

## 阿武隈川中流に流入する支流の水質 (第3報)

飯田 貞夫\*・江口 旻\*\*・志村 聡\*\*\*・大島 徹\*\*\*\*

### 1 研究の目的

筆者らは、これまで、阿武隈川の水質について継続して研究を行った。『阿武隈川の水質特性 (第1報) (2003年8月17日~20日)』では、阿武隈川は上流から下流に向かって盆地と溪谷が交互に見られる河川で、盆地内で汚れた河川水が、溪谷部できれいになることが分かった。『阿武隈川の水質特性 (第2報) (2004年8月1日~4日)』では、高水位 (豪雨時) と低水位 (平常時) の水質特性について比較検討を行った。

今回は、阿武隈川の右岸と左岸の支流の水質について二本松市から福島市で調査研究を行った。

調査流域の地形は、右岸には阿武隈高地、左岸は奥羽山脈と那須火山帯がある。阿武隈高地 (右岸) には、花崗岩、片麻岩、石灰岩、結晶片岩類が分布する。奥羽山脈と那須火山帯 (左岸) には、安山岩類と火山碎屑物が見られ、火山帯であるため温泉がある。これらの地形・地質の水環境が支流の河川にどのように影響するか、本流とどのような関係があるかについて調べた。

調査期間は、2005年8月19日~22日の4日間である。なお、調査期間中に調査に影響するような降雨はなかった。

### 2 研究の方法

現地調査は、二本松市から福島市にかけての本流 (5地点) と中流域で阿武隈川に流入する支流 (35地点) の40地点で行った。(調査地点図1)

pHとR<sub>p</sub>Hは比色法 (SZK)、電気伝導度 (EC) と水温は電気水質計 (東邦電探 EST-3型)、溶存酸素量 (DO) はDOメーター (セントラル科学 UC-2型)、気温と湿度はアスマンによって、現地で計測した。また、透視度は、50 cmの透視度計を用いた。

水質分析は、サンプリングの後 Cl<sup>-</sup>はモール法による定量分析で、Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>は原子吸光光度計 (島津 AA-640) によって分析した。また、NH<sub>4</sub>-N、PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>は分光光度計で分析を行った。

その他、水質汚濁の目安として COD、Fe、SiO<sub>2</sub>をパックテスト (共立 WAK 型) を使って現地で分析した。(調査表1・2)

---

\* 飯田貞夫 (茨城キリスト教大学)

\*\* 江口 旻 (松蔭大学)

\*\*\* 志村 聡 (亜細亜大学 非)

\*\*\*\* 大島 徹 (茨城県立水戸飯富養護学校)

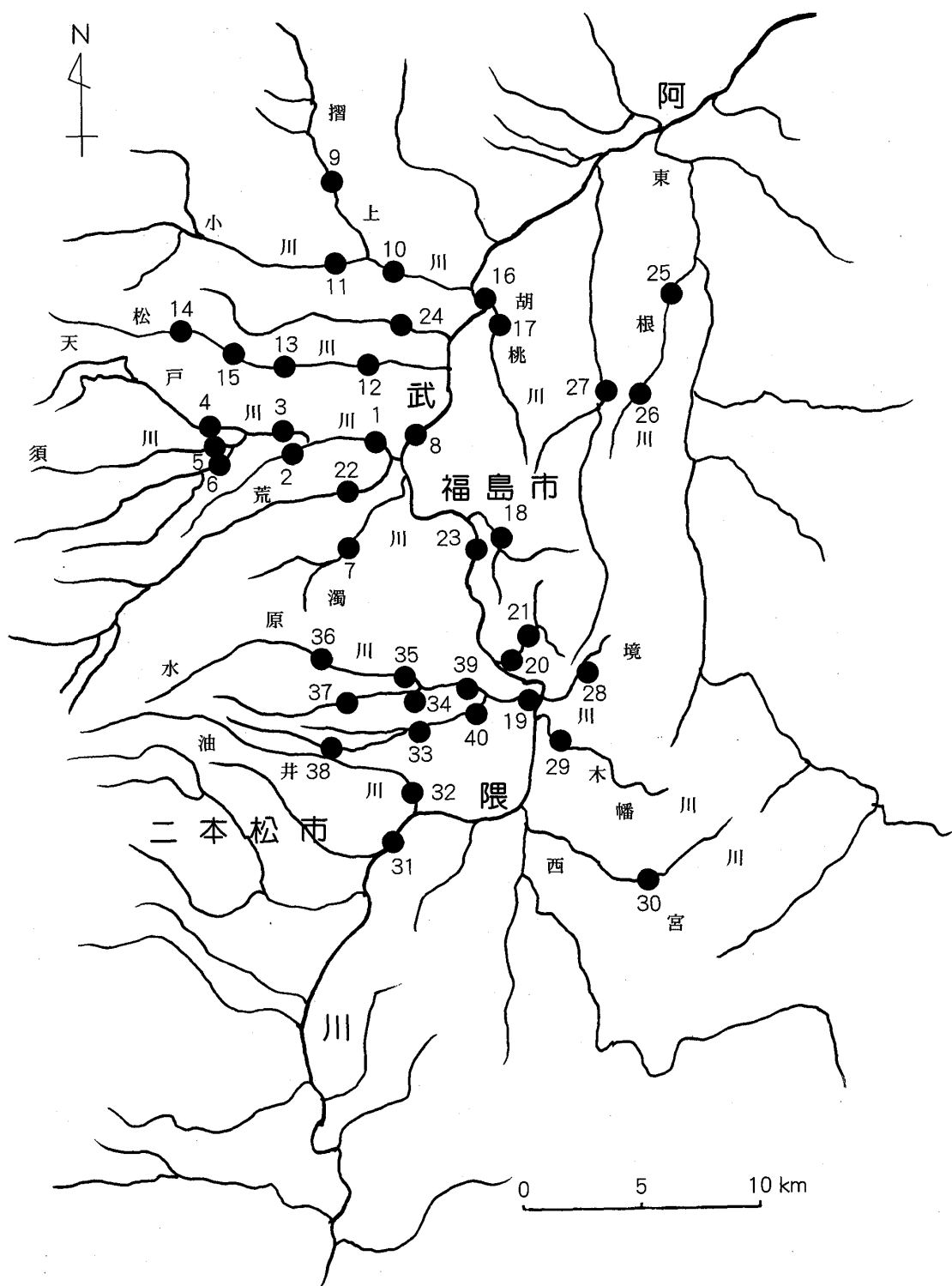


図1 調査地点図

調査表 1

	pH	RpH	電 気 伝導度 μ/cm	Cl - ppm	Na + ppm	Ca <sup>2+</sup> ppm	Mg <sup>2+</sup> ppm	HNO <sub>3</sub> ppm	HNO <sub>2</sub> ppm	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ppm	NH <sub>4</sub> -N ppm	COD ppm	Fe + ppm
8天神橋（阿武隈川）	7.4	7.8	158	24	3.3	6.2	3.1	0.46	0.015	0.02	0.22	5	0.2
16月の輪大橋（阿武隈川）	7.2	7.4	148	26	8.6	2.5	2.4	0.46	0.03	0.03	0.22	10	0.2
23三本木橋（阿武隈川）	7.4	7.6	146	22	9.6	3.1	2.0	0.46	0.015	0.02	0.25	10	0.2
31安達ヶ橋（阿武隈川）	7.0	7.4	138	28	7.3	6.2	1.8	0.46	0.015	0.12	0.12	10	0.2
39逢隈橋（阿武隈川）	7.0	7.8	142	38	7.3	19.0	3.2	0.46	0.015	0.02	0.12	5	0.2
1八木田橋（荒川）	6.6	7.2	218	14	8.3	1.25	6.8	0.46	0.006	0.01	0.12	5	0.2
2仁田橋（荒川）	7.2	7.4	192	20	9.0	1.25	6.0	0.46	0.006	0.02	0.15	5	0.2
3表北橋（須川）	5.4	5.8	207	32	8.6	0.6	8.0	0.23	0.006	0.01	0.12	5	0.2
4天戸橋（天戸川）	7.0	7.4	61.9	12	0.6	3.0	2.0	0.23	0.006	0.01	0.22	5	0.2
5須川橋（須川）	3.4	3.6	361	20	7.6	1.8	4.2	0.23	0.006	0.02	0.15	5	0.5
6日の倉橋（荒川）	7.2	7.4	165	36	6.6	6.2	5.0	0.23	0.006	0.02	0.18	5	0.2
7壇の越橋（濁川）	7.2	7.6	66.2	14	2.0	3.12	1.8	0.23	0.006	0.04	0.1	5	0.2
9滑滝橋（摺上川）	7.2	7.4	71.3	16	6.6	1.25	0.8	0.23	0.02	0.01	0.18	5	0.2
10新摺上橋（摺上川）	7.4	7.4	93.7	14	9.6	2.5	0.8	0.23	0.02	0.02	0.18	5	0.2
11下小川橋（小川）	7.2	7.2	891.2	28	0.3	1.25	1.0	0.23	0.02	0.02	0.16	5	0.2
12川寒佳橋（松川）	4.8	4.8	133	20	11.0	3.1	1.96	0.23		0.02	0.12	5	0.2
13大萱橋（松川）	5.0	5.2	118	20	12.3	1.8	1.2	0.23	0.006	0.01	0.14	13	0.2
14上水道総合記念	7.2	7.2	66.5			3.1				0.01	0.22		
15奥松川橋	5.0	4.8	111	24	9.6	1.8	1.0	0.23	0.006	0.01	0.25	10	0.2
22大森川橋（大森川）	7.2	7.4	187	36	8.3	5.6	4.0	0.46	0.006	0.01	0.22	5	0.2
24八反田川の橋	6.8	7.2	123	6	7.4	16.2	2.7	0.23	0.006	0.02	0.47	5	0.2
32福岡橋（油井川）	7.0	7.2	92.4	16	3.5	3.8	1.3	0.23	0.006	0.05	0.12	5	0.2
33渋川松川合流	7.4	7.6	139	16	4.3	15.0	4.0	0.46	0.006	0.02	0.12	5	0.2
34信天橋（滝川）	7.2	7.6	134	20	4.2	12.5	4.0	0.46	0.006	0.01	0.16	5	0.2
35天明橋（水原川）	7.2	7.4	61.7	24	28.0	6.2	0.9	0.23	0.006	0.03	0.16	5	0.2
36熊野橋（水原川）	7.0	7.2	59.1	32	2.5	3.7	0.68	0.23	0.006	0.03	0.15	5	0.2
37烏帽子川（町道奥）	7.2	7.2	94.8	28	3.5	5.0	2.0	0.46	0.015	0.02	0.17	5	0.2
38中の目橋（油井川）	6.8	7.0	66.1	22	2.5	10.0	0.68	0.23	0.006	0.13	0.15	5	0.2
40下田橋（水原川）	7.6	7.8	96.8	18	5.0	5.0	2.0	0.23	0.006	0.03	0.13	13	0.2
17愛宕橋（胡桃川）	7.0	7.4	225	28	14.3	6.2	2.0	0.46	0.03	0.01	0.24	10	0.2
18福祉センター裏（胡桃川）	7.6	7.6	292	14	1.0	11.2	6.6	0.23	0.006	0.02	0.12	5	0.2
19山崎下橋（胡桃川）	8.4	8.4	179	24	10.0	3.7	3.0	0.23	0.006	0.01	0.14	10	0.2
20雪船田橋（立田川）	7.2	8.0	194	24	10.0	3.7	4.0	0.46	0.015	0.02	0.14	13	0.2
21入川橋（入川）	7.4	7.6	363	86	36.6	6.2	4.6	0.46	0.015	0.01	0.24	10	0.2
25岡代橋（東根川）	7.2	7.6	155	4	6.2	7.5	2.7	0.46	0.006	0.08	0.43	5	0.2
26根子屋橋（東根川）	7.4	7.8	147	14	6.5	10.0	3.6	0.46	0.015	0.06	0.32	5	0.2
27羽山橋（東根川）	7.2	7.4	155	14	6.5	10.0	4.0	0.23	0.006	0.07	0.23	5	0.2
28飯野（境川）	7.6	7.8	117	20	8.0	22.5	3.6	0.23	0.006	0.1	0.24	5	0.2
29寺橋（木幡川）	7.6	7.8	180	36	9.0	12.5	3.7	0.46	0.006	0.13	0.12	10	0.2
30早稲田橋（若宮川）	7.2	7.6	166	38	8.3	10.0	2.7	0.23	0.015	0.12	0.2	5	0.2

