

泡 剤 の 研 究

加 藤 勝 文*
 川 茂 隆*
 伊 藤 有*

は し が き

近時合成界面活性剤を使用したエアフォームに対する関心が高まると共に、当研究室でもその開発に着手し、東消A T型泡剤と称する、泡の安定性その他性能的にすぐれた特長を持つ泡剤を開発し、その研究経過は過去の研究所報で詳細に報告してきた。しかし開発初期の段階では、界面活性剤系エアフォームは発泡倍率も1,000倍近い、主に高発泡消火装置用の泡剤としてのみ注目されていたが、各種発泡装置の開発も進み、さらに泡剤の実用価値を考えた場合、高発泡から、蛋白泡と同様10倍以下の低発泡まであらゆる消火剤として使用できることが要求されてきた。

東消A T型泡剤も高発泡消火剤として使用した場合の性能は十分掌握しているが、低発泡消火剤としての性能、特に既存の蛋白泡との性能比較が不十分だったので、その究明をおこない実用性について検討した。

またこの泡剤を実火災に使用する場合、状況に応じて淡水、海水、その他種々の水を使用しなければならないが、使用する水によって発泡状況に差を生じることが消火剤として好ましくない。既存の一部泡剤の中には、海水などで極端に発泡性能が低下するものもあるが、A T型泡剤の各種水に対する発泡性能を調べるため、東京湾内の海水、および都内主河川で、海水の影響を受けると思われ3箇所の水を採取し、泡剤の起泡力を測定した。

その1 低発泡消火剤としての泡安定性

1. 実験供試材料

実験に用いた泡剤は、当研究室で開発した東消A T型泡剤と蛋白質エアフォーム、および市販の界面活性剤系エアフォーム5種の計7種類である。その使用濃度は第1-1表のとおりである。

実験に用いた水は、淡水には地下水を使用し、海水には東京湾晴海岸壁で採取した水を使用した。

第1-1表 使用泡剤

泡 剤 名	使 用 濃 度
東 消 A T 剤	3%
A 社 製	3%
B 社 製	3%
C 社 製	3%
D 社 製	3%
E 社 製	3%
蛋 白 泡	6%

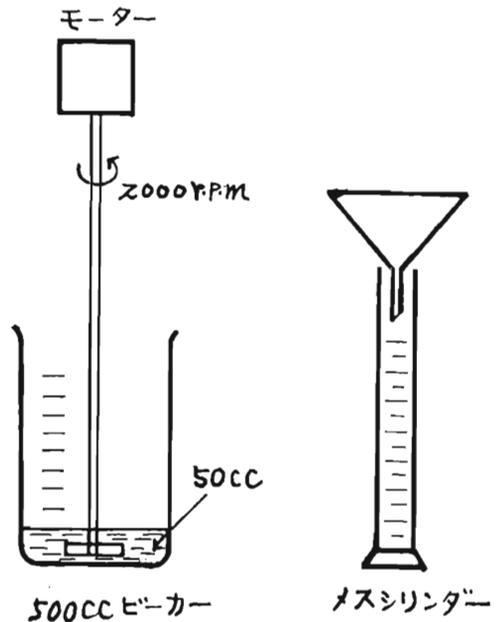
2. 実験方法とその結果

(1) 発泡性および泡の安定性試験

各消火剤の発泡力と、発泡した泡の安定性を検討するため、次の方法で試験した。

容量500ccのビーカーに試験液50ccを入れ、攪拌用

第1-1図 発泡装置及びドレネジ測定方法



* 第二研究室

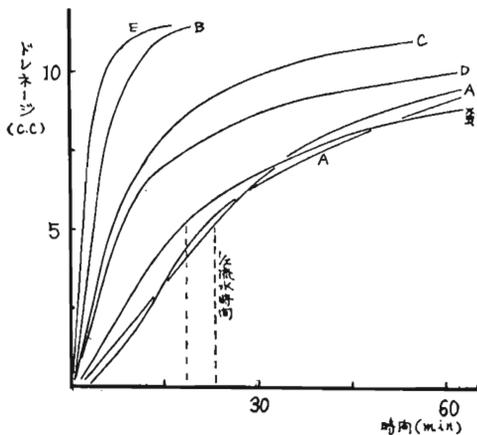
ペラ (60mm×10mm×1mm) を 2,000 r・p・m で 2 分間回転して発泡させる (第 1-1 図参照)。

