

総 説

緒 文

ミネラルウォーターと化学成分

¹⁾ 北里大学衛生学部 *¹⁾, ²⁾ 都立大学理学部, ³⁾ 大阪教育大学地質学科

村上悠紀雄¹⁾, 堀内 公子²⁾, 小林 正雄³⁾

§ 1 緒 言

環境汚染が問題になったのは1950年代からで69年琵琶湖の汚染による京都水道水の悪臭を発端に、各地で急速に上水道の塩素臭、腐臭、不味さなどが問題にされるに至った¹⁾。それと共にミネラルウォーター*²⁾が注目を集め、多くの銘柄が市販され始めた。

このように水道水がきらわれミネラルウォーターが期待され始めたのは、経済成長に伴う生活の向上とファッション化もあるが、大きな要因は1970年頃より米国水道水中に発がん性のトリハロメタン*³⁾などが存在する²⁾というニュースがきっかけとなっていた。

さて地球上の水は有限であり97.2%は海水で、真水は残り2.8%、そのうち76%は極地や氷河で³⁾、河川、湖沼などの淡水は残りのわずか0.7%に満たない。このわずかな水が生命を支えるものであり、砂漠と沃野をわける素因なのである。

国土庁の統計によると水の使用量は年間約 $8.80 \times 10^{10} \text{m}^3$ でそのうち生活用水は $1.4 \times 10^{10} \text{m}^3$ である。その源泉は河川水、湖沼水、地下水で、それぞれ40, 30, 30%である⁴⁾。ヨーロッパでは1800年代に水質汚濁が始まり、湖沼のCODやP,Nの増加、カビ臭さの発生があったが、わが国では約100年遅れて発生した。日本水道協会のアンケート調査によれば、すでに(1975年)水源ダムの41.4%がカビ臭さを発生していた²⁾といわれる。人口稠密の上に下水道がまだ全国で40%を越えていない⁵⁾*⁴⁾わが国では、人口増と生活様式の多様化により、限りある水は必然的に汚濁を起し、上水道の汚染が年々ひどくなることは自明である。いまや生命維持のための1日 2500cm^3 前後の飲用水さえおびやかされている状況といえよう。

現在 ミネラルウォーターのブームは去ったが、わが国でも欧州のようにミネラルウォーターが日常必須のものとなる日が近いと予想している。そこで外国産と日本産のミネラルウォーターの現状を比較検討することは意義あることと考えた。

*¹⁾ 現在(財)原子力安全技術センター参与

*²⁾ 著者の一人(村上)がミネラルウォーターと言う言葉に出会ったのは、戦前に元老西園寺公が健康のためミネラルウォーター、ヴィシー(仏)を常時飲用していると云う記事であった。当時すでにホテルや上層人士の間には、贅沢な風習としてかなりひろがっていたようであった。また下部温泉を用いたミネラルウォーターもエチオピアや戦時の支那大陸に出されていた。戦後(1952年)にある新聞社が英国の文豪を招いて日比谷で講演会を開いた折、開会直前に「壇上の飲み水は日本の水道水は駄目、ミネラルウォーターにせよ」と云われた。担当記者はこれがわからなかったが、近くのTホテルで輸入のピン詰水(ミネラルウォーター)をもらい壇上にそなえ事なきを得たという話がある。当時は衛生状態が悪いから云々といわれ一寸した騒ぎだったが、単に生活習慣のちがいにすぎなかったことを後の英国留学の際にさとったのである。

*³⁾ トリハロメタンなどの発がん性物質は消毒用塩素と溶存有機物(クロロフィルなど)から生成する。1984年制御目標値設定(水道法)

*⁴⁾ 東京都で約80%、人口5万未満の都市ではわずか4%しか普及していない。

著者等は1984, 85年に延5回の英, 独, 仏, 伊, 墺などの欧州旅行の際, ミネラルウォーターを試飲して27種のデータを集めた。(と云うより, 従来から二, 三日以上の滞在の際は, 常にミネラルウォーターの1瓶を購入し飲用していた。)同時に国産のミネラルウォーターもマーケットから出来るだけ集めてみた。

すでにミネラルウォーターの動きにさきがけ, 試験研究機関により化学分析結果⁶⁾⁷⁾⁸⁾が報告され, 総説も書かれている⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾。またブームが始まるや自治体消費者センターが12種¹⁵⁾(83年11月), あるいは29種(84年末)¹⁶⁾につき, 消費者の立場で分析や試飲などの調査をおこなった。従ってこれらのデータを借用し相互比較することを試みた。

本論文ではスペース節約をはかるため, 以下欧州のMineral WässerはMW, わが国のミネラルウォーターはmw, 又米国で用いられるポトルドドリンクウォーターはBDWと省略した。

§ 2 人体における水の働らき

このテーマに関心をもったのは水が生命維持に大切と知りつつも, 馴れ過ぎてその重要性に真の意味で気付いてなかったからである。

まず体内における水は標準人(体重70kg, 平均寿命70年:ICRP 1959)で61.4%, 43kgであり, 筋肉や腸には約75%, 骨にさえ22%もある。

表1 標準人の水収支 (cm³/日)

摂取量		排出量	
食物	1000	尿	1400
流動物	1200	汗	600
酸化	300	肺	300
		糞便	200
	2500		2500

水は栄養素や老廃物を運び, ミネラルと浸透圧を調節する重要な役割を果たしている。もし通常の水分量の約2%が失われると渇きを感じ, 15%位になると細胞活動停止の状態、即ち脱水状態で死に至る直前になる¹⁷⁾。したがって排水量(尿, 皮膚, 発汗など)とバランスさせるには, 表1にみる如く1日に約2500cm³の水がいる。

水は体内では細胞内液と外液に約2:1, 外液では組織に3, 血漿に1位の割合であり, 絶えず体内を動いている。健全な姿は一日あたり唾液1500のほか胃液2500, 小腸液3000, 胆汁500, 膵液700, 計8,200cm³が動いている。誕生より死に至る迄止まることのない心臓は1分間に5lの血液を送り出しており, その結果腎臓でろ過する量はなんと1日に140~180lにも及んでいる。上記の尿などの排泄量はその極く一部で, 大部分は再使用されているが, 体内の水の平均寿命は10~13日位でいれかわっている。腎臓は働きながら人体にとって必要な水の量の調節もしてくれている。

さて表の水のバランスをみると, 流動物(水, コーヒー, 汁など)の他, 食物(水分 牛乳約87%, 卵約75%, 肉類40~75%, 野菜70~95%, パン約35%など)として水を摂り, 残りは食物の酸化により生ずる水分(1gの脂肪, 蛋白, 炭水化物から水1.07, 0.41, 0.60g, 又は100カロリーの食物代謝で12gの水を生ずる)でまかなう¹⁸⁾。

水道の普及率は1960年の57.9%が1983年は92.6%になり, 給水量は1人1日268lが366lになった。そのうち生活用水は約16%, 工業用水約19%, 農業用水が65%である²⁾。この中のわずか1.5~2l位の飲用水を安心して飲めなければ生命にかかわると云えよう。

我々の日常生活では食物の選択は自由におこなえるが, 水の選択には自由がないのが実情である。古来水のあるところ村落があり, 人口増で水源の汚染, 悪疫の流行, そして遷都の歴史がくり返されてきたことを想起すべきである。

§ 3 ミネラルウォタの性格—温泉法との関係

ミネラルウォタという温泉に関係の深い者にとっては、まず温泉法でいう温泉がうかんでくる。また名前から温泉を連想する人も多く、特に欧州のMWとその医学的評価を知る人は、わが国のmwに過大な印象をもつ恐れがある*5。しかし日本の温泉法にはミネラル云々という言葉はないので、この言葉を用いても法に触れることはない。

そこでまずミネラルウォタの歴史的な経過とその性格を明らかにする必要がある。有史以前はさておき、聖書時代からガラリヤ湖西岸にTiberiasの硫黄泉が病人の治療に用いられたという。ローマ人は特に温泉に関心が深く、イタリアのMonte Catiniを始め多くの温泉を利用し、版図がひろがるにつれドイツのAachen=Aix-la-Chape, Baden-Baden, Setzler, ベルギーのSpa, 英国のBath, フランスのVichyなどを相次いで発見開拓し、治療や入浴に用いていた*6。

やがて温泉の医学的効果は教会の大きな恩恵として周囲の大衆に及んできた。交通や航海が盛んになるにつれ、鉱泉が樽詰にされ遠方へ運ばれるなど医療のみならず飲用水としても重要になっていった。湧出する場所で詰めたものは時に沈澱を生ずることはあっても決して腐敗せず、溶存固形分(蒸発残留物)の多いものは、保健水Heil Wasser*7(以下HWと略す)として、苦味泉(MgSO₄)、芒硝泉(Na₂SO₄)、硫黄泉などにつき医療効果が実証され広くつかわれていた。

