

No. 01

中国三江平原農業総合試験場計画 専門家総合報告書(III)

平成2年3月

国際協力事業団

農開技

JR

89-73

中国三江平原農業総合試験場計画 専門家総合報告書(III)

JICA LIBRARY
1083821[7]

21368

平成 2 年 3 月

国際協力事業団



国際協力事業団

21368

序 文

中国三江平原農業総合試験場計画は三江平原の農業開発のための作物の低温冷害に関する研究及び低湿地における基盤整備技術に関する試験研究を実施するため、昭和60年9月20日に署名された討議議事録（R/D）に基づき、5年間のプロジェクト方式技術協力として開始された。

本計画では、昭和63年には人工気象室及び展示圃場が完成し、本格的な活動を実施しているところである。

本報告書は、短期専門家としての任期を満了して帰国された河合裕志（凍害対策開発）、尾崎薫（大豆栽培）、谷信輝（農業気象）、櫻井喜十郎（かんがい技術開発）、村井信輝（土層改良機械、昭和63年度）、村井信輝（土地改良機械、平成元年度）、木村重利（農業機械）専門家プロジェクトにおける活動実績をとりまとめたものであり、今後の執務の参考として、プロジェクト方式技術協力の目標達成のために役立つこととなれば幸いである。

最後に、本報告書の作成に当たりご協力を戴いた帰国専門家各位に対し、厚く御礼申し上げるとともに、今後とも本プロジェクトがより一層発展することを期待するものである。

平成2年3月

国際協力事業団

農業開発協力部

部長 崎 野 信 義

目 次

I 河合裕志 (凍害対策開発)	1
昭和62年4月2日～昭和62年6月15日	
II 尾崎 薫 (大豆栽培)	49
昭和63年6月21日～昭和63年11月20日	
III 谷 信輝 (農業気象)	71
昭和63年7月25日～昭和63年12月24日	
IV 櫻井喜十郎 (かんがい技術開発)	97
昭和63年8月4日～昭和63年8月31日	
V 村井信仁 (土層改良機械)	113
昭和63年6月21日～昭和63年7月7日	
VI 村井信仁 (土層改良機械)	
木村重利 (農業機械)	167
平成元年9月19日～平成元年10月8日	

I 河合裕志 専門家（凍害対策開発）

派遣期間 昭和62年4月2日～昭和62年6月15日

中国三江平原農業総合試験場計画 凍害対策開発に関する研究報告書

目 次

1 凍上・凍結の概況	1
1-1 気温と積算寒度（凍結指数）	1
1-2 凍 結 深	1
1-3 地 下 水	6
1-4 土 壤 含 水 比	6
1-5 分 層 凍 上 量	10
2 煉瓦用水路	11
2-1 煉瓦用水路の観測結果	11
2-2 測定結果の検討と現地の観察	11
2-3 対 策 工	12
3 埋 管 水 路（スプリンクラー管）	12
3-1 埋管の観測結果	12
3-2 観測値の検討	12
3-3 埋設管の深度	13
4 道 路 の 現 状	14
4-1 道 路 調 査	14
4-2 調 査 の 検 討	15
4-3 敷 砂 利 厚	15
5 その他の事項	15
5-1 排水路の凍害	15
5-2 温水池の凍害	16
6 今後の研究課題	16
6-1 凍結深と土の含水比の関係	16
6-2 地下水の2重構造	16
6-3 凍上量の年変動	16
6-4 盛土の凍上性	17
7 道路の凍上—むすびに代えて—	17
別 表	1～5

1 凍上・凍結の概況

1-1 気温と積算寒度（凍結指数）

1986年11月から1987年4月末迄の気温測定を別表-1に示す。これによると平均気温（最高気温+最低気温/2）が零下の数値の累積値（積算寒度F）の起点日は11月4日であり、終日は87年4月2日である。

この推移を図示すると図-2のようになり、86年12月中旬以降に急冷が認められる。最終の積算寒度（凍結指数）は1708°C・daysであるが、1975年～1984年10年間の値（中国三江平原農業総合試験場計画実施設計調査（モデル圃場）報告書1985年12月P61より月平均気温×日数で計算）と比較すると平均年に近い。（表-1）

1-2 凍 結 深

凍結深の測定結果を別表-1に示す。各々の調査地点は図-1である。

観測処内及びNo.6地点においては、中国式（ゴム管式）によって、11月10日から11月12日から測定されており、日本式（メチレンブルー式）の測定は、観測処内とNo.6地点（中国式との比較試験を目的）およびNo.1～5地点で12月20日から測定を始めた。No.6地点の日本式の数値は、破損のため省略してある。

融解は、最大積算寒度終了日翌日の4月3日から始まっている。

凍結深・融解深の推移を観測処内について例示すると、図-3が得られる。これらの測定結果から次のことがみられる。

- ① 測定の日・中の方式の比較では、日式的観測が45日遅れたのに拘らず、以降の測定値に有意な差が認められず、両者は直接対比できよう。
- ② 最大凍結深は、白堊土試験区の195cm、最少は観測処内の170cmである。この差は、土の熱伝導率・含水量等によるものと考えられ、とくに含水量は土の熱伝導率と水の融解（凍結）潜熱に影響を与えるものであることから、今後の研究課題となろう。測定結果によると、

1975-1984年月別平均気温

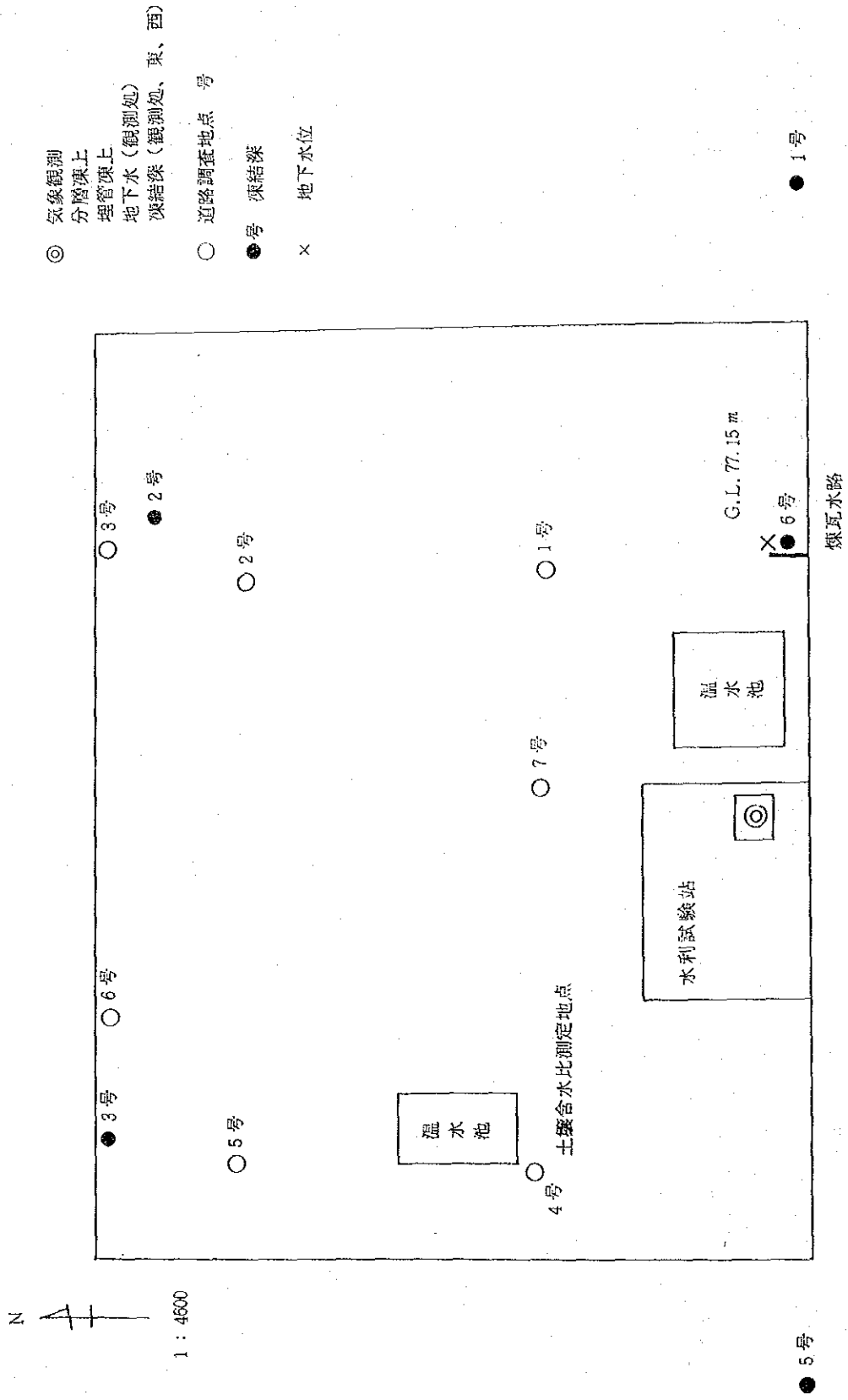
表-1

宝清県気象局

項目	年 分	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十一 月	十二 月	凍結指数 F °C・day
気温	1975	-15.6	-14.2	-3.2	8.8	14.9	19.7	21.3	21.7	15.5	7.2	-3.5	-16.4	11～3月
	76	-16.3	-11.6	-3.4	5.3	13.9	19.8	22.9	18.6	13.5	5.7	-7.9	-17.5	1560
	77	-22.0	-17.7	-4.4	4.9	15.0	17.4	25.2	20.3	15.4	6.7	-5.6	-17.6	2093
	78	-20.0	-18.0	-4.3	6.0	13.8	22.4	23.4	20.5	15.1	4.6	-3.0	-13.1	1971
	79	-16.8	-13.3	-4.5	4.4	10.0	19.5	21.8	20.6	14.7	5.2	-6.8	-10.9	1529
	80	-20.6	-18.6	-4.1	3.5	12.9	20.1	21.9	21.2	13.3	4.7	-3.5	-16.4	1847
	81	-16.8	-13.5	-5.6	7.5	12.5	17.3	22.2	19.0	13.3	5.8	-8.0	-11.7	1686
	82	-17.8	-11.8	-3.8	7.5	13.8	20.3	23.5	23.1	14.2	5.1	-4.6	-12.4	1603
	83	-15.5	-15.6	-2.7	8.0	12.2	14.5	20.2	22.0	16.1	4.8	-3.9	-15.9	1523
	84	-19.7	-17.2	-9.3	5.3	15.9	18.2	21.9	21.7	14.4	4.3	-4.6	-14.7	1990
	平均	-18.2	-15.1	-4.5	6.1	13.9	18.9	22.2	20.9	14.5	5.4	-5.1	-14.7	1735

图-1

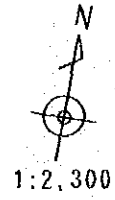
觀測站位置圖



中国三江平原農業総合試験場計画

展示圃場整備工事

国際協力事業団



モデル圃場総面積 43.7ha
 圃場造成面積 33.6ha
 内訳 畑 15.8ha
 水田 17.8ha
 その他面積 10.1ha

凡	例
	道路
	用水路
	排水路
	暗渠排水管
	水 閘
	管水路
	防風林 (既設)
	防風林 (新設)
	支線揚水機
	井戸揚水機
	加圧揚水機
	排水揚水機

