

平成 13 年度卒業論文
取水管をソングとする採水口部の温度測定

高知工科大学
物質・環境システム工学科
1010092 三宅 英雄

平成 13 年 3 月 15 日

指導教員福富 兀教授

目次

1．緒言

2．実験

2 - 1 取水口での温度変化

2 - 2 解析方法

2 - 3 室戸海洋深層水研究所のデータ処理

3．結果

4．まとめ

5．考察

6．今後の課題

1. 緒言

一般的に海洋深層水は太陽光が届かない為、水温はほとんど変化することなく一定であるといわれている。実際、室戸沖の海洋深層水の温度は 1993 年までのデータから 9.5 で一定である、というのが定説になっている。しかし、その時使われたデータは高知県海洋深層水研究所の設置のため一時期測定したものであり、同じ地点を連続的に測定したものではなかった。また、1993 年以降長期的には測定されていない。そのため、同じ地点（室戸海洋深層水研究所）で連続して測定されたデータを使い、長期に亘る海洋深層水の温度推定を試みた。

室戸海洋深層水研究所の深層水の汲み上げは、図 1 のように沖合い約 2000m、深さ 320m の採水口から、鉄線で補強した硬質ポリエチレン管のパイプ 2 本を使い、1 本は連続的に、他の 1 本は作動、休止を繰り返し汲み上げている。

室戸海洋深層水研究所では、目的である採水口での温度は測定されていない。しかし表層水温度、取水口での海洋深層水温度などが 5 分ごとに測定されており、この二つのデータを用いて採水口部の海洋深層水温度を推定した。



図 1、高知県海洋深層水研究所の取水
(<http://www.kochi-kg.go.jp/~kochi-dw/>より)

2. 実験

2-1 取水口での温度変化

使用したデータは室戸海洋深層水研究所から提供されたものである。このデータは図2のようになり、取水口での海洋深層水温度、表層水温度などが5分ごとに測定されている。図の101が取水口での深層水温度、102が表層水温度を示している。

通番	年月日	時分秒	101	102
	31996年3月31日	18:40:00	14.6	18
6	1996/3/31	18:45:00	14.6	18
9	1996/3/31	18:50:00	14.6	18
12	1996/3/31	18:55:00	14.5	18
15	1996/3/31	19:00:00	14.5	18
18	1996/3/31	19:05:00	14.6	18
21	1996/3/31	19:10:00	14.6	17.9

図2、室戸海洋深層水研究所のデータ（一部）
（101は汲み取り点での海洋深層水温度、102は表層水温度）

また、汲み上げに用いられる取水管の1本は汲み上げ、休止を繰り返している。このため、汲み上げを休止した場合、管内の水は、管外の水に温められて温度が上昇する。連続汲み上げ時は、同じように海洋深層水が管外の海水に温められる。しかし、管内に深層水が滞留する時間は、汲み上げを休止した場合よりも短いため、管外の海水に温められる時間も短い。結果として図3のように、汲み上げを休止した場合の方が、連続汲み上げの場合より取水口部での温度は高くなる。

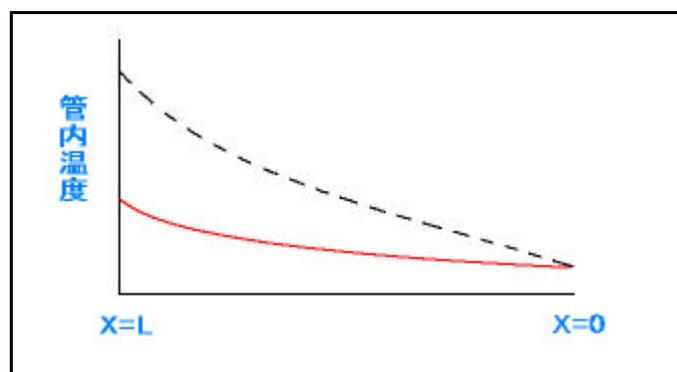


図3、管内の温度変化
（点線：汲み上げ休止あり、実線：連続汲み上げ、
X=L：採水口、X=0：取水口）

汲み上げ中断があった場合の取水口部での温度変化は図4のようになる。汲み上げを中断すると取水口部の温度が上昇し始める。再度汲み上げが行われると、温度が徐々に下がり元の汲み上げ温度まで戻る。この様子が図4のグラフによく表れている。

