

## 海水のミネラルと健康

木村美恵子

タケダライフサイエンスリサーチセンター(疾病予防センター)

### Mineral in Sea Water and Health

Mieko Kimura

Takeda Research Institute of Life Science and Preventive Medicine, Kyoto 600-8813, Japan

#### Abstract

Effects of westernizing of food habits and lack of exercise on health status based urbanizing of daily life are focused in Japan. With these changes of life habits, protein and lipid intakes are increasing, and mineral and vitamin intakes are decreasing. So that, people with elevated serum cholesterol concentrations are increasing and are at increased risk of developing atherosclerosis and coronary artery disease. On the other hand, the role of magnesium (Mg) in prevent of these disease by improving lipid metabolism is well-known. But in Japanese also with westernizing of food habits, fishes, vegetables and algae intakes are decreasing, and Mg intake is coming lower. To prevent of atherosclerosis and coronary artery disease, the natural Mg rich drink “deep sea water” were made from deep sea water by desalting treatment.

The effects of oral administration of “deep sea water” on lipid metabolism of rats were studied. The “deep sea water” were made from deep sea water to remove NaCl and prepared concentration (mg/L) ① : control : distilled water (Mg<1 ppm, Ca<1 ppm), ② Mg200 (Mg200 ppm, Ca67 ppm), ③ Mg600 (Mg600 ppm, Ca200 ppm), ④ Mg1000 (Mg1000 ppm, Ca333 ppm). Male Wistar rats weighing about 90 g were fed synthetic diets and for drinking water, distilled water and above three kinds “deep sea water” were provided ad libitum for 12 weeks. Eleven items of blood and twenty-four items of plasma biochemical analyses were automatic methods. The physiological behavior, food intake and water consumption in the rats did not found significant differences in each group. The pathological changes were also not found. In the plasma biochemical data, total cholesterol values in plasma of rats drank 2 kinds of high Mg concentration “deep sea water” (③ Mg600 : Mg600 ppm, Ca200 ppm, ④ Mg1000 : Mg1000 ppm, Ca333 ppm) resulted in significantly decrease compared to the rats drank distilled water (control group). These results suggest that magnesium rich drinking water made from “deep sea water” without salt may be a useful natural drink to improve lipid metabolism and to prevent of atherosclerosis and coronary artery disease.

Keywords : mineral, sea water, health, nutrition

連絡先：木村美恵子

〒600-8813 京都市右京区中堂寺南町 134, 京都  
リサーチパーク

タケダライフサイエンスリサーチセンター・疾  
病予防センター

FAX: 075-315-7107

E-mail : kimura@takedahp.or.jp

受付日：平成 19 年 9 月 30 日

受理日：平成 19 年 10 月 24 日

#### I はじめに

“水と健康”のキーワードでヒトの健康を考えると、水は生命の全てであり、水の存在が生命の存在を意味する。近年、太陽系の地球以外の惑星における生命の存在の探索が行われている。宇宙の惑星に生命の存在を探索するには、最初に水の有無、そして、海を探す。

我々生きもの、生物体の 85% は水である。生体の構成単位である細胞は勿論そのほとんどが水分である。細胞がどれだけ多量の水分を含んでいるかが、若さ、元気さ、生命の証である。赤ちゃんの皮膚は瑞々しく、歳をとると、細胞膜が細胞の水分の保持能力が低下して、細

胞は老化する。生命は水と共にあり、水分が十分に有ると言うことが生きていくと言うことである。

## II 海ミネラルーひとの羊水としての海水ー

### (1) 生命の母なる海

では、水だけあればいいのでしょうか。水は生命を司る体液、即ち溶媒として存在しており、体液はミネラルをはじめ多くの栄養成分を常に良いバランスで保ち、生命維持の泉となる。

宇宙の中で豊富に水があるのはこの地球だけと言われており、地球上には推計 14 億 km<sup>3</sup> の水があるが、その内、淡水は 2.5%、しかも、その大半は極地の氷で、我々が使用できる水は 0.01% に過ぎない。地球上の面積では 71% を海が占めており、水の量では 97.5% は海水である。少ない地上水が人間自身の手で汚され、また、温暖化や山林破壊など自然破壊により、大幅な水不足に陥り、人類存続の危機に面していることは周知である。地球の人口は発展途上国で増え続け、飲料水、農業・工業用水の需要も右肩上がり伸び続けるなか、1 人が使用できる水は 1950 年には 16,800 立方メートルあったが、2000 年には 6,800 立方メートルに落ち込み、21 世紀を水不足の時代として迎えた。

また、ヒトが利用できる地球上の資源が枯渇してきている今、地球上に多量に存在し、公害による影響も少ない、新しい資源としての「海水：生命の母なる海」の利用がクローズアップされる。

### (2) 健康って何？

健康とは一体何だろうと、辞書を見ると、「健康とは体に悪いところなく、健やかであること、そして人間の持っている身体的、精神的及び社会的能力を十分に発揮できるように心身ともに健やかな状態をいう」とある。

健康といえば、医学、日本における医学は治療医学・臨床医学が中心であり、目に見える病気になって、はじめて、健康に関心をもつのが日本人の健康関心度であった。一旦病気の領域に入ると、元の健康状態を取り戻すことは不可能である。そして、破綻に陥ったヒトの健康を取り戻すため、医学の研究は、人工臓器、クローン人間へと関心が飛躍・泥沼化している。高齢社会の到来とともに、今、医療保険、介護保険の破綻に直面して、ようやく、予防医学の見地から健康が注目されるようになり、“メタボリックシンドローム”との命名とともにクローズアップされ、中でも予防医学としての栄養学に大きい関心が集まってきている。健康の保持・増進の推進、そのため日常生活の中で、健康日本 21：「栄養、運動、休養」に注目を！と厚生労働省は提唱している。

