

液滴径設定（基本ケース条件:1.5mm、不確かさを考慮した条件:1.0mm）の妥当性について

1. はじめに

SFP未臨界性評価における水分条件である気相部水密度の算出に必要な放水中液滴の落下速度については、スプレーヘッドおよび放水砲による放水の液滴径より計算している。今回評価では、スプレーヘッド実機を使用した試験により取得した液滴データを踏まえた値を、放水砲由来の液滴にも設定することとしている。本資料では、スプレーヘッド実機を用い実施した液滴径計測試験について、および試験結果を踏まえた基本ケース条件および不確かさを考慮した条件の設定について説明する。

2. スプレーヘッド実機を用いた液滴径取得試験

2-1. 試験目的

気相部水密度の算出式($Q/A \cdot V$) [g/cm^3] (Q : 流量 [g/s] A : 面積 [cm^2] V : 液滴下降速度 [cm/s])により評価するが、液滴の下降速度を算出するには放水中の液滴径が必要となることから、スプレーヘッド実機を用いた試験によりスプレー時の液滴径データを取得する。

2-2. 試験方法

第1図に示すように、SFP類似設備にてスプレーヘッドにより放水を行い、燃料ラック頂部高さ相当位置での液滴径を測定した。測定点の配置（平面図）を第2図に示す。

スプレー時の液滴を、シリコンオイルで満たされた容器に捕獲し、シリコンオイル表面に浮かんだ液滴を画像処理によりサンプリングし、液滴径分布を取得した。液滴捕獲装置の概要を第3図に示す。

流量等の諸条件は、スプレー設備の運用を踏まえ第1表に示す通り設定した。また本試験は計2回行った。

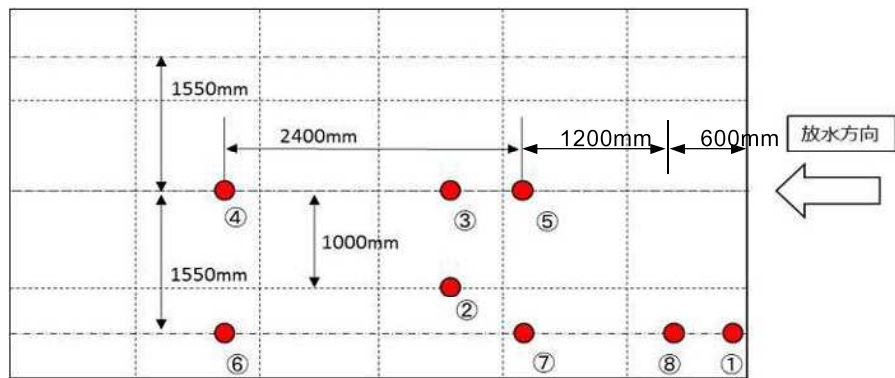
第1表 試験条件

使用設備	スプレーヘッド 可搬型消防ポンプ	
流量等		
水	水道水（常温）	

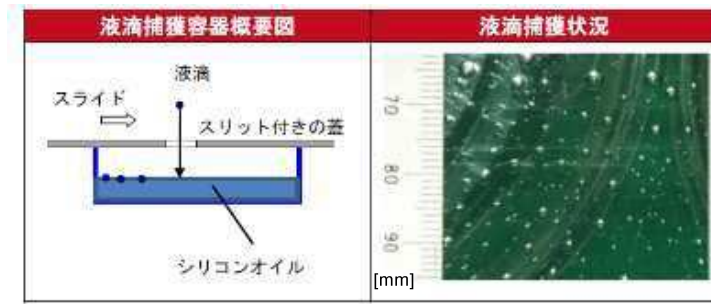
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



第1図 液滴径測定試験 試験体系および試験の様子



第2図 液滴径分布測定位置（平面図）



第3図 液滴捕獲装置の概要および取得液滴の様子

3. 試験結果および考察

3-1. 試験結果

2回の試験で得られた液滴径毎の個数割合をグラフにしたものを第4-1図および第4-2図に示す。使用済燃料ラック上部におけるスプレイ水は、液滴径0.2~0.4mmの液滴が個数としては支配的であり、液滴径が大きくなるにつれ、徐々に個数が減少していく傾向にある。

一方で、液滴径毎の個数割合に液滴の体積を乗じて体積分率に換算した結果を第5-1図および第5-2図に示す。また第5-1図および第5-2図には体積分率の累計を併記しているが、各図において体積分率累計値が0.5となる液滴径の範囲は、第2表に示すとおり全ての測定点において1.0mmを上回っていることを確認した。

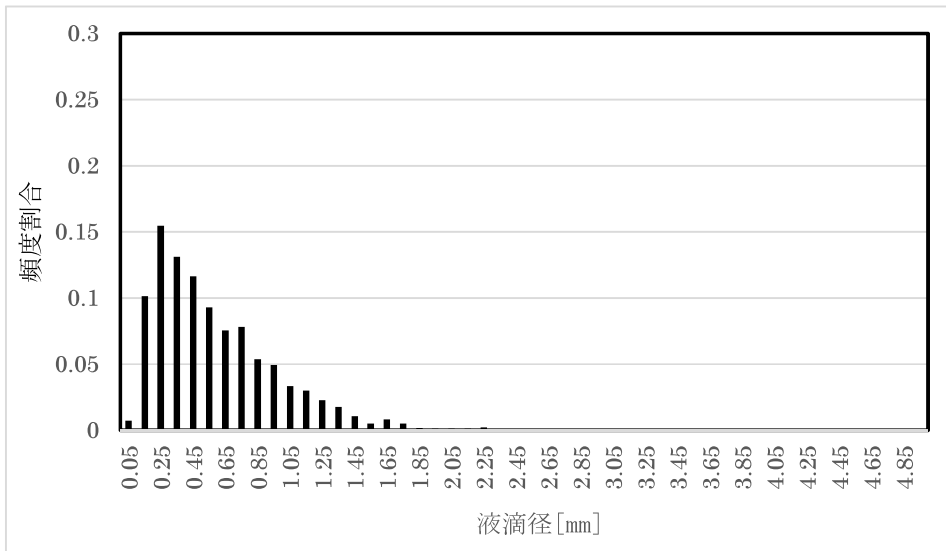
第2表 液滴径計測試験結果（平均液滴径）

	第1回目（平成27年度実施）	第2回目（平成28年度実施）
測定点①	1.15 ~ 1.25	1.35 ~ 1.45
測定点②	1.65 ~ 1.75	1.05 ~ 1.15
測定点③	1.95 ~ 2.05	1.85 ~ 1.95
測定点④	1.35 ~ 1.45	1.15 ~ 1.25
測定点⑤	1.75 ~ 1.85	2.45 ~ 2.55
測定点⑥	1.00 ~ 1.05	1.05 ~ 1.15
測定点⑦	1.05 ~ 1.15	1.55 ~ 1.65
測定点⑧	1.85 ~ 1.95	1.05 ~ 1.15

