

渡良瀬川・利根川・江戸川流域河川及び水道水の無機元素

大道公秀¹⁾、宮本 廣²⁾、大道正義²⁾、町田和彦¹⁾

¹⁾ 早稲田大学大学院人間科学研究科環境保健学

²⁾ 千葉市環境保健研究所

Inorganic elements of Tap and River Water in the Watarase, Tone and Edo River System

Kimihide Ohmichi¹⁾, Hiroshi Miyamoto²⁾,
Masayoshi Ohmichi²⁾ and Kazuhiko Machida¹⁾

¹⁾ Department of Hygiene and Public Health, Graduate School of
Human Sciences, Waseda University, Saitama

²⁾ Chiba City Institute of Health and Environment, Chiba

Abstract In order to understand the behaviors of inorganic elements at the confluence of the river water and water supply process, the Watarase, Tone, and Edo River System was studied in regard to inorganic contamination. This river system starts from the base of the Ashio copper mine and ends at Tokyo Bay. Along the rivers, there are 14 local municipalities in Gunma, Saitama, Ibaragi and Chiba Prefectures, as well as Tokyo. This area is in the center of the Kanto Plain and includes the main source of water pollution from human activities. Moreover, the water of the river system is the source water for human activities in the Kanto area. We analyzed some inorganic elements to clarify water environmental status and outline the water environment problems in the research area. Water samples from 18 river sites and 42 water faucets at public facilities from the Watarase, Tone, and Edo basins which include 14 local municipalities were collected, and the degree of contamination was analyzed. Inorganic elements were analyzed by an inductively coupled plasma atomic emission spectrometer (ICP) and inductively coupled plasma mass spectrometer (ICP-MS). In river water, the concentrations of inorganic elements showed characteristic changes for each element as functions of location. As and Cu were detected in river water near the base of the Ashio copper mine. In tap water, we detected some samples containing inorganic elements exceeding the limits recommended by Japan Drinking Water Quality Standards. The current findings suggest that present water filtration plant procedures are not sufficient to remove certain inorganic elements from source water. Moreover, it is possible that the water works may have caused inorganic contaminations. These results may be important in the understanding of distribution patterns of inorganic elements.

Key Words : 水道水, 河川水, 無機元素, 水質, 高周波誘導結合プラズマ, 高周波誘導結合プラズマ質量分析
tap water, river water, inorganic elements, water quality, inductively coupled plasma atomic emission spectrometer (ICP), inductively coupled plasma mass spectrometer (ICP-MS)

連絡先：大道公秀

千葉大学大学院医学研究院環境生命医学

千葉市中央区亥鼻1-8-1

TEL: 043-226-2017, FAX: 043-226-2018

E-mail: ohmichi@graduate.chiba-u.jp

1. はじめに

我々は毎日多量に水を摂取し生存している。それゆえわずかな飲料水の水質変化がヒトの健康に影響を及ぼす可能性は否定できない。すなわち水質保全の観点だけでなく、ヒトの健康保護の観点からも主な飲料水である水道水に有害物質が混在することは防がねばな

らない。そこで我々は水道水とその水源となる河川水の水質分析を行った。

渡良瀬川・利根川・江戸川流域河川は、北関東地域を支える水源であり生活用水・工業用水・農業用水として幅広く利用される貴重な水資源である。したがって渡良瀬川・利根川・江戸川の河川水及び流域自治体水道水の水質について明らかにすることは北関東地域住民の健康を守る点から極めて重要である。

この流域では、渡良瀬川上流の足尾銅山による鉛問題がかつて深刻な重金属汚染問題として存在した [1]。そこで渡良瀬川上流の今日的現況を知ることも視野に入れ、調査対象地域は足尾銅山ふもとを調査開始地点とし、東京湾に至る河川水及び流域自治体水道水を採取し無機元素濃度を分析した。

河川は季節によってその水質も人間活動の変化や気候等の変化に伴い変化することが予測される [2]。1991年から1996年までに実施した町田らの先行調査 [3, 4] では季節変動を十分に検討できなかったことから、今回3ヶ月毎に調査を実施し季節変動についても調べた。本調査によって調査地域の水質の現状と課題について若干の考察を試みたところ、季節及び地域による検出動向の傾向や汚染経路に関する点などについて基礎的知見を得た。これらは良質な水道水供給に向けて、有用と思われる知見であるため報告する。

