

# 共水性ガスとその鉱床 (その2)

福田 理 (燃料部)

## 1.3.2. 他源的な共水性ガス

わが国の代表的な他源的共水性ガスの組成は 表14および図9に示すとおりである。 地中のガスは下方から上方へ向って移動しやすいから 優秀なガスマ層に富む下位層群の上に重なる一連の地層群の 孔隙率に富みかつ浸透性の高い基底粗粒層に 他源的共水性ガスが賦存している例が多いのは けだし当然のことであろう。 上述の表および図のガスも その例にもれない。 すなわち 宮崎ガス田 日南ガス田 および沖縄島南部ガス田の表14および図9に示されたガスは それぞれ最後期中新世～初期更新世の宮崎層群の基底粗粒層である双石部層 同じく田野部層 および後期中新世～初期更新世の島尻層群の基底粗粒層であるT<sub>13</sub>部層から産出したものである。 しかも、基盤をなしているのは すべて広義の四万十層群である。 同じ宮崎層群の基底粗粒層でありながら 呼び名が地域によってちがっているのは 層相が異なるからであるが 両部層のちがいはそれほど顕著ではない。

宮崎ガス田の例では 宮崎温泉病院の坑井の方が宮崎

温泉ヘルスセンターの坑井 (旧住友2号井) よりも下り傾斜側にあり 前者のガス付随水の塩素度がおよそ 6,454

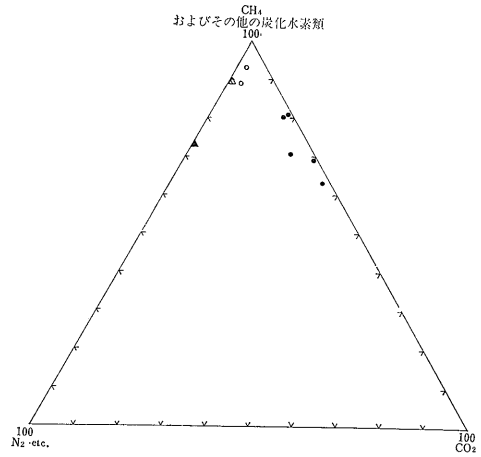


図9 他源的共水性ガスの組成  
○宮崎ガス田 △沖縄島2号試験井  
●日南ガス田 ▲蟹江温泉R1号井

表14 他源的共水性ガスの組成 (宮崎ガス田 日南ガス田 沖縄島南部ガス田 および濃尾平野)

成分	宮崎温泉ヘルスセンター	宮崎温泉病院	日南1号井	日南2号井	日南4号井	1) 日南6号井	2) 日南6号井	北郷町R1号井	沖縄島2号試験井	蟹江温泉R1号井
He	0.016	0.017	0.00 n	0.005	0.004	0.005	0.005	0.004	0.028	0.013
H <sub>2</sub>	tr.	tr.	0.000	tr.	tr.	tr.	tr.	0.014	0.019	0.080
O <sub>2</sub>	1.35	0.24	0.20	0.10	0.20	0.98	0.22	0.19	0.48	0.18
N <sub>2</sub>	7.90	4.04	0.65	0.61	0.65	5.09	2.4	1.21	9.72	25.44
CO <sub>2</sub>	1.13	2.10	29.85	18.06	29.86	23.29	17.21	35.18	0.24	0.52
Ar	0.34	0.23	—	—	—	—	—	—	—	—
CH <sub>4</sub>	89.30	93.34	69.26	81.18	69.28	70.57	80.21	63.14	89.52	73.24
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.009	0.0025	0.012	0.002	0.012	0.061	0.006	0.22	—	—
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.001	0.00 n	0.00 n	0.00 n	0.00 n	0.00 n	—	—	—	—
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H <sub>2</sub> S	—	—	—	—	—	—	—	22.9ppm	—	—

1) 1976 (昭和51) 年当時 坑井の外側から出ていたもの

2) 完工直後の1960 (昭和35) 年当時 坑井から付随水とともに出ていたもの (分析 永田松三; ただし蟹江温泉のガスのみ 地質調査所地球化学課分析)

mg/kgであり 後者のそれがおよそ3,876 mg/lであるにも拘らず 産出ガス水比はそれぞれおよそ 1.38 および 1.49であって 前者が飽和 (計算) ガス水比を大きく下まわっているのに対して 後者はそれとほとんど変わらない。このちがいは 前者の基盤がガス母層とは考えられない砂岩であるのに対して 後者のそれがすぐれたガス母層である暗灰色のシルト岩 頁岩 ないし粘板岩からなっていることによるものであり これ等の共水性ガスが他源的なものであることをよく示している。

日南ガス田の例では 北郷町R1号井と同R2号井 (旧日南6号井) との関係がおもしろい。すなわち 前者の方が後者よりも下り傾斜側にあり 前者のガス付随水の塩素度がおよそ 4,354 mg/kg であり 後者のそれがおよそ 2,474 mg/l であるにも拘らず  $\text{CH}_4$  の濃度が前者では 69.14 vol.% であるのに対して 後者のそれは 80.21 vol.% であり また  $\text{CO}_2$  の濃度は前者で 35.18 vol.% であり 後者で 17.21 vol.% である。両者の水平距離が 134m しかないのに このようにガス質に大きな差があり しかもそれが  $\text{CO}_2$  の濃度につよく支配されているのは 両坑井の共水性ガスが 他源的なものであり  $\text{CH}_4$  を主成分とするガスと  $\text{CO}_2$  を主成分とするガスとが 供給源を異にしており 後者が火山性のものであることによって よく理解できる (福田・永田 1978)。これは日南ガス田におけるその他の坑井の共水性ガスを入れて考えても 同じことである。

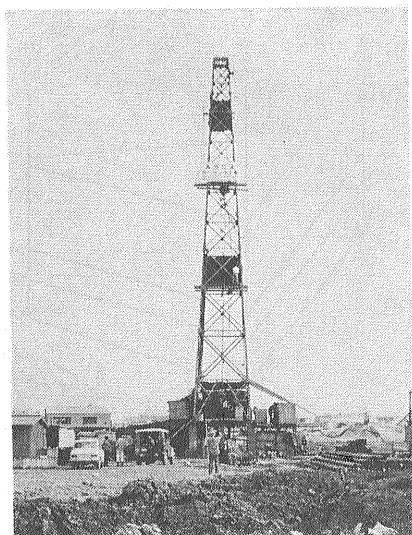
沖縄県 2号試験井の共水性ガスは宮崎温泉ヘルスセン

ターのものと同によく似ており また宮崎温泉病院のものともよく似ている。すなわち 3者のガスは 89.30 ~ 93.34 vol.% の  $\text{CH}_4$  を主成分とし 副成分は 4.04 ~ 9.74 vol.% の  $\text{N}_2$  および 0.24 ~ 2.10 vol.% の  $\text{CO}_2$  である。このほか これらのガスの基盤岩類起源であることを示す He が 0.016 ~ 0.028 vol.% も含まれており また  $\text{He}/\text{N}_2$  は 0.0023 ~ 0.00421 である。ちなみに 沖縄県 2号試験井の基盤をなしているのは 黒色の石灰質千枚岩である。

以上は一連の海成層の基底粗粒層から産出する他源的共水性ガスの例のであるが 表14および図10の名古屋市西方の蟹江町で 1964 (昭和39) 年に掘削された尾張温泉の蟹江R1号井から自噴するガスは 一連の陸水成層の基底粗粒層から産出する他源的共水性ガスの1例である。長島温泉で有名な木曾3川下流域を含む濃尾平野の地下には 厚い上部鮮新統~中部更新統が伏在しており その岩相の垂直方向の変化は三重県北部の奄芸層群のそれとよく似ていて 本層群を細分した累層名をそのまま濃尾平野の地下の相当層群にも適用できる。それによれば 蟹江R1号井の掘削深度は 1,097m で 341m 以上が沖積層と上部更新統 372m 以上が暮明層 749m 以上が市之原層 893m 以上が古野層 そして 1,053m 以上が美麓層であり 孔明管は深度 1,005 ~ 1,097m (掘止め) の間に埋設されている (平野地質グループ濃尾平野班1966; 図10)。本坑井から産出するガスの特徴は  $\text{CH}_4$  を主成分とするが 副成分として 25.44 vol.% の  $\text{N}_2$  を含み かつ 0.013 vol.% の He を含んでいて  $\text{He}/\text{N}_2$  が



