

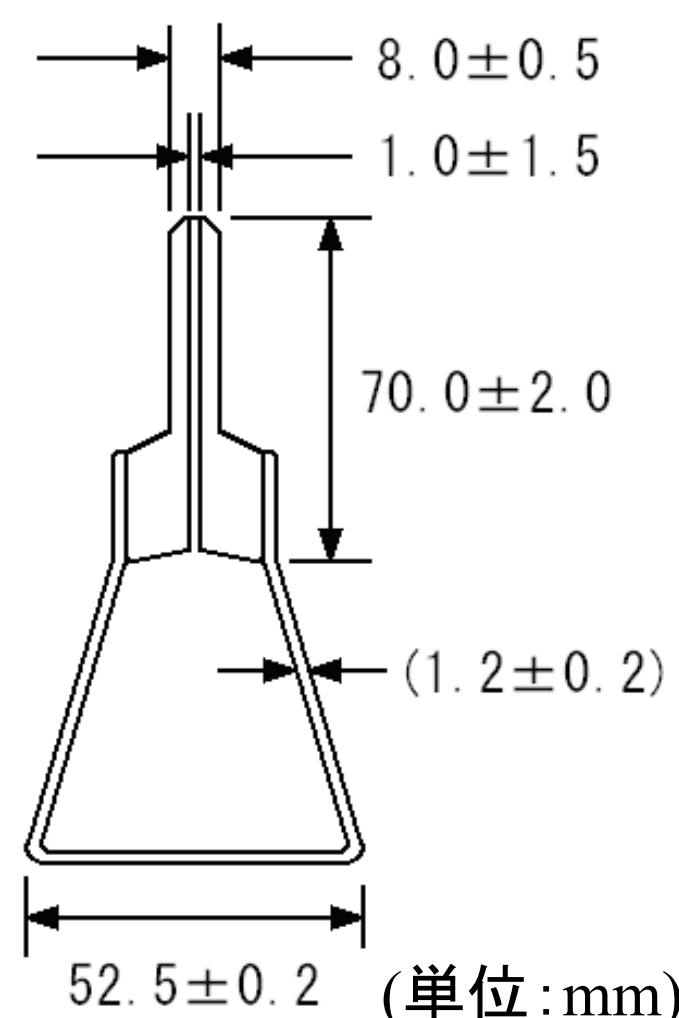
土粒子の密度試験における高品質化への試み (その2)

1. はじめに

- ①土粒子の密度試験は試験方法によっては、ピクノメーター内の温度が十分に上がらず、気泡が残存することによって、試験結果がばらつき、精度が悪くなる等、土質試験の中でも非常に扱いが難しい試験であるといえる。
- ②筆者等は、ミニフォーラム中部2008において、(公財)地盤工学会の試験法で規定している「湯せんを用いる従来の方法」では、ピクノメーター中の試料温度を高温に保てず、脱気が十分行われていない可能性があることに着目し、大型ホットプレートを使用し、試料温度を上げて試験した結果が、湯せんを用いた試験方法と比較し、良好な結果が得られたことを報告¹⁾した。今回は同様の方法を用いて、煮沸時間による測定値の違いを確認し、最適な煮沸時間を求めることを目標として、土粒子の密度試験を行ない、従来の方法と比較して、効率的で良好な結果が得られたので報告する。

2. 試験方法、用いた試験器具と試験材料

- ①地盤材料試験の方法と解説²⁾に準じて、大型ホットプレート上に、手製アルミバットを置き珪砂(三河産)を敷詰め、ピクノメーターをセットした状態で試験を実施した(p-1～p-2参照)。
- ②本報文では、煮沸時間は、10分、20分、30分、1、2、3、4時間の7種類の測定を行った。



p-1 メガホットプレートと手製のアルミバット (三角フラスコ型比重瓶) p-2三角フラスコ型比重瓶と従来型比重瓶

- ③試験に使用した試料は、代表的な試料とし、砂、シルト、粘土とし、特殊土から有機質土、工業用購入土からカオリン・ベントナイトと6種類で測定した。その特性を、図-1、表-1に示す。なお、工業用購入土のカオリン、ベントナイトに関しては、ほぼ100%細粒分と思われるので図、表から省略した。