2. 方法

2.1 調査方法

渡良瀬川・利根川・思川・江戸川の河川を群馬県足尾銅山ふもとから栃木県・埼玉県・茨城県・千葉県と経て東京都葛飾区へと至る河川に沿った18地点 (Fig. 1中に示した地点1~18) とこれら河川流域14自治体 (Fig. 1中に示したA~Nの自治体) から42地点の水道水を2001年9月1, 2, 3日・11月23, 24, 25日・2002年2月25, 26, 27日及び5月31日・6月1, 2日に採水し試料とした。

採水は雨天とその翌日は避けた。河川水の採水はハイロート採水瓶を用いるなどして河川の流心より採水し、試験用途別に各容器に採取した。水道水は3分間程度十分に流水し、水道管内の置換を行ったのち採水した。いずれも衛生試験方法 [5] 及び上水試験方法 [6] などに定められた採水方法に準じて採水した。採取容器は、PFA製ポリ容器を用いた。

2.2 測定及び分析

試料は孔径0.45 μ mのフィルターでろ過し、ろ液を加熱し2倍濃縮させ、一斉分析法により33元素を測定した。

測定はICP (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer) 及びICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer) を用いた。測定条件はTable 1にまとめた。定量は内部標準法によって検量線を作成した。

Mg, Fe, Mo, B, CaはICPにより定量し、それ以外の元素に関してはICP-MSによって測定した。検出限界はICPが0.001 mg/Lであり、ICP-MSに関しては9月に採水した検体の測定が0.001 mg/Lであり、それ以降が0.0001 mg/Lであった。

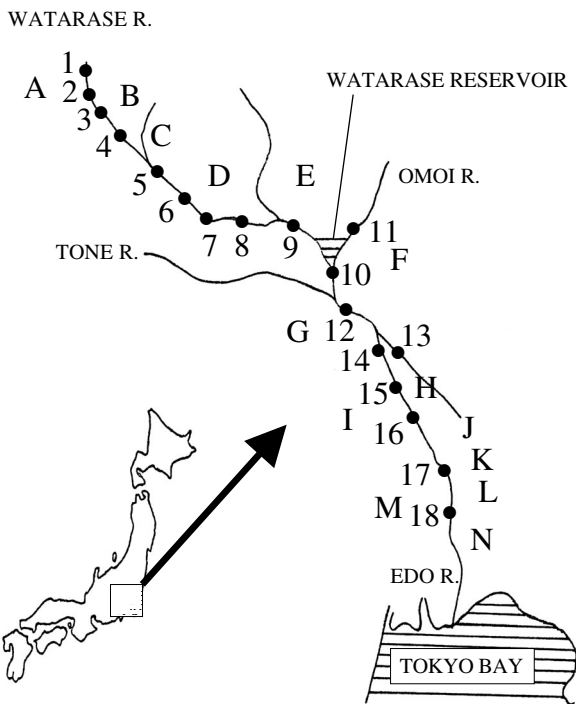


Fig. 1. Sampling stations along Watarase, Tone, and Edo river system are shown with numbers from 1 to 18. The letters from A to N indicate the 14 local municipalities where tap water were taken.

Table 1. Instrumental conditions for analysis

ICP (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer)	
Instrument	SPS1500V (Seiko instruments INC.)
Ar gas pressure	5.0 kgf/cm ²
Plasma gas flow rate	16 l/min
Auxiliary gas flow rate	0.6 l/min
Carrier gas pressure	2.2 kg/cm ²
RF POWER	1.3 KW
Internal standard	Y
ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer)	
Instrument	PMS-2000 (Yokogawa Analytical Systems)
Ar gas pressure	5.0 kgf/cm ²
Plasma gas flow rate	14 ± 0.5 l/min
Auxiliary gas flow rate	0.8 ± 0.2 l/min
Carrier gas pressure	2.4 kg/cm ²