⑧ 沖縄県 1号試験井の坑口装置  
435m の浅井戸であるが 得られた資料は大きい



⑨ 沖縄県 2号試験井の櫓  
琉球政府時代ということもあり どうしてこのような櫓で掘さくせざるを得なくなったのかわからない

0.0051であることである。これはまさに先新第三紀の堆積岩または低級の堆積岩源変成岩類起源のガスの特徴である。ちなみに本坑井の孔明管は美麓層の下半部および基盤岩類にまたがって埋設されており美麓層の部分の有効層厚は56mである。また本坑井は5'仕上げで初日産は自噴でガス12.3 m<sup>3</sup>/day および付随水246 kl/day (水温 51°C) でありガス水比は0.05で飽和ガス水比を大きく下まわる。

以上に述べた他源的な共水性ガスのうち北郷町R1号井をはじめとする日南ガス田の共水性ガスに17.21~35.18 vol. %含まれているCO<sub>2</sub>は火成作用の産物と考えられる(福田・永田 1978)。そのもっとも大きな根拠は日南ガス田の地温勾配がきわめて大きく北郷町R1号井については4.67°C/100mもあることである。このような日南ガス田のガスに含まれるCO<sub>2</sub>の大部分が火成作用の産物であり供給源が別にあるとして表14を見直すと本表に含まれている共水性ガスの組成が先に述べた早川産ガス地の瀬戸川層群産の共水性ガスのそれによく似ていることが知られる。すなわち両者とも副成分としてかなりの量のN<sub>2</sub>を含みまたHeを上部新生界起原のガスよりもけたちがいによく含んでいる。

これまで断りなしに他源的共水性ガスが100%他源的なものであるかのように述べてきたが少しでも有機物があればCH<sub>4</sub>発生の可能性があるので100%他源的な共水性ガスというものはおそらく実在しないであろう。しかし以上に挙げた共水性ガスの諸例はいず

れも有機物に乏しいと思われる基底粗粒層から産出するものでありかつ蟹江R1号井のものを除くと基盤をなしているのは優秀なガス母層である泥質岩に富む四万十層群であるから他源的な要素の占める割合がきわめて大きいものであることは間違いないであろう。一方蟹江R1号井のガスは内帯の二畳系の根尾相(藤本治義ほか 1962)に由来するものと推定されるが本相は火山活動の影響の少ない地向斜中のフレッシュとされておりチャート粘板岩および砂岩からなっていてガス母層としては四万十層群よりはるかに劣っている。産出ガス水比が0.05%しかなく飽和ガス水比を大きく下まわっているのはこのためであろうがガスの主体をなしているのはやはり他源的なものである。

### 1.4 付随水

共水性ガスのガス付随水は海成層のものと陸水成層のものに2大別しそれぞれ同源的なものと基盤の影響が認められるものとに分けて考えるのが便利である。

#### 1.4.1 海成層のガス付随水

##### 1) 海水

海成層のガス付随水はいわゆる化石海水であるかあるいは化石海水と天水の間の拡散による溶存物質の移動の結果できる濃度・成分のまちまちな塩水であることが多いのでそれ等について考えるにはまず海水の化学組成について知っておく必要がある。表15は塩分35%の海水の化学組成で周期率表にある92の元素のうち43番のTc 45番のRh 46番のPd 49番のIn 52番の

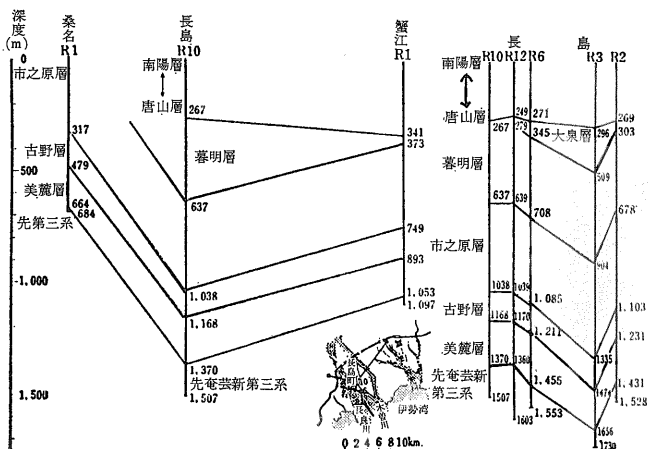


図10 濃尾平野西南部における主要坑井の坑井地質の対比 (平野地質グループ 濃尾平野班 1966)



⑪ 自噴を開始した沖繩県2号試験井

表 15

海水の化学組成(塩分35%)