表-1 使用した試料の粒度分布(%)

粒度区分	砂質土	シルト	粘性土	有機質土
礫分	8.3	0.0	0.0	0.0
砂分	91.0	7.4	2.1	3.5
シルト分	0.7	60.5	29.6	34.1
粘土分	0.0	32.1	68.3	62.4

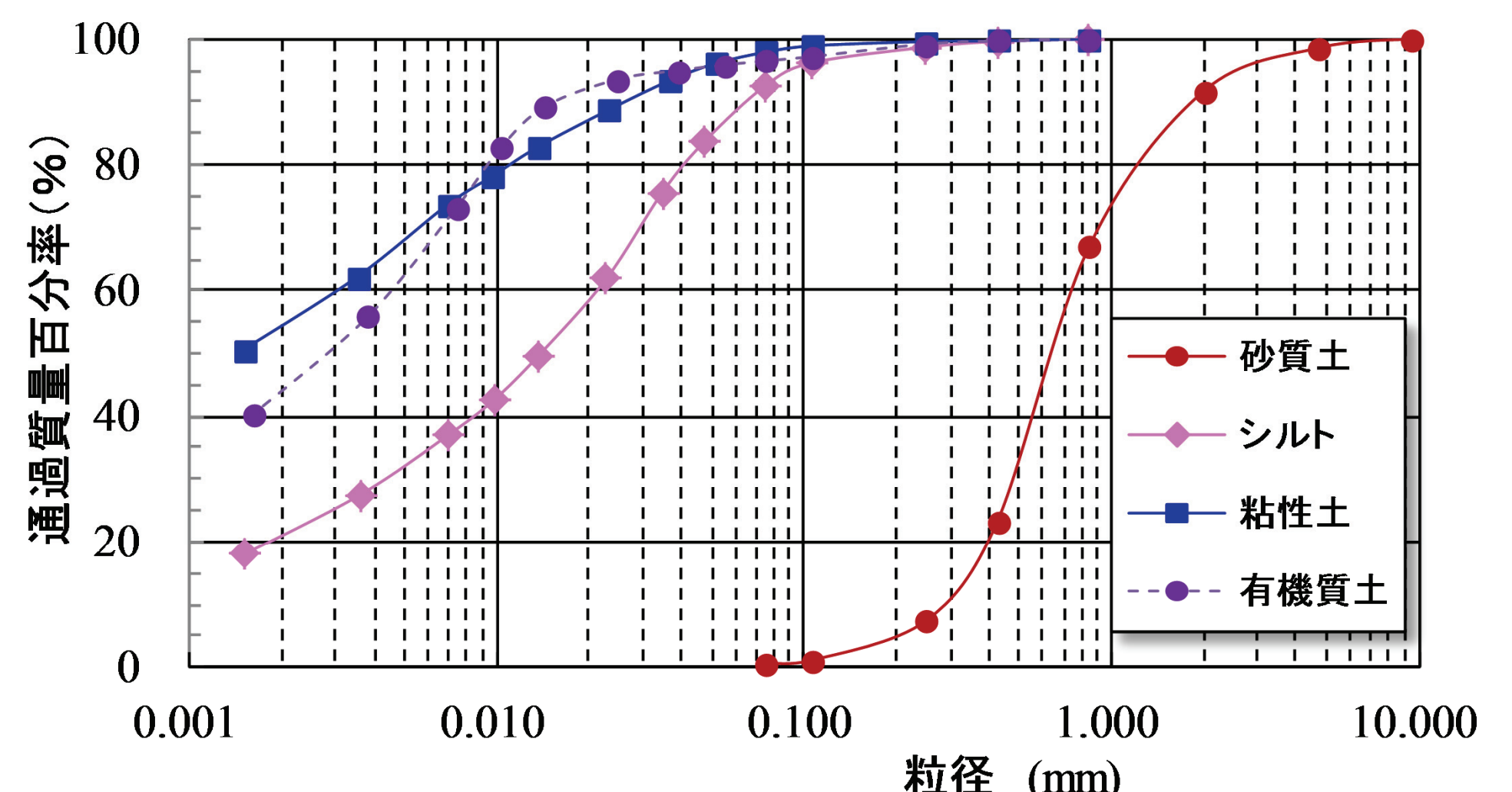


図-1 使用材料の粒度分布(%)

3. 試験結果

(1)土粒子の密度の煮沸時間による変化

- ①図-2に土粒子密度の煮沸時間による変化を示した。この図から、どの試料についても煮沸開始から1～2時間迄は、全体として値が高くなる傾向がある。3～4時間の測定では、砂質土が同等程度か、漸増の傾向がある以外は、漸減することが判明した。
- ②既往の研究では、藤田・古河が図-3に示すような結果を提案しており、2～4時間以上の煮沸時間が必要としている。

