

那珂川流域の水質

飯田 貞夫*・江口 旻**・志村 聡***・大島 徹****

1 研究の目的

那珂川は、那須火山帯と帝釈山地の男鹿岳(1,777 m)との間を流れ、那須野ヶ原に入り南東に流れる。その後、栃木県湯津上村の北方で余笹川と合流した後、流路を南に変え、蛇尾川、箒川などを合わせて八溝山地内を流れる。箒川との合流点付近の那珂川は、幅も100~150 mと広がるが、流れは急で流路に巨礫が見られる。茨城県常陸大宮市で平地を流れ、水戸市、ひたちなか市を経て大洗町の河口付近で湊沼川と合流して太平洋に入る。河川の流路延長は149.0 km、全流域面積は3269.1 km²である。

那珂川には、アユやヤマメ、ハヤ、ウグイ、マルタが生息し、また、秋になるとサケやマスが遡上する。また、流域内には大きな工業地域が少なく、地域内の人口も約98万人と少ないため、水質汚染が少ない河川であると思われる。

筆者らは、清流として知られる那珂川の水質の現状を明らかにすることを目的として、調査研究を行った。調査は2006年8月24日~27日までの4日間で行い、期間中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、茨城県ひたちなか市から栃木県黒磯市にかけての本流(16地点)と流入する支流(31点)の計47地点で行った。(調査地点図 図1)

pHとRpH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り、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⁻はモール法による定量分析、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺は原子吸光光度計(島津 AA-640)によって分析した。また、NH₄-N、PO₄³⁻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、SiO₂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 表1・2)

* (茨城キリスト教大学)

** (松蔭大学)

*** (亜細亜大学 非)

**** (茨城県立水戸飯富養護学校)

表 1 那珂川本流の水質分析表 (2006)

調査地点	水温	気温	pH	RpH	電気伝導度	Cl ⁻	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ -N	PO ₄ ³⁻	Fe	SiO ₂	COD	透視度	溶存酸素量	流量	負荷量 Cl ⁻	負荷量 Na ⁺	負荷量 Ca ²⁺	負荷量 Mg ²⁺
34 幾世橋	17.9	22.0	7.2	7.4	165	30.0	22.0	11.5	1.3	0.14	0.08	0.2	2.0	5.0	50.0	9.6	1,0368	31,104	0,207	11,923	1,347
33 那珂川橋	18.7	23.0	7.0	7.2	82.6	34.0	9.3	6.5	1.3	0.14	0.07	0.2	2.0	5.0	50.0	9.6	4,439	150,92	3,995	28,853	5,770
32 小豆明橋	19.50	23.8	7.4	7.6	113	70.0	—	8.5	2.6	0.14	0.07	0.2	2.0	5.0	50.0	9.6	1,632	114,24	—	13,872	4,243
37 昭明橋	21.95	24.2	8.0	8.0	173	24.0	16.0	10.0	3.9	0.15	0.14	0.2	5.0	5.0	50.0	8.8	—	—	—	—	—
39 黒羽橋	22.7	25.0	7.8	7.8	146	8.0	12.0	10.5	3.4	0.13	0.11	0.2	2.0	5.0	50.0	8.4	—	—	—	—	—
43 湯殿大橋	21.9	23.6	7.6	7.8	145	12.0	13.3	8.0	3.4	0.13	0.10	0.2	2.0	5.0	50.0	8.0	—	—	—	—	—
28 若鮎大橋	24.4	26.6	7.6	8.0	156	80.0	14.0	9.0	3.0	0.14	0.07	0.2	2.0	5.0	50.0	12.4	—	—	—	—	—
25 富谷橋	25.2	29.4	7.8	8.0	157	68.0	17.3	6.5	3.0	0.16	0.07	0.2	2.0	5.0	50.0	8.6	—	—	—	—	—
21 下野大橋	25.6	31.5	7.6	7.8	157	30.0	16.0	6.0	3.0	0.15	0.09	0.2	5.0	5.0	50.0	11.6	—	—	—	—	—
17 大藤橋	24.4	28.8	7.4	7.8	151	16.0	16.0	7.0	3.0	0.13	0.07	0.2	2.0	5.0	50.0	8.3	—	—	—	—	—
13 御前山橋	24.7	30.4	7.4	7.8	147	10.0	15.5	6.0	3.0	0.15	0.12	0.2	2.0	5.0	50.0	10.6	—	—	—	—	—
11 大桂大橋	25.4	30.2	7.2	7.8	128	10.0	14.0	5.5	2.6	0.13	0.07	0.2	5.0	5.0	44.0	11.6	—	—	—	—	—
9 千代橋	21.6	30.2	7.2	7.4	126	22.0	8.6	5.5	2.6	0.14	0.12	0.2	10.0	5.0	25.5	11.5	—	—	—	—	—
5 国田橋	26.4	33.6	7.2	7.4	129	12.0	14.0	6.0	2.1	0.14	0.15	0.2	5.0	5.0	26.2	9.2	—	—	—	—	—
4 千歳橋	27.4	34.6	7.2	7.2	140	44.0	14.6	2.0	3.0	0.13	0.18	0.5	5.0	5.0	22.0	8.6	—	—	—	—	—
2 勝田橋	26.3	29.6	7.2	7.4	161	22.0	13.0	9.0	3.4	0.16	0.15	0.2	2.0	5.0	32.1	9.1	—	—	—	—	—

表2 那珂川支流の水質分析表 (2006)

