

## 鬼怒川流域の水質

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

### 1 研究の目的

鬼怒川は、利根川の支流のひとつで、栃木県塩谷郡奥鬼怒岳（2,141m）に源をもつ。源流付近には川俣、黒部、川治等のダムがあり、奥鬼怒岳から流下した鬼怒川は東流して川俣ダム、黒部ダム、川治ダムを経て藤原町川治で南流し、五十里ダムから流下してきた男鹿川と合流する。さらに鬼怒川温泉内を流下し、その後、砥川、板穴川と合流する船生付近で再び東に流れを変え、大渡付近で日光中禅寺湖から流下した大谷川と合流する。その後、清水川と合流する上平付近で再び南流して茨城県守谷市野木崎付近で利根川に流入する。流路延長は176.7km、流域面積約1,760km<sup>2</sup>で、流域には約55万の人口を抱える。

鬼怒川は、上流に3つのダム湖があり、渓谷に沿って川治、鬼怒川等の温泉が存在する。中流から下流にかけては畑地や水田が広がり宇都宮市や小山市がある。また、流域の各地に大小の工業団地が点在する。

筆者らは、鬼怒川流域に見られるダム、湖や温泉が河川に与える影響と農業地帯や工業地帯、都市といった人為的な事物が河川に与える影響について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、2007年8月18日～21日の4日間で行った。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、川治温泉から守谷市にかけての本流（22地点）と鬼怒川に流入する支流（17地点）の計39地点で行った。（調査地点図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-10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、50cm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>は原子吸光度計（島津AA-640）によって定量分析した。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）

