

24. 生命の水・利根川源流・流域の自然環境

WATER OF LIFE · NATURAL ENVIRONMENT IN SOURCE OF TONE RIVER AND BAS IN

山口晴幸*・福田誠**・宮川均***・黒島一郎**

Hareyuki YAMAGUCHI・Makoto・FUKUDA Hitoshi・MIYAKAWA・Ichirou KUROSHIMA

ABSTRACT; The natural environment investigation are carried out on the source of Tone river and its basin which is called “the water reservoir of life” in Kanto district. At the beginning, the method of natural environmental investigation is simply represented. In this report, in particular, the authors clarify the ture character of source of Tone river. Moreover, based on the data of chemical analysis about water qualities of source zone of Tone river, Tone river and natural water in its basin are shown, and the real condition of water environment in the water system of Tone river is discussed.

KEYWORDS; Source of Tone river, Water system of Tone river, Water environment, Water quality, Natural water

1. 序にかえて

近年、地球規模の環境破壊や身近な自然環境の破壊・消滅など、さまざまな自然環境問題が発生し、国際的・社会的に重要な問題となっています。これからの地域環境と開発・建設問題や自然環境の保護・保全活動の有り方などの一助として役立てることを目的として、広域的な自然環境調査を継続しています。特に、

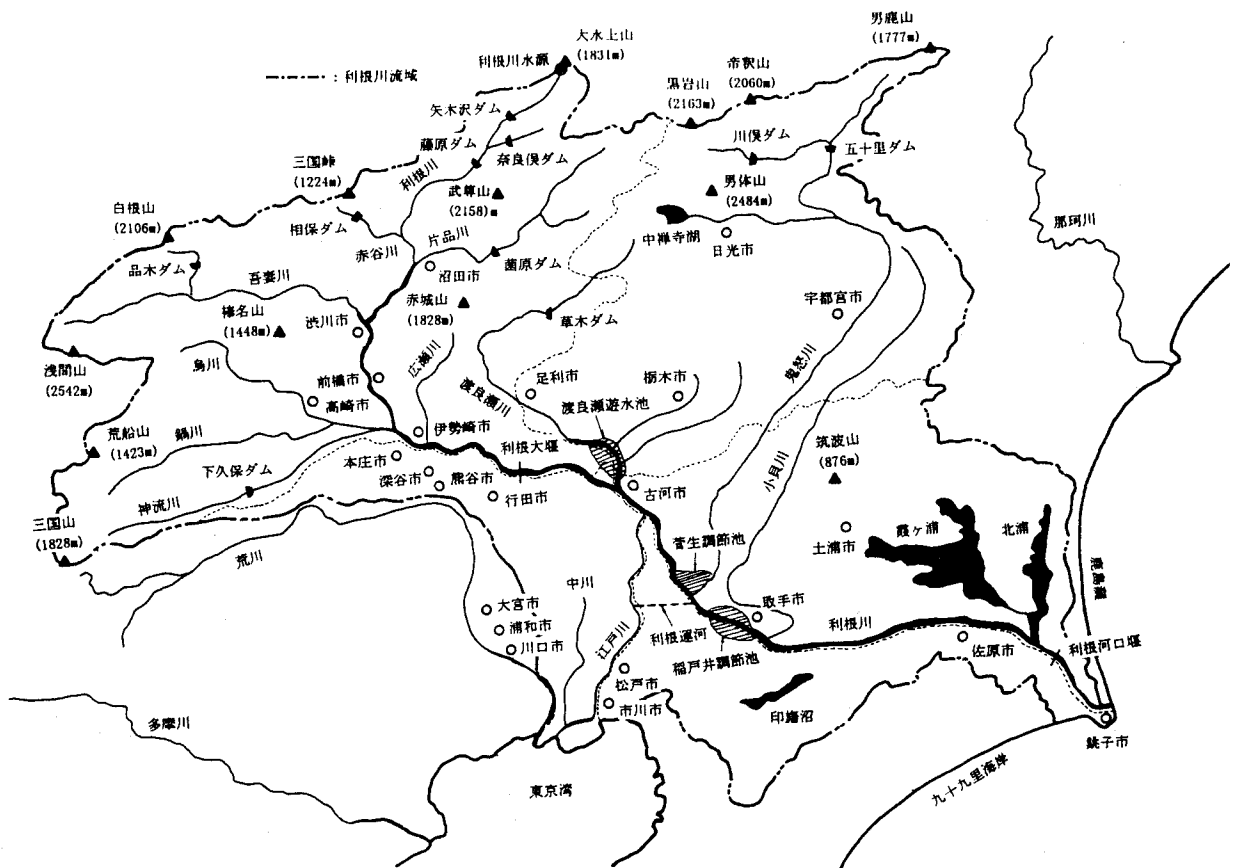


図-1 利根川水系の全景

* 防衛大学校 土木工学教室