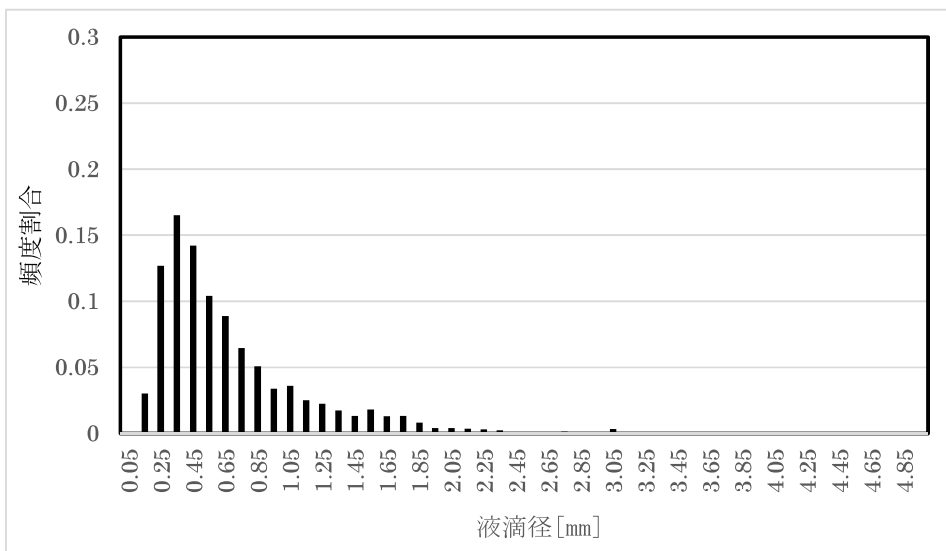
（単位：mm）

上記液滴径の大きさの範囲内で体積分率累計値が0.5となる。

測定点①

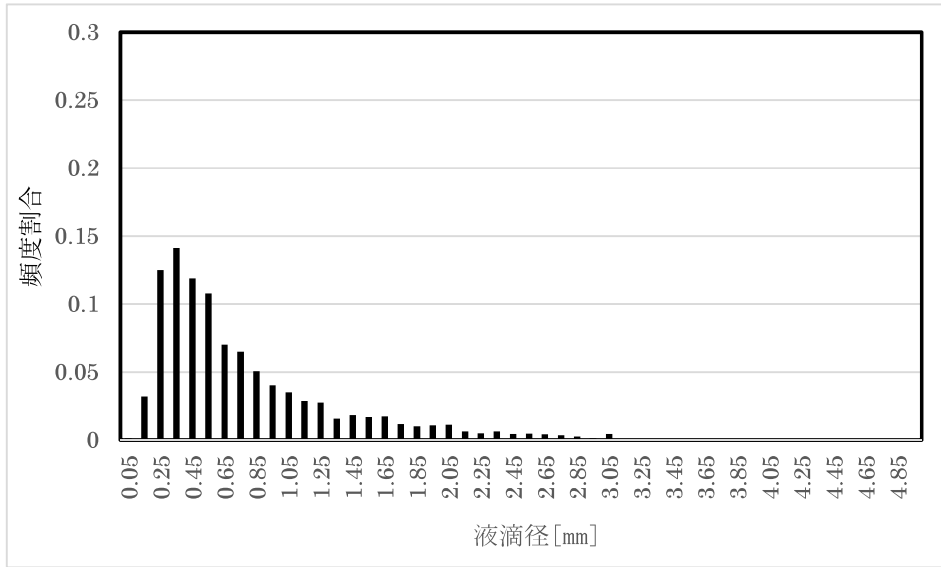


測定点②

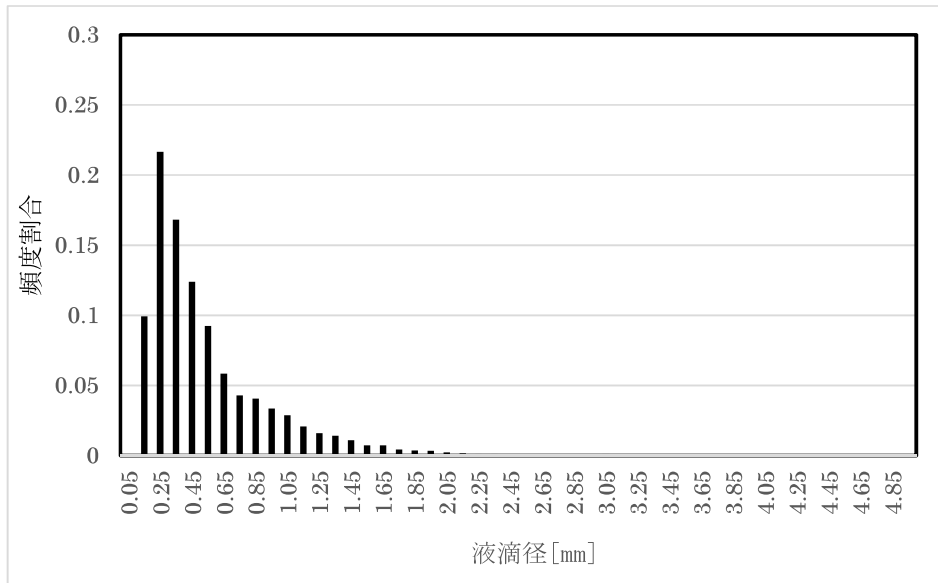


第4-1図(1/4) 液滴体積分率の取得結果 (1回目)

測定点③

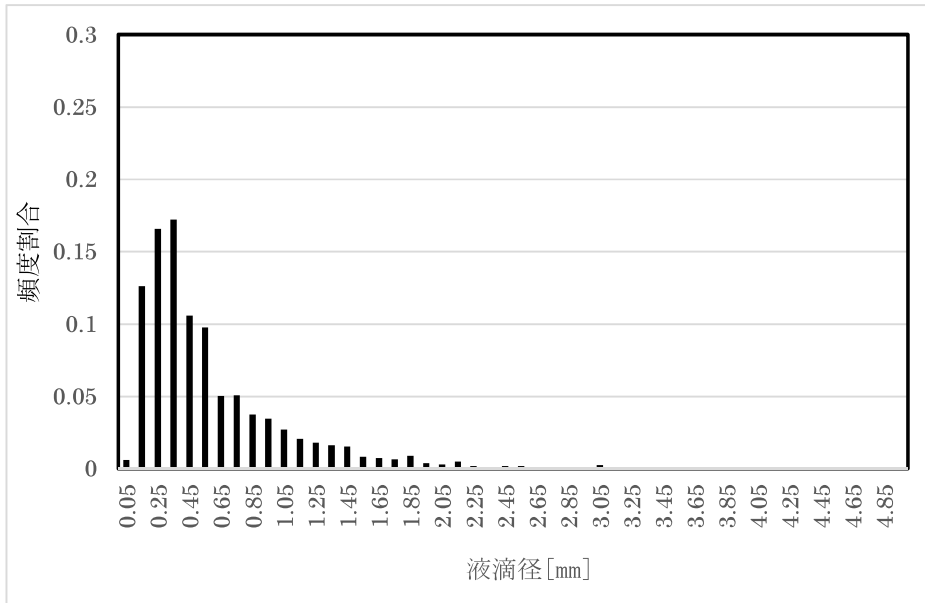


測定点④

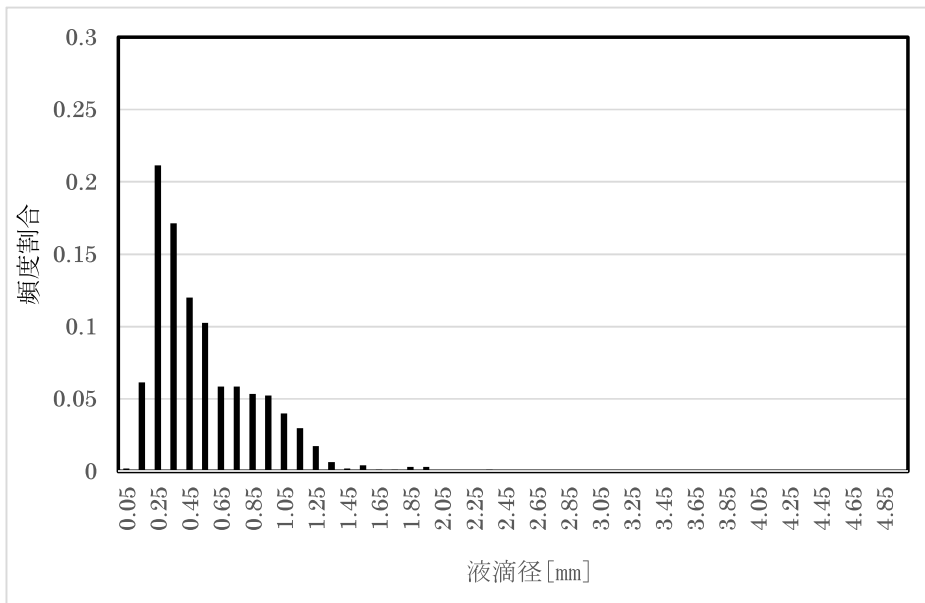


第4-1図(2/4) 液滴体積分率の取得結果 (1回目)

測定点⑤

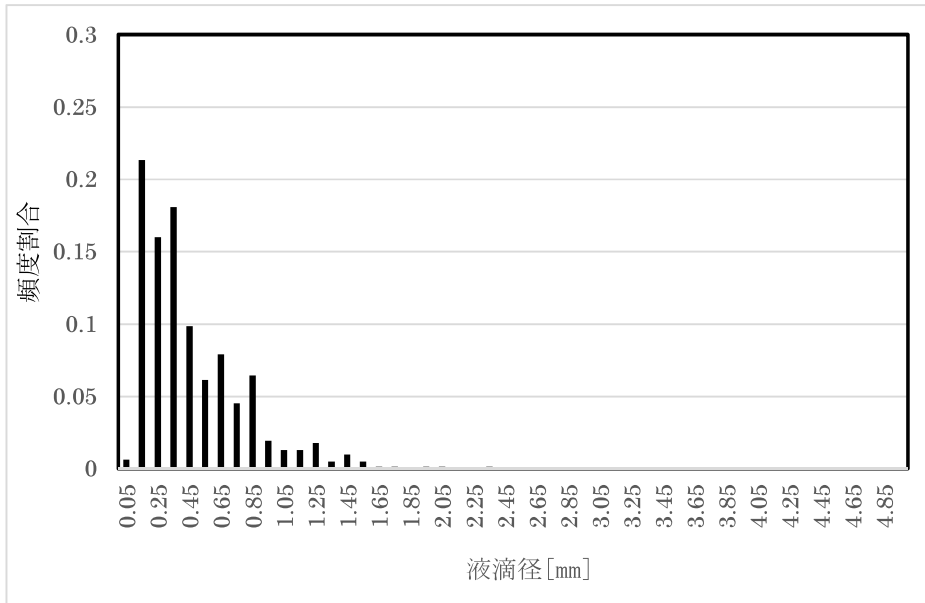


測定点⑥

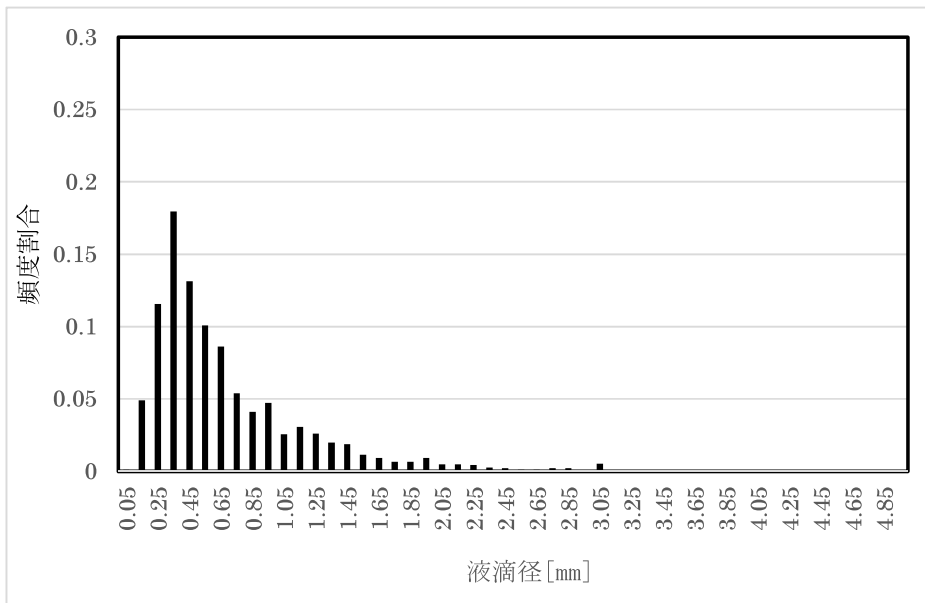


第4-1図(3/4) 液滴体積分率の取得結果 (1回目)