調査地点	水温	気温	pH	RpH	電気伝導度	Cl ⁻	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ -N	PO ₄ ³⁻	Fe	SiO ₂	COD	透明度	溶存酸素量	流量	負荷量Cl ⁻	負荷量Na ⁺	負荷量Ca ²⁺	負荷量Mg ²⁺	負荷量NH ₄ -N	負荷量PO ₄ ³⁻
35 木の保橋(木の保川)	15.8	24.0	7.2	7.2	57.8	26.0	8.0	6.5	0.8	0.16	0.15	<0.2	<2.0	5.0	50.0	9.8	6.585	171.2	52.7	42.802	5.268	1.053	0.998
31 清水橋(高雄段川)	18.5	22.8	7.8	8.0	181	18.0	14.1	12.5	6.5	0.13	0.05	0.2	5.0	5.0	50.0	9.6	0.130	2.3	1.8	1.625	0.845	0.017	0.007
30	19.2	22.0	7.6	7.8	237	76.0	18.0	11.0	7.8	0.14	0.08	0.2	2.0	5.0	50.0	9.6	0.221	16.8	4.0	2.435	1.726	0.031	0.017
29 湯川橋(湯川)	20.9	23.6	7.2	7.4	277	26.0	22.0	15.5	6.0	0.14	0.07	<0.2	2.0	5.0	50.0	9.0	0.198	5.1	4.1	3.069	1.188	0.028	0.013
36 高野橋(高野川)	20.1	23.0	6.8	7.2	130	84.0	16.6	8.5	3.4	0.16	0.06	<0.2	2.0	5.0	50.0	8.2	2.112	177.4	4.4	17.952	7.180	0.338	0.127
38 川田橋(余田川)	22.9	27.0	7.8	7.8	121	10.0	11.0	8.0	2.6	0.15	0.12	<0.2	2.0	5.0	50.0	8.3	—	0	0	0	0	0	0
40 境橋(湯坂川)	19.1	24.0	7.0	7.4	153	48.0	13.3	8.0	8.6	0.13	0.09	0.2	2.0	5.0	50.0	8.5	0.816	39.2	10.9	6.528	7.017	0.106	0.073
41 秀徳橋	18.8	22.8	7.2	7.6	146	14.0	14.0	9.5	3.9	0.13	0.22	<0.2	2.0	5.0	50.0	8.5	2.432	34.0	34.0	23.104	9.484	0.316	0.535
42 八幡川(松葉川)	21.8	22.8	7.4	7.6	95.9	10.0	10.6	5.5	1.9	0.13	0.27	0.2	2.0	5.0	50.0	8.0	2.331	23.3	24.7	12.821	4.420	0.303	0.620
46 いわがわ橋	20.9	24.4	7.4	7.6	145	30.0	14.3	6.5	3.4	0.12	0.09	0.2	2.0	5.0	50.0	10.9	0.882	26.5	12.6	5.733	2.998	0.106	0.079
45 小種島大橋(帯川)	20.3	24.4	7.4	7.8	170	16.0	21.0	10.0	3.2	0.14	0.11	0.2	2.0	5.0	50.0	10.9	1.487	23.8	31.2	14.87	4.758	0.208	0.163
44 淨法寺橋(帯橋)	20.5	24.2	7.4	7.8	155	14.0	15.3	8.5	3.6	0.14	0.10	0.2	2.0	5.0	50.0	10.1	44.930	629.0	687.4	381.905	161.748	6.29	4.493
47 大正橋	21.9	24.8	7.4	7.6	161	52.0	17.3	9.5	3.0	0.12	0.09	<0.2	2.0	5.0	50.0	9.4	2.112	109.8	36.5	20.064	6.336	0.253	0.19
27 郡橋(久那川)	26.8	28.6	8.0	8.2	171	18.0	16.0	8.5	2.6	0.13	0.17	0.2	2.0	5.0	50.0	8.9	0.054	1.0	0.9	0.459	0.1404	0.007	0.009
26 一渡戸橋(武茂川)	24.7	28.4	7.4	8.0	110	20.0	12.0	7.5	2.1	0.15	0.06	0.2	2.0	0.4	50.0	8.7	1.700	34.0	20.4	12.75	3.57	0.255	0.102
23 清水川	22.7	31.0	7.4	7.6	241	30.0	25.3	11.5	4.7	0.14	0.09	<0.2	2.0	5.0	44.0	8.8	0.126	3.8	3.2	1.449	0.592	0.018	0.011
24 篠沢橋(江川)	28.4	29.0	7.6	7.8	171	20.0	24.0	8.0	2.6	0.16	0.08	0.2	2.0	5.0	50.0	7.3	8.052	161.0	193.2	64.416	20.935	1.288	0.644
22 やさか橋(空沢川)	24.8	30.0	7.4	8.0	168	12.0	19.0	10.0	3.6	0.14	0.03	0.2	2.0	5.0	50.0	10.0	0.290	3.5	5.5	2.9	1.044	0.04	0.009
20 岡田橋(荒川)	25.9	31.0	7.4	8.0	143	16.0	16.0	5.5	2.1	0.14	0.12	0.2	2.0	10.0	50.0	14.9	18.468	295.5	295.5	101.574	38.782	2.585	2.216
19 桜木バス停(浅間神社)	26.2	30.6	7.4	8.0	166	20.0	18.0	9.5	3.4	0.16	0.12	0.2	2.0	5.0	50.0	7.2	0.014	0.3	0.3	0.133	0.047	0.002	0.002
18 白帆橋(水須川)	26.1	31.2	7.6	8.0	170	18.0	14.0	14.0	4.3	0.20	0.09	<0.2	2.0	5.0	50.0	8.7	0.171	3.1	2.4	2.402	0.737	0.034	0.015
16 伊川勢橋(逆川)	26.5	30.0	7.4	8.0	155	14.0	14.6	7.0	3.6	0.13	0.05	0.2	2.0	5.0	50.0	14.6	1.452	20.3	21.2	10.164	5.22	0.187	0.072
15 両国橋(八反田川)	25.2	27.4	7.4	8.0	177	10.0	16.6	7.0	4.3	0.16	0.07	0.2	2.0	10.0	50.0	14.8	0.237	2.4	3.9	1.662	1.021	0.038	0.016
14 日野デストコース下	26.1	29.6	7.6	8.2	159	32.0	27.3	12.0	5.2	0.15	0.07	<0.2	5.0	5.0	50.0	13.4	0.096	3.1	2.6	1.152	0.499	0.014	0.007
12 緒川橋(緒川)	20.3	28.4	7.4	7.8	147	8.0	13.3	7.5	3.9	0.14	0.06	<0.2	2.0	5.0	50.0	9.5	1.764	14.1	23.5	13.23	6.879	0.247	0.106
10 藤上橋(桂川)	28.9	30.2	7.8	8.2	210	20.0	19.3	10.0	4.3	0.14	0.06	0.2	2.0	5.0	50.0	10.8	0.430	8.6	8.3	4.3	1.84	0.060	0.026
8 江川	22.8	31.0	7.2	7.2	252	26.0	21.0	11.5	6.9	0.15	0.14	0.2	5.0	5.0	44.5	12.2	0.224	5.8	4.7	2.576	1.545	0.034	0.031
7 古川橋(西田川)	27.8	32.6	7.4	7.4	267	20.0	45.0	12.5	6.5	0.14	0.14	0.2	5.0	5.0	50.0	9.3	0.219	4.4	9.9	2.737	1.423	0.031	0.031
6 長者橋(田野川)	23.6	33.4	7.2	7.2	264	30.0	23.3	11.0	7.8	0.13	0.17	0.2	5.0	5.0	50.0	8.1	—	0	0	0	0	0	0
1 新戸橋(早戸川)	26.4	29.2	7.0	7.2	584	56.0	57.0	34.5	5.6	0.13	0.13	—	—	—	50.0	7.6	3.020	169.1	172.1	104.19	16.91	0.393	0.393
3 新町橋(桜川)	27.1	31.6	7.0	7.2	170	42.0	40.0	12.5	6.5	0.13	0.17	0.5	5.0	5.0	25.3	8.3	1.170	49.1	46.8	14.625	7.60	0.152	0.199

3 調査地域の概要

那珂川の上流は、帝釈山地や那須野ヶ原扇状地が西側に、黒尾谷岳、南月山、茶臼岳、朝日岳、三本槍岳からなる那須火山帯が北側に広がる。東側には高久丘陵、八溝山塊がある。帝釈山地と那須野ヶ原扇状地は、関谷断層によって分けられる。地質的には古第三紀の花崗岩と新第三紀の火山岩、酸性の凝灰質砂岩などから成る。基盤の上には、第四紀の火山性堆積物が載る。

中流は八溝山塊、鷲子山塊、鶏足山塊から成る八溝山地が南北に走り、喜連川丘陵、友部丘陵、所貫丘陵が八溝山地を東西から挟むようにある。地質は、古生代の堆積岩が山地を形成している。那珂川は、常陸大宮市（旧緒川村）駒妙付近から野口付近まで狭窄部となり、八溝山の堆積岩を侵食した後、城里町付近で平坦地に出る。

下流は、那珂台地と東茨城台地の洪積台地がある。台地上には関東ローム層が厚く堆積している。二つの台地の間には、肥沃な沖積平野が広がる。

4 調査地域の水質

(1) 水素イオン濃度 (pH)

pHは天然水の最も基本的な性質を決める指標のひとつであり、一般的な河川水のpHの値は6.6~7.2の間にある。

那珂川本流のpHは、7.0~8.0の間で変化している。全体的には上流で7.2~7.4、中流で7.4~8.0とアルカリ性を示し、下流の平坦地では7.2とほぼ中性を示す。中流はpHとRpHの差が大きくなっている。

支流のpHは、6.8~8.2である。上流の清水川（清水橋：No.31）余笹川（川田橋：No.38）で7.8、中流の久那川（都橋：No.27）で8.0、下流の桂川（鷹上橋：No.10）は7.8で、アルカリ性を示す。中流の松葉川（八塩橋：No.42）から緒川（緒川橋：No.12）までの間はpH 7.4~7.6でほぼ一定している。（図3・図4）

(2) 電気伝導度 (EC)

電気伝導度は電気抵抗の逆数で、水の中の溶解物の量が増えると数値が高くなる。従って、河川水に汚染物質が流入すると高い値を示す。

那珂川本流の電気伝導度は、82.6~173 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の間で変化している。上流の幾世橋（No.34）で165 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、昭明橋（No.37）で173 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の値を示す。幾世橋（No.34）のすぐ上流には板室温泉があり、この温泉を利用した旅館などが狭い地域にある。幾世橋のECは温泉が流入することによって数値が上がったと思われる。幾世橋（No.34）から約1 km下流の那珂川橋（No.33）は、82.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と、値がほぼ半減している。ここは周りに人家が少ないため、汚れが進んでいないと考えられる。

昭明橋（No.37）は、周囲に大きな集落は無いが、西側の台地を中心に田畑などの耕作地が広がっている。

中流は、150~160 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の間でほぼ一定に推移し、川が平坦地に出る大桂大橋（No.11）に向かって値が下がる。下流では、勝田橋（No.2）で161 $\mu\text{S}/\text{cm}$ を示す。