※ No. 8, 16, 23, 31, 39は本流

調査表 2

	SiO <sub>2</sub> ppm	DO ppm	透視度 cm	流 速 m/sec	流量 m <sup>3</sup> /sec	Cl <sup>-</sup> 負荷量 g/sec	Ca <sup>2+</sup> 負荷量 g/sec	Mg <sup>2+</sup> 負荷量 g/sec	Na <sup>+</sup> 負荷量 g/sec	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> 負荷量 g/sec	NH <sub>4</sub> -N 負荷量 g/sec
8天神橋 (阿武隈川)	2	11.2	42.5							0	0
16月の輪大橋 (阿武隈川)	10	10.4	7.6							0	0
23三本木橋 (阿武隈川)	5	10.8	15							0	0
31安達ヶ橋 (阿武隈川)	5	10.2	14							0	0
39逢隈橋 (阿武隈川)	5	10.7	27							0	0
1八木田橋 (荒川)	2	11.3	50	1.56	10.60	148.4	13.25	72.08	87.98	0.0156	1.272
2仁田橋 (荒川)	2	11.3	50	1.02	4.69	93.8	5.8625	28.14	42.21	0.0204	0.7035
3表北橋 (須川)	2	12.2	50	1.16	7.56	241.92	4.536	60.48	65.016	0.0116	0.9072
4天戸橋 (天戸川)	2	12.3	50	0.55	1.54	18.48	4.62	3.08	0.924	0.0055	0.3388
5須川橋 (須川)	2	12.5	50	0.86	5.69	113.8	10.242	23.898	43.244	0.0172	0.8535
6日の倉橋 (荒川)	2	12.6	32.8	0.80	5.72	205.92	35.464	28.6	37.752	0.016	1.0296
7壇の越橋 (濁川)	2	11.2	40	1.25	0.94	13.16	2.9328	1.692	1.88	0.05	0.094
9滑滝橋 (摺上川)	10	13	50							0	0
10新摺上橋 (摺上川)	5	13.6	44.5	0.45	5.87	82.18	14.675	4.696	56.352	0.009	1.0566
11下小川橋 (小川)	5	11.3	38	1.02	1.33	37.24	1.6625	1.33	0.399	0.0204	0.2128
12川寒佳橋 (松川)	10	8.9	50		2.25	45	6.975	4.41	24.75	0	0.27
13大萱橋 (松川)	10	10.2	50		7.97	159.4	14.346	9.564	98.031	0	1.1158
14上水道総合記念			50							0	0
15奥松川橋	10	10.5	50							0	0
22大森川橋 (大森川)	10	9.3	50	0.39	1.141	41.076	6.3896	4.564	9.4703	0.0039	0.25102
24八反田川の橋	20	10.8	50	0.69	0.87	5.22	14.094	2.349	6.438	0.0138	0.4089
32福岡橋 (油井川)	10	10.7	50	0.6	1.632	26.112	6.2016	2.1216	5.712	0.03	0.19584
33渋川松川合流	5	9.5	50	0.8	0.48	7.68	7.2	1.92	2.064	0.016	0.0576
34信天橋 (滝川)	5	9.8	46.2	6.54	0.48	9.6	6	1.92	2.016	0.0654	0.0768
35天明橋 (水原川)	2	10.1	50	0.71	2.07	49.68	12.834	1.863	57.96	0.0213	0.3312
36熊野橋 (水原川)	5	10.1	50	1.54	0.68	21.76	2.516	0.4624	1.7	0.0462	0.102
37烏帽子川 (町道奥)	10	10.5	50	0.68	0.2	5.6	1	0.4	0.7	0.0136	0.034
38中の目橋 (油井川)	10	9.9	50	1.0	1.35	29.7	13.5	0.918	3.375	0.13	0.2025
40下田橋 (水原川)	5	10.5	50	1.02	0.83	14.94	4.15	1.66	4.15	0.0306	0.1079
17愛宕橋 (胡桃川)	10	8.7	22	0.43	0.67	18.76	4.154	1.34	9.581	0.0043	0.1608
18福祉センター裏 (胡桃川)	10	9	50	0.45	0.057	0.798	0.6384	0.3762	0.057	0.009	0.00684
19山崎下橋 (胡桃川)	10	9.3	50	0.1	0.049	1.176	0.1813	0.147	0.49	0.001	0.00686
20雪船田橋 (立田川))	10	9	50	0.55	0.178	4.272	0.6586	0.712	1.78	0.011	0.02492
21入川橋 (入川)	10	8.7	50	0.1	0.046	3.956	0.2852	0.2116	1.6836	0.001	0.01104
25岡代橋 (東根川)	10	9.4	24	0.1	3.06	12.24	22.95	8.262	18.972	0.008	1.3158
26根子屋橋 (東根川)	10	10.5	50	0.4	0.12	1.68	1.2	0.432	0.78	0.024	0.0384
27羽山橋 (東根川)	5	10.5	50	0.18	0.189	2.646	1.89	0.756	1.2285	0.0126	0.04347
28飯野 (境川)	10	11.3	41	0.5	0.315	6.3	7.0875	1.134	2.52	0.05	0.0756
29寺橋 (木幡川)	5	10.7	50	0.37	2.61	93.96	32.625	9.657	23.49	0.0481	0.3132
30早稲田橋 (若宮川)	5	10.8	28.3	0.53	0.445	16.91	4.45	1.2015	3.6935	0.0636	0.089

※ No. 8, 16, 23, 31, 39は本流

### 3 調査地域の概要

調査地域は、東側の阿武隈高地と西側の奥羽山脈、那須火山帯とに挟まれ、南北に細長く分布する郡山盆地、二本松盆地、福島盆地である。

郡山盆地は、海拔230～250 m、北の福島盆地は50～80 m で、郡山盆地から福島盆地へと階段状に低くなっている。郡山盆地の東側には、阿武隈高地をつくる花崗岩類や結晶片岩類が広く分布する。西側の奥羽山脈と那須火山帯には、第三紀の地層や火山岩類が分布する。

郡山市街地の盆地には、砂礫や泥岩層をはさむ砂層、泥層からなる第四紀の新しい地層が見られ、台地や段丘、扇状地などを形成している。

福島盆地の西側には、海拔1000～1500 m の奥羽山脈が吾妻火山群（那須火山）を頂に載せている。

山ろくには、第三紀の火山碎屑岩類がある。盆地の北側には、海拔600～800 m の山地が盆地のふちから急に高くなっている。盆地の東側は丘陵上の阿武隈高地があり、花崗岩類が広く分布する。

福島市南部の盆地の縁には、第四紀の地層と火山碎屑岩類がある。南部には、吾妻火山群からの噴出物が第三紀層を覆って盆地の縁まで広く分布する。

### 4 各支流の水質特性

#### pH

天然水の最も基本的な性質は、pH がアルカリ性か中性か酸性かによって決まる。そのため、未知の河川水は pH を測定する必要がある。酸性（5 以下）アルカリ性（8 以上）になると、何らかの原因があると考えられる。

本流の pH は、7.0～7.4の間にある。福島駅より下流の鎌田町付近No16月の輪橋7.2、福島駅左側の人口密集地域No23三本木橋7.4、No31安達ヶ橋7.0と、中性から弱アルカリ性を示している。左岸の支流は、3.4～5.0と酸性を示す河川がある。これらの地域は、火山地帯と温泉水が流入している松川、荒川、須川にあり、No 3 表北橋で5.4、No 5 須川橋で3.4、No12川寒佳橋で4.8、No13大萱橋で4.9、No15奥松川橋で5.0と、酸性を示している。

しかし、右岸の花崗岩および石灰岩地域を流下する支流は7.0～8.4を示し、No17の愛宕橋で7.0、No18福祉センター裏で7.6、No19山崎下橋で8.4、No20雪船田橋で7.2、No25岡代橋で7.2、No26根古屋橋で7.4、No28飯野では7.6と、アルカリ性の傾向がある。（図2）

#### 溶存酸素量（DO）

溶存酸素量（DO）は、河川水に溶け込む酸素の量を示す。河川水に有機物が多くなると、これを分解するために  $O_2$  が必要になる。その結果、有機物が多い河川水は DO が少なくなる。