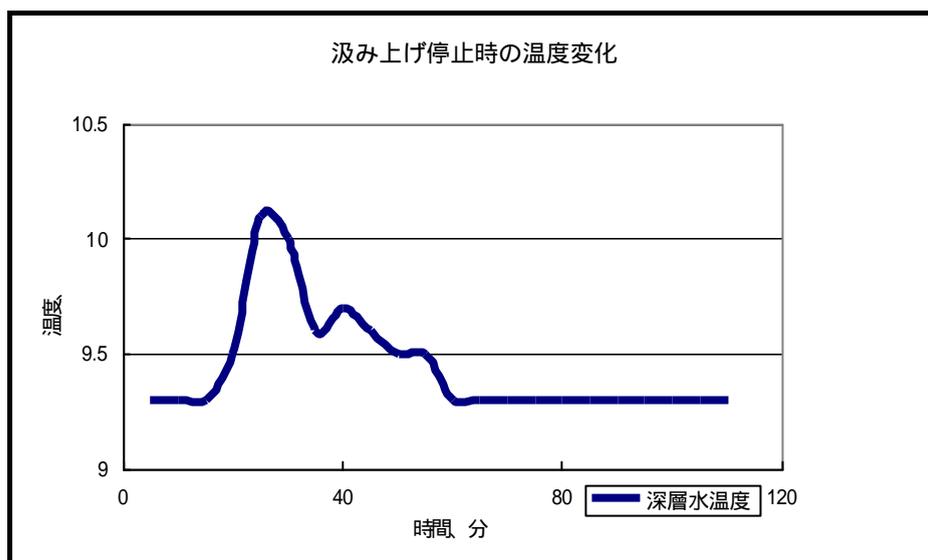


図4、汲み上げを中断した場合の取水口での温度変化（実測値）

汲み上げ中断、再汲み上げに伴うこの温度変化は、管内を深層水が通過する際、および静止滞留時の、管外水による加熱によるものである。取水口の温度は、各地点での管外および管内温度の差に依存することは確かであり、連続汲み上げと、汲み上げ中断のある場合の温度差から、各地点での温度差、ひいては加熱履歴が求まる筈である。である。

2 - 2 解析方法・デ - タ処理

ここで簡単な仮定を行った。管内温度： T 、管内温度： T とし、入ってくる熱量を dQ とする（図5）

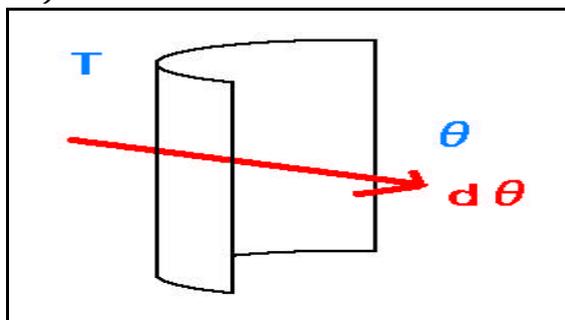


図5. 管外からの熱流入による温度上昇

T は短い時間範囲では変化しないと考えるとよい、極小時間 dt で管内に流入する熱量 dq は $(T - q)$ 、時間 dt に比例するので次のような式となる。

$$dq = k(T - q)dt$$

($K = kS/L$ 、 k (熱伝導率)、 S (管の断面積)、 s (管の厚さ))

