

「第21回日本臨床環境医学会学術集会特集」

(臨床環境 22:1-5, 2013)

総説 特別講演

水について考える

北野 大

淑徳大学総合福祉学部

I. 初めに

水の分子式は H_2O で表されるが、誰もがエッチニオウでなく、エッチツーオウと呼んでおり、水の分子式あることを知っている。逆に言うとそれくらい水は私たちに身近な存在となっている証でもある。本稿においては水の化学的特徴について特に環境面とのかかわりで考えていく。次に資源としての水についてその意義と量的な側面、また水道水の水質についても記述することにする。

II. 水の化学的性質

1. 分子構造

水は図1に示すように一つの酸素原子と二つの水素原子が共有結合をしている。この結合は酸素原子の最外殻(L殻)にある二つの不対電子が水素原子の孤立電子と対を作ることによって形成されている。水素原子と酸素原子間の距離は0.0956nm、酸素と水素との結合角は104.5度である。ちなみ

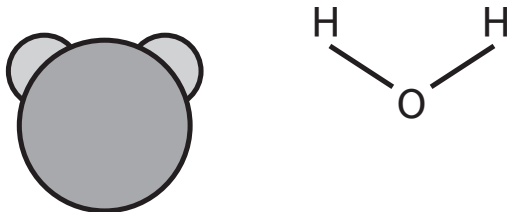


図1 水分子

に二酸化炭素は炭素原子と酸素原子が直線的に結合している分子である。

2. 水分子の極性

酸素原子は電気陰性度が水素原子より大きく、電子を強く引き付けるので、この共有結合では電子は酸素側に偏っている。したがって酸素原子は若干負に、水素原子は若干正に荷電している。すなわち電氣的に分極している。後述するようにこの分極が水を水たらしめているといえる。(図2参照) なお、 e とは電子の電荷の絶対値を示しており、その値は 4.806×10^{-10} esu(静電単位)である。

通常分子の大きさはその沸点に関係するが、表1にあるように水とメタンの分子量の差はわずかに2、しかし沸点の差は264度もある。こんなこと

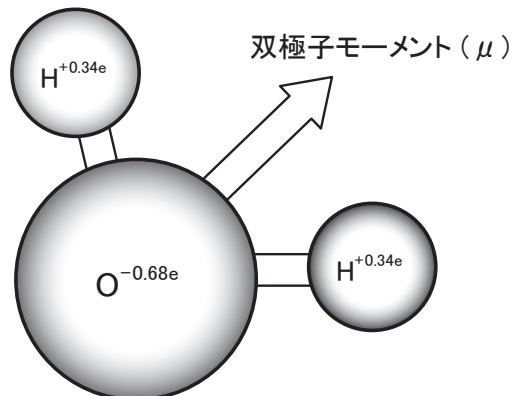


図2 水分子の電荷の分布

別刷請求宛先: 北野 大

〒174-0063 板橋区前野町2-29-3 淑徳大学 東京キャンパス4F

Reprint Requests to Masaru Kitano, Shukutoku University Tokyo Campus, 2-29-3 Maeno-cho, Itabashi-ku, Tokyo 174-0063, Japan

は通常考えられないことである。これは水分子が極性を持ち、水素結合（電子を共有する共有結合でなく、一方の水分子の水素原子が他方の水分子の酸素原子とクーロン相互作用で強く引き付けられる現象。この結合エネルギーは通常の一重結合の20分の1から30分の1）によりクラスターといわれる塊を作っているからである。（図3参照、実践が共有結語、破線が水素結合）したがって水の分子式は H_2O ではなく $(H_2O)_n$ と表記するのが正しい。また驚くことにこの水素結合はピコ秒（10のマイナス12乗）の時間間隔で相手をかえているとのことである。

