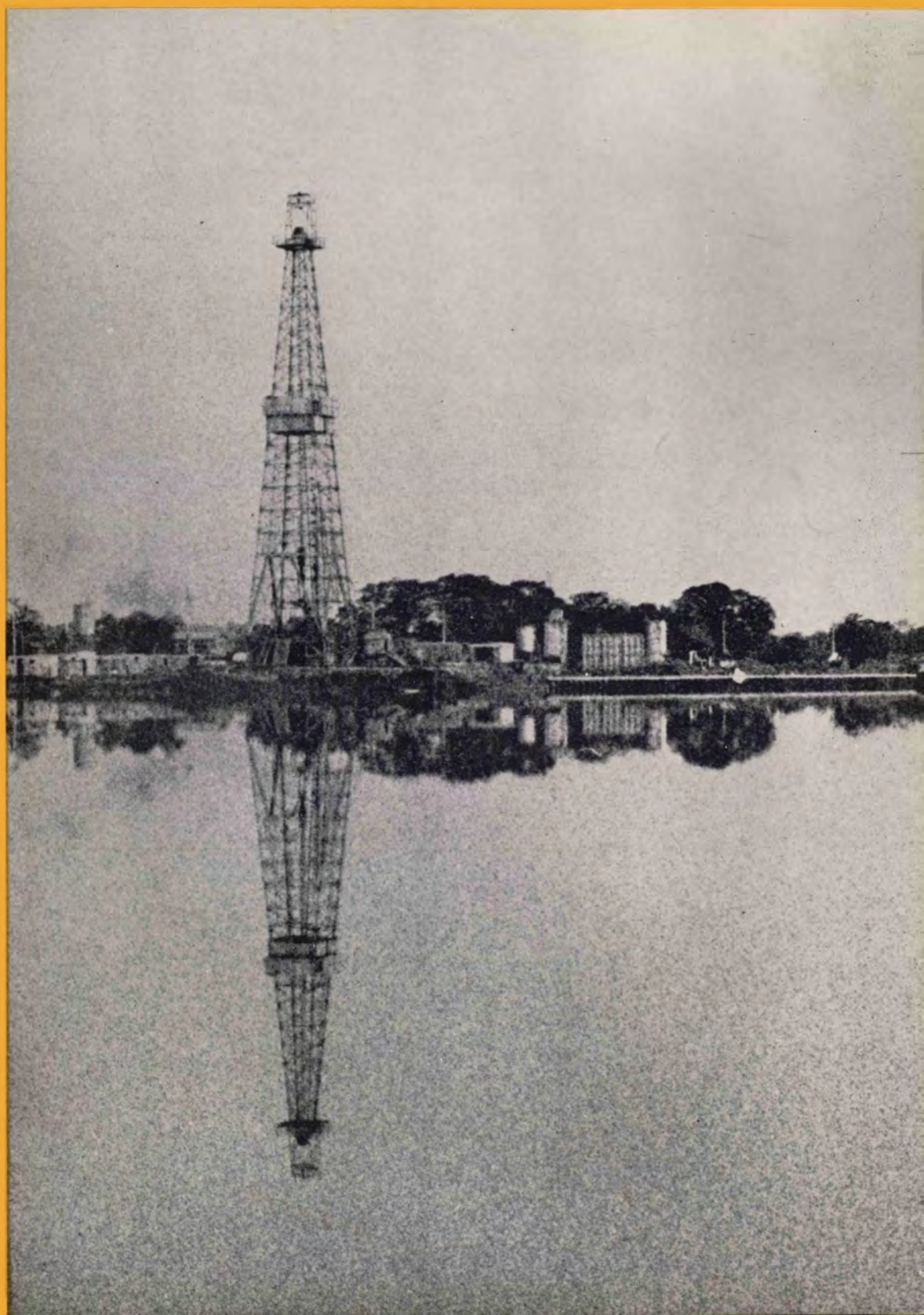


防災科学技術

NO. 21 1971
Sep.

科学技術庁 国立防災科学技術センター



も く じ

首都圏南部の地殻活動の観測……………高橋 博・ 1
——東京をまもるために——

海と観測……………近藤純正・ 6

内水排除対策の合理化について……………伊藤秀夫・ 10

大型降雨実験施設……………小池幸男・ 13

表紙写真

深層観測井掘さく槽全景

首都圏南部の地殻活動の観測

—東京をまもるために—

高橋 博*



三浦、房総半島の地殻変動の異常は（本誌 No. 17 参照）その後の観測によっても、引きつづき進行している。政府は、また、69年周期説をもとに東京などの地震対策に積極的に手をつけはじめた。この所、恐しい地震がだんだん近づいてきている感じである。

東京（とその周辺、以下同じ）は、わが国にとって、非常に重要な大都会であり、しかも、東京そのものが地震の多発地でもあることから、地震予知計画では、初めから特定観測地域に指定されていた。江戸の昔から東京は関東南岸付近で発生する大地震と、東京の足下で発生するものとの両方から大被害をうけている。そこで、地震予知計画では前者に対しては、地震予知に役立つ諸方法に加えて浅い観測井による観測を行ない、後者に対しては後述のように条件が悪いため防災センターの深層観測井にもっぱら依存することとなっている。

地震予知計画では、特定観測地域は『とくに平常から研究観測を強化し、あわせて測器の開発、データ処理の自動化および地震予知の研究』を行なわなければならない。そのため、水準測量などの全国的規模で行なう方法のほか、横坑により、地殻の伸縮、傾斜や微小地震の連続観測などを行なう施設を計画的に建設してきた。ところが東京は、地震の前ぶれとなるような地球物理学的現象の微細な変動を観測しようとしても、生産および社会活動が極度に活発なため、地表は勿論のこと、空中も地中もじょう乱が著しくて、そのような高

