

武庫川学院の水

扇間 昌規, 片岡 裕美, 矢田 朋子, 吉川 典子, 伊藤 誉志男
(武庫川女子大学薬学部)

Quality of Water Used in Mukogawa Gakuin

Masanori Semma, Hiromi Kataoka, Tomoko Yada,
Noriko Yoshikawa and Yoshio Ito

*School of Pharmaceutical Sciences,
Mukogawa Women's University, Nishinomiya 663, Japan*

Water samples taken from each campus of Mukogawa Gakuin located in Nishinomiya and Kobe cities were analyzed their ionic components by ion chromatography. Contents of F^- , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} and Ca^{2+} in the tap water clearly reflected the water sources. The levels of the detected ions were far lower in the light of the Waterworks Law of Japan.

Besides the analyses of the tap water, as parts of the works of the legal school pharmacist, we have been periodically performing the chemical and biomicrobiological annual examinations for qualities of the water for drinking and the swimming pool of the University Junior and Senior High School and University Kindergarten for many years.

In the summer of 1996, near 9,000 people in Japan, most of them were school children of the Kansai area, were poisoned by the pathogenic *Escherichia coli* O-157:H7, which produces Vero toxin and is infectious if contaminated in water. Therefore, it should be essential to examine the water quality not only chemically, but also microbiologically. In this paper, our newest results of the examinations performed in June of 1996 are also described.

緒 言

近年健康に及ぼす飲料水の成分に人々の関心が高まっている。浄水器の利用の増加, ミネラルウォーターへの人気等からもそのことがうかがえる。わが国の飲料水の大部分は河川水を水源とした水道水で, 各都道府県, 市町村等の水道事業体の水質管理によって水道水水質基準が厳密に守られている。言い替えば, 各地の浄水場では, 貴重な資源でもある河川水が効率よく再利用されるために, 河川に流れ込む各種排水を含む原水を, その汚染の程度に応じた物理的, 生物学的および薬品を用いる化学的浄化処理を行いながら水質基準を満たした水道水を確保

し供給している。従って, 河川水を利用する限り, 流域の上流に位置する各種産業およびその周辺に住む人々の自然環境に対するモラルが, 下流を含めた流域全体の水質に大きく影響することになる。我々は平成6年の秋期に, 琵琶湖・淀川水系の同一水源を水道水に利用する京都市, 大阪市, 神戸市の家庭の蛇口から出る水道水中のイオン成分を分析した。そして水道水中のイオン組成が水系の汚染の程度を反映していることを報告した。その際, 武庫川学院の兵庫県内に所在する各キャンパスの水道水や, 京阪神の天然水, 国産および輸入ミネラルウォーター中の主要なイオン類も同時に分析した。

その後, 平成7年1月17日阪神淡路大震災が発

生し、西宮市の水道事業も甚大な被害を受けた。しかしながら、全国からの給水支援と、速やかな修復と冬季であったことと市民の注意により、飲料水による中毒や感染症は被災地域全域にわたってほとんど発生しなかった。翌平成8年は5月末以降、短期間のうちに関西地方を中心に全国的に病原性大腸菌O-157による食中毒が多発し、12名の犠牲者が出た。O-157はわが国では水系感染の前歴をもつ菌であり、各地で水質の微生物学的検査が実施された。

学校保健法第10条の規定に基づき、大学以外の学校の保健管理に関する事項には、学校薬剤師が定期的にある場合には臨時に検査を実施することが義務づけられている。我々は、武庫川女子大学付属中学校及び高等学校そして幼稚園の保健管理に関する事項すなわち空気、騒音、照明および水質の検査を持続的に実施している。今回、武庫川学院各キャンパスの水道水中のイオン成分分析結果と学校保健法に関する検査項目のうち、水質検査の結果も併せて報告する。

実験方法

1. 水中陰イオン及び陽イオンのイオンクロマトグラフィー 陰イオン分析および陽イオン分析に使用した装置はいずれも既報¹⁾の通り、Dionex社製のマイクロメンブランサプレッサー付きイオンクロマトグラフで電気伝導度検出器により定量した。用いた試薬類も既報¹⁾の通りであった。なお、これらの分析システムで解析されるイオン類とそれぞれの検出限界は以下の通りであった(単位 mg/L);陰イオンは、 F^- (0.03), Cl^- (0.1), NO_2^- (0.01), Br^- (0.06), NO_3^- (0.02), HPO_4^{2-} (0.1), SO_4^{2-} (0.03), 陽イオンは Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} (いずれも 0.1)であった。

