

# 海洋深層水の水質等の調査研究 ～取水管の内部調査～

川北浩久<sup>\*1</sup>・阿部祐子<sup>\*1</sup>・荻田淑彦<sup>\*2</sup>・田村光政<sup>\*3</sup>

藤原龍雄<sup>\*4</sup>・清水勝公<sup>\*4</sup>・堀哲郎<sup>\*4</sup>・白枝哲次<sup>\*4</sup>

(<sup>\*1</sup>現高知県工業技術センター、<sup>\*2</sup>現高知県水産試験場、

<sup>\*3</sup>現高知県機械工業会事務局、<sup>\*4</sup>清水建設株式会社)

## 1. 目的

研究所設立時（平元年）に設置された取水管（1号管）は15年が経過し、材質の経年変化や壁面が生物汚損を受けていないか、或いはこれらの影響により、取水される深層水の水質が変化していないか等を検討すべき時期に来ている。

本研究では、適正な運転条件とメンテナンスに関する知見を得るためにテレビカメラによる管内壁観察システムを用い、取水管内壁の観察を行うとともに、微生物の存在やそれに付随する物質、その他の物質による水質変化について調査した。

調査は海洋深層水取水管と共に、比較対照として表層水取水管も同様の調査を行った。

## 2. 方法

本研究課題では、以下の範囲を調査対象とした。

<調査対象>

- ・海洋深層水取水管1号管（1989年敷設）  
鉄線鎧装硬質PE（ポリエチレン）管id=125mm φ
- ・海洋深層水取水管1号管陸上水平部  
VP（塩化ビニル）管id=125mm
- ・表層水取水管（VP管）id=200mm

### 2.1 取水管内部調査と解析

調査は3回に分けて行った。

1回目：2004年9月13日

- ・深層水取水管海底部のカメラ調査

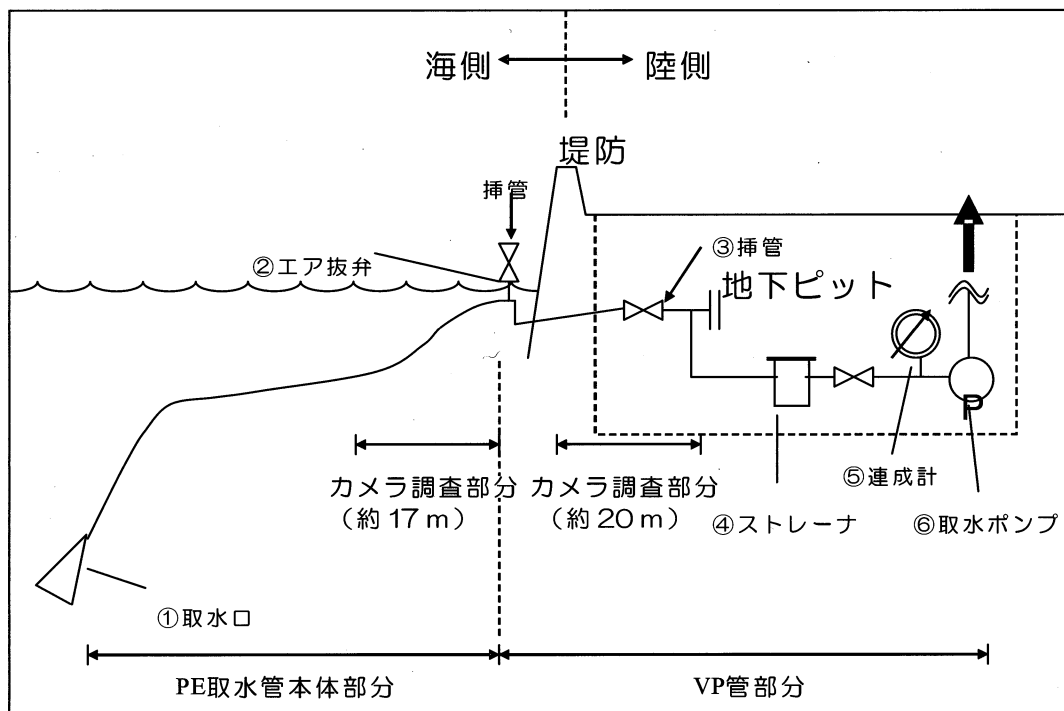


図1 深層水取水管全体

- ・深層水取水管陸上部付着物採取
- ・深層水取水管通水性能測定
- ・深層水取水管内水質調査
- ・表層水取水管内水質調査
- ・表層水取水管陸上部付着物調査