測定点⑦

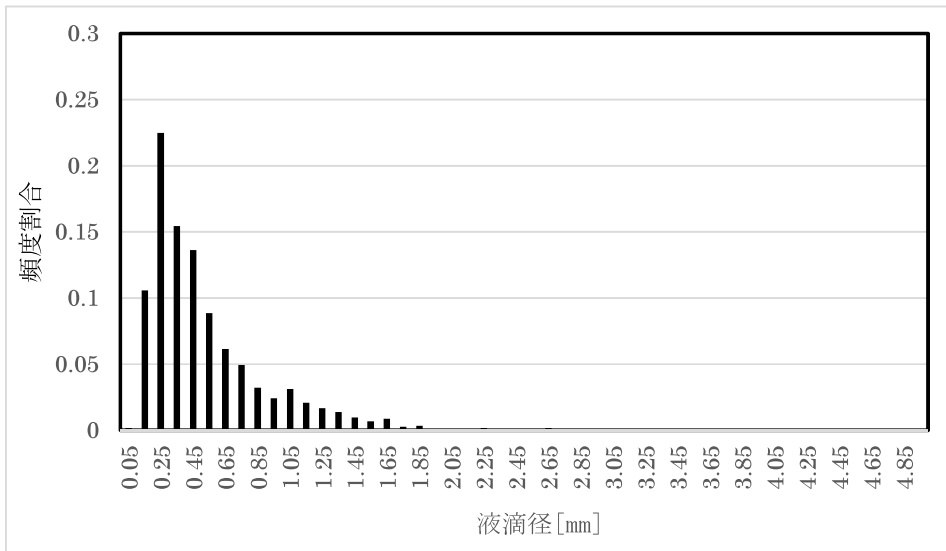


測定点⑧

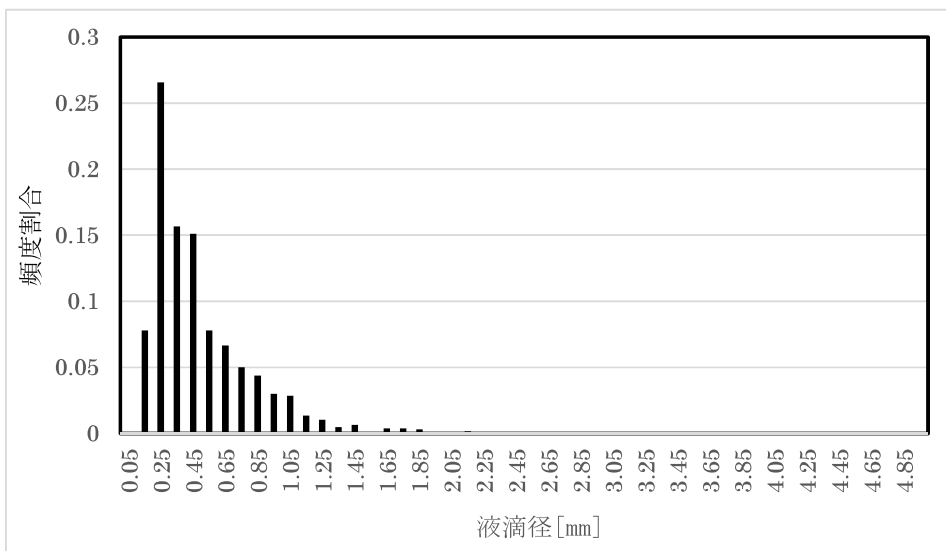


第4-1図(4/4) 液滴体積分率の取得結果 (1回目)

測定点①

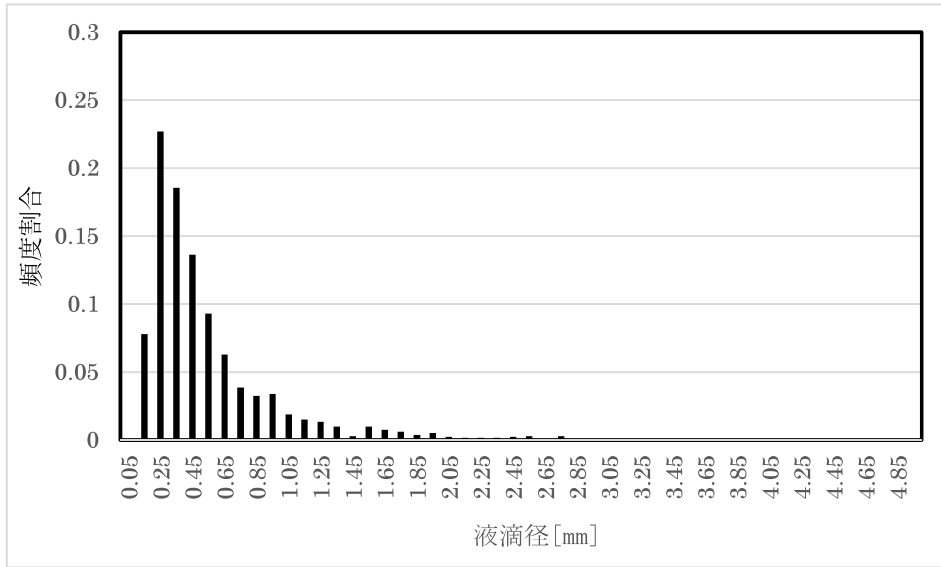


測定点②

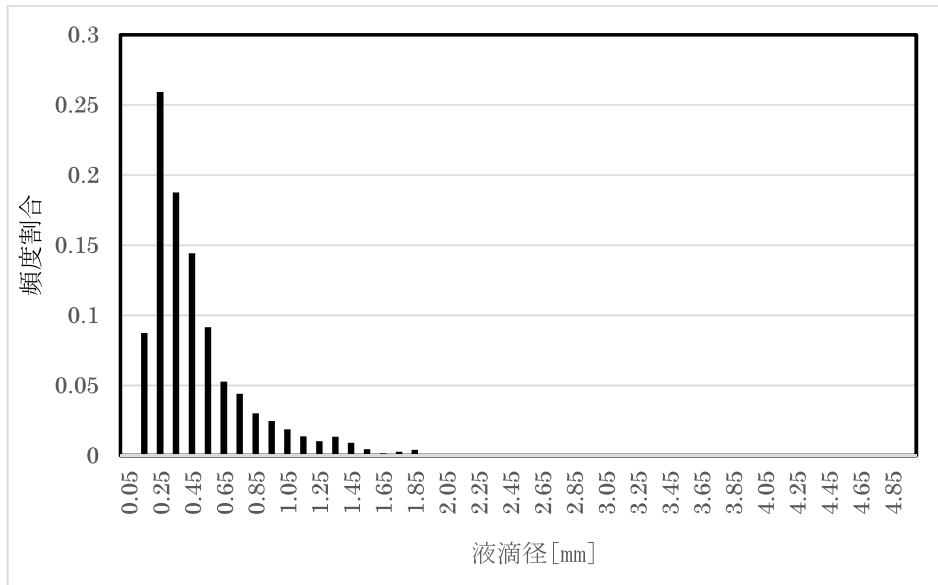


第4-2図(1/4) 液滴体積分率の取得結果 (2回目)

測定点③

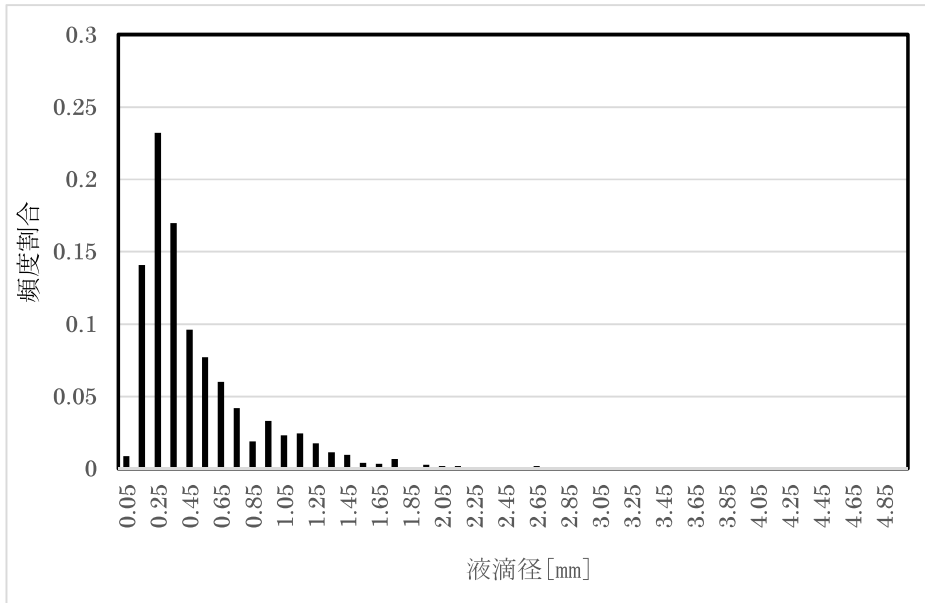


測定点④

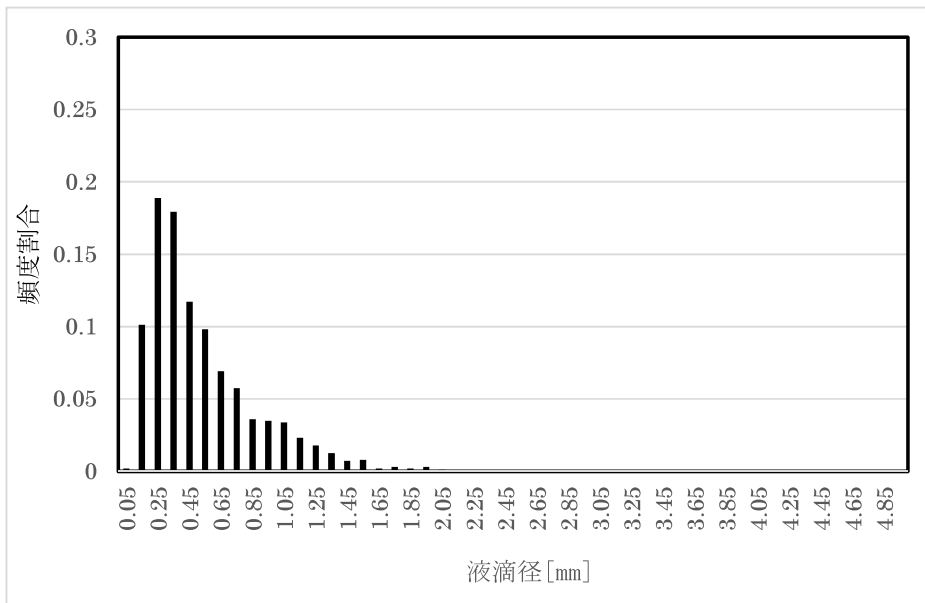


第4-2図(2/4) 液滴体積分率の取得結果 (2回目)