** 三井建設株 土木本部
*** 防衛施設庁 東京防衛施設局

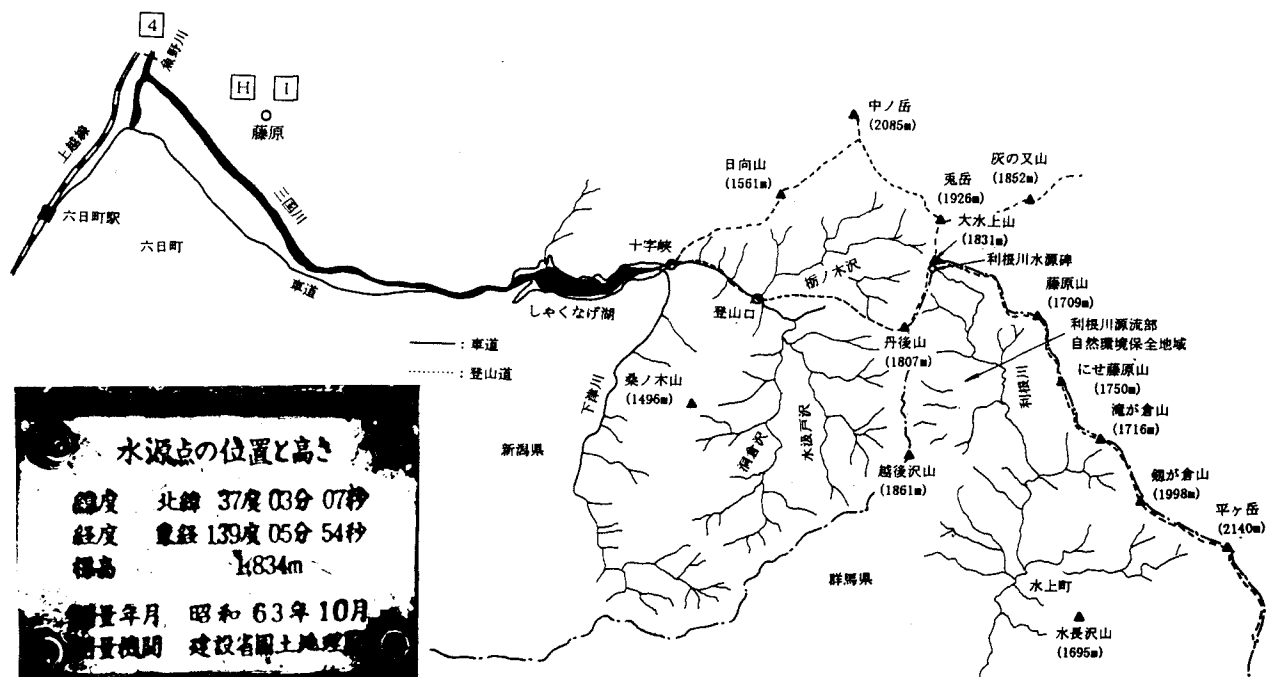


図-3 新潟県六日町側からの利根川源流への道

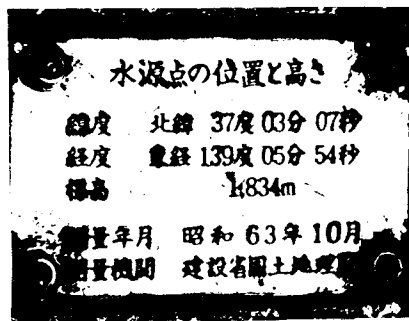


写真-1 利根川源流の碑



写真-2 源流の正体は残雪であった

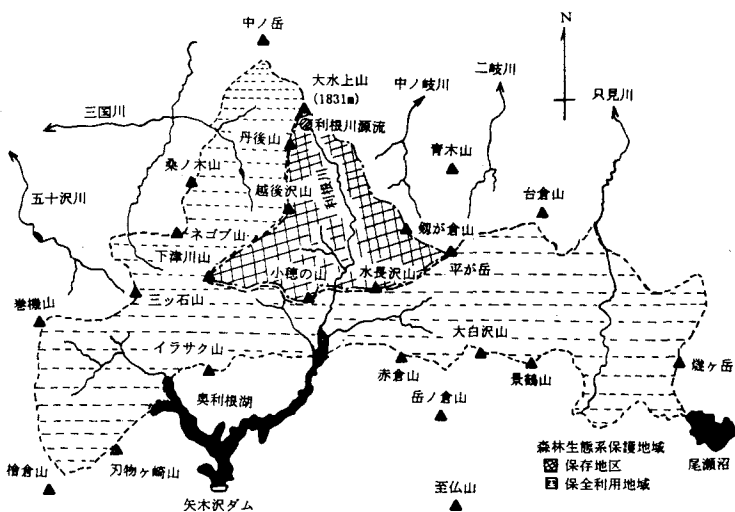


図-4 源流域での森林生態系保護地域

川であります(図-1)。利根川には、毛細血管のように張り巡らされた数多くの支川が合流し、その水系には、古から利用・活用されて来た故事来歴を持つ名水や井戸などの自然水が豊富に点在しています。特に、水系の北西部は自然環境に恵まれた山岳地帯で、滝、溪谷、峡谷などが多く、現在も清冽な水環境が形成されています。まさに「天地創水」とでも言える「自然水」を実感できる水環境が点在しています。また水系には数多くのダムが築造されており、特に源流域には、矢木沢ダム、奈良俣ダム、藤原ダム、相俣ダム、菌原ダムなどがあります(図-1)。利根川水系は、東京都、千葉県、埼玉県、茨城県、群馬県、栃木県の1都5県の「生命の水がめ」ともなっています。

利根川源流(水源)は矢木沢ダムの建造によって形成された人造湖、奥利根湖の上流の沢に位置しています。奥利根湖側から源流に向かうことは難しい。新潟県六日町側から、三国川沿いに進み、しゃくなげ湖に至り、丹後山(1807m)～大水上山(1831m)への登山道を登ると(図-3)、大水上山手前に広大な沢が広がっており、その沢が源流(1834m)となっています。利根川源流地点には、北緯37度03分07秒、東経139

度 05 分 54 秒に位置していることを明示した源流（水源）の碑が有り、昭和 63 年 10 月に指定されています（写真-1）。利根川の源流域一帯は森林生態保護地域に指定されております（図-4）。とくに、源流部の河川周辺は保存地区（3900ha）となっており、それを囲むように緩衝領域としての保全利用地域（18900ha）が指定され、水環境の保全がなされています。

4. 源流の正体と源流域周辺の水環境

著者らは、平成 8 年 9 月 29 日、関東の「生命の水がめ」利根川源流の正体と源流域一帯とその周辺部での自然環境調査を実施しました。六日町から三国川沿いに十字峡を至て、登山口から丹後山に掛けての陵線沿いの標高 800～1000m 付近には、樹齢約 500 年のブナの木や約 1000 年の御用松の巨樹が多数繁茂していま

