

第5回クオリアAGORA

「21世紀の資源—命の水『海水』の活用を夢見て」

第5回は生命のふるさと、生命を育む海がテーマです。長年にわたり、海水中に含まれるミネラルの研究を続けてこられたタケダライフサイエンス・リサーチセンターの木村美恵子所長が、ご自身の研究成果の一端を述べるとともに、無尽蔵にある海水の活用について夢を語ってくださいました。これを受け、京都大学大学院農学研究科の間藤 徹教授らとディスカッション、21世紀の資源としての海水に関心が高まりました。

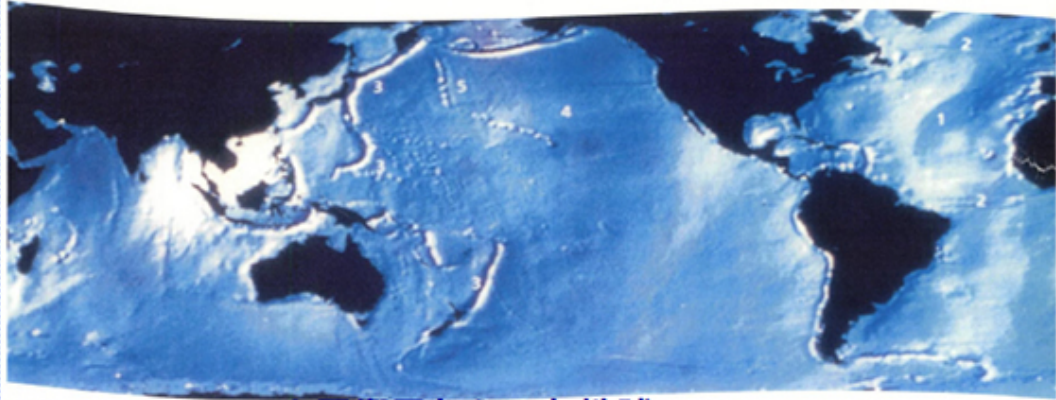
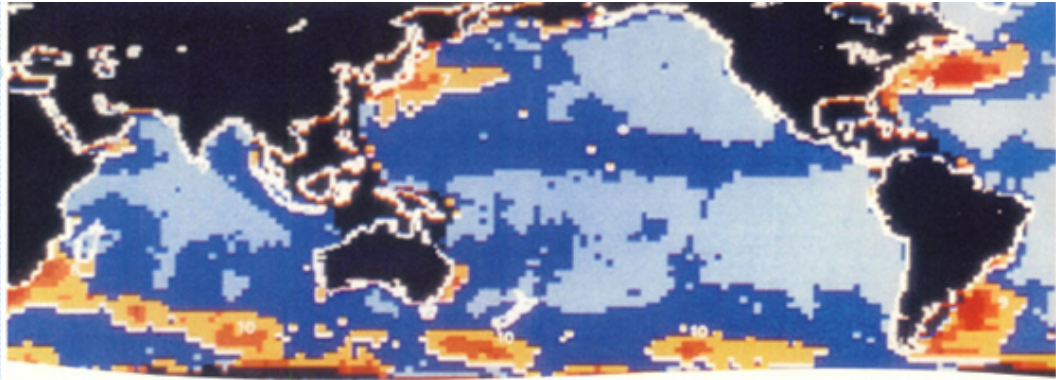
スピーカー タケダライフサイエンス・リサーチセンター所長

木村 美恵子氏



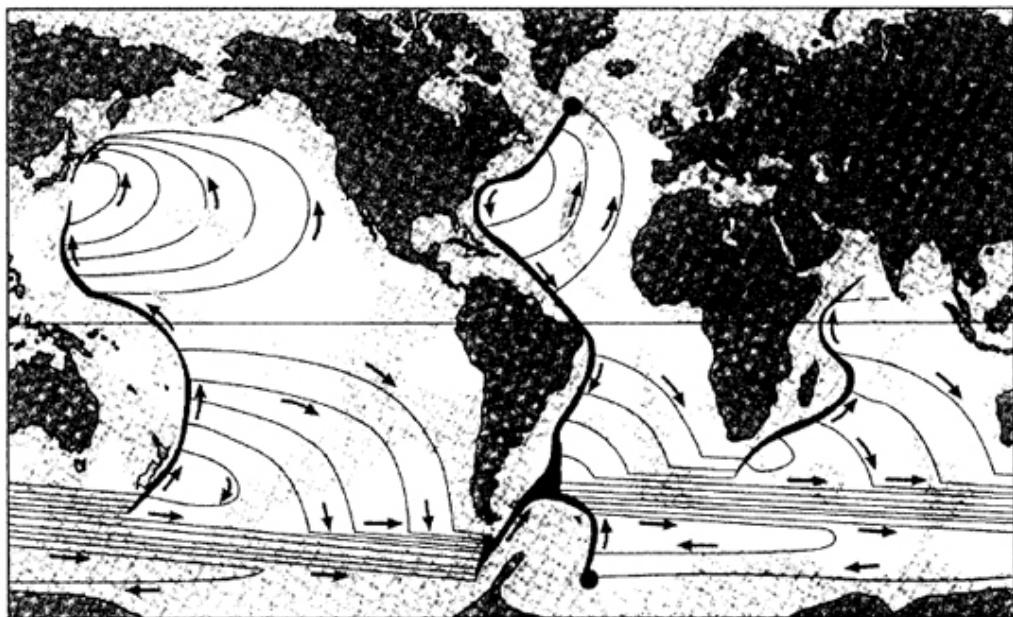
私は、アリナミンで知られる京都大学の藤原元典先生のもとで、ビタミンB1の研究をはじめました。ビタミンB1欠乏が原因といわれる脚気やウエルニッケ脳症などは、ビタミン欠乏による疾病でありもかかわらず同じ症状ではないことから、他の栄養素が関係しているのではないかと考え、ビタミンとミネラルの相互関係という観点で長年、研究を続けてまいりました。その中で、きょうのテーマである海水の中に多く含有されているマグネシウムを特に選んでやっております。それはビタミンB1との関係で、ビタミンB1はエネルギー代謝の補酵素として大事なもののなのですが、その時同時に必要なのが補因子であるマグネシウムであるという観点から、動物実験を重ねマグネシウムの重要な役割がわかってきました。後で具体的に述べますが、その中でも最もびっくりしたのがマグネシウムと鉄との関係でした。その後もマグネシウムと他のミネラルとの相互関係や豊富に含む海洋深層水と人の健康についての関連などの研究を進めています。

前回のクオリアでは、「宇宙と生命」がテーマでありましたが、その時紹介されましたように太陽系の中で、地球はちょうど太陽からいい距離にあり、唯一「水のある惑星」であるおかげで、われわれ人間や様々な生き物が存在することができています。地球の層状構造を画面で見いただけていますが、いろんな元素からなる層からできている地球にやがて海が誕生します。その海には、地殻などから溶け出したマグネシウムなどミネラルが豊富に含まれていて、約85種類もあることが明らかにされております。われらが生きているのは海が生きているからだという言葉もあるくらいです。



人工衛星からみた地球 by J.P.Matthews

この写真は、京都大学で理学部の教授をされていた英国のJ. P. Matthews先生からいただいた人工衛星から見た地球の海です。上が表面、下に深層の海水の流れが写っています。深層海水の流れは、表層の海流とは全く別の流れであり、太平洋側では流れていますが、日本海側には流れていません。深層海水は実に2000年もかかって日本の太平洋沿岸あたりに上昇して来るといわれています。地球の水といわれるもののうち、海水はなんと97・5%