こうして1800年代に至り教会を離れ、医者が中心となって次第に近代化学の対象となりはじめ、その成分に注目が集まって来た。そして天然にある温泉の価値が高まるにつれ、類似の組成の塩を溶かした人工鉱泉が出来、治療または飲用に供されるようになった¹⁹⁾。人工鉱泉は天然のものと同じ医療効果をもつ場合もあり、ついに医師F.A.A.Struveがdie “Trinkkur ohne Besuch des Kurortes” と宣言するほどであった(1824年)。当時温泉は治療場Kurortesに於いて飲用に供され治療に用いられていた(Trinkkur)だけに、関係者には人工鉱泉で同じ効果が得られるという点で多くの関心を呼んだ。

その頃K.R.Fresenius*8がWiesbadenに分析実験所を開設し(1848年)、温泉やワインの分析を始め、成分を明らかにしはじめた。その成果は相次いでZeitschrift für analytische Chemie (1862年創刊)に発表されるに及んだ。

このデータの積み上げにより世評を得たミネラルウォタ(MW)は、大量の固体又はガス成分を含んでおり、地上出口付近の温度より高いものと定義されるに至った。そして自然と変化のない状態にあるか、あるいは一つの成分を分離または添加するか、または存在している成分を減少せしめたものが販売されていた。人工MW*9は天然水に、あるいは蒸溜水に塩類を添加したり、炭酸を過飽和させたものを指した。

*5 烈しい運動をすると容易に2~3 kgの体重減少が起こるのは、エネルギー源の消費もあるが主として水の損失のためである。試合より長い練習期間の水の補給の方が重要な課題である。東京オリンピックの際各国の選手村でそれぞれの国が水やミネラルウォタを持込んだ話は有名である。

*6 ローマ帝国が減びるや衰微した、ビザンチン文化(回教徒)には全く温泉は用いられず、悪疫の流行もあり一旦は忘れられていった。やがて16~17世紀から再び飲泉に関心が集りはじめた。

*7 Heilbrunnen, Heilanstaltなどがあるので鉱泉水とすべきかもしれない。しかしHeilの他の意味をとり、保健水又は健康水とした先人の例にならない前者を用いる。

*8 当時はまだ31元素でK, Na; Ba, Sr, Ca, Mg, Bは1807年, 1808年の発見である。また近代分析化学の名著Anleitung zur quantitative chemische Analyse (1829年)が書かれ, Zeitschrift für Analytische Chemieが発刊され, 現在4代目W.Freseniusに受継がれている。当時温泉分析は女婿のF.Hintzが中心であった。

*9 Brunnen-Geist (温泉の精)が人工MWにはないので効かないといった。老化現象に気づき始めたのである。当時発見された放射能泉は特に変化が大きかった。

湧出した水がMWとして経済的価値を生むか否か、また成分の限界値をめぐる混乱が続いていたが、F.HintzとL.Grünhutが“Deutsche Bäderbuch(1907年)”において各成分の最少限界値を定めた。溶存固形分1g/kgがあるもので、炭酸泉は炭酸1g/kg、鉄泉は10mgFe²⁺/kgを含むものとした。

多くの異論がでたが彼等は多数のMWの分析結果をもって答え、普通の飲用水のミネラル含量は1g/kgよりずっと低い値であった。また炭酸はCO₂ 250mg/kgでMWの性格があらわれ、CO₂ 1g/kg以上のものは炭酸泉と呼ぶのがよいとした。

こうしたデータの積み上げはやがて“Nauheim 決議”(1911年)として広く採用され、MWの性格が明白となった¹⁹⁾。

この考え方はオーストリア、オランダ、スイス、ソ連などに及んでいる。その限界値(15項目)を表2Aに示した。

フランス、イタリアはやや歴史的経過は異なるがこれとよく似ており、医療効果の実証があれば、必ずしも定められたMWの限界値にかかわらずにMWと称してよいことになっている。

わが国はドイツ医学の影響が大きいだけに必然的にこの定義を取り入れ、これにわが国の特殊性から若干の変更を加えている²⁰⁾(表2B, C)。すなわちMn²⁺、H⁺、メタケイ酸、ラジウム塩の4成分を加えて19成分とし、温度を25℃にした点が異なる^{*10)}。

表 2

A 通用しているナウハイム決議のMWの限界値(1911年)		温泉法第2条別表に示されている限界値(1948年法律第125号)	
成分	1kg水中の限界値	B 鉱泉 (常水と区別する限界値)	C 療養泉
温度	+20℃	温度	25℃
全ミネラル成分	1g	溶存物質(ガス性のものを除く)総量	1000mg以上
リチウム(Li ⁺)	1mg	遊離二酸化炭素(CO ₂), 遊離炭酸	250
ストロンチウム(Sr ²⁺)	10	リチウム(Li ⁺)	1
バリウム(Ba ²⁺)	5	ストロンチウム(Sr ²⁺)	10
鉄(Fe ²⁺ 又はFe ³⁺)	10	バリウム(Ba ²⁺)	5
臭化物(Br ⁻)	5	総鉄イオン(Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	10
ヨウ化物(I ⁻)	1	マンガン(II)イオン(Mn ²⁺)	10
フッ化物(F ⁻)	2	第一マンガンイオン	
ヒ酸水素HASO ₂ ⁻ 又はメタ亜ヒ酸(HASO ₂)	1.3	水素イオン(H ⁺)	1
全硫黄S(水素硫黄HS+チオ硫酸+硫化水素)	1	臭素イオン(Br ⁻)	5
ホウ酸(メタ)(HBO ₂)	5	ヨウ素イオン(I ⁻)	1
二酸化炭素(CO ₂)	250	フッ素イオン(F ⁻)	2
アルカリ度(狭義) 4 mval NaHCO ₃ に相当	340	ヒ酸水素イオン(HASO ₂ ⁻)	1.3
ラジウムエマナチオン	3.5 マッヘ単位	ヒドロヒ酸イオン	
		メタ亜ヒ酸イオン(HASO ₂)	1
		総硫黄[HS ⁻ +S ₂ O ₃ ²⁻ +H ₂ Sに 対応するもの]	1
		メタホウ酸(HBO ₂)	5
		メタケイ酸(H ₂ SiO ₃)	50
		炭酸水素ナトリウム(重炭酸ソーダ:NaHCO ₃)	340
		ラドン(Rn)	20×10 ⁻¹⁰ キュリー単位以上
		ラジウム塩(Raとして)	1×10 ⁻⁸ mg以上
			30×10 ⁻¹⁰ キュリー単位以上(8.25マッヘ単位以上)

*10 25℃の由来は年平均気温が高い(台湾の南端部の値:戦前日本の領土)ためである。

表3 A ミネラルウォーター, B 食卓水, C 保健水の条件

A Mineral Wasser ミネラルウォーター	B Tafel wasser 食卓水	C Heil wasser 保健水
<p>I 溶存ミネラル成分 1g/kg以上の水 Wasser (自然の塩分の豊富な水あるいは水を分離して少なくとも14g/kgにしたMWである.) NaClが主となるものは塩類泉 "Sale"とされる.</p> <p>II 溶存CO₂が250mg/kgより多い水.</p>	<p>I AI, AIIにあうMW (炭酸が1g/kgより多いものでは "Sauerling" "Sauerbrunnen"あるいはNaturlicher Sprudel と可能な限り記載する. 炭酸を加えた場合には "Sprudel"と記載する.)</p> <p>II Mineralarme Wasser</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 溶存固形ミネラル成分が1g/kgより少ないもの. 2. 溶存CO₂が250mg/kgより少ないもの. 3. 湧出温度が20℃又はそれ以上であるかミネラル成分あるいはCO₂含量が1と2に適合している. <p>III Küstliche Mineral wasser (弱く或は強くミネラルを入れた水で塩類を溶解させあるいは溶出するか又はCO₂を加えてつくったもの.)</p>	<p>I 溶存ミネラル成分 1g/kg以上のMW [Na⁺, Cl⁻が各240mval/kg (NaCl kgあたり約14g) の水は "Solen"と記載する.]</p> <p>II C1によるSolenだが地下の炭酸鉄床を人工的に溶出して作ったもの.</p> <p>III C1にあうMeer wasserで, 医学的に確認された治療効果のあるもの.</p> <p>IV 溶存遊離CO₂が1g/kgより多い水 (Sauerlinge) .</p> <p>V 治療的に重要な一成分が定義の限界値にある水.</p> <p>VI 限界値20℃の湧出温度を持った水 (Thermen).</p> <p>VII 前提I~VIを充ててはいないが正確な臨床的所見でその治療作用が確認された水. (* Akratopegen) * Mineralarmekalte Quelle</p>

表4 飲料水の外観および感覚的水質に影響を及ぼす化学成分と物理的性状に対するガイドライン値(WHO)²³⁾

全溶解性物質	1000mg/l
pH	6.5~8.5
硬度 (CaCO ₃ として)	500
ナトリウム	200
Cl ⁻	200
SO ₄ ²⁻	400

もちろん表2の数値が固定しているわけではなく国内の法律との関係その他で数値は少しずつ変わっている. 例えば1935年11月食卓水(Tafelwasser 表3)の規定が出来る(Verordnung der Tafelwasser)など若干の変更があった. 源泉の場所でビン詰にし, 他所で小分けしてはならず, また包装前にCO₂の添加*11, 脱鉄, 脱硫の処理のみは許されたが, その場合にはその旨明記しなければならないとされている.