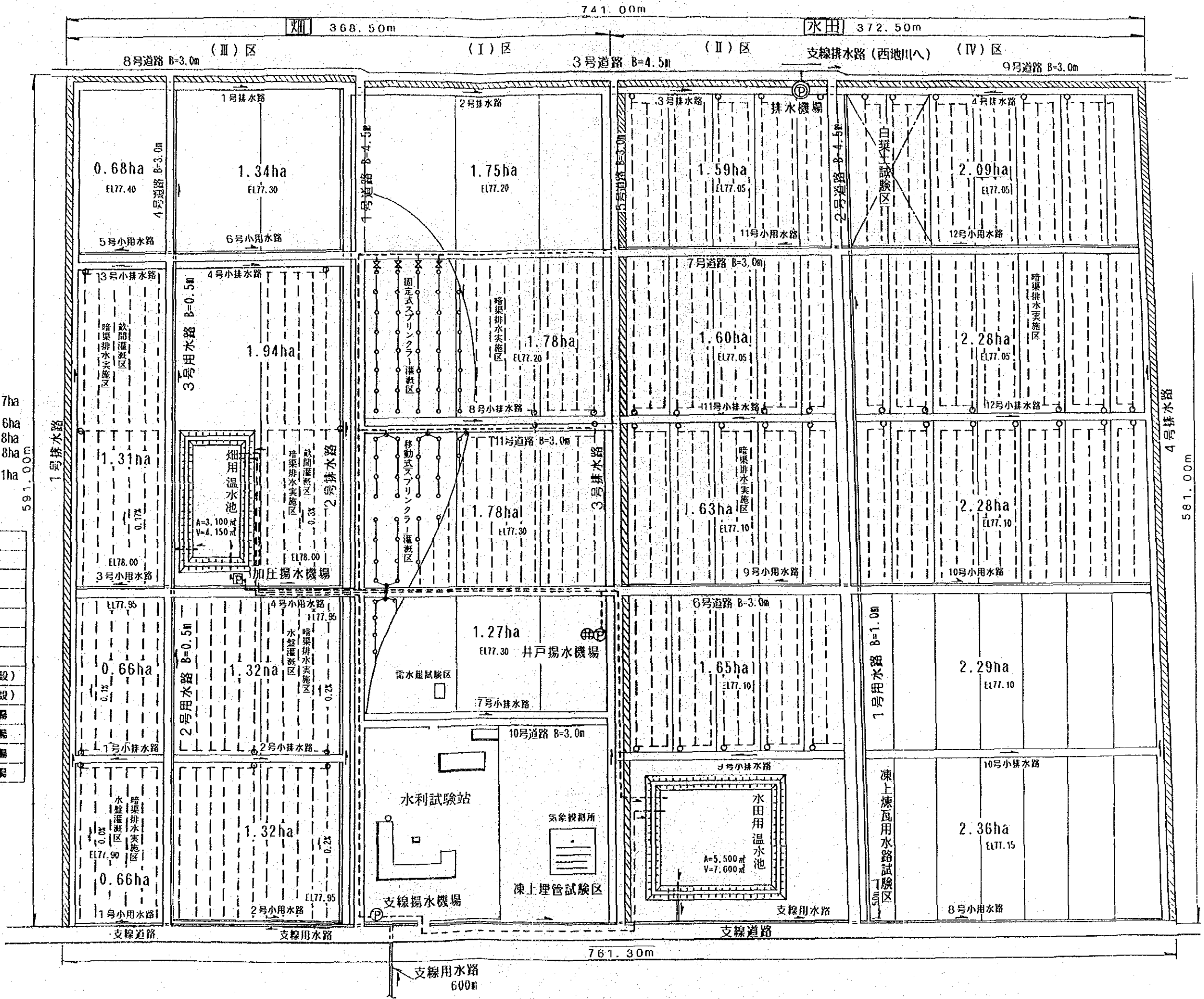


図-2

凍結指数と凍上量の推移

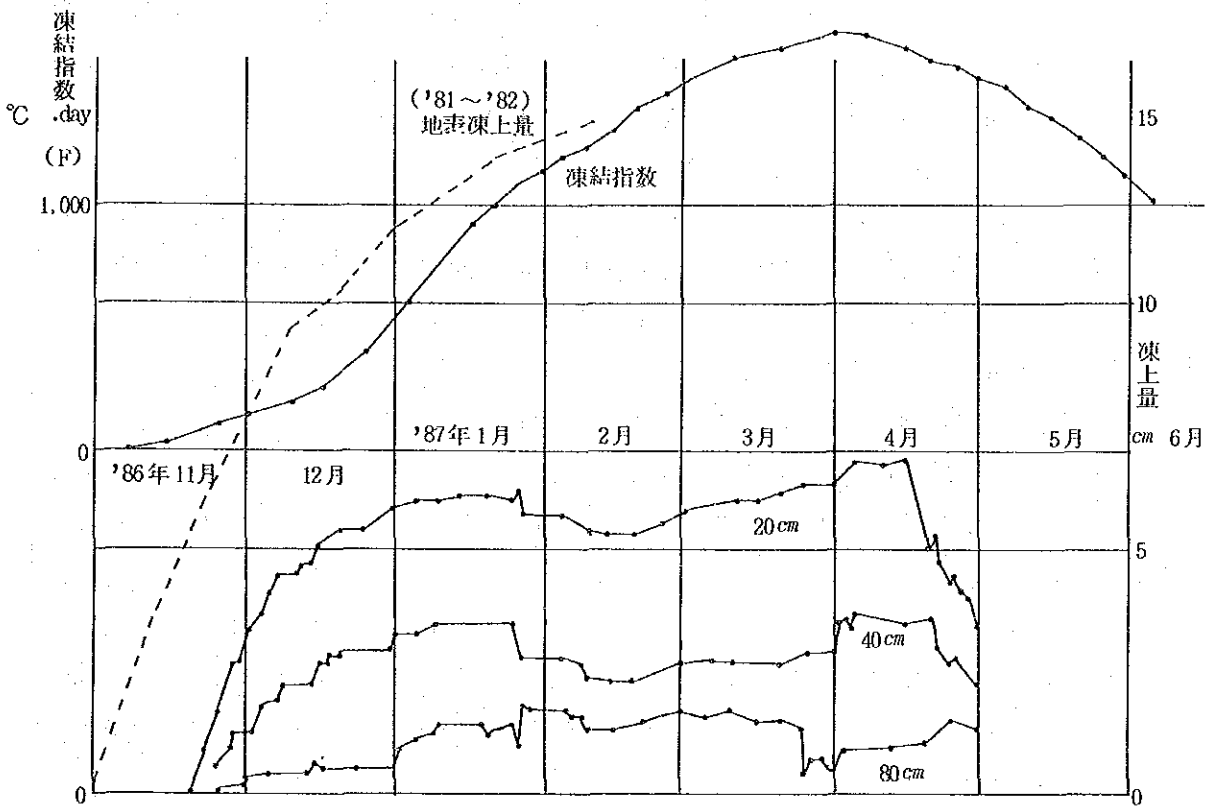
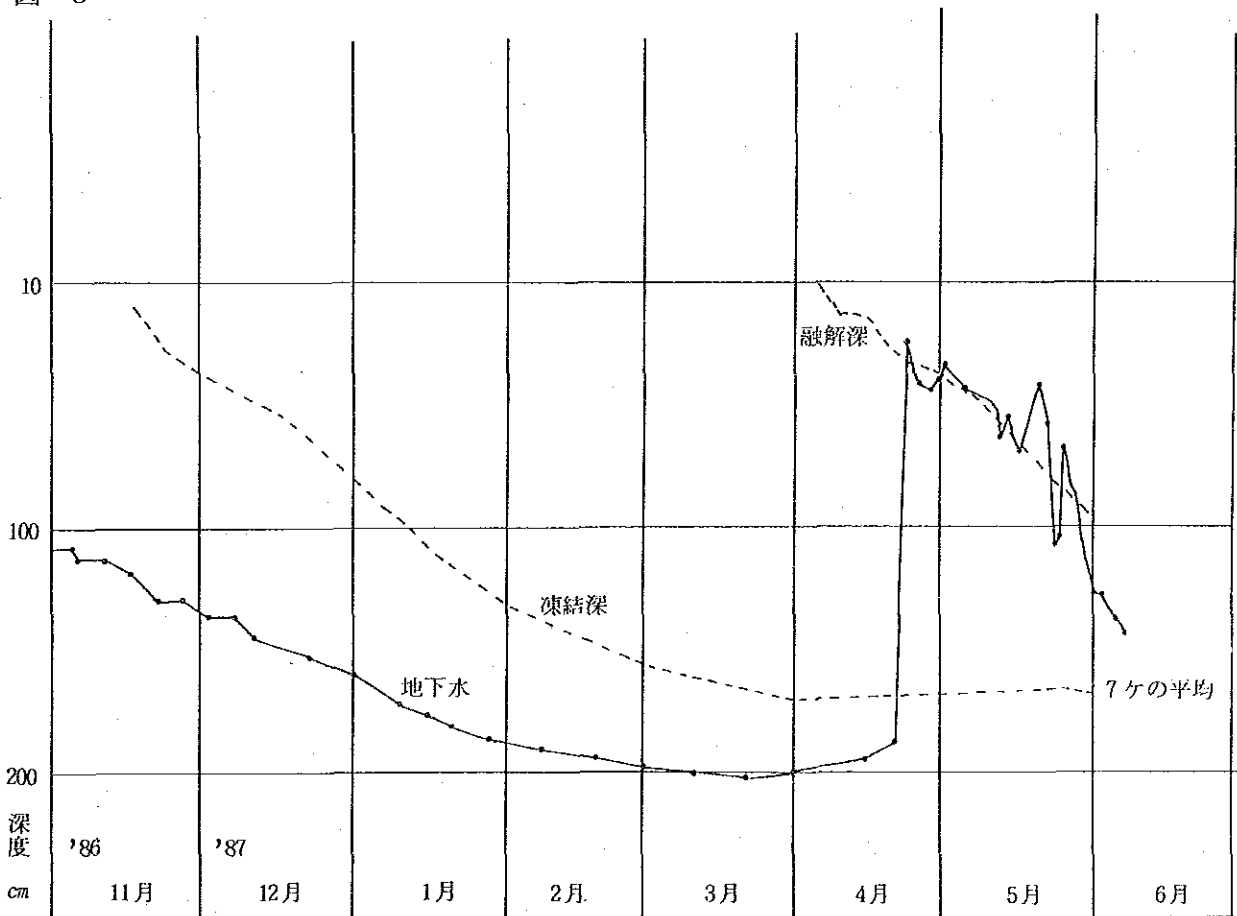


図-3

凍結深と地下水位の推移 (観測処)



- ③ 凍結深 (Z cm) と、積算寒度 (F) の間に $Z = C \cdot \sqrt{F}$ (但し C は常数で $3 \sim 5$ の範囲) の関係が知られており、測定値より各時点の C を $C = Z / \sqrt{F}$ で求めると表-2 のようになる。表-1 にみられるように、過去10年間の宝清の凍結指数 (最大積算寒度) は $2100^{\circ}\text{C} \cdot \text{days}$ に達することから、最大凍結深は 210cm を越えることがうかがわれる。

1-3 地下水

地下水位の測定は、有孔管を地表面下 500cm に埋設し (+地上部 40cm) 水位の深さを測定している。測定箇所は、観測処と煉瓦水路の2箇所であり、前処は86年11月1日、後処は12月17日からあって、測定結果を別表-1 に示す。両者は $10 \sim 15\text{cm}$ の差があるが、ほぼ同様の傾向である。観測処の地下水位の推移を図-3 に示す。

地下水位について、次のことがみられる。

- ① 11月中旬から地下水位が低下し始め3月上旬迄続く。この低下の原因は単に渇水期の季節的低下だけでなく、後記する土の含水比の変化にみられるように、凍上による吸水作用によるものも考えられる。
- ② 4月下旬に地下水位の急昇が認められる、これは融解した地表水が測定管に流入したものと考えられ、凍結層の上位の地表水と凍結層下位の地下水と2重構成になっていると考えられる。上層の地下水位を形成する水は凍上による氷層の融解によるものと考えられ、凍上量との関係について今後検討を要しよう。
- ③ 融解時には、地下水位と融解深とほぼ一致して低下しており、このことは、凍結層が遮水として働き地下水を分断している上記の事を裏付けるものといえよう。

1-4 土壌含水比

凍結深4号観測点 (細用温水池南側) で85年10月より、毎月3~6回深度別に含水比測定を行っており、その月平均値を図-4 に示す。

表-2

凍結指数と凍結深

月 日	凍結指数 F°C·day	√F	観測処		1		2		3		4		5		6	
			Z	Z/√F	Z	Z/√F	Z	Z/√F	Z	Z/√F	Z	Z/√F	Z	Z/√F	Z	Z/√F
'86																
12. 20	311.5	17.65	61	3.46	56	3.17	84	4.76	66	3.74	90	5.10	77	4.36	80	4.53
24	373.6	19.33	68	3.52	65	3.36	91	4.71	73	3.78	94	4.86	82	4.24	87	4.50
27	435.4	20.87	73	3.50	71	3.40	95	4.55	79	3.79	99	4.74	87	4.17	91	4.36
31	536.1	23.15	80	3.46	80	3.46	103	4.45	87	3.76	105	4.54	93	4.02	97	4.19
'87																
1. 3	609.5	24.69	87	3.52	88	3.56	109	4.41	93	3.77	110	4.46	100	4.05	102	4.13
7	712.7	26.70	95	3.56	97	3.63	117	4.38	102	3.82	117	4.38	108	4.04	109	4.08
10	790.7	28.11	97	3.45	103	3.66	123	4.38	108	3.84	122	4.34	114	4.06	114	4.06
14	888.4	29.81	106	3.56	110	3.69	131	4.39	115	3.86	129	4.33	121	4.06	120	4.03
17	938.1	30.63	110	3.59	116	3.79	138	4.51	121	3.95	134	4.37	126	4.11	125	4.08
21	1016.7	31.89	118	3.70	122	3.83	146	4.58	128	4.01	140	4.39	132	4.14	131	4.11
24	1063.2	32.61	121	3.71	126	3.86	150	4.60	132	4.05	144	4.42	136	4.17	135	4.14
28	1119.2	33.45	127	3.80	131	3.92	156	4.66	136	4.07	149	4.45	140	4.19	139	4.16
31	1151.2	33.93	131	3.86	135	3.98	161	4.75	140	4.13	152	4.48	-	-	144	4.24
2. 4	1214.5	34.85	135	3.87	139	3.99	167	4.79	143	4.10	156	4.48	-	-	147	4.22
7	1238.0	35.19	138	3.92	141	4.01	171	4.86	146	4.15	158	4.49	-	-	149	4.23
11	1268.0	35.61	141	3.85	145	3.96	175	4.78	151	4.12	161	4.40	153	4.18	153	4.18
14	1317.6	36.30	143	3.94	147	4.05	178	4.90	153	4.21	163	4.49	156	4.30	156	4.30
18	1389.5	37.28	146	3.92	150	4.02	181	4.86	157	4.21	166	4.45	159	4.27	158	4.24
21	1429.1	37.80	148	3.92	152	4.02	183	4.84	160	4.23	167	4.42	160	4.23	159	4.21
25	1471.7	38.36	151	3.94	155	4.04	186	4.85	163	4.25	170	4.43	163	4.25	163	4.25
28	1511.4	38.88	154	3.96	158	4.06	188	4.84	168	4.32	172	4.42	166	4.27	165	4.24
3. 4	1548.5	39.35	156	3.96	161	4.09	189	4.80	174	4.42	175	4.45	170	4.32	168	4.27
11	1615.8	40.20	161	4.00	166	4.13	191	4.75	180	4.48	178	4.43	177	4.40		
18	1648.6	40.60	165	4.06	170	4.19	192	4.73	184	4.53	180	4.43	180	4.43		
25	1675.2	40.93	167	4.08	173	4.23	193	4.72	189	4.62	183	4.47				
4. 1	1707.0	41.32			175	4.24	193	4.67	191	4.62	185	4.48				
	2100.0	45.83	187		194		214		212		205		203		195	

月平均含水比の年度化

図-4(1)

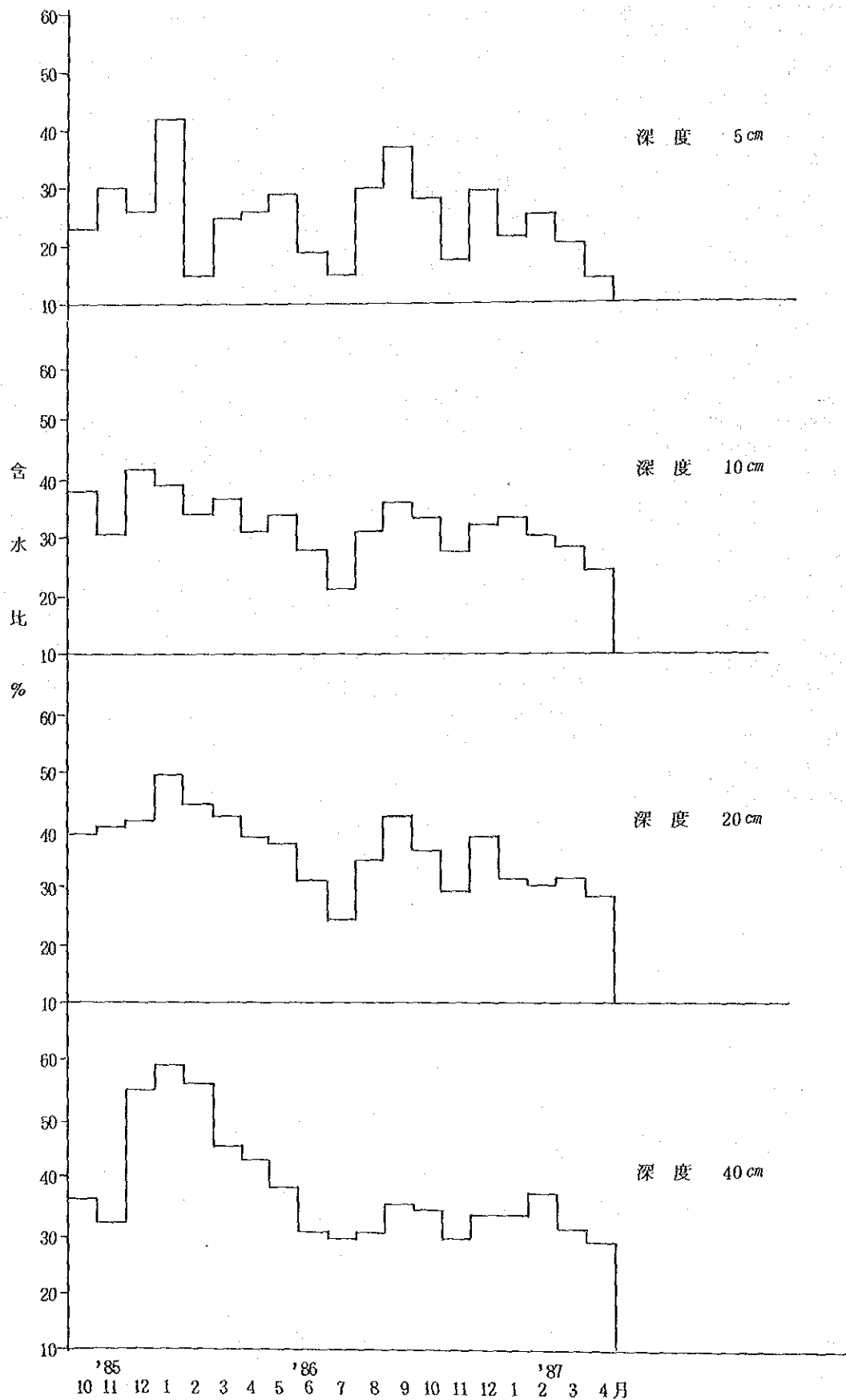
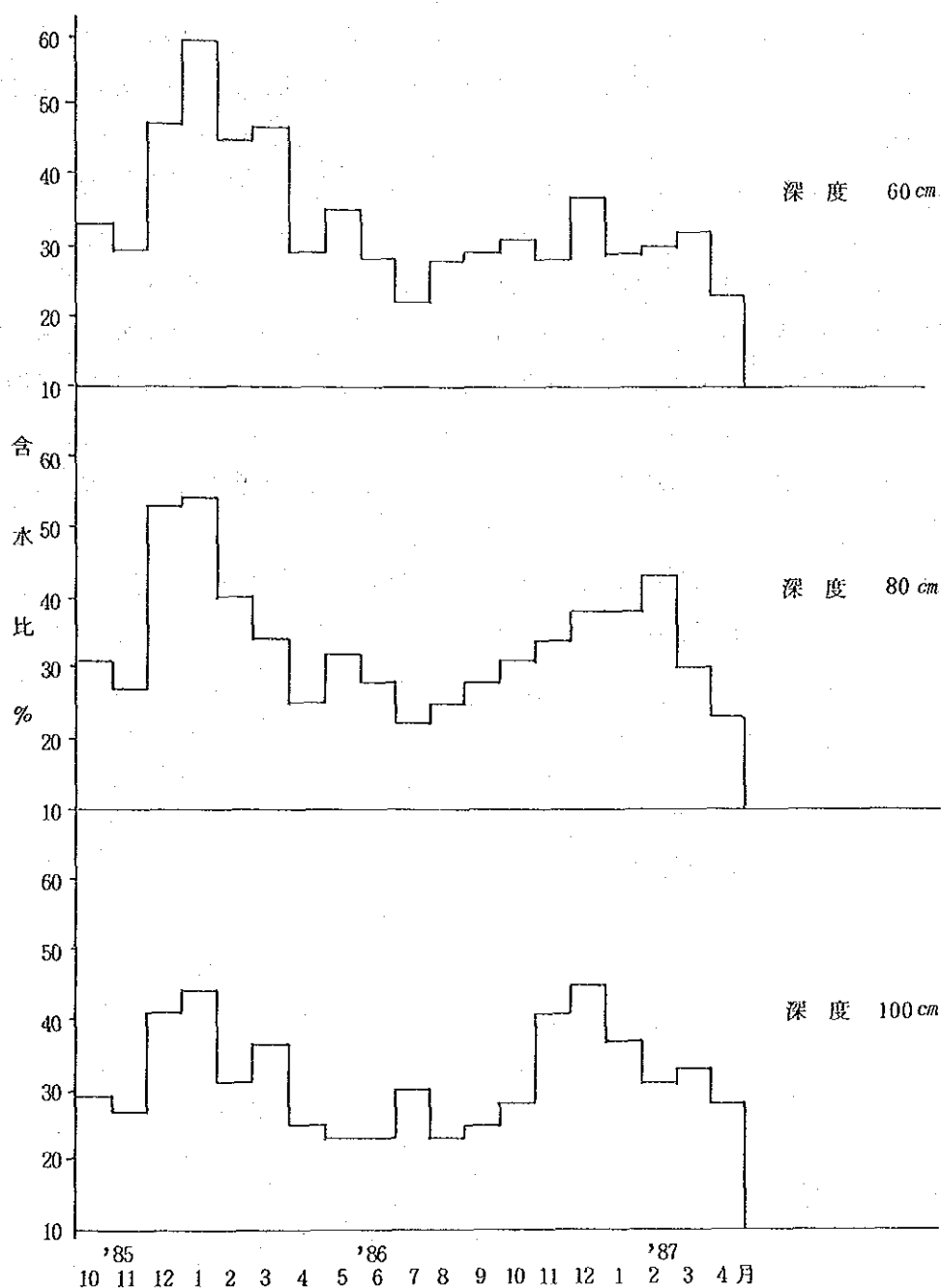