元 素 名	元素記号	原子番号	原子 量 <sup>1)</sup>	存 在 量 <sup>2)</sup> (g/kg)	存 在 する 主な 化学種 <sup>4)</sup>	平均 滞留 時間 (年)
水素	H	1	1.008	107.2	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O : 4.2×10 <sup>4</sup>
ヘリウム	He	2	4.00260	7.2×10 <sup>-9</sup>	He (気)	
リチウム	Li	3	6.941	1.7×10 <sup>-4</sup>	Li <sup>+</sup>	2.5×10 <sup>6</sup>
ベリリウム	Be	4	9.01218	6 × 10 <sup>-10</sup>		
ホウ素	B	5	10.81	0.00445		1.9×10 <sup>6</sup>
炭素	C	6	12.011	0.028	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , 有機物	
窒素	N	7	14.0067	6.7×10 <sup>-4</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , 有機物	
酸素	O	8	15.9994	859.4	H <sub>2</sub> O, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
フッ素	F	9	18.9984	0.0013	F <sup>-</sup> , MgF <sup>+</sup>	5.4×10 <sup>5</sup>
ネオン	Ne	10	20.179	1.2×10 <sup>-7</sup>	Ne (気)	
ナトリウム	Na	11	22.9898	10.77	Na <sup>+</sup>	2.4×10 <sup>6</sup>
マグネシウム	Mg	12	24.305	1.29	Mg <sup>2+</sup> , MgSO <sub>4</sub> <sup>0</sup>	1.5×10 <sup>7</sup>
アルミニウム	Al	13	26.9815	1 × 10 <sup>-6</sup>	ヒドロキソ錯体	2.0×10 <sup>6</sup>
ケイ素	Si	14	28.086	0.0029	Si(OH) <sub>4</sub> , Si(OH) <sub>3</sub> O <sup>-</sup>	9.0×10 <sup>6</sup>
リン	P	15	30.9738	8.8×10 <sup>-3</sup>	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	
イオウ	S	16	32.06	0.904	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , MgSO <sub>4</sub> <sup>0</sup> , NaSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1.1×10 <sup>7</sup>
塩素	Cl	17	35.453	19.35	Cl <sup>-</sup>	∞ (定数)
アルゴン	Ar	18	39.948	6.4×10 <sup>-4</sup>	Ar (気)	
カリウム	K	19	39.102	0.391	K <sup>+</sup>	7.8×10 <sup>6</sup>
カルシウム	Ca	20	40.08	0.412	Ca <sup>2+</sup> , CaSO <sub>4</sub> <sup>0</sup>	1.2×10 <sup>6</sup>
スカンジウム	Sc	21	44.9559	<4×10 <sup>-9</sup>	ヒドロキソ錯体	4.2×10 <sup>4</sup>
チタン	Ti	22	47.88	1 × 10 <sup>-6</sup>	VO(OH) <sub>3</sub> <sup>+</sup>	8.4×10 <sup>4</sup>
バナジウム	V	23	50.9415	1.9×10 <sup>-6</sup>	ヒドロキソ錯体	CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
クロム	Cr	24	51.9961	2 × 10 <sup>-7</sup>	ヒドロキソ錯体	2.4×10 <sup>3</sup>
マンガン	Mn	25	54.9380	4 × 10 <sup>-7</sup>	ヒドロキソ錯体	
鉄	Fe	26	55.845	3.4×10 <sup>-6</sup>	ヒドロキソ錯体	2.1×10 <sup>2</sup>
コバルト	Co	27	58.9332	3.9×10 <sup>-7</sup>	Cot <sup>2+</sup> , CoSO <sub>4</sub> <sup>0</sup>	8.4×10 <sup>4</sup>
ニッケル	Ni	28	58.71	6.6×10 <sup>-6</sup>	Ni <sup>2+</sup> , NiSO <sub>4</sub> <sup>0</sup>	1.0×10 <sup>5</sup>
銅	Cu	29	63.546	9 × 10 <sup>-7</sup>	Cu <sup>2+</sup> , CuOH <sup>+</sup>	5.4×10 <sup>4</sup>
亜鉛	Zn	30	65.38	5 × 10 <sup>-6</sup>	Zn <sup>2+</sup>	1.1×10 <sup>4</sup>
ガリウム	Ga	31	69.72	3 × 10 <sup>-6</sup>	ヒドロキソ錯体	1.4×10 <sup>4</sup>
ゲルマニウム	Ge	32	72.59	6 × 10 <sup>-6</sup>	Ge(OH) <sub>4</sub>	
ヒ素	As	33	74.9216	2.6×10 <sup>-8</sup>	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , H <sub>2</sub> AsO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	2.7×10 <sup>5</sup>
セレン	Se	34	78.96	9 × 10 <sup>-6</sup>	SeO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.9×10 <sup>4</sup>
臭素	Br	35	79.904	0.0673	Br <sup>-</sup>	
クリプトン	Kr	36	83.80	2.1×10 <sup>-7</sup>	Kr (気)	
ルビジウム	Rb	37	85.4678	1.2×10 <sup>-4</sup>	Rb <sup>+</sup>	5.3×10 <sup>6</sup>
ストロンチウム	Sr	38	87.62	0.0081	Sr <sup>2+</sup> , SrSO <sub>4</sub> <sup>0</sup>	7.2×10 <sup>6</sup>
イットリウム	Y	39	88.9059	1.3×10 <sup>-6</sup>	ヒドロキソ錯体	7.8×10 <sup>5</sup>
ジルコニウム	Zr	40	91.224	2.6×10 <sup>-6</sup>	ヒドロキソ錯体	
ニオブ	Nb	41	92.9064	1.5×10 <sup>-6</sup>	MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	4.2×10 <sup>5</sup>
モリブデン	Mo	42	95.94	1 × 10 <sup>-5</sup>		
テクネチウム	Tc	43	98.9062			
ルテチウム	Ru	44	101.07	7 × 10 <sup>-10</sup>		
ロジウム	Rh	45	102.9055			
パラジウム	Pd	46	106.4			
銀	Ag	47	107.868	2.8×10 <sup>-7</sup>	AgCl <sub>2</sub> <sup>-</sup> , AgCl <sub>2</sub> <sup>2-</sup>	3.9×10 <sup>4</sup>
カドミウム	Cd	48	112.40	1.1×10 <sup>-7</sup>	CdCl <sub>2</sub>	
インジウム	In	49	114.82			
スズ	Sn	50	118.69	8.1×10 <sup>-11</sup>	ヒドロキソ錯体	
アンチモン	Sb	51	121.75	3.3×10 <sup>-7</sup>	Sb(OH) <sub>6</sub> <sup>-</sup>	1.4×10 <sup>4</sup>
テルル	Te	52	127.6			
ヨウ素	I	53	126.9045	6.4×10 <sup>-5</sup>	IO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , I <sup>-</sup>	3.6×10 <sup>5</sup>
セシウム	Xe	54	131.30	4.7×10 <sup>-9</sup>	Xe (気)	
バリウム	Ba	56	137.33	3 × 10 <sup>-7</sup>	Cs <sup>+</sup>	6.3×10 <sup>5</sup>
ランタン	La	57	138.9055	2.1×10 <sup>-5</sup>	Ba <sup>2+</sup> , BaSO <sub>4</sub> <sup>0</sup>	8.4×10 <sup>4</sup>
セリウム	Ce	58	140.12	3.4×10 <sup>-9</sup>	La <sup>3+</sup> とヒドロキソ錯体	7.1×10 <sup>5</sup>
プラセオジウム	Pr	59	140.9077	1.2×10 <sup>-9</sup>		8.4×10 <sup>5</sup>
ネオジウム	Nd	60	144.24	6.4×10 <sup>-10</sup>	Ce <sup>3+</sup> ?	9.0×10 <sup>5</sup>
プロメチウム	Pm	61		2.8×10 <sup>-9</sup>		5.9×10 <sup>5</sup>
ウラン	Sm	62	150.4	4.5×10 <sup>-10</sup>		6.3×10 <sup>5</sup>
ユーロピウム	Eu	63	151.96	1.3×10 <sup>-10</sup>		7.8×10 <sup>5</sup>
ガドリニウム	Gd	64	157.25	7.0×10 <sup>-10</sup>		7.3×10 <sup>5</sup>
テルビウム	Tb	65	158.9254	1.4×10 <sup>-10</sup>		7.3×10 <sup>5</sup>
ジスプロシウム	Dy	66	162.5	9.1×10 <sup>-10</sup>		7.6×10 <sup>5</sup>
ホルミウム	Ho	67	164.9303	2.2×10 <sup>-10</sup>		9.2×10 <sup>5</sup>
エルビウム	Er	68	167.26	8.7×10 <sup>-10</sup>		7.3×10 <sup>5</sup>
ツリウム	Tm	69	168.9342	1.7×10 <sup>-10</sup>		7.9×10 <sup>5</sup>
イットルビウム	Yb	70	173.04	8.2×10 <sup>-10</sup>		6.9×10 <sup>5</sup>
ルテチウム	Lu	71	174.97	1.5×10 <sup>-10</sup>		7.9×10 <sup>5</sup>
ハフニウム	Hf	72	178.49	<3 × 10 <sup>-9</sup>		
タンタル	Ta	73	180.947	<2.5×10 <sup>-9</sup>		
タンジステン	W	74	183.84	<1 × 10 <sup>-9</sup>	WO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.4×10 <sup>5</sup>
レニウム	Re	75	186.2	8.4×10 <sup>-9</sup>		
オスマニウム	Os	76	190.2			
イリジウム	Ir	77	192.22			
白金	Pt	78	195.08			
金	Au	79	196.9665	1.1×10 <sup>-6</sup>	AuCl <sub>2</sub> <sup>-</sup>	2.3×10 <sup>5</sup>
水銀	Hg	80	200.59	1.5×10 <sup>-7</sup>	HgCl <sub>2</sub> <sup>2-</sup>	9.0×10 <sup>4</sup>
タリウム	Tl	81	204.38		Tl <sup>+</sup>	
鉛	Pb	82	207.2	3 × 10 <sup>-6</sup>	Pb <sup>2+</sup> , PbOH <sup>+</sup> , PbCl <sup>+</sup>	4.2×10 <sup>5</sup>
ビスマス	Bi	83	208.9806	2 × 10 <sup>-6</sup>		
ポロニウム	Po	84				
アスタチン	At	85				
ラドン	Rn	86			Rn (気)	
フランシウム	Fr	87				
ラジウム	Ra	88	226.0254	1 × 10 <sup>-13</sup>	Ra <sup>2+</sup> , RaSO <sub>4</sub> <sup>0</sup>	5 × 10 <sup>4</sup>
アクチニウム	Ac	89				
トリウム	Th	90	232.0381	4 × 10 <sup>-10</sup>	ヒドロキソ錯体	1.7×10 <sup>6</sup>
プロトアクチニウム	Pa	91	231.0359	2 × 10 <sup>-14</sup>		
ウラン	U	92	238.029	3.3×10 <sup>-4</sup>	UO <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup> , UO <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> <sup>2-</sup>	3.2×10 <sup>6</sup>

注 1) 原子量は国際純正および応用化学連合(IUPAC)原子量委員会資料(1969)にもとづく(化学と工業) 23, No.1 付録, No.10 A321, (1970)

2) 各元素の存在量として トレキアンの表にもとづく Turekian K. K., 1969. "Handbook of Geochemistry" p.309-311, edited by K. H. Wedepohl Springer-Verlag, Berlin,

3) 太平洋における最近の測定結果によれば Asは1.3×10<sup>-3</sup> g/kg (金森啓) Snは1.6×10<sup>-4</sup> g/kg (児玉幸雄 坪田陽行)である

4) 存在する主な化学種は これまでに実測されたもの以外は安定定数の報告値を用いて算出した

(堀部純男ほか10名1970)

表 16 海水の主要溶存成分の組成 (塩分35‰)

	濃度 (g/kg)	濃度 (meq/kg)
Cl	19.353	545.9
Na	10.76	468.3
SO <sub>4</sub>	2.712	28.23
Mg	1.294	53.22
Ca	0.413	10.12
K	0.387	9.90
HCO <sub>3</sub>	0.142	2.33
Br	0.067	0.84
Sr	0.008	0.09
B	0.004	0.44
F	0.001	0.05

(CULKIN 1965)