2回目：2004年9月27日

- ・深層水取水管陸上部のカメラ調査
- ・表層水取水管内カメラ調査

3回目：2006年2月17日

- ・深層水取水管海底部管内付着物の掻き取り調査

### 2.1.1 ビデオ映像解析

深層水取水管全体図を図1に示した。

調査は、深層水取水管（陸上塩ビ部：図1③→②方向約17m、海底下PE管部：図②→①方向約20m）にカメラを挿管し、内壁汚損状況、シルト等の堆積状況の撮影調査を行った。また、比較対照として、表層水取水管（VP管）も同様に撮影調査を行った。

用いたTVカメラは、LED付CCDイメージセンサー（ミニ・シースネーク）。2004年9月13日（深層水PE管部、表層水VP管）、同27日（深層水VP管部）に実施した（図2）。



図2 ミニ・シースネーク

### 2.1.2 水質分析による内部汚損調査

深層水、表層水の取水を各々停止し、管内を各水で満たした状態で3時間静置した後、滞留水の水質変化を調査した。調査項目は、以下のとおり

現場測定項目：水温、pH、EC

無機系分析項目：DO,  $PO_4^{3-}$ ,  $SiO_2$ ,  $S^{2-}$ ,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , TOC

生物系分析項目：生菌数（一般細菌、海洋細菌、大腸菌群）、総菌数

### 2.1.3 取水管内部付着物および浮遊物の化学的・生物学的汚損調査

深層水及び表層水取水管の陸上VP管部を取り外し、内壁付着物を採集。各々PCR-DGGE解析と、そこから得られたバンドについて塩基配列解析及び細菌の検索を行った。

また、深層水取水管本体部分（PE管部）は、図1中の②エア抜き弁から①方向にワイヤブラシおよび採水用チューブを挿管し、管内壁付着物および懸濁物を採取し、0.2 $\mu$ mニトロセルロースフィルターでろ過、乾燥後、無機分析（蛍光X線分析装置によるオーダー分析、X線回折分析装置による化合物形態の定性分析）、有機分析（元素分析計CHNS定量分析）、熱分析、電子顕微鏡(SEM)にて分析した。

### 2.2 通水性能評価による取水管内部汚損調査

深層水取水管内壁付着物および変形による通水抵抗から取水管本体の劣化を判断する事とし、圧力と流計からヘーゼン・ウィリアムス式に基づいた流速係数を算定する事とした。

測定は、取水ポンプに配備された連成圧力計と電磁流量計を用いて、通水流量を3段階程度変化させ、各取水量の通水抵抗を測定し、流速係数として「C値」を算定した。

## 3. 結果および考察

### 3.1.1 ビデオ映像解析

深層水取水管については、陸上塩ビ部の接合部分に施工時にできたと思われる若干の変色が認められるものの、PE部ともに生物汚損や外力による破損・粗面化は認められず、特段の劣化は認められなかったことから、当初の設計どおりの機能を保有しているものと思われた（図3）。

管内の流れ方向に生じた擦過痕は、キャビテーションによる気泡もしくは大型連行生物によるものと推測された。

一方、表層水取水管内部は腔腸動物をはじめ、多数の生物が付着していた（図4）。



図3-a 深層水取水管内壁 (VP管部)



図3-b 深層水取水管内壁 (PE管部)

