容器入り飲用海洋深層水の性状について

佐々木弘子^{*1}・小堀千春^{*1}・野口幸子^{*1}・松澤睦子^{*2}・
根岸由紀子^{*3}・廣末トシ子^{*2}・菅原龍幸^{*1}

(^{*1}聖徳大学人文学部, ^{*2}女子栄養大学短期大学部, ^{*3}女子栄養大学栄養学部)

Properties of bottled drinking deep sea water

Hiroko Sasaki^{*1}, Chiharu Kobori^{*1}, Sachiko Noguchi^{*1}, Mutsuko Matsuzawa^{*2},
Yukiko Negishi^{*3}, Toshiko Hirosue^{*2}, Tatsuyuki Sugahara^{*1}

^{*1}*Seitoku University*, 550 Iwase, Matsudo-shi, Chiba, 271-8555

^{*2}*Kagawa Nutrition University*, 3-24-1 Komagome, Toshima, Tokyo, 154-8481

^{*3}*Kagawa Nutrition University*, 3-9-21 Chiyoda, Sakado-shi, Saitama, 350-0288

^{*1}〒271-8555 千葉県松戸市岩瀬 550

^{*2}〒154-8481 東京都豊島区駒込 3-24-3

^{*3}〒350-0288 埼玉県坂戸市千代田 3-9-21

The general properties relating to the composition and hygienic properties of fourteen brands of bottled drinking deep sea water and one of deep sea water (source water) were investigated.

(1) Most of the brands of bottled drinking deep sea water were produced by a reverse osmosis system.

(2) Composition of bottled drinking deep sea water; Residues on evaporation 663 ± 592.2 ppm, hardness 344 ± 360.3 ppm, free carbon dioxide 3.7 ± 1.89 ppm, pH 4.8 alkalinity 8.9 ± 9.28 ppm, pH 6.81 ± 0.483 , consumption of KMnO_4 1.1 ± 0.84 ppm.

Composition of source water; Residues on evaporation 42723 ppm, free carbon dioxide 7.4 ppm, pH 4.8 alkalinity 61.1 ppm, pH 7.4, consumption of KMnO_4 199.6 ppm.

(3) Mineral contents of bottled drinking deep sea water; Na 43.7 ± 29.21 ppm, Mg 83.3 ± 87.42 ppm, K 10.5 ± 17.00 ppm, Ca 14.7 ± 17.88 ppm, B 13.7 ± 13.92 ppm, Li 6.1 ± 7.77 ppb, Al 1.3 ± 1.30 ppb, Si 1.67 ± 2.666 ppm, P 41.7 ± 30.57 ppb, V 12.5 ± 7.36 ppb, Cr 0.3 ± 0.21 ppb, Mn 1.0 ± 2.12 ppb, Fe 12.9 ± 3.64 ppb, Ni 0.4 ± 0.35 ppb, Cu 0.95 ± 0.76 ppb, Zn 1502.6 ± 4311.9 ppm, Ge 1.2 ± 0.72 ppb, Se 2.7 ± 3.81 ppb, Rb 3.6 ± 4.82 ppb, Mo 0.7 ± 0.71 ppb.

(4) Inorganic anions in bottled drinking deep sea water; F 5.4 ± 8.56 ppm ($n=9$), Cl 252.2 ± 207.55 ppm ($n=14$), Br 3.7 ± 1.19 ppm ($n=4$), NO_3 3.8 ± 6.28 ppm ($n=7$), SO_4 94.3 ± 116.39 ppm ($n=14$), SiO_2 12.9 ± 16.39 ppm ($n=14$).

Inorganic anions in deep sea water; Cl 8396.7 ppm, NO_2 14.2 ppm, SO_4 2277.7 ppm, SiO_2 6.4 ppm.

(5) K-Index and O-Index by Hashimoto in bottled drinking deep sea water; K-Index -23.3 ± 27.33 , O-Index 1.1 ± 1.55 . Although natural mineral water was classified as having a "good taste" by K-Index and O-Index was 68-76%, that of bottled drinking deep sea water was 14%.

(6) Volatile halogenated hydrocarbons in bottled drinking deep sea water; Total THM 2.7 ± 4.93 ppb ($n=8$), CF 0.7 ± 0.47 ppb ($n=8$), BDC 0.6 ± 0.49 ppb ($n=3$), DBC 1.6 ± 1.47 ppb ($n=3$), BF 5.4 ± 4.99 ppb ($n=3$).

Volatile halogenated hydrocarbons in source water; Total THM 0.8ppb, CF 0.7ppb. MCF, TCE and PCE were below the limit of detection.

