

本資料は2002年7月 / 日付で登録区分、  
変更する。

[技術情報室]

# 緩衝材の熱-水-応力連成試験 第4報 加熱・全面注水試験結果について

1994年2月

動力炉・核燃料開発事業団  
東海事業所

この資料は、動燃事業団の開発業務を進めるため、特に限られた関係者だけに開示するもの

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

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

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

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



限 定 資 料

PNC ~~Z~~N8410 93-294

1 9 9 4 年 2 月

## 緩衝材の熱-水-応力連成試験、第4報

### -加熱・全面注水試験結果について-

報告者 茂呂 吉司\*、松本 一浩\*\*、藤田 朝雄\*、土井 基尾\*

#### 要 旨

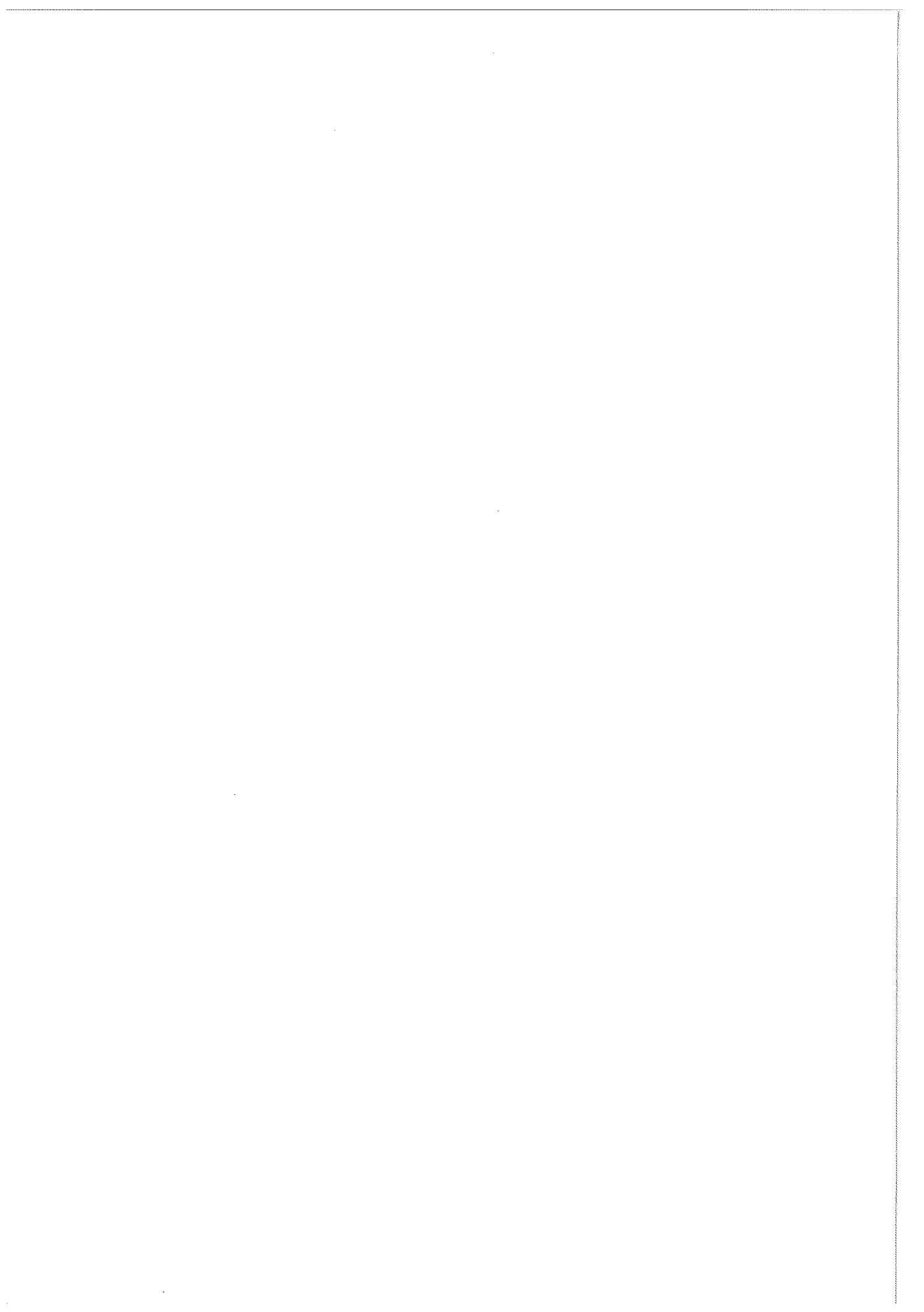
緩衝材大型試験設備では、原位置締め固め方式により設置した緩衝材を用いて、平成4年4月より加熱・全面注水試験を行なっている。本報告書は試験開始後12か月の間に得られた緩衝材中での熱、水の移動とそれに伴う膨潤圧の発生状況と6か月目に実施した水分測定のための緩衝材サンプリングの結果について報告する。

サンプリング結果と試験結果から以下のようなことが分かった。

1. 緩衝材中の水分分布をみると、ヒーター近傍では熱の影響により初期含水比より含水比が低下しており、また人工岩盤近傍では注水側であるため初期含水比より含水比は上昇している。
2. 緩衝材中の膨潤圧は水平方向と鉛直方向との異方性はあるものの、試験室で測定した膨潤圧とほぼ同じ値（約 $5\text{kg/cm}^2$ ）が観察された。
3. 熱の分布は約半年でほぼ定常状態になり、緩衝材中の温度勾配は30cmの距離で約10°Cであった。

\* 東海事業所 環境技術開発部 地層処分開発室

\*\* 檢査開発株式会社 東海事業所



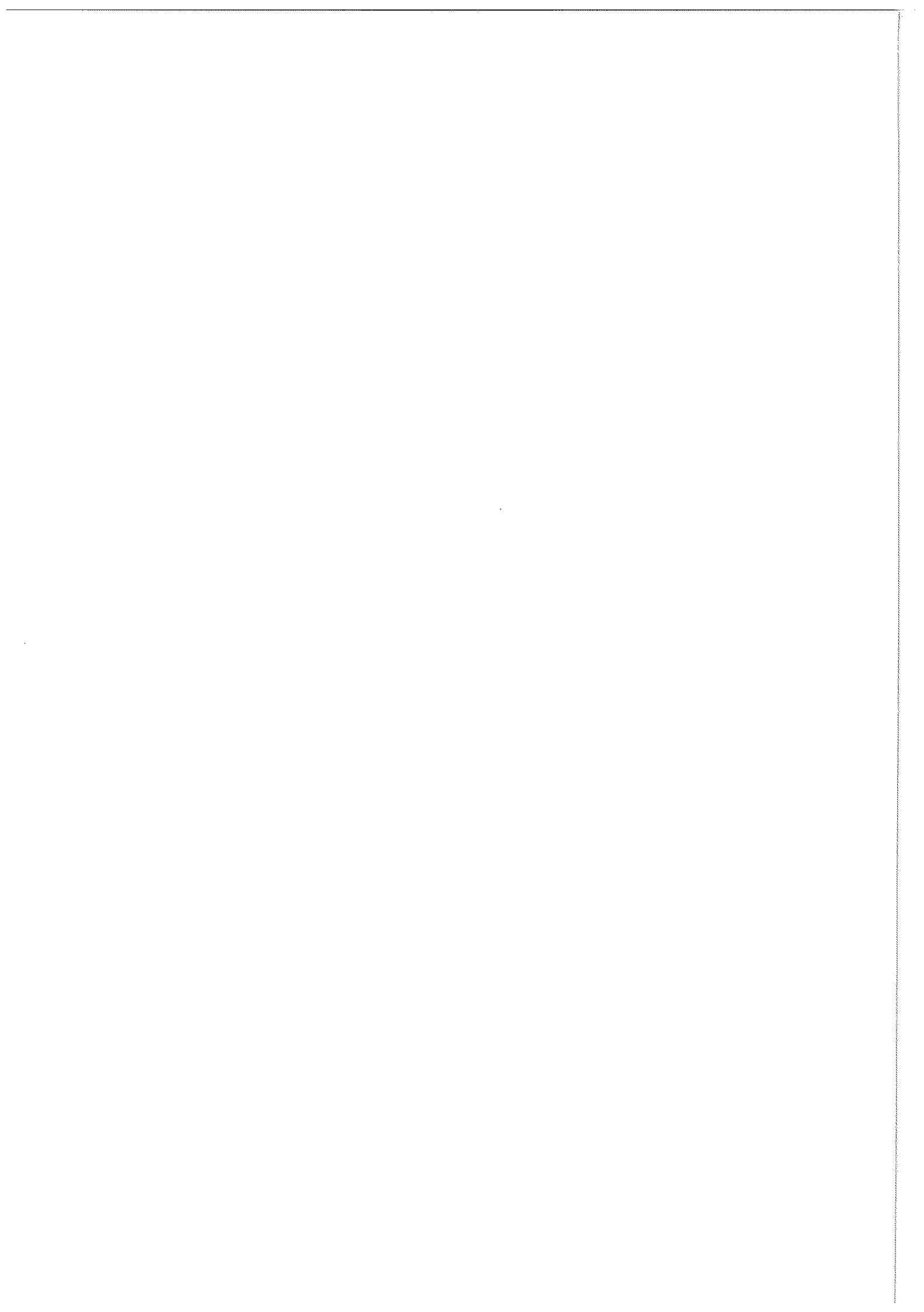
## 目 次

1. 試験の概要 .....	1
2. 試験設備 .....	2
2.1 緩衝材の充填 .....	3
2.2 計測用センサー .....	5
3. 試験条件 .....	6
3.1 加熱条件 .....	6
3.2 注水条件 .....	7
4. 計測結果 .....	10
4.1 温度分布 .....	10
4.2 水分分布 .....	13
4.3 膨潤圧、土圧、間隙水圧 .....	20
5. 緩衝材のサンプリング .....	22
5.1 サンプリング方法 .....	22
5.2 サンプリング位置 .....	24
5.3 含水比測定 .....	25
6. 考察 .....	30
6.1 温度分布 .....	30
6.2 水分分布 .....	31
6.3 膨潤圧、土圧、間隙水圧 .....	31
7. 今後の予定 .....	32
8. 参考文献 .....	33
Appendix-I .....	34
Appendix-II .....	36

## 図・表目次

図-1	緩衝材設置状況	2
図-2	締固め作業手順	3
図-3	緩衝材の締固め密度	4
図-4	緩衝材の締固め後の層厚	4
図-5	ヒーターの温度変化	6
図-6	注水装置系統図	8
図-7	累計注水量	9
図-8	注水流量の変化	9
図-9	温度経時変化	11
図-10	温度分布の経時変化（開始から5か月後まで）	12
図-11	温度分布の経時変化（6か月後から12か月後まで）	12
図-12	含水比経時変化（サイクロメータ測定値により換算G.L.=-1.5m）	14
図-13	含水比経時変化（サイクロメータ測定値により換算G.L.=-2.0m）	14
図-14	含水比経時変化（サイクロメータ測定値により換算G.L.=-2.5m）	15
図-15	含水比経時変化（サイクロメータ測定値により換算G.L.=-3.5m）	15
図-16	含水比経時変化（サイクロメータ測定値により換算G.L.=-4.0m）	16
図-17	含水比経時変化（サイクロメータ測定値により換算G.L.=-4.3m）	16
図-18	緩衝材中の含水比分布（G.L.=-1.5m）	17
図-19	緩衝材中の含水比分布（G.L.=-3.5m）	18
図-20	緩衝材中の含水比分布（G.L.=-4.3m）	19
図-21	膨潤圧力の経時変化（A断面）	20
図-22	膨潤圧力の経時変化（G.L.=-3.0m）	21
図-23	土圧、間隙水圧経時変化	21

図-24 標準貫入試験用サンプラー	23
図-25 ボーリング作業概要図	23
図-26 サンプリング孔位置平面図	24
図-27 含水比センター図 ((1)断面)	28
図-28 含水比センター図 ((2)断面)	29
表-1 計測センサーの一覧	5
表-2 含水比の測定結果一覧表、その1	26
表-3 含水比の測定結果一覧表、その2	27
表-4 温度分布の比較	30



## 1. 試験の概要

人工バリアの構成要素の一つである緩衝材中の熱－水－応力連成現象を観察し、処分後に生じるであろう連成現象を解析するモデルを開発すること及び緩衝材の施工性を確認するため、緩衝材大型試験が平成2年3月より行われている。本試験のうち、加熱試験と部分注水試験を既に実施した<sup>1),2),3)</sup>。加熱試験は、圧縮成型した緩衝材ブロックの設置後にヒーターによる加熱のみを行ったもので、ブロック方式による緩衝材の施工性、廃棄体の発熱による人工バリアの伝熱状況、温度勾配を持つ緩衝材中での高温側から低温側への水分移動に関するデータを得た。加熱試験に引き続き実施した部分注水試験では、加熱試験で温度勾配の生じた緩衝材中に人工岩盤に設けた亀裂より注水し、ブロック方式による緩衝材の接合面の止水性、注水による浸潤状況の変化、膨潤圧の発生状況等についてのデータを得た。

現在実施中の加熱・全面注水試験は、上記の試験の結果を踏まえ、原位置締固め方式による緩衝材の施工の可能性を確認するとともに、温度勾配が発生する過程での緩衝材の浸潤状況、膨潤圧の発生状況等を明らかにするためのものである。

試験は、平成4年3～4月に原位置締固め方式による緩衝材の充填、センサーの設置及び装置の改造等を行い、平成4年4月27日より加熱・注水を開始し、温度勾配が発生しつつある緩衝材中の水分移動と膨潤圧の発生等に関して計測を実施中である。

本報告書は、原位置締固め方式による緩衝材の充填状況、試験開始後12か月迄の試験データおよび6か月後に実施したサンプリング結果とをあわせて報告するものである。

## 2. 試験設備

緩衝材大型試験設備は、図-1に示すように、緩衝材と人工岩盤の間に透水マットを介在させた注水層（ $t=3\text{ cm}$ 、珪砂充填）を設けるとともに、オーバーパック吊り込み時に必要なオーバーパックと緩衝材との隙間にも珪砂を充填した。

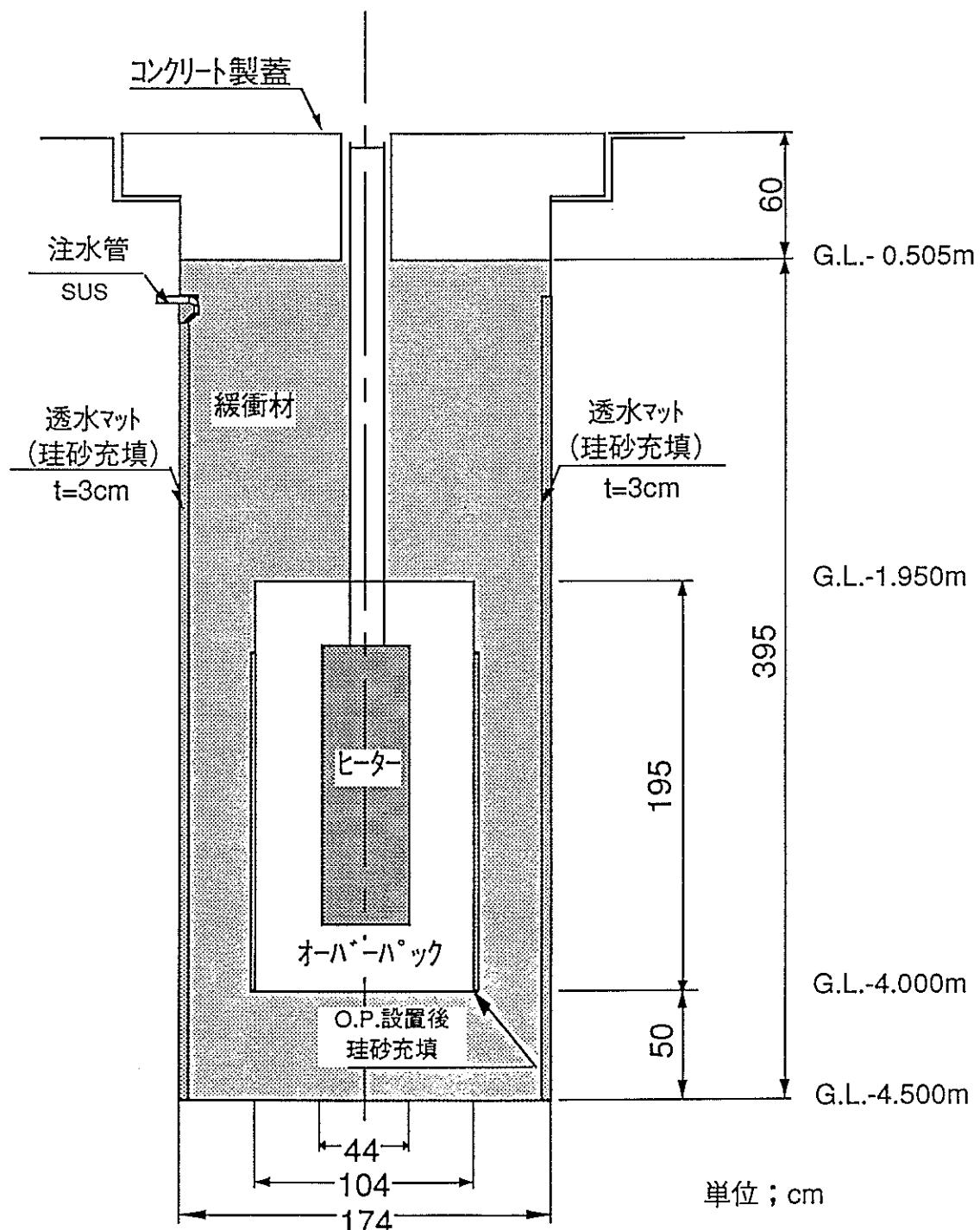


図-1 緩衝材設置状況

## 2.1 緩衝材の充填

緩衝材の材料には、ベントナイト（クニゲルV1）と珪砂（3号、5号）の重量比を7：3、含水比を16.5±1.0[%]に調合したものを用い、一層毎の締固め厚さと締固め時間を管理して緩衝材の乾燥密度が1.6[g/cm<sup>3</sup>]となるよう原位置締固め方式により設置した。

緩衝材の締固めには、図-2に示すように1～31層までは振動タンパーのみを使用し、32～64層は振動タンパーと電動タンピングランマーを併用して行なった。Appendix-Iにそれらの写真を示す。また、各層ごとに出来高測定を行い、各層の体積と充填した緩衝材の重量から密度を求めた。図-3に層ごとの緩衝材の締固め密度、図-4に層ごとの締固め層厚を示す。

### ・振動タンパー (BOSH-1P55)

モーター：三相交流 200[V]、出力 150[W]、回転数 3,000[r.p.m.]

