

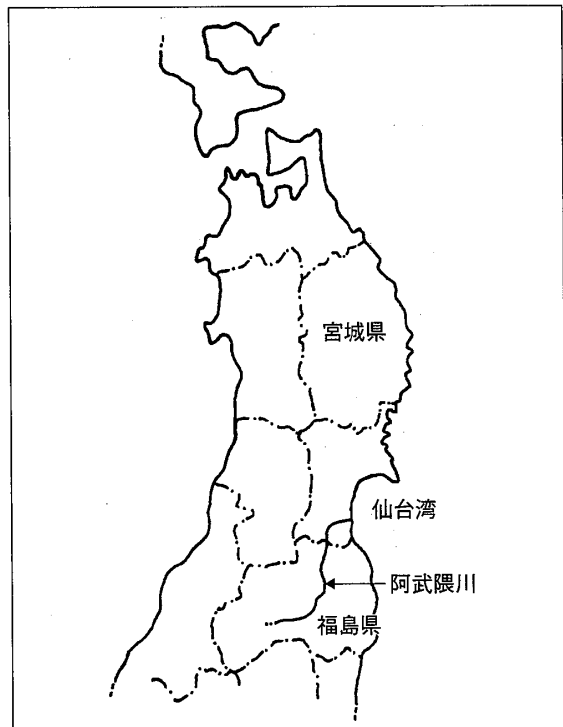
阿武隈川の水質特性 (第1報)

— 2003年夏季豪雨時における特性 —

飯田 貞夫・志村 聡*・大島 徹**

1. 研究の背景と目的

阿武隈川は、福島県西白河郡西郷村大字鶴生旭嶽（標高1,835 m）に発し、同県須賀川市、郡山市、福島市を経て宮城県岩沼市に入り、仙台湾に注ぐ。幹川流路延長は、225.1 km、全流域面積は5,317.9 km²であり、その内、山地面積が3,955.3 km²、平地面積が1,362.6 km²となっている。水源は急傾斜であるが、森林もよく残っている。阿武隈川流域には、白河、郡山、福島の各市に比較的大きな盆地があり、河床断面は階段状を呈する。また盆地間は狭隘な溪谷になっている。なお、左岸流域の支流は樹枝状水系をなし、右岸流域の支流は乱脈状水系となっている。



このような特徴を有する阿武隈川については、これまでに地形学・地質学の立場から多くの研究がなされている（小出博 1970、阪口ほか 1986 など）。これらは主として奥羽山脈と阿武隈高地に挟まれた谷底を流下する河川流域の地形的特徴に関する研究である。また、阿武隈川本流における水質の特性について、窒素、リン酸等の含有量の流程変動に関する報告がある（長林久夫 2000）。

筆者らは、上述のような地形的特徴を有する阿武隈川においては、流下途中の盆地において支流から生活排水等が流入しても本流による希釈効果に加え、曝気等による自然浄化作用が働くことが予想されることから、地形と水質との関係を明らかにすることが重要であると考えた。

今回は、第1報として、偶然豪雨時であったので、このような時はどのような水質特性を示すか調査を行ったので報告する。調査期間は、2003年8月17～20日である。なお、この期間中、河川は警戒水位にあったことを付記する。

* 志村 聡：敬愛大学環境情報研究所
** 大島 徹：茨城県立水戸飯富養護学校

2. 研究の方法

現地調査は、本流（24 地点）と支流（18 地点）の 42 地点で行った。調査地点を選ぶにあつては、本流は基本的に 5~10 km ごと及び支流の合流直下、支流は本流への合流直前とした（図 1）。

気温及び湿度の計測はアスマンを使用した。pH 及び RpH は比色法（SZK）、電気伝導度（EC）及び水温は、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-12 型）によって現地で測定した。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^- はモール法による定量分析、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ は原子吸光光度計（島津 AA-640）によって定量分析した。また $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 PO_4^{3-} 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_2 をパックテスト（共立 WAK 型）によって現地で分析した。

なお、流量については、豪雨のため現地で流速を測定できなかったことから、参考値として国土交通省データ（暫定値）を各イオン濃度の負荷量算定に流用した（表 1、表 2）。

3. 流域概要（地形・地質）

阿武隈川の東側には阿武隈高地、八溝山地がある。阿武隈高地は標高 500~700 m のなだらかな高原状地形である。八溝山地は阿武隈高地と比較して侵食が進み、深い谷が刻まれている。一方、西側には標高 1,000~1,500 m の奥羽山脈と那須火山帯があり、地質的には安山岩類、火山砕屑物がみられる。なお、山麓付近には洪積世の地層が分布する。阿武隈川低地の両側には、奥羽山脈から流出した砂礫による扇状地が発達している。

阿武隈川は、上流から白河、須賀川、郡山、二本松、福島等の諸盆地を縦断してほぼ南北に流れる一級河川である。本流は、盆地を通過する際は河床勾配が緩やかであるが、盆地間の高原状地形を刻む狭窄部は急勾配であり、流路全体では階段状の河床を呈する。

左岸流域には那須火山帯と奥羽山脈があり、温泉が分布する。地質的には、主として火山噴出物で構成される急峻な地形であり、樹枝上の谷（摺上川、荒川、五百川等の支流が流下する）を形成している。一方、右岸流域は、花崗岩質の阿武隈高地があり、左岸と比較して地形的に緩傾斜であり、阿武隈川に流入する支流（内川、広瀬川、杜川等）は乱脈状の谷を形成している。（図 2）

以下、流域を特徴づける盆地についてその概要をみる。上流部に位置する白河盆地は東西に細長い形状を呈しており、中・下流部の盆地に比較して地形勾配が大きい。盆地を過ぎると阿武隈川は南北に流路を変えてやや蛇行しながら流れ、兩岸には自然堤防と後背湿地がみられるようになる。また中流部の郡山盆地や福島盆地では、緩傾斜のため、蛇行を繰り返し、明瞭な旧河道が存在する。河床勾配が小さく（約 1/1000）、歴史的にも水害の常襲地帯であった。福島盆地より下流部は、阿武隈川の川幅も広くなり、広大な氾濫原を形成している。