感度観測は不可能な状態にある。また、軟弱な堆積岩によって厚く広くおおわれているため、天然の観測台となるような硬い岩石は、近くとも高尾山や筑波山まで行かなければなく、地震の前ぶれ現象を検出するには遠すぎる。そこで、止むなく厚い新しい堆積層をつらぬく、深いボーリングを行ない関東平野の基盤をなす先第三紀層（第三紀層より古い地層）の中に観測計器（検出部）を設置しようということとなった。基盤まで掘り下げるわけは、地中では観測のじゃまになるじょう乱（ノイズ）が小さくなるが、地震波（信号）も同時に小さくなる。従って、ただ深く掘りさげただけでは意味がない。これまでの観測の経験によると新第三紀層より古い地層ではノイズがぐんと小さくなり、観測精度（S/N）が非常によくなるので、基盤まで掘りさげればノイズにさまたげられず高い精度で観測できると考えられている。このような訳で通常の横坑式観測所より多額の経費を要するが、東京の重要性を考え、他に方法もないので深層観測を行なうことになった。なお、震源決定には少なくとも3点の観測値が必要であり、微小地震をとらえるには30 km 以上は余り離れたくないので、東京をとりまいて少くも3本の深層観測井が必要であると考えられている。

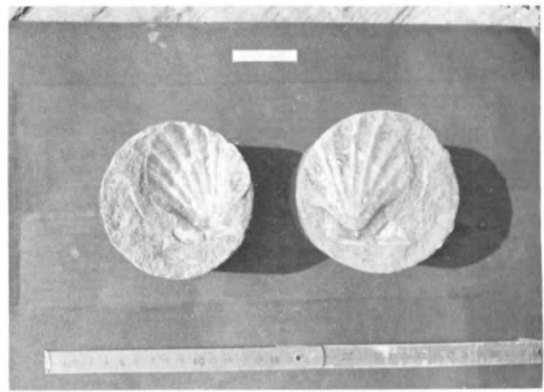
その最初の深層観測井の工事が、埼玉県岩槻市末田で昭和45年度からはじまった。現地は岩槻と越谷をむすぶ街道と元荒川とはさまれている。昔は岩槻は東北方面への要地で城下町としても栄えたという。この岩槻城は安政6年（1859）の地震で城が損壊したといい、明治27年（1894）にも、この近くで被害地震が発生している。現在、町の

* 地震防災研究室長

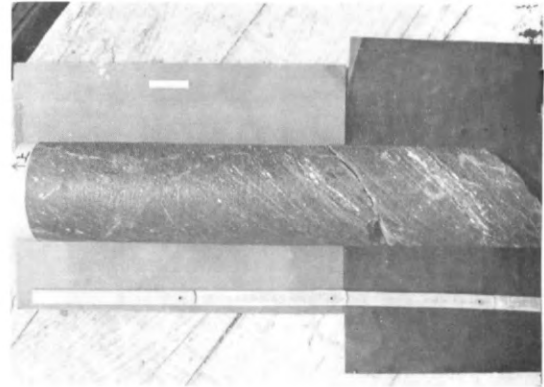


西部では東北高速道路のインターチェンジの工事がすすめられており、再び交通の要地になろうとしている。また、人形の町として有名で、全国の五月人形の7割が生産されているとかきく。では、なぜこの町をえらんだかである。地中の観測計器に用いるエレクトロニクス部品の耐熱性から、地温を100°Cまでにおさえたい。そのため、計器の設置深度を3500mとし、基盤中に300mほど挿入することにした。大体関東平野では基盤に達したボーリングが少ないので地質調査所の層序試錐、春日GSI(昭和37年)の基盤深度から推定して、岩槻をえらんだ。そして現在地になったのは、大蔵省や地元の御理解により、ここに観測井として必要な面積の土地が得られたからである。なお、ここ1井だけでも地震研究所の筑波と堂平の微小地震観測所とでやや大きい観測網が作られ、東京北方面の地震観測ができる利点もあったからである。

観測井の掘さくは、本年2月25日から始めた。作業に用いる機械は油井掘さく機でT100型といい、ヤグラの先端の高さは50mを越す。掘さくのため掘り管を回転し、或は掘り管やケーシングなどを吊るドロウウォークスのエンジンは600HP×2台、泥水循環用ポンプのエンジンは600HP×2台と870HP1台および小型ポンプ用エンジン210HP1台と動力だけでも大きな装備である。掘り管は5"を用い、掘さく口径と配管は図のようである。コアは約250mおきに上部は2m、下部では3mとり、その途中は20mごとに掘さく層(カッティ

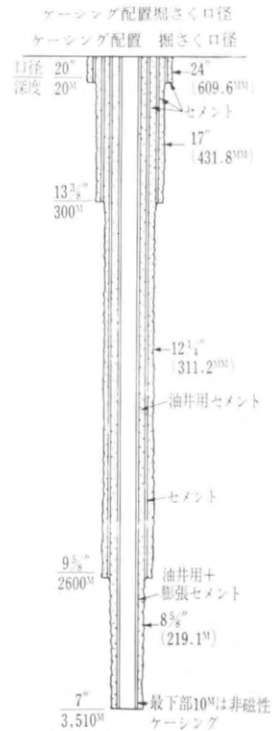


1,806 m 35 コア-断面 貝化石



自 3,506 m 06 至 3,506 m 56 コア

ング)をとった。これらについては岩石分析、弾性波速度、熱伝導度、磁性、力学試験等々を現在行なっている。検層は電気、音波、地層傾斜、密度など行ない、セメンチングのあとは、その度ごとにその固着具合を調べるセメント・ボンド・ロギングを行なった。なお、セメンチングは全長について行なった。深層の地震および地殻変動の観測井は東京のような特殊事情から作ることになったので、世界に例がない。観測井でよく計画され





ケーシングスクレーパー (7" 用)
フラットミーリング (7" 用)

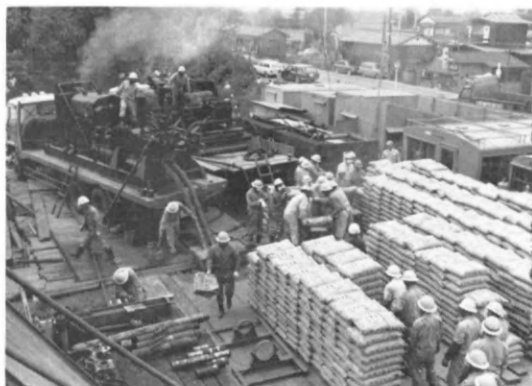


非磁性ケーシング全長 10 m
(SUS-27)