### (3) 海ミネラルと健康

私たちの体を構成する一つ一つの細胞は栄養素の補給

によって養われており、それが活性化されて、その一つ一つの細胞が元気であることが我々の体を健やかにし、そして活発な活動や頭の働きにつながる。これらの栄養素には、言うまでもなく、たんぱく質、脂質、糖質 3 大栄養素のほか、微量の栄養素としてビタミン、ミネラルがあり、体液という溶媒のなかで、常に密接な相互関係をたもって細胞・生体の機能を発揮させている。体液はホメオスタシス機構により常に一定のミネラルバランスを保っている。体液としての水成分、体液バランスの基本としてのミネラル栄養、栄養素の代謝調節因子としてのミネラル、ビタミン栄養は、非常に微量で、大きな働きを担っている。因に、ほ乳動物の栄養素として、現在必須性が証明されているミネラルは、ナトリウム(Na)、カリウム(K)、マグネシウム(Mg)、カルシウム(Ca)、リン(P)、ケイ素(Si)、バナジウム(V)、クロム(Cr)、マンガン(Mn)、鉄(Fe)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)、銅(Cu)、亜鉛(Zn)、砒素(As)、セレン(Se)、モリブデン(Mo)、錫(Sn)、ヨウ素(I)、鉛(Pb)、フッ素(F)、ルビジウム(Rb)の 22 種類、そして、多分必須であろうと考えられているが、まだ必須性が証明されていないものに、リチウム(Li)、ベリリウム(Be)、ホウ素(B)、アルミニウム(Al)、ゲルマニウム(Ge)、臭素(Br)、ストロンチウム(Sr)、銀(Ag)、カドミウム(Cd)、アンチモン(Sb)、セシウム(Cs)、バリウム(Ba)、タングステン(W)、金(Au)、水銀(Hg)などがある。

食品には、現在の化学レベルでは、栄養素としてのその必須性が明らかにされていない成分も沢山含まれている。生き物である食品は、我々の身体・生体も、未知の栄養素を含む包括的栄養環境を備えており、生き物の栄養の原点・有機物は、言うまでもなく、植物が土壌から吸い上げる水とミネラル、及び太陽光線から造られる。この有機物があって、始めて、我々動物の生命が育まれる。水がすべての生命の根源であること、そして、その生命の泉のものは水に含まれる栄養素・ミネラルであることを改めて考えさせられる。

### (4) 海水のミネラル

地上水のミネラル組成は地域により大きく異なるが、海水のミネラル組成は一定で、約 85 種類みつけられている。そして Fig. 1 に示すように、海水中ミネラル濃度分布はヒトの体液(血清)中ミネラルバランスと正の相関関係がみられる。生命の起源は海水からといわれているように、私たち人間の羊水はやはり海水であろう。ヒトは生まれる前に母体中で羊水に浮かんで暮らしている。生まれて初めて水の中から出てくる。生命(細胞)の起源は海水にある。海水が濃縮されて体液より濃度が高くなり(今では血清濃度の約 4 倍)、生き物は海水の中では生きにくくなり、鰓ができ、肺ができて、陸に上がったと考えられている。

海の水は、本来私たちの生きる源であろう。地上で何かを育てようとする多くの肥料が必要であるが、海では窒素あり炭素あり、そして多くの微量元素があって、肥料をあたえなくても、生物は生育できる。石油資源の時代 20 世紀は地球環境に多くの問題点を残した。新しい資源のない 21 世紀、今、資源として、命の水「海水」を見直すことが大きな課題であろう。

III ヒトの生命と水

(1) ミネラルとの関わりをビタミン B<sub>1</sub> (B<sub>1</sub>) 研究から

B<sub>1</sub> の研究の中で、ヒトの B<sub>1</sub> 欠乏症である脚気、Wernicke-Korsakov syndrome などの疾患は、B<sub>1</sub> 欠乏だけではなく、その他プラス α の因子があるであろうとい

う視点から、ヒトの B<sub>1</sub> 欠乏症のモデル動物の作成を目的として、プラス α 因子として、B<sub>1</sub> 代謝のかかわる補因子としてのミネラルとのバランスに注目し、ミネラルの研究を始めた。

日本人の国民病といわれた B<sub>1</sub> 欠乏症の予防は、昭和 30 年代、京都大学藤原元典のアリチアミンの発見がその絶滅に近い大きな貢献となった。その後、和歌山県の古座川の流域に多発、難病である筋萎縮性側索硬化症は、二次的に B<sub>1</sub> 欠乏症を招くこと、地域の河川水中ミネラル濃度、特に、Ca、Mg、濃度が非常に低いこととの因果関係が明らかにされた。この観点から、我々の B<sub>1</sub> とミネラルとの関わりの研究がスタートした。

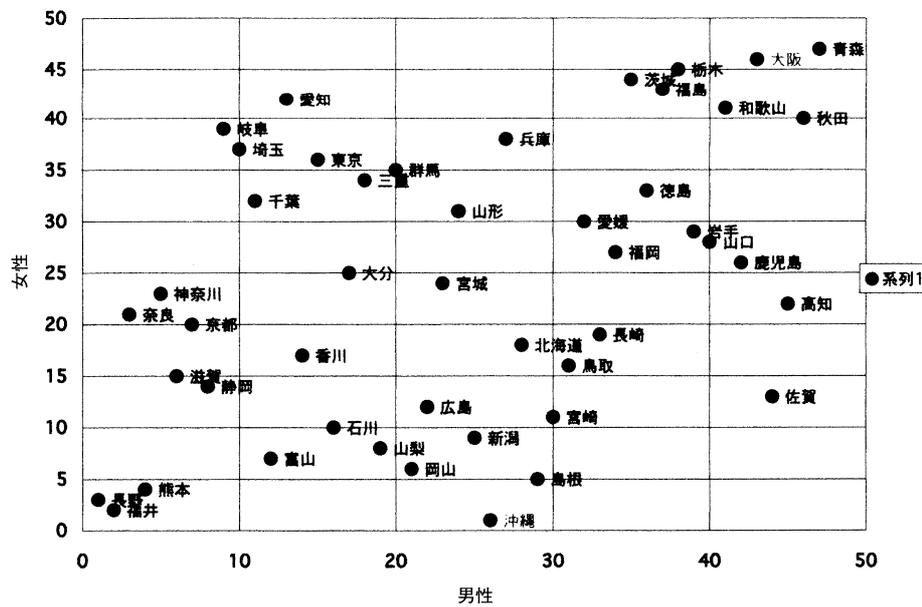


Figure 1-a Distribution of average life of Japanese men and women by prefecture in 12 year of the Heisei (in order)

