

平成十二年度 卒業論文

室戸海洋深層水中の  
イオン濃度変動に関する研究

高知工科大学  
工学部 物質・環境システム工学科  
**森 峰康**

指導教員 福富 兀

# 目次

第1章 緒言	3
第2章 実験	5
第1節 試料	5
第2節 測定法	6
第3節 装置・試薬	6
第3章 結果・考察	7
第1節 年間を通してのイオン濃度変動の結果	7
第2節 各種イオン濃度の相関関係	12
第3節 深層水温度とイオン濃度の関係	16
第4章 総括	18
参考文献	19

# 第1章 緒言

近年、海洋深層水(以降から深層水と呼ぶ)は、さまざまな場所で特性の解明や産業への利用可能な技術の研究が盛んに行われるようになってきた。

深層水は、まだ海水がさまざまな化学物質などに汚染されていない時代に沈降し、太陽光の届かない高水圧の深海底を長期間かけて移動してきたため、有機物分解が進行してできた無機栄養塩が豊富で、地球表面に繁殖する細菌も存在せず、組成や物性が安定した水である。

深層水の特性を簡単に述べると(1)清浄性、(2)低温、(3)富栄養性という3つの特性が挙げられる。

深層水の温度の低さを活かしたのがダルソンパール(フランス人物理学者)で、低温の深層海水と高温の表層海水との温度差を利用して、熱機関を作動させる海洋温度差発電(OTEC= Ocean Thermal Energy Conversion)が、1881年に提案された。この分野での研究が始まるとともに、深層水の研究も始まったと言われている。研究が進むにつれて、深層水は低温で、しかも温度が安定している、栄養塩を豊富に含んでいる(富栄養性)、人工的な物質によって汚染されていない(清浄性)という素晴らしい特性があることが理解されるようになってきた。

また、深層水には特有の特性があり、それが次第に解明されていくに従って、化学、医療、食品の他に生物・水産分野などのさまざまな分野での有効利用がに向けての研究がなされ、新規産業を確立させていこうと試みられている。

上記に述べてきたように、産業利用研究が活発になるにつれ、深層水は再生可能な新しい資源として考えられるようになってきた。資源として利用されていく上では、もっと深層水のさまざまな特性を把握していく必要がある。

ここで特に注目したのが深層水中の成分濃度である。表層水よりミネラル塩(栄養塩)の多い深層水を産業に利用すると共に、資源と考え有効活用していく場合、季節によってどの程度の変動があるのか把握しておく必要がある。そこで、この研究では、特に一年間を通して主イオン濃度を測定することにした。塩濃度を指標として、どの季節でも温度がほぼ一定である深層水が、実際に外気の気候に影響されず、濃度変化が起こっているのか、それとも何らかの影響で濃度変動が起こっているのかが把握できると思われる。

以上のような点を背景にして、本研究では、以下の測定と解析を行う。

1) 年間を通してのイオン濃度の変動があるのか

2) 季節によるイオン濃度の変動があるのか

3) それぞれのイオン濃度の関係はあるのか

本研究では、以上の目的に沿って、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ の4主イオンについて観測を行なった。

## 第2章 実験

### 第1節 試料・測定方法

深層水のサンプルは、図2-1に示した高知県室戸岬の高知県海洋深層水研究所のポンプから直接取水された深層水を利用した。採取期間は2000年2月10日～2001年2月9日で、毎日午前1回、午後1回の2回サンプリングして、冷蔵保存した物を測定した。

イオン濃度の測定にはイオンクロマトグラフを用いた。測定機器のイオン濃度検出限界を考え、前処理としてサンプル中のイオン濃度が検出範囲内になるように超純水で希釈して測定を行なった。

測定は、1サンプルにつき一回測定した後、無作為に選んだサンプルをもう一度測定を行ない、誤差が大きい場合には、もう一度測定を行ない補正して誤差が少なくするようにした。

希釈したサンプルでのイオンクロマトグラフの測定誤差は、同じサンプルを用いて10回測定した結果、 $\text{Na}^+$  が2%、 $\text{K}^+$  が1%、 $\text{Ca}^{2+}$  が1%、 $\text{Mg}^{2+}$  が1%であった。

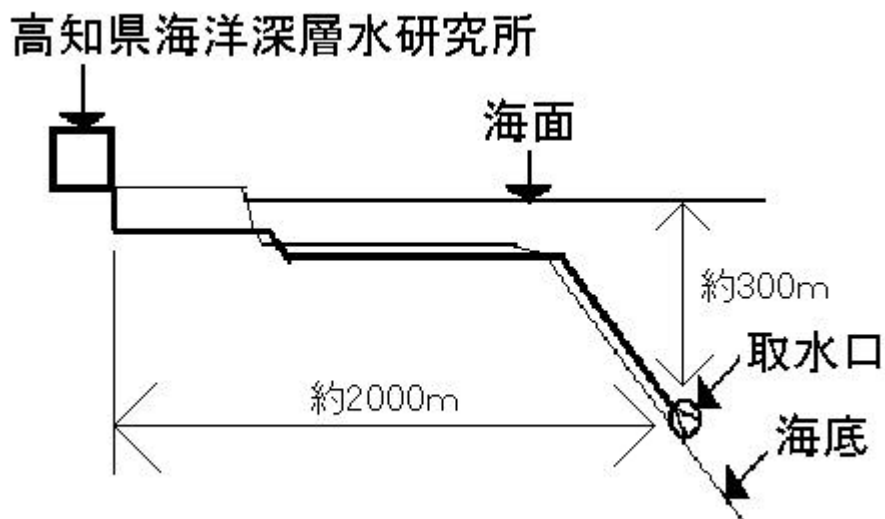


図2-1 深層水の取水図

## 第2節 解析方法

短時間（4日程度）では、イオン濃度に大きな変動はないと仮定し、次のような平均化処理を行った。ある時点での試料を中心にして、前後する4試料の測定値の、合計9測定値を平均し、この平均値をその時点でのイオン濃度とした。この処理は、5日間程度の変動を、誤差を少なくして見ていることに相当する。