重量 9.8 [kg]、起振力 140[kg]、転圧板 φ 15 [cm]、15×20 [cm]

### ・電動タンピングランマー (MIKASA MT-M50V)

モーター：単相交流 100[V]、出力 1,050[W]、回転数 3,000[r.p.m.]

重量 48 [kg]、打撃数 650～750[回／分]、打撃力 750～850[kg]、衝撃板 22×34[cm]

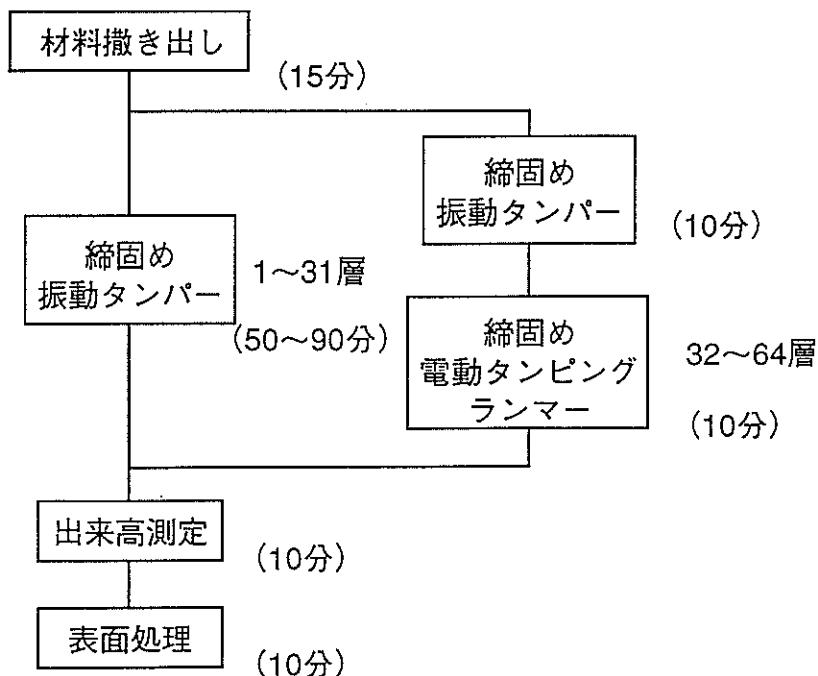


図-2 締固め作業手順

図-3によると、振動タンパーと電動タンピングランマーを用いた層では平均の乾燥密度は若干異なるものの、全体では設定の乾燥密度 ( $1.6 [g/cm^3]$ ) は得られた。図-4では、撒き出し量の違いによって締固め層厚が異なることが示されている。

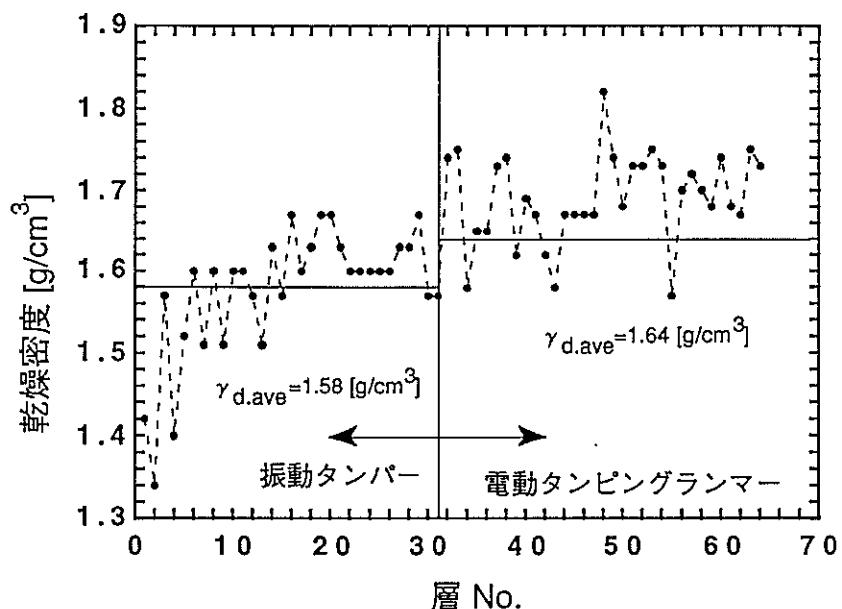


図-3 緩衝材の締固め密度

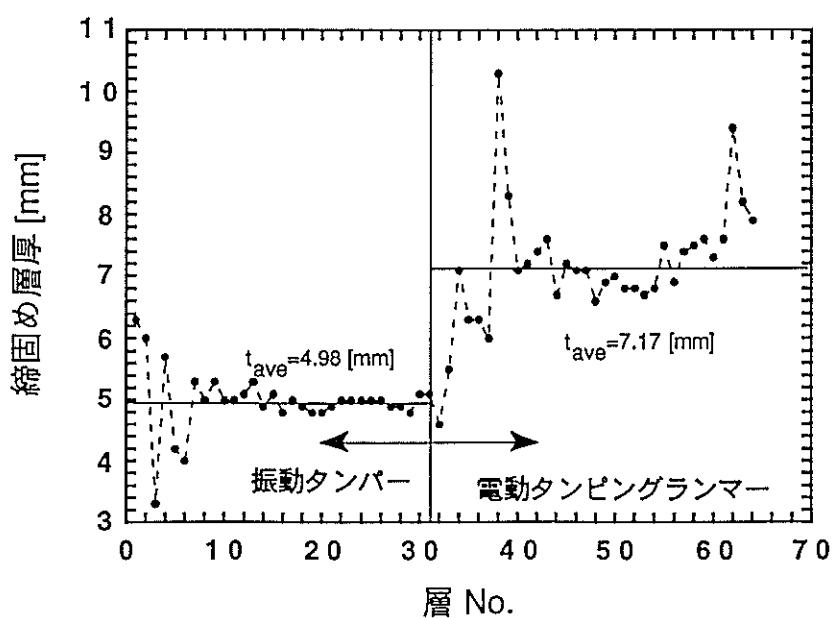


図-4 緩衝材の締固め後の層厚

## 2.2 計測用センサー

今回の全面注水試験では、これまでの試験で緩衝材中に設置してあったセンサーの一部の更新と位置の変更に加え、緩衝材中の水分移動状況を調べるための水分計を増設した。

表-1に計測センサーの一覧を、センサー位置をAppendix-IIに示す。

表-1 計測センサーの一覧

項目	計測対象	仕 様	点 数	備 考
温 度	ヒーター	ヒーター内蔵熱電対 JIS C 1602 0.75級	3ch	既設
	オーバーハップ 緩衝材 人工岩盤	シーズ型熱電対 T-90、助川電気(株)、 JIS C 1602 0.75 級、シーズ径 $\phi$ 1.6 mm	102ch	交換、追加、位置変更
	人工岩盤	シーズ型熱電対 T-90、助川電気(株)、 JIS C 1602 0.75級、シーズ径 $\phi$ 3.2 mm	34ch	既設
熱流束	オーバーハップ	熱流計 MF-81、英弘精機産業(株)	2ch	交換
	人工岩盤	熱流計 MF-81、英弘精機産業(株)	1ch	交換
		熱流計 CN-130、英弘精機産業(株)	5ch	既設、断線部補修
含水比	緩衝材	抵抗式水分計、RM-8、(株)ウイシン、 $\phi$ 10×50 mm	10ch	交換、追加、位置変更
		ヒートプローブ、ノース・テック社、IDL-1600	4ch	新規
		高分子膜湿度計、チノ社、HN-L20及びHN-T21	4ch	新規、石膏によりセンサ部分を保護
		サイクロメーター、WESCOR社、PCT-55	20ch	新規
沈下量	オーバーハップ	変位計、BRD-50A、共和電業(株)、ストローク50 mm	1ch	交換
ひずみ	人工岩盤	ひずみ計、BS-8F、共和電業(株)、 容量±1000×10 <sup>-6</sup>	12ch	既設
膨潤圧	緩衝材	圧力セル F7/14QM200AZ4、ケーラーベル、 許容圧力 50 kgf/cm <sup>2</sup>	20ch	既設
応 力	緩衝材	圧力セル S6 KF 50、ケーラーベル、 許容圧力 50 kgf/cm <sup>2</sup>	4ch	新規
間隙水圧	緩衝材	圧力セル P4KF50、ケーラーベル、 許容圧力 50 kgf/cm <sup>2</sup>	2ch	新規
間隙水圧	緩衝材	間隙水圧計、BP20KC、共和電業(株)、 許容圧力 20 kgf/cm <sup>2</sup>	2ch	新規
水 圧	注水管	圧力計 PG-50KU、共和電業(株)、 許容圧力 50 kgf/cm <sup>2</sup>	1ch	新規

### 3. 試験条件

#### 3.1 加熱条件

加熱はこれまでの試験と同様に、オーバーパック中に設置したカートリッジヒーター（最大出力 4 kW）を用いて、ヒーター出力 0.8~0.85[kW]の範囲で実施した。

ヒーターの温度は、図-5に示すように、試験開始後 5 日程度で 400 ℃に達し、その後は約 425 ℃で安定した。その後約 5 か月後から 6 か月後まで緩衝材サンプリングのためにヒータを停止し、サンプリング終了後、加熱を再開した。2 回の停電を経て、約 440 ℃で安定した。

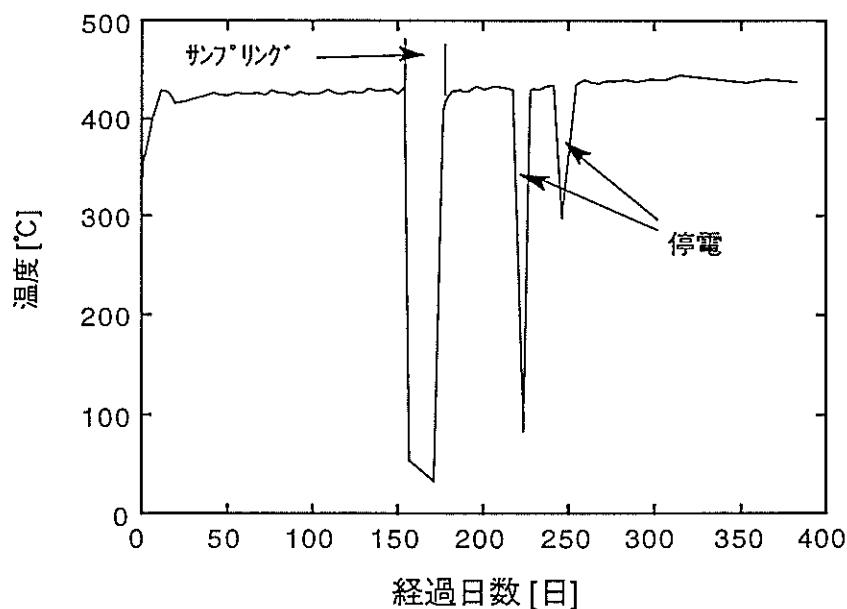


図-5 ヒーターの温度変化

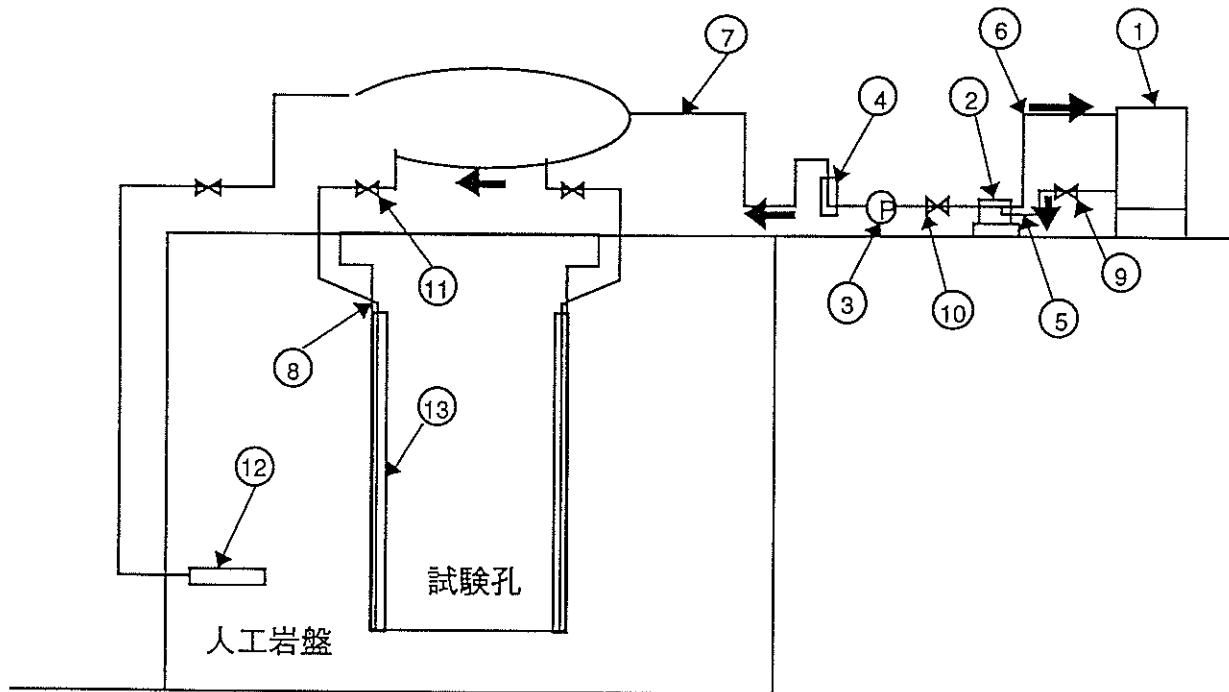
### 3.2 注水条件

注水は、図-6に示すように、タンク内の水をポンプで試験孔壁周囲の注水層（ $t = 30\text{ mm}$ 、珪砂充填）に設置した9本のパイプに送水して行なった。

注水は、開始当初は  $120[\text{l/h}]$  以下となるよう流量を調整したが、累計流量が  $400\text{ l}$  を越えた時点（約18時間後）で流量が約  $2.0[\text{l/h}]$  まで減少したため、バルブを解放して継続した。その後も注水量は減少を続け、3ヶ月経過時点の注水量は  $0.15[\text{l/h}]$  程度となっている。

この間の注水圧力はやや変動のあるものの、注水管に取りつけた圧力計によれば  $0.5[\text{kgf/cm}^2]$  前後である。図-7に試験開始からの累計注水量、図-8に注水流量を示す。

グラフから分かるとおり250日以降注水流量はほぼ一定流量となっている。試験設備の内部が水に関してまだ非定常状態であると考えると、注水流量は一定流量とは言えず、減少の状態にあると考えられる。また、試験設備が水収支に関しては閉鎖系であると仮定すると注水流量は一定流量にならずにゼロになるはずである。したがって、試験設備の内部が水収支に関して閉鎖系になっていないことが予想される。すなわち、人工岩盤中に水が浸潤・逸散していると考えられる。