熱容量が変わらないとすると、熱量を熱容量 C で除して、

$$dq = K(T - q)dt$$

$$(K = kC)$$

海洋深層水が採水口から汲み取り口まで上ってくる時間 ($t = L/v$, v : 流速) で積分すると、連続汲み上げ時の、海洋深層水の温度上昇が求められる。

汲み上げ途中で汲み上げを休止する場合と連続汲み上げの場合との温度上昇はそれぞれ (1)、(2) 式となる。また、この差は最終的に (3) 式となるが、式中の $K(q - q')$ の項は実験範囲では非常に小さい (管内温度上昇が、管内、外の温度差より非常に小さい) ので、無視できる。

$$q = \int_0^x k(T - q) dt + k\{T(x) - q(x)\} + \int_x^L k(T - q) dt \quad (1)$$

$$q = \int_0^L k(T - q') dt \quad (2)$$

$$dif(q) = \int_x^L k(q - q') + k\{T(x) - q(x)\}$$

$$\approx k\{T(x) - q(x)\} \quad (3)$$

熱移動量が管内外の温度差に比例すると仮定したが、これは急激な汲み上げ停止や対流による複雑な水の動きがあり、管断面方向に流れがあると考えたためである。実際の長時間汲み上げ中断時の温度変化データを図 6 にまとめた。実際の温度上昇は、拡散式を用いるよりも、ここで仮定した熱伝導式に良く合致する。 K の値は 9.8×10^{-3} (1/5 min) となり、以下、この定数を用いて解析を行った。

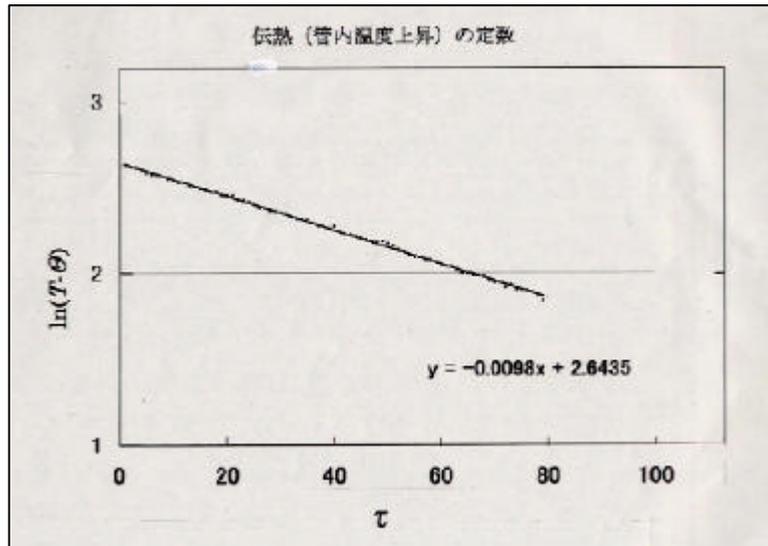


図 6. 長期間の取水停止に伴う取水口温度と表層水温度の差の変化

汲み上げ速度から計算すると、採水口に入った水は 30 ないし 50 分で取水口に到達する。この間、管内外の温度差が、管の全域に亘って 20 あったとしても 温度上昇は 16 に過ぎない。

以上、採水口から取水口に到る間での深層水の温度上昇は、式 (3) によって、つまり取水を一旦停止させ、再度開始した場合の温度変化を積分し、滞留時間を補正すれば求められることになる (図 7)。この値を連続汲み上げ時の温度 (L) から差し引けば採水口付近の水温が推定できる。

