

久慈川流域の水質

飯田 貞夫・志村 聡*・大島 徹**

1. はじめに

久慈川は、茨城県、福島県、栃木県の県境にある八溝山（標高1,022 m）を源として、棚倉町、大子町、山方町、大宮町、常陸太田市、東海村、日立市の間を流下し、太平洋に注いでいる。久慈川は、他の日本の河川と比較して今日でもまだ自然が多く残る河川として知られており、アユやヤマメ、イワナなど清流に生息する魚類も多く、釣り客を楽しませている。

久慈川の水は、生活用水、工業用水、農業用水、養殖用水として地域住民の生活に不可欠なものとなっている。しかし、久慈川流域の市町村の中には下水設備が不十分で、生活排水が直接久慈川の支流や本流に流入している地域もみられる。

そこで筆者らは、久慈川流域全体の水環境、特に久慈川に流入する支流と本流の水質との関係を知るために調査研究を行った。

調査期間は、2000年7月20日～7月25日の6日間で、支流と本流の採水及び河川周辺の観察等の調査を実施した。（図1）

2. 調査及び分析の方法

調査は53地点で行い、各調査地点では流速、河川の断面、pH、透視度、電気伝導度（EC）、溶存酸素（DO）、水温、気温、その他河川周辺の状況等を調査した。

測定の方法は、電気伝導度及び水温は電気水質計（東邦電探EST-3型）、溶存酸素はDOメーター（セントラル科学UC-12型）によって測定した。pH・RpHは比色法（SZK）によって測定し、気温及び湿度はアスマン（通風乾湿計）によって、また透視度は50 cmの透視度計で測定した。

水質の分析はサンプリングの後、室内で分析を行った。塩素（ Cl^- ）はモール法による定量分析、ナトリウム（ Na^+ ）、カルシウム（ Ca^{2+} ）、マグネシウム（ Mg^{2+} ）は原子吸光度計（島津AA-630）による分析である。（表1～2）

その他、水質汚染の目安として、亜硝酸性窒素（ NO_2-N ）、硝酸性窒素（ NO_3-N ）、アンモニア性窒素（ NH_4-N ）、リン酸（ PO_4^{3-} ）、鉄（Fe）、化学的酸素消費量（COD）、ケイ酸（ SiO_2 ）は、パックテスト（共立WAK型）によって現地で分析した。なお、アンモニア性窒素及びリン酸については分光光度計によっても分析を行った。（表3～4）

また地形、地質の状況については現地で観察した。

*志村 聡：財団法人日本システム開発研究所
**大島 徹：茨城県立水戸飯富養護学校教諭

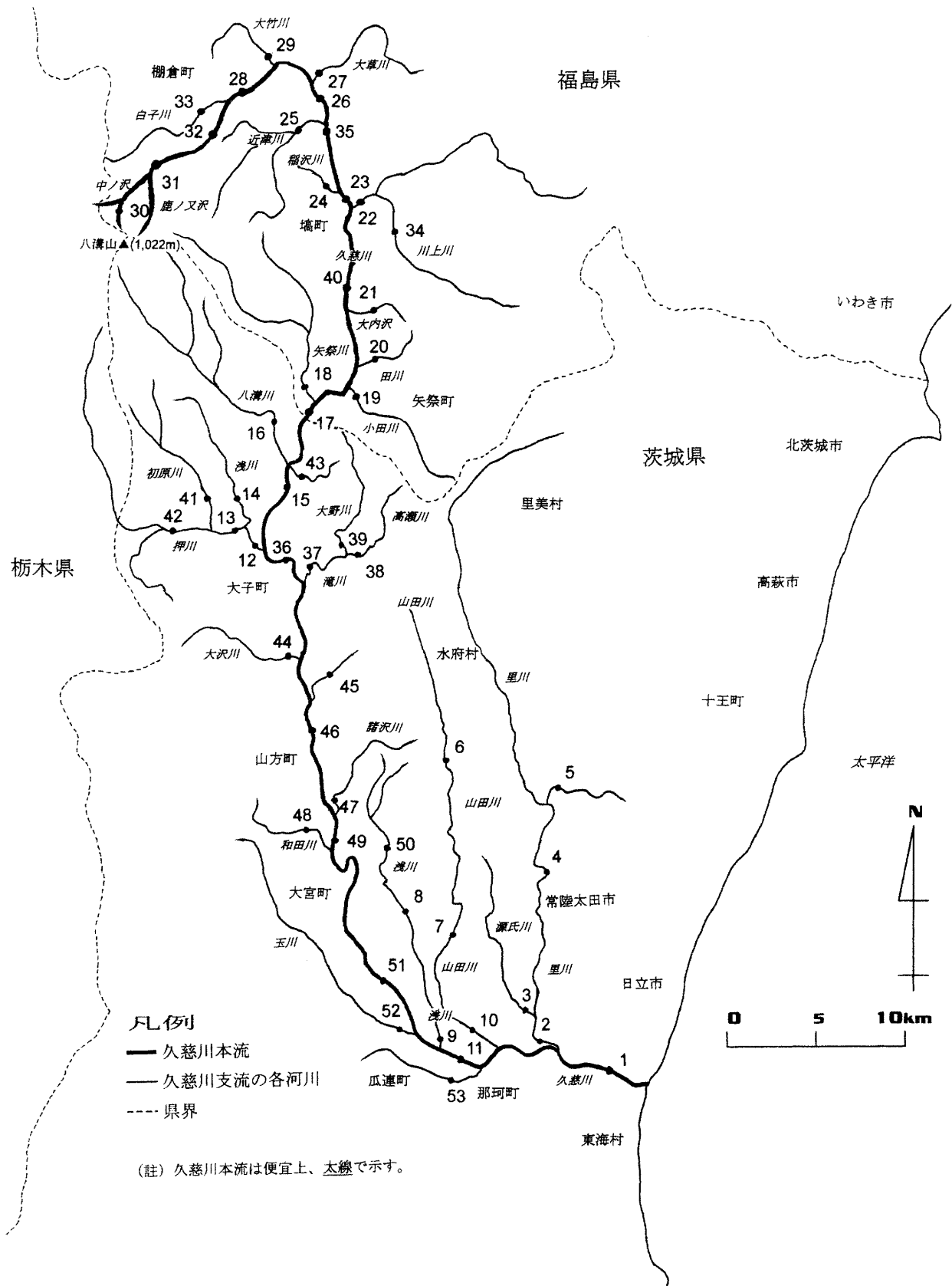


図1 調査地点図

表1 久慈川本流・支流水質調査 (2000.7.20 ~ 7.24)

No.	調査地点	調査日時	気温 (℃)	水温 (℃)	流量 (m³/sec)	透視度 (cm)	pH	RpH	EC (μS/cm)	DO (ppm)	Cl⁻ (ppm)	Ca²⁺ (ppm)	Mg²⁺ (ppm)	Na²⁺ (ppm)
1	上 橋	7.20 10:00	26.0	26.4	41.8	38	7.2	7.6	139.4	6.4	32	5	3.1	9.5
2	八 幡 橋	7.20 10:45	28.1	26.4	13.3	>50	7.2	7.6	135.9	7.3	30	4	3.1	8.7
3	新 源 氏 橋	7.20 11:10	29.7	29.3	0.51	>50	7.6	8.0	264.0	—	65	10	6.2	18.5
4	なか 央 橋	7.20 11:45	32.1	24.5	17.3	>50	7.4	7.4	84.0	7.3	16	2	1.8	7.5
5	おか ちよう 岡 町 橋	7.20 12:15	32.0	24.7	6.4	>50	7.4	7.8	73.5	7.8	80	2	1.2	7.0
6	明 神 橋	7.20 14:00	32.1	27.2	0.39	>50	7.4	7.4	125.6	8.0	12	2	2.8	9.0
7	岩 手 橋	7.20 14:35	29.8	30.5	0.33	>50	7.0	7.4	194.7	7.8	36	4	4.3	10.7
8	なか とし かつ 中 利 員 橋	7.20 15:00	31.6	32.1	0.56	—	7.6	8.2	352.0	9.6	70	23	9.3	17.0
9	浅川合流直前	7.20 15:20	27.8	30.7	8.9	>50	7.2	7.6	284.0	8.0	35	18	7.3	13.5
10	新 川 戸 橋	7.20 16:20	27.9	30.1	1.49	41	7.2	7.6	155.2	7.9	34	5	3.2	8.7
11	木 崎 橋	7.20 17:45	27.3	28.2	33.5	>50	7.4	7.6	130.8	8.8	14	3	2.7	8.0
12	押 川 橋	7.20 18:10	29.8	27.0	2.9	>50	7.4	7.6	116.9	7.6	30	3	2.3	8.0
13	おお たいら 大 平 橋	7.21 08:45	32.8	24.5	2.98	>50	7.0	7.4	90.1	8.8	46	4	2.1	6.2
14	太 郎 橋	7.21 09:20	29.0	25.0	0.15	>50	7.4	7.6	143.9	9.3	44	3	3.5	10.7
15	嵯 峨 草 橋	7.21 09:55	31.0	23.2	32.1	9.5	7.0	7.2	78.0	8.9	12	3	1.7	5
16	井戸ヶ沢橋	7.21 10:10	32.1	22.3	3.26	—	7.0	7.4	60.5	9.4	14	2	1.2	4.2
17	高地原橋	7.21 10:30	31.0	23.5	—	18	7.4	7.4	78.1	8.9	10	4	1.6	5.0
18	谷 地 下 橋	7.21 11:05	32.1	22.2	2.78	—	6.8	7.4	51.5	9.0	10	2	1.0	4.5
19	ほきやま橋	7.21 11:35	32.0	27.1	1.5	>50	7.0	7.2	71.4	8.8	12	2	1.1	5.0
20	上 野 内 橋	7.21 11:55	31.9	30.3	0.88	>50	7.4	7.4	101.9	8.1	46	2	1.6	5.5
21	大 内 沢	7.21 12:20	30.5	25.8	0.28	>50	7.6	8.0	122.5	7.6	24	3	3.3	5.7
22	川 上 川	7.21 14:00	29.4	24.2	13.38	49	7.2	7.4	68.2	8.4	10	3	1.3	4.7
23	米 山 橋	7.21	31.2	26.0	18.52	13.5	7.4	7.6	87.5	8.4	40	2	1.8	4.7
24	滝 沢 橋	7.21 15:15	32.8	27.4	0.25	>50	7.0	7.6	76.4	7.4	7	3	1.2	4.5
25	こ ぼな 古 橋	7.21 15:35	32.3	25.3	1.93	>50	7.4	7.6	81.7	9.7	36	2	2.1	4.7
26	豊 原 橋	7.21 16:00	31.1	25.1	7.52	21.5	7.4	7.6	54.2	7.8	32	2	1.7	4.5
27	鳥 屋 場 橋	7.21 16:45	30.2	29.5	1.23	>50	7.8	8.0	186.7	6.5	36	5	2.6	7.2
28	松 草 橋	7.21 17:10	29.5	20.8	6.32	20.5	6.8	7.4	54.2	8.9	18	1	1.1	3.5
29	富岡橋(支流)	7.22 09:15	29.2	23.4	—	>50	7.4	7.6	163.4	6.8	16	6	3.0	5.0
30	中 ノ 沢	7.22 10:15	27.6	15.5	0.23	>50	6.8	6.8	59.0	12.8	16	1	0.2	3.2

