

表1 環境水、下水および浄水における 1,4-ジオキサン、1,1,1-トリクロロエタンの存在状況

		1,4-ジオキサン [μ g / l]	1,1,1-トリクロロエタン [μ g / l]
河川水	総数	115	43
	不検出数	4	43
	検出数	111	0
	平均	2.478	0
地下水	総数	68	37
	不検出数	3	18
	検出数	65	19
	平均	4.941	0.254
下水	総数	3	0
	不検出数	0	0
	検出数	3	0
	平均	7.167	0
下水の各種処理水	総数	19	2
	不検出数	0	2
	検出数	19	0
	平均	0.3~3.2	0
浄水	総数	9	4
	不検出数	0	4
	検出数	9	0
	平均	1.59	0
沈殿水	総数	1	0
	不検出数	0	0
	検出数	1	0
	平均	0.11	0

3.2 1,4-ジオキサンの摂取量調査

3.2.1 事業所排水調査

(1) 調査対象事業所

今年度は、生活排水のみ流入するA下水処理場(1事業所)と生活排水と事業所排水の両方が流入するB~D下水処理場(3事業所)について調査を行った。

(2) 分析方法

分析方法は活性炭カートリッジ抽出-GC/MS法を用いた。詳細は平成10年度「水道における化学物質の毒性、挙動及び低減化に研究検討会報告書」を参照。

(3) 調査結果

下水処理場の流入水・放流水の調査結果を以下の表2に示す。生活排水のみ受け入れている下水処理場のデータが少ないため、生活排水・事業所排水の両方を受け入れている下水処理場との間に明確な差があるとは判断できなかった。

生活排水・事業所排水の両方を受け入れている3下水処理場のデータを比較すると、C下水処理場とD下水処理場では流入水中の1,4-ジオキサン濃度が最大で100倍以上の差が見られた。また、C下水処理場においては、安部が行った放流水の定期的な調査結果(図1参照)から1,4-ジオキサンの変動幅が非常に大きいことが分かっている。これらを勘案すると、特定の業種からの排水が環境中で検出される1,4-ジオキサンの主要な負荷源であると考えられる。

表2 下水処理場流入水/放流水中の1,4-ジオキサン濃度

名称	採水	流入水	二次処理水	放流水	流入組成	流入汚水量(m3)
A下水処理場	H11年11月	0.4	0.3	0.3	生活排水	60,000
B下水処理場	H11年11月	2.5	—	4.4	生活排水・事業場排水	600,000
C下水処理場	H11年12月	2.8	—	2.4	生活排水・事業場排水	230,000
C下水処理場	H12年2月	16.3	—	12.2	生活排水・事業場排水	230,000
D下水処理場	H12年2月	0.1	—	0.1	生活排水・事業場排水	—
D下水処理場	H12年3月	0.4	—	0.8	生活排水・事業場排水	—

単位:ng/ml 定量限界0.1ng/ml

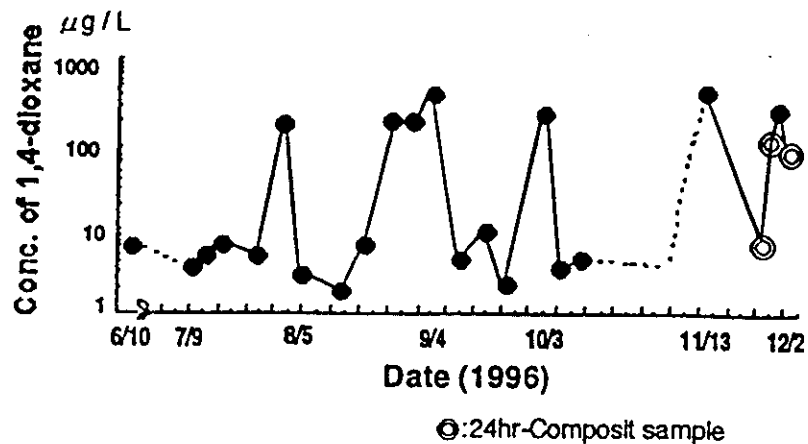


図1 C下水処理場放流水中の1,4-ジオキサン濃度変化

3.2.2 一日摂取量推定のための予備調査

(1) 大気経由摂取量の推定

① 採採取地点(6地点)

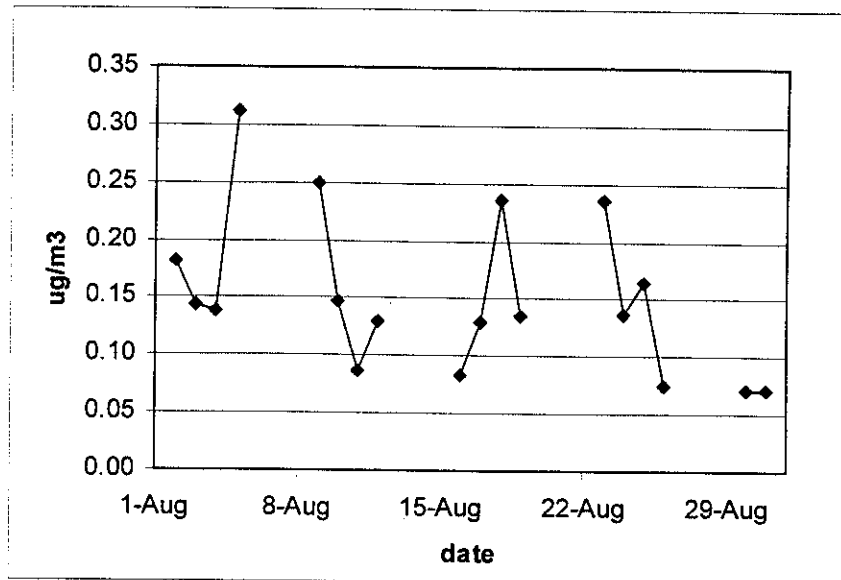
平塚市、南足柄市、小田原市、大和市、厚木市、横須賀市

② 分析方法

神奈川県環境科学センターの長谷川が開発したキャニスター-GC/MS法を用いて24時間平均値を求めた。

③ 神奈川県内調査結果

神奈川県下の6地点で9月、11月、1月に大気中の1,4-ジオキサン濃度を測定したところ、4地点は不検出で2地点から0.04~0.62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 検出された。またそのうち1地点(平塚市)で測定を続けた結果を図2に示す。



◆:24時間平均値

図2 1,4-ジオキサン測定結果(1999年8月:神奈川県平塚市)

6地点中2地点でのみ検出されることから、1,4-ジオキサンは局地的な汚染であり、汚染の広がりは見られないと思われる。

上記の結果から、1,4-ジオキサンの汚染があると考えられる地域での大気経由による1日摂取量は、1日1人15 m^3 吸入すると考え、0.6~9.3 $\mu\text{g}/\text{d}$ と推定された。