図-4(2)



- ① 85年12月から86年3月にかけて、深度20～100cmに含水比の著しい増加が認められ、これは凍上による地下水の吸引作用と考えてよいであろう。
- ② 86年から87年の冬期においては、深度80～100cmにおいて含水比の増加が認められるが、前年より顕著でなく、60cmより浅い部分では変化が認められていない。

これらのことは、同一地点においても凍上の発生機構が年度によって変ること、即ち土壌の初期状態、地下水位、凍結の進行状況等の影響を受けるものと考えられるが、現状は資料不足であ

って今後の研究課題といえる。

1-5 分層凍上量

観測処において、深度0～200cm、間に20cmごとに分層凍上を測定している。測定方法は凍上測定棒列の両端に埋設した固定点から鉄線を張り、その鉄線からの変位量を測ったものである。測定は86年11月20日より始め同日を基準とした変位量を別表-2に示した。

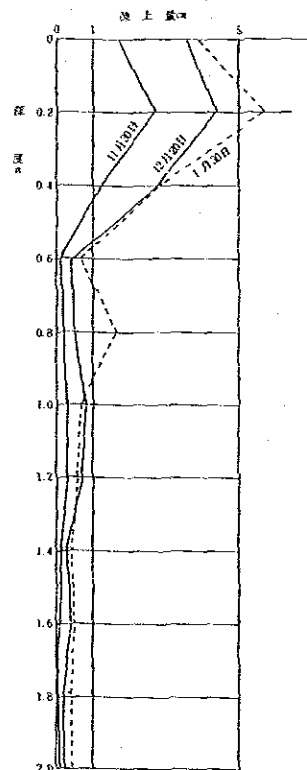
測定結果の代表例として、深度20、40、80cmの水位を図-2に、凍上量の同時の深度分布を図-5に示す。

なお、測定開始時点(11月20日)で既に凍結深が20cmであることから、0～20cmで生じる凍上量(即ち地表部で測定される数値)は今回は測定できなかった。参考として1981年11月～82年2月上旬(竜頭橋調査時)迄の同じ地点における地表の凍上量を図-2に併記したが、これによると0～20cmの凍上量は約5.5cmが得られている。

また測定値の1月25日の変位は、何らかの事故によるものと考えられる。測定結果から次のことがいえる。

- ① 分層の凍上が始まるのは、おおむね凍結深がその層に達した時点といえる。
- ② 図-5の凍上量の同時深度分布をみると1cm以上の凍上量が生じる深度は1m程度である。

図-5 凍上量の深度分布



- | | | |
|--------|----------------|-------------------|
| ③ 凍上量は | 深度 20 ~ 40cm で | 2.5 ~ 3.0cm |
| | " 40 ~ 80cm で | 2.0 ~ 2.5cm |
| | " 80cm 以下で | 1.5 cm |
| | " 0 ~ 20cm で | 5.5 cm (81年の例で假定) |
| | 計 | 11.5 ~ 12.5cm |

となり、82年の約14cmよりやや小さいといえよう。

④ 4月中旬以降に、深度20、40cmの凍上量が低下し始めたのは、融解による戻りであって、地下水上昇と融解期の時期が同じためで両者に直接の関係はないものと考えられる。

2 煉瓦用水路

2-1 煉瓦用水路の観測結果

試験場に設けられる用水路の一部に、用水路を煉瓦装工で施工する可能性を検証する目的で試験工事を行なった。延長約50mを①～⑬のブロックに分け、各々の両側壁部、底部中央の凍上量を水準測量により測定した。①～⑦ブロックは敷砂20cm、⑧～⑬ブロックは敷砂80cmで施工してある。各ブロックの施工詳細は、別途、当整備事業、施工管理業務報告書、昭和61年12月、および、付属書凍上試験工事を参照されたい。

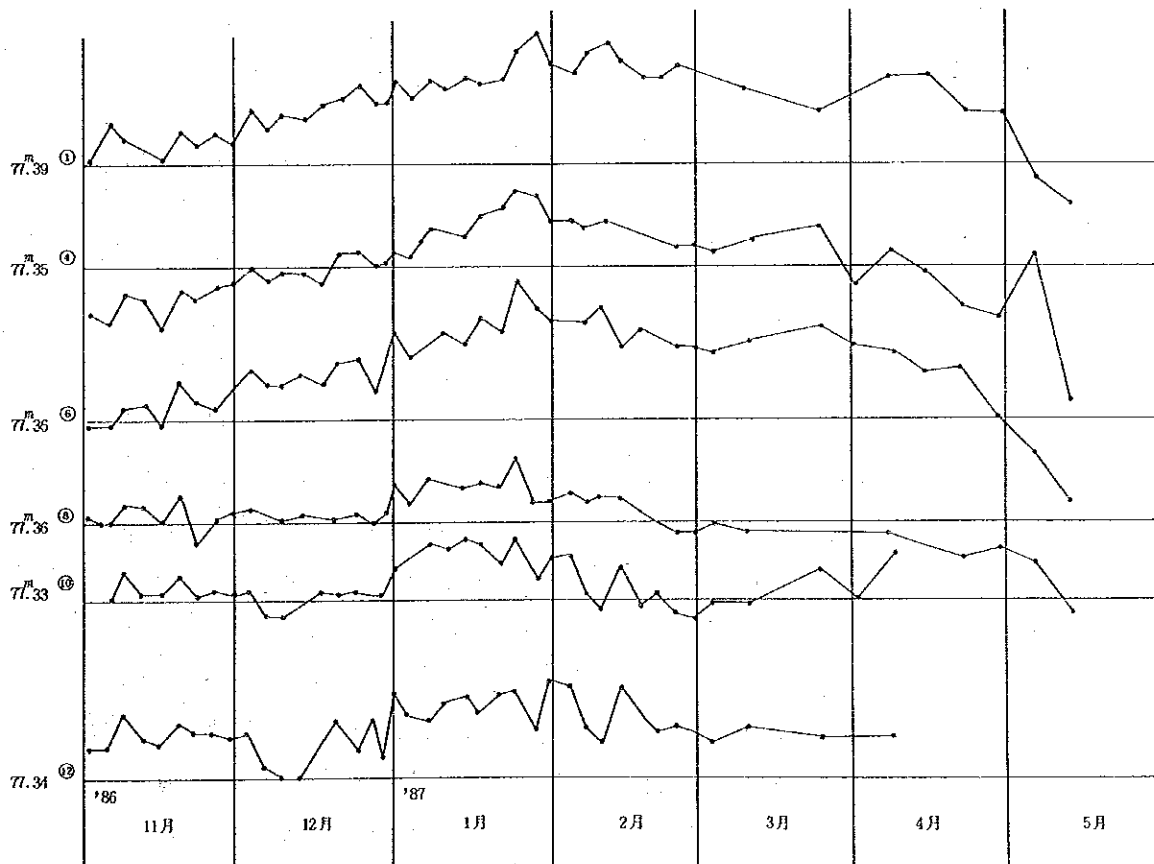
凍上量の測定は86年10月29日より行ない、87年2月末迄は週2回、以降は週1回の測定を行なっている。この資料は別表-3に示す。13ブロックのうち①、④、⑥、⑧、⑩、⑫の底部の変位の推移を図-6に示す。

なお、⑩～⑬ブロックの右岸側壁は、4月8日時点で倒壊した。

2-2 測定結果の検討と現地の視察

- ① 敷砂20cmの①～⑦ブロックでは、11月下旬から凍上が始まり、1月下旬で最大となる。最大凍上量は2.5cmである。
- ② 敷砂80cmの⑧～⑬ブロックでは12月下旬から凍上が始まり、同じく1月下旬で最大となる。最大凍上量は1cm以下である。

図-6 煉瓦水路の凍上量推移



- ③ 4月下旬から凍上が戻り始め、5月に入ると施工時点より更に低下したと測定されている。これについて基準点 (B. M.) の確認を行ったところ 1.1cmの凍上があり、地盤圧縮と考えられる量は 0.5cm以下と小さい。

なお基準点の変位は、図-6から推定すると2月下旬と考えられる。

- ④ ①~⑦ブロックの底部煉瓦に破損したものが見受けられる。このことは2cm程度の凍上に対して煉瓦が折れに脆いことを示しているといえる。
- ⑤ ⑩~⑬ブロックの右岸側壁の倒壊の原因は、盛土が凍結・融解によって土の粘着力または安息角が極端に低下したために、壁に加わる土圧が増加したことによるものと考えられるが、左岸側壁と対比すると施工上の問題もありそうである。(盛土の沈下が右岸側で大きい)

2-3 対策工

- ① 水路のインバートと側壁の接合部が脆弱であるので、煉瓦水路は小断面(幅40~50cm、高さ30~40cm)に適用されよう。この場合も置樋形式とし、側壁下部では壁圧が24cmとなろう。
- ② 強いて煉瓦水路を施工するならば、ノリ面の浸食防止を目的とした緩斜面(1:2.0程度)でV字断面が可能性があると考えられる。
- ③ 凍上量が敷砂20cmでも2cmと小さい。これはこの地点だけのことか、87年特有のことか、あるいは盛土の効果なのか明らかでなく、水路施工後も長期の観測を要しよう。とくに盛土の効果とすればその持続年数とともに、後述する道路の施工法の場合にも重要な研究課題であろう。
- ④ 国営853農場に設けられた煉瓦水路は、内幅1.0m、内高1.3m、煉瓦壁厚24cm、土かぶり厚30~50cmのアーチ型地中構造物である。また緩傾斜地帯で凍上も小さいと予想されることから、当試験場の設計には直接参考とならないと考えられる。



3 埋管水路 (スプリンクラー管)

3-1 埋管の観測結果

スプリンクラー用埋設管の凍上による影響を調査する目的で、観測処に埋管を布設し凍上量を測定した。

埋管は、I	径 $\phi = 150\text{m/m}$	深度 H = 100cm
II	径 $\phi = 150\text{m/m}$	深度 H = 150cm
III	径 $\phi = 40\text{m/m}$	深度 H = 100cm
IV	径 $\phi = 40\text{m/m}$	深度 H = 60cm

の4種で、それぞれ延長20mである。測定は5mごと各5点で水準測量による。設備の詳細は、別途、当整備事業施工管理業務報告書(昭和61年12月)および付属書凍上試験工事を参照されたい。

観測は、86年10月29日より週2回行っており、資料は別表-4に示すとおりである。表より各工種の中から2点を選んで凍上量の推移を示すと図-7のようである。

3-2 観測値の検討

- ① 各工種共に凍上量に差があり、I $\phi 150\text{H} = 100\text{cm}$ では 1.5cm~3.0cm
 II $\phi 150\text{H} = 150\text{cm}$ では 1.5cm~2.0cm
 III $\phi 40\text{H} = 100\text{cm}$ では 1.0cm~5.0cm

IV、 $\phi 40$ H = 60cm では 0cm ~ 2.5cm

の凍上量となっており管径、深度ともに一定の方向性を認め難い。

② 凍上の始りは、おおむね、IVのH = 60cm では 12月下旬

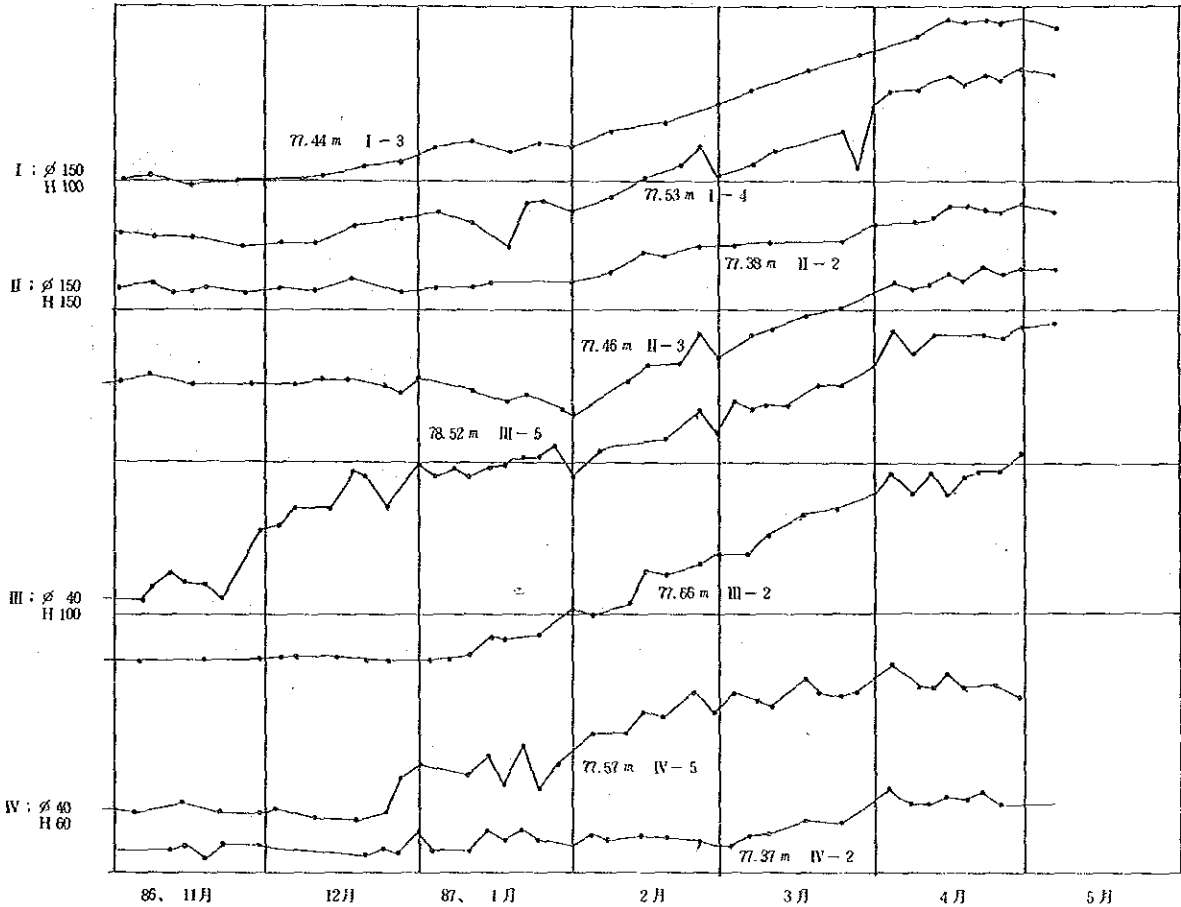
I、IIIのH = 100cm では 1月中旬 (III-5を除く)

IIのH = 150cm では 2月中旬

であり、凍結深が達した時点とはほぼ合っている。

③ III-5の凍上量は、始り時期、凍上量ともに異常と考えられるが、原因は不明である。

図-7 埋管凍上量の推移



3-3 埋設管の深度

① 埋管観測区内の小面積をとっても、凍上量の変動幅が極めて大きく、埋設深度が60cmでも凍上量が小さく、最大値は深度 100cmで 4 cm (異常値を除く) の凍上が認められている。また 150cmの深度でも 2.0cmの変位が生じており、これらの値は管の許容変形量を越えていると考えられる。なお管を掘出して状態を観察するのは、凍結のためしていない。

② 1-2の凍結深の項で記したように、86~87年の凍結深は最大 195cmに達しており、10年間の最大は 210cmになると予想される。管の施工時及び施工後の沈下を考えると、将来について或る程度の不陸の発生は避けられないと考えられ、管中のたまり水の凍結が心配される。なお図-3に示すように、融解は地表より進行し、凍結土下端からの融解は小さく、結局は最大凍結深の層が最後に融けるものと推定される。

