

JAERI-M

8 2 2 8

係留気球を利用した逆転層観測装置

1979年5月

林 隆・角田 道生

日本原子力研究所  
Japan Atomic Energy Research Institute

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問合せは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

係留気球を利用した逆転層観測装置

日本原子力研究所東海研究所環境安全研究部

林 隆・角田道生

(1979年4月9日受理)

沿岸立地の原子力プラントの環境評価にあたり、内部境界層の形成とそれに伴うフューミゲーションに関する情報が必要になることがある。海岸線－排気筒－敷地境界との関連でこの種の内部境界層が拡散に及ぼす影響を明らかにするためには、一点の塔のデータだけでは不充分である。これを補うものとして、定点でのカイツーン及び移動式の小型気球を組合せた逆転層観測システムを開発した。この方法では、少い人力で気温のかなり詳細な時空分布を測定することができる。システムの概要と、これを用いた野外観測例を述べる。

JAERI - M 8228

A Tethered Balloon System for Observation of  
Atmospheric Temperature Inversion

Takashi HAYASHI and Michio KAKUTA  
Division of Environmental Safety Research  
Tokai Research Establishment, JAERI

(Received April 9 , 1979)

In environmental assessment of near-shore nuclear plants, information is often required on the development of internal boundary layer(IBL) and associated fumigation condition.

Single tower data is not sufficient to clarify the site-dependent IBL structure that affects the atmospheric diffusion in shoreline-stack-site boundary complex. A tethered balloon system has been developed, which comprises a fixed point kitoon and a car-borne small balloon. The system enables us to measure the detailed time-space distribution of temperature without much man-power. The system and example of field observations with it are described.

**Keywords:** Inversion, Fumigation, Tethered Balloon, Atmospheric Diffusion, Meteorological Observation, Temperature Distribution, Internal Boundary Layer

## 目 次

1. 原子力施設敷地における逆転層の観測	1
2. カイツーンを用いた有線式気温傾度測定装置（多点カイツーン）	4
3. 移動式気温傾度測定装置（係留ゾンデ）	10
4. 野外観測例	14
文献	19

CONTENTS

1. Observation Program for Inversion Layer at Nuclear Plant Site .....	1
2. A Kitoon System for Simultaneous Measurements of Multi-height Temperature .....	4
3. A Portable Observation System for Temperature Profile Using Small Balloon .....	10
4. Examples of Field Observation .....	14
References .....	19

## 表 目 次

Table 1	上層気象観測手段の比較	20
Table 2	クロスロープの規格表	21
Table 3	風速に対する所要の係留索巻きとり力と気球容積の関係	22
Table 4	ゾンデの発信周波数の変動	23
Table 5	野外観測データ	24

## 図 目 役

Fig.1	カイツーンによる夜間気温変動の観測例 (1975年10月17日, 東海研露場)	32
Fig.2	サーミスタ温度検出器	33
Fig.3	サーミスタの温度特性	34
Fig.4	マイクロモータの動特性	35
Fig.5	抵抗温度変換器回路図	34
Figs.6,7	気球昇降機	36~37
Fig.8	モータの制御回路図	38
Fig.9	変位計の回路図	39
Fig.10	No 1007Aの回路図	40
Fig.11	回転角度検出器	41
Fig.12	回転角度出力電圧特性	41
Fig.13	差動変圧器	42
Fig.14	ゾンデ回路図	42
Fig.15	ゾンデの温度特性	43
Fig.16	ゾンデの発信特性	43
Fig.17	ゾンデ用サーミスタの温度特性	43
Fig.18	送信機回路図	44
Fig.19	受信機回路図	45
Fig.20	観測点の配置	46
Fig.21	多点カイツーンと係留ゾンデによる野外気温測定値の比較	47
Fig.22	気温プロファイル(1978年7月31日午後)	48
Fig.23	" (1978年8月5日)	49
Fig.24	" (1978年8月6日朝)	50
Fig.25	" (1978年8月6日午前)	51
Fig.26	" (1978年8月6日正午前後)	52
Fig.27	" (1978年8月6日午後)	53

Fig.28	気温プロファイル (1978年8月7日正午前後) .....	54
Fig.29	" (1978年8月7日午後) .....	55
Fig.30	" (1978年8月8日午前) .....	56
Fig.31	" (1978年8月8日正午前後) .....	57
Fig.32	" (1978年8月9日正午前後) .....	58
Fig.33	" (1978年8月9日午後) .....	59
Fig.34	" (1978年8月10日) .....	60

## 写 真 目 次

Photo.1	気球昇降機 .....	61
Photo.2	KY型特殊係留気球 (カイツーン) の浮揚 .....	61
Photo.3	係留ゾンデによる観測 .....	62
Photo.4	小型球形係留気球の輸送 .....	62

## Table Contents

Table 1	Merits and demerits of various methods for lower atmosphere observation. ....	20
Table 2	Standards for cross ropes. ....	21
Table 3	Relation between wind speed, balloon volume and required winch capacity. ....	22
Table 4	Variation of transmission frequency. ....	23
Table 5	Data of field observation, July 31 - Aug.10, 1978. ....	24

## Figure Contents

Fig. 1	An example of nighttime temperature fluctuation measured by kitoon. ....	32
Fig. 2	Detector of thermister thermometer. ....	33
Fig. 3	Temperature characteristics of thermister thermometer. ....	34
Fig. 4	Dynamic characteristics of micromotor. ....	35
Fig. 5	Circuit diagram of resistance-temperature convertor. ....	34
Figs.6,7	Winch for kitoon. ....	36~37
Fig. 8	Control circuit for motor. ....	38
Fig. 9	Schematic of the displacement meter amplifier. ....	39
Fig.10	Wiring network of No.1007A. ....	40
Fig.11	Detector of rotation angle. ....	41
Fig.12	Relationship between output voltage and rotational angle. ....	41
Fig.13	Differential transformer. ....	42
Fig.14	Wiring network of Sonde. ....	42
Fig.15	Temperature characteristics of Sonde. ....	43
Fig.16	Transmission characteristics of Sonde. ....	43
Fig.17	Temperature characteristics of thermister in Sonde. ....	43
Fig.18	Wiring network of Sonde transmitter. ....	44
Fig.19	Wiring network of Sonde receiver. ....	45
Fig.20	Arrangement of observation points. ....	46
Fig.21	Comparison of air temperature measured with multi-height Kitoon and with tethered Sonde. ....	47
Fig.22	Temperature profile (am, July 31, 1978). ....	48
Fig.23	Temperature profile (Aug.5, 1978). ....	49

Fig.24	Temperature profile (am, Aug.6, 1978). . . . .	50
Fig.25	Temperature profile (am, Aug.6, 1978). . . . .	51
Fig.26	Temperature profile (noon, Aug.6, 1978). . . . .	52
Fig.27	Temperature profile (pm, Aug.6, 1978). . . . .	53
Fig.28	Temperature profile (noon, Aug.7, 1978). . . . .	54
Fig.29	Temperature profile (pm, Aug.7, 1978). . . . .	55
Fig.30	Temperature profile (am, Aug.8, 1978). . . . .	56
Fig.31	Temperature profile (noon, Aug.8, 1978). . . . .	57
Fig.32	Temperature profile (noon, Aug.9, 1978). . . . .	58

## Photograph Contents

Photo.1	Kitoon controller. . . . .	61
Photo.2	KY type special tethered balloon (kitoon). . . . .	61
Photo.3	Observation using tethered Sonde. . . . .	62
Photo.4	Travelling of tethered Sonde. . . . .	62

## 1. 原子力施設敷地における逆転層の観測

### 1.1 気象指針が求めている上層気象観測

「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」<sup>1)</sup>では、設置許可申請前に必要な気象観測を通常観測と特別観測に区分し、それぞれの観測項目、観測方法を示している。この特別観測について同指針の「解説」<sup>2)</sup>には、「敷地及びその周辺の地域的気象特性を把握するため、通常観測の実施地点以外の地点で必要に応じて地上風を観測し、また、排気筒上空の気象状態の把握のために、適切な時期に上層風及び気温差を観測すること」と述べられている。

敷地近辺の代表的な地点で塔などを用い気象要素の連続観測を行う通常観測のほか、このような特別観測が要請される理由は、地形の特殊性による特殊な流跡線の有無の確認など、移流・拡散場の水平方向の非一様性検討のほか、大気拡散に影響する気象要素鉛直分布の地域特性検討のためと思われる。同解説で「特定の期間、気温差を観測し、気温逆転の高度別出現頻度、気温差の高度別出現頻度、気温逆転の継続時間等を把握することが望ましい」とされているのはこの趣旨からであろう。

原子炉施設の安全解析に関連して必要とされる上層気象データーは地上10.00m以下、多くの場合排気筒の高さの2倍程度の範囲ではほぼ足りると思われる。このような大気境界層の比較的低層を対象とした気象観測は、環境問題の重視にともないさまざまな目的で各地で活発に行われるようになり、観測手段の開発も近年著しい。上層大気の観測のためには、測定器を上方にもち上げてデーター入手する方法と、地上に設置した装置によるリモートセンシング法がある。現在利用できるこれら諸観測方法の概要と、それぞれの特長については、最近、林(1978)による判り易い紹介<sup>3)</sup>がある。

前記リモートセンシング法としては、電波、音波、赤外放射などを利用するいろいろな装置が開発されつつあり、将来の上層観測手段の主流になるものと考えられるが、その実用化と普及にはなお時日を要するであろう。これ以外の観測諸手段の得失を大まかに要約すると、第1表のようになる。表のほかに帆やラジコン模型飛行機利用の報告<sup>4), 5)</sup>もあるが実用性に問題があるのでここではふれない。わが国の原子炉安全解析のための気象観測では、排気筒とほぼ同じ高さの塔により通常観測を行い、これを補う特別観測として係留気球と低層ゾンデを併用して気温傾度を、またパイロットバルーンにより上層風を測定する例が多いが、費用-効果関係で妥当な選択であると考えられる。

### 1.2 問題となる上部逆転

そこで係留気球による観測であるが、観測の主目的がフューミゲーションに対応する上部逆転層におかれることが多い。この種の上部逆転の典型は夜間に発達する接地逆転が日出とともに下部から解消する過程でおこるものである。しかしこの場合、接地面で減層の成長はきわめて早く、排気筒高さとの関係でフューシゲーションに対応する大気状態の継続時間は通常1時間以内であ

ろう。またこの現象の地域差は比較的小さく、特別観測においてもこれまでに得られている知識を現地で容易に確認できる場合が多いと思われる。このほか沈降性の逆転や、前線性の逆転については、一般に逆転層下面高度が排気筒よりかなり高い場合が多く、頻度、継続時間を考えても重要度は比較的小さい。敷地の局地性として主要な調査対象とすべき上部逆転層は、沿岸地域に日中に生成する可能性のある内部境界層にともなうものであると考えられる。

熱的内部境界層（Thermal Internal Boundary Layer: TIBL）内の拡散あるいは海風フューミゲーションと呼ばれる水域隣接地域特有のこの現象は、Lyon ら（1973）のミシガン湖畔の大気汚染の報告<sup>6)</sup>などを契機にわが国でも次第に注目されるようになった。この場合、境界層の形成とその構造さらに排気筒放出物の濃度分布に影響する諸因子、たとえば海岸線の形状、海水温分布、海岸線－排気筒－敷地境界の幾何学的配置などは、敷地ごとに著しい局地性を持つと考えられるし、上部逆転の継続時間も、接地逆転解消時に比べるとはるかに長い場合もあり得る。

### 1.3 係留気球による多点連続観測

われわれは、海風域内に形成されるこの種の内部境界層を考慮した被曝評価法開発を目的として、大洗地区において野外観測を計画した。この観測では、海岸から内陸に進むのにともなう境界層の成長をとらえる必要があったので、複数地点の気温鉛を分布を同時測定して比較することが望まれた。このために塔と係留気球を併用することとしたが、現行の係留気球観測方式を改良する必要を感じた。

現在、原子力発電所敷地の特別観測に用いられている方式は、1台の測定器（通常は風向・風速・気温の三要素）を気球で上げ下げし、必要とする高さで順次5分程度の測定を行ないこの信号を地上に無線で伝送する。昇降にも多少の時間を要するので、各高度の測定時刻のずれがさけられず、厳密な意味での平均プロフィルは測定できない。昇降の往復で得られた測定値を平均したり、高度・時間断面図による内挿値を用いるなどして、代表的なプロフィルを得る工夫がなされるが50m毎に地上300mまでの往復観測をするのに1時間以上を要することになる。Fig. 1は、接地逆転層の各高度の気温の連続測定の1例であるが、逆転の強さのこのような短周期の時間変動は昇降中測定の方式ではとらえられない。

この意味で塔と同様に、複数高度の同時連続測定する方法の利点は明らかであるが、複数測器と複数発信器を限られた気球の浮（揚）力で保持することに難点がある。重量を軽減するために、測定点（高度）を少くするとデーターの空間連續性が得られなくなる。

われわれは、地上300m程度までの気温分布を精密にとることに目的をしばり、測器の軽量化と信号の有線伝送方式による複数高度の気温の同時観測装置を目指した。係留気球観測の歴史をみると、気球で吊上げられたセンサーから地上への信号伝達は有線方式でスタートし、今日の無線方式に改良された。当初の信号線には、係留索を補強するために中心に入れたピアノ線が利用されていた。限られた浮（揚）力の有効利用のための係留索の軽量化、空電による雑音、落雷の危険、ピアノ線の劣化・キンクなどによる係留索切断の危険などの欠点があり、現在の無線電送方式が定着するにいたったものである。しかし、これらの欠点は軽量多芯シールド線の選択により解決可能であろうと考えられた。

以上のような考えにもとづいて、何回かの改良、野外テストを経て、第2章に記すような実用野外観測装置を作った。原子力発電所の気象特別観測に現在用いられている係留気球は、容積60m<sup>3</sup>、センサー・発信器の重量は3.2kg (CBS-T-11型の場合) という例が多いようであるが、われわれの試作した装置では、気温だけを対象とし、通風サーミスター気温計1台0.4kgを5高度に保持し、容積25m<sup>3</sup>の気球を地上200~300mに浮揚させたまま連続測定させている。参考までに記すと、記録計を含め装置の製作に要した費用はおよそ200万円(1975年)であった。なお本報告では、今後昇降機を製作する参考となるように用いた部品のメーカー名等も具体的に記した。

#### 1.4 小型気球による移動観測

大洗地区における海風内部境界層の観測では、海岸線から内陸距<sup>2</sup>0.6kmにある気象観測塔(地上90m高)と、内陸距離2.5km地点における係留気球(地上200m)を用い両地点の気温鉛直分布の測定、比較に重点が置かれたが、内部境界層の構造解明のためにデータの追加の必要が感ぜられた。海風の上陸前の気温傾度や、係留気球地点よりさらに内陸に移ったときの境界層の成長などを調べるために、簡単に移動できる係留ゾンデによる観測装置の試作を検討した。この場合、気球にガスをつめたまま、昇降機や記録計など一式を一台の小型トラックで手軽に運搬し、任意の地点で短時間に気温分布を測定できることを条件として方式を考えた。まず運搬可能なため気球の大きさが直径3m以内と制約されるので、有効浮力(球形気球とし、揚力を考えない場合)約6kg以内に測器、係留索をおさえねばならない。観測地点を迅速に移しながら気温傾度を観測するのが目的であるので、前述の定点連観測方式でなく、昇降させながら1台のセンサーで測定する方式の方がこの場合望ましい。このような観点で、10m<sup>3</sup>の球型気球を用いる観測装置を試作し、地上500m程度の観測が可能であることを確かめた。第3章にこの装置を紹介する。なお製作に要した費用は、記録装置を除き約50万円であった。

以上の2種類の係留気球を用いて行った逆転層の観測例を第4章に付した。これらは、他の係留気球と同じく、風速10m/s以上になると係留索切断の危険があり使用できないという弱点はそのまま残されている。多点観測用気球は、天候の急変がない限り6高度の気温が連続記録されるので、通風ファンの電源に用いる乾電池(寿命30時間)交換のための昇降時以外は全く人手を要さない。ただ、係留索の傾斜、たわみによる観測高度の変化を自動記録させる試みがまだ成功していないので、正確なデータを得るためには、仰角測定などによる高度決定の人手を要する。移動式の係留気球システムは、測定そのものは2名で可能であるが、道路事情により気球運搬には隨行車が必要となる。

## 2. カイツーンを用いた有線式気温傾度測定装置（多点カイツーン）

本装置は、200m程度の高さに浮揚されたカイツーンの係留索の途中に5台のサーミスタ温度検出器を吊るし、その信号をケーブルで地上の記録計に伝え、地上温度とあわせて6点の温度を連続測定記録するものである。構成は次の通りである。

- (1) サーミスタ温度検出器
- (2) 抵抗温度変換器
- (3) 信号用ケーブル及び係留索
- (4) 係留気球（カイツーン）
- (5) 記録計
- (6) 気球昇降機

### 2.1 サーミスタ温度検出器

この検出器は市販の小型卓上掃除器を通風筒として利用し、サーミスタ、通風のための耐久性マイクロモータ、サーミスタを太陽光から遮蔽するための硬質塩化ビニルの2重筒を付けたものである。断面図をFig.2に示した。感温部であるサーミスタはガラスに封入されたもので、時定数は数秒である。温度に対する抵抗変化をFig.3に示した。モータはキャノン精器株式会社製品LB25-K1を用いた。モータの特性をFig.4に示す。仕様は次の通りである。

代表電圧	4.5 V
無負荷回転	4850 rpm
起動トルク	103 g·cm
モータ定数	8.8 g·cm/A
ロータ抵抗	3.61 Ω
慣性モーメント	4.99 g·cm
電圧速度差	1100 rpm/V
無負荷電流	2.25 mA

モータの定格電圧は4.5Vであるが、電池の寿命を長くしたいために3Vで運転している。単2のアルカリ乾電池を用いた場合、充分な通風効果の下に連続30時間使用できる。モータの耐用時間は普通の使用条件で500時間位と思われる。検出器全体の重量は乾電池2個を含めて0.4kgである。通風速度はおよそ3m/sである。通風効果は本体が塩化ビニルで作られているためか、ステンレスの通風アスマンよりも良好である。通風アスマンの場合、日射の影響が10近いことがあった。この検出器では殆んど問題にならなかった。また軽量化の日射を遮蔽して自然通風を考えテストしたが、充分な精度は得られなかった。

## 2.2 抵抗温度変換器

本器はブリッジ回路の一辺をサーミスタとして、サーミスタの温度による抵抗変化を電圧変化に変換するものである。回路図をFig.5に示す。ブリッジ回路の可変抵抗はベックマンの巻線型ヘリカローム、 $1\text{ k}\Omega$ である。この温度係数は20 PPMである。固定抵抗は多摩電気工業株式会社製品のモールド型超精密金属皮膜抵抗器である。温度係数は5 PPMである。ブリッジ回路に印加される電圧は松下電器産業製のハイブリッドIC、EHD-R3153Rにより安定化され、さらに津村電子製の温度補償型定電圧ダイオード1N940により安定化されている。1N940の温度係数は温度範囲0～75°Cで2 PPMである。温度の測定範囲は8レンヂとも10°Cで、全体で-10～40°Cである。

## 2.3 信号用ケーブル及び係留索

ケーブルは0.07 mmの8本撚線を10芯としたものをそれぞれテフロンで被覆し、錫メッキ銅線で一括シールドしたものである。外径は5 mm、重さは40 g/m、製作所は神戸特殊電線株式会社である。

係留索は気球を係留し、さらにケーブルと温度検出器を途中に吊るすためのものである。軽くて強度のあるロープが望まれる訳である。現在ポリエステルロープ、ナイロンロープが比較的軽くて強度がある。参考のためにTable 2にロープの規格<sup>10)</sup>を示した。係留に用いたのは葦森工業製のポリエステルハエナワロープ、4 mmである。ロープの重さは1.2 kg/100m、破断抗力は200 kgである。

## 2.4 係留気球（カイツーン）

係留気球は気球製作所のKY型特殊係留気球である。仕様を次に示す。

生地材質	本体	ビニール、ダブルリング、0.13mm厚
	尾翼	木綿プロード
本体寸法	容積	25 m <sup>3</sup>
	表面積	50 m <sup>2</sup>
	高さ	2.86 m
	長さ	6.2 m
	断面積	6.5 m <sup>2</sup>
尾翼材質	支柱	グラスファイバー
	座板	ジュラルミン、径220 mm
尾翼寸法	高さ	3.42 m
	巾	3.42 m
	長さ	2.13 m
	面積	9.2 m <sup>2</sup>

重 量 総重量 13 kg  
 性 能 総浮力 (He) 26 kg  
         純浮力 (〃) 13 kg  
 その 他 本体を黄色、尾翼を赤色、糸目 4 カ所

## 2.5 記 録 計

記録計は横河電機の自動レンジ選択切換記録計 E R 型 4037-61 である。仕様は次の通りである。

重 量	17
電 源	100または110VAC±10%, 50±2Hz
消 費 電 力	12VA
記 録 点 数	12打点 (1~6ch: 温度, 9ch: 張力, 10ch: 角度, 11ch: 変動張力)
打 点 間 隔	6秒
目 盛	入力電圧に対して直線校正, 目盛長 180mm
平 衡 時 間	3秒以下
記録紙繰出し速さ	25, 50, 100 mm/h (三段切換)
感 度	目盛の長さの 0.1 %以下
許 容 差	目盛の長さの ± 0.5 %
測 定 範 囲	No.1 ~ 6 は ± 5 mV, No.7 ~ 12 は 0 ~ 10 mV
入インピーダンス	1 MΩ

## 2.6 気球昇降機

気球の昇降は浮力と風による揚力のために人力によるのは困難である。普通は動力を備えた気球昇降機が用いられる。そこで次の点に留意して気球昇降機を製作した。

- I 運搬しやすいこと
- II 係留索をいためないで円滑に昇降できること。
- III かなりの強風に耐えて巻取り可能なこと。
- IV 操作が容易で小数の人員で操作できること。
- V 浮揚させたままの連続測定であるので、風の変化による気球高度変化を連続的に自動測定可能なこと。

Fig. 6, 7 および Photo. 1 に昇降機を示した。架台の上にターンテーブルを置き、その上に鉄製の箱を付け、この中に電動機、巻取ドラム（ロープ、信号用）、バッテリを納めた。ターンテーブルはスラスト軸受で固定されている。鉄製の箱の横にアームを付けた。アームの中央にロープ 4 つを組み合わせたロープガイドを付けている。ロープはこのガイドから繰り出される。アームの先端にはロープの天頂角を測定する回転回度計、張力を測定する変位計、張力の変動を測定するロードワッシャを取り付けてある。測定時にロープはこの先端（係留索取付具）に固定される。

る。また、炎天化でも連続観測が可能なように電動機を納めた箱の上に、日射による温度上昇を防ぐために内壁に断熱材を張り、底に換気ファンを付けたステンレス製の箱を備えた。この中に、記録計、温度電圧変換器、張力計、変位計、回転角度計の本体を納めた。換気ファンはコンデンサ型、電圧 AC 100 V、消費電力 6 W のプロペラ型である。昇降機の電源は蓄電池 100 AH, 12×2 と商用電源どちらでも使用できる。以下に主要部について示す。

### ① 電動機（直流複巻ギヤードモータ、電磁ブレーキ付）

定格出力	400W
定格電圧	直流24 V
定格電流	回転子：22 A、固定子：1.2 A
定格時間	30分、温度上昇30°C以下
回転数	100 rpm (減速後)
減速機効率	69%
トルク	2.9 kg·m (減速後)
減速機許容トルク	10 kg·m
全重量	26 kg
製作所	花塚電気株式会社

電動機の制御回路図を Fig.8 に示した。電動機の動力はチェーンを介して巻取ドラムに伝達される。この時の歯車比は 5 であるから、伝達効率を考えた最終的なトルクは 10 kg·m 位である。またドラムに巻かれるロープの平均半径は 15 cm 程なので、巻取可能な最大荷重は 67 kg 位である。<sup>7)</sup> したがって 25 m<sup>3</sup> のカイツーンの場合巻取可能な最大風速は Table 3 から 12 m/s となる。

電動機の電力消費は、気球の飛揚時で殆んど零、巻取時に 10 A H、観測時に一昼夜 60 A H 位であるから、100 A H の蓄電池で一昼夜は充分足りる。商用電源を使用する場合、電機子側と励磁側に別々の電源で供給した。電機子側の電圧は定格 3 KVA のスライダックで調整できるようにした。整流回路には最大電流 50 A のシリコン整流素子を用いた。したがってスライダックを調整することによって、回転速度を円滑に変化できる。