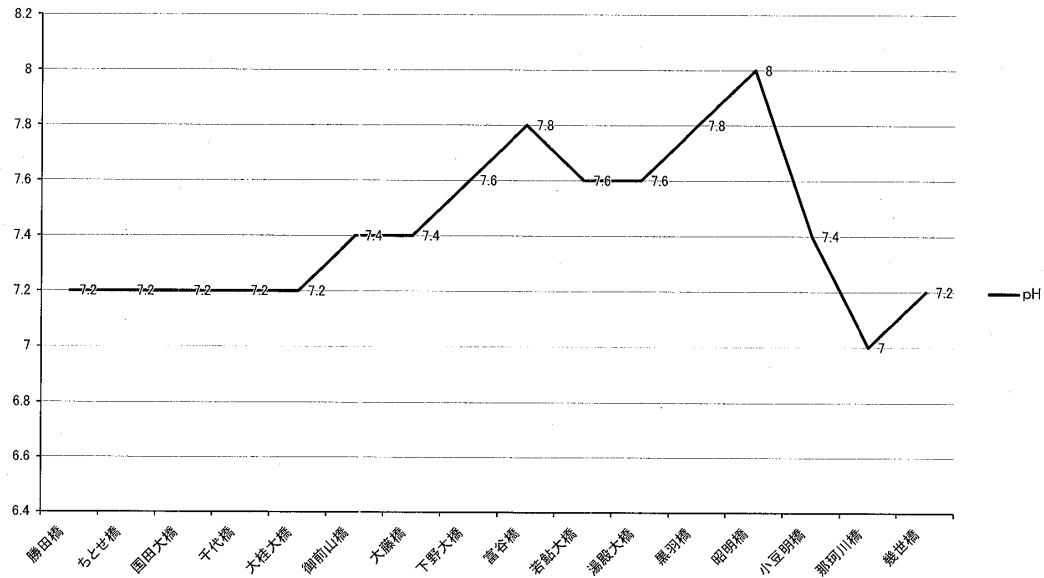


図3 那珂川本流 (pH)

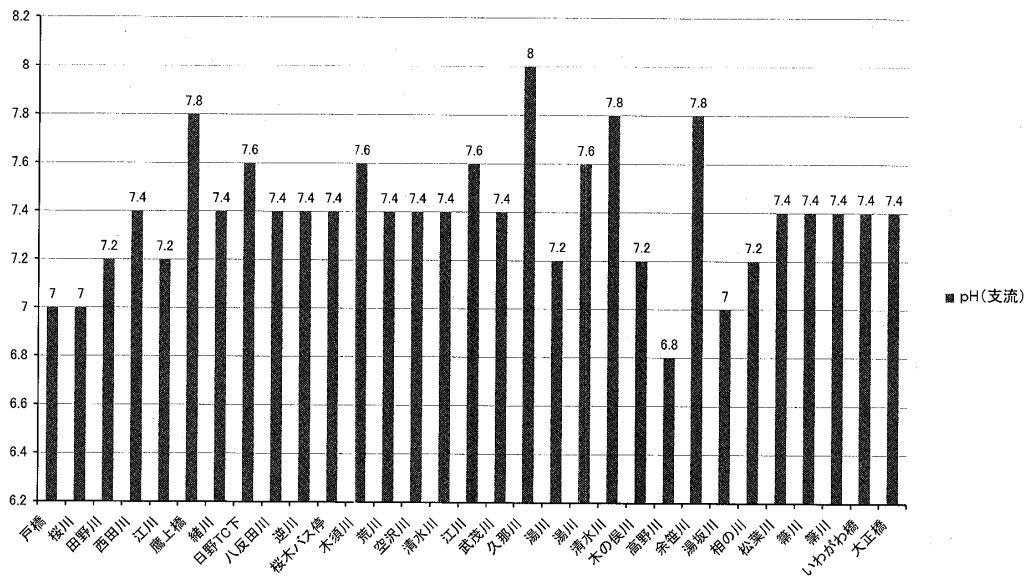


図4 那珂川支流 (pH)

支流の電気伝導度は、57.8～584 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の間で変化する。全体的には、上流と下流の支流で値が高く、中流の支流は値が低い。

上流の支流では、湯川の湯川橋 (No.29) で277 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、(No.30) で237 $\mu\text{S}/\text{cm}$ を示した。湯川は、湯元の温泉街の中を流下し、流域には南が丘牧場、那須サファリパークがある。また、中流では清水川 (No.23) で241 $\mu\text{S}/\text{cm}$ を示した。清水川 (No.23) は、鳥山市街地の中を流れているため、生活雑排水などが流入することで数値が高くなったと思われる。下流では桜川の新町橋 (No.3) 以外の5つの河川で200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以上を示した。特に早戸川の新早戸橋 (No.1) は584 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の最高値を示している。早戸川は、那珂市、ひたちなか市など流域人口が多い地域を流下するため、生活系の汚染により数値が高くなったと考えら

れる。(図5・図6)

(3) 塩素 (Cl^-) 含有量

塩素イオン (Cl^-) 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が流入する地域なので高い値を示す。また、河口付近では、塩水遡上などによって数値が高くなる。

本流の Cl^- 含有量は、8～80 ppm の間で変化する。ほとんどの地点で30 ppm 以下だが、上流の小豆明橋 (No.32) で70 ppm、中流の若鮎大橋 (No.28) で80 ppm と高い値を示し、下流の千歳橋 (No.4) で44 ppm となっている。

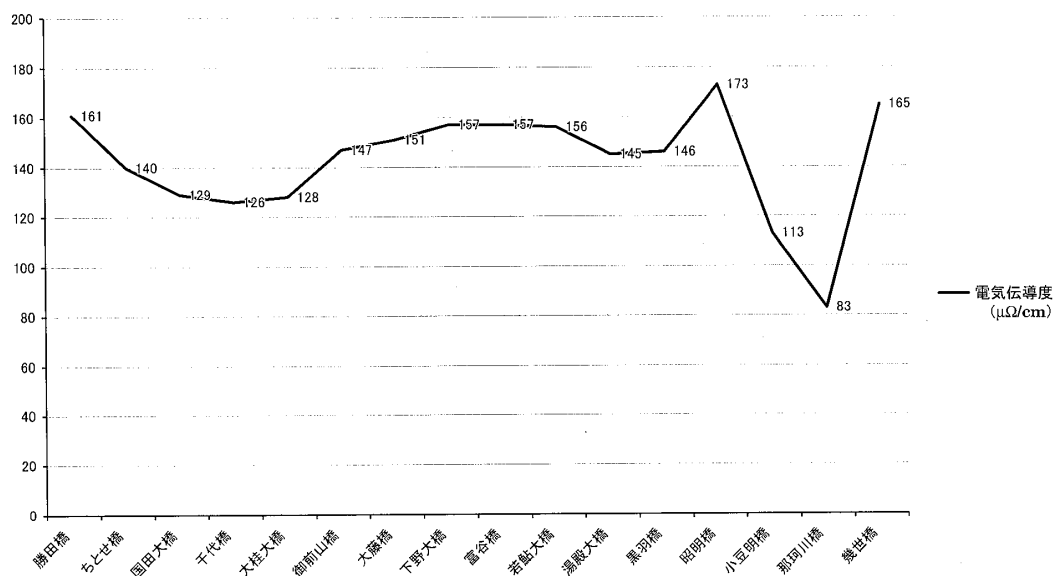


図5 那珂川本流 (電気伝導度)