2. 試料 大部分の試料は平成6年の9~11月に、本部中央キャンパス(付属幼稚園を含む 西宮市池開町), 浜甲子園キャンパス(付属中学校, 高等学校 西宮市枝川町), 浜甲子園キャンパス(薬学部 西宮市甲子園九番町), 上甲子園キャンパス(甲子園会館 西宮市戸崎町), 公江記念グラウンド(西宮市鳴尾浜)および北摂キャンパス(丹嶺学苑 神戸市北区長尾町)にて蛇口より採水した水道水である。中央キャンパスでは本館, 記念講堂, 中央図書館などを含むほぼ全ての建物から合計24試料, その他は各キャンパスから2~5試料を分析した。

また、同一期間内に入手したいくつかの天然水

(乗鞍岳の雪渓, 京都市貴船神社の神水, 京都市八坂神社の湧水, 茨木市疣水神社の神水)や、国産及び輸入ナチュラルミネラルウォーター(六甲のおいしい水, Vittel, Crystal Geysler, Evian, Valvert, Volvic)も比較のために用いた。

採水した水道水試料は細胞培養用の50ml滅菌プラスチックフラスコ(ファルコンあるいはコーニング)に満たし密栓して運搬した。なおフラスコからのイオンの有意な溶出や吸着は認められなかった。

3. 学校保健法に基づく水質試験 遊離残留塩素, 外観, 臭気, 味, 水素イオン濃度(pH), 硝酸性窒素および亜硝酸性窒素, 塩素イオン, 硬度, 加マンガン酸カリウム消費量などの理化学的試験, および細菌学的試験として一般細菌, 大腸菌群の各試験項目を実施した。各項目はいずれも衛生試験法・注解に従って検査した。

結果と考察

武庫川学院の関西各キャンパスの水道水中の主要イオン組成

今回の測定条件でのイオンクロマトグラフィーステムによって、 NO_2^- , Br^- , HPO_4^{2-} および NH_4^+ の4種はいずれの試料でも検出限界以下であった。武庫川学院の兵庫県内各キャンパスの水道水中に検出された8種のイオンについての分析結果をTABLE Iに示した。8種イオンの濃度(mg/L)を、測定した各キャンパス試料の平均値, 最小値及び最大値と比較したものである。

兵庫県にある武庫川学院の6つキャンパスのうち西宮市に所在する5つのキャンパスの水道水のイオン成分を比較すると、池開町, 枝川町, 甲子園九番町および鳴尾浜の各キャンパス(キャンパスA, B, C, D)から採水した試料は本質的に同一であることが分かる。このイオン類の濃度は先に報告した¹⁾琵琶湖・淀川水系に由来する大阪市および神戸市の水道水の組成とほぼ完全に一致している。すなわち、西宮市の水道でこれらのキャンパスへ給水される水道水の水源は大部分琵琶湖・淀川水系のものであることが示された。

これに対して、同じ西宮市に所在している上甲子園キャンパス(キャンパスE)の水道水中のイオン組成は大きく異なっており、水源が全く別であることを示している。すなわち、上記の琵琶湖・淀川水系由来の水に比べて硝酸イオンと硫酸イオンが著しく少なく、ナトリウム, カリウム, マグネシウムの陽

TABLE I Comparison of Ionic Components in the Tap Water of Each Campus of Mukogawa Gakuin (mg/L)

| | F ⁻ | | | Cl ⁻ | | | NO ₃ ⁻ | | | SO ₄ ²⁻ | | |
|----------|----------------|------|------|-----------------|------|------|------------------------------|-----|-----|-------------------------------|------|------|
| | Mean | Min | Max | Mean | Min | Max | Mean | Min | Max | Mean | Min | Max |
| Campus A | 0.07 | 0.04 | 0.11 | 21.4 | 17.0 | 28.5 | 5.8 | 4.4 | 7.1 | 33.7 | 31.3 | 38.9 |
| B | 0.07 | 0.05 | 0.09 | 21.9 | 17.0 | 25.4 | 5.2 | 4.9 | 5.3 | 35.4 | 32.3 | 37.0 |
| C | 0.06 | 0.04 | 0.07 | 24.5 | 24.0 | 25.8 | 5.8 | 5.6 | 6.3 | 36.4 | 34.9 | 37.0 |
| D | 0.08 | 0.07 | 0.11 | 26.3 | 24.0 | 28.5 | 6.0 | 5.7 | 6.2 | 34.5 | 33.0 | 35.9 |
| E | 0.22 | 0.20 | 0.25 | 43.8 | 39.5 | 48.0 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 19.0 | 18.4 | 19.5 |
| F | 0.15 | 0.14 | 0.16 | 11.0 | 10.5 | 11.4 | 1.1 | 0.9 | 1.2 | 9.1 | 8.9 | 9.3 |