---

\*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

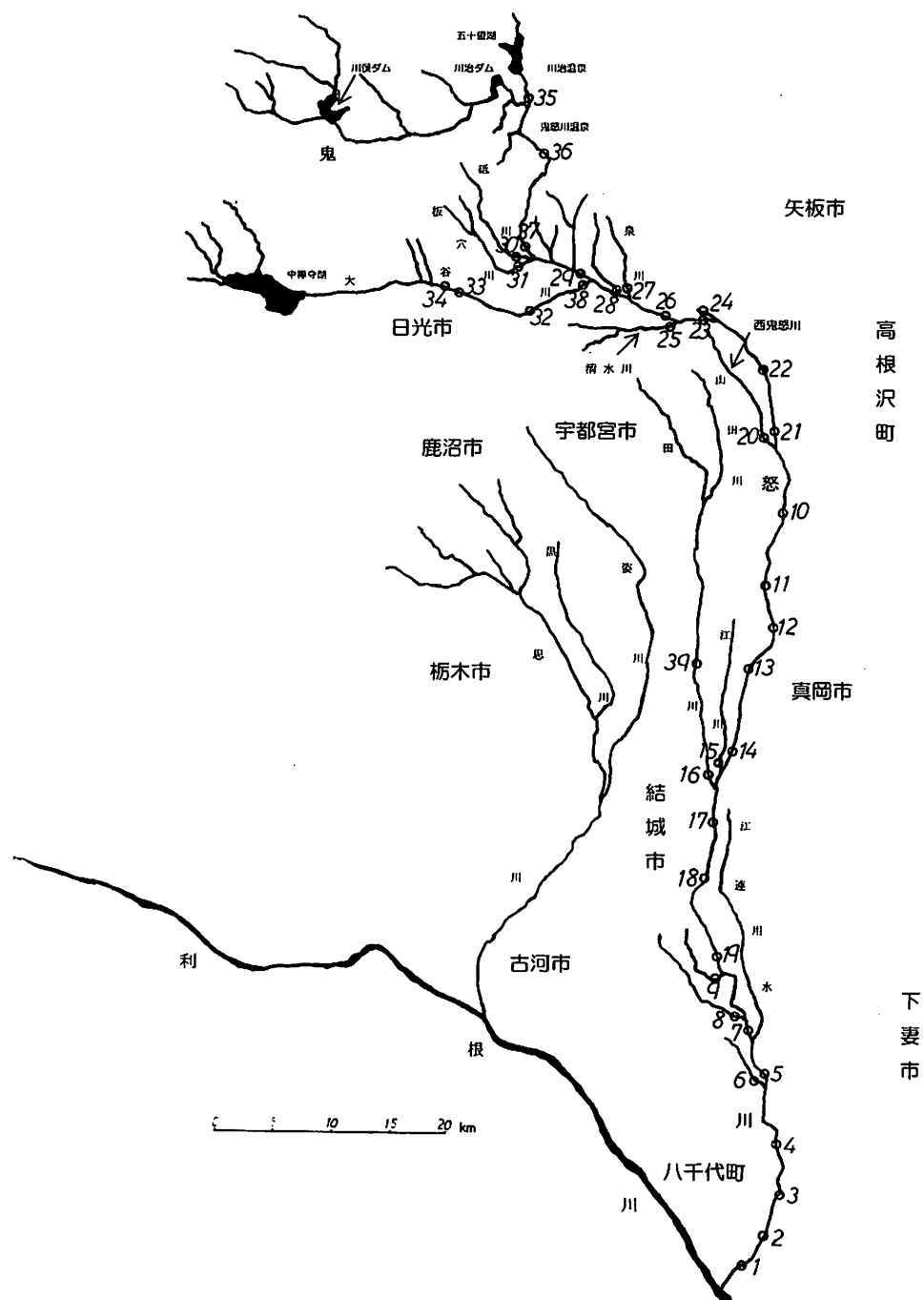


図1 調査地点図

表1 鬼怒川水質調査(2007) 本流

調査地点	気温 ℃	水温 ℃	pH	RpH	EC μΩ/cm	Cl <sup>-</sup> ppm	Na <sup>+</sup> ppm	Ca <sup>2+</sup> ppm	Mg <sup>2+</sup> ppm	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ppm	NH <sub>4</sub> <sup>-</sup> N ppm	透視度 cm	溶存酸素 ppm	流量 m <sup>3</sup> /sec
1 滝下橋	23.6	28.3	7.6	8.0	294	18	16.1	14	5.6	0.12	0.12	42.0	17.6	
3 豊水橋	27.2	29.3	8.4	—	302	42	16.9	12	6.9	0.22	0.12	50.0	—	
4 美妻橋	26.2	27.7	8.0	8.2	285	20	15.3	8	8.1	0.15	0.1	36.5	—	
5 石下橋	26.4	27.8	8.0	8.0	268	24	15.3	9	7.5	0.2	0.11	48.5	—	
7 大形橋	25.4	26.7	8.0	8.0	265	28	14.6	16	6.3	0.13	0.11	50.0	—	65.630
19 駒城橋	33.6	28.1	8.4	8.0	262	30	15.3	10	5.6	0.08	0.05	50.0	11.8	
18 栄橋	34.2	27.7	8.0	8.0	256	28	12.3	10	6.9	0.11	0.07	50.0	10.5	
17 中島橋	32.0	27.8	7.8	8.0	218	20	10.0	10	4.4	0.05	0.03	50.0	10.6	
14 大道泉橋	32.8	26.4	7.2	7.6	197	22	9.2	6	3.8	0.05	0.03	50.0	13.6	
13 鬼怒大橋	30.4	26.1	8.2	8.2	184	20	7.6	4	3.8	0.02	0	50.0	13.7	
12 宮岡橋	30.0	23.1	7.2	7.8	162	20	9.2	4	2.5	0.03	0.02	50.0	11.0	
11 桑島橋	29.8	25.3	8.0	8.0	167	20	10.0	3	2.5	0.01	0	50.0	11.8	19.190
10 柳田橋	28.0	24.7	8.2	8.2	130	14	6.5	4	1.9	0.02	0	50.0	11.3	
21 阿久津大橋	29.8	23.8	8.0	7.8	128	20	8.4	8	2.5	0.07	0.04	50.0	9.0	
22 氏家大橋	29.2	23.8	8.0	8.0	135	34	7.3	2	3.1	0.05	0	50.0	11.6	
23 上平橋	30.6	21.0	7.2	7.6	127	24	5.4	4	2.5	0.07	0.04	50.0	14.3	
26 小林橋	31.8	22.3	8.0	7.8	123	30	7.7	2	1.8	0.06	0.02	50.0	14.0	
28 観音橋	32.2	22.5	8.0	8.0	115	12	8.5	3	1.9	0.05	0.04	50.0	11.9	
29 大渡橋	30.4	17.9	6.8	7.2	75	14	5.8	6	1.3	0.06	0.06	50.0	13.9	
37 万年橋	30.0	22.2	7.2	7.4	131	8	4.2	4	1.0	0.05	0.04	50.0	12.7	3.020
36 虹見橋	29.6	—	7.4	7.6	—	6	3.8	36	1.3	0.04	0	—	—	
35 新男鹿橋	24.8	17.4	7.2	7.4	99	8	3.1	16	1.1	0.02	0	50.0	12.4	1.296

表2 鬼怒川水質調査(2007) 支流

調査地点	気温 ℃	水温 ℃	pH	RpH	EC μΩ/cm	Cl <sup>-</sup> ppm	Na <sup>+</sup> ppm	Ca <sup>2+</sup> ppm	Mg <sup>2+</sup> ppm	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ppm	NH <sub>4</sub> <sup>-</sup> N ppm	透視度 cm	溶存酸素 ppm	流量 m <sup>3</sup> /sec
2 御城橋	26.0	27.9	7.8	8.2	185	22	17.6	8	6.3	0.26	0.13	37.5	—	0.412
6 岡田橋	25.8	25.7	7.0	7.8	308	26	13.8	16	7.5	0.21	0.11	18.5	—	0.419
8 関戸橋(山川)	24.8	25.8	7.2	8.0	303	32	13.0	16	9.4	0.15	0.13	50.0	—	0.767
9 川尻	24.2	25.6	7.2	8.0	317	26	16.9	10	10.6	0.09	0.08	36.0	—	0.184
16 坪山橋(田川)	32.0	27.2	8.0	8.0	297	24	20.0	12	5.0	0.04	0.03	50.0	10.4	10.64
39 中落合橋(田川)	33.8	28.5	7.0	7.4	364	22	10.7	9	4.4	0.03	0	50.0	11.0	24.564
15 江川橋(江川)	34.0	25.1	7.8	8.0	163	22	10.0	11	3.1	0.07	0.04	50.0	10.8	0.54
20 白沢橋(西鬼怒川)	30.2	22.6	6.8	7.2	128	20	9.2	7	1.9	0.07	0.03	50.0	9.6	1.882
24 烏田橋(松川)	29.4	23.9	7.2	7.6	105	20	6.5	3	1.3	0.11	0.05	50.0	13.3	—
25 清水橋	31.4	23.8	7.4	7.6	124	30	7.6	3	2.5	0.09	0.09	50.0	14.3	2.558
27 佐貫(泉川)	31.8	23.4	6.8	7.0	97	24	6.1	4	1.9	0.04	0	50.0	11.4	3.078
38 関沢橋(大谷川)	30.6	21.2	7.4	7.6	168	40	7.6	3	1.9	0.06	0.05	50.0	13.7	11.184
32 大昭橋(大谷川)	27.2	20.1	7.4	7.4	108	10	6.1	4	1.9	0.06	0.05	50.0	9.9	—
33 日光大里大橋(大谷川)	22.4	19.9	7.2	7.4	138	10	5.4	7	1.3	0.07	0.03	19.5	9.6	0.247
34 霧降大橋(大谷川)	24.8	18.8	7.4	7.4	154	24	5.4	4	1.9	0.04	0.02	50.0	9.2	—
30 白岩橋(砥川)	29.6	22.9	7.2	7.4	86	12	4.6	6	1.3	0.04	0	50.0	9.8	—
31 板穴橋(板穴川)	26.8	22.5	7.8	7.6	72	16	5.0	2	1.3	0.04	0	50.0	10.0	1.318