1960年始めまでMWは保健と医療に用いられていたが, 生活の多様化につれリフレッシュメント, 清涼飲料に用いられるようになり, また人工MWに果汁を加えるような傾向もあらわれた.

したがって今日では表3にあげたように, 広義のMWはミネラル成分の少ないもの, 人工MW, HWの三種類に分化し, それぞれ表に示した定義が定められている.

HWは定住する温泉医により治療作用が証明されなければならず, また指定の多成分の分析及びたえず成分に変更のないことを提示する必要がある.

さてMWと関連して注目すべき一つの動きはWHO(世界保健機構)の活動である. 世界人口の2/3近くの人が飲用水に悩んでいる実情にてらし, WHO(1955年)は「きれいな水はよりよい健康のもと」をスローガンに, 健康によい水の確保にむかい, 国際飲料水補給と衛生の10年計画のキャンペーンを始めた. そしてヨーロッパ地域水質基準(1970年)と国際水質基準(1971年)を一本化して, 水道水, 井水, びん詰水などの飲用を目的として新たな飲用水の水質ガイドラインを設定し

*11 炭酸水などでは15℃で瓶内内圧60ポンドで5.1容のCO₂すなわち1000cc中に9,400mg がとけている. 1気圧で水1容にCO₂1容(15.5℃)とける. とけたCO₂の約1%位が水和しH₂CO₃となっている. CO₂は1857mg l⁻¹である.

た²¹⁾ ²²⁾(表4). 嗜好品としてのミネラルウォーターは除外している.

飲用水中に検出した37種の無機成分についての健康影響が検討され, そのうち9成分(As, Cd, Cr, CN, F, Pb, Hg, NO₃, Se)についてのみ濃度のガイドラインが勧告された²³⁾. 本論文に関係の深い常量成分をみると, まさにミネラルの存在が健康に対して必要なことがよく示されている.

§4 ミネラルウォーターの成分構成

さてミネラルウォーターが水の循環, すなわち雨水, 沢水, 河川水, 地下水(湧水, 井水など), 単純温泉, 高々温泉(>60℃)²⁴⁾などにおいて, どのような位置を占めているかをNa, K, Ca, Mg, HCO₃, Cl, SO₄などの主要成分から考察した. この循環過程でそれぞれの水質の特色が次第に形成されていくと考えているからである.

まず雨水は地下に浸透し, その一部は河川水となり, その他は自由地下水, 被圧地下水(湧水)となり一部はまた河川水に入り, あるいは温泉を形成して地上に現れている. 温泉は地球深部からくる温度を有する熱水(またはガス)に地下水が混じって形成されたものである.

水の流動中に起こる化学変化は, 水が土壌, 岩石と接触した時間の長短と共に酸化過程, 還元過程があり, それに応じた変成, 溶脱がみられる. 地表に近い土壌中では有機物は微生物により好氣的にまた嫌氣的に分解されCO₂を生じ, CO₂に富む土壌空気ができる.

地下浸透した水はCO₂, 酸素で飽和しており, これらが次第にこの分解過程に関与してくる. それらが使用しつくされた還元過程においては, CO₂, HCO₃を十分にもらって酸性に傾き, 周囲の土壌岩石と一層強く長時間にわたり接することになる. もちろんこの他に上記の過程で機械的な作用(例えば河川流下や崩壊, 風化に伴う単なる水による溶出運搬)による成分の寄与も入ってくる.

またこの間にコロイド生成や沈澱生成(例えばCaSO₄, CaCO₃, 硫化鉄など)による成分の減少も起こる. また硫化鉄は酸化されるとSO₄²⁻となり, 硫酸として溶脱をおこす場合もある.

土壌の平均組成からみると, Na+K>Ca>Mg, C>S>Clであり, 岩石でも同じ傾向である. これらの作用により溶脱するが, CaとNaが溶け易く, Kがこれについて溶脱される. SiO₂はとけ出しにくい主成分であり, 存在量が1~2桁も多いのでその絶対量は増加する. 例えば地下水中の溶存ケイ酸の50%, 90%累積頻度は, 河川水の13, 30mg l⁻¹に対し, 17, 36mg l⁻¹と高いのはその一つの証左とみてよい(半谷高久, 1960).

また土壌岩石では4価のSiを3価のAlで置換している結果, 陽イオン交換能を示す. したがって陽イオンの吸着され易さはCa>Mg>Naの順である. その結果次第にNaが増大し, それに対応して陰イオンの構成もちがってくる. 例えばHCO₃⁻/全陰イオンが増大し, Cl⁻/全陰イオンは減少してくる²⁵⁾.

まず雨ができるとき, 大気中のエアロゾルにより雨滴ができ降下中にも捕促してその化学成分がきまる. 酸素とCO₂が飽和しており, A型の組成である(表5). 陽イオンの組成は単純泉, 高々温泉と似ているが, 陰イオンは地上起源の特色としてSO₄の方がClより多くなっている. 即ち陸上起源の微粒子の砂塵や人間活動のS粒子などによる寄与がある.

通常の土壌の平均組成からみると, Na+K>Ca>Mg, 有機物>S>Clである. また大気には0.03%のCO₂があり, Sが少量だが存在していることをみると, 陰イオン構成がB型にかかわることが考えられる.

沢水は短時間地下へ浸透した雨水とみてよいが, その際上述の理由によりHCO₃が顕著に増え

表5 化学成分による水のタイプ (村上, 堀内, 小林 1985)

型	水の種類	溶存固形分 mg/l ⁻¹	陽イオン	陰イオン
A	雨水	6.58	Na>Ca>Mg	SO ₄ >Cl(HCO ₃)
B	沢水	21.54	Na>Ca>Mg	SO ₄ >HCO ₃ >Cl
C	河川水	74.8	Ca>Na>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl
	地下水 (井水,湧水)	100~300	Ca>Na>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl
D	単純温泉	<1,000	Na>Ca>Mg	Cl>HCO ₃ >SO ₄
E	高々温泉 (>60℃)	2,507	Na>Ca>Mg	Cl>SO ₄ >HCO ₃
	海水	35,000	Na>Mg>Ca	Cl>SO ₄ >HCO ₃

たB型となる。さらに長時間地下へ浸透して地下水となり、一部は河川水として地上に現れる*12。この過程で上述のメカニズムによりCaとHCO₃が顕著になってC型となる。地下水がさらに深くまた長時間経過後地上にでた井水、湧水は陰陽イオンとも同じ構成だが溶存塩分が増えている。

海水の組成から、岩石、土壌から陸水に溶け出す主要構成成分の寄与を推計した研究によると³⁾、年あたりCa 51×10⁸, Na 12×10⁸, K 9×10⁸, Mg 8×10⁸, HCO₃ 170×10⁸, SiO₂ 105×10⁸kgである。この傾向と上記の組成の変化が一致しているのはこの考え方のよい証左である。

地下水としてさらに滞留時間が長くなり、若干の熱水と混じって単純温泉となると、陰陽イオンが相当にかわったD型となる。上述の理由によりSO₄の減少が判然とおこり、pHが変化し温度上昇にともないHCO₃が減り、Clは増えてくる。地下水の組成範囲は当然広いが、MWとmwの陽イオン組成をみるとC型組成は約46%であり、Naが増えたD型は約61%であった(表8参照)。また陰イオンではClがSO₄より増えたHCO₃>Cl>SO₄型が約67%であった。単純温泉は二つの水塊が混じってできるので、漸進的にかわるため当然このようなことが起こると考えられる*13。高々温泉(>60℃)は陽イオンの構成はD型と変りないが、陰イオンはHCO₃がもっと減少しE型となり、むしろ海水型と同じである²⁴⁾。熱源としては単純温泉よりもっとマグマと密接な関係をもってくる。しかし高温泉の成因は明確でなく三つの説がある。即ちマグマから高压下でNaClと過熱水蒸気が放出され、地下水と混じ熱水貯溜層をつくる説、マグマから熱をもらうだけで岩石の分解溶脱の結果、食塩をもらって出来るという説、マグマ発散物として火山ガスの分化によって出来るなどである²⁷⁾。現状ではマグマとその周辺の情報は不十分で、成分構成についてどうしてこうなるかはまだ説明は出来ない。

このような常量成分で水の循環を考えたのは、ミネラルウォータの成分構成からどのような起源の水であるのか、或いはどのような成分構成の水がミネラルウォータに相応しいかと考察できないかと考えたからである。

*12 炭素については雨水からくるものと有機物の分解によるもの、マグマからくるものがある。HCO₃が上のようにかわるとすれば、¹⁴C(5720 y, 宇宙線起源)と生物による有機物分解の¹³C:¹²C比の変動をみることは一つの手がかりを与えてくれると考えられる。

*13 ここでわが国の温泉を酸性、アルカリ性の立場でみた結果によると²⁶⁾、陽イオンはいずれもNa>Ca>Mgであるが、陰イオンはpH<7ではSO₄>Cl>HCO₃, pH=7, pH>7ではCl>HCO₃>SO₄となっているという。HCO₃は酸性では減り、アルカリ性にむかい増え、pH 8.4(フェノールフタレインによるアルカリ度)ではHCO₃となり、さらにpHの増大と共に増えていく。