(7) Microorganism; Five brands of bottled drinking deep sea water and one of the source water showed detection of microorganisms in nutrient agar, but not in TCBS agar or GAM agar.

It was found that bottled drinking deep sea water more contained Na, Mg, K, Cr, Zn, Cl ion and F ion as compared with natural mineral water.

1. 緒 言

海洋深層水とは、一般的に海表面下200～300メートルよりも深い海、いわゆる深海にある海水を指し、海洋表層水と異なり産業廃水や生活排水、そして河川水の影響をほとんど受けない。さらに太陽光線が届かないため植物の光合成が行われず、植物性プランクトンの増殖が抑えられ、清浄性が高くなる。また、植物性のプランクトンが増殖しないため、動物性プランクトンの増殖もみられず、プランクトンの増殖に必要な無機塩が消費されず、無機富栄養性であるといわれている^{1),2)}。

このような清浄性、無機富栄養性の特性をもった海洋深層水を原料とした各種加工食品の製造や農産物の栽培、さらに温度差発電などその利用法は多岐に渡っている³⁾。

一方、我が国の容器入り飲用水（以下ミネラルウォーター類：MW）の消費量の増加は著しく、国内生産量からみると1980年には78,000k ℓ であったものが1990年150,000k ℓ 、2000年894,440k ℓ 、2003年では1,132,500k ℓ となっている。MW類の一人当たりの消費量の推移からみても1990年から増加し始めているが、その1990年を基準として現在を比較しても約8倍に増加している。容器入り飲用水の原水は一般に地下水を利用しているが、最近の海洋深層水を原水とした製品は2003年から生産量の調査対象となり、その結果 MW 類の総生産量の2%におよんでいる⁴⁾。

しかしながら海洋深層水を利用した市販の容器入り飲用海洋深層水（以下、飲用海洋深層水）の性状については未だ十分に研究されていない。

そこで市場にみられる飲用海洋深層水について、その性状を知るために製造方法、表示を調査し、また微量ミネラル類を含むミネラル成分、低沸点有機ハロゲン化合物、微生物について検討したので、その結果について報告する。

2. 調査および実験方法

(1) 試 料

我が国の海洋深層水的主要な採水場である北海道、富山県、神奈川県、静岡県、高知県、沖縄県およびその他、ハワイの海洋深層水を原水として製造されている飲用海洋深層水14銘柄及び富山県の海洋深層水（以下、原水）の計15種類を調査・分析に用いた。Tab.1に試料の概要を示した。

Table 1 Summary of Sample

Sample No.	Gathered Region	Volume (ml)
1	Off Rausu	500
2	Off Namerikawa	2,000
3	Off Namerikawa	500
4	Off Miura	500
5	Izu Oshima	1,500
6	Off Muroto	500
7	Off Muroto	500
8	Off Muroto	500
9	Off Muroto	500
10	Off Muroto	500
11	Off Okinawa	500
12	Off Kumejima	500
13	Hawaiian Island(USA)	500
14	Hawaiian Island(USA)	500
15	Off Namerikawa	1,000

No.1-14 : The bottled drinking deep sea water

No.15 : Source water of the bottled drinking deep sea water

(2) 調 査

飲用海洋深層水の製造方法とその製品表示について調査した。製造方法についてはパンフレット、インターネット、電話により調査した。

(3) 実験方法

1) ミネラル 日立製A-2000形原子吸光光度計にてCa, K, Naを測定した。島津製作所製ICP-MS 8500型にてMg, Fe, Cu, Mn, Zn, Se, P, Li, B, Al, Si, V, Cr, Ni, Ge, Rb, Moを測定した。

2) 低沸点有機ハロゲン化合物 島津製作所製ガスクロマトグラフィーGC-148 ECD検出器により、クロロホルム (CF), プロモジクロロメタン (BDC), ジプロモクロロメタン (DBC), プロモホルム (BF), 1,1,1-トリクロロエチレン (MCF), トリクロロエチレン (TCE), テトラクロロエチレン (PCE) の低沸点有機ハロゲン化合物を測定した。

3) 無機陰イオン ダイオネックス社製イオンクロマトグラフDX-AQ型によりフッ素イオン (F), 亜硝酸イオン (NO₂), 硝酸イオン (NO₃), 臭素イオン (Br), 塩素イオン (Cl), 硫酸イオン (SO₄) を測定した。