3. 結果ならびに考察

水道法で基準が設けられている9元素に着目して結果を解析した。

< アルミニウム：Al >

水道水中では、2月に採水したE自治体水道水1検体が、水道水の目標値(快適水質項目)0.2000 mg/Lと近い0.1869 mg/Lを検出し、さらには5月に採水したE自治体水道水3検体が0.2065 mg/L、0.2071 mg/L、0.2163 mg/Lであり、水道水の目標値(快適水質項目)を超過する濃度であった。

E自治体水道水のアルミニウム濃度平均値は78.7 ± 62.4 μg/L (n = 11) を示した。これはE自治体以外の自治体水道水濃度平均値は4.0 ± 2.8 μg/L (n = 155) であったことから、E自治体水道水のアルミニウム濃度は他の地域に比べやや高く、この傾向は特に2月・5月に顕著だったと言える。水道水中でアルミニウムが検出される要因の一つとしては浄水過程で使用される凝集剤中のアルミニウム塩由来と考えられるが、E自治体水道水の原水は地下水であり、水道水中のアルミニウムは地下水に由来した可能性も否定できない。この点については今回地下水を採水しておらず不明である。アルミニウムはアルツハイマー症との関連 [7-9] が指摘される元素でもあり、検出に関しては注意が必要な元素でもある。この地域のアルミニウムについては詳細な挙動調査が必要と考えられる。

なお河川水と水道水の濃度平均値とその範囲についてはTable 2-1に示した。

< ヒ素：As >

河川水中では環境基本法(環境基準)基準値0.0100 mg/Lを超えるものはなかったが、11月に採水した地点5の河川水で0.0047 mg/Lのヒ素を検出した。水道水中では水道水の基準値0.0100 mg/Lを超えることはなかったが、2月に採水したJ自治体水道水1検体が0.0047 mg/Lであった。

ヒ素は地点1から地点9の渡良瀬川で検出される傾向にあり、地点10から地点18の利根川・江戸川では、渡良瀬川に比べて濃度が減少する傾向にあった (Fig. 2)。渡良瀬川では旧足尾銅山の影響を受けた河川水と水道水のヒ素の汚染が知られており [10, 11]、渡良瀬川より採水した河川水でのヒ素検出は、旧足尾銅山の影響が考えられる。一方、渡良瀬川河川水を原水とするA・B自治体水道水では高濃度のヒ素が検出されることはなかった。渡良瀬川上流地域の自治体水道水では浄水において十分なヒ素除去がなされていることが示唆された。ヒ素は古くから健康影響が知られており [12]、水道水では検出されないような水道水質管理が必要である。今回水道水では、基準値 (0.0100 mg/L) を超えるものはなかったが、検出動向については今後も監視は必要である。

なお河川水と水道水の濃度平均値とその範囲についてはTable 2-2に示した。

< アンチモン：Sb >

アンチモンは1992年(平成4年)の厚生省生活衛生局水道環境部長通知(衛水第264号)により、将来にわたり安全性の確保に万全を期する見地から監視項目に加えられ、暫定指針値0.0020 mg/L以下と示された。今回

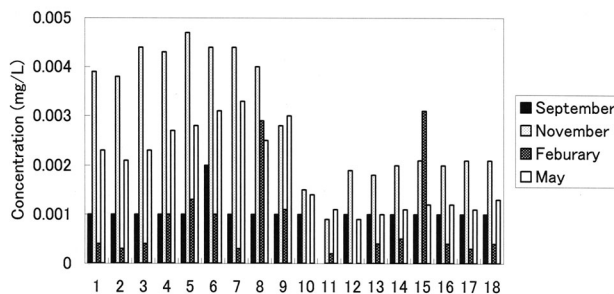


Fig. 2. Seasonal changes in As concentration in river water with the geological points.

