九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

水面下の微細温度場の計測

石井, 幸治
九州大学応用力学研究所 : 文部技官

https://doi.org/10.15017/4744009

出版情報：應用力學研究所所報. 78, pp.245-249, 1995-10. 九州大学応用力学研究所
バージョン：
権利関係：

KYUSHU UNIVERSITY

水面下の微細温度場の計測

石　井　幸　治*

Key words : Fine-structure temperature field, Gas-liquid interface

1．は　じ　め　に

近年，地球温暖化の問題が話題となっている．これは化石燃料を熱エネルギーとして利用するとき，大気中に放出される二酸化炭素が温室効果を持つため，地球全体の温暖化現象や相次ぐ異常気象などは二酸化炭素の濃度増加が原因であると考えられている．産業革命以前は，大気中に放出された二酸化炭素は植物の光合成によって再び固体になったり，海水中に取り込まれて珊瑚や貝類などの固体になったり，或いは再び大気に放出されたりして，全地球的にバランスしていたものと考えられる．しかし，近年の大気中の二酸化炭素濃度の上昇は，二酸化炭素濃度のバランスが崩れた結果ではないかと心配されはじめた．最近，二酸化炭素の全地球規模での収支の見積が行われているが，何か大きな吸収源を考えなければバランスがとれないのが現実である．これをミッシングシンクと呼ぶ．ミッシングシンクの有力な候補としては海洋が考えられるが，海洋中への溶解・拡散するメカニズムもよく解っていないのが現状である．

本研究は，大気と海洋間の交換過程の解明を目的としている．この中では特に，熱交換の影響を受けた海水中への輸送・拡散のメカニズムを明らかにすることが重要で，実験室における実験的研究が不可欠である．理想化された条件での流速や温度の計測を行う事で海洋の複雑なメカニズムを理解できるようになると思われる．

2．微細温度の測定

実験は大気と水の温度差がゼロから＋60℃くらいの範囲の水面下の温度計測を行い，±0.1℃の精度が要求される．また現象が決定的になるのは，水面下数ミリの所と思われるので，温度センサーは0.1 mm以下の大きさが望ましく，熱的応答が良い事が条件となる．

温度センサーの選定でいろいろ検討（白金測温体・熱電対・水晶温度計等）して，極細の熱電対を使用する事にした．また市販の温度計測器で，温度変化に敏感なものを見つけられなかったので，自作する事にした．

---

*文部技官　九州大学応用力学研究所（植田洋匡紹介）

3．測　定　回　路

熱電対専用ICとしてアナログ・デバイセズ社の基準接点補償機能付きモノリシック熱電対増幅器（AD 595 CQ）を使用する事にした．このICは基準接点補償，増幅，出力バッファの働きを単一のICで行っている．また，補償，零点，スケールファクタはすべてIC上でレーザ・ウエハ・トリミング(LWT)によってあらかじめ構成されている．従って，使用は簡単で，熱電対リードとDC電源および出力リードの接続だけで，10 mV/℃の温度に比例する出力が得られる．

基本接続（シングル電源動作）は図1のとおりである．

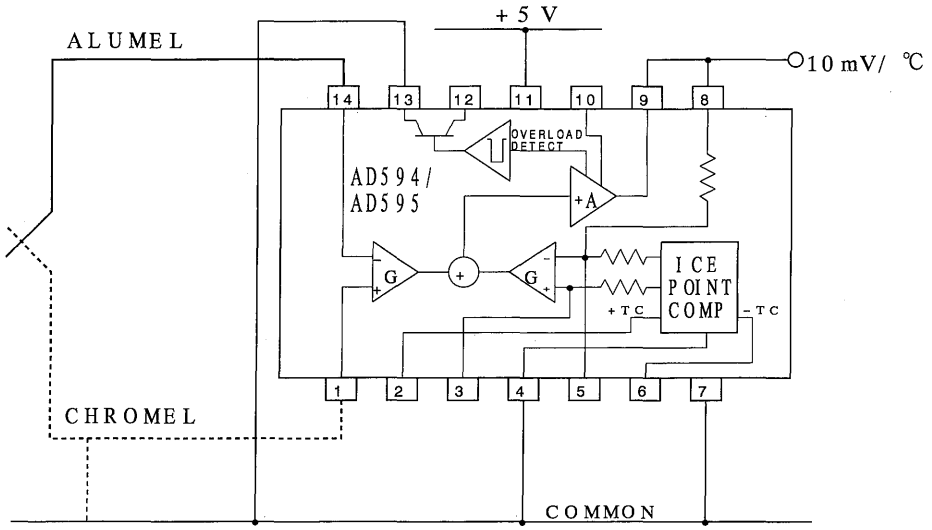

図1　　基本接続（シングル電源動作）

4．熱電対センサー部

熱電対の感熱部からICまでは，熱起電力40.44 μV/℃の微小信号だからノイズの影響を受け易く，できるだけ短くする必要がある．また熱電対を水面下で微動させて計測する強度も必要で，センサーとICをSUSパイプの中に一体化させる事にした．（図2参照）