なお、大気中の1,4-ジオキサン濃度レベルは、平成12年度に長谷川の方法を用いて環境庁の「化学物質環境調査」で行う予定になっているので、来年度末には全国の実態の概要が明らかになるものと思われる。

(2) 食品経由摂取量の推定

現在、煮沸操作による水中の1,4-ジオキサン存在量の変化について調査中である。

(3) 水道水経由摂取量の推定

本検討委員会が平成 10 年度に行った予備調査の結果では、水道水経由の1日摂取量は 0.4 ~18 μ g/d であると推定された。但し、平成 10 年度の予備調査では検体数が 3 検体と非常に少なかったため、今年度調査結果と併せて推定する必要がある。

3.2.3 マーケットバスケット方式

(1) 試料としての食品の購入方法

北海道(札幌)、東北(仙台)、関東Ⅰ(東京)、関東Ⅱ(つくば)、北陸(金沢)、東海(名古屋)、近畿Ⅰ(大阪)、近畿Ⅱ(奈良)、中国(岡山)、四国(徳島)、北九州(北九州)および南九州(熊本)の全国 12 地域ブロックより代表的都市をそれぞれ選び、その地区にある一般のマーケットより国民栄養調査食品群別表(表1)の食品を平成 9 年度特別集計食品群別栄養素摂取量(地域ブロック別)(表2)に従って購入し、国立医薬品食品衛生研究所環境衛生化学部までクール宅配便で送付する。処理を摂取量の 6 倍以上で行うため、購入品の量は摂取量の約 10 倍とする。

(2) 試料の調製と保存

国立医薬品食品衛生研究所環境衛生化学部で、群別に摂取量の6倍を秤量し、加熱等の調理や処理を施した後、ミキサーで均一化した。混ざりにくいものについては精製水を加えた。米類は炊飯し、野菜類は煮る、肉や魚類は焼くなど、実際の摂取を想定して秤量後に調理した。ただし味付けは行わなかった。調理には、一般家庭で用いられるまな板、フライパン、鍋など、木、合成樹脂、アルミニウム、フッ素樹脂加工品等の調理器具を家庭での使用時と同様に洗浄して用いた。また、調理後の重量を測定し、調理前後の重量変化を記録した。調理水は当該地区の代表的飲料水を用いた。ミキサーで混合、均一化した後、群毎にシリコンパッキングのガラスびんに入れ、分析時まで -20°C で保存する。分析機器や調理過程での汚染の有無を確認するため、精製水を試料と同様に処理した後分析に供し、ブランク試験とした。

保存した試料は、融解し一定量を分取し、分析を行い、1,4-ジオキサン¹⁾の食品からの一日摂取量を把握する。作製した試料は、ハロ酢酸、アンチモン等²⁾についての一日摂取量の把握をするための試料として保存する。

① 購入品目一覧表

購入した食品は下記の表に食品名、購入日、わかるものに対しては産地等、できる限り解析のために必要な記録を残すこととした。

(例)

購入地域(東京都 世田谷区)

群	食品群	食品名	購入日	産地	備考
I	米	精白米	H12. 3月 25日	千葉県	
	米加工品	餅			
II					
X					
	魚介かん詰	マグロ油づけ かん詰	H12.2月 25日		〇〇社製 製造番号 12345

(注)食品の選定は実験者の好みによるところがかなり大きく影響する。同一分類内の食品の何を選ぶかにより汚染物の含量が大きく変わることも考えられるが、総合的に解析することにより補正されるものと推定できる。この点は total diet 研究のさけられない問題点であるが、全国的な規模での解析をすることにより暴露量の平均的な摂取量を把握することは可能である。原則として、III群の第23分類(その他の菓子類)は三種以上、VI群の大 38 分類(その他の果実)は三種以上、VII群の第 43 分類(その他の緑黄野菜)は三種以上、VIII群の第 50 分類(その他の野菜)は三種以上、VIII群の第 54 分類(海草類)は二種以上、IX群の第 61 分類(その他の飲料)は三種以上、X群の第 66 分類(その他の魚)は三種以上を選定する。

3.2.4 加熱処理による 1,4-ジオキサンの変動

マーケットバスケット方式による摂取量調査の際に、加熱処理を施すことにより 1,4-ジオキサンが蒸発気散するか否かについて基礎検討を行った。

ペットボトル水に 1,4-ジオキサンを添加し、10 分間沸騰させた後、室温まで冷却した。冷却後、白色沈殿が生じたため、ろ過を行った。試料水 200ml(5 μ g/l 添加試料については 100ml)に 1,4-ジオキサン-d8 を 0.5mg/l 添加した。活性炭カートリッジ(ウオーターズセップパック AC-2)とスチレンジビニルベンゼンポリマーカートリッジ(ウオーターズセップパック PS-2)を直列に接続し、スチレンジビニルベンゼンポリマーカートリッジ側からジクロロメタン 10ml、アセトン 20ml および精製水 40ml を逐次通して、コンデিশニングを行った。試料水をスチレンジビニルベンゼンポリマーカートリッジから流速 10ml/分で通水した。通水後、活性炭カートリッジを取り外して、精製水 10ml で洗浄した。窒素ガス 2kg/cm²で約 20 分間通気して水分を除去した。2ml のアセトンを流速 1ml/分で通水方向とは逆向きにゆっくり通し、1,4-ジオキサンを回収した。

1ml まで窒素ガスを吹き付け、濃縮した。

(1) ガスクロマトグラフ・質量分析の条件

カラム; HP-624 (Hewlett Packard) 60m x 320 μm id x 18 μm film

昇温条件; 45°C(1min) - 7°C/min - 220°C(0min) - 25°C/min - 260°C(1min)

注入口温度; 220°C (スプリットレス)

注入口圧力; 4.6psi

測定質量数; 1,4-ジオキサン 88, 58

1,4-ジオキサン-d8 96, 64

(2) 結果

検体濃度 ($\mu\text{g/l}$)	測定値 ($\mu\text{g/l}$)		回収率 (%)
	加熱処理有	加熱処理無	
0	0.050	0.000	—
0.1	0.083	0.100	83.0
0.5	0.400	0.483	82.8
1.0	0.725	0.925	78.4
5.0	4.800	4.633	103.6

加熱処理を施しても約 80%以上の回収があったことから、加熱処理(調理)を行っても 1,4-ジオキサンは気散しないことがわかった。なお、検体濃度 0 $\mu\text{g/l}$ の加熱処理後の測定値が 0.050 $\mu\text{g/l}$ であったのは、操作の過程の汚染と考えられる。