*14 (次頁註) 元来西欧人は水道水をまったく飲まないわけではないがMWはよく飲む。客を家庭によんだときブドウ酒の瓶とならんでMWが卓上にある。食卓水としてまた果汁、ワイン、ウィスキーの水割りに用いている。レストランでも同様である。

もちろん研究所へ行っても同じである。しかもビールよりMWの方が高いのである。公園や公共施設へ行っても飲用の水道栓がわが国のようにどこにでもあるわけではなく、渴きを覚えたことは再三である。そこでキオスクや行商の人からMWを買って飲むことになる。

英国でよく紅茶を飲む理由の一つは水道水の硬度が高いことにある。ローカルウォータに合った紅茶であるというて、その地方だけによく知られているブランドのものさもある。

§ 5 欧州のミネラルウォーター

まずドイツなどのMW*¹⁴には全部に分析機関、分析者名があり、コントロール分析、全分析法など、ミネラル成分、量、泉質名と源泉名及び表6に示した如き各成分の量が、中にはmval量及びmval%まで示されている。瓶詰にした日時は全てに記載され、有効期間を記してあるものも多い。成分の多いもののせいか三年以上有効などとも書いてある。また鉄を除去した例は多くその旨記されている。またCO₂添加の場合には、そのCO₂が源泉起源のものか否か、またCO₂の発泡が多いか少ないか(stillesとかwenig)などと示してある。

水質についてはNa-SO₄-HCO₃ MW, Ca-Mg-SO₄-HCO₃ MW, NaCl-HCO₃ 泉などと、溶存固形分の量も明記されている。さらに1967年に分析し1984年に変化のないこと、あるいは利用が再確認されたなどとも書いてある。

H₂SiO₃(SiO₂, 溶存珪酸など)もみな含まれており、その量が記載されている。中にはホウ酸、リン酸、Li, I, Baなどの特殊成分は量と共に記録されており、しかもその効果をうたっているものもある。中にはNO₃, NO₂, NH₄⁺の記載まであるのは、環境汚染のひろがりやを反映しているともみえる。

塩分含量によっては食卓水又はHWに向くとか、または両方によいなどとも書いてある。

食卓水のはかワインや果汁に加えると美味しいあるいはウィスキー用によいなどの記載もある。健康によい水である、美食家にも向く、長期飲用に適するなどと書かれているものもある。また乳児用のミルクの調合によいなどの表示も散見された。

HWの場合には上記のほかには医師又は温泉医に相談して用いよとか、処方箋にしたがって飲むと書いてある。飲み方として食事の30分前に1グラス(250ml)を、主たる食事の1時間前に用いよ、朝昼晩の食事のとき室温(18℃)で1~2グラスを一口づつとか、断続して飲むとよいなど飲用法も示している。

HWのラベルの記載の若干例をあげると、腎臓、膀胱、胃腸の働きを強める、利尿によい、尿路の刺激、弛緩性便秘、尿酸症的素質に向くとか、胃腸病、胃酸過多、代謝病(糖抑制に役立つ)などや乳児食の調製とかNa低下栄養にむくなどときわめて多彩である。

わが国でこのような表示をすることは薬事法に触れるので書くわけにはいかないと云う¹¹⁾。しかし温泉としての分析が済んだものについては、泉質と共にそれに応じた適応症、禁忌症などを書く事が許されているだけでなく、温泉法によるとそれを入浴者に周知できるように表示しなくてはならないとなっている。しかしこれをびん詰にしたものには許されていない。医師の投薬のもとに、このような表示のあることも発展のためには有効であろうと考える。

成分中(表6)でとびはなれて大きな値を示したものは(平均値を著しく左右する)除外して、平均を求めたものが表7である。CO₂はversetzt やstarkなどと自然量以外に大量に添加されているものははずしたがHCO₃は600.0mg l⁻¹でわが国のmw(160~280mg⁻¹)などからみれば3倍近く、単純温泉の2倍以上の含量である。図1は甲南大研究室^{8) 28)}及び小林²⁹⁾のデータをもとに、世界の水道水のCa含量と硬度をしらべたもの(日下教授)である。外国の水道水は日本にくらべると硬い水だとわかる。Ca, Mgの多い欧州では食卓水を用いるのが適しているのだろう。

MWを成分構成の点から検討した。陽イオンはNa⁺+K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, 陰イオンはHCO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻についてmval%を出し、国別にMWの三角図にし図2に示した。また国別にタイプで分類したものを表8に示した。MWで一番多いのは45.3%を占める表5にないCa>Mg>Na型である。Ca>Na>MgのC型(17.2%)でMgが増えた型とみられる。D型のNa>Ca>Mgは25.3%で、Mgが多いとNa>Mg>Caとなり7.4%ある。いづれもMgの多いフランス、スイスのMW

表6 試飲したMWの主要成分一覧表(mg/kg)

試料名	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Σcation	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	Σanion	遊離炭酸 CO ₂	SiO ₂	Sr ²⁺
西ドイツ													
1 Paracelsus=Quelle	298	16.6	9.72	40.08	364.4	322	64.2	355	0.45	741.2	918	33.9	0.44
2 Peterstaler Bad Peterstal	208	16.1	51.2	191.6	466.9	33.3	218.5	1088.0	—	1339.3	4000	—	—
3 Bad Dürrheimer	5.22	1.3	60.19	340.68	407.39	4.9	770.2	378.375	—	1153.48	—	—	8.0
4 Apollinaris	552.7	33.0	121.4	90.0	797.1	182.0	137.0	1910.0	—	2229.4	—	—	—
5 Leopolds Quelle	147	9.19	40.6	205.8	402.79	25.2	353.6	746.2	0.22	1125	2040	65.7	1.63
6 Staatl Fachingen	602.5	28.1	53.2	122.0	805.8	150.7	65.5	1950	0.20	2166.2	1472	20.5	—
7 Adelhölzener Primus-Quelle	3.61	0.55	25.1	90.9	120.16	4.48	14.5	372.3	5.11	391.28	8811	17.3	—
8 Überkinger Quelle	1180	20.0	17.02	26.05	1243.07	106.4	1302	1495	0.10	2903.4	3600	22.52	2.90
9 Hirschquelle Bad Teinach	220	15.5	36.48	216.5	488.48	32.0	80.05	1314	—	1426.5	1460	73.62	3.40
10 Adelhölzener Bad Adelhölzen	3.44	0.88	27.7	85.7	117.72	3.69	10.9	387.2	5.36	401.79	30.6	10.2	0.08
11 Urselters	1042	18.9	47.0	115.0	1222.9	1132	21.5	1409.0	—	2562.5	7800	21.4	—
12 Selters	340.0	15.6	53.8	151.6	561.4	311	18.4	1099.0	—	1428.4	—	—	—
13 Theodorus Quelle	629.5	29.0	24.6	151.7	834.8	920.6	25.9	723.0	0.45	1669.5	2000	130	2.16
イタリア													
1 Pana	5.7	0.80	6.07	29.0	41.57	8.87	18.0	95.16	1.90	122.03	1.9ml	7.0	0.19
2 Verna	6.8	1.05	4.86	40.08	52.79	8.51	11.97	134.0	1.09	154.68	—	7.0	—
3 Levissima	1.45	1.75	1.05	17.50	21.75	0.65	8.20	53.10	0.60	61.95	1.9ml	—	Trace
4 S.Paolo	245.0	250.0	63.5	323.0	881.5	49.6	246.8	1915.4	Trace	2211.8	1019ml	56.1	3.7
5 San Benedetto	3.2	0.7	24.3	64.9	93.1	1.5	32.0	275.0	—	308.5	5ml	13.0	—
6 S. Pellegrino	45.0	4.0	54.72	212.2	315.92	67.0	560.0	225.7	0.80	852.7	7.6ml	11.50	3.80
7 Boario	10.2	1.78	183.2	39.4	234.58	13.10	376.0	286.7	—	675.8	11.5ml	—	—
オーストリア													
1 Preblauer Preble	526.5	41.0	55.0	251.7	874.2	81.5	31.9	2332	0.40	2445.4	2450	54.1	0.38
2 Vöslauer	10.35	1.76	39.7	98.6	150.4	17.2	147.5	307.5	6.0	472.2	4000~5000	12.5	—
3 Bonaqa Bad Fischau	11.0	1.2	27.2	71.1	110.5	19.9	43.2	283.7	7.0	346.8	6000	9.3	—
4 Güssinger	533.0	29.0	39.9	146.7	748.6	309.5	13.8	1557	1.0	1880.3	—	50.0	—
スイス													
1 Alpkuelle	3.85	2.05	39.1	224.6	269.6	0.19	497.4	252.0	2.53	749.59	—	8.9	1.06
2 Rogaska	1145	12.1	878.0	376.0	2411.1	50.4	1566	6564	—	8180.4	4220	61.8	7.2
フランス													
1 Evian	5.5	0.94	27.7	81.8	111.94	3.08	11.2	362.4	4.3	376.68	—	—	—