### ② 回転角度計

本器は差動変圧器コアに与えられた係留索取付具の回転角度変化を電気信号に変換し、外部計測器で測定するものである。本器は差動変圧器励磁用 400 Hz 発信器と、差動変圧器の 2 次出力を増幅する交流増幅器と、最終出力を直流に変換する為の直流変換回路および平滑回路等で構成されている。Fig.9~10 に回路図、Fig.11 に検出器を示した。Fig.12 には角度と出力電圧の関係を示した。角度の測定範囲は ±70° である。

以下に取り扱い方法を示す。先ず電源、検出器用 4 芯コードを本体に接続する。次に電源スイッチを投入する。この時検出器を接続しない状態であっても差支えない。次に、零位の微調整を「ZERO」ダイヤルで行う。この時零位に調整できなければ検出器の機械的角度を調整する必要がある。出力はフルスケール ±1 V、1 kΩ 負荷となっている。「SPAN」は角度の変位に対して出力があつてない場合操作する。調整範囲はフルスケールの ±10% である。

### ③ 変位計

本器は、スプリングによって固定された係留索取付具の変位を測定するものである。この変

位置から係留索に加わる張力を測定する。変位の測定法及び測定器本体は、角度計のものと同じである。変位を検出する差動変圧器を Fig.13 に示した。測定範囲は変位量で、0 ~ 10, 0 ~ 5, 0 ~ 2.5, 0 ~ 1 mm の 4 段レンジである。使用しているスプリングのバネ定数が 2.9 kg/mm なので、29 kg の荷重まで測定できる。出力電圧は 0 ~ 1 V と 0 ~ 10 mV である。電源は AC 100 V である。スプリングは大喜多金型部品 KK のダンレイ重荷重用の相手穴径 16 mm, 自由長 64 mm, カタログ No. 9 - 1010 - 26 を使用した。

#### ④ 変動張力計

気球が浮揚され観測体制に入ると、風の変動があっても張力の変化は張力に対して小さいと考えられる。したがって張力の変動分を取り出すことを考えた。本器は圧電現象を利用して、微少の張力変動を測定するものである。本器は検出器であるロードワイヤと電荷増幅器よりもっている。測定範囲は 0 ~ 1500 kg まで可能である。感度を上げると微小荷重も測定できる。検出器、増幅器とともにスイスの KISTLER で製作されたものである。

#### ⑤ その他

今後昇降機を製作する場合次の点に留意したい。まず基本設計は強風に対して係留索をいためないよう円滑に巻込むことである。そのためには電動機の出力は最低 750 W を必要とする。また、昇降機全体が風に追従して回転できる必要がある。風が強くなると（風速 15 m/s 以上）、気球は地面をはうように降下してくるから、巻取ドラム手前の係留索は殆んど水平になる。この時係留索を損傷しないようにしなければならない。またスラスト軸受を重心より上にし、さらにできるだけ重心を低くして安定化を図るべきである。

昇降機の運搬は簡単にできるように、分解できる構造としたのであるが、意外に重いのが難点であった。全重量 200 kg 位である。屋外で移動しながら観測するにはやはり昇降機をトレーラ等に据え付けた方が便利であろう。

この昇降機の巻取ドラムは 2 つある。係留索用と信号ケーブル用である。係留索の巻取ドラムは電動機で回転されるが、ケーブル用ドラムは手動のため、巻取りに人手を要した。これを改善するためにケーブル用ドラムも電動とし、制御はフットスイッチで行えるようにすべきであった。

ケーブルおよび温度検出器の係留索への取付けには、ジュラルミン製のカナビラを用いた。ポリエチルロープは張力が加わると 10 ~ 20 % 位は伸びるので、ロープへのケーブル取付にはこの余裕をもたせておかなければならない。

今までの有線方式で難点と考えられていた雑音の問題は、一括シールド線の使用により解決された。シールド線を用いなかった予備実験では、特に晴天の日に静電気のため測定値が全くおかしかったが、シールド線を用いた場合適当な値が得られたのである。

この昇降機を用いて、気球を浮揚する所用時間は、人員 3 人で、気球にガスを充填することから始めて 2 時間、地上に気球が係留されている状態から始めて 1 時間位である。降下しネットで係留するにも 1 時間位かかる。

航空法上係留索には 50 m 間隔に、60 cm × 60 cm の赤色標識旗を付けなければならない。この旗は海陸風の交替など風向、風速の参考データとして予想外に貴重なものであった。

## 2.7 気球高度の計算

気球の高度は係留索の仰角、張力および繰り出し長さと気球に吊り下がる全重量から次式によって求まる。

$$H = \ell \cdot \frac{(b^2 - a^2)}{\left( b\sqrt{1+b^2} - a\sqrt{1+a^2} + \log \frac{b+\sqrt{1+b^2}}{a+\sqrt{1+a^2}} \right)}$$

但し H : 気球高度

a :  $\tan \theta$

b :  $(T \cdot \sin \theta + W) / T \cdot \cos \theta$

W : 気球に吊り下げられたロープ、ケーブル、検出器等の総重量

T : ロープ繰り出し端の張力

$\theta$  : ロープの繰り出し端の仰角

$\ell$  : ロープの繰り出し長さ

上式は係留索の形を2次式で近似して求めた。したがって風による係留索の変形は2次式の中に含まれていると考えられる。またロープの長さは、張力により伸びている時の値である。したがって繰り出しながら測定したロープ長より1~2割は長い。また気球高度は気球と昇降機の水平距離が判れば、係留索の長さから概算できる。そこでこの水平距離を記録する方法として魚眼レンズを装着したカメラを昇降機の近くに設置して気球を撮影した。以上のように、気球高度算定には2方式を用いたが、仰角と張力の良好なデータが得られなかったのでカメラ方式により気球高度を算定した。

## 2.8 係留気球の取扱い方

### 準備

- ① シートを敷きその上に気球をひろげる。
- ② 気球の胴体についているキノコから別にロープを引いて、シートの4隅に打ったペグに結び、気球が浮上した際安定させる。
- ③ 気球の糸目の蛇口と揚綱の一端とをカラビナを用いて結んでおく。
- ④ ヘリウムボンベ ( $7 \text{ mm}^3$ ) にアルミ製ノズルを取り付け、さらにノズルにゴム管を付けて気球の口管の中に入れ、口元を紐でしばる。ボンベにノズルを付ける時、必ずパッキンの入っていることを確認する。また、ボンベ2本同時に充填すると速い。

### ガス充填

- ⑤ 気球口管を持ってガスが充填されやすいようにしながら、他の人がボンベの栓をスパナで徐々にゆるめる。気球にガスが入ると浮くからロープでしっかりと安定させる。
- ⑥ ガスはおおむね形が整うまで入れる。あまり入れ過ぎると飛行中温度が高くなり膨張するおそれもあるけら、注意しながら入れること。

## 尾翼の取りつけ

- ⑦ ガスを入れ終ったならば口管を紐でとじて尾翼の骨組みを取りつける。骨組みの座板にある4ヶの穴に気球の後部に取りつけてある麻紐を通して固く結びつけ、中央にジュラルミンパイプを差し込み支柱とする。
  - ⑧ 骨組みのグラスファイバーパイプを尾翼の袋を通し、先端にまで差し込み、他方を座板の溝に十字状にセットする。尾翼の先端は支柱に各々結び付ける。
- 浮揚 (Photo. 2)
- ⑨ 卷取用モータを逆方向とし、徐々に揚綱および信号ケーブルを繰り出し高度を揚げる。
  - ⑩ 50m高ごとに標識用の赤い旗 ( $60 \times 60 \text{ cm}^2$ )、温度検出器、ケーブルを揚綱にカナビラ等で吊るす。
  - ⑪ 標識旗のはためきや、気球先端の凹みに注意し風速が瞬間最大 $10 \text{ m/s}$ を越えるように思えたり、揚綱張力が一人の力で耐えられないようになったら速かに引き下げる。近くの塔などで上層風速の予測ができれば好都合である。
  - ⑫ 有線式であるので、落雷には厳戒を要する。ポータブルラジオをかけておき、ノイズで雷雲状況に注意を払うのがよい。

## 地上係留

- ⑬ 気球を降下させたら、気球が動かないように気球キノコからロープを引いて、ペグ等で固定する。長時間あげない時はネットをかけて固定する。この時キノコから引いたロープはゆるめておく。さらに、シート等をかぶせ夜露や雨から防ぐとよい。

## その他の

- ⑭ 長い期間使用するとガスが抜けたり、純度が落ちたりするので、浮揚の際はバネ秤りなどで浮力をチェックし、ガスの補充あるいは入れ換えを行うこと。
- ⑮ 地上係留中火急の場合はナイフで気球を大きく裂いて中のガスを放出する。また浮揚中の場合はロープを切断して放球されることもある。水素ガスは危険なので使用しない。(小さい気球の場合は良い。)
- ⑯ 200mまでの高さでは、航海法関連の許可は必要ないが、それ以上の高度になると事前届出、許可を要する。

## 3. 移動式気温傾度測定装置(係留ゾンデ)

本装置は小型の係留気球を地上 500 m 位まで上昇及び下降させながら、気球に吊るされたゾンデより気温を測定しその信号を無線で地上に送り、地上で受信記録するものである。本装置は温度の立体的分布を測定するために、特に移動しやすく作られている。本装置は気球、ゾンデ、受信器、記録計、昇降機からなっている。Photo.3 に本装置による観測状況を示した。また Photo.4 は輸送中の写真である。

## 尾翼の取りつけ

- ⑦ ガスを入れ終ったならば口管を紐でとじて尾翼の骨組みを取りつける。骨組みの座板にある4ヶの穴に気球の後部に取りつけてある麻紐を通して固く結びつけ、中央にジュラルミンパイプを差し込み支柱とする。
- ⑧ 骨組みのグラスファイバーパイプを尾翼の袋を通し、先端にまで差し込み、他方を座板の溝に十字状にセットする。尾翼の先端は支柱に各々結び付ける。
- 浮揚 (Photo. 2)
- ⑨ 卷取用モータを逆方向とし、徐々に揚綱および信号ケーブルを繰り出し高度を揚げる。
- ⑩ 50m高ごとに標識用の赤い旗 ( $60 \times 60 \text{ cm}^2$ )、温度検出器、ケーブルを揚綱にカナビラ等で吊るす。
- ⑪ 標識旗のはためきや、気球先端の凹みに注意し風速が瞬間最大 $10 \text{ m/s}$ を越えるように思えたり、揚綱張力が一人の力で耐えられないようになったら速かに引き下げる。近くの塔などでは上層風速の予測ができれば好都合である。
- ⑫ 有線式であるので、落雷には厳戒を要する。ポータブルラジオをかけておき、ノイズで雷雲状況に注意を払うのがよい。

## 地上係留

- ⑬ 気球を降下させたら、気球が動かないように気球キノコからロープを引いて、ペグ等で固定する。長時間あげない時はネットをかけて固定する。この時キノコから引いたロープはゆるめておく。さらに、シート等をかぶせ夜露や雨から防ぐとよい。

## その他の

- ⑭ 長い期間使用するとガスが抜けたり、純度が落ちたりするので、浮揚の際はバネ秤りなどで浮力をチェックし、ガスの補充あるいは入れ換えを行うこと。
- ⑮ 地上係留中火急の場合はナイフで気球を大きく裂いて中のガスを放出する。また浮揚中の場合はロープを切断して放球されることもある。水素ガスは危険なので使用しない。(小さい気球の場合は良い。)
- ⑯ 200mまでの高さでは、航海法関連の許可は必要ないが、それ以上の高度になると事前届出、許可を要する。

## 3. 移動式気温傾度測定装置(係留ゾンデ)

本装置は小型の係留気球を地上 500 m 位まで上昇及び下降させながら、気球に吊るされたゾンデより気温を測定しその信号を無線で地上に送り、地上で受信記録するものである。本装置は温度の立体的分布を測定するために、特に移動しやすく作られている。本装置は気球、ゾンデ、受信器、記録計、昇降機からなっている。Photo.3 に本装置による観測状況を示した。また Photo.4 は輸送中の写真である。

### 3.1 気球(球形)

容 積	10 m <sup>3</sup>
材 質	ビニル, 0.12 mm 厚
直 径	2.7m
総重量	4 kg
総浮力	10kg
純浮力	6 kg
製作所	気球製作所

### 3.2 ゾンデ

このゾンデは放球、追跡する低層ゾンデとちがい係留して使用するものであり、長時間の安定性と高精度が要求される。そこで、電源の安定化、長期高安定度のアンプの使用、温度係数の小さい部品の使用、送信部のFM化等の改良を行った。回路図をFig.14に示す。またゾンデの発信周波数の温度特性をFig.15に、抵抗変化に対する発信周波数特性をFig.16に、発信周波数の変動をTable 4に示す。またサーミスタの抵抗温度特性をFig.17に示す。送信部をFig.18に示す。仕様は次の通りである。

#### 送信部

機種	UFT-075F, SER530502
電波型式	F3
変調方式	ベクトル合成位相変調
送信出力	30mW, 消費電流 150mA 以下
周波数偏移	最大±10KHz 調整可能
スプリアレシオ	基本波に対して-40 dB以上
出力インピーダンス	50Ω不平衡
周波数安定度	0.001%以内 (-10°C~50°C)
変調部特性	1Hz~1KHz
低周波歪率	1KHz 70%変調の時10%以内
送信周波数	404.5 MHz
製作所	三協特殊無線
演算増幅器	
部品名	OP05E(J) PMI (東陽通商扱い)
長期安定度	0.3 μV/Mo
入力インピーダンス	200GΩ
バンド幅	1.2MHz
消費量	150mW

ピン接続法 1-8: Vos TRIM, 20 KΩ  
 2 : -IN PUT  
 3 : +IN PUT  
 4 : -V (CASE)  
 6 : OUT PUT  
 7 : +V

## 安定電源

部品名	REF-01E(J), PMI (東陽通商扱い)
出力電圧	10.00 V
温度係数	3 ppm/°C
出力負荷電流	20mA
雑音	20 μV/P-P
温度範囲	0 ~ 70°C
ピン接続法	2: 入力電圧 4: 接地 (CASE) 5: TRIM (10KΩ) 6: 出力電圧
コンデンサ (※印)	日本コンデンサ工業 KK
部品名	温度補償用セラミックコンデンサ
温度係数	± 30 ppm/°C
静電容量	150 PF × 7
抵抗 (※印)	多摩電気工業 KK
部品名	モールド型精密抵抗
温度係数	± 5 ppm/°C

## 3.3 受信器

本器はゾンデから発射された FM電波信号を受信し、計数するものである。本器は受信部と計数部からなっている。

## 3.3.1 受信部

受信部は 40.45MHz の FM電波を 5 素子のアンテナで受信し、低周波に復調して出力するものである。なおアンテナの支持はソニーブームスタンド B-301 を使用した。これはマイク支持用に作られたものであるが、アンテナを支持するのには、軽量の割に安定性がよく、気球の位置が変化しても容易にアンテナを気球に向けられる等の利点があった。電源は原研の BIN101/102 を用いた。受信部の回路図を Fig.19 に示す。仕様は次の通りである。

機種名	UFR-075F, 8ER-530501
受信感度	20 dB 雑音抑圧時で 0 dB

選択度	70 dB 低下の幅
通過帯域幅	6 dB 低下の幅
イメージレシオ	-60 dB 以上
スケルチ	臨界点にて -10 dB, ボルーム最大のとき -5 dB
低周波出力	1 kΩ 負荷時 1 V <sub>p-p</sub> 以上
消費電流	35 mA 以下
受信周波数	4.0 4.5 MHz

### 3.3.2 計数部

計数部は受信部で受信したゾンデの温度信号を計数するものである。計数部はタケダ理研のユニバーサルカウンタ TR-5151 を用いた。TR-5151 はデジタル出力を持っており記録に便利である。ゲート時間を10秒にしているので、温度の測定値は10秒平均値となる。入力感度は 0.1 V<sub>rms</sub> であるため、雑音がこの値以下であれば計数されない。

### 3.4 記録計

記録計は計数部で得た温度の10秒平均値を、カセット磁気テープに記録する部分である。以下にこのカセット磁気テープ装置について記す。

本装置はアナログ入力データを、操作パネルの時間の設定周期にてデータを集録し、同時に、時間、パルスカウント、アルチメータの計数値あるいはユニバーサルカウンタの計数値をカセットテープ上に逐次記録するものである。データのサンプリング周期は 10, 60, 600 秒である。また、時間は分で示され各データと共に記録される。周期は 2048 分である。記録状況の表示としてはエラーランプとランランプがある。エラーランプが点滅している時は、①テープがセットされていない、②ハンドラがローカルモードの時、③テープが反対にセットされている時、などである。エラーランが点灯した時は、①テープの使用不可能のとき、②誤動差、などである。ランランプが点滅している時は正常な作動状態である。

アナログ信号は 12 Bit のデジタル信号に変換される。その内 12 Bit 目は付号を示す。時間は 12 Bit で表わされる。デジタルマルチメータ (DMM) あるいはユニバーサルカウンタ (UC) のデータは 40 Bit (5 バイト) で構成される。デジタルマルチメータの場合次の内容が入る。1 ~ 24 Bit は 1 行 4 Bit として 6 行の測定値が入る。29 Bit 目にファンクション、31, 32 Bit に極性が入る。33~35 Bit は小数点、37~40 Bit は単位を示す。ユニバーサルカウンタでは 1 ~ 20 Bit に 1 行 4 Bit として 5 行の測定値が入る。33~35 Bit は小数点、37~40 Bit は単位を示す。

カーセットテープに書かれるデータフォーマットは 1 データを 29 バイト (時間: 2, アナログデータ: 20, パルスカウンタ: 2, DMM あるいは UC: 5) とし、8 データを 1 ブロックとし、カセットテープ上に記録する。1 バイトは 8 Bit なので、12 Bit で表わされる値には 4 Bit (零の値にセットされている) を加えて 16 Bit の 2 バイトとしている。仕様を下に示す。

アナログ入力

チャネル数 10

入力電圧	0~±1V, 片側接地
入力インピーダンス	1 KΩ以上
パルスカウンタ入力	
パルス幅	入力端子に 1 μS 以上
パルス電圧	論理 0 : 0.4 V, 論理 1 : 2.75~5.25 V
パルス周波数	0.1 Hz ~ 100 kHz
カウンタ容量	2 <sup>12</sup> パルス / サンプリング間隔
カウンタ時間	サンプリング間隔 (10, 60, 600 秒)
タイマー	
時間パルス	毎分 1 パルス
インターバル	2048 分
使用条件	
電 源	AC 1000 ±10%, 48~62 Hz
温 度	5~40°C
湿 度	20~80%

### 3.5 昇降機

巻取ドラムと 400 W のモータからなる簡単な昇降機である。重量は約 60 kg である。ドラムに 3 mm のビニロンロープ 400 m が巻かれている。モータの電源は電機子用に直流電動発電機 (300 W) を、励磁用に蓄電池を用いた。昇降機の巻取速度は直流電動発電機の出力電圧を変化することで自由に制御可能である。

### 3.6 温度の校正方法

温度の校正は恒温水槽の中で行った。恒温水槽は容積 2 ℥ の魔法瓶である。温度調節は水に熱湯あるいは氷を加えて行った。また水温を一様にするためにモータで攪拌した。空気と水の比熱、絶縁性、電気回路上の分布定数の相違から、空气中と水中の校正とは差違が生ずると考えられる。しかし、空气中では強制通風を行い、水中では充分絶縁することにより殆んど問題にならない程度になっていると考えられる。夏季約 10 日間行った野外観測の前後に校正をおこなったが、ずれはみられなかった。

## 4. 野外観測例

前述した 2 種類の係留気球観測装置を併用して行った、海風域内の逆転層構造の野外観測例を以下に記す。

観測地点は、茨城県大洗町の南方、南北にはほぼ直線の海岸線をもつ沿岸地域で、海岸線から約

入力電圧	0~±1V, 片側接地
入力インピーダンス	1 KΩ以上
パルスカウンタ入力	
パルス幅	入力端子に 1 μS 以上
パルス電圧	論理 0 : 0.4 V, 論理 1 : 2.75~5.25 V
パルス周波数	0.1 Hz ~ 100 KHz
カウンタ容量	2 <sup>12</sup> パルス / サンプリング間隔
カウンタ時間	サンプリング間隔 (10, 60, 600 秒)
タイマー	
時間パルス	毎分 1 パルス
インターバル	2048 分
使用条件	
電 源	AC 1000 ±10%, 48~62 Hz
温 度	5~40°C
湿 度	20~80%

### 3.5 昇降機

巻取ドラムと 400 W のモータからなる簡単な昇降機である。重量は約 60 kg である。ドラムに 3 mm のビニロンロープ 400 m が巻かれている。モータの電源は電機子用に直流電動発電機 (300W) を、励磁用に蓄電池を用いた。昇降機の巻取速度は直流電動発電機の出力電圧を変化することで自由に制御可能である。

### 3.6 温度の校正方法

温度の校正是恒温水槽の中で行った。恒温水槽は容積 2 ℥ の魔法瓶である。温度調節は水に熱湯あるいは氷を加えて行った。また水温を一様にするためにモータで攪拌した。空気と水の比熱、絶縁性、電気回路上の分布定数の相違から、空气中と水中の校正とは差違が生ずると考えられる。しかし、空气中では強制通風を行い、水中では充分絶縁することにより殆んど問題にならない程度になっていると考えられる。夏季約 10 日間行った野外観測の前後に校正をおこなったが、ずれはみられなかった。

## 4. 野外観測例

前述した 2 種類の係留気球観測装置を併用して行った、海風域内の逆転層構造の野外観測例を以下に記す。

観測地点は、茨城県大洗町の南方、南北にほぼ直線の海岸線をもつ沿岸地域で、海岸線から約

200mに高さ約20mの崖があるほかは起伏の少い畠地である。観測点の配置をFig. 20に示す。図のA点は、海岸線から0.6kmにある原研大洗研構内の気象観測塔で、風向、風速、日射・放射収支の連続測定のほか、地上1.5mの気温および、10, 20, 40, 70, 90mの各高度と1.5mの間の気温差をサーミスター通風温度計で連続測定し、6打点方式で自記紙に記録している。B点は海岸線からの距離2.5kmにある中学校校庭で、高さ210mに気球を浮揚させ、200, 150, 100, 50, 10, 1mの6高度の気温を、多点カイツーンにより同時連続測定している。測定値は昇降機に組込まれた12打点記録計でチャート記録させている。

この2定点における気温鉛直分布の観測を補って、第3章に記した移動用係留ゾンデをFig.20に示した経路を移転させて観測した。今回の観測例では、経路の両端のC地点（海岸線から50mの砂浜）およびD地点（海岸線からの距離4.6km）の2カ所で交互に、係留索600mの範囲で気球を昇降させながら観測した。観測は1978年7月31日から8月10にかけて行った。温度計の校正はこの期間の前後に行い、両者の間にすれば認められなかった。

なお、以下に図示する気温の値は、塔および多点カイツーン（AおよびB地点）については、記載時刻の前10分間平均値、係留ゾンデ（C,D地点）については、後2分間の平均値である。

#### (1) 多点カイツーンと係留ゾンデによる気温測定値の比較

移動観測にさきだって、2つの係留気球方式による同一地点の気温測定値の比較を7月29日11時-15時に行った。測定地点は多点カイツーンのベースにしているB地点とし、両昇降機の間隔を30mにして多点カイツーンの各測定高度に、順次係留ゾンデのセンサーを持ち上げ各高度で約20分づつの比較測定を行った。Fig.21は、多点カイツーン記録紙に、係留ゾンデ測定値をプロットしたものである。多点カイツーンは時定数約10秒の瞬時値、係留ゾンデは3分間平均値である。13時にやや大きな気温降下があったが、この場合も含めて両者は実用上問題がない程度に一致している。

#### (2) 7月31日 (Fig.22)

A, B両地点のプロファイルと海岸線（C点）の係留ゾンデの測定値をFig.22で比較する。この日は快晴で、終日1000mまでE成分をもつOver sea (O Sと記す) の風が吹いていた。B, C両地点の100m以上の気温はほぼ一致し等温層を形成しており、この高度から下方の図の鎖線で外挿した部分を含む気温プロファイルが上陸前の気層状態と推定される。100m以下の層が海岸線からC点、A点、B点と内陸に移行するにつれ不安定層の厚さを次第に増した模様がとらえられている。

#### (3) 8月5日 (Fig.23)

終日快晴で、風向も10-16時ほぼ定常で、海風域は約300m、それ以上はSW象限のOL風であった。C点の係留ゾンデの値から、洋上の気温プロファイルは、接水最下層を除き、11時-15時、約27°Cの等温であったと推定される。14時頃から高さ50-250mの風速が著しく強まった。(a)図で内陸B点の不安定層高度がかなり高いのに対し、(b)図B点では130m位に下がっており、風速の増加とともに熱的内部境界層(TIBL)の内陸傾斜が著しく小さくなっていること