非磁性ケーシング孔内に挿入,
7" ケーシングにセントライザー固定降下

て技術的に高いものは、地震では皆神山を第1号井(1966, 深度 200 m)として、当センターでは嶺岡(1971, 深度 50 m), 気象研究所の3井(深度 200 m), 地殻変動の本格的なものは当センターのえびの吉松(1968 No. 10 参照)がはじめてで、気象研究所の歪観測井(1970, 深度 50 m, 松代2井, 長野1井)と当センター岩井(1971, 深度 50 m 2井)である。これらの中で、地殻変動の方が色々手順を要し、精度の高い作業を必要とする。そのため、浅い観測井については、技術的進歩と習練が積まれているが、深層のものは、はじめてであり掘さく前は勿論、掘さく中にも色々検討しながら進んだ。ここの観測井を作るに当たって、次のような問題があった。まず関東平野は、地表は広く平らであるが、地下は非常に複雑で、特に基盤の変化が著しい。しかもに基盤に達するボーリングは少く、特に西半分には殆んどない。3,000 m 越すボーリングは、地質調査所の春日部と藤岡の2井のみで、後者は基盤に達していない。観測井の北3 km にある春日部 GSI の資料によると、深部ほど岩盤が破碎されており、基盤との境前後がもっとも悪い。このように地質状況が悪い上に、地質学的データが極めて少く、予想はたてても実際には掘さくしながら先を推定して行かなければならない。一方、最下底における孔径が、観測用計器の大きさ(外径 140 mm)から7"ときめられている。従って、地層状況が悪いからといってケーシングを増やし、最終段ケーシングの径を予定より小さくすることは出来ない。また孔内状況や孔内事故により、予定深度を浅くすること、或いは中途から傾斜掘り等により深度を達成することなどが目的上行なえない。その他、次に述べるような条件があるので、掘さくそのものについては、当地について最高の知識を持った者が行なう必要があった。次に計器の中で傾斜計や地震計は孔底設置後、姿勢を垂直に直す、狭い耐圧ケースの中で行なうので、孔の傾きが3°以内でなくてはならない。実際には、最下底だけでなく、地質の悪いにもかかわらず、全長にわたり孔の傾斜は3°以内という厳しい条件が荷せられた。結果は、慎重に掘さくを進めたので、1部で2°位になったが1°前後で、最下底でも1°10'であった。孔底に設置する計器の主な性能を表に表すが、この中でも傾斜計は10 km 先で、1 mm 上下した場合の



セメンチング車

傾斜を検出できるほど高感度であるので、ケーシングと岩をしっかりと固着させなくてはならない。掘さく中は、地表から泥水を送り、その泥を附着させて孔の表面を保護しているの、セメンチングする直前に、その泥をとり除いていくようにするが、タワシでこすったような訳にはいかない。また掘さくの為、岩の割れ目が多少ゆるんでいることも考えられる。そこで下部については膨脹セメントを用いることを計画した。わが国で膨脹セメントが市販されるようになったのはごく最近である。今回は全長にわたってセメンチングするから、7"ケーシングのセメンチングには、わが国ではまだ市販されていない耐圧耐熱セメント（油井用セメント、G級）を用いなければならない。日本セメントと帝国石油の技研で実験して、膨脹セメントを3%まぜることにした。これで、高圧下で2%膨脹する。なお、わが国で観測井に膨脹セメントを用いたのは、カイザー製を気象研で、松代の歪観測井に用いたのが最初で、当センターは、岩井の観測井でタスコ（国産）11%を試用したのに今回は続くもので、何れも効果を上げている。なお、セメンチングについては、地表のノイズを下に伝えないようにするため、地表附近



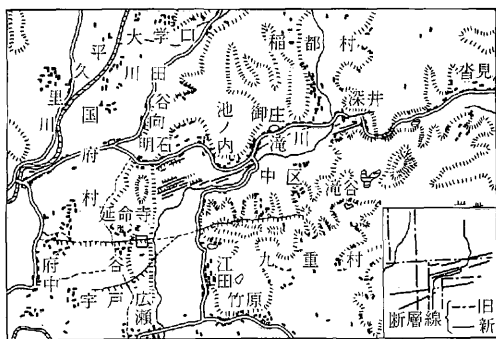
シランベルグ社の検層車（検層中）

は吸振性にすることも検討したが、この地方も地盤沈下が著しく進んでいる見込みなので、観測井を守るために、全体を堅く作ることにした。

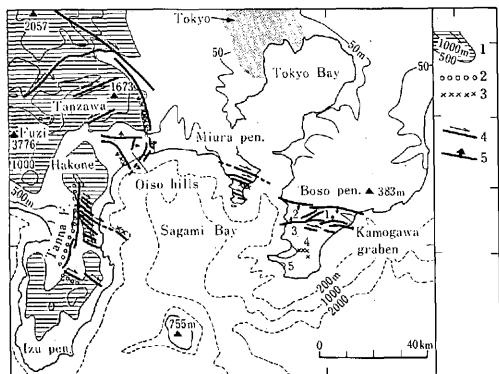
地温については、孔井作業完了3ヶ月後に温度検層を行なう予定であるが、掘さく直後の孔底温度は79°Cで予想よりやや低目であった。地質については、現在なお解析中であるが、上部は春日部GSIと殆んど同じであったが、この辺は南北方向に変化の著しい所で、下部の地質は全く異なり都幾川層が600mも深くまであり、その下の福田層の岩相も同じではなく、基盤の先第三紀層は、濃飛流紋岩に似た石英斑岩が深度2898mからあらわれ、深度3346mからは緑色変成岩と暗褐色岩の入りまじった関東で知られていない岩石があらわれた。これらの岩石は、割れ目に比較的富んでおり、破碎帯と考えられる所もある。幸い、掘り止め深度3510m近辺数10mはそのようなものがなく、固結度がよかった。

今後、孔井は放置して、掘さくやセメンチングによる歪を解放させ、観測用計器、地下からの搬送装置とケーブル、地上の捲きあげ施設等を製作して47年度の第四、四半期に孔底に設置して観測に入る予定である。

観測計器	成分	感度または倍率	目的
速度型地震計	上下・水平3成分	100 万倍	極微小・微小地震の観測
加速度地震計	上下・水平3成分	5ミリガル～30ガル	微小地震、小地震の観測
傾斜計	直交2成分	0.02秒	地殻変動の観測
温度計	2組	0.1度	孔底の温度変化の観測
方位測定器	1台	5度	地震計、傾斜計の設置方位の測定
筐体固定器	3台	—	装置を孔底に固定するためのもの
着底検出器	1台	—	装置が孔底に達したことの確認
筐体	1本	—	外径140mm・長さ6.5mの円筒で計器を外圧(350気圧)から保護する