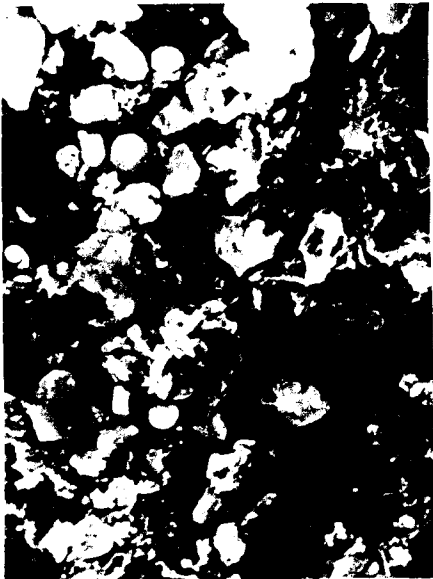


写真-3 残雪に含まれる大気汚染物質（SPM）

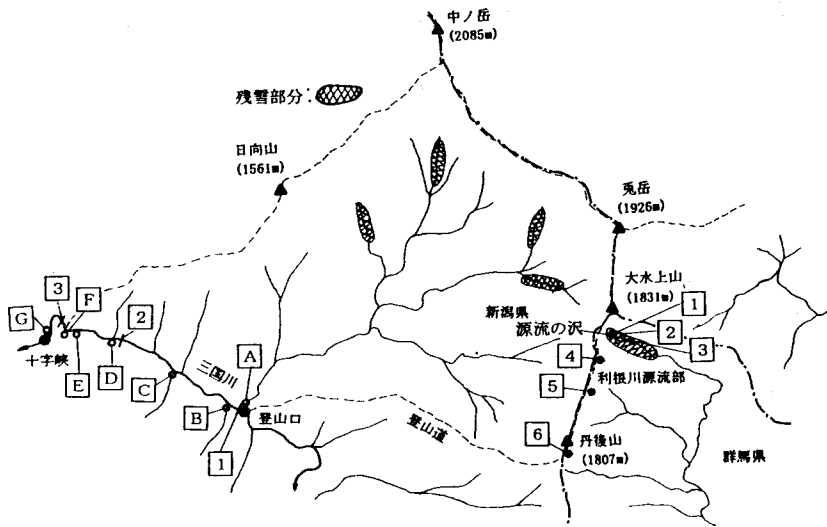


図-5 源流域とその周辺での自然水採取地点

す。標高 1834m に位置する利根川源流の正体は残雪であった（写真-2）。源流一帯の深い沢は、緑のジュータンで覆われ、森林の効力が十分に発揮できる降水を集める山々の斜面から成る天然の巨大なジョウゴのように思えた。まさに天地創水の一滴が巨大な利根川を形成していることを実感させられた。しかし源流の残雪は黒色で、泥土が大量に付着していた。この黒色の泥土を電子顕微鏡で観察すると、大気汚染物質の内の浮遊粒状物質（SPM）の 1 つである「ばいじん」が確認され、大変ショックを受けました（写真-3）。利根川水系と信濃川水系の境界が丹後山と大水上山間の陵線で、この陵線を境として降水は、太平洋側と日本海側への旅へと運命が分かれることになります。群馬県側の源流域（図-5 での①～⑥）で採取した自然水（①、②、③：源流域の残雪、④、⑤：湖沼水、⑥：雨水）についての水質分析結果を表-1 と図-6～10 に示しています。①地点の残雪の結果は他とかなり異なっていますが、概ね源流域の水質は、pH が 5.6 程度以上、

表-1 利根川源流域（丹後山から大水上山間）の自然水の水質特性

番号	水形態	採取地点	採取年月日	標高(m)	pH	EC(μs/cm)	T(℃)	陽イオン濃度(mg/l)					陰イオン濃度(mg/l)					Σ(A+C)/2(meq/l)
								Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	
①	残雪	源流の沢	H8.9.29	1787	6.9	138	-0.5	0.6	0.3	24.6	—	—	0.2	31.8	—	—	0.1	0.79
②	残雪	源流の沢	H8.9.29	1787	6.2	13	-0.5	0.4	0.2	1.4	—	—	0.3	2.9	—	0.1	0.2	0.08
③	残雪	源流の沢	H8.9.29	1787	6.6	22	-0.4	1.5	0.9	2.3	—	—	2.4	4.5	—	—	0.3	0.17
④	沼湖水	源流域	H8.9.29	1760	5.5	26	5.9	0.8	0.9	0.6	0.6	0.3	1.5	3.3	—	—	1.8	0.16
⑤	沼湖水	源流域	H8.9.29	1760	5.2	21	5.9	0.5	0.5	0.3	0.6	0.3	2.5	3.0	—	—	1.8	0.14
⑥	雨水	丹後山頂付近	H8.9.29	1770	5.9	13	6.7	0.8	0.3	—	0.2	—	0.2	2.4	—	1.2	2.2	0.11

EC：電気伝導度、T：水温、Σ(A+C)/2：陰・陽イオン総濃度の平均値、me/l：ミリ当量濃度

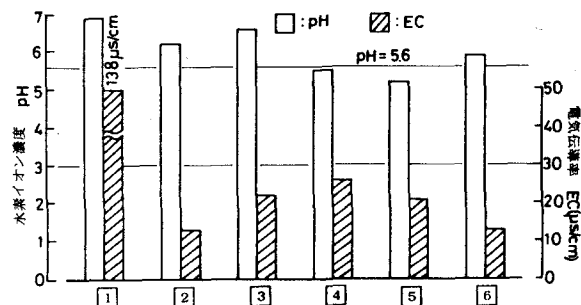
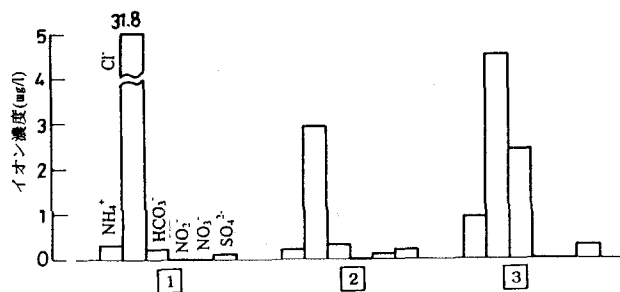