### 3 調査地域の概要

鬼怒川の上流には、鬼怒沼山(2,141m)、黒岩山(2,162m)、帝釈山(2,096m)、太郎山(2,367m)、男体山(2,484m)など2,000mを超える山々が連なる。鬼怒沼山山麓の鬼怒沼は、日本の最高点にある貴重な湿原である。鬼怒川は、この火山性の険しい山間部の溪谷を流下するため急流となっている。

山間部を抜けて砥川、板穴川と合流する船生付近からは扇状地が広がり、日光市上平付近で分流した西鬼怒川が再び宇都宮市白沢付近で本流と合流する。その後は洪積台地上を流れ下流で沖積平野に入る。

流域内の地質は、帝釈山付近が主に秩父系の変成岩から成っている。また、鬼怒川温泉や白根火山、日光は火成岩が基盤を成している。

平成17年度の国勢調査のデータを見ると、流域の各自治体の人口は、20,000～40,000人以下で、今市(現日光市)62,047人、宇都宮市457,673人、真岡市66,362人、小山市160,150人など、60,000人を超える地域がみられる。また、流域には宇都宮市の平出工業団地、清原工業団地、真岡市の真岡工業団地、小山市の小山第1、第2工業団地、結城市の結城第1工業団地、大生郷町の大生郷工業団地などの工業団地が点在している。

### 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る。一般的な河川水のパHの値は6.6～7.2の間にある。酸性の温泉や硫黄鉱山の排水、汚染物質などが流入すると酸性を示し、石灰岩地域を流下したり、アルカリ性の温泉が流入するとアルカリ性を示す。

鬼怒川本流のpHは6.8～8.4の間で変化している。大渡橋No.29で6.8を示した他は、全ての地点でアルカリ性を示している。

大渡橋No.29は鬼怒川が溪谷から扇状地に入る地点で、河川の周りに水田や果樹園が広がり砥川が合流する。この合流地点には、ゴルフ場も見られる。万年橋No.37 7.2は、鬼怒川温泉から約2.5km下流の小佐越駅近くにあり、川は溪谷を成し、その地域にホテル・旅館が立ち並ぶ温泉街が造られる。

豊水橋No.3で8.0、駒城橋No.19で8.4など下流の地点ではアルカリ性を示す。

支流のpHは、6.8～8.0の間で変化している。中禅寺湖から流出し、日光、今市を流下する大谷川は、7.2～7.8と弱アルカリ性を示す。中流で合流する支流は、6.8～8.0と水質に幅がある。泉川、西鬼怒川など宇都宮市街地のの上流側で合流する支流は6.8と弱酸性を示し、宇都宮市街地を流下して合流する江川、田川では7.8、8.0とアルカリ性を示す地点が見られた。(表1・2)

#### (2) 電気伝導度(EC)

水は、水中の溶解物が多いと電気抵抗が小さくなり、少ないと抵抗が大きくなる。電気伝導度は電気抵抗の逆数であるため、水の中の溶解物の量が増えると数値が高くなる。従って、値が高いことは、河川水に多くの物質が溶解していることを示す。

鬼怒川本流の電気伝導度は98.8~302 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の間で変化している。全体的には上流で値が低く、下流で数値が高くなる。

鬼怒川温泉より上流の新雄鹿橋 No.35では98.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ だった値が、下流の万年橋 No.37では131 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と上昇する。溪谷を抜けて砥川と合流する大渡橋No.29では75.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と再び低い値となる。

観音橋No.28から柳田橋No.10までは115~135 $\mu\text{S}/\text{cm}$ とあまり大きな変化はみられない。桑島橋No.11から栄橋No.18までの間は167~256 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と変化が大きくなる。

桑島橋から下流には、宇都宮の市街地を流下した小河川が流入するため、数値が高くなったものと考えられる。

下流の栄橋No.18 256 $\mu\text{S}/\text{cm}$ から豊水橋No.3 302 $\mu\text{S}/\text{cm}$ にかけては数値が高くなり、豊水橋No.3では最高値を示した。豊水橋No.3は、鬼怒川の下流であり、電気伝導度の値の高い支流も流入するため、数値が高くなった。

支流の電気伝導度は、71.9~364 $\mu\text{S}/\text{cm}$ で変化している。上流で合流する砥川の白岩橋 No.30 86 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、板穴川の板穴橋No.31 71.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ では電気伝導度の値は低かった。日光の中禅寺湖から流下する大谷川は、関沢橋 No.38で168 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、霧降大橋 No.34で154 $\mu\text{S}/\text{cm}$ を示し、上流で合流する他の支流に比べて電気伝導度の値が高い。

宇都宮市の上流で合流する支流は、泉川の佐貫橋No.27で96.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、清水川の清水橋 No.25で124 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、松川の鳥田橋 No.24で105 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、西鬼怒川の白沢橋No.20で128 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、と値が低い。

江川の江川橋No.24では、163 $\mu\text{S}/\text{cm}$ を示した。江川は、宇都宮市街の中心部から流れ出し、宇都宮市の東側を流下する河川である。

田川は中落合橋No.39で364 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、坪山橋No.16で297 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の値を示した。この田川は今市から日光街道に沿って東流し、宇都宮市の北部から中心市街地を抜けて南流する。この地域には、人口密集地や工業団地、水田地帯がある。

下流で合流する山川の関戸橋No.8、川尻No.9、岡田橋No.6はいずれも300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ を超えている。

電気伝導度の数値から鬼怒川流域の河川を見ると、田川など宇都宮市街地を流下する下流の支流の数値が高く、本流の水質にも大きく影響をしている。しかし、全体的にはきれいな河川だと言える。(図2・表2)

