

雑 報

水理実験センターの概要

I はじめに

設立の経過

水理実験センター設立の計画は、筑波大学創設の当時から、東京教育大学理学部地理学教室を中心として進められてきた。その目的は、自然環境の構成要素である大気・水・土地について、エネルギーの流れと物質移動の立場から、これら諸要素間のかかわり合いを究明し、環境の動的平衡を明らかにするための基礎的実験および観測を行なうことであった。

その後、当初の計画の細部についての検討が幾度か繰り返され、筑波大学発足後の昭和50年度に一部着工、本51年度には本格的な建設に着手した。

現段階の予定では、本格的な建設はさらに昭和52、53年度へと継続され、昭和54年度で第一期計画が完了することになっている。

施設の概要

水理実験センターはアカデミックコアの北西に位置し、約67,000m²の敷地に諸施設を配置することになっている。これらの施設は、その機能からみて、水理（狭義）実験部門と熱収支・水収支実験部門とに大別することができ、研究棟はこの両部門に関連する施設である。両部門に属する施設・設備は表1のとおりである。

両部門に属する諸施設を当センターの骨格および筋肉にたとえれば、研究棟(720m²)は神経にあたるもので、各施設からのデータの記録・収録のための装置がおかれるほか、当センターを利用する研究者のための研究設備が整えられることになっている。

運用計画

上記した諸施設は、筑波大学関係者はもちろん、広く世界の研究者が利用できるように運用さ

れるべきであろう。利用のための運用計画は、さらに建設が進んだ段階で立案されることになるが、現時点でも明らかなことは圃場施設の利用のしかたが他の施設とは異なることである。

圃場施設は、降水と太陽エネルギーの地表面付近での配分に関する基礎的な観測をすることを目的としており、その観測値は研究棟におかれた装置で記録・収録される。圃場施設の利用は、一義的には、この記録された数値を頼ることになり、

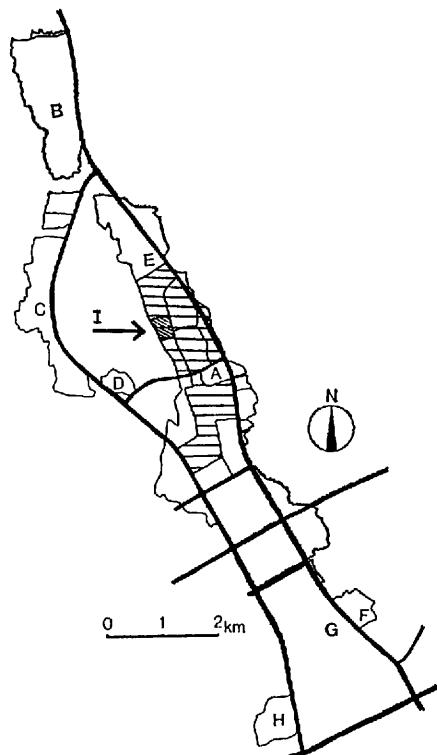


図1 水理実験センターの位置

A. 筑波大学, B. 高エネルギー物理研究所, C. 土木研究所, D. 国土地理院, E. 国立防災科学技術センター, F. 無機材質研究所, G. 宇宙センター, H. 国立公害研究所, I. 水理実験センター

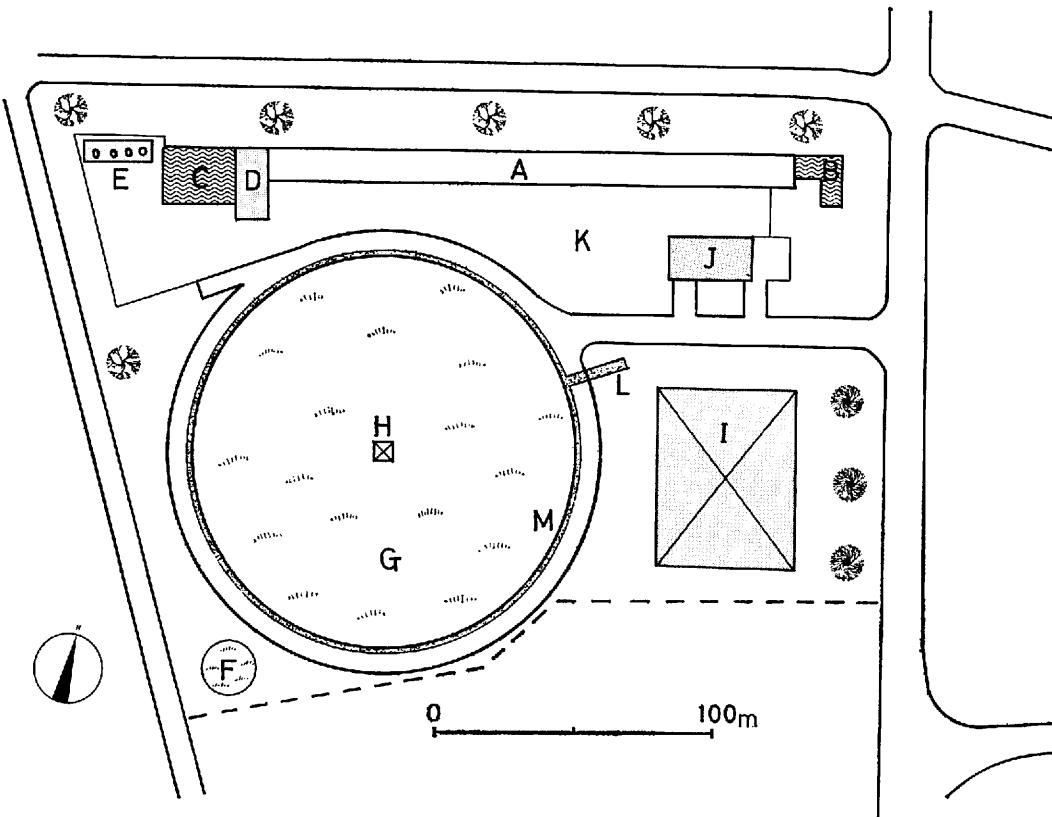


図2 水理実験センター施設配置図

A. 大型水路上屋, B. 沈砂槽, C. 貯水槽, D. ポンプ室, E. 砂礫篩分混合施設, F. 気象観測露場, G. 熱・水収支観測圃場, H. 気象観測塔, I. 屋内実験棟, J. 研究棟, K. 砂礫乾燥場, L. 表面流出測定部, M. 表面流出測定用側溝

表1 水理実験センターの主な施設・設備

部 門	施 設 ・ 設 備	
水理実験部門	大型水路（一部着工） 関連施設	実験棟へ収納（計画中） 大型平面水路 中・小型水路 風洞等
熱・水収支実験部門	圃 场（大部分完成） 露 场	研究棟 地下水実験装置 不飽和帯実験装置 ダルシー法則実験装置 回転実験台等

