【報　告】

最近における八郎潟干拓事業

小川泰恵*

1. 緒　言

八郎潟の干拓事業は昭和 32 年に着工され，今年（35 年）で 4 年目を迎えた。以下計画の概要および工事の経過を簡単に紹介する。

2. 計画の概要

（1） 着工前の現況および干拓計画の沿革

八郎潟は秋田市の北方約 20 km，男鹿半島と本土との間にかこまれた，東西 12 km，南北 27 km，面積 22 173 ha の半鹹湖で，琵琶湖につぐ日本第二の湖である（霞ケ浦は約 189 km^2 で八郎潟より小さい）。成因は地殻の変動による海跡湖で，現在西南端で狭隘な船越水道によつて日本海と通じている。潟の水深はきわめて浅く，最深部でも 4.5 m を越えず，非常に平坦な湖底を形成している。

潟の流域は約 689 km^2 で，水面積の約 3 倍にすぎない。流入河川は 22 河川あるが，そのうち準用河川は馬場目川（流域 199.5 km^2）を最大に，三種川，井川，馬踏川，豊川の五河川のみで，他は排水路程度の小河川である。

上述のように非常に浅く，かつ流域が少ないという干拓につごうのよい条件がそろつているため，古来周辺地先各所に小規模の埋立，干拓等が実施されてきたが，潟全体を干拓しようとする計画も技術の進歩，米穀事情の変化にともない考えられるようになり，戦前においても大正時代には農商務省 可知技師（後の京大教授）により，昭和にはいつて内務省 金森技師，農林省 狩野技師，師岡技師等によつて全面干拓計画が樹立された。しかしながらいずれも当時の財政的，社会的あるいは技術的問題から着工するにいたらなかつた。戦後昭和 23 年にも農林省により計画が一応立てられたが，これも実施に至らず放棄された。昭和 27 年に至つて，農林省は改めて本格的干拓計画を樹立する必要を認め，現地に直轄の調査事務所を設置し根本的調査に着手した。その後昭和 29 年には，オランダのヤンセン教授，世銀の農業調査団，30 年には国連 F.A.O. 調査団等を現地に迎え種々討議されたが，31 年にはオランダ国の NEDECO（Nederland Engineering Consultants）と技術援助契約を結び計画の完成をはかつた。その結果，昭和 32 年度より待望の大干拓事業に着工することとなつた。

*前農林省八郎潟干拓事務所次長

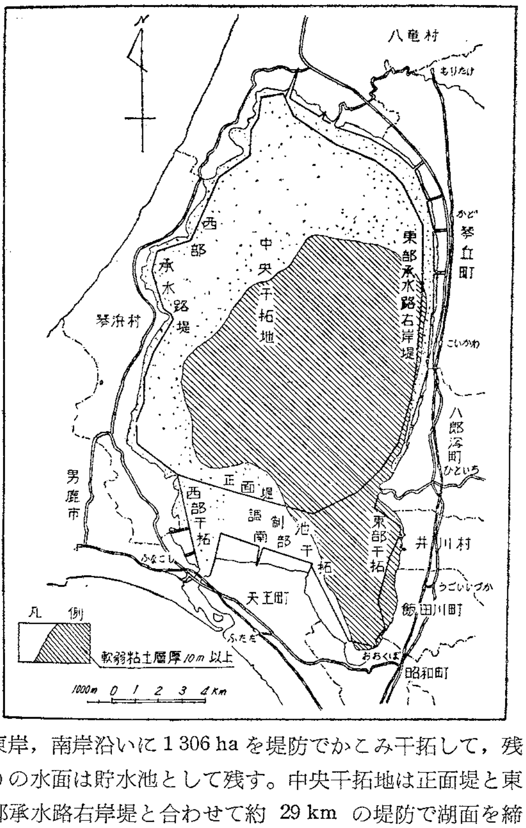
（2） 事業の目的

八郎潟 22 173 ha のうち 17 176 ha を干拓して，新たに耕地 14 178 ha を造成して，県内および全国各地から約 4 700 戸の自作農家を入植させ，さらに周辺の過小農家約 4 300 戸の増反を計るものである。この結果，年間に約 35 万石の米の増産が見込まれる。このことは国民所得として考えれば，現在水産収入を主として年間 3～5 億円の国民所得が一躍 35 億円（米穀の収入のみで，その他の収入を入れればさらに増大する）と 10 倍にはね上がることを示している。かくして，この地域の経済発展を計り，農家生計の安定を計ることを目的とする。