## 第3節 試薬・装置

### 装置

イオンクロマトグラフ（日本ダイオネクス株式会社）

### 試薬

超純粋水（ADVANTEC社製、超純水製造装置）

標準液（イオンクロマトグラフィー用 関西化学株式会社）

### 試料

深層水（室戸海洋深層水）、汲み上げ直後のもの。1日2回採取。

## 第3章 結果・考察

### 第1節 年間を通してのイオン濃度変動

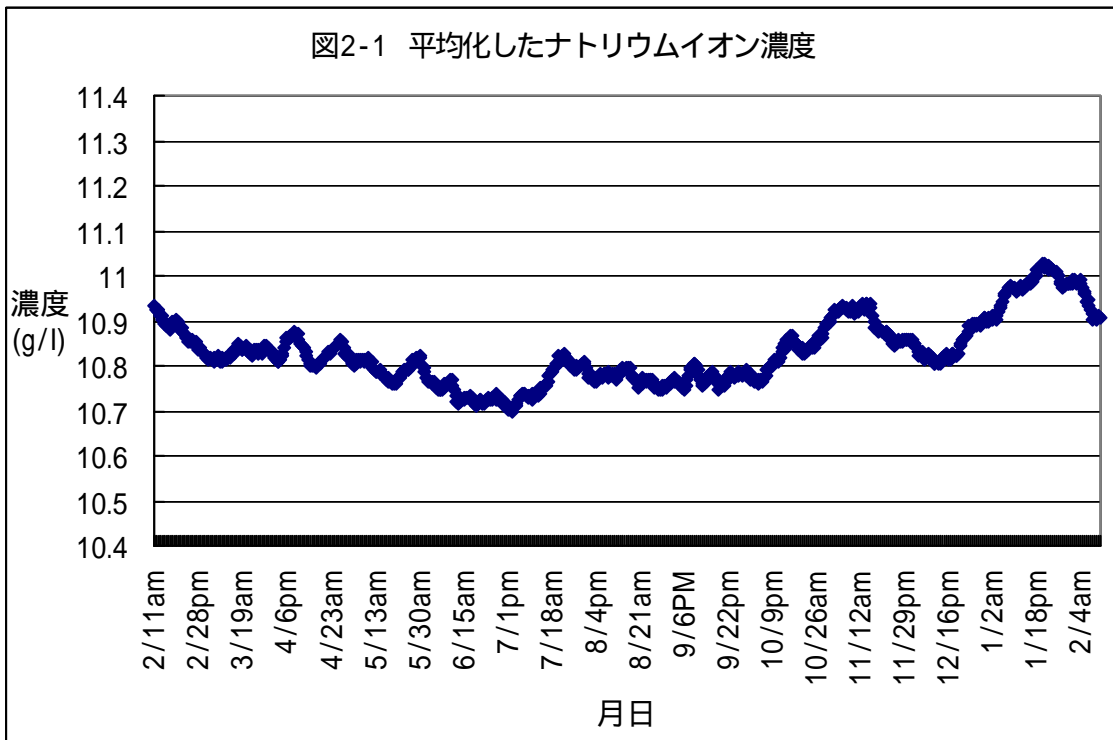
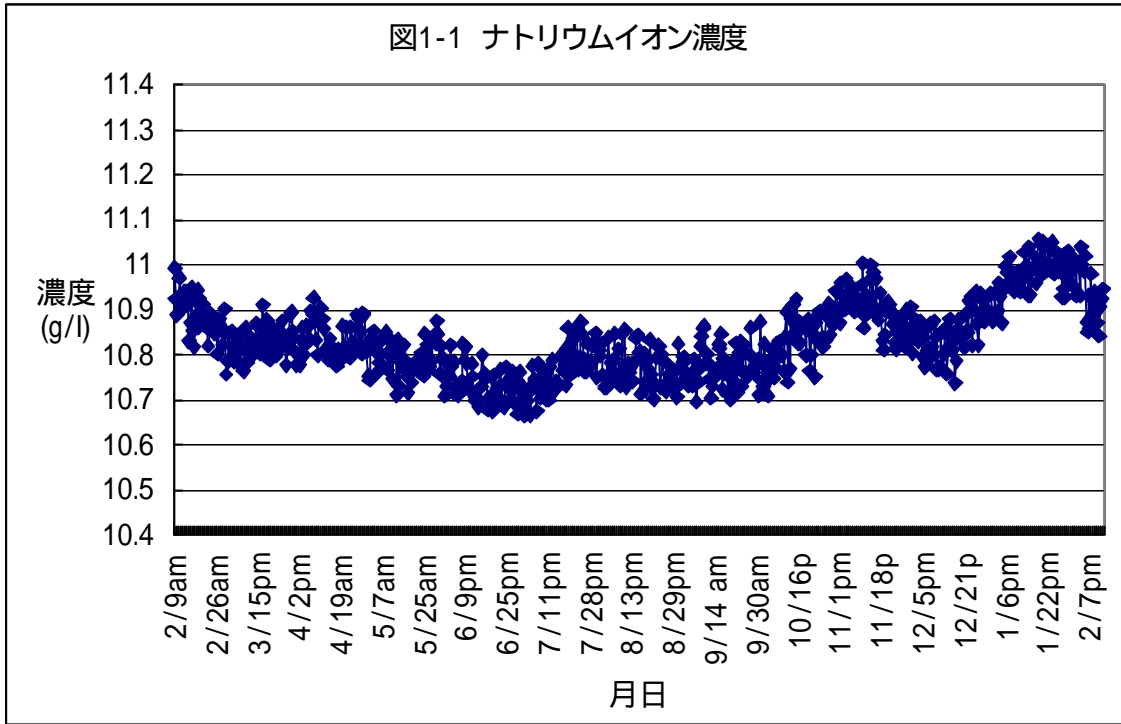
イオンクロマトグラフで測定した年間のイオン濃度を図 1-1~1-4 (ナトリウム濃度を図 1-1、カリウム濃度を図 1-2、マグネシウム濃度を図 1-3、カルシウム濃度を図 1-4)に示す。

次に9測定値の平均化の処理を行なったグラフを図 2-1~2-4(ナトリウム濃度を図 2-1、カリウム濃度を図 2-2、マグネシウム濃度を図 2-3、カルシウム濃度を図 2-4) に示す。

平均化したグラフから、濃度の平均値は、 $\text{Na}^+$  10.8g/l、 $\text{K}^+$  398mg/l、 $\text{Ca}^{2+}$  1220mg/l、 $\text{Mg}^{2+}$  413mg/l であり、濃度の変動率(最小値から最大値の変動)は、 $\text{Na}^+$  2.73%、 $\text{K}^+$  4.18%、 $\text{Ca}^{2+}$  3.28%、 $\text{Mg}^{2+}$  3.56%であった。

平均化したグラフより、成分濃度は夏季より冬季の方が高い結果となった。海流が混合しにくいという従来の結果を考慮すると、由来の異なる、濃度の高い海流と低い海流が塊となって混ざり合うことなく流れているのではないかと考えられる。結論は、他の測定結果とあわせて考慮すべきであり、ここではこの結果の報告に止める。