発泡倍率は攪拌停止後ビーカーの目盛で測定し、発泡した泡の安定性として、消泡時間およびドレネジタイム (1/2 流水時間) をつぎの方法で測定する。消泡時間はビーカー内で発泡した泡をそのまま放置し、その 5% が消える迄の時間で求め、ドレネジタイムは発泡した泡を直ちに第 1-1 図に示す三角ロートに移して流下する液量と時間の関係をメスシリンダーで測定する。上記各試験は各々淡水、海水で実施した。測定の結果は第 1-2 表のとおりである。なお各泡剤のドレネジ曲線を求めると第 1-2 図のとおりである。

第 1-2 表 泡安定性試験結果

泡剤名	淡 水		海 水			
	発泡倍率	泡減量 1/2 (5%) 流水時間	発泡倍率	泡減量 1/2 (5%) 流水時間		
東消 A T 剤	7.6	95'	23'	7.4	154'	14'30"
A 社 製	7.6	92'	22'	7.2	136'	13'
B 社 製	7.6	28'	4'	7.4	34'	4'
C 社 製	7.0	70'	8'	7.4	46'	2'20"
D 社 製	7.8	85'	8'	7.8	27'	7'
E 社 製	7.6	41'	4'	8.0	31'	2'40"
蛋白泡	7.0	120'	19'	7.0	51'	8'

第 1-2 図 各種泡剤のドレネジ曲線

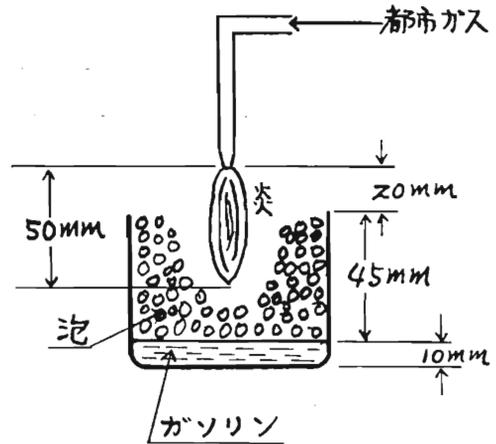


(2) 耐火性試験

第 1-3 図に示す内径 85mm、深さ 55mm のガラス製容器にガソリンを 10mm の厚さに入れ、試験 (1) の方法で発泡させた泡を 45mm の厚さにのせる。上部から長さ 50mm の都市ガス炎を鉛直にあて、ガソリンに引火するまでの時間、およびガソリンが継続燃焼を開始するまでの時間を測定する。実験は各泡剤について淡

水、海水で発泡させておこなった。結果は第 1-3 表のとおりである。

第 1-3 図 耐火試験装置



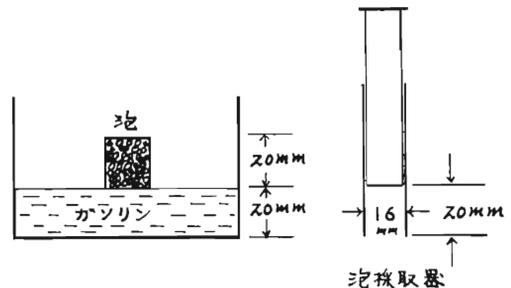
第 1-3 表 泡の耐火性試験結果

泡剤名	淡 水		海 水	
	引火時間	燃焼時間	引火時間	燃焼時間
東消 A T 剤	7'07"	10'52"	4'45"	7'35"
A 社 製	5'47"	8'12"	4'18"	6'00"
B 社 製	38"	1'32"	1'50"	3'25"
C 社 製	3'05"	5'45"	2'25"	3'31"
D 社 製	2'15"	3'20"	3'00"	4'32"
E 社 製	2'15"	2'31"	1'30"	2'07"
蛋白泡	7'00"	8'40"	6'15"	10'20"

(3) 耐燃料性試験

発生した泡の石油系炭水素に対する耐燃料性 (被覆性) を調べるため、次の方法で試験した。内径 85mm、深さ 55mm の硝子製容器にガソリンを 20mm の厚さに入れ、試験 (1) の方法で発泡した泡を第 1-4 図に示す泡採取器で 4cc とり、ガソリンの中央に落して泡が消滅するまでの時間を測定する。実験は各泡剤とも淡