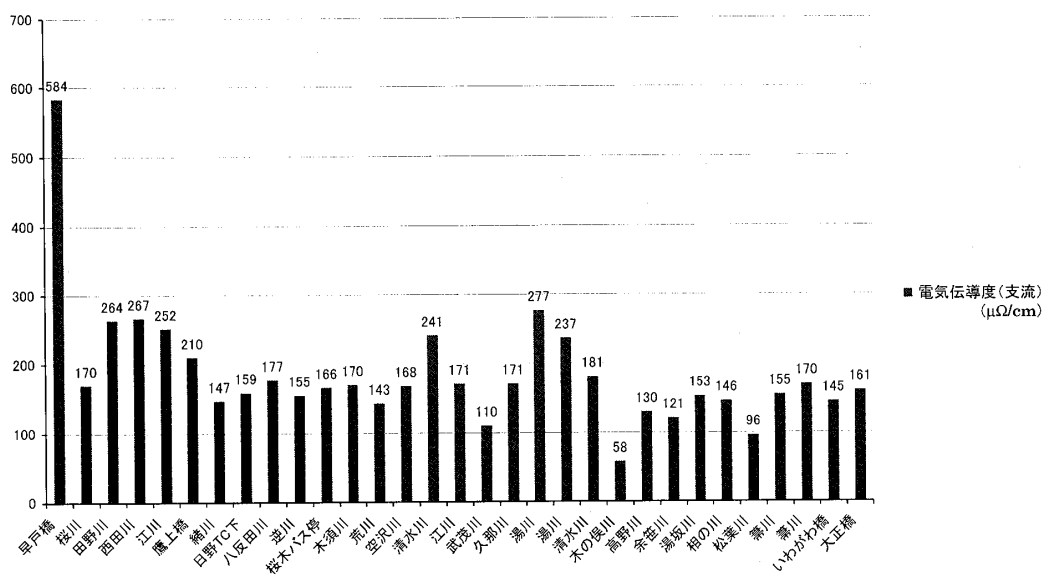


図6 那珂川支流 (電気伝導度)

小豆明橋 (No.32) は、那須ハイランドパークやロイヤルセンター、ペンション、別荘などのレジャー施設が近くにあり、生活に伴う雑排水などの流入が考えられる。若鮎大橋 (No.28) は、上流に広瀬温泉などいくつかの温泉がある。広瀬温泉は pH が9.3と高いことなどから、温泉の流入があるのではないかとと思われる。千歳橋 (No.4) は、水戸市の市街地に近く、周辺には水田がある。

支流の Cl^- 含有量は、8～84 ppm の間で変化している。ほとんどの地点で30 ppm 以下だが、(No.30) で76 ppm、高野川の高野橋 (No.36) で84 ppm、湯坂川の鏡橋 (No.40) で48 ppm、権津川の大正橋 (No.47) で52 ppm、早戸川の新早戸橋 (No.1) で56 ppm、桜川の新町橋 (No.3) で42 ppm と5地点で40 ppm を超えている。全体的な傾向としては、上流で高く、中流でわずかに下がるが、下流で再び上昇する。

高野川 (No.36) の上流にはりんどう湖や各種博物館、オートキャンプ場などのレジャー施設、菱喰内工業団地などがある。権津川の大正橋 (No.47) は、小川町の集落の近くを流れ、流域に水田が広がっている。早戸川の新早戸橋 (No.1) と桜川の新町橋 (No.3) も流域に人口が多いため、人間の生活に伴う汚れが原因で数値が高くなったものとする。(図7・図8)

(4) ナトリウム (Na^+) 含有量

日本の河川は、一般的に Na^+ の含有量は少ないが、生活系の排水などが河川水に混入すると、数値が高くなる。また海岸では、風送塩などによって数値が上がることもある。

本流の Na^+ の含有量は、8.6～22.0 ppm の間で変化する。上流では低く、千代橋 (No.9) から下流は千代橋 (No.9) を除いた全ての地点で10 ppm 以上となった。富谷橋 (No.25) は17.3 ppm の高い値を示した。富谷橋は烏山町の上流にあり、那珂川が大きく蛇行する地点である。八溝山地と喜連川丘陵にはさまれた低地に水田と畑地がある。大きな集落は無いが、上流に鉱業関係の工場がある。

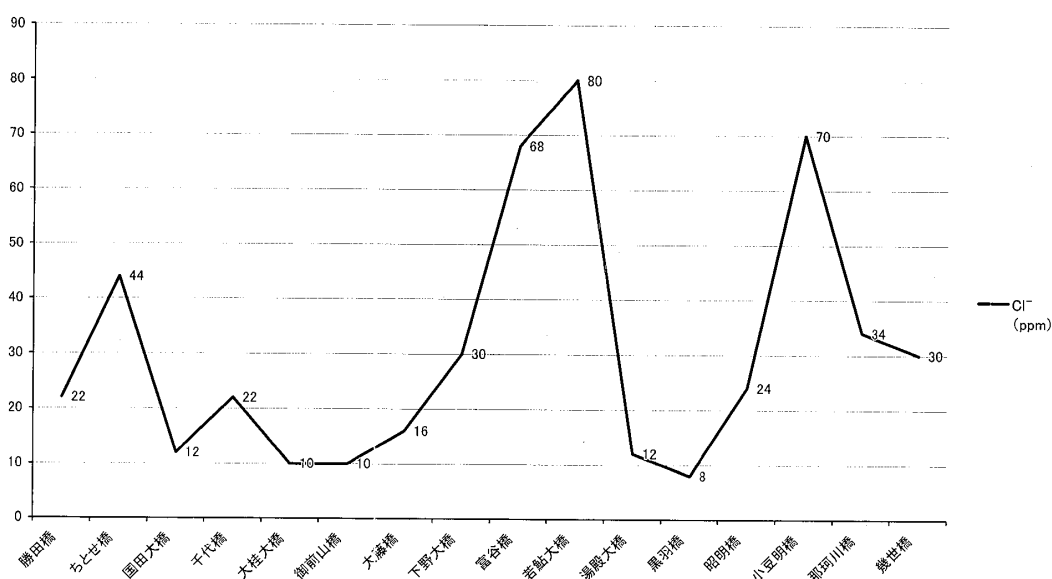


図7 那珂川本流 (Cl^-) 含有量

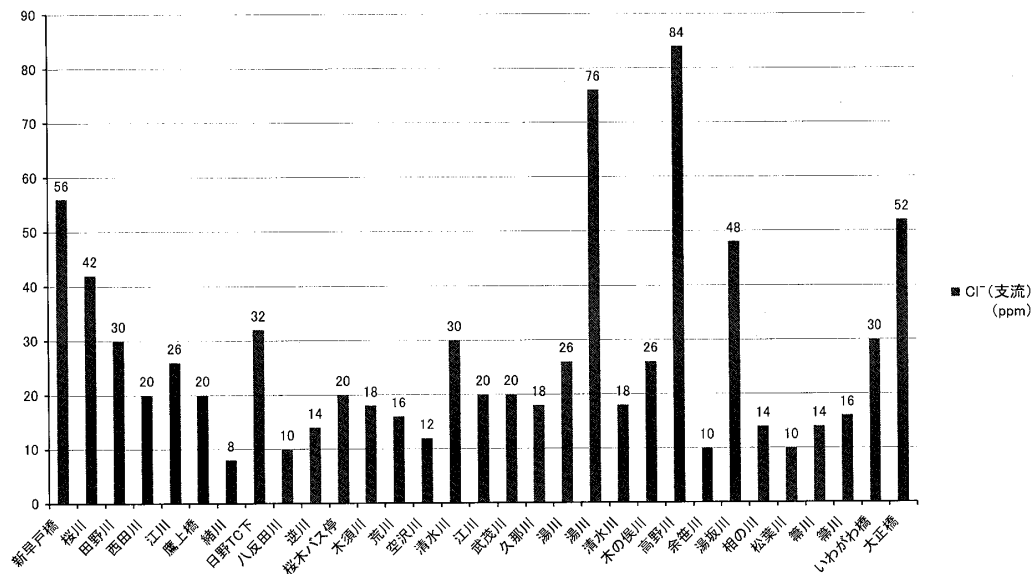


図8 那珂川支流 (Cl⁻)

支流の Na^+ の含有量は、8～57 ppm の間で変化している。ほとんどの地点が20 ppm 以下だが、湯川の湯川橋 (No.29)、湯川の小種島大橋 (No.45)、清水川 (No.23) など7地点では20 ppm 以上、西田川の古川橋 (No.7)、早戸川の新早戸橋 (No.1)、桜川の新町橋 (No.3) の3地点では40 ppm 以上を示した。

40 ppm 以上の値を示した西田川 (45 ppm)、早戸川 (57 ppm)、桜川 (40 ppm) は、いずれも流域の人口が多く、生活排水などの流入によって数値が高くなったと考えられる。(表1・表2参照)

(5) カルシウム (Ca^{2+}) 含有量

日本の河川は Ca^{2+} の含有量が少なく、一般的に10 ppm 前後であるが、石灰岩地域には Ca^{2+} を多く含有する河川水が見られる。

本流の Ca^{2+} の含有量は、2.0～11.5 ppm の間で変化している。全体的には上流で高く、下流で値が低くなる。上流の幾世橋 (No.34) で11.5 ppm、昭明橋 (No.37) で10 ppm、黒羽橋 (No.39) で10.5 ppm を示す。

支流の Ca^{2+} の含有量は、5.5～34.5 ppm の間で変化している。上流から中流にかけては、高雄股川の清水橋 (No.31)、湯川の湯川橋 (No.29) など6つの河川で10 ppm を超える。下流はいずれも10 ppm 以上で、特に早戸川の新早戸橋 (No.1) では34.5 ppm の高い値を示した。早戸川は流域人口が多く、電気伝導度や Cl^- 、 Na^{2+} の数値も高かった。(表1・表2参照)

(6) マグネシウム (Mg^{2+}) 含有量

Mg^{2+} 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、海水が遡上すると多くなる。

本流の Mg^{2+} 含有量は、1.3～3.9 ppm の間で変化している。上流では低く、昭明橋 (No.