### (3) 塩素 ( $\text{Cl}^-$ ) 含有量

塩素イオン ( $\text{Cl}^-$ ) 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流入などで高い値を示す。また、河口付近では、塩水遡上などによって数値が多くなる。日本の河川の平均は5.8ppmである。

鬼怒川本流の $\text{Cl}^-$ の含有量は、6~42ppmの間で変化し、上流で少なく下流に向かって多くなる。

溪谷内の新雄鹿橋No.35から万年橋No.37までは6~8ppmと少ない。大渡橋No.29から氏家橋No.22までの間は、14~34ppmと大きく変化する。小林橋No.26は30ppmで、これより2.5km上流で24ppmの泉川が合流する。

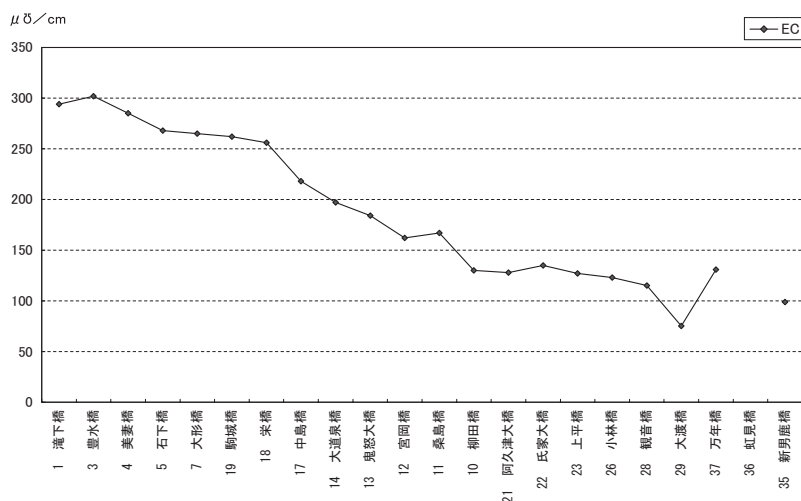


図2 鬼怒川本流の水質 (EC)

阿久津大橋No.21から中島橋No.17の間には、宇都宮市、下野市、真岡市などの人口密集地があるが、 $\text{Cl}^-$ の含有量は7地点中5地点で20ppmである。この地点で流入する支流は主に右岸側の宇都宮市、下野市を流下した河川である。

下流の豊水橋No.3の、 $\text{Cl}^-$ 含有量は、42ppmと最高値を示した。豊水橋は周囲に水田地帯が広がっている。また、下妻市、常総市の水田地帯を流下する八間堀川に水田からの排水を集めた用水路が流入する。橋の両岸には水海道市の市街地がある。(図3・表2)

支流の $\text{Cl}^-$ 含有量は、10～40ppmの間にある。大谷川は、東武日光駅近くの霧降大橋No.17で24ppm、鬼怒川との合流手前の関沢橋No.38で40ppmを示し、清水川の清水橋No.25も30ppmの値を示した。大谷川は日光、今市を流下して鬼怒川に合流し、流域には東照宮などの観光地、工場などがある。清水川は、今市の南側を日光街道に沿って流下する。両河川とも、鬼怒川との合流付近には水田が広がっている。今市は約62,000人で、流域の中でも人口が多い。

山川の関戸橋No.8でも32ppmの値を示した。

#### (4) ナトリウム ( $\text{Na}^+$ ) 含有量

日本の河川は、一般的に $\text{Na}^+$ の含有量は少ないが、生活排水などが河川に流入すると、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。日本の河川の平均は6.7ppmである。

鬼怒川本流の $\text{Na}^+$ の含有量は、0.4～17.6ppmの間で変化する。上流で少なく、下流に向かって多くなる。

上流の新男鹿橋No.35から万年橋No.37までは3.1～4.2ppmと少ない。渓谷から出た観音橋No.28は8.5ppmを示した。上平橋No.23は5.4ppm、阿久津大橋No.21では8.4ppmと上昇した。鬼怒大橋No.17までは5～10ppmの間で値が推移するが、鬼怒大橋から駒城橋

No.19の間は、15.3ppmと変化した。駒城橋から下流側の地点は数値が多くなり、豊水橋No.3は16.9ppmを示した。

$\text{Na}^+$ 含有量の数値が高くなった桑島橋No.11、駒城橋No.19、豊水橋No.3は、 $\text{Cl}^-$ の含有量も多くなっている。(図3・表2)

支流の $\text{Na}^+$ 含有量は、4.6～20.0ppmの間にある。板穴川の板穴橋No.31から松川の烏田橋No.24までは4.6～7.6ppmと少ない値を示す。西鬼怒川の白沢橋No.20から田川の中落合橋No.39までは徐々に多くなり10ppmを超えている。鬼怒川との合流点に近い田川の坪山橋No.16は20ppmの最高値を示した。

坪山橋より下流側の支流は、いずれも13ppm以上の値となった。これらの支流は、宇都宮市や小山市、結城市などの大きな市街地を流下する。

#### (5) カルシウム ( $\text{Ca}^{2+}$ ) 含有量

日本の河川は $\text{Ca}^{2+}$ の含有量が少なく、一般的に10ppm前後である。石灰岩地域には $\text{Ca}^{2+}$ を多く含有する河川水が見られる。日本の河川の平均は8.8ppmである。

鬼怒川本流の $\text{Ca}^{2+}$ 含有量は、2～42ppmの間で変化している。渓谷内の新男鹿橋No.35で16ppm、虹見橋で42ppmと多かった。虹見橋は、鬼怒川温泉の下流にある。他の地点に比べて含有量が多い。

万年橋No.37 4ppmから下流は、氏家大橋No.22 2ppmまでは少なく、2～6ppmの間である。中島橋No.17 10ppmから滝下橋No.1 14ppmまでの間は、10ppm以上の値を示し大形橋No.7では16ppmとなった。石下橋No.5で9ppm、美妻橋No.4は8ppmだった。(図4・表2)