（3） 計画の要旨

八郎潟 22 173 ha のうち，中央に 15 870 ha および，

図―1　八郎潟干拓一般略図



東岸，南岸沿いに 1 306 ha を堤防でかこみ干拓して，残りの水面は貯水池として残す。中央干拓地は正面堤と東部承水路右岸堤と合わせて約 29 km の堤防で湖面を締切り，西部の流域よりの排水は西部承水路を設けて地区内に入るのを防ぎ，地区内には払戸付近および鹿渡付近の 2 カ所に排水機場を設け，これを連ねる排水幹線を基幹として縦横に排水路を掘削して排水する。かんがい用

水は，貯水池，承水路から堤防に設けられた取水口を通じて取水され，幹支線用水路網を通じて供給される。地区内の農村計画は面積が広大であるので，従前の干拓地のごとく生活の拠点を周辺の既存町村にのみおくことは困難と考えられるので，経済的,社会的条件を考慮の上，地区内に総合センターおよび数カ所の区域センターを配置し，公共施設（教育機関をふくむ）を設け，かつ商工業者その他サービス業者を誘致して，理想的な農村生活を営めるごとく考慮している。周辺の干拓地は，北部，東部，南部，西部の4区に大別され，中央干拓地に準じて建設されるが，大部分は増反地となるため多少趣きは変つてくる。潟の流域 689 km² からの排水は，直接あるいは承水路を通じて貯水池に一時貯溜調節されて，防潮水門，船越水道を通じて日本海に排除される。防潮水門は，貯水池と日本海とをしや断して，海水の浸入を防ぎ，貯水池の淡水化を助ける。

（4） 計画の概要（数値）

a） 現況

八郎潟	水面積 22 173 ha　流域面積 68 876 ha
	平均水位（+）0.345 m　最大洪水位（+）0.87 m 最低水位（+）0.142 m
雨量	日最大雨量　秋田 194.0 mm 五城目 151.9 mm
日本海	平均潮位（+）0.356 m　大潮平均高潮位（+）0.584 m　大潮平均低潮位（+）0.147 m 記録暴潮位（+）1.22 m　最低潮位（−）0.24 m
	最高波高（沖波） 4.5 m
船越水道	延長 3 500 m　巾｛全巾 300〜600 m／ミオ筋 50〜70 m　深｛平均 0.5 m／ミオ筋 3.0 m　流量｛最大 150 m³/sec／平均 30 m³/sec
流入河川	準用河川 5（馬場目川 (199.5 km²)　井川 (39.9 km²)　豊川 (25.6 km²)／三種川 (120.3 km²)　馬踏川 (35.6 km²)）　その他河川 17

b） 計画

	地区別	中央干拓	東部干拓	南部干拓	西部干拓	北部干拓	諸整地	西部承水路	船越水道
完成後面積	開田	12 340 ha	122 ha	523 ha	140 ha	113 ha	— ha	— ha	— ha
	開畑	940	—	—	—	—	—	—	—
	宅地	470	—	—	—	—	—	—	—
	その他	2 120	93	127	38	151	—	—	—
	計	15 870	215	650	178	263	4 394	440	163
		造成地合計 17 176 ha				水面積合計 4 997 ha			

堤防	正面堤	9 525 m	西部承水路堤	22 365 m
	東部承水路右岸堤	19 360	囲繞堤	22 550
	同　左岸堤	21 180	計	94 980

囲繞堤内容　東部干拓 8 190 m　南部干拓 10 370 m　西部干拓 3 990 m

排水機	中央排水機場（鹿渡，払戸）	周辺排水機場
	1 500 IP　2 000 mm　斜流ポンプ　各4台計　80 m³/sec	機場 26 カ所　300〜1 000 mm　延べ 49 台　計 48.1 m³/sec
防潮水門	延長 390 m（水門 20 m×9　14 m×1　こう門 4 m×15 m×1　固定部 175 m　水門敷 −2.8 m　せき頂 +1.0 m）	
船越水道	3 500 m　底高｛(−) 3.20／複断面 (−) 0.50　計画流量 1 122 m³/sec	