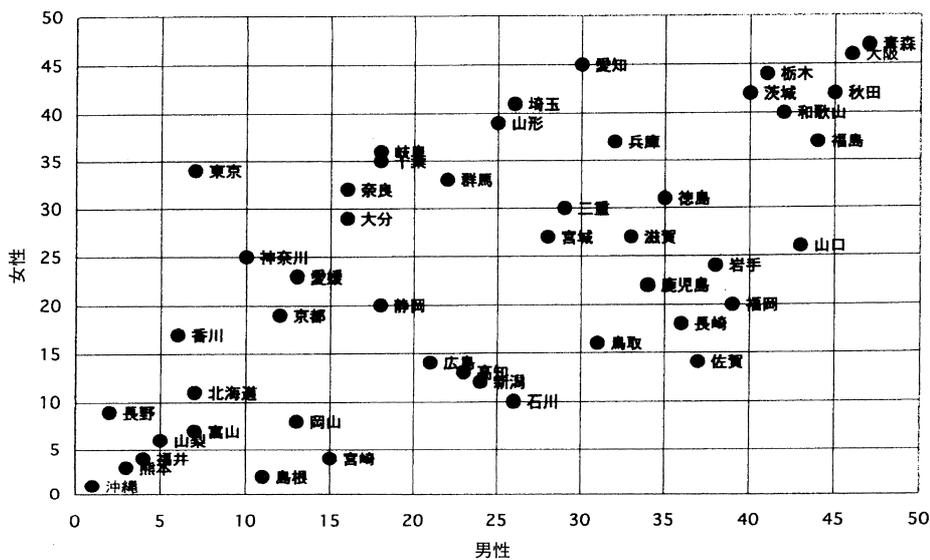


Figure 1-b Distribution of average expected life of Japanese men and women in 65 years by prefecture in 12 year of the Heisei (in order)

(2) 平均余命と水

健康を衛生学的に考えるとき、その指標として平均寿命(0歳の平均余命)が挙げられる[1]。我国の平均寿命はのび続け世界で最も長くなった。国内の都道府県別平均寿命(順位)をみると(Fig. 1-a)、寿命が短いのは青森県、秋田県など東北地方である。これは旧来の日本の典型的な高塩・低タンパク食の農村型食生活が主な原因であることを弘前大学名誉教授佐々木先生が明らかにされて久しいが、未だにこのような平均寿命の差というのは変わっていない。永く長寿一をたどっているのが沖縄県女子で、男子も1位であったが、加工食品など食生活の本土化の波を破って平成12年には26位に転落してきている。このような変化が顕著にみられるのが、大阪府である。大阪府の平均寿命(順位)は昭和45年には、男子13位、女子20位であったが、急激に悪化、昭和60年男子32位、女子45位、平成12年には男子43位・女子46位と、非常に悪いところに転がり落ちた。平均寿命(順位)の変化はその地域の人々の健康状態を反映していると考えられ、健康の保持・増進には、この原因を追求することが

必要である。我国は医療技術のレベルが高いので全般に0歳の平均余命である平均寿命は非常に良好である。ここで、高齢社会に突入した今、65歳の平均余命(順位)は如何かを見ると(Fig. 1-b)、やはり沖縄が最も良く、東北地方の青森、秋田は悪い。そして30年前には非常に良かった大阪・神戸の悪化が目立つ。この原因について検討してみると、全国の水道水の原水の質検査値の悪さとがんの死亡率が強い正の相関関係を示した。

水道原水のミネラル濃度の点からはどんなものか。全国地域別水道原水(河川)中のCaとMg濃度(Fig. 2-a)をみると、東北地方も近畿南部は低濃度、九州は北方が低値、熊本、沖縄は高値をとっている。主河川中Ca,Mg,Na,K濃度を示した(Fig. 2-b)。これらミネラル濃度と平均寿命の間には正相関の傾向が認められる。例えば、先にも述べたように、難病である筋萎縮性側索硬化症の多発地域である近畿南部の古座川や熊野川の水中Ca,Mg濃度が非常に低値で、このことが病気の主因であることが解明されている。

地球上の水の97.5%が海の水、2.5%が地上の水、い

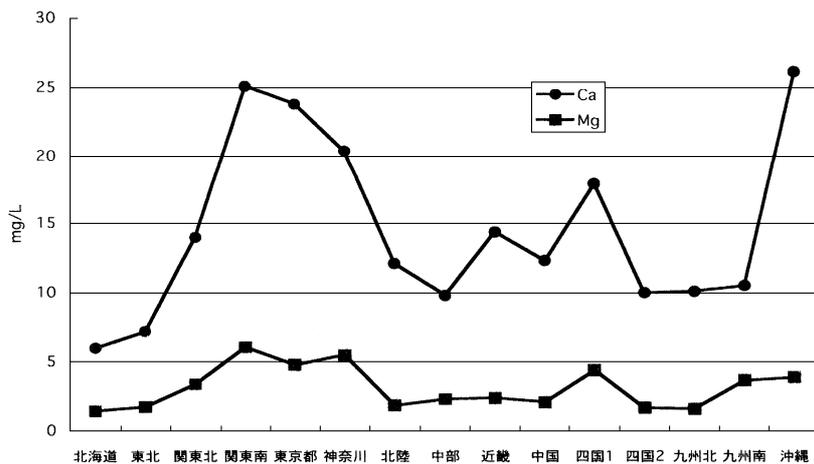


Figure 2-a Mineral concentration in tap water of Japan

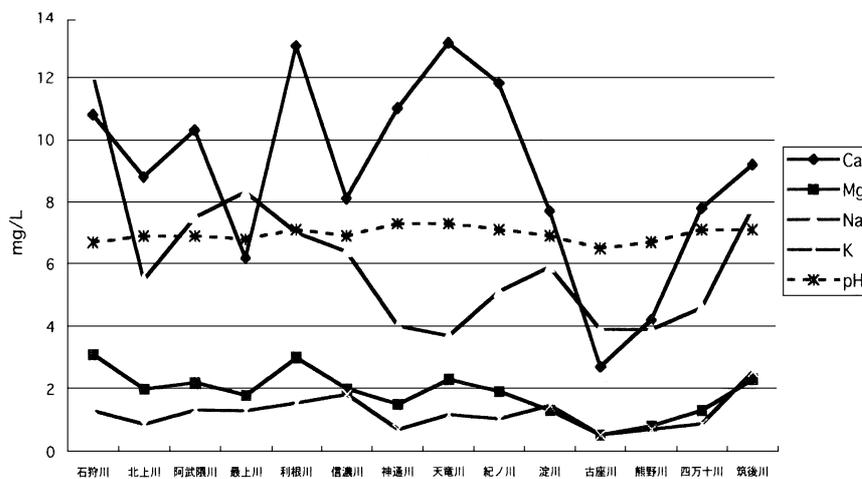


Figure 2-b Mineral concentration in liver water of Japan

わゆる淡水で、淡水の内のほとんどは北極・南極の水であり、ヒトが生活用水として使用可能な淡水は僅か0.01%である。この僅か0.01%の水が大気循環の中で汚染し、危機的な状態にあることは言うまでもない。