測定点⑤

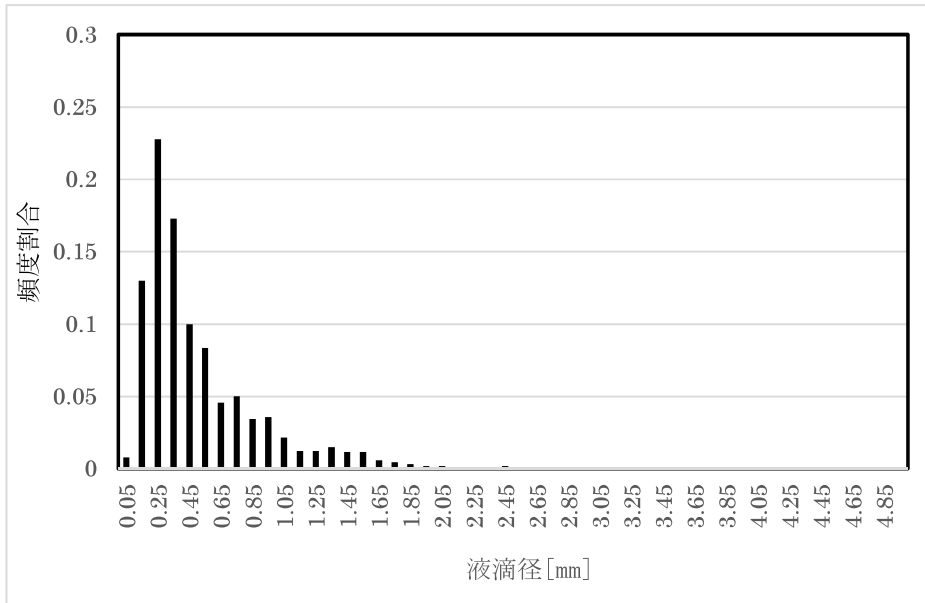


測定点⑥

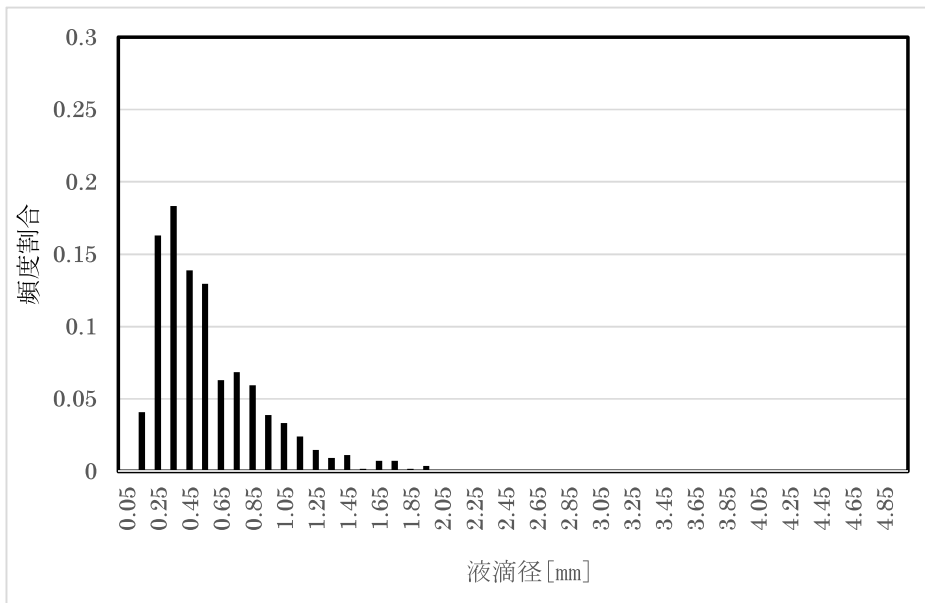


第4-2図(3/4) 液滴体積分率の取得結果 (2回目)

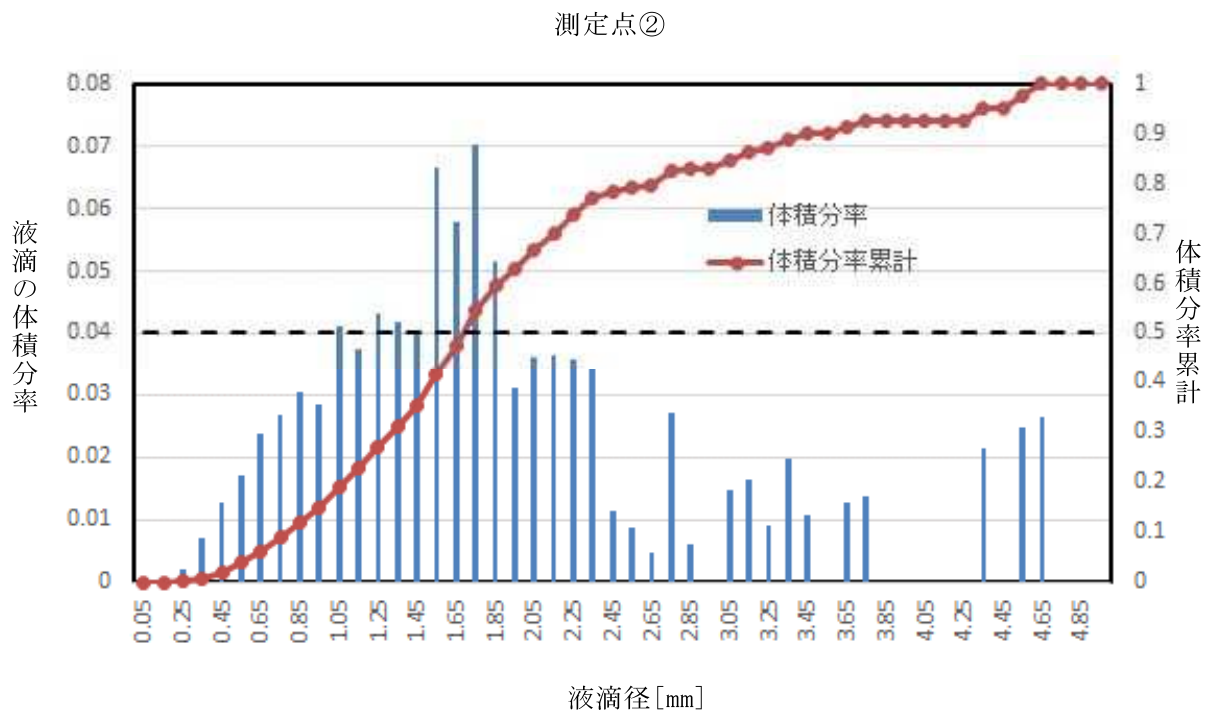
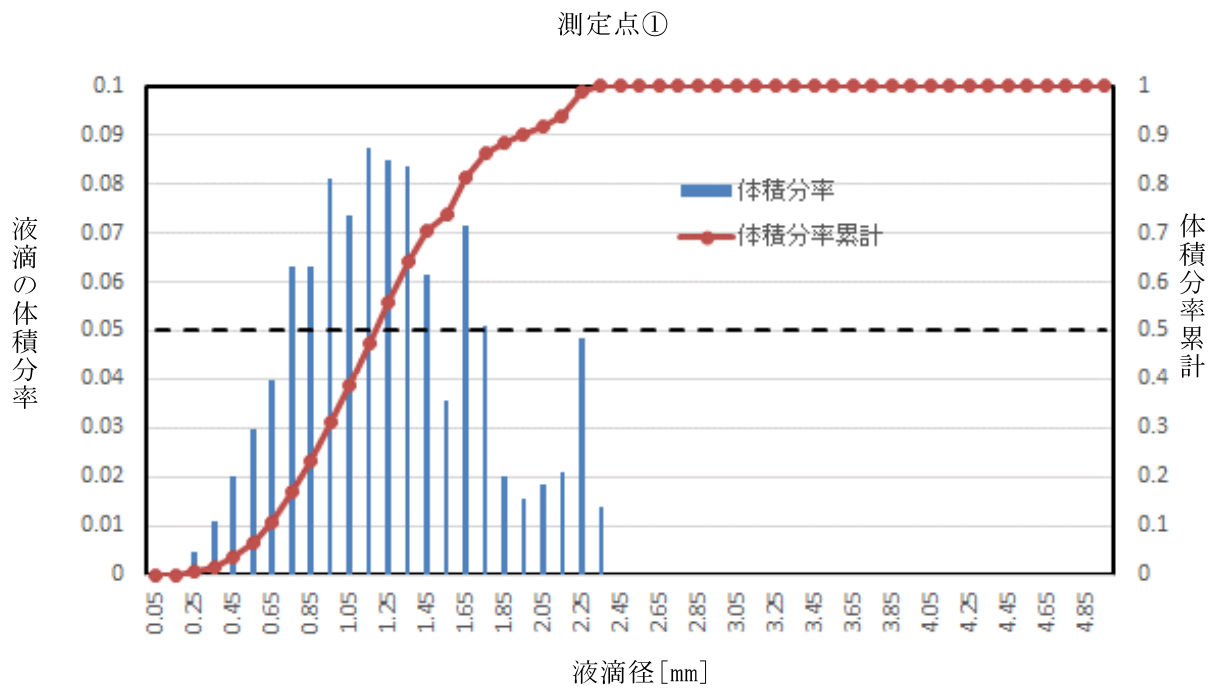
測定点⑦



