

本資料は2000年 5月 11日付けで登録区分
変更する。

東濃地科学センター【研究調整グループ】

表層地下水流動機構の把握のための
観測システムの設計

報 告 書

平成9年1月

アジア航測株式会社

本文の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせ下さい。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松 4 番地 49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184
Japan

©核燃料サイクル開発機構
(Japan Nuclear Cycle Development Institute)
1997

限定資料

PNC 委J7361 97-001

1997年1月



表層地下水流動機構の把握のための観測システムの設計

山井忠世^{*}、若松尚則^{*}、
小林公一^{*}、中島 誠^{*}

要 旨

東濃鉾山周辺の表層水理観測システムを検討した。表層水理観測の目的を涵養量の時間空間分布の把握と位置づけ、そのためのフルスペックのシステム構成の検討と流域の選定を行った。

システムは、降水量・蒸発散量・流出量・地下水貯留量を得るための気象・流量・地下水頭・土壌水分の各観測システムから構成される。

対象流域は、観測目的によって、大流域（ある程度の広がりをもった領域での平均的な水収支の把握を目的とする）、モデル小流域（涵養メカニズムの把握を目的とした詳細な観測を行う）、その他の小流域（特定の地形・地質条件の流域での涵養特性を把握することを目的とする）の3タイプを考え、それぞれ6流域、2流域、4流域を選定した。

使用する機器の異なる2つの観測システムを考え、それらの計測部・記録部・データ転送部の構成を設計し、システムの費用を見積もった。

本報告書は、アジア航測株式会社が動力炉・核燃料開発事業団との契約により実施した業務の成果である。

契約番号 08C0594

※ アジア航測株式会社 地質部

Plan of a monitoring system
for understanding near-surface groundwater movement mechanism

Tadayo Yamanoi *, Hisanori Wakamatsu *,
Koichi Kobayashi *, Makoto Nakashima *

ABSTRACT

A monitoring system for near-surface hydrology around Tono Mine was planned. A full-spec monitoring system was planned in accordance with the purpose of near-surface hydrological investigation, i.e. to understand temporal and spatial distribution of groundwater recharge, and catchments for investigation were selected.

The system is for collecting data of precipitation, evapotranspiration, discharge and groundwater storage, and consists of measuring system for meteoric parameters, stream flow, groundwater head and soil moisture.

Six "large catchments", two "model small catchments" and four "small catchments" were selected. The purpose of monitoring in these catchments are to understand average water balance in certain area, to clarify mechanisms of groundwater recharge, and to know recharge property under characteristic topographical and geological conditions, respectively.

Two monitoring systems which consist of different equipments each other were considered. Measuring sub-system, logging sub-system and data transporting sub-system of these systems were planned, and costs of the systems were estimated.

Work performed by AsiaAir Survey Co., Ltd. under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation

PNC Liaison : PNC Tono Geoscience Center, Geological Environment Research section, Nobuhisa Ogata

※ Asia Air Survey Co., Ltd. Geological Section

目 次

	ページ
1. はじめに	1
2. 業務の概要	2
2. 1 目的	2
2. 2 対象地域	2
2. 3 業務の内容	2
2. 4 業務実施期間	3
2. 5 業務担当者	3
3. 国内外における表層水理研究・観測の実態	5
3. 1 国内における表層水理研究・観測	5
3. 2 海外における表層水理研究・観測	60
4. 表層水理研究の考え方	73
4. 1 表層水理研究の位置づけとアウトプット	73
4. 2 表層水理観測の方法	74
5. 東濃鉾山における表層水理観測の現状と課題	77
5. 1 既存表層水理観測システムの評価	77
5. 2 表層水理観測における課題	85
6. 表層水理観測システムの基本概念	87
6. 1 流域タイプの位置付け	87
6. 2 各流域タイプにおける観測システムの基本概念	90
7. 観測項目および観測手法	99
7. 1 気象観測	99
7. 2 河川流量観測	106
7. 3 地下水頭観測	109
7. 4 土壌水分観測	113
7. 5 データ転送・収録	115
8. 観測対象流域および観測機器設置地点	117
8. 1 観測対象流域選定の基準	117

8. 2 観測対象流域とその特徴	117
9. 観測システムの構成	124
9. 1 観測システムの基本構成	124
9. 2 機器メーカーの選定	126
9. 3 観測システム	128
10. 観測システムおよびその設置に伴う概略費用	136
10. 1 機器費用	136
10. 2 機器設置および付帯試験に伴う費用	152
10. 3 機器の定期点検・調整に伴うメンテナンス費用	154
10. 4 連続観測の実施に伴う費用	156
11. まとめ	163
記号表	164
参考文献	165

目 次

	ページ
第2章	
図-2.1 対象地域	4
第3章	
図-3.1 調査対象国内文献における観測流域の流域面積の頻度分布	59
図-3.2 流域内における年降水量（全地点の平均値に対する比）の分布の例	59
第4章	
図-4.1 涵養量の変化と深部地下水流動	74
図-4.2 表層水理調査の流れ	76
第5章	
図-5.1 東濃鉾山周辺地域における既存表層水理観測システムの配置図	80
図-5.2 東濃鉾山における表層地下水位の長期変化（日平均値）	83
図-5.3 東濃鉾山における土壌水分（水理水頭）の長期変化（月平均値）	84
第6章	
図-6.1 水系図における大流域と（モデル）小流域の設定概念図	89
図-6.2 大流域における観測地点配置概念図	94
図-6.3 小流域における地下水流動系の模式図	95
図-6.4 モデル小流域における観測地点配置概念図	96
図-6.5 モデル小流域における観測地点および観測深度の概念図	97
図-6.6 小流域における観測地点配置概念図	98
第7章	
図-7.1 大流域における観測機器の基本配置	103
図-7.2 モデル小流域における観測機器の基本配置	104
図-7.3 小流域における観測機器の基本配置	105
図-7.4 測定間隔およびデータの種別と河川流量観測結果の変化の関係	108
図-7.5 測定間隔およびデータの種別と表層地下水位観測結果の変化の関係	112
第8章	
図-8.1 選定した観測対象流域	118

第9章

図-9.1	観測データ転送・収録システム(A)	134
図-9.2	観測データ転送・収録システム(B)	135

表 目 次

	ページ
第3章	
表-3.1 調査対象国内文献リスト	14
表-3.2 表層水理研究に関わる文献の概要	15
表-3.3 表層水理研究に関わる文献の概要一覧表	58
表-3.4 調査対象海外文献リスト	62
表-3.5 海外の表層水理研究に関わる文献内容の概要	63
第5章	
表-5.1 河川流量観測地点の流域面積と瀬戸層群分布面積の割合	81
表-5.2 既存表層水理観測システムにおける各観測装置の仕様	82
第7章	
表-7.1 測定間隔およびデータの種類の種類と河川流量観測結果の関係	107
表-7.2 測定間隔およびデータの種類の種類と表層地下水位観測結果の関係	111
第8章	
表-8.1 大流域の特徴と観測目的	119
表-8.2 小流域の特徴と観測目的	119
第9章	
表-9.1 表層水理観測システムにおける観測機器の基本構成	125
表-9.2 観測機器構成表(A)	132
表-9.3 観測機器構成表(B)	133
第10章	
表-10.1 表層水理観測システムの全体の費用(A)	137
表-10.2 流域タイプごとの観測システムの費用内訳(A)	138
表-10.3 構成要素ごとの単価表(A)	140
表-10.4 表層水理観測システムの全体の費用(B)	144
表-10.5 流域タイプごとの観測システムの費用内訳(B)	145
表-10.6 構成要素ごとの単価表(B)	147
表-10.7 表層水理観測システムの設置に伴う設置工事費、ボーリング費、 付帯試験費の概算表	153
表-10.8 機器の定期点検・調整作業に伴うメンテナンス費用の概算	155

表-10.9	観測業務における現地調査費の概算	158
表-10.10	観測業務における IC カード内データ回収費の概算	159
表-10.11	観測業務におけるデータファイル作成費の概算	160
表-10.12	観測業務におけるデータ修正費の概算	161
表-10.13	観測業務費用全体の概算	162

1. はじめに

地表部は地下水の流れの入口であり、表層の地下水流動は地下深部の地下水流動を考えると時の上部境界条件として大きく関与すると考えられる。しかし、地表付近での水理条件は変化が大きく、その特性を簡単に把握することは難しい。

東濃鉾山周辺では、地層科学研究の一環として、過去6年間にわたり表層水理観測を実施してきた。この間に東濃鉾山第2立坑の掘削も行われ、この期間の鉾山周辺での表層水理データを取得してきた。しかし、過去に必ずしも十分な観測機器が配置されてきたわけではなく、今後より精度の高い観測と長期の水理条件の把握のために、これまでの観測システムを見直し、よりよいシステムへ向けて考えることが必要となっている。

また、正馬様洞では新たな立坑の掘削が計画され、より大規模な水理条件の変化を伴う試験が行われることとなるが、この計画の一環としての表層水理条件の長期観測も重要となっている。

本業務では、これらの目的で行う表層水理観測のシステムを設計する。一般に観測システムの設計に際しては、様々な条件のためにシステム構成や機器配置等が制限されることも多い。しかし、ここではそのような制約条件を考えず、設計の第一段階として、必要な観測項目と数量をカバーするフルスペックのシステムを設計することとし、今後現地条件等の制約が生じた場合にも検討の基礎となるシステム案の原型を作成する。

2. 業務の概要

2. 1 目的

本業務は、東濃鉦山周辺地域の表層における水理学的環境を把握するため、動燃事業団がこれまでに実施した表層水理に関する調査結果および国内外の研究事例をもとに、以下の項目の解析に有効な実測値が得られる気象、河川流量、地下水位等の観測システムを設計することを目的とする。

①東濃鉦山周辺地域を対象とした水収支の算定

表層地質別の地下水涵養量の把握

②表層の地下水流動機構の把握

表層の未固結砂礫層中における地下水流動の把握

③正馬様に予定されている立坑の掘削影響の把握

表層の水理場に対する立坑掘削による影響のモニタリング（変動系の時系列的および空間的な変化の把握）

2. 2 対象地域

岐阜県土岐市および瑞浪市の動力炉・核燃料開発事業団東濃鉦山周辺地域

（図-2.1 参照）

2. 3 業務の内容

(1)文献調査

これまでに公表された研究成果および観測事例を収集し、表層水理観測に有効と考えられる事項を整理する。

対象とするのは国内外で実施された表層水理研究に関わる文献とし、研究対象領域や対象とされている水文量等に関して、一覧表の形にとりまとめる。とりまとめる項目等については、収集された文献の内容を考慮して決定する。

(2)既設の観測システムの評価

現在、動燃事業団が東濃鉦山で実施している気象観測、河川流量観測、土壌水分および浅層地下水位観測等の成果をもとに、本件での表層水理観測を実施していく上での課題等を整理する。

(3)観測項目および観測手法の検討

観測手法と観測項目を、精度・有効性および適用性について考慮して決定する。

(4)観測対象地域および観測機器設置地点の選定

東濃地域での表層水理に関する調査結果に基づいて、観測対象流域と観測機器設置地点を複数選定する。これらの観測機器設置地点の条件や地形・地質条件については、現地調査を実施して確認する。

(5) 観測対象流域の水理地質図の作成

既存の地質図等の地質データをコンパイルして選定された流域の水理地質図（縮尺 1/2,500）および縦断方向と横断方向の水理地質断面図を作成する。水理地質図には、推定される集水域と観測機器の設置地点を記載する。また、流域に分布する地質の推定される水理特性を報告書にとりまとめる。

(6) システム構成の検討

考えられる観測システムの構成および配置を、管理の容易さ、コスト等の点から比較検討する。また、機器の維持管理上の注意点を報告書に明記する。

なお、ここでいうシステムとは、以下のものから構成される。

- ・ 観測機器
- ・ 電力供給ユニット
- ・ データ収録ユニット（データのバックアップを含む）
- ・ メンテナンスシステム
- ・ システムの運営体制

(7) 報告書の作成

上記(1)～(7)の内容をとりまとめ、報告書を作成する。

(8) 報告会

本作業終了後、動燃事業団東濃地科学センターで、報告会を行う。

2. 4 業務実施期間

平成 8 年 9 月 20 日～平成 9 年 1 月 31 日

2. 5 業務担当者

総括責任者	山井 忠世（地質部）
実施担当者	角南 基亮（地質部水文地質課）
	若松 尚則（地質部水文地質課）
	小林 公一（地質部土木地質課）
	中島 誠（地質部水文地質課）
	小田川信哉（地質部水文地質課）



国土地理院2万5千分の1地形図「土岐」「瑞浪」を使用。

図-2.1 対象地域

3. 国内外における表層水理研究・観測の実態

表層水理研究に関する国内外の研究成果や観測事例を収集し、表層水理観測に有効と思われる事項を整理した。

3.1 国内における表層水理研究・観測

国内における表層水理研究は、これまで主として林学や水文学の分野で行われてきている。そこで、林学や水文学等に関連する学術論文を収集し、研究対象とされた流域の概要や観測目的、観測内容・方法、観測データの解析方法、研究成果、観測上の問題点等を所定のフォーマットで整理した。

表-3.1に、調査対象国内文献のリストを示す。調査対象とした国内文献は14編であり、いずれも山地あるいは丘陵の斜面流域で水文観測を行っているものである。

表-3.2(1)~(14)に、表層水理観測に関わる国内文献の概要を示す。また、主要な整理項目について整理した、表層水理観測に関わる国内文献の概要一覧表を表-3.3に示す。

主要な整理項目について、その概要を以下の(1)~(5)に示す。また、(表層水理観測システムを設計する上での国内における表層水理研究事例から得られた知見を、(6)に示す。

(1)観測目的

調査対象国内文献は、土層内における水循環機構や流出機構の解明を目的とした研究がほとんどであり、その内の数編が水管理のための森林管理や土砂移動現象の解明等を睨んだものであった。このような研究目的では降雨浸透から土層内を移動して流出する成分が研究対象となるため、土層よりも下の岩盤は水理学的基盤として扱われやすい。そのため、岩盤への涵養量は、損失量として扱われるか(例えば、文献 No.1、3)、あるいは全くないものとして扱われるケースが多い。

岩盤への涵養量については、No.14の文献において、流域面積と深部地下水浸透量(岩盤への涵養量)の関係を解明するという形で観測目的にあげられている。

(2)流域面積

観測流域の流域面積について、頻度分布を図-3.1に示す。観測流域は、流域面積 $0.1\sim 100\text{ha}$ ($0.01\sim 1\text{km}^2$)が多く、中でも $0.1\sim 1\text{ha}$ の流域が多い。これは、観測流域の大部分が山地流域の源頭部に設定されているためであり、1次流としての流域がこの程度の面積で閉じていることが多いことを示唆している。1次流を観測対象としているのは、2次流以上の流域を観測対象に設定した場合に、複数の水系が合流する可能性が高く、ハイドログラフが複雑なものになるため流出特性も解明しにくくなるためであると考えられる。

(3)観測項目

観測項目については、いずれの文献においても流出量が観測されており、ほとん

どの文献で降雨量または降水量が観測されている。また、半数以上の文献で土壌水分や地下水位が観測されており、最高地下水位あるいは地下水頭等が観測されているものもある。

降水量以外の気象観測は文献 No.5、10 で行われており、純放射量、日射量、気温、湿度、風速、地中熱流量、蒸発量（蒸発計）、蒸発散量（大型ライシメーター、渦相関法）の各要素が観測されている。これらの観測データは、ボウエン比熱収支法による蒸発散量の推定に用いられている。また、文献 No.6 では、蒸発散量（サクシヨンライシメーター）のみが観測されている。以上のように、これらの気象要素はいずれも蒸発散量の直接測定あるいは算定のために観測されているものである。蒸発散に係わる要素以外では、寒冷多雪地の水収支を把握するため、文献 No.10 で積雪深が観測されている。

以下に、各観測項目ごとの観測方法について整理する。

①降水量

降水量については、ほとんどの流域で転倒ます型自記雨量計が使用されており、一部でヒーター付きの転倒ます型自記雨雪量計（文献 No.1）やヒーター付きいっ水式雨雪量計（文献 No.10）が使用されている。また、文献 No.1 のように、上部を切断したドラム缶による貯留型雨量計で積算の雨雪量を測定し、他の雨雪量計の時系列データで案分しているような事例もある。

雨量計あるいは雨雪量計の設置場所については、流域下部の谷底付近に設置している事例が多く、文献 No.1、10 では、尾根部と流域下端谷部の2ヶ所に設置している。降水量については、流域外に雨量計あるいは雨雪量計を設置している流域も多い。

②流出量

流出量については、三角堰あるいはパーシャルフリユームと自記水位計を組み合わせた観測装置を設置している事例が多く、90° 三角-四角の複合断面堰（文献 No.12）や三角-台形複合断面堰（文献 No.13）を設置している事例もある。

三角堰の種類では、ノッチの角度が90° のものを使用しているケースが多く、他に30° や60° のものも使用されている。このようなノッチの角度の違いや複合断面堰の採用は、主として測定する流量の変化幅により決定されているものと推察される。

パーシャルフリユームは、文献 No.6、9 の2流域でいずれも水路幅5インチのものが設置されている。パーシャルフリユームは、土砂や落ち葉等が堰内に堆積しにくいという特徴を有している。

堰の越流水深を測定するための水位計には、フロート式水位計が使用され

ているケースが多く、水圧式水位計が使用されているケースは文献 No.10 のみであった。この文献 No.10 の観測流域は、今回調査した国内文献の中で唯一観測データのデジタル記録を行っていた流域である。

③ 土壌水分

土壌水分は 14 文献中 12 文献で測定されているが、いずれもテンシオメーターが設置され、土壌水分張力が測定されている。使用されているテンシオメーターは直読式のもの（水銀マンノメーター方式）か自記式のもの（水銀マンノメーター方式あるいは圧力式であると推定される）のいずれかである。今回調査した国内文献には、土壌水分をデジタル記録しているような事例は存在しなかった。

テンシオメーターの配置については、流域の縦断方向の斜面に沿って測線を設定している事例が多く、流域横断方向の斜面に沿って測線を配置した事例は文献 No.6、12 のみであった。また、文献 No.7 では縦断方向の測線上と両横斜面下部に 1 ケ所ずつ観測地点を設定しており、文献 No.14 では流域全体に渡って 22 ケ所の観測地点が分布している。各測線上には 3~6 ケ所の観測地点がほぼ等間隔で配置されており、文献 No.9、12 では一定の距離（それぞれ 4m、30cm）だけ離れた地点に同深度のポーラスカップをベアで埋設されている。この文献 No.9、12 の埋設方法では、局所的に見た場合の斜面上向きの土壌水分移動等が把握可能になるものと考えられる（他の文献の方法では、斜面勾配に起因する観測地点の標高差が隣接する 2 地点間の位置水頭に大きな差をもたらしてしまい、斜面上向きの土壌水分の移動が存在する場合でもその把握が困難である）。従って、この文献 No.9、12 のような埋設方法のほうが土壌水分の挙動を把握する上で有効であると考えられる。

土壌水分の測定深度については、3~8 深度としているものが多く、その埋設深度の範囲は 10~150cm である場合が多い。これは、おそらくこれらの観測流域の土壌の厚さが比較的薄いためであり、土壌の厚い流域では 500cm 以深にも埋設されている（文献 No.9）。

④ 地下水位

地下水位は 14 文献中 7 文献で観測されており、そのうち 2 文献（文献 No.3、4）では最高地下水位も測定されている。地下水位は、いずれの流域もフロート式自記水位計を用いて観測されている。最高地下水位は、深さごとに小さなカップを取り付けた棒からなる最高地下水位計を設置し、1 週間間隔あるいは大きな降雨後に観測されている。

地下水位観測井は谷筋の測線上に 2~6 ケ所配置されることが多く、文献

No.14 ではトレンチの上流側に配置されている。井戸深度が明記されていたものでは、観測井の井戸深度が 16.5~490cm の範囲にあった。

⑤地下水頭

地下水頭（ピエゾ水頭）は文献 No.6、7、9 で観測されているが、いずれも 1 地点につき 2~5 本の深度別観測井（ピエゾメーター）を設置し、その観測井内の孔内水位を手動式の水位計で測定するカリシャル式自記水位計で自記観測している。

観測地点の配置については、文献 No.6 が斜面の谷筋に 4 ケ所に、文献 No.7 が斜面の谷筋 10 ケ所と両横斜面下部各 1 ケ所に設置し、文献 No.9 が谷底付近を中心に 15 ケ所に設置している。いずれも、ピエゾメーター設置地点とテンシオメーター設置地点をある程度対応させており、鉛直方向の不飽和-飽和水理ポテンシャル分布が把握できるようにされている。

⑥気象観測（降水量以外）

降水量以外の項目についての気象観測は文献 No.5、6、10 で行われており、純放射量（正味放射量）、日射量、気温、湿度、風速、地中熱流量、蒸発量、蒸発散量等が観測されている。これらの気象要素は、いずれも流域蒸発散量を推定するために実施されているものである。また、寒冷多雪である文献 No.10 の観測流域では、積雪深の観測も行われている。

純放射量、日射量、気温・湿度、風速、蒸発量はそれぞれ純放射計、日射計、温湿度計、風向風速計、蒸発計（径 1.2m）により測定されており、地中熱流量は地熱流計（熱流素子）で測定されている。また、積雪深の観測には光学式積雪深計が使用されている。蒸発散量は、文献 No.6 ではサクシヨンライシメーターで観測され、文献 10 では超音波風速計と赤外線湿度計の組み合わせあるいはウェイングライシメーターで観測されている。超音波風速計と赤外線湿度計による組み合わせの場合には、鉛直方向の風速および湿度の微小変動を観測することにより、渦相関法で水蒸気輸送量、すなわち蒸発散量を求めている。

これらの気象観測データは、文献 No.5 では観測小屋内の記録計で自記記録紙に読みとらせられ、文献 No.10 ではメモリーカードロガーで IC カード内に測定間隔 1 時間で収録されている。また、文献 No.10 では、中間局のうち 2 つの局の観測データを 1 日 1 回親局に無線で電送している。

(4)研究項目

研究項目で多いのは水収支と流出特性である。

流域水収支では、文献 No.1、3 で損失量が求められ、文献 No.14 で深部地下水浸透量が求められている。また、流域貯留量とその変動が文献 No.2、14 で取り上げられ、土壌水分量の変化が文献 No.3、4 で取り上げられている。

流出特性では、ハイドログラフや直接流出率が求められているものが多く、地下水位の発生や変化との関係を求めているものも多い。

土壌水分の挙動については、ポテンシャル分布やフラックス分布およびそれらの変化が求められており、流出量との関係が議論されている。

(5) 観測上の問題点

観測上の問題点で多かったのは、主として冬期観測に関わる問題である。

冬期の欠測は、積雪による雨量計の欠測（文献 No.1、11）、凍結や積雪による河川流量計の欠測（文献 No.1、9、11）、凍結によるテンシオメーターの欠測（文献 No.12）が見られ、低温による記録計の不調やバッテリーの電圧低下（文献 No.10）の問題も記述されている。

冬期以外では、大降雨時の河川流量の欠測（文献 No.2）や夏期の土砂流出による河川流量の欠測（文献 No.1）が見られ、落雷による計器不良（文献 No.5）も見られる。また、メンテナンス上の問題として湿球の乾燥による湿度データの不良（文献 No.5）があり、トレンチからの流出量を観測している場合にはトレンチ掘削による地下水流出や土壌水分流動への影響（文献 6、13）が問題点としてあげられている。

(6) 表層水理観測システムの設計のための知見

上記(1)～(5)の内容をもとに、表層水理観測システムを設計する上で得られた知見を整理した。以下に、その知見を示す。

① 観測流域の規模

観測流域については、観測流域内に複数の小流域が含まれると水循環機構や流出機構が複雑になり、その解明が難しくなる。従って、1次流あるいは2次流等の流域を観測流域に設定し、1つの水系での水循環機構や流出特性を解明することが有効であると考えられる。1次流を観測対象とする場合には、流域面積が0.1～1ha程度の源流域を観測流域として設定することが有効であると考えられる。

② 観測項目

観測要素については、調査対象文献で観測されていた各観測要素が、流域内の水循環機構を解明する上で有効であると考えられる。すなわち、降水量、流出量、土壌水分、地下水位・地下水頭、蒸発散量の各要素に係わるパラメーターを観測項目とすべきである。

蒸発散量については、調査文献で気温、湿度、風速、正味放射量（純放射

量)、日射量、地中熱流量、蒸発量、蒸発散量等が観測され、これらの観測データを用いて蒸発散量が推定されている。蒸発散に関する観測では、これらの項目を観測項目として設定する必要性が推察される。

③観測地点配置

観測流域内での観測地点配置については、流域全体を代表する値を求めようとする観測要素(降水量、流出量、蒸発散量)と流域内における観測値の分布を把握しようとする観測要素(地下水位・地下水頭、土壤水分)を区別して考える必要がある。

1)流域全体の代表値の観測

降水量、蒸発散量については、流域の縦断面(谷筋断面)における2次元的な水循環機構を研究している事例がほとんどであるため、流域下部の谷底付近1ヶ所か、あるいは流域縦断方向尾根部を合わせた2ヶ所で観測されているケースが多い。また、蒸発散量については、水収支における損失量として扱われて、観測されていない事例も幾つかある。しかし、損失量は地下深部への涵養量と蒸発散量の合計であり、地下深部への涵養量を求めようとする場合には蒸発散量に関する観測が不可欠である。

山地流域における降水量の地形条件や気象条件による影響について、Nishio & Shuin (1993)は東京大学演習林東山流域(愛知県瀬戸市、流域面積106.70ha、標高347~617m)に高密度に設置した13ヶ所の雨量観測資料から検討しており、年降水量で最大300mm以上の違いを観測している(13ヶ所の年降水量の平均値は1676.4mm)。図-3.2はこの流域における年降水量(全地点の平均値に対する比)の分布を示したものであるが、場所によってかなり降水量に違いが見られることがわかる。

これらのことから、3次元的な水循環機構を把握しようとする場合には両横斜面上各1ヶ所も合わせた4ヶ所での観測が理想的であると考えられる。

流出量については、流域出口1ヶ所で観測されるが、流域出口で2次流となっている場合には、合流前の1次流それぞれについても流出量を観測している事例がある。

2)流域内における観測値の分布を把握するための観測

地下水位・地下水頭および土壤水分については、流域縦断面(谷筋断面)上での2次元的な観測が行われている事例が多く、流域全般に多数の観測地点をランダムに配置して3次元的な観測を行っている事例が1文献あった。2次元的な観測が多く行われたのは、これらの文

献が地下での水の移動を定性的に評価しているためであり、流域内の水循環機構を定性的・定量的に評価する場合には、3次元的な評価を行う必要がある。

3次元的な評価を行うための観測地点の配置としては、多数の地点をランダムに配置し詳細な観測値の分布を把握することも有効である。しかし、より少ない観測地点数で効率的に3次元的な水循環機構を把握するためには、主要な地下水流動の方向それぞれに測定断面を設定し、各測定断面で観測される2次元的な地下水位・地下水頭、土壤水分の分布から3次元的な水循環機構を評価することが有効であると推察される。

各測線（斜面）上における観測地点の配置については、1本の測線上にほぼ等間隔で2～6ヶ所設定されており、1測線につき3～4ヶ所設定されているが事例が多い。標準的には、各測線の斜面上部、中上部、中下部、下部の4ヶ所に観測地点を設定するのが良いと考えられる。

土壤水分については、観測地点を各測線（斜面）上でほぼ等間隔に2～6地点配置しただけでは、局所的な斜面方向上向きの土壤水分の移動が把握できない可能性が高い（斜面勾配に起因して隣接する2地点間の位置水頭の差（標高差）が大きすぎるため、土壤水分状態が変化しても斜面長方向の土壤水分挙動がほとんど変化していないと評価されてしまう）。この問題を解決するため、斜面方向に一定の距離（30～400cm）だけ離れた地点で同深度の土壤水分（圧力水頭）を測定し、2地点間の局所的な土壤水分挙動を観測する方法を併用した事例もある。従って、各測線の斜面上部、中上部、中下部、下部の4地点でそれぞれ斜面方向に一定距離だけ離れた2ヶ所ずつ、計8ヶ所で土壤水分観測を行うのが理想的であると考えられる。

地下水位・地下水頭、土壤水分の観測深度については、観測流域の表層地質構造に応じて設定する必要がある。

④観測機器

1)降水量

降水量観測では、ほとんどの流域で転倒ます式の雨量計が使用されているが、冬期の積雪による雨量計の欠測が報告されている。雨雪量については、ヒーター付き転倒ます式雨雪量計、いっ水式雨雪量計、貯留型雨量計が使用されているが、貯留型雨量計では時系列的な変化を細かい時間スケールで測定することが困難である。

降水量観測には、ヒーター付き転倒ます式雨雪量計あるいはいつ水式雨雪量計が適していると考えられる。

2)流出量

流出量観測では、三角堰、パーシャルフリューム、複合断面堰が使用され、その中の越流水深はほとんどがフロート式水位計で観測されている。越流水深を水圧式水位計で観測している事例は1文献のみであった。

流出量観測では、凍結や積雪による欠測、大降雨時の欠測、夏期の土砂流出による欠測が報告されている。これらの欠測理由のうち、大降雨時の問題は流量堰の測定範囲の問題であり、複合堰や複数機器の測定範囲を広げることも可能であると考えられる。土砂流出の問題については、三角堰だと堰内に土砂が蓄積されてしまうが、パーシャルフリュームであれば堰内に土砂が堆積しずらく、下流側へ流出させることができる。

流出量観測には、パーシャルフリュームが適していると考えられる。

3)土壌水分

土壌水分観測には、いずれもテンシオメーターが使用されており、凍結による欠測が問題点としてあげられている。テンシオメーターの凍結に対しては、プロピレングリコール溶液を不凍液として使用することで寒冷条件下での観測を行う対策が考えられている（中島・小汐ほか、1995）。

テンシオメーターの種類については、直読式あるいは自記式の水銀マノメーター方式のものが用いられている事例が多かったが、現在では圧力センサー式のテンシオメーターが主流である。

土壌水分観測には、圧力センサー式のテンシオメーターが適していると考えられる。

4)地下水位・地下水頭

地下水位観測および地下水頭観測では、フロート式自記水位計が使用されるか、あるいは手動式の水位計による測定が行われており、最高水位計で降雨後の地下水位上昇のピークのみを測定している事例もあった。地下水位の連続観測において、現在は水圧式水位計が主流であり、より精度の高いものとして水晶式水位計が開発されている。

地下水位観測および地下水頭観測には、水圧式水位計が適していると考えられる。

5)気象（降水量以外）

降水量以外の観測については、流域蒸発散量を推定するためのパラ

メーターとして純放射量（正味放射量）、日射量、気温、湿度、風速、地中熱流量、蒸発量の各項目が観測されており、それぞれ純放射計、日射計、温湿度計、風向風速計、地熱流計（熱流素子）、蒸発計が使用されている。

蒸発散量としての観測については、サクシヨンライシメーター、ウェイングラシメーター、渦相関法（超音波風速計と赤外線湿度計の組み合わせによる風速の鉛直成分および比湿の微変動観測）の3種類の方法がとられている。一般に、ウェイングラシメーターにより測定された蒸発散量を真の蒸発散量として取り扱うことが多いが、装置が大がかりであり、土層の中と外の土壌の状態や水分状態、植生の生育状況等の調整が難しい。渦相関法については、数ヘルツの微変動データを観測する必要があり、長期連続観測を行った場合にはデータの量が膨大になってしまう。

蒸発散量に関する気象観測には、純放射計、日射計、温湿度計、風向風速計、地熱流計（熱流素子）、蒸発計が適していると考えられる。また、ウェイングラシメーターや超音波風速計、赤外線湿度計についても、蒸発散量の推定法が未だ確立していない現状を考えると、観測項目への追加を検討する価値はあるものと考えられる。

表-3.1 調査対象国内文献リスト

No.	標題	著者	雑誌名, 巻・号, ページ	年	観測対象流域
1	竜王山試験流域の水文観測報告	鈴木雅一 他2名	京都大学農学部演習林報告 56, 165~175.	1987	竜王山試験流域
2	山地小流域源頭部の表層土における流出特性と土壤水分変動について -滋賀県東南部の風化花崗岩山地における観測例-	窪田順平 他2名	京都大学農学部演習林報告 55, 162~181.	1983	桐生水文試験地 (ヒノキ沢)
3	風化花崗岩山地源流域の地下水、土壤水分変動の実態	窪田順平 他2名	京都大学農学部演習林報告 59, 147~164.	1987	川向II沢流域
4	桐生試験地の緩斜面における土壤水分と地下水の挙動	金 載水 他3名	京都大学農学部演習林報告 60, 174~189.	1988	桐生水文試験地 (マツ沢)
5	熱収支法による林地蒸発散量の推定とその流域蒸発散量推定モデルへの活用	池淵周一 丹下 勲	波丘地研究 6, 11~39.	1988	波丘地利用実験施設
6	森林斜面からの地下水流出 -極めて透水性の悪い土壤からなる斜面における観測例-	安原正也 高山茂美	波丘地研究 6, 97~112.	1988	波丘地利用実験施設
7	丘陵地源流域における流出現象と地中水の挙動	田中 正 他2名	京都大学防災研究所年報 25, B-2, 181~193.	1982	波丘地利用実験施設
8	山腹斜面における表層土壤水分の変動と流出特性	太田岳史 高橋壮輔	岩手大学農学部演習林報告 17, 1~15.	1986	御明神演習林
9	厚い土層からなる急峻な森林斜面における土壤水の挙動について	辻村真貴	ハイドロロジー 23, 3~18.	1993	川上試験流域
10	水文・気象システムの概要と研究計画	石井信敬 他3名	低温科学 物理編 51, 189~196.	1992	美深越沢実験流域
11	山地流域の流出観測結果について	飯田 修	名古屋大学農学部演習林報 10, 59~64.	1990	月ヶ平流域
12	山地小流域の土壤水分と流出特性	田中宏平 他2名	京都大学防災研究所年報 25B-2, 195~205.	1982	御手洗水試験流域
13	自然丘陵地における土壤水流動 -観測とその解析-	岡 太郎	京都大学防災研究所年報 26B-2, 213~224.	1983	峰ヶ堂試験流域
14	花崗岩山地の二小流域における深部地下水浸透量の比較研究	寺島智巳 他2名	ハイドロロジー 23, 105~118.	1993	小原流域、赤津流域

表-3.2(1) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献 No.1)

文献No.1

観測地域名	竜王山試験流域 (No.1~4の4つの流域) 滋賀県蒲生郡日野町
文献名	竜王山試験流域の水文観測報告 鈴木雅一・福嶋義宏・窪田順平 京都大学農学部演習林報告, 59, 165~175. (1987)
観測地域概要	<p>流域面積 No.1...12.61ha、No.2...6.62ha、No.3...2.15ha、No.4...4.80ha</p> <p>地 形 No.1~4の4つの流域はほぼ同高度、同方位に並列している (いずれも標高670~820mにあり、南向きの流域である。)</p> <p>地 質 円波美濃帯の中古生層の堆積岩で、砂岩、泥岩、チャートの他に石灰岩も分布する。</p> <p>気 象 冬季の季節風の影響を受ける地域の南限近くに位置し、冬季の降雪が著しい。</p> <p>植 生 4流域とも、スギ、ヒノキの造林地で、尾根部に広葉樹2次林をもつ。</p>
観測目的	<p>水源山地の水管理に有効な森林管理の原則を明らかにし、その技術を確立するため、森林の存在が山地流域の雨水流出、水収支および水質に及ぼす影響を明らかにする取り組みが必要である。</p> <p>本試験流域は、森林の雨水流出と水質への影響を調査することを目的として、対照流域法による流域間の比較が行えるようにほぼ同高度、同方位の並列した複数流域が設定されている。</p>
観測内容および方法	<p>降水量 流域下端1カ所...転倒ます型自記雨量計、貯留式雨量計 (上部を切ったドラム管)</p> <p>流域上部1カ所...転倒ます型自記雨量計</p> <p>流域外 (流域下端地点から1.8km) ...ヒーター付自記雨雪量計</p> <p>流出量 No.1~4の流域下端4カ所...90° 三角堰 (コンクリート製) + フロート式自記水位計</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 2週間より短い間隔で行われる定期観測時のポイントゲージ測定により水位記録値の検定がなされる。 ・ 水位流量換算式は、三角堰の流量公式である沼知式に量水堰規格を代入した式を用いている。

表-3.2(1) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献 No.1)

文献No.1

<p>観測データの 解析方法</p>	<p>1. 冬期間の降雪、積雪の概況の検討 ・積雪深の時系列変化 (経日変化) ・積雪水量、積雪密度の高度分布</p> <p>2. 冬期間の試験流域降水量の推定 ・貯留型自記雨量計の冬期積算降水量測定値をもとにヒーター付雨雪量計の時系列降水量記録で案分。</p> <p>3. 流域水収支による損失量の算定と流域相互間での比較</p> <p>4. 各流域のハイドログラフの比較</p>
<p>研究成果</p>	<p>1. 冬期間の降雪・積雪の概況 ・最大積雪深も積雪日数と対応して年ごとの増減が見られる。 ・積雪水量は標高が高くなるにつれて増加する。 ・積雪密度は顕著な高度分布を示さず、1月から3月まで季節が進むに従い増加する傾向をもつ。</p> <p>2. 冬期間の試験流域降水量 ・冬期の積雪降水量についてヒーター付雨雪量計と積算貯留式の値を比べると、積算貯留式の値が2ヶ年とも20~30mm多くなっている。</p> <p>3. 流域水収支 ・水収支期間が1年間の場合、5~10月の場合ともに、No.1流域とNo.2流域の流出量がほぼ等しく、損失量も580~690mmでほぼ等しい。 ・No.3流域の流出量はNo.1、No.2流域に比べて少なく、年損失量もNo.1、No.2流域に比べて約300~400mm多い (5~10月の損失量も200mm前後多い)。 ・No.1、2流域とNo.3流域の損失量の差異は、山体深部への浸透および量水堰周辺での漏水の差異によるものと考えられている (No.3流域では何らかの漏水や深部浸透が生じ、No.1、2流域では著しい漏水等が生じている可能性は低い)。</p> <p>4. ハイドログラフ ・各流域ともそれぞれに特徴のある流出をするという結果が得られた。 ・特にNo.1流域では直接流出成分が多く、No.2流域では基底流出成分が多いという結果が得られた (地形、植生、山体深部への浸透について両流域の差異はないと思われる)。</p>
<p>観測上の 問題点と その対策等</p>	<p>・降雪と雨量計凍結のため、ヒーター付雨雪量計以外では時系列的な降水量の変化を得ることができない。 → 貯留型自記雨量計の冬期積算降水量測定値をヒーター付雨雪量計の時系列降水量記録で案分することにより求めている。</p> <p>・流域平均雨量では基準雨量地点よりも標高の高いところの降雨増加分を見積もらなければならぬが、現在のところ未だ情報が不足している。 → 稜線鞍部の降水量が基準雨量地点 (流域下端) の降水量を常に下回るので、基準雨量地点の降水量を流域平均降水量として取り扱っていくこととしている。</p> <p>・冬期の積雪降水量についてヒーター付雨雪量計と積算貯留式雨量計の値を比べると、積算貯留式の値が2ヶ年とも20~30mm多くなっている。 → 受水部の口径や構造による雪の捕捉性が測定方法により異なるためであると考えられている。</p> <p>・水収支における損失量を評価する上で、量水堰周辺での漏水が含まれている可能性がある。 → No.1、2の2つの流域については、これら2流域の水収支がかなり良好に対応し、その損失量が田上山地の損失量よりも少し少ないという積雪地域の蒸発散量として十分考えられうる範囲の値であることから、著しい漏水等が生じている可能性は低いと判断されている。</p> <p>・冬期の量水堰凍結および夏の出水寺の土砂流出によって、流出量の観測に欠測が生じている。 → 短期間の欠測で容易に水位または流量の推定が可能な場合は、推定値を求めた。</p>

表-3.2(1) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献 No.1)

文献No.1

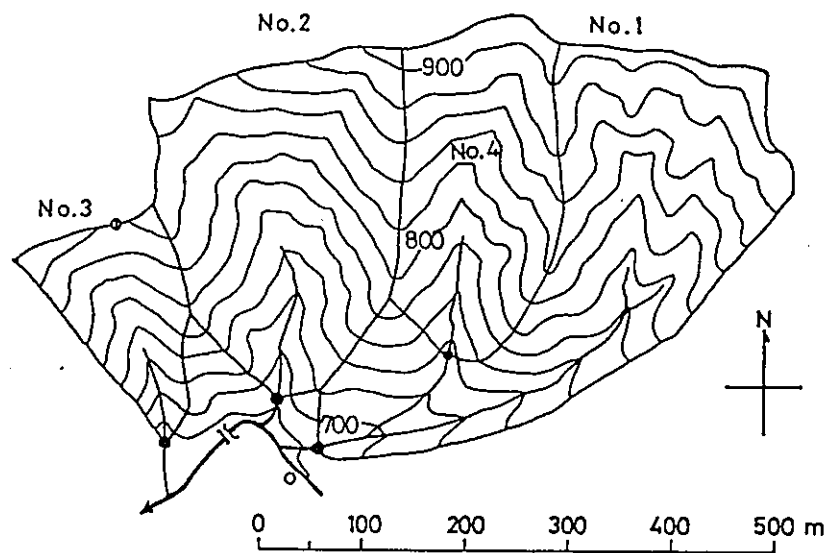
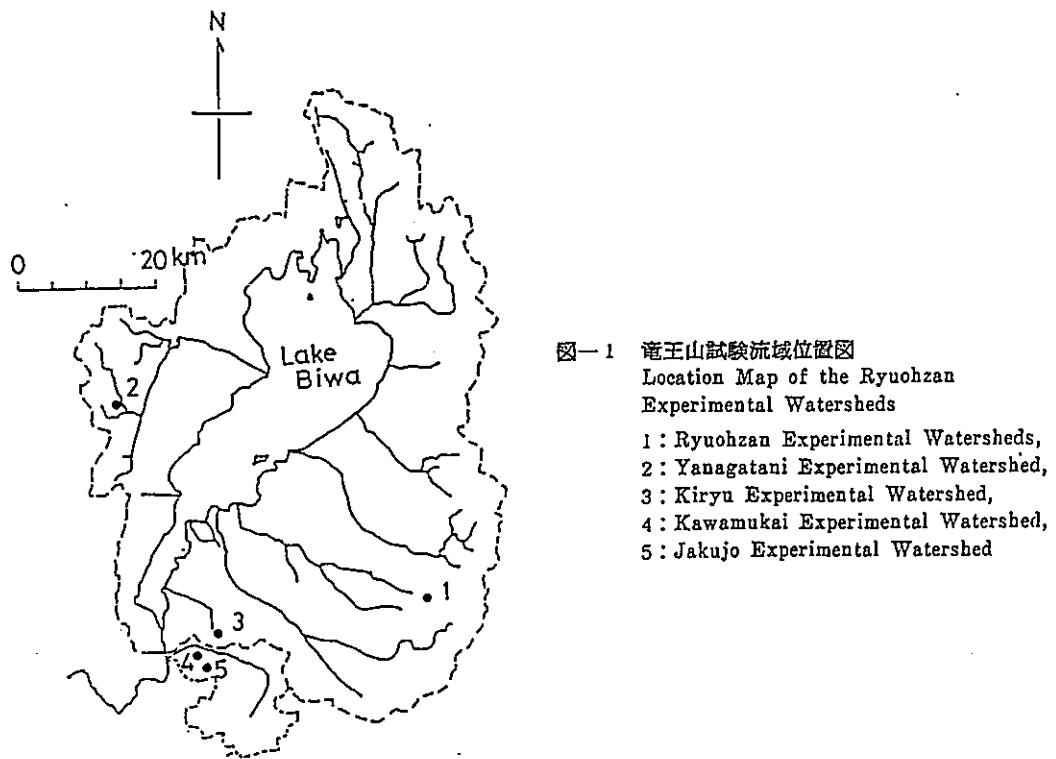


図-2 竜王山試験流域 流域図
Map of the Ryuohzan Experimental Watersheds

- : measuring weir,
- : rain gauge (Base Rain Gauge Site)
- ⊙ : rain gauge (Ridge Site)
- No.1-No.4 : name of watershed

表-3.2(2) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献No.2)

文献No.2

観測地域名	桐生水文試験地内の小支流 ヒノキ沢 滋賀県琵琶湖東南部
文献名	山地小流域源頭部の表層土における流出特性と土壤水分変動について -滋賀県東南部の風化花崗岩山地における観測例- 窪田順平・福嶋義宏・鈴木雅一 京都大学農学部演習林報告, 55, 162~181. (1983)
観測地域概要	<p>流域面積 ヒノキ沢全体0.40ha (右俣0.24ha、左俣0.065ha)</p> <p>地 形 山地小流域の源頭部にあり、右俣、左俣は隣り合う0次谷である。右俣と左俣の合流部は空石積堰堤の堆砂地である。</p> <p>地 質 基岩は黒雲母花崗岩で深部まで風化が進んでいる。平均土層厚は桐生試験地: 61.0cm、右俣: 57.5cm、左俣: 53.6cmであり、左俣には150cmを越える厚い表層土の部分が存在しない。</p> <p>気 象</p> <p>植 生 比較的良好なヒノキ林であり、堰堤の堆砂地およびその北側には広葉樹低木林が分布する。</p>
観測目的	<p>山腹斜面という場と、この場における土壤水の挙動に関する問題は、雨水流出過程において浸透、貯留等による流量調節機能を持つ場として、表面浸食、表層崩壊、土石流といった土砂移動現象の生起場として、森林での物質循環といった森林生態系における主要なシステムとして重要な意味を持つと考えられる。</p> <p>本試験流域は、斜面における土壤水の挙動を的確にとらえ、上記の観点から要求される情報を提供しうる総合的なモデルを構築するために設定された。</p>
観測内容および方法	<p>雨量 桐生試験地内中央部…転倒ます型雨量計 (口径20cm)</p> <p>流量 右俣…30°三角堰 (幅45cm×長さ80cm×ノッチ下水深20cm、アクリル製) +フロート式水位計 左俣…転倒ます (1転倒11) ヒノキ沢…30°三角堰+フロート式水位計</p> <p>地下水位 右俣谷すじ4カ所、左俣谷すじ4カ所 (計8カ所) 井戸深度16.5~133.0cm フロート式水位計 (フロート径4cm) 観測井戸は外径6cm、内径5.6cmの塩ビパイプ</p> <p>土壤水分 T-1~T-4 10、30、60cm深 テンシオメーター (水銀マンオメーター) 自記テンシオメーター (金属ペロー受圧式)</p> <p>その他に行われた調査</p> <ul style="list-style-type: none"> ・表層土厚分布調査…検土杖の貫入による確認 (170地点) ・土壤試料の採取、物性試験 pF試験、含水試験

表-3.2(2) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献 No.2)

文献No.2

<p>観測データの 解析方法</p>	<p>1.日流量ハイドログラフおよび地下水位変化による流出特性の比較</p> <ul style="list-style-type: none"> ・同一降雨に対する日流量（流出高）ハイドログラフの比較 ・降雨量と直接流出量の関係についての検討 ・ハイドログラフと地下水位変化の相互検討 <p>2.表層土における貯留量の算定と貯留量の変動についての検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ・Kluteの経験式による土壌水分特性曲線の設定 ・単位土柱の貯留量算定に基づく流域貯留量の算定 ・貯留量の時系列変化 ・流量と貯留量の関係に関する考察
<p>研究成果</p>	<p>1.流出特性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・右俣の流量が無降雨時には少ないが降雨時には急激に増加すること、左俣の流量が無降雨時には右俣に比べて多いが降雨があっても流量が大きくは増加しないことが把握されている。 ・1981年8月の右俣、左俣の総流出量（流出高）は大きく変わらず、共に桐生試験地の5分の1程度であることが把握され、その差はB層よりも下の風化された基岩（花崗岩）への浸透量であると考えられた。 ・右俣、左俣ともに降雨時の直接流出率が10%を越えた例は少なく、特に左俣における直接流出率はたかだか2~3%程度であることが把握された。 ・右俣では降雨に対して必ず地下水位の上昇が生じることが特徴であるが、左俣では表層土内に飽和水深が生じた降雨が観測期間においてわずか8例のみであった。 ・右俣と左俣の流出形態が大きく異なっている原因は、両流域の表層土厚の面的な分布の差であると推察している。 <p>2.表層土における貯留量</p> <ul style="list-style-type: none"> ・降雨時の減水期間においては、流量と流域平均貯留量がともに指数的な減水をしており、両対数紙上では減水期間ごとに1本の直線で表される。 ・流域平均貯留量が等しいときの流量の差は、その流域の下端における貯留量の差に起因するものと考えられている。
<p>観測上の 問題点と その対策等</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・テンシオメーター外壁の水の伝い流れ、あるいは大孔隙の水の流れ等によると考えられる降雨時の圧力水頭の急激な増大が見られる（水収支からも過大であることが確認されている）。 → 貯留量の算定以降の解析では、降雨中および降雨終了直後の過大な値は除外している。 ・大降雨時の流量データが欠測のため得られていない。 ・下層への浸透量が相当程度の量を占めている。

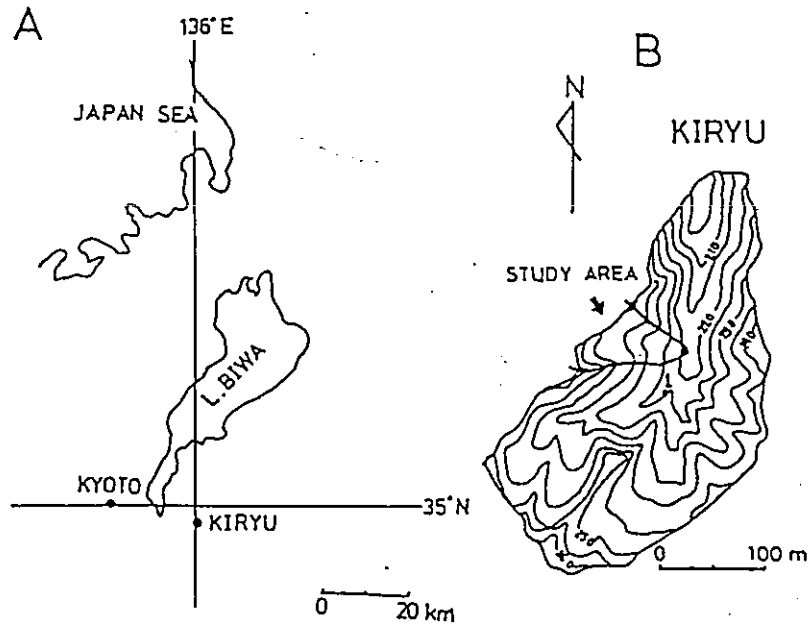
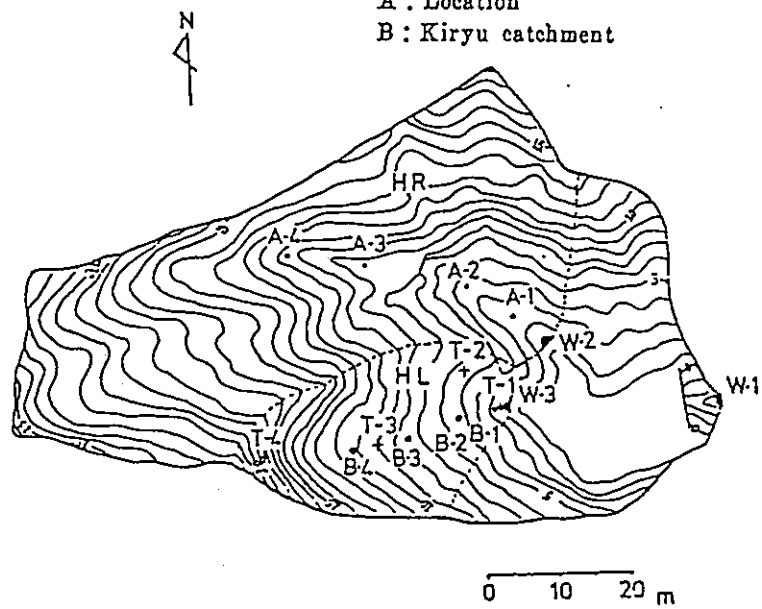


Fig. 1. Maps of the study area,

A : Location

B : Kiryu catchment



◄ W1-W3 : Weir

● A1-A4, B1-B4 : Groundwater level gauge

+ T1-T4 : Tensiometer

Fig. 5. Map of the study area (Hinokizawa)

表-3.2(3) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献No.3)

文献No.3

観測地域名	川向II沢流域 滋賀県田上山地
文献名	風化花崗岩山地源流域の地下水、土壌水分変動の実態 窪田順平・鈴木雅一・福島義宏 京都大学農学部演習林報告, 59, 147~164. (1987)
観測地域概要	
流域面積	0.38ha
地 形	川向流域は淀川に注ぐ大戸川水系の吉祥寺川の支流であり、川向II沢流域は川向流域の源頭部を形成する3つの流域の内、中央に位置する。標高は190~230mである。谷底部周辺の表層土の厚い部分は、空石積堰堤や山腹工等の砂防工事によって人工的に作られたものである。
地 質	基岩は風化花崗岩である。 平均土層厚は75.0cmであり、谷底部に70~100cmまたはそれ以上の厚い表層土が分布し、斜面の中部から上部にかけては薄い表層土が分布している。
気 象	
植 生	砂防植栽されたクロマツと砂防植栽前より残存するアカマツが主体で、これに天然のアカマツが部分的に進入している。
観測目的	山地流域における降水、蒸発散、流出といった水循環過程を明らかにすることは、森林を含む山地の環境が果たす機能を評価する上で重要な課題であり、特に山腹斜面の土壌水の移動過程を把握することは土壌水の移動と関わりの深い土砂移動の機構や物質循環機構を理解していく上で避けてはとることのできない課題といえる。 本試験流域は、既に流出量観測が行われていて、水収支についても信頼できるデータが得られる斜面流域として設定された。
観測内容 および方法	<p>流量 谷底部の基岩の露出部分…60° 三角堰 (鉄製水槽) + フロート式自記水位計</p> <p>雨量 川向II沢流域から約150m離れた地点…転倒ます型自記雨量計</p> <p>地下水位 谷すじに6カ所 井戸深度80.0~209.0cm フロート式自記水位計 (フロート径4cm) 観測井戸は外径6cm、内径5.6cmの塩ビパイプ</p> <p>最高地下水位 流域内の25カ所…読み取り式最高水位計 (深さ10cmごとに直径3.2cmのカップを取り付けた棒を置いたもの) 1週間間隔を基本とし、大きな降雨等があった場合に適宜観測を実施</p> <p>土壌水分 T-1~T-6 10、30、60、100、150cm深 テンシオメーター (水銀マノメーター) 自記テンシオメーター (金属ベロー受圧式)</p> <p>その他に行われた調査 ・表層土厚分布調査…検土杖の貫入による確認 (11本の測線上で2mごとに255地点) ・土壌試料の採取、物性試験 pF試験、含水試験</p>

表-3.2(3) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献 No.3)

文献No.3

<p>観測データの 解析方法</p>	<p>1.流域水収支による年平均損失量の算定 2.直接流出特性の検討 ・総降水量と直接流出量の関係についての検討 ・ハイドログラフと地下水位変化の相互検討 ・地下水位の発生条件と発生域の拡大についての検討 3.土壌水分の変化についての検討 ・Kluteの経験式による土壌水分特性曲線の設定 ・土壌水分量の時系列変化 ・流量と土壌水分量の関係についての検討</p>
<p>研究成果</p>	<p>1.水収支 ・1979年、1980年の損失量が700mm前後であるのに対し、1981年から1982年にかけて損失量が増加し、1982年以降は降雨の少なかつた1984年を除くとほぼ一定の値となっている(1976年8月に行われた化学肥料の空中散布により植生が疎林状態からうっ閉した森林状態へと変化したことによる影響と推定されるが、より詳細な検討が必要であろうとされている)。 ・1979~1985年の7年間の川向II沢の平均年功水量は1617.2mm、平均年流出量は821.9mm、平均年損失量は795.3mmであった。 2.直接流出特性の検討 ・直接流出率は多くの場合10%以下であり、総降水量の増加に伴って増大する傾向にあった。また、初期流量が大きいと、同程度の総降雨量で初期流量の小さいもの比べて流出率が高くなっている。 ・川向II沢のハイドログラフは緩やかなピークをなすが、これは、流域下部に存在する厚い表層土によるハイドログラフの遅延効果であると考えられる。 ・地下水位の変化より、降雨の増加につれて流域下部より上部へと地下水位の発生域が拡大しているものと判断している。 ・地下水位発生域は、降雨の継続に従って下流側より上流へと単純に広がっていくと考えるよりも、それぞれの場所の地形、表層土の厚さ等の個別の条件に強く影響されているものと推定している。 ・流量と谷底部の土壌水分貯留量の関係は1:1対応しているが、飽和度0.5を境界にして異なる関係となった(空石積堰堤という人工物の影響が見られる)。</p>
<p>観測上の 問題点と その対策等</p>	<p></p>

表-3.2(3) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献 No.3)

文献No.3

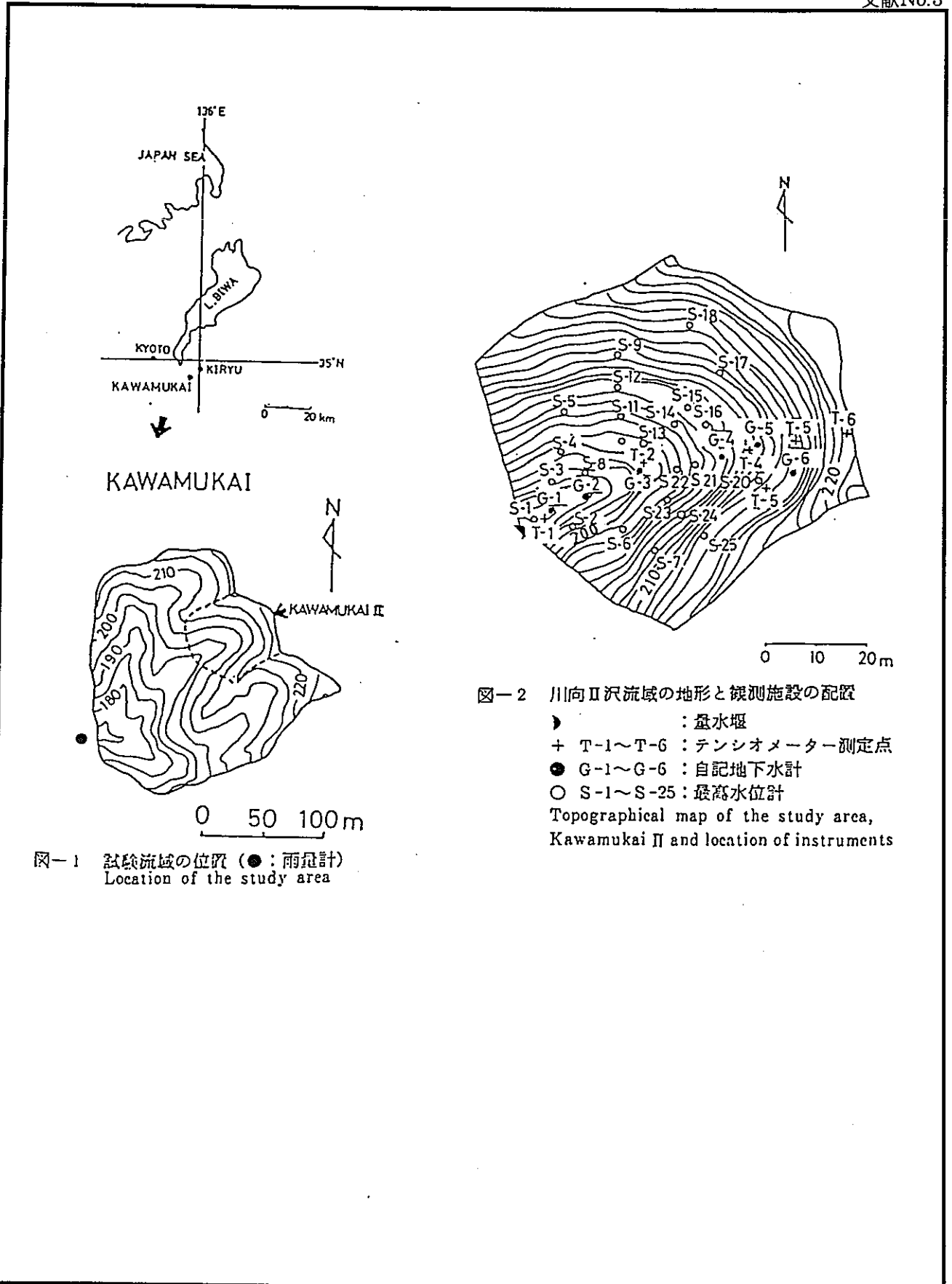


図-1 試験流域の位置 (●:雨量計)
Location of the study area

図-2 川向II沢流域の地形と観測施設の配置

- ▼ : 量水堰
 - + T-1~T-6 : テンシオメーター測定点
 - G-1~G-6 : 自記地下水計
 - S-1~S-25 : 最高水位計
- Topographical map of the study area,
Kawamukai II and location of instruments

表-3.2(4) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献No.4)

文献No.4

観測地域名	桐生水文試験地内の小流域 マツ沢 滋賀県南部
文献名	桐生試験地の緩斜面における土壤水分と地下水の変動 金 載水・窪田順平・鈴木雅一・福嶋義宏 京都大学農学部演習林報告, 60, 174~189. (1988)
観測地域概要	
流域面積	0.68ha
地 形	比較的傾斜が緩やかな小流域である (傾斜15° 以下の部分が流域の62.8%と多く、傾斜25° 以上の急傾斜部分は11.2%と少ない)。
地 質	基岩は風化花崗岩である。 平均土層厚は103.2cmで、流域面積の24%で2m以上の土層厚があり、8m以上の土層厚のところも存在する。表層土の平面的な分布では、地表面と基岩面で谷の位置が異なる。
気 象	
植 生	40年生のアカマツとヒノキの混交林で、樹冠は閉鎖している。
観測目的	山地流域の植生、地形特性が流域の水循環機構に及ぼす影響を評価するためには、山地流域、特にその源流域斜面での土壤水分量や地下水の変化といった水循環機構の素過程を解明しておく必要があるが、比較的傾斜の緩やかな斜面における土壤水の挙動は充分には解明されたとはいえない。 本試験流域は、比較的傾斜の緩やかな小流域における土壤水分・地下水の挙動の実態を3次的に把握することを目的として設定された。
観測内容および方法	<p>流出量 KN地点 (流域下端、既存流量堰K0の下流) …30° 三角堰 (プラスチック製) + フロート式自記水位計</p> <p>降雨量 桐生試験地中央部の露場…自記雨量計 (既存)</p> <p>地下水位 GA~GGの計8点 (2本の谷すじ) 井戸深度28~490cm フロート式自記水位計 観測井戸は直径6cmの塩ビパイプ</p> <p>最高地下水位 G1~G33の33地点…最高水位計 ほぼ1週間毎に測定</p> <p>土壤水分 T1 10、30、60、100cm深 T2 10、30、60cm深 T3 10、30、60、100、150cm T4 10、30、60、75cm 自記テンシオメーター 直読式テンシオメーター</p>
<p>その他に行われた調査</p> <ul style="list-style-type: none"> ・表層土厚分布調査…検土杖の貫入による確認 ・土壤試料の採取、物性試験 流域内の72点 10、30、60、100、150cm深 含水試験 	

表-3.2(4) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献No.4)

文献No.4

観測データの解析方法	<p>1.直接流出量についての検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ・総降雨量と直接流出量の関係についての検討 ・マツ沢の直接流出量と桐生試験地の直接流出量の関係についての検討 ・地下水位の変化についての検討 ・地下水体の消長についての検討 ・地下水位とハイドログラフ低減時の流出量の関係 <p>2.土壌水分量についての検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ・土壌水分の経時変化についての検討 ・土壌水分量の空間変化についての検討
研究成果	<p>1.直接流出量</p> <ul style="list-style-type: none"> ・多くの場合、直接流出量は総降水量の5%以下であった。 ・総降雨量の増加に伴い直接流出の割合が増える傾向は必ずしも明瞭ではなかった。 ・マツ沢の直接流出量は、直接流出量が少ないときには桐生試験地の直接流出量の5%程度であるが、桐生試験地の直接流出量の増加に伴いその割合は増加して50%程度に達することがわかった。 ・初期の流出量、すなわち初期の土壌水分量が湿潤であるか、降雨強度が強い場合に直接流出量が多くなる傾向にあることが把握された。 ・流域下端部の地下水位の上昇量は、降雨履歴の影響を強く受ける影響があり、降雨初期の地下水位が低い時と高い時では同程度の降雨に対する上昇量が異なることが把握された。 ・地下水体の消長から、地下水位発生域が流域下部の基岩面の谷地形部とほぼ一致しており、地下水位発生域はこの谷地形に沿って拡大していくことがわかった。 ・全観測期間中の地下水位の変動幅から、基岩面の谷地形の部分での地下水位の変動幅が大きく、土層の浅い斜面部では変動の幅は狭いことがわかった。 ・全観測期間中の時系列的な地下水位の変動から、谷部の地下水位がゆっくりとした変化をするのに対し、土層の浅い部分の地下水位は変化が激しいことがわかった。 <p>2.土壌水分量</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2回行われた土壌水分の空間分布測定結果では、各深さ、平均値共にテンシオメータの測定結果と同様に尾根へ行くほど乾いており、基岩面の谷部は湿潤な状態となっていた。
観測上の問題点とその対策等	<ul style="list-style-type: none"> ・既存の流量堰 (K0) では流域からの全流出水が通過していないことが以前行われた観測によって指摘された。 → K0の下流に新たに流量堰を設置した。

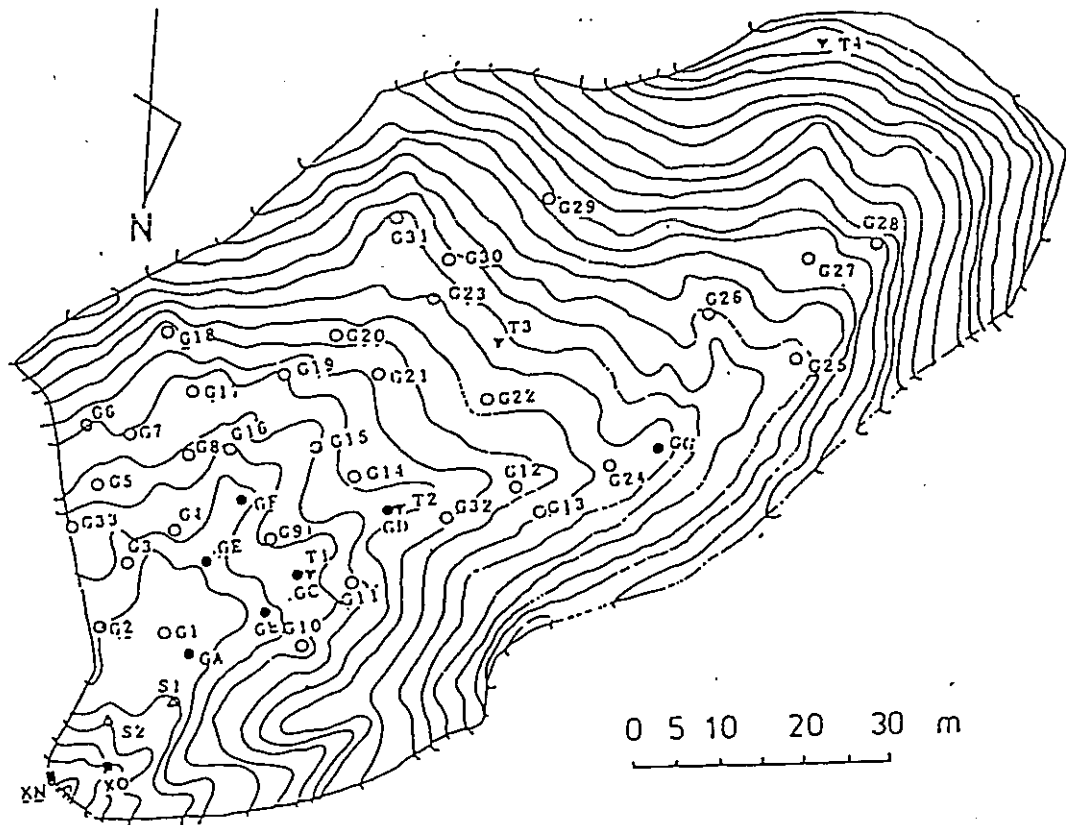


図-1 マツ沢流域の地形と観測施設の配置
 Topographical map of the study area, MATSU hillslope, and location of instruments. ■ : weir (KN, KO), ● : automatic groundwater gage (GA-GG), ○ : manual groundwater gage (G1-G33), ▼ : tensiometer (T1-T4), △ : spring point (S1, S2)

表-3.2(5) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献 No.5)

文献No.5

観測地域名	東京農工大学波丘地利用実験施設内 (林地内蒸発散施設) 東京都八王子市
文献名	熱収支法による林地蒸発散量の推定とその流域蒸発散量推定モデルへの活用 池淵周一・丹下 勲 波丘地研究, 6, 11~39, 東京農工大学農学部波丘地利用実験実習施設. (1988)
観測地域概要	
流域面積	2.2ha
地 形	多摩丘陵の一角に位置し、標高145~180mである。
地 質	土壌地質は植壊土で、その下部1.5~2.0mの層は上から順次2次堆積性のローム、シルト質ローム、粘土に以降している。こうした関東ローム層の下には御殿礫層さらには連光寺層がある。
気 象	
植 生	クヌギ、コナラを中心とした落葉広葉樹が流域のほぼ全域を占めている。特に観測塔付近では胸高直径4cm以上の立木は3種類18本で、そのうち72%がコナラで占められている。
観測目的	わが国における林地での蒸発散量の測定例は少ないが、これは林地の気象、植被・群落構造、地形等の複雑さに加え、蒸発散量推定に必要な樹冠上から林内に至る各種の微気象データの観測が長期間にかつ高精度に実施されなければならない困難さからくるものと考えられる。 本林地内蒸発散施設は、こうした林地での蒸発散量の観測推定が皆無に近い状況のもとでは、長期間にわたりかつ高精度で種々の微気象データを観測するために設置された。
観測内容 および方法	<p>気象観測タワー (高さ25m)</p> <p>純放射量 コナラ樹 (平均樹高16m) 上…純放射計 コナラ樹内…純放射計</p> <p>気温、湿度 コナラ樹上…乾湿度計、通風筒付乾湿度計 コナラ樹内…乾湿度計</p> <p>風速 コナラ樹上…三杯式風速計</p> <p>地中熱流量 タワー直下の土壤中…地熱流計</p> <p>蒸発量 タワー直下…蒸発パン (径1.2m)</p> <p>データ収録 いずれのデータも観測小屋内の自記記録装置で自記紙に記録</p> <p>本試験流域における既存の観測システム 雨量計 (降雨、林内雨) 地下水水位計 テンシオメーター パーシャルフリューム (流量堰)</p>

表-3.2(5) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献No.5)

文献No.5

<p>観測データの 解析方法</p>	<p>1. 蒸発散量の観測とその推定</p> <ul style="list-style-type: none"> ・各測定項目の日単位系列の検討 純放射量、地中熱流量、純放射量と地中熱流量の差、蒸発計蒸発量、降水量 ・熱収支法による推定蒸発散量についての検討 高さ $Z=20.5\text{m}$での純放射量、$Z=16.5\text{m}$および$Z=19.5\text{m}$の2つの高度での乾湿球温度差、$Z=-0.01\text{m}$での地熱流データを熱収支式に代入することによる時々刻々の蒸発散量を推定 (ポウエン比熱収支法)。 <p>2. 流域蒸発散量推定モデルへの活用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ポウエン比熱収支法で推定された日蒸発散量を通常観測による気象データで回帰。 ・ポウエン比熱収支法で推定された日蒸発散量を水収支法により検証。
<p>研究成果</p>	<p>1. 各測定項目の日単位系列</p> <ul style="list-style-type: none"> ・天候の影響を考慮しなければ太陽高度が最も高くなる夏至前後にピークを迎えるはずであるが、梅雨期に曇天・雨天日が多く太陽放射が著しく遮断されたため、実際には4~5月と7月にそのピークを生じた。 ・蒸発散量も純放射量と同様の変動をたどり、5月と7月に極大、12月に極小となることが予想された。 ・地中熱流量は、夏までは蒸発散に供給されるエネルギーを減少させ、秋以降は逆に増大させることになり、その絶対値は夏季が純放射量の約1/20、冬季が約1/6~1/8程度であった。 ・地中熱流量の絶対値は純放射量に比べてかなり小さいので、多少の誤差を容認するならば簡便法として林地に限っては地中熱流量を無視することも可能であろうと考えられた。 <p>2. 熱収支法による推定蒸発散量</p> <ul style="list-style-type: none"> ・推定蒸発散量と蒸発計蒸発量 (林外) は比較的良好な相関を示しており、どちらかといえば蒸発計値がやや過大になる傾向があった。 ・推定蒸発散量と純放射量の比較から、ある程度林内蒸発散量を純放射量のみで説明できそうなことがわかった。 <p>3. 流域蒸発散量推定モデルへの活用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ポウエン比熱収支法で推定された日蒸発散量と水収支法による日常蒸発散量は良好な対応を示した。
<p>観測上の 問題点と その対策等</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・林地では、一般に夜間は蒸発散とは逆に凝結が起こるが、水面の温度が下がりにくいいため蒸発計ではこの現象が起こりにくく、蒸発計値が大きくなる傾向が現れたものと思われた。 <ul style="list-style-type: none"> → 蒸発計値を利用するには、この点に配慮する必要がある。 ・水平方向にエネルギーが流入し、それによって蒸発散が促進されれば、極端な場合純放射量が負であっても蒸発散が起こることや、この逆のこともありうる。 <ul style="list-style-type: none"> → 計器の作動状況を後日調査することは不可能なので、どのような値を得ても、許容誤差は含むものの現象の正しい反映であると考えざるをえなかった。 ・7月下旬から8月中旬までは、落雷による計器不良の期間があった。 ・11月11日より12月11日までは、湿球乾燥のためデータが不良であった。

表-3.2(5) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献 No.5)

文献No.5

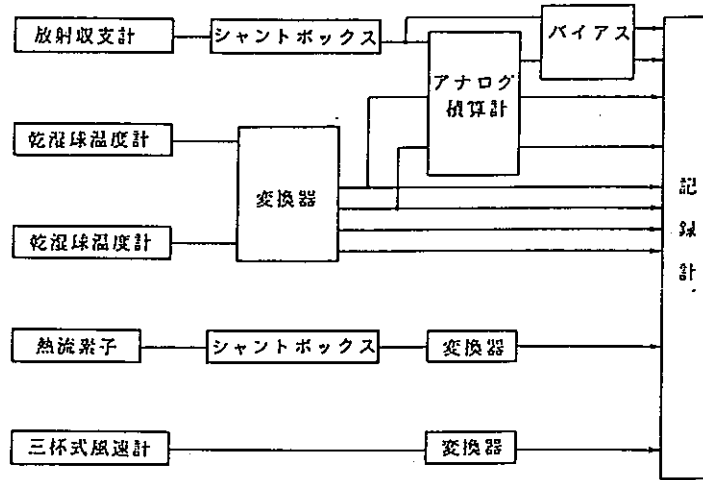


図3 観測機器のシステムブロック図

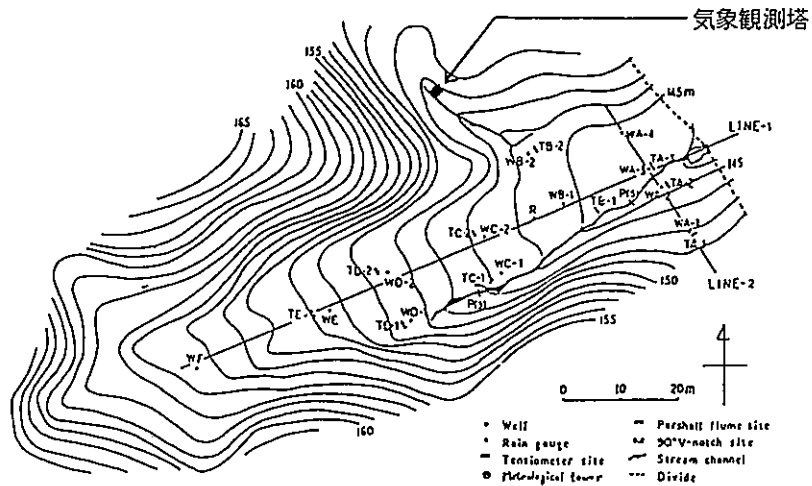


図4 観測施設の配置図

- 乾湿球温度計
- △ 風速計
- 放射収支計

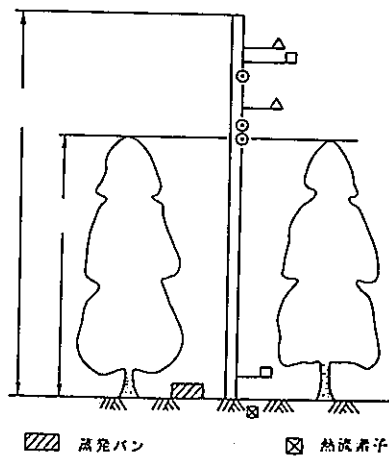


図5 観測塔概要図

表-3.2(6) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献 No.6)

文献No.6

観測地域名	東京農工大学波丘地利用実験施設 東京都八王子市
文献名	森林斜面からの地下水流出 - 極めて透水性の悪い土壌からなる斜面における観測例 - 安原正也、高山茂美 波丘地研究, 6, 97~112, 東京農工大学農学部波丘地利用実験実習施設. (1988)
観測地域概要	
流域面積	
地 形	多摩丘陵上にあり、多摩川の支流大栗川の源流部に相当する。標高は146~169m程度である。
地 質	斜面は上位から腐植層 (表土層)、ローム層、粘土層の順で構成され、深度1m前後に現れる粘土層 (あるいは粘土質砂) は連光寺互層に属するものと考えられる。緻密さや固さから判断して、この粘土層が水理学的基盤として考えられる。 尾根部を除いて斜面は極めて透水性の悪い土壌により構成されている。
気 象	
植 生	クヌギ、コナラを主体とする落葉広葉樹、ならびに背丈2~3mの密生する竹が斜面を覆っている。
観測目的	透水性の悪い地域におけるすみやかで大量の地下水流出がハイドログラフの分離により推定され、さらにトレンチにおいても実測されているが、飽和毛管水縁中の地中水の平衡の崩れやそれに果たす間隙空気の役割も含めて、地下水流出プロセスを完全に定量的に扱うまでには至っていない。 本試験斜面は、すみやかで大量の地下水流出をもたらすプロセスを今後より物理的・定量的に解明していくための観測例を蓄積するため設定された。
観測内容および方法	地下水流出量 (トレンチ流出量) TR1 (斜面基部) TR1-A (表層土からの流出) 深度20cm TR1-B (多くの根を含むローム層からの流出) 深度60cm TR1-C (ロームおよび礫混じり粘土からの流出) 深度100cm …集水用トラフ (幅120cm) +メスシリンダー (マニュアル測定) 地下水位 斜面の尾根部 (W4)、上部 (W3)、中部 (W2)、基部 (W1) 各4~5深度 (地下水頭) 土壤水分 斜面の尾根部 (T4)、上部 (T3)、中部 (T2)、基部 (T1) 10、20、40、60cm深 …テンシオメーター 降雨量 流域の谷すじ (試験斜面と反対側の斜面) …雨量計 流出量 谷底…5インチ・パーシャルフリューム 蒸発散 基部 (S-1) サクションライシメーター

表-3.2(6) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献 No.6)