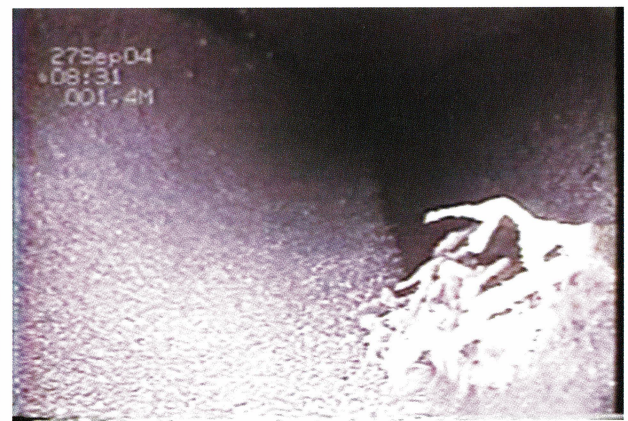
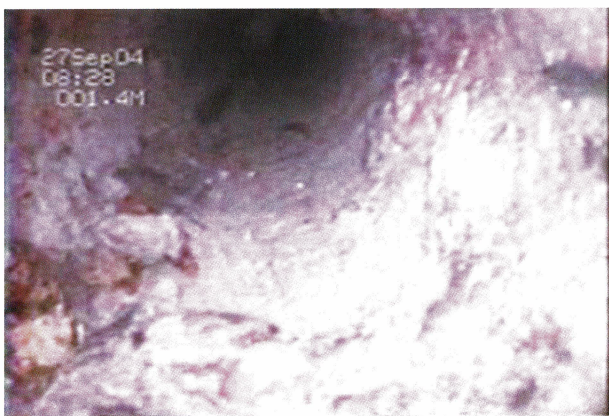


図4 表層水取水管内壁 (VP管)

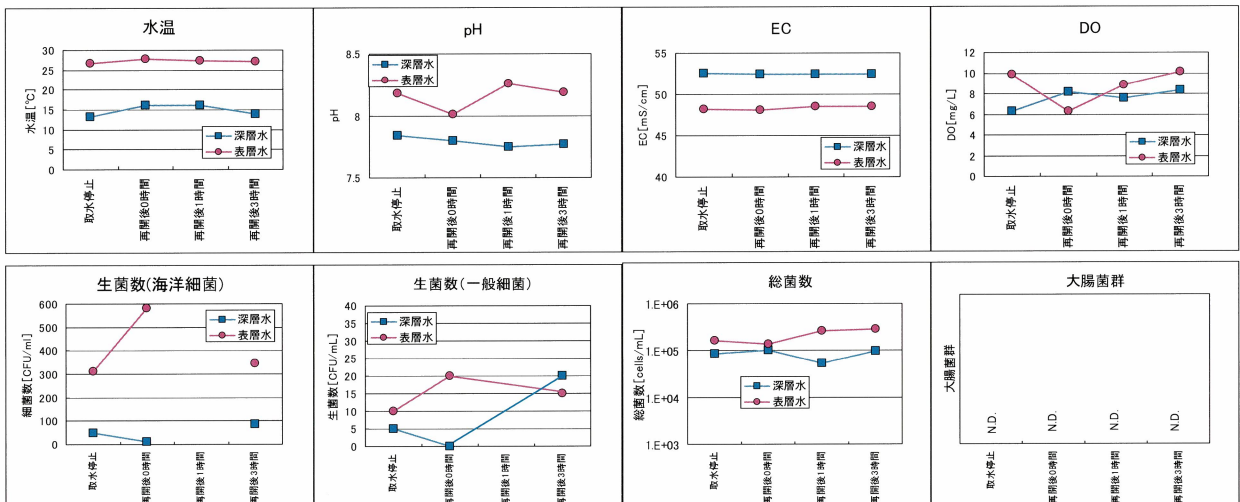
### 3.1.2 水質分析による内部汚損調査

3時間通水を停止し、通水再開後0、1、3時間後の水と通水停止前の水を分析した(図5)。

その結果、深層水取水管については生物汚損に由来するであろう水質項目についてはほとんど変化がなかった。一方、表層水取水管については硝酸・亜硝酸濃度に顕著な変化が認められ、生物汚

損が示唆された。

また、海洋細菌数、一般生菌数については深層水取水管では優位な変化は認められなかったが、表層水取水管では取水再開後、総細菌数が1.5倍となり、生物汚損が示唆された。大腸菌群については双方ともに検出されなかった。