また、今回濃度に数%の変動が見られたが、産業に利用した場合、この変動による産業への影響は、あまり大きくないといえる。





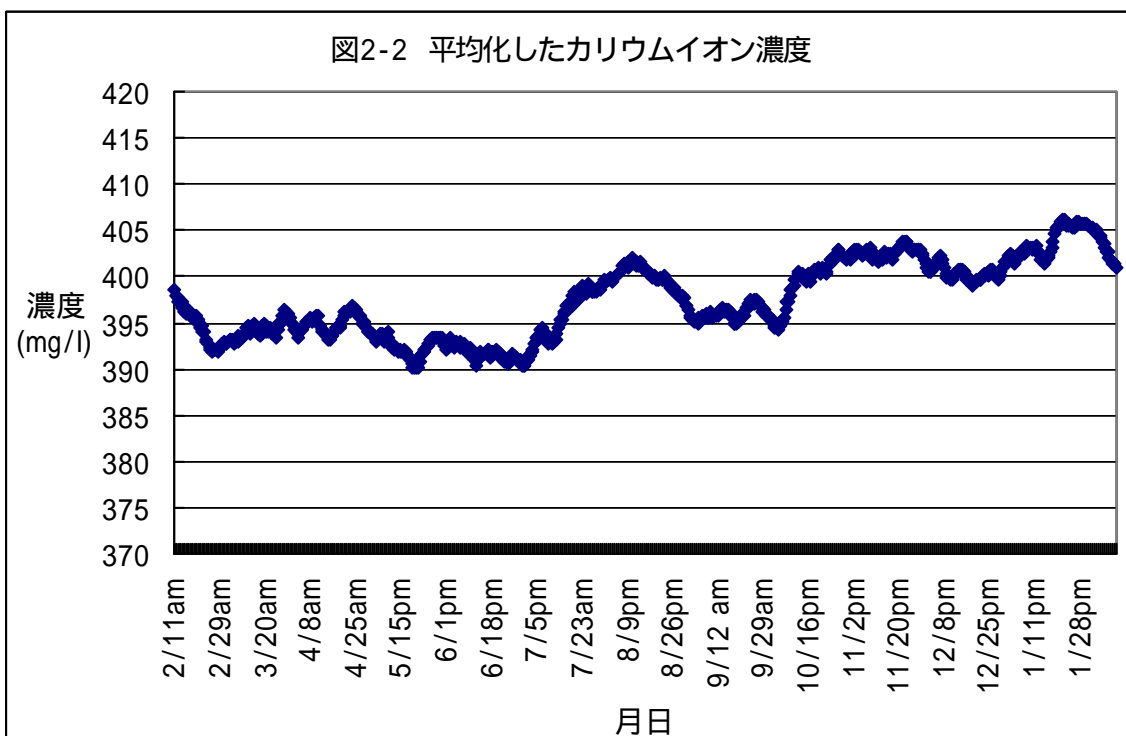
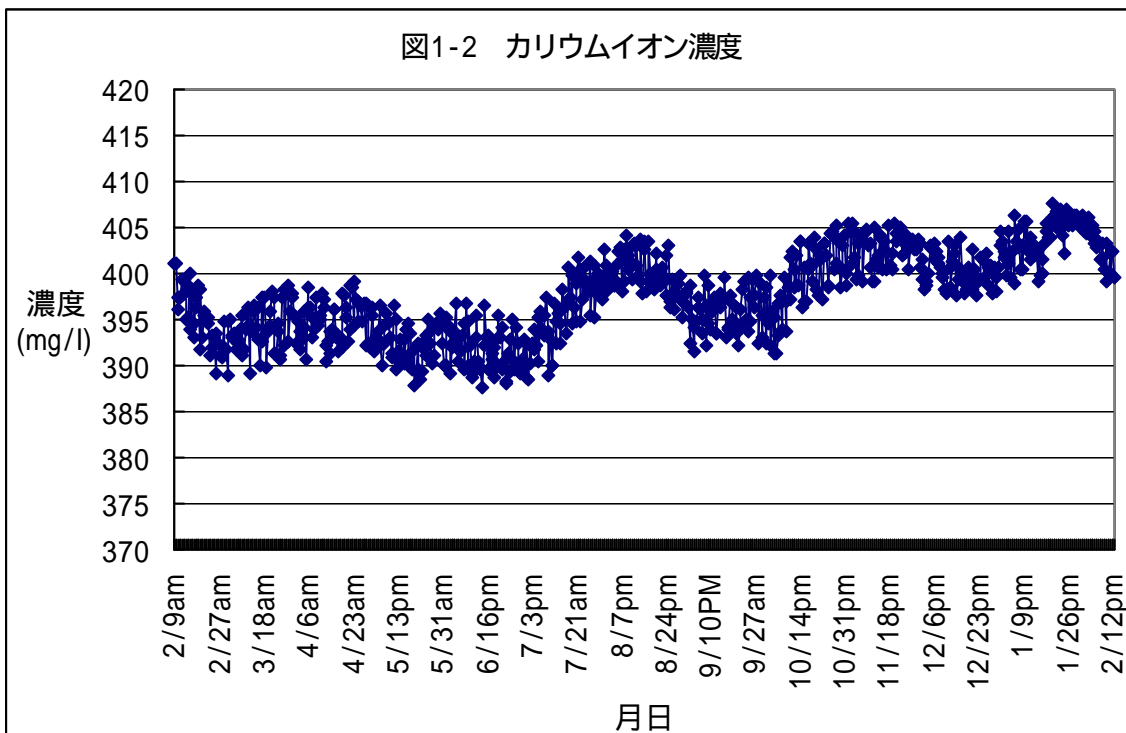