支流の $\text{Ca}^{2+}$ 含有量は、2～16ppmの間にある。板穴川の板穴橋No.31は2ppmと最も少ない値を示した。鬼怒川が渓谷を出て間もなく合流する砥川と大谷川の含有量は少し高

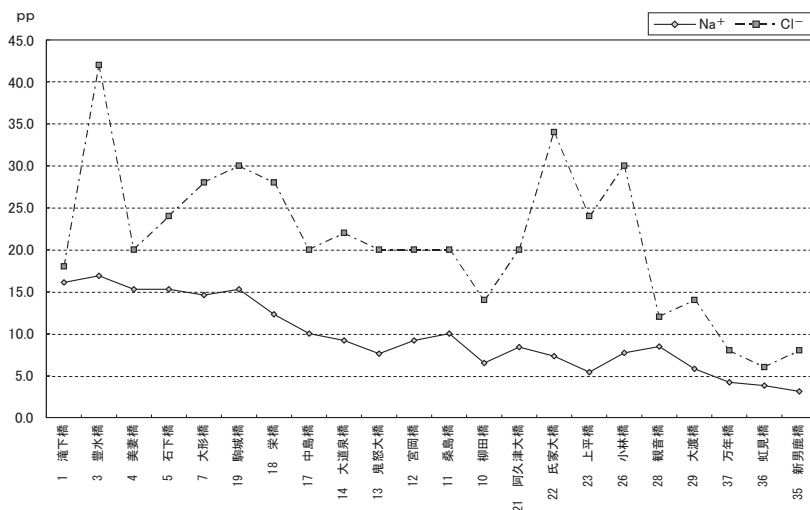
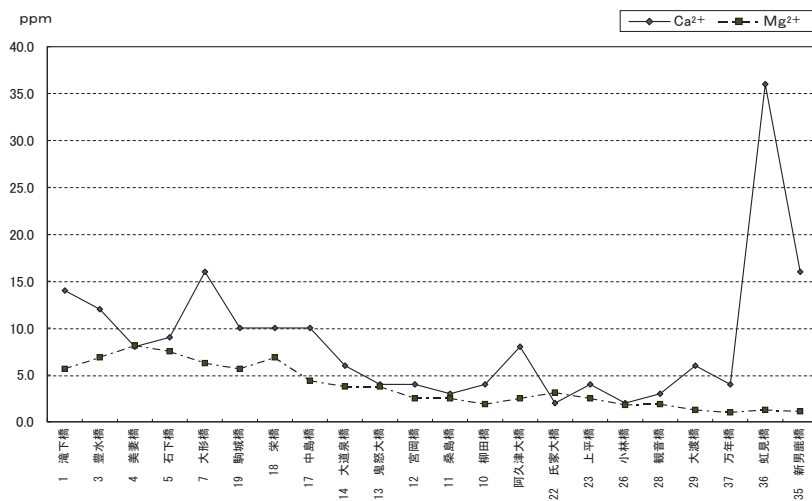


図3 鬼怒川本流の水質 $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ 含有量

図4 鬼怒川本流の水質Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>含有量

く、砥川の白岩橋No.30と大谷川の日光大里大橋No.33で6 ppmを示した。泉川No.27, 清水川No.25, 松川No.24は少なく, 3～4 ppmだった。

西鬼怒川の白沢橋No.20から下流側は7～12ppmと多くなる。宇都宮市の市街地付近を流下する田川, 江川の値は10ppmを越えている。

下流の山川の関戸橋No. 8と岡田橋No. 6は, 16ppmを示した。流域に大きな市街地を抱える支流でCa<sup>2+</sup>の含有量が多くなっている。

#### (6) マグネシウム (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, 海水が遡上すると多くなる。日本の河川の平均は1.9ppmである。

鬼怒川本流のMg<sup>2+</sup>の含有量は, 1.0～8.12ppmの間で変化している。新男鹿橋No.35からは, 下流に向かって多くなり, 氏家大橋No.22で3.12ppmを示す。柳田橋No.10で1.87ppmまで下がり, 栄橋No.17までの間は再び含有量が増加し, 栄橋で8.76ppmとなる。駒城橋No.19で5.62ppmまで下がるが, 美妻橋No. 4は8.12ppmを示す。その後は滝下橋No. 1で5.62ppmまで値が下がる。値の多かった栄橋No.17の右岸には結城市があり, 工業団地や水田地帯を流下した田川が橋の上流で合流している。(図4・表2)

支流のMg<sup>2+</sup>の含有量は, 1.25～10.62ppmの間にある。板穴川の板穴橋No.31から西鬼怒川の城沢橋No.20までは清水橋No.25を除いて2.0ppm以下である。宇都宮市街地の東側を流下する江川の江川橋No.15で3.1ppm, 宇都宮市街地の中を流下する田川の坪山橋No.16で5 ppmと多くなる。下流の川尻No. 9で10.62ppmを示した。川尻の周辺には, 水田, 畑地, 果樹園などが広がり, 小さな集落が点在する。



(7) アンモニア ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) 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、水の汚染の一つの目安になる。日本の河川の平均は0.05ppmである。

鬼怒川本流の $\text{NH}_4\text{-N}$ 含有量は、0～0.13ppmの間で変化している。新男鹿橋No.35、虹見橋No.36では検出されず、溪谷から出た万年橋No.37で0.04ppm、大渡橋No.29で0.06ppmと値が大きくなる。小林橋No.26から栄橋No.18までは0.04ppm以下で、氏家大橋No.22、柳田橋No.10、桑島橋No.11、鬼怒大橋No.13の4点では $\text{NH}_4\text{-N}$ は検出されなかった。