4. 結論

1,4-ジオキサンでは、115河川水中111河川水の約97%で検出され、その濃度は2.5 $\mu\text{g/l}$ の値を示した。また地下水では、68地下水のうち実に93%の63地下水で存在が確認され、その濃度も河川水より高い5 $\mu\text{g/l}$ に近い値であった。一方、下水では、3試料と少ないものの、全流入下水で検出され、7 $\mu\text{g/l}$ の平均値で最も高い値であった。また、下水処理水では、流入下水の濃度は異なるものの0.3から3.2 $\mu\text{g/l}$ の値であった。また、浄水では全ての試料で検出されており、処理により低下していることは見られるものの平均で1.59 $\mu\text{g/l}$ の値を示していた。

また、111-トリクロロエタンは、河川水やその他の水中にはみられず、地下水のみにおいて全試料で検出されその平均値は0.25 $\mu\text{g/l}$ であった。

今後、1,4-ジオキサンの水道水中の存在状況予備調査及び今年度の大気中及び食品中の存在状況予備調査の結果から、1,4-ジオキサンの1日摂取量が推定できると思われる。

下水処理場の流入水で検出される 1,4-ジオキサンの主要な負荷源として、特定な業種からの排水が考えられた。これをうけて、平成 12 年度は事業所の工程排水を調査し、発生源となる業種、工程について明らかにしていく。

IV. 非イオン界面活性剤の発泡性に関する水道における限界濃度の定量

1. はじめに

界面活性剤は家庭用・工業用洗剤のほか、乳化剤、分散剤の主成分でもあり、様々な種類のものが大量に使用されている。なかでも非イオン界面活性剤は陰イオン、陽イオン、両性界面活性剤などと相溶性が高く、乳化、分散、可溶化、浸透、湿潤作用に加え、安全性や経済性にも優れていることから、世界的に需要量が増加しており、その生産量は近年では陰イオン界面活性剤に匹敵するものとなっている。このことから非イオン界面活性剤の環境水中や水道水中への混入の可能性が懸念されている。一般に、使用された界面活性剤は廃水処理システムを経由し、河川等に排出されているが、一部の生活雑排水は直接自然水域に流され、これらの環境中での挙動と、生態系への影響が注目されている。また、非イオン界面活性剤のうちノニルフェニルエーテル系は、内分泌攪乱作用があるといわれており、環境での挙動とその影響についての調査が活発に行われている。

2. 実験方法

2.1 非イオン界面活性剤試験方法

本法は、非イオン界面活性剤をトルエンで抽出後、テトラチオシアノコバルト(Ⅱ)酸アンモニウムと反応させ、このとき生じる錯化合物を 4-(2-ピリジルアゾ)-レゾルシノールで発色させ、波長 510nm 付近での吸光度を測定し、非イオン界面活性剤の濃度を求める方法である。測定時間は MBAS のそれと同程度である。操作が簡単で迅速な定量法であるが溶媒と水層との分離に注意を払う必要がある。本法の定量下限値は、検水量 350ml のときヘプタオキシエチレンドデシルエーテルとして 0.05mg/l である。

(1) 試薬

- ① トルエン(C₆H₅CH₃)
- ② チオシアノコバルト(Ⅱ)酸アンモニウム溶液:チオシアン酸アンモニウム(NH₄SCN)456gを精製水1lに溶解する。別に、硝酸コバルト(6水塩)(Co(NO₃)₂·6H₂O)46.6gを精製水1lに溶解し、使用時に1:1に混合する。
- ③ 塩化カリウム(KCl)
- ④ PAR溶液:4-(2-ピリジルアゾ)-レゾルシノール(C₁₁H₉N₃O₂)0.1gをpH11程度にして1lに溶解し、使用時にpH9.5±0.1になるように精製水で10倍希釈する。
- ⑤ 非イオン界面活性剤標準原液(1mgC₁₂H₂₅O(C₂H₄O)₇H₂O/ml):ヘプタオキシエチレンドデシルエーテル C₁₂H₂₅(C₂H₄)₇H₂O 1.000gをメスフラスコ1lに採り、精製水で溶かして全量を1lとする。

- ⑥ 非イオン界面活性剤標準液(35mgC₁₂H₂₅O(C₂H₄)₇H₂O/ml):非イオン界面活性剤標準原液 3.5mlをメスフラスコ 100mlに採り,精製水を加えて全量を 100mlとする。本溶液は使用の都度調製する。

(2) 試験操作

- ① 前処理:検水 350ml 又はその適量(ヘプタオキシエチレンドデシルエーテルとして 0.0175~0.070mg を含む量)を分液ロート 500ml に採り,トルエン7ml を加えて5分間振とうする。5分間静置した後,トルエン層を共栓付遠心分離管 10ml に移し,チオシアノコバルト(II)酸アンモニウム溶液 3.5ml及び塩化カリウム2gを加えて5分間振とうし,回転数約 2500rpm で 10 分間遠心分離する。トルエン層を正確に 5ml 別の共栓付遠心分離管 10ml に移し,PAR溶液を4ml加え,静かに3分間振とうする。これを回転数約 2500rpm で 10 分間遠心分離する。トルエン層を除去し,水層を検液とする。
- ② 分析:検液の一部を吸収セル(10mm)に採り,光電分光光度計を用いて波長 510nm付近における吸光度を測定する。
- ③ 検量線の作成:非イオン界面活性剤標準液 0, 0.5~2mlを段階的に数個の分液ロート 500ml に採り,各々に精製水を加えて 350mlとする。以下①及び②と同様に操作して吸光度を測定し,非イオン界面活性剤の量(mg)と吸光度との関係を求める。
- ④ 濃度の計算:②で求めた吸光度を③の検量線に照らして試験溶液中の非イオン界面活性剤量をヘプタオキシエチレンドデシルエーテル量(amg)として求め,次式によって試料11中の非イオン界面活性剤の mg 量を算出する。

$$\text{非イオン界面活性剤}[\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_7\text{Hmg/ml}] = a \times 1000 / \text{検水 ml}$$

また、稲葉の簡易測定法では、非イオン界面活性剤中のエチレンオキシド(EO)付加モル数によって発色が異なると考えられるため、界面活性剤工業会から提供された標準品 23 種類について、本法における発色の特性を調べた。

2.2 発泡性試験

2.2.1 ロスマイルス法による発泡性試験

JIS K3362 に記載されたロスマイルス法による発泡性試験法は、図1に示す装置から水を落下させて得られる泡の発泡性を用いるものである。発泡性の検体には界面活性剤工業会から提供された標準品 23 種類について発泡性を調べた。