37) で3.9 ppm を示した後は国田橋 (No.5) まで徐々に下がり、下流の勝田橋 (No.1) で3.4 ppm になる。

支流の Mg^{2+} 含有量は、0.8~8.6 ppm の間で変化している。全体的に見ると、上流と下流の支流は数値が高く、中流の支流の数値は低い。

上流の高雄股川 (清水橋:No.31) で6.5 ppm, (No.30) で7.8 ppm, 湯坂川の鏡橋 (No.40) で8.6 ppm, 下流の江川 (No.8) で6.9 ppm, 西田川の古川橋 (No.7) で6.5 ppm, 田野川の長者橋 (No.6) で7.8 ppm, 桜川の新町橋 (No.3) で6.5 ppm と7地点で6.5 ppm 以上を示した。(表1・表2参照)

(7) アンモニア (NH_4-N) 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、水の汚染を示す一つの目安になっている。日本の河川の NH_4-N の含有量の平均は0.05 ppm である。

本流の NH_4-N の含有量は、0.13~0.16 ppm の間で変化し、上流から下流まで含有する。

支流の NH_4-N の含有量は、0.12~0.2 ppm の間で変化している。木須川の白帆橋 (No.18) で0.2 ppm を示した。(表1・表2参照)

(8) リン (PO_4^{3-}) 含有量

PO_4^{3-} は、自然界では動植物の遺骸の分解によって生じる。また、洗剤や肥料の流入によって河川の含有量は増加する。

本流の PO_4^{3-} の含有量は、0.07~0.18 ppm の間で変化する。昭明橋 (No.37) は0.14 ppm, 国田橋 (No.5) と勝田橋は0.15 ppm, 千歳橋 (No.4) で0.18 ppm を示した。これらの地点は、周囲に水田や畑地が広がっている。特に下流は耕作地の面積が広いので、含有量が多くなる。

支流の PO_4^{3-} の含有量は、0.03~0.27 ppm の間で変化する。全体的には、上流の支流で高く、中流で低く、下流また高くなる。

秀衡橋 (No.41:0.22 ppm) と八塩橋 (No.42:0.27 ppm) は上流に水田が広がっている。水田のさらに上流には2つのゴルフ場がある。田野川の長者橋 (No.6:0.17 ppm) も水田地帯を流下する河川である。水田などに蒔かれた肥料が流入しているのではないかと思われる。(表1・表2参照)

(9) 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溶存酸素量が少なくなる。

本流の溶存酸素量は、8.0~12.4 ppm の間で変化する。上流は8.4~9.6 ppm で、中流に比べて若干低い。これは、温泉の影響があるものと考えられる。中流は若鮎大橋 (No.28:12.4 ppm), 下野大橋 (No.21:11.6 ppm) など、八溝山地の溪流部で溶存酸素量が多い。下流は、国田橋 (No.5:9.2 ppm), 千歳橋 (No.4:8.6 ppm), 勝田橋 (No.2:9.1 ppm)

など、人口密集地で数値が低くなる。

支流の溶存酸素量は7.2~14.9 ppmの間で変化する。荒川の岡田橋 (No.20) や逆川の伊川勢橋 (No.16), 八反田川の両国橋 (No.15), 大沢川の日野テストコース下 (No.14) など12 ppm以上の値を示した。これらの地点はいずれも八溝山地の溪谷部を流下する河川で流れが速いため、数値が高くなったものと思われる。秀衡橋 (No.41: 8.5 ppm), 江川の篠沢橋 (No.24: 7.3 ppm) など、水田や畑地が広がる地域を流れる支流や、早戸川の新早戸橋 (No.1: 7.6 ppm), 桜川の新町橋 (No.3: 8.3 ppm) など、人口密集地の中を流れる支流では、溶存酸素量が低い。(表1・表2参照)

5 支流の負荷量から見た水質

負荷量は、イオン含有量(濃度)に流量を乗じて求める。従って、濃度が高くても流量が小さい場合は負荷量が小さく、濃度が低くても流量が大きい場合は負荷量が大きくなる。これは、河川の汚染の程度を知るための重要な要素となる。

那珂川本流は、多くの地点で橋桁が高く、流速の計測ができなかったため、負荷量を求めることができなかった。

(1) Cl^- 負荷量

Cl^- の負荷量は、1.0~629.0 g/secの間で変化している。負荷量が多い地点は、箒川の浄法寺橋 (No.44: 629.0 g/sec), 荒川の岡田橋 (No.20: 295.5 g/sec), 木の俣川の木俣橋 (No.35: 171.2 g/sec), 早戸川の新早戸橋 (No.1: 169.1 g/sec), 江川の篠沢橋 (No.24: 161.0 g/sec) の6地点である。負荷量が最も多い箒川は、西那須野町や大田原市の別荘地や放牧地を流下する。流量が44.93 m^3/sec と那珂川の支流の中で最も多い河川である。浄法寺橋 (No.44) は、 Cl^- 含有量が14.0 ppmと少ないが、流量が多いため負荷量が大きくなった。高野川 (No.36) は、流域にオートキャンプ場や工業団地がある。流量は6.6 m^3/sec だが Cl^- 含有量が84.0 ppmと多いため負荷量が大きくなった。荒川 (No.20), 江川 (No.24) は喜連川町の人口密集地を流れる。荒川は流量が18.5 m^3/sec と多い。早戸川 (No.1) は那珂市とひたちなか市の人口が集中する地域を流下する。流量は3.02 m^3/sec だが、含有量が56.0 ppmと多かったため、負荷量も多くなった。(図9)

(2) Na^+ 負荷量

Na^+ の負荷量は、0.1~687.4 g/secの間で変化しており、 Cl^- の負荷量とほぼ同じ傾向が見られる。

負荷量が多いのは、箒川の浄法寺橋 (No.44: 687.4 g/sec), 荒川の岡田橋 (No.20: 295.5 g/sec), 早戸川の新早戸橋 (No.1: 172.1 g/sec), 木の俣川の木俣橋 (No.35: 52.7 g/sec) の5地点である。これらの河川は、人口密集地帯や水田地帯、放牧地などを流れる支流である。(図10)

(3) Ca^{2+} , Mg^{2+} 負荷量

Ca^{2+} の負荷量は、1.152~381.9 g/secの間で変化し、 Mg^{2+} の負荷量は0.047~

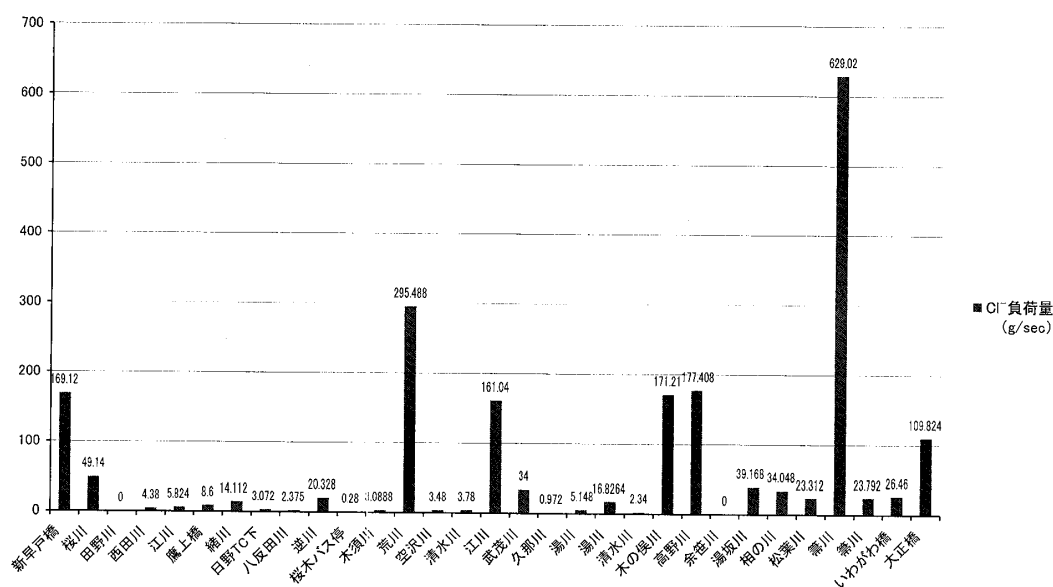


図9 那珂川支流 (Cl⁻負荷量)

