



土木研究所資料

第580号

「RI利用による土の現場密度・含水量 の測定（第2報）」

——透過型密度計を中心にして——

昭和45年5月

建設省土木研究所

目 次

まえがき

第1部 背面散乱式計器の校正曲線

第1章 表面型密度プローブの校正曲線の検討	1
1-1 空気体積率 (v_a) 別による校正曲線	2
1-2 含水比 (w) 別による校正曲線	14
1-3 特殊物質による校正曲線	22
第2章 表面型水分プローブの校正曲線の検討	24
2-1 空気体積率 (v_a) 別による校正曲線	24
第3章 校正曲線のまとめ	26
3-1 背面散乱式密度プローブ	26
3-2 背面散乱式水分プローブ	26

第2部 透過式密度計

第1章 測定の原理及び計器の構造	39
1-1 測定の原理	39
1-2 使用した計器	42
第2章 校正曲線の特性	43
2-1 空気体積率 (v_a) 別による校正曲線	43
2-2 含水比 (w) 別による校正曲線	55
2-3 レキまじり土の校正曲線	67
2-4 全試料を含めた校正曲線	78
2-5 特殊物質による校正曲線	82
2-6 総 括	85
第3章 測定上の諸特性	86
3-1 計器の作用範囲 (Sensitive Volume)	86
3-2 垂直方向の測定の重み	95
3-3 成層試料の測定	100
3-4 空洞を含む試料の測定	111
3-5 総 括	114

第4章 測定の精度	115
4-1 計器と試料との間に生ずる空隙による影響	115
4-2 線源棒周辺の空隙による影響	123
4-3 総 括	129
第5章 較正曲線作成方法と現場測定方法	130
5-1 較正曲線作成方法	130
5-2 現場測定手順及び注意事項	131
第6章 計器特性のまとめと問題点	134
第3部 現場測定例	
第1章 マサ土の現場における測定例	139
第2章 関東ロームの現場における測定データ	173
第3章 R I法と従来法との比較	180
あ と が き	189
附 録	190
1. データシート類	191
2. 試料の化学分析結果	210
3. 貯蔵庫における管理区域設定の計算例	212
4. 被曝に対する健康管理の例	220
5. 使用場所の変更届の一例	226

ま え が き

土の現場密度および含水量の測定において、最近ラジオアイソトープ(R.I)を利用したガンマ線密度計と中性子水分計による測定法が実用の段階に入りつつある。

施工研究室においては、道路事業調査費「土工管理に関する試験調査」の一環として、ガンマ線密度計、中性子水分計の土工管理手段への適用について調査してきた。そしてこれらについては、先に「土木研究所資料第434号(R.I利用による土の現場密度・含水量の測定)」において、背面散乱型計器を中心に、その計器特性、現場測定等に関する報告を行なっている。

本報告は、これの第2報として、背面散乱型計器(表面型計器)の較正曲線について、さらに検討を加えると共に、精度面から特に土工管理用計器として有望視されている透過型密度計について、その計器特性、現場測定等の検討を行なったものである。

昭和44年10月

施工研究室

島 津 晃 臣

吉 岡 晴 之^{*}

武 田 繁

* 現九州地方建設局
久留米技術事務所

第 1 部 背面散乱式計器の較正曲線

第1章 表面型密度プローブの校正曲線の検討

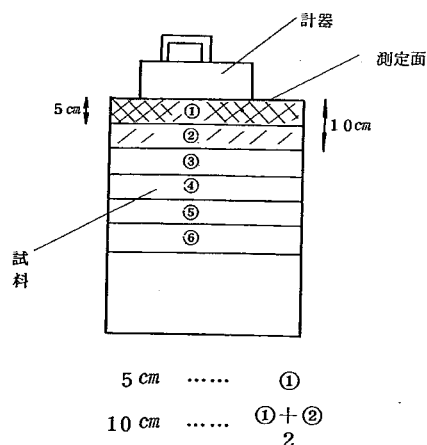
校正曲線は土質によって差が生ずるので前報告では土を粒径別に大きく、細粒土、碎石と3つに分類して、これらについて滑正曲線を直線近似して検討したが、それによると3本のほぼ平行した直線になり、グラフの上部から下部へ（すなわち計数比の低くなる方向へ）、細粒土、粗粒土、碎石の順序になった。

このように土によって校正曲線に差が生ずる原因としてその土における、空気体積率や含水比、試料の化学組成等の影響が考えられる。そこでこれらの影響について調べるために、空気体積率 (v_a)、含水比 (%) 別についてそれぞれの校正曲線式を求め検討を行なった。試料の化学組成の影響については、使用した試料の化学分析結果によると問題となるような物質は含まれていないのでこの場合には考慮されていない。

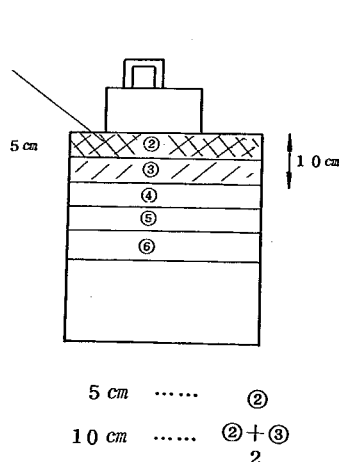
なお前報告における校正曲線式は前報告書のP37～43の実験番号101～117について整理したものであるが、本報告においては、さらに範囲を広げるべく「砂石」と「緑川マサ土」を入れて実験番号101～132について整理し、この実験番号についても1～32と変更した。

また校正曲線に関して前報告以来述べている深さ5 cm 方向、10 cm 方向について説明する。図1-1-1のように校正容器は1段当り5 cmの重ね枠形式になっている。試料の上ののっている測定器の底面から5 cmの範囲の土の密度と10 cmの範囲の土の密度を得て、これを各測定面について、それぞれ平均したものを、5 cmの密度、10 cmの密度の称している。5 cmと10 cmの2通りにわけて検討したのは計器の実用作用範囲（深さ方向）が10 cm内外であることと、特に表面下4～5 cm附近を集中的に測定していること、の2つの理由による。しかしながら、この2通りについて検討されたいろいろな結果はあまり差を生じていない。

〔1段目の測定〕



〔2段目の測定〕



1-1 空気体積率 (∇_a) 別による校正曲線

校正実験で得られた校正データを校正容器の各段ごとに深さ方向 5 cm, 10 cm のそれぞれの空気体積率を求め, 10% の階級に分け, それぞれの校正曲線式を求めた。深さ 5 cm, 10 cm に対する空気体積率別の校正データをそれぞれ表 1-1-1, 表 1-1-2 に示す。また, これらから計算した校正曲線式を表 1-1-3 に示し, それぞれの校正曲線を図 1-1-2, 図 1-1-3 に示す。

図 1-1-2 表面型, 密度計, 空気体積率 (U_a) 別校正曲線 (深さ方向 5 cm)

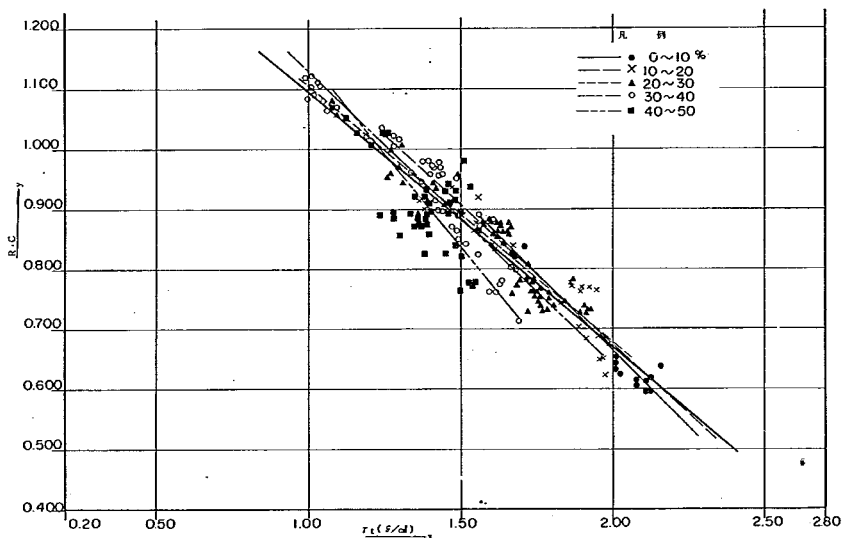


図 1-1-3 表面型, 密度計, 空気体積率 (U_a) 別校正曲線 (深さ方向 10 cm)

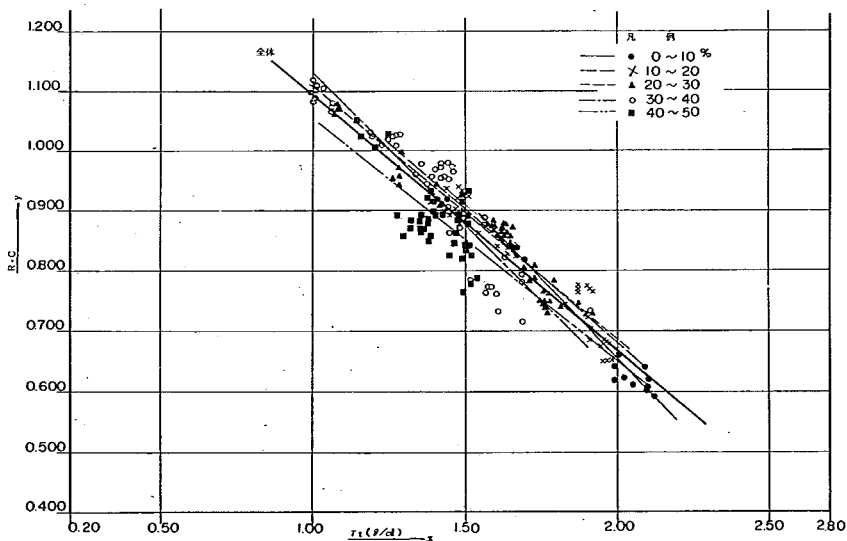


表 1-1-1 表面型 空気体積率 (v_a) 別校正データ(1)

$v_a = 0 \sim 10\%$ 深さ方向 5cm								$v_a = 10 \sim 20\%$ 深さ方向 5cm							
実験 No.	実験資料		v_a (%)	密度計		水分計		実験 No.	実験試料		v_a (%)	密度計		水分計	
	土質名称	土質分類		r_t (g/cm ³)	R.C	M(g/cm ³)	R.C		土質名称	土質分類		r_t (g/cm ³)	R.C	M(g/cm ³)	R.C
13	グラントの土	S.C	9.8	1.678	0.821	0.436	0.493	3	大阪マサ土	SM	17.2	1.856	0.776	0.202	0.217
"	"	"	6.7	1.711	0.840	0.465	0.508	"	"	"	15.9	1.889	0.766	0.204	0.213
"	"	"	9.2	1.667	0.828	0.452	0.523	"	"	"	17.7	1.856	0.775	0.195	0.214
31	緑川マサ土	SC-SM	8.6	2.006	0.633	0.282	0.335	"	"	"	13.4	1.944	0.765	0.210	0.209
"	"	"	8.9	2.006	0.651	0.278	0.320	"	"	"	16.5	1.894	0.771	0.191	0.212
"	"	"	2.3	2.161	0.641	0.293	0.321	"	"	"	14.3	1.922	0.770	0.209	0.219
"	"	"	8.6	2.011	0.641	0.279	0.320	"	"	"	18.2	1.831	0.745	0.201	0.212
32	緑川マサ土	SC-SM	4.1	2.117	0.597	0.289	0.346	12	グラントの土	S.C	19.0	1.478	0.895	0.406	0.461
"	"	"	3.9	2.128	0.597	0.286	0.342	"	"	"	18.0	1.467	0.920	0.428	0.468
"	"	"	4.0	2.117	0.611	0.290	0.334	"	"	"	16.9	1.483	0.899	0.437	0.468
"	"	"	6.0	2.078	0.605	0.283	0.336	13	グラントの土	S.C	10.9	1.667	0.822	0.425	0.470
"	"	"	4.2	2.117	0.619	0.289	0.338	"	"	"	11.9	1.606	0.838	0.445	0.495
"	"	"	5.6	2.083	0.612	0.285	0.338	"	"	"	10.1	1.667	0.840	0.438	0.512
"	"	"	8.3	2.025	0.623	0.277	0.334	"	"	"	11.1	1.606	0.840	0.458	0.525
								15	第2盛土	CH	13.0	1.544	0.866	0.462	0.525
								"	"	"	12.3	1.550	0.878	0.470	0.526
								"	"	"	12.7	1.556	0.926	0.459	0.498
								"	"	"	17.1	1.472	0.937	0.439	0.497
								30	緑川マサ土	SC-SM	19.1	1.883	0.702	0.188	0.213
								"	"	"	16.5	1.950	0.688	0.190	0.218
								"	"	"	15.8	1.972	0.683	0.188	0.219
								"	"	"	16.3	1.967	0.683	0.184	0.219
								"	"	"	16.2	1.961	0.683	0.189	0.219

表面型 空気体積率 (v_a) 別校正データ(2)

$v_a = 10 \sim 20 \%$

深さ方向 5 cm

$v_a = 20 \sim 30 \%$

深さ方向 5 cm

実験 No.	実験試料		v_a (%)	密度計		水分計		実験 No.	実験資料		v_a (%)	密度計		水分計	
	土質名称	土質分類		γ_s (g/cm^3)	R.C	M (g/cm^3)	R.C		土質名称	土質分類		γ_s (g/cm^3)	R.C	M (g/cm^3)	R.C
30	緑川マサ土	SC-SM	15.0	1.983	0.676	0.196	0.222	1	大阪マサ土	SM	26.6	1.639	0.847	0.184	0.186
"	"	"	18.5	1.906	0.686	0.184	0.213	"	"	"	27.9	1.617	0.880	0.176	0.182
31	緑川マサ土	SC-SM	10.8	1.956	0.650	0.277	0.322	"	"	"	25.8	1.661	0.878	0.183	0.179
"	"	"	10.4	1.972	0.622	0.274	0.329	"	"	"	25.2	1.667	0.870	0.190	0.173
"	"	"	11.0	1.958	0.650	0.272	0.326	"	"	"	29.5	1.572	0.874	0.178	0.172
								"	"	"	27.8	1.608	0.861	0.183	0.170
								2	大阪マサ土	SM	26.1	1.656	0.858	0.182	0.176
								"	"	"	27.1	1.636	0.867	0.178	0.175
								"	"	"	27.9	1.617	0.853	0.176	0.173
								"	"	"	27.5	1.628	0.872	0.176	0.170
								"	"	"	27.5	1.628	0.876	0.176	0.167
								5	姫路	ML	27.0	1.594	0.884	0.217	0.255
								"	"	"	26.3	1.600	0.879	0.224	0.262
								"	"	"	24.7	1.656	0.864	0.215	0.259
								"	"	"	25.3	1.622	0.868	0.227	0.264
								"	"	"	27.3	1.572	0.877	0.225	0.261
								7	砂質ローム	SM	29.4	1.489	0.962	0.231	0.261
								8	砂	SW	26.5	1.794	0.750	0.108	0.102
								"	"	"	28.3	1.761	0.741	0.099	0.103
								"	"	"	27.8	1.767	0.731	0.104	0.095
								"	"	"	27.4	1.783	0.732	0.100	0.092
								"	"	"	28.6	1.761	0.752	0.095	0.090
								"	"	"	29.6	1.717	0.736	0.105	0.087

表面型 空気体積率 (v_a) 別校正データ(3) $v_a = 20 \sim 30\%$

深さ方向 5 cm

 $v_a = 20 \sim 30\%$

深さ方向 5 cm

実験 No.	実験試料		v_a (%)	密度計		水分計		実験 No.	実験試料		v_a (%)	密度計		水分計	
	土質名称	土質分類		r_t (g/cm ³)	R. C	M(g/cm ³)	R. C		土質名称	土質分類		r_t (g/cm ³)	R. C	M(g/cm ³)	R. C
10	第一盛土	MH	28.2	1.083	1.070	0.496	0.509	25	緑川マサ土	SC-SM	27.6	1.744	0.764	0.134	0.161
"	"	"	29.3	1.078	1.081	0.482	0.506	"	"	"	25.9	1.789	0.761	0.135	0.156
"	"	"	27.5	1.094	1.063	0.501	0.520	"	"	"	27.0	1.761	0.767	0.133	0.153
12	グラントの土	SC	23.5	1.378	0.977	0.394	0.453	"	"	"	27.2	1.756	0.746	0.134	0.149
"	"	"	20.7	1.450	0.908	0.396	0.442	26	緑川マサ土	SC-SM	22.4	1.867	0.785	0.146	0.141
"	"	"	25.4	1.388	0.914	0.358	0.423	"	"	"	28.5	1.722	0.809	0.133	0.139
14	第二盛土	CH	26.1	1.306	0.942	0.396	0.422	"	"	"	28.5	1.733	0.782	0.126	0.140
"	"	"	29.4	1.261	0.955	0.369	0.434	"	"	"	29.9	1.694	0.782	0.126	0.137
"	"	"	28.6	1.272	0.957	0.377	0.439	29	緑川マサ土	SC-SM	26.1	1.744	0.752	0.157	0.184
"	"	"	26.0	1.300	0.972	0.400	0.437	"	"	"	27.4	1.717	0.782	0.153	0.184
"	"	"	28.6	1.272	0.999	0.377	0.425	"	"	"	25.7	1.750	0.762	0.160	0.180
"	"	"	25.1	1.306	1.009	0.396	0.425	"	"	"	29.6	1.683	0.772	0.138	0.176
15	第二盛土	CH	22.7	1.356	0.892	0.419	0.515	"	"	"	26.6	1.733	0.778	0.156	0.175
"	"	"	20.0	1.422	0.936	0.422	0.503	"	"	"	26.0	1.739	0.763	0.163	0.185
"	"	"	21.1	1.407	0.943	0.415	0.493	"	"	"	29.2	1.671	0.760	0.151	0.173
24	緑川マサ土	SC-SM	23.7	1.839	0.748	0.141	0.167								
"	"	"	20.8	1.917	0.726	0.141	0.171								
"	"	"	21.9	1.894	0.727	0.137	0.167								
"	"	"	20.9	1.917	0.730	0.140	0.164								
"	"	"	20.3	1.922	0.732	0.147	0.167								
"	"	"	21.5	1.906	0.740	0.136	0.163								
"	"	"	24.7	1.816	0.739	0.138	0.159								
25	緑川マサ土	SC-SM	28.7	1.717	0.788	0.133	0.154								

表面型 空気体積率 (v_a) 別校正データ(4) $v_a = 30 \sim 40\%$

深さ方向 5 cm

 $v_a = 30 \sim 40\%$

深さ方向 5 cm

実験 No.	実験試料		v_a (%)	密度計		水分計		実験 No.	実験試料		v_a (%)	密度計		水分計	
	土質名称	土質分類		r_t (g/cm ³)	R.C	M(g/cm ³)	R.C		土質名称	土質分類		r_t (g/cm ³)	R.C	M(g/cm ³)	R.C
2	大阪マサ土	SM	30.7	1.561	0.889	0.165	0.165	9	第一盛土	MH	35.9	1.017	1.089	0.413	0.435
"	"	"	30.7	1.564	0.873	0.167	0.162	"	"	"	37.8	1.000	1.083	0.393	0.425
4	姫路	ML	34.0	1.428	0.957	0.203	0.211	10	第一盛土	MH	32.1	1.050	1.079	0.455	0.475
"	"	"	34.4	1.439	0.958	0.190	0.206	"	"	"	30.3	1.083	1.072	0.464	0.484
"	"	"	36.1	1.411	0.973	0.179	0.213	"	"	"	30.5	1.100	1.069	0.450	0.465
"	"	"	31.3	1.494	0.953	0.206	0.220	"	"	"	33.4	1.064	1.067	0.425	0.458
"	"	"	35.3	1.400	0.958	0.199	0.219	11	烏井峠	SM	36.2	1.244	1.035	0.271	0.237
"	"	"	37.5	1.375	0.944	0.179	0.211	14	第二盛土	CH	33.2	1.194	1.023	0.349	0.415
6	砂質ローム	SM	38.5	1.283	1.023	0.209	0.218	16	砂	SW	39.6	1.528	0.825	0.020	0.024
"	"	"	39.2	1.283	1.008	0.199	0.228	"	"	"	39.9	1.522	0.839	0.018	0.024
"	"	"	37.1	1.300	1.017	0.222	0.227	17	砂	SW	39.1	1.444	0.899	0.081	0.064
7	砂質ローム	SM	33.8	1.395	0.980	0.218	0.256	"	"	"	39.8	1.428	0.898	0.080	0.067
"	"	"	31.6	1.433	0.980	0.229	0.265	"	"	"	38.2	1.461	0.904	0.085	0.067
"	"	"	32.6	1.411	0.972	0.227	0.266	"	"	"	39.9	1.422	0.916	0.081	0.062
"	"	"	31.6	1.433	0.969	0.229	0.260	18	碎石-①		37.2	1.489	0.865	0.088	—
"	"	"	34.4	1.372	0.980	0.221	0.255	19	碎石-②		37.7	1.472	0.871	0.068	—
"	"	"	36.5	1.340	0.961	0.206	0.244	"	"		37.0	1.494	0.890	0.064	—
8	砂	SW	31.4	1.688	0.714	0.093	0.082	"	"		37.4	1.494	0.851	0.058	—
9	第一盛土	MH	35.5	1.006	1.122	0.427	0.448	20	碎石-③		39.9	1.606	0.885	—	—
"	"	"	33.0	1.039	1.105	0.446	0.472	21	碎石-④		37.0	1.628	0.774	0.033	—
"	"	"	31.8	1.033	1.110	0.469	0.484	"	"		37.3	1.617	0.761	0.036	—
"	"	"	34.0	0.994	1.118	0.457	0.459	"	"		38.3	1.594	0.763	0.032	—
"	"	"	34.1	1.011	1.102	0.446	0.444	25	緑川マサ土	SC-SM	30.6	1.672	0.803	0.128	0.148

表面型 空気体積率 (v_a) 別校正データ (5)

$v_a = 30 \sim 40\%$ 深さ方向 5cm								$v_a = 40 \sim 50\%$ 深さ方向 5cm							
実験 No	実験試料		v_a (%)	密度計		水分計		実験 No	実験試料		v_a (%)	密度計		水分計	
	土質名称	土質分類		r_t (g/cm ³)	R.C	M (g/cm ³)	R.C		土質名称	土質分類		r_t (g/cm ³)	R.C	M (g/cm ³)	R.C
26	緑川マサ土	SC-SM	31.9	1.639	0.784	0.128	0.138	6	砂質ローム	SM	40.7	1.244	1.031	0.198	0.219
"	"	"	30.3	1.685	0.797	0.126	0.130	"	"	"	40.6	1.250	1.028	0.218	0.195
								"	"	"	40.2	1.267	1.028	0.226	0.191
								"	"	"	42.5	1.204	1.005	0.206	0.193
								11	鳥井峠	SM	43.9	1.128	1.051	0.218	0.232
								"	"	"	41.0	1.157	1.026	0.246	0.249
								16	砂	SW	41.3	1.489	0.843	0.016	0.024
								"	"	"	40.8	1.500	0.821	0.018	0.024
								"	"	"	41.3	1.483	0.843	0.019	0.024
								"	"	"	41.4	1.483	0.845	0.018	0.022
								"	"	"	42.8	1.449	0.826	0.017	0.021
								17	砂	SW	43.3	1.350	0.922	0.072	0.063
								"	"	"	41.2	1.394	0.917	0.078	0.065
								"	"	"	41.7	1.381	0.884	0.077	0.058
								18	碎石-①		48.1	1.233	0.893	0.072	—
								"	"		41.6	1.394	0.858	0.075	—
								"	"		41.7	1.383	0.891	0.082	—
								"	"		41.8	1.383	0.874	0.080	—
								"	"		42.7	1.350	0.870	0.085	—
								"	"		45.4	1.301	0.857	0.073	—
								19	碎石-②		46.1	1.278	0.895	0.055	—
								"	"		46.4	1.278	0.886	0.051	—
								"	"		42.0	1.378	0.872	0.058	—

表面型 v_s 別校正データ (6) $v_s = 40 \sim 50 \%$

深さ方向 5 cm

実験 No.	実験試料		v_s (%)	密度計		水分計	
	土質名称	土質分類		r_t (g/cm ³)	R.C	M(g/cm ³)	R.C
19	碎石-②		43.2	1.354	0.887	0.054	—
20	碎石-③		48.9	1.367	0.873	—	—
"	"		49.9	1.339	0.892	—	—
"	"		45.4	1.461	0.893	—	—
"	"		41.6	1.561	0.865	—	—
"	"		47.9	1.392	0.935	—	—
21	碎石-④		40.5	1.539	0.773	0.031	—
"	"		40.1	1.550	0.778	0.031	—
"	"		40.7	1.528	0.778	0.034	—
"	"		41.6	1.499	0.766	0.036	—
22	碎石-⑤		47.6	1.406	0.898	—	—
"	"		45.9	1.450	0.931	—	—
"	"		42.8	1.533	0.938	—	—
"	"		44.8	1.481	0.916	—	—
"	"		44.3	1.493	0.929	—	—
23	碎石-⑥		46.2	1.458	0.910	—	—
"	"		49.0	1.381	0.920	—	—
"	"		44.6	1.500	0.894	—	—
"	"		46.0	1.463	0.942	—	—
"	"		44.4	1.507	0.981	—	—
26	緑川マサ土	SC-SM	42.4	1.383	0.823	0.110	0.136

表1-1-2 表面型 v_s 別校正データ (7) $v_s = 0 \sim 10 \%$

深さ方向 10 cm

実験 No.	実験試料		v_s (%)	密度計		水分計	
	土質名称	土質分類		r_t (g/cm ³)	R.C	M(g/cm ³)	R.C
13	グランドの土	SC	8.7	1.695	0.821	0.441	0.493
"	"	"	9.0	1.659	0.840	0.458	0.508
"	"	"	9.9	1.667	0.840	0.438	0.512
31	緑川マサ土	SC-SM	8.6	2.006	0.633	0.282	0.335
"	"	"	9.5	1.992	0.622	0.277	0.329
"	"	"	5.7	2.086	0.641	0.283	0.321
"	"	"	9.8	1.985	0.641	0.276	0.320
32	緑川マサ土	SC-SM	3.9	2.122	0.597	0.346	0.290
"	"	"	4.2	2.122	0.597	0.342	0.285
"	"	"	5.0	2.097	0.611	0.334	0.288
"	"	"	5.1	2.097	0.605	0.336	0.285
"	"	"	4.9	2.100	0.619	0.338	0.286
"	"	"	7.0	2.054	0.612	0.338	0.281
"	"	"	8.3	2.025	0.623	0.334	0.277

表面型 空気体積率 (v_a) 別校正データ (8)

$v_a = 10 \sim 20\%$ 深さ方向 10 cm								$v_a = 10 \sim 20\%$ 深さ方向 10 cm							
実験 No.	実験 試料		v_a (%)	密 度 計		水 分 計		実験 No.	実験 試料		v_a (%)	密 度 計		水 分 計	
	土質名称	土質分類		γ_t (g/cm^3)	R.C	M(g/cm^3)	R.C		土質名称	土質分類		γ_t (g/cm^3)	R.C	M(g/cm^3)	R.C
3	大阪マサ土	SM	16.5	1.873	0.776	0.204	0.217	30	緑川マサ土	SC-SM	16.4	1.964	0.683	0.184	0.219
"	"	"	16.6	1.873	0.766	0.202	0.213	"	"	"	15.7	1.972	0.683	0.190	0.219
"	"	"	15.8	1.900	0.775	0.199	0.214	"	"	"	16.6	1.945	0.676	0.192	0.222
"	"	"	14.6	1.919	0.765	0.207	0.209	"	"	"	18.5	1.906	0.686	0.184	0.213
"	"	"	15.9	1.908	0.771	0.193	0.212	31	緑川マサ土	SC-SM	10.1	1.981	0.651	0.274	0.320
"	"	"	16.3	1.877	0.770	0.205	0.219	"	"	"	10.4	1.964	0.650	0.278	0.322
"	"	"	18.2	1.831	0.745	0.201	0.212	"	"	"	11.0	1.956	0.650	0.326	0.272
12	グラントの土	SC	19.3	1.473	0.895	0.405	0.461								
"	"	"	17.6	1.475	0.920	0.431	0.468								
"	"	"	17.8	1.467	0.899	0.433	0.468								
13	グラントの土	SC	10.4	1.673	0.822	0.427	0.470								
"	"	"	10.1	1.637	0.838	0.453	0.495								
"	"	"	10.7	1.637	0.828	0.444	0.523								
"	"	"	11.0	1.606	0.840	0.458	0.525								
15	第二盛土	CH	17.4	1.450	0.892	0.448	0.515								
"	"	"	12.8	1.547	0.866	0.463	0.525								
"	"	"	15.9	1.486	0.878	0.450	0.526								
"	"	"	16.3	1.489	0.936	0.442	0.503								
"	"	"	15.1	1.514	0.926	0.447	0.498								
"	"	"	18.9	1.440	0.937	0.429	0.497								
30	緑川マサ土	SC-SM	17.7	1.917	0.702	0.191	0.213								
"	"	"	16.1	1.961	0.688	0.191	0.218								
"	"	"	15.9	1.970	0.683	0.188	0.219								

表面型 空気体積率 (v_a) 別校正データ(9)

$v_a = 20 \sim 30\%$

深さ方向 10 cm

$v_a = 20 \sim 30\%$

深さ方向 10 cm

実験 No.	実験試料		v_a (%)	密度計		水分計		実験 No.	実験試料		v_a (%)	密度計		水分計	
	土質名称	土質分類		r_t (g/cm ³)	R.C	M(g/cm ³)	R.C		土質名称	土質分類		r_t (g/cm ³)	R.C	M(g/cm ³)	R.C
1	大阪マサ土	SM	26.2	1.648	0.847	0.185	0.186	10	第一盛土	MH	28.8	1.086	1.081	0.485	0.506
"	"	"	26.8	1.636	0.861	0.183	0.185	"	"	"	29.0	1.072	1.063	0.491	0.520
"	"	"	26.9	1.639	0.880	0.179	0.182	"	"	"	29.7	1.092	1.072	0.467	0.482
"	"	"	25.7	1.664	0.878	0.183	0.179	12	グラントの土	SC	20.8	1.428	0.977	0.408	0.453
"	"	"	27.3	1.620	0.870	0.185	0.173	"	"	"	22.4	1.419	0.908	0.387	0.442
"	"	"	28.7	1.590	0.874	0.180	0.172	"	"	"	25.4	1.388	0.914	0.358	0.423
"	"	"	27.8	1.608	0.861	0.183	0.170	14	第二盛土	CH	27.3	1.284	0.942	0.389	0.422
2	大阪マサ土	SM	26.5	1.647	0.858	0.181	0.176	"	"	"	29.1	1.267	0.955	0.371	0.434
"	"	"	27.4	1.628	0.867	0.177	0.175	"	"	"	27.8	1.286	0.957	0.381	0.439
"	"	"	27.6	1.623	0.853	0.177	0.173	"	"	"	26.8	1.286	0.972	0.396	0.437
"	"	"	27.5	1.628	0.872	0.176	0.170	"	"	"	27.6	1.289	0.999	0.382	0.425
"	"	"	29.0	1.595	0.876	0.172	0.167	15	第二盛土	CH	21.1	1.407	0.943	0.415	0.493
5	姫路	ML	26.8	1.597	0.884	0.217	0.255	24	緑川マサ土	SC-SM	22.1	1.878	0.748	0.144	0.167
"	"	"	25.0	1.628	0.879	0.228	0.262	"	"	"	21.3	1.906	0.726	0.140	0.171
"	"	"	24.7	1.639	0.864	0.226	0.259	"	"	"	21.4	1.906	0.727	0.138	0.167
"	"	"	26.4	1.597	0.868	0.224	0.264	"	"	"	20.8	1.920	0.730	0.140	0.164
"	"	"	27.3	1.572	0.877	0.225	0.261	"	"	"	20.6	1.914	0.732	0.146	0.167
8	砂	SW	27.2	1.778	0.750	0.107	0.102	"	"	"	24.7	1.816	0.739	0.138	0.159
"	"	"	28.2	1.764	0.741	0.099	0.103	25	緑川マサ土	SC-SM	29.7	1.695	0.803	0.130	0.148
"	"	"	27.4	1.775	0.731	0.105	0.095	"	"	"	28.1	1.731	0.788	0.134	0.154
"	"	"	27.9	1.772	0.732	0.099	0.092	"	"	"	26.7	1.766	0.764	0.136	0.161
"	"	"	29.0	1.749	0.752	0.094	0.090	"	"	"	26.5	1.775	0.761	0.134	0.156
10	第一盛土	MH	28.4	1.081	1.070	0.495	0.509	"	"	"	27.1	1.759	0.767	0.133	0.153

表面型 空気体積率 (v_a) 別校正データ (10)

$v_a = 20 \sim 30 \%$ 深さ方向 10cm								$v_a = 30 \sim 40 \%$ 深さ方向 10cm							
実験 No.	実験試料		v_a (%)	密度計		水分計		実験 No.	実験試料		v_a (%)	密度計		水分計	
	土質名称	土質分類		r_t (g/cm ³)	R.C	M(g/cm ³)	R.C		土質名称	土質分類		r_t (g/cm ³)	R.C	M(g/cm ³)	R.C
25	緑川マサ土	SC-SM	27.2	1.756	0.746	0.134	0.149	2	大阪マサ土	SM	30.6	1.563	0.889	0.166	0.165
26	緑川マサ土	SC-SM	25.4	1.795	0.785	0.140	0.141	"	"	"	30.5	1.564	0.873	0.167	0.162
			28.3	1.728	0.809	0.133	0.139	4	姫路	ML	33.7	1.434	0.957	0.204	0.211
			29.3	1.714	0.782	0.125	0.140	"	"	"	35.1	1.425	0.958	0.188	0.206
								"	"	"	34.2	1.453	0.973	0.185	0.213
								"	"	"	33.5	1.447	0.953	0.200	0.220
								"	"	"	36.0	1.388	0.958	0.196	0.219
								"	"	"	36.8	1.375	0.944	0.190	0.211
								6	砂質ローム	SM	39.4	1.264	1.023	0.206	0.218
								"	"	"	39.8	1.267	1.028	0.198	0.218
								"	"	"	39.5	1.275	1.008	0.198	0.228
								"	"	"	39.4	1.284	1.028	0.194	0.226
								"	"	"	39.6	1.248	1.017	0.213	0.227
								7	砂質ローム	SM	31.5	1.442	0.980	0.225	0.256
								"	"	"	30.7	1.461	0.964	0.226	0.261
								"	"	"	32.1	1.422	0.980	0.228	0.265
								"	"	"	32.0	1.422	0.972	0.229	0.266
								"	"	"	33.0	1.403	0.969	0.224	0.260
								"	"	"	35.2	1.356	0.980	0.218	0.255
								"	"	"	36.5	1.340	0.961	0.206	0.244
								8	砂	SW	34.3	1.603	0.736	0.098	0.087
								"	"	"	31.4	1.688	0.714	0.093	0.082
								9	第一盛土	MH	34.4	1.023	1.112	0.434	0.448

表面型 空気体積率 (v_a) 別校正データ (11)

v _a = 30 ~ 40 %				深さ方向 10 cm				v _a = 30 ~ 40 %				深さ方向 10 cm			
実験 No.	実 験 試 料		v _a (%)	密 度 計		水 分 計		実験 No.	実 験 試 料		v _a (%)	密 度 計		水 分 計	
	土質名称	土質分類		r _t (g/cm ³)	R. C	M(g/cm ³)	R. C		土質名称	土質分類		r _t (g/cm ³)	R. C	M(g/cm ³)	R. C
9	第一盛土	MH	33.2	1.036	1.105	0.444	0.472	26	緑川マサ土	SC-SM	30.1	1.690	0.782	0.126	0.137
"	"	"	33.1	1.014	1.110	0.460	0.484	"	"	"	30.3	1.685	0.797	0.126	0.130
"	"	"	33.4	1.003	1.118	0.461	0.459								
"	"	"	33.9	1.014	1.102	0.447	0.444								
"	"	"	36.4	1.009	1.089	0.410	0.435								
"	"	"	37.8	1.000	1.083	0.393	0.425								
10	第一盛土	MH	31.0	1.067	1.079	0.462	0.475								
"	"	"	31.6	1.064	1.069	0.465	0.425								
"	"	"	33.4	1.064	1.067	0.425	0.458								
11	鳥井峠	SM	39.1	1.186	1.035	0.259	0.237								
14	第二盛土	CH	30.7	1.225	1.009	0.371	0.425								
"	"	"	33.2	1.194	1.023	0.349	0.415								
17	砂	SW	39.1	1.444	0.898	0.081	0.067								
"	"	"	39.0	1.442	0.904	0.084	0.067								
18	碎石-①		39.2	1.442	0.865	0.085	—								
19	碎石-②		38.6	1.483	0.871	0.068	—								
"	"		38.4	1.494	0.890	0.064	—								
21	碎石-④		38.7	1.584	0.774	0.032	—								
"	"		39.0	1.578	0.773	0.032	—								
"	"		37.7	1.606	0.761	0.035	—								
"	"		39.2	1.572	0.763	0.031	—								
26	緑川マサ土	SC-SM	37.2	1.511	0.784	0.118	0.138								
"	"	"	32.3	1.625	0.823	0.129	0.136								

表面型 空気体積率 (v_a) 別校正データ (12)

$v_a = 40 \sim 50\%$				深さ方向 10cm				$v_a = 40 \sim 50\%$				深さ方向 10cm			
実験	実験試料		v_a (%)	密度計		水分計		実験	実験試料		v_a (%)	密度計		水分計	
No.	土質名称	土質分類		γ_t (g/cm^3)	R.C	M (g/cm^3)	R.C	No.	土質名称	土質分類		γ_t (g/cm^3)	R.C	M (g/cm^3)	R.C
6	砂質ローム	SM	40.6	1.247	1.031	0.198	0.219	19	碎石-②		47.3	1.278	0.895	0.055	—
"	"	"	42.5	1.204	1.005	0.193	0.206	"	"		45.5	1.328	0.886	0.053	—
11	鳥井峠	SM	43.1	1.143	1.051	0.221	0.232	"	"		43.8	1.366	0.872	0.057	—
"	"	"	41.0	1.157	1.026	0.246	0.249	"	"		44.4	1.354	0.887	0.054	—
16	砂	SW	40.5	1.509	0.843	0.017	0.024	20	碎石-③		44.4	1.486	0.885	—	—
"	"	"	40.1	1.514	0.825	0.020	0.024	"	"		49.4	1.353	0.873	—	—
"	"	"	41.1	1.492	0.821	0.018	0.024	"	"		47.6	1.400	0.892	—	—
"	"	"	40.5	1.503	0.843	0.020	0.024	"	"		43.5	1.511	0.893	—	—
"	"	"	40.6	1.503	0.839	0.018	0.024	"	"		44.8	1.477	0.865	—	—
"	"	"	42.1	1.466	0.845	0.018	0.022	"	"		47.9	1.392	0.935	—	—
"	"	"	42.8	1.449	0.826	0.017	0.021	21	碎石-④		40.5	1.539	0.788	0.031	—
17	砂	SW	41.1	1.397	0.899	0.078	0.064	"	"		41.3	1.513	0.788	0.033	—
"	"	"	42.4	1.372	0.922	0.073	0.063	"	"		41.6	1.499	0.766	0.036	—
"	"	"	40.5	1.411	0.917	0.079	0.065	22	碎石-⑤		46.8	1.428	0.898	—	—
"	"	"	40.8	1.402	0.916	0.080	0.062	"	"		44.4	1.492	0.931	—	—
"	"	"	41.7	1.381	0.884	0.077	0.058	"	"		43.8	1.507	0.938	—	—
18	碎石-①		42.7	1.361	0.893	0.079	—	"	"		44.6	1.487	0.916	—	—
"	"		41.9	1.388	0.858	0.075	—	"	"		44.3	1.493	0.929	—	—
"	"		41.7	1.383	0.891	0.082	—	23	碎石-⑥		47.6	1.420	0.910	—	—
"	"		42.4	1.367	0.874	0.079	—	"	"		46.8	1.441	0.920	—	—
"	"		43.7	1.326	0.870	0.084	—	"	"		45.3	1.482	0.894	—	—
"	"		45.4	1.301	0.857	0.073	—	"	"		45.2	1.485	0.942	—	—
19	碎石-②		43.2	1.386	0.851	0.054	—	"	"		44.4	1.507	0.881	—	—

表 1-1-3 空気体積率別の校正曲線式

深さ方向 5 cm

v_a (%)	測定数	校正曲線式	不偏分散の平方根 RV (ばらつき)	相関係数 R	備 考
0~10	14	$y = -0.502x + 1.665$	0.0243	-0.966	y は計数率 R・C x は土の湿潤密度 γ_w で ある
10~20	28	$y = -0.463x + 1.600$	0.0329	-0.940	
20~30	61	$y = -0.431x + 1.538$	0.0317	-0.947	
30~40	48	$y = -0.485x + 1.611$	0.0366	-0.944	
40~50	44	$y = -0.620x + 1.769$	0.0654	-0.805	
全 体	195	$y = -0.428x + 1.524$	0.0422	-0.938	

深さ方向 10 cm

v_a (%)	測定数	校正曲線式	不偏分散の平方根 RV (ばらつき)	相関係数 R	備 考
0~10	14	$y = -0.530x + 1.713$	0.0189	-0.981	y は計数率 R・C x は土の湿潤密度 γ_w で ある
10~20	30	$y = -0.443x + 1.564$	0.0298	-0.953	
20~30	50	$y = -0.421x + 1.527$	0.0270	-0.964	
30~40	48	$y = -0.504x + 1.634$	0.0431	-0.928	
40~50	46	$y = -0.398x + 1.452$	0.0452	-0.652	
全 体	188	$y = -0.425x + 1.519$	0.0413	-0.931	

深さ 10 cm にて整理した結果 (図 1-1-3) について考察する。全般的にバラツキが大きく、特に $v_a = 30 \sim 40\%$ 、 $40 \sim 50\%$ では、密度が loose になることと、粒径が大きくなることによる試料表面状態の悪化が影響して、 $v_a = 30\%$ 以下の場合の 1.5 ~ 2 倍のバラツキを示している。したがって v_a と校正曲線式の関係は、つまびらかではないが、全体的にみて、 v_a が大になるに従って計数比が低くなっていく傾向にある。また全体を通して引かれた全体式の勾配に比して、個々の v_a の式の勾配は大きい。深さ 5 cm にて整理した結果 (図 1-1-2) についても同様のことがいえる。

1-2 含水比 (w) 別による校正曲線の検討

校正実験で得られた校正容器の各段ごとに 5 cm、10 cm のそれぞれの含水比を求め 10 % の階級に分けそれぞれの校正曲線式を求めた。この校正データを表 1-1-4、表 1-1-5 に、これをもとにして計算した含水比別の校正曲線を表 1-1-6 に示す。またそれぞれの含水比別の校正曲線を図 1-1-4、図 1-1-5 に示す。

図 1-1-4 表面型 密度計，含水比 (W) 別校正曲線 (深さ方向 5 cm)

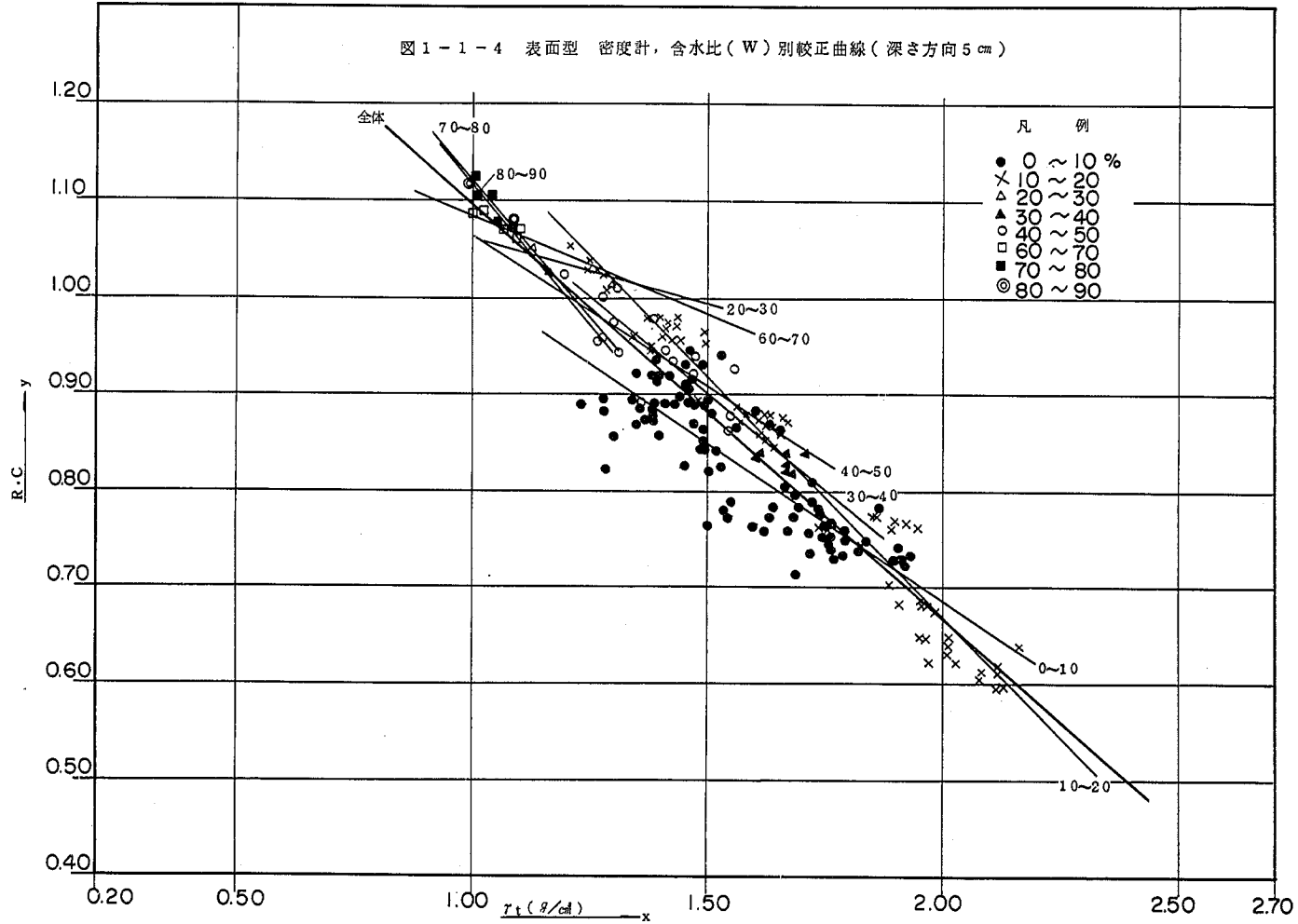


図 1-1-5 表面型，密度計，含水比 (W) 別校正曲線 (深さ方向 10 cm)

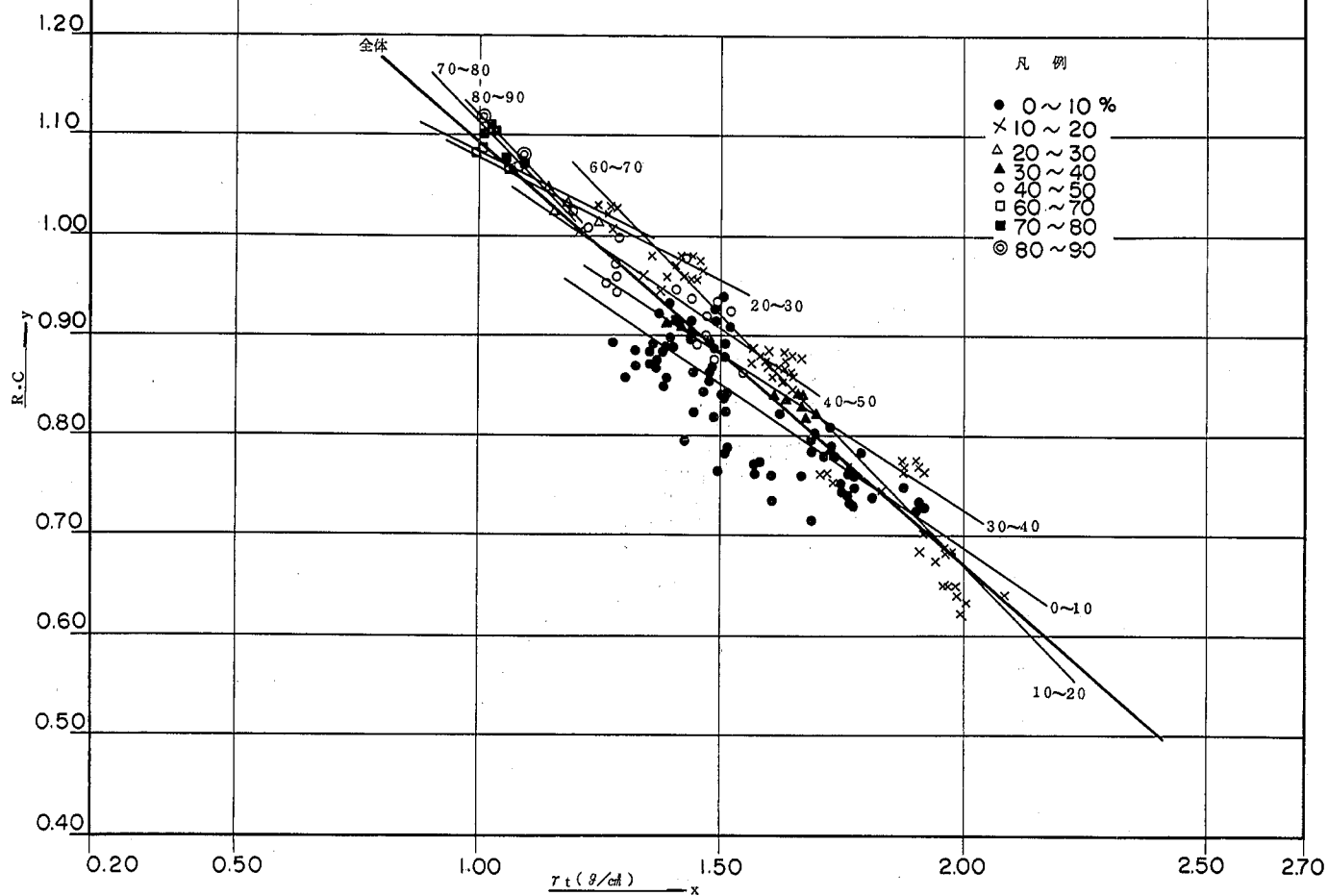


表 1-1-4 表面型 含水比(w)別校正データ(1)

w = 0 ~ 10 %								w = 0 ~ 10 %							
深さ方向 5 cm								深さ方向 5 cm							
実験 №	実験 試料		w (%)	密度 計		水分 計		実験 №	実験 試料		w (%)	密度 計		水分 計	
	土質名称	土質分類		r_s (g/cm ³)	R.C	M(g/cm ³)	R.C		土質名称	土質分類		r_s (g/cm ³)	R.C	M(g/cm ³)	R.C
8	砂	SW	6.4	1.794	0.750	0.108	0.102	18	碎石-①		5.7	1.394	0.858	0.075	—
"	"	"	5.9	1.761	0.741	0.099	0.103	"	"		6.3	1.383	0.891	0.082	—
"	"	"	6.3	1.767	0.731	0.104	0.095	"	"		6.2	1.383	0.874	0.080	—
"	"	"	5.9	1.783	0.732	0.100	0.092	"	"		6.7	1.350	0.870	0.085	—
"	"	"	5.7	1.761	0.752	0.095	0.090	"	"		5.9	1.301	0.857	0.073	—
"	"	"	6.5	1.717	0.736	0.105	0.087	19	碎石-②		4.8	1.472	0.871	0.068	—
"	"	"	5.8	1.688	0.714	0.093	0.082	"	"		4.5	1.494	0.890	0.064	—
16	砂	SW	1.1	1.489	0.843	0.016	0.024	"	"		4.1	1.494	0.851	0.058	—
"	"	"	1.3	1.528	0.825	0.020	0.024	"	"		4.5	1.278	0.895	0.055	—
"	"	"	1.2	1.500	0.821	0.018	0.024	"	"		4.2	1.278	0.886	0.051	—
"	"	"	1.3	1.483	0.843	0.019	0.024	"	"		4.4	1.378	0.872	0.058	—
"	"	"	1.2	1.522	0.839	0.018	0.024	"	"		4.2	1.354	0.887	0.054	—
"	"	"	1.2	1.483	0.845	0.018	0.022	20	碎石-③		0	1.606	0.885	—	—
"	"	"	1.2	1.449	0.826	0.017	0.021	"	"		0	1.367	0.873	—	—
17	砂	SW	5.9	1.444	0.899	0.081	0.064	"	"		0	1.339	0.892	—	—
"	"	"	5.6	1.350	0.922	0.072	0.063	"	"		0	1.461	0.893	—	—
"	"	"	5.9	1.394	0.917	0.078	0.065	"	"		0	1.561	0.865	—	—
"	"	"	5.9	1.428	0.898	0.080	0.067	"	"		0	1.392	0.935	—	—
"	"	"	6.2	1.461	0.904	0.085	0.067	21	碎石-④		2.0	1.628	0.774	0.033	—
"	"	"	6.0	1.422	0.916	0.081	0.062	"	"		2.0	1.539	0.773	0.031	—
"	"	"	5.9	1.381	0.884	0.077	0.058	"	"		2.2	1.617	0.761	0.036	—
18	碎石-①		6.2	1.233	0.893	0.072	—	"	"		2.0	1.594	0.763	0.032	—
"	"		6.3	1.489	0.865	0.088	—	"	"		2.0	1.550	0.788	0.031	—

表面型 含水比(w)別校正データ(2)

w=0~10%		深さ方向 5cm						w=0~10%		深さ方向 5cm					
実験 №	実験試料		w (%)	密度計		水分計		実験 №	実験試料		w (%)	密度計		水分計	
	土質名称	土質分類		r_s (g/cm ³)	R.C	M(g/cm ³)	R.C		土質名称	土質分類		r_s (g/cm ³)	R.C	M(g/cm ³)	R.C
21	碎石-④		2.2	1.528	0.778	0.034	—	25	緑川マサ土	SC-SM	8.2	1.761	0.767	0.133	0.153
"	"		2.5	1.499	0.766	0.036	—	"	"	"	8.2	1.756	0.746	0.134	0.149
22	碎石-⑤		0	1.406	0.898	—	—	26	緑川マサ土	SC-SM	8.4	1.639	0.784	0.128	0.138
"	"		0	1.450	0.931	—	—	"	"	"	8.6	1.383	0.823	0.110	0.136
"	"		0	1.533	0.938	—	—	"	"	"	8.5	1.867	0.785	0.146	0.141
"	"		0	1.481	0.916	—	—	"	"	"	8.3	1.722	0.809	0.133	0.139
"	"		0	1.493	0.929	—	—	"	"	"	7.9	1.733	0.782	0.126	0.140
23	碎石-⑥		0	1.458	0.910	—	—	"	"	"	8.1	1.694	0.782	0.126	0.137
"	"		0	1.381	0.920	—	—	"	"	"	8.1	1.685	0.797	0.126	0.130
"	"		0	1.500	0.894	—	—	29	緑川マサ土	SC-SM	9.9	1.744	0.752	0.157	0.184
"	"		0	1.463	0.942	—	—	"	"	"	9.8	1.717	0.782	0.153	0.184
"	"		0	1.507	0.881	—	—	"	"	"	8.9	1.683	0.772	0.138	0.176
24	緑川マサ土	SC-SM	8.3	1.839	0.748	0.141	0.167	"	"	"	9.9	1.733	0.778	0.156	0.175
"	"	"	7.9	1.917	0.726	0.141	0.171	"	"	"	9.9	1.671	0.760	0.151	0.173
"	"	"	7.8	1.894	0.727	0.137	0.167								
"	"	"	7.9	1.917	0.730	0.140	0.164								
"	"	"	8.3	1.922	0.732	0.147	0.167								
"	"	"	7.7	1.906	0.740	0.136	0.163								
"	"	"	8.2	1.816	0.739	0.138	0.159								
25	緑川マサ土	SC-SM	8.3	1.672	0.803	0.128	0.148								
"	"	"	8.4	1.717	0.788	0.133	0.154								
"	"	"	8.4	1.744	0.764	0.134	0.161								
"	"	"	8.2	1.789	0.761	0.135	0.156								

表面型 含水比(w)別校正データ(3)

w=10~20%			深さ方向 5cm				w=10~20%			深さ方向 5cm					
実験 No	実験 資 料		w (%)	密 度 計		水 分 計		実験 No	実 験 試 料		w (%)	密 度 計		水 分 計	
	土質名称	土質分類		γ_t (g/cm ³)	R. C	M(g/cm ³)	R. C		土質名称	土質分類		γ_t (g/cm ³)	R. C	M (g/cm ³)	R. C
1	大阪マサ土	SM	12.6	1.639	0.847	0.184	0.186	4	姫 路	ML	16.0	1.494	0.953	0.206	0.220
"	"	"	12.2	1.617	0.880	0.176	0.184	"	"	"	16.6	1.400	0.958	0.199	0.219
"	"	"	12.4	1.661	0.878	0.183	0.179	"	"	"	14.9	1.375	0.944	0.179	0.211
"	"	"	12.9	1.667	0.870	0.190	0.173	5	姫 路	ML	15.7	1.594	0.884	0.217	0.255
"	"	"	12.7	1.572	0.874	0.178	0.172	"	"	"	16.3	1.600	0.879	0.224	0.262
"	"	"	12.9	1.608	0.861	0.183	0.170	"	"	"	14.9	1.656	0.864	0.215	0.259
2	大阪マサ土	SM	12.4	1.656	0.858	0.182	0.176	"	"	"	16.3	1.622	0.868	0.227	0.264
"	"	"	12.2	1.636	0.867	0.178	0.175	"	"	"	16.7	1.572	0.877	0.225	0.261
"	"	"	12.2	1.617	0.853	0.176	0.173	6	砂質ローム	SM	19.5	1.283	1.023	0.209	0.218
"	"	"	12.1	1.628	0.872	0.176	0.170	"	"	"	18.9	1.244	1.031	0.198	0.219
"	"	"	12.1	1.628	0.876	0.176	0.167	"	"	"	18.5	1.250	1.028	0.195	0.218
"	"	"	11.9	1.561	0.889	0.165	0.165	"	"	"	18.3	1.283	1.008	0.199	0.228
"	"	"	12.0	1.564	0.873	0.167	0.162	"	"	"	17.8	1.267	1.028	0.191	0.226
3	大阪マサ土	SM	12.2	1.856	0.776	0.202	0.217	"	"	"	19.0	1.204	1.055	0.193	0.206
"	"	"	12.1	1.889	0.766	0.204	0.213	7	砂質ローム	SM	18.5	1.395	0.980	0.218	0.256
"	"	"	11.7	1.856	0.775	0.195	0.214	"	"	"	18.3	1.489	0.964	0.231	0.261
"	"	"	12.1	1.944	0.765	0.210	0.209	"	"	"	19.0	1.433	0.980	0.229	0.265
"	"	"	11.2	1.894	0.771	0.191	0.212	"	"	"	19.2	1.411	0.972	0.227	0.266
"	"	"	12.2	1.922	0.770	0.209	0.219	"	"	"	19.0	1.433	0.969	0.229	0.260
"	"	"	12.4	1.831	0.745	0.201	0.212	"	"	"	19.2	1.372	0.980	0.221	0.255
4	姫 路	ML	16.6	1.428	0.957	0.203	0.211	"	"	"	18.2	1.340	0.961	0.206	0.244
"	"	"	15.2	1.439	0.958	0.190	0.206	29	緑川マサ土	SC-SM	10.1	1.750	0.762	0.160	0.180
"	"	"	14.5	1.411	0.973	0.179	0.213	"	"	"	10.4	1.739	0.763	0.163	0.185

表面型 含水比(w)別校正データ(4)

w=10~20%				深さ方向 5cm				w=20~30%				深さ方向 5cm			
実験 No.	実 験 試 料		w (%)	密 度 計		水 分 計		実験 No.	実 験 試 料		w (%)	密 度 計		水 分 計	
	土質名称	土質分類		r_t (g/cm ³)	R.C	M(g/cm ³)	R.C		土質名称	土質分類		r_t (g/cm ³)	R.C	M(g/cm ³)	R.C
30	緑川マサ土	SC-SM	11.1	1.883	0.702	0.188	0.213	6	砂質ローム	SM	20.6	1.300	1.017	0.222	0.227
"	"	"	10.8	1.950	0.688	0.190	0.218	11	烏 井 峠	SM	27.9	1.244	1.035	0.271	0.237
"	"	"	10.6	1.972	0.683	0.188	0.219	"	"	"	23.9	1.128	1.051	0.218	0.232
"	"	"	10.3	1.967	0.683	0.184	0.219	"	"	"	27.1	1.157	1.026	0.246	0.249
"	"	"	10.7	1.961	0.683	0.189	0.219								
"	"	"	11.0	1.983	0.676	0.196	0.222								
"	"	"	10.7	1.906	0.686	0.184	0.213								
31	緑川マサ土	SC-SM	16.4	2.006	0.633	0.282	0.335								
"	"	"	16.1	2.006	0.651	0.278	0.320								
"	"	"	16.5	1.956	0.650	0.277	0.322								
"	"	"	16.1	1.972	0.622	0.274	0.329								
"	"	"	15.7	2.161	0.641	0.293	0.321								
"	"	"	16.1	2.011	0.641	0.279	0.320								
"	"	"	16.1	1.958	0.650	0.272	0.326								
32	緑川マサ土	SC-SM	15.8	2.117	0.597	0.289	0.346								
"	"	"	15.5	2.128	0.597	0.286	0.342								
"	"	"	15.9	2.117	0.611	0.290	0.334								
"	"	"	15.7	2.078	0.605	0.283	0.336								
"	"	"	15.8	2.117	0.619	0.289	0.338								
"	"	"	15.8	2.083	0.612	0.285	0.338								
"	"	"	15.8	2.025	0.623	0.277	0.334								

表 1 - 1 - 6 含水比別の校正曲線式

深さ方向 5 cm

w (%)	測定数	校正曲線式	不偏分散の平方根 (ばらつき) R V	相関係数 R	備 考
0~10	83	$y = -0.321x + 1.330$	0.0375	-0.836	y は計数率 R.C x は土の湿潤密度 r_t である
10~20	67	$y = -0.502x + 1.673$	0.0267	-0.982	
20~30	4	$y = -0.132x + 1.192$	0.0123	-0.723	
30~40	10	$y = -0.397x + 1.496$	0.0325	-0.802	
40~50	17	$y = -0.311x + 1.374$	0.0282	-0.790	
60~70	4	$y = -0.200x + 1.286$	0.0070	-0.847	
70~80	5	$y = -0.578x + 1.696$	0.0107	-0.890	
80~90	5	$y = -0.563x + 1.683$	0.0072	-0.967	
全 体	195	$y = -0.428x + 1.524$	0.0422	-0.938	

深さ方向 10 cm

w (%)	測定数	校正曲線式	不偏分散の平方根 (ばらつき) R V	相関係数 R	備 考
0~10	81	$y = -1.330x + 1.345$	0.0380	-0.829	y は計数率 R.C x は土の湿潤密度 r_t である
10~20	62	$y = -0.493x + 1.657$	0.0283	-0.974	
20~30	4	$y = -0.241x + 1.318$	0.0112	-0.775	
30~40	10	$y = -0.312x + 1.350$	0.0073	-0.982	
40~50	17	$y = -0.327x + 1.397$	0.0258	-0.828	
60~70	4	$y = -0.243x + 1.329$	0.0053	-0.915	
70~80	5	$y = -0.501x + 1.618$	0.0074	-0.931	
80~90	5	$y = -0.571x + 1.689$	0.0107	-0.925	
全 体	188	$y = -0.425x + 1.519$	0.0413	-0.931	

深さ 10 cm にて整理した結果 (図 1 - 1 - 5) について考察する。これも全般的にバラツキが大きいのであるが、特に低含水比領域で大きいのは、これを占める試料にレキ、碎石等粒径の大なるものが含まれてきて試料の表面状態が悪化するためである。

全体を通して引かれた校正曲線の全体式を基準に考えると、高含水比の試料は計数比が高くグラフの上方へ、低含水比の試料は計数比が低く、グラフの下方へ位置する傾向にある。

ところで、含水比が高くなるに従って、試料全体に H_2O の含まれる割合が増す。

普通の土等の構成物質においては、原子番号 (二軌道電子数) と質量数の比は、1:2 であるが、 H_2O の場合は、H が 1:1 で、O が 1:2 であるので H_2O 全体の場合はみかけ上、10:18 となり、

計算上(実際はこのような簡単な計算ではないが)水の場合には密度を10%低く評価するか、または10%余分に計数することになり、 H_2O を多量に含む程、校正曲線は上方へ移動する。

このことから高含水比になるに従って、計数比が高くなる傾向にあることがわかる。

深さ5 cmにて整理した結果(図1-1-4)についても同様のことがいえる。

1-3 特殊物質による校正曲線

表1-1-7に示すような土以外の物質による校正点を図1-1-6に示す。

表 1-1-7

物 質	厚 さ	密 度	計 数 比	測 定 数	$\sqrt{V}$
水	—	1.00	1.238	5	0.0133
ベークライト	1 cm / 1 枚	1.38	1.123	5	0.0116
ガラス板	0.5 cm / 1 枚	2.45	0.549	5	0.0036
ミカゲ石	1.2 cm	2.63	0.458	5	0.0041

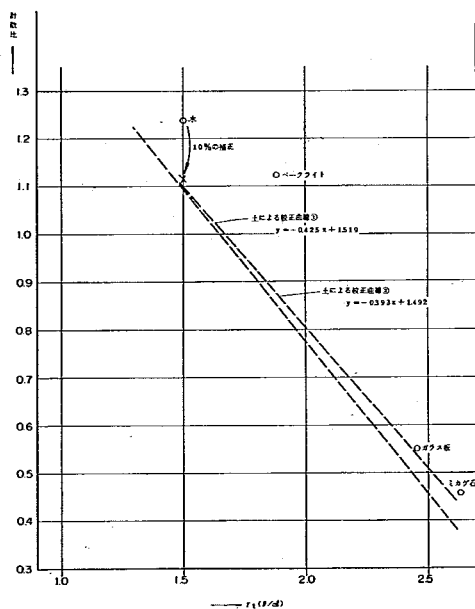


図 1-1-6 表面型密度計, 特殊物質による校正点

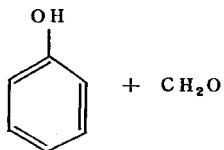
図中には深さ10 cm方向について整理した土の全体校正曲線式を示している。①は碎石と緑川マサ土を含めた実験番号1~32の校正曲線で、②は前報告において示した実験番号1~17の校正曲線である。水とベークライトの校正点がこれら校正曲線から大きく離れている。特にベークライトの離れが著るしいが、これはベークライトの持つ化学組成^{*}の特殊性がガンマ線の後方散乱現象に影響を強くおよぼしているのだろうか。ガラス板とミカゲ石はほとんど土と同一の化学組成を有していると思われるが、これらは比較的校正曲線の近くに位置している。特に②とは一致しているとみても差つかえない程度である。また一方水については

1-2において述べたような10%の補正を行なえば、ほとんど校正曲線に一致してくるようである。これら特殊物質と土の試料との校正曲線の関係は今後マスター・キャリブレーション・カーブの作

成にも関連してさらに検討を進めなければならない問題であろう。

※

〔注〕 ペークライト板はフェノール・ホルムアルデヒド樹脂であるが、その原型であるフェノール・ホルムアルデヒドの化学式を示すと次の通りである。



第2章 表面型水分プローブの校正曲線の検討

前報告では土を細粒度と粗粒度に大きく分けて、校正曲線の検討を行なった。

その結果によると校正曲線のバラツキは少なく、充分直線近似できるが細粒土系と粗粒土系では、直線にわずかながら差があり、粗粒土に比べて、細粒度は上方へわずかに平行移動する傾向がある。ここではさらに密度プローブと同様に空気体積率 (V_a) 別について、それぞれの校正曲線を求め V_a の影響を検討したものである。

2-1 空気体積率 (V_a) 別による校正曲線

校正実験で得られた校正データを校正容器の各段ごとに深さ方向 5 cm, 10 cm のそれぞれの空気体積率を求め、10% の階級に分け、それぞれの校正曲線式を求めた。

空気体積率別の校正データを表 1-1-1, 表 1-1-2 に示し、これをもとに計算されたそれぞれの校正曲線式を、表 1-2-1 に、また校正曲線を図 1-2-1, 図 1-2-2 に示す。

表 1-2-1 空気体積率別の校正曲線式

深さ方向 5 cm

$V_a(\%)$	測定数	校正曲線式	不偏分散の平方根 RV (ばらつき)	相関係数 R	備 考
0~10	14	$y=1.064x+0.036$	0.0101	0.992	y は計数率 $R \cdot C$ x は土の水分密度 M である
10~20	28	$y=1.122x-0.000$	0.0132	0.995	
20~30	61	$y=1.123x-0.005$	0.0199	0.989	
30~40	40	$y=1.051x+0.002$	0.0191	0.992	
40~50	15	$y=0.982x-0.002$	0.0196	0.977	
全 体	158	$y=1.111x-0.003$	0.0203	0.990	

深さ方向 10 cm

$V_a(\%)$	測定数	校正曲線式	不偏分散の平方根 RV (ばらつき)	相関係数 R	備 考
0~10	14	$y=1.160x-0.056$	0.0567	0.792	y は計数率 $R \cdot C$ x は水分密度 M である
10~20	30	$y=1.142x-0.009$	0.0215	0.988	
20~30	50	$y=1.106x-0.005$	0.0184	0.991	
30~40	41	$y=1.028x+0.010$	0.0212	0.987	
40~50	16	$y=1.039x-0.003$	0.0118	0.991	
全 体	151	$y=1.100x+0.001$	0.0234	0.987	

図 1-2-1 表面型，水分計，空気体積率 (U_a)
別校正曲線 (5 cm)

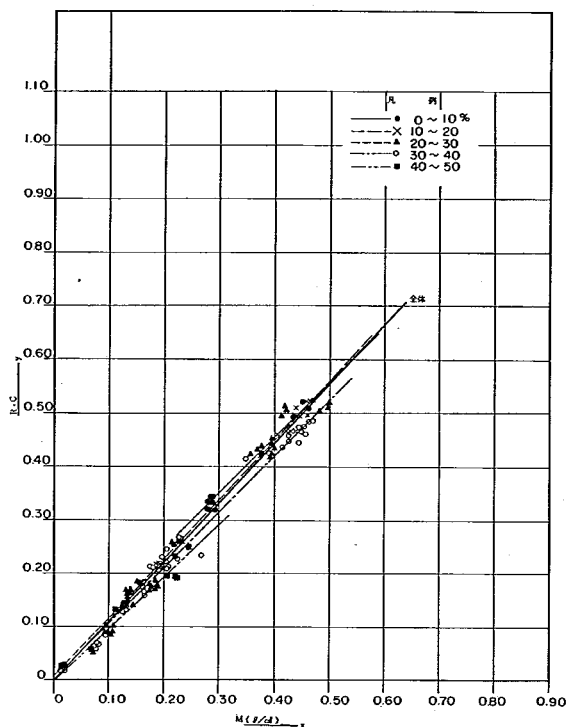


図 1-2-2 表面型，水分計，空気体積率 (U_a)
別校正曲線 (10 cm)

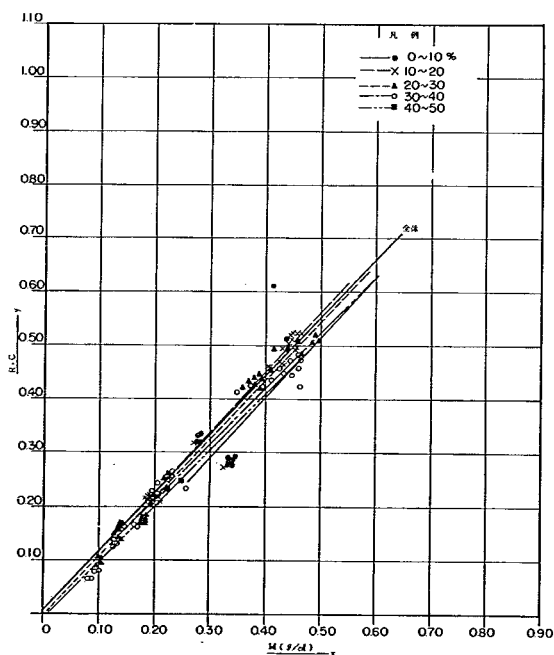


図 1-2-1, 図 1-2-2 に示した校正曲線についてみると，空気体積率の大きい方からほぼ各曲線は上方へわずかに平行移動する傾向がみられる。

ところで空気体積率の大きいほうは，レキや砂などの粗粒土系の占める割合が大きく，空気体積の小さい方は大部分が細粒土系の土でしめられていることから，前報告の結果と同様のこととなる。

各曲線のばらつきの程度は小さく，ほぼ一定している。

また，これらを全体表示したものについてのばらつきとも，ほぼ同程度であり，空気体積率による影響は，あまり問題にならないと考えられる。

第3章 較正曲線のまとめ

以上考察した結果をまとめると次のようになる。

3-1 背面散乱式密度プローブ

全般的にバラツキが大きい粒径、空気体積率、含水比についてまとめると、

粒径：粒径が大きくなる程、同じ密度でも、計数比は下がる傾向にある。したがって同じ計数比では密度が真値より小さく評価される傾向にある。

空気体積率 (V_a) : V_a が大になる程、同じ密度でも計数比は下がる傾向にある。したがって同じ計数比では密度が真値より小さく評価される傾向にある。含水比 (w) : 含水比が大になるにつれて、同じ密度でも、計数比は上がる傾向にある。したがって同じ計数比では密度が真値より大きく評価される傾向にある。