4) 水質検査に準じた分析項目 SiO₂ はモリブデン青法で測定し、全蒸発残留物、遊離炭酸、pH4.8総ア

ルカリ度, 過マンガン酸カリウム消費量は常法⁵⁾通り測定した。

5) 硬度 Ca, Mg の含有量 (mg/l) から計算により求めた。

6) pH pH は堀場製作所 pH メーター F-21 にて測定した。

7) K-Index および O-Index 橋本ら⁶⁾による K-Index と O-Index を分析値から計算により求めた。

8) 微生物検査 微生物検査は普通寒天培地, 生菌数測定用標準寒天培地, TCBS 培地, GAM 寒天培地を用いた。すなわち, 試料100ml を濾過したメンブランフィルターをそれぞれの寒天培地にのせ, 37℃で48時間培養して菌数を求めた。なお, GAM 寒天培地については嫌気培養を行った。

3. 調査結果

(1) 容器入り飲用海洋深層水の概要および製造方法

①試料1は汲み上げた原水を逆浸透膜法により, 分離した水と濃縮深層水に分離, また, 新たな原水をイオン交換膜電気透析により Na イオンと Cl イオンのみを取り除いたミネラル水をつくり, 逆浸透膜法で作った真水とブレンド, 加熱殺菌して製造。

②試料2はイオン交換により脱塩を行い製造。

③試料3は汲み上げた原水を多段式イオン, イオン交換膜を用いた電気透析法により, Na イオンを分離・濃縮し, その水をナチュラルミネラルウォーターで飲用可能な濃度にまで薄めて製造。

④試料4は脱塩したものを購入して販売しているため, 詳しい製法は不明。

⑤試料5は海岸から200m ほどの陸地に地下300m の井戸を掘り, 汲み上げた水の塩分を除去して製造。

⑥試料6, 7は汲み上げた原水を逆浸透膜使用の逆浸透圧法より, 濃縮ミネラル水と水とに分離する。ミネラル水は煮沸させて塩分を取り除きながら更に濃縮を行い, 生成したミネラル水を最初に分離した水とブレンドし, 飲用可能な濃度にして製造。

⑦試料8はRO システムによる逆浸透膜法により製造。

⑧試料9, 10, 11は汲み上げた原水を逆浸透膜法により, ミネラル水と水とに分離する。その分離した水にミネラル水をブレンドして製造。

⑨試料12は汲み上げた原水を海洋深層水淡水化装置でフィルターを通し, 水と濃縮塩水とに分離する。その分離した水に濃縮塩水から取り出したミネラル分を添加して製造。

⑩試料13は電気浸透膜法で Na イオンと Cl イオンを取り除いて製造。

⑪試料14は詳細不明。

(2) 容器入り飲用海洋深層水の表示

製品表示については, 微量元素含有量としてナトリウム, カリウム, マグネシウム, カルシウム, 塩化物イオン, 硫酸イオン, 塩素イオンを表示しているものがあり, 微量元素含有量の表示で疑問に思われるものが3例あった。

4. 分析結果

容器入り飲用海洋深層水の蒸発残留物, 遊離炭酸, 総アルカリ度, 硬度, pH, 過マンガン酸カリウム消費量, ミネラル成分, 微量ミネラル, 無機陰イオン, K-Index,

Table 2 Characteristic Value of Bottled Drinking Deep Sea Water (ppm)

Sample	Residue on Evaporation	Free carbon dioxide	pH4.8 Alkalinity	Hardness*	pH	Consumption of KMnO ₄
1	2,073	3.4	10	1,200	7.06	2.3
2	509	7.0	12	255	6.80	0.3
3	504	8.0	17	280	6.76	1.9
4	517	1.9	3	256	7.06	0.8
5	476	2.3	10	297	7.46	1.1
6	515	1.8	1	266	6.23	0.3
7	1,952	2.7	2	1,114	6.33	0.5
8	496	2.3	11	67	7.17	0.9
9	638	3.3	2	299	6.65	1.5
10	141	2.9	1	12	6.67	0.4
11	193	4.1	24	261	7.68	0.5
12	598	4.0	1	293	6.00	0.6
13	465	5.4	30	207	7.16	1.0
14	198	2.5	2	4	6.35	3.1
Ave.	663	3.7	8.9	344	6.81	1.1
±S.D.	592.2	1.89	9.28	360.3	0.483	0.84
(Source Water)						
Sample	Residue on Evaporation	Free carbon dioxide	pH4.8 Alkalinity	Hardness*	pH	Consumption of KMnO ₄
15	42,723	7.5	61.1	**	7.4	199.6

* : Hardness = $(0.04990 \times \text{Ca} + 0.08224 \times \text{Mg}) / 0.02$,

** : Not measured

O-Index, 微生物検査, 低沸点有機ハロゲン化合物の測定結果を, 微生物を除き Tab.2 に平均値と標準偏差で示した。

(1) 水の特特性値 (Tab.2)