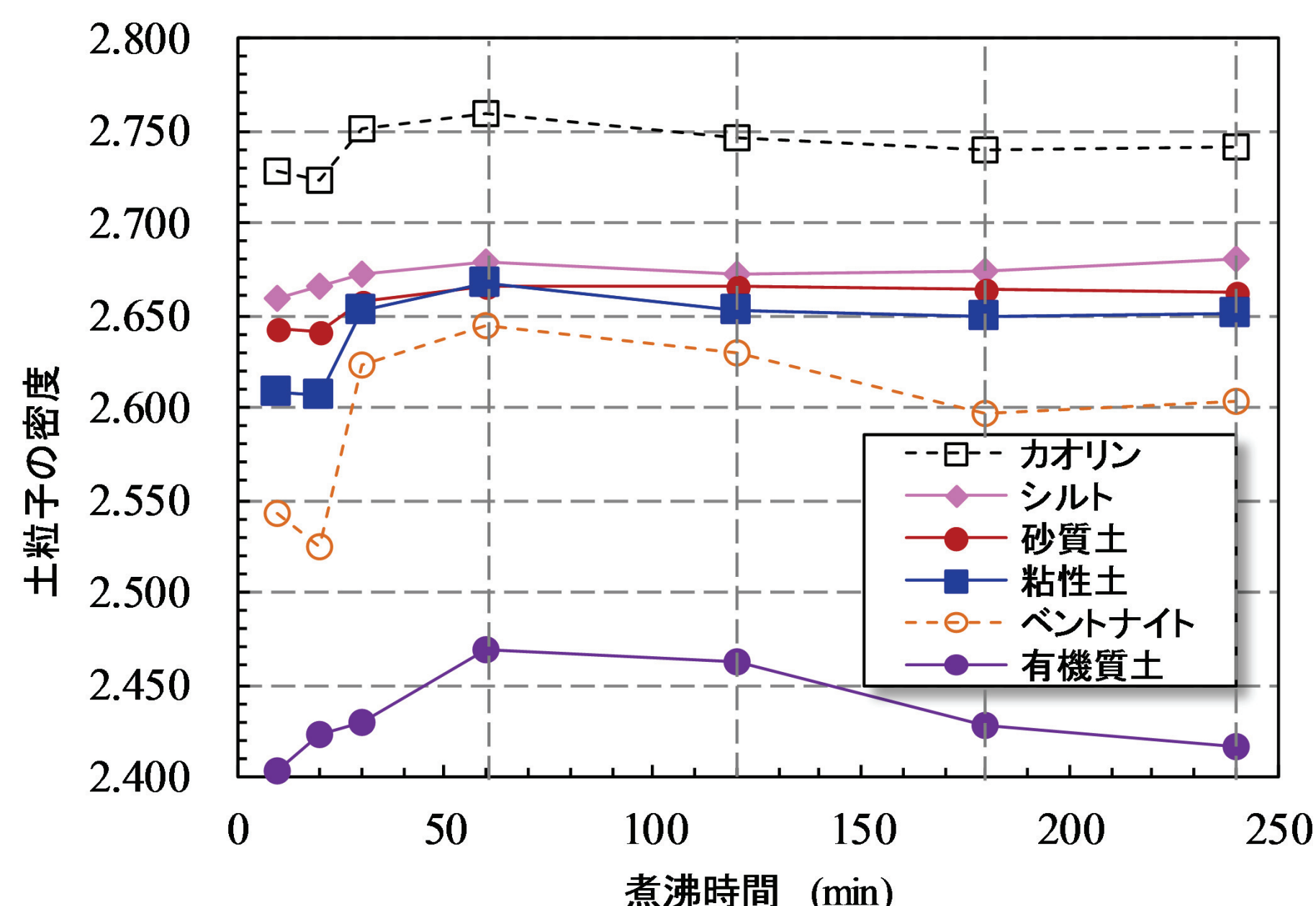


図-2 煮沸時間による土粒子密度の変化

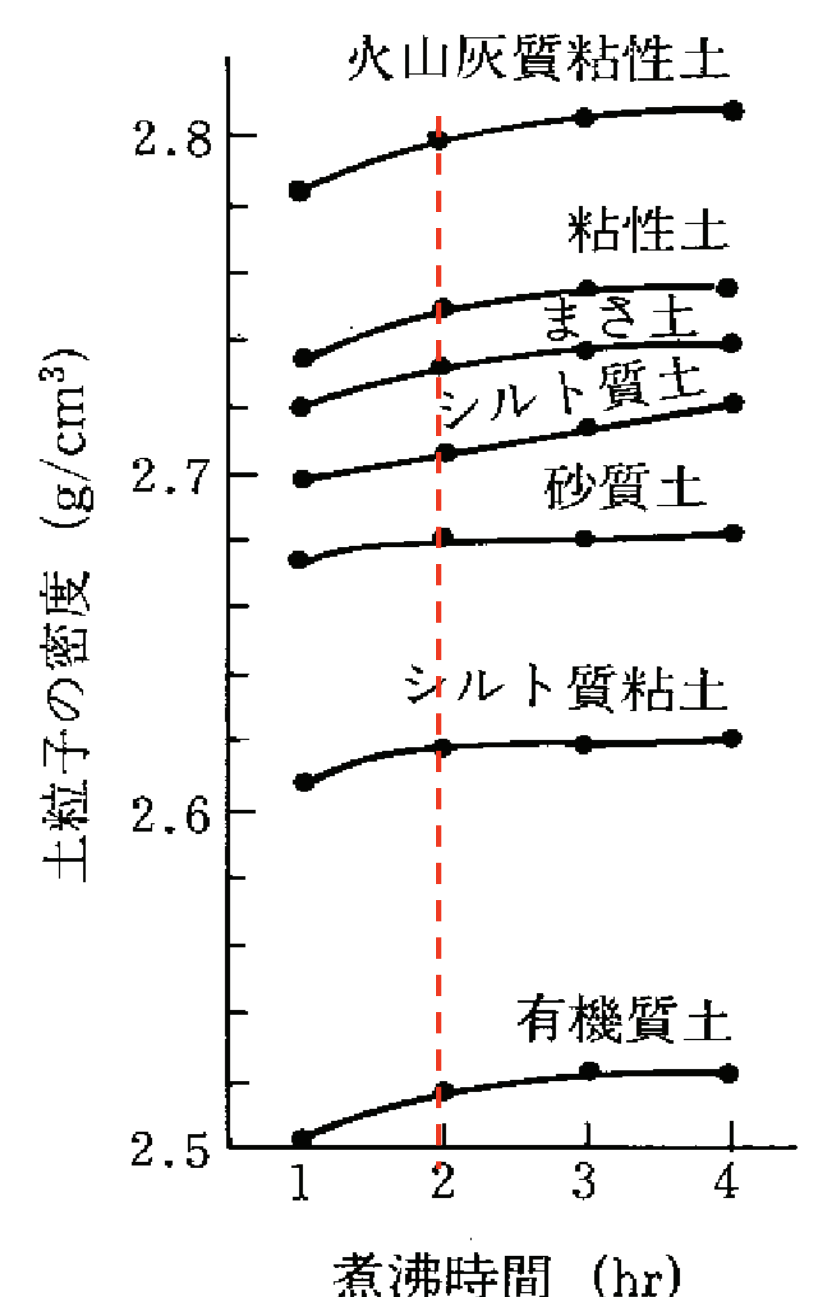


図-3藤田・古河による試験結果³⁾

土粒子の密度試験における高品質化への試み (その2)

(2) 煮沸時間による試料別のばらつきの変化

ここでは、平均偏差(MD)によって「ばらつき」を評価した。平均偏差は、式-1に示すように、あるデータの平均値からの差の絶対値の平均値であり、“平均値からの平均的な距離”を示すことから、「ばらつき」の評価にしばしば適用される。

$$MD = \frac{\sum_{i=1}^N |x_i - \bar{x}|}{N} \quad (\text{式-1})$$