3-2 背面散乱式水分プローブ

全般的にバラツキが小さく、良く直線近似できる。しかしながら粒径、空気体積率別でみると、わずかに差がある。

粒径：粒径が大きくなる程、同じ水分密度でも計数比は下がる傾向にある。したがって同じ計数比では水分密度が真値より大きく評価される傾向にある。

空気体積率 (V_a) : V_a が大きくなるにつれて、同じ水分密度でも計数比は下がる傾向にある。したがって同じ計数比では、水分密度が真値より大きく評価される傾向にある。

表面型 含水比(w)別校正データ(5)

w = 30 ~ 40 %				深さ方向 5 cm				w = 40 ~ 50 %				深さ方向 5 cm			
実験 No.	実験試料		w (%)	密度計		水分計		実験 No.	実験試料		w (%)	密度計		水分計	
	土質名称	土質分類		r _s (g/cm ³)	R.C	M (g/cm ³)	R.C		土質名称	土質分類		r _s (g/cm ³)	R.C	M (g/cm ³)	R.C
12	グラントの上	SC	37.9	1.478	0.895	0.406	0.461	12	グラントの土	SC	40.1	1.378	0.977	0.394	0.453
"	"	"	37.6	1.450	0.908	0.396	0.442	"	"	"	41.2	1.467	0.920	0.428	0.468
"	"	"	34.8	1.388	0.914	0.358	0.423	"	"	"	41.8	1.483	0.899	0.437	0.468
13	グラントの上	SC	34.2	1.667	0.822	0.425	0.470	14	グラントの土	CH	43.5	1.306	0.942	0.396	0.422
"	"	"	35.1	1.678	0.821	0.436	0.493	"	"	"	41.4	1.261	0.955	0.369	0.434
"	"	"	37.4	1.711	0.840	0.465	0.508	"	"	"	42.0	1.272	0.957	0.377	0.439
"	"	"	38.3	1.606	0.838	0.445	0.495	"	"	"	44.5	1.300	0.972	0.400	0.437
"	"	"	35.7	1.667	0.840	0.438	0.512	"	"	"	42.0	1.272	0.999	0.377	0.425
"	"	"	37.2	1.667	0.828	0.452	0.523	"	"	"	43.5	1.306	1.009	0.396	0.425
"	"	"	39.9	1.606	0.840	0.458	0.525	"	"	"	41.2	1.194	1.023	0.349	0.415
								15	グラントの土	CH	44.7	1.356	0.892	0.419	0.515
								"	"	"	42.7	1.544	0.866	0.462	0.525
								"	"	"	43.5	1.550	0.878	0.470	0.526
								"	"	"	42.2	1.422	0.936	0.422	0.503
								"	"	"	41.8	1.556	0.926	0.459	0.498
								"	"	"	42.5	1.472	0.937	0.439	0.497
								"	"	"	41.8	1.407	0.943	0.415	0.493

表面型 含水比(w)別校正データ(6)

w = 60 ~ 70%

深さ方向 5 cm

w = 70 ~ 80%

深さ方向 5 cm

実験 No	実験試料		w (%)	密度計		水分計		実験 No	実験試料		w (%)	密度計		水分計	
	土質名称	土質分類		r_s (g/cm ³)	R.C	M (g/cm ³)	R.C		土質分類	土質分類		r_s (g/cm ³)	R.C	M (g/cm ³)	R.C
9	第一盛土	MH	68.4	1.017	1.089	0.413	0.435	9	第一盛土	MH	73.6	1.006	1.122	0.427	0.448
"	"	"	64.7	1.000	1.083	0.393	0.425	"	"	"	75.1	1.039	1.105	0.446	0.472
10	第一盛土	MH	69.2	1.100	1.069	0.450	0.465	"	"	"	78.9	1.011	1.102	0.446	0.444
"	"	"	66.4	1.064	1.067	0.425	0.458	10	第一盛土	MH	76.4	1.050	1.079	0.455	0.475
								"	"	"	74.8	1.083	1.072	0.464	0.484

表面型 (w)別校正データ(7)

w = 80 ~ 90 %

深さ方向 5 cm

表面型 (w)別校正データ(8)

w = 0 ~ 10 %

深さ方向 10 cm

実験 No	実験試料		W (%)	密度計		水分計		実験 No	実験試料		W (%)	密度計		水分計	
	土質名称	土質分類		r_t (g/cm ³)	R.C	M (g/cm ³)	R.C		土質名称	土質分類		r_t (g/cm ³)	R.C	M (g/cm ³)	R.C
9	第一盛土	MH	83.2	1.033	1.110	0.469	0.484	8	砂	SW	6.4	1.778	0.750	0.107	0.102
"	"	"	85.2	0.994	1.118	0.457	0.459	"	"	"	5.9	1.764	0.741	0.099	0.103
10	第一盛土	MH	84.5	1.083	1.070	0.496	0.509	"	"	"	6.3	1.775	0.731	0.105	0.095
"	"	"	80.8	1.078	1.081	0.482	0.506	"	"	"	5.9	1.772	0.732	0.099	0.092
"	"	"	84.5	1.094	1.063	0.501	0.520	"	"	"	5.7	1.749	0.752	0.094	0.090
								"	"	"	6.5	1.603	0.736	0.098	0.087
								"	"	"	5.8	1.688	0.714	0.093	0.082
								16	砂	SW	1.1	1.509	0.843	0.017	0.024
								"	"	"	1.3	1.514	0.825	0.020	0.024
								"	"	"	1.2	1.492	0.821	0.018	0.024
								"	"	"	1.3	1.503	0.843	0.020	0.024
								"	"	"	1.2	1.503	0.839	0.018	0.024
								"	"	"	1.2	1.466	0.845	0.018	0.022
								"	"	"	1.2	1.449	0.826	0.017	0.021
								17	砂	SW	5.9	1.397	0.899	0.078	0.064
								"	"	"	5.6	1.372	0.922	0.073	0.063
								"	"	"	5.9	1.411	0.917	0.079	0.065
								"	"	"	5.9	1.444	0.898	0.081	0.067
								"	"	"	6.2	1.442	0.904	0.084	0.067
								"	"	"	6.0	1.402	0.916	0.080	0.062
								"	"	"	6.9	1.381	0.884	0.077	0.058
								18	碎石-①		6.2	1.361	0.893	0.079	—
								"	"		6.3	1.442	0.865	0.085	—

表面型 含水比(w)別校正データ(9)

w = 0 ~ 10 % 深さ方向 10 cm								w = 0 ~ 10 % 深さ方向 10 cm							
実験 No.	実験試料		W (%)	密度計		水分計		実験 No.	実験試料		W (%)	密度計		水分計	
	土質名称	土質分類		γ_s (g/cm ³)	R.C	M (g/cm ³)	R.C		土質名称	土質分類		γ_s (g/cm ³)	R.C	M (g/cm ³)	R.C
18	碎石-①		5.7	1.388	0.858	0.075	—	21	碎石-④		2.5	1.499	0.766	0.036	—
"	"		6.3	1.383	0.891	0.082	—	22	碎石-⑤		0	1.428	0.898	—	—
"	"		6.2	1.367	0.874	0.079	—	"	"		0	1.492	0.931	—	—
"	"		6.7	1.326	0.870	0.084	—	"	"		0	1.507	0.938	—	—
"	"		5.9	1.301	0.857	0.073	—	"	"		0	1.487	0.916	—	—
19	碎石-②		4.8	1.483	0.871	0.068	—	"	"		0	1.493	0.929	—	—
"	"		4.5	1.494	0.890	0.064	—	23	碎石-⑥		0	1.420	0.910	—	—
"	"		4.1	1.386	0.851	0.054	—	"	"		0	1.441	0.920	—	—
"	"		4.5	1.278	0.895	0.055	—	"	"		0	1.482	0.894	—	—
"	"		4.2	1.328	0.886	0.053	—	"	"		0	1.485	0.942	—	—
"	"		4.4	1.366	0.872	0.057	—	"	"		0	1.507	0.881	—	—
"	"		4.2	1.354	0.887	0.054	—	24	緑川マサ土	SC-SM	8.3	1.878	0.748	0.144	0.167
20	碎石-③		0	1.486	0.885	—	—	"	"		7.9	1.906	0.726	0.140	0.171
"	"		0	1.353	0.873	—	—	"	"		7.8	1.906	0.727	0.138	0.167
"	"		0	1.400	0.892	—	—	"	"		7.9	1.920	0.730	0.140	0.164
"	"		0	1.511	0.893	—	—	"	"		8.3	1.914	0.732	0.146	0.167
"	"		0	1.477	0.865	—	—	"	"		8.2	1.816	0.739	0.138	0.159
"	"		0	1.392	0.935	—	—	25	緑川マサ土	SC-SM	8.3	1.695	0.803	0.130	0.148
21	碎石-④		2.0	1.584	0.774	0.032	—	"	"		8.4	1.731	0.788	0.134	0.154
"	"		2.0	1.578	0.773	0.032	—	"	"		8.4	1.766	0.764	0.136	0.161
"	"		2.2	1.606	0.761	0.035	—	"	"		8.2	1.775	0.761	0.134	0.156
"	"		2.0	1.572	0.763	0.031	—	"	"		8.2	1.759	0.767	0.133	0.153
"	"		2.2	1.513	0.788	0.033	—	"	"		8.2	1.756	0.746	0.134	0.149

表面型 含水比(w)別校正データ(10)

w=0~10%				深さ方向 10cm				w=10~20%				深さ方向 10cm			
実験 No.	実験試料		W (%)	密度計		水分計		実験 No.	実験試料		W (%)	密度計		水分計	
	土質名称	土質分類		r_s (g/cm ³)	R.C	M (g/cm ³)	R.C		土質分類	土質名称		r_s (g/cm ³)	R.C	M (g/cm ³)	R.C
26	緑川マサ土	SC-SM	8.4	1.511	0.784	0.118	0.138	1	大阪マサ土	SM	12.6	1.648	0.847	0.185	0.186
"	"	"	8.6	1.625	0.823	0.129	0.136	"	"	"	12.6	1.636	0.861	0.183	0.185
"	"	"	8.5	1.795	0.785	0.140	0.141	"	"	"	12.2	1.639	0.880	0.179	0.182
"	"	"	8.3	1.728	0.809	0.133	0.139	"	"	"	12.4	1.664	0.878	0.183	0.179
"	"	"	7.9	1.714	0.782	0.125	0.140	"	"	"	12.9	1.620	0.870	0.185	0.173
"	"	"	8.1	1.690	0.782	0.126	0.137	"	"	"	12.7	1.590	0.874	0.180	0.172
"	"	"	8.1	1.685	0.797	0.126	0.130	"	"	"	12.9	1.608	0.861	0.183	0.170
29	緑川マサ土	SC-SM	9.8	1.734	0.782	0.154	0.184	2	大阪マサ土	SM	12.4	1.647	0.858	0.181	0.176
"	"	"	8.9	1.708	0.772	0.140	0.176	"	"	"	12.2	1.628	0.867	0.177	0.175
"	"	"	9.9	1.736	0.778	0.157	0.175	"	"	"	12.2	1.623	0.853	0.177	0.173
"	"	"	9.9	1.671	0.760	0.151	0.173	"	"	"	12.1	1.628	0.872	0.176	0.170
								"	"	"	12.1	1.595	0.876	0.172	0.167
								"	"	"	11.9	1.563	0.889	0.166	0.165
								"	"	"	12.0	1.564	0.873	0.167	0.162
								3	大阪マサ土	SM	12.2	1.873	0.776	0.204	0.217
								"	"	"	12.1	1.873	0.766	0.202	0.213
								"	"	"	11.7	1.900	0.775	0.199	0.214
								"	"	"	12.1	1.919	0.765	0.207	0.209
								"	"	"	11.2	1.908	0.771	0.193	0.212
								"	"	"	12.2	1.877	0.770	0.205	0.219
								"	"	"	12.4	1.831	0.745	0.201	0.212
								4	姫路	ML	16.6	1.434	0.957	0.204	0.211
								"	"	"	15.2	1.425	0.958	0.188	0.206

表面型 含水比(w)別校正データ(II)

w=10~20% 深さ方向 10cm								w=10~20% 深さ方向 10cm							
実験 No.	実験試料		W (%)	密度計		水分計		実験 No.	実験試料		W (%)	密度計		水分計	
	土質名称	土質分類		r_s (g/cm ³)	R.C	M (g/cm ³)	R.C		土質名称	土質分類		r_s (g/cm ³)	R.C	M (g/cm ³)	R.C
4	姫路	ML	14.5	1.453	0.973	0.185	0.213	29	緑川マサ土	SC-SM	10.1	1.717	0.762	0.157	0.180
"	"	"	16.0	1.447	0.953	0.200	0.220	"	"	"	10.4	1.705	0.763	0.160	0.185
"	"	"	16.4	1.388	0.958	0.196	0.219	30	緑川マサ土	SC-SM	11.1	1.917	0.702	0.191	0.213
"	"	"	16.0	1.375	0.944	0.190	0.211	"	"	"	10.8	1.961	0.688	0.191	0.218
5	姫路	ML	15.7	1.597	0.884	0.217	0.255	"	"	"	10.6	1.970	0.683	0.188	0.219
"	"	"	16.3	1.628	0.879	0.228	0.262	"	"	"	10.3	1.964	0.683	0.184	0.219
"	"	"	16.0	1.639	0.864	0.226	0.259	"	"	"	10.7	1.972	0.683	0.190	0.219
"	"	"	16.3	1.597	0.868	0.224	0.264	"	"	"	11.0	1.945	0.676	0.192	0.222
"	"	"	16.7	1.572	0.877	0.225	0.261	"	"	"	10.7	1.906	0.686	0.184	0.213
6	砂質ローム	SM	19.5	1.264	1.023	0.206	0.218	31	緑川マサ土	SC-SM	16.4	2.006	0.633	0.282	0.335
"	"	"	18.9	1.247	1.031	0.198	0.219	"	"	"	16.1	1.981	0.651	0.274	0.320
"	"	"	18.5	1.267	1.028	0.198	0.218	"	"	"	16.5	1.964	0.650	0.278	0.322
"	"	"	18.3	1.275	1.008	0.198	0.228	"	"	"	16.1	1.992	0.622	0.277	0.329
"	"	"	17.8	1.284	1.028	0.194	0.226	"	"	"	15.7	2.086	0.641	0.283	0.321
"	"	"	19.0	1.204	1.005	0.193	0.206	"	"	"	16.1	1.985	0.641	0.276	0.320
7	砂質ローム	SM	18.5	1.442	0.980	0.225	0.256	"	"	"	16.1	1.958	0.650	0.272	0.326
"	"	"	18.3	1.461	0.964	0.226	0.261								
"	"	"	19.0	1.422	0.980	0.228	0.265								
"	"	"	19.2	1.422	0.972	0.229	0.266								
"	"	"	19.0	1.403	0.969	0.224	0.260								
"	"	"	19.2	1.356	0.980	0.218	0.255								
"	"	"	18.2	1.340	0.961	0.206	0.244								
29	緑川マサ土	SC-SM	10.3	1.730	0.752	0.161	0.184								

表面型 含水比(w)別校正データ(12)

w=20~30%			深さ方向 10cm					w=30~40%			深さ方向 10cm				
実験 No.	実験試料		W (%)	密度計		水分計		実験 No.	実験試料		W (%)	密度計		水分計	
	土質名称	土質分類		γ_t (g/cm ³)	R.C	M (g/cm ³)	R.C		土質名称	土質分類		γ_t (g/cm ³)	R.C	M (g/cm ³)	R.C
6	砂質ローム	SM	20.6	1.248	1.017	0.213	0.227	12	グラントの土	SC	37.9	1.473	0.895	0.405	0.461
11	鳥井峠	SM	27.9	1.186	1.035	0.259	0.237	"	"	"	37.6	1.419	0.908	0.387	0.442
"	"	"	23.9	1.143	1.051	0.221	0.232	"	"	"	34.8	1.388	0.914	0.358	0.423
"	"	"	27.1	1.157	1.026	0.246	0.249	13	グラントの土	SC	34.2	1.673	0.822	0.427	0.470
								"	"	"	35.1	1.695	0.821	0.441	0.493
								"	"	"	38.1	1.659	0.840	0.458	0.508
								"	"	"	38.3	1.637	0.838	0.453	0.495
								"	"	"	35.7	1.667	0.840	0.438	0.512
								"	"	"	37.2	1.637	0.828	0.444	0.523
								"	"	"	39.9	1.606	0.840	0.458	0.525

表面型 含水比(w)別校正データ(13)

w=40~50%								w=60~70%							
深さ方向 10cm								深さ方向 10cm							
実験 No	実験試料		W (%)	密度計		水分計		実験 No	実験試料		W (%)	密度計		水分計	
	土質名称	土質分類		r_t (g/cm ³)	R.C	M (g/cm ³)	R.C		土質名称	土質分類		r_t (g/cm ³)	R.C	M (g/cm ³)	R.C
12	グラントの土	SC	40.1	1.428	0.977	0.408	0.453	9	第一盛土	MH	68.4	1.009	1.089	0.410	0.435
"	"	"	41.2	1.475	0.920	0.431	0.468	"	"	"	64.7	1.000	1.083	0.393	0.425
"	"	"	41.8	1.467	0.899	0.433	0.468	10	第一盛土	MH	69.2	1.082	1.069	0.443	0.465
14	第二盛土	CH	43.5	1.284	0.942	0.389	0.422	"	"	"	66.4	1.064	1.067	0.425	0.458
"	"	"	41.4	1.267	0.955	0.371	0.434								
"	"	"	42.0	1.286	0.957	0.381	0.439								
"	"	"	44.5	1.286	0.972	0.396	0.437								
"	"	"	42.0	1.289	0.999	0.382	0.425								
"	"	"	43.5	1.225	1.009	0.371	0.425								
"	"	"	41.2	1.194	1.023	0.349	0.415								
15	第二盛土	CH	44.7	1.450	0.892	0.448	0.515								
"	"	"	42.7	1.547	0.866	0.463	0.525								
"	"	"	43.5	1.486	0.878	0.450	0.526								
"	"	"	42.2	1.489	0.936	0.442	0.503								
"	"	"	41.8	1.514	0.926	0.447	0.498								
"	"	"	42.5	1.440	0.937	0.429	0.497								
"	"	"	41.8	1.407	0.943	0.415	0.493								

表面型 含水比(w)別校正データ(14)

w=70~80% 深さ方向 10cm								w=80~90% 深さ方向 10cm							
実験 No	実験試料		W	密度計		水分計		実験 No	実験試料		W	密度計		水分計	
	土質名称	土質分類		r_t (g/cm ³)	R.C	M (g/cm ³)	R.C		土質名称	土質分類		r_t (g/cm ³)	R.C	M (g/cm ³)	R.C
9	第一盛土	MH	73.6	1.023	1.112	0.434	0.448	9	第一盛土	MH	83.2	1.014	1.110	0.460	0.484
"	"	"	75.1	1.036	1.105	0.444	0.472	"	"	"	85.2	1.003	1.118	0.461	0.459
"	"	"	78.9	1.014	1.102	0.447	0.444	10	第一盛土	MH	84.5	1.081	1.070	0.495	0.509
10	第一盛土	MH	76.4	1.067	1.079	0.462	0.475	"	"	"	80.8	1.086	1.081	0.485	0.506
"	"	"	74.8	1.092	1.072	0.467	0.482	"	"	"	84.5	1.072	1.063	0.491	0.520

第2部 透過式密度計

第1章 測定の原理及び計器の構造

1-1 測定原理

ガンマ線は物質の中を通過するとき、主に光電効果（吸収）、コンプトン散乱、電子対生成（創生）の過程によって、吸収、あるいは散乱されエネルギーを消失してゆく。

透過型の密度プロープはこのエネルギーの消失を利用したものである。

エネルギーの消失は物質の構成元素の原子番号（ Z ）とガンマ線の光子の振動数（ ν ）によるエネルギーによって定まるが実際の現象は非常に複雑である。

各々の現象についての光子エネルギーの消滅をみると、光電効果や電子対生成によって光子は1回の過程で消滅する。またコンプトン散乱でも散乱された光子は始めの光子とは別のものであるから、入射光子は1回の過程で消滅する。したがって物質に入射した光子が、ある厚さの物質にを通る間に、その数が減少する割合は、光子数を I とすれば、 $-\Delta I / I$ で表わされ、光子がその中で遭遇する原子あるいは電子の数、したがって、その厚さ Δx (cm) に比例することになる。

$$-\Delta I / I = \mu_x \cdot \Delta x \dots\dots\dots (2-1-1)$$

よって、吸収体の厚さを変え、貫通してくる光子の数、あるいはガンマ線の強度は(2-1-1)式を積分することにより

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu_x \cdot x} \dots\dots\dots (2-1-2)$$

という式で表わされる。

ここで I_0 は入射前の光子数、あるいはガンマ線の強度（ガンマ線に垂直な 1cm^2 の面積を1secに通過する光子の数）を表わす。

μ_x は cm^{-1} の単位をもち、その物質の吸収の能力を表わす量で、線吸収係数という。

そこで吸収体の厚さを、その単位面積当りの質量（ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$ ）すなわち {比重（ ρ ）} × {厚さ（ x ）} で表わせば、線吸収係数のかわりに質量吸収係数 $\mu_m = \mu_x / \rho$ が求められる。

この質量吸収係数を用いて(2-1-2)式を表わすと次式のようなになる。

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu_m \rho x} \dots\dots\dots (2-1-3)$$

質量吸収係数はガンマ線のエネルギーによって変化するが、 $0.3\text{M} \cdot \text{V}$ のガンマ線エネルギー範囲では、水素を除いて銅までの元素では種類によらず、ほぼ一定値をとる。

表2-1-1にガンマ線のエネルギーが $0.6\text{M} \cdot \text{V}$ に対する質量吸収係数を示す。

表 2-1-1 0.6M.V に対するガンマー線の質量吸収係数

元 素	H	C	N	O	N ₂	Al	Si
質量吸収係数 (cm ² /g)	0.1600	0.0805	0.0805	0.0805	0.0770	0.0779	0.0805
元 素	C ₂	F ₂	C ₂	Al ₂ O ₃	H ₂ O	Concrete	
質量吸収係数 (cm ² /g)	0.0813	0.0769	0.0760	0.0804	0.0894	0.0804	

ところで

(2-1-3) 式の関係についてみると、図 2-1-1 に示すようなガンマー線の吸収のみを取扱うことになる。

ところが図 2-1-2 に示す透過型密度プロブの場合を考えると線源から放出されるガンマー線はあらゆる方向に放射されるので吸収体において散乱されたものについても検出されることになる。

そこで図 2-1-3 に示す状態の場合について考えてみる必要がある。

散乱線の一部が検出器に達するので、その影響を考えてこれを補正する意味で再生係数 (Build-up Factor) B が考えられ (2-1-3) 式は次式のようになる。

$$I = I_0 \cdot B e^{-\mu_m \rho x} \dots \dots \dots (2-1-4)$$

再生係数 B はガンマー線のエネルギーおよび吸収体の種類 (原子番号)、形状および厚さその他測定の幾何学的条件によっても異なってくる。

また一般に厚さが増すと、B は飽和状態になり一定値となってくる。

較正曲線の線形としては、(2-1-4) 式で示され、 I_0 、 μ_m は一定値であるから、

図 2-1-1

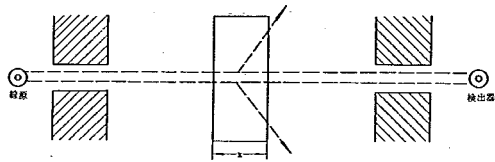


図 2-1-2

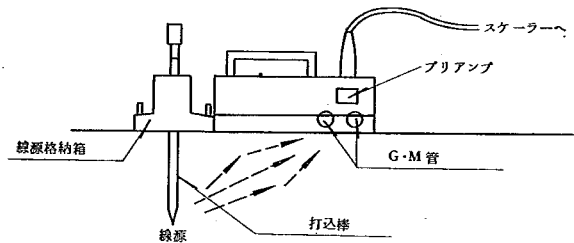
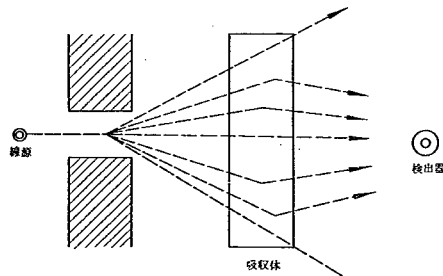


図 2-1-3



厚さ x を一定値にとると、 B も一定値となり、結局 ρ によって I が求まることになる。縦軸に I を対数表で示し、横軸に ρ をとれば、直線で表される。(図2-1-4)。

図2-1-4 較正曲線の線形

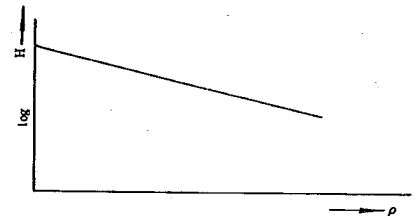
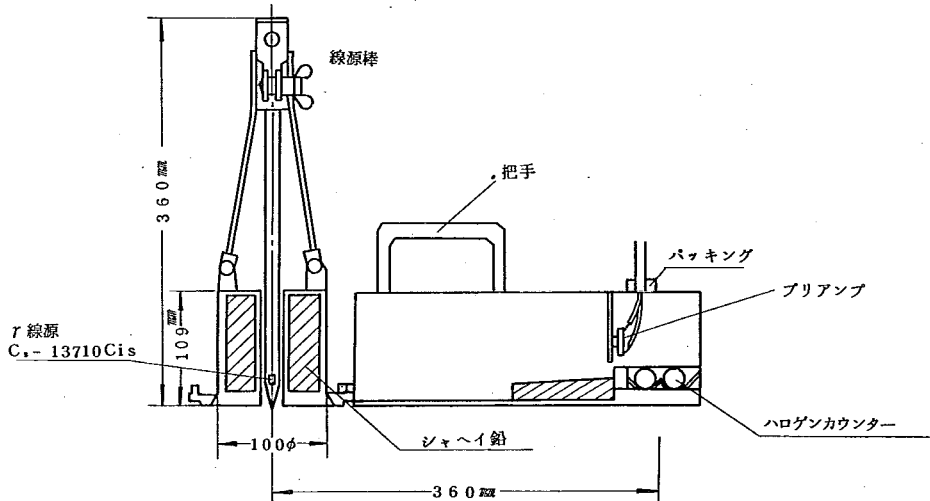


図2-1-5 透過式密度プロブ構造図



x を変化させる。すなわち透過密度プロブでは打込み深さを変えることによって種々の較正曲線が得られることになり、図2-1-3による吸収のみを考えた場合、各線は $\rho=0$ で集束することになる。

しかし、実際には散乱線の一部を検出したり、測定の幾何学的条件などによる再生現象により集束しない。

実際の較正曲線作成にあたっては、 I は計数比 $R \cdot C$ で表され、また x は一定値として、密度 ρ の変化のみで表示されるので、次式のようになる。

$$R \cdot C = A \cdot e^{-e\rho} \dots\dots\dots (2-1-5)$$

この式で、 A 、 C 、は定数である。

この常数 A 、 C は較正実験より最小二乗法などによって求められる。

1-2 計器の構造

測定装置類は既に第 1 報 (434 号) に報告済みである。ここでは重複するが、試験に供した透過型密度計のみを紹介する。

概略の構造図を図 2-1-5 に示す。

測定にあたっては、試料の表面にプローブを置き、線源棒を打ち込む。線源から試料中を透過して地表面の検出管に達するガンマ線のパルスを、これに接続されたスケラー (計数装置) にて計数し、試料の密度を得る。

本器は、日立製作所製 PG-4 型 (背面散乱型密度プローブ) を改造したもので、PG-4A 型と称せられているタイプである。

線 源: $Cs-137$ 10 mci

検 出 管: ハロゲンカウンター・2本

線 源 棒: $\phi 15\text{ mm}$, $l = 300\text{ mm}$

第2章 較正曲線

較正曲線作成にあたって、前報告では、細粒土、粗粒土、および碎石についてそれぞれ3本の較正曲線を得ているが、これによると土質による差、粒径の差によるばらつきは、背面散乱方式にくらべて少ない。ここではさらに検討を進めて、背面散乱方式において較正曲線の問題点と考えた試料の空気体積率、含水比による影響について同様に検討した。またレキ混り土の現場密度の測定法は現状では適当な方法がないようであるが、透過式密度計を用いて測定可能かどうかを調べるために、レキ混り土についての較正曲線の作成、検討を行なった。

またさらに細粒土、粗粒土、碎石およびレキ混り土を総合した全体試料について、較正曲線を検討した。

2-1 空気体積率 (V_a) 別による較正曲線

較正容器の各段ごとに、それぞれの空気体積率 (V_a) を求め、10%の階級に分け、それぞれの較正曲線式を求めた。空気体積率別の較正データを表2-2-1に示す。打込深さ別の空気体積率別による較正曲線を図2-2-1、図2-2-2に示す。また較正曲線式を表2-2-2に示す。

図 2-2-1 透過型密度計 空気体積率 (V.) 別校正曲線

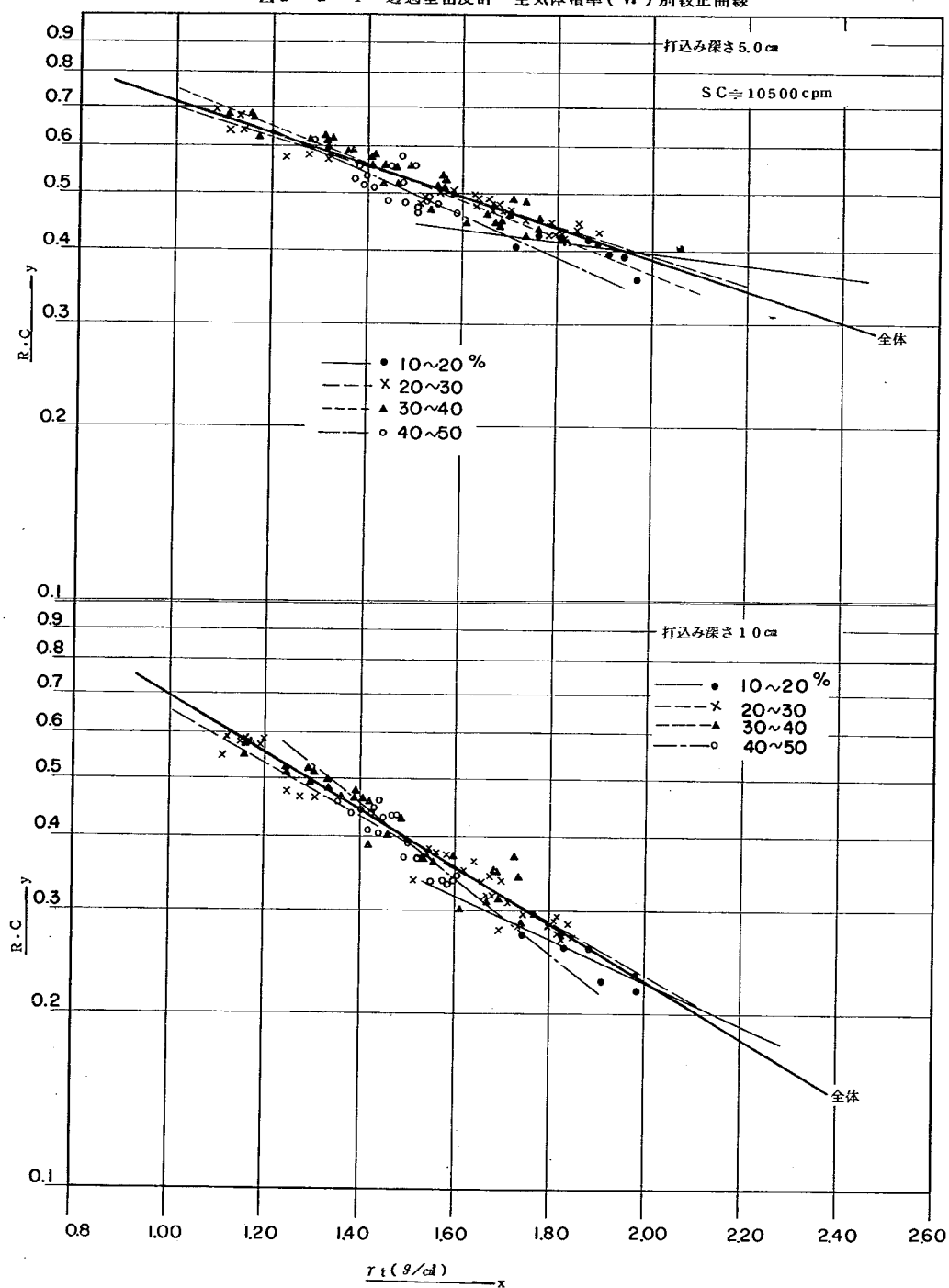


図 2-2-2 透過型密度計 空気体積率 (V.) 別校正曲線

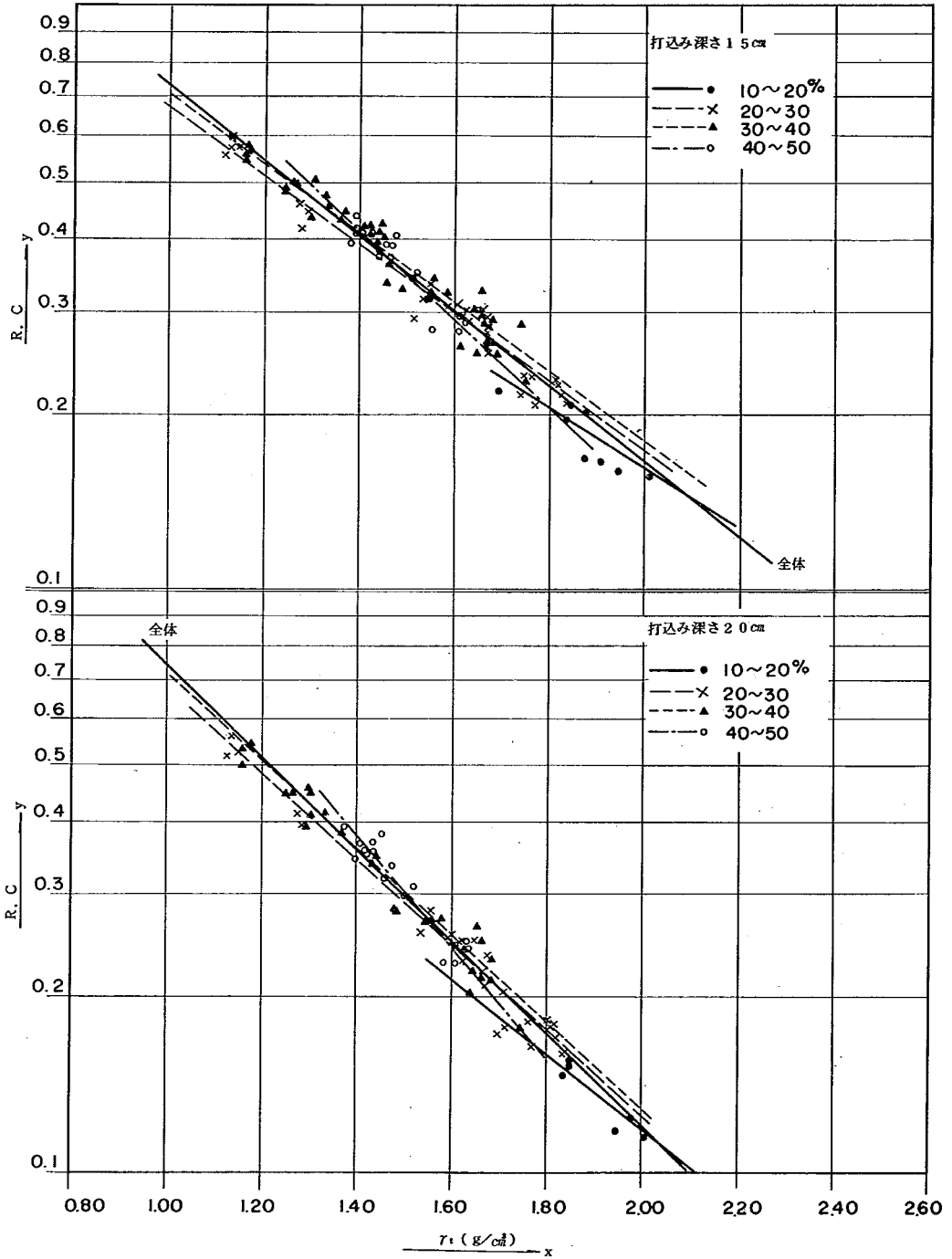


表 2-2-1

透過型密度計 空気体積率 (V_a) 別 校正データ(1)

打込深さ 5cm

$V_a = 10 \sim 20\%$						$V_a = 20 \sim 30\%$						$V_a = 20 \sim 30\%$					
実験 No.	実験試料		V_a (%)	密度 γ_a (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		V_a (%)	密度 γ_a (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		V_a (%)	密度 γ_a (g/cm ³)	R.C
	土質名称	土質分類					土質名称	土質分類					土質名称	土質分類			
10	緑川マサ土	SC-SM	16.6	1.944	0.389	2	緑川マサ土	SC-SM	26.5	1.783	0.424	17	大阪マサ土	SM	26.0	1.628	0.472
〃	〃	〃	16.6	1.967	0.368	〃	〃	〃	25.3	1.817	0.420	〃	〃	〃	26.6	1.628	0.495
〃	〃	〃	11.7	2.061	0.401	〃	〃	〃	25.3	1.811	0.423	〃	〃	〃	28.5	1.579	0.502
〃	〃	〃	18.3	1.907	0.396	〃	〃	〃	28.7	1.742	0.444	26	砂質ローム	SM	22.9	1.555	0.511
16	姫 路	ML	19.7	1.717	0.404	3	第一盛土	MH	28.7	1.083	0.695	〃	〃	〃	23.2	1.550	0.502
〃	〃	〃	17.9	1.761	0.425	〃	〃	〃	26.9	1.139	0.637	〃	〃	〃	24.5	1.511	0.479
18	大阪マサ土	SM	18.3	1.806	0.420	〃	〃	〃	28.2	1.133	0.677	28	砂	SW	29.2	1.889	0.429
〃	〃	〃	14.1	1.894	0.412	〃	〃	〃	29.7	1.111	0.641						
〃	〃	〃	16.0	1.867	0.415	6	大阪マサ土	SM	25.6	1.700	0.469						
						〃	〃	〃	29.0	1.633	0.491						
						〃	〃	〃	26.2	1.683	0.459						
						〃	〃	〃	26.7	1.663	0.468						
						8	姫 路	ML	25.7	1.656	0.488						
						〃	〃	〃	25.7	1.672	0.478						
						9	緑川マサ土	SC-SM	23.7	1.789	0.447						
						〃	〃	〃	23.8	1.794	0.425						
						〃	〃	〃	21.7	1.839	0.432						
						〃	〃	〃	26.3	1.733	0.449						
						14	第二盛土	CH	28.4	1.228	0.573						
						〃	〃	〃	23.0	1.317	0.572						
						〃	〃	〃	24.5	1.276	0.580						
						15	姫 路	ML	28.5	1.522	0.493						
						17	大阪マサ土	SM	23.0	1.689	0.464						

透過型密度計 空気体積率 (V_a) 別 校正データ(2)

打込深さ 5cm

$V_a = 30 \sim 40\%$						$V_a = 30 \sim 40\%$						$V_a = 40 \sim 50\%$					
実験 No.	実験試料		V_a (%)	密度 r_t (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		V_a (%)	密度 r_t (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		V_a (%)	密度 r_t (g/cm ³)	R.C
	土質名称	土質分類					土質名称	土質分類					土質名称	土質分類			
5	大阪マサ土	SM	31.8	1.583	0.499	15	姫路	ML	31.4	1.461	0.535	12	砂質ローム	SM	43.5	1.283	0.614
"	"	"	31.9	1.556	0.509	19	鳥井峠	SM	33.0	1.317	0.600	20	砂	SW	49.0	1.378	0.525
"	"	"	31.9	1.550	0.509	22	碎石-①	GW	37.4	1.700	0.461	"	"	"	48.4	1.394	0.517
"	"	"	32.3	1.537	0.479	"	"	"	38.0	1.672	0.475	"	"	"	45.3	1.478	0.519
1	緑川マサ土	SC-SM	30.9	1.672	0.444	24	砂	SW	38.3	1.489	0.555	"	"	"	48.1	1.400	0.536
"	"	"	30.8	1.678	0.438	"	"	"	38.7	1.461	0.551	21	碎石-①	GW	44.8	1.506	0.473
"	"	"	30.5	1.678	0.444	"	"	"	38.7	1.467	0.519	"	"	"	45.6	1.483	0.482
"	"	"	33.4	1.610	0.443	25	砂質ローム	SM	34.5	1.311	0.626	"	"	"	43.5	1.528	0.486
7	姫路	ML	35.6	1.417	0.578	"	"	"	33.8	1.317	0.609	"	"	"	46.6	1.440	0.486
"	"	"	30.6	1.561	0.526	"	"	"	32.6	1.333	0.611	22	碎石-①	GW	41.3	1.589	0.466
"	"	"	36.3	1.407	0.557	27	碎石-③	GW	35.3	1.767	0.454	24	砂	SW	42.3	1.386	0.554
11	砂質ローム	SM	31.4	1.433	0.558	"	"	"	33.2	1.822	0.416	27	碎石-③	GW	44.8	1.506	0.462
"	"	"	32.1	1.411	0.568	28	砂	SW	30.8	1.761	0.435	29	碎石-④	GW	42.9	1.549	0.478
"	"	"	32.6	1.372	0.588	"	"	"	31.5	1.736	0.424	31	碎石-⑤	GW	45.4	1.492	0.553
"	"	"	34.8	1.360	0.586	29	碎石-④	GW	38.9	1.656	0.461	"	"	"	46.7	1.456	0.550
12	砂質ローム	SM	35.3	1.333	0.619	"	"	"	37.1	1.706	0.490	"	"	"	48.1	1.416	0.510
"	"	"	38.2	1.283	0.614	"	"	"	36.1	1.733	0.486	"	"	"	46.0	1.475	0.578
"	"	"	39.8	1.183	0.622												
13	第二盛土	CH	31.0	1.172	0.661												
"	"	"	35.7	1.111	0.682												
"	"	"	31.5	1.161	0.671												
"	"	"	31.3	1.157	0.678												
15	姫路	ML	32.5	1.433	0.520												

透過型密度計 空気体積率 (V_a) 別 校正データ(3)

打込深さ 10cm

$V_a = 10 \sim 20\%$						$V_a = 20 \sim 30\%$						$V_a = 20 \sim 30\%$					
実験 No.	実験試料		V_a (%)	密度 γ_t (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		V_a (%)	密度 γ_t (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		V_a (%)	密度 γ_t (g/cm ³)	R.C
	土質名称	土質分類					土質名称	土質分類					土質名称	土質分類			
10	緑川マサ土	SC-SM	15.2	1.978	0.233	1	緑川マサ土	SC-SM	29.4	1.708	0.311	17	大阪マサ土	SM	24.2	1.672	0.343
"	"	"	15.0	1.983	0.218	2	緑川マサ土	SC-SM	23.9	1.847	0.270	"	"	"	26.4	1.619	0.351
"	"	"	13.2	2.025	0.226	"	"	"	25.4	1.814	0.274	"	"	"	25.9	1.639	0.364
"	"	"	18.3	1.907	0.226	"	"	"	26.0	1.800	0.284	"	"	"	28.5	1.579	0.372
16	姫路	ML	18.5	1.745	0.273	"	"	"	28.7	1.742	0.297	26	砂質ローム	SM	23.3	1.544	0.383
18	大阪マサ土	SM	17.6	1.822	0.275	3	第一盛土	MH	27.0	1.119	0.591	"	"	"	21.8	1.567	0.368
"	"	"	14.7	1.881	0.258	"	"	"	26.8	1.144	0.580	"	"	"	24.5	1.511	0.334
"	"	"	17.7	1.832	0.259	"	"	"	26.9	1.155	0.582	28	砂	SW	28.0	1.836	0.285
						"	"	"	29.7	1.111	0.548						
						6	大阪マサ土	SH	26.1	1.697	0.338						
						"	"	"	27.9	1.653	0.334						
						"	"	"	26.2	1.678	0.318						
						"	"	"	26.7	1.663	0.318						
						9	緑川マサ土	SC-SM	22.6	1.814	0.293						
						"	"	"	23.0	1.808	0.288						
						"	"	"	22.4	1.825	0.268						
						"	"	"	26.3	1.733	0.283						
						13	第二盛土	CH	29.8	1.189	0.572						
						14	第二盛土	CH	26.9	1.247	0.478						
						"	"	"	23.7	1.303	0.465						
						"	"	"	24.5	1.276	0.463						
						15	姫路	ML	27.6	1.539	0.375						
						16	姫路	ML	20.9	1.695	0.276						

透過型密度計 空気体積率 (V_a) 別 校正データ(4)

打込深さ 10cm

V _a = 30~40%						V _a = 30~40%					V _a = 40~50%						
実験 No.	実験試料		V _a (%)	密度 r _t (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		V _a (%)	密度 r _t (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		V _a (%)	密度 r _t (g/cm ³)	R.C
	土質名称	土質分類					土質名称	土質分類					土質名称	土質分類			
1	緑川マサ土	SC-SM	30.8	1.675	0.322	22	碎石-①	GW	37.7	1.689	0.345	20	砂	SW	48.4	1.394	0.465
"	"	"	30.2	1.694	0.312	"	"	"	37.8	1.683	0.349	"	"	"	49.8	1.356	0.457
"	"	"	33.4	1.610	0.302	25	砂質ローム	SM	33.5	1.331	0.503	"	"	"	45.6	1.469	0.435
5	大阪マサ土	SM	30.7	1.600	0.369	"	"	"	32.7	1.336	0.479	"	"	"	48.1	1.400	0.444
"	"	"	31.9	1.558	0.377	"	"	"	34.6	1.296	0.489	21	碎石-①	GW	43.7	1.533	0.369
"	"	"	31.3	1.556	0.361	27	碎石-③	GW	36.7	1.728	0.371	"	"	"	44.7	1.503	0.390
"	"	"	32.3	1.537	0.366	"	"	"	38.9	1.667	0.309	"	"	"	44.7	1.497	0.396
7	姫路	ML	37.3	1.392	0.464	28	砂	SW	30.5	1.769	0.294	"	"	"	46.6	1.440	0.404
"	"	"	33.6	1.492	0.430	"	"	"	31.5	1.739	0.284	22	碎石-①	GW	40.4	1.607	0.345
"	"	"	36.3	1.407	0.461	29	碎石-④	GW	36.0	1.736	0.345	24	砂	SW	40.4	1.442	0.462
11	砂質ローム	SM	32.0	1.422	0.456							"	"	"	40.5	1.425	0.438
"	"	"	32.6	1.389	0.476							"	"	"	40.4	1.428	0.438
"	"	"	34.8	1.360	0.468							"	"	"	42.3	1.386	0.434
12	砂質ローム	SM	36.1	1.311	0.521							27	碎石-③	GW	42.0	1.583	0.331
"	"	"	37.4	1.300	0.520							29	碎石-④	GW	41.9	1.575	0.340
"	"	"	38.0	1.297	0.521							"	"	"	41.2	1.594	0.335
"	"	"	39.8	1.247	0.513							"	"	"	42.9	1.549	0.335
13	第二盛土	CH	31.3	1.172	0.575							31	碎石-⑤	GW	45.4	1.492	0.470
"	"	"	31.4	1.158	0.572							"	"	"	46.7	1.456	0.428
"	"	"	31.3	1.157	0.547							"	"	"	48.1	1.419	0.411
15	姫路	ML	33.5	1.417	0.384							"	"	"	46.0	1.475	0.435
"	"	"	31.4	1.461	0.401												
19	鳥井峠	SM	36.9	1.248	0.527												

透過型密度計 空気体積率 (V_a) 別 校正データ(5)

打込深さ 15cm

$V_a = 10 \sim 20\%$						$V_a = 20 \sim 30\%$						$V_a = 20 \sim 30\%$					
実験 No.	実験試料		V_a (%)	密度 r_t (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		V_a (%)	密度 r_t (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		V_a (%)	密度 r_t (g/cm ³)	R.C
	土質名称	土質分類					土質名称	土質分類					土質名称	土質分類			
10	緑川マサ土	SC-SM	15.4	1.974	0.169	2	緑川マサ土	SC-SM	24.4	1.837	0.210	17	大阪マサ土	SM	27.6	1.599	0.309
"	"	"	13.9	2.009	0.157	"	"	"	25.4	1.813	0.226	"	"	"	28.5	1.579	0.305
"	"	"	16.6	1.946	0.160	"	"	"	27.7	1.761	0.231	26	砂質ローム	SM	23.3	1.546	0.336
"	"	"	18.3	1.907	0.167	"	"	"	28.7	1.743	0.232	"	"	"	23.6	1.529	0.316
16	姫路	LM	18.3	1.695	0.220	3	第一盛土	MH	27.0	1.126	0.594	"	"	"	24.5	1.511	0.293
18	大阪マサ土	SM	16.4	1.846	0.209	"	"	"	27.2	1.141	0.573	28	砂	SW	28.9	1.811	0.226
"	"	"	15.1	1.878	0.201	"	"	"	28.7	1.126	0.571						
"	"	"	17.7	1.832	0.196	"	"	"	29.7	1.111	0.553						
						6	大阪マサ土	SM	26.9	1.678	0.283						
						"	"	"	27.3	1.663	0.278						
						"	"	"	26.6	1.668	0.262						
						"	"	"	26.7	1.663	0.256						
						8	姫路	ML	25.5	1.670	0.292						
						"	"	"	27.7	1.623	0.288						
						9	緑川マサ土	SC-SM	23.0	1.808	0.229						
						"	"	"	22.5	1.819	0.218						
						"	"	"	25.0	1.764	0.209						
						"	"	"	26.3	1.733	0.217						
						14	第二盛土	CH	25.7	1.270	0.458						
						"	"	"	24.5	1.285	0.445						
						"	"	"	24.6	1.276	0.414						
						17	大阪マサ土	SM	24.8	1.657	0.307						
						"	"	"	26.5	1.622	0.301						

透過型密度計 空気体積率 (V_a) 別 校正データ (6)

打込深さ 15cm

V _a = 30 ~ 40 %						V _a = 30 ~ 40 %						V _a = 40 ~ 50 %					
実験 No.	実験試料		V _a (%)	密度 r _t (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		V _a (%)	密度 r _t (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		V _a (%)	密度 r _t (g/cm ³)	R.C
	土質名称	土質分類					土質名称	土質分類					土質名称	土質分類			
1	緑川マサ土	SC-SM	30.8	1.676	0.266	15	姫 路	ML	31.8	1.452	0.336	20	砂	SW	48.4	1.394	0.438
"	"	"	30.3	1.689	0.254	"	"	"	30.1	1.487	0.327	"	"	"	48.3	1.396	0.416
"	"	"	32.0	1.643	0.255	"	"	"	31.4	1.461	0.362	"	"	"	47.4	1.419	0.409
"	"	"	33.4	1.610	0.262	19	鳥 井 峠	SM	36.9	1.248	0.486	"	"	"	48.1	1.400	0.407
5	大阪マサ土	SM	31.3	1.581	0.322	22	碎石-①	GW	38.9	1.656	0.298	21	碎石-①	GW	44.3	1.517	0.349
"	"	"	31.9	1.556	0.344	"	"	"	37.8	1.680	0.292	"	"	"	44.4	1.511	0.345
"	"	"	31.9	1.544	0.325	24	砂	SW	39.8	1.448	0.423	"	"	"	46.0	1.459	0.366
"	"	"	32.3	1.537	0.316	"	"	"	39.9	1.439	0.410	"	"	"	46.6	1.440	0.371
7	姫 路	ML	35.0	1.449	0.400	25	砂質ローム	SM	33.6	1.326	0.474	22	碎石-①	GW	40.4	1.607	0.278
"	"	"	35.8	1.435	0.393	"	"	"	32.7	1.335	0.454	24	砂	SW	41.7	1.400	0.403
"	"	"	36.3	1.407	0.419	"	"	"	34.6	1.296	0.432	"	"	"	42.3	1.386	0.392
11	砂質ローム	SM	32.0	1.419	0.420	27	碎石-③	GW	39.4	1.654	0.327	29	碎石-④	GW	40.3	1.619	0.287
"	"	"	30.7	1.419	0.410	"	"	"	39.1	1.663	0.286	"	"	"	40.6	1.611	0.295
"	"	"	33.8	1.370	0.444	"	"	"	38.9	1.667	0.264	"	"	"	42.9	1.549	0.279
"	"	"	34.8	1.360	0.431	28	砂	SW	31.2	1.749	0.228	31	碎石-⑤	GW	46.1	1.474	0.391
12	砂質ローム	SM	36.8	1.302	0.503	"	"	"	31.5	1.739	0.284	"	"	"	47.4	1.438	0.377
"	"	"	39.5	1.261	0.502	29	碎石-④	GW	39.5	1.641	0.302	"	"	"	46.7	1.456	0.388
"	"	"	39.4	1.264	0.497	"	"	"	"	"	"	"	"	"	46.0	1.475	0.402
"	"	"	39.8	1.247	0.486	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
13	第二盛土	CH	31.8	1.163	0.578	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	31.3	1.169	0.567	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	31.4	1.158	0.554	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	31.3	1.157	0.542	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"

透過型密度計 空気体積率 (V_a) 別 校正データ(7)

打込深さ 2.0cm

V _a = 10~20%						V _a = 20~30%						V _a = 20~30%					
実験 No.	実験試料		V _a (%)	密度 r _t (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		V _a (%)	密度 r _t (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		V _a (%)	密度 r _t (g/cm ³)	R.C
	土質名称	土質分類					土質名称	土質分類					土質名称	土質分類			
10	緑川マサ土	SC-SM	15.0	1.981	0.123	1	緑川マサ土	SC-SM	29.6	1.701	0.204	26	砂質ローム	SM	23.6	1.529	0.259
"	"	"	14.1	2.004	0.115	"	"	"	24.7	1.831	0.160	28	砂	SW	29.2	1.803	0.181
"	"	"	16.6	1.946	0.117	"	"	"	25.7	1.807	0.178						
18	大阪マサ土	SM	16.2	1.851	0.153	"	"	"	27.7	1.761	0.181						
"	"	"	16.7	1.846	0.151	3	第一盛土	MH	22.9	1.132	0.561						
"	"	"	17.7	1.832	0.146	"	"	"	22.4	1.150	0.526						
						"	"	"	25.0	1.126	0.518						
						6	大阪マサ土	SM	27.0	1.675	0.236						
						"	"	"	27.1	1.665	0.221						
						"	"	"	26.6	1.668	0.209						
						8	姫路	ML	27.0	1.637	0.244						
						"	"	"	27.7	1.623	0.229						
						9	緑川マサ土	SC-SM	22.8	1.811	0.180						
						"	"	"	22.7	1.817	0.170						
						"	"	"	25.0	1.764	0.164						
						14	第二盛土	CH	25.3	1.275	0.411						
						"	"	"	24.5	1.285	0.397						
						16	姫路	ML	20.2	1.710	0.177						
						"	"	"	20.9	1.695	0.173						
						17	大阪マサ土	SM	25.3	1.646	0.250						
						"	"	"	25.8	1.629	0.248						
						"	"	"	27.6	1.599	0.256						
						26	砂質ローム	SM	22.5	1.556	0.281						

透過型密度計 空気体積率 (V_a) 別 校正データ(8)

打込深さ 20cm

V _a = 30~40%						V _a = 30~40%						V _a = 40~50%					
実験 No.	実験試料		V _a (%)	密度 γ _s (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		V _a (%)	密度 γ _s (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		V _a (%)	密度 γ _s (g/cm ³)	R.C
	土質名称	土質分類					土質名称	土質分類					土質名称	土質分類			
1	緑川マサ土	SC-SM	30.5	1.685	0.214	25	砂質ローム	SM	34.6	1.296	0.395	20	砂	SW	49.1	1.375	0.389
"	"	"	32.0	1.643	0.203	27	碎石-③	GW	39.3	1.656	0.267	"	"	"	47.9	1.407	0.368
5	大阪マサ土	SM	31.3	1.579	0.273	"	"	"	39.8	1.643	0.222	"	"	"	47.5	1.417	0.356
"	"	"	31.6	1.557	0.272	"	"	"	38.9	1.667	0.213	21	碎石-①	GW	44.2	1.518	0.308
"	"	"	31.9	1.544	0.270	28	砂	SW	31.2	1.749	0.178	"	"	"	44.7	1.500	0.297
7	姫路	ML	35.4	1.442	0.349	29	碎石-④	GW	38.6	1.665	0.249	"	"	"	46.0	1.459	0.320
"	"	"	35.8	1.435	0.345							22	碎石-①	GW	40.4	1.607	0.229
11	砂質ローム	SM	30.9	1.432	0.339							24	砂	SW	40.5	1.433	0.367
"	"	"	31.2	1.415	0.363							"	"	"	40.5	1.426	0.351
"	"	"	33.8	1.370	0.387							"	"	"	41.7	1.400	0.345
12	砂質ローム	SM	36.7	1.306	0.446							29	碎石-④	GW	41.6	1.585	0.231
"	"	"	37.7	1.299	0.455							"	"	"	40.6	1.611	0.246
"	"	"	39.4	1.264	0.445							31	碎石-⑤	GW	46.1	1.474	0.334
13	第二盛土	CH	30.5	1.181	0.547							"	"	"	47.4	1.438	0.356
"	"	"	31.6	1.162	0.530							"	"	"	46.7	1.456	0.381
"	"	"	31.3	1.158	0.498												
15	姫路	ML	30.5	1.478	0.284												
"	"	"	30.1	1.487	0.280												
19	鳥井峠	SM	36.9	1.248	0.444												
22	碎石-①	GW	37.7	1.686	0.233												
"	"	"	39.7	1.629	0.245												
25	砂質ローム	SM	33.1	1.333	0.416												
"	"	"	34.1	1.307	0.409												

表 2-2-2 空気体積率 (V_a) 別校正曲線

V _a	打込深さ cm	測定数	曲 線 式	不偏分散の平方根 (ばらつき) R V	相関係数 R	備 考
10~20	5	9	$\log y = -0.101x - 0.204$	0.0171	-0.563	
	10	8	$\log y = -0.374x + 0.098$	0.0201	-0.887	
	15	8	$\log y = -0.516x + 0.237$	0.0282	-0.890	
	20	6	$\log y = -0.640x + 0.352$	0.0295	-0.879	
20~30	5	30	$\log y = -0.255x + 0.097$	0.0131	-0.979	
	10	31	$\log y = -0.450x + 0.264$	0.0237	-0.978	
	15	29	$\log y = -0.593x + 0.417$	0.0273	-0.982	
	20	25	$\log y = -0.733x + 0.559$	0.0314	-0.983	
30~40	5	40	$\log y = -0.310x + 0.186$	0.0171	-0.963	
	10	32	$\log y = -0.467x + 0.304$	0.0291	-0.951	
	15	40	$\log y = -0.589x + 0.429$	0.0388	-0.940	
	20	29	$\log y = -0.749x + 0.600$	0.0298	-0.977	
40~50	5	17	$\log y = -0.337x + 0.203$	0.0258	-0.709	
	10	21	$\log y = -0.635x + 0.546$	0.0263	-0.876	
	15	18	$\log y = -0.754x + 0.672$	0.0245	-0.927	
	20	15	$\log y = -0.962x + 0.924$	0.0259	-0.946	
全 体	5	100	$\log y = -0.262x + 0.107$	0.0264	-0.911	
	10	98	$\log y = -0.480x + 0.315$	0.0273	-0.967	
	15	100	$\log y = -0.644x + 0.504$	0.0303	-0.976	
	20	78	$\log y = -0.787x + 0.651$	0.0314	-0.983	

図 2-2-1, 図 2-2-2 に示した較正曲線についてみると, 空気体積率 V_a の 10~20%, 40~50% の線が, その密度分布幅のせまさに起因すると考えられる勾配の異なりを示しているが, 全体的にみた場合, 各 V_a 別試料間には有意差はなく, したがって V_a による影響はほとんどないと考えることができる。

2-2 含水比 (w) 別による較正曲線

較正容器の各段ごとに, それぞれの含水比 (w) を求め, 10% の階級に分け, それぞれの較正曲線式を求めた。

含水比別の較正データを表 2-2-3 に示す。打込み深さ別の含水比別による較正曲線を図 2-2-3, 図 2-2-4 に示す。

また較正曲線式を表 2-2-4 に示す。

図 2-2-3 透過型密度計 含水比(W)別校正曲線

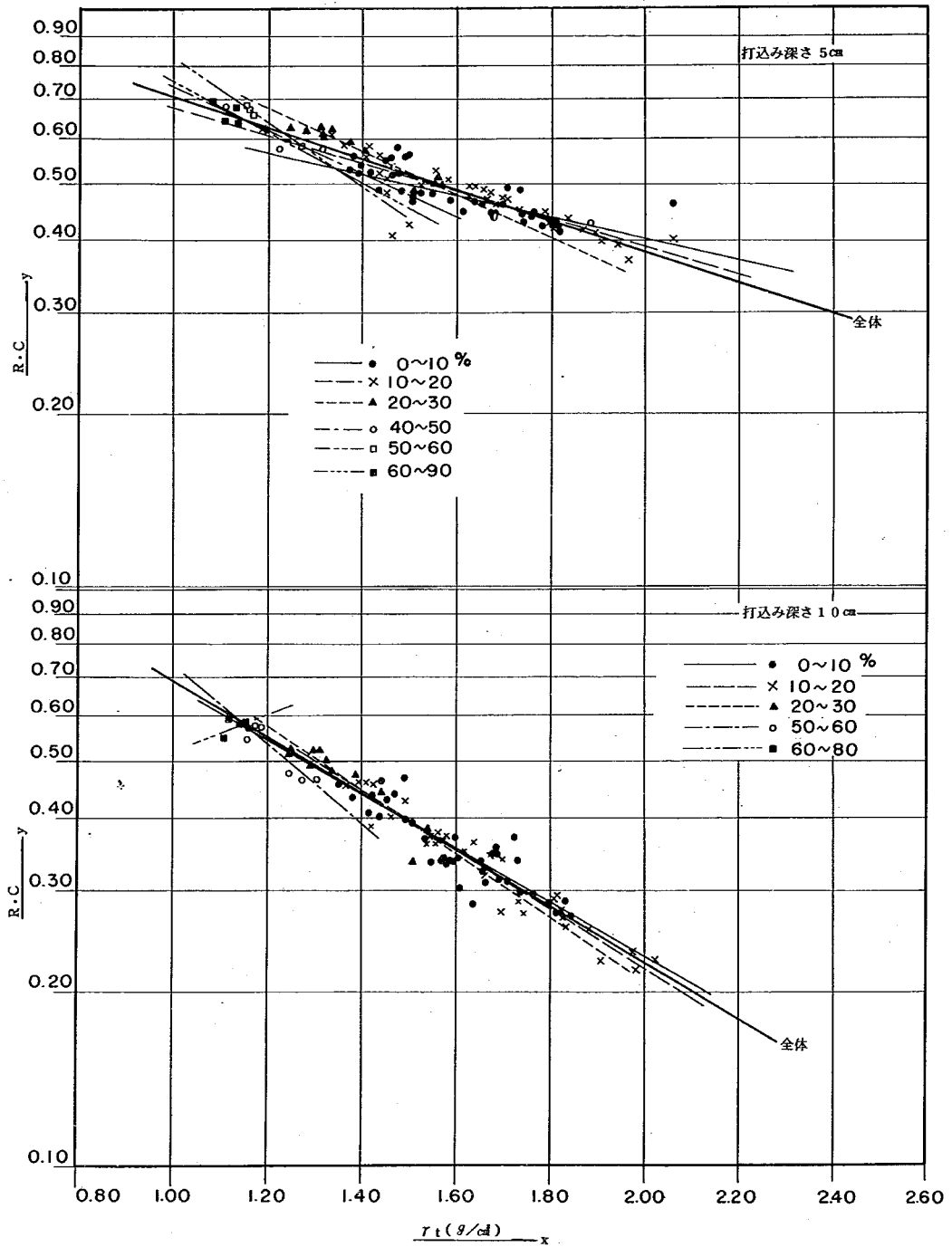


図 2-2-4 透過型、密度計、含水比 (W) 別校正曲線

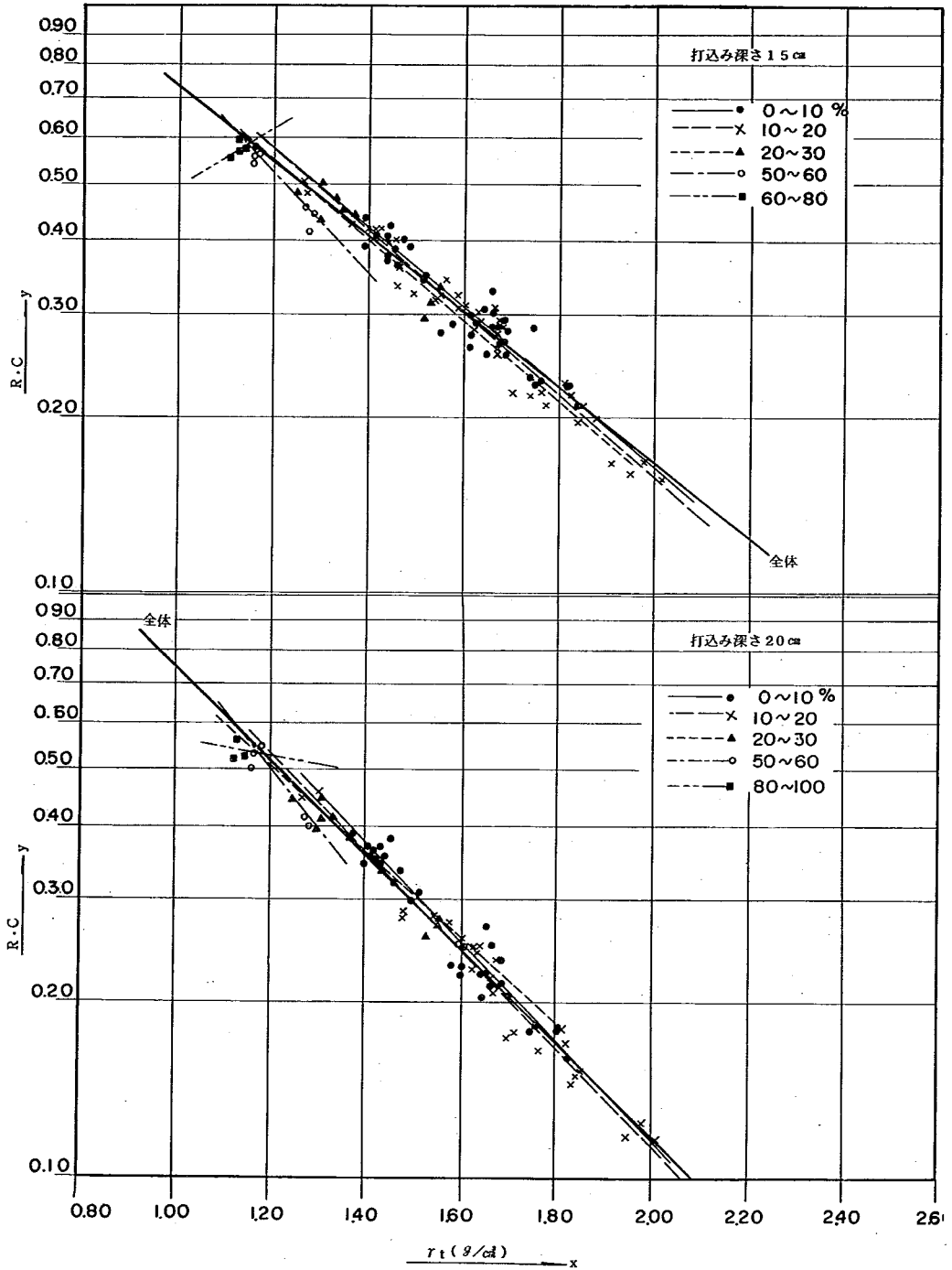


表 2 - 2 - 3 透過型密度計 含水比(w)別校正データ(1)

打込深さ 5cm

w = 0 ~ 1 0 %							w = 0 ~ 1 0 %							w = 1 0 ~ 2 0 %						
実験 No.	実 験 試 料		w (%)	水分密度 M (g/cm ³)	密 度 r _s (g/cm ³)	R. C	実験 No.	実 験 試 料		w (%)	水分密度 M (g/cm ³)	密 度 r _s (g/cm ³)	R. C	実験 No.	実 験 試 料		w (%)	水分密度 M (g/cm ³)	密 度 r _s (g/cm ³)	R. C
	土質名称	土質分類						土質名称	土質分類						土質名称	土質分類				
1	緑川マサ土	SC-SM	8.1	0.125	1.672	0.444	24	砂	SW	7.5	0.103	1.489	0.555	5	大阪マサ土	SM	10.6	0.149	1.556	0.509
"	"	"	7.8	0.122	1.678	0.438	"	"	"	8.5	0.115	1.461	0.551	"	"	"	11.0	0.153	1.550	0.509
"	"	"	8.1	0.126	1.678	0.444	"	"	"	8.1	0.110	1.467	0.519	"	"	"	11.1	0.154	1.550	0.479
"	"	"	8.1	0.121	1.610	0.443	"	"	"	7.9	0.101	1.386	0.554	6	大阪マサ土	SM	10.6	0.163	1.700	0.469
2	緑川マサ土	SC-SM	7.8	0.129	1.783	0.424	27	碎石-③	GW	0	-	1.767	0.454	"	"	"	10.1	0.149	1.633	0.491
"	"	"	7.6	0.128	1.817	0.420	"	"	"	0	-	1.506	0.462	"	"	"	10.7	0.163	1.683	0.459
"	"	"	7.8	0.132	1.811	0.423	"	"	"	0	-	1.822	0.416	"	"	"	11.2	0.167	1.663	0.468
"	"	"	7.3	0.119	1.742	0.444	28	砂	SW	3.3	0.061	1.889	0.429	7	姫 路	ML	14.9	0.184	1.417	0.578
5	大阪マサ土	SM	9.2	0.134	1.583	0.499	"	"	"	3.8	0.064	1.761	0.435	"	"	"	12.9	0.179	1.561	0.526
20	砂	SW	0	-	1.378	0.525	"	"	"	3.9	0.065	1.739	0.424	"	"	"	14.5	0.179	1.407	0.557
"	"	"	0	-	1.394	0.517	29	碎石-④	GW	0	-	1.656	0.461	8	姫 路	ML	13.7	0.199	1.656	0.488
"	"	"	0	-	1.478	0.519	"	"	"	0	-	1.706	0.490	"	"	"	12.9	0.190	1.672	0.478
"	"	"	0	-	1.400	0.536	"	"	"	0	-	1.733	0.486	9	緑川マサ土	SC-SM	10.5	0.170	1.789	0.447
21	碎石-①	GW	1.0	0.015	1.506	0.473	"	"	"	0	-	1.549	0.478	"	"	"	10.1	0.165	1.794	0.425
"	"	"	1.1	0.016	1.483	0.482	31	碎石-⑤	GW	0	-	1.492	0.553	"	"	"	10.4	0.173	1.839	0.432
"	"	"	1.5	0.023	1.528	0.486	"	"	"	0	-	1.456	0.550	"	"	"	10.3	0.161	1.733	0.449
"	"	"	1.7	0.024	1.440	0.486	"	"	"	0	-	1.419	0.510	10	緑川マサ土	SC-SM	11.0	0.192	1.944	0.389
22	碎石-①	GW	1.3	0.022	1.700	0.461	"	"	"	0	-	1.475	0.578	"	"	"	10.6	0.189	1.967	0.368
"	"	"	1.5	0.023	1.589	0.466	32	碎石-⑥	GW	0	-	2.061	0.463	"	"	"	10.9	0.202	2.061	0.401
"	"	"	1.7	0.028	1.672	0.475	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	10.9	0.187	1.907	0.396
23	碎石-②	GW	2.8	0.046	1.639	0.466	"	"	"	"	"	"	"	11	砂質ローム	SM	19.4	0.233	1.433	0.558
"	"	"	2.8	0.046	1.656	0.467	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	19.5	0.222	1.360	0.586
"	"	"	2.9	0.044	1.574	0.499	"	"	"	"	"	"	"	12	砂質ローム	SM	19.0	0.189	1.183	0.617

表 2 - 2 - 3 透過型密度計 含水比 (w) 別 校正データ(2)