第 1-4 図 耐液性試験装置



第1-4表 泡の耐燃料性試験結果

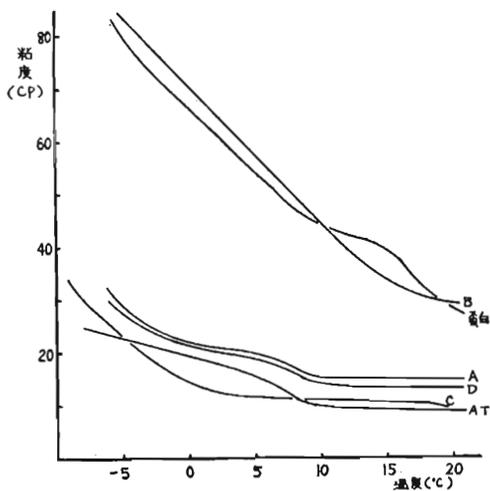
泡 剤 名	淡水, 泡消滅時間	海水, 泡消滅時間
東消A T 剤	6'40"	11'00"
A 社 製	4'30"	12'10"
B 社 製	3'00"	3'00"
C 社 製	4'50"	3'50"
D 社 製	12'30"	33'20"
E 社 製	5'20"	4'10"
蛋 白 泡	106'00"	146'00"

水、海水で発泡した泡でおこなった。結果は第1-4表のとおりである。

(4) 粘度測定

泡剤の温度変化にともなう粘度の変化を測定した。測定方法は500cc 容器に泡剤を入れ、冷凍機で常温から0.5°C/minで冷却しながら、各温度毎の粘度を回転粘度計で測定する。各泡剤の温度と粘度の関係を図示すると第1-5図のとおりになる。

第1-5図 粘度曲線



3. 考 察

(1) 発泡性および泡の安定性

消火用エアフォームとして必要な条件は、希望する発泡倍率を持ち、さらに泡減少速度およびドレネイジ速度の遅いものが要求されるから、泡の性能試験をおこなう場合にもこれらに重点を置く必要がある。

試験は攪拌で発泡した泡を使用したため、ノズルによる発泡と異なり、均一で非常にきめ細かい泡になり、実際の泡性能とは若干異なると思われるが、泡剤相互の性能比較実験をおこなううえには問題ない。

発泡性の試験結果は第1-2表にあげたように、蛋白質泡剤は、淡水、海水共に7倍の発泡率であったが、界面活性剤系の泡剤はどれもこれより大きく、起泡性に関しては蛋白泡よりすぐれているといえる。又海水を使用してもその発泡性能にはほとんど差はみられなかった。

泡安定性の尺度となる発泡した泡の5%減少速度は、淡水で最高が蛋白泡の120分であるが、東消A T 剤は95分とこれに次ぐ良好な性能を示した。一方泡の保水性は、蛋白泡の1/2流水時間が19分であるのに対して、A T 剤は23分と非常にすぐれていた。しかしC・D社の製品のように泡減量は比較的少ないが、1/2流水時間がA T 剤に比較して早く、短時間で乾いた泡になってしまうものもある。

海水を使用した泡安定性は、蛋白泡は5%泡減少時間51分、1/2流水時間8分とそれぞれ淡水の1/2以下に低下したが、A T 剤は5%泡減少時間が逆に増加しており、海水を使用しても泡持ちには影響していない。しかしドレネイジタイムは活性剤を原料とした泡剤は共通して早くなり、生成した泡は比較的短時間で水分の少ない乾いた泡になる。

以上発泡性、泡安定性、ドレネイジの測定結果から判断すると、A T 剤その他1~2社の界面活性剤エアフォームは、低発泡として蛋白質エアフォーム同様に使用し得るといえる。しかし、蛋白泡が発泡後一部固体膜の泡になるのに対して、界面活性剤の泡は液体膜の泡であるから、実際の消火に当って耐火性に劣ることは考えられる。

(2) 泡の耐火性

泡の耐火性は、蛋白泡が淡水、海水いずれの水で発泡しても比較的平均した性能を示した。これは前項で述べた蛋白泡の一部が固体膜に変化するため耐火性を増し、海水を使用して生じる保水性の低下も固体膜であることによりカバーしているものと思われる。