3. 比熱容量

かつては比熱と呼ばれていたが、最近はこの言葉を使っている。比熱容量とは単位質量の物質の温度を1℃上げるのに必要な熱量であり、表2に示すように他の液体と比べても水はきわめて大きな値を持っている。すなわち比熱容量が大きいとは熱しにくく冷めにくいことを意味しており、我々の体の約70%が水であることからわかるように体温の安定に大きく寄与している。子供のころ、真冬の寒い夜には湯たんぽを母親が用意して

表1 分子量と沸点

分子式	名称	分子量	沸点 (度C)
CH ₄	メタン	16	-164
NH ₃	アンモニア	17	-33
H ₂ O	水	18	100

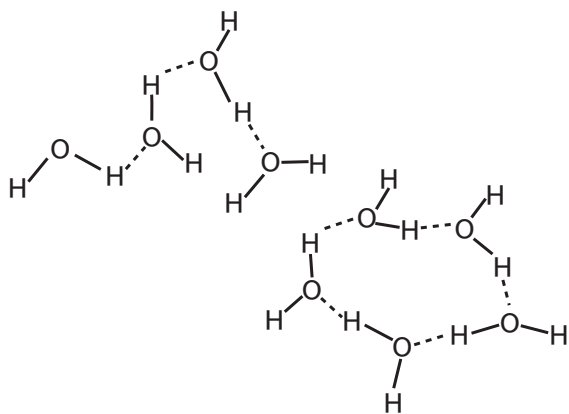


図3 水のクラスターの模式図

表2 比熱容量

物質名	比熱容量 (18℃) (kJ/kg・K)	物質名	比熱容量 (18℃) (kJ/kg・K)
水	4.2	鉛	0.130
エタノール	2.4	白金	0.134
		銀	0.23

くれたがこれも水の持つ大きな比熱容量をうまく利用した例である。

4. 気化熱

水の気化熱を他の液体と一緒に表3に示す。ここでも水がきわめて大きな気化熱を持つことが分かる。水の気化熱が大きなことにより、水不足の時に海水を蒸留して使用したらどうかとの意見も出されるが、現実にはエネルギーコストがかかりすぎるためむずかしい。この目的のためにはイオン交換膜などが使用されている。夏になると犬が舌を出しているがこれも水が蒸発するとき大きな気化熱を奪うことから体温の低下を期待しての行動である。

また最近「大江戸打ち水作戦」と称し、夏になると一斉に風呂の残り湯を道路にまくことが行われているが、これも水が気化するとき大きな気化熱を奪い、気温が下がり、冷房の効率が上がることを期待しての行動である。

5. 水の相変化

図4に水の状態図を示す。曲線O-Aは水の昇華曲線であり、氷と水蒸気が平衡で共存している。一方、曲線O-Bは水の蒸気曲線である。すなわち液体の水と水蒸気が共存している。曲線O-Cは融解曲線であり、氷と水が共存している。Bは臨界点（218.3気圧、373.95度）と呼ばれ、これ以上では液相と気相の区分ができない。点O

表3 気化熱（蒸発熱）

物質名	沸点 (℃)	気化熱 (沸点で) (kJ/kg)
水	100	2,250
エタノール	80.3	393
エーテル	34.5	327

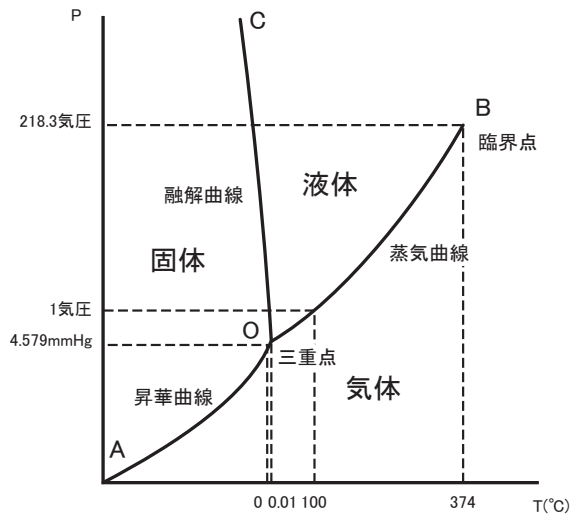


図4 水の相図 (状態図)