深層海水循環の模式図 (Chester)

を占めます。地球上では石油がなくなってきた、今度は水（河川水・地下水などの淡水）がないということで取り合いが激しさを増し、自然がどんどん壊されていっている。

なぜ、こんなにたくさんある海水を活用しないのか不思議ではない。私は、このミネラル豊富で無尽蔵ともいえる海の水を有効に活用することを考え、特に清浄性が特色の海洋深層水に着目し、10年前に「深層海水と健康研究会」を立ち上げ、海水で何かができないか、ぼちぼちではありますが研究をすすめているところです。

地球の生命は海で発生し、進化するのですが、最初に海から陸にあがったのは植物で、植物が光合成により酸素を排泄し、その酸素を必要とする呼吸により生命を保つ動物が陸での生活を得た。植物が太陽光エネルギーとミネラル・水を用いて光合成を行うクロロフィルの中心はマグネシウム、人間の血液で酸素を運ぶヘモグロビンに必要なヘム鉄の構造の中心は鉄で、両者は同様の化学構造をもっており、この二つが生命の基本ともいえます。マグネシウムの多い食品は葉菜などの植物と思われがちですが、やはり海の魚が一番良いマグネシウムの供給源となります。

海水利用にあたり、水深600m~1400mのところまで汲み上げられる海洋深層水は、その低温性、清浄性がさまざまな分野で注目され始め、近年、いろんな研究がされています。まず、魚関係の水産業。そして、物理的性質を利用するものでは、海洋温度差発電というのがあって佐賀大学で開発が進められています。この他、深層水は空気に比べ炭酸ガスを60倍以上含有できるという点に着目し、炭酸ガスを深層水に埋め込んで処理しようという試みや、蒸気吸収冷凍機とかも研究が行われています。また、化学的性質を利用したものとして、飲料水（海水ミネラル調整水）食品、化粧品、タラソセラピー（海洋療法）などが既に登場しております。私は、ミネラルバランスが最もいい海水を使って身体にいい飲料水ができないものかと考え、深層水から塩分だけを取り除き、海のミネラル成分バランスをそのまま残した飲みもの実用化に成功しました。水だけでは足がつるとか、スポーツ

日本人の微量元素摂取量の現状

	元素	摂取量	摂取基準 2010		元素	摂取量	
微量必須元素	鉄 (Fe)	10 - 14 mg	7.5 mg	必須と考えられる元素	ホウ素 (B)	1 mg	
	銅 (Cu)	1.2 - 1.6 mg	0.8 mg		アルミニウム (Al)	5 - 4.7 mg	
	亜鉛 (Zn)	8 - 20 mg	9 mg		ストロンチウム (Sr)	2.3 mg	
	マンガン (Mn)	3 - 9 mg	4 mg		カドミウム (Cd)	47 - 113 μg	
	セレン (Se)	0.1 - 0.2 mg	35 μg		バリウム (Ba)	430 - 450 μg	
	フッ素 (F)	2.5 mg			ゲルマニウム (Ge)	0.6 mg	
	ケイ素 (Si)	41 mg			リチウム (Li)	0.1 - 2 mg	
	バナジウム (V)	230 μg			常量必須元素	カルシウム (Ca)	380 - 660 mg
	クロム (Cr)	10 - 30 μg	40 μg			マグネシウム (Mg)	300 mg
	コバルト (Co)	300 μg				リン (P)	1,100 - 1,300 mg
	ニッケル (Ni)	120 - 220 μg				ナトリウム (Na)	500 - 5,500 mg
	ヒ素 (As)	100 μg				カリウム (K)	2,000 - 3,200 mg
	モリブデン (Mo)	180 μg	25 μg				
	スズ (Sn)	1 mg					
	ヨウ素 (I)	0.2 - 20 mg	150 mg				
	鉛 (Pb)	150 - 230 μg					

(1日当たり、成人男子換算)

障害でいろいろ悩んでいた京都大学のアメリカンフットボールの学生に提供いたしました
が、これは、スポーツ、筋肉運動に最も重要なミネラルであるマグネシウムを1ℓ中200㎍
づつ含んでいます。

ここで、私が研究してきたミネラルについてお話いたします。ミネラルには、栄養
素として何らかの機能が明らかにされている（必須性が証明されている）ナトリウム、カ
リウム、マグネシウム、カルシウム、リンの5元素といわれる「多量元素」と「微量元素」
があります。微量の元素は、多く身体に入ると害を起こすし、少ないと欠乏を起こして死
に至りますが、哺乳動物に必須性が証明されているものが鉄、亜鉛など16種類、多分、必
須であろうがそれが証明されていないものがリチウム、ストロンチウムなど7種類ありま
す。それで、まあ、なぜこうなったかということとはよくわかりませんが、画面の表のと
おり厚生労働省で摂取基準（2010年）が決められております。次の図は、われわれがどの
ぐらい微量元素を摂取しているかを示したものです。

さて、この周期律表は私が、海の水にはどんなミネラルが含まれているか興味を持ちま
して、マグネシウムを中心に調べた結果を記しています。水色になっているのが海の中
に存在していることが証明されているものですが、こうして海水を調べてみて、あらためて

