は堰堤式であるが，その工事の結果は堰堤の上手は止水となり，下手においては流量の減少をきたす。したがって当然この変化の影響が水棲動物に及んでくることが考えられる。さらに発電施設にともなう河流の形状の変化がある。それが水棲動物に及ぼす影響も当然考えられてくるわけである。

河流の性状変化

王滝川を遡ってみると、その水が非常に濁っているのに気づく。水際の石は泥できたなくよごれている。そうして上流へ行くに従って濁りははなはだしくなり、その水をかいで見るとふんとセメントの匂いがするのである。水際の泥の量も多くなってくる。

三浦堰堤工事付近を行くと、工事場の少し上手の選別工場とコンクリート混合工場とがとなりあっている。選別工場からの排水は褐色をしており、後者からの排水は灰色でセメント臭がはなはだしい。これらの排水が1つの溝をつくって王滝川に流れこんでいる。この溝で調べたところでは pH 9.8 より大、100 g 中の沈澱物は約 5.5 g であった。

ここから上流の河水もまだ少し濁っているのであるが、しかしセメントの匂いはしない。このあたりで流入する土浦沢は、澄明であり、pH は 6.8 である。次いで本谷と五味沢との合流点にくるが、本谷の水の方は澄明であるのに対して五味沢の方は濁っている。これは五味沢の少し上手で骨材が採集されており、選別工場があるためであった。本谷も五味沢もセメントの匂いはしなかった。

また堰堤の基部掘鑿中にはそのための泥水も流れこんでいた。堰堤にコンクリートを一ブロックずつ打ち上げ、それが固まるとその表面を叩いて傷つけ、水で洗う。次に打ち上げるブロックとの接触をよくするためである。この洗い水も河水中に流れこんでいるのである。

つまり、堰堤工事施行中には基礎掘鑿、骨材採集とその選別洗滌のための泥気を含んだ水、コンクリート混合工場からの、およびコンクリートブロックを洗った後のセメントを含んだ水が河中に流れこんで河水をよごしているわけである。

これらの結果

- (1) 泥水、セメント汚水の流入による流水の化学的性質の変貌
- (2) セメント汚水、泥の浮流による流水の物理的変貌
- (3) 河底にセメントおよび泥が沈澱するための河床の状態の変貌

が生じていると思われる。

(1), (2)については後に述べるとして, (3)の状態を述べると, 私は先に川を早瀬, 平瀬, 淵, 湿潤区 hygropteric place に分けた. 泥の沈澱の仕方はこれら川の部分によって異なっているのである.

早瀬の石の表面には薄く泥がついているが, その裏面にはほとんどないといってよい. これに対し淵, 平瀬, 川岸の石の表面には泥がたまり, 2 mm ぐらいの厚さになっているところもあった. しかしこの場合でもその裏面, また重ね石になっている時には下の方の石にはうんと少くなっている. 湿潤区 hygropteric place にもまた泥が相当多くついているのである.

(1), (2)については pH, 溶在酸素定量と 100cc 中の泥土の量を測った. pH は 9.8 以上測定器具がなかったので, これ以上の値を示すところでは, その値を知ることができなかった. 水中浮遊の泥については, はじめその重量であらわすつもりであったが, 容量で示す方がよいらしいのでそうすることにしたが, 思いのほか微量で, メスシリンダーの細かい目盛を要するので, まだ正確に測定していない. これについて, ことに水棲動物に対する影響ということを求めるときに一つ注意すべきことは, これらが時間的に変化することである. それは, これらが上述した作業に原因するものであるから, 作業がいつもつづけて行われていないための時間的変化を示すことは当然考えられる. それゆえ, 理想をいえば, 各場所での同時観測が相当長時間にわたって行わなければならないことになる.

流水変化の水棲動物に及ぼす影響

さて以上のような流水変化のため水棲動物はいかなる影響をうけているか, 私はこの目的のために1941年の夏, 少しく精密に調査してみた¹⁾.