Te 61番の Pm 76番の Os 77番の Ir 78番の Pt 81番の Tl 84番の Po 85番の At 86番の Rn 87番の Fr および89番の Ac の15の元素を除く77種の元素の存在が知られている。これ等のうち存在量が0.001 g/kgを超えるのは H, B, C, O, Na, Mg, Si, S, Cl, K, Ca, Br, および Sr の僅か13種の元素にすぎない。化石海水中の溶存元素として重要な地位を占めることの多い53番の I にいたっては IO<sub>3</sub><sup>-</sup> および I<sup>-</sup> として 海水中に  $6.4 \times 10^{-5}$  g/kg (0.064ppm) 含まれているだけである。

よく知られているように 海水は複雑な組成をもつ溶液であるが 表16に示してあるような溶解物質の大部分を占める少数の主要成分の組成比は 事実上一定である。したがって 溶液としての海水を考える場合には 一般に塩分35‰の海水が採用されている。しかし 溶液の組成が一定であっても 温度・圧力が変ると平衡がずれることに注意する必要がある。

## 2) 同源的なガス付随水

同源的なガス付随水の化学的性質の年代的变化を知るには 各年代のものの分析値があればよいわけであるがこのように目的に則した系統的な資料はなかなかないのである。以下にまずこのような資料のいくつかを紹介し それ等の上に立って これまでの考え方を検討してみることにし さらに資源的にも重要なヨウ素について 項を改めて論ずることにしよう。

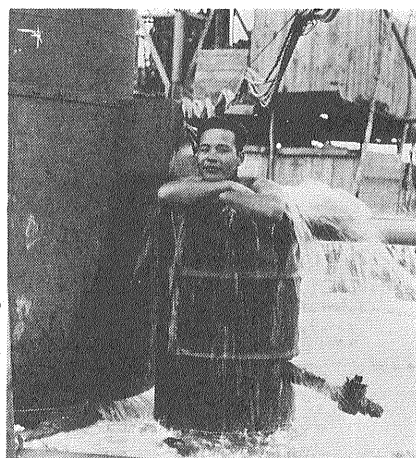
### i) 南関東ガス田地域

千葉県下九十九里ガス田のガス付随水については 磯村泰治(1967)の詳細な研究の結果が公表されている。彼の研究の成果は ガス層の新旧による化学的性質の変化をある程度うかがい得る資料となっている点で貴重である。表17がそれであるが 本表から重要な項目を抜き出し かつ採取層によるグループ別にとりまとめたのが表18である。採取層については 表19に示した上総層群の模式層序を参照されたい。最近の微生物学者および古地磁気層位学者の研究成果から総合的に判断すると 房総半島における鮮新・更新両統の境界は 大原層の上部のなかにある(尾田 1973; 高山 1975; 新妻 1976; 福田 1976)。

九十九里ガス田のガス井は一般に多層仕上げで 孔管理設深度区間が長いので 表17および表18に含まれる諸坑井の採取層の上・下限の層位学的間隔が短いため 両表から読みとれるガス付随水の化学的性質の層位学的変化には 顕著なものは認められないが 層位が下る(年代がさかのぼる)につれて Ca<sup>2+</sup>/Mg<sup>+</sup>が増加していることは 確かなようである。ちなみに 海水の Ca<sup>2+</sup>/Mg<sup>2+</sup>は 0.32 であり また Ca<sup>2+</sup> および Mg<sup>2+</sup> は



⑩ 点火された沖縄県2号試験井(沖縄タイムス(株)提供) 上方の太いパイプおよび屋良元知事の前細いパイプの2個所で点火された



⑪ 沖縄県2号試験井のガス付随水を利用した則常温泉 基盤の影響で Ca<sup>2+</sup>/Mg<sup>2+</sup>が 8.17 にもなっているため 高塩分にも拘らず べとつかない

表 17 九十九里ガス田のガス付随水の水質

Table with columns for well name, depth, date, temperature, pH, HCO3-, FeCO3, CO2, Cl-, I-, Br-, Br-/Cl-, I-/Br-, dBr, dI/d, Ca2+, Ca2+/Cl-, Mg2+, Mg2+/Cl-, NH4+. Rows are categorized by region (茂原, 大郷, 喜郷, 国吉, 大東, 一の宮, 東金, 横芝, 匝瑳, 旭).

注) No. 42: 905号井 340号井 341号井の混合試料 No. 43: 335号井 336号井 337号井 338号井 339号井の混合試料 No. 73: リフト停止(復旧時) No. 74: リフト開始時

(磯村泰治 1967)

表 19 上総層群の地層厚度 (河井・福田 1973)

Table with columns for (地層名), (岩 相), (層厚, m). Lists geological layers like 笠森層, 長南層, 柿ノ木層, etc., with their corresponding lithology and thickness.

それぞれ 0.412 g/kg および 1.29 g/kg であるから Ca2+/Mg2+ の増加は Mg2+ の減少によるところが大きいと考えられる。HCO3- にも層位学的変化を認め難いがその濃度がおよそ 0.14‰ とされている海水に比べると海水並みの Cl- に見合うおよそ 800~1,900 mg/l という HCO3- は 海水のそれのおよそ 5.7~13.6 倍にもなっている。同様な傾向をさらに顕著に示すのは NH4+ であって 海水並みの Cl- に見合うおよそ 250~300 mg/l という NH4+ は 海水のそれのおよそ 125~150 倍もある。また 海水並みの Cl- に見合う I- がおよそ 60~170 mg/l もあって 海水のおよそ 940~2,650 倍にもなっているが I- については項を改めてわくわく論ずることとする。

(注) 六地蔵—長南—大郷 国吉付近 大原—御宿 勝浦 南方などで地表に露出する地層をもとにして作成したもの 笠森層は長南以西では 層位として 万田野層を含む 野々塚層は 勝浦層に含めてとり扱われることも少なくない

表 18 九十九里ガス田のガス付随水中の主要イオン濃度に関する地層別および地域別の平均値 (単位はmg/l)

地名	グループ名	Cl <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	I <sup>-</sup> /Cl <sup>-</sup> × 10 <sup>3</sup>	Br <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup> /Cl <sup>-</sup> × 10 <sup>3</sup>	I <sup>-</sup> /Br <sup>-</sup>	dBr <sup>-</sup>	dI <sup>-</sup> /dBr <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> /Cl <sup>-</sup> × 10 <sup>3</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> /Cl <sup>-</sup> × 10 <sup>3</sup>
茂原地区	M-1	14,640	85.5	5.77	103.2	7.09	0.82	53.1	1.6	147	0.96	378	2.50
	M-2	16,430	96.8	5.82	114.4	6.96	0.85	58.3	1.7	176	1.06	452	2.75
	M-3	17,620	112.0	6.34	129.9	7.35	0.86	69.6	1.6	196	1.10	473	2.69
	M-4	18,360	127.0	6.91	135.9	7.38	0.94	73.0	1.8	187	1.02	487	2.65
大多喜地区	O-1	13,330	103.5	7.75	117.5	8.83	0.88	71.9	1.5	122	0.93	275	2.03
	O-2	16,440	116.2	7.08	135.8	8.27	0.86	79.5	1.5	144	0.87	329	2.01
	O-3	17,330	112.1	6.45	126.2	7.21	0.90	66.9	1.7	190	1.09	317	1.83
	O-4	19,540	119.3	6.11	147.7	7.56	0.81	80.9	1.5	268	1.37	354	1.81
国吉		17,460	134.3	7.69	131.7	7.66	1.02	72.0	1.9	157	0.90	401	2.30
太東		17,460	109.7	6.29	134.0	7.68	0.83	74.2	1.5	153	0.88	425	2.45
一の宮		16,790	104.3	6.21	125.7	7.50	0.83	68.4	1.5	131	0.78	459	2.73
東金		19,180	101.5	5.29	123.3	6.42	0.82	57.7	1.8	175	0.91	564	2.94
横芝		19,410	84.5	4.36	122.7	6.33	0.69	56.5	1.5	219	1.13	534	2.75
匠環		18,370	74.3	4.04	112.1	6.09	0.66	49.2	1.5	143	0.78	681	3.71
旭		17,100	53.3	3.12	80.3	4.69	0.66	21.8	2.4	302	1.77	496	2.90

(注) 杉崎隆一ほか3名 (1963) は次の式で算出される dBr<sup>-</sup> を堆積後に付加された Br<sup>-</sup> と考えている

$$dBr^- = Br^- \text{ 試料} - Br^- \text{ 海水} \times \frac{Cl^- \text{ 試料}}{Cl^- \text{ 海水}}$$