図1-3 マグネシウムイオン濃度

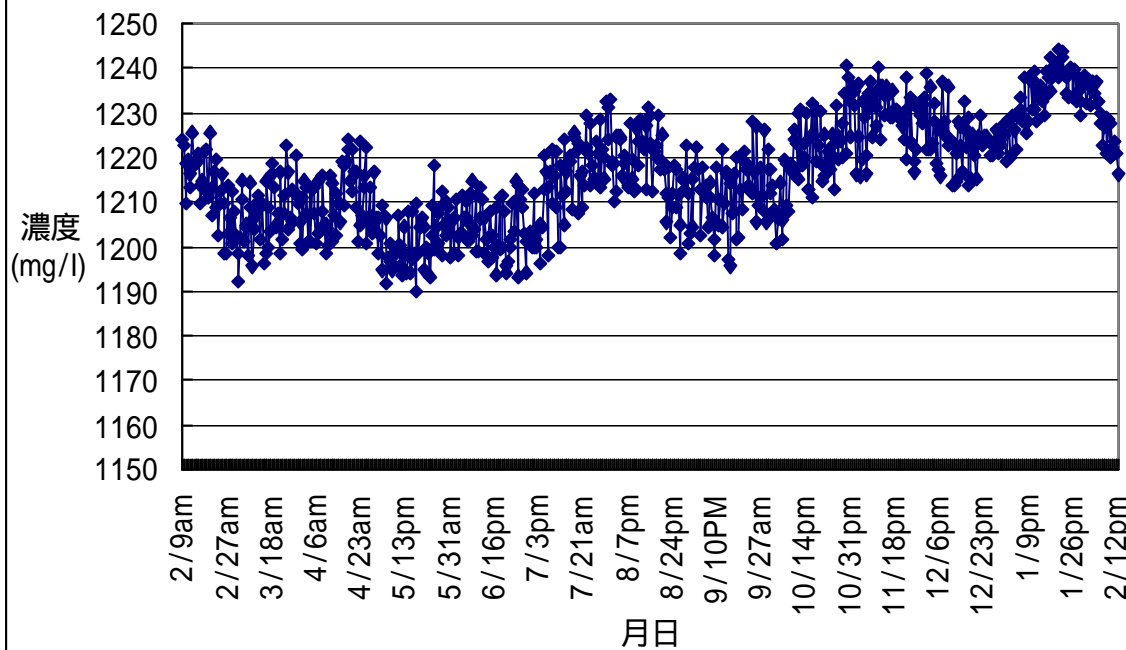
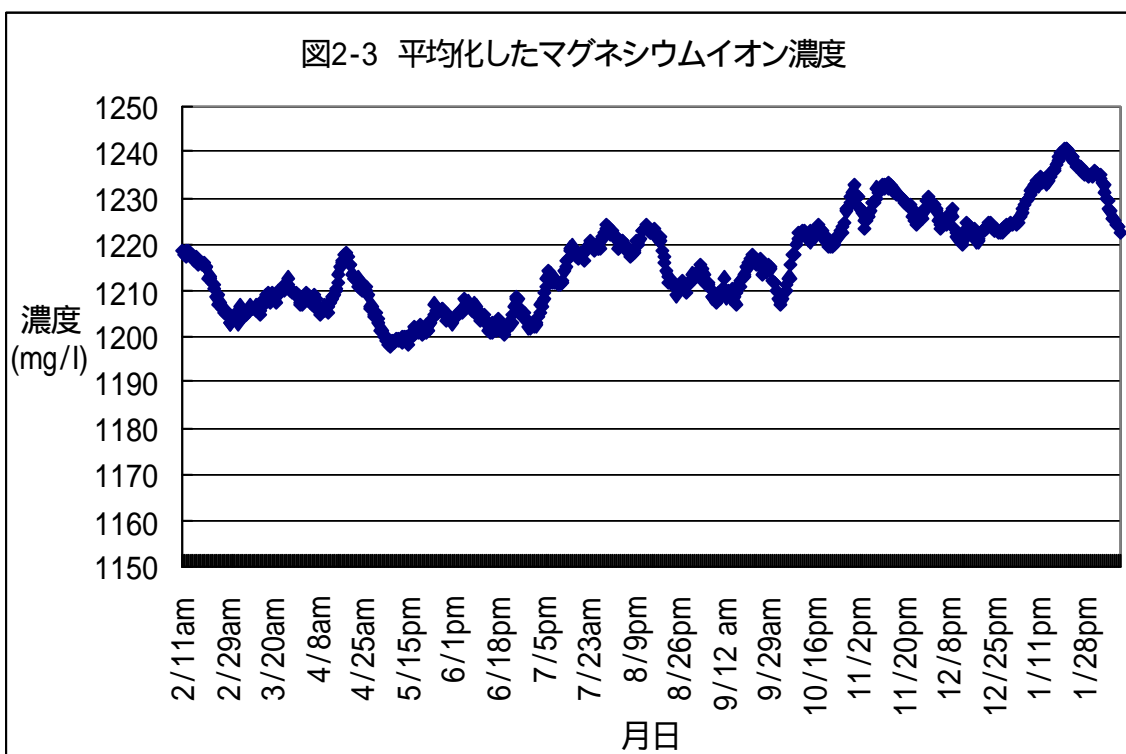