各試料において、煮沸時間推移によって、土粒子密度平均偏差がどのように変化するかを図-4に示した。

- ①カオリン($F_c \approx 100\%$)は、10分後で0.009とやや小さいが20分では0.024と大きくなり、30分、1時間でかなり減少し、2時間で最小となる。その後、3～4時間では、0.012とやや大きくなったが、全体的に測定時間の差は小さい。
- ②シルト($F_c=92.6\%$)は、10分後で0.014とやや大きい、30分、2時間が小さい値を示し、2時間以降も変動はあるが、0.005程度以下と安定している。
- ③砂質土($F_c=0.7\%$)は、全体を通じて、0.005程度以下の小さい値を示し、煮沸時間によるばらつきが小さい。
- ④粘性土($F_c=97.9\%$)は、10分後の0.006から20分では、0.012と大きくなりまた、30分には、0.005以下となり、1～2時間では、最も小さくなり、平均で0.001以下を示す。3～4時間出また増加するなどの変動が見られる。
- ⑤ベントナイト($F_c \approx 100\%$)は、10分後0.019と大きく、20,30分と小さくなり、1時間が最も小さく0.0035となった。その後、2～4時間では、少し大きくなるが比較的安定している。
- ⑥有機質土($F_c=96.5\%$)は、10分後に0.0145と大きい、20～30分と小さくなり、1時間が最も小さく0.0045の値を示す。その後、2,3,4時間と少しずつ大きくなり、4時間では、0.0150と大きくなった。
- ⑦6試料の平均偏差の平均値と煮沸時間との相関を図-4の下位に表示した。煮沸時間としては、1時間が最もばらつきが小さくなるといえることから、この時間を煮沸時間として推奨できるといえる。