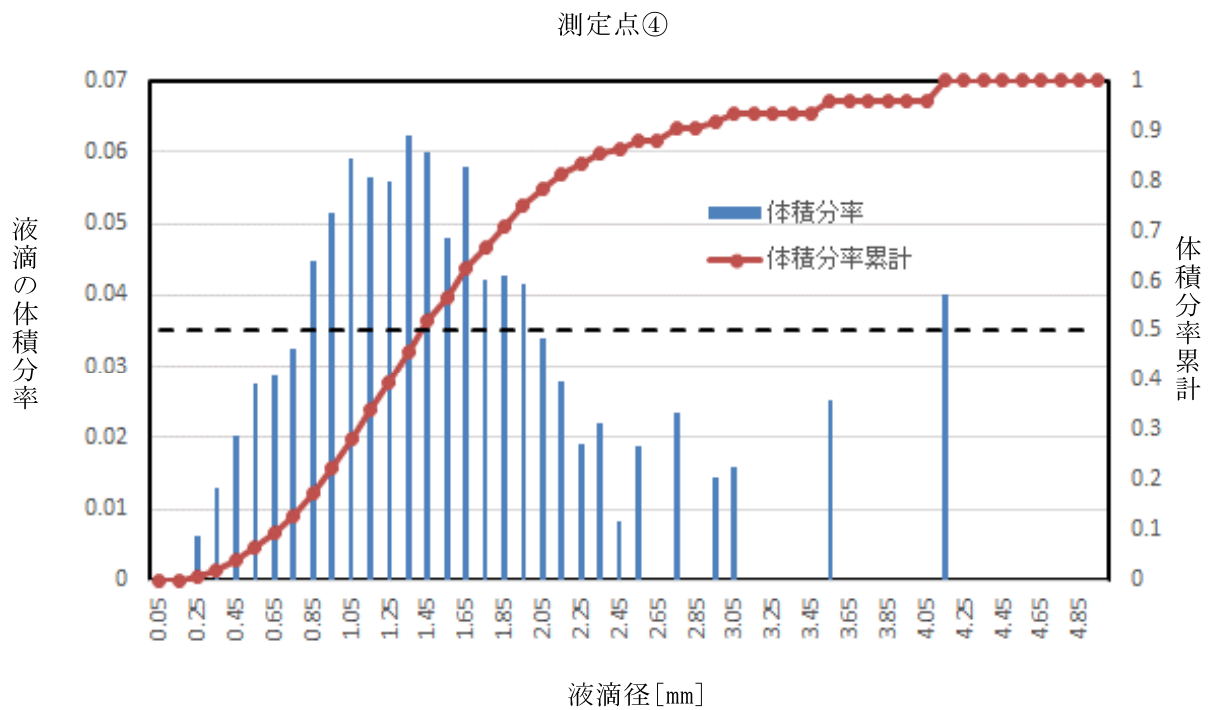
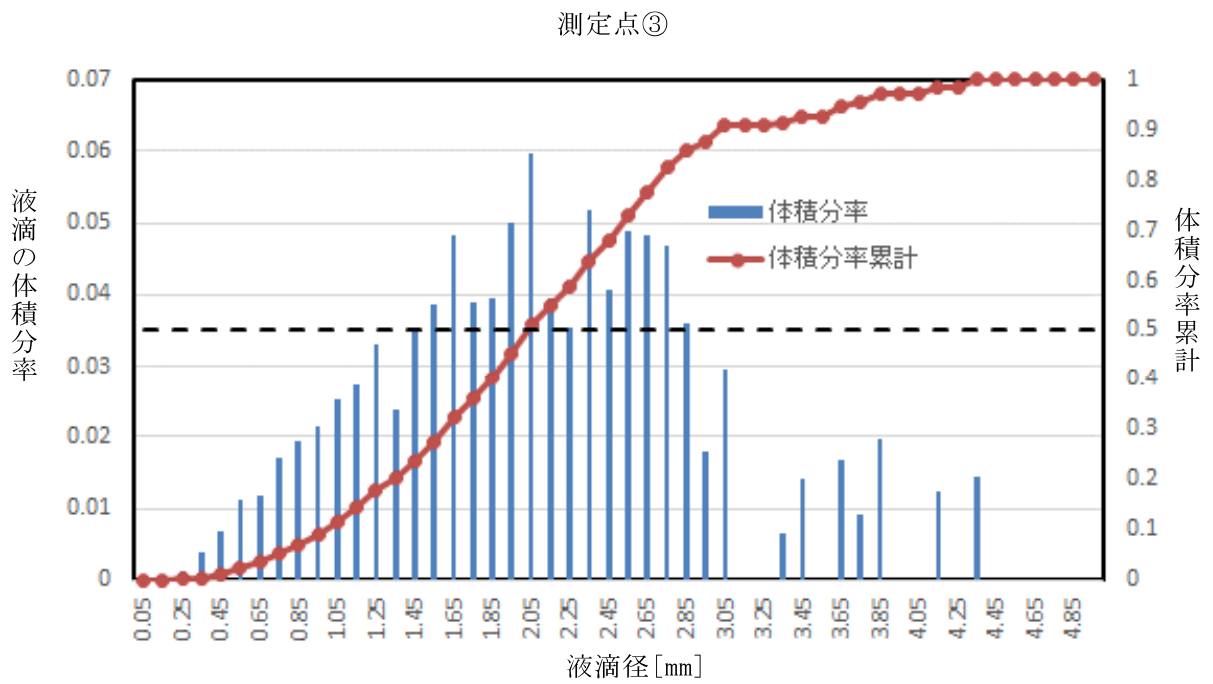
測定点⑧



第4-2図(4/4) 液滴体積分率の取得結果 (2回目)

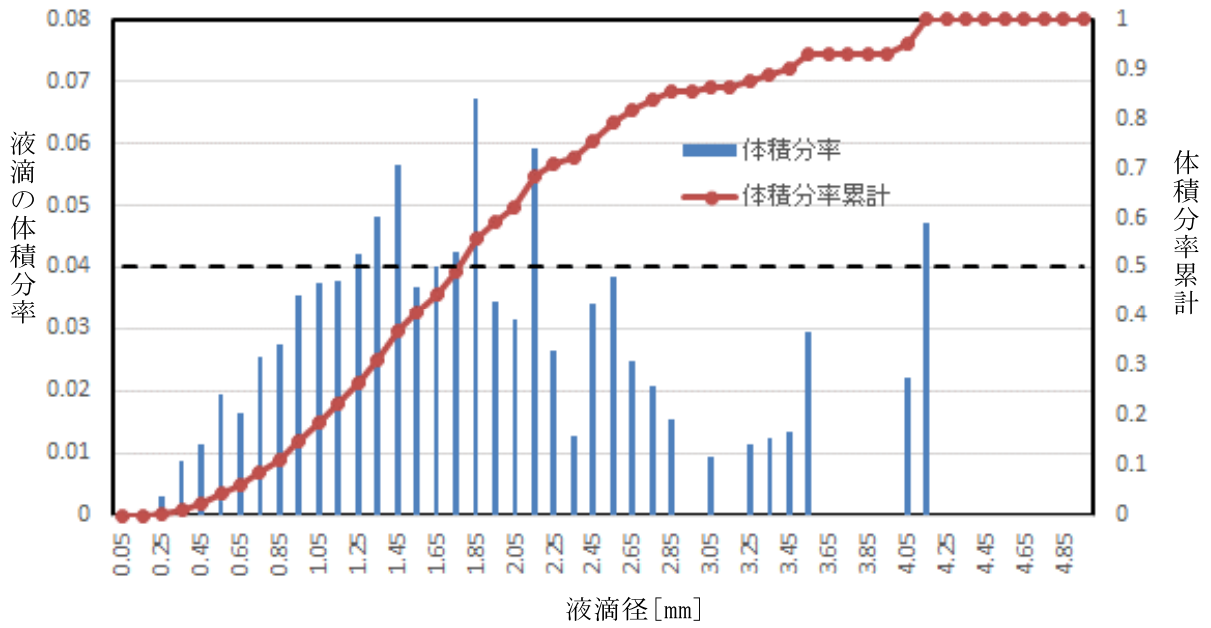


第5-1図(1/4) 液滴体積分率の取得結果 (1回目)

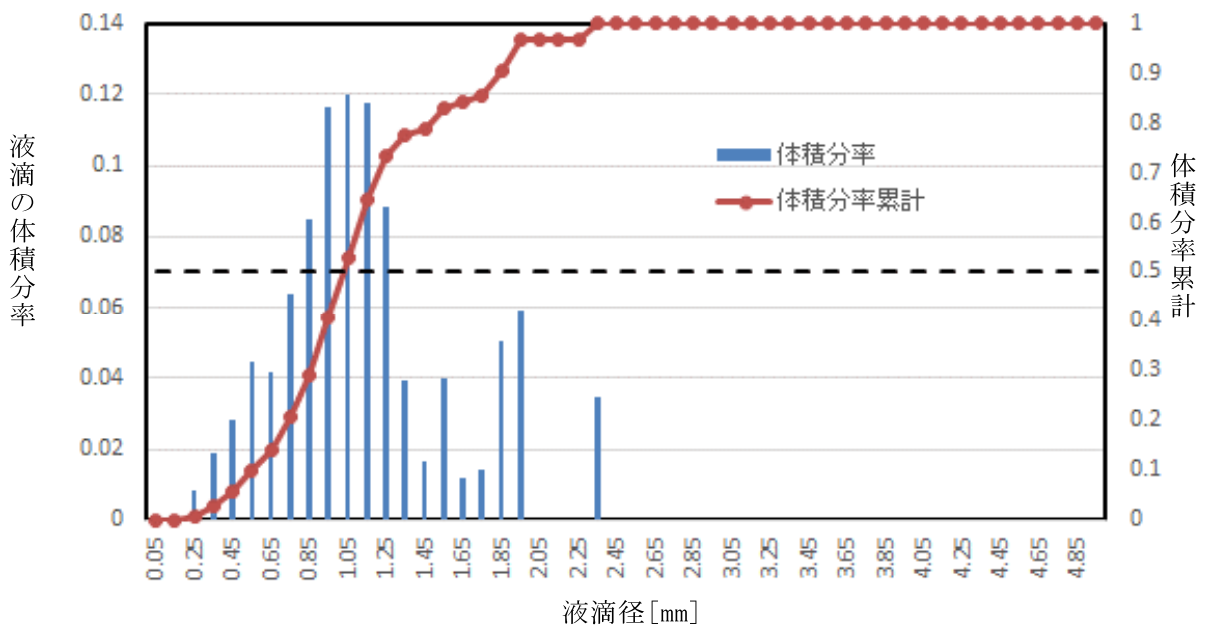


第5-1図(2/4) 液滴体積分率の取得結果 (1回目)