表2 久慈川本流・支流水質調査 (2000.7.20 ~ 7.24)

No.	調査地点	調査日時	気温 (°C)	水温 (°C)	流量 (m ³ /sec)	透視度 (cm)	pH	RpH	EC (μ U/cm)	DO (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Na ²⁺ (ppm)
31	鹿ノ又橋	7.22 10:45	27.1	16.5	4.93	>50	6.8	7.0	33.0	11.9	14	3	0.3	2.8
32	—	7.22 11:30	27.8	20.9	3.88	25	6.8	7.0	34.4	10.3	12	3	0.3	3.0
33	高野橋	7.22 12:05	30.9	22.9	0.34	>50	7.2	7.4	215.0	9.9	40	4	3.2	4.0
34	川上川橋	7.22 12:15	30.9	24.0	0.75	>50	7.0	7.4	178.1	10.2	14	5	2.5	3.2
35	双の平橋	7.22 14:00	30.2	26.7	9.0	>50	7.4	7.8	207.5	9.8	26	2	2.0	4.7
36	久野瀬	7.22 15:10	30.6	22.6	43.8	>50	7.4	7.8	238.0	8.4	24	3	1.8	5.5
37	滝川	7.22 15:45	32.2	23.9	0.53	>50	7.8	8.0	229.0	8.6	30	2	3.6	11.2
38	高瀬川	7.22 16:15	30.6	28.0	0.45	—	8.2	8.4	277.0	9.5	30	4	4.5	14.0
39	小部繰橋	7.22 16:40	30.0	27.6	0.29	>50	7.8	8.0	232.0	9.3	18	1	2.8	6.5
40	久慈川橋	7.23 09:00	30.0	25.1	28.79	>50	7.4	7.6	137.2	9.0	22	1	1.7	5.2
41	^{あぐつ} 環下橋	7.23 10:00	31.6	29.6	0.64	>50	8.2	8.4	117.4	9.8	34	2	1.8	5.2
42	馬乗越橋	7.23 10:24	32.4	31.3	11.1	>50	7.8	7.8	95.7	10.6	34	3	1.7	5.2
43	月待の滝橋	7.23 10:50	35.0	32.1	0.007	>50	8.0	8.0	145.9	8.3	32	2	2.8	8.0
44	横石橋	7.23 11:30	34.8	30.8	0.75	>50	7.4	7.8	127.4	7.0	30	5	4.2	4.7
45	桂月橋	7.23 12:00	35.2	33.9	0.01	>50	7.4	8.0	186.6	8.7	18	2	2.8	14.0
46	下小川橋	7.23 12:46	35.8	32.4	35.9	>50	7.4	7.8	107.9	7.7	30	2	2.0	5.7
47	古館北橋	7.23 13:20	34.6	33.0	0.038	>50	8.0	8.0	209.0	8.2	18	3	3.0	14.5
48	—	7.23 13:55	35.8	34.1	0.029	44.5	7.8	8.0	238.0	10.9	30	3	5.3	16.2
49	小貫橋	7.23 14:48	36.6	34.1	39.6	>50	7.6	7.8	120.6	8.6	4	3	2.1	6.2
50	くねした橋	7.23 15:35	33.4	33.2	0.041	>50	8.2	8.4	388.0	7.6	54	17	8.2	19.5
51	^{うしろのあぐつ} 宇留野環橋	7.24 09:20	30.4	25.4	—	44.5	7.2	7.8	238.0	10.1	24	3	2.3	7.2
52	下玉川橋	7.24 10:00	31.6	28.8	0.56	44.5	7.6	8.0	238.0	9.4	14	6	4.0	10.5
53	^{うしろのあぐつ} 門部環公民館前	7.24 10:25	32.3	29.6	0.059	26	7.4	8.0	198.2	7.4	44	5	4.2	11.5

表3 水質測定結果（バックテスト）（2000.7.20～2000.7.24）

No.	調査地点	NH ₄ -N 分光光度計 (ppm)	NO ₂ -N バックテスト (ppm)	NO ₃ -N バックテスト (ppm)	PO ₄ 分光光度計 (ppm)	Fe バックテスト (ppm)	COD バックテスト (ppm)	SiO ₂ バックテスト (ppm)
1	上 橋	0.19	0.006	0.23	0.04	0.5	5	2
2	八 幡 橋	0.22	0.006	0.23	0.08	0.2	5	2
3	新 源 氏 橋	0.16	0.006	0.23	0.43	1	5	5
4	央 橋	0.13	0.006	0.23	0.04	0.2	5	2
5	岡 町 橋	0.16	0	0.23	0.04	0.2	5	5
6	明 神 橋	0.14	0	0.23	0.03	0.2	0	5
7	岩 手 橋	0.25	0.006	0.23	0.03	0.2	5	5
8	中 利 員	0.16	0.006	0.23	0.04	0.5	0	2
9	浅川合流直前地点	0.12	0.006	0.23	0.05	0.5	0	5
10	新川戸橋	0.13	0.006	0.23	0.07	0.2	5	5
11	木 崎 橋	0.13	0.006	0.23	0.04	0.2	5	2
12	押 川 橋	0.15	0.006	0.46	0.08	0.2	5	5
13	太 平 橋	0.12	0.006	0.23	0.04	0.2	5	5
14	太 郎 橋	0.12	0.006	0.23	0.04	0.2	0	2
15	嵯 峨 草 橋	0.12	0.006	0.23	0.08	0.2	0	2
16	井戸ヶ沢橋	0.11	0.006	0.23	0.05	0.2	0	2
17	高地原橋	0.16	0.006	0.23	0.08	0.2	0	2
18	谷 地 下 橋	0.12	0.006	0.23	0.06	0.2	5	2
19	ほきやま橋	0.17	0	0	0.05	0.2	0	2
20	上 野 内 橋	0.15	0.006	0.23	0.04	0.2	0	2
21	大 内 沢	0.17	0.006	0	0.03	0.2	5	2
22	川 上 川	0.14	0.006	0.23	0.08	0.2	0	2
23	米 山 橋	0.12	0.006	0.23	0.09	0.5	5	2
24	滝 沢 橋	0.11	0.006	0.23	0.02	0.2	0	2
25	古 埜 橋	0.11	0	0	0.03	0.2	0	5
26	豊 原 橋	0.15	0	0	0.03	0.2	5	2
27	鳥屋場橋	0.16	0.006	0.23	0.07	0.2	0	5
28	松 草 橋	0.12	0.006	0.23	0.03	0.2	0	2
29	富 岡 橋	0.28	0.006	0	0.08	0.2	0	5

表4 水質測定結果（パックテスト）（2000.7.20～2000.7.24）

No.	調査地点	NH ₄ -N 分光光度計 (ppm)	NO ₂ -N パックテスト (ppm)	NO ₃ -N パックテスト (ppm)	PO ₄ 分光光度計 (ppm)	Fe パックテスト (ppm)	COD パックテスト (ppm)	SiO ₂ パックテスト (ppm)
30	中ノ沢	0.15	0.006	0.23	0.07	0.2	0	2
31	鹿ノ又橋	0.15	0.006	0.23	0.05	0.2	0	2
32	—	0.16	0	0.23	0.04	0.2	0	5
33	高野橋	0.18	0.006	0.23	0.02	0.2	0	5
34	川上川橋	0.16	0.006	0	0.04	0.2	0	5
35	双の平橋	0.14	0.006	0.23	0.06	0.2	15	5
36	久野瀬	0.18	0.006	0.23	0.07	0.2	0	2
37	滝川	0.18	0.006	0.23	0.09	0.2	5	5
38	高瀬川	0.18	—	0.23	0.07	0.2	5	5
39	小部繰橋	0.16	—	0.23	0.04	0.2	5	5
40	久慈川橋	0.19	—	0.23	0.19	0.2	0	5
41	坏下橋	0.14	—	0.23	0.02	0.2	0	5
42	馬乗越橋	0.18	—	0.23	0.04	0.2	5	5
43	月待の滝橋	0.17	—	0.46	0.03	0.2	5	2
44	横石橋	0.18	—	0.23	0.01	0.5	10	5
45	桂月橋	0.16	—	0.23	0.05	0.5	10	5
46	下小川橋	0.39	—	0.23	0.02	0.5	0	5
47	古館北橋	0.19	—	0.23	0.06	0.2	0	10
48	—	0.1	—	—	0.16	0.2	0	—
49	小貫橋	0.18	—	—	0.03	0	5	5
50	くねした橋	0.18	—	—	0.04	0	10	10
51	宇留野坏橋	0.15	—	—	0.09	0	5	10
52	下玉川橋	0.18	—	—	0.08	0.2	10	10
53	門部坏公民館前	0.12	—	—	0.08	0.2	20	10

表5 久慈川の負荷量

No.	調査地点	負荷量 Cl ⁻ (g/秒)	負荷量 Ca ²⁺ (g/秒)	負荷量 Mg ²⁺ (g/秒)	負荷量 Na ⁺ (g/秒)	流量 (m ³ /秒)
33	高野橋	1.36	0.13	0.1	0.13	0.34
29	富岡橋	0.51	0.19	0.09	0.16	0.32
27	鳥屋場橋	4.42	0.61	0.31	0.81	1.23
25	古塙橋	6.94	0.38	0.4	0.9	1.93
24	滝沢橋	0.17	0.07	0.03	0.11	0.25
34	川上川橋	1.05	0.37	0.18	0.24	0.75
22	川上川	13.3	3.99	0.16	5.98	13.38
21	大内沢	0.67	0.08	0.09	0.15	0.28
20	上野内橋	4.04	0.17	0.14	0.48	0.88
19	ほきやま	1.05	0.17	0.09	0.44	0.88
18	谷地下橋	2.07	0.54	0.27	1.25	2.78
16	井戸ヶ沢橋	4.56	0.65	0.39	1.36	3.26
43	月侍の滝橋	0.02	0.001	0.001	0.005	0.007
42	馬乗越橋	37.74	3.33	1.88	5.77	11.1
41	坏下橋	2.17	0.12	0.11	0.33	0.64
13	大平橋	13.7	1.19	0.62	1.84	2.98
14	太郎橋	0.66	0.04	0.05	0.16	0.15
12	押川橋	8.7	0.87	0.66	2.32	2.9
39	小部操橋	0.52	0.02	0.08	0.18	0.29
38	高瀬橋	1.35	0.18	0.2	0.63	0.45
37	滝川	1.59	0.1	0.19	0.59	0.53
44	横石橋	2.25	0.37	0.31	0.35	0.75
45	桂月橋	0.018	0.002	0.002	0.01	0.01
47	古館北橋	0.06	0.01	0.01	0.05	0.038
48	—	0.08	0.008	0.08	0.04	0.029
52	下玉川橋	0.78	0.33	0.22	0.58	0.56
50	くねした橋	0.22	0.06	0.03	0.07	0.041
8	中利員	3.92	1.28	0.52	0.95	0.56
9	浅川合流直前地	31.15	16.02	6.49	12.01	8.9
53	門部坏	0.25	0.02	0.02	0.06	0.059
6	明神橋	0.46	0.07	0.1	0.35	0.39
7	岩手橋	1.18	0.13	0.14	0.35	0.33
10	新川戸橋	5.06	0.74	0.47	1.29	1.49
5	岡町橋	51.2	1.28	0.76	4.48	6.4
4	央橋	27.68	3.46	3.11	12.97	17.3
3	新源氏橋	3.31	0.51	0.31	9.4	0.51
2	八幡橋	39.9	5.32	4.12	11.57	13.3