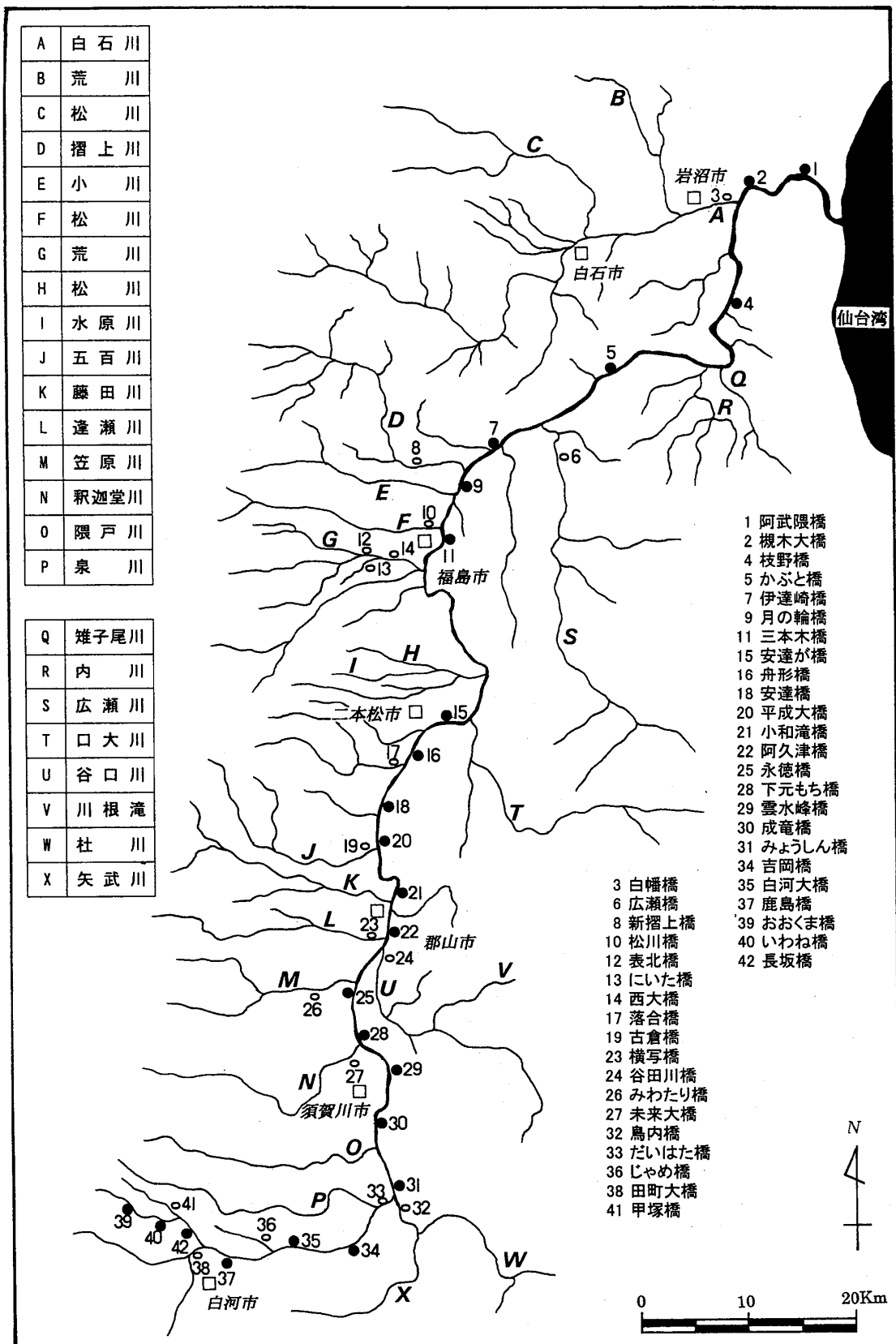


図1 調査地点図

表1 水質分析表(本流)

No.	No.	調査地点	水温 ℃	気温 ℃	pH	RpH	電気伝導度 μS/cm	Cl ⁻ ppm	Na ⁺ ppm	Ca ²⁺ ppm	Mg ²⁺ ppm	K ⁺ ppm	NH ₄ -N ppm	PO ₄ ³⁻ ppm
4	39	おおくま橋	14.6	19.5	7.0	7.2	56	9	3.8	2.0	1.3	0.7	0.27	0.02
3	40	いわね橋	15.8	19.6	7.0	7.2	61	8	3.8	1.6	0.7	0.7	0.22	0.02
1	42	長坂橋	15.7	20.0	7.0	7.4	58	8	4.4	2.0	1.1	1.0	0.19	0.01
6	37	鹿島橋	17.4	19.9	7.0	7.4	64	11	4.4	2.6	1.7	0.5	0.77	0.01
8	35	白河大橋	18.4	20.2	7.2	7.4	68	21	4.6	2.0	1.7	1.3	0.24	0.02
9	34	吉岡橋	18.9	20.8	7.0	7.4	74	10	4.8	2.0	1.7	1.7	0.19	0.05
12	31	みょうしん橋	18.9	20.8	7.0	7.4	76	17	5.0	3.0	2.3	2.8	0.19	0.08
13	30	成竜橋	19.0	22.0	7.0	7.4	76	22	4.8	4.0	2.2	2.0	0.24	0.08
14	29	雲水峰橋	19.3	20.1	7.2	7.4	78	19	5.0	4.0	2.2	2.8	0.27	0.12
15	28	下元もち橋	19.2	20.8	7.0	7.4	78	20	4.8	3.3	2.2	2.8	0.31	0.12
18	25	永徳橋	19.2	20.4	7.2	7.4	84	26	4.8	3.3	2.2	1.9	0.15	0.1
21	22	阿久津橋	19.1	19.2	7.0	7.4	94	16	5.9	3.6	2.2	1.9	0.2	0.1
22	21	小和滝橋	19.3	19.7	7.0	7.4	87	21	5.1	3.4	2.2	2.3	0.16	0.13
23	20	平成大橋	18.9	19.4	7.0	7.4	88	13	4.8	3.0	1.9	2.7	0.13	0.12
25	18	安達橋	18.6	20.2	7.0	7.4	84	12	4.7	3.3	2.2	2.7	0.15	0.14
27	16	舟形橋	18.7	20.4	7.0	7.4	82	37	4.5	2.9	1.9	2.7	0.16	0.22
28	15	安達が橋	18.6	21.2	7.0	7.4	84	14	5.0	3.3	2.2	2.3	0.15	0.16
32	11	三本木橋	19.0	20.2	6.8	7.4	85	22	4.4	4.0	1.9	2.3	0.24	0.15
34	9	月の輪橋	18.4	20.2	7.0	7.4	86	14	4.5	3.3	1.9	1.7	0.14	0.27
36	7	伊達崎橋	18.7	18.6	7.2	7.4	114	13	6.7	4.4	3.1	2.0	0.16	0.17
38	5	かぶと橋	19.1	18.8	7.2	7.4	113	15	6.4	5.2	3.4	1.2	0.14	0.05
39	4	枝野橋	18.6	19.0	7.2	7.4	102	24	6.1	3.3	2.8	1.5	0.17	0.15
41	2	槻木大橋	18.8	18.0	7.2	7.4	104	21	5.6	4.0	3.1	0.7	0.18	0.08
42	1	阿武隈橋	18.6	18.9	7.0	7.4	107	23	6.0	3.3	3.8	1.3	0.22	0.04

表2 水質分析表(支流)

No.	No.	調査地点	水温 ℃	気温 ℃	pH	RpH	電気伝導度 μS/cm	Cl ⁻ ppm	Na ⁺ ppm	Ca ²⁺ ppm	Mg ²⁺ ppm	K ⁺ ppm	NH ₄ -N ppm	PO ₄ ³⁻ ppm
2	41	甲塚橋	16.4	19.9	6.8	7.2	47	10	4.3	1.3	0.7	0.3	0.28	0.02
5	38	田町大橋	17.6	20.0	7.2	7.4	66	12	4.9	2.0	1.7	1.7	0.25	0.05
7	36	じゃめ橋	19.6	20.8	7.0	7.4	96	16	5.6	2.6	2.8	2.0	0.32	0.02
10	33	だいはた橋	19.7	20.4	7.0	7.2	94	13	5.0	2.6	1.6	3.7	0.21	0.12
11	32	鳥内橋	19.3	20.4	7.0	7.4	82	12	5.3	3.3	2.8	2.5	0.33	0.12
16	27	未来大橋	18.8	20.3	7.0	7.4	78	20	5.0	2.0	1.6	2.7	0.14	0.13
17	26	みわたり橋	18.4	20.2	6.8	7.2	64	15	3.9	3.0	1.6	2.3	0.19	0.1
19	24	谷田川橋	18.6	20.2	7.0	7.4	92	23	6.4	2.6	2.5	2.6	0.38	0.24
20	23	横写橋	18.9	20.2	7.0	7.4	97	23	6.3	4.0	2.2	2.0	0.38	0.11
24	19	古倉橋	17.6	20.0	7.0	7.4	68	36	5.6	3.0	1.3	0.8	0.15	0.04
26	17	落合橋	17.8	20.6	7.0	7.4	82	25	4.1	3.0	2.2	2.7	0.13	0.06
29	14	西大橋	17.4	20.4	6.4	6.8	108	23	4.9	4.2	3.4	1.2	0.17	0
30	13	にいた橋	17.3	21.2	6.6	6.8	104	16	4.7	4.5	3.4	1.5	0.15	0
31	12	表北橋	16.2	21.4	5.6	5.8	94	42	4.4	3.3	1.1	1.5	0.23	0
33	10	松川橋	16.3	21.4	4.8	5.2	64	21	5.0	2.0	1.3	1.7	0.28	0
35	8	新摺上橋	16.0	19.2	7.0	7.2	44	11	5.0	1.6	0.6	1.0	0.15	0.01
37	6	広瀬橋	18.7	18.8	7.4	7.6	109	11	6.6	4.0	3.4	1.0	0.13	0.15
40	3	白幡橋	17.6	19.5	7.2	7.4	94	20	6.6	2.6	2.5	1.3	0.13	0