本流の DO は、10.2～11.4 ppm の間である。左岸の支流は8.9～13.6ppm で、飽和状態にある。右岸は、8.7～12.2 ppmの間である。左岸の支流は扇状地性の河川で、長径50 cm 短径30 cm 程度の礫が河川敷に見られ、急流で水が攪拌されて酸素を吸収しやすいため、DO の値が高くなると思われる。一方右岸は、谷底平野と平坦地を流れるため流れは緩や

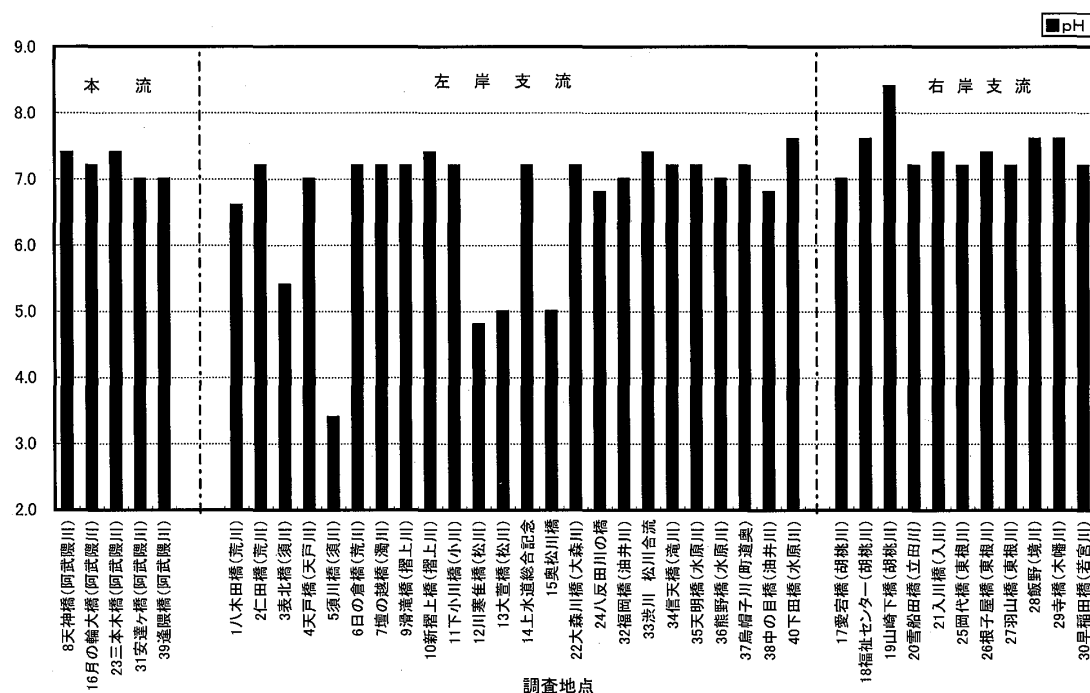


図2 阿武隈川支流の水質2005 (本流・左岸支流・右岸支流)

かで、水温も28℃と高く、 $O_2$ の含有量が少ない。No17愛宕橋8.7ppm, No21入川橋8.7ppm, No25岡代橋9.4ppmのようにDOの少ない地点が見られる。

### 透視度

阿武隈本流の透視度は、50 cm以下で低い。No16月の輪橋付近で7.6 cm, No23三本木橋で15 cm, No31安達ヶ橋で14 cm, No39逢隈橋で27 cmなど、使用した透視度計(50 cm)の半分以下の値である。

左岸の透視度は、温泉水が流入する下流の調査地点で透視度が低く、荒川No6日の倉橋で32 cm, 濁川No7壇の越橋で40 cm, 摺上川No10新摺上橋で44.5 cm, 小川No11下小川橋で38 cmと、火山の硫化物が流入する河川や温泉水が流入する河川で透視度が低い。左岸の他の支流は50 cm以上であった。

右岸の透視度は、胡桃川No17愛宕橋付近で22 cm, 東根川No25岡代橋で24 cm, 境川No28飯野で41 cm, 若宮川No30早稲田橋で28 cmと低い。これらの支流は谷底平野の平坦地を流下しており、河川がよどんでいる。この流域では水田耕作が行われ、水田で使われた水が支流に流れ込むために透視度が低くなる。

### 電気伝導度(EC)

電気伝導度(EC)は、水質を知る上で重要な指標になる。汚染されている河川や塩分濃度の高い水では、ECが高くなる。

本流のECは、138~158  $\mu S/cm$ の間で変化しており、上流で低く、下流で高い。

左岸支流は59.6～891.2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  で変化し、温泉水が流入する荒川、須川、松川で値が高くなっている。

左岸のNo.11下小川橋で891.2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  と高い値を示しているが、原因は不明である。その他の地点では、須川No.5須川橋で361  $\mu\text{S}/\text{cm}$  と高い数値を示している。

右岸支流のECは、117～363  $\mu\text{S}/\text{cm}$  の間にあり、高い値を示す地点は入川No.21入川橋363  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、No.18福祉センター裏292  $\mu\text{S}/\text{cm}$  など、谷底平野の水田地帯付近である。

### Cl<sup>-</sup>の含有量

塩素イオン（Cl<sup>-</sup>）濃度は、人為的な汚染がある時に値が高くなる。人口密集地域を流れる河川や化学工場の排水流入などで高い値になる。

本流のCl<sup>-</sup>の含有量は、22～38 ppm の間にある。福島市松川町金沢No.39逢隈橋で38 ppm、これより下流のNo.31安達ヶ橋で28 ppm となる。

左岸支流のCl<sup>-</sup>含有量は、6～36 ppm である。上流には火山地帯と温泉があり、これらが流入する荒川、須川、松川で含有量が多い。荒川No.6日の倉橋で36 ppm、須川No.3表北橋で32 ppm、小川No.11下小川橋で28 ppm となる。

右岸支流のCl<sup>-</sup>含有量は、4～86 ppm と変化に富んでいる。特に入川No.21入川橋で86 ppm と特に高い値を示しているが、原因は明らかではない。この他、谷底平野や平坦地を流れる若宮川No.30早稲田橋（38 ppm）や木幡川No.29寺橋（36 ppm）で含有量が多かった。

Cl<sup>-</sup>と電気伝導度は、一般的に同じ傾向が見られる。この地域でも同様の傾向がある。（図3）

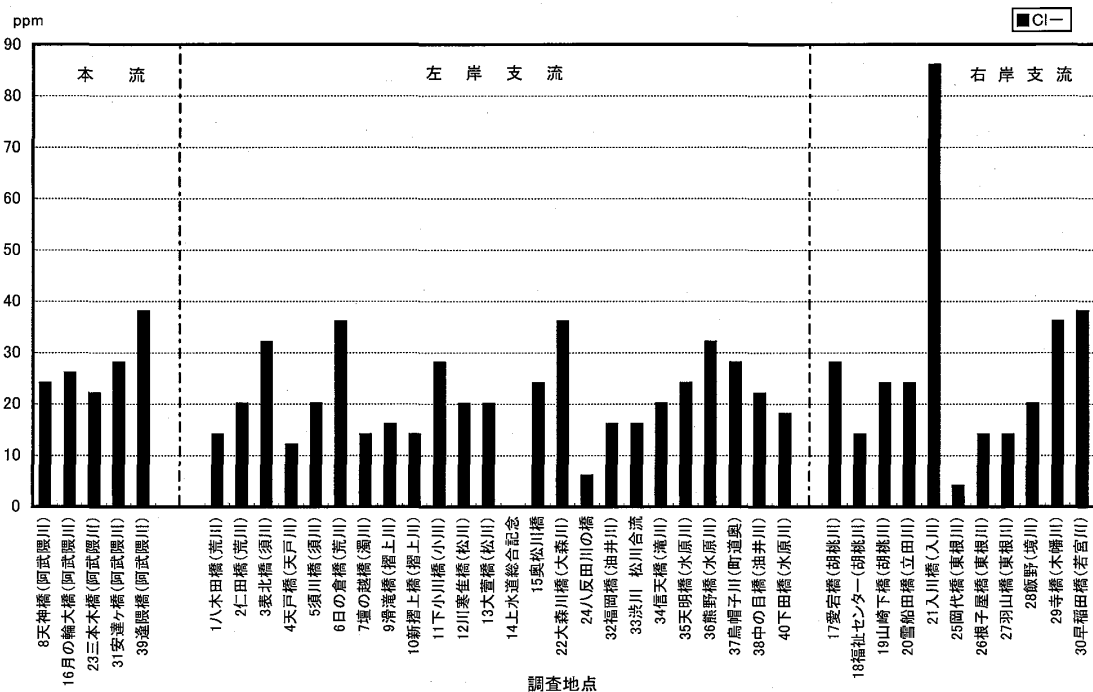


図3 阿武隈川支流の水質2005（本流・左岸支流・右岸支流）

### Na<sup>+</sup>の含有量

Na<sup>+</sup>は、生活排水に多く含有する。日本の河川のNa<sup>+</sup>は少ないが、人間は毎日7～15gの食塩を必要とし、これが排泄物の中に含まれるため、Na<sup>+</sup>が多い河川では、人間活動による汚染が心配される。

本流のNa<sup>+</sup>の含有量は、3.3～9.6ppmである。No23の安達ヶ橋で9.6ppmとわずかに含有量が多くなる。左岸支流の含有量は、0.3～28ppmで、水原川No35天明橋で28ppmと多くなる。他はNo13大萱橋、No12川寒佳橋、No19山崎下橋の3点で10ppmを超えていた。

右岸支流の含有量は1.0～36.6ppmの間にある。特に入川No21入川橋で36.6ppmと最高値を示し、EC (891  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) やCl<sup>-</sup> (86 ppm) も高い数値を示している。この河川は流域面積が小さい。流域の集落も少なく、汚染物が流入するような環境でないため、Na<sup>+</sup>の含有量が多くなる理由は分からない。(図4)

### Ca<sup>2+</sup>の含有量

日本の河川はCa<sup>2+</sup>の含有量が少なく、5～20ppm程度である。Ca<sup>2+</sup>を多く含有する河川水は、石灰岩地域に見られる。