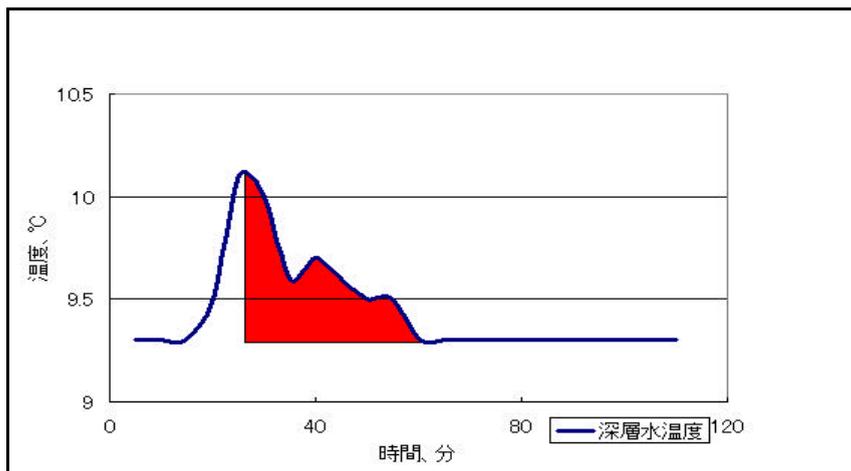


図 7. 管内温度上昇と採汲み上げに伴う温度変化の関係 (朱部分の積分値が温度上昇に比例)

3. 結果

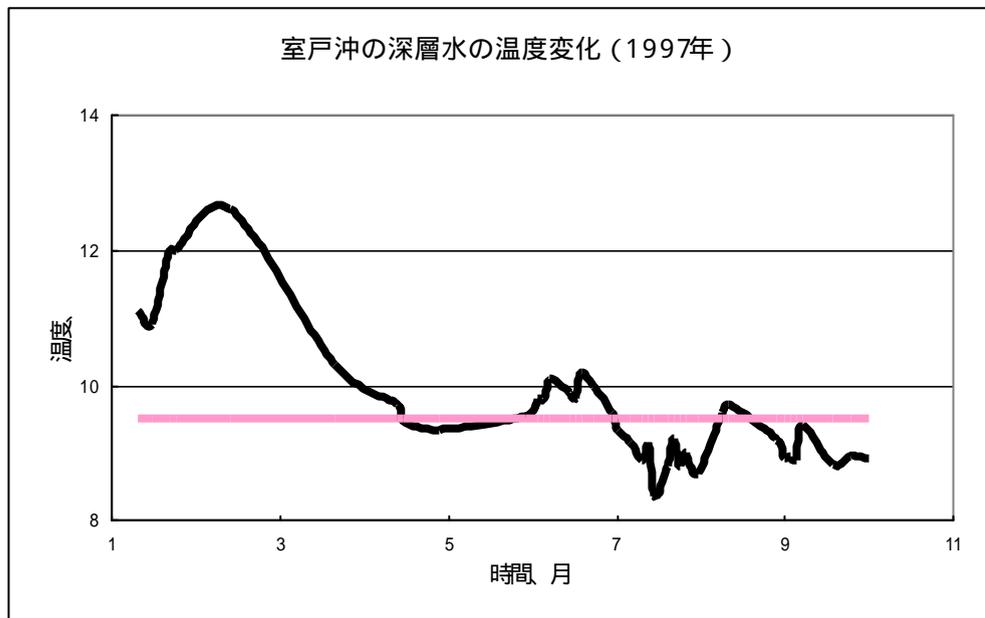
1997年の1月から10月までの深層水の温度を推定してをグラフにしたものが図8である。従来一定だと言われていた9.5 に 基準となる直線を引いた。このグラフから室戸海洋深層水の温度は約8 から13 の間で変動していることが分かった。

また、夏の温度より冬の温度の方が高かった。最も温度が高かったのは2月の12.6 であり 最も温度が低かったのは7月の8.35 であった。この温度変化は長時間連続汲み上げ時のデータにも表れている。

表層水温度は夏の方が高く、冬の方が低くなっておりその温度差は約10 程度である。

また1997年の1月から10月までの平均の深層水温は 9.718 であり、今まで定説となっていた9.5 に近いものであった。

図8、海洋深層水の温度変化



4. まとめ

以上の結果より

- ・ 室戸沖の海洋深層水は、約8 から13 の間で変動している
- ・ 夏の温度より冬の温度の方が高い

の2点が明らかになった。

5. 考察

海洋深層水の特長として定温性が上げられる。しかし、本研究の結果として室戸の海洋深層水と呼ばれているものは、季節により5 近く温度が変動している。この原因として、室戸海洋深層水には、由来の異なる深層水が少なくとも2 種存在するのではないかとされるが、推測の域をでない、