生体内水分の分布は、およそ、血漿中が5%、細胞間液15%で、細胞内液が50%である。水分の出納は、入ってくるのは調理水・飲物の水約1000ml、食品から約700ml、代謝水として300ml、計約2000ml、そして出て行くのは、尿から約1200ml、皮膚；約400ml、呼吸；約200ml、糞便；約100mlと、計2000mlの収支がある。体重の50~60%が水分、その内の1/3の水分を失うと生命の危機に襲われる。

#### IV ミネラル栄養からみた水

##### (1) ミネラルの必須性

先に述べたように、現在必須性が証明されているミネラルには22種類あり、多分必須であろうが、まだ必須性が証明されていないもの15種類がある。その中で平成12年の第六次改訂の日本人食事摂取基準でCa, P, Mg, K, Fe, Cu, Zn, I, Mn, Cr, Se, Moの栄養所要量が決められ[13]、同時に栄養補助食品の氾濫と乱用を考慮して、

許容上限摂取量が取り決められた。その後、平成17年の日本人の食事摂取基準[2005年版]では、所用量は取り決めず、項目により、推定平均必要量(Mg, Cr, Mo, Fe, Cu, Zn, Se, I, Na)、推奨量(Mg, Cr, Mo, Fe, Cu, Zn, Se, I)、目安量(Ca, P, Mn, K)、目標量(Ca, Na, K)、上限量(Mg, Ca, P, Mo, Mn, Fe, Cu, Zn, Se, I)としての食事摂取基準が提示された[14]。他方、これまでの食品栄養成分表にはミネラルの成分の記載が乏しく、Ca, Fe, P, Naのみであった。種々のミネラルの栄養摂取基準が取り決められたが、第五次改訂版[15]に、はじめてMg, Zn, Cuのデータが追加されたものの、I, Mn, Se, Cr, Moのデータはなく、栄養指導の現場に混乱をもたらしている。

##### (2) 飲料水の種類

我々の日々利用する水は定義づけされており、浅井戸の水、深井戸の水、湧水、鉱泉水、温泉水、伏流水、鉱水をミネラルウォーター分類・名付けている。湧水のうち温度が25℃未満で、溶存鉱物の物質が何か特徴付けられるというものを鉱泉水、水温が25℃以上のものを温泉水と言う。農林水産省はミネラルウォーター類の品名表示ガイドラインでTable 1に示すように分類してい

Table 1 Classification of mineral water by processed method

名称	定義
ナチュラルウォーター	特定の水源から採水された地下水に、ろ過、沈殿および過熱殺菌以外の処理をしていない水
ナチュラルミネラルウォーター	特定の水源から採水された地下水のうち、地下で滞留、または移動中に無機塩類(ミネラル成分)が溶解した水、ナチュラルウォーターと同じく、ろ過、沈殿および過熱殺菌以外の処理をしていないもの
ミネラルウォーター	ナチュラルミネラルウォーターの原水と同じものにミネラル成分の調製、オゾンによる殺菌、紫外線による殺菌などの処理を行った水
ボトルウォーター	ナチュラルウォーター、ナチュラルミネラルウォーター、ミネラルウォーター以外の水で、処理方法には限定がなく、飲料水に適した水

Table 2 Parameters and hardness in commercially-supplied drinking water

商品名(国名)	Na (mg/l)	K(mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	硫酸塩 (mg/l)	ph	硬度 (mg/l)
カナディアンブルー(カナダ)	0.64		0.8	0.13	6.18		2.52
大清水源流	3.5	1.2	9.1	2		7.2	30.75
秩父源流水	2.3	0.5	14	1		7.5	40
ボルヴィック(フランス)	8	5.4	10.4	6	6.7	7.0	50
六甲のおいしい水	18	0.3	24	5.7		7.7	82.8
岡山吉備の水	11	1.3	42	6.2		7.7	130
新見の水磁気ミネラル 74	16	0.3	74	15		7.5	160
エビアン(フランス)	5	1	78	24	10	7.2	297.5
ヴィッテル(フランス)	3.8	2	202	36	306	7.1	649
天海の水(海水)	74	69	71	200			1,000
コントレックス(フランス)	8.5	3.5	467	84	1,192	7.45	1,503.5

る。ナチュラルウォーターというのは水源から採ってきた水をろ過・沈殿・殺菌以外の処理をしていない水、ナチュラルミネラルウォーターというのはナチュラルウォーターの内、ミネラル成分が溶解した水で、特に加熱以外の処理をしていない。普通ミネラルウォーターと言っているものは、成分の調整・オゾンの殺菌処理を行った水、これ以外の水で処理には限定がなく、飲料に適したものをボトルウォーターと名付けており、水道水もこれに分類される。

身近な飲料水データをまとめてみる (Table 2)。含有ミネラルの観点から、硬度 ( $\text{Ca}^{2+}$  と  $\text{Mg}^{2+}$  の溶存量) が低いのは日本の水、カナダの水も比較的濃度が低く、ヨーロッパの水は硬度が高いのが、その殆どは  $\text{Ca}^{2+}$  である。Mg の多い海の水から新しく作られた水は  $\text{Mg}^{2+}$  が高い事が特色である。本来、心疾患による死亡が急増している現在日本人の健康状態から見ると、ヒトの羊水と言われる Mg リッチで硬度が高く、体液と同じミネラルバランスをもつ海水由来の水が好ましいと考えられる。