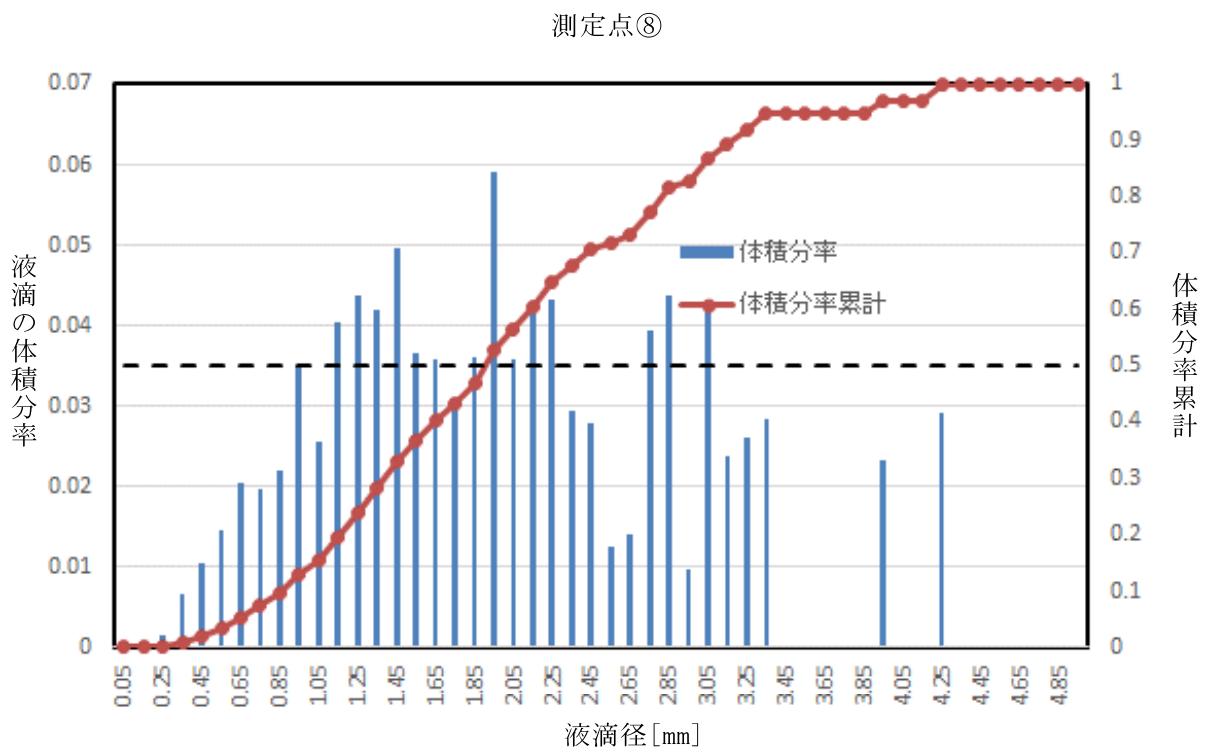
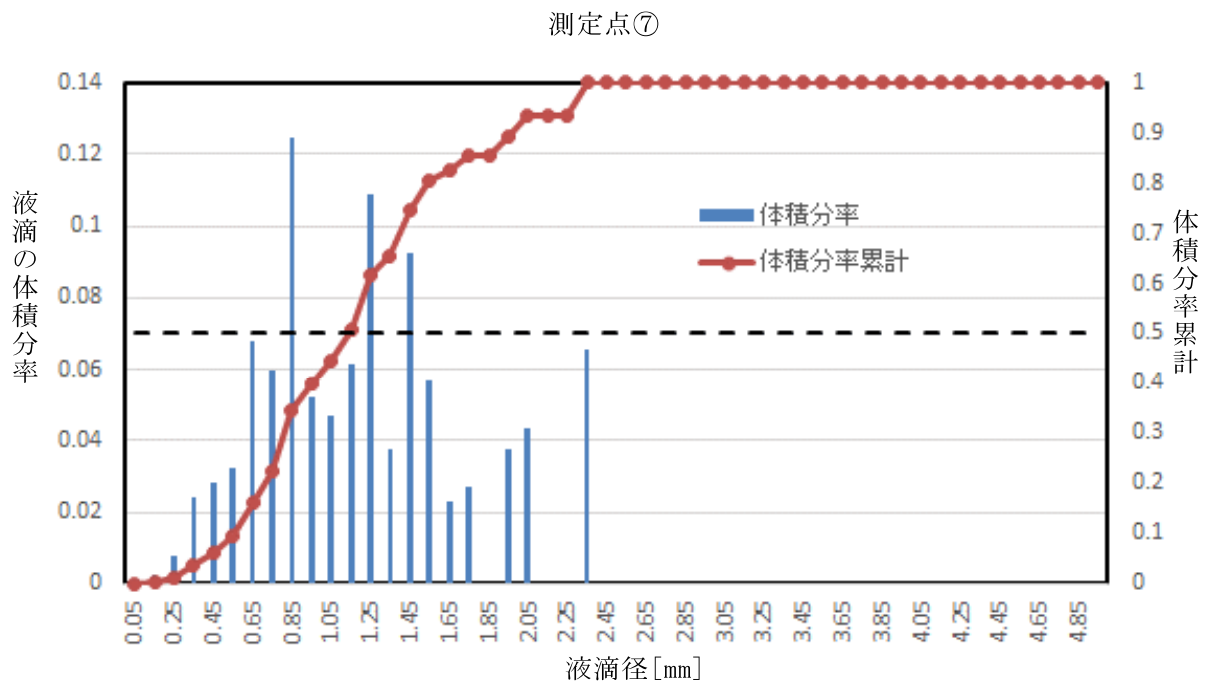
測定点⑤



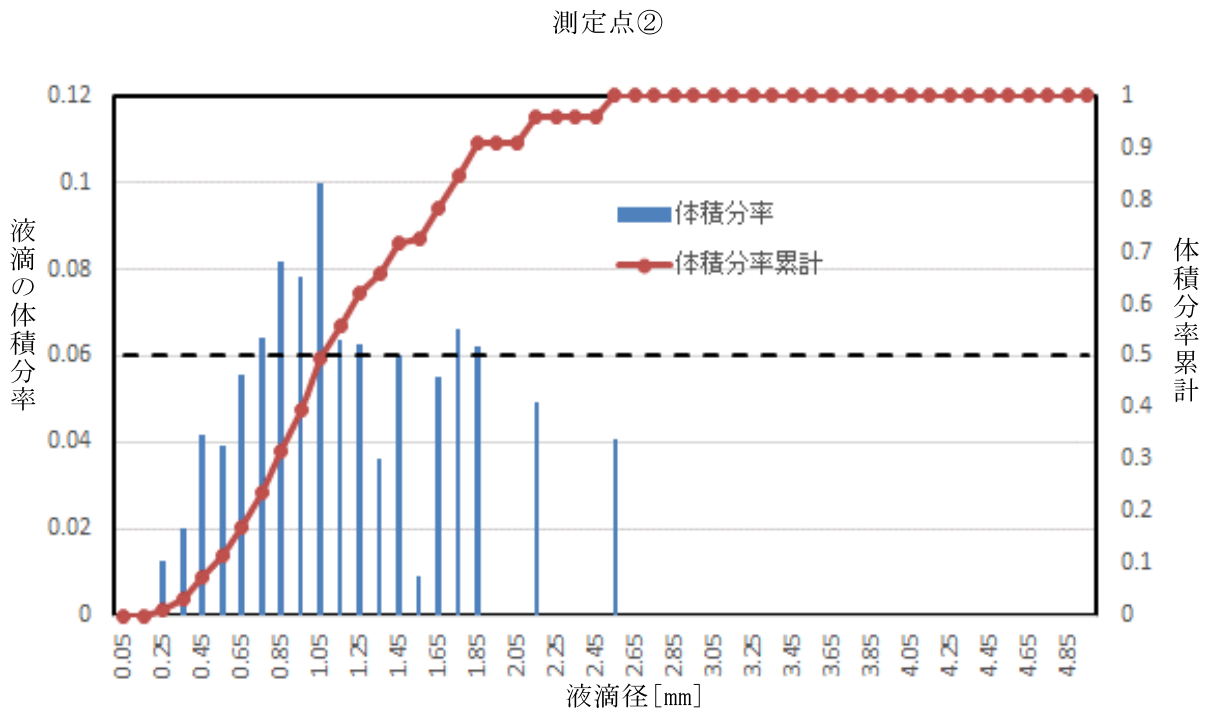
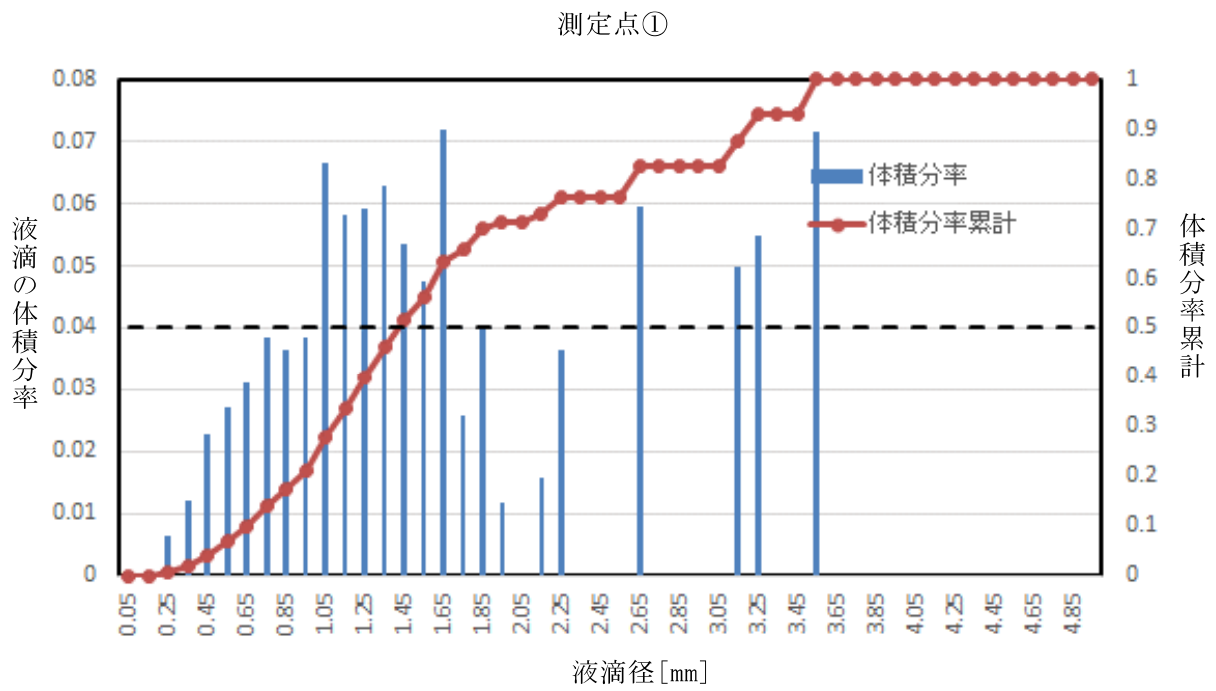
測定点⑥