Table 2. Concentration of 9 elements in River and Tap water (River water; n = 18/one sampling, Tap water; n = 42/one sampling, except 2 samples taken at Sep 2001 due to sampling mistaking) ND; Not Detectable

Table 2-1. Seasonal concentrations of Al in River and Tap water

Month	River Water concentration Average : (Range) (mg/L)	Tap Water concentration Average : (Range) (mg/L)
Sep 2001	0.004 : (0.001~0.008)	0.002 : (ND~0.022)
Nov 2001	0.0030 : (0.0013~0.0052)	0.0060 : (0.0009~0.0427)
Feb 2002	0.0084 : (ND~0.0140)	0.0188 : (ND~0.1869)
May 2002	0.0223 : (0.0037~0.0951)	0.0385 : (ND~0.2163)
Overall average	0.0596 : (ND~0.0951)	0.0163 : (ND~0.2163)

Table 2-2. Seasonal concentrations of As in River and Tap water

Month	River Water concentration Average : (Range) (mg/L)	Tap Water concentration Average : (Range) (mg/L)
Sep 2001	0.001 : (0.001~0.002)	0.000 : (ND~0.001)
Nov 2001	0.0030 : (0.0009~0.0047)	0.0009 : (ND~0.0029)
Feb 2002	0.0009 : (ND~0.0029)	0.0018 : (0.0006~0.0047)
May 2002	0.0019 : (0.0009~0.0031)	0.0005 : (0.0001~0.0020)
Overall average	0.0017 : (ND~0.0047)	0.0007 : (ND~0.0047)

Table 2-3. Seasonal concentrations of Sb in River and Tap water

Month	River Water concentration Average : (Range) (mg/L)	Tap Water concentration Average : (Range) (mg/L)
Sep 2001	ND	0.000 : (ND~0.001)
Nov 2001	0.0013 : (ND~0.0026)	0.0009 : (ND~0.0013)
Feb 2002	0.0008 : (0.0003~0.0021)	0.0005 : (ND~0.0019)
May 2002	0.0005 : (0.0002~0.0012)	0.0003 : (ND~0.0011)
Overall average	0.0006 : (ND~0.0026)	0.0004 : (ND~0.0019)

の調査では2月に採水したE自治体水道水より暫定指針値に近い0.0019 mg/Lの検出が確認された。アンチモンは給水過程で汚染されることは考えにくい。したがってE自治体水道水の原水が地下水であったことから地下水中にアンチモンが存在し水道水に影響を与えた可能性が考えられる。またE自治体水道水における浄水ではアンチモンが充分除去されていないことが示唆された。河川水での検出については、その由来が、天然由来か工場排水等によるか不明である。アンチモンの毒性に関する研究はヒ素に比べて少なく、明らかになっていないことは多い。しかしながらヒトに関する急性毒性[13]や動物実験による発がん性等[14]は以前から知られている。アンチモンの毒性に関してより詳細な研究が待たれるが、河川水中、水道水中のアンチモンの調査が引き続き必要である。

なお河川水と水道水の濃度平均値とその範囲についてはTable 2-3に示した。

< マンガン : Mn >

水道水では、11月に採水したE自治体水道水1検体が0.0101 mg/L、2月に採水したE自治体水道水3検体がそれぞれ0.0164 mg/L、0.0159 mg/L、0.0149 mg/Lであった。これらは水道水の目標値(快適水質項目)0.0100 mg/Lを超える濃度であり、E自治体の水道水が検出される傾向にあると言える。E自治体水道水の原水は地下水である。今回、地下水の採水を行っていないことから明らかではないが、この地域の地下水がマンガんに富み、それが浄水で除去されることなく移行した可能

性も考えられるが、現時点では不明である。水道水でのマンガンはいわゆる「黒い水」の原因にもなる。この地域の水道水のマンガン濃度を低下させる対策が必要である。

なお河川水と水道水の濃度平均値とその範囲についてはTable 2-4に示した。

< 鉄 : Fe >

水道水では9月に採水したA自治体水道水1検体が0.421 mg/Lであった。これは水道水の基準値である0.300 mg/Lを超えるものであった。鉄はこの他にも高値を示したものがあつた。これらの原因には水道管に使用されている鉄管からの溶出が考えられるため、原因解明の調査が必要である。

なお河川水と水道水の濃度平均値とその範囲についてはTable 2-5に示した。

< ニッケル : Ni >

9月に採水したG自治体水道水2検体がそれぞれ0.043 mg/L、0.025 mg/L、11月に採水したG自治体水道水1検体が0.0153 mg/L、2月に採水したH自治体水道水1検体が0.0119 mg/Lであり、水道水の暫定指針値0.0100 mg/Lを採水時期によらず超えていた。ニッケルの健康影響に関する臨床的あるいは疫学的研究はこれまでに少ないものの、アンチモン同様健康影響が疑われている[14]。したがって4検体の水道水が暫定指針値を超えたことについて原因の解明が必要である。