は三重点 (273.16K 注)、4.579mmHg) であり、氷と水と水蒸気が平衡に存在している。

Ⅲ. 環境と水の性質との関係

表4を見たとき、火星はマイナス47℃のドライアイスの世界、金星は447℃の水蒸気の世界、唯一地球だけが液体としての水を有しており、同じ太陽系の惑星なのに地球の大気組成が金星や火星と大きく異なるのが分かる。これは藻類による光合成の結果である。環境の悪化が生物の生存に影響を与えた例は数多くあるが、生物が地球の環境を変えた例としては、この藻類による二酸化炭素の酸素への転換がある。太陽からの紫外線により酸素からオゾンが生成、これにより生物が海から陸へと進化できたわけである。生物が地球環境を変えたもう一つの例としては20世紀人類による地球の温暖化がある。人為的な二酸化炭素の排出がその原因であることは言うまでもない。先に述べたように、水の極めて大きな比熱容量が地球の気候を安定させている。夏に打ち水をする自治体が多いがこれも気化熱による気温の低下を期待してのことである。

緑のカーテンという言葉があるが、これも植物の気孔から水が蒸発する際に気化熱を奪うことをうまく利用した方法である。著者は西側に窓があるご家庭では落葉樹を植えることを推奨してい

表4 金星、地球、火星の比較

	金星	地球	火星
表面気圧 [気圧]	90	1	0.007
大気組成 [%] CO ₂	97	0.03	95
N ₂	3	78.1	2~3
Ar	-	0.93	1~2
O ₂	-	21.0	0.1~0.3
温室効果がないとした場合の表面気温 [℃]	-46	-18	-57
表面気温 [℃]	447	15	-47

る。夏は葉が茂り西日を遮り、かつ気孔からの水の蒸発で温度が下がることを期待でき、また冬は葉が落ちるので西日が直接部屋に差し込むというメリットも期待できる。

Ⅳ. 水の価値

水には資源としての価値、日常生活の中で水を巡るつながりといった社会的な価値があるが、著者はこれに加えて水を巡る心象風景といった精神的な価値もあると考えている。

1. 資源としての価値

水は太陽により蒸留され、雨として不断に供給される非枯渇性資源である。循環性資源ともいわれる。地球は水の惑星とも言われ、極めて水が豊富であるイメージがある。しかしそのほとんどは海水であり、我々が利用できる淡水は極めて限られており、0.01%程度である。また降水量はきわめて地域的であり、我が国は年間1,730mmであるのに対し、一方サウジアラビアでは約100mmである。

特に我が国では降水量は年間の変動が激しく、したがって河川は大きな河況係数を有している。河況係数とは河の流動変動を示す値であり、この値が大きいほど治水、利水の制御が難しい。外国の河川の河況係数は10から数100程度であるが、我が国の筑後川は8,600、利根川は1,800である。なお、淀川は琵琶湖という大きな天然ダム役をする湖が存在するため河況係数は例外的に小さく114である。また明治初期のお雇い外国人が日本の川を見て述べたといわれる「これは川でなく

て滝だ」に象徴される急流のため治水、利水の目的でダムが建設されてきたが、近年環境保全の立場から、ダムによる治水、利水に反対の立場の人も多くなってきた。ダムの是非についてここでは議論はあえてしないが、かつて国土交通省の河川局長の言われた言葉「ダムの水は冷たい水の塊ではなく、太陽エネルギーを位置のエネルギーとして一時貯蔵してあるものである」についても考慮すべきであろう。