が判る。ただ、(b)図のA点にみられる強い上部逆転はC点と対応せず、温度成層の水平一様性がこの場合成立していない。T I B L構造の局地性を示唆する観測例といえよう。

(4) 8月6日 0800-0900JST (Fig. 24)

今回の観測期間中、波打ぎわ海水温が17.0°Cと最低を記録した時の観測例である。静隱に近い海風で、海岸付近は濃霧となり、移流霧はしばしばB点に達した。海上では低水温とともに強い逆転が300m以上に達し、A、B両地点ともかなり低い高さに上部逆転が解消されずに観測されている。

(5) 8月6日 0910-1050JST (Fig. 25)

Fig.24に続く時間帯であるが、日射・風速の時間変化がこの間きわめて大きい。9時半頃から下層雲が切れ始め日射が次第に大となった。B点で10時頃には一たん快晴弱風となつたが、11時には風速が強まるとともに、B点100m層に濃い移流霧が間欠的に到来した。このような天気変化を反映して、気温プロフィルも激しく変化している。0900-1000にはTIBL厚さはA点80m、B点140m位であったが、1030-1100にはA点40m、B点80m程度に下がっている。海岸線で高さ100-200mに観測された強い逆転は内陸B点でも同様に観測されているが、10時30分のA点40-90mにみられる逆転はこれよりもさらに強く、また90mの気温がB、C点に比べ著しく大きい点は、逆転層の細部構造に作用する局地性を示す1例といえよう。

(6) 8月6日 1115-1250JST (Fig. 26)

さらに前図にひき続く時刻である。天気は晴天となり、風速も強まり内陸では霧は完全になくなつた。高さ200mで風向はS、その下層がSE象限のOS風、上層がSW象限のOL風である。海岸線とA点の気温プロフィルの対応は、内部境界層の成長としてよく説明できるが、B点100-150mの逆転域で海岸線よりも系統的に気温が高く、逆転を保持したままかなりの昇温がおこる可能性を示唆する観測例として注目される。

(7) 8月6日 1318-1500JST (Fig. 27)

この日、午後に入つて強日射が続き、13時30分にはOS域は高さ500mに及んでいる。C点100-200mの強い逆転域は午前中と同じ勾配であるが全層1°C位昇温している。A、B点のプロフィルから、洋上150m以下に定常的に形成されていたきわめて強い逆転が、海上ととともに次第に下方からその逆転を解消し、不安定-安定の明瞭な境界をもつフェニギーション層の成長がうかがえるが、Fig.26と同じように、C点とB点の比較で逆転域内で2°C程度の昇温がなお維持されていることは特徴的である。

(8) 8月7日 1045-1300JST (Fig. 28)

晴天で海風高度は200-300m。1045-1124に海岸線C点で係留ゾンデ観測を行い、終了後直ちに内陸D点に移動し観測した。D点では地上50m以上はOL風であった。C点、A

点の比較で、地上40m-90mの逆転域において、A点で2°C以上も気温が高いが、海岸線から0.6 kmという内陸距離ではFig. 26, 27のような逆転勾配を保ったままの熱輸送による昇温は考えにくい。Fig. 20に示されるように、SE風の場合A点に及ぶ風の上陸地点とC点とは約5km離れている。洋上の気温構造がこの5 km程度の範囲でもかなり異なるものを示唆する観測例と考える。

係留ゾンデ移動後の13時のA, B, Dの三地点のプロフィルは、TIBLの内陸移行にともなう成長でよく説明できる。ただしこの時D点は接地最下層を除き50m以上は陸風となっている。この頃、海風前線がD点付近にあったのかどうかはこの時の観測データでは判定できない。なお、この時刻の、地上50-500mのOL風層の気温減率と、1145-1124の海岸線上200-400m層の気温減率(OS域, OL域を通じて)がともに乾燥断熱減率に等しいことは興味がもたれる。

#### (9) 8月7日 1452-1528JST (Fig. 29)

前回の内陸D点観測後、再び係留ゾンデをC地点に移動した。海風高度は100m弱まで下がっている。このため洋上の接水逆転層もこの高さまで大きな逆転勾配をもつが100m以上では中立となっている。A点で30-40mの高さとなったTIBLは、B点にいたるまでに100mに近づきOL風域の勾配と連なり、内部境界層は消滅したものと考えられる。

#### (10) 8月8日 1023-1056JST (Fig. 30)

この日は下層雲量8~10の曇天が日中持続した。これまでの観測例とことなり、全層SW象限のOL風のときのA, B, C点のプロフィルである。当然であるが、海岸線でも全層てい減となっている。減率はいずれも乾燥断熱線に近い。

#### (11) 8月8日 1111-1402JST (Fig. 31)

地上150m以上は定常的なOL風がA, B, C三地点に共通していたため、この時間帯のB, C点のプロフィルはほとんど重なっている。100m以下の層では、B点はSWのOL風であるが、A, C点では11時30分頃から下層にSE~SSEのOS風が入り、上層がSを中心にOL, OS風に変動している。このためA点の気温プロフィルの時間変化は激しい。A, C両地点の逆転の要因は、下層の風向シア(上層が暖いOL風、下層が冷いOS風)が主要なものと考えられる観測例である。

#### (12) 8月9日 1000-1309JST (Fig. 32)

下層雲量10、曇天海風日の例である。300m以上でOL風。この日のA, B両点の連続記録をみると、10時から14時にかけて、Fig. 11の鎖線で示す洋上プロフィルがほぼ定常に存在しているように推定される。A, B両点の逆転下面は曇天日のTIBLの成長に対応するものと考えられる。この推定洋上プロフィルと、午前中のC点のプロフィルはほぼ平行しているが、後者の方が気温の値がやや小さい。一方午後についても、内陸D点の気温プロフィルは、A, B両点を結ぶプロフィルとはほぼ平行であるが気温の値はやや大きい。このC, D点でみられた10

程度の気温のちがいが有意なものかどうかははっきりしていない。

(13) 8月9日 1405-1448JST (Fig. 33)

前図に続く時間帯であるが、14時頃前線が通過し、風系が変化して地上1000mまで全層OS風となった。200m以上の等温層も前線通過前の26°Cから24°Cに降下している。A, C両点は弱い逆転をもつほぼ同じ気温プロフィルで、B点までの移行時間中にこの逆転は解消している。

(14) 8月10日 1032-1346JST (Fig. 34)

午前中は下層雲10の曇天で、雲底も300-400mと低い。13時頃から次第に雲が切れてきた。海風高度は約200mで、400m付近はWと風向シアーが大きい。200m以下のOS風は日中を通して弱い。

1100にはA, C点で気温プロフィルはほぼ一致しB点150m以下の昇温が認められる。この観測例では、洋上の気温プロフィルは、ごく薄い接水最下層に弱い逆転がみられるだけで断熱と等温の中間の減率を示している。午後のD点に移動後の係留ゾンデ観測値と、午前のC点のプロフィルを比較すると、気温傾度は両者ほぼ同じで、上層のOL風域を含め全層約3°C平行移動したかたちとなっている。A点のプロフィルが、午前に比べ約1°C高い方に平行移動したものであることから、午後の洋上の気温プロフィルは、図の○印を付した午前のC点プロフィルを1°C高く平行移動したものと推定することができる。もしそうだとすると、内陸0.6kmの地点から2.5km地点までの移行で200m以下の全層が1.5°C昇温し、さらに約2kmの移行で0.5~1°C昇温するモデルを考えねばならない。この日は洋上がすでに減しておりこのようなモデルは必ずしも無理ではなさそうである。初期（上陸前）逆転のTIBL成長に及ぼす効果をたしかめるデータを提供した観測例である。

謝 言

本装置の開発、テスト、現地使用にあたり、福田雅明副主任研究員の協力によるところが大きかった。また天野恕環境安全研究部長、今井和彦同部次長から終始励ましと助言をいただいた。ここに感謝の意を表したい。

## 参 考 文 献

- 1) 原子力委員会：発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針について（昭和52年）
- 2) 同 上 解 説
- 3) 林 正康：大気境界層の観測方法，天気，25，315-323（1978）
- 4) 蒲生稔一，他：帆に搭載したKite sondeによる大気境界層の観測，天気，20，567-570（1978）
- 5) Konrad, T.G., et al :A small radio-controlled aircraft as a platform for meteorological sensors, Atmospheric Technology (NCAR) Winter, 1974~75 (1975)
- 6) Lyons, W.A., L.E.Olsson :Detailed mesometeorological studies of air pollution dispersion in the Chicago lake, Monthly weather Review, 101, 387-403 (1973)
- 7) 中島正一：係留気球昇降機について，天気，19，555~561（1972）
- 8) 堀越清他：“ロープの扱い方・結び方”，成山堂書店（1974）

Table 1 上層気象観測手段の比較

		利 点	欠 点
測定器のプラットフォーム		<ul style="list-style-type: none"> <li>ほとんどすべての測器のとりつけが可能。測定項目が制限されない。</li> <li>長期連続測定が可能。</li> <li>測器の動搖の補正が不要。高精度の観測が可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高い塔の建設、維持の費用が大きい。</li> <li>そのため測定高度範囲が限られる。</li> <li>一地点の観測であり、移動できない。</li> </ul>
塔		<ul style="list-style-type: none"> <li>塔よりも手軽（安価）で、500m以上の観測も可能。</li> <li>必要な地点に移動が可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>風が強い時に欠陥となる。（10m/s以下）</li> <li>浮（揚）力の範囲に測定器の重量が制限される。</li> <li>長期連続観測が困難。</li> </ul>
係留気球		<ul style="list-style-type: none"> <li>最も手軽（安価）で高さ2000m程度の観測可能。</li> <li>放球地点を自由に変えられる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>上昇中の瞬時値の観測であり、測定値の代表性の確認ができない。</li> <li>変動量の測定ができない。</li> <li>下層の精密な分布測定に向かない。</li> <li>測器（低層ゾンデ）の重量制限がきびしい。</li> </ul>
自由気球 (ハイロットバルーン) (低層ゾンデ)			<ul style="list-style-type: none"> <li>三次元的に広範な領域をカバーできる。</li> <li>測器の重量制限が少ない。</li> </ul>
飛行機			<ul style="list-style-type: none"> <li>特殊な測器、データ処理系が必要。</li> <li>費用が大きい。</li> <li>陸上では低層（300m以下）のデータが得られない。</li> </ul>

Table 2 Cross Rope (Eight Rope) の規格表 (39.11改正)

直 径 (mm)	マニラ 重 さ	切 断 荷 重	ナイロン		クレモナ 1号		クレモナ 5号		ハイゼックス		カネライト		テポロ		カ ネ ラ イ ト		テ ポ ロ		カ ネ ラ イ ト		テ ポ ロ	
			重 さ	切 断 荷 重	重 さ	切 断 荷 重	重 さ	切 断 荷 重	重 さ	切 断 荷 重	重 さ	カ ネ ラ イ ト	テ ポ ロ	カ ネ ラ イ ト	テ ポ ロ	カ ネ ラ イ ト	テ ポ ロ	カ ネ ラ イ ト	テ ポ ロ	カ ネ ラ イ ト	テ ポ ロ	
10	14.7	0.79	11.7	21.0	12.0	10.2	11.9	10.0	11.5	15.6	16.0	2.29	2.32	2.29	2.32	2.15	2.16	2.97	2.96	5.03	5.03	
11			14.3	25.2	14.6	12.0			14.3	14.3	14.3	1.60				2.68	2.64	2.68	2.66	3.89	3.81	
12	21.9	1.11	18.1	31.6	18.3	14.9			19.6	21.5	20.3	2.15				3.25	3.25	3.25	3.25	5.69	5.69	
14	29.2	1.48	24.6	4.22	25.3	20.1			25.0	26.8	26.4	2.68				3.40	3.40	3.40	3.40	7.41	7.41	
16	36.5	1.89	31.1	5.24	32.2	25.3			3.21	3.40	3.40	3.40				5.78	5.78	5.78	5.78	8.80	8.80	
18	47.4	2.37	38.9	6.47	39.0	30.4			4.37	4.37	4.08	4.07				6.62	6.62	6.62	6.62	10.2	10.2	
20	62.1	2.87	48.6	7.99	48.2	3.71			5.18	4.77	4.95	4.95				7.58	7.58	7.58	7.58	11.9	11.9	
22	74.6	3.43	60.3	9.69	57.9	4.37			5.99	5.67	5.78	5.78				8.44	8.44	8.44	8.44	13.5	13.5	
24	87.1	4.04	68.0	10.9	69.5	5.21			7.66	7.66	7.66	7.66				10.5	10.5	10.5	10.5	15.3	15.3	
26	99.6	4.69	81.1	12.6	81.1	6.02			8.97	8.97	8.97	8.97				9.76	9.76	9.76	9.76	9.32	9.32	
28	112	5.37	97.0	15.0	92.6	6.83			10.7	8.22	7.56	7.56				10.6	10.6	10.6	10.6	14.4	14.4	
30	131	6.12	111	17.0	101	7.78			11.7	8.95	8.50	8.44				11.9	11.9	11.9	11.9	19.5	19.5	
32	146	6.89	125	19.1	121	8.74			13.4	10.0	10.0	10.0				13.6	13.6	13.6	13.6	21.8	21.8	
34	167	7.71	139	21.0	14.0	10.0			15.5	11.5	11.5	11.5				14.9	14.9	14.9	14.9	18.9	18.9	
36	189	8.58	152	23.0	15.4	10.9			17.1	12.6	12.6	12.6				15.6	15.6	15.6	15.6	22.2	22.2	
38	212	9.49	171	25.5	17.3	12.2			19.1	14.0	14.0	14.0				16.5	16.5	16.5	16.5	24.0	24.0	
40	233	10.5	193	28.1	19.1	13.4			21.2	15.4	15.4	15.4				17.3	17.3	17.3	17.3	26.7	26.7	
42	255	11.4	212	30.7	20.9	14.7			23.8	17.2	17.2	17.2				18.1	18.1	18.1	18.1	30.5	30.5	
45	294	13.0	24.0	34.5	23.8	16.5			26.9	19.3	19.3	19.3				19.7	19.7	19.7	19.7	35.9	35.9	
50	357	15.8	306	43.5	28.7	19.8			33.7	23.8	24.5	24.5				22.2	22.2	22.2	22.2	37.6	37.6	
55	428	18.9	371	52.0	35.5	23.8			40.4	27.9	30.0	26.8				30.9	30.9	30.9	30.9	45.5	45.5	
60	516	22.2	44.8	61.5	41.9	27.8			49.4	33.7	35.3	31.3				37.2	37.2	37.2	37.2	54.0	54.0	
65	599	25.8	52.2	70.6	49.8	32.7			56.6	38.3	41.4	36.3				43.4	43.4	43.4	43.4	64.4	64.4	
70	701	29.6	60.4	81.2	56.8	37.1			65.6	44.0	48.5	42.2				50.3	50.3	50.3	50.3	74.8	74.8	
75	802	33.6	69.3	92.4	65.6	42.6			74.6	49.6	55.1	46.5				57.9	57.9	57.9	57.9	85.2	85.2	
80	913	37.9	79.0	106	74.3	47.7			86.3	56.9	62.9	53.5				66.1	66.1	66.1	66.1	98.5	98.5	
85	1,060	42.4	87.2	115	83.8	53.6			96.1	63.0	71.2	60.1				74.4	74.4	74.4	74.4	108.9	108.9	
90	1,152	47.2	98.1	128	93.6	59.5			1,078	70.2	80.0	66.9				83.7	83.7	83.7	83.7	123.4	123.4	
95	1,281	52.2	1,100	142	1,043	65.7			1,191	77.1	89.0	73.9				93.0	93.0	93.0	93.0	1,382	1,382	
100	1,419	57.4	1,210	157	1,150	71.9			1,325	85.3	98.0	81.0				1,033	1,033	1,033	1,033	1,529	1,529	

( 堀越 清 : ロープの扱い方・結び方 )

8)

Table 3 風速に対する所要の係留牽きとり力と気球容積の関係 (中島正一: 係留気球について)  
7)

Vm <sup>3</sup> /s	10	12	14	16	18	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Vm																
F	1.0	24	34	46	60	76	93	103	113	123	134	146	157	170	182	196
	1.5	31	44	59	77	98	121	133	146	159	173	188	203	219	236	253
	2.0	37	53	72	94	119	147	162	178	194	211	229	248	267	287	308
	2.5	43	61	83	109	137	170	187	205	224	244	265	286	309	332	356
	3.0	48	69	94	123	156	192	212	233	254	277	300	325	350	376	403
kg•w	3.5	53	77	104	136	172	212	234	257	281	306	332	358	387	416	446
	4.0	58	84	114	149	189	233	256	282	308	335	363	398	424	456	488
	4.5	63	91	124	161	204	252	278	305	333	362	393	425	458	493	529
	5.0	68	97	132	173	218	269	297	326	356	388	421	455	492	527	566

Table 4 ゾンデの発信周波数の変動

日付	時刻	周囲温度	印加電圧	発信周波数
'78 7/17	22:50	29.7 °C	10.0093 V	394.1 Hz
	23:07	28.3	10.0092	394.4
	7/18 9:26	29.0	"	394.6
	9:47	29.4	"	394.8
	9:57	29.3	"	394.9
	10:45	29.4	"	394.9
	11:35	29.0	"	394.8
	12:24	29.0	"	394.7
	13:00	29.3	"	394.8
	18:30	29.8	"	395.2
7/19	9:02	28.6	10.0091	394.6
	11:51	28.9	"	394.8
	13:31	29.5	10.0092	395.2
	16:07	30.2	10.0094	395.5
	18:20	29.4	10.0093	392.7
	18:43	28.8	10.0092	392.6
7/20	9:09	28.9	10.0091	392.6
	9:40	29.2	10.0092	393.0
	12:02	30.0	10.0093	393.3
	14:07	31.4	10.0096	394.0
	15:41	29.5	10.0092	392.9
	18:41	29.8	10.0092	393.1
7/21	9:08	29.1	10.0092	392.8
	11:40	28.6	10.0091	392.7
	13:12	29.0	10.0092	392.9
	17:12	28.8	10.0091	392.7
7/22	8:55	29.4	10.0091	392.9
	9:53	29.9	10.0092	393.1
	12:00	30.6	10.0094	393.5
	15:30	33.3	10.0096	393.9
	17:53	31.4	10.0096	393.9
7/24	9:00	30.6	10.0094	392.6
	10:55	31.3	10.0095	393.0
	12:00	31.2	10.0095	392.9
	13:48	32.5	10.0097	393.8

Table 5 野外観測データ

(a) July 31 Tamada Shore-line (1350-1457JST) sea water 21.0°C (1415) E~ENE

Time (JST)	1350	1355	1402	1409	1416	1425	1436	1445	1450	1517	1526	1533
Height (m)	2	10	49	88	132	178	222	262	290	1.5	10	48
Temp(°C)	24.9	23.8	23.6	25.3	25.4	25.2	24.9	24.5	23.9	23.9	23.6	

(b) Aug. 5 Tamada Shore-line (1107-1500 JST) sea water 23.2°C (1100)

	C	SE		S								
J S T	154.0 154.6	154.9 155.3	110.7 111.0	111.5 111.8	112.3 112.6	113.3 113.6	114.3 114.6	115.3 115.6	120.3 120.6	121.3 121.6	122.3 122.6	123.3 123.6
H	7.7	11.7	1.5	1.0	4.7	8.8	12.3	17.0	20.0	24.6	27.6	30.6
T	2.38	2.45	2.68	2.67	27.0	27.2	26.9	27.0	26.8	26.6	26.6	27.1
R										SE		

(c) Aug. 6 Tamada Shore-line (0700-1501JST)

J S T	1428 1431	1433 1435	1438 1440	1443 1445	1448 1450	1453 1455	1458 1500	0627 0629	0631 0634	0700 0702	0704 0706	0708 0710	0713 0715
H	1.5	10	40	73	86	91	94	1.5	1.0	1.5	1.0	5.0	1.00
T	25.4	24.1	24.5	25.7	26.7	26.7	26.6	21.8	21.7	22.4	22.2	22.1	22.6
R	SE						SE	(C)	(C)	(C)	(C)	SE	

sea water 17.2°C(0622)

J S T	0718 0720	0723 0725	0728 0730	0732 0735	0738 0740	0742 0744	0747 0749	0752 0754	0810 0812	0813 0815	0817 0819	0822 0824	0825 0827
H	15.0	19.0	23.5	28.2	33.0	37.5	39.0	35.4	1.5	1.0	5.0	1.00	1.50
T	22.6	24.5	24.7	25.4	26.0	25.7	26.6	26.5	21.5	21.7	22.3	22.6	22.6
R	SE	ESE	SE										

sea water 17.9(0810)

J S T	0830 0832	0833 0835	0838 0840	0842 0844	0846 0848	0850 0852	0855 0857	0910 0912	0913 0915	0916 0918	0920 0922	0924 0926	0929 0931
H	18.9	22.0	26.0	30.3	32.8	32.0	26.5	1.5	1.0	5.0	9.8	14.5	18.7
T	23.7	24.5	25.7	26.6	27.2	27.4	27.5	21.2	21.4	22.2	22.5	23.9	25.7
R	SE												

sea water 17.9(0910)

J S T	0830 0832	0833 0835	0838 0840	0842 0844	0846 0848	0850 0852	0855 0857	0910 0912	0913 0915	0916 0918	0920 0922	0924 0926	0929 0931
H	18.9	22.0	26.0	30.3	32.8	32.0	26.5	1.5	1.0	5.0	9.8	14.5	18.7
T	23.7	24.5	25.7	26.6	27.2	27.4	27.5	21.2	21.4	22.2	22.5	23.9	25.7
R	SE												

## sea water 18.4 (1010)

	J	S	T	0933	0937	0941	0945	0949	0953	1012	1015	1019	1023	1027	1031	1035
	J	S	T	0935	0939	0943	0947	0951	0955	1014	1017	1021	1025	1029	1033	1037
H	233	274	300	320	324	315	1.5	10.	50	100	148	195	238			
T	27.5	28.1	28.1	28.0	27.8	28.0	22.2	22.2	22.8	23.9	26.8	28.2	28.2			
R	SE	—	—	SE	SSE	SSE	SE	SE	SE	SSE	SE	SSE	SE	SE	SE	SE

## sea water 20.0 (1115)

	J	S	T	1039	1043	1047	1051	1055	1115	1118	1123	1127	1130	1134	1138	1142
	J	S	T	1041	1045	1049	1053	1057	1117	1120	1125	1129	1132	1136	1140	1144
H	278	280	320	313	308	1.5	10.	50	92	136	177	212	240			
T	28.4	27.9	27.6	27.0	26.9	22.9	22.5	23.5	23.6	23.4	26.0	27.1	27.5			
R	SSE	—	—	SSE	SSE	SSE	SE	SE	SSE	SE	SSE	SE	SSE	SE	S	—

## sea water 19.8 (1220)

	J	S	T	1146	1150	1154	1158	1218	1221	1225	1228	1232	1236	1240	1244	1248
	J	S	T	1148	1152	1156	1200	1220	1223	1227	1230	1234	1238	1242	1246	1250
H	260	273	271	265	1.5	10	50	93	129	177	210	233	256			
T	27.6	27.8	27.8	28.0	23.5	22.8	23.8	25.1	26.4	28.0	27.8	28.5	28.7			
R	S	SSW	SSW	S	—	—	S	SE	SSE	SSE	SSE	SSE	S	S	—	—

sea water 21.5 (1308)

J S T	1251	1255	1258	1318	1321	1324	1328	1332	1336	1340	1344	1348	1352
	1253	1257	1300	1320	1323	1326	1330	1334	1338	1342	1346	1350	1354
H	273	271	242	1.5	1.0	5.0	8.9	11.3	15.5	17.7	21.6	23.0	25.2
T	28.1	28.2	27.9	24.0	22.8	23.3	24.3	25.6	27.7	28.8	29.2	29.4	29.3
R	SSE	SSE	SSE	ESE	SE	SE	SSE						

sea water 21.8 (1420)

J S T	1356	1400	1420	1423	1426	1427	1433	1438	1442	1445	1448	1452	1456
	1358	1402	1422	1425	1428	1429	1435	1440	1444	1447	1450	1454	1458
H	238	219	1.5	1.0	5.0	7.7	11.5	11.5	18.9	22.3	25.6	29.7	32.4
T	29.1	28.5	24.1	23.3	23.7	24.5	25.3	25.5	28.2	29.5	29.3	29.0	28.6
R	S	SSE	SE										