全蒸発残留物は 663 ± 592.2 ppmであり, 原水では $42,723$ ppmであった。遊離炭酸は 3.7 ± 1.89 ppmであり, 原水では 7.5 ppmであった。総アルカリ度は 8.9 ± 9.28 ppm, 硬度は 343 ± 360.3 ppm, pHは 6.81 ± 0.483 であった。過マンガン酸カリウム消費量は, 1.1 ± 0.84 ppmであり, 原水では 199.6 ppmであった。

(2) ミネラル, 微量ミネラル含量 (Tab.3)

Naは 43.7 ± 29.21 ppm, Mgは 83.3 ± 87.42 ppm, Kは 10.5 ± 17.00 ppm, Caは 14.7 ± 17.88 ppmであった。

Bは 13.7 ± 13.92 ppm, Siは 1.67 ± 2.666 ppmであった。Liは 6.1 ± 7.77 ppb, Alは 1.3 ± 1.30 ppbであった。Pは 41.7 ± 30.57 ppb, Vは 12.5 ± 7.36 ppb, Crは 0.3 ± 0.21 ppb, Mnは 1.0 ± 2.12 ppb, Feは 12.9 ± 3.64 ppbであった。Niは 0.4 ± 0.35 ppb, Cuは 0.9 ± 0.76 ppb, Znは $1,502.6 \pm 4,311.94$ ppbであった。Geは 1.2 ± 0.72 ppb, Seは 2.7 ± 3.81 ppb, Rbは 3.6 ± 4.82 ppb, Moは 0.7 ± 0.71 ppbであった。

(3) 無機陰イオン (Tab.4)

Fイオンは14例中9例中に検出され 5.4 ± 8.56 ppm, Clイオンは14例中全試料に検出され 252.2 ± 207.55 ppmであった。No.15の原水は $8,396.7$ ppmであった。NO₂イオンは原水にのみ検出され 14.2 ppmであった。Brイ

Table 3 Mineral Content of Bottled Drinking Deep Sea Water

Sample	Na	Mg	K	Ca	B	Si	Li	Al	P	V
	ppm			ppb						
1	76.4	291.3	2.3	34.4	15.6	0.36	3.1	3.1	46.8	26.0
2	20.0	61.9	1.3	7.6	3.7	4.95	2.8	1.0	123.2	11.4
3	20.0	67.9	1.2	6.6	24.4	6.28	2.3	0.6	95.7	12.0
4	28.8	62.1	0.6	7.3	0.4	0.08	0.7	0.3	33.6	8.5
5	7.4	72.1	6.4	2.7	8.0	—	11.0	2.9	28.2	13.3
6	22.4	64.4	17.0	16.2	2.6	0.03	9.4	0.3	24.2	6.0
7	64.6	270.1	64.0	66.8	34.3	0.04	29.9	0.1	21.6	16.7
8	117.8	16.3	5.0	3.8	2.7	—	3.4	0.9	39.1	8.5
9	53.4	72.5	21.8	19.1	21.2	0.02	9.1	Tr	26.0	8.5
10	42.6	3.0	1.9	1.0	15.5	—	0.6	0.3	24.5	5.0
11	40.4	63.5	2.2	6.2	9.1	6.12	0.8	2.5	49.7	12.6
12	24.8	71.1	18.4	7.8	47.3	0.02	9.2	0.5	23.1	12.0
13	30.6	50.1	1.9	24.8	6.2	0.41	2.8	Tr	26.0	29.7
14	62.2	0.4	2.9	1.0	1.2	0.04	1.0	3.7	21.9	4.7
Ave.	43.7	83.3	10.5	14.7	13.7	1.67	6.1	1.3	41.7	12.5
±S.D.	29.21	87.42	17.00	17.88	13.92	2.666	7.77	1.30	30.57	7.36