(1) 供試試料

非イオン界面活性剤にはアルキルエーテル系 6種類(AE(1):C₁₂, EO 付加モル数 5, AE(2):C₁₂,

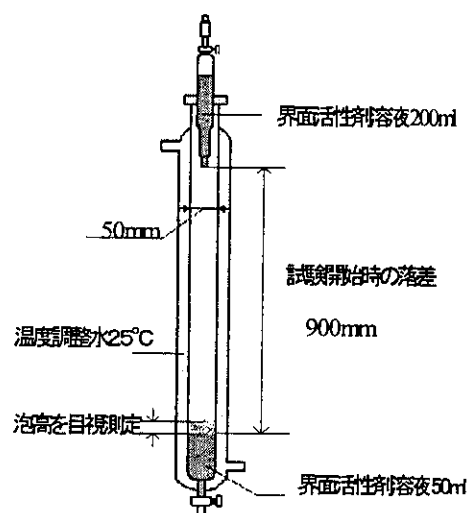


図-1 ロスマイルス法試験装置

EO 付加モル数 9、AE(3):C₁₂、EO 付加モル数 15、AE(4):C₁₀、EO 付加モル数 5、AE(5):C₁₀、EO 付加モル数 10、AE(6):C₁₀、EO 付加モル数 15)、ノニルフェノール系3種類(NPE(1):EO 付加モル数 10、NPE(2):EO 付加モル数 15、NPE(3):EO 付加モル数 20)、オクチルフェノール系3種類(OPE(1):EO 付加モル数 10、OPE(2):EO 付加モル数 15、OPE(3):EO 付加モル数 20)の計 12 種類を用いた。

陰イオン界面活性剤には LAS、AES、AS、SDS の4種類を用いた。

(2) 試験方法および装置

界面活性剤の起泡力と泡の安定度の測定は、JIS K3362 の合成洗剤試験方法(ロスマイルス法)に基づいて行った。起泡力測定装置を図-1 に示す。所定濃度の試料水溶液 200ml を 25 度の温度条件のもとで 900mm の高さから 30 秒間で液面上に落下させたときに生ずる泡の高さを測って起泡力とし、その 1、3、5 分後の高さを泡の安定度とした。

2.2.2 簡易発泡性試験

本法は試料を pH7 の条件下において、振とうした直後及び3、5分後の発泡の有無及び泡の高さを測定することにより、発泡性の強さと泡の安定度を評価する。非イオン界面活性剤の発泡性は pH に依存しないが、陰イオン界面活性剤の発泡性は pH に依存するため、今回の測定では pH を一定とし、水温については 23°C と 10°C の2通りで 0.05~0.1mg/L の条件設定で実施した。

(1) 試料

① 非イオン界面活性剤(6種)

今回用いた試料は、最も生産量の多いエーテル型からアルキルエーテル系(AE)とアルキルフェニルエーテル系(APE)を選び、その中からコバルト錯体法の標準物質である C₁₂AE系3種と使用量の多いノニルフェニルエーテル(NPE)系3種を選択した。

AE系 : C₁₂AE₃、C₁₂AE₉、C₁₂AE₁₅

APE系 : NPE₅、NPE₁₀、NPE₁₅

② 陰イオン界面活性剤(1種)

ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム(DBS)

(2) 測定方法

- ① 試料はそれぞれ純水に溶かして1mg/L に調整した。
- ② 非イオン界面活性剤は(1)の試料を用いて濃度が 0.02、0.05、0.1、0.2mg/L となるように 200mL 容共栓付三角フラスコに採り、純水を加えて希釈し 200mL とした。又、DBS は濃度が 0.1、0.2、0.3mg/L になるように同様の操作を行った。
- ③ リン酸 Buffer(pH7.1)を2mL ずつ加えた後、水温は 23°C or 10°C に調整した。
- ④ 所定の水温で安定した事を確認後、15 秒間手で激しく振とうし、静置直後、3、5分後の泡の高さ、発泡の状態を観察した。ブランクとして、純水 200mL を用いて比較した。
- ⑤ 設定の濃度で発泡が確認された場合は、発泡がかすかに認められる濃度まで純水で希釈

し、以下のフローに示す発泡の状態を基準として最小発泡限界濃度を求めた。

- ⑥ 発泡性の高い2種の非イオン界面活性剤を選択し、非イオン界面活性剤及び DBS 共に発泡限界濃度以下の濃度で混合し、同様の操作で発泡性を測定した。

◇200mL共栓付三角フラスコにおける泡の高さ(mm)により表す。

◇泡の高さが1mm以下の場合については以下のように定義する。

- | | | |
|---------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|
| ①発泡がほぼ1周確認できる状態を0.5mmとする。 | ②発泡が円周のほぼ半程度確認できる状態を0.3mmとする。 | ③発泡が円周のほぼ1/3程度確認できる状態を0.1mmとし、最小発泡限界とする。 |
|---------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|

フロー1. 起泡力の表現方法

2.3 水源及び浄水処理過程等における実態調査

PAR法を用いて、原水(利根川水系江戸川表流水)及び浄水、さらに取水口近傍上流で流入する支川及び排水中の非イオン界面活性剤の実態調査を行った。また、汚濁指標となるいくつかの水質項目を同時に測定し、非イオン界面活性剤濃度との関係を検討した。さらに、ロスマイルス法による発泡性試験法を用いて、実試料の発泡を測定した。

3. 結果

3.1 発泡性の検討

界面活性剤の発泡性試験はロスマイルス法に基づいて実施されており、発泡性の定義は明確になっていないものの、発泡性の判断基準は泡の高さが1mm以上あることを目安として、発泡の濃度限界を示している。そこで今回は、ロスマイルス法とそれ以外の方法により、界面活性剤の発泡性を調査し、限界濃度の再確認を行うことにした。なお、本研究では2機関の結果をそのまま示している。

3.1.1 非イオン界面活性剤の種類による起泡力

非イオン界面活性剤の起泡力はその種類の違いによって異なることが示され、昨年度の結果と同様に NPE > OPE > C12AE > C10AE > C16AE の順であり、本試験における定量可能な発泡限界は 0.05~0.1ppm であることを認めた。一方、アニオンは種類によってばらつきが大きく、起泡力は AES > DBS > LAS ≒ AS > SDS の順であった。また、5種類すべてにおいて 0.05~0.1ppm でわずかな泡立ちが確認されたが、本実験では定量が不可能であり、発泡限界は 0.3~5ppm であった。このように非イオン界面活性剤の発泡性は陰イオン界面活性剤に比較して、5~10倍低濃度でも認められることが示され、今後の水道原水、水道水の水質の指針を含めた対策の必要性について議論すべきと考えられた。今回用いた界面活性剤の中で非イオン界面活性剤

と AES において起泡力が高いことが示されたことから、エチレンオキシド(EO)の有無が起泡力と密接な関係がある可能性が認められた。

3.1.2 泡の安定度

(1) C16AE

安定度は非イオン界面活性剤については概ね起泡力が高ければ 5 分後の泡立ちも高く、C16AE を除いて非イオン界面活性剤の種類による違いはほとんど見られなかった。しかしながら、C16AE は非常に泡の安定度が高く、エチレンオキシドの付加モル数が小さいほどその傾向は顕著であった。

陰イオン界面活性剤については総じて泡立ちが低いため、特に種類の違いによる傾向は見られなかった。また、1ppm で 5 分後に泡立ちが観察されたのは AS と AES のみであった。