のためこのようになったと考えられる。

一方ドイツ(25例:表8)のMWは $Na > Ca > Mg$ のD型が36%で、温泉が主流であり、次いで $Ca > Na > Mg$ のC型が28%あり、温泉、湧水と推定される。仏、伊にも温泉(D型)はそれぞれ27, 17%がみられる。

表7 ミネラルウォーターの組成成分の範囲及び平均値(mg l⁻¹)
(Rogaska スイス 10,591.5mg l⁻¹を除く)

イオン	MW平均値	範囲	例数	mw平均値	範囲	例数
溶存固形分*	1589.3	83.7~4172	26	197.4	28~838	42
Na ⁺	184.1	1.45~629.5	24	24.3	2~82	51
K ⁺	11.7	0.55~41.0	26	2.6	0~10	51
Ca ²⁺	40.9	17.50~376.0	27	36.3	0.5~157	27
Mg ²⁺	43.6	1.05~183.2	26	8.4	0.4~41	26
Sr ²⁺	2.68	0.08~8.0	13	—	—	—
Cl ⁻	62.4	0.19~322	24	33.4	1~225.7	50
SO ₄ ²⁻	106.4	8.20~560	24	51.5	1~430	20
HCO ₃ ⁻	600.0	53.10~1557	22	69.0	0~252	20
NO ₃ ⁻	2.19	0.04~5.11	17	—	—	—
遊離CO ₂	3521.5	30.6~8811	14	12.6	3.5~35.2	12
SiO ₂	34.3	7.0~130	20	25.8	9~53	10

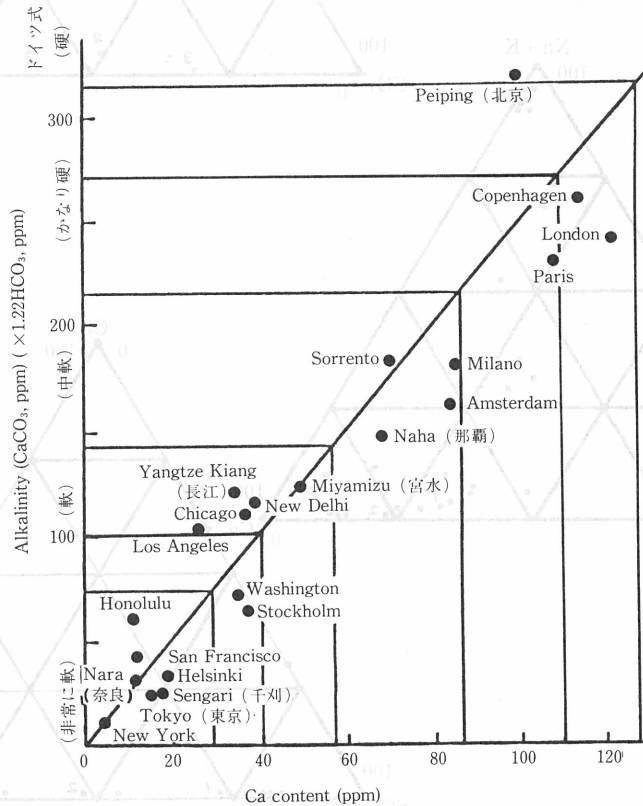


図1 世界の水道水の硬度(日下教授原図) 千刈→神戸水源の一つ

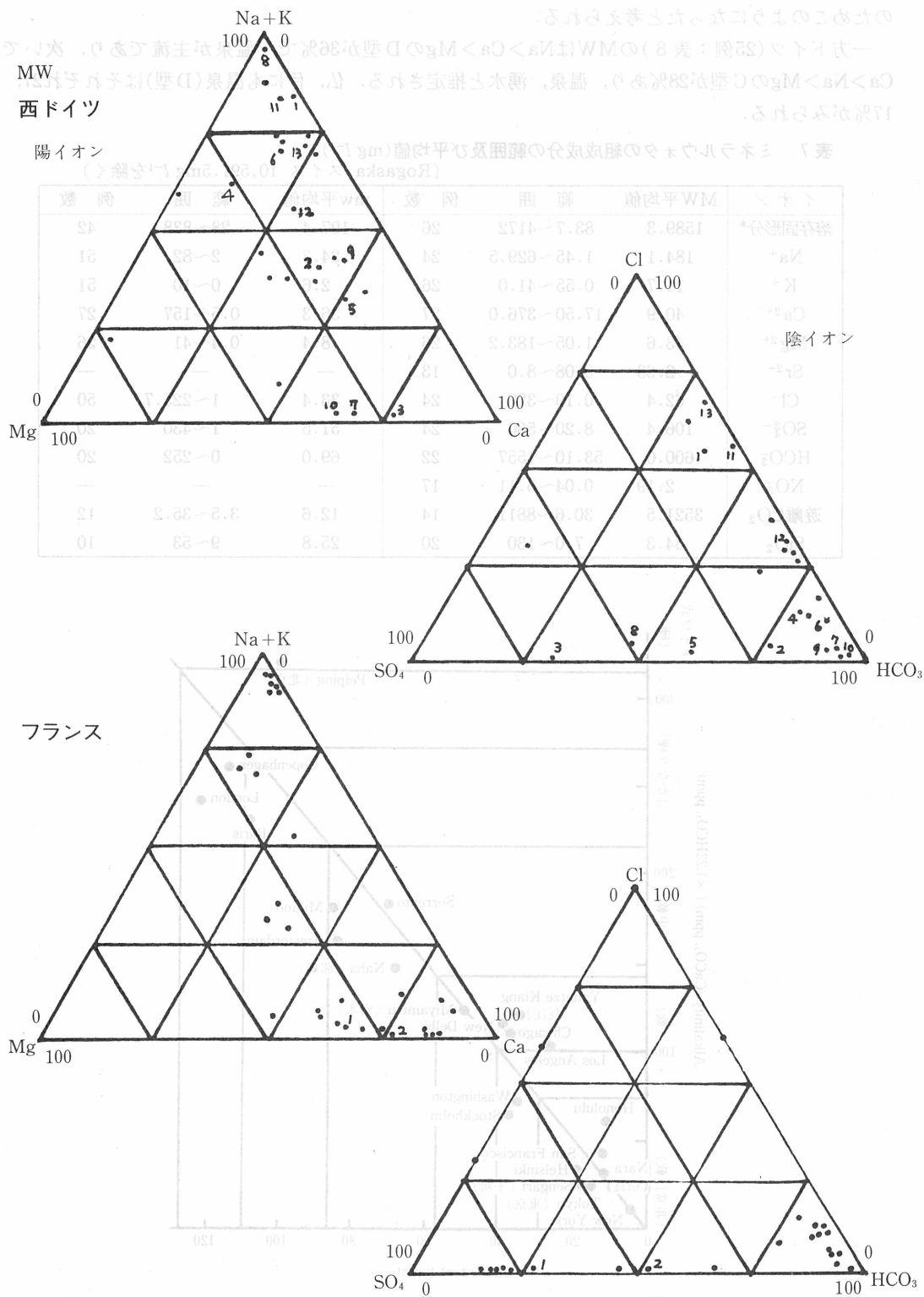


図2 MWの三角図(番号で示したMWは表6にあり, その他は文献値による)