打込深さ 5cm

w = 10 ~ 20 %							w = 20 ~ 30 %							w = 40 ~ 90 %						
実験 No.	実験試料		w (%)	水分密度 M(g/cm ³)	密 度 γ _s (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		w (%)	水分密度 M(g/cm ³)	密 度 γ _s (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		w (%)	水分密度 M(g/cm ³)	密 度 γ _s (g/cm ³)	R.C
	土質名称	土質分類						土質名称	土質分類						土質名称	土質分類				
15	矩 路	ML	18.5	0.233	1.433	0.520	11	砂質ローム	SM	20.0	0.235	1.411	0.568	13	第二盛土	CH	47.9	0.360	1.111	0.682
"	"	"	18.2	0.235	1.522	0.493	"	"	"	22.2	0.250	1.372	0.588	14	第二盛土	CH	49.5	0.406	1.228	0.573
"	"	"	18.2	0.225	1.461	0.535	12	砂質ローム	SM	21.0	0.231	1.333	0.619	"	"	"	49.9	0.439	1.317	0.572
16	矩 路	ML	17.7	0.259	1.458	0.404	"	"	"	20.0	0.213	1.283	0.614	"	"	"				
"	"	"	17.4	0.261	1.500	0.425	"	"	"	20.3	0.210	1.247	0.622	"	"	"				
17	大阪マサ土	SM	14.3	0.211	1.689	0.464	19	鳥 井 峠	SM	26.7	0.278	1.317	0.600	13	第二盛土	CH	51.5	0.398	1.172	0.661
"	"	"	14.0	0.200	1.628	0.474	25	砂質ローム	SM	24.4	0.257	1.311	0.626	"	"	"	52.0	0.397	1.161	0.671
"	"	"	13.2	0.190	1.628	0.495	"	"	"	25.2	0.265	1.317	0.609	"	"	"	53.4	0.403	1.157	0.678
"	"	"	13.7	0.190	1.579	0.502	"	"	"	25.8	0.273	1.333	0.611	14	第二盛土	CH	52.4	0.439	1.276	0.580
18	大阪マサ土	SM	13.6	0.216	1.806	0.420	26	砂質ローム	SM	23.4	0.295	1.555	0.511	"	"	"				
"	"	"	13.9	0.230	1.894	0.412	"	"	"	23.3	0.293	1.550	0.502	"	"	"				
"	"	"	13.0	0.215	1.867	0.415	"	"	"	24.4	0.296	1.511	0.479	3	第一盛土	MH	69.5	0.456	1.111	0.641
														3	第一盛土	MH	73.6	0.483	1.139	0.637
														"	"	"	70.1	0.467	1.133	0.677
														3	第一盛土	MH	82.5	0.490	1.083	0.695

表 2 - 2 - 3 透過型密度計 含水比 (w) 別 校正データ(3)

打込深さ 10cm

w = 0 ~ 10 %							w = 0 ~ 10 %							w = 10 ~ 20 %						
実験 No.	実験試料		w (%)	水分密度 M(g/cm ³)	密 度 γ _s (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		w (%)	水分密度 M(g/cm ³)	密 度 γ _s (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		w (%)	水分密度 M(g/cm ³)	密 度 γ _s (g/cm ³)	R.C
	土質名称	土質分類						土質名称	土質分類						土質名称	土質分類				
1	緑川マサ土	SC-SM	7.9	0.123	1.675	0.322	24	砂	SW	7.4	0.099	1.442	0.462	5	大阪マサ土	SM	10.5	0.148	1.558	0.377
"	"	"	7.8	0.123	1.694	0.312	"	"	"	8.1	0.107	1.425	0.438	"	"	"	11.4	0.159	1.556	0.361
"	"	"	8.0	0.127	1.708	0.311	"	"	"	8.0	0.106	1.428	0.438	"	"	"	11.1	0.154	1.537	0.366
"	"	"	8.1	0.121	1.610	0.302	"	"	"	7.9	0.101	1.386	0.434	6	大阪マサ土	SM	10.2	0.157	1.697	0.338
2	緑川マサ土	SC-SM	7.7	0.133	1.847	0.270	27	碎石 - ③	GW	0	-	1.728	0.371	"	"	"	10.3	0.154	1.653	0.334
"	"	"	7.6	0.128	1.814	0.274	"	"	"	0	-	1.583	0.331	"	"	"	11.0	0.160	1.678	0.318
"	"	"	7.6	0.127	1.800	0.284	"	"	"	0	-	1.667	0.309	"	"	"	11.2	0.167	1.663	0.318
"	"	"	7.3	0.119	1.742	0.297	28	砂	SW	3.6	0.064	1.836	0.285	7	姫 路	ML	14.1	0.172	1.392	0.464
5	大阪マサ土	SM	9.7	0.142	1.600	0.369	"	"	"	3.7	0.063	1.769	0.294	"	"	"	13.0	0.171	1.492	0.430
20	砂	SW	0	-	1.394	0.465	"	"	"	3.9	0.065	1.739	0.284	"	"	"	14.5	0.179	1.407	0.461
"	"	"	0	-	1.356	0.457	29	碎石 - ④	GW	0	-	1.575	0.340	9	緑川マサ土	SC-SM	10.5	0.173	1.814	0.293
"	"	"	0	-	1.469	0.435	"	"	"	0	-	1.594	0.335	"	"	"	10.4	0.170	1.808	0.288
"	"	"	0	-	1.400	0.444	"	"	"	0	-	1.736	0.345	"	"	"	10.3	0.170	1.825	0.268
21	碎石 - ①	GW	1.1	0.017	1.533	0.369	"	"	"	0	-	1.549	0.335	"	"	"	10.3	0.161	1.733	0.283
"	"	"	1.2	0.018	1.503	0.390	31	碎石 - ⑤	GW	0	-	1.492	0.470	10	緑川マサ土	SM	11.0	0.195	1.978	0.233
"	"	"	1.5	0.022	1.497	0.396	"	"	"	0	-	1.456	0.428	"	"	"	11.0	0.196	1.983	0.218
"	"	"	1.7	0.024	1.440	0.404	"	"	"	0	-	1.419	0.411	"	"	"	11.0	0.200	2.025	0.226
22	碎石 - ①	GW	1.4	0.023	1.689	0.345	"	"	"	0	-	1.475	0.435	"	"	"	10.9	0.187	1.907	0.226
"	"	"	1.5	0.026	1.683	0.349	32	碎石 - ⑥	GW	0	-	1.688	0.354	11	砂質ローム	SM	19.2	0.229	1.422	0.456
"	"	"	1.7	0.027	1.607	0.341	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	19.5	0.222	1.360	0.456
23	碎石 - ②	GW	2.8	0.045	1.653	0.335	"	"	"	"	"	"	"	12	砂質ローム	SM	19.1	0.208	1.297	0.521
"	"	"	3.1	0.048	1.661	0.326	"	"	"	"	"	"	"	15	姫 路	ML	18.2	0.218	1.417	0.384
"	"	"	2.9	0.044	1.574	0.339	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	18.4	0.239	1.539	0.375

表 2 - 2 - 3 透過型密度計 含水比 (w) 別 校正データ(4)

打込深さ 10cm

w = 1 0 ~ 2 0 %							w = 2 0 ~ 3 0 %							w = 5 0 ~ 8 0 %						
実 験 No.	実 験 試 料		w (%)	水分密度 M(g/cm³)	密 度 r _t (g/cm³)	R.C	実 験 No.	実 験 試 料		w (%)	水分密度 M(g/cm³)	密 度 r _t (g/cm³)	R.C	実 験 No.	実 験 試 料		w (%)	水分密度 M(g/cm³)	密 度 r _t (g/cm³)	R.C
	土質名称	土質分類						土質名称	土質分類						土質名称	土質分類				
15	姫 路	ML	18.2	0.225	1.461	0.401	11	砂質ローム	SM	21.2	0.252	1.442	0.439	13	第二盛土	CH	52.0	0.407	1.189	0.572
"	姫 路	ML	17.6	0.261	1.747	0.273	"	〃	〃	20.9	0.240	1.389	0.476	"	〃	〃	50.6	0.394	1.172	0.575
"	〃	〃	17.5	0.253	1.695	0.276	12	砂質ローム	SM	21.4	0.231	1.311	0.521	"	〃	〃	52.7	0.400	1.158	0.572
17	大阪マサ土	SM	13.8	0.202	1.672	0.343	"	〃	〃	20.0	0.217	1.300	0.520	"	〃	〃	53.4	0.403	1.157	0.547
"	〃	〃	14.1	0.199	1.619	0.351	"	〃	〃	20.3	0.210	1.247	0.513	14	第二盛土	CH	50.4	0.418	1.247	0.478
"	〃	〃	13.6	0.196	1.639	0.364	19	鳥 井 峠	SM	26.0	0.258	1.248	0.527	"	〃	〃	50.4	0.437	1.303	0.465
"	〃	〃	13.7	0.190	1.579	0.372	25	砂質ローム	SM	24.4	0.261	1.331	0.503	"	〃	〃	52.4	0.439	1.276	0.463
18	大阪マサ土	SM	13.5	0.217	1.822	0.275	"	〃	〃	25.3	0.270	1.336	0.479							
"	〃	〃	13.8	0.228	1.881	0.258	"	〃	〃	25.6	0.264	1.296	0.489							
"	〃	〃	12.9	0.210	1.832	0.259	26	砂質ローム	SM	23.6	0.259	1.544	0.383	3	第一盛土	MH	69.8	0.475	1.155	0.582
							"	〃	〃	24.2	0.306	1.567	0.368	3	〃	〃	69.5	0.456	1.111	0.548
							"	〃	〃	24.4	0.296	1.511	0.334							
														3	第一盛土	MH	78.9	0.493	1.119	0.591
														"	〃	〃	72.7	0.482	1.144	0.580

表 2 - 2 - 3 透過型密度計 含水比 (w) 別 校正データ(5)

打込深さ 15cm

w = 0 ~ 10 %							w = 0 ~ 10 %							w = 10 ~ 20 %						
実験 No.	実験試料		w (%)	水分密度 M(g/cm ³)	密度 r _t (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		w (%)	水分密度 M(g/cm ³)	密度 r _t (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		w (%)	水分密度 M(g/cm ³)	密度 r _t (g/cm ³)	R.C
	土質名称	土質分類						土質名称	土質分類						土質名称	土質分類				
1	緑川マサ土	SC-SM	7.9	0.123	1.676	0.266	24	砂	SW	8.1	0.108	1.438	0.410	5	大阪マサ土	SM	10.0	0.144	1.581	0.322
"	"	"	7.9	0.124	1.689	0.254	"	"	"	7.9	0.103	1.400	0.403	"	"	"	10.6	0.150	1.556	0.344
"	"	"	8.1	0.123	1.643	0.255	"	"	"	7.9	0.101	1.386	0.392	"	"	"	11.3	0.157	1.544	0.325
"	"	"	8.1	0.121	1.610	0.262	27	碎石-③	GW	0	-	1.654	0.327	"	"	"	11.1	0.154	1.537	0.316
2	緑川マサ土	SC-SM	7.7	0.131	1.837	0.210	"	"	"	0	-	1.663	0.286	6	大阪マサ土	SM	10.2	0.155	1.678	0.283
"	"	"	7.7	0.129	1.813	0.226	"	"	"	0	-	1.667	0.264	"	"	"	10.4	0.157	1.663	0.278
"	"	"	7.5	0.123	1.761	0.231	28	砂	SW	3.7	0.064	1.811	0.226	"	"	"	11.1	0.166	1.668	0.262
"	"	"	7.3	0.119	1.742	0.232	"	"	"	3.8	0.063	1.749	0.228	"	"	"	11.2	0.167	1.663	0.256
20	砂	SW	0	-	1.394	0.438	"	"	"	3.9	0.065	1.739	0.284	7	姫路	ML	13.7	0.175	1.449	0.400
"	"	"	0	-	1.396	0.416	29	碎石-④	GW	0	-	1.619	0.287	"	"	"	13.5	0.170	1.435	0.393
"	"	"	0	-	1.419	0.409	"	"	"	0	-	1.641	0.302	"	"	"	14.5	0.179	1.407	0.419
"	"	"	0	-	1.400	0.407	"	"	"	0	-	1.611	0.295	8	姫路	ML	13.1	0.194	1.670	0.292
21	碎石-①	GW	1.1	0.017	1.517	0.349	"	"	"	0	-	1.549	0.279	"	"	"	13.0	0.187	1.623	0.288
"	"	"	1.3	0.019	1.511	0.345	31	碎石-⑤	GW	0	-	1.474	0.391	9	緑川マサ土	SC-SM	10.4	0.170	1.808	0.229
"	"	"	1.6	0.022	1.459	0.366	"	"	"	0	-	1.438	0.377	"	"	"	10.4	0.171	1.819	0.218
"	"	"	1.7	0.024	1.440	0.371	"	"	"	0	-	1.456	0.388	"	"	"	10.3	0.164	1.764	0.209
22	碎石-①	GW	1.4	0.023	1.656	0.298	"	"	"	0	-	1.475	0.402	"	"	"	10.3	0.161	1.733	0.217
"	"	"	1.6	0.026	1.680	0.292	32	碎石-⑥	GW	0	-	1.688	0.281	10	緑川マサ土	SC-SM	10.9	0.193	1.974	0.169
"	"	"	1.7	0.027	1.607	0.278	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	10.9	0.198	2.009	0.157
23	碎石-②	GW	2.8	0.045	1.654	0.283	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	10.9	0.192	1.946	0.160
"	"	"	3.1	0.046	1.603	0.277	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	10.9	0.187	1.907	0.167
"	"	"	2.9	0.044	1.574	0.288	"	"	"	"	"	"	"	11	砂質ローム	SM	19.5	0.231	1.419	0.420
24	砂	SW	7.8	0.104	1.448	0.423	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	19.5	0.222	1.360	0.431

表 2 - 2 - 3 透過型密度計 含水比 (w) 別 校正データ(6)

打込深さ 15cm

w = 10 ~ 20 %							w = 20 ~ 30 %							w = 50 ~ 80 %						
実験 No.	実 験 試 料		w (%)	水分密度 M(ρ /cm ³)	密 度 γ_s (ρ /cm ³)	R.C	実験 No.	実 験 試 料		w (%)	水分密度 M(ρ /cm ³)	密 度 γ_s (ρ /cm ³)	R.C	実験 No.	実 験 試 料		w (%)	水分密度 M(ρ /cm ³)	密 度 γ_s (ρ /cm ³)	R.C
	土質名称	土質分類						土質名称	土質分類						土質名称	土質分類				
12	砂質ローム	SM	19.7	0.207	1.261	0.502	11	砂質ローム	SM	21.6	0.252	1.419	0.410	13	第二盛土	CH	50.6	0.391	1.163	0.578
"	"	"	19.5	0.206	1.264	0.497	"	"	"	20.4	0.232	1.370	0.444	"	"	"	51.1	0.395	1.169	0.567
15	姫 路	ML	18.2	0.223	1.452	0.336	12	砂質ローム	SM	20.9	0.225	1.302	0.503	"	"	"	52.7	0.400	1.158	0.554
"	"	"	18.4	0.231	1.487	0.327	"	"	"	20.3	0.210	1.247	0.486	"	"	"	53.4	0.403	1.157	0.542
"	"	"	18.2	0.225	1.461	0.362	19	鳥 井 峠	SM	26.0	0.258	1.248	0.486	14	第二盛土	CH	50.2	0.424	1.270	0.458
16	姫 路	ML	17.5	0.261	1.752	0.221	25	砂質ローム	SM	24.7	0.262	1.326	0.474	"	"	"	51.1	0.434	1.285	0.445
"	"	"	17.5	0.253	1.695	0.220	"	"	"	25.5	0.271	1.335	0.454	"	"	"	52.4	0.439	1.276	0.414
17	大阪マサ土	SM	13.8	0.201	1.657	0.307	"	"	"	25.6	0.264	1.296	0.432							
"	"	"	13.8	0.196	1.622	0.301	26	砂質ローム	SM	23.5	0.295	1.546	0.336							
"	"	"	13.6	0.192	1.599	0.309	"	"	"	24.3	0.299	1.529	0.316							
"	"	"	13.7	0.190	1.579	0.305	"	"	"	24.4	0.296	1.511	0.293	3	第一盛土	MH	69.8	0.463	1.126	0.571
18	大阪マサ土	SM	13.6	0.222	1.846	0.209								"	"	"	69.5	0.456	1.111	0.553
"	"	"	13.5	0.224	1.878	0.201								3	第一盛土	MH	77.0	0.490	1.126	0.594
"	"	"	12.9	0.210	1.832	0.196							"							

表 2 - 2 - 3 透過型密度計 含水比 (w) 別 校正データ(7)

打込深さ 20cm

w = 0 ~ 10 %							w = 0 ~ 10 %							w = 10 ~ 20 %						
実験 No.	実験試料		w (%)	水分密度 M(g/cm ³)	密 度 r _s (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		w (%)	水分密度 M(g/cm ³)	密 度 r _s (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		w (%)	水分密度 M(g/cm ³)	密 度 r _s (g/cm ³)	R.C
	土質名称	土質分類						土質名称	土質分類						土質名称	土質分類				
1	緑川マサ土	SC-SM	7.9	0.123	1.685	0.214	28	砂	SW	3.7	0.064	1.803	0.181	5	大阪マサ土	SM	10.1	0.145	1.579	0.273
"	"	"	8.1	0.127	1.701	0.204	"	"	"	3.8	0.063	1.749	0.178	"	"	"	11.0	0.154	1.557	0.272
"	"	"	8.1	0.123	1.643	0.203	29	碎石-④	GW	0	-	1.585	0.231	"	"	"	11.3	0.157	1.544	0.270
2	緑川マサ土	SC-SM	7.7	0.130	1.831	0.160	"	"	"	0	-	1.665	0.249	6	大阪マサ土	SM	10.3	0.156	1.675	0.236
"	"	"	7.6	0.128	1.807	0.178	"	"	"	0	-	1.611	0.246	"	"	"	10.7	0.160	1.665	0.221
"	"	"	7.5	0.123	1.761	0.181	31	碎石-⑤	GW	0	-	1.474	0.334	"	"	"	11.1	0.166	1.668	0.209
20	砂	SW	0	-	1.375	0.389	"	"	"	0	-	1.438	0.356	7	姫 路	ML	13.5	0.172	1.442	0.349
"	"	"	0	-	1.407	0.368	"	"	"	0	-	1.456	0.381	"	"	"	13.5	0.170	1.435	0.345
"	"	"	0	-	1.417	0.356	32	碎石-⑥	GW	0	-	1.688	0.215	8	姫 路	ML	13.2	0.191	1.637	0.244
21	碎石-①	GW	1.2	0.017	1.518	0.308	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	13.0	0.187	1.623	0.229
"	"	"	1.3	0.020	1.500	0.297	"	"	"	"	"	"	"	9	緑川マサ土	SC-SM	10.5	0.172	1.811	0.180
"	"	"	1.6	0.022	1.459	0.320	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	10.3	0.170	1.817	0.170
22	碎石-①	GW	1.5	0.024	1.686	0.233	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	10.3	0.164	1.764	0.164
"	"	"	1.6	0.026	1.629	0.245	"	"	"	"	"	"	"	10	緑川マサ土	SC-SM	11.0	0.196	1.981	0.123
"	"	"	1.7	0.027	1.607	0.229	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	11.0	0.198	2.004	0.115
23	碎石-②	GW	3.0	0.047	1.657	0.224	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	10.9	0.192	1.946	0.117
"	"	"	3.1	0.046	1.603	0.222	"	"	"	"	"	"	"	12	砂質ローム	SM	19.6	0.213	1.299	0.455
24	砂	SW	7.7	0.103	1.433	0.367	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	19.5	0.206	1.264	0.445
"	"	"	8.0	0.106	1.426	0.351	"	"	"	"	"	"	"	15	姫 路	ML	18.3	0.229	1.478	0.284
"	"	"	7.9	0.103	1.400	0.345	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	18.4	0.231	1.487	0.280
27	碎石-③	GW	0	-	1.656	0.267	"	"	"	"	"	"	"	16	姫 路	ML	17.6	0.255	1.710	0.177
"	"	"	0	-	1.643	0.222	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	17.5	0.253	1.695	0.173
"	"	"	0	-	1.667	0.213	"	"	"	"	"	"	"	17	大阪マサ土	SM	13.9	0.201	1.646	0.250

表 2 - 2 - 3 透過型密度計 含水比 (w) 別 校正データ(8)

打込深さ 20 cm

w = 10 ~ 20 %							w = 20 ~ 30 %							w = 50 ~ 100 %						
実験 No.	実験試料		w (%)	水分密度 M(g/cm ³)	密度 r _s (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		w (%)	水分密度 M(g/cm ³)	密度 r _s (g/cm ³)	R.C	実験 No.	実験試料		w (%)	水分密度 M(g/cm ³)	密度 r _s (g/cm ³)	R.C
	土質名称	土質分類						土質名称	土質分類						土質名称	土質分類				
17	大阪マサ土	SM	14.2	0.202	1.629	0.248	11	砂質ローム	SM	20.2	0.241	1.432	0.339	13	第二盛土	CH	51.3	0.400	1.181	0.547
"	"	"	13.6	0.192	1.599	0.256	"	"	"	21.0	0.246	1.415	0.363	"	"	"	51.5	0.395	1.162	0.530
18	大阪マサ土	SM	13.7	0.222	1.851	0.153	"	"	"	20.4	0.232	1.370	0.387	"	"	"	53.1	0.402	1.158	0.498
"	"	"	13.4	0.218	1.846	0.151	12	砂質ローム	SM	20.7	0.224	1.306	0.446	14	第二盛土	CH	50.4	0.427	1.275	0.411
"	"	"	12.9	0.210	1.832	0.146	19	鳥井峠	SM	26.0	0.258	1.248	0.444	"	"	"	51.1	0.434	1.285	0.397
							25	砂質ローム	SM	24.9	0.265	1.333	0.416							
							"	"	"	25.5	0.265	1.307	0.409							
							"	"	"	25.6	0.264	1.296	0.395	3	第一盛土	MH	86.2	0.521	1.126	0.518
							26	砂質ローム	SM	23.9	0.300	1.556	0.281							
							"	"	"	24.3	0.299	1.529	0.259	3	第一盛土	MH	95.3	0.552	1.132	0.561
														"	"	"	91.6	0.550	1.150	0.526

表2-2-4 含水比比較正曲線

打込深さ cm	含水比 (w%)	測定数	較正曲線	不偏分散の平方根 RV	相関係数 R	備考
5	0~10	42	$\log y = -0.192x - 0.010$	0.0250	-0.774	
	10~20	35	$\log y = -0.240x - 0.068$	0.0285	-0.858	
	20~30	12	$\log y = -0.369x + 0.269$	0.0140	-0.946	
	40~50	3	$\log y = -0.385x + 0.252$	0.0262	-0.906	
	50~60	4	$\log y = -0.558x + 0.475$	0.0014	-0.999	
	60~90	4	$\log y = -0.438x + 0.310$	0.0180	-0.604	
	全体	100	$\log y = -0.262x + 0.107$	0.0264	-0.911	
10	0~10	42	$\log y = -0.468x + 0.300$	0.0306	-0.907	
	10~20	33	$\log y = -0.510x + 0.363$	0.0243	-0.972	
	20~30	12	$\log y = -0.552x + 0.421$	0.0261	-0.929	
	50~60	7	$\log y = -0.698x + 0.566$	0.0172	-0.936	
	60~80	4	$\log y = -0.350x - 0.637$	0.0152	0.504	
	全体	98	$\log y = -0.480x + 0.315$	0.0273	-0.967	
15	0~10	41	$\log y = -0.657x + 0.533$	0.0306	-0.945	
	10~20	37	$\log y = -0.696x + 0.587$	0.0281	-0.979	
	20~30	11	$\log y = -0.691x + 0.569$	0.0319	-0.929	
	50~60	7	$\log y = -0.909x + 0.804$	0.0189	-0.956	
	60~80	4	$\log y = -0.514x - 0.821$	0.0135	0.496	
	全体	100	$\log y = -0.644x + 0.504$	0.0303	-0.976	
20	0~10	32	$\log y = -0.835x + 0.737$	0.0306	-0.966	
	10~20	28	$\log y = -0.836x + 0.728$	0.0314	-0.981	
	20~30	10	$\log y = -0.750x + 0.600$	0.0251	-0.956	
	50~60	5	$\log y = -0.959x + 0.837$	0.0259	-0.937	
	80~100	3	$\log y = -0.145x - 0.107$	0.0259	-0.099	
	全体	78	$\log y = -0.787x + 0.651$	0.0314	-0.983	

図 2-2-3, 図 2-2-4 に示した校正曲線についてみると, 含水比 50~60%, 60~80% の線が, その密度分布幅のせまさと試料数の少なさに起因する異なりを示しているが, 全体的にみた場合, 各含水比別試料間には有意差はなく, したがって含水比による影響はほとんどないと考えることができる。

2-3 レキ混り土の校正曲線

校正実験で使用した材料は, 関東ローム, 粘土, 砂質ロームを砂, 砂利および碎石と重量比で 3:7, 5:5 の割合で混合して使用した。締固め方法は, まき厚約 10 cm で 100 回の足締めの方法で行なった。

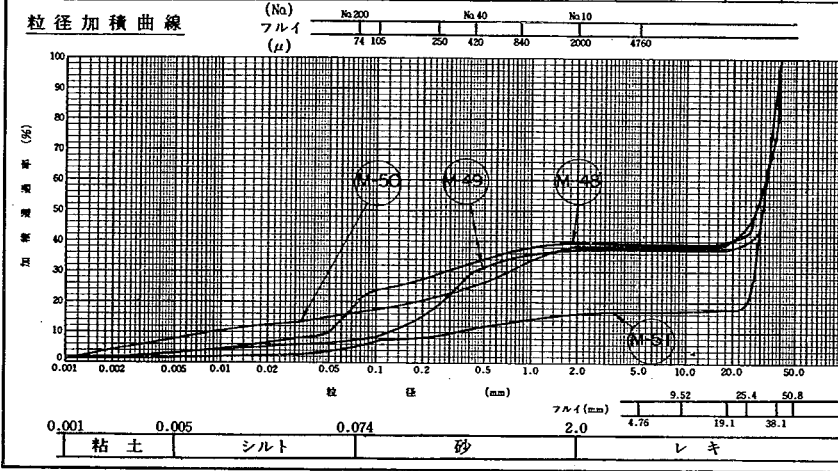
レキ混り土の密度は, 粒径の大きいもの (20 mm 以上) は校正容器の 2 段 (10 cm) ごとに小さい (20 mm 以下) のものについては一段 (5 cm) ごとに, 全量法によって求めた。測定は校正容器の 2 段毎に行ない, 深さ方向は 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm で, 0°, 90°, 180°, 270° の 4 点の計測を行なった。

これらの校正実験で得られたデータを表 2-2-5 に示す。

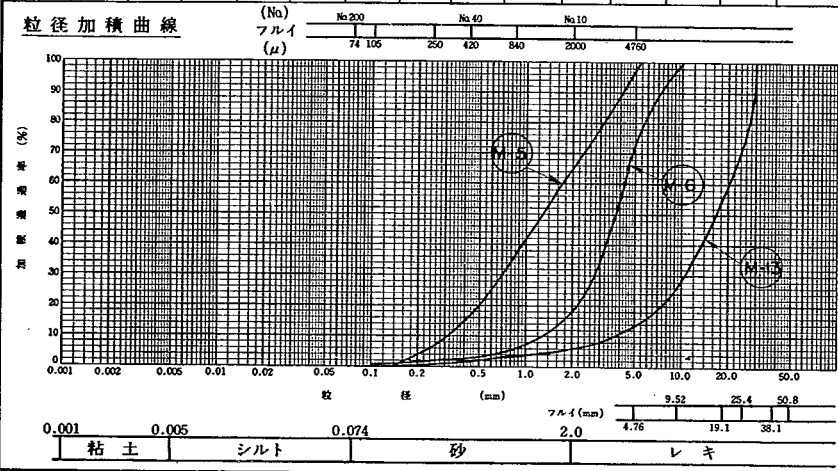
また校正実験試料の混合割合を知るために, 粒径加積曲線を各試料について求めた。これを図 2-2-5, に示す。

これらの校正実験で得られた結果から, 校正曲線を図 2-2-6, 図 2-2-7, に示す。また校正曲線式を表 2-2-6 に示す。

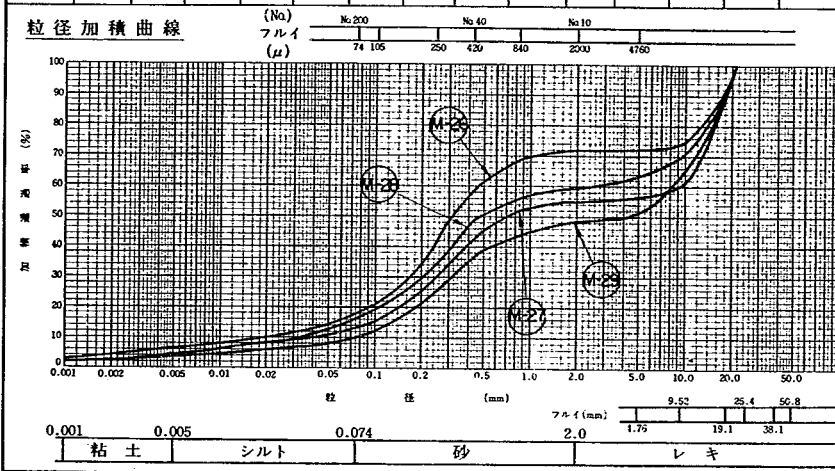
試料 番号	レキ分 %	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	最大径 mm	60%径 mm	30%径 mm	10%径 mm	均等 係数	曲率 係数	200 μ フルイ 通過率%	120 μ フルイ 通過率%	75 μ フルイ 通過率%	三角座標法 による分類
M-48	61	19	17	6	38.0	32.0	—	0.05	640					
M-49	63	29	5	1	38.0	32.0	—	0.12	267					
M-50	62	21	9	1	38.0	32.0	—	0.09	356					
M-51	84	11	3	1	38.0	32.0	—	0.32	100					



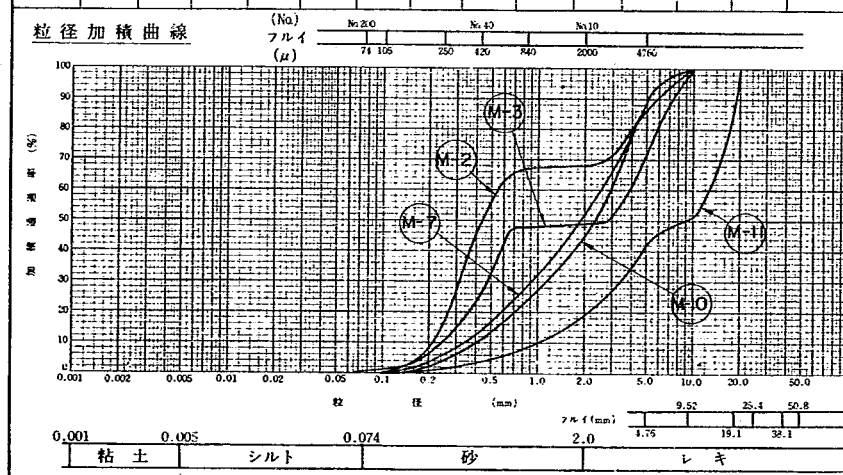
試料 番号	レキ分 %	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	最大径 mm	60%径 mm	30%径 mm	10%径 mm	均等 係数	曲率 係数	200 μ フルイ 通過率%	120 μ フルイ 通過率%	75 μ フルイ 通過率%	三角座標法 による分類
M-5	64	36	—	—	5.0	1.7	—	0.32	53	3.44				
M-6	82	18	—	—	10.0	42.0	—	1.3	32.3	4.89				
M-13	94	6	—	—	38.0	20.0	—	3.8	5.3	6.87				



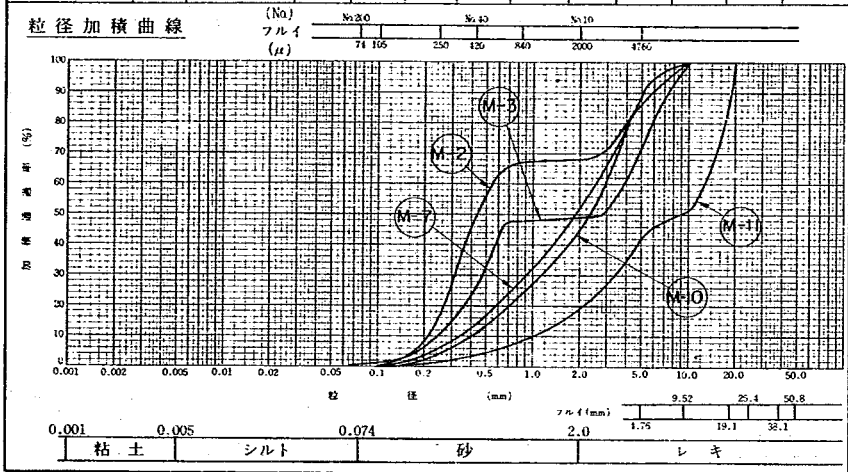
試料番号	レキ分 %	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	最大径 mm	60%径 mm	30%径 mm	10%径 mm	均等係数	曲率係数	200μフルイ通過率 %	420μフルイ通過率 %	75μフルイ通過率 %	三角座標法による分類
M-26	28	54	12	3	20.0	0.47	—	0.019	25					
M-27	45	42	8	2	20.0	9.50	—	0.036	284					
M-28	40	44	12	2	20.0	2.4	—	0.034	71					
M-29	52	38	7	1	20.0	8.3	—	0.075	111					



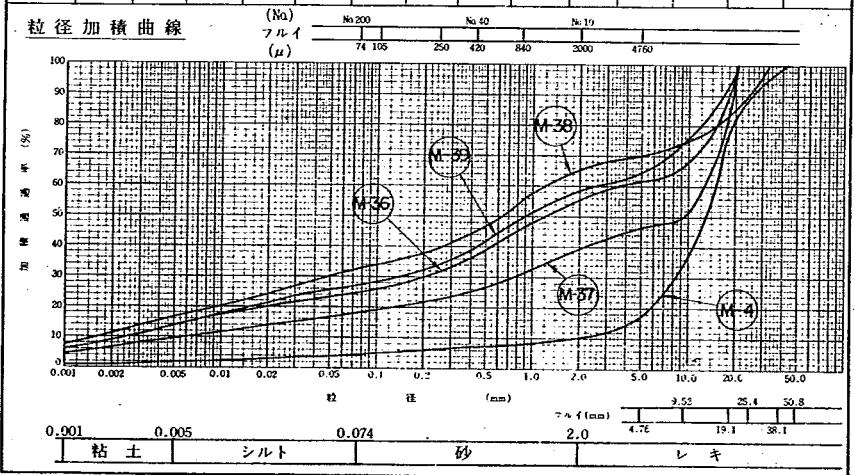
試料番号	レキ分 %	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	最大径 mm	60%径 mm	30%径 mm	10%径 mm	均等係数	曲率係数	200μフルイ通過率 %	420μフルイ通過率 %	75μフルイ通過率 %	三角座標法による分類
M-2	32	68	—	—	10.0	0.55	—	0.22	2.5	2.83				
M-3	51	49	—	—	10.0	3.7	—	0.25	14.8	3.63				
M-7	48	52	—	—	10.0	2.5	—	0.34	7.4	3.88				
M-10	54	46	—	—	10.0	2.9	—	0.40	7.3	4.04				
M-11	82	18	—	—	20.0	12.0	—	1.0	12.0	5.63				



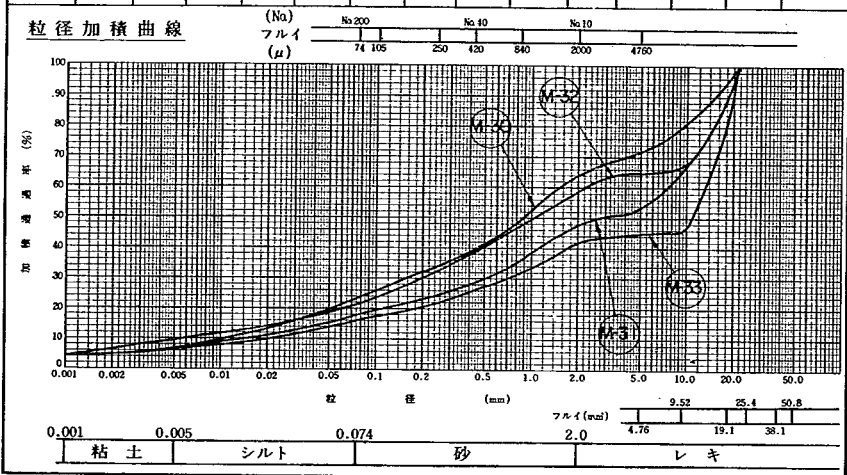
試料 番号	レキ分 %	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	最大径 mm	60%径 mm	30%径 mm	10%径 mm	均等 係数	細粒 率	500μフルイ 通過率%	100μフルイ 通過率%	75μフルイ 通過率%	三角定規法 による分類
M-2	32	68	—	—	10.0	0.55	—	0.22	2.5	2.83				
M-3	51	49	—	—	10.0	3.7	—	0.25	14.8	3.63				
M-7	48	52	—	—	10.0	25	—	0.34	7.4	3.88				
M-10	54	46	—	—	10.0	2.9	—	0.40	7.3	4.04				
M-11	82	18	—	—	20.0	12.0	—	1.0	12.0	5.63				



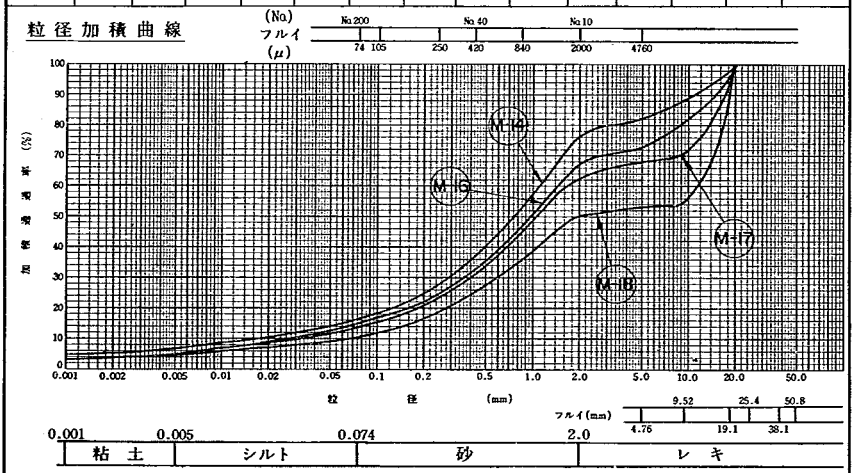
試料 番号	レキ分 %	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	最大径 mm	60%径 mm	30%径 mm	10%径 mm	均等 係数	曲率 係数	500μフルイ 通過率%	100μフルイ 通過率%	75μフルイ 通過率%	三角定規法 による分類
M-4	90	6	2	1	38.1	15.0	—	2	7.5					
M-36	45	28	13	8	20.0	4.0	—	0.0024	666.7					
M-37	61	21	8	5	20.0	11.5	—	0.005	2300					
M-38	35	32	17	13	32.0	12.0	—	0.0016	7500					
M-39	42	31	13	8	20.0	2.40	—	0.0024	1000					



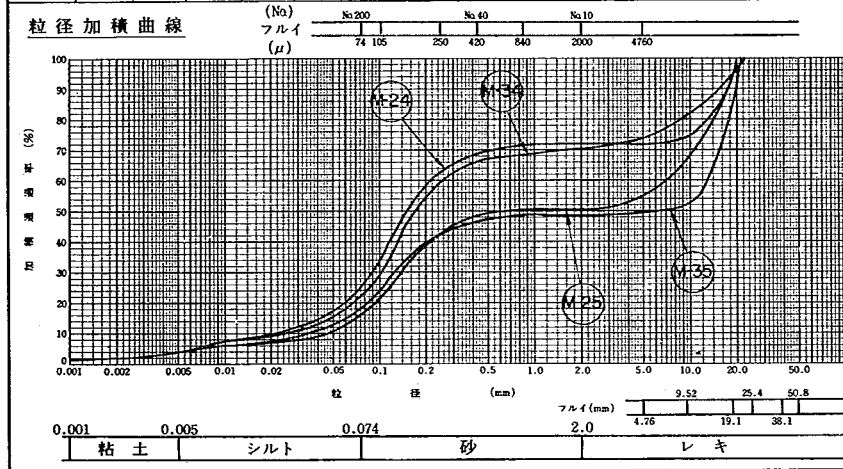
試料番号	レキ分 %	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	最大径 mm	60%径 mm	30%径 mm	10%径 mm	均等係数	曲率係数	200μフルイ通過率 %	40μフルイ通過率 %	75μフルイ通過率 %	三角座標法による分類
M-30	48	32	10	4	20.0	1.50	—	0.006	250					
M-31	53	29	11	4	20.0	7.30	—	0.013	562					
M-32	41	38	14	8	20.0	2.2	—	0.011	200					
M-33	58	26	9	3	20.0	13.0	—	0.02	650					



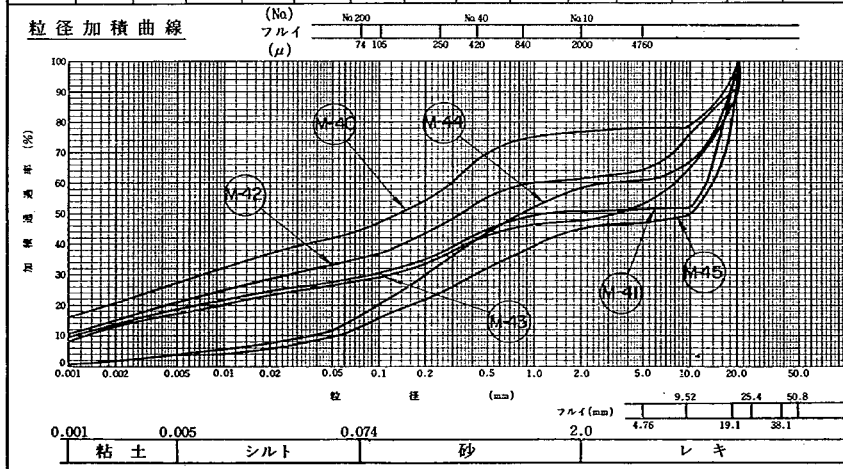
試料番号	レキ分 %	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	最大径 mm	60%径 mm	30%径 mm	10%径 mm	均等係数	曲率係数	200μフルイ通過率 %	40μフルイ通過率 %	75μフルイ通過率 %	三角座標法による分類
M-14	23	61	8	2	20.0	1.1	—	0.02	55					
M-16	32	53	8	2	20.0	1.4	—	0.028	50					
M-17	37	49	7	2	20.0	1.6	—	0.032	50					
M-18	49	41	4	1	20.0	11.5	—	0.07	164					



試料番号	レキ分 %	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	最大径 mm	60%径 mm	30%径 mm	10%径 mm	均等係数	曲率係数	200μフルイ通過率 %	420μフルイ通過率 %	75μフルイ通過率 %	三角座標法による分類
M-24	28	48	20	3	20.0	0.22	—	0.022	10					
M-25	50	35	11	3	20.0	7.0	—	0.047	49					
M-34	30	48	18	3	20.0	0.27	—	0.026	10					
M-35	52	30	14	3	20.0	13.0	—	0.036	361					



試料番号	レキ分 %	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	最大径 mm	60%径 mm	30%径 mm	10%径 mm	均等係数	曲率係数	200μフルイ通過率 %	420μフルイ通過率 %	75μフルイ通過率 %	三角座標法による分類
M-40	23	33	16	11	20.0	0.29	—	—	—					
M-41	49	22	10	10	20.0	12.5	—	0.0011	11364					
M-42	39	26	14	10	20.0	1.0	—	—	—					
M-43	52	20	11	9	20.0	8.0	—	0.0013	6154					
M-44	41	43	12	4	20.0	3.0	—	0.036	83					
M-45	55	32	9	4	20.0	13.5	—	0.05	270					



土質工学会

試料 番号	レキ分 %	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	最大径 mm	60%径 mm	30%径 mm	10%径 mm	均 係 数	等 係 数	曲 率 係 数	200 μ フルイ 通過率%	420 μ フルイ 通過率%	75 μ フルイ 通過率%	三角座標法 による分類
M-1	0	76	18	1	1.15	0.25	—	0.019	13						
M-19	75	18	5	1	5.5	4.2	—	0.017	247						
M-20	30	49	18	1	6.0	1.15	—	0.023	50						
M-21	52	34	11	1	22.0	3.9	—	0.035	111						
M-22	63	26	8	1	28.0	6.7	—	0.055	122						

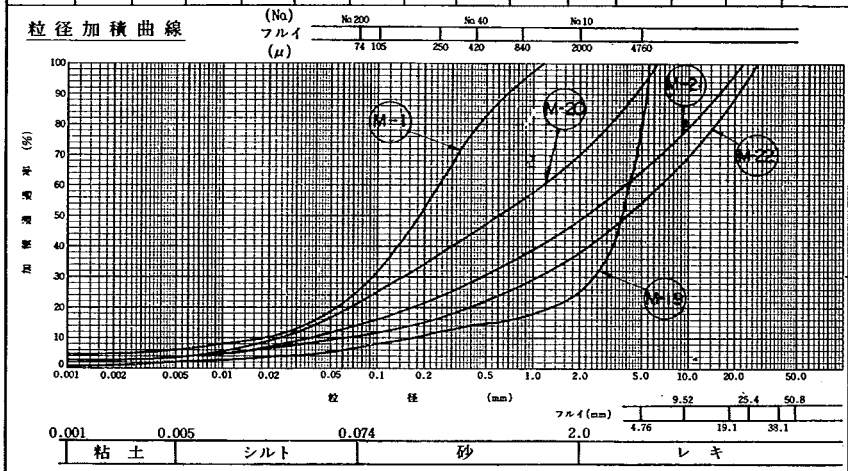


図 2-2-6 透過型，密度計，レキ混り土校正曲線

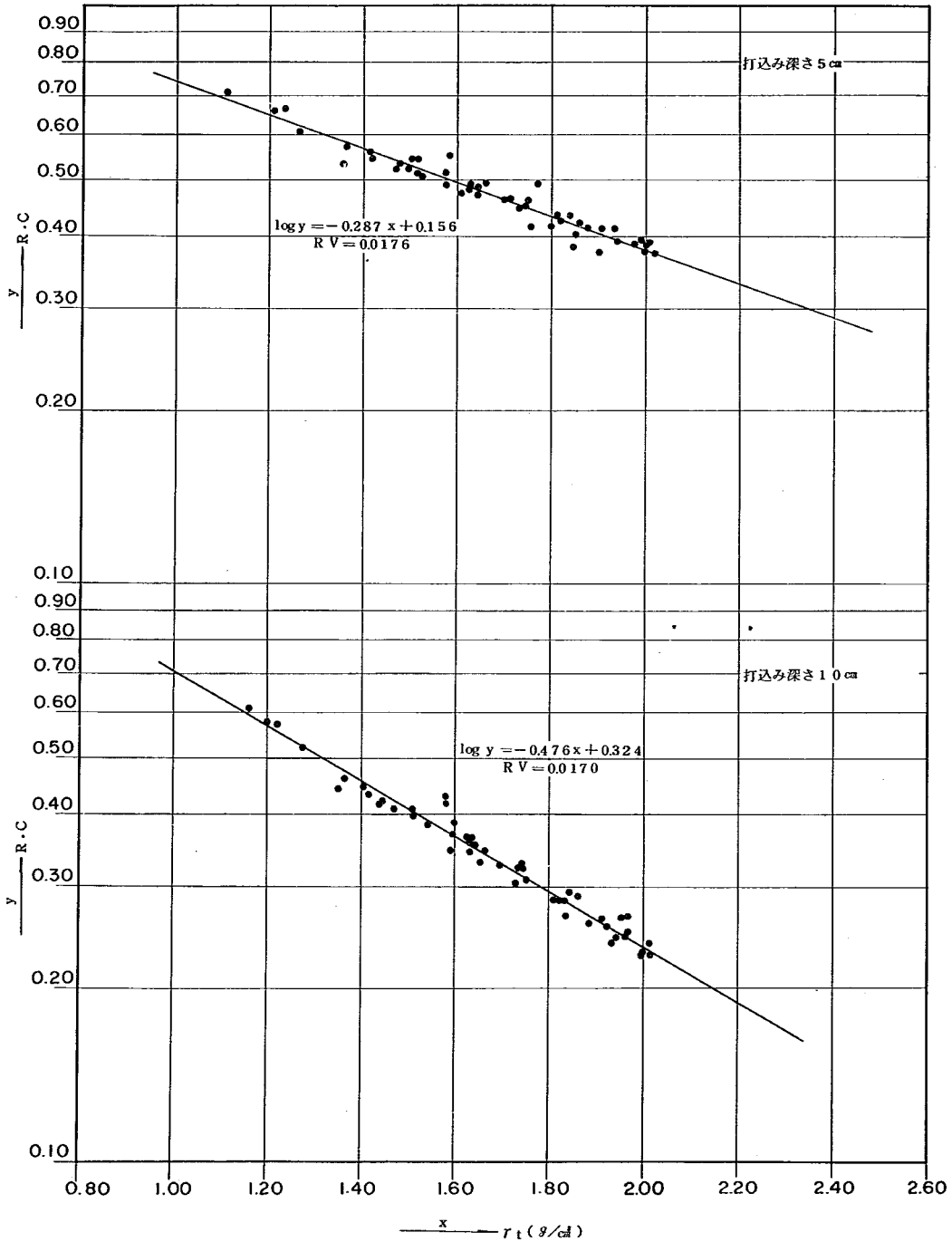


図 2-2-7 透過型，密度計，レキ混り土校正曲線

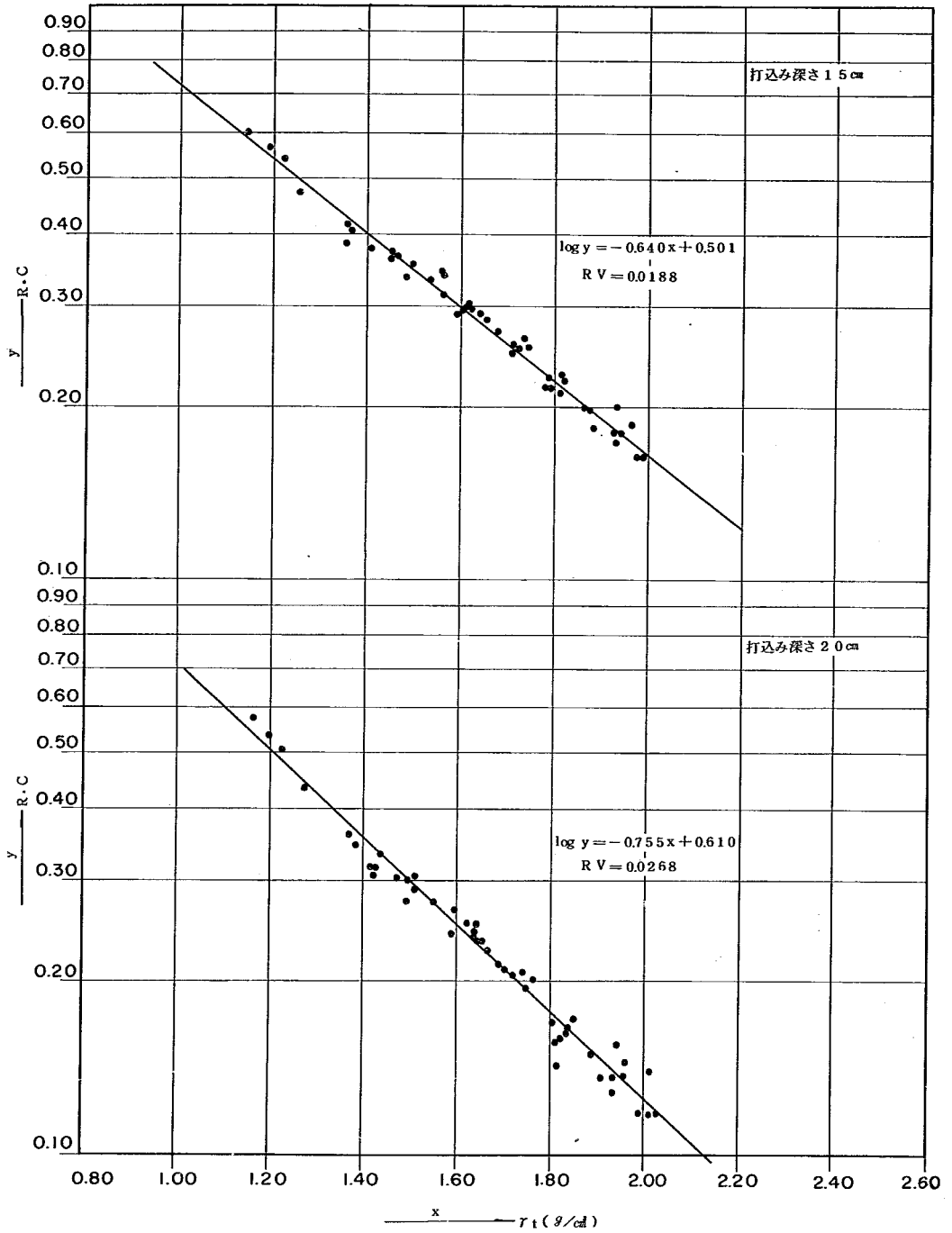


表 2-2-5 RI 透過型密度計レキ混り土校正データ

実験 No.	実 験 試 料	5 cm		10cm		15cm		20cm		備 考
		γ_t (g/cm ³)	R.C	γ_t (g/cm ³)	R.C	γ_t (g/cm ³)	R.C	γ_t (g/cm ³)	R.C	
M-1	関東ローム(0.7)砂(0.3)	1.211	0.666	1.201	0.578	1.194	0.568	1.200	0.539	第一盛土 SC≒10500cpm
M-2	砂(0.7)砂利(0.3)	1.702	0.466	1.658	0.330	1.655	0.283	1.669	0.227	
M-3	砂(0.5)砂利(0.5)	1.862	0.422	1.835	0.282	1.825	0.222	1.839	0.166	
M-4	姫 路	1.525	0.508	1.544	0.385	1.536	0.336	1.552	0.276	
M-5	砂	1.853	0.403	1.887	0.258	1.867	0.200	1.891	0.150	
M-6	砂 利	1.821	0.429	1.862	0.281	1.791	0.227	1.808	0.170	
M-7	砂(0.7)砂利(0.3)	1.912	0.415	1.967	0.264	1.933	0.200	1.947	0.154	
M-8	砂(0.5)砂利(0.5)	1.992	0.394	1.967	0.249	1.962	0.185	1.964	0.144	
M-9	〃 〃	1.938	0.415	1.913	0.262	1.876	0.198	1.914	0.142	
M-10	M-8(0.7)砕石(0.3)	2.001	0.389	2.016	0.237	1.997	0.168	2.031	0.118	
M-11	M-8(0.5)砕石(0.5)	1.903	0.377	2.015	0.227	1.992	0.166	2.015	0.140	
M-11'	〃 〃	1.992	0.375	1.983	0.226	1.977	0.162	1.988	0.117	
M-12	鳥 井 峠	1.110	0.711	1.162	0.605	1.144	0.607	1.168	0.576	
M-13	砂 利	1.847	0.385	1.833	0.266	1.812	0.212	1.834	0.161	
M-14	緑川マサ土(0.7)砂利(0.3)	1.876	0.413	1.923	0.252	1.883	0.183	1.934	0.136	第一盛土 第一盛土
M-15	緑川マサ土(0.7)砂利(0.3)	1.977	0.387	1.934	0.238	1.934	0.173	1.932	0.127	
M-16	緑川マサ土(0.5)砂利(0.5)	2.022	0.375	2.001	0.229	1.972	0.163	2.010	0.118	
M-17	緑川マサ土(0.7)砕石(0.3)	2.013	0.395	1.965	0.245	1.947	0.180	1.910	0.135	
M-18	緑川マサ土(0.5)砕石(0.5)	1.940	0.391	1.957	0.242	1.931	0.181	1.959	0.137	
M-19	関東ローム(0.7)小砂利(0.3)	1.236	0.667	1.222	0.570	1.222	0.541	1.224	0.503	
M-20	関東ローム(0.5)小砂利(0.5)	1.367	0.573	1.367	0.458	1.361	0.419	1.373	0.361	
M-21	M-20(0.7)砂利(0.3)	1.573	0.496	1.594	0.368	1.566	0.316	1.601	0.252	
M-22	M-20(0.5)砂利(0.5)	1.747	0.455	1.745	0.324	1.733	0.261	1.746	0.208	
M-23	大阪マサ土	1.496	0.527	1.479	0.430	1.402	0.380	1.441	0.332	
M-24	砂質ローム(0.7)砂利(0.3)	1.503	0.544	1.508	0.406	1.496	0.354	1.508	0.302	

実験 №	実験試料	5 cm		10 cm		15 cm		20 cm		備考
		r_t (g/cm ³)	R.C	r_t (g/cm ³)	R.C	r_t (g/cm ³)	R.C	r_t (g/cm ³)	R.C	
M-25	砂質ローム(0.5)砂利(0.5)	1.639	0.473	1.663	0.346	1.641	0.293	1.657	0.234	
M-26	大阪マサ土(0.7)碎石(0.3)	1.715	0.463	1.733	0.321	1.715	0.258	1.701	0.210	
M-27	大阪マサ土(0.5)碎石(0.5)	1.789	0.419	1.824	0.282	1.787	0.217	1.827	0.159	
M-28	大阪マサ土(0.7)砂利(0.3)	1.713	0.463	1.698	0.327	1.679	0.270	1.696	0.212	
M-29	大阪マサ土(0.5)砂利(0.5)	1.842	0.436	1.846	0.291	1.820	0.229	1.852	0.171	
M-30	鳥井峠(0.7)砂利(0.3)	1.416	0.557	1.404	0.447	1.371	0.406	1.387	0.345	
M-31	鳥井峠(0.5)砂利(0.5)	1.576	0.516	1.660	0.384	1.566	0.343	1.600	0.268	
M-32	鳥井峠(0.7)碎石(0.3)	1.354	0.532	1.354	0.440	1.354	0.386	—	—	
M-33	鳥井峠(0.5)碎石(0.5)	1.772	0.498	1.592	0.343	1.592	0.291	1.592	0.241	
M-34	砂質ローム(0.7)碎石(0.3)	1.472	0.526	1.439	0.414	1.452	0.367	1.427	0.307	
M-35	砂質ローム(0.5)碎石(0.5)	1.643	0.487	1.643	0.354	1.619	0.301	1.645	0.251	
M-36	姫路(0.7)碎石(0.3)	1.624	0.483	1.633	0.345	1.614	0.290	1.644	0.237	
M-37	姫路(0.5)碎石(0.5)	1.751	0.463	1.745	0.322	1.723	0.253	1.751	0.196	
M-38	姫路	1.516	0.515	1.512	0.397	1.483	0.338	1.513	0.290	
M-39	姫路	1.628	0.488	1.631	0.363	1.613	0.302	1.627	0.251	
M-40	関東ローム(0.7)碎石(0.3)	1.421	0.547	1.417	0.430	1.410	0.379	1.421	0.318	第二盛土
M-41	関東ローム(0.5)碎石(0.5)	1.607	0.475	1.637	0.357	1.606	0.296	1.641	0.239	第二盛土
M-42	関東ローム(0.7)砂利(0.3)	1.513	0.546	1.446	0.420	1.454	0.372	1.427	0.315	第二盛土
M-43	関東ローム(0.5)砂利(0.5)	1.658	0.496	1.638	0.362	1.626	0.297	1.640	0.242	第二盛土
M-44	関東ローム(0.7)碎石(0.3)	1.263	0.603	1.273	0.521	1.255	0.476	1.278	0.436	第一盛土
M-45	関東ローム(0.5)碎石(0.5)	1.476	0.538	1.475	0.410	1.464	0.368	1.478	0.304	第一盛土
M-48	関東ローム(0.5)碎石(0.5)	1.585	0.552	1.585	0.419	1.565	0.341	1.596	0.276	第二盛土
M-49	大阪マサ土(0.5)碎石(0.5)	1.815	0.432	1.815	0.284	1.796	0.217	1.815	0.158	
M-50	姫路(0.5)碎石(0.5)	1.756	0.418	1.756	0.306	1.742	0.255	1.768	0.201	
M-51	関東ローム(0.3)碎石(0.7)	1.735	0.450	1.735	0.303	1.716	0.249	1.727	0.204	第二盛土

表 2-2-6 校正曲線式

打込み深さ (cm)	測 定 数	校 正 曲 線 式	不偏分散の平方根 R_Y	相 関 係 数 r	備 考
5	50	$\log y = -0.287x + 0.156$	0.0176	-0.967	yは計数率R.Cを xはレキ混リ土の密 度 γ (g/cm^3)とする
10	50	$\log y = -0.476x + 0.324$	0.0170	-0.989	
15	50	$\log y = -0.640x + 0.501$	0.0188	-0.992	
20	49	$\log y = -0.755x + 0.610$	0.0268	-0.989	

図 2-2-6, 図 2-2-7 に示した校正曲線についてみると, 細粒土の場合と同様にばらつきは少なく, 充分正確な直線近似が出来, レキ混リ土についての密度測定は充分可能である。この場合のレキ混リ土測定における大略の精度(絶対値に対する)を試算すると, 普通の土の場合と同様に, 1 分計測で $\pm 0.027\text{g}/\text{cm}^3$ となる。

最大粒径が 2.0mm 以上ある場合におけるレキ混リの上でも, それ以下の最大粒径のレキ混リ土と変わりがなく, 平均密度の測定が可能である。なお実験現場での測定において, 一般の土で $0^\circ, 180^\circ$ の二方向の測定で充分であるがレキ混リ土においては測定場所でのレキの混リ割合の差による密度のバラツキがあるのでその測定点の平均密度を得るために $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ の 4 方向の測定を行うことで, 充分精度の高い平均密度を得ることができると考えられる。

2-4 全試料を含めた校正曲線

前報告での校正曲線作成における細粒土, 粗粒土, および砕石と, レキ混リ土の全試料を含めた校正曲線の検討を行なう。

各打込み深さ別に, 各々の試料についての校正曲線式と, 全試料における校正曲線式を表 2-2-7 に示す。それらの校正曲線を打込み深さに図 2-2-8, 図 2-2-9 に示す。

図 2-2-8 透過型、密度計、校正曲線

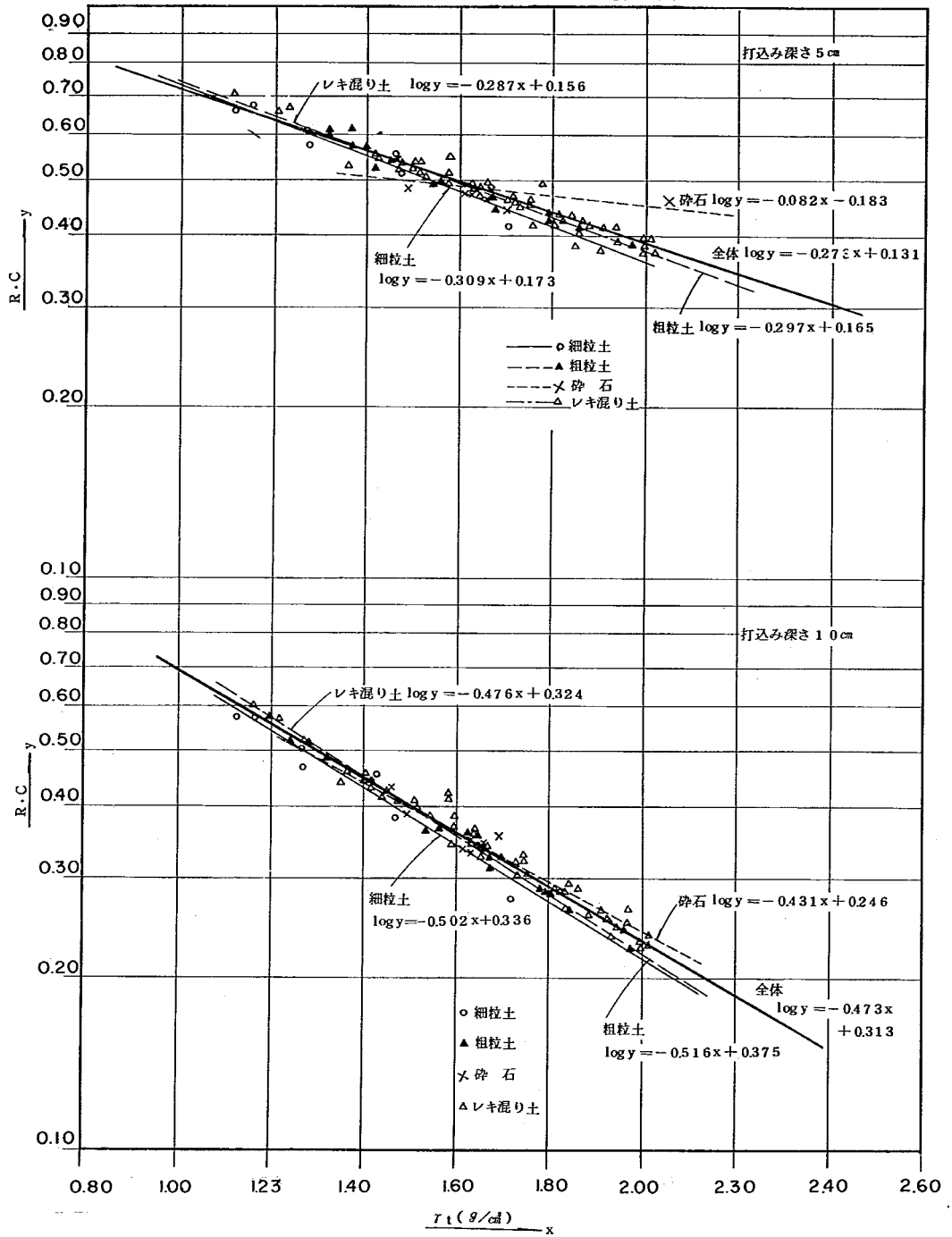


図 2-2-9 透過型密度計 校正曲線

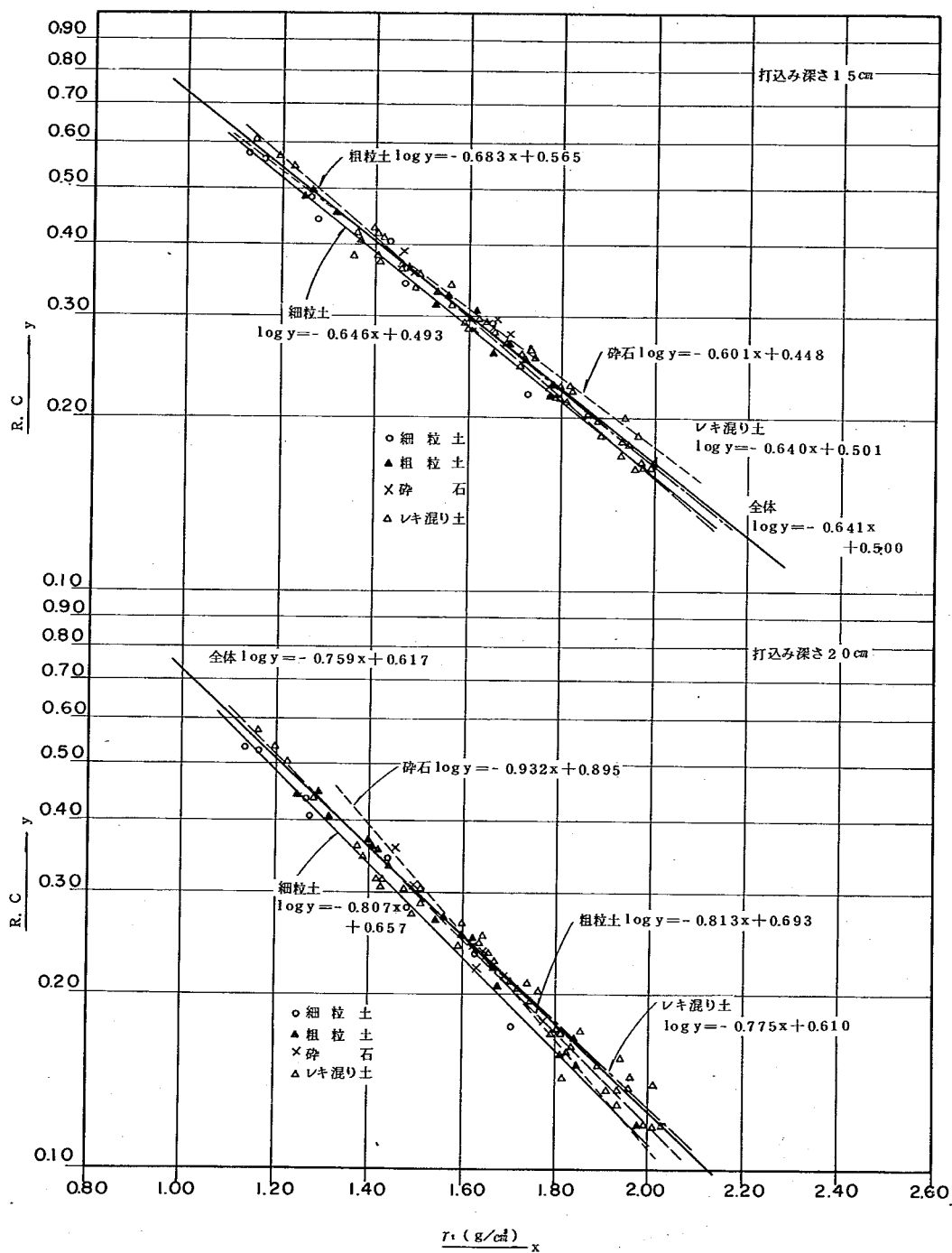


表 2-2-7 較正曲線式

打込み深さ (cm)	測点数	実験試料	較正曲線式	不偏分散の平方根 (ばらつき)RV	相関係数 R	備考
5	8	細粒土	$\log y = -0.309x + 0.173$	0.0206	-0.964	
	16	粗粒土	$\log y = -0.297x + 0.165$	0.0098	-0.989	
	7	砕石	$\log y = -0.082x - 0.183$	0.0256	-0.570	
	50	レキ混り土	$\log y = -0.287x + 0.156$	0.0176	-0.967	
	81	全体	$\log y = -0.273x + 0.131$	0.0203	-0.955	
10	8	細粒土	$\log y = -0.502x + 0.336$	0.0264	-0.976	
	16	粗粒土	$\log y = -0.516x + 0.375$	0.0102	-0.996	
	7	砕石	$\log y = -0.431x + 0.246$	0.0225	-0.880	
	50	レキ混り土	$\log y = -0.476x + 0.324$	0.0170	-0.989	
	81	全体	$\log y = -0.473x + 0.313$	0.0189	-0.986	
15	8	細粒土	$\log y = -0.646x + 0.493$	0.0279	-0.984	
	16	粗粒土	$\log y = -0.683x + 0.565$	0.0158	-0.995	
	7	砕石	$\log y = -0.601x + 0.448$	0.0201	-0.945	
	50	レキ混り土	$\log y = -0.640x + 0.501$	0.0188	-0.992	
	81	全体	$\log y = -0.641x + 0.500$	0.0199	-0.991	
20	8	細粒土	$\log y = -0.807x + 0.657$	0.0298	-0.987	
	16	粗粒土	$\log y = -0.813x + 0.693$	0.0161	-0.996	
	7	砕石	$\log y = -0.932x + 0.895$	0.0181	-0.980	
	49	レキ混り土	$\log y = -0.755x + 0.610$	0.0268	-0.989	
	80	全体	$\log y = -0.759x + 0.617$	0.0263	-0.989	

図 2-2-8, 図 2-2-9 に示した校正曲線で, 各打込み深さも, 下から細粒土, 粗粒土, レキ混り土, 碎石の順に各線が上方に移動する (すなわち計数比が上がる) 傾向を示している。

打込み深さ 5 cm での碎石の勾配が他の試料の勾配と違っているが, 密度 2.050 附近の点を除いてみるとほとんど他の勾配と変わらず, この点の実験誤差か, 計器の変動によるもののよう考えられる。

粒径別の校正曲線の違いは多少あるが, 全体からみても, 実際の現場測定に於いては, 全体表示の曲線を使用しても, 精度的にはこれらの影響は少ないものと考えられる。

実際には測定する前に, その現場での試料にて 2~3 点の校正を行ない, プロットしてみて全体表示の線と合わせ検討すれば, かなり高い精度の測定が可能であると考えられる。

2-5 特殊物質による校正曲線

特殊物質として使用したものは, 次の通りである。

表 2-2-8

試 料	単位体積重量	測定個数	平均計数比	計数比の $\sqrt{\text{不偏分散}}$
水	1.00	10	打込深さ 5cm-0.764	0.00959
			10cm-0.688	0.00703
			15cm-0.694	0.00915
			20cm-0.648	0.00951
ベークライト板	1.38	多数点	5cm-0.562	0.02105
			10cm-0.445	0.0184
			15cm-0.414	0.0096
			20cm-0.315	0.00652
ガラス板	2.45	多数点	5cm-0.259	0.00713
			10cm-0.157	0.003625
			15cm-0.093	0.00470
ミカゲ石	2.63	多数点	5cm-0.279	0.005
			10cm-0.129	0.005