地区内工事

水路	幹線排水路（延べ 17 900 m／掘削 8 954 000 m³）　取入水門（東側 6 カ所／西側 4 カ所）　用水路（延長 46 150 m／一級 二級）
道路	地区内 1級幹線 (12 m) 37 700 m　2級幹線 (8 m) 49 500 m　3級幹線 (5 m) 9 000 m 地区外 同上 (12 m) 5 100 m　同上 (8 m) 2 000 m

入植ならびに増産効果

入植戸数 4 700 戸　田 10 340 ha　畑 940 ha　宅地 470 ha　計 11 750 ha　1戸 2.5 ha 増反戸数 4 340　2 898 ha　計 2 898 ha　1戸 0.65 ha	
増産面積 14 178 ha　米 340 976 石　その他（米換算）8 415 石　計 349 391 石	

事業費：総事業費　19 500 000 000 円　32〜34 年度　4 702 500 000 円

3. 調　査

前述のごとく，調査は昭和 27 年から 31 年まで5カ年にわたつて行なわれた。筆者はその最後の期間 30～31 年にこれにタッチする機会を得たが，特にその後の1カ年は，オランダの技術者達と一緒に仕事をすることとなり，なかなか勉強にもなりかつ愉快であつた。もちろん調査は実施に入つても続けられており，まだ完了したものではないが，特に気のついた点について述べることとする。

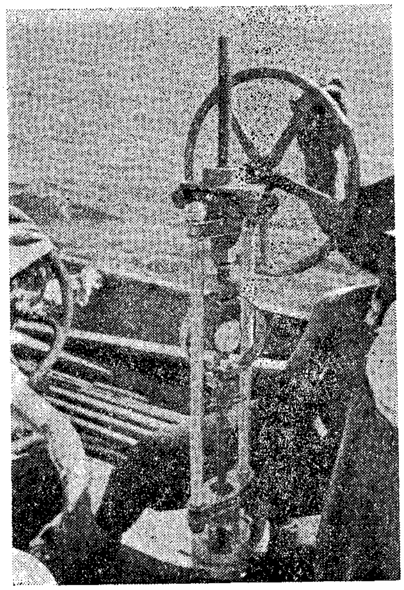
（1） 土質調査

干拓は工学的に見れば水中に堤防を造ることが最も重要であつて，極言すれば土質工学と水理学との組合わせということができると思う。八郎潟の場合は浅い内海であるので，大きな波浪もたたぬし，また潮汐もない。従つて,築堤にあたつても水理的問題はあまり問題でなく，工事の成否は一に基礎地盤土質の処理いかんにかかつているといつても過言でない。しかも，八郎潟の東南部一帯にはきわめて軟弱な粘土地盤が数十mの深さまで分布している。このため土質の調査は最も重要視された。

調査の最初は，まず潟全域の土質の概念をつかむために潟全体に 2 km の方眼を組んで，cone penetrometer を用いて sounding が行なわれた。これによりおよその基礎土質を知り，さらに堤防予想線の通る軟弱部は 1 km の方眼を追加し，代表的地点に sampling boring を行なつた。かくして得られた土質図から，ごく軟弱部を極力短距離に横断するように堤防線を仮定し，その線にそつてさらに sounding, boring を行つて，最終的に堤防線を定めた。

sounding には最初単管の cone penetrometer を用

写真―1 Cone penetrometer



いたが，その後オランダより輸入した Delft 型の二重管式の cone penetrometer を使用した。これは単管式のものに比して精密な sounding が可能であるが，舟上等での操作は困難であつたので，さらにその圧入部分を改装して，外管に支持させて圧入する方式を考案した。この改造型は軟弱地盤上の sounding には非常に便利に使用されている。採取された土の資料の強度試験は主として一軸圧縮試験により行い，三軸圧縮（せん断）試験はチェック程度にとどめた。