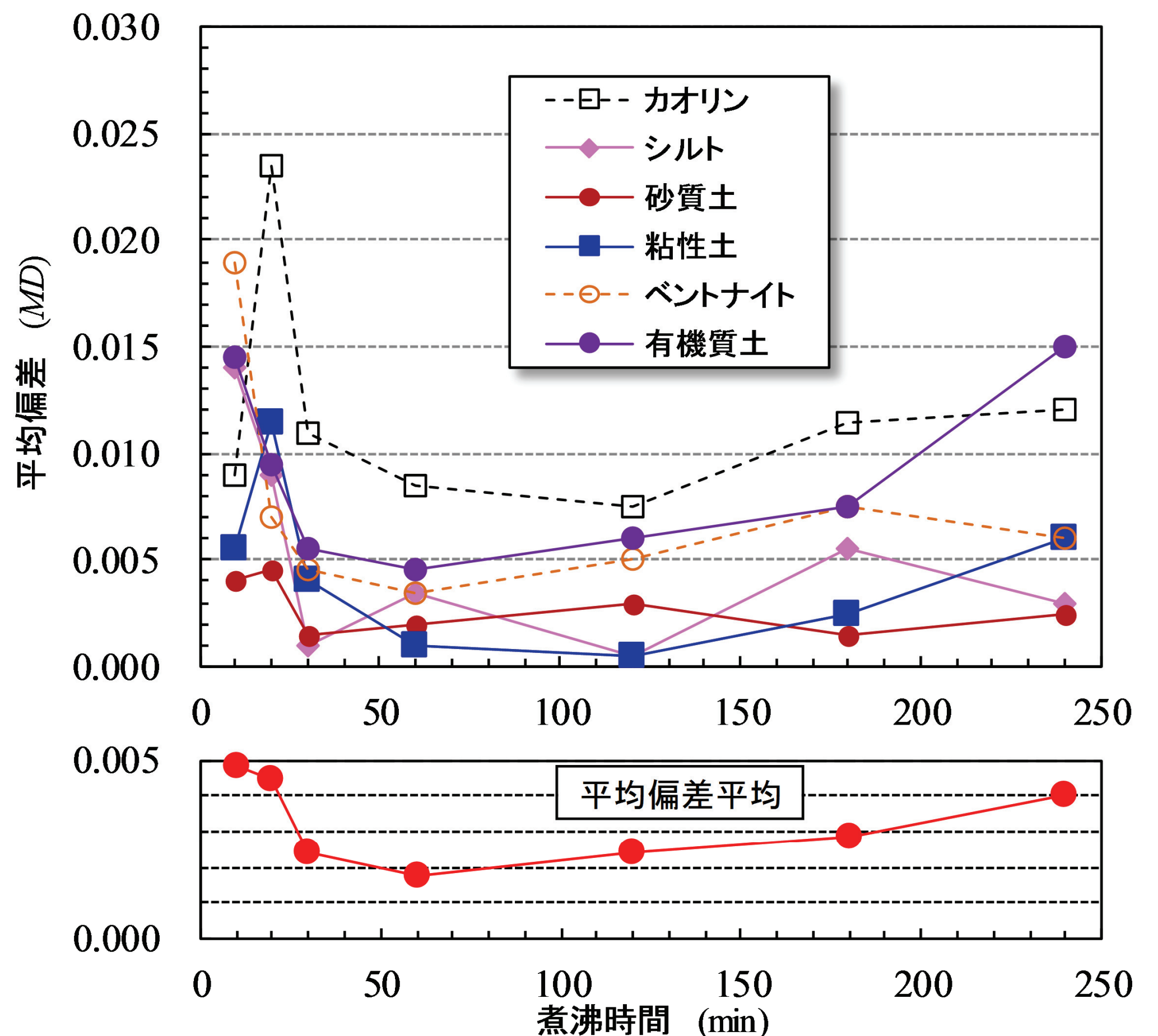


図-4 煮沸時間による土粒子密度平均偏差の変化

4. まとめ

ここでは、大型ホットプレートを用いた土粒子の密度試験の高品質化を試みた。本結果から、次のことが判明した。

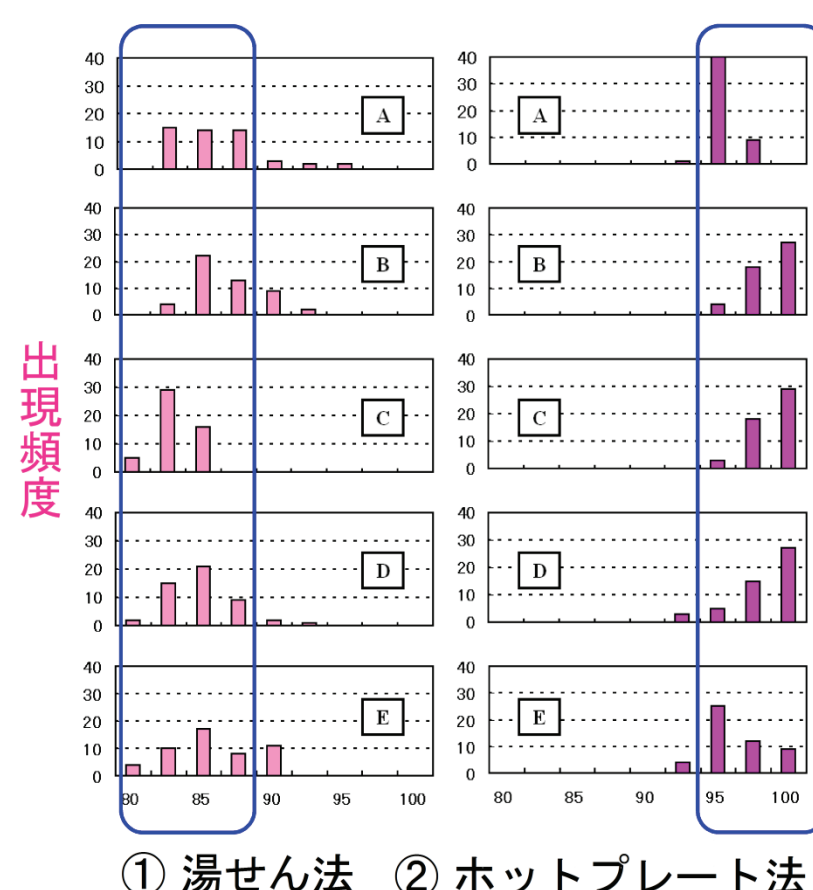
- ①藤田・古河によるガスコンロ等を用いた湯せん法に基づく煮沸時間は、2～4時間とされているが、ホットプレートを用いた本試験の結果、1～2時間で一定値が得られることが判った。
- ②筆者等が推奨する大型ホットプレートによる煮沸時間は、1時間～2時間が有効と考えられ、試験の高品質化とともに効率化にも寄与すると考えられる。
- ③ここで用いたベントナイトは、モンモリロナイトで主に構成され、カオリンは、カオリナイトで構成されている。ベントナイトの方が、カオリンよりも平均偏差が小さいこと等が判明した。試験に適用した粘土試料中の粘土鉱物による影響を把握するために、X線回折等を実施し、次回の地盤材料試験法改訂までに、本試験方法を確立していきたい。