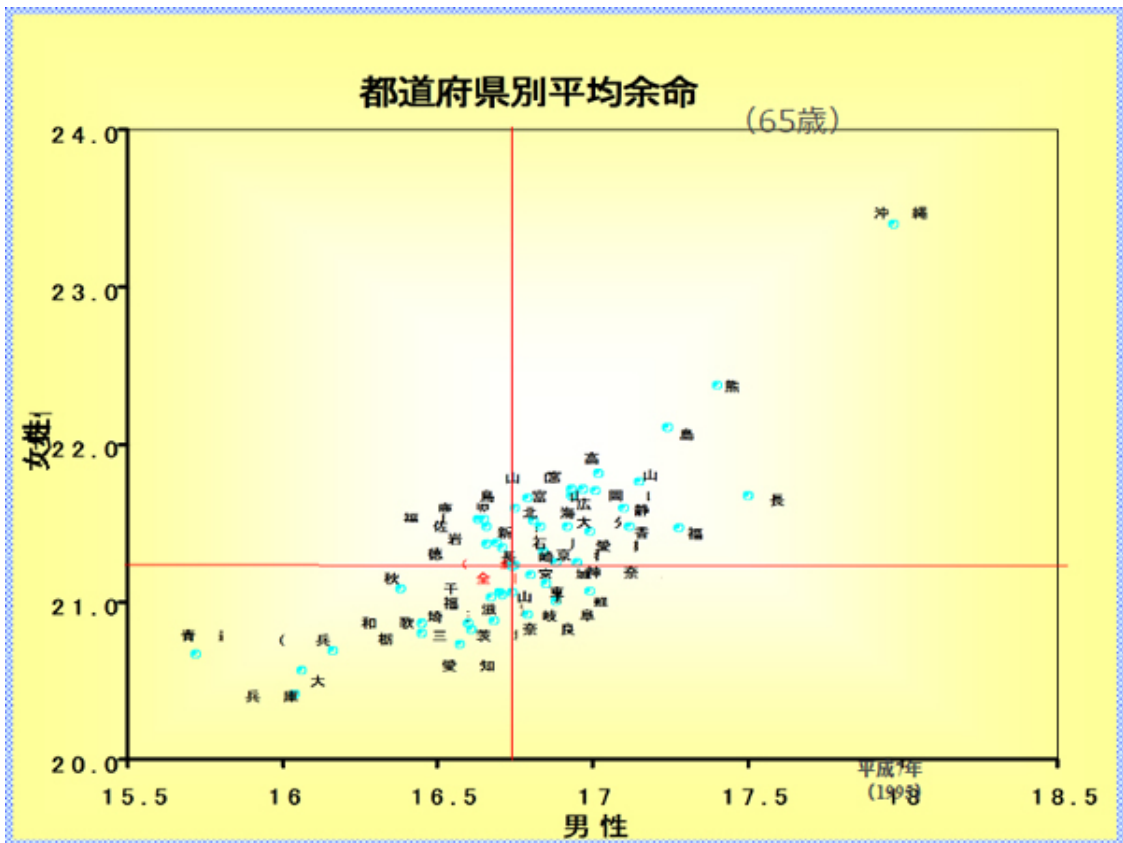
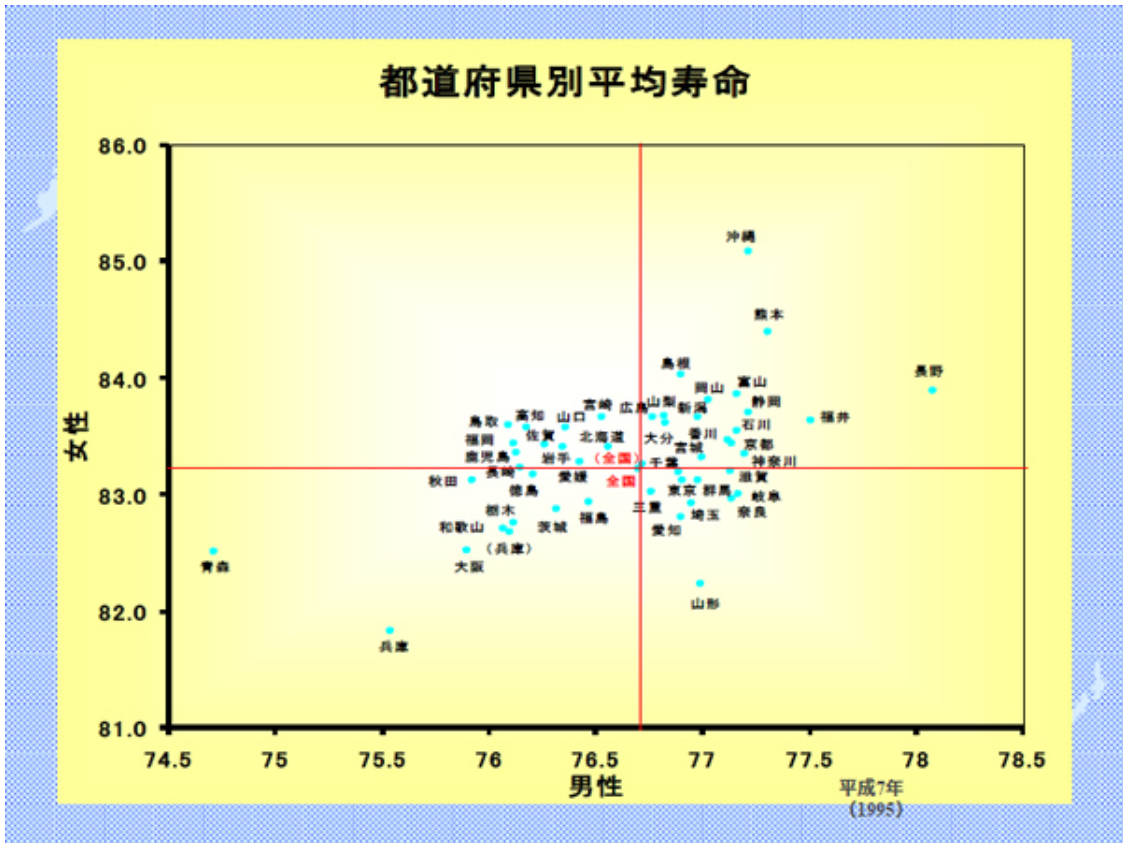
周期律表(海水中存在元素)

I		遷移元素										III	IV	V	VI	VII	VIII	
1	H																2	He
2	Li 26μ	Be 4-30p											B 0.43m	C 2-2.4m	N	O	F 70μ	Ne
3	Na 0.48	Mg 55m											Al	Si	P 0-0.18μ	S 0.3μ	Cl 29m	A 0.56
4	19 K 10m	20 Ca 11m	21 Sc 5-30p	22 Ti 4-300p	23 V 25-40n	24 Cr 3-5n	25 Mn 0.08-3n	26 Fe 0.02-1n	27 Co 4-300p	28 Ni 2-12n	29 Cu 0.5-6n	30 Zn 0-10n	31 Ga 5-30p	32 Ge 0-120p	33 As 5-25n	34 Se 0.5-2.3n	35 Br 0.86m	36 Kr
5	37 Rb 1.4μ	38 Sr 91μ	39 Y 90-300p	40 Zr 10-330p	41 Nb 2-4p	42 Mo 107n	43 Tc <50f	44 Ru 0.4-1p	45 Rh 0.1-0.7p	46 Pd 1-45p	47 Ag 0-1.2n	48 Cd 0.05-2.7p	49 In 1.5-2n	50 Sn 0.4-1.5p	51 Sb 2-0.5μ	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs 2.3n	56 Ba 30-150n	57-71	72 Hf 0.1-2p	73 Ta 0.05-0.2p	74 W 45-70p	75 Re 40p	76 Os 15-60f	77 Ir 0.5-1f	78 Pt 0.1-1.7p	79 Au 0-200f	80 Hg 0.2-10p	81 Tl 60-80p	82 Pb 3-150p	83 Bi 0.02-0.6p	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89-103	104	105	106	107	f.p.n, μ,m → fM,pM,nM,mM,M										

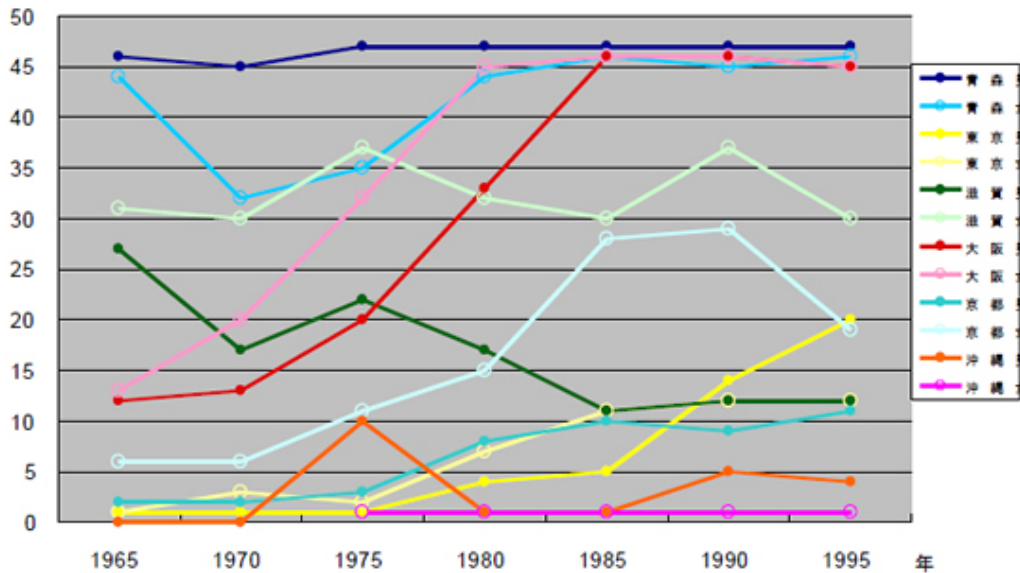
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