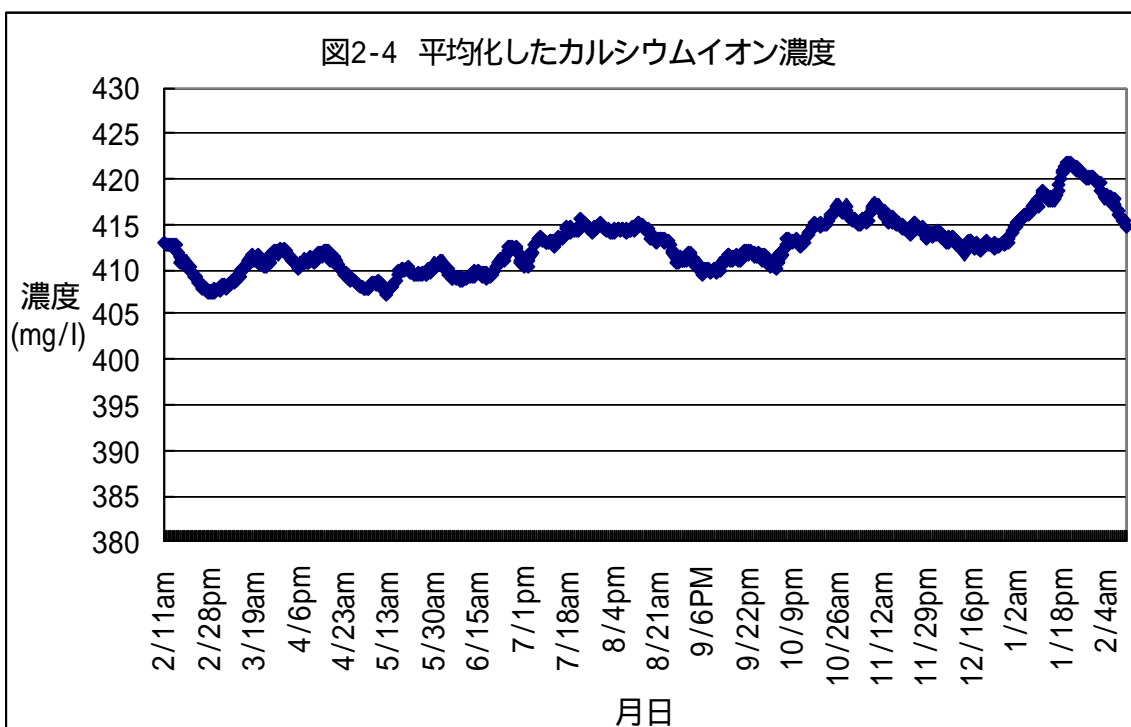
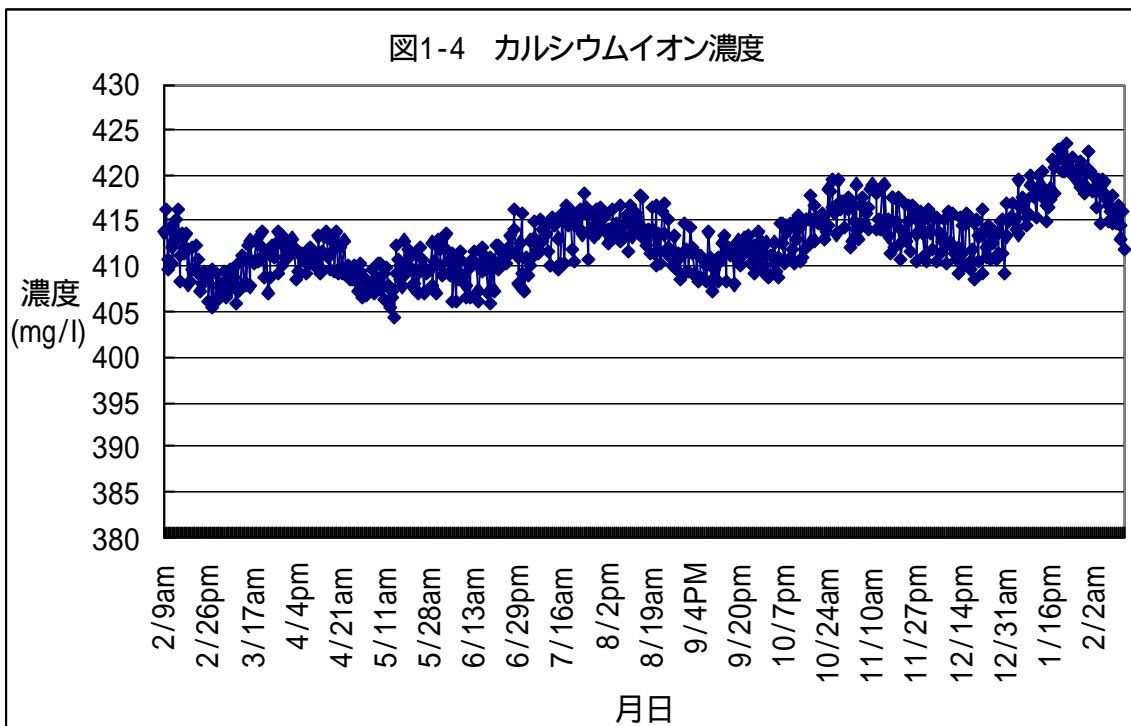