本流のCa<sup>2+</sup>含有量は、2.5～19ppmの間で変化している。No39逢隈橋で19ppmを示す。福島盆地を流下する阿武隈川の左岸支流のCa<sup>2+</sup>含有量は0.6～6.2ppmで、含有量は少ない。しかし右岸支流では、3.7～22.5ppmと比較的多く、花崗岩、石灰岩地帯を流下する境川No28飯野で22.5ppmと最高値を示している。右岸の河川は小河川で、流域内の集落も少ない。このことから、右岸支流でCa<sup>2+</sup>含有量が多いのは地質的な影響によるものと思われる。(図5)

### Mg<sup>2+</sup>の含有量

Mg<sup>2+</sup>は、岩石や土壌に含有するが、特に海水に多く含有している。一般的には、海水が遡上する河川で多くなる。

Mg<sup>2+</sup>の含有量は全体的に少なく、本流では1.8～3.2ppmの間で変化している。左岸支流は、0.8～8ppmであり、須川のNo3表北橋で8ppmとなった。荒川や須川など、火山地帯の河川や温泉水の流入する河川で含有量が比較的多い。右岸支流は左岸側より多く、2～6.6ppmの間で変化している。(図6)

Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>の含有量はいずれも右岸で多く、左岸は少ない。これは、地質的な影響を受けているためと思われる。左岸支流で含有量が少なくなるのは、那須火山帯の安山岩や火山碎屑物が流下するためだと考えられ、右岸支流で含有量が多いのは、花崗岩と石灰岩地域を流下するためだと考えられる。

### NH<sub>4</sub>-Nの含有量

窒素化合物が多いことは、汚染を意味する。窒素は、蛋白質の分解によって生じる。水中のアンモニア含有量が多いことは蛋白質の供給を意味し、水の汚染の目安の一つになる。日本の河川のNH<sub>4</sub>-Nの含有量の平均は0.05ppmである。

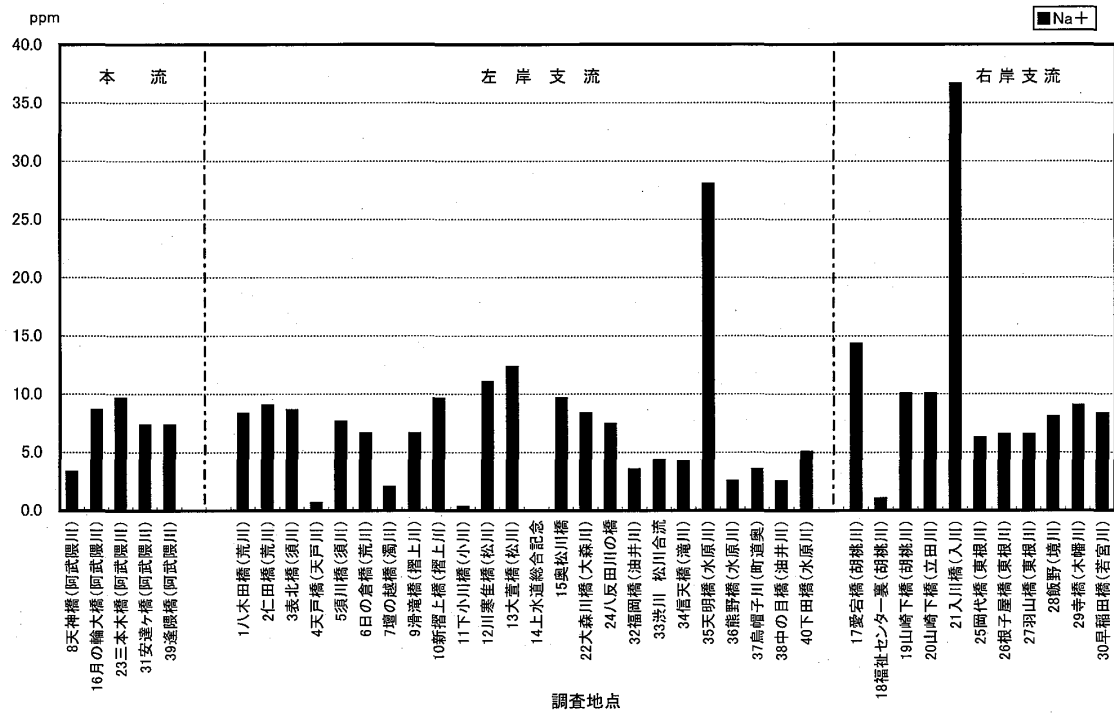


図4 阿武隈川支流の水質2005（本流・左岸支流・右岸支流）

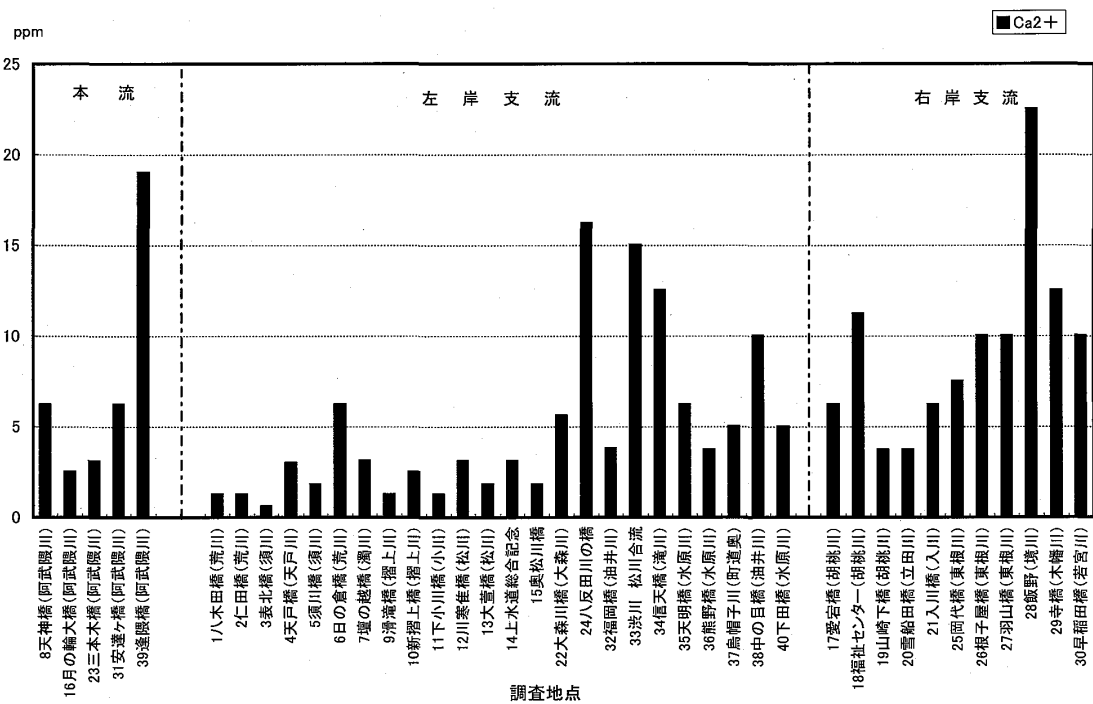


図5 阿武隈川支流の水質2005（本流・左岸支流・右岸支流）

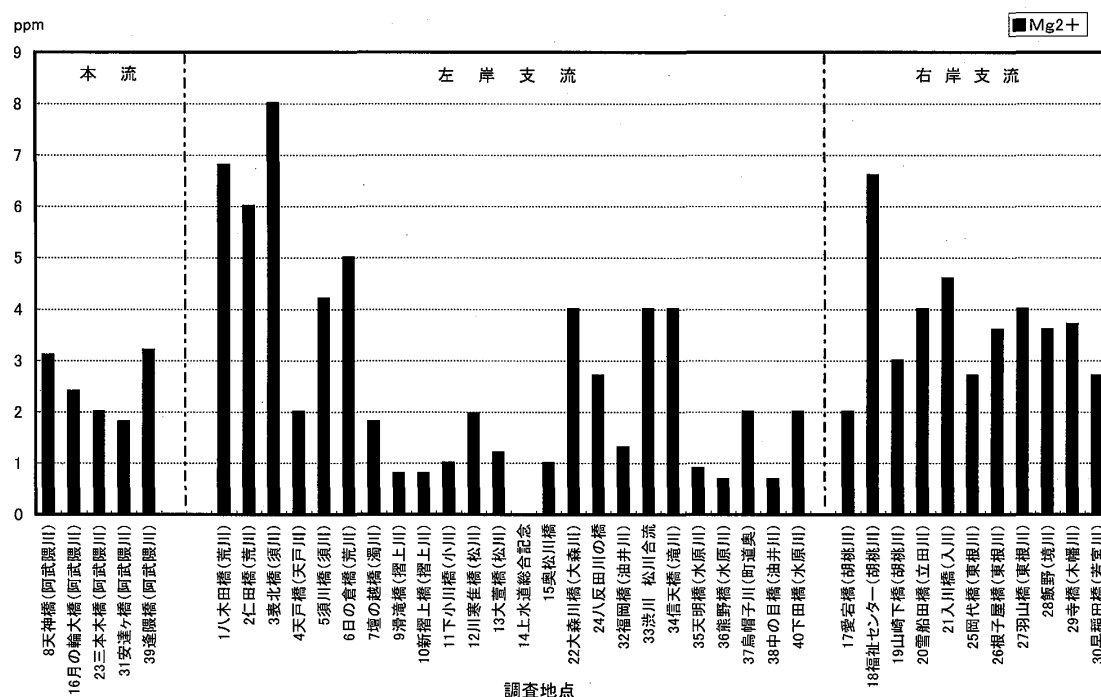


図6 阿武隈川支流の水質2005 (本流・左岸支流・右岸支流)

本流の  $\text{NH}_4\text{-N}$  は、0.12~0.25 ppm である。下流のNo31安達ヶ橋やNo39逢隈橋の0.12 ppm に比べてNo23三本木橋0.25 ppm, No8天神橋, No16月の輪橋0.22 ppm と、上流の数値が少し高めになっている。左岸支流の  $\text{NH}_4\text{-N}$  は、0.1~0.47 ppm で、反田川No24八反田橋で0.47 ppm, 松川No15奥松川橋で0.25 ppm を示したが、他の地点は0.18 ppm 以下であった。