No.	名 称	仕 様
1	貯水タンク	SUS 304、容量 1.0 [l]、水位計付
2	加圧ポンプ	キヨウ K-D326、最大圧力 40 [kgf/cm <sup>2</sup> ]、最大吐出量 10 [l/min]、単相 200 [V] 750 [W]
3	水圧計	共和電業(株) PG-50KU、許容圧力 50 [kgf / cm <sup>2</sup> ]
4	流量計	流体工業(株)電子発信流量計 MP.MCF.SE、0~10 [l / min]、耐圧 40 [ kgf / cm <sup>2</sup> ]
5	給水管	SUS 304、5A、Sch10
6	余水管	SUS 304、5A、Sch10
7	送水管	SUS 304、5A、Sch10
8	注水管	SUS 304、5A、Sch10、注水孔 100 cm ピッチ
9	給水止弁	
10	送水止弁	
11	注水止弁	
12	メカニカルバッフル	最大径 62 mm、全長 500 mm
13	透水マット	タキロン タフネルマット (t = 30 mm)、5号珪砂充填

図-6 注水装置系統図

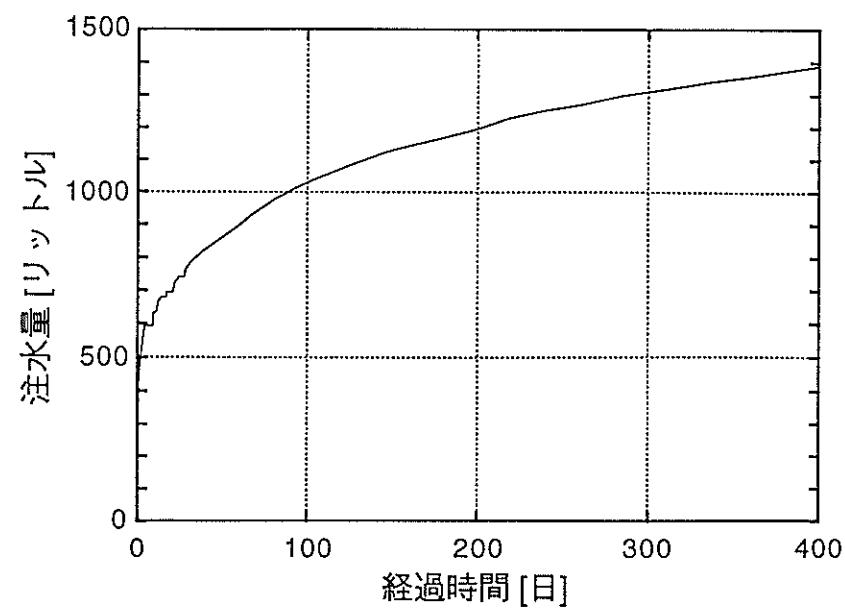


図-7 累計注水量

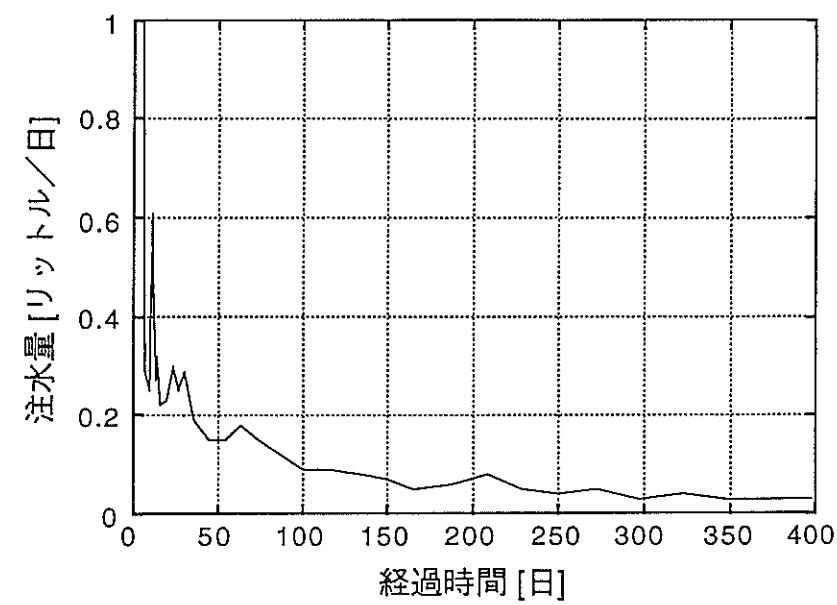


図-8 注水流量の変化

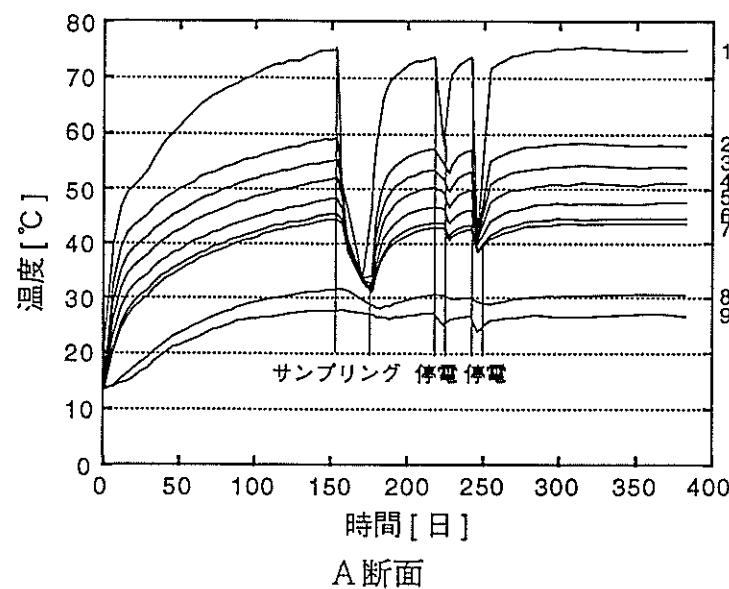
## 4. 計測結果

### 4.1 温度分布

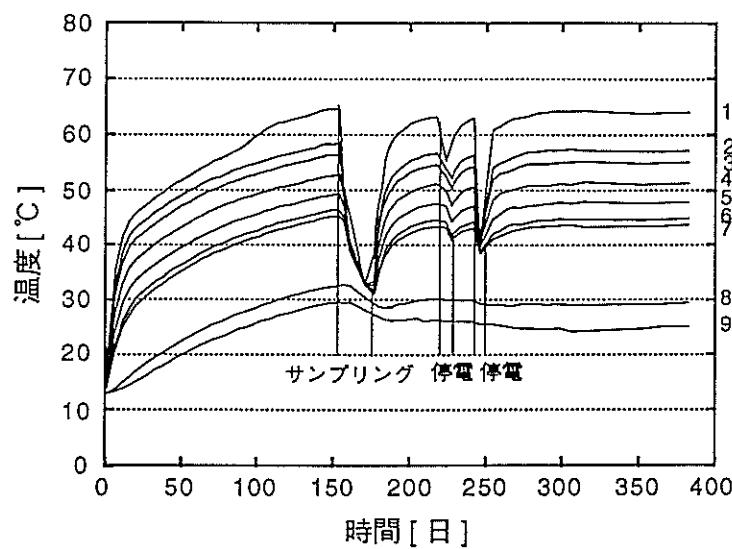
各部の温度は、ヒーターの温度上昇の影響を受けて加熱開始後20日程度まで増加し、ヒーター温度が一定になった後も緩やかに増加している。

試験開始時の温度は、オーバーパックとその周辺部分の緩衝材は13.5 °Cであったが、処分孔底部とコンクリート蓋に近い部分ではそれより高く14.0 ~ 14.5 °Cとなっている。加熱にともない、内部と人工岩盤境界部分の温度差は次第に増加している。試験開始後3か月で、オーバーパック部分で約10 °C、オーバーパックと緩衝材の間で約3 °C、緩衝材部分で約10 °C、緩衝材と人工岩盤の間で約1 °C、人工岩盤部分で約15 °Cの温度差が発生している。途中、一度の加熱停止と二度の停電を経たが、12か月後にはほぼ定常状態になった。

図-9~11に、加熱に伴う温度の経時変化をそれぞれ示す。



A断面



B断面

凡例	
1. O.P.内側	6. 緩衝材外側
2. O.P.外側	7. 人工岩盤内側
3. 緩衝材内側	8. 人工岩盤
4. 緩衝材 (100mm)	9. 人工岩盤外側
5. 緩衝材 (200mm)	

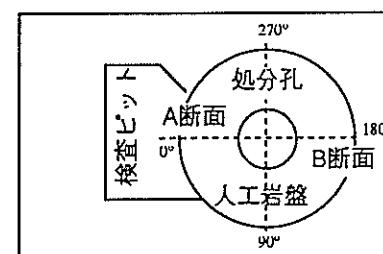


図-9 温度経時変化

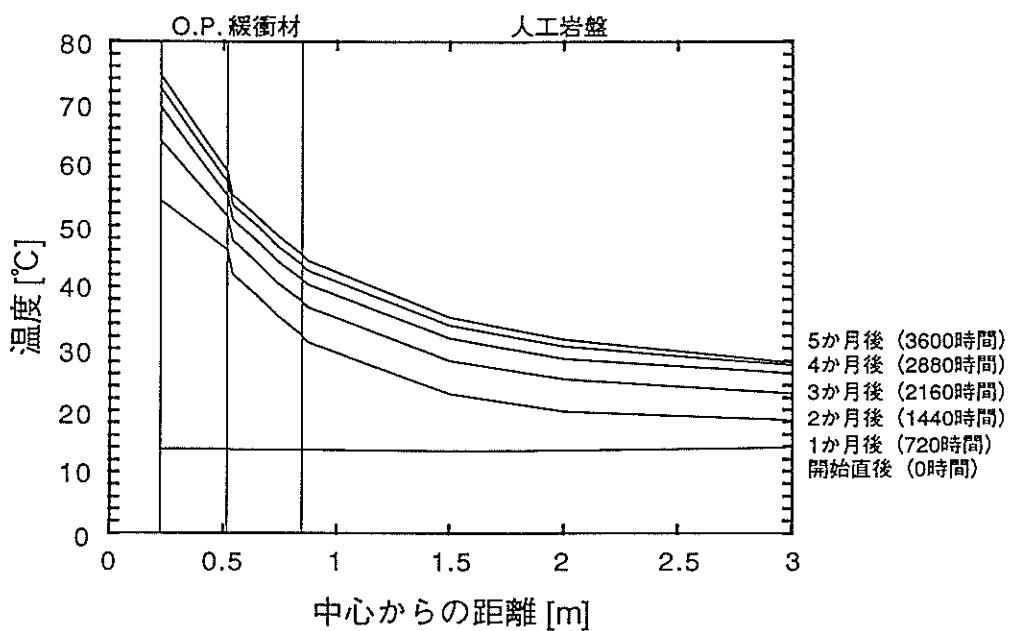


図-10 温度分布の時間変化（開始から5か月後まで）

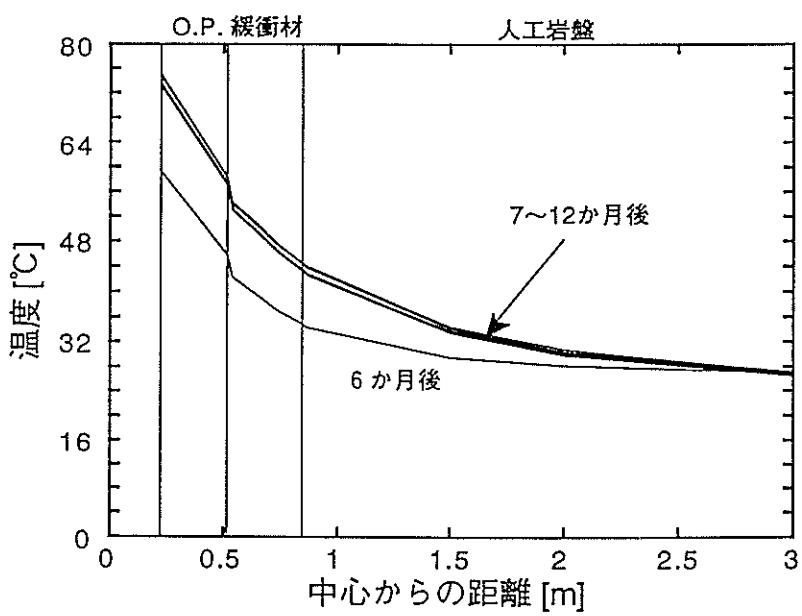


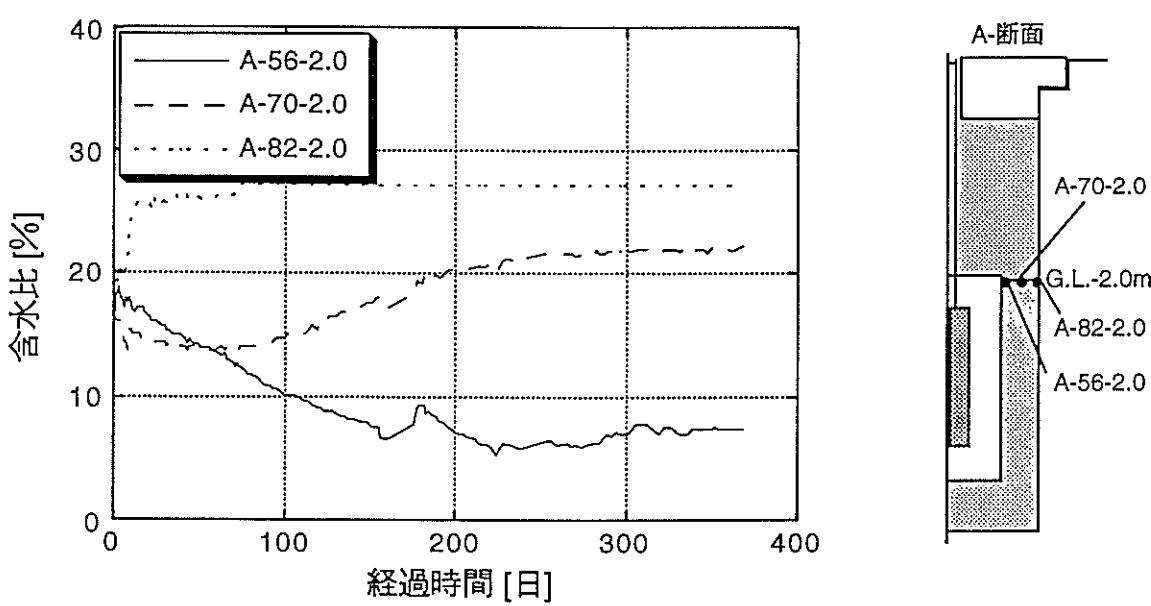
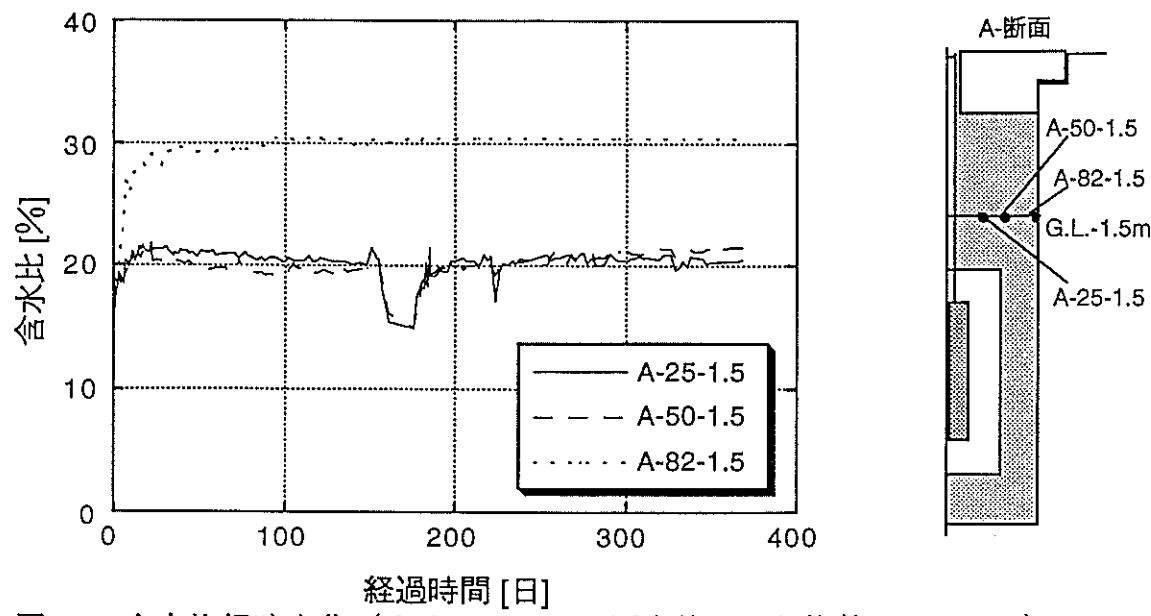
図-11 温度分布の時間変化（開始後6か月から12か月後まで）

## 4.2 水分分布

今回の試験では、注水・加熱に伴う水分の変化を計測するためにサイクロメータ、抵抗式水分計に加え試験的に、ヒートプローブ、高分子膜湿度計を応用した水分計を緩衝材中に設置した。設置前に各々の較正を行い、その較正式を基に含水比を算出した。