() 内は昭和51年度の状況

これには出版物が重要な役割を果すことになる。

いうまでもなく、その他の利用のしかたも当然あ

り得るけれども。

いずれにしても、水理実験センターをどのよう

に運用してゆくかは今後の問題である。

(井口正男)

II 大型水路施設計画

従来の水路実験と大型水路の必要性

地表の流水は、位置エネルギーを消費することによって、境界面との摩擦に打ち勝ちつつ、岩屑を伴って高所から海まで流下するが、その過程で種々の地形を出現させ、われわれの生活舞台である地表の形態を変化させていく。このような、自然界における流水の作用とそれによる地形形成過程の物理的機構を解明するためには、自然河川の観測とともに、実験水路を用いた基礎実験が必要であり、これまでに、アメリカのギルバートによる精力的な実験（1914）をはじめとして、地形学・地質学・水理学などの分野の人々によって多くの実験が行なわれてきた。

わが国においては、中山秀三によって、1924年に行なわれた水理模型実験をはじめとして、水理実験の重要性と実用性が認識されるに至り、1930年代には水理実験が本格的に普及し、水流による洗掘や掃流の問題などが、水路実験によって追究された。その後、1936年にシールズが掃流力の無次元化表示を発表し、ついでAINSHUTAINが砂礫の運動の確率論的考察を展開して以降、河床変動や流送土砂など、移動床に関する研究が大きな成果をあげてきた。

岩屑からなる移動砂床では、砂床とその上を流れる流水との相互作用の結果、ある種の平衡状態に達した結果として、極めて多様な形態がそこに発生することが最大の特徴である。しかも、移動砂床上を流送される岩屑の運動は、不連続で多分に確率論的要素に支配された複雑な運動を繰り返すこと、さらに、その岩屑は一般に一様粒径ではなく、大きさや形状を異にする混合粒径から構成されており、結果的に、個々の岩屑粒子に働く流体力を的確に評価することが困難であることなど、流砂を伴う移動砂床における諸現象は複雑である。

従来の水路実験では、一般には岩屑として一様

粒径に近い砂が用いられた。その結果、実験の結果得られた成果を、混合粒径で構成されている実際河川に適用することには難点が存在した。もちろん、AINSHUTAINによる掃流砂量式のように、混合粒径を対象としたものもあったわけであるが、それらは広い粒度分布をもつ実際河川に適用しえないことが河川や水路における実測によって指摘されており、最近、混合粒径に注目した研究の必要性が広く認識されるようになった。

ところが、従来、大学等研究機関に設けられた実験水路は、流体力学や水理学分野を中心として多数にのぼるが、ごく一部の例外を除いては、小型で、しかも、機能的に移動床の実験には不適当なものが多かった。その結果、勾配が広範囲にわたり、粗粒の岩屑から非常に細粒の岩屑までが混合した、しかも時間的に流量が変動する実際河川の水流を、水路上に再現しえなかっただし、また、水流の内部構造を計測し、その物理的機構を解明するためには、水深などが小さすぎることが多かった。これらに対して、水路施設の大型化が必要とされてきた。

従来の大型水路実験施設と水路大型化に伴う問題点

すでに、アメリカ合衆国のコロラド州立大学工学実験センターでは、幅2.4mの大型水路によって流砂現象の解析が強力に行なわれている。英国でも、Wallingfordにある水理実験所（H.R.S.）に、幅10m、長さ90mの大型水路が設けられ、1960年代前半から、とくに河川蛇行に関する実験が継続されている。わが国でも、土砂移動とそれに伴う地形変化に関する研究面を充実することが急務とされ、京都大学防災研究所（幅7.5m、高さ1.5m、長さ243m）や建設省土木研究所などに大型の水路実験施設が備えられてきた。

しかしながら、いずれも、施設が大型化するほど、その運用には多大の運転経費や労力を要するようになり、結果的に施設の利用度が低下してきているのが実状である。幅が数10cmで、長さが数mといった小規模な水路では、ひとつの実験に長くても数時間ないし1日かけて十分でも、水

路が大型化すれば、設定した実験条件に対応した安定状態が水路内に出現するまでに長い通水時間が必要となることがその理由のひとつである。しかしながら、その最大の理由は、従来の大型水路施設が、いわゆる給砂方式 (sand-feed system) しか採用できなかつたためと、応用のきかない勾配固定水路であったことにあるといえよう。今後建設される大型水路には、これに対処するための工夫が必要とされてきた。

筑波大学水理実験センターにおける大型水路実験の目的とそのために大型水路施設に加えられた工夫

水理実験センターにおける大型水路実験は、移動床水路における砂礫の移動や砂床形態などの諸現象を、流水のストリーム・パワーの配分という観点から、とくに混合粒径の場合について解析していくことを大目的とする。

ストリーム・パワー ω は、流水の単位水柱のもつ位置エネルギーが単位時間に減少する量であるから、次式で示される。

$$\omega = \gamma \cdot V \cdot D \cdot S = \gamma \cdot q \cdot S$$

ここで、 ω ：ストリーム・パワー、 γ ：水の単位重量、 V ：平均流速、 D ：水深、 S ：流水のエネルギー勾配、 q ：単位幅あたりの流水量

ストリーム・パワーを大きく変化させるためには、流水量と勾配のどちらかを変化させればよいとして、従来主として流水量を大きく変化させて実験が行なわれてきた。しかしながら、ストリーム・パワーが同じ水流であっても、勾配が大きく小流量の場合と、勾配が小さく流量の大きな場合とでは、そこに出現する現象、すなわちストリーム・パワーの配分のされ方が著しく異なったものとなることが明らかになってきた。この結果、これから建設される大型水路施設では、給水能力の増大に努めるばかりでなく、広範囲にわたる勾配可変機構を備えることが第一の条件とされる。小型水路施設の場合には、ジャッキによって砂床勾配を可変とすることが一般的に行なわれている。前述したコロラド州立大の大型水路施設は、ジャッキによる可傾装置を備えているが、これはむし

ろ例外であって、大型の水路施設では、その重量が膨大なものとなるため、技術的に不可能ではないにしても、建設費の面からジャッキによる可傾方式の採用は極めて困難である。

可傾装置をもたない勾配固定水路では、京都大学防災研究所の例のように、何らかの方法で砂床の縦断勾配を可変とする機構を備えることが要求される。京都大学の場合には、水路上を自走する台車にスクリーパーを設け、砂床面の縦断勾配を段階的に変化させうるようにしている。ここに計画する大型水路施設でも、何らかの勾配可変機構を備えることが必要である。