図-6 源流域の自然水のpHとEC

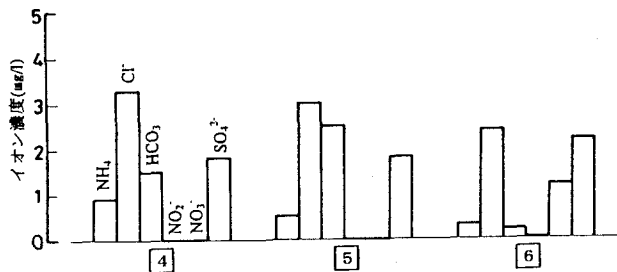


図-7 源流域の自然水の代表的なイオン濃度

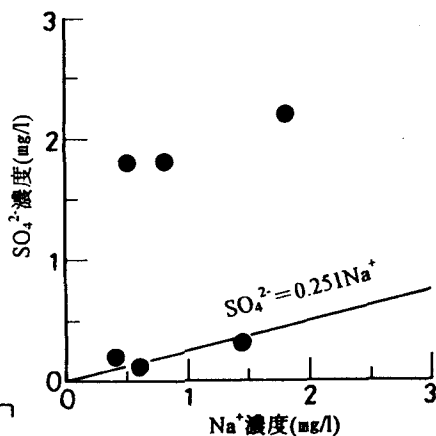


図-8 SO_4 とNa濃度の関係

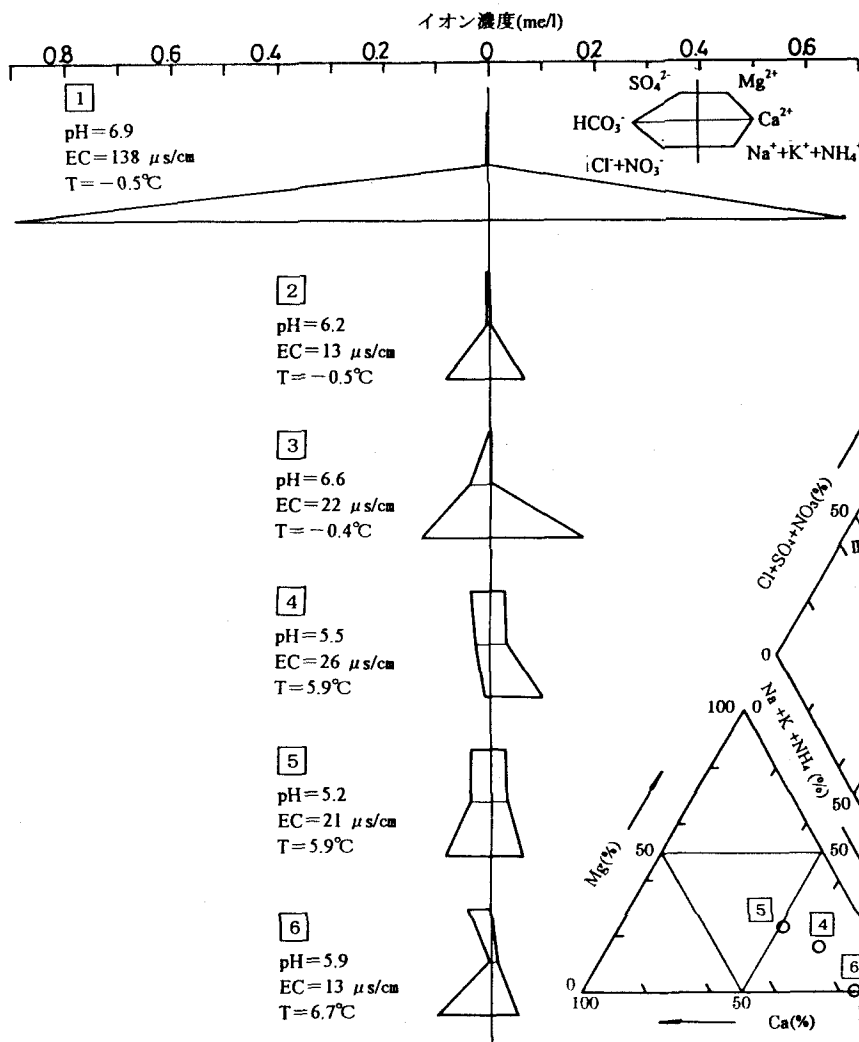


図-9 自然水のヘキサダイアグラム (源流域)

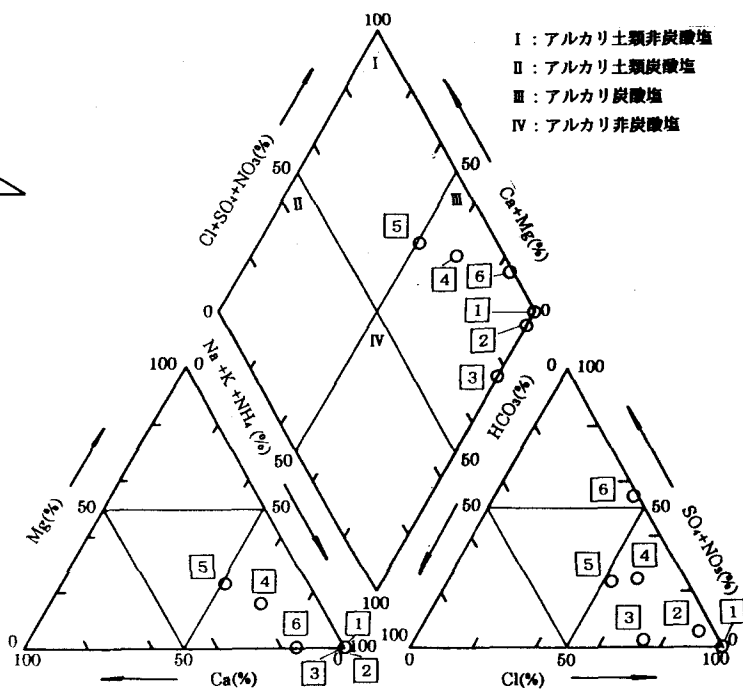


図-10 自然水のトリリニアダイアグラム (源流域)

電気伝導率 (EC) が 10~30 $\mu\text{s/cm}$ で、自然水は非酸性雪・雨の傾向にあります (図-6)。しかしアンモニウム(NH_4^+)、硝酸 (NO_3^-) イオンが確認されることもあるから、人為的影響を受けている可能性も高いことがわかります (図-7)。ナトリウムイオン (Na^+) 濃度の 0.251 倍が海塩粒子からの供給といわれているが、それを越えるものも認められます。図-9 と 10 には、源流域の自然水の水質組成をヘキサダイアグラムとトリリニアダイアグラムで表示しています。□地点以外は、溶存化学組成が非常に少なく、いずれもアルカリ炭酸塩に分類されることが分かります。

表-2 三国川とその周辺 (新潟県六日町側) の自然水の水質特性

番号	水形態	採取地点	採取年月日	標高 (m)	pH	EC ($\mu\text{s/cm}$)	T_b ($^{\circ}\text{C}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	陽イオン濃度 (mg/l)					陰イオン濃度 (mg/l)					$\Sigma(\text{A}+\text{C})/2$ (me/l)
									Na^+	NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	HCO_3^-	Cl^-	NO_3^-	NO_2^-	SO_4^{2-}	
1	河川水	徳山口橋 (三国川)	H18.9.29	530	7.3	118	20	13.5	5.8	—	0.9	16.1	1.0	17.1	23.0	—	—	11.0	1.16
2	河川水	虹岩橋 (三国川)	H18.9.29	480	7.3	67	30	11.8	2.9	—	1.3	10.2	0.8	23.4	8.5	—	0.5	5.2	0.74
3	河川水	落合橋 (三国川)	H18.9.29	450	7.5	50	30	12.3	2.0	—	0.2	7.5	1.2	23.7	3.6	—	0.3	3.2	0.56
4	河川水	六日町内 (魚野川)	H15.3.15	145	6.8	107	35	6.5	9.0	—	1.3	11.1	2.3	24.2	16.8	—	—	14.5	1.17
A	渓流水	三国川沿い (徳山口)	H18.9.29	540	7.3	68	50	10.3	3.7	—	0.8	12.0	0.8	28.7	7.4	—	4.7	4.3	0.85
B	渓流水	三国川沿い	H18.9.29	542	6.8	25	25	11.3	1.7	—	0.2	2.5	0.7	6.8	3.4	—	1.8	1.4	0.26
C	渓流水	三国川沿い	H18.9.29	530	7.5	51	20	9.6	2.4	—	0.5	9.1	0.8	26.5	4.1	—	0.1	4.3	0.64
D	渓流水	三国川沿い	H18.9.29	528	7.2	40	25	11.9	1.9	—	0.2	4.3	0.6	11.9	3.6	—	1.0	2.0	0.35
E	渓流水	三国川沿い	H18.9.29	470	6.4	19	20	14.2	2.1	—	0.2	1.4	0.6	1.9	4.1	—	1.9	1.8	0.22
F	渓流水	三国川沿い (落合橋横)	H18.9.29	469	6.7	22	20	11.5	2.1	—	0.3	1.8	0.7	4.5	4.2	—	1.3	1.7	0.25
G	渓流水	十字峽越山センター	H18.9.29	480	6.7	22	30	19.0	2.1	—	—	1.7	0.7	4.2	4.0	—	1.1	1.7	0.23
H	湧水	六日町湧原 (雷電線の水(1))	H18.6.13	240	8.2	103	20	10.8	4.1	—	0.4	15.2	2.5	55.0	4.8	—	1.6	4.8	1.16
I	湧水	六日町湧原 (雷電線の水(2))	H18.6.13	240	8.2	103	20	10.8	4.1	—	0.6	15.2	2.5	55.7	4.8	—	1.6	4.8	1.17