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—

179

DO ppm	COD ppm	透視度 cm	SiO ₂ ppm	Fe ppm	NO ₃ ppm	Zn ppm	Cu ppm	流量 m/sec	Cl ⁻ 負荷量 g/sec	Ca ²⁺ 負荷量 g/sec	Mg ²⁺ 負荷量 g/sec	Na ⁺ 負荷量 g/sec
10.1	5	50	2	0.2	1	0	0.5	27.05	243.45	54.1	35.165	102.79
9.8	5	50	2	0.2	1	0	0.5	27.05	216.4	43.28	18.935	102.79
9.6	5	45	2	0.2	1	0	0.5	27.05	216.4	54.1	29.755	119.02
9.2	5	15	2	0.2	1	0	0.5	27.05	297.55	70.33	45.985	119.02
9.1	5	11	2	0.2	1	0	0.5	27.05	568.05	54.1	45.985	124.43
9.2	5	6	5	0.2	1	0	0.5	27.05	270.5	54.1	45.985	129.84
9.0	5	7	5	0.2	1	0	0.5	27.05	459.85	81.15	62.215	135.25
8.9	10	8	5	0.2	1	0	0.5	162.6	3577.2	650.4	357.72	780.48
9.4	10	8	5	0.2	1	0	0.5	162.6	3089.4	650.4	357.72	813.0
9.0	5	9	2	0.2	1	0	0.5	162.6	3252.0	536.58	357.72	780.48
9.0	5	9	5	0.2	1	0	0.5	162.6	4227.6	536.58	357.72	780.48
8.6	10	8	5	0.2	1	0	0.5	162.6	2601.6	585.36	357.72	959.34
8.9	13	5	2	0.2	1	0	0.5	162.6	3414.6	552.84	357.72	829.26
8.4	10	5	5	0.2	1	0	0.5	162.6	2113.8	487.8	308.94	780.48
8.5	20	7	2	0.2	1	0	0.5	162.6	1951.2	536.58	357.72	764.22
8.1	10	8	5	0.2	1	0	0.5	492.07	18206.59	1427.003	934.933	2214.315
8.0	10	9	10	0.2	1	0	0.5	492.07	6888.98	1623.831	1082.554	2460.35
10.2	13	3	5	0.2	1	0	0.5	582.84	12822.48	2331.36	1107.396	2564.496
9.4	13	35	5	0.2	1	0	0.5	582.84	8159.76	1923.372	1107.396	2622.78
9.4	5	30	5	0.2	1	0	0.5	660.36	8584.68	2905.584	2047.116	4424.412
9.3	5	23	2	0.2	1	0	0.5	660.36	9905.4	3433.872	2245.224	4226.304
7.7	5	33	2	0.2	1	0	0.5	755.37	18128.88	2492.721	2115.036	4607.757
7.2	0	29	2	0.2	1	0	0.5	755.37	15862.77	3021.48	2341.647	4230.072
8.2	5	38	5	0.2	1	0	0.5	755.37	17373.51	2492.721	2870.406	4532.22

DO ppm	COD ppm	透視度 cm	SiO ₂ ppm	Fe ppm	NO ₃ ppm	Zn ppm	Cu ppm
9.7	5	50	2	0.2	1	0	0.5
9.0	5	21	5	0.2	1	0	0.5
8.5	5	19	2	0.2	1	0	0.5
8.2	10	8	2	0.2	2	0	0.5
8.4	5	8	2	0.2	1	0	0.5
8.0	20	5	5	0.2	1	0	0.5
8.6	10	8	5	0.2	1	0	0.5
8.5	5	14	5	0.2	1	0	0.5
8.3	13	13	5	0.2	1	0	0.5
9.2	5	13	2	0.2	1	0	0.5
9.1	5	31	—	0.2	1	0	0.5
9.1	5	9	5	0.2	1	0	0.5
9.1	5	8	5	0.2	1	0	0.5
10.1	5	26	5	0.2	1	0	0.5
8.8	13	3	5	0.2	1	0	0.5
9.7	5	10	2	0.2	1	0	0.5
9.6	5	34	5	0.2	1	0	0.5
8.0	5	42	2	0.2	1	0	0.5

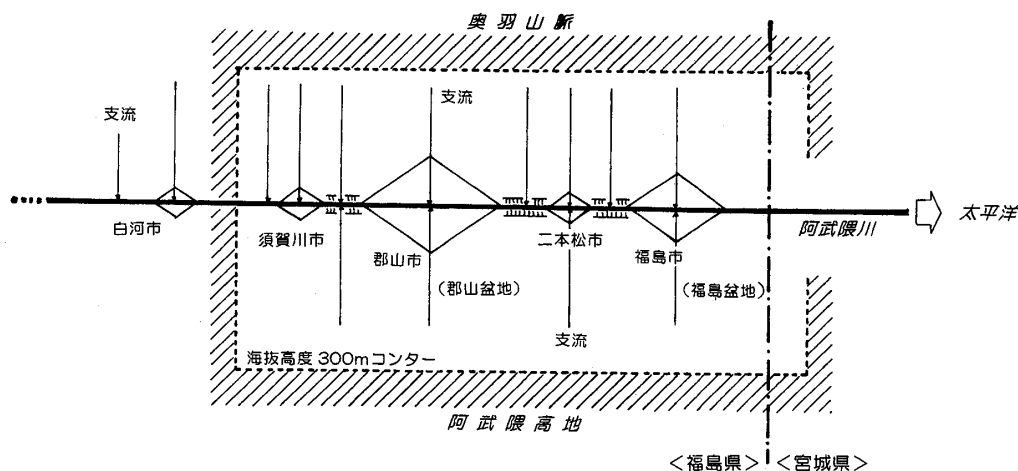


図2 地形概要図

4. 水質特性

阿武隈川は、上流から下流にかけて盆地と渓谷が交互にみられる。白河市、須賀川市、郡山市、二本松市、福島市などの市街地は盆地に位置し、これらの盆地からは、部分的に生活系、あるいは工場系の排水が流出している。

(1) pH

河川水など天然水の最も基本的な性質を示す指標のひとつが pH である。一般的な河川水の pH は 6.6～7.2 の間にある。

本流では、福島市の No. 11: pH 6.8 を除き（酸性を示す支流の流入によって弱酸性化しているものと考えられる）、上流から下流に至るまで 7.0～7.2 の間で変化しており、特定の傾向はない。（図 3-1）

なお、支流は、4.8～7.4 の範囲にあり、弱酸性から弱アルカリ性を示す。とくに No. 10, 12, 13, 14 の本流中流部左岸支流の松川、荒川では、各々 4.8, 5.6, 6.6, 6.4 と他の支流と比較して酸性を示している。これは、支流流域に分布する火山性地質及び温泉水等の流入によるものと考えられる。（図 3-2）

(2) 電気伝導度 (EC)

電気伝導度は溶解物質が多いほど高い数値になる。したがって河川水に汚染物質が多く流入し含有する場合は、数値が高くなる。

本流は、60～120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の間にあり、上流の No. 37 では 64 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と低いが、中流部にあたる二本松市の No. 15 で 84 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、No. 16 で 82 $\mu\text{S}/\text{cm}$ さらに下流の No. 1 では 107 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、No. 2 では 104 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と上流から下流に向かって高くなる傾向がある。（図 4-1）

本流と支流の関係をみると、白河市の No. 36: 96 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の本流直下にある No. 35, 34 では、各々 68 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、74 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と EC 値が本流で低くなり、また、郡山市逢瀬川の No.