（2） 気象ならびに水文調査

長期の気象の観測記録は八郎潟の周辺 20 km 以内には，秋田，船川，五城目，能代，阿仁合，等に 50～70 年の記録があつた。これらを適当に処理することによつて，必要な超過確率頻度を求めることができた。干拓地を防護する堤防の設計に対しては，1 000 年確率を用いたが，これはアース ダムの設計に用いられる雨量，水量に 200～500 年確率が用いられている今日，相当安全なものと考える*。流入河川の大部分は無堤の原始河川で，70～80 mm/day の降雨ではんらんしてしまい，洪水のよい記録を求めることはむづかしかつた。それで，調査期間中に観測した洪水から，馬場目川および三種川について Unit hydrograph を画き，計画雨量を入れて洪水量を算定した。その他の小河川についてはその流域状態を考慮して適宜流入三角型を作つて洪水量を求めた。計画雨量については，もちろん前記各点の確率雨量を求める他，流域全般をおおう雨量を等雨量線図あるいは Thiessen 氏法等によつて求めた。

船越水道ならびに河口の水理については記録は皆無であつた。河口の閉そくの問題が一番むづかしい問題であるが，現況のままではおそらく起らないと考える。これは八郎潟の流域からの土砂はほとんどが八郎潟で沈積してしまい有害なものは流出してこないこと，男鹿半島の影響で冬季季節風の期間も比較的波浪が小さいこと，および付近海岸に砂の供給源がないこと等から類推される。なお明治末年に始めてできた当時の 1/50 000 の地形図と現在のものとを比較しても河口にほとんど変化は認められない。しかしながら防潮水門ができ，潟面積が縮少する等の水理的変化が起つた場合どうなるかは，非常にむづかしい問題で，理論的に解明することは不可能に近いと考えられる。従つて，模型実験が考えられるが，これも堆砂の問題をふくむ非常に困難な実験となると考えられる。現在はこの実験の基礎となる現形での河口の変化を調査している段階である（前述のごとく水面上の地形の変化はほとんどないと思えるが，水面下ミオ筋は明瞭な年周期の変化を示している）。

---

*干拓地区内の排水をつかさどるポンプの設計には 30 年確率雨量を用いた。これは干拓地の安全性には影響しないし，ほぼ一生に一度くらいの確率となるので，相当安全な排水能力と考える。

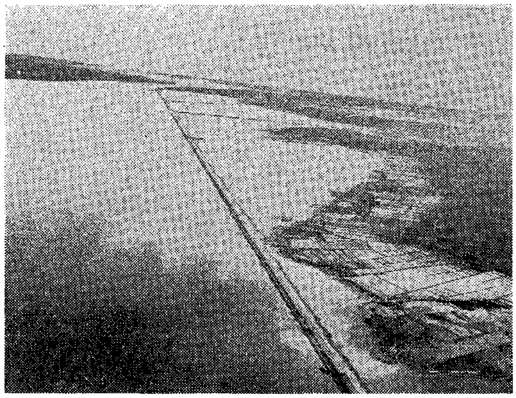
（3） その他の調査

完成後の干拓地の農村計画を確立するために，既存の水田地帯の農村形態の調査，児島湾，有明海沿岸等の干拓地の進化状況の調査等が行なわれ，今後も農林省のみならず各界の権威の意見を入れて調査研究が行なわれる予定である。耕種の問題についてはまず湖底土を採取して分析するとともに農事試験場と協力して，栽培試験を行なつた。また 33 年に西部干拓が干陸したので，34 年にはその一部にたんぼを設けて現地の試験を始めた。