(d) Aug. 7 Tamada Shoreline (1045-11127 JST) sea water 20.4 (1045)

J S T	1459	1045	1048	1051	1055	1159	1103	1106	1111	1115	1118	1122	1125
	1501	1147	1050	1053	1057	1101	1105	1108	1113	1117	1120	1124	1127
H	347	1.5	1.0	5.0	9.3	14.5	19.4	24.1	28.2	32.7	37.1	40.4	44.1
T	28.5	25.0	25.8	24.1	25.3	27.6	28.0	27.6	27.1	26.9	26.5	26.3	25.8
R	SSE	SSE	SE	SSE	SE	SSE							

(e) Aug. 7 Inland Point D (1221-1300)

(f) Aug. 7 Tamada Shoreline (1452-1528JST) thunder cloud, shower

	S	SSE	SSW	SSW
J	145.2	145.5	145.9	150.6
S	145.4	145.7	150.1	150.8
T	25.3	23.8	24.9	28.2
H	1.5	1.0	3.8	5.0
T				
R				

1023-1404.IST) sea water 18.3 (1020)

sea water 20.0 (1110)

	SSW	SSW	SSW	SW	SW	SW	SW
11118	1122	1125	1130	1134	1138		
11120	1124	1127	1132	1136	1140		
5.0	9.6	14.3	18.8	19.1	24.6		
2.6.3	26.2	29.0	28.8	28.7	28.5		

sea water 19.7 (1155)			sea water 19.2 (1240)		
J	S	T	J	S	T
11.42	11.57	12.00	12.03	12.07	12.10
11.44	11.59	12.02	12.05	12.09	12.12
H	2.68	1.5	1.0	4.8	9.7
T	28.1	26.1	25.2	25.6	27.9
R	SW		SSE	S	SW
			SW		SW

sea water 20.0 (1325)									
J	S	T	1251	1255	1259	1303	1307	1311	1326
H	9.4	14.1	1253	1257	1301	1305	1309	1313	1328
T	29.5	29.4			16.4	20.5	25.4	29.7	1.5
R	S	S	SSW	SSW	SW	SW	SW	SSW	SSW

(h) Aug. 9 Tamada Shoreline (1001-1052JST) sea water 19.2(1005)

J	S	T	1355	1402	1001	1005	1009	1013	1018	1022	1028	1032	1037	1041	1045
H			1357	1404	1003	1007	1011	1015	1020	1024	1030	1034	1039	1043	1047
T					247	1.5	10	49	93	143	195	248	300	350	400
R						2.3.5	2.2.7	2.2.5	2.3.3	2.3.7	2.4.5	2.5.0	2.4.7	2.4.7	2.4.8
							SW	NE	NE	NE	NNE	—	N	W	

(i) Aug. 9 Inland Point D (1226-1309JST)

J S T	1050	1226	1229	1233	1237	1241	1245	1248	1251	1255	1259	1303
	1052	1228	1231	1235	1239	1243	1247	1250	1253	1257	1301	1309
H	473	1.5	1.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0
T	24.7	27.5	26.1	25.4	25.0	25.6	26.5	26.8	26.5	26.1	26.0	25.7
R	W	ESE	SE	E	ENE	SE	SE	ESE	SE	NW	—	NW 下 SE

( i ) Aug. 9 Tamada Shoreline ( 1405—1448 JST ) sea water 21.8 °C' ( 1400 )

J	S	T	1405	1408	1412	1417	1419	1423	1427	1431	1433	1437	1442	1446
			1407	1410	1414	1419	1421	1425	1429	1433	1435	1439	1444	1448
H			1.5	1.0	4.5	8.3	-	12.1	16.4	19.2	22.6	25.2	28.8	30.7
T			24.3	23.6	23.4	24.0	-	24.0	23.9	24.0	24.0	23.9	23.7	24.1
R	N	N			NE	—	—	NE	E	E	E	E	E	E
								NE						

(1k) Aug. 10 Tamada Shoreline (1032-1119 JST) sea water 21.6 (1030)

	R	NE	NE	E	—	E	NE	ESE	SE	NW	SW	SW
J S T	1 0 3 2	1 0 3 5	1 0 3 9	1 0 4 5	1 0 4 8	1 0 5 2	1 0 5 6	1 1 0 1	1 1 0 5	1 1 0 8	1 1 1 1	1 1 1 7
	1 0 3 4	1 0 3 7	1 0 4 1	1 0 4 7	1 0 5 0	1 0 5 4	1 0 5 8	1 1 0 3	1 1 0 7	1 1 1 0	1 1 1 3	1 1 1 9
H	1.5	1.0	5.0	1.00	150	200	250	300	350	400	450	500
T	2 3.6	2 3.6	2 2.6	2 2.7	2 2.4	2 2.4	2 2.2	2 2.1	2 1.7	2 1.2	2 1.2	2 1.6

(1) Aug. 10 Inland Point D (125°9'-134°4'JST)

J S T	125°9'	130°1	130°5	130°8	131°3	131°7	132°1	132°7	133°2	133°5	133°9	134°4
	130°1	130°3	130°7	131°0	131°5	131°9	132°3	132°9	133°5	133°7	134°1	134°6
H	1.5	1.0	5.0	10.0	14.8	20.0	24.8	27.4	34.5	39.6	42.8	45.3
T	27.1	26.6	26.2	26.1	25.4	24.8	24.9	24.6	24.0	23.9	24.2	23.8
R	ESE			SE		W 下 SE	NW 下 SE	W 下 SE	NNW 下 SE	W 下 SE	NNW 下 SE	FESE

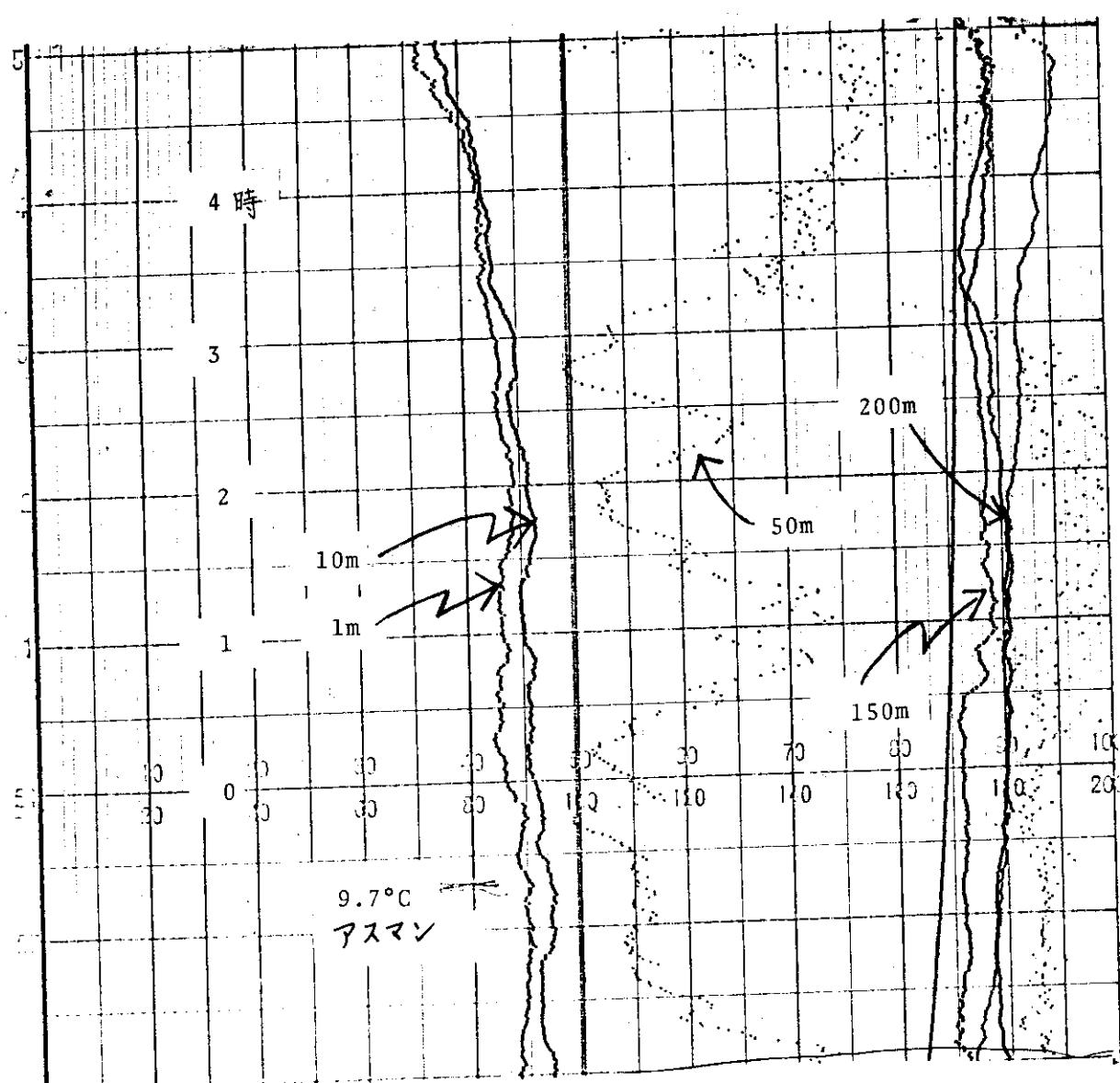


Fig. 1 カイツーンによる夜間気温変動の観測例(1975年10月17日,  
東海研露場)

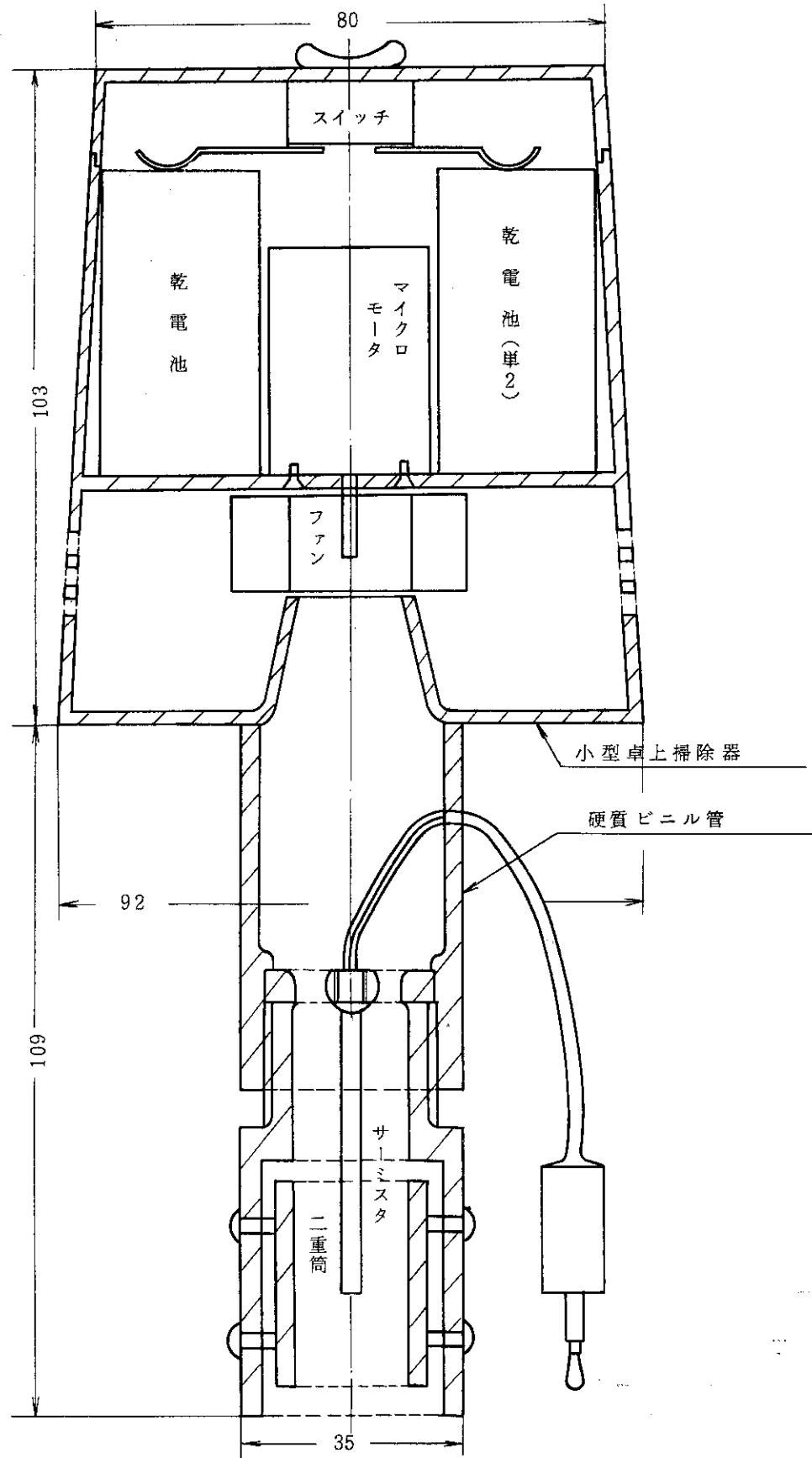


Fig. 2 サーミスタ温度検出器

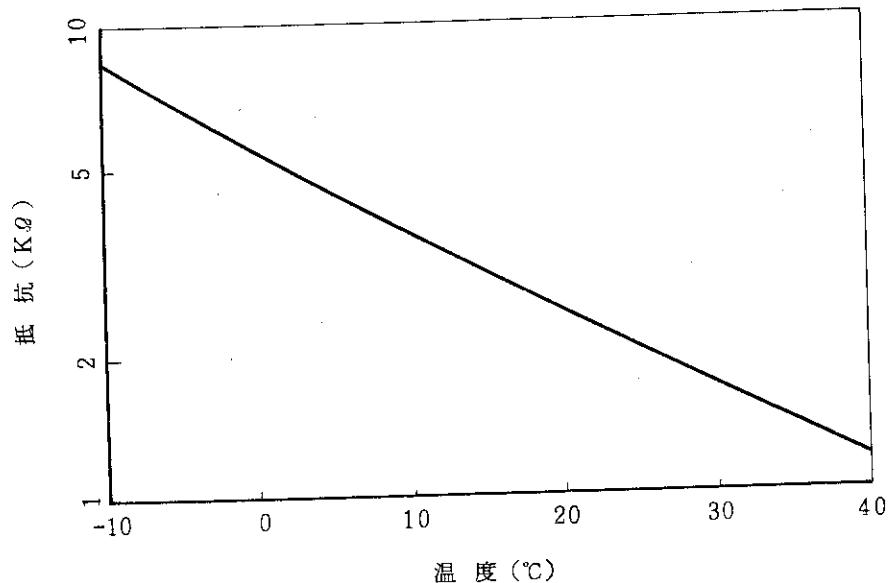


Fig. 3 サーミスタの温度特性

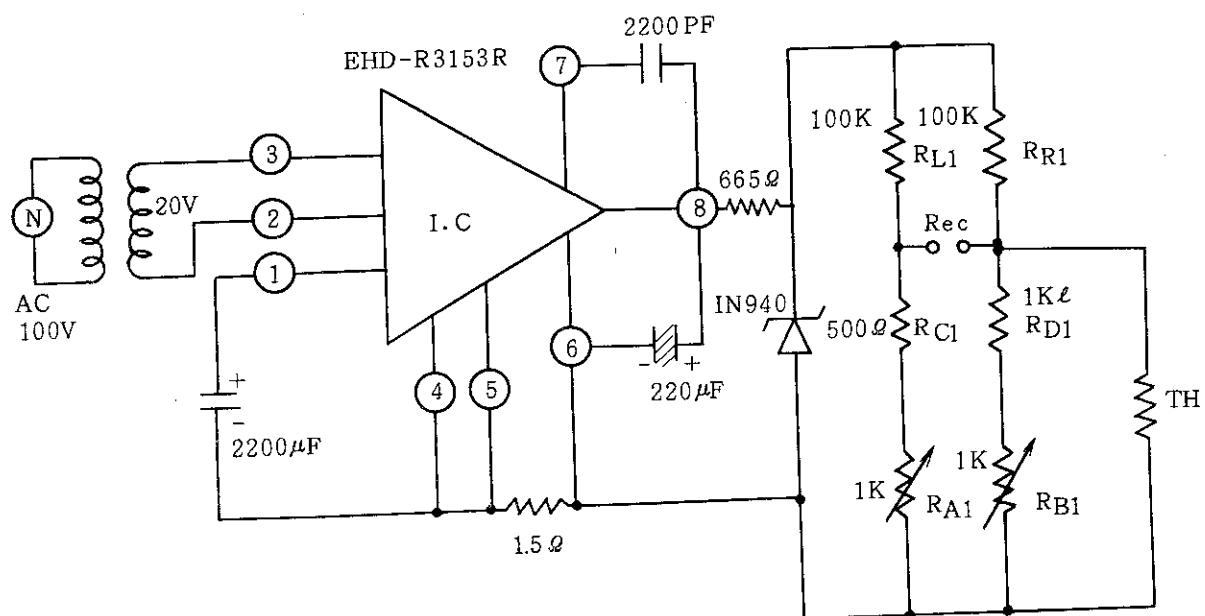


Fig. 5 抵抗温度変換器回路図

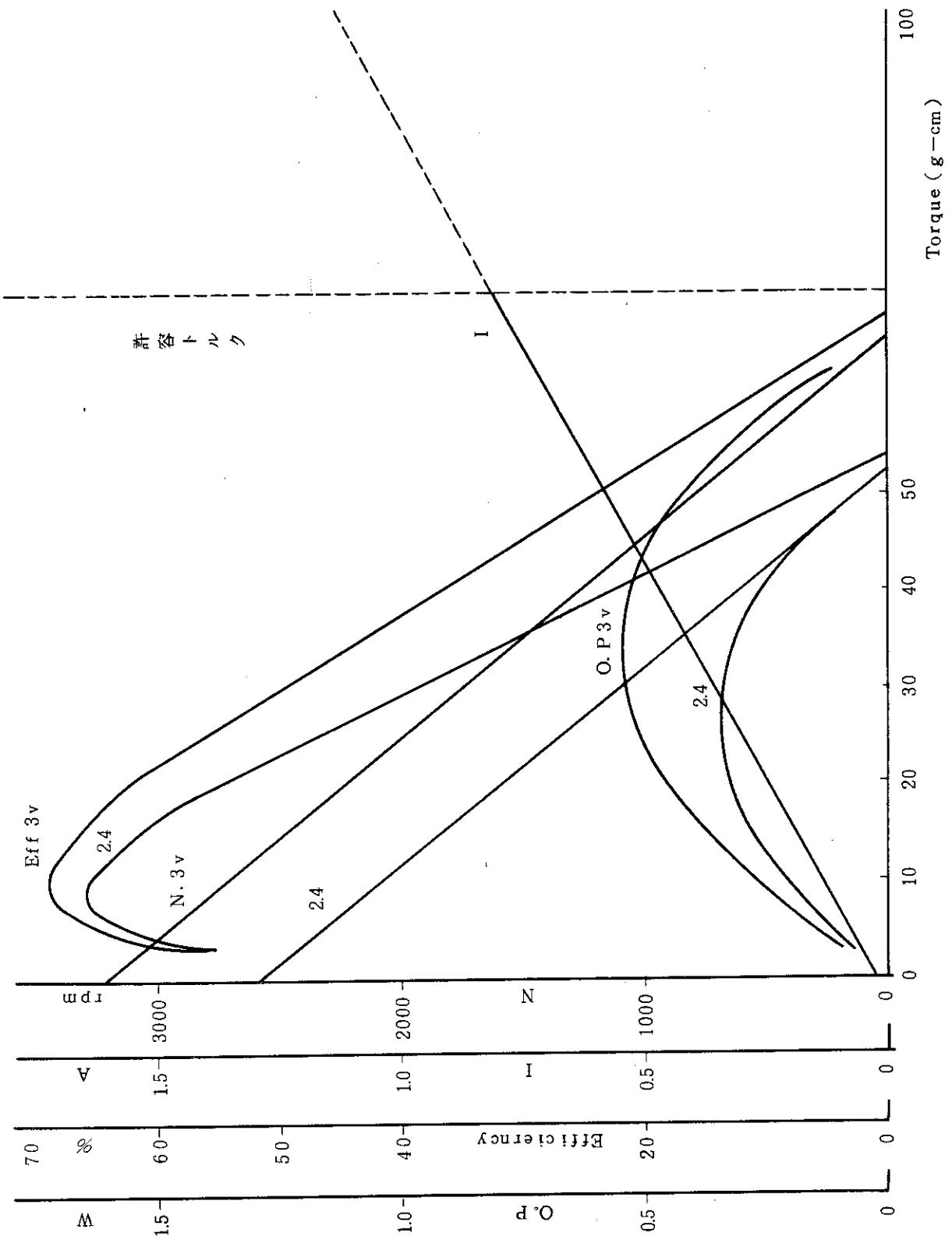


Fig. 4 マイクロモータの動特性 (LA 25-K 1)