大型水路施設では、また、第二に必要な条件として、砂礫循環機能を備えることが要求される。すなわち、砂礫循環機能を備えていない水路では、通水開始とともに水路上流端から下流方向へ進行する河床低下を阻止して実験条件を時間的に一定に保つために、流送される砂礫量に等しい量の砂礫を給砂装置によって水路起点で供給してやらねばならず、その量が多量なため、これを長時間継続することは極めて困難で、現実に、アメリカ合衆国の水路実験所(WE S)で行なわれた大規模な河川蛇行実験(水路の幅 11.6 m, 長さ 36.6 m) や、京都大学の大型水路で行なわれた実験(幅 7.5 m, 長さ 130 m) のように、無給砂で実験を行なう結果になりやすい。

砂礫循環施設としては、水路から流出した砂を、ポンプで水とともに水路上流端へ返送するような方式が従来採用されている。このように、水と砂を循環させる方式は、循環方式 (re-circulating system) と呼ばれるが、この方式の水路では、給砂をしないですむ反面、実験中に流砂量を継続的に測定したり、あるいは流砂量を独立変数とした実験を行なうこととは、困難であるという欠点がある。

ここに計画する大型水路施設の砂礫循環施設は、この欠点に対する対策を備えたものでなければならない。

水理実験センターでは、大型水路施設に、上記した勾配可変機構と砂礫循環機構という 2 つの機

構を備えるために、ベルト・コンベヤによる砂礫循環施設と、水路下流端可動堰とを付設する方式を考案した。ベルト・コンベヤによる砂礫の帰還方式を採用すれば、水路下流端の沈砂槽から水路上流端へ砂礫を返送するベルト・コンベヤーの一部に、積載荷重を測定して流砂量を測定するための小型のベルト・コンベヤーを組込んで、流砂量を連続的に計測しうるうえ、粗大な礫まで返送しうる。

「水路下流端可動堰による砂床勾配の可変機構は、堰と砂礫循環施設とを組合せることによって可能となる方式であり、水と砂礫を循環させつつ堰を下げるこことによって砂床面を急勾配にし、逆に可動堰を上げて砂床面を緩勾配にしようとする構想である。これが、水理実験センターの大型水路の最大の特色といえよう。

水路下流端可動堰を上下させることによって、はたして砂床の縦断勾配を制御しうるかどうかについては、これを疑問視する人がいないわけではない。そこで、小型の水路で行なった模擬実験の

結果を図3に示しておく。

大型水路施設に必要な制御機能

大型水路施設における水と砂礫の流れを図4に示す。砂礫の循環の方式によって、前述のように、給砂方式と循環方式の2つに分類される。

循環方式の場合、低水槽からポンプによって汲み上げられた水は、水路上流端の高水槽に入り、流量を調整された後、整流槽に流入し、上方から供給された砂礫とともに水路を流れ、水路下流端から沈砂槽へ流出する。水は、沈砂槽から帰還管路に落ちて低水槽へ帰り、再びポンプで汲み上げられて水路に流入するというように、水路内を循環する。これに対し、沈砂槽に沈澱した砂礫は、砂かき上げ機によって運び出され、流砂量を計測された後、ベルト・コンベヤーによって再び水路上流端へ返送される。

給砂方式の場合には、砂礫は沈砂槽から砂礫乾燥場へ送られ、時には一時貯蔵され、砂礫篩い分け施設によって粒度を再調整してから、再び水路上流端から水路中へ給砂装置によって給砂され

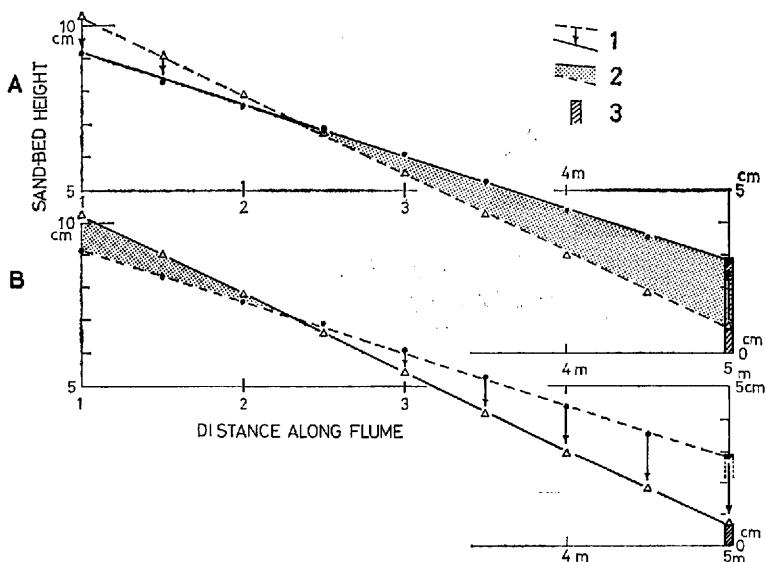


図3 循環式水路における水路下流端可動堰による砂床勾配の制御

(水路幅10cm, 水路長5m, 実験用砂中径1~2mmの粗砂, 流水量0.9l/sec, 水深約1.8cm, 砂床面は平滑)

1:侵食区間, 2:堆積区間, 3:堰

A 堤を上げた時, B 堤を下げた時

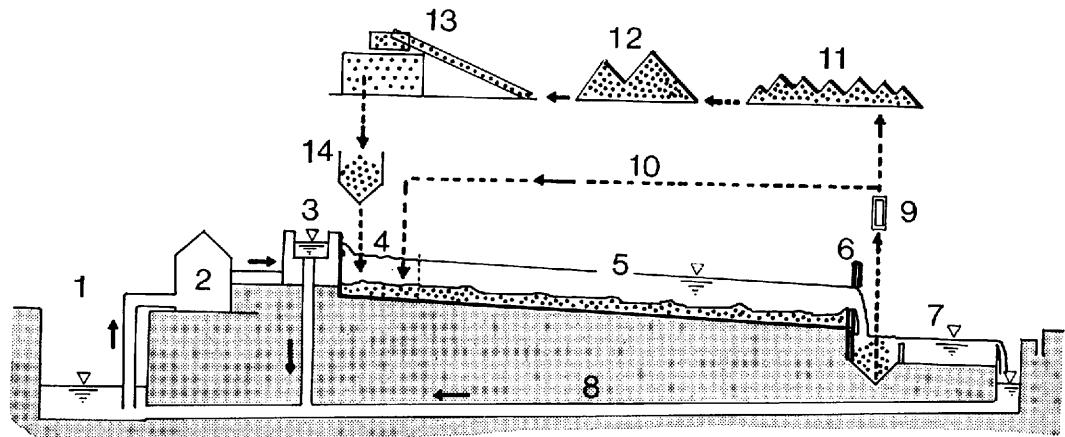


図4 大型水路施設における水と砂礫の循環

1：低水槽，2：給水施設，3：高水槽，4：整流槽，5：水路，6：可動堰，7：沈砂槽，8：帰還管路，9：流砂量測定装置，10：砂礫循環施設，11：砂礫乾燥場，12：砂礫置場，13：砂礫篩い分け・貯蔵・混合・給砂施設，14：給砂装置