A T 剤の泡は、淡水では良好な結果を得たが、海水を使用すると若干耐火性が低下する。これは試験(1)でおこなったドレネイジの結果とも関係しているが、泡の保水性の低下がそのまま冷却効果の低下として耐火性に影響しているはずである。その他比較におこなった泡剤は、いずれも蛋白泡あるいはA T 剤より性能が劣っていた。

(3) 耐燃料性

泡消火の対称となる燃料がほとんど炭化水素系のものであるから、実験には自動車用燃料ガソリンを使用した。泡の耐燃料性は第1-4表に記したとおり、蛋白泡が最も良く、界面活性剤の泡は一様に消泡性が大きく耐燃料性は劣っている。

可燃性液体に対する泡剤の消火効果を考えると、発泡した泡は長時間液体の表面を被覆していることが必要で、消泡性が大きければ露出した燃料の再引火の危険も増し、当然消火力も低下する。その対策として根本的な解決法ではないが、実験結果から、活性剤の混合比を多くすることによりある程度耐燃料性をますことが明らかになったので、これも一つの方法と思われる。又泡の供給率を多くすることでもカバーできるはずである。

なをアルコール等水溶性可燃液体に対しては、すべての泡剤とも極端に効力が低下するが、耐アルコール泡の問題は今後別に研究する必要がある。

(4) 粘 度

泡原液を水と混合して発泡させる場合、一般的にはプロポーショナー方式で吸引するがこの際泡剤の粘度が吸引性に大きく影響する。特に夏期、冬期において粘度差の大きいものは常時一定の泡を生成しにくく、又低温で高粘度になれば冬期使用できなくなるため、低粘度でかつ温度変化にともなう粘度差の少ないことが泡剤として必要な条件となる。

試験した泡剤の粘度は、蛋白泡とB社製がほぼ同様な高い粘度曲線を示したが、AT剤を含む他の泡剤の粘度状態は良好であった。特にAT剤は常温から氷点下まで粘度変化も少なく、夏期、冬期いずれも安定した性能を発揮すると思われる。なをE社製は21°Cで105C P、1°Cで333C Pと他に比較して極端に高粘度であった。

その2 海水および河川の水による起泡力測定

1. 実験供試材料

(1) 実験に使用した水

実験に使用した水は各々満潮時に第2-1図に示す海岸および河川で採取した。なお比較のため当研究室附近の地下水を淡水として用いた。

(2) 泡 剤

東消AT型泡剤

2. 実験方法とその結果

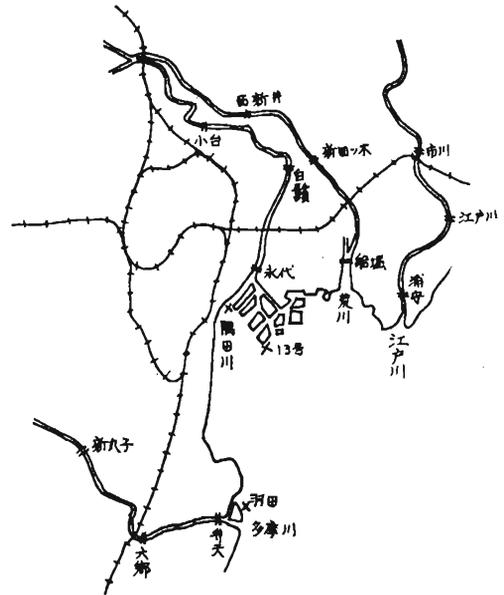
(1) 水の比重と含有する無機塩の量

海水あるいは河川の水はそれを採取する位置で含有する無機塩の量が異なり、当然比重も異なるはずである。その量が起泡力に影響することも考えられるので測定した。

水の比重は浮秤で測定し、無機塩の量は、水を蒸発乾固して析出物を秤量して求めた。測定結果は第2-

1表のとおりである。

第2-1図 水の採取位置



第2-1表 比重および析出物重量

採水位置	比重(17°C)	析出量 (100cc H ₂ O中)
淡水(地下水)	1.0008	
多摩川系 弁天橋	1.0148	2.1752
六郷大橋	1.0085	1.1748
丸子橋	1.0002	0.0288
隅田川系 永代橋	1.0085	1.1726
白髪橋	1.0065	0.9700
小台橋	1.0010	0.0356
荒川系 船堀橋	1.0132	1.8528
新四ツ木橋	1.0052	0.6680
西新井橋	1.0018	0.0748
江戸川系 浦安橋	1.0080	1.2220
江戸川大橋	1.0006	0.0238
市川橋	1.0000	0.0182
海水 (東京湾) 羽田空港先	1.0130(26°C)	2.44
晴海岸壁	1.0141(26°C)	2.54
13号埋地先	1.0142(26°C)	2.46