右岸支流の  $\text{NH}_4\text{-N}$  は、0.12~0.43 ppm で、東根川No25岡代橋で0.43 ppm, 岡代橋より3 km 上流のNo26根小屋橋で0.32 ppm と含有量が多くなり、他の4点でも0.23 ppm 以上の数値を示している。右岸支流は水田地帯を流下し、肥料が流入するため  $\text{NH}_4\text{-N}$  含有量が多いと思われる。(図7)

### $\text{PO}_4^{3-}$ の含有量

一般的に、リン酸が多いのは、洗剤・肥料の流入が原因している。

本流の  $\text{PO}_4^{3-}$  の値は、0.02~0.12 ppm で、No31安達ヶ橋で0.12 ppm を示したが、他の地点は0.02~0.03 ppm である。左岸支流の  $\text{PO}_4^{3-}$  は、0.001~0.13 ppm で、油井川No38中の目橋で0.13 ppm を示している。他は0.05 ppm 以下である。

右岸支流の  $\text{PO}_4^{3-}$  は、0.12~0.43 ppm で、東根川No25岡代橋で0.8 ppm, 3 km 上流のNo26根小屋橋で0.6 ppm, さらに上流のNo27羽山橋で0.7 ppm である。右岸は谷底平野が大きく、水田地帯で夏季の肥料の一部が河川に流入していると思われる。

右岸支流の  $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{PO}_4^{3-}$  の含有量は、本流や左岸側支流に比べて高い傾向が見られる。(図8)

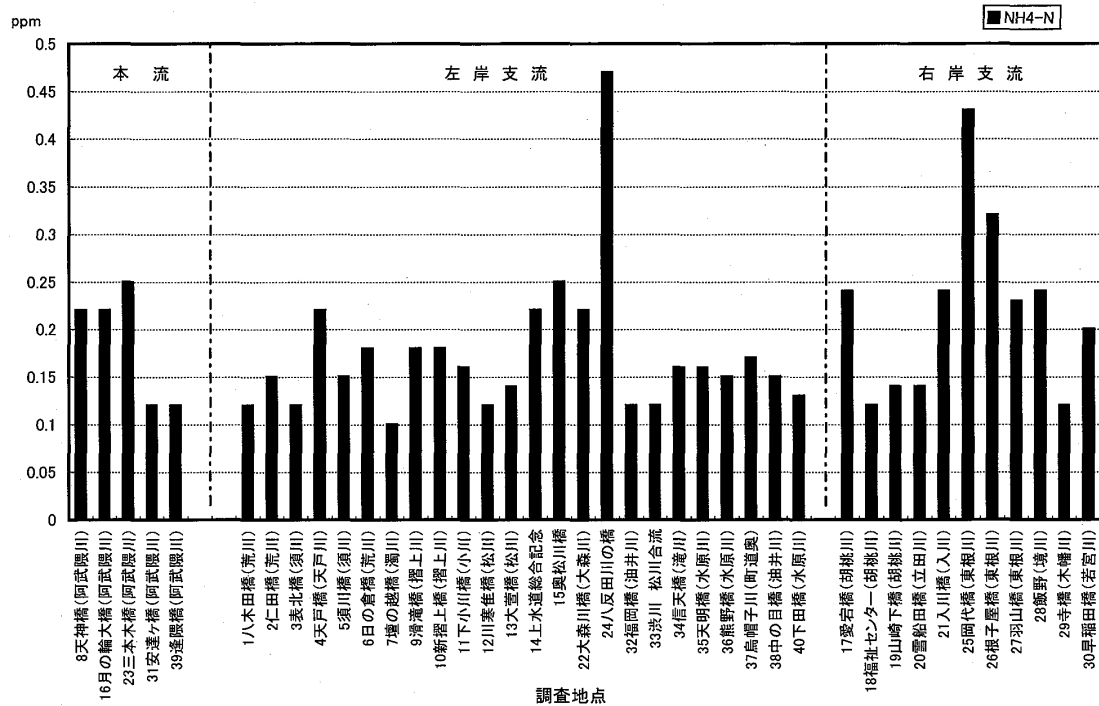


図7 阿武隈川支流の水質2005（本流・左岸支流・右岸支流）

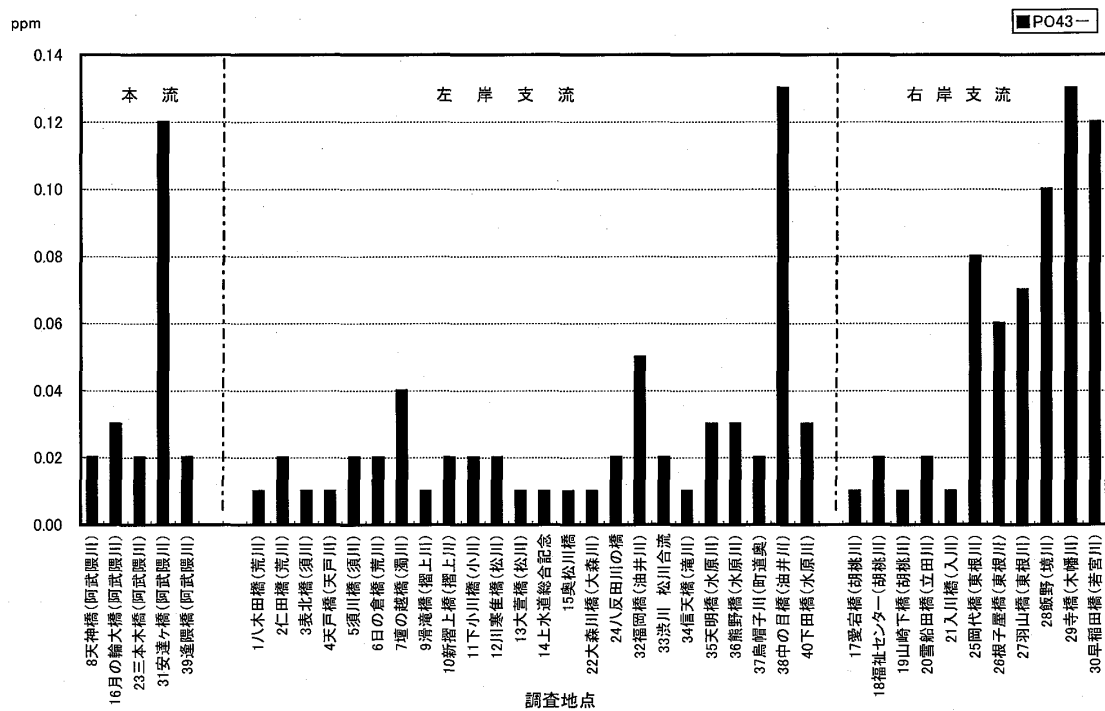


図8 阿武隈川支流の水質2005（本流・左岸支流・右岸支流）

以上の結果、本流の水質は、右岸支流、左岸支流の流入により、ほぼ平均化されていることがわかった。(表3)

表3 水質(本流, 支流)の平均

	pH	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	$\text{Cl}^-$ (ppm)	$\text{Na}^+$ (ppm)	$\text{Ca}^{2+}$ (ppm)	$\text{Mg}^{2+}$ (ppm)
本 流	7.2	146	25	7.2	4.0	2.5
左岸支流	6.6	159	21	7.0	4.8	2.7
右岸支流	7.4	198	27	10.6	9.4	3.7

## 5 負荷量から見た水質

阿武隈川に流入する支流の各イオンの負荷量をみる。なお、支流については流速計での測定ができたが、本流は橋梁から水面まで40 m 以上あるため流速計を使って測定することができなかった。

### $\text{Cl}^-$ の負荷量

左岸支流の  $\text{Cl}^-$  負荷量は、5.6~241.9 g/sec であり、須川No.3 表北橋で241.9 g/sec、荒川No.6 日の倉橋で205.9 g/sec と値が高く、松川No.13大萱橋で159.4 g/sec、荒川No.1 八木田橋148.4 g/sec、須川No.5 須川橋113.8 g/sec でも、高い値を示している。松川、須川、荒川は、いずれも上流に温泉があるため、他の河川に比べて  $\text{Cl}^-$  の負荷量が多くなる。

右岸支流の負荷量は、1.6~93.9 g/sec で、木幡川No.29寺橋で93.9 g/sec となったが、他の地点では20 g/sec 以下の値となっている。右岸支流は、流量が1  $\text{m}^3/\text{sec}$  未満の河川がほとんどであり、含有量が36 ppm と多かった寺橋では流量も2.61  $\text{m}^3/\text{sec}$  と比較的多いために負荷量が増えた。(図9)

### $\text{Na}^+$ の負荷量

左岸支流の  $\text{Na}^+$  の負荷量は、0.7~98.03 g/sec である。松川No.13大萱橋で98.03 g/sec を示した。須川No.3 表北橋65 g/sec、水原川No.35天明橋57.9 g/sec、摺上川No.10新摺上橋56.3 g/sec でも、高い値を示した。 $\text{Na}^+$  の負荷量は、 $\text{Cl}^-$  の負荷量と同様に多くなる。

右岸支流の  $\text{Na}^+$  の負荷量は、0.78~23.5 g/sec である。木幡川No.29寺橋で23.5 g/sec、東根川No.25岡代橋で18.9 g/sec と高い値を示した他は10 g/sec 以下だった。(図10)

### $\text{Ca}^{2+}$ の負荷量

左岸支流の  $\text{Ca}^{2+}$  の負荷量は、1~35.4 g/sec である。荒川No.6 日の倉橋で35.4 g/sec である。

右岸支流の  $\text{Ca}^{2+}$  の負荷量は、1.2~32.6 g/sec で、木幡川No.29寺橋で32.6 g/sec である。この地点は、流量は0.3  $\text{m}^3/\text{sec}$  と少ないが含有量が多いために負荷量が多くなったと考えられる。(図11)