全試料に対する校正曲線と, これら特殊物質の校正点を図 2-2-10, 図 2-2-11 に示す。

この図の中で 15 cm のミカゲ石の点, 20 cm のミカゲ石とガラス板の点は, これら試料の厚さが不足しているから, 図中にはプロットしていない。

これら特殊物質のみによる校正曲線を求めると, 表 2-2-9 のようになる。

図 2-2-10 特殊物質による校正曲線

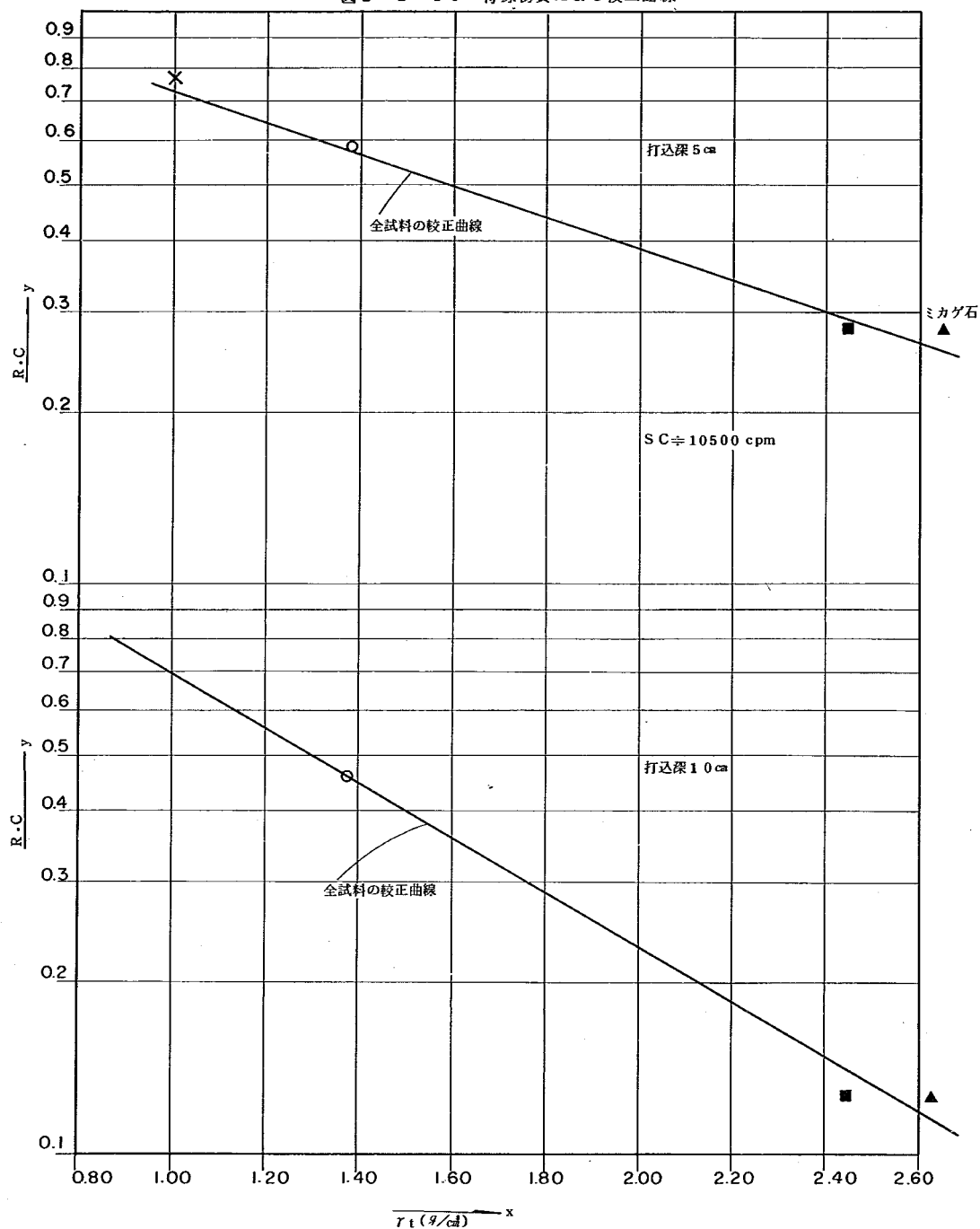


図 2-2-11 特殊物質による校正曲線

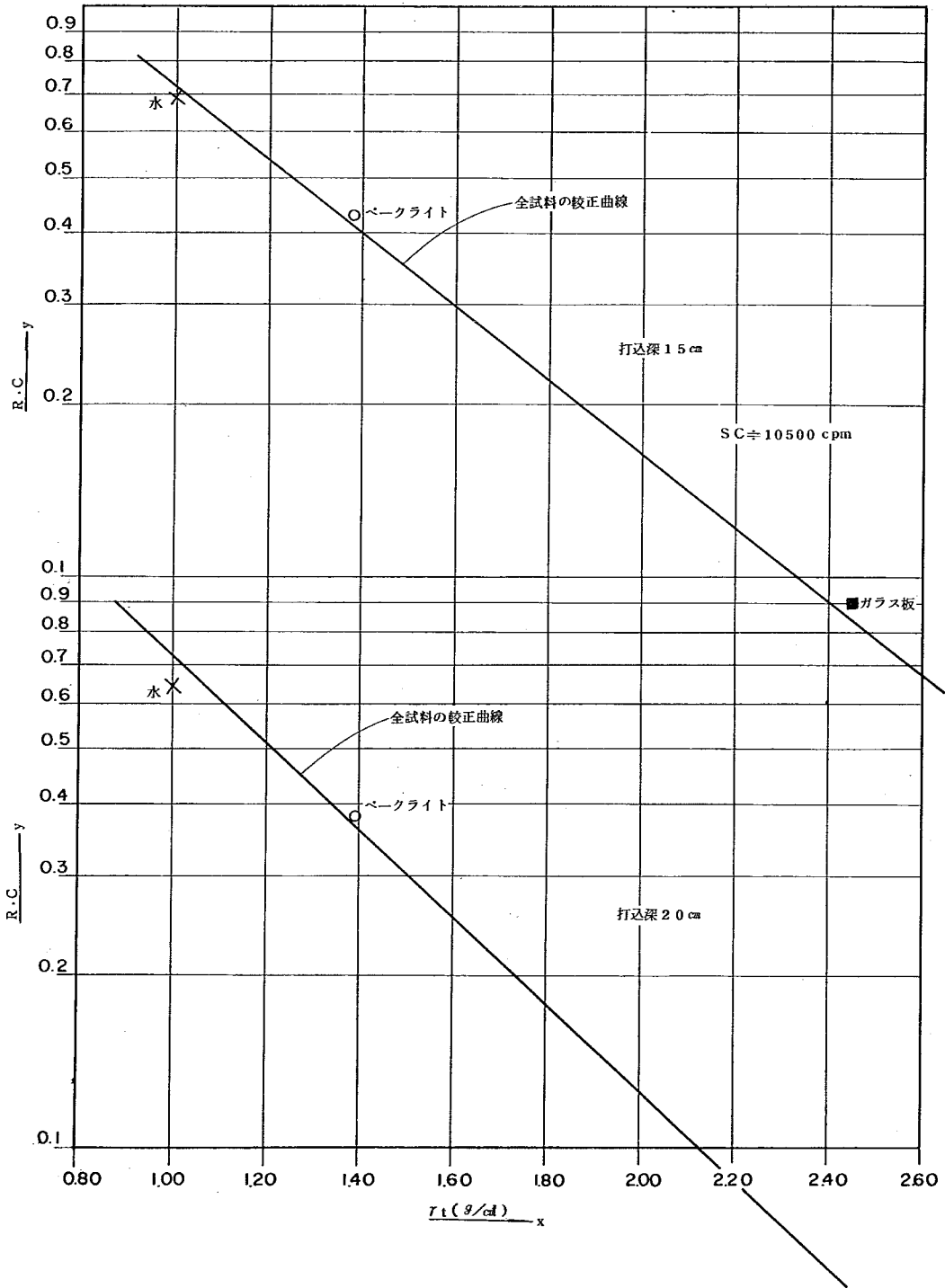


表 2 - 2 - 9

打込深		校正点	校正曲線式	不偏分散の平方根RV	相関係数R	備 考
5cm	特殊物質のみ	4	$\log y = -0.285x + 0.155$	0.0437	-0.988	
	全 試 料	81	$\log y = -0.273x + 0.131$	0.0203	-0.955	
10cm	特殊物質のみ	4	$\log y = -0.439x + 0.268$	0.0118	-0.999	
	全 試 料	81	$\log y = -0.473x + 0.313$	0.0189	-0.986	
15cm	特殊物質のみ	3	$\log y = -0.603x + 0.446$	0.0035	-1.000	ミカゲ石ナシ
	全 試 料	81	$\log y = -0.641x + 0.500$	0.0199	-0.991	
20cm	特殊物質のみ	2	$\log y = -0.824x + 0.636$	—	-1.000	ミカゲ石 とガラスナシ
	全 試 料	80	$\log y = -0.759x + 0.617$	0.0263	-0.989	

記 号

試料：水	： 1.000	g/cm ³	×
ベークライト板	： 1.38	"	○
ガラス板	： 2.45	"	■
みかげ石	： 2.63	"	▲

全試料の校正曲線と特殊物質のそれとをくらべると、両者には有意差は生じていない。この実験によると、これら特殊物質を適当にえらぶことにより、土の校正曲線の代用とすることができるのであるが、この実験においては、特殊物質の数が少ないので、これについてはマスターキャリブレーション物質の問題とともに今後さらに検討していかなければならない問題であろう。

2 - 6 総 括

以上の校正曲線の検討結果をまとめると次のようになる。

- (1) 空気体積率 (V_a)、含水比 (w) は校正曲線の計数比にほとんど影響しない。
- (2) レキまじり土の測定についても、普通の土の場合と同精度で測定できる。
- (3) 粒径別に校正曲線を見ると、粒径により多少の差があり、細粒土、粗粒土、レキまじり土、碎石の順に計数比が上がる傾向にある。しかしながら、この差はわずかであるので全体表示の校正曲線を用いても測定にはあまり支障をきたさないようである。
- (4) 特殊物質 (水、ベークライト板、ガラス板、ミカゲ石) による校正曲線は、土の全試料による校正曲線の代用として用いることが出来るようであるが、これに関しては、今後マスターキャリブレーション物質の問題と共に検討を重ねていく必要がある。

第3章 測定上の諸特性

3-1 計器の作用範囲 (Sensitive Volume)

計器の作用範囲 (Sensitive Volume) は一般に計器における線源と検出管の幾何的配置や線源の種類によって異なってくる。透過型密度計においては大体、線源と検出管を結ぶ線上の密度を測定していると考えられるが、以下の実験にてこれを調べてみよう。

なお、試験に使用した透過型計器のジオメトリーを図2-3-1に示す。(これは第1報の図4-3と同じ)

3-1-1 深さ方向の作用範囲

図2-3-2に示すようにガラス板 ($\gamma = 2.45$) やベークライト板 ($\gamma = 1.38$) の試料を利用して、検出管側から線源の方向へ向って試料を1枚1枚重ねていき、計数値の飽和する厚さで作用範囲を推定する方法をとった。

得られた測定結果を図2-3-3、図2-3-4に示す。

試料の厚さ x と透過したガンマ線強度 I の関係は測定原理の項で述べているように次の関係がある。

$$I = I_0 e^{-\mu_m \rho x} \cdot B \quad \dots\dots\dots (2-3-1)$$

ここに I_0 : 透過する以前の一次ガンマ線強度

μ_m : 質量吸収係数

ρ : 吸収体の密度

B : ビルドアップ係数

この式によると、試料の厚さ x が線源の打込み深さ d に等しくなった時点で、透過ガンマ線強度 I は飽和値に達し、これ以上試料の厚さ x を増しても I は増加しない、すなわち深さ方向作用範囲は線源の打込み深さ d に等しいということを示している。また $0 \leq x \leq d$ の間の I の変化は、 I を対数にとった片対数グラフに

図2-3-1

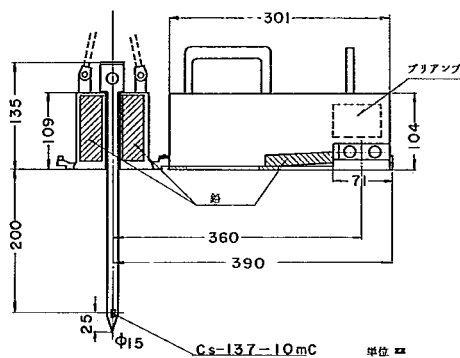


図2-3-2

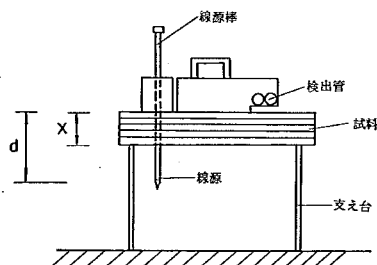


図 2-3-3 透過型密度計 深さ方向作用範囲 (ペークライト板) - (2)

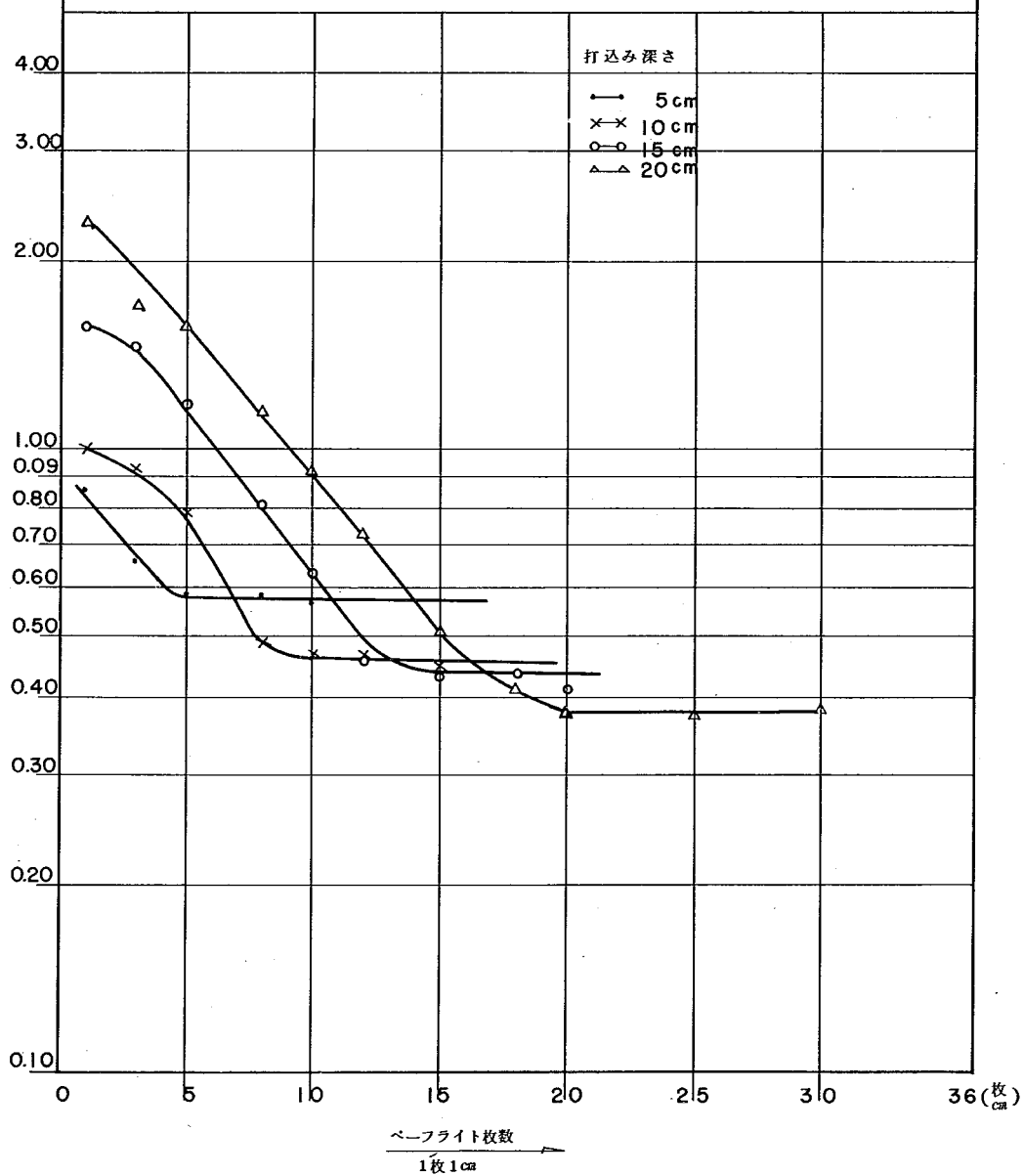
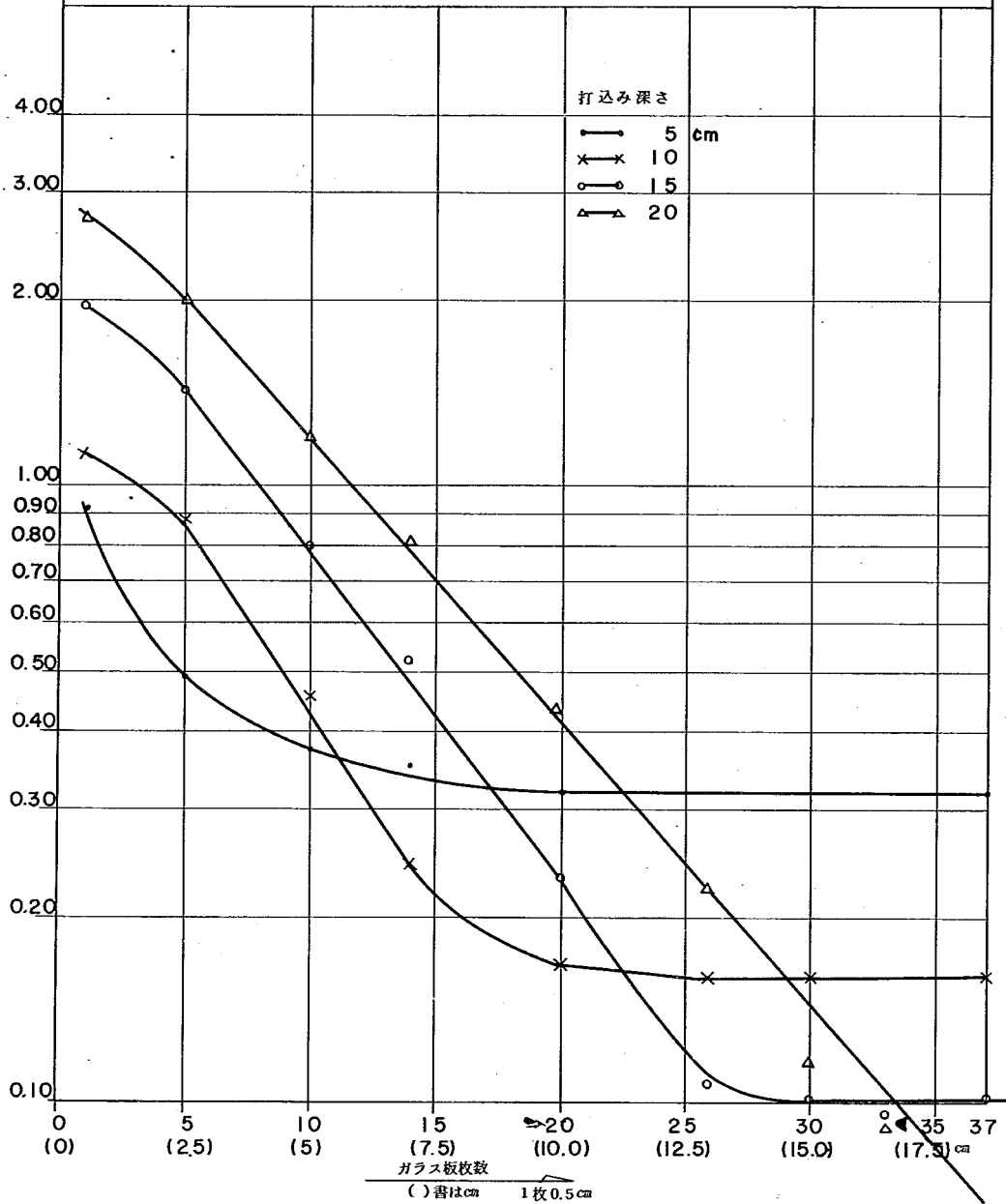


図 2-3-4 透過型密度計 深さ方向作用範囲 (ガラス板) - (1)

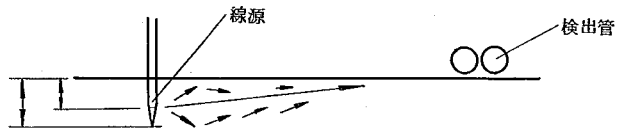


おいては直線変化をなす。

ところで実験結果にもどってみよう。実際には散乱ガンマ線の影響や検出管にはある一定の面積があることなどから、かなり違った結果になることが予想されたが、図 2-3-3 に示すようにベークライト板 ($\gamma_i = 1.38$) の場合には上式で考えたように飽和点は線源の各打込深さに等しい。また $0 \leq x \leq d$ の間で I は線源の位置附近では多少カーブしている※、それ以外の部分ではほぼ直線関係にある。一方ガラス板 ($\gamma_i = 2.45$) の場合についても、打込深さ 20 cm, 15 cm, 10 cm の時にはベークライト板の場合と同様の応答をなしている。しかし打込深さの非常に浅い 5 cm の時には飽和点は打込深さ d を多少越えている。これは被測定物質の密度等にも関連しようが、次図のように打込深さ d が検出管までの距離 S に比して小さくなり、その結果ガンマ線の Path (通路) が水平に近くなるため、散乱を受けた 2 次ガンマ線が d よりも下部に発生する可能性があるからであろう。

なお、ベークライト板とガラス板を互層にした場合の応答についても図 2-3-6 のように同様の結果が得られている。

図 2-3-5



これらの実験から結局、ガンマ線の Path が水平に近くならないかぎり、深さ方向の作用範囲は線源の打込深さと同一であるといえる。

3-1-2 水平方向の作用範囲

この実験は出来るだけ均一に詰めた関東ロームの試料上で、計器を縦方向へ移動して計数値の変化する位置を求め、それをもとにして作用範囲を調べたものである。

縦方向および横方向の測定結果を図 2-3-7 から図 2-3-10 に示す。これによると両方向共、作用範囲は打込深さには無関係で、試料の密度に関連し、密度が低くなるにしたがって作用範囲は大となってくる。作用範囲を 100% 計数値に対して考えるとこの関係は図 2-3-11 のようになる。但し横方向においてはカウンターの取付位置が計器の中心より右側へ偏っているため、その補正が行なわれている。

なお図 2-3-9、図 2-3-10 の変曲点附近のカーブは容器の鉄板の影響を含んでいる。

さて以上の結果から、作用範囲は線源から検出管 (カウンター) までの線上にあるが、地表面の検出管がある面積を有することと、検出管が散乱線を検出する可能性があることから、線源から検出管に向って次第に広がりをもった形状であると推察される。

なお本計器においては普通の土 ($\gamma_i \approx 1.5$) に対して縦方向に 40 cm, 横方向に 20 cm, 深さ方向に打込深さまでの範囲を測定していることになる。

※〔注〕 3-1-2 にて考察する。

図 2-3-6 透過型密度計 ペークライト板とガラス板の互層

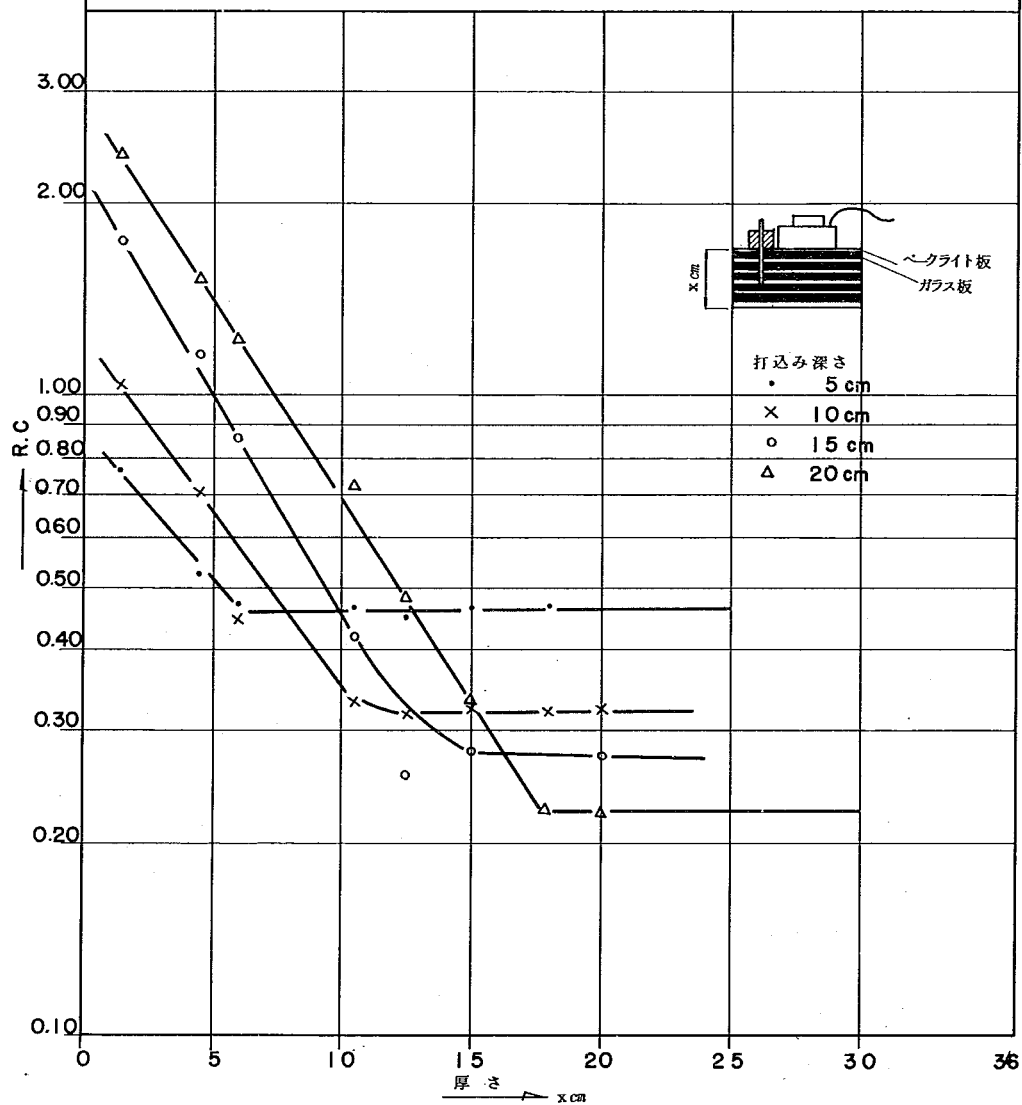


図 2-3-7 透過型密度計 平面方向（横方向）作用範囲 (1)

資料：関東ローム

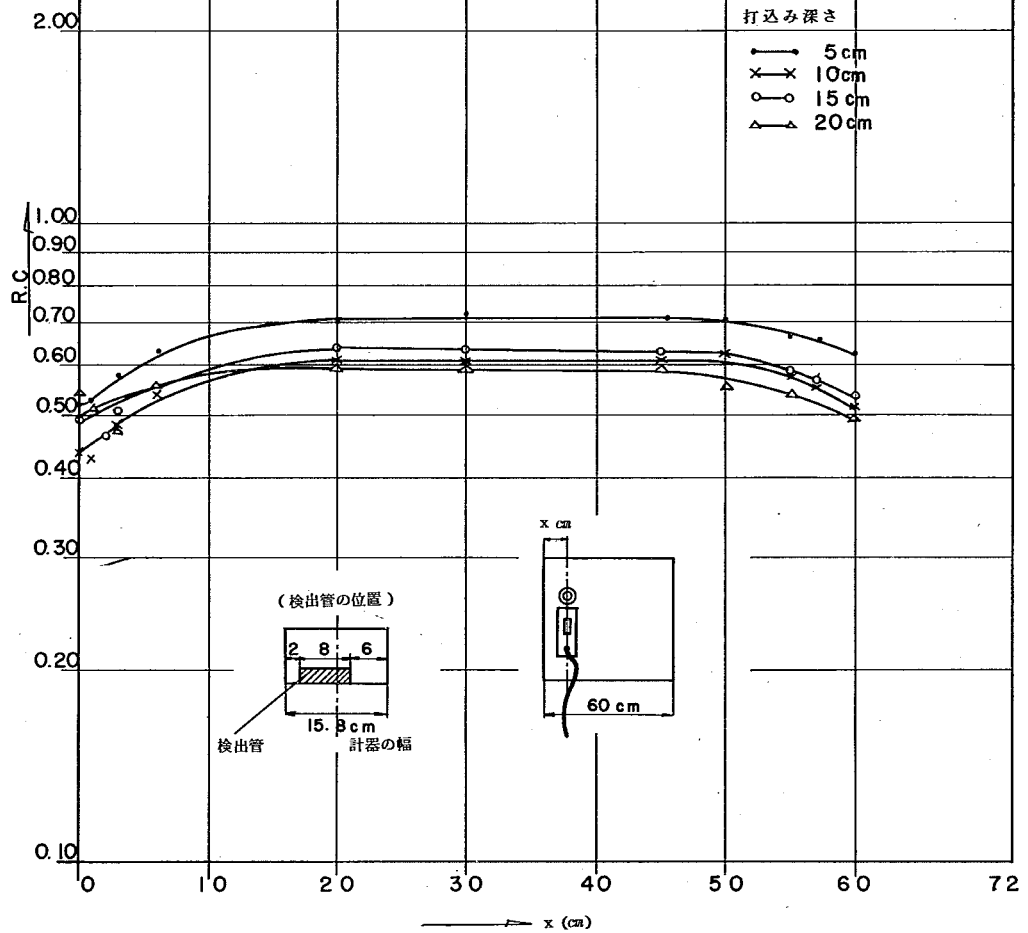


図 2-3-8 透過型密度計 平面方向(横方向)作用範囲 (2)

打込み深さ 15 cm

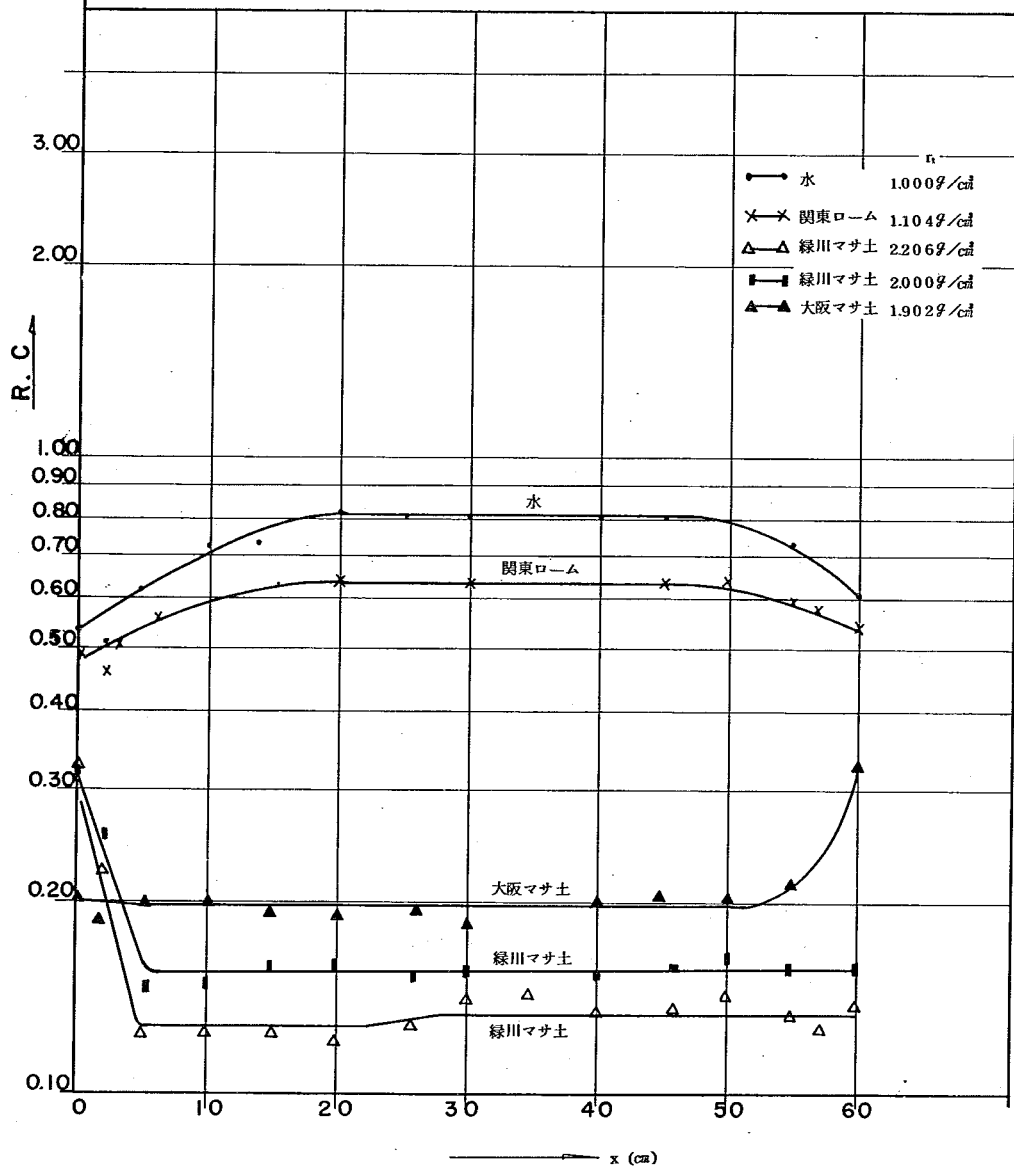


図 2-3-9 透過型密度計 平面方向（縦方向）作用範囲 (1)

資料：関東ローム

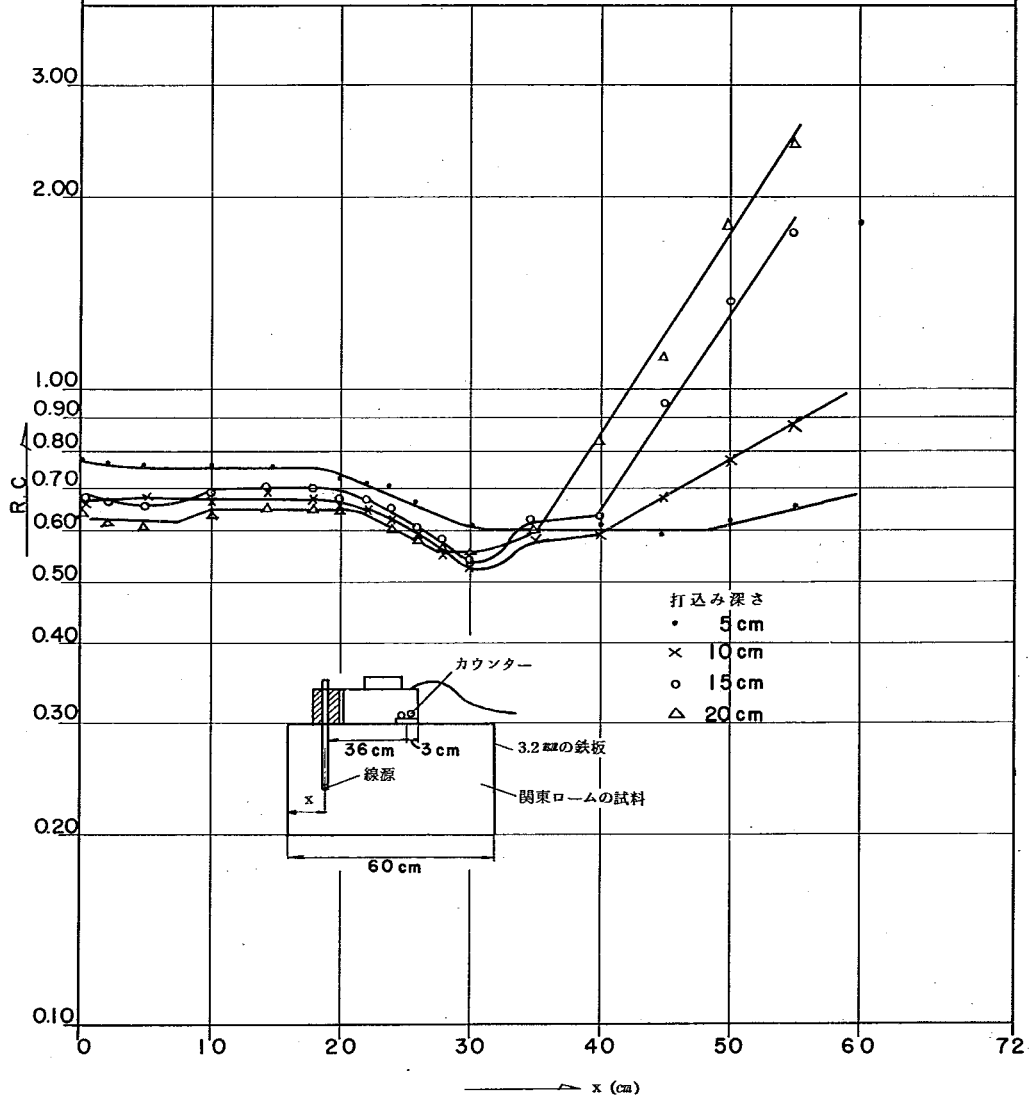


図 2-3-10 透過型密度計 平面方向（縦方向）作用範囲 (2)

打込み深さ 15 cm

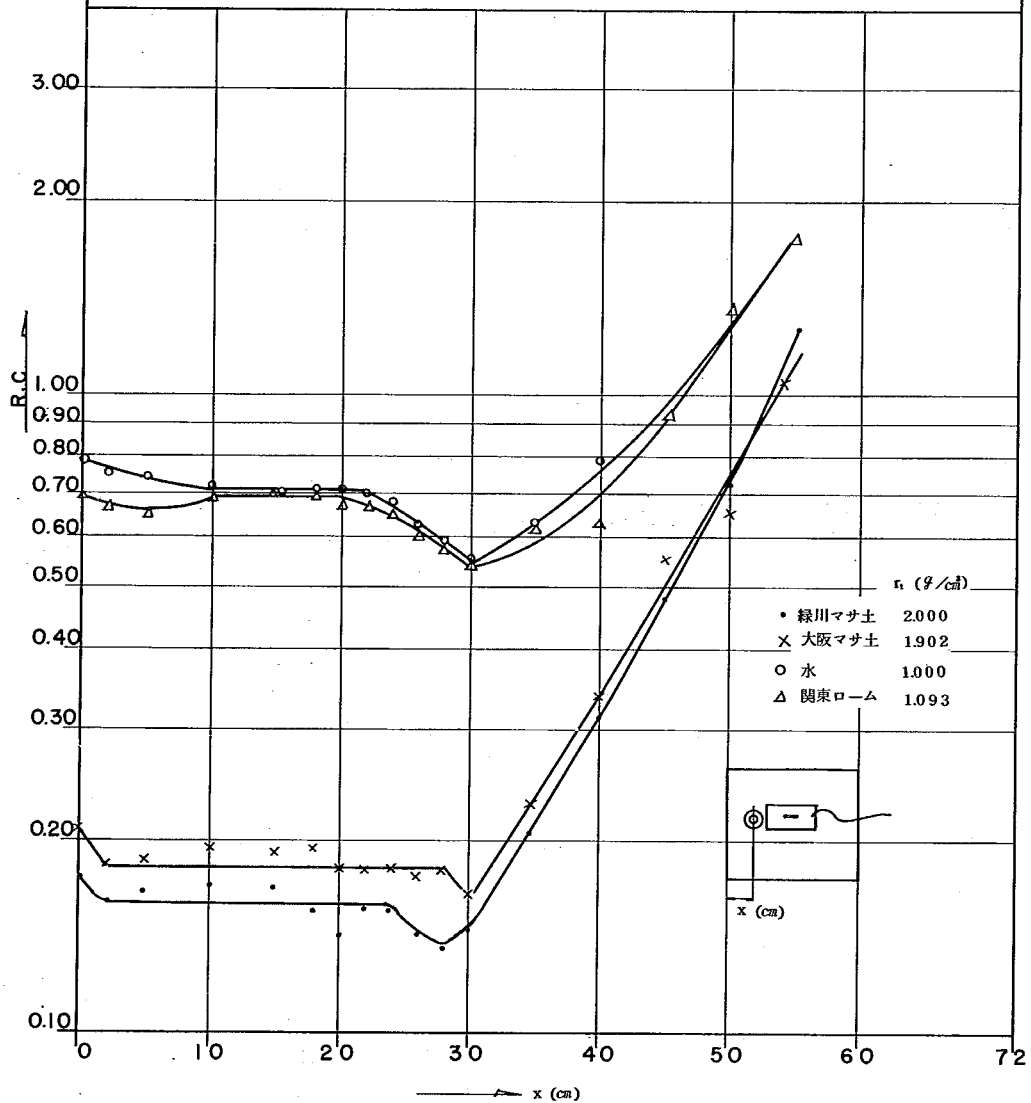
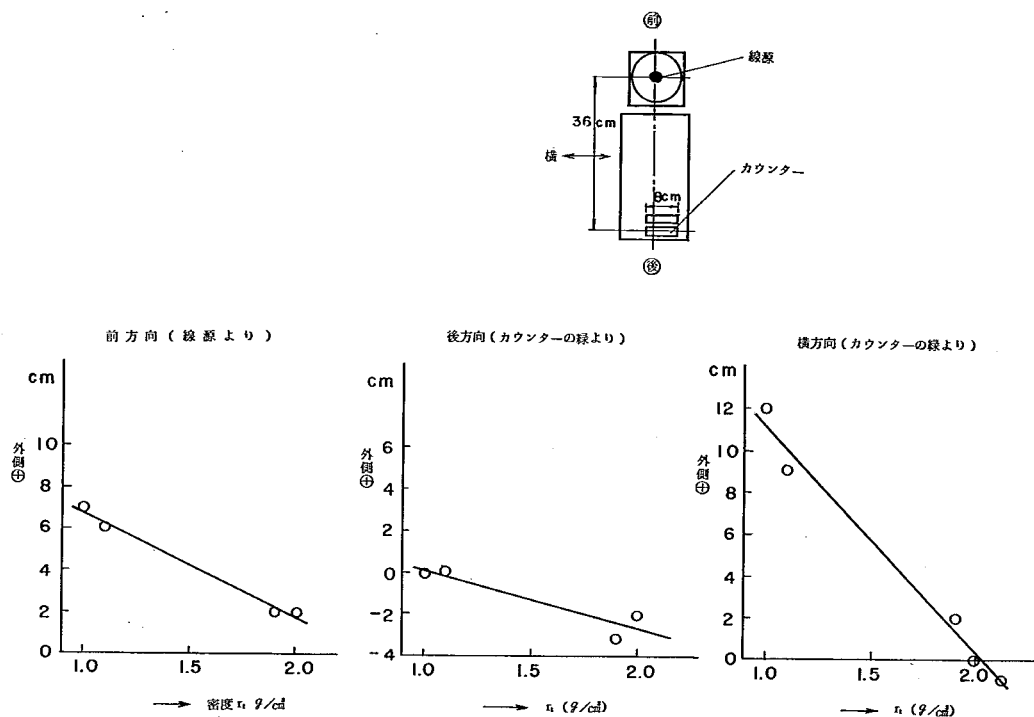


図 2-3-11 水平方向の作用範囲

(但し 100% 計数値の場合)



3-2 垂直方向の測定の重み

線源と検出管の間に存在する試料がその垂直方向の位置に応じてガンマ線の吸収に寄与する割合の分布を調べればよいわけである。この分布を測定するために図 2-3-13 に示すように線源と検出管 (カウンター) 間にはさまれているベークライト板の試料のうち、1 枚だけ抜きとって抜きとる前に対する計数値の変化を測定することによりこの 1 枚の板がガンマ線の吸収に寄与する割合を測定した。そしてこの抜きとる位置 (深さ方向) を次々に変えて、図 2-3-14 から図 2-3-21 に示すような関係を得ている。図中で縦軸にとった抜き取り位置と、これに対する計数値差 (抜きとり前の計数値と抜き取り後の計数値の差) の関係がそのまま各深さの点に応ずる測定の重みとなる。というのはこの計数値差が一枚のベークライト板が吸収に寄与する割合を示すことになるからである。これより各深さに応ずる測定の重みの分布を得ている。

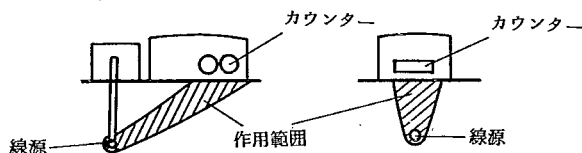


図 2-3-12

図 2-3-13 測定の実験方法

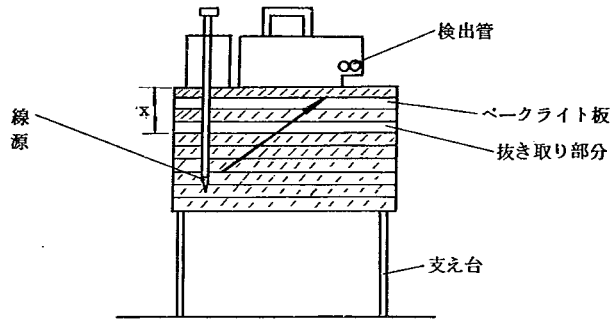
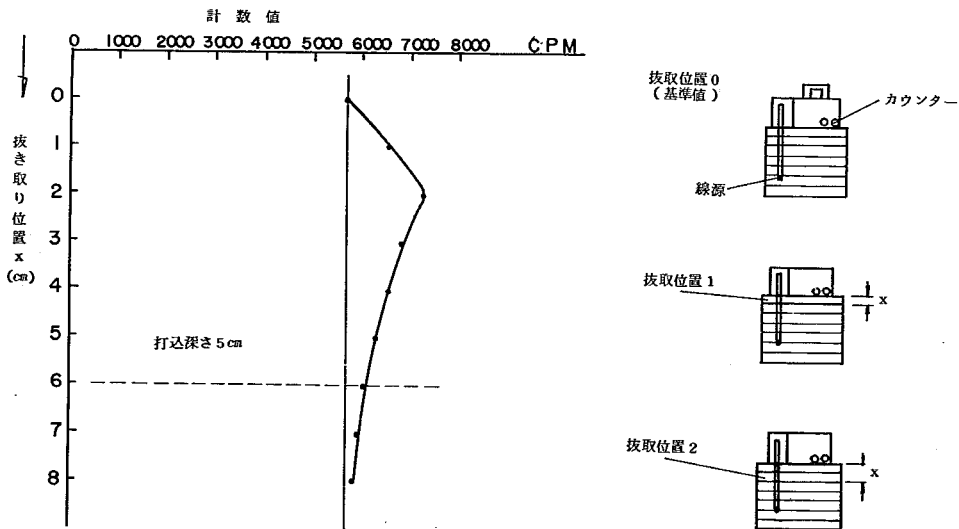


図 2-3-14 測定の実験方法 (計数値)



分布形状より大体次のことが言える。

測定の実験方法は、深さ方向の中央付近で大きく一様であり、上下部分、すなわち検出管付近と線源付近の 3cm 程度の範囲で小さくなっている。

このことは、地表面付近が多少乱されていたり、あるいは線源付近の土が多少乱されていたとしても、このことが致命的な誤差の原因にはなりにくいことを示している。

図 2-3-17 測定の重み (計数値)

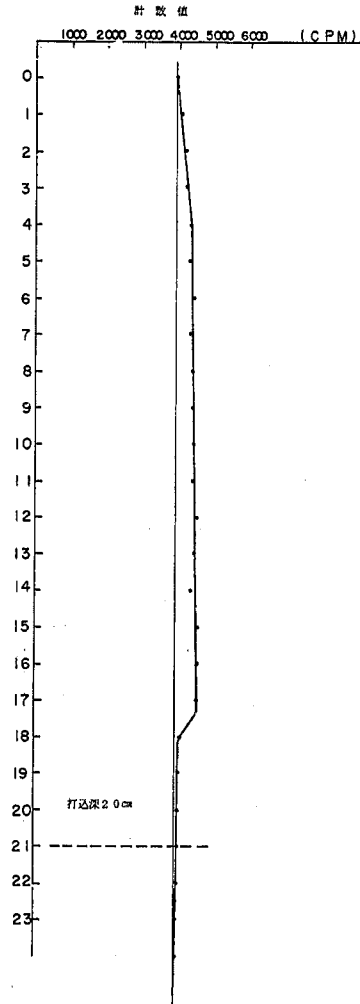


図 2-3-16 測定の重み (計数値)

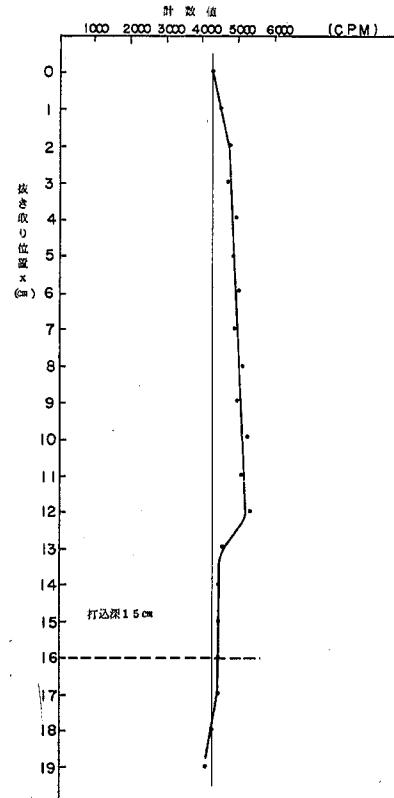


図 2-3-15 測定の重み (計数値)

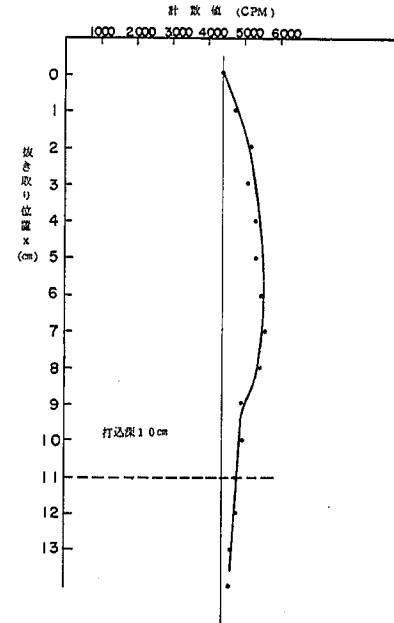


図 2-3-19 測定 の 重み (計 数 値 差)

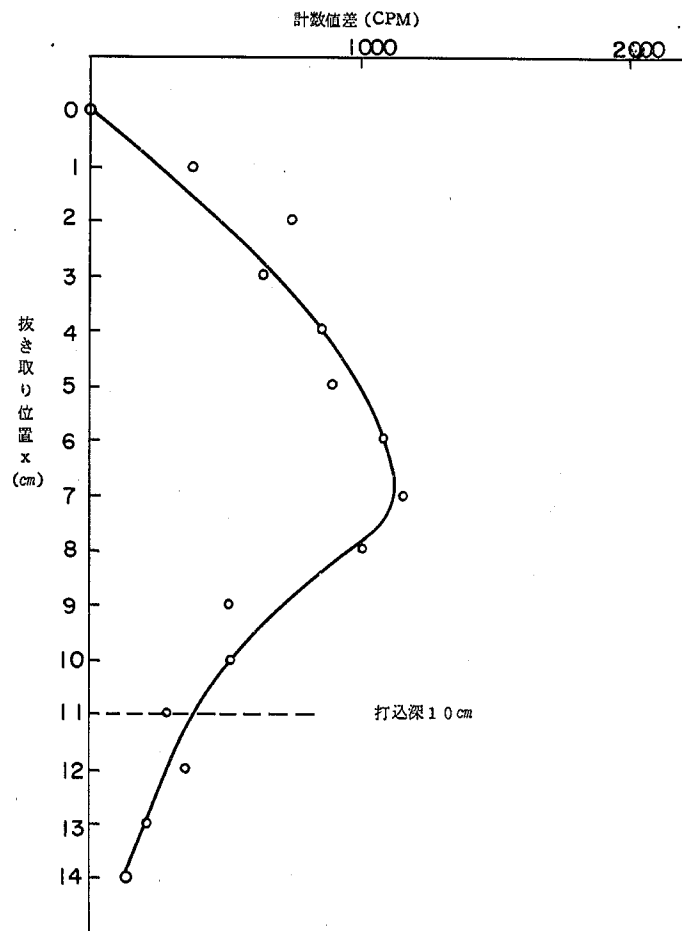


図 2-3-18 測定 の 重み (計 数 値 差)

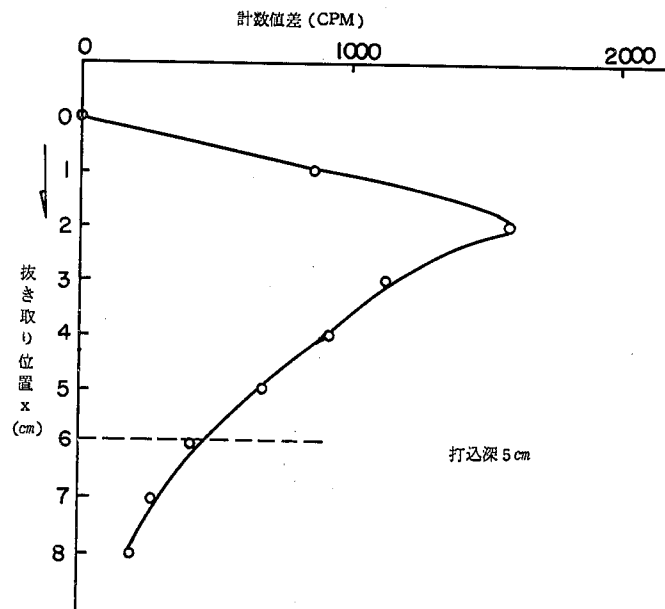


図 2-3-21 測定 の 重み (計 数 値 差)

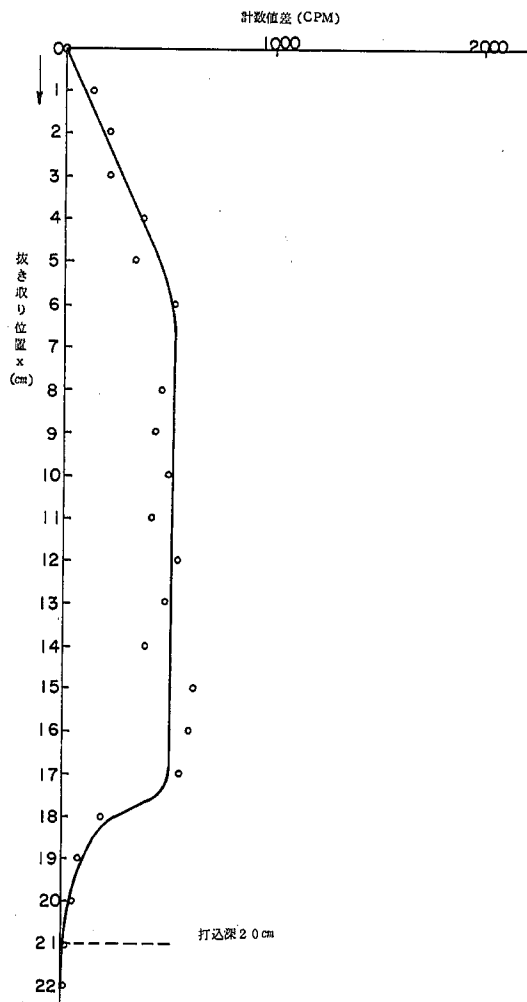
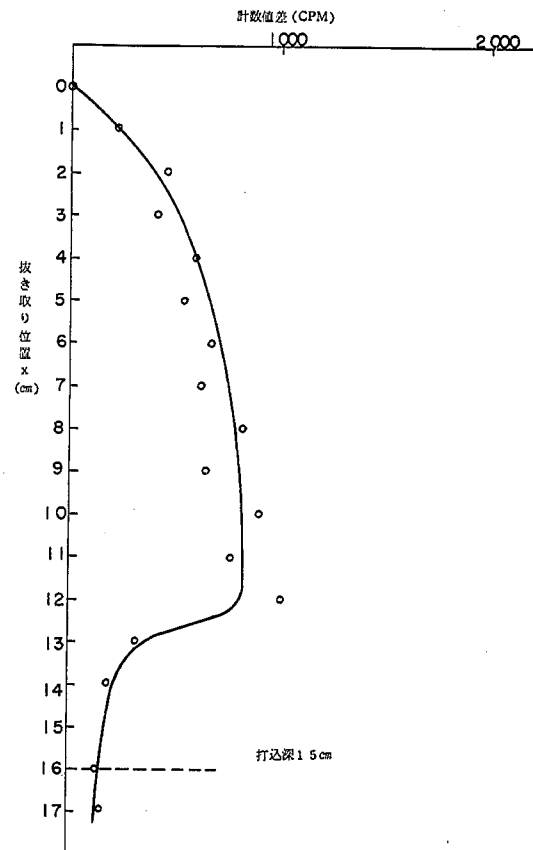


図 2-3-20 測定 の 重み (計 数 値 差)



3-3 成層試料の測定

「3-2 (測定の重み)」の項で調べたように、線源と検出管の間をその両端 3 cm 程度の部分を除いて、ほぼ一様の重みで測定していることになる。従って成層試料の測定においても、線源と検出管を結ぶ線上で、ほぼ平均的な密度を測定することが推測されるが、以下の実験において、そのことを確かめてみよう。

3-3-1 2層試料(深さ方向)

図 2-3-22 ~ 図 2-3-24 には各種材料の組合わせにおいて、上層試料の厚さを 0 から飽和長以上まで変化させた場合の応答を示している。これによると、途中の変化の様子は直線的であり、このことは試料のみかけの平均密度の変化に対して、よい追従性を示している。

図 2-3-25 ~ 図 2-3-26 には、上述の値に対して、実際に測定された計数比をもとにして、校正曲線から得た密度を横軸に、線源と検出管の間の試料の平均密度(計算値)を縦軸にとって、両者を比較したものであるが充分によい一致を見ている。

また図 2-3-27 ~ 図 2-3-28 には、碎石(平均粒径 20 mm)と関東ロームの成層試料(各層の厚さ 5 cm 単位)について測定した結果について、同様の整理を行なったものであるが、ほぼよい一致を見ている。碎石の測定であるのでバラついているがこの場合は測定回数を増して平均すればさらに 45° の線に接近してくるものと思われる。

以上の測定結果から、深さ方向については、充分正確に平均密度を測定していることがわかる。

図 2-3-23 透過型密度計 垂直成層状態における応答(2)

境界物質：ミカゲ石

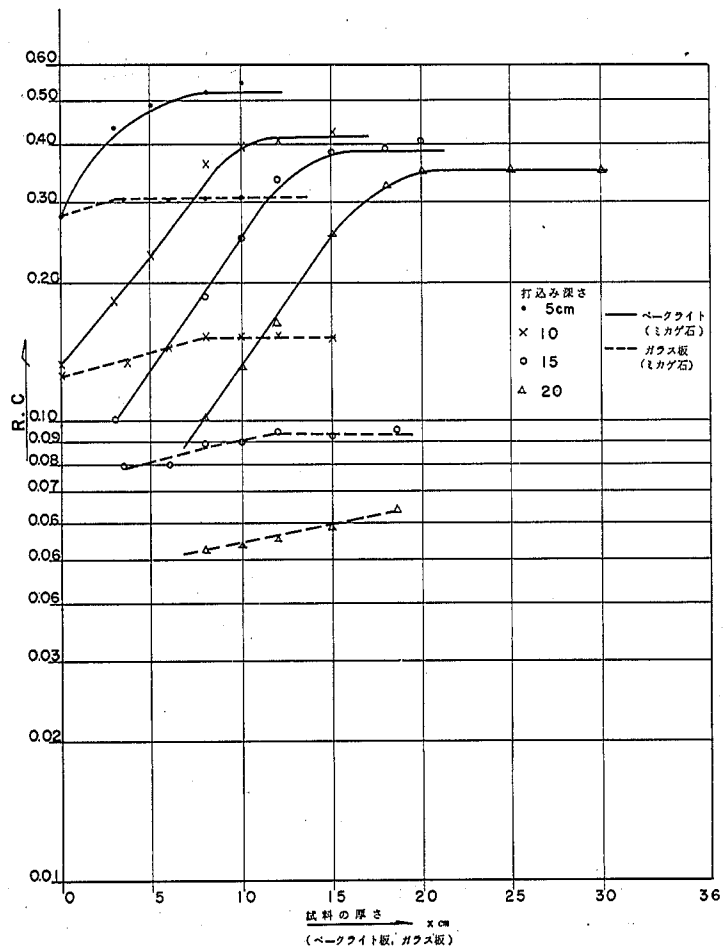


図 2-3-22 透過型密度計 垂直成層状態における応答(1)

境界物質：関東ローム

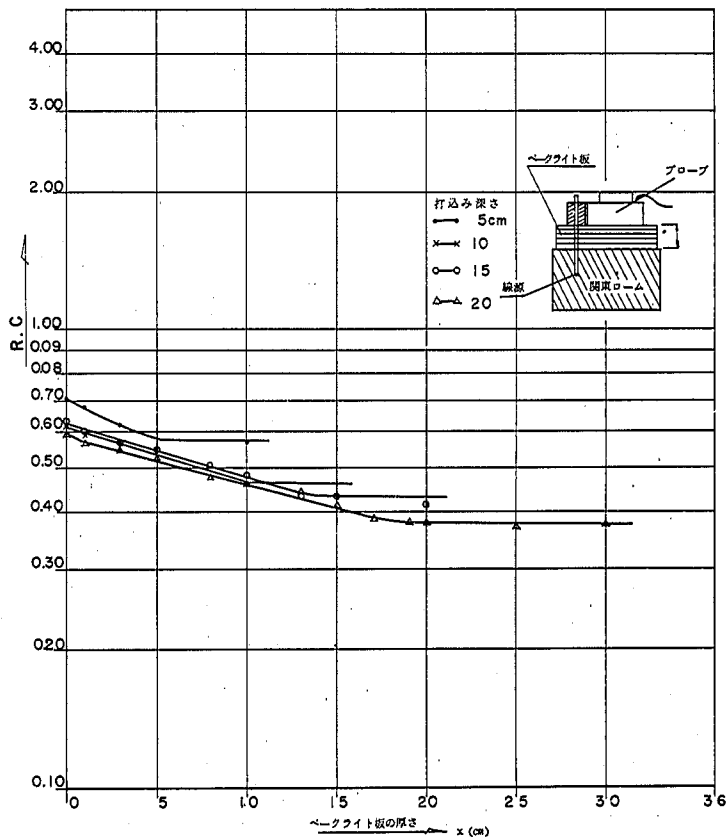


図 2-3-25 深さ方向の平均密度 (1)

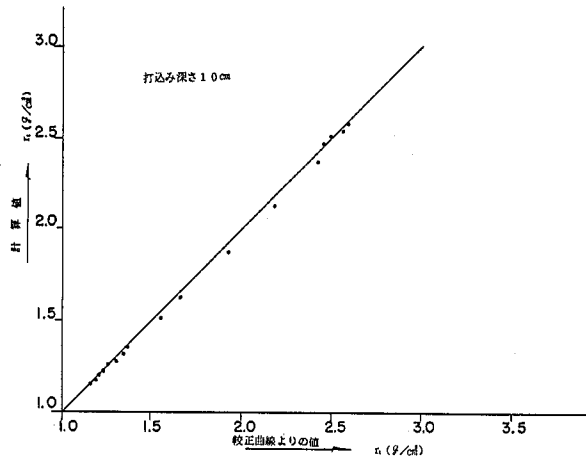
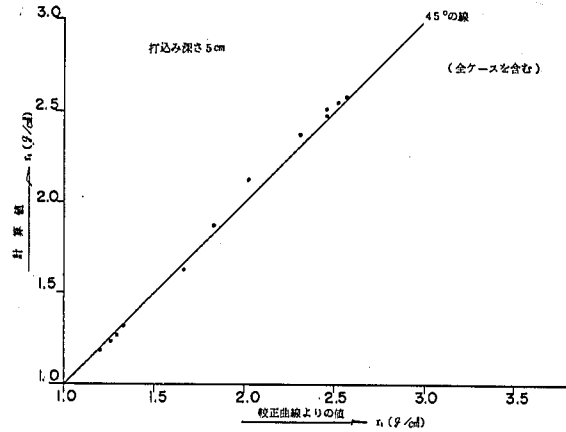


図 2-3-24 透過型密度計 垂直成層状態における応答 (3)

打込み深さ 15 cm

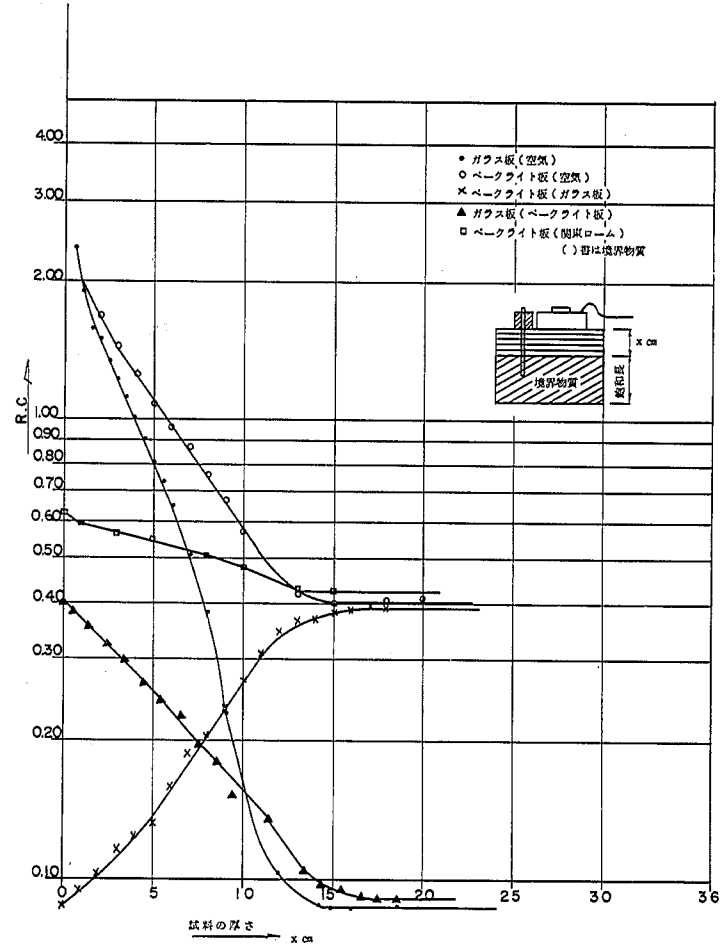


図 2-3-27 関東ロームと碎石の平均密度(1)

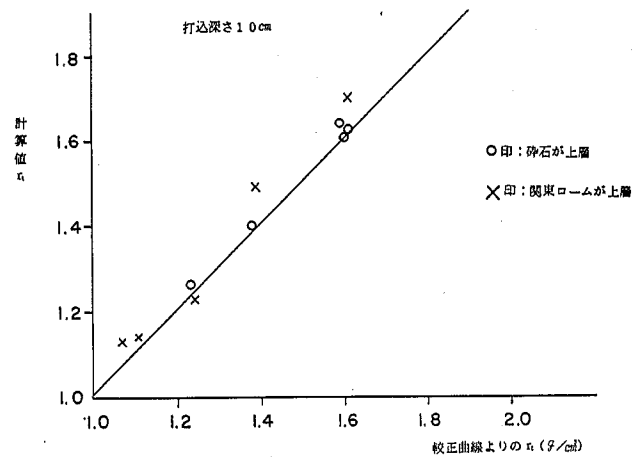
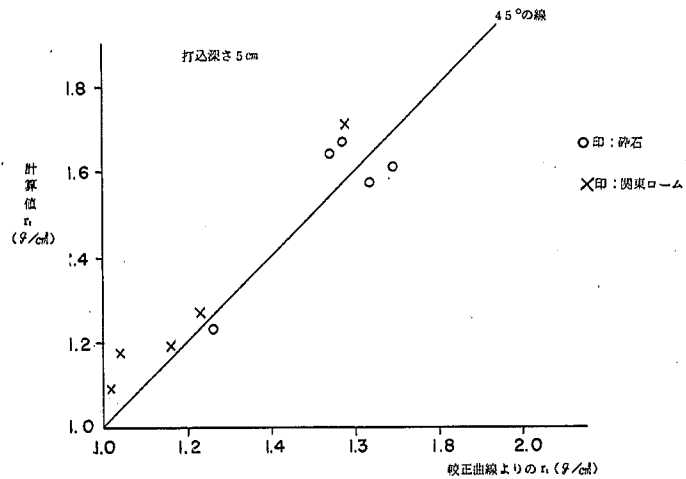


図 2-3-26 深さ方向の平均密度(2)

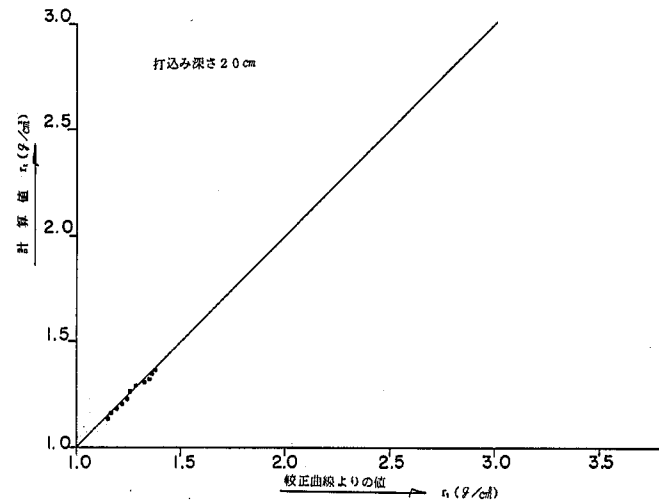
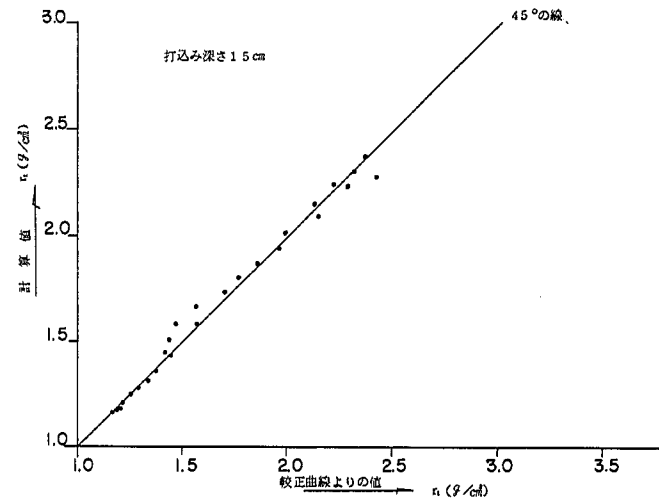
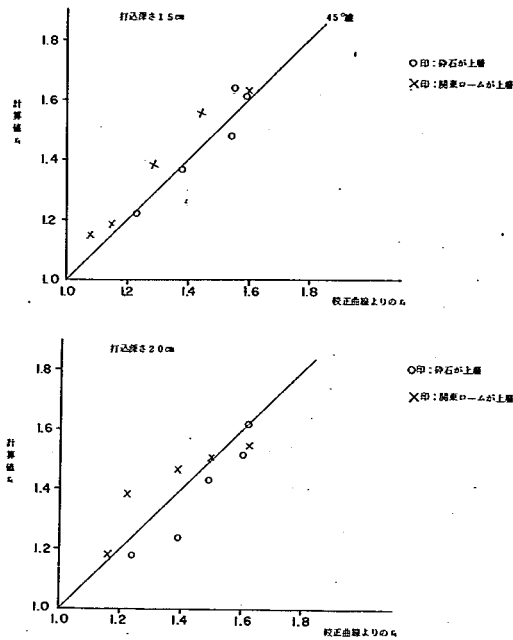


図 2-3-28 関東ロームと碎石の平均密度(2)



3-3-2 2層試料(水平方向)

各種材料の組合わせにおいて水平方向の層境界と計器の相対的な位置を変えて測定した場合の応答を図 2-3-29～図 2-3-32 に示す。深さ方向の測定の場合と同様に途中の変化の様子は直線的である。

また図 2-3-33 と図 2-3-34 には、これらの値をもとにした平均密度の関係(実測値と計算値)をプロットしている。これによるといずれの打込深度においても点は 45° 線に平行して、この線よりも上方に位置している。すなわち計算値の方が実測値よりも大きな密度を与えることになる。この現象は次図によって説明することができる。

すなわち実際における放射線の Path によって代表される区間と、計算に採用する平均密度区間の違いによるもので、この実験の場合は検出管側の試料密度が大であったためであろう。計算に採用する平均密度区間を正確に推定することによって、比較の点は 45° 線上に合致してくるものと考えられる。

以上の結果より、水平方向についても、計算に用いる平均密度区間の推定を正確に行なえば、層のある場合でも平均密度を測定していることになる。

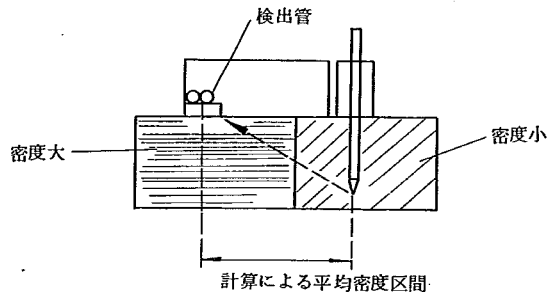


図 2-3-30 透過型密度計 成層状態における応答 (水平方向)

緑川マサ土 (みかげ石)

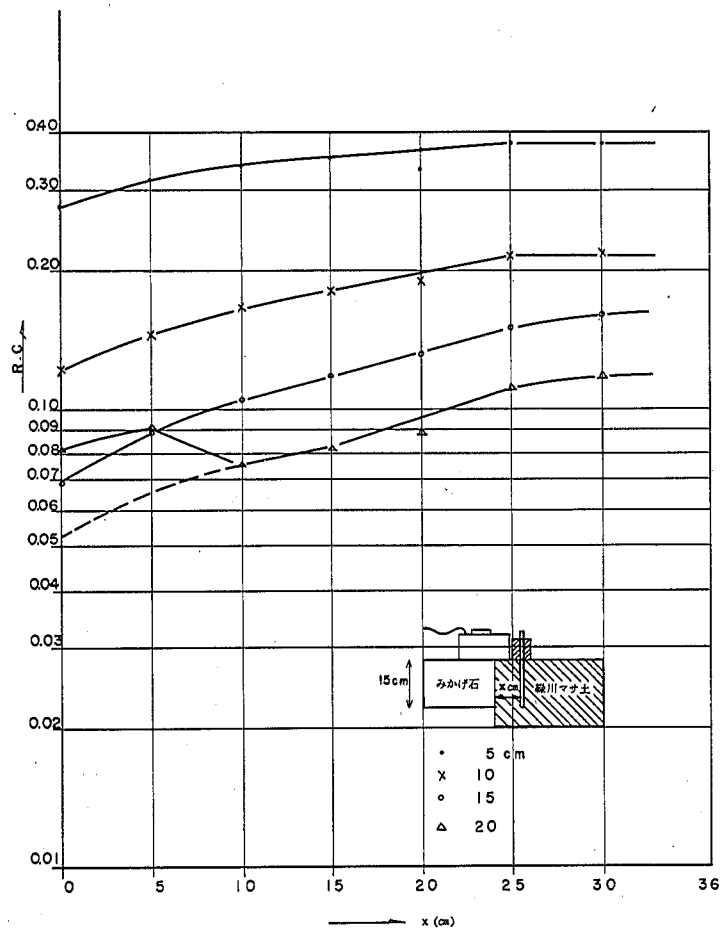


図 2-3-29 透過型密度計 成層状態における応答 (水平方向)