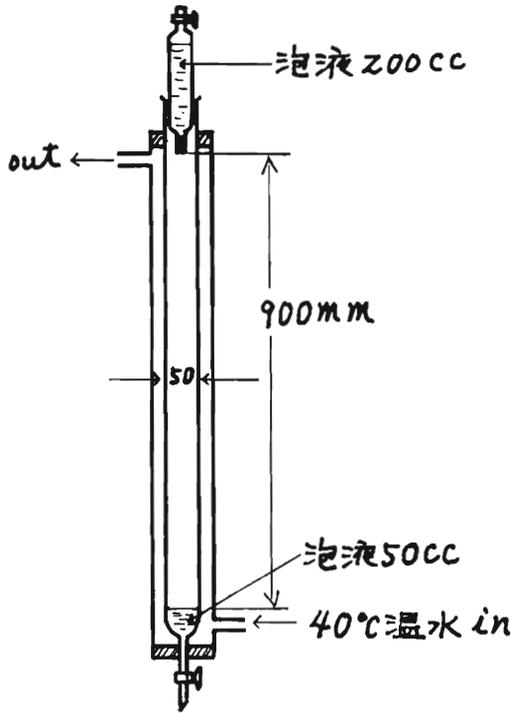
(2) 起泡力測定

測定はJ I S-K-3362の界面活性剤起泡力試験装置(第2-2図参照)を使用し、試験液は、水にAT剤1.5%を溶解したものを使用する(有効活性剤濃度0.3%)。

測定方法は垂直に立てた試験装置の外筒に40°Cの温水を循環させて内部を一定温度に保つ。内筒に50ccの試験液を入れ、さらに上部ピペットに200ccの試験液

をとり、ピペットの活栓を開いて内筒の液面中央に200ccの液を30秒間で流下させ、発生した泡の量を高さで求める。測定は各々4回おこない、その平均値を求める。結果は第2-2表のとおりである。

第2-2図 起泡力試験装置



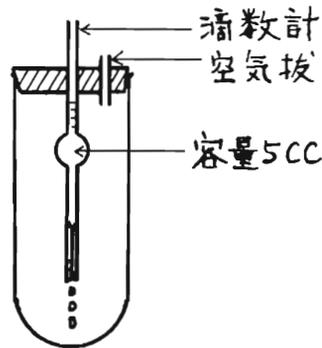
第2-2表 起泡力測定結果

採水位置	起泡量(cm)	起泡率 淡水=100
淡水(地下水)	28.0	100
多摩川系 弁天橋	26.0	94
六郷大橋	27.2	97
丸子橋	28.4	102
隅田川系 永代橋	27.1	97
白鬚橋	27.2	97
小台橋	27.7	99
荒川系 船堀橋	26.9	96
新四ツ木橋	27.2	97
西新井橋	27.1	97
江戸川系 浦安橋	26.8	96
江戸川大橋	28.3	101
市川橋	29.0	104
海水(東京湾) 羽田空港先	27.7	99
晴海岸壁	26.9	96
13号埋立地先	26.9	96

(3) 泡溶液の比表面張力測定

発泡には泡剤がネット面を通過する時の液の表面張力が影響するはずであるから、水に溶解した泡溶液の比表面張力を測定した。測定にはJ I S-K-3362の比表面張力測定用滴数計(第2-3図参照)を使用し、毛細管から適下する適数量で求める。試験はAT剤1.5%を溶解した泡溶液について各3回おこない、その平均値を求めた。結果は第2-3表のとおりである。