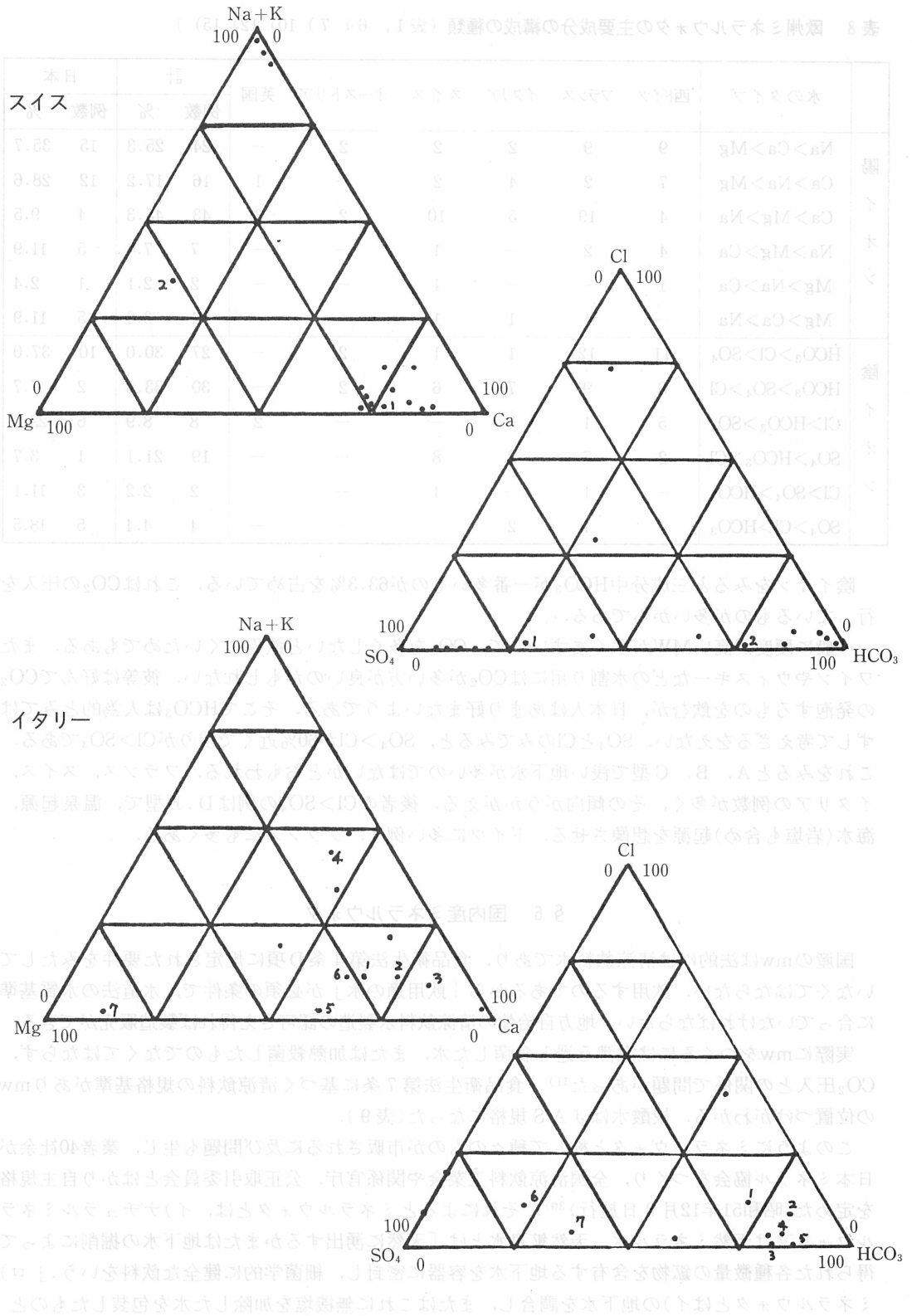


表 8 欧州ミネラルウォーターの主要成分の構成の種類 (表 1, 6) 7) 10) 12) 15))

	水のタイプ	西ドイツ	フランス	イタリア	スイス	オーストリア	英国	計		日本	
								例数	%	例数	%
陽イオン	Na>Ca>Mg	9	9	2	2	2	—	24	25.3	15	35.7
	Ca>Na>Mg	7	2	4	2	—	1	16	17.2	12	28.6
	Ca>Mg>Na	4	19	5	10	2	3	43	45.3	4	9.5
	Na>Mg>Ca	4	2	—	1	—	—	7	7.4	5	11.9
	Mg>Na>Ca	1	—	—	1	—	—	2	2.1	1	2.4
	Mg>Ca>Na	—	1	1	1	—	—	1	3.2	5	11.9
陰イオン	HCO ₃ >Cl>SO ₄	11	12	1	1	2	—	27	30.0	10	37.0
	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	6	9	7	6	2	—	30	33.3	2	7.7
	Cl>HCO ₃ >SO ₄	5	1	—	—	—	2	8	8.9	6	22.2
	SO ₄ >HCO ₃ >Cl	2	7	2	8	—	—	19	21.1	1	3.7
	Cl>SO ₄ >HCO ₃	—	1	—	1	—	—	2	2.2	3	11.1
	SO ₄ >Cl>HCO ₃	1	1	2	—	—	—	4	4.4	5	18.5

陰イオンをみると三成分中HCO₃が一番多いものが63.3%を占めている。これはCO₂の圧入を行っているものが多いからである。

一般に硬度が高いMWが多くまずいので、CO₂を多くしないと飲みにくいためでもある。またワインやウィスキーなどの水割り用にはCO₂が多い方が良いのかもしれない。彼等は好んでCO₂の発泡するものを飲むが、日本人はあまり好まないようである。そこでHCO₃は人為的とみてはせずして考えざるをえない。SO₄とClのみで見ると、SO₄>Clが60%近くで残りがCl>SO₄である。これをみるとA, B, C型で浅い地下水が多いのではないかとおもわれる。フランス、スイス、イタリアの例数が多く、その傾向がうかがえる。後者のCl>SO₄の例はD, E型で、温泉起源、海水(岩塩も含め)起源を想像させる。ドイツに多い例で、フランスにも多くある。

§ 6 国内産ミネラルウォーター

国産のmwは法的には清涼飲料水であり、食品衛生法第4条D項に規定された要件をみたしていなくてはならない。飲用するのであるから「飲用適の水」が必須の条件で、水道法の水質基準に合っていないなければならない。地方自治体の清涼飲料水製造の認可さえ得れば製造販売ができる。

実際にmwをつくるには煮沸ろ過し殺菌した水、または加熱殺菌したものでなくてはならず、CO₂圧入との関係で問題があった¹¹⁾。食品衛生法第7条に基づく清涼飲料の規格基準がありmwの位置づけがわかる。炭酸水はJAS規格になった(表9)。

このようにミネラルウォーターと称して種々のものが市販されるに及び問題も生じ、業者40社余が日本ミネラル協会をつくり、全国清涼飲料工業会や関係官庁、公正取引委員会とはかり自主規格を定めた(昭和51年12月3日施行)³⁰⁾。それによるとミネラルウォーターとは、イ)ナチュラルミネラルウォーター又は天然ミネラル水、天然鉱泉水とは「天然に湧出するかまたは地下水の掘削によって得られた各種微量の鉱物を含有する地下水を容器に密封し、細菌学的に健全な飲料をいう。」ロ)ミネラルウォーターとはイ)の地下水を調合し、またはこれに無機塩を加除した水を包装したものと

表9 食品品の分類(一部)とミネラルウォーターの位置

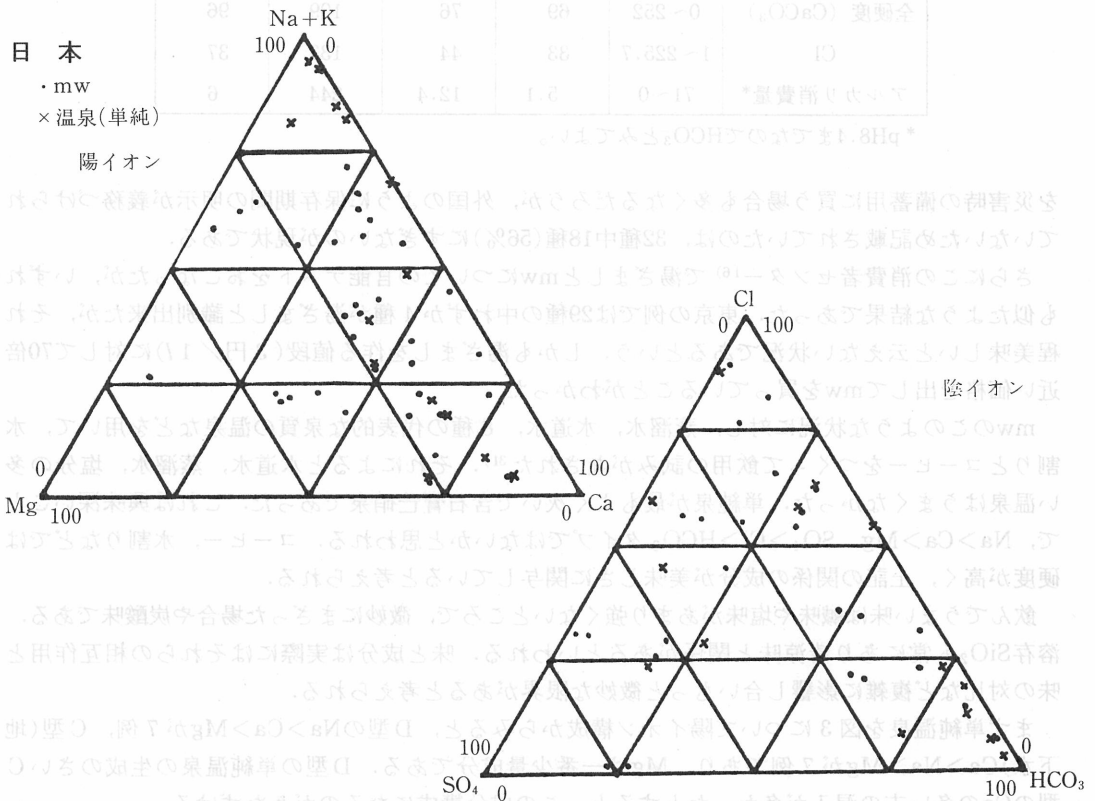
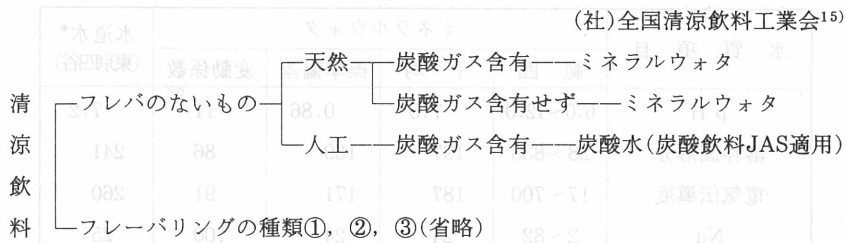