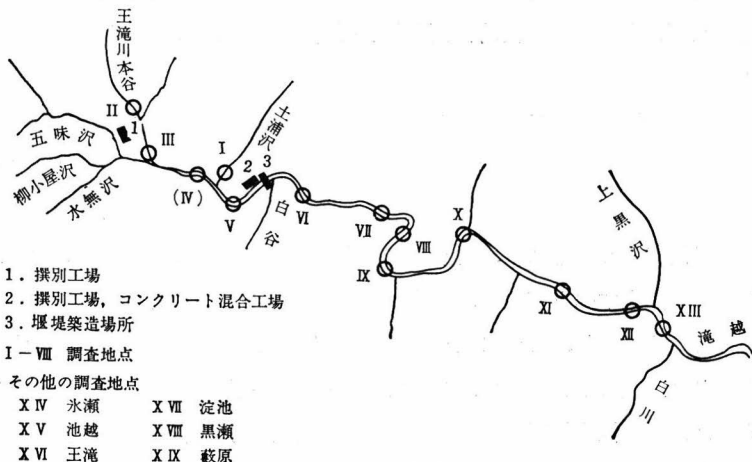
この目的に沿うためには, どうしても定量採集を行わなければならない. しかしながら調査すべき部分は, 王滝川の流程中の峡谷部分であって, 最も採集困難なところであり, これに加うるに水が濁っているために, 定面積一定時間採集などは到底行ない得ない. それでやむを得ず一定時間 (15分) 採集で比較することにし, 採集場所も早瀬を中心とする付近に限定することにした. 早瀬付近を中心とした理由は, ここが一番棲息密度が高いからである. そこで棲息

密度が小さいところでは、その採集する場所の広さは広がっているわけである。この採集の後30分以上の一般採集を行なった。この結果が表1である。この表のうち数字で示してあるのは15分採集の結果であり、プラスをもって示したのは一般採集の結果その動物が棲んでいることを知り得たものである。採集地点は地図に示した(図1)。

なお、この種の調査は同時間調査を必要とするのだが、今年夏は雨の日が多く、水量が増加したため調査月日に相当の開きができた²⁾。さらに、この調査範囲が地域的に見て、同一 life zone 内にあるものであるかどうか、問題となる。しかしこれらの問題は一応触れないことにしておく。

まず各調査場所での種類数および15分間採集個体数をみよ(表1)。

Station I, II, III は泥水もセメント汁も流れこまない場所であるが、これらを見ると St. II が他に比べて種類数が少い。これはブユ1種 *Simulium* sp. C, ニンギョウトビケラ1種 *Goera* sp., ナガレトビケラ属 *Rhyacophila* spp., カワゲラ1種 *Perla* sp. 等その個体数の非常に小さい種類が採集されていないためであって、その個体数の比較的大きい水中棲アミカ類 Submersed type Blepharocerids, ブユ類 *Simulium* spp., ヒラタカゲロウ類 *Epeorus* spp. 等では相違は見られないのである。



1. 撰別工場
 2. 撰別工場, コンクリート混合工場
 3. 堰堤築造場所
 I-VIII 調査地点
 その他の調査地点
 X IV 水瀬 X VII 淀池
 X V 池越 X VIII 黒瀬
 X VI 王滝 X IX 藪原

図1 調査地点.

ところが泥水が流入している St. IV になると、種類数も個体数も著しく減少している。そうして個体数の多かるべきブユ類 *Simulium* spp. が全く採集されていないのが注意をひくのである。またその個体数の最も多いものはフタバコカゲロウ *Baëtiella japonica* で、St. I, II, III よりも多く、全個体数の大部分を占めている。これは全体の個体数が少いために、採集範囲が広げられたためであろう。なおまたアミカ類が、少数ではあるが、採集されていることに注意していただきたい。

St. V になると、ブユ類はほんのわずか採集されているだけであるが、水中棲アミカ類も相当採集されている。フタバコカゲロウもまた多い。この場所の上手で土浦沢が流入しているのを注意しておく。