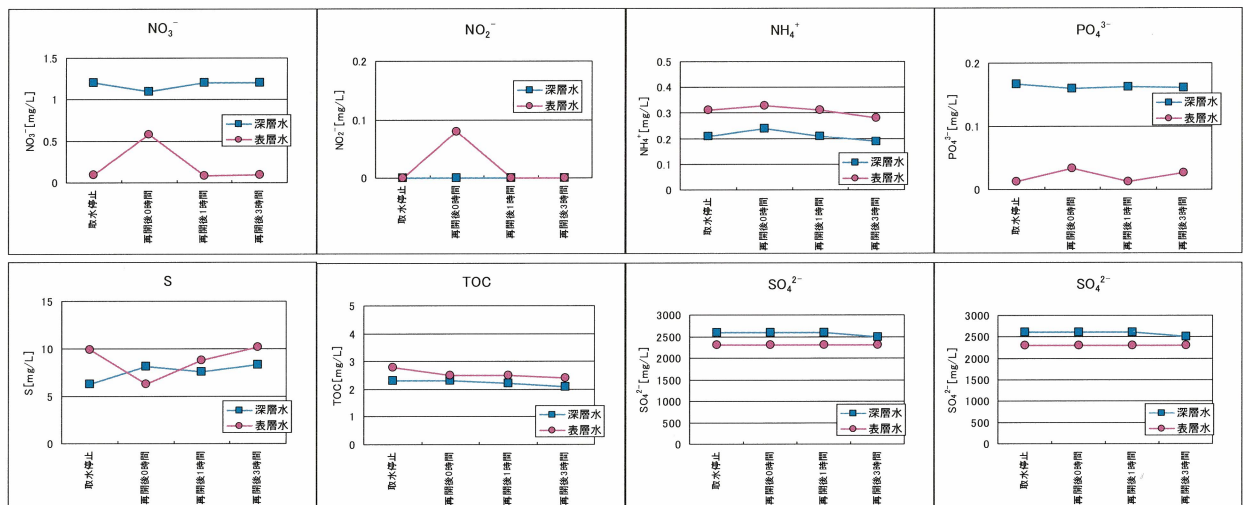


図5 水質分析結果

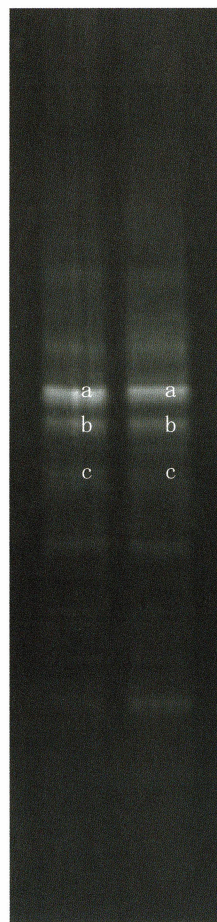


図6 PCR増幅産物によるDGGE電気泳動像

### 3.1.3 取水管内部付着物および浮遊物の生物学的・化学的汚損調査

生物学的調査には表層水取水管および深層水取

表1 各バンドから得られた塩基配列の相同性検索の結果から考えられた細菌の帰属

	表層水取水管	深層水取水管
a	<i>Pseudoalteromonas</i>	<i>Pseudoalteromonas</i>
b	<i>Bacteroidetes</i> 綱	<i>Bacteroidetes</i> 綱
c	<i>Bacteroidetes</i> 綱	<i>Bacteroidetes</i> 綱

水管陸上部(塩ビ)の内壁付着物のPCR-DGGE解析(図6)を、それぞれ3バンドをテンプレートとし、16SrDNAの約200bpを増幅して塩基配列解読を行い類似の塩基配列から相同性検索を行った。

表層水区aと深層水区aの塩基配列は*Pseudoalteromonas*の16SrDNAとの相同性が100%となり同じ*Pseudoalteromonas*に帰属する菌株に由来していると考えられた。同様にその他4つについてもそれぞれ相同率の高い配列からその由来が考えられた(表1)。全体として解析結果からは両試験区で大きな違いは見られず、検出された配列は複数の海洋細菌の配列との相同性が高かったことから一般的な海洋細菌であると考えられた。