海水中にミネラル 微量必須ミネラル 微量必須ミネラル

海水は素晴らしいバランスでミネラルがあることが解りました。これは、人の体液中のミ
ネラルと同じバランスです。ただ、ナトリウムとクロムの濃度は3倍から4倍高いのですね。
こうした海を知るたびに思うのですが、ミネラルが豊富なせいで、海水中の植物は肥料を



平均寿命の経年変化



私たちは、なぜこんなに悪くなったかといろいろ統計をとって調べた結果、がんの死亡率と水道原水の水質との関連が浮上してきました。大阪は水道の原水の水質が全国で最も悪いことがわかったのです。北海道から沖縄まで水道のミネラルから、カルシウムとマグネシウムの濃度との関連で見ますと、表のように平均寿命の短い東北、近畿で低値を示し、寿命が長い関東や沖縄では高い値を示しました。河川と湖中のミネラル調査でも近畿の河川では低く、特に和歌山の古座川ではマグネシウム、カルシウムが全国最低値で、流域は筋萎縮性束索硬化症という病気の多発地域でありました。これは、藤原先生らの研究で、マグネシウムの欠乏だと原因が明らかになり、疾患治療が進み、亡くなる方もなくなりました。

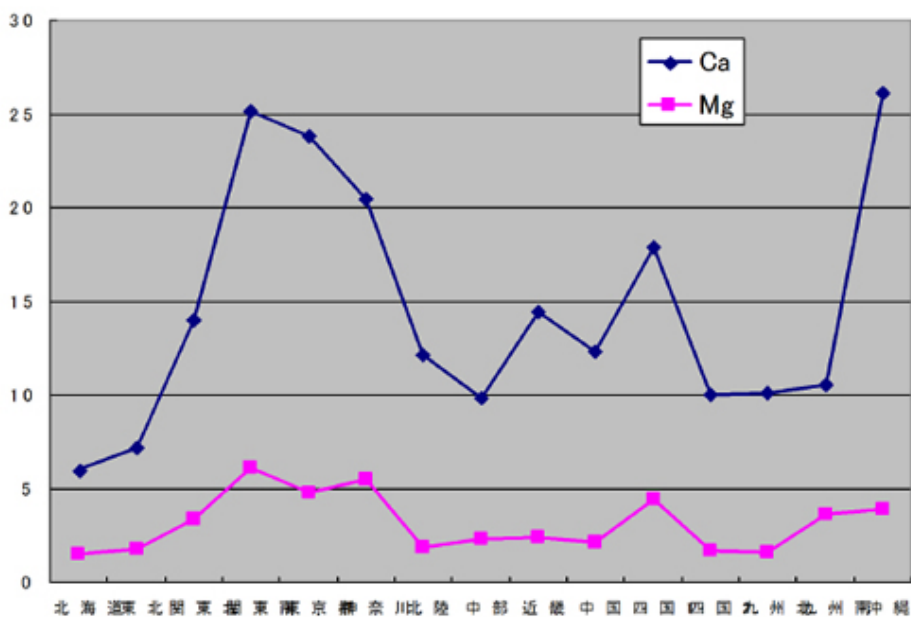
近畿の水のミネラルが低値なのは、火山がないということが大きく影響していて、火山のある静岡とか山梨、北海道、熊本などの河川水には多くのミネラルが高値であり、これらの地域では平均寿命が長く、健康状態が良いことがわかります。種々の飲料水が出ておりますが、ミネラルが高いものもあります、ヨーロッパの水はカルシウムが多すぎます。やはり、先ほどお話しした深層海水から塩分を除いた飲料水が人体の健康には効果的と考えています。

では、マグネシウムと生活習慣病について少しお話しいたします。

イタイイタイ病の原因を突き止められた岡山大学の小林純先生(故人)は、日本の河川水のミネラルパターンを調べられ、「硬水地方に住んでいる人は心臓病が少なく、軟水地方で

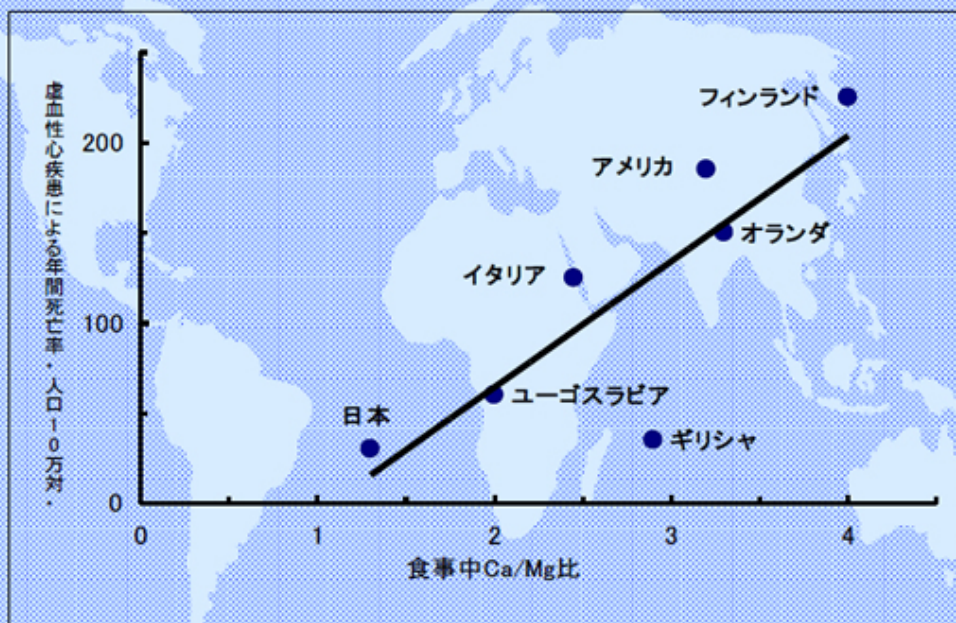
は心臓病が多い」という報告を出されました。、本報告が心臓病の多いアメリカで注目され、カルシウム(Ca)/マグネシウム(Mg)比が虚血性疾患と正の相関があると注目されたのです。