以上の2点から勘案すると、スプリンクラー用埋管の深度は、凍結深以下とするのが妥当と考える。参考に宝清における上水道の埋設深は、凍結深以下と聞きとっている。

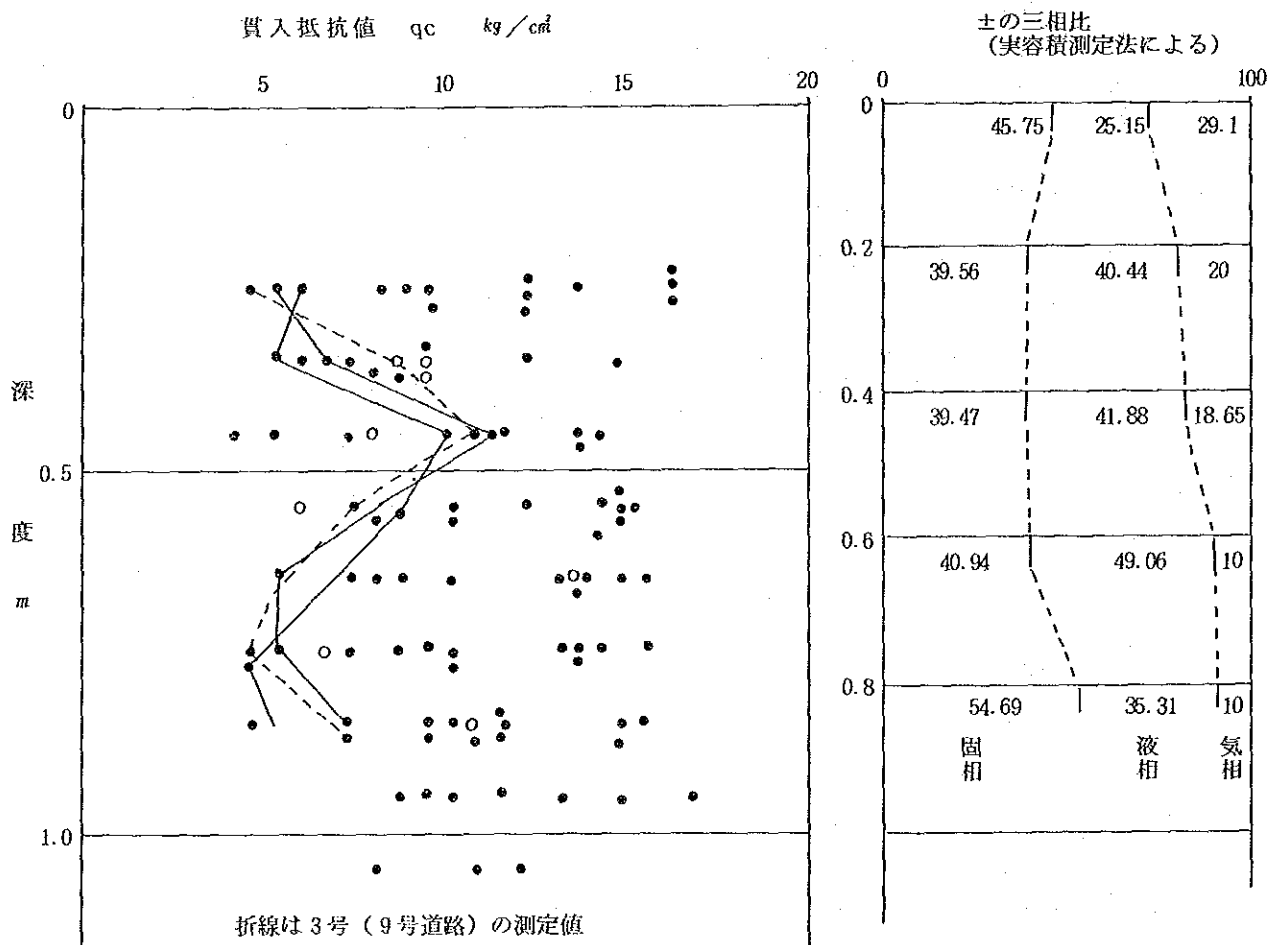
4 道路の現状

4-1 道路調査

試験場内の道路は、掘削土を利用した盛土を行ない、その上層に10cmまたは20cmの敷砂利を施行している。融解期の道路路床部（敷砂利以深）の支持力を求める目的でコーン貫入試験を実施した。調査結果を別表-5に示す。5月下旬に行った調査を一括して図示すると図-8が得られる。

またNo.1地点でピットを掘って土を採取し土質試験を行なった結果を下表及び図-8に示す。

図-8 道路調査



項目 \ 深度 m	0~0.05	0.2~0.25	0.4~0.45	0.6~0.65	0.8~0.85
湿潤密度 g/cm^3	1.44	1.09	1.45	1.56	1.78
乾燥密度 g/cm^3	1.09	1.07	1.11	1.17	1.41
含水比 %	21.5	33.6	30.8	32.9	25.9

4-2 調査の検討

- ① 盛土部では、コーン貫入抵抗値 (qc) が27kg/cm²以上の値を示す。これは乾燥による含水比の低下によるものと考えられるが、路床の支持力に対しても大きな役割をなしている。
- ② 図-8にみられるように、qc値を一括すると大きくバラつく。しかしNo.3地点をみると(図-8中に折線で結ぶ) qc値が小さい。この地点は両側の排水路に滞水している(とくに北側で水位が高い) ことによると考えられ、No.3は試験場内のqcの低い地区を代表できるといえよう。
- ③ 深度40~50cmでqcが大きくなる結果は、No.3の他にNo.5、No.7にもみられるが、これと土壌構成の関係は明らかでない。

4-3 敷砂利厚

敷砂利厚は、日本では路床部の CBR (路床支持力比) とその厚さの関係で決まる。qcと CBRの関係を $CBR \approx qc / 2 \sim 3$ とすると、盛土部では $qc > 27 \text{ kg/cm}^2$ より $CBR \approx 10\%$ 、厚さ20cmとなり盛土下位の地山部では小さい値の平均値 $qc = 6 \text{ kg/cm}^2$ より、 $CBR \approx 2\%$ 、厚さ80cmを得る。その合成値は次のように求められる。

$$\text{合成 CBR} = \left(\frac{20 \times 10^3 + 80 \times 23^{\frac{1}{3}}}{100} \right)^3 = \left(\frac{20 \times 2.16 + 80 \times 1.26}{100} \right)^3 = 2.98 \approx 3\%$$

これを下表の日本における砂利敷厚の標準に比すと、30~25cmの敷厚が必要となるが、交通量が極端に少ない当耕作道では、現状で今後の経過を見守ることとなる。

設計CBR%	1.0~1.5	1.6~2.0	2.1~2.5	2.6~3.0	3.1~5.0	5.1~8.0	8.1~10.0	10~
敷厚 cm	50	40	35	30	25	20	15	10

5 その他の事項

5-1 排水路の凍害

- ① 当地区の土の粒度構成は、粘土分 (0.005 m/m以下) が50%、シルト分 (0.005~0.075 m/m) 50%で砂分が0に近く、地山土では極めて粘質である。この土が水中にさらされると膨軟化し強度が極端に低下する。さらに凍結・融解によって一層促進され、qc値は1kg/cm²程度となり、その厚さは50cmを越えている。86年に施工した排水路のノリ面はこのような状態であって、融解期の水の浸食を受けており、底部は堆砂が生じている。
- ② 近傍の既設排水路の安定勾配は1:3程度であり、一部植生のある水路で1:2.5程度である。
- ③ 排水路を柵渠等の構造物で保護しようとするならば、構造物への凍上被害は避けられないと考えられる。

以上の観点から、排水路においては植生を促すとともに、水路の維持管理に務め、当面その経過を見守ることとなる。

5-2 温水池の凍害

- ① 温水池の築堤ノリ尻付近には、凍上によると考えられる縦断方向の亀裂が数ヶ所見受けられるが、これが直接築堤の安定性に影響を与えるものとは考えられない。
 - ② 温水池築堤には20~30cmのブロック状に亀裂が発生しており、その幅は3cmにも達するものがある。亀裂の大部分は乾燥収縮によるものと考えられるが、深さは確認していない。
 - ③ 築堤が凍結後温度低下による収縮亀裂（註-1）からの濡水を中国側で懸念している。この直接の亀裂は乾燥収縮亀裂とまざれて確認できていない。
- （註-1）この現状を中国で凍縮とっており、舗装道路では2~3mごとに数 m/mの亀裂がみられる。日本ではコンクリート舗装の目地の開き程度であって築堤ではその発生を考慮していない。
- ④ 温水池の築堤は、湛水時に膨軟化する。流速は無視し得るが波によって浸食を受ける恐れがある。

以上の観点から、漏水防止及び方面浸食防止の工法が望まれる。

6 今後の研究課題

6-1 凍結深と土の含水比の関係

凍結深と土の含水比の関係は極めて大きい。一般には土の含水比が大きければ、土の熱伝導率が大きく、したがって凍結深が大きくなる。一方土の凍結比が大きければ、凍結時の水の凍結潜熱が大きいと寒度が消費されて凍結深が小さくなる。このように土の含水比は凍結深に対して相反する働きをなすものであって、どちらの効果が大きいかは土の密度、粒度構成、凍上による含水比の増加等複雑な条件下にある。

- ① 含水比は、凍結深および融解速度との関連においてもまた、排水効果との関連においても重要な要素であり、今後経時、かつ深度別の測定が望まれる。
- ② 含水比は、点による差異があるため多様の平均値によって求めるが、一方土の採取に労力を要する（とくに凍結時）。このため非破壊試験が望ましいが、低温時の測定には信頼性がない。したがって当面は、凍結土の採取器の改良・普及をすることが望まれる。

6-2 地下水の2重構造

地表下約2mまで低下した地下水が、融解期に0.4mに急昇している。これは観側管が連続した有孔管であるために、融解水が流入したのと考えられる。すなわち凍結土層以深の地下水と凍結土以浅の地下水の2重構造になっていると思われる。後者の水位は、40cmと高いために、耕地とくに道路の支持力を小さくしていることは確かであるが、一方圃場に対して補水の役割りを果たしている可能性もある。地下水を解明するとともに、その効果を研究する必要がある。

6-3 凍上量の年変動

86年から87年における試験場内の凍上量は、分層凍上量、煉瓦水路、埋管試験区で測定している。それぞれの凍上量の最大は、分層凍上量では深度20cmで7cm、煉瓦水路で2.5cm、埋管試験区では深度100cmで4cmであった。これらの値は、81年から82年における地表凍上量（2月10日迄14cm）、あるいは85年から86年における土の含水比試験（最大60%）結果からみると、86年~87年

は、凍上量の小さい年度と考えられる。他の年度との関連を明らかにするために、今後継続して調査する必要がある。

6-4 盛土の凍上性

盛土は、排水路の掘削土を積み上げ輾圧したものであり、土の粒度構成に差があるものではない。しかるに煉瓦水路で置換厚20cmの場合でも2.5cm程度の凍上量（置換厚80cmでは1cm以下）であること、また道路盛土の貫入抵抗値が約30kg/cm²と大きな値を有することは、盛土が凍上抑制に何らかの関与があったものと考えられる。今後凍上試験等を行なってその理由および効果の年数等の研究が望まれる。この結果は、地山土の凍害を解明することに役立つと考えられる。

7 道路の凍上—むすびに代えて—

凍上現象は、地面の凍結が進行する際に下層の地中水を吸引して薄い氷層を多数形成する現象であって、この氷層の総和が凍上量である。

道路の凍上被害は、凍上による亀裂発生もあるが、むしろ融解期に氷層が融け、かつ下位の凍土が遮水層となるため融解層が高含水土となり極端に支持力が低下することに起因する被害が大きい。すなわち支持力が低下した道路を多くの車両が通行すると、ワダチが深くなりそれとともに周囲がふくれ上がり遂には下層土が地表に露出するいわゆる噴泥が発生する。

この噴泥現象は、試験場周辺においても随所に発生しており、道路の維持管理上重要な問題であるといえる。しかし、北海道における改良以前では10数kmにわたって連続して発生したことに比べると局所的といえる。これには、道路改良率、現状道路の施行基準等を参照しなければならないが、北海道よりはるかに厳しい気象条件下にある黒竜江省において、道路の凍上被害が大きく目立たないことに奇異を感じざるを得ない。

凍上の発生要因として、気象条件の他に地下水位、土質があげられているが、気象条件のうちでも、例えば温度勾配などの影響も考えられよう。

凍上現象は国際的にも未知の分野が多く、その対策についても多くの研究者を網羅した国際間の協同研究がなされるべきであろう。

気温・凍結深および地下水位

別表-1

年 月 日	最高気温	最低気温	平均気温	凍結指数	凍 結 深 cm						地下水位 (G.L.)			
					東(日式)	西(中式)	1	2	3	4	5	6	観測処	水 路
					(観測処内)									
86. 11. 1	6.5	0.5	3.5										108	
2	7.0	- 9.0	- 1.0										108	
3	7.5	1.5	4.5										108	
4	2.0	- 8.0	- 3.25	3.25									108	
5	6.5	-10.5	- 2.0	5.25									112	
6	5.0	-10.0	- 3.0	8.25									112	
7	4.5	- 5.0	- 0.25	8.5									110	
8	- 1.0	- 4.5	- 2.75	11.25									109	
9	1.5	- 3.5	- 1.0	12.25									113	
10	3.5	- 3.5	0	12.25									113	
11	1.5	- 6.0	- 2.25	14.5									113	
12	9.0	- 9.8	- 0.4	14.9								24	113	
13	11.0	- 4.0	3.5	11.4								24	112	
14	10.5	-11.0	- 0.25	11.65									112	
15	7.5	-14.5	- 3.5	15.15									26	116
16	- 4.5	-14.0	- 9.25	24.4		10.0							30	118
17	- 4.0	-13.1	- 8.55	32.95		14.0							34	120
18	- 4.5	-17.5	-11.4	43.95		15.0							38	123
19	- 1.6	-18.0	- 9.8	53.75									40	-
20	1.8	-14.7	- 6.45	60.2		22.0							43	126
21	1.5	-16.0	- 7.25	67.45		26.0							45	129
22	- 4.5	-16.5	-10.5	67.95		27.0							46	129
23	- 4.6	-18.0	-11.3	79.25		29.0							48	132
24	- 4.5	-14.5	- 9.5	88.75		30.0							49	127
25	- 5.8	-13.0	- 9.4	98.15		32.0							50	128
26	- 4.0	-14.0	- 9.0	107.15		33.0							52	129
27	- 2.0	-14.0	- 8.0	115.15		35.0							53	130
28	- 2.5	-15.5	- 9.0	128.15		36.0							54	132
29	- 4.5	-13.5	- 9.0	133.15		37.0							55	132
30	- 4.5	- 7.0	- 5.75	138.9		39.0							56	132
12. 1	- 2.5	- 6.0	- 4.25	143.15		40.0							57	136
2	1.0	- 3.5	- 1.25	144.4		41.0							58	136
3	2.0	-13.0	- 5.5	149.9		43.0							59	144
4	- 2.5	-14.0	- 8.25	158.15		44.0							60	136
5	- 3.0	-15.0	- 9.0	167.15		44.0							61	136
6	- 0.5	-19.0	- 9.75	176.9		45.0							62	136
7	0.3	-16.0	- 7.85	184.75		45.0							63	141
8	7.0	-10.5	- 1.75	186.5		47.0							64	142
9	5.5	-15.0	- 4.75	191.25		49.0							66	145
10	3.0	-10.0	- 4.25	195.5		50.0							68	145
11	0.0	-10.0	- 5.0	200.5		51.0							69	145
12	- 1.0	-13.0	- 7.0	208.5		51.0							70	143
13	- 3.0	-20.5	-11.75	219.25		52.0							70	145
14	- 3.0	-13.5	- 8.25	227.5		53.0							71	145