る。

実験では、このように水路施設内を循環する水と砂礫の性質と量とを変えるわけである。實際には、水路幅と実験に使用する砂礫の種類を選定した後に、流水量、流砂量、水面勾配、水深のうち、研究目的に適当な2つを独立変数として選定して実験を行なう(表2)。この際、近い将来において、これら実験条件を時間的に変化させる必要が生ずることは確実とみられるため、それぞれについて、制御機能を備えることが要求される。ここに計画した大型水路施設では、流砂量、水面勾配および水深の制御は、水路下流端可動堰の高さと給水量を制御することによって行なうわけであるから、施設として備えるべき制御機能は、結局、給水量と給砂量および可動堰高の3つである。

表2 実験条件の組合せ方

独立変数の組合せ	実験例
流水量・流砂量	Gilbert (1914)
流水量・勾配	Simons et al. (1961)
流水量・水深	Brooks (1958)
流砂量・水深	Williams (1967)
勾配・水深	Simons & Richardson (1966)
流砂量・勾配	非現実的として採用されていない

なお、砂床形状とその上の水流の特性の計測および各種撮像は、水路上の自走式測定台車によって行ない、同時に、天井走行撮像用電車によって、水流の表面的諸現象の撮像を行なう。この際、測定台車は精度の高い位置制御機能を備えたものでなければならない。

大型水路施設の仕様

筑波大学水理実験センターに建設される大型水路施設は、以上のような考査をふまえて、次のような仕様とした。

1) 水路本体 水路設計の出発点である水路幅については、それが水路長と密接に関係することから、敷地の広さの制約を考慮して4mとした。この幅は、アメリカ合衆国のコロラド州立大学の2.4m(8フィート)水路と、京都大学の7.5m幅水路の中間的な規模をもったものといえよう。

水路長は、循環方式を採用したコロラド州立大学の水路のように、水路幅の25倍といった短かいものもあるが、給砂方式水路では、一般に40~100倍程度と長い、水路の長さは、結局はどのような現象を対象とした実験を行なうかによって決められる。一般に三次元性の強い現象を対象として実験を行なうためには、二次元性の強い現象

を対象として行なう場合より長い水路を必要とする。そこで、ここでは、水路に出現する三次元的現象の代表である砂礫堆の波長が水路幅の27倍にまでなることを考慮し、それに水路の上・下流端の影響範囲を加えて、水路の長さを160mとした。

砂床の縦断勾配のとりうる範囲は、勾配固定水路では水路の深さによって決められる。ここでは深さ2mで上・下流一定とし、下流方向へ1/100の路床勾配をもつものとした。これにより0~1/50の砂床勾配が得られることになった。

なお、長さ160mの水路本体の上流端に連続して整流槽を設ける。これは、それより上流から供給された水の乱れを減衰させ、水路上方から供給される砂礫と水とを水路の横方向に一様にするための区間であり、そのために適当な整流板を付設したものとする。

水路本体の材質については、コンクリート製にするか鋼製にするかについての検討を行なった。その結果、頭初、コンクリート製水路は、漏水の防止が困難であるとはいえ、その量が実験流量に対して少ないことから、水路施設としてはそれほど致命的な欠陥ではないとされ、ペンキ塗りの必要な鋼製水路より維持費のいらないコンクリート製水路が良いと考えられた。

しかしながら、大型水路を建設する水理実験センターの敷地には、地表下1.5~2mほどの関東ローム層の下位に、厚い粘土層がある。これが将来、地下水位の低下等によって収縮し、不等沈下を生ずる可能性が指摘された。水路施設の不等沈下を防止する対策がとられなければならないことはいうまでもないが、たとえ地盤の不等沈下によって水路側壁が傾き、水路幅が変化して測定台車が走行できなくなる等の変化が生じたときにも、コンクリート製水路では調整が困難であるが、これが鋼製ならば、比較的容易に調整しうることから、結局、水路本体は鋼製とすることにした。

水路内の砂礫の厚さは、実験によって異なるが、その最大は1.6mで、その上に水が0.4mのことがありうる。実験用の砂礫としては、中径

25mmまでを使用する。

水路下流端の可動堰は、この状態の砂と水とを支えるのに十分な強度と形状をもつものでなければならない。水路下流端の可動堰としては、この砂止堰とともに、水位調節と止水のための、もう1枚の堰を備える必要がある。これら2枚の堰は、それによって水深、水面勾配、流砂量などを制御するのに十分な昇降精度を備えていなければならない。

水路両側壁上端には、測定台車走行用のレールを水路160m全長にわたって精度よく設置する。このほか、水路には観測用のガラス張り区間（高さ1m、長さ20m）と見学用の歩廊を設ける。

2) 給水施設 每秒最大 1.5m^3 の給水能力を有し、流量制御機能を備えた給水施設とする。そのために、整流槽の上流側に高水槽を設け、可動堰などを設けることによって流量の制御を行ないうるものとする。なお、流量毎秒 1.5m^3 は、水深50cmでその平均流速は毎秒75cm、水深1mで毎秒37.5cmである。最大給水能力は毎秒 1.5m^3 であるが、実験では常に大流量を流すわけではないので、規模の異なる複数のポンプを組合せるなどして、電力料金の軽減をはかる。

また、水路上流側に、最大流量毎秒 1.5m^3 の供給が可能な容量をもつ低水槽を設ける。さらに、水路下流端の沈砂槽と低水槽とを、毎秒 1.5m^3 の水を帰還させる能力をもった帰還管路で結ぶ。なお、実験用水としては水道水（中水）を使用する。

3) 砂礫循環施設 沈砂槽から砂礫をかき上げ、水路上流端の整流槽へ返送するするベルト・コンベヤーからなり、その途中に流砂量測定装置を組み込む。運搬能力は最大毎時 20m^3 とする。

4) 砂礫篩い分け・貯蔵・混合・給砂施設 砂礫を種々の階級に篩い分け貯蔵し、必要とする粒度組成をもった砂礫を調合し、ひき出して水路に給砂しうるものとする。給砂能力は毎時 20m^3 を連続的に供給しうるものとする。