文献No.6

<p>観測データの解析方法</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 大型不攪乱サンプルを用いての飽和透水係数の決定 <ul style="list-style-type: none"> ・ブロックサンプリング法による大型不攪乱試料による飽和透水係数値の決定 ・大型不攪乱サンプルに基づく透水係数と100ccサンプルによる透水係数値の比較 2. 土壌の水分状態と地下水流出についての検討 <ul style="list-style-type: none"> ・斜面基部の土壌水分状態とトレンチ内で観測された地下水流出量との関係の検討 3. 地下水流出フラックス実測値および計算値の降雨に対する変化の検討 <ul style="list-style-type: none"> ・トレンチで観測された地下水流出量の浸潤面の単位面積当たりの流出量、すなわちフラックスに換算 (フラックス実測値) ・フラックス実測値とダルシー式の適用によるフラックス計算値との比較
<p>研究成果</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 大型不攪乱サンプルを用いての飽和透水係数の決定 <ul style="list-style-type: none"> ・TR1内の深度100cmの飽和透水係数値について比較すると、大型不攪乱試料に基づく鉛直方向の透水係数は、鉛直方向の100ccサンプルによる透水係数の数倍から1オーダー程度大きい値を示した。 ・試験斜面における地下水は、鉛直方向・斜面下方のどちら方向にながれるにせよ、10^{-6}cm/secオーダーの極めて透水性の悪い土壌中を流動していることがわかった。 2. 土壌の水分状態と地下水流出 <ul style="list-style-type: none"> ・浸潤面の厚さ (地下水体の厚み) が薄いにもかかわらず、降雨のピークに対応して流出量もピークに達したが、降雨終了後は浸潤面の厚さは増加し続けるものの地下水流出量はすみやかに減少するという観測結果が得られた。 ・降雨終了後に地下水流出量が減少し続けるのに対して地下水位は地表面下92cm程度で一定のままであった一方で、地表面下70数cmまで上昇した地下水面が降雨終了に伴い流出量と同様に急激に低下するという地下水位と地下水流出量の変化が良く対応する現象が確認された。 3. 地下水流出フラックス実測値および計算値の降雨に対する変化 <ul style="list-style-type: none"> ・2つの降雨に対する地下水流出フラックスにおいて、実測値がダルシー式から求めたフラックス計算値よりも遙かに大きい値を示し (770倍、15000倍)、両者の変動パターンも全く異なっていた。 ・ダルシー式を用いて得られた値をもって河道にもたらされる地下水流量とする従来の考え方では、stormflowの形成に果たしている実際の地下水の寄与を大幅に過小評価する危険があることが明らかとなった。
<p>観測上の問題点とその対策等</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・トレンチの掘削に伴って地中水の流動が変化してしまう可能性がある。 <ul style="list-style-type: none"> → トレンチTR1掘削の影響を受ける可能性のないW1-c中の地下水位とトレンチ内における浸潤面の上限の深度とは降雨時・無降雨時を問わず常に一致したため、トレンチ掘削に伴う地下水流動の変化は本斜面では起きていないと判断している。 ・トレンチ掘削の影響がカット面両端部分からの地下水流出に現れる可能性がある。 <ul style="list-style-type: none"> → 本トレンチでは幅170cmに対してトラフの幅を120cmと短く設定しており、カット両端部分からの地下水流出を測定から場外し得る。

表-3.2(6) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献 No.6)

文献No.6

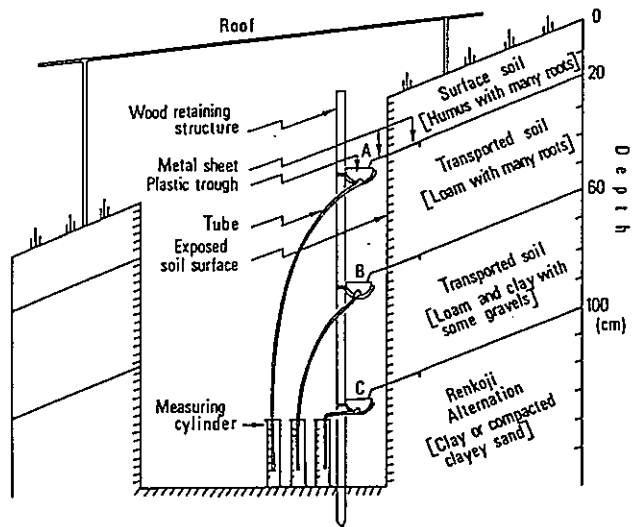
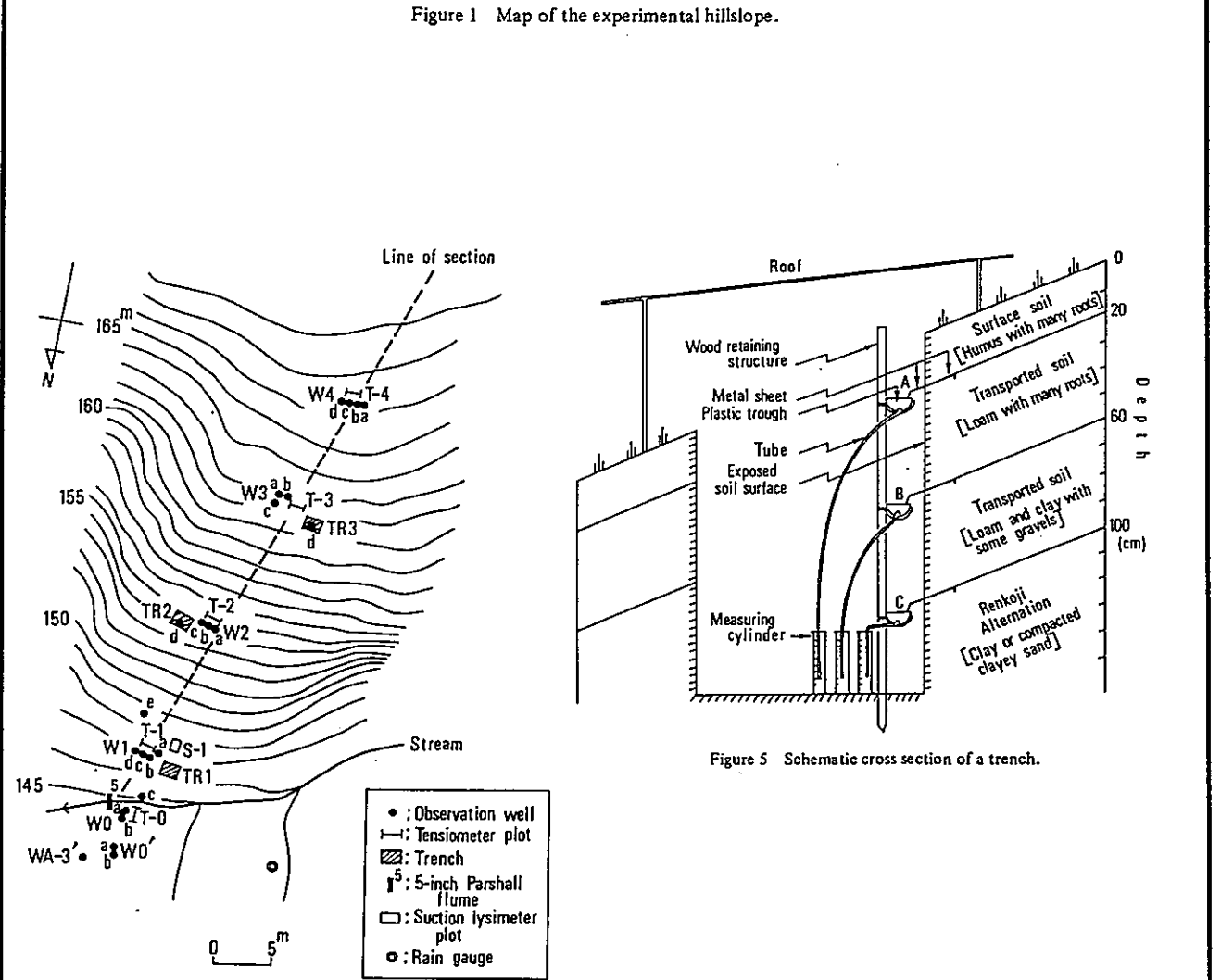
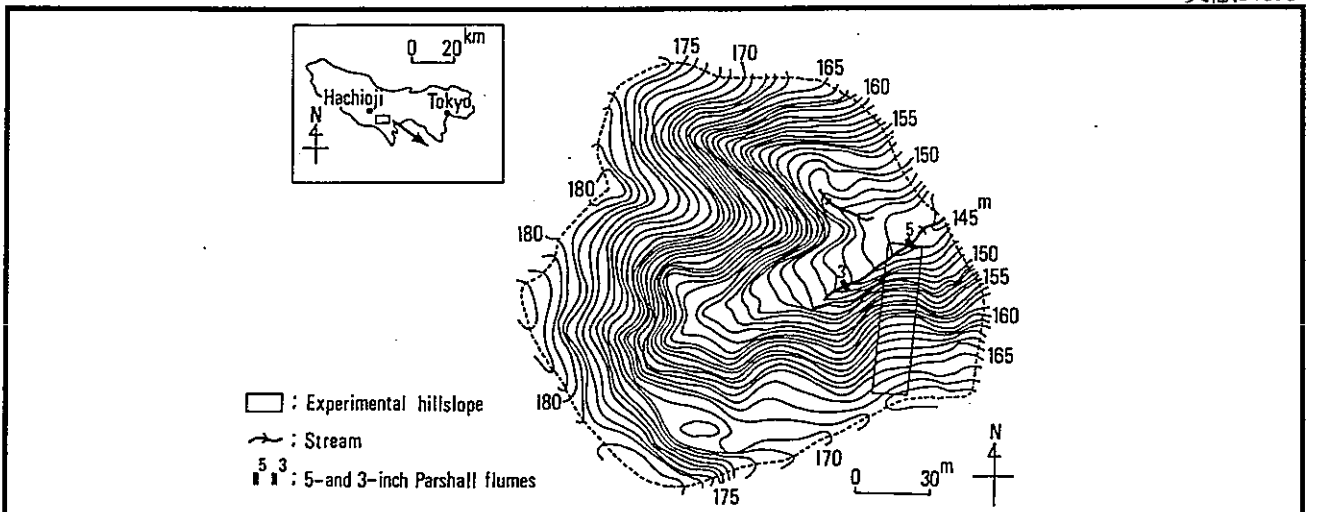


表-3.2(7) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献 No.7)

文献No.7

観測地域名	東京農工大学波丘地利用実験実習施設内 東京都八王子市堀の内
文献名	丘陵地源流域における流出現象と地中水の挙動 田中 正・安原正也・酒井 均 京都大学防災研究所年報, 25, B-2, 181~193. (1982)
観測地域概要	
流域面積	0.022km ² (=22ha)
地 形	多摩丘陵の北縁に位置し、多摩川の支流大栗川の一源流部を構成している。標高は144~183mで、流域谷底面の地形勾配が約12%、山腹斜面の地形勾配が約50%である。
地 質	下位から上位に平山砂層、三沢泥岩層、連光寺互層、御殿峠礫層および関東ローム層が分布するが、本流域の主たる構成層は連光寺互層(標高140~160m)、御殿峠礫層(標高160m以上)および関東ローム層である。谷底の表層堆積物は、粒度組成の上から、いわゆる二次堆積物であると思われる。
気 象	
植 生	クヌギ、コナラを主体とする落葉広葉樹が流域のほぼ全域を占めている。斜面では、背丈2~3mの竹が密生し、谷底では春から夏にかけてシダ類が繁茂する。
観測目的	山地森林流域における流出機構や水流発生機構を明らかにすることは、流域の水循環機構を考察する上で、また、治水・利水計画を考える上で重要である。流出機構の解明は、単に地表面上に生起する降雨一流出の把握のみならず、地表面下に生起する地中水の挙動をも含めて、地表水と地下水を一体とした一つのシステムとしてとらえ、これを明らかにする必要がある。 本試験流域は、丘陵地源流域の流出現象と地中水挙動の関係を調べるため設定された。
観測内容 および方法	<p>流出量 谷底の流域下端…90° 三角堰</p> <p>降水量 谷底のほぼ中央…転倒ます型自記雨量計</p> <p>土壌水分(土壌水の圧力水頭) 斜面の谷すじに8カ所、両横斜面の下部に各1カ所 10、20、40、60、80、100、120、140cm深 …テンシオメーター(マニュアル読み取り式)</p> <p>地下水の圧力水頭(ピエゾ水頭) 斜面の谷筋に10カ所、両横斜面の下部に各1カ所 (内10カ所はテンシオメーター設置地点の近傍) 各地点2深度ずつ(0.6~2.9m深) …手動式水位計を用いた測定による方法 リシャル式自記水位計</p> <p>その他に行われた調査</p> <ul style="list-style-type: none"> ・表層堆積物の粒度試験 ・出水寺における地表流の発生・拡大・縮小状況の調査 谷底面に設置した2m間隔四方の測量杭を指標として、野外観測により随時その状況をスケッチし、地形図上に転写。

表-3.2(7) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献No.7)

文献No.7

<p>観測データの 解析方法</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 出水時のハイドログラフの検討 2. 表面流出の役割についての検討 <ul style="list-style-type: none"> ・ 出水時における表面流出の生起状況の考察 3. 水理水頭の時間的変化についての検討 <ul style="list-style-type: none"> ・ 水理水頭プロファイルの時間的変化 ・ 降雨開始以前と流出ピーク直後の地下水面下約1mの範囲での水理水頭値とそれに基づいて計算される鉛直方向の動水勾配の比較 4. 谷底縦断面におけるポテンシャル分布の検討
<p>研究成果</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 出水時のハイドログラフ <ul style="list-style-type: none"> ・ 4回の降雨についての結果から、本流域においては総降水量の約40%前後が降雨直後の直接流出として流出するものと推定された。 2. 表面流出の役割 <ul style="list-style-type: none"> ・ 本流域において、総降水量が60mm前後の場合には、降雨時だけに出現する水みち流が表面流出の主体を占めているものと考えられた。 ・ R-2程度の規模(6時間の間に合計60mmを記録し、総降水量がこの約3倍)の大雨時のみ、ある場所に限定されて集中的にパイプ流ないしは復帰流と呼ばれる流れが発生していることが把握され、大雨時における地中水の挙動がこの種の現象の発生に大きく関与していることが示唆された。 3. 水理水頭の時間的変化 <ul style="list-style-type: none"> ・ R-2の降雨によってパイプ流および水の吹き出しが集中していた場所の水理水頭の時間的変化において、流出ピーク直後には深度80cm以浅の範囲で上向きの水の流れが存在しており、その後降雨の有無にかかわらず深度80cmから地下水面の範囲にわたって常に上向きの流れが生じていた(降雨前の地下水面は深度40cm付近)。 4. 谷底縦断面におけるポテンシャル分布 <ul style="list-style-type: none"> ・ 標高160m付近に存在したパイプ流については、標高160m付近が御殿峠礫層とその下位の連光寺互層の地層境界に相当するという地質構造がその発生に関与しているものと考えられた(今後、さらに検討を要する)。 ・ 地形縦断プロファイルに見られる地表面の凹凸上の微起伏と大雨出水時に形成される地下水の流出-涵養域がよく対応していることがわかった。
<p>観測上の 問題点と その対策等</p>	<p> </p>

表-3.2(7) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献No.7)

文献No.7

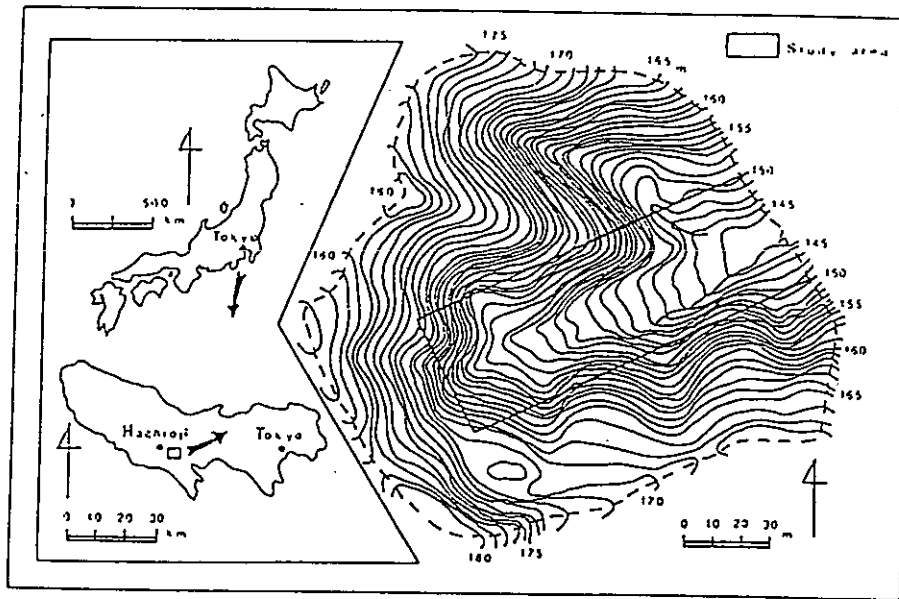


Fig. 1. Location of the study area.

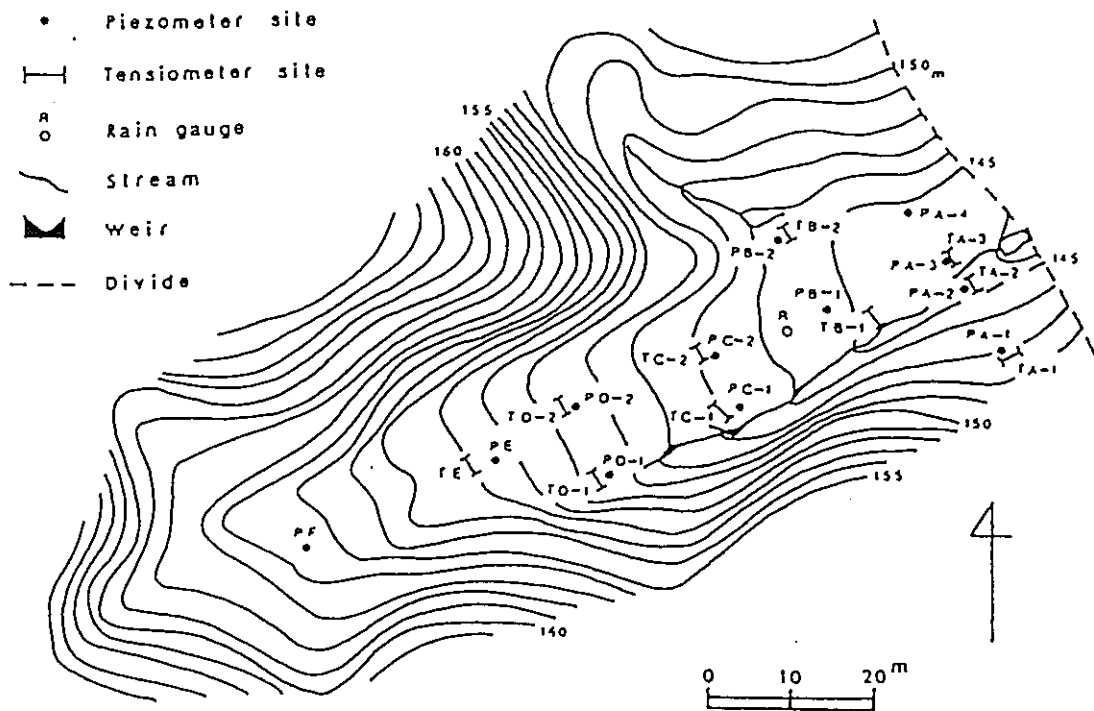


Fig. 4. Map of the valley floor studied.

表-3.2(8) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献No.8)

文献No.8

観測地域名	岩手大学農学部附属御明神演習林第6林班内の下館内沢右俣上流域
文献名	山腹斜面における表層土壌水分の変動と流出特性 太田岳史・高橋壮輔 岩手大学農学部演習林報告, 17, 1~15. (1986)
観測地域概要	<p>流域面積 0.23ha</p> <p>地 形 試験斜面は地表平均傾斜角は22°、標高差約50mでゆるい凹状を呈しており、それを含む試験流域は標高約300~430mに位置している。</p> <p>地 質 地質は第三紀層の石英安山岩質凝灰岩からなっており、表層土厚は60~100cmと推定される。</p> <p>気 象</p> <p>植 生 アカマツおよび広葉樹、下層植生はササが主体であり、良好な森林斜面である。</p>
観測目的	<p>山腹斜面における雨水流出現象を飽和-不飽和領域にまたがる土壌水分の変動をとおして理解していくことが必要となると考えられ、また、今後ハイドログラフのみでなく土壌水分の変動、崩壊位置なども予測可能なモデルを開発するには土壌水分の動態と雨水流出特性の関係を理解することはさげられない。</p> <p>本試験流域では、上記の見地にたち、山腹斜面における表層土壌水分の変動と雨水流出特性に関する観測が開始された。</p>
観測内容 および方法	<p>流出量 試験斜面下端の湧水点より約30m下流 (岩盤の露出した河道上) …30° 三角堰 (コンクリート製) + 自記水位計</p> <p>湧水量 鉄製U字板で集水し、3~7日間隔でメスシリンダーにより実測</p> <p>土壌水分 斜面下部、凹状部の中心線沿いの4カ所 (P1~P4) 15、30、60 (あるいは55)、85 (あるいは80) cmの4深度 …直読式テンシオメーター (4深度中2深度) 3~7日間隔で読み取り 自記テンシオメーター (4深度中2深度)</p> <p>地下水位 P2、P3の直上 (W1、W2) …自記水位計</p>
<p>※水分特性曲線の設定に使用する空隙率、気乾含水率、土壌特性パラメーターは、別に行われた降雨実験結果 (太田・阿部、1985) における値を使用。</p>	

表-3.2(8) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献 No.8)

文献No.8

<p>観測データの 解析方法</p>	<p>1. 観測結果の検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 洪水流出量についての検討 初期流量別の総降雨量と洪水流出量の関係。 ・ 地下水位についての検討 ・ サクシオンについての検討 <p>2. 土壌水分の動態と流出特性についての検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 飽和度の経時変化と流出量の関係についての検討 測定深度間を4等分して13点のサクシオンを求めて、Kluteの式により体積含水率、飽和度に変換。 ・ 2次元ポテンシャル分布の検討 ・ 土壌水分フラックスと湧水量についての検討 鉛直方向フラックス、斜面長方向フラックスを算定し、ベクトルの合成により合成フラックス、合成フラックス角を算定。
<p>研究成果</p>	<p>1. 観測結果</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 初期流量が大きい程同程度の総降水量に対する洪水流出量がおおきくなることが把握され、流域単位においても初期水分条件が洪水流出特性に影響を与えていると判断された (土壌水分状態を把握することの重要性が指摘できる)。 ・ 観測期間中に地下水位が発生したのは日降雨量が100mm前後の場合のみであり、通常の降雨では不飽和流動による水分移動の結果として洪水流出が生じるものと考えられた。 <p>2. 土壌水分の動態と流出特性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 初期水分状態が湿潤状態にある場合には各測定点とも飽和度の変化は鋭敏でピーク値も大きな差を生じないが、非常な乾燥状態にある場合には斜面部位ごとの初期値が異なるために飽和度の反応が測定点ごとに異なり、斜面上部ほど緩慢な変化を示すことがわかった。 ・ 少雨期間においても上向きの水分移動が生じないのは斜面下端深部のみであることから、湧水量はこの部分の水分状態に規定されていると判断された。 ・ 合成フラックス角 (γ) の経時変化から、湧水量が降雨によりピークを示すときには γ は大きく低下し $0.3 \sim 2.0^\circ$ 前後の値を示し、斜面長方向のフラックスをほとんど無視しえることがわかった。 ・ 合成フラックスと湧水量の関係がほぼ1:1の線形関係を示すことから、湧水量は斜面下端のフラックスに直接的に支配されていると考えられた。
<p>観測上の 問題点と その対策等</p>	<p></p>

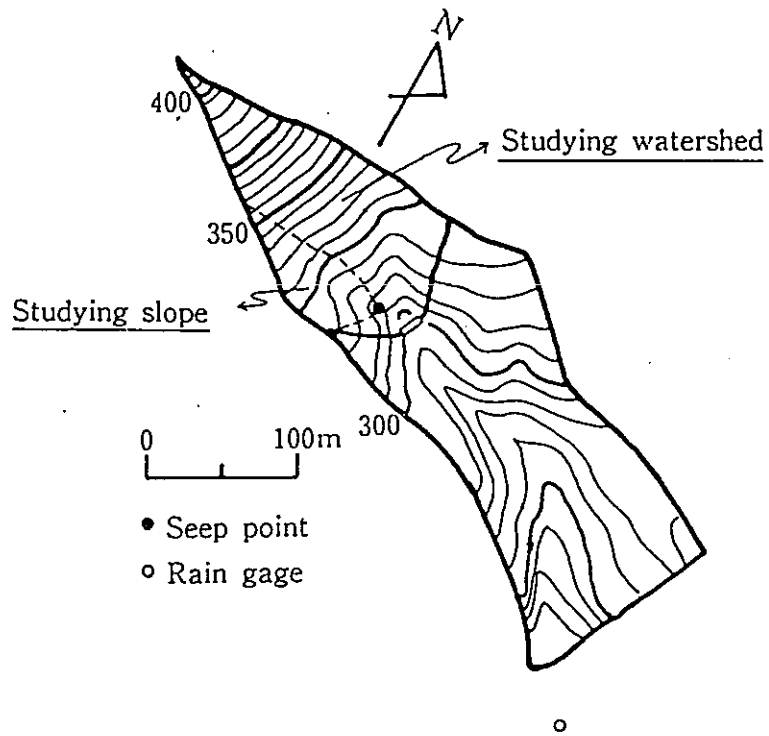


Fig. 1 . Map of the studying watershed and location of the studying slope

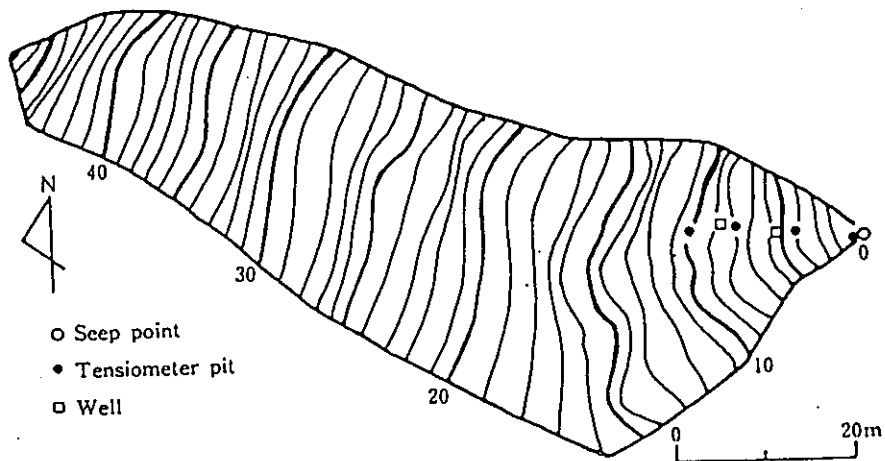


Fig. 2 . Map of the studying slope and the measuring points

表-3.2(9) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献No.9)

文献No.9

観測地域名	筑波大学農林技術センター川上演習林第二班内の試験流域 (川上試験流域) 長野県		
文献名	厚い土層からなる急峻な森林斜面における土壌水の挙動について 辻村真貴 ハイドロロジー, 23, 3~18. (1993)		
観測地域概要	<p>流域面積 0.14km² (=140ha)</p> <p>地 形 関東山地最西端にあたり、東方には金剛山、甲武信ヶ岳が連なり奥秩父連山へと続いており、西方約12kmには八ヶ岳火山列が存在する。流域内には標高1520m付近より中尾根が存在し、この尾根によって南北2つの支谷 (北谷、南谷) に分割される。観測斜面は、斜面長100mで、平均斜面勾配30°である。</p> <p>地 質 試験流域の基盤岩は新第三紀飯盛山火山岩類である。この火山岩はスコリア集塊岩、凝灰角礫岩、火山角礫岩、溶岩等からなり、一部で薄いスコリア層を挟む。いずれの構成層もかなり風化が進んでいる。本流域の平均土層厚は1.63mであり、全体的には流域の上流域で薄く、下流域で厚く堆積している。(最大は北谷の標高1550m付近の6m)。</p> <p>気 象 冷涼寡雨な内陸性の気候下にある。流域下端における年平均気温は6.2°C、最寒月である1月の平均気温は-5.8°Cである。年降水量は1400~1500mmである。</p> <p>植 生 北谷は、最上流部にカラマツ林が分布する以外はほぼ全域がミズナラ主体の天然落葉樹林である。南谷は、谷底の一部と最上流部尾根部のミズナラ以外は人工林のカラマツ林。</p>		
観測目的	<p>山腹斜面における土壌水の挙動は研究対象地域における場の条件の影響を受けるため、単一の物理法則によってこれを定量化することは難しい。</p> <p>本試験流域は、比較的厚い土層と急峻な斜面からなる山地源流域における土壌水分フラックスの分布とその時間的変化を明らかにし、山地森林流域の水循環に果たす役割を定量的な観点から評価することを目標として設定された。</p>		
観測内容および方法	土壌水分 (圧力水頭)	斜面上部 (T1)	20、60、120、200、280cm深
		斜面中部 (T2)	20、60、120、200、280、360、460、560cm深
		斜面下部 (T3)	20、60、120、160cm深
		以上のT1~T3では、斜面の傾斜方向に4m離れた2地点でそれぞれ同深度の圧力水頭を観測 (T1~T3L、U)。	
		…水銀マンオメーター式テンシオメーター (読み取り式)	
		降雨時は4~8時間間隔、無降雨時は8~24時間間隔で測定	
	水理水頭 (ピエゾ水頭)	谷底付近を中心に15ヶ所 (各1~3深度)。	
		…ピエゾメーター (手動式水位計による水位測定)	
		降雨時は4~8時間間隔、無降雨時は8~24時間間隔で測定	
	河川流量	流域最下端部…90°三角堰+フロート式自記水位計 北谷の湧出地点から約20m下流 …5吋パーシャルフリウム+フロート式自記水位計	
	降雨量	流域下端部…転倒ます型自記雨量計	
	その他に行われた調査		
	・土壌試料の採取、物性試験 (斜面長方向に10m間隔で7地点、深度は20cm間隔で基盤まで)		
	飽和透水試験、pF試験、体積含水率測定		

表-3.2(9) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献No.9)

文献No.9

<p>観測データの 解析方法</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 観測斜面における土壌の物理特性の検討 <ul style="list-style-type: none"> ・ 土壌3相プロファイルと飽和透水試験結果 ・ 水分特性曲線 2. 降雨時における土壌水分ポテンシャルの変化についての検討 3. 無降雨時における土壌水分ポテンシャルの変化についての検討 4. 土壌水分フラックスの算出 <ul style="list-style-type: none"> ・ 水分特性曲線に基づく、Campbell (1974) の式を用いた不飽和透水係数の設定。 ・ 斜面長方向および鉛直方向のフラックスの合成フラックスの大きさ、鉛直方向からの傾きの算出。 5. 降雨時の土壌水分フラックス変化の検討 6. 無降雨時の土壌水分フラックス変化の検討 7. 土壌水分フラックスの量的吟味 <ul style="list-style-type: none"> ・ 斜面からの土壌水流動量と河川流量の比較。
<p>研究成果</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 観測期間中の降雨により生じた斜面中部の飽和帯は、谷底付近の地下水の拡大によって形成されたものではないと判断された。 <ol style="list-style-type: none"> 3. 無降雨時における土壌水分ポテンシャルの変化 <ul style="list-style-type: none"> ・ 減衰期のハイドログラフには蒸発散に伴う日変化が見られた。圧力水頭の変化にも日中の活発な蒸発散活動の影響が見られ、夜間は土壌水分量がほとんど変化しないという階段状の日変化を生じていた。 ・ 表層付近の水理水頭値は斜面下部での減少がより顕著であるのに対し、斜面上部においては土層全体にわたって水理水頭の値が低下することが示された。 5. 降雨時の土壌水分フラックス変化 <ul style="list-style-type: none"> ・ 比較的透水性が悪く厚い土層からなる急峻な斜面内の降雨時における土壌水の流動は、谷底近傍に存在する地下水体へ長期的に地下水涵養を行う寄与が大きいものと考えられた。 6. 無降雨時の土壌水分フラックス変化 <ul style="list-style-type: none"> ・ 無効雨期間最終日のかなり乾燥が進んでいる状態においても、土壌水分フラックスが減少するのはほぼゼロフラックス面までであり、ゼロフラックス面以深においては降雨時とほぼ同じ大きさのフラックスが存在していることが明らかとなった。 7. 土壌水分フラックスの量的吟味 <ul style="list-style-type: none"> ・ 斜面内の土壌水流動量は、低水期における河川流量に相当する大きさであることが示唆され、このことから斜面内の土壌水が低水期の基底流出量を維持するだけの涵養能力をもって常に流動していることが示された。
<p>観測上の 問題点と その対策等</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 河川流量について、1月以降は水位計の凍結によって継続的なデータが得られていない。

表-3.2(9) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献No.9)

文献No.9

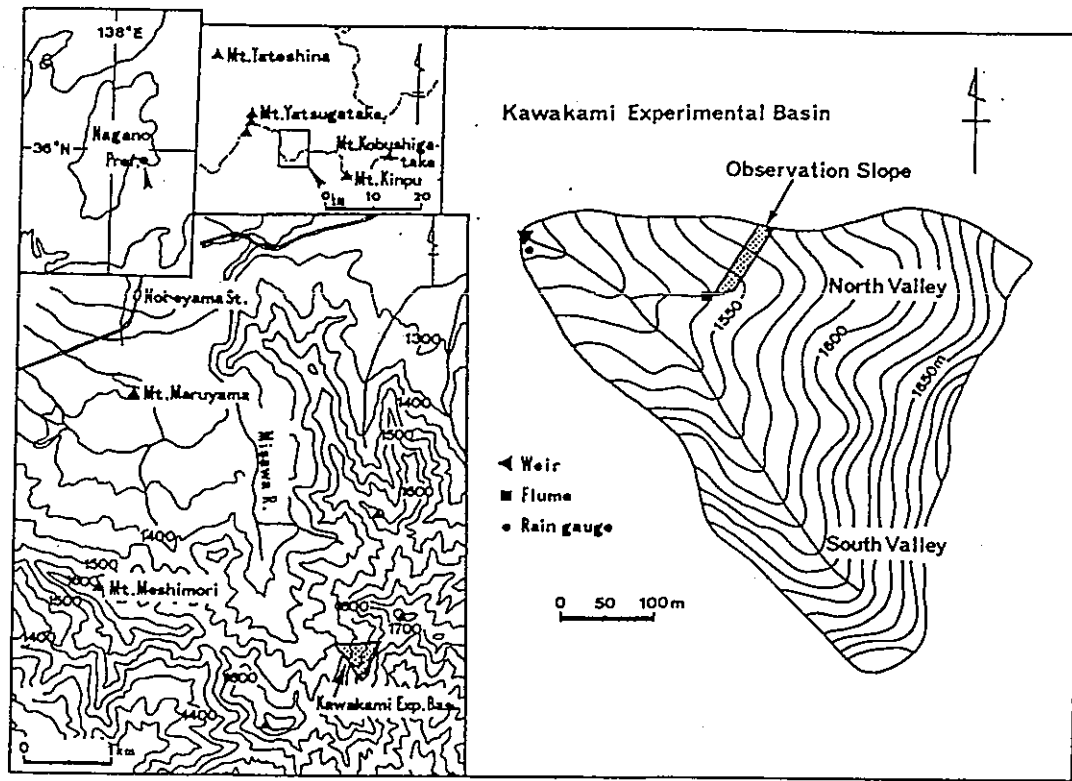


Fig. 1 Location of the study area.

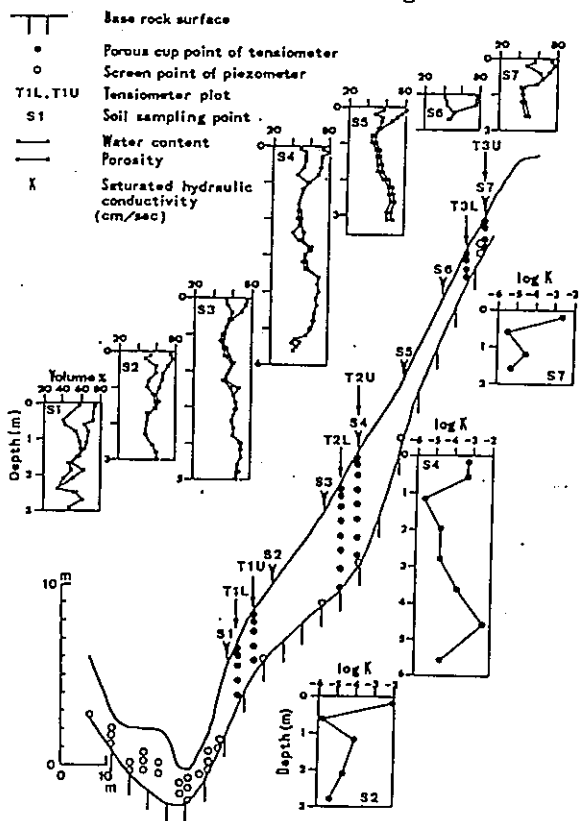


Fig. 3 Longitudinal section of the observation slope.

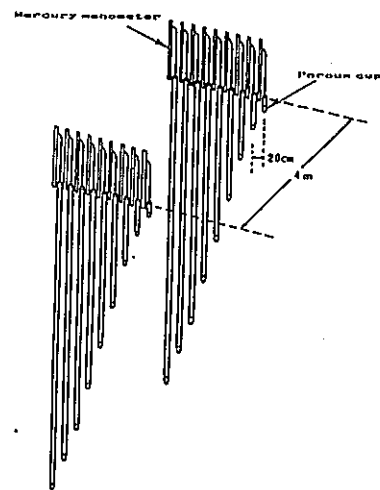


Fig. 4 Schematic diagram of the setting tensiometers.

表-3.2(10) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献 No.10)

文献No.10

観測地域名	北海道大学雨龍地方演習林内 美深越沢実験流域 北海道幌加内町母子里
文献名	水文・気象システムの概要と研究計画 石井信敬・兒玉裕二・石井吉之・小林大二 低温科学 物理編, 51, 189~196. (1992)
観測地域概要	
流域面積	約1.3km ² (=1,300ha)
地 形	盆地状の地形をしており、標高285~550mに位置する。高度別および斜面方位別の面積分布では、標高400m以下の部分が全面積の約70%を占め、傾斜15°以下の緩やかな西向き斜面 (SW-NW) が卓越している。
地 質	
気 象	寒冷多雪地として知られており、冬期の最大積雪深は山頂部で3.5m、低地でも2m以上になることがある。最低気温も盆地低部では-35°C以下になる。
植 生	広葉樹と針葉樹の混交林であり、森林密度0~40%の疎林が全流域の約60%を占める。
観測目的	積雪の形で存在する水の循環、制御、利用に関する熱収支、水収支の研究において、複雑な山地地形を有する流域の熱収支、および水収支を求めるには、精密さを欠いた仮定や外挿からの算定では不十分であることがわかってきた。 本試験流域は降雪(雨)→堆積→融雪→蒸発散→流出という水循環過程の解明を第一の目的とした閉じた実験用の系(場)として設定され、水文気象観測システムは寒冷多雪地帯の山地流域における水循環特性を明らかにすることを目的として導入された。
観測内容および方法	<p>気象観測装置</p> <p>A (山頂、標高550m) (AC電源 (100V-20A) あり) 10mのマスト上の3.5m、10m 気温、湿度、風速、地温、雪温、日射、積雪深 (光学式積雪計)、 風速・温度変動 (超音波風速温度計)、放射収支 (放射収支計)、 雨雪量 (ヒーター付いっ水式雨雪量計)、気圧 (円筒振動式微気圧計) 反射、表面温度、地中熱流</p> <p>B~E (尾根中間~沢中間~流域末端、300~380m) 10mのマスト上の3.5m、10m 気温、湿度、風速、地温、雪温、日射、積雪深 (光学式積雪計)</p> <p>F (親局、盆地低部、285m) 既存 (気温、湿度、日射、反射、放射収支、積雪深、風速) 新規…雨雪量 (いっ水型雨雪量計)、気圧 (微気圧計)、 水蒸気輸送量 [蒸発・凝結量] …①渦相関法 (超音波風速計、赤外線湿度計、 ②フロート式蒸発パン ③秤量式大型ライシメーター (最大荷重650kg、分解能100g)</p> <p>データ収録</p> <p>A、B、E…メモリーカード・ロガーで1時間ごとに収録し、1日1回収録データを無線でF局に電送</p> <p>C、D ……メモリーカード・ロガーで1時間毎に収録</p> <p>F ……メモリーカード・ロガーで1時間毎に収録</p> <p>A、B、E局からのデータはテレメータ受信装置で受信し、パソコン処理。</p> <p>河川流量 A、B、D、E局付近…三角堰 (水温、水位、電導率を常時収録)</p> <p>土壌水分 D局 (斜面上の最大傾斜線に沿って線上に4点3深度) …土壌毛管圧センサー、土壌水分センサー</p>

表-3.2(10) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献 No.10)

文献No.10

観測データの
解析方法

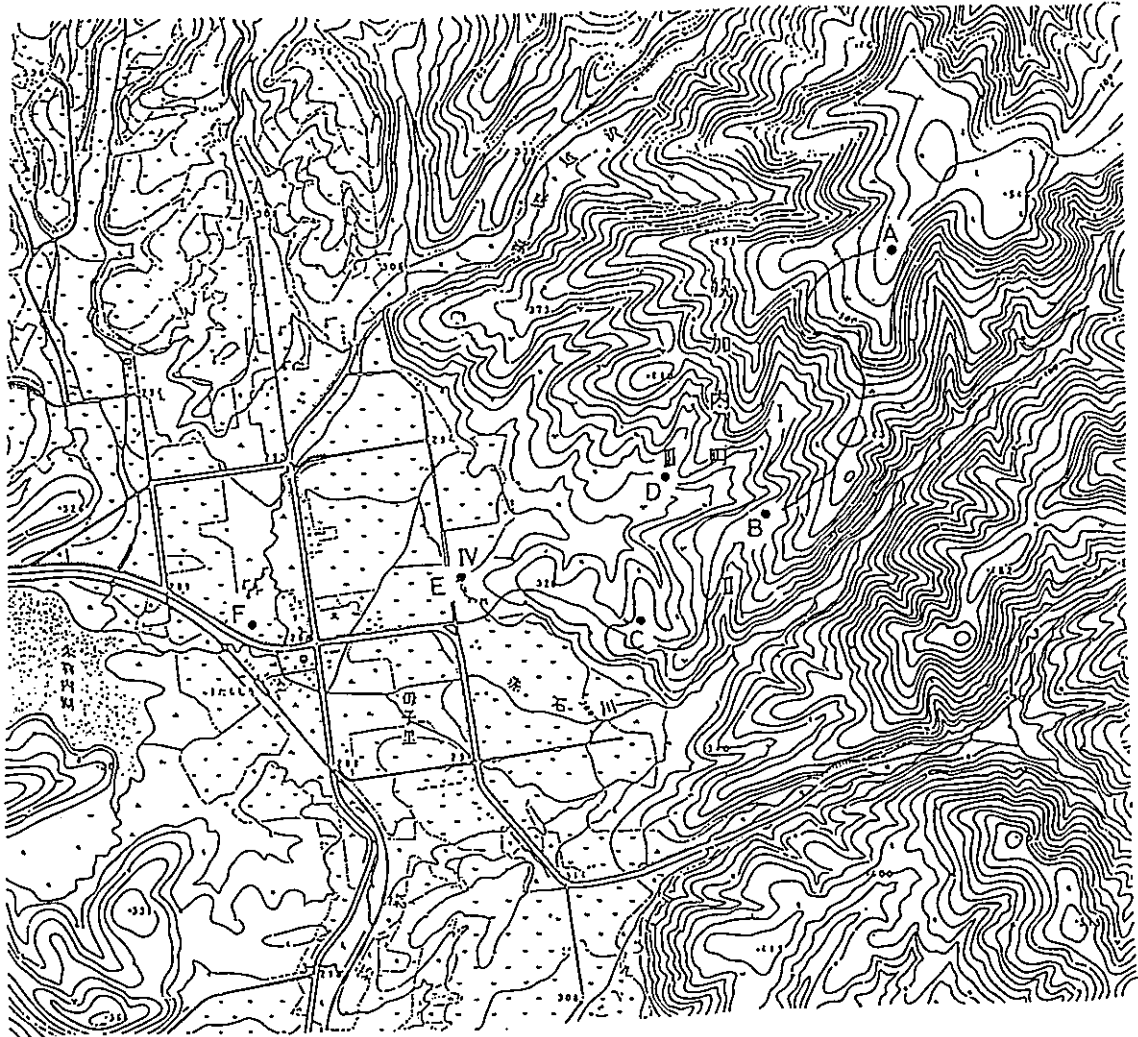
研究成果

観測上の
問題点と
その対策等

- ・寒冷多雪地として知られている。
 - 1)積雪と低温に対する措置として、A局とF局には商用電源 (AC100V) を利用した暖房可能な観測室を用意した。
 - 2)B~E局において、蓄電池を地中に埋設して、低温による電圧の低下を防いでいる。

表-3.2(10) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献 No.10)

文献No.10

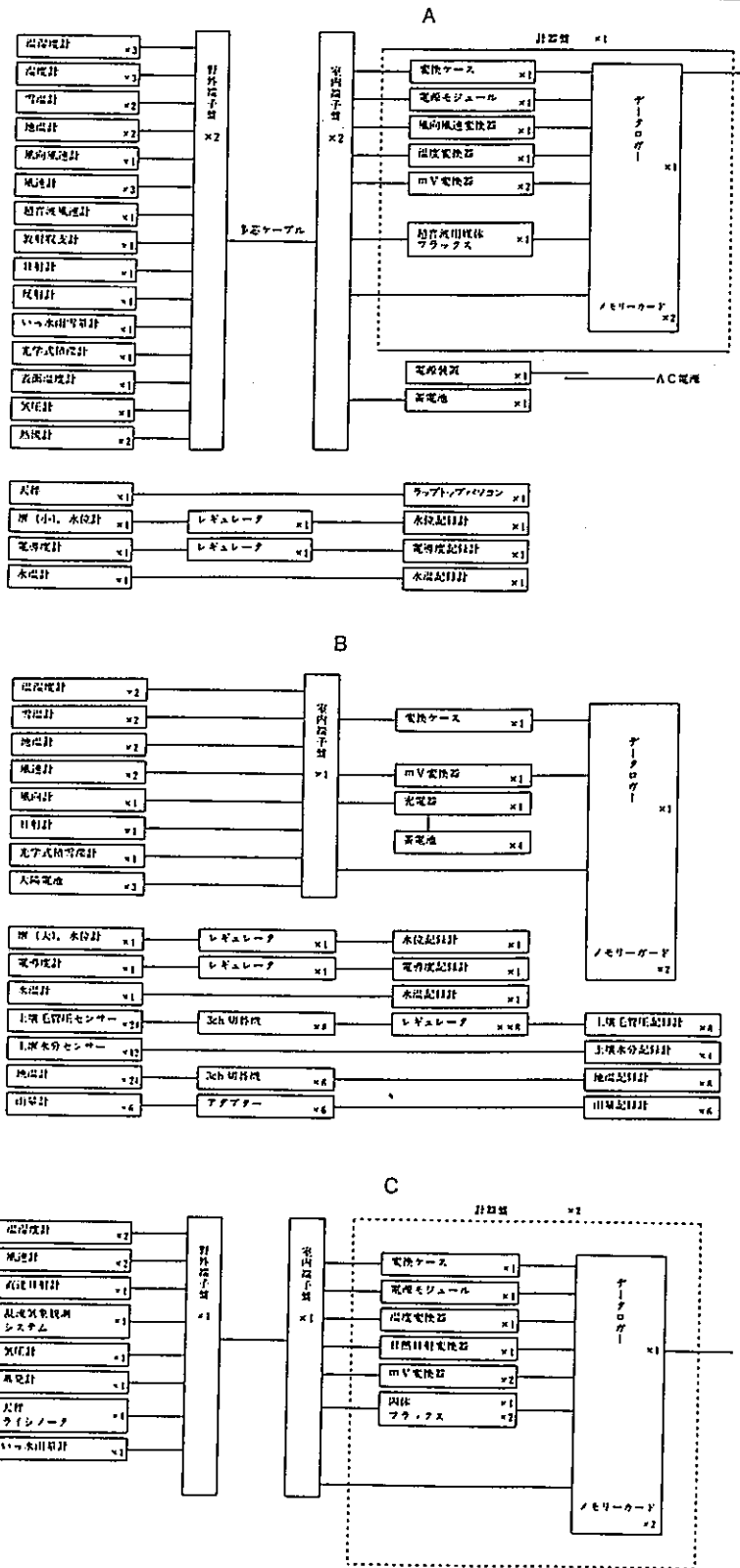


第1図 水文気象観測システムが設置されている母子里の実験流域。A-Eは気象観測点, I-IVは水文観測点

A:山頂局, B:中間1局, C:中間2局, D:中間3局, E:中間4局, F:親局, I:湧水部, II:湧水部, III:沢中間部, IV:流域末端部

表-3.2(10) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献 No.10)

文献No.10



第3図 水文気象観測システムの概要
A : 山頂局, B : 中間3局, C : 観測局

表-3.2(11) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献No.11)

文献No.11

観測地域名	名古屋大学農学部附属稲武演習林の月ヶ平流域内
文献名	山地流域の流出観測結果について 飯田 修 名古屋大学農学部演習林報告, 10, 59~64. (1990)
観測地域概要	
流域面積	1.65ha
地 形	標高960~1070mに位置する。
地 質	地質は領家帯の花崗岩類に属する。表層土の厚さは中腹の土層が尾根や沢沿いに比べて深くなっていることがわかっている。
気 象	
植 生	スギ、ヒノキ、アカマツ
観測目的	<p>斜面に浸透した雨水は、山帯に貯留され、より深部に透水することによって、洪水時のピークの低減や平水時の流出に寄与していると考えられている。そのため、山地流域に降った雨によって生ずる流出量や流域の貯留量等を定量的に知ることは、対象とする流域が下流域に対してどの程度寄与しているかを示すことにつながる。</p> <p>本試験流域は、山地流域に降った雨によって生ずる流出量や流域の貯留量等を定量的に把握するために設定された。</p>
観測内容 および方法	<p>降水量 下流側の谷止上…転倒ます型雨量計 流出量 下流側の谷止…90° 三角堰 土壤水分 (圧力水頭) …テンシオメーター 土中水位…土中水位測定孔</p>

表-3.2(11) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献 No.11)

文献No.11

<p>観測データの 解析方法</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・日単位の流出高におけるハイドログラフの検討 ・月降水量と月流出量の関係の検討 ・日降水量と日流出量の関係の検討 ・日流出量の貯留関数線形モデルによるモデル化
<p>研究成果</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・集水面積が小さいため、出水が短時間に行われ、日単位で見た流出量のピークの時間遅れはほとんどないものと考えられた。 ・月降水量と月流出量の関係における1次回帰式によると、年平均降水量2000mmに対する年平均流出量は1474mmとなり、年流出係数は0.74となった。また、直接流出量は714mmとなり、基底流出量と同程度となっていることがわかった。 ・簡単な水収支式を用いた結果による推定等から、本試験流域には隣接する集水域からの流入があると考えられた。 ・本試験流域の流出は、1段のタンクモデルで表せることがわかった。 ・日流出量を貯留関数の線形モデルで求めることができた。
<p>観測上の 問題点と その対策等</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・流量堰の水位観測において、12月から4月にかけての冬季間は、積雪のため欠測になることが多かった。 ・雨量観測において、12月から4月にかけての冬季間は、積雪のため欠測になることが多かった。 <ul style="list-style-type: none"> → 試験地から約5.5km離れた稲武地域気象観測所（標高505m）の月降水量と試験地の月降水量の関係について1次回帰式を求め、稲武地域気象観測所の月降水量をもとに試験地の月降水量を補完した。

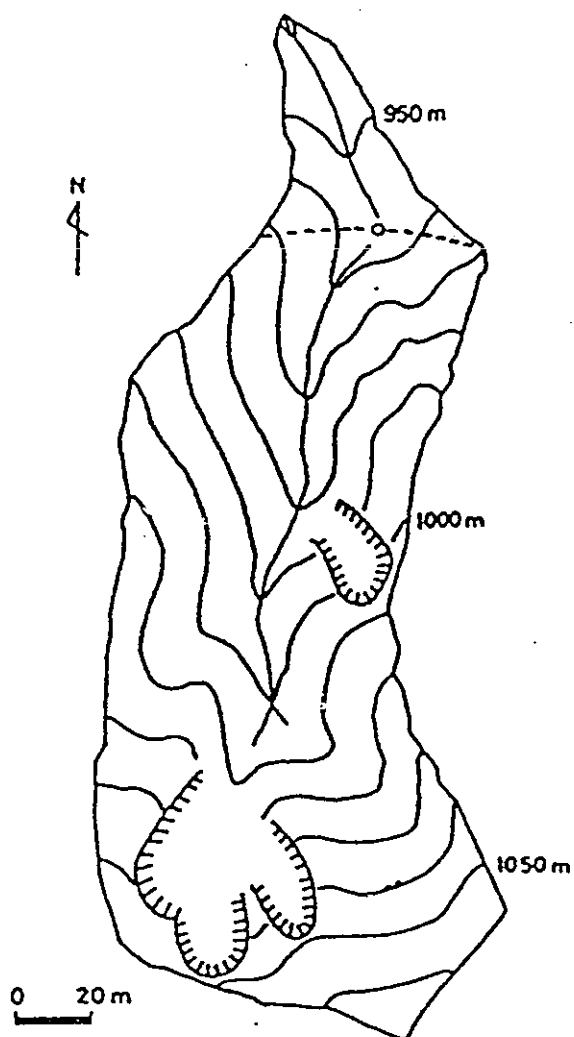


図-1 試験地 (1.65 ha)
白丸は雨量計と量水堰の位置を示す
Fig. -1 Experimental area (1.65 ha)
○ : precipitation gauge and weir

表-3.2(12) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献 No.12)

文献No.12

観測地域名	九州大学粕屋演習林内 御手洗水試験流域 福岡県福岡市の東方約15km
文献名	山地小流域の土壤水分と流出特性 田中宏平・四ヶ所四男美・瀬口昌洋 京都大学防災研究所年報, 25B-2, 195~205. (1982)
観測地域概要	
流域面積	0.095km ² (=95ha)
地 形	山地流域であり、平均斜面勾配が0.37、集水幅179mである。河道長は265m、平均河道勾配は0.22である。
地 質	基岩の大部分は三郡変成岩を構成する緑泥変岩よりなる。基岩の上部に存在する表層土壤は黄褐色森林土壤よりなり、深さ約50cmの所にC層が存在している。このC層（飽和透水係数10 ⁻² cm/hrオーダー）が不透水層の役割を果たしているものと推測されている。地表面から深度40cmの土層において、多くの木の根やその腐朽による比較的な孔が存在する。
気 象	
植 生	河道沿いの低位部は樹齢約30年のヒノキ林で、中腹から尾根に至る中、高位部はカシ、マツ類を中心とした雑木林で覆われている（それぞれ流域面積の35%、65%を占める）。
観測目的	我が国における山腹表層の土壤水分の動態と流出現象との関連性に関する実証研究は、特に観測施設の不備、さらには複雑な地形、地質学的状況が災いして非常に立ち遅れている。 本試験流域は、特に山腹での土壤水分の時空間的な変化が流出現象の発生機構、さらにはその特性にどのような影響を及ぼしているか明らかにするため、すなわち流出現象の実態をその発生場を通して把握するため設定された。
観測内容 および方法	<p>雨量 林外雨量 試験流域の約80m下流…雨量計 林内雨量 河道近傍…雨量計 樹幹雨量 河道近傍…雨量計 雨量計の記録は20分間ごとに記録紙から読み取った値を使用</p> <p>土壤水分 河道に対する横方向斜面 (a-a線) 上3地点 (A、B、C) …自記テンシオメーター 10、20、50cm深に各2台ずつ (同深度のものを斜面方向に30cm離して設置)</p> <p>流出量 河道…90° 三角堰と四角堰を組み合わせた複断面型の堰+自記水位計 水みち…堰+自記水位計 地表面から深さ約20cmの土層までの流出量を捕水 河川水位のデータは20分ごとに記録紙から読み取った値を使用</p>

表-3.2(12) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献 No.12)

文献No.12

<p>観測データの 解析方法</p>	<p>1. 解析資料についての検討 ・ 林外雨量、林内雨量、樹幹流下雨量の比較</p> <p>2. 表層土壌水分と流出現象についての検討 ・ 一連の降雨に対する流域および水みち流出量、土壌水分吸引圧の時間的変動特性 ・ 土壌水分の流れの変化の検討 吸引圧法およびForced air drying法 (Arya, et al., 1975) によって推定された土壌水分特性曲線および不飽和透水係数、さらには土壌水分吸引圧から求めた等ポテンシャル線を用いて推算。</p> <p>3. 貯留関数から見た流出特性の検討 ・ 貯留関数式による流出現象の解析</p>
<p>研究成果</p>	<p>1. 解析資料 ・ 林内雨量および樹幹流下雨量はそれぞれ林外雨量の約75%、40%と比較的大きな割合を占めていたことから、この林内においては樹葉遮断損失量が比較的小さく、雨量の多くが地表面に達していると考えられた。</p> <p>2. 表層土壌水分と流出現象 ・ 表層土壌が非常に乾燥している時、あるいは出水の初期においては、河道およびその付近の斜面域からの流出成分が出水に大きく寄与し、さらに降雨の継続に伴って流出の発生領域は山腹斜面に沿って拡大していくものと考えられた。このことは、"Dynamic watershed concept"あるいは"Partial area concept"の妥当性を示唆するものである。 ・ 流出現象の複雑さの一面は、土壌水分の増加に伴って発生した斜面に沿う浸透流のような山腹表層での土壌水分の動きと密接に関連しているものと考えられた。</p> <p>3. 貯留関数から見た流出特性 ・ 貯留関数は流域貯留高7mm前後を境に大きく変化しており、7mm以上で0.2~0.3mmの範囲に、7mm以下では0.7~0.8の範囲に存在していた。 ・ 流域貯留高7mm以下の場合には中間流が、7mm以上の場合には層流状態での表面流が卓越していると推定された。 ・ 流域貯留高7mmという値は、中間流出の発生場の厚さ、すなわち水文活性層の見かけ上の厚さに対応する値と考えられた。</p>
<p>観測上の 問題点と その対策等</p>	<p>・ 冬期間にテンシオメーターが凍結する。 → 昭和56年12月2日~昭和57年4月6日の期間においては、凍結によるテンシオメーターの破損を避けるために土壌水分吸引圧の観測を一時休止した。</p>

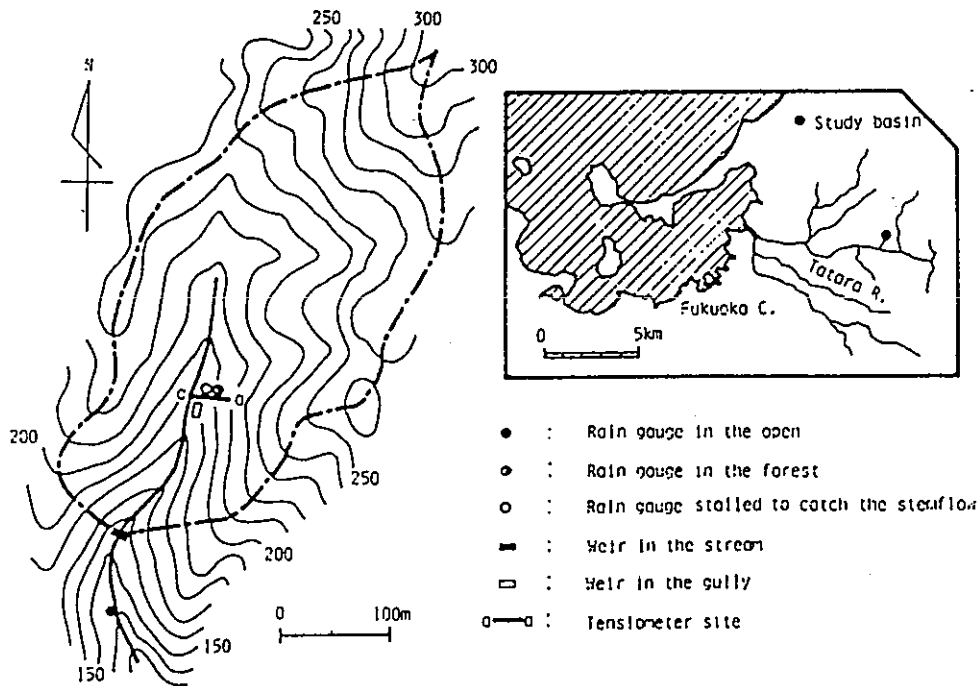


Fig. 1. Location and topography of the study basin.

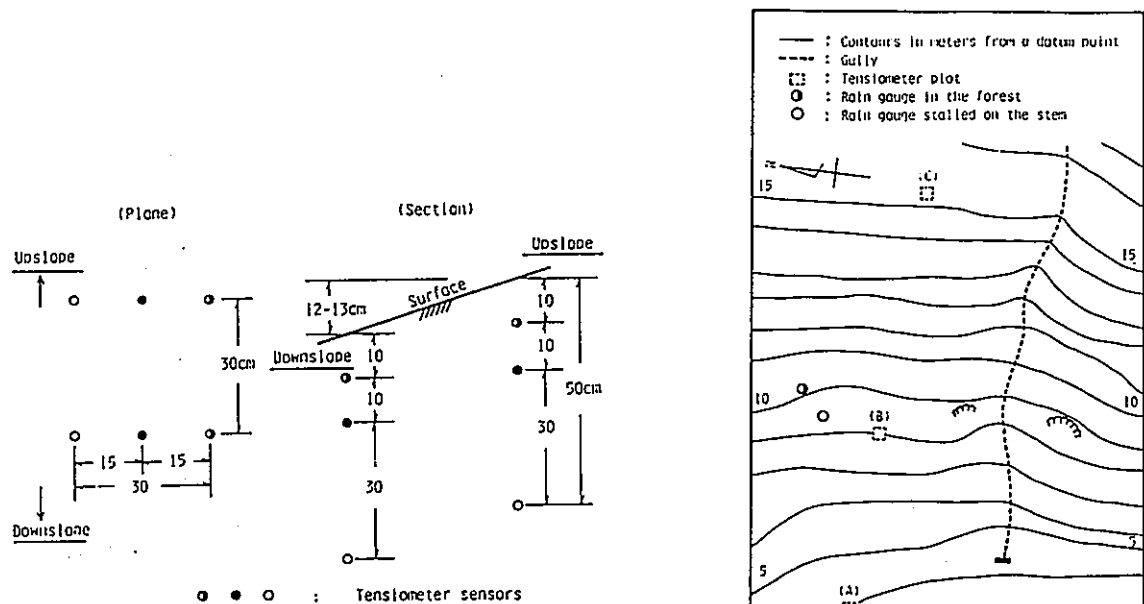


Fig. 4. Arrangement of tensiometer sensors.

Fig. 5. Topography of tensiometer site.

表-3.2(13) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献 No.13)

文献No.13

観測地域名	峰ヶ堂試験流域 京都府京都市西部
文献名	自然丘陵地における土壌水流動 -観測とその解析- 岡 太郎
	京都大学防災研究所年報, 26B-2, 213~224. (1983)
観測地域概要	
流域面積	0.13km ² (=130ha)
地 形	小畑川支流下狩川の上流部に位置し、標高は約100~215mである。
地 質	地質は古生層・丹波層群に属し、砂岩・頁岩の薄層を含んでいる。なお、古生層を崖錘性堆積物および河床堆積物が被覆しており、基盤岩の位置はかなり深く未確認である。
気 象	
植 生	ほとんどが雑木林であり、下流域の一部に竹林が分布している。
観測目的	<p>自然丘陵地斜面域における雨水流出現象は土壌水分の消長と密接に関連しているが、土壌水の挙動はきわめて複雑であり、その関連性はほとんどわかっていない。従って、土壌水分の消長を組み込んだ実用的流出モデルはまだ確立されておらず、流出解析上の難点の一つとなっている。</p> <p>本試験流域は、これらの問題を基礎的に攻究するために設定された。</p>
観測内容 および方法	<p>流出量 流域下流端…三角-台形複合堰 降雨量 流域のごく近傍…雨量計</p> <p>その他に行われた調査 ・土壌水分分布一斉調査…採土-炉乾燥法 (深度約30cmの表層土をスコップで採取) 90地点 (谷筋・尾根は50m間隔、斜面は測線A~F上に10m間隔) (1981年の5月、6月、7月に計3回実施)</p>

表-3.2(13) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献No.13)

文献No.13

<p>観測データの 解析方法</p>	<p>1.測定結果についての検討 間隙率、土壌水分分布。</p> <p>2.丘陵地斜面域における土壌水流動の解析</p> <ul style="list-style-type: none"> ・解析領域と解析条件の設定 地形から判断して土壌水流動が二次元的とみなせるE斜面を解析領域とし、境界条件として降雨・蒸発量、河川水位を与えた（蒸発量は京都気象台の観測値をもとに換算）。 ・土壌水流動解析 <ol style="list-style-type: none"> 1)降雨・蒸発を境界条件として用い二次元解析を実施。 2)二次元解析で得た深い地点の土壌水分量もしくは圧力を下端の境界条件に用いて表層部の土壌水流動を鉛直一次的に解析。 3)鉛直一次元解析で得た浸透量と蒸発量を地表面の境界条件として用い、再度二次元解析を実施。
<p>研究成果</p>	<p>1. 測定結果</p> <ul style="list-style-type: none"> ・調査領域表層土の間隙率は0.46~0.63≒0.53とかなり大きいことがわかった。 ・土壌水分量は尾根部で少なく、谷底部で多いこと、斜面部の土壌水分はあまり多くなくて標高による違いがほとんど認められないこと等が把握された。 <p>2.丘陵地斜面域における土壌水流動の解析</p> <ul style="list-style-type: none"> ・二次元解析結果より得られた土壌水流動特性は、土壌水分量一斉調査結果より得られたものと一致しており、本研究で提示された実用的計算手法の有効性が認められた。 <p>[解析結果により得られた土壌水流動特性]</p> <ol style="list-style-type: none"> 1)谷底部の土壌水分量は斜面部に比較して多く、その変化も大きいのが、河川より5m程度離れると土壌水分量は急減して斜面部の値に近づく。 2)斜面部における地表面の土壌水分量は、標高が異なってもほとんど変わらず、深さ方向に同じ分布形をしている。 3)斜面部での土壌水分の消長は深さ3mの範囲で顕著であるが、深部ではほとんど変化しない。 4)土壌水の移動速度は地表面付近で大きく、3m以深ではきわめて小さい。 5)斜面部では鉛直流動が卓越しており、水平流動はほとんど無視できる。河川近傍では水平流動が若干認められるが、その範囲は狭く、せいぜい河川より5m程度である。
<p>観測上の 問題点と その対策等</p>	<p>（この欄は空欄です）</p>

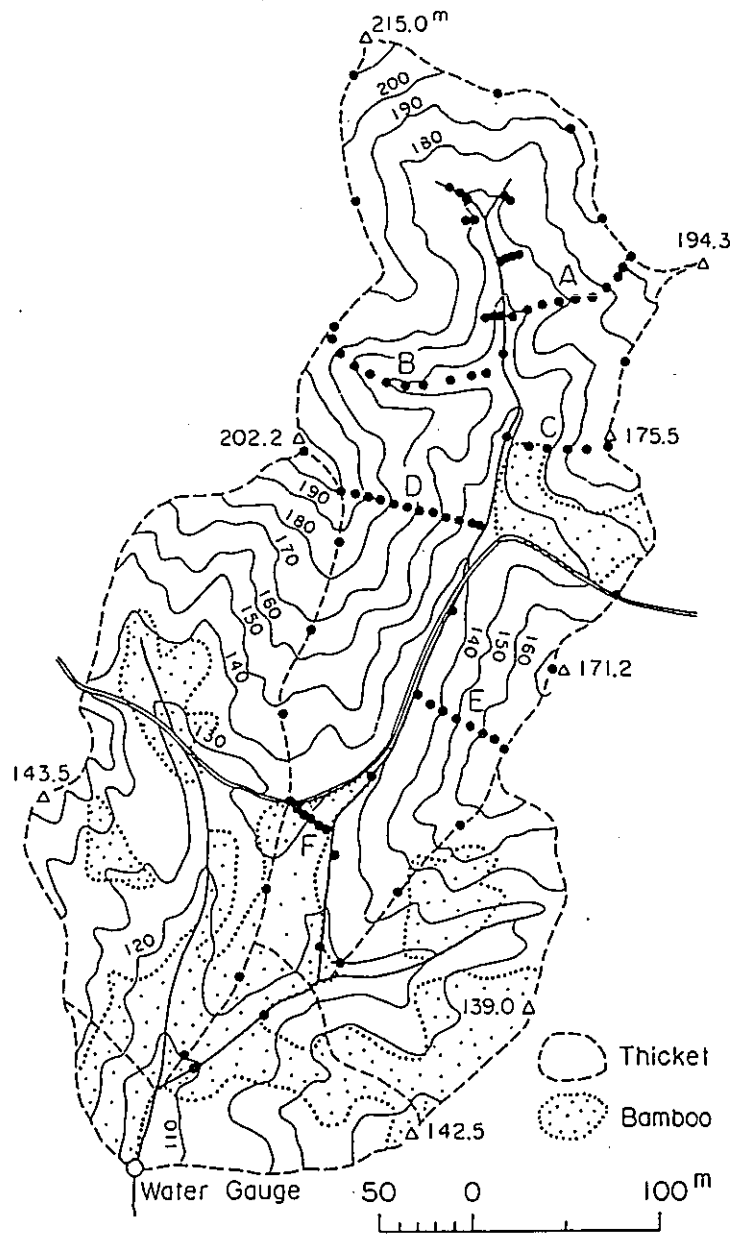


Fig. 1 The Minegado research basin and measuring points of soil moisture.

表-3.2(14) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献 No.14)

文献No.14

観測地域名	小原流域、東京大学愛知演習林白坂流域内の赤津流域 愛知県小原村、愛知県瀬戸市
文献名	花崗岩山地の二小流域における深部地下水浸透量の比較研究 寺島智巳・森 綾子・石井治男 ハイドロロジー, 23, 105~118. (1993)
観測地域概要	
流域面積	小原流域…870m ² (=0.087ha)、赤津流域…2550m ² (=0.255ha)
地 形	小原流域は、流域末端の標高が270m、流域の比高が約20mであり、谷頭0次谷に相当する。赤津流域は、流域末端の標高が340m、流域の比高が約40mであり、一方の谷頭部斜面は滑落崖を含む崩地形である。赤津流域は2つの谷頭部を有し、その谷底面は谷壁斜面からの崩壊土砂の堆積による平均傾斜10°程の平坦な地形からなる。
地 質	小原流域の地質は領家花崗岩類の伊那川岩体に属し、粗粒黒雲母花崗岩が広く露出する。断層が多く節理が密になっており、風化土層(マサ土)は平均して1m前後である。赤津流域の地質は領家花崗岩体の伊那川岩体に属し、粗粒角閃石黒雲母花崗閃緑岩からなる。流域より北にある断層に付随する節理や割れ目が多数存在している可能性がある。
気 象	
植 生	小原流域…植生は貧弱で、アカマツやスギ等の混交林からなる。 赤津流域…植生は全体的に貧弱で単調であり、アカマツやヒノキ等からなる。
観測目的	花崗岩山地のような岩盤地域において、水収支要素の一つである地下水流出量を岩盤内に浸透し山体のより深部へと移動する地下水浸透量と考えた場合、各流域ごとに地下水浸透量を計測すれば固結した岩盤地域における流域面積と深部地下水浸透量の関係が明らかになる。 本試験流域は、流域面積の違いによる深部地下水浸透量の変化の概略を捉えるための、花崗岩山地の谷頭部斜面から構成される1次水流だけを含む流域として設定された。
観測内容 および方法	<p>小原流域</p> <p>降雨量 流域下方の流域外(東方約5m)…転倒ます式自記雨量計</p> <p>土壌水分 流域内の22地点(T1~T10、H1~H4、L1~L4、S1~S3、U1) …テンシオメーター 設置深度は風化土層の厚さに対応して様々</p> <p>流出量(トレンチ流出量) 斜面末端部…ビニールシート+集水用パイプ+転倒ます型 流量計 トレンチ幅は約10m(南側流域界~北側流域界) トレンチ底部は岩盤上端 観測機器埋設後に風化土でトレンチを埋め戻し。</p> <p>地下水位 トレンチの上流側…自記水位計 観測井は岩盤直上まで掘削</p> <p>赤津流域</p> <p>林内雨量 西側の谷の右岸側(斜面中部)…転倒ます式自記雨量計</p> <p>河川流出量 流域末端部…60°三角堰+自記水位計</p> <p>その他に行われた調査</p> <ul style="list-style-type: none"> ・簡易貫入試験 風化土層を対象に、土壌サンプル採取地点で実施。 ・飽和透水係数の測定 風化土…100cm³採土円筒による不攪乱試料の採取 +室内透水試験 岩盤 …C4地点で岩盤内に埋設されているピエゾメーターを利用した揚水試験

表-3.2(14) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献 No.14)

文献No.14

<p>観測データの解析方法</p>	<p>1. 流出特性の検討 2. 水収支の検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 最大蒸発散量の算定 日照時間計算値、気温データをもとにHamon式により可能蒸発散量を算定。 ・ 小原流域の1年間の水収支についての検討 流域水収支式により1年間の深部地下水浸透量の算出。 ・ 赤津流域の短期間の水収支についての検討 <ol style="list-style-type: none"> 1) 観測開始時と終了時の風化土層内各地点の圧力水等計測値および風化土層の水分特性曲線(別の機会に計測)から、観測開始時と終了時における風化土層の平均体積含水率を求め、それらの差から観測期間内における平均体積含水率の変化量を計算。 2) 風化土層内の平均体積含水率変化量に流域平均土層厚を乗じて、観測期間中の貯留変化量を算出。
<p>研究成果</p>	<p>1. 流出特性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 小原流域における3年間の観測期間では、トレンチからの流出が比較的降雨強度の大きい降雨時(20mm/h以上)にだけしか観測できなかったことから、基底流出として通年にわたり流出する成分が存在しなかったことが把握された。 ・ 赤津流域は、小降雨時に流出が停止する流域(周辺の他の小流域)に比べ、基底流出を維持できる機能が備わっているといえた。 <p>2. 水収支</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 小原流域の短期水収支を1988年および1989年の梅雨期について計算した結果、深部地下水涵養量の平均は梅雨期日当たり3.3mm、2.8mmとなった。 ・ 小原流域の短期水収支を1989年の秋期(16日間)について計算した結果、深部地下水涵養量は122.7mmで、平均すると秋期日当たり7.7mmとなった。 ・ 赤津流域の年間水収支を1988年9月1日~1989年8月31日について計算した結果、年深部地下水涵養量は346.4mmで、平均すると日当たり0.95mmとなった。 ・ 小原流域では、梅雨期および秋期における深部地下水涵養量が少なく見積もっても降水量の30%以上であり、この水量は風化土層を経由して流域外へ流出した水量の10倍以上に相当した。 ・ 赤津流域では、1年間の深部地下水涵養量が少なく見積もっても降水量の18.2%であり、この水量は流域からの河川流出量のやく42%に相当した。 ・ 本花崗岩山地において、大流域ほど深部地下水涵養量の割合が大きくなる傾向にあることは、流域面積の比較的小さい流域が山体内のより深部に存在する地下水の涵養域として機能している可能性があることを示唆した。
<p>観測上の問題点とその対策等</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1988年は小原流域の蒸発散量計算に必要な気象要素(気温)が入手できなかった。 <ul style="list-style-type: none"> → 湿潤地域の蒸発散量としては夏期最大と考えられている5mm/dayの値を用いた。 ・ 斜面において、トレンチのような流れの遮断を伴う集水方法は、土層の湿潤・乾燥状態の変化に伴いトレンチの集水面積以上に集水してしまうことや、集水面積内に存在する水が集水できなくなることもあり得る(Kirkby, 1983)。 <ul style="list-style-type: none"> → 側方は流域界まで掘削してあること、トレンチ下流側の風化土層をビニールシートで覆い、底部をコンクリートで固めていることにより、側方および底部からの漏水は極めて少ないと考えられる。 ・ トレンチからの流出が存在するときでも観測井内に水位が現れないことがあった。 <ul style="list-style-type: none"> → 風化土層内に地下水位が存在しているにもかかわらず観測井で捉えられなかったこと、すなわち測器の精度の問題が考えられる。 ・ 水収支式の各項の中で、蒸発散量のみが推定値となってしまう。 <ul style="list-style-type: none"> → 深部地下水浸透量の最小値を求めることにより、この地下水浸透量全てが確実に岩盤内に浸透し山体のより深部へ移動していると考えられるため、深部地下水涵養量が最小値となるように蒸発散量の最大値、すなわち可能蒸発散量を求めた。

表-3.2(14) 表層水理研究に関わる文献の概要 (文献 No.14)

文献No.14

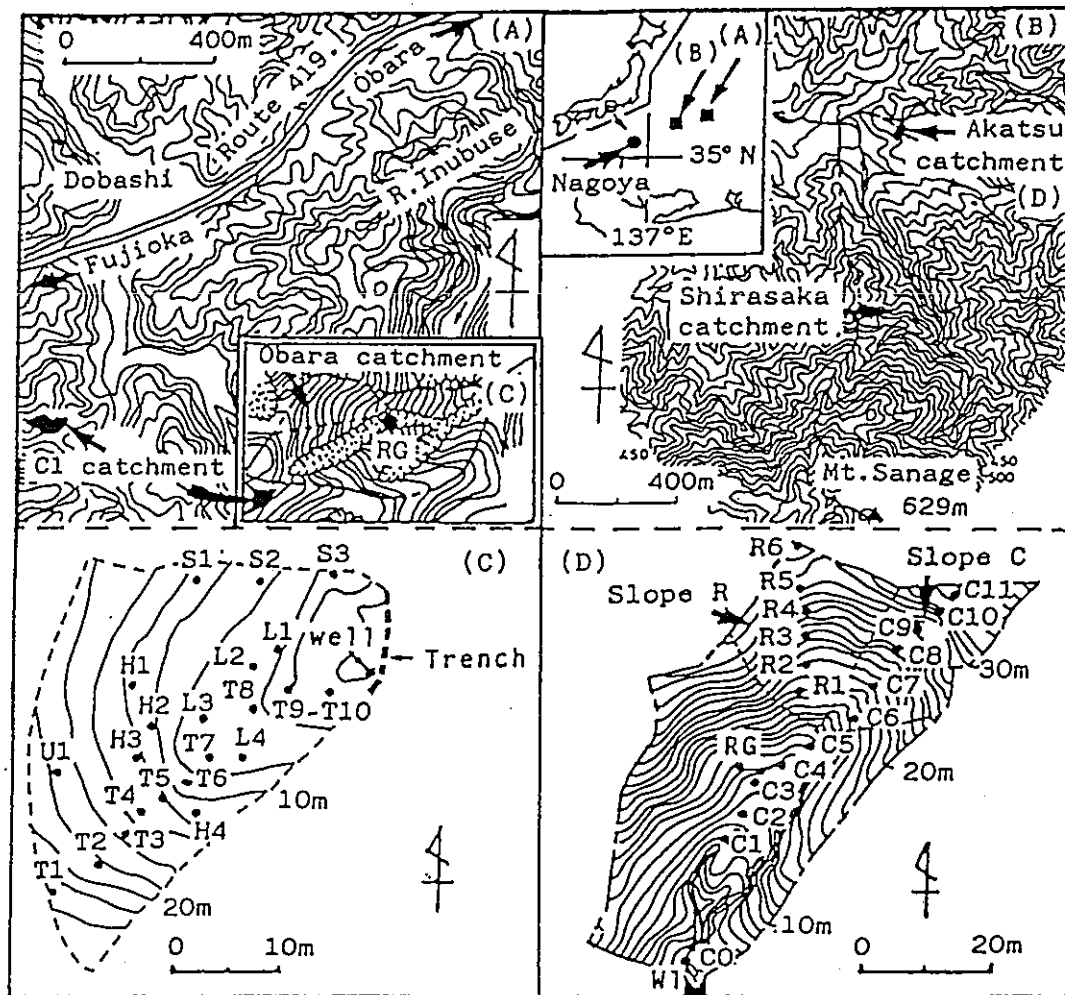


Fig. 1 Location and topographic maps of the experimental catchment.
 (A) (C) : Obara catchment ; T1-T10, L1-L4, H1-H4, S1-S3, U1 : hydrological observation sites.
 (B) (D) Akatsu catchment ; W1 : Weir for measurement of total discharge, RG : Rain gauge ; CO-C11, R1-R6 : Hydrological observation sites.