第5-1図(3/4) 液滴体積分率の取得結果 (1回目)

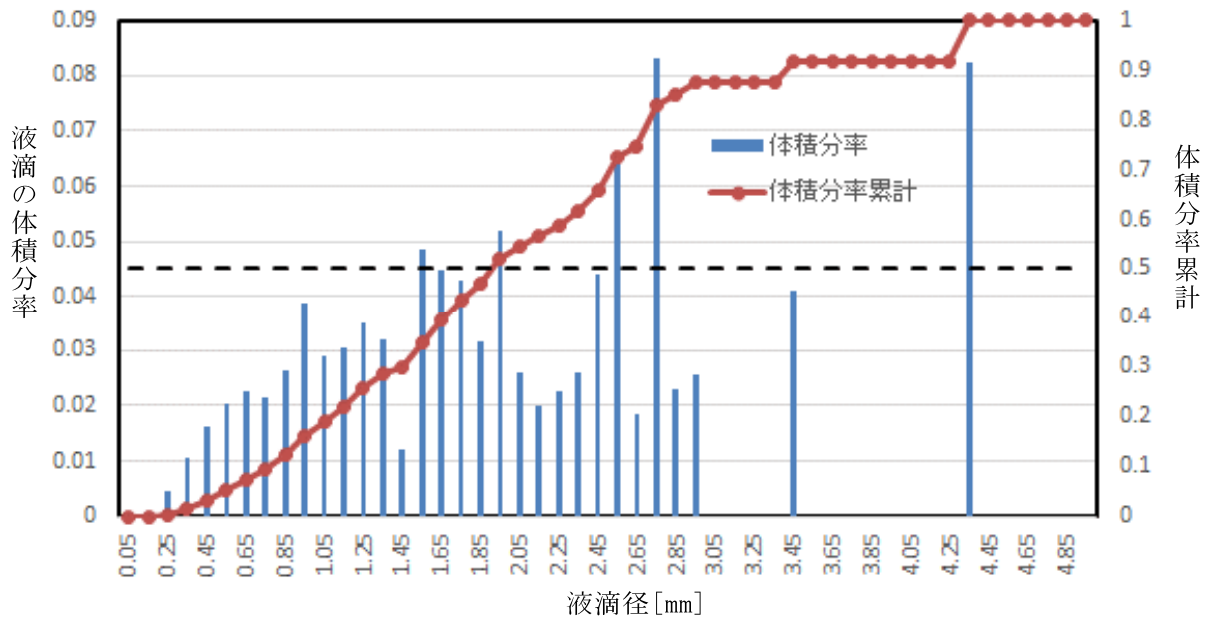


第5-1図(4/4) 液滴体積分率の取得結果 (1回目)

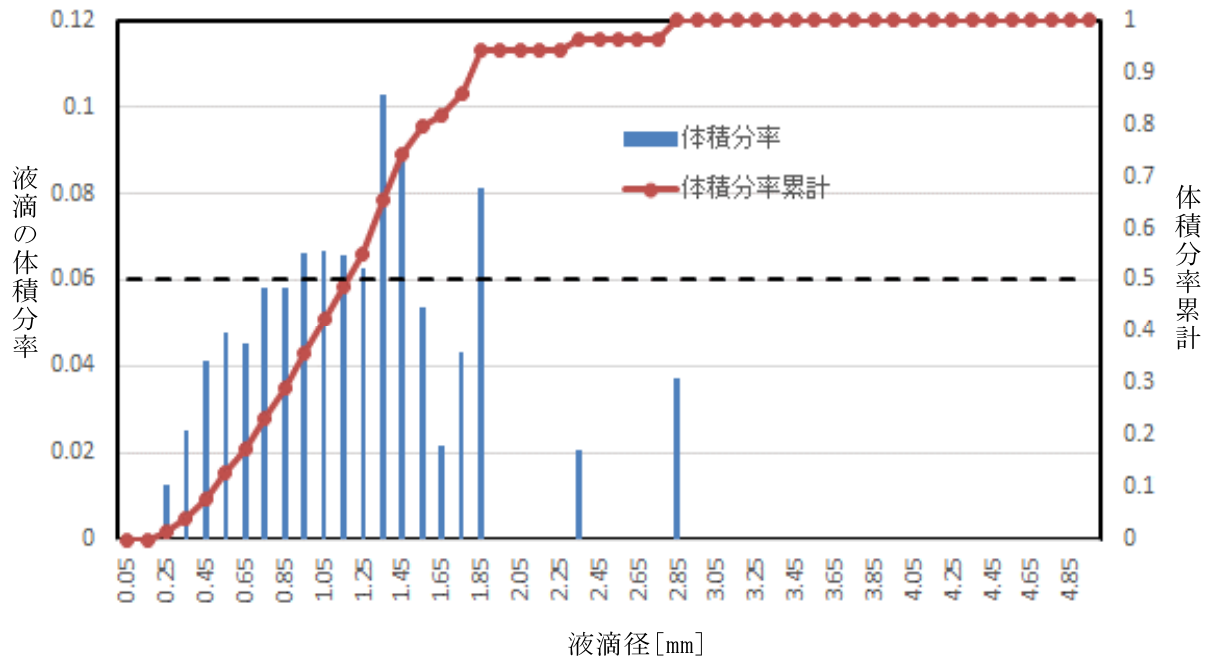


第5-2図(1/4) 液滴体積分率の取得結果 (2回目)

測定点③

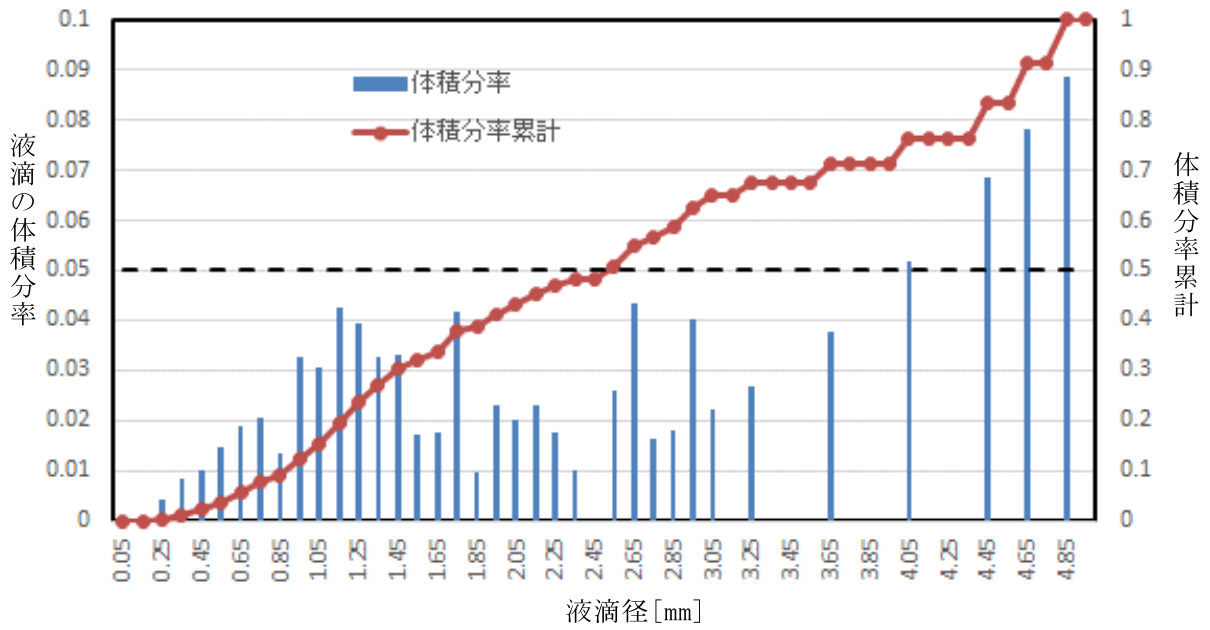


測定点④

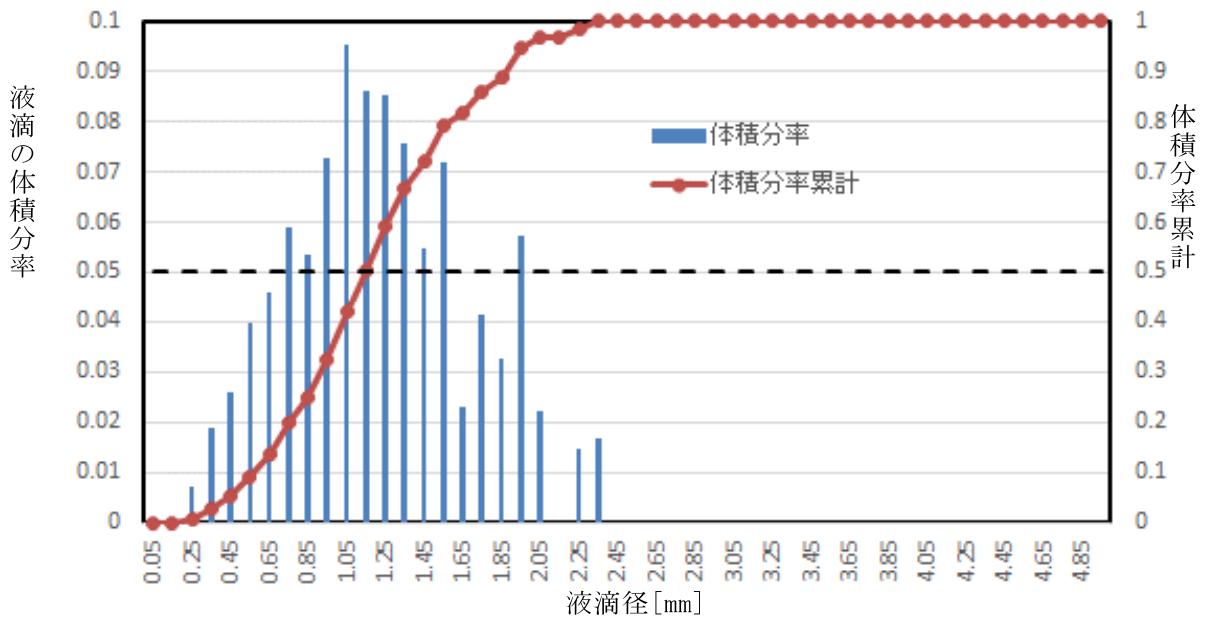


第5-2図(2/4) 液滴体積分率の取得結果 (2回目)