EC：電気伝導度、 T_b ：濁度、T：水温、 $\Sigma(\text{A}+\text{C})/2$ ：陰・陽イオン総濃度の平均値、me/l：ミリ当量濃度

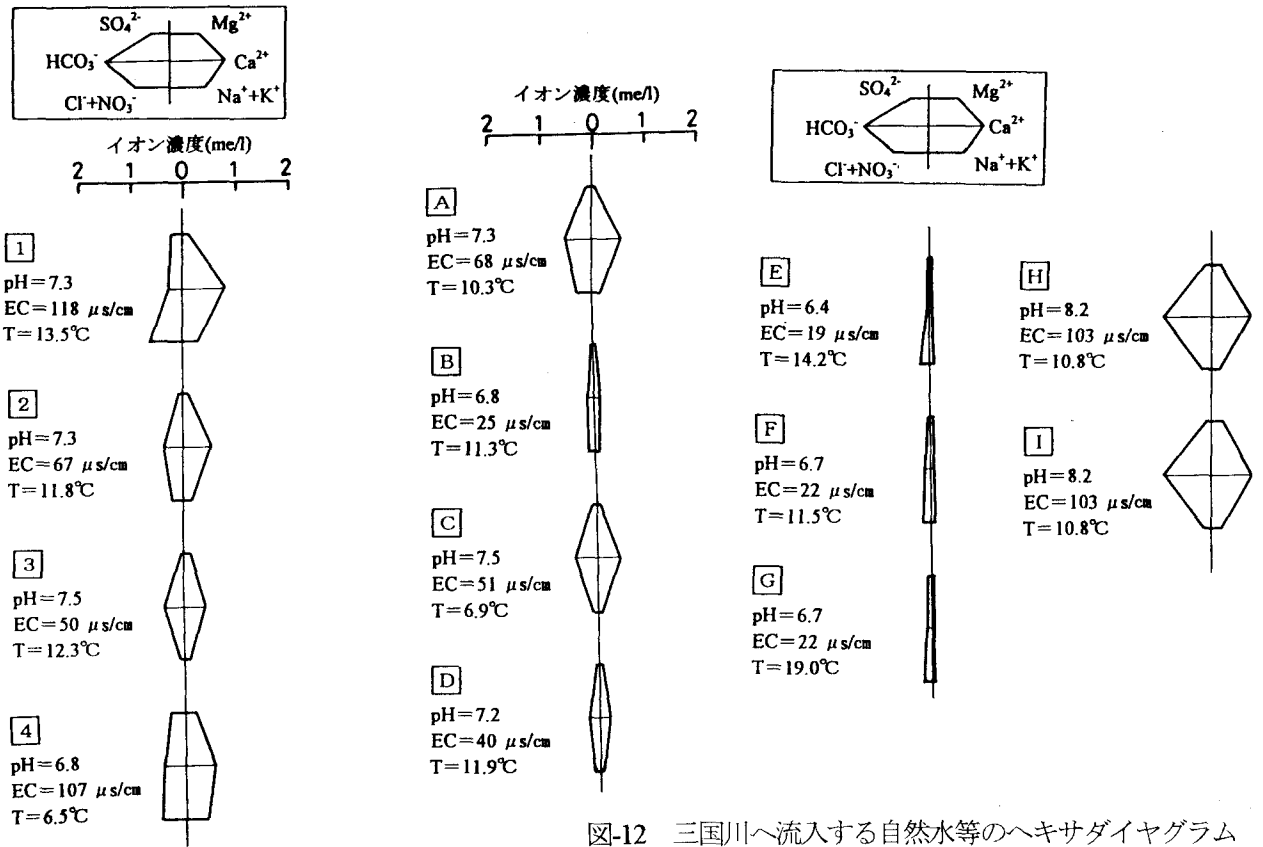


図-12 三国川へ流入する自然水等のヘキサダイアグラム

図-11 三国川等の河川水のヘキサダイアグラム

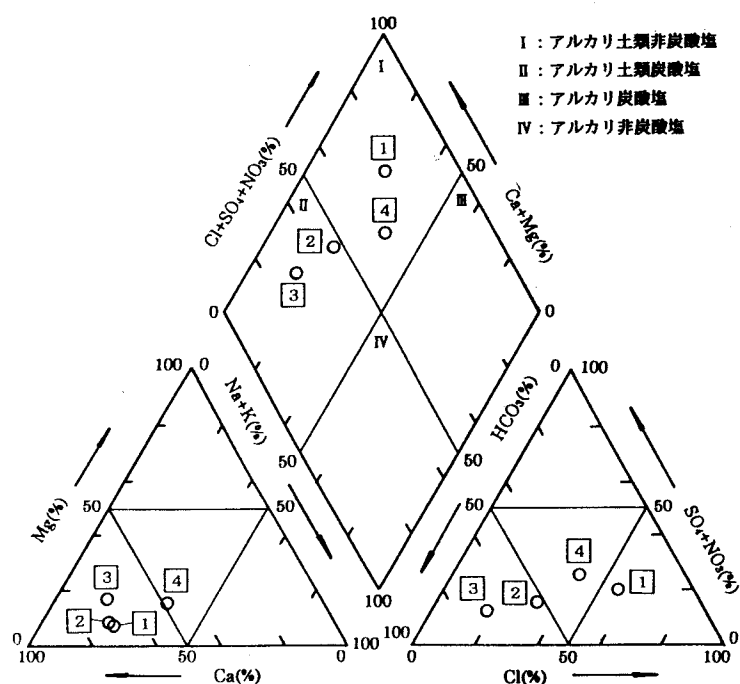


図-13 三国川等の河川水のトリリニアダイアグラム

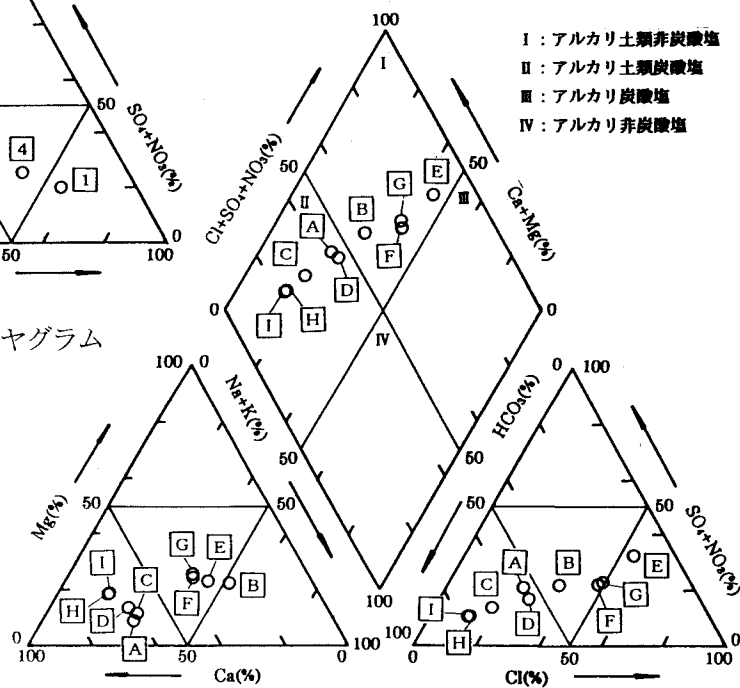


図-14 三国川へ流入する自然水等のトリリニアダイアグラム

一方、新潟県側の三国川と魚野川とその周辺での自然水（図-3 と 5 での 1～4 と A～I）についての水質結果を示したものが表-2 と図-11～14 です。まず登山口から十字峡間の三国川（図-5 での 1～3）と、それが六日町側で合流する魚野川（図-3 での 4、計測日異なる）に着目した図-11 と図-13 によると、水質は pH が 6.8～7.5 範囲、EC が 50～118 $\mu\text{s/cm}$ と、pH が 7 付近で溶存化学成分の低い値であることがわかります。水質タイプとしては、アルカリ土類非炭酸塩から、アルカリ土類炭酸塩に分類されます。また三国川沿いに流入する渓流水（図-5 での A～G）と六日町での湧水（図-3 での H と I）の水質を示した図-12 と図-14 によると、pH が 6.4～8.2、EC が 100 $\mu\text{s/cm}$ 程度以下で、上述の三国川の水質と同様にアルカリ土類非炭酸塩とアルカリ土類炭酸塩に分類されます。特に、三国川に入流する B、E、F、G の渓流水は、pH が 6 台の弱酸性で、EC も 20 $\mu\text{s/cm}$ 以下と非常に低く、直接飲料でき、いずれもアルカリ土類非炭酸塩タイプの水質を呈しています。

5. 利根川本流とその流域の水環境

現在継続中ではありますが、ここでは、利根川水系において本流とその流域における代表的な地点での河川水と湧水等の自然水についての水質特性について提示します。本流の河川水について 9 箇所（図-15）、水系

の湧水と渓流水について8箇所(図-2)の代表的な地点における結果を表-3に示しています。調査日は異なりますが、図-15には、源流(「J」地点)から銚子市の河口まで、利根川本流についての河川水のpH、EC、塩分濃度(S)を示しています。4節で記述したように、源流域の残雪はpHが6台、ECが20 μ s/cm台以下で

表-3 利根川本流と水系における自然水の水質特性

番号	水形態	採取地点	採取年月日	河口からの距離(km)	標高(m)	pH	EC(μs/cm)	T _b (mol)	S(%)	T(℃)	陽イオン濃度(mg/l)					陰イオン濃度(mg/l)					Σ(A+C)/2(mol)	
											Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻		
A	河川水	銚子大堰下	H8.4.28	2	5	7.8	41600	65	2.21	15	海水混入											