日本水道中ミネラル濃度

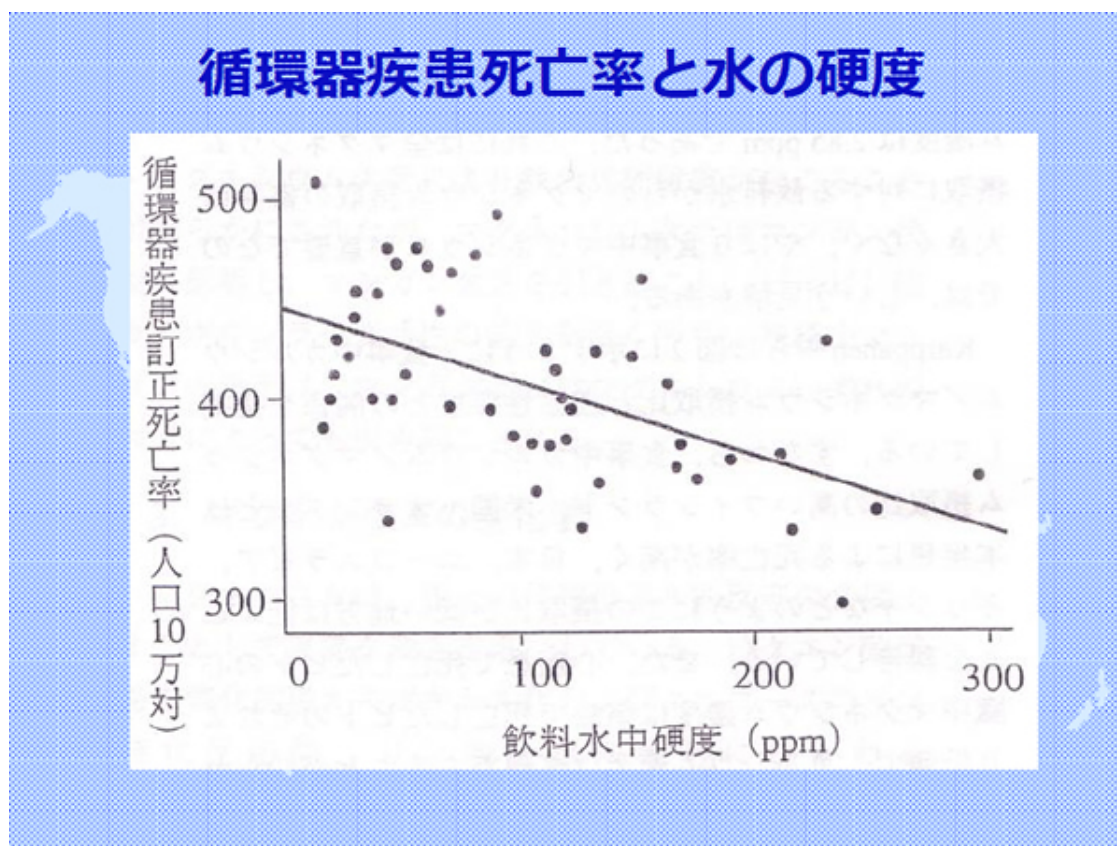


さらに、心疾患でなくなった人の心筋中のマグネシウムとカルシウムを測定すると事故で死んだ人より、マグネシウムが少なくカルシウムが高いということまでわかりました。

食事中カルシウム/マグネシウム比と虚血性心疾患



総じて、ナトリウム(Na)とカルシウム(Ca)/カリウム(K)とマグネシウム比が高いということが心疾患、循環器疾患の危険因子といえます。血管の収縮、狭窄につながります。



塩分等原因はいろいろありますが、マグネシウムとカルシウムの血圧への影響をみますと、カルシウムが不足すると血圧が上がります。白米にはカルシウムが少ないということがあり、昔から、日本人は常時カルシウム不足で血圧が高いということが考えられます。一方、マグネシウムが不足すると血圧は低下します。実は、カルシウムとマグネシウム両方が欠乏すると血圧への影響が少なくなります。画面では、マグネシウムとカルシウムの欠乏ラットの姿を映しています。

マグネシウム欠乏ラット



こうした実験で、驚いたのはマグネシウムと鉄の関係です。マグネシウムが欠乏すると、脾臓と肝臓にあつという間、一週間で鉄がたまってきます。鉄沈着症といいますが、生体では機能を発揮できない非ヘム鉄が沈着してきます。血液検査では貧血を示すので、鉄製剤投与されますが、貧血改善はおろか、逆に鉄の沈着が強調されます（難病指定されている鉄沈着症：Hemochromatosisのモデル）。ところが、マグネシウムを摂取すれば、劇的に役に立つヘム鉄に変わるので。

また、今、骨粗鬆症でカルシウム摂取がやかましくいわれるのですが、カルシウムばかり採ると、過剰なカルシウムを排出しようとし、その時、血中のミネラルバランスを保持する必要から、マグネシウムをはじめ他のミネラルが骨から溶出し、かえって骨は脆弱ボロボロになってしまいます。ミネラルはバランスが大切で、特にカルシウムとマグネシウムをバランスよくとることが重要です。

最後に、学生のために開発した飲料水、「Mg200」といっておりますが、1ℓ中、マグネシウムを200mg含有する飲み物で、スポーツによる様々なストレスにはもちろん、コレステロールを下げ、痛風にもよく効くということが分かってきております。

最近、水稻発芽・生育予備実験を実施、この水または4倍から6倍の希釈海水では良好な結果が得られました。本年、一昨年東北津波により海水を浴びた水田では水稻が緑豊かな生育と良好な収穫が得られたと言う報告もあります。塩分が少し希釈されたミネラル豊富な海水は、植物の成長に効果的だと信じており、海水の活用へ夢はますます広がっています。

あまり企業化とか事業化の話はできませんでした。私は、先端医療技術の開発も重要ですが、自分の生活を楽しくして、病気にならないようにすること、予防医学の研究がより大切であると思っております。「肝臓移植の費用があれば、何万人ものための疾病予防ができる」という恩師藤原先生のお言葉をいつも心に留めて、これからも予防医学に邁進したいと思っております。ありがとうございました。

ディスカッション

ディスカッサント

堀場 雅夫（堀場製作所最高顧問）

間藤 徹（京都大学大学院農学研究科教授）

高田 公理（佛教大学社会学部教授）

山極 寿一（京都大学大学院理学研究科教授）

ファシリテーター

山口 栄一（同志社大学大学院総合政策科学研究科教授）

山口 栄一（同志社大学大学院総合政策科学研究科教授）



木村さんから、マグネシウムに関する驚きのお話を聞かせていただきました。これだけ、マグネシウムが人の健康に影響しているとは、びっくりしました。それでは、これから、このマグネシウムを豊富に含む海水の可能性について、ビジネスできるのかというようなことでワールドカフェに向けて、テーマを膨らませていきたいと思います。

私がひとつ思い出すのは、塩害を除くために東北大学教授の中井裕さんが推進していらっしゃる「菜の花プロジェクト」です。私は、科学技術振興機構のアドバイザーをしていて、そこで支援しているプロジェクトです。塩害の中で、菜の花が海辺にいっぱい、みごとに育ち、花を咲かせているんです。海水でも植物、農作物は育ちうるんだ、とわかり、ほんとうに感動しました。木村さんもきょう、海水と植物のことをお話になっておりましたが、海と植物について、間藤さんにまずうかがってみたいと思います。

間藤 徹（京都大学農学研究科教授）



私の専門は、植物栄養学といいます、平たくいうと肥料です。ま、日本の農業がこういう状態ですから、なかなか肥料では研究費ももらえないし、相手にもされない。そんな中で、私が学んだ高橋英一先生は、「農学部だからといって食べものだけをやる必要はない。いろんな植物をやってみよう」というお考えで、助手になって最初にやったのは海水利用の研究です。先生にいわれた通り、毎日、塩水を植物にかけるのですが、すぐに枯れます。それを2年ぐらい続けて、さすがにこう枯らしてばかりでは、植物もかわいそうだし、「何か枯れない草ないですかね」と、先生にいったんですね。すると、先生は、ニタツと笑って「塩田雑草がある」と教えていただきました。あるんですね、そんな植物が。

塩田では、粘土の上で塩水を濃縮して鹹水かんすいにして、塩を作っていきます。そんな濃い海水のところでも平気で育つ植物なんです。粘土に穴を開け塩水が漏れるので「塩田業の

敵」と迷惑がられているのですが、ちゃんと花の咲くいわゆる高等植物です。それで、「なぜ塩田雑草は塩水に強いのか」をテーマに研究をしました。

それで、海水はなぜ植物を害するかということなんですが、ひとつは塩濃度が高い、つまり電気伝導度が高いということ、もう一つは浸透圧が高い、この二つで植物は枯れるんですね。これは、どういうことかという、漬物を考えていただいたらいい。例えば白菜の漬物をつくる時、塩を振りますね。すると浸透圧で水が出ます。その後、塩濃度が非常に高いですから腐敗菌など普通の微生物は生えず、特定の乳酸菌しか生えない。漬物ができるというのはつまり、塩害の仕組みを利用しているわけで、逆にいうと、普通の作物は非常に塩害に弱い。それが当たり前です。ですから、東北の地震の時、あの海水がまともにかかったら、作物は持ちません。ただ、先ほど申し上げましたように、特定のニッチに育った植物がいる。海水利用という今日のお題に沿っていえば、そうした塩があっても生える、あるいは塩がないと調子が悪いという植物をどう産業的に利用していくというのもひとつの方法かなと思います。