(2) C12AE, NPE, DBS

振とう直後、3分、5分後の泡の高さを表1に示す。界面活性剤はいずれの場合も時間経過と共に泡の高さは低下するものの、濃度が高いほど、又、水温が高い方が安定性は高い傾向を示していた。

表1. 泡の安定性

(単位:mm)

	濃度 (mg/L)	10°C			23°C		
		0分後	3分後	5分後	0分後	3分後	5分後
C ₁₂ AE ₃	0.2	2	1.5	1	3	2	2
	0.1	1	0.5	0.1	1.5	0.3	0.3
	0.05	0.5	0.1	0	1	0.3	0.3
	0.02	0.1	0	0	0.5	0.3	0.1
	0.015	0	0	0	0.5	0.3	0.1
	0.01				0.5	0	0
C ₁₂ AE ₉	0.2	2	2	1	4	3	2.5
	0.1	1.5	1.5	1	2	2	1
	0.05	0.5	0.1	0	1.5	1	0.5
	0.02	0.1	0	0	1	0.5	0
	0.015	0	0	0	0.5	0.1	0
	0.01				0.5	0.1	0
C ₁₂ AE ₁₅	0.2	2	1	0.5	3	2	2
	0.1	1	0.5	0.3	2	1	1
	0.05	0.3	0	0	1	0	0
	0.03				0.1	0.1	0.1
	0.02	0.1	0	0	0	0	0
	0.015	0	0	0			
NPE ₅	0.2	1	1	0.5	2	1.5	1
	0.1	0.5	0.3	0	1.5	1	0.3
	0.05	0.1	0	0	1	0.3	0
	0.02	0	0	0	0.3	0.1	0
	0.015				0.1	0.1	0
	0.01				0.1	0	0
NPE ₁₀	0.2	2	1	0.5	4	3	3
	0.1	1	0.5	0	3	2	2
	0.05	0.5	0	0	1	0.3	0.1
	0.02	0.1	0	0	0.3	0	0
	0.015	0	0	0			
	0.01				0.1	0	0
NPE ₁₅	0.2	1	0.1	0	3	2	1.5
	0.1	0.5	0	0	2	1.5	1
	0.05	0.3	0	0	0.5	0.5	0
	0.02	0.1	0	0	0.5	0.1	0
	0.015	0	0	0	0.5	0.1	0
	0.01				0	0	0
DBS	0.3	1	1	1	1	1	0.3
	0.2	0.5	0.3	0.3	0.5	0.3	0.1
	0.1	0.1	0	0	0.1	0.1	0

3.1.3 EO の付加モル数と起泡力および安定度の関係

非イオン界面活性剤の起泡力は EO 付加モル数 5～15 までにおいてはモル数の増加に伴い、増加する傾向にあり、15～20 と付加モル数が増加すると減少する傾向にあった。

また、安定度は 5 分後の泡高が低いため、ややばらつきが見られたものの、起泡力とほぼ同様の傾向が見られた。

3.1.4 温度変化に伴う起泡力

非イオン界面活性剤の水温の違いによる起泡力の比較を図2、3に示す。水温の違いによる起泡力は、10℃に比べ 23℃の場合 0.05～0.2mg/L の範囲で AE 系で 1.5～3.0 倍、NPE 系で 2.0～3.0 倍と増加することがみられ、起泡力は水温の影響が大きいことを示していた。又、両者とも、EO の付加モル数 10 程度が発泡性は最大を示した。

一方、陰イオン界面活性剤(DBS)の水温の違いによる起泡性の比較を図4に示す。DBS の場合、水温による起泡力の違いはほとんど見られなかった。

次に発泡性の限界濃度を表2に示す。非イオン界面活性剤の場合、起泡する最小限界濃度は泡高 1mm 以下においては 10℃で 0.02～0.05mg/L、23℃で 0.01～0.03mg/L となっていたのに対し、泡高 1mm 以上の限界濃度とした場合は 10℃で 0.05～0.2mg/L、23℃で 0.05～0.1mg/L であった。又、DBS の最小限界濃度は 10℃、23℃とも 0.1mg/L であるのに対し、泡高 1mm 以上を限界濃度とすると 10℃、23℃とも 0.3mg/L であった。

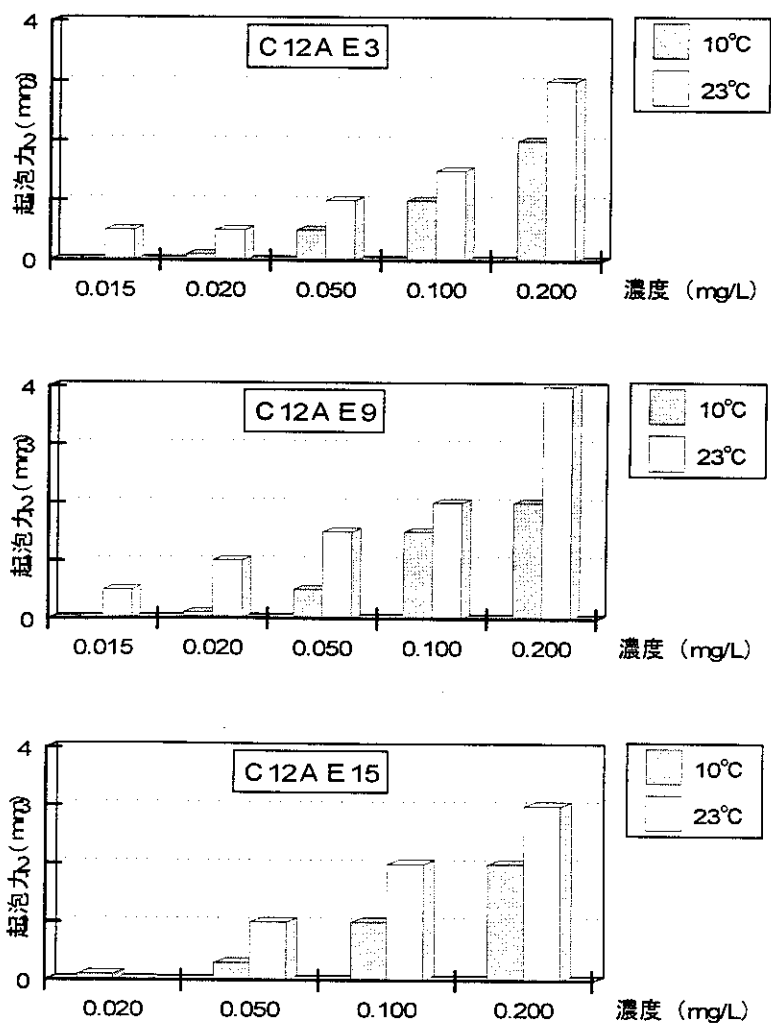


図2. 非イオン界面活性剤(AE系)の温度の違いによる起泡力の比較(0分後)