図2-3 平均化したマグネシウムイオン濃度





## 第2節 各種イオン濃度の相関関係

一年間測定してきた元のデータを利用して、5つの金属イオンの関係を相関図にして解析していく。それぞれの相関図を図3-1~3-6(ナトリウム/カリウムを図3-1、ナトリウム/マグネシウムを図3-2、ナトリウム/カルシウムを図3-3、カリウム/マグネシウムを図3-4、カリウム/カルシウムを図3-5、マグネシウム/カリウムを図3-6)に示す。

そして、それぞれ相関図の相関係数については以下のようにになっている。

	Na/K	Na/Mg	Na/Ca	K/Mg	K/Ca	Mg/Ca
相関係数	0.635	0.632	0.586	0.766	0.712	0.731

グラフから読みとれることは、Na, K, Mg, Caの4成分に関しては、右上がりの比例関係にあることがわかった。また相関係数からも、各種イオン濃度二大きな相関があることが判った。深層水中の各種主イオンの濃度は、同じように増減する。以上のことから、4成分に関しては、濃度の比率を出しておけば、より正確な測定ができる電気伝導度を利用して濃度を測定すれば、より正確なデータが得られると考えられる。

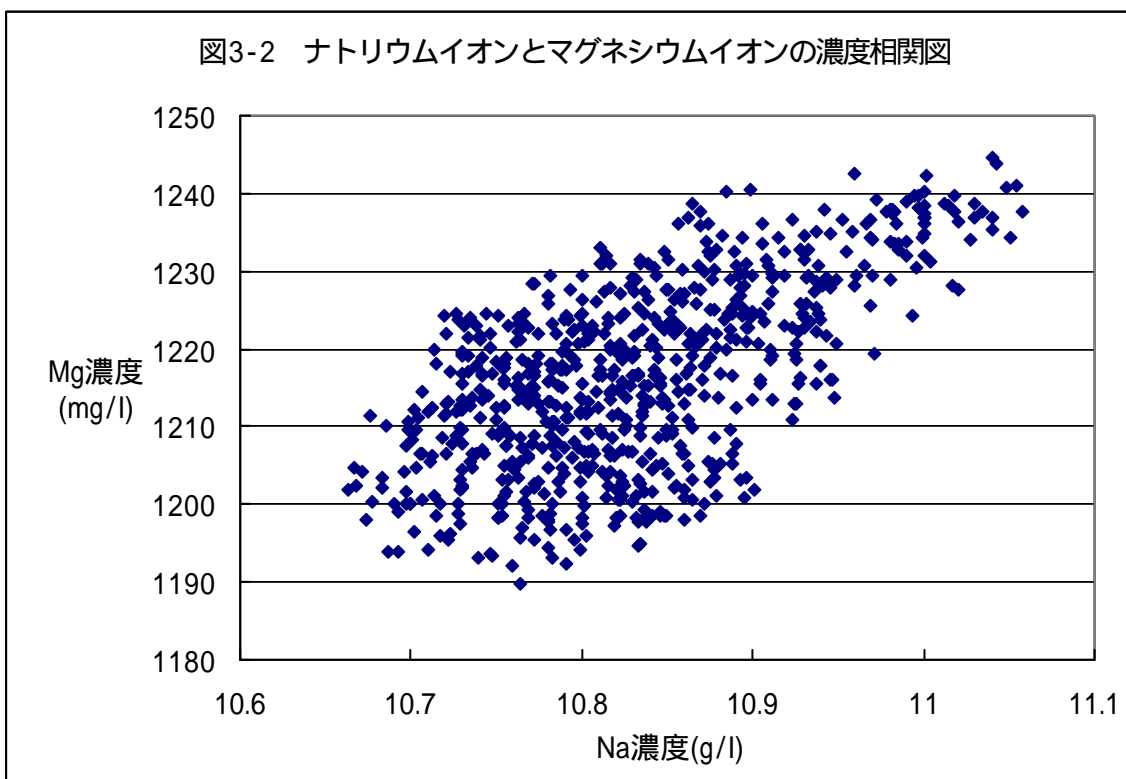
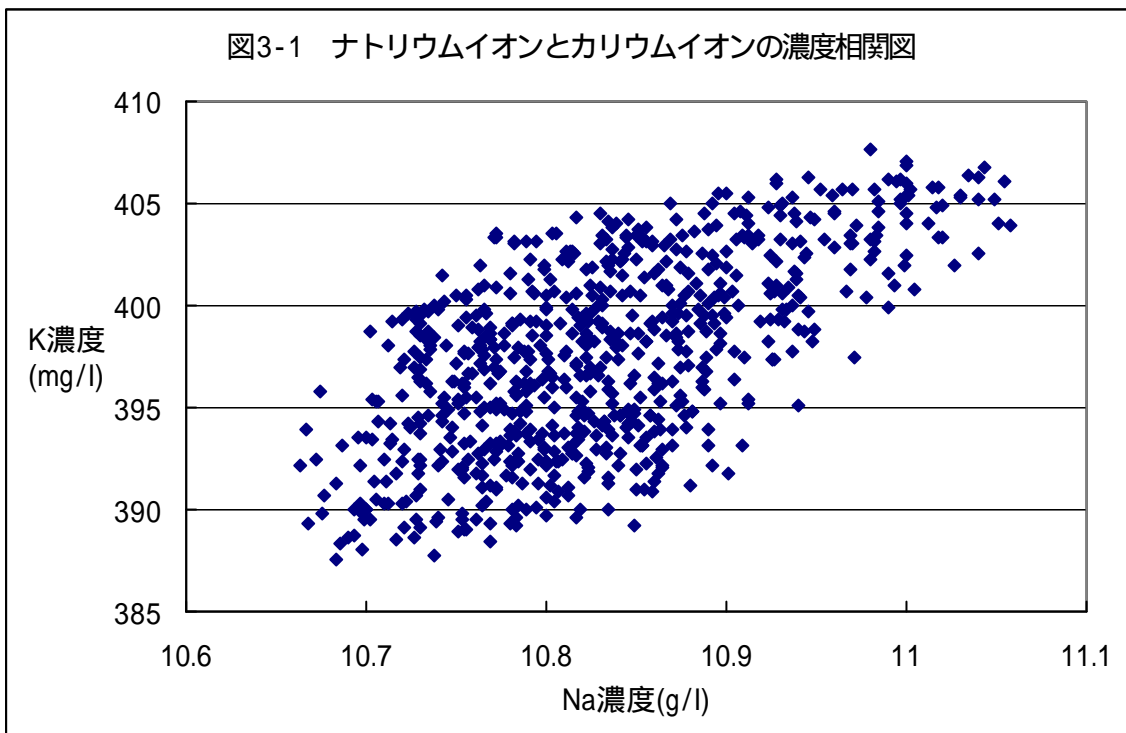