サイクロメータの測定値（化学ポテンシャルの低下量）から算出した含水比の経時変化を、図-12～17に示す。図-18～20に含水比分布を示す。図から分かるように、測定開始後全体的に水分が増加しているGL-1.5 mを除き、オーバーパック周囲の温度の高い部分で含水比が減少し、人工岩盤側では含水比が増加していることを示している。人工岩盤近傍のサイクロメータは注入水の浸入により測定不能となったものもある。

上記のように、サイクロメータは注水及び緩衝材の温度変化による水分移動状況を良く示しているが、その他の水分計では、抵抗式水分計が比較的サイクロメータと同様の傾向を示しているものの、ヒートプローブ、高分子膜湿度計を応用した水分計の指示値はばらつきが多くまだ改良の余地があるといえる。



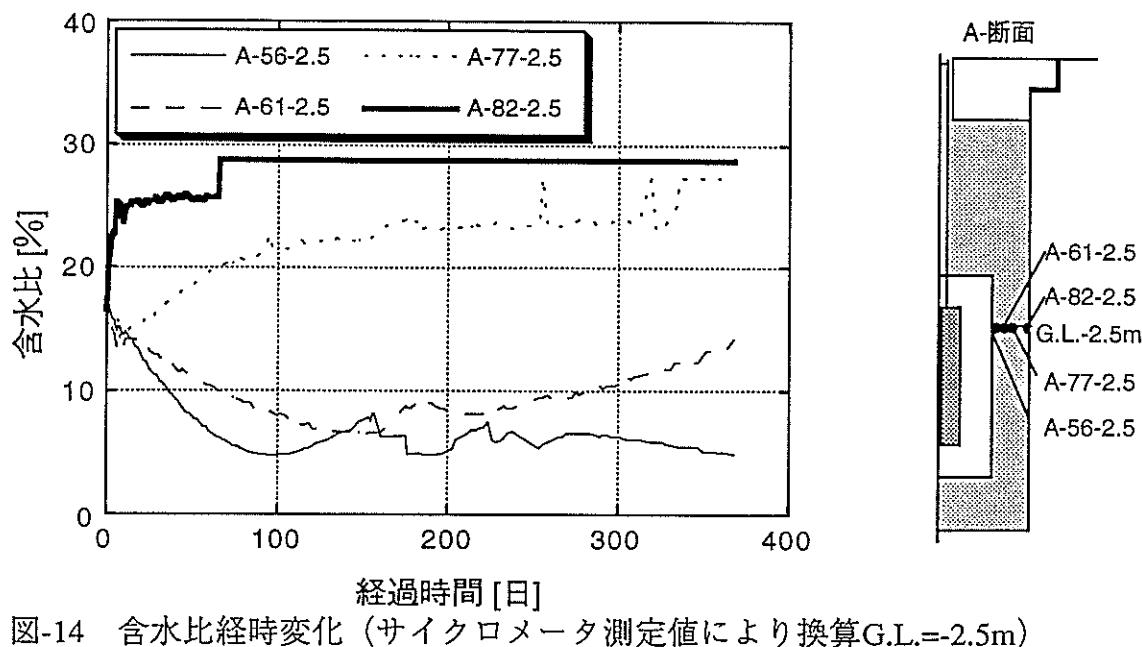


図-14 含水比経時変化（サイクロメータ測定値により換算G.L.=-2.5m）

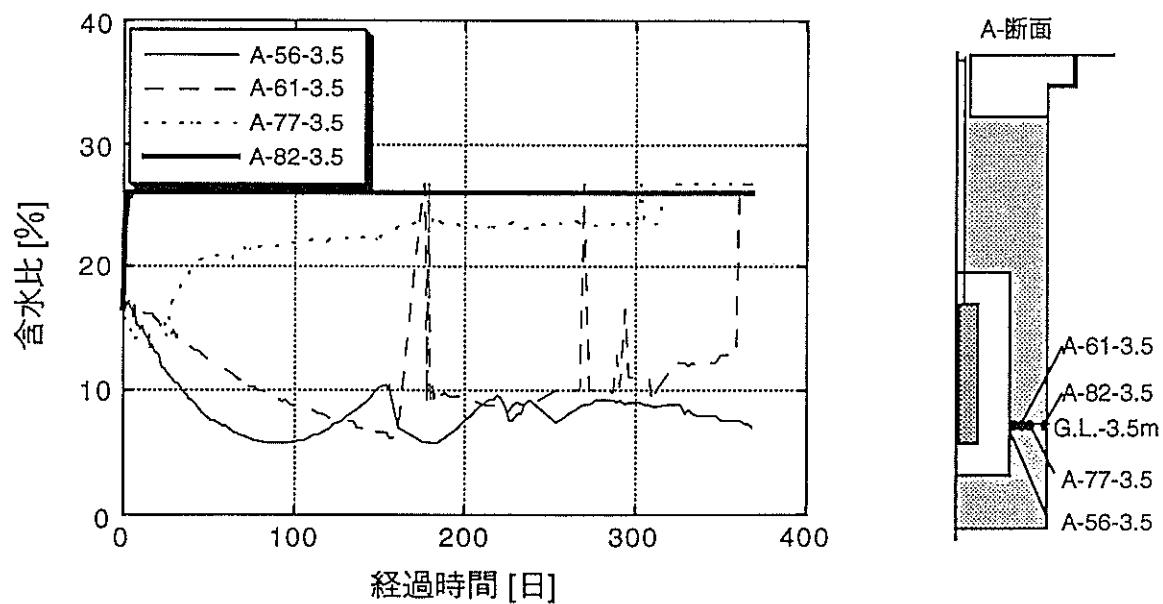


図-15 含水比経時変化（サイクロメータ測定値により換算G.L.=-3.5m）

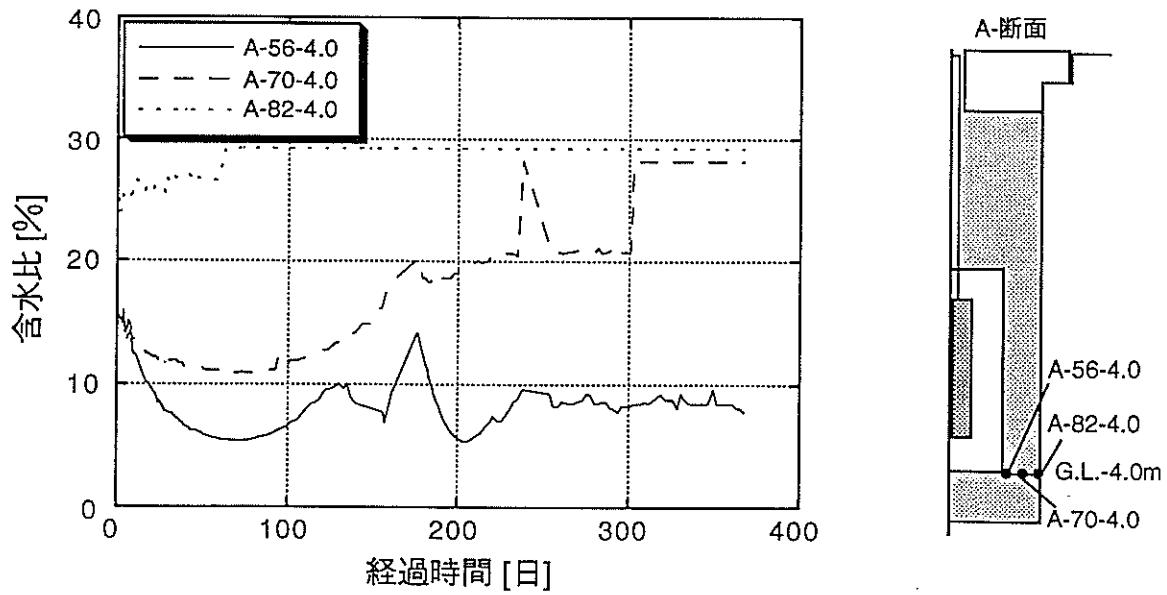


図-16 含水比経時変化（サイクロメータ測定値により換算G.L.= -4.0m）

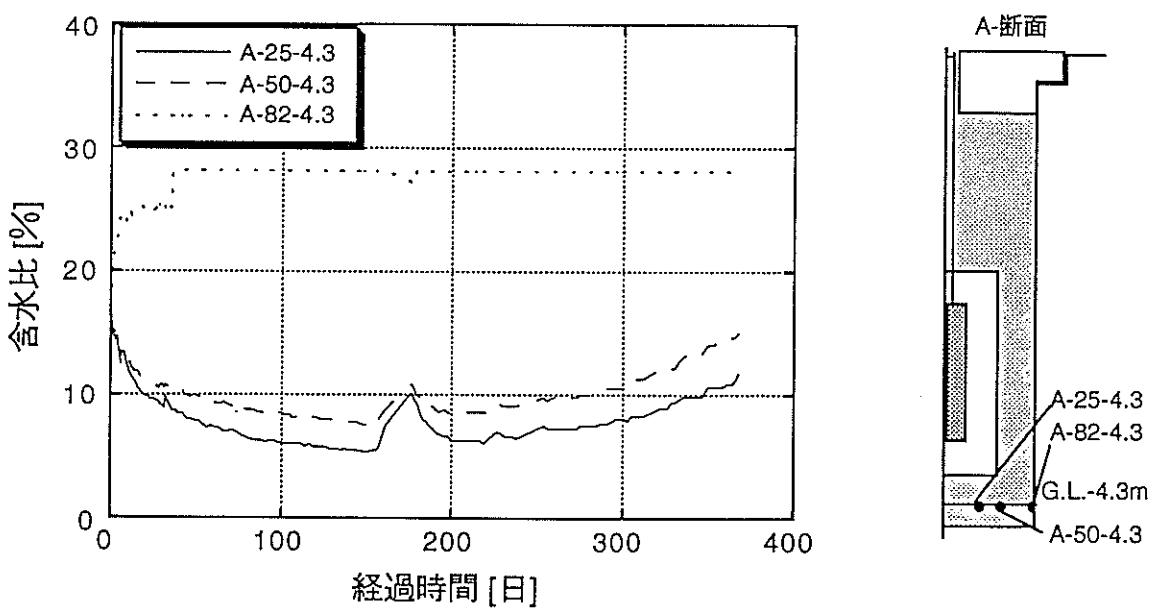


図-17 含水比経時変化（サイクロメータ測定値により換算G.L.= -4.3m）

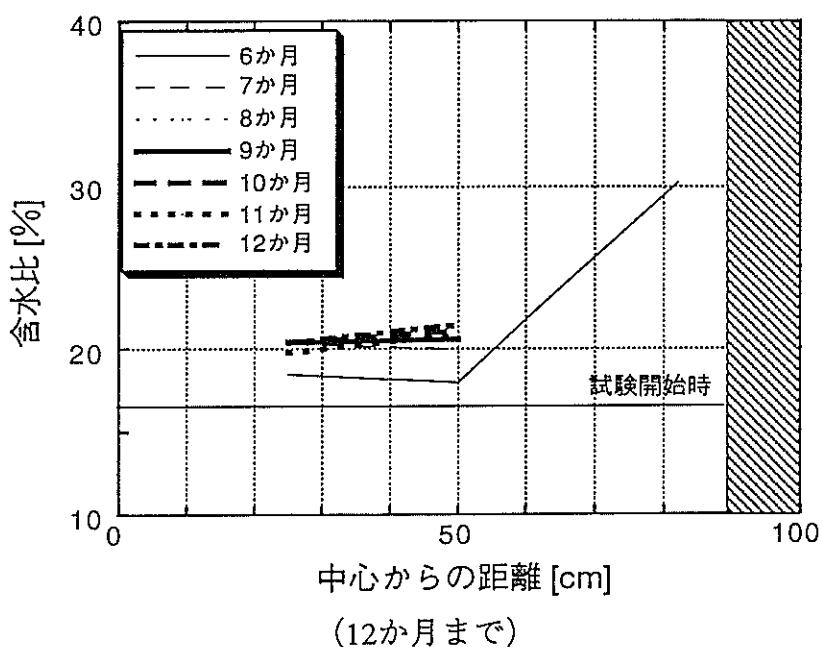
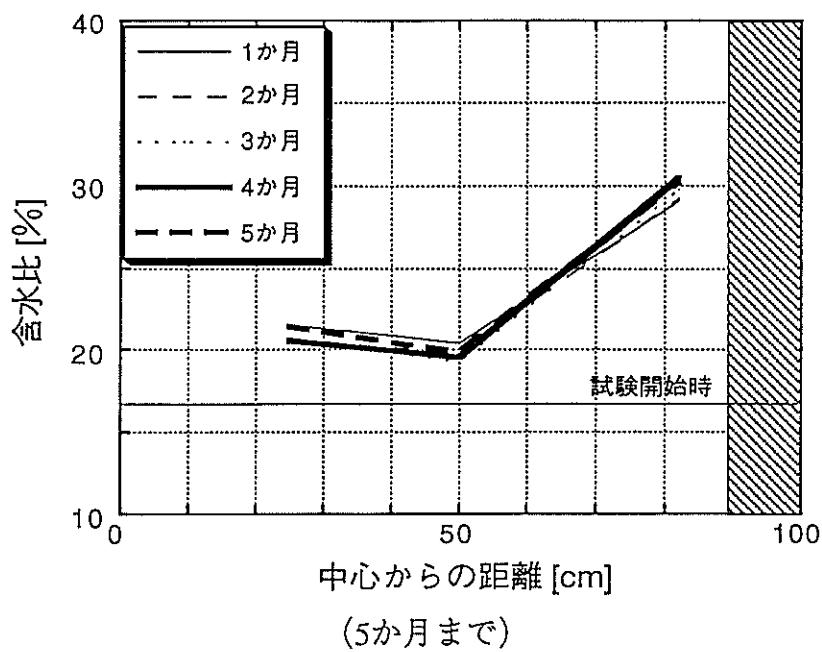


図-18 緩衝材中の含水比分布 (G.L.=-1.5m)

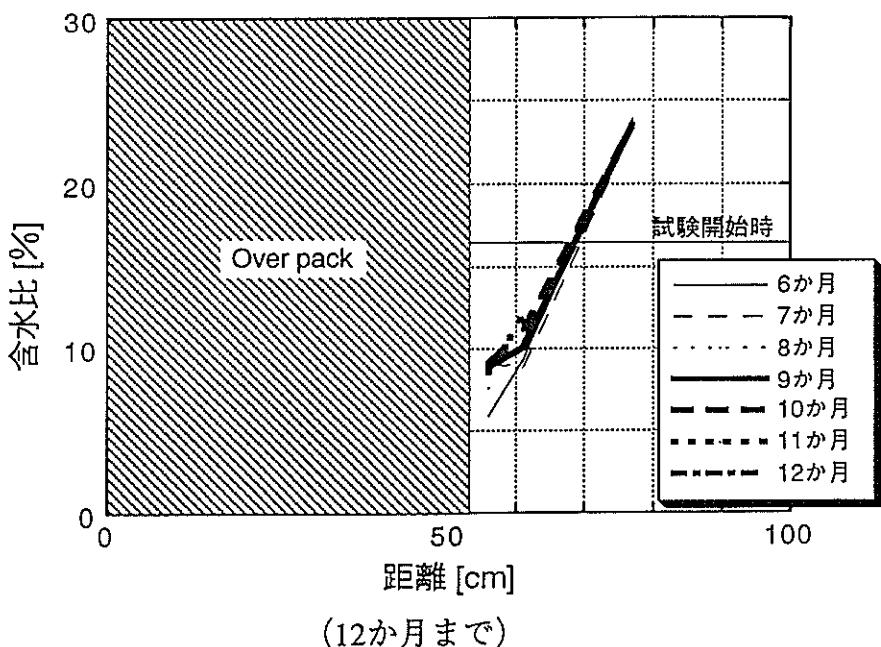
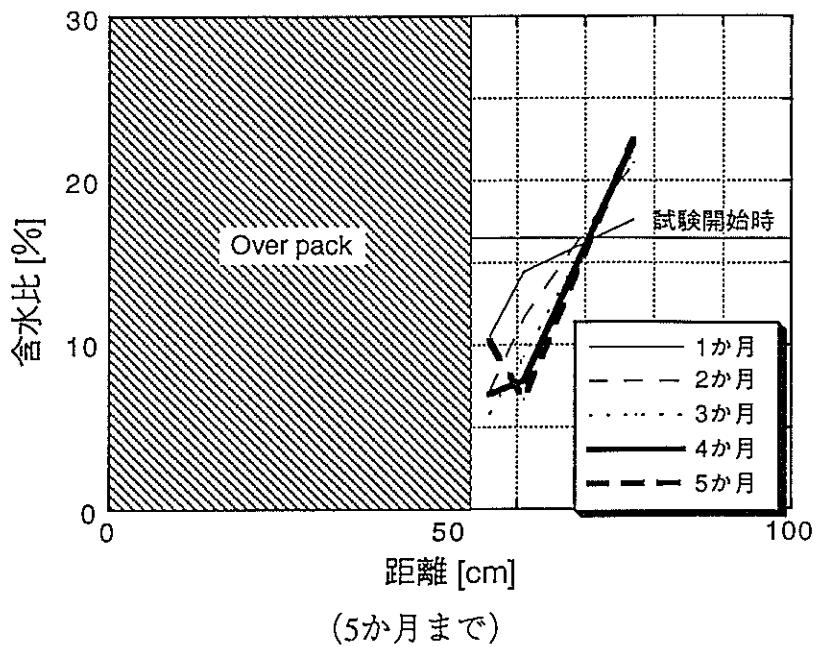