なお河川水と水道水の濃度平均値とその範囲について

Table 2-4. Seasonal concentrations of Mn in River and Tap water

Month	River Water concentration Average : (Range) (mg/L)	Tap Water concentration Average : (Range) (mg/L)
Sep 2001	0.001 : (ND~0.003)	0.000 : (ND~0.006)
Nov 2001	0.0237 : (0.0008~0.0977)	0.0015 : (0.0003~0.0101)
Feb 2002	0.0280 : (0.0012~0.0749)	0.0016 : (0.0003~0.0076)
May 2002	0.0098 : (ND~0.0713)	0.0019 : (ND~0.0164)
Overall average	0.0156 : (ND~0.0977)	0.0012 : (ND~0.0164)

Table 2-5. Seasonal concentrations of Fe in River and Tap water

Month	River Water concentration Average : (Range) (mg/L)	Tap Water concentration Average : (Range) (mg/L)
Sep 2001	0.028 : (0.013~0.041)	0.012 : (ND~0.421)
Nov 2001	0.025 : (0.009~0.082)	0.005 : (ND~0.041)
Feb 2002	0.022 : (ND~0.059)	0.005 : (ND~0.039)
May 2002	0.046 : (ND~0.472)	0.019 : (ND~0.172)
Overall average	0.030 : (ND~0.472)	0.013 : (ND~0.421)

Table 2-6. Seasonal concentrations of Ni in River and Tap water

Month	River Water concentration Average : (Range) (mg/L)	Tap Water concentration Average : (Range) (mg/L)
Sep 2001	0.001 : (0.001~0.002)	0.003 : (ND~0.043)
Nov 2001	0.0070 : (0.0023~0.0123)	0.0036 : (0.0009~0.0153)
Feb 2002	0.0068 : (0.0028~0.0114)	0.0038 : (0.0009~0.0119)
May 2002	0.0026 : (0.0011~0.0062)	0.0011 : (ND~0.0023)
Overall average	0.0044 : (0.0010~0.0123)	0.0029 : (ND~0.0153)

てはTable 2-6に示した。

< 銅 : Cu >

銅は地点1からの採水した河川水で特に高濃度であった (Fig. 3)。旧足尾銅山では1973年2月に採掘を中止した。しかし依然として周辺では坑内水の流出、長年にわたる選鉱スライスの風化が継続し、銅元素他、可溶性重金属の供給源地域と考えられている。今回の調査により旧足尾銅山のふもとに銅がまだ残留している可能性が示唆された (Fig. 3)。水道水中では基準値 (1.00 mg/L) を超えたものはなかったが、今回調査した銅濃度の平均値は河川水の平均値の2.65倍であった。河川水中の銅は浄水過程での凝集処理によってほぼ除去されると考えられる [6] ため、河川水から水道水への移行は考えにくい。したがって高値の理由については、給水過程において銅管を使用したラインからの溶出が有力な原因であると考えられる。高濃度の銅が検出された水道水はその給水過程の状態についてより詳細な調査が必要である。

なお河川水と水道水の濃度平均値とその範囲について

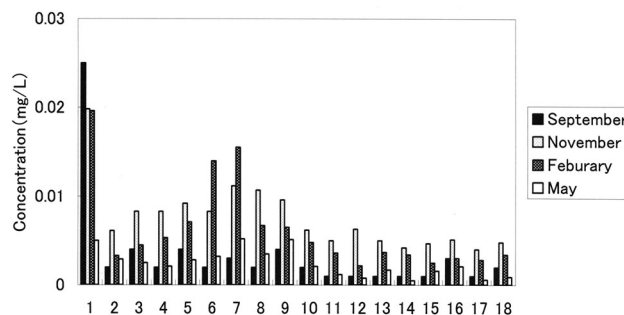


Fig. 3. Seasonal changes in Cu concentration in river water with the geological points.