図3-3 ナトリウムイオンとカルシウムイオンの濃度相関図

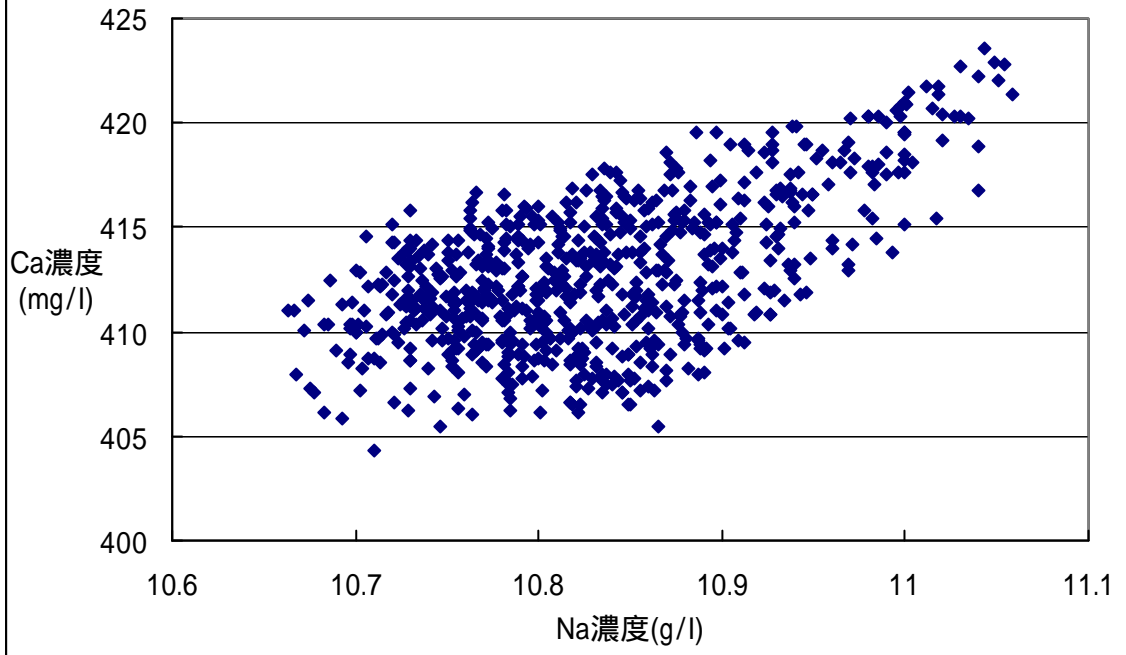


図3-4 カリウムイオンとマグネシウムイオンの濃度相関図

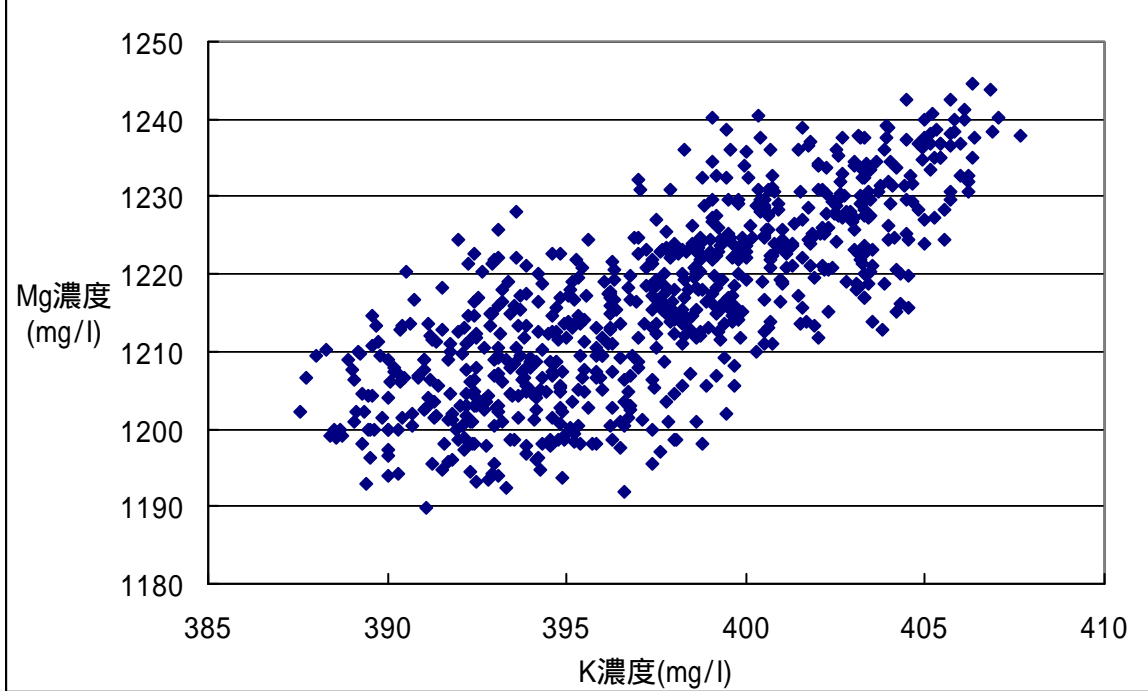


図3-5 カリウムイオンとカルシウムイオンの濃度相関図

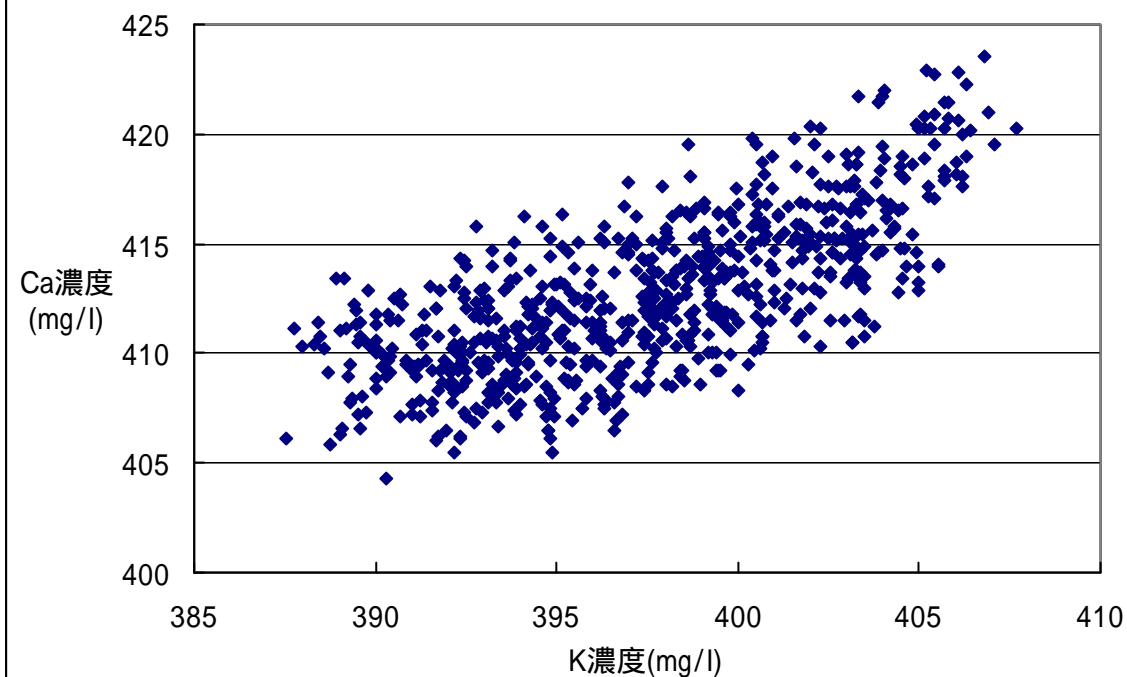
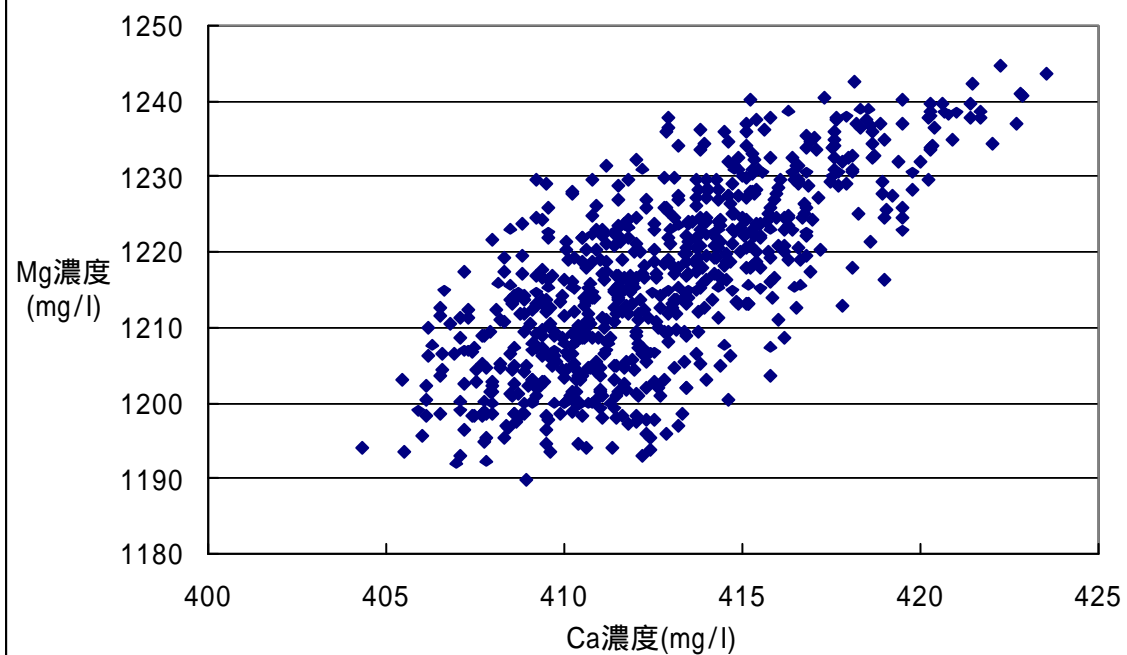