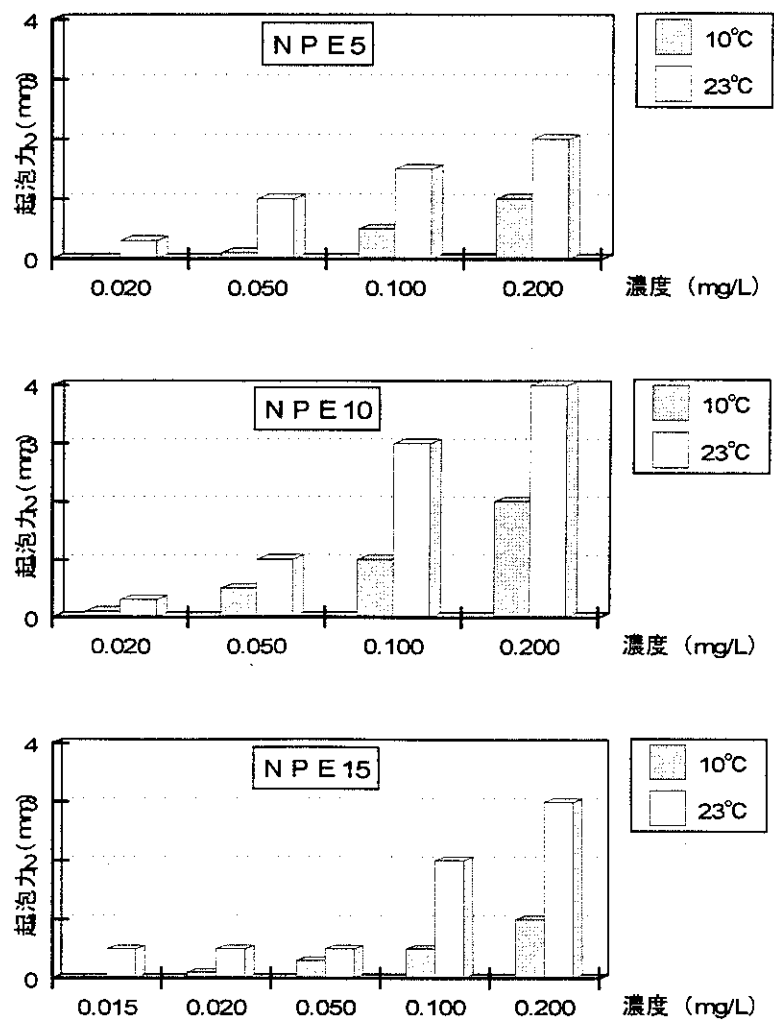


図3. 非イオン界面活性剤(NPE系)の温度の違いによる起泡力の比較(0分後)

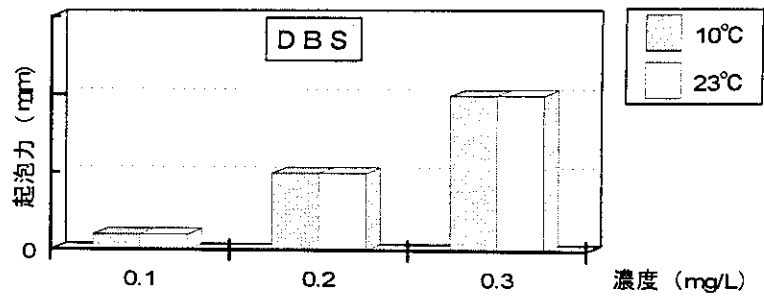


図4. 陰イオン界面活性剤(DBS系)の温度の違いによる起泡力の比較(0分後)

表2. 発泡限界濃度 (単位: mg/L)

	最小発泡限界濃度 (泡高0.1mmとした場合)		発泡限界濃度 (泡高1mmとした場合)	
	10°C	23°C	10°C	23°C
C ₁₂ AE ₃	0.02	<0.01	0.1	0.05
C ₁₂ AE ₉	0.02	<0.01	0.1~0.05	0.02
C ₁₂ AE ₁₅	0.02	0.03	0.1	0.05
NPE ₅	0.05	0.01	0.2	0.05
NPE ₁₀	0.02	0.01	0.1	0.05
NPE ₁₅	0.02	0.015	0.2	0.1~0.05
DBS	0.1	0.1	0.3	0.3

3.1.5 NPE₁₅における温度の変化に伴う濃度と起泡力および安定度の関係

水温 15～30 度の間における NPE₁₅ の気泡力は図5のように温度が高くなるにしたがって起泡力がやや強くなる傾向がみられる。また、安定度は図6に示すように温度が変化してもほとんど差を認めることはできなかった。