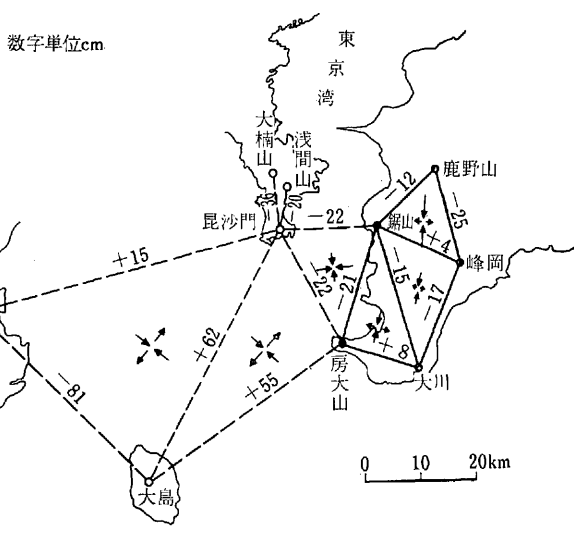
房州断層 (山崎直方原図)
 □地質調査所延命寺断層観測点



- ① 嶺岡地殻活動観測井
- ② 岩井北 " (防災センター)
- ③ 岩井南 " (防災センター)
- ④ 延命寺断層運動観測点 (地質調査所)
- ⑤ 館山・地殻活動観測場 (国土地理院)

三浦、房総半島方面の地殻変動の異常は、その後の観測によっても隆起は引続き進んでいる。辺長測量による歪は 10^{-5} のオーダーで破壊限界といわれる $1\sim 2 \times 10^{-4}$ にはまだ達していないかにみえる。昭和45年度の特調費による観測施設は、何れも出来上った。館山の国土地理院の横坑式地殻活動観測場は、30mの水管傾斜計と水晶管式伸縮計等の地殻変動観測計器の設置を終り、現在調整観測を行なっている。なお、坑内に、当センターの地震計も設置され、観測結果の解析と微小地震観測に役立てている。地質調査所は活構造の調査を年度内に終え、当センターとともに研究しているが、鋸山、勝浦以南は、地質構造が極めて複雑で難かしいところである。地形的にも構造運

動のあとは処々にみられる。館山の北東、延命寺の関東地震でできた断層の運動の精密観測設備も完成し、最初の測定も行なわれた。当センターは、国土地理院の水準測量の結果、岩井断層西部では、南北両側の地塊が、逆の方向に傾動活動しているようにみられるので、(地形的にもみられるが)これをはさんで、傾斜計を主とする観測井を2井設けた。また、岩井断層と鋸山の間は、地形的には地溝状を示し、東は鴨川から更に海中へと追跡されるが、その中央には、房総半島で最高の愛宕山(海拔405m)を含む300m以上の山が東西に連らなっている。そして、蛇紋岩と玄武岩を多量にともない、その東半分は、房総半島でもっとも古く、先第三紀層と考えられている地層からなっている。この地帯は、図にみるごとく、活断層にとりまかれ、空中写真からは上下変動も考えられ、水準測量の結果にもその疑いが持たれる。そして、地層が古いため、地震観測に適することが知られているので、愛宕山のふもとに(嶺岡)観測井を設け、地震をここを中心に、岩井の北の観測井と館山とで観測することとした。岩井の観測井は高高度の傾斜計を設置し、嶺岡は地層が著しく悪かったため、何れも非常に手のこんだ観測井になった。嶺岡では予想通り感度の高い観測を行なえているが、更に感度を高め、地震研究所や岩槻の観測井(昭和47年度より)などととも、首都圏南部一帯の微小地震活動の動向をとらえられるように努力している。



関東南部における地殻水平伸縮と水平歪 (期間 1925~1971)

海と観測

近藤純正*

波しぶきの霧

この平塚は、直接海に面しているためか、天気の良い日は海風が吹き、内陸にくらべるとずいぶんすずしい。8月のこの沿岸の水温は26度前後で、この温度からべらぼうに気温は高くなる。一昨日も海上の観測塔で仕事をしたが、そんなに暑いとは思わなかった。あとでニュースで“東京は晴天にめぐまれたが、うだるような暑さで、全員が不快を感じる不快指数81でした。”と聞き、想像できなかつた。

体感温度は気温ばかりでなく、風が適当に吹くと気持ちがよいので、海岸では一層しのぎやすく感じると思う。

しかし、海岸気候はよいことばかりではない。風が強くなると、海面には白波が立ち、波が高くなると、海岸でくだけた波しぶきが空中へまい上がり、それが霧ようになってやってくる。写真-1は昨年8月21日に撮影したものである。これは、同日高知県西部に上陸し浦戸湾に記録的な高潮をもたらした台風10号の余波を、平塚でも受けた時のものである。参考のために、写真-2も示したが、これは先日の6月30日に同じ場所へ行って撮影したものである。写真-2は静かな時であって、海岸に平行に並んだ電柱がよく見える。むこうの方に見える山は、大磯で、海拔180m程度の高麗山と呼ばれる。写真-1では山の中腹から上は良く見えるが、下半分は霧のようになった波しぶきの層のために、見とおしがきかない。

こういうことが、一年の内に何回か起こるので、海岸では金物のいたみがひどい。家の中の家具まで錆がで、ミシン針も少し使わないでおくと通りが悪くなると家内が言う。カーテンの罫はプラスチックか何か、さびないものがよい。