同様に I<sup>-</sup> についても dI<sup>-</sup> が考えられるが 海水中の I<sup>-</sup> はごく微量なので dI<sup>-</sup> = I<sup>-</sup> として差し支えない

(磯村泰治 1967)

ii) 宮崎ガス田佐土原地区

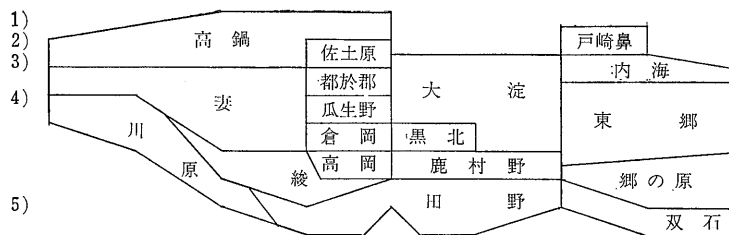
宮崎ガス田佐土原地区のガス付随水の概要は 表20に示されている。採取層については 表21として示した本地区を含む宮崎一日南ガス田の層序表を参照されたい。浮遊性有孔虫化石によれば 本ガス田を構成する宮崎層群は 最上部中新統から下部更新統にまたがり 中新・

鮮新両統の境界は田野部層のなかに また鮮新・更新両統の境界は高鍋部層の最上部のなかにある (名取 1976; 福田 1976)。したがって先に述べた上総層群の採取層より 佐土原地区の採取層の方が下位になる。表20から Ca<sup>2+</sup>/Mg<sup>2+</sup> を求めると 分析値が信頼できるSR-2 SR-2b SR-3 SR-4 SR-5 および SR-5b の各坑井

表 20 宮崎ガス田佐土原地区のガス付随水

坑井	SR-1 (大炊田)	SR-2 (那珂)	SR-2 b (那珂)	SR-3 (前牟田)	SR-4 (福島)	SR-5 (明神山)	SR-5 b (明神山)	SR-6 (天神)
水温	45.0°C	23.8°C	29.0°C	41.5°C	36.0°C	48.0°C	32.7°C	35.0°C
pH	7.3	7.2	7.3	—	—	—	—	—
RpH	—	—	—	7.5	7.6	7.5	7.3	—
Na <sup>+</sup>	11,320 ppm	10,000 ppm	7,300 ppm	12,100 ppm	10,200 ppm	10,050 ppm	11,000 ppm	ppm
K <sup>+</sup>	51.0 "	47.4 "	25.5 "	50.2 "	55.0 "	128 "	71.0 "	— "
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	55.5 "	52.2 "	26.8 "	51.2 "	53.3 "	63.1 "	— "	— "
Mg <sup>2+</sup>	955 "	195 "	140 "	258 "	265 "	357 "	251 "	— "
Ca <sup>2+</sup>	610 "	576 "	262 "	564 "	484 "	498 "	605 "	— "
Fe <sup>2+</sup>	5.2 "	18.5 "	2.1 "	12.5 "	2.4 "	6.1 "	7.9 "	— "
Cl <sup>-</sup>	19,013 "	16,739 "	19,700 "	22,700 "	18,750 "	18,616 "	24,785 "	14,000 "
Br <sup>-</sup>	131.7 "	32.4 "	54.9 "	111.2 "	67.4 "	64.7 "	85.9 "	— "
I <sup>-</sup>	80.2 "	63.0 "	52.6 "	88.4 "	66.0 "	54.5 "	99.5 "	54.0 "
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	196.5 "	184.2 "	242.8 "	202.5 "	255.0 "	424.3 "	199.0 "	315.0 "
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	— "	13.8 "	15.3 "	— "	— "	28.2 "	22.7 "	— "
HBO <sub>2</sub>	120 "	100 "	31.2 "	203 "	121 "	26.3 "	121.5 "	— "

(分析 宮崎県工業試験所)



- 1) *Globorotalia truncatulinoides* 年代基準面
- 2) *Globorotalia tosaensis* 年代基準面
- 3) *Globorotalia unguata* 年代基準面
- 4) *Sphaeroidinella dehisens immatura* 年代基準面
- 5) *Globorotalia tumida tumida* 年代基準面

表 21  
宮崎層群を構成する各部層の層位学的関係と 同層群に見出された浮遊性有孔性有孔虫年代基準面

について それぞれ 2.95 1.87 2.19 1.83 1.49 および2.41であって 平均値は2.20と算出される。これを上総層群のものと比較してみると 平均0.47対平均2.20という大きな差がある。また 海水並みのCl<sup>-</sup>に見合うHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>はおよそ190~430mg/lで とくに大きい433 mg/lを除いて平均値を算出すると およそ210 mg/l

となる。上総層群のもの比べると これはおよそ4分の1ないし9分の1になっている。これは HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>を生化学反応の産物と考えると理解しやすい。I-/Cl<sup>-</sup>×10<sup>3</sup>は2.93~4.03で 九十九里ガス田の旭・匠差・横芝地区のものに匹敵する値を示すが その他の地区の5.29~7.75という値よりはかなり小さい。

表 22 沖縄島南部ガス田のガス付随水 (福田理 1977b)

坑 井	沖縄県1号試験井	沖縄県2号試験井	沖縄県2号試験井	沖縄県2号試験井	沖縄県3号試験井	見志頭R1号井
採取深度区間	405~435m	336~340m	312~364m	831.5~935.8m	473~709m	1,003~1,241m
貯留層	T <sub>5</sub> (最上部)	T <sub>5</sub> (下部)	T <sub>5</sub> (下部)	T <sub>13</sub>	T <sub>3</sub> , T <sub>5</sub>	T <sub>1</sub> , T <sub>3</sub>
採取方法	ベ-ラー	ベ-ラー	ガスリフト	自噴	ガスリフト	自噴
水温	30.0℃		28.5℃	44.0℃	37.1℃	49.0℃
pH	7.8	8.70	7.95	7.5	7.45	7.49
遊離 CO <sub>2</sub>	mg/ℓ	mg/ℓ	mg/ℓ	mg/ℓ	13 mg/ℓ	16 mg/ℓ
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	245 "	128 "	167 "	117 "	146 "	194 "
Cl <sup>-</sup>	8,050 "	10,300 "	11,370 "	11,920 "	15,800 "	20,020 "
B <sup>-</sup>	33.9 "	48.1 "	44.8 "	30.2 "	72 "	93 "
I <sup>-</sup>	40.5 "	45.3 "	51.5 "		82 "	110 "
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2.8 "	30.8 "	1.3 "	0.3 "	"	0.75 "
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	26.1 "	27.6 "	36.3 "	10.4 "	42.8 "	63.1 "
K <sup>+</sup>	25.9 "	19.0 "	18.0 "	70.0 "	29 "	42 "
Na <sup>+</sup>	5,030 "	5,950 "	6,900 "	7,200 "	10,250 "	12,400 "
Ca <sup>2+</sup>	147 "	256 "	284 "	513 "	497 "	577 "
Mg <sup>2+</sup>	59.0 "	95.3 "	119 "	63.5 "	206 "	221 "
全 F <sub>e</sub>				n. d.		1.12 "
HBO <sub>2</sub>						70.2 "
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>						29.6 "
KMnO <sub>4</sub> cons		65.0	59.3			153.4 "
蒸発残渣						35,220 "
I-/Cl <sup>-</sup> ×10 <sup>3</sup>	4.21	4.67	3.94	2.53	4.56	4.65
Ca <sup>2+</sup> /Mg <sup>2+</sup>	2.49	2.69	2.39	8.88	2.41	2.61



表 23

沖縄県 3号試験井の静止時における坑底試料採取器による測定・分析結果

(福田 理 1977b)