図-19 緩衝材中の含水比分布 (G.L.=-3.5m)

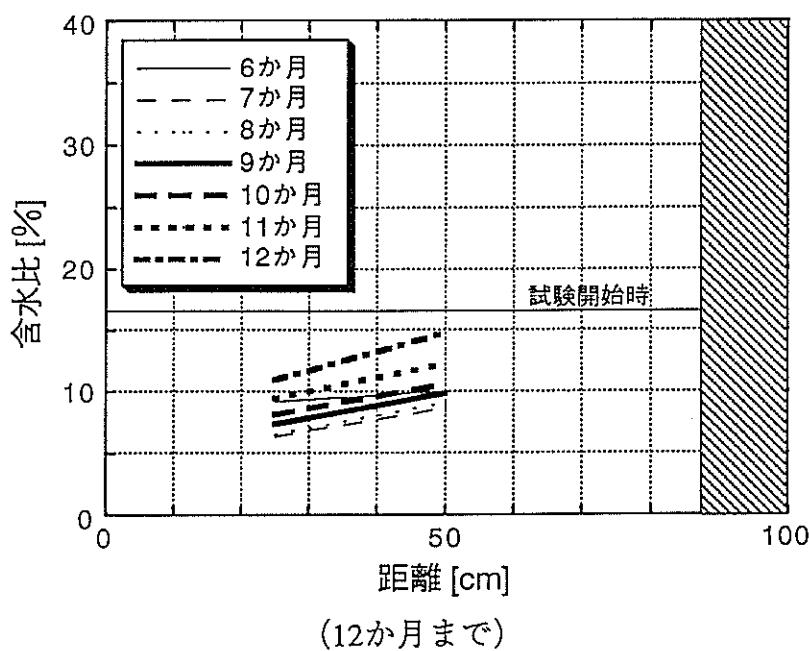
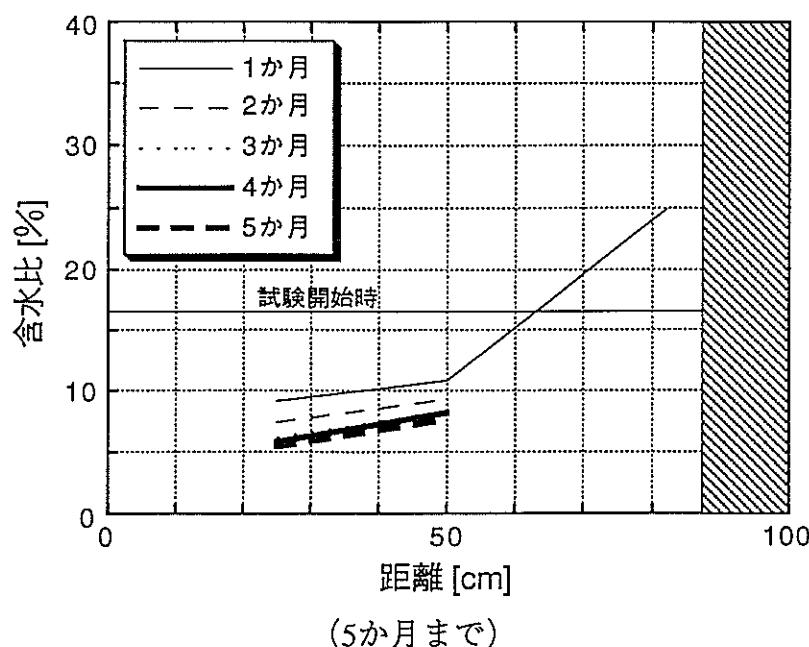


図-20 緩衝材中の含水比分布 (G.L.= -4.3m)

#### 4.3 膨潤圧、土圧、間隙水圧

図-21、22、23に膨潤圧、土圧、間隙水圧の測定結果を示す。試験孔壁面に取り付けた圧力セルに作用する膨潤圧（PS）は徐々に増加している。一方、試験孔底及びコンクリート蓋に取り付けた土圧計では、注水開始直後に膨潤圧が発生したものの、その後圧力は減少した。

緩衝材中に埋設した圧力セルによる注水面より30mmの半径方向土圧（PER）、同90mmの円周方向土圧（PET）も膨潤圧にともない増加している。

間隙水圧は、図-23に示す深度G.L.= -3.0、-2.0m、注水面より30mmの位置における間隙水圧（PW）は30～40日を過ぎてから $0.8[\text{kgf}/\text{cm}^2]$ まで徐々に増加した。また、G.L.= -4.0mに設置した間隙水圧計（図示せず）は、注水面より20mmの位置では試験開始後、約20日より増加して、12か月経過後には $0.86[\text{kgf}/\text{cm}^2]$ となったのに対して、注水面より70mmの位置では間隙水圧の発生は確認されていない。

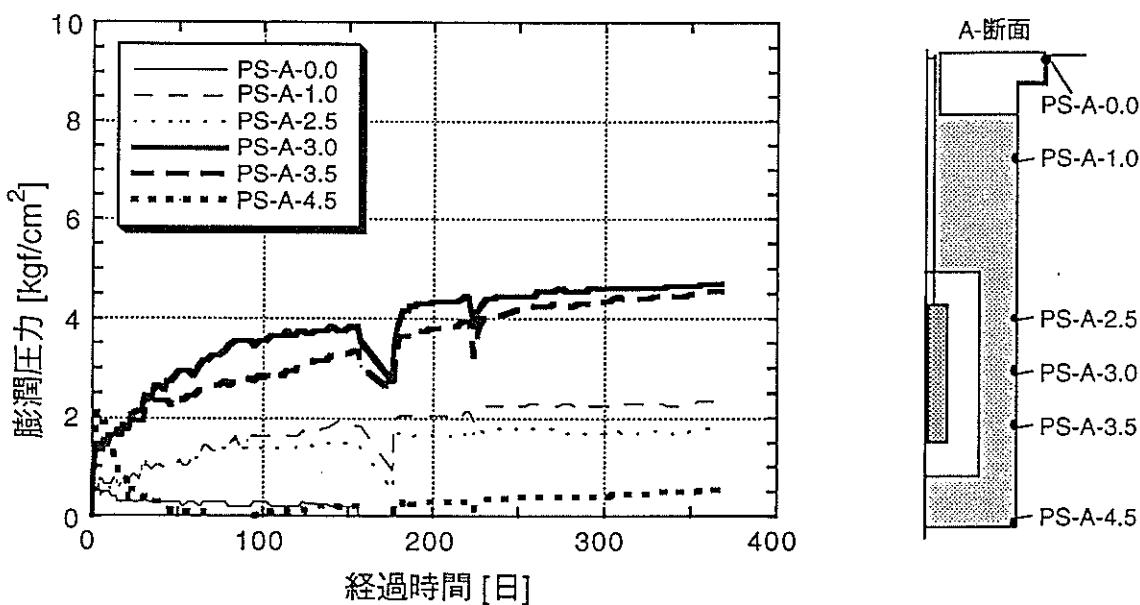


図-21 膨潤圧力の経時変化（A断面）

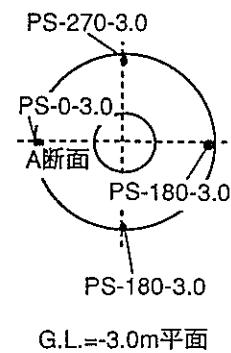
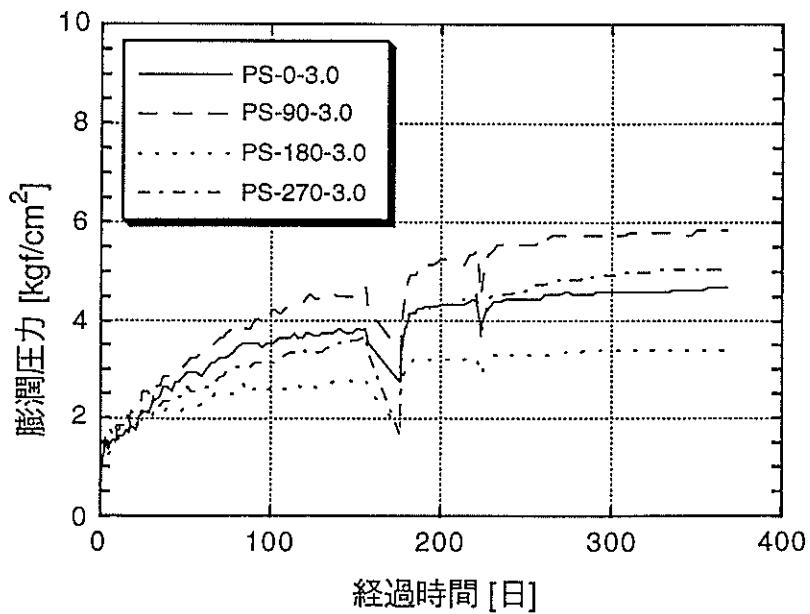
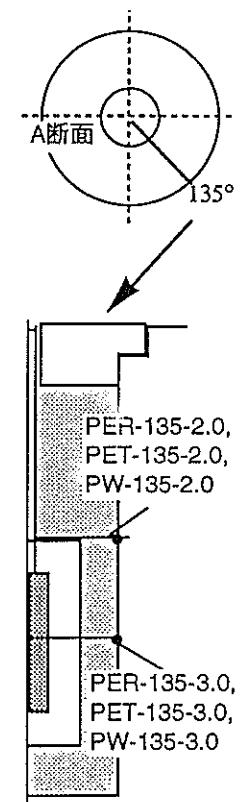
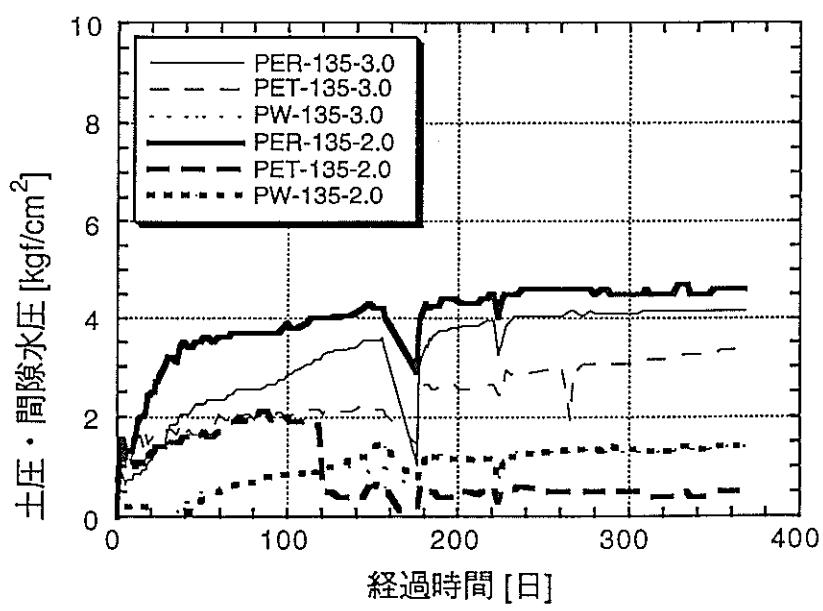


図-22 膨潤圧力の経時変化 (G.L.= -3.0m)



(PER、PET : 土圧、PW : 間隙水圧)

図-23 土圧、間隙水圧経時変化

## 5. 緩衝材のサンプリング

加熱・注水時における緩衝材中の水分分布をより詳細に把握するために、5か月経過後、以下の手順に従い緩衝材のサンプリングを行い、直接含水比測定を実施した。

- (1) 計測設備の一部撤去、養生
- (2) 建屋屋根、天井の一時撤去、ヒータ、コンクリート蓋の吊り出し
- (3) 緩衝材サンプリング、含水比測定
- (4) コンクリート蓋、ヒータの設置、建屋屋根、天井の復旧
- (5) 計測設備の復旧

緩衝材サンプリング、含水比測定の方法と結果について以下に記す。

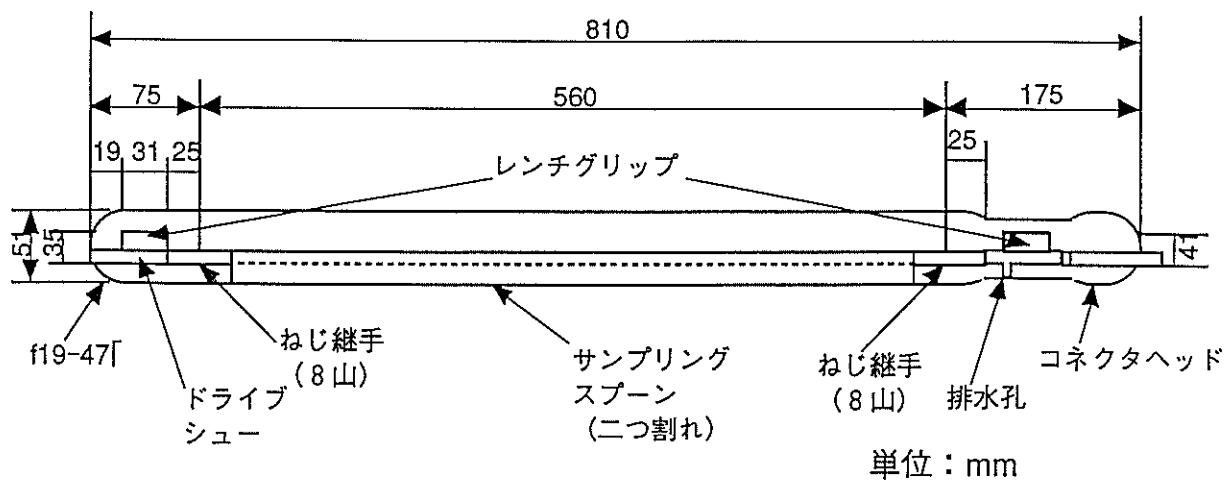
### 5.1 サンプリング方法

サンプリングは、標準貫入試験用サンプラーをボーリング機械（T F P型）に取り付け、これを緩衝材に貫入させて行なった。標準貫入試験用サンプラーを図-24に、サンプリングの作業概要を図-25に示す。

サンプラーの貫入は、原則的に手押し法によったが、貫入が困難な場合にはハンマー（重量63.5kg）落下によりサンプラーを貫入させる落下法に切り換えた。

1回のサンプリング長は、所定のサンプリング点を中心とした上下15cm（3ブロック分）とした。サンプラーを引き上げ、開筒後にその中から含水比測定用として長さ5cmの試料をカッターナイフで3つ切り出し、水分が変化しないように直ちに重量測定を行なった。3つの平均でその位置の含水比とした。

重量測定の終了した試料は、試験室に運び、JIS A 1203に従い110℃、24時間、炉乾燥を行なった。



各 部	全 長	シュー長	バレル長	ヘッド長	外 径	内 径	シュー角度
規格 [mm]	810	75	560	175	51	35	19°47'

図-24 標準貫入試験用サンプラー

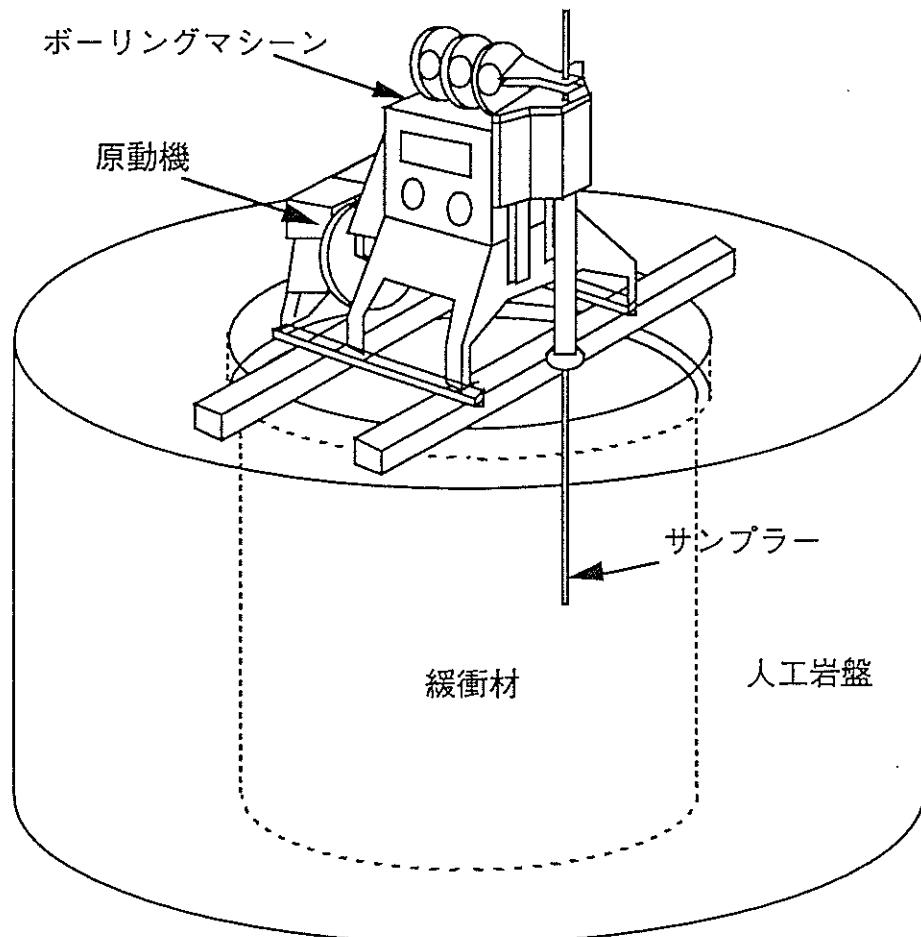


図-25 ボーリング作業概要図

## 5.2 サンプリング位置

緩衝材のサンプリング位置を図-26に示す。サンプリングのためのボーリング孔は14本であり、このうちNo.13孔は、G.L.-2.05mにおいてオーバーパックのフックに接触したため、サンプリングを中止した。