泥水およびセメントが流入した後の St. VI においては、6種50個体に減少してしまっている。種類はフタバコカゲロウ *Baëtiella japonica*, シロハラコカゲロウ *Baëtis thermicus*, ナミマダラカゲロウ *Ephemerella trispina*, マダラカゲロウ属1種 *Ephemerella*, No. G, キブネタニガワカゲロウ *Ecdyonurus kibunensis*, ブユ属1種 *Simulium* sp. であり、このうちフタバコカゲロウが採集個体数の大半を占めている。なお今までの他の場所では大きな個体数を示した水中棲アミカ類、ブユ類、ヒラタカゲロウ類 *Epeorus* sp. は全く、またはほとんど全く採集されていない。

St. VII になると、フタバコカゲロウはただ1頭採集されたのみである。他の種類としてはナミマダラカゲロウ *Ephemerella trispina*, マダラカゲロウ属1種 *Eph.* No. G, シロハラコカゲロウ *Baëtis thermicus*, シマトビラ属1種 *Hydropsyche* sp. および *Pericoma* sp. である。なお上記のうちマダラカゲロウ属が個体数の大部分を占めていた。また *Pericoma* sp. はここまでに採集されなかった種類であり、下流滝越にいたるまでどこにおいても採集されていない。このものの棲息場所は湿潤区 hygropetric place である。

St. VIII, IX……XIIIと下流になるに従って、種類数も個体数も増加してくる。個体数の大きなフタバコカゲロウ、水中棲アミカ類、ブユ属、ウエノヒラタカゲロウ *Epeorus uenoi*, キイロヒラタカゲロウ *Ep. aesculus* についてみると、ま

表1 各調査地点にお

種名	Station	I	II	III	IV
1. <i>Deuterophlebia nipponica</i> *		1 (L.)	10(L.4P.6)	5(L.3+P.2)	2 (L.)
2. <i>Neohapalothrix kanii</i> *		20(L.18P.2)	56(L.50P.6)	162(L.59+P.103)	15(L.4P.11)
3. <i>Parablepharocera shirakii</i> *		11(L.6P.5)	44(L.) 18(P.)	7(L.)	2 (L.) 3(L.)
4. <i>Blepharocera japonica</i> *			4 (L.)	6(L.2+P.4)	3 (L.)
5. <i>Philtorus vividis</i> **		+(L.)	+(L.P.)	+(L.)	+(L.P.)
6. <i>Simulium a</i> *		49(P.) 154(L.)	33(P.) 125(L.)	1(P.) 109(L.)	
7. <i>S. b</i> *		12(P.)	32(P.)	6(P.)	
8. <i>S. c</i> *		3 (L.)		9(L.8P.1)	
9. <i>S. d</i> *		18(L.17P.1)	2 (L.)	5(L.4P.1)	
10. <i>Anthoca a</i>		1 (P.) 1(L.)	2 (L.)	+(P.)4(L.)	+(P.)
11. <i>A. b</i>				2(P.)	
12. <i>Heptagyia sp. **</i>		+	+	+(L.)	+(L.)
13. <i>Pericoma sp. **</i>					
14. <i>Spaniotoma sp.</i>		3 (L.)	+(L.P.)	+(L.P.)	
15. <i>Cardiocladius sp.</i>		2 (L.)	+(L.)	5(L.)	4 (L.)
16. <i>Tanytarsus a</i>		+	+	+	
17. <i>T. b</i>		+	+	+	
18. <i>Eriocera sp.</i>					
19. <i>Hydropsyche sp.</i>		3 (L.)	2 (L.)	2(L.1P.1)	
20. <i>Stenopsyche sp.</i>			2 (L.)		
21. <i>Apantania sp.</i>		3 (L.)	+(P.)	14(P.)	
22. <i>Glossosoma sp.</i>		5 (L.3P.2)	8 (L.2P.6)	2 (P.)	1 (L.)
23. <i>Goera sp.</i>		1 (P.)		5 (P.)	1 (P.)
24. <i>Rhyacophila a</i>					
25. <i>Rhy. b</i>				2 (L.)	
26. <i>Rhy. c</i>					
27. <i>Rhy. d</i>				+(L.)	
28. <i>Polycentropus sp.</i>					
29. <i>Atomyiella japonica</i>		+			
30. <i>Stenophylax koizumii</i> ***		+	+	+	2
31. <i>Stactobia sp. **</i>		+			4
32. <i>Epeorus aesculdu</i>		7	3	1	3
33. <i>Ep. uenoi</i> *		3	7	3	2
34. <i>Ep. curvatus</i>		1	+	2	249
35. <i>Ep. latifolium</i> ***		6	4	+	3
36. <i>Baetiella japonica</i> *		55	100	110	3
37. <i>Baetis thermicus</i>		6	7	4	+
38. <i>Ephemerella trispina</i>		3	4	2	+
39. <i>Eph. nG</i>		5	1	+	
40. <i>Eph. na</i>		1		1	
41. <i>Paraleptophlebia sp. ***</i>					+
42. <i>Ameletus montanus</i>					
43. <i>Cinygma sp. ***</i>					
44. <i>Ecdyonurus kibunensis</i> ***		+	+	+	
45. <i>Perla a</i>		+		+	
46. <i>P. b</i>		+			
Number of species (種数)		33or34	28or29	34	20
Number of individuals (個体数)		374	464	469	297