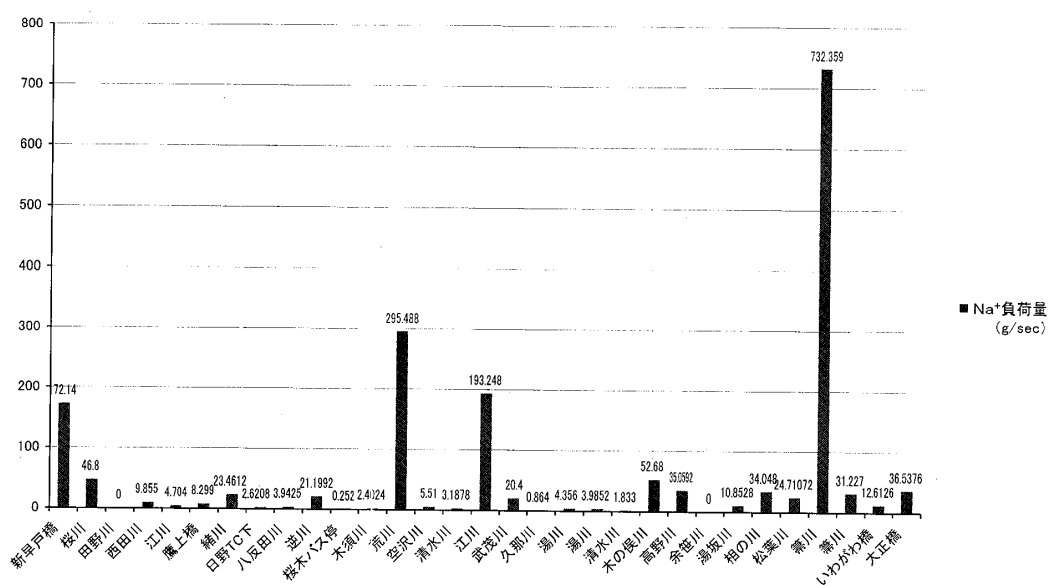


図10 那珂川支流 (Na⁺負荷量)

161.7 g/sec の間で変化している。篠川の浄法寺橋 (No.44) で Ca^{2+} が 381.9 g/sec, Mg^{2+} が 161.7 g/sec と最も値が高く、荒川の岡田橋 (No.20) で Ca^{2+} が 101.57 g/sec, Mg^{2+} が 38.78 g/sec, 早戸川の新早戸橋 (No.1) で Ca^{2+} が 104.19 g/sec, Mg^{2+} が 16.91 g/sec と、 Cl^- や Na^+ の負荷量の値の高い地点で Ca^{2+} と Mg^{2+} の負荷量も高くなっている。

負荷量の多い河川は、中流の篠川と荒川である。これらの河川は、西那須野町や大田原市、喜連川市などの別荘地、水田や畑地などの地域を流下している。さらに、この河川是那珂川支流の中でも流量が多いため、負荷量が多くなった。(図11・12)

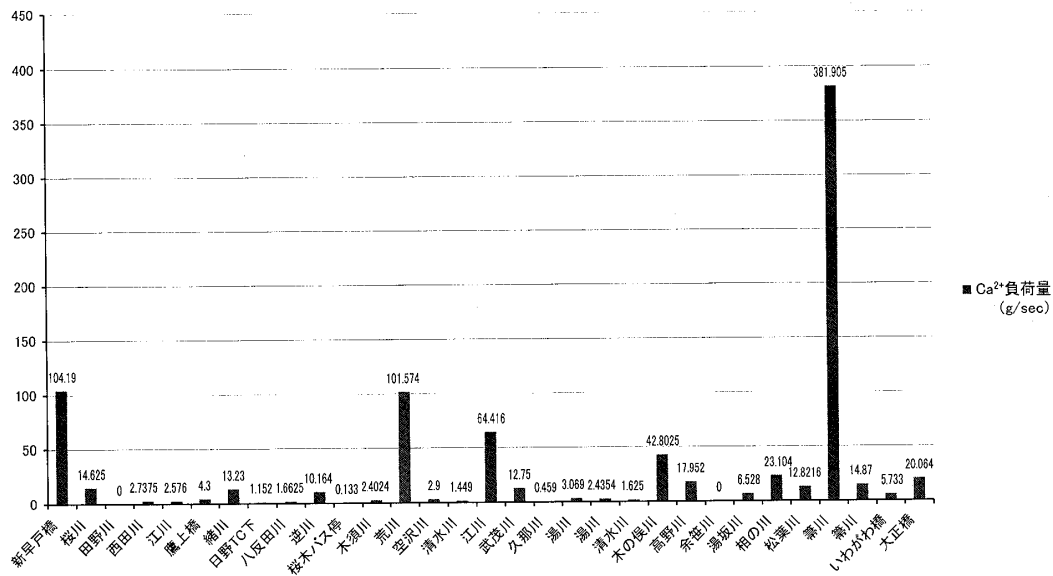


図11 那珂川支流 (Ca²⁺ 負荷量)