年 月 日	最高気温	最低気温	平均気温	凍結指数	凍 結 深 cm						地下水位 (G.L.)				
					東(日式)	西(中式)	1	2	3	4	5	6	観測処	水 路	
86. 12. 15	- 7.0	- 19.0	- 13.0	240.5		54.0							72	145	
16	- 5.5	- 19.0	- 12.25	252.75		55.0							73	148	
17	- 6.0	- 24.0	- 15.0	267.75		56.0							75	153	
18	- 6.5	- 21.0	- 13.75	281.5		57.0							76	153	
19	- 6.5	- 20.0	- 13.25	294.75		60.0							78	154	135
20	- 12.5	- 22.0	- 17.25	311.5		61.0	56	84	66	90	77		80	151	
21	- 12.5	- 22.0	- 17.25	328.75	63.0	62.0							81	152	136
22	- 11.5	- 23.0	- 17.25	346.0	65.0	64.0							82	152	
23	- 4.2	- 25.0	- 14.75	360.75	67.0	66.5							83	154	
24	- 4.5	- 21.2	- 12.85	373.6	69.0	68.2	65	91	73	94	82		87	156	
25	- 8.5	- 25.0	- 16.75	390.35	71.0	70.0							89	156	
26	- 12.0	- 25.0	- 18.5	408.85	72.0	71.0							90	165	139
27	- 16.5	- 34.5	- 25.5	435.35	73.0	73.0	71	95	79	99	87		91	168	
28	- 20.5	- 32.0	- 26.25	460.6	74.0	74.0							92	158	
29	- 20.0	- 35.5	- 27.75	488.35	76.0	76.0							94	160	
30	- 16.5	- 34.5	- 25.5	513.85	77.0	78.0							96	160	
31	- 16.5	- 25.0	- 22.25	536.1	80.0	80.0	80	103	87	105	93		97	159	143
87. 1. 1	- 15.0	- 35.7	- 25.35	561.45	82.1	82.5							99	162	
2	- 15.5	- 36.0	- 25.75	587.25	84.0	84.5							101	156	
3	- 17.5	- 27.0	- 22.25	609.45	86.0	87.0	88	109	93	110	100		102	163	
4	- 19.0	- 29.5	- 24.25	633.7	87.0	88.0							104	176	
5	- 18.9	- 38.0	- 28.45	662.15	89.0	90.0							106	166	146
6	- 16.5	- 34.5	- 25.5	687.65	92.0	93.0							108	168	
7	- 15.0	- 35.0	- 25.0	712.65	94.0	94.5	97	117	102	117	108		109	168	
8	- 17.0	- 32.0	- 24.5	737.1	95.0	95.3							111	170	
9	- 20.5	- 32.0	- 26.25	763.4	97.0	98.5							113	172	
10	- 21.7	- 32.0	- 26.85	790.25	98.5	97.0	103	123	108	122	114		114	173	158
11	- 15.5	- 38.0	- 26.75	817.0	102.2	99.0							115	172	
12	- 15.6	- 22.0	- 18.8	835.8	102.2	102.0							117	173	
13	- 19.0	- 34.5	- 26.75	862.55	102.2	104.5							118	174	
14	- 17.0	- 34.6	- 25.8	888.35	104.0	106.0	110	131	115	129	121		120	174	
15	-	-	-(21.0)	909.35	107.0	108.0							122	176	163
16	- 10.0	- 23.0	- 16.5	925.85	110.0	110.5							124	176	
17	- 9.0	- 15.5	- 12.25	938.1	110.5	110.0	116	138	121	134	126		125	176	
18	- 11.0	- 18.5	- 14.75	952.85	112.0	110.0							126	177	
19	- 11.5	- 37.0	- 24.25	977.1	116.2	115.0							128	180	
20	- 12.5	- 29.5	- 21.0	998.1	117.3	115.6							130	181	168
21	- 10.0	- 27.2	- 18.6	1016.7	119.0	118.0	122	146	128	140	132		131	181	
22	- 6.6	- 25.5	- 16.05	1032.75	120.0	119.0							132	182	
23	- 6.7	- 17.4	- 12.05	1044.8	120.5	120.0							133	182	
24	- 9.9	- 26.0	- 17.95	1063.2	123.0	121.0	126	150	132	144	136		135	183	
25	- 9.8	- 24.3	- 17.05	1080.25	124.0	122.0							136	184	174
26	- 7.2	- 22.4	- 14.8	1095.05	125.0	124.0							137	185	
27	- 3.6	- 18.9	- 11.25	1106.3	125.5	125.0							138	185	
28	1.0	- 15.0	- 7.0	1113.3	128.0	127.0	131	156	136	149	140		139	185	
29	- 1.0	- 10.8	- 5.9	1119.2	129.5	128.0							141	186	
30	- 4.0	- 23.5	- 13.75	1132.95	130.5	129.0							142	187	177
31	- 12.0	- 24.5	- 18.25	1151.2	132.0	130.5	135	161	140	152			144	187	
2. 1	- 10.0	- 24.2	- 17.1	1168.3	133.0	131.5							145	188	
2	- 10.0	- 24.0	- 17.0	1185.3	134.0	132.5							146	189	

年 月 日	最高氣溫	最低氣溫	平均氣溫	凍結指數	凍 結 深 cm						地下水位 (G.L.)				
					東(日式)	西(中式)	1	2	3	4	5	6	觀測處	水 路	
87. 2. 3	-7.7	-28.6	-18.15	1203.45	135.0	134.0							147	189	
4	-3.3	-18.7	-11.0	1214.45	136.0	135.0	139	167	143	156			147	189	
5	-2.9	-8.7	-5.8	1220.25	137.0	135.5							148	189	180
6	-1.5	-18.4	-9.95	1230.2	137.8	136.8							148	190	
7	0.7	-14.8	-7.75	1237.95	139.0	138.0	141	171	146	158			149	190	
8	1.5	-19.0	-8.75	1246.7	139.5	138.2							150	191	
9	1.5	-17.1	-7.8	1254.5	140.5	139.0							151	191	
10	3.1	-16.0	-6.45	1260.95	(破損)	140.0							152	191	184
11	3.5	-17.5	-7.0	1267.95		141.0	145	175	151	161	153		153	191	
12	-5.6	-19.6	-12.6	1280.55		142.0							154	192	
13	-11.8	-27.0	-19.4	1299.95		142.5							155	193	
14	-11.8	-23.5	-17.65	1317.6		143.0	147	178	153	163	156		156	193	
15	-13.5	-27.8	-20.65	1238.25		144.0							156	193	189
16	-10.6	-20.0	-15.3	1353.55		144.5							157	193	
17	-10.0	-26.8	-18.4	1371.95		145.5							157	194	
18	-10.0	-25.0	-17.5	1389.45		146.0	150	181	157	166	159		158	194	
19	-8.0	-26.4	-17.2	1406.65		146.5							158	194	
20	-4.0	-23.2	-13.6	1420.25		147.0							159	195	191
21	-1.0	-16.6	-8.8	1429.05		147.5	152	183	160	167	160		159	195	
22	-0.9	-19.0	-9.95	1439.0		148.5							160	195	
23	-8.0	-10.0	-9.0	1448.0		149.5							161	195	
24	-8.3	-14.0	-11.15	1459.15		150.5							162	196	
25	-10.5	-14.5	-12.5	1471.65		151.0	155	186	163	170	163		163	196	193
26	-9.5	-15.0	-12.25	1483.9		152.0							164	197	
27	-9.5	-14.5	-11.0	1494.9		153.0							164	197	
28	-9.5	-25.5	-16.5	1511.4		153.5	158	188	168	172	166		165	197	194
3. 1	-5.0	-14.5	-9.75	1521.15		154.0							165	198	
2	-2.7	-12.5	-7.6	1528.75		155.0							167	200	
3	-2.5	-12.0	-7.25	1536.0		155.3							168	197	
4	-3.5	-21.5	-12.5	1548.5		156.0	161	189	174	175	170		168	198	
5	-6.0	-17.0	-6.5	1555.0		157.0							169	199	195
6	-6.3	-16.5	-11.4	1566.4		158.0							170	200	
7	-3.5	-20.5	-12.0	1578.4		158.0							170	199	
8	-2.2	-22.0	-12.1	1590.5		159.0								199	
9	-3.5	-12.0	-7.75	1598.25		159.5								199	
10	-2.6	-21.0	-11.8	1610.05		160.0								199	
11	-0.5	-11.0	-5.75	1615.8		161.0	166	191	180	178	177			199	
12	2.7	-12.0	-4.65	1620.45		161.5								198	
13	2.1	-13.5	-5.7	1626.15		162.0								199	
14	1.5	-19.5	-9.0	1635.15		162.5								199	
15	3.7	-12.5	-4.4	1639.55		163.0								200	
16	3.5	-7.0	-1.75	1641.3		163.5								201	
17	4.0	-11.5	-3.75	1645.05		164.0								202	
18	3.5	-10.5	-3.5	1648.55		165.0	170	192	184	180	180			201	
19	6.0	-11.0	-2.5	1651.15		165.0								201	
20	7.0	-4.5	-1.25	1649.9		165.0								200	
21	1.5	-11.0	-4.75	1654.65		166.0					(破損)			202	
22	6.0	-14.0	-4.0	1658.65		166.0								207	
23	2.0	-12.0	-5.0	1663.65		166.5								204	
24	-3.0	-8.5	-5.75	1669.4		167.0								200	

年 月 日	最高气温	最低气温	平均气温	凍結指数	凍 結 深 cm						地下水位 (G.L.)				
					東(日式)	西(中式)	1	2	3	4	5	6	観測処	水 路	
87. 3. 25	- 2.0	- 9.5	- 5.75	1675.15		167.3	173	193	189	183				200	
26	- 2.2	-13.0	- 7.6	1682.75		167.6								200	
27	- 1.0	-11.5	- 6.25	1689.0		168.0								200	
28	5.5	- 7.5	- 1.0	1690.0		168.0								199	
29	4.5	- 7.0	- 1.25	1691.25		168.0								200	
30	0.5	-12.0	- 5.75	1697.0		168.5								199	
31	2.0	-16.0	- 7.0	1704.0		169.0								198	
4. 1	6.5	-12.5	- 3.0	1707.0			175	193	191	185				198	
2	8.8	-11.0	- 1.1	1708.1		169.0								197	
3	9.1	- 2.8	+ 3.15	1704.95	(3.0)~	169.0								197	
4	9.4	- 6.8	1.3	1703.65	(2.0)~	169.0								198	
5	12.9	- 8.4	2.25	1701.5	(2.0)~	169.0								198	
6	15.5	1.1	8.3	1693.1	(5.0)~	169.0	(15)	(12)	(8)	(6)				198	
7	13.5	4.0	8.75	1684.35	(9.0)~	169.0	?	?	?	?				195	
8	12.8	0.8	6.8	1677.55	(9.0)~	169.0	177	194	193	185				196	
9	11.6	2.1	6.85	1670.7	(13.0)~	169.0								198	
10	6.5	- 0.8	2.85	1667.85	(13.0)~	169.0								196	
11	5.5	- 5.0	0.25	1667.6	(14.0)~	169.0								195	
12	2.1	- 4.3	- 1.1	1668.7	(13.0)~	169.0								195	
13	7.7	- 0.5	3.6	1665.1	(10.0)~	169.0	(20)	(25)	(10)	(9)				195	
14	11.0	5.0	8.0	1657.1	(13.0)~	170.0	?	?	?	?				193	
15	18.2	5.2	11.7	1645.4	(15.5)~	170.0	177	195	193	185				194	
16	23.2	3.0	13.1	1632.3	(18.0)~	170.0								194	
17	23.5	7.5	15.5	1616.8	(22.0)~	169.5								192	
18	16.0	- 2.8	6.6	1610.2	(23.0)~	169.0								192	
19	18.5	- 1.5	8.5	1601.7	(25.0)~	169.0								193	
20	19.6	- 2.3	8.65	1593.05	(28.0)~	169.5	(39)	(45)	(30)	(31)				189	
21	13.5	4.0	8.75	1584.3	(30.0)~	169.0	?	?	?	?				187	
22	12.0	- 0.5	5.75	1578.55	(28.0)~	169.0	176	195	192	183				78	
23	8.5	- 6.5	1.0	1577.55	(36.0)~	169.5								24	
24	4.4	- 5.8	- 0.7	1578.25	(37.0)~	169.0								28	
25	8.2	- 6.5	0.85	1577.4	(36.0)~	169.0								39	
26	12.1	0.1	6.0	1571.4	(36.0)~	169.0								43	
27	14.6	2.4	8.5	1562.9	(36.0)~	169.0	(38)	(54)	(40)	(44)				43	
28	15.7	- 0.2	7.75	1555.15	(36.5)~	169.0	?	?	?	?				45	
29	24.0	5.0	14.5	1540.65	(38.0)~	168.5	177	195	192	184				40	
30	26.9	10.6	18.75	1521.9	(38.5)~	168.0								39	
5. 1	26.7	2.1	14.4	1507.5	(40.0)~	168.0								36	
2	14.0	- 0.4	6.8	1500.7	(41.5)~	168.0								38	
3	14.4	- 4.1	4.95	1495.8	(42.5)~	168.0								42	
4	11.3	- 1.7	4.8	1491.0	(43.5)~	168.0	(51)	(70)	(51)	(53)				44	
5	12.1	0.5	6.3	1484.7	(44.5)~	168.0	?	?	?	?				46	
6	22.8	0.6	11.7	1473.0	(45.0)~	168.0	177	198	193	183				44	
7	27.5	2.5	15.0	1458.0	(46.5)~	168.0								42	
8	27.9	0.4	14.15	1443.9	(48.5)~	168.0								41	
9	28.4	14.4	21.4	1422.5	(51.5)~	168.0								42	
10	27.5	1.5	14.5	1408.0	(54.0)~	167.5								49	
11	23.0	- 0.5	11.25	1396.7	(56.5)~	167.5								56	
12	22.2	4.2	13.2	1383.5	(59.0)~	167.0								53	
13	12.0	3.0	7.5	1376.0	(61.5)~	167.0								63	

年月日	最高気温	最低気温	平均気温	凍結指数	凍 結 深 cm						地下水位 (G.L.)				
					東(日式)	西(中式)	1	2	3	4	5	6	観測処	水路	
87. 5. 14	18.5	- 2.6	7.95	1368.1	(63.0)~	167.0								55	
15	24.6	10.6	17.6	1350.5	(64.5)~	167.0								67	
16	24.0	6.9	15.45	1335.0	(67.0)~	167.0								69	
17	21.0	5.5	13.25	1321.8	(69.0)~	166.5								64	
18	19.3	4.6	11.95	1309.8	(72.0)~	167.0								48	
19	20.0	8.6	14.3	1295.5	(73.5)~	166.0								47	
20	19.0	6.5	12.75	1282.8	(75.0)~	166.0								42	
21	23.2	10.0	16.6	1266.2	(77.0)~	166.0								49	
22	25.4	4.8	15.1	1251.1	(79.0)~	166.0								59	
23	20.5	7.6	14.05	1237.0	(81.5)~	166.0								109	
24	16.0	8.0	12.0	1225.0	(83.0)~	166.0								106	
25	28.0	8.5	18.25	1206.8	(85.5)~	166.0								66	
26	18.5	7.5	13.0	1193.8	(87.0)~	166.0								81	
27	16.1	7.4	11.75	1182.0	(89.5)~	166.0								86	
28	27.6	9.9	18.75	1163.3	(91.0)~	166.0								96	
29	28.0	16.0	22.0	1141.3	(92.5)~	166.5								110	
30	36.6	1.6	19.1	1122.2	(94.5)~	166.5								116	
31	30.9	10.4	20.65	1101.5	(96.0)~	166.5								123	
6. 1	31.3	14.3	22.8	1078.7	(99.0)~	166.5								128	
2	30.2	14.1	22.15	1056.6										129	
3	25.0	15.8	18.6	1038.0										133	
4	25.5	12.0	18.75	1019.2										136	
5	25.6	13.8	19.7	999.5										140	
6	23.6	14.4	19.0	980.5										142	
7	21.5	8.0	14.75	965.8										146	

分 層 凍 上 量 (cm)

別表-2

+記号は沈下を示す

年月日	No 深度	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	摘 要	
		2.0 m	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	0.0		
86.11.20		3.0	2.0	2.1	2.0	2.0	1.1	1.1	1.0	0.3	1.8	2.8	基 準 日	
21		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
22		"	"	"	"	0.1	0.1	"	"	0.1	0.2	"		
23		"	"	"	"	0.2	0.2	"	"	0.2	0.5	0.1		
24		"	"	"	"	0.3	0.3	0.1	"	"	1.0	0.4		
25		0.1	"	0.4	"	"	"	"	"	0.5	1.2	0.5		
26		0	"	"	"	"	"	"	"	"	1.5	0.7		5
27		0	"	"	"	"	"	"	0.1	0.7	1.9	1.1		
28		0.1	"	"	"	"	"	"	"	0.8	2.2	1.2		
29		"	"	0.1	0.1	"	"	0.2	"	0.9	2.5	1.5		
30		"	"	"	"	"	"	"	"	1.2	2.7	1.7	10	
12. 1		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
2		"	0.1	0.2	"	"	"	0.3	"	"	3.1	2.1		
3		0.2	"	"	"	"	"	"	"	"	3.4	2.2		
4		"	"	"	"	"	"	"	"	1.4	3.5	"		
5		"	"	"	"	"	"	"	"	1.7	3.6	2.4		
		"	"	"	"	"	"	"	"	1.8	3.8	2.6	15	

No. 年月日 深度	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	摘要	
	2.0 m	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	0.0		
86. 12. 6	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.1	1.9	4.2	2.8	20	
7	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
8	"	"	"	"	"	"	"	"	2.0	4.5	"		
9	"	0.3	"	"	0.4	0.5	"	"	2.2	"	3.2		
10	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
11	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
12	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
13	"	"	"	"	"	"	"	"	"	4.7	"		
14	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
15	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		25
16	"	"	"	"	0.3	"	0.6	"	2.6	5.1	"		
17	-0.1	0.2	0.4	0.5	0.2	"	0.5	0.2	2.7	5.2	3.5		
18	0.2	"	"	"	0.3	"	"	"	"	5.3	3.6		
19	"	"	"	"	"	"	"	"	2.8	5.4	"		
20	"	"	"	0.3	0.7	0.8	"	0.4	"	"	"		
21	"	0.3	"	0.4	"	1.1	"	0.6	2.9	"	"		
22	0.3	"	0.5	0.5	"	"	"	0.8	"	"	3.7		
23	"	"	"	"	0.8	"	"	"	"	5.5	"		
24	"	0.5	"	"	"	"	"	"	"	"	"		35
25	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	4.0		
26	"	0.6	"	"	"	"	"	0.9	"	5.4	"		
27	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
28	"	"	"	"	"	"	"	"	"	5.7	"		
29	"	"	"	"	"	"	"	"	"	5.8	"	40	
30	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
31	0.4	0.7	0.9	0.7	"	"	"	"	"	"	"		
87. 1. 1	0.7	0.8	1.1	"	1.1	1.3	0.9	1.2	3.3	6.0	"		
2	"	"	"	1.0	"	"	"	"	"	"	"	45	
3	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
4	"	"	"	"	"	"	1.1	"	"	"	"		
5	"	"	"	"	1.2	"	"	"	"	"	4.1		
6	"	"	"	"	"	"	"	1.3	"	"	"		
7	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
8	"	"	"	1.1	1.4	1.2	1.2	1.4	3.5	"	"		
9	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		50
10	"	"	"	"	"	"	1.4	"	"	"	"		
11	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
12	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
13	"	"	"	1.2	"	1.4	"	"	"	"	"		
14	"	"	"	"	1.5	"	"	"	"	6.1	"	55	
15	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
16	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
17	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
18	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
19	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		60
20	"	"	"	"	"	1.2	1.2	"	"	"	"		
21	0.4	0.5	0.9	0.8	1.0	1.3	1.3	"	"	6.0	4.0		
22	"	0.6	0.8	"	1.1	"	"	"	"	"	"		
23	0.5	"	"	"	1.2	"	"	"	"	6.1	4.1		
24	0.6	0.3	0.7	0.7	0.6	"	"	1.2	3.6	"	"	65	