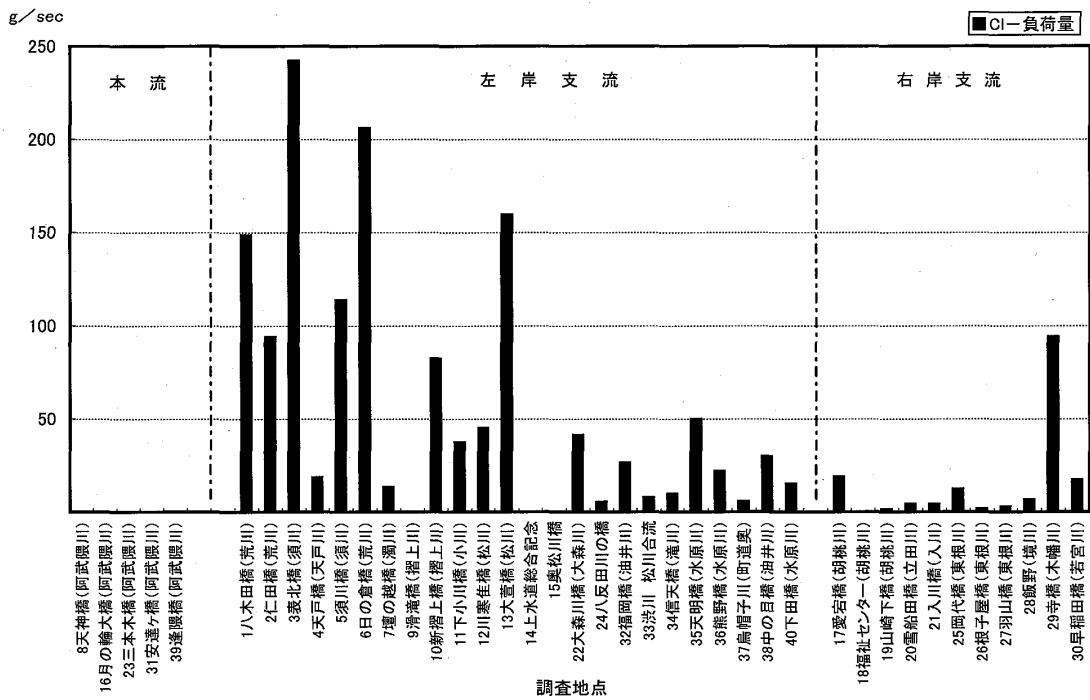


図9 阿武隈川支流の水質2005（本流・左岸支流・右岸支流）

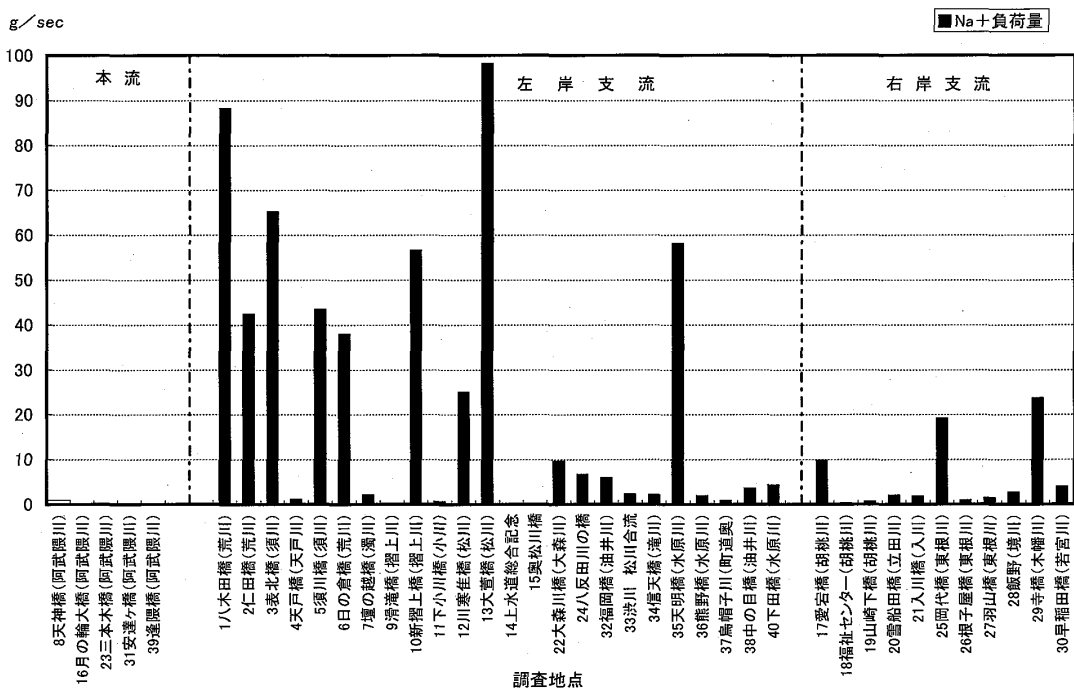


図10 阿武隈川支流の水質2005（本流・左岸支流・右岸支流）

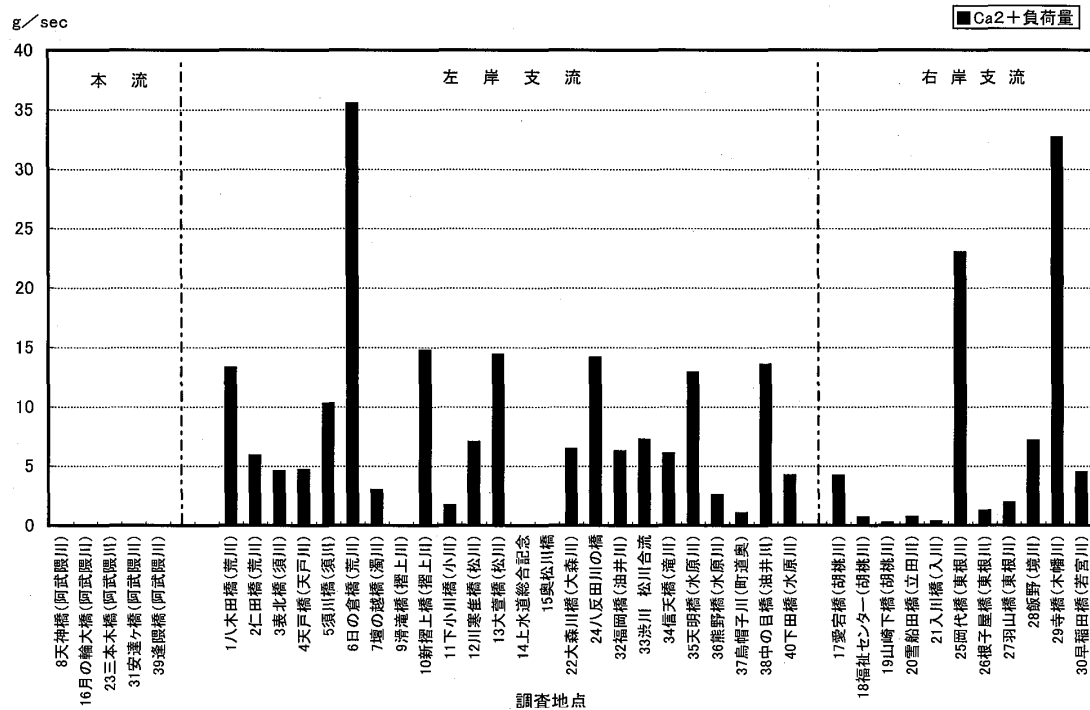


図11 阿武隈川支流の水質2005 (本流・左岸支流・右岸支流)

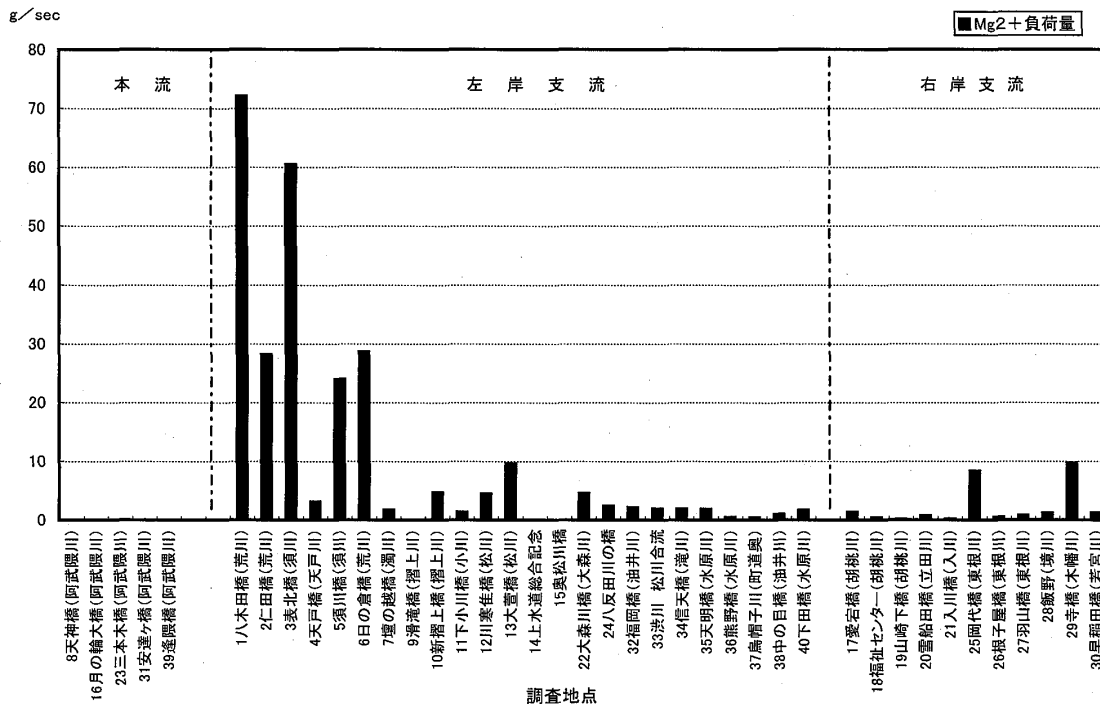


図12 阿武隈川支流の水質2005 (本流・左岸支流・右岸支流)