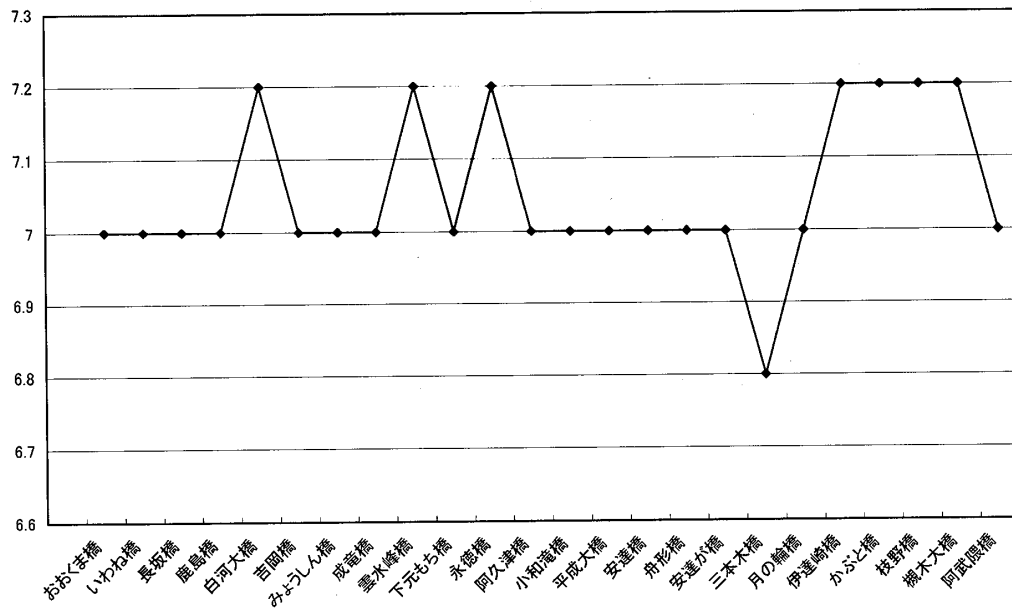


図3-1 pHの変化（本流）

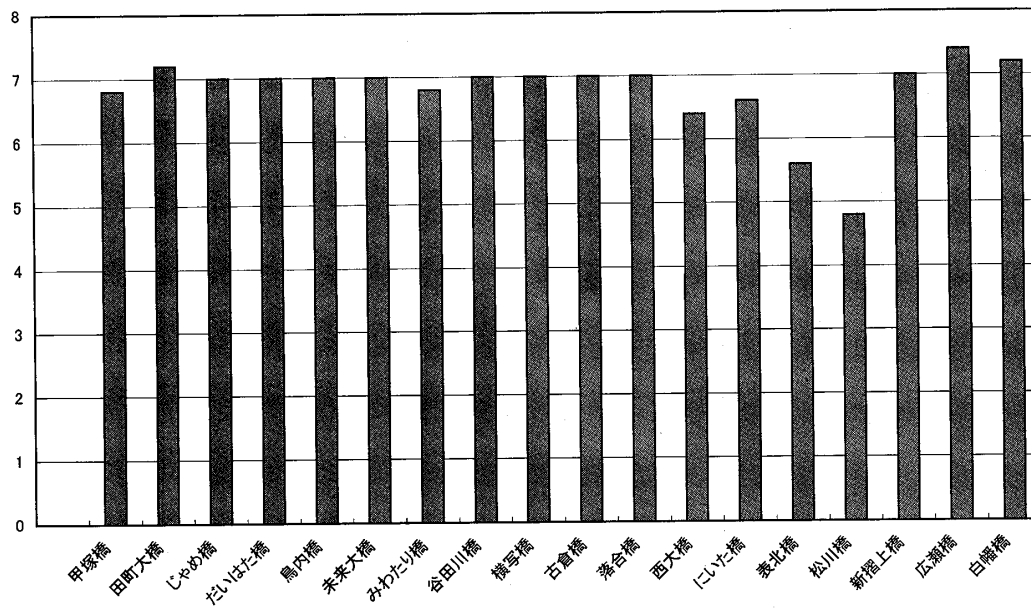


図3-2 pHの変化（支流）

23: 97 $\mu\text{S}/\text{cm}$ が流入する本流直下の No. 22 では, 84 $\mu\text{S}/\text{cm}$ に, さらに福島市荒川の No. 12: 94 $\mu\text{S}/\text{cm}$, No. 13: 104 $\mu\text{S}/\text{cm}$, No. 14: 108 $\mu\text{S}/\text{cm}$ が流入する本流直下の No. 11 では 85 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と支流に比較して本流では EC 値がわずかに低くなる傾向がある。(図 4-2)

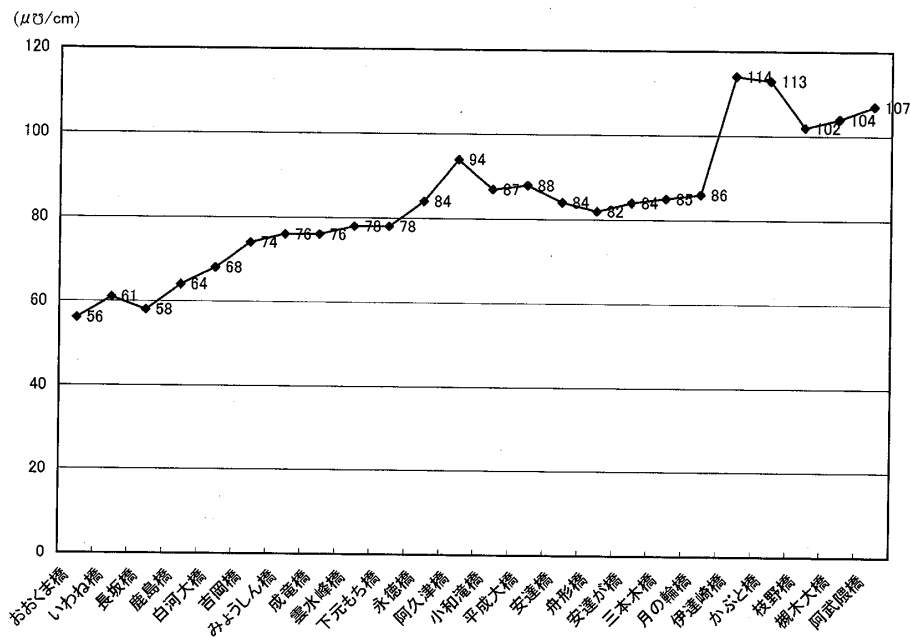


図 4-1 電気伝導度の変化 (本流)

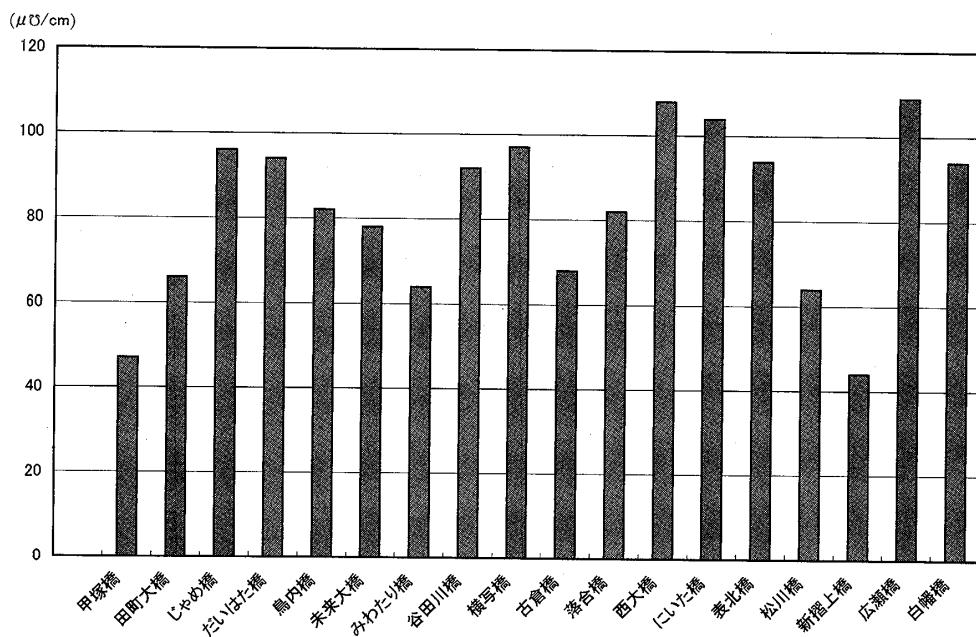


図 4-2 電気伝導度の変化 (支流)

(3) Cl^- の含有量

Cl^- は、人為的な汚染があるときに数値が高くなる。生活系の雑排水、農業系のし尿、工場排水、温泉水などが混入すると高い数値になる。その他、海岸部の河口付近など塩水遡上によっても高い数値を示す。

本流は8~37 ppmの間にあり、上流部白河市のNo. 39, 40, 42が8~9 ppmと少なく、中流部郡山市のNo. 22が16 ppm、二本松市のNo. 15で14 ppm、下流部岩沼市のNo. 2で21 ppm、No. 1で23 ppmと全体的には上流から下流に向かって微増傾向にある。また福島市、二本松市、郡山市の市街地の盆地部分では、その直上下流部に比較して若干多い含有量になっており、生活系雑排水混入等の人的影響が考えられる。なお、No. 16で37 ppmとピークを示すが、これは直上支流の流入による影響と考えられる。(図5-1)

支流は10~42 ppmの間にある。この中で五百川のNo. 19:36 ppm、荒川のNo. 12:42 ppmと多い値を示す地点があるが、これらは本流の水質にも影響を及ぼしていると考えられる。例えば、No. 15~No. 22間(地形的な狭窄部)をみると、支流から Cl^- 含有量の高い水が流入する(No. 17:25 ppm, No. 19:36 ppm)と、直下本流では一時的に Cl^- が多くなる。No. 9~No. 15間でもこれと同様の傾向がみられる。(図5-2)

(4) Na^+ の含有量

我が国の河川水は、本来 Na^+ の含有量は少ないのが一般的であるが、生活系の排水などが混入すると含有量は多くなる。また海岸部では、風送塩も Na^+ の供給源となる。