化学的調査には深層水取水管PE部付着物および管内浮遊物質について、元素分析計による定量分析(表2)、蛍光X線によるオーダー分析(表3)、X線回折による定性分析(図7)、熱分析(図8)を行った。

4種のサンプルについて分析を行ったところ、



表2 元素分析結果 (有機物定量)

n=4

	有機系			(%)
	C	H	N	S
分析値	3.1-6.6	0.12-0.31	0.30-0.65	0.22-0.41
平均値	4.88	0.21	0.47	0.40

表3 蛍光X線によるオーダー分析結果

n=4

	無機系(標準化した数値)							(%)
	Si	Al	Fe	Ca	K	Mg	Ti	Na
分析値	47.4-53.2	13.2-14.5	5.9-11.7	9.9-13	7.6-8.3	2.4-3.0	1.4-1.7	1.4-1.8
平均値	50.7	13.8	8.6	11.3	8.0	2.7	1.6	1.6

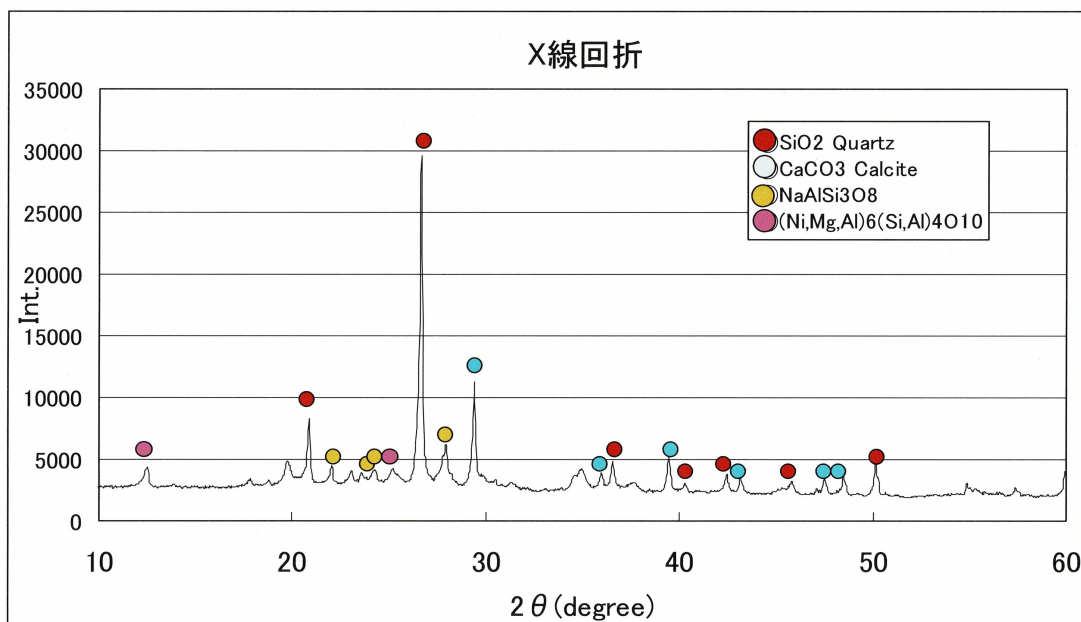


図7 X線回折分析結果

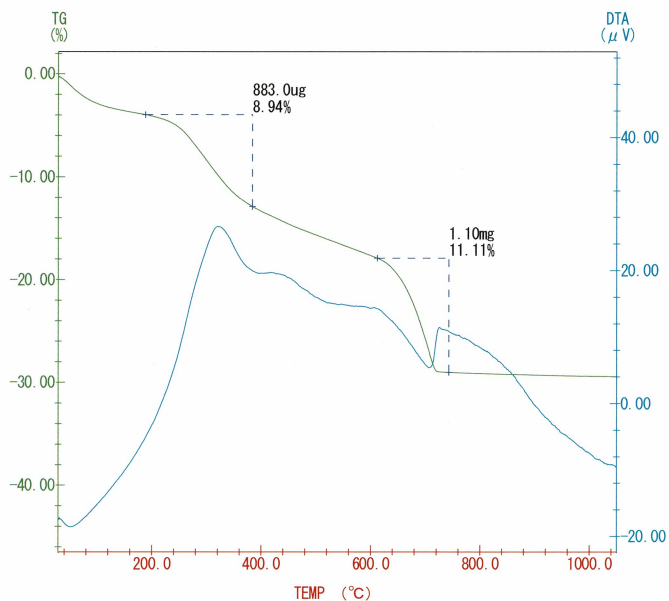


図8 熱分析結果

分析値に若干の幅は見られるが、回折パターンはほぼ同じであり、分析値のバラツキは誤差であると考えられた。

元素組成としてはSi, Al, Fe, Ca, K, Mg, Ti, Na等から成り、有機物量は少ない。この事は、X線回折パターンに有機物特有のブロードなピークが見られないことから理解できた。同回折の同定結果から、珪藻の骨格成分および鉱物によるSiO<sub>2</sub>(Quartz)、プランクトン由来のCaCO<sub>3</sub>(Calcite)、シルト由来のNaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>(Albite)および(Ni, Mg, Al)<sub>6</sub>(Si, Al)<sub>4</sub>(OH)<sub>8</sub>(Nimite)と思われる物質が検出された。

又、熱分析の結果では、600°CでCaCO<sub>3</sub>の脱炭酸を示唆すると思われる質量減が見られた。

SEM写真(図9)からは、珪藻の骨格と思われる構造物が多数認められた。

以上の事から、珪藻、プランクトン、シルトに由来する無機物と推測された。

現在の取水量は400~500L/min、平均流速換算では50cm/s以上であり、通常は管内壁への滞泥は生じず、内壁に一様に付着している事も勘案すると、電気的性質(静電気)により付着した物と思われる。