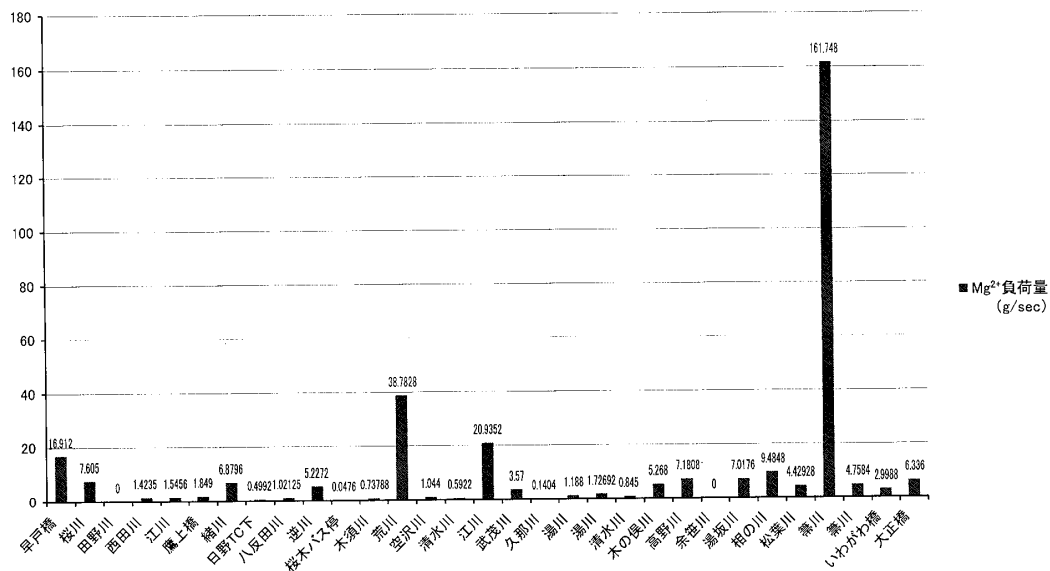
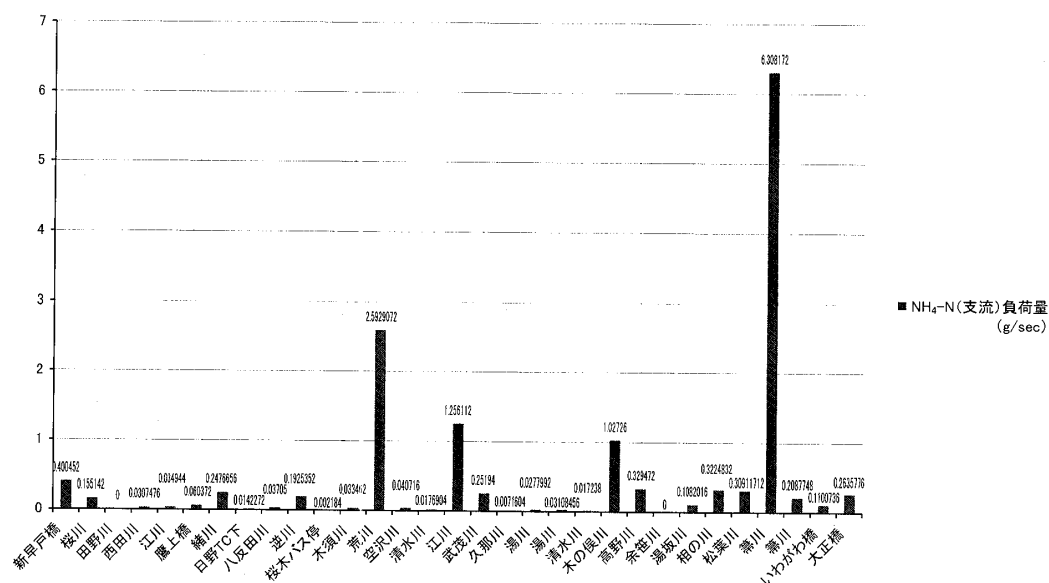
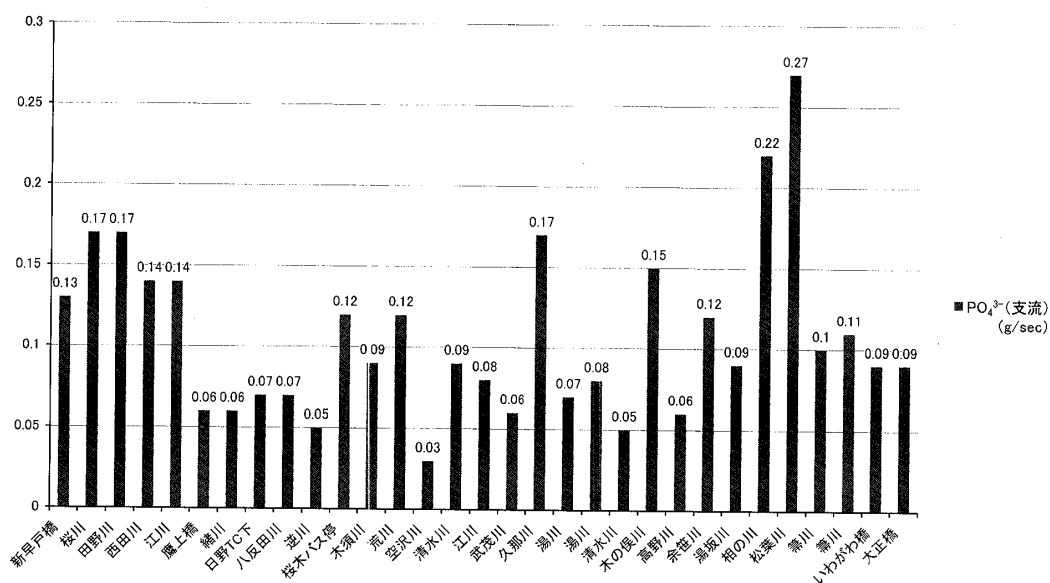


図12 那珂川支流 (Mg²⁺ 負荷量)

(4) NH₄-N, PO₄³⁻ 負荷量

NH₄-N の負荷量は、0.002~6.29 g/sec の間で変化し、PO₄³⁻ の負荷量は0.006~4.49 g/sec の間で変化している。箒川の浄法寺橋 (No44) で NH₄-N が6.29 g/sec、PO₄³⁻ が4.49 g/sec と最も値が高く、荒川の岡田橋 (No20) で NH₄-N が2.59 g/sec、PO₄³⁻ が2.22 g/sec、江川の篠沢橋 (No24) で NH₄-N が1.28 g/sec、PO₄³⁻ が0.64 g/sec という値を示している。その他の調査地点は、いずれも0.4 g/sec 以下である。

西那須野町や大田原市などの別荘地、放牧地、人口密集地域では NH₄-N、PO₄³⁻ が多く、人間の生活に伴う排水や畜産の排水、農作物の肥料などによる汚染が考えられる。(図13-14)

図13 那珂川支流 (NH₄-N) 負荷量図14 那珂川支流 (PO₄³⁻) 負荷量

6 まとめ

①本流の pH は、7.0～8.0の間にある。全体的には上流で7.2～7.4，中流で7.4～8.0と弱アルカリ性を示し，下流の平坦地で7.2とほぼ中性を示す。中流は pH と RpH の差が大きい。

支流の pH は、6.8～8.0で変化している。中流の松葉川（八塩橋：No42）から緒川（緒川橋：No12）までの間は pH 7.4～7.6でほぼ一定している。

②本流の電気伝導度は、82.6～173 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の間で変化している。上流には板室温泉があり，電気伝導度の値が高い。中流は、150～160 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の間でほぼ一定に推移する。

下流では桜川の新町橋 (No.3) 以外の 5 つの河川で $200 \mu\text{S/cm}$ 以上を示す。

支流の電気伝導度は、 $57.8 \sim 584 \mu\text{S/cm}$ の間で変化する。全体的には、上流と下流の支流で値が高く、中流の支流は値が低い。

- ③本流の Cl^- 含有量は、 $8 \sim 80 \text{ ppm}$ の間で変化する。ほとんどの地点で 30 ppm 以下だが、上流の小豆明橋 (No.32) で 70 ppm 、中流の若鮎大橋 (No.28) で 80 ppm と高い値を示し、下流の千歳橋 (No.4) でも 44 ppm を示す。

支流の Cl^- 含有量は、 $8 \sim 84 \text{ ppm}$ の間で変化している。ほとんどの地点で 30 ppm 以下だが、高野川の高野橋 (No.36: 84 ppm)、権津川の大正橋 (No.47: 52 ppm) など 5 地点で 40 ppm を超えている。全体的な傾向としては、上流では高く、中流でわずかに下がった値が下流で再び上昇する。

- ④本流の Ca^{2+} の含有量は、 $2.0 \sim 11.5 \text{ ppm}$ の間で変化する。

支流の Ca^{2+} の含有量は、 $5.5 \sim 34.5 \text{ ppm}$ の間で変化する。

- ⑤本流の Mg^{2+} 含有量は、 $1.3 \sim 3.7 \text{ ppm}$ の間で変化する。

支流の Mg^{2+} 含有量は、 $1.3 \sim 3.7 \text{ ppm}$ の間で変化する。

- ⑥本流の $\text{NH}_4\text{-N}$ の含有量は、 $0.13 \sim 0.16 \text{ ppm}$ の間で変化する、上流から下流までほぼ一定量で含有する。

支流の $\text{NH}_4\text{-N}$ の含有量は、 $0.13 \sim 0.2 \text{ ppm}$ の間で変化している。木須川の白帆橋 (No.18) で 0.2 ppm を示した。

- ⑦本流の PO_4^{3-} の含有量は、 $0.07 \sim 0.18 \text{ ppm}$ の間で変化する。昭明橋 (No.37) で 0.14 ppm 、国田橋 (No.5) と勝田橋で 0.15 ppm 、千歳橋 (No.4) で 0.16 ppm を示した。これらの地点は、周囲に水田や畑地が広がっている。特に下流は、耕作地の面積が広い。

支流の PO_4^{3-} の含有量は、 $0.03 \sim 0.27 \text{ ppm}$ の間で変化する。

- ⑧本流の溶存酸素量は、 $8.0 \sim 12.4 \text{ ppm}$ の間で変化する。上流は $8.4 \sim 9.6 \text{ ppm}$ で変化し、中流は、八溝山地の溪流部で多い。下流は、人口密集地で数値が低くなる。