本流は、3.8~6.7 ppmの間にあり、上流のNo. 39, 40では共に3.8 ppm、No. 35で4.6 ppm、No. 34で4.8 ppmと約4~5 ppmの範囲にあるが、下流部のNo. 1では6.0 ppm、No. 2で5.6 ppm、No. 4で6.1 ppm、No. 5で6.4 ppmとわずかに多くなる。(図6-1)

本流と支流における Na^+ 含有量の関係は、概して明確ではないが、郡山市など人口及び各種産業の事業所が集積する盆地部分では本流、支流共に含有量がわずかに多くなる傾向がある。しかし、その後地形的狭窄部を流下すると含有量は少なくなる。

(5) Ca^{2+} の含有量

Na^+ の含有量と同様に、わが国の河川水の場合、一般的には含有量が少なく、10 ppm前後といわれている。

本流は、1.6~5.2 ppmの範囲にあり、上流から下流に向かって微増傾向を示す。(図6-1)

本流と支流の関係についても同様であり、支流が流入する盆地部分で含有量が多くなり、地形的狭窄部を流下中に少なくなる傾向がある。郡山市では支流である逢瀬川No. 23の4.0 ppmが本流に流入するとNo. 22では3.6 ppmと一時的に多くなるが、その後No. 21:3.4 ppm、No. 20:3.0 ppmと少なくなる。また福島市では、支流の荒川No. 12:3.3 ppm、No. 13:4.5 ppm、No. 14:4.2 ppmが本流に流入するとNo. 11では4.0 ppmと一時的に多くなるものの、その後No. 9で3.3 ppmと少なくなる。(図6-2)

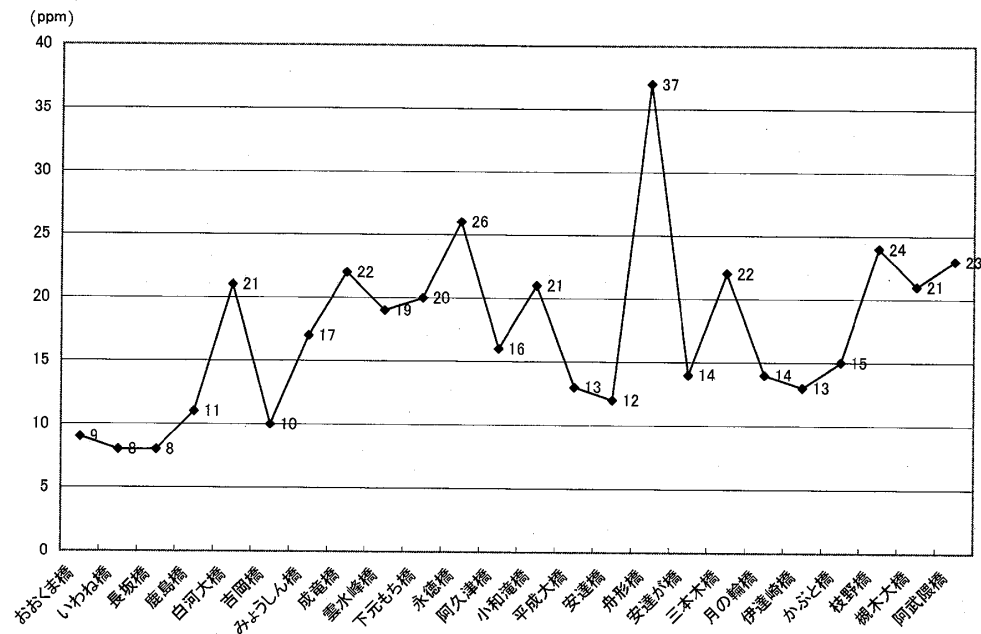


図 5-1 Cl⁻含有量変化 (本流)

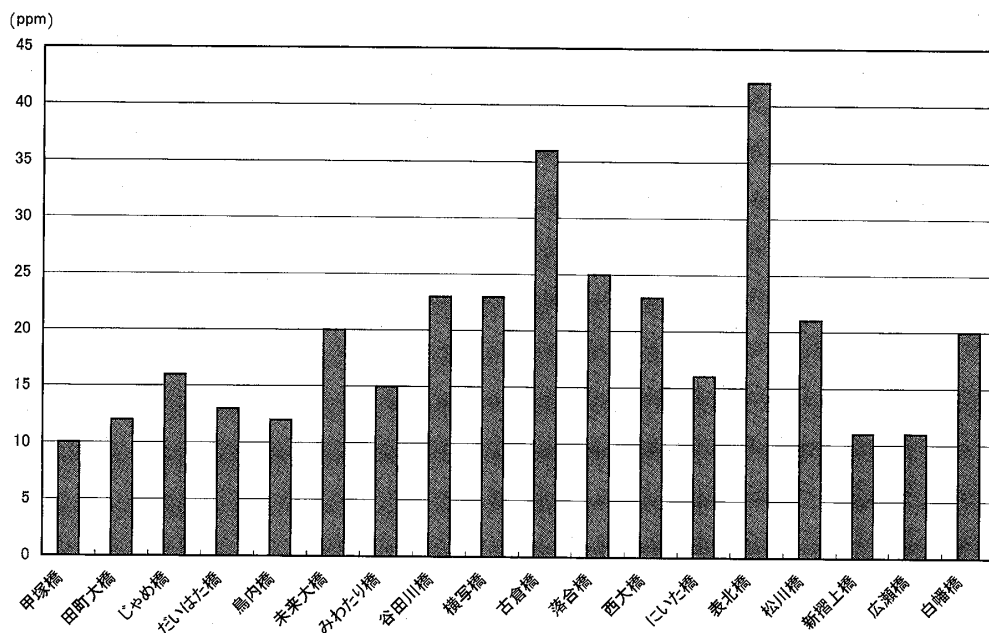


図 5-2 Cl⁻含有量変化 (支流)

(6) Mg^{2+} の含有量

Mg^{2+} は、岩石や土壤中に存在するが、元来海水にも多く含まれる。 Ca^{2+} の含有量と同様、我が国の河川水の場合、10 ppm 前後である。

本流は、0.7～3.8 ppm の間で変化しており、他のイオン含有量の傾向と同様、上流から

下流に向かって微増傾向を示す。とくに福島市の盆地に流入する荒川の No. 13, 14 の 3.4 ppm が本流に合流した後は Mg^{2+} 含有量がその直上流部と比較して多くなる。(図 6-1)

なお、本流への流入関係からみて荒川よりも上流にあたる支流は、0.7~2.8 ppm と含有量が少なくなる。(図 6-2)

(7) K^+ の含有量

本流は、0.7~2.8 ppm の範囲にあり、上流の No. 39, 40 の 0.7 ppm から中流の二本松市 No. 16 の 2.7 ppm にかけて微増し、この地点より下流は微減傾向となる。こうした K^+ 含有量の流程変化の要因は不明である。(図 6-1)

(8) NH_4-N , PO_4^{3-} , SiO_2 の含有量

① NH_4-N の含有量

水中に NH_4-N が多く含有することは蛋白質の供給を意味し、生活系の排水混入など、水の汚染のひとつの目安になる。

盆地内に位置する本流の NH_4-N 含有量は、地形的狭窄部など他の地点と比較して若干多い傾向にある（白河市の No. 35 : 0.24 ppm, No. 37 : 0.27 ppm, 須賀川市の No. 29 : 0.27 ppm, No. 28 : 0.31 ppm, 福島市の No. 11 : 0.24 ppm など）。(図 6-1)

なお支流は 0.13~0.38 ppm の間にある。(図 6-2)

② PO_4^{3-} の含有量

PO_4^{3-} は、洗濯用洗剤に多く含まれているが近年少なくなっている。その他、自然界では、動植物の死骸の分解によって含有する。阿武隈川の場合、本流は、0.01~0.27 ppm, 支流は 0~0.24 ppm の微量の範囲にあり、明瞭な流程変動はない。(図 6-1)

③ SiO_2 の含有量

岩石を構成する物質のひとつであり、粘土に多く含有している。我が国の河川水の場合、12~15 ppm 程度である。二本松市の No. 15 で 10 ppm を示す他は、概ね 2~5 ppm の範囲で変化しており、明瞭な流程変動はない。

(9) 溶存酸素量 (DO)

水中に溶解している酸素の量を溶存酸素量という。有機物の多い水は、その有機物を分解するために多量の酸素が消費される。一般に汚染されている水は溶存酸素量は少なくなる。