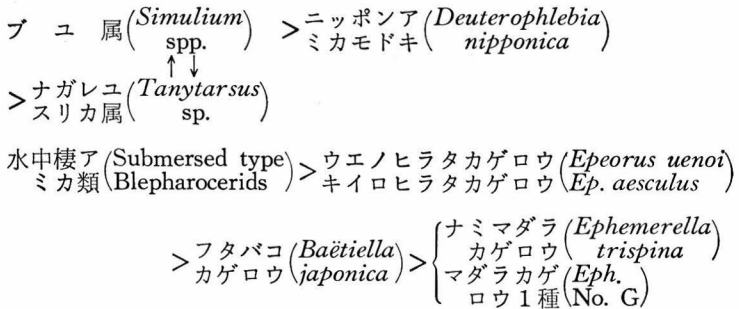
* 早瀬 ** 湿潤区 *** 淵, 川岸; P. ……蛹 L. ……幼虫

ける各種昆虫類個体数 (15分採集)

V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
7 (L.3 P.4) 29(L.24 P.5) 10(L.5 P.10)		1 (L.)					2 (L.1P.1)	+ (P.1) 14(L.12P.2)
1 (P.) 5 (L.)	} + (L.1)				+(L.P.)	4(L.3, P.1) } 1 (L.)	4 (L.3P.1) + (L.) } 1 (L.)	21(L.17P.4) + (L.)
1 (P.) 3(L.) 1 (P.)		+	+	+	+	+	2 (P.) +	} 1 (P.) 2 (L.) +
5 (L.) 17(L.13 P.4) + + +				+	+(L.P.)	1 (L.) 3 (L.2P.1)	1 (L.)	2 (L.1P.1) 15(L.12P.3)
1 (P.) 3 (L.2 P.1)		2 (L.1P.1)	+ (L.)					1 (P.) + (P.)
				1 (L.) 1 (L.)			2 (P.)	1 (P.) 1 (P.)
			+				2 (L.)	1 (L.) 2 (L.)
								+
11			5	7	+	+	+	10
9				1	4	9	9	3
1					1	1	2	+
8				2	1	4	+	4
48	40	1	17	31	46	73	85	63
4	9	+		2	2	4	7	2
1	+	3	4	5	6	3	4	10
1	1	4	13	24	11	16	18	5
1			1	1				
+					+			
+	+		+		+			+
1			+	+				+
			+(3) +(1)	+(1)				
25or26	6	7	12	13	13	14	18	24or25
168	50	11	30	75	71	120	139	148

ずフタバコカゲロウの数が増し、ヒラタカゲロウ属 *Epeorus* spp が現われはじめる。次いで水中棲アミカ類が現われてくるが、ブユ属はついにほとんど現われなくなってしまう。なおマダラカゲロウ属 *Ephemerella* spp. がどの採集地点でも常に相当多数が採集されていることは注目される。

以上を通覧すると、堰堤工事施行中に、泥水、セメントとあく、およびその沈澱による河床の変化等による影響はこの調査に関する範囲では各動物にとってちがっている。個体数の大きい動物だけを取り上げてみると