山口

追加の質問なんですが、木村さんが、海水はナトリウムさえ除けば人体にとって理想的なミネラルバランスの水になるとおっしゃいました。海水からナトリウムだけ抜くという方法はあるんですか。



間藤

確かに、海水の組成は生命にとって理想的です。肥料学の立場から見ると海水中のナトリウムはいらないんですが、すべてが揃っていて、ただ、窒素だけがないんですね。海洋の富栄養化を考えてもらえばわかります。あれは窒素が原因で、下水とかから窒素—アンモニアや硝酸—がはいってくると、あっという間に生物が増え、赤潮とかで海水汚染が起こる。で、ナトリウムについてですが、動物にはナトリウムが必要でも、植物にナトリウムはいりません。それで、何とか海水からナトリウムを抜ければいいのですが、実は、海には、陸から排除されたものがすべていっているということが実際なので、もう一回使うとなると、先ほど申し上げた特殊なニッチに適応したような塩生植物—ハロファイトをいかに利用するかということになるだろうと思います。菜の花もそうですが、結構薄い塩水ならいくらでも育つ植物はあります。しかし、なぜ、そういうものをもっと使わないのかということなんですが、それほどまだ食糧事情が困ってないということだろうと思います。そのうち切羽詰ってくれば、利用するようになるかもしれません。

高田 公理（佛教大学社会学部教授）



人間の暮らしに役に立つ有用植物のなかに、塩に強いものはあるんですか。

間藤

そうですね。アカザ科のハウレンソウは強いですね。イネ科は概して弱いんですが、琵琶湖にあるヨシは結構強い。淀川の河口にも多く、汽水でも育ちます。パピルスもいけます。あまり関西では馴染みがないですが、サトウダイコン（ビート）も強いですね。アブラナ科のダイコンはダメですが…。

高田

ナトリウムに対して、強いか弱いかを決めている遺伝子は特定されていないんですか。

間藤

かなり遺伝子の解析は進んでいますし、形質転換で強くなるという例もいろいろ知られています。しかし、ナトリウムは、カドミウムみたいにクリアではなくポヤーっと効いてくるので、塩に強いと決めている遺伝子はこれ、とはいかないんですね。おそらく 30 個ぐらいある。これをすべてエンハンス、あるいはモディファイしてやれば強いのができると思いますが、基本的に作物というのは早く大きくなってなんぼなんですよ、農学部の立場としては。だから、海水でイネが生えたとしても、それに粒が 3 個しか付いていなかったら、生物学的にはイネかもしれないが、農学部的にはイネではないんです。まあ、そういうところが農学部にはありましてね…。

堀場 雅夫（堀場製作所最高顧問）



こないだテレビを見ていましたら、石川さんという農水産省の研究所の方のようで、かつてカドミウム禍の時、3、4年かかってカドミウムキラーのイネを作られた人らしいですが、その人が、最近、セシウム 137 を取り込まないイネを研究しているという話をしていたんです。そういうことは可能なんですか。

間藤

ああ、農業環境技術研究所(農環研)の石川覚さんのことですね。カドミウムの話は非常に面白くて、日本のコメはカドミウムが高いんですね。ヨーロッパで嫌がられるし、日本人の摂取量も多くなるので、農水省は懸案にしてやっていた。それで、カドミウムを吸収す

る遺伝子を探して、ノックアウトしようという構想を立てたんです。それで、石川さんたちが、組み換えならできるなあという状況になった時、秋田県のお百姓さんが、うちのイネはなんだか、カドミウムを吸わないと行ってきた。それで、石川さんたちが遺伝子を調べたら、自然ミュータント（突然変異）で、根っこにあるカドミウムのトランスポーターが潰れていたんです。10年研究してなかなか難しかったことが、お百姓さんが見つけた1本のミュータントで解決したんですね。それで、セシウムもということなんでしょうが、セシウムはどうですかね。塩をやった私のところにもご相談があるんですが、セシウムは、ナトリウム、カリウムなんかと同族でカドミウムほどバシッと動かないですから…。まあ、一生懸命トライされて行くと思いますが。

堀場

それから、もうひとつ聞きたいのは、昆布、ひじきとかワカメなど海の植物は塩辛くないですね。あれ、ナトリウムはあるんですか。

間藤

入っていません。カリウムです。海藻の体の中にはカリウムがいっぱい入っています。

堀場

それは、海藻独特の「性能」でナトリウムを取り込まないんですか。地上の植物とどう違うんですか。

間藤

おそらく、細胞膜を通して海水は入ってきているはずですが、エネルギーを使ってナトリウムとカリウムを交換しているんだと思います。それと、もうひとつ、海藻は海の中でのべっとしていますが、海水の濃度が変動しないので対応できるのだと思います。

山極 寿一（京都大学大学院理学研究科教授）



ちょっと違う観点から、人間にとって海とは何ぞやということなんですが、木村さんが生命は海から来たとおっしゃった。それは全くそうなんですが、基本的に哺乳類は海には進出しなかった。つい最近まで海には出なかった。海に入ったのは、霊長類では人間だけです。しょっぱい涙とか海の哺乳類のように体に毛がないとか、いくつか海にいた条件があるので、もともとヒトは過去のある時期、海にいたんじゃないかという説もあるが、どうもそうではないらしい。実際、人間の身体は海には適していないようです。血液に塩分は必要でも細胞は塩分が入ったらダメなようにできている。少し長く、海の中にいたら皮

膚は火脹れのようになります。そんなわけで、人間が海に進出したのはようやく6万年ぐらい前、そのころから海の資源を利用し始めたというわけです。それで今に至るわけですが、まだまだ利用しきっていないということで、海は常温で様々なものを生かしながら貯蔵しておける偉大な「ストックルーム」であるとか、未来の食糧は海に大いなる可能性があるというのは、農水省もいっていることですが、正しいと思います。

そして、きょうの木村さんのお話であった、海に含まれているある要素を取りだして、陸上で使おうというのは、これができるかどうかですが、びっくりするような革命だと思います。というのも、進化の過程で、陸上の動植物は海水を利用しなくてもいいようになってきて、海水から身を守るということで陸上で暮らしを維持してきたわけですからね。それで、海水は陸上動物の由来でもありますから、いろいろ使えるものを含んでいる。マグネシウムもそのひとつですが、それを取りだしてうまく利用できるのか。大きな課題であり、まだ達成できていない問題がいっぱいあると思うんです。それは陸上の水のようにするのにコストはどのぐらいかかるのか、その問題とそれを使ったとき、何かが飛躍的に伸びるだろうが何かを捨て去らなければならないという、何かネガティブなところはないだろうか。このことが聞きたいですね。



木村 美恵子（タケダライフサイエンス・リサーチセンター所長）

私は研究ばかりやってまいりましたので、実用化とか企業化ということは不得手ですが、海のことをやって初めてマグネシウムリッチの飲料水をつくりました。これは大変有効で、アメフトの学生に、他の飲料水のみでは起こった足の筋痙攣など様々なトラブルもなくなり、全国優勝を果たしました。飲み物としては多少高価ですが、大量に生産すれば安くできると思います。