### (3) ミネラル栄養と健康

Mg は、酵素反応を含む種々の生体内反応において重要であり、欠乏すると虚血性心疾患をはじめとする循環器疾患や糖尿病など様々な疾病を引き起こすことが報告されている [2]。Marier [3] や小林ら [4] によると、飲料水の硬度の高い地方は、低い地方と比較して、循環器疾患、あるいは高血圧症が少なく、さらに、Karppanen によると  $\text{Ca}/\text{Mg}$  比と虚血性心疾患に正の相関がある [5]、とされているが、これらは、Ca と Mg の総和と、その比率が心疾患に対して重要な因子であることを示している。また、増え続ける虚血性心疾患をはじめとする循環器系疾患の危険因子として、血中コレステロールおよび中性脂肪が注目を集めている [6,7]。

Mg が欠乏すると、血中脂質が上昇し [8,9]、利尿剤投与時に見られる Mg 欠乏状態に Mg を補給すると、HDL コレステロールの増加が見られ [10]、血小板内イオン化 Mg 濃度が本態性高血圧患者で血清中性脂肪と逆相関する [11]、など Mg と血中脂質指標の関連に関しては多数の報告がある。先述のように、和歌山県の古座川流域に発症する筋萎縮性側索硬化症の原因としての河川水の低 Mg, Ca とビタミン B1 欠乏の相互作用があるが、また、河川水の低硬度、特に Mg 不足と虚血性心疾患発症の関連が小林ら [4] により報告され、心疾患の多い欧米諸国において注目された例も新しい。その後、ミネラルと虚血性心疾患の研究が盛んに行われるようになり、例えば食事の中の高  $\text{Ca}/\text{Mg}$  比が虚血性心疾患による死亡のリスクファクターであることがフィンランド、アメリカ、オランダなど欧米諸国での疫学調査が報告されてきた [8]。当時、牛乳・肉類摂取量が少なく、魚・野菜摂取量が多い食生活 ( $\text{Ca}/\text{Mg}$  比が低い) の日本では心疾患が少

なかったが、近年、食生活の欧米化とともに急増している。また、食事中高 Na または高 Na/K 比が脳卒中など脳血管疾患のリスクファクターであることが明らかにされて久しい。総じて循環器疾患のリスクファクターとして  $\text{Na} \times \text{Ca}$  (細胞外液ミネラル) /  $\text{K} \times \text{Mg}$  (細胞内液ミネラル) 比の高値が挙げられる。しかし、高血圧と高 Na 摂取と言われてきているが、最近の報告では、Na よりも塩分として同時に摂取される Cl がもたらしているのでは? との説が出てきている。明確になっていると思われる高血圧と Na の理論もまだまだ揺れている。ミネラル栄養と病態の問題の多くは未知の分野である。

## V 海水の飲料水への利用と健康

我が国においても漸く 1999 年第 6 次改訂により Mg の食事摂取基準 [12] がとり決められ (2005 年より食事摂取基準 [2005 年版])、そして五訂食品成分表 [14] に初めて食品中 Mg 成分値が掲載された。これまで、日本標準食品成分表にも Mg の値は掲載されていなかったこともあり、日本人の Mg 摂取の現状に関する栄養調査は少ないが、およそ、155mg~300mg/day (平均約 200mg/day) [15-21] の摂取が報告されており、男子 370mg/day、女子 280mg/day の食事摂取基準 (2005 年版) には大幅な摂取不足で、食生活の改善が必須である。

### (1) 深層海水とは

このようなマグネシウム摂取不足による心疾患を代表とする現代病が急増するなかにあつて、種々の天然水の内、最も多量の Mg を含む海水に注目し、海水から塩分のみを除いた飲料水の作成を考案中、1999 年出会った清浄かつミネラルリッチな“深層海水”を原料とした飲料水が作成できた。塩分のみを除き、海水のミネラルをそのまま残した特有のミネラルバランスのこの飲料水は世界で初めてのことで、海水は飲めないという常識を覆した。

地球物理学的には、“深層海水” [22,23] とは、北大西洋北部グリーンランド周辺で極低温により生じた塩分濃度差によって生じた高塩分のプルームと呼ばれる海底に沈む海水の流れが深層水の始まりである。この深層循環と呼ぶ北大西洋発の深層水は大西洋を横断して南極海域に達し、南極周極流によって地球をぐるぐる回りながら南太平洋に流入、赤道を横切り、北太平洋深層に至っている。コンベアベルトサーキュレーションと呼ばれる全地球海洋循環によるものである。この北大西洋深層水は全世界の海洋において徐々に表層に向かって上昇するので、北太平洋の表・中層水にもこの深層水起源の水があるが、僅かである。他方、日本周辺には日本海固有水という日本海の中深層にのみ存在する海水層がある。これは冬季、ウラジオストック周辺で海水が強烈に冷やされ、重くなり中深層に沈み込んでできる。日本海の 300 メー

トル以深の水はこの水である。日本海は深さ 400 メートルもあり、閉ざされて外へはでない。ちなみに、対馬海峡、津軽海峡、宗谷海峡で太平洋と繋がっているが、これらは深さが数百メートルのため、深層の海水は外へは出ない。従って、日本周辺の太平洋側と日本海側では、深層の成り立ちが異なる。

この深層水の上に 1000-2000 メートルの中層水がある。北太平洋の中層水は 500-1500 メートルの間にある。起源はオーツク海とベーリング海で、特に重要なのはアムール川などの淡水の影響を受けた低温な水がオーツク海から千島列島を経て、北太平洋亜寒帯域に運ばれ、親潮の一部として南下、房総半島沖の黒潮続流域で高塩・高温な黒潮水と出会い混ざる。この北太平洋の亜熱帯域中層には上層、下層より塩分の低い(塩分極小層)が形成される。これはインドネシア多島海からインド洋を経て北太平洋へ運ばれるが、この特性はインド洋で失われる。

このようななかで、今、種々の海水素材として“海洋深層水”とよばれているのは、海洋学で言う深層水ではなく、太陽光が届かない、したがって光合成が行われない、およそ 200 メートルより深いところにあるミネラルに富んだ海水“深い海にある海水”を指している。この層の水は、表層の植物プランクトンが栄養源を吸収、光合成を行い、その植物プランクトンを動物プランクトンが食べ、また、その死骸などは細菌が分解する。従って、そのすぐ下層の海水は細菌も少ない。人間にとって、清浄かつミネラル豊富な付加価値の高い水である。

このような海水から作成する飲料水中マグネシウムに焦点を当て、海水由来の飲料が血中脂質に与える影響および循環器疾患の予防の可能性について検討したものについて述べる。