表6 水質の負荷量（本流）

No.	調査地点	Cl ⁻ の 負荷量 g/ 秒	Mg ²⁺ の 負荷量 g/ 秒	Ca ²⁺ の 負荷量 g/ 秒	Na ⁺ の 負荷量 g/ 秒
31	鹿ノ又林道	6.9	0.48	1.5	1.3
35	松 草	11.3	0.68	0.63	2.21
26	豊 原	24.0	1.27	1.47	3.38
35	双 ノ 原	23.4	1.8	1.8	4.23
23	米 山	74.0	3.3	3.7	8.7
40	久 慈 川	63.3	4.89	2.8	14.9
15	嵯 峨 草	38.5	9.63	9.45	16.0
36	久 野 瀬	105.0	7.8	13.1	24.0
46	下 小 川	107.0	7.1	7.1	20.4
49	小 貫	15.8	8.3	11.8	24.5
51	宇留野坪	65.2	6.2	8.1	19.5
11	木 崎	46.5	9.0	10.0	26.8
1	上 橋	133.7	12.9	20.9	39.7

3. 久慈川流域の地形、地質等の概要

久慈川の源流は、茨城県、福島県、栃木県の県境にある八溝山（標高1,022 m）にある。久慈川はこの山間部を北東に流れ、福島県東白川郡棚倉町に至る。これより八溝山地の間にある塙町、矢祭町、大子町を南流し、茨城県那珂郡山方町付近で東に流路を変え、日立市と東海村の間を流下して太平洋に注いでいる。久慈川の流域面積は約1,490 km²、流路延長は約124 kmである。

地形は、北西部に八溝山地が南北に連なっている。海拔高度は八溝山が1,022 mと最も高く、他の山地は3つの高さに分類される。八溝山地付近の600～800 mの地域と、大子町から山方町付近の300～500 mの地域である。また山方町から常陸太田市付近には阿武隈山地が北東から南西に連なり、300～600 mの海拔高度をもっている。

八溝、阿武隈山地はいずれも侵食が進み、緩やかに傾斜する老年期地形を呈している。この山地の間には棚倉破碎帯がある。棚倉破碎帯には久慈川、山田川、里川が破碎帯に沿って南流している。また、久慈川流域の棚倉町、大子町、山方町、大宮町、常陸太田市付近には2～3段の河岸段丘が発達している。

地質をみると、八溝山地付近は、古生代の八溝層群の砂岩及び粘板岩の互層と、一部に石灰岩を挟む層とチャートからなっている。大子町袋田から山方町は新第三紀層と金沢層群の礫岩、砂岩、集塊岩、凝灰岩の層が袋田付近に分布する。久慈川下流の沖積層は、粘土

及びシルト層からなっている。一方、洪積台地には下末吉相当面と武蔵野相当面があり、ローム層が2.5～3.5 m堆積している。なお、ローム層の下部には砂礫層が堆積している。

久慈川流域市町村における下水道の普及率は、日立市で98%、東海村で61%、瓜連町で51%と比較的高いが、それ以外の市町村は20%以下と低い状況にある。特に久慈川の上・中流域にある市町村は下水道の普及率が低いため、このことが久慈川の河川環境に少なからず影響していると思われる。

4. 久慈川の各水質

① 電気伝導度

電気伝導度は、溶解物質が多いと高い数値になる。したがって汚染物質が多い場合は数値が高くなる。久慈川の電気伝導度は、本流で33.0～238.0 $\mu\text{U}/\text{cm}$ の間で推移し、上流から下流に向かって数値が高くなる傾向がみられる(表1～3参照)。調査地点の上流にある鹿ノ又林道橋(No. 31)で33.0 $\mu\text{U}/\text{cm}$ であるが、棚倉町の双の平橋(No. 35)では207.5 $\mu\text{U}/\text{cm}$ など人口の密集する所では高くなる。しかし久慈川が峡谷を流下する高地原橋(No. 17)では78.1 $\mu\text{U}/\text{cm}$ と低くなり、再び太子町の盆地を流れる久野瀬(No. 36)では238.0 $\mu\text{U}/\text{cm}$ 、更に下流の大宮町宇留野坏橋(No. 51)では238.0 $\mu\text{U}/\text{cm}$ と人口の密集地域を流下すると高い数値になる(図2)。

支流は、51.5～388.0 $\mu\text{U}/\text{cm}$ の間で推移している。清流で知られる矢祭川(No. 18)の51.5 $\mu\text{U}/\text{cm}$ 、矢祭町小田川(No. 19)の71.4 $\mu\text{U}/\text{cm}$ 、里川の上流(No. 5)の73.5 $\mu\text{U}/\text{cm}$ 、(No. 4)の84.0 $\mu\text{U}/\text{cm}$ などは低い値を示している。しかし、人口密集地域を流下する滝川(No. 37)は229.0 $\mu\text{U}/\text{cm}$ 、(No. 38)が277.0 $\mu\text{U}/\text{cm}$ 、大宮町の和田川(No. 48)が238.0 $\mu\text{U}/\text{cm}$ 、浅川の(No. 50)が388.0 $\mu\text{U}/\text{cm}$ 、(No. 8)が352.0 $\mu\text{U}/\text{cm}$ 、(No. 9)が284.0 $\mu\text{U}/\text{cm}$ 、常陸太田市の源氏川(No. 3)が264.0 $\mu\text{U}/\text{cm}$ と高くなっている。支流についても、人口の少ない清流が流れる地域では電気伝導度が低い傾向にあり、人口密集地域でなおかつ下水道普及率の低い地域で高くなっている傾向が認められる(表1～3)。

② 溶存酸素

溶存酸素は数値が大きいほど酸素を多く含み、数値が小さいと酸素が少ない。久慈川本流の溶存酸素量は6.4～12.8 ppmの間で変化し、上流から下流に向かって低くなる傾向がみられる。最も含有量が多い地点は、源流に近い中ノ沢(No. 30)で12.8 ppm、鹿ノ又林道橋(No. 31)で11.9 ppmとなり、下小川橋(No. 46)で7.7 ppm、下流の上橋(No. 1)で6.4 ppmと低くなる(図3)。

支流の溶存酸素量は、6.5～10.9 ppmの間で推移し、大きな集落があり、下水が混入する棚倉町屋橋(No. 27)で6.5 ppm、清流の流れる小さな集落の馬越橋(No. 42)で10.6 ppmと含有量が多くなる傾向にある(表1～3)。

③ 塩素(Cl^-)

塩素は人為的な汚染があるときに数値が高くなる。特に下水、家庭排水、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、下流の塩水遡上によっても高い数値になる。

久慈川本流の Cl^- の含有量は、12 ~ 40 ppm の間で推移している。全体としては、上流から下流に向かって含有量を多く含む傾向にある。源流に近い鹿ノ又林道橋 (No. 31) では 14 ppm と含有量が少なく、棚倉町の米山橋 (No. 23) で 40 ppm、豊原橋 (No. 26) で 32 ppm と含有量が多くなる。

一方、久慈川が峡谷を流れる矢祭町の高地原橋 (No. 17) で 10 ppm、大子町嵯峨草橋 (No. 15) では 12 ppm と含有量が少なくなる。しかし中流の下小川橋 (No. 46) で 30 ppm と多くなり、下流の上橋 (No. 1) で 32 ppm となる (図 4)。

支流における Cl^- の含有量は、人口密集地域を流下するところでは多く、人口の希薄な清流が流れる地域では含有量が少なくなっている。矢祭川 (No. 18) が 10 ppm、小田川 (No. 19) が 12 ppm、八溝川 (No. 16) が 14 ppm など清流の小河川で含有量が少なくなっている。しかし、人口の多い常陸太田市を流下する源氏川 (No. 3) では 65 ppm、岡町橋 (No. 5) で 80 ppm、大子町大平橋 (No. 13) で 46 ppm、浅川 (No. 14) で 44 ppm と含有量が多くなる (表 1 ~ 3)。

④ ナトリウム (Na^+)

日本の河川水は本来、 Na^+ の含有量が少ないのが一般的であるが、生活排水などが混入すると含有量は多くなる。

久慈川本流の Na^+ の含有量は、2.8 ~ 9.5 ppm の間で推移し、上流から下流に向かって含有量が多くなる傾向がみられる。すなわち鹿ノ又林道橋付近 (No. 31) で 2.8 ppm、双の平橋 (No. 35) で 4.7 ppm、塙町付近の久慈川橋 (No. 40) で 5.2 ppm、下小川橋 (No. 46) で 5.7 ppm、下流の上橋 (No. 1) で 9.5 ppm と Na^+ の含有量が多くなる (図 5)。

下流の Na^+ の含有量は、3.2 ~ 19.5 ppm の間にある。中ノ沢 (No. 30) が 3.2 ppm、川上橋 (No. 34) が 3.2 ppm など上流の支流は含有量が少ない。一方下流の支流は、里川 (No. 2) で 18.5 ppm、浅川 (No. 9) で 13.9 ppm と含有量が多くなる (表 1 ~ 3)。

⑤ カルシウム (Ca^{2+})、マグネシウム (Mg^{2+})

Ca^{2+} と Mg^{2+} は Na^+ の含有量の傾向同様、一般的に日本の地下水や河川水のように含有量が少なく 10 ppm 内外である。

久慈川本流の Ca^{2+} の含有量は、1.0 ~ 5.0 ppm の間にあり、上流、下流ともに大きな変化はない。支流の Ca^{2+} の含有量は、1.0 ~ 23.0 ppm と幅がある。特に浅川の含有量は (No. 50) で 17.0 ppm、(No. 8) で 23.0 ppm、(No. 9) で 18.0 ppm と多くなる。

本流の Mg^{2+} の含有量は、0.2 ~ 3.1 ppm の間にあり、上流から下流に向かって含有量が多くなるがごくわずかな変化に過ぎない。支流の Mg^{2+} の含有量は、1.0 ~ 9.3 ppm の間にあり、浅川 (No. 50) で 8.2 ppm、(No. 8) で 9.3 ppm、(No. 9) で 7.3 ppm と含有量が多くなる (図 6)。