Table 3 Continued

Sample	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Ge	Se	Rb	Mo
	ppb									
1	0.8	0.4	18.4	1.1	1.5	2.3	0.7	1.5	0.7	0.5
2	0.7	0.8	10.8	0.2	1.0	0.1	0.6	0.4	0.1	0.8
3	0.6	0.9	10.1	0.3	1.4	946.0	0.8	0.6	0.1	0.3
4	0.2	0.1	17.5	0.3	0.2	Tr	1.5	0.6	0.2	0.1
5	0.4	0.1	12.7	0.3	1.2	3.7	0.8	5.5	3.3	2.6
6	0.1	Tr	15.0	0.4	0.7	2.2	1.0	3.9	5.6	0.5
7	0.3	Tr	13.4	0.8	0.9	1,5682.1	0.7	14.3	17.6	1.5
8	0.4	0.1	12.0	0.3	3.2	2.8	Tr	1.0	1.9	0.6
9	0.2	Tr	12.3	0.3	0.7	2,304.5	2.2	4.1	5.3	0.5
10	0.1	Tr	13.2	0.1	0.2	574.9	2.6	0.6	0.6	Tr
11	0.3	7.0	3.6	0.1	0.3	4.0	2.0	0.1	8.3	0.7
12	0.2	0.1	16.3	0.4	0.6	0.4	1.2	4.4	5.5	0.4
13	0.3	0.3	11.4	0.3	0.6	0.5	0.0	0.4	0.2	Tr
14	0.2	0.4	14.4	1.2	0.8	10.0	1.3	0.7	0.9	0.1
Ave.	0.3	1.0	12.9	0.4	0.9	1,502.6	1.2	2.7	3.6	0.7
±S.D.	0.21	2.12	3.64	0.35	0.76	4,311.94	0.72	3.81	4.82	0.71

Tr : <0.1ppb

Table 4 Inorganic Anion of Bottled Drinking Deep Sea Water (ppm)

Sample	F	Cl	NO ₂	Br	NO ₃	SO ₄	SiO ₂
1	27.1	844.1	—	—	1.7	203.4	2.4
2	—	154.3	—	—	—	74.6	38.6
3	0.1	233.8	—	4.5	1.3	78.6	39.4
4	0.8	198.8	—	—	1.9	41.7	0.3
5	2.5	217.9	—	3.0	0.2	10.9	10.9
6	0.9	172.4	—	—	—	166.8	1.4
7	2.3	566.8	—	4.8	—	441.1	0.9
8	9.1	172.4	—	—	—	28.8	14.3
9	1.9	265.4	—	—	—	116.7	1.2
10	—	90.0	—	—	2.2	1.8	0.1
11	—	73.8	—	—	18.0	5.8	40.9
12	—	257.9	—	2.3	1.6	78.6	2.4
13	—	164.8	—	—	—	40.3	27.7
14	3.9	118.0	—	—	—	31.3	0.1
Ave.	5.4	252.2	—	3.7	3.8	94.3	12.9
±S.D.	8.56	207.55	—	1.19	6.28	116.39	16.39
n	9	14	—	4	7	14	14

(Source Water)

(ppm)

Sample	F	Cl	NO ₂	Br	NO ₃	SO ₄	SiO ₂
15	0	8,396.7	14.2	-	-	2,277.7	6.4

— : Not detected

Table 5 Classification by K- and O-Index, and the Condition of Good Taste Water of Bottled Drinking Deep Sea Water

Sample	K-Index*	O-Index**
1	-32.1	0.2
2	-9.8	0.4
3	-10.8	0.3
4	-17.8	0.0
5	-3.7	0.3
6	-3.3	1.6
7	10.6	6.0
8	-98.7	0.7
9	-27.4	2.2
10	-36.1	0.4
11	-28.9	0.8
12	-13.8	1.0
13	-1.8	0.8
14	-53.1	0.1
Ave.	-23.3	1.1
±S.D.	27.33	1.55

* : K-Index = (Ca - 0.87Na)

** : O-Index = (Ca + K + SiO₂) / (Mg + SO₄)

オンは14例中4例について検出され3.7±1.19ppmであった。NO₃イオンは14例中7例について検出され3.8±6.28ppmであった。

SO₄イオンは14例中全試料に検出され94.3±116.39ppmであり、原水では2,277.7ppmであった。SiO₂は14例中全試料に検出され12.9±16.39ppmであり、原水

では6.4ppmであった。

(4) 水の味 (Tab.5)

分析値からおいしさを計算する橋本⁶⁾らの方法に従い、K-Index、O-Indexを求めた結果、K-Indexは-23.3±27.33、O-Indexは1.1±1.55であった。

(5) 低沸点有機ハロゲン化合物 (Tab.6)

総トリハロメタン (THM) は14試料中8試料に検出され、2.7±4.93ppbであり、原水では0.8ppbであった。THMのなかでクロロホルム (CF) は8試料に検出され0.7±0.47ppbであった。原水では0.7ppbであった。プロモジクロロメタン (BDC) は3試料に検出され0.6±0.49ppb、ジプロモクロロメタン (DBC) は3試料に検出され1.6±1.47ppb、プロモホルム (BF) は3試料に検出され5.4±4.99ppbであった。