支流の溶存酸素量は $7.2 \sim 14.9 \text{ ppm}$ の間で変化する。八溝山地の溪谷部を流下し、周辺の人口も少ない支流で 12 ppm 以上の値を示した。水田や畑地が広がる地域を流れる支流や、人口密集地の中を流れる支流では、溶存酸素量が低くなる。

- ⑨ Cl^- の負荷量は、 $1.0 \sim 629.0 \text{ g/sec}$ の間で変化している。負荷量が多い地点は、箒川の浄法寺橋 (No.44: 629.0 g/sec)、荒川の岡田橋 (No.20: 295.5 g/sec)、木の俣川の本の俣橋 (No.35: 171.2 g/sec)、早戸川の新早戸橋 (No.1: 169.1 g/sec)、江川の篠沢橋 (No.24: 161.0 g/sec) の 6 地点である。

- ⑩ Na^{2+} の負荷量は、 $0.1 \sim 687.4 \text{ g/sec}$ の間で変化しており、 Cl^- の負荷量とほぼ同じ傾向が見られる。負荷量が多いのは、箒川の浄法寺橋 (No.44: 687.4 g/sec)、荒川の岡田橋 (No.20: 295.5 g/sec)、早戸川の新早戸橋 (No.1: 172.1 g/sec)、木の俣川の本の俣橋 (No.35: 52.7 g/sec) の 5 地点である。

- ⑪ $\text{NH}_4\text{-N}$ の負荷量は、 $0.002 \sim 6.29 \text{ g/sec}$ の間で変化し、 PO_4^{3-} の負荷量は $0.006 \sim 4.49 \text{ g/sec}$ の間で変化している。箒川の浄法寺橋 (No.44) で $\text{NH}_4\text{-N}$ が 6.29 g/sec 、 PO_4^{3-} が 4.49 g/sec と最も値が高く、荒川の岡田橋 (No.20) で $\text{NH}_4\text{-N}$ が 2.59 g/sec 、 PO_4^{3-} が 2.22 g/sec 、江川の篠沢橋 (No.24) で $\text{NH}_4\text{-N}$ が 1.28 g/sec 、 PO_4^{3-} が 0.64 g/sec という

値を示す。

- ⑫負荷量の多い河川は、中流の箒川と荒川である。これらの河川は、西那須野町や大田原市、喜連川市などの別荘地帯、水田や畑地などの中を流下している。さらに、この河川は那珂川支流の中でも流量が多いため、負荷量が多くなった。

謝 辞

本校をまとめるにあたり、現地調査にご協力いただいた埼玉県立伊奈学園総合高等学校菊池孝司教諭、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（2007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 飯田貞夫・志村聡・大島徹（2005）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 飯田貞夫・志村聡・大島徹（2006）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）水の健康診断，岩波新書
- 4 日本分析化学北海道支部編（1968）水の分析，化学同人
- 5 半谷高久・高井雄・小倉紀雄（2001）水質調査ガイドブック，丸善
- 6 半谷高久（1960）水質調査法，丸善
- 7 三宅泰雄・北野康（1991）新水質化学分析法，地人書館
- 8 飯田貞夫（1993）やさしい陸水学，文化書房博文社
- 9 飯田貞夫・江口旻・大島徹・志村聡（1996）人間をとりまく自然と環境，文化書房博文社
- 10 飯田貞夫・志村聡・大島徹（2003）久慈川流域の水質，茨城キリスト教大学紀要36号
- 11 阪口豊・高橋裕・大森博雄（1979）日本の川，岩波書店
- 12 大矢雅彦（1979）河川の開発と平野，大明堂
- 13 山本莊毅（1968）陸水，共立出版
- 14 国土交通省関東地方整備局編（2006）環境百科 那珂川，国土交通省関東地方整備局
- 15 新井正（1994）水環境調査の基礎，古今書院

Water Quality of branches of Naka River

Sadao Iida, Akira Eguchi, Satoshi Shimura, Toru Oshima

Summary

We have conducted an investigation into the water quality of the basin of the Naka river. Our findings are summarized as follows.

- ① In the mainstream of the Naka, the pH value is 7.0~8.0. In the upper reaches, it is 7.2~7.4; in the middle reaches, 7.4~8.0; in the lower reaches, it is 7.2. In the tributaries, it is 6.8~8.0. In the middle reaches, however, it is constantly 7.4~7.6 between the Matsuba river (Yashio bridge: No.42) and the ogawa river (Ogawa bridge: No.12).
- ② The electric conductivity of the mainstream is 82.6~173 $\mu\text{S}/\text{cm}$. In the upper reaches, it shows the high value because of Itamuro hot springs. In the middle reaches, it is constantly between

150 and 160 $\mu\text{S}/\text{cm}$. In the lower reaches, five branches except Shinmachi bridge (No.3) across the Sakura river show more than 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Generally, in the upper reaches and the branches in the lower reaches, the electric conductivity shows the high values, but in the middle reaches, it shows the low values.

- ③ In the mainstream, the content of Cl^- is between 8 and 80ppm. In the most points of observation, it is 30ppm or below. The high values are seen in Kozume bridge (No. 32, 70ppm), and Wakaayu big bridge (No.28, 80ppm) and chitose bridge (No.4, 44ppm). In the tributaries, it is between 8 and 84ppm. In the most places of observation, it is less than 30ppm. It is more than 40ppm in the five points, including Takano bridge (No. 36, 84ppm) and Taisho bridge (No.47, 52ppm). Generally, it is high value in the upper stream. It slightly gets lower in the middle stream and rises again in the lower stream.
- ④ In the main course, the content of Ca^{2+} is 2.0~11.5ppm. In the branches, it is 5.5~34.5ppm.
- ⑤ In the mainstream, the content of Mg^{2+} is 1.3~3.7ppm. In the tributaries, it is 1.3~3.7ppm.
- ⑥ In the mainstream, the $\text{NH}_4\text{-N}$ content is 0.13~0.16ppm. It is just about a fixed amount for the most part. The content of $\text{NH}_4\text{-N}$ in the tributary streams is 0.13~0.2ppm.
- ⑦ In the mainstream, the PO_4^{3-} content is 0.07~0.18ppm. It is 0.14ppm at Shomei bridge (No.37), 0.5ppm at Kunida bridge (No.5), 0.15ppm at Katsuta bridge, and 0.16ppm at Chitose bridge (No.4). These points are surrounded by rice paddies and fields. In the branches, it is 0.03~0.27ppm.
- ⑧ The dissolved oxygen (DO) of the mainstream is 8.0~12.4ppm. In the upper stream, it is 8.4~9.6ppm. It gets lower in densely populated areas downstream. DO of the branches is 7.2~14.9ppm. Generally, in the thinly populated areas, it shows high values, but it gets lower in the heavily populated areas.
- ⑨ The load of Cl^- is 1.0~629.0 g/sec. The high figures are found in Johoji bridge across the Hoki river (No.44: 629.0 g/sec), Okada bridge across the Arakawa river (No.20: 295.5 g/sec), Kinomata bridge across the Kinomata river (No.35: 171.2 g/sec), Shin-Hayato bridge across the Hayato river (No.1: 169.1 g/sec), and Shinozawa bridge across the Egawa river (No.24: 161.0 g/sec).
- ⑩ The load of Na^{2+} is 0.1~687.4 g/sec. The high values are seen at Johoji bridge over the Hoki river (No.44: 687.4 g/sec), Okada bridge over the Arakawa river (No.20: 295.5 g/sec), Shin-Hayato bridge over the Hayato river (No.1: 172.1 g/sec) and Kinomata bridge over the Kinomata river (No.35: 52.7 g/sec).
- ⑪ The load of $\text{NH}_4\text{-N}$ and PO_4^{3-} are 0.002~6.29 g/sec and 0.06~4.49 g/sec, respectively. The each value of the research ponts is as follows. Johoji bridge across the Hoki river (No.44), 6.29 g/sec, 4.49 g/sec: Okada bridge across the Arakawa river (No.20), 2.59 g/sec, 2.22 g/sec: Shinozawa bridge across the Egawa river (No.24), 1.28 g/sec, 0.64 g/sec.
- ⑫ The middle streams of the Hoki river and the arakawa river show the high values of the load because these rivers flow through the areas of holiday homes, rice paddies and fields, and because the rivers show high flow rates.