海の資源の実用化としては古くから、苦汁が肥料として使われています。海のもの結構安価なものとして使われているケースはたくさんあるんじゃないでしょうか。薬品（酸化マグネシウム）としてマグネシウムを飲むには医師の処方が必要であり、また、食品添加物として許可されていないので酸化マグネシウム添加の食物はありません。食品添加物として豆腐の凝固剤などに使われている苦汁（主成分：塩化マグネシウム）はそのままでは苦いので添加できません。しかし、食品に入れて後で焼くと酸化され苦くはなくなりますが…。サプリメントによる栄養補給のバランスを崩し、却って健康を害することも多々あり、私、あまり好みではないのです。ミネラルについては、まだ未解のことが多い。我々も、まだやっと入口というところですよ。

山極

海に含まれている成分を取り出すということで、払わなければならないコストはないのかということはどうですか。

木村

何らかの手を加えて、もう少し大々的にやれば、工夫次第で、コストのかからずにできる方法もあるのではないかと思います。

高田

1960 年前後には海洋開発が盛んだったように思います。アメリカとソ連の海軍が、それぞれ海中居住のための巨大なプラントを造って実験したんですね。そうした状況を察知して、学生だったぼくを含む、京都大学の探検部の海洋パーティが、たしか 65 年に、200 万円前後の予算で、水深 10 メートルの海中に水中テントを張って、そこにできた空間で 24 時間滞在するという実験をやったわけです。10 メートルでも、海中で 24 時間を過ごすと、血液に窒素が溶け込むなど、いろいろ厄介な問題が起こります。それにどう対応するかという実験を、いわばアメリカとソ連の海軍について世界で三番目に、京大の探検部がやってのけた。(笑い) 今、話せば笑い話みたいに聞こえるかもしれませんが、当時は大まじめ……海洋への関心が非常に高かったわけですが、そうした関心がまもなく宇宙にシフトしてしまう。なぜ、こういう変化が起こったのか、不思議といえば不思議ですね。



今ひとつ、私自身がスキューバをはじめ、海に関心を持っていたので、漂流記のようなものを読む機会がありました。当時の常識では、海で漂流を余儀なくされても、絶対に海水を飲んではいけない、ということが鉄則だったのですが、アラン・ボンバルというフランス人の『実験漂流記』を読むと、「真水が手に入らなかったら、少しずつ海水を飲むほうが生命維持にはいいのだ」という意味のことを書いていました。

まあ、その後、こうした話を耳にすることはなくなりましたが、極限状態のもとでは、海水をそのまま飲むということもありえなかったわけではなさそうですね。

山口

先ほど堀場さんから、海藻は塩辛いという話がありました。さっきの菜の花も、私も食べたところ、浸透圧に打ち勝ってとてもみずみずしいものでした。これ、何か海洋利用のヒントに役立てられないでしょうかね。

間藤

あのう、農学部というのはですね、とれん(収穫できない)と相手にされないんですね。理学部の人はい「いいだろう」というようないい方するんですけど…。塩生植物やっている時も先生から、二言目には「で、それは食えるんかい」といわれていたんですよ。正直な

ところやはり、食糧として考えた場合、収量というものから考えると、塩は避けたほうがいい。ただ、マージナルなところ例えばサウジアラビアとかなら、別の価値観が働くのでいいのではないかと思います。今ちょっと思い出しましたが、メコンデルタは、最近、中国が上の方でダムを作っているもので、海水が上がってきているのですが、そこに結構海水に強いイネがあります。薄い汽水域ならもつんですね。アフリカのニジェールにもあって、それはそれで面白いなおもいますが、できるだけ塩水は避けたほうがよろしいというのが正直なところですね。

堀場

海水を使うことでなにか問題が起こるのではないかという山極さんの話と今、お金になるのかならないのかという話を含めて少し話しますと、私のところ、クエートの海水淡水化事業に参加して水質分析やっております、そこでいま大変なことが起こっているんです。それは、イオン交換膜の性能がだんだん向上してきて、海水から淡水にするのが90%以上にもなっていて、ということは、十倍以上にもものすごく濃縮された海水が排出されているんですね。これでは、海の生態系が壊れるので大変困っているんですが、私は、これで一儲けできるのではないかと考えているんですよ。廃棄物として困っている濃い海水をただで日本まで運んでくれたら、ただで処理しましょうと。どういうことかという、昔、「子供の科学」で海の水から金が取れるというのが出てましてね、随分興奮した思い出がありますが、これなんです。水を蒸発させるのにお金がかかるわけですけど、すでに濃縮されたものが手に入るならその分はコストゼロです。



木村さんの分析表にも金がありましたね、ものすごく少ないですけど。レアアース始め地球上に存在する物質でイオン化されるものは全てあるので、うまく分離すれば無限に資源が手に入る。そうすれば、日本に鉱山なんかありません。とにかく海は絶対量が多いですからね、含有量が少なくても問題ではないです。これ、金儲けとしてどうですか。

山口

それ、完全に Win-Win ですね。ウラン、リチウム、白金といろいろ含まれていますね。それ、現地ではできないんですか。

堀場

いや、日本にただで持ってくればというのは冗談で、もちろん現地でやるんです。既に、

濃縮されたやつがあるんやからね。どうですか、クオリアAGORAのみんなで出資するというのは。(笑い)

木村

私には、夢があります。先ほど海水を飲むのがいいのかどうかというお話がありました。私は、海水で点滴を作りたいと考えております。理論的には海水を4倍に薄めればそのまま点滴にできると思っておりますが、医療の液剤として使うには、含まれている成分の有効性を別々に証明することが義務付けられているので、現法規内では不可能ですが、海水の点滴、それが私の最後の夢です。海水を飲むのがダメではなく、海水原液は濃いのがダメなんです。真水ばかりでは体力が落ちてきますから、時々、少し海水を飲めば塩分のバランスが取れ、身体にいいということなんだと思います。

山極

堀場さんがおっしゃたように、海水中の金属が微量でも、絶対量はすごく多いのでそれをうまく取り出す技術さえあれば、これはコストパフォーマンスの問題なんだけど、大いに産業化できる。それと、先ほど高田さんがおっしゃったなぜ宇宙に向かったかということですが、コストパフォーマンスの問題と領海権という問題があったんじゃないかな。宇宙は早いもんがちだが、海はギシギシに仕切られていましたからね。



堀場

でも、海の水は、領海権は関係ない。大阪湾にも太平洋の水は流れてくる。

～会場からご意見をいただきましょう～

柴田 一成 (京都大学花山天文台台長)

宇宙に行くほうがはるかに簡単なんです。深海に潜る方が難しい。生物は、海から陸に上がって大進化をしたということなんです。次は、私は広大な空間の宇宙に行って、生物が大進化をするのではないかと思います。

山極

もともと宇宙から来たという説も…。

柴田

では、ふるさとに戻るといことですかね。

山口

夢のある話が出ましたが、ワールドカフェに向け、ビジネスにできないかということをもう少し話をしたいのですが、資源としての海洋ということで、メタンハイドレートについてどうでしょう。

間藤

私の知識は、マスコミ情報レベルなんですけど、もう試掘は始まっていますね。ただ、とんでもない値段でしょう。石油の20倍、30倍ぐらいするでしょう。

横田 真（京都大学学際融合教育研究センター特別研究員）

元々、経済産業省なんで、海洋開発の話も時々聞き、資源開発の研究会もいろいろあるんですけども、そこに来ていらっしゃるのは開発する人、いわゆる設備屋さんが中心で、鉦材屋さんはいません。関係者に聞くと、今の段階では利益が上がらない、ビジネスにならないというんですね。私は、今は、資源としての開発をやる段階にはないと理解しています。