サンプリング中にNo.1孔（3.00m付近）とNo.7孔（1.75m付近）において水が染み出る現象が認められた。

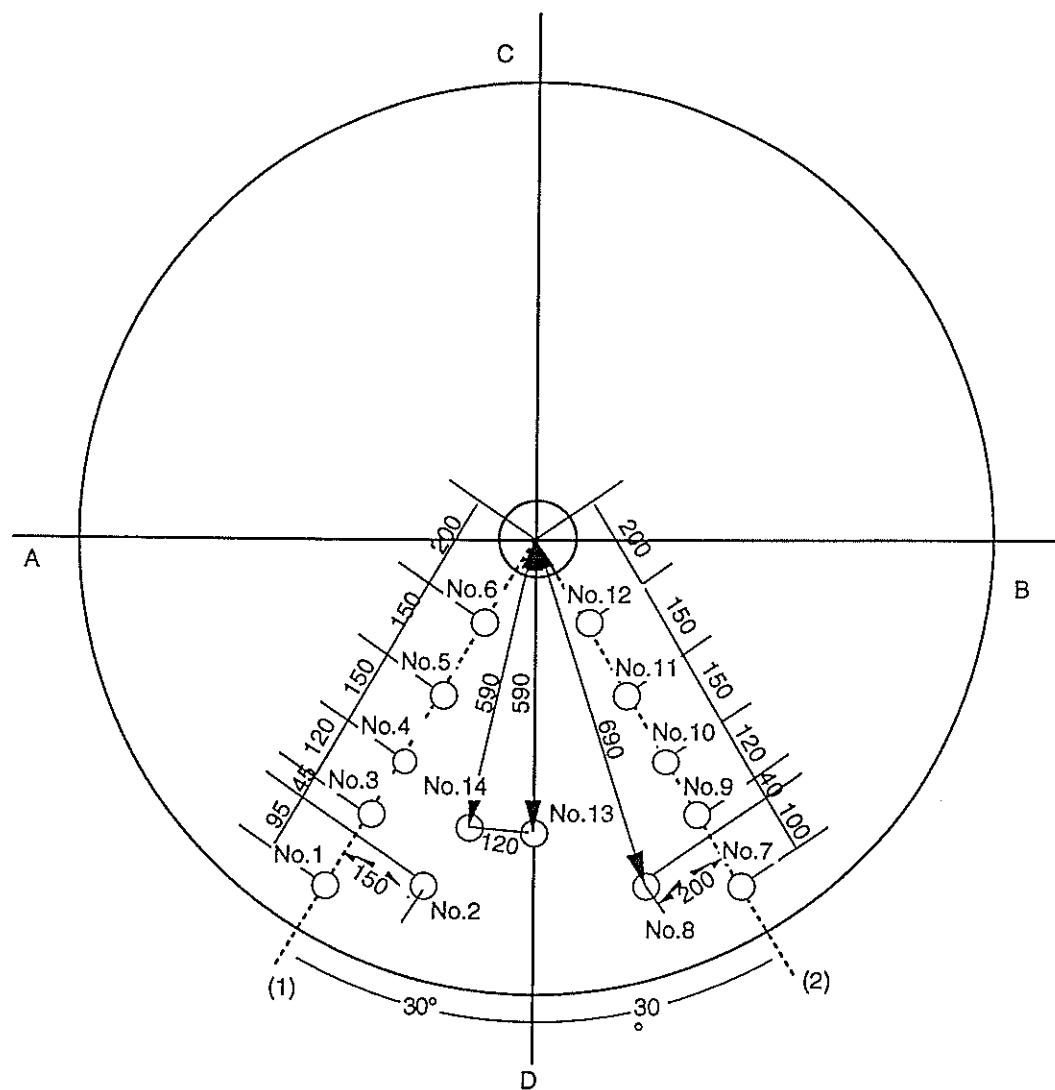


図-26 サンプリング孔位置平面図

### 5.3 含水比測定

緩衝材の水分量を、JIS A 1203（「土の試験実習書」参考）に従って測定した。JIS A 1203では、水分の量を含水比（w%）で表している。

含水比は土の含水量と炉乾燥土の質量との比を、質量百分率で表したものであり、次の式から求める。

$$w = \frac{\text{湿潤土中の水の質量}}{\text{炉乾燥土の質量}} \times 100$$

$$w = \frac{m_a - m_b}{m_b - m_c} \times 100 \quad (\%)$$

ここに、  $m_a$  : 容器と湿潤土の質量 [g]

$m_b$  : 容器と炉乾燥土の質量 [g]

(110°Cで、15~16時間以上乾燥させる)

$m_c$  : 容器の質量 [g]

含水比の測定結果を表-2及び表-3に示す。

さらに、表-2及び表-3のデータを整理し、各サンプリング断面における含水比コンタ一図を図-27及び図-28に示す。

含水比測定の結果、次のことが分かった。

- (1) オーバーパック近傍では初期含水比（16%）より低い12~15%、人工岩盤側では初期含水比より大きくなっている。
- (2) オーバーパックの外側（人工岩盤寄り）は、特に含水比の大きいゾーンが存在する。
- (3) 図-27では、G.L.-3.5m付近に特異点が存在している。
- (4) 試験孔深部、特に人工岩盤よりの方が含水比の値が大きくなっている。

表-2 含水比の測定結果一覧表、その1

番号	深度 (G.L.-mm)	含水比 (%)						
		No.1	No.2	No.3	No.14	No.4	No.5	No.6
1	G.L.- 600	19.0	17.9	17.3	-	17.4	17.6	17.9
2	G.L.- 700	17.9	17.0	16.4	-	16.2	15.6	15.7
3	G.L.-1000	21.2	18.0	16.4	-	16.2	16.0	15.7
4	G.L.-1500	21.3	18.0	15.8	-	15.6	15.7	15.8
5	G.L.-1775	-	-	-	-	-	-	15.8
6	G.L.-1875	20.0	17.7	16.3	-	16.0	15.9	14.9
7	G.L.-2075	24.1	18.9	15.2	15.2	13.9	14.0	11.8
8	G.L.-2350	23.9	21.0	14.5	13.4	O.P.	O.P.	O.P.
9	G.L.-2600	21.3	18.5	14.7	13.8	O.P.	O.P.	O.P.
10	G.L.-3100	25.0	19.9	14.8	14.4	O.P.	O.P.	O.P.
11	G.L.-3600	48.8	20.8	14.8	14.4	O.P.	O.P.	O.P.
12	G.L.-3875	27.3	21.8	14.3	13.5	O.P.	O.P.	O.P.
13	G.L.-4100	31.3	23.7	14.4	13.5	O.P.	O.P.	O.P.
14	G.L.-4350	-	23.5	15.4	15.0	O.P.	O.P.	O.P.
15	G.L.-4500	-	36.5	39.8	29.5	O.P.	O.P.	O.P.

- : 測定できず

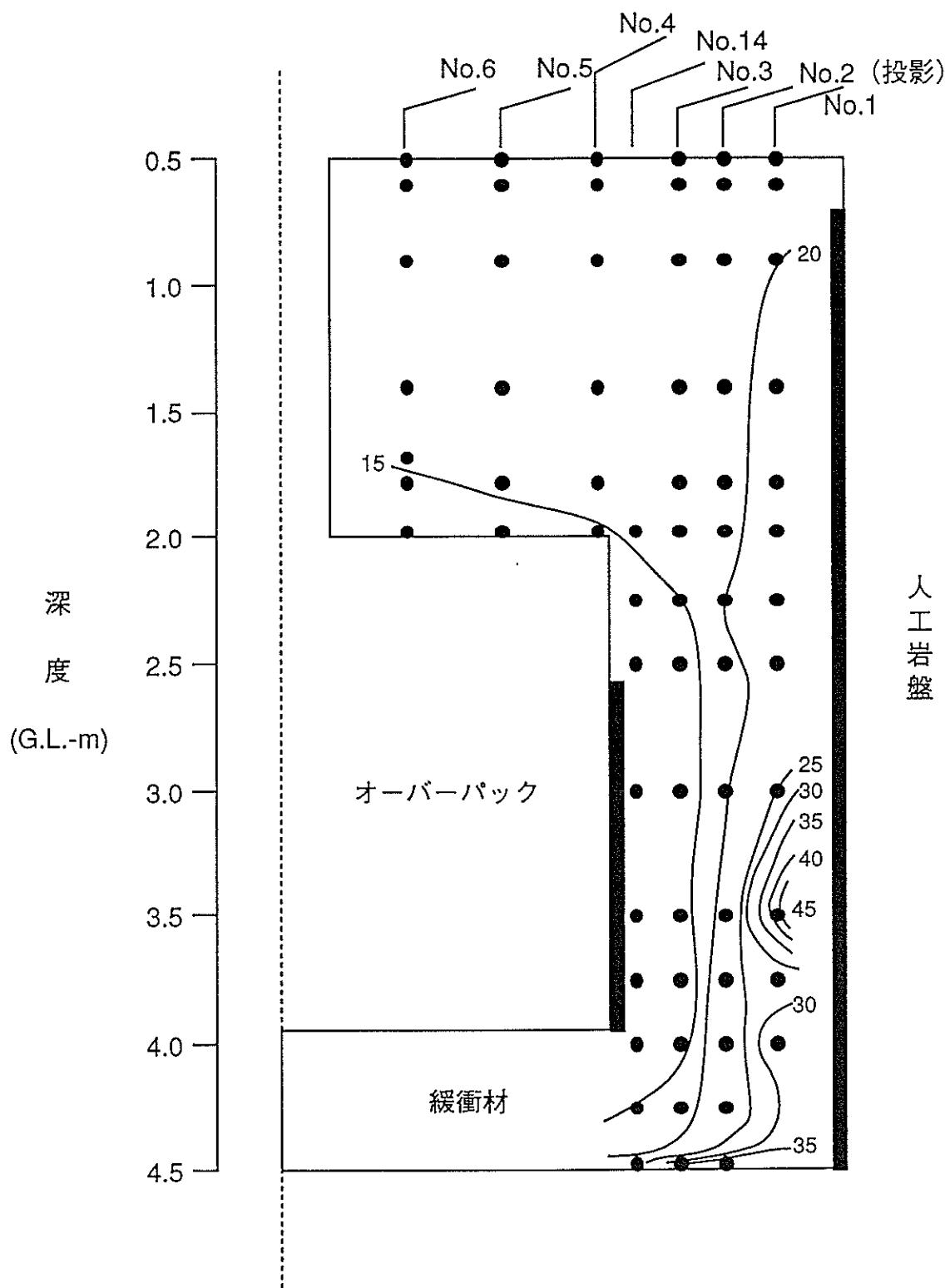
O.P. : オーバーパック部分に該当

表-3 含水比の測定結果一覧表、その2

番号	深度 ( G.L.-m )	含水比 (%)						
		No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12	No.13
1	G.L.- 600	17.8	17.2	17.3	17.6	18.0	17.7	-
2	G.L.- 700	18.0	17.0	16.4	16.0	16.0	15.9	-
3	G.L.-1000	23.2	17.5	16.5	16.3	16.2	15.8	-
4	G.L.-1500	21.8	17.3	16.2	15.8	15.8	15.6	-
5	G.L.-1875	23.0	17.7	16.5	16.1	16.1	15.3	-
6	G.L.-2075	25.8	18.2	15.6	14.2	14.1	12.3	15.2
7	G.L.-2350	29.5	19.6	14.3	O.P.	O.P.	O.P.	12.8
8	G.L.-2600	29.8	17.4	15.0	O.P.	O.P.	O.P.	12.5
9	G.L.-3100	32.6	18.8	15.2	O.P.	O.P.	O.P.	-
10	G.L.-3600	30.7	20.7	15.2	O.P.	O.P.	O.P.	-
11	G.L.-3850	36.1	20.8	14.9	O.P.	O.P.	O.P.	-
12	G.L.-3975	37.9	-	-	O.P.	O.P.	O.P.	-
13	G.L.-4100	42.1	22.5	14.8	O.P.	O.P.	O.P.	-
14	G.L.-4350	43.0	23.4	15.3	O.P.	O.P.	O.P.	-
15	G.L.-4500	51.2	40.7	29.3	O.P.	O.P.	O.P.	-

- : 測定できず

O.P. : オーバーパック部分に該当



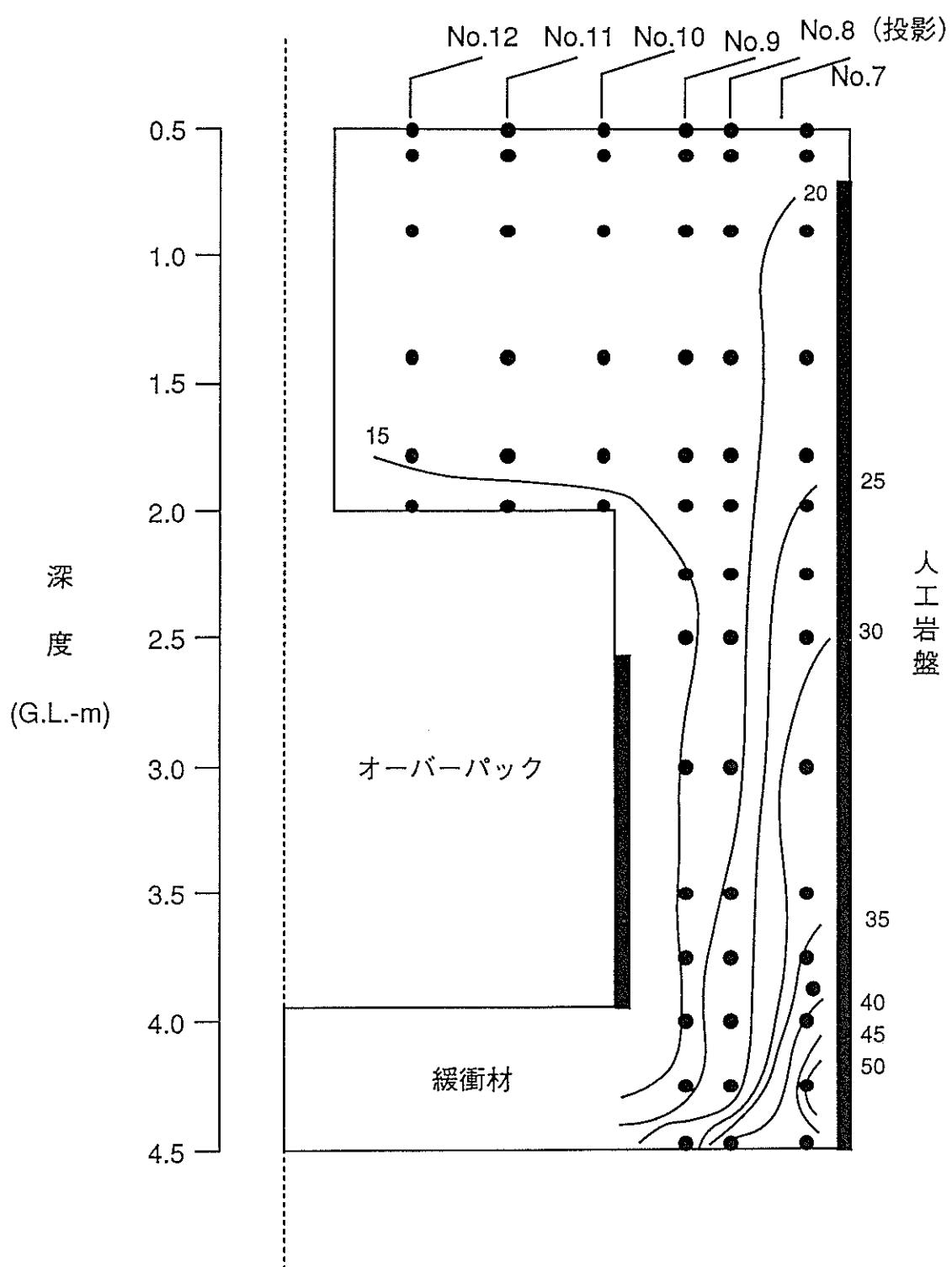


図-28 含水比コンター図 (2断面)