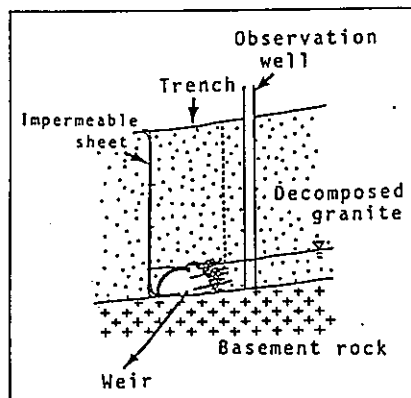


Fig. 2 Schematic diagram of the trench in Obara catchment.

表-3.3 表層水理研究に関する文献の概要一覧表

番号	観測流域所在地	流域面積 (ha)	観測目的	観測項目															研究項目	観測上の問題点		
				降水量	流出量	土壌水分	地下水位	地下水位	地下水位	純放射量	日射量	気温	湿度	風速	地中熱流量	積雪深	蒸発量	蒸発散量				
1	滋賀県	12.61 6.62 2.15 4.8	森林の存在が雨水流出と水質に及ぼす影響の把握	○	○																<ul style="list-style-type: none"> 流域水収支 (損失量) 流出特性 (ハイドログラフ、流出成分の分離) 	<ul style="list-style-type: none"> 冬期雨量計欠測分の降水量の推定 標高が高いところの降雨増加分の見積もり 冬期の流量堰凍結や夏季の土砂流出による流出量観測の欠測
2	滋賀県	0.24 0.065	斜面における土壌水の挙動についてのモデル構築	○	○	○	○														<ul style="list-style-type: none"> 流出特性 (ハイドログラフ、降雨時の直接流出率、地下水位変化) 流域貯留量とその変動 	<ul style="list-style-type: none"> 大降雨時の流量データの欠測 下部への涵養量が相当の量を占めること
3	滋賀県	0.38	森林を含む山地の環境が水循環に果たす機能の評価	○	○	○	○	○													<ul style="list-style-type: none"> 流域水収支 (年平均損失量) 直接流出特性 (水収支、ハイドログラフ、直接流出率、地下水位発生条件・発生域) 土壌水分量の変化 	
4	滋賀県	0.68	植生、地形特性が流域の水循環機構に及ぼす影響の把握	○	○	○	○	○													<ul style="list-style-type: none"> 直接流出量 (直接流出量、地下水位変化、地下水体の消長、ハイドログラフ、直接流出率) 土壌水分量 (経時変化、空間変化) 	<ul style="list-style-type: none"> 既存流量堰では全流出水が通過しない → 下流に新たに流量堰を設置
5	東京都	2.2	林地の蒸発散量推定に必要な微気象データの観測	△	△	△	△		○		○	○	○	○		○					<ul style="list-style-type: none"> 蒸発散量 (ポウエン比熱収支法による) 流域蒸発散量推定モデルと水収支法による検証 	<ul style="list-style-type: none"> 林地では夜間の蒸発計値が大きくなる 落雷による計器不良 湿球の乾燥による湿度データの不良
6	東京都		すみやかで大量の地下水流出をもたらすプロセスの定量的な解明	○	○	○			○										○		<ul style="list-style-type: none"> ブロッカソフリング法による飽和透水係数 土壌水分状態と地下水流出量の関係 地下水流出フラックス算定値と計算値の変化 	<ul style="list-style-type: none"> トレンチ掘削による地下水の挙動の変化 トレンチ掘削によるカット面両端部分からの地下水流出への影響の可能性
7	東京都	22	山地森林流域における流出機構や水流発生機構の解明	○	○	○			○												<ul style="list-style-type: none"> 流出特性 (ハイドログラフ、直接流出率、表面流出の生起状況) 水理水頭プロファイルの変化 断面のポテンシャル分布 	
8	岩手県	0.23	山腹斜面における表層土壌水分の動態と雨水流出特性の関係の把握		○	○	○														<ul style="list-style-type: none"> 飽和度の経時変化と流出量の関係 二次元ポテンシャル分布 土壌水分フラックスと湧水量の関係 	
9	長野県	0.14	土壌水分フラックス分布とその時間的変化が水循環に果たす役割の評価	○	○	○			○												<ul style="list-style-type: none"> 斜面における土壌物理特性 土壌水分ポテンシャルの変化 土壌水分フラックスの変化と量 	<ul style="list-style-type: none"> 河川流量計の凍結による欠測
10	北海道	1300	降雪 (雨) - 堆積 - 融雪 - 蒸発散 - 流出という水循環過程の解明	○	○	○				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	(観測システムと研究計画の報告)	<ul style="list-style-type: none"> 寒冷多雪による観測への影響 (低温による記録計の不調や蓄電池の電圧低下)
11	愛知県	1.65	山地流域に降った雨により生じる流出量や流域貯留量の定量的把握	○	○	○	○														<ul style="list-style-type: none"> 流出特性 (ハイドログラフ、流量変化) 降水量と流出高の関係 貯留関数線形モデルによる日流出量のモデル化 	<ul style="list-style-type: none"> 冬期の積雪による流量堰の水位欠測 積雪による雨量観測の欠測
12	福岡県	95	山腹での土壌水分の動態が流出現象の発生機構に及ぼす影響の把握	○	○	○															<ul style="list-style-type: none"> 表層土壌水分と流出現象の関係 土壌水分ポテンシャル分布 貯留関数式による流出特性 	<ul style="list-style-type: none"> 冬期のテンシオメーターの凍結
13	京都府	130	土壌水分の消長を組み込んだ実用的流出モデルの確立	○	○																<ul style="list-style-type: none"> 土壌水分流動解析の境界条件の設定 (降雨・蒸発量、河川水位) 土壌水分流動解析 (二次元解析) 	<ul style="list-style-type: none"> 気温資料の入手不可能に伴い蒸発散量が算定できなかった期間の処理 トレンチでの集水に伴う土壌水分流動への影響
14	愛知県	0.087 0.255	流域面積の違いによる深部地下水浸透量の変化の概略把握	○	○	○	○														<ul style="list-style-type: none"> 流出特性 (基底流出) 水収支 (短期水収支、長期水収支、深部地下水浸透量の算定) 観測期間内の貯留変化量の算定 	

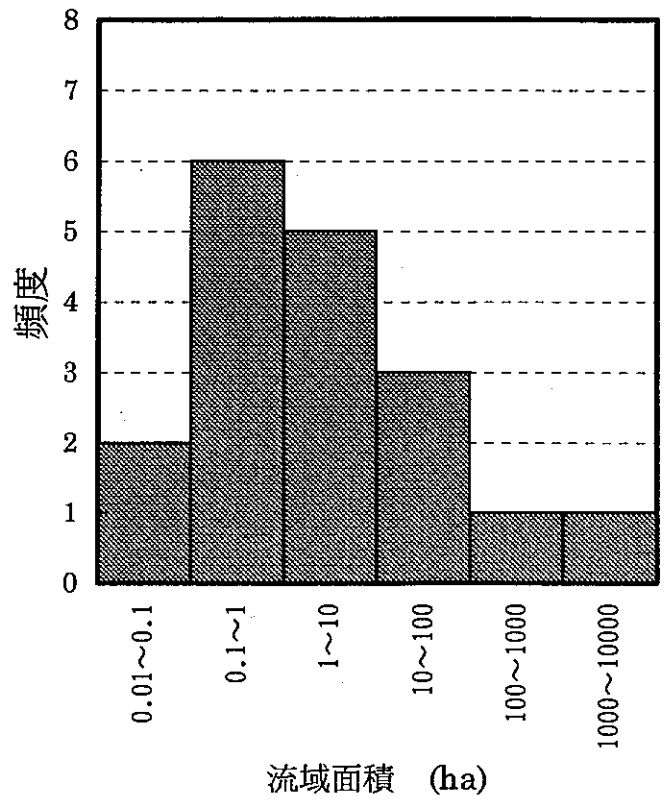


図-3.1 調査対象国内文献における観測流域の流域面積の頻度分布

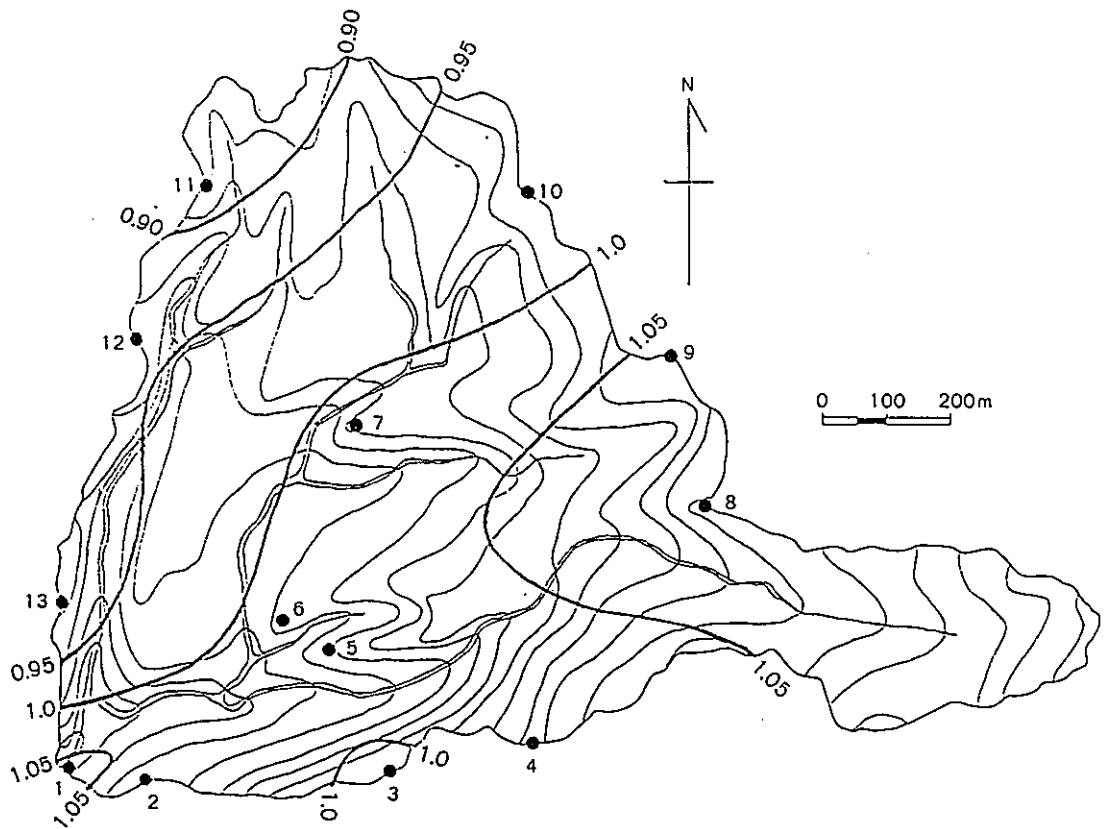


図-3.2 流域内における年降水量（全地点の平均値に対する比）の分布の例
(Nishio & Shuin、1993)

3. 2 海外における表層水理研究・観測

海外諸国の地層処分に関わる表層水理観測の実施例について、動燃事業団東濃地科学センターほかにも所蔵されている文献から抽出し、その内容をまとめた。文献は表-3.4に、各文献の内容は表-3.5に示す。

(1) 各国の表層水理調査・観測の特徴

各国の表層水理調査の特徴は次のとおりである。

①スウェーデン

・ Finnsjön サイト

- ・ サイトを含む広域（北部 Uppland 地区）において、降水量（高度の異なる 17ヶ所）、蒸発量（測定・算出方法不明）、河川流出量（3ヶ所）の観測。
- ・ 涵養量は第四紀層中の地下水位変化により算出するが、このとき必要な有効間隙率を求めるために短期水収支計算を使う。（対象領域は Finnsjön エリア）

・ Äspö (HRL)

- ・ 事前調査の初期段階(siting stage)で、広域水文データのコンパイルにより降水量・蒸発散量・流出量・涵養量を把握。
- ・ その後 (Site description stage 以降) は表層水理の調査項目はなく、地下水位のモニタリングのみとなっている。
- ・ モニタリングシステム (データ収録・通信システム) の説明もある。

②フィンランド

- ・ 国内の処分場候補地の 5 サイトにおいて、降水量・流出量・融雪量・積雪深の観測により、岩盤への浸透量を把握。
- ・ 連続観測ではない。

※詳細な記述のある文献は未入手。

③カナダ

Whiteshell URL 周辺

- ・ URL 周辺の 1つの大流域（約 6 × 15km）およびその中の 2つの小流域（約 0.5km²，主として花崗岩で一部に粘土もあり）において 1982～83 に観測。既存の長期気象データ（1965～）も利用。
- ・ 降水量（雨、雪）・気温・湿度・河川流出量の観測。
- ・ 雨量計は 2つの小流域の上流で、河川流量は三角堰を用いて各流域で観測。
- ・ 水収支計算では、蒸発量は水収支計算における残分（すなわち、蒸発量 = 降雨量 + 降雪量 - 直接流出量 - 地下水流出量）とされており、深部への涵養量は考慮されていない。
- ・ 観測結果より、大流域と小流域の流出特性の違いと流出メカニズムを推定。

④アメリカ

Yucca Mt.

- ・詳細な調査は実施されているようだが、具体的な観測に関する報告書は未入手。

⑤イギリス

- ・Sellafieldサイトの報告書（The Geology and Hydrology of Sellafield）を見る限り、表層水理に関しては流域での河川流量にデータが引用で示されているのみである。

(2) 海外の文献調査の結果

これらの海外の事例から以下のことがわかる。

1) 観測項目

降水量と(河川)流出量の観測は各国で実施し（既存の気象データ等の引用もある）、この結果から、水収支法により涵養量を算出している。このときの涵養量は、地下深部への涵養量ではなく、地表からの涵養量である。

また、流域や機器の配置が示されていたのはカナダ報告書例のみであり、水文データを流域内での観測により得ているかどうか不明なところが多い。

2) 対象とする地層

表層の未固結層を対象とした表層水理観測は、スウェーデンの Finnsjön のみで見られ、未固結層中の地下水位の観測も行っている。

3) 立坑掘削影響について

立坑掘削時まで表層水理モニタリングを実施した例は見られない。

4) 検証

水収支計算結果を別の方法で検証した例は示されていない。

表-3.4 調査対象海外文献リスト

スウェーデン	<p>Finnsjön</p> <p>(A) Carlsson, L. and Gidlund, G. (1983) Evaluation of the hydrogeological conditions at Finnsjön. SKBF Technical Report 83-56.</p>
	<p>Äspö (HRL)</p> <p>(B) Stanforts, R., Erlstöm, M. and Markstöm, I. (1991) Äspö Hard Rock Laboratory Overview of the investigations 1986-1990. SKB TR91-20.</p> <p>(C) Almén, K-E. and Johansson, B. (1992) The hydro monitoring system (HMS) of the Äspö Hard Rock Laboratory. SKB Progress Report 25-92-09. (モニタリングデータ収録・通信システム)</p>
フィンランド	<p>(D) Teollisuuden Voima Oy (1992) Final disposal of spent nuclear fuel in the Finnish bedrock - Preliminary site investigations. Report YJT-92-32.</p>
カナダ	<p>(E) Thorne, G. A. (1986) Surface hydrology of two Underground Research Laboratory (URL) sub-basins and the Dead Creek watershed 1982-1983 preliminary report. AECL TR-349.</p>
アメリカ	<p>(F) U.S. Department of Energy (1986) Environmental assessment - Yucca Mountain Site, Nevada Research and Development Area, Nevada - Volume 1.</p>
イギリス	<p>(G) McL Michie, U. Ed. (1992) The geology and hydrology of Sellafield. UK Nirex Ltd, Technical Department, Safety and Technology Branch, Report Number 263.</p>

表-3.5 (1) 海外の表層水理研究に関する文献内容の概要 (文献A)

国名・サイト スウェーデン Finnsjön (および Finnsjön サイトを含む Northern Uppland 地域)	
文献名 Evaluation of the hydrogeological conditions at Finnsjön (Finnsjön における水 理地質条件の評価) Carlsson, L. and Gidlund, G. SKBF Technical Report 83-56. (1983)	
観測地域の概要	
流域面積	Finnsjön 研究サイトは約 25km ² 広域エリアは Finnsjön 研究サイトを含む北部高地の 110km ²
地 形	平坦
地 質	花崗岩
気 象	平均気温 + 5.5 °C
観測・研究目的 H L W 処分の研究サイトである Finnsjön サイトの水理地質特性を把握し、数値 解析のためのモデル作成を行うための現地調査。	
観測内容と方法	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 降水量 サイト内の 12 地点で測定。北部高地の半径 80km の範囲では 17 地点になる。 このうち 6 地点は 1 日ごと、11 地点は 1 週間ごとの積算降水量として測定。 観測地点は標高約 22 ~ 40 m の地点。 ・ 蒸発量 計測方法について記載なし。 ・ 流量 スケールの異なる 4 つの流域 (2276km²、302km²、16.7km²、3.6km²) で、流域 への流入量および流出量を 5 地点で観測。このうち小さい方の 2 つはサイト 内の流域。 ・ 流出域の判別 流出域を植生より判別。 	
解析方法	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 降水量 降水量の観測値は測定値から 蒸発・風・機器の湿り具合により補正。 ・ 蒸発散量 算定方法の記載なし。 ・ 地下水涵養量 地下水涵養量は、第四紀層中の地下水位の変化をもとに求める。このとき必 要な有効間隙率は、主要な降雨時や長い乾期における水収支計算より求める。 ・ 水収支は、"涵養域"と"流出域"でそれぞれ求める。 	

観測成果

- ・ Finnsjön エリアの平均の降水量は 670mm。場所により 640 ～ 760mm の値をとる。
- ・ 11 月中旬～3 月中旬の降水量は雪によるもので、1 年の約 100 日が雪に覆われる。年降水量の 35%が雪。
- ・ 年間の蒸発散量は、水面で 755mm、植生のある部分では可能蒸発散量が 540mm、実蒸発散量(涵養域)が 380mm。[算出法は不明]
- ・ 有効間隙率は 0.04。この値は、土壌層への年間涵養量 180mm にほぼ対応。
- ・ 水収支は、降水量 670mm のうち、涵養域での蒸発散量が 40%、流出域での蒸発散量が 24%、降雨流出量が涵養域・流出域でそれぞれ 6%、11%、地下水流出量が 19%である。

観測上の問題点・課題等

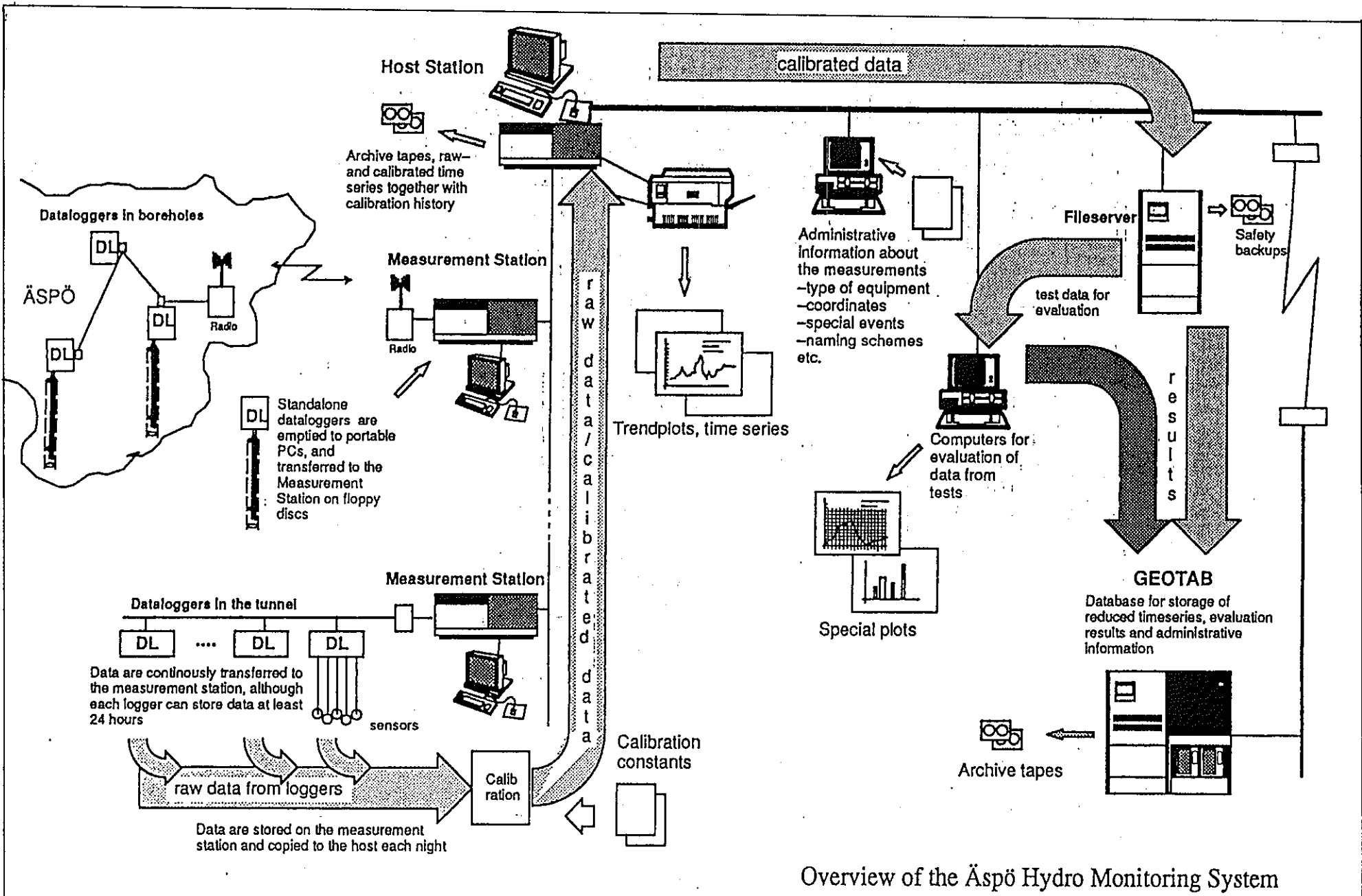
- ・ 岩盤への浸透量はわかっていない。
- ・ 算定した水収支は、土壌層のデータを用いており、岩盤中での値は異なるはずである。

表-3.5 (2) 海外の表層水理研究に関する文献内容の概要 (文献B)

<p>国名・サイト スウェーデン Äspö HRL</p>
<p>文献名 Äspö Hard Rock Laboratory. Overview of the investigations 1986-1990 Stanfords, R., Erlstörms, M., Markstörms, I. SKB Technical Report 91-20. (1991)</p>
<p>観測地域の概要 対象領域 データ収集対象は約 200 × 50km の広域 (Äspö 島はその中の直径約 1km の島)</p>
<p>観測・研究目的 H L W処分の研究サイトである HRL の周囲の水理地質条件の把握。</p>
<p>観測内容と方法 Äspö HRL プロジェクトの初期段階、すなわち事前調査段階 (Preinvestigation phase) のうちの Siting stage において、既存データを整理。 ・ SGU (スウェーデンの研究機関?) の井戸データや発電所・中間貯蔵施設の建設時のデータをコンパイルした。対象とした項目は、降水量、蒸発量、流出量、地下水涵養量。 ・ Kalmar country の井戸での浅層の水質データを整理。 HRL プロジェクトのその後の段階では、岩盤中の地下水位の連続観測はされているものの、それ以外の表層水理観測に関わる調査項目はない。</p>
<p>解析方法, 研究成果 本レポートには観測項目しか記載されていない。</p>

表-3.5 (3) 海外の表層水理研究に関する文献内容の概要 (文献C)

<p>国名・サイト スウェーデン Äspö HRL</p>
<p>文献名 The hydro monitoring system (HMS) of the Äspö Hard Rock laboratory Almén, K. E. and Johansson, B. Äspö Hard Rock Laboratory, Progress Report 25-92-09.</p>
<p>対象地域 Äspö 島</p>
<p>内 容 Äspö 島に配置された HRL の地下水位・トンネル地下水モニタリング (計 150 点以上) のための計測・記録システム。事前調査段階では個別のデータロガーで記録していたが、建設段階では連続的にオンラインでデータ収集し、リアルタイムでの管理をしている。 現地 (Äspö 島) の観測孔には個々にデータロガーが設置され、それらのデータは現地の無線機につながっている。そこから無線で本土側にある計測ステーションにデータを転送し、ステーションからはオンラインでホストコンピュータに送られる。(計測ステーションは地下水位用観測システム用とトンネル観測用の 2 つがある。) これらのシステムは、SKB のコンピュータネットワークに接続。</p> <p style="text-align: right;">(図参照)</p>



Overview of the Äspö Hydro Monitoring System

表-3.5 (4) 海外の表層水理研究に関する文献内容の概要 (文献D)

<p>国名・サイト フィンランド (国内の5つの処分候補サイト)</p>	
<p>文献名 Final disposal of spent nuclear fuel in the Finnish bedrock - preliminary site investigation Teollisuuden Voima Oy Report YJT-92-32 (1992)</p>	
<p>観測地域の概要</p> <p>流域面積 Finnsjon 研究サイトは約 25km² Regional エリアは Finnsjon 研究サイトを含む北部高地の 110km²</p> <p>地形 地質 先カンブリア系の火成岩・変成岩・堆積岩を基盤とし、場所により薄く堆積物が覆う</p>	
<p>観測・研究目的 国内の5つの処分研究サイトにおける予察的な調査 (preliminary investigation)</p>	
<p>観測内容と方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・降水量 雨量計 (Wild 雨量計) と積雪深計により降水量を測定。積雪深計は 40m おきに設置。樹林内およびその外で計測。 国の機関の観測データを用いている所もある。 ・蒸発散量の記載なし ・流出量 流量計または流量堰を用い、各地点 2 回ずつ測定。 ・表層地下水位 岩盤表層部において、表層岩盤採取や VSP のために掘削された浅掘り孔を利用して測定。手測りで、週に 1 回測定。 7~8 深度の多深度ピエゾメータを用いて岩盤上部 (0~100m) の水頭を測定。 ・その他に揚水試験および透水試験も実施 	
<p>解析方法および成果</p> <ul style="list-style-type: none"> ・降水量 Veitsivaara ほかの 5 つのサイトで、530 ~ 620mm/年 ・流出量 流出量は 1 l/s/km² など ・岩盤への浸透量 水文観測結果から推定すると、いずれのサイトでも浸透量は降水量の 2 ~ 3 % (a few percent) を超えない。 (蒸発散量や岩盤浸透量の算定方法は本文献では不明) 	

表-3.5 (5) 海外の表層水理研究に関する文献内容の概要 (文献E)

国名・サイト カナダ Whiteshell URL	
文献名 Thorne, G. A. AECL TR-349 (1986)	
観測地域の概要	
対象領域	URL サイト周辺の約 6 × 15km の流域 (大流域) URL リースエリア内の 2 つの小流域 (約 0.5km ²)
地 形	
地 質	花崗岩の上に、厚さ 0 ~ 13 m の堆積物 (漂礫、粘土、PEAT など)。
気 象	
植 生	堅木やマツなどの樹木が生える (マツは地形的に高く、やや乾いたところに)。コケや地衣類・草類は全域に分布。
観測・研究目的 地下水の質・量・流動経路を知るための浅層の水理調査	
観測内容と方法	
・ 降水量 北部高地の半径約 80km の範囲の 17 地点で観測。このうち 6 地点は 1 日ごと、11 地点は 1 週間ごとの積算降水量として測定。観測地点は標高約 22 ~ 40 m の地点。	
・ 流量 5 地点で観測 北部高地では過去に 3 つの地点で流量測定。	
解析方法	
・ 水収支 $P + S = R_s + R_g + E T$ (P : 降雨量 S : 積雪量 R _s : 直接流出 R _g : 地下水流出 ET : 蒸発散量)	
P は雨量計で測定。 S は積雪深と雪の含水量から求める。 R _s は計測値から求めた 1 日の平均流量と、 R _g は、無降雨期の低水流量から求める。 ET は測定値ではなく、計算上の未知数。	
* 蒸発散量は水収支計算の残分	

研究成果

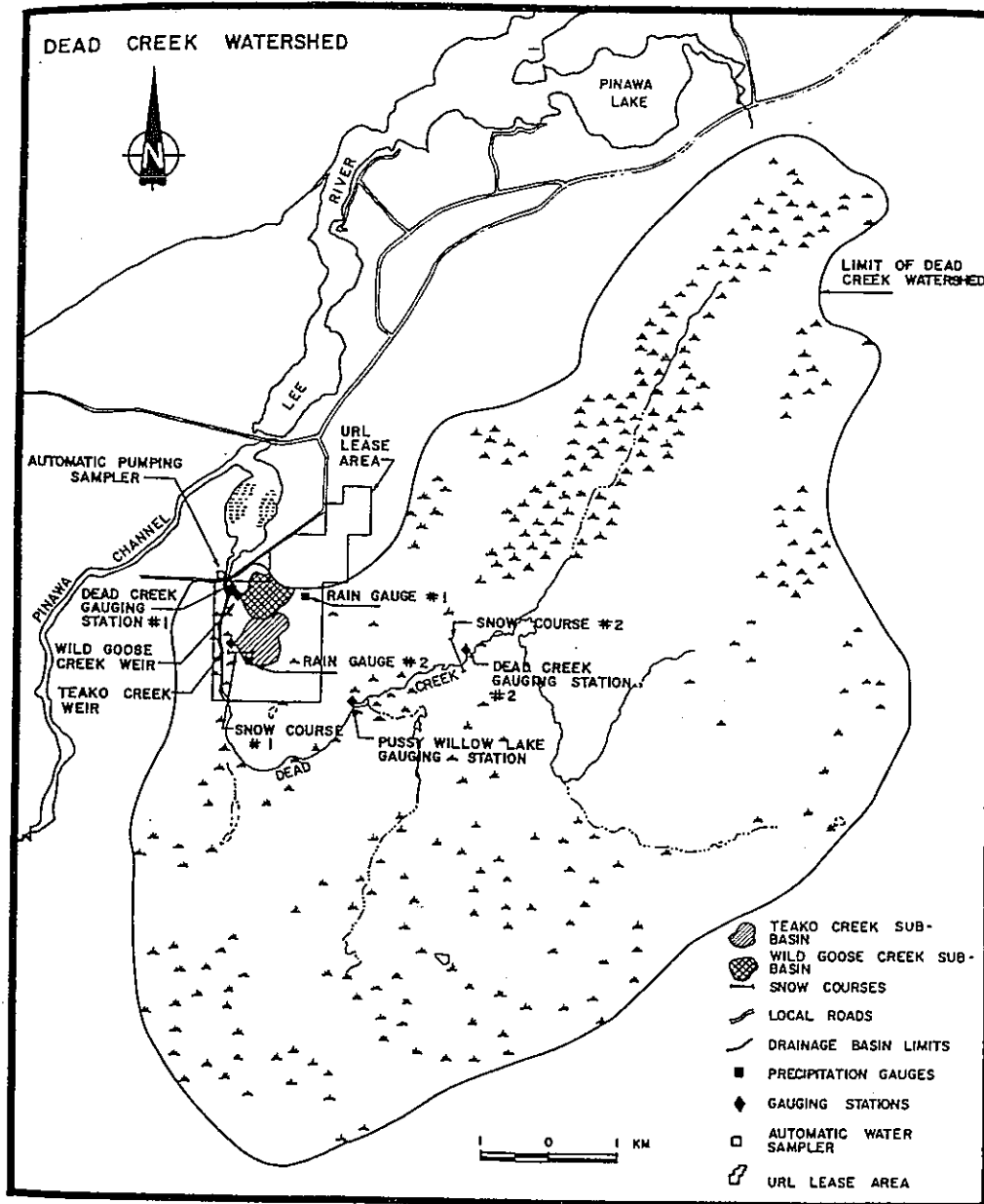
・ 1982 の観測結果より

$P = 464\text{mm}$ 、 $S = 49\text{mm}$ 、 $R_s = 100\text{mm}$ 、 $R_g = 1\text{mm}$ 、 $ET = 412\text{mm}$

・ 1992 のストームの際の流出のレスポンスおよび年降水量に対する割合から、大流域に比べ小流域は貯留が小さく、水文条件の変化の影響を受けやすいことが示される。

観測上の問題点とその対策等

ここでの水収支計算では、残分を蒸発散量としており、岩盤への涵養量は計算に考慮されていない。



Dead Creek Watershed and Hydrometeorologic Equipment Installations

表-3.5 (6) 海外の表層水理研究に関する文献内容の概要 (文献F)

国名・サイト	
米国 Yucca Mt.	
文献名	
Environmantal assessment. Yucca Mountain Site, Nevada Reserch and Development Area, Nevada Volume I U.S. Department of Energy, Office of Civilian Radioactive Waste Management Nuclear Waste Policy Act (Section 112)	
観測地域の概要	
流域面積	Yucca Mt.サイトは約6×12km 広域エリアである Nevada Test Site は約 45 × 70km
地 形	Yucca Mt.サイトは Crater 平原から Fortymile 峡谷にかけてのエリア (これらは2つの流域)
地 質	第三紀の凝灰岩を主とする地層。その下位には火山岩を主とする地層がある。表層部は薄い沖積層。
気 象	乾燥
植 生	
観測・研究目的	
(本報告は、HLW処分の候補地である Yucca Mt.サイトの水文条件、すなわち、表流水、地下水、現在および将来の水利用について概説。不飽和帯中の流れを含む詳細な地下水流動は調査中であり、述べられていない。)	
観測内容・解析研究成果	
極端な乾燥状態で、年降水量は 150mm だが、年間の可能蒸発散量のわずか 20%。このため、雨のほとんどが蒸発や蒸散により空气中へ戻る。 湧出した水が表流水として流れる部分は短く、すぐに蒸発あるいは地下へ浸透。大雨時のみ表流水が発生。 Yucca Mt.など降水のあるところ(precipitation zone)での涵養量は 0.5 mm/年。(不飽和帯への涵養量の算定も行っているが詳細不明。)	

表-3.5 (7) 海外の表層水理研究に関する文献内容の概要 (文献G)

<p>国名・サイト</p> <p style="text-align: center;">英国 Sellafield</p>
<p>文献名</p> <p style="text-align: center;">The geology and hydrology of Sellafield (Sellafield の地質と水理地質) Michie, U. McL UK Nirex Ltd. Technical Department Safety and Tecnology Branch , Report Number 263.</p>
<p>観測地域の概要</p> <p>流域 研究サイトは3つの流域にかかる</p> <p>地形 平野の一部 (なだらかにうねる)</p> <p>地質 砂岩を主とする堆積岩地域だが、表層は洪積・氷期の礫層 (および砂・シルト)。</p> <p>植生</p>
<p>観測・研究目的</p> <p style="text-align: center;">HLW処分の候補サイトである Sellafield の水理地質特性の把握</p>
<p>観測内容と方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 流出量 (データは水文研究所 (Institute of Hydrogeology) のものを用いており、測定法等の詳細は不明) ・ 降水量, 蒸発散量の具体的な記載なし
<p>解析方法と成果</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 降水量, 蒸発量, 河川流量から、Calder 流域において帯水層である Sherwood 砂岩層での水収支を計算。 砂岩層への平均的な涵養量は 370mm/年。
<p>観測上の問題点とその対策等</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 水収支計算の対象は、表層堆積物ではなく、岩盤中の帯水層での収支。

4. 表層水理研究の考え方

4. 1 表層水理研究の位置づけとアウトプット

ここで考える表層水理観測システムは、次の3つの項目の解析に有効な実測値が得られるシステムである。

- 1)東濃鉾山周辺地域を対象とした水収支の算定
- 2)表層の地下水流動機構の解明
- 3)正馬様に予定されている立坑の掘削影響の把握

これらの解析によって表層水理調査で明らかにすべきこと(表層水理調査のアウトプット)は、以下のように「地下深部への涵養量」といえる。

地下水流動調査研究の中で直接の評価対象となるのは、地下深部での地下水の流れである。しかし、地下深部の地下水の流れをある領域全体において直接把握することは難しいため、ポイントで得られた水理特性の情報(透水係数などの物性値や水理ポテンシャルなど)と地質構造などの間接的情報をもとに場をモデル化し、数値シミュレーション等により地下深部の地下水流動を解明することとなる。このとき表層水理研究の位置づけは、深部地下水の流動を把握するための上部境界条件としての地下深部への涵養量を明らかにすることにある。

定常状態での涵養量を考える際には、ある代表的な流域での一定期間の平均的水収支を考えればよい。しかし涵養量は常に変化し、場所による違いもあるはずである。このような非定常・不均一な涵養特性が深部の地下水流動に影響を与えていることは十分に予想され、むしろ涵養量の変動や不均一性こそが緩慢な深部地下水流動の営力となっていることも考えられる(図-4.1)。

このような点から、地下水流動調査研究における表層水理調査の位置づけは、

地下深部への涵養量の時間的・空間的分布の把握

ということが出来る。

表層水理観測では、表層での水の動きと深部への涵養のメカニズムまで明らかにすることが必要である。というのは、表層地下水の流れのメカニズムがわからなければ、地表での降雨・蒸発散・流出や地下貯留量の変化を観測しても、そこからそれが深部への涵養量にどう影響するのかを推定することはできないからである。

また、東濃地域をテストフィールドとした表層水理観測により地下深部への涵養量の時間的・空間的分布を把握するための調査手法を開発することとなるが、手法の開発という点では、東濃地域という特定のフィールドでの調査・観測である限り、開発した手法の一般性・普遍性が問題となる。地下水流動のメカニズムを把握することで、観測・解析方法が一般化される。

メカニズムの解明には、本観測のみならず、現在進展しつつある水文地質学の新知見(新しい解析法など)を適宜取り入れることにより、適切なモデル化を行う。

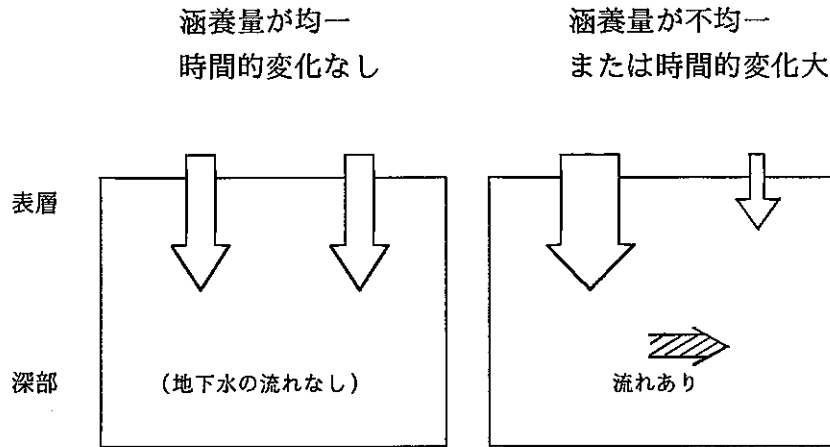


図-4.1 涵養量の変化と深部地下水流動

・立坑の掘削影響

立坑掘削影響試験は、深部の水理条件の変化（表層から見れば下部境界条件の変化）を与えたときの表層水理観測諸量の変化をとらえることで、表層地下水の流れのモデルを検証する試験として位置づけられる。上述の涵養のメカニズムを把握する目的で実施する。

・深部地下水流動の流出域としての表層

表層での地下水流動は、深部地下水流動における出口の部分にもあたる。深部地下水が表層を通して流出する、あるいは表層付近の地下水と混合して流出することを考えると、表層部での地下水の流れそのものが評価の対象となる。

ただし、深部地下水との混合が生じるのは対象とするエリアが深部地下水の流出域の場合であり、表層未固結層中における深部地下水との混合は流域内の水の総量で評価することを考える。

4.2 表層水理観測の方法

ある領域の地下深部への涵養量に関わると考えられる因子には以下のものがある。

1) 流域の地質条件の違い

流域の地質条件の違いは、透水性の違い等により涵養特性を大きく左右すると考えられる。

2) 表層水理条件の空間的分布

降水量の不均一性や地形特性の違いによる流出特性の違いは一般に知られている。このため地下深部への涵養量も場所により異なると考えられる。

3) 表層水理条件の時間的変化（変動）

気象条件の経時的変化により深部への涵養量も変化するはずである。これは涵養量

の変動の幅を示す。そのために時系列データ（長期観測データ）を取得する。

4) 立坑の掘削影響

立坑掘削による深部地下水理条件の変化および地形改変等による地表条件の変化は、表層から深部への涵養量の変化の要因となりうる。

表層水理観測の観測項目と対象流域は、これらの条件の違いを表すように選定する。各流域内での観測・解析および流域間の比較により、涵養量の時間的・空間的分布特性を把握する。

表層水理観測・調査の流れを図－4.2に示す。

表層水理観測により得られたデータと水理地質構造に関する調査結果（地質構造や物性値）より、各観測量および深部への涵養量の分布特性を把握する。この結果（流域内での特性、流域間の違い、その時間的な変化）に基づき表層地下水流動機構をモデル化する。流動メカニズムのモデル化が正しいかどうかは、モデル化に用いたものと独立な観測データで検証する。このモデルより、流域での表層部の地下水流動機構（深部への涵養量を含む）を把握し、岩盤浸透量の設定手法（観測項目、精度、期間、解析手法など）を明らかにする。

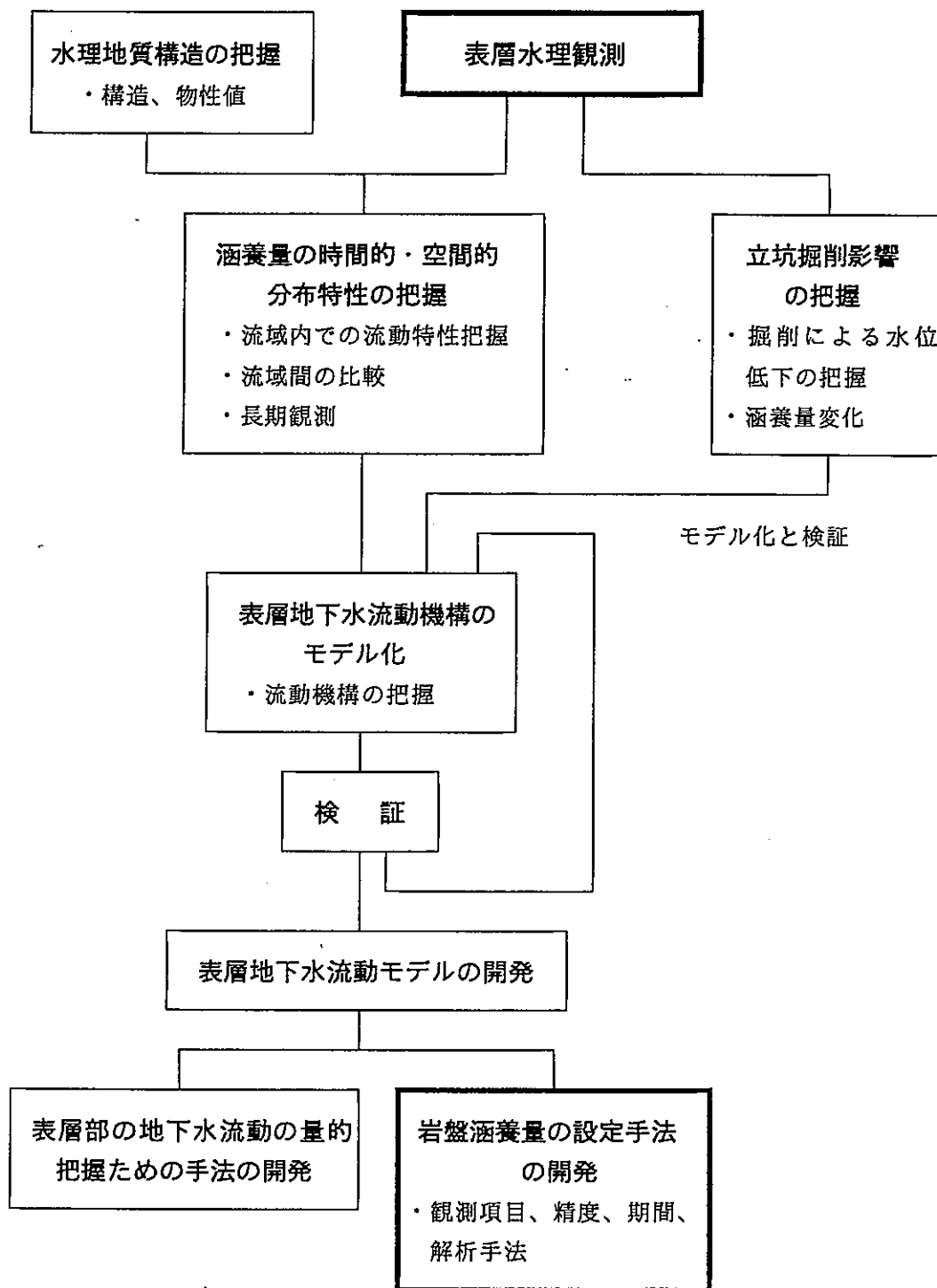


図-4.2 表層水理調査の流れ

5. 東濃鉦山における表層水理観測の現状と課題

表層地下水流動機構を把握するための観測システムを設計するにあたり、既設の東濃鉦山における表層水理観測システムを評価し、表層水理観測を実施していく上での課題等を整理した。

5. 1 既存表層水理観測システムの評価

(1) 既存表層水理観測システムの概要

東濃鉦山では、1989年5月から現在に至るまで、表層水理観測として河川流量、気象、土壌水分、地下水位の連続観測が実施されている（中野・中島ほか、1991；小林・中野ほか、1996）。

既存表層水理観測システムの設置目的は、

- ①東濃鉦山周辺地域における表層部未固結層から深部岩盤への地下水涵養量の定量的な把握
- ②第2立坑掘削による表層部未固結層内の土壌水分、地下水に与える影響の把握と表層部における飽和-不飽和地下水移動機構の解明

である。

図-5.1に東濃鉦山周辺地域における観測システムの配置図を示す。これらの観測システムは、いずれも瑞浪層群（岩盤）の上に瀬戸層群（未固結層）が堆積した流域に設置されており、瀬戸層群内における飽和-不飽和地下水流動と瀬戸層群と外部の境界における水収支を観測対象としている。各観測対象流域の流域面積および瀬戸層群分布面積は表-5.1に示すとおりである。

東濃鉦山周辺地域に設置されている各観測装置の仕様および測定範囲は表-5.2に示すとおりであり、各観測項目の観測データは観測地点ごと、観測装置ごとにICカード、フロッピーディスクにデジタル収録されるか、記録紙上にアナログ記録されている（一部の観測機器では、デジタル記録とアナログ記録が併用されている）。現地においてICカード、フロッピーディスクあるいは記録紙に得られた観測データは、回収した後、処理・解析用の計算機へ入力され、1つのファイル（統合ファイル）に整理されている（中野・中島ほか、1991）。

既存表層水理観測システムによる観測データの事例として、図-5.2に東濃鉦山における表層地下水位の長期変化（日平均値）を、図-5.3に東濃鉦山における土壌水分（水理水頭）の長期変化（月平均値）を示す。

(2) 既存表層水理観測システムによる研究成果

既存表層水理観測システムでこれまでに得られた研究成果の主なものを整理すると、次のようになる。

- ①1989年5月～1990年4月におけるSPD流域の水収支から岩盤涵養量 207

mm/year (0.57mm/day) を算定し (中島・斎藤ほか、1991)、第2立坑掘削に伴う地下水影響予測解析を行う上での上部境界条件 0.5mm/day を決定した (柳澤・今井ほか、1992)。

②表層部未固結層から深部岩盤への年間涵養量として、正馬様流域 (SPD 流域) で 19~153mm (平均 69mm)、その上流域 (SPU 流域) で 250~464mm (平均 342mm) という値が流域水収支法によりそれぞれ推定され、それらの値の年変化が把握された (柳澤、1995; 小林・中野ほか、1996)。

③正馬様上流域 (SPU 流域) の年間岩盤涵養量が正馬様流域 (SPD 流域) に比べて多く、正馬様上流域が主要な地下水の涵養源であると考えられた (柳澤、1995; 小出・小林、1997)。

④水収支計算により算出された年間の未固結層から岩盤への涵養量は、降水量と正の相関を示した (柳澤、1995)

⑤斜面表層部の未固結層内 (DF1~DU1~DM1~DD1) での土壤水分フラックス 2次元分布の解析結果から、斜面長方向、鉛直方向を問わず、1年を通じて GL-3~-5m のフラックスが約 10^{-4} cm/sec という岩盤涵養量よりも大きな値で安定していることがわかった (柳澤・若松ほか、1993; 小出・小林、1997)。

⑥第2立坑掘削期間やその後において、浅層地下水位および土壤水分に水頭の低下は認められず、掘削の影響が瑞浪層群 (岩盤) で止まって瀬戸層群 (未固結層) には及んでいないものと考えられた (小出・小林、1997)。

以上のように、既存表層水理観測システムによる観測結果から、観測対象流域それぞれにおける年間岩盤涵養量の変動幅がある程度把握され、第2立坑の掘削による影響が瀬戸層群 (未固結層) には及んでいないことが明らかとなっている。これらの研究成果から、既存表層水理観測システムは、その設置目的をほぼ果たしたものと考えられる。

(3)研究課題として残されている事項

上記(2)のとおり、既存表層水理観測システムは、その設置目的をほぼ達成したものと考えられる。しかし、既存表層水理システムのシステム構成や機器配置その他の理由により未解明のままとなっている課題が存在する。

既存システムのシステム構成や機器配置その他の理由によって未解明となっている課題の主なものは、次のとおりである。

- ①流域内における降水量、蒸発散量の時間的・空間分布
- ②流域内における地下深部 (岩盤) への涵養量の時間的・空間的分布
- ③瀬戸層群 (未固結層) 内における GL-5m 以深の地下水流動メカニズム
- ④流域内における土壤水分、地下水^位の時間的・空間的分布

⑤降雨－流出・岩盤涵養過程のメカニズム

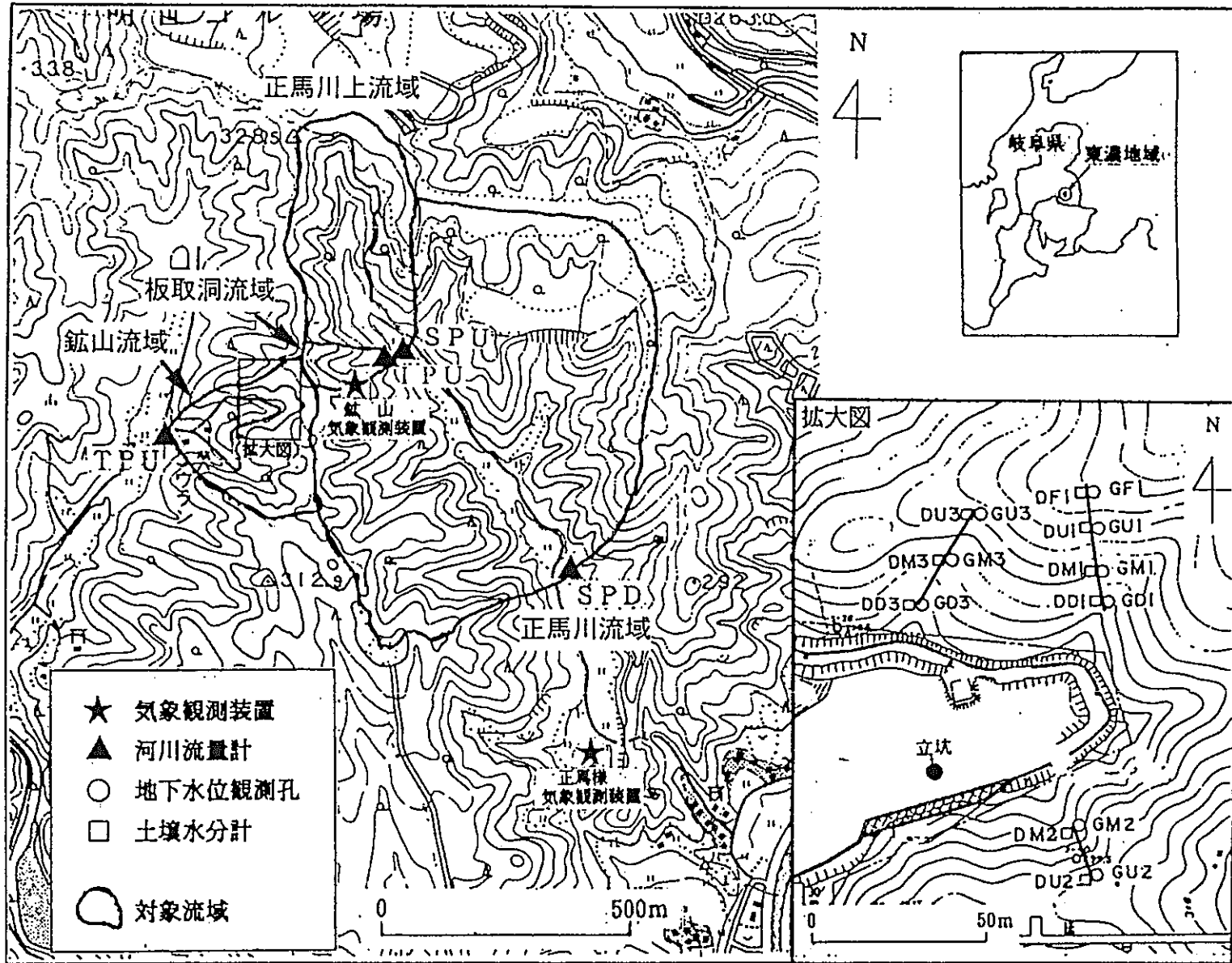


図-5.1 東濃鉦山周辺地域における既存表層水理観測システムの配置図

表-5.1 河川流量観測地点の流域面積と瀬戸層群分布面積の割合

流域名 (観測地点名)	流域面積 (km ²)	瀬戸層群の 分布面積 (km ²)	瀬戸層群分布域の 流域面積に対する 割合 (%)
正馬川上流域 (SPU)	0.535	0.323	60.4
正馬川流域 (SPD)	0.155	0.129	83.2
板取洞流域 (IPU)	0.012	0.011	91.7
鉾山流域 (TPU)	0.062	0.059	95.2
*下段は1995年5月からの数値	0.061	0.058	95.1

表-5.2 既存表層水理観測システムにおける各観測装置の仕様

地点名	観測項目	観測対象	観測機器	観測機器 型番	記録装置 (記憶媒体)
東濃鉦山	風向 1	10分平均値	プロベラ式微風向風速計	A-733	データ収録用パソコン (フロッピーディスク) PC-9801
	風速 1	10分平均値			
	気温	10分平均値	温度計 (白金測温抵抗体式)	E-722	
	湿度	10分平均値	露点計 (塩化リチウム塗布式)	E-711-11	
	降水量	10分積算値	雨雪量計 (ヒーター付転倒ます式)	B-012-20	
	日照量	10分積算値	日照計 (太陽電池式)	H-061	
	日射量	10分積算値	日射計 (熱電対式)	H-201	
	正味放射量	10分積算値	示差放射計 (熱電対式)	H-221	
	蒸発量	10分積算値	蒸発計 (フロート～ポテンシオメータ方式)	D-211	
	風向 2	10分平均値	プロベラ式風向風速計	A-722	
	風速 2	10分平均値			
TPU	河川流量	10分毎瞬時値	1.57インチ・ハルアリウム (フロート～ポテンシオメータ方式)	PF-15	ICカード記録計 (ICカード) SHU-W64KB
		10分毎瞬時値	2インチ・ハルアリウム (フロート～ポテンシオメータ方式)	PF-2	ICカード記録計 (ICカード) SHU-W64KB
		10分毎瞬時値	電磁流量計		ICカード記録計 (ICカード) SHU-W64KB
GF1	地下水位	10分毎瞬時値	水圧式地下水位計 (10m計)	ELP-120	ICカード記録計 (ICカード) SHU-W64KB
GU1	地下水位	10分毎瞬時値	水圧式地下水位計 (10m計)	ELP-120	ICカード記録計 (ICカード) SHU-W64KB
GM1	地下水位	10分毎瞬時値	水圧式地下水位計 (10m計)	ELP-120	ICカード記録計 (ICカード) SHU-W64KB
GD1	地下水位	10分毎瞬時値	水圧式地下水位計 (10m計)	ELP-120	ICカード記録計 (ICカード) SHU-W64KB
GU2	地下水位	10分毎瞬時値	水圧式地下水位計 (10m計)	ELP-120	ICカード記録計 (ICカード) SHU-W64KB
GM2	地下水位	10分毎瞬時値	水圧式地下水位計 (10m計)	ELP-120	ICカード記録計 (ICカード) SHU-W64KB
GU3	地下水位	10分毎瞬時値	水圧式地下水位計 (10m計)	ELP-120	ICカード記録計 (ICカード) SHU-W64KB
GM3	地下水位	10分毎瞬時値	水圧式地下水位計 (10m計)	ELP-120	ICカード記録計 (ICカード) SHU-W64KB
GD3	地下水位	10分毎瞬時値	水圧式地下水位計 (10m計)	ELP-120	ICカード記録計 (ICカード) SHU-W64KB
DF1	土壌水分	10分毎瞬時値	感圧式テンシオメータ (8深度) 20, 40, 60, 100, 150, 200, 300, 500cm深	SK-5500	データロガー (ICカード) SK-5608D
DU1	土壌水分	10分毎瞬時値	感圧式テンシオメータ (8深度) 20, 40, 60, 100, 150, 200, 300, 500cm深	SK-5500	データロガー (ICカード) SK-5608D
DM1	土壌水分	10分毎瞬時値	感圧式テンシオメータ (8深度) 20, 40, 60, 100, 150, 200, 300, 500cm深	SK-5500	データロガー (ICカード) SK-5608D
DD1	土壌水分	10分毎瞬時値	感圧式テンシオメータ (8深度) 20, 40, 60, 100, 150, 200, 300, 500cm深	SK-5500	データロガー (ICカード) SK-5608D
DU2	土壌水分	10分毎瞬時値	感圧式テンシオメータ (8深度) 20, 40, 60, 100, 150, 200, 300, 500cm深	SK-5500	データロガー (ICカード) SK-5608D
DM2	土壌水分	10分毎瞬時値	感圧式テンシオメータ (8深度) 20, 40, 60, 100, 150, 200, 300, 500cm深	SK-5500	データロガー (ICカード) SK-5608D
DU3	土壌水分	10分毎瞬時値	感圧式テンシオメータ (8深度) 20, 40, 60, 100, 150, 200, 300, 500cm深	SK-5500	データロガー (ICカード) SK-5608D
DM3	土壌水分	10分毎瞬時値	感圧式テンシオメータ (8深度) 20, 40, 60, 100, 150, 200, 300, 500cm深	SK-5500	データロガー (ICカード) SK-5608D
DD3	土壌水分	10分毎瞬時値	感圧式テンシオメータ (8深度) 20, 40, 60, 100, 150, 200, 300, 500cm深	SK-5500	データロガー (ICカード) SK-5608D
正馬様	風向	10分平均値	プロベラ式風向風速計	KE-500P	データ処理装置 (フロッピーディスク) MDL-2100
	風速	10分平均値			
	気温	10分平均値	温度計 (白金測温抵抗体式)	PT-100S	
	湿度	10分平均値	湿度計 (毛髪-差動トランス式)	HM-100S	
	蒸発量	10分積算値	蒸発計 (フロート～ポテンシオメータ方式)	LR-100WPS-S	
	降水量	10分積算値	雨雪量計 (ヒーター付転倒ます式)	RH-5	
SPU	河川流量	10分毎瞬時値	9インチ・ハルアリウム (フロート～ポテンシオメータ方式)	PF-9	ICカード記録計 (ICカード) SHU-W64KB
		10分毎瞬時値	1インチ・ハルアリウム (フロート～ポテンシオメータ方式)	PF-1	ICカード記録計 (ICカード) SHU-W64KB
SPD	河川流量	10分毎瞬時値	1.5インチ・ハルアリウム (フロート～ポテンシオメータ方式)	PF-15	ICカード記録計 (ICカード) SHU-W64KB
		10分毎瞬時値	2インチ・ハルアリウム (フロート～ポテンシオメータ方式)	PF-2	ICカード記録計 (ICカード) SHU-W64KB
IPU	河川流量	10分毎瞬時値	1インチ・ハルアリウム (フロート～ポテンシオメータ方式)	PF-1	ICカード記録計 (ICカード) SHU-W64KB
		10分積算値	転倒ます型流量計 (2000cc/1転倒)	TQX-2000	
STU	土壌水分	1時間毎瞬時値	水銀メーター式自記テンシオメータ (6深度) 10, 20, 40, 60, 100, 150cm深	DIK-3201	(記録紙)
STM	土壌水分	1時間毎瞬時値	水銀メーター式自記テンシオメータ (6深度) 10, 20, 40, 60, 100, 150cm深	DIK-3201	(記録紙)
STD	土壌水分	1時間毎瞬時値	水銀メーター式自記テンシオメータ (6深度) 10, 20, 40, 60, 100, 150cm深	DIK-3201	(記録紙)

注) 記録装置は統合ファイルへの入力データについてのみ記載しており、記録紙へのアナログ記録併用のものもある。

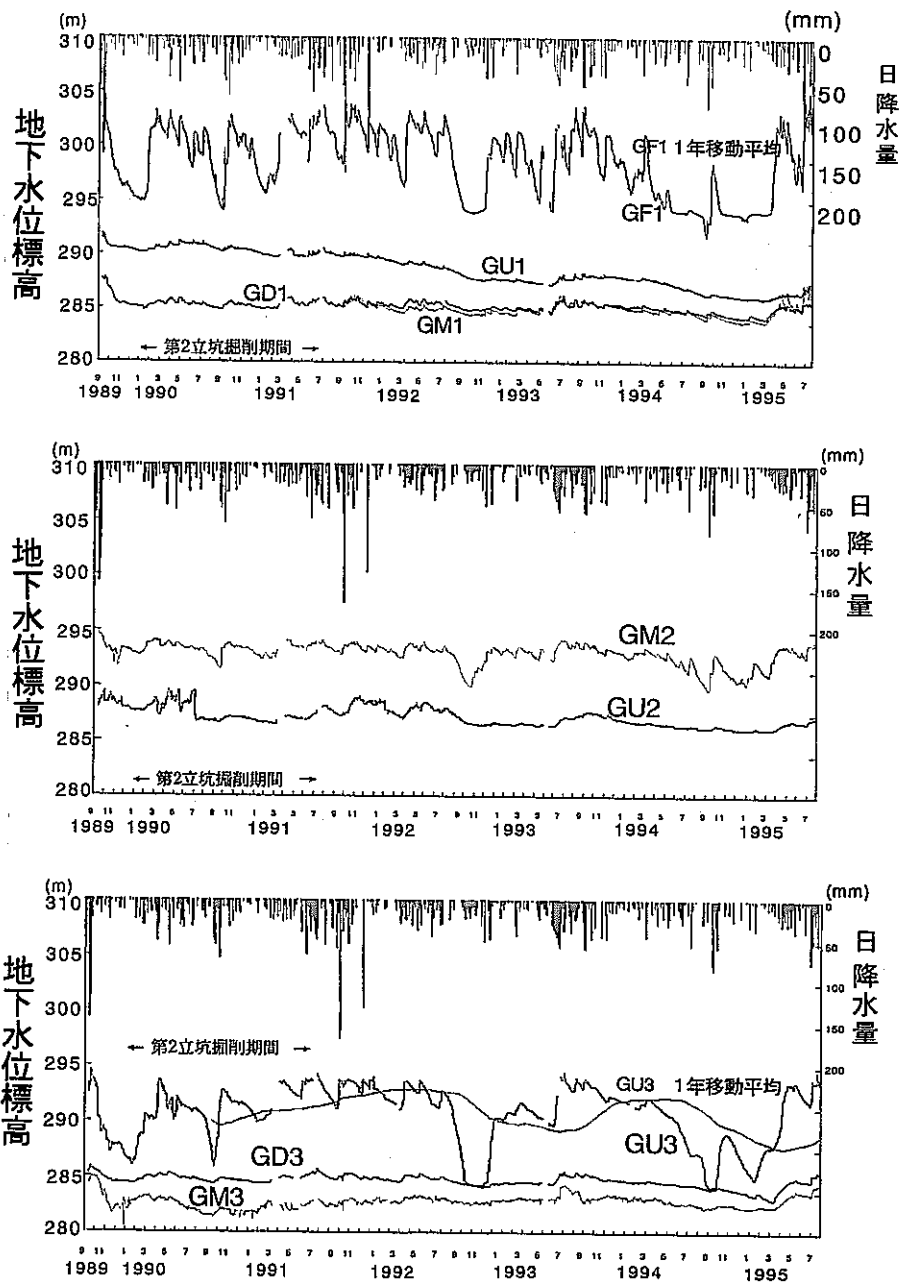


図-5.2 東濃鉾山における表層地下水位の長期変化（日平均値）

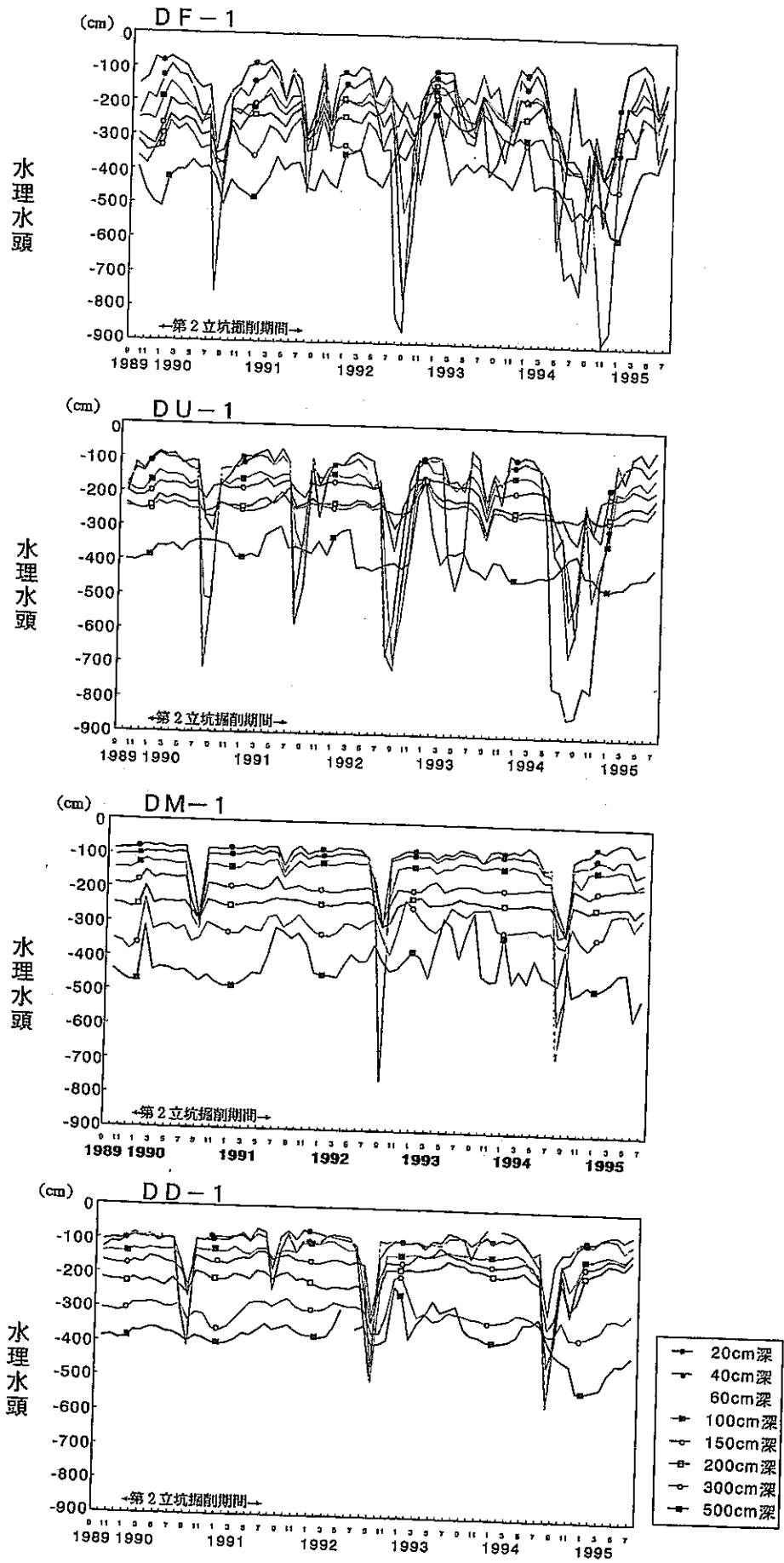


図-5.3 東濃鉦山における土壤水分（水理水頭）の長期変化（月平均値）

5. 2 表層水理観測における課題

東濃鉦山における既存の表層水理観測システムは、1988～1989年当時の計測技術や水文学の経験則を踏まえて構築されたものであるが、岩盤への地下水涵養量まで考慮した表層水理観測は前例のほとんどないものであったため、表層水理観測を行う上でも様々な課題が示された。

以下に、これまでの観測により示された表層水理観測を行う上での課題を示す。

①各項目の観測誤差による岩盤涵養量推定値への影響の評価

水収支法は、流域平均の岩盤涵養量を把握できるメリットがあるが、貯留量変化のない期間を対象として水収支を考えた場合であっても、河川流量、降水量、蒸発散量の3つのパラメーターが必要となる。東濃鉦山周辺地域について、算定された岩盤涵養量の年間降水量に占める割合が1～14%程度とかなり低いこと(小林、中野ほか、1996)を考慮すると、様々な観測誤差の集積による影響で、岩盤涵養量の推定値が大きく変化してしまっている可能性が考えられる。従って、岩盤涵養量推定値への各項目の観測誤差の影響を評価しておく必要がある。

②蒸発散量の推定方法の問題

水収支式の各パラメーターの中でハード(観測機器)・ソフト(算定方法)の両面で推定方法が確立していないものとして、蒸発散量があげられる。

現在、最も広く使用されている方法は、気象観測データをもとに間接的に蒸発散量を算定するPenman法(Penman, 1948; Penman, 1963)である。Penman法では、「植物で完全に覆われた地表面に十分に水が供給されている場合に失われる蒸発散量」である可能蒸発散量(蒸発散位)が算定されるため、この算定値から実蒸発散量を求めるためには蒸発散係数が必要となる。蒸発散係数は可能蒸発散量の大きさ、植生の種類(成育段階や根の発達の度合いを含む)、土壌の種類等によって異なるため(中川、1989)、その場の条件における蒸発散係数がわかっていなければ正確な実蒸発散量を推定することが難しい。しかし、蒸発散係数を決定するための観測を東濃鉦山では行っていないため、国内の他地域で求められた値を用いているのが現状である。また、Penman法は点での蒸発散量を求める方法であり、流域スケールへ面的に拡張し、蒸発散量を求めることも今後の課題である。

森林流域の蒸発散においては、森林からの蒸散量が地面からの蒸発量に比べて大きいことが推察される。しかし、東濃鉦山では樹冠上での蒸発散量を測定しておらず、森林からの蒸散量をPenman法で間接的に推定しているのみである。今後の課題として、森林からの蒸散量も含めた蒸発散量の直接測定があげられる。

③基盤の違い等による岩盤涵養量の違い

東濃鉦山周辺には、これまで表層水理観測を行ってきたような堆積岩(瑞浪層群)を表層水理上の基盤とする流域以外に、花崗岩を基盤とする流域や断層が横

切っている流域も存在している。従って、広域的な地下水流動モデルを構築するためには、花崗岩が表層水理上の基盤をなす地域での岩盤涵養量や断層が横切って存在する流域での岩盤涵養量も求めておく必要がある。

④人的な排水経路の変更等に伴う河川流量観測データの信頼性の低下

第2立坑を含む流域（TPU流域）においても河川流量観測を実施しているが、立坑から揚水された坑内廃水の流入があり、かつ排水系統も複雑であるため、4つの流量計を用いてこの流域の河川流量を観測している。そのため、ハイドログラフによる時系列データのチェックが行えず、計測器が多いことによる欠測頻度の増加およびデータの信頼性低下が生じている。更に、1995年以降、排水経路の変更や上水道の利用開始が行われたのでそのデータ整理・解析はますます複雑になっている。

⑤観測上の問題

東濃鉾山における表層水理観測において、次のような観測上の問題がこれまでに起きている。

・梅雨時や台風時における測定範囲を越える河川流量の発生

梅雨時や台風時の多量の降雨により、河川流量観測堰（パーシャルフリューム）の測定範囲を越える流量が発生し、データが欠測となる。そのため、その欠測を含む期間の平均河川流量あるいは積算河川流量が過小評価されてしまう。

・冬期におけるパーシャルフリュームや転倒ますの凍結

冬期の河川流量観測において、最低気温が -7°C 以下で流量が少ないときに、パーシャルフリュームの狭窄部に氷が付着するため、明け方の数時間に欠測が生じる。また、冬期には、低温に伴う転倒ます型流量計が凍結し、それに伴う欠測も生じている。

・夏期における土壌水分計（テンシオメーター）の水補給に伴う欠測の増加

夏期においては、土壌が激しく乾燥し、土壌水分計（テンシオメーター）への脱気水の補給頻度をほぼ毎日行うこともあった。そのような場合、テンシオメーター内の圧力（負圧）がポーラスカップ周辺における土壌水分張力との平衡状態に戻る前にテンシオメーターへの水補給が行われると、その間の土壌水分データを補間することが不可能な場合がある。

・鳥等の動物による観測機器の故障

放射収支計は受感部を透過特性の良いポリエチレンドームで保護する構造となっているが、鳥が嘴でこのドームを破ってしまい、欠測となってしまうことがある。他にも、動物の衝突による土壌水分計（テンシオメーター）の地上部の破損やモグラ、ネズミ等によるケーブルの破損等が起きる可能性もある。

6. 表層水理観測システムの基本概念

地下水流動調査研究における表層水理調査の位置付け（4.1参照）から考えると、表層水理観測の目的は「地下深部への涵養量の時間的・空間的分布およびそのメカニズムが把握できるだけの観測データの質と量を提供すること」と「立坑掘削による影響を把握するための観測データを提供すること」である。

このような観測目的を効率的に達成するため、観測目的の異なる3つの流域タイプを設定し、各流域タイプごとの基本観測システムを設計した。

6.1 流域タイプの位置付け

表層水理観測システムによる観測目的を

- ①地下深部への涵養量の広域的な空間的分布と長期的変化、およびそれらへの立坑掘削による影響の把握
- ②地下深部への涵養メカニズムの詳細な解明、およびそれらへの立坑掘削による影響の把握
- ③地下深部への涵養量の時間的・空間的分布、およびそれらへの立坑掘削による影響の把握

に大きく分け、それぞれの目的を達成するための流域タイプを設定した。

設定した3つの流域タイプとその位置付けを以下に示す。なお、モデル小流域および小流域については、図-6.1に示すように、原則として大流域の一部として含まれている流域を設定するものとして考えている。

(1)大流域

大流域ではある程度の広がりをもった範囲（流域）の平均的な水収支と流出特性をとらえ、それを地質条件や立坑からの距離等の異なる複数の大流域間で比較することにより、地下深部への年間涵養量の空間的分布と経年変化、流出特性を把握する。

大流域の規模としては、流域面積で10~30ha程度の大きさを想定する。

(2)モデル小流域

東濃鉾山周辺地域の一般的かつ単純な地形・地質・地表条件の流域において、地下深部への涵養メカニズムを三次元的に解明し、立坑掘削影響を詳細に把握する。モデル小流域で把握される三次元的な涵養メカニズムは、小流域で把握される二次元的な涵養メカニズムを評価する上でも使用されるものである。また、モデル小流域では、樹冠より上部における降水量・蒸発散量も把握し、林内における降水量・蒸発散量との相対的な関係も把握する。

モデル小流域の規模としては、流域面積で1~2ha程度の大きさを想定する。

(3)小流域

東濃鉦山周辺地域の地形・地質・地表条件が単純で各地形・地質条件を代表する流域の谷筋断面における岩盤涵養メカニズムを二次元的にとらえ、それを地形・地質条件や立坑からの距離等の異なる複数の小流域間（モデル小流域を含む）で比較することにより、地下深部への涵養メカニズムの空間的分布を把握する。

小流域の規模としては、流域面積で 1～2ha 程度の大きさを想定する。

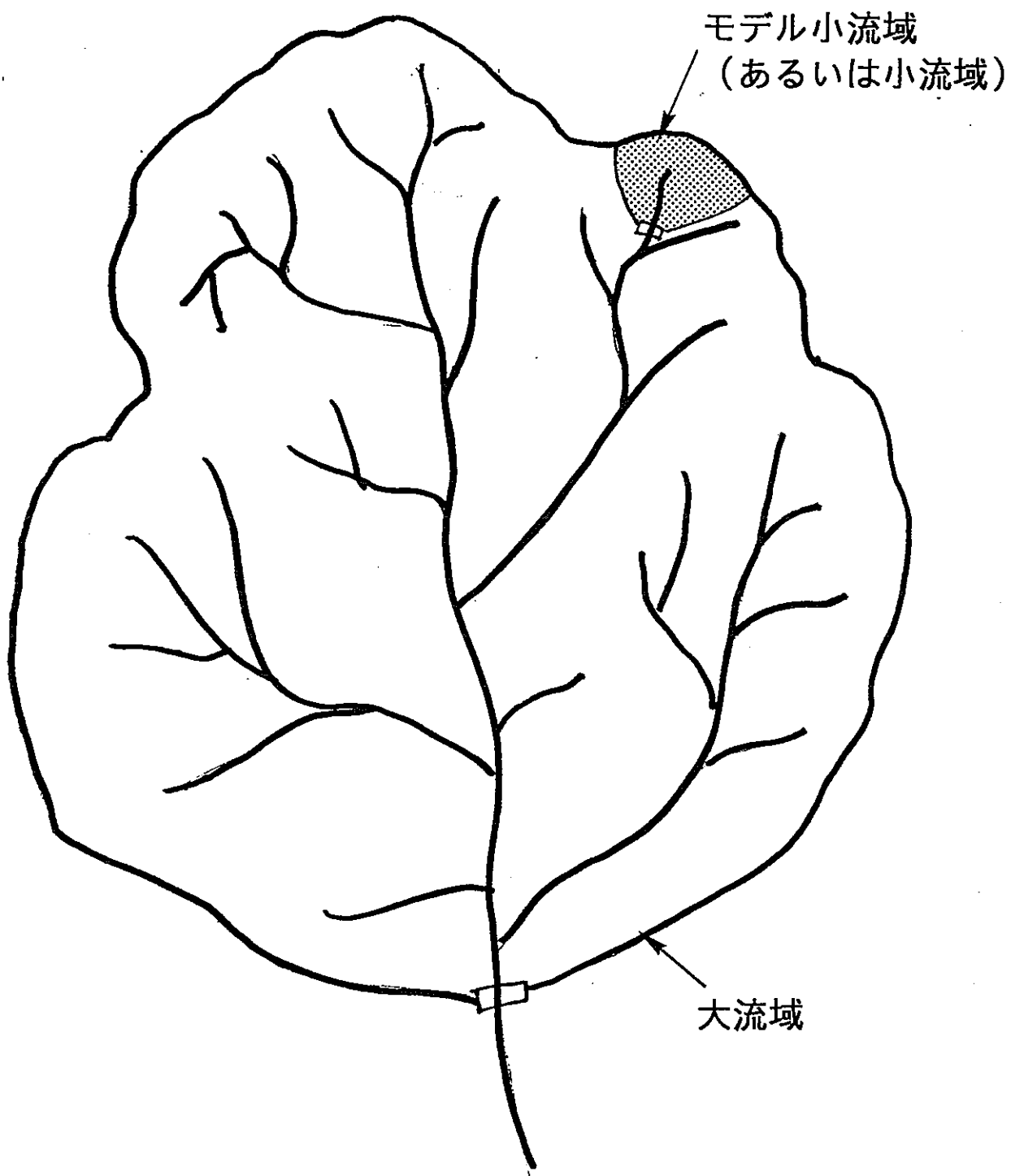


図-6.1 水系図における大流域と（モデル）小流域の設定概念図

6. 2 各流域タイプにおける観測システムの基本概念

大流域、モデル小流域、小流域の各流域タイプについて、各流域における表層水理観測システムを設計する上での基本概念を以下に示す。

なお、各流域での観測システムを設計する上で基本となる流域水収支の算定式は、一般に次式で表される。

$$\begin{aligned} P &= ET + Q + \Delta D + G \\ &= ET + Q + \Delta W + \Delta S + G \end{aligned} \quad (6.1)$$