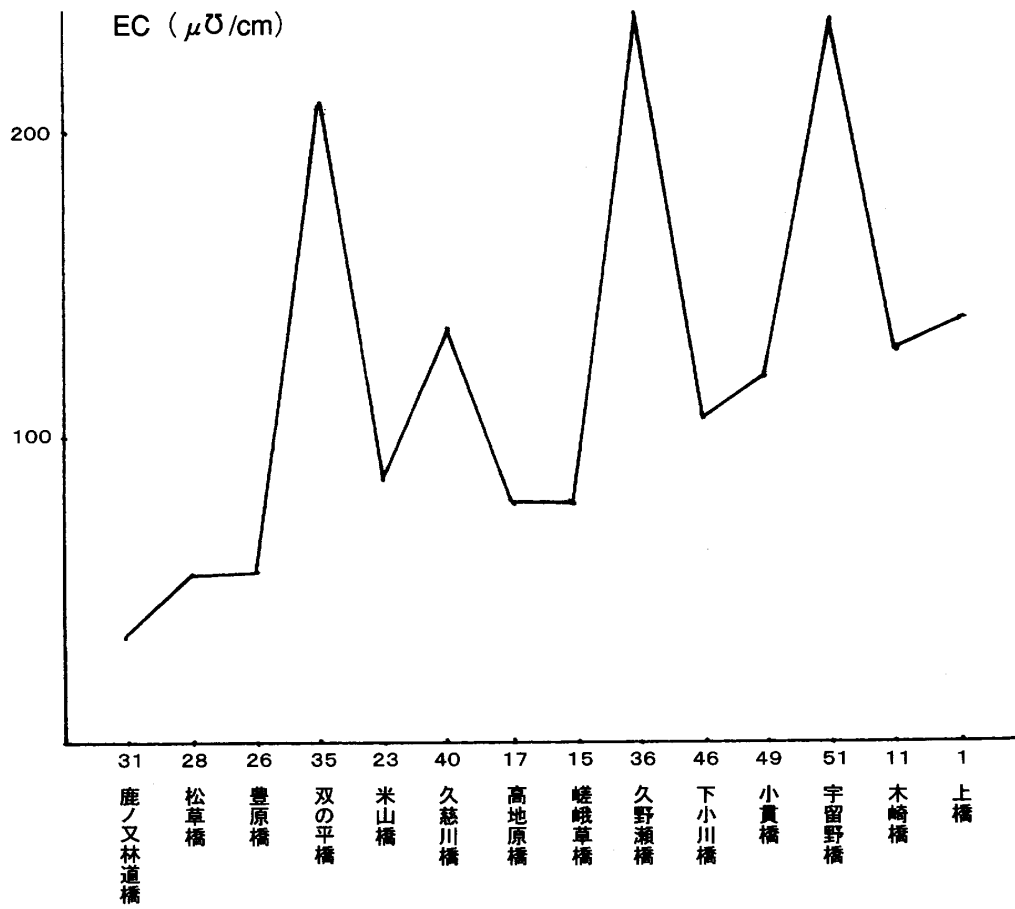


図2 2000年7月20日～7月24日

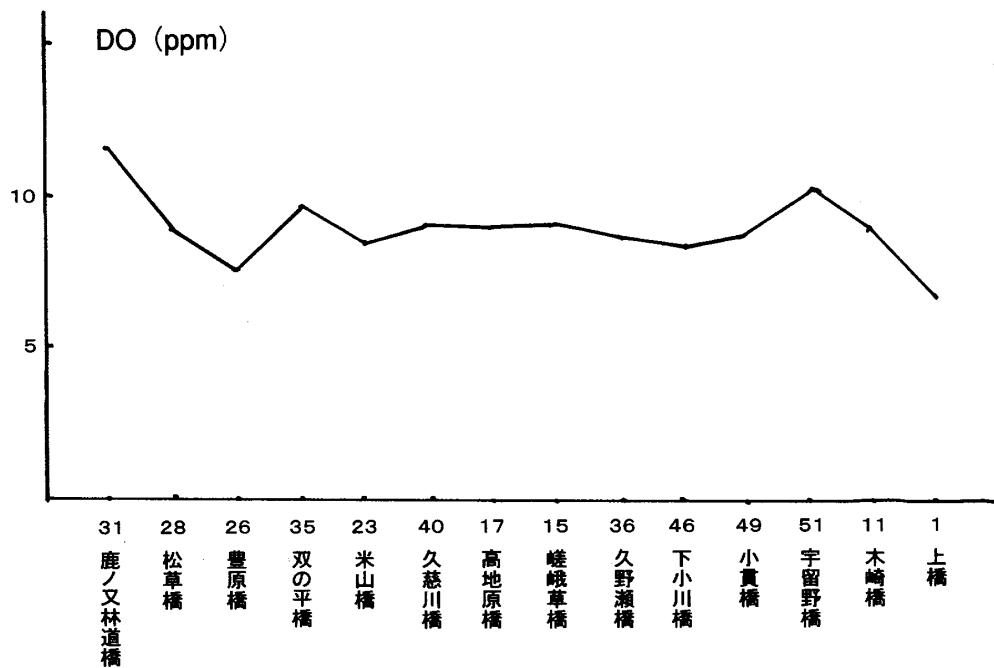


図3 2000年7月20日～7月24日

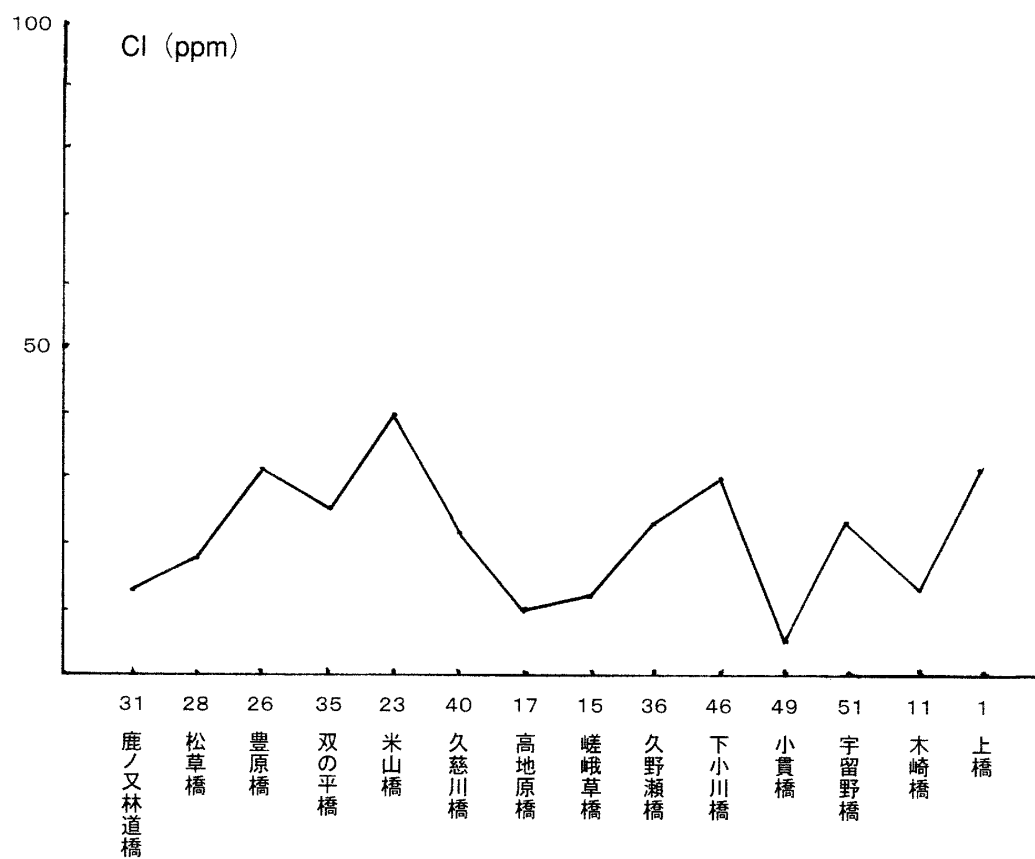


図4 2000年7月20日～7月24日

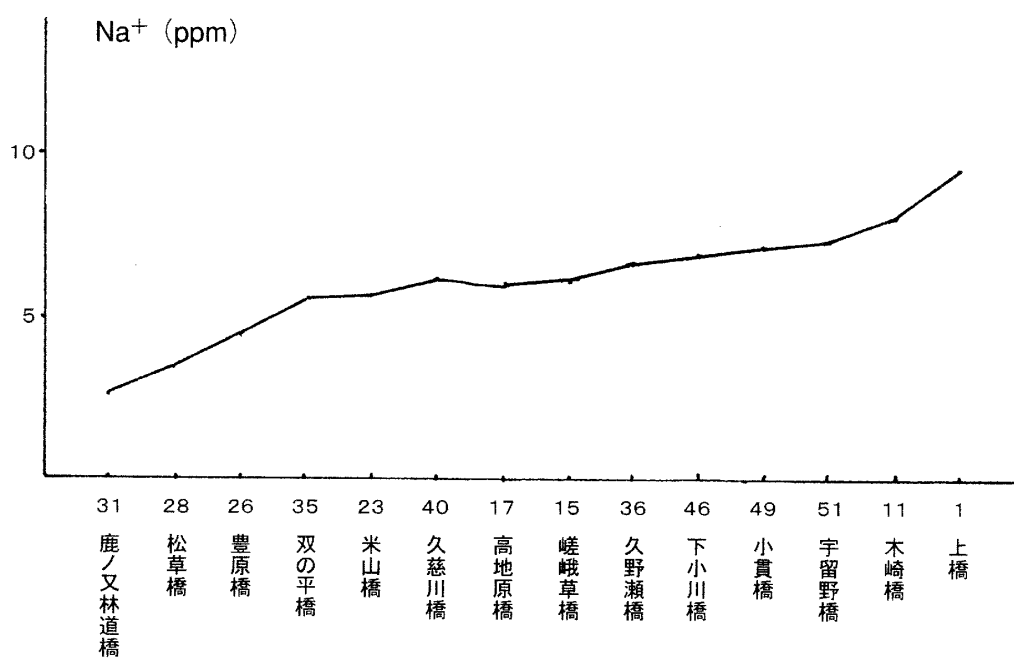


図5 2000年7月20日～7月24日

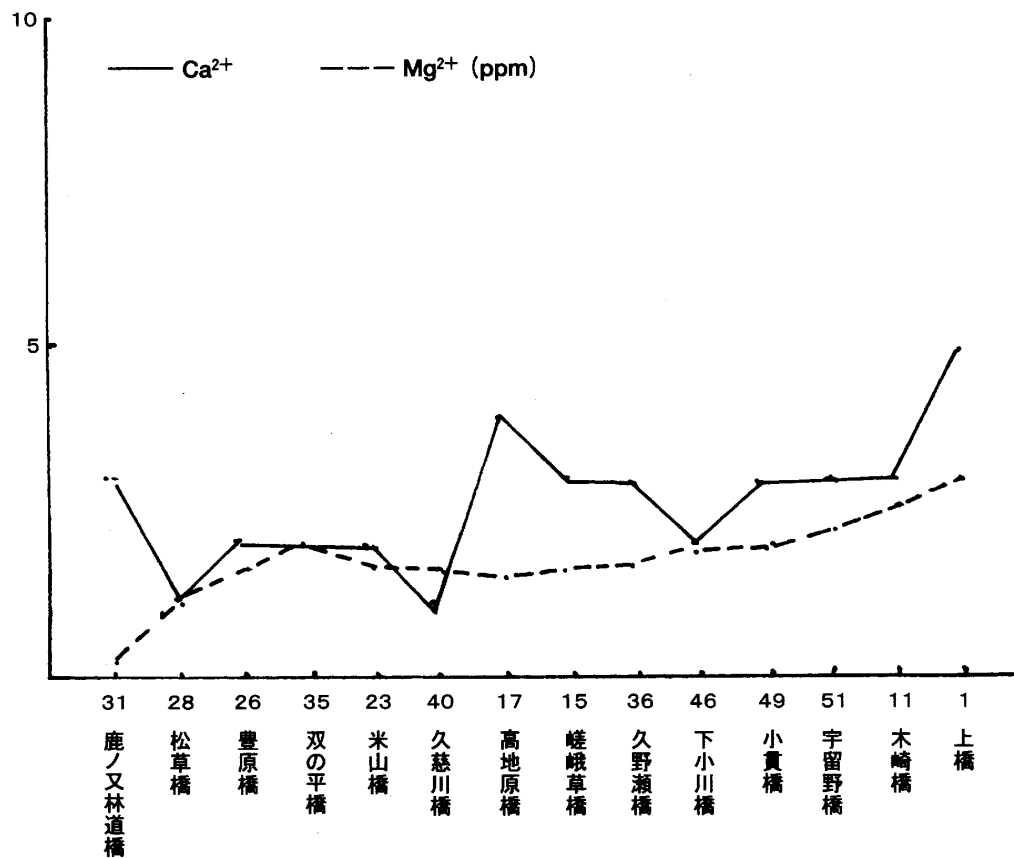


図6 2000年7月20日～7月24日

⑥ pH (水素イオン濃度)