山口

メタンはどうですか。

横田

先ほど間藤さんがおっしゃったような状況だと思います。技術的なことが検討されている段階だと思います。

所で、きょう間藤さんに聞きたかったことがあるんですが、海藻を育てて大量の食物源とするということは試みられていないんですか、実際難しいんですか。



間藤

いや、アメリカなんかではジャイアントケルプを使ったバイオマスを盛んに育てています。しかし、森林と一緒に現存量は結構あるが、海藻も植物なので窒素がないと大きくならないんですね。日本の場合、温かくて窒素濃度の高い海、

例えば、瀬戸内海なんかだと大きなバイオマスをつくることのできるのではないかと思います。

ます。

横田

ということは、環境問題の関係がネックになるわけですね。

間藤

それだけですね。今の日本は、東京湾がずいぶん水が澄みすぎてアオヤギが住まなくなっているという例もあるので、中国ならいざ知らず、日本ではバイオマスに大きな期待をするのは辛いように思います。

山口

突拍子もない話題かもしれませんが、黄河の沿岸がものすごく荒れている。「中原に鹿を追う」という言葉があるくらい豊かなところだったのに、今では黄河の岸辺の土がどんどん海に流されている。かつて東大の松本聰先生に伺ったところ、中国は、実はこれで渤海湾を自然干拓しようとしている可能性があるということです。そうすれば、中国全人民の食糧を全てまかなえるそうです。塩も2, 3年で抜けるそうですが、その可能性はあるのでしょうか。

間藤

100年じゃ足りないですが、いずれそうなると思います。渤海湾は浅いですからね。黄河はもう断流がいっぱいおこっているんで、渤海まで、土はこないかもしれませんが、意図するとならない関係なく、結果的に埋まると思います。

山極

干潟を埋め立てるという話は、あんまり結果だけを予想してやると有明海みたいになるし、干潟の生態系は全くわかっていないんです。インドネシアなんかでは相当やっているが、かえって漁業資源の枯渇につながってしまう可能性がある。だから、相当、深慮遠謀がないとうまくペイしていないなという気がしますけどね。実際、畑にもならないし、住宅地としても地盤が沈下していくということが起こりうるのです。

山口

ありがとうございました。では、少し休憩をとって、ワールドカフェに移りたいと思います。木村さん、そしてディスカッサントのみなさん、どうもありがとうございました。

ワールドカフェ

21世紀の資源としての海水、周りを海に囲まれた日本にとって海は子供のころから身近な存在です。ワールドカフェではビジネスの可能性について話し合いました。

第1グループ報告者 内崎 直子（大阪ガス近畿圏部）

このテーブルでは、日本では海の水の利用が遅れていて、これが使えれば島国日本も資源大国になり、まだまだ可能性があるということで話が盛り上がりました。

破天荒なビジネスを五つまとめましたので紹介します。▽海水ミネラルー海水と同じ構成のミネラルウォーターを作る▽海の海水を調味料として使う。北海道、沖縄ではそれをまちおこしに▽海水トレーニング場▽羊水と同じことを活用した海水を満たしたカプセル

中にひたれば美容、健康に、ヒーリング効果も▽深層海洋牛ー海水を吸収した植物を食べて育った牛を売る▽海藻の利用ーほかにももっと使える海藻を探し、あるいは品種改良でノンカロリーの食べ物として売り出すーです。



第2グループ報告者 佐藤 庸介（新日本理化京都工場事務課長）

貴金属を取り出すのは、確かにコスト的に難しいが、実はその時に除去するものもサプリメントとして売りだしたらいいのではないかと、ひとつ出ました。ミネラルを含んだ水というのは成功例としてあるわけですが、あらためて魅力的だという認識をしました。エネルギーに関しては、潮流とか温度差を使った発電ビジネス、熱をリザーブあるいは排熱に海水を利用するとか…。塩害にもビジネスチャンスがあります。とにかく、こういう分かっていることに、ちょっとした工夫を加えれば、ビジネスとして開けてくると思います。

第3グループ報告者 山本 勝晴（浄土宗西山深草派 僧侶）

山の中でフグを育てているという実際の事例から、どんどん話が広がっていきました。海上でトマトの水耕栽培はできないとか、海の水での核融合、渦潮発電、さらには、羊水と同じ成分なので、それを使った保育器。そして、海水を混ぜた温泉や海水シャブシャ

ブなど。スパゲティ用の水というのは、これは「海の素」というネーミングも行いました。もう使えませんよ（笑い）。海水のミネラルの活用ですね。

第4グループ報告者 内藤 隆（明治大学サービス創新研究所事務局長）

まずですね、海の水深10mのところでは、2気圧になり、梅酒をつけると10倍浸透し早く出来上がるそうです。いろんなもの、例えばチーズとかの熟成に使えるのではないかと。それと温度が安定しているので、倉庫として海を利用できないか。酸化もしないのでいい貯蔵庫になる。もう一つは波の力を利用した発電ですね。一部行われているようですが、もっと真剣にやるべきだという話も出ました。

第5グループ報告者 三浦 充博（庵営業チームリーダー）（

このテーブルには、木村先生がいらっしやったので、海水とは何かということから勉強させていただきました。それで、塩分、ミネラル、海水の何を使ってビジネスをするのかとか、トマトに塩水をかければ甘くなるが、すぐまねされそうだなとか、場所は瀬戸内海、もし太平洋岸全部でやればハッピーとかいろいろ話し合いました。こうして、興味深い話は可能性としていろいろ広がったんですが、結局、具体的なビジネスについては「？」という結果になってしまいました。



山口 栄一（同志社大学大学院総合政策科学研究科教授）

5回目にもなると、みなさんすごく楽しんでいることがよくわかりうれしい限りです。最後に、きょうの先生である木村さんと貴重なコメントをいただきました間藤さん、それに、私のワールドカフェの師匠である阪井さんに感想をいただきたいと思います。

木村 美恵子（タケダライフサイエンス・リサーチセンター所長）

研究しかやってなく、しかも自分の好きなことしかしてきていないのに、それをディスカッションしていただき、ありがとうございました。海水利用で実用化されたものは結構たくさんあります。ただ、もうちょっと思い切ったことができればなあと思います。間藤先生のお話とか、随分勉強もさせていただきました。これがきっかけで植物への海水利用がどんどん進んだらうれしいです。どうもありがとうございました。

間藤 徹(京都大学大学院農学研究科教授)

植物では見るが、ラットのマグネシウム欠乏の写真を初めて見せていただきましたが、あんなひどいことになるんですね。それはそれとして、いろいろお話しして、興味を持っていただいてうれしかったんですが、一方でみなさんが、なんでこんなこと知らないのかなあと、まだまだ私の活動が足りないことを実感しました。

「塩害」は、大体ブームというかピークが10年ごとに来るんです。今年がそうで3回目のピークです。「塩に強い植物は」とかいろいろ出てくると思いますが、これに関して、ビジネスというより、みんながハッピーになるように私の知識が使われたらいいなあと思っているところです。



阪井 和男(明治大学法学部教授)

ここの場所は、山口さんに呼ばれ前来たとき、不思議な場所だと思っていましたが、ワールドカフェに使ったんですね。ぴったりの場所で、うまく使われていると思いました。ただ、普通、ワールドカフェは、ワイワイやってそのままなんですが、発表をやるなら、元の会議室に戻ったほうが良いと感じました。狭いところでグチャーッとやるほうが良いんじゃないでしょうか。