年月日	No.	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	摘要
	深度	2.0 m	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	0.0	
87.1.25		0.6	0.5	0.9	0.9	1.3	1.4	1.4	1.5	3.5	6.0	3.8	
26		"	"	0.4	0.4	0.7	"	0.9	0.7	2.8	6.2	4.2	
27		0.5	"	0.5	"	0.8	1.2	1.8	0.8	"	5.7	3.7	
28		0.4	0.4	"	"	0.6	0.9	1.7	0.7	"	"	3.9	
29		"	"	"	"	"	0.7	1.6	"	"	"	"	70
30		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
31		"	"	"	"	"	"	1.7	"	2.7	"	"	
2. 1		"	"	"	"	"	"	"	"	"	5.6	"	
2		"	"	"	"	0.7	"	"	"	2.8	5.7	4.0	
3		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	75
4		"	"	"	0.3	"	"	"	"	"	"	3.9	
5		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	3.8	
6		0.3	"	0.4	0.2	0.6	"	1.6	0.6	2.7	5.6	"	
7		"	"	"	"	0.5	"	"	"	"	"	"	
8		"	"	"	"	"	0.7	"	"	"	"	"	80
9		0.3	0.2	0.3	+0.2	0.1	0.2	1.3	0.4	2.4	5.4	3.6	
10		0.2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
11		0.1	0.1	0.1	+0.1	"	"	"	0.2	2.3	"	"	
12		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
13		0.0	"	0.2	"	0.2	"	"	0.3	"	5.3	"	
14		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
15		"	"	"	"	0.3	0.3	1.4	"	"	"	"	
16		"	"	"	0.0	"	"	"	0.4	"	"	"	
17		"	"	"	+0.1	0.4	0.4	"	"	"	"	"	
18		"	"	"	"	"	0.3	"	0.3	"	"	"	
19		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
20		"	"	0.3	0.0	"	"	1.6	0.4	2.4	"	3.5	
21		"	0.2	0.4	"	"	0.4	"	0.5	2.5	5.4	3.6	
22		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
23		"	"	"	"	"	"	"	"	"	5.5	"	
24		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	3.7	
25		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
26		"	"	"	"	0.5	"	"	"	2.7	5.7	4.0	
27		"	"	"	0.1	0.6	"	1.7	"	"	"	"	
28		"	0.0	0.1	0.0	"	0.5	"	"	"	5.8	4.1	
3. 1		"	"	"	0.1	"	"	"	"	"	"	"	
2		"	"	"	"	0.5	"	"	0.8	"	"	4.0	
3		"	"	"	"	"	"	"	0.5	"	"	"	
4		"	"	"	"	"	0.7	1.5	0.6	"	"	"	
5		"	"	"	"	"	"	1.6	"	2.8	5.7	"	
6		"	"	"	"	"	"	"	0.8	"	5.9	"	
7		"	"	"	"	"	0.5	"	"	"	"	"	
8		"	"	"	0.0	"	"	1.5	"	"	"	"	
9		+0.1	"	"	"	"	"	1.7	"	2.7	6.0	4.1	
10		0.0	"	0.0	0.2	0.7	0.7	"	"	"	5.7	4.0	
11		"	"	"	"	"	"	"	"	"	6.0	4.2	
12		"	"	"	"	0.5	0.6	"	"	"	"	"	
13		"	"	0.1	"	0.6	"	"	"	"	"	"	
14		+0.1	"	0.0	0.0	"	0.5	1.5	"	"	"	"	
15		"	"	+0.1	"	0.5	"	"	0.6	"	"	4.3	

年月日	No. 深度											摘要
	10 2.0 m	9 1.8	8 1.6	7 1.4	6 1.2	5 1.0	4 0.8	3 0.6	2 0.4	1 0.2	0 0.0	
87.3.16	0.0	0.0	+0.1	0.0	0.5	0.5	1.5	0.8	2.7	6.0	4.3	
17	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
18	"	"	"	"	"	0.4	"	0.6	"	"	4.5	
19	+0.2	"	0.1	"	"	"	"	"	"	"	4.7	
20	"	+0.2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
21	0.0	"	+0.1	"	"	"	"	0.7	"	6.2	"	
22	"	"	"	"	0.2	"	"	"	"	"	"	
23	"	"	"	"	0.5	"	1.4	"	2.8	"	"	
24	+0.2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
25	"	"	"	"	0.7	"	"	"	"	"	"	
26	"	"	"	"	"	"	0.4	"	2.9	6.3	"	
27	"	0.1	0.0	"	0.8	0.5	0.7	0.8	"	"	"	
28	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
29	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
30	"	0.0	+0.1	"	0.5	"	0.5	"	"	"	4.9	
31	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
4.1	"	+0.4	"	"	"	0.4	0.7	"	"	"	"	
2	+0.6	"	0.1	0.3	"	0.5	0.9	1.3	3.6	6.9	5.1	
3	"	"	"	"	"	0.6	"	1.1	"	6.8	5.0	
4	"	"	"	0.2	"	"	"	1.2	3.5	6.7	5.1	
5	"	"	"	0.3	"	"	"	1.1	3.7	6.8	"	
6	"	+0.5	"	0.2	0.4	0.5	1.4	1.2	3.5	6.7	5.0	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	+0.6	+0.5	0.1	0.2	0.4	0.5	0.9	1.2	3.6	6.8	5.0	
9	+0.7	"	"	"	"	0.4	"	1.1	"	6.7	4.9	
10	"	"	"	"	"	0.5	"	"	"	"	5.0	
11	"	"	0.0	"	0.5	"	"	"	"	"	5.1	
12	"	+0.6	0.1	"	0.4	"	"	"	"	"	5.2	
13	"	+0.5	"	"	"	"	"	"	"	"	5.0	
14	"	+0.4	"	"	0.5	0.7	1.0	1.2	"	6.8	"	
15	+0.3	+0.3	0.3	"	"	"	"	1.4	3.5	"	4.8	
16	+0.5	"	0.1	"	0.6	"	0.9	1.7	3.0	6.6	5.0	
17	+0.2	+0.2	0.3	0.3	0.7	0.9	1.0	1.5	3.7	6.0	4.1	
18	+0.6	+0.5	0.1	0.2	0.6	0.6	0.9	1.3	3.4	5.7	3.6	
19	+0.4	+0.4	0.2	0.3	0.7	0.7	"	1.1	3.5	5.3	3.3	
20	+0.1	+0.2	0.3	0.8	0.8	1.1	1.1	1.4	3.6	5.0	2.8	
21	+0.4	+0.1	0.6	1.0	1.1	"	1.6	1.9	3.7	5.2	3.2	
22	+0.2	+0.2	0.3	0.4	0.6	0.9	1.4	1.6	3.0	4.7	2.8	
23	+0.6	+0.4	"	0.5	0.7	"	1.3	"	2.8	4.5	2.7	
24	"	+0.3	"	"	"	"	"	"	2.7	4.3	2.5	
25	+0.5	"	0.5	0.7	0.8	1.0	1.5	1.7	2.8	4.4	2.4	
26	"	"	0.4	0.6	0.7	0.9	1.3	1.6	2.7	4.2	2.3	
27	"	"	"	0.5	"	"	1.4	1.7	2.1	4.1	2.1	
28	"	+0.2	0.5	0.7	0.9	1.0	1.5	"	2.5	4.0	"	
29	"	"	"	0.8	"	"	1.4	"	2.3	3.6	1.8	
30	"	"	"	"	0.8	"	"	"	2.1	3.2	1.6	
5.1												
2												
3												
4												

煉瓦用水路凍上観測一覽表

別表-3

(標高m)

月日 地点	86年 10月29日	11月1日	11月5日	11月8日	11月12日	11月15日	11月19日	11月22日	11月26日	11月29日	12月3日
①	1	78.011	071	069	076	072	060	071	068	068	069
	2	77.390	391	398	395	393	381	397	394	396	401
	3	78.095	096	098	098	098	077	099	095	096	098
②	4	78.061	061	057	061	065	051	064	059	060	062
	5	77.361	361	359	364	364	350	364	359	360	361
	6	78.090	091	089	090	093	080	092	089	086	092
③	7	78.055	056	055	058	058	046	060	055	056	058
	8	77.374	371	370	372	374	356	375	373	375	377
	9	78.085	085	084	086	086	074	086	084	085	086
④	10	78.044	045	044	046	047	034	049	046	047	048
	11	77.340	341	339	345	344	328	346	344	346	347
	12	78.075	076	075	077	077	065	079	074	074	076
⑤	13	78.044	044	044	044	047	032	047	042	041	041
	14	77.356	356	357	359	359	346	363	358	358	361
	15	78.070	071	069	069	072	056	072	068	068	069
⑥	19	78.043	043	042	044	045	032	046	036	042	042
	20	77.364	359	359	362	363	349	368	364	362	366
	21	78.062	063	062	061	063	050	065	060	058	059
⑦	28	78.057	054	053	055	056	042	056	054	042	052
	29	77.358	356	357	356	359	348	365	362	362	364
	30	78.060	060	061	062	063	049	064	058	054	059
⑧	34	78.055	056	056	059	058	044	059	056	056	056
	35	77.360	361	360	364	363	350	366	356	361	362
	36	78.067	066	066	071	067	055	067	066	064	064
⑨	37	78.062	058	057	060	059	055	060	057	056	056
	38	77.336	336	334	340	338	336	341	338	339	336
	39	78.060	058	059	061	062	051	062	058	057	056
⑩	40	78.054	056	055	061	059	055	059	056	056	055
	41	77.335	335	335	341	336	336	340	336	337	336
	42	78.052	054	054	058	056	051	058	054	054	052
⑪	43	78.055	051	059	064	062	057	061	061	057	057
	44	77.349	351	349	354	353	351	355	352	351	350
	45	78.053	052	051	057	056	054	055	053	051	052
⑫	49	78.050	050	049	055	054	050	052	050	050	049
	50	77.345	346	346	353	348	347	351	349	349	348
	51	78.046	047	048	053	052	047	052	049	049	047
⑬	58	78.053	052	049	058	057	052	059	052	053	051
	59	77.345	346	346	352	351	347	353	348	347	344
	60	78.051	051	049	056	055	055	056	051	050	049

月 日 地 点	86年									87年		
	12月6日	12月9日	12月13日	12月17日	12月20日	12月24日	12月27日	12月29日	12月31日	1月3日	1月7日	
①	1	78.067	071	069	070	071	072	070	069	073	072	075
	2	77.397	400	399	402	403	406	402	402	407	403	407
	3	78.097	097	094	099	096	097	095	098	098	097	100
②	4	78.062	062	044	062	064	062	060	059	066	063	065
	5	77.365	365	364	362	371	372	370	369	376	374	380
	6	78.092	091	089	088	094	092	090	094	097	095	099
③	7	78.057	057	059	057	061	062	058	057	060	058	060
	8	77.377	378	379	377	381	384	380	380	383	387	385
	9	78.087	090	089	087	090	094	089	090	093	093	095
④	10	78.047	047	049	042	051	052	045	048	053	051	050
	11	77.347	349	349	347	353	353	350	351	353	352	358
	12	78.077	077	079	077	076	077	078	076	082	081	081
⑤	13	78.042	040	041	037	044	042	039	041	045	042	041
	14	77.365	360	363	362	366	364	364	367	368	366	370
	15	78.127	066	067	067	066	067	065	066	070	068	072
⑥	19	78.087	040	039	038	043	042	040	039	044	042	041
	20	77.367	367	369	367	371	372	365	370	377	372	375
	21	78.062	060	059	060	061	062	060	061	066	064	065
⑦	28	78.057	052	054	052	056	052	055	049	058	055	054
	29	77.363	362	364	367	366	372	370	370	378	373	375
	30	78.057	057	059	062	061	062	062	062	068	063	067
⑧	34	78.056	056	058	052	056	057	059	055	063	057	060
	35	77.362	361	362	361	361	362	360	362	368	364	369
	36	78.067	062	064	063	065	065	065	064	073	067	075
⑨	37	78.057	057	057	057	056	057	055	054	065	058	059
	38	77.337	336	336	337	336	337	338	339	343	341	345
	39	78.055	057	057	057	058	057	060	055	068	064	063
⑩	40	78.054	052	063	057	056	056	055	056	066	057	058
	41	77.332	332	334	337	336	337	336	336	351	343	346
	42	78.052	047	052	052	052	052	057	054	065	061	065
⑪	43	78.057	056	059	057	061	057	060	057	070	064	061
	44	77.347	347	352	352	351	352	355	352	363	357	360
	45	78.047	052	051	052	054	052	055	054	063	062	065
⑫	49	78.047	047	049	050	051	047	050	049	062	052	075
	50	77.342	340	340	347	351	345	352	344	357	352	351
	51	78.044	042	044	042	046	047	050	044	057	047	055
⑬	58	78.047	049	050	052	044	052	057	049	063	053	059
	59	77.345	344	344	347	346	341	349	344	357	347	346
	60	78.047	047	049	047	051	047	055	049	064	057	060

地点	月日	87年										
		1月10日	1月14日	1月17日	1月21日	1月24日	1月28日	1月31日	2月4日	2月7日	2月11日	2月14日
①	1	78.076	067	072	074	077	082	074	076	074	076	070
	2	77.405	407	406	407	413	416	410	408	412	414	410
	3	78.105	102	102	107	107	109	099	102	104	103	099
②	4	78.065	062	066	064	072	069	063	064	064	064	058
	5	77.375	375	376	377	382	379	369	377	374	375	369
	6	78.100	092	096	097	102	101	094	090	094	093	089
③	7	78.062	037	061	061	067	066	059	060	059	060	054
	8	77.387	382	386	385	387	390	382	382	384	384	378
	9	78.095	086	092	095	095	093	086	088	089	086	081
④	10	78.063	047	051	053	057	056	051	049	049	052	047
	11	77.365	356	360	361	365	364	359	359	358	359	355
	12	78.083	077	084	085	087	084	082	080	079	079	076
⑤	13	78.042	039	041	043	049	046	044	045	046	045	045
	14	77.366	367	376	377	387	382	379	379	377	377	374
	15	78.073	072	074	077	082	079	074	076	074	077	072
⑥	19	78.043	037	041	040	042	043	041	044	042	044	040
	20	77.377	375	380	377	387	382	379	379	379	382	374
	21	78.065	067	071	069	072	071	069	070	069	070	072
⑦	28	78.056	053	056	057	062	056	054	056	054	067	052
	29	77.377	377	376	377	387	378	374	378	374	377	371
	30	78.069	067	069	067	074	068	062	067	064	062	063
⑧	34	78.060	057	056	057	062	054	054	057	054	055	053
	35	77.368	367	368	367	373	364	363	366	364	365	365
	36	78.075	072	074	074	082	072	080	072	069	070	068
⑨	37	78.060	061	059	057	063	044	058	058	052	051	054
	38	77.345	346	344	344	349	342	343	342	339	336	343
	39	78.068	067	066	067	076	062	063	068	064	063	063
⑩	40	78.060	066	056	056	062	054	058	059	054	052	056
	41	77.345	347	346	342	347	339	343	344	336	333	342
	42	78.065	067	064	064	067	061	063	064	059	060	062
⑪	43	78.065	065	066	065	067	059	064	066	056	057	063
	44	77.360	362	358	359	362	358	359	360	354	354	357
	45	78.060	067	066	063	066	056	059	063	054	057	063
⑫	49	78.055	063	056	057	062	053	060	062	054	047	056
	50	77.355	056	353	356	357	349	359	358	350	347	358
	51	78.055	062	056	055	062	049	054	057	049	052	057
⑬	58	78.055	060	051	056	057	053	061	062	054	047	061
	59	77.354	359	346	351	352	344	351	356	348	349	356
	60	78.057	064	061	057	062	052	059	060	051	052	059