の順に影響を大きく受けているといえる (表 2)。

なお、シマトビケラ属 *Hydropsyche* sp. は個体数が非常に小さいので問題とすることはできないと思われるが、しかし、全体としての個体数の最も小さい St. VII にもいることを記しておく、ここでは 1940 年 6 月の調査では相当多数見られ、しかも最も工事の影響を大きくうけている場所でもマダラカゲロウ属 *Ephemerella* sp. とともに採集されているのである。

以上の各種類はマダラカゲロウ属 *Ephemerella* spp. を除けば、すべて早瀬の動物であった。湿润区棲動物 hygropetric animal として、ヒメアミカ *Philorus vividis*, *Heptagenia* sp., *Pericoma* sp., *Stactobia* sp. が採集されている。このうち、少数の *Stactobia* sp. および *Pericoma* sp. を除いた残りについて、工事からうけた影響の程度は、ヒメアミカ *Philorus vividis* > タニガワカゲロウモドキ 1 種 *Heptagenia* sp. であった。 *Stactobia* sp. は、I, X, XI, XII で採集されている点からみて、大体ヒメアミカ *Philorus vividis* と同じ程度の

表2 各調査地点における各種昆虫類個体数

Name	Station	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
Submersed-type Blepharocerids 水中棲アミカ類		31	122	175	23	39	0	1	0	0	0	4	6	35
<i>Simulium</i> spp. フユ属		236	192	130	0	6	1	0	0	0	0	1	1	0
<i>Epeorus uenoi</i> ウエノヒラタカゲロウ		10	10	4	6	20	0	0	5	8	4	10	11	13
<i>Ep. aesculus</i> キイロヒラタカゲロウ														
<i>Baetiella japonica</i> フタバコカゲロウ		55	100	110	249	48	40	1	17	31	46	73	85	63
<i>Ephemerella</i> spp. マダラカゲロウ属		9	5	3	3	3	1	7	18	30	17	19	22	15
<i>Deuterophlebia nipponica</i> ニッポンアミカモドキ		1	10	5	2	7	0	0	0	0	0	0	0	+(1)
合計		374	464	469	279	168	50	11	30	75	71	120	139	148
泥の流入		-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
セメントの流入		-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
PH		7.0	6.8	6.8	6.8	7.0	9.8<	9.8<	9.8<	9.0	9.8<	7.2	7.6	9.2

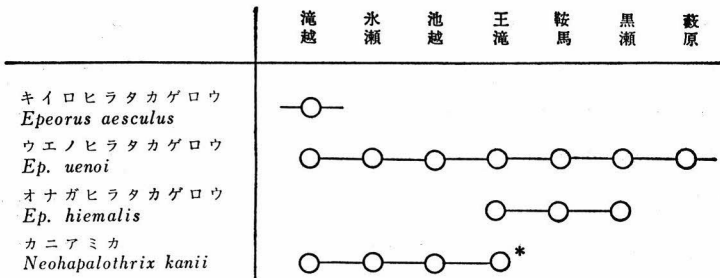
影響をうけるものではないかと思われる。 *Pericoma* sp. については、これは全体的に見て最も影響を多くうけている St. VII (種類数7, 全個体数11) でのみ採集されているので、特異な性質のものではないかと思われる。もっとも王滝川の他の部分では普通の湿潤区 hygropetric place で採集されている点からみて、すぐにそう結論するのはひとまず留保しておきたい。またその棲息場所から相当影響をうけていてもよいと思われたエルモンヒラタカゲロウ *Epeorus latifolium*, キブネタニガワカゲロウ *Ecdyonurus kibunensis* がそれほど影響をうけていなかったことは、注意すべきことと思う。またカワゲラ属 *Perla* spp. については、個体数が少いためにはっきりとはいえないが、川岸にある抜殻の分布からみると比較的影響をうけない方ではないかと思われる。しかしア