5) 砂礫置場と砂礫乾燥場 水路内の砂礫を交換するときや、給砂方式の実験を行なうときな

ど、沈砂槽からかき上げた約 700m³ の砂礫を乾燥し、貯蔵するために十分な広さをもったものとする。

6) 建屋 水路本体および付属施設を風雨から保護するためと、実験条件を長時間一定に保つために適当な構造とする。建屋内には、実験監視室を別に設け、測定台車上とともに、実験の遠隔制御・計測およびデータ処理を行なう。

7) 測定台車と天井走行撮像用電車 水路両側壁上のレール上を自走する台車上には、制御室・トラバース装置・撮像装置取付台・照明装置などを設ける。台車の走行速度は 0.05~1.0m/sec の範囲内で連続可変とし、トラバース装置の横行速度および上下速度はそれぞれ 0.1m/sec, 0.02 m/sec とする。位置の計測精度のなかで最も重要なのは、上下方向の位置検出および計測の精度であり、水路の横断方向での水面高の差を十分な精度で計測するために、上下方向のトラバース装置に対しては ±0.2 cm の計測精度が要求される。この精度を常に確保することは、従来の水路施設のようにレールを基準とすることでは困難であり、ここに特別の工夫が必要である。

大型水路施設の建設

上記のような大型水路施設の仕様にもとづき、筑波大学施設部において、「筑波大学水理実験センター大型水路施設概略設計見積書提出依頼仕様書」が昭和51年8月に作成され、それに対して業者からの見積・設計図書の提出を受けた。この資料をもとに、大型水路施設選定委員会によって業者の選定が行なわれ、現在、水路本体・水路基礎および建屋の工事が進められている。

昭和 52 年度において、これに給水施設、砂礫循環施設、実験制御・データ収録施設および砂礫篠い分け・貯蔵・混合・給砂施設を備え、その後砂礫乾燥場および砂礫置場の建設を行なう予定である。

(池田 宏)

III 熱収支観測システム

熱収支観測システムは、熱収支・水収支観測システムの一部として昭和 50 年度より着工され、

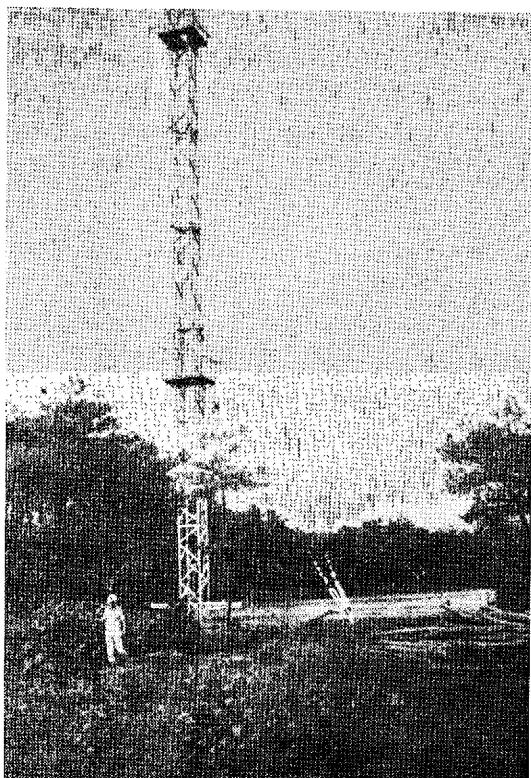


図 5 気象観測塔と圃場の概観

51 年度までに半径 80m の圃場の一部と、高さ 30 m の気象観測塔が完成した(図 5)。さらに 52 年度は圃場整備をおこない、53 年度からルーチン観測を実施することを目標としている。

熱収支観測システムの役割

熱収支観測システムの目的は、地表面における太陽エネルギーの変換を、長期継続観測によって明らかにし、物質とエネルギー交換の基礎的諸過程の動的特徴を定量的に解明することにある。すなわち、地表面へ到達した太陽エネルギーは、蒸発の潜熱、大気への顯熱、地中への顯熱などに変換されるが、これ等地表付近の熱収支に関するルーチン観測を実施することが最大の課題である。そのため、平坦な標準化された芝地(圃場)を設け、その中心に気象観測塔を設置して、風向・風速・顯熱フラックス・運動量フラックスおよび気温を測定するとともに、放射計・日射計・アル

ペドメータを圃場に設置して、長波・短波の観測をおこなう。

観測結果は、データ集録装置で磁気テープに記録させ、筑波大学計算センターで処理し、データ集（日報・月報・年報）として刊行する予定である。現在わが国には、このような継続観測に基づく研究はなく、世界的にも貴重な資料となろう。

観測要素と方法

昭和 52 年度から観測を開始する予定の要素を分類し、それぞれの記号およびチャンネル数を示したのが表 3 である。

超音波関係では、超音波風速温度計を用い、渦

相関法から運動量輸送の直接測定をおこなうため、風速の水平・垂直成分の変動を測定する。また同時に、熱量の輸送の測定のため、気温の変動量を測定する。

放射関係では、ネオ放射計・示差放射計、ネオ日射計などで $0.3\sim3.0 \mu\text{m}$ の範囲の放射を測定し、ベックマン放射計は準器として各測器の検定に用いる。この分野では、次期の計画にて、エブリ一型日射計・アルベドメータ・有効放射計などを配備し、長波放射と短波放射の下向きおよび上向きの成分を分離して測定し、これ等の放射収支から全正味放射を算出する。