我が国では「湯水のごとく使う」という表現があるが、その意味はたとえばサウジアラビアなどの水不足の国では全く異なるであろう。

また水は生物生存の基盤であり、これに代わる物質はない。

2. 社会的な価値

流域という概念のひとつの例として江戸時代における筑後川上流と下流の例を紹介する。筑後川上流の小国村の木材で下流の大川が名高い家具の産地になったことより、お礼に大川の人たちが小国の人に魚を届け、上下流の一体感が生まれたといわれている。ちなみに横浜市の水源である道志村と横浜市との関係を紹介する。1887年に日本初の近代水道が横浜市に誕生し、1897年に道志村から取水を始めている。道志村は年間降水量が2,223mmと我が国の全国平均より約500mmも多く、また総面積の95.2%が森林である。

その結果きわめて良好な水質であり、1916年に横浜市は道志村の山林を購入している。横浜市の水源涵養林は道志村総面積の36%にも及んでいる。また神奈川県は森林環境保全税を平成19年から導入し、個人均等割りとして年間300円、また所得の0.025%を徴収している。その年間税収は38億円にもなり、水源地域の森林整備及び水源地域の下水道整備に充てている。この例など現代版の上下流域のつながりともいえよう。

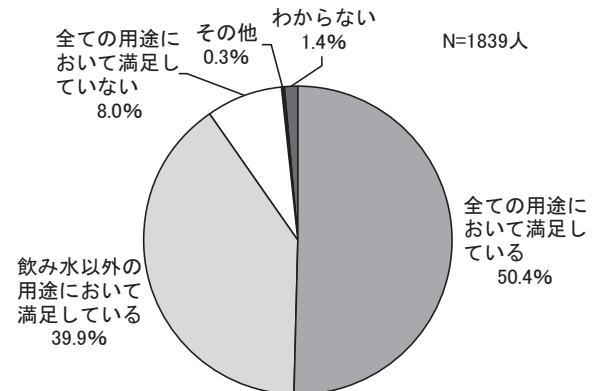
3. 精神的な価値

鴨長明が方丈の庵で「ゆく川の流るは絶えずして、しかも元の水に非ず。よどみに浮かぶうたかたはかつ消え、かつ結びて、久しくとどまりたるためしなし。世の中に人と住処とかくのごとし」と人生の無常を記した方丈記があるが、これなど

まさに水の持つ精神的な価値の一例と著者は感じている。なお、松尾芭蕉が「五月雨を集めてはやし最上川」と俳句を読んでいるが、江戸時代にすでに雨が川の流れになるというきちんとした認識を持っていたことに敬意を表したい。

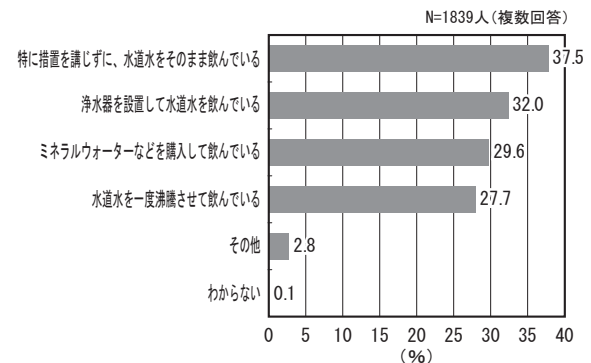
V. 水道水の質に関する満足度

図5に平成20年に内閣府が調査した水に関する世論調査の結果を示す。すべての用途に満足と飲み水以外の用途に満足とすると約90%であり、水道水は十分にその役割を果たしているといえる。一方で図6に示すように飲料用水として水道水を飲むときには浄水器を設置、またはミネラルウォーターを購入して飲んでいる人が多い。水道水を一度煮沸して飲む人も多いが、この目的は浄水過程で生成したトリハロメタンの除去であろう。