天然水のもっとも基本的な性質は、pH が塩基性（アルカリ性）か、中性、あるいは酸性かを知ることである。一般的な河川水のpHは、6.6～7.2の間にある。久慈川のpHは、松草橋（No. 32）までは6.8、松草橋より下流は7.2～7.4の間にある。支流では、6.8～8.2の間にあり、下流はアルカリ性になる。

5. 調査項目全体からみた久慈川の水質の傾向

図7は、各調査項目を図化したものである。透視度は、数字が大きくなるほど水が澄んでいることを意味し、pHは6.6～7.2の間にあることが一般的であり、溶存酸素は数値が大きいくほど酸素を多く含有している。また電気伝導度は、溶解物質の量が多ければ数値が大きくなり、汚れていることを意味する。塩素は、湿潤地域で10 ppm以下とされることから、これより大きい数値の場合は汚れていることを意味する。Na⁺はCl⁻と一緒に増加する。Ca²⁺は日本の河川の場合、5～20 ppmといわれている。Mg²⁺は海水に多く含有するので、一般の河川では少ない。

久慈川本流の調査項目からみた水質変化についてみると、鹿ノ又林道橋（No. 30）は（図7.⑦）、久慈川の源流に近い原生林が茂ったところで、谷はU字型をなし、清流が岩

の間を流れている。透視度はこのようなところであるから50 cm以上、溶存酸素は11 ppm以上、電気伝導度も33.0 $\mu\text{U}/\text{cm}$ と非常に低い値を示している。 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^{+} 、 Cl^{-} も非常に少ない数値を示している。このまま飲料水にしても良い水とも思われる。

久慈川橋 (No. 40) (図7.⑥)は棚倉町、塙町の盆地を流れる。源流の鹿ノ又林道橋とは異なり、溶存酸素は9 ppmと低く、電気伝導度も100 $\mu\text{U}/\text{cm}$ 以上となる。また塩素の含有量も多くなっている。これは棚倉町、塙町的生活排水がわずかに影響しているためと思われる。

久野瀬 (No. 36) (図7.⑤)は、流れが急流で巨礫が両岸にみられる。溶存酸素は、8.4 ppmと棚倉町、塙町より低くなり、電気伝導度も238.0 $\mu\text{U}/\text{cm}$ と高い数値を示す。 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^{+} 、 Cl^{-} もわずかであるが多くなっている。久野瀬の上流では大子町で多少なりともこの地域的生活排水が混入するためと思われる。下小川橋 (No. 46) (図7.④)は中流で、周辺には3段の河岸段丘がみられ、集落はこの段丘上に載っている。流れは緩やか

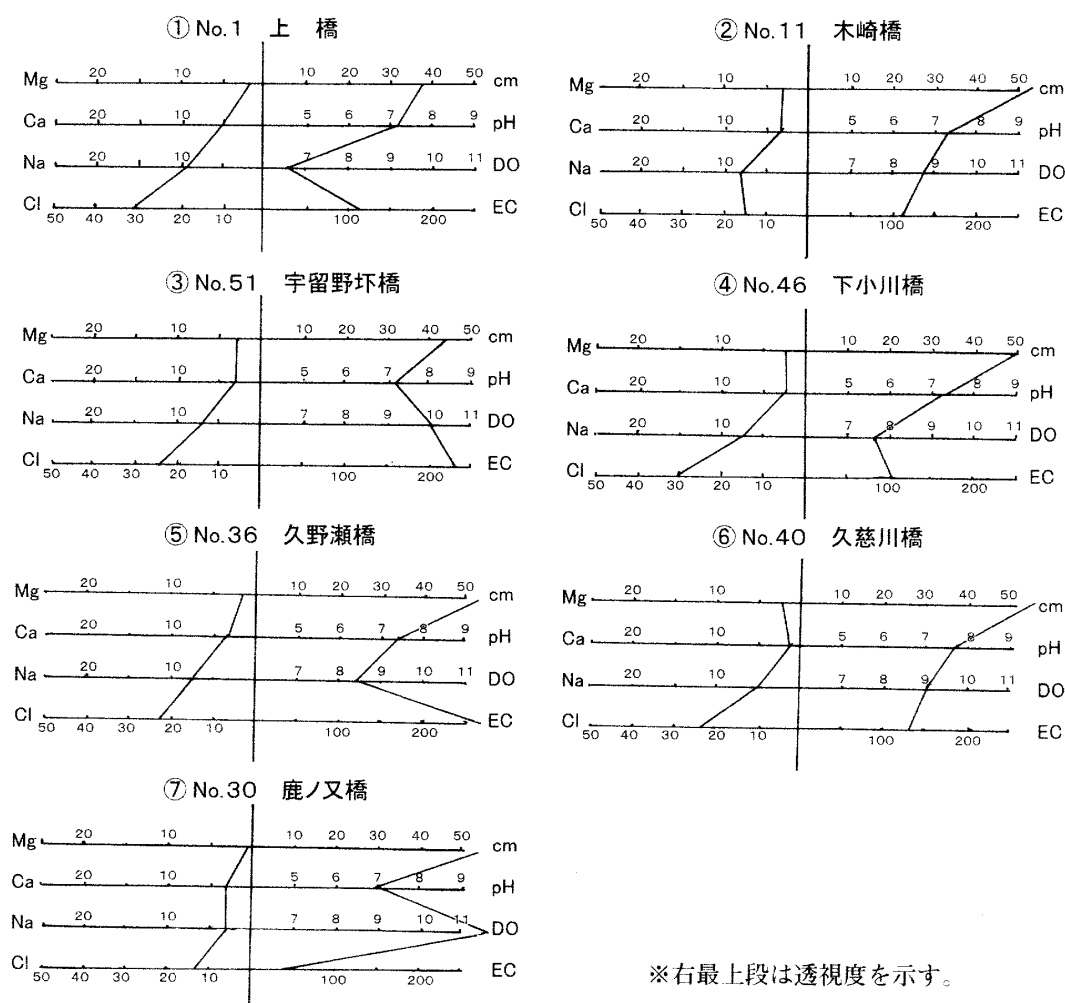


図7 久慈川の水質

な淵の所で水深が深い。溶存酸素が7.7 ppmとなり、 Cl^- も30 ppmと含有量が多くなっている。宇留野坏橋 (No.51)(図7.③)では、透視度が44.5 cmと低くなり、電気伝導度も $238.0 \mu\text{U}/\text{cm}$ と高くなる。 Cl^- も24 ppmとなっている。木崎橋 (No. 11) (図7.②)には旧河道があり、旧河道を利用した釣堀がある。河川の流れは緩やかで河川の幅も広く水深は3 m程度ある。透視度は50 cm以上、溶存酸素は8.8 ppm、電気伝導度も $100.0 \mu\text{U}/\text{cm}$ 、 Cl^- が14 ppmと他と比較すると多少低い値を示している。上橋 (No. 1) (図7.①)は、調査地点の下流で、満潮時には塩水が遡上する地点である。調査の時刻によっては、電気伝導度が $20,000 \mu\text{U}/\text{cm}$ 以上と高く、 Cl^- 、 Na^+ の含有量が多くなる。調査した時は引き潮であったため、この影響はない。透視度が38.0 cmと低く、また溶存酸素は6.4 ppmと他の地点と比較して低い値を示している。 Cl^- の含有量は32 ppm、 Na^+ は9.5 ppm、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} も含有量が多くなっている。久慈川の本流では、最も汚れた状態である。

次に支流の調査項目からみた水質の変化をみると (図8)、源流に近い中ノ沢 (No. 30) (図8.①)ではpH 6.8、電気伝導度 $59.0 \mu\text{U}/\text{cm}$ と低く、溶存酸素は12.8 ppmと酸素を多く含んでいる。 Cl^- が16 ppm、 Na^+ が3.2 ppm、 Ca^{2+} が1.0 ppm、 Mg^{2+} が0.2 ppmと少ない。

現地において水質汚染の目安として行ったパックテストの分析でも NH_4-N は0.08 ppm以下、 PO_4^{3-} は0.066 ppm以下、Feは0.2 ppm以下、CODは0に近い値を示している (表3～4)。源流に近いため、支流でも水質は良好な状態である。しかし人口の