1,1,1-トリクロロエチレン (MCF)、トリクロロエチレン (TCE)、テトラクロロエチレン (PCE) は、未検出または検出限界以下であった。

総低沸点有機ハロゲン化合物 (VHHs) は2.7±4.98ppbであった。

(6) 飲用海洋深層水の微生物検査 (Tab.7)

TCBS 培地、GAM 寒天培地では菌は検出されなかった。しかし、普通寒天培地ではNo. 3, 4, 7, 12, 14の5試料と原水で、また生菌数測定用普通寒天培地ではNo. 4につき菌が検出された。

普通寒天培地では試料3と原水で検出された菌の判定を行ったところグラム陰性桿菌であると判定した。またNo. 4, 7, 12, 14で検出された菌の判定を行ったところグラム陽性球菌であると判定した。

生菌数測定用普通寒天培地ではNo.15で検出された菌の種類につき判定を行ったところグラム陽性球菌であると判定した。

Tab.8に飲用海洋深層水の細菌数を示した。すなわち飲用海洋深層水の細菌数は100ml中、No. 3で8個、No. 4で13個、No. 7で9個、No.12で8個、No.14で1個、原水では2.98×10²個であった。

5. 考 察

(1) 容器入り飲用海洋深層水の製造方法

製造方法の大部分は逆浸透膜法を利用した脱塩を行い逆浸透膜法により分離した水とミネラル水に分離し、ミネラル水の一部を飲用可能になるように分離した水で希釈し、製造していた。また、電気透析法を使用しているメーカーもあった。

(2) 表示量に対する分析平均値との比較

主要なミネラルであるNa, Mg, K, Caについて表示量を100として分析平均値の割合を求め、比較すると

容器入り飲用海洋深層水の性状について

Table 6 Volatile Halogenated Hydrocarbon of Bottled Drinking Deep Sea Water (ppb)

Sample	CF	THM* BDC	DBC	BF	Total THM	MCF	VHHs** TCE	PCE	Total VHHs
1	0.3	0.2	0.4	0.5	1.3	—	—	—	1.3
2	0.5	Tr	—	—	0.5	—	—	—	0.5
3	Tr	Tr	—	—	Tr	—	—	—	Tr
4	0.7	Tr	Tr	—	0.7	—	—	—	0.7
5	1.7	1.1	1.1	5.3	2.3	—	—	—	2.3
6	0.7	Tr	Tr	—	0.7	—	—	—	0.7
7	Tr	—	—	—	Tr	—	—	—	Tr
8	Tr	—	Tr	—	Tr	—	—	—	Tr
9	Tr	Tr	Tr	—	Tr	—	—	—	Tr
10	1.0	Tr	—	—	1.0	—	—	—	1.0
11	Tr	—	—	—	Tr	—	—	—	Tr
12	0.2	Tr	Tr	—	0.2	—	—	—	0.2
13	Tr	—	—	—	Tr	Tr	—	—	Tr
14	0.8	0.4	3.2	10.4	14.8	—	—	—	14.8
Ave.	0.7	0.6	1.6	5.4	2.7	—	—	—	2.7
±S.D.	0.47	0.49	1.47	4.99	4.93	—	—	—	4.93
n	8	3	3	3	8	—	—	—	8

(Source Water)

Sample	CF	THM* BDC	DBC	BF	Total THM	MCF	VHHs** TCE	PCE	Total VHHs
15	0.7	0.1	Tr	—	0.8	—	—	—	0.8

CF : Chloroform BDC : Bromodichloromethane DBC : Dibromochloromethane BF : Bromoform

MCF : 1,1,1-Trichloroethane TCE : Trichloroethylene PCE : Tetrachloroethylene

* : Trihalomethane ** : Volatile halogenated Hydrocarbons

Tr : CF≤0.2ppb, BDC≤0.05ppb, DBC≤0.08ppb, BF≤0.4ppb — : Below limited of detection

Table 7 Microorganism in Bottled Drinking Deep Sea Water

Sample	Nutrient Agar	Standard Nutrient Agar	TCBS Agar	GAM Agar
1	—	—	—	—
2	—	—	—	—
3	+	—	—	—
4	+	+	—	—
5	—	—	—	—
6	—	—	—	—
7	+	—	—	—
8	—	—	—	—
9	—	—	—	—
10	—	—	—	—
11	—	—	—	—
12	+	—	—	—
13	—	—	—	—
14	+	—	—	—

(Source Water)