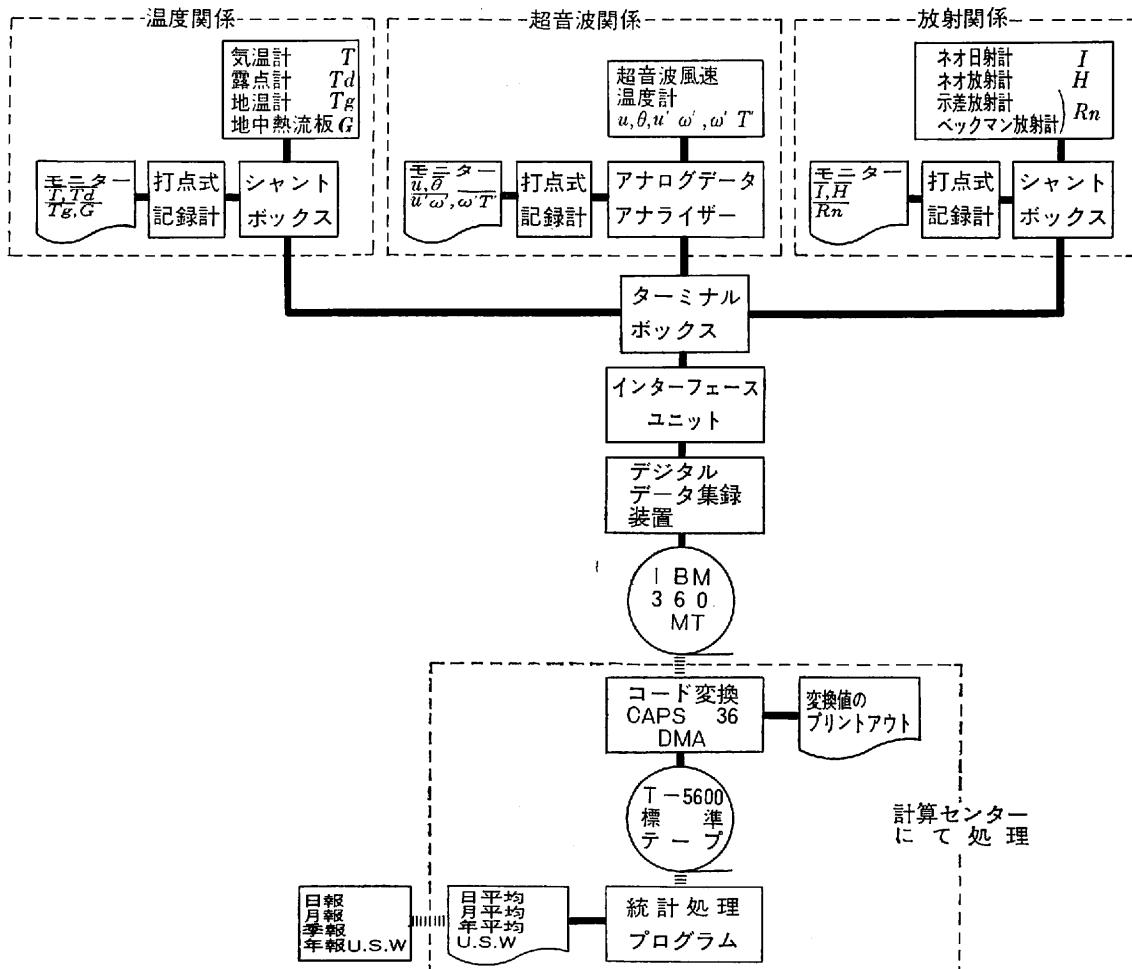


図 6 データ処理のフローチャート

表 3 热収支観測システムにおける観測要素

分類	要素	記号	チャンネル数
超音波関係	風速×3	u	3
	風向×3	θ	3
	顕熱フラックス×3	w'T'	3
	運動量フラックス×3	u'w'	3
放射関係	短波放射	I	1
	全天放射	H	1
	純放射	Rn	2
温度関係	気温×3	T	3
	露点温度×3	Td	3
	地温×4	Tg	4
	地中熱流量×2	G	2

温度関係では、温度計・露点計・地温計・地中熱流板を用い、大気への潜熱および大地への顕熱輸送を測定する。

データ処理の手順と結果の一例

データ処理のフローチャートを図6に示す。流れ図中、黒太線以外はオフラインを意味し、この部分のデータの伝達は人力による。

3つの分野からアナログ信号が入力され、これを10分間の平均値として打点式記録計にモニターリー(図7)、その時刻における各要素の平均場を監視する。これと並列して、ターミナルボックスを経由し、全要素の瞬間値をA-D変換してデータ集録装置に収録する。

以上の操作までが本観測システム内でおこなわれ、以下は計算センターでおこなわれる。

データ集録装置に収められた記録コードは、IBM360の型式を持つが、これをCAPS-36DMAコード変換プログラムを用いて、TOSBAC-5600 ASCIIの型式の標準テープを作成する。変換された内容をプリントアウトした一例を図8に示す。

このようにして作成された標準テープを用い、各種の統計処理をおこない、結果を印字したものはデータ集として公表されることが好ましい。

統計処理の一例

渦相関法を用いて乱流輸送を直接測定する試み

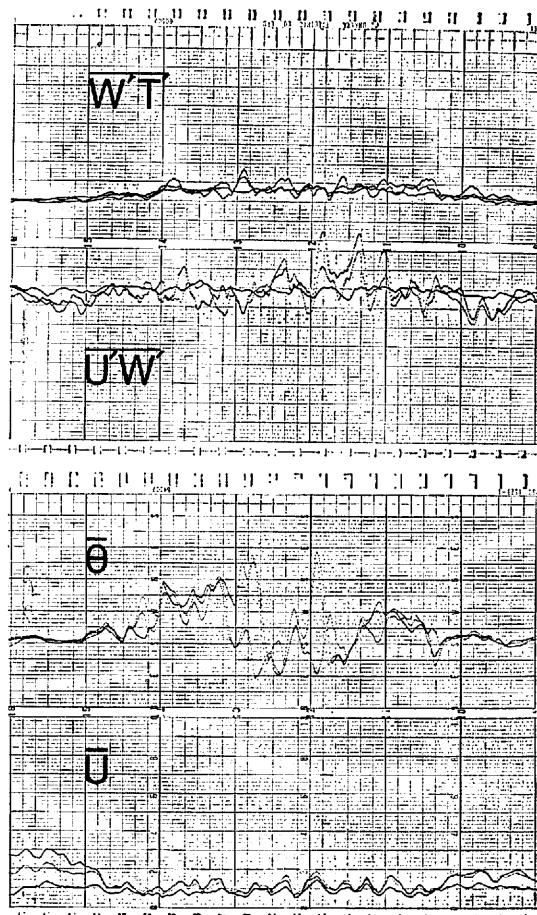


図7 モニター記録の一例 昭和51年12月21日

上から 热量フラックスの10分平均、運動量フラックスの10分平均、風向の10分平均、風速の10分平均

は、国際的な研究計画(GARP)の一部として、近年おこなわれつつある(光田他, 1969ほか)。

超音波風速温度計のアナログデータを、直接スペクトルアナライザに入力して、風速のW成分のパワースペクトルを求めた結果を図9に示す。サンプリング間隔は0.1秒とし、40秒間の合計400個のデータを用いた。これによると、0.085Hzに顕著なピークが存在することがわかる。

(林 陽生)