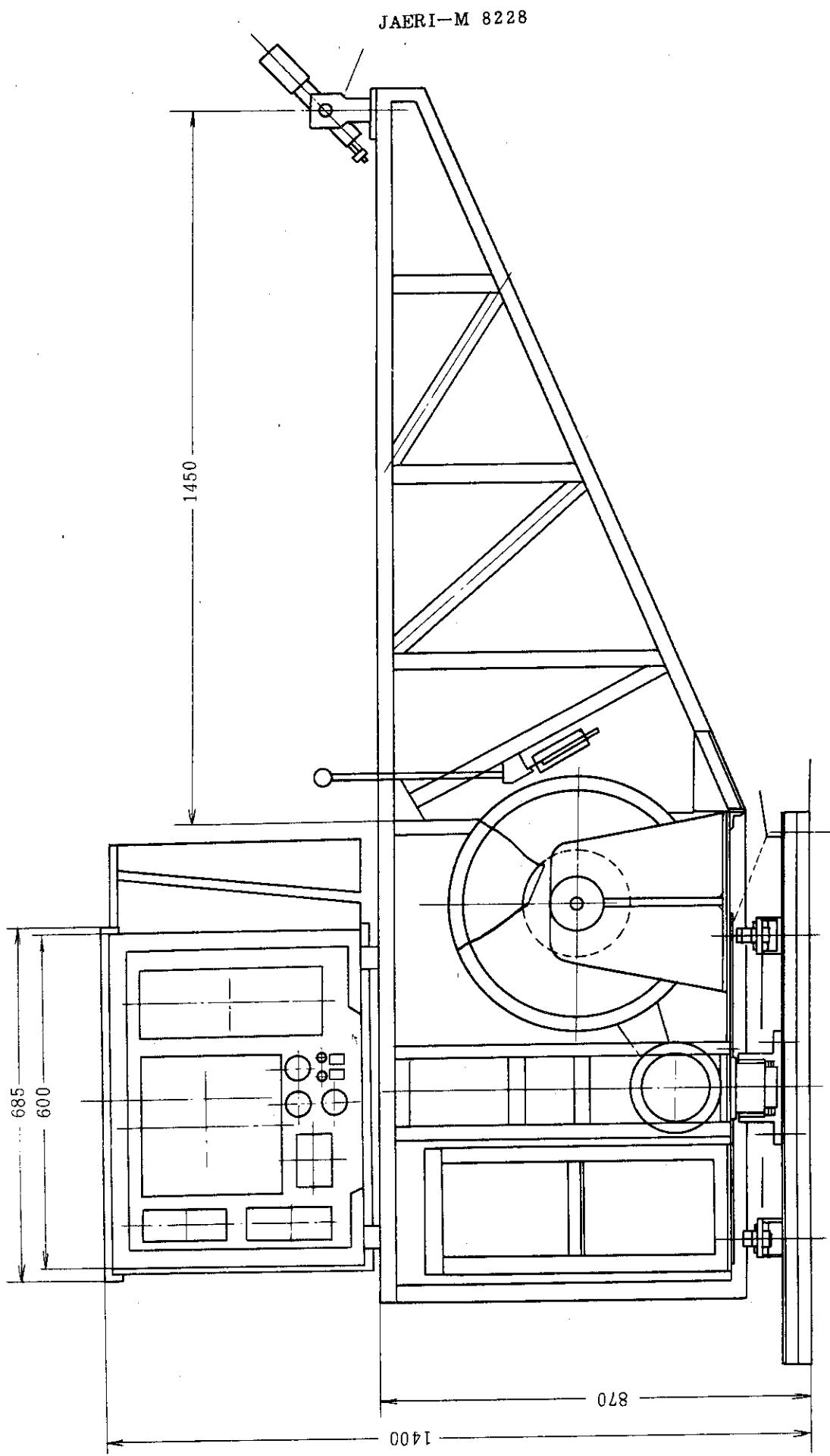


Fig. 6 氣球昇降機（正面）

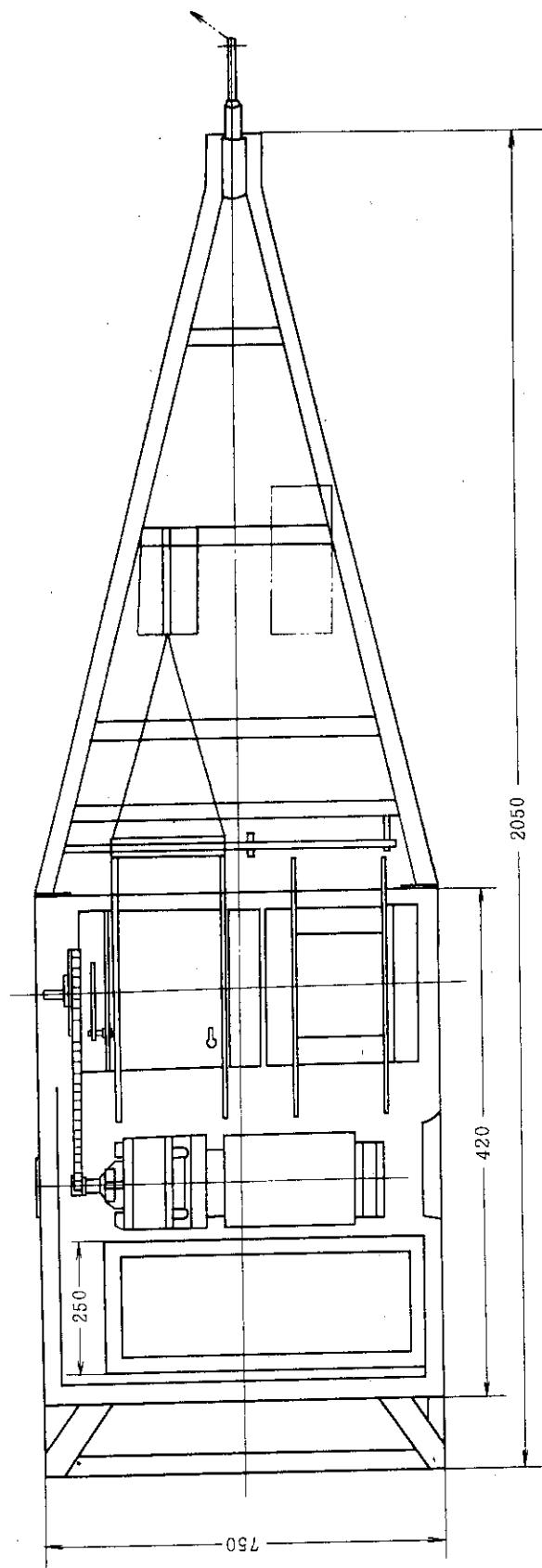


Fig. 7 氣球昇降機（上部）

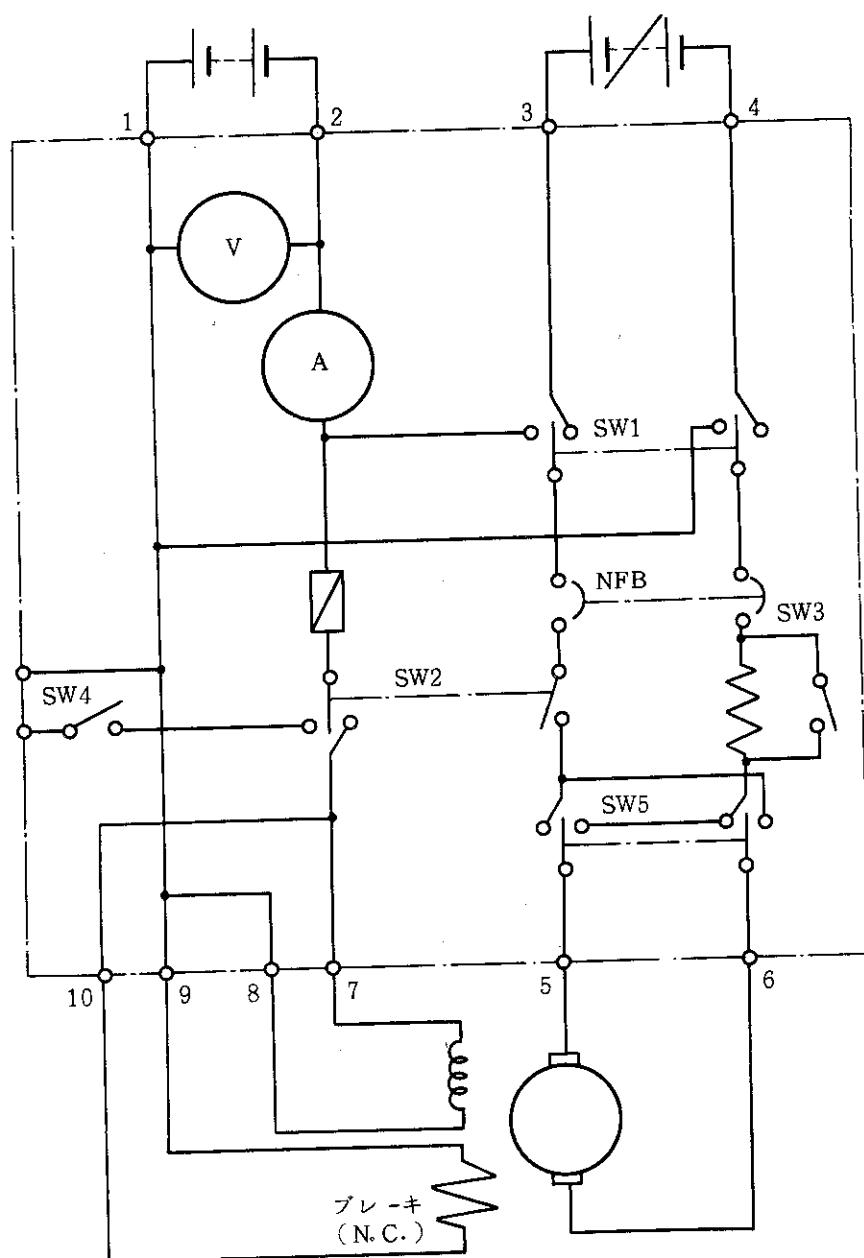


Fig. 8 モータの制御回路

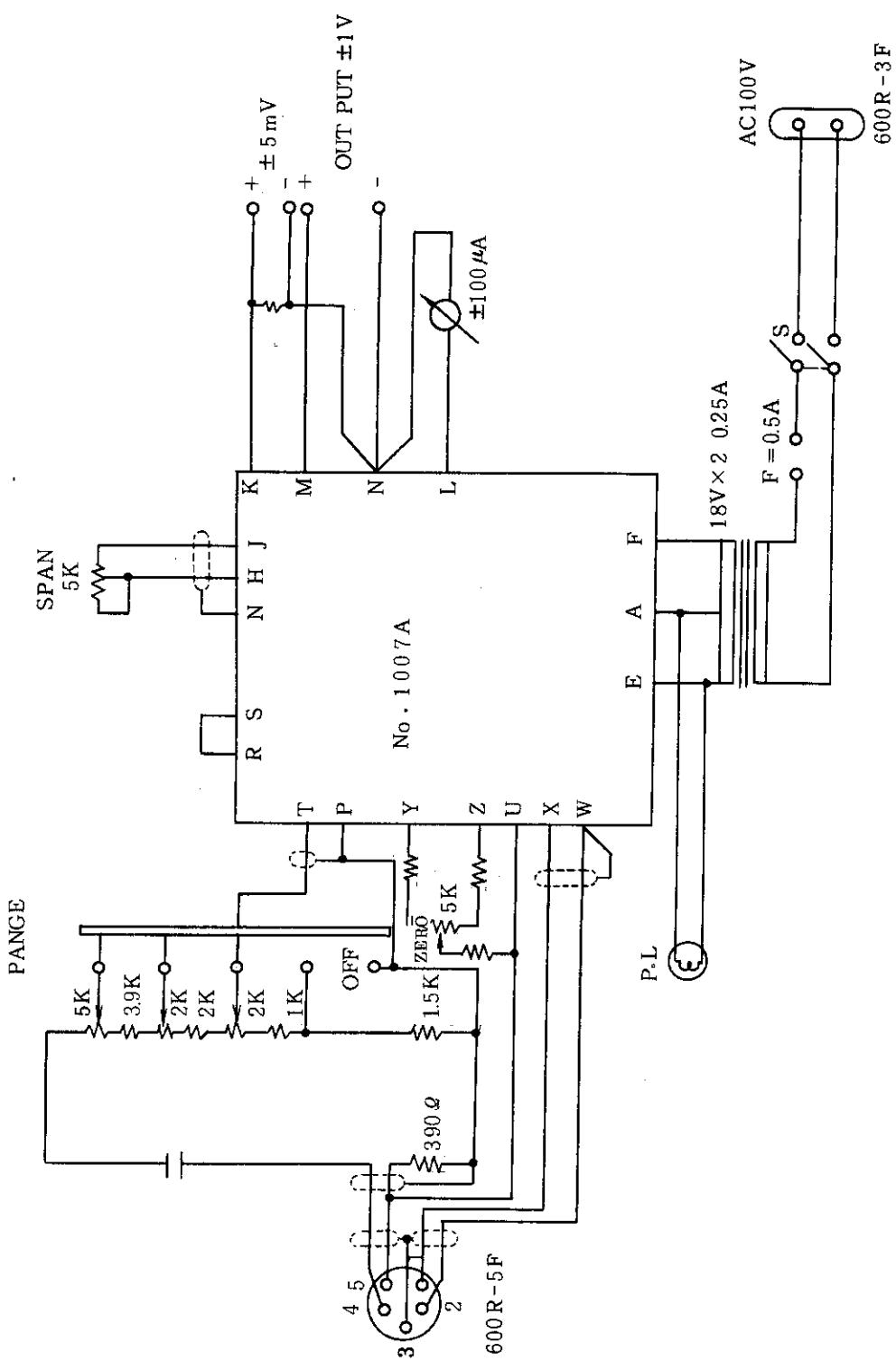


Fig. 9 變位計、角度計の回路図

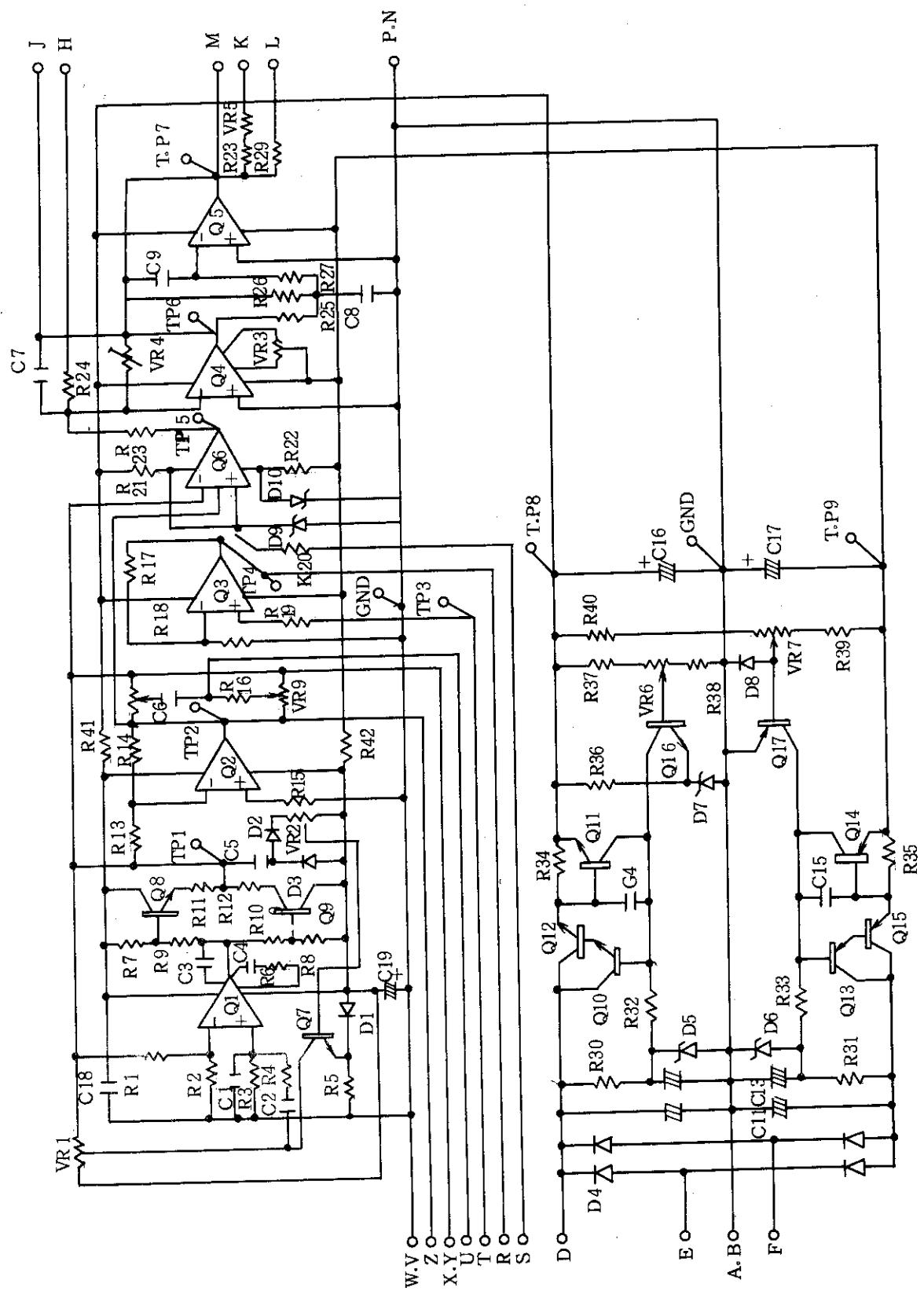


Fig. 10 No 1007 A の回路図

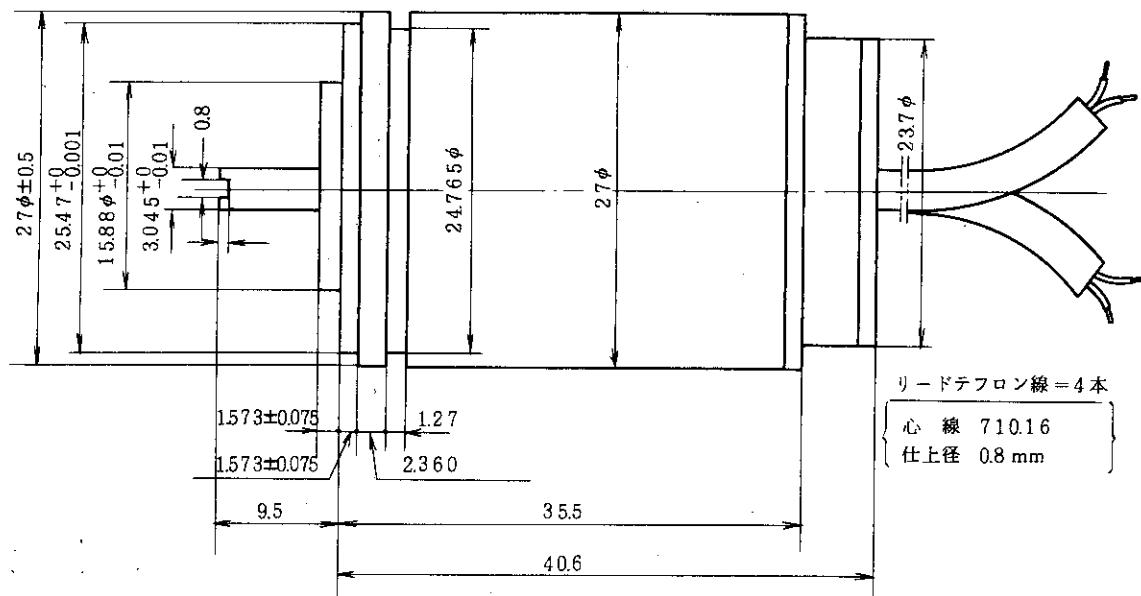


Fig. 11 回転角度検出器

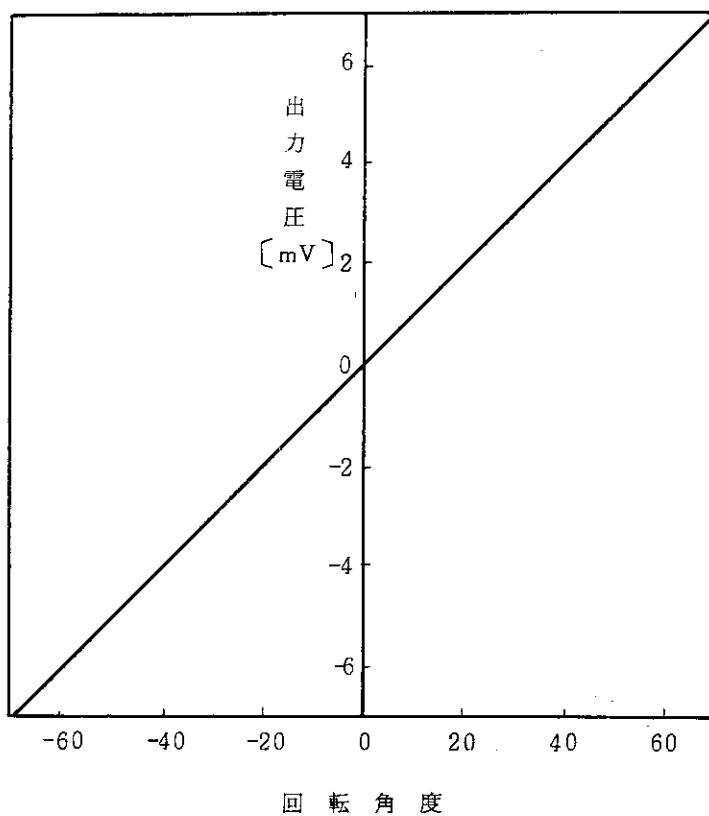


Fig. 12 回転角度計出力電圧特性