表3 本谷と滝越の動物相比較

	本谷	滝越	本谷におり滝越にいないもの	滝越におり本谷にいないもの
種類数	34	24	(1) シラキアミカ <i>Parablepharocera shirakii</i> ...7 ブユ属 (2) <i>Simulium</i> No.a... } (3) <i>S.</i> No.b... }130 (4) <i>S.</i> No.c... } (5) <i>S.</i> No.d... } (6) カワゲラ属 <i>Perla</i> sp. A.....+ (7) マダカラカゲロウ属 <i>Ephemerella</i> No. a1 (8) コイズミトビケラ <i>Stenophylax koizumii</i> ...(+) (9) ナガレトビケラ属 <i>Rhyacophila</i> No. d(+) (10) コエグリトビケラ属 <i>Apatania</i> sp.14 (11) ナガレユスリカ属 <i>Tanytarsus</i> sp. 1.....(+) (12) <i>T.</i> sp. 2(+) 	(1) イワトビケラ属 <i>Polycentropus</i> sp.....+ (2) ナガレトビケラ属 <i>Rhyacophila</i> No. c.....2

ミメカワゲラモドキ *Isogenus* sp. はこれに比べて影響を多くうけている模様で、その程度は水中棲アミカ類ぐらいらしい。

それならば、王滝川のどのあたりで、正常な状態になるであろうか。この場合には、各種類の life zone の問題がからみあってきて簡単にはいえないけれども、今滝越および下流の状態について見てみよう(表3, 4, 5)。



* 予備調査において幼虫1を見出す。

図2 下流における各種昆虫の分布。

表4 王滝川下流各地点の比較

動物名	水瀬	池越	王滝	淀地	黒瀬	藪原	備考
シラキアミカ <i>Parablepharocera shirakii</i>	1	-	-	-	-	-	
ニッポンアミカ <i>Blepharocera japonica</i>	59						
カニアミカ <i>Neohapalothrix kanii</i>	1						
ブユ a <i>Simulium</i> No. a	-						
ブユ b <i>S.</i> No. b	+	+					
ブユ c <i>S.</i> No. c	-	+					
ブユ d <i>S.</i> No. d							
カワゲラ属 <i>Perla</i> sp. A							
マダラカゲロウ属 <i>Ephemerella</i> No. a	-			+			流越では抜殻を発見
<i>Stenophylax</i> sp.	-	-	-	-	-	-	
ナガレトビケラ属 <i>Rhyacophila</i> No. d	-	-	-	-	-	-	
コエグリトビケラ属 <i>Apatania</i> sp.	-	-	-	-	-	-	
ナガレユスリカ属 <i>Tanytarsus</i> sp. 1	+						
ナガレユスリカ <i>Tanytarsus</i> sp. 2				+	+		

表5 下流におけるブユおよび水中棲アミカ個体数

地名	ブユ属 <i>Simulium</i> spp.	水中棲アミカ類
水瀬	0	31
池越	3	59
王滝	6	48
淀地	8	40
黒瀬	20	39
藪原	52	30

上記の表のうち、滝越にいる可能性のあるものは、*Simulium* No. b, *S.* No. c, *Ephemerella* No. a, *Tanytarsus* sp. 1, *T.* sp. 2, であり、やや疑わしいのは *Simulium* No. d, 事実存在しないと思われるものは、*Simulium* No. a, *Stenophylax* sp., *Apatania* sp. である。

水瀬、池越、王滝、淀地ではまだまだブユ属 *Simulium* spp. の個体数は小さいが、黒瀬一藪原になると普通よりは少し小さい程度の個体数になっている。ここから下流になると、黒沢に堰堤が竣工したために、水がほとんど流れておらず、調査不可能であった。

分布帯 Life zone の問題

一つ一つの種類の存否を問題とする際には、それらの分布帯 life zone を考

慮しなければならない。王滝川全体として、いくつか各種類の分布は図2のようになっている。

以上、堰堤工事施行中の河流の性状の変化とそれが水棲動物に及ぼす影響に関する観察についてのべたが、それではこれら水棲動物に見られた影響は、いかなる機構によるものであるか、これらについては、影響をうけている動物の生活様式から推論にもとづいて精密な実験を行わなければならないであろう。

1) これまでにはあまり精密ではないが調査はしてきている。1938, 1939, 1941年の夏期調査等（「王滝川の動物生態学的研究 I・II」参照）(原註).

2) (原註).

調査場所	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI	X	XI	XII	XIII
調査月日	8.13	8.20	8.20	8.27	8.13	8.10	8.10	8.8	8.8	8.8	8.8	8.9	8.9