てはTable 2 - 7に示した。

< カドミウム : Cd >

河川水では4検体、水道水では1検体のみで検出された。河川水からの検出は11月に採水した地点1が0.0003 mg/L、地点7が0.0005 mg/Lであり、2月に採水した地点1が0.0003 mg/L、さらに5月に採水した地点1が

Table 2-7. Seasonal concentrations of Cu in River and Tap water

Month	River Water concentration Average : (Range) (mg/L)	Tap Water concentration Average : (Range) (mg/L)
Sep 2001	0.003 : (0.001~0.025)	0.022 : (ND~0.520)
Nov 2001	0.0076 : (0.0040~0.0198)	0.0148 : (0.0019~0.0916)
Feb 2002	0.0062 : (0.0022~0.0196)	0.0082 : (0.0006~0.0518)
May 2002	0.0024 : (0.0006~0.0050)	0.0060 : (ND~0.0640)
Overall average	0.0049 : (0.0006~0.025)	0.0130 : (ND~0.520)

Table 2-8. Seasonal concentrations of Cd in River and Tap water

Month	River Water concentration Average : (Range) (mg/L)	Tap Water concentration Average : (Range) (mg/L)
Sep 2001	ND	ND
Nov 2001	0.0000 : (ND~0.0005)	ND
Feb 2002	0.0000 : (ND~0.0003)	0.0000 : (ND~0.0008)
May 2002	0.0000 : (ND~0.0001)	ND
Overall average	0.0000 : (ND~0.0005)	0.0000 : (ND~0.0008)

Table 2-9. Seasonal concentrations of Pb in River and Tap water

Month	River Water concentration Average : (Range) (mg/L)	Tap Water concentration Average : (Range) (mg/L)
Sep 2001	0.000 : (ND~0.001)	0.003 : (ND~0.009)
Nov 2001	0.0003 : (ND~0.0038)	0.0005 : (ND~0.0027)
Feb 2002	0.0010 : (ND~0.0031)	0.0014 : (ND~0.0266)
May 2002	0.000 : (ND~0.005)	0.0003 : (ND~0.0019)
Overall average	0.0004 : (ND~0.0038)	0.0013 : (ND~0.0266)

0.0001 mg/Lであった。いずれも環境基本法（環境基準）基準値0.0100 mg/L以下であった。また水道水では2月に採水したB自治体水道水1検体が0.0008 mg/Lであったが、水道水の基準値0.0100 mg/L以下であった。河川水からの検出は地点1、地点7の2地点であった。これは渡良瀬川上流地域でのカドミウム汚染の可能性を示唆し、旧足尾銅山の影響も考えられる。カドミウムの生体影響 [15, 16] を考えると、より上流地域でのカドミウムの調査が今後必要であろう。また水道水では2月に採水したC自治体水道水1検体が0.0008 mg/Lであったが、カドミウムが浄水過程以降で汚染されたことは考えにくく、原水での汚染がそのまま移行した可能性が高い。

なお河川水と水道水の濃度平均値とその範囲についてはTable 2-8に示した。

< 鉛：Pb >

鉛は水道基準値 (0.0500 mg/L) を超えた水道水はなく、最も高濃度を示した水道水は2月に採水したB自治

体水道水1検体が0.0266 mg/Lであった。

水道水では軟水やpH値の低い水において、使用している鉛管からの鉛が溶出する可能性があるが、鉛管からの溶出による汚染か否かは現時点では不確定である。

なお河川水と水道水の濃度平均値とその範囲についてはTable 2-9に示した。

< 季節変動及び地域変動 >

季節ごとに水道水中の水質基準値・指針値・目標値の超過状況を見ると、9月に3検体、11月に2検体、2月に4検体、5月に3検体が水道水中の水質基準値・指針値・目標値を超過した。すなわち、傾向として2月に高値となった。季節による濃度変化の原因については明らかにできていないが、天候や自然環境から少なからず影響を受けているものと思われる。

地域差に関しては、E自治体が最も水質基準値・指針値・目標値を超過した検体が多く、7検体存在した。したがってE自治体に関しては原水・浄水を含めた詳細な調査が必要であると考えられた。水道水中の揮発性有