地点	月日	87年										
		2月18日	2月21日	2月25日	2月28日	3月4日	3月11日	3月25日	4月1日	4月8日	4月15日	4月22日
①	1	78.072	072	069	064	072	073	073	076	073	068	065
	2	77.407	407	409	408	407	404	400	404	407	407	400
	3	78.101	097	094	099	102	100	108	054	106	105	105
②	4	78.060	058	054	054	058	057	064	090	063	059	060
	5	77.372	367	369	359	372	372	372	372	378	375	370
	6	78.092	089	088	090	090	100	098	073	095	095	095
③	7	78.054	056	054	054	052	054	062	050	056	052	055
	8	77.378	379	374	379	377	380	368	—	386	382	372
	9	78.087	082	082	083	083	085	085	040	090	087	085
④	10	78.047	047	044	044	045	044	048	071	045	042	039
	11	77.356	355	354	354	353	355	358	346	353	349	342
	12	78.077	076	074	075	077	076	078	034	083	075	075
⑤	13	78.044	038	040	040	040	039	043	066	039	037	038
	14	77.374	373	369	373	372	370	373	365	368	365	362
	15	78.073	071	071	073	072	073	075	030	073	072	073
⑥	19	78.042	038	039	039	037	035	038	062	037	033	032
	20	77.378	376	374	374	373	375	378	374	373	369	370
	21	78.067	067	064	064	066	065	068	039	066	065	063
⑦	28	78.052	049	049	048	047	047	051	056	045	047	040
	29	77.370	370	373	372	371	371	375	371	368	366	360
	30	78.062	060	061	059	062	060	063	053	061	060	060
⑧	34	78.054	051	051	049	050	048	051	064	048	047	045
	35	77.362	360	358	359	360	358	358	358	358	355	353
	36	78.070	068	066	072	067	066	069	071	064	063	060
⑨	37	78.052	052	049	049	048	049	049	059	048	047	047
	38	77.335	337	339	338	335	336	332	335	334	334	332
	39	78.065	063	062	062	062	060	059	049	061	057	060
⑩	40	78.052	050	049	049	047	048	048	055	048	047	045
	41	77.334	336	332	331	334	334	341	335	343	—	—
	42	78.061	057	054	055	056	055	056	052	—	—	—
⑪	43	78.057	057	054	054	052	055	052	045	054	052	050
	44	77.356	353	349	351	352	352	352	332	350	—	—
	45	78.057	054	054	055	057	055	056	061	—	—	—
⑫	49	78.054	052	049	049	048	050	053	054	051	047	042
	50	77.352	349	350	349	347	350	348	—	348	—	—
	51	78.050	047	049	049	047	055	049	056	—	—	—
⑬	58	78.052	052	049	049	051	051	050	054	049	049	047
	59	77.350	347	349	344	347	348	347	327	344	—	—
	60	78.050	047	054	049	047	049	047	054	—	—	—

地点	月日	89年									
		4月29日	5月6日	5月13日							
①	1	78.065	060	052							
	2	77.400	387	382							
	3	78.100	092	091							
②	4	78.059	051	046							
	5	77.365	360	339							
	6	78.090	080	069							
③	7	78.050	042	037							
	8	77.370	227	355							
	9	78.080	072	064							
④	10	78.036	029	026							
	11	77.340	352	323							
	12	78.070	064	057							
⑤	13	78.036	029	036							
	14	77.392	352	343							
	15	78.091	064	055							
⑥	19	78.034	027	022							
	20	77.360	354	344							
	21	78.061	054	045							
⑦	28	78.040	034	031							
	29	77.360	350	342							
	30	78.056	049	042							
⑧	34	78.045	038	037							
	35	77.365	352	342							
	36	78.060	059	052							
⑨	37	78.046	042	022							
	38	77.231	332	327							
	39	78.056	053	049							
⑩	40	78.046	044	042							
	41	—	—	—							
	42	—	—	—							
⑪	43	78.051	050	047							
	44	—	—	—							
	45	—	—	—							
⑫	49	78.050	047	042							
	50	—	—	—							
	51	—	—	—							
⑬	58	78.050	047	042							
	59	—	—	—							
	60	—	—	—							

別表-4

埋管凍上墨観測

(標高m)

年月日 地点	86年 10月29日		11月1日	11月6日	11月8日	11月12日	11月15日	11月19日	11月22日	11月26日	11月29日	12月3日	12月6日
	I	1	77.582	77.582	77.581	77.582	77.581	77.581	77.578	77.578	77.580	77.588	77.580
	2	557	558	537	557	558	556	556	558	558	558	557	557
	3	435	434	434	436	433	434	433	434	435	436	435	437
	4	525	524	523	524	523	524	522	522	522	523	523	523
	5	507	504	504	506	503	504	505	505	502	501	502	503
II	1	310	310	307	309	309	308	310	309	307	309	309	309
	2	365	374	373	375	373	368	374	374	373	375	374	373
	3	455	456	453	457	453	455	455	455	455	455	455	455
	4	455	302	300	300	301	302	301	301	301	307	301	301
	5	302	435	432	434	433	435	435	433	534	432	432	432
III	1	78.430	78.472	78.425	78.427	78.426	78.424	78.466	78.426	78.424	78.426	78.424	78.425
	2	77.651	77.652	77.651	77.652	77.652	77.652	77.651	77.651	77.651	77.653	77.651	77.652
	3	685	684	683	684	684	684	685	681	682	684	688	684
	4	667	669	666	668	668	664	666	666	667	668	666	666
	5	78.493	78.477	78.493	78.496	78.498	78.496	78.496	78.493	78.501	78.507	78.508	78.511
IV	1	77.470	77.470	77.225	77.473	77.470	77.035	77.461	77.463	77.465	77.466	77.468	77.467
	2	377	374	374	374	374	375	381	375	376	375	374	374
	3	335	336	335	337	337	335	336	336	335	334	333	334
	4	276	281	277	277	275	279	275	276	280	279	277	276
	5	562	569	561	557	555	563	566	561	560	561	562	562

年月日 地点	86年					87年					1月17日	
	12月10日	12月13日	12月17日	12月20日	12月24日	12月27日	12月31日	1月3日	1月7日	1月10日		1月14日
I ∅ 150 H 100	1	77.581	77.582	77.581	77.585	77.586	77.589	77.584	77.584	77.583	77.586	579
	2	559	560	566	558	556	559	560	560	558	561	551
	3	436	441	440	438	440	439	445	442	443	444	441
	4	523	526	521	542	521	528	531	529	527	531	522
	5	503	505	502	500	502	503	510	506	504	507	509
II ∅ 150 H 150	1	310	314	310	309	311	308	312	306	308	310	302
	2	373	376	371	372	372	373	376	374	374	375	369
	3	456	456	454	456	455	453	457	454	455	456	452
	4	302	302	302	301	301	302	305	304	302	303	296
	5	430	429	426	426	426	432	523	430	432	436	427
III ∅ 40 H 100	1	78.426	78.424	78.429	78.425	78.421	78.423	78.431	78.431	78.432	78.435	78.434
	2	77.651	77.652	77.654	77.651	77.647	77.649	77.651	77.650	77.652	77.656	77.655
	3	688	683	684	681	681	683	683	682	681	687	683
	4	668	666	668	667	661	663	666	663	665	668	667
	5	78.511	78.511	77.518	517	511	78.515	78.520	78.517	78.519	78.517	78.519
IV ∅ 40 H 60	1	77.464	77.463	77.470	77.464	77.466	77.643	77.469	77.464	77.456	77.463	77.463
	2	383	382	387	373	374	373	378	374	374	378	376
	3	335	334	335	331	333	331	336	332	334	336	334
	4	277	278	280	277	276	278	280	274	280	281	281
	5	560	561	565	560	561	568	571	570	568	572	567

年月日 地点	1月21日	1月24日	1月28日	1月31日	2月4日	2月7日	2月11日	2月14日	2月18日	2月21日	2月25日	2月28日
	I ∅ 150 H 100	77.581 559 443 531 508	77.583 560 443 531 506	77.581 559 443 531 506	77.581 558 442 529 504	77.579 559 443 532 507	77.581 559 445 532 506	77.581 561 446 528 506	77.584 564 448 536 509	77.583 563 447 535 508	77.583 565 448 538 508	77.588 569 453 542 510
II ∅ 150 H 150	307 375 453 301 438	306 374 452 303 436	306 374 451 301 438	304 375 449 302 438	308 374 452 303 438	308 377 454 304 439	310 379 456 304 441	312 381 459 306 442	313 380 458 306 438	315 381 459 307 442	319 382 465 311 445	311 377 461 305 441
III ∅ 40 H 100	78.438 77.659 684 669 78.521	78.437 77.656 682 666 78.521	78.439 77.661 683 668 78.523	78.437 77.661 682 668 78.517	78.440 77.660 682 668 78.522	78.441 77.664 682 669 78.523	78.441 77.662 683 671 78.523	78.444 77.669 686 672 78.524	78.444 77.668 685 670 78.524	78.446 77.669 685 672 78.527	78.449 77.670 690 675 78.530	78.445 77.672 685 671 78.525
IV ∅ 40 H 60	77.465 378 426 280 575	77.463 376 336 281 566	77.464 376 336 280 571	77.462 375 334 278 573	77.462 377 335 280 577	77.461 376 335 281 577	77.463 376 335 279 577	77.463 377 336 281 581	77.461 376 333 281 580	77.460 377 336 281 583	77.464 376 336 283 585	77.461 375 334 278 581

地 点	年月日		3月4日	3月7日	3月11日	3月14日	3月18日	3月21日	3月25日	3月28日	4月1日	4月4日	4月8日	4月12日	
		1	2	77.584	77.584	77.584	77.585	77.586	77.586	77.587	77.590	77.591	77.595	77.593	77.595
I	∅ 150		567	569	569	570	572	573	573	576	578	582	580	582	
		3	452	453	453	454	457	458	457	460	462	467	463	466	
	H 100		539	538	541	541	543	545	545	538	550	553	553	555	
		5	508	511	511	509	511	513	514	515	518	552	552	521	521
II	1		318	317	319	319	321	321	321	324	324	330	326	328	
	∅ 150		383	379	383	383	384	384	383	384	386	390	387	388	
		3	464	465	466	465	469	469	470	473	473	475	474	475	
	H 150		306	308	309	309	310	310	308	312	313	316	313	313	
		5	442	441	444	444	445	444	446	446	448	452	449	451	
III	1		78.449	78.449	78.450	78.450	78.451	78.453	78.454	78.456	78.457	78.462	78.459	461	
	∅ 40		77.673	77.672	77.676	77.676	77.680	77.679	77.681	77.683	77.684	77.688	77.684	688	
		3	687	686	687	687	689	688	689	690	692	696	693	693	
	H 100		674	673	676	676	675	678	678	680	683	686	683	685	
		5	78.532	78.530	78.531	531	534	535	78.535	78.537	539	78.546	78.541	545	
IV	1		77.461	460	77.459	459	461	461	457	459	460	77.464	459	461	
	∅ 40		375	377	377	338	380	380	379	381	383	386	383	384	
		3	335	335	335	334	335	336	334	336	337	382	337	337	
	H 60		281	280	280	279	280	279	278	380	281	282	278	279	
		5	585	584	582	584	588	585	584	584	585	591	587	586	

年月日 地点	4月15日	4月18日	4月22日	4月25日	4月29日	5月6日	5月9日			
	I ∅ 150 H 100	1 77.597	77.595	77.600	77.596	77.596	77.596	77.595	77.590	
2 583		583	584	582	583	582	582	579		
3 467		466	467	466	467	465	465	462		
4 556		554	556	555	557	556	556	553		
5 523		522	522	521	522	523	523	520		
II ∅ 150 H 150	1 329	329	325	328	330	330	330	328		
	2 390	390	389	389	390	389	389	387		
	3 477	476	478	477	478	478	478	476		
	4 315	314	314	313	313	313	313	310		
	5 452	449	452	453	453	452	452	449		
III ∅ 40 H 100	1 78.462	462	462	462	464	463	463	461		
	2 683	687	688	688	690	689	686	686		
	3 697	695	687	695	697	698	694	694		
	4 687	686	688	686	687	687	687	685		
	5 78.545	78.545	78.545	78.544	78.546	78.547	78.542	78.542		
IV ∅ 40 H 60	1 77.462	77.460	77.460	77.459	77.462	77.462	77.462	77.459		
	2 384	384	385	383	383	383	383	380		
	3 336	337	337	336	335	336	333	333		
	4 278	275	277	277	277	278	276	276		
	5 588	586	586	586	584	580	580	567		

別表-5

道路の貫入抵抗値

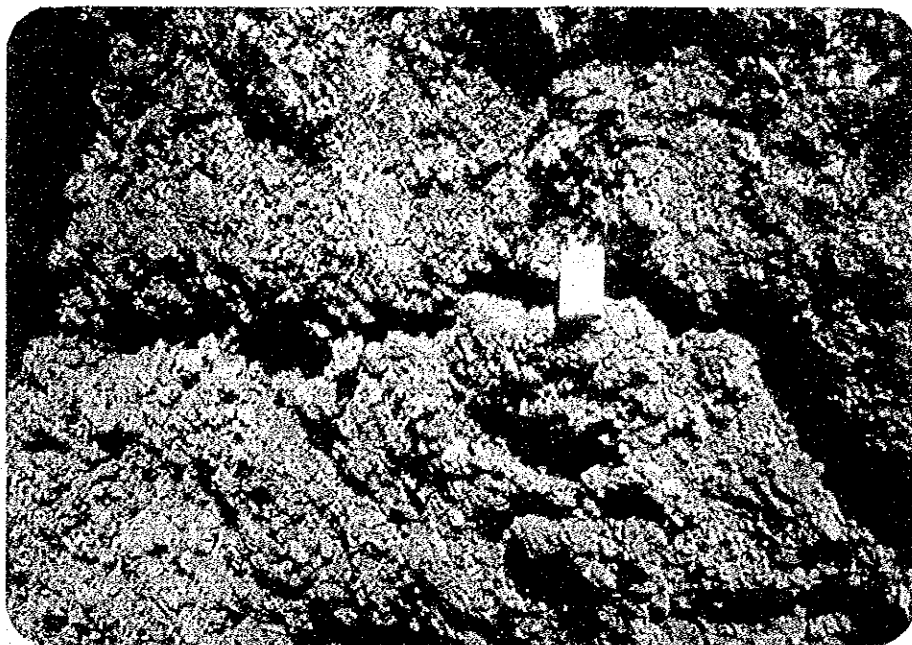
深度 m	No.1 4月15日		No.1 4月15日		No.1 4月15日		No.2 4月15日		No.2 4月15日	
	力計 読み	qc kg/cm ²	力計 読み	qc kg/cm ²	力計 読み	qc kg/cm ²	力計 読み	qc kg/cm ²	力計 読み	qc kg/cm ²
0.1			> 200		> 200		> 200		> 200	
0.2	110									
0.3	> 200									
深度 m	No.2 4月15日		No.3 4月15日		No.3 4月15日		No.3 4月15日			
0.1	> 200		> 200		190		> 200			
0.2					> 200					
0.3										
深度 m	No.1 4月22日		No.1 4月22日		No.1 4月22日		No.2 4月22日		No.2 4月22日	
0.1	> 200		170		60		> 200		70	
0.2			140		70				160	
0.3			90		78				> 200	
0.4			140		88					
			> 200		> 200					
深度 m	No.2 4月22日		No.3 4月22日		No.3 4月22日		No.3 4月22日			
0.1	200		50		90		> 200			
0.2	200		70		170					
0.3	140		110		60					
0.4	120		110		60					
	> 200		> 200		> 200					
深度 m	No.1 4月29日		No.1 4月29日		No.1 4月29日		No.2 4月29日		No.2 4月29日	
0.1	> 200		-		-		> 200		> 200	
0.2			120		73					
0.3			105		65					
0.4			100		73					
0.5			160		52					
0.6			> 200		> 200					
深度 m	No.2 4月29日		No.3 4月29日		No.3 4月29日		No.3 4月29日			
0.1	-		73		150		200			
0.2	130		53		100		190			
0.3	165		90		60		85			
0.4	85		95		55		115			
0.5	70		190		120		100			
0.6	> 200		> 200		> 200		> 200			