P : 降水量 (mm)

ET : 蒸発散量 (mm)

Q : 河川流出量 (mm)

ΔD : 貯留変化量 (mm)

ΔW : 土壌水分貯留変化量 (mm)

ΔS : 地下水貯留変化量 (mm)

G : 地下深部 (岩盤) への涵養量 (mm)

一般に、年間の水収支を考える上では、貯留量変化がないものとして扱われることが多く、(6.1)式における ΔD 、すなわち瀬戸層群内における貯留変化量が無視されることが多い。

(1) 大流域

大流域では、年間流域水収支とその変化から流域全体での地下深部への年間涵養量とその長期変化を把握することと、大流域としての流出特性を把握することを観測目的として設定した。

流域における年間水収支は(6.1)式の貯留変化量で $\Delta D=0$ とした場合の式で算定されるため、流域の年間水収支から地下深部への流域年間涵養量を把握するためには、流域全体での年降水量、年蒸発散量、年間河川流出量をそれぞれ把握する必要がある。なお、蒸発散については、その推定に必要な観測機器の種類が多く、観測装置も高価なものになるため、大流域の中に含まれているモデル小流域あるいは小流域での気象観測結果から推定して求めることとする。

流域としての流出特性は、一般的に降雨時のハイドログラフから考察されるため、大流域の流出特性を把握するためには降水量の時間変化と河川流量の時間変化が必要である。

従って、大流域における観測目的を達成するためには、降水量と河川流量の連続観測が必要である。

大流域における観測地点配置の概念図を図-6.2に示す。

降水量については、流域内の場所による降水量の違いを考慮する必要があるため、

流域下端付近と谷筋方向尾根部の2ヶ所で観測を行う。

河川流量は、流域下端の1ヶ所において観測を行う。

(2)モデル小流域

モデル小流域では、地下深部（岩盤）への三次元的な涵養メカニズム（水収支を含む）を解明し、立坑掘削による瀬戸層群内の地下水流動への影響を詳細に把握することと、その三次元的な涵養メカニズムをモデル化して東濃地域以外にも適用可能な表層地下水流動モデルを開発することを観測目的として設定した。モデル小流域は、樹冠より上部における降水量・蒸発散量と林内における降水量・蒸発散量の相対的な関係を把握することも目的としている。

流域における短期水収支は(6.1)式で算定されるため、流域の短期水収支から地下深部への流域短期涵養量を把握するためには、流域全体の降水量、蒸発散量、河川流量、土壤水分貯留量および地下水貯留量の時間変化をそれぞれ把握する必要がある。さらに、これらの水文量が流域内で均一な分布をしているわけではないことから、流域内の短期水収支を高精度に把握するためには、これらの水文量の空間分布や空間分布の時間変化も把握しなければならない。このような水文量の時間的・空間的分布が三次元的な地下水流動によりもたらされているものであることから、その分布特性を把握するためには三次元的な地下水流動メカニズムを解明することが必要である。

流域における地下水流動系は、図-6.3に示すように模式化される。大局的には、流域内における水循環は、鉛直方向の流れ（降水、蒸発散、浸透、降下浸透、岩盤浸透）と、両横斜面から谷筋に向かって流れる横方向の流れ（ホートン地表流、側方不飽和浸透流、地下水流）、谷筋方向に尾根から流域下端に向かって流れる縦方向の流れ（ホートン地表流、側方不飽和浸透流、地下水流、復帰流、飽和地表流）に分類される。そのため、流域としての地下水流動メカニズムを流域の縦断方向あるいは横断方向のいずれかのみで評価することは不可能であり、横断方向の地下水流動を受けて縦断方向の地下水流動が起きているということを念頭におく必要がある。そこで、モデル小流域では、横断方向の測線で斜面上部から谷筋に向かう横断方向の地下水流動を把握し、縦断方向の測線で横断方向から集まってきた水が谷筋を下って流域下端から流出していく縦断方向の地下水流動を把握することを基本として、地形的に見た流域と地下水流動における流域の一致性も確認できる観測システムを検討した。

モデル小流域における観測地点配置の概念図を図-6.4に示す。モデル小流域では、流域内における降水量・蒸発散量の分布、飽和-不飽和地下水頭および貯留量の分布、河川流出量を把握できるように観測項目を設定した。特に、降水量・蒸発散量については、樹冠より上部での林外降水量および地表面付近における蒸発散量と樹

冠よりも上部での蒸発散量の関係を把握できるように観測項目を設定した。また、瀬戸層群内での表層水理観測結果から推定される地下深部（岩盤）への涵養量を検証するため、岩盤内での地下水頭観測も観測項目に加えた。

モデル小流域における観測地点および観測深度の概念図を図-6.5 に示す。

降水量については、流域内の場所による違いを考慮する必要があるため、流域下端付近と谷筋方向尾根部の2ヶ所で観測を行う。このうち、谷筋方向尾根部では、地上における降水量（林内降水量）の他、樹冠よりも上部での降水量（林外降水量）も観測する。

蒸発散に関する気象観測は、流域内の場所による違いを考慮する必要があるため、流域下端付近と谷筋方向尾根部の2ヶ所における地上約2mの高さで行う。このうち、谷筋方向尾根部においては、高さ15mの気象観測タワーも設置し、樹冠よりも上での蒸発散に関する気象観測も行う。

河川流量は、流域下端の1ヶ所において観測を行う。

地下水頭は、縦断方向の測線（谷筋）に5ヶ所（尾根部、斜面中上部、中下部、下部、流域外の斜面上部）、横断方向の測線（横斜面）に各4ヶ所（斜面上部、中部、下部、流域外の斜面上部）ずつ、計13ヶ所で観測を行う。流域外の3ヶ所は、地形的流域界が地下水流動における流域界と一致するかどうかを把握するための地点であり、立坑掘削による影響で流域界が変わったかどうかの把握も行う。地下水頭の測定深度は、原則として瀬戸層群の下端付近から5mごとに5深度を設定することとし、斜面下部等の瀬戸層群が薄いところでは必要に応じて測定深度間隔を狭くする。

土壌水分は、地下水頭観測地点の中で流域内にある10ヶ所と、縦断方向の測線上にある観測地点（尾根部、斜面中上部、中下部、下部）からそれぞれ一定距離（例えば2m）離れた地点4ヶ所の、計14ヶ所において観測を行う。縦断方向の土壌水分を一定距離離れたペアで設定するのは、隣接する2地点間の位置水頭の差（標高差）に起因して斜面長方向の土壌水分挙動を誤って評価してしまう問題を解決するためである（3.1(6)参照）。土壌水分の測定深度は、20～500cm深の間で8深度設定するものとし、原則として東濃鉾山で設定されているのと同じ20、40、60、100、150、200、300、500cmとする。

岩盤内の地下水頭は、岩盤内における大局的な地下水の流れも把握するため、縦断方向の測線上2ヶ所（斜面中上部付近、斜面下部付近）で観測する。岩盤内の地下水頭の測定深度は、原則として岩盤上部から10mごとに3深度設定することとする。

(3)小流域

小流域では、流域の谷筋断面における岩盤涵養メカニズムを二次元的にとらえ、

それを複数の小流域間で比較して地下深部への涵養メカニズムの空間分布を把握することを観測目的として設定した。

流域内における水循環は、図-6.3 に示したように模式化され、定性的かつ定量的な評価を行う場合には、モデル小流域で考えたような観測システムが必要となる。しかし、地下深部への涵養メカニズムの定性的な評価においては、2次元的な観測が行われている場合が多い(3.1 参照)。

小流域では、流域全体としての定量的な評価を降水量、蒸発量、河川流量の3つの観測項目で行い、地下深部への涵養メカニズムについては流域の縦断方向の地下水流動で評価する。3次元的な涵養メカニズムについては、縦断方向の測線で把握される2次元の涵養メカニズムをもとに、モデル小流域で把握された3次元的な涵養メカニズムを参考に推定する。また、不飽和地下水流動についても、モデル小流域での観測結果から考察することとし、小流域では飽和地下水流動のみを観測する。従って、小流域における観測項目は、降水量、蒸発散に関する気象観測、地下水頭となり、さらに表層水理観測結果から推定される地下深部(岩盤)への涵養量を検証するため、岩盤内の地下水頭観測も観測項目に加えた。

小流域における観測地点配置を図-6.6 に示す。

降水量については、測線上の場所による違いを把握するため、流域下端付近と谷筋方向尾根部の2ヶ所において観測を行う。

蒸発散に関する気象観測は、測線上の場所による違いを把握するため、降水量の場合と同じ、流域下端付近と谷筋方向尾根部の2ヶ所において行う。

河川流量は、流域下端の1ヶ所において観測を行う。

地下水頭は、縦断方向の測線(谷筋)上の4ヶ所で観測を行う。地下水頭の測定深度は、原則として瀬戸層群の下端付近から5mごとに5深度を設定することとし、斜面下部等の瀬戸層群が薄いところでは必要に応じて測定深度間隔を狭くする。

岩盤内の地下水頭は、岩盤内における大局的な地下水の流れも把握するため、縦断方向の測線上2ヶ所(斜面中上部付近、斜面下部付近)で観測する。岩盤内の地下水頭の測定深度は、原則として岩盤上部から10mごとに3深度設定することとする。

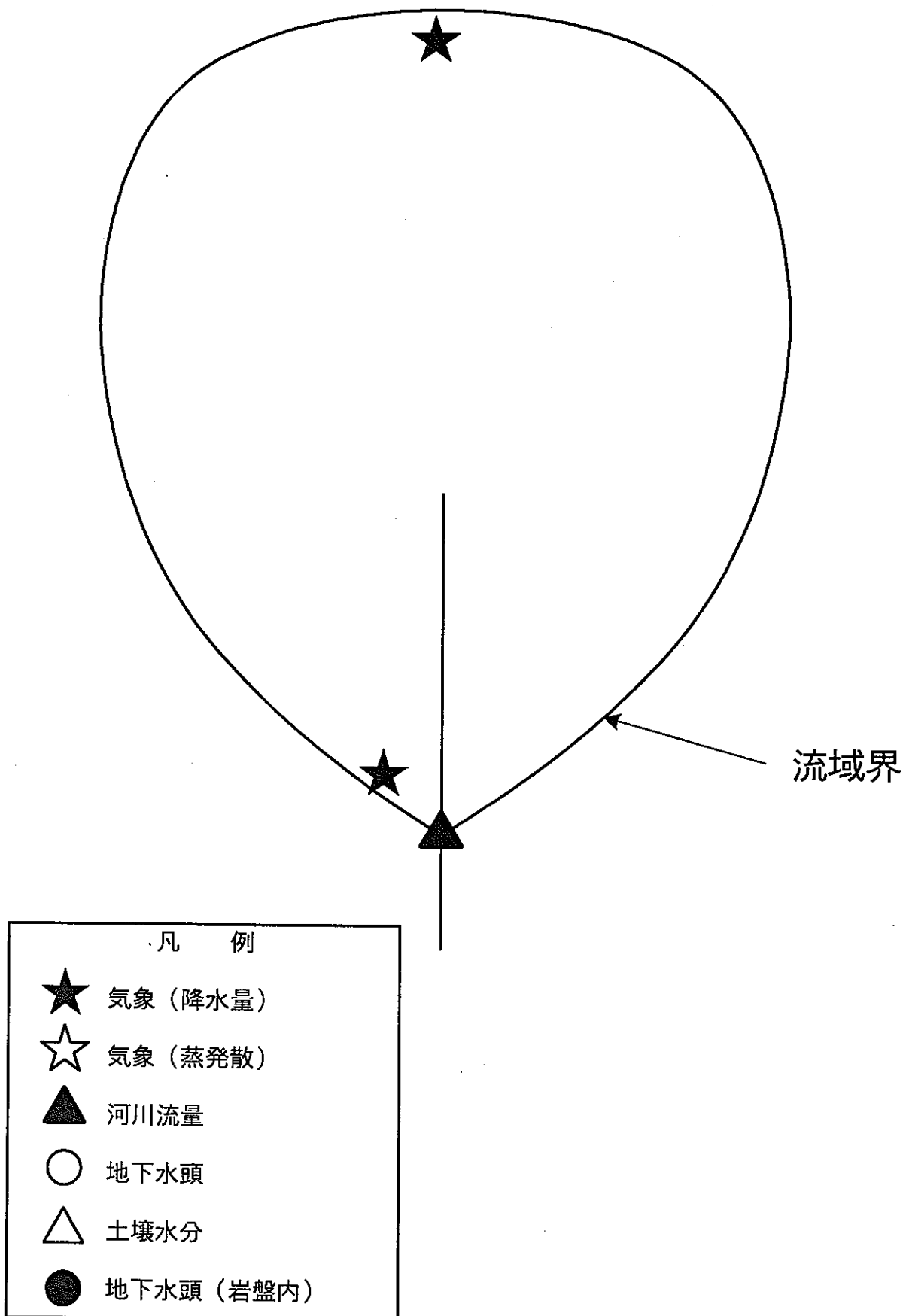


図-6.2 大流域における観測地点配置概念図

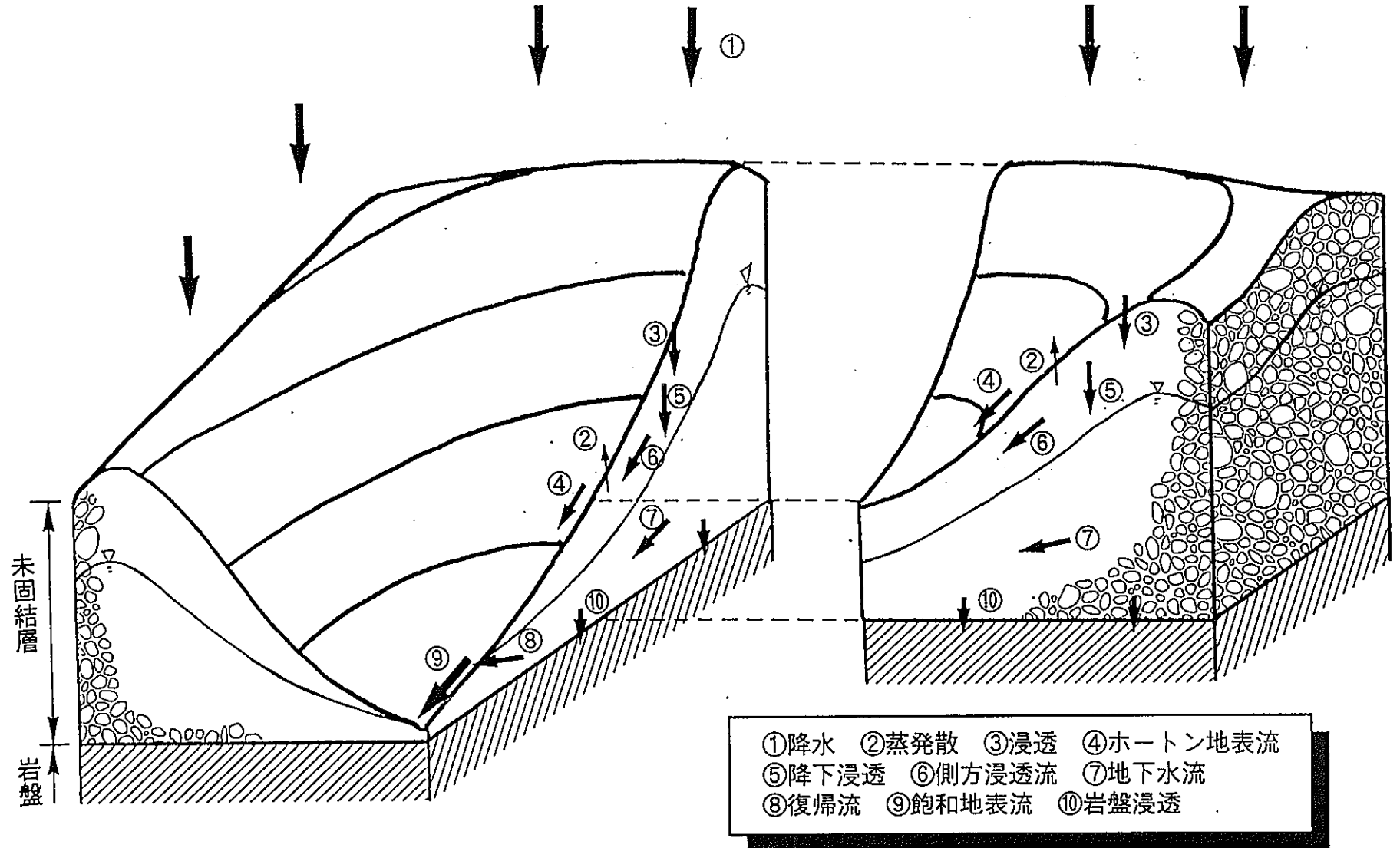


図-6.3 小流域における地下水流動系の模式図

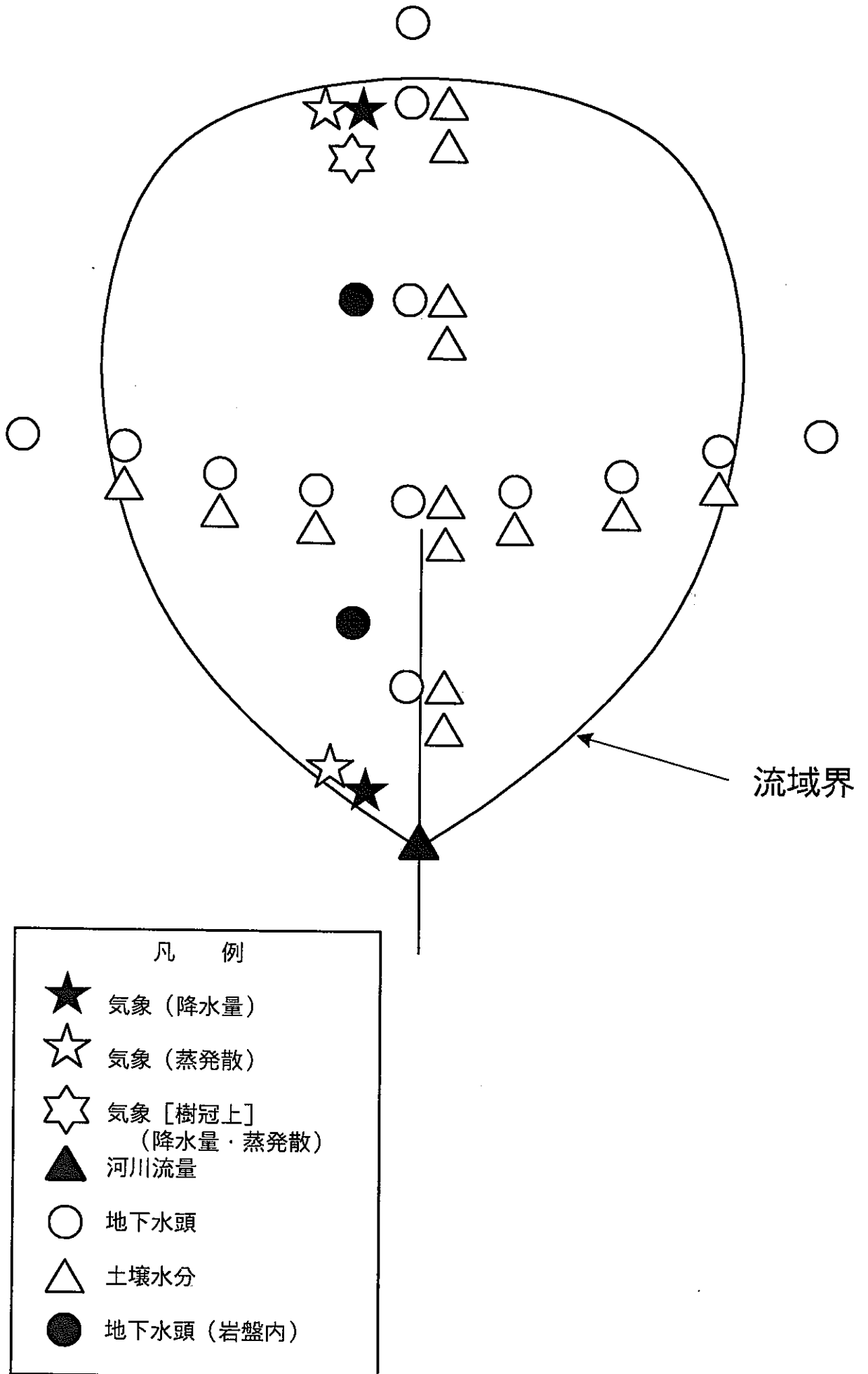


図-6.4 モデル小流域における観測地点配置概念図

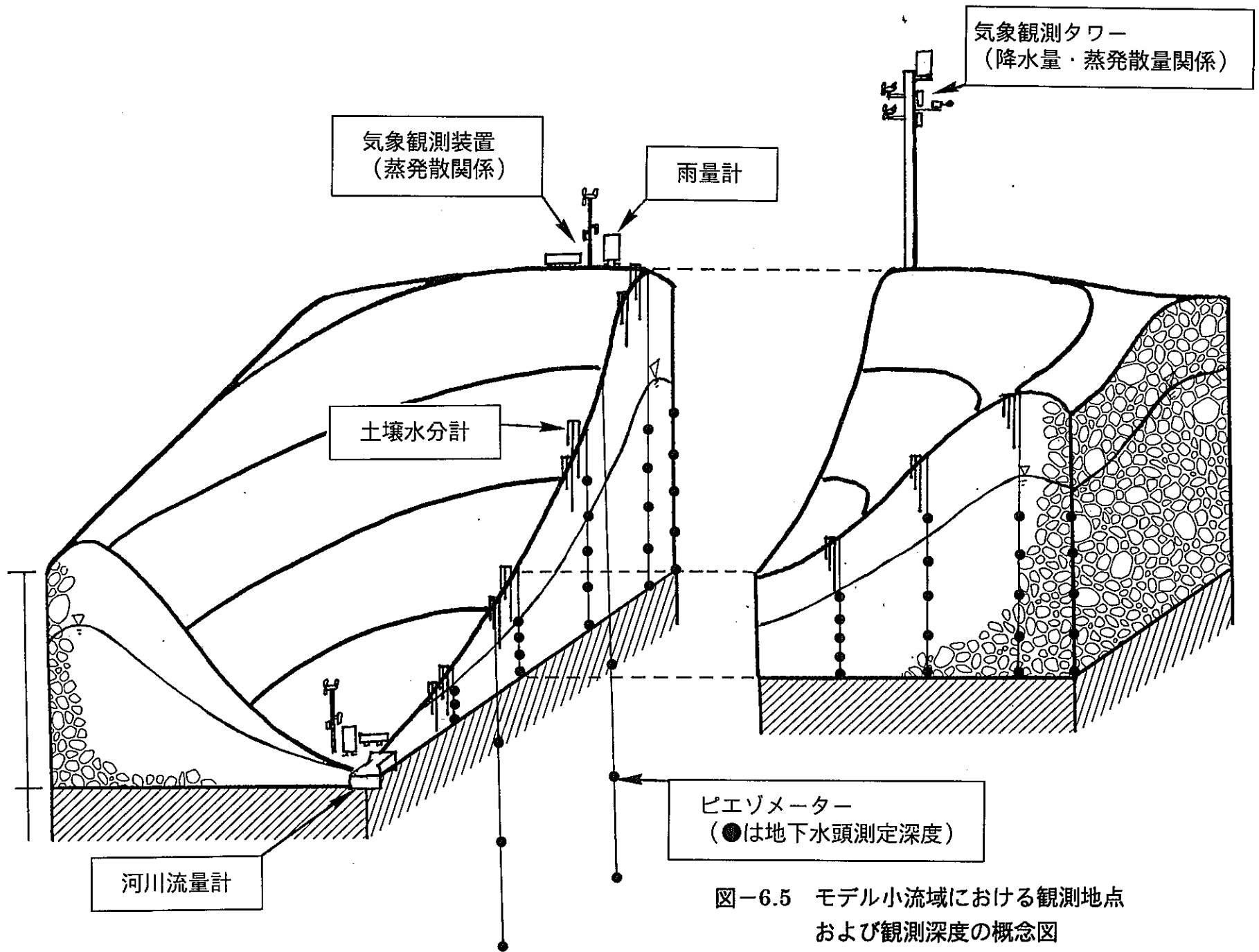


図-6.5 モデル小流域における観測地点
および観測深度の概念図

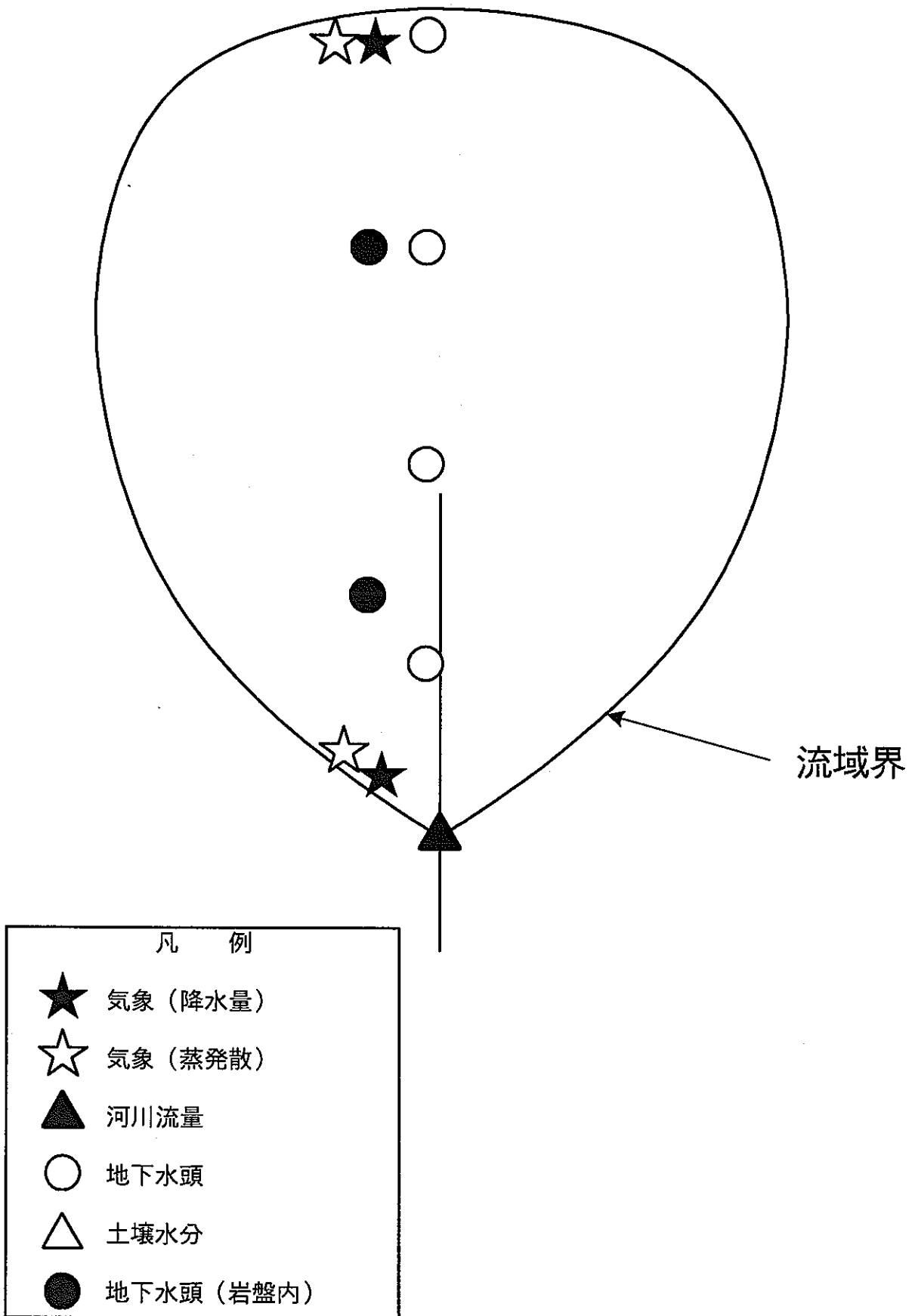


図-6.6 小流域における観測地点配置概念図

7. 観測項目および観測手法

表層地下水流動を把握するための観測項目および観測方法を、以下に示す。

なお、各観測項目について以下に示す観測手法で観測する場合、大流域、モデル小流域、小流域における観測機器の配置はそれぞれ図-7.1、図-7.2、図-7.3に示すとおりとなる。

7.1 気象観測

気象観測では、水収支式のパラメーターである降水量および蒸発散量の観測を目的とする。

(1) 降水量観測

東濃鉾山周辺では冬期に降雪および積雪が見られる。そのため、雨量計を用いて降水量を通年観測した場合には、冬期に欠測期間が発生することになる。従って、降水量観測には雨雪量計を用いるべきである。

① 雨雪量計の種類

雨雪量計の種類としては、

- ・ 転倒ます式雨雪量計にヒーターが装着されているもの（ヒーター付き型）
- ・ ある一定温度に暖められた油槽を通過しながら融雪させて転倒ますへいっ水滴下させるもの（いっ水型、温水型）
- ・ 一定容量の容器内に降雨や降雪を貯留させ、融雪した後の貯水量や重量から一定期間内の総降水量を把握するもの（貯留型）

があり、AC電源が使用できる場合にはヒーター付き型、いっ水型あるいは温水型の転倒ます式雨雪量計が多く使われる。貯留型雨雪量計は、表層水理観測の国内事例で見られたように、無電源地域などで長期間の総降水量を把握するために使用されている。

本業務で設計するシステムでは、前提としてAC100V電源が供給されており、降水量の時系列的な変化を観測する必要があることから、ヒーター付き雨雪量計あるいはいっ水型転倒ます式雨雪量計を降水量観測に使用する。

② 測定間隔およびデータの種類

降水量観測の測定間隔については、10分間隔で測定した河川流量等と時間変化を比較する必要があるため、10分とする。

データの種類については、転倒ます式雨雪量計の測定原理が単位時間当たりのパルス数（ますが転倒した回数）の積算であるため、10分間積算値となる。

(2)蒸発散量に関する観測

蒸発散量に関しては、Penman 法等の気候学的な推定法で必要となるパラメータおよび水面蒸発量について地上 2m 付近で観測を行う。気象観測データによる蒸発散量の推定については、Penman (1948, 1963)、Thorntwaite (1948)、Slatyer and McIlroy (1961)、Priestley and Taylor (1972)、Brutsaert and Stricker (1979)、Morton (1975, 1983) 等の方法が提案されており、これらの方法でほぼ共通して必要とされる観測値は気温、湿度、風速、正味放射量、地中熱流量である。また、正味放射量については日照量（日照時間）や日射量の観測値から算定することも可能であり（朱・鳥谷ほか、1987）、既存表層水理観測システムでは正味放射量が欠測した場合に日照時間を用いて推定することも行われている（小林・中野ほか、1996）。なお、日蒸発散量の推定においては、地中熱流量が無視されるケースも多い。

日射量は、上記した蒸発散量推定式で直接用いられることはないが、その場所の緯度、斜面の方位角・傾斜角によって異なった値をとることから、蒸発散量の広域的な分布特性を考えていく上では重要な因子であろうと推察される。また、風向については、広域的な降水分布特性を詳細に考える必要が出てきたためのために風速と併せて観測しておくべきであると考えられる。

樹冠上の蒸発散量については、傾度法、ポウエン比熱収支法等の推定法が用いられ（池淵・丹下、1988）、正味放射量、2つの高度での気温・湿度、2つの高度での風速、地中熱流量等の観測値が必要とされる。

以上のことを考慮し、蒸発散に関する地表付近での気象観測項目を気温、湿度、風向・風速、正味放射量、日照量、日射量、地中熱流量、蒸発量とし、高さ 15m の気象観測タワーでの気象観測項目を正味放射量、気温（2 高度）、湿度（2 高度）、風向・風速（2 高度）とする（ポウエン比熱収支法で必要となる地中熱流量は、地表付近における観測値を使用する）。

①観測機器の種類

1)気温

気温観測では、気温観測用の温度計として一般的な白金測温抵抗式温度計を自然対流式あるいは強制通風式の通風筒の中に取り付けて使用する。

2)湿度

現在気象観測用に使用されている湿度の測定方法には、乾湿球温度計の温度差から求める方法と、人間の毛髪の湿度による伸縮を利用した方式、露点温度を計測して湿度に換算する方法があり、最近では静電容量式や抵抗式等が使用される頻度も増加してきている。乾湿球温度計は湿球が乾燥しないようにこまめなメンテナンスが必要であり、毛髪式の湿度計も毛髪の汚れをぬぐって清潔に保つというメンテナンスが必要となる。

湿度観測では、露点温度計、静電容量式湿度計、抵抗式湿度計のいずれかを使用すべきであると考えられる。

3) 風向・風速

風速計として実用に供されているもので最も多く使われているのは回転式のものであり、風杯型と風車型（プロペラ型）に大別される。一般的に、プロペラ型より風杯型のほうがやや大きい風速値を示す傾向がある。その原因としては、風杯型が鉛直成分による風でも水平風に近い応答を示してしまうことや、プロペラ型のプロペラが常に風向に対して直面しないこと等があり、どちらの機種が良いかは一長一短があり、判断できない。なお、風杯型の場合には測定項目が風速のみであるため、風向も測定する場合には矢羽根式風向計も併せて設置する必要がある。

風速計の種類については、上記のような検出原理による分類の他、測定範囲による分類がある。一般的な風速計は測定範囲が2～60m/sであり、その起動風速は2m/sである。これに対して、微風速計の測定範囲は0.4～20m（あるいは0.4～30m/s）であり、起動風速が0.4m/sである。蒸発散量の算定においては、2m/s未滿の風速も測定されるべきと考えられるため、微風速計を採用すべきである。

風向・風速観測については、プロペラ式の微風向風速計、あるいは矢羽根式風向計と三杯式微風速計の組み合わせのいずれかを使用する。

4) 正味放射量

正味放射量の観測には、通風式風防型の熱電対（銅-コンスタンタン）-収支式放射収支計（示差放射計と呼ばれることもある）を使用する。

5) 日射量

日射には、大気中で散乱・反射することなく太陽面から直接地上に到達する短波放射（直達日射）と、大気により吸収減減された後で地表に到達する成分と雲等からの反射短波放射量の和（散乱日射）があり、これらを合わせたものが全天日射量である。直達日射量が観測されるのは日の出から日の入りまでであるのに対して、全天日射量は日の出前および日の入り後の常用薄明時にもわずかながら観測される（朝倉・関口ほか、1995）。

日射量観測では、直達日射計あるいは全天日射計を使用することになる。

6) 日照量

日照量（日照時間）は、太陽が地上を照らしている時間である。

日照時間の測定方法は、太陽の熱エネルギーによるものと、日光の可視部や紫外線の化学反応を利用したものに大別される。太陽の熱エネルギーによる日照計としては、日射量が毎分0.12kW/m²以上であった時間を測定するバイメタル日照計および太陽電池式日照計がある。化学反応を利用し

た日照計にはカンベルストークス日照計やジョルダン日照計等があるが、いずれも記録紙上に記された焦げ跡や光点を目読する必要がある。また、日照計を使用せずに日照時間を精度良く求める方法として、直達日射計で測定される直達日射量が毎分 0.12kW/m^2 以上であった時間を積算する方法もある。

日照量観測では、バイメタル日照計あるいは太陽電池式日照計を使用するか、直達日射計で直達日射量を測定して日照量に変換するかのいずれかの方法を用いることになる。

7) 地中熱流量

地中熱流量については、熱流計（熱流素子）を用いて測定する。

8) 蒸発量

蒸発計には大型蒸発計（口径 120cm、深さ 25cm）、小型蒸発計（口径 20cm、深さ 10cm）の 2 種類があるが、小型蒸発計は容器の熱効果が大きいこと等により信頼性があまり高くないとされている。現在では、大型蒸発計を使用するのが一般的である。

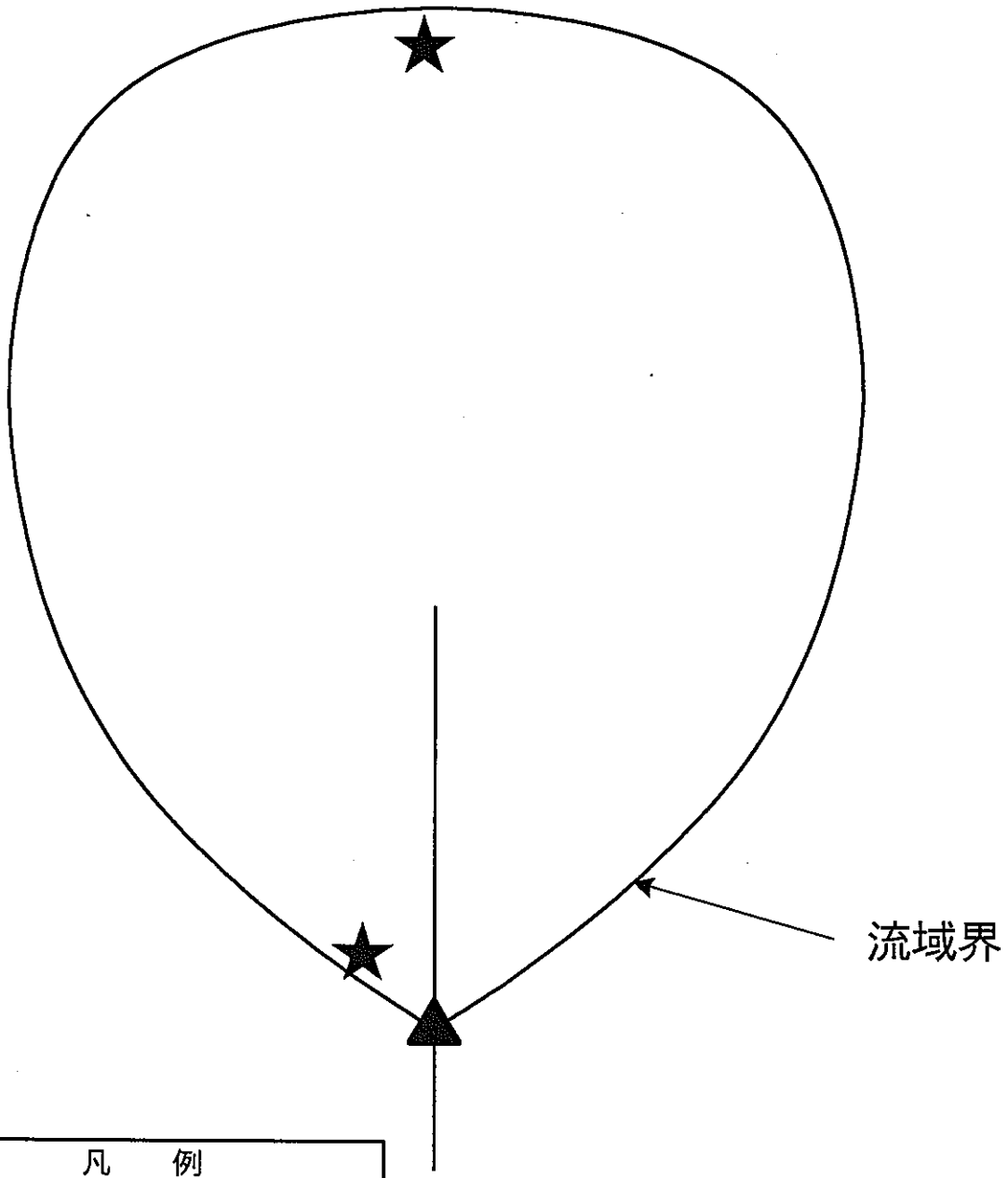
蒸発量観測には大型蒸発計を使用し、蒸発計内の水が凍結する冬期については観測を中断するものとする。

② 測定間隔およびデータの種類

蒸発散に関する気象観測では、正味放射量、日射量、日照量、蒸発量を単位時間当たりの積算量として、気温、湿度、風向、風速、地中熱流量を単位時間当たりの平均値として得る必要がある。また、この単位時間については、1 時間未満の時間間隔での蒸発散量の変化までは解析上必要ないと考えられるため、1 時間とする。

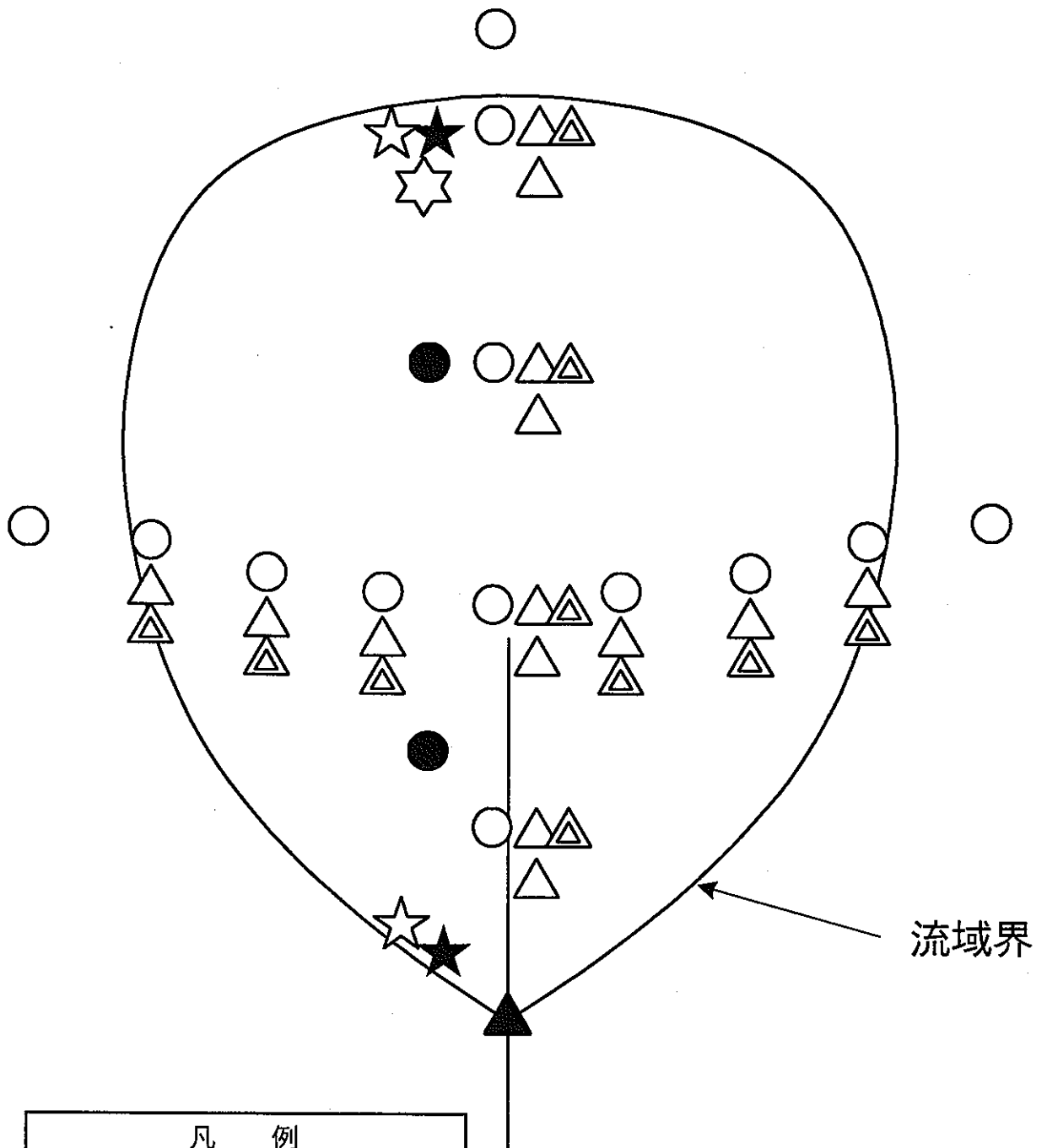
各観測項目のデータの種類は次のとおりとする。

- ・ 正味放射量、日射量、日照量、蒸発量…1 時間積算値
- ・ 気温、湿度、風向、風速、地中熱流量…1 時間平均値



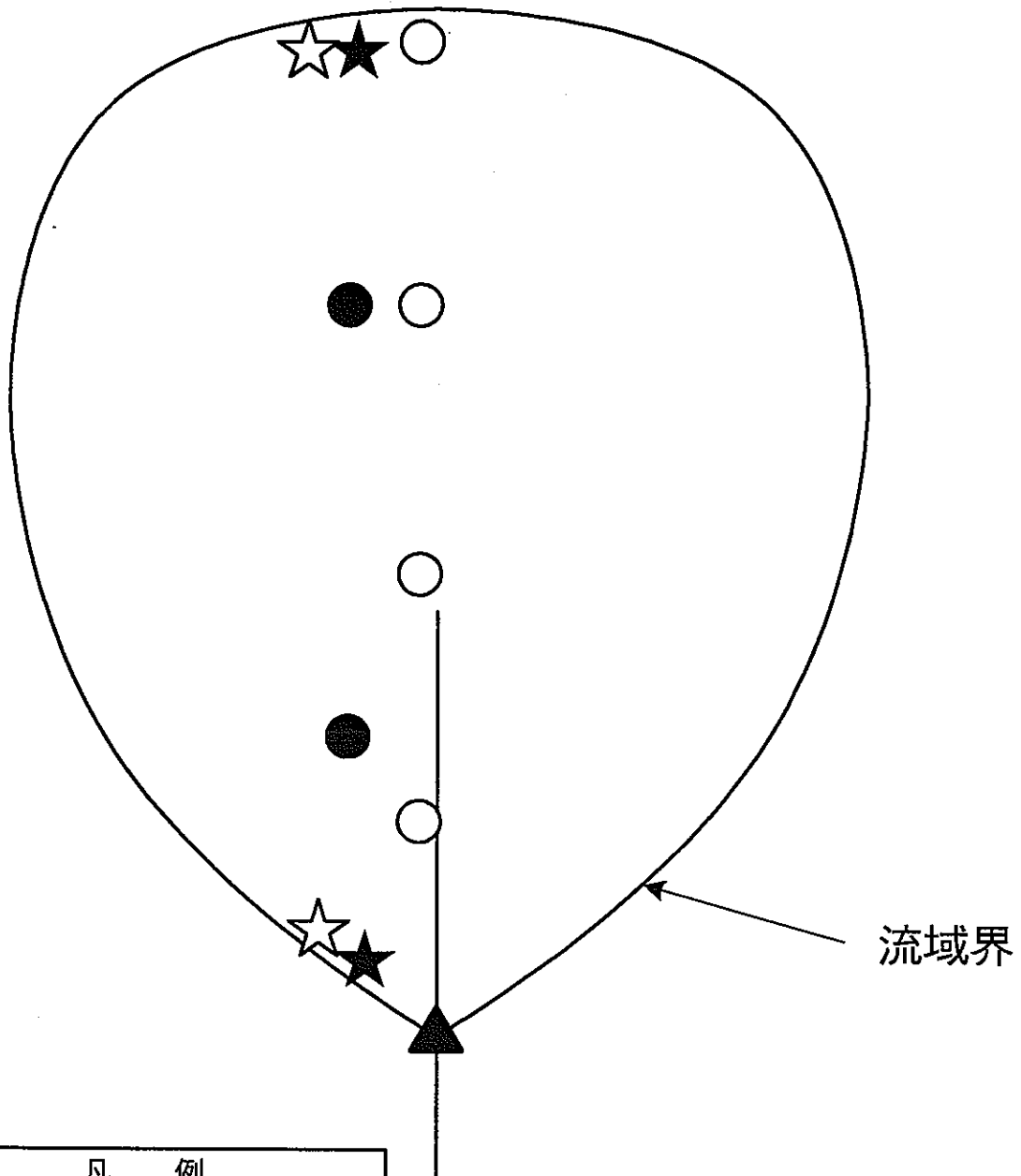
- 凡 例
- ★ 気象 (降水量)
 - ☆ 気象 (蒸発散)
 - ▲ 河川流量
 - 地下水頭
 - △ 土壌水分
(テンシオメーター)
 - ◻ 土壌水分
(電磁波式土壌水分計)
 - 地下水頭 (岩盤内)

図-7.1 大流域における観測機器の基本配置



- 凡 例
- ★ 気象 (降水量)
 - ☆ 気象 (蒸発散)
 - ☆ 気象タワー
(降水量・蒸発散)
 - ▲ 河川流量
 - 地下水頭
 - △ 土壌水分
(テンシオメーター)
 - △ 土壌水分
(電磁波式土壌水分計)
 - 地下水頭 (岩盤内)

図-7.2 モデル小流域における観測機器の基本配置



- 凡 例
- ★ 気象 (降水量)
 - ☆ 気象 (蒸発散)
 - ▲ 河川流量
 - 地下水頭
 - △ 土壌水分 (テンシオメーター)
 - ◻ 土壌水分 (電磁波式土壌水分計)
 - 地下水頭 (岩盤内)

図-7.3 小流域における観測機器の基本配置

7. 2 河川流量観測

(1)河川流量計の種類

河川流量観測では、降雨時の土砂流出に伴って欠測が生じる可能性の少ないパーシャルフリユームを流量堰として使用し、越流水深の測定には1mm以下の精度をもつ水圧式水位計(1m計)を使用する。

パーシャルフリユームの測定範囲は三角堰等比べて大きい方であるが、観測対象流域の流域面積が大きい場合には、河川流量の変化幅を1つのパーシャルフリユームでカバーできない場合も考えられる。このような場合には、既存の表層水理観測システムで設置したような、測定範囲が少し重複した2種類の大きさ(水路幅)のパーシャルフリユームを組み合わせた河川流量観測装置を設置する必要がある。このような組み合わせとして、1.5フィート幅のもの2インチ幅のもの組み合わせ、9インチ幅のもの1インチ幅のもの組み合わせ等が考えられる。これ以下では0.5インチ幅のパーシャルフリユームを用いた組合せも考えられるが、1インチ未満の水路幅では土砂や落ち葉が通過できずに詰まってしまうことが多くなると推察される。

(2)測定間隔およびデータの種類

河川流量は、降雨時に非常に激しく変化する。そこで、測定間隔やデータの種類によって観測結果にどのような差が生じるのかを、降雨に伴う河川流量の変化が見られた1990年5月6日のSPDにおける観測データを例に検討した。

1990年5月6日のSPDにおける観測データ(10分毎瞬時値)とそれをもとに算定した30分毎瞬時値、30分間平均値、1時間毎瞬時値、1時間平均値を表-7.1に、それらの値の変化を図-7.4に示す。

表-7.1では右側の最下段に日平均値を示しているが、瞬時値の測定間隔による日平均河川流量の誤差は測定間隔が広がるほど大きくなり、10分毎瞬時値の場合と1時間毎瞬時値の場合の日平均河川流量の差が41(l/min)、日平均河川流量の値の河1%以上の差が生じていることがわかる。また、図-7.1でハイドログラフを比較した場合には、測定間隔やデータの種類を変えるとハイドログラフがかなり変化してしまい、実際とは異なる流出特性を示してしまったことがわかる。これらの比較結果を総合すると、河川流量はできるだけ短い時間間隔での瞬時値を観測すべきであることがわかる。

以上のことから、河川流量観測におけるデータの種類の10分毎の瞬時値とする。

表-7.1 測定間隔およびデータの種類の種類と河川流量観測結果の関係

観測日：1990年5月6日 観測地点：SPD 観測項目：河川流量(l/min)

時	分	10分毎 瞬時値	30分毎 瞬時値	30分間 平均値	1時間毎 瞬時値	1時間 平均値
0	10	5,408				
0	20	5,326				
0	30	5,204	5,204	5,313		
0	40	7,828				
0	50	7,595				
1	0	7,182	7,182	7,535	7,182	6,424
1	10	7,411				
1	20	6,080				
1	30	5,783	5,783	6,425		
1	40	5,867				
1	50	5,783				
2	0	5,285	5,285	5,645	5,285	6,035
2	10	5,367				
2	20	5,491				
2	30	5,285	5,285	5,381		
2	40	5,204				
2	50	5,043				
3	0	4,804	4,804	5,017	4,804	5,199
3	10	4,923				
3	20	4,804				
3	30	4,804	4,804	4,844		
3	40	4,963				
3	50	5,043				
4	0	4,569	4,569	4,858	4,569	4,851
4	10	4,647				
4	20	4,415				
4	30	5,123	5,123	4,728		
4	40	4,963				
4	50	4,844				
5	0	4,923	4,923	4,910	4,923	4,819
5	10	4,725				
5	20	4,454				
5	30	4,804	4,804	4,661		
5	40	4,725				
5	50	4,569				
6	0	4,647	4,647	4,647	4,647	4,654
6	10	4,301				
6	20	4,454				
6	30	4,454	4,454	4,403		
6	40	5,491				
6	50	5,123				
7	0	4,492	4,492	5,035	4,492	4,719
7	10	4,686				
7	20	4,686				
7	30	6,426	6,426	5,266		
7	40	4,415				
7	50	4,225				
8	0	3,745	3,745	4,128	3,745	4,697
8	10	3,745				
8	20	3,709				
8	30	3,637	3,637	3,697		
8	40	3,566				
8	50	3,425				
9	0	3,425	3,425	3,472	3,425	3,585
9	10	4,150				
9	20	4,113				
9	30	5,657	5,657	4,640		
9	40	4,415				
9	50	4,725				
10	0	7,641	7,641	5,594	7,641	5,117
10	10	6,734				
10	20	5,699				
10	30	3,854	3,854	5,429		
10	40	3,891				
10	50	3,217				
11	0	3,182	3,182	3,430	3,182	4,430
11	10	3,148				
11	20	3,148				
11	30	3,114	3,114	3,137		
11	40	3,114				
11	50	3,080				
12	0	3,080	3,080	3,091	3,080	3,114

時	分	10分毎 瞬時値	30分毎 瞬時値	30分間 平均値	1時間毎 瞬時値	1時間 平均値
12	10	3,047				
12	20	3,047				
12	30	3,013	3,013	3,036		
12	40	3,013				
12	50	2,980				
13	0	2,980	2,980	2,991	2,980	3,013
13	10	2,946				
13	20	2,946				
13	30	2,946	2,946	2,946		
13	40	2,913				
13	50	2,913				
14	0	2,880	2,880	2,902	2,880	2,924
14	10	2,980				
14	20	3,013				
14	30	3,013	3,013	3,002		
14	40	3,013				
14	50	3,013				
15	0	3,013	3,013	3,013	3,013	3,008
15	10	3,013				
15	20	3,013				
15	30	2,980	2,980	3,002		
15	40	2,980				
15	50	2,946				
16	0	2,946	2,946	2,957	2,946	2,980
16	10	2,913				
16	20	2,913				
16	30	2,880	2,880	2,902		
16	40	2,847				
16	50	2,814				
17	0	2,782	2,782	2,814	2,782	2,858
17	10	2,684				
17	20	2,588				
17	30	2,494	2,494	2,589		
17	40	2,462				
17	50	2,462				
18	0	2,462	2,462	2,462	2,462	2,525
18	10	2,431				
18	20	2,431				
18	30	2,431	2,431	2,431		
18	40	2,400				
18	50	2,400				
19	0	2,400	2,400	2,400	2,400	2,416
19	10	2,369				
19	20	2,369				
19	30	2,369	2,369	2,369		
19	40	2,369				
19	50	2,369				
20	0	2,369	2,369	2,369	2,369	2,369
20	10	2,339				
20	20	2,339				
20	30	2,339	2,339	2,339		
20	40	2,308				
20	50	2,308				
21	0	2,308	2,308	2,308	2,308	2,324
21	10	2,277				
21	20	2,247				
21	30	2,247	2,247	2,257		
21	40	2,247				
21	50	2,247				
22	0	2,247	2,247	2,247	2,247	2,252
22	10	2,217				
22	20	2,217				
22	30	2,217	2,217	2,217		
22	40	2,217				
22	50	2,187				
23	0	2,187	2,187	2,197	2,187	2,207
23	10	2,157				
23	20	2,157				
23	30	2,157	2,157	2,157		
23	40	2,157				
23	50	2,127				
24	0	2,127	2,127	2,137	2,127	2,147
日平均		3,694	3,686	3,694	3,653	3,694

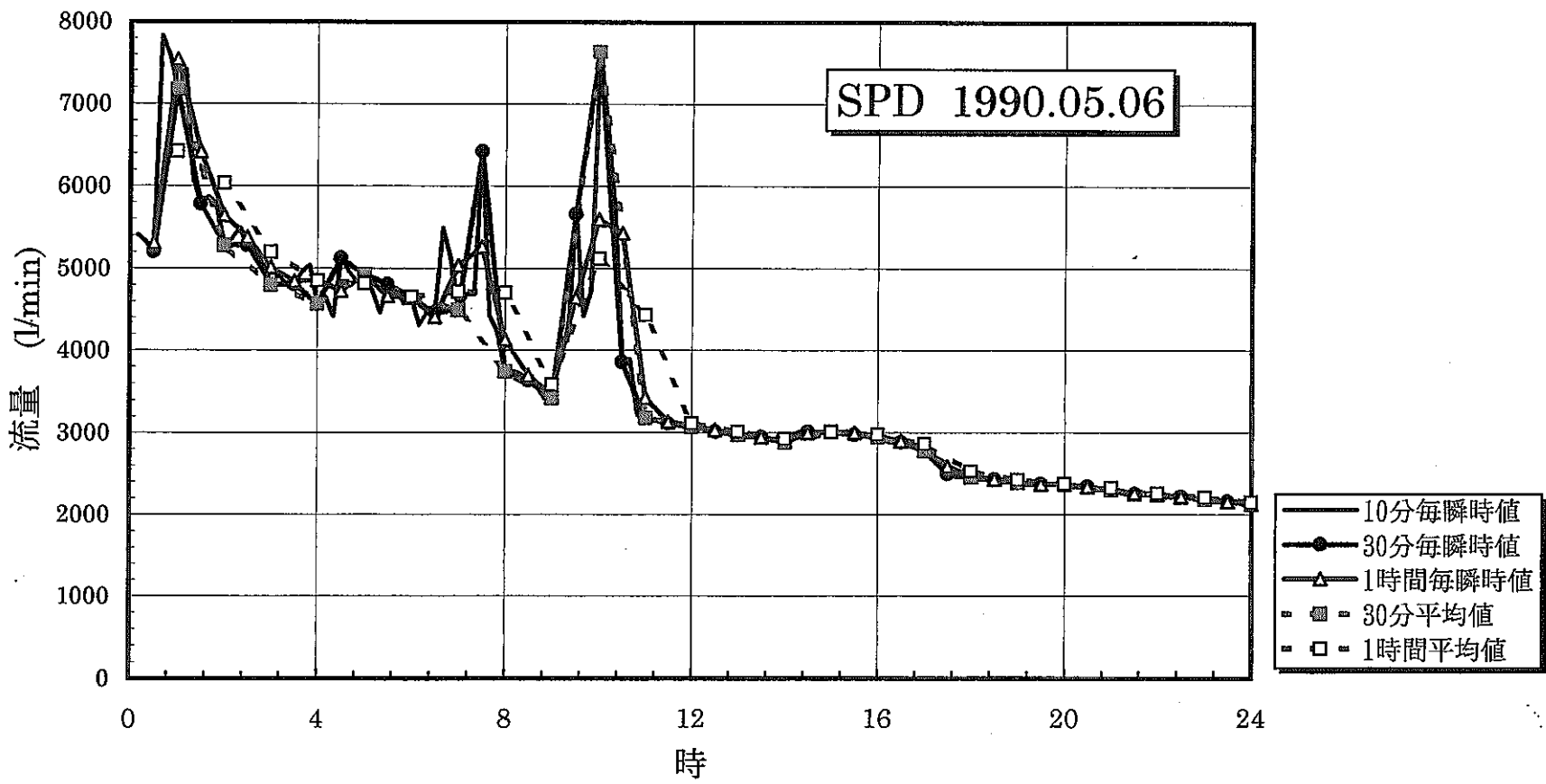


図-7.4 測定間隔およびデータの種類の関係と河川流量観測結果の変化の関係

7. 3 地下水頭観測

(1)地下水水位計の種類

地下水頭観測では、ストレーナー深度の異なる観測井（ピエゾメーター孔）を同じ地点に設置し、その中の孔内水位、すなわち地下水頭を観測する。地下水頭観測は、瀬戸層群（未固結層）内の地下水頭観測とその下位の岩盤内における地下水頭観測の2種類行うものとする。

瀬戸層群内の地下水頭観測では、小流域内における瀬戸層群の最大の厚さとして30mと想定し、深度10、15、20、25、30mの5深度で観測することを標準とした。なお、流域下部の観測地点等では瀬戸層群の厚さが薄くなることも考えられるが、その場合には、観測深度の間隔を狭くした上で、観測深度数を削減することになる可能性が高い。

岩盤内の地下水頭観測では、岩盤上部の3深度で観測することとし、その標準的な深度として40、50、60mを想定した。

地下水頭観測で求められる観測精度が一般に1cm程度であることから、各ピエゾメーター孔の孔内水位の観測には、精度1cm以下の水位計を使用する。水位計の種類としては、フロート式水位計、水圧式水位計、水晶式水位計が考えられるが、フロート式水位計は井戸深度が深くなるとケーブルが孔壁に貼り付いて測定不可能となる可能性があり、水晶式水位計はセンサーの口径がφ65mm程度と大きく、それに合わせてピエゾメーター孔の内径を広くする必要が生じてくる。従って、水圧式水位計を使用することになる。

水位計水位計には、1m計、10m計、30m計等さまざまな測定範囲のものがあるが、精度1mmが要求される場合には10m計を使用するのが一般的である。既存表層水理観測システムによるGFの表層地下水水位観測において10m以上の水位変動が観測されていることから考えると（図-5.2参照）、地下水頭観測に10m計を用いる場合には地下水頭の変化に応じてセンサー深度を上下に移動させる作業が必要となる可能性がある。瀬戸層群を対象としたピエゾメーター孔の深さは最大でも40m程度であろうと考えると、測定精度が1mm以下で測定範囲が30m程度である水圧式水位計の使用が理想的である。

地下水頭観測における水位観測は、水圧式水位計（10m計、精度1mm以下）の使用を標準とし、それ以上の測定範囲で同じ精度が実現できる水圧式水位計がある場合には使用機種をそれに変更することも考えるべきである。

(2)測定間隔およびデータの種類

瀬戸層群内の地下水頭は降雨に伴って変化していると推察されるが、その変化の程度は把握されていない。そこで、既存表層水理観測システムによる表層地下水位

観測で最も大きな地下水位変化が観測された GF1 の観測データをもとに、測定間隔とデータの種類について検討した。検討に用いたのは、比較的地下水位変化の激しかった 1990 年 4 月 4 日の観測結果である。

1990 年 4 月 4 日の GF1 における観測データ（10 分毎瞬時値）とそれをもとに算定した 30 分毎瞬時値、30 分間平均値、60 分毎瞬時値、60 分間平均値を表-7.2 に、それらの値の変化を図-7.5 に示す。

表-7.2 では右側の最下段に日平均値を示しているが、瞬時値の測定間隔による日平均地下水位の誤差が±1cm しかないことがわかる。また、図-7.2 で地下水位の変化を比較した場合には、どのデータの種類においても地下水位の変化特性にほとんど違いがないことがわかる。観測データ数や演算装置の必要性を考えると、1 時間毎の瞬時値で観測する方が好都合である。

瀬戸層群内の地下水頭の変化も GF1 での表層地下水の変化傾向に類似していることが推定され、その下の岩盤内での地下水頭は瀬戸層群内の地下水頭よりも緩やかな変化を示すことが予想される。

以上のことから、地下水頭観測におけるデータの種類の種類は、観測対象が瀬戸層群であるか下層岩盤内かを問わず、1 時間毎の瞬時値とする。

表-7.2 測定間隔およびデータの種類の種類と表層地下水位観測結果の関係

観測日：1990年4月4日

観測地点：GF1

観測項目：地下水位(GL m)

時	分	10分毎 瞬時値	30分毎 瞬時値	30分間 平均値	1時間毎 瞬時値	1時間 平均値
0	10	-6.43				
0	20	-6.42				
0	30	-6.42	-6.42	-6.42		
0	40	-6.42				
0	50	-6.42				
1	0	-6.42	-6.42	-6.42	-6.42	-6.42
1	10	-6.42				
1	20	-6.42				
1	30	-6.42	-6.42	-6.42		
1	40	-6.41				
1	50	-6.41				
2	0	-6.41	-6.41	-6.41	-6.41	-6.42
2	10	-6.41				
2	20	-6.40				
2	30	-6.40	-6.40	-6.40		
2	40	-6.40				
2	50	-6.39				
3	0	-6.39	-6.39	-6.39	-6.39	-6.40
3	10	-6.39				
3	20	-6.38				
3	30	-6.38	-6.38	-6.38		
3	40	-6.38				
3	50	-6.38				
4	0	-6.38	-6.38	-6.38	-6.38	-6.38
4	10	-6.38				
4	20	-6.38				
4	30	-6.38	-6.38	-6.38		
4	40	-6.37				
4	50	-6.37				
5	0	-6.37	-6.37	-6.37	-6.37	-6.38
5	10	-6.37				
5	20	-6.37				
5	30	-6.37	-6.37	-6.37		
5	40	-6.37				
5	50	-6.37				
6	0	-6.37	-6.37	-6.37	-6.37	-6.37
6	10	-6.37				
6	20	-6.37				
6	30	-6.37	-6.37	-6.37		
6	40	-6.37				
6	50	-6.37				
7	0	-6.37	-6.37	-6.37	-6.37	-6.37
7	10	-6.37				
7	20	-6.36				
7	30	-6.36	-6.36	-6.36		
7	40	-6.36				
7	50	-6.36				
8	0	-6.36	-6.36	-6.36	-6.36	-6.36
8	10	-6.36				
8	20	-6.36				
8	30	-6.35	-6.35	-6.36		
8	40	-6.35				
8	50	-6.35				
9	0	-6.35	-6.35	-6.35	-6.35	-6.35
9	10	-6.35				
9	20	-6.35				
9	30	-6.35	-6.35	-6.35		
9	40	-6.35				
9	50	-6.35				
10	0	-6.35	-6.35	-6.35	-6.35	-6.35
10	10	-6.35				
10	20	-6.35				
10	30	-6.34	-6.34	-6.35		
10	40	-6.34				
10	50	-6.34				
11	0	-6.34	-6.34	-6.34	-6.34	-6.34
11	10	-6.34				
11	20	-6.34				
11	30	-6.33	-6.33	-6.34		
11	40	-6.33				
11	50	-6.33				
12	0	-6.33	-6.33	-6.33	-6.33	-6.33

時	分	10分毎 瞬時値	30分毎 瞬時値	30分間 平均値	1時間毎 瞬時値	1時間 平均値
12	10	-6.32				
12	20	-6.32				
12	30	-6.32	-6.32	-6.32		
12	40	-6.32				
12	50	-6.32				
13	0	-6.32	-6.32	-6.32	-6.32	-6.32
13	10	-6.32				
13	20	-6.32				
13	30	-6.32	-6.32	-6.32		
13	40	-6.31				
13	50	-6.31				
14	0	-6.31	-6.31	-6.31	-6.31	-6.32
14	10	-6.31				
14	20	-6.31				
14	30	-6.30	-6.30	-6.31		
14	40	-6.29				
14	50	-6.27				
15	0	-6.25	-6.25	-6.27	-6.25	-6.29
15	10	-6.24				
15	20	-6.23				
15	30	-6.21	-6.21	-6.23		
15	40	-6.20				
15	50	-6.18				
16	0	-6.16	-6.16	-6.18	-6.16	-6.20
16	10	-6.14				
16	20	-6.12				
16	30	-6.10	-6.10	-6.12		
16	40	-6.08				
16	50	-6.06				
17	0	-6.02	-6.02	-6.05	-6.02	-6.09
17	10	-5.98				
17	20	-5.94				
17	30	-5.90	-5.90	-5.94		
17	40	-5.87				
17	50	-5.83				
18	0	-5.80	-5.80	-5.83	-5.80	-5.89
18	10	-5.76				
18	20	-5.72				
18	30	-5.69	-5.69	-5.72		
18	40	-5.66				
18	50	-5.64				
19	0	-5.61	-5.61	-5.64	-5.61	-5.68
19	10	-5.59				
19	20	-5.58				
19	30	-5.56	-5.56	-5.58		
19	40	-5.54				
19	50	-5.53				
20	0	-5.52	-5.52	-5.53	-5.52	-5.55
20	10	-5.51				
20	20	-5.50				
20	30	-5.49	-5.49	-5.50		
20	40	-5.48				
20	50	-5.47				
21	0	-5.47	-5.47	-5.47	-5.47	-5.49
21	10	-5.46				
21	20	-5.45				
21	30	-5.45	-5.45	-5.45		
21	40	-5.44				
21	50	-5.44				
22	0	-5.43	-5.43	-5.44	-5.43	-5.45
22	10	-5.43				
22	20	-5.42				
22	30	-5.42	-5.42	-5.42		
22	40	-5.41				
22	50	-5.40				
23	0	-5.40	-5.40	-5.40	-5.40	-5.41
23	10	-5.39				
23	20	-5.38				
23	30	-5.38	-5.38	-5.38		
23	40	-5.37				
23	50	-5.36				
24	0	-5.35	-5.35	-5.36	-5.35	-5.37
日平均		-6.11	-6.10	-6.10	-6.09	-6.11

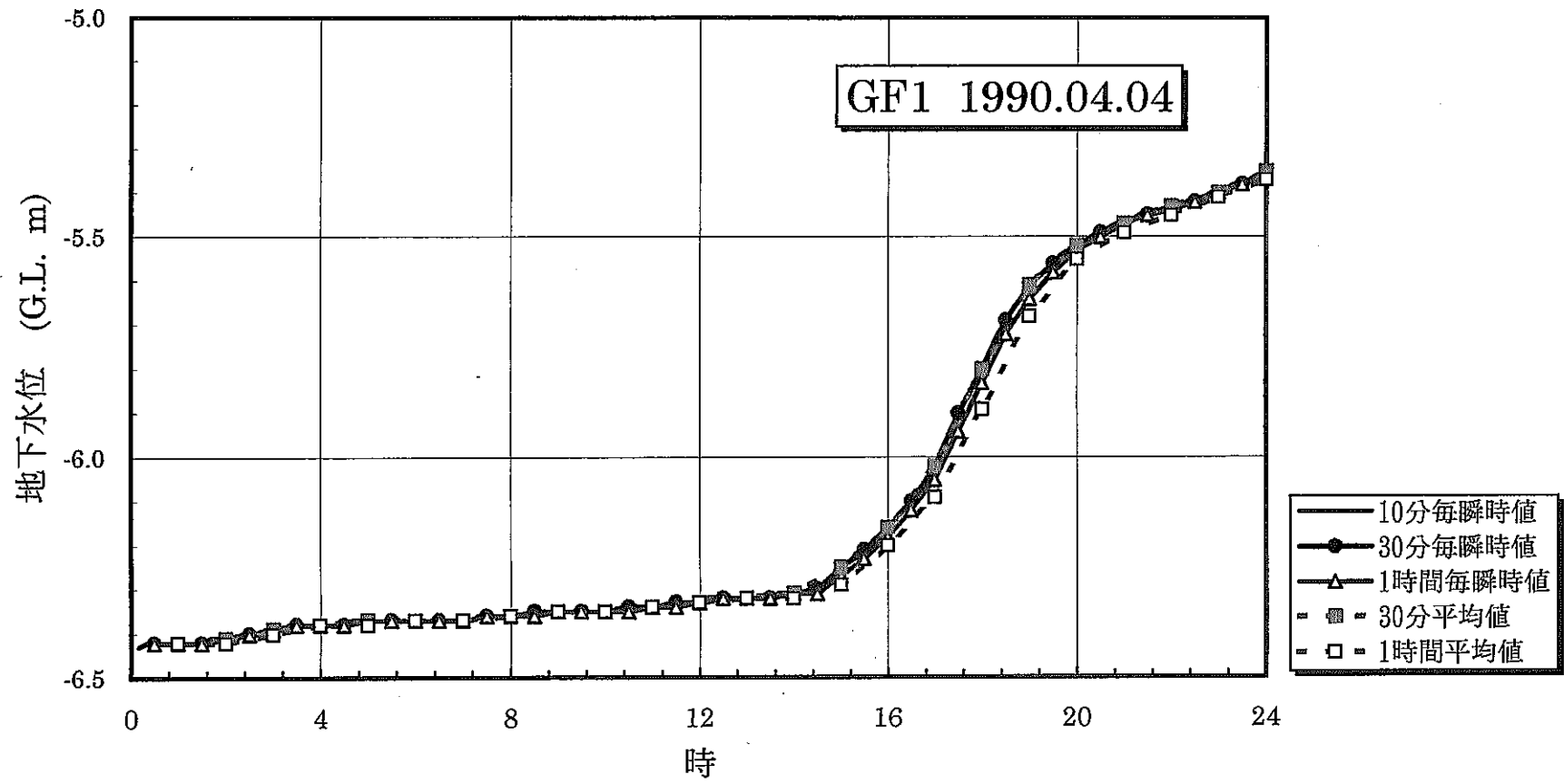


図-7.5 測定間隔およびデータの種類の表層地下水水位観測結果の変化の関係

7. 4 土壤水分観測

(1) 土壤水分計の種類

土壤水分観測では、異なる深度に土壤水分計を埋設し、その深度における圧力水頭 (ψ) あるいは体積含水率 (θ) を観測する

土壤水分計の埋設深度については、既存表層水理観測システムで東濃鉾山内に設置されていた土壤水分計と同じ、20、40、60、100、150、200、300、500cm の 8 深度とする。これらの深度の構成において、20~60cm は降雨、蒸発散、植物根の吸水活動などによる土壤水分の挙動やその変化を把握するための組合せ、20~150cm はゼロフラックスの変動やそれに伴う水分挙動の変化を把握するための組合せ、150~500cm はゼロフラックス面以深の比較的定常に近い土壤水分挙動とその変化を把握するための組合せとなっている。

土壤水分計の種類については観測対象とするパラメーターにより異なってくるが、土壤水分挙動の把握を目的とする場合には圧力水頭が測定対象となり、テンシオメーターを使用することになる。テンシオメーターには、水銀マンオメーター方式のものや圧力センサー方式のものがあるが、現在は圧力センサー方式のものが主流である。また、最近では外気温の変化による影響を受けにくく、ポーラスカップと圧力センサーを連続させている脱気水が凍りにくいセンサー埋設型のテンシオメーターも開発されている（井上、1994）。埋設型テンシオメーターの場合には、センサーが観測深度に埋設されるため、圧力水頭が埋設深度の影響をうけないという利点がある（従来の地上センサー型では、水理水頭 (H) として測定範囲が決まってしまうため、地下深部に設置する程、負の圧力水頭の測定範囲が狭くなるという問題があった）。

テンシオメーターでは、一般に $pF_0 \sim 2.7$ （飽和 $\sim \psi = -501 \text{cmH}_2\text{O}$ ）の土壤水分が測定できるとされているが、既存表層水理観測システムによる土壤水分観測では、20cm や 40cm の浅層部において夏期に $-500 \text{cmH}_2\text{O}$ 以下の圧力水頭が観測されている（図-5.3 参照）。従って、テンシオメーターの測定範囲外の土壤水分状態（乾燥状態）になった場合の圧力水頭を他の方法による観測結果から推定する必要がある。

乾燥状態での土壤水分量（体積含水率）を精度良く連続観測するための方法としては、TDR 法や FDR 法等の電磁波式土壤水分計が適している。電磁波式土壤水分計を使用する場合には、測定結果として得られる体積含水率 (θ) から各深度における水分特性曲線 ($\psi - \theta$ 曲線) を用いて圧力水頭に換算する。圧力水頭と体積含水率の間での換算では水分特性曲線のヒステリシスによる影響がしばしば問題となるが、テンシオメーターの測定範囲外となるような乾燥状態においては、ほとんど問題にならないと考えられる。

電磁波式土壤水分計を併設する深度については、ゼロフラックス面付近から上の

20、40、60、100、150cm の 5 深度が適当であると考えられる。これらの深度では、圧力水頭や土壌水分量の変化が頻繁に起こると考えられるため、通常はテンシオメーターで圧力水頭を精度良く測定し、電磁波式土壌水分計で体積含水率を精度良く測定することで、水分特性曲線のヒステリシスによる影響に関係なく、土壌水分移動量（フラックス）の評価と土壌水分貯留量変化の評価を行うことが可能となる。

以上のことから、土壌水分計として圧力センサー埋設型のテンシオメーターを 8 深度（20、40、60、100、150、200、300、500cm）に設置し、幾つかの地点ではゼロフラックス面の変化範囲よりも上部の 5 深度（20、40、60、100、150cm）に電磁波式土壌水分計を併設することとする。

(2)測定間隔およびデータの種類

土壌水分については、特に地表付近において降雨に伴って激しく変化する。また、複数深度における降雨発生後の土壌水分変化発生時刻を比較することから不飽和状態での透水性等を評価することも行われるため、短い時間間隔での土壌水分の変化を観測する必要がある。

従って、土壌水分観測におけるデータの種類は 10 分毎の瞬時値とする。

7. 5 データ転送・収録

(1) 観測データの回収・管理方法の選定

既存の表層水理観測システムでは、観測データを個別に IC カード、フロッピーディスク、記録紙のいずれかの媒体に記録し、1 週間ごと、2 週間ごと、1 ヶ月ごとのいずれかの間隔で記録媒体を交換していた。しかし、この方式では、観測データを記憶した記録媒体を回収してデータの整理を行うまでデータの異常がわからず、観測機器のトラブル等への対応が遅れやすい。また、各流域タイプに該当する観測流域を複数流域ずつ設定した場合に、全体でのデータ数が膨大な量になるため、全ての観測データを個別に回収・処理して管理するには非常に多くの時間や手間が必要となる。