図3-6 カルシウムイオンとマグネシウムイオンの濃度相関図



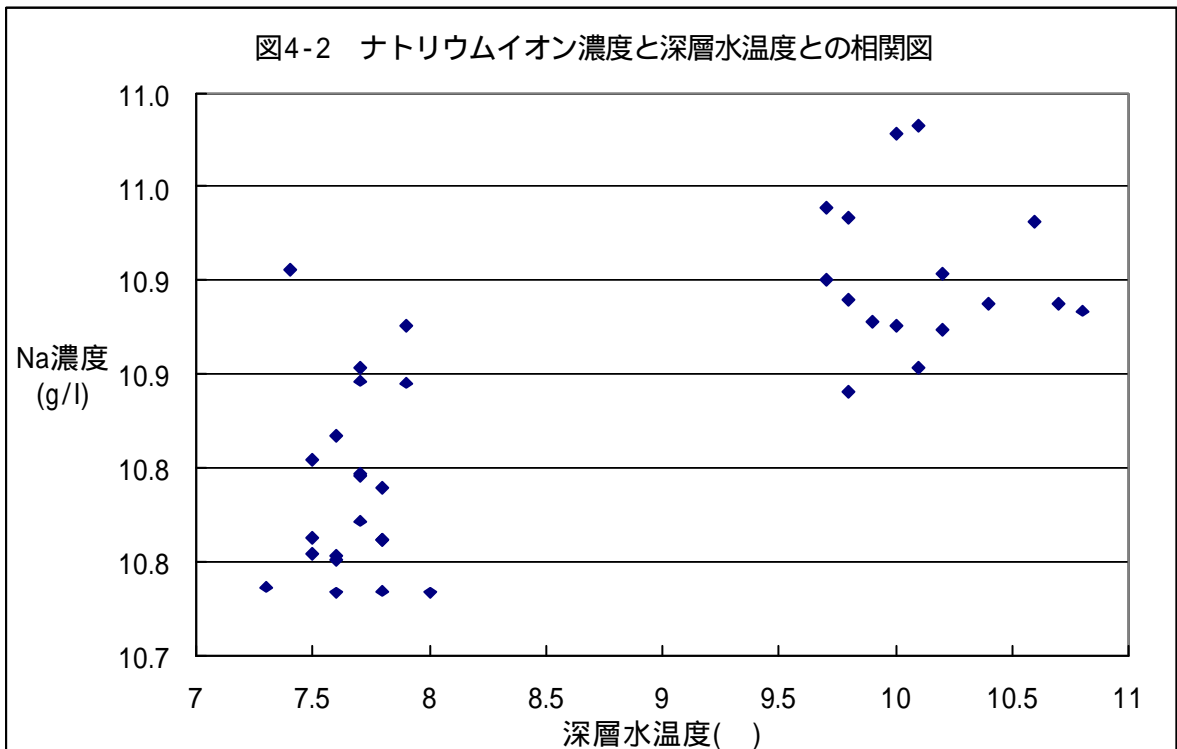
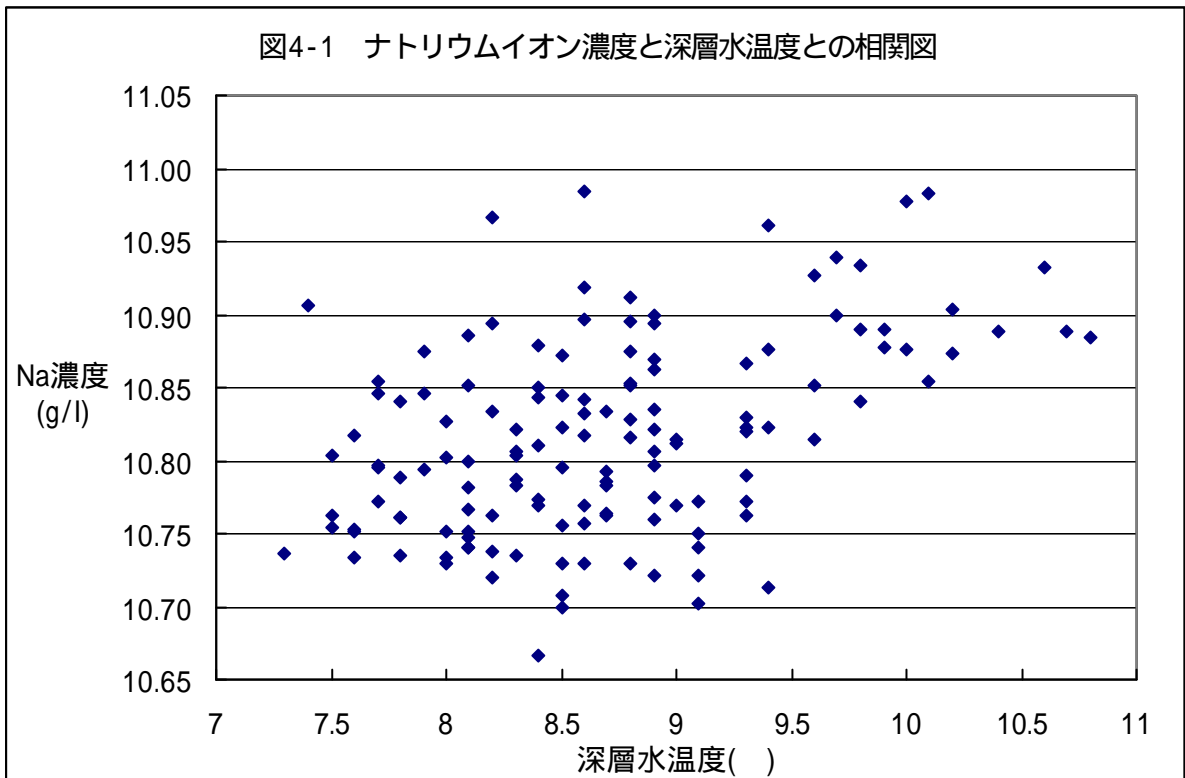
### 第3節 深層水温度とイオン濃度の関係

深層水の温度は、高知県海洋深層水研究所の取水口で測定された温度から、採水口(海面下 320m)における深層水の温度を計算して求めたデータを利用した。今回測定した期間内での深層水の温度は、7.7 度～11 度の変動が見受けられた。もともと深層水は、9.5 度で一定と言われているが、これだけの変動があることがわかり、これは深層水中のイオン濃度に関係しているのではないかと考え、深層水の温度とナトリウムイオン濃度との関係を調べた、結果を図 4-1 に示す。ここでは、もっと端的な結論を得るために、温度が高い部分(約 10 度以上)と低い部分(7 度以下)だけを抽出して得た、ナトリウムイオン濃度と温度との関係を、図 4-2 に示す。

図に示したように、温度が高い部分では濃度が高く、温度が低ければ濃度も低いということが判った。また、図 4-2 のデータをもとに、高い部分と低い部分での平均化をすると、10.1 度で 10.9g/l、7.7 度で 10.8g/l となり 2.4 度の温度差で、平均 0.1g/l の濃度差があることが判明した。

この結果より、深層水中のイオン濃度は、深層水の温度と関係していると結論できる。





## 第4章 総括

本研究では以下のような特性が把握できた

- (1) 今回測定した深層水中の主イオン濃度変動は、年間を通してそれぞれ3 ~ 4%の変動があることが判った。
- (2) 各種イオン濃度の相関が見られることより、測定したイオンの濃度は、ほぼ同じような傾向で変動している。
- (3) イオン濃度の変動は、深層水温度に関係して変動している。

## 参考文献

- ・よくわかる海洋深層水 高橋正征[監修] 吉田秀樹[著]  
2001年8月18日 株式会社コスモトゥーワン 発行
- ・海と地球環境 海洋学の最前線 日本海洋学会[編者]  
1995年4月10日 財団法人 東京大学出版会 発行
- ・「四国地域における深層水を利用した新規産業の創出に関する調査」報告書  
平成11年3月 (財)四国産業・技術振興センター 発行