## (2) 脱塩海水飲料の健康影響(ラットを用いた実験)

3 週齢 Wistar 系雄ラット 40 匹を 1 群 10 匹の 4 群に分け、12 週間、Table 3,4 に示すような、試験飼料、試

験用飲料水を与えて飼育した。飼料、飲料水は自由摂取させた。ミネラル混合には Mameesh & Johnson の組成 [24] を用い、Mg の含量は 0.047% とし、全ての群に同じように摂取させた。

試験飲料水は深層海水(高知県室戸沖より取水: 海洋学的には中層水)を RO 膜にて淡水部分と塩部分に分け、塩部分から温度差により可能な限り塩化ナトリウムを除去し、その塩部分を Mg, Ca, K, Na, P, Zn, I, Cu など微量元素を含むミネラル組成が一定になるように淡水部分に再付加して作成する [25]。Mg 濃度を中心に①対照群(蒸留水 Mg<1 ppm, Ca<1 ppm)、② Mg200 群(Mg200 ppm, Ca71 ppm)、③ Mg600 群(Mg600 ppm, Ca213 ppm)、④ Mg1000 群(Mg1000 ppm, Ca355 ppm) に調製して、各 4 群ラットに飲料水として与えて、12 週間飼育し、下記のような結果を得た [25]。参考値として、本飲料水および本飲料の原料として用いた高知県室戸沖より採取した深層海水のミネラル測定値を Table 5 に示す。

一般状態、剖検、および組織染色標本鏡検の結果、飼育 1 週間経過時において、Mg600 群、Mg1000 群において軽度の下痢様症状が見られたが、2 週目以降は消失した。また、それ以外については、すべて異常は認められなかった。飼料総摂取量、飲料総摂取量、体重および体格(体長、胴囲、頭幅、尾幅、尾長)は、対照群と比較し、Mg 各群において有意な差異は認められなかった。組織の肉眼的所見および各臓器の組織染色標本においても病変は認められなかった。

11 項目の血液検査値には、いずれの群間でも有意差は認められなかった (Table 6)。21 項目の血漿生化学検査値では、Table 7 に示すように、コレステロール値は対照群と比較し、Mg600 群、Mg1000 群において有意な低下が認められた。平均値での比較をすると、対照群で  $72.33 \pm 8.32$  に対し、Mg600 群  $59.40 \pm 1.86$ 、Mg1000 群  $61.50 \pm 8.32$  で、それぞれ対照群の値の 0.82 倍、0.85 倍であった。

Table 3 Composition of synthetic(g/100g diet)

MgCO <sub>3</sub>	g	0.163
CaHPO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	g	1.421
CaCO <sub>3</sub>	g	0.654
Sucrose	g	38.00
Potato Starch	g	30.00
Casein	g	15.00
Olive oil	g	10.00
Cellulose	g	2.00
Mineral mixture*	g	4.00
Vitamin mixture*	g	0.50
Choline chloride	g	0.20
DL-Methionine	g	0.30

\*Mineral mixture of Mameesh and Johnson (J.Nutr.1958.65.161) supplemented with selenium (0.5 μg/g)

\*Panvitan powder (Takeda Chemicals Industries, Ltd., Osaka Japan)

血漿脂質系指標について各個体の1日Mg摂取量と回帰分析により、コレステロール値との間に有意な負の相関が認められた( $R=-0.677$ ,  $p=0.0001$ )また尿酸値、尿素窒素値は有意ではないものの、対照群と比較し高Mg投与群において低下傾向が認められ、同様に一日のMg摂取量と尿酸値( $R=-0.484$ ,  $p=0.0032$ )、尿素窒素値( $R=-0.386$ ,  $p=0.0132$ )の間に有意な負の相関が認められた。

深層海水から精製した本飲料の3ヶ月間の投与によって血漿総コレステロール、尿酸、尿素窒素と1日当たりのMg摂取量との間に有意な負の相関が認められた

[25,26]。また、体重とこれら脂質系指標、窒素代謝系指標との間にはいずれも有意な相関は認められなかったことから、本飲料水飲用によるこれら脂質系指標の低下が体重の変化を介したものでないことを示唆している。Mgと脂質の関係はMgが中性脂肪代謝酵素の活性化、中性脂肪の水解促進性にはたらくこと[27]、また、コレステロール食を投与した条件下でMgの併用による脂質系指標の改善についてなどの報告がある[7,8,11,27]が、その機序は必ずしも明らかではない。本試験結果では血漿中における遊離脂肪酸、中性脂肪には有意の変化は認めら

**Table 4** Mineral concentration in drinking water for examination reference\* Food hygiene law, Standard for cooling drink by food hygiene

mineral	Drinking water for rat.				reference*
	②200mg/l	③600mg/l	④1000mg/l		
Mg	200	600	1,000	(mg/l)	-
Na	74	222	370	(mg/l)	-
Na/Na in sea water	0.7	2.1	3.4	(%)	-
Ca	71	213	355	(mg/l)	-
K	69	207	345	(mg/l)	-
Cl	530	1,590	2,650	(mg/l)	-
Cl/Cl in sea water	2.7	8.2	13.7	(%)	-
Zn	34.5	103.5	122	( $\mu$ g/l)	-
I	8.8	26.4	44	( $\mu$ g/l)	-
P	2.4	7.2	12	( $\mu$ g/l)	-
Se	1.9	5.7	28.5	( $\mu$ g/l)	-
Hg		0.00005<		(mg/l)	-
Ag		0.001<		(mg/l)	0.2<
Pb		0.00001<		(mg/l)	0.4<
Cd		0.00001<		(mg/l)	0.1<
Sn		0.0002<		(mg/l)	150<

**Table 5** Mineral concentrations in deep seawater and surface seawater reference\*\* Food hygiene law, Standard for raw water of mineral water by food hygiene

mineral	sea water (1)		deep sea water (2) (3)		reference**
Mg	1,280	(mg/l)	1300	(mg/l)	-
Na	10,780	(mg/l)	10800	(mg/l)	-
Ca	0.412	(mg/l)	0.456	(mg/l)	-
K	0.399	(mg/l)	0.414	(mg/l)	-
Cl	19,350	(mg/l)	22370	(mg/l)	-
Hg	0.1	(pg/l)	0.05<	( $\mu$ g/l)	0.0005mg/l<
As	5.2	(ng/l)	0.001<	(mg/l)	0.2mg/l<
Pb	27	(pg/l)	0.005<	(mg/l)	0.005mg/l<
Cd	0.07	(ng/l)	0.001<	(mg/l)	0.01mg/l<