緑川マサ土 (ガラス板)

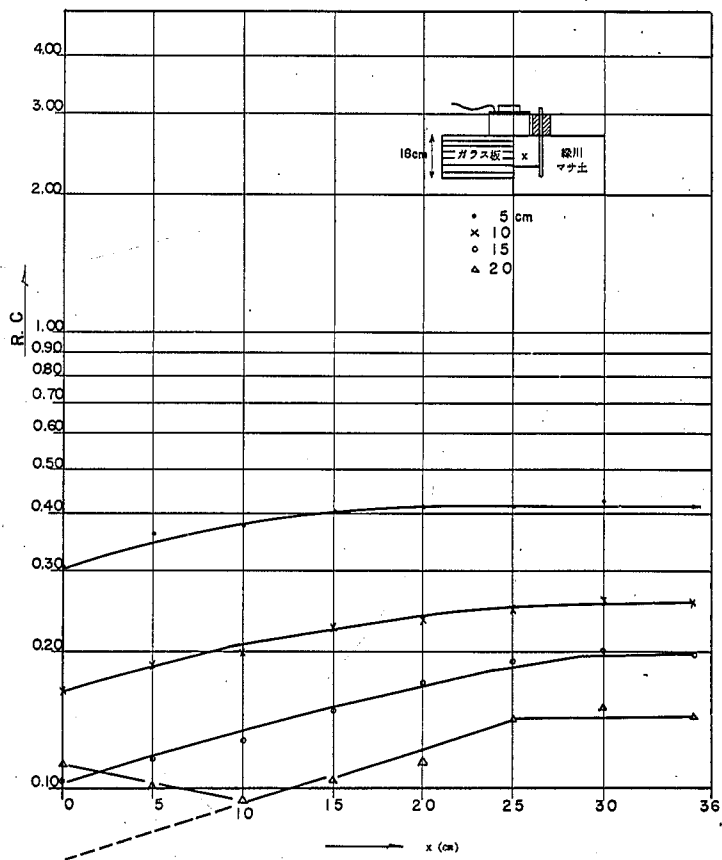


図 2-3-32 透過型密度計 成層状態における応答 (水平方向)

境界物質：関東ローム

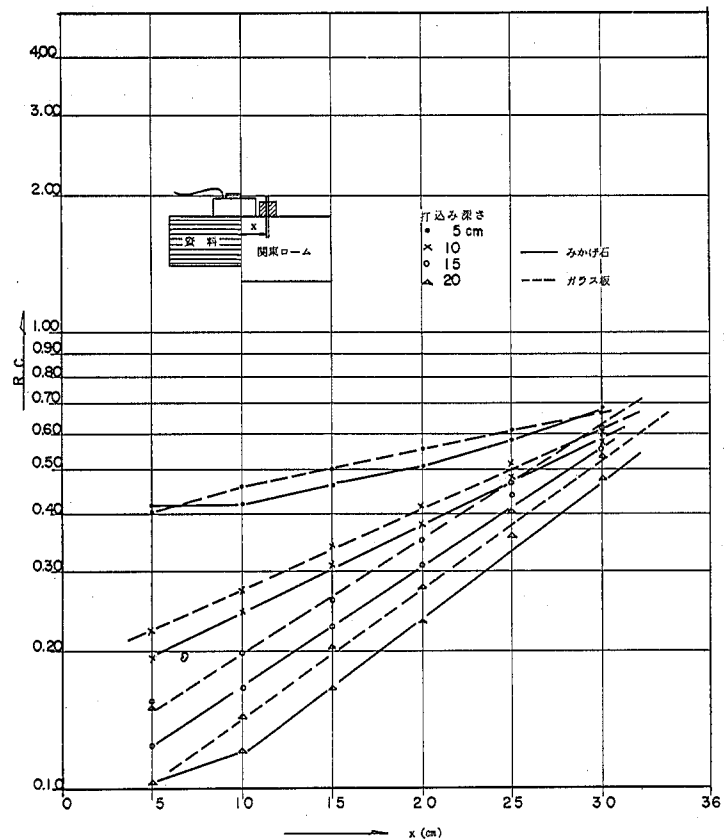


図 2-3-31 透過型密度計 成層状態における応答 (水平方向)

境界物質：水

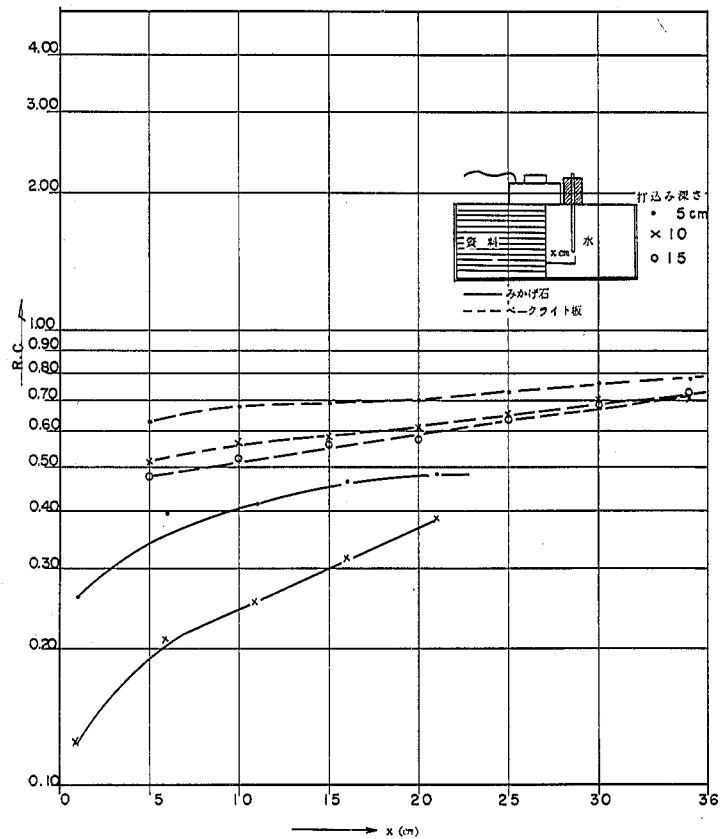


図 2-3-34 横方向の平均密度 (2)

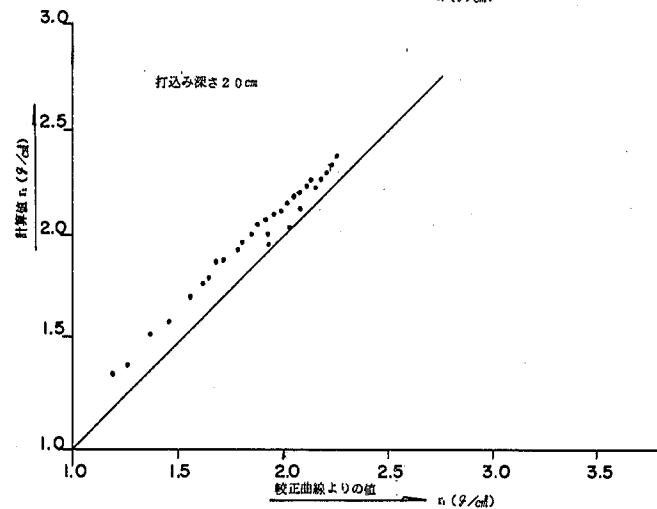
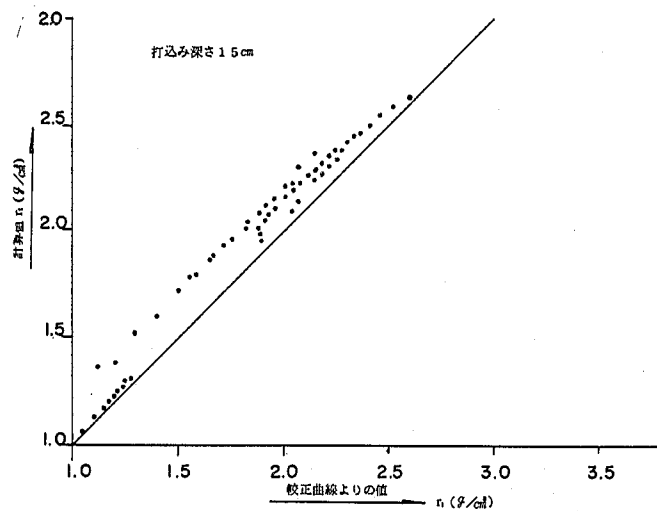
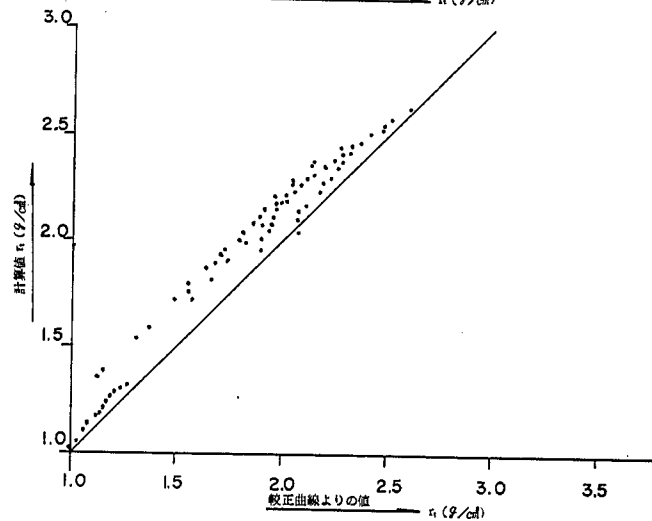
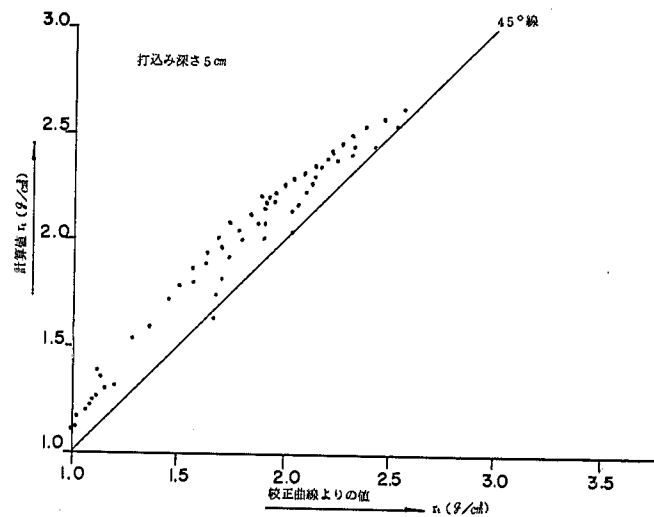


図 2-3-33 横方向の平均密度 (1)



3-3-3 互層試料(深さ方向)

ベークライト板(密度1.38)とガラス板(密度2.45)を用いて、これらが互層をなしている場合の応答を調べた。互層の厚さを1層当り1cm, 2cm, ... 10cm, 14cmと変え、各打込深さに対する応答を表2-3-1に示す。そして実測値より、校正曲線から求めた密度と、計算による試料の平均密度との関係を図2-3-35, 図2-3-36にプロットしている。

かなりバラツキがあるが、互層の場合もほぼ平均的な密度を計測していることになる。

図2-3-35

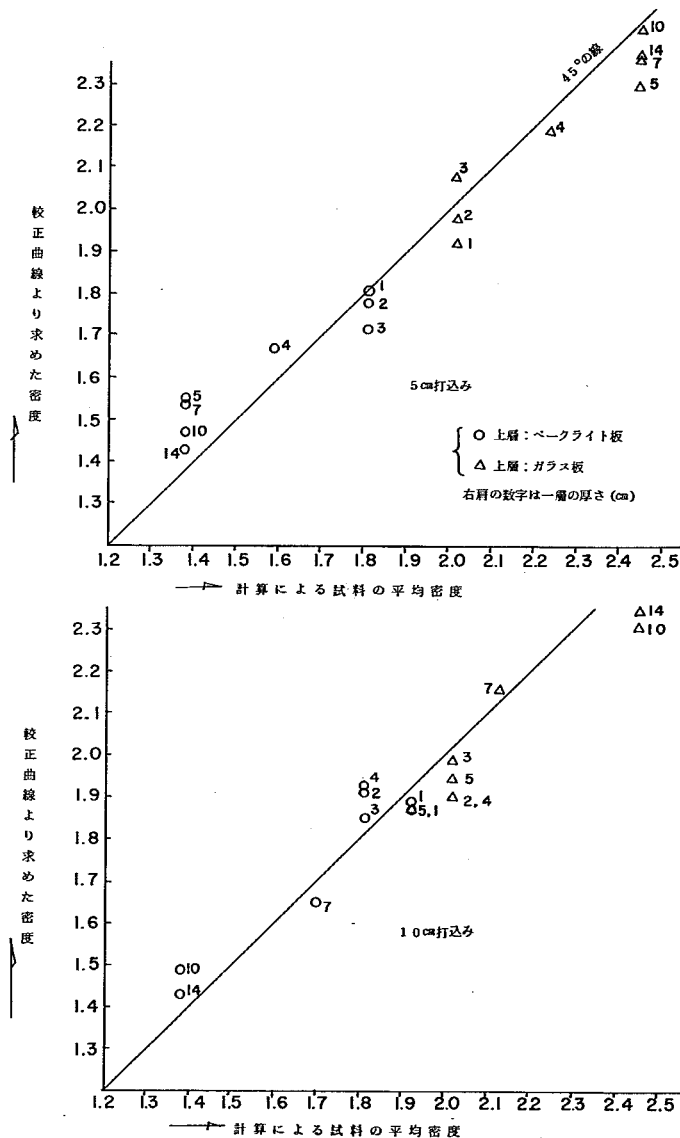


図 2-3-36

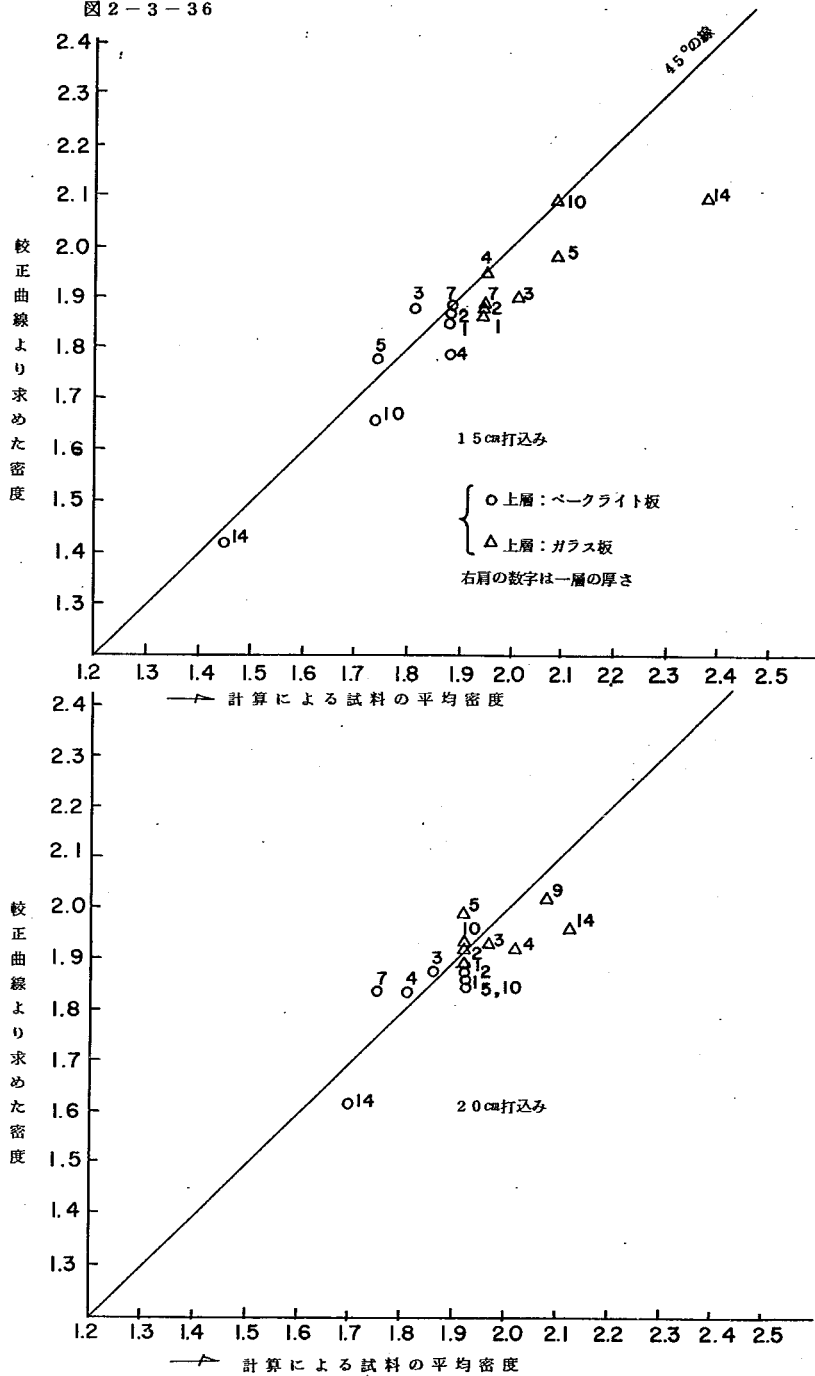


表 2-3-1 (その1) 互 層 の 測 定

層	打込 深さ	層 数	上層：ベークライト板			上層：ガラス板			備 考
			計 数 比	較 正 密 度 g/cm^3	計算平均密度 g/cm^3	計 数 比	較 正 密 度 g/cm^3	計算平均密度 g/cm^3	
1 cm互層	5cm	5	0.433	1.81	1.81	0.406	1.92	2.02	ベーク：1.388 g/cm^3 ガラス：2.45 g/cm^3
	10	10	0.261	1.89	1.92	0.266	1.87	1.92	
	15	15	0.204	1.85	1.88	0.200	1.87	1.95	
	20	20	0.161	1.86	1.92	0.152	1.89	1.92	
2 cm互層	5	2.5	0.445	1.78	1.81	0.390	1.98	2.02	
	10	5	0.254	1.91	1.81	0.259	1.90	2.02	
	15	7.5	0.200	1.87	1.88	0.194	1.88	1.95	
	20	10	0.155	1.88	1.92	0.146	1.92	1.92	
3 cm互層	5	1.7	0.461	1.72	1.81	0.366	2.08	2.02	
	10	3.3	0.273	1.85	1.81	0.233	1.99	2.02	
	15	5	0.196	1.88	1.81	0.189	1.90	2.02	
	20	6.7	0.154	1.88	1.86	0.142	1.93	1.97	
4 cm互層	5	1.25	0.476	1.67	1.59	0.346	2.18	2.24	
	10	2.5	0.249	1.93	1.81	0.257	1.90	2.02	
	15	3.75	0.224	1.79	1.88	0.176	1.95	1.95	
	20	5	0.164	1.84	1.81	0.144	1.92	2.02	
5 cm互層	5	1	0.511	1.55	1.38	0.320	2.30	2.45	
	10	2	0.268	1.87	1.92	0.246	1.94	1.92	
	15	3	0.226	1.78	1.74	0.169	1.98	2.09	
	20	4	0.163	1.85	1.92	0.127	1.99	1.92	

表2-3-1(その2) 互 層 の 測 定

層	打込深さ	層 数	上層：ベークライト板			上層：ガラス板			備 考
			計 数 比	較 正 密 度	計算平均密度	計 数 比	較 正 密 度	計算平均密度	
7cm互層	5	1	0.516	1.54	1.38	0.308	2.36	2.45	
	10	1.4	0.340	1.65	1.70	0.194	2.15	2.13	
	15	2.1	0.194	1.89	1.88	0.194	1.89	1.95	
	20	2.9	0.167	1.84	1.75	0.121	2.02	2.08	
10cm互層	5	1	0.539	1.47	1.38	0.295	2.43	2.45	
	10	1	0.407	1.49	1.38	0.163	2.31	2.45	
	15	1.5	0.272	1.66	1.74	0.145	2.09	2.09	
	20	2	0.163	1.85	1.92	0.140	1.93	1.92	
14cm互層	5	1	0.554	1.43	1.38	0.307	2.37	2.45	
	10	1	0.433	1.43	1.38	0.158	2.34	2.45	
	15	1.1	0.389	1.42	1.45	0.143	2.09	2.38	
	20	1.4	0.245	1.62	1.70	0.133	1.96	2.13	

3-4 空洞を含む試料の測定

レキや碎石が混入している場合には、試料中に空洞の発生していることが考えられるが、このような場合の測定においてその空洞まで含めた平均密度を測定しているかどうかについて調べてみた。

まず、線源の附近に空洞がある場合について、表2-3-2、図2-3-37に示すような結果を得ている。ベークライト板も、ガラス板の場合も、線源附近が空洞の場合には、計数値が平均密度に対して低くなり、従って大きめの密度を与えている。

次に、Pathの途中に空洞がある場合について、表2-3-3、図2-3-38に示すような結果を得ている。この場合、空洞の位置によって異なり、空洞の位置が検出管に近い側にあれば、その大きさにかわらず、平均密度を示すが、空洞が線源に近い側にあれば平均密度とはかけはなれた値を示す。

表2-3-2 空洞の測定(1)

層の厚さ		ベークライト板			ガラス板			備 考
d	v	計 数 比	校正密度	計算平均密度	計 数 比	校正密度	計算平均密度	
cm	cm							
1	14			0.09			0.16	ベーク : 138 g/cm ³ ガラス : 2.45 g/cm ³
2	13			0.18			0.33	
3	12			0.28			0.49	
4	11			0.37			0.65	
5	10			0.46			0.82	
6	9			0.55		1.12	0.98	
7	8			0.64		1.28	1.14	
8	7		0.94	0.74		1.45	1.31	
9	6		1.02	0.83		1.61	1.47	
10	5		1.08	0.92		1.77	1.63	
11	4		1.19	1.01		1.96	1.80	
12	3		1.26	1.10		2.14	1.96	
13	2		1.31	1.20		2.26	2.12	
14	1		1.35	1.29		2.33	2.29	
15	0		1.36	1.38		2.35	2.45	
総和長	0		1.36	1.38		2.35	2.45	

図 2-3-38

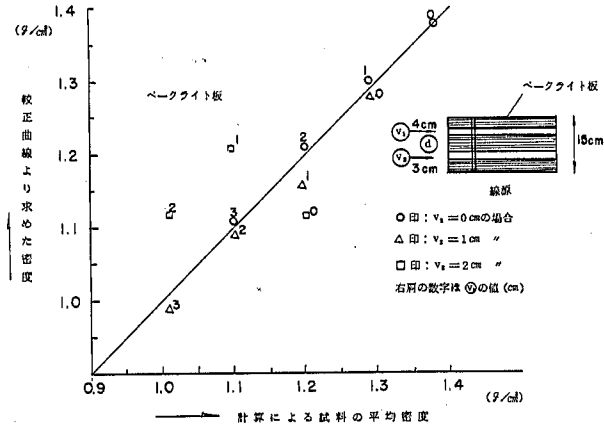


図 2-3-37

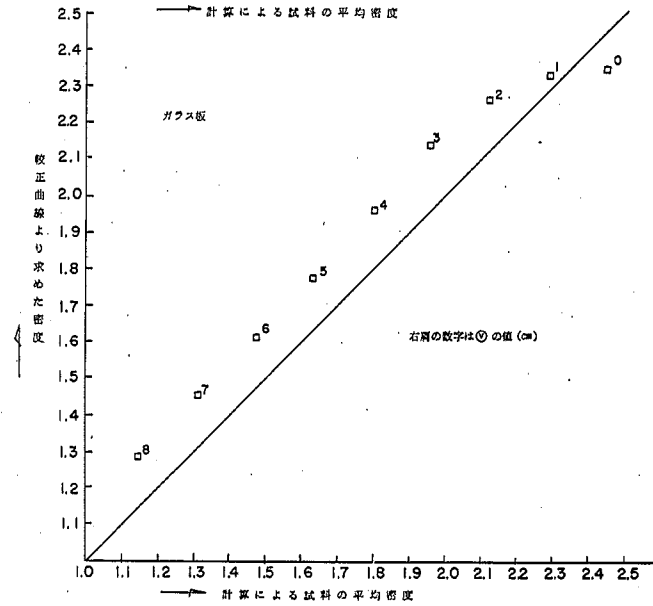
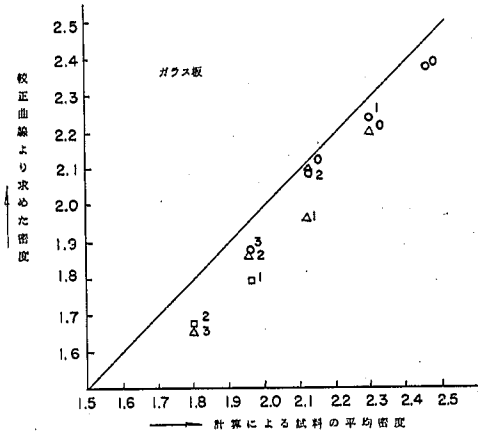
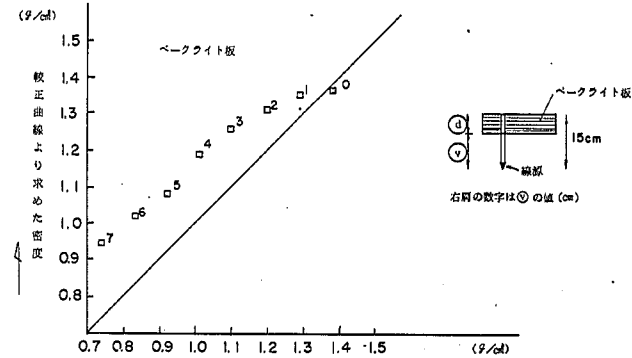


表 2-3-3 空 洞 の 測 定 (2)

層の厚さ			ベークライト板			ガラス板			備 考
v ₁	d	v ₂	計 数 比	校正密度	計算平均密度	計 数 比	校正密度	計算平均密度	
0 ^{cm}	8 ^{cm}	0 ^{cm}		1.38	1.38		2.38	2.45	ベーク : 1.38 g/cm ³ ガラス : 2.45 g/cm ³
1	7	0		1.30	1.29		2.24	2.29	
2	6	0		1.21	1.20		2.09	2.12	
3	5	0		1.11	1.10		1.88	1.96	
0	7	1		1.28	1.29		2.20	2.29	
1	6	1		1.16	1.20		1.97	2.12	
2	5	1		1.09	1.10		1.86	1.96	
3	4	1		0.99	1.01		1.66	1.80	
0	6	2		1.12	1.20		2.10	2.12	
1	5	2		1.21	1.10		1.80	1.96	
2	4	2		1.12	1.01		1.68	1.80	
0	5	3		1.02	1.10		2.04	1.96	

3-5 総 括

(1) 計器の作用範囲 (Sensitive Volume)

深さ方向については、打込んだ線源の位置から地表面までの区間を測定している。

水平方向については、計器のジオメトリや試料の密度によって異なってくる。密度が低くなるに従って作用範囲は大となってくるが、普通の場合は、線源と検出管を含む区間内である。

(2) 垂直方向の測定の重み

線源と検出管を結ぶ区間をほぼ一定の重みで測定している。但し線源に近い部分と、検出管に近い部分では、重みが少し減少する。

(3) 成層試料の測定

測定値から得られた密度は、ほぼその試料の平均密度を示している。このことから測定の重みが一定であることがわかる。

(4) 空洞を含む試料の測定

線源の附近や線源に近い部分に空洞が存在する場合にはその試料の空洞を含めた平均密度を示さない。

空洞の位置が検出管に近い側にあれば、空洞の大きさには関係なく、平均密度を示す。

第4章 測定 の 精度

R I 計器の測定誤差には、第 1 報においても述べたように、計器の特性上必然的に生ずる誤差と人為的な原因によって生ずる誤差とがある。

計器の特性上必然的に生ずる誤差には(1)放射線の統計的揺動 (2)計器自体の安定性 (3)校正曲線の偏り (誤差) などがある。

人為的な原因により生ずる誤差には(1)プローブが試料面に密着していないことにより生ずる誤差 (2)線源棒周辺の孔の空隙により生ずる誤差 (3)線源と検出管のジオメトリーの変化により生ずる誤差 (4)その他 がある。

ここでは(1)プローブが試料面に密着していないことにより生ずる誤差と (2)線源棒周辺の孔の空隙により生ずる誤差について調査している。

なお、十分に安定な計器を用いて人為的な誤差の生じないように細心の注意を払って測定したとすれば、真の値に対する最大誤差 E は、95%の信頼度で次式に示される。

$$E = \pm \frac{1}{m} \left[\frac{1.96}{\sqrt{R_0}} \cdot \sqrt{\frac{R}{t}} \right] + W$$

ここに m : 校正曲線の勾配 (g/cm^2)⁻¹

R₀ : 標準体計数率 (cpm)

R : 計数比

t : 計数時間 (minute)

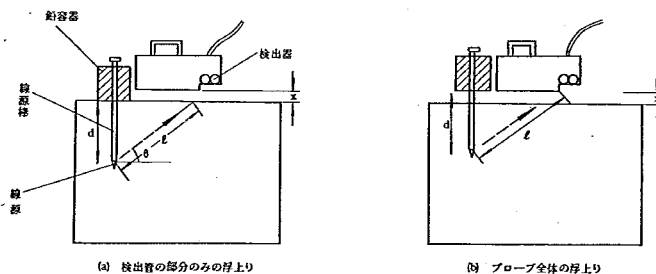
W : 校正曲線の偏り (誤差)

4-1 計器と試料との間に生ずる空隙による影響

透過型密度計の構造によって次の図に示すように

- (a) 検出管の部分のみ浮き上がった場合
- (b) 線源部分を含むプローブ全体が浮き上がった場合がある。

図 2-4-1



4-1-1 (a)の場合について

この場合は、土中における放射線の透過距離は ℓ に等しく、不変で、プローブの浮き上りによって空气中を透過する距離が増えるだけである。浮き上り量 x に対応する透過距離の増加は、 $X \cdot \sec \theta$ となる。

透過型密度計の出力 I は

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu_m \cdot \ell \cdot \rho}$$

である。

ここに I_0 : 基準密度に対する密度計の出力

μ_m : ガンマ線の土に対する質量吸収係数 (cm^2/g)

ℓ : ガンマ線の透過距離 (cm)

ρ : 土の密度 (g/cm^3)

今、プローブの浮き上りによる密度計の出力変化を ΔI とすれば

$$I + \Delta I = I \times \frac{\ell^2}{(1 + x \sec \theta)^2} = I \times \frac{d^2}{(d + x)^2}$$

$$\therefore \Delta I = I \cdot \left(\frac{d^2}{(d + x)^2} - 1 \right)$$

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{d^2}{(d + x)^2} - 1 = - \left(1 - \frac{d^2}{(d + x)^2} \right)$$

$d = 1.5 \text{ cm}$ としたとき、浮き上り量 x に対する計数値の変化を計算してみると、次表のようになる。

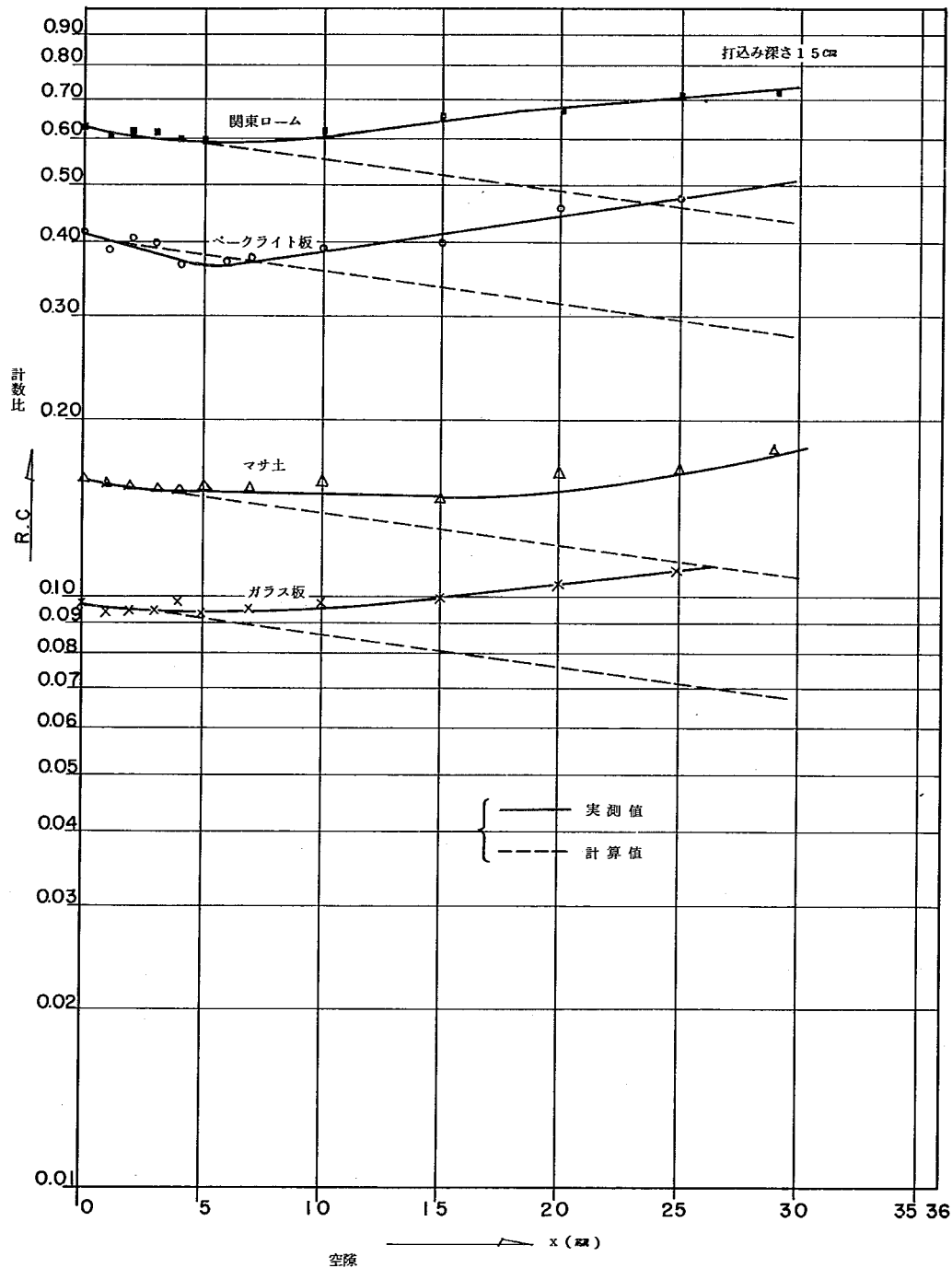
表 2-4-1 $d = 1.5 \text{ cm}$ のときの出力変化率 $\Delta I/I$ (%)

$x (\text{cm})$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
$\Delta I/I (\%)$	-13	-26	-39	-51	-63	-87	-121	-174	-221	-265	-306

ところで、(a)図に示した方法で、実測した結果を図 2-4-2 に示す。この図で、実測値を実線、表 2-4-1 にもとづいて計算した値を点線で示している。浮き上り量が 5 mm までの間は計算値と良く一致した結果を示しているが、 5 mm 以上になると、実測値は計算値からはなれ始め、 10 mm 以上では初期値よりも大きな値となっている。この現象はガンマ線の 2 次散乱によるものであろう。図 2-4-3 では、この関係を密度に換算している。浮き上り量 5 mm まででは、普通の土の場合、 $0.008 (\text{g}/\text{cm}^3)/1 \text{ mm}$ 程度の誤差であり、実用上、プローブの浮き上りによる誤差はあまり大きな問題とは

ならないようである。打込深さを増す程、この誤差は小さくなるが容易に推察される。図2-4-4～図2-4-6には打込深さ5cm, 10cm, 20cmについて、浮き上り量 x に対する計数比の変化を

図2-4-2 透過型密度計、試料と空隙の影響(その1)



(g/cm³) 図2-4-3 透過型密度計，試料と空隙の影響(その2)

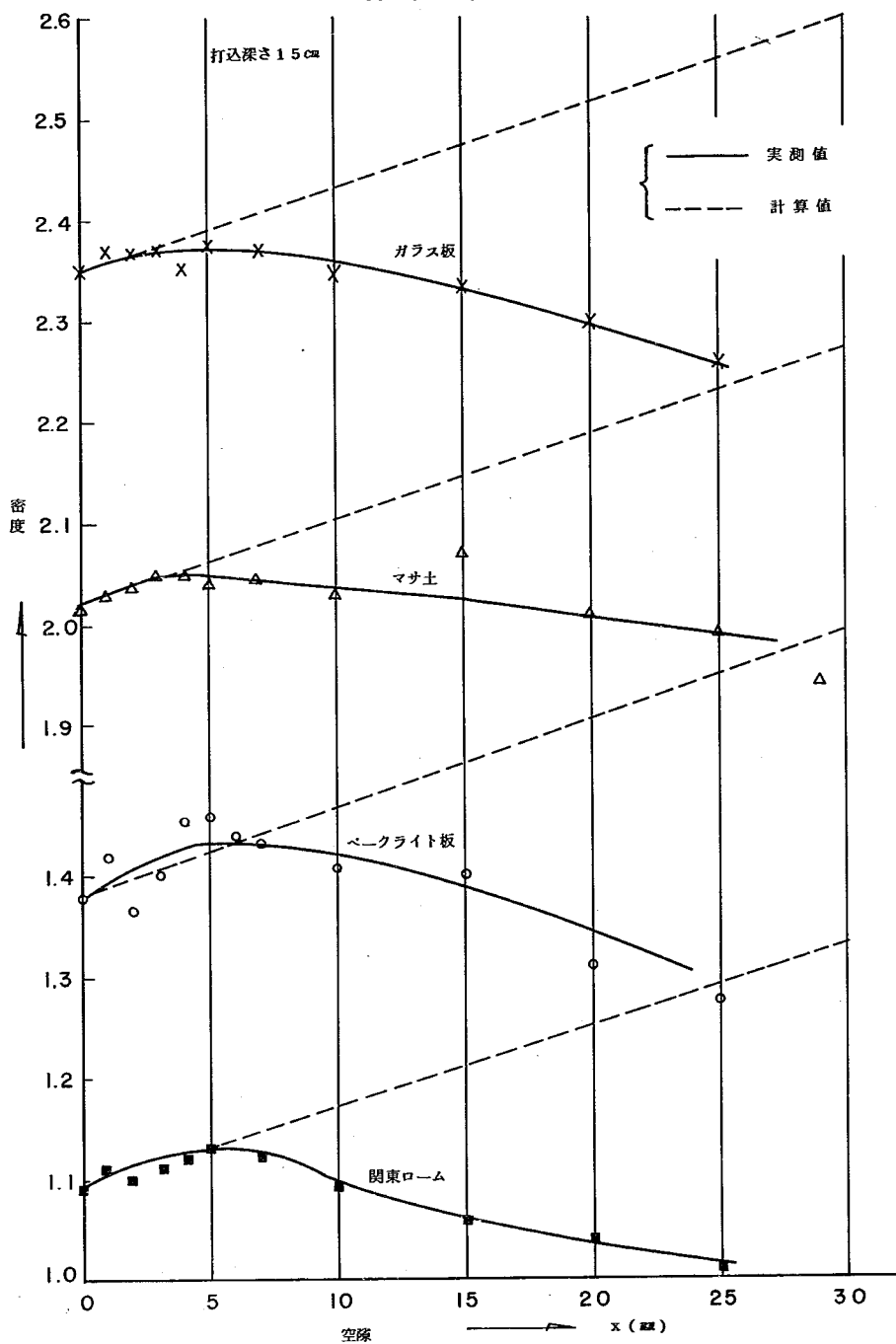


図2-4-4 透過型密度計，試料と空隙の影響

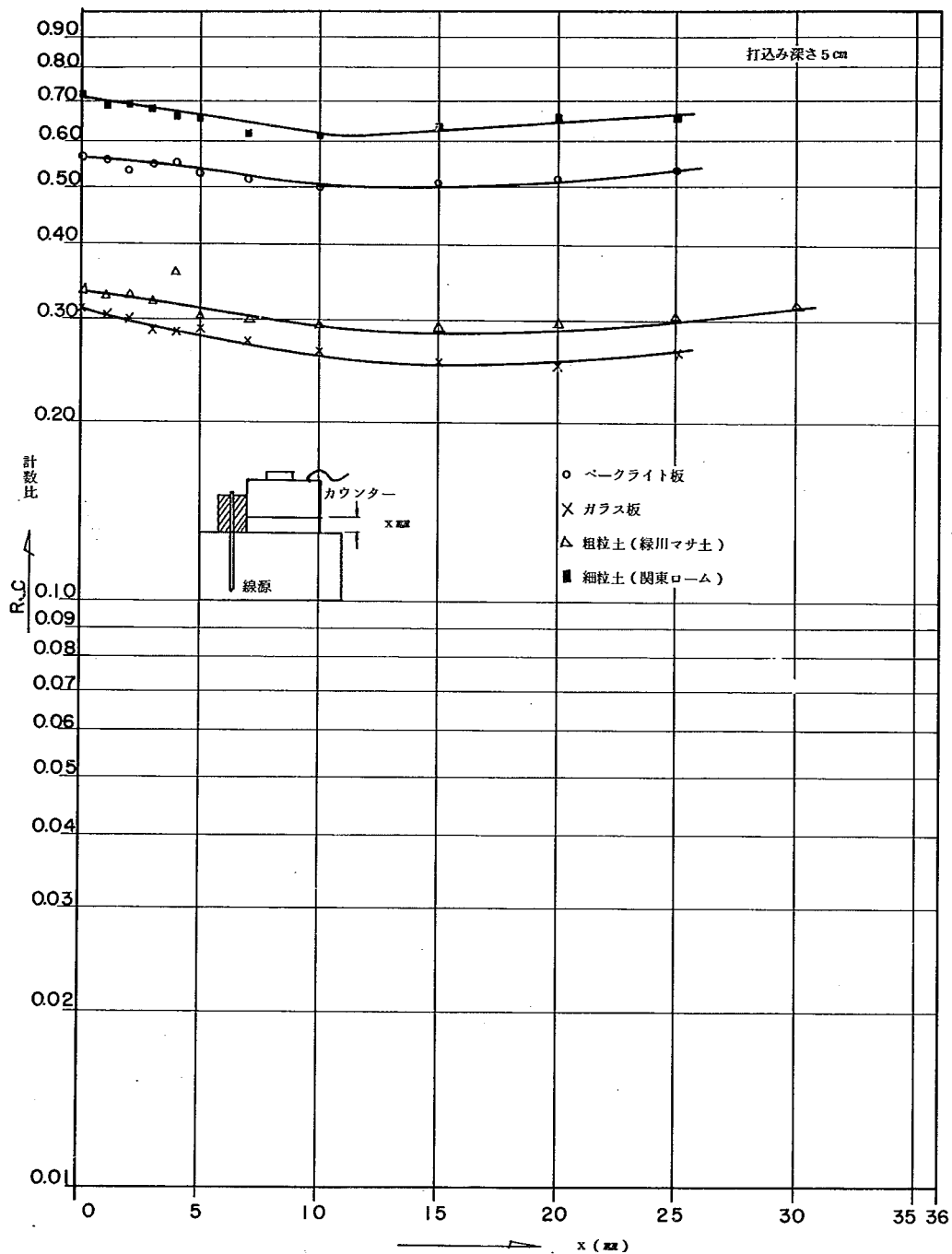
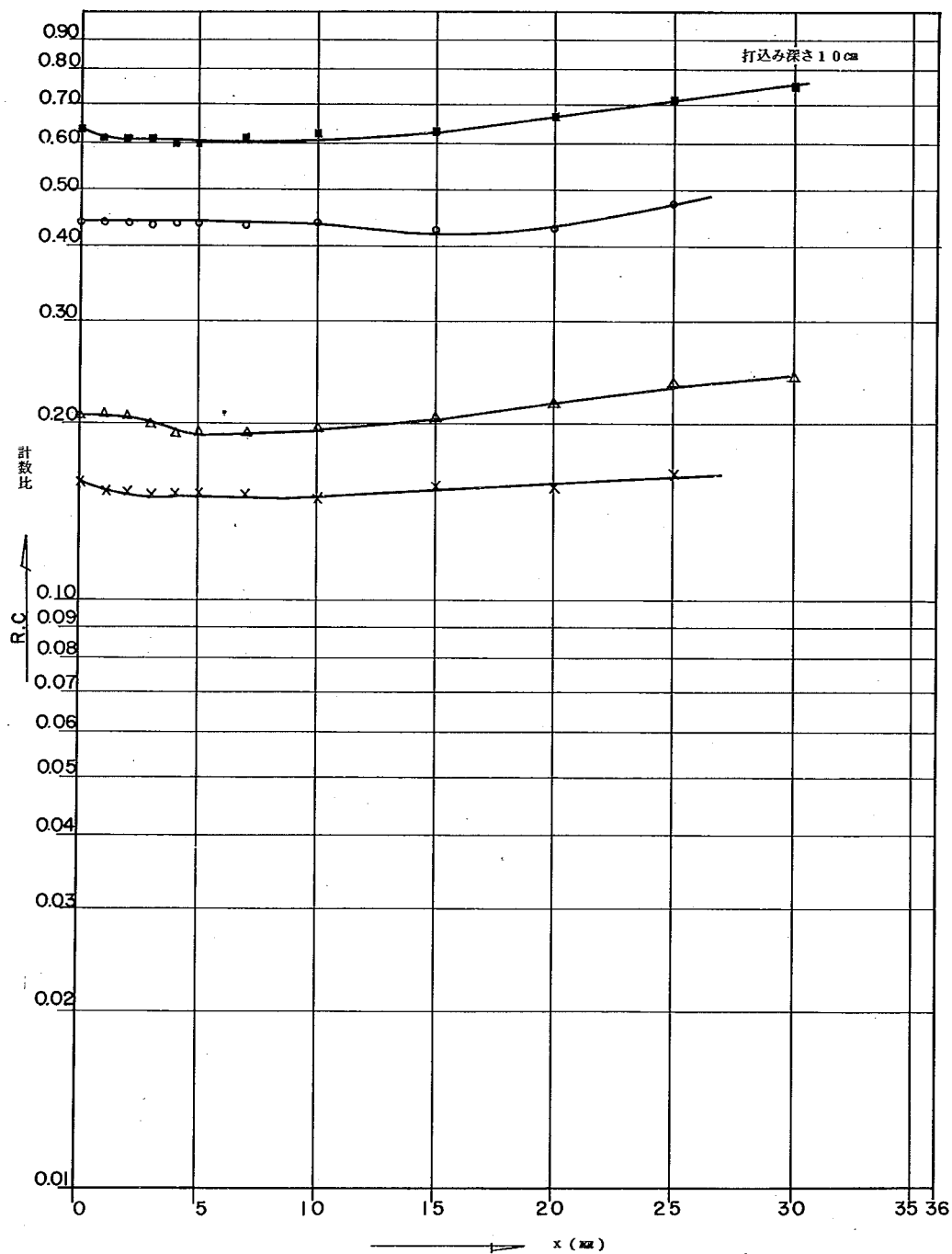


図 2-4-5 透過型密度計，試料と空隙の影響(2)



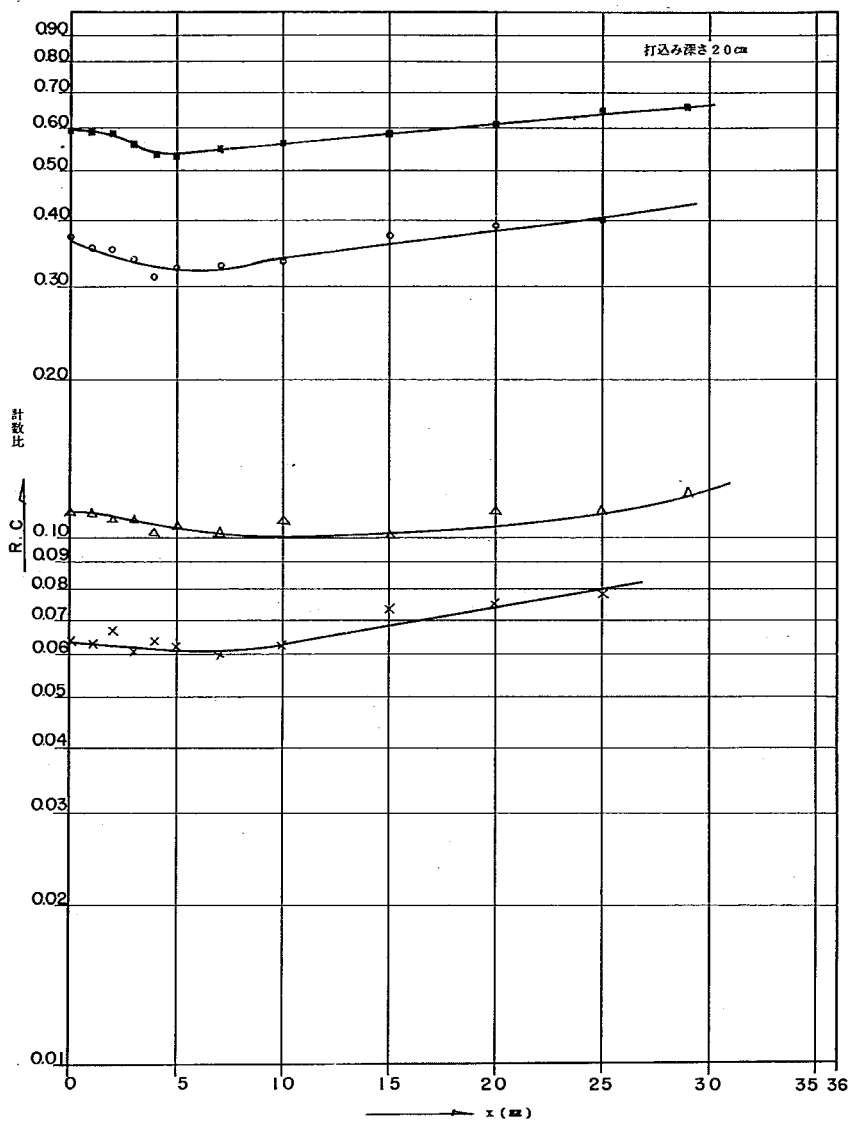


図 2-4-6 透過型密度計，試料と空隙の影響(4)

4-1-2 (b)の場合について

この場合は，プローブの浮き上りによって，土中における放射線の透過距離が変化する。プローブの浮き上り x による密度計の出力変化を ΔI とすれば，

$$\begin{aligned} \Delta \ell &= x \cdot \sec \theta & \ell &= d \cdot \sec \theta \\ \Delta I &= -\frac{\partial I}{\partial \ell} \cdot \Delta \ell = I \cdot \mu_m \cdot \rho \cdot \Delta \ell = I \cdot \mu_m \cdot \rho \cdot x \sec \theta \end{aligned}$$

出力変化 ΔI にもとづく測定密度誤差 $\Delta \rho$ は

$$\Delta \rho = \frac{\Delta I}{(\partial I / \partial \rho)} = \frac{\Delta I}{(-I \cdot \mu_m \cdot \ell)} = -\rho \cdot \frac{\Delta \ell}{\ell}$$

したがって相対誤差は

$$\frac{\Delta \rho}{\rho} = -\frac{\Delta \ell}{\ell} = -\frac{x}{d}$$

打込深さ $d = 1.5 \text{ cm}$ の時, 1 mm の空隙に対する密度誤差は

$$\frac{\Delta \rho}{\rho} = -\frac{1}{150} = 0.67\%$$

$$\rho = 1.6 \text{ の時} \quad \Delta \rho = 0.0107 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

すなわち計算上では普通の場合 $0.01 \text{ g/cm}^3 / 1 \text{ mm}$ 程度となる。

こゝで, 3-2「垂直方向の測定の重み」の項の実験データを利用して, 実測値における検討を行なってみる。

表 2-4-2 $d = 1.5 \text{ cm}$ の時の密度変化の実測値

(試料: ベークライト板)

	(イ)	(ロ)	(ハ)
空隙の量	$x = 0 \text{ cm}$	$x = 1.0 \text{ mm}$	$x = 1.0 \text{ mm}$
空隙の状態	浮き上りなし	浮き上り量 1.0 mm	試料の深部における空隙が 1.0 mm
計数值 $SC = 10500 \text{ cpm}$	4250 cpm	4450 cpm	5050 cpm
計数比	0.404	0.424	0.480
密度	1.38 (g/cm ³)	1.34 (g/cm ³)	1.26 (g/cm ³)
相対密度誤差 (1.38を基準)	0	2.9 %	8.7 %

(イ)の場合は、試料とプローブは密着した状態、(ロ)の場合はプローブが試料面から10mm浮き上った状態、(ハ)の場合は、試料とプローブは密着しているけれども、深部において10mmの空隙がある場合で、実測による相対密度誤差は、それぞれ0、2.9%、8.7%であった。

計算によると、これらは0、6.7%、6.7%となる。深部における空隙の方が計算値に近く、試料表面の空隙による誤差が計算値よりも小さいのは、プローブの浮き上りによる2次散乱線の検出によるものと考えられる。

すなわち普通の場合には、密度の誤差は計算値よりもやゝ小さくなる傾向があり、実用上あまり問題にならないようである。

(b)の場合も、(a)の場合と同様に、打込深さを増す程この誤差は小さくなることが容易に推察される。

4-2 線源棒周辺の空隙による影響

図2-4-7に示すように、線源棒の周辺に空隙が生じている場合についての測定密度誤差を検討した。

この場合、計算上では4-1-2(b)と全く同様になり

$$\frac{\Delta \rho}{\rho} = -\frac{\Delta f}{f} \quad (f = 3.6 \text{ cm})$$

となる。

今、打込深さ15cmの場合について、実測によって得られた計数値の変化を図2-4-8に、さらにこれを密度に換算した値を図2-4-9に示す。図中で実線は実測値を、点線は計算にもとづく値を示している。

この結果によると、空隙が5mm程度までは、実測値は計算値とよく一致している。空隙が5mmを越えると、誤差の実測値は計算値よりも大きくなる傾向にある。計算値によると普通の土($\gamma = 1.6$)に対しては

$$0.0045 (\text{g/cm}^3) / 1 \text{ mm}$$

の誤差であり、実用上ほとんど問題にならない。

参考データとして打込深さ5cm、10cm、20cmの結果を図2-4-10～図2-4-12に示す。

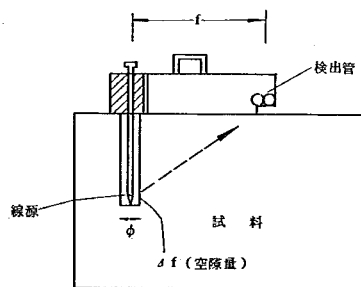


図2-4-7 線源棒周辺の空隙

図2-4-8 線源棒周辺の空隙による影響 (その1)

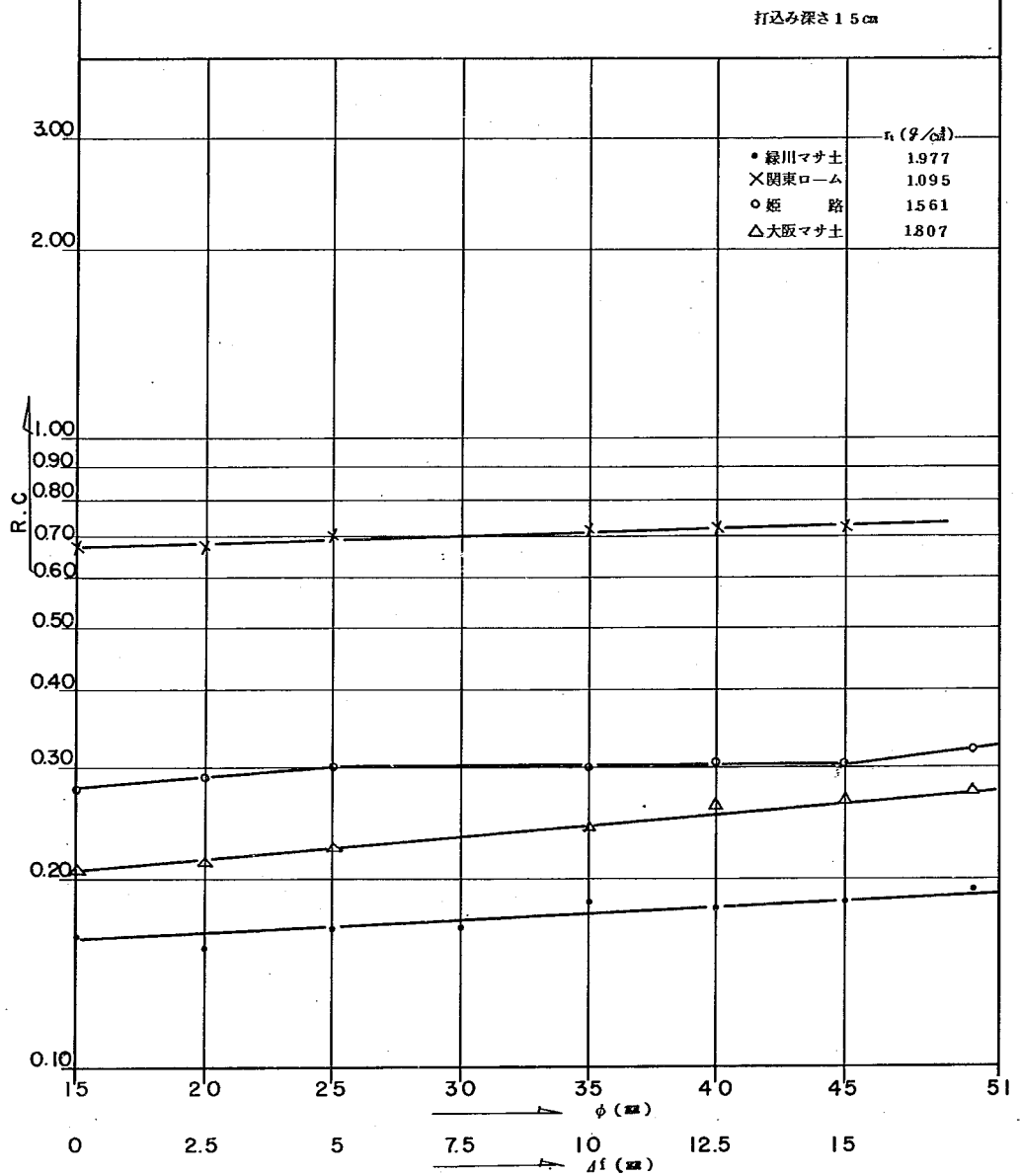


図2-4-9 線源棒周辺の空隙による影響(その2)

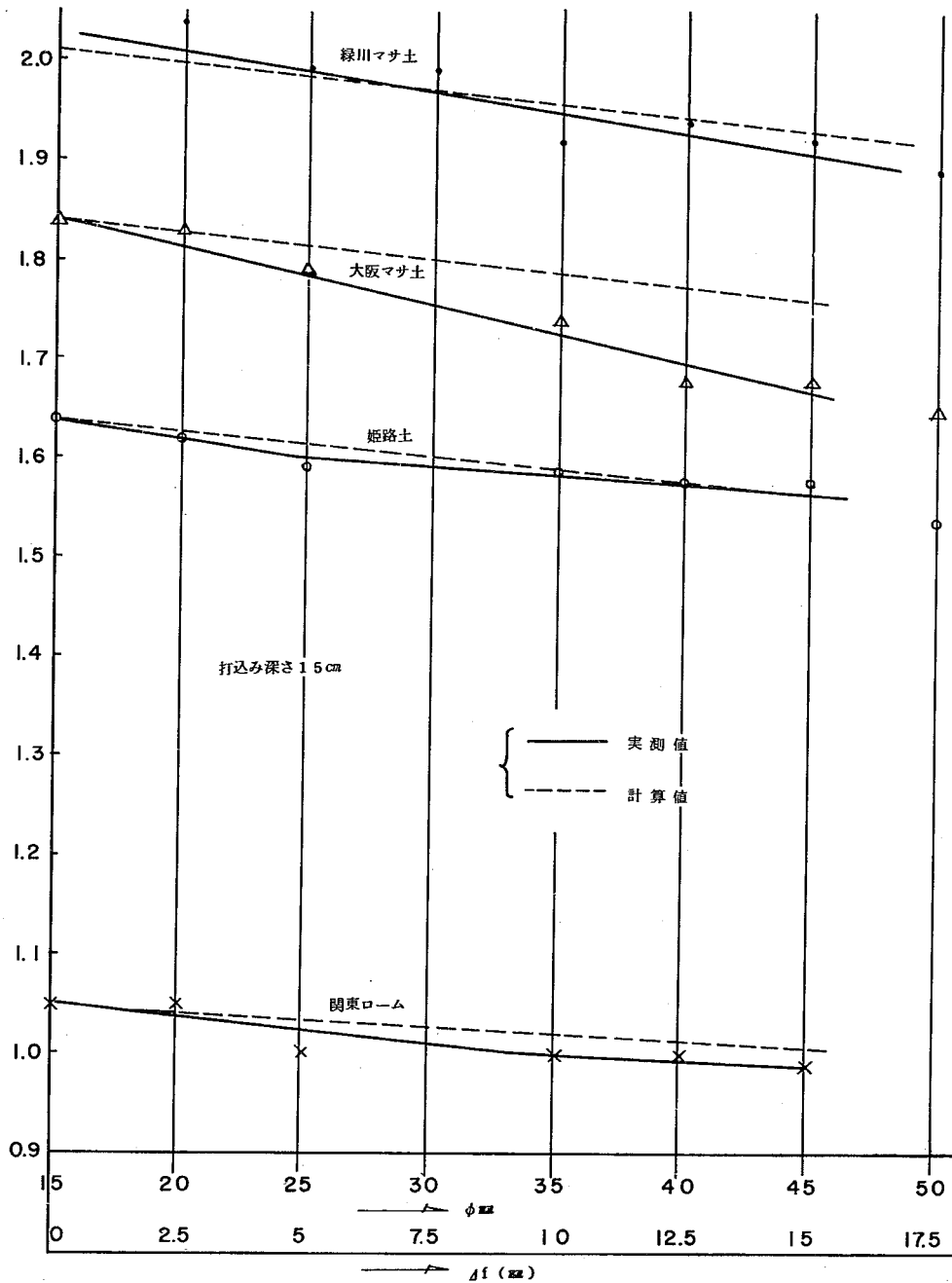


図2-4-10 線源棒周辺の空隙による影響

打込み深さ 5 cm

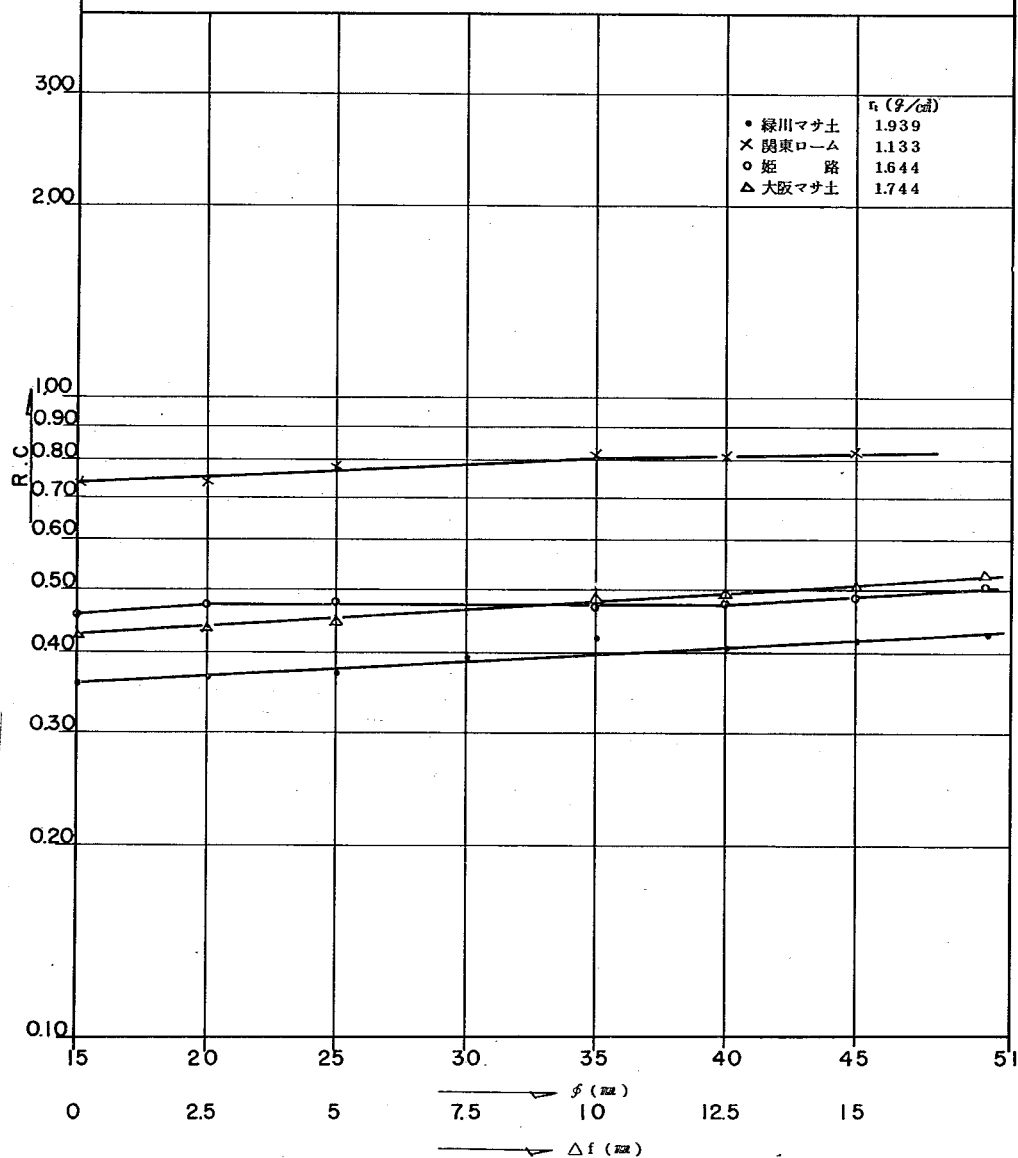


図2-4-11 線源棒周辺の空隙による影響

打込み深さ10cm

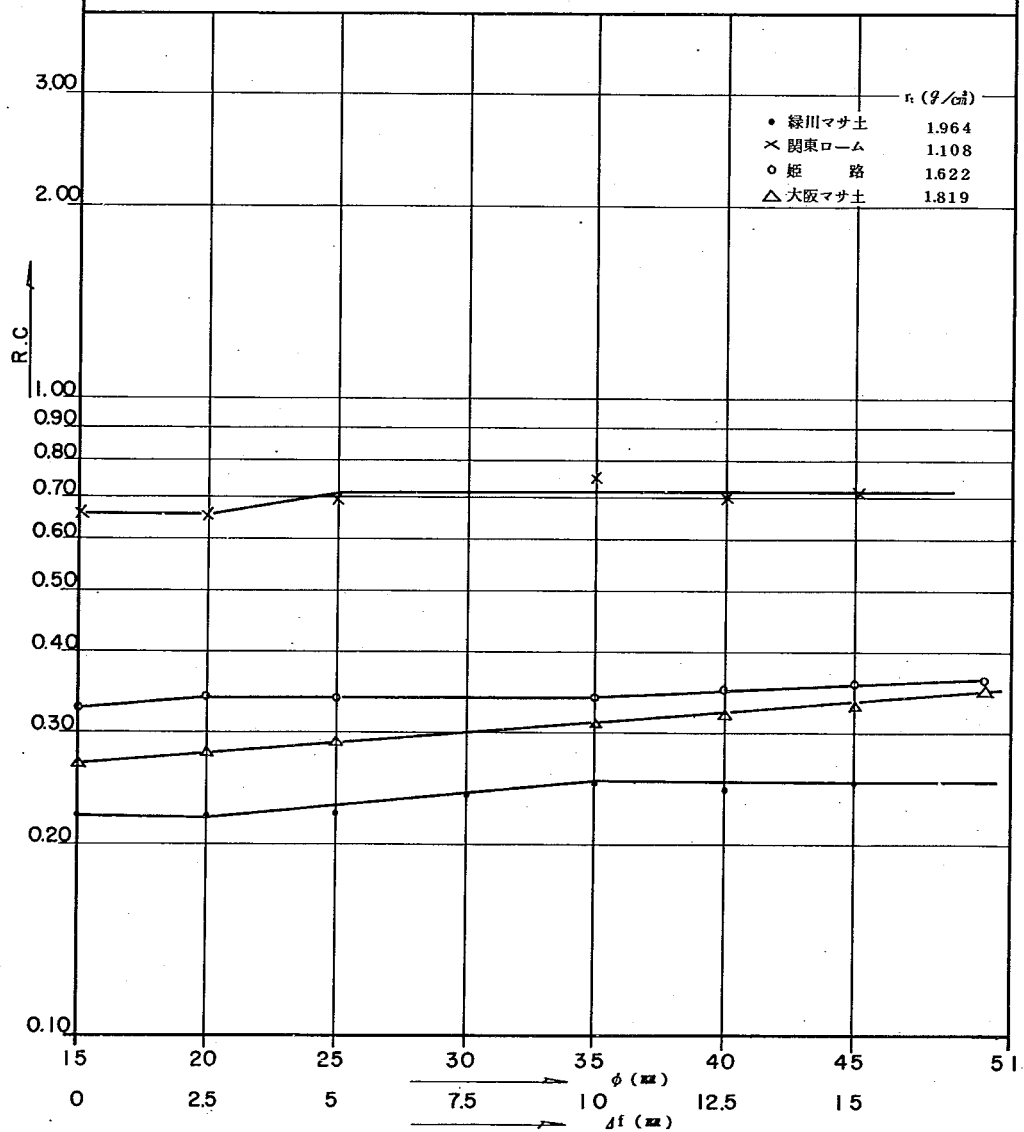
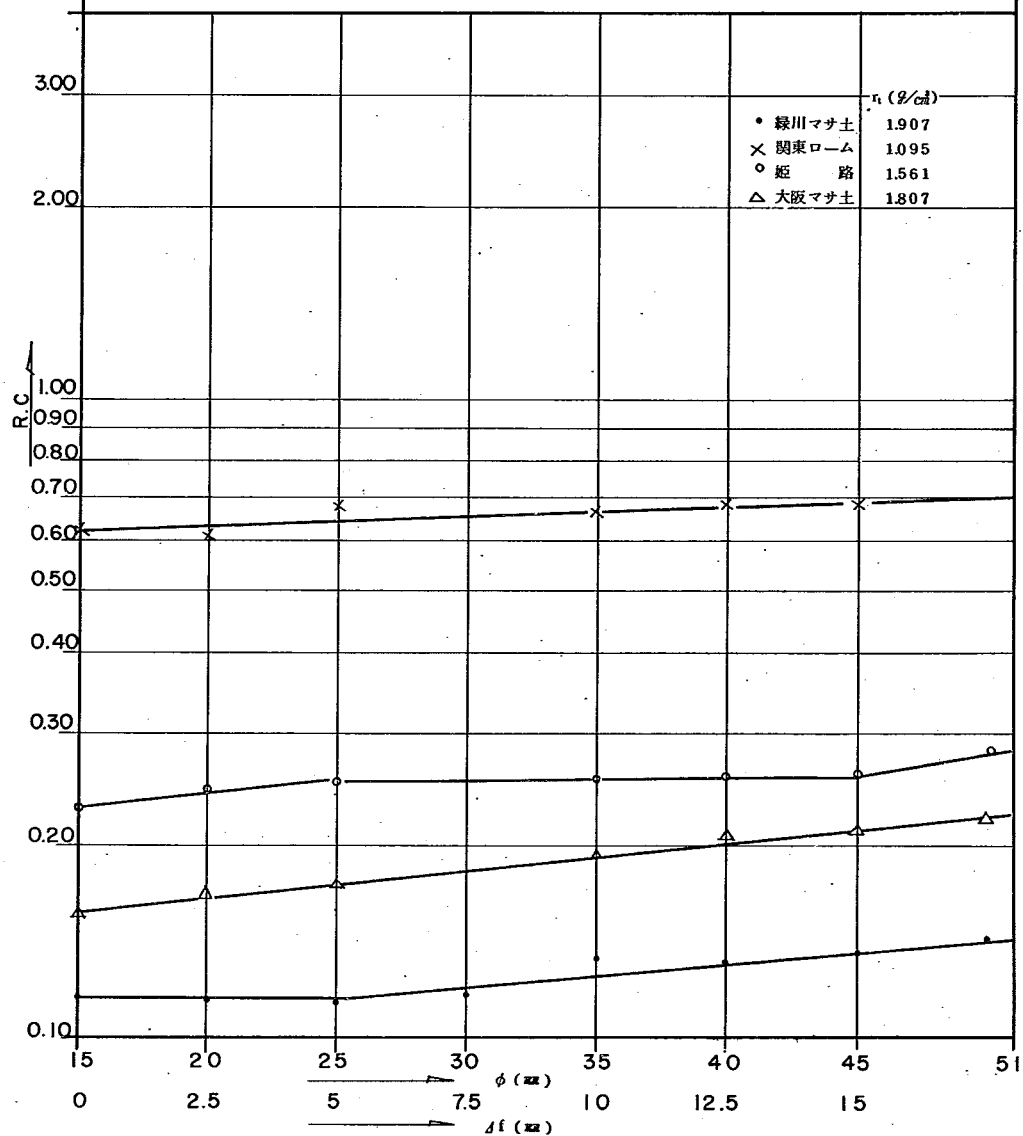