採取深度	460m	530m	580m	630m	670m	720m	770m	810m
採取層(*は推定)	T <sub>3</sub> *	T <sub>3</sub> *	T <sub>5</sub> *	T <sub>5</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>7</sub> *	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub> *
ガス量 (cm <sup>3</sup> )	474	689	729	683	754	820	918	928
水量 (ml)	580	600	615	580	605	600	600	615
ガス水比	0.82	1.15	1.18	1.18	1.25	1.37	1.53	1.51
pH	7.21	7.20	7.05	7.22	7.10mg/ℓ	7.11	7.02	7.11
遊離 CO <sub>2</sub>	36 mg/ℓ	140 mg/ℓ	23 mg/ℓ	24 mg/ℓ	24 mg/ℓ	23 mg/ℓ	22 mg/ℓ	24 mg/ℓ
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	129 "	140 "	142 "	146 "	142 "	142 "	144 "	140 "
Cl <sup>-</sup>	16,800 "	18,300 "	18,500 "	18,600 "	18,900 "	19,300 "	19,500 "	19,500 "
Br <sup>-</sup>	90 "	96 "	98 "	97 "	96 "	95 "	94 "	103 "
I <sup>-</sup>	76 "	84 "	85 "	86 "	85 "	90 "	91 "	90 "
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	22.6 "	22.4 "	25.2 "	41.2 "	52.4 "	56.0 "	58.0 "	56.4 "
K <sup>+</sup>	31.5 "	36.8 "	39.8 "	39.3 "	39.8 "	46.0 "	48.0 "	48.0 "
Na <sup>+</sup>	12,750 "	12,250 "	12,600 "	12,000 "	12,500 "	12,200 "	12,250 "	12,250 "
Ca <sup>2+</sup>	541 "	615 "	622 "	630 "	652 "	687 "	693 "	678 "
Mg <sup>2+</sup>	214 "	202 "	251 "	256 "	236 "	240 "	235 "	229 "
I/Cl <sup>-</sup> ×10 <sup>3</sup>	4.52	4.59	4.59	4.62	4.50	4.66	4.67	4.62
Ca <sup>2+</sup> /Mg <sup>2+</sup>	2.53	3.04	2.48	2.46	2.76	2.86	2.95	2.96

iii) 沖縄島南部ガス田

沖縄島南部ガス田のガス付随水の水質の概要は表22に示すとおりである。沖縄県2号試験井のT<sub>13</sub>部層を除くと採取層はいずれも島尻層群の下部を構成する豊見城累層の上半部に挟まれる砂質層で層位は上部中新統である。厚さおよそ950mの豊見城累層は砂質層と泥質層との大きな単位の互層からなり上位よりT<sub>1</sub>部層からT<sub>13</sub>部層にいたる13部層に分けられ奇数番号の部層が砂質層である。こまかくみると基底砂礫層であるT<sub>13</sub>部層を除く奇数番号の6部層は砂がきわめて優勢な砂泥互層である。

まず明らかに母集団を異にするT<sub>13</sub>部層を除く奇数番号の諸部層から産出するガス付随水のCa<sup>2+</sup>/Mg<sup>2+</sup>は2.41~2.69で宮崎ガス田佐土原地区の鮮新統の平均値の2.20という値よりはるかに大きい。次にHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>の値に疑問のある沖縄県1号試験井の分析値を除くと海水並みのCl<sup>-</sup>に対応するHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>はおおよそ180mg/lで佐土原地区の鮮新統に由来するガス付随水のそれよりもわずかに小さくなっている。また海水並みのCl<sup>-</sup>に対応するNH<sub>4</sub>はおおよそ60mg/lで海水のそれよりはるかに大きい。海水におおよそ2.65g/kgも含まれているSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は海底の微生物の生化学的作用によって選

えられ単体硫黄または酸化鉄として沈澱するか硫化水素として海水中に溶解するためその多くの部分が失われ化石海水中に移行しないとされているがこれは表22中のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の小さな値にもよく示されている。

沖縄県3号試験井については坑底試料採取器による測定および採取されたガス付随水の分析が行われていて短い層位学的区間の上下による水質の変化を調べることができる。坑底試料採取器については項を改めてくわしく説明するが要するに坑井内の任意の深度における流体をそのままの状態で採取するのに使われる装置である。

上に述べた測定および分析の結果をまとめて示したのが表23である。それによれば採取深度530mの3.04という例外を除くとCa<sup>2+</sup>/Mg<sup>2+</sup>は採取深度630mと670mの間ではっきり変わっており630m以浅の平均値が2.49であるのに対して670m以深の平均値は2.88である。もちろんこれ等の値は宮崎ガス田佐土原地区の鮮新統の2.20という平均値よりはるかに大きい。そのほかの項目についてはこのような短い層位学的区間の上下の差による変化を認めることは困難であるが佐土原地区の鮮新統のものとのちがいは表22よりも表23によく示されている。すなわち海水並みのCl<sup>-</sup>に対応

する $\text{HCO}_3^-$ はおおよそ140 mg/lという小さい値である。また 海水には2mg/kg程度しか含まれていないとされている $\text{NH}_4^+$ は22.4 mg/lないし58.0 mg/lで 大局的にみると 下位のものほど大きな値となっているが これは一般的傾向の一部を代表しているものではあるまい。また 表22および表23のどちらについても 海水並みの $\text{Cl}^-$ に見合う $\text{I}^-$ はおおよそ90 mg/lで 海水のそれのおおよそ1,400倍も濃集されている。

iv) ま と め

海成層中の油田水の化学的性質については 一般に次のようなことがいわれている(三土 1966)。

- a) 油田水は一般に著量の塩類を溶解している。そのうち 陽イオンとしては  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , および  $\text{Mg}^{2+}$  が主であって とくに  $\text{Na}^+$  が多く また陰イオンとしては  $\text{Cl}^-$  が著しく多く ほかに  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ , および  $\text{SO}_4^{2-}$  等がある。
- b) 一般的にいって  $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$  の量比が海水ではおおよそ1:3であるのに対して 油田水では  $\text{Ca}^{2+}$  の方が多く とくに地質時代の古い油田水でその傾向が強く 7:1 という量比も知られている。
- c) 海水では  $\text{SO}_4^{2-}$  がイオン総量の7.75%もあるのが普通であるが 油田水では一般にきわめて少なく %のオーダーである。

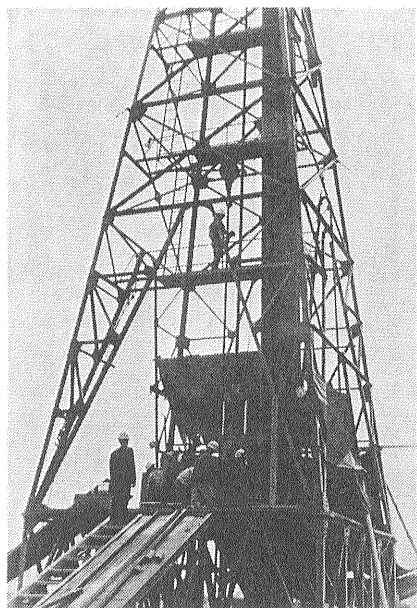
- d) 油田水はしばしば  $\text{I}^-$  や  $\text{Br}^-$  に富み  $\text{I}^-$  はときに数100mg/lに達する。
- e) 油田水はしばしば  $\text{HCO}_3^-$  を著量に またときに  $\text{NH}_4^+$  を大量に含むことでも海水と異なる。

以上のほかに 油田水の特徴として 有機物に関するものがいくつか挙げられているが ここではガス付随水との比較の上で 重要なイオンに関するものだけを引用した。

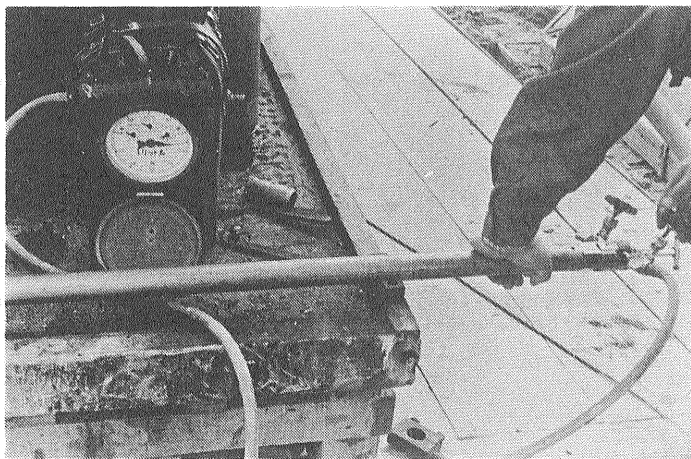
以上のなかで  $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$  に関するものは 上部中新統までのガス付随水にも当てはまるばかりでなく 上部中新統のなかの上部 中部 および下部といったもところまかい単位についてみても適用できそうである。したがって これを利用した年代測定法が考えられるかも知れない。また  $\text{HCO}_3^-$  および  $\text{NH}_4^+$  に関する特徴は 上総層群のなかの中・下部更新統に属する部分にすでに現われている。  $\text{SO}_4^{2-}$  に関する特徴も本来 $\text{HCO}_3^-$  および  $\text{NH}_4^+$  に関するものと同じであろうが 確認できるのは上部中新統の豊見城累層までさかのぼる。  $\text{I}^-$  については後でまとめて述べる。