これに対して、各観測機器の観測データを 1 ヶ所（監視局）に転送し、監視局で一括管理する場合、転送を行うごとに観測データをチェックすることが可能であり、観測機器のトラブル等への対応を迅速に行うことができる。また、全地点の観測データが自動的に監視局のデータ処理装置に収録されるため、観測データの回収がならず、データの処理時間も大幅に短縮できると考えられる。

以上のことから、表層水理観測システムにおける観測データの回収・管理方法として、電話回線あるいは無線を使用してデータ転送・収録する方法が有効であると考えられる。データの転送間隔については、各流域の観測データが 1 日 1 回監視局に転送されることとした。

なお、無線の場合には、親局と子局を結ぶ直線上に障害物がなく、通信距離が 100m 位までという制限があるため、基本的には 1 つの小流域の中でのデータ転送への使用を考えることになる。

(2) 流域タイプごとのデータ転送システム

① 大流域

大流域では、観測機器が谷筋方向尾根部と谷底部の 2 ヶ所に大きくわかれ、この 2 ヶ所の間が数百 m 以上離れていることから、この 2 ヶ所のデータをまとめて 1 ヶ所から電話回線で転送するよりも、谷筋方向尾根部と谷底部からそれぞれ電話回線で転送する方が現実的である。従って、大流域での観測データは、谷筋方向尾根部と谷底部の 2 ヶ所からそれぞれ電話回線で転送することとする。

② モデル小流域および小流域

モデル小流域および小流域では、観測地点間の距離が短く、各観測地点の観測データを流域内の 1 ヶ所（中継局）に集中させることも可能であることから、観測データを中継局からまとめて電話回線で転送する方が効率的である。中継局の数については、流域毎に 1 ヶ所の中継局へ流域内の全観測データを集中さ

せて1回線のみを使い1回で転送することが理想的である。もし、1ヶ所の中継局で全観測データの中継ができない場合でも、できるだけ少ない数の中継局を設置し、電話回線の数を最小限にすることが有効である。

流域内の観測データを中継局へ集中させて転送する場合、中継局から監視局への転送だけでなく、各観測機器から中継局までの転送方法も重要である。一般的には、両者の間を有線（信号ケーブル）でつなぐことが多いが、この場合には信号ケーブルの損傷等に注意する必要がある。特にモデル小流域の場合は、設置する観測機器数がかかなり多いため、敷設する信号ケーブルの数もかかなり多くなってしまうことを考慮する必要がある。。

モデル小流域あるいは小流域において、流域中央から流域界までの距離が約100m以下で見通しがよい場合には、各観測機器から中継局までの転送に無線を使用することが可能である。この場合、流域外に設置した観測機器のデータは、流域内の地点に設置したデータロガーまで信号ケーブルで送られ、そのデータロガーから無線で転送される。無線による転送では、ケーブルの敷設が必要なく、その点検・保守に相当するメンテナンス作業も必要なくなる。無線転送の短所については、雷等による無線データの揺らぎ等が考えられるが、これについては、同じデータを2回ずつ転送する等の対策（異常データを取り除く）を中継局側の制御プログラムに組み込むことにより、防止することが可能であると考えられる。

以上のことから、モデル小流域および小流域での観測データは、流域内に設置した最小限の数の中継局に有線あるいは無線で転送し、中継局単位でまとめた観測データを電話回線を用いて監視局へ転送することとする。

8. 観測対象流域および観測機器設置地点

8. 1 観測対象流域選定の基準

選定の対象範囲は東濃鉾山・正馬様洞を中心とした地域とする。正馬様洞に新しい立坑が建設されることから、掘削影響を見るためにはこれを含む流域での観測が必要であり、また、東濃鉾山・正馬様洞ではこれまでに観測データが数年間にわたって得られているのでその利用も可能となる。

ただし、涵養量の時空分布を把握するためには自然状態での長期の観測が必要であるので、掘削影響を受けない流域での継続観測も行うことは条件である。掘削影響の有無を判断するための比較データとしても、掘削影響の及ばない流域での結果は必要になる。

前章で述べたような大流域・モデル小流域・その他の小流域の各々の位置づけを考え、各タイプの具体的な流域を次のような観点で選定する。

大流域：ある広がりをもった範囲の水収支とその分布・変化の程度を把握するために、地形・地質条件や位置の異なる流域で観測するので、表層の地質条件や立坑からの距離が異なるように選定する。

モデル小流域：東濃鉾山周辺での一般的かつ単純な地形・地質・地表条件の流域での涵養メカニズムの把握が目的であるので、鉾山・正馬様洞周辺に一般的な"瀬戸層群と瑞浪層群からなる流域"を選ぶ。

その他の小流域：地形・地質・地表条件の違いによる流出・涵養の特性を把握することが目的であるので、当地域を代表するいくつかの(単純な)地形・地質・地表条件の小流域を選定する。

各流域は以下の点に留意して選定した。

- ・地質条件(特に地表の構成地質)を重視。中でも小流域は単純な地質条件からなるようにする。
- ・高低差(流域内の最高点と最低点の比高)・谷の方向・谷の回数に関し、同タイプの流域間では大きな差がないようにする。
- ・極力人工改変のない流域を選ぶ。
- ・河川流量計の設置可能な岩盤露出部が確認された(または期待される)所を選ぶ。

8. 2 観測対象流域とその特徴

大流域6、モデル小流域2、その他の小流域4の、計12流域を選定した。

図-8.1および付図1に流域の位置を、表-8.1および表-8.2には各流域の特徴と観測目的をまとめて示す。付図2~8には各流域の水理地質図(1/2,500 または 1/1,000)と観測機器配置を示す。

各流域の特徴は次のとおりである。



図-8.1 選定した観測対象流域

①～⑤ 大流域

A～B モデル小流域

C～F その他の小流域

表-8.1 大流域の特徴と観測目的

流域	観測目的	面積 ha	地質	高低差 m	方向	谷次数
① 正馬様洞	立坑を含む流域の涵養量、立坑掘削影響の把握	53.8	瀬戸/瑞浪	106	SE	5
② 正馬様上流	立坑上流の流域での涵養量の把握	11.5	瀬戸/瑞浪	74	SE	3
③ 鉾山南方 河合	立坑付近の花崗岩流域での涵養量の把握、掘削影響?	23.3	瀬戸/花崗岩	69	S	3
④ 柄石峠	北方の尾根付近の流域での涵養量の把握	28.3	瀬戸/花崗岩	88	SE-S	4
⑤ 本郷西	立坑掘削影響のない流域での自然状態の涵養量の把握	18.9	瀬戸/瑞浪	110	SE	4
⑥ 狭間川上流	立坑から離れた流域での自然状態の涵養量の把握	32.1	瀬戸/瑞浪	105	S	4

表-8.2 小流域の特徴と観測目的

流域	観測目的	面積 ha	地質	高低差 m	方向	谷次数
A(モデル流域)	涵養メカニズムの把握 (立坑の近傍)	1.44	瀬戸/瑞浪	50	S	3
B(モデル流域)	涵養メカニズムの把握 (立坑から離れた流域)	1.86	瀬戸/瑞浪	50	SSE	3
C	断層をはさんだ小流域での涵養量の把握	0.58	瀬戸/瑞浪	45	SSE	2
D 柳副流域	尾根上の瀬戸/花崗岩の流域での涵養量の把握	1.28	瀬戸/花崗岩	38	S	2
E	瑞浪層群のみの流域での涵養量の把握	0.38	瑞浪	45	SSW	2
F	花崗岩のみの流域での涵養量の把握	0.48	花崗岩	45	NE	2

瀬戸：瀬戸層群 瑞浪：瑞浪層群

- ・モデル流域A,Bは、いずれも瑞浪層群の上に分布する瀬戸層群からなる流域。
- ・小流域E,Fは単一の地質の流域
- ・Bに河川流量計の設置が難しい場合は、⑥の中にモデル小流域をとる。

[大流域]

流域①

設定の目的：立坑を含む流域での涵養量とその立坑掘削影響の把握

地形・地質条件：立坑を含む流域で、従来の正馬様流域（SPD流域）として観測されてきた流域。流域の約半分の面積には瑞浪層群が、高所には瀬戸層群が露出する。これまで数年間の連続観測データがある。立坑掘削や工事の影響を確実に受ける大流域である。

人為的影響：本流域西部には鉾山の既存坑道が、流域北部にはゴルフ場があり、人為的な影響をすでに受けている。今後も立坑および周辺施設建設による地表の改変や河川流量計移設の可能性などもある。

流域の水理地質特性：瑞浪層群は明世累層・生俵累層からなり、瀬戸層群との不整合面は北西部でやや高くなっており、地形的な分水界より地下水の流域界はやや北東側に広がるといえる。

機器配置：流域の下端の河川流量計は、既存のパーシャルフリューム（SPD）をそのまま用いる。この近傍の平坦地と流域北西端の尾根上に雨量計を配置する。（流域東部には小流域AとCが接するため、これらの気象観測機器も隣接している。）

流域②

設定の目的：立坑近傍の上流域での長期の涵養量の把握

地形・地質条件：流域①の上流部にあたり、河川流量計SPUの流域として、SPDとともに連続観測されている。生俵累層の上に瀬戸層群が分布する。流域下端は月吉断層のほぼ直上にあたる。

人為的影響：上流の北～北東の流域界がゴルフ場であり、人工的に尾根が平坦化されている。また、支流の1つである板取洞は、鉾山の北延の掘削影響が深層の地下水位（瑞浪層群中の地下水位）に現れた流域である。

流域の水理地質特性：基盤は生俵累層であるため、透水性は低い。流域下流にため池があるが、規模は小さい。

機器配置：流域下端の既存の河川流量計(SPU)のほか、流域下端に雨量計を設置する。上流の尾根上の雨量計は流域①と兼用する。

流域③

設定の目的：立坑近傍の花崗岩基盤の流域での涵養量の把握

地形・地質条件：立坑の南西に位置し、花崗岩の上に瀬戸層群が分布する流域である。地表では流域のほとんどを瀬戸層群が占める。流域の北部には、周辺の地質分布からみて、瀬戸層群の下に瑞浪層群が分布する部分もあると推定される。2つの大きな流域からなる。流域全体の地形の傾斜は緩やかである。

人為的影響：特に考えられない。

流域の水理地質特性：地表のほとんどを瀬戸層群が占めているため、流出は瀬戸層群の貯留性を表す可能性が高い。

機器配置：河川流量計設置地点は2つの谷の合流部の直下にあたる。雨量計を流域の上下

端に設置する。

流域④

設定の目的：比較的高所で風化花崗岩よりなる流域（広域での涵養域であることが予想される流域）での涵養量の把握

地形・地質条件：柄石峠東側の花崗岩と瀬戸層群よりなる流域である。流域面積の約1/3を花崗岩が占める。尾根部にあたり、露頭でマサ化した花崗岩が観察される地区である。この流域では南方の流域に比べて瀬戸層群の基底がやや高いので（例えば流域②より約40m高い）、基底面が南傾斜していることも考えられ、地下水流域は地形的な分水界よりやや北に広がっている可能性もある。ただし、流域内では南傾斜は確認されていない。

人為的影響：特に考えられない。

流域の水理地質特性：花崗岩流域特有の、特定方向に沢が屈曲する複雑な水系を示す。

これは花崗岩の割れ目系を表している可能性がある。マサ部は瀬戸層群に近い水理特性を示すものと予想される。

機器設置地点：河川流量計のほか、流域下端と流域の北端に雨量計を設置する。流域上部（西端）は小流域Dの気象観測装置を兼用する。

流域⑤

設定の目的：立坑から離れた流域で①と同様の地質条件の流域（対照流域）における涵養量の把握

地形・地質条件：流域①と同様に、瑞浪層群および瀬戸層群が分布する流域。

人為的影響：特に考えられない。

流域の水理地質特性：日吉町本郷の西で、立坑の北方約2.5kmに位置し、立坑掘削の影響を受けないと考えられる流域である。

機器設置地点：河川流量計のほか、流域の下端に雨量計を設置する。流域上部の雨量計はモデル小流域Bのものを兼用する。

流域⑥

設定の目的：立坑から離れた流域で①と同様の地質条件の流域での水収支の把握

地形・地質条件：狭間川の最上流部にあたり、瑞浪層群および瀬戸層群よりなる。⑤と同様に立坑から2km以上離れた流域であり、①との比較対照が可能な流域である。

人為的影響：特に考えられない。

流域の水理地質特性：基盤は瑞浪層群の生俵累層であるので、透水性は低い。流域の大部分を瀬戸層群が占め最大の厚さは50mを超えるため、流出は瀬戸層群の特性を表すと予想される。

機器設置地点：河川流量計のほか、流域の上下端に雨量計を設置する。

[モデル小流域]

流域A

設定の目的：詳細な観測、流動のメカニズムの把握とモデル化

地形・地質条件：正馬様洞の東部にあたる、瑞浪層群の上に瀬戸層群が分布する流域。本来は大流域①の中にモデル流域をとるべきであるが、流域①の中では正馬様川右岸は鉾山の既存坑道による攪乱があること、左岸の小流域はゴルフ場の人為的影響を受けていることを考えると、立坑近傍のモデル流域は流域Aの位置にとることとなる。

人為的影響：流域Aそのものは人為的な影響は受けていない。

流域の水理地質特性：地表のほとんどが瀬戸層群からなる。基盤は瑞浪層群であるため、透水性は低い。谷地形は流域中央付近で二又に分かれるので、得られた流量データは2つの谷の合成した流出量を示すこととなる。

機器配置：片方の谷（二又に分かれた東側の谷）に沿った1測線と、東側の斜面上の1測線および2つの谷の間の尾根からの1測線の、計3測線に地下水計・土壌水分計を設置する。気象観測装置は流域の上下端に設置する。

流域B

設定の目的：立坑掘削影響を受けない流域での詳細な観測、流動のメカニズムの把握とモデル化

地形・地質条件：流域⑤の一部。瑞浪層群(生俵累層)の上に瀬戸層群が分布。流域の下端がほぼ瑞浪層群と瀬戸層群の不整合面のレベルにあたり、地表のほとんどが瀬戸層群からなる。

人為的影響：特に考えられない。

流域の水理地質特性：モデル小流域Aと同じく、瑞浪層群の上に瀬戸層群が分布し、透水性のコントラストは明瞭である。谷は流域下部より二又に分かれ、いずれの谷も明瞭である。

機器配置：片方の谷（西側の谷）において、谷沿いの1測線と斜面方向の2測線に観測機器を配置する。

[その他の小流域]

流域C

設定の目的：月吉断層の存在と涵養量・掘削影響の関係の把握

地形・地質条件：流域Aの北に位置する小流域で、月吉断層の北側にあたる南向きの流域である。地表の大部分を瀬戸層群が占め、その下に瑞浪層群(生俵累層)が分布する。

人為的影響：北側にゴルフ場があり、流域の上流の一部がこれにかかる。その面積は小さい。

水理地質特性：流域の大部分は瀬戸層群だが、基盤は生俵累層で透水性が小さい。断層そのものは流域にはかかっていない。

機器配置：谷筋に沿って、地下水位計、河川流量計、気象観測装置を配置する。

流域D

設定の目的：尾根上の花崗岩流域での涵養量の把握

地形・地質条件：大流域④の一部で、柄石峠の東側の流域。比較的単純な形状の一次谷。

花崗岩の上に瀬戸層群が分布する流域。

人為的影響：特に考えられない。

流域の水理地質特性：ほとんどが瀬戸層群からなる。花崗岩は風化してマサ化している部分もある。

機器配置：谷筋に沿って、地下水位計、河川流量計、気象観測装置を配置する

流域E

設定の目的：瑞浪層群の単一地質の流域での流出・涵養量の把握

地形・地質条件：瑞浪層群のみからなる流域。瑞浪層群からなる流域は一般に谷地形が発達し複雑な谷の形を呈するが、この流域では斜面方向の流れを把握するために、単純な一次谷を流域として選定する。

人為的影響：特に考えられない。

流域の水理地質特性：過去の調査では、夏季の乾燥期には当流域および周辺の瑞浪層群のみからなる流域では表流水が観測されることがわかっている。

機器配置：谷筋に沿って、地下水位計、河川流量計、気象観測装置を配置する。

流域F

設定の目的：花崗岩の単一地質の流域での流出・水収支の把握

地形・地質条件：ほとんど花崗岩からなる流域。上流のごく一部に瀬戸層群が分布していることも考えられるが、露頭で確認はされていない。

人為的影響：特に考えられない。

流域の水理地質特性：近傍の露頭での花崗岩は2方向に割れ目が観察されている。割れ目を除けば透水性は低いと考えられるが、割れ目の発達の程度は不明である。特に風化は進んでいない。

機器配置：谷筋に沿って、地下水位観測孔と岩盤用ピエゾメータ、河川流量計、気象観測装置を配置する。

なお、ここでは流域の選定において現地踏査は行っておらず、機器設置の条件（特に河川流量計の設置可能な露岩河床の有無）の確認はされていない。このため、現地調査の結果によっては、上述の流域選定が変更される場合もありうる。

流域Bの下端に河川流量計の設置可能な河床がない場合は、流域Bは大流域⑥の中にとる。

9. 観測システムの構成

大流域、モデル小流域、小流域の各流域タイプでの表層水理観測データを監視局 1 ヶ所で集中管理するシステムについて、そのシステム構成を検討し、その費用を概算した。

9. 1 観測システムの基本構成

観測システムの構成を詳細に検討し、費用的な概略検討を行うため、表層水理観測システムの基本構成を定めた。

観測機器の構成は、7.1～7.4 で検討した観測項目ごとの観測手法をもとに、表-9.1 に示すとおりに設定した。各流域タイプごとの観測機器の配置は、図-7.1、図-7.2、図-7.3 に示したとおりである。各観測項目のデータの種類については、河川流量、土壌水分が 10 分ごとの瞬時値とし、地下水頭、地下水頭（岩盤）が 1 時間ごとの瞬時値とする。気象観測項目については、気温、湿度、風向、風速、地中熱流量が 1 時間平均値とし、降水量、正味放射量、日射量、日照量、地中熱流量、蒸発量が 1 時間積算値とする。

観測データの転送については、7.5 で検討したとおり、電話回線を使って各流域から監視局に観測データを転送するものとし、モデル小流域および小流域では、中継局を設置して観測データを集中させた上で監視局へ転送する方式を考えることとした。

表-9.1 表層水理観測システムにおける観測機器の基本構成

(1)大流域

観測項目	地点数	深度数	観測機器
気象観測 (降水量)	2		雨雪量計
河川流量観測	1		1.57フィート・ハ ⁰ -シャルリューム (水圧式水位計) +2インチ・ハ ⁰ -シャルリューム (水圧式水位計)

(2)モデル小流域

観測項目	地点数	深度数	観測機器
気象観測 (降水量)	2		雨雪量計
気象観測 (蒸発散)	2		温度計 湿度計 (あるいは露点計) 放射収支計 直達日射計+日射日照変換器 (あるいは全天日射計+日照計) 微風向風速計 (あるいは微風向計+微風速計) 地中熱流計 蒸発計
気象タワー観測 (降水量・蒸発散)	1		雨雪量計 温度計 (2高度) 湿度計 (あるいは露点計) (2高度) 微風向風速計 (あるいは微風向計+微風速計) (2高度) 放射収支計 地中熱流計 (気象観測のもので兼用)
河川流量観測	1		9インチ・ハ ⁰ -シャルリューム (水圧式水位計) +1インチ・ハ ⁰ -シャルリューム (水圧式水位計)
地下水頭観測	13	5	水圧式水位計
土壤水分観測	14	8	埋設型圧力式テンソメータ
土壤水分観測	10	5	電磁波式土壤水分計
地下水頭観測(岩盤内)	2	3	水圧式水位計

(3)小流域

観測項目	地点数	深度数	観測機器
気象観測 (降水量)	2		雨雪量計
気象観測 (蒸発散)	2		温度計 湿度計 (あるいは露点計) 放射収支計 直達日射計+日射日照変換器 (あるいは全天日射計+日照計) 微風向風速計 (あるいは微風向計+微風速計) 地中熱流計 蒸発計
河川流量観測	1		9インチ・ハ ⁰ -シャルリューム (水圧式水位計) +1インチ・ハ ⁰ -シャルリューム (水圧式水位計)
地下水頭観測	4	5	水圧式水位計
地下水頭観測(岩盤内)	2	3	水圧式水位計

9. 2 機器メーカーの選定

表層水理観測では、観測システムを設置した後、定期的な点検・保守作業や機器故障時の迅速な点検・修理を行い、欠測期間を最小限にすることが重要である。観測システムに原因不明の異常が生じた場合の対応を考えると、観測システムが機器メーカー1社の製品で構成されていた方が、システム全体の点検・修理を1社に一括して任せられ、点検・保守や修理に対する責任を全て負わせることができる点で有効である。従って、自社製品で転送システムにも対応できる機器メーカーを選定することとした。なお、土壌水分については、機器メーカーによる機器の構造や性能の差が大きいため、全体的なシステムと分けて選定することとした。

国内メーカーでは、観測項目の大部分および転送システムに自社製品で対応することが可能で、かつ官公庁（特に建設省等）、大学、研究所等の水文観測等で実績をあげているメーカーとして、横河ウエザック（株）、（株）池田計器製作所等があげられる。他の国内機器メーカーには、気象観測で実績をあげている英弘精機（株）、光進電気（株）や幾つかの水位計のメーカーがあるが、いずれも自社製品で構成できる範囲が気象観測のみであったり、あるいは水位観測（河川流量、地下水頭）のみであったりし、他のメーカーとの組合せが必要となってしまう。

海外メーカーでは、気象観測から河川流量観測、地下水位観測までを自社製品のみで対応できるような総合的なメーカーは少なく、数社の製品を組み合わせた観測システムになる可能性が高い。複数の海外メーカーの機器を組み合わせた場合を考えると、本業務で設計しているような大規模な観測システムを総合的に管理することは難しいと考えられる。気象観測機器メーカーで、水位計などの水文観測機器も製造し、テレメーターによるデータ通信および日本語版の表示解析ソフトの作成が可能であるという条件に対応できる海外機器メーカーは、ヴァイサラ（VAISALA Oy；フィンランド）、アーンデラー（AANDERAA；ノルウェー）の2社位と思われる。ヴァイサラの製品の国内販売、メンテナンスについてはヴァイサラ（株）が行っており、アーンデラーの製品については（株）アーンデラー・ジャパン・リミテッドが輸入し、販売代理店であるアレック電子（株）が販売・メンテナンスを行っている。

海外メーカーについては、商社が国内代理店となるケースが多く、直接海外メーカーが点検・修理等のバックアップ体制をとることは難しいと考えられる。もし、国内代理店として商社がバックアップ対応を行うとすれば、国内の機器メーカーと提携しない限り、修理の際に海外へ返送することが必要になる。国内の代理店でメンテナンスも行っている場合においても、対応できるのは簡単な修理や調整までであることが多く、それ以外の場合には海外へ返送することが必要になる。従って、海外メーカーの製品で観測システムを構成する場合には、点検・保守や修理への対応が迅速に行える体制が整備できることが最低条件となる。

以上のことから、

- ①自社製品で観測項目の大部分および転送システムに対応することが可能。
- ②官公庁（特に建設省等）、大学、研究所等の水文観測等における実績が多い。
- ③点検・保守や修理に迅速に対応できるバックアップ体制をとることが可能。
- ④日本語版の表示解析ソフトの作成が可能。

等の採用条件を考慮した結果、国内メーカーの製品で観測システム（気象、河川流量、地下水頭、転送・収録システム）の構成を考えたほうが適切であると判断し、その候補となるメーカーとして（株）池田計器製作所、横河ウエザック（株）の2社を選定した。

以下では、（株）池田計器製作所、横河ウエザック（株）の2社の製品を中心とした表層水理観測システムの構成を検討した。

9.3 観測システム

9.2で選定した機器メーカー2社（池田計器製作所、横河ウェザック）について、それぞれの製品を中心とした表層水理観測システムの構成を検討した。

(1)観測機器

観測機器については、池田計器製作所、横河ウェザックともに気象（降水および蒸発散）、河川流量、地下水頭、地下水頭（岩盤内）の各観測項目に対して、自社製品で対応することが可能である。

土壌水分のうちテンシオメーターについては、井上（1994）が行った10数種類の会社の水分センサーについての比較実験結果で実用性が確認されている埋設型圧力式土壌水分センサー（サンケイ理化社製、SK5500E型）を使用するものとする。

土壌水分のうち電磁波式土壌水分計については、TDR、FDR等いくつかの方法に基づくセンサーが製品として存在するが、今回の設計では池田計器製作所が販売やメンテナンス対応等を行っているDelta-T Devices社製の電磁波式土壌水分センサー（ML-1型）の使用を考えた。この電磁波式土壌水分センサーは、他の電磁波式土壌水分計（例えば、IMKO社製のTRIME型、Environmental Sensors社製のMoisture Point MP-917型等）とは異なり、センサーからの出力を直接データロガーに入力して土壌水分量（体積含水率）を測定することが可能な機器である。

池田計器製作所の製品を中心に構成する場合の観測機器構成（案）を表-9.2に、横河ウェザックの製品を中心に構成する場合の観測機器構成（案）を表-9.3に示す。

以下では、土壌水分以外の観測項目について、各観測項目ごとに観測機器の仕様等を示す。

①気象（降水量）

降水量については、転倒ます型雨雪量計（0.5mm/転倒）を使用し、その融雪方法として池田計器製作所の場合はヒーター式を、横河ウェザックの場合はいつ水式を採用する。

高さ15mの気象タワー上での降水量については、上記転倒ます型雨雪量計を使用し、気象タワーに設置した受水口での降水量を地上で転倒ますにより測定する。

②気象（蒸発散）

1)気温

気温については、白金測温抵抗体式温度センサーを使用し、センサーを入れる通風筒として池田計器製作所の場合が自然通風式のものを、横河ウェザックの場合が強制通風式のものを採用する。

2)湿度

湿度については、池田計器製作所が自然通風式の静電容量式湿度計を、横河ウェザックが自然通風式の露点計を採用している。湿度については、従来の露点計以外に、静電容量式湿度計の使用を気象庁が開始したという背景がある。

3)風向・風速

風向・風速については、池田計器製作所の場合が矢羽根式微風向計と三杯式微風速計の組合せを、横河ウェザックの場合がプロペラ式微風向・風速計を採用している。

4)正味放射量

正味放射量については、通風式風防型の熱電対一収支式放射収支計を使用する。

5)日射量

日射量については、池田計器製作所の場合が太陽自動追尾式直達日射計を使用し、横河ウェザックの場合が熱電対式全天日射計を使用する。

6)日照量

日照量（日照時間）は、池田製作所の場合が直達日射計で測定される直達日射量が毎分 0.12kW/m^2 以上であった時間の積算として求められ、横河ウェザックの場合が太陽電池式日照計を使用する。

7)地中熱流量

地中熱流量については、地中熱流計を使用する。

8)蒸発量

蒸発量については、フロート～ポテンシオメータ出力式の大型蒸発計（口径 120cm、深さ 25cm）を使用する。

③河川流量

河川流量については、流量堰として、大流域が 1.5 フィート・パーシャルフリュームと 2 インチ・パーシャルフリュームの組合せを、モデル小流域および小流域が 9 インチ・パーシャルフリュームと 1 インチ・パーシャルフリュームの組合せをそれぞれ採用する。

パーシャルフリューム内の水位については、精度 1mm の水圧式水位計（1m 計）を使用する。

④地下水頭

地下水頭については、各深度のピエゾメーター孔に水位センサーを設置す

る。水位センサーの種類については、池田計器製作所の場合が精度 1cm の高精度圧力式水位センサー（30m 計）を採用することができ、横河ウェザックの場合は精度 1cm の圧力式水位センサー（10m 計）を採用することになる。

⑤地下水頭（岩盤）

地下水頭（岩盤）については、④の地下水頭と同様に、池田計器製作所の場合が精度 1cm の高精度圧力式水位センサー（30m 計）を、横河ウェザックの場合が精度 1cm の圧力式水位センサー（10m 計）を採用する。

(2)データ転送・収録システムの構成

表層水理観測システムにおけるデータ・収録システムについて、池田計器製作所、横河ウェザックそれぞれの製品を中心としたシステムの構成を検討した。

池田計器製作所の製品を中心とした場合の観測データ転送・収録システムを、図-9.1 に示す。図-9.1 中の各観測項目におけるチャンネル数の後の（ ）内の数字は、各項目の測定時間間隔（分）を示している。このシステムでは、ターミナルレコーダー（最大 8 チャンネル+パルス 1 チャンネル）単位で観測データが IC カードに収録され、モデル小流域および小流域では流域内の 1 ヶ所に設置した中継局内の制御パソコンで無線により転送されたデータが制御される。監視局へは、大流域のターミナルレコーダーおよびモデル小流域、小流域の制御パソコンから、それぞれ電話回線を使用して 1 日 1 回観測データが転送される。この転送・収録システムで全体のシステムを構成する場合には、電話回線が観測流域側で 18 回線、監視局側で 1 回線必要になる。

横河ウェザックの製品を中心とした場合の観測データ転送・収録システムを、図-9.2 に示す。図-9.2 中の各観測項目におけるチャンネル数の後の（ ）内の数字は、各項目の測定時間間隔（分）を示している。このシステムでは、メモリーカードロガー（最大 32 チャンネル）単位で観測データが IC カードに収録され、データ回収用パソコンにもデータが送られる。監視局へは、回収パソコンから、それぞれ電話回線を使用して 1 日 1 回観測データが転送される。この転送・収録システムで全体のシステムを構成する場合には、電話回線が観測流域側で 46 回線必要になる。監視局側については、転送時間の関係から、(3)で後述するように 2 回線使用することになる。

監視局側での観測データの表示システムについては、観測データの数値、グラフ、表での表示が考えられるが、既存の表示システムでそのまま対応することは不可能であり、プログラム等の開発も含めた詳細設計を行わなければならないことがわかった。そのため、観測システムの費用等を考える上では、観測データ表示システムを除外して考えることとした。

(3)観測データの転送時間

上記(2)のデータ転送・収録システムを含めた表層水理観測システムの運用を考える上で、観測局あるいは中継局から監視局へのデータ転送時間の長さを検討しておくことは、そのシステムの現実性を判断したり、電話回線の使用料等を検討したりする上で重要である。そこで、池田計器製作所の製品を中心としたシステム、横河ウェザックの製品を中心としたシステムのそれぞれについて、観測局あるいは中継局から監視局への電話回線によるデータ転送時間を概算した。以下に、1日分の観測データを観測局あるいは中継局単位で転送した場合の転送時間の概算を示す。

①池田計器製作所の製品を中心としたシステム

大流域：ターミナルユニット-3台×3分/台×6流域=36分

モデル小流域：制御パソコン 1台×10分/台×2流域=20分

小流域：制御パソコン 1台×10分/台×4流域=40分

計 96分 (=1時間36分)

②横河ウェザックの製品を中心としたシステム

大流域：パソコン(10分データ) 2台×24分×6流域=288分

モデル小流域：パソコン(10分データ) 7台×24分×2流域=336分

パソコン(60分データ) 4台×4分×2流域=32分

小流域：パソコン(10分データ) 1台×24分×4流域=96分

パソコン(60分データ) 2台×4分×4流域=32分

計 784分 (=13時間4分)

上記のように、池田計器製作所の製品を中心としたシステムでは、1日のうち96分間(1時間36分)監視局側で電話回線を使用することになる。一方、横河ウェザックの製品を中心としたシステムでは、全観測データの転送に13時間以上が必要となり、監視局1局当たりで受信可能な観測局数が30局程度までであることから、監視局が複数なければ全データを転送できないことがわかる。そのため、横河ウェザックの製品を中心としたシステムでは、監視局に2回線分の処理装置(ワークステーション)を設置し、1ヶ所平均約392分間(6時間32分)で1日分のデータ転送ができるようにシステムを構成している。

表-9.2 観測機器構成案(A) (池田計器製作所の製品を中心に構成する場合)

観測項目	観測機器名	型番	検出方式	仕様
降水量	雨雪量計	RH-5	ヒーター付き転倒ます型	0.5mm/1転倒、精度±3%
気温	温度・湿度計	HM-204S	自然通風式、白金測温抵抗体式	-40~+60°C、精度±0.5°C以内
湿度			自然通風式、静電容量式	0~100%、精度±5%
正味放射量	放射収支計	SKI-MF	熱電堆-収支式	感度約40mV/kW・m ²
日射量	追尾式直達日射計	PCH-02	太陽自動追尾式	
日照量	(日射日照変換器)			
風向	微風向計	WD-16	矢羽根-リットスイッチ式	全方位、精度±5°以内
風速	微風速計	WDM-30	三杯-ロータリーエンコーダ式	0.4~30m/s、精度±0.3m/s以内(3m/s以下)
地中熱流量	地中熱流計	CN-81N		
蒸発量	蒸発計	EVP-100	口径120cm、7ポート-ホテナシヨメーター式	0~100mm、精度±1mm以内
河川流量	ハ°シャルフリューム(1インチ)	PF-1S		0.15~4.24l/s
	ハ°シャルフリューム(2インチ)	PF-2S		0.30~8.47l/s
	ハ°シャルフリューム(9インチ)	PF-9S		2.55~252.0l/s
	ハ°シャルフリューム(1.57フィート)	PF-15S		4.17~696.7l/s
	水圧式水位センサー(1m計)	ELP-2200	拡散半導体感圧素子式	0~1m、精度±0.2%
地下水頭	水圧式水位センサー(30m計)	ELP-2200	拡散半導体感圧素子式	0~10m、精度±0.1%
土壤水分(8深度)	埋設型感圧式テナシヨメーター	SK-5500E	半導体圧力センサー	0~±1000cmH ₂ O、精度±0.5%
土壤水分(5深度)	電磁波式土壤水分計	ML-1S	連続4線式平行7°ローブ	0~100%、精度2%

表-9.3 観測機器構成案(B) (横河ウエザックの製品を中心に構成する場合)

観測項目	観測機器名	型番	検出方式	仕様
降水量	雨雪量計	B-071-00	いっ水式転倒ます型	0.5mm/1転倒、精度±0.5mm以内あるいは±3%
気温	温度計	E-734-00	強制通風式、白金測温抵抗体式	-50~+50°C、精度±(0.15+0.002t)°C以内
湿度	露点温度計	E-771-11	自然対流式、塩化リチウム塗布式	-40~+60°C、精度±0.5%以内
正味放射量	示差放射計	H-221	銅-コンスタント熱電対-収支式	感度7mV/kW・m ²
日射量	日射計	H-201	熱電対式全天日射検出器	感度7mV/(kW・m ²)
日照量	日照計	H0621	太陽電池式日照計	
風向風速	風向風速計	A7401-10-00	風速：光電ハル式	0.4~90m/s、精度±0.3m/sあるいは±5%
地中熱流量	地中熱流計	H-271		精度±5%以内
蒸発量	蒸発計	D-211	口径120cm、7ポート〜ポテンシオメータ式	0~100mm、精度±1mm以内
河川流量	ハ°-シャルアリユム (1インチ)			0.15~4.24l/s
	ハ°-シャルアリユム (2インチ)			0.30~8.47l/s
	ハ°-シャルアリユム (9インチ)			2.55~252.01l/s
	ハ°-シャルアリユム (1.5インチ)			4.17~696.71l/s
	水圧式水位センサー (1m計)	W-435-00	半導体圧力ゲージ式	0~1m、精度±0.2%
地下水頭	水圧式水位センサー (10m計)	W-431-00	半導体圧力ゲージ式	0~10m、精度±0.1%
土壌水分 (8深度)	埋設型感圧式テソメータ	SK-5500E	半導体圧力センサー	0~±1000cmH ₂ O、精度±0.5%
土壌水分 (5深度)	電磁波式土壌水分計	ML-1S	連続4線式平行7°D-7°	0~100%、精度2%

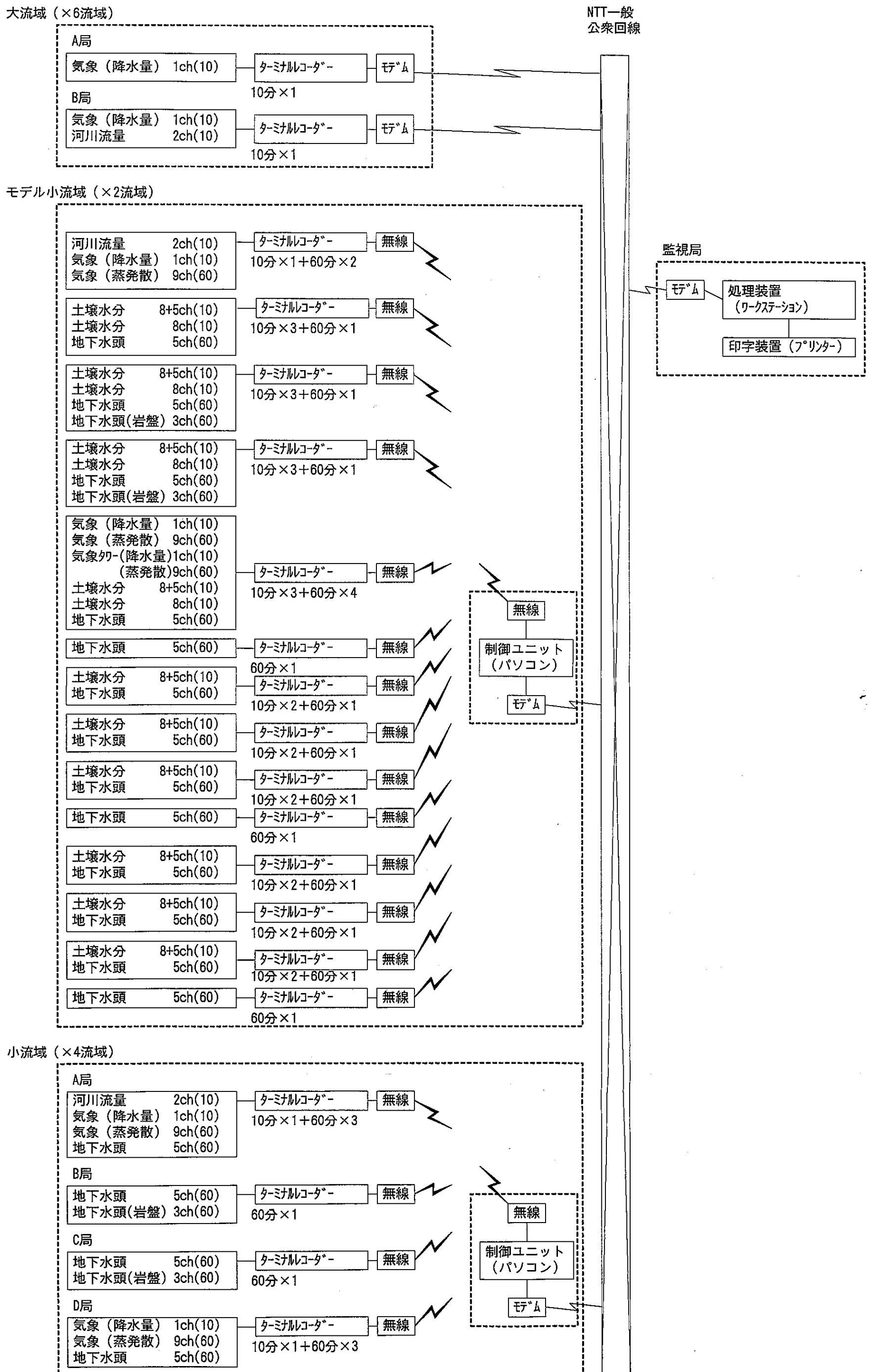


図-9.1 観測データ転送・収録システム(A)
 (池田計器製作所の製品を中心に構成する場合)

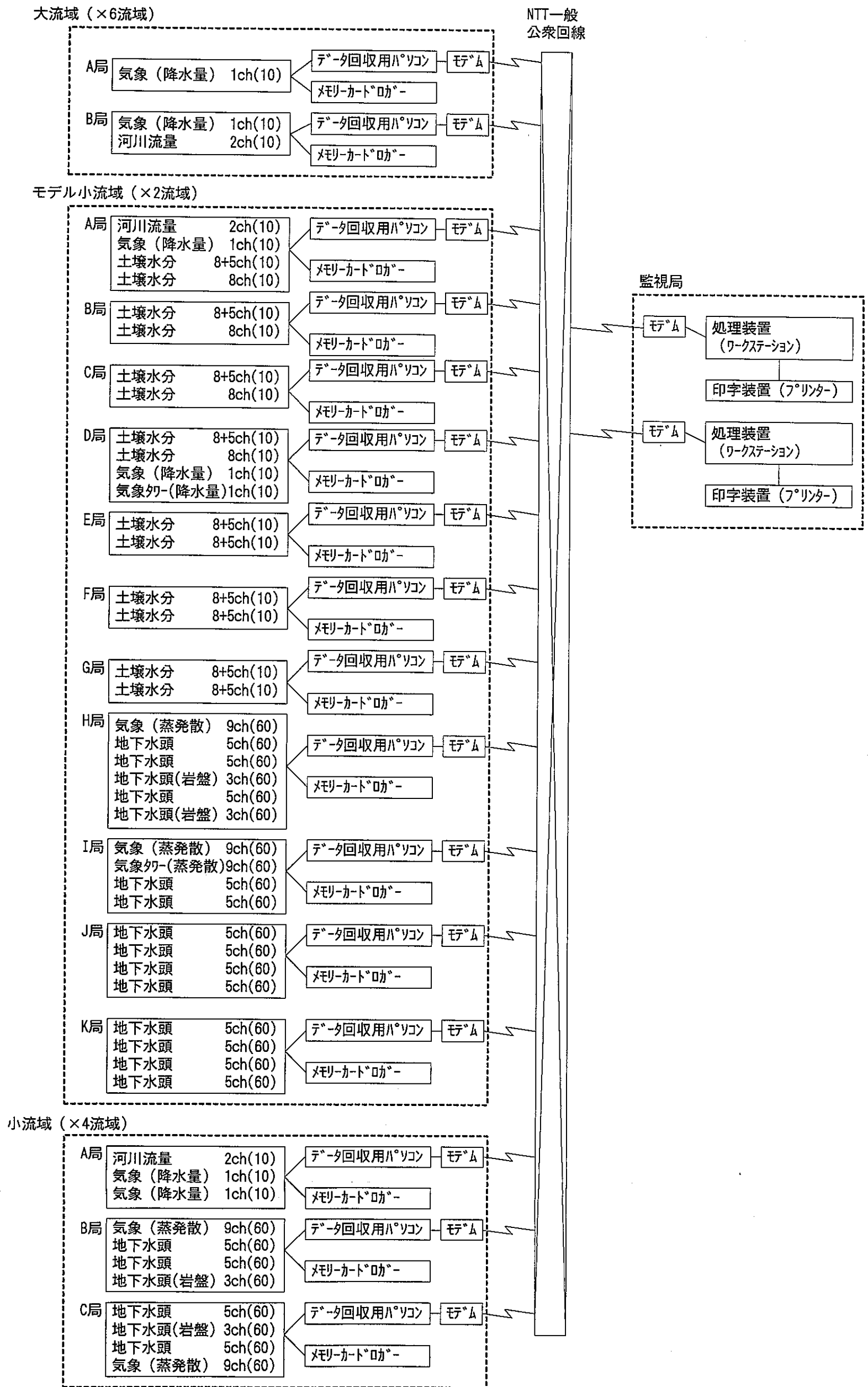


図-9.2 観測データ転送・収録システム(B)
(横河ウエザックの製品を中心に構成する場合)

10. 観測システムおよびその設置に伴う概略費用

表層水理観測システムを設置するためには、システムで使用する機器の費用の他、それを設置するための費用や付帯して行われる水理試験等の費用が必要である。そのため、表層水理観測システムを設置を考える上では、設置する機器の費用およびその設置に伴って必要となる費用について概算しておくことが重要である。

そこで、表層水理観測システムについて、設置する機器の費用およびその設置に伴って必要となる費用を概算した。なお、概算された費用は、消費税抜きの概算額である。

10.1 機器費用

表層水理観測システムで使用する機器について、池田計器製作所の製品を中心としたシステム、横河ウェザックの製品を中心としたシステムそれぞれの概略の費用を算定した。なお、機器費用は、転送・ICカード収録システムの場合と、ICカード収録のみのシステムの場合のそれぞれについて算定している。

以下に、算定された概略の機器費用を示す。

(1)池田計器製作所の製品を中心としたシステム

池田計器製作所の製品を中心としたシステムについて、全体の費用を表-10.1に、流域タイプごとの費用内訳を表-10.2に、各構成要素ごとの単価表を表-10.3に示す。

観測システム全体の機器費用は、転送・ICカード収録システムの場合が約5億9000万円、ICカード収録のみのシステムの場合が約5億3000万円である。

(2)横河ウェザックの製品を中心としたシステム

横河ウェザックの製品を中心としたシステムについて、全体の費用を表-10.4に、流域タイプごとの費用内訳を表-10.5に、各構成要素ごとの単価表を表-10.6に示す。

観測システム全体の機器費用は、転送・ICカード収録システムの場合が約6億3000万円、ICカード収録のみのシステムの場合が約5億円である。

表-10.1 表層水理観測システムの全体の費用(A)

(池田計器製作所の製品を中心に構成する場合)

テレメーター通信・I Cカード収録システム

観測流域の種類	流域数	単価 (円)	金額 (円)
大流域	6	6,514,000	39,084,000
モデル小流域	2	171,761,000	343,522,000
小流域	4	46,975,000	187,900,000
監視局	1	16,865,000	16,865,000
		計	587,371,000

I Cカード収録システム

観測流域の種類	流域数	単価 (円)	金額 (円)
大流域	6	6,384,000	38,304,000
モデル小流域	2	158,456,000	316,912,000
小流域	4	42,250,000	169,000,000
監視局	1	1,800,000	1,800,000
		計	526,016,000

表-10.2(1) 流域タイプごとの観測システム費用内訳(A)

(池田計器製作所の製品を中心とした転送・ICカード収録システム)

大流域 (1流域当たり)

名称	数量	単価 (円)	金額 (円)
気象 (降水量) センサー部	2	210,000	420,000
河川流量(1) センサー部	1	3,000,000	3,000,000
観測局 (テレメータ通信・記録部) 10分毎測定	2	1,547,000	3,094,000
		計	6,514,000

モデル小流域 (1流域当たり)

名称	数量	単価 (円)	金額 (円)
気象 (降水量) センサー部	2	210,000	420,000
気象 (蒸発散) センサー部	2	5,440,000	10,880,000
気象タワー (降水量・蒸発散) センサー部	1	4,300,000	4,300,000
河川流量(2) センサー部	1	2,650,000	2,650,000
地下水頭 センサー部	13	2,500,000	32,500,000
土壌水分 (テソメータ) センサー部	14	1,350,000	18,900,000
土壌水分 (電磁波式) センサー部	10	2,160,000	21,600,000
地下水頭 (岩盤) センサー部	2	1,740,000	3,480,000
観測局 (無線通信・記録部) 10分毎測定	25	1,742,000	43,550,000
観測局 (無線通信・記録部) 60分毎測定	18	1,742,000	31,356,000
中継局 (無線通信～制御～テレメータ通信)	1	2,125,000	2,125,000
		計	171,761,000

小流域 (1流域当たり)

名称	数量	単価 (円)	金額 (円)
気象 (降水量) センサー部	2	210,000	420,000
気象 (蒸発散) センサー部	2	5,440,000	10,880,000
河川流量(2) センサー部	1	2,650,000	2,650,000
地下水頭 センサー部	4	2,500,000	10,000,000
地下水頭 (岩盤) センサー部	2	1,740,000	3,480,000
観測局 (無線通信・記録部) 10分毎測定	2	1,742,000	3,484,000
観測局 (無線通信・記録部) 60分毎測定	8	1,742,000	13,936,000
中継局 (無線通信～制御～テレメータ通信)	1	2,125,000	2,125,000
		計	46,975,000

監視局

名称	数量	単価 (円)	金額 (円)
監視局	1	16,865,000	16,865,000
		計	16,865,000

表-10.2(2) 流域タイプごとの観測システム費用内訳(A)

(池田計器製作所の製品を中心としたICカード収録システム)

大流域 (1流域当たり)

名称	数量	単価 (円)	金額 (円)
気象 (降水量) センサー部	2	210,000	420,000
河川流量(1) センサー部	1	3,000,000	3,000,000
観測局 (ICカード記録部) 10分毎測定	2	1,482,000	2,964,000
		計	6,384,000

モデル小流域 (1流域当たり)

名称	数量	単価 (円)	金額 (円)
気象 (降水量) センサー部	2	210,000	420,000
気象 (蒸発散) センサー部	2	5,440,000	10,880,000
気象タワー (降水量・蒸発散) センサー部	1	4,300,000	4,300,000
河川流量(2) センサー部	1	2,650,000	2,650,000
地下水頭 センサー部	13	2,500,000	32,500,000
土壌水分 (テシオメータ) センサー部	14	1,350,000	18,900,000
土壌水分 (電磁波式) センサー部	10	2,160,000	21,600,000
地下水頭 (岩盤) センサー部	2	1,740,000	3,480,000
観測局 (ICカード記録部) 10分毎測定	25	1,482,000	37,050,000
観測局 (ICカード記録部) 60分毎測定	18	1,482,000	26,676,000
		計	158,456,000

小流域 (1流域当たり)

名称	数量	単価 (円)	金額 (円)
気象 (降水量) センサー部	2	210,000	420,000
気象 (蒸発散) センサー部	2	5,440,000	10,880,000
河川流量(2) センサー部	1	2,650,000	2,650,000
地下水頭 センサー部	4	2,500,000	10,000,000
地下水頭 (岩盤) センサー部	2	1,740,000	3,480,000
観測局 (ICカード記録部) 10分毎測定	2	1,482,000	2,964,000
観測局 (ICカード記録部) 60分毎測定	8	1,482,000	11,856,000
		計	42,250,000

監視局

名称	数量	単価 (円)	金額 (円)
監視局(ICカード内データの処理)	1	1,800,000	1,800,000
		計	1,800,000

表-10.3(1) 構成要素ごとの単価表(A)

(池田計器製作所の製品を中心としたシステム(センサー部1))

観測局 (センサー部)

気象 (降水量) 1地点当たり

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
ヒーター付雨雪量計	RH-5	1	210,000	210,000
			計	210,000

気象 (蒸発散) 1地点当たり

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
温湿度計 (変換器内蔵)	HM-204S	1	480,000	480,000
放射収支計	SKI-MF	1	700,000	700,000
放射収支計用変換器	REC-1101	1	520,000	520,000
追尾式直達日射計	PCH-02	1	1,000,000	1,000,000
追尾式日照日射変換器		1	700,000	700,000
微風向計	WD-16	1	110,000	110,000
微風速計	WM-30	1	150,000	150,000
風向風速計用変換器		1	300,000	300,000
地中熱流計	CN-81N	1	120,000	120,000
地中熱流計変換器		1	120,000	120,000
蒸発計	EVP-100	1	590,000	590,000
蒸発計用変換器		1	140,000	140,000
変換器収納ケース	SKI-1200	2	150,000	300,000
ポール (5m、フランジ付)	P-5	1	210,000	210,000
			計	5,440,000

気象タワー (降水量・蒸発散) 1地点当たり

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
雨雪量計 (受水口分離型)		1	300,000	300,000
温湿度計 (変換器内蔵)	HM-204S	2	480,000	960,000
放射収支計	SKI-MF	1	700,000	700,000
放射収支計用変換器	REC-1101	1	520,000	520,000
微風向計	WD-16	2	110,000	220,000
微風速計	WM-30	2	150,000	300,000
風向風速計用変換器		2	300,000	600,000
タワー (15m、フランジ付)		1	700,000	700,000
			計	4,300,000

表-10.3(2) 構成要素ごとの単価表(A)

(池田計器製作所の製品を中心としたシステム(センサー部2))

観測局 (センサー部)

河川流量(1) (1.57インチ・ハ°-シャルフリューム+2インチ・ハ°-シャルフリューム) 1地点当たり

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
水圧式水位計 (1m計)	ELP-2200	2	500,000	1,000,000
ハ°-シャルフリューム (1.57インチ)	PF-15	1	1,500,000	1,500,000
ハ°-シャルフリューム (2インチ)	PF-2	1	300,000	300,000
測水用井戸		2	100,000	200,000
			計	3,000,000

河川流量(2) (9インチ・ハ°-シャルフリューム+1インチ・ハ°-シャルフリューム) 1地点当たり

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
水圧式水位計 (1m計)	ELP-2200	2	500,000	1,000,000
ハ°-シャルフリューム (9インチ)	PF-9	1	1,200,000	1,200,000
ハ°-シャルフリューム (1インチ)	PF-1	1	250,000	250,000
測水用井戸		2	100,000	200,000
			計	2,650,000

地下水頭 1地点 (5深度) 当たり

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
水圧式水位計 (ケーブル長30m)	ELP-2200(30m計)	5	500,000	2,500,000
			計	2,500,000

土壌水分 (テンシオメーター) 1地点 (8深度) 当たり

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
土壌水分計測器	SK-5608D	1	520,000	520,000
埋設型感圧センサー	SK-5500E	8	95,000	760,000
計測器用収納庫		1	50,000	50,000
変圧器		1	20,000	20,000
			計	1,350,000

土壌水分 (電磁波式土壌水分計) 1地点 (5深度) 当たり

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
電磁波式土壌水分センサー	ML-1S	8	150,000	1,200,000
電圧変換器		8	120,000	960,000
			計	2,160,000

地下水頭 (岩盤) 1地点 (3深度) 当たり

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
水圧式水位計 (ケーブル長60m)	ELP-2200(30m計)	3	580,000	1,740,000
			計	1,740,000

表-10.3(3) 構成要素ごとの単価表(A)

(池田計器製作所の製品を中心としたシステム(通信・記録部))

観測局 (無線通信・記録部)

ターミナルレコーダー1台当たり

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
ターミナルレコーダー	SHU-D28KE	1	800,000	800,000
交換用 I Cカード		1	32,000	32,000
無線モデム		1	260,000	260,000
収納庫		1	50,000	50,000
無停電電源装置	POW-1230NCT	1	600,000	600,000
			計	1,742,000

中継局 (無線通信～制御～テレメーター通信) 1局当たり

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
制御ユニット (パソコン)		1	400,000	400,000
無線モデム		1	260,000	260,000
モデム		1	65,000	65,000
制御ユニット用収納庫		1	800,000	800,000
無停電電源装置	POW-1230NCT	1	600,000	600,000
			計	2,125,000

監視局 (テレメーター通信・記録部)

※概算額

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
ワークステーション	PC750(IBM)	1	500,000	500,000
通信回収プログラム		1	15,000,000	15,000,000
モデム		1	65,000	65,000
プリンター		1	500,000	500,000
I Cカードリーダー	SHU-M64KRS	1	500,000	500,000
ICカード読み取りプログラム		1	300,000	300,000
			計	16,865,000

表-10.3(4) 構成要素ごとの単価表(A)

(池田計器製作所の製品を中心としたシステム(記録部))

観測局 (ICカード記録部)

観測局1局当たり

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
ターミナルレコーダー	SHU-D28KE	1	800,000	800,000
交換用ICカード		1	32,000	32,000
収納庫		1	50,000	50,000
無停電電源装置	POW-1230NCT	1	600,000	600,000
			計	1,482,000

監視局 (ICカードからのデータ回収)

※概算額

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
ワークステーション	PC750(IBM)	1	500,000	500,000
プリンター		1	500,000	500,000
ICカードリーダー	SHU-M64KRS	1	500,000	500,000
ICカード読み取りプログラム		1	300,000	300,000
			計	1,800,000

表-10.4 表層水理観測システムの全体の費用(B)
 (横河ウエザックの製品を中心に構成する場合)

テレメーター通信・I Cカード収録システム

観測流域の種類	流域数	単価 (円)	金額 (円)
大流域	6	15,598,800	93,592,800
モデル小流域	2	162,020,800	324,041,600
小流域	4	48,017,200	192,068,800
監視局	1	22,700,000	22,700,000
		計	632,403,200

I Cカード収録システム

観測流域の種類	流域数	単価 (円)	金額 (円)
大流域	6	10,638,800	63,832,800
モデル小流域	2	134,740,800	269,481,600
小流域	4	40,577,200	162,308,800
監視局	1	1,300,000	1,300,000
		計	496,923,200

表-10.5(1) 流域タイプごとの観測システム費用内訳(B)

(横河ウェザックの製品を中心とした転送・ICカード収録システム)

大流域 (1流域当たり)

名称	数量	単価 (円)	金額 (円)
気象 (降水量) センサー部	2	455,600	911,200
河川流量(1) センサー部	1	5,536,400	5,536,400
観測局 (テレメータ通信・記録部) 10分毎測定	2	4,575,600	9,151,200
		計	15,598,800

モデル小流域 (1流域当たり)

名称	数量	単価 (円)	金額 (円)
気象 (降水量) センサー部	2	455,600	911,200
気象 (蒸発散) センサー部	2	5,538,400	11,076,800
気象タ- (降水量・蒸発散)	1	5,380,800	5,380,800
河川流量(2) センサー部	1	3,974,400	3,974,400
地下水頭 センサー部	13	3,502,000	45,526,000
土壌水分 (テソメータ) センサー部	14	1,350,000	18,900,000
土壌水分 (電磁波式) センサー部	10	2,160,000	21,600,000
地下水頭 (岩盤) センサー部	2	2,160,000	4,320,000
観測局 (テレメータ通信・記録部) 10分毎記録	7	4,575,600	32,029,200
観測局 (テレメータ通信・記録部) 60分毎記録	4	4,575,600	18,302,400
		計	162,020,800

小流域 (1流域当たり)

名称	数量	単価 (円)	金額 (円)
気象 (降水量) センサー部	2	455,600	911,200
気象 (蒸発散) センサー部	2	5,538,400	11,076,800
河川流量(2) センサー部	1	3,974,400	3,974,400
地下水頭 センサー部	4	3,502,000	14,008,000
地下水頭 (岩盤) センサー部	2	2,160,000	4,320,000
観測局 (テレメータ通信・記録部) 10分毎記録	1	4,575,600	4,575,600
観測局 (テレメータ通信・記録部) 60分毎記録	2	4,575,600	9,151,200
		計	48,017,200

監視局

名称	数量	単価 (円)	金額 (円)
監視局	1	22,700,000	22,700,000
		計	22,700,000

表-10.5(2) 流域タイプごとの観測システム費用内訳(B)
(横河ウエザックの製品を中心としたICカード収録システム)

大流域 (1流域当たり)

名称	数量	単価 (円)	金額 (円)
気象 (降水量) センサー部	2	455,600	911,200
河川流量(1) センサー部	1	5,536,400	5,536,400
観測局 (ICカード記録部) 10分毎測定	2	2,095,600	4,191,200
		計	10,638,800

モデル小流域 (1流域当たり)

名称	数量	単価 (円)	金額 (円)
気象 (降水量) センサー部	2	455,600	911,200
気象 (蒸発散) センサー部	2	5,538,400	11,076,800
気象ター (降水量・蒸発散)	1	5,380,800	5,380,800
河川流量(2) センサー部	1	3,974,400	3,974,400
地下水頭 センサー部	13	3,502,000	45,526,000
土壌水分 (テソメーター) センサー部	14	1,350,000	18,900,000
土壌水分 (電磁波式) センサー部	10	2,160,000	21,600,000
地下水頭 (岩盤) センサー部	2	2,160,000	4,320,000
観測局 (ICカード記録部) 10分毎測定	7	2,095,600	14,669,200
観測局 (ICカード記録部) 60分毎測定	4	2,095,600	8,382,400
		計	134,740,800

小流域 (1流域当たり)

名称	数量	単価 (円)	金額 (円)
気象 (降水量) センサー部	2	455,600	911,200
気象 (蒸発散) センサー部	2	5,538,400	11,076,800
河川流量(2) センサー部	1	3,974,400	3,974,400
地下水頭 センサー部	4	3,502,000	14,008,000
地下水頭 (岩盤) センサー部	2	2,160,000	4,320,000
観測局 (ICカード記録部) 10分毎測定	1	2,095,600	2,095,600
観測局 (ICカード記録部) 60分毎測定	2	2,095,600	4,191,200
		計	40,577,200

監視局

名称	数量	単価 (円)	金額 (円)
監視局 (ICカード内データの処理)	1	1,300,000	1,300,000
		計	1,300,000

表-10.6(1) 構成要素ごとの単価表(B)

(横河ウエザックの製品を中心としたシステム(センサー部 1))

観測局 (センサー部)

気象 (降水量) 1地点当たり

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
いっ水式雨雪量計 (検定費込)	B-071-00	1	356,600	356,600
夏期用外筒	B071-00020	1	99,000	99,000
			計	455,600

気象 (蒸発散) 1地点当たり

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
風向風速計発信器	A7401-10-00	1	380,000	380,000
温度計感部 (検定費込)	E-734-00	1	49,900	49,900
気温計用通風筒	E-834-01	1	180,000	180,000
露点計用発信器 (検定費込)	E-771-11	1	127,200	127,200
露点計用通風筒	E-851	1	115,000	115,000
露点計用接続箱	E-871	1	36,000	36,000
露点計用電源箱	E-881-01	1	25,000	25,000
日射計感部 (検定費込)	H-201	1	618,000	618,000
日照計感部 (検定費込)	H0621	1	376,900	376,900
示差放射計感部	H-221	1	740,000	740,000
蒸発計感部 (検定費込)	D-211	1	591,400	591,400
熱流計感部		1	100,000	100,000
端子盤	M-452	2	120,000	240,000
変換器用信号ケーブル	M-461	4	17,000	68,000
変換器用信号ケーブル	M-464	1	17,000	17,000
変換器ケース	M-820	1	92,000	92,000
風向風速発信器	M-821	1	300,000	300,000
温度湿度変換器	M-822	1	300,000	300,000
日照日射変換器	M-825	1	300,000	300,000
日照日射変換器	M-825-Z	1	350,000	350,000
電源モジュール	M-831	1	170,000	170,000
風向風速計用取付フランジ	M-031	1	23,000	23,000
日照・日射計用取付アーム	M-032	1	23,000	23,000
示差放射計用取付アーム	M-034	1	23,000	23,000
取付用鉄塔	M-023-05	1	170,000	170,000
雨雪量計用取付フランジ	M-033	1	23,000	23,000
雨雪量計用鉄塔	M-025-02	1	100,000	100,000
			計	5,538,400

表-10.6(2) 構成要素ごとの単価表(B)

(横河ウエザックの製品を中心としたシステム(センサー部 2))

観測局 (センサー部)

気象タワー (降水量・蒸発散) 1地点当たり

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
いっ水式雨雪量計 (検定費込)	B-071-00	1	356,600	356,600
夏期用外筒	B071-00020	1	99,000	99,000
風向風速計発信器	A7401-10-00	2	380,000	760,000
温度計感部 (検定費込)	E-734-00	2	49,900	99,800
気温計用通風筒	E-834-01	2	180,000	360,000
露点計用発信器 (検定費込)	E-771-11	2	127,200	254,400
露点計用通風筒	E-851	2	115,000	230,000
露点計用接続箱	E-871	2	36,000	72,000
露点計用電源箱	E-881-01	2	25,000	50,000
示差放射計感部	H-221	1	740,000	740,000
端子盤	M-452	2	120,000	240,000
変換器用信号ケーブル	M-461	4	17,000	68,000
変換器用信号ケーブル	M-464	1	17,000	17,000
変換器ケース	M-820	1	92,000	92,000
風向風速発信器	M-821	2	300,000	600,000
温度湿度変換器	M-822	2	300,000	600,000
電源モジュール	M-831	1	170,000	170,000
風向風速計用取付フランジ	M-031	2	23,000	46,000
示差放射計用取付アーム	M-034	1	23,000	23,000
取付用ポール (15m)		1	400,000	400,000
雨雪量計用取付金具AS		1	23,000	23,000
装柱金物		1	80,000	80,000
			計	5,380,800

河川流量(1) (1.57フィート・ハ°-シャルリウム+2インチ・ハ°-シャルリウム) 1地点当たり

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
水圧式水位計	W-435-00	2	370,000	740,000
専用ケーブル	C381-00110	20	1,200	24,000
吊りワイヤー	C388-80045	2	200	400
ハ°-シャルリウム (1.57フィート)		1	3,360,000	3,360,000
ハ°-シャルリウム (2インチ)		1	1,212,000	1,212,000
測水用井戸		2	100,000	200,000
			計	5,536,400

河川流量(2) (9インチ・ハ°-シャルリウム+1インチ・ハ°-シャルリウム) 1地点当たり

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
水圧式水位計	W-435-00	2	370,000	740,000
専用ケーブル	C381-00110	20	1,200	24,000
吊りワイヤー	C388-80045	2	200	400
ハ°-シャルリウム (1.57フィート)		1	2,170,000	2,170,000
ハ°-シャルリウム (1インチ)		1	840,000	840,000
測水用井戸		2	100,000	200,000
			計	3,974,400

表-10.6(3) 構成要素ごとの単価表(B)

(横河ウェザックの製品を中心としたシステム(センサー部3))

観測局 (センサー部)

地下水頭 1地点 (5深度) 当たり

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
水圧式水位計	W-431-00	5	580,000	2,900,000
専用ケーブル	C381-00110	180	1,200	216,000
吊りワイヤー	C388-80045	180	200	36,000
避雷器付接続箱	W-999-Z11	5	70,000	350,000
			計	3,502,000

土壌水分 (テンシオメーター) 1地点 (8深度) 当たり

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
土壌水分計測器	SK-5608D	1	520,000	520,000
埋設型感圧センサー	SK-5500E	8	95,000	760,000
計測器用収納庫		1	50,000	50,000
変圧器		1	20,000	20,000
			計	1,350,000

土壌水分 (電磁波式土壌水分計) 1地点 (5深度) 当たり

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
電磁波式土壌水分センサー	ML-1S	8	150,000	1,200,000
電圧変換器		8	120,000	960,000
			計	2,160,000

地下水頭 (岩盤) 1地点 (3深度) 当たり

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
水圧式水位計	W-431-00	3	580,000	1,740,000
専用ケーブル	C381-00110	150	1,200	180,000
吊りワイヤー	C388-80045	150	200	30,000
避雷器付接続箱	W-999-Z11	3	70,000	210,000
			計	2,160,000

表-10.6(4) 構成要素ごとの単価表(B)

(横河ウェザックの製品を中心としたシステム(通信・記録部))

観測局 (テレメーター通信・記録部)

観測局 1局当たり

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
メモリーカードロガー	M-812-10-22	1	356,600	356,600
メモリーICカード	M-863-20	1	99,000	99,000
屋外用収納架体	M-371	1	840,000	840,000
データ回収用パソコン		1	400,000	400,000
回収プログラム		1	2,000,000	2,000,000
無停電電源装置		1	800,000	800,000
モデム		1	80,000	80,000
			計	4,575,600

監視局 (テレメーター通信・記録部)

※概算額

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
ワークステーション		2	500,000	1,000,000
通信回収プログラム		2	10,000,000	20,000,000
モデム		2	200,000	400,000
プリンター		2	500,000	1,000,000
ICカードリーダー	CM3F-1-N3H	1	210,000	210,000
RS232Cケーブル		1	20,000	20,000
ICカード読み取りプログラム		1	70,000	70,000
			計	22,700,000

表-10.6(5) 構成要素ごとの単価表(B)

(横河ウェザックの製品を中心としたシステム(記録部))

観測局 (ICカード記録部)

観測局 1局当たり

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
メモリーカードロガー	M-812-10-22	1	356,600	356,600
メモリーICカード	M-863-20	1	99,000	99,000
屋外用収納架体	M-371	1	840,000	840,000
無停電電源装置		1	800,000	800,000
			計	2,095,600

監視局 (ICカードからのデータ回収)

※概算額

機器名称	規格	数量	単価 (円)	金額 (円)
ワークステーション		1	500,000	500,000
プリンター		1	500,000	500,000
ICカードリーダー	CM3F-1-N3H	1	210,000	210,000
RS232Cケーブル		1	20,000	20,000
ICカード読み取りプログラム		1	70,000	70,000
			計	1,300,000

10.2 機器設置および付帯試験に伴う費用

表層水理観測システムの機器設置に伴う費用として、観測機器や転送・収録システムの設置工事費用、地下水頭観測のためのピエゾメーター孔やテンシオメーター埋設孔のボーリング費用、付帯して行われる現場あるいは室内試験の費用等が必要となる。

表層水理観測システムの設置に伴う設置工事費、ボーリング費、付帯試験費の概算表を、表-10.7に示す。これらの費用については、観測機器を設置する流域の地形・地質条件、アクセス条件等により大きく異なってくるため、ここで示した値はあくまでも標準的な値である。なお、ボーリング費については、仮設搬入が測線ごとに行われると仮定して仮設搬入費（1回当たり500万円）の数量を設定している。

付帯試験費は、地下水頭について単孔式透水試験費を、テンシオメーターについて土壌物性試験費（粒度試験、透水試験、pF試験）をそれぞれ計上している。

標準的な機器設置に伴う概略の費用として、設置工事費、ボーリング費、付帯試験費を合わせて約14億円の費用が必要となる。流域タイプごとの内訳としては、大流域が1流域当たり約1400万円、モデル小流域が1流域当たり約2億6700万円、小流域が1流域当たり約1億9600万円である。

表-10.7 表層水理観測システムの設置に伴う設置工事費、ボーリング費、付帯試験費の概算表

(単位：万円)

		設置工事費			ボーリング費			付帯試験費			流域計	流域数	合計
		単価	数量	金額	単価	数量	金額	単価	数量	金額			
大流域	降水量	50	2	100							1,400	6	8,400
	河川流量	1,200	1	1,200									
	転送システム	100	1	100									
	小計			1,400			0		0				
モデル 小流域	降水量	50	2	100							26,736	2	53,472
	気象(蒸発散)	200	2	400									
	気象ター(降水量・蒸発散)	200	1	200									
	地下水頭	100	13	1,300	500	3	1,500	30	13	390			
					10	1,300	13,000						
	地下水頭(岩盤)	100	2	200	500	1	500						
					10	300	3,000						
	テンソメーター	200	14	2,800				8	112	896			
	電磁波式土壌水分計	70	10	700									
	河川流量	1,200	1	1,200									
	転送システム	550	1	550									
小計			7,450			18,000			1,286				
小流域	降水量	50	2	100							19,570	4	78,280
	気象(蒸発散)	200	2	400									
	地下水頭	100	4	400	500	1	500	30	4	120			
					10	1,300	13,000						
	地下水頭(岩盤)	100	2	200	500	1	500						
					10	300	3,000						
	河川流量	1,200	1	1,200									
	転送システム	150	1	150									
小計			2,450			17,000			120				

計	140,152
---	---------

※付帯試験費は、地下水頭が単孔式透水試験費、テンソメーターが土壌物性試験費(粒度、透水、pF)である。

10.3 機器の定期点検・調整に伴うメンテナンス費用

表層水理観測システムを設置した後の連続観測においては、観測システムの性能を維持するための出力較正等の定期点検・調整作業が必要である。そこで、機器の定期点検・調整作業に伴うメンテナンス費用を試算した。なお、テンシオメーターの水補給や地下水頭観測用水位計のセンサー移動、河川流量計内の堆積土砂の除去等の短期的なメンテナンスについては次の(4)の観測業務に含むものとし、ここでは長期的なメンテナンスのみを考えることとした。観測システムの定期点検・調整作業については、年1回程度行うことが望まれる。

表層水理観測システム設置後の機器の定期点検・調整作業に伴うメンテナンス費用を、表-10.8に示す。機器の点検に要する日数は表-10.8中に示すように予想し、年1回機器の定期点検・調整を行うこととした。この場合の定期点検・調整作業に伴うメンテナンス費用は約1050万円である。なお、このメンテナンス費用には観測機器が故障した場合の修理費等の不定期な費用を計上していないため、その分の費用は別途見積もる必要がある。従って、表層水理観測システムを設置した後の観測システムの定期点検・調整作業の費用として年間約1050万円を確保する必要があり、修理費分も含めると年間1300万円程度を確保しておくことが望まれる。

表-10.8 機器の定期点検・調整作業に伴うメンテナンス費用の概算

定期点検・調整作業メンテナンス費用概算

	数量	単位	単価(円)	金額(円)	摘要
技術派遣費	128	人日	48,000	6,144,000	2人1組
宿泊費	126	泊	10,000	1,260,000	
車両費	64	台日	10,000	640,000	
諸経費				2,413,200	30%
計				10,457,200	

予想点検日数内訳

観測項目	ヶ所当たり日数	ヶ所数	日数
気象(降水量)	0.10	12	1.20
気象(降水量+蒸発散)	2.00	12	24.00
気象切-(降水量・蒸発散)	2.00	2	4.00
河川流量	0.25	12	3.00
土壌水分(テンソメーター)	0.33	28	9.24
土壌水分(電磁波式)	0.25	20	5.00
地下水頭	0.33	44	14.52
地下水頭(岩盤)	0.25	12	3.00
計			63.96

10.4 連続観測の実施に伴う費用

表層水理観測を連続して行う場合、(3)で示した機器の定期点検・調整作業に伴うメンテナンスの他に、短期的なメンテナンス作業を含む観測業務を行うことになる。

短期的なメンテナンスとして必要となるのは、次のような作業である。

- ・雨雪量計の受水口の落ち葉取り
- ・蒸発計への水補給
- ・河川流量計内の堆積土砂、落ち葉等の除去、水位確認
- ・地下水頭観測用の水位計のセンサー移動、水位確認
- ・テンシオメーター内への脱気水（あるいは不凍液）の補給

観測業務における現地調査費には、観測データを収録した IC カードの回収やこれらの短期的メンテナンス作業が含まれる。観測業務においては、この他に IC カード内データの回収、データファイル作成、データ修正等のデータ処理作業が必要となる。

以下では、観測業務に伴う費用を現地調査費、IC カード内データ回収費、データファイル作成費、データ修正費に分けて概算し、その合計として全体の観測業務費用を概算した。

(1) 現地調査費

現地調査費の概算表を表-10.9 に示す。現地調査では、脱気水補給の必要なテンシオメーターによる土壌水分観測のみ 2 日に 1 回のメンテナンスを予定し、他の観測項目は週 1 回のメンテナンスを予定した。

観測業務における現地調査費用は、年間約 5700 万円となる。流域タイプごとの内訳は、大流域が 1 流域当たり約 94 万円、モデル小流域が 1 流域当たり約 2120 万円、小流域が 1 流域当たり約 230 万円である。

(2) データ処理費

① IC カード内データ回収費

本業務で設計した表層水理観測システムでは、IC カード内に収録したデータを IC カードごとに処理する必要がある。

IC カード内データ回収費については、各流域タイプごとのデータロガーの台数を勘案し、各 IC カードに収録された観測データをパソコンで処理し、IC カード 1 枚単位の生データファイルを作成するまでの作業を対象とし、それに要する費用を概算した。

IC カード内データ回収費の概算表を表-10.10 に示す。

観測業務における IC カード内データ回収費は、年間約 250 万円となる。内訳としては、大流域が 1 流域当たり約 4.7 万円、モデル小流域が 1 流域当たり約 94 万円、小流域が約 9.4 万円である。

②データファイル作成費

本業務で設計した表層水理観測システムでは、転送・ICカード収録システムを採用するため、転送データが正常である限りは自動的にデータファイルが作成されることになる。

ここでは、転送方式をとらずにICカード収録のみのシステムを採用した場合との観測業務費の差額を把握するために、データファイル作成費を概算した。

データファイル作成費の概算表を表-10.11に示す。

観測業務におけるデータファイル作成費は、年間約250万円となる。内訳としては、大流域が1流域当たり約4.7万円、モデル小流域が1流域当たり約94万円、小流域が約9.4万円である。

③データ修正費

表層水理観測では、上記(1)のメンテナンス作業等に伴うデータの欠測処理やデータの修正作業が必要となる。特に、テンシオメーターによる土壌水分観測では、脱気水の補給時に水タンク内の圧力が一端解放されるため、元の圧力状態に戻るまでの期間の観測データを修正する作業が水補給した回数分だけ必要となる。他には、河川流量計の堰内に堆積した土砂の除去作業に伴う欠測処理等のデータ修正が考えられる。

データ修正費の概算表を表-10.12に示す。

観測業務におけるデータ修正費は、年間約840万円となる。内訳としては、大流域が1流域分当たりで約9.4万円、モデル小流域が1流域分当たりで約370万円、小流域が1流域分当たりで約9.4万円である。

(3)観測業務費用の総額

上記(1)～(2)で求めた費用をもとに全体としての観測業務費用を算定した。

観測業務費用全体の概算表を表-10.13に示す。本業務で設計したデータ転送・ICカード収録システムの場合、観測業務費は年間約6830万円となる。また、ICカード収録のみのシステムとした場合の観測業務費は年間約7080万であり、データ転送・ICカード収録システムの採用により観測業務費が年間約250万円削減されることがわかる。

表-10.9 観測業務における現地調査費の概算

(1)全流域についての観測業務における現地調査費

流域タイプ	流域数	単価 (円)	金額 (円)
大流域	6	937,164	5,622,984
モデル小流域	2	21,176,320	42,352,640
小流域	4	2,342,912	9,371,648
合計			57,347,272

(2)流域タイプごとの単価表

大流域

	数量	単位	単価 (円)	金額 (円)	摘要
技師C	10.4	人日	30,400	316,160	0.2人×52日
車両費	10.4	台日	10,000	104,000	0.2台×52日
諸経費				378,144	人件費×90%
技術経費				138,860	(人件費+諸経費)×20%
小計				937,164	

モデル小流域

	数量	単位	単価 (円)	金額 (円)	摘要
技師C	235.0	人日	30,400	7,144,000	1人×(52日+183日)
車両費	235.0	台日	10,000	2,350,000	1台×(52日+183日)
諸経費				8,544,600	人件費×90%
技術経費				3,137,720	(人件費+諸経費)×20%
小計				21,176,320	

小流域

	数量	単位	単価 (円)	金額 (円)	摘要
技師C	26.0	人日	30,400	790,400	0.5人×52日
車両費	26.0	台日	10,000	260,000	0.5台×52日
諸経費				945,360	人件費×90%
技術経費				347,152	(人件費+諸経費)×20%
小計				2,342,912	

表-10.10 観測業務におけるICカード内データ回収費の概算

(1)全流域についての観測業務におけるICカード内データ回収費

流域タイプ	流域数	単価 (円)	金額 (円)
大流域	6	46,785	280,710
モデル小流域	2	935,712	1,871,424
小流域	4	93,571	374,284
合計			2,526,418

(2)流域タイプごとの単価表

大流域

	数量	単位	単価 (円)	金額 (円)	摘要
技師C	0.6	人日	30,400	18,240	0.05人×12ヶ月
諸経費				16,416	90%
技術経費				12,129	20%
小計				46,785	

モデル小流域

	数量	単位	単価 (円)	金額 (円)	摘要
技師C	12.0	人日	30,400	364,800	1人×12ヶ月
諸経費				328,320	90%
技術経費				242,592	20%
小計				935,712	

小流域

	数量	単位	単価 (円)	金額 (円)	摘要
技師C	1.2	人日	30,400	36,480	0.2人×12ヶ月
諸経費				32,832	90%
技術経費				24,259	20%
小計				93,571	

表-10.11 観測業務におけるデータファイル作成費の概算

(1)全流域についての観測業務におけるデータファイル作成費

流域タイプ	流域数	単価 (円)	金額 (円)
大流域	6	46,785	280,710
モデル小流域	2	935,712	1,871,424
小流域	4	93,571	374,284
合計			2,526,418

(2)流域タイプごとの単価表

大流域

	数量	単位	単価 (円)	金額 (円)	摘要
技師C	0.6	人日	30,400	18,240	0.05人×12ヶ月
諸経費				16,416	90%
技術経費				12,129	20%
小計				46,785	

モデル小流域

	数量	単位	単価 (円)	金額 (円)	摘要
技師C	12.0	人日	30,400	364,800	1人×12ヶ月
諸経費				328,320	90%
技術経費				242,592	20%
小計				935,712	