また，熱電対として直径15 μmのクロメル・アルメル線（長さ10 mm）を用い，感熱部および補償導線との接続部はスポット溶接した．太めの補償導線を使いICに接続している．水中で使用する部分にはエナメルで絶縁塗装を施してある．

5．計　　測

計測は図3の様に水中にセンサー部を入れ，微動装置を使って垂直温度分布を求める．また温度変動成分については，変動感度を上げ（増幅して）A/Dコンバータを介してパソコンに取り込み統計処理を

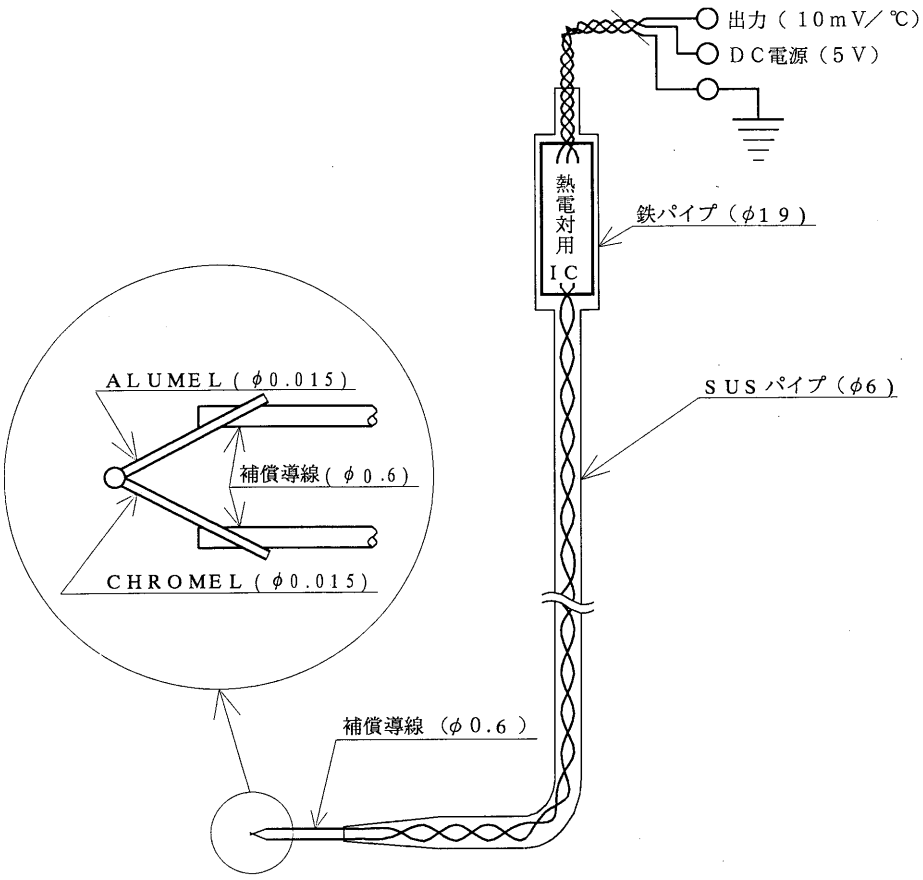

図2　熱電対センサー部

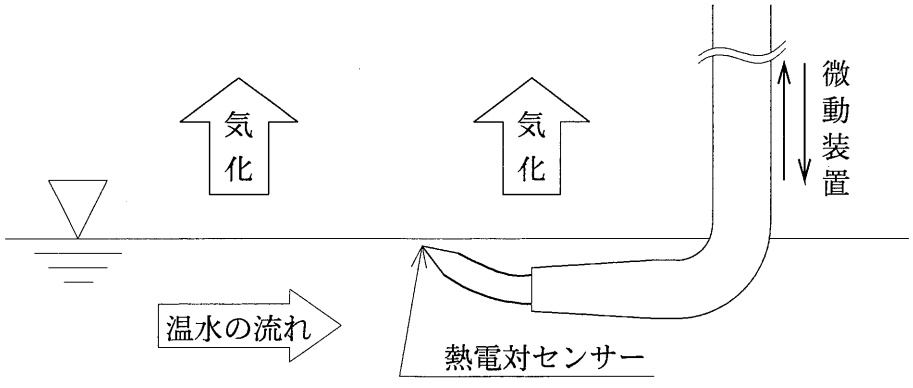

図3　計測の方法

行っている．計測の結果の一例を図4に示す．

変動温度成分は定常温度成分を差し引いて増幅（100倍程度）すれば精度を上げることが出来る．

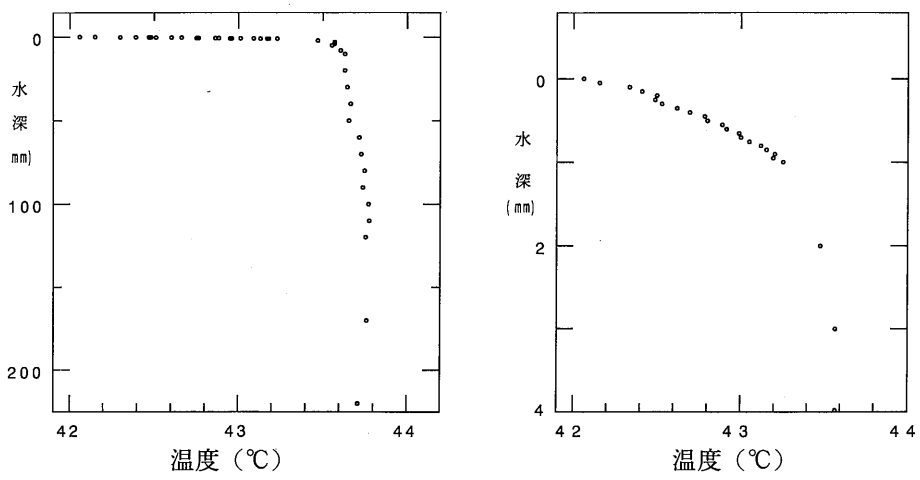

図4　計測結果の一例

6．お　わ　り　に

微細な温度の計測では専用熱電対ICの使用と極細の熱電対を使用することが有効である事がわかった．要点は熱電対および補償導線を出来る限り短くする事と絶縁塗装である．