Sample	Nutrient Agar	Standard Nutrient Agar	TCBS Agar	GAM Agar
15	+	—	—	—

Table 8 Total Viable Count of Bottled Drinking Deep Sea Water

Sample	Count (CFU*/100ml)
1	—
2	—
3	8
4	13
5	—
6	—
7	9
8	—
9	—
10	—
11	—
12	8
13	—
14	1
(Source Water)	
Sample	Count (CFU*/100ml)
15	2.98×10^2

*: Colony Forming Unit

Na では平均値100%, 最小値16%, 最大値353%で分析平均値と表示値はほぼ一致していたが、バラツキが見られた。Mg は平均値113%, 最小値8%, 最大値238%で分析平均値とほぼ一致していたが、バラツキがみられた。K は平均値95%, 最小値20%, 最大値140%で分析平均値とほぼ一致していたが、バラツキが見られた。Ca は平均値60%, 最小値12%, 最大値96%で分析平均値と表示値に大きな差が見られた。

以上表示については、分析値との間にバラツキがみられ、表示値の再検討が必要であると考えられた。

(3) 容器入り飲用海洋深層水と市販の容器入り飲用水との比較

飲用海洋深層水の分析結果と著者らが報告した国産 MW 類259銘柄の分析結果^{7,8)}をそれぞれの平均値で比較検討した。

Na は MW 類の約3倍高く、海水を原料としている特徴と考えられる。Mg は MW 類の約20倍、K は約8倍、Zn は約50倍高く、また Se は MW 類の1/40と低かった。これらは飲用海洋深層水の大きな特徴であると考えられる。

Ca, Fe はいずれも MW と大差は見られず、P と Al は MW 類の約1/3、B と Mn は MW と大差はなく、Mo は MW 類の約1/9であった。Cr は MW 類の約9倍であった。

遊離炭酸は MW 類と差がないが、総アルカリ度は MW 類の1/5であり、飲用海洋深層水の特徴と考えられる。硬度は MW 類の約5倍であった。pH は MW 類よりやや低い値を示した。

以上、海洋深層水を原料とする容器入り飲料水は Na,

Mg, K, Cr, Zn, Cl イオン, F イオンの含有量が地下水を原料とする MW 類より多いことが判明した。しかし、Se や Mo が少なかったが、その理由については不明である。

美味しい水研究会⁹⁾の美味しい水の水質要件は「蒸発残留物30~200mg/l, 硬度10~100mg/l, 遊離炭酸3~30mg/l, 過マンガン酸カリウム3mg/l以下」とされているが、今回の飲用海洋深層水の水質要件に適合するものは見られなかった。

橋本ら⁶⁾の方法により飲用海洋深層水を、ミネラルの分析結果から K-Index と O-Index を求めた。美味しい水の場合は $K < 5.2$, $O \geq 2$, 美味しく健康な水の場合は $K \geq 5.2$, $O \geq 2$, 健康な水の場合は $K \geq 5.2$, $O < 2$, いずれにも属さない水の場合は $K < 5.2$, $O < 2$ とする方法に従い水の美味しさの分類を行った。

14例中美味しい水に適合したものが No. 9 の1例, 美味しく健康な水に適合したものは No. 2 の1例で美味しい水に属するものは2例の14%のみで、いずれにも属さない水が14例中86%であった。これに対し MW 類は種類によって異なるが68~76%が美味しい水になる^{7,8)}。

(4) 容器入り飲用海洋深層水の衛生状態

F イオンは MW 類の約15倍, Cl イオンは約30倍と高く、これらは飲用海洋深層水の特徴を示すと考えられる。

NO_3 イオンは飲用海洋深層水が MW 類の1/2, SO_4 は, MW 類と大差はなかった。

低沸点有機ハロゲン化合物において、検出された試料中の平均値と MW 類の平均値¹⁰⁾と比較すると, THM の中で CF は1/7, BDC は1/5, DBC は1/20, BF は約1/6といずれも低い値であった。

水道水質基準における NO_2 及び NO_3 , 低沸点有機ハロゲン化合物である THM, CF, BDC, DBC, BF, TCE, PCE は、飲用海洋深層水では基準値を越えるものではなく、また MW 類と比較しても含有量は少なかった。しかし、低沸点有機ハロゲン化合物は本来自然界に見られないことから考えると、これらの物質による環境汚染が進行している可能性が示唆される。

細菌数は一般細菌100個/ml以下とされているが、飲用海洋深層水では14例中5例で1~13/100ml, 海洋深層水では $2.98 \times 10^2/100\text{ml}$ が検出されたが規制値を越えるものはなかった。