4. 施　工

昭和 32 年度から実施に移つたのであるが，最初の年は魚業権その他の補償交渉および使用機械の製造（主としてドレッジャー関係）等のみで終り，実際に現地で仕事を始めたのは 33 年度からである。33 年度には，西部干拓堤防および同排水機場を完成し，12 月には干陸するに至つた。その一部約 3 ha は埋立てて岸壁を作り施工基地とした。一方，中央干拓の正面堤の軟弱地盤部分に延長約 500 m にわたつて試験堤防を施工した。このほか準備工事として，船舶類を湾内に導入するために，船越水道にかかる県道橋および鉄道橋の各 1 スパンを可動橋に直す工事とか，材料搬入のための道路の整備，工事用ならびに設備用送電線の設置等がなされた。さらに昨 34 年度には工事も本格化し，前年に引続き，西部干拓の内部工事を行ないこれの完成を計るとともに，南部干拓の第 1 工区，および第 4 工区の堤防を完成，合計 350 ha あまりを干陸する予定である。正面堤は前年度施工した試験堤で破壊試験を実施（4～5 月）し，観測を続けるとともに延長約 2 km にわたつて施工することになつている。一方，構造物としても防潮水門に着手し（35 年度完成予定），払戸付近のポンプ場の基礎工事，鹿戸付近のポンプ場の施工基地築島を行う予定である。また堤防護岸に要する石材は東岸三倉鼻に近い筑紫岳を開発し採取すべく，運搬道路，積出岸壁等の工事に着手している。

写真—2　西部干拓堤防（昭. 33.12 月干陸直前）

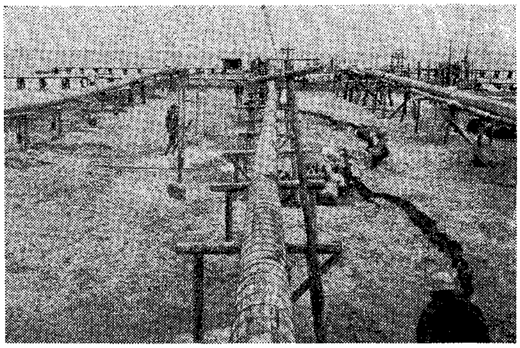


以下工事のうちで特色のある部分をひろつて述べてみることとする。

（1） 試験堤防

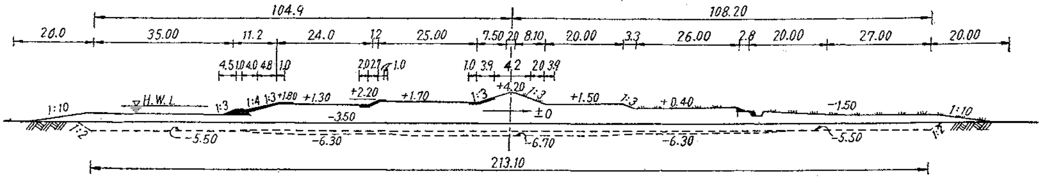
八郎潟の東南部一帯に分布する軟弱地盤層は厚さ20～30 m におよび，しかもきわめて軟弱で表層近くでは q_u が 0.1 kg/cm² に達せぬものが多い。従つてこの上にのせる堤防の設計はむづかしい問題であつた。ことに堤防の安定計算には多くの仮定がふくまれるので，安全率に 1.2 程度の低い値をとる場合，果して現実に可能であるかどうか理論あるいは計算では解き得ない問題である。そこで，本格的に築堤に着手する前に，実際の堤防線上に実物大の試験堤防を設けて観測を行なつて，必要な資料をうることが最も有効なことであると考えた。このことはオランダの技術陣からも大いに推奨された。試験堤防の型としては軟弱部を掘削して砂でおきかえる置換型と，現地盤上に 2 m くらいの厚さに広く砂をおいてその上に築堤するいわゆる sand bed 型と二種とし，各延長 250 m ずつ計画した。この場合，安全率を 1.2 として盛れる限度まで施工した。この試験堤防では沈下，側方移動，間げき水圧等を測定している。なお sand bed 型の試験堤防の一部を利用して，昨年 4 月に破壊試験を

写真—3　試験堤防破壊試験



註：破壊すべり発生後約 1 時間，左方にすべる

図—2　堤 防 標 準 横 断 面 図



註：基礎地盤については $\varphi=0$ $c=0.4+0.08D$ t/m² (D：深度 m)，盛土については $\varphi=30°$ $c=0$ 重量 $\gamma=2$ t/m³ として設計された。