図3 mwと単純温泉の三角図(日本)

規定している。

分析結果の報告されているmw 32種^{6) 7) 15)}および若干の単純温泉のデータにつき、MWと同様に三角図を作成して図3に示した。またmwの水質の平均組成を表10にまとめた。溶存固形分と電気伝導度をみると水道水より大きいものは8種で、その中4種は温泉である。硬度(CaCO₃)が水道水より大きいものは5種で、その中3種は上の温泉であった。水質基準にpHは合っているが、「おいしい水」の要件からはずれるものは12種で大きくアルカリ側にずれている。これらはKMnO₄消費量(有機物の存在を示す)が大きく、水質基準ギリギリのものが2種みられたという。また大腸菌群(人畜の糞尿による汚染の指標)は陰性であったが、一般細菌は十のものが8種もあった。この結果からみると一旦開封したら早く消費してしまう方がよいことになる。またmw

表10 わが国のミネラルウォーターの水質の平均値

水質項目	ミネラルウォーター				水道水* (東京四谷)
	範囲	平均	標準偏差	変動係数	
pH	6.0~12.0	7.5	0.86	11%	7.2
溶存固形分	28~838	197	169	86	241
電気伝導度	17~700	187	171	91	260
Na	2~82	24	24	100	25
K	0~10	2.6	2.5	98	4
全硬度 (CaCO ₃)	0~252	69	76	109	96
Cl	1~225.7	33	44	133	37
アルカリ消費量*	71~0	5.1	12.4	244	6

* pH8.4までなのでHCO₃とみてよい。

を災害時の備蓄用に買う場合も多くなるだろうが、外国のように保存期間の明示が義務づけられていないため記載されていたのは、32種中18種(56%)にすぎないのが現状である。

さらにこの消費者センター¹⁶⁾で湯ざましとmwについての官能テストをおこなったが、いずれも似たような結果であった。東京の例では29種の中わずか4種が湯ざましと識別出来たが、それ程美味しいと云えない状況であるという。しかも湯ざましを作る値段(3円/1l)に対して70倍近い価格を出してmwを買っていることがわかった。

mwのこのような状況に対し、蒸溜水、水道水、8種の代表的な泉質の温泉などを用いて、水割りとコーヒーをつくって飲用の試みがなされた³¹⁾。それによると水道水、蒸溜水、塩分の多い温泉はうまくなかった。単純泉が最もよく次いで含石膏芒硝泉であった。これは興味深いことで、Na>Ca>Mg、SO₄>Cl>HCO₃タイプではないかと思われる。コーヒー、水割りなどでは硬度が高く、上記の関係の成分が美味しさに関与していると考えられる。

飲んでうまい味は鹹味や塩味があまり強くないところで、微妙にまざった場合や炭酸味である。溶存SiO₂も常にあり清涼味と関係があるといわれる。味と成分は実際にはそれらの相互作用と味の対比など複雑に影響し合いもっと微妙な限界があると考えられる。

まず単純温泉を図3について陽イオン構成からみると、D型のNa>Ca>Mgが7例、C型(地下水)Ca>Na>Mgが7例であり、Mgが一番少量成分である。D型の単純温泉の生成のさいC型のCaの多い方の混入が多かったとすると、この成分構成になるのがうなずける。

これを陰イオンでみると三成分構成割合は陽イオンよりひろがっているが、C型(地下水)のHCO₃>SO₄>Clの6例に対し、D型のCl>HCO₃>SO₄は4例、E型のCl>SO₄>HCO₃は3例、他の1例となる。温度のある系はE型であり、これに地下水(C型)が入り、D型の単純温泉になった。この際地下水の混入が多かった場合(7例)もあったと考える。

問題のmwの場合をみると、陽イオンではC型Ca>Na>Mg 12例、D型(B型)Na>Ca>Mg 15例に対し、Mgの多いもので表5にないCa>Mg>Naが4例、Na>Mg>Caが5例とみうる。

後二者はC型、D(B)型で、Mgの方がCaより多い場合にできたものである。由来する地層の局地性の特長により起ったのであろう。こう考えるとC型タイプが16例、D(B)型タイプが20例とみる。

これらmwの陰イオンは陽イオンより分析例が少なく27例だが、C型HCO₃>SO₄>Cl 2例で、これのClがSO₄より多くなったHCO₃>Cl>SO₄が10例、D型のCl>HCO₃>SO₄は6例

なので、C型タイプの方が多い。すなわち地下水型が主で、単純温泉と似た地下時間の長い地下水起源のものであるとみうる。

これらについて $\text{SO}_4 > \text{HCO}_3 > \text{Cl}$ は2例で、これよりClの方が多くなった $\text{SO}_4 > \text{Cl} > \text{HCO}_3$ は5例である。B型のClの多くなったものとする、これらはいずれも地下時間の短い方の水ということになり、陽イオンでみたD(B)型の12例に対応するものとみうる。

このようにして成分構成からmwの起源をさぐると地下水型が主で、しかも比較的地下時間の短い方のものではないかと推定できる。中には長い方のものがいくつかあることが示されたといえよう。

溶存ケイ酸については今まで特にふれていないが、その存在はおいしい水(水の清涼味)に関係するのではないかとされている。14種の各地の飲用水、鉱泉水の平均はpH7.0、全硬度34.9、Ca10.7、溶存ケイ酸 22.4mg l^{-1} である³²⁾。その中で上水道関係者の中で特に美味しいとされた三つの水を見ると、全硬度、Caが低いか、 SiO_2 が高いようである。しかし古くからmwにも用いられている布引温泉は全硬度27.8、Ca 6.79、溶存ケイ酸は 11.6mg l^{-1} と低い。日本の河川水は世界平均 11.67mg l^{-1} よりみて、 26.84mg l^{-1} と高い。しかし欧州MWの溶存ケイ酸 34.3mg l^{-1} よりも低い。溶存ケイ酸と水のおいしさとは関係がありそうだが詳細は不明である³³⁾。ケイ酸が多いことは高血圧あるいは動脈硬化症と有意の相関がある³⁴⁾という研究がある。また 0.9meq l^{-1} 位を境にして多くても少なくとも、脳卒中の死亡率は高くなるという研究もある³⁵⁾。他成分との関係においてさらにくわしく追求する必要がある。

ここで注目されることは従来の食品衛生試験法施行規則の一部が昨年5月31日付で改正され、源泉から直接採水、充填したミネラルウォーターは無炭酸のものであっても、熱殺菌、除菌の必要がなくなったことである。もちろん長時間の加熱殺菌はMWの天然自然のよさを損うという海外からの改正の要求が強かった。昭和22年以來の同法の改正がようやく実現したのである。発泡性でない海外のMW輸入のネックであった項目が削除されたわけである。エヴィアン、ヴィツテルなどにとってはチャンスであろう。既に市場にある国内産のはあまり影響はないだろうが、むしろこの加熱殺菌の項のため開発がひかえられていた新製品、しかもMWにふさわしいものの登場が期待出来よう。

§7 米国のボトルドドリンクウォーター

MWの飲用水としての使用はアメリカは少し事情が異なる。環境汚染が著しくなるにつれ、米国環境保護庁(EPA)は1970年に240万に及ぶ自治体の中から抽出して水の安全性に関する検査を実施した結果、飲用水基準の許容限度を越えているもの36%、管理者の知識不十分なもの76%というひどい状態にあった³⁵⁾。1973年には市民運動の高まりによって、飲用水の安全と将来の健康維持が確保されねばならない、もはや水道水を盲信するわけにはいかないというに至った。そして1975年の調査では、10の都市水道水中に253種の有機化合物の痕跡量が発見された³⁵⁾。

化学薬品は30,000種ほどあり年1,000種位が追加されている。地方水道の77%、大都市水道の33%の約1億人が地下水を飲用している³⁶⁾。最近の地下水汚染はひどく1950~80年に1360井が閉鎖された。飲料水基準には10種の無機物と7種の有機物が定められているだけで、その分析法の開発などよりは、地下水の保護規則や管理規制をもっと早くすべきだという状態である。したがって飲用水の供給源を他に求めざるをえなくなり、bottled waterへの要求が急速に高まって来た。

これを管掌する食品医薬品省(FDA)では「ウォーターとは人間の消費のためびんまたは他の容器に封入された水を云う」と定義している。ミネラルウォーターとは区別しており、アメリカン

ボトルドウォータ協会(ABWA)のFDAの飲用水の安全許容度に適合することは勿論であるが、検査規格その他の自主規制により安全衛生に万全を期している。

これにはイ)Drinking Water, ロ)Distilled Drinking Water, ハ)Flouridated Water, ニ)Purified Waterがある。これらの製法に触れている余裕はないが、イ)は鉱泉水、井戸水などから規定にしたがってつくられたか、特定のミネラル塩の添加によってつくられたもので*15、ニ)はイオン交換、電気分解などによりミネラル分を10ppm以下にした純水というべきもので、ロ)の蒸溜水とは区別している。ハ)のフッ素添加水は1~1.5ppm加えてあるが、その使用は賛否両論がある(小児の虫歯予防)。