写真-1 馬入川口から西方の高麗山平塚市、沿岸を眺める。1970年8月21日、台風10号の余波を受けて、波しぶきの霧が沿岸をおそう。



写真-2 写真1と同じ場所から1971年6月30日撮影。

スモッグ雲？

それは今年の5月16日であった。当日は北東風4m/s程度で視界はあまり良くなかった。特有の春がすみと弱いスモッグと言ってよからうか。平塚近辺の工場などにも多少の責任はあると思うが京浜方面からのスモッグも流れて来ていたかも知れない。正午を少し過ぎたころ風向は南から西南西とかわり、しばらくすると視界はだんだんと良くなった。日曜日だったので14時ごろ浜辺にちょっと出かけて東の江の島の方向を見ると、黒い層状の雲が見えた。ついこの間防災センターの寺田一彦所長等と気象研究所で気象調節の会合があったがその昼食時の雑談を思い出した。そこの本だなに岩波書店の発行だったか、科学の事典か何かだいぶん厚い本があった。寺田所長が引っぱり出してきて、「この本の執筆者に僕の名前も入っている」と云いながらその内のあるページを開いてくれた。入道雲の写真がのっていて、その雲の腹の下の方に横に層状の黒い雲がうつっている。寺田所長は煙などの地上から出たものが上って行って、ある高度で棚引いて出来たのではないかと説明した。横に居た気象研究所の大田正次部長などは「それにしてもずいぶん黒いなあー、写真を黒くぬったんじゃないか？」と冗談まじりに感心したことだった。私も半信半疑だったが、その雲と同種の雲？ を実際に目の前にしておどろいた。

* 沿岸防災第2研究室長



写真-3 スモッグ雲? 1971年5月16日14時20分撮影。太陽を背にして、東方を眺む。

丁度、家にカラーフィルムを入れたカメラがあったので、持ってきて、これぞとばかり記録した。写真-3は14時20分撮影である。ほぼ中央にうすく見えるのが江の島で、左上空の白い雲は積雲である。海の上にも一部白く見えるのは積雲であるが、下のほうは、黒いスモッグ雲? におおわれて見えない。この写真の右の方へも、はるか南の海上まで黒雲の層はのびていた。

浜から帰ってくると、丁度、稲田亘技官が居たので、証人? になってもらった。寺田所長が言っておられたことが、どうもほんとうのような気がする。当日午前中に北東方向から流れて来たスモッグが、西南西の風においかえされて東の方へ去った。それをスモッグの外の西方から見たわけである。黒雲の上縁が明瞭なのは、その高度が丁度逆転層になっていたため、上方へスモッグが拡散できなかったからではなかろうか。

なお、その時の海水温度は18度、気温は23度で、風速は4 m/sであったから、上空の事はこれだけからは正確にはわからないが、すくなくとも、海面近くは、上方への拡散強度は非常に弱い条件に属していたと見なされる。

大気—海洋 相互作用の研究

これは最近の研究の中心課題の1つになっていて、世界的に多くの研究者が打ち込んでいる研究である。この研究の領域は広く、またいろいろの立場で研究が行なわれている。特にその中核をなすものは、地面も含めて、海面を通過するエネルギーはどの様に運ばれ、どのような大きさを持っているであろうかということである。このエネルギーは大気から海洋へ、海から空気へと相互に作用を及ぼして、結局はこのエネルギーが低気圧の発達、台風の動向に、また、地球全体の風の流れや海象に影響をしてくるので、多くの研究者が関心を持つわけである。

前節での余談はだいぶ長くなったが、海岸の波しぶきの霧の層にしる、スモッグ雲にしる、それが顕著に出来るか、できないかは、その時の海上の気象特性できまるように思われる。

私達のグループも研究の中心課題は大気—海洋相互作用の研究で、藤縄幸雄技官、内藤玄一技官などといっしょに仕事をしている。

海の事はむずかしい

海での観測は陸地と比較して何倍もむずかしい。その例を一つ上げてみよう。建築物に風が当たった時、それに作用する力は空気密度と風速の2乗の積に比例し、その比例常数を抵抗係数と呼び、円柱なら大きさにもよるが、大体1程度と言われている。この抵抗係数に対応するものに、海上風に対する海面の抵抗係数と呼ばれるものがある。これは海面から運ばれるエネルギーなどを見積る際に、応用上必要になってくる。図-1はいろいろの人が出した結果を比較したもので、風速と海面の抵抗係数の関係である。この関係を出した論文は何十、何百とあるが、その主なものだけ示してある。実にさまざまな結論が出されているが、これら異なる結論を出す理由は、その1つには海上での観測は非常にむずかしい事による。であるから、中途半ばな心がけでは、なかなか立派な研究成果は出てこない。これらの研究はこの20-30年来やられているものであるにもかかわらず、結論が得られていない問題で、私達も非常に努力をしている。

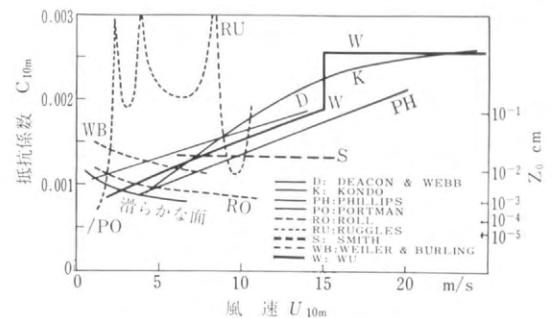


図-1 海面の抵抗係数と風速の関係で、主な結果の比較を示した。

風の観測

研究の1つの進め方は海上の風や気温、あるいは海面状態の性質を十分に知ることである。私達がしている研究は大気—海洋相互作用の研究の一環としてではあるが、例えば風の性質は建築の方面にも利用出来る資料にもなる。少し余談になるが、ある瞬間を考えた時、A点の風速が10 m/sである時、そこから少し離れたB点では12 m/sであ

ったり、別のC点では8 m/sであるように、風速は空間的にも時間的にも変動をしている。どれだけ離れたら風速がどれだけ変わっているか、という風の性質を知られば建築物の設計もうまくできるはずである。

風を測定する測器にも、目的によっていろいろのものがある。写真-4はカップ式風速計と超音波

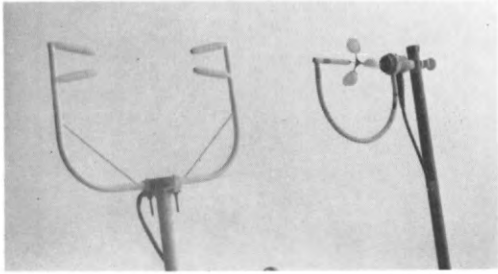


写真-4 風杯式風速計と超音波式風速計の受感部。

式風速計を並べたものである。このカップ式風速計は特別に作ったもので、回転の摩擦力をすくなくするために、豆ランプの光を利用して回転速度をはかるようにしてある。この出力を陸地の施設内に置かれている計算機に海上観測塔で直結して、1秒間毎の風速をはかっている。風速計は写真-5と写真-6に示されているように、いろいろの高度に取りつけてあるので、高さによる風速のちがいはもちろんのこと、相互の相関係数やその他の性質をしらべることができる。この風速計では1秒あるいは数秒よりゆっくりした周期成分の風の性質を観測している。