B	河川水	利根川河口堰(下流側)	H8.4.28	18	25	8.0	29700	60	1.54	17	海水混入											
C	河川水	利根川河口堰(上流側)	H8.4.28	18.3	32	9.2	570	50	0.03	18	77.7	—	7.2	25.5	9.8	0.9	178.3	0.4	10.5	43.7	5.88	
D	河川水	取手市付近(小貝川合流点下)	H8.5.3	70	40	7.2	268	50	0.01	19	21.4	—	5.1	23.8	5.7	30.4	37.8	—	17.7	41.1	2.71	
E	河川水	行田市付近(利根大堰上流)	H8.3.20	180	47	7.1	221	40	0.01	11	18.6	—	3.4	21.8	4.7	16.7	37.4	—	17.7	36.6	2.37	
F	河川水	伊勢崎市付近(鳥川合流点)	H8.12.22	200	55	7.5	310	45	0.01	7.8	13.6	—	3.0	25.5	4.5	0.2	32.9	0.1	5.0	62.4	2.31	
G	河川水	澁川市付近(吾妻川合流点下)	H8.6.2	218	195	6.5	256	40	0.01	20												
H	河川水	澁川市付近(吾妻川合流点下)	H8.6.2	220	195	7.0	46	30	0.00	11.5												
I	河川水	水上温泉街	H5.3.16	255	550	7.4	71	20	0.00	5.7	3.5	—	0.3	6.1	1.4	16.8	4.7	0.2	0.1	7.8	0.58	
2	湧水	冷水大師(千葉県東印旛町)	H8.4.28		55	7.3	450			16.2	31.4	—	3.5	26.8	21.2	3.7	50.2	0.6	133.3	42.7	4.53	
5	湧水	名戸ヶ谷湧水(千葉県柏市)	H7.11.19		10	7.4	185			17.4	12.7	—	1.1	13.6	7.4	55.1	16.1	—	14.6	12.7	1.86	
10	湧水	二荒温泉(栃木県日光市)	H7.5.5			7.6	98			13	7.1	—	1.9	8.7	1.9	34.6	5.7	—	—	4.4	0.82	
20	湧水	谷川岳PAの大湧水(群馬県水上町)	H8.6.2			7.1	73			12	4.3	—	0.8	7.8	1.2	27.5	3.2	—	0.9	6.8	0.70	
22	渓流水	大河川湧流(栃木県大田)	H5.6.10			6.5	45			11	2.0	—	3.2	3.7	0.3	13.3	4.6	—	—	1.2	0.38	
23	渓流水	栗野川湧流(栃木県栗野町)	H5.6.10			6.7	42			10	1.7	—	1.2	3.8	0.8	11.7	2.2	—	—	5.1	0.36	
24	渓流水	粕尾川湧流(栃木県粕尾町)	H5.6.10			6.5	48			11	1.8	—	2.5	3.8	0.7	10.6	4.0	—	1.1	4.0	0.39	
25	湧水	群馬県碓氷村	H8.7.25		1100	7.7	62			12	2.8	—	1.1	5.9	1.5	19.8	4.5	—	4.0	2.1	0.57	