3) 基盤の影響のみられるガス付随水

宮崎層群および島尻層群の基底粗粒層のガス付随水に関する資料をとりまとめて示したのが表24である。名取(1976)によれば 田野部層や双石部層として知られた宮崎層群の基底粗粒層のなかに Blow, W.H. (1969)の浮遊有孔虫帯のN18とN17との境界があり また T13部層とも呼ばれている島尻層群の基底粗粒層は N16のなかにあることは確実だから 前者が堆積したのはおよ



⑬ 産出試験準備中の沖縄県3号試験井



⑭ 坑底試料採取器で採取された試料のガス量測定 (沖縄県3号試験井)

表24 宮崎層群および島尻層群の基底祖粒層のガス付随水

坑井	宮崎温泉源泉 (旧住友2号井) <sup>1)</sup>	宮崎温泉病院源泉 <sup>2)</sup>	旧貝島炭弧(株) 日南1号井 <sup>3)</sup>	旧貝島炭弧(株) 日南2号井 <sup>3)</sup>	旧貝島炭弧(株) 日南4号井 <sup>3)</sup>	北郷町R2号井 (旧日南6号井) <sup>3)</sup>	北郷町R1号井 <sup>4)</sup>	沖縄県 2号試験井 <sup>5)</sup>
環境	自噴	自噴	自噴	自噴	自噴	自噴	自噴	自噴
産ガス量	1,980 m <sup>3</sup> /day	290 m <sup>3</sup> /day	1,000 m <sup>3</sup> /day	1,000~ 1,300 m <sup>3</sup> /day	1,500 m <sup>3</sup> /day	2,000 m <sup>3</sup> /day	2,245 m <sup>3</sup> /day	900 m <sup>3</sup> /day
水量	1,330 kl/day	210 kl/day	—	—	—	—	1,045 kl/day	603 kl/day
ガス水比	1.49	1.38	—	—	—	—	2.15	1.49
水温	39.0°C	42.7°C	31.0°C	—°C	36.4°C	45.8°C	49.2°C	44.0°C
pH	7.9	7.6	7.1	7.6	7.2	7.2	7.1	7.5
RpH	8.1	—	7.6	7.6	7.6	7.7	—	—
陽イオン								
H <sup>+</sup>	—mg/l	—mg/kg	—mg/l	—mg/l	—mg/l	—mg/l	0.000 mg/kg	—mg/l
K <sup>+</sup>	29.2 "	58.26 "	45.9 "	66.8 "	58.6 "	40.8 "	84.61 "	71.0 "
Na <sup>+</sup>	3,520 "	4,590 "	4,300 "	4,820 "	5,000 "	2,700 "	3,813 "	7,200 "
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	3.56 "	2.955 "	10.00 "	7.00 "	7.66 "	5.40 "	16.75 "	10.4 "
Ca <sup>2+</sup>	20.0 "	74.63 "	96.0 "	85.7 "	89.5 "	54.3 "	84.21 "	519 "
Mg <sup>2+</sup>	13.9 "	33.09 "	37.7 "	33.6 "	34.1 "	10.4 "	23.64 "	63.5 "
Fe <sup>2+</sup>	0.41 <sup>6)</sup> "	6.766 "	0.48 <sup>6)</sup> "	0.94 <sup>6)</sup> "	0.52 <sup>6)</sup> "	0.46 <sup>6)</sup> "	3.188 "	n.d. <sup>6)</sup> "
Zn <sup>2+</sup>	—"	—"	—"	—"	—"	—"	0.041 "	—"
Al <sup>3+</sup>	—"	6-202 "	—"	—"	—"	—"	0.210 "	—"
陰イオン								
OH <sup>-</sup>	—mg/l	0.007 mg/kg	—mg/l	—mg/l	—mg/l	—mg/l	0.002 mg/kg	—mg/l
Cl <sup>-</sup>	3,876 "	6,454 "	4,970 "	4,865 "	5,112 "	2,474 "	4,354 "	11,920 "
Br <sup>-</sup>	20.7 "	14.35 "	14.4 "	31.8 "	22.3 "	12.7 "	11.68 "	—"
I <sup>-</sup>	16.7 "	32.62 "	17.6 "	18.3 "	19.3 "	10.2 "	20.00 "	30.3 "
F <sup>-</sup>	—"	1.445 "	—"	—"	—"	—"	0.841 "	—"
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,299 "	780.4 "	3,390 "	3,392 "	3,385 "	2,248 "	2,876 "	117 "
HSiO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	—"	0.193 "	—"	—"	—"	—"	0.170 "	—"
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	—"	0.014 "	—"	—"	—"	—"	0.029 "	—"
BO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	—"	32.12 "	—"	—"	—"	—"	6.851 "	—"
HS <sup>-</sup>	—"	—"	—"	—"	—"	—"	0.116 "	—"
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.0 "	0.572 "	<2 "	0.0 "	0.0 "	0.0 "	2.207 "	0.3 "
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	—"	—"	—"	—"	—"	—"	0.067 "	—"
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0.0 "	2.10 "	0.0 "	0.0 "	0.0 "	0.0 "	1.062 "	—"
非解離成分								
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	—mg/l	24.84 mg/kg	—mg/l	—mg/l	—mg/l	—mg/l	68.77 mg/kg	—mg/l
HBO <sub>2</sub>	512.6 "	1,373 "	647.0 "	761.0 "	722.6 "	460.6 "	952.4 "	—"
HA <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	—"	0.007 "	—"	—"	—"	—"	0.014 "	—"
CO <sub>2</sub>	19.0 "	46.91 "	97.5 "	32.6 "	68.6 "	41.9 "	352.3 "	—"
H <sub>2</sub> S	—"	—"	—"	—"	—"	—"	0.102 "	—"
KMnO <sub>4</sub> 消費量	45.7 mg/l	—mg/kg	32.0 mg/l	36.2 mg/l	36.2 mg/l	26.7 mg/l	—mg/kg	42.4 mg/l

1) 石和田靖章ほか5名 (1961)

2) 分析 宮崎県衛生研究所

3) 石和田靖章・牧野登喜男 (1961)

4) 福田 理・永田松三 (1978) ただし 分析は宮崎県衛生研究所

5) 福田 理ほか24名 (1969); 福田 理 (1977-b)

6) 全 Fe

そ 500 万年ほど前であり 後者が堆積したのはおよそ 1,000 万年前であると思われる。ちなみに 中新・鮮新両統の境界は N17 と N18 との境界におよそ対応する (両統の境界の方が少し下になる 斎藤常正 1978) とされている。

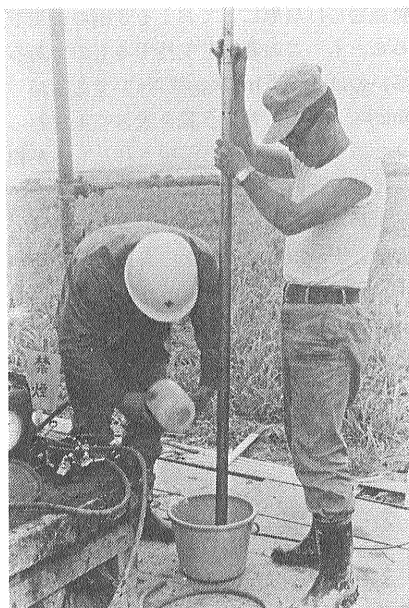
さて 表 24 から  $Ca^{2+}/Mg^{2+}$ ,  $I^{-}/Cl^{-} \times 10^3$ , および  $HCO_3^{-}/Cl^{-}$  を算出して坑井別に示したのが表 25 である。まず  $Ca^{2+}/Mg^{2+}$  であるが 宮崎・日南両ガス田の田野部層および相当層のガス付随水のうち 例外的に小さい値を示す宮崎温泉の源泉 および例外的に大きい値を示す北郷町 R 2 号井 (旧日南 6 号井) を除くと 2.26 ないし 3.56 で 平均値は 2.71 と算出される。これは 島尻層群豊見城累層の T<sub>13</sub> 部層を除いた諸ガス層のガス付随水の  $Ca^{2+}/Mg^{2+}$  の値ときわめて近く この点では基盤の影響は認められない。次に  $I^{-}/Cl^{-} \times 10^3$  であるがこれも 3.54 ないし 5.5 で これまでに述べた九十九里ガス田の旭・匝瑳・横芝 3 地区 宮崎ガス田佐土原地区 および沖縄島南部ガス田の T<sub>13</sub> 部層を除いた諸ガス層のガス付随水のものに近い値である。