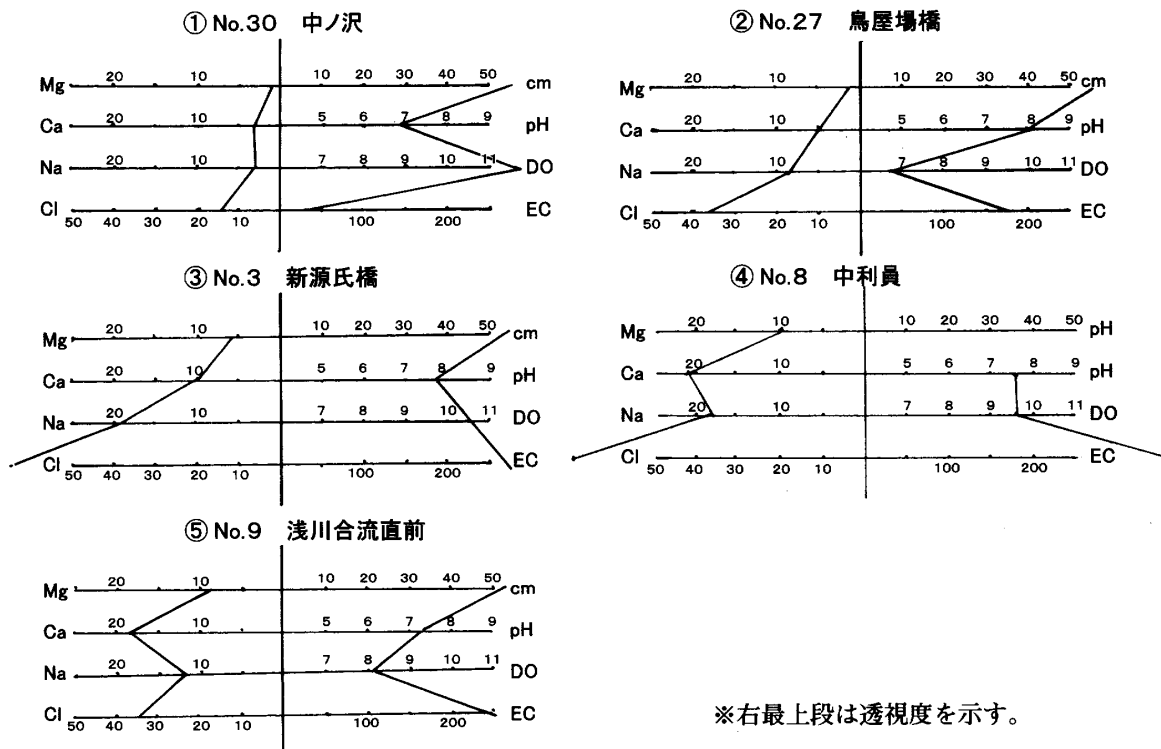


図8 久慈川の水質

密集する棚倉盆地を流れる大草川，鳥屋場橋（No. 27）（図 8. ②）では，pH が 7.8，電気伝導度が $186.7 \mu\text{U}/\text{cm}$ ，溶存酸素が 6.5 ppm と低く， Cl^- は 36 ppm， Na^+ が 7.2 ppm， Ca^{2+} が 5.0 ppm， Mg^{2+} が 2.6 ppm と他と比較すると含有量が多くなっている。更に下流の常陸太田市内を流れる源氏川の新源氏橋（No. 3）（図 8. ③）では pH が 8.0，電気伝導度が $264.0 \mu\text{U}/\text{cm}$ ， Cl^- が 65 ppm， Na^+ が 18.5 ppm， Ca^{2+} が 10.0 ppm， Mg^{2+} が 6.2 ppm と含有量が非常に多い。パックテストの結果でも $\text{NH}_4 - \text{N}$ が 0.16 ppm， PO_4^{3-} が 0.16 ppm，Fe が 1.0 ppm，COD が 5.0 ppm と多く，この小河川は汚染されている（表 4 ～ 5）。同じ常陸太田市内を流れる浅川の中利員（No. 8）（図 8. ④）は，pH が 7.6，電気伝導度が $352.0 \mu\text{U}/\text{cm}$ ，溶存酸素が 9.6 ppm， Cl^- が 70 ppm， Na^+ が 17.0 ppm， Ca^{2+} が 23.0 ppm， Mg^{2+} が 9.3 ppm と調査した支流の中では最も各イオンの含有量が多く，電気伝導度も高かった。更に浅川が久慈川に合流する（No. 9）（図 8. ⑤）では，pH が 7.6，電気伝導度が $284.0 \mu\text{U}/\text{cm}$ ，溶存酸素が 8.0 ppm， Cl^- が 35 ppm， Na^+ が 13.5 ppm， Ca^{2+} が 18.0 ppm， Mg^{2+} が 7.3 ppm と含有量が多い。しかし，流量が小さいことと汚れた支流の数が少ないために久慈川本流には影響は与えていない。

6. 各イオンの負荷量

負荷量は濃度に流量を乗ずることで求める。したがって汚染物質の濃度が高くても流量が小さければ負荷量は小さくなる。一方，濃度が小さくても河川の流量が多ければ汚染物質は多く流出することになる。

本流の負荷量は，表 6 及び図 9 に示したとおりである。 Cl^- の負荷量は上流の鹿ノ又林道橋では小さく，下流に行くにしたがって負荷量が大きくなる。特に棚倉町や塙町の盆地内の人口が密集する米山橋（No. 23）では，74.0 g/ 秒，久慈川橋（No. 40）では 63.3 g/ 秒，中流の太子町の久野瀬（No. 36）では 105.1 g/ 秒と負荷量が多くなる。更に下流の上橋（No. 1）では 133.7 g/ 秒と多くなる。 Cl^- の負荷量は，人口が密集するところで大きくなり，山間を流れるところでは自浄作用により減少する。

Na^+ の負荷量も Cl^- と同様な傾向がある。上流の鹿ノ又林道橋では 1.38 g/ 秒，久慈川橋（No. 40）では 14.9 g/ 秒，久野瀬（No. 36）では 24.0 g/ 秒と他と比較して負荷量が多い。下流の上橋（No. 1）では 39.7 g/ 秒となり，上流から下流に向かって負荷量が多くなる。

Ca^{2+} ， Mg^{2+} の負荷量（図 10）は，上流の鹿ノ又林道橋（No. 31）で Ca^{2+} が 1.4 g/ 秒， Mg^{2+} が 0.14 g/ 秒と低く中流の久野瀬（No. 36）では Ca^{2+} が 13.1 g/ 秒， Mg^{2+} が 24.0 g/ 秒と負荷量が多くなっている。更に下流の上橋（No. 1）では Ca^{2+} が 20.9 g/ 秒， Mg^{2+} が 12.9 g/ 秒と多くなり，上流から下流に向かって負荷量が多くなる。

久慈川支流の Cl^- ， Na^+ の負荷量を表 5，6 に示す。負荷量の少ない河川は，上流の中ノ沢（No. 30）であり， Cl^- が 0.023 g/ 秒， Na^+ が 0.073 g/ 秒となっている。大竹川（No. 29）は， Cl^- が 0.5 g/ 秒， Na^+ が 0.16 g/ 秒であり，濃度も小さく流量も小さいため負荷量が小さくなっている。しかし，太子町の人口の密集する地域を流れる押川（No. 42）では Cl^- が 37.7 g/ 秒， Na^+ が 5.7 g/ 秒，（No. 12）では Cl^- が 13.7 g/ 秒， Na^+ が 1.8 g/ 秒で負荷量は多くなっている。同じく人口の密集する常陸太田市内を流れ

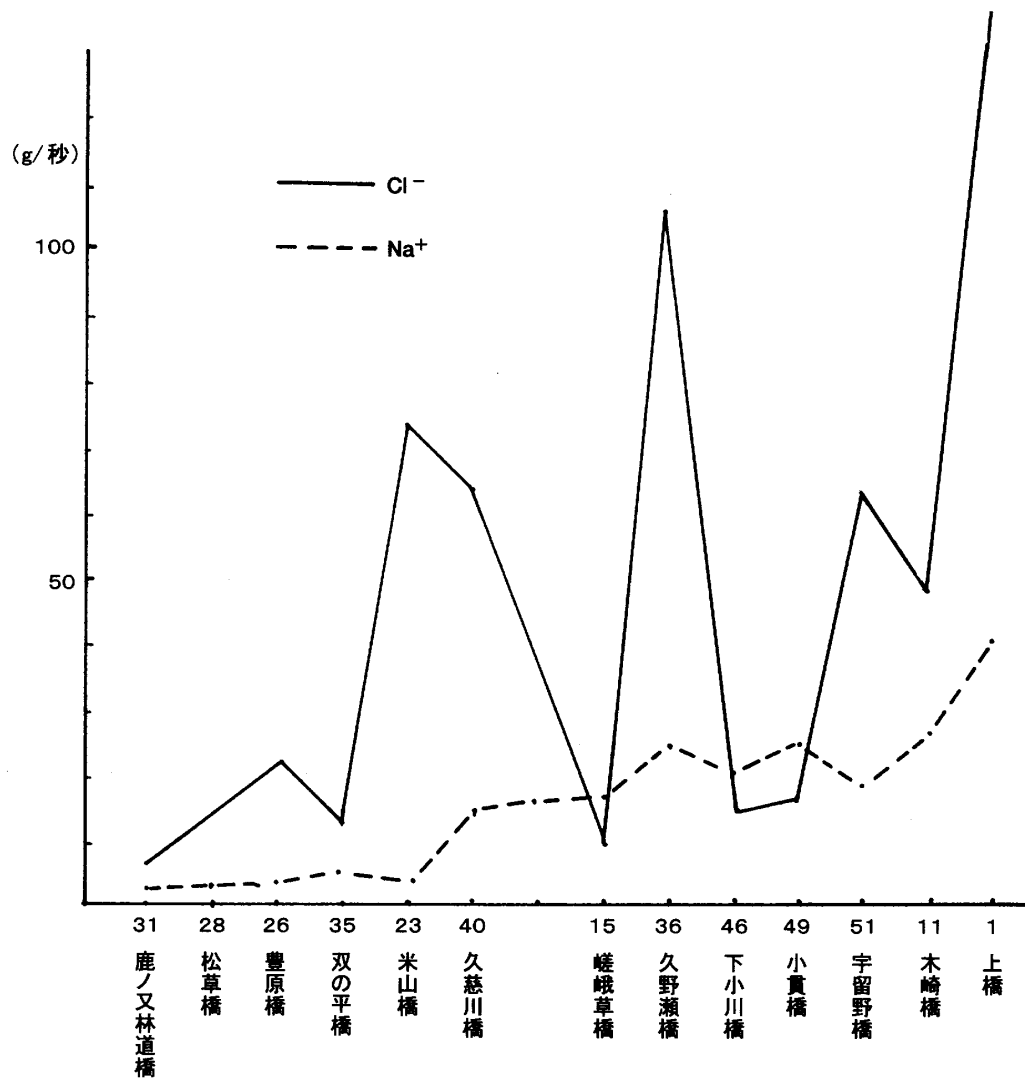


図9 負荷量 本流

る浅川 (No. 9) では Cl^- が 31.1 g/秒, Na^+ が 12.0 g/秒, 里川の央橋 (No. 4) では Cl^- が 27.6 g/秒, Na^+ が 12.9 g/秒, 八幡橋 (No. 2) では Cl^- が 39.9 g/秒, Na^+ が 11.5 g/秒と負荷量が多くなっている。

また, Ca^{2+} , Mg^{2+} の負荷量は, 上流の支流では 0.1 ~ 0.09 g/秒と低い値を示しているが, 下流の人口の密集する, 下水道整備が不完全なところを流れる河川は, 負荷量が多くなっている。下流の里川の央橋 (No. 4) では Ca^{2+} が 3.4 g/秒, Mg^{2+} が 3.1 g/秒, 浅川 (No. 9) では Ca^{2+} が 16.0 g/秒, Mg^{2+} が 6.4 g/秒と負荷量が多くなっている。

すなわち, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- いずれの負荷量も上流では小さく, 流下途中の人口の密集する地域を流れるにしたがって負荷量が多くなり, 更に下流において最も多くなる傾向がある。