Table 3. Concentrations of 33 elements in River and Tap water (River water; n = 72, Tap water; n = 166)

elements	River Water concentration	Tap Water concentration
	Overall average : (Range) (mg/L)	Overall average : (Range) (mg/L)
Al	0.0596 : (ND~0.0951)	0.0163 : (ND~0.2163)
As	0.0017 : (ND~0.0047)	0.0007 : (ND~0.0047)
Sb	0.0006 : (ND~0.0026)	0.0004 : (ND~0.0019)
Mn	0.0156 : (ND~0.0977)	0.0012 : (ND~0.0164)
Fe	0.030 : (ND~0.472)	0.013 : (ND~0.421)
Ni	0.0044 : (0.0010~0.0123)	0.0029 : (ND~0.0153)
Cu	0.0049 : (0.0006~0.025)	0.0130 : (ND~0.0520)
Cd	0.0000 : (ND~0.0005)	0.0000 : (ND~0.0008)
Pb	0.0004 : (ND~0.0038)	0.0013 : (ND~0.0266)
Li	0.0045 : (ND~0.0119)	0.0057 : (ND~0.0605)
Be	ND	ND
Sc	0.0011 : (0.0002~0.0026)	0.0013 : (ND~0.0058)
V	0.0011 : (0.0009~0.0034)	0.0013 : (ND~0.0035)
Ti	0.0006 : (ND~0.0018)	0.0006 : (ND~0.0046)
Ga	ND	ND
Ge	0.0001 : (ND~0.0004)	0.0001 : (ND~0.0009)
Se	0.0009 : (ND~0.0030)	0.0015 : (ND~0.005)
Rb	0.0046 : (0.0009~0.0106)	0.0057 : (0.0003~0.0129)
Ag	0.0000 : (ND~0.0004)	0.0000 : (ND~0.002)
In	ND	ND
Sn	0.0003 : (ND~0.0014)	0.0002 : (ND~0.0022)
Cs	0.0008 : (ND~0.0091)	0.0027 : (ND~0.031)
Ce	0.0002 : (ND~0.0047)	0.0001 : (ND~0.0011)
Bi	0.0000 : (ND~0.0003)	ND
U	ND	ND
B	0.090 : (ND~0.254)	0.093 : (ND~0.417)
Ca	22.317 : (9.821~51.37)	20.722 : (6.55~43.98)
Mg	4.00 : (1.38~8.75)	4.73 : (1.51~8.62)
Cr	0.0009 : (ND~0.0032)	0.0007 : (0.0002~0.0023)
Zn	0.0115 : (0.0016~0.0563)	0.0180 : (0.0011~0.191)
Sr	0.1189 : (ND~0.1958)	0.1271 : (0.0320~0.3025)
Mo	ND	ND
Ba	0.0072 : (0.001~0.0169)	0.0138 : (0.002~0.0449)

※ Bi was not measured at November, 2001.

機化合物の濃度に関しては採水時期と地域によって変動することをすでに報告している [4, 17, 18] が、河川水及び水道水中の無機元素もまた、揮発性有機化合物同様に季節変動及び地域変動を有することが本研究で示唆された。

地域によって検出動向に差異があったことは、浄水場間の浄水能力に差異が存在したことも一つの要素として推測される。さらに元素に着目すると、その除去されやすさが元素間で異なったことも浄水処理能力を反映した結果であろう。浄水工程については詳細な調査が不十分である。したがって浄水方法及び浄水処理能力と各種無機元素の検出との関連性の検討が不十分であり、浄水工程に関する知見収集については今後の検討課題としたい。

< その他の元素 >

上述の9元素以外の無機元素については Table 3 にて

河川水・水道水の濃度平均値とその範囲を集計した。

4. まとめ

本研究では、渡良瀬川・利根川・江戸川流域での河川水及び水道水の水質について以下の如く、いくつかの新知見を得た。

1、水道水では給水過程で、鉄・鉛・銅などの各種元素に汚染されている可能性を示唆した。原水から浄水場を経て水道水として供給されるまでの過程では、各種無機元素の汚染の可能性を示唆していた。