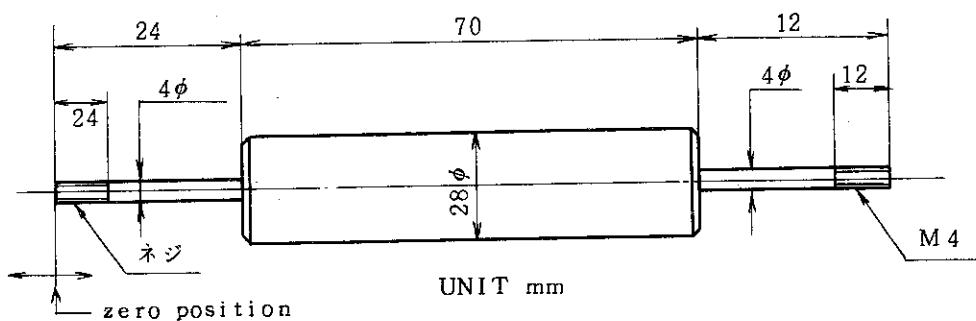


Fig. 13 差動変圧器

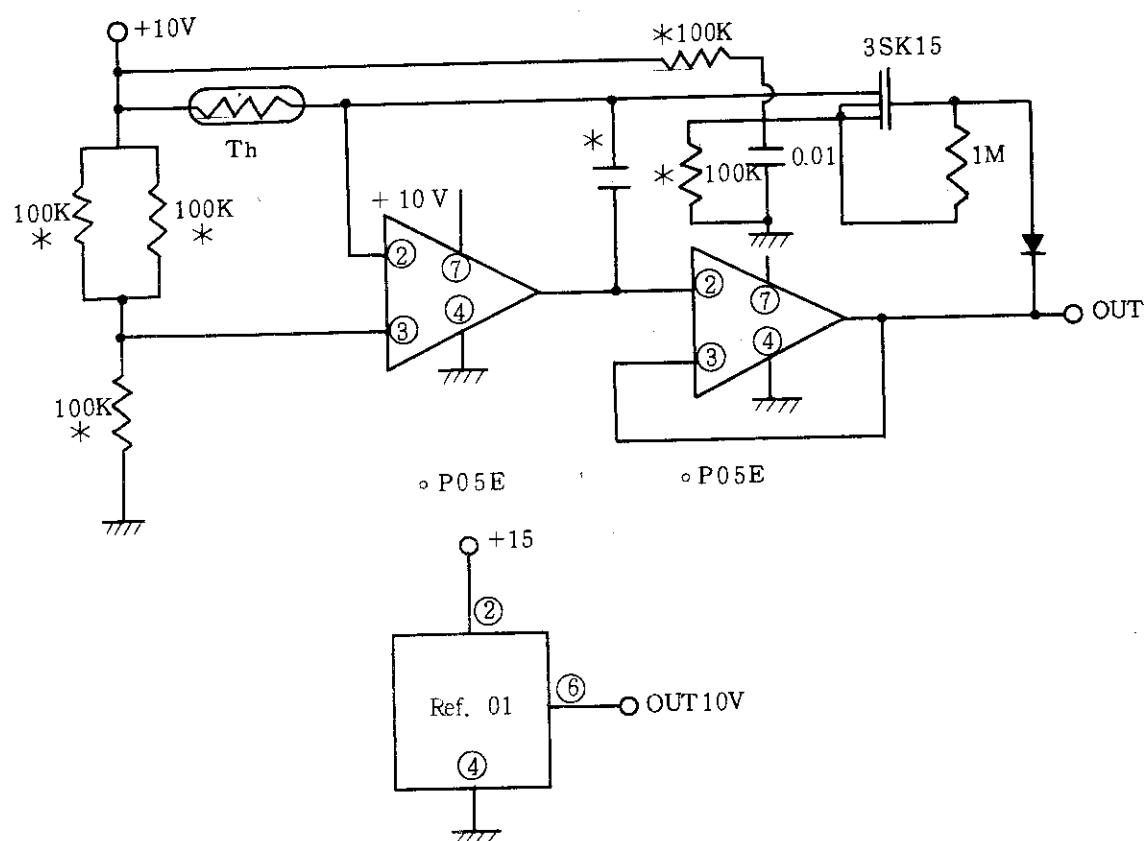


Fig. 14 ゾンデ回路図

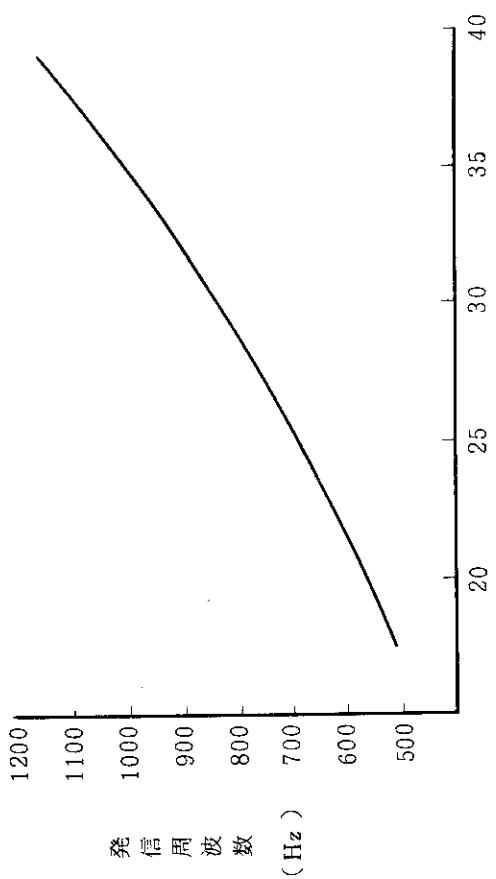


Fig. 15 ゾンデの温度特性

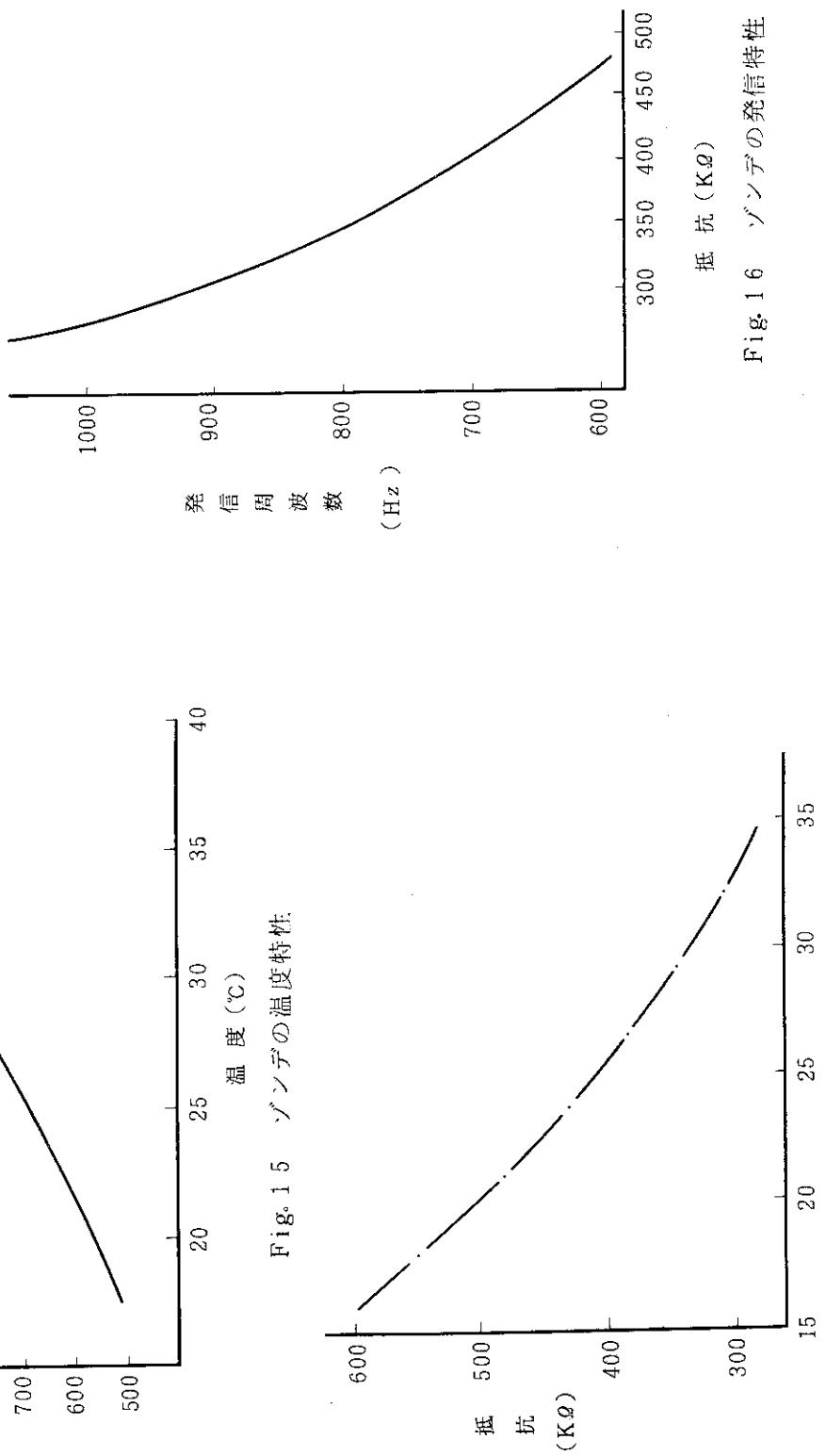
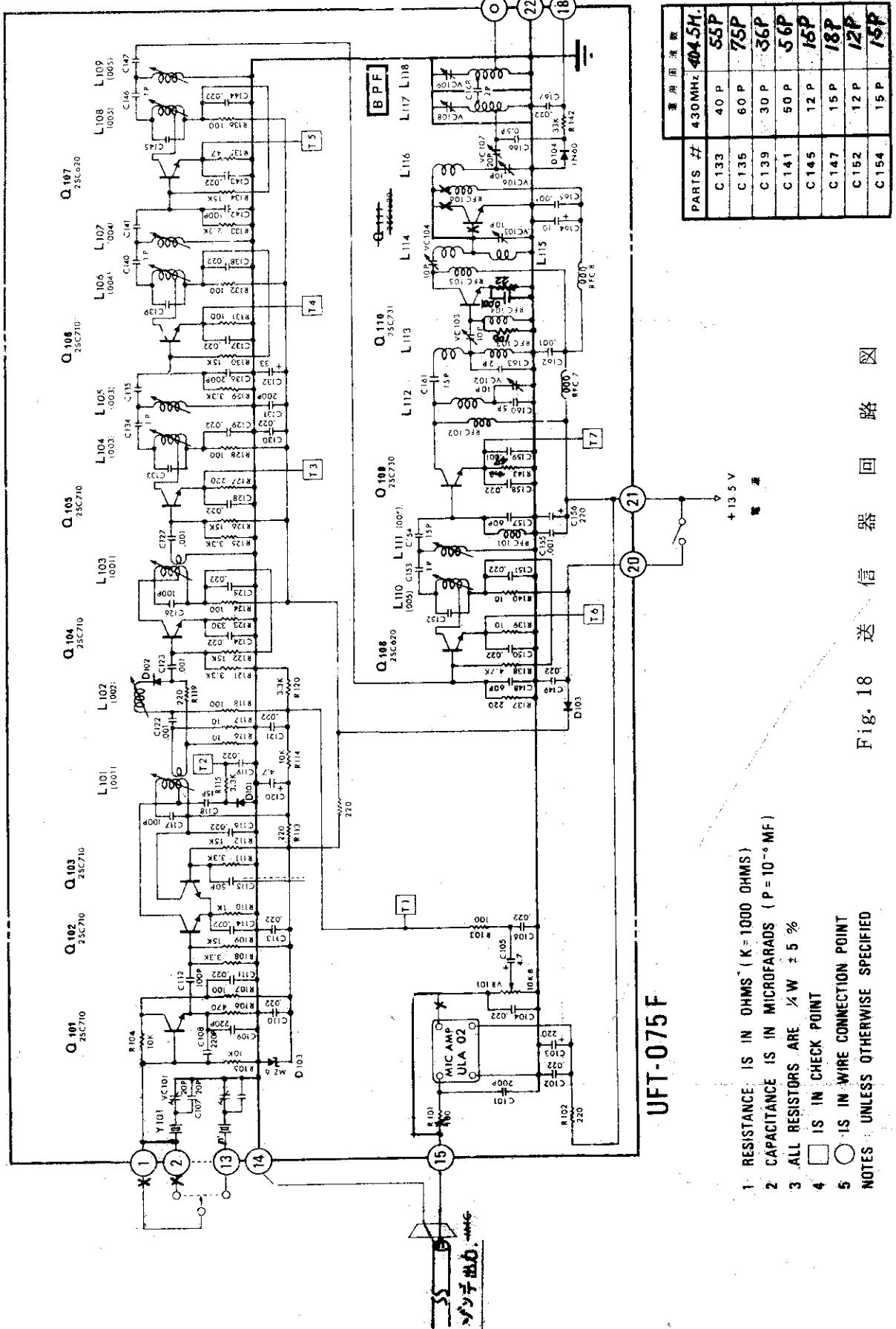


Fig. 16 ゾンデの発信特性

Fig. 17 サーミスターの温度特性



JAERI-M 8228

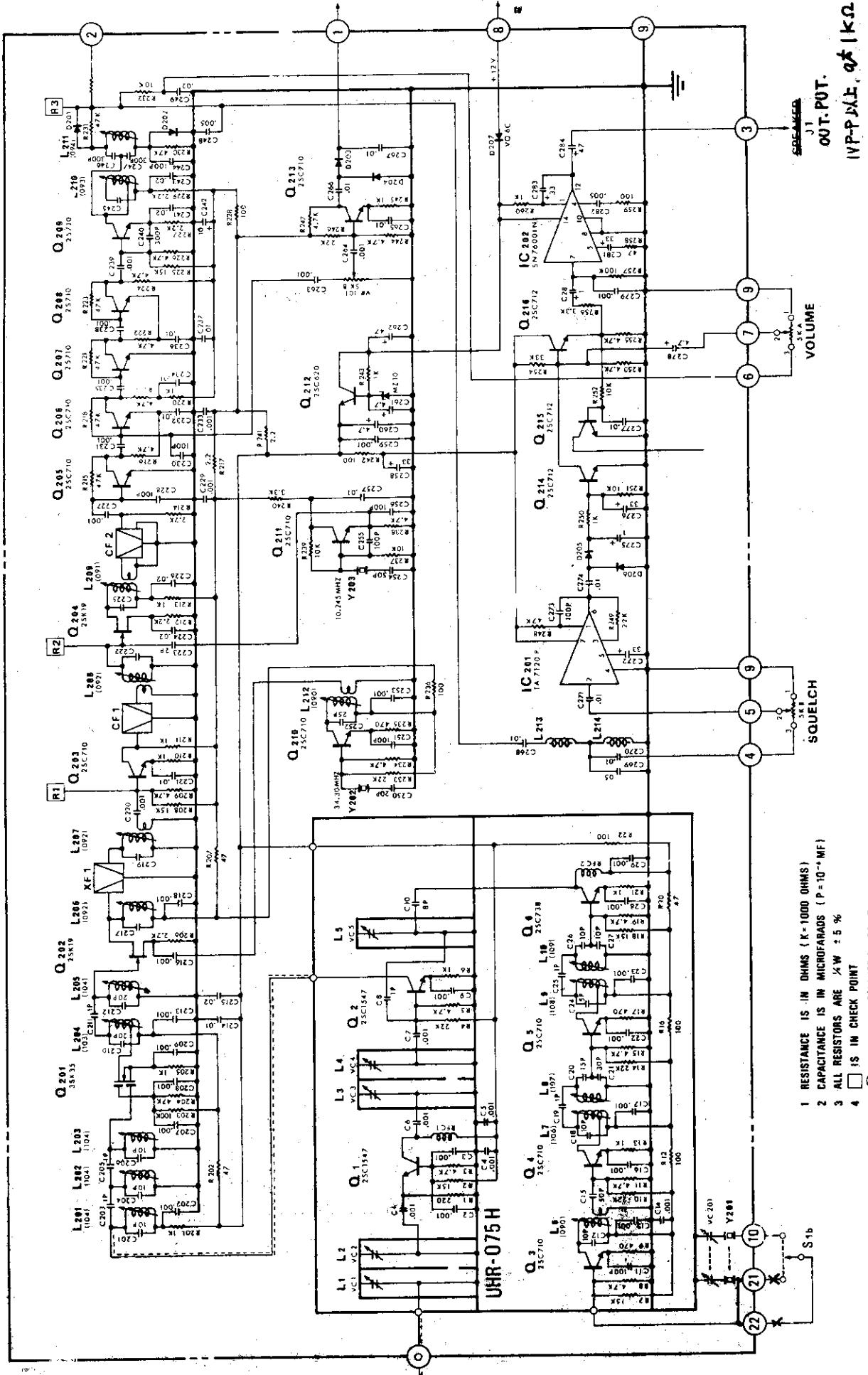


Fig. 19 受信器回路図

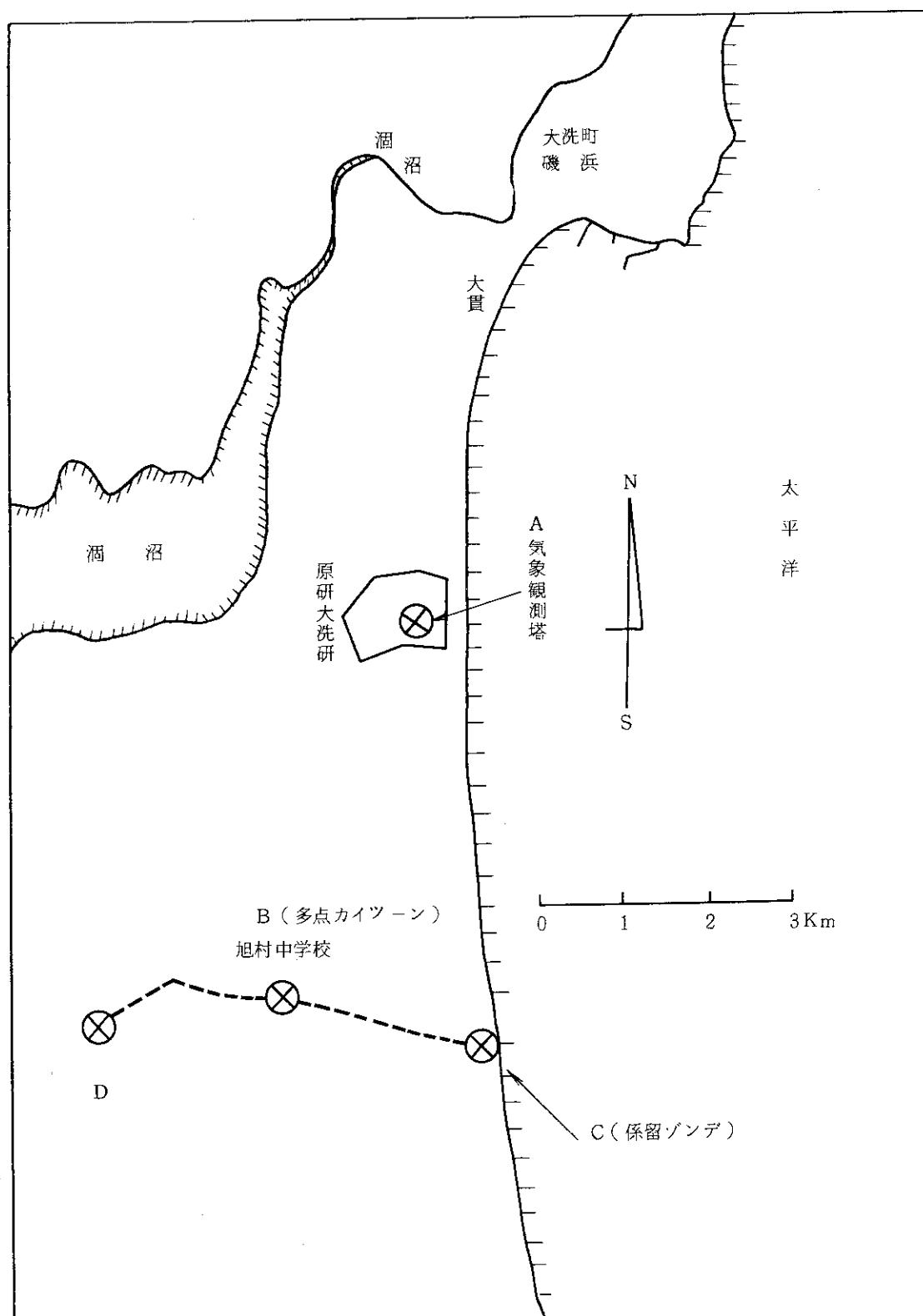


Fig. 20 観測点の配置 (破線は係留ゾンデ移動経路)