超音波式風速計はそれよりもっと早い周期の変動成分を観測できる。この原理は音波が風に流されることを利用したもので、音波の



写真-5 海上観測塔に取りつけた風速計。

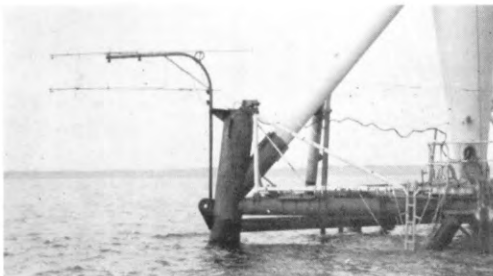


写真-6 写真5と同じであるが、水面近くのもの。

発信体が両方にある。この間に風速がなければ2つの発信体から出た音波は反対側の受信面に同時に到着するが、一方から他方へ例えば10 m/sの風速成分がある時は音速は340 m/sであるから合成速度は350 m/sになる。風に逆らう方向の音波は逆におそくなって、330 m/sになる。そうすると、受信面に到着する時間は一方は早く、他方はおそくなる。この時間差をうまく測定して逆算することによって風速をはかるようにした測器である。

気温の観測

風速と同じように、気温もこまかく見ると瞬間毎に大きく変動をしている。こまかい変化をしらべるために熱容量のきわめて小さい温度計を用いる。直径がミクロンの桁の細い白金線を使うと良い。何でもそうであるが、金属の電気抵抗は温度によって変化するので、抵抗を測定して逆に気温を知ることができる。



写真-7 白金抵抗線温度計の受感部。

写真-7は、赤ちゃんのガラガラをかってきて、そのわくを利用して、細い白金線の中に張ったものであるが、線が細いので、写真には良く出ていない。この線を手製のブリッジ回路に結線し、出力を計算機でとりだせば、瞬間毎の温度を知ることができる。

波の観測

普通には観測しない白波や毛管波のような、非常に変化の早い波の成分も、私達は関心を持って観測を行なっている。まだ結論は出ていないけれども、こう云った波の成分が、海上の乱れに結局は関連を持っているのではないかと、予想しているからである。これも一朝一夕には観測できない、むずかしい要素である。

波の観測は以前から使われていたものとして圧力式波圧計がある。それは水中に設置された水圧計の圧力の変化を測定して波高をもとめる測器であるが、波の周期が短くなると水圧変化の振幅は水深と共に急に減衰するので、特に我々の目的とする早い変動成分は測定できない。それで最近使われるようになってきた電気容量式波高計を利用することにした。これは水面に垂直に張った絶縁した金属の棒状のものでよい。水面の変位を忠実に表わすことができる。しかし、ある大きさを

持っているレスポンスがあまり良くないので直径が1mmより細い線を使うことにしている。その代り時々断線するがやむを得ない。断線するまでのデータをとって、また張りなおさなければならない。

海面の波は周期の長いうねりから、普通の風波が重なり合っており、さらにその上に我々の目的とする短周期の波が重なっているの、必要な成分だけをとり出す、すなわちフィルターを通して、更に増幅して適当な出力にして観測しなければならない。普通に云う波高は1mとか2mもあるのに対して、短周期の波の成分は1cmとか1mm程度の振幅しかないので測定は容易でない。写真-8は私達が手製した特殊な波高計の特性をしらべている。これは10サイクル/秒から40サイクル/秒程度の早い周波数成分だけをとり出すようにつくった回路である。実際の波を観測して、波頭がくだけて白波が立つところでは上述のような範囲の高周波が顕著であることが予備的にわかったので、これをもっと良く知ろうとしている。



写真-8 波高計の特性試験中

表面流速の観測

私達が研究をすすめている途中で気のついた点に、水面は陸地と異って、平均的にも動いていることが、時には重要な結果を及ぼすことである。普通に云う海流とか潮流は、水面からかなり深い場所の流速をいっているが、水面近くをくわしく調べてみると、図-2の様なことがしばしば観測される。図の縦軸は水面からはかった水深で、70cmまでを表わし、丸印と点線は流速分布である。かけ印は流向である。少しの水深のちがいで流速も流向も大きくかわっている様で、特に1cmないし数mmの薄い層の間で大きな差があるようである。

この現象を本格的に調べるためにいろいろ工夫

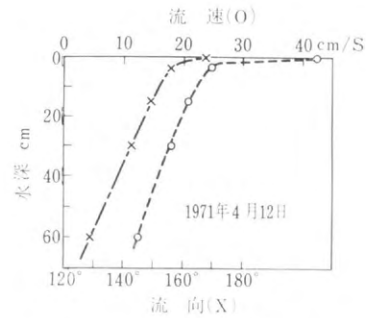


図-2 水面近くの流速垂直分布(丸印と点線)と流向の垂直分布(かけ印と鎖線)の観測例。

をこらしている。表面流速は、厚さが数ミクロンの薄紙や土佐紙に油をしみ込ませたものを用いたり、少し深い所の流速は直径5mmのプラスチックのかるいうきに細糸をつけ、その糸の先端には10-20平方センチメートルの抵抗板をとりつけたものなどを使っている。抵抗板はある水深を流れ、赤玉の小さなきだけが水面に少し頭を出して流れるので、それをトランシットで、20mの高度から一生懸命に追いかける。テープレコーダーに1秒毎の時間をあらかじめ吹き込んでおいて、耳で時間を聞きながら、目ではトランシットで方向を追いかける。30秒毎によみとって、図にプロットして流れて行った軌跡から、流向と流速をもとめるわけである。3人がかりで、それぞれ仕事を分担して、次々と各水深の流れをはかっていく。