| | Na ⁺ | | | K ⁺ | | | Mg ²⁺ | | | Ca ²⁺ | | |
|----------|-----------------|------|------|----------------|-----|-----|------------------|-----|-----|------------------|------|------|
| | Mean | Min | Max | Mean | Min | Max | Mean | Min | Max | Mean | Min | Max |
| Campus A | 16.4 | 14.7 | 21.5 | 3.1 | 2.3 | 4.4 | 3.0 | 2.4 | 3.5 | 22.0 | 20.1 | 26.0 |
| B | 17.3 | 17.1 | 17.7 | 3.7 | 3.1 | 4.4 | 3.1 | 3.0 | 3.2 | 23.6 | 22.1 | 25.4 |
| C | 17.3 | 15.7 | 17.8 | 3.5 | 3.4 | 3.8 | 3.3 | 2.9 | 3.5 | 24.7 | 21.0 | 26.0 |
| D | 17.9 | 17.0 | 18.8 | 3.5 | 3.4 | 3.5 | 3.2 | 3.0 | 3.3 | 21.8 | 20.0 | 21.6 |
| E | 26.5 | 25.9 | 27.0 | 6.5 | 5.9 | 7.0 | 5.9 | 5.8 | 5.9 | 20.4 | 20.0 | 20.7 |
| F | 11.7 | 10.6 | 12.7 | 2.0 | 1.9 | 2.0 | 1.4 | 1.3 | 1.4 | 12.3 | 12.1 | 12.4 |

Campus A; Central campus in Ikebiraki-cho, B; Koshien campus in Edagawa-cho, C; Koshien campus in Koshien Kyuban-cho, D; Koe memorial stadium in Naruohama, E; Koshien Hall in Tosaki-cho, Nishinomiya, and F; Tanrei Seminar Center in Kita-ku, Kobe.
n=24 for A, 2-5 for B through F.

イオン類と、フッ素および塩素イオンが多いことが特徴的である。これは、上甲子園キャンパスに隣接する浄水場にて汲み上げ、処理された地下水を水源とした水であることを示唆する。

神戸市の水道水の約7割は琵琶湖・淀川水系を水源としている。しかし北摂キャンパス丹嶺学苑の水道水は、フッ素イオンを除いたその他のイオン類がすべて琵琶湖・淀川水系の水より著しく少ないのが特徴である。これは千刈貯水池の水を水源とする水道水で、神戸市の北区など一部に給水されている水であることを示している。以上のように武庫川学院のキャンパスには少なくとも3つの異なった水源の水が水道水として供給されていることが分かる。

これらのイオン類のうち、わが国の水道法に基づく水質基準の設定されているものは、フッ素(0.8mg/L以下);塩素イオン(200mg/L以下);ナトリウム(200mg/L以下);カルシウム、マグネシウム等(硬度)(300mg/L以下);硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素(10mg/L以下)である。硬度や硝酸性窒素量はカルシウムイオン、マグネシウムイオン及び硝酸イオンの濃度から換算できるが、今回の分析結果はいずれもこれらの基準値よりはるかに小さいものである。

2. 天然水のイオン成分

いくつかの天然水のイオンを比較して TABLE II に示した。その中で特に乗鞍岳の雪溪の成分は、地

TABLE II Comparison of Ionic Components in Natural Water Samples (mg/L)

| Samples | F ⁻ | Cl ⁻ | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Na ⁺ | K ⁺ | Mg ²⁺ | Ca ²⁺ |
|---------|----------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|
| A | ND | 1.1 | ND | ND | 0.7 | 0.3 | 0.2 | 0.6 |
| B | ND | 3.6 | 1.5 | 9.9 | 4.4 | 0.4 | 4.6 | 42.4 |
| C | ND | 16.0 | 14.6 | 11.3 | 15.7 | 2.4 | 3.0 | 7.9 |
| D | ND | 30.5 | 11.5 | 27.7 | 26.6 | 1.7 | 6.2 | 31.0 |
| E | 0.15 | 12.0 | 7.3 | 16.7 | 13.0 | ND | 4.5 | 28.4 |
| F | 0.62 | 10.0 | 9.9 | 328.0 | 4.5 | 1.7 | 51.1 | 211.5 |
| G | 0.74 | 2.1 | 0.7 | 15.6 | 13.9 | 1.1 | 1.0 | 17.6 |
| H | ND | 5.2 | 2.9 | 12.3 | 8.2 | 8.0 | 39.6 | 76.8 |
| I | 0.11 | 10.1 | 6.3 | 15.4 | 2.0 | 0.1 | 1.7 | 88.4 |
| J | 0.19 | 8.2 | 5.9 | 7.3 | 12.9 | 7.2 | 8.9 | 15.6 |