A2052 01 11/17/76

UTILITY REPORT 751117

PAGE 1

Y FUTIL FA, RWD/FA, ADUMP/10R/									
BCW 000001000477									
1 RCW 000476002600	1	053061042063	060065066060	060060060060	053062063067	060060071061	#123456000052376091		
	6	053061041060	060060062062	060060060060	060060060060	060060060060	5110002000000000		
	11	050060040060	060060060060	060060060060	060060060060	060060060060	0000000000000000		
	316*	060060040060	060060060060	060060060060	060060060060	060060060060	0000000000000000		
	319	060060040060	060060060060	060060060060	060060060060	060060060060	0000000000000000		
	479*	060060040060	060060060060	060060060060	060060060060	060060060060	0000000000000000		
BCW 000003000477									
2 RCW 000476002600	1	06060600071	061065061061	060060060062	053061061063	055060061062	760015110002+113-012		
	6	055060064066	053065070066	053066070062	055060063067	055064060071	-044+586+682-037-409		
	11	053065071062	053060067064	053060062067	053063000662	053064065066	+592+674+027+002+456		
	16	053061071071	053065060070	055060066065	053060066065	053064064061	+199+508-065+065+441		
	21	053060060063	055066060065	053062060061	053065064070	053070061065	+003-605+001+548+815		
	26	053060060063	053061061062	053061063006	055060061066	053060061063	+003+112+104-016+013		
	31	053065070064	0530670061063	053060070062	055046462060	05306571065	+581+713-087-420+595		
	36	053066060500	053060063060	053060060062	053064064067	053061071071	+650+030+002+447+199		
	41	053065060071	053064060065	053060266065	053064064041	053060360062	+509-066+065+441+002		
	46	053066060066	053062060061	053065064070	053070061065	053060060062	-606+201+548+815+007		
	51	053061040065	053060071065	055060060064	053060060070	053045070066	+105+095+004+008+586		
		053066060070	055060060064	053060060070	0521041.05	5071	+1-160+591+*		

図 8 標準テープ内容の一例

右側のコラムの数字は変換された風速値を示す。7行目の数字は、76年—9月—15日—11時—00分—02秒を意味し、次の+113-012はデータを示す。

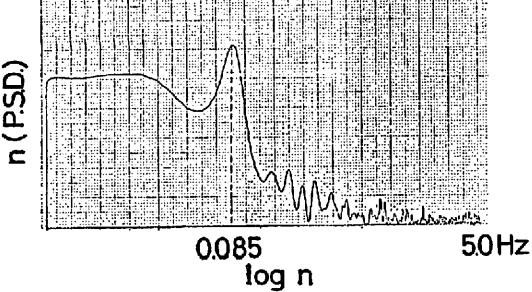


図 9 風速のW成分のパワースペクトル

IV 水収支観測施設

水収支構成要素の概要を図 10 に示す。本施設の主な目的は、水収支式を構成するすべての項の連続観測を行ない、地中へ浸透した水分の時間的・空間的移動過程を明確にすることおよび、比

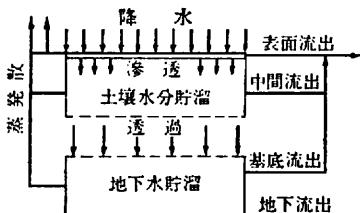


図 10 水収支構成要素

較的多くの問題点が指摘されている蒸発(散)量を正確に把握することにある。また、熱収支観測により解明される熱の移動がこれらにも大きく影響を及ぼす要素となることは勿論である。図 10 に示される水分移動過程について、現在計画中の観測項目・測定機器・内容を表 4 にまとめた。これらのデータはすべて打点記録計でモニターし、熱収支観測要素とともにデジタル MT 集録装置に記録される。その後、大型計算機で処理し、各種の解析に寄与することになる予定である。ここでは特にユニークな存在である圃場の形態および表面流出測定方法、ウェイングライシメータの 2 点について以下に述べる。

圃場の形態および表面流出測定法

センター敷地周辺の地盤高は、北西端で海拔約 28m と最も高く、北東端では約 26m で最も低い。詳しくみると 1 m 程度の凹凸はあるが、圃場の設計に当っては、図 11 に示す様に、気象観測用鉄塔のある中心点を 27.5m とし、周囲は圃場内の排水を考慮して 27.0m とした。地質については、圃場北側約 30m の大型水路建設現場におけるボーリング資料にもとづいた地質断面図(図 12)がある。図中 A のローム層はほぼ 1~2 m あり、その下に、4~5 m の厚い粘土層が続く。圃

表 4 水収支の観測

観測項目	測定機器	内 容
降水量	雨量計・降雨強度計・ウェイングライシメータ	
蒸発(散)量	ウェイングライシメータ 埋設型蒸発計	土壤重量の降水・蒸発による水分量変化を直接重量測定する 水面蒸発量の測定
表面流出量	三角・四角堰・漏水計	圃場内の表面流出を側溝に集水し、末端にある堰で流量測定
土壤水分量	中性子土壤水分計 自記テンションメーター 土壤PF測定装置 (絶縁吸引式) (加圧膜式) 実容積測定装置 不飽和透水係数測定装置 透水性測定装置 迅速熱伝導率計	観測孔にて垂直方向の水分量分布を測定 地中埋設型で各地点の水分ポテンシャルを測定 サンプリングした土壤の水分ポテンシャルを室内で測定 サンプリングし、土壤構造を測定 負圧状態での透水係数を測定 飽和状態 // 非定常法により熱伝導率を測定
地下水貯留量	自記地下水位計 デジタルサーミスタ温度計	2m, 10m, 22m の観測孔があり、それぞれの帶水層の水位変化を測定 観測孔にて垂直方向の温度分布を測定

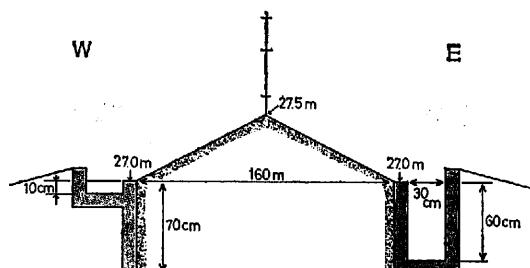


図 11 圃場形態および表面流出集水溝断面

場は半径 80m、面積約 2ha と広く、かつ研究学園都市周辺の台地面の代表性を保持し、圃場内外で地下水位および表層地質に大きな相違がないこと等から、図 11 に示す集水溝側壁を境界とする、いわゆる“自然ライシメータ”を想定することができ、後述するウェイングライシメータとともに、蒸発散量測定の有力な手段となる。集水溝側壁は、工事上深さ 70cm で、ローム層下部の粘土

層には達しないが、近似的にはその境界を通る横方向の水の流れは無視しえる。地表の植生に関する問題については、現在検討中であり、芝生かあるいは牧草とする予定である。なお、表面流出測定用側溝に入った水は、図 2 にある圃場北東の表面流出測定部（図13）に集水し、三角・四角堰で流量測定を行なう。