小流域

	数量	単位	単価 (円)	金額 (円)	摘要
技師C	1.2	人日	30,400	36,480	0.2人×12ヶ月
諸経費				32,832	90%
技術経費				24,259	20%
小計				93,571	

表-10.12 観測業務におけるデータ修正費の概算

(1)全流域についての観測業務におけるデータの修正費

流域タイプ	流域数	単価 (円)	金額 (円)
大流域	6	93,571	561,426
モデル小流域	2	3,742,848	7,485,696
小流域	4	93,571	374,284
合計			8,421,406

(2)流域タイプごとの単価表

大流域

	数量	単位	単価 (円)	金額 (円)	摘要
技師C	1.2	人日	30,400	36,480	0.1人×12ヶ月
諸経費				32,832	90%
技術経費				24,259	20%
小計				93,571	

モデル小流域

	数量	単位	単価 (円)	金額 (円)	摘要
技師C	48.0	人日	30,400	1,459,200	4人×12ヶ月
諸経費				1,313,280	90%
技術経費				970,368	20%
小計				3,742,848	

小流域

	数量	単位	単価 (円)	金額 (円)	摘要
技師C	1.2	人日	30,400	36,480	0.1人×12ヶ月
諸経費				32,832	90%
技術経費				24,259	20%
小計				93,571	

表-10.13 観測業務費用全体の概算

(1) 転送・I Cカード収録システムの場合

調査項目	費用 (円)
現地調査費	57,347,272
ICカード内データ回収費	2,526,418
データの修正費	8,421,406
合計	68,295,096

(2) I Cカード収録システムの場合

調査項目	費用 (円)
現地調査費	57,347,272
ICカード内データ回収費	2,526,418
データファイル作成費	2,526,418
データの修正費	8,421,406
合計	70,821,514

11. まとめ

本業務では、表層水理観測の目的を涵養量の時間空間分布の把握と位置づけ、そのためのフルスペックのシステム構成の検討と流域の選定を行った。

本調査の成果をまとめると以下ようになる。

- (1)表層水理に関する国内外の研究例の調査および東濃鉾山周辺の既存観測システムの検討を行い、表層水理観測の課題を抽出した。
- (2)既往の研究例や従来 of 観測結果に基づき、表層水理観測により降水量・蒸発散量・流出量・地下水貯留量を得るために、気象・流量・地下水頭・土壌水分の各観測項目からなるシステムの基本形を設計した。
- (3)観測目的によって、大流域（ある程度の広がりをもった領域での平均的な水収支の把握を目的とする）、モデル小流域（涵養メカニズムの把握を目的とした詳細な観測を行う）、その他の小流域（特定の地形・地質条件の流域での涵養特性を把握することを目的とする）の3つの流域タイプを設定した。
- (4)これら3タイプの具体的な流域として、正馬様洞を中心とした範囲から、それぞれ6流域、2流域、4流域を選定した。
- (5)使用する機器の異なる2つの観測システムを考え、それらの計測部・記録部・データ転送部の構成を設計した。また、システムの費用を見積った。

記号表

ΔD	: 貯留変化量 (mm)
E	: 蒸発量 (mm)
ET	: 蒸発散量 (mm)
G	: 地下深部への涵養量 (mm)
H	: 水理水頭 (cmH ₂ O)
h	: 位置水頭 (cmH ₂ O)
P	: 降水量 (mm)
Q	: 河川流出量 (lあるいはmm)
q	: フラックス (mm)
ΔS	: 地下水貯留変化量 (mm)
T	: 気温 (°C)
ΔW	: 土壌水分貯留変化量 (mm)
θ	: 体積含水率
ψ	: 圧力水頭 (cmH ₂ O)

参考文献

第3章

- 1) 鈴木雅一, 福嶋義宏, 窪田順平, 竜王山試験流域の水文観測報告: 京都大学農学部演習林報告, 59, 165~175 (1987)
- 2) 窪田順平, 福嶋義宏, 鈴木雅一, 山地小流域源頭部の表層土における流出特性と土壤水分変動について —滋賀県東南部の風化花崗岩山地における観測例—: 京都大学農学部演習林報告, 55, 162~181 (1983)
- 3) 窪田順平, 鈴木雅一, 福嶋義宏, 風化花崗岩山地源流域の地下水, 土壤水分変動の実態: 京都大学農学部演習林報告, 59, 147~164 (1987)
- 4) 金 載水, 窪田順平, 鈴木雅一, 福嶋義宏, 桐生試験地の緩斜面における土壤水分と地下水の変動: 京都大学農学部演習林報告, 174~189 (1988)
- 5) 池淵周一, 丹下 勲, 熱収支法による林地蒸発散量の推定とその流域蒸発散量推定モデルへの活用: 波丘地研究, 東京農工大学農学部波丘地利用実験施設, 11~39 (1988)
- 6) 安原正也, 高山茂美, 森林斜面からの地下水流出 —極めて透水性の悪い土壤からなる斜面における観測例—: 波丘地研究, 東京農工大学農学部波丘地利用実験施設, 97~112 (1988)
- 7) 田中 正, 安原正也, 酒井 均, 丘陵地源流域における流出現象と地中水の挙動: 京都大学防災研究所年報, 25, B-2, 181~193 (1982)
- 8) 太田岳史, 高橋壮輔, 山腹斜面における表層土壤水分の変動と流出特性: 岩手大学農学部演習林報告, 17, 1~15 (1986)
- 9) 辻村真貴, 厚い土層からなる急峻な森林斜面における土壤水の挙動について: ハイドロロジー, 23, 3~18 (1993)
- 10) 石井信敬, 兒玉裕二, 石井吉之, 小林大二, 水文・気象システムの概要と研究計画: 低温科学 物理編, 51, 189~196 (1992)
- 11) 飯田 修, 山地流域の流出観測結果について: 名古屋大学農学部演習林報告, 10, 59~64 (1990)
- 12) 田中宏平, 四ヶ所男美, 瀬口昌洋, 山地小流域の土壤水分と流出特性: 京都大学防災研究所年報, 25, B-2, 195~205 (1982)
- 13) 岡 太郎, 自然丘陵地における土壤水流動 —観測とその解析—: 京都大学防災研究所年報, 26, B-2, 213~224 (1983)
- 14) 寺島智巳, 森 綾子, 石井治男, 花崗岩山地の二小流域における深部地下水浸透量の比較研究: ハイドロロジー, 23, 105~118 (1993)
- 15) K. Nishio, Y. Shuin, Rain characteristics in Higashiyama watershed area: Bull. Tokyo Univ. For., 89, 155~161 (1993)
- 16) 中島 誠, 小汐真由美, 安野雅満, 藤本 威, 斉藤久次, プロピレングリコール溶液の

テンシオメーター法への適用性について —寒冷条件下での土壤水分観測のための実験的研究—：地下水学会誌，37，297～308（1995）

第5章

- 17) 中野勝志，中島 誠，柳澤孝一，表層部における水収支の調査研究：動燃技報，78，46～51（1991）
- 18) 小林公一，中野勝志，小出 馨，表層水理観測システムによる水収支の算定 —岐阜県東濃鉾山におけるケーススタディー：動燃技報，97，145～150（1996）
- 19) 中島 誠，斉藤 章，柳澤孝一，渡辺邦夫，岩盤浸透流解析における涵養量の算定について：第23回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，土木学会，252～256（1991）
- 20) 柳澤孝一，今井 久，尾方伸久，大澤英昭，渡辺邦夫，立坑掘削に伴う地下水流動影響調査研究 —東濃ウラン鉾山試験立坑を例として—：応用地質，33，276～293（1992）
- 21) 柳澤孝一，深層を含む広域地下水流動：島崎英彦，新藤静夫，吉田鎮男編「放射性廃棄物と地質科学 —地層処分の現状と課題」，69～103（1995）
- 22) 小林公一，小出 馨，東濃鉾山周辺地域における表層水理調査：PNC Technical Report，印刷中，（ ）
- 23) 柳澤孝一，若松尚則，今井 久，中島 誠，安野雅満，山地丘陵性斜面表層部における土壤水分フラックス分布の変化：日本地下水学会1993年春季講演会講演要旨，106～111.
- 24) H. L. Penman, Natural evaporation from open water, bare soil and grass : Proc. Roy. Soc., A. 193, 120～145 (1948)
- 25) H. L. Penman, Vegetation and Hydrology : Tech. Common., 53, Commonwealth Bureau of Soils, Harpenden, England, 124p. (1963)
- 26) 中川慎治，蒸発散：気象研究ノート，167，31～45（1989）

第7章

- 27) H. L. Penman, Natural evaporation from open water, bare soil and grass : Proc. Roy. Soc., A. 193, 120～145 (1948)
- 28) H. L. Penman, Vegetation and Hydrology : Tech. Common., 53, Commonwealth Bureau of Soils, Harpenden, England, 124p. (1963)
- 29) C.W. Thornthwaite, An approach toward a rational classification of climate : Geogr. Rev., 38, 55～94 (1948)
- 30) R.O. Slatyer, I.C. McIlroy, Practical micrometeorology : CSIRO, Melbourne, Australia, 310p. (1961)
- 31) C.H.B. Priestley, R.J. Taylor, On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters : Monthly Weath. Rev., 100, 81～92 (1972)

- 32)W.Brutsaert, H.Stricker, An advection-aridity approach to estimate actual evapotranspiration : Water Resour. Res., 15, 443~450 (1979)
- 33)F.I.Morton, Operational estimates of areal evapotranspiration and their significance to the science and practice of hydrology : J. Hydrol., 66, 1~76 (1983)
- 34)朱 超群, 鳥谷 均, 古藤田一雄, 吉野正敏, 正味放射量の季節変化とその推定 : 農業気象, 43, 45~51 (1987)
- 35)小林公一, 中野勝志, 小出 馨, 表層水理観測システムによる水収支の算定 一岐阜県東濃鉾山におけるケーススタディー : 動燃技報, 97, 145~150 (1996)
- 36)池淵周一, 丹下 勲, 熱収支法による林地蒸発散量の推定とその流域蒸発散量推定モデルへの活用 : 波丘地研究, 東京農工大学農学部波丘地利用実験施設, 11~39 (1988)
- 37)朝倉 正, 関口理郎, 新田 尚, 「新版 気象ハンドブック」 : 朝倉書店, 773p. (1995)
- 38)井上光弘, 埋設型土壌感圧水分センサー : 日本砂丘学会誌, 41, 74~79 (1994)

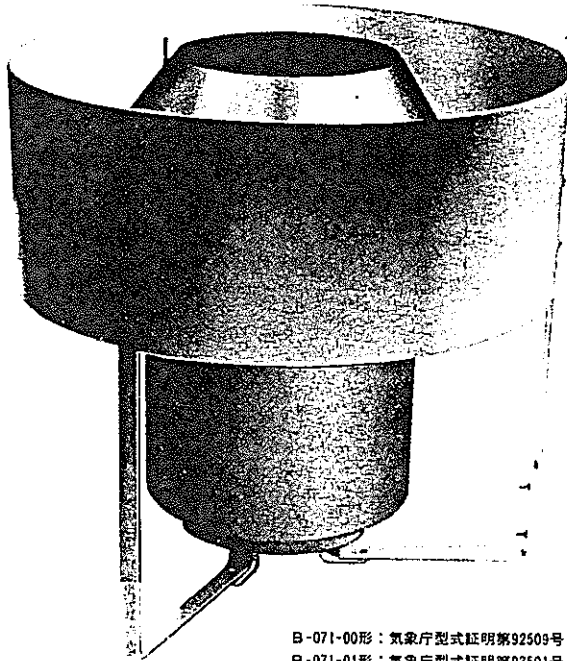
第9章

- 39)井上光弘, 埋設型土壌感圧水分センサー : 日本砂丘学会誌, 41, 74~79 (1994)

資 料 編

General Specifications

B-071 いっ水式雨雪量計



B-071-00形：気象庁型式証明第92503号
B-071-01形：気象庁型式証明第93501号

<仕様>

方式：いっすい式転倒ます方式
 一転倒雨量：0.5mmまたは1mm
 精度：20mm以下の雨量のとき；±0.5mm以内
 100mm/h以下の連続した雨量のとき；±3%以内
 受水口径：φ200mm
 出力：メーク接点信号(接点時間約0.1sec以上)
 接点容量；DC50V, 0.3A(抵抗負荷)
 電源：AC100V±10%, 約350VA
 使用オイル：蒸発防止用オイル
 1年に2～3交換
 温度調整：サーモスタット 9±2℃
 温度ヒューズ：75℃, 15A
 塗色または表面処理：

本体；マンセル5GY6/1相当
 口金；クロームメッキ
 風圧除け；白色アルマイト
 同保持金具；亜鉛メッキ

外形寸法：約φ500×500mm(風圧除けを含む)
 重量：約13.3kg
 附属品：風圧除け…1式, オイル, 不凍液

<形名・コード>

B-071-□□	いっ水式雨雪量計
-0	出力接点数 1接点
-1	" 2接点
0	1転倒雨量 0.5mm/パルス
1	" 1.0mm/パルス

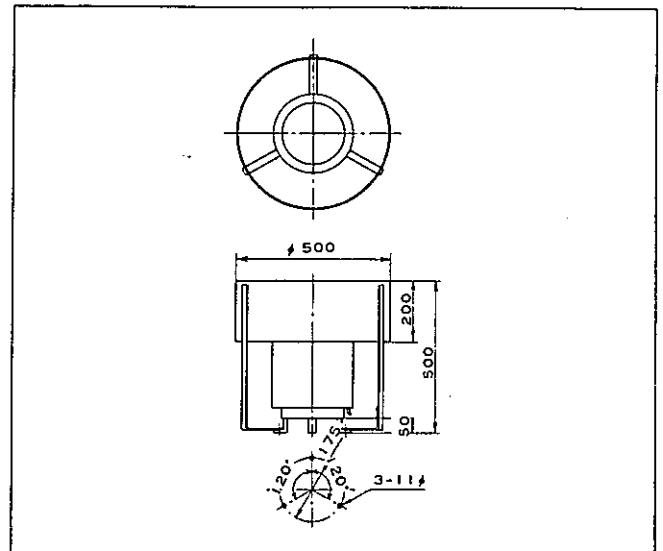
B-071形いっ水式雨雪量計は、転倒ます型の構造を主体としておりますが、従来の方法と異なり受水部にはほぼ10℃に保持したオイルを満し、降雪を溶かして水にし、いっ水孔よりいっ水させます。いっ水した水量を転倒ますで計量して0.5mm, または1mm毎に接点信号を出力します。横風の影響がある場合は風圧除けを取り付けて、雪の捕捉率をたかめることができます。

<特長>

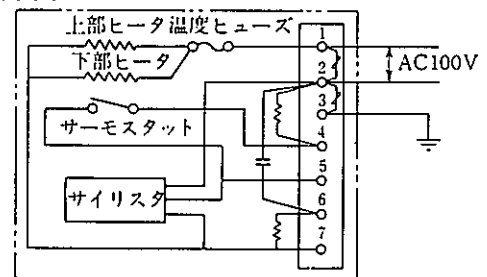
- 蒸発や風の影響を防ぐ工夫をした捕捉率の高い雨雪量計です。
- 雨量と雪量の観測ができます。
- 隔測用センサとしていろいろなシステムアップができます。

<外形寸法図>

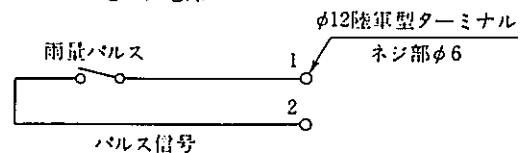
(単位：mm)



<端子図>

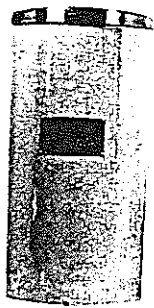


ヒータ電源

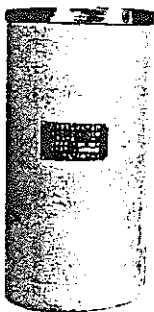


General Specifications

B-011・012 雨量計感部



B-01□-00
B-01□-01



(ヒータ付)
B-01□-10
B-01□-11
B-01□-20
B-01□-21

B-011-00形： 気象庁型式証明第93502号
B-011-01形： 気象庁型式証明第93503号

〈仕様〉

検出方式：転倒ます式

受水口径：200mm

一転倒雨量：0.5mm(15.7cc)または1mm(31.4cc)

測定精度：20mm以下の雨量のとき；±0.5mm以内

100mm/h以下の連続した雨量のとき；±3%以内

出力信号：無電圧マーク接点信号

B-011：1接点 B-012：2接点

接点時間…0.1秒以上

接点容量…DC50V, 0.3A(抵抗負荷)

電源：ヒータ付の場合にはヒータ電源と接地が必要です。

上部ヒータ…AC100V, 300VA

下部ヒータ…AC100V, 50VA

絶縁抵抗：DC500V, 10MΩ以上

絶縁耐圧：AC1000V, 1分間

ヒータ温度設定：サーモスタット (20±1℃)

温度ヒューズ：75℃, 15A

塗色または表面処理：

本体：マンセル5GY6/1相当

口金：金ニス

外形寸法：約φ210×450(H)mm

重量：ヒータなし…約3.5kg

上部ヒータ付…約4.7kg

上・下部ヒータ付…約5kg

B-011・012形雨量計感部は、転倒ます型の隔測用雨量計感部です。

受水口に入る0.5mmまたは1mmの雨量毎に転倒ますが転倒し、その転倒動作をリードスイッチで検出して、接点パルス信号を出力します。寒冷地用として、凍結を防止して降水量計数ができるようにヒータを組み込んだ製品もあります。

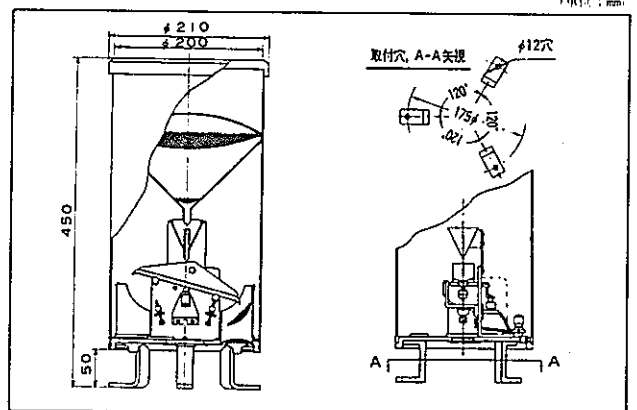
〈特長〉

- 隔測用雨量計感部の標準品として実績があります。
- 各種測定器・記録器と組み合わせて使用できます。
- 寒冷地用としてヒータを組み込んだ製品もあります。

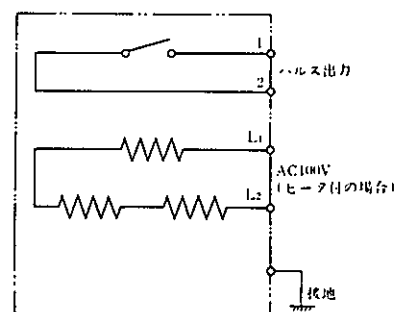
〈形名・コード〉

B-011-□□	雨量計感部
B-012-□□	雨量計感部 (2接点出力)
-0	ヒータ なし
-1	" 上部ヒータ付
-2	" 上・下部ヒータ付
0	1 転倒雨量 0.5mm/パルス
1	" 1.0mm/パルス

〈外形寸法図〉

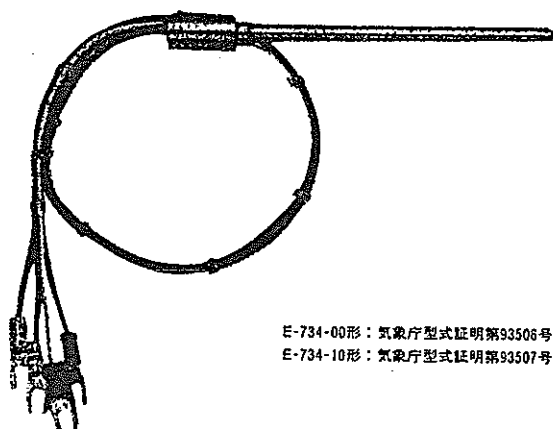


〈端子図〉



General Specifications

E-734 温度計感部



E-734-00形：気象庁型式証明第93506号
E-734-10形：気象庁型式証明第93507号

<仕様>

検出方式：白金測温抵抗体
測定範囲：-50～+50℃
精度：JIS A級， $\pm(0.15+0.002t)^\circ\text{C}$
時定数：約68秒（空气中）
抵抗体：JIS Pt100 Ω （0℃の時）4線式
またはJIS JPt100 Ω （0℃の時）4線式（要指定）
保護管材質：SUS304
規定電流：2mA
外形寸法：本体；約 $\phi 13 \times 122$ （L）mm
温度測定部；約 $\phi 6$ mm
ケーブル長さ；約400mm
重量：約0.03kg（ケーブル含む）

④ Pt100 $\Omega/0^\circ\text{C}$ とJPt100 $\Omega/0^\circ\text{C}$ について

1. Pt100 $\Omega/0^\circ\text{C}$ ：1989年1月にJISとして定められ、国際規格(IEC)に整合した抵抗値特性を示します。
2. JPt100 $\Omega/0^\circ\text{C}$ ：上記以前にPt100 $\Omega/0^\circ\text{C}$ と称したJIS規格で、新たにJPt100 $\Omega/0^\circ\text{C}$ と名称変更された規格です。
3. 変換器は、それぞれの測温抵抗体の規格に適合したものをご利用ください。

<抵抗値表>

温度(℃)	-50	-40	-30	-20	-10	0	+10	+20	+30	+40	+50
抵抗値(Ω)											
-00(Pt100 Ω)	80.31	84.27	88.22	92.16	96.09	100.00	103.90	107.79	111.67	115.54	119.40
-10(JPt100 Ω)	79.96	83.99	88.01	92.02	96.02	100.00	103.97	107.93	111.88	115.81	119.73

E-734形温度計感部は、白金測温抵抗体を用いて温度変化に伴う抵抗値の変化を検出する、隔測用温度計感部です。

屋外で気温を観測する場合は、E-834形気温計用通風筒内に装着し鉄塔等に取り付けます。

<特長>

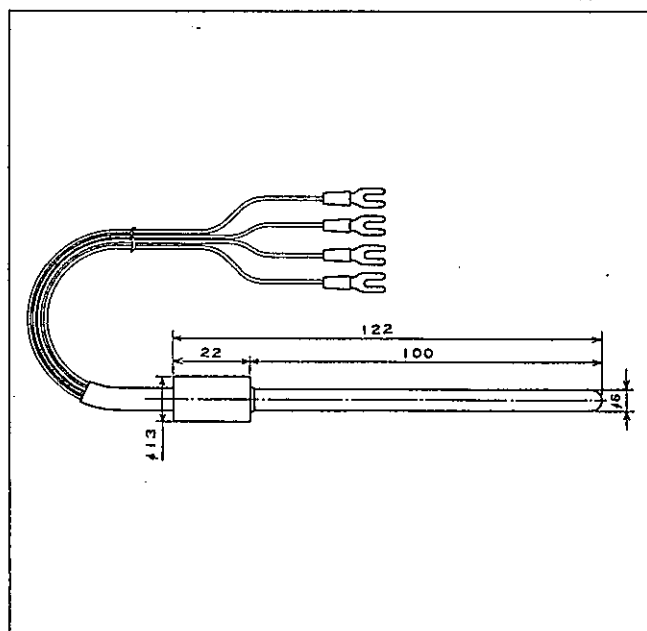
- 高精度(JIS A級)の温度計感部です。
- 保守・取り扱いが容易です。
- 防水構造で、保護管にSUSを使用した長寿命設計です。
- 検出部は白金測温抵抗体を使用しており、経年変化が少なく応答性に優れています。

<形名・コード>

E-734-□□	温度計感部
-00	測温抵抗体 JIS規格 Pt100 Ω
-10	" JPt100 Ω

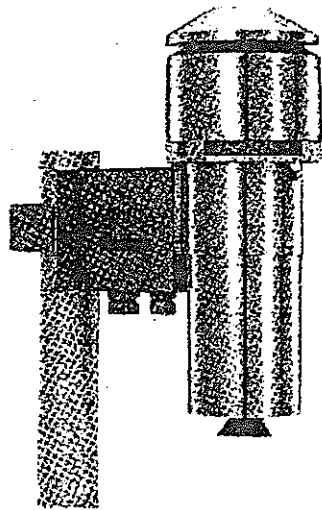
<外形寸法図>

(単位：mm)



General Specifications

E-834 気温計用通風筒



<仕様>

方式：強制通風式
 構造：内外二重円筒(外筒部へ断熱材充填)
 通風速度：約5～7 m/s
 取付感部：E-734形温度計感部(測定部φ6mm)
 通風用電源：AC100V±10%、50/60Hz、約10VA/約9VA
 またはDC12V±10%、約160mA
 材質：耐食性金属
 外形寸法：約310(W)×370(H)×140(D)mm
 重量：約6kg
 適合ケーブル径：電源ケーブル；φ8.5～10.5mm
 信号ケーブル；φ10.5～12.5mm

<形名・コード>

E-834-□□	気温計用通風筒
01	ファンモータ AC100V±10%、50/60Hz
02	" DC12V±10%

E-834形気温計用通風筒は、E-734形温度計感部で気温を測定するときはその感部を保護し、かつ観測すべき周囲の空気に感部を常に触れさせるために通風するものです。

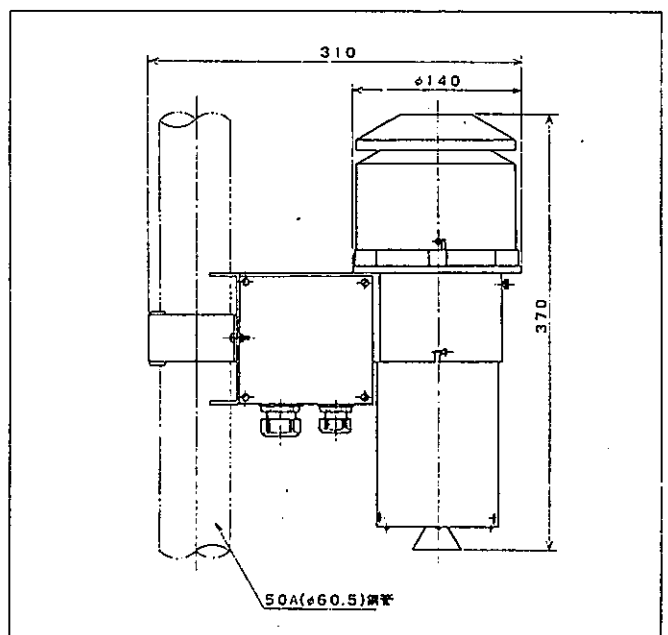
E-834形気温計用通風筒は、常に正確な気温を測定するために、天蓋を二重にして直射日光による筒内の温度上昇を防ぎ、空気吸入口にはルーバを取り付け強風時においても一定の通風がされるように、さまざまな工夫が随所に施されています。

<特長>

- アメダスに採用され、高い評価を得ています。
- ファンが取り付けられた天蓋は、簡単に着脱できると同時に脱落しないように一時的に保持する金具を設けてありますので、保守・点検が簡単に行えます。
- 吸入口には特殊なルーバを設けて強風時には通風を補助し、筒内の空気が横風によって吸い出される“減圧現象”を防いでいます。
- ネジ1本で铁塔に取り付けることができます。
- 天蓋が二重構造になっており、直射日光の熱による筒内の温度上昇を最低限に抑えています。
- 耐食性金属を使用し、常に最良な状態を維持しています。

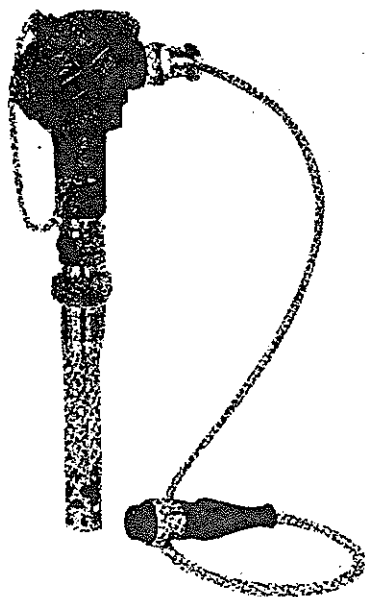
<外形寸法図>

(単位：mm)



General Specifications

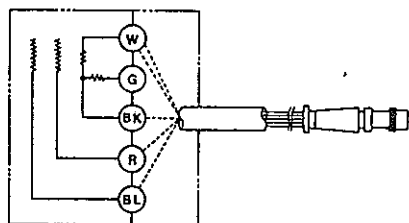
E-771 露点計発信器



〈仕様〉

方式：塩化リチウム塗布式
 測定範囲：-40～+60℃
 精度：フルスケールの±0.5%以内
 測温抵抗体：ニッケル測温抵抗体
 耐圧：1kg/cm²
 風速：0.25m/s以下
 ヒータ電源：A C 25V
 寸法：約118 (W)×350(H)×100(D)mm
 重量：約0.8kg
 付属品：塩化リチウム溶液30cc

〈端子図〉



E-771形露点計発信器は、塩化リチウムの吸湿電導性を利用した独特な露点温度計で、露点温度に対応した抵抗値を示します。

露点温度から表を用いて飽和蒸気圧を知ることができ、更に乾球の温度がわかれば相対湿度もわかります。

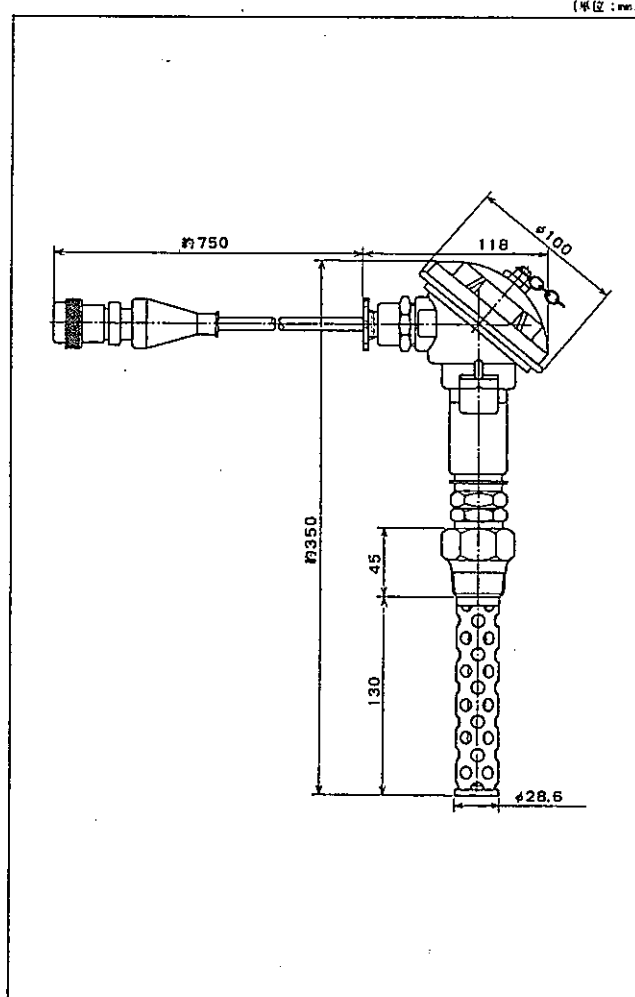
〈特長〉

- 高精度の塩化リチウム式の隔測用露点温度計発信器です。
- 優れた信頼性と安定性があります。
- 保守が容易です。
- 表を用いて乾球温度から相対湿度を知ることができます。

〈形名・コード〉

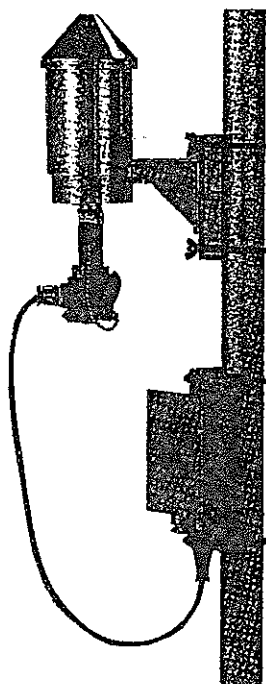
E-771-□□	露点計発信器
1	ヒータ線 金めっき線ヒータ式
2	〃 金線ヒータ式
0	検定 なし
1	〃 付き

〈外形寸法〉



General Specifications

E-851・871 露点計用通風筒（および接続箱）



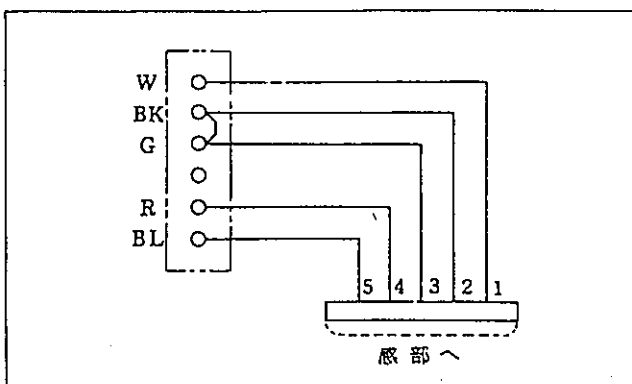
<仕様>

- 方式：感部発熱による自然対流型
 構造：二重円筒構造
 内装感部：E-771形露点計感部
 材質：耐食性金属
 外形寸法：約262(W)×331(H)×135(D)mm
 重量：約5kg

※露点計感部の取付は通風筒に装着して接続箱を介して、信号を屋内の変換器に導びきます。

※また、この接続箱には、避雷素子が組み込まれ、機器を誘導雷から防ぐ役目をします。

<端子図>



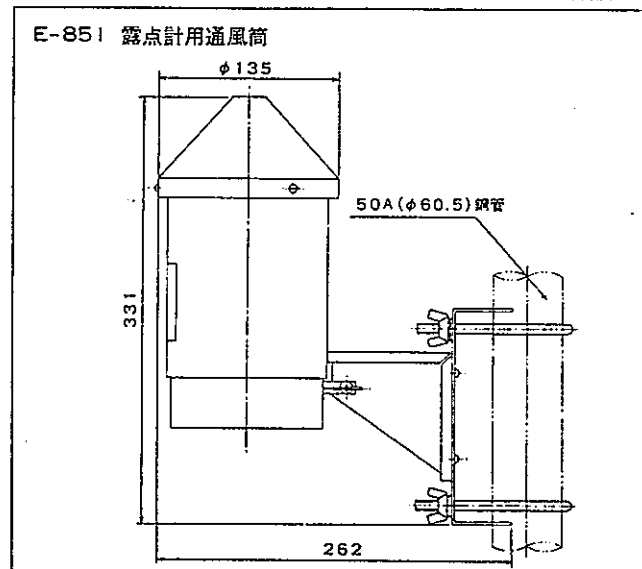
E-851形露点計用通風筒は、E-771形露点計発信器を装着して検出部への直射日光を防ぎ、正しい露点温度を測定するための通風筒です。構造は、内外二重の円筒になっており、外筒は直射日光や風雨の影響を防ぎ、内筒は感部発熱によって自然対流を助長します。

<特長>

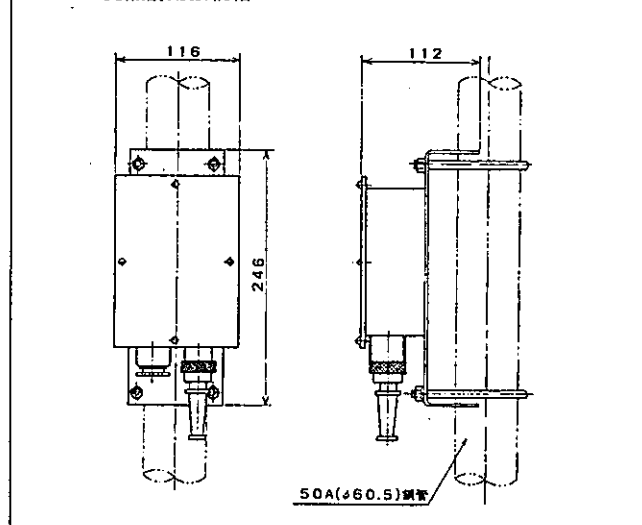
- 耐蝕性金属を使用しています。
- 二重円筒構造の自然対流式で、正しく露点温度測定の雰囲気確保します。
- 取付方法は簡単です。

<外形寸法図>

[単位：mm]



E-871 露点計用接続箱

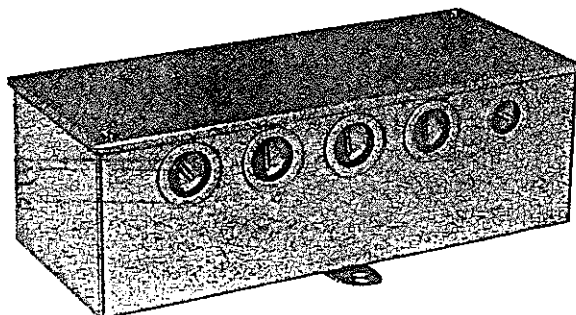


General Specifications

E-881 電源箱 (露点計用)

解 説

本器はE-773形露点検出器の加熱用電源を供給する電源箱で、1点用および6点用の2種類があります。



標準仕様

取付方式：パネル裏面取付

塗 色：ライトグレイ(マンセルGK3相当)

塗 装：メラミン樹脂塗料焼付

露点検出器接続点数：E-881-01……1点

E-881-06……6点

3線式, 2線式共用

供給電源：E-881-0□ / 100…100VAC±10%

E-881-0□ / 110…110VAC±10%

E-881-0□ / 115…115VAC±10%

E-881-0□ / 200…200VAC±10%

E-881-0□ / 220…220VAC±10%

E-881-0□ / 230…230VAC±10%

50または60Hz±2 Hz

バラストランプ：鉄道車輛用電球

(JIS C 7503 R 32V 40W)

消費電力：E-881-01形;最大約30VA(100VAC時)

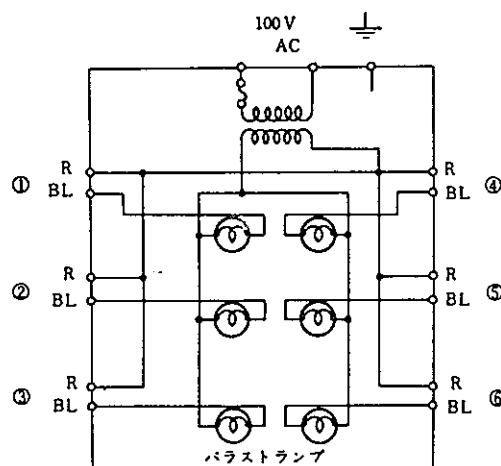
E-881-06形;最大約170VA(100VAC時)

出力電圧：25V AC (無負荷時)

重 量：E-881-01……約4.8kg

E-881-06……約10kg

回路図



形名および基本仕様コード一覧

機種	露点検出器数	形名	基本仕様コード	記 事
電源箱	1	E-881	-01	3線式, 2線式共用
	6	E-881	-06	
電源仕様コード		/□□□		□内に電源電圧を記入

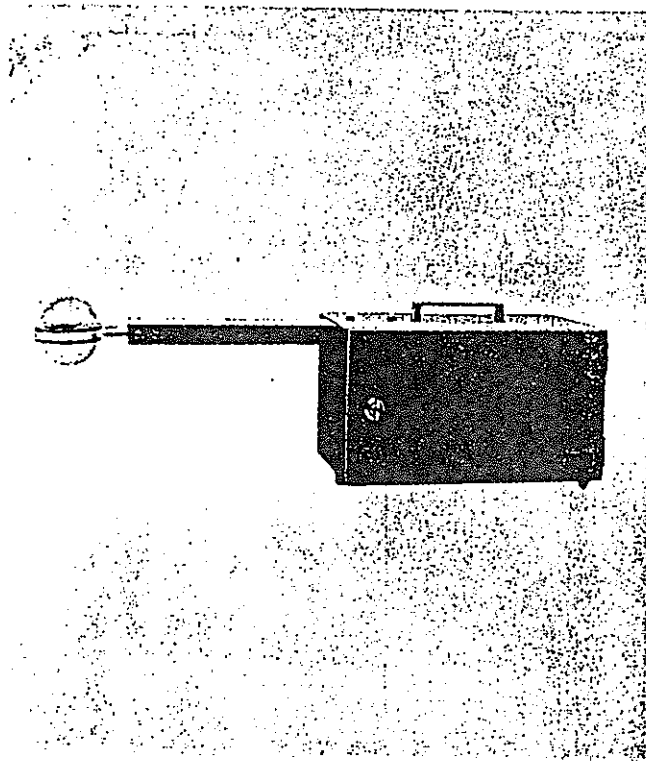
ご注文時指定事項

1. 形名およびコード

露点計用電源箱 E-881-□□/□□□

General Specifications

H-221 示差放射計



<仕様>

方 式：通風式風防型
 使用熱電対：銅-コンスタント
 測定波長範囲：波長0.3～30 μm 以上
 精 度： $\pm 5\%$
 感 度：35mV/KW $\cdot\text{m}^2$
 内部抵抗：約80 Ω
 応答速度：約12sec
 使用環境：温度-15～+40 $^{\circ}\text{C}$
 受感部塗装：パーソナルオプティカルブラック
 電 源：AC100V, 50/60Hz
 消費電力：約66W
 塗 色：マンセル N6
 外形寸法：約640 \times 220 \times 220 mm
 重 量：約7 kg

<概要>

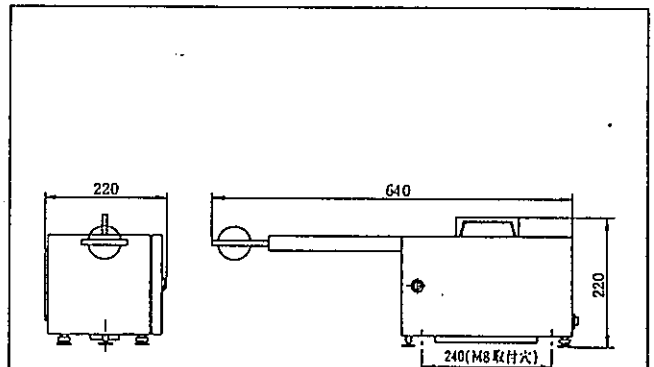
H-221示差放射計は、短波長から長波長域にわたる放射収支の測定に用いられる通風式風防型放射収支計です。

受感部は、上下2枚の受熱板の間に約250対の銅-コンスタント（熱電対）が示差的に埋込まれており、上下の放射収支量を熱起電力で検出されるようになっています。

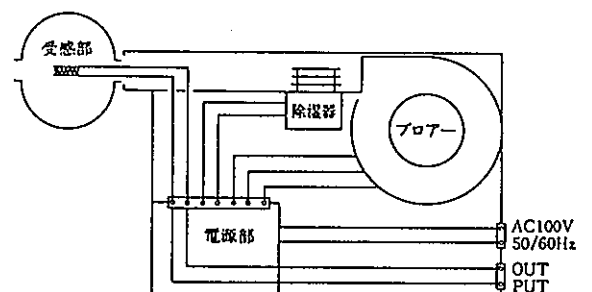
<特長>

- 上下の放射収支が直接出力されます。
- 受感部は透過特性のよいポリエチレンドームで保護され、ドーム内は常に乾燥空気が循環し安定したデータを出力します。
- 本器は気象学はもとより、農学、衛生学、工学などあらゆる分野に応用できます。

<外形寸法図>

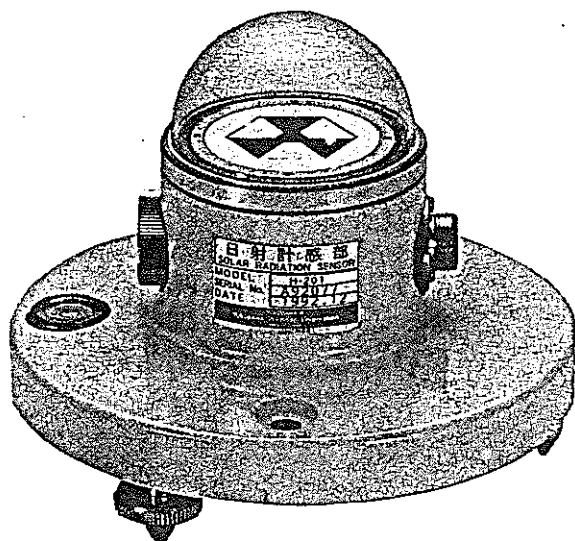


<端子図>



General Specifications

H-201 日射計感部



H-201形日射計感部は、ガラスドーム内に熱電対を封入し、日射熱によって変化する熱電対の起電力を日射エネルギーとして検出します。

受感部は39対の銅/コンスタンタン熱電堆を使用し、気密が十分ほどこされたガラスドームの中に装着されています。

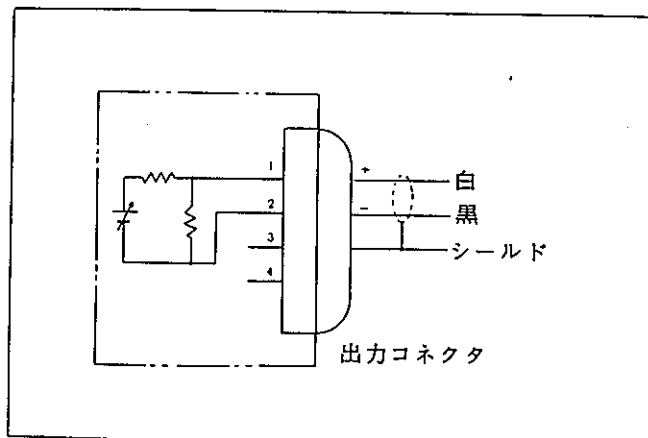
〈特長〉

- 全天日射計で指向性がありません。
- 熱電対は銅/コンスタンタンを使用し、さらに白板には耐湿性が良く、反射率のよい硫酸バリウムを、黒板にはP.O.B.が塗装されています。
- ガラスドーム内は特殊構造で気密が保持されています。

〈仕様〉

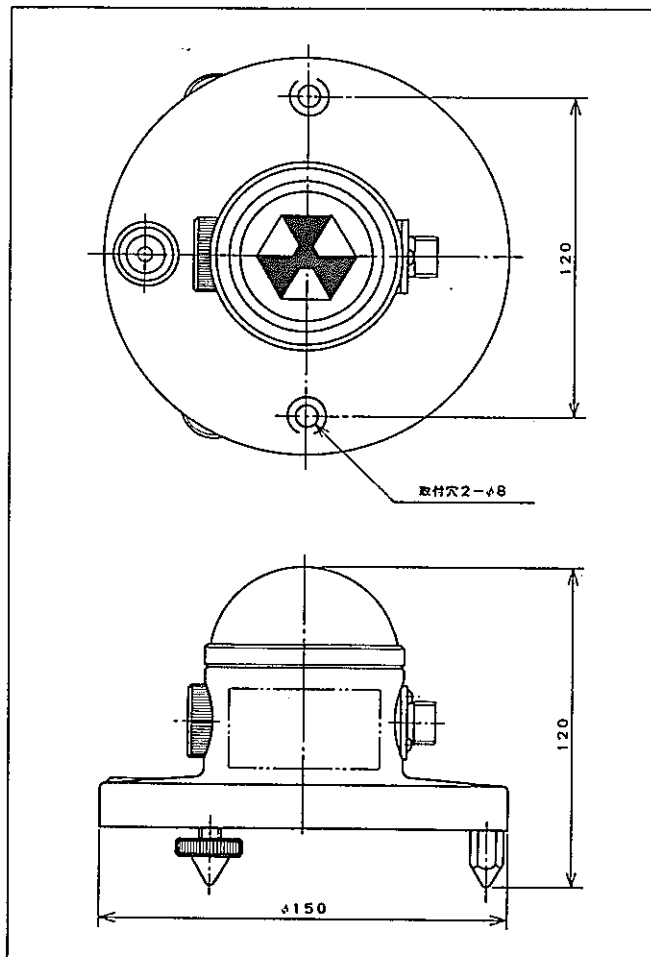
検出方式：熱電対式
 測定範囲：0～2 kw/m²
 精度：±2.5%以内
 感度：7 mV / (kw/m²)
 出力信号：0～14mV / (0～2 kw/m²)
 内部抵抗：500Ω
 応答速度：約3.8sec (63.2%)
 温度ドリフト：約0.1%/℃
 方向性：なし
 塗色：本体；白色
 外形寸法：約φ150×120(H) mm
 重量：約2.5kg

〈端子図〉



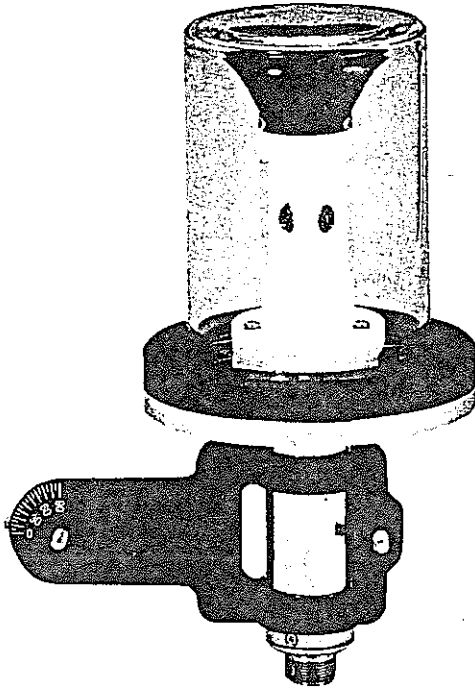
〈外形寸法図〉

(単位：mm)



General Specifications

H0621 日照計感部



〈仕様〉

検出方式：太陽電池式

出力電圧：0.12kW/m²(しきい値)の時にDC20mV

ドーム材質：脱空気泡硬質ガラス

ドーム内部：気密構造、不活性ガス封入

塗色または表面処理：

本体；クロームメッキ

ガラスドーム押え；黒色

ホルダとスタンド；黒色

寸法：約φ110×275(H)mm

重量：約1.6kg

構成部品：本体

ケーブル(コネクタ付)

付属：角度調整アーム

〈形名・コード〉

H0621-10-00	日照計感部	【検定付】
-------------	-------	-------

〈概要〉

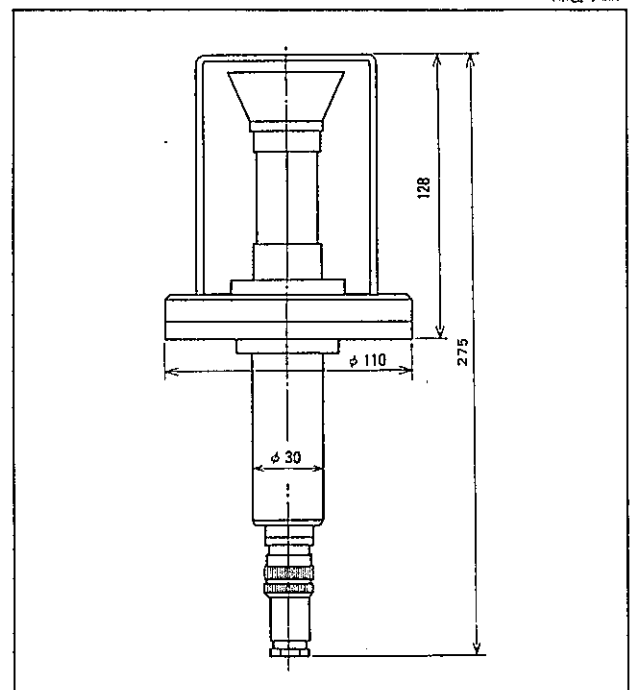
H0621形日照計感部は、太陽電池式日照計で受感部に太陽電池を使用しています。太陽電池は3こ使用し、ガラスドーム内の三角柱の二面に直達光を感知する太陽電池を取付け、頂部に散乱光を感知する太陽電池を取付けてあります。

〈特長〉

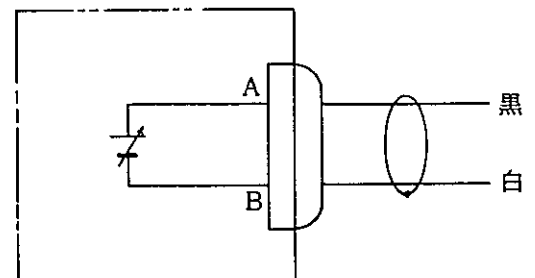
- ガラスドーム内には不活性ガスが封入されておりますので、いつまでもくもらず、耐候性にすぐれています。
- 角度調整アームが付属されておりますので、各地方の緯度に合わせて仰角取付ができます。

〈外形寸法図〉

(単位：mm)



〈端子図〉



General Specifications

A7401 風向風速計発信器

A7401形風向風速計発信器は、微風から強風まで1台で観測できる、隔測用の風車型風向風速計発信器です。

風速の検出は光電式を採用し、独自のブラシレス (SMI式) 構造により耐久性があります。また、風車やボディに樹脂成形品を採用することで、品質の安定性と小型軽量化を実現した発信器です。

<特長>

- 大気環境観測に対応した0.4m/s以下の起動です。
- 微風からの観測に加え、耐風速90m/sです。
- 風速信号はブラシレスで伝達されます。
- 大気に触れる部分は耐食性のある樹脂製です。
- 小型軽量で、取付・保守・設置部の簡素化に配慮しています。

<仕様>

検出方式：風向；A7401-10…尾翼～光電エンコーダ式

A7401-20…尾翼～シンクロ電機式

風速；風車～光電パルス式

測定範囲：風向；0～360度

風速；0.4～90m/s

精度：風向；±3度

風速；5m/s以下のとき±0.3m/s

5m/s以上のとき±5%

ブラシレス；SMI式 (方形波磁気誘導)

起動風速；0.4m/s以下

耐風速；90m/s

出力信号：風向；A7401-10…5bitグレイコード信号

A7401-20…シンクロ電機信号

風速；定電流パルス信号

電源：A7401-10…DC12(10.5～16.5)V, 約60mA (DC12V時)

A7401-20…DC12(10.5～16.5)V, 約60mA (DC12V時)

およびシンクロ電機用電源AC 26V, 約1.6VA

(関連機器により供給)

使用温度；-20～+50°C

材質；風車・ボディ；ガラス纖維入りポリカーポネート樹脂

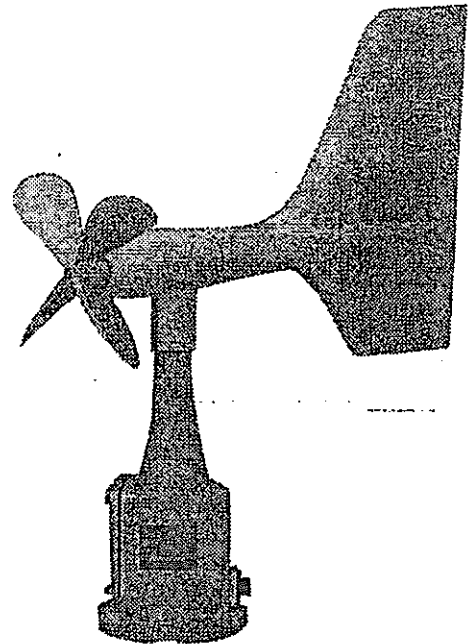
尾翼；FRP

色；マンセル 2.5Y9/2相当

外形寸法；約250(W)×660(H)×590(D)mm

取付寸法；φ125mm円周上に3-12.4×14.9mm(長穴)取付穴

重量；約3kg



<形名・コード>

A7401-□□-□□	風向風速計発信器
10	風速：光電パルス式 風向：光電エンコーダ式
20	風速：光電パルス式 風向：シンクロ電機式
00	常に00

<付属品>

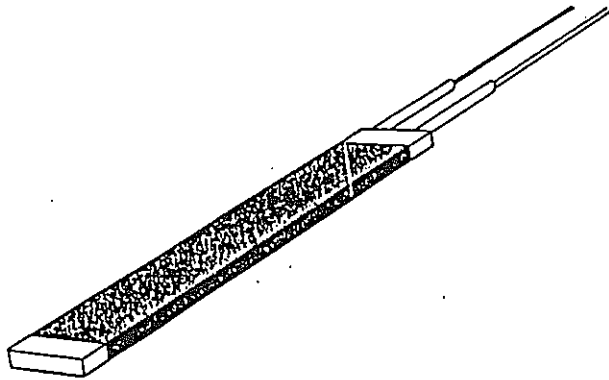
コネクタ付ケーブル；A7401-10…約20m

A7401-20…約10m

General Specifications

H-271 熱流計感部

H-271形熱流計感部は、地中などの通過熱量を温度を測定せず、直接熱量として検出するものです。



<特長>

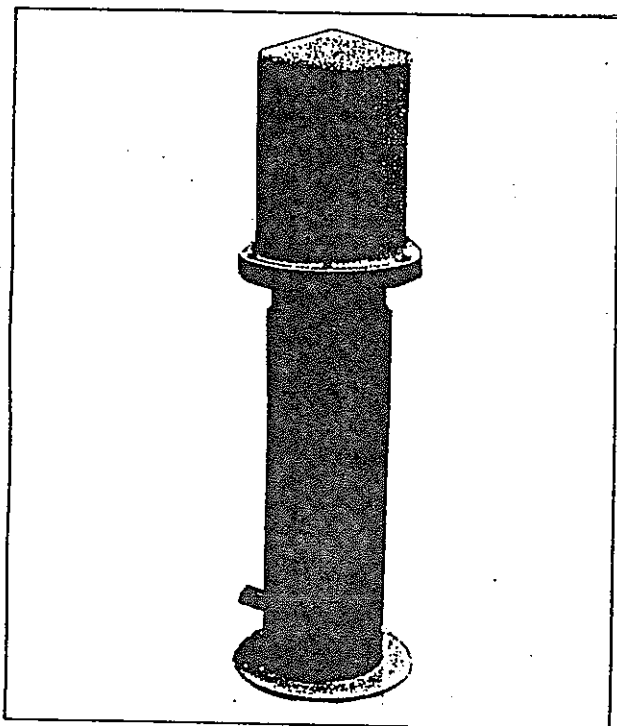
- 熱量が直接検出できます。
- 熱の移動を妨げないよう小型にされています。
- 被測定物の成分に負ないように作られています。

<仕様>

感度：約 $10\text{mV}/(\text{kW}/\text{m}^2)$
 精度： $\pm 5\%$ 以内
 応答速度：約10～15秒
 温度依存度：約 $+10\%/^{\circ}\text{C}$
 被覆材：シリコン樹脂
 使用環境： $0\sim 120^{\circ}\text{C}$
 外形寸法：約 $40(\text{W}) \times 20(\text{H}) \times 1.7(\text{D})\text{mm}$

General Specifications

W-172 フロート柱式水位計発信器



写真の本体下部の漏水筒はオプションです。

<仕様>

方 式	: フロート式 ワイヤ巻込み方式
測定範囲	: 0~200 mm, 0~500 mm, 0~1000 mm
精 度	: ±1 mm 以下
内蔵発信機	: シンクロ発信機
使用環境	: -10~+40℃ (ただし、水面が凍結しないこと)
電 源	: AC10~26V 50/60Hz
外形寸法	: φ240 x 623 mm
重 量	: 約 13 kg

<基本構成>

本 体 (信号ケーブル3m付) ...	1
フ ロ ー ト	1
カウンタウェイト	1
ワイヤ止め金具	2

<形名・コード>

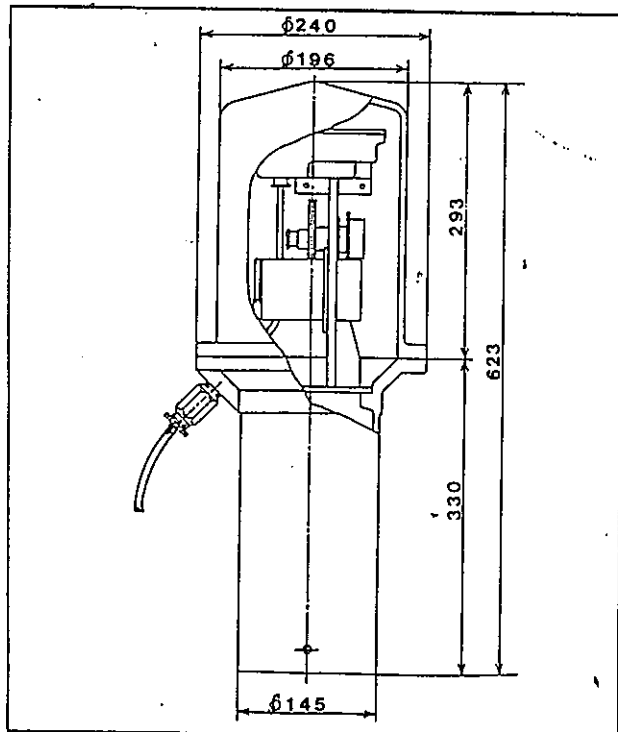
W-172-01	測定範囲: 0~200 mm
W-172-02	" : 0~500 mm
W-172-03	" : 0~1000 mm

W-172形フロート柱式水位計発信器は、ダムの漏水や、小水路の水位を正確に測定するための水位計発信器で、水位変化をフロートで検出してシンクロ発信器を駆動しその変位を出力します。発信器自体が防滴構造となっておりますので、経済性に優れています。

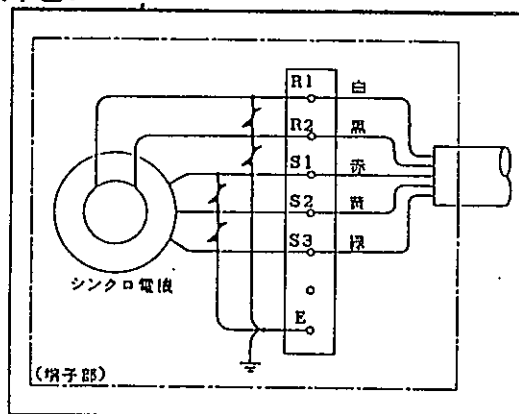
<特長>

- ◆ シンクロ電機信号ですので、隔測距離が長くても高精度で観測できます。
- ◆ 外装には耐蝕アルミ合金を使用し防滴処理が施してありますので、発信器用の小屋が不必要です。
- ◆ フロートはABS樹脂製ですので耐触性十分です。

<外形寸法図>



<端子図>



測定機構

パーシャルフリューム◎FPS型

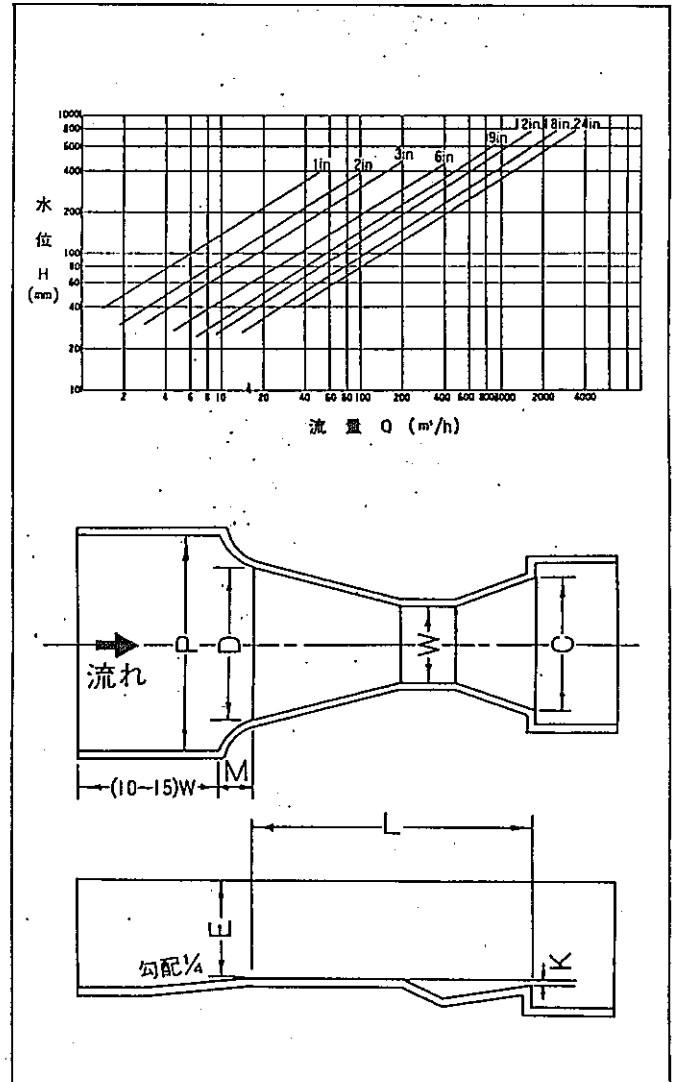
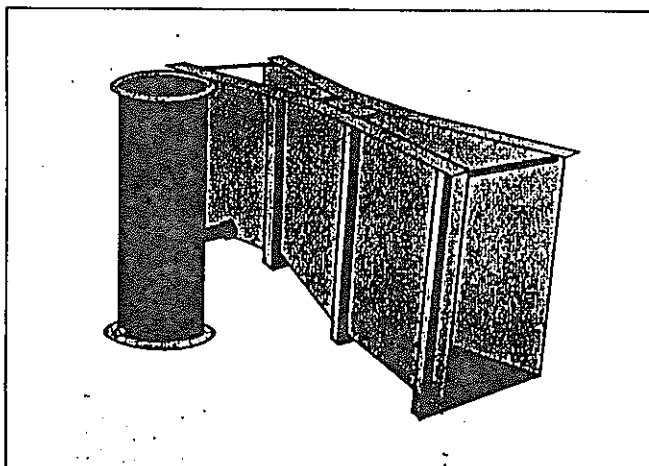
パーシャルフリュームは、水路の途中に絞り部を設け、その上流側水位を検出する事により、流量を測定する装置です。この方式は、せきに比較して圧力損失が小さく、固形物の影響が受けにくい特長があり、排水の流量測定用に適しています。

仕様

材質 鉄板(SS41相当品)
ステンレス鋼板(SUS304相当品)
FRP

型式	スロート幅 W (in)	各部寸法 (mm)							流量測定範囲	
		D	C	P	M	L	E	K	最大水位 (mm)	最大流量 (m ³ /h)
FPS-1025	1	170	76	500	150	460	440	15	388	50
// -1050	2	215	118	700	180	774	440	25	388	100
// -1075	3	259	178	770	305	914	610	25	464	194
// -1150	6	397	394	910	305	1,525	610	76	456	397
// -1225	9	575	381	1,100	305	1,626	762	76	611	907
// -1300	12	845	610	1,500	381	2,867	915	76	761	1,639
// -1480	18	1,026	762	1,700	381	2,943	915	76	770	2,544
// -1600	24	1,207	914	1,900	381	3,019	915	76	775	3,464

※ 24in 以上も製作いたします。



型式記号について

- FPS-1 [] [] [] [] [] []
- シリーズ記号
 - スロート幅による分類
 - 材質記号
F : 鉄板(SS41相当品)
S : ステンレス鋼板(SUS304相当品)
P : FRP
 - ウェルの有無
O : ウェルなし
無印 : ウェル付

General Specifications

W-431 水圧式水位計

W-431形水圧式水位計は、水深の変化による水圧の変化を電気信号に変換して水位を観測します。特別な観測井を必要とせず、河川や貯水池をはじめ深井戸での観測にも適しています。

<特長>

- 商用電源のない場所でも観測できます。
- 検出部分（感部）には機械的的可動部がありませんので、長寿命で、信頼性があります。
- 特別な観測井を必要としませんので、トータルコストが安価です。
- 小型の感部ですので、細井戸での観測も可能です。
- 大気開放パイプを内装したケーブルの使用により、観測誤差を軽減しています。
- アナログ信号出力がDC 0~1Vと、DC 0~5Vですので、各種のアナログレコーダに接続できます。

<仕様>

検出方式：半導体圧力ゲージ式
 測定範囲：0~10, 20, 50, 2, 5 m (要指定)
 精度：フルスケールの±0.1%以内
 (直線性・ヒステリシスを含む, 23°C時, 空気圧試験)
 温度特性：10°Cあたりフルスケールの±0.33%
 出力信号：DC 0~1V, およびDC 0~5V (2チャンネル出力)
 出力インピーダンス：約 100Ω
 分圧器付(W-431-1□形)の場合, 0.5V/m相当のレコーダ用出力あり

表示：LCD4桁 □□. □□m

使用ケーブル：大気開放パイプ付4心シールドケーブル(別売り)
 隔測距離：200m以内 (ただし, 専用ケーブルは100mまでで接続箱を設け, 以降延長ケーブルで100m。ケーブル部は大部分を地中埋設とする。)

使用環境：感部…-10~+30°C(ただし水面が凍結しないこと)
 変換器…-10~+50°C, 90% r.h. 以下

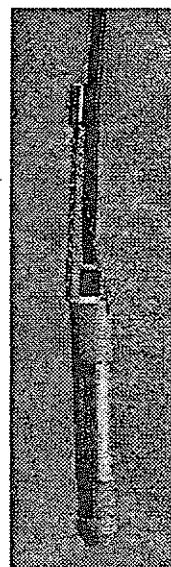
電源：DC10.8~16.7V, 約25mA (DC12V時)

色または表面処理：感部；グレイ, 樹脂素地
 変換器；黒色, 樹脂素地

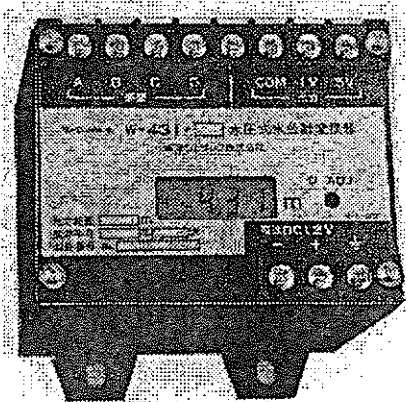
外形寸法：感部…約φ38×237(L)mm
 変換器…W-431-0□形；約115(W)×117(H)×127(D)mm
 W-431-1□形；約115(W)×122(H)×127(D)mm

重量：感部…約1kg (ケーブル, チェーン含まず)
 変換器…約0.65kg

④ 海・汽水湖・河口付近などの海水の場合は、感部がチタン(特注)仕様の製品をご使用ください。



感部



変換器 (W-431-0□形)

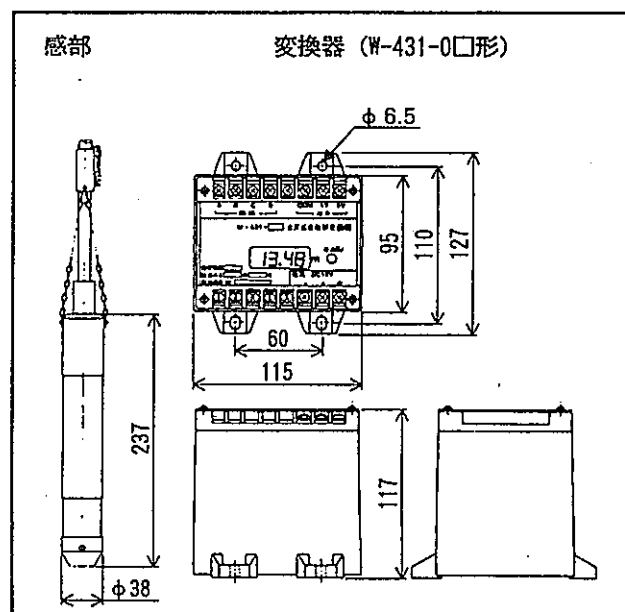
<形名・コード>

W-431-□□	水圧式水位計
00	測定範囲 0~10m
01	" 0~20m
03	" 0~50m
05	" 0~2m
06	" 0~5m
15	" 0~2m 付加機能 分圧器付き *1
16	" 0~5m 付加機能 分圧器付き *1

*1 当社製M-140シリーズアナログレコーダで記録する場合使用します

<外形寸法図>

(単位：mm)



General Specifications

M-812

メモ리카ードロガー

M-812形メモ리카ードロガーは、直流電圧や熱電対、測温抵抗体の他、接点などの信号を入力し、表示やプリントアウトすると同時に、持ち運びに便利なテレホンカード大のICメモ리카ードにデータを記憶させるICメモ리카ードロガーです。また、GP-1B、RS-232C信号などの通信機能を付加することにより外部周辺機器とオンライン化させることもできます。

<仕様>

入力信号：アナログ信号；

直流電圧… $\pm 30\text{mV}$ 、 $\pm 300\text{mV}$ 、 $\pm 3\text{V}$ 、 $\pm 30\text{V}$ 、 $1\sim 5\text{V}$

熱電対…R、S、B、K、E、J、T

測温抵抗体…JPt100 Ω 、Pt100 Ω 3(または4)線式

デジタル信号；

パルス…無電圧メーク接点または TTLレベル

接点…無電圧メーク接点

測定点数：標準；パルス1点と次の2種

①直流電圧・熱電対の時…16点

②測温抵抗体の時…8点

）混在可

増設機能；次の2種から要指定

①直流電圧・熱電対の時；16点(最大32点)

②測温抵抗体の時；8点(最大16点)

）混在可

②接点；入力8点および出力8点

メモ리카ード；

記憶容量；最大512Kバイト

書込周期；連続測定時…10秒～6時間(選択式)

間欠測定時…1分～6時間(選択式)

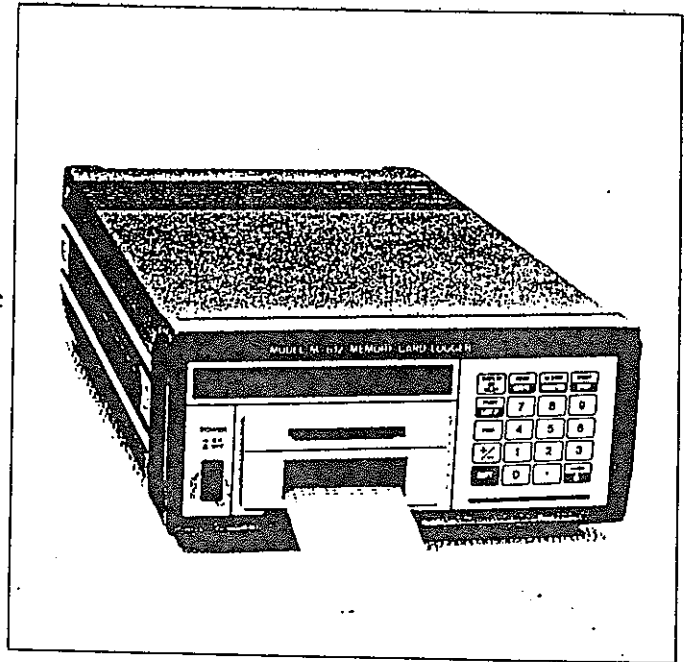
電源：アルカリ乾電池(LR14)6個、または
AC100V $\pm 10\%$ 、50/60Hz/DC10.5～16.5V 両用

外形寸法・重量：約233(W) \times 112(H) \times 414(D)mm、約6kg

② AC100Vで使用する場合、約1秒間の瞬間停電に対しては対策してあります。1秒を越える停電が予想される場合は、別に電源補償をしてください。

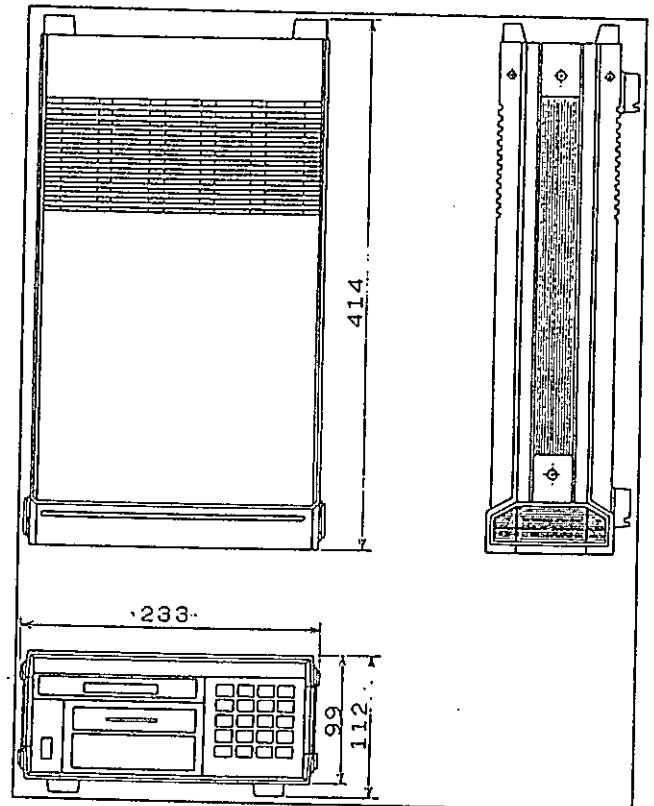
<形名・コード>

M-812-□□-□□	メモ리카ードロガー
10	直流電圧・熱電対の時…16点 } 混在可 測温抵抗体の時…8点 パルス…1点
20	直流電圧・熱電対の時…32点 } 混在可 測温抵抗体の時…16点 パルス…1点
30	直流電圧・熱電対の時…16点 } 混在可 測温抵抗体の時…8点 パルス…1点 接点入出力…各8点
1	電源方式：7個乾電池(LR14)6個
2	“：AC100V $\pm 10\%$ 、50/60Hz/ DC10.5～16.5V両用
0	通信機能：なし
1	“：GP-1B インタフェース
2	“：RS-232C インタフェース



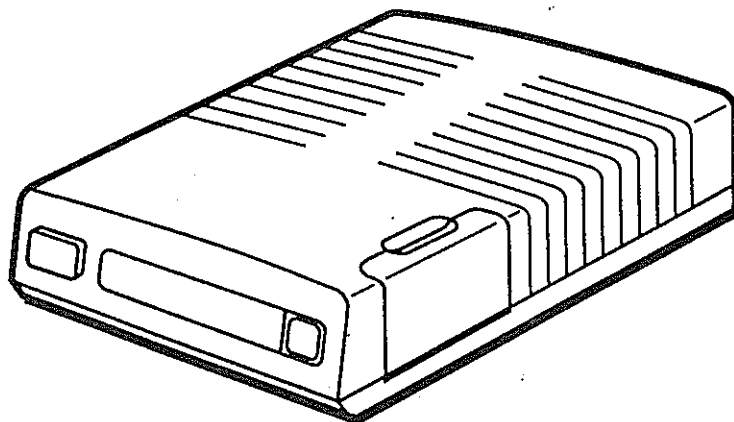
<外形寸法図>

(単位：mm)



モデム

適用回線	: 電話回線、専用回線 (2線式)
通信方式	: 全二重
同期方式	: 調歩同期式 (非同期式) / 同期式
NCU型式	: AA、MA、AM型NCU
ダイヤル形式	: ハルスタイヤル(10/20PPS)、トントイヤル
変調方式	: QAM(2400, 4800, 7200, 9600, 12000, 14400bps) PSK(1200, 2400bps) FSK(300bps)
通信規格	: ITU-T V. 21, V. 22, V. 22bis, V. 32, V. 32bis準拠 BELL 212A/103準拠
通信速度	: 2400/1200/300bps.
送信レベル	: -5.5dBm~-15.5dBm
受信レベル	: -6dBm~-43dBm以上
DTEインタフェース	: EIA-232 (RS-232C)
DTE通信速度	: 14400, 12000/9600/7200/4800/2400/1200/300bps
外形寸法	: 130(W) × 180(D) × 38(H)mm
重量	: 約550g
環境条件	: 温度5~40℃、湿度25~85%
電源	: AC100V ± 10%、50/60Hz
最大消費電力	: 約5VA
付属品	: 避雷器