EC：電気伝導度、T_b：濁度、S：塩分濃度、T：水温、 $\Sigma(A+C)/2$ ：陰・陽イオン総濃度の平均値、me/l：ミリ当量濃度

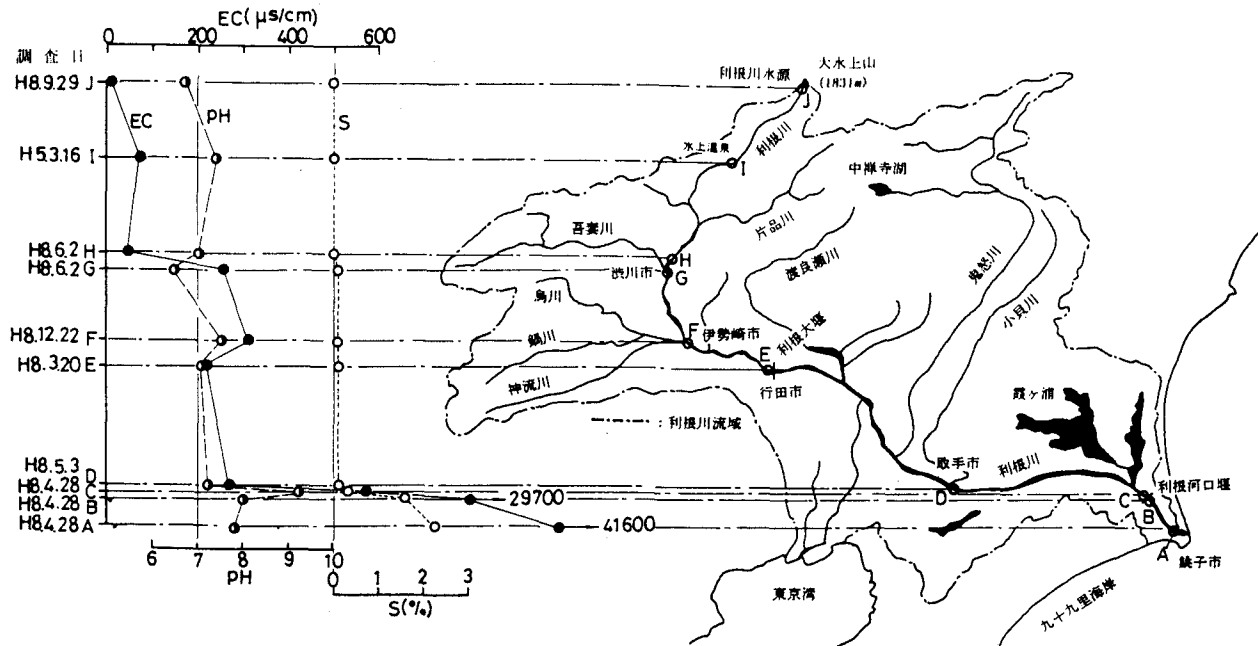


図-15 利根川本流の河川水の水質変化

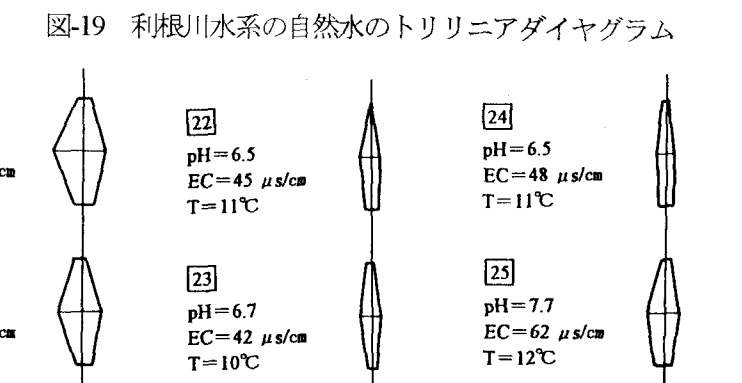
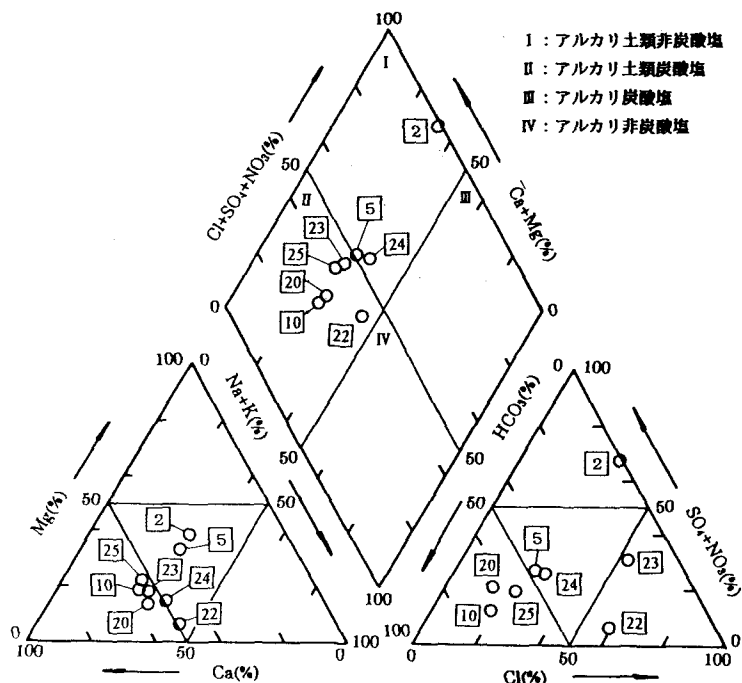
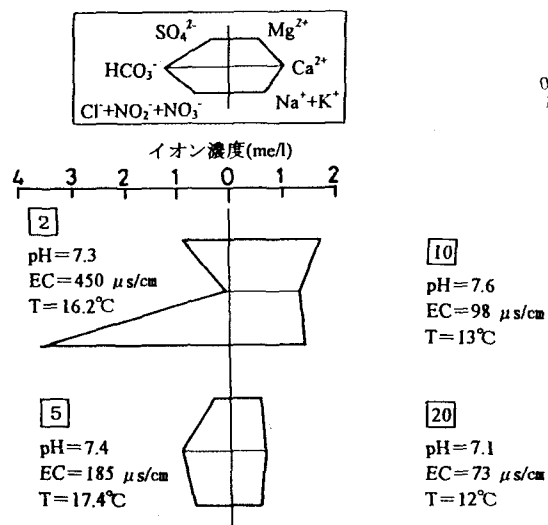
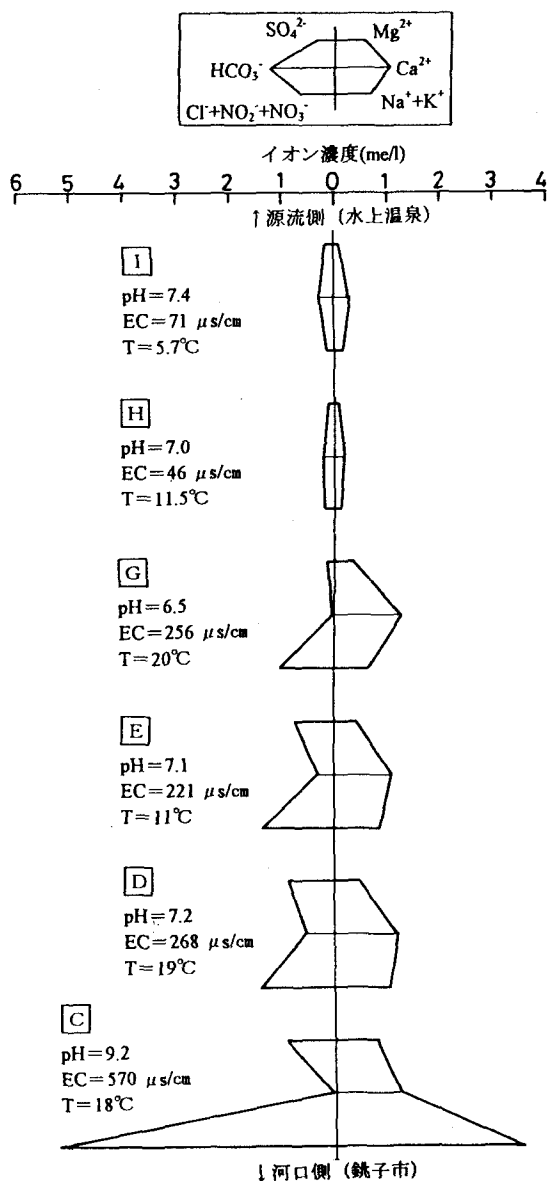