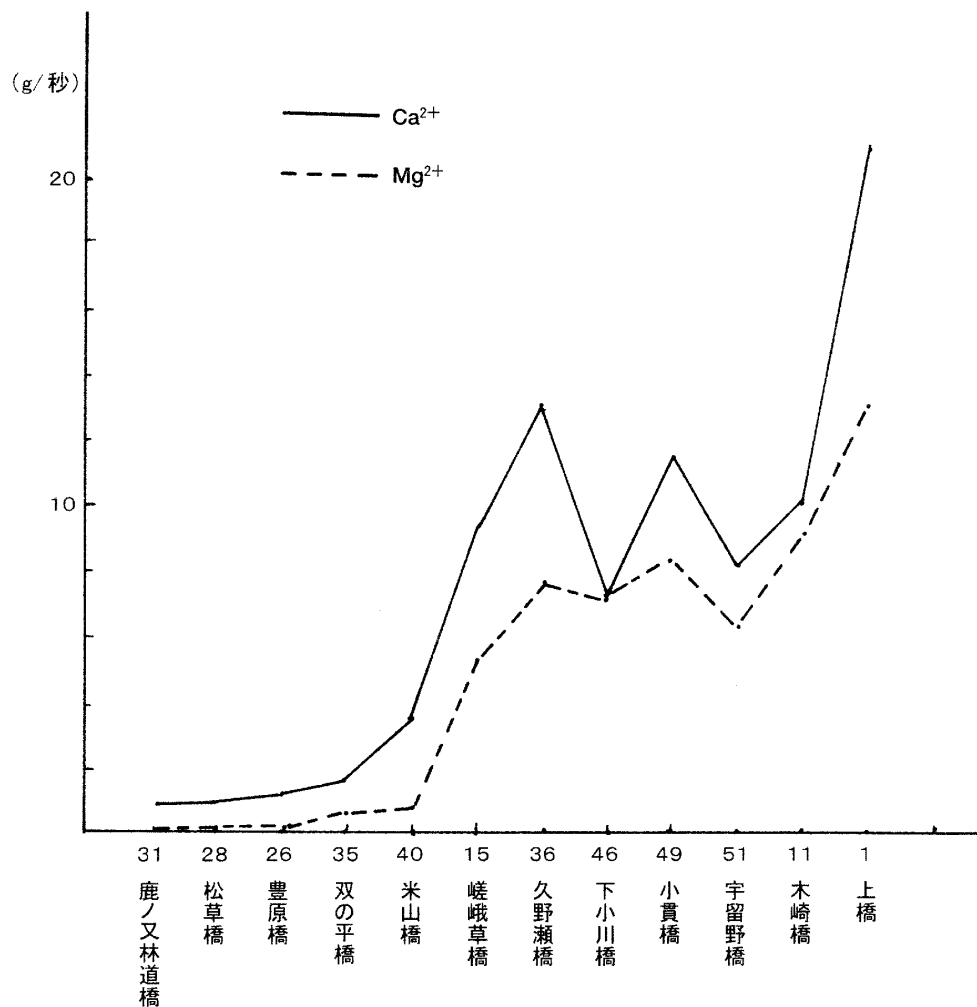


図10 負荷量 本流

7. 水質の経年変化

1988年～2000年の電気伝導度，溶存酸素， Cl^- ， Na^+ の各調査地点の夏季のみの経年変化をみると以下ようになる。なお，1988年～1995年までは，茨城キリスト教大学環境クラブの資料を利用し，2000年以降は筆者らが調査したデータにもとづいていることを付記する。

図11は，1988年～2000年までの夏季の電気伝導度の変化を示している。電気伝導度は全体的にみて経年的に高くなる傾向にあり，下流にいくにしたがって値が高くなる。鹿ノ又林道橋では $30 \mu\text{S}/\text{cm}$ といずれの年でも低い値を示し，棚倉町を流れ米山橋付近まで流れると急激に高い値を示す。その後，高地原橋，嵯峨草橋は平行状態になり，いずれの年も $100 \sim 150 \mu\text{S}/\text{cm}$ で変化するが，大子町下流の久野瀬に至ると高い数値を示す。人口の密集する町を流れると汚物が混入することにより電気伝導度が高くなる。山間の清流を流れることにより多少なりとも改善されると思われる。しかし下流にいくにしたがって徐々に電気伝導度が高くなっている。特に上橋（No. 1）で1990年，1993年，1995年の夏

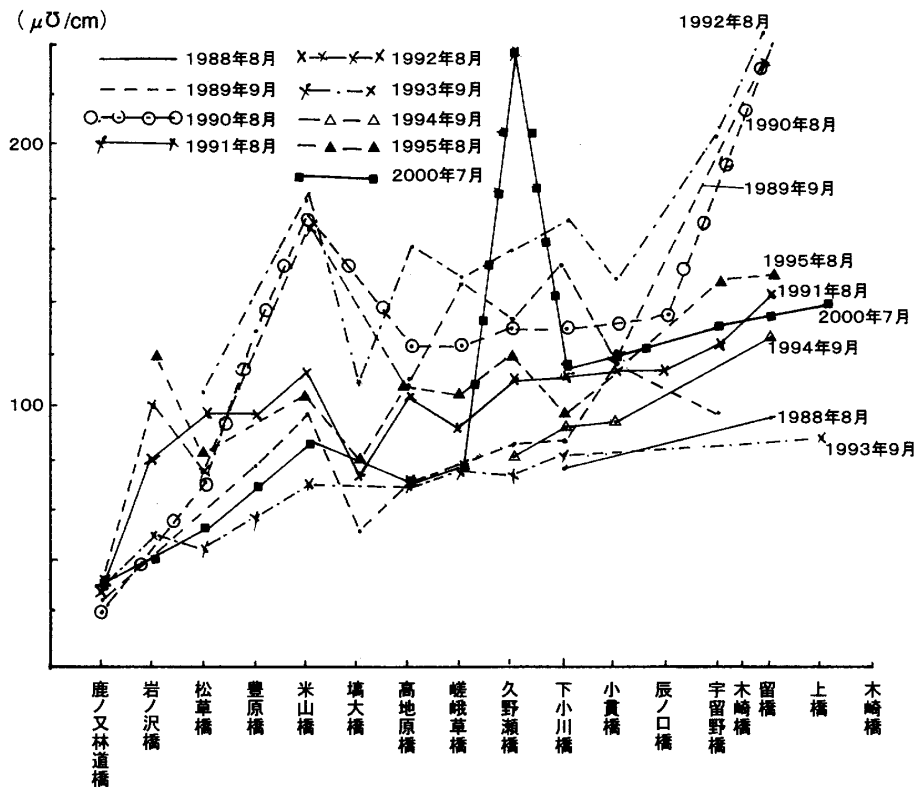


図11 ECの経年変化

季の数値が高いのは、測定したときが満潮時であり、海水の影響を受けているためである。

図12は、 Cl^- の1995年、1996年、2000年の夏季の3年間の経年変化について示したものである。資料が少なく解析が十分ではないが、1996年は他の年とは異なり、高地原橋で110 ppmと含有量が多く、また小貫橋も60 ppmと多くなっている。この原因については解明できなかった。

1995年と2000年夏季の変化は電気伝導度と同様の変化を示し、米山橋と久野瀬、下小川橋付近で含有量が多くなっている。

図13は、 Na^+ の1993年、1995年、1996年、2000年の夏季の変化について示したものである。1996年8月の留橋は250 ppm以上を示しているが、採水した時刻が満潮時であったため塩水による影響と考えられる。他の各地点での経年変化は10 ppm以下で推移している。

図14は、溶存酸素の1989年、1991年、1992年、1996年、2000年までの夏季の経年変化を示したものである。1989年、1996年は、嵯峨草、小貫橋で値が急激に下がっている。しかし1992年は、ほぼ7～9 ppmの間で推移しており、上・中・下流ともに大きな変化はない。一方2000年は、地点による変化が顕著であり、上流の鹿ノ又林道橋で11.9 ppm、途中の米山橋や久野瀬付近は8～9 ppmで推移、しかし木崎橋で10 ppmと含有量が多くなる。