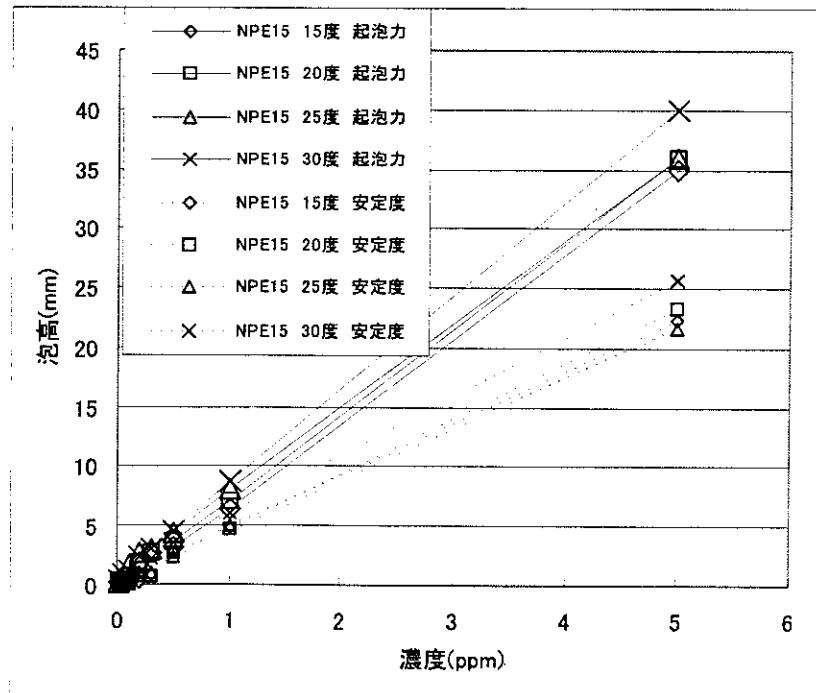


図-5 (1) 温度変化に伴う濃度と起泡力および安定度の関係

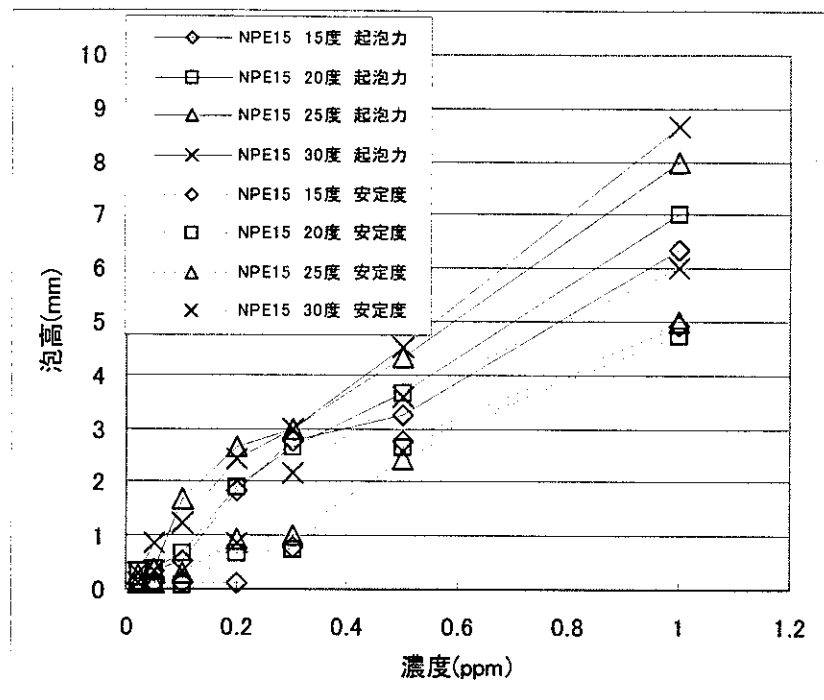


図-5(2) 温度変化に伴う濃度と起泡力および安定度の関係

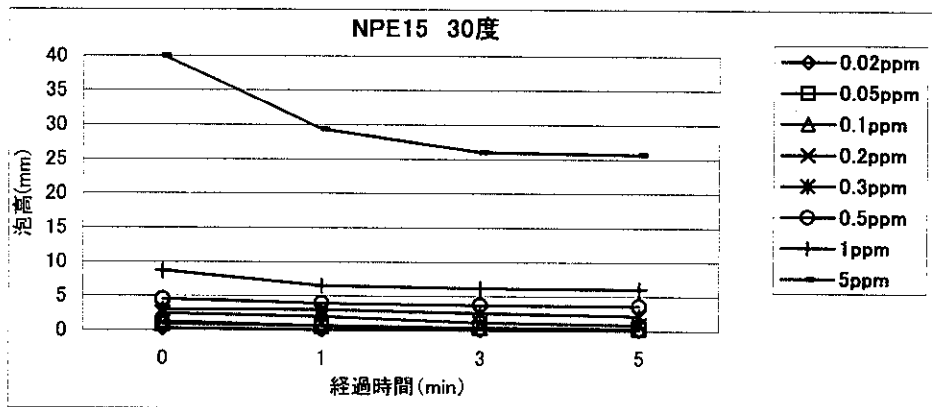
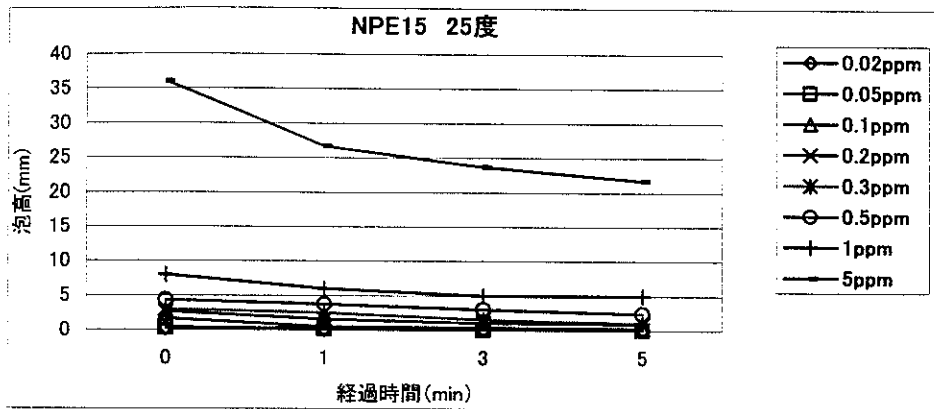
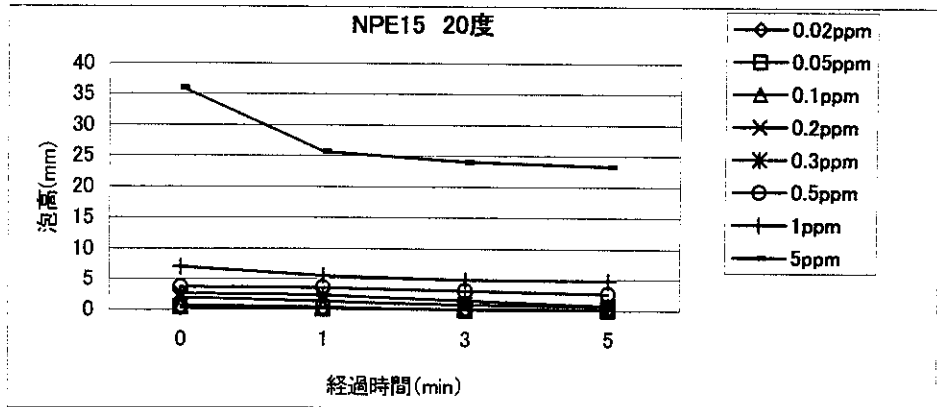
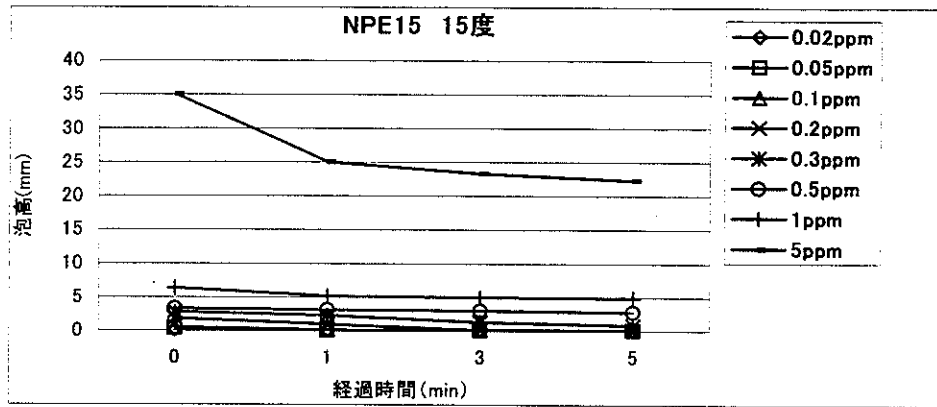