	No.1 5月6日		No.1 5月6日		No.1 5月6日		No.2 5月6日		No.2 5月6日	
深度 m	力計 読み	qc kg/cm ²	力計 読み	qc kg/cm ²	力計 読み	qc kg/cm ²	力計 読み	qc kg/cm ²	力計 読み	qc kg/cm ²
0.1	> 200		180		80		> 200		> 200	
0.2			150		75					
0.3			130		65					
0.4			160		70					
0.5			150		90					
0.6			160		90					
0.7			> 200		> 200					
深度 m	No.2 5月6日		No.3 5月6日		No.3 5月6日		No.3 5月6日			
0.1	> 200		> 200		> 200		> 200			
深度 m	No.1 5月22日		No.1 5月22日		No.1 5月22日		No.1 5月22日		No.3 5月22日	
0.1										
0.2										
0.3	120	16.2	120	16.2	90	12.2	100	13.5	40	5.4
0.4	70	9.5	70	9.5	65	8.8	70	9.5	50	6.8
0.5	60	8.1	85	11.4	100	13.5	55	7.4	85	11.5
0.6	45	6.1	110	14.9	90	12.2	60	8.1	60	8.1
0.7	55	7.4	100	13.5	100	13.5	60	8.1	40	5.4
0.8	50	6.8	95	10.1	75	10.1	65	8.8	40	5.4
0.9	70	10.8	110	14.9	75	10.1	70	9.5	55	7.4
0.95	凍結深									
深度 m	No.3 5月22日		No.3 5月22日		No.2 5月28日		No.2 5月28日		No.4 5月28日	
0.1										
0.2										
0.3	35	4.7	45	6.1	70	9.5	70	9.5	130	
0.4	65	8.8	40	5.4	70	9.5	60	8.1	> 200	
0.5	80	10.8	75	10.1	75	10.1	88	11.9		
0.6	56	7.6	65	8.8	75	10.1	65	8.8		
0.7	40	5.4	50	6.8	65	8.8	75	10.1		
0.8	35	4.7	35	4.7	54	7.3	70	9.5		
0.9	55	7.4	35	4.7	80	10.8	85	11.5		
0.95	凍結深				98	13.2	125	16.9		
					> 200		> 200			
深度 m	No.4 5月28日									
0.1										
0.2										
0.3	> 200									

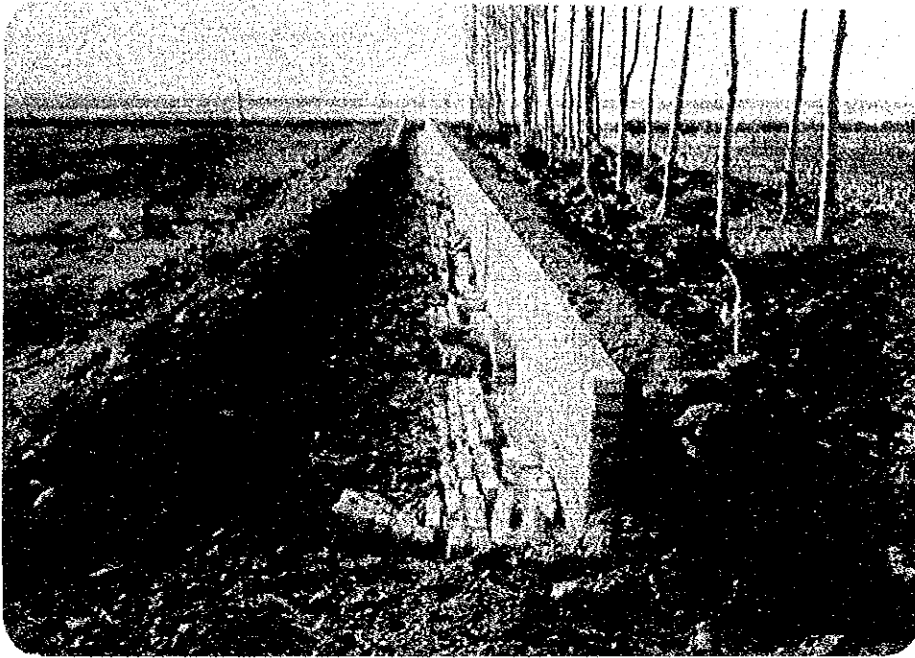
	No. 5 5月29日		No. 5 5月29日		No. 6 5月29日		No. 6 5月29日		No. 7 5月29日	
深度 m	力計 読み	qc kg/cm ²	力計 読み	qc kg/cm ²	力計 読み	qc kg/cm ²	力計 読み	qc kg/cm ²	力計 読み	qc kg/cm ²
0.1										
0.2										
0.3	60	8.1	120	16.2	90	12.2	80	10.8	90	12.2
0.4	45	6.1	55	7.4	110	14.9	90	12.2	60	8.1
0.5	105	14.2	80	10.8	100	13.5	40	5.4	30	4.1
0.6	110	14.9	110	14.9	60	8.1	112	15.1	75	10.1
0.7	98	13.2	105	14.2	45	6.1	110	14.9	110	14.9
0.8	100	13.5	105	14.2	37	5.0	100	13.5	105	14.2
0.9	70	9.5	113	15.3	55	7.4	85	11.5	85	11.5
1.0	65	8.8	110	14.9	>200		85	11.5	70	9.5
1.1	60	8.1	>200				90	12.2	80	10.8
1.2	>200						110 >200	14.9	>200	
深度 m	No. 7 5月29日									
0.1										
0.2										
0.3	65	8.8								
0.4	60	8.1								
0.5	80	10.8								
0.6	105	14.2								
0.7	115	15.5								
0.8	115	15.5								
0.9	110	14.9								
1.0	75	10.1								
1.1	190	25.7								
1.2	>200									



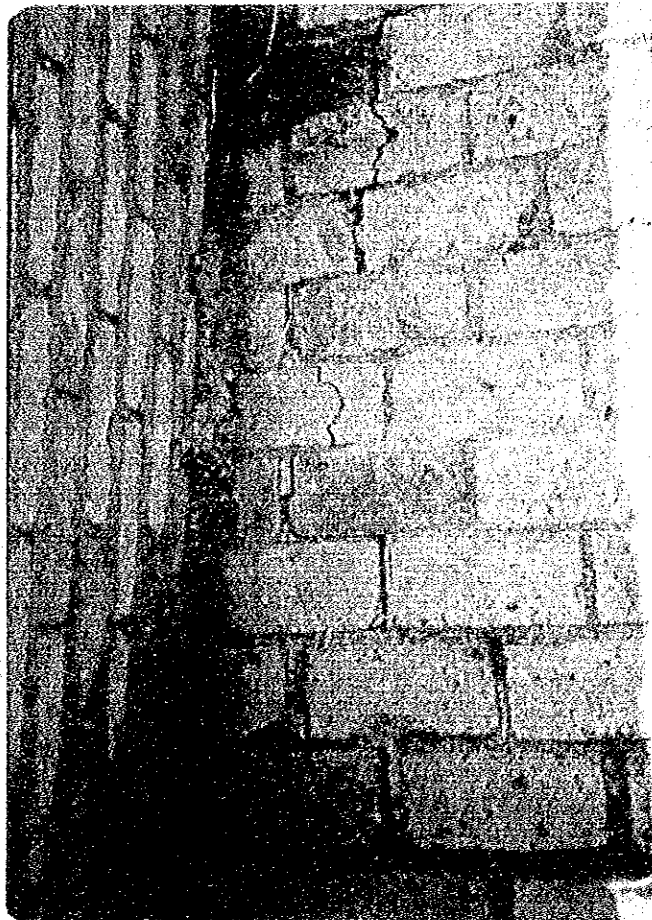
温水池法尻に縦断に
亀裂が認められる。



乾燥収縮とみられる亀
裂幅は3 cmにも達する。



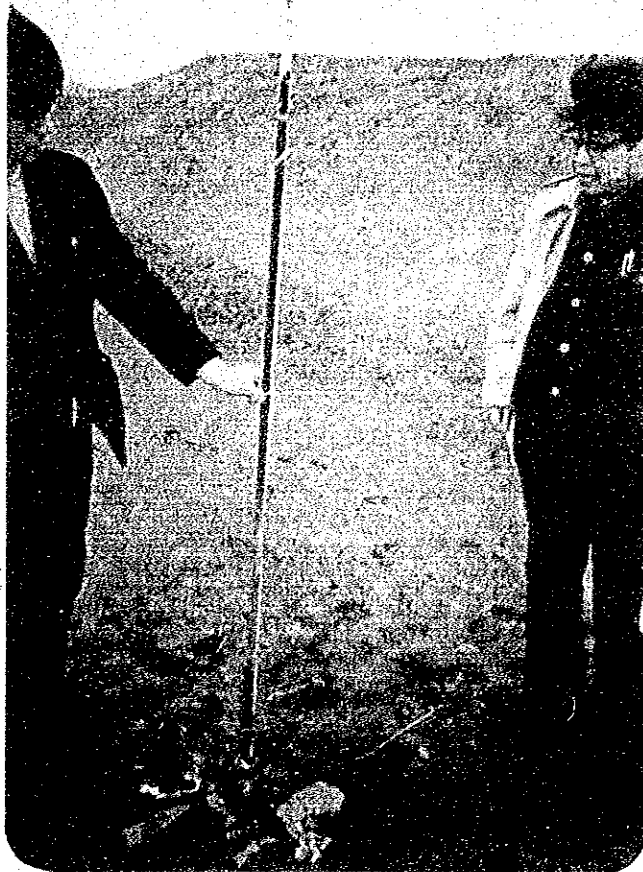
煉瓦水路の倒壊



煉瓦水路の底部には煉瓦の折損が見受けられる。(敷砂20cm部)



試験場内の観測所（気象、地下水、凍結
深、分層凍土、埋管を観測している）



凍結深測定（日式）



既設排水路の法面は、
植生のある箇所では1:
2.5くらいで安定して
いる。



施行された排水路は、
法面浸食を受生底部は
堆砂している。(暗渠
の出口がみえる)



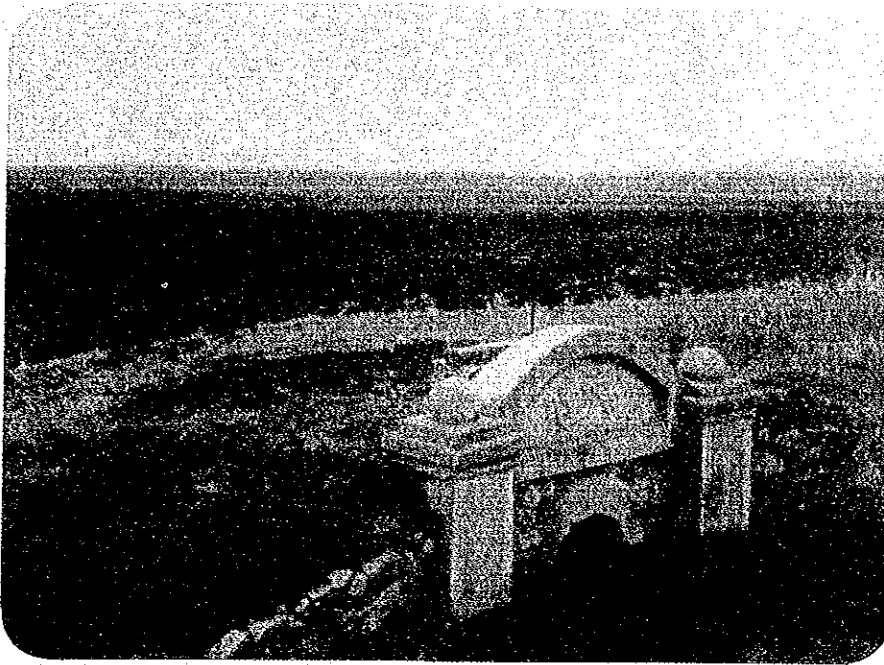
道路調査

盛土は極めて固い

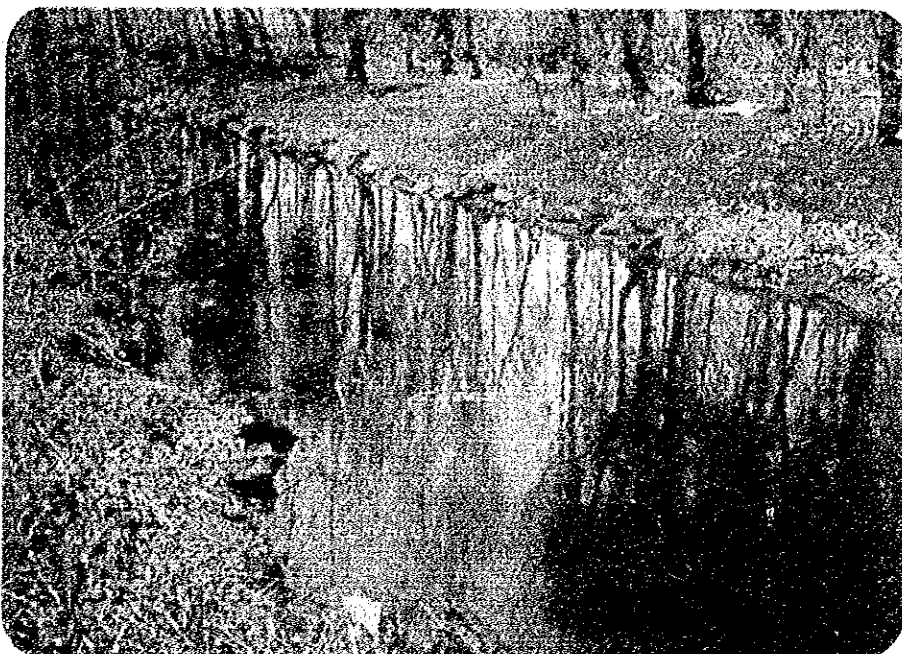
$qc > 27\text{kg/cm}^2$



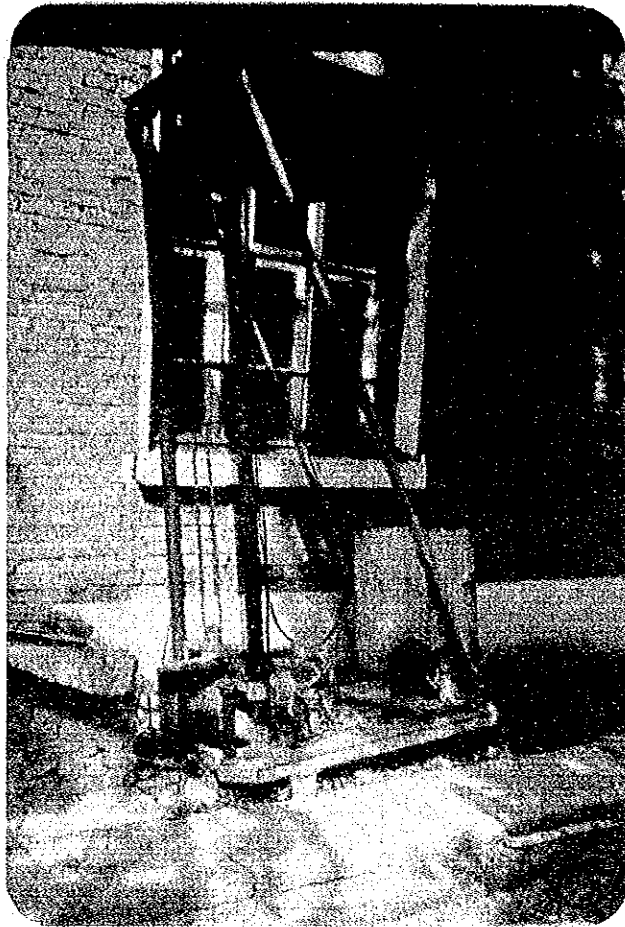
貫入試験



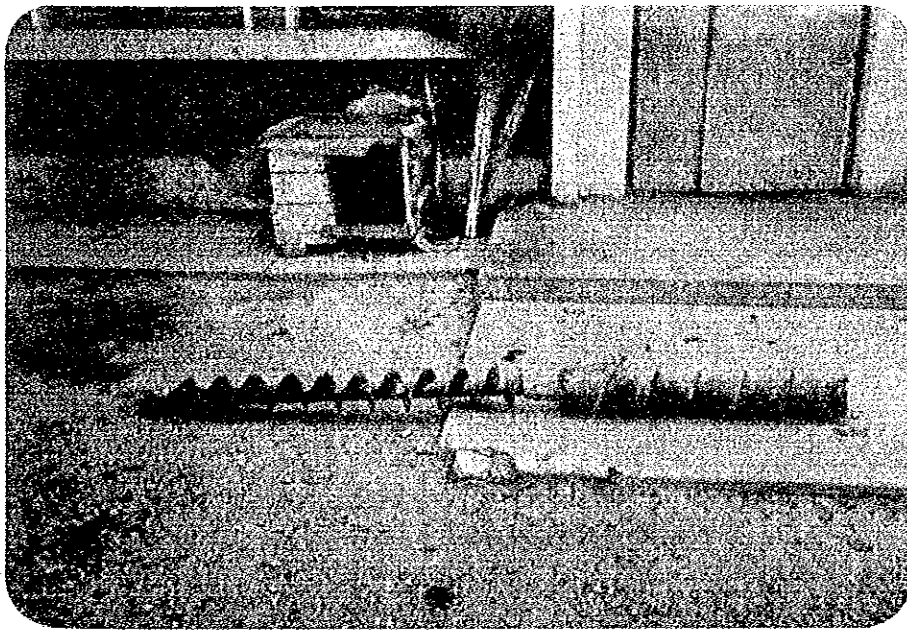
853農場で施工された
煉瓦水路（但し一部
分）は地中構造物であ
る。



同上用水路の開水路法
面は石積である。



凍土採取器の本体（試作品）
コア採取部は左下端部に取りつ
けワイヤでつり上げる。この時
電動モーターも同じく固定して
ある。モーターで回転をコア
採取部に伝え掘削していく。現
在は老化のため使用していな
い。



同上
コア採取部は掘削土を地上に運ぶ