General Specifications

M-371 屋外用収納架体

M-371形屋外用収納架体は、各種の観測機器を屋外に設置する場合に、風雨、塵埃などから観測機器を守るために用いる収納架体です。

<仕様>

形式：屋外据置型（自立型）

機器取付スペース：約480（幅）×H-400（高さ）mm

主要部材質：鋼板（板厚約2.3mm）

扉：前・後（キー式防水ハンドル付）

塗色：ホワイト（マンセルN9.5相当）

換気扇：AC100V±10%、50/60Hz、約13VA

内部温度25±2.5℃以上で動作

（形名・コードで要指定）

外形寸法：M-371-□0：約640(W)×1200(H)×900(D)mm

M-371-□1：約640(W)×1600(H)×900(D)mm

M-371-□2：約640(W)×1800(H)×900(D)mm

M-371-□3：約640(W)×2000(H)×900(D)mm

M-371-□4：約640(W)×2200(H)×900(D)mm

重量：M-371-□0：約160kg

M-371-□1：約200kg

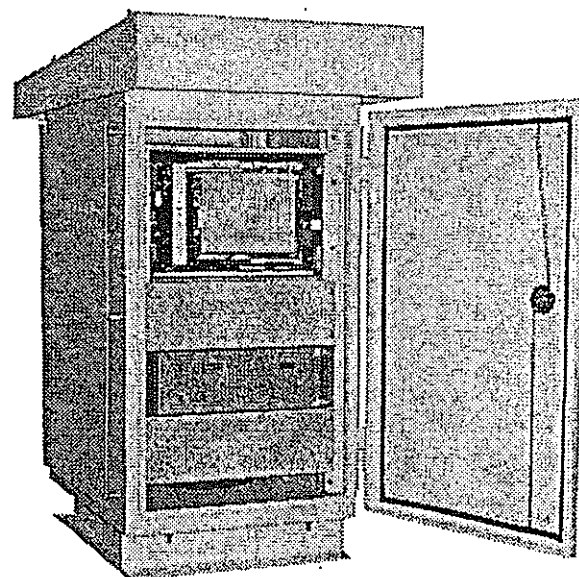
M-371-□2：約225kg

M-371-□3：約245kg

M-371-□4：約265kg

<形名・コード>

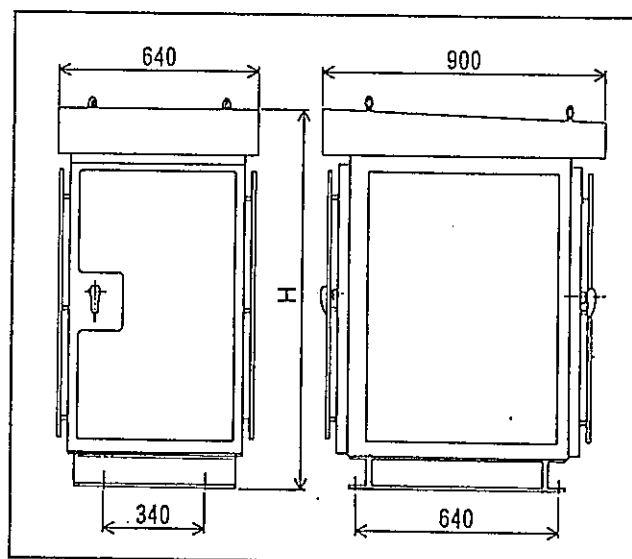
M-371-□□	屋外用収納架体
0	換気扇：なし
1	“：付き
0	H = 1200mm
1	H = 1600mm
2	H = 1800mm
3	H = 2000mm
4	H = 2200mm



写真はM-371-00形、内装品は組み込み例

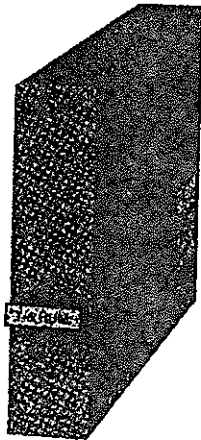
<外形寸法図>

（単位：mm）



General Specifications

M-822 温度湿度変換器



写真はカバーが付いた場合を示します。M-820形変換器ケースに内装される場合は、取り扱い便宜上カバーは除かれます。

<仕様>

項目	温度	湿度
適合発信器	E-701形温度湿度計感部	
	E-722, E-723, E-733, E-736, E-734形温度計感部 (2点)	E-771形露点計感部※
測定範囲	-50~+70℃	露点; -40~+50℃ 相対湿度; 0~100% 実効湿度; 0~100%
精度	±0.5℃	露点; ±1℃ 相対湿度; ±5% 実効湿度; ±5%
アナログ出力	DC0~5VおよびDC0~10mV 出力インピーダンス: DC0~5V...10Ω以下 DC0~10mV...100Ω以下	
アナログ出力の内容	気温 (切替式) ① -50~+50℃ ② -10~+40℃ ③ -20~+40℃ ④ -30~+70℃	露点温度; -50~+50℃ 相対湿度; 0~100% 実効湿度; 0~100%
隔測距離	500m以下 (発信器と変換器の間)	
デジタル出力	シリアル信号, 伝送距離1km以下	
使用環境	-10~+50℃, 90% r.h.以下	
電源	AC100V±10% または DC12V±10%	
消費電力	AC100V; 約3VA, DC12V; 約150mA	
電源の瞬断	保護回路内蔵, 約100ms	
絶縁抵抗	ケースと電源(AC100V)間 DC500V 100MΩ以上	
絶縁耐圧	ケースと電源(AC100V)間 AC1500V 1分間	
塗色	前面: ライトグレイッシュグリーン(マンセル2.5GY5.0/1.0相当) カバー: ベールグリーン(マンセル2.8GY6.4/0.9相当)	
外形寸法	約42(W)×182(H)×371(D)mm	
重量	約1.3kg	
付属品	取扱説明書(1)	

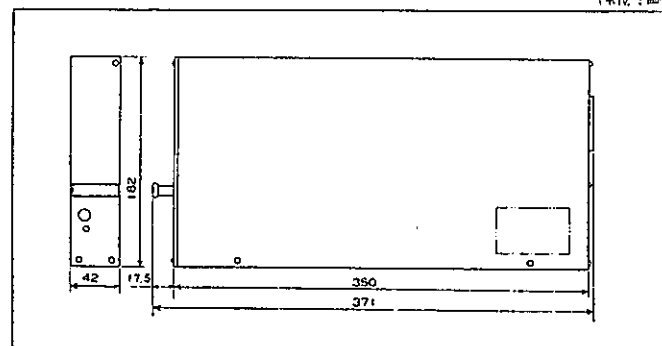
※ 別売りのE-881形露点計用電源箱を必要とします。

M-822形温度湿度変換器は、温度計感部・露点計感部と組み合わせて、温度測定の測温抵抗体の抵抗変化と露点温度測定の測温抵抗体の抵抗変化を、アナログおよびデジタル信号に変換し出力する信号変換器です。特にアナログ信号は、測定器一般に用いられ、このシリーズの変換器の統一信号になっているDC0~5Vおよび0~10mVが出力されます。またデジタル信号は、M-801形メインコントローラに直接接続できるシリアル信号になっています。

<特長>

- 1台で温度および湿度の2要素が変換でき、小型で経済性に優れた変換器です。
- 気温と露点温度の相関から内部の演算回路によって、相対湿度や実効湿度の演算も行ないます。
- 温度の測温抵抗体入力部は、4線式で行なわれますので、接続ケーブルの導線抵抗変化による誤差が少なく、正確なデータが得られます。
- 電源の瞬断対策が施してあります。
- 信号入力部および電源入力部共に過電圧除去回路が施してあります。

<外形寸法図>



<接栓番号表>

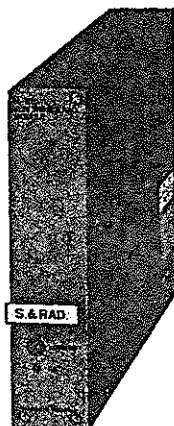
端子No	信号内容	端子No	信号内容
1	A 1	19	A 1
2	A 2	20	A 2
3	B 1	21	B 1
4	B 2	22	B 2
5	⊖	23	A 1
6	N C	24	A 2
7	N C	25	B 1
8	⊖	26	B 2
9	5 V	27	5 V
10	10mV	28	10mV
11	各0~10mV出力の共通COM	29	各0~5V出力の共通COM
12	5 V	30	5 V
13	10mV	31	10mV
14	各0~10mV出力の共通COM	32	各0~10mV出力の共通COM
15	H	33	H
16	L	34	L
17	+	35	+
18	-	36	-

<形名・コード>

M-822-□□	温度湿度変換器
-00	温度用適合測温抵抗体 JPt100Ω
-10	" Pt100Ω

General Specifications

M-825 日照日射変換器



写真はカバーが付いた場合を示します。M-820形変換器ケースに内装される場合は、取り扱い便宜上カバーは除かれます。

M-825形日照日射変換器は、日照計・日射計・蒸発計および示差放射計(または気圧計)の各感部と組み合わせて、それぞれの信号を演算した後、アナログおよびデジタル信号に変換し出力する信号変換器です。特にアナログ信号は、測定器一般に用いられ、このシリーズの変換器の統一信号のDC0~5Vおよび0~10mVが出力されます。またデジタル信号は、M-801形メインコントローラに直接接続できるシリアル信号になっています。

〈特長〉

- 1台で日照・日射・蒸発および示差放射(または気圧)の4要素が変換でき、小型で経済性に優れた変換器です。
- 日照・日射・蒸発の他は、示差放射または気圧のいずれか1点が選択できます。
- 日射は、瞬間値と積算値が同時に出力しています。
- 日照・日射・示差放射の各積算値は、メインコントローラの信号によって、リセットすることができます。

〈仕様〉

	日 照	日 射	蒸 発	示差放射 または 気 圧	
適合発信器	H0621形 日照計感部	H-201形 日射計感部	D-211形 蒸発計感部	H-221形 示差放射計感部	F-401形 気圧計発信器
入力信号	20mV/(0.12kW/m ²)	7mV/(kW/m ²)	0.5~10.5mV ポテンショメータ	7mV/(kW/m ²)	0~10mV
測定範囲	0~10h 繰返し (M-801のコマンド でリセット可)	瞬間値; 0~2kW/m ² 積算値; 0~5MJ/m ²	0~100mm	瞬間値; -0.4~+1.6kW/m ² 積算値; -1~+4MJ/m ²	930~1050hPa
精 度	フルスケールの±0.5%	フルスケールの±0.5%	フルスケールの±0.5%	フルスケールの±0.5%	フルスケールの±0.5%

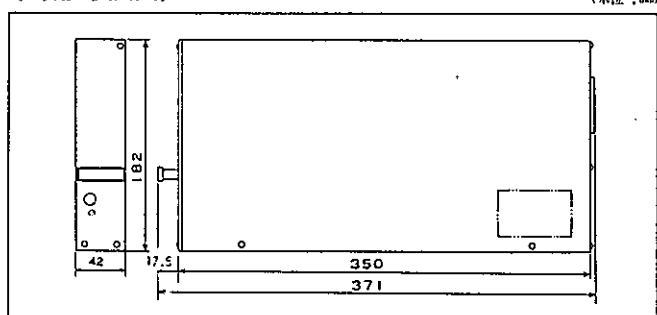
〈共通仕様〉

項 目	内 容
アナログ出力	DC0~5V および0~10mV 出力インピーダンス; DC0~5V.....1Ω以下 DC0~10mV...100Ω以下
隔測距離	100m以下(発信器~変換器間)
デジタル出力	シリアル信号, 伝送距離1km以下
使用環境	-10~+50℃, 90%r.h.以下
電 源	AC100V±10%またはDC12V±10%
消費電力	AC100V;約3VA, DC12V;約150mA
電源の瞬断	保護回路内蔵, 約100ms
絶縁抵抗	ケースと電源(AC100V)間 DC500V 100MΩ以上
絶縁耐圧	ケースと電源(AC100V)間 AC1500V 1分間
塗 色	前面; ライトグレイッシュグリーン(マンセル2.5GY5.0/1.0相当) カバー; ベルグリーン(マンセル2.8GY6.4/0.9相当)
外形寸法	約42(W)×182(H)×371(D)mm
重 量	約1.3kg
付 属 品	取扱説明書(1)

〈アナログ出力の選択モード〉

CH. No.	モード A	モード B	モード C
ch. 1	積算日照	積算日照	積算日照
ch. 2	瞬間または積算日射	瞬間または積算日射	瞬間日射
ch. 3	蒸 発	蒸 発	積算日射
ch. 4	瞬間または積算示差放射	気 圧	積算示差放射

〈外形寸法図〉



〈接栓番号表〉

端子 No.	信 号 内 容	端子 No.	信 号 内 容
1	N C	19	N C
2	I N	20	I N
3	COM	21	COM
4	N C	22	N C
5	N C	23	+8V
6	I N	24	I N
7	COM	25	COM
8	N C	26	COM
9	5V	27	5V
10	10mV	28	10mV
11	各0~10mV出力の共通COM	29	各0~5V出力の共通COM
12	5V	30	5V
13	10mV	31	10mV
14	各0~10mV出力の共通COM	32	各0~10mV出力の共通COM
15	H	33	H
16	L	34	L
17	+	35	+
18	-	36	-

General Specifications

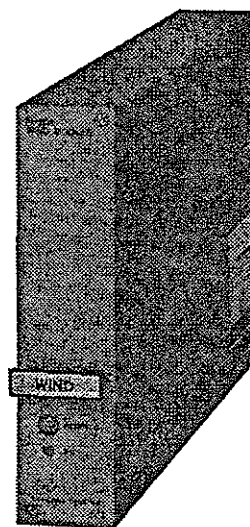
M-821

風向風速変換器

<仕様>

項目	風 向	風 速
適合発信器	-00 : A-722形風車型風向風速計発信器または A-733形微風向風速計発信器 -10 : A7401-20-00形風向風速計発信器	
入力信号	シンクロ電機信号	光電パルス信号
測定範囲	0~360度 出力は0~540度	0~10m/s 0~20m/s 0~30m/s 0~60m/s (内部スイッチで切り替え)
精度 (発信器精度を含む)	-00 : ±5度以内 -10 : ±3度以内	-00 : A-722形 : 10m/s以下の時±0.5m/s以内 10m/s以上の時±5%以内 A-733形 : 5m/s以下の時±0.3m/s以内 5m/s以上の時±5%以内 -10 : 5m/s以下の時±0.3m/s以内 5m/s以上の時±5%以内
アナログ信号出力	DC 0~5Vおよび0~10mV 出力インピーダンス : DC 0~5V ; 1Ω以下 DC 0~10mV ; 100Ω以下	
アナログ信号出力の内容	瞬時値および10分間の移動平均値	①瞬時値または5分間の最大値(切替式) ②10分間の移動平均値
隔測距離	-00 : 300m以内 (発信器と変換器間) -10 : 300m以内 (発信器と変換器間) ただし、発信器の風速部電源としてDC 15Vを供給した場合	
デジタル信号出力	シリアル信号 伝送距離 : 1km以内	
使用環境	-10~+50°C, 90% r. h. 以下	
電源	AC100V±10%, 50/60Hz, またはDC 12V±10%	
消費電力	AC100V : 約5VA, DC 12V : 約180mA	
電源の瞬断	保護回路内蔵, 約100ms	
絶縁抵抗	DC 500V, 100MΩ ケースと電源	
絶縁耐圧	AC1500V, 1分間 ケースと電源	
塗 色	前面 : ライトグレイッシュグリーン (7742.5GY5.0/1.0相当) カバー : ベルグリーン (7742.8GY6.4/0.9相当)	
外形寸法	約 42(W)×182(H)×371(D)mm	
重 量	約1.4kg	

※電源バックアップが必要なときは、M-831形電源モジュールが必要です。



写真はカバーが付いた場合を示します。M-820形変換器ケースに内装される場合は、取扱便宜上カバーは除かれます。

M-821形風向風速変換器は、風向風速計発信器と組み合わせで風向のシンクロ電機信号と風速のパルス信号を、アナログおよびデジタル信号に変換し出力する変換器です。

特にアナログ信号は、測定器一般に用いられ、このシリーズの変換器の統一信号になっているDC 0~5Vおよび0~10mVが出力されます。またデジタル信号は、M-801形メインコントローラに直接接続できるシリアル信号になっています。

<特長>

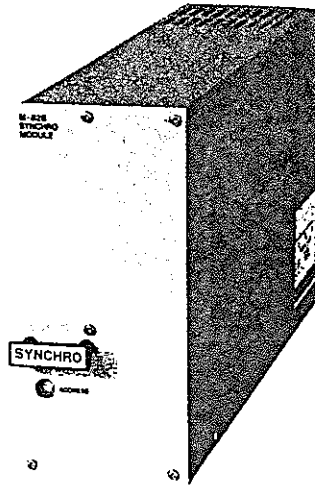
- 1台で風向および風速の2要素が変換でき、小型で経済性に優れた変換器です。
- 風向・風速共に、瞬時値の他に10分間移動平均演算値がアナログで出力され、かつ風向は0~540度で出力されますので、変化の大きな場合でも読み易いデータが得られます。
- 風速は5分間毎の最大値も得られます。
- 変換器とメインコントローラの間は、シリアル伝送方式により、1対のシールドケーブルで最大1kmまで隔測することができます。
- 電源の瞬断対策が施してあります。
- 信号入力部および電源入力共に過電圧除去回路が施してあります。

<形名・コード>

M-821-□□	風向風速変換器
00	適合発信器 : A-722, A-733
10	" : A7401

General Specifications

M-828 シンクロ入力変換器



写真はカバーが付いた場合を示します。M-828形変換器ケースに内装される場合は、取り扱い便宜上カバーは除かれます。

仕様

項目	内容
入力信号	シンクロ信号; 0~360°
シンクロ駆動用電源	AC 12V, 50~60Hz
アナログ出力	0~1000デジットに対しDC 0~5V, 0~10mV 0~100デジットに対しDC 0~5V, 0~10mV (瞬間または平均) 出力インピーダンス DC 0~5V ...1Ω以下 DC 0~10mV...100Ω以下
平均時間	20秒, 1分, 3分, 10分(切替式)
精度	フルスケールの±0.3%
隔測距離	最大 500m
零点調整範囲	-128~+127
スパン設定	200, 500, 512, 1000, 1024デジット/1回転
デジタル出力	シリアル信号, 伝送距離 1 km以下
使用環境	-10~+50℃, 90%r.h.以下
電源	AC 100V ±10%またはDC 12V ±10%※
消費電力	AC 100V; 約3VA, DC12V; 約160mA
電源の瞬断	保護回路内蔵, 約100ms
絶縁抵抗	ケースと電源(AC100V)間 DC 500V 100MΩ以上
絶縁対圧	ケースと電源(AC100V)間 AC 1500V 1分間
塗色	前面:ライトグレイッシュグリーン(マンセル2.5GY5.0/1.0相当) カバー:ペールグリーン(マンセル2.8GY6.4/0.9相当)
外形寸法	約84(W)×182(H)×371(D)mm
重量	約2 kg
付属品	取扱説明書(1)

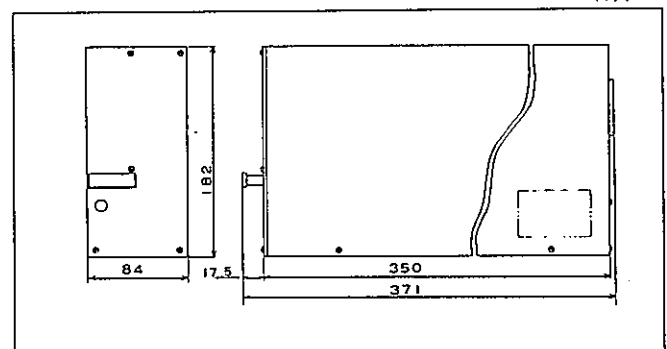
※電源バックアップが必要なときは、M-831・電源モジュールが必要です。

M-828形シンクロ入力変換器は、水位発信器などのシンクロ発信機と組み合わせて、シンクロ電機信号をアナログおよびデジタル信号に変換し出力する信号変換器です。特にアナログ信号は、測定器一般に用いられ、このシリーズの変換器の統一信号になっているDC0~5Vおよび0~10mVが出力されます。またデジタル信号は、M-801形メインコントローラに直接接続できるシリアル信号になっています。

特長

- シンクロ電機信号を高分解能で、DC電圧信号およびデジタル信号に変換します。
- 変換器とメインコントローラの間は、シリアル伝送方式により、1対のシールドケーブルで最大1 kmまで隔測することができます。
- 電源の瞬断対策が施してあります。
- 信号入力部および電源入力部共に過電圧除去回路が施してあります。

外形寸法図



接栓番号表

① CN-1 (OUTPUT)

端子No.	信号内容	端子No.	信号内容		
1	N C	19	N C		
11		29			
12	5 V	30	5 V		
13	10mV	31	10mV		
14	各DC 0~10mV出力の共通 COM		32	各DC 0~5V出力の共通 COM	
15	H	33	H	シリアル信号入出力	
16	L	34	L	シリアル信号入出力	
17	+	35	+	DC 12V入力	
18	-	36	-	DC 12V入力	

15~16と33~34、および17~18と35~36は内部で接続された同一信号です。

② CN-2 (INPUT)

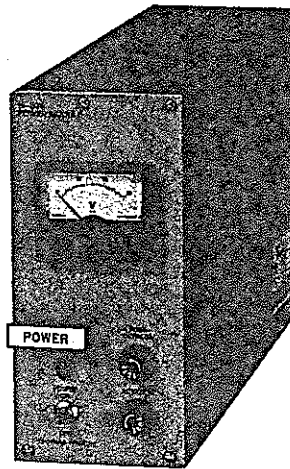
端子No.	信号内容	端子No.	信号内容
1	R 1	19	R 1
2	R 2	20	R 2
3	S 1	21	S 1
4	S 2	22	S 2
5	S 3	23	S 3

1~5と19~23は内部で接続された同一信号です。

端子No.	信号内容	端子No.	信号内容
6	N C	24	N C
18		36	

General Specifications

M-831 電源モジュール



写真はカバーが付いた場合を示します。M-820形変換器ケースに内装される場合は、取り扱い便宜上カバーは除かれます。

<仕様>

項目	内容
交流電源入力	AC100V ±10%, 50/60Hz
消費電力	約60VA 負荷条件 DC12V 2A AC12V シンクロ電機 1こ
直流電源入力	DC12V (停電時にバッテリーより入力)
交流出力	AC12V, 55Hz (シンクロ電機用)
直流出力	DC12V, 最大2A
接続バッテリー	鉛蓄電池DC12V, 20Ah
使用環境	-10~+50℃, 90%r. h. 以下
塗色	前面: ライトグレイッシュグリーン(マンセル2.5GY5.0/1.0相当) カバー: ベールグリーン(マンセル2.8GY6.4/0.9相当)
外形寸法	約84(W)×182(H)×371(D)mm
重量	約3kg
付属品	バッテリー (1) 電源ケーブル (1) ヒューズ (1A) (2) (5A) (2) 取扱説明書 (1)

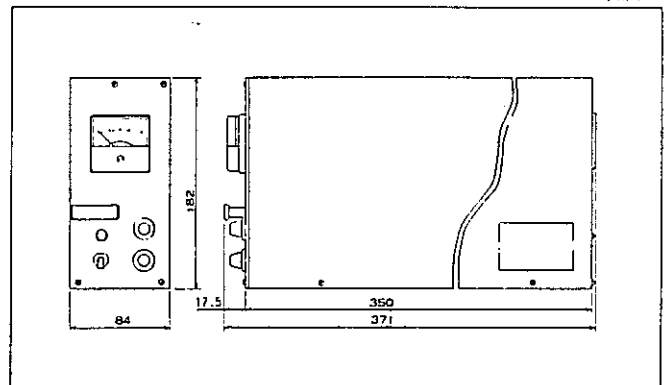
M-831形電源モジュールは、M-820形変換器ケースに実装して使用するM-820シリーズ変換器の電源バックアップのための電源モジュールです。

通常観測時には、各変換器には商用電源が供給されていますが停電時にはバッテリーからDC12Vの供給を受けて、各変換器の電源バックアップをします。

<特長>

- 各変換器は、CPUを内蔵していろいろな演算処理を行ないその結果を出力していますので、本器を用いることにより、停電時においても各変換器内のCPU機能を維持させ、データ処理を持続させることができます。
- 本器には充電回路が組み込まれ、DC12V、20Ahのバッテリーに充電し、停電時には変換器5台(約750mA)を約24時間バックアップすることができます。
- 風向観測用のシンクロ電機を駆動するAC電源を内蔵し、停電時のバックアップをします。

<外形寸法図>

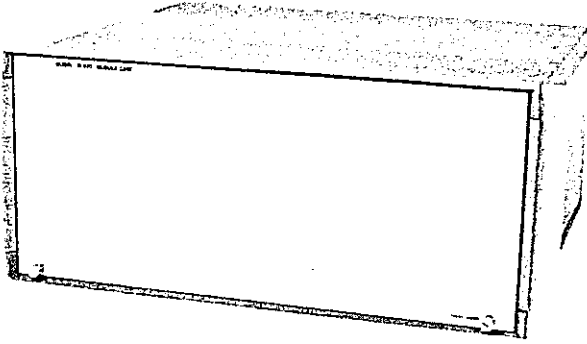


<接栓番号表>

番号No	信号内容	端子No	信号内容
1	+ バッテリー用 DC 12V	19	+ バッテリー用 DC 12V
2		20	
3		21	
4		22	
5		23	
6		24	
7		25	
8		26	
9	N C	27	N C
10		28	
11		29	
12		30	
13	L 1 シンクロ電機	31	L 1 シンクロ電機
14	L 2 AC 12V	32	L 2 AC 12V
15	N C	33	N C
16		34	
17	+ 変換器用	35	+ 変換器用
18	- DC 12V	36	- DC 12V

General Specifications

M-820 変換器ケース



M-820形変換器ケースは、M-820シリーズの変換器の保護および架装用の収納ケースで、電源モジュールの他に標準幅の変換器が最大8台収納することができます。また、M-801形メインコントローラとは1本のケーブルで信号の授受ができ、システムアップに適した変換器ケースです。

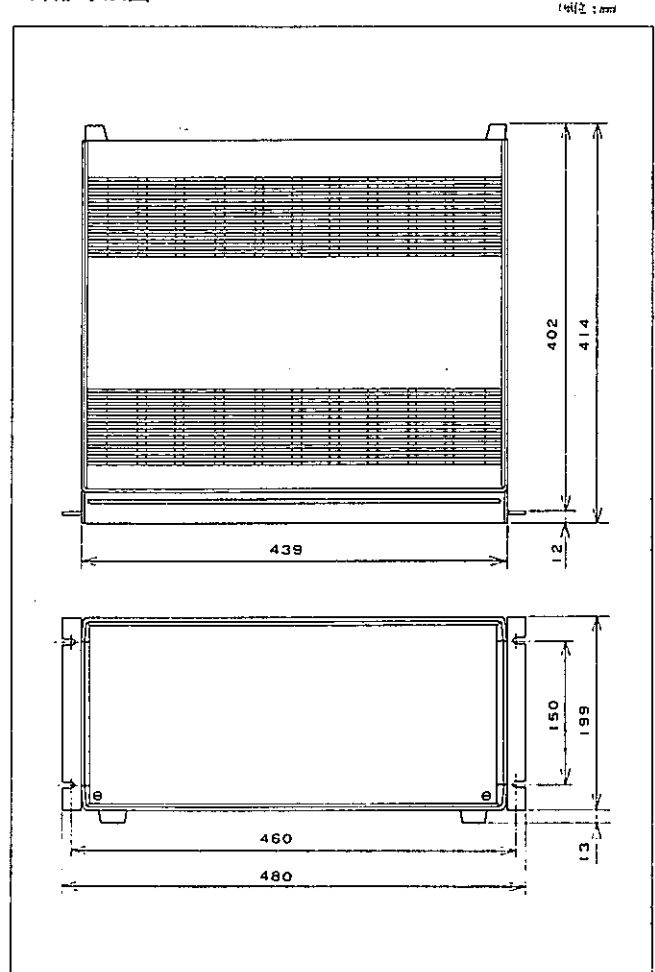
<特長>

- 標準幅の変換器が最大8台まで収納できますので、1ケースに20要素程度の変換システムを組むことができます。
- 電源、および信号の配線はケース背面パネルのコネクタ間で行われます。したがって変換器の挿入および取り外しが正面からできます。
- 表面には化粧パネルが付き、変換器パネル面のアドレススイッチ等を不用意に操作することが防止できます。
- 架装式ですが、卓上設置も可能です。

<仕様>

項目	内容
方式	架装式(卓上設置も可能)
入出力信号	デジタルシリアル信号、アナログ信号
塗色	前面;ペールグリーン (マンセル2.8GY6.4/0.9相当) 前面枠;ライトグレイッシュグリーン (マンセル2.5GY5.0/1.0相当)
外形寸法	約480(W)×199(H)×414(D)mm
重量	約10kg
付属品	電源ケーブル(1) シリアル信号ケーブル(1) 取扱説明書(1)

<外形寸法図>



計 量 雪 雨 型 倒 轉

RH-5 型

書 樣 仕

所 製 器 計 池 田 株 式 會 社

1. 概 要

本器は、転倒ます型雨雪量計で、転倒ますは雨量にして 0.5mmになると転倒して水を排出して反対側のますに貯水を始め、また 0.5mmになると転倒する動作を繰り返します。この転倒ますが転倒する毎に、水銀スイッチにより接点を閉じ、パルスを発信します。また、降雪時には、受水口で受けた降雪をヒータにより溶かし、降雪量を測定します。

2. 構 造

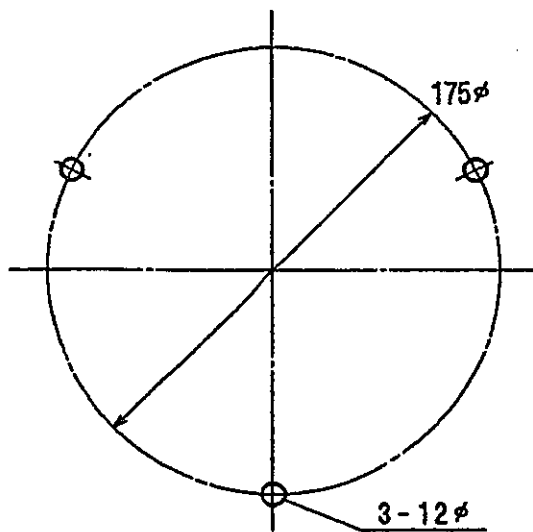
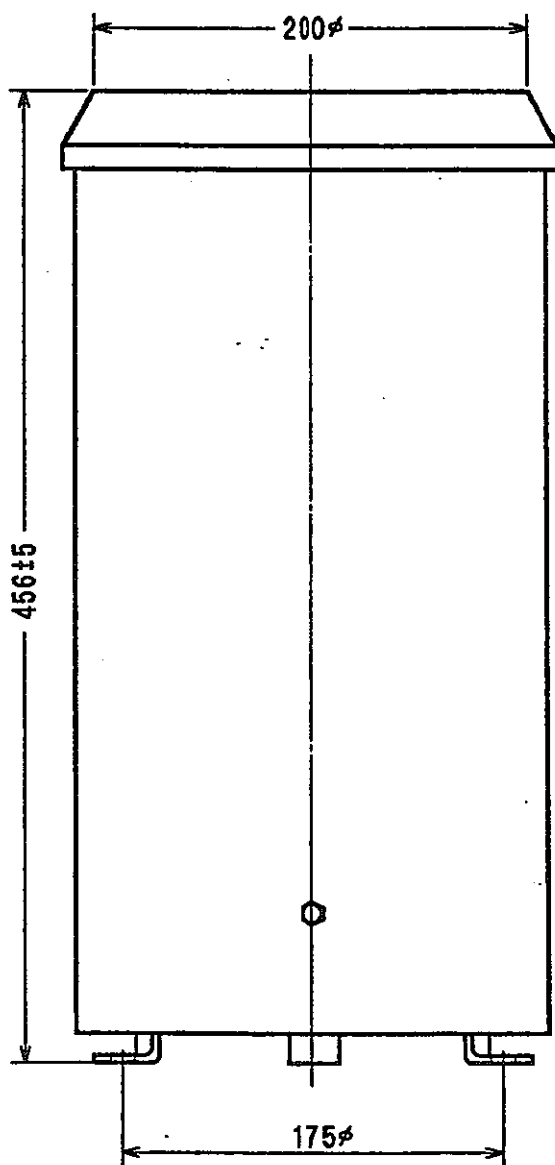
受水口より入った雨水は濾過されて転倒ますに滴下し、雨量 0.5mmで1回転倒し、1転倒毎に水銀スイッチを左右に交互に蹴ります。その時、電気回路は 0.1~0.15秒閉じ、生じたパルスは記録計等に送られます。

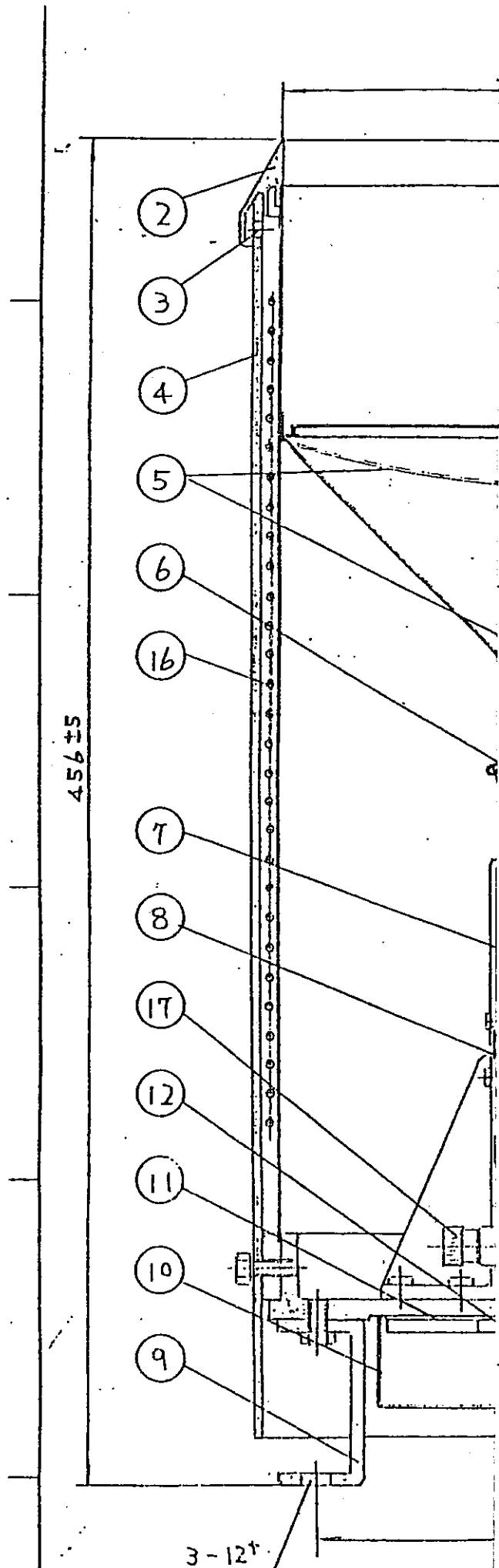
ヒータ付雨雪量計としての構造は、基板下部に 120W のバンドヒータを取付け（排水口の凍結防止と下部よりの保温）、外筒胴体に 250W の電線ヒータを巻き、さらにその外側に塩ビ管をかぶせることによって、本体内部の保温効果を高め、しかも上昇気流を極力少なくして、降雪量の補足率を向上させています。

3. 仕 様

規 格	気象庁検定付 (精度: ±3%以内)
受 水 口 径	20 cm
1 回 転 倒 量	0.5 mm
出 力	0.5 mm/W _入 (無電圧a接点)
水銀スイッチ定格	DC 24 V 1 A (max) (接点時間: 0.1~0.15秒)
絶 縁 抵 抗	100 MΩ以上 (500 V絶縁抵抗計)
軸 受 石	瑪 腦 (メノー)
材 料	口 金: 黄銅鑄物 外 筒: 黄銅板, 塩化ビニル 基 台: 耐蝕アルミ合金鑄物 内 機: 黄銅材
ヒ ー タ	AC 100 V 370 W
塗 装 色	N5色
重 量	約 9.5 kg

■ 外形寸法図





20	中筒	BSP	
19	丸水平		
18	温度ヒューズ		80°C 5A
17	9-ミナル		14T
16	電熱ケーブル		250W
15	差込コンセント		
14	センサー		設定B盤 0~40°C
13	端子板	B-7	
12	ヒ-9-押金	AC	
11	マイカヒ-9-		100V 120W
10	ヒ-9-ケース	SP	
9	脚	AC	
8	水銀スイッチ		
7	転倒ます	BSP	0.5mm
6	受水器	BSP	
5	防塵おし	BS	
4	塩ビパイプ	塩ビ	
3	換気孔		
2	口輪	BSC	
1	基台	グイカス	

図番 名 称 材 質 備 考

版	年月日	製 名	製 廠 製 項
	63.7	9カ	蓄積エ

年月日	1	設 計 者 図 承 認	株式会社 池田計器製作所
63.7	2	中村 勇野 神林	

名 称	RH-5型 E-9-付雨雪量計	図 番	STH-0.5-a
-----	--------------------	-----	-----------

温湿度計発信器

HM-204S型

仕様書

株式会社 池田計器製作所

1. 概 要

本器は、相対湿度と温度を測定するもので、湿度・温度プローブは、ボール取付型のシェルタに内蔵されております。

湿度センサには、高分子箔による静電容量式のハイグロマセンサを用い、温度センサには、白金測温抵抗体を用いており、湿度・温度センサともプローブ先端に装着され、ダストフィルタで保護されています。

なお、温度・湿度共、プローブ内に変換器が内蔵され、それぞれ0～1Vが出力されます。

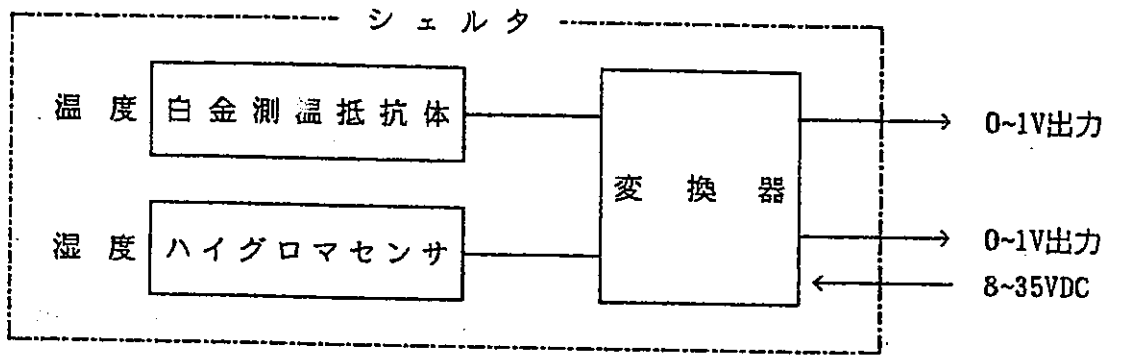
2. 特 長

- ① ハイグロマ湿度センサは高精度、長期間安定性、ヒステリシスに優れています。
- ② 安定化電源を必要とせず、消費電力も小さく抑えられています。
- ③ 温度補償回路が内蔵されており、広い使用温度範囲にもかかわらず、高精度です。
- ④ 可動部がないため、振動に強く、シェルタ式なので直接ボールに取付けられます。

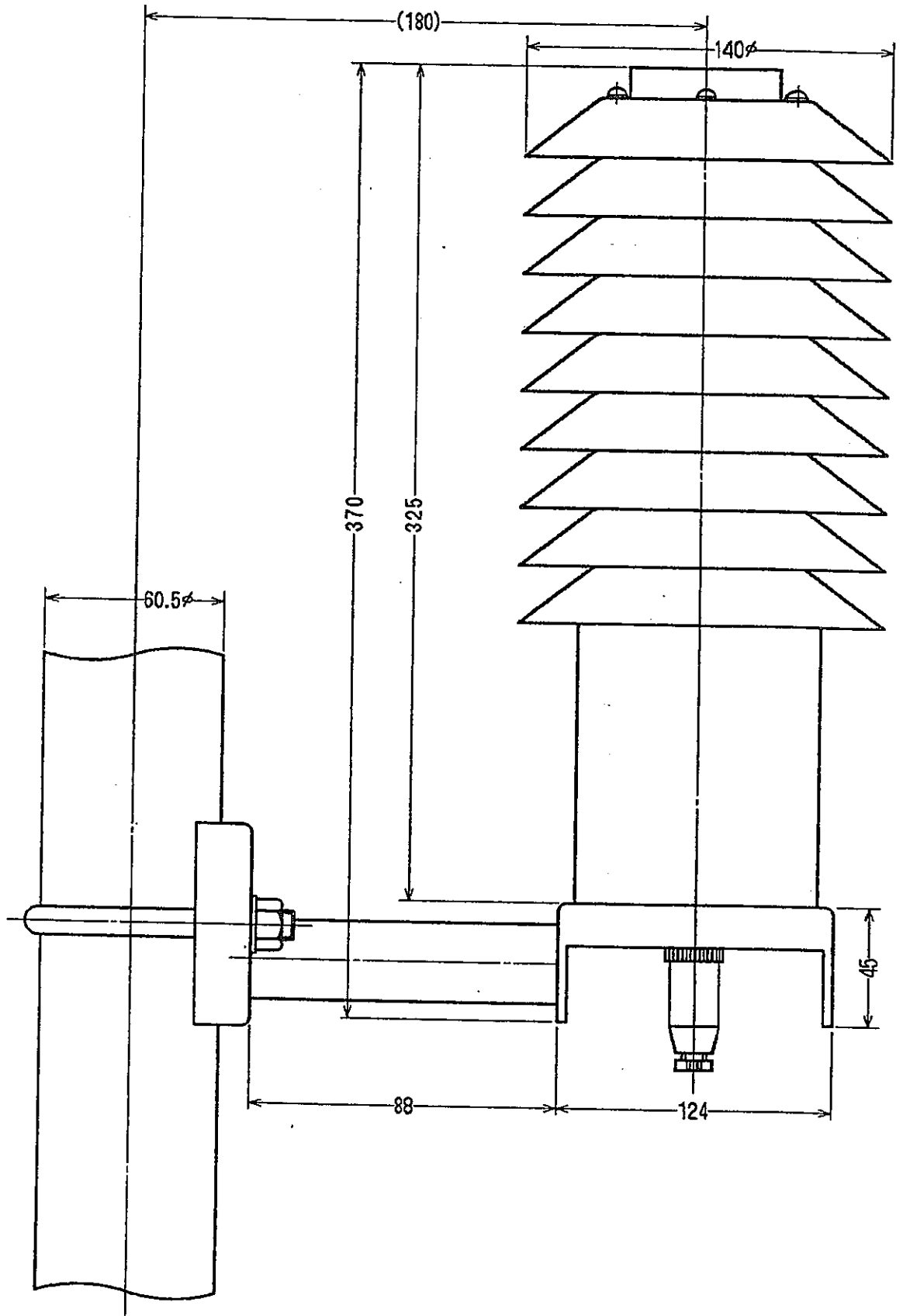
3. 仕 様

[温 度]	方 式：測温抵抗体式 Pt100Ω/0℃ 測定範囲：-30～+70℃ 出 力：0～1V 精 度：±0.5℃ (-20～+50℃)
[湿 度]	方 式：静電容量式 測定範囲：0～100%RH 出 力：0～1V 精 度：±3% (20℃)
[供給電圧]	8V～35VDC
[消費電流]	10mA以下
[使用温度]	-50～+150℃

4. ブロック図



■ 外觀寸法図



放射収支計

SKI-FM型

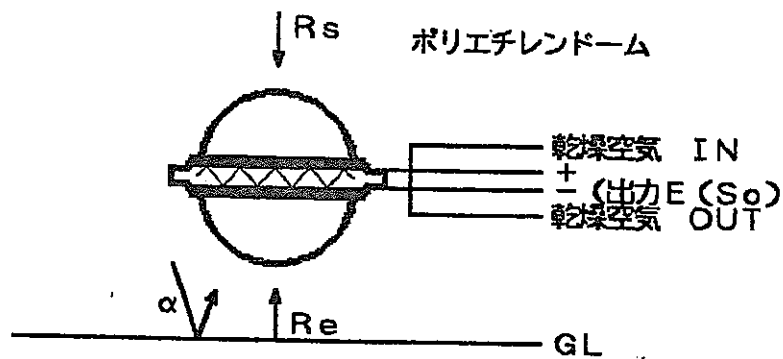
仕様書

株式会社 池田計器製作所

1. 概要

本器は、地表面における短波長から長波長までの放射収支量を測定するための計器です。放射収支とは太陽から来る放射から地面より逃げる放射をマイナスしたものをいいます。入ってくる放射とは、直達日射と散乱日射そして長波放射です。出ていく放射とは、地面の反射放射と地面から出ていく長波放射です。特に本器では、乾燥空気を送るためにバッテリーを用いた間欠駆動方式を取り入れます。

2. 受感部構造



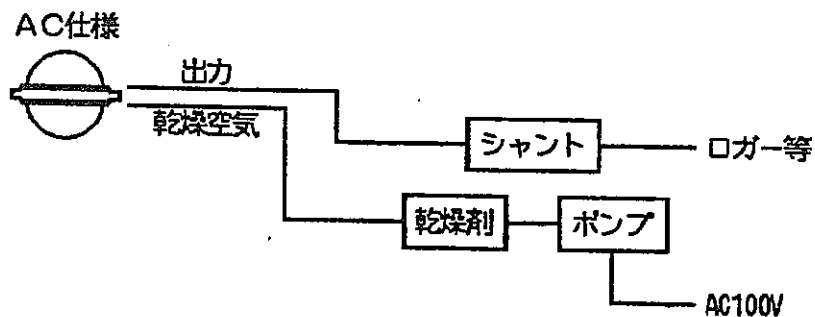
地面が受ける純放射熱 $S_o = \text{放射収支計出力} E$

$$S_o = (1 - \alpha) R_s - R_e$$

α = 地面の反射率

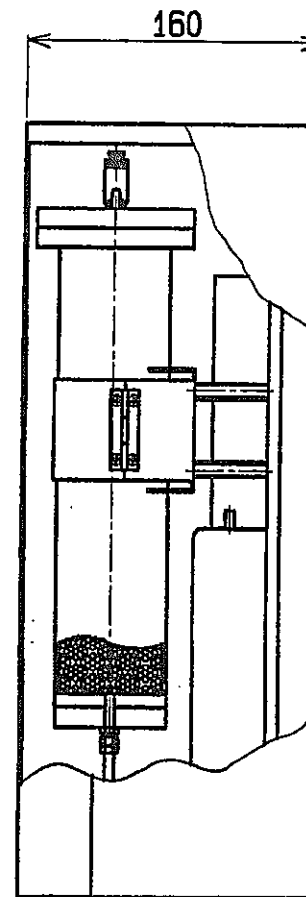
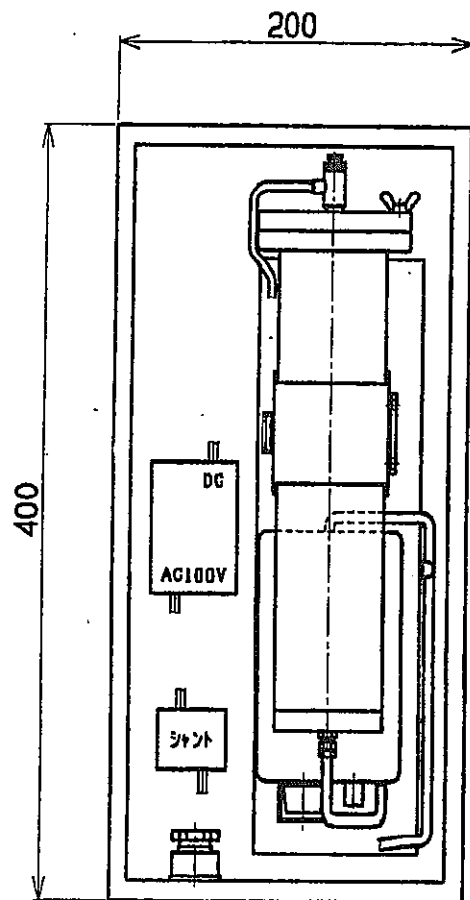
R_s = 水平面全天日射

R_e = 地面の有効放射



3. 仕様

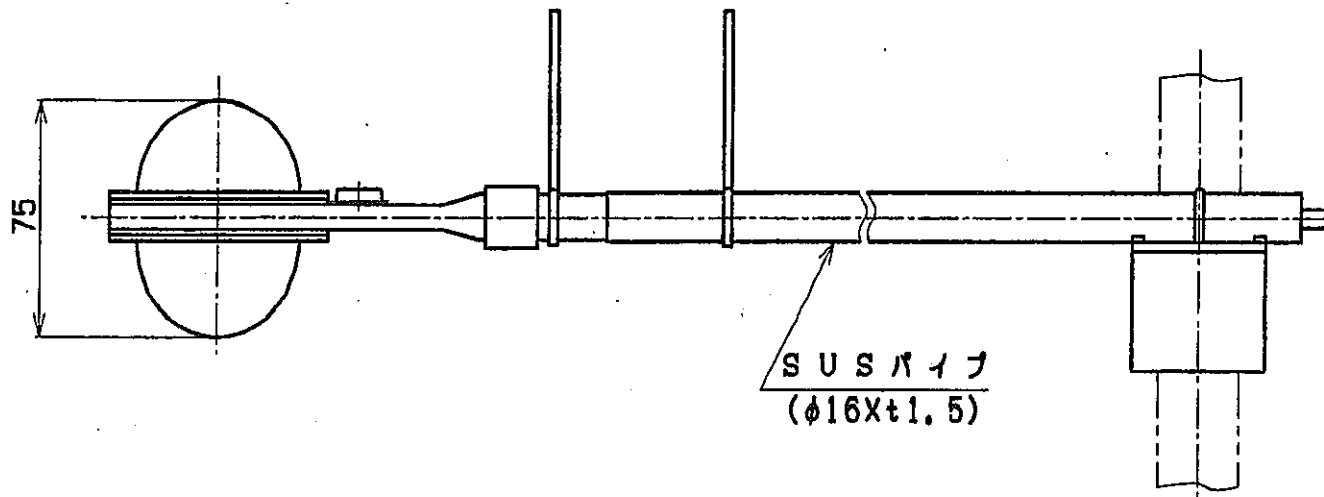
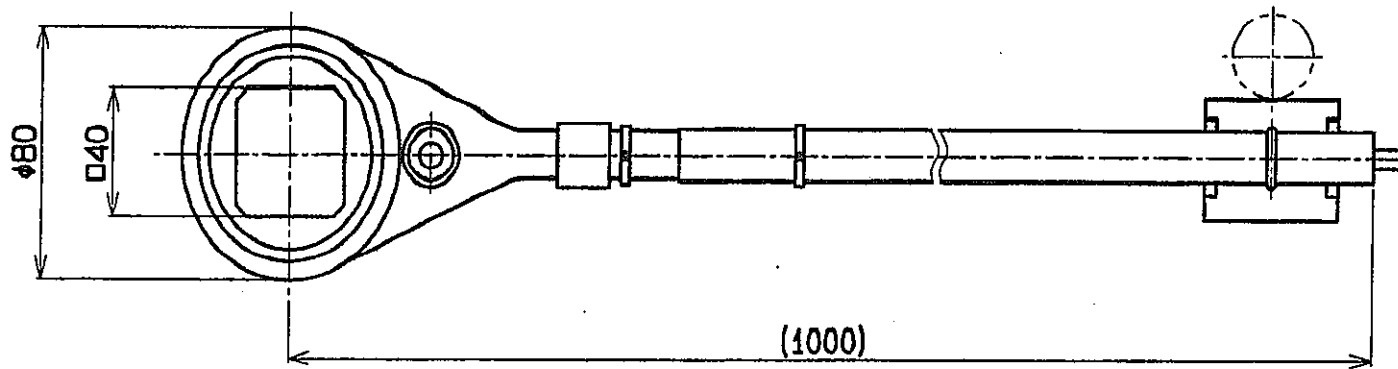
感 度	約40mV/KW・m ⁻² (感度は個々に検定書が付いています) シャント抵抗により感度をそろえることも可能です
内 部 抵 抗	約80ohm
応 答 速 度	約12秒 (66%) 約2分 (99%)
使用温度範囲	-15~+40℃
精 度	±3%
波 長 範 囲	0.3~30μm以上
受 感 部 面 積	38mm×38mm
ド ー ム 材 質	ポリエチレン
ド ー ム 厚 さ	0.1mm
電 源	ポンプ駆動用: AC100V 間欠制御用: 単2型リチウム電池 (約2年)
エアーポンプ	ダイヤフラム式
乾 燥 剤	シリカゲル500g
取 付 金 具	40~60φ (ボール取り付け金具付)
三脚付ボール	オプション
本 体	バードプロテクター付



材料: SUS

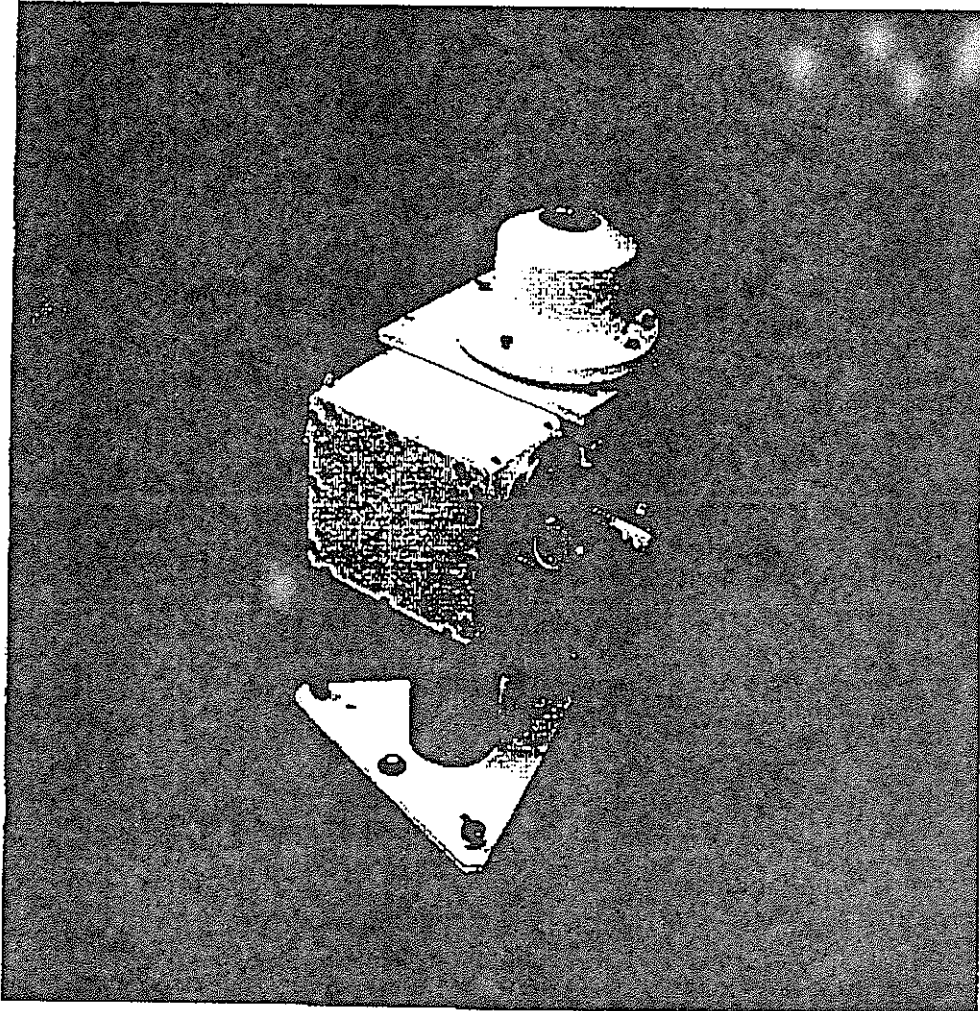
電源: AC100V 0.1A

版	年月日	署名	変更事項		
年月日	1/4	設計	写図	承認	株式会社 池田計器製作所
95.12			有原	中村	
名	SKI-FM型				図番
称	放射収支計コントロールボックス				
					SKIS15018



版	年月日	署名	変更事項		
年月日	1/2.5	設計	写図	承認	株式会社 池田計器製作所
95.12			有原	中村	
名	SKI-FM型			図	SKIS15017
称	放射収支計			番	

日射日照計



概要

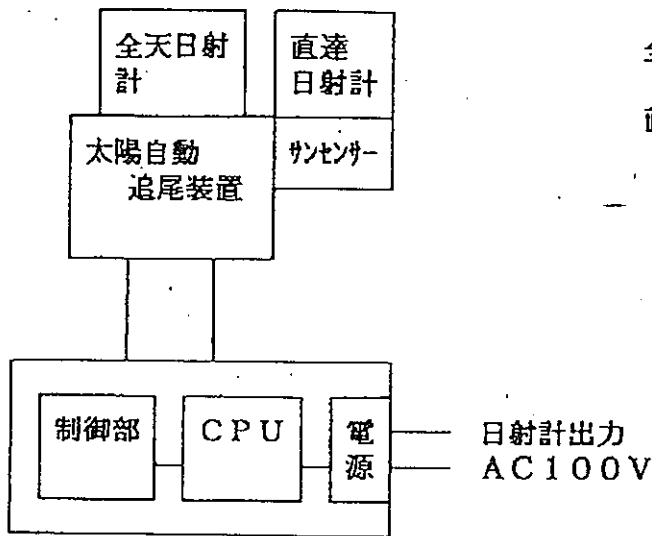
本器は、直達日射計と全天日射計を搭載し太陽追尾装置により直達光を取り入れ直達日射量より日照時間を測定し、全天日射計により全天日射量を測定する装置です。太陽追尾はCPUにより完全自動追尾が可能です。

株式会社 池田計器製作所

〒174 東京都板橋区宮本町35-10

TEL 03 3969 6611 FAX 03 3965 7733

構 成

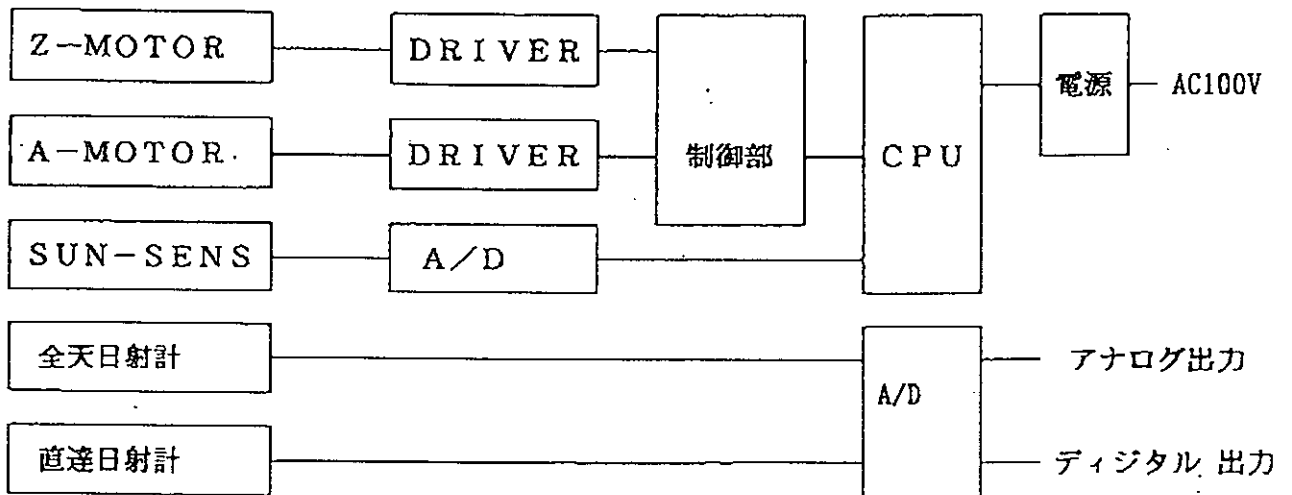


全天日射計：PCM-03F

直達日射計：PCH-02

開口角：5°

傾斜角：1°



仕 様

出 力：

日射計出力：アナログ出力、デジタル出力 (RS422)

(日射計が付属しない器種もあります)

直達出力：アナログ出力、デジタル出力 (RS422)

日照出力：内部で計算 デジタル出力 (RS422)

標準 設置可能緯度範囲：南緯、北緯共25°～90°

(その他の設置場所に付いてはオプションで対応)

天頂角：-30°～120° (0=天頂)

方位角：-135°～135° (0=南)

追尾方式：内蔵CPUにより太陽軌跡自動計算

軌道補正：太陽位置センサー

直達光がある時働き自動補正します、直達光がないときは計算追尾に移行。

駆動方式：2軸駆動パルスモーター

コントローラー：内蔵CPU

通 信：RS-422 (パソコンを接続する事により、外部から制御する事も出来ます。)

電 源：標準AC100V 2A50/60HZ (又は、DC)

風杯型風速計

WM-30型

仕様書

株式会社 池田計器製作所

1. 概要

本器は観測地点に建てた鉄柱等に設置し、屋内の変換器およびデータロガー等と4芯ケーブルで接続して使用します。

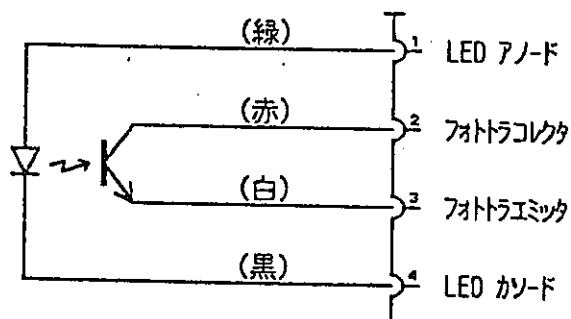
風杯の回転をロータリーエンコーダに伝え、ほぼ風速に比例したパルスを出力致します。

2. 仕様

発信器

方式	3杯式
測定範囲	0.4~30m/s
検出部	ロータリーエンコーダ式(インクリメンタル形)
出力	100パルス/1回転
ロータリーエンコーダ	RE20-100-100型(コバル製)
	電源電圧: DC5V±5%
	電源電流: 40mA MAX
	出力波形: 近似正弦波
	分解能: 100P/R
	光源: LED
起動風速	0.3m/s / 1回転
精度	3m/s 以下の場合 -0.3m/s 以内 3m/s 以上の場合 ±3%以内
風杯回転数	1m/s / 1回転
耐風速	40m/s
出力コネクタ	SNW-1604-PCF型 防水タイプ 4芯

3. 内部回路(ロータリーエンコーダ)



コネクタ
SNW-1604

4. 変換器

風速計からのデータは、CPU内蔵の変換器に入力され、演算を行い平均出力をします。

入力は、ロータリーエンコーダからの信号で、100パルス/1回転を入力し、平均風速と瞬間最大風速をそれぞれ0~1Vで出力します。

なお、本器は同時に風向も入力可能で、平均風向と瞬間最大風速時の風向をそれぞれ0~1Vで出力します。

① 仕様

入力	風速：ロータリーエンコーダ式 100パルス/1回転 風向：リードスイッチと抵抗による。方位盤式抵抗入力 3~48kΩ/N~NNW
測定範囲	風速：エンコーダ式 0~30m/s (微風速計) 風向：0~360°
出力	0~1VDC 要素：平均風速、瞬間最大風速 (平均風向、瞬間最大風速時の風向)
平均モード	ディップスイッチにより切換
電源	DC6V~15V
消費電流	10mA以下
形状	プリント基板 22Pカードエッジコネクタ式

② 出力について

平均風速

風速発信器からの信号を1秒ごとにサンプリングし、モード設定時間内の平均出力を行います。モード設定はディップスイッチにより切換えられますが、標準10分平均(時定数2分)に設定されています。

瞬間最大風速

モード設定時間内の最大値をメモリして出力します。10分平均モードの場合は、常に過去10分間内の最大値が出力されます。

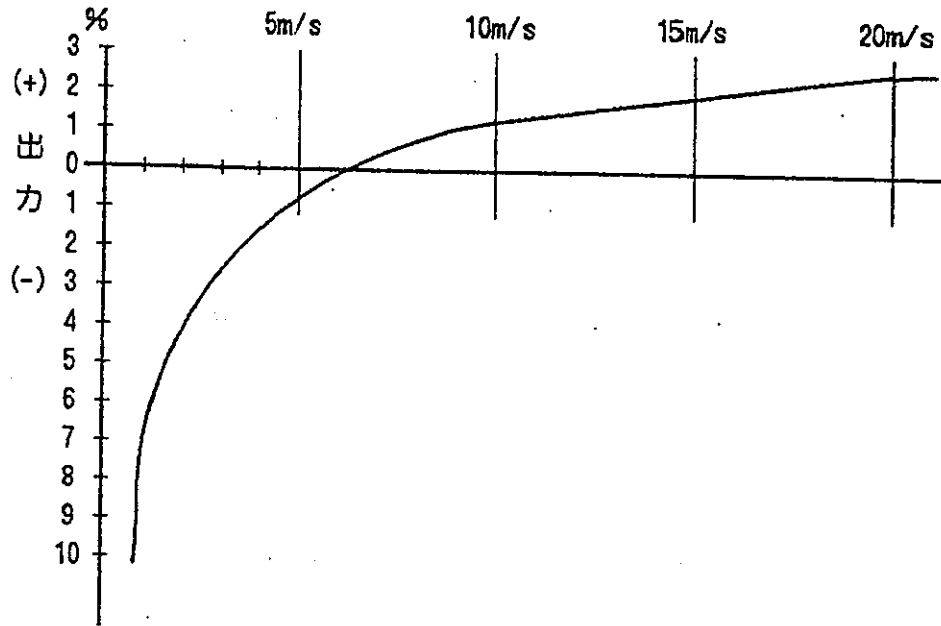
平均風向

方位角0~360°に対して、発信器からの信号を1秒ごとにサンプリングし、モード設定時間内の方位角をベクトル演算し、平均出力を行います。モード設定はディップスイッチにより切換えられますが、標準は10分平均(時定数2分)に設定されています。

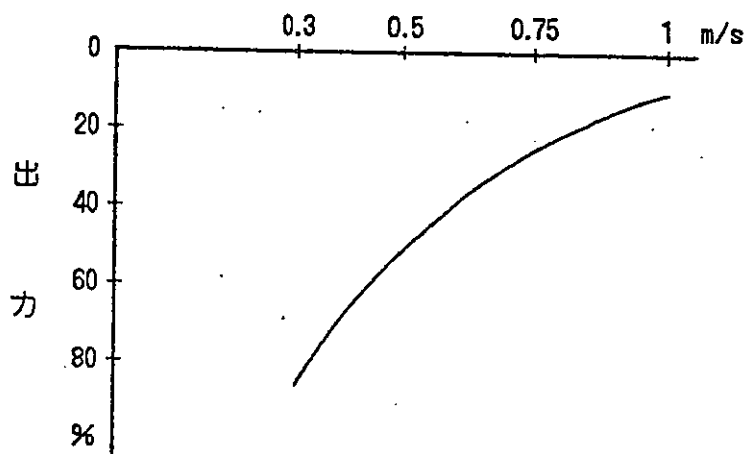
瞬間最大風速時風向

瞬間最大風速時の風向を出力します。

■ 風速精度特性図

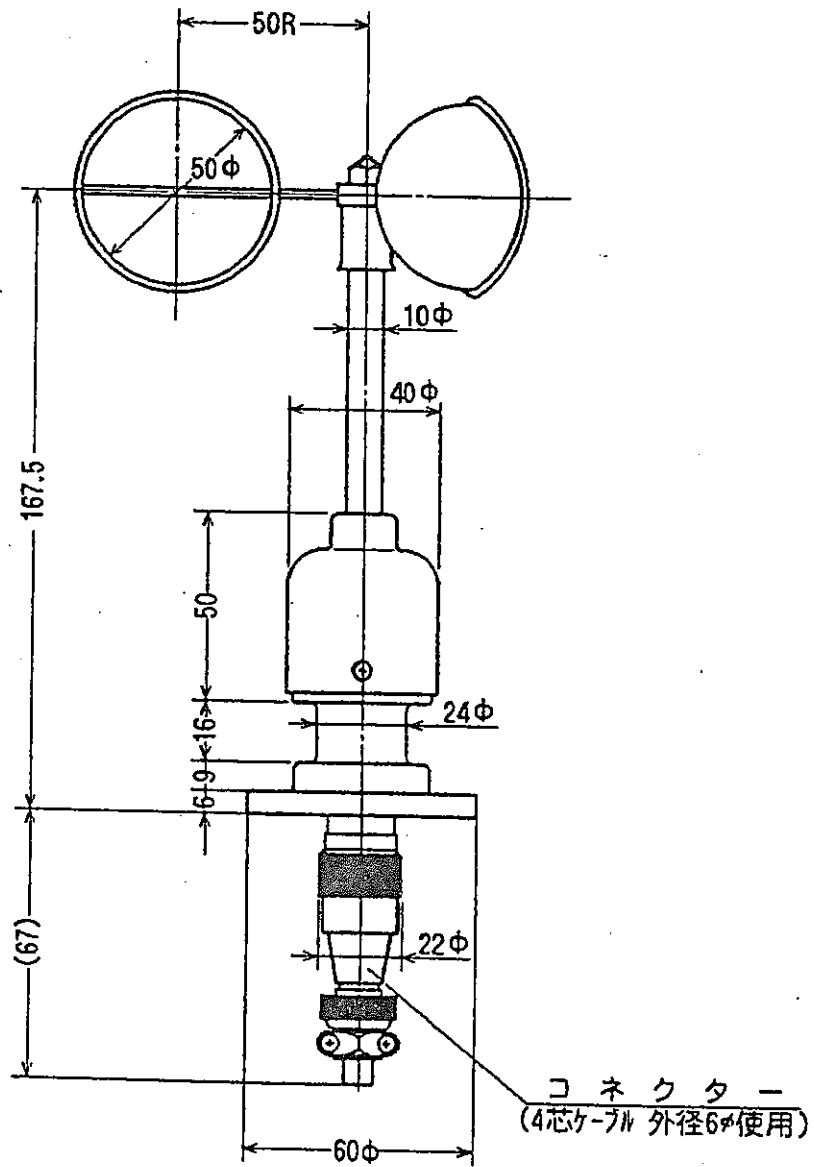
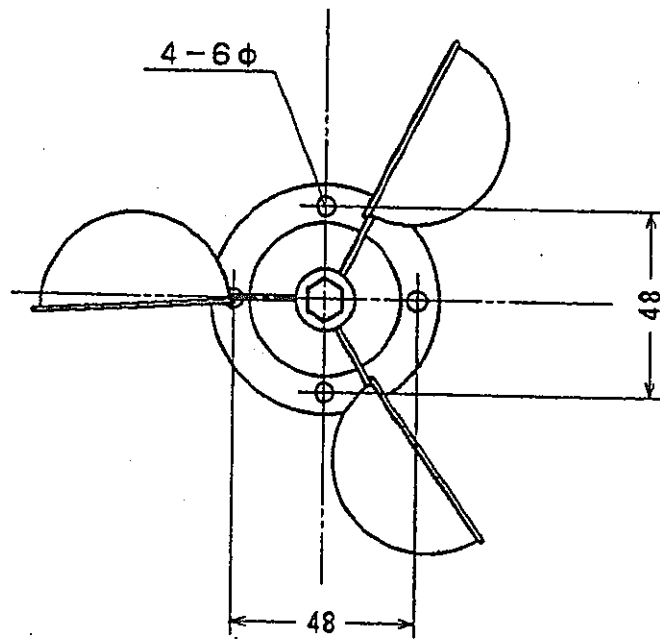


測定範囲 : 0.4 ~ 30m/s
 起動風速 : 0.3m/s
 精 度 : 3m/s以下の場合 -0.3m/s以内
 3m/s以上の場合 ±3%以内



1m/s以下の特性図

■ 外形寸法図



矢羽根式風向計

WD-16型

仕 様 書

株式会社 池田計器製作所

1. 概要

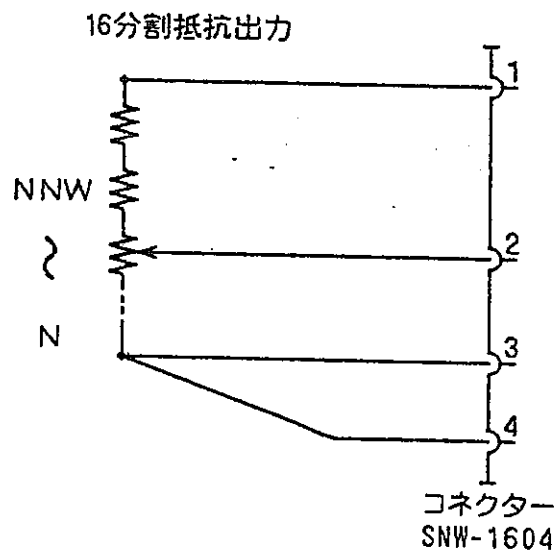
本器は、観測地点に建てた鉄柱等に設置し、屋内の変換器およびデータロガー等と電線で接続して使用します。

矢羽根の動きは、マグネットを介して胴体内にある16個のリードスイッチで検出し、方位角に比例した抵抗を出力します。

2. 仕様

方式	矢羽根式
測定範囲	0~360°
検出部	リードスイッチ (ORT-233) 抵抗 $3\text{ k}\Omega \times 16$
出力	3~48 k Ω / N~NNW
精度	$\pm 5^\circ$ 以内
出力コネクタ	SNW-1604-PCF型 防水タイプ 4芯

3. 回路図



4. 変換器

風向計からのデータは、CPU内蔵の変換器に入力され、演算を行い平均出力をします。

入力は、リードスイッチ式方位盤の抵抗値を入力し、平均風向と瞬間最大風速時の風向をそれぞれ0~1Vで出力します。

なお、本器は同時に風速も入力可能で、平均風速と瞬間最大風速をそれぞれ0~1Vで出力します。

① 仕様

入力	風向：リードスイッチと抵抗による。方位盤式抵抗入力 3~48k Ω /N~NNW 〔風速：ロータリーエンコーダ式 100パルス/1回転〕
測定範囲	風向：0~360° 〔風速：エンコーダ式 0~30m/s (微風速計)〕
出力	0~1VDC 要素：平均風向，瞬間最大風速時の風向 (平均風速，瞬間最大風速)
平均モード	ディップスイッチにより切換
電源	DC6V~15V
消費電力	10mA以下
形状	プリント基板 22Pカードエッジコネクタ式

② 出力について

平均風向

方位角0~360°に対して、発信器からの信号を1秒ごとにサンプリングし、モード設定時間内の方位角をベクトル演算し、平均出力を行います。モード設定はディップスイッチにより切換えられますが、標準は10分平均(時定数2分)に設定されています。

瞬間最大風速時風向

瞬間最大風速時の風向を出力します。

平均風速

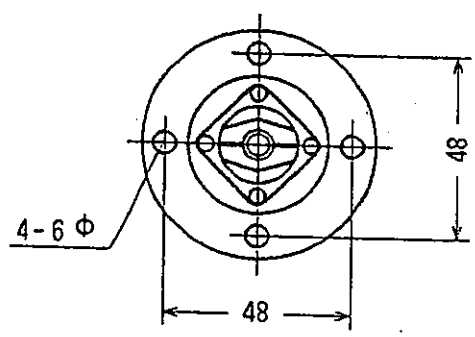
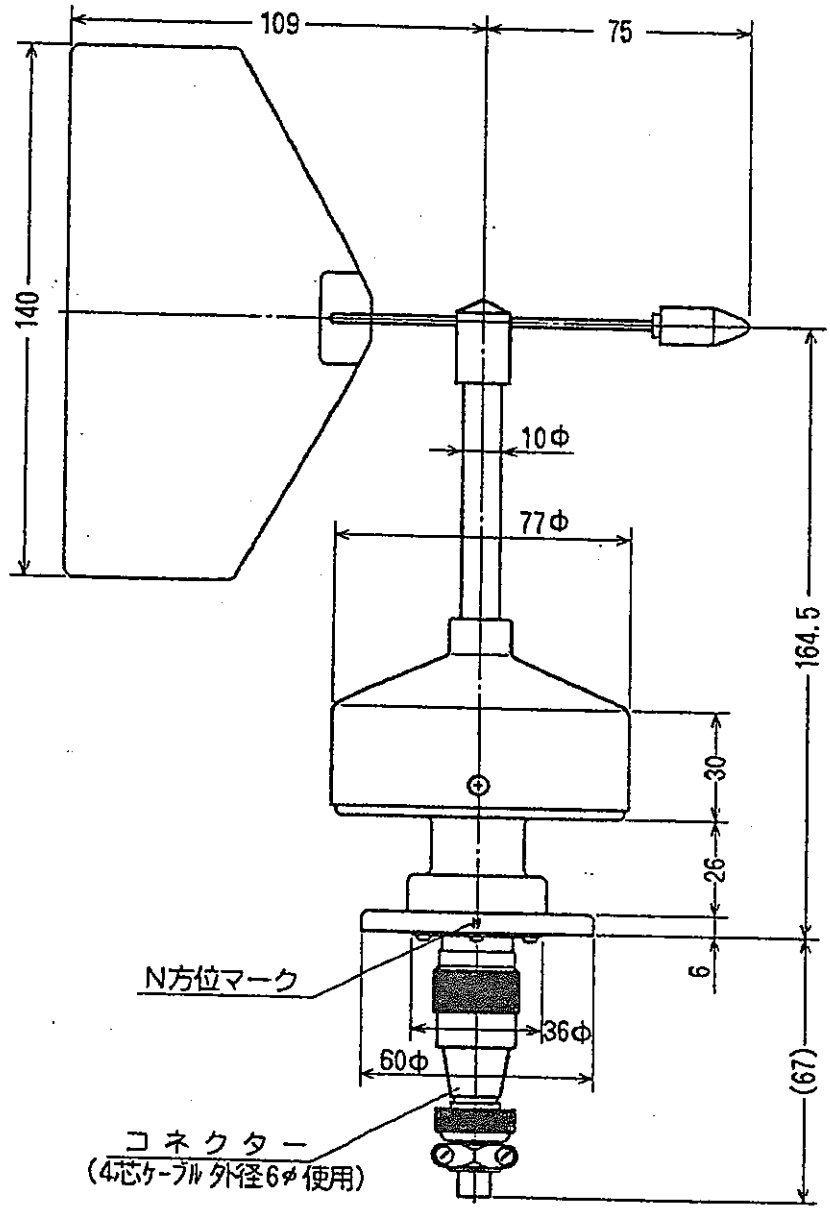
風速発信器からの信号を1秒ごとにサンプリングし、モード設定時間内の平均出力を行います。モード設定はディップスイッチにより切換えられますが、標準10分平均(時定数2分)に設定されています。

瞬間最大風速

モード設定時間内の最大値をメモリして出力します。

10分平均モードの場合は、常に過去10分間内の最大値が出力されます。

■ 外形寸法図



地 中 熱 流 計

CN-81型

仕 様 書

株式会社 池田計器製作所

CN-81 地中熱流計

この熱流計 CN-81 は熱流を測定する為に作られた高感度なセンサーです。

概 要

CN-81は192対の銅コンスタンタン熱電対がプラスチックボディ上に直列に接続してあります、そして小さな範囲の熱流に比例した電氣的出力をします、材料のどこにたいしては高い安定性が保護します。

主な用途として建物の断熱、土壤熱流及び人体の熱流測定に仕様されます。

特 徴

- ※非常に薄い
- ※無駄のない受感部
- ※動的信号に対して重要な、すばやい応答
- ※192対の熱電対
- ※フレキシブル
- ※効率が良い
- ※簡単に取り付けられます
- ※内蔵銅コンスタンタン熱電対センサーで温度も測定出来ます
- ※センサー半分の信号が別々に2つ出力出来ます