本流は 7.2~10.2 ppm の間にあり、全体的に上流から下流に向かって低くなる傾向がある。しかし福島市の No. 11 では 10.2 ppm と一時的に増加後、再び下流に向かって低くなる。これは DO 値が比較的多い荒川 (No. 12 : 10.1 ppm, No. 13 : 9.1 ppm, No. 14 : 9.1 ppm) が流入することとともに地形的狭窄部における曝気・攪拌作用が相互に影響した結果と考えられる。(図 7-1)

なお、支流は本流に比較してわずかだが DO 値が多くなっている。(図 7-2)

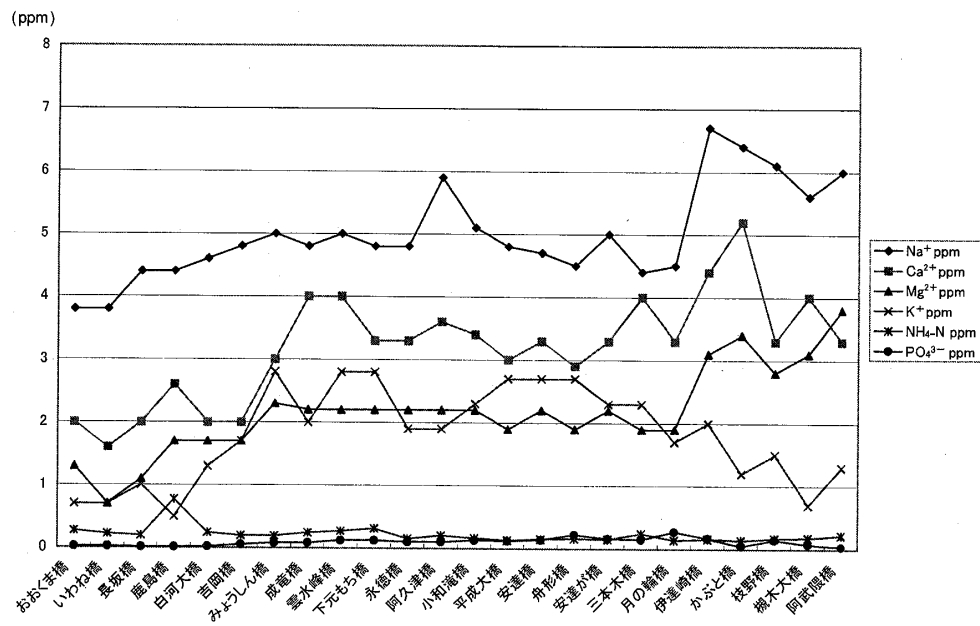


図 6-1 その他のイオン含有量の変化 (本流)

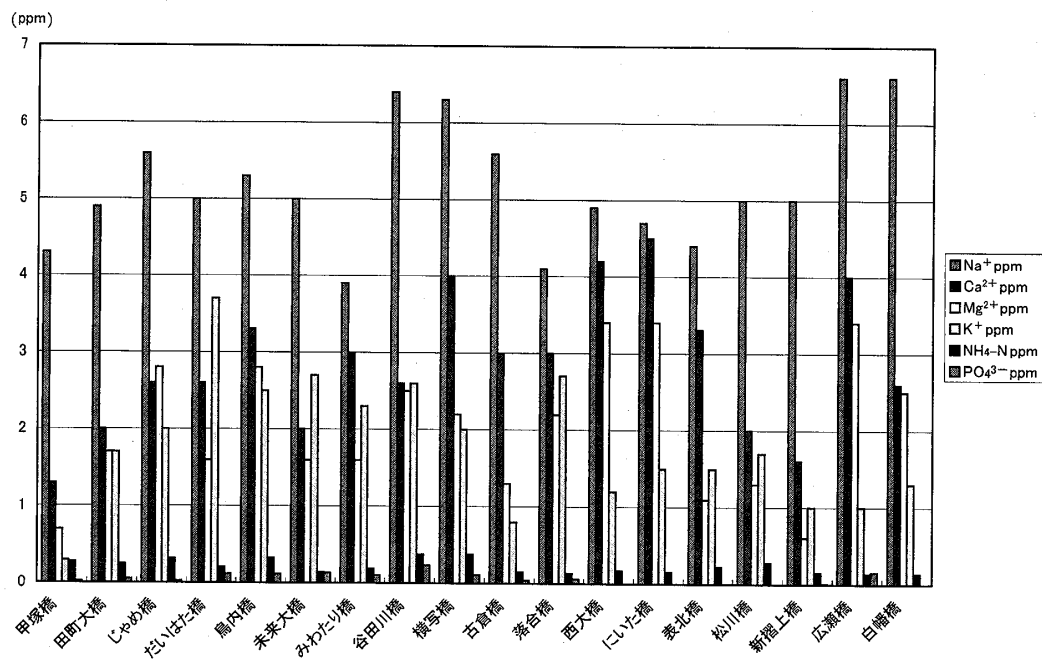


図 6-2 その他のイオン含有量の変化 (支流)

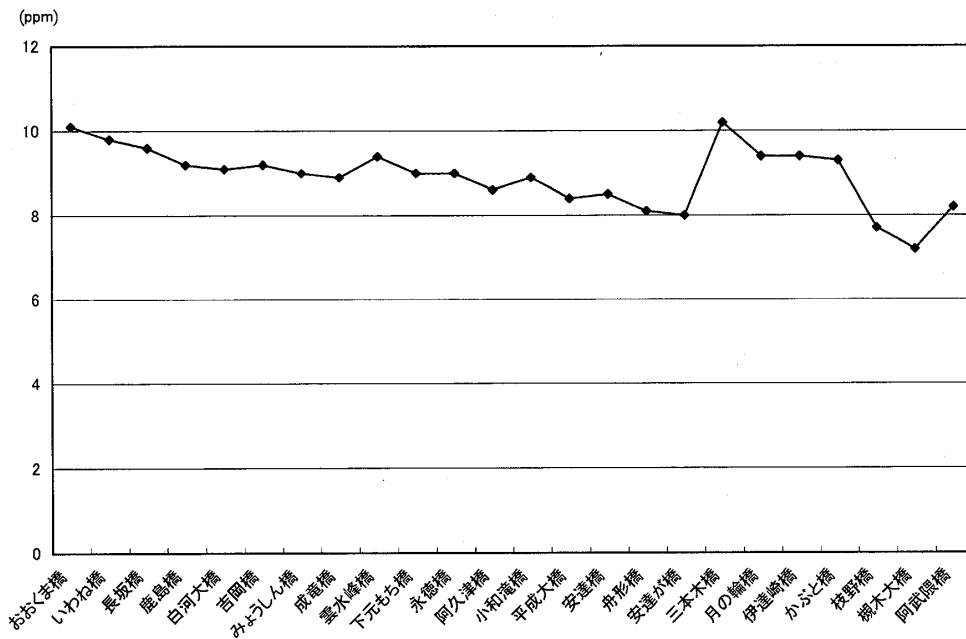


図 7-1 DO の変化（本流）

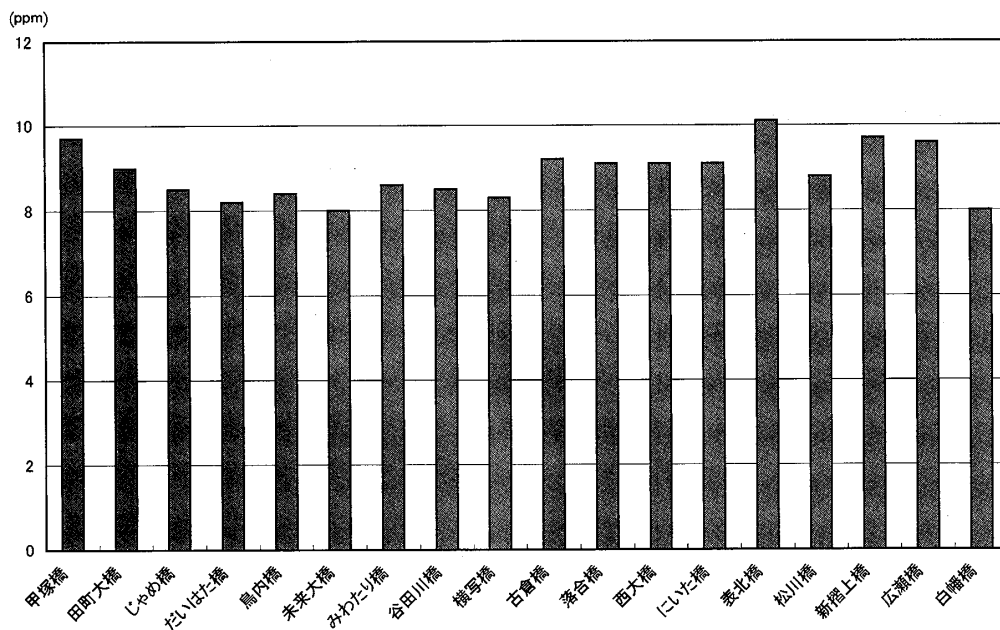


図 7-2 DO の変化（支流）

(10) 化学的酸素要求量（COD）

水に含まれる有機物の量を化学的酸化によって測定したものが化学的酸素要求量である。有機物の量が多ければ、汚染されていることになる。

本流は、5～20 ppm の範囲にある。上流から下流に至るまでの流程変化をみると、中流部の郡山市より下流の福島市にかけては 10～20 ppm とわずかに多くなるが、福島市より