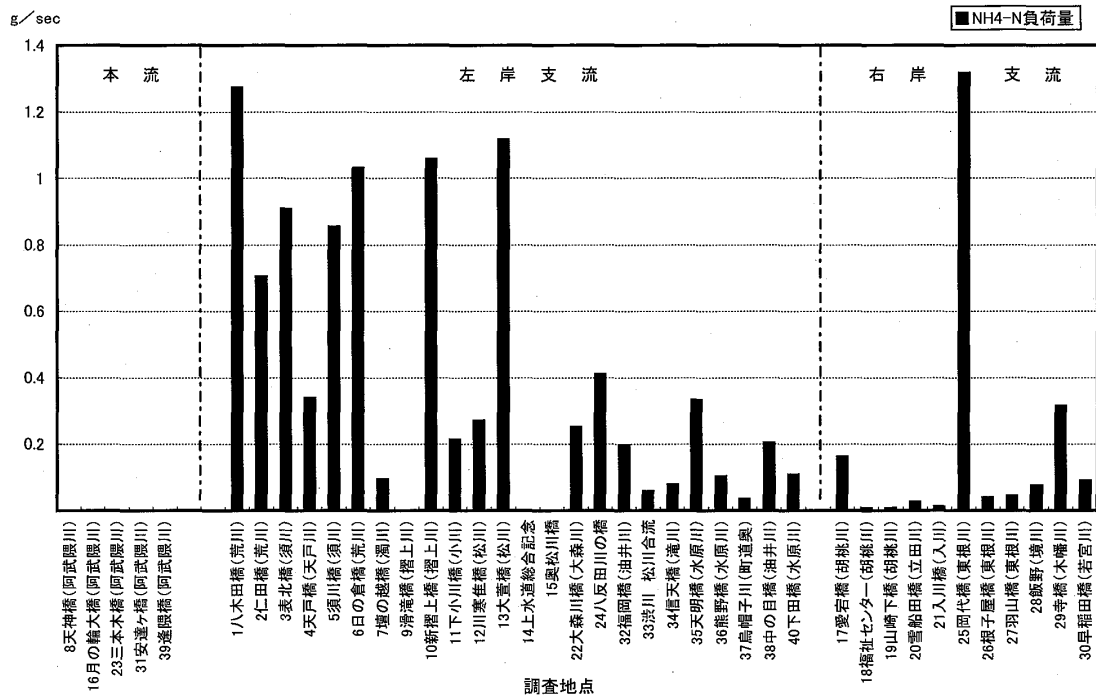


図13 阿武隈川支流の水質2005 (本流・左岸支流・右岸支流)

### Mg<sup>2+</sup>の負荷量

左岸支流の Mg<sup>2+</sup>の負荷量は、0.14～72.0 g/secである。荒川No.1 八木田橋66.7 g/secは、流量が10.6 m<sup>3</sup>/secと今回調査した支流の中で最も多い。須川No.3 表北橋でも60.5 g/secと高い値を示した。この地点の流量も7.5 m<sup>3</sup>/secと流量が多い。須川No.7 壇の越橋は、流量が0.94 m<sup>3</sup>/secと少なかったが、含有量が51.8 ppmと多かったため、48.6 g/secと負荷量が多かった。

右岸支流の Mg<sup>2+</sup>の負荷量は、0.4～9.6 g/secで、左岸側に比べて負荷量の少ない地点が多い。

木幡川No.29寺橋9.6 g/secと東根川No.25岡代橋8.2 g/secは、いずれも流量が2 m<sup>3</sup>/sec以上と他の河川より多いため、負荷量が多くなった。(図12)

### NH<sub>4</sub>-Nの負荷量

左岸の NH<sub>4</sub>-Nの負荷量が多い河川は、荒川No.1 八木田橋1.27 g/sec、須川No.3 表北橋1.02 g/sec、荒川No.6 日の倉橋1.02 g/sec、摺上川No.10の新摺上橋1.05 g/secで、温泉水が流入する河川で負荷量が多くなる。

右岸で負荷量の多い河川は、東根川No.25岡代橋で、1.31 g/secである。(図13)

### PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>の負荷量

左岸で PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>の負荷量が多い河川は、温泉水の流入する河川ではなく、油井川No.38中の目橋で、0.13 g/secを示す。他の河川は少ない。

右岸の PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>の負荷量は、若宮川No.30早稲田橋で0.063 g/secと多く、他の河川は少ない。

表4 阿武隈川本流・支流の水質特性

	阿武隈川本流	左 岸 側 支 流	右 岸 側 支 流
地 形		一部扇状地	谷底平野
土 地 利 用		果物畑	水田, 畑
地 質		火山性の岩石 (新第三期の火山 碎屑岩)	花崗岩, 石灰岩
pH	7.0~7.4	3.4~7.6 (松川, 荒川, 須川など温 泉水が流入する河川では酸性傾向)	7.0~8.4
DO	10.2~11.4 ppm	8.9~13.6 ppm	8.7 ppm
透 視 度	7.6~27 cm	荒川 (32 cm) 小川 (38 cm) 濁 川 (40 cm) 摺上川 (44.5 cm) 以外は50 cm 以上	胡桃川 (22 cm) 東根川 (24 cm) 若宮川 (28.3 cm) 境川 (41 cm) 以外は50 cm 以上
Cl <sup>-</sup> 含有量	22~38 ppm	6~36 ppm 温泉水の流入する荒 川 (36 ppm) 須川 (32 ppm) 小 川 (28 ppm) など多い	4~86 ppm 入川 (86 ppm) 若宮川 (38 ppm)
Na <sup>+</sup> 含有量	3.3~9.6 ppm	0.3~28 ppm 小川 (28 ppm)	1~36.6 ppm 入川 (36.6 ppm)
Ca <sup>2+</sup> 含有量	2.5~19 ppm	0.6~6.2 ppm	3.7~22.5 ppm 境川22.5 ppm
Mg <sup>2+</sup> 含有量	1.8~3.2 ppm	0.8~8 ppm	2~6.6 ppm
NH <sub>4</sub> -N	0.12~ 0.25 ppm	0.1~0.47 ppm 反田川 (0.47 ppm)	0.12~0.43 ppm 東根川 (0.6~0.7 ppm)
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0.02~0.12 ppm	0.001~0.13 ppm	0.6~0.8 ppm
電気伝導度	61.7~ 158 μS/cm	59.6~891.2 μS/cm 小川 (No11: 891.2 μS/cm) 須川 (361 μS/cm)	117~363 μS/cm
		左 岸 側 支 流	右 岸 側 支 流
Cl <sup>-</sup> 負荷量		5.6 ~ 241.9 g/sec 温泉水が流入する河川で 多い須川 (No 3 表北橋: 241.9 g/sec) 松川 (No 13 大萱橋: 159.4 g/sec) 荒川 (No 6 日の倉橋: 205.9 g/sec, No 1 八木田 橋: 148.4 g/sec) 須川 (No 5 須川橋: 113.8 g / sec)	1.6 ~ 93.9 g/sec 木幡川 (No 29 寺橋: 241.9 g/sec)
Na <sup>+</sup> 負荷量		0.7 ~ 93 g/sec 温泉水が流入する河川で多い 松川 (No 13 大萱橋: 98.0 g/sec) 須川 (No 3 表北橋: 65.0 g/sec) 摺上川 (No 10 新摺上橋: 56.0 g/sec)	0.78 ~ 23.5 g/sec 木幡川 (No 29 寺橋: 23.5 g/sec) 東根川 (No 25 岡代橋: 18.9 g/sec) 他は 10 g/sec 以下
Ca <sup>2+</sup> 負荷量		1 ~ 35.4 g/sec 松川 (No 13 大萱橋: 14.3 g/sec) 荒川 (No 6 日の倉橋: 35.4 g/sec)	1.2 ~ 32.6 g/sec 木幡川 (No 29 寺橋: 32.6 g/sec)
Mg <sup>2+</sup> 負荷量		0.14 ~ 72.0 g/sec 荒川 (No 1 八木田橋: 72.0 g/sec) 須川 (No 3 表北橋: 60.5 g/sec)	0.4 ~ 9.6 g/sec 木幡川 (No 29 寺橋: 9.6 g/sec) 東根川 (No 25 岡代橋: 8.2 g/sec)

## 6 まとめ

- ①本流の pH は, 7.0~7.4の間にある。左岸支流の pH は3.4~7.6の間にあり, 松川, 荒川, 須川など, 上流に火山地帯がある河川と温泉水が流入する河川では酸性を示す。右岸支流の pH は, 7.0~8.4の間にある。花崗岩, 石灰岩地域を流下するため, アルカリ性を示す。
- ②本流の DO は, 10.2~11.4 ppm の間にある。左岸支流は, 8.9~13.6 ppm。DO は扇状地の支流で12.2~13.6 ppm と値が高い。右岸支流の DO は, 8.7 ppm と左岸より少ない。
- ③本流の透視度は, 7.6~27 cm と低い値を示す。左岸の透視度は, 荒川32 cm, 濁川40 cm, 摺上川44.5 cm で低い値を示すが, 他の支流は50 cm 以上である。右岸の透視度は, 谷底平野や水田地帯を流下する胡桃川22 cm, 東根川24 cm, 境川41 cm で低い。
- ④本流の電気伝導度は, 61.7~158  $\mu\text{S}/\text{cm}$  で変化する。左岸支流の電気伝導度は59.6~891.2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  で変化する。温泉水が流入する小川891.2  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 須川361  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 荒川218  $\mu\text{S}/\text{cm}$  で高い。右岸支流の電気伝導度は, 117~363  $\mu\text{S}/\text{cm}$  で, 入川で363  $\mu\text{S}/\text{cm}$  と高く, 谷底平野や水田地帯で高くなっている。
- ⑤本流の  $\text{Cl}^-$  の含有量は, 22~38 ppm の間にある。左岸支流の  $\text{Cl}^-$  の含有量は, 6~36 ppm である。温泉水が流入する荒川, 須川, 松川で含有量が多い。荒川で36 ppm, 須川で32 ppm, 小川で28 ppm である。右岸支流の  $\text{Cl}^-$  の含有量は, 4~86 ppm である。入川で特に高い値 (86 ppm) を示しているが, 原因は明らかではない。
- ⑥本流の  $\text{Na}^+$  の含有量は, 3.3~9.6 ppm である。左岸支流の含有量は, 0.3~28 ppm で, 水原川で28 ppm と多くなる。右岸支流の含有量は 1~36.6 ppm の間にある。特に入川 No.21 入川橋で36.6 ppm と最高値を示し, EC (891  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) や  $\text{Cl}^-$  (86 ppm) も高い数値を示している。
- ⑦本流の  $\text{Ca}^{2+}$  の含有量は, 2.5~19 ppm の間で変化している。左岸支流の  $\text{Ca}^{2+}$  の含有量は0.6~6.2 ppm で, 含有量は少ない。右岸支流の  $\text{Ca}^{2+}$  の含有量は, 3.7~22.5 ppm と比較的多く, 花崗岩, 石灰岩地帯を流下する境川 No.28 飯野で22.5 ppm と最高値を示している。
- ⑧本流の  $\text{Mg}^{2+}$  の含有量は, 1.8~3.2 ppm の間で変化している。左岸支流は, 0.8~8 ppm であり, 荒川や須川など, 火山地帯の河川や温泉水の流入する河川で含有量が比較的多い。右岸支流は左岸より多く, 2~6.6 ppm の間で変化する。
- ⑨本流の  $\text{NH}_4\text{-N}$  は, 0.12~0.25 ppm である。左岸支流の  $\text{NH}_4\text{-N}$  は, 0.1~0.47 ppm で, 反田川で0.47 ppm, 松川で0.25 ppm と高い値を示した。右岸支流の  $\text{NH}_4\text{-N}$  は, 0.12~0.43 ppm で, 東根川で0.43 ppm, 岡代橋より 3 km 上流の No.26 根小屋橋で0.32 ppm と含有量が多くなる。
- ⑩本流の  $\text{PO}_4^{3-}$  の値は, 0.02~0.12 ppm の間で変化する。左岸支流の  $\text{PO}_4^{3-}$  は, 0.001~0.13 ppm で変化する。油井川で0.13 ppm を示している。右岸側支流の  $\text{PO}_4^{3-}$  は, 0.12~