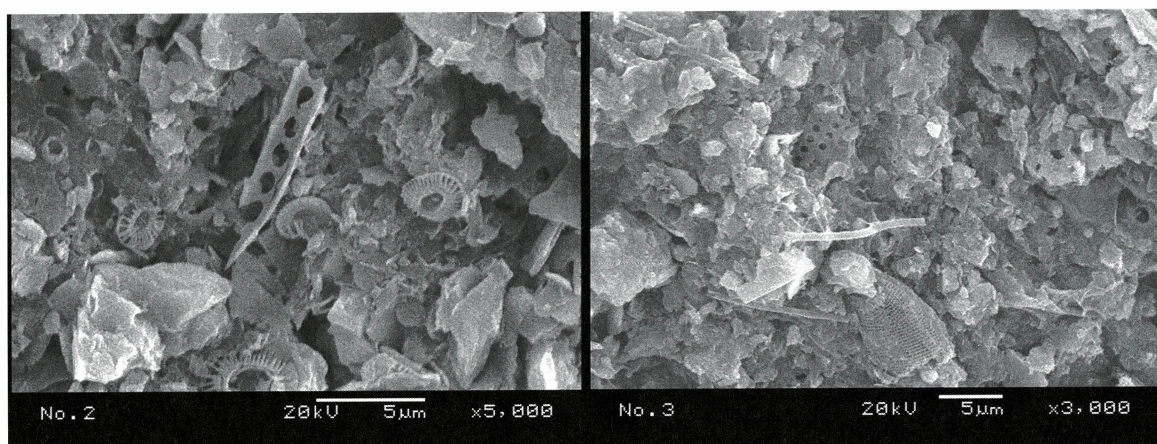


図9 SEM写真

### 深層水取水管の流速係数の調査結果 (2004.9.12、9.13、9.27、2006.2.17)

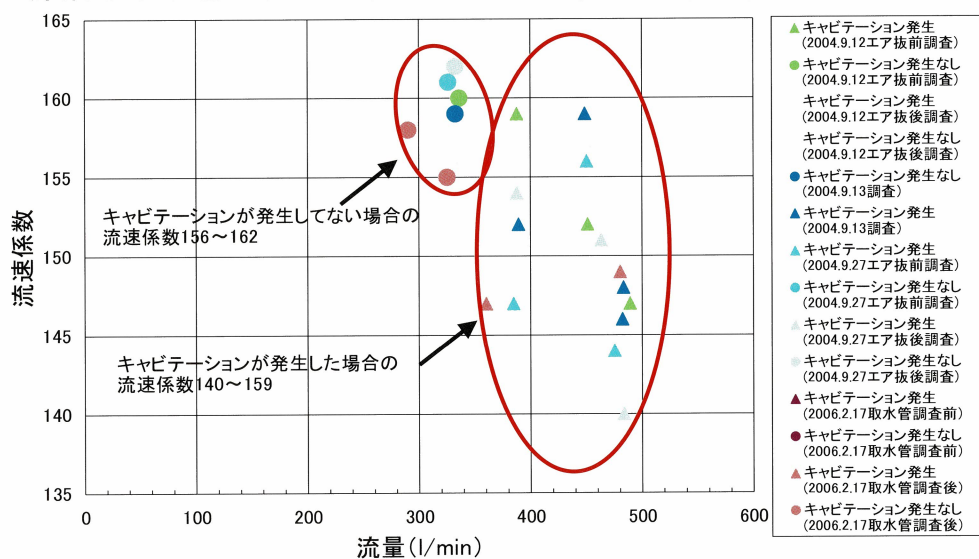


図10 流速係数 (C値)

### 3.2 通水性能評価による取水管内部汚損調査

ヘーゼン・ウィリアム式から求めた流速係数C値と流量との関係を調査した結果を図10に示した。

これから、流量がある一定値を越えるとキャビテーションが発生して、バラツキが大きくなり、かつ、流速係数が落ちてくる傾向がある事がわかった。

また、竣工後現在に至るまでに調査した流速係数(表4)をプロットして、その経時変化を示した(図11)。

表4 流速係数C値一覧

調査年月日	経過年数(年)	キャビテーション発生時の流速係数		キャビテーション発生なしの流速係数	
		調査結果	平均	調査結果	平均
1989/3/15	0	159	159	140~166	166
1997/9/16	8.5	175	175	165	165
2000/4/14	11.1	146~152	149	160	160
2004/9/12	15.5	142~159	150.5	156~160	158
2004/9/13	15.5	146~159	152.5	159	159
2004/9/27	15.5	140~156	148	161~162	160.5