《引用・参考文献》

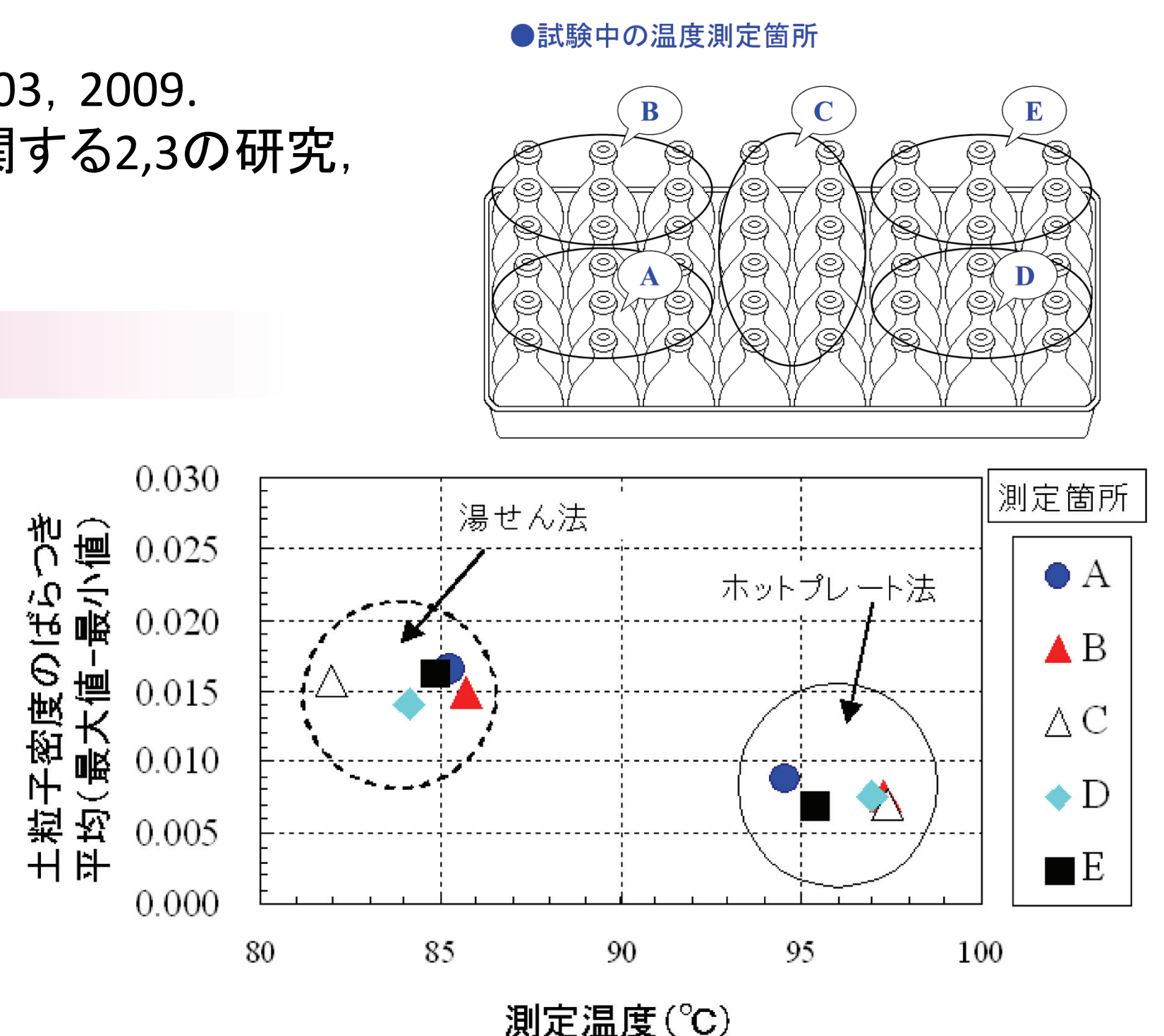
- 1) 石原聖子, 加藤雅也, 久保裕一, 坪田邦治: 土粒子の密度試験の高品質化による一考察, ミニフォーラム中部, pp.8～9, 2008.
- 2) (社)地盤工学会: 地盤材料試験の方法と解説-二分冊の1-, p.97～103, 2009.
- 3) 藤田龍之・古河幸雄: 電子レンジを利用した土の物理試験方法に関する2,3の研究, 土質工学会論文報告集, Vol.28, No.4, pp.197～207, 1988.

- 参考: 引用文献 1) より -

- ①ガスコンロを使用した従来法では、ピクノメーター内の温度が低く(80～85℃)ため、試料に気泡が残り、試験結果にばらつきが生じる。ホットプレートを使用(98℃程度を確保)して、ピクノメーター内の温度を上げることが非常に有効である(参考図-1)。
- ②湯せんによる煮沸では、ピクノメーター内の温度の平均は、約85℃で試験値の平均差は平均値で0.015、一方、ホットプレートによる温度は、平均約96℃を示し、平均差は、0.008程度を示し、差違が小さいことが判る。この結果、ホットプレート法が有効とした。



① 湯せん法 ② ホットプレート法



参考図-1 手法の違いによる温度差 参考図-2 土粒子密度平均差(max-min)と平均測定温度