しかし  $HCO_3^{-}$  は これまでに述べた諸例とは趣を異にしている。すなわち  $Cl^{-}$  は 2,474 mg/l ないし 6,545 mg/kg で 海水およびこれまでに述べた諸例の値を大きく下まわっているにも拘わらず  $HCO_3^{-}$  は 780.4 mg/kg ないし 3,390 mg/kg で 実数において海水のおよそ 5.5~23.9 倍 また  $Cl^{-}$  との比較において海水

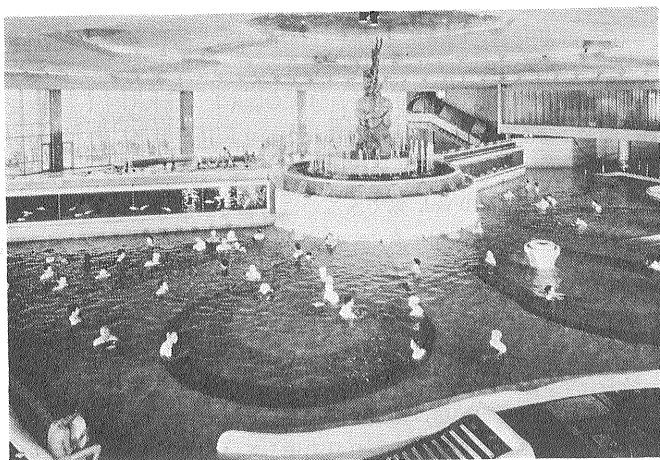
表 25 宮崎層群および島尻層群の基底粗粒層のガス付随水中の  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Cl^{-}$ ,  $I^{-}$  および  $HCO_3^{-}$

坑 井	$Ca^{2+}/Mg^{2+}$	$\frac{I^{-}}{Cl^{-}} \times 10^3$	$\frac{HCO_3^{-}}{Cl^{-}}$
宮崎温泉源泉 (旧信友 2 号井)	1.44	4.31	0.335
宮崎温泉病院源泉	2.26	5.05	0.121
旧貝島炭鉱 (株) 日南 1 号井	2.55	3.54	0.682
旧貝島炭鉱 (株) 日南 2 号井	2.55	3.76	0.697
旧貝島炭鉱 (株) 日南 4 号井	2.62	3.78	0.662
北郷町 R 2 号井 (旧日南 6 号井)	5.22	4.12	0.909
北郷町 R 1 号井	3.56	4.59	0.661
沖縄県 2 号試験井 (T <sub>13</sub> 部層)	8.17	2.53	0.0098

のおよそ 22.8~93.3 倍という大きな値を示す。これに対して 宮崎ガス田佐土原地区のガス付随水は 184.2~424.3 ppm の  $HCO_3^{-}$  を含んでいるに過ぎない。  $Cl^{-}$  との比較においても これは海水のおよそ 1.07~3.05 倍に過ぎない。しかも 3.01 および 3.05 倍という 2 例を除いた 6 例については 1.07~2.21 倍という範囲に収まる。この程度であれば もともとあった  $HCO_3^{-}$  に 生化学反応の産物である  $HCO_3^{-}$  の残存物が加わったものとして説明できるであろうが  $Cl^{-}$  との比較において 海水のおよそ 22.8~93.3 倍という  $HCO_3^{-}$  については 火成作用による  $CO_2$  の供給を考慮することなくして 説明は困難であろう。



⑮ 水量測定 (⑭と同じ)



⑯ ガス付随水 (超深層地下水) の豊富な湯量を誇る直径 50m の大浴槽 (グラスパー長島温泉提供)

表26 長島温泉松蔭R2号井のガス付随水(温泉)

水温	60°C
性状	無色透明 無味 無臭
水素イオン濃度(pH)	8.05
ラドン含有量	0.49 マツヘ
陽イオン	
K <sup>+</sup>	8.003 mg/kg
Na <sup>+</sup>	149.5 "
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.195 "
Ca <sup>2+</sup>	3.635 "
Mg <sup>2+</sup>	0.194 "
Fe <sup>2+</sup>	0.304 "
Al <sup>3+</sup>	0.249 "
Mn <sup>2+</sup>	0.000 "
陰イオン	
Cl <sup>-</sup>	29.57 mg/kg
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2.068 "
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	342.2 "
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	12.788 "
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.677 "
HS <sup>-</sup>	1.091 "
BO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.771 "
HSiO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1.541 "
OH <sup>-</sup>	0.002 "
非解離成分	
H <sub>2</sub> SiO	68.63 mg/kg
HBO <sub>2</sub>	11.83 "
H <sub>2</sub> S	0.102 "
泉質	アルカリ性単純温泉

(九州大学温泉治療学研究所 1964)

同じ宮崎層群の基底粗粒層のガス付随水の HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> については 宮崎ガス田と日南ガス田との間で大きな差がある。すなわち HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> の絶対量において前者では 780.4 mg/kg~1,299 mg/l であるのに対して後者では 2,248~3,392 mg/l であり また HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/Cl<sup>-</sup> において前者では 0.121~0.335 であるのに対して後者では 0.661~0.909 である。ガス中の CO<sub>2</sub> についてみると前者では 1.13~2.10 vol. % であるのに対して後者では 17.21~35.18 vol. % である(表14)。加えて宮崎ガス田の地温勾配が 3°C/100m 前後であると推定されるのに対して 日南ガス田のそれは 4.67°C/100m もある。

以上に述べたことを総合すると 宮崎・日南両ガス田の宮崎層群の基底粗粒層は基盤の直接的な影響をほとんど受けていないが 基盤中の割れ目を通して CO<sub>2</sub> の供

給を受けており これは日南ガスにおいてとくに顕著である。

これに対して 沖縄県2号試験井で得られた島尻層群の基底粗粒層のガス付随水には 基盤の四万十層群の影響がはっきり認められる。すなわち その Ca<sup>2+</sup>/Mg<sup>2+</sup> は 8.17 もあって 同じ豊見城層内のその他のガス層のガス付随水についての最高値 2.96 を大きく上まわっている。しかし それ以外の成分・項目については 基盤の直接の影響 および基盤の割れ目を通して供給される CO<sub>2</sub> 等の影響は まったくといってよいほど認め難い。すなわち HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> および HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/Cl<sup>-</sup> は それぞれ 117 mg/l および 0.0098 に過ぎないし また I<sup>-</sup> および I<sup>-</sup>/Cl<sup>-</sup> × 10<sup>3</sup> はそれぞれ 30.2 mg/l および 2.53 で 地質年代と ガス層ならびに付随水の一部を供給したと思われるその直上のシルト層の堆積環境に見合う値を示している。

#### 1. 4. 2 陸水成層のガス付随水

陸水成層のガス付随水の詳細な水質が公表されている例は少ない。表26は奄芸層群の最下部層である美麗層からおもに取水している長島温泉松蔭R2号井の例である。掘止深度 1,528m の本坑井において 1,231~1,431m の間にみられる美麗層は ところどころに厚さ不同のシルトを挟有する礫層からなり 一応古東海湖の扇状地性三角洲の堆積物と考えられる。溶存成分でもっとも多いのは 342.2 mg/kg の HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> であるが これは堆積後間もなく生化学的に生成された CO<sub>2</sub> に由来するものであろう。美麗層には層厚にしておよそ 3 割のシルトが含まれていることも この考えを支持するものであろう。次いで多いのは 149.5 mg/kg の Na<sup>+</sup> であるが これは 29.57 mg/kg の Cl<sup>-</sup> に見合う量を大きく上まわっており HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> によって岩石から溶脱されたものが相当含まれているに相違ない。Ca<sup>2+</sup>/Mg<sup>2+</sup> は 18.7 という大きな値を示すが 両イオンの絶対量が少ないのでこれを基盤の影響とするのは早計であろう。そのほか非解離成分の H<sub>2</sub>SiO および HBO<sub>2</sub> が比較的多いのも注目されるが 何分 1 例だけであり 水質の年代的变化を追究することは不可能である。また この例はおそらく同源的なものであろうが ガスの場合と同じ意味で他源的といえる例はまだ知られていないようである。