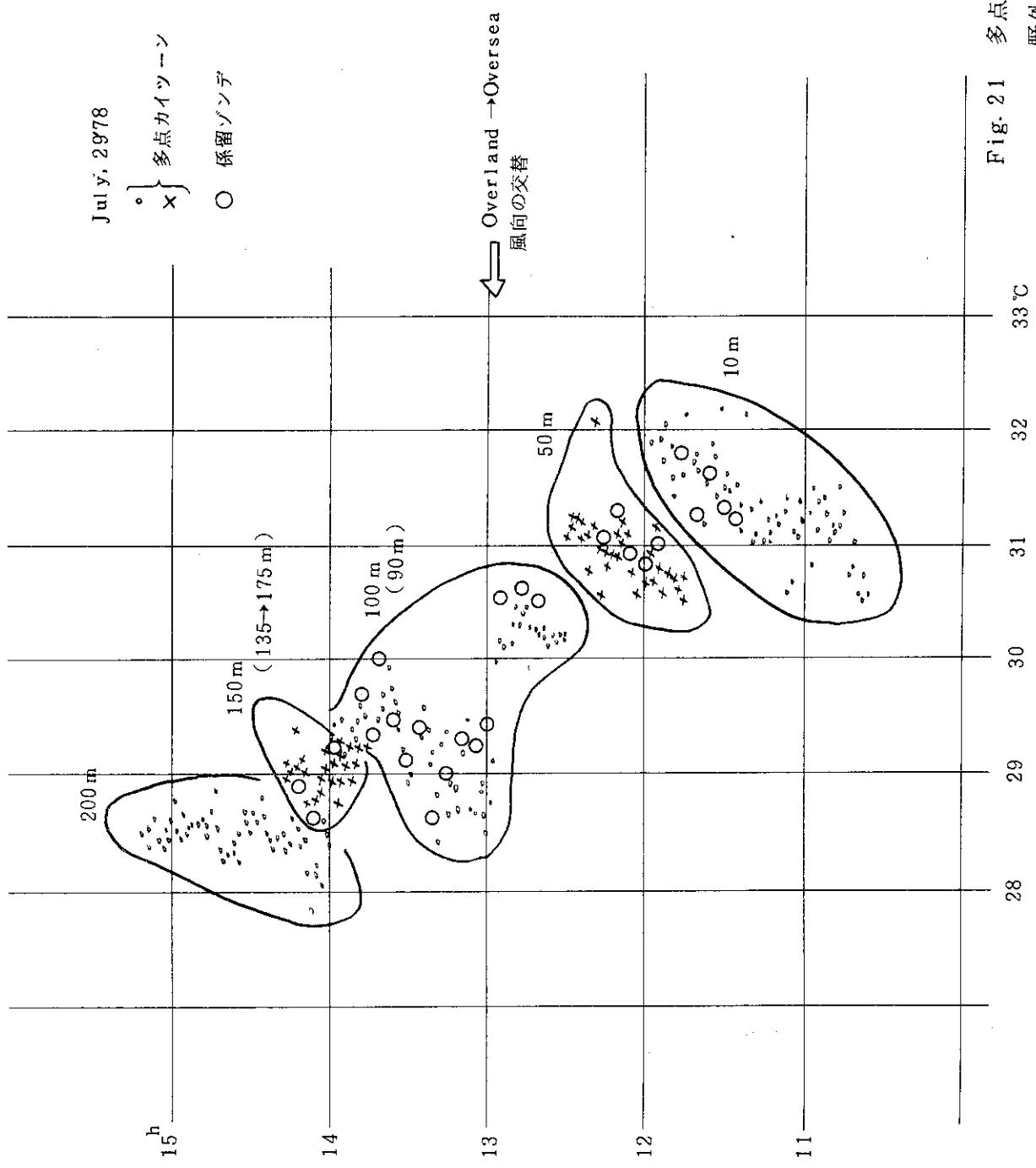


Fig. 21 多点カイツーンと係留ゾンデによる  
野外気温測定値との比較

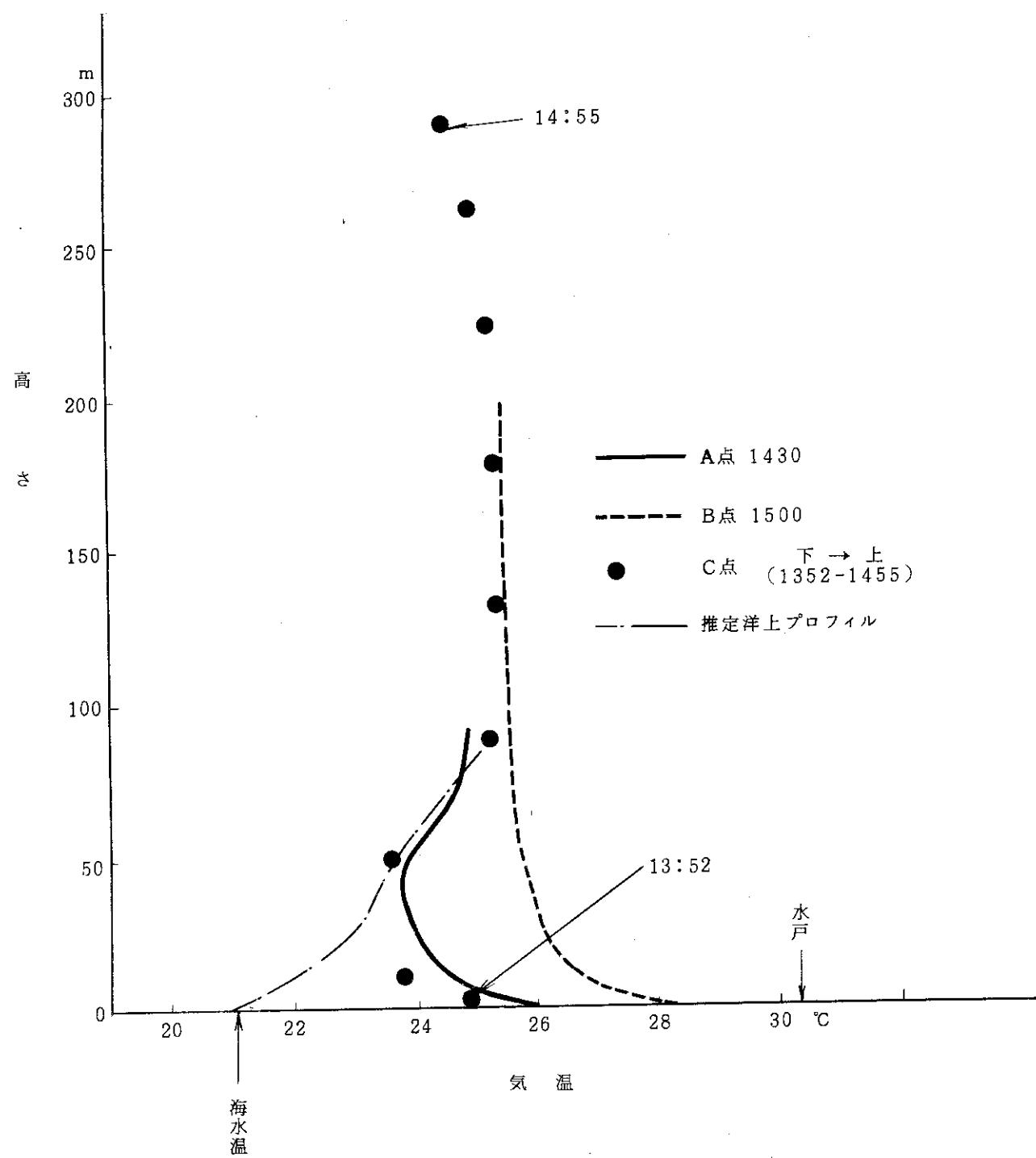


Fig. 22 1978年7月31日午後の気温プロファイル

パイバル: 0 - 250m NE

&gt;250m SE

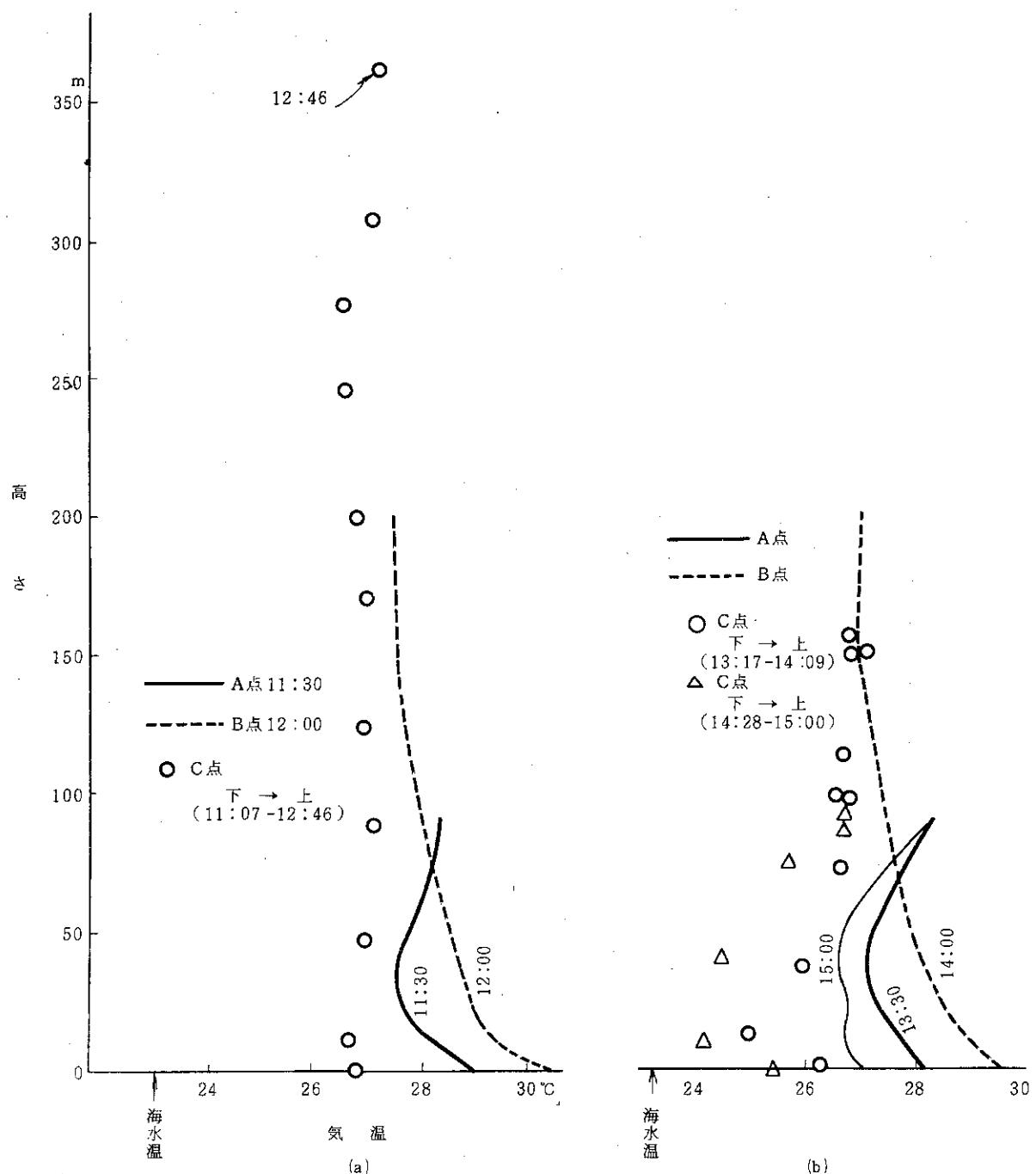


Fig. 23 1978年8月5日の気温プロファイル

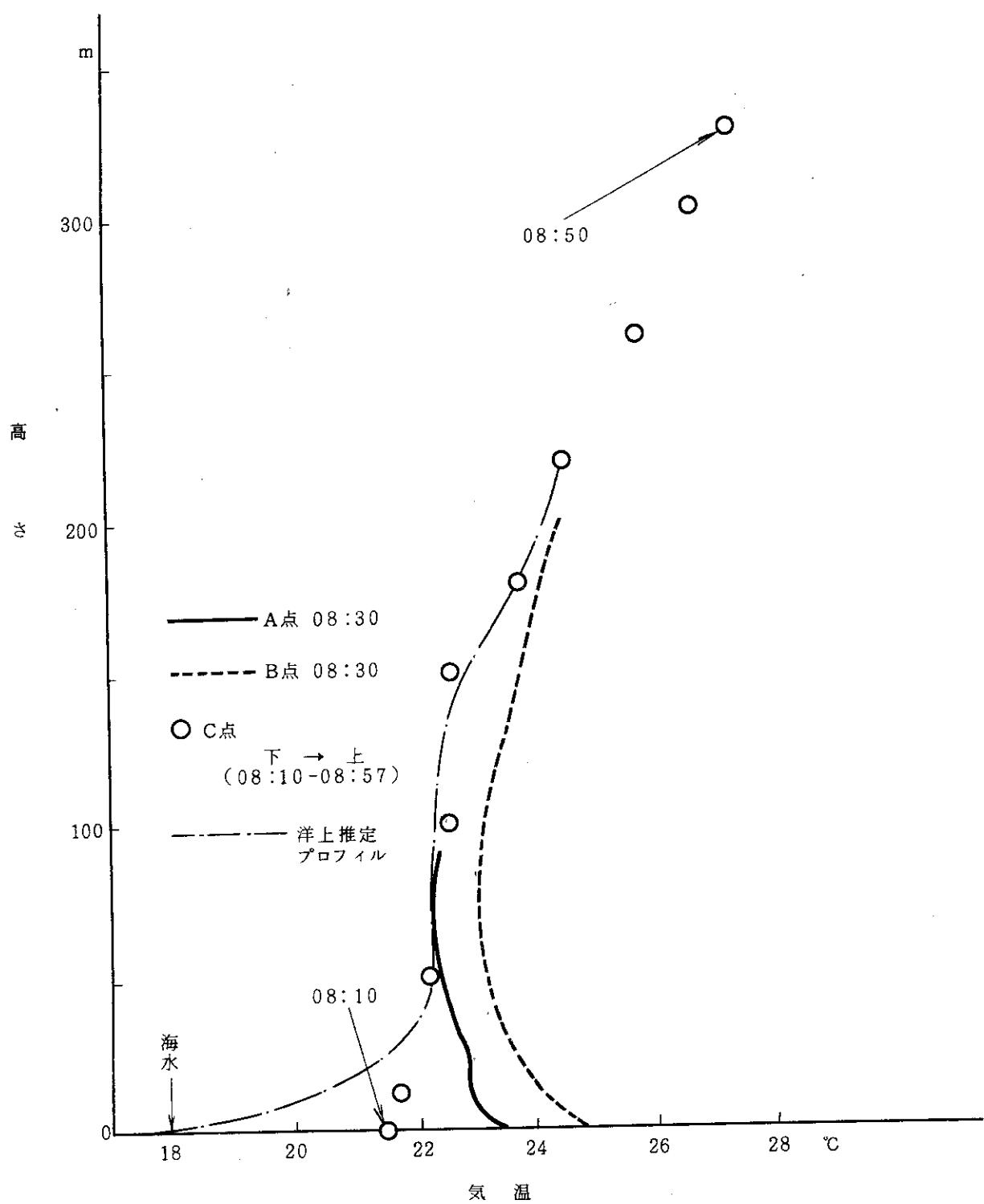


Fig. 24 1978年8月6日朝の気温プロファイル  
(海岸近辺濃霧)

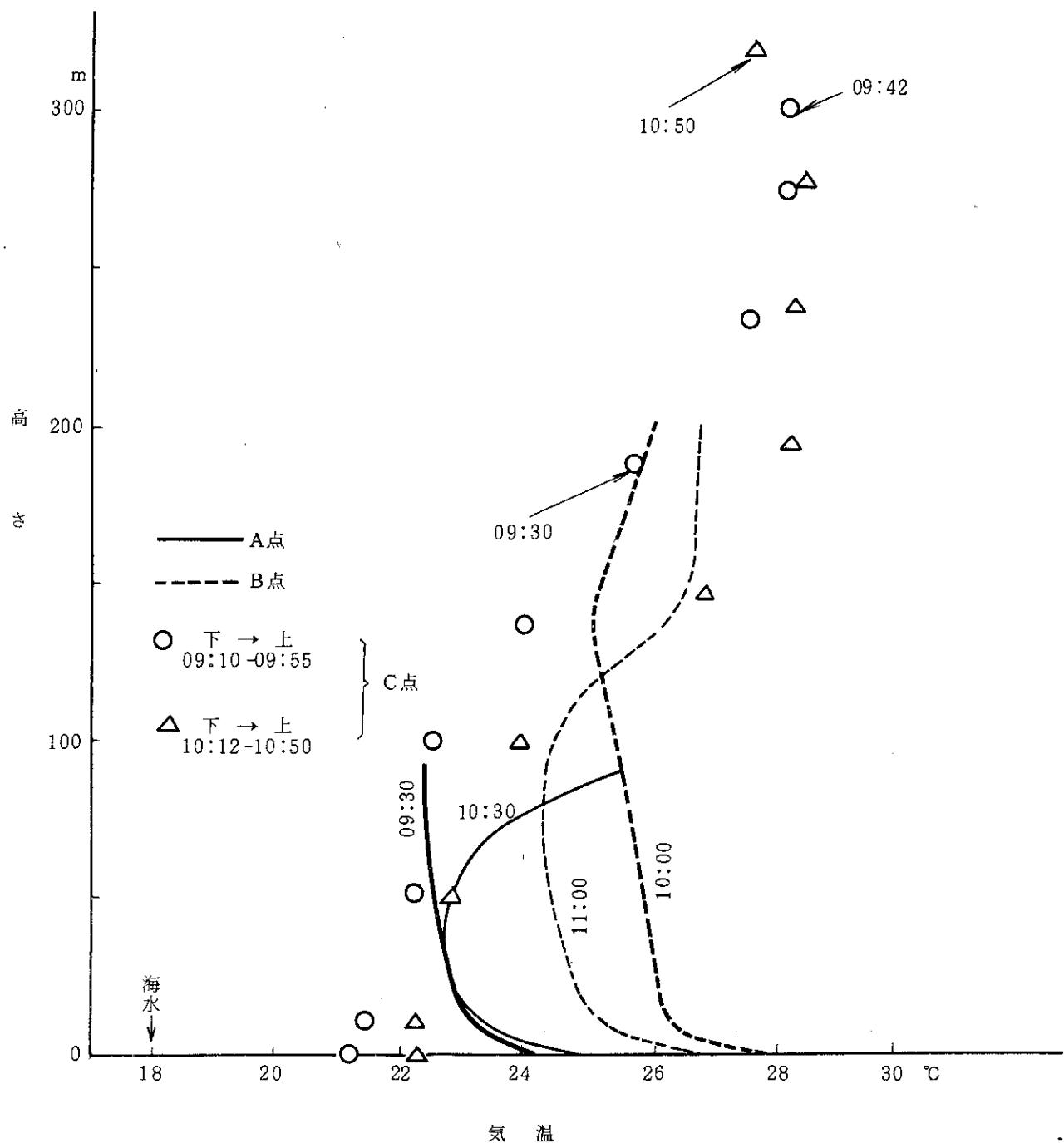


Fig. 25 1978年8月6日午前の気温プロファイル  
(時おり移流霧、日射の時間変動大)

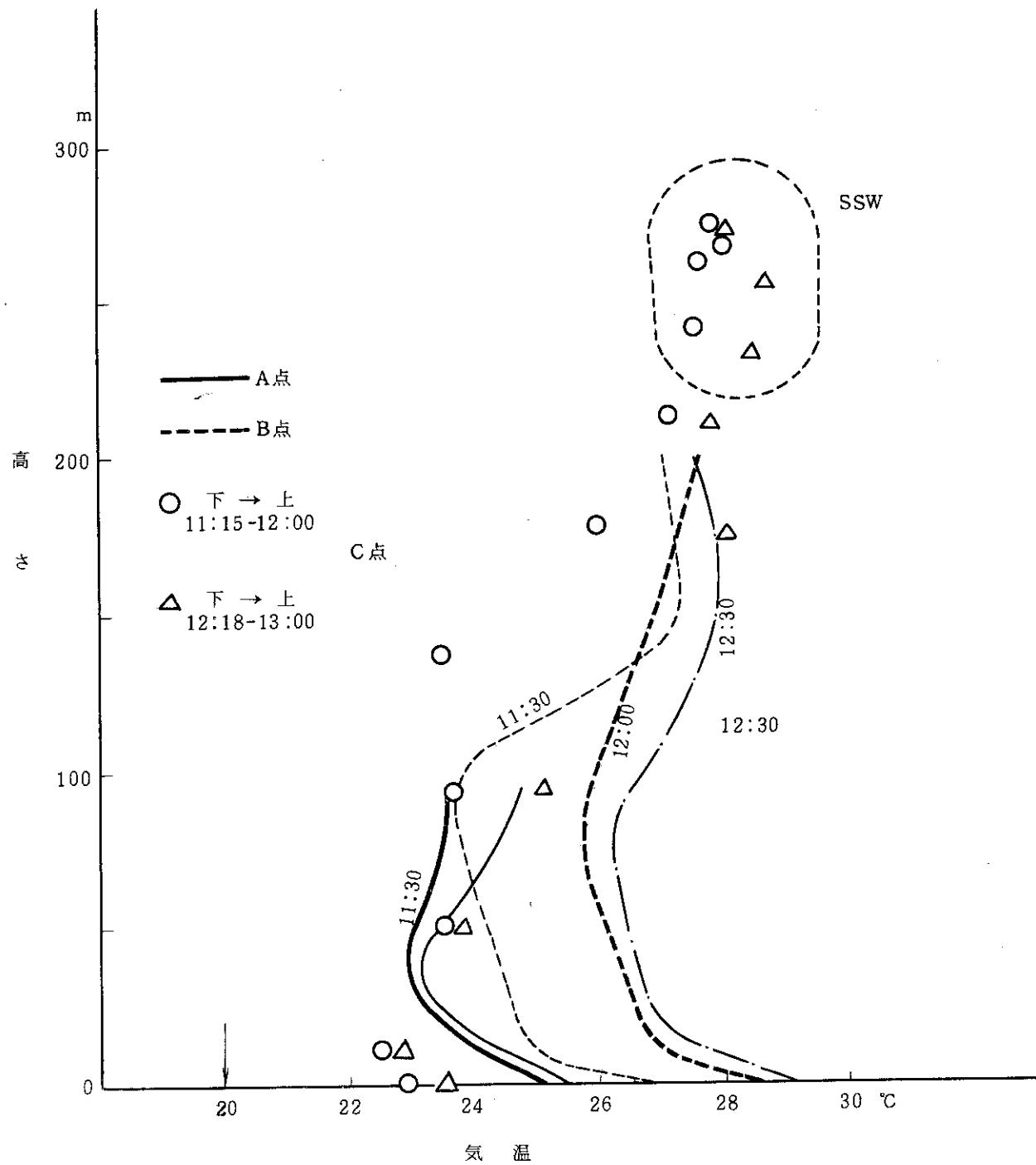


Fig. 26 1978年8月6日正午前後の気温プロファイル

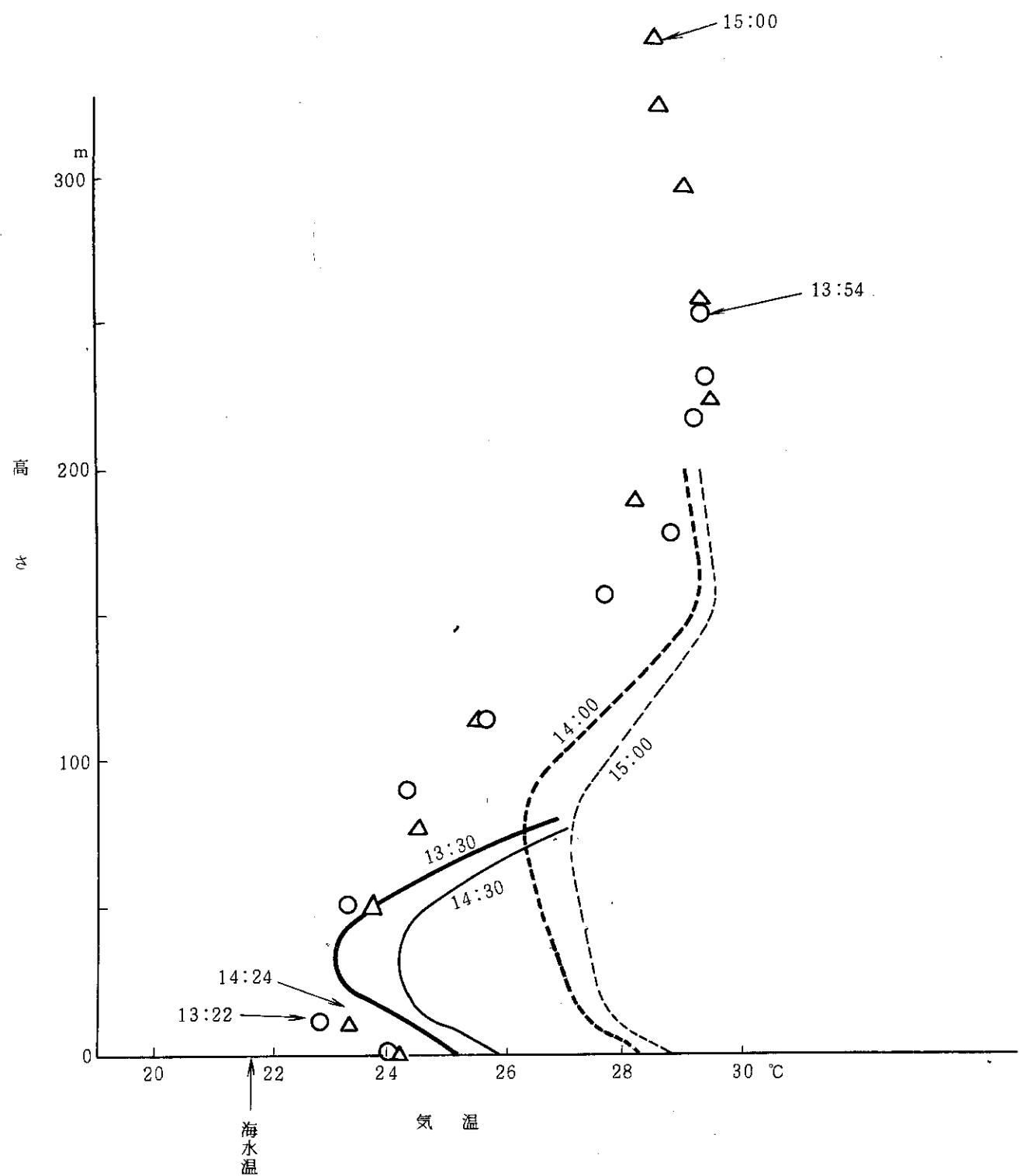


Fig. 27 1978年8月6日午後の気温プロファイル

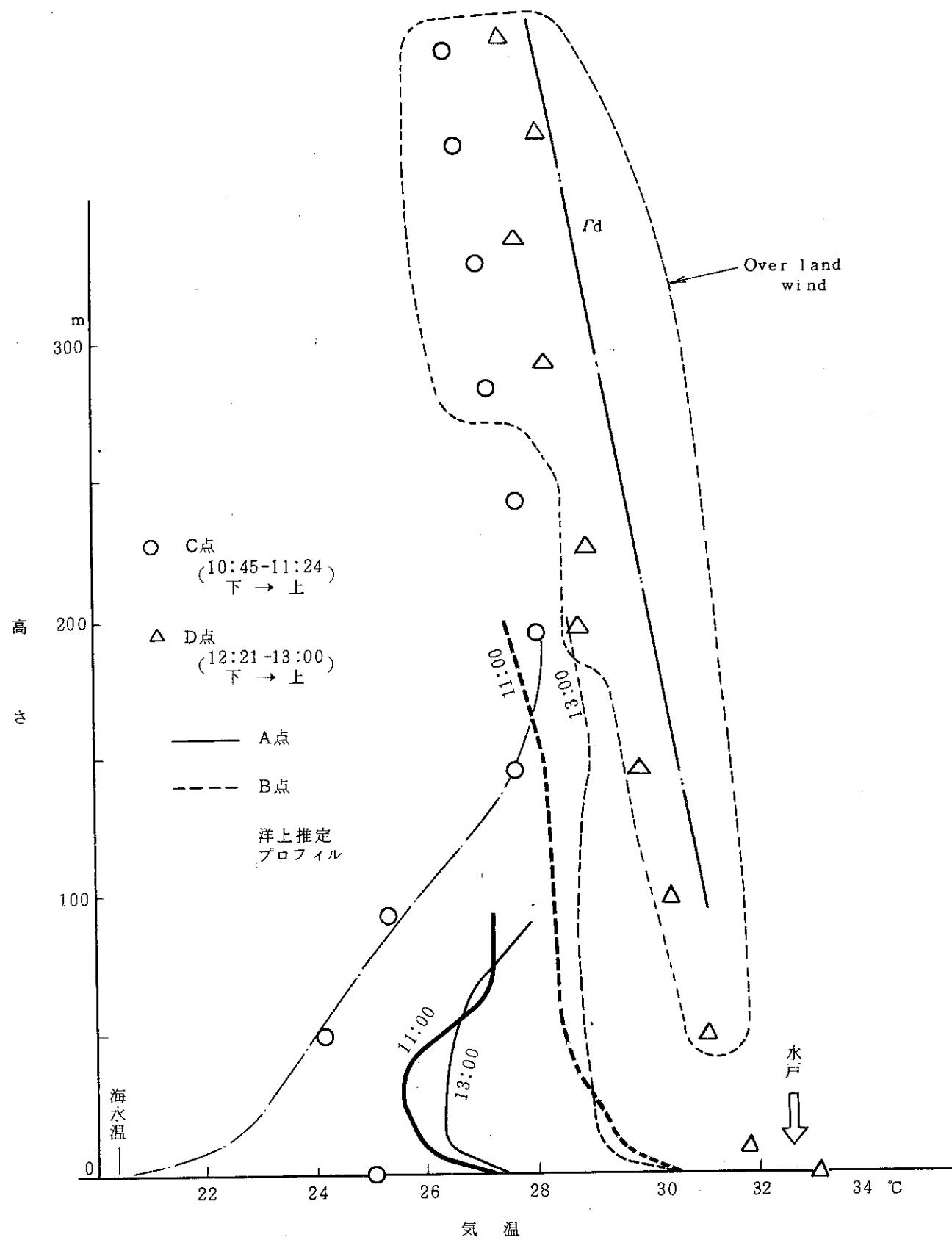


Fig. 28 1978年8月7日正午前後の気温プロファイル

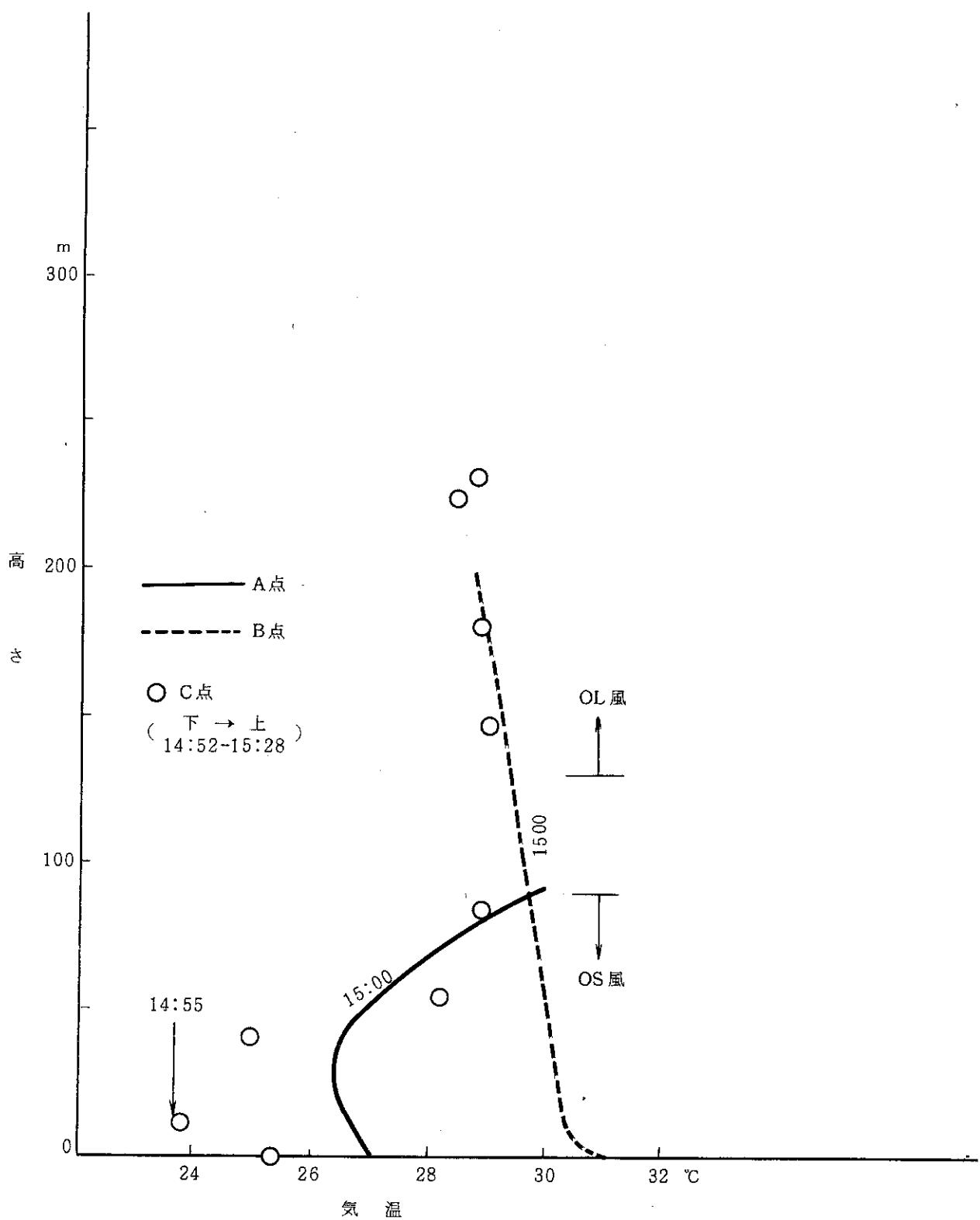


Fig. 29 1978年8月7日午後の気温プロファイル  
(雷雲・風強まる)