余談になるが，修論実験を行っていた大学院生が，『市販のシース型熱電対の極細（0.35 mmφ）タイプが信頼性があると思い，水面下の温度計測をしていたのですが，測ってみると下流の温度モニターの方が0.2～0.3℃も高く出ています．下流の温度センサー（手作り）は正確でないのでは』と言ってきた．どのようにして計測しているのか見に行ってみると，センサーが悪いのではなく，シース熱電対の設置の方法が悪い（図5参照）ことがわかった．これでは，センサーの熱が大気中に発散し易くしている様なものである．水中温度を測るときは，感熱部パイプの直径の20倍以上を水中に入れないと正確な温度計測にならない．温度差が大きいときは，センサーからの伝熱による放熱が測定誤差となる．高温の電気炉で温度を測るときも同じ事が言えると思う．

熱応答の点から見るとシース型では速い応答に限界がある．特殊な状況下での実験では，納得のいくセンサーは結局手作りが一番ということになる．この場合，信頼のおける計測器で精密な校正をしておく事が肝要である．

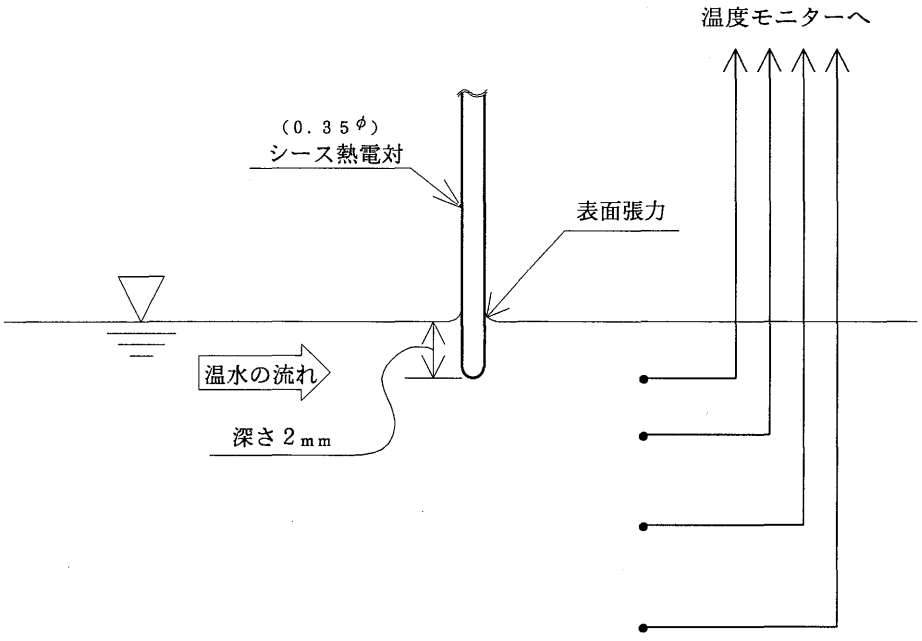

図5　適切でなかった温度の計測

7．謝　　辞

この報告書は，大海専攻大学院生の萩原克之君，森本孝和君が修論実験を行った時の技術と経験をまとめたものである．貴重なアドバイスを頂いた応用力学研究所の烏谷隆助手に感謝いたします．

またこの報告書を書くに当たり快く承諾して下さった植田洋匡教授，辰野正和助教授に感謝致します．