おわりに

雑多な事がらをまとまりもなく書いたが、これは私達の現在の研究の一部を紹介したつもりである。この仕事をうまくやるためには所員一同の御協力を受けていることは勿論のこと、特に最近感じることは、私達を観測塔まで運んでくれる船長さんである。彼は漁業を営んでいるが、私達が必要な時は防災センター所属のさがみ丸を運転してくれる。さがみ丸は船体が小さいので、風速が5-6m/s、と云うより、波高が70cmをこすと、危険になってくる。特に港の河口から海へ出る所があぶない。こう云うところを実によく判断してくれて私達を運んでくれる。海での観測は陸地と比較して何倍もむずかしいことを前にも述べたが、船長さんのおかげで、そのいくぶんかを、カバーできているように感じている。どの分野にも居るであろう研究の陰の協力者に感謝の気持ちをもってこの文を終る。

内水排除対策の合理化について

伊藤 秀夫*

内水による氾濫は農地，都市のいずれの場合にも起っているがその原因は種々様々である。大きく分けると自然的なものとな人為的なものにわけられるが，後者の人為的な原因によるものが圧倒的に多い。自然的な原因として考えられるものには1)天井川によって囲まれているため，2)天井川と自然堤防に囲まれているため等がある。人為的原因と考えられるものには1)堤防の完成による排水困難，2)低地部の地盤沈下による排水困難，3)都市化に伴う排水量の増加および流出の変化，4)上流ダムによる排水河川の出水の継続時間の増加，5)排水河川の河床の上昇，6)排水路断面の不足および排水の水門，樋門，樋管の断面不足，7)排水樋門の管理不十分等があげられる。

我が国の近年の水害は大河川については破堤，溢水による被害は殆んどないが，小河川，都市河川では排水断面の不足や大河川の堤防に囲まれた地域では，排水が悪いためにいわゆる内水による氾濫が近年増大している。昭和43年建設省の水害統計調査によれば（表-1，図-1），一般被害につい

ては内水による被害は全体の8%で約36億円になっているが，内水被害は中小河川でも堤防が完

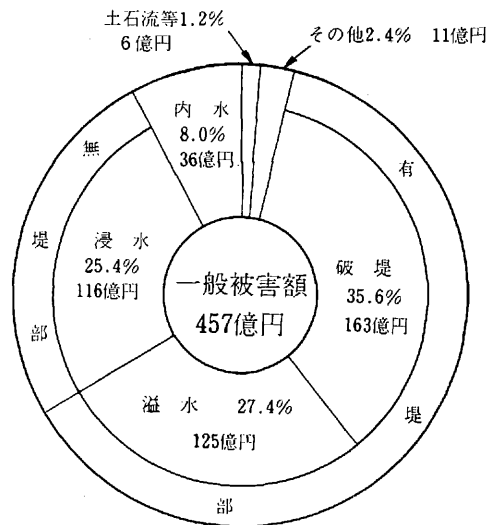


図-1 原因別一般被害額構成比

表-1 原因別一般被害額

(単位千円)

原因	事項	一般資産	構成比 (%)	農作物	構成比 (%)	合計	構成比 (%)
破	堤	11,117,217	33.1	5,089,816	42.8	16,267,033	35.6
溢	水 (有堤部)	9,499,721	28.1	3,021,544	25.4	12,521,265	27.4
浸	水 (無堤部)	9,426,793	27.9	2,180,838	18.3	11,607,631	25.4
内	水	2,888,010	8.5	759,020	6.4	3,647,030	8.0
土	石	521,792	1.5	43,855	0.4	565,647	1.2
そ	の	286,782	0.9	793,588	6.7	1,080,371	2.4
計		33,800,316	100.0	11,888,661	100.0	45,688,977	100.0

表-1 注) 一般資産は営業停止損失を含む。

* 風水害防災研究室長



写真-1 内水氾濫状況



写真-2 内水氾濫状況



写真-3 内水位測定用の自記水位計設置状況



写真-4 内水位測定用の自記水位計設置状況

成するにつれて内水災害は多くなり、また最近の都市化は出水量を増加させて、今後内水災害は増加する傾向にある。これら内水害に対する処理方式は、その地域の内水に関する資料を収集してみるとその方式はおのずから定まるが、排水本川、海または湖の水位は排水計画に直接影響するのでこれらの影響を充分考慮して計画を立案しなければならない。潮位または排水本川の出水量が長くかつ氾濫地域が都市等のように一刻も早く排水しなければならないポンプ排水地域や、多少潮位または排水本川の出水量が短く直接河川または海に排水出来る場合はその流出口を分けて排水するのが有利である等大きく見ると、その地域性に依じて内水排除対策は考えられる。しかしいずれの内水排除を行なうにしても水門、樋門等による自然排水、ポンプ排水、自然排水とポンプ排水両者の併用、下水路網による排水等いずれかの方式を取らなければならないので、これらについてその特徴とするところを上げてみる。

1) 自然排水

内水処理方式として最も経済的な方法で、排水路の改修、路線変更、排水口の位置変更、排水施

設の改修、新設の順序で検討する。自然排水方式は排水口における内外水位差が最も支配的な要素となり、内水排除が外水によって左右され、外水が内水と重なる時間が多ければ多いほど内水排除が困難になる。従って外水位との関係を見て内水の流出をコントロールすることが出来れば、自然排水が可能となる場合が多い。コントロール方式として考えられるのは遊水池による場合と、排水路網の貯留現象を利用する場合である。これを具体的にこなうには水路網と流量低減、時間遅れの関係、遊水池の規模と流量低減の関係を必要があるし、排水河川の水位予測も必要である。

2) ポンプ排水

ポンプ排水による場合は常にポンプによって内水を排除出来るので、内水の流入量に合った容量のポンプを設置すれば、内水を完全に排除出来るが、一般に流入量が多い場合にはポンプ馬力が大きくなり、設置費、維持管理運転費が大きくなる可能性がある。従って自然排水が出来る間は自然排水を行ない、自然排水が不能になった場合はポンプ排水に切り換えるのが効率の良い方法である。



写真-5 内水排除のための排水路の改修状況



写真-6 内水排除のためのポンプ場設置状況

3) 自然、ポンプ両者を併用した排水

外水が内水より低い場合は自然排水にたより、外水が内水より高い場合にはポンプ排水にたよる方法で、ポンプ自然排水の両者の利点をかねて持っている。しかし排水操作が面倒な場合があるので操作に充分注意すべきである。

4) 下水路網による排水

下水道を利用して排水する方法は、衛生的にも土地問題からも望ましい方法であるが、水路勾配が低地部でとれるかどうか、下水管の断面を大きく計画出来るか、末端部では排水をどうするか、下水道の維持管理をどうするか等の問題が含まれる。いずれの排水方式を取るにしても門扉の開閉、ポンプの操作を開始するのに有利になる各排水地点の出水予測、外水の予測等を完備することが必要である。