行なつた。これは次第に盛土高を高めて破壊すべりが起るまでつづけて，その際の諸現象を観測するとともに，安全率の検算を行なつた。その結果，安全率（計算）0.939のときに破壊が起つたこととなり，実際と計算は比較的よく一致していることがわかつた。従つて計算に用いられた仮定数値は，ほぼ安心して使用できる見とおしがついた。試験の結果を総合して設計された軟弱地盤部の堤防の断面は **図—2** のごとくなつた。この場合の 2 m の置換は，置換というよりもむしろ sand bed を均一に施工するために必要であると考えられる。安全率は 1.2 以上としたが，部分的に各小段ごとに考えられるすべり円について，安全率を一致させることは非常に面倒で，多くの試算を必要とした。また断面がひどく大きくなつたのは非常に大きい半径のすべり円（半径 100 m）が考えられたためである。

（2） 堤防護岸

従来堤防の護岸には石材，コンクリート ブロック等が使用される例が多かつた。八郎潟においても石材を使用する予定であつたが，その取扱いが困難でかつ案外高価につくことから，またたまたま原石山の開発が用地問題のため遅れたので，西部干拓の堤防の護岸にアスファルトを試用してみた。アスファルト（針入度 60～80）7%，石粉 10%，砂 83%（いずれも重量）のサンド アスファルトを使用し，密度 1.5 t/m^3 以上とし，でき上り厚さ 7 cm とした。法勾配は 30% でコテおよびローラーで仕上げた。600 yd^3 のプラントを使用し運搬はトレーラーまたは舟艇を用いたが平均 1 日 400 m^2 くらいの実績であつた。完成後冬季および夏季を経過したが，夏季に多少軟化することを除いてはまず満足すべき成績であつたと考える。今後その耐久性，耐熱性，および波のはい上りが大きくなる点等についての研究が必要であると思うが，護岸材料としてのアスファルトはなかなか興味があると思う。

（4） 施工機械

使用機械のうち特色のあるものについて述べる。

a) Cutterless Suction Dredger　八郎潟の干拓堤防はほとんど Sand Pump Dredger で施工されるが，その築堤材料たる砂の所在は場所的に制限されているので，相当遠距離に送砂せねばならない部分がある。このためには二段吹とか，booster を入れるとかしなければ在来の dredger はまにあわない。これは面倒でもあるし，コストもあがるので，土運船を使つて砂を堤防位置まで運ぶことを考えた。このさい水深 1.5 m までは底を開いてダンプすることとすれば，コストは非常に安くなる（堤防の断面よりして水深 1.5 m 以下の土量は非常に多く，かつ八郎潟の波浪では，これ以下の部分は乱されない）。そこで直接送砂もできるし，土運船に積込むこともできるタイプの Dredger 必が要になつた。幸いにしてオランダにはこの種の Dredger があるので，それに範をとり，わが国最初の Cutterless Suction Dredger を造つた。これはカッターをもたず圧力水を噴射して土砂を掘削するもので，要目は次のとおりである。

1. しゆんせつ能力：

	管送砂	土運船積
最大しゆんせつ深度	15 m	15 m
排送距離	最大 1 000 m	舷側
実揚程	4 m	—
排砂量	200 m^3/h	400 m^3/h

2. 船体：30×9×3 m，平均吃水 1.5 m
3. 主機関および補助機関：主ポンプ用　過給機付 600 HP，ディーゼル エンジン 360～250 r.p.m. ジェット ポンプ用 300 HP，600 r.p.m.　発電用 140 HP，750 r.p.m. 90 kW，220 V，直流発電機つき
4. 主ポンプ：

	管送砂	土運船積
全揚程	38 m	15 m
揚水量	1 800 m^3/h	2 500 m^3/h
効率	55% 以上	55% 以上
管径	460 mm	500 mm