2、原水と水道水との関連性では、浄水過程において各種無機元素が完全に除去されることなく給水に移行することが疑われる結果となった。

3、渡良瀬川上流域河川水では銅・ヒ素などが高値で検出され、旧足尾銅山地域での重金属流出が続いていることが疑われた。

本研究では、広い地域から採取した河川水・水道水試料を用いて多項目の元素分析を行い、元素分布の地域特性を提示することができた。さらに河川水・水道水について各種元素の濃度範囲に関しての知見を得ることができた。

今後、良質の水道水供給について、無機元素の汚染原因の解明による水質の向上化を含めてさらなる詳細な調査が必要である。

謝 辞

稿を終えるにあたり、ご指導とご助言賜りました千葉市環境保健研究所の先生方、また調査にご協力いただいた早稲田大学の野千尋さん、曾根広行さん、壽和輝さん、岩花永以子さん、酒井秀人さん、平川仁美さん、山崎享子さんに心より感謝いたします。

文 献

- 1) 松浦茂樹：足尾鉍毒事件と渡良瀬遊水地：アーカイブス利根川。信山社サイテック、東京、2001、73-95頁。
- 2) Fytianos K, Siumka A, Zachariadis GA, Beltsios S : Assessment of The Quality Characteristic of Pinios River, Greece. Water Air Soil Poll 136: 317-329, 2002.
- 3) 加藤英明、塚本和正、村山留美子、仲川 広、町田和彦：渡良瀬川、利根川、江戸川水系の河川の汚染と水道水。日本衛生学雑誌49(1)：221, 1994.
- 4) 大道公秀、町田和彦：河川水と水道水との関係性に関する研究成果。体力・栄養・免疫学雑誌11(2)：A69-A70, 2001.
- 5) 日本薬学会編：衛生試験法・注解 2001年度版。金原出版、東京、2001.
- 6) 水道協会：上水試験方法 2001年度版。水道協会、

- 東京, 2001.
- 7) Alfrey AC, LeGendre GR, Kaehny WD: The dialysis encephalopathy syndrome: Possible aluminum intoxication. *New Engl J of Med* 294(4): 184-188, 1976.
 - 8) Candy JM, Oakley AE, Klinowski J, Carpenter TA, Perry RH, Attack JR, Perry EK, Blessed G, Fairbairn A, Edwardson JA: Aluminosilicates and senile plaque formation in Alzheimer's disease. *Lancet* 1(8477): 354-357, 1986.
 - 9) Neri LC, Hewitt D: Aluminium, Alzheimer's disease, and drinking water. *Lancet* 338(8763): 390, 1991.
 - 10) 松田俊治、栗原英也、村上俊幸：河川水中の砒素とその処理。 *用水と排水* 18(9)：49-56, 1976.
 - 11) 日本地質学会環境地質研究会：砒素をめぐる環境問題。 東海大学出版会, 東京, 1983, 63-94頁。
 - 12) 常俊義三：ヒ素による健康影響とその後。 *公衆衛生* 15：530-537, 1987.
 - 13) Miller JM: Poisoning by antimony, a case report. *Southern med J* 75: 592, 1982.
 - 14) Schreeder HA: Zirconium, niobium, antimony, vanadium and lead in rats: life term studies. *J Nutr* 100: 59-68, 1970.
 - 15) 福島匡昭、石崎有信、能川浩二、坂元倫子、小林悦子：イタイイタイ病 発生地住民の腎障害に関する疫学的研究, (第一報) 神通川流域住民の尿検査成績。 *日本公衆衛生学雑誌* 21：65-73, 1974.
 - 16) 斎藤寛、塩路隆治、古川洋太郎、有川 卓、斎藤喬雄、永井謙一、道又勇一、佐々木康彦、古山隆、吉永 馨：カドミウム環境汚染にもとづく慢性カドミウム中毒の研究。 *日本内科学雑誌* 64：1371-1383, 1975.
 - 17) 大道公秀、大道正義、町田和彦：渡良瀬川・利根川・江戸川流域での河川水および水道水の水質に関する追跡研究 (中間報告)。 *日本学術会議 第6回水資源に関するシンポジウム シンポジウム論文集*：744-749, 2002.
 - 18) 大道公秀、大道正義、町田和彦：渡良瀬川・利根川・江戸川流域水道水の揮発性有機化合物, *日本衛生学雑誌* 59(1)：45-50, 2004.