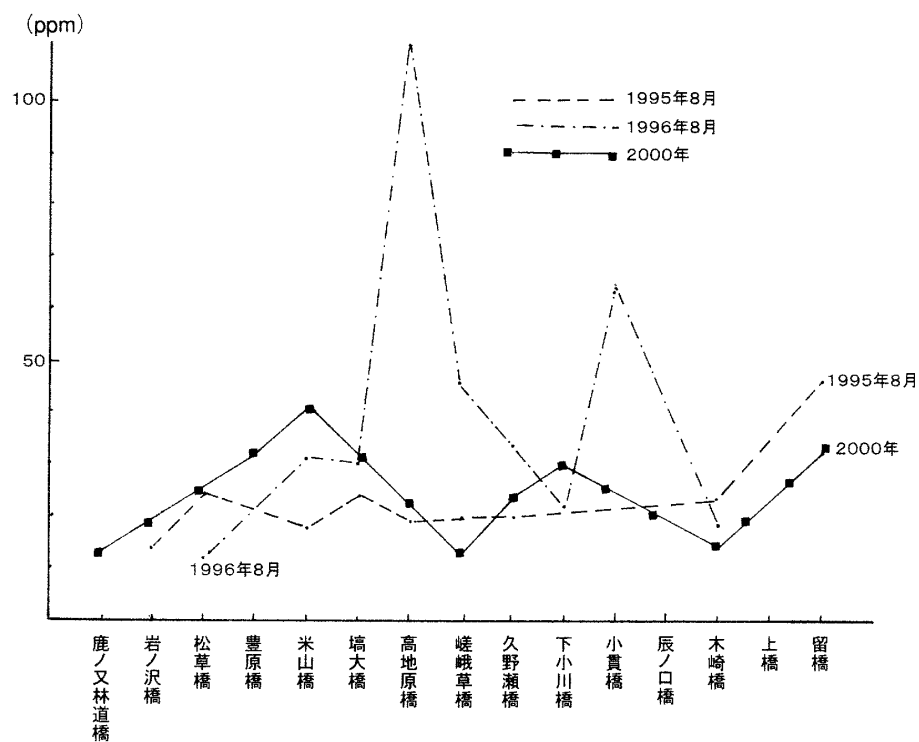


図12 Cl⁻の経年変化

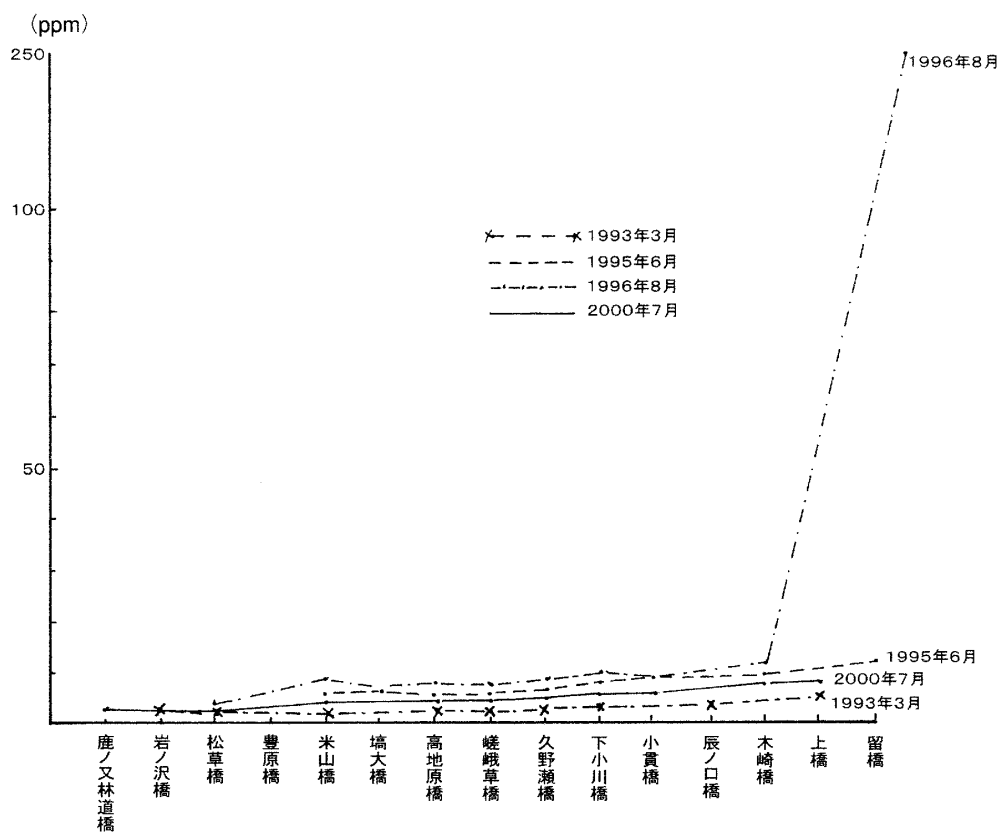


図13 Na⁺の経年変化

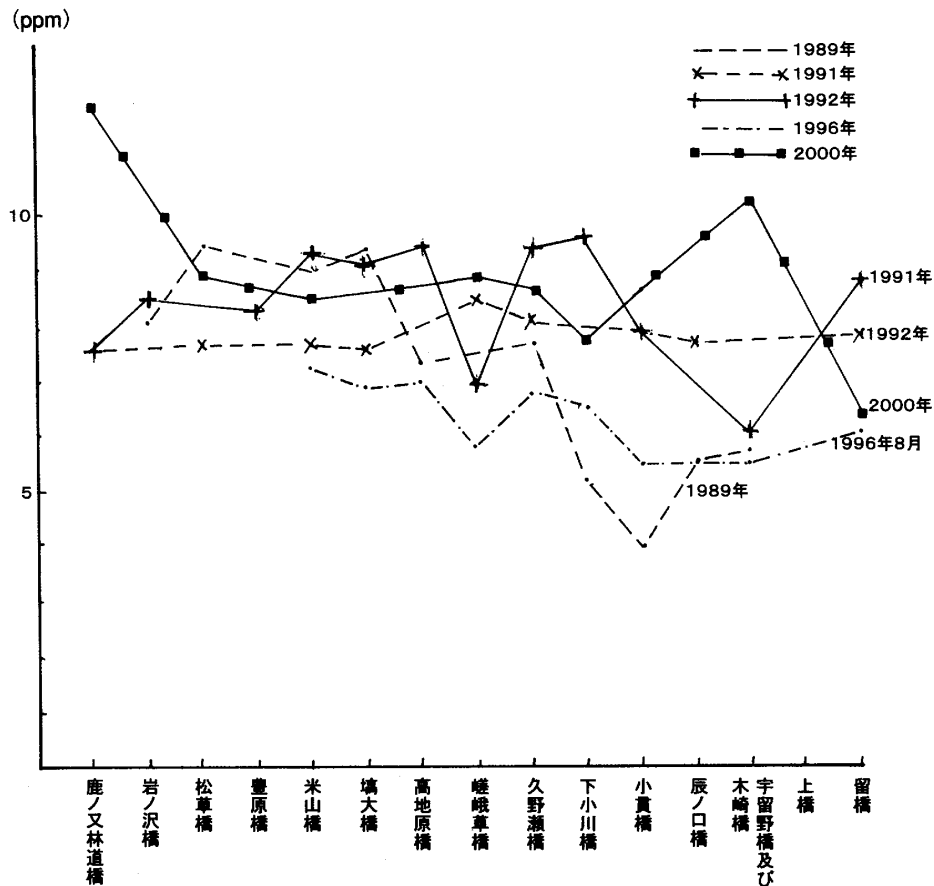


図14 DOの経年変化

8. まとめ

- ① 調査研究は久慈河流域全体の水質，特に久慈川に流入する支流と本流の水質の関係を
知るために行った。
- ② 久慈川本流の電気伝導度は $33.0 \sim 238.0 \mu\text{S}/\text{cm}$ の間で推移する。人口の密集する
久野瀬付近では $238.0 \mu\text{S}/\text{cm}$ と高く，源流に近い鹿ノ又林道橋 ($33.0 \mu\text{S}/\text{cm}$) や
高地原橋 ($71.8 \mu\text{S}/\text{cm}$) などの人口の少ない地点では低くなる。支流の電気伝導度は，
 $51.5 \sim 388.0 \mu\text{S}/\text{cm}$ の間で推移する。清流の矢祭川では $51.5 \mu\text{S}/\text{cm}$ と低い，
人口の多い滝川では $229.0 \mu\text{S}/\text{cm}$ ，浅川では $388.0 \mu\text{S}/\text{cm}$ と高くなる。
- ③ 久慈川本流の溶存酸素量は， $6.4 \sim 12.8 \text{ ppm}$ の間で変化し，上流の中ノ沢で
 12.8 ppm ，中流の下小川橋で 7.7 ppm ，下流の上橋で 6.4 ppm と上流で含有量が多く，
下流で少ない。支流の溶存酸素量は， $6.5 \sim 10.9 \text{ ppm}$ の間で変化し，大きな集落の棚倉
町屋橋で 6.5 ppm ，清流の流れる馬越橋で 10.6 ppm と含有量が多くなっている。
- ④ Cl^- は，源流に近い鹿ノ又林道橋で， 1.4 ppm ，中流の下小川橋で 30.0 ppm ，下流の
上橋で 32.0 ppm と上流から下流に向かって含有量が多くなる。支流の Cl^- 含有量は，
人口の希薄な清流である矢祭川で 10.0 ppm ，小田川で 12.0 ppm と少なく，常陸太田市

の源氏川に架かる源氏橋では 65.0 ppm, 岡町橋で 80.0 ppm と人口の密集する地域を流れるところで含有量が多くなる。

- ⑤ Na^+ の含有量は、 Cl^- と同様に源流の鹿ノ又林道橋で 2.8 ppm, 中流の下小川橋で 5.7 ppm, 下流の上橋で 9.5 ppm となり、上流から下流に向かって多くなる。
- ⑥ Ca^{2+} , Mg^{2+} の含有量は、上・中・下流など地点による大きな変化はない。
- ⑦ 水質汚染の目安となるパッケテストの結果をみると、支流の源氏川において若干汚染の兆候がみられるものの、他は概ね良好な数値となっている。
- ⑧ Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- の負荷量は、いずれも上流から下流に向かって多くなる。ただし、人口密集地域を流れる支流では局所的に負荷量が多くなる地点がある。
- ⑨ 夏季における過去12年間の水質の変化をみると、電気伝導度は徐々にではあるが経年的に高くなる傾向にある。 Cl^- , Na^+ , 溶存酸素は、年により変動が大きく十分な解析には至っていない。
- ⑩ 現在、局所的に汚染の兆候がみられるが、本流、支流ともに水質は良好な状況にあるといえる。

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環境クラブ学生、青木茂治君、羽鳥公寿君、飛田めぐみ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（2001 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。研究費は、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きました。

参考文献

1. 河岸段丘：町田貞著 古今書院 1963
2. 久慈川の水質：飯田貞夫著 茨城キリスト教大学紀要第 16 号 1982
3. 水の分析：日本分析化学会北海道支部編 1968
4. 陸水：山本莊毅著 共立出版 1968
5. やさしい陸水学：飯田貞夫著 文化書房博文社 1993
6. 人間をとりまく自然と環境：飯田貞夫ほか 文化書房博文社 1996
7. 久慈川の水環境：飯田貞夫編 茨城キリスト教大学 1997
8. 水の健康診断：小林純著 岩波新書 1971
9. みんなでためす洗剤と水汚染：合成洗剤研究会編 合同出版 1986
10. 水質調査法：半谷高久著 丸善株式会社 1960
11. 水文学総論：山本莊毅著 共立出版 1972
12. 日本の水資源：高橋裕著 東大出版 1963
13. 河川の開発と平野：大矢雅彦著 大明堂 1979
14. 新河川学：野間隆原著 地人書館 1959
15. 日本経済と水：宇井順著 日本評論社 1971

The Water Analysis in the Basin of Kuji River

Sadao Iida, Satoshi Shimura and Toru Oshima

1) We have conducted an investigation into the water quality of the basin of Kuji River, especially, into the relation between the main stream and its tributary streams.

2) In the main stream, the electric conduction is $33.0 \sim 238.0 \mu\text{U}/\text{cm}$. It is high value in Kunose with a large population ($238.0 \mu\text{U}/\text{cm}$), but is lower value in Shikanomata forestry road Bridge ($33.0 \mu\text{U}/\text{cm}$) and Takachihara Bridge ($71.8 \mu\text{U}/\text{cm}$) with a small population.

In the tributary streams, the electric conduction is $51.5 \sim 388.0 \mu\text{U}/\text{cm}$. It is low value in Yamatsuri River ($51.5 \mu\text{U}/\text{cm}$), but it is high in Taki River ($229.0 \mu\text{U}/\text{cm}$) and Asa River with a large population ($388.0 \mu\text{U}/\text{cm}$).

3) In the main stream of Kuji River, the contents of the dissolved oxygen is $6.4 \sim 12.8\text{ppm}$. It is 12.8ppm at Nakanosawa in the upper stream, 7.7ppm at Shimo-Ogawa Bridge in the middle reaches, and 6.4ppm at Kami Bridge in the lower reaches.

In the tributary streams, it is $6.5 \sim 10.9\text{ppm}$. High contents is seen in Tanakura Machiya Bridge with a large population and in Umakoshi Bridge over a clear stream.

4) The contents of Cl^- is 1.4ppm at Shikanomata Bridge near the source of the stream, 3.0ppm at Shimo-Ogawa Bridge in the middle course, and 32.0ppm at Kami Bridge in the lower reaches.

In the tributary stream, the contents of Cl^- is 10.0ppm in a clear stream, Yamaturi River with a small population, 12.0ppm in Oda River, 65.0ppm at Genji Bridge in Hitachi-Ota City, and 80.0ppm at Okamachi Bridge. High contents can be seen in the area with a large population.

5) The contents of Na^+ is 2.8ppm at Shikanomata forestry road Bridge, 5.7ppm at Shimo-Ogawa Bridge in the middle courses, and 9.5ppm at Kami Bridge in the lower reaches. The contents increase as we go down the stream.

6) The contents of Ca^{2+} and Mg^{2+} do not show the great differences between those of our research spots.

7) The result of the pack test gives some indication of water pollution in Genji River, but in general, it gives good figures.

8) The loads of Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- increase as we go down the stream. On some particular points of the tributary streams in the area with a large population, concentrated loads can be observed.

9) The electric conduction is apt to increase every years from the investigations in summer for the last twelve years. The contents of Cl^- , Na^+ and dissolved oxygen show the unpredictable fluctuation.

10) We can see local symptoms of water pollution, but generally, the water analysis shows good result in the main and tributary streams.