## 6. 考察

### 6.1 温度分布

ブロック方式により緩衝材（平均乾燥密度 $\gamma_d=1.74\text{g/cm}^3$ ）を設置した加熱試験時に比較して<sup>2),3)</sup>、表-4に示すように、オーバーパックと緩衝材間（I）、緩衝材と人工岩盤間（II）において温度の低下幅が減少している。これは、前回の試験で空隙だった（I）の部分に珪砂を充填したためであり、同じく緩衝材と同配合の材料を乾燥密度 $\gamma_d=1.2\text{g/cm}^3$ で充填した（II）の部分については珪砂を充填し注水層としたためである。緩衝材とオーバーパック、人工岩盤間の充填方法が人工バリアの温度分布に影響を及ぼすことが分かった。オーバーパックと緩衝材、緩衝材と岩盤の間の充填方法については、今後の人工バリアの製作施工技術の開発として、さらに検討していく必要がある。オーバーパックの内外で温度差が大きくなっているが、これは熱電対の位置のずれが原因として考えられる。

表-4 温度分布の比較

	加熱試験		全面注水試験	
	A断面	B断面	A断面	B断面
O.P.内側	77.1	66.6	69.4	58.0
O.P.外側	59.4	58.9	55.0	54.3
緩衝材内側	50.1	51.2	51.3	52.4
緩衝材外側	40.4	40.9	41.4	41.9
人工岩盤内側	36.9	37.5	40.4	40.7
人工岩盤外側	23.0	22.7	26.1	24.9

(単位 °C)

## 6.2 水分分布

緩衝材中の水分分布は試験結果から分かるとおり、定常状態に近い状態にある。オーバーパック周囲では、水分勾配に依存する水分拡散による移動に加え、加熱により生じたオーバーパック（高温側）と人工岩盤（低温側）との温度勾配に依存する水の拡散現象によると考えられる水の移動の影響が現れている。また、オーバーパックより上部の緩衝材中では加熱による蒸気の移動によると推定される含水比の増加がみられる。

このような水分移動をモデル化するために、温度勾配下での水分特性及び水分拡散に関する試験が必要であり、現在、試験の実施を計画中である。

水の供給に関しては、現在、継続中であり水分分布がほぼ定常状態に達したと考えると、供給分が何らかの原因で、漏れないと考えられる。蒸発分も考えられるが、今後、緩衝材のサンプリングなどを実施して原因を追求する予定である。

## 6.3 膨潤圧、土圧、間隙水圧

今回の試験では、締固め乾燥密度 $\gamma_d=1.6[\text{g/cm}^3]$ 程度にも係わらず最大5[kgf/cm<sup>2</sup>]の膨潤圧が発生しており、室内試験でも同じ乾燥密度では約5[kgf/cm<sup>2</sup>]の膨潤圧が発生している。

鉛直方向と水平方向の膨潤圧の値が異なるのは、締固めた緩衝材の異方性の影響によるものと考えられるため、今後室内試験を実施し解明していく予定である。

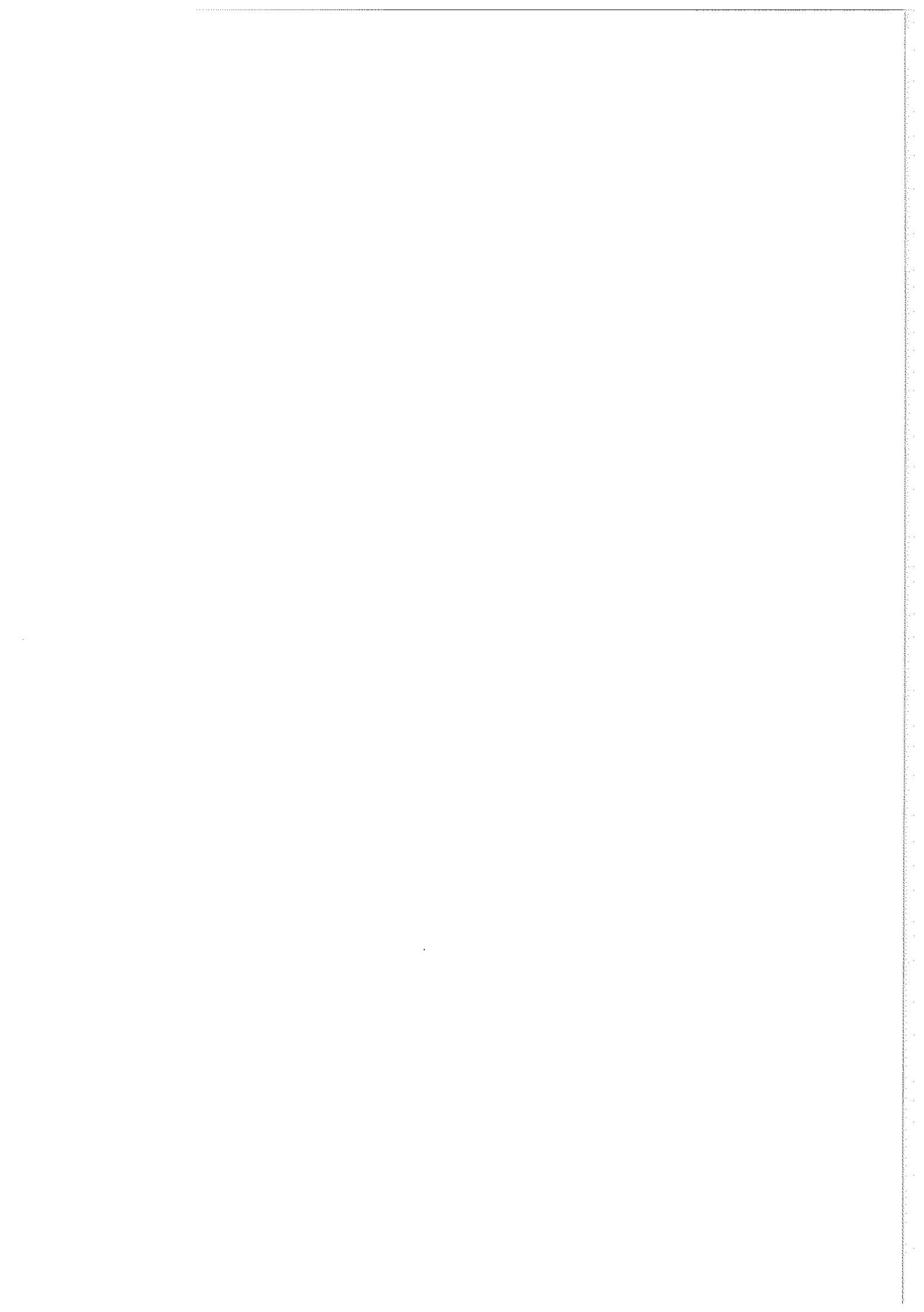
緩衝材の膨潤は、水との接触開始と同時に発生し、湿潤域が広がるとともに増加するが、処分孔底、コンクリート蓋部における膨潤圧のように試験開始直後にのみ発生が確認された部分については、加熱による乾燥と注水層付近の緩衝材の膨潤によりこれらの部分まで水が浸透し難くなつたためと考えられる。

## 7. 今後の予定

今回の試験は平成5年度中に緩衝材のサンプリングを再度実施する予定である。今回のサンプリングでは、試料の体積を厳密には測定していなかったので、次回のサンプリングは試料の体積を厳密に測定する予定である。

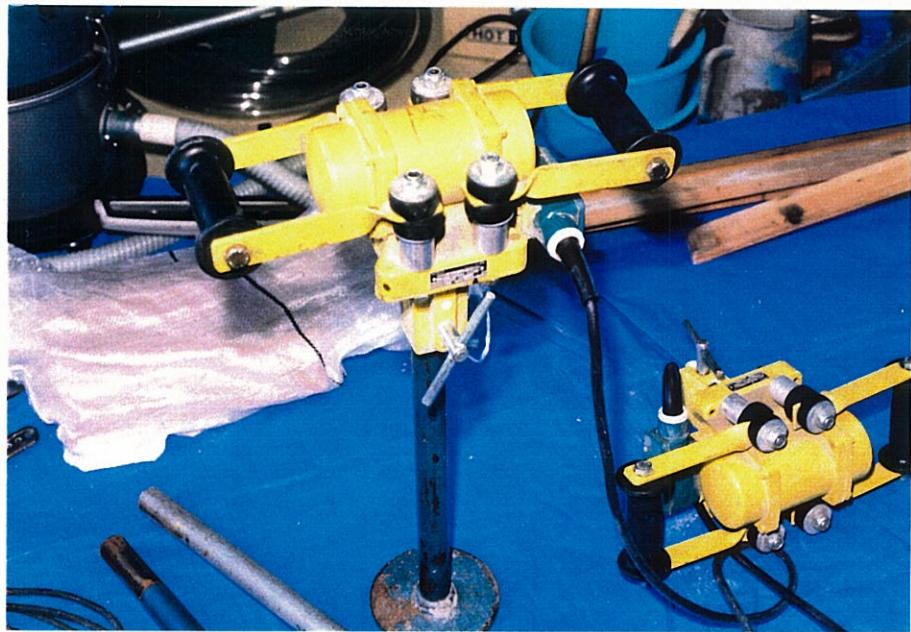
## 8. 参考文献

- 1) 「緩衝材の熱-水-応力連成試験、－緩衝材大型試験設備の概要及び加熱試験計画について－」、PNC N8410 90-060
- 2) 「緩衝材の熱-水-応力連成試験、第 2 報、－加熱試験結果について－」、PNC N8410 91-075
- 3) 「緩衝材の熱-水-応力連成試験、第 3 報、－加熱・部分注水試験結果について－」、PNC N8410 92-043



Appendix-I  
締固め器具写真

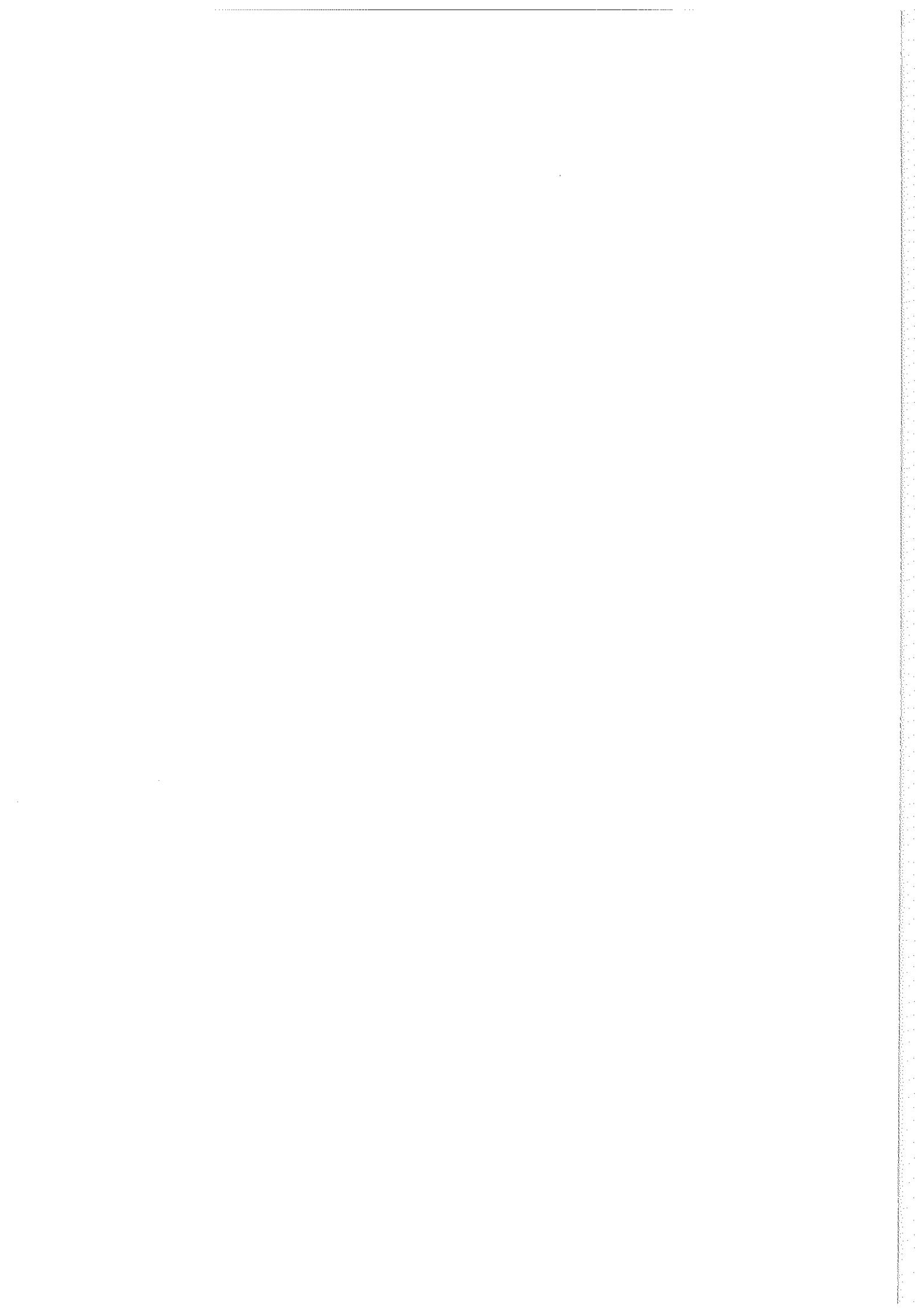




振動タンパーの全体写真



電動タンピングランマーの写真



## Appendix-II センサー位置



ch.	項 目	記 号	備 考		
000	ヒーター出力	HOUT	mV		
001	熱流量	HFLW-01(S2-15)	鉄製容器 (A-3.0)	44.05 (W/m <sup>2</sup> )	mV 交換
002		HFLW-02(S2-57)	鉄製容器 (B-3.0)	43.10 (W/m <sup>2</sup> )	mV 交換
003		HFLW-03(S88091.03)	ピット内壁 (A-3.0)	17.21 (W/m <sup>2</sup> )	mV 補修
004		HFLW-04(S88091.01)	人工岩盤外壁 (A-3.0)	16.29 (W/m <sup>2</sup> )	mV
005		HFLW-05(S88091.04)	ピット内壁 (B-3.0)	16.31 (W/m <sup>2</sup> )	mV
006		HFLW-06(S88091.02)	人工岩盤外壁 (B-3.0)	15.50 (W/m <sup>2</sup> )	mV
007		HFLW-07(S88091.05)	ピット内壁 (B-4.5)	37.17 (W/m <sup>2</sup> )	mV 交換
008		HFLW-04(S88091.06)			
100	ヒーター内温度℃	TH2-3.0	ヒーターNo.2の温度		
101	ヒーター内温度℃	TH3-3.0	ヒーターNo.3の温度		
102	温 度 ℃	(方向) (距離cm) (深度m)			
103	温 度 ℃	T B-A - 1 5 - 1.0	A方向 緩衝材	追加	
104	温 度 ℃	T B-A - 3 5 - 1.0	A方向 緩衝材	交換	
105	温 度 ℃	T B-A - 6 0 - 1.0	A方向 緩衝材		
106	温 度 ℃	T R-A - 8 4 - 1.0	A方向 人工岩盤 (内壁)	位置変更	
107	温 度 ℃	T B-A - 1 5 - 1.5	A方向 緩衝材	追加	
108	温 度 ℃	T B-A - 3 5 - 1.5	A方向 緩衝材	位置変更	
109	温 度 ℃	T B-A - 6 0 - 1.5	A方向 緩衝材		
110	温 度 ℃	T R-A - 8 4 - 1.5	A方向 人工岩盤 (内壁)	位置変更	
111	温 度 ℃	T R-A - 1 5 0 - 1.5	A方向 人工岩盤		
112	温 度 ℃	T R-A - 2 0 0 - 1.5	A方向 人工岩盤		
113	温 度 ℃	T R-A - 3 0 0 - 1.5	A方向 人工岩盤 (外壁)		
114	温 度 ℃	T O-A - 5 2 - 2.0 5	A方向 鉄製容器 (上端外壁)		
115	温 度 ℃	T B-A - 5 4 - 2.0	A方向 緩衝材		
116	温 度 ℃	T B-A - 6 4 - 2.0	A方向 緩衝材		
117	温 度 ℃	T B-A - 7 4 - 2.0	A方向 緩衝材		
118	温 度 ℃	T B-A - 8 4 - 2.0	A方向 緩衝材		
119	温 度 ℃	T R-A - 8 7 - 2.0	A方向 人工岩盤 (内壁)		
120	温 度 ℃	T O-A - 2 2 - 2.5	A方向 鉄製容器 (内壁)		
121	温 度 ℃	T B-A - 5 4 - 2.5	A方向 緩衝材		
122	温 度 ℃	T B-A - 6 4 - 2.5	A方向 緩衝材		
123	温 度 ℃	T B-A - 7 4 - 2.5	A方向 緩衝材		
		T R-A - 8 4 - 2.5	A方向 人工岩盤 (内壁)	位置変更	