測定点⑤

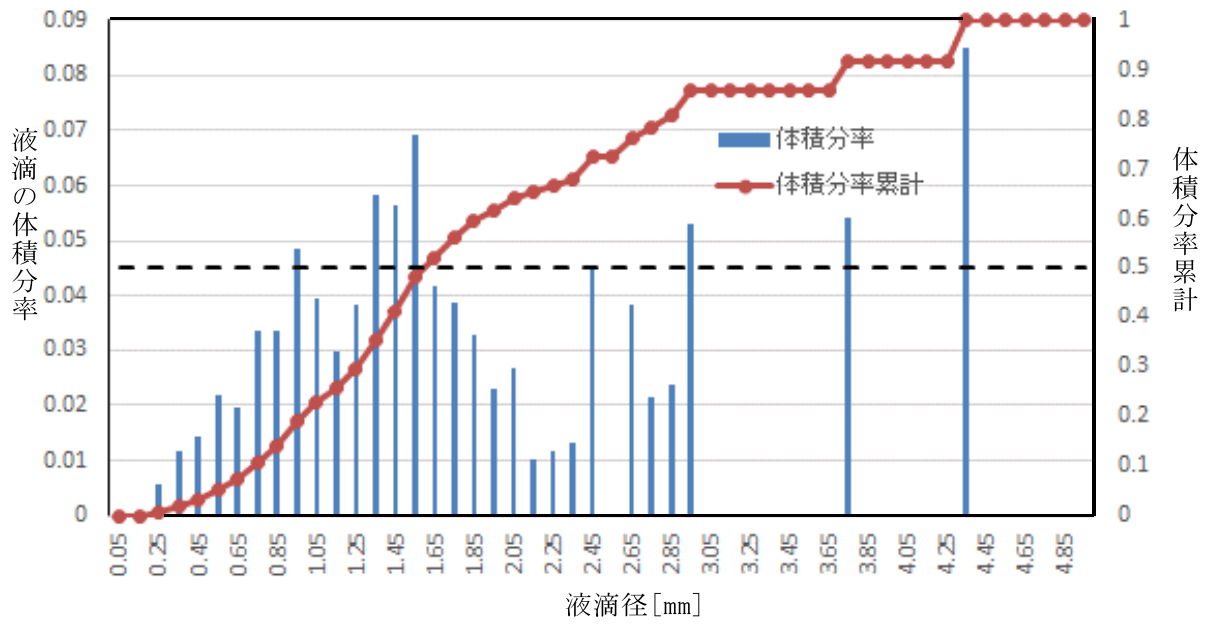


測定点⑥

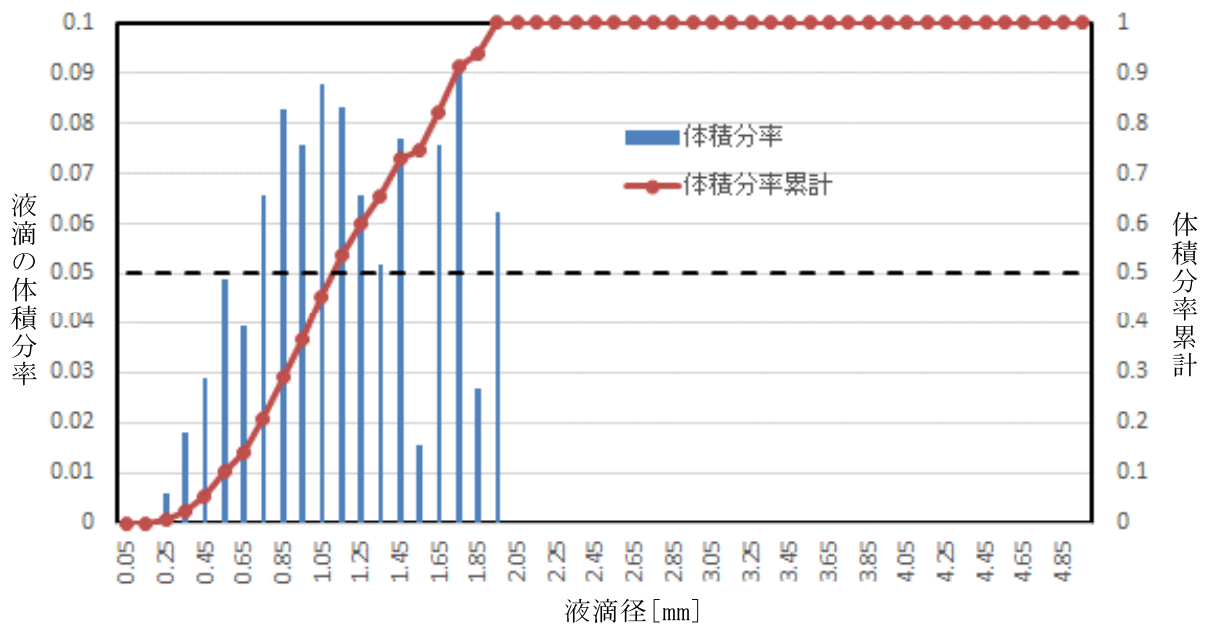


第5-2図(3/4) 液滴体積分率の取得結果 (2回目)

測定点⑦



測定点⑧



第5-2図(4/4) 液滴体積分率の取得結果 (2回目)

3-2. 試験結果の考察

第4-1図及び第4-2図に示す試験データ（第1回目と第2回目）の試験結果より、試験毎に8点計測した全ての計測点において、数百個以上取得された液滴の個数割合分布が0.2~0.4mmで支配的となっていることから、試験回数を増やしたとしても液滴個数割合の分布形状は大きく変わることはなく、また測定点以外の箇所であっても同様の液滴径の分布をとることが推定される。

4. 液滴径の基本ケース条件の設定

各測定点で得られた液滴径個数分布は全て類似の傾向を示していることから、全測定データを合算することにより液滴径を評価することができる。

各測定点で得られた全液滴の個数分布を図6に示す。図6を液滴径毎の体積を乗じた体積分率で整理した結果、体積分率50%出現値は図7の通り1.65~1.75mmとなったことから、基本ケース条件は当該結果を踏まえ保守的に1.5mmを設定する。

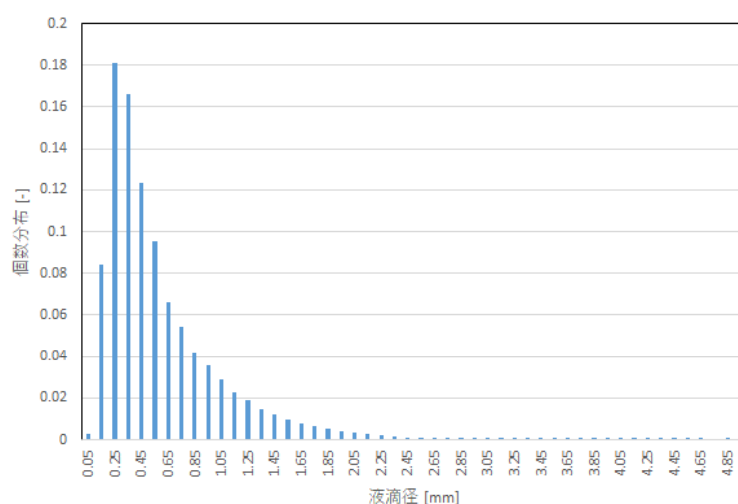


図6. 液滴径毎の個数分布

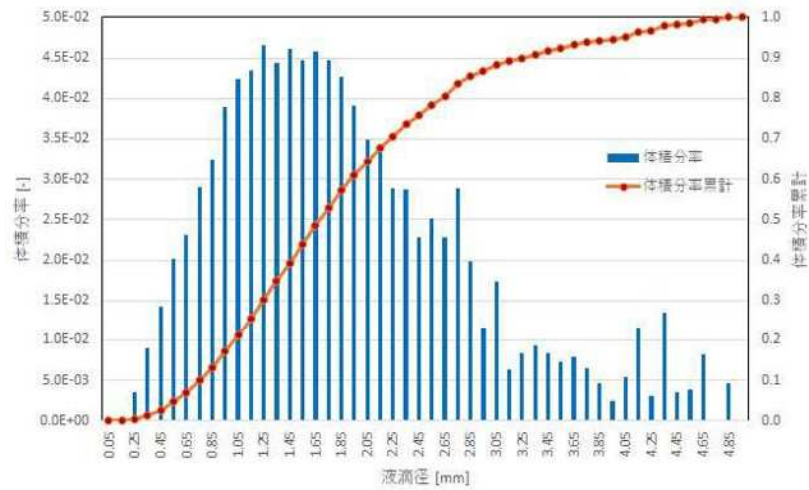


図7 液滴径毎の体積分率

5. 液滴径の不確かさを考慮した条件の設定

不確かさを考慮した条件としては、図7に示す体積分率の20%出現値(1.0mm~1.05mm)を踏まえ、1.0mmを設定する。

放水される流量の大部分は、スプレーヘッドではなく放水砲が占めることとなるが、放水砲由来の放水を特徴づける液滴径は2.9mm(文献^{*1})とされており、スプレーヘッドの液滴径を放水砲由来の液滴に適用することは大幅な保守性を有することになる。

※1：宮下達也、石油タンク火災消火時における大容量放水及び泡放射軌跡の予測モデルの構築(2014)