栄橋No.18より下流側では値が急に多くなり、大形橋No.7、石下橋No.5で0.11ppm、御城橋No.2で0.13ppmを示した。(図5・表2)

支流の $\text{NH}_4\text{-N}$ 含有量も、0～0.13ppmの間にある。上流の板穴川No.31と砥川No.30、泉川No.27では、 $\text{NH}_4\text{-N}$ は検出されなかった。大谷川では0.02～0.05ppmの値を示し、上流から下流に向かって多くなる。

0.09ppmの値を示した清水川の清水橋No.25は、日光や今市を流下し、流域の多くは水田として利用されている。

川尻No.9、山川の関戸橋No.8、岡田橋No.6は0.08ppm以上を示し、関戸橋で0.13ppmを示した。

(8) リン ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) 含有量

$\text{PO}_4^{3-}$ 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増加する。日本の河川の平均は0.006ppmである。

鬼怒川本流の $\text{PO}_4^{3-}$ 含有量は、0.01～0.22ppmの間で変化している。新男鹿橋No.35で0.02ppmを示した後、徐々に数値が上昇し、上平橋No.22、阿久津橋No.21で0.07ppmを示した。

柳田橋No.10から栄橋No.18までは0.05ppm以下だが、駒城橋No.19 0.11ppmから豊水橋No.3 0.22ppmまでは下流に向かって多くなる。 $\text{NH}_4\text{-N}$ の変化と比べると、上流側の溪谷出口付近に違いが見られるが、その後は、ほぼ同じように変化する。(図5・表2)

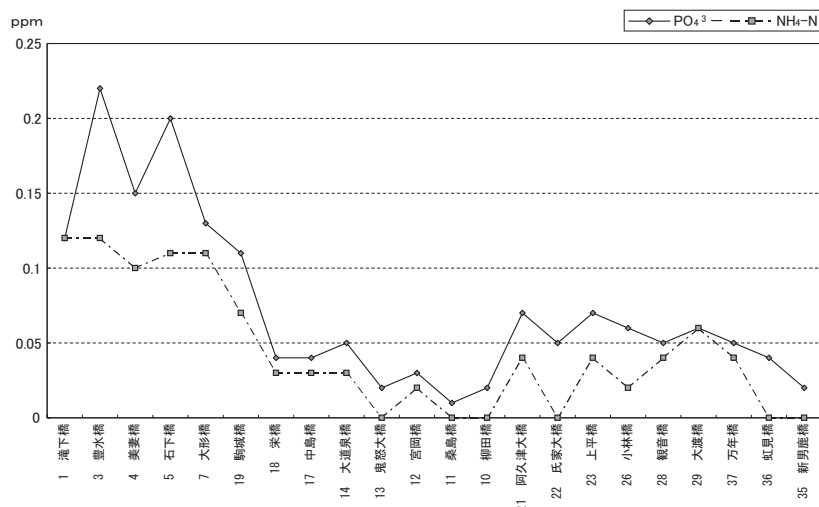
支流の $\text{PO}_4^{3-}$ 含有量は、0.03～0.26ppmの間にある。大谷川の3調査地点と清水川No.25、烏田橋No.24、西鬼怒川の白沢橋No.20、江川の江川橋No.15ではいずれの地点も0.05ppm以上の値を示す。他の項目で多かった田川は、中落合橋No.39、坪山橋No.16の両地点で0.05ppm以下と少なくなり、中落合橋No.39は0.03ppmであった。

関戸橋No.8と岡田橋No.6は値が多く、岡田橋では0.21ppmを示した。

## (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 $\text{O}_2$ 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。

鬼怒川本流の溶存酸素は、9.0～14.3ppmの間で変化する。測定した16地点では、阿久津大橋No.21で9.0ppmを示し、他はいずれの地点も10ppm以上だった。値が高かったの

図5 鬼怒川本流の水質PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>・NH<sub>4</sub>-N含有量

は、溪谷から出て扇状地に入る大渡橋No.29 13.9ppm, 小林橋No.26 14.0ppm, 上平橋No.23 14.3ppmだった。また、真岡市や二宮町付近の鬼怒大橋No.13 13.7ppmと、大道泉橋No.14 13.6ppmでも多かった。

支流の溶存酸素量は、9.2～14.3ppmの間にある。13地点中10ppm以上だったのは8地点で、数値が多かったのは大谷川の関沢橋No.38 13.7ppmと清水川の清水橋No.25 14.3ppmだった。(表1・2)

## 5 支流の負荷量

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。

鬼怒川本流は、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、国土交通省下館河川事務所で計測した4地点の流量データを基に負荷量を求めた。(表3・4)

### (1) 塩素(Cl<sup>-</sup>) 負荷量

鬼怒川本流のCl<sup>-</sup>の負荷量は、10.4～1640.8g/secの間で変化している。大形橋No.7 1640.8g/secで1500g/sec以上の値を示し、負荷量が多い。大形橋は、流量が多く、Cl<sup>-</sup>の含有量も30ppmと大きかったため、負荷量が多くなった。

支流のCl<sup>-</sup>の負荷量は、2.5～540.4g/secの間にある。田川の中落合橋No.39 540.4g/sec, 大谷川の関沢橋No.38 447.4g/sec, 田川の坪山橋No.16 255.4g/secと多かった。中落合橋は、含有量が22ppmだったが、流量が24.5m<sup>3</sup>/secと多く、坪山橋も含有量は24ppmだが、流量が10.6m<sup>3</sup>/secと多いために負荷量が多くなった。関沢橋は、含有量が40ppmで、流量も11.1m<sup>3</sup>/secと多かった。

表3 本流負荷量 (g/sec)