仕 様

厚 さ	: 0.6 mm
感部範囲	: 26×26 mm
使用温度範囲	: -50~+160℃
標準感度	: 5 μV/Wm ² 20℃にて
標準内部抵抗	: 280 Ω
応答時間	: <4 s (66%) <40 s (99%)
標準熱抵抗	: 0.4 W/mK
入力範囲	: -2000 to +2000 W/m ²
温度依存性	: <0.1%/℃
柔軟度	: Rmin = 30 mm

計 発 蒸 測 隔

EVP-100型

書 樣 仕

株式会社 池田計器製作所

1. 概 要

気象観測で知りたい蒸発量は、水面・地面・草地・森林等の大きな面積からの蒸発量ですが、このようなものを測定する適当なものが現在ないため、湖沼の水面からの蒸発に比較的近いと考えられる蒸発計内の水の蒸発量を観測することにより、大気状態の蒸発に対する適否を示す目安としています。

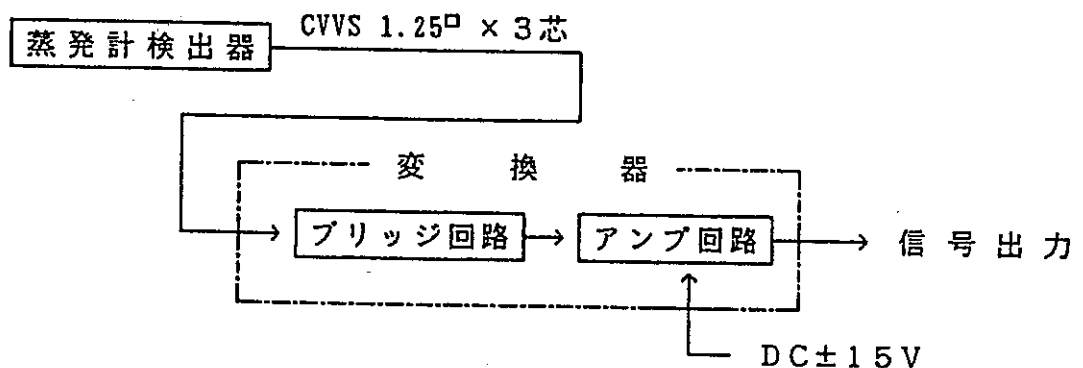
大型蒸発計は、口径 120cm・深さ25cmで、これにより得た蒸発量は、水面・地面・草地・水田・森林等の大きな面積からの蒸発量に比較的近いと考えられます。

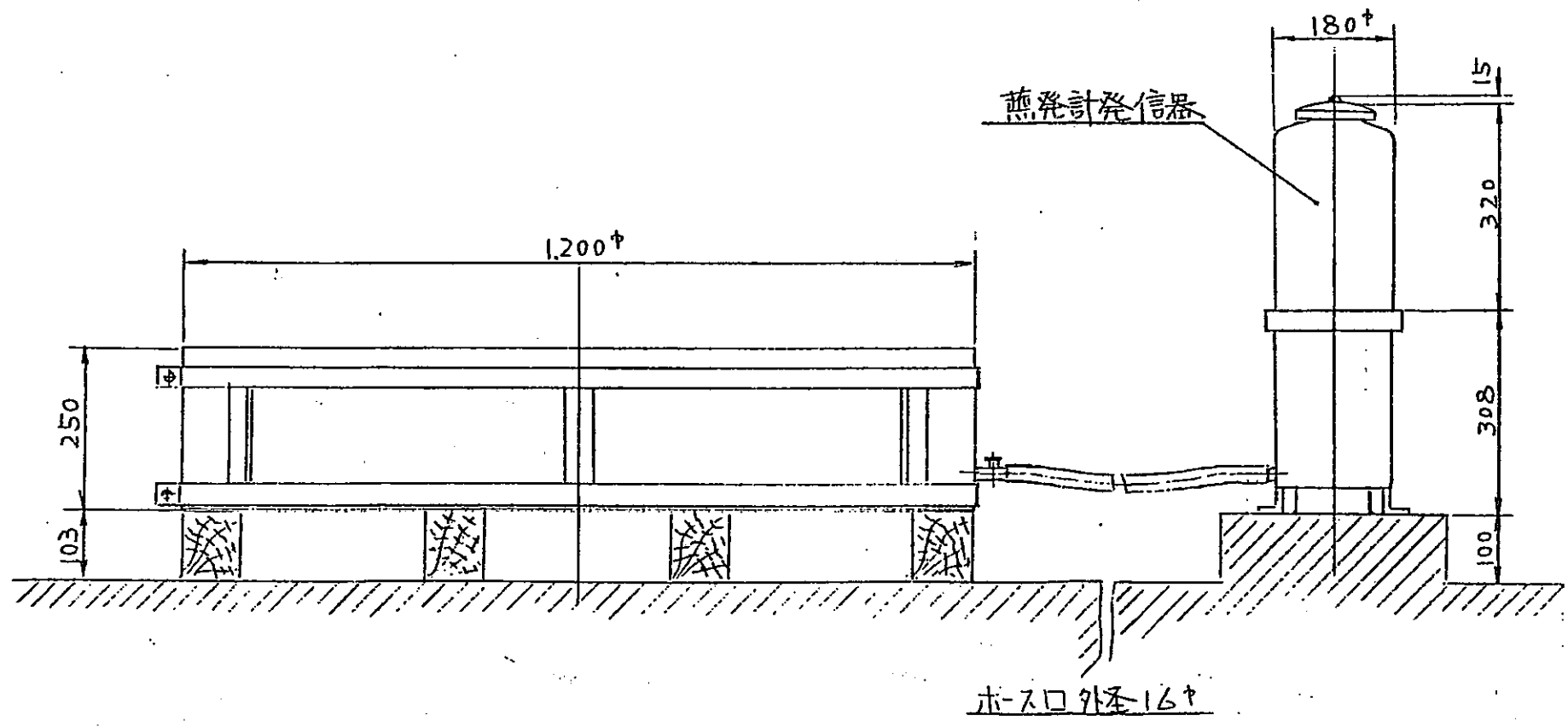
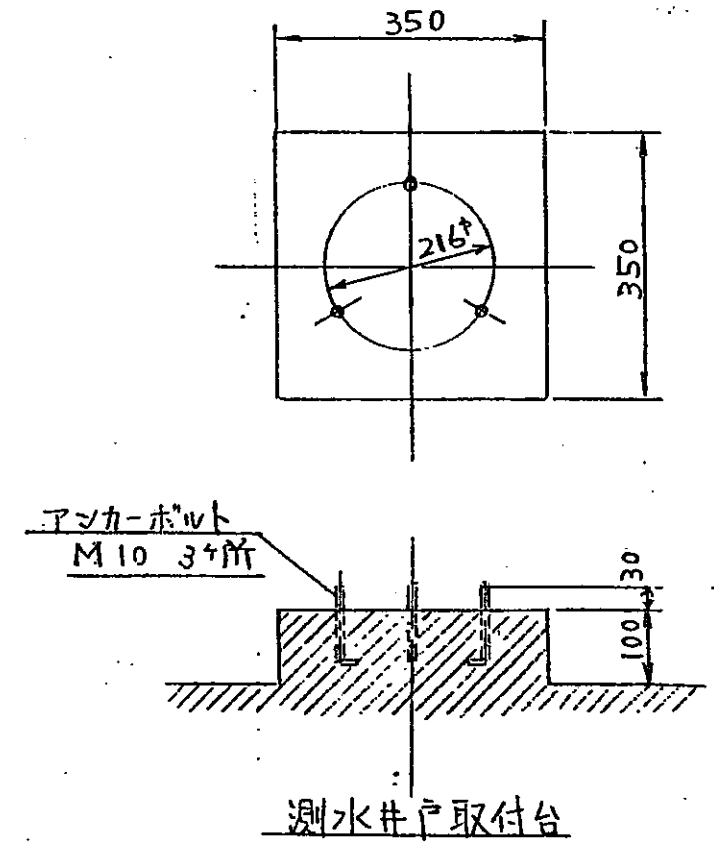
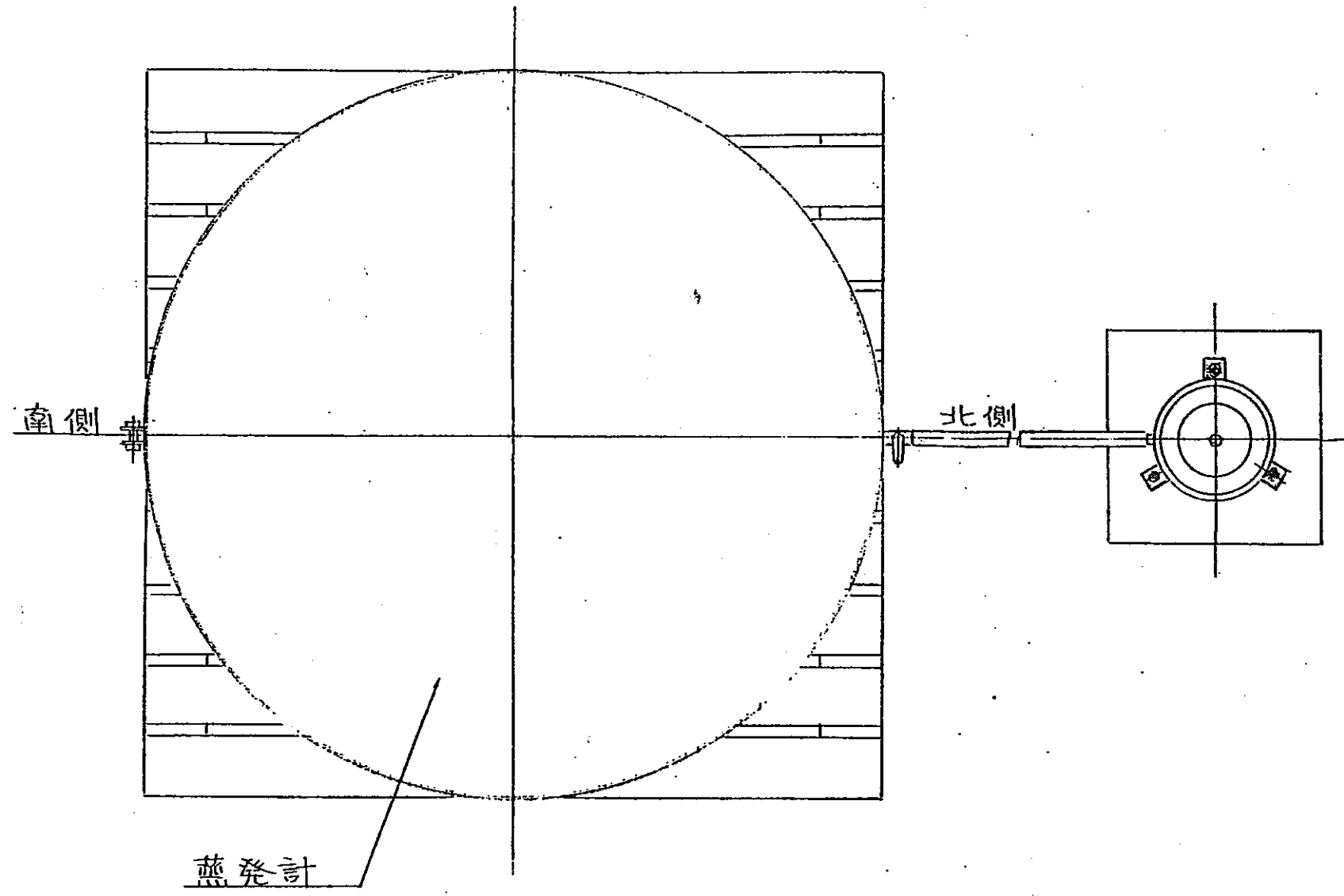
本器は、蒸発計に口径 120cmの大型蒸発計を用い、水位検出器（蒸発量発信器）内にあるフロートにより水位を検出し、それに連動するポテンショメータにより抵抗信号を出力します。さらに、その水位抵抗変化を変換器により V. DC の蒸発量出力としています。

2. 仕 様

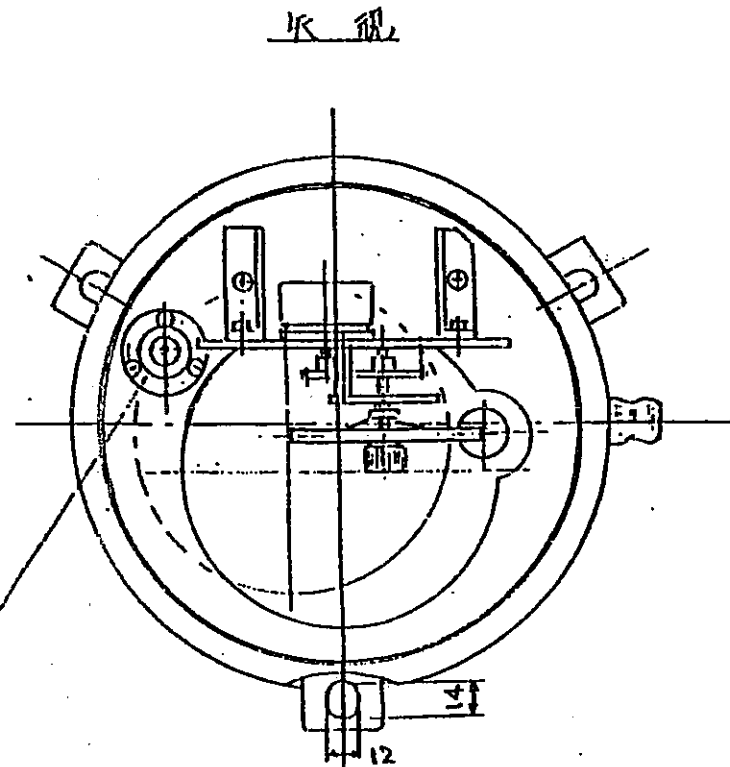
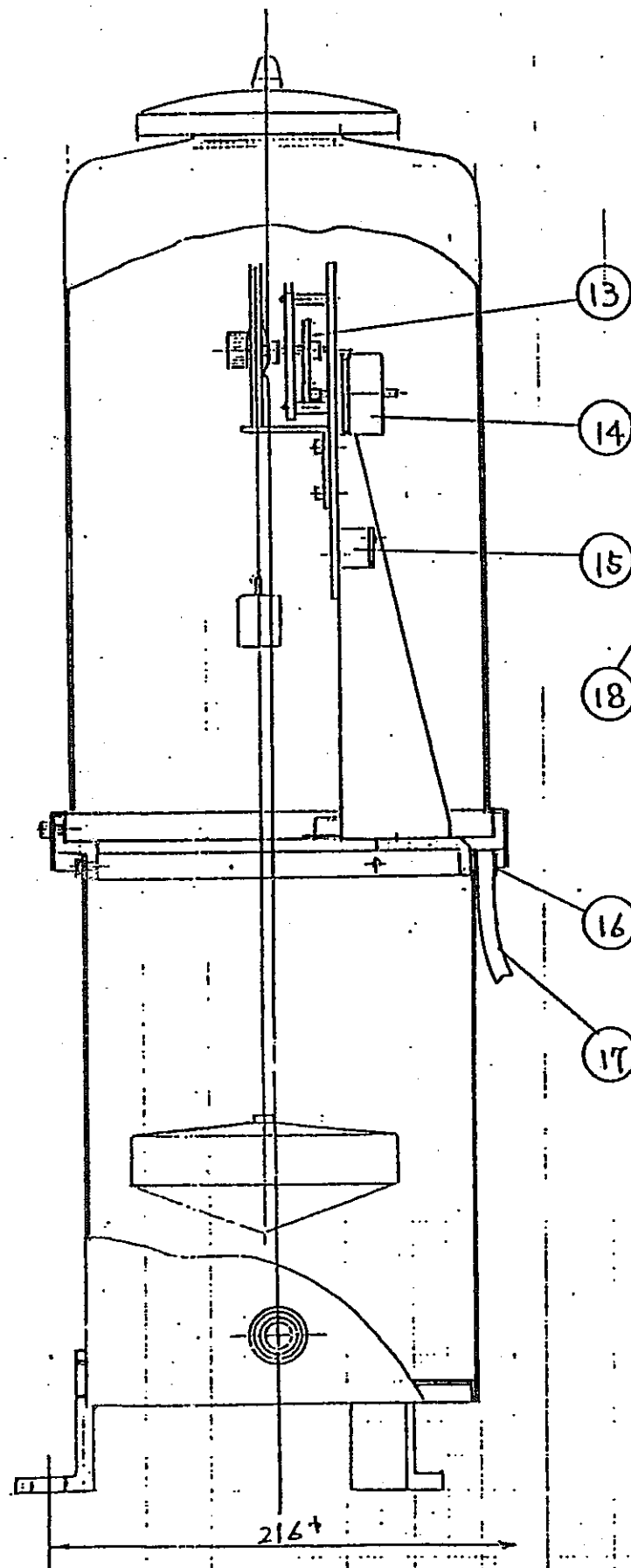
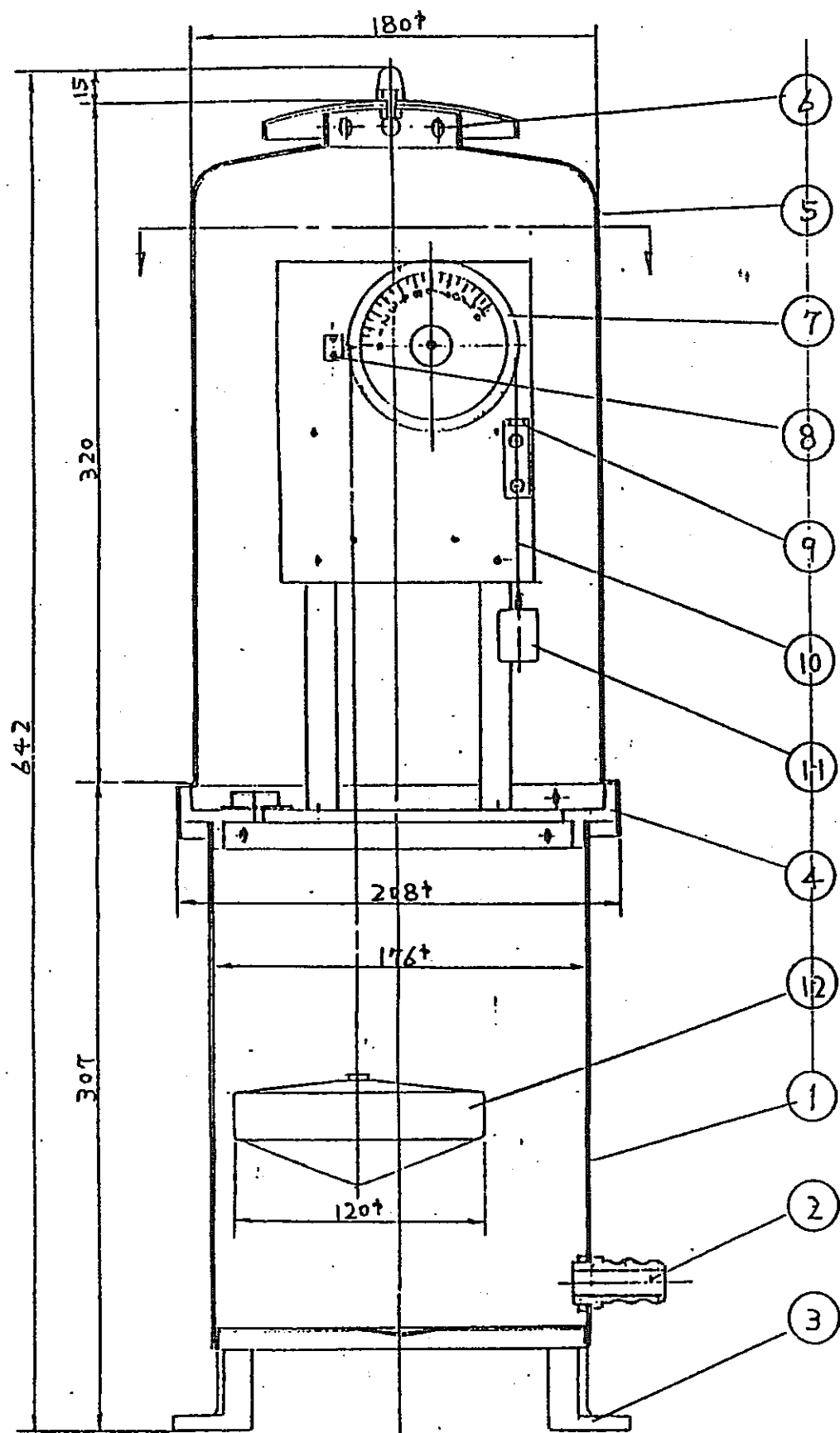
測定範囲	0～100mm
精 度	±1mm以内
蒸発計口径	120cm（規格）
検 出 器	フロート式水位検出器（ポテンショメータ内蔵）
変換方式	ブリッジ回路・アンプ回路および定電圧回路による
出 力	0～10mVおよび0～1V
出力インピーダンス	100Ω以下
電 源	DC±15V
使用温度条件	0～40℃（屋内機器）
塗 装 色	白 色（蒸発計および検出器）
外 観 ・ 寸 法	別紙図参照ください。

3. ブロック図





版	年月日	署名	実	尺	事	項
	62.11	9/21	汚染	の	為	書替工
年月日	設計	実	図	承認	株式会社 池田計器製作所	
62.11	10	高野	邦上			
名	蒸発計				FVP-100a	
	外形及び設置図					



18	水準		
17	ケ-ブル		VVS-125x3
16	ケ-ブル押エ		
15	端子台		4P ML-15
14	ポテンシオメータ		CP-4M
13	ギヤ	BSB	M04 N96 N48
12	フロート	PE	120φ用
11	オモリ	BSB	約65g
10	ワイヤ	SVS	
9	ストッパ	BSP	
8	指標	BSP	
7	フーリー	ALB	
6	通気孔		
5	カバー	ALP	
4	基台	AC	
3	脚	BSC	
2	連通口	BSP	
1	検出タンク	BSP	

年月日	氏名	変更事項
91.2	中村	フロート変更
90.12	武蔵	端子台変更
年月日	設計者	図番
62.7	3	馬野 邦上

株式会社 池田計器製作所
 隔測蒸発計 発信器 EVG-100-

高精度型
水圧式水位検出器

ELP-2200型

仕 様 書

株式会社 池田計器製作所

1. 概要

本器は、水位変化を水圧の変化として検出し、水位に比例したアナログ信号を出力する、水圧式の水位検出器です。

本器は受圧部と増幅部から構成され、また受圧部は拡散型半導体素子を内蔵しています。受圧部のダイヤフラムに加わった圧力は、感圧素子（拡散型半導体）に伝わり電気信号に変換され、さらに増幅部でレベルスパン調整されて V.DC の水位信号を出力します。

この検出器は圧力式のため、大気圧による影響が出ますが、これを補正するために、受圧部（ダイヤフラム）の内側に別途もうけた大気開放用パイプで大気圧を導入し、平衡させています。

なお本器は、フルスケールに対して 1~5V の信号が出力されますので、現地での調整は必要ありません。

■ 動作説明図

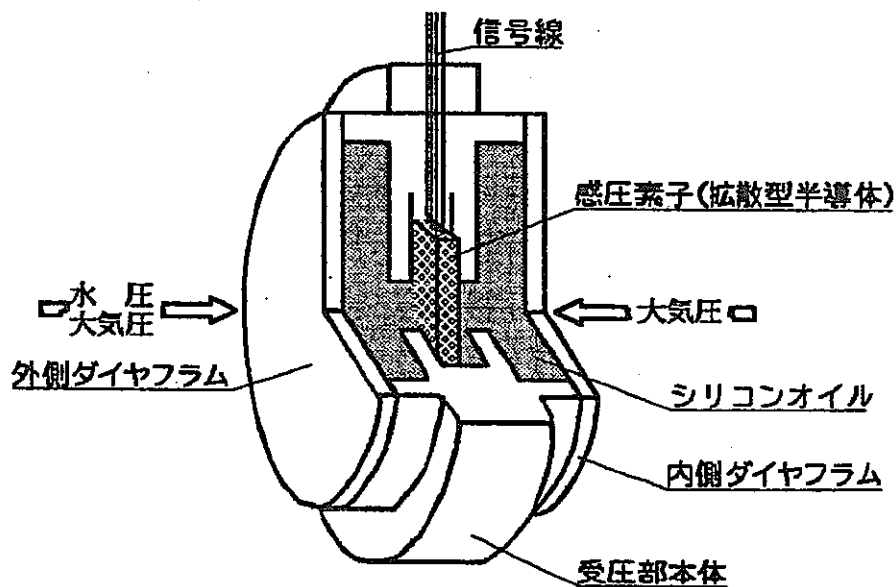
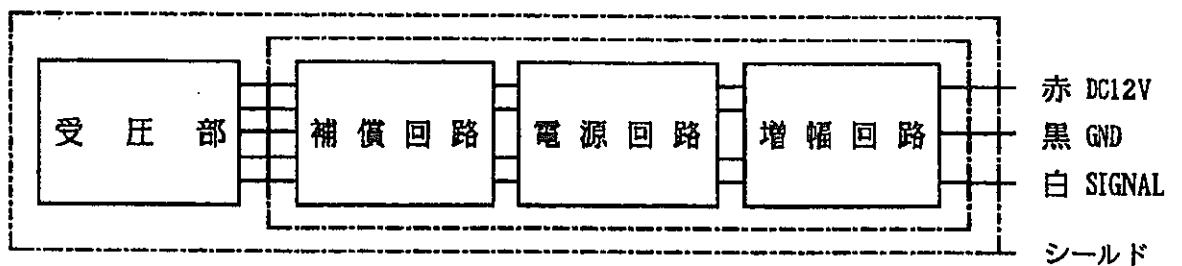


図-1

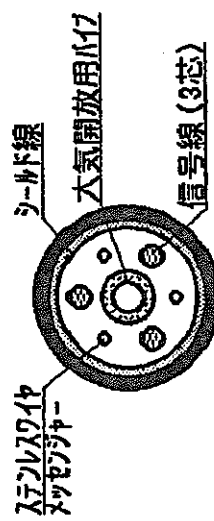
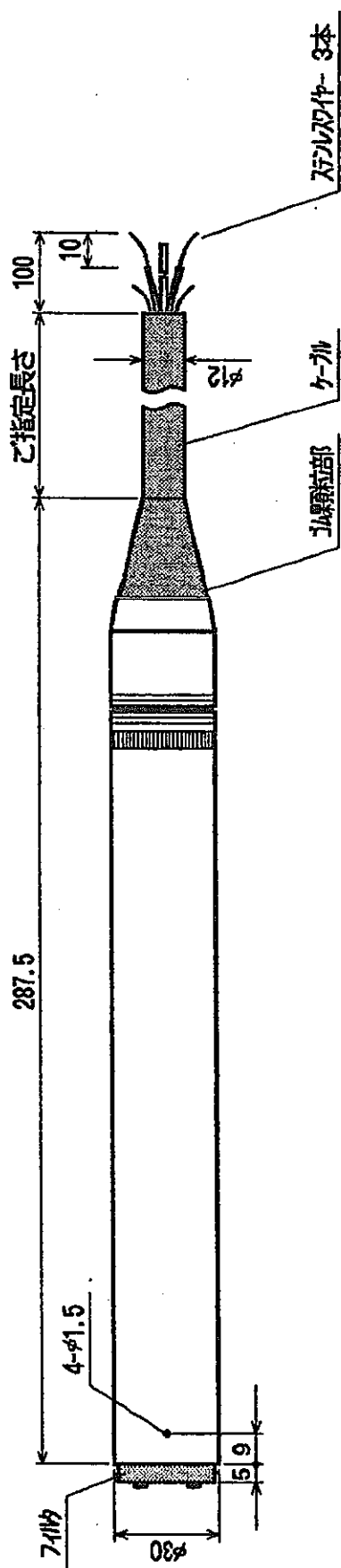
2. ブロック図



3. 仕様

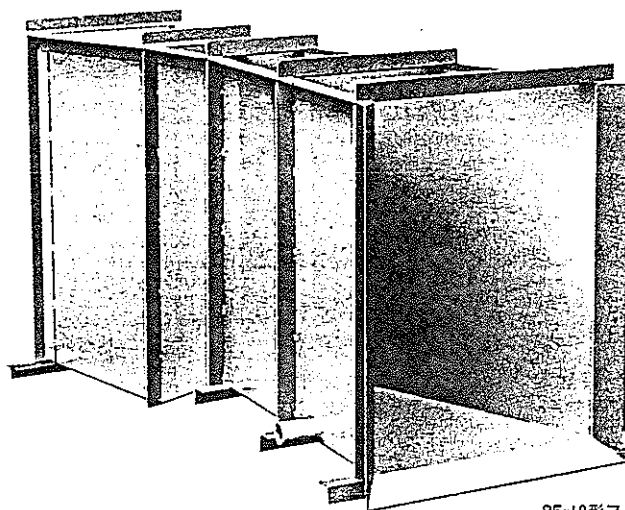
取付方式	懸垂型
測定範囲	0～1m
過負荷	150%以内
精度	±1mm
温度特性	±0.004FS/°C
信号出力	1～5V/FS
電源	DC12V ±1V
専用ケーブル	3芯特殊ケーブル（大気開放用パイプ付）
周囲温度条件	0～+30°C. ただし氷結しないこと
サージキラー	1次：アレスタ（山光社製） 2次：ツェナーダイオード

4, 外形寸法図



◎入出力線

赤	DC12V (電源)
白	OUT (出力)
黒	GND (コモン)



PF-10形フリューム

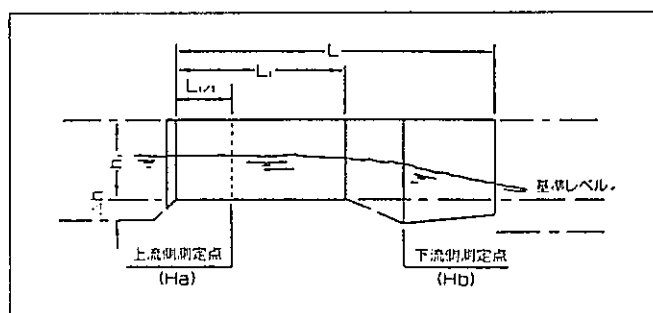
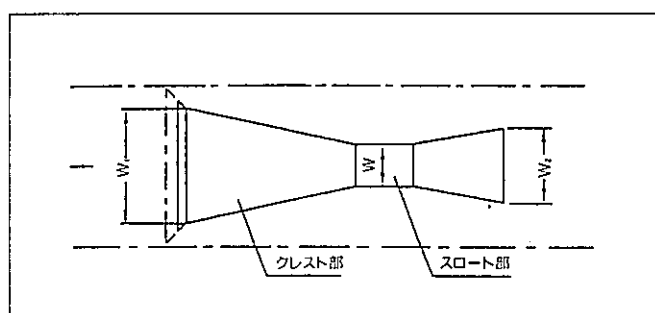
パーシャルフリュームは、自由流の条件のもとで使用すると、幅の狭い部分（スロート部）の上流側（クレスト部）一点の水位のみを測定すれば流量が測定できます。

パーシャルフリュームは、水頭損失が少なく、水中に固形物があっても沈殿、堆積がほとんど無い等の特長があり、農業用水、工場排水、下水、その他ダム の漏水量の流量測定に使用されます。

■規格寸法・流量

形名	W	W ₁	W ₂	L	h ₁	流量(Q/s)	流量計算式
PF-0.5	0.5インチ	12.7	130	60	510	0.07~ 1.83	$Q=0.025H^{1.55}$
PF-1	1インチ	25.4	167	93	637	0.15~ 4.24	$Q=0.048H^{1.55}$
PF-2	2インチ	50.8	213	135	772	0.30~ 8.47	$Q=0.096H^{1.55}$
PF-3	3インチ	76.2	259	178	914	0.85~ 53.8	$Q=0.141H^{1.55}$
PF-6	6インチ	152.4	397	294	1525	1.42~110.0	$Q=0.264H^{1.58}$
PF-9	9インチ	228.6	575	361	1626	2.55~252.0	$Q=0.466H^{1.69}$
PF-10	1フィート	304.8	845	610	2867	3.11~456.0	$Q=0.629H^{1.5191}$
PF-15	1.5フィート	457.2	1026	762	2943	4.17~696.7	$Q=0.893H^{1.3353}$

※その他 特別仕様も承っています。
※流量計算式による水位流量換算表が各機器に添付されます。



■設置上の注意

1. フリュームの水平底を水平にします。
2. 下流水位がかなり高く、上流水位に近い場合には下流水位の影響を受け自由流となりません（もぐり流）ので、必ず自由流となるように設置して下さい。

自由流となる条件は、右表を参照の上 Δh を決めて下さい。
 H_b/H_a が右表以上になる場合は、 Δh を高くして下さい。

自由流となる条件

フリューム寸法	自由流となる H_b/H_a
1~3インチ	0.5以下
6~9インチ	0.6以下
1フィート以上	0.7以下

高精度型
水压式水位検出器

ELP-2200型

仕 様 書

株式会社 池田計器製作所

3. 仕様

取付方式	懸垂型
測定範囲	0~30m
過負荷	150%以内
精度	±1cm
温度特性	±0.004FS/°C
信号出力	1~5V/FS
電源	DC12V ±1V
専用ケーブル	3芯特殊ケーブル(大気開放用パイプ付)
周囲温度条件	0~+30°C. ただし氷結しないこと
サージキラー	1次:アレスタ(山光社製) 2次:ツェナーダイオード

1. 概要

本器は、水位変化を水圧の変化として検出し、水位に比例したアナログ信号を出力する、水圧式の水位検出器です。

本器は受圧部と増幅部から構成され、また受圧部は拡散型半導体素子を内蔵しています。受圧部のダイヤフラムに加わった圧力は、感圧素子（拡散型半導体）に伝わり電気信号に変換され、さらに増幅部でレベルスパン調整されて V.DC の水位信号を出力します。

この検出器は圧力式のため、大気圧による影響が出ますが、これを補正するために、受圧部（ダイヤフラム）の内側に別途もうけた大気開放用パイプで大気圧を導入し、平衡させています。

なお本器は、フルスケールに対して 1~5V の信号が出力されますので、現地での調整は必要ありません。

■ 動作説明図

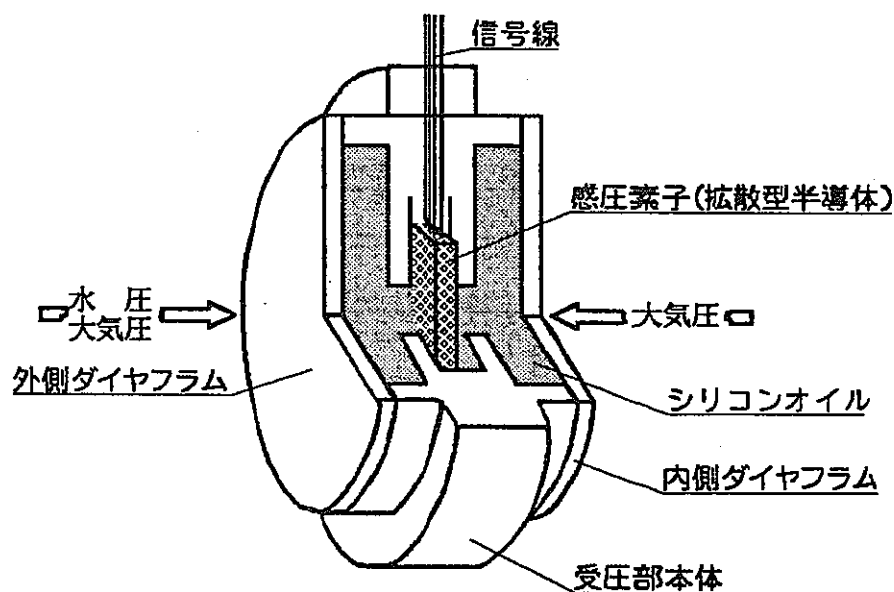
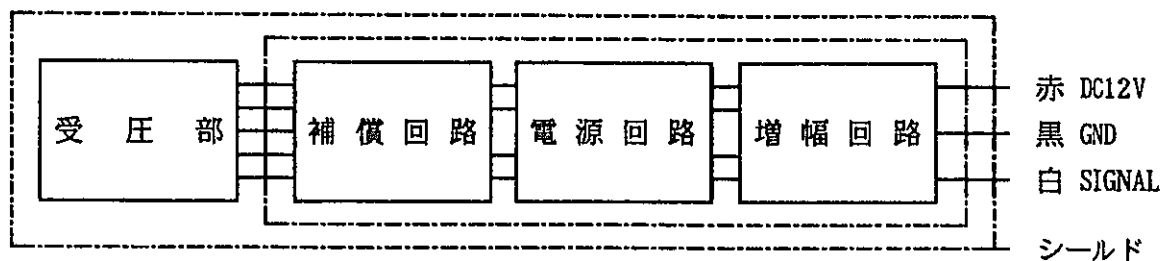
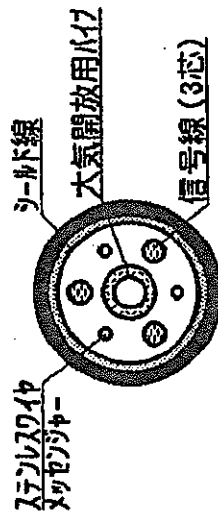
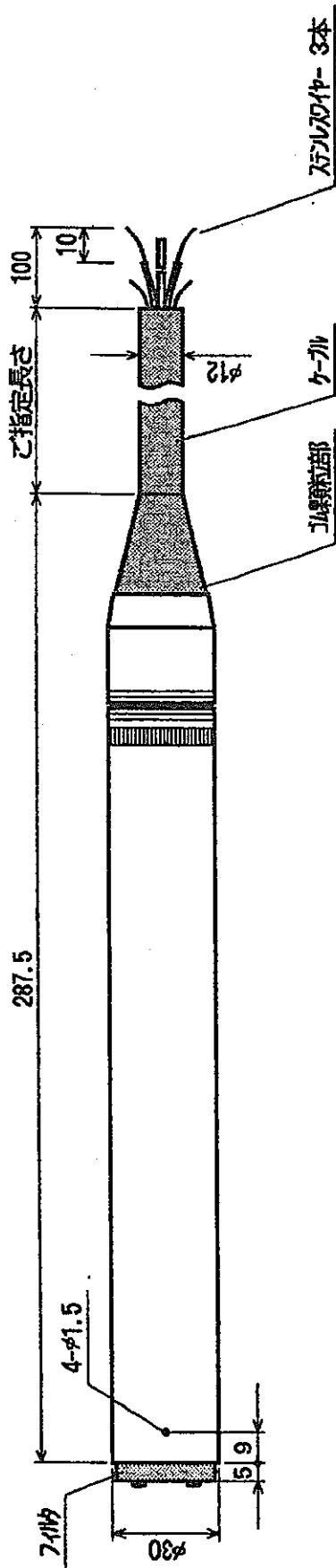


図-1

2. ブロック図



4, 外形寸法図



◎入出力線

赤	DC12V (電源)
白	OUT (出力)
黒	GND (コモン)

無停電電源装置

POW-1230NCT型

仕様書

株式会社 池田計器製作所

1. 概要

本器は停電補償用の電源装置で、常時は商用電源により電力(DC12V)を供給し、停電時には鉛蓄電池(12V)を供給源として電力を供給します。電池に鉛シール電池を使用していますので、メンテナンスは極めて簡単です。

また、本器にはAC電源ラインから混入してくる有害なラインノイズから、機器の誤動作を防ぐため、ノイズカットトランスが組込まれております。

2. 仕様

① 電源部

交流入力	单相: 100V ±10% 50/60Hz
直流出力	電圧: DC12V (11~13.8V) 電流: 1A (max 5A)

② 充電部

浮動定電圧	DC13.7V
定電流	6A
内蔵電池	鉛シール電池 12V-32AH (NPH16-12×2ヶ 32AH)
停電補償時間	24時間 ただし、負荷電流2Aの場合9時間
過放電防止機能	11Vにて出力遮断 (復電後自動復帰)

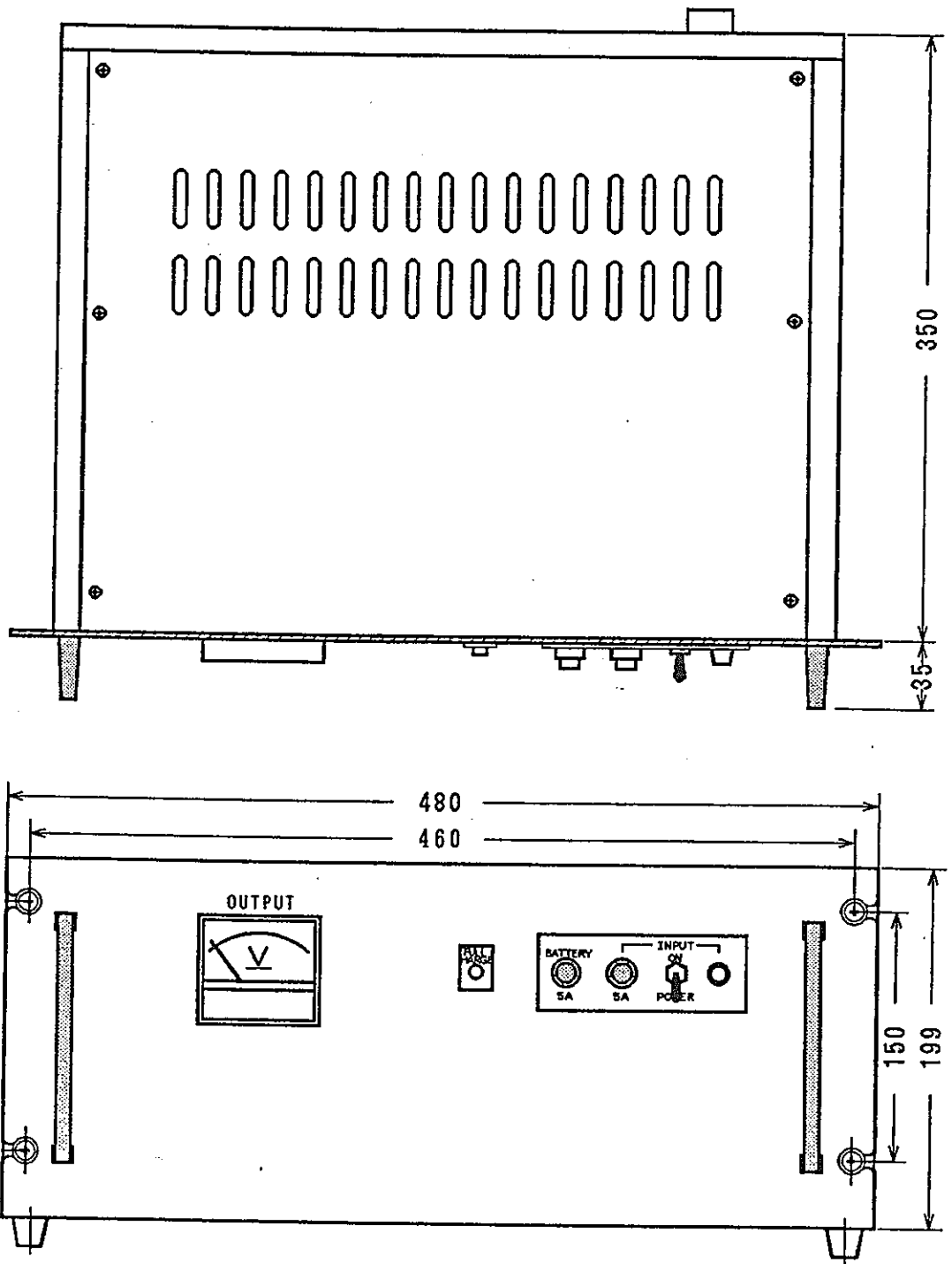
③ その他

冷却方式	自然式
絶縁抵抗	10MΩ (DC500Vメガ)
耐電圧	AC1000V 1分間
周囲条件	温度: 0~40℃ 湿度: 30~90%RH, ただし結露なきこと
塗装色	2.5B 6/3 (マンセル)

④ ノイズカットトランス

型式	NCT-F1-300VA
端子電圧	1次側 100V/2次側 100V
相数	单相
絶縁耐圧	AC2000V (rms) 1分間
容量	300VA

3. 外形寸法図



一般公衆回線用
シャトルターミナルレコーダー

SHU-D28KB型

仕 様 書

株式会社 池田計器製作所

1, 概 要

本器は、0～1 V信号およびパルスをシャトルカード（メモリカード）に記録し、一般公衆回線（NTT電話回線）により、記録データを読み出すモデム対応型の気象観測用シャトルターミナルレコーダーです。

0～1 V信号は、最大8 chまで入力することが可能で、各チャンネルとも測定範囲が設定でき、設定インターバル毎にシャトルカードに記録されます。

パルスは、転倒ます型雨量計からのパルス信号を受け、入力毎にそのデータを書込みます。

記録されたデータはRS-232C通信回線（NTT電話回線）により、モデムを介してパソコンで処理することができ、またシャトルカードを外し、リーダーを介してパソコンで処理することも可能です。

2, 特 長

- ㊦ データ通信に一般公衆回線を使用できるので、観測所が多くなっても1台のパソコンで管理できます。そのため、回線使用料が安価ですみます。
- ㊧ パソコンを直結して読出すことも可能です。
- ㊨ メモリ部は着脱可能のカード方式なので、リーダーに挿入して読出すことも可能です。
- ㊩ シャトルカードはSRAM方式により、最大1024 Kバイトの容量のカードが使用できます。（メーカー出荷時に設定）
- ㊪ 使用チャンネル数およびレンジを設定できるので、多用途に対応できます。

3, 仕 様

入 力	アナログ：8 ch 0～1 Vまたはポテンショメータ パルス：1 ch 無電圧a接点（転倒ます型雨量計）
シャトルカード	SRAM：128KB，標準 その他，64KB，256KB，512KB，1024KB可能
最大メモリ日数	8 ch，10分毎記録の場合：約50日 4 ch，10分毎記録の場合：約90日 パルスデータはパルス入力時のみ記録
表 示	液晶式（年月日・時分秒・ch No. データ） ※表示データはインターバル毎に更新され、物理量で表示します。
地 点 番 号*	5桁で任意設定
記 録 間 隔* (インターバル)	1, 5, 10, 20, 30, 60分から選択

CH数設定*	最大8chで、入力数に応じてch数を任意設定 パルス入力の有無も任意設定
レンジ設定*	ch毎に、メモリーのなかから項目名とそのレンジを選択できます。 ただし、水位の項目は任意にオフセット値も設定できます。 アナログch：各項目別にレンジ群の中から選択 パルスch：3通りの中から選択
オフセット設定*	水位チャンネルのみ設定 ±49.99
その他*	時刻校正、メモリ消去
通信インターフェース	RS-232C モデム対応 通信方式：全二重 伝送速度：1200bps 同期方式：調歩同期式 データ長：8ビット ストップビット：1ビット パリティ：なし
電源	DC5V～15V
周囲条件	温度：-10～+50℃ 湿度：20～90%RH、ただし結露なきこと

※ 地点番号、記録間隔、CH数、レンジ、オフセット等の設定および時刻校正、メモリ消去は通信回線（RS-232C）によりパソコン側から行いますが、本体のキー操作で行うことも可能です。

4. シャトルカード

シャトルターミナルレコーダー用シャトルカードは、キャッシュカードと同一サイズのカード型パッケージにメモリIC (SRAM) を埋め込んだ、記憶媒体です。

SRAM式シャトルカードは、トランスファームールドICによって回路が構成されているため、信頼性が高く、また容量も128KB以上1024KBまで対応しています。

また、電氣的に消去が可能ですので、何回でも繰り返し使用できます。

特 長

○高静電気をパネル部分に印加しても、回路の破壊、記憶の消失などはありません。

○リン青銅に金メッキ処理の端子を一体モールド成形した2ピース構造となっているので、安定した接触信頼性を実現しています。

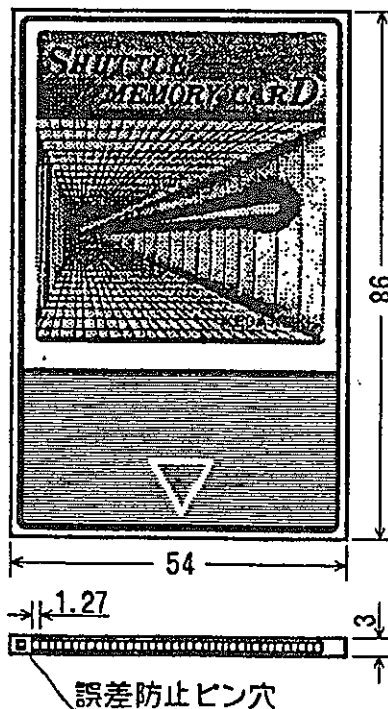
○ラッチアップ防止のため、コンタクトの接触が段階的に行なわれます。

○逆差防止のため、誤嵌合防止機構が付いています。

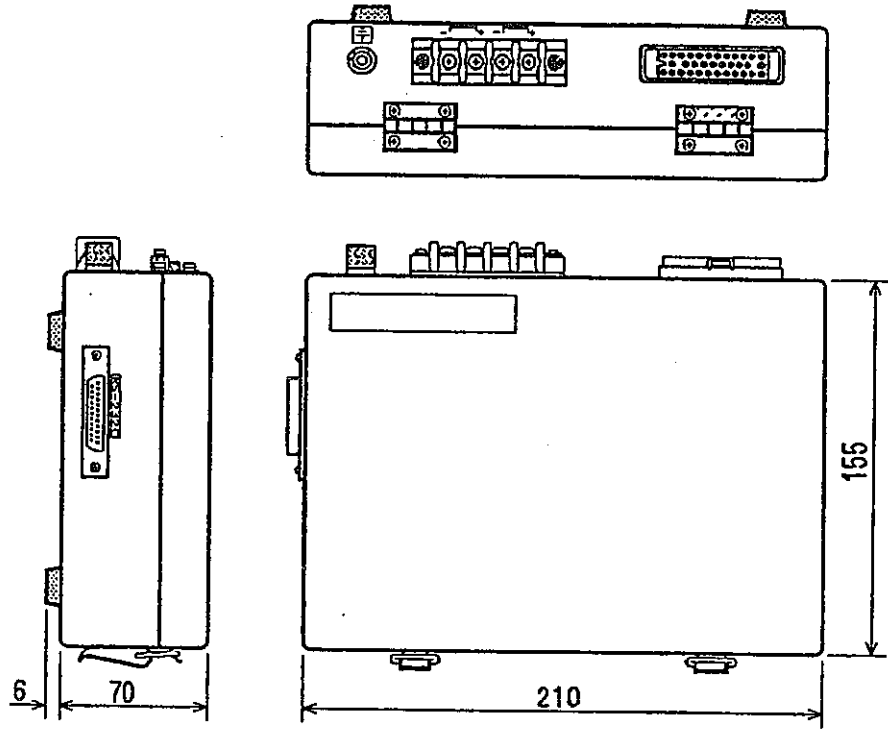
仕 様

記 憶 容 量	128kByte (標準)
記 憶 素 子	SRAM
使 用 電 池	2325型 リチウム電池 (3V)
電 池 寿 命	5年 (25°C)
端 子 数	38ピン (1.27mmピッチ)
耐 挿 抜 回 数	5000回以上
コ ネ ク タ	ITTキャノン製対応
電 源 電 圧	DC5V ±0.5V

外 形 寸 法



◎ 外形寸法図



一般公衆回線用
シャトルターミナルレコーダー

SHU-D28KE型

仕 様 書

株式会社 池田計器製作所

1. 概要

本器は、1～5 V信号およびパルスをシャトルカード（メモ리카ード）に記録し、一般公衆回線（NTT電話回線）により、記録データを読み出すモデム対応型の気象観測用シャトルターミナルレコーダーです。

1～5 V信号は、最大8chまで入力することが可能で、各チャンネルとも測定範囲が設定でき、設定インターバル毎にシャトルカードに記録されます。

パルスは、転倒ます型雨量計からのパルス信号を受け、入力毎にそのデータを書込みます。

記録されたデータはRS-232C通信回線（NTT電話回線）により、モデムを介してパソコンで処理することができ、またシャトルカードを外し、リーダーを介してパソコンで処理することも可能です。

2. 特長

- ㊤ データ通信に一般公衆回線を使用できるので、観測所が多くなっても1台のパソコンで管理できます。そのため、回線使用料が安価ですみます。
- ㊤ パソコンを直結して読出すことも可能です。
- ㊤ メモリ部は着脱可能のカード方式なので、リーダーに挿入して読出すことも可能です。
- ㊤ シャトルカードはSRAM方式により、最大1024Kバイトの容量のカードが使用できます。（メーカー出荷時に設定）
- ㊤ 使用チャンネル数およびレンジを設定できるので、多用途に対応できます。

3. 仕様

入力	アナログ：8ch 1～1Vまたはポテンショメータ パルス：1ch 無電圧a接点（転倒ます型雨量計）
シャトルカード	SRAM：128KB、標準 その他、64KB、256KB、512KB、1024KB可能
最大メモリ日数	8ch、10分毎記録の場合：約50日 4ch、10分毎記録の場合：約90日 パルスデータはパルス入力時のみ記録
表示	液晶式（年月日・時分秒・chNo.・データ） ※表示データはインターバル毎に更新され、物理量で表示します。
地点番号*	5桁で任意設定
記録間隔* （インターバル）	1、5、10、20、30、60分から選択

CH数設定*	最大8chで、入力数に応じてch数を任意設定 パルス入力の有無も任意設定
レンジ設定*	ch毎に、メモリーのなかから項目名とそのレンジを選択できます。 ただし、水位の項目は任意にオフセット値も設定できます。 アナログch：各項目別にレンジ群の中から選択 パルスch：3通りの中から選択
オフセット設定*	水位チャンネルのみ設定 ±49.99
その他*	時刻校正、メモリ消去
通信インターフェース	RS-232C モデム対応 通信方式：全二重 伝送速度：1200bps 同期方式：調歩同期式 データ長：8ビット ストップビット：1ビット パリティ：なし
電源	DC5V～15V
周囲条件	温度：-10～+50℃ 湿度：20～90%RH、ただし結露なきこと

※ 地点番号、記録間隔、CH数、レンジ、オフセット等の設定および時刻校正、メモリ消去は通信回線（RS-232C）によりパソコン側から行いますが、本体のキー操作で行うことも可能です。

4. シャトルカード

シャトルターミナルレコーダー用シャトルカードは、キャッシュカードと同一サイズのカード型パッケージにメモリIC (SRAM) を埋め込んだ、記憶媒体です。

SRAM式シャトルカードは、トランスファーマールドICによって回路が構成されているため、信頼性が高く、また容量も128KB以上1024KBまで対応しています。

また、電氣的に消去が可能ですので、何回でも繰り返し使用できます。

特 長

○高静電気をパネル部分に印加しても、回路の破壊、記憶の消失などはありません。

○リン青銅に金メッキ処理の端子を一体モールド成形した2ピース構造となっているので、安定した接触信頼性を実現しています。

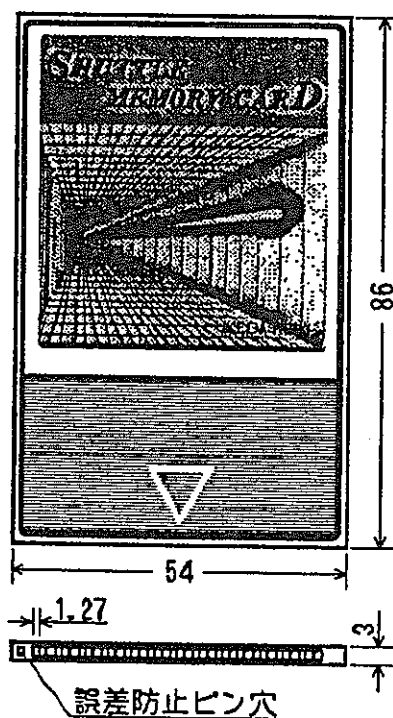
○ラッチアップ防止のため、コンタクトの接触が段階的に行なわれます。

○逆差防止のため、誤嵌合防止機構が付いています。

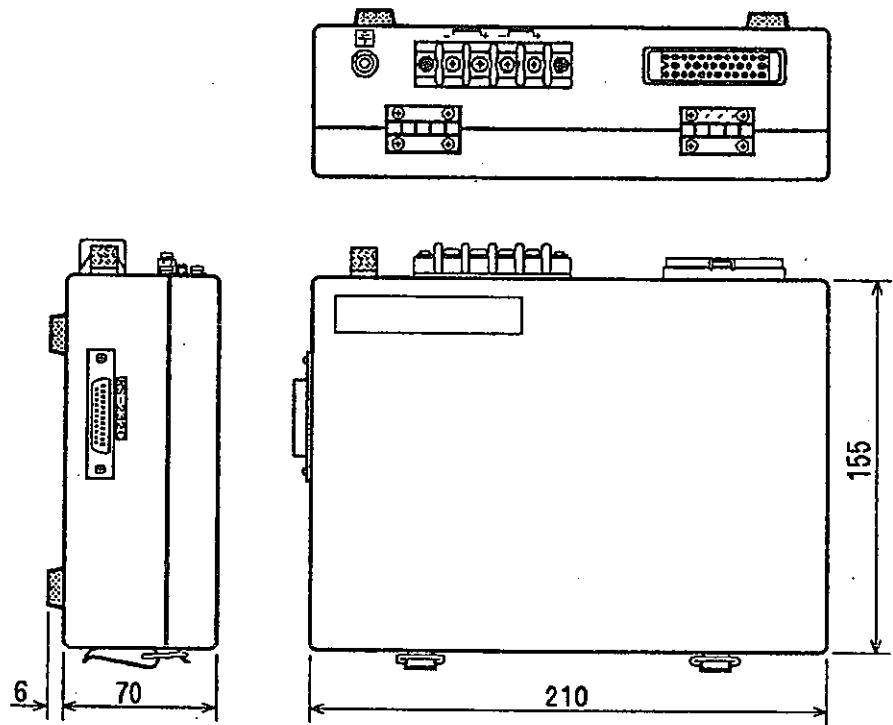
仕 様

記憶容量	128kByte (標準)
記憶素子	SRAM
使用電池	2325型 リチウム電池 (3V)
電池寿命	5年 (25℃)
端子数	38ピン (1.27mmピッチ)
耐挿抜回数	5000回以上
コネクタ	ITTキャノン製対応
電源電圧	DC5V ±0.5V

外形寸法



◎ 外形寸法図



双方向マルチチャンネル無線ユニット

RS232C インターフェースの他 RS422/RS485 仕様も有り

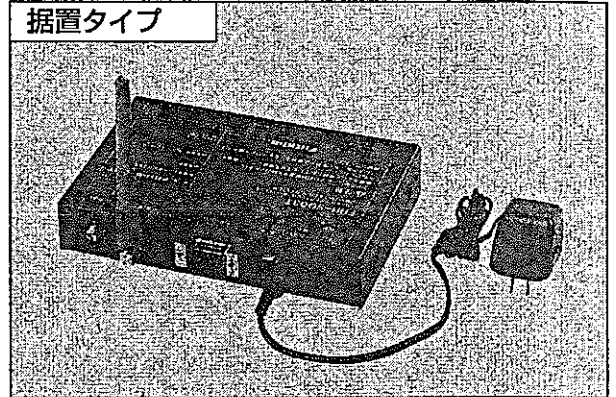
主な用途

- 設置場所やレイアウト変更が多い機器とのデータ通信
- データ配線が作業上、コスト上問題となる場合
- ▲ 秘匿性が要求されるデータ通信
- AGV、ロボット等の移動体機器とのデータ通信
- 温度、気圧、風量などの遠隔モニタリング
- 工場や事務所でのメッセージやサイン表示器へのデータ通信

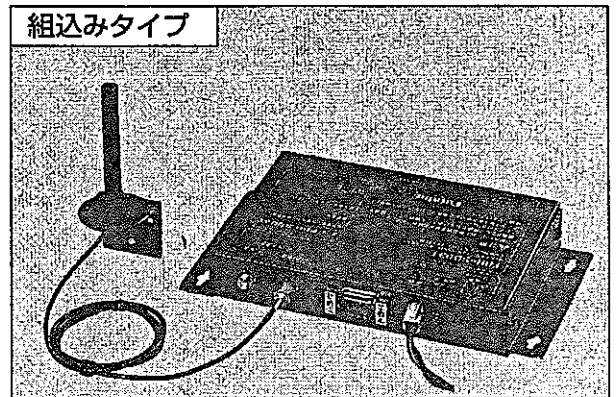
主な仕様

技術基準	RCR標準規格 STD-33A無線設備適合 (小電力データ通信システムの無線局の無線設備)
電波形式	スペクトル拡散(直接拡散)
周波数チャンネル	24チャンネル (同一エリア内同時12チャンネル通信可能)
データ変調速度	51.9kbps(無線区間)
空中線電力	10mW/MHz以下
到達距離	屋内60m以上、屋外300m以上(見通し)
通信形態	1対1、1対N、N対Mの接続が可能 (N対Mの通信には、データのバケット化が必要です。)
誤り訂正機能	自動誤り検出と自動再送機能
外部インターフェース	RS232C(型:FRH-SD03T) RS422/RS485(型:FRH-SD04T)
データレート	300bps~38.4kbps(有線区間)
電源電圧	DC5~31V
消費電流	300mA以下(電源電圧DC12V時)
温度条件	使用温度範囲 -10~+50℃
外形寸法	145(W)×94(D)×27(H)mm
重量	約300g

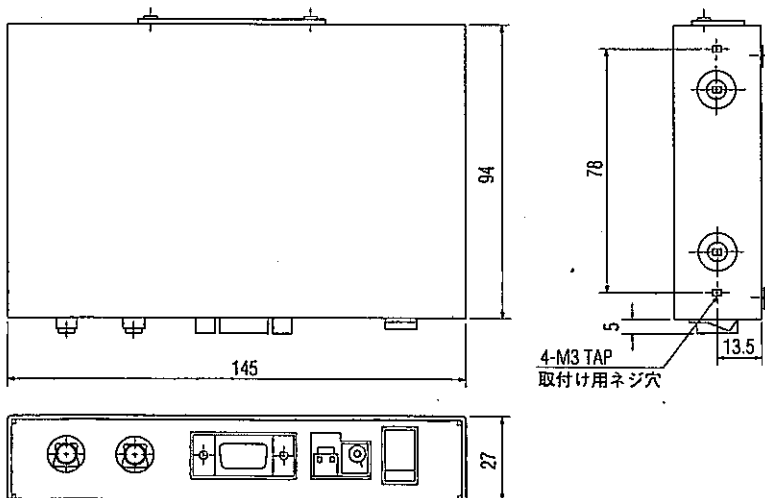
据置タイプ



組み込みタイプ



外形寸法図



モ デ ム

MS336FP1型

仕 様 書

株式会社 池 田 計 器 製 作 所

1, 概 要

本モデムは、ATコマンド準拠の33600bps 高速通信が可能なモデムで、D-sub 25ピンのRS-232Cコネクタに直接に接続して使用することができます。

2, 仕 様

適 用 回 線	二線式電話回線および無線回線
通 信 方 式	二線式全二重伝送方式
同 期 方 式	調歩同期式 (非同期式)
N C U 型 式	AA (自動発着信), AM (自動発信手動着信) MA (手動発信自動着信), MM (手動発着信) モデム制御コマンド: ヘイズ社のATコマンドに準拠
プ ロ ト コ ル	MNPクラス5 (エラー訂正/データ圧縮機能) ITU-T V.42 (エラー訂正機能) ITU-T V.42bis (データ圧縮機能)
通 信 規 格	ITU-T V.34/V.32bis/V.32/V.22bis/V.22/V.21
通 信 速 度	33600/28800/24000/19200/14400/9600/4800/2400/ 1200/300bps
D T E 間 通 信 速 度	115200, 57600, 38400, 33600, 31200, 28800, 26400, 24000, 21600, 19200, 16800, 14400, 12000, 9600, 7200, 4800, 2400, 1200, 300bps
送 出 レ ベ ル	出荷時レベル (-15dBm)
受 信 レ ベ ル	-9~-32dBm
ダ イ ヤ ル 形 式	パルスダイヤル/トーンダイヤル
モ ニ タ 機 能	内蔵スピーカ, 電源, データ監視ランプ
回 線 イ ン タ フ ェ ー ス	技術基準等適合認定規格に準拠
D T E イ ン タ フ ェ ー ス	RS-232C DTEコネクタ (25ピン雄)
外 形 寸 法 ・ 重 量 (mm)	モ デ ム : W57×D66×H20 65g 電 池 ボ ッ ク ス : W57×D45.5×H17.4 18g A C ア ダ プ タ ー : W48×D54×H25.4 85g
環 境 条 件	温 度 : 0~40℃ 湿 度 : 20~85%
電 源	A C ア ダ プ タ ー (A C 1 0 0 V) 乾 電 池 (D C 6 V 単 4 × 4 本)
最 大 消 費 電 力	A C 1 0 0 V に て 4 W 以 下 D C 6 V に て 1 W 以 下
添 付 品	A C ア ダ プ タ ー 1 台 電 池 ボ ッ ク ス 1 台 モ ジ ュ ー ル コ ー ド (3m) 1 本 取 扱 説 明 書 1 部 保 証 書 1 部 回 線 接 続 申 請 は が き 1 枚 そ の 他

3, DTE接続ケーブルインターフェース



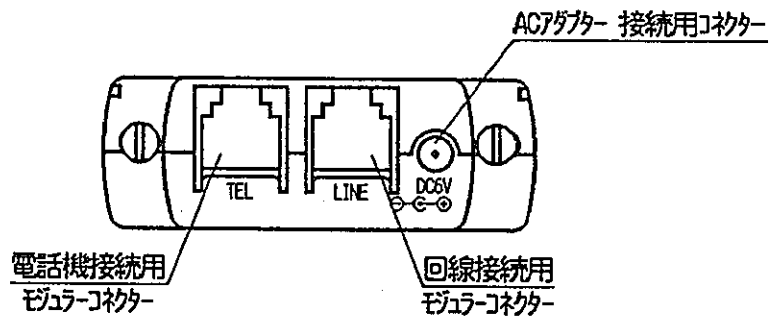
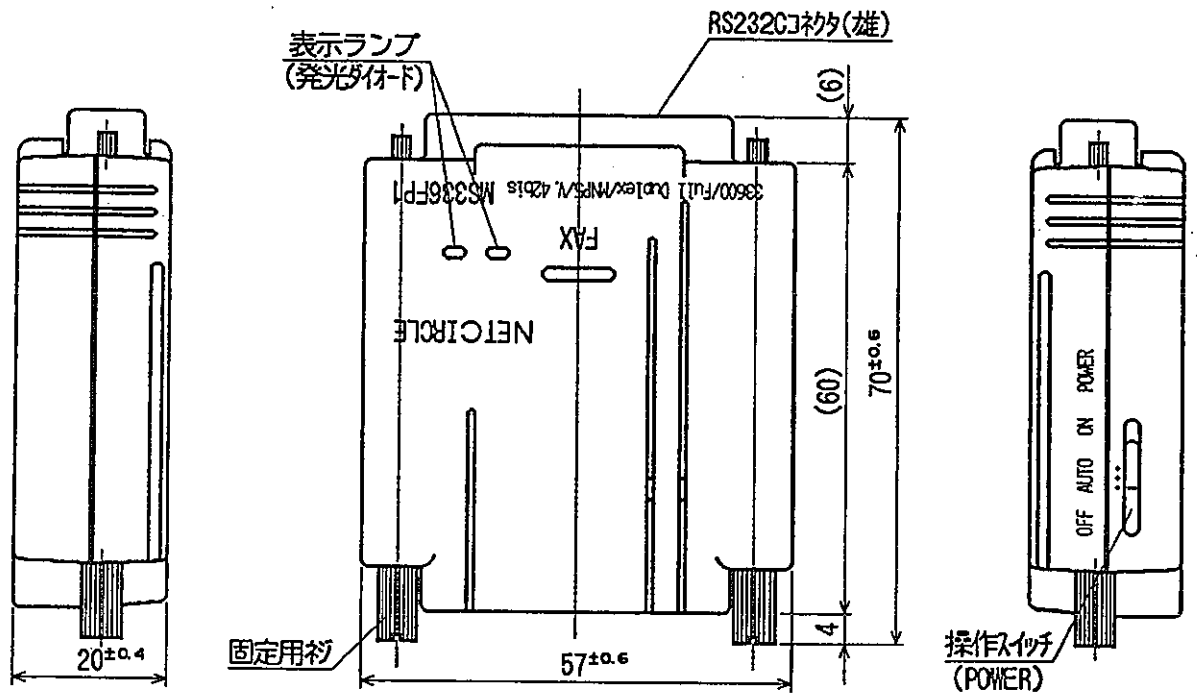
D-SUB25ピン(オ)コネクタ

項目	略号	端子番号	信号方向	機能の概要
		25ピン		
送信データ	SD	2	端末→モデム	データ送信に使います
受信データ	RD	3	端末←モデム	データ受信に使います
送信要求信号	RS	4	端末→モデム	端末からモデムへのデータ送信要求信号です。フロー制御にも使用します
送信可信号	CS	5	端末←モデム	端末からモデムへのデータ送信をモデムが許可する信号です。フロー制御にも使用します
DR信号	DR	6	端末←モデム	モデムの送受信可能状態を示す信号です
信号用グランド	SG	7	端末↔モデム	信号用グランドです
CD信号	CD	8	端末←モデム	キャリア検知信号です
ER信号	ER	20	端末→モデム	端末の通信可能状態を示す信号です
CI信号	CI	22	端末←モデム	呼出し信号に同期して信号を送ります
グランド	FG	F	端末↔モデム	フレームグランドです

※ 端子番号Fは、コネクタの外周の金属部分となります。

※ 信号名(略号)は、JIS規格の略号です。

■ 外観寸法図

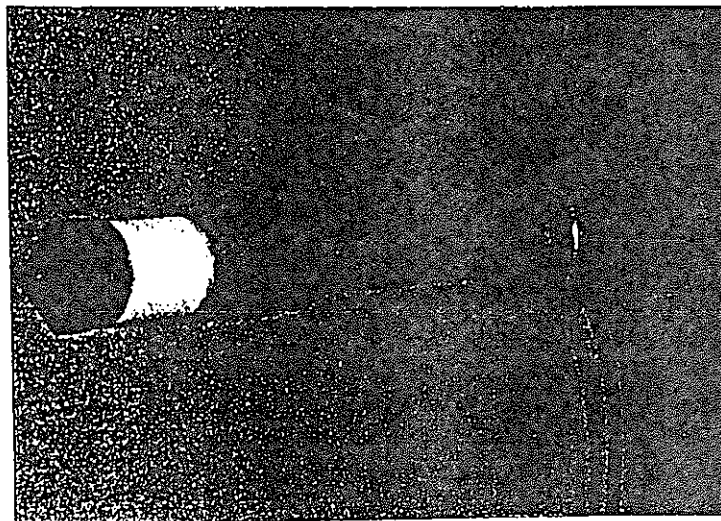


UNSU C

埋設型土壤感圧水分センサー

SK-5500-E

特許出願中



- ・センサーがポーラスカップ内にありますので外気温度に影響されにくくなっており、年間を通した測定が出来ます。
- ・感圧センサーは正負両用なので間隙圧や地下水位計としても使用することが出来ます。
- ・UNSU Cは内部がU字構造で給水時に空気が残りにくく、測定水を使用しますので給水する回数が減り、メンテナンスが容易になります（湿潤状態～pF 2.7程度の範囲）。
- ・地表面に突起物を出さないような構造にすることが出来ます。

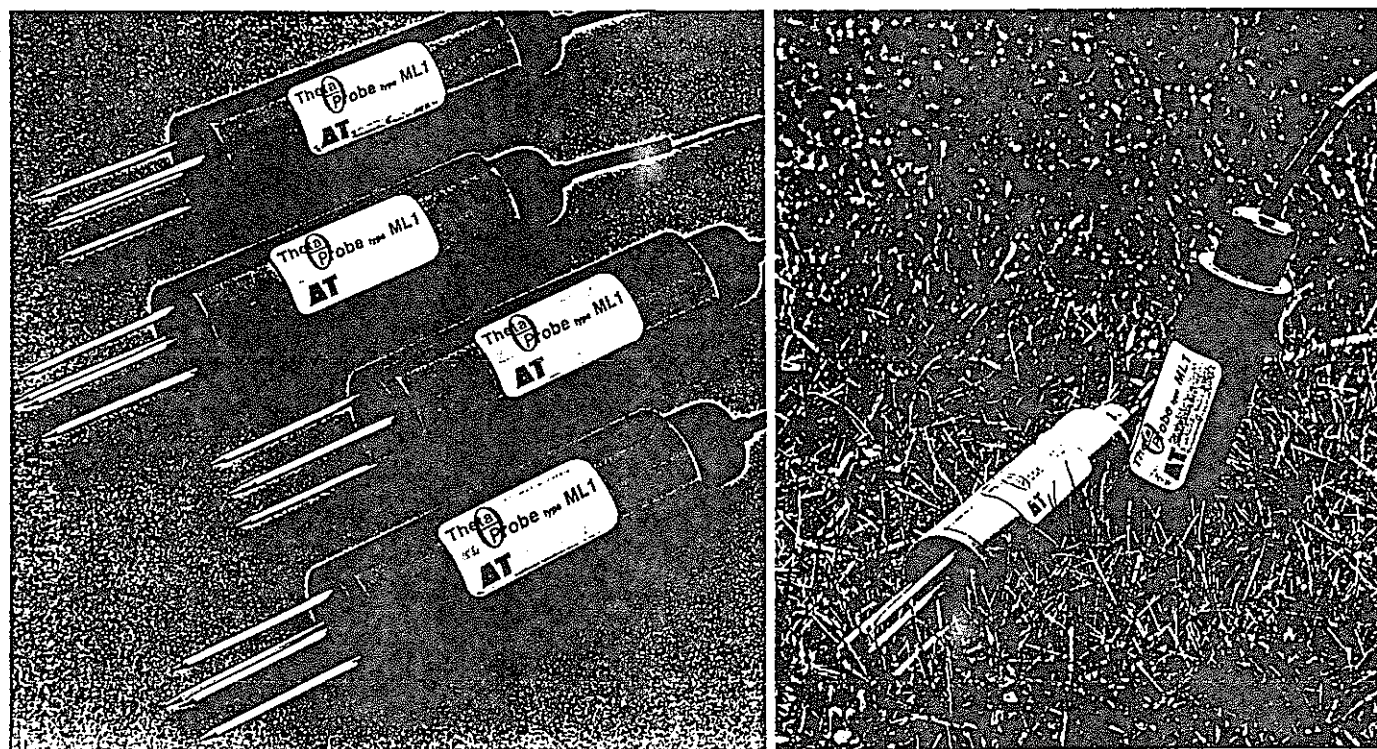
※詳しくは下記にお問い合わせください。

SANKEI RIKA CO.,LTD

Tel:03-3895-0723

Fax:03-3895-1686

高性能土壤水分センサー



英国 Delta-T Devices 社シータ・プローブは体積含水率を計測する一つの新しい方法で、使いやすさと精度を低コストで兼ね備えており、科学者や土壤管理者の方々に、今までに例のない方式で精確な土壤水分データを入手していただく新しい方式のセンサーです。

《特徴》

- ▲あらゆるデータロガーと直接接続することが可能
- ▲ $\pm 0.02\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ 以内の精度
- ▲信頼性ある計測性能（塩類土壤にても同様）
- ▲オプションの手持ち型読取り装置の使用により手動操作可能
- ▲特殊な種類の土壤でも較正が容易
- ▲土壤の影響は最小限

シータ・プローブ ML-1 はマコウレイ土地応用研究所とデルタ・T デバイス社で共同研究開発してきた装置で、TDR 測定法の精度水準に匹敵するが、それによる特別な費用や複雑さもない、新技法（特許出願中）を採用しています。

簡易な使用法：

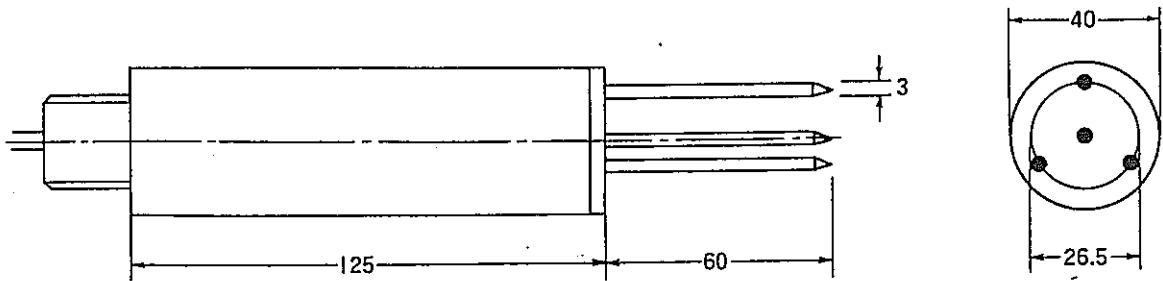
ML-1 のプローブを土壤に差し込み、接続距離は 100m まで離すことが可能な 7-15V 33mA の DC 電源を供給できるお持ちのデータロガーの単独アナログチャンネルに接続し数秒で土壤水分の計測が開始されます。最大限の精度を要求される場合には、2点比重法を使用することで土壤特性の較正を非常に簡単に行うことができます。

使用出来るセンサーの数量は、データロガーの利用できる入力チャンネル数によってのみ限られる（例えば、Delta-T 社ロガー DL2 とではセンサー 60 個まで、DL3000 型とではセンサー 100 個以上の使用が可能）。

シータ・プローブは、その外表露出部は全てステンレス・スチールか耐候プラスチック材で出来ていて、土壤に埋設することが出来ます。

拡張チューブは、埋設が必要な場合、シータ・プローブの設置及び撤去を容易にするために有効です。

外形寸法 (mm) ・電気的仕様 :



シータ・プローブの結線 :

- 赤 : 電源供給線 (+極)
- 青 : 電源供給線 (-極)
- 黄 : 出力信号線 (+極) 負荷抵抗10kΩ最小
- 緑 : 出力信号線 (-極) (青と緑のリード線は内部結線)
- 編 線 : シールド線、プローブ内では結線なし

仕 様	
形 式	ML1
測定定数	体積含水率、 θ_v , (m^3m^{-3} または%vol.)
測定範囲	0~1.0 m^3m^{-3}
精 度	特定の種類の土壌への較正の後で、 $\pm 0.02m^3m^{-3}$ あるいは、与えられた土壌較正を全ての「普通の」土壌に用いて $\pm 0.05m^3m^{-3}$ FRO (デルタT社ロガーとの組み合わせで使用し、0.05-0.6 m^3m^{-3} の範囲を環境温度0-40°Cで計測したとき)
土壌電導率範囲	精度数値は0-0.1 sm^{-1} の土壌電導率範囲で適用される
土壌の採取体積	中央のロッドを取り囲む直径2.5cm、長さ60cm (30 cm^3)の円筒型の部分に90%影響される
環 境	広範囲の種類 of 土壌及び水の中に長期間腐食無しで埋設に耐える
安定時間	起動後約10秒
応答時間	変化の99%に対し、0.5秒以下
稼働周期	100% (連続稼働可能)
インターフェイス	入力仕様: 7-15VDC内で規定なし 消費電力: 33mA 標準、40mA 最大 出力信号: 0-0.5 m^3m^{-3} に対し約0-1VDC (非線形)
ケーブル	標準: 5m. 最長: 100m.

品 名	型 名	内 容
シータ・プローブ	ML1	土壌水分センサー、5m標準ケーブル付
拡張チューブ	ML/EX50	シータプローブ用50cm拡張チューブ
拡張チューブ	ML/EX100	シータプローブ用100cm拡張チューブ

齋池田計器製作所

〒174 東京都板橋区宮本町35-10

TEL 03(3969)6611 (代)

FAX 03(3965)7733