図2-4-12 線源棒周辺の空隙による影響

打込み深さ20cm



4-3 総 括

4-1, 4-2において調べた結果によると, 透過型密度計においては, 計器と試料との間に多少の空隙が生じても, 背面散乱型密度計において問題となったような誤差は実用上, 生じないと考えることができる。

また線源棒周辺の空隙による誤差も実用上問題にならないようである。

第5章 較正曲線作成方法と現場測定方法

詳細については「建設省土木試験基準」のKDSK-0908 およびKDSK-0911 に示してある。
この章は、特にこれらの基準にもとづいた概括的な説明である。

5-1 較正曲線の作成方法

現場測定に先だって、湿潤密度 γ_r (g/cm^3)と計数率比RC, 含水量 M (g/cm^3)と計数率比RCの
関係を得るために較正曲線の作成を行なう。

ここで使用する器具類の主なものを列挙する。

- a. RI計器一式
- b. 標準体(水, パラフィン等)
- c. 試料(1回に付 150~300g)
- d. 試料容器(40g用, フタ付, 数個)
- e. 較正容器(表面型用: 深さ35cm, 内径60cm, 厚さ5mm程度, 鉄製, カラー及び整形用エッジ付)
挿入型用: 深さ80cm, 内径60cm, 厚さ5mm程度, 鉄製, アクセスパイプ支持装置付)
- f. ランマー(端面直径15~20cm, 重量15~20kg)
- g. 台ばかり(秤量300kg, 感度2g程度)
- h. 炉乾燥用具一式

(I) 表面型計器の較正

(I) 含水比を適当に調整した試料を数層に分けて較正容器に入れ, ランマーを用いて均一に締固めて整形する。このとき台ばかりにて重量を測定し全量法にて供試体の湿潤密度 γ_r (g/cm^3)を求める。また含水量 M (g/cm^3)は, 供試体作成中に数点採取し炉乾燥によって得られた供試体の平均含水比 w と γ_r から次式によって計算する。

$$M = \gamma_r - \gamma_d = \gamma_r - \frac{\gamma_r}{1+w} = \frac{w\gamma_r}{1+w} \quad \dots\dots\dots (1)$$

(II) RI計器を先ず標準体上にて5分間程度計測し, このときの計数率を SC_1 (c.p.m)とする。
次に計器を供試体上に置く。その位置は供試体の中央付近で平面方向に $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ の4通りとし, これらの位置について2~3分間ずつ測定を行い, それらの計数率の平均値を $\bar{N}$ とする。次に計器を再び標準体上に移して5分間程度計測し, その計数率を SC_2 とする。次式により計数率比RCを計算する。

$$RC = \frac{2\bar{N}}{SC_1 + SC_2} \dots\dots\dots (2)$$

これを水分計と密度計の両方について求めて、それぞれ較正曲線上の一点を得る。

較正曲線は通常、縦軸に計数率比RCを、横軸に密度 γ 、および含水量Mをとっている。計数率をそのまま使わないで計数比RCを用いるのは、RI計器の経年変化や時間的な出力変動の影響を打ち消すためである。

(Ⅲ) (I)(II)の操作を密度や含水比を変えた4～5個の供試体について行くと、較正曲線を得ることができる。

なお較正容器を10cm高程度の重箱式にしておけば、供試体の垂直方向の密度の均一性をチェックすることができる。

(2) 挿入型計器の較正

表面型計器の場合と同様の手順にて行いが、供試体における計測では、供試体中央に設置されたアクセスパイプの中へ計器を5cm間隔に挿入していき、ほぼ同一の計数率を示す部分の平均値を $\bar{N}$ として採用することが大切である。なおこの時の供試体密度は全量法の他に、従来法（砂置換法など）によって測定することもある。

5-2 現場における測定方法

(1) 表面型計器

(I) 先ず標準体上にて標準カウントSCを5分程度計測する。標準カウントは一測定の前後に計測し平均するのが理想的であるが、測点が多数の場合は適当な時間間隔（例えば一時間毎）で計測し、計算にはその測点群の前後に計測した標準カウントの計数率平均 $\overline{SC}$ を用いる。

(II) 測点は平らに整形し、計器を測点上に密着させるように置くことが大切である。計器の位置は平面方向に0°～180°の範囲で少なくとも2方向測定する。このときの計数率の平均値を $\bar{N}_i$ とすれば、この測点における計数率比RC_iは次式によって得られる。

$$RC_i = \frac{\bar{N}_i}{\overline{SC}_i} \dots\dots\dots (3)$$

(Ⅲ) この計数率比より、密度計の場合は湿潤密度 γ_i 、水分計の場合は含水量Mが得られ、さらに次式により乾燥密度 γ_d および含水比wが求められる。

$$\gamma_d = \gamma_i - M \dots\dots\dots (4)$$

$$w = \frac{M}{\gamma_i - M} \dots\dots\dots (5)$$

(2) 挿入型計器

測定方法は表面型計器に準ずるが、アクセスパイプ中における測定は必ず往復測定を行なうことが大切である。

(3) 計数比の計算例

(i) 計器の変動がない時

$$\textcircled{\text{前}} \quad \text{S.C} \quad \left\{ \begin{array}{l} 12300/1\text{分} \quad \textcircled{1} \\ 11950/1\text{分} \quad \textcircled{2} \\ 12100/1\text{分} \quad \textcircled{3} \end{array} \right\} \text{平均} \quad 36350 \textcircled{7} / 3 = 12117 \textcircled{9}$$

	平均	S.C	計数比
測点1 { $\begin{array}{l} 3260/1\text{分} \\ 3515/1\text{分} \end{array}$	3388	12178	0.278
測点2 { $\begin{array}{l} 3327/1\text{分} \\ 3094/1\text{分} \end{array}$	3211	"	0.264
測点3 { $\begin{array}{l} 3821/1\text{分} \\ 3702/1\text{分} \end{array}$	3762	"	0.309
測点4 { $\begin{array}{l} 3652/1\text{分} \\ 3550/1\text{分} \end{array}$	3601	"	0.296
測点5 { $\begin{array}{l} 3981/1\text{分} \\ 4002/1\text{分} \end{array}$	3992	"	0.328

$$\textcircled{\text{後}} \quad \text{S.C} \quad \left\{ \begin{array}{l} 12252/1\text{分} \quad \textcircled{4} \\ 12411/1\text{分} \quad \textcircled{5} \\ 12055/1\text{分} \quad \textcircled{6} \end{array} \right\} \text{平均} \quad 36718 \textcircled{8} / 3 = 12239 \textcircled{10}$$

⑦と⑧との差は368 (⑦=①+②+③ ⑧=④+⑤+⑥)

$$\sigma = \sqrt{36718} = 192 \quad 4\sigma = 766$$

368 < 766であるので、前後のS.Cに変動はないものとみなす。よってS.Cは前後の総平均すなわち(⑦+⑧)/6=12178を採用する。

(ii) 計器に変動のある時

$$\textcircled{\text{前}} \quad \text{S.C} \quad \left\{ \begin{array}{l} 12450/1\text{分} \quad \textcircled{1} \\ 12321/1\text{分} \quad \textcircled{2} \\ 12356/1\text{分} \quad \textcircled{3} \end{array} \right\} \quad 37127 \textcircled{7} / 3 = 12376 \textcircled{9}$$

	平均	S. C(比例配分)	計数比
測点 1 { $\frac{4002}{3980}/1分$	3991	12245	0.326
測点 2 { $\frac{3786}{3520}/1分$	3653	12113	0.302
測点 3 { $\frac{3550}{3402}/1分$	3476	11982	0.290
測点 4 { $\frac{3256}{3521}/1分$	3389	11850	0.286
測点 5 { $\frac{3905}{3756}/1分$	3831	11719	0.327

$$\textcircled{\text{後}} \text{ S. C } \left\{ \begin{array}{l} 11621/1分 \textcircled{4} \\ 11720/1分 \textcircled{5} \\ 11420/1分 \textcircled{6} \end{array} \right\} 34761/3 \textcircled{8} = 11587 \textcircled{10}$$

⑦と⑧との差は2366 $\sigma = \sqrt{7} = \sqrt{37127} \div 193$ $4\sigma = 771$ $2366 > 771$ であるので、前後のS. C に変動があったものとみなす。よってこの場合には計器が時間的に直線的な変動をしたものと考えて、この間のS. C を比例配分しなければならない。

測点が5点であるので $\textcircled{9} - \textcircled{10} = 789$ を $5 + 1 = 6$ で除す。 $789/6 = 131.5$
 131.5 ずつ⑨より差し引いていけば比例配分されたことになる。

(4) 一般的注意

(イ) 一群の測定(10～15点：あるいは1時間ぐらい)の前後で標準体計数率をとる。標準体計数率は通常1分測定を3回行なう。3回の値に大きな変動がなければ計器は正常である。

カウント数をNとすれば標準偏差は $\sqrt{N}$ $\therefore$ 95%の信頼度で真のカウント数は $N \pm 2\sqrt{N}$ の間にある。

$\therefore$ 2個の値の間の差は $4\sqrt{N}$ まで許される。

(密度計では12,000 cpm ぐらいだから $4\sqrt{N} \approx 440$, 水分計では20,000 cpm ぐらいだから $4\sqrt{N} \approx 565$)

(ロ) 標準体計数率に大きな変動があった場合には標準体自身(計器のセットの仕方をも含む)に異常がないかどうかを点検した後、計数率が安定してくるまで待期する。

(ハ) スケーラーの電源スイッチをを入れたら、5分間ぐらいウォーミングアップするのがよい。

(ニ) 土の上での測定においては、1個所で0°方向、180°方向と2回測定してその平均を求めるのが望ましい。

(ホ) 計数時間は通常1分間を基準とするが、1分以上であれば何分でもかまわない。1分以上の計測においては、あとで整理するときに1分間当りのカウント数に換算する。

(ヘ) ストップウォッチを用いるときには、ネジがあまりゆるまないように注意する。

第6章 計器特性のまとめと問題点

R I 計器は利用の仕方が適切であれば非常に有用なものであるが、利用上いろいろな問題点を含んでいる。

以下に先ず一般的な問題点を挙げ、次に各計器毎の特性および問題点を挙げる。

(1) R I 計器に関する一般的な問題点

- (a) 放射線障害： 少量ではあるが人体に有害な放射線（ガンマ線，中性子線）を放出している。そのため放射線障害防止に関連して，使用許可または使用届出申請の手続き，被曝線量の管理などが法律によって義務づけられている。
- (b) 放射線の統計的揺動： 放射線の単位時間に放出される数は一定でなく，ある統計的なバラツキを有しているため，検出管に得られる計数値には統計的な変動をさけることはできない。したがって相対誤差を小さくするには計数時間を長くするなどして計数値の絶対値を大きくすることを考えねばならない。
- (c) 計器の安定性： R I 計器は複雑で微妙な電子回路や検出管を有しているので，外的な条件（温度変化，電源電圧等……）や経年変化によって，その出力特性が変動することがある。ただしこの計器の変動は，将来は計器の改良などの積み重ねにより，実用上問題がないところまでなくすることができよう。この変動のチェックおよび変動があった場合の補正のために標準体を使用されている。標準体は外的状態に対して物理的，化学的に安定で，計数率が多く得られる材料（例えば水など）が望ましい。

(2) 表面型計器の特性および問題点

主に土工の品質管理手段としてよく用いられるもので，計器の種類に応じてその機能や問題点が異なる。

(a) 背面散乱式密度計

比較的初期に開発されたもので，取扱いの簡単な点ではすぐれているが，次の各項に示すような問題点を持っており土工管理用としては，あまり適当ではなく，現在では主に舗装版のアスファルトやコンクリートの密度測定等の透過式密度計では測定困難な分野に用いられ始めている。

- (I) 計器底面と試料との間に空隙が生ずると，計数率が増加し密度を過少評価しがちになる。
ブルドーザ転圧面での測定では特に表面をはぎとり測定面を平滑に仕上げねばならない。平滑度が保てない場合には敷砂法や間接測定法が用いられるがある程度の誤差はさけられない。
- (II) 測定の深さは密度によっても変化するが，通常，表面より10～15 cmの範囲である。しかしながら深さ方向の測定の重みが一様でなく試料表面近くに集中する傾向にあるので，関東ローム土工のように転圧面が乱されている場合には密度を過小評価する。

Ⅳ 土質の違いによって校正曲線が異なってくる。

(b) 透過式密度計

比較的最近になってよく用いられるようになった計器で、線源棒を地中に打ち込まねばならないという手間を除けば、(a)のⅠⅡⅢの問題点は実用上ほとんど考慮する必要がなく、測定深さを任意にとりうることで、深さ方向の測定の重みがほぼ一様であるといった利点がある。測定対象も線源棒を地中に打ち込むことが出来れば、ほとんどの土に適用でき、多少のレキまじり土についても可能である。また土質の違いによる校正曲線の差は実用上ほとんど問題になっていない。

特に関東ロームのような粘性土では、測定作業が容易で、しかも従来法より精度的に有利な面があるので、土工の品質管理手段として非常に有望である。

(c) 中性子水分計

(a)と同じく背面散乱式であるので、(a)のⅠⅡⅢに挙げた問題点を含むが、密度計の場合程にはその影響は著しくなく、実用上は土工管理用としてほとんど問題なく使用できる。

水分計の主な問題点としては以下のものがある。

Ⅰ 土中の結晶水をも計数してしまうので、関東ローム等の粘性土では炉乾燥法による含水比との関係(校正曲線)をはっきりさせておかねばならない。

Ⅲ 土中に有機物が多く含まれた場合や特殊な元素(例えば塩素)が含まれた場合には通常の校正曲線は使用できない。何らかの補正を要する。

(3) 挿入型計器の特性および問題点

路床路盤の密度含水比の分布や経時変化の測定、地盤改良工事の施工管理(圧密度の測定)、地下水の変動、河床洗掘調査等……広範囲にわたって使用されかなりの実績を有している。計器の特性は背面散乱式の表面型密度計、水分計と同様であるが、挿入型計器にはアクセスパイプの設置に伴う特殊な問題点がある。すなわちアクセスパイプとその周辺の試料との密着性の問題で、空隙が生じたりその空隙がパイプに沿って一様でない場合には誤差を生ずる。またパイプ設置時にかけるパイプ周辺の土の乱れもまた誤差の原因となる。しかしながらこれらに対する良策はなく、密度や含水比の絶対値の測定は困難となっている。したがって挿入型計器は経時変化など相対値の測定にもっぱら利用されている。

第3部 現場測定例

第1章 マサ土の現場における測定例

これは第1報6-2に概報した「アースダムのコア締固め現場での比較測定」の詳報である。

1. 試験の目的

- (1) 土の密度および含水比の管理手段としてのRI計器（背面散乱型ガンマ線密度計，透過型ガンマ線密度計，中性子水分計）及び砂置換法との相互比較を行なう。
- (2) 土工の締固め現場における締固め度のバラツキの状態を実測して，管理方法に関する一資料とする。

2. 試験の時期及び現場

○実施時期：昭和43年10月29日～30日（快晴）

○実施場所：九州地方建設局緑川ダム工事事務所管内補助ダム（ロックフィルタイプ）のコア締固め現場（EL≒165m）

3. 現場締固め方法

○コア材（マサ土）のまき厚：20cm

○締固め機械：D-80ブルドーザ けん引

タンピングローラー 転圧

D-80 : 小松製作所

全重量（排土板装備） 19.850Kg

接地圧（ " ） 0.72 Kg/cm²

タンピングローラー : 渡辺機械工業（WS-15型）

総重量 15.150Kg

接地圧 53.0 Kg/cm²

脚の形状 円錐形

" 長さ 220mm

" 断面積 35.7cm²

○転圧回数：20回/層

4. コア材料の土質

○土取り地山はセン緑岩質片麻岩の風化岩より構成されており，掘削転圧を行なうと細かく碎けて通称マサ土と呼ばれる土になる。

締固めの現場には風化のかなり進んだものと未風化のものが混在している。

		風 化 土	未 風 化 土
統 一 分 類 法		SM-SC	SM-SC
粒 度 区 分	最 大 径	19~25mm	25~38mm
	レ キ 分	25 %	37 %
	砂 分	60 %	50 %
	シルト分以下	15 %	13 %
コ テン シ ス !	LL	34.0%	32.4%
	PL	23.6%	23.3%
	PI	10.4%	9.1%
比 重		2.73	2.72
自 然 含 水 比		12.2%	10.7%
最 大 乾 燥 密 度		1.96 g/cm ³	2.0 g/cm ³
最 適 含 水 比		11.0%	12.0%
透 水 係 数		10 ⁻⁶ ~10 ⁻⁷ cm/sec	10 ⁻⁵ ~10 ⁻⁶ cm/sec

5. 試験に用いた測定器

分類	計 器 名	型 番	型 式	線 源	検 出 管	記 号	所 有 者
A	γ線密度計	日立RMB型	背面散乱型	¹³⁷ Cs. 10mci	GM管2本	SD	施工研究室
	中性子水分計	"	"	A ₀ -B ₀ 60mci	BF ₃ 管4本	SM	
B	γ線密度計	"	透過型	¹³⁷ Cs. 10mci	GM管2本	TD	"
	中性子水分計	"	背面散乱型	A ₀ -B ₀ 60mci	BF ₃ 管4本	SM	
C	水分・密度計	大阪計測	透過型	¹³⁷ Cs. 10mci	GM管2本	ODM	久留米技術事務所
		ODM-6型	背面散乱型	A ₀ -B ₀ 30mci	BF ₃ 管6本		
D	砂置換法 (含水比測定)	孔の径: 18cm 孔の深さ: 約10cm				S	緑川ダム工事事務所

注 Cの水分・密度計は透過型密度計と背面散乱型水分計が一组になった器械で、湿潤密度γ_wと水分密度Mとの同時計測ができる。

5. 試験方法

EL=165.10mの約120m×14mのコア材施工面の中から80m×12mを試験区域とした。

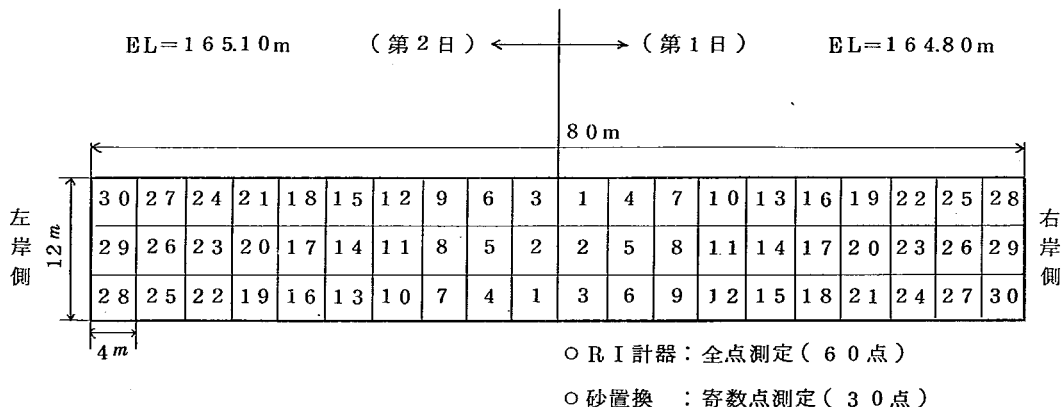
図-1に示すように一測点を4m×4mのマスの中から選び、合計60点の測定を行なった。

試験は2日間にわけて、第1日目に右岸側30点、第2日目に左岸側30点の測定を行なった。

なお、この試験期間には工事は夜間に行なわれたので第1日目と第2日目の標高、まき出し土の含水比は異なったものである点に留意しなければならない。

測定はタンピングローラーの脚のめり込み深さ(約15cm)まで、転圧面よりはぎ取り、表面整形した後、同一測点をA、B、C、Dの順序で測定した。なおRI計器(A、B、C)については全点測定で、一点当りの計数時間は2分、透過型密度計(B、C)の線源打込み深さは10cmとした。Dの砂置換法については奇数点(30点)の測定を行なった。

図-1 管理試験位置



7. 試験結果(その1) - RI計器と砂置換法との比較

(1) 測定データの一覧

表-1の(a)、(b)にRI法によって得られた計数比、及び砂置換法によって得られた湿潤密度 γ と含水比、水分密度Mの一覧を示す。

(2) RI計器の校正曲線

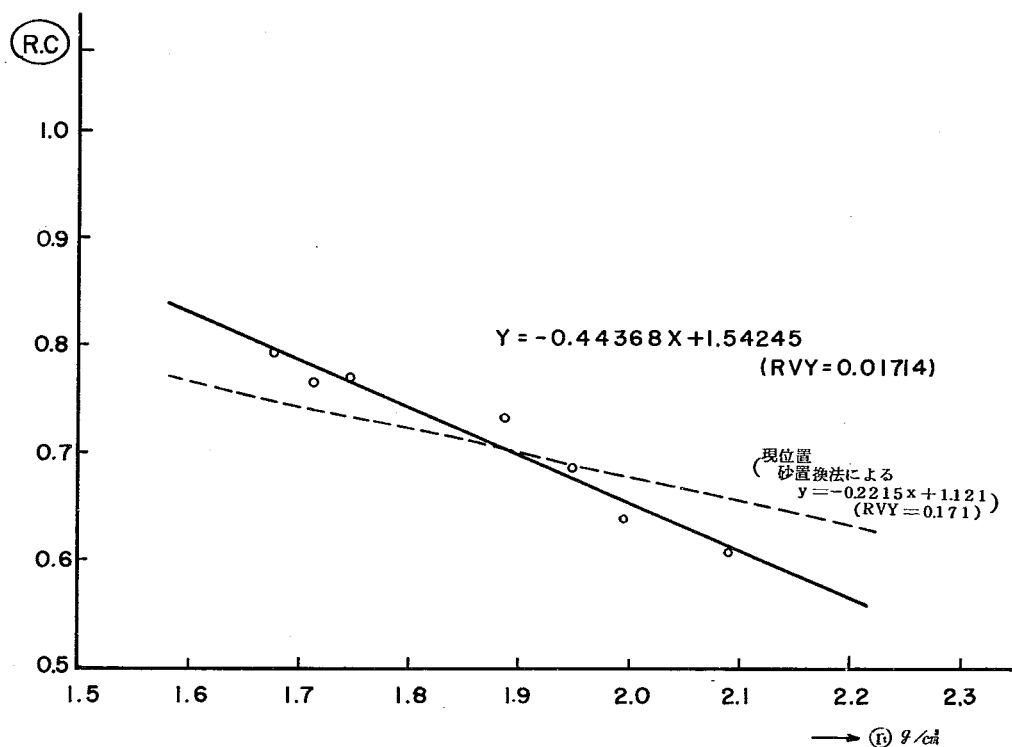
校正曲線は現場のマサ土に対して作成された。

SD, TD, ODM(密度), SM, ODM(水分)に対する校正曲線を図-2~6に示し、これらの式を次表に示す。

相関係数

		個数	回帰式	RVY	R
密度計	SD	7	$Y = -0.44368X + 1.54245$	0.01714	-0.975
	5cm	4	$\text{Log } Y = -0.14201X - 0.19178$	0.01199	-0.922
	TD 10cm	5	$\text{Log } Y = -0.43206X + 0.17522$	0.01167	-0.993
	15cm	5	$\text{Log } Y = -0.51238X + 0.20855$	0.01492	-0.991
	10cm	11	$\text{Log } Y = -0.41468X + 1.15683$	0.02082	-0.978
	ODM 20cm	11	$\text{Log } Y = -0.53689X + 0.98177$	0.01665	-0.991
水分計	30cm	7	$\text{Log } Y = -0.53318X + 0.54661$	0.02723	-0.981
	SM	9	$Y = 1.21904X - 0.01078$	0.00468	0.998
	ODM水分	10	$Y = 1.96273X + 0.00926$	0.01504	0.994

図-2 SD (背面散乱型密度計)



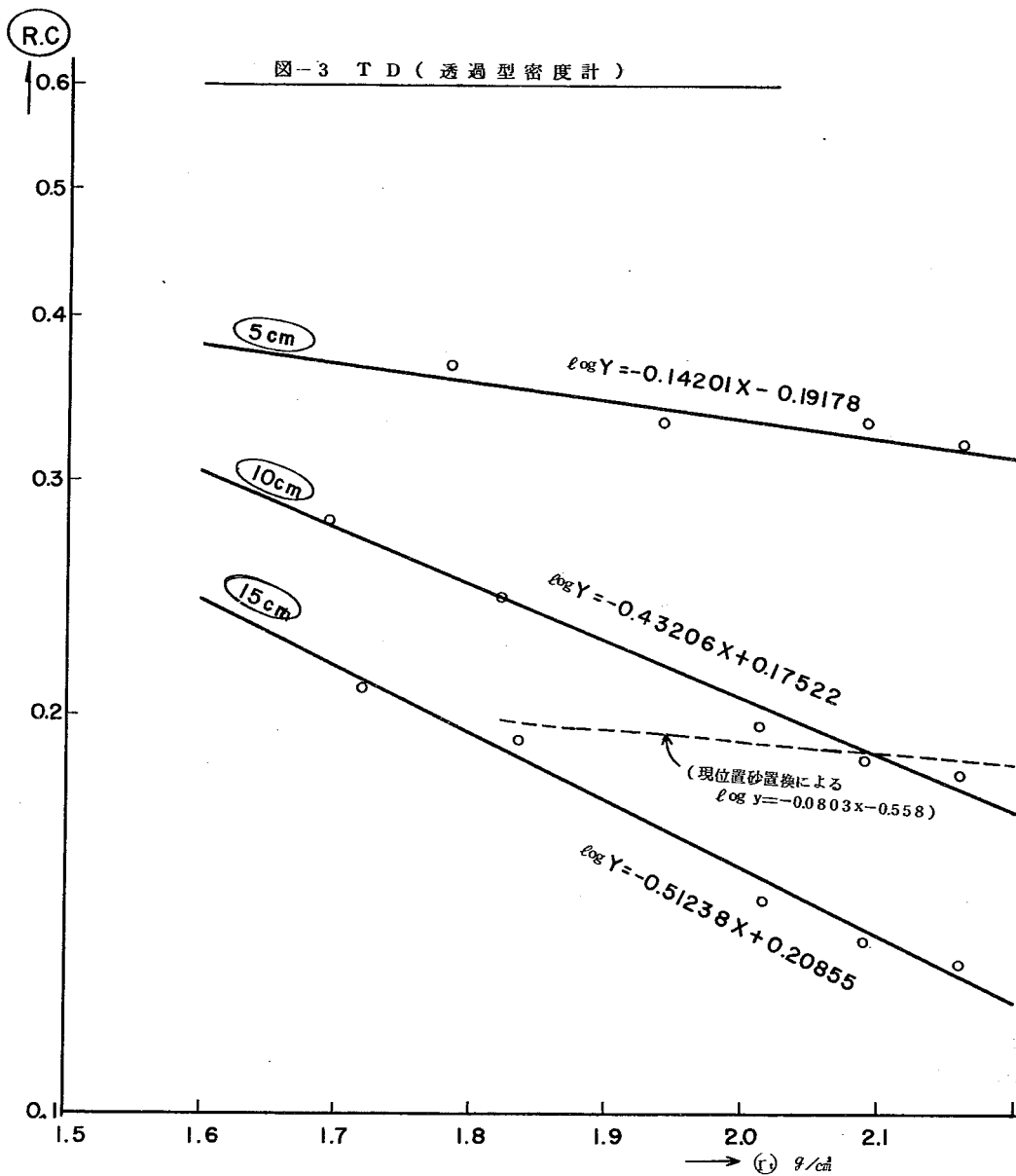
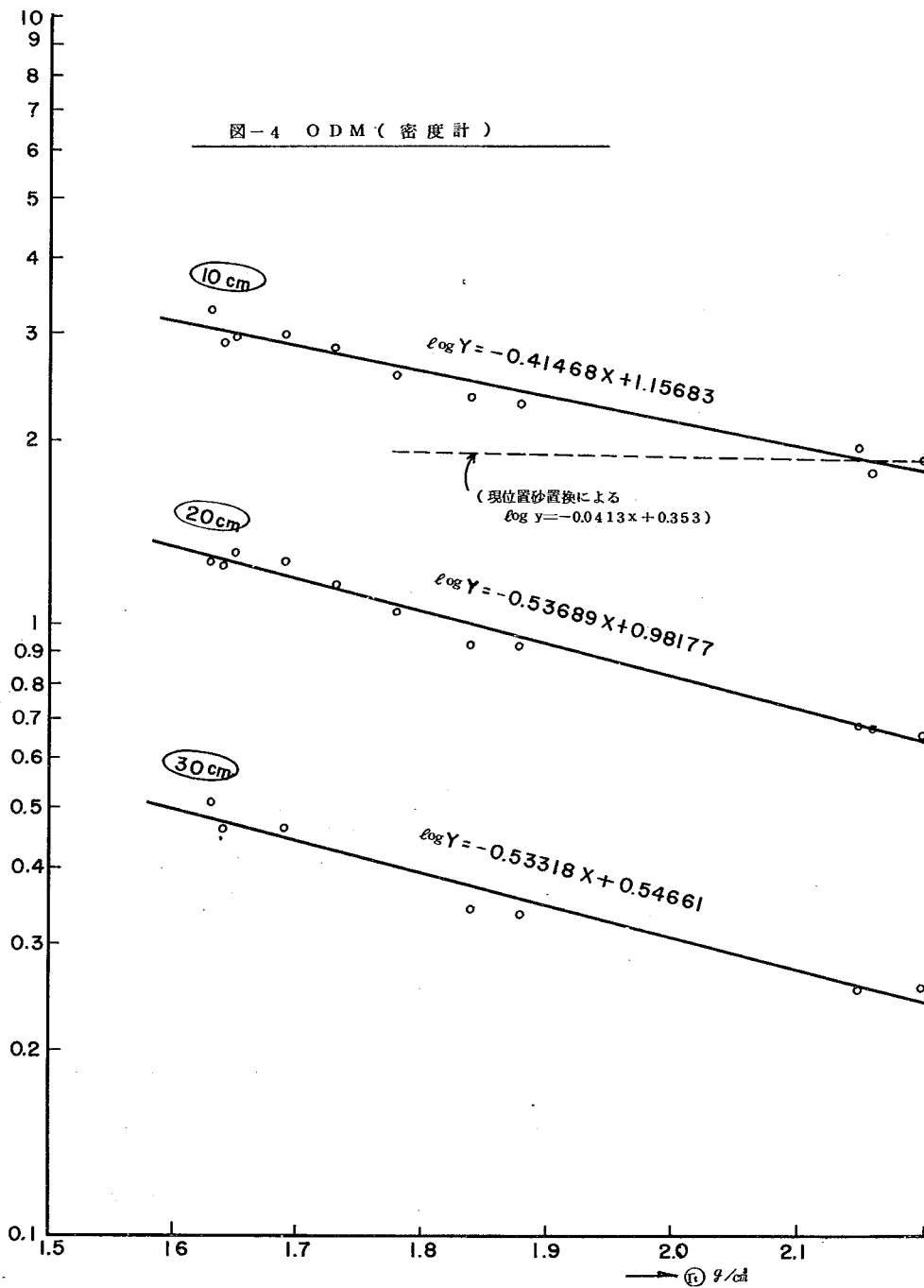


図-4 ODM (密度計)



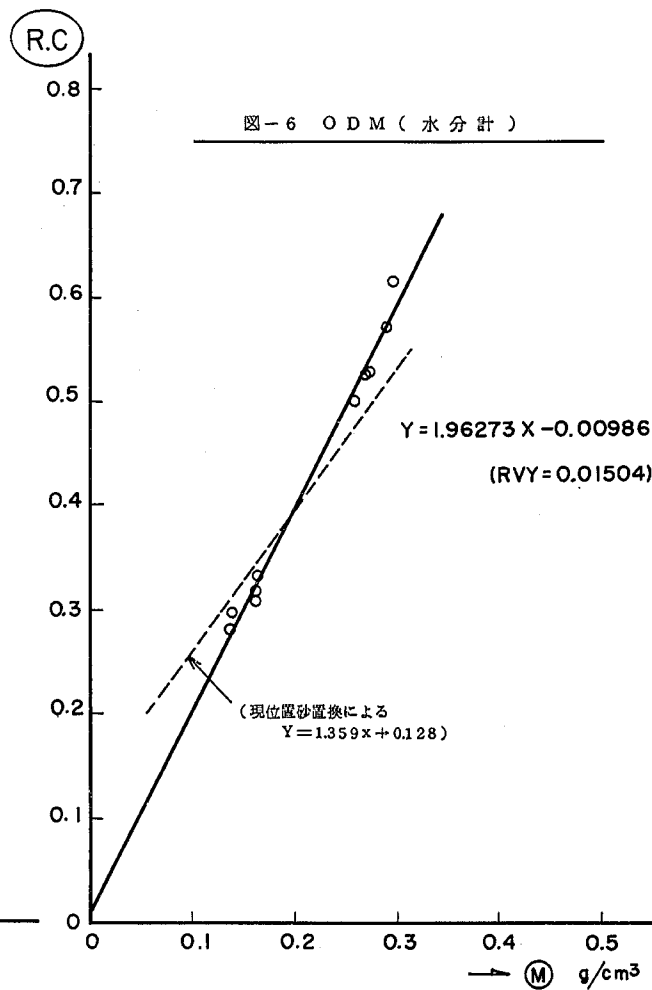
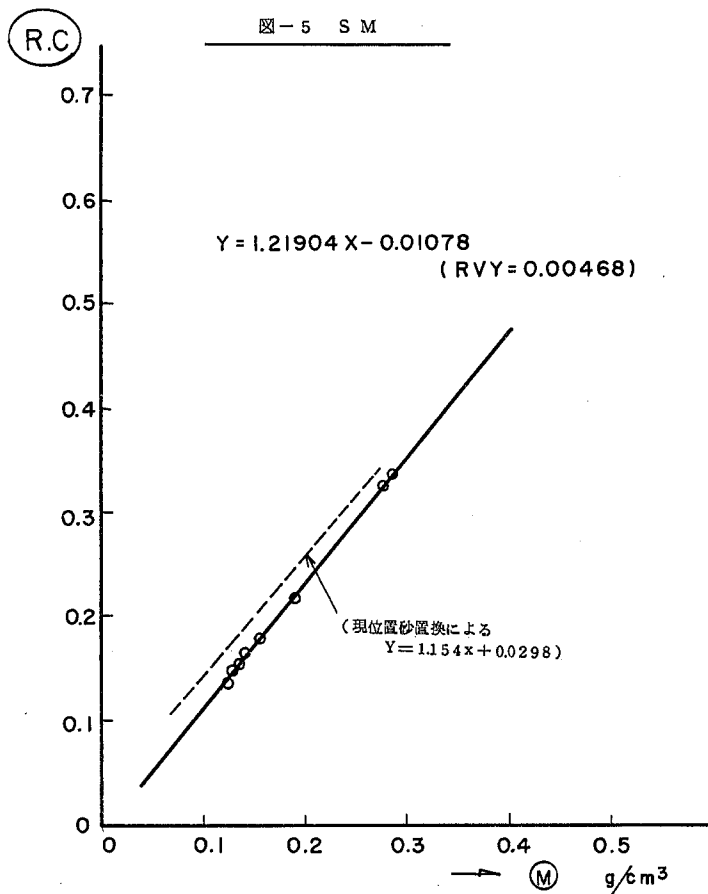


表-1-(a) 第1日目の測定データ一覧

測点	密度計計数比				水分計計数比			
	SD	TD	ODM	砂置換 r : g/cm^3	SM	ODM	砂置換M g/cm^3	含水比 %
1	0.619	0.159	1.707	2.16	0.285	0.413	0.218	11.20
2	0.666	0.184	1.997		0.269	0.409		
3	0.694	0.166	1.838	2.21	0.298	0.436	0.226	11.38
4	0.639	0.172	1.812		0.304	0.452		
5	0.666	0.182	1.868	2.10	0.251	0.370	0.202	10.64
6	0.611	0.174	1.753		0.284	0.425		
7	0.602	0.198	1.828	2.20	0.227	0.327	0.192	9.57
8	0.641	0.175	1.835		0.301	0.460		
9	0.655	0.182	1.851	2.12	0.246	0.353	0.183	9.47
10	0.622	0.179	1.873		0.228	0.358		
11	0.610	0.183	1.816	2.15	0.243	0.391	0.163	8.23
12	0.626	0.181	1.841		0.242	0.352		
13	0.652	0.187	1.902	2.14	0.250	0.352	0.184	9.40
14	0.666	0.194	1.961		0.261	0.397		
15	0.624	0.202	1.901	2.12	0.228	0.356	0.183	9.42
16	0.707	0.189	1.863		0.223	0.363		
17	0.626	0.190	1.866	2.12	0.218	0.394	0.183	9.44
18	0.632	0.197	1.716		0.228	0.375		
19	0.671	0.207	1.901	2.06	0.213	0.383	0.184	9.83
20	0.629	0.200	1.909		0.222	0.376		
21	0.716	0.208	2.011	1.97	0.215	0.377	0.181	10.13
22	0.663	0.188	2.077		0.209	0.367		
23	0.681	0.190	1.866	2.13	0.251	0.395	0.195	10.05
24	0.672	0.202	1.874		0.241	0.386		
25	0.681	0.179	1.938	2.10	0.235	0.363	0.188	9.81
26	0.621	0.191	1.919		0.241	0.383		
27	0.628	0.205	1.832	2.15	0.282	0.420	0.213	10.99
28	0.647	0.225	1.975		0.223	0.358		
29	0.644	0.198	1.971	2.16	0.235	0.396	0.197	10.04
30	0.632	0.180	1.794		0.273	0.495		

表-1-(b) 第2日目の測定データ一覧

測点	密度計計数比				水分計計数比			
	SD	DTD	ODM	砂置換 γ	SM	ODM	砂置換M	含水比
				g/cm^3			g/cm^3	%
1	0.641	0.181	1.809	2.11	0.334	0.506	0.273	14.84
2	0.678	0.213	1.902		0.285	0.413		
3	0.719	0.195	1.759	2.01	0.328	0.449	0.232	13.04
4	0.645	0.177	1.762		0.327	0.494		
5	0.688	0.193	1.826	1.98	0.346	0.494	0.288	16.99
6	0.696	0.187	1.796		0.285	0.428		
7	0.659	0.185	1.801	2.06	0.294	0.467	0.242	13.30
8	0.671	0.189	1.914		0.321	0.520		
9	0.647	0.186	1.899	2.11	0.286	0.446	0.227	12.05
10	0.719	0.187	1.764		0.327	0.481		
11	0.735	0.195	1.866	1.99	0.323	0.468	0.266	15.43
12	0.647	0.178	1.789		0.328	0.468		
13	0.743	0.188	1.960	1.83	0.348	0.453	0.225	14.05
14	0.695	0.180	1.746		0.351	0.490		
15	0.701	0.184	1.745	1.87	0.334	0.484	0.224	13.63
16	0.603	0.180	1.663		0.331	0.483		
17	0.660	0.198	1.829	1.77	0.319	0.452	0.206	13.14
18	0.619	0.166	1.773		0.327	0.463		
19	0.676	0.189	1.830	2.06	0.339	0.484	0.236	12.92
20	0.727	0.197	2.088		0.283	0.388		
21	0.689	0.171	1.859	1.96	0.309	0.461	0.233	13.48
22	0.628	0.184	1.651		0.335	0.465		
23	0.712	0.220	2.037	1.88	0.268	0.433	0.232	14.11
24	0.639	0.202	1.612		0.352	0.497		
25	0.627	0.187	2.040	2.07	0.303	0.441	0.246	13.48
26	0.728	0.214	1.724		0.283	0.456		
27	0.639	0.187	1.598	2.11	0.301	0.459	0.242	12.97
28	0.655	0.174	1.559		0.311	0.477		
29	0.633	0.190	1.680	2.12	0.306	0.472	0.254	13.63
30	0.611	0.171	1.745		0.297	0.478		

(3) 各計器による現場土の計算結果

A, B, C, Dの各計器による現位置試験結果を、それぞれ附表1～4に示す。表中の記号は次の通りである。

CRD(MODCRD)	密度計の計数比	
CRM(MODCRM)	水分計の計数比	
WD	湿潤密度	(g/cm^3)
M	水分密度	($\%$)
DD	乾燥密度	($\%$)
WC	含水比	($\%$)
WCP	含水率	($\%$)
E	間隙比	($\%$)
N	間隙率	($\%$)
SR	飽和度	($\%$)
VA	空気間隙率(体積率)	($\%$)
VS	土粒子体積率	($\%$)
VW	水分体積率	($\%$)

これらはいずれも比重 $G_s = 2.73$ として計算したものである。

A, B, Cは60点(30点+30点)測定であるが、Dの砂置換は、前述したように奇数番について30点(15点+15点)の測定となっているので、表中の測点番号をみる時には、この点に留意する必要がある。

(4) 測定結果の比較

(3)の計算結果にもとづいて、WD, M, DD, WC, E, SR, VAについて、A, B, C, Dの比較表を表-2～8に示す。

さらに、これらについて各ロット、測定器別に平均、不偏分散の平方根、変動係数を求め、表-9(1)(2)(3)に示す。

なお表-9の中、A, B, Cについての30点測定の値は、Dと比較するために、Dの対応測点(奇数番測点)となっている。

表-2 WD(湿润密度) g/cm^3

测点	第 1 日 目				第 2 日 目			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	2.081	2.254	2.230	2.16	2.032	2.124	2.169	2.11
2	1.975	2.107	2.065		1.948	1.960	2.116	
3	1.912	2.211	2.152	2.21	1.856	2.049	2.198	2.01
4	2.043	2.175	2.167		2.023	2.146	2.196	
5	1.975	2.118	2.135	2.10	1.926	2.059	2.159	1.98
6	2.099	2.163	2.202		1.908	2.091	2.176	
7	2.120	2.033	2.158	2.200	1.991	2.102	2.174	2.060
8	2.032	2.158	2.154		1.964	2.080	2.110	
9	2.000	2.118	2.145	2.120	2.018	2.096	2.118	2.110
10	2.075	2.135	2.133		1.856	2.091	2.195	
11	2.102	2.113	2.165	2.150	1.820	2.049	2.125	1.990
12	2.066	2.124	2.151		2.018	2.140	2.181	
13	2.007	2.091	2.116	2.140	1.802	2.086	2.085	1.830
14	1.975	2.054	2.084		1.910	2.129	2.206	
15	2.070	2.013	2.117	2.120	1.896	2.107	2.207	1.870
16	1.883	2.080	2.138		2.117	2.129	2.257	
17	2.066	2.075	2.136	2.120	1.989	2.033	2.157	1.770
18	2.052	2.039	2.224		2.081	2.211	2.190	
19	1.964	1.989	2.117	2.060	1.953	2.080	2.157	2.060
20	2.059	2.023	2.113		1.838	2.039	2.019	
21	1.863	1.984	2.058	1.970	1.924	2.181	2.140	1.960
22	1.982	2.086	2.024		2.061	2.107	2.265	
23	1.942	2.075	2.136	2.130	1.872	1.928	2.045	1.880
24	1.962	2.013	2.132		2.036	2.013	2.290	
25	1.942	2.135	2.097	2.100	2.063	2.091	2.043	2.070
26	2.077	2.070	2.107		1.836	1.955	2.219	
27	2.061	1.999	2.156	2.150	2.036	2.091	2.299	2.110
28	2.018	1.905	2.077		2.000	2.163	2.325	
29	2.025	2.033	2.079	2.160	2.050	2.075	2.246	2.120
30	2.052	2.129	2.178		2.099	2.181	2.207	

表-3 M(水分密度) g/cm^3

测点	第 1 目				第 2 目			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	0.243	0.243	0.206	0.218	0.283	0.283	0.253	0.273
2	0.230	0.230	0.204		0.243	0.243	0.206	
3	0.253	0.253	0.217	0.226	0.278	0.278	0.224	0.232
4	0.258	0.258	0.226		0.277	0.277	0.247	
5	0.215	0.215	0.184	0.202	0.293	0.293	0.247	0.288
6	0.242	0.242	0.212		0.243	0.243	0.213	
7	0.195	0.195	0.162	0.192	0.250	0.250	0.233	0.242
8	0.256	0.256	0.230		0.272	0.272	0.260	
9	0.211	0.211	0.175	0.183	0.243	0.243	0.222	0.227
10	0.196	0.196	0.178		0.277	0.277	0.240	
11	0.208	0.208	0.195	0.163	0.274	0.274	0.234	0.266
12	0.207	0.207	0.175		0.278	0.278	0.242	
13	0.214	0.214	0.175	0.184	0.294	0.294	0.226	0.225
14	0.223	0.223	0.198		0.297	0.297	0.245	
15	0.196	0.196	0.177	0.183	0.283	0.283	0.242	0.224
16	0.192	0.192	0.180		0.280	0.280	0.241	
17	0.188	0.188	0.196	0.183	0.271	0.271	0.226	0.206
18	0.196	0.196	0.186		0.277	0.277	0.231	
19	0.184	0.184	0.191	0.184	0.287	0.287	0.242	0.236
20	0.191	0.191	0.187		0.241	0.241	0.193	
21	0.185	0.185	0.187	0.181	0.262	0.262	0.230	0.233
22	0.180	0.180	0.182		0.284	0.284	0.232	
23	0.215	0.215	0.197	0.195	0.229	0.229	0.216	0.232
24	0.207	0.207	0.192		0.298	0.298	0.248	
25	0.202	0.202	0.180	0.188	0.257	0.257	0.220	0.246
26	0.207	0.207	0.191		0.241	0.241	0.228	
27	0.240	0.240	0.209	0.213	0.256	0.256	0.229	0.242
28	0.192	0.192	0.178		0.264	0.264	0.238	
29	0.202	0.202	0.197	0.197	0.260	0.260	0.236	0.254
30	0.233	0.233	0.247		0.252	0.252	0.239	

表-4 DD(乾燥密度) g/cm^3

	第 1 日 目				第 2 日 目			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	1.839	2.011	2.024	1.942	1.749	1.841	1.916	1.837
2	1.746	1.878	1.862		1.706	1.717	1.911	
3	1.659	1.957	1.935	1.984	1.578	1.771	1.974	1.778
4	1.785	1.917	1.942		1.746	1.869	1.950	
5	1.761	1.903	1.951	1.898	1.633	1.766	1.912	1.692
6	1.858	1.921	1.990		1.665	1.848	1.936	
7	1.925	1.838	1.996	2.008	1.741	1.852	1.940	1.818
8	1.776	1.902	1.924		1.692	1.808	1.850	
9	1.790	1.907	1.970	1.937	1.775	1.853	1.896	1.883
10	1.879	1.939	1.955		1.579	1.814	1.955	
11	1.893	1.904	1.970	1.987	1.546	1.775	1.892	1.724
12	1.858	1.916	1.976		1.740	1.863	1.939	
13	1.793	1.877	1.942	1.956	1.508	1.791	1.859	1.605
14	1.752	1.831	1.887		1.613	1.832	1.961	
15	1.874	1.817	1.940	1.937	1.614	1.824	1.965	1.646
16	1.691	1.888	1.958		1.837	1.849	2.016	
17	1.878	1.887	1.940	1.937	1.718	1.763	1.932	1.564
18	1.856	1.843	2.038		1.804	1.934	1.959	
19	1.781	1.805	1.926	1.876	1.666	1.793	1.915	1.824
20	1.868	1.832	1.926		1.597	1.798	1.826	
21	1.677	1.799	1.871	1.789	1.661	1.918	1.910	1.727
22	1.802	1.905	1.842		1.777	1.823	2.033	
23	1.727	1.860	1.940	1.935	1.643	1.699	1.829	1.648
24	1.755	1.807	1.940		1.739	1.716	2.041	
25	1.740	1.933	1.916	1.912	1.806	1.833	1.823	1.824
26	1.870	1.863	1.917		1.595	1.714	1.992	
27	1.821	1.758	1.946	1.937	1.780	1.835	2.070	1.868
28	1.826	1.713	1.899		1.736	1.899	2.087	
29	1.823	1.832	1.882	1.963	1.790	1.815	2.011	1.866
30	1.819	1.896	1.930		1.847	1.928	1.968	

表 - 5 W C (含水比) %

	第 1 日 目				第 2 日 目			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	13.20	12.06	10.17	11.20	16.17	15.37	13.20	14.84
2	13.15	12.22	10.94		14.23	14.13	10.77	
3	15.27	12.94	11.24	11.38	17.61	15.69	11.35	13.04
4	14.47	13.47	11.61		15.87	14.83	12.66	
5	12.20	11.28	9.43	10.64	17.92	16.57	12.91	16.99
6	13.02	12.59	10.64		14.57	13.13	10.87	
7	10.14	10.61	8.12	9.57	14.36	13.50	12.01	13.30
8	14.40	13.45	11.93		16.09	15.05	14.05	
9	11.77	11.04	8.90	9.47	13.72	13.14	11.74	12.05
10	10.43	10.10	9.10		17.55	15.28	12.29	
11	11.00	10.93	9.88	8.23	17.71	15.43	12.35	15.43
12	11.16	10.82	8.85		15.97	14.92	12.47	
13	11.93	11.40	9.00	9.40	19.52	16.43	12.16	14.05
14	12.72	12.18	10.47		18.40	16.20	12.48	
15	10.45	10.78	9.12	9.42	17.53	15.50	12.30	13.63
16	11.34	10.16	9.21		15.26	15.17	11.97	
17	9.99	9.95	10.11	9.44	15.74	15.35	11.67	13.14
18	10.55	10.63	9.15		15.36	14.33	11.80	
19	10.31	10.17	9.89	9.83	17.22	16.00	12.62	12.92
20	10.22	10.42	9.71		15.09	13.41	10.58	
21	11.04	10.30	10.02	10.13	15.79	13.67	12.04	13.48
22	10.01	9.46	9.90		15.96	15.56	11.42	
23	12.44	11.55	10.14	10.05	13.92	13.46	11.81	14.11
24	11.77	11.43	9.90		17.12	17.35	12.16	
25	11.59	10.43	9.41	9.81	14.25	14.04	12.06	13.48
26	11.04	11.09	9.94		15.11	14.06	11.42	
27	13.19	13.66	10.75	10.99	14.37	13.94	11.07	12.97
28	10.50	11.19	9.37		15.20	13.90	11.42	
29	11.06	11.01	10.47	10.04	14.52	14.32	11.72	13.63
30	12.80	12.28	12.81		13.67	13.09	12.13	

表 - 6 E (間 隙 比)

	第 1 日 目				第 2 日 目			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	0.48	0.36	0.35	0.41	0.56	0.48	0.42	0.49
2	0.56	0.45	0.47		0.60	0.59	0.43	
3	0.65	0.39	0.41	0.38	0.73	0.54	0.38	0.54
4	0.53	0.42	0.41		0.56	0.46	0.40	
5	0.55	0.43	0.40	0.44	0.67	0.55	0.43	0.61
6	0.47	0.42	0.37		0.64	0.48	0.39	
7	0.42	0.49	0.37	0.36	0.57	0.47	0.41	0.50
8	0.54	0.44	0.42		0.61	0.51	0.48	
9	0.53	0.43	0.39	0.41	0.54	0.47	0.44	0.45
10	0.45	0.41	0.40		0.73	0.51	0.40	
11	0.44	0.43	0.39	0.37	0.77	0.54	0.44	0.58
12	0.47	0.42	0.38		0.57	0.47	0.41	
13	0.52	0.45	0.41	0.40	0.81	0.52	0.47	0.70
14	0.56	0.49	0.45		0.69	0.49	0.39	
15	0.46	0.50	0.41	0.41	0.69	0.50	0.39	0.66
16	0.61	0.45	0.39		0.49	0.48	0.35	
17	0.45	0.45	0.41	0.41	0.59	0.55	0.41	0.75
18	0.47	0.48	0.34		0.51	0.41	0.39	
19	0.53	0.51	0.42	0.46	0.64	0.52	0.43	0.50
20	0.46	0.49	0.42		0.71	0.52	0.50	
21	0.63	0.52	0.46	0.53	0.64	0.42	0.43	0.58
22	0.52	0.43	0.48		0.54	0.50	0.34	
23	0.58	0.47	0.41	0.41	0.66	0.61	0.49	0.66
24	0.56	0.51	0.41		0.57	0.59	0.34	
25	0.57	0.41	0.42	0.43	0.51	0.49	0.50	0.50
26	0.46	0.47	0.42		0.71	0.59	0.37	
27	0.50	0.55	0.40	0.41	0.53	0.49	0.32	0.46
28	0.49	0.59	0.44		0.57	0.44	0.31	
29	0.50	0.49	0.45	0.39	0.53	0.50	0.36	0.46
30	0.50	0.44	0.41		0.48	0.42	0.39	

表-7 S R (饱和度) %

	第 1 日 目				第 2 日 目			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	74.3	92.2	79.6	75.4	78.7	86.8	84.8	83.4
2	63.7	73.5	64.0		64.7	65.4	68.6	
3	64.6	89.5	74.6	82.7	65.9	79.1	80.9	66.5
4	74.6	86.7	78.1		76.8	87.9	86.3	
5	60.5	70.9	64.5	66.3	72.8	82.9	82.4	75.7
6	75.7	81.7	78.2		62.2	75.1	76.0	
7	66.1	59.7	60.3	72.6	69.0	77.7	80.6	72.4
8	73.2	84.3	77.8		71.6	80.6	80.6	
9	61.1	69.9	62.9	63.1	69.6	75.8	72.8	73.1
10	62.8	67.6	62.6		65.7	82.6	84.6	
11	67.9	68.8	69.9	60.0	63.1	78.3	76.1	72.2
12	64.9	69.6	63.3		76.7	87.5	83.4	
13	62.3	68.5	60.5	64.9	65.7	85.6	70.8	54.7
14	62.3	67.7	64.0		72.6	90.3	86.9	
15	62.5	58.6	61.1	62.9	69.2	85.3	86.3	56.5
16	50.4	62.2	63.8		85.7	86.9	92.2	
17	60.1	60.8	67.8	63.0	73.0	76.4	77.1	48.1
18	61.2	60.3	73.5		81.7	95.0	81.8	
19	52.8	54.2	64.7	58.9	73.6	83.6	81.0	71.0
20	60.5	58.1	63.5		58.1	70.6	58.3	
21	48.0	54.3	59.6	52.6	67.0	88.3	76.6	63.4
22	53.0	59.7	56.1		81.3	85.4	90.9	
23	58.4	67.4	67.9	66.8	57.4	60.5	65.4	58.6
24	57.9	61.1	66.4		82.0	80.1	98.4	
25	55.6	69.1	60.5	62.6	76.0	78.4	66.2	74.1
26	65.6	65.0	63.9		58.0	64.8	84.1	
27	72.1	67.5	72.9	73.3	73.5	78.0	94.7	76.7
28	57.9	51.5	58.4		72.5	86.8	101.1	
29	60.7	61.3	63.5	70.1	75.5	77.5	89.4	80.3
30	69.8	76.2	84.4		78.1	86.0	85.5	

表-8 V A (空氣間隙率) %

	第 1 日 目				第 2 日 目			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	8.4	2.1	5.3	7.1	7.7	4.3	4.5	5.4
2	13.1	8.3	11.4		13.3	12.8	9.4	
3	13.9	3.0	7.4	4.7	14.4	7.3	5.3	11.7
4	8.8	4.0	6.3		8.3	3.8	3.9	
5	14.0	8.8	10.1	10.3	10.9	6.0	5.3	9.3
6	7.8	5.4	5.9		14.7	8.0	6.8	
7	10.0	13.2	10.7	7.2	11.2	7.2	5.6	9.2
8	9.4	4.8	6.6		10.8	6.6	6.2	
9	13.4	9.1	10.3	10.7	10.6	7.8	8.3	8.3
10	11.6	9.4	10.6		14.5	5.9	4.4	
11	9.8	9.4	8.4	10.9	16.0	7.6	7.3	10.2
12	11.2	9.1	10.1		8.5	4.0	4.8	
13	12.9	9.9	11.4	10.0	15.3	5.0	9.3	18.7
14	13.5	10.6	11.1		11.2	3.2	3.7	
15	11.8	13.8	11.2	10.8	12.6	4.9	3.9	17.3
16	18.9	11.6	10.2		4.7	4.2	2.0	
17	12.4	12.1	9.3	10.8	10.0	8.4	6.7	22.1
18	12.4	12.9	6.7		6.2	1.5	5.1	
19	16.4	15.5	10.4	12.9	10.3	5.6	5.7	9.6
20	12.5	13.8	10.8		17.4	10.1	13.8	
21	20.0	15.6	12.7	16.4	12.9	3.5	7.0	13.5
22	16.0	12.2	14.3		6.5	4.8	2.3	
23	15.3	10.4	9.3	9.7	16.9	14.9	11.4	16.4
24	15.0	13.2	9.7		6.6	7.4	0.4	
25	16.1	9.0	11.8	11.2	8.1	7.1	11.2	8.6
26	10.8	11.1	10.7		17.5	13.1	4.3	
27	9.3	11.6	7.8	7.8	9.2	7.2	1.3	7.4
28	13.9	18.1	12.6		10.0	4.0	-0.2	
29	13.0	12.7	11.4	8.4	8.4	7.5	2.8	6.2
30	10.1	7.3	4.6		7.1	4.1	4.0	

表-9(1) 測定値の平均, 変動係数

計 器 ↓	3 0 点 測 定						6 0 点 測 定					
	M X		R V		C V		M X		R V		C V	
	1 日 目	全 体	1 日 目	全 体	1	全 体	1	全 体	1	全 体	1	全 体
	2 日 目		2 日 目		2		2		2		2	
WD (湿潤密度)												
A	2.009	1.979	0.075 2	0.084 9	3.74	4.29	2.016	1.990	0.066 2	0.082 6	3.29	4.15
	1.949		0.085 7		4.40		1.964		0.090 0		4.58	
B	2.083	2.080	0.079 1	0.066 8	3.80	32.1	2.083	2.085	0.073 9	0.069 3	3.55	3.33
	2.077		0.054 5		2.62		2.086		0.065 6		3.15	
C	2.133	2.144	0.040 4	0.056 6	1.89	2.64	2.132	2.154	0.046 6	0.065 4	2.19	3.04
	2.155		0.068 9		3.20		2.176		0.074 4		3.42	
D	2.126	2.061	0.057 6	0.110 2	2.71	5.35						
	1.995		0.112 7		5.65							
M (水分密度)												
A	0.210	0.239	0.021 2	0.035 5	10.10	14.87	0.212	0.240	0.022 8	0.035 2	10.74	14.65
	0.268		0.019 0		7.10		0.268		0.019 1		7.11	
B	0.210	0.239	0.021 2	0.035 5	10.10	14.87	0.212	0.240	0.022 8	0.035 2	10.74	14.65
	0.268		0.019 0		7.10		0.268		0.019 1		7.11	
C	0.190	0.211	0.014 8	0.024 8	7.78	11.75	0.194	0.213	0.018 7	0.025 6	9.66	12.01
	0.232		0.010 4		4.48		0.233		0.014 2		6.09	
D	0.193	0.217	0.016 2	0.031 0	8.41	14.27						
	0.242		0.021 1		8.72							
DD (乾燥密度)												
A	1.799	1.740	0.077 6	0.103 8	4.31	5.97	1.804	1.750	0.067 1	0.096 0	3.72	5.49
	1.681		0.094 0		5.59		1.696		0.090 6		5.34	
B	1.873	1.841	0.066 9	0.067 2	3.57	3.65	1.871	1.845	0.061 7	0.066 8	3.30	3.62
	1.809		0.051 9		2.87		1.818		0.061 6		3.39	
C	1.943	1.933	0.038 8	0.053 6	2.00	2.77	1.938	1.940	0.044 2	0.057 3	2.28	2.95
	1.923		0.065 0		3.38		1.943		0.068 7		3.54	
D	1.933	1.843	0.052 5	0.121 9	2.71	6.61						
	1.754		0.103 6		5.91							

MX: 平均値, RV: 不偏分散の平方根, CV: 変動係数 (%)

表 - 9 (2) 測定値の平均, 変動係数

WG (含水比)												
A	11.705	13.865	1.4205	2.7163	12.14	19.59	11.77	13.82	1.432	2.534	12.16	18.34
	16.025		1.8076		11.28		15.86		1.536		9.69	
B	11.207	13.017	1.0247	2.1303	9.14	16.37	11.32	13.04	1.115	2.064	9.85	15.83
	14.828		1.1521		7.77		14.76		1.140		7.72	
C	9.777	10.922	0.7940	1.3467	8.12	12.33	10.01	10.99	1.006	1.325	10.05	12.05
	12.067		0.5615		4.65		11.98		0.734		6.12	
D	9.973	11.889	0.8202	2.1941	8.22	18.46						
	13.804		1.1990		8.69							
E (間隙比)												
A	0.521	0.575	0.0663	0.0968	12.74	16.83	0.515	0.565	0.0572	0.0887	11.10	15.71
	0.629		0.0930		14.77		0.614		0.0877		14.27	
B	0.460	0.485	0.0518	0.0536	11.26	11.06	0.460	0.482	0.0488	0.0541	10.60	11.22
	0.510		0.0434		8.50		0.503		0.0511		10.16	
C	0.405	0.413	0.0279	0.0390	6.89	9.45	0.409	0.408	0.0320	0.0414	7.82	10.5
	0.421		0.0474		11.24		0.407		0.0496		12.20	
D	0.413	0.488	0.0397	0.1041	9.62	21.35						
	0.562		0.0948		16.88							
SR (飽和度)												
A	61.815	65.913	6.8379	7.4152	11.06	11.25	62.69	66.97	7.066	8.396	11.27	12.54
	70.012		5.5814		7.97		71.26		7.450		10.46	
B	67.513	73.564	10.9870	10.8483	16.27	14.75	67.93	74.28	10.481	11.193	15.43	15.07
	79.616		6.6779		8.39		80.63		7.844		9.73	
C	66.031	72.529	6.0119	9.6601	9.11	13.32	66.95	74.21	7.207	11.196	10.76	15.09
	79.015		8.1761		10.35		81.47		9.698		11.90	
D	66.347	67.399	7.4932	8.8372	11.29	13.11						
	68.451		10.1614		14.85							

表-9(3) 測定値の平均, 変動係数

VA (空気間隙率)

A	13.121	12383	3.0915	3.0617	2356	2472	12.73	11.90	2.980	3.379	23.42	28.40
	11.646		2.9483		2532		11.06		3.594		32.48	
B	10.407	8.679	3.9140	3.7182	37.61	42.84	10.26	8.425	3.799	3.882	37.03	46.07
	6.951		2.6305		37.85		6.59		3.045		46.19	
C	9.827	8.100	1.9607	2.9844	1.995	36.85	9.64	7.596	2.373	3.492	24.61	45.97
	6.373		2.8660		44.97		5.55		3.247		58.47	
D	9.910	10.752	2.725	4.0123	27.50	37.32						
	11.594		4.940		42.61							

(f) 砂置換法によるWDとRI計数比
砂置換法によるMとRI計数比) との関係

表-10 RI計数比に関する比較計算値

	x - y	n	相関係数	回 帰 式 (x 固定)	RVY
密度計数比	① WD-SD 計数比	30	-0.648**	$y = -0.22148x + 1.12099$	0.171
	② WD-TD 計数比	30	-0.307	$\text{Log } y = -0.08033x - 0.55777$	0.0279
	③ WD-ODM計数比	30	-0.194	$\text{Log } y = -0.04125x + 0.35277$	0.0234
	④ A - B	30	0.148		
	⑤ A - C	30	0.281		
	⑥ B - C	30	0.394*		
	⑦ A - B	60	0.294*		
	⑧ A - C	60	0.285*		
	⑨ B - C	60	0.355**		
水分計数比	M-SM 計数比	30	0.827**	$y = 1.15448x + 0.02975$	0.157
	M-ODM計数比	30	0.863**	$y = 1.35898x + 0.12800$	0.159
	A, B-C	30	0.892**		
	A, B-C	60	0.893**		

(*有意 **高度に有意)

密度測定におけるRI法相互間および砂置換法との相関性はきわめて悪く、現位置砂置換法より回帰した直線(図-2~6の中、点線で示している)は室内作成校正曲線と大きく異なっている。

一方、水分測定においては、相関性は非常によく、回帰直線も室内作成校正曲線にかなり近い。

(四) 各測定要素における比較

WD, M, DD, WC, E, SR, VA の各測定要素について, A, B, C, D の各計器間の相互比較を進めてみる。その結果を表-11~17に示す。

表-11 WDに関する比較計算値

参照番号	x-y	n	M _x	M _y	CV _x	CV _y	R	等分散性	対応平均差
	回帰式 (x 固定)				回帰式 (y 固定)				
①	D-A	30	2.061	1.979	5.35	4.29	0.648**	差なし	**
	y=0.4990x+0.9503(0.0658), x=0.8419y+0.3949(0.0854)								
②	D-B	30	2.061	2.080	5.35	3.21	0.307	**	差なし
	y=0.1858x+1.6968(0.0646), x=0.5067y+1.0068(0.1067)								
③	D-C	30	2.061	2.144	5.35	2.63	0.195	**	**
	y=0.0999x+1.9381(0.0564), x=0.3805y+1.2449(0.1100)								
④	A-B	30	1.979	2.080	4.29	3.21	0.145	差なし	**
	y=0.1144x+1.8534(0.0672), x=0.1849y+1.5941(0.0854)								
⑤	A-C	30	1.9786	2.144	4.29	2.63	0.281	*	**
	y=0.1868x+1.7744(0.0552), x=0.4217y+1.0745(0.0829)								
⑥	B-C	30	2.080	2.144	3.21	2.63	0.393*	差なし	**
	y=0.3325x+1.4525(0.0528), x=0.4644y+1.0840(0.0625)								
⑦	A-B	60	1.990	2.085	4.15	3.32	0.293*	差なし	**
	y=0.2462x+1.5948(0.0668), x=0.3494y+1.2617(0.0795)								
⑧	A-C	60	1.990	2.154	4.15	3.04	0.285*	差なし	**
	y=0.2261x+1.7038(0.0632), x=0.3600y+1.2148(0.0797)								
⑨	B-C	60	2.085	2.154	3.32	3.04	0.354**	差なし	**
	y=0.3342x+1.4569(0.0617), x=0.3750y+1.2771(0.0653)								

但し n : 個数

M_x, M_y : 平均値

CV_x, CV_y : 変動係数 (%)

等分散性 : 分散の一樣性の検定

対応平均差 : 対応のある平均値の差の検定

回帰式中の () の値はそれぞれ RV_x, RV_y,

(不偏分散の平方根)

R : 相関係数

*有意 **高度に有意

*有意 **高度に有意

*有意 **高度に有意

表-12 Mに関する比較計算値

参照番号	x-y	n	M _x	M _y	CV _x	CV _y	R	等分散性	対応平均差
	回帰式 (x 固定)				回帰式 (y 固定)				
①	D-A, B	30	0.217	0.239	1.43	1.48	0.829**	差なし	**
	$y=0.9474x+0.0332(0.02018), \quad x=0.7258y+0.04378(0.01767)$								
③	D-C	30	0.217	0.211	1.429	1.178	0.863**	差なし	*
	$y=0.6903x+0.0610(0.01278), \quad x=1.0783y-0.01019(0.01598)$								
⑥	A, B-C	30	0.239	0.211	1.484	1.178	0.893**	差なし	**
	$y=0.6251x+0.0615(0.01140), \quad x=1.2746y-0.0298(0.01628)$								
⑨	A, B-C	60	0.2401	0.2133	1.463	1.203	0.8936*	差なし	**
	$y=0.6530x+0.0565(0.01162), \quad x=1.2230y-0.0208(0.01590)$								

表-13 D Dに関する比較計算値

参照 番号	$x - y$	n	M_x	M_y	CV_x	CV_y	R	等分散性	対応平均差
回帰式 (x 固定)					回帰式 (y 固定)				
(1)	D - A	30	1.843	1.740	6.610	5.966	0.755 ^{**}	差なし	**
	$y = 0.6437x + 0.5529 (0.06918), \quad x = 0.8871y + 0.3002 (0.08121)$								
(2)	D - B	30	1.843	1.841	6.610	3.646	0.581 ^{**}	**	差なし
	$y = 0.3202x + 1.2504 (0.05556), \quad x = 1.0557y - 0.0996 (0.10089)$								
(3)	D - C	30	1.843	1.933	6.610	2.770	0.399 [*]	**	**
	$y = 0.1754x + 1.6097 (0.04996), \quad x = 0.9085y + 0.0872 (0.11369)$								
(4)	A - B	30	1.740	1.841	5.97	3.65	0.380	*	**
	$y = 0.2460x + 1.4127 (0.06315), \quad x = 0.5885y + 0.6564 (0.09769)$								
(5)	A - C	30	1.740	1.933	5.97	2.77	0.383 [*]	**	**
	$y = 0.1977x + 1.5892 (0.05033), \quad x = 0.7429y + 0.3036 (0.09757)$								
(6)	B - C	30	1.841	1.933	3.65	2.77	0.373	差なし	**
	$y = 0.2976x + 1.3854 (0.05056), \quad x = 0.4674y + 0.9370 (0.06336)$								
(7)	A - B	60	1.750	1.845	5.48	3.61	0.423 ^{**}	**	**
	$y = 0.2937x + 1.3306 (0.0609), \quad x = 0.6087y + 0.6272 (0.08767)$								
(8)	A - C	60	1.750	1.941	5.48	2.95	0.275 [*]	**	**
	$y = 0.1642x + 1.653 (0.05546), \quad x = 0.4617y + 0.8541 (0.09301)$								
(9)	B - C	60	1.845	1.941	3.61	2.95	0.207	差なし	**
	$y = 0.1780x + 1.6121 (0.0564), \quad x = 0.2416y + 1.3759 (0.0657)$								

表-14 WCに関する比較計算値

参照番号	x-y	n	M _x	M _y	CV _x	CV _y	R	等分散性	対応平均差
	回帰式 (x 固定)				回帰式 (y 固定)				
①	D-A	30	11.89	13.86	18.46	19.59	0.869 ^{**}	差なし	**
	$y=1.0760x+1.0722(1.3666), \quad x=0.7022y+2.1533(1.1040)$								
②	D-B	30	11.89	13.02	18.46	16.36	0.899 ^{**}	差なし	**
	$y=0.8724x+2.6459(0.9514), \quad x=0.9255y-0.1588(0.9800)$								
③	D-C	30	11.89	10.92	18.46	12.33	0.897 ^{**}	**	**
	$y=0.5505x+4.3771(0.6058), \quad x=1.4615y-4.0735(0.9871)$								
④	A-B	30	13.86	13.02	19.59	16.36	0.962 ^{**}	差なし	**
	$y=0.7543x+2.5599(0.5942), \quad x=1.2262y-2.0974(0.7576)$								
⑤	A-C	30	13.86	10.92	19.59	12.33	0.844 ^{**}	**	**
	$y=0.4183x+5.1224(0.7357), \quad x=1.7017y-4.7215(1.4838)$								
⑥	B-C	30	13.02	10.92	16.36	12.33	0.873 ^{**}	*	**
	$y=0.5519x+3.7382(0.6684), \quad x=1.3810y-2.0655(1.0574)$								
⑦	A-B	60	13.82	13.04	18.34	15.82	0.961 ^{**}	差なし	**
	$y=0.7830x+2.2218(0.5733), \quad x=1.1802y-1.5736(0.7039)$								
⑧	A-C	60	13.82	11.00	18.34	12.04	0.829 ^{**}	**	**
	$y=0.4334x+5.0077(0.7469), \quad x=1.5859y-3.6211(1.4288)$								
⑨	B-C	60	13.04	11.00	15.82	12.04	0.842 ^{**}	**	**
	$y=0.5402x+3.9505(0.7210), \quad x=1.3117y-1.3818(1.1234)$								

表-15 Eに関する比較計算値

参照番号	x-y	n	M _x	M _y	CV _x	CV _y	R	等分散性	対応平均差
	回帰式 (x 固定)				回帰式 (y 固定)				
①	D-A	30	0.488	0.575	21.35	16.83	0.741 ^{**}	差なし	**
	$y=0.6889x+0.2391(0.06611), \quad x=0.7972y+0.0292(0.07112)$								
②	D-B	30	0.488	0.485	21.35	11.07	0.586 ^{**}	**	差なし
	$y=0.3024x+0.3375(0.04428), \quad x=1.1359y-0.0633(0.08582)$								
③	D-C	30	0.488	0.413	21.35	9.44	0.399 [*]	**	**
	$y=0.1495x+0.3404(0.03641), \quad x=1.0642y+0.0477(0.09712)$								
④	A-B	30	0.575	0.485	16.83	11.07	0.396 [*]	**	**
	$y=0.2197x+0.3586(0.05019), \quad x=0.7130y+0.2292(0.09042)$								
⑤	A-C	30	0.575	0.413	16.83	9.44	0.381 [*]	**	**
	$y=0.1536x+0.3250(0.03671), \quad x=0.9448y+0.1845(0.09103)$								
⑥	B-C	30	0.485	0.413	11.07	9.44	0.384 [*]	差なし	**
	$y=0.2790x+0.2781(0.03666), \quad x=0.5285y+0.2665(0.05046)$								
⑦	A-B	60	0.565	0.482	15.70	11.23	0.425 ^{**}	**	**
	$y=0.2592x+0.3354(0.04938), \quad x=0.6970y+0.2290(0.08098)$								
⑧	A-C	60	0.565	0.408	15.70	10.15	0.278 [*]	**	**
	$y=0.1300x+0.3347(0.04013), \quad x=0.5960y+0.3216(0.08592)$								
⑨	B-C	60	0.482	0.408	11.23	10.15	0.212	*	**
	$y=0.1621x+0.3300(0.04084), \quad x=0.2763y+0.3690(0.05332)$								