(1)野崎義行:最新の海水元素組成(1996年版)と其の解説 日本海水学会 2(1997)

(2)河北ら:海洋深層水利用のための基礎調査(第1報)高知工業センター研究報告 No25(1994)

(3)社団法人高知県食品衛生協会(厚生労働省食品指定分析機関)による分析値

**Table 6** Blood parameters in rats drank drinking water for examination

		control(D.W.)	Mg 200	Mg 600	Mg 800
WBC	(1000/ $\mu$ l)	6.8 $\pm$ 0.5	7.3 $\pm$ 0.7	7.6 $\pm$ 0.6	6.2 $\pm$ 0.7
RBC	(10000/ $\mu$ l)	774 $\pm$ 10	790 $\pm$ 12	787 $\pm$ 10	804 $\pm$ 14
Hgb	(g/dl)	16.1 $\pm$ 0.2	16.3 $\pm$ 0.2	16.3 $\pm$ 0.3	16.8 $\pm$ 0.3
Hct	(%)	41.5 $\pm$ 0.6	41.6 $\pm$ 0.6	41.9 $\pm$ 0.7	43.1 $\pm$ 0.7
MCV	(fl)	53.6 $\pm$ 0.4	52.6 $\pm$ 0.4	53.2 $\pm$ 0.4	53.6 $\pm$ 0.4
MCH	(pg)	20.8 $\pm$ 0.1	20.6 $\pm$ 0.2	20.7 $\pm$ 0.1	20.9 $\pm$ 0.1
MCHC	(%)	38.9 $\pm$ 0.1	39.2 $\pm$ 0.2	39.0 $\pm$ 0.1	39.1 $\pm$ 0.2
PLT	(10000/ $\mu$ l)	54.3 $\pm$ 1.9	56.8 $\pm$ 3.2	45.1 $\pm$ 3.1	45.5 $\pm$ 3.4
MPV	(fl)	6.6 $\pm$ 0.2	6.8 $\pm$ 0.2	6.9 $\pm$ 0.1	7.0 $\pm$ 0.1

Data are mean  $\pm$  SE (n=8~10)**Table 7** Plasma parameters in rats drank drinking water for examination

		control(D.W.)	Mg 200	Mg 600	Mg 800
TP	(g/dl)	5.9 $\pm$ 0.1	5.9 $\pm$ 0.2	5.6 $\pm$ 0.1	5.7 $\pm$ 0.1
ALB	(g/dl)	3.6 $\pm$ 0.1	3.6 $\pm$ 0.1	3.5 $\pm$ 0.1	3.5 $\pm$ 0.1
A/G		1.06 $\pm$ 0.04	1.55 $\pm$ 0.04	1.60 $\pm$ 0.05	1.57 $\pm$ 0.03
AST	(IU/L)	102 $\pm$ 10	111 $\pm$ 20	84 $\pm$ 6	110 $\pm$ 27
ALP	(IU/L)	33 $\pm$ 2	33 $\pm$ 4	28 $\pm$ 3	43 $\pm$ 15
ALP	(IU/L)	335 $\pm$ 7	322 $\pm$ 15	324 $\pm$ 16	289 $\pm$ 14
LAP	(IU/L)	46 $\pm$ 1	46 $\pm$ 1	43 $\pm$ 1	43 $\pm$ 1
CHE	(IU/ml)	0.07 $\pm$ 0.01	0.07 $\pm$ 0.01	0.07 $\pm$ 0.01	0.07 $\pm$ 0.00
LDH	(IU/L)	1125 $\pm$ 75	737 $\pm$ 88	511 $\pm$ 56	764 $\pm$ 58
CPK	(IU/L)	317 $\pm$ 82	664 $\pm$ 90	435 $\pm$ 91	341 $\pm$ 38
AMY	(IU/L)	1406 $\pm$ 66	1476 $\pm$ 82	1376 $\pm$ 61	1483 $\pm$ 72
T-CHO	(mg/dl)	72 $\pm$ 3	71 $\pm$ 5	59 $\pm$ 2*	62 $\pm$ 8*
HDL-CHO	(mg/dl)	56 $\pm$ 2	57 $\pm$ 4	51 $\pm$ 1	52 $\pm$ 1
TG	(mg/dl)	29 $\pm$ 2	30 $\pm$ 3	24 $\pm$ 3	31 $\pm$ 2
PL	(mg/dl)	106 $\pm$ 5	112 $\pm$ 10	94 $\pm$ 3	101 $\pm$ 4
NEFA	(mEq/L)	0.59 $\pm$ 0.04	0.50 $\pm$ 0.06	0.44 $\pm$ 0.04	0.55 $\pm$ 0.03
UA	(mg/dl)	2.9 $\pm$ 0.3	2.0 $\pm$ 0.4	1.9 $\pm$ 0.3	1.2 $\pm$ 0.1
UN	(mg/dl)	13.7 $\pm$ 0.4	13.8 $\pm$ 0.3	13.4 $\pm$ 1.1	11.1 $\pm$ 0.7
CRE	(mg/dl)	0.61 $\pm$ 0.03	0.61 $\pm$ 0.02	0.62 $\pm$ 0.07	0.61 $\pm$ 0.02
Fe	( $\mu$ g/dl)	129 $\pm$ 11	124 $\pm$ 9	124 $\pm$ 7	121 $\pm$ 6
TIBC	( $\mu$ g/dl)	437 $\pm$ 18	453 $\pm$ 18	449 $\pm$ 13	458 $\pm$ 22

Data are mean  $\pm$  SE (n=8~10)

れず、コレステロールの生合成を抑制した可能性が考慮される。ラットを高Mg食(正常飼料、Mg2倍飼料、Mg5倍飼料、Mg10倍飼料)で飼育すると、高Mg飼料群では、脂質系指標である血漿中総コレステロール、HDL-コレステロール、中性脂肪、リン脂質などの有意の低下が認められることを報告した[26]。本実験においても、総コレステロール、HDL-コレステロールなどの低下がみとめられたことは、Mg含有量の高い海水由来の飲料水中Mgの働きであることを示唆している。また、Mgと尿酸、尿素窒素に関する知見は現在のところほとんどないが、高Mg食実験においても尿素窒素の低下が認められており[26]、アミノ酸代謝等エネルギー代謝に関与しているものと考えられる。