調 査 地 点	流量 (m <sup>3</sup> /sec)	Na <sup>+</sup> 負荷量	Cl <sup>-</sup> 負荷量	Ca <sup>2+</sup> 負荷量	Mg <sup>2+</sup> 負荷量	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> 負荷量	NH <sub>4</sub> -N 負荷量
7 大形橋	65,630	958.11	1640.75	1050.00	406.90	8.53	7.22
10 柳田橋	19,190	124.73	268.66	76.76	36.46	0.38	0
36 万年橋	3,020	12.68	24.10	24.10	3.02	0.15	0.48
35 新男鹿橋	1,296	4.02	10.37	20.73	1.43	0.03	0

表4 支流負荷量 (g/sec)

調 査 地 点	Na <sup>+</sup> 負荷量	Cl <sup>-</sup> 負荷量	Ca <sup>2+</sup> 負荷量	Mg <sup>2+</sup> 負荷量	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> 負荷量	NH <sub>4</sub> -N 負荷量
2 御城橋	7.251	9.064	3.296	2.575	0.107	0.054
6 岡田橋	5.775	10.881	6.696	3.139	0.088	0.046
8 関戸橋 (山川)	9.976	24.557	12.278	7.191	0.115	0.100
9 川尻	3.110	4.784	1.840	1.954	0.017	0.015
16 坪山橋 (田川)	212.800	255.360	127.680	53.200	0.426	0.319
39 中落合橋 (田川)	262.835	540.408	221.076	107.345	0.737	0.000
15 江川橋 (江川)	5.400	11.880	5.940	1.674	0.038	0.022
20 白沢橋 (西鬼怒川)	17.311	37.632	13.171	3.519	0.132	0.056
24 烏田橋 (松川)	—	—	—	—	—	—
25 清水橋	19.437	76.725	7.673	6.394	0.230	0.230
27 佐貫 (泉川)	18.776	73.872	12.312	5.756	0.123	0.000
38 関沢橋 (大谷川)	84.998	447.360	33.552	20.914	0.671	0.559
32 大昭橋 (大谷川)	—	—	—	—	—	—
33 日光大里大橋 (大谷川)	1.335	2.473	1.731	0.309	0.017	0.007
34 霧降大橋 (大谷川)	—	—	—	—	—	—
30 白岩橋 (砥川)	—	—	—	—	—	—
31 板穴橋 (板穴川)	6.591	21.091	2.636	1.648	0.053	0.000

(2) ナトリウム (Na<sup>+</sup>) 負荷量

鬼怒川本流のNa<sup>+</sup>の負荷量は4.0～958.1g/secの間で変化している。大形橋 No. 7 958.1g/secで負荷量が多い。

大形橋 No. 7 は、Na<sup>+</sup>含有量が14.6ppmと多く、流量も65.6m<sup>3</sup>/secと多かったため、負荷量が多くなった。

支流のNa<sup>+</sup>の負荷量は1.3～262.8g/secの間にある。田川の中落合橋No.39 262.8g/secと坪山橋No.16 212.8g/secで200g/secを超え、大谷川の関沢橋No.38でも85.0g/secと多かった。

坪山橋は、含有量が20.0ppmと多く、流量も10.6m<sup>3</sup>/secと多いため、負荷量が大きくなった。中落合橋は、含有量は10.7ppmだが、流量が24.5m<sup>3</sup>/secと多い。関沢橋も含有量は7.6ppmだが流量が11.1m<sup>3</sup>/secあるため、負荷量が大きくなった。

含有量が16.9ppmと坪山橋に次いで多かった川尻No.9は、流量が0.18m<sup>3</sup>/secであるため、負荷量は3.1g/secと少ない。

### (3) カルシウム (Ca<sup>2+</sup>) 負荷量

鬼怒川本流のCa<sup>2+</sup>の負荷量は、20.7～1050.0g/secの間で変化する。大形橋No.7 1050.0g/secは負荷量が多い。

大形橋は、Ca<sup>2+</sup>含有量が16ppmと多く、流量も65.63m<sup>3</sup>/secと多いため、負荷量も大きい。

支流のCa<sup>2+</sup>の負荷量は、1.7～221.1g/secの間にある。田川の中落合橋No.39 221.1g/secと坪山橋No.16 127.7g/secで100g/secを超え、大谷川の関沢橋No.38でも33.6g/secを示した。

含有量の最高値を示した岡田橋No.6 0.419m<sup>3</sup>/secと山川の関戸橋No.8 0.76m<sup>3</sup>/secは、流量が少なかったため、負荷量は岡田橋で6.7g/sec、関戸橋で12.3g/secだった。

### (4) マグネシウム (Mg<sup>2+</sup>) 負荷量

鬼怒川本流のMg<sup>2+</sup>の負荷量は、1.4～406.9g/secの間で変化する。大形橋No.7 406.9g/secは負荷量が多い。

大形橋は含有量6.25ppm、流量65.63m<sup>3</sup>/secで含有量、流量とも多いため、負荷量も大きい。

支流のMg<sup>2+</sup>の負荷量は、0.3～107.3g/secの間にある。田川の中落合橋No.39で107.3g/sec、坪山橋No.16で53.2g/secを示し、大谷川の関沢橋No.38で20.9g/secを示した。

中落合橋の含有量は4.37ppm、坪山橋の含有量は5.0ppmだが、両地点とも流量が多いため負荷量が多くなった。

含有量が多かった川尻No.9 10.6ppm、関戸橋No.8 9.37ppmは、流量が少ないため負荷量は少ない。

### (5) アンモニア (NH<sub>4</sub>-N)、リン酸 (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) 負荷量

鬼怒川本流のNH<sub>4</sub>-Nの負荷量は、0～7.2g/secの間で変化する。大形橋No.7 7.2g/secで多い。

支流のNH<sub>4</sub>-Nの負荷量は、0.007～0.559g/secの間で変化する。大谷川の関沢橋No.38で0.559g/sec、田川の坪山橋No.16で0.319g/secを示した。関沢橋は、含有量0.05ppm、流量11.1m<sup>3</sup>/sec、坪山橋は含有量0.03ppm、流量10.6m<sup>3</sup>/secだった。中落合橋No.39は、NH<sub>4</sub>-Nが検出されなかった。