も下流では、5 ppm 以下と少なくなる。中でも須賀川市、郡山市、二本松市、福島市などの盆地部分で 10 ppm 以上と多くなる特徴がある。(図 8-1)

なお支流は、その多くが 5 ppm 程度であり、10 ppm を超えるのは、福島市の盆地に入る松川 (No. 10: 13 ppm)、郡山市の盆地に入る逢瀬川 (No. 23: 13 ppm)、須賀川市の盆地に入る釈迦堂川 (No. 27: 20 ppm) である。(図 8-2)

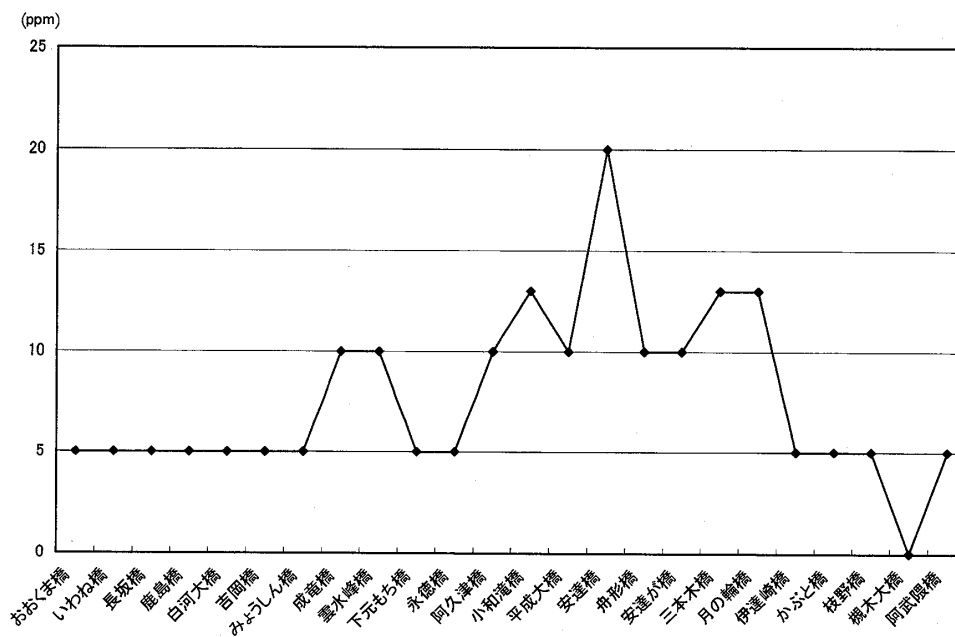


図 8-1 COD の変化 (本流)

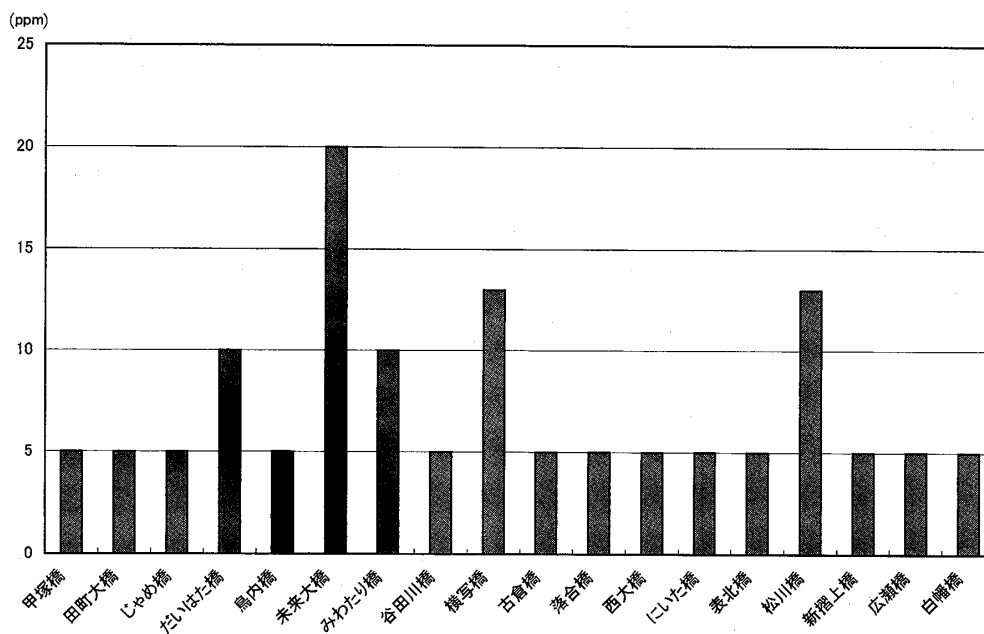


図 8-2 COD の変化 (支流)

5. 負荷量からみた水質変化の傾向

負荷量は、イオン含有量（濃度）に流量を乗じて求める。したがって、濃度が高くても流量が小さい場合は負荷量が小さく、一方、濃度が低くても流量が大きい場合、負荷量は大きくなる。これは河川の汚濁等の程度を知る上で重要な検討要素となる。なお、流量は前述のとおり、条件が悪く計測できなかったため、国土交通省福島河川国道事務所及び仙台河川国道事務所作成のデータ（暫定値）を使用したことを付記する。

表3 調査期間における本流の毎時平均流量（国土交通省データ：暫定値）

観測地点	040817 (m ³ /s)	040818 (m ³ /s)	040819 (m ³ /s)	040820 (m ³ /s)	平均 (m ³ /s)	流用範囲の設定 (調査地点番号)
白 河	17.36	26.77	35.61	28.47	27.05	31. 34. 35. 37. 39. 40. 42
須賀川	92.90	196.95	215.87	144.66	162.60	18. 20. 21. 22. 25. 28. 29. 30
本 宮	215.96	704.43	587.98	459.91	492.07	15. 16
福 島	205.74	840.91	689.28	595.44	582.84	9. 11
伏 黒	238.94	973.11	766.39	662.99	660.36	5. 7
館矢間	304.04	1006.61	884.38	826.43	755.37	1. 2. 4

ここでは、Cl⁻、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺の本流における負荷量の流程変動をみる。図9に示すとおり、いずれのイオン負荷量も上流部から中流部の二本松市 No. 18 の安達橋まで小さく、それより下流は数値に上下がありながらも負荷量が大きくなる傾向がある。各々のイオン負荷量の傾向は以下のとおりである。

Cl⁻の負荷量は、216.4～18,206.6 g/sec の間で変化している。上流部 No. 39 から No. 31 までが 216.4～568.1 g/sec と低く、No. 30 から No. 18 までが 1,951.2～4,227.6 g/sec、中流部の No. 16 舟形橋で 18,206.6 g/sec と一時的に大きくなるが、その後 6,889.0～12,822.5 g/sec の間を上下しながら流下する。この中で No. 16 舟形橋における負荷量ピークの要因は、今のところ明らかではない（Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺の負荷量についても同様である）。No. 11 三本木橋の 12,822.5 g/sec については、福島市の市街地部であることと、支流である荒川の流入による影響によるものと考えられる。なお、さらに下流の No. 4～No. 1 の3点では 15,862.8～18,128.9 g/sec と負荷量が大きくなっている。

Na⁺の負荷量は、102.8～4,607.8 g/sec の間で変化しており、上流部 No. 39 から No. 31 までが 102.8～135.3 g/sec と低く、No. 30 から No. 18 までが 764.2～959.3 g/sec、中流部の No. 16 で 2,214.3 g/sec と大きくなり、その後増大する。下流部の No. 4～No. 1 では 4,230.1～4,607.8 g/sec となる。

Ca²⁺及び Mg²⁺の負荷量は Na⁺と同様の傾向を示し、Ca²⁺が 43.3～3,433.9 g/sec、Mg²⁺が 18.9～2,870.4 g/sec の間で変化している。なお、Ca²⁺は下流部の No. 4～No. 1 で