2006/2/17	16.9	141~149	145	155~161	158

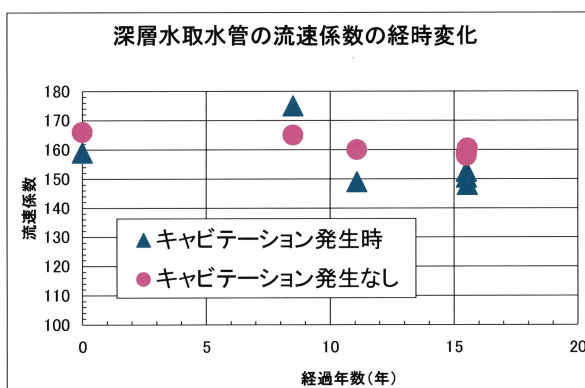


図11 流速係数の経年変化

キャビテーション発生時には流速係数のバラツキがあるが、キャビテーションが発生していない時はバラツキが少ない。また、序々に流速係数が低下している傾向が見られたが、158以上と、ほぼ当初の性能を維持しており、今後とも現在と同量の取水が可能であると思われる。

### 4. まとめ

テレビカメラによる内視調査では、損傷や生物

汚損は認められなかった。また、滞泥はなかったものの、付着粒子が認められ、これらはSiO<sub>2</sub>、CaCO<sub>3</sub>等、無機物が主であった。

・陸上部分の管内壁からは、一般的な海洋細菌が検出された。

・一定時間取水停止後の水質調査では、生物活動を示す水質変化は認められなかった。

・通水性能の測定では、流速係数に経時変化はあまり認められず、当初の取水性能を維持していると思われた。

以上の事から、敷設後16年を経過した海洋深層水取水管について、内部調査を行った結果、調査範囲では生物汚損・損傷は認められず、ほぼ当初の性能を維持しているものと思われた。

### 5. 参考文献

- 1) 海水の科学と工業 東海大学出版会
- 2) 海と湖の化学 京都大学学術出版会
- 3) 海洋観測指針(気象庁編) 日本海洋学会1990
- 4) 日本工業規格K0101 工業用水分析法