海水、特に深層海水から塩化ナトリウムのみを除去し

たミネラルウォーターをMg源として見た場合、そのMg/Ca比は約3:1であり、栄養調査結果[8,17,18]に照らすと現在摂取不足が考慮されるMg,CaもMg/Ca比は約3:1であり、ミネラル補給源としての有効性が明らかになった。同時に、海水のミネラル組成は生物の体液のミネラルバランスを崩すことなく優れたMg補給源となるであろう。更に、本試験で本飲料は3ヶ月間継続して飲用(亜急性毒性試験)しても安全であること、および、脂質代謝改善方向に働くことが示めされた[29,30]。引き続き、本飲料水摂取ラットの生体内の詳細なミネラルバランス、免疫機能への影響についてなど検討中である。

謝辞：本研究は赤穂化成株式会社との共同研究にて実施したものである。ここに謝意を表する。

## 文 献

- 1) (財)厚生統計協会：国民衛生の動向(厚生指標臨時増刊)51, 2004.
- 2) シルス, M.E. 最新栄養学, 第6版(ブラウン, M.L編), 木村修一, 小林修平翻訳監修 建帛社(東京), 1991, 32, 5.
- 3) Marier, J.R.: Cardio-protective condition of hard waters to Magnesium intake. *Revue Can Biol* 37: 115-125, 1978.
- 4) Kobayashi J: On geographical relationship between the chemical nature of river water and death rate from apoplexy. *Ber Ohara Inst* 11: 12-21, 1957.
- 5) Karppanen H, Pennanen R and Passinen L: Minerals and sudden coronary death. In: *Advances in Cardiology*, vol 25. Manninen V and Halonen P, eds, S Karger, Basel, New York, 1978, pp. 9-24.
- 6) Oliver, M. F.: Hypercholesterolaemia and coronary heart disease: an answer. *Br Med J (Clin Res Ed)* Feb 11: 288(6415) 423-424, 1984.
- 7) Brown, M. S. & Goldstein, J. L.: A receptor-mediated pathway for cholesterol homeostasis. *Science* Apr 4: 232(4746) 34-47, 1986.
- 8) Altura, B. M.: Magnesium dietary intake modulates blood lipid levels and atherogenesis. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 87: 1840-1844, 1990.
- 9) 木村美恵子, 横井克彦: 鉄摂取量の違いによるマグネシウム欠乏ラットの血清生化学性状の変化. *JJSMgR* 11: 19-29, 1992.
- 10) Rayssiguier Y, Mbega JD, Durlach V, Gueux E, Durlach J, Giry J, Dalle M, Mazur A, Laurant P, Berthelot A.: Magnesium and blood pressure. I. *Animal Studies. Mag. Res.* 5: 139-146, 1992.
- 11) Davis WH.: Monotherapy with magnesium increase abnormally low high density lipoprotein cholesterol. A clinical assay. *Curr Therap Res* 36: 341-346, 1984.
- 12) 健康・栄養情報研究会: 第六次改訂日本人の栄養所用量-食事摂取基準-第一出版, 1998.
- 13) 厚生省保健医療局: 日本人の食事摂取基準[2005年版]第一出版, 2005.
- 14) 文部科学省資源調査会: 5訂日本食品標準成分表, 2001.
- 15) 五島孜郎: 日本人のMg摂取量と発育期小児のMg出納. *マグネシウム* 1: 43-49, 1982.
- 16) 木村美恵子, 木村一秀, 永井清久: 日本人のマグネシウム摂取量の推定. *マグネシウム* 3: 1-6, 1984.
- 17) 木村美恵子, 木村一秀, 永井清久: 日本人の無機質摂取量調査について. *微量栄養素研究* 1: 71-82, 1984.
- 18) 木村美恵子, 永井清久, 糸川嘉則: 日本人のミネラル摂取量の実態調査. *JJPEN* 162: 906-912, 1987.
- 19) 木村美恵子, 松本晶博, 永井清久: ビジネスマンの栄養摂取状況調査-特に単身赴任者の食生活と栄養-. *日本栄養・食料学会誌* 43: 379-393, 1990.
- 20) 安武律, 北野隆雄, 東明正: 九州地域における中年夫婦(農業従事者)のMg摂取量について. *マグネシウム* 8: 1-7, 1989.
- 21) 白石久仁雄: マグネシウム摂取量, *臨床栄養* 81: 270-277, 1992.
- 22) 淡路敏之: 深層水の形成と循環 深層海水と健康研究会誌 2: 35-50, 2002.
- 23) 谷口道子: 海洋深層水について, *深層海水と健康研究会誌* 1: 25-37: 2001.
- 24) Mameesh MS, Johnson BC.: The effect of penicillin on the intestinal synthesis of thiamine in the rat. *J Nutr* 65: 161-167, 1958.
- 25) 中川光司, 横山嘉人, 中島宏, 池上良成: 海洋深層水ミネラルの利用, 第3回海洋深層水利用研究会全国大会要旨集, 41: 1999.
- 26) 木村美恵子, 今西雅代, 武田隆司, 武田隆久, 太井秀行, 中川光司, 横山嘉人, 池上良成: 海洋深層水から精製した高マグネシウム飲用水摂取によるラット生体への影響 深層海水と健康研究会誌 1: 63-71, 2001.
- 27) M.kimura, H.yai, K.nakagawa, Y.yokoyama, Y.ikegami: Effect of drinking water without salt made from deep sea water in lipid metabolism of rats. *Ocean's 04 MTS/IEEE, Techono-ocean'04*: 320-321, 2004.
- 28) Delva PT, Pastori C, Degan M, Montesi GD, Lechi A: Intralymphocyte free magnesium in a group of subjects with essential hypertension. *Hypertension* 28(3): 433-9, 1996.
- 29) 武田隆司, 中村孝志, 今西雅代, 武田厚子, 武田隆久, 太井秀行, 横山嘉人, 池上良成, 木村美恵子: 高マグネシウム摂取による血清脂質系指標の改善. *JJSMgR* 18: 11-19, 1999.
- 30) 木村美恵子: 海のミネラルと健康. 深層海水と健康研究会誌 1: 63-71, 2001.