表-16 SRに関する比較計算値

参照番号	x-y	n	M _x	M _y	CV _x	CV _y	R	等分散性	対応平均差
	回帰式(x固定)				回帰式(y固定)				
①	D-A	30	67.40	65.91	13.11	11.25	0.546 ^{**}	差なし	差なし
	$y=0.4583x+35.0262(6.3210), \quad x=0.6509y+24.4947(7.5334)$								
②	D-B	30	67.40	73.56	13.11	14.75	0.410 [*]	差なし	**
	$y=0.5030x+39.6632(10.0710), \quad x=0.3338y+42.8467(8.2036)$								
③	D-C	30	67.40	72.53	13.11	13.32	0.430 [*]	差なし	**
	$y=0.4700x+40.8480(8.8759), \quad x=0.3933y+38.8769(8.1196)$								
④	A-B	30	65.91	73.56	11.25	14.75	0.702 ^{**}	*	**
	$y=1.0272x+5.8573(7.8616), \quad x=0.4799y+30.6120(5.3733)$								
⑤	A-C	30	65.91	72.52	11.25	13.32	0.725 ^{**}	差なし	**
	$y=0.9440x+10.3028(6.7754), \quad x=0.5562y+25.5791(5.2007)$								
⑥	B-C	30	73.56	72.52	14.75	13.32	0.713 ^{**}	差なし	差なし
	$y=0.6347x+25.8288(6.8947), \quad x=0.8005y+15.5081(7.7430)$								
⑦	A-B	60	66.97	74.28	12.54	15.07	0.790 ^{**}	*	**
	$y=1.0526x+3.7858(6.9272), \quad x=0.5923y+22.9736(5.1964)$								
⑧	A-C	60	66.97	74.21	12.54	15.09	0.763 ^{**}	*	**
	$y=1.0174x+6.0745(7.2997), \quad x=0.5722y+24.5109(5.4744)$								
⑨	B-C	60	74.28	74.21	15.07	15.09	0.742 ^{**}	差なし	差なし
	$y=0.7417x+19.1142(7.5764), \quad x=0.7413y+19.2691(7.5745)$								

表-17 VAに関する比較計算値

参照番号	x-y	n	M _x	M _y	CV _x	CV _y	R	等分散性	対応平均差
	回帰式 (x 固定)				回帰式 (y 固定)				
①	D-A	30	10.75	12.38	37.32	24.72	0.473 [*]	差なし	*
	$y=0.3610x+8.5014(2.7450), \quad x=0.6200y+3.0741(3.5973)$								
②	D-B	30	10.75	8.68	37.32	42.84	0.201	差なし	*
	$y=0.1861x+6.6782(3.7068), \quad x=0.2167y+8.8718(4.0000)$								
③	D-C	30	10.75	8.10	37.32	36.85	0.217	差なし	**
	$y=0.1616x+6.3621(2.9647), \quad x=0.2921y+8.3861(3.9856)$								
④	A-B	30	12.38	8.68	24.72	42.84	0.431 [*]	差なし	**
	$y=0.5230x+2.2023(3.4150), \quad x=0.3546y+9.3057(2.8121)$								
⑤	A-C	30	12.38	8.10	24.72	36.85	0.543 ^{**}	差なし	**
	$y=0.5288x+1.5513(2.5514), \quad x=0.5565y+7.8754(2.6174)$								
⑥	B-C	30	8.68	8.10	42.84	36.85	0.656 ^{**}	差なし	差なし
	$y=0.5271x+3.5257(2.2907), \quad x=0.8181y+2.0526(2.8539)$								
⑦	A-B	60	11.90	8.42	28.40	46.07	0.588 ^{**}	差なし	**
	$y=0.6757x+0.3874(3.1660), \quad x=0.5120y+7.5818(2.7560)$								
⑧	A-C	60	11.90	7.60	28.40	45.97	0.611 ^{**}	差なし	**
	$y=0.6319x+0.0794(2.7872), \quad x=0.5915y+7.4018(2.6967)$								
⑨	B-C	60	8.42	7.60	46.07	45.97	0.674 ^{**}	差なし	*
	$y=0.6066x+2.4862(2.6014), \quad x=0.7493y+2.7327(2.8913)$								

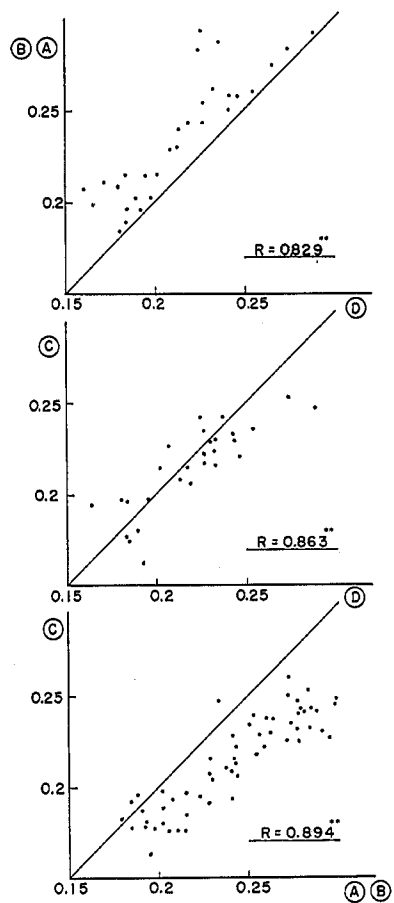


図-8 M に関する測定値

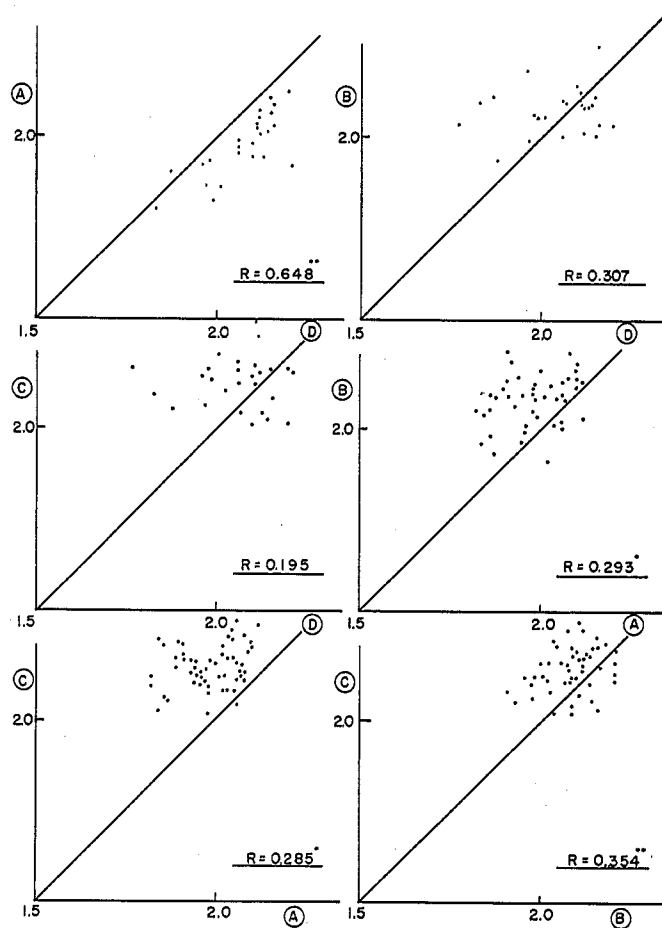


図-7 WD に関する測定値

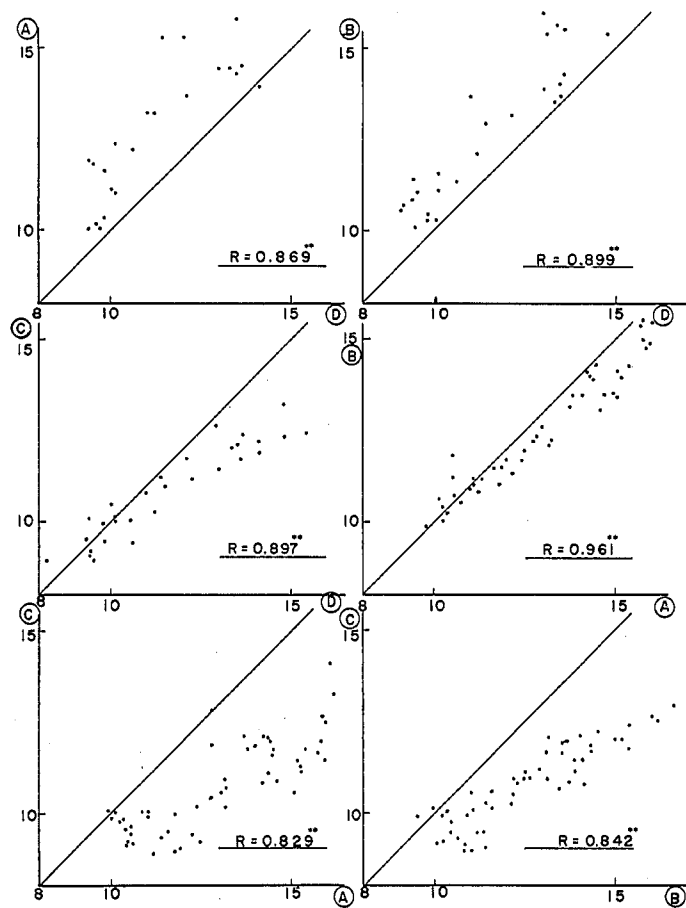


図-10 WCに関する測定値

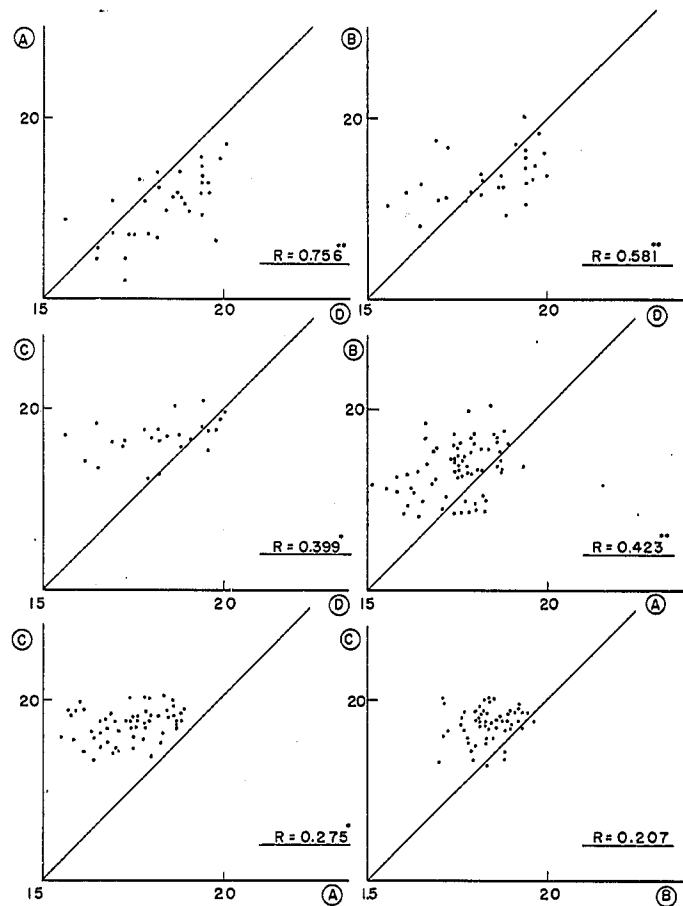


図-9 DDに関する測定値

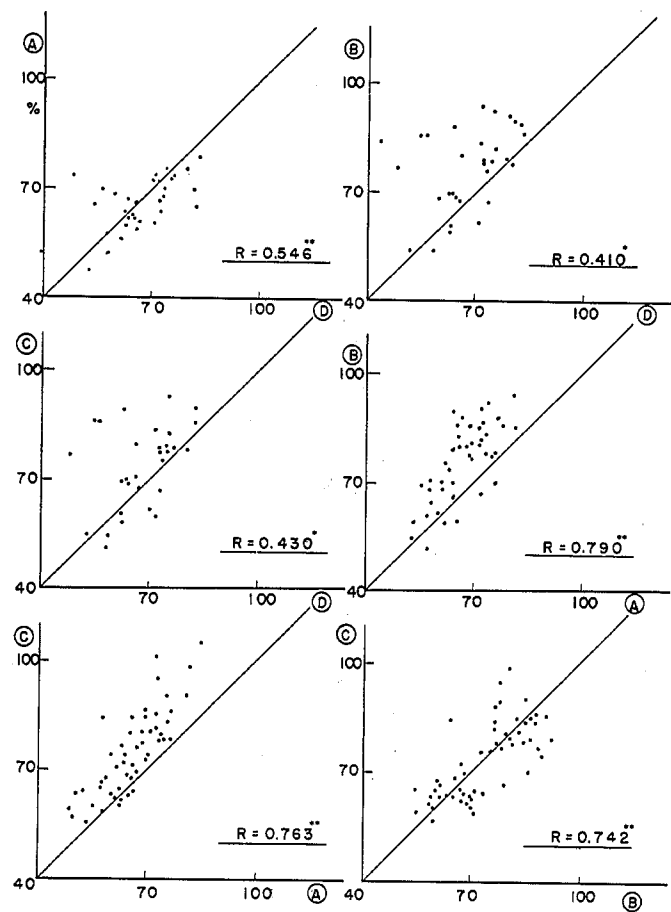


図-12 SRに関する測定値

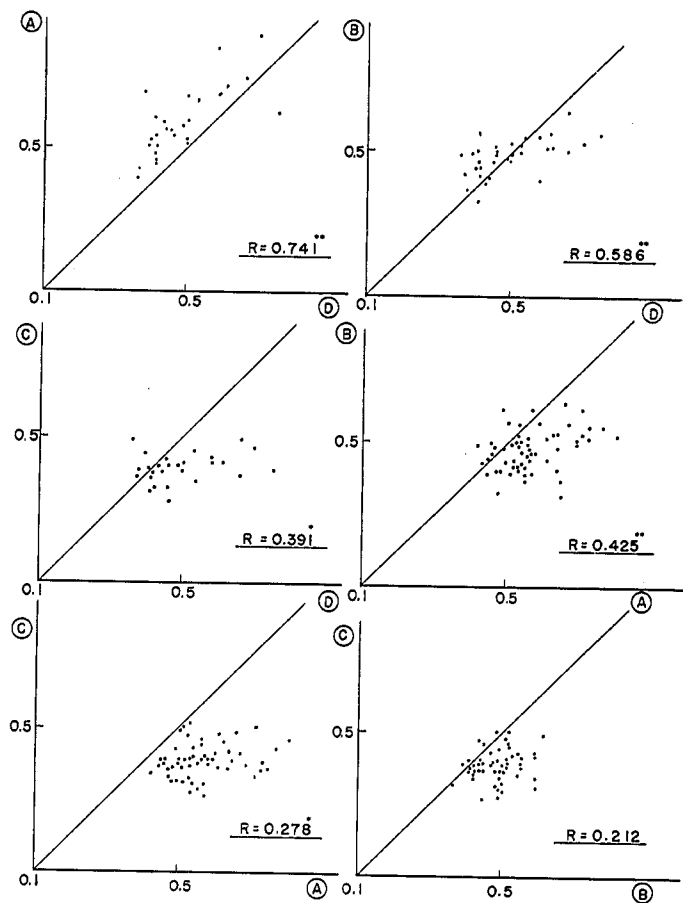


図-11 Eに関する測定値

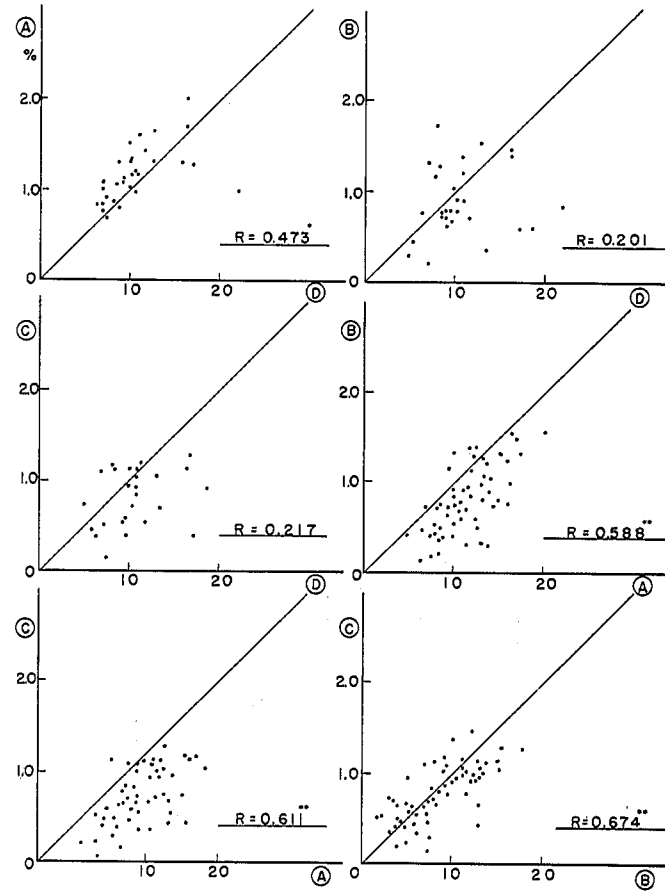


図-13 VA に関する測定値

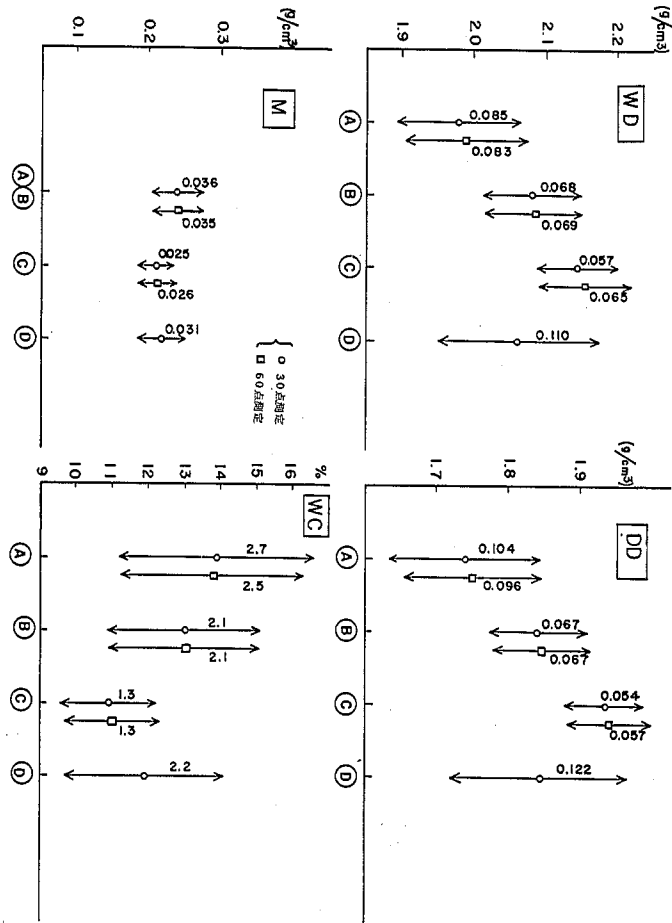
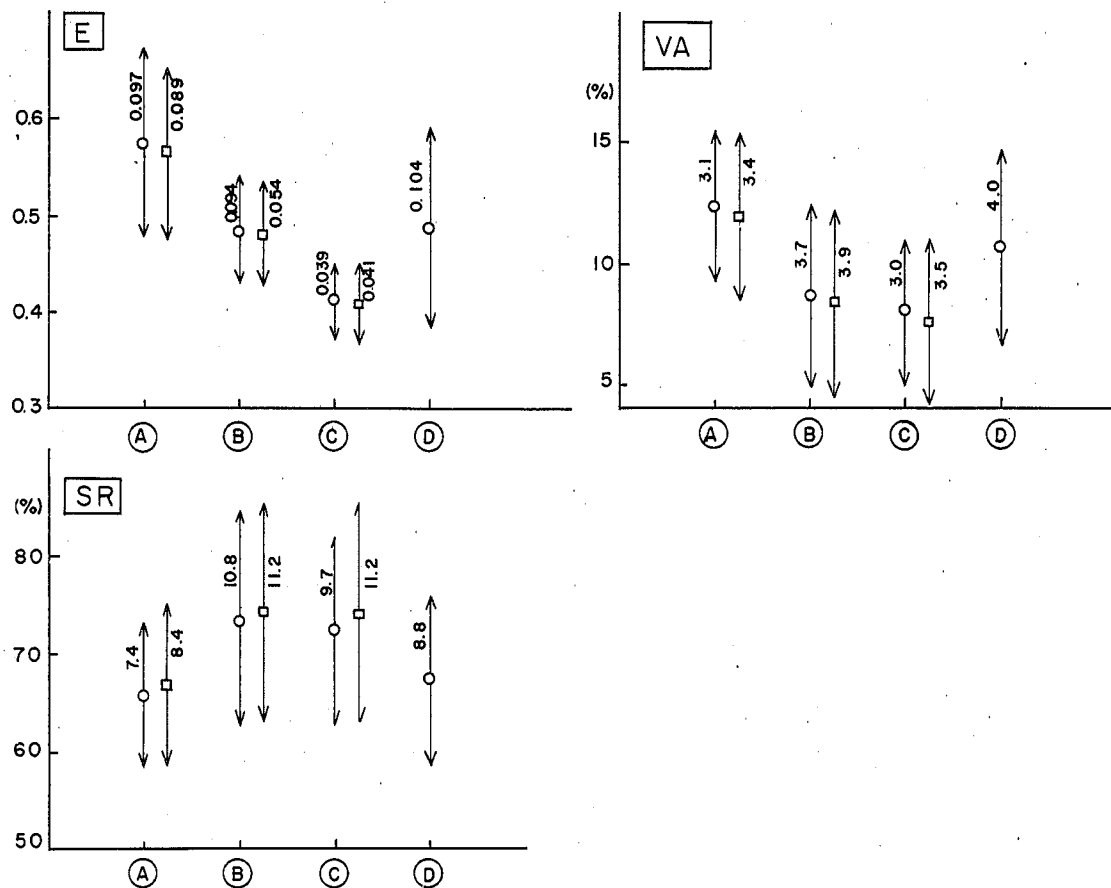


図 14-1) 各計器による平均値とバラツキ

図 14 - (2) 各計器による平均値とバラッキ



(四) 各測定要素における比較

WD, M, DD; WC, E, SR, VA の各測定要素について, A, B, C, D の各計器間の相互比較を行ない, その結果を表-11~17, 図-7~13に示す。

また各計器による測定値の平均値とバラツキ(不偏分散の平方根)を図14の(1), (2)に示す。

これらの資料により, 次のことが考えられる。

(I) 平均値について

前提となる校正曲線の正確度にも問題があるが, これが正しいものとすれば, 密度の測定においては A, B, C, D の各計器間には明らかに平均値の差が見うけられ

$$C > B \approx D > A$$

なる関係にある。すなわち透過型密度計は砂置換法に等しいか, より大きな密度を与えている。これに反して背面散乱型密度計は, これらよりも密度を過少に評価している。これはこの方式の密度計の欠点であるところの計器と試料との間の不密着性により生ずる誤差によることゝ, 測定の実験が表面近くに偏りがちであるために B, C, D とは測定範囲が異なっていることによるものと思われる。

水分密度 M の測定においても平均値に差が見られるが, これは密度計における差よりも小さい。

他の DD, WC 等の値は, 密度計と水分計の組合せより得られる値ゆえ, 密度計における差がそのまま含まれて平均値に差が見られる。

真の値が不明であるので, A, B, C, D のうちどの計器が正しい結果を与えているのかわからないが, より直接的な D (砂置換法) を基準にとれば B, C, A の順になる。

(II) バラツキについて

測定値のバラツキを不偏分散の平方根, および変動係数により調べると,

○密度測定においては, D によるバラツキが他の A, B, C に比して大きくその関係は

$$D > A > B \approx C$$

となっている。

測定の精度からみると, このバラツキは小なる程よいと考えられる。砂置換法では砂のてん充方法や孔の形状等誤差の入る可能性が多く, これが測定値のバラツキの原因となっていることが考えられる。RI 法では試料面との密着性さえ注意すれば, 誤差の介入は実用上極少になるが, A のような背面散乱型密度計ではやはり試料の表面状態による影響を受けて, B, C のような透過型密度計に比してバラツキが大きい。ただし, 各計器共測定体積がそれぞれ異なるので, 厳密な意味での比較は不可能である点には注意しなければならないだろう。

○水分密度 M の測定においては各計器共, 同様のバラツキを示しており, その差はなく, バ

ラツキも小さい。

○密度計、水分計の組合せで得られるDD, WC, ……等においては、バラツキの大きさは大略

$$D \div A > B \div C$$

なる関係にある。

Ⅳ 相関性について

○密度の測定においては、A, B, C, D各計器間の相関関係はあまり顕著でない。わずかにDの砂置換法とAの背面散乱型密度計の間の相関性が他の組合せに比して高い傾向にある。

これは密度測定において各計器共測定のバラツキの領域の方が、密度の変化する領域よりも大きいために相関関係が充分に得られないものと思われる。

○水分密度Mの測定においては各計器共、その相互間に高い相関性を有している。

○また密度計、水分計の組合せより計算される値でもMの要素が強い。WC, SR等は各計器相互間に高い相関性を有している。

以上を総括すると

測定値の変動の点で背面散乱型密度計(A)と砂置換法(D)はほとんど同じであるが、透過型密度計(B, C)は、これらA, Dよりも変動が少なく有利である。

含水量の測定における水分計は、変動も従来法とかわらず、高相関性を有し全く実用上問題なく使用できるようである。

Ⅴ 測定に要した時間

一点当りの測定に要した時間は表面の整形時間を除くと

A: 約 7 分(2人)

B: 約 7.5分(2人)

C: 約 3.5分(2人)

D: 約20 分(3人)……但し密度のみ

であった。

第2章 関東ロームの現場における測定データ

表3-2-1: RI法(透過式)とコアカッター法による現場測定結果。

このデータは「土と基礎」Vol.16 NO.5 の「道路施工管理用密度計水分計に関する研究(その2)」(山本, 水品)より引用した。

表3-2-2: 第1報6-1に概報した第2試験盛土(またはC盛土)のデータである。

表 3-2-1 R I 法 (透過式) とコアカッター法による現場測定結果

測定番号	測定月日	R I 法								コアカッター法					
		密度計の 計数率比	水分計の 計数率比	r_t	M	r_d	w	S_r	備考	r_t	M	r_d	w	S_r	備考
1	10/22	0.4609		g/cm ³ 1.487	g/cm ³	g/cm ³	%	%		g/cm ³ 1.507	g/cm ³ 0.662	g/cm ³ 0.845	% 78.28	% 95.7	
2	"	0.4657		1.482						1.410	0.686	0.724	94.82	93.3	
3	"	0.4777		1.466						1.476	0.677	0.799	84.84	100.0	
4	"	0.5185		1.413						1.445	0.690	0.755	91.49	95.2	
5	10/24	0.4420		1.509						1.502	0.648	0.854	75.78	94.1	
6	"	0.4587		1.491						1.526	0.633	0.893	70.92	94.0	
7	"	0.4431		1.152						1.487	0.680	0.807	84.32	96.4	
8	"	0.4300		1.530						1.506	0.652	0.854	76.29	94.7	
9	10/25	0.5035		1.432						1.438	0.692	0.746	92.78	94.8	
10	"	0.4314		1.531						1.492	0.662	0.830	79.67	95.0	
11	"	0.4351		1.523						1.468	0.619	0.849	72.86	89.0	
12	"	0.4837		1.458						1.440	0.669	0.771	86.81	93.1	
13	10/26	0.3980	0.747	1.578	0.702	0.876	80.2	103.1		1.549	0.681	0.868	78.03	99.5	
14	"	0.4418	0.693	1.513	0.640	0.873	73.3	93.7		1.557	0.613	0.945	65.28	93.4	
15	"	0.3609	0.663	1.640	0.605	1.035	58.5	97.0		1.558	0.546	1.012	53.88	86.5	
16	"	0.4089	0.656	1.569	0.598	0.971	61.6	92.4		1.582	0.630	0.952	65.81	96.4	
17	"	0.4340	0.648	1.525	0.590	0.935	63.0	89.5		1.500	0.653	0.847	76.88	94.4	
18	"	0.4020	0.638	1.576	0.580	0.996	58.3	91.0		1.486	0.573	0.913	65.59	85.7	
19	"	0.4051	0.626	1.568	0.568	1.000	56.8	89.1		1.526	0.597	0.929	64.16	90.3	
20	"	0.5193	0.634	1.411	0.576	0.835	69.0	82.7		1.413	0.678	0.735	91.94	92.6	
21	"	0.4040	0.657	1.569	0.600	0.969	62.0	92.5		1.677	0.527	1.150	45.84	90.6	
22	"	0.3754	0.575	1.614	0.526	1.088	48.3	87.1		1.660	0.494	1.166	42.48	85.8	
23	"	0.3927	0.682	1.586	0.627	0.959	65.4	96.1		1.597	0.595	1.002	59.26	93.6	
24	"	0.4668	0.635	1.481	0.578	0.903	64.1	86.0		1.541	0.601	0.940	63.90	91.5	
25	"	0.4733	0.621	1.446	0.563	0.883	63.8	83.0		1.493	0.571	0.922	61.95	86.0	
26	"	0.4547	0.611	1.498	0.552	0.946	58.3	84.2		1.542	0.589	0.953	61.83	90.3	

表 3 - 2 - 2 R I 法 (背面散乱式) による現場測定結果

測定番号	測定月日	R I 法								砂置換法およびコアカット法					
		密度計の 計数率比	水分計の 計数率比	r_t	M	r_d	w	S_r	備 考	r_t	M	r_d	w	S_r	備 考
1- 1		0.899	0.653	1.483	0.582	0.901	64.62	88.2		1.472	0.504	0.968	52.0	79.4	
2		0.894	0.674	1.496	0.601	0.895	67.21	90.8		1.593	0.615	0.978	62.9	97.5	
3		0.916	0.611	1.442	0.545	0.897	60.72	82.3		1.537	0.586	0.951	61.7	91.4	
4		0.890	0.618	1.506	0.551	0.955	57.70	86.1		1.573	0.649	0.924	70.3	99.7	
5		0.900	0.618	1.481	0.551	0.930	59.23	84.9		1.708	0.614	1.093	56.2	104.6	
6		0.900	0.651	1.481	0.581	0.900	64.47	87.9		1.583	0.646	0.937	68.9	99.9	
7		0.860	0.612	1.577	0.546	1.032	52.87	89.3		1.509	0.518	0.991	52.3	82.8	
8		0.901	0.638	1.479	0.569	0.910	62.54	86.6		1.594	0.620	0.972	64.0	98.2	
9		0.838	0.626	1.628	0.558	1.070	52.18	93.6		1.795	0.635	1.160	54.8	113.0	
10		0.934	0.573	1.397	0.510	0.887	57.57	76.7		1.525	0.644	0.881	73.1	96.5	
11		0.894	0.639	1.496	0.570	0.926	61.53	87.6		1.639	0.623	1.016	61.3	101.0	
12		0.945	0.651	1.370	0.580	0.790	73.52	82.7		1.581	0.652	0.929	70.1	100.4	
13		0.908	0.607	1.461	0.541	0.920	58.79	82.9		1.717	0.641	1.076	59.6	107.9	
14		0.908	0.634	1.461	0.565	0.896	63.09	85.4		1.574	0.601	0.973	61.8	95.0	
15		0.926	0.608	1.417	0.542	0.875	61.93	80.9		1.836	0.775	1.059	73.1	129.3	
16		0.890	0.637	1.506	0.568	0.938	60.57	87.9		1.599	0.612	0.987	62.0	97.5	
17		0.950	0.685	1.358	0.611	0.747	81.83	85.1		1.510	0.591	0.919	64.3	90.5	
18		0.886	0.601	1.516	0.536	0.980	54.66	85.0		1.615	0.625	0.990	63.1	99.8	
19		0.864	0.618	1.568	0.551	1.017	54.15	89.4		1.638	0.634	1.004	63.1	102.0	
20		0.915	0.646	1.444	0.576	0.868	66.37	85.7		1.653	0.545	1.108	49.2	93.7	
2- 1		0.844	0.658	1.614	0.587	1.027	57.14	95.8		1.563	0.545	1.018	53.5	88.5	
2		0.821	0.644	1.666	0.574	1.092	52.58	97.7		1.640	0.527	1.113	47.3	90.8	
3		0.849	0.647	1.603	0.577	1.026	56.26	94.1		1.632	0.417	1.215	34.3	77.0	
4		0.833	0.642	1.639	0.572	1.067	53.67	95.8		1.630	0.563	1.067	52.7	94.2	
5		0.889	0.636	1.508	0.567	0.941	60.26	87.9		1.694	0.598	1.095	54.6	102.0	
6		0.850	0.643	1.600	0.573	1.027	55.84	93.6		1.610	0.549	1.061	51.8	91.6	
7		0.840	0.665	1.623	0.593	1.030	57.59	97.0		1.639	0.623	1.016	61.3	101.0	
8		0.855	0.639	1.589	0.570	1.019	55.91	92.6		1.610	0.573	1.037	55.3	94.2	
9		0.875	0.636	1.543	0.567	0.976	58.13	89.7		1.621	0.593	1.028	57.7	96.9	
10		0.876	0.663	1.540	0.591	0.949	62.32	92.1		1.660	0.533	1.127	47.3	92.7	

測定番号	測定月日	R I 法								砂置換法およびコアカッター法					
		密度計の 計数率比	水分計の 計数率比	r_t	M	r_d	w	S_r	備考	r_t	M	r_d	w	S_r	備考
2-11		0.860	0.619	1.577	0.552	1.026	53.80	90.0		1.611	0.582	1.029	56.6	95.2	
12		0.831	0.657	1.644	0.586	1.058	55.40	97.5		1.630	0.717	1.913	78.5	109.4	
13		0.816	0.643	1.678	0.573	1.105	51.91	98.3		1.665	0.579	1.086	53.3	98.1	
14		0.825	0.631	1.657	0.563	1.095	51.39	95.9		1.590	0.697	0.893	78.0	105.1	
15		0.851	0.641	1.598	0.572	1.026	55.69	93.3		1.620	0.616	1.004	61.3	99.1	
16		0.864	0.618	1.568	0.551	1.017	54.15	89.4		1.630	0.573	1.057	54.2	95.3	
17		0.863	0.653	1.571	0.582	0.988	58.93	92.9		1.696	0.655	1.041	62.9	107.9	
18		0.836	0.638	1.632	0.569	1.063	53.50	95.0		1.510	0.632	0.878	72.0	94.5	
19		0.846	0.656	1.609	0.585	1.024	57.12	95.4		1.468	0.574	0.894	64.2	86.6	
20		0.897	0.658	1.488	0.587	0.902	65.09	88.9		1.570	0.608	0.962	63.2	95.4	
3- 1		0.799	0.657	1.717	0.586	1.131	51.82	102.2		1.693	0.576	1.117	51.6	99.6	
2		0.810	0.647	1.692	0.577	1.115	51.76	99.6		1.670	0.544	1.126	48.3	94.6	
3		0.801	0.655	1.712	0.584	1.128	51.79	101.7		1.818	0.624	1.194	52.2	113.5	
4		0.806	0.645	1.701	0.575	1.126	51.10	100.0		1.640	0.580	1.060	54.7	96.7	
5		0.824	0.654	1.660	0.583	1.076	54.19	98.2		1.766	0.655	1.110	58.9	112.7	
6		0.811	0.667	1.689	0.595	1.094	54.36	101.3		1.630	0.572	1.058	54.0	95.2	
7		0.781	0.628	1.758	0.560	1.198	46.74	102.2		1.831	0.654	1.177	55.5	117.6	
8		0.806	0.641	1.701	0.572	1.129	50.62	99.6		1.620	0.585	1.035	56.5	96.0	
9		0.819	0.661	1.671	0.590	1.081	54.51	99.6		1.840	0.629	1.220	51.5	116.5	
10		0.815	0.655	1.680	0.584	1.096	53.30	99.6		1.670	0.654	1.016	64.3	106.0	
11		0.814	0.646	1.682	0.576	1.106	52.07	98.9		1.804	0.640	1.164	55.0	114.1	
12		0.818	0.657	1.673	0.586	1.087	53.89	99.4		1.620	0.590	1.030	57.3	96.5	
13		0.816	0.625	1.678	0.557	1.121	49.72	96.6		1.626	0.538	1.087	49.5	91.3	
14		0.823	0.681	1.662	0.608	1.054	57.62	100.9		1.620	0.663	0.957	69.2	103.7	
15		0.788	0.636	1.742	0.567	1.175	48.27	101.9		1.740	0.498	1.241	40.1	93.7	
16		0.805	0.616	1.703	0.549	1.154	47.59	97.3		1.660	0.550	1.109	49.6	94.7	
17		0.808	0.638	1.696	0.569	1.127	50.47	99.0		1.820	0.542	1.278	42.4	104.7	
18		0.809	0.653	1.694	0.582	1.112	52.39	100.3		1.670	0.574	1.096	52.4	97.9	
19		0.824	0.688	1.660	0.614	1.046	58.69	101.4		1.774	0.609	1.165	52.3	108.7	
20		0.812	0.655	1.687	0.584	1.103	52.97	100.1		1.660	0.600	1.060	56.6	99.9	

測定番号	測定月日	R I 法								砂置換法およびコアカッター法					
		密度計の 計数率比	水分計の 計数率比	r_t	M	r_d	w	S_s	備考	r_t	M	r_d	w	S_s	備考
4- 1		0.824	0.654	1.660	0.583	1.076	54.19	98.2		1.640	0.610	1.029	59.3	99.8	
2		0.845	0.644	1.612	0.574	1.037	55.36	94.4		1.640	0.582	1.058	55.0	96.9	
3		0.839	0.660	1.625	0.589	1.037	56.78	96.7		1.601	0.621	0.980	63.4	98.6	
4		0.829	0.641	1.648	0.572	1.077	53.09	96.3		1.670	0.575	1.095	52.5	98.0	
5		0.889	0.663	1.508	0.591	0.917	64.50	90.4		1.509	0.596	0.913	65.2	90.9	
6		0.846	0.615	1.609	0.548	1.061	51.66	91.4		1.590	0.556	1.034	53.7	91.1	
7		0.845	0.644	1.612	0.574	1.037	55.36	94.4		1.592	0.593	0.999	59.3	95.1	
8		0.829	0.652	1.671	0.581	1.090	53.37	98.7		1.610	0.571	1.039	54.9	93.9	
9		0.821	0.633	1.666	0.564	1.102	51.21	96.6		1.774	0.692	1.082	64.0	117.0	
10		0.844	0.637	1.614	0.568	1.046	54.30	93.8		1.620	0.578	1.042	55.5	95.3	
11		0.896	0.599	1.491	0.534	0.957	55.78	83.6		1.490	0.451	1.039	43.4	74.2	
12		0.856	0.612	1.587	0.546	1.041	52.40	89.8		1.630	0.574	1.056	54.3	95.4	
13		0.814	0.618	1.682	0.551	1.132	48.69	96.1		1.693	0.570	1.123	50.8	98.9	
14		0.810	0.638	1.692	0.569	1.123	50.67	98.7		1.670	0.571	1.099	52.0	97.6	
15		0.856	0.620	1.587	0.553	1.034	53.46	90.6		1.604	0.613	0.991	61.9	97.9	
16		0.820	0.625	1.669	0.557	1.112	50.13	96.0		1.660	0.599	1.061	56.4	99.9	
17		0.834	0.632	1.637	0.563	1.073	52.50	94.7		1.026	0.352	0.674	52.2	47.2	
18		0.833	0.645	1.639	0.575	1.064	54.06	96.1		1.680	0.566	1.034	54.8	92.9	
19		0.816	0.658	1.678	0.587	1.091	53.79	99.8		1.668	0.619	1.049	59.0	102.5	
20		0.816	0.627	1.678	0.559	1.119	49.96	96.7		1.680	0.575	1.105	52.1	96.7	
5- 1		0.831	0.653	1.644	0.582	1.061	54.87	97.1		1.695	0.604	1.090	55.4	102.7	
2		0.803	0.659	1.708	0.588	1.120	52.49	101.8		1.700	0.608	1.092	55.7	103.4	
3		0.836	0.680	1.632	0.607	1.026	59.15	99.0		1.640	0.516	1.124	45.9	89.6	
4		0.836	0.697	1.632	0.622	1.010	61.55	100.5		1.664	0.574	1.090	52.6	97.5	
5		0.859	0.686	1.580	0.612	0.968	63.24	96.4		1.530	0.574	0.956	60.1	89.8	
6		0.817	0.652	1.676	0.581	1.094	53.14	99.0		1.690	0.549	1.141	48.1	96.4	
7		0.836	0.639	1.632	0.570	1.062	53.63	95.1		1.671	0.535	1.136	47.1	93.6	
8		0.859	0.668	1.580	0.596	0.984	60.56	94.8		1.640	0.548	1.092	50.2	93.2	
9		0.865	0.659	1.566	0.588	0.978	60.08	93.2		1.608	0.563	1.045	53.9	93.0	
10		0.839	0.687	1.625	0.613	1.012	60.54	99.2		1.660	0.544	1.116	48.7	93.9	

測定番号	測定月日	R I 法								砂置換法およびコア Cutter 法					
		密度計の 計数率比	水分計の 計数率比	r_t	M	r_d	w	S_r	備考	r_t	M	r_d	w	S_r	備考
5-11		0.815	0.661	1.680	0.590	1.091	54.06	100.2		1.665	0.565	1.100	51.3	96.5	
12		0.835	0.666	1.634	0.594	1.040	57.09	97.8		1.650	0.554	1.096	50.5	94.4	
13		0.838	0.659	1.628	0.588	1.040	56.52	96.7		1.619	0.545	1.073	50.8	91.7	
14		0.839	0.662	1.625	0.590	1.035	57.02	96.9		1.640	0.562	1.078	52.1	94.7	
15		0.817	0.675	1.676	0.602	1.073	56.09	101.2		1.583	0.566	1.017	55.6	91.8	
16		0.846	0.646	1.609	0.576	1.033	55.75	94.4		1.620	0.593	1.027	57.8	96.9	
17		0.871	0.657	1.552	0.586	0.966	60.64	92.2		1.510	0.575	0.935	61.5	88.8	
18		0.828	0.673	1.650	0.600	1.050	57.16	99.4		1.640	0.583	1.057	55.1	96.9	
19		0.831	0.656	1.644	0.585	1.059	55.27	97.4		1.486	0.518	0.968	53.5	81.6	
20		0.830	0.670	1.646	0.598	1.048	57.01	98.9		1.690	0.575	1.115	51.6	99.3	
6-1		0.900	0.676	1.481	0.603	0.878	68.68	90.2		1.472	0.611	0.863	70.9	90.5	
2		0.886	0.683	1.516	0.609	0.906	67.24	92.6		1.524	0.640	0.884	72.4	96.0	
3		0.901	0.691	1.479	0.616	0.862	71.51	91.4		1.380	0.513	0.867	59.7	76.2	
4		0.883	0.692	1.523	0.617	0.906	68.18	93.8		1.562	0.595	0.967	61.6	93.7	
5		0.886	0.693	1.516	0.618	0.897	68.91	93.5		1.537	0.625	0.912	68.5	95.3	
6		0.870	0.652	1.555	0.581	0.973	59.75	91.9		1.553	0.643	0.910	70.7	97.9	
7		0.857	0.669	1.584	0.597	0.988	60.43	95.1		1.607	0.622	0.985	63.1	99.0	
8		0.892	0.676	1.501	0.603	0.898	67.17	91.2		1.450	0.587	0.862	68.1	87.1	
9		0.976	0.658	1.294	0.587	0.707	83.01	80.0		1.343	0.539	0.805	67.0	77.4	
10		0.870	0.659	1.555	0.588	0.967	60.79	92.5		1.574	0.630	0.944	66.7	97.8	
11		0.862	0.675	1.573	0.602	0.971	62.03	95.0		1.491	0.598	0.895	66.9	90.2	
12		0.871	0.658	1.552	0.587	0.965	60.79	92.3		1.588	0.640	0.948	67.5	99.6	
7-1		0.879	0.662	1.533	0.590	0.942	62.66	91.6		1.519	0.569	0.950	59.9	88.7	
2		0.868	0.660	1.559	0.589	0.970	60.65	92.9		1.629	0.622	1.007	61.8	100.3	
3		0.852	0.660	1.596	0.589	1.007	58.45	94.9		1.610	0.622	0.989	62.9	99.1	
4		0.896	0.653	1.491	0.582	0.909	64.10	88.6		1.570	0.610	0.960	63.6	95.7	
5		0.829	0.628	1.648	0.560	1.088	51.45	95.0		1.522	0.573	0.950	60.3	89.2	
6		0.854	0.651	1.591	0.581	1.011	57.45	93.8		1.629	0.642	0.987	65.0	102.3	
7		0.848	0.659	1.605	0.588	1.017	57.79	95.4		1.540	0.567	0.974	58.2	89.6	
8		0.838	0.671	1.628	0.599	1.029	58.16	97.9		1.628	0.640	0.988	64.7	102.0	
9		0.887	0.638	1.513	0.569	0.944	60.25	88.4		1.528	0.593	0.934	63.5	91.7	

測定番号 測定月日	R I 法								砂置換法及びコアカッター法					
	密度計の 計数率比	水分計の 計数率比	r_t	M	r_d	w	Sr	備考	r_t	M	r_d	w	Sr	
7-10	0.864	0.667	1.568	0.595	0.973	61.12	94.0		1.589	0.631	0.958	65.8	98.8	
11	0.869	0.669	1.557	0.597	0.960	62.15	93.6		1.561	0.595	0.966	61.6	93.6	
12	0.858	0.649	1.582	0.579	1.003	57.69	93.1		1.592	0.598	0.994	60.1	95.7	
8-1	0.871	0.691	1.552	0.616	0.936	65.88	95.3		1.428	0.529	0.900	58.8	80.0	
2	0.829	0.668	1.648	0.596	1.052	56.62	98.8		1.632	0.600	1.032	58.2	98.3	
3	0.820	0.666	1.669	0.594	1.075	55.27	99.9		1.500	0.534	0.966	55.3	84.0	
4	0.851	0.698	1.598	0.623	0.975	63.86	98.5		1.619	0.606	1.013	59.8	98.1	
5	0.831	0.665	1.644	0.593	1.050	56.46	98.3		1.598	0.584	1.012	57.6	94.6	
6	0.830	0.675	1.646	0.602	1.044	57.69	99.3		1.612	0.605	1.007	60.1	97.6	
7	0.826	0.666	1.655	0.594	1.061	55.99	99.1		1.521	0.563	0.958	58.8	88.2	
8	0.842	0.698	1.619	0.623	0.996	62.55	99.8		1.573	0.653	0.920	71.0	100.0	
9	0.850	0.656	1.600	0.585	1.015	57.63	94.8		1.553	0.576	0.978	58.9	91.2	
10	0.855	0.682	1.589	0.608	0.980	62.06	96.6		1.587	0.631	0.947	66.6	98.2	
11	0.835	0.666	1.634	0.594	1.040	57.09	97.8		1.469	0.552	0.915	60.2	84.4	
12	0.824	0.672	1.660	0.599	1.060	56.54	99.9		1.607	0.651	0.956	68.1	101.8	
9-1	0.876	0.638	1.540	0.569	0.971	58.57	89.8		1.491	0.596	0.895	66.6	90.0	
2	0.885	0.683	1.518	0.609	0.909	67.05	92.7		1.557	0.608	0.949	64.1	94.7	
3	0.902	0.679	1.476	0.606	0.870	69.59	90.2		1.441	0.603	0.838	72.0	88.2	
4	0.958	0.651	1.338	0.581	0.758	76.63	81.3		1.428	0.624	0.804	77.6	89.6	
5	0.905	0.700	1.469	0.625	0.844	73.99	91.7		1.497	0.596	0.901	66.1	90.2	
6	0.861	0.680	1.575	0.607	0.969	62.63	95.6		1.593	0.646	0.947	68.3	100.6	
7	0.866	0.666	1.564	0.594	0.970	61.26	93.7		1.420	0.580	0.840	69.0	84.9	
8	0.847	0.665	1.607	0.593	1.014	58.50	96.1		1.578	0.680	0.898	75.7	102.8	
9	0.880	0.676	1.530	0.603	0.927	65.03	92.8		1.391	0.554	0.838	66.1	80.9	
10	0.863	0.684	1.571	0.610	0.960	63.54	95.7		1.562	0.674	0.888	75.9	101.4	
11	0.865	0.672	1.566	0.599	0.967	62.02	94.4		1.512	0.625	0.888	70.4	93.9	
12	0.872	0.676	1.550	0.603	0.947	63.68	93.8		1.592	0.625	0.967	64.7	98.4	

第3章 R.I法と従来法との比較

第1章と第2章のデータをもとにR.I法と従来法との比較検討を行なったものである。

○ 使用測定器

記号

- ・背面散乱式密度計と中性子水分計（日立製作所製） RI(B)
- ・透過式密度計と中性子水分計（ ） RI(T)
- ・コアカッター法（ $\phi=100mm$ $h=127mm$ ）
- ・砂置換法（JIS A1214 $\phi=100mm$ ） ※印のものは $\phi=180mm$

○ 比較測定例の一覧表

密度測定	ローム	背面散乱式 RI とコアカッター法	図3-3-1	表3-3-1
	ローム	と砂置換法	図3-3-2	〃
	マサ	透過式 RI とコアカッター法	図3-3-3	〃
		背面散乱式 RI と砂置換法	図3-3-4	〃
含水比測定	ローム	透過式 RI と砂置換法	図3-3-5	〃
	ローム	背面散乱式 RI と炉乾燥法	図3-3-6	表3-3-2
	マサ	透過式 RI と	図3-3-7	〃
		背面散乱式 RI と	図3-3-8	〃
		透過式 RI と	図3-3-9	〃

「両者による値の散分図と各々のヒストグラムを示している。」

「バラツキの範囲を不偏分散の平方根で示すと共に平均値の差の検定や等分散性の検定を行なっている。（危険率：5%）」

(1) 密度の測定について

現場密度の真の値は不明であること、R I 法と従来法とでは測定体積を異にすること等から、両者の絶対的な比較は困難である。測定結果例より相対的な比較検討を行なってみる。

(a) 背面散乱式密度計

従来法との間に平均値の差が生じている。これは前述したように現場の転圧面においては密度の深さ方向の分布は一様でなく、表面近くが乱されていることにより、背面散乱式密度計では密度を過小評価する傾向にあることを示している。測定値のバラツキからみると、従来法とほぼ等しい値を示しているが、この方式の密度計は深さ方向の密度分布が一様でないような場所の測定には今までの実績からみてもあまり適当でないようである。

(b) 透過式密度計

従来法との間に平均値の差はほとんど生じておらず、測定値のバラツキからみると透過式密度計の方が従来法よりも小さい。従って精度的には透過式密度計の方が優れていると考えられる。測定の迅速性、非破壊性、信頼性等からみても土工の品質管理手段として有望視されている所以である。

(2) 含水比の測定について

含水比は、R I 法では、水分計と密度計の組合せによって計算されるので、その中には密度計の誤差も含まれてくることになる。しかしながら測定結果からみると、R I 法と従来の炉乾燥法との差はほとんど問題にならず、炉乾燥法に対して遜色なく使用できることがわかる。

(なお、マサのデータにおける平均値の差は、R I 法の較正曲線が不備であったために生じたものである。)

表 3 - 3 - 1 湿潤密度の測定

(湿 潤 密 度)										
	対 称 土									
	関東ローム (CH)									
	関東ローム (MH)									
	マ サ (SC - SM)									
測 定 手 段	RI (B)	砂置換法	RI (B)	コア カッター	RI (T)	コア カッター	RI (B)	砂置換法	RI (T)	砂置換法
測 定 個 数	74	74	74	74	26	26	30	30	30	30
平 均 値	1.588	1.598	1.593	1.614	1.516	1.515	1.979	2.061	2.080	2.061
√ 不 偏 分 散	0.086	0.120	0.084	0.047	0.060	0.067	0.085	0.110	0.067	0.110
変 動 係 数	5.4 %	7.5 %	5.3 %	2.9 %	4.0 %	4.4 %	4.3 %	5.4 %	3.2 %	5.4 %
平均値の差の検定	差 な し		差 あ り		差 な し		差 あ り		差 な し	
等分散性の検定	等しくない		等しくない		等 し い		等 し い		等しくない	

RI (B) : 背面散乱式密度計

RI (T) : 透過式密度計

表 3 - 3 - 2 含水比の測定

(含水比) %	80 70 60 50		80 70 60 50		40 30 20 10						
	関東ローム (CH)		関東ローム (MH)		マ サ (SC-SM)						
	測定手段	RI (B)	炉乾燥法	RI (T)	炉乾燥法	RI (B)	炉乾燥法	RI (T)	炉乾燥法		
	測定個数	74	74	14	14	30	30	30	30		
平均値	58.3	58.5	63.0	64.1	13.9	11.9	13.0	11.9			
√不偏分散	6.4	7.6	7.8	12.2	2.7	2.2	2.1	2.2			
変動係数	11.0 %	13.0 %	12.2 %	19.0 %	12.6 %	18.5 %	16.4 %	18.5 %			
平均値の差の検定	差なし		差なし		差あり				差あり		
等分散性の検定	等しい		等しい		等しい				等しい		

RI (B) : 背面散乱式密度計と中性子水分計の組合せ

RI (T) : 透過式密度計と中性子水分計の組合せ

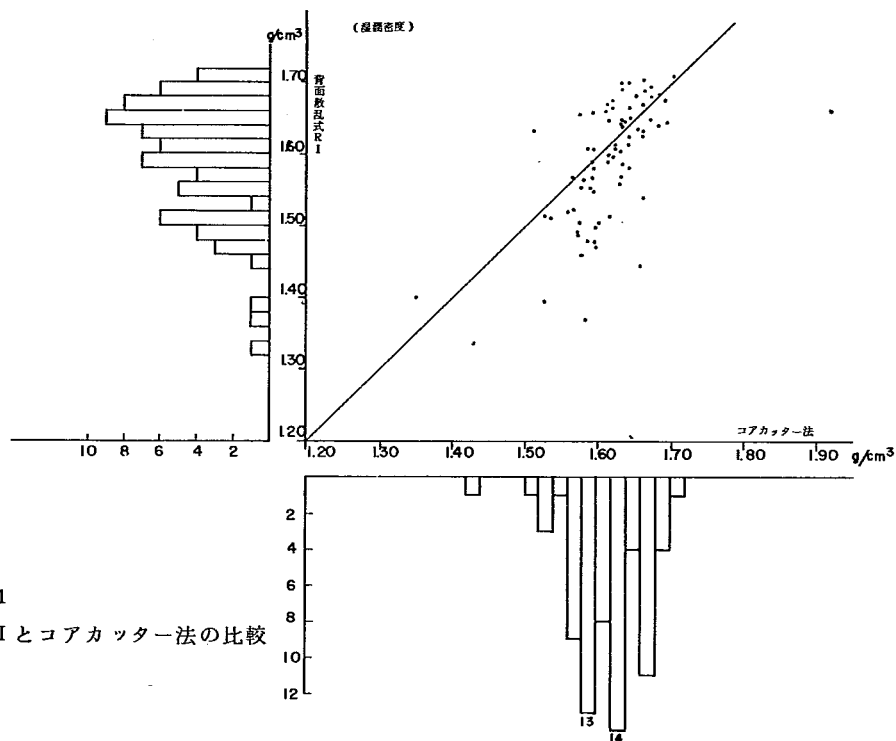


図-3-3-1

背面散乱式 RI とコアカッター法の比較
(湿潤密度)

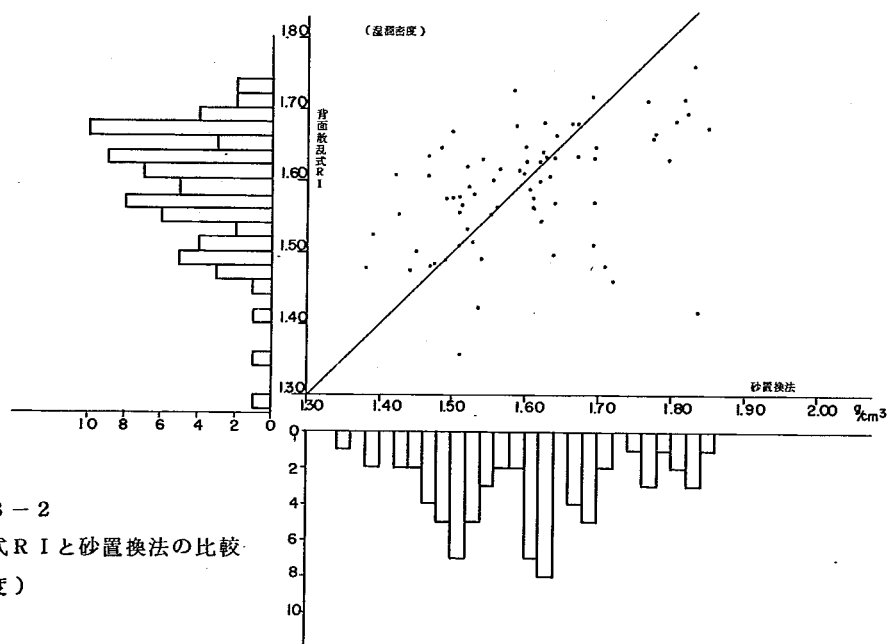


図-3-3-2

背面散乱式 RI と砂置換法の比較
(湿潤密度)

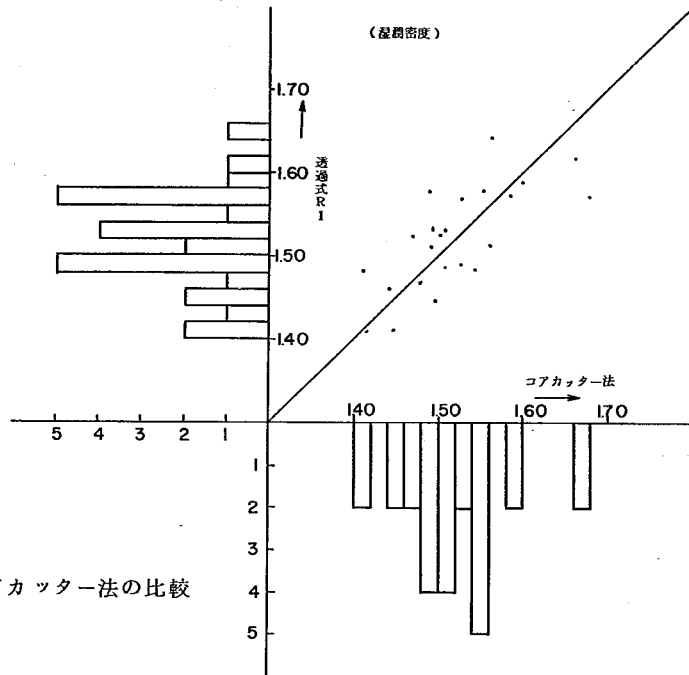


図-3-3-3
透過式 R I とコアカッター法の比較
(湿潤密度)

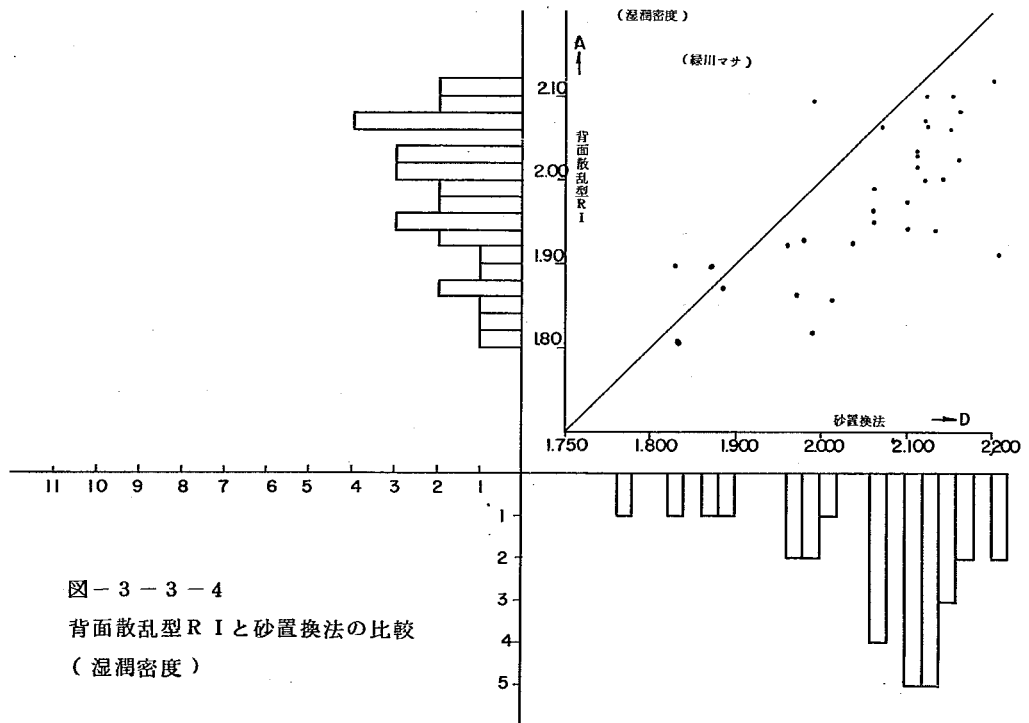


図-3-3-4
背面散乱型 R I と砂置換法の比較
(湿潤密度)

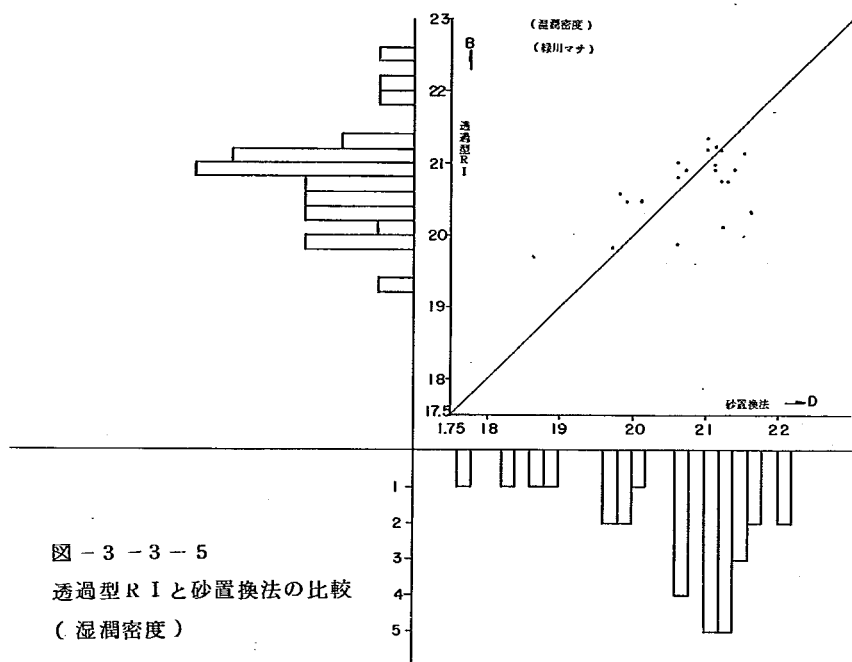


図-3-3-5
透過型RIと砂置換法の比較
(湿潤密度)

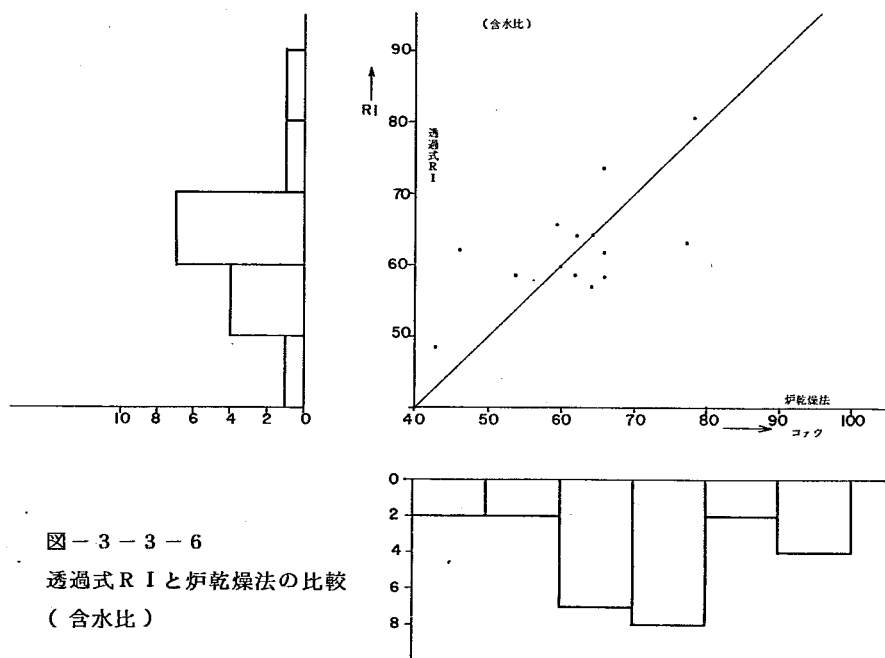


図-3-3-6
透過式RIと炉乾燥法の比較
(含水比)

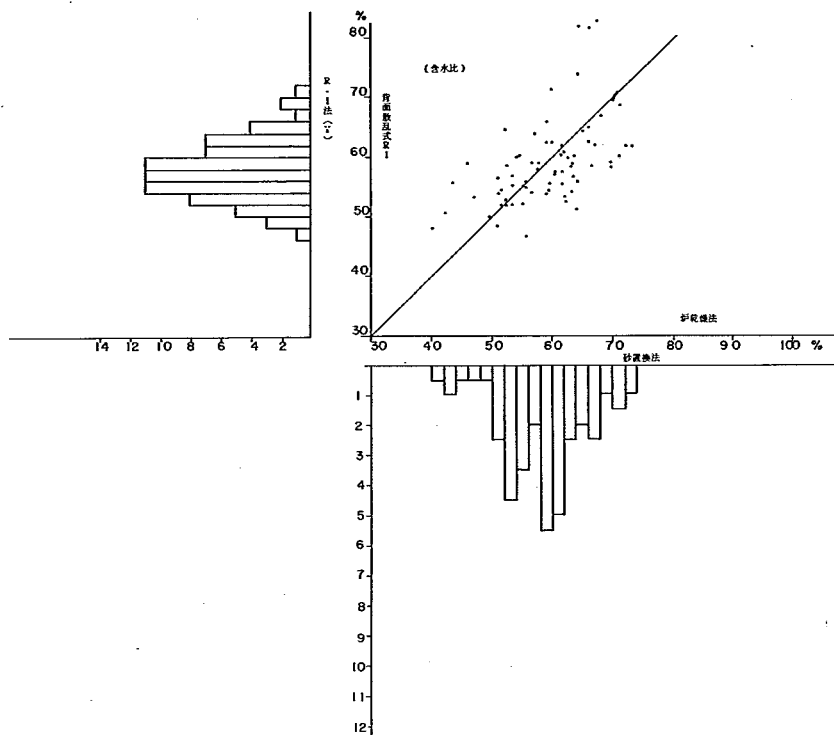


図 3 - 3 - 7 (その 1) 背面散乱式 R I と 炉乾燥法の比較 (砂置換法)

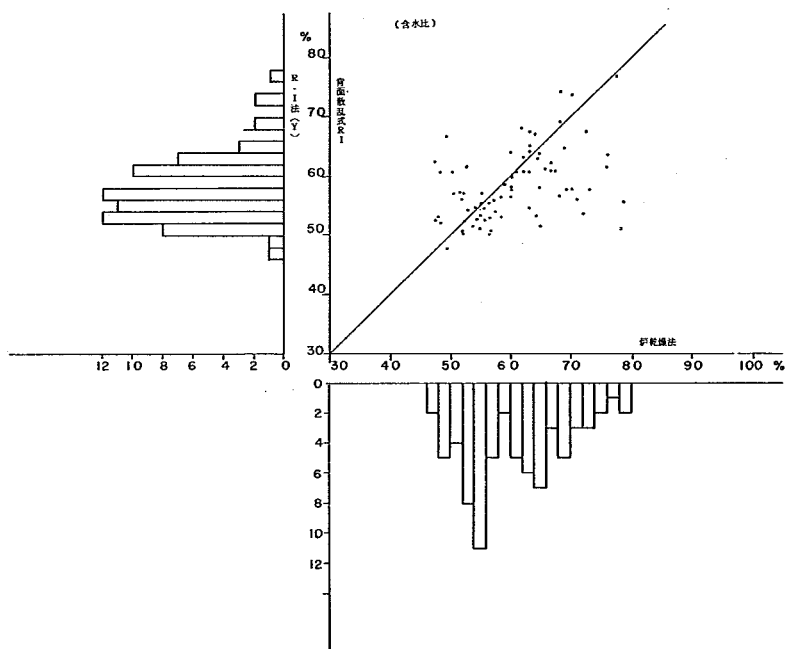


図 3 - 3 - 7 (その 2) 背面散乱式 R I と 炉乾燥法の比較
(コアカッター)

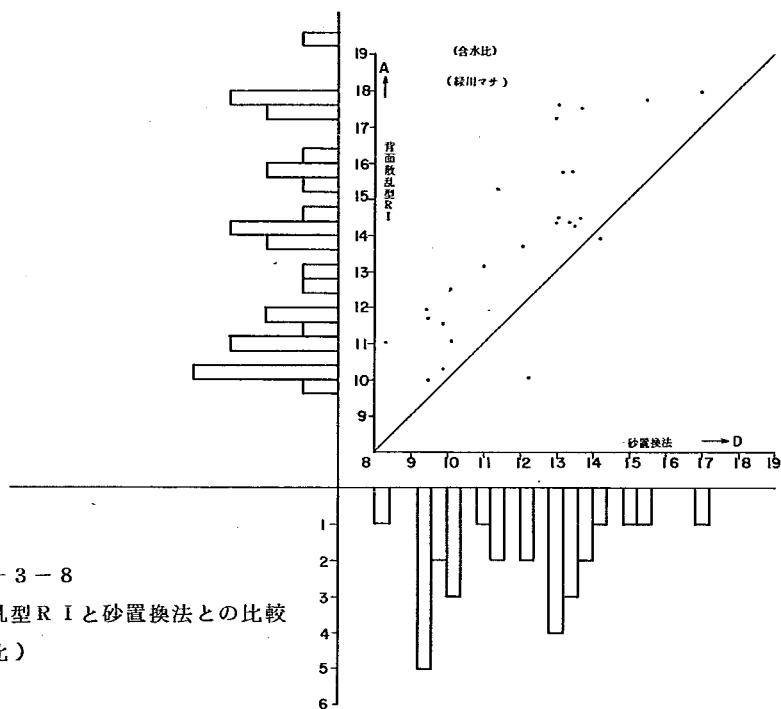


図-3-3-8
背面散乱型 RI と砂置換法との比較
(含水比)

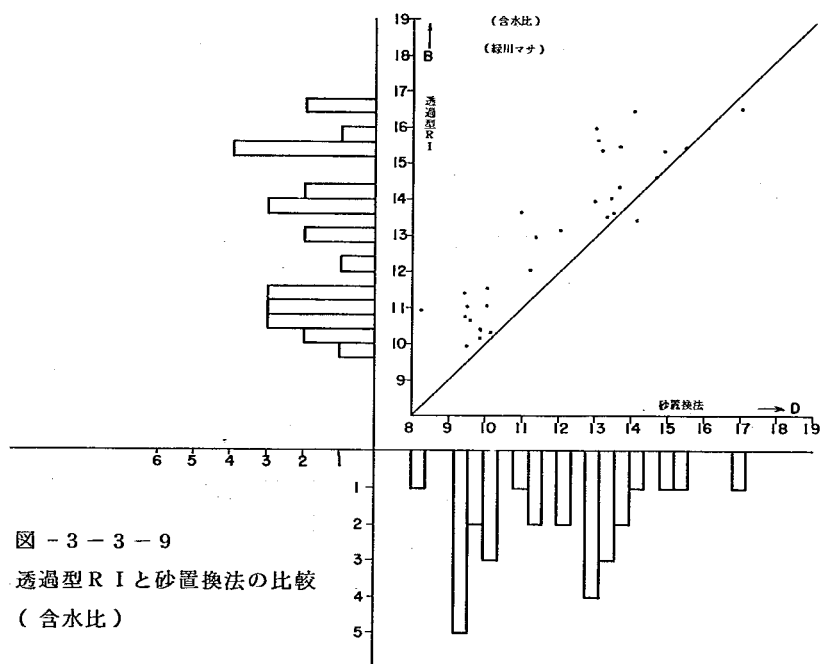


図-3-3-9
透過型 RI と砂置換法の比較
(含水比)

あとがき

透過式密度計を中心にして、その計器特性、実用性について検討を加え、一応の結論を得ることができた。すでに表面型計器、特に透過式密度計は土工の品質管理手段として、試験的段階ではあるが採用されており、非常に有望視されている。また挿入型計器は路床路盤の密度・含水比の経時変化の調査などに使用され、かなりの実績を有している。