内水排除は各種門別、水門別の観点からだけでは定めることが出来ず、降雨および出水の状況、外水の状況、下水路の進捗状況等の総合的見地からと内水排除する地域の経済性等から排水の規模および排除方式が定まって来る。

内水排除施設を経済的に決めるには、内水によって受ける被害の種類と被害額の算定が必要である。施設の経済効果算定の方法は要約すると費用便益比率による方法、超過便益による方法、将来の便益の現在価値 P と将来費 I との比較による方法、投資効率による方法、利益率による方法、投資回収期間による方法等であるが、いずれも比率または便益を最大ならしめるような規模を見出すことである。しかしいずれの方法を選ぶかは何を目的として求めるかによって違って来る。目的が便益の増分を期待する場合は便益の増分の比率を最大ならしめる方法を取るし、便益の絶対量を期

待する場合は超過便益法を、便益の相対量を期待する場合は便益と費用との比を最大ならしめる方法を取る。排水施設を設置する場合は後者の超過便益法や便益と費用との比を取って定める。しかし洪水規模をいかに取るかによっても規模が変化するので、費用の許容範囲を決めたり、或は防除範囲を決めたりして最も妥当とする規模を決定する。また排水路が複雑な水路網を形成する場合には、場所によっては水が流れにくい箇所も出てくるので水路網の流量を計算して、それに見合う水路断面をとって経済的な排除計画を立案すべきである。

今まで私の見聞する所では、現況での内水排除施設の活用が充分でない場合が多く、特に農地部では樋門または水門の開閉、水路の整正が不充分的箇所が多いため流域の排水に悪い影響を与えている場合が多い。現況の施設を十分に活用するためには洪水時の出水の予測を適確にし、ポンプの稼動、樋門水門の増設等を検討すべきであろう。都市部に於いてはサイフォンや橋等が疎通をさまたげたり、流出土砂によって水路勾配、水路断面が充分でなくなったり、降雨からの洪水予測が悪いために被害を大きくしたりする場合が多いので、まずこれらを解決すると共に上流部に遊水池の設置、ポンプ増設、樋門、水門の増設、水路幅の拡幅等を検討すべきであろうと考える。

大型降雨実験施設

小池 幸男*

1. 概要

道路、鉄道路盤、堤防、宅地等の人工斜面ならびに傾斜地等自然斜面について、豪雨による浸透流出、表面流出、表面侵食、崩壊等の機構を実験的に解明する大型降雨実験施設を筑波研究学園都市共同利用団地に、昭和45年度から、4カ年計画で整備し、昭和48年9月完成、昭和48年10月より関係行政機関の共用に供する予定である。

この大型降雨実験施設の主要諸元は、次のとおりである。

項目	諸元
模型試験地区画	50m×75m 5区画
雨滴粒径	0.6mm～3.0mm
雨量強度	5mm/時～175mm/時
移動降雨装置上屋	50m×75m 23m高
雨水放出配管	2系統 4区分
送水方式	循環処理式

2. 整備工程

昭和45年度大型移動降雨装置第1期建設工事から始められた大型降雨実験施設の整備年次計画は、次のとおりである。

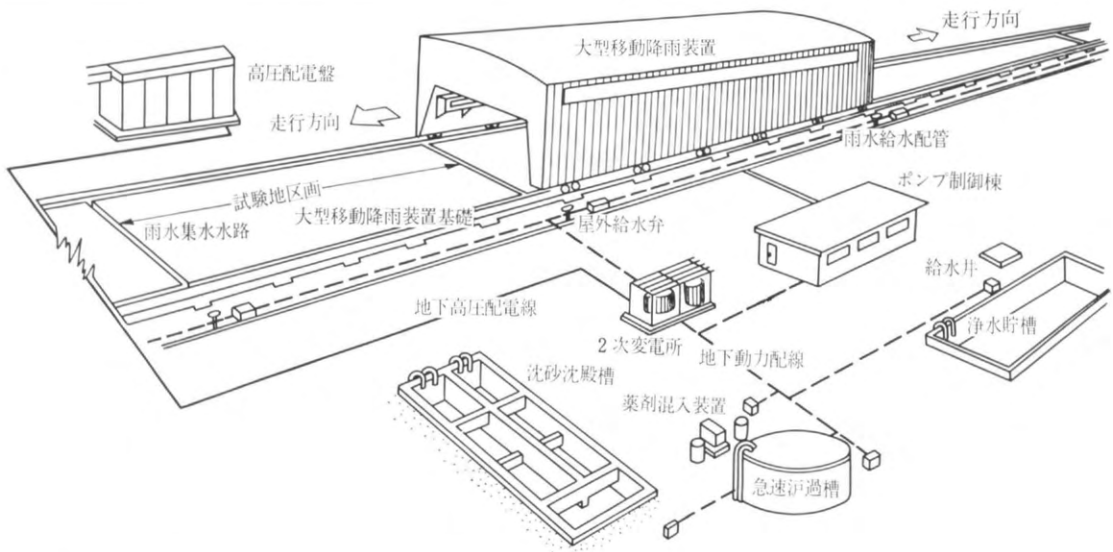
事項	45年度	46年度	47年度	48年度
大型移動降雨装置基礎	—	—	—	—
大型移動降雨装置	—	—	—	—
雨水放出配管	—	—	—	—
水槽・水路等設備	—	—	—	—
附帯設備	—	—	—	—

3. 計画俯瞰図

下図は、完成計画俯瞰図である。



昭和45年度完成した大型移動降雨装置基礎の一部で、移動用軌条床が延々と連なる基礎構造下部は、堅固な砂層地盤に達する450mm 30度斜杭、400mm 直杭が約5m 間隔で2列に設けられている。



* 企画課技術係長

NATIONAL RESEARCH CENTER FOR DISASTER PREVENTION

No. 15-1, GINZA 6-CHOME, CHUO-KU, TOKYO

防災科学技術 No. 21 1971 September

昭和46年8月20日 印刷

昭和46年9月1日 発行

編集兼
発行人 国立防災科学技術センター
東京都中央区銀座6丁目15番1号
TEL (541) 4721

印刷 有限会社 啓文堂松本印刷