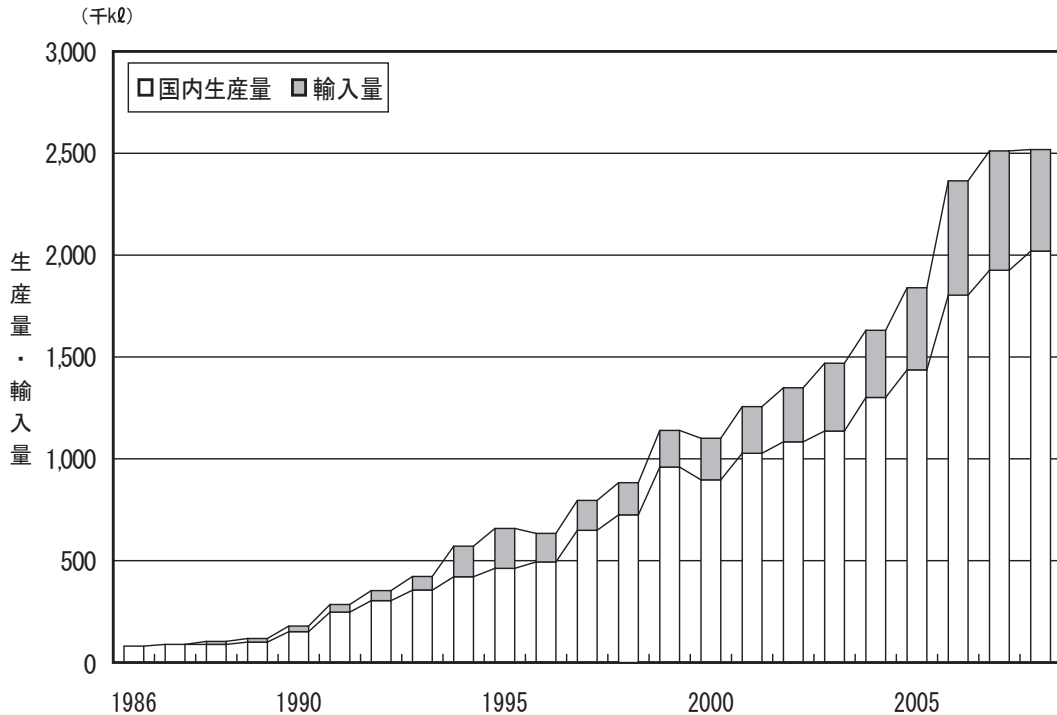
(注) 内閣府「水に関する世論調査」(平成20年6月)

図5 水道水質に関する満足度



(注) 内閣府「水に関する世論調査」(平成20年6月)

図6 普段の水の飲み方



(注) 日本ミネラルウォーター協会資料をもとに国土交通省水資源部作成

図7 ミネラルウォーターの生産と輸入量の推移

なお、図7に示すようにミネラルウォーターの生産・出荷量は増え続けており、2009年には200万kl、国民一人あたりで計算すると年間16lとなる。子供のころ我が家に初めて水道が設置されたとき、ペンキ職人であった父は水道の蛇口に直接口をつけ、「まさる、水道水はうまいな。鉄管ビールだ」といったのを今でも覚えている。私自身は現在の水道水に対し安全性については何の疑問も持っていない。

VI. 終わりに

20世紀は戦争の世紀であった。その原因は民族の相違、宗教の相違そして資源を求めての侵略である。21世紀の悲観的なシナリオとして、これらの戦争の原因に食料と水を巡る争いが考えられている。確かに人口の増加の3倍くらいの速度で水

の需要が増えている。

水は非枯渇性資源であるが先に述べたように地域差も大きい。また人口の増加に加え、核家族化、生活水準の向上も水の需要を高める要因となっている。改めて節水と水を汚さない生活習慣の徹底を図りたいものである。そして水道水が再び、「鉄管ビール」と呼ばれる時が来ることを期待したい。

謝辞

本稿執筆に当たっては多くの先人の著書等を参考とさせていただいた。特に引用は記していないが、ここに厚くお礼を申し上げる。

注釈

K：熱力学温度 K：ケルビン、1K は水の三重点の熱力学温度の1/273.16倍と定義