ところで現段階では、R I 法に関する統一的な測定法マニュアルのまだ完成されないままに、R I 計器は試作販売されてきており、その規格や取扱いの便利さにまちな面がある。また現場計器としても、まだ取扱いやすさの面から改良すべき点が散見される状態のまま使用されている感があるが、これらはいずれマニュアルの制定にともなって改善され、より完成度の高い計器となっていくと考えられる。将来性のある有望な測定手段として十分に期待できよう。

昭和45年3月

施 工 研 究 室

参考文献については第1報に同じ。

附 録

1. データシート類
2. 試料の化学分析結果
3. 貯蔵庫における管理区域設定の計算例
4. 被曝に対する健康管理の例
5. 使用場所の一時的変更届の例

なお第1報においては

- (1) 用語の解説
- (2) 許容被曝線量
- (3) データシート類………(第2報と重複する)。

を載せている。

1. データシート類

- 表面型計器 { 校正データシート
校正計算シート
- 挿入型計器 { 校正データシート
校正計算シート
- 透過型計器 { 校正データシート
校正計算シート
- 現場測定用データシート
- プラットー特性データシート

R. I (表面型) 校正データシート

実験 № 1

実験名 関東ローム (ランマー締め)

実験者 S. T

昭和43年6月1日 天候 晴

校正時間 10時30分 ~ 12時30分

気温 湿度 22.0℃ 63% ~ 23.5℃ 59%

バッテリー 12.5V ~ 11.2V

プローブ	スケール	高圧
SD	№ 2	9 V
SM	№	

密度の測定 (全量法)

使用容器 60 cm × 60 cm × 50 cm (5 cm 6段)

№	W	W ₀	W-W ₀	№	W	W ₀	W-W ₀
6	252.8 Kg	59.4 Kg	193.4 Kg	2	154.8 Kg	38.9 Kg	115.9 Kg
5	228.2	54.3	173.9	1	130.2	33.8	96.4
4	203.6	49.1	154.5	0	105.3	28.7	76.6
3	178.8	44.0	134.8				

較 正

№	0°	90°	180°	270°	摘 要
S.C	25.424/2	25.389/2	25.438/2	25.516/2	
6	13.730/1	13.758/1	13.818/1	13.827/1	
5	14.039/1	13.863/1	14.015/1	13.811/1	
4	13.782/1	13.379/1	14.021/1	13.592/1	
3	13.979/1	13.698/1	14.157/1	13.756/1	
2	13.842/1	13.883/1	13.764/1	13.751/1	
1	13.633/1	13.941/1	13.743/1	13.767/1	
0	27.164/2	27.408/2	27.697/2	27.726/2	
S.C	26.239/2	26.096/2	25.929/2	26.116/2	

R . I (表面型) 校正データシート

実験 № 1

実験名 関東ローム (ランマー締め)

実験者 S . T

昭和 43 年 6 月 1 日 天候 晴

校正時間 10 時 30 分 ~ 12 時 10 分

気温 湿度 22℃ 63% ~ 23.5℃ 59%

バッテリー 13V ~ 12V

プローブ	スケーラー	高 圧
SD	№	
(SM)	№ 1	1.9V

密度の測定 (全量法)

使用容器 60 cm × 60 cm × 50 cm (5 cm 6 段)

№	W	W ₀	W-W ₀	№	W	W ₀	W-W ₀
6	252.8 Kg	59.4 Kg	193.4 Kg	2	154.8 Kg	38.9 Kg	115.9 Kg
5	228.2	54.3	173.9	1	130.2	33.8	96.4
4	203.6	49.1	154.5	0	105.3	28.7	76.6
3	178.8	44.0	134.8				

較 正

№	0°	90°	180°	270°	摘要
S.C	40.614/2	40.611/2	40.942/2	40.579/2	
6	20.845/2	20.172/2	20.617/2	20.913/2	
5	10.211/1	10.087/1	10.305/1	10.360/1	
4	10.306/1	10.538/1	10.735/1	10.529/1	
3	9.720/1	9.548/1	9.560/1	9.684/1	
2	9.767/1	9.649/1	9.796/1	9.822/1	
1	9.342/1	9.399/1	9.672/1	9.283/1	
0	9.362/1	9.149/1	9.234/1	9.269/1	
S.C	40.013/2	40.476/1	40.201/2	40.597/2	

R . I (表面型) 校正データシート

実験 № 1

実験名 関東ローマ (ランマー締め)

昭和 43 年 6 月 1 日

含 水 率 測 定

№	含水率測定		含水率%	含水率測定		含水率%	平均%
6	№ 11			№ 2			
	WW5 5.1	WW5 5.1		WW5 0.5	WW5 0.5		
	DW4 4.3	TW3 1.5		DW3 8.6	TW2 4.5		
	W- 1 0.8	W- 2 3.6	4 5.8	W- 1 1.9	W- 2 6.0	4 5.8	4 5.8
5	№ B-7 5			№ A-1 0 5			
	WW5 0.1	WW5 0.1		WW5 7.6	WW5 7.6		
	DW4 0.2	TW2 7.9		DW4 6.8	TW3 3.5		
	W- 9.9	W- 2 2.2	4 4.6	W- 1 0.8	W- 2 4.1	4 4.8	4 4.7
4	№ 3 2			№ A-2 1			
	WW5 0.8	WW5 0.8		WW5 5.4	WW5 5.4		
	DW4 0.5	TW2 8.4		DW4 5.2	TW3 3.0		
	W- 1 0.3	W- 2 2.4	4 6.0	W- 1 0.2	W- 2 2.4	4 5.5	4 5.8
3	№ A-1 6			№ 3			
	WW3 9.9	WW3 9.9		WW5 2.2	WW5 2.2		
	DW3 3.0	TW2 3.7		DW4 1.8	TW2 8.5		
	W- 6.9	W- 1 6.2	4 2.6	W- 1 0.4	W- 2 3.7	4 3.9	4 3.3
2	№ B-2 1 5			№ D-1 0			
	WW4 8.8	WW4 8.8		WW5 6.2	WW5 6.2		
	DW3 9.8	TW2 7.7		DW4 5.8	TW3 1.9		
	W- 9.0	W- 2 1.1	4 2.7	W- 1 0.4	W- 2 4.3	4 2.8	4 2.8
1	№ B-2 0 6			№ A-1 0 1			
	WW4 9.8	WW4 9.8		WW5 0.8	WW5 0.8		
	DW4 0.8	TW2 7.9		DW4 2.5	TW3 0.4		
	W- 9.0	W- 2 1.9	4 1.1	W- 8.3	W- 2 0.4	4 0.7	4 0.9
0	№ B-2 0			№ B-1 5			
	WW6 7.8	WW6 7.8		WW6 6.7	WW6 6.7		
	DW5 5.5	TW3 7.0		DW5 4.3	TW3 5.6		
	W- 1 2.3	W- 3 0.8	3 9.9	W- 1 2.4	W- 3 1.1	3 9.9	3 9.9

R . I (表面型) 校正計算紙

実験 № 1

実験名 関東ローム (ランマー 締め)

計算者 S . T

昭和 4 3 年 6 月 1 日

密度 (γ) 水分密度 (M) の計算

No.	W (Kg)	V (cm^3)	W'	γ_t (g/cm^3)		M (g/cm^3)		R . C	
				5cm	10cm	5cm	10cm	S . D	S . M
6	19.500	18.000	0.458	1.083	1.081	0.496	0.495	1.070	0.509
5	19.400	"	0.447	1.078	1.086	0.482	0.485	1.081	0.506
4	19.700	"	0.458	1.094	1.072	0.501	0.491	1.063	0.520
3	18.900	"	0.433	1.050	1.067	0.455	0.462	1.079	0.475
2	19.500	"	0.428	1.083	1.092	0.464	0.467	1.072	0.482
1	19.800	"	0.409	1.100	1.082	0.450	0.443	1.069	0.465
0	7.6600	72.000	0.399	1.064	1.064	0.425	0.425	1.067	0.458
Σ			3.032	7.562	7.544	3.273	3.268	7.501	3.415
Σ/N			0.433	1.080	1.078	0.468	0.467	1.072	0.488

R . C の計算

					S . D		S . M		
No.	$\overline{\text{SC}}(\text{cpm})$	Total Count	c . p . m	R . C	No.	$\overline{\text{SC}}(\text{cpm})$	Total Count	c . p . m	R . C
S.C		101.767/8	12.721		S.C		162.746/8	20.343	
6	12.885	55.133/4	13.783	1.070	6	20.252	82.547/8	10.318	0.509
5	"	55.728/4	13.932	1.081	5	"	40.963/4	10.241	0.506
4	"	54.768/4	13.692	1.063	4	"	42.108/4	10.527	0.520
3	"	55.590/4	13.898	1.079	3	"	38.512/4	9.628	0.475
2	"	55.240/4	13.810	1.072	2	"	39.034/4	9.759	0.482
1	"	55.084/4	13.771	1.069	1	"	37.696/4	9.424	0.465
0	"	109.995/8	13.749	1.007	0	"	37.014/4	9.254	0.458
S.C		104.380/8	13.048		S.C		161.287/8	20.161	

R I 挿入型	校正データシート	1																																																																		
実験 № 2 実験試料 関東ローム 実験者 H. Y 昭和41年7月8日 天候 曇り 校正時間 13時25分～15時00分 気温, 湿度 25.5℃ 74%～25℃ 82% バッテリー 12.8V ～ 12.2V 密度の測定(全量法) 標準体 DW(AE) 使用容器 60φ×80cm W. 82.2 Kg 使用パイプ アルミニウム 外径 φ×101cm <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: 0;"> <tr> <th>プローブ</th> <th>スケーラー</th> <th>印加電圧</th> </tr> <tr> <td>DD</td> <td>№ 1</td> <td>4 V</td> </tr> <tr> <td>DM</td> <td>№ 2</td> <td>1.75KV</td> </tr> </table>			プローブ	スケーラー	印加電圧	DD	№ 1	4 V	DM	№ 2	1.75KV																																																									
プローブ	スケーラー	印加電圧																																																																		
DD	№ 1	4 V																																																																		
DM	№ 2	1.75KV																																																																		
h の測定 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td rowspan="2">1</td> <td>66.2</td><td>66.3</td><td>65.0</td><td>62.7</td><td>65.3</td><td>65.9</td><td>66.2</td><td>65.3</td><td>65.9</td><td>65.6</td> <td rowspan="2">Kg W₁=134.9</td> </tr> <tr> <td>64.2</td><td>64.8</td><td>64.8</td><td>64.4</td><td>63.5</td><td>63.4</td><td>65.8</td><td>66.0</td><td>66.5</td><td>67.0</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">2</td> <td>43.3</td><td>43.6</td><td>43.6</td><td>43.3</td><td>43.0</td><td>42.2</td><td>42.3</td><td>44.6</td><td>45.3</td><td>45.5</td> <td rowspan="2">Kg W₂=210.3</td> </tr> <tr> <td>42.8</td><td>44.2</td><td>44.7</td><td>44.4</td><td>42.6</td><td>43.3</td><td>44.0</td><td>44.2</td><td>44.4</td><td>43.4</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">3</td> <td>16.6</td><td>17.8</td><td>17.3</td><td>17.3</td><td>15.6</td><td>15.3</td><td>16.8</td><td>14.2</td><td>16.3</td><td>15.3</td> <td rowspan="2">Kg W₃=306.6</td> </tr> <tr> <td>15.8</td><td>16.6</td><td>17.0</td><td>16.6</td><td>15.9</td><td>14.6</td><td>15.5</td><td>15.7</td><td>15.3</td><td>16.1</td> </tr> </table>			1	66.2	66.3	65.0	62.7	65.3	65.9	66.2	65.3	65.9	65.6	Kg W ₁ =134.9	64.2	64.8	64.8	64.4	63.5	63.4	65.8	66.0	66.5	67.0	2	43.3	43.6	43.6	43.3	43.0	42.2	42.3	44.6	45.3	45.5	Kg W ₂ =210.3	42.8	44.2	44.7	44.4	42.6	43.3	44.0	44.2	44.4	43.4	3	16.6	17.8	17.3	17.3	15.6	15.3	16.8	14.2	16.3	15.3	Kg W ₃ =306.6	15.8	16.6	17.0	16.6	15.9	14.6	15.5	15.7	15.3	16.1
1	66.2	66.3		65.0	62.7	65.3	65.9	66.2	65.3	65.9	65.6	Kg W ₁ =134.9																																																								
	64.2	64.8	64.8	64.4	63.5	63.4	65.8	66.0	66.5	67.0																																																										
2	43.3	43.6	43.6	43.3	43.0	42.2	42.3	44.6	45.3	45.5	Kg W ₂ =210.3																																																									
	42.8	44.2	44.7	44.4	42.6	43.3	44.0	44.2	44.4	43.4																																																										
3	16.6	17.8	17.3	17.3	15.6	15.3	16.8	14.2	16.3	15.3	Kg W ₃ =306.6																																																									
	15.8	16.6	17.0	16.6	15.9	14.6	15.5	15.7	15.3	16.1																																																										
校 正 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th style="width: 15%;">測 点</th> <th style="width: 40%;">DM (水分計)</th> <th style="width: 45%;">DD (密度計)</th> </tr> <tr> <td rowspan="4">S. C (測点)(パイプ)</td> <td>72.291/5分</td> <td>67.233/5分</td> </tr> <tr> <td>72.784</td> <td>67.603</td> </tr> <tr> <td>72.512</td> <td>67.753</td> </tr> <tr> <td></td> <td>67.196</td> </tr> <tr> <td>20 82</td> <td rowspan="5">{ 27.111/3分</td> <td rowspan="5">{ 47.760/3分</td> </tr> <tr> <td>25 77</td> </tr> <tr> <td>30 72</td> </tr> <tr> <td>35 67</td> </tr> <tr> <td>40 62</td> </tr> <tr> <td>45 57</td> <td>28.072</td> <td>46.545</td> </tr> <tr> <td>50 52 (60)</td> <td>27.731</td> <td>45.713</td> </tr> <tr> <td>55 47 (65)</td> <td>23.305</td> <td>41.171</td> </tr> <tr> <td>60 42 (70)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>S. C</td> <td>73.246/5分</td> <td>67.867/5分</td> </tr> <tr> <td></td> <td>73.338</td> <td>68.078</td> </tr> <tr> <td></td> <td>73.401</td> <td>67.809</td> </tr> </table>			測 点	DM (水分計)	DD (密度計)	S. C (測点)(パイプ)	72.291/5分	67.233/5分	72.784	67.603	72.512	67.753		67.196	20 82	{ 27.111/3分	{ 47.760/3分	25 77	30 72	35 67	40 62	45 57	28.072	46.545	50 52 (60)	27.731	45.713	55 47 (65)	23.305	41.171	60 42 (70)			S. C	73.246/5分	67.867/5分		73.338	68.078		73.401	67.809																										
測 点	DM (水分計)	DD (密度計)																																																																		
S. C (測点)(パイプ)	72.291/5分	67.233/5分																																																																		
	72.784	67.603																																																																		
	72.512	67.753																																																																		
		67.196																																																																		
20 82	{ 27.111/3分	{ 47.760/3分																																																																		
25 77																																																																				
30 72																																																																				
35 67																																																																				
40 62																																																																				
45 57	28.072	46.545																																																																		
50 52 (60)	27.731	45.713																																																																		
55 47 (65)	23.305	41.171																																																																		
60 42 (70)																																																																				
S. C	73.246/5分	67.867/5分																																																																		
	73.338	68.078																																																																		
	73.401	67.809																																																																		

R I 挿入型		校正データシート		2 (含水率)	
実験 № 2		実験試料 関東ローム		実験者 H. Y	
含水率測定		昭和41年7月8日			
№	含水率測定	含水率(%)	含水率測定	含水率(%)	平均(%)
1	№A-150		№B-58		
	WW5 3.1 WW5 3.1		WW5 2.6 WW5 2.6		
	DW4 3.3 TW3 2.3		DW4 2.1 TW3 0.1		
	W= 9.8 W= 20.8	47.1	W= 10.5 W= 22.5	46.6	
2	№B-224		№a-6		
	WW4 9.4 WW4 9.4		WW4 9.0 WW4 9.0		
	DW3 9.0 TW2 6.0		DW4 0.6 TW3 0.7		
	W= 10.4 W= 23.4	44.4	W= 8.4 W= 18.3	45.9	46.0
3	№A-93		№A-81		
	WW5 5.2 WW5 5.2		WW5 8.0 WW5 8.0		
	DW4 3.3 TW3 0.4		DW4 7.7 TW3 6.2		
	W= 11.9 W= 24.8	48.0	W= 10.3 W= 21.8	47.3	
4	№B-19		№C-16		
	WW5 1.5 WW5 1.5		WW4 7.4 WW4 7.4		
	DW4 1.3 TW2 9.5		DW3 6.3 TW2 4.0		
	W= 10.2 W= 22.0	46.4	W= 11.1 W= 23.4	47.3	47.2
5	№A-131		№A-69		
	WW6 0.6 WW6 0.6		WW5 4.3 WW5 4.3		
	DW4 7.6 TW3 2.7		DW4 4.2 TW3 3.0		
	W= 13.0 W= 27.9	46.6	W= 10.1 W= 21.3	47.4	
6	№A-31		№a-14		
	WW6 0.5 WW6 0.5		WW5 8.6 WW5 8.6		
	DW4 7.1 TW3 2.2		DW4 5.3 TW3 0.6		
	W= 13.4 W= 28.3	47.3	W= 13.3 W= 28.0	47.5	47.2

R I 挿入型		校正計算シート							
実験 № 2		実験試料 関東ローム		計算者 H. Y					
昭和41年7月8日									
W ₀ = 82.2 Kg		h ₀ = 80.5 cm		S = 3.299 cm ²					
密度 (γ), 水分密度 (M) の計算									
	W Kg		h (cm)		H (cm)	V (cm ³)	W' (%)	γ (g/cm ³)	M (g/cm ³)
	W	W-W ₀	Σh	$\Sigma h/n$	h ₀ -h	S×H			
1	134.9	52.7		65.24	15.26	50.300	46.0	1.048	0.482
2	210.3	128.1		43.74	36.76	121.300	46.6	1.056	0.492
3	306.6	224.4		16.08	64.42	212.500	46.8	1.056	0.494
R. C の計算									
	D. M				D. D				
	S. C	Total Count	c. p. m	R. C	S. C	Total Count	c. p. m	R. C	
S. C		217587/15分	14506			202552/15分	13503		
計数値	14586	139118/15分	9275	0.636	13544	236931/15分	15795	1.166	
S. C		219985/15分	14666			203754/15分	13584		
	M=0.494 g/cm ³				$\gamma = 1.056$ g/cm ³				
備 考									

RI (透過型) 校正データシート(1)

実験 № 3

実験試料 砂質ローム (足しめ)

実験者 S. T

昭和43年11月28日 天候 くもり スケーラー № 2

校正時間 13時15分~15時20分 印加電圧 8V

気温・湿度 15℃ 17% ~ 16℃ 57% 標準体 № 1

バッテリー 12.5V ~ 11.3V

密度の測定

使用容器 60cm × 60cm × 50cm (5cm 6段)

№	W	W ₀	W-W ₀	№	W	W ₀	W-W ₀
6	339.7 Kg	59.3	280.4 Kg	2	205.7 Kg	39.0 Kg	166.7 Kg
5	306.1	54.2	251.9	1	172.6	33.8	138.8
4	272.0	49.2	222.8	0	139.4	28.7	110.7
3	238.8	44.0	194.8				

較 正

№	深さ	0°	90°	180°	270°	備 考
S. C	5	10.974/1分				
	10	11.027				
	15	10.929				
	20	10.918				
1	5	5.559/1分	5.365/1分	5.407/1分	5.498/1分	
	10	3.992	4.220	4.029	3.916	
	15	3.491	3.432	3.702	3.491	
	20	3.026	3.036	2.922	2.952	
2	5	5.563	5.435	5.766	5.497	
	10	4.143	4.156	4.200	3.990	
	15	3.688	3.947	3.671	3.748	
	20	2.958	3.140	2.871	2.930	

RI (透過型) 校正データシート(2)

実験 № 3

実験試料 砂質ローム(足しめ)

昭和43年11月28日 13時15分～15時20分

較 正

№	打込深さ	0°	90°	180°	270°	備 考
3	5	5.642	5.737	5.353	5.733	
	10	3.844	3.973	3.885	4.087	
	15	3.428	3.536	3.610	3.692	
	20	2.788	2.979	2.945	3.132	
4	5	4.852	5.131	5.588	5.395	
	10	3.936	3.837	4.098	4.165	
	15	3.305	3.197	3.671	3.676	
	20					
S.C	5	11.002				
	10	10.879				
	15	10.927				
	20	10.868				

RI (表面型) 校正データシート

実験 № 3

実験名 砂質ローム (足しめ)

昭和43年11月8日

含水率測定

№	含水率測定	含水率%	含水率測定	含水率%	平均%
6	№ 22		№ 55		
	WW7 9.5 WW7 9.5		WW6 6.7 WW6 6.7		
	DW7 5.3 WT 2 9.9		DW6 3.7 TW2 7.3		
	W ₊ 4.2 W ₊ 4 9.6	8.4 5	W ₊ 3.0 W ₊ 3 9.4	7.6 1	8.4 5
5	№ 63		№ 58		
	WW6 1.9 WW6 1.9		WW8 1.8 WW8 1.8		
	DW5 8.4 WT 2 3.7		DW7 7.4 TW3 4.9		
	W ₊ 3.5 W ₊ 3 8.2	9.1 6	W ₊ 4.4 W ₊ 4 6.9	9.3 9	9.2 8
4	№ a-5		№ 36		
	WW6 8.4 WW6 8.4		WW8 2.7 WW8 2.7		
	DW6 5.0 TW3 2.9		DW7 8.3 TW3 0.6		
	W ₊ 3.4 W ₊ 3 5.5	9.5 9	W ₊ 4.4 W ₊ 5 2.1	8.4 3	9.5 9
3	№ B-130		№ 9		
	WW6 2.9 WW6 2.9		WW6 7.0 WW6 7.0		
	DW5 9.7 TW2 9.4		DW6 3.9 TW3 4.9		
	W ₊ 3.2 W ₊ 3 3.5	9.5 6	W ₊ 3.1 W ₊ 3 3.1	9.3 6	9.4 6
2	№ 51		№ C-60		
	WW7 1.9 WW7 1.9		WW4 6.5 WW4 6.5		
	DW6 7.7 TW2 9.1		DW4 3.9 TW2 0.3		
	W ₊ 4.2 W ₊ 4 2.8	9.8 2	W ₊ 2.6 W ₊ 2 6.2	9.9 2	9.8 7
1	№ C-2		№ d-3		
	WW6 9.3 WW6 9.3		WW5 9.0 WW5 9.0		
	DW6 4.9 TW2 7.7		DW5 6.0 TW3 0.7		
	W ₊ 4.4 W ₊ 4 1.5	10.6 0	W ₊ 3.0 W ₊ 2 8.3	10.6 0	10.6 0
0	№ C-17		№ B-6		
	WW6 2.8 WW6 2.8		WW7 3.2 WW7 3.2		
	DW5 9.6 TW3 0.7		DW6 8.9 TW3 0.5		
	W ₊ 3.2 W ₊ 3 2.1	9.9 6	W ₊ 4.3 W ₊ 4 2.7	10.0 5	10.0 0

RI (透過型) 校正計算シート(1)

実験 № 3

実験試料 砂質ローム (足しめ)

計算者 H. Y

実験年月日 43年11月28日

№	打込深さ	W(g)	V(cm ³)	γ_s (g/cm ³)	W' (%)	M (g/cm ³)	γ_d	R.C	備考
							$\gamma_t - M$		
1	5	28.500	18.000	1.583	8.45	0.134	1.449	0.499	
	10	57.600	36.000	1.600	8.87	0.142	1.458	0.369	
	15	85.600	54.000	1.581	9.11	0.144	1.437	0.322	
	20	113.700	72.000	1.579	9.20	0.145	1.434	0.273	
2	5	28.000	18.000	1.556	9.59	0.149	1.407	0.509	
	10	56.100	36.000	1.558	9.52	0.148	1.410	0.377	
	15	84.000	54.000	1.556	9.62	0.150	1.406	0.344	
	20	112.100	72.000	1.557	9.88	0.154	1.403	0.272	
3	5	27.900	18.000	1.550	9.87	0.153	1.397	0.509	
	10	56.000	36.000	1.556	10.23	0.159	1.399	0.361	
	15	166.700	108.000	1.544	10.16	0.157	1.387	0.325	
	20	166.700	108.000	1.544	10.16	0.157	1.387	0.270	
4	5	110.700	72.000	1.537	10.00	0.154	1.383	0.479	
	10	110.700	72.000	1.537	10.00	0.154	1.383	0.366	
	15	110.700	72.000	1.537	10.00	0.154	1.383	0.316	
	20								
Σ	5			6.226	37.91	0.590	5.636	1.996	
	10			6.251	38.62	0.603	5.650	1.473	
	15			6.218	38.89	0.605	5.613	1.307	
	20			4.680	29.24	0.456	4.224	0.815	
Σ/N	5			1.557	9.48	0.148	1.409	0.499	
	10			1.563	9.66	0.151	1.413	0.368	
	15			1.555	9.72	0.151	1.403	0.327	
	20			1.560	9.75	0.152	1.408	0.272	

R I (透過型) 校正計算シート(2)						
実験 № 3		実験試料 砂質ローム(足しめ)			計算者 H. Y	
実験年月日		43年11月28日				
R C の計算						
№	打込深さ	S. C (cpm)	Total Count	c. p. m	R. C	備 考
S. C			43848/4	10962		
1	5	10941	21829/4	5457	0.499	
	10	"	16157/4	4039	0.369	
	15	"	14116/4	3529	0.322	
	20	"	11936/4	2984	0.273	
2	5	"	22261/4	5565	0.509	
	10	"	16489/4	4122	0.377	
	15	"	15054/4	3764	0.344	
	20	"	11899/4	2975	0.272	
3	5	"	22285/4	5571	0.509	
	10	"	15789/4	3947	0.361	
	15	"	14266/4	3567	0.325	
	20	"	11844/4	2961	0.270	
4	5	"	20966/4	5241	0.479	
	10	"	16036/4	4009	0.366	
	15	"	13849/4	3462	0.316	
	20					
5	5					
	10					
	15					
	20					
6	5					
	10					
	15					
	20					
7	5					
	10					
	15					
	20					
S. C			43676/4	10919		

密 度 計		R I 計器測定				
調査名 緑川副ダムコアー締固め		測定年月日 43年10月31日				
計器名 (S . D) (表面型)		9時20分～10時0分				
D . D (挿入型)		℃ % ～ ℃ %				
使用標準体 SW (A ₀)		測 定 者 T . W				
使用スケール _数 2						
測 定						
測 点	計数值(0°)	計数值(90°)	電 圧	備 考	計数值平均	計数值平均 S . C
	12.415/1分		V 12.3		(c.p.m)	
S.C	12.700			S.C=12.542	12.585	
	12.641					
1	16.090/2分				8.045	0.641
2	16.995				8.498	0.678
3	18.039				9.020	0.719
4	16.186				8.093	0.645
5	17.253				8.627	0.688
6	17.466				8.733	0.696
7	16.526				8.263	0.659
8	16.822				8.411	0.671
9	16.288				8.114	0.647
	12.579/1分		12.0			
S.C	12.510				12.500	
	12.410					

水分計		R I 計器測定			
調査名 緑川副ダム . コア締固め		測定年月日		43年10月30日	
計器名 S . M (表面型)				9時45分～10時25分	
D . M (挿入型)				℃ % ～ ℃ %	
使用標準体 SW (Al)		測定者		T . W	
使用スケール 1					
測定					

測 点	計 数 値 (0°)	計 数 値 (90°) 電 圧	備 考	計 数 値 平 均	計 数 値 平 均 S . C
	19.826 / 1分				
S.C	19.423			19.652	
	19.708				
1	11.153 / 2分		S.C=19.580	5.577	0.285
2	10.524			5.262	0.269
3	11.751			5.826	0.298
4	11.117			5.559	0.284
5	9.834			4.917	0.251
6	8.885			4.442	0.227
7	11.922			5.961	0.304
8	11.796			5.898	0.301
9	9.641			4.821	0.246
	19.489				
S.C	19.557			19.509	
	19.480				

密 度 計		R I 計器測定			透 過 型	
調査名 緑川副ダム コア一締固め 測定年月日 43年10月30日						
10時00分～10時50分 ℃ %～ ℃ %						
使用標準体 TW (Al) 使用スケールmm 2						
打入深さ 10cm 測定者 T. W						
測 点	計 数 値 (0°)	計 数 値 (90°)	電 圧	計 数 値 平 均	計 数 値 平 均 / S.C	備 考
S.C	12.841 / 1分		11.7V			
	12.586			12.667		
	12.574					
						S.C
1	4.030 / 2分			2.015	0.159	12.667
2	4.636			2.318	0.184	12.570
3	4.149			2.075	0.166	12.474
4	4.259			2.129	0.172	12.377
5	4.479			2.239	0.182	12.280
6	4.230			2.115	0.174	12.184
7	4.791			2.396	0.198	12.087
8	4.198			2.099	0.175	11.990
9	4.355			2.176	0.182	11.990
S.C	12.069 / 1分					
	11.944		11.5	11.990		
	11.956					

密 度 計		R I 計器測定				
調査名 矢板バイパスA-②		測定年月日		43年9月28日		
計器名 SD(表面型)		10時35分～11時15分				
(DD)(挿入型)		℃ %～℃ %				
使用標準体 DW(Al)		測 定 者		S. T. H. Y		
使用スケール数 1						
測 定						
測 点	計数值(0°)	計数值(90°)	電 圧	備 考	計数值平均	計数值平均 S.O
SC	12893/1分	12886	12.6V	SC=12854		
	12871	12677				
	12836	12862				
0.250	7211/1分	7453			7332	0.570
0.500	6519	6499			6509	0.506
0.750	7163	7156			7160	0.557
0.900	7750	7760			7755	0.603
1.025	7768	7658			7713	0.600
1.150	7637	7693			7665	0.596
1.275	7674	7392			7533	0.586
1.400	7531	7531			7531	0.586
1.525	6594	6583	12.6		6586	0.512
1.650	6486	6444			6465	0.503
1.775	6535	6572			6554	0.510
1.900	6341	6159			6250	0.486
2.000	6025	5833			5929	0.461
2.250	6363	6199			6281	0.489

水分計		R I 計器測定			
調査名 矢板バイパス A-②		測定年月日 43年9月28日			
計器名 SM (表面型)		10時05分~10時50分			
(DM) (挿入型)		℃ % ~ ℃ %			
使用標準体 DW (Al)		測定者 T. K, S. J			
使用スケール 1/2					
測定					
測 点	計 数 値 (0°)	計 数 値 (90°)	電 圧	備 考	計 数 値 平 均 S.C
S.C	17.163/1分	17.326	12.V	S.C=17.231	
	17.113	17.287			
	17.281	17.218			
0.250	3.189/1分	3.509			3.349 0.194
0.500	8.737	9.041			8.737 0.507
0.750	9.538	8.393			8.966 0.520
0.900	8.806	9.542			9.174 0.532
1.025	9.613	9.444			9.529 0.553
1.150	9.004	8.996			9.000 0.522
1.275	8.836	8.706			8.771 0.509
1.400	6.315	6.281			6.298 0.365
1.525	6.178	6.119			6.149 0.357
1.650	7.532	8.120			7.826 0.454
1.775	7.886	7.963			7.925 0.460
1.900	7.782	7.786			7.784 0.452
2.000	7.478	7.130			7.304 0.424
2.250	9.119	9.268			9.194 0.534

ブラトー特性データシート

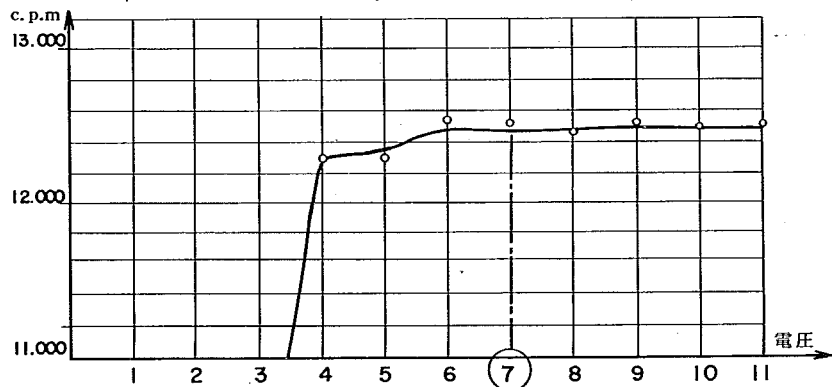
昭和43年5月11日

天候 晴 10時30分～11時10分

℃ %～℃ %

計器名 SD 使用標準体 SW(AE) 使用スケール 2

電 圧		計 数 値 ↓	電 圧	計 数 値 ↑	電 圧	平 均	備 考
(密度計)	水分計						
TEST		45.477/1分					
"		45.472					
"		45.477					
1	1.5	0					
5	1.75	12.439	12.3				
11	2.0	12.556					
5	1.75	12.240					
1	1.5	0		0		0	
2	1.55	0		0		0	
3	1.6	0		0		0	
4	1.65	12.305		12.291		12.298	
5	1.7	12.214		12.383		12.298	
6	1.75	12.578		12.533		12.566	
7	1.8	12.479		12.599		12.539	
8	1.85	12.458		12.454		12.456	
9	1.9	12.605		12.372		12.484	
10	1.95	12.671		12.391		12.531	
11	2.0	12.457		12.540	11.8	12.499	



2 土砂の化学分析試験成績表

成分 規格 符号及び番号	Si °	Al °	Ca °	Fe °	Mg °	Ti °	Cu °	Mn °	Cr	Na° K°	V °	判 定
砂 ヨウヘキ 前	2S	S	F	M	M	F	W	W	W	F W	Tr	
〃 後	2S	S	F	M	F	F	Trace	Trace	Trace	F W	Tr	
大 阪 マ サ 土	2S	S	F	M	M	F	Trace	W	W	F W	Tr	
第 1 盛 土	S	S	M	M	M	F	W	F	Trace	Trace	W	
第 2 盛 土	S	S	M	M	M	F	W	F	Trace	W	W	
鳥 井 峠	S	S	M	M	M	F	Trace	F	Trace	F W	—	
砂	2S	S	M	M	S	M	W	M	—	M W	W	
緑 川 マ サ 土	2S	S	M	M	S	M	W	M	Trace	S W	W	
姫 路	S	M	M	M	W	F	W	Trace	Trace	W W	Trace	
砂 質 ク ロ ー ム	S	M	F	F	F	F	W	W	—	W —	—	
2S = 主成分 S = Strong 10%未満 M = Medium 1% " F = Fair 0.1~1%未満 W = Weak 0.01~0.01 " Tr = Trace < 0.01 "												

土砂の化学分析試験成績表

成分 規格 符号及び番号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	Igloss	判 定
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
大 阪 マ サ 土	66.71	25.0	0.20	2.60	Trace	0.24	0.06	1.31	1.72	1.96	
第 1 盛 土	39.31	32.1	1.28	12.8	0.31	0.17	0.24	0.73	0.33	12.6	
第 2 盛 土	44.39	37.6	0.12	7.84	Trace	0.70	0.16	1.01	0.62	7.45	
緑 川 マ サ 土	46.70	34.3	3.57	7.42	0.31	0.86	0.17	2.71	0.44	3.38	
砂 質 ロ ム	49.59	35.1	1.28	5.46	Trace	0.53	0.12	1.20	0.44	6.08	
備考											

3. 貯蔵庫における管理区域設定の計算例

R I 計器及び放射線物質（但し密封線源）を格納するための貯蔵庫の貯蔵能力についての計算例を示すもので、貯蔵庫の構造は図に示す構造として計算したものである。

R I 貯蔵庫詳細図

単位 mm

鉄扉 1250(高)×1000(中)×6(厚)

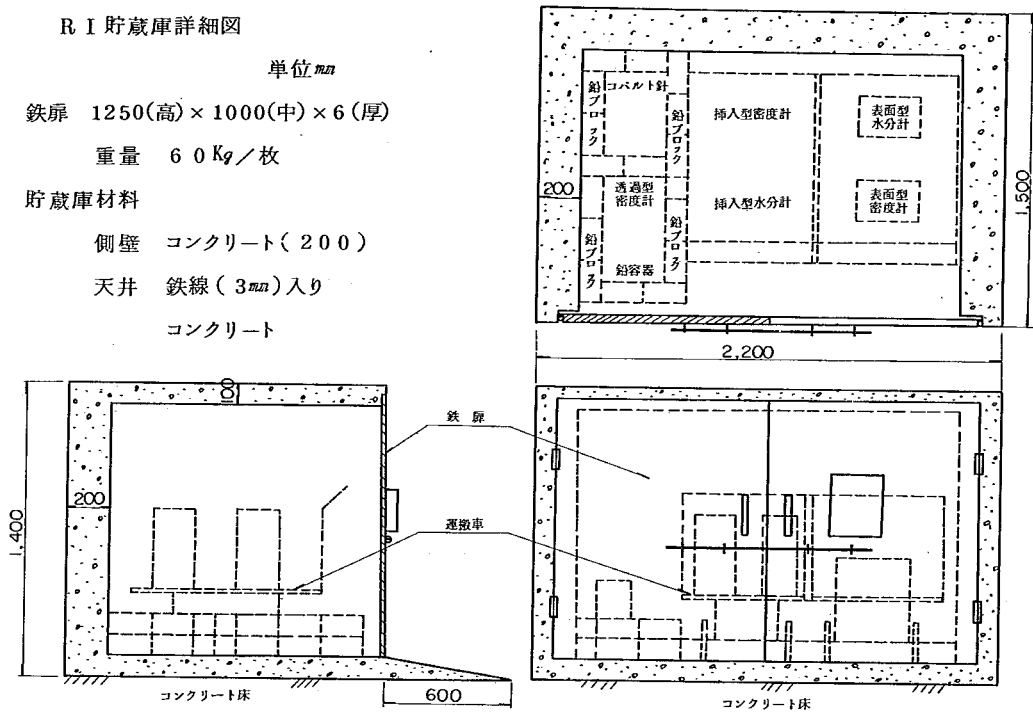
重量 60 Kg/枚

貯蔵庫材料

側壁 コンクリート(200)

天井 鉄線(3mm)入り

コンクリート



貯蔵庫における管理区域設定の計算例

I 漏えい線量の計算

γ 線の線量率の計算

各崩壊毎に1個の光子が放出されるものとし、 3.7×10^7 C個/秒の γ 光子が線源より放出される。したがって線源よりR (cm) のところを通る γ 光子数は

$$\phi = \frac{3.7 \times 10^7 \text{ C}}{4 \pi R^2} \text{ (個/cm}^2 \cdot \text{sec)}$$

で表される。

1レントゲン(R)は空気1 cm³につき 7.08×10^4 MeV のエネルギー吸収に相当するので線量率は

$$\frac{\phi E \mu^*}{7.08 \times 10^4} = 0.0508 \frac{3.7 \times 10^7 \text{ CE}}{4 \pi R^2} \quad \mu^* = \frac{K \cdot \text{CE} \mu^*}{R^2} \text{ (R/hr)}$$

ここで $K = 1.50 \times 10^5$

E (エネルギー) が0.07 MeV ~ 3 MeV の範囲では

$\mu^* = 3.5 \times 10^{-5} \text{ (cm}^{-1}\text{)}$ であるからCをキュリー、Rをメートルの単位にとれば

$$\frac{0.525}{R^2} \text{ CE (R/hr)} \dots\dots\dots(1)$$

で求められる。

しゃへい体のある場合は

$$\frac{0.525 \text{ CE}}{R^2} \cdot e^{-\mu d} \text{ (R/hr)} \dots\dots\dots(2)$$

ここで μ および d はしゃへい体の線吸収係数および厚さである。

1. 計器に内蔵されてない線源の計算

(1) コバルト針(1 mCi の Co^{60} の針)の場合

γ 線のエネルギー: 1.17 MeV, 1.33 MeV E=0.07 MeV ~ 3 MeV の範囲内であるので(1)

式より線量率を求める。

$$\frac{0.525}{R^2} (1.17 + 1.33) C = 1.31 \frac{C}{R^2} \text{ (R/hr)}$$

(i) しゃへい物がない場合

一容器（鉛容器・鉛厚 2 cm）に 1 mCi 針 4 本を入れる。

$$1.31 \times \frac{4 \times 10^{-3}}{1} = 5.24 \times 10^{-3} \text{ (R/hr) となる。}$$

(ii) しゃへい物を考える。

しゃへい物の半価層

エネルギー しゃへい物	1.17 MeV	1.33 MeV	平均エネルギーによる	再生係数を 25% 見込んだとき
鉛	0.89	1.07	0.98	1.25
鉄	1.58	1.69	1.64	2.05
コンクリート	4.95	5.25	5.10	6.38

ここで半価層の計算は次の通りとする。

（半価層の計算）

Co^{60} の線吸収係数をラジオアイソトープ手帳などを参考にして求めると、鉛の場合

$$1.17 \text{ MeV に対して } \mu = 0.78 \text{ (cm}^{-1}\text{)}$$

$$1.33 \text{ MeV に対して } \mu = 0.67 \text{ (cm}^{-1}\text{)}$$

であるから半価層は

$$1.17 \times 0.78 = 0.89 \text{ cm}$$

$$1.33 \times 0.67 = 1.07 \text{ cm}$$

となる。

そこでこの平均の半価層は $(0.89 + 1.07) / 2 = 0.98 \text{ cm}$ となり、再生係数を 25% 見込むと

$$(1 + 0.25) \times 0.98 = 1.25 \text{ cm}$$

となる。

同様にコンクリート、鉄においても求める。

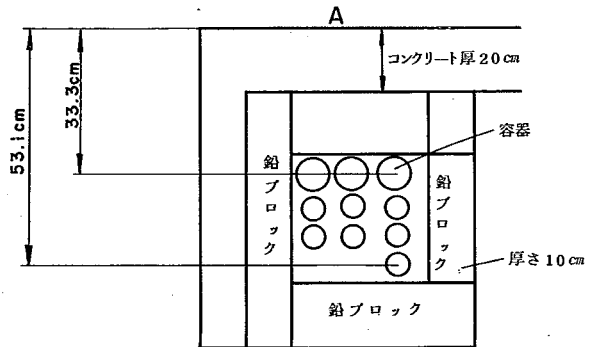
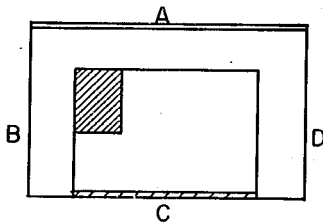
保管は貯蔵庫詳細図に示した場所に保管し、次図の様に方向をきめ各方向の線量率を計算

鉛容器（厚さ 2 cm）1 ケにコバルト針 4 本を入れ、その容器表面の線量率を求める。

半価層は 1.25 cm であるから(2)式を用いて線量率を求めると

$$5.24 \times 10^{-3} (1/2)^{\frac{2}{1.25}} = 1.73 \times 10^{-3} (\text{R/hr at 1m})$$

容器表面では $1.73 \times 10^{-3} \left(\frac{10^2}{2}\right)^2 = 4.325 (\text{R/hr})$ となる。容器配列は次図のようにする。



(a) A 方向

貯蔵庫面より 33.3 cm (A-1), 39.6 cm (A-2), 46.5 cm (A-3), 53.1 cm (A-4) の 4 個と 3 個, 計 10 個を縦に配列する。

(計算方法)

(i) 鉛容器 1 ケ当たり (鉛ブロック, コンクリート壁がない場合)

$$1.73 \times 10^{-3} \times \left(\frac{10^2}{33.3}\right)^2 = 1.56 \times 10^{-2} (\text{R/hr})$$

(ii) 鉛ブロックを考える (厚さ 10 cm)

$$\text{半価層 } 10 \div 1.25 = 8.0$$

$$\therefore 1.73 \times 10^{-3} \times \left(\frac{1}{2}\right)^8 = 6.747 \times 10^{-6} \text{ (R/hr)}$$

$$\left(\frac{10^2}{33.3}\right)^2 = 9.02$$

$$\therefore 6.747 \times 10^{-6} \times 9.02 = 6.09 \times 10^{-5} \text{ (R/hr)}$$

(イ) コンクリート壁を考える(厚さ 20 cm)

$$\text{半価層 } 20 \div 5.10 = 3.13$$

$$\therefore 6.747 \times 10^{-6} \times \left(\frac{1}{2}\right)^{3.13} = 7.692 \times 10^{-7} \text{ (R/hr)}$$

$$7.692 \times 10^{-7} \times 9.02 = 6.94 \times 10^{-6} \text{ (R/hr)}$$

順次同様な計算を各々について行くと次表のようになる。

	容器表面	ナマリブロック 厚(10cm)	コンクリート壁	距離係数	線量率 10^{-6} (R/hr)	備 考
A-1	1.73×10^{-3}	6.747×10^{-6}	7.692×10^{-7}	9.02	6.94	線源より X m 離れた場所に対して 1 m の場所との距離比の 2 乗を距離係数とする。 $:(\frac{r^2}{X^2})^2$
A-2	1.73×10^{-3}	6.747×10^{-6}	7.692×10^{-7}	6.28	4.83	
A-3	1.73×10^{-3}	6.747×10^{-6}	7.692×10^{-7}	4.62	3.55	
A-4	1.73×10^{-3}	6.747×10^{-6}	7.692×10^{-7}	3.55	2.73	

(b) B, C, D 方向

A 方向で計算を行ったように、同様な計算を行う。但し、この場合 C 面の鉄トビラはしやへい物とせず無視して計算を行った。

(2) その他の計器に内蔵されていない密封線源

C. -137, R_A-B. の線源については、コバルト針の計算と同様に行い、γ線のエネルギーを次のようにし各々の量、容器の半価層を求め、それより線源率を求める。

γ線エネルギー C. -137: 0.662 MeV

R_A-B. : R_A = 0.188 MeV, B. = 0.48 MeV

(3) 各方向の線量率の合計

各方向で分割したものを合計して、その方向の線量として、その総合計をすると次表のようになる。

線源 方向	^{60}Co 針	^{137}Cs	$R_A - B$	計 ($R/h r$)	mRem/hrへの換算	備考
A	4.87×10^{-5}	2.24×10^{-12}	2.25×10^{-17}	4.87×10^{-5}	0.045	
B	4.95×10^{-5}	1.19×10^{-7}	2.67×10^{-9}	4.96×10^{-5}	0.046	
C	7.55×10^{-5}	7.26×10^{-7}	2.36×10^{-9}	7.62×10^{-5}	0.071	
D	2.65×10^{-6}	6.11×10^{-7}	1.38×10^{-7}	3.40×10^{-6}	0.003	
E	4.83×10^{-3}	4.90×10^{-4}	3.46×10^{-41}	5.67×10^{-3}	5.270	

2. 計器に内蔵された線源

計器からの漏洩線量率、すなわち別に測定された計器の漏洩放射線強度分布図を参照して、これを基にして計算を行う。貯蔵庫での保管場所は貯蔵庫詳細図に示したように配置する。

(1) 表面型 γ 線密度計

	距 離	① 距離係数	② 漏洩線量	③=①×② 線量(mR/hr)	④ コンクリート遮蔽	⑤ 鉄 板	③×④×⑤ 線量(mRem/hr)
A	0.80m	1.563	0.1 mR/hr	0.156	5.6×10^{-2}	—	8.256×10^{-3}
B	1.70	0.346	0.1	0.035	5.6×10^{-2}	—	1.960×10^{-3}
C	0.70	2.040	0.1	0.204	—	0.710	0.142
D	0.50	4.000	0.1	0.400	5.6×10^{-2}	—	2.240×10^{-2}
E	0.90	1.123	0.1	0.112	0.238	—	2.618×10^{-2}

ここでしゃへい体の計算においては、コバルト針で計算したように、各々の物質について同様に、 γ 線エネルギー(Cs-137)を0.662MeVとして計算をした。

(2) 計器に内蔵された線源の合計線量率

その他の計器についても同様な計算を行い、それらの各計器の線量率を求め、各方向の合計をすると次のようになる。

	表面型 γ 線 密 度 計	表面型中性 子 水分計	透過型 γ 線 密 度 計	透過型中性 子 水分計	挿入型 γ 線 密 度 計	挿入型中性 子 水分計	合 計
A	0.008	0.015	—	—	0.112	0.004	$\frac{\text{mr}}{\text{hr}}$ 0.139
B	0.002	0.006	—	—	0.003	0.004	0.015
C	0.142	0.085	—	—	0.355	0.020	0.602
D	0.022	0.062	—	—	0.040	0.010	0.134
E	0.026	0.088	0.048	0.109	0.120	0.020	0.411

3. 貯蔵庫の各方向の合計線量

	計器に内蔵されてない線源	計器に内蔵される線源	合 計	備 考
A	0.045	0.139	0.184	
B	0.046	0.015	0.061	
C	0.071	0.602	0.673	
D	0.003	0.134	0.137	
E	5.270	0.411	5.681	

合計線量は上表のようになる。

O方向は扉前面であり 0.673mr/hr となり 0.3m 離れた場所に棚を設け管理区域とすれば、そのときの線量は 0.425mr/hr となり許容線量 0.6mr/hr 以下となる。またE方向は 5.181mr/hr であるが、貯蔵庫の天井であり、人の立入り区域でない。

II 管理区域の設定

貯蔵庫の管理区域は計算して求めた値から、扉前面 30cm の場所を管理区域とすることで、許容線量以下となる。又室内及び現場測定での管理区域はこの場合計器が携帯型であるので随時移動して測定（密度，含水量）を行うので、管理区域は計器をセットした位置を中心に使用時に 30mR/Week の強度点の境に をして標識を付け管理区域とする。ここで施工研究室で使用している計器についての管理区域を示すと次のようになる。

計 器 名	線 源 量	常時使用における管理区域	最大時使用時における管理区域
挿入型密度計のみ	$\text{Cs}^{137} 10\text{mCi}$	線源を中心に半径 0.8m の円周	線源を中心に半径 2.8m の円周
挿入型水分計のみ	Am-Be 30mCi	" 0.25 "	0.6
挿入型密度計及び水分計 同時使用		" 0.9 "	3.0
表面型密度計のみ	$\text{Cs}^{137} 10\text{mCi}$	" 3.0 "	3.0
表面型水分計のみ	Am-Be 60mCi	" 0.8 "	0.8
表面型密度計及び水分計 同時使用		" 1.2 "	1.2
透過型密度計のみ	$\text{Cs}^{137} 10\text{mCi}$	" 1.0 "	1.0
Co 針 1mCi 1本使用	Co^{60}	" 1.3 "	1.3
Co 針 1mCi 3本使用	Co^{60}	" 2.3 "	2.3

4. 被曝に対する健康管理の例

被 曝 線 量 記 録											
土木研究所千葉支所											
昭和43年10月5日～昭和43年10月25日											
月日曜		被 曝 時 間	平均距離			指定被 曝線量	使用計器	使用場所	作業内容	備考(被曝者)	フィルム バッジ
			遠	中	近						
10. 5	土	1.0	○			0.10	SM	実験室	プラトー	武田	
14	月	1.3	○			0.13	〃	〃	〃	〃	
15	火	2.6	○			0.26	〃	〃	〃	〃	
16	水	1.0	○			0.10	〃	盛 土	特性実験	武田, 吉岡	
22	火	1.6	○			0.16	〃	実験室	プラトー	武田	
23	水	6.5	○			0.65	〃	〃	特性実験	武田, 吉岡	
25	金	1.5	○			0.15	〃	〃	〃	〃 〃	
備考 近: 管理区域以内(2～3m) 0.6～1mr/h											
中: 4～5m 0.2											
遠: 5m以上 0.1											

被曝線量記録（個人票）

土木研究所千葉支所

島津晃臣用					表 3					
月日曜	被曝時間	平均距離			推定被曝線量	使用計器	使用場所	作業内容	備 考	フィルムバッジ
		遠	中	近						
40. 11.14日	hr 4	○			mr 0.6	SD, SM DD	盛 土	A-⑥ 水平パイプ		① 1.5 (4日)
15月	2	○			0.3	DD	〃	水平パイプ		
16火	2	○			0.3	〃	〃	〃		
17水	2	○			0.3	〃	〃	〃		
18木	4.5	○			0.6	〃	〃	〃		
29月	8	○			1.2	DD, DM	アビコ	盛 土 調 査	5.2(11日)	② 5.5 (7日)
12.2木	4.5	○			0.7	DD, DM	盛 土	水平パイプ		
7火	4.5	○			0.7	〃	〃	〃	ディスクレベル 改造後	
8水	8	○			1.2	〃	アビコ	盛 土 調 査		
9木	5	○			0.8	〃	盛 土	水平パイプ		
10金	4	○			0.6	〃	〃	〃		③ 6.1 (6日)
11土	2	○			0.3	〃	〃	〃		
14火	2	○			0.3	〃	〃	縦パイプ		
15水	1		○		0.2	SD, DM	実験室	プラトーDM の安定		
16木	1		○		0.2	DM	〃	DMの安定		
17金	6	○			0.9	D, DM	盛 土 実験室	縦パイプ DMの安定		④ 7.1 (7日)
20月	5		○		2.5	Co ⁶⁰ 針	盛 土	Co針設置		
21火	4		○		2.0	Co ⁶⁰ 針	〃	〃	10.4(12日)	
41.										
1.12水	4		○		0.8	SD, SM	実験室	SB 横		
14金	8		○		1.6	SD, SM DD, DM	〃	SB 電圧特性実験		⑤ 20.0 (7日)
15土	10		○		2.0	SD, SM	〃	電圧 プラトー		
16日	4		○		0.8	SD, SM	〃	時間変動 出力度数分布		
17月	5	○			0.8	DD, DM	盛 土	縦パイプ		
近：管理区域以内(2～3m) 0.6～1 mr/h 中：4～5m 0.2mr/h 遠： 0.1mr/h										

被曝線量の記録(昭和41年度)

2週間単位

(建設省土木研究所千葉支所)

2週間		月日	氏名 区分		島津晃臣				吉岡晴之				野中英男				宮崎隆				鴨下仁				備考
					A	⑤	C	D	A	⑤	C	D	A	⑤	C	D	A	⑤	C	D	A	⑤	C	D	
		41年																							
1	4. 4 ~ 4.17	3	1.2			6	3.0			4	1.2			0	0			1	0.2			⑤ 4.26			
2	4.18 ~ 5. 1	0	0			7	3.4	232	102.4	7	3.4			0	0			0	0						
3	5. 2 ~ 5.15	0	0			5	2.4			5	2.4	75	8.6	0	0			0	0						
4	5.16 ~ 5.29	3	0.8			5	1.6			2	0.4			1	0.2	0.2	28.1	0	0						
5	5.30 ~ 6.12	2	1.3			10	2.16			3	5.9			1	0.8			1	0.8			⑤ 8.2			
6	6.13 ~ 6.26	2	1.2	4.5	132.9	6	4.8			6	4.8			2	1.4			0	0	1.0	40.5				
7	6.27 ~ 7.10	0	0			7	2.2			4	3.2			0	0			0	0						
8	7.11 ~ 7.24	0	0			4	1.9			4	2.0			0	0			0	0						
9	7.25 ~ 8. 7	2	0.8			4	1.6	445	146.9	1	0.4			1	0.4			0	0			⑤ 8.2			
10	8. 8 ~ 8.21	0	0			3	1.6			1	0.5	170	25.6	0	0			0	0						
11	8.22 ~ 9. 4	1	0.4			7	2.3			2	0.4			0	0	2.6	30.7	0	0			⑤ 1.23			
12	9. 5 ~ 9.18	1	0.4			2	1.0			2	1.0			0	0			1	0.4						
13	9.19 ~ 10. 2	0	0	1.6	134.5	4	4.0			4	4.0			0	0			0	0	0.4	40.9				
14	10. 3 ~ 10.16	0	0			0	0			0	0			0	0			0	0						
15	10.17 ~ 10.30	0	0			0	0	93	156.2	0	0			0	0			0	0						
16	10.31 ~ 11.13	0	0			1	0.4			0	0			0	0			0	0						
17	11.14 ~ 11.27	0	0			1	0.4			0	0	54	31.0	0	0			0	0						
18	11.28 ~ 12.11	3	0.4			8	2.7			0	0			0	0	0	30.7	0	0						
19	12.12 ~ 12.25	2	0.9	1.3	135.8	7	2.7			3	1.3			1	0.2			0	0	0	40.9				
20	12.26 ~ 1. 8	0	0			0	0			0	0			0	0			0	0						
		42年																							
21	1. 9 ~ 1.22	5	1.5			7	1.9			3	0.8			3	0.7			0	0			⑤ 1.23			
22	1.23 ~ 2. 5	0	0			3	0.6	83	164.5	1	0.2			0	0			0	0						
23	2. 6 ~ 2.19	0	0			0	0			0	0	23	33.3	0	0			0	0						
24	2.20 ~ 3. 5	0	0			0	0			0	0			0	0	0.9	31.6	0	0						
25	3. 6 ~ 3.19	6	6.5			0	0			6	2.5			7	4.3			0	0						
26	3.20 ~ 4. 2	1	0.5	8.5	144.3	0	0			1	0.5			1	0.4			0	0	0	40.9				
A: 従事日数 ⑤: 2週間における被曝線量 (mr) D: 集積線量 (mr) ⑤: 健康診断 C: 13 " " (mr)																									

↓ 10 mr 以下
フィルムパッチ使用

集積線量の記録

(建設省土木研究所千葉支所)

表 1

氏名 島 津 晃 臣

昭和15年1月18日生れ

年月日～月日	1ヶ月	3ヶ月	集 積	備 考 日数	年月日～月日	1ヶ月	3ヶ月	集 積	備 考 日数
	m r	m r	m r			m r	m r	m r	
39年3月1日～ 3.31	2			7	2. 1～ 2.28	2.5	2 0.8	1 2 3.1	4
4. 1～ 4.30	0.5			2	3. 1～ 3.31	5.3			7
5. 1～ 5.31	1.1	3.6	3.6	5.27健康診断 3	4. 1～ 4.30	1.2		4.26健康診断 3	3
6. 1～ 6.30	0.2			1	5. 1～ 5.31	0.8	7.3	1 3 0.4	3
7. 1～ 7.31	4.2			2	6. 1～ 6.30	2.5			4
8. 1～ 8.31	1 2	16.4	20.0	8	7. 1～ 7.31	0			0
9. 1～ 9.30	1 6.			11	8. 1～ 8.31	1.2	3.7	1 3 4.1	8.2健康診断 3
10. 1～10.31	7.3			10.28健康診断 13	9. 1～ 9.30	0.4			1
11. 1～11.30	4.0	2 7.3	4 7.3	9	10. 1～10.31	0			0
12. 1～12.31	6.0			12	11. 1～11.30	0	0.4	1 3 4.5	0
40年1月1日～ 1.31	2.1			10	12. 1～12.31	1.3			5
2. 1～ 2.28	2.5	10.6	5 7.9	7	42年 1月	1.5		1.23健康診断 5	5
3. 1～ 3.31	1.2			5	2月	0	2.8	1 3 7.3	0
4. 1～ 4.30	0			0	3月	7.0			7
5. 1～ 5.31	0	1.2	5 9.1	0	4月	0			0
6. 1～ 6.30	0			0	5月	0	7.0	1 4 4.3	0
7. 1～ 7.31	0			0	6月	0.4			1
8. 1～ 8.31	1 2.1	1 2.1	7 1.2	13	7月				
9. 1～ 9.30	2 2.0			20	8月				
10. 1～10.31	3.9			10.20健康診断 10	9月				
11. 1～11.30	5.2	3 1.1	10 2.3	11	10月				
12. 1～12.31	1 0.4			12	11月				
41年1月1日～ 1.31	7.9			9	12月				

昭和42年 1月23日の検査の結果は以下の通りです。

1/1

氏 名	皮 ふ	血 液 検 査												眼 (白内障)	備 考
		血色素量 Hb	全血比重	赤血球数 Rote	白血球数 We i B t	白血球百分率 (%)									
						meta	stab	seg	Mono	ymdo	(e)	-(s)	Eor ins		
野 中 英 男		19g/dl		460 10×4	5000	1		39	1		1	59			
島 津 晃 臣		20 "		535	5500		5	70	1			24	2		
宮 崎 隆		19 "		520	5300		1	51	2		1	45	2		
吉 岡 晴 之		19 "		520	8200		2	61	1		1	35	2		

以上 昭和42年 1月26日 千葉大学医学部附属病院

(皮ふ, 血液検査).....放射線科

内 山

曉

印

(眼の検査).....眼科

印

No. 1

氏名 吉 岡 晴 之

S 1 6 年 9 月 2 9 日 生 れ

○放射線施設初立入時期 S 4 0 年 8 月 1 7 日

検査年月日	検査場所	皮 ふ	血 液 検 査												眼 (白内障)	備 考
			血色素量 Hb	全血比重	赤血球数 Rote	白血球数 WeiBe	白血球百分率 (%)									
							Meta	Stad	Seg	Mono	Ymdo	(e)	(s)	Eorins		
4 0.1 0.2 0	千葉大 附属病院	正	117 %	—	480 ^万	5,300										—
4 1. 4. 2 6	〃	—	120 %	—	465	6,800	1 核 1	2 核 31	3 核 25	4 核 5	5 核	リンパ核 37				正
4 1. 8. 2	〃	—	118 %	—	495	5,800										—
4 2. 1. 2 3	〃	—	19% ^{dl}	—	520	8,200	meta	stab 2	seg 61	Mono 1	ymdo	(e) 1	(s) 35	Eorins 2		正
4 2. 7. 5	〃	正	17% ^{dl}	—	500	7,600	st 3	s2 28	s3 23	s4 4	s5	(e)	(s) 43	E		—
4 3. 2. 1 5	〃	〃	100.5 %	47.5	514	7,500	5	49	5	0	39	2				正
4 3. 9. 1 1	〃	〃	96.5 %		4.7 2	7,600						リンパ球 48				

5. 使用場所の一時的変更届の例

R I による放射線障害の防止に関する法律

第 3 条の 2 第 2 項の規定による届出使用に係る変更届

○ 提 出 書 類 一 覧

	正本	副本
○ 第 3 条の 2 第 2 項の規定による届出使用に係る変更届	1 通	5 通
○ 放射性同位元素の使用場所変更予定期間	1	3
○ 放射性同位元素の使用場所変更に係る運搬, 貯蔵, 管理区域の設定など	1	3
○ 図 — 1	1	3
○ 図 — 2	1	3
○ 図 — 3	1	3
○ 図 — 4	1	3
○ 図 — 5	1	3

日本 R I 協会 946-7111

年 月 日

殷

所長 村 上 永 一

氏 名 又 は 名 称	建設省 土 木 研 究 所
法人にあっては，その代表者の氏名	所 長 村 上 永 一
住 所	東京都文京区本駒込 2 丁目 2 8 番 3 2 号 電話番号(942-2141)
法第 3 条の 2 第 1 項の届出をした年月日	昭和 4 0 年 2 月 1 2 日
工 場 又 は 事 業 所	名 称 建設省 土 木 研 究 所 千葉支所
	所 在 地 千葉市穴川 4 丁目 1 2 番 5 2 号 電話番号(51-1251)
事 務 上 の 連 絡 先 (注2)	名 称 建設省 土 木 研 究 所
	所 在 地 東京都文京区本駒込 2 丁目 2 8 番 3 2 号 電話番号(942-2141)
	連 絡 員 の 氏 名 梅 沢 千 代 子 部 属 部 課 名 (企 画 室)
変 更 の 内 容 (注3)	変 更 前 土工管理実験室および建設機械運行作業場
	変 更 後 滋賀県坂田郡山東町地先および名古屋市港区南陽町地先
変 更 の 理 由	R I を装備したガンマ線密度計および中性子水分計による現場測定(被破壊探査)にともなう使用場所の一時的変更

3 この届書の正本1通及び副本3通には、規則第10条第2項に規定する書類を、それらの書類の一覧表とともに、添えること。

放射性同位元素の

使用場所変更予定期間
(一時的な変更)

1. 変更した使用場所

変更前：土工管理実験室及び建設機械運行作業場

変更後：「滋賀県坂田郡山東町地先の山東道路（附図－１，２の通り）」

および

「名古屋市港区南陽町地先の名四国道日光川締切堤部（附図－１，３の通り）」

但し挿入型水分計（Ra-Be 5mc）および

挿入型密度計（Cs¹³⁷ 10mc）

のみ

2. 変更開始予定日 昭和42年 3月 1日

3. 変更期間 15日間

4. 変更期間終了後は、変更前の使用場所へ戻す。

昭和42年 月 日

建設省土木研究所

所長 村上 永一

放射性同位元素の使用場所変更に係る

運搬，貯蔵，管理区域の設定など

(密封)

概要：R I を装備した挿入型水分計および挿入型密度計を用いて，中部地方における2ヶ所の道路盛土内部の被破壊探査（盛土内部に埋設されているパイプを利用して）を行なうものである。

1. 運 搬

附図－4に示すように，セドリックバン（千4た10－63）にて運搬する。運搬は「放射性物質車両運搬規則」により行なう。

2. 貯 蔵

計器自身がR I（Ra-Be 5mc, Cs ¹³⁷ 10mc）の貯蔵容器を兼ねており，短期間に計器を随時移動するので特に固定した貯蔵施設は設けない。よって貯蔵は車両（セドリックバン）に積載した状態で行ない，次に述べるような管理区域を設定し，境界にはサクおよび標識を設ける。

3. 管理区域の設定

(1) 自動車に積載する場合（駐車中）

附図－4における①，②……⑧の箇所の放射線強度を調べると次のようになる。

○ 漏洩放射線強度

	挿入型水分計によるもの (M)	挿入型密度計によるもの (D)	M+D	鉛板による透過率	真の漏洩放射線強度	備 考
	mr/h	mr/h	mr/h		mr/h	mr/h
①	0.25	0.15	0.40	0.55	0.22	<0.6
②	0.25	0.20	0.45	0.55	0.25	<0.6
③	0.25	0.20	0.45	0.55	0.25	<0.6
④	0.70	0.25	0.95	—	0.95	管理区域設定の要あり
⑤	0.70	0.25	0.95	—	0.95	
⑥	5.0	0.25	5.25	—	5.25	〃
⑦	0.70	0.20	0.90	—	0.90	〃
⑧	1.5	0.15	1.65	—	1.65	〃

①, ②, ③については問題はないが, ④~⑤については一週間を5.0時間とした場合の管理区域設定の線量 0.6 m r/h を越えるので, この部分については附図-5に示すような範囲に管理区域を設定し, 境界には, サク及び標識を設ける。人の出入りの予想される場所に駐車する場合(例えば一般道路上)には見張人をおく。

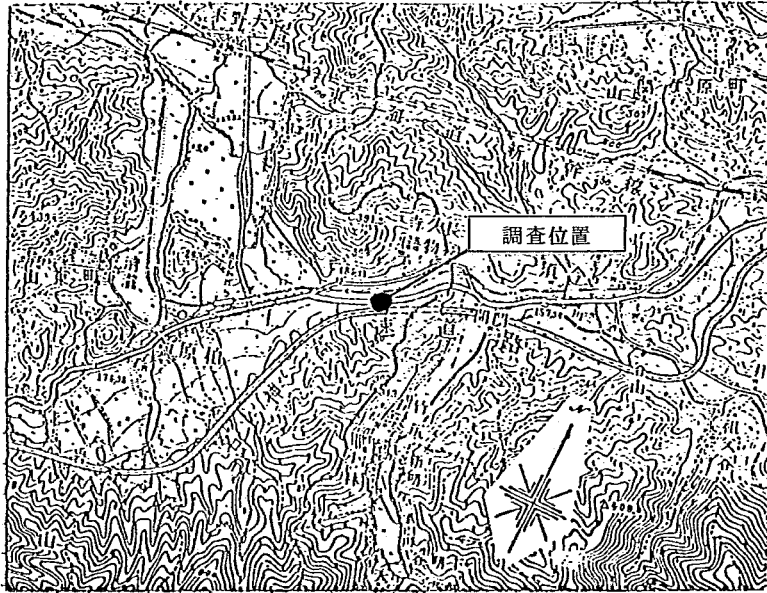
(2) RIを装備した計器を自動車よりおろして使用する場合

挿入型密度計, 挿入型水分計とも線源を中心にして半径2.8 mの円内を管理区域として, 円周上にサクおよび標識を設ける。

図の印をつけた2ヶ所で、詳細は図-2、図-3を参照のこと。

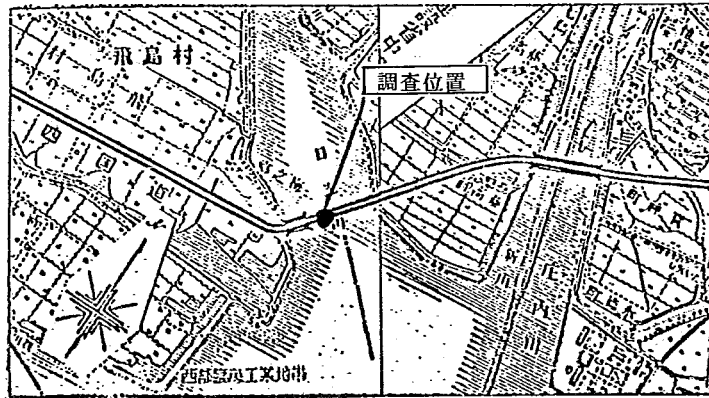


図一2 調査位置図（国道21号線 山東道路）



上図において調査位置（R I 使用場所）は国道21号線上の盛土箇所であり、道路の路肩に設置した鉄管（垂直に道路面下6 mまで入っている）の中に挿入型の密度計および水分計を入れて測定するものである。

図一3 調査位置図（名四国道 日光川締切堤部）



上図において調査位置（R I 使用場所）は名四国道の日光川締切堤部であり、道路の路肩に設置した鉄管（2 in ϕ , 垂直に道路面下6 mまで入っている）の中にR Iを装備した挿入型密度計および水分計を入れて測定するものである。

図-4 土工管理車で運搬する時の R I 積載状況
(ニッサン セドリックバン)

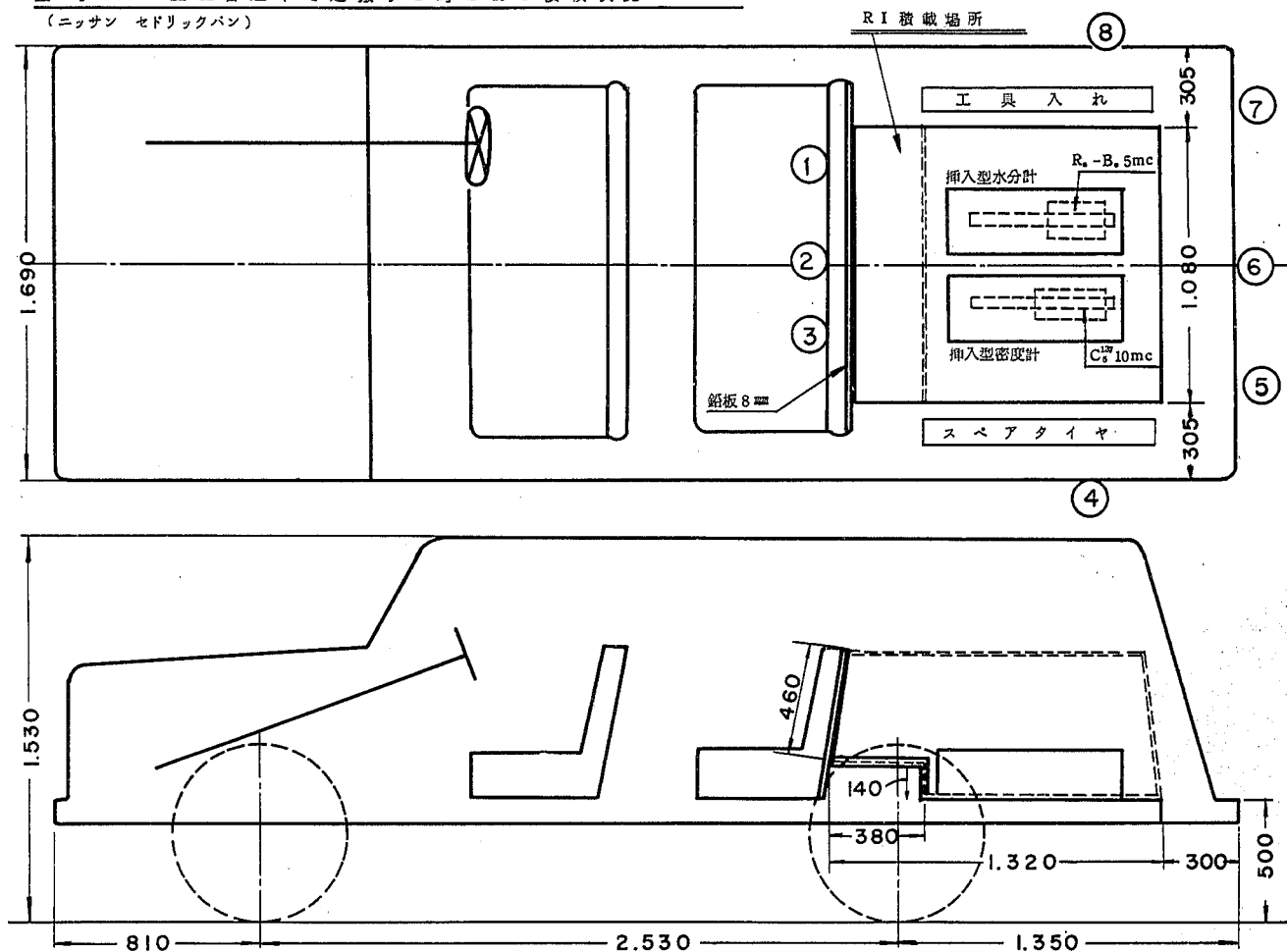


図-5 駐車中における管理区域

点線で囲った部分が管理区域 (0.6mr/h 以上) である。

この管理区域全域を含むように柵を設置し、標識を設ける。