ウェイングライシメータ

降水あるいは蒸発散による重量変化を直接計量するもので、土壤容器の重量をテコの組合せにより小さな力に変換・伝達し、それを平衡オモリによって機械的に平衡させた後、降水・蒸発散の重量変化分のみを取り出して測定する方法である。変化重量の測定は、通常、ロードセルや差動トランジスタにより電気的に行なわれている。日本では、鳥取大学と京都大学に設置されているのみで、前者は蒸発散量と微気象要素の関係から砂丘地の蒸

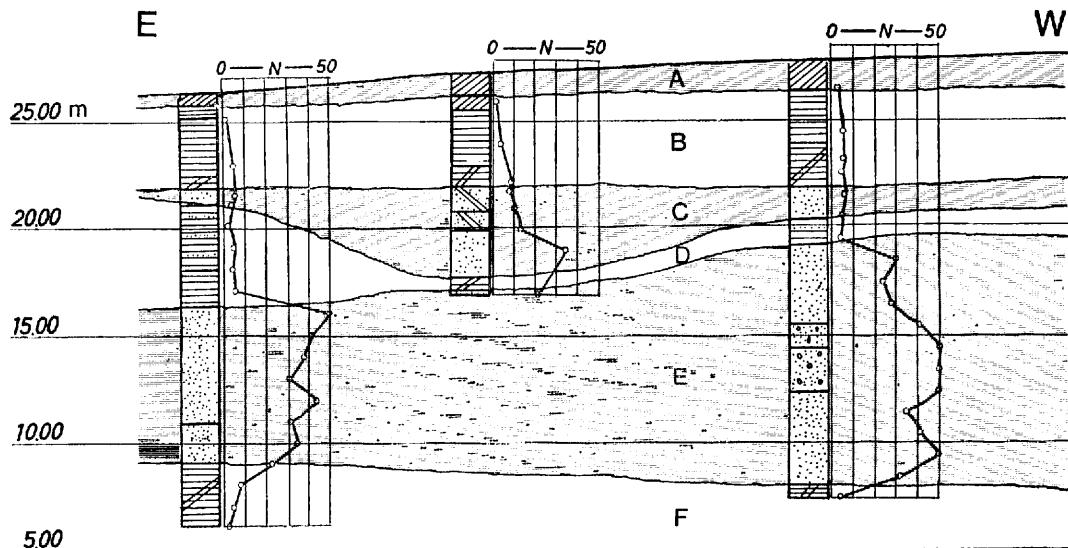


図 12 大型水路に沿う東西地質断面

A : ローム, B : 粘土, C : 粘土質細砂, D : 粘土, E : 粗砂, F : 砂質粘土

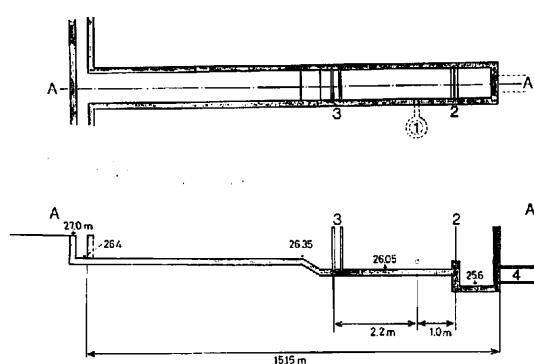


図 13 表面流出測定部平面および断面図

1 : 水位検出筒, 2 : 三角四角堰, 3 : 整流網,
4 : 排水溝

発特性を研究する目的で砂丘地に、後者は温室内で使用されている。米国には、カリフォルニアの Davis あるいはアリゾナの Tempe にあるものが有名である。Davis のは直径 6.1m、深さ 0.9m と大きなものであり、 350×144 m の圃場に、Tempe では、1×1m、深さ 1.5m で、3 個のライシメータが 73×91 m の圃場中央部に 10m 間隔で設置されている。記録方式はそれぞれ、デジタルプリンター、紙テープ穿孔機によるものであ

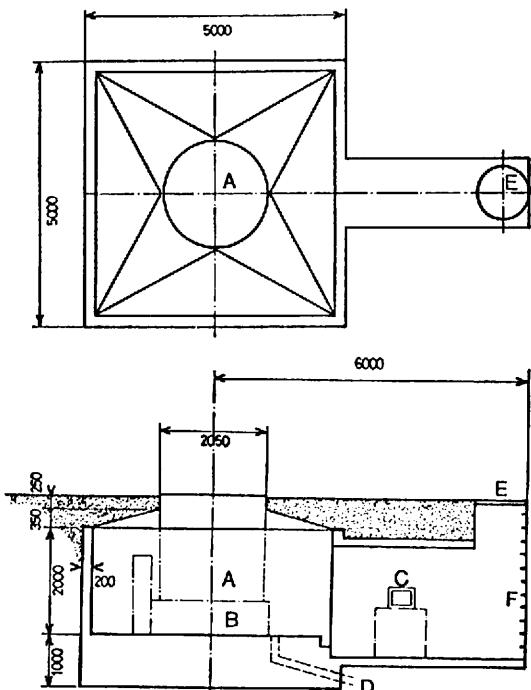


図 14 ウェイティングライシメータの構造および地下観測・補修室

A : 容器, B : 重量測定部, C : 記録部, D : 排水パイプ, E : 地下室入口, F : 階段

り、測定精度はいづれも 0.03 mm 程度である。浸透水の排水機構は、動力排水の代りに多孔プラスチック管あるいはステンレス製フィルターディスクを通して、真空装置により負圧をかけて排水する方式で、できるだけ圃場の土壤水分鉛直分布条件に近づけている。当センターのウェイングライシメータは、鳥取大学の施設とほとんど同様で、容器は直径 2 m、深さ 2 m、精度 0.16 mm である。記録方式は他の要素と同じく MT 集録される。ウェイングライシメータの構造および地下観測室・補修室は図 14 に示してある。当センター圃場の表層土壤は、浸透性の悪いロームでその下部には粘土があり、従来ウェイングライシメータが設置されてきた砂質土とは異なるため、容器につめる土壤は、直径 1.8m のサンプラーを別に製

作し、土中に打ち込んで不搅乱資料を採取して、サンプラーごとウェイングライシメータの容器に挿入し、その周囲を土壤で充填する一方、排水についても、重力方式を採用している。将来、ウェイングライシメータ内外の土壤水分布をテンショメータで測定し、圧力差を自動圧力調整装置に連動させ、ライシメータ下部に埋設した素焼のフィルターを通して、圃場の土壤水分鉛直分布に等しくするシステムを計画している。

水収支観測に関しては、51 年度中に測器は一応整い、52 年度にはキャリブレーションおよび調整を行なう予定であり、53 年度以降のルーチン観測を目標としている。
(佐倉保夫)