Suction pipe の径は 500 mm，管内流速 3 m/sec 以上

5. ジェットポンプ：揚水量 1 600 m^3/h，全揚程 30 m，効率 75% 以上，噴射圧 2.5 kg/cm^2

本船は主として土運船積込用に使用したが，その実積は予定を上まわり，620 m^3/h を示した。今後この種の Dredger が活用される面が多いと考える。

掘削土砂の種類にもよると思えるが，八郎潟の細砂の場合はジェットは掘削開始時に使用すればたり，その後はほとんど自然崩壊によつて吸入できた。

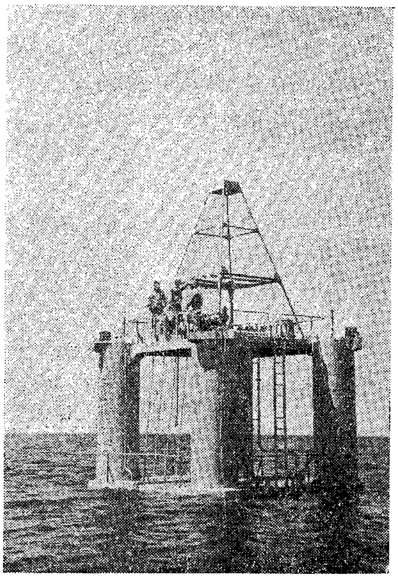
b) ボーリング船　潟内の軟弱地盤に対するボーリングを数多く施工したが，この場合，足場を組むことは支持力がないので困難であり，舟上で行えば舟の動揺のため良好な sampling ができないし非常に困却した。そこでボーリング専用の台船（Pontoon）を造つて移動時には浮かして曳航し，作業時には注水して底を湖底に着けて安定させる方法を取つた。この台船も便利に使用されている。

c) 機械損料について　昭和 34 年度から，農地開発営団のポンプ船その他を一部使用することとなつた。このさい機械の使用時期によつて使用者側に損得があつては不自然であるから，機械損料の計算の基礎は整備費をふくめて年々一定額になる必要があつた。しかもこの場合金利を考慮して計算を行わねばならない。この場合の算定を試みたので紹介する。

$$a_n+b_n=c \quad \cdots\cdots(1)$$

a_n：減価償却費（第 n 年），b_n：整備費（第 n 年），c：定数

写真―4 ボーリング船浮上状態
【朝日新聞社 提供】



註：底部および4本の円柱内に水を注入して沈座させる。使用可能水深5.0 m。

減価償却費については次式が成立する。

$$a_1(1+r)^{N-1}+a_2(1+r)^{N-2}\cdots\cdots +a_N=P(1+r)^N-\alpha P \quad\cdots\cdots(2)$$

r：年利率，N：償却期間（耐用年数）

P：購入価格，α：残存価値率

しかるに（1）式より

$$a_n=c-b_n \quad\cdots\cdots(3)$$

（3）式を（2）式に代入すれば

$$(c-b_1)(1+r)^{N-1}+(c-b_2)(1+r)^{N-2}\cdots\cdots +(c-b_N)=P\{(1+r)^N-\alpha\} \quad\cdots\cdots(4)$$

これを整理，移項して c を求めると，

$$c=\frac{P\{(1+r)^N-\alpha\}\cdot r+\left\{\sum_{n=1}^{N}b_n(1+r)^{N-n}\right\}\cdot r}{(1+r)^N-1} \quad(5)$$

すなわち c は P,r,N,α,b_n の関数として求めうる。

（5）式の右辺の前項は元利均等年賦償還の式であり，後項は整備費の年平均（利息を考慮した場合）を求めた式である。

整備費を使用者側が持つ場合は，（5）式で求めた c から，その年の整備費 b_n を引いたものが，その年の機械損料の基礎数値になる。

5. 結　言

以上八郎潟干拓事業について概要を紹介した。工事はまだ本格化したとはいいがたく，今後軟弱地盤上の築堤の施工管理等について種々困難な問題が起つてくることが想像される。

コンクリートパンフレット　各号共　A・5判　1部 60 円　〒10 円

58号 59号 **コンクリートの練り混ぜと打込み**　（上）82 ページ　（下）76 ページ

（米国における最近の技術と傾向）　間組技術局　藤田圭一氏訳

コンクリート辞典　B・6 変形判　254 ページ　1部 150 円 〒30 円

京大名誉教授　工博　近藤泰夫氏編

コンクリート講習会テキスト　B・5 124 ページ　1部 150 円 〒20 円

（昭和 34 年 8 月　京都市において開催のもの）

月刊雑誌

セメントコンクリート　B・5 約 50ページ　1部 50 円　〒10 円

長期講読料　1年 600 円　半年 300 円（〒共）

東京都港区赤坂台町1番地　**日本セメント技術協会**　振替東京196803　電話（48）8541～3