鉱泉に由来するものはSpring Waterとっており、純水化したものにミネラルを添加したものは表示には用いられてないが、Spring type Waterなどと呼ばれている。分析値も示され別に低ナトリウム水、高硬度の水などの記載もあるが、保健水(Heilwässer)のように健康によい云々は表示されないことになっている。

MWには健康によいという歴史的なコンセンサスがあるが、食卓水としての大きな使命もある。アメリカのボトルドウォータは水道水より美味しく安全を目指しているわけで、健康云々は表示していない。これに対してわが国のmwはミネラルウォータとは名ばかりで、水道水の湯ざましを冷蔵庫で10~15℃位に冷やしさえすれば¹⁵⁾¹⁶⁾、mw以上の安全性と満足が得られるといわれる程度のものである。

E E C食品規格委員会の天然ミネラルウォータ規格でまとめた定義「ミネラルウォータとはその特性のために健康によい性質を有するもの」という点を想起すべきである。

§ 8 まとめ

水の汚染の問題とその不味さの不満は大きいはまだわが国は水に恵まれている。そのため体内の水の働きさえ忘れていたほどである。そこで水の働きとミネラルウォータの性格を述べた。

先人の研究成果にもとずき欧州のミネラルウォータとわが国のそれの比較を試みた。もともと温泉成分の多様性と相互依存性を考えると、濃度相関マトリックス^{37) 38)}を利用した多成分の解析やパターン認識などにより多くの成分やpH、温度なども加えておこなうべきであるが、これは将来の問題とした。とりあえず主要六成分の成分構成から水の循環という地球化学的考察にもとづき、種々のカテゴリーの水の性格を明らかにしようとした。そして欧州と日本のミネラルウォータについてどの程度この考え方であてはまるかを検討してみた。まだ例数が少なく偏りがあるかもしれないが、その起源をさぐることは出来そうである。

またこうした方式はどんな成分構成の水がミネラルウォータにふさわしいかを考えるのにも役立つとおもわれる。両者の性格を比べてみると大きな差異が明らかになった。欧州は石灰岩が多いためMWにCaが多いとよくいわれるが、MWとしてその含量はふさわしく、わが国のものは少ないタイプという感じがする。Caが多いせいか欧州ではCO₂の圧入がひろくおこなわれている。

この比較を通じてわが国でミネラルウォータらしいmwをつくるならば、どのような成分が求められかという、Na>Ca>Mg, Cl>HCO₃>SO₄のような単純温泉か、湧出型のCa>Na>Mg, HCO₃>SO₄>Clに期待出来ると思う。

現在は上水道の汚染で安価でおいしい水が飲めない状況になりつつあり、コストへのはね返りなしに高度処理(オゾン、活性炭、イオン交換など)した水道水が望めないならば、安心して飲め

*15 BDWはクーラー、ウォーマーとセットして家庭やオフィスで飲用水、食卓水に利用されている。

蒸溜水はベビーフードなどによく用いられる。

る健康によい水の必要性が一層強くなる。もはやミネラルウォーターはかかせないものになっている。温泉医学関係者の本格的な研究参加により、温泉に恵まれているわが国にふさわしい真の意義のあるミネラルウォーターが欲しいものである。

環境汚染にたいする独特な動きの一つに米国のボトルドドリンクウォーター(BDW)がある。わが国のmwは十分これに対応できる方向をもっている。即ち現状に対しmwのびん詰用水、内容については温泉法の温泉水、精製地下水などという提案¹³⁾もなされている程である。したがってミネラルウォーターという以上、やはり健康によい水という本来の姿であるべきで、水分と共にミネラルの補給と効用をはたし、生活にうるおいを与えるようになって欲しいと考えている。

“物”が動き出し、後から法律が追いかけていくのがわが国の姿である。その結果行政の縄張りや法制定の時代的なズレに災わいされている現状である。鉱泉法と食品衛生法にまたがっているミネラルウォーターの厄介な存在を、法令上だけでも早く解消して欲しいものである。

欧州の人々は「食事の際に水を飲むのは蛙とアメリカ人と日本人だけ」というそうである。それは風土的習慣によるもの故かまわないが、テーブルウォーターもミネラルウォーターもごちゃごちゃな和洋折衷の後進的な混乱はなくし、健康のため安心して飲めるミネラルウォーターが欲しいと望んでいるものである。

以上化学成分のみを考察してきたが、最後にミネラルウォーターについてつけ加えて検討すべき成分がある。この数年来著者等は地下水のラドン及びその他の崩壊生成物に注目して居り、すでに名水百選を中心に定量をおこない、折にふれ発表してきた³⁹⁾。チェルノブイリ原子炉事故を考えてもわかる如く、深層地下水こそ非常の場合の重要な唯一信頼出来る飲料水源である。しかし飲料水中のラドンにより年間30~600件のがん発生の予想が計算された。さっそく米国の環境保護庁(EPA)では、飲料水中の放射性物質の許容量を規定している連邦規則の拡大強化に着手した⁴⁰⁾。これが今までわが国において欠けている点で、ミネラルウォーターでも、温泉の飲用でも新たに注目していくべき問題点であろう。

文 献

- 1) 八木正一：水道協会誌，**52**，No.11，65(1983)
- 2) 森下忠幸，平島隆義：水処理技術，**26**，No.8，581(1985)
- 3) 北野 康：地球環境の化学，p36，裳華房(1984)
- 4) 厚生省生活衛生局水道環境部：官公庁公害専門資料No.3(1985.5.25)おいしい水について
- 5) 編集部，下水道における革新技術，水道公論，**21**，No.8，81(1985)
- 6) 小谷玲子，千葉善昭，都築俊文，井上勝弘：北海道衛研報，No.26，120(1976)
- 7) 高橋登枝子，徳村治彦：愛知食品工試年報，No.22，28(1981)
- 8) 日下 譲：環境情報，No.38，5(1984.10)
- 9) 野村鉄男：New Food Industry，**13**，No.4，64(1971)
- 10) 兵藤良夫：健康と食品，No.8，4(1977)
- 11) 益子 安：食品工業，9月号下，57(1972)
- 12) 兵藤良夫：食品工業，11月号下，77(1975)
- 13) 益子 安：食品開発，**8**，No.6，27(1973)
- 14) 森尾恒久：化学工業，**27**，No.6，635(1976)
- 15) 大阪市消費者センター：くらしのアンテナ，No.158，6月(1984)

- 16) 東京都消費者センター：美味しい水 試買テストシリーズ(59-5)，4月，25(1985)
- 17) Chris Lecos : Consumer, No.11, FDA(1983)
- 18) 岩尾裕之：食の科学，No.64，2月号，14(1982)
- 19) K.E.Quentin : Handbuch der Lebensmittelchemie Bd.8 T 1 ,1043~1056(1965)
- 20) 環境庁自然保護局：鉱泉分析法指針(改訂)(1978.3)
- 21) WHO : Guideline For Drinking-Water Quality, Vol.1, Recommendation WHO, Geneva (1984)
- 22) WHO : *ibid*, vol.2, Health Criteria and Other Supporting Information, Geneva (1984)
- 23) 佐谷戸安好：トキシコロジーフォーラム，**9**，(2)206(1986)
- 24) 村上悠紀雄，堀内公子：温泉科学，**36**，28(1985)
- 25) 名大理小穴研究室：濃尾平野の地下水，愛知県工場誘致委員会(1961)
- 26) 岩崎岩次：温泉科学，**30**，No.3，104(1979)
- 27) 鎌田政明，小沢竹二郎，村上悠紀雄，吉田稔編：地熱流体の化学，東京大学出版会(1984)
- 28) 日下 讓：化学，**40**，No.3，159(1985)
- 29) 森井ふじ，小林 純，三宅さち子：農学研究，**59**，171(1982)
- 30) 堀部義巳：食の科学，No.77，4月号，28(1984)
- 31) 甘露寺泰雄：健康と食品，No.8，12(1977)
- 32) 橋本 奨，南 純一：水処理技術，**27**，No.2，54(1985)
- 33) 橋本 奨，南 純一：水処理技術，**26**，No.8，9(1985)
- 34) 三沢敬義 他：日本医事新報，**1718**，3；**1719**，6(1957)
- 35) 山崎三吉：健康と食品，No.8，26(1977)
- 36) S.M.Kilner : Water Eng. & Managing, **131**，No.3，27(1984)
- 37) 綿拔邦彦，高野穆一郎：温泉科学，**25**，26(1974)
- 38) 川本 博，阿部修治，松沢克典，下沢秀夫，飯島南海夫：温泉科学，**33**，1(1982)
- 39) 堀内公子，小林正雄，村上悠紀雄：日本温泉科学会第27回大会，No.1(1974)，同28回大会，No.28(1975)，日本化学会春季年会第37回，1H14(1978)，第28回放射化学討論会，3B02(1984)，「環境科学」研究報告集，B225-R12-2，118(1984)，B262-R12-2，151(1985)，B289-R12-2，91，107(1986)
- 40) 原子力産業新聞，No.1358，(1986.10.23)