図-18 利根川水系の自然水のヘキサダイアグラム

弱酸性の非常に溶存化学成分の低い自然水です。しかし EC の急増からも見られるように、渋川市や伊勢崎市等の市街地を流下するに従い、利根川の水質も大きく変動していることがわかります。また EC と S の結果を見ると河口まで約 18 km の利根川河口堰付近まで海水が遡上していることもわかります。上述したように、市街地を流下している河川水での EC の増大は、生活排水や工場排水等の雑排水の混入の可能性があります。そのような地点における河川水の水質変化の究明や本流に合流する支川の水質調査は、利根川水系全域の水環境保全の管理の面からも非常に重要になるものと思われます。このような視点から今後、調査地点の充実を計りたいと思います。図-16 には、利根川本流についての水上温泉街 (□ 地点) から利根河口堰上流 (□ 地点) 間の河川水の水質変化状況をヘキサダイアグラムで表示しています。溶存化学成分の極めて低い源流域での残雪の水質 (図-9) は、溶存化学成分においても漸次変化し、利根河口堰上流の □ 地点では、源流域での水質とは大きく異なっています。特に、この変化傾向は、□ 地点の渋川市街地付近から生じていることもわかります。図-17 に示すように、利根川本流の水質タイプは、源流域でのアルカリ炭酸塩からアルカリ土類非炭酸塩に変質していることもわかります。

また図-18 と 19 には、利根川水系における 8 箇所での湧水等の著名な自然水 (地点は図-2 参照) についての溶存化学成分と水質タイプを示しています。□ と □ 地点以外の自然水は、EC が $100 \mu \text{S/cm}$ 以下で溶存化学成分が非常に低く、直接飲料できる清冽な「天地創水」であります。これらの自然水は、いずれもアルカリ土類炭酸塩に分類され、利根川水系北部及び北西部の山岳地域に存在しています。人為的要因による緑地の破壊や森林の激減などによって、直接飲料可能な「天地創水」は、平野部から山間部、山岳部へと確実に減少しつつあり、水環境保全・回復の重要性を改めて痛感します。

6. 結びにかえて

利根川源流の正体とその脅威、本流やその流域・周辺の水質特性等を提示し、利根川水系の水環境の実態に関する調査成果について概説しました。直接飲料できる「天地創水」も山岳部へと移行しつつあり、「関東の水がめ」利根川水系の水環境も徐々に悪化しつつある印象を強く受けました。今後、巨樹・巨木を育む水環境や希少生物が生棲する水環境の調査を複合できるように、一日も早く、調査地点の充実と科学的データの蓄積を計り、利根川水系の水環境マップの完成を急ぎたいと思います。特に、学会や学術レベルの成果で留まることなく、地域住民への還元や協力・理解への実践的活動を計り、水環境の保全・回復の重要性に警鐘を鳴していきたいと切望しています。

参考文献

- 1) 山口晴幸ら (1995) : 世界自然遺産「屋久島」からの自然環境レポート、地盤工学会、土と基礎、Vol.43、No.6、pp.53～57.
- 2) 山口晴幸ら (1995) : 樹齢 7200 年縄文杉に見た生命の神秘—長寿の秘訣は腹八分目か—、土木学会誌、話の広場、6 月号、pp.86～89.
- 3) 山口晴幸ら (1996) : 生命の水・多摩川源流—東京湧水天国—、土木学会、第 4 回地球環境シンポジウム講演集、pp.259～270.
- 4) 山口晴幸ら (1997) : 生命の水・多摩川源流、地盤工学会、土と基礎、Vol.45、No.4、pp.34～37.
- 5) 山口晴幸ら (1997) : 天地創水環境—利根川源流とその流域—、第 32 回地盤工学研究発表会投稿中.
- 6) 山口晴幸ら (1997) : 関東「生命の水がめ」・利根川源流、第 52 回土木学会年次学術講演会投稿中.