Water samples of A; snow of Mt. Norikura, B; spring of Kibune Shrine, C; spring of Yasaka Shrine, D; spring of Ibomizu Shrine, E; spring of Mt. Rokko, F; Vittel, G; Crystal geyser, H; Evian, I; Valvert, J; Volvic
ND; less than 0.03, 0.01, 0.06, 0.1 mg/L for F⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻ and K⁺, respectively. Each value represents average of three trials.

TABLE III Quality of Drinking water of the University Junior and Senior High School and Kindergarten

| | Free Residual Chlorine | Appearance | Odor | Taste | pH | Nitrate Nitrogen and Nitrite Nitrogen | Cl ⁻ | Hardness | Potassium Permanganate Consumption Value | General Bacteria | Coliform Group |
|----------|------------------------|-----------------------|-------------|-------------|------------|---------------------------------------|-----------------|----------|--|---------------------------------|----------------|
| Standard | >0.1mg/L | colorless transparent | not unusual | not unusual | 5.5 8.6 | <10mg/L | <200mg/L | <300mg/L | <10mg/L | less than 100 colonies per 1 mL | 0 |
| Samples | | | | | | | | | | | |
| A | 0.1 | c & t | n.u. | n.u. | 6.9 | 0.70 | 21.1 | 65.5 | 1.6 | 5 | 0 |
| B | 0.2 | c & t | n.u. | n.u. | 7.1 | 0.84 | 22.5 | 66.6 | 1.6 | 30 | 0 |
| C | 0.1 | c & t | n.u. | n.u. | 6.9 | 0.81 | 21.5 | 57.7 | 1.3 | 0 | 0 |
| D | 0.1 | c & t | n.u. | n.u. | 7.0 | 0.80 | 21.6 | 57.8 | 1.6 | 0 | 0 |
| E | 0.3 | c & t | n.u. | n.u. | 7.0 | 0.79 | 20.9 | 56.4 | 1.2 | 0 | 0 |
| F | 0.4 | c & t | n.u. | n.u. | 6.8 | 0.79 | 22.6 | 54.4 | 0.6 | 0 | 0 |
| G | 0.4 | c & t | n.u. | n.u. | 6.9 | 0.75 | 21.0 | 64.8 | 0.3 | 0 | 0 |
| H | 0.3 | c & t | n.u. | n.u. | 6.9 | 0.77 | 21.1 | 70.8 | 1.2 | 0 | 0 |
| I | 0.5 | c & t | n.u. | n.u. | 6.9 | 0.63 | 26.4 | 62.3 | 2.9 | 0 | 0 |
| J | 0.5 | c & t | n.u. | n.u. | 6.9 | 0.65 | 28.1 | 63.8 | 2.3 | 0 | 0 |
| K | 0.5 | c & t | n.u. | n.u. | 6.9 | 0.70 | 26.0 | 63.0 | 2.9 | 0 | 0 |

Samples from the University Junior and Senior High School A; cooking exercise room No. 1, B; cooking exercise room No. 2, C; water cooler in the C building of the Senior High School, D; water cooler in the C building of the Junior High School, E; School Office, F; dining hall, G; dormitory Mutsumi, H; the tap water to be filled in the swimming pool. Samples from the University Kindergarten I; pantry, J; playing garden, K; class room Skura. c & t; colorless, transparent, n.u.; not unusual

球の水の循環の一環を示しており興味深い。すなわち、海水が蒸発して水分子が大気上空に上昇し、雲になり移動し、冷却されて雪の結晶となって地上に戻り、解けて川となり、地球をうるおわせ生命をめぐくみ、海へ流れ込み…という循環である。その循環のなかで、海水の主要成分²⁾が海面のしぶきに含まれて、蒸発する水に混入し、水と挙動を共にして循環することが示唆される結果である。また、輸入ナチュラルミネラルウォーターの中には、マグネシウム及びカルシウム濃度(硬度)や硫酸イオン濃度のきわめて高いものがあることもわかる。

3. 学校保健法に基づく水質検査結果

我々は学校保健法に基づき、学校薬剤師として定期的に武庫川女子大学付属中学校および付属高等学校と付属幼稚園の水質試験を担当している。平成8年6月26日～28日に実施した最も新しい飲料水及びプール水の水質検査の結果を、それぞれTABLE IIIとTABLE IVに示す。TABLE IIIは飲料水の水質検査の結果であり、給水栓水(蛇口の水)の遊離残留塩素の基準値0.1mg/L以上をすべての試料が満たしている。また、外観は無色透明で、異常な臭気や味も認められず、採水直後の各試料のpHも