ch.	項 目	記 号	備 考		
		(方向) (距離cm) (深度m)			
124	溫 度 ℃	T O-A - 2 2 - 3.0	A 方向 鐵製容器 (内壁)		
125	溫 度 ℃	T O-A - 5 2 - 3.0	A 方向 鐵製容器 (内壁)	交換	
126	溫 度 ℃	T B-A - 5 4 - 3.0	A 方向 緩衝材		
127	溫 度 ℃	T B-A - 6 4 - 3.0	A 方向 緩衝材		
128	溫 度 ℃	T B-A - 7 4 - 3.0	A 方向 緩衝材		
129	溫 度 ℃	T B-A - 8 4 - 3.0	A 方向 緩衝材		
130	溫 度 ℃	T R-A - 8 7 - 3.0	A 方向 人工岩盤 (内壁)		
131	溫 度 ℃	T R-A - 1 5 0 - 3.0	A 方向 人工岩盤		
132	溫 度 ℃	T R-A - 2 0 0 - 3.0	A 方向 人工岩盤		
133	溫 度 ℃	T R-A - 3 0 0 - 3.0	A 方向 人工岩盤 (外壁)		
134	溫 度 ℃	T A-A - 3 0 5 - 3.0	A 方向 断熱材		
135	溫 度 ℃	T O-A - 2 2 - 3.5	A 方向 鐵製容器 (内壁)		
136	溫 度 ℃	T B-A - 5 4 - 3.5	A 方向 緩衝材		
137	溫 度 ℃	T B-A - 6 4 - 3.5	A 方向 緩衝材		
138	溫 度 ℃	T B-A - 7 4 - 3.5	A 方向 緩衝材		
139	溫 度 ℃	T R-A - 8 4 - 3.5	A 方向 緩衝材	位置変更	
140	溫 度 ℃	T O-A - 1 5 - 4.0	A 方向 緩衝材	追加	
141	溫 度 ℃	T O-A - 5 2 - 4.0	A 方向 鐵製容器 (外壁)	交換	
142	溫 度 ℃	T B-A - 5 4 - 4.0	A 方向 緩衝材		
143	溫 度 ℃	T B-A - 6 4 - 4.0	A 方向 緩衝材		
144	溫 度 ℃	T B-A - 7 4 - 4.0	A 方向 緩衝材		
145	溫 度 ℃	T B-A - 8 4 - 4.0	A 方向 緩衝材		
146	溫 度 ℃	T R-A - 8 7 - 4.0	A 方向 人工岩盤 (内壁)		
147	溫 度 ℃	T R-A - 1 5 - 4.5	A 方向 人工岩盤 (底盤)	追加	
148	溫 度 ℃	T R-A - 3 5 - 4.5	A 方向 人工岩盤 (底盤)		
149	溫 度 ℃	T R-A - 6 0 - 4.5	A 方向 人工岩盤 (底盤)		
200	溫 度 ℃	T R-A - 8 4 - 4.5	A 方向 人工岩盤 (底盤)	位置変更	
201	溫 度 ℃	T R-A - 3 0 0 - 4.5	A 方向 人工岩盤 (外壁)		
202	溫 度 ℃	T R-B - 2 0 0 - 0.0	B 方向 人工岩盤 (コンクリート表面)		
203	溫 度 ℃	T B-B - 1 5 - 1.0	B 方向 緩衝材	位置変更、交換	
204	溫 度 ℃	T B-B - 3 5 - 1.0	B 方向 緩衝材	位置変更、交換	
205	溫 度 ℃	T B-B - 6 0 - 1.0	B 方向 緩衝材		
206	溫 度 ℃	T R-B - 8 4 - 1.0	B 方向 緩衝材	位置変更	

ch.	項 目	記 号	備 考	
		(方向) (距離cm) (深度m)		
207	溫 度 ℃	T O-B - 7.5 - 1.5	B 方向 案内管 (外壁)	
208	溫 度 ℃	T B-B - 1 5 - 1.5	B 方向 緩衝材	追加
209	溫 度 ℃	T B-B - 3 5 - 1.5	B 方向 緩衝材	
210	溫 度 ℃	T B-B - 6 0 - 1.5	B 方向 緩衝材	
211	溫 度 ℃	T R-B - 8 4 - 1.5	B 方向 緩衝材	位置変更
212	溫 度 ℃	T R-B - 1 5 0 - 1.5	B 方向 人工岩盤	
213	溫 度 ℃	T R-B - 2 0 0 - 1.5	B 方向 人工岩盤	
214	溫 度 ℃	T R-B - 3 0 0 - 1.5	B 方向 人工岩盤 (外壁)	
215	溫 度 ℃	T O-B - 7.5 - 2.0 5	B 方向 案内管 (外壁)	
216	溫 度 ℃	T B-B - 1 5 - 2.0 5	B 方向 鉄製容器 (上端外壁)	
217	溫 度 ℃	T B-B - 3 5 - 2.0	B 方向 緩衝材	
218	溫 度 ℃	T B-B - 6 0 - 2.0	B 方向 緩衝材	
219	溫 度 ℃	T R-B - 8 4 - 2.0	B 方向 緩衝材	
220	溫 度 ℃	T R-B - 1 5 0 - 2.0	B 方向 緩衝材	
221	溫 度 ℃	T R-B - 2 0 0 - 2.0	B 方向 人工岩盤 (内壁)	
222	溫 度 ℃	T O-B - 2 2 - 2.5	B 方向 鉄製容器 (内壁)	
223	溫 度 ℃	T B-B - 5 4 - 2.5	B 方向 緩衝材	
224	溫 度 ℃	T B-B - 6 4 - 2.5	B 方向 緩衝材	
225	溫 度 ℃	T B-B - 7 4 - 2.5	B 方向 緩衝材	
226	溫 度 ℃	T R-B - 8 4 - 2.5	B 方向 緩衝材	位置変更
227	溫 度 ℃	T O-B - 2 2 - 3.0	B 方向 鉄製容器 (内壁)	
228	溫 度 ℃	T O-B - 5 2 - 3.0	B 方向 鉄製容器 (外壁)	交換
229	溫 度 ℃	T B-B - 5 4 - 3.0	B 方向 緩衝材	位置変更
230	溫 度 ℃	T B-B - 6 4 - 3.0	B 方向 緩衝材	
231	溫 度 ℃	T B-B - 7 4 - 3.0	B 方向 緩衝材	
232	溫 度 ℃	T B-B - 8 4 - 3.0	B 方向 緩衝材	
233	溫 度 ℃	T R-B - 8 7 - 3.0	B 方向 人工岩盤 (内壁)	
234	溫 度 ℃	T R-B - 1 5 0 - 3.0	B 方向 人工岩盤 (内壁)	
235	溫 度 ℃	T R-B - 2 0 0 - 3.0	B 方向 人工岩盤	
236	溫 度 ℃	T R-B - 3 0 0 - 3.0	B 方向 人工岩盤 (外壁)	
237	溫 度 ℃	T A-B - 3 0 5 - 3.0	B 方向 斷熱材	
238	溫 度 ℃	T E-B - 3 3 5 - 3.0	B 方向 周辺土中 [支給]	
239	溫 度 ℃	T O-B - 2 2 - 3.5	B 方向 鉄製容器 (内壁)	
240	溫 度 ℃	T B-B - 5 4 - 3.5	B 方向 緩衝材	
241	溫 度 ℃	T B-B - 6 4 - 3.5	B 方向 緩衝材	
242	溫 度 ℃	T B-B - 7 4 - 3.5	B 方向 緩衝材	
243	溫 度 ℃	T R-B - 8 4 - 3.5	B 方向 緩衝材	位置変更

ch.	項 目	記 号	備 考		
		(方向) (距離cm) (深度m)			
244	溫 度 ℃	T B-B - 1 5 - 4.0	B 方向	緩衝材	位置変更
245	溫 度 ℃	T O-B - 5 2 - 4.0	B 方向	鐵製容器 (外壁)	交換
246	溫 度 ℃	T B-B - 5 4 - 4.0	B 方向	緩衝材	
247	溫 度 ℃	T B-B - 6 4 - 4.0	B 方向	緩衝材	位置変更
248	溫 度 ℃	T B-B - 7 4 - 4.0	B 方向	緩衝材	
249	溫 度 ℃	T B-B - 8 4 - 4.0	B 方向	緩衝材	
300	溫 度 ℃	T R-B - 8 7 - 4.0	B 方向	人工岩盤 (内壁)	
301	溫 度 ℃	T R-B - 8 4 - 2.0	B 方向	人工岩盤 (底壁)	位置変更、交換
302	溫 度 ℃	T R-B - 8 4 - 2.0	B 方向	人工岩盤 (底壁)	
303	溫 度 ℃	T R-B - 8 4 - 2.0	B 方向	人工岩盤 (底壁)	
304	溫 度 ℃	T R-B - 8 4 - 2.0	B 方向	人工岩盤 (底壁)	位置変更
305	溫 度 ℃	T R-B - 8 4 - 2.0	B 方向	人工岩盤 (底壁)	
306	溫 度 ℃	T R-B - 1 5 0 - 2.0	B 方向	人工岩盤 (底壁)	
307	溫 度 ℃	T R-B - 2 0 0 - 2.0	B 方向	人工岩盤 (底壁)	
308	溫 度 ℃	T A-B - 8 4 - 2.0	B 方向	斷熱材 [支給]	
309	溫 度 ℃	T B-C - 1 5 - 1.5	C 方向	緩衝材	追加
310	溫 度 ℃	T B-C - 3 5 - 1.5	C 方向	緩衝材	
311	溫 度 ℃	T B-C - 6 0 - 1.5	C 方向	緩衝材	
312	溫 度 ℃	T B-C - 8 4 - 1.5	C 方向	緩衝材	位置変更
313	溫 度 ℃	T R-C - 1 5 0 - 1.5	C 方向	人工岩盤	
314	溫 度 ℃	T R-C - 2 0 0 - 1.5	C 方向	人工岩盤	
315	溫 度 ℃	T R-C - 3 0 0 - 1.5	C 方向	人工岩盤 (外壁)	
316	溫 度 ℃	T O-C - 2 2 - 3.0	C 方向	鐵製容器 (内壁)	
317	溫 度 ℃	T O-C - 5 2 - 3.0	C 方向	鐵製容器 (外壁)	交換
318	溫 度 ℃	T B-C - 5 4 - 3.0	C 方向	緩衝材	
319	溫 度 ℃	T B-C - 6 4 - 3.0	C 方向	緩衝材	
320	溫 度 ℃	T B-C - 7 4 - 3.0	C 方向	緩衝材	
321	溫 度 ℃	T R-C - 8 4 - 3.0	C 方向	人工岩盤 (内壁)	位置変更
322	溫 度 ℃	T R-C - 1 5 0 - 3.0	C 方向	人工岩盤	
323	溫 度 ℃	T R-C - 2 0 0 - 3.0	C 方向	人工岩盤	
324	溫 度 ℃	T R-C - 3 0 0 - 3.0	C 方向	人工岩盤 (外壁)	
325	溫 度 ℃	T A-C - 3 0 5 - 3.0	C 方向	斷熱材 [支給]	
326	溫 度 ℃	T R-C - 1 5 - 4.5	C 方向	人工岩盤 (底壁)	追加
327	溫 度 ℃	T R-C - 3 5 - 4.5	C 方向	人工岩盤 (底壁)	
328	溫 度 ℃	T R-C - 6 0 - 4.5	C 方向	人工岩盤 (底壁)	
329	溫 度 ℃	T R-C - 8 4 - 4.5	C 方向	人工岩盤 (底壁)	位置変更、交換
330	溫 度 ℃	T R-C - 1 5 0 - 4.5	C 方向	人工岩盤 (底壁)	
331	溫 度 ℃	T R-C - 2 0 0 - 4.5	C 方向	人工岩盤 (底壁)	
332	溫 度 ℃	T R-C - 3 0 0 - 4.5	C 方向	人工岩盤 (外壁)	

ch.	項 目	記 号	備 考
333	温 度 ℃	T E R D	土中深度 1m [支給]
334	温 度 ℃	T R O O M	室温
335	温 度 ℃	T O U T	外気温 [支給]
336	温 度 ℃	T E - B - 3 1 0 - 1.0	B方向 周辺土中 [支給]
		(方向) (距離cm) (深度m)	石膏式水分計
340	水分計 mV	WC-A-25-1.5	A方向、深度 1.5m 位置変更
341	水分計 mV	WC-A-50-1.5	A方向、深度 1.5m 位置変更
342	水分計 mV	WC-A-82-1.5	A方向、深度 1.5m 位置変更
343	水分計 mV	WC-A-56-3.0	A方向、深度 3.0m 位置変更
344	水分計 mV	WC-A-61-3.0	A方向、深度 3.0m 位置変更
345	水分計 mV	WC-A-77-3.0	A方向、深度 3.0m 追加
346	水分計 mV	WC-A-82-3.0	A方向、深度 3.0m 追加
347	水分計 mV	WC-A-25-4.3	A方向、深度 4.3m 追加
348	水分計 mV	WC-A-50-4.3	A方向、深度 4.3m 追加
349	水分計 mV	WC-A-82-4.3	A方向、深度 4.3m 追加
		(方向) (距離cm) (深度m)	ヒートプローブ式水分計
400	水分計 mV	WC-B-56-3.5	B方向、深度 3.5m 追加
401	水分計 mV	WC-B-61-3.5	B方向、深度 3.5m 追加
402	水分計 mV	WC-B-77-3.5	B方向、深度 3.5m 追加
403	水分計 mV	WC-B-82-3.5	B方向、深度 3.5m 追加
		(方向) (距離cm) (深度m)	高分子膜湿度計
404	水分計 mV	WC-B-25-2.0	B方向、深度 2.0m 追加
405	水分計 mV	WC-B-56-3.0	B方向、深度 3.0m 追加
406	水分計 mV	WC-B-61-3.0	B方向、深度 3.0m 追加
407	水分計 mV	WC-B-25-4.05	B方向、深度 4.05m 追加
		(方向) (距離cm) (深度m)	
408	温 度 ℃	T R - B - 1 1 - 4.3	B方向、緩衝材 (旧TR-B-0.0-4.5) 位置変更
430	沈下計 mm	S N - 0 - 4.0	$1.841 \times 10^{-2}$ 交換

ch.	項 目	記 号	備 考
		(方向) (距離cm) (深度m)	較正係數
431	ひずみ $\times 10^{-6}$	S N - A - 9 7 - 3.0	A 方向、深度 3.0 m (無応力) 0.311
432	ひずみ $\times 10^{-6}$	S N - A - 9 7 - 3.0	A 方向、深度 3.0 m (半径) 0.311
433	ひずみ $\times 10^{-6}$	S N - A - 9 7 - 3.0	A 方向、深度 3.0 m (周) 0.311
434	ひずみ $\times 10^{-6}$	S N - A - 1 9 0 - 3.0	A 方向、深度 3.0 m (周) 0.313
435	ひずみ $\times 10^{-6}$	S N - A - 2 9 0 - 3.0	A 方向、深度 3.0 m (鉛直) 0.301
436	ひずみ $\times 10^{-6}$	S N - A - 2 9 0 - 3.0	A 方向、深度 3.0 m (周) 0.313
437	ひずみ $\times 10^{-6}$	S N - B - 9 7 - 3.0	B 方向、深度 3.0 m (半径) 0.321
438	ひずみ $\times 10^{-6}$	S N - B - 9 7 - 3.0	B 方向、深度 3.0 m (周) 0.315
439	ひずみ $\times 10^{-6}$	S N - B - 1 9 0 - 3.0	B 方向、深度 3.0 m (周) 0.305
440	ひずみ $\times 10^{-6}$	S N - B - 2 9 0 - 3.0	B 方向、深度 3.0 m (半径) 0.319
441	ひずみ $\times 10^{-6}$	S N - B - 2 9 0 - 3.0	B 方向、深度 3.0 m (周) 0.305
442	ひずみ $\times 10^{-6}$	S N - C - 9 7 - 3.0	C 方向、深度 3.0 m (周) 0.335
443	間隙水圧 $\times 10^{-6}$	(方向) (距離cm) (深度m)	ひずみゲージ式間隙水圧計
		W P - B - 8 2 - 4.0	B 方向、深度 4.0 m $0.831 \times 10^2 \text{kgf/cm}^2$ 追加
444	間隙水圧 $\times 10^{-6}$	W P - B - 7 7 - 4.0	B 方向、深度 4.0 m $0.831 \times 10^2 \text{kgf/cm}^2$ 追加
445	注水圧力 $\times 10^{-6}$		注水圧力 $0.01252 \text{ kgf/cm}^2$