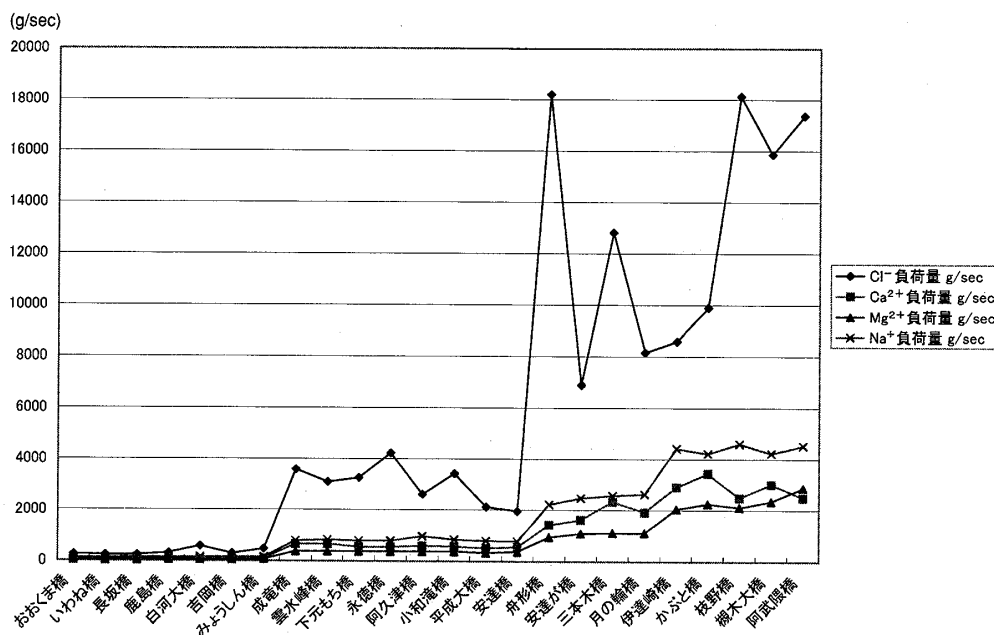


図9 各イオンの負荷量（本流）

2,492.7~3,021.5 g/sec とその上流部の No. 5:3,433.9 g/sec に比べてわずかに小さくなっている。

Cl⁻ の負荷量の流程変動の特徴でも触れたが、各イオン負荷量の上下要因を推察しにくい地点が多く、今後の検討課題である。（図9）

6. 水質変化の傾向と今後の研究課題

(1) 水質変化の傾向

幹川流路延長約 225 km、源流から河口までの標高差約 1,800 m である、阿武隈川の豪雨増水時における水質の流程変動を総括すると、今後解明すべき点はあるが、現段階では概ね次のように整理することができる。

各イオン濃度は上流から中・下流部に向かって一様に高くなる傾向がある。しかし、その中でもいくつかの特徴をみることができる。すなわち、イオンによっては、人口及び各種産業の事業所が集積する盆地（郡山盆地や福島盆地など）を流下する際、また、火山噴出物からなる谷底を流下し、さらに温泉水等の影響を受け、濃度の高くなった左岸支流が本流に流入すると、一時的に濃度の高まりをみせるが、その後、高原状地形を刻み深い谷を形成する地形的狭窄部を流下すると、わずかではあるが濃度が低下する。

また、負荷量の流程変動をみると、主として海拔高度 300 m 以上部分を流下する上流部では負荷量が小さく、中流の二本松市付近までの間で若干増大し、福島市よりも下流でさらに増大する傾向がある。中・下流部におけるこのような傾向は、流量の増大による希釈作用のキャパシティを超える、支流からの濃度の高い水が流入するためと考えられる。

(2) 今後の研究課題

上記のような計測及び分析結果をふまえ、今後の研究課題を検討すると以下の諸点をあげることができる。

- ①平水時における本流・支流の水質特性把握及び豪雨時特性との比較
- ②右岸流入支流及び左岸流入支流の水質と本流水質との関係把握
- ③各々の盆地に流入する支流のイオン含有量の特性と本流水質との関係など、地形・地質とイオン含有量との関係

7. ま と め

- ①阿武隈川は、上流から下流にかけて盆地と狭窄部が交互にみられる河川（階段状の河床勾配を示す）である。
- ②左岸流域は、主として火山噴出物からなる急峻な地形で、支流の谷は樹枝状である。一方、右岸流域は、主として花崗岩質の緩傾斜の地形であり、支流の谷は乱脈状である。
- ③pHは、本流で6.8～7.2とほぼ中性を示すが、松川や荒川等、左岸支流には、4.8～6.4と酸性を示す河川がある。
- ④電気伝導度は、60～120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の間で変化し、上流から下流にかけて高くなる。支流から電気伝導度の比較的高い水が本流に流入しても、合流地点直下で数値は低下する。
- ⑤ Cl^- をはじめとする各イオン含有量は、概ね上流から下流にかけて多くなる。数値は我が国の河川の一般値と大きな相違はない。主なイオン含有量の範囲は、 Cl^- : 8～37 ppm, Na^+ : 3.8～6.7 ppm, Ca^{2+} : 1.6～5.2 ppm, Mg^{2+} : 0.7～3.8 ppm である。なお、イオンによっては、地形的狭窄部を通過すると濃度が低下するものがある。
- ⑥ $\text{NH}_4\text{-N}$, PO_4^{3-} , SiO_2 の含有量は、各々微量で、明瞭な流程変動はない。
- ⑦DOは7.2～10.2 ppmの間にあり、上流から下流にかけて低くなる。CODは、5～20 ppmの間にあり、中流部の郡山市、福島市で高く、それより上流、下流で低くなる。
- ⑧ Cl^- , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} の負荷量は、中流部の二本松市付近まで小さく、これより下流では数値に上下はあるものの下流に向かって大きくなる傾向がある。

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梅原寛夢君、海野康成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（2004年）秋季大会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小出博 1970「日本の河川—自然史と社会史—」東京大学出版会
- ②阪口・高橋・大森 1986「日本の川」岩波書店
- ③日本分析化学会北海道支部編 1968「水の分析」化学同人
- ④半谷高久 1960「水質調査法」丸善
- ⑤半谷・高井・小倉 2001「水質調査ガイドブック」丸善
- ⑥三宅・北野 1991「新水質化学分析法」地人書館
- ⑦小林純 1971「水の健康診断」岩波新書
- ⑧(社)日本水環境学会編 2000「日本の水環境 2 東北編」技報堂出版
- ⑨飯田貞夫 1993「やさしい陸水学」文化書房博文社
- ⑩飯田・江口・大島・志村 1996「人間をとりまく自然と環境」文化書房博文社
- ⑪飯田・志村・大島 2003「久慈川流域の水質」茨城キリスト教大学紀要 36
- ⑫飯田・志村・大島 2004「藤井川流域の河川の環境」茨城キリスト教大学紀要 37

Water Quality of the Abukuma River

Sadao Iida, Satoshi Shimura, Toru Oshima

- (1) We have conducted an investigation into the water quality of the basin of the Abukuma river. From the upper reaches to the lower of the river, there are basins and valleys alternately.
- (2) There are steep hills formed of volcanic products on the left bank of the river, and gentle slopes formed of granite on the right bank area.
- (3) The pH value of the main stream is between 6.8 and 7.2, which show nearly neutral. Some tributaries, e. g. the Matsu river and the Are river, show from 4.8 to 6.4, which all show acidity.
- (4) The Electric Condition is between 60 and 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$. It is lower in the upper stream than in the lower stream. Some branches show the high values but in the lower part from the meeting point, they are in the low values.
- (5) The contents of ions show lower percentages in the upper reach than the lower stream. Each value is as follows: Cl^- =8~37ppm, Na^+ =3.8~6.7ppm, Ca^{2+} =1.6~5.2 ppm, Mg^{2+} =0.7~3.8 ppm. There are roughly the average value of Japanese rivers.
- (6) The $\text{NH}_4\text{-N}$, PO_4^{3-} and SiO_2 contents are all in small quantities.
- (7) DO is between 7.2 and 10.2 ppm. It is higher in the upper stream than the lower reach. COD is between 5 and 20 ppm. It is in high level at Koriyama and Fukushima Cities in the middle reach. It is, however, in the low level in the upper and the lower streams.
- (8) The loads of Cl^- , Na^+ , Ca^{2+} and Mg^{2+} are in the low level from upper to middle streams, in and around Nihonmatsu City, but they increase as it goes down.