第2-3図 比表面張力測定用滴数計



第2-3表 泡溶液の比表面張力

採水位置	滴下時間	滴数量	比表面張力
蒸溜水	3'09"	61	1.000
淡水(地下水)	3'15"	201	0.304
多摩川系 弁天橋	3'34"	192	0.318
六郷大橋	3'31"	190	0.321
丸子橋	3'30"	171	0.356
隅田川系 永代橋	3'39"	193	0.316
白鬚橋	3'21"	190	0.321
小台橋	3'37"	178	0.342
荒川系 船堀橋	3'33"	188	0.324
新四ツ木橋	3'25"	188	0.324
西新井橋	3'30"	180	0.339
江戸川系 浦安橋	3'29"	186	0.328
江戸川大橋	3'30"	170	0.359
市川橋	3'31"	171	0.356
海水(東京湾) 羽田空港先	3'23"	188	0.324
晴海岸壁	3'27"	194	0.314
13号埋立地先	3'31"	192	0.318

$$\text{比表面張力} = \frac{n^\circ}{n}$$

n : 各試験液の適数量

n° : 蒸溜水の適水量

3. 考 察

(1) 水の比重および含有無機塩

河川水に海水が混じると、海水中の主成分である NaCl, MgCl などのため、比重の増加が考えられる。測定の結果も下流ほど比重が大きく、各河川共上流の測定点附近では比重からみれば、ほとんど海水の影響はみられなくなっている。

一方含有する無機物の量も、東京湾の海水が 100 cc 中 2.4~2.5 g 計測されるのに、河口から上流に遡るほど少なくなると、上流の測定位置では無機塩の析出はほとんどみられず、この附近が満潮時における海水の流入限界と思われる。

採取した水の析出物を各々発光分光分析器で分析すると、その成分は Na, Mg, Ca, 若干の K, Fe であった。これらは海水中の主成分である NaCl, MgCl, CaCl, KCl などと考えられる。

(2) 起 泡 力

泡剤の起泡力はその使用する水質、すなわち海水、汚染された河川水などに影響されるのではないかという疑問が生じたので、東京都内で実火災に使用する可能性がある各地の水を使用し、起泡性に及ぼす影響を調べた。泡溶液固有の起泡力を調べるには、攪拌、送風等機械的力を一切加えない自然な方法で起泡力を比較するのが理想的と思われるので、前記実験の項で記した方法をもちいた。

結果的には淡水の発泡量に比較して、海水、河川水とも最低の発泡量のものでも 94% と著しい起泡力の低下はみられないが、その各々を詳細に比較検討すると、上流の水ほど発泡率は大きい傾向にあり、水質が起泡性に何らかの型で影響しているはずである。しかしその原因が、塩化ナトリウム等無機塩によるものか、あるいは、水中に溶解した工場排液等の有機物であるかわ不明で、これは今後検討する必要がある。

(3) 表面張力

起泡力を低下させる原因として、水に溶解した無機物、あるいは有機物の影響により液の表面張力が変化するためではないかと考えられた。常識的には NaCl 等無機物の濃度が高くなれば当然水の表面張力は増加するのであるから、河川の水を使用した泡溶液も、河口附近ほど海水の影響を受けて表面張力は大きくなると思われた。しかし測定結果は予想に反して逆の結果を得た。その原因として考えられることは、東京近郊の河川は下流ほど汚染がひどく、有機溶剤、染料など各種の工場排液、あるいは洗剤その他の界面活性剤など表面張力を低下させる有機物の含有量が多くなり、これが無機塩類以上の影響を及ぼしたものと思われる。

起泡力試験の項では、下流ほどわずかながら起泡力が低下することを述べ、その原因が無機塩類含有のためか、あるいは有機物の影響か不明であったが、表面張力の低下が有機物の影響であるとするならば、測定結果から判断して起泡性に及ぼす因子は NaCl 等の無機物よりも、排液その他の有機物の影響が大きいに考えられる。

あ と が き

以上東消 A T 型泡剤の、低発泡消火剤としての性能と使用する水の問題について述べてきた。

試験結果から勘案して東消 A T 型泡剤は、低発泡消火剤とする蛋白泡に近い性能を発揮し得るものと思われる。又大規模な油火災の消火実験も別に実施しているが、その結果でも蛋白泡以上の消火性能を発揮することが実証できた。今後実火災において高発泡から低発泡まで、広範囲の使用が期待される。

汚染された河川、あるいは海水など、水の種類が泡剤の起泡力に及ぼす問題は、特に悪影響を及ぼすとは思えないが、水の問題を完全に無視することはできなかった。その改良については、添加剤の使用などが考えられるが、今回は試験できなかったので別に検討していきたい。