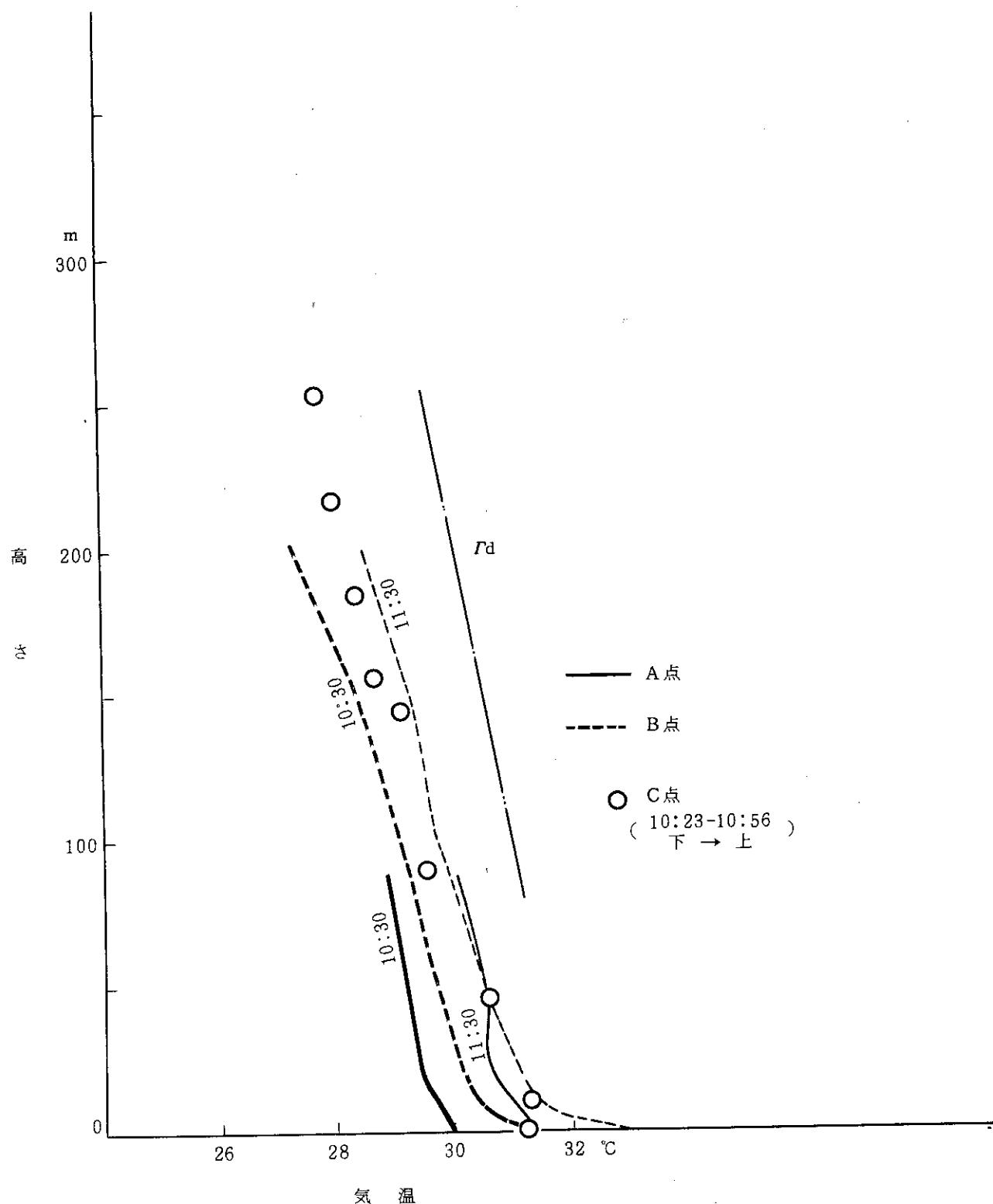


Fig. 30 1978年8月8日午前の気温プロファイル  
(全層 SW象限の風)

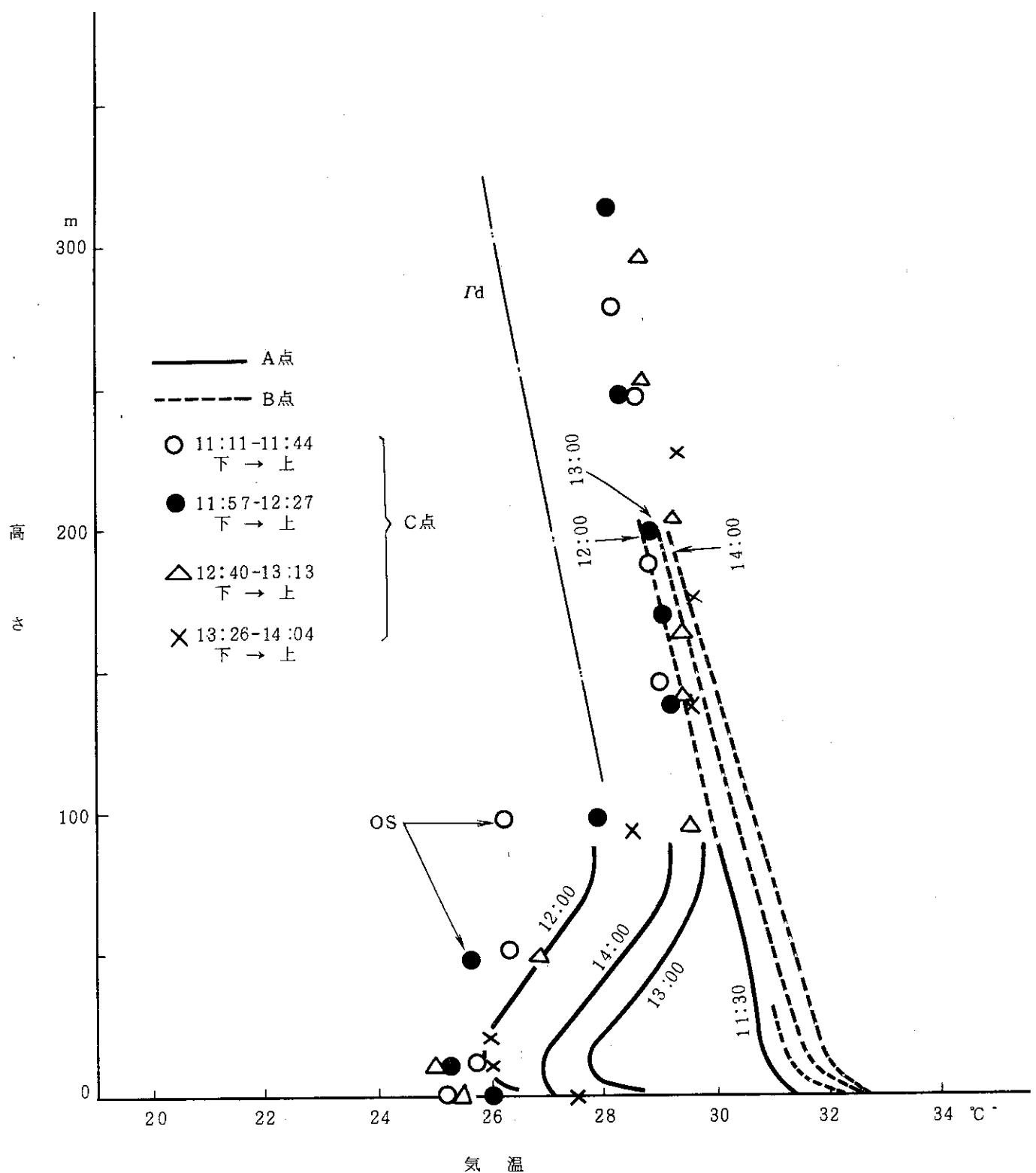


Fig. 31 1978年8月8日正午前後の気温プロファイル  
(カイツーン全層 SW象限の風  
A.C 地点Sの風, OS  $\rightarrow$  OL 変動)

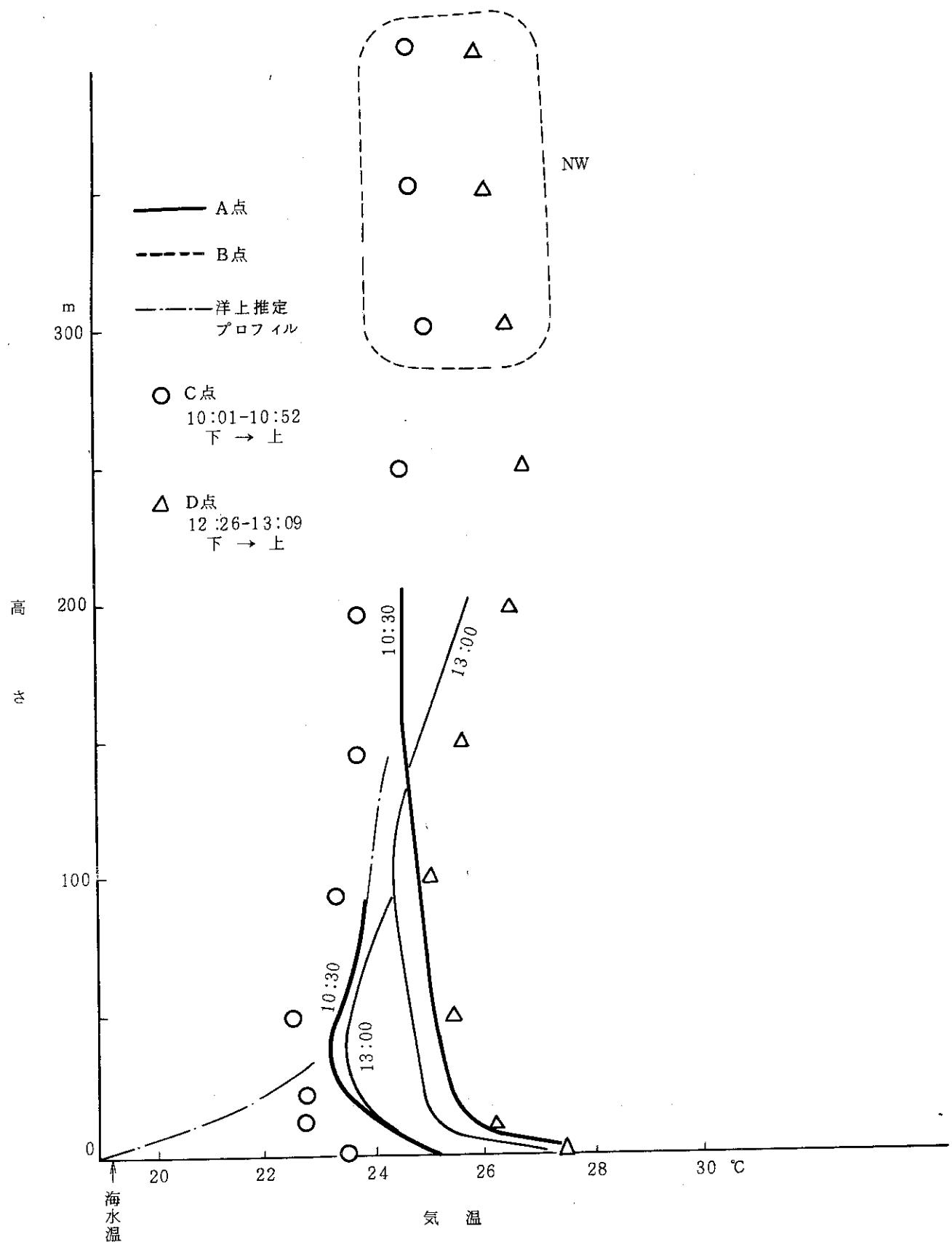


Fig. 32 1978年8月9日正午前後の気温プロファイル  
(○ St 10, 曇天海風の典型)

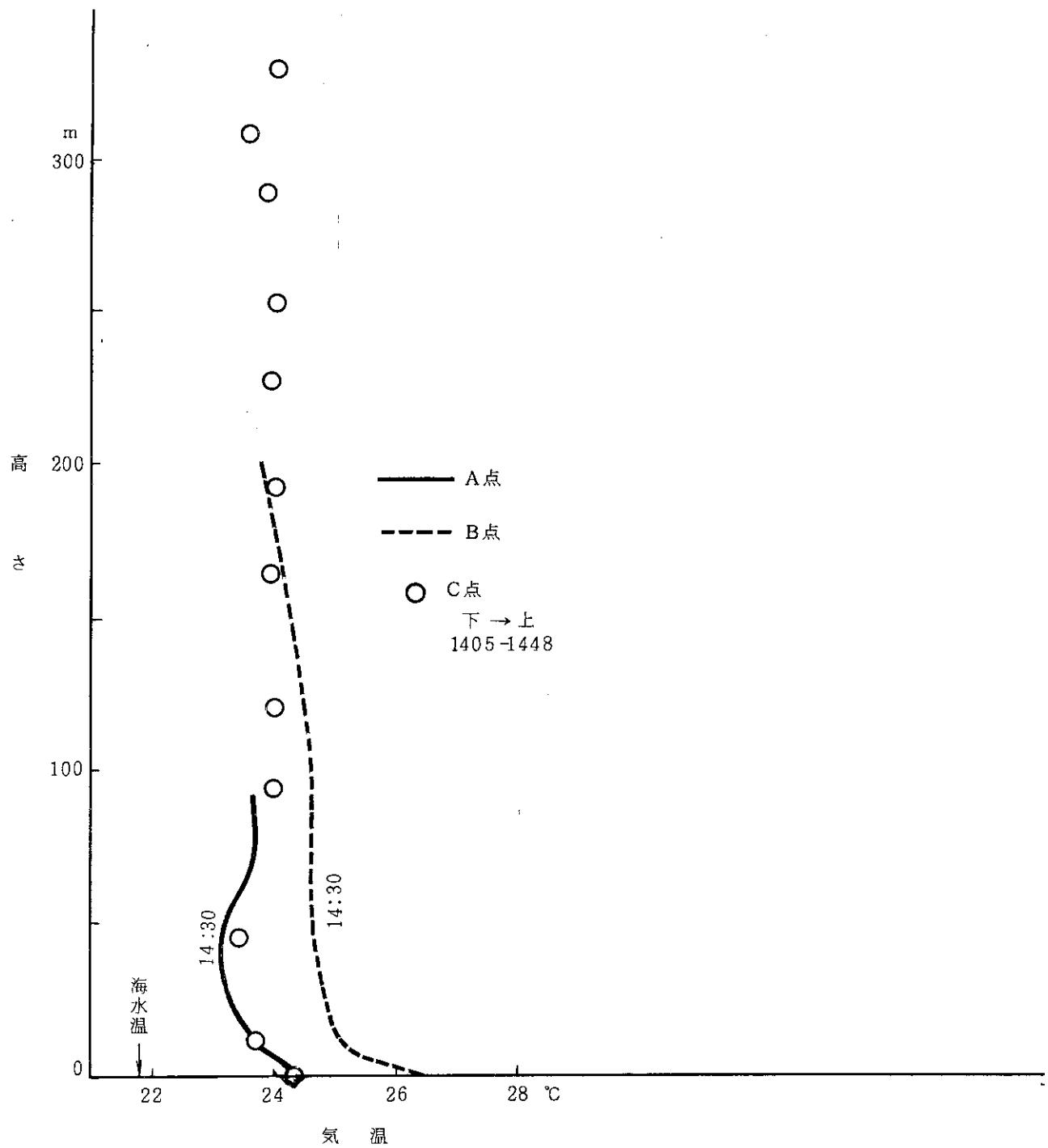


Fig. 33 1978年8月9日午後の気温プロファイル

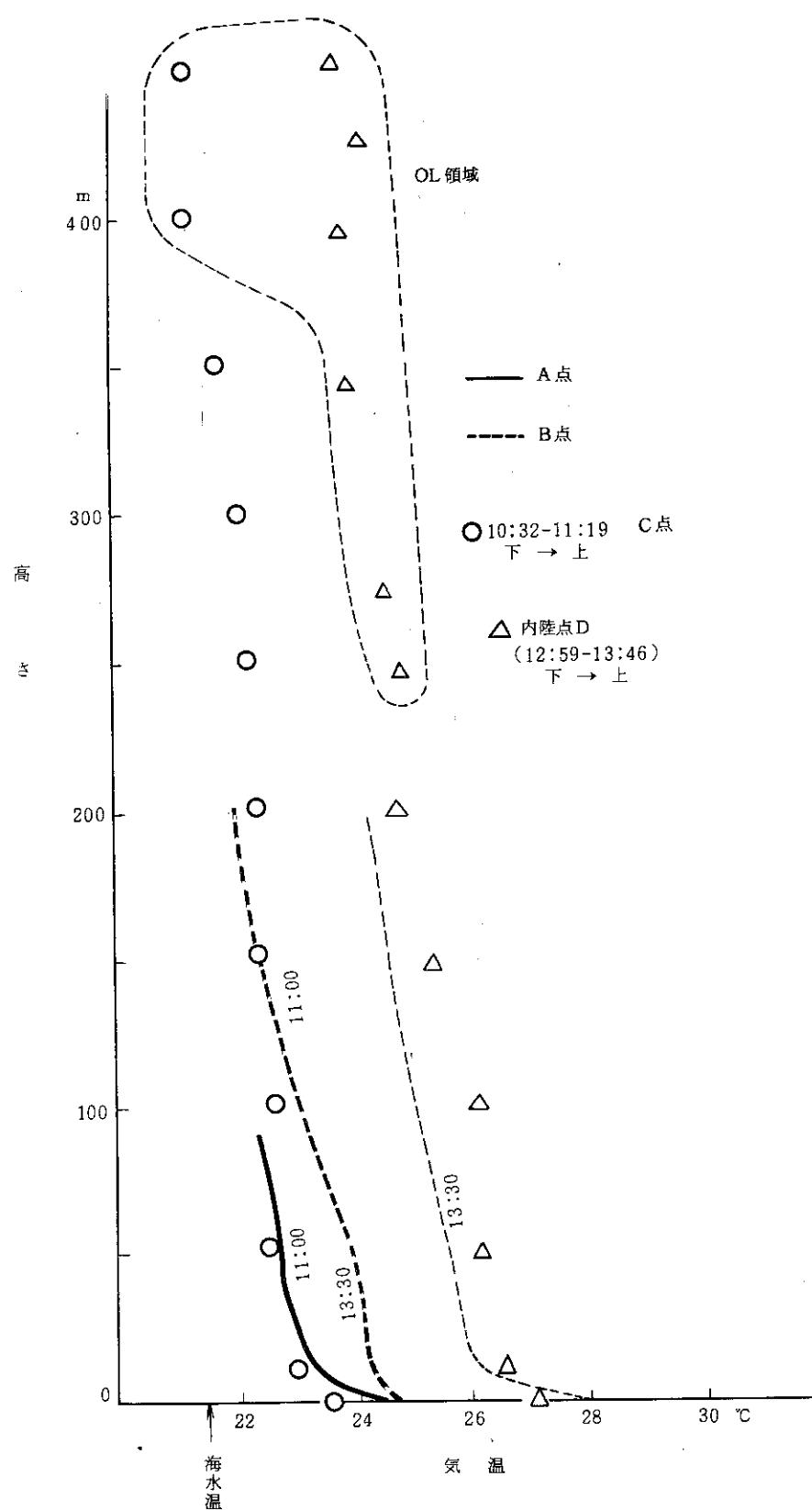


Fig. 34 1978年8月10日の気温プロファイル

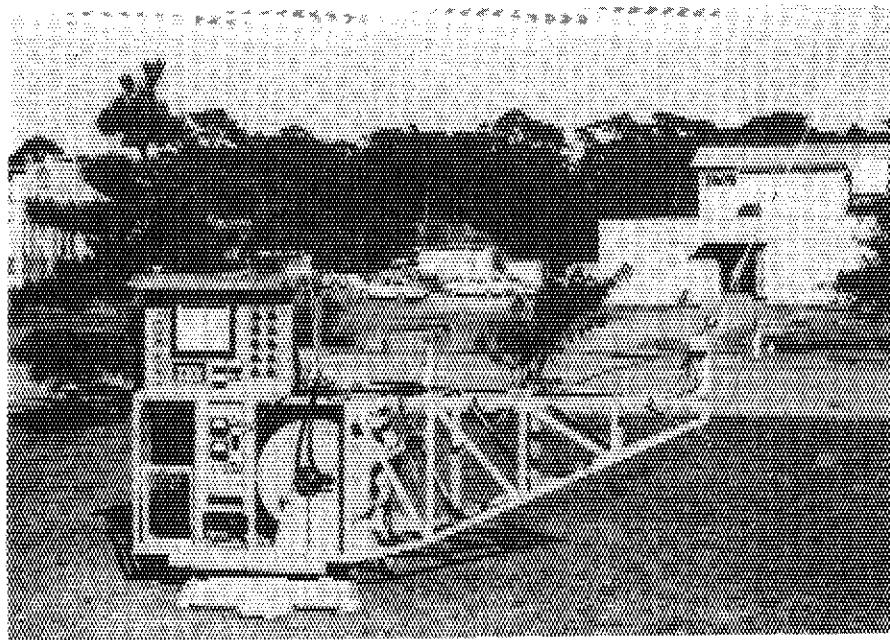


Photo. 1 気球昇降機



Photo. 2 KY型特殊係留気球(カイトーン)の浮揚

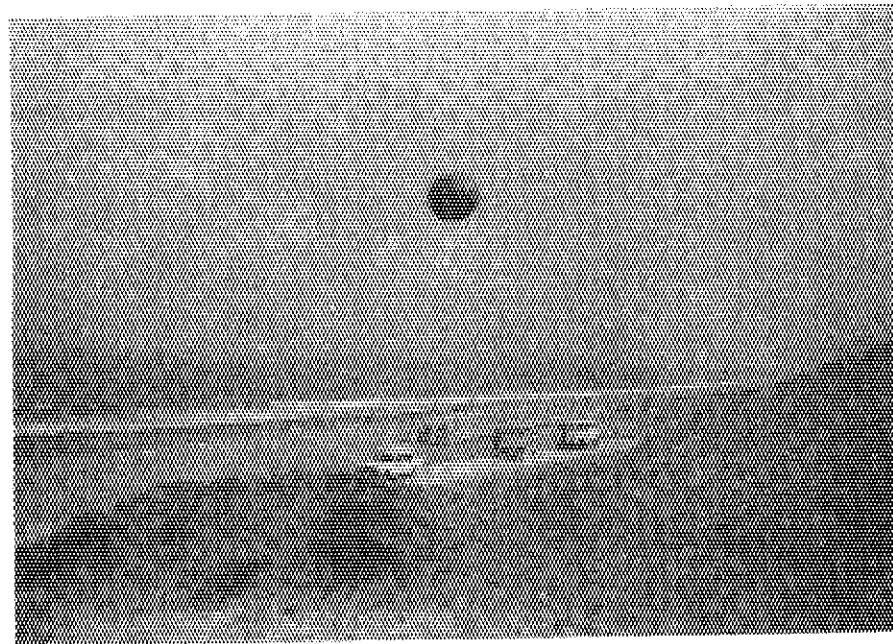


Photo. 3 係留ゾンデによる観測

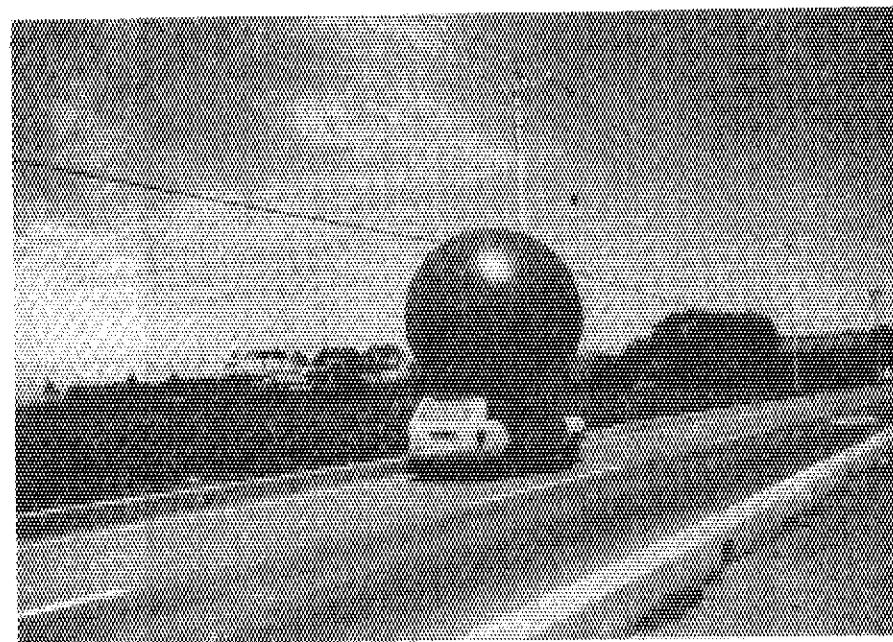


Photo. 4 球型係留気球の輸送