水質管理設定目標では過マンガン酸カリウム消費量は3ppm以下とされているが、飲用海洋深層水には3ppmを越えるものが14例中1例存在していた。

6. 要 約

容器入り飲用海洋深層水14種類と原水1種類の計15種類の一般性状と食品衛生的性状を検討した。飲用海洋深層水については製造方法とその表示調査を行った。

- (1) 製造方法はほとんど逆浸透圧法であった。
- (2) 飲用海洋深層水の一般性状は全蒸発残留物663±

592.2ppm, 遊離炭酸 3.7 ± 1.89 ppm, 総アルカリ度 8.9 ± 9.28 ppm, 硬度 344 ± 360.3 ppm, pH 6.81 ± 0.483 , 過マンガン酸カリウム消費量 1.1 ± 0.84 ppmであった。

(3) 飲用海洋深層水のミネラル成分はNa 43.7 ± 29.21 ppm, Mg 83.3 ± 87.42 ppm, K 10.5 ± 17.00 ppm, Ca 14.7 ± 17.88 ppm, B 13.7 ± 13.92 ppm, Li 6.1 ± 7.77 ppb, Al 1.3 ± 1.30 ppb, Si 1.67 ± 2.666 ppm, P 41.7 ± 30.57 ppb, V 12.5 ± 7.36 ppb, Cr 0.3 ± 0.21 ppb, Mn 1.0 ± 2.12 ppb, Fe 12.9 ± 3.64 ppb, Ni 0.4 ± 0.35 ppb, Cu 0.95 ± 0.76 ppb, Zn $1,502.6 \pm 4,311.94$ ppb, Ge 1.2 ± 0.72 ppb, Se 2.7 ± 3.81 , Rb 3.6 ± 4.82 ppb, Mo 0.7 ± 0.71 ppbであった。

(4) 無機陰イオンについては飲用海洋深層水ではF 5.4 ± 8.56 ppm, Cl 252.2 ± 207.55 ppm, Br 3.7 ± 1.19 ppm, NO₃ 3.8 ± 6.28 ppm, SO₄ 94.3 ± 116.39 ppm, SiO₂ 12.9 ± 16.39 ppmであり, 原水ではCl $8,396.7$ ppm, NO₂ 14.2 ppm, SO₄ $2,277.7$ ppm, SiO₂ 6.4 ppmであった。

(5) 飲用海洋深層水のおいしい水の指標はK-Index -23.3 ± 27.33 , O-Index 1.1 ± 1.55 であった。おいしい水に分類される割合はMW類には68~76%であるのに対し, 飲用海洋深層水では14%だった。

(6) 低沸点有機ハロゲン化合物は飲用海洋深層水では総THM 2.7 ± 4.93 ppbであり, その内CF 0.7 ± 0.47 ppb, BDC 0.6 ± 0.49 ppb, DBC 1.6 ± 1.47 ppb, BF 5.4 ± 4.99 ppbであった。原水は総THM 0.8 ppbであり, その内CFは 0.7 ppbであった。飲用海洋深層水, 原水いずれもMCF, TCE, PCEは検出限界以下であった。

(7) 微生物検査については普通寒天培地では5試料の飲用海洋深層水と1試料の原水に菌が検出された。TCBS培地, GAM寒天培地で検出される菌はなかった。

容器入り飲用海洋深層水は容器入り飲用水(ナチュラルミネラルウォーター)に比べ, Na, Mg, K, Cr, Zn, ClイオンおよびFイオンが多く含まれていた。

終わりに微生物検査をおこなうにあたり, ご指導いただきました聖徳大学植木幸英教授, 実験にご協力いただいた望月雅栄さんに感謝申し上げます。

文 献

- 1) 東京理科大学特別教室: 水の惑星に住む一人と水との関わり (2001)
- 2) ニュートン編集部: ニュートン 12月号, 98~105 (2001)
- 3) ニュートン編集部: ニュートン 8月号, 94~101 (2002)
- 4) 日本ミネラルウォーター協会: 2003年(1~12月) ミネラルウォーター数量調査資料 (2004)
- 5) 日本分析化学会北海道支部編: 水の分析 第3版 化学同人, 179~245 (2002)
- 6) Susumu Hashimoto, Masanori Fujita, Kenji Furukawa: *J. of Ferment. Technology*, **65**, 185 (1987)
- 7) Tatsuyuki Sugahara: 女子栄養大学紀要(英文) **30**, 15 (1999)
- 8) 菅原龍幸, 崔 榮美, 佐々木弘子: 日本食生活学会誌, **11** (1), 34 (2000)
- 9) おいしい水研究会: 水道協会誌, **54**, 76 (1985)
- 10) 菅原龍幸, 川井英雄: 空気調和・衛生工学, **70** (1), 37 (1996)