0.43 ppm で変化している。

- ⑪左岸支流の  $\text{Cl}^-$  の負荷量は、5.6~241.9 g/sec で変化する。須川241.9 g/sec, 荒川205.9 g/sec で値が高く、松川159.4 g/sec も高い値を示している。松川, 須川, 荒川は、いずれも上流に温泉がある。

右岸支流の  $\text{Cl}^-$  の負荷量は、1.6~93.9 g/sec で、木幡川で93.9 g/sec となった。

- ⑫左岸支流の  $\text{Na}^+$  の負荷量は、0.7~98.03 g/sec である。松川で98.03 g/sec, 須川で65 g/sec, 水原川で57.9 g/sec, 摺上川で56.3 g/sec で高い値を示す。

右岸支流の  $\text{Na}^+$  の負荷量は、0.78~23.5 g/sec である。木幡川23.5 g/sec, 東根川18.9 g/sec と高い値を示した。

- ⑬左岸支流の  $\text{Ca}^{2+}$  の負荷量は、1~35.4 g/sec である。荒川で35.4 g/sec を示した。

右岸支流の  $\text{Ca}^{2+}$  の負荷量は、1.2~32.6 g/sec で、木幡川で32.6 g/sec である。

- ⑭左岸支流  $\text{Mg}^{2+}$  の負荷量は、0.14~72.0 g/sec である。荒川66.7 g/sec, 須川60.5 g/sec で高い値を示した。

右岸支流の  $\text{Mg}^{2+}$  の負荷量は、0.4~9.6 g/sec で、左岸側に比べて負荷量の少ない地点が多い。

- ⑮左岸の  $\text{NH}_4\text{-N}$  の負荷量は、0.0039~0.13 g/sec。荒川1.27 g/sec, 須川1.02 g/sec, 荒川1.02 g/sec, 摺上川1.05 g/sec など、温泉水が流入する河川で負荷量が多い。

右岸の負荷量は、0.001~0.063 g/sec で変化している。

## 謝 辞

本稿をまとめるにあたり、現地調査にご協力いただいた茨城キリスト教大学学生 馬上千佳君に厚く御礼申し上げます。

なお、この論文は、日本地理学会秋季学術大会(2006年)で発表したものに加筆してまとめたものである。研究費として茨城キリスト教大学図書研究費の一部を利用させていただいた。

## 参考文献

- 1 飯田・志村・大島 2005年阿武隈川の水質特性(第1報) 2003年夏季豪雨時における特性 茨城キリスト教大学紀要38号
- 2 飯田・志村・大島 2006年阿武隈川の水質特性(第2報) 高水位(豪雨時)と低水位(平水時)の比較 茨城キリスト教大学紀要39号
- 3 小林純 1971年「水の健康診断」 岩波新書
- 4 日本分析化学北海道支部編 1968年「水の分析」 化学同人
- 5 半谷・高井・小倉 2001年「水質調査ガイドブック」 丸 善
- 6 半谷高久 1960年「水質調査法」 丸 善
- 7 三宅・北野 1991年「新水質化学分析法」 地人書館
- 8 飯田貞夫 1993年「やさしい陸水学」 文化書房博文社
- 9 飯田・江口・大島・志村 1996年「人間をとりまく自然と環境」 文化書房博文社
- 10 飯田・志村・大島 2003年久慈川流域の水質 茨城キリスト教大学紀要36号
- 11 阪口・高橋・大森 1979年「日本の川」 岩波書店
- 12 大矢雅彦 1979年「河川の開発と平野」 大明堂
- 13 山本莊毅 1968年「陸水」 共立出版

## Summary

We have conducted an investigation into the tributaries flowing into the Abukuma river. Our findings can be summarized as follows.

- ① In the main stream of the Abukuma, the pH value is 7.0~7.4. In the tributaries of the left bank, it is 3.4~7.6. The Matsukawa, the Arakawa and the Sukawa show the acid reactions because of the inflows of hot spring waters. It is 7.0~8.4 in the branches of the right bank. They are alkalized because they run through the granitic and the limestone districts.
- ② DO of the mainstream is 10.2~11.4ppm. In the tributaries of the left bank, it is 8.9~13.6ppm. DO of the branches of the right bank show 8.7ppm.
- ③ The transparency of the mainstream is 7.6~27cm. As for the tributaries of the left bank, it is 32cm (the Arakawa), 40cm (the Nigori river), and 44.5cm (the Suriage river). The other branches show more than 50cm. In the branches of the right bank, it is 22cm (the Kurumi river), 24cm (the Higashine river), and 41cm (the Sakai river).
- ④ The electric conductivity of the mainstream is 61.7~158 $\mu\text{S}/\text{cm}$ . The tributaries of the left bank show 59.6~891.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ . The high values are found in the Ogawa (891.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), the Sugawa (361 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), the Arakawa (218 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). They are fed by the thermal spring waters. In the branches of the right bank, it is 117~363 $\mu\text{S}/\text{cm}$ . The high value is observed in the Iirilawa (363 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) which runs through valleys and paddy lands.
- ⑤ In the mainstream, the content of  $\text{Cl}^-$  is 22~38ppm. In the tributary streams of the left bank, it is 6~36ppm. The high values are seen in the Arakawa (36ppm), the Sugawa (32ppm), and the Ogawa (28ppm) into which the hot spring waters flow. In the branches of the right bank, it is 4~86ppm. That of the Irikawa shows especially high value (86ppm), but the cause is unknown.
- ⑥ In the mainstream, the content of  $\text{Na}^+$  is 3.3~9.6ppm. In the tributary streams of the left bank, it is 0.3~28ppm. The highest value (28ppm) is found in the Kihara river. In the tributary streams of the right bank, it is 1~36.6ppm. At Irikawa (No.21) and the Irikawa bridge, the highest values are observed, and there the contents of EC (891 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) and  $\text{Cl}^-$  (86ppm) are also high.
- ⑦ In the main stream, the content of  $\text{Ca}^{2+}$  is 2.5~19ppm. In the tributaries of the left bank, it is 0.6~6.2ppm. In the tributary streams of the right bank, it is relatively high value, 3.7~22.5ppm. The highest value (22.5ppm) is observed in the Sakai river (No.28) by the side of Iino (No.28) which runs through the granitic and the limestone area.
- ⑧ In the mainstream, the content of  $\text{Mg}^{2+}$  is 1.8~3.2ppm. In the tributaries of the left bank, it is 0.8~8ppm. The high values are found in the Arakawa and the Sugawa into which hot spring waters flow. In the branches of the right bank, it is 2~6.6ppm.
- ⑨ In the mainstream, the  $\text{NH}_4\text{-N}$  content is 0.12~0.25ppm. In the branches of the left bank, it is 0.1~0.47ppm. The high values are observed in the Handa river (0.47ppm) and the Matsukawa river (0.25ppm). In the branches of the right bank, it is 0.12~0.43ppm. The high values are found in the Higashine river (0.43ppm) and at the point 3kilometers upstream from the Okashiro bridge (0.32ppm).
- ⑩ In the mainstream, the  $\text{PO}_4^{3-}$  content is 0.02~0.12ppm. In the tributaries of the left bank, it is 0.001~0.13ppm. In the Aburai river, it is 0.13ppm. In the branches of the right bank, it is 0.12~0.43ppm.
- ⑪ In the branches of the left bank, the load of  $\text{Cl}^-$  is 5.6~241.9g/sec. The high figures are found in the Sukawa (241.9g/sec), the Arakawa (205.9g/sec) and the Matsukawa (159.4g/sec) which have spas in their upper reaches. In the tributaries of the left bank, the load of  $\text{Cl}^-$  is 1.6~93.9g/sec. The highest figure is found in the Kibata river.
- ⑫ The load of  $\text{Na}^+$  is 0.7~98.03g/sec in the tributaries of the left bank. The high value is seen in the Matsukawa (98.03g/sec), the Sugawa (65g/sec) the Mizuhara river (57.9g/sec) and the Suriage river (56.3g/sec). In the branches of the right bank, it is 0.78~33.5g/sec. The high value

can be found in the Kibata river (23.5g/sec) and the Higashine river (18.9g/sec).

- ⑬ In the tributaries of the left bank, the load of  $\text{Ca}^{2+}$  is 1~35.4g/sec. The highest value is found in the Arakawa. In the branches of the right bank, it is 1.2~32.6g/sec. The highest value is observed in the Kibata river.
- ⑭ In the tributaries of the left bank, the load of  $\text{Mg}^{2+}$  is 0.14~72.0g/sec. The high values are observed in the Arakawa (66.7g/sec) and the Sugawa (60.5g/sec). In the branches of the right bank, it is 0.4~9.6g/sec. The branches of the right bank show lower values than those of the left bank.
- ⑮ In the branches of the left bank, the load of  $\text{NH}_4\text{-N}$  is 0.0039~0.13g/sec. The high values are found in the Arakawa (27g/sec), the Sugawa (1.02g/sec) and the Sugawa (1.02g/sec). They are fed by hot spring waters. In the tributaries of the right bank, it is 0.001~0.063g/sec.