図-6 濃度変化に伴う経過時間と泡高の関係

3.1.6 非イオン界面活性剤と陰イオン界面活性剤の混合系での起泡力

(1) 非イオン界面活性剤(NPE15)と陰イオン界面活性剤(DBS)

NPE15とDBSを様々な比率で混合すると図7に示すように相以上の効果が見られた。

また、泡の安定度は図8に示すように NPE15 のみの場合より、NPE15 に対して DBS を 9:1、4:1、1:1、1:4 の割合で混合した場合で高く、1:9 においては NPE15 のみよりは低かったものの、いずれの混合割合でも DBS のみの場合の気泡力よりも高いことが認められた。このことから、非イオン界面活性剤と陰イオン界面活性剤を混合することにより、起泡力、安定度ともに相以上に増えるものと考えられる。

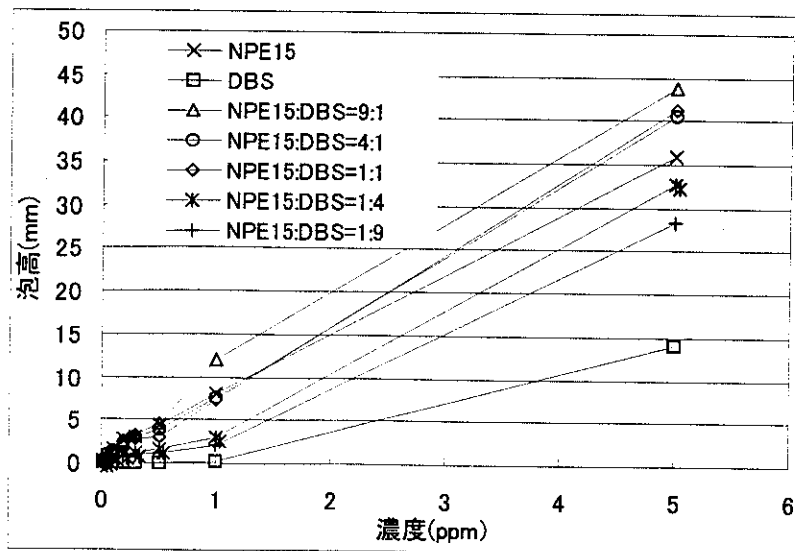


図-7(1) NPE15とDBSを混合した時の濃度と起泡力の関係

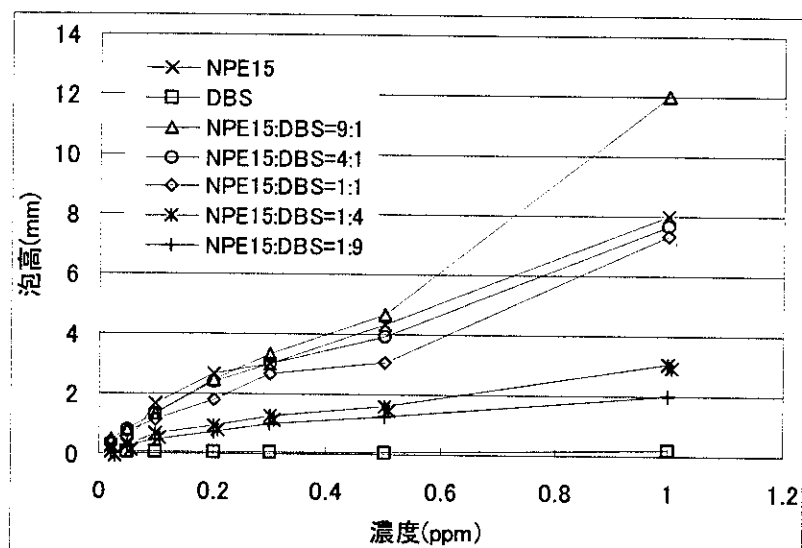


図-7(2) NPE15とDBSを混合した時の濃度と起泡力の関係

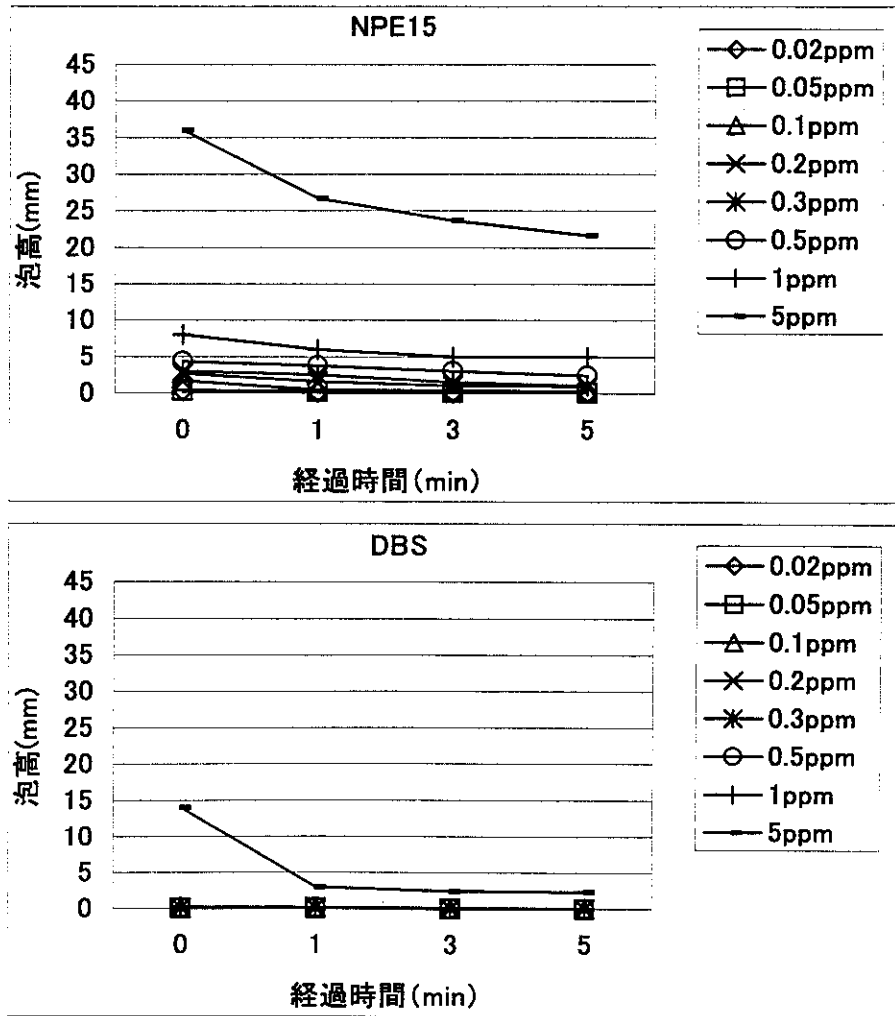


図-8(1) NPE15とDBSについての経過時間と泡高の関係