鬼怒川本流のPO<sub>4</sub><sup>3-</sup>の負荷量は、0.03～8.5g/secの間で変化する。大形橋No.7 8.53g/secで多い。大形橋は、含有量も流量も多い。

支流のPO<sub>4</sub><sup>3-</sup>の負荷量は、0.017～0.737g/secの間にある。田川の中落合橋No.39 0.737g/sec、大谷川の関沢橋No.38 0.671g/sec、坪山橋No.16 0.426g/secで多い。

鬼怒川本流の負荷量は、大形橋No.7で大きな値を示した。大形橋No.7は流量が多く含有量も多かった。

## 6 まとめ

- ① 本流のpHは、6.8～8.4の間にある。上流では中性から弱酸性を示し、中流から下流にかけては中性から弱アルカリ性を示す。

支流のpHは、6.8～8.0で変化している。上流で合流する支流はアルカリ性を示し、中流で合流する支流は、6.8～8.0と弱酸性から弱アルカリ性と水質に幅がある。泉川、西鬼怒川など宇都宮市街地のの上流側で合流する支流のpHは6.8と弱酸性を示し、宇都宮市街地を流下して合流する江川、田川ではpHが7.8、8.0と弱アルカリ性を示す。

- ② 本流の電気伝導度は、98.8～302 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の間で変化している。上流で値が低く、下流に向かって数値が高くなる。

支流の電気伝導度は、71.9～364 $\mu\text{S}/\text{cm}$ で変化している。日光の中禅寺湖から流下する大谷川は、No.38で168 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、No.34で154 $\mu\text{S}/\text{cm}$ を示し、上流で合流する他の支流に比べて電気伝導度の値が高い。下流で合流する多くの支流が300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以上の高い値となった。

- ③ 鬼怒川本流の各イオン含有量は、上流で少なく、下流に向かって多くなる。

支流の各イオンの含有量も、上流側の支流では少なく、下流の支流で多くなる。

- ④ 鬼怒川本流の各イオンの負荷量は、上流で少なく下流で多い。イオン含有量が多く、流量も多い柴橋、駒城橋、大形橋の値が高い。

支流の負荷量は、田川と大谷川で値が大きかった。田川は鬼怒川最大の支流で流量が多く、日光、今市、宇都宮などの人口密集地を流下する。

調 査 項 目	本 流	支 流
水素イオン濃度 (pH)	6.8～8.4	6.8～8.0
電気伝導度 (EC) ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	98.8～302	71.9～364
塩素イオン含有量 (ppm)	6～42	10～40
ナトリウムイオン含有量 (ppm)	0.4～17.6	4.6～20
カルシウムイオン含有量 (ppm)	2～42	2～16
マグネシウムイオン含有量 (ppm)	1～8.1	1.3～10.6
アンモニア含有量 (ppm)	0～0.13	0～0.13
リン酸イオン含有量 (ppm)	0.01～0.22	0.03～0.26
塩素イオン負荷量 (g/sec)	10.4～1640.8	2.5～540.4
ナトリウムイオン負荷量 (g/sec)	4.0～958.1	1.73～221
カルシウムイオン負荷量 (g/sec)	20.7～1050.0	1.7～221.1
マグネシウムイオン負荷量 (g/sec)	1.4～406.9	0.3～107.3
アンモニア負荷量 (g/sec)	0～7.20	0.007～0.559
リン酸イオン負荷量 (g/sec)	0.03～8.53	0.017～0.737

- ⑤ 鬼怒川の上流にあるダムや湖、温泉保養地が鬼怒川の水質に与える影響は、ほとんど見られない。

負荷量の値などから、農業地帯や工業地帯、都市といった人為的な事物は、鬼怒川の水質に少なからぬ影響を与えていると思われる。

## 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山田芳靖君、大場雅志君、江口佑輔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（2008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（2006）阿武隈川中流に流入する支流の水質（第3報），茨城キリスト教大学紀要40号
- 2 飯田貞夫・志村聡・大島徹（2007）那珂川の水質，茨城キリスト教大学紀要41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 新井正（1994）水環境調査の基礎，古今書院

## Water Quality of branches of the Kinu River

Sadao Iida, Akira Eguchi, Satoshi Shimura, Toru Ooshima

## Summary

- ① In the mainstream of the Kinu river, the pH value is 6.8 ~ 8.4. In the upper reaches, it shows neutrality of weak acidity; in the middle and lower reaches, it shows neutrality or weak alkalinity.

In the tributaries, the pH value is 6.8 ~ 8.0. In the branches entering the mainstream in the upper reaches, it shows alkalinity. In the ones entering in the middle reaches, it shows weak acidity and weak alkalinity(6.8 ~ 8.0).

- ② The electric conductivity of the mainstream is 98.8 ~ 302 $\mu\text{S}/\text{cm}$ . In the upper reaches, it shows the low value, but the further down stream we go, the higher value it shows. In the branches, the electric conductivity is 71.9 ~ 364 $\mu\text{S}/\text{cm}$ . In the Otani river, which flows from the Lake Chuzenji in Nikko, it is 168 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (No.38) and 154 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (No.34). In the branches flowing into the mainstream in the lower reaches, it shows 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$  or more.
- ③ In the mainstream, the content of ions is low value, but further down stream we go, the higher values it shows. In the branches, it is low value in the upper stream and is high in the lower stream.
- ④ The load of ions is low value in the upper stream and high values in the lower stream, especially the values at Sakae bridge, Komashiro bridge and Ogata bridge are high. In the tributaries, the Tagawa river and the Otani river show high values.
- ⑤ The dam, lake and hot-springs in the upriver have little effect on the water quality of the Kinu. On the basis of the data on load values, the farming, areas, an industrial zone and urban districts have a great influence on it.