6.9～7.1である。硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素(硝酸イオン濃度及び亜硝酸イオン濃度から換算される)、塩素イオンのいずれもほぼ一定で共に基準値に比べはるかに小さい。硬度(カルシウムイオンおよびマグネシウムイオンの量をそれぞれ炭酸カルシウム量に換算して得られる値)はほどよい軟水であることを示している。更に、飲料水中に混入する有機物量を反映する過マンガン酸カリウム消費量も、基準値よりはるかに小さいことが分かる。プール水の理化学的試験の結果も同様である(TABLE IV)。

理化学的試験項目における今回の結果や測定値は平成6年度、平成7年度の結果とほとんど同じであった(平成6年に測定した中央キャンパスと甲子園キャンパスの水道水中の塩素イオン濃度(TABLE I A, Bを見れば分かる)。このことは、阪神大震災前の水質が維持されていることを示している。水圧が下がり、水道管に亀裂が入ったりすると、地下水が管内に浸入するので、蛇口から出る水のイオン成分組成が変化するからである。

水質の理化学的試験と同時にを行った細菌学的試験項目では、大腸菌群(Coliform group)は飲料水及びプール水いずれの試料からも全く検出されていな

TABLE IV Quality of water in swining pool of the University Senior and Junior High School

| | Free Residual Chlorine | Appearance | pH | Potassium Permanganate Consumption Value | General Bacteria | Coliform Group |
|----------|------------------------|----------------------------------|-----------------|--|---------------------------------|----------------|
| Standard | >0.4mg/L | visible white line of the bottom | 5.5 8.6 | <12mg/L | less than 200 colonies per 1 mL | 0 |
| Samples | | | | | | |
| A | 1.5 | clearly | 7.4 | 1.8 | 16 | 0 |
| B | 1.5 | clearly | 7.4 | 2.0 | 2 | 0 |
| C | 1.0 | clearly | 7.4 | 2.1 | 11 | 0 |

Samples taken from A; north side, B; south side and c; center of the swimming pool.

い(TABLE III, IV). 試験項目の大腸菌群は、試料水の尿尿等による汚染を検出するものである。大腸菌群の多くはヒトに非病原性であるが、平成8年、短期間に全国で9,000名近くに集団食中毒を起こし、うち12名の命を奪ったペロ毒素を産生する病原性大腸菌O-157などの消化器系病原菌も含まれる。水道水に検出される場合は水道管内へ汚水混入の可能性が高い。O-157は平成2年に、関東の幼稚園で飲料用井戸水に混入し水系感染を起こし、2名の幼児を死亡させている。

なお、水道水質基準には大腸菌群は検出されないことと定められている。また、上述の遊離残留塩素の基準値0.1mg/Lは、大腸菌群を5分で死滅させる濃度である。

次に、一般細菌数を比較すると、飲料水試料では、常時使用している蛇口からの水には全く検出されないのに、しばらく使用されていなかった調理実習室の蛇口を開いた2分以内の水の中にのみ、基準値の1/3以下であるが、1ml当り5~30コロニー検出された(TABLE III A, B)。水中の一般細菌は無害な雑菌群(常在菌)であるが、少ない方がよい。水道管内の水中の細菌類の殺菌には遊離残留塩素が有効であるが、利用されていない蛇口ではその先端部に環境中の雑菌が付着し増殖する可能性がある。従って、しばらく使用してなかった蛇口から飲料水を汲むときには、最初の数リットルを放水し、出口周辺を水洗いした後の水を採るのがよい。一般細菌はプールに放水される水道水中(TABLE III H)には検出されないが、プール水中には1mlあたり最大16コロニー検出された(TABLE IV A)。基準値の1/10以下であり、環境中の雑菌の混入であり、健康上問題になるとは考えられない。

プール使用時は残留塩素の測定を頻繁に行い塩素の補給も必要である。水道水に対する責任は、給水栓を出た途端に利用者のもものとなる。

文 献

- 1) 扇間昌規, 伊藤誉志男, 中室克彦, 佐谷戸安好, 衛生化学, 42, 67-73(1996)
- 2) 内海誓一郎, 鈴木啓介, 坪田博行, 野田春彦, 妹尾学, 吉田章一郎, 水—生命のふるさと—, 共立出版, 東京, pp88-112(1980)