

V-21 アスファルトの低温脆性に関する研究

北大工学部	正 員	森吉昭博
北 海 道		平川幸三
北 海 道		吉田幸一
北大工学部	学生員	徳永良雄
北大工学部	学生員	水野雅博

1 まえがき

アスファルトの低温脆性を求める方法は、従来2種の方法がかんがえられており、1つは針入度、軟化点からモノグラムを用いて推定する方法と、直接測定する方法がある。後者にはドイツ規格のフラス脆化点試験があげられる。前者は、アスファルトの脆化点を推定するのに対し、後者は直接脆化点を測定するものの、その精度が悪く、個人差があるとされていた。

最近アスファルト舗装の横断亀裂現象がアスファルトの低温脆性と密接な関係にあることが明らかにされ、⁴⁾アスファルトの脆化点を直接精度よく測定する方法が望まれていた。

本研究は、筆者らが開発したアスファルトの熱応力破壊³⁾を利用した森吉脆化点試験と、フラス脆化点試験の精度を改良した改良型フラス脆化点試験を用い、市販のアスファルトについて、製油所別及びプラントごとにアスファルトを採取し、この2種類の試験を薄膜加熱試験前後について測定し検討した結果を報告する。実験の結果、アスファルトの低温性状は、製油所及びプラントごとに著しく変動していることが明らかにされた。

2 使用材料

実験に用いたアスファルトは針入度級 80/100 のストレートアスファルトで、製油所から採取したもの6種、メーカーが異なるアスファルトを使用している3社のプラントからほぼ3日毎に採取したアスファルト33種、計39種のアスファルトを用いた。

3 実験方法及び解析法

実験は以下の3つを実施した。

1) 改良型フラス脆化点試験

薄い鋼板(20×40mm)にアスファルトを約0.5mmの厚さに塗布し 予想破壊点の約10℃前より、1分間に1℃の割合で温度を下げながら1℃ごとに、試料を規定量だけ繰り返し曲げては元に戻す。このとき、従来の試験では空冷の状態で行ったが、本実験ではメタノールの中に試験器本体をドブづけして1/100℃のデジタル温度計で、温度を計測しながら実験を行った。そしてアスファルトに亀裂のはじめて入ったときの温度を破壊点とした。

実験には6枚の試料を用い、精度が±2℃未満の場合にはこれらの平均値とし、それ以上のばらつきがある場合は±2℃に限定したものの平均値とした。

2) 森吉脆化点試験

アスファルトを直径14cm、深さ1cm、厚み0.1cmのステンレス製の容器2個に各々厚さ3mmとなる量だけとり、このアスファルトを加熱し、十分アスファルトをかくはんした後、常温まで自然冷却させる。2個の試料を45℃の恒温室に約10分以上投入し、一定温度になっている低温の恒温水槽(媒体はメタノール)に1分間浸して取り出し、アスファルトに亀裂が入っているかどうかを判断する。アスファルトに亀裂が発生していないときは、この試料を45℃の恒温室に10分以上保管する。次にさらに1℃低い温度で同じ操作を繰り返し、このとき亀裂が入った場合実験は終了とし、亀裂が入らない場合はさらに低温で同様の作業を繰り返す。そして最初に亀裂が

入った試料の温度を破壊温度とする。この2つの試料の破壊温度差が2℃以上ある時は実験をやり直す。実験は2℃以内とし、このときの上限値を脆化点とするが、3℃以上バラついた試料は原則として実験をやり直す。なお、このときアスファルトの破壊形状をも記録する。

表-1 はフラス脆化点試験と森吉脆化点試験の特徴をまとめたものである。

3) 薄膜加熱試験

この試験はASTMに準拠した試験であり163℃の条件のもと5時間アスファルトを加熱する。このとき試料の厚さ約3mmであり、容器の大きさは直径約14cm、深さ約1cmのステンレス製を用いた。

表-1 F.B.P.テストとM.B.P.テストの特徴

	F.B.P.T.	M.B.P.T.
試料の準備	・ ステンレス鋼板 40×20 mm ・ 軟化点+70~80℃ つまり120~130℃にてアスファルトを溶かす。	・ ステンレス皿 内径14cm 深さ1cm ・ 同左
試料の分量	0.4g (厚さ 0.5mm)	50g (厚さ 3mm)
温度条件	・ 温度勾配 -1℃/分(一定) ・ 破壊予想点の約10℃前開始	・ 一定温度 ・ 破壊予想点の約5℃前開始 ・ 45℃で10分保存
精度	±2℃未満	±1℃以内
特徴	・ バラツキ 多い ・ 個人差 あり ・ 試料作製 困難 ・ 時間 15分/枚 ・ 1枚ずつ実験	・ バラツキ 少ない ・ 個人差 小さい ・ 試料作製 容易 ・ 時間 1時間/枚 ・ 数枚ずつ実験

4 結果及び考察

森吉脆化点(以下M.B.P.と呼ぶ)試験と、フラス脆化点(以下F.B.P.と呼ぶ)試験の結果は表-2~5に示す。また、これらの日にち別及び製油所別のF.B.P.、M.B.P.並びにそのバラツキの値のグラフを図-1~7に示す。図-8はM.B.P.テストにおけるアスファルトの亀裂形状の概念図を5種のタイプに分類したものである。ここでタイプI、タイプIIの破壊形状

表-3 薄膜加熱前後のプラント2のF.B.P.及び

M.B.P.のバラツキとその値、並びに破壊形態

表-2 薄膜加熱前後のプラント1のF.B.P.及び

M.B.P.のバラツキとその値、並びに破壊形態

プラント1 薄膜加熱前

日にち別 材料	F.B.P.T.		M.B.P.T.		type
	F.B.P.	バラツキ	M.B.P.	バラツキ	
625	-15.5℃	-14~-19℃	-23.0℃	-23~-25℃	II
629	-15.2℃	-14~-16℃	-24.0℃	○	IV
701	-15.8℃	-14~-19℃	-24.0℃	-24~-26℃	I
703	-15.8℃	-15~-18℃	-24.0℃	○	I
706	-15.0℃	-14~-16℃	-25.0℃	○	III
709	-17.3℃	-16~-20℃	-24.0℃	-24~-25℃	I
712	-15.3℃	-14~-17℃	-25.0℃	-25~-26℃	II
715	-15.7℃	-15~-16℃	-26.0℃	-26~-27℃	II
718	-15.2℃	-14~-17℃	-25.0℃	-25~-26℃	II
721	-14.2℃	-13~-15℃	-25.0℃	-25~-26℃	I
728	-14.2℃	-13~-16℃	-26.0℃	-26~-27℃	II

プラント2 薄膜加熱前

日にち別 材料	F.B.P.T.		M.B.P.T.		type
	F.B.P.	バラツキ	M.B.P.	バラツキ	
702	-14.2℃	-9~-15℃	-25.0℃	○	II
706	-15.0℃	-14~-16℃	-26.0℃	-26~-29℃	IV
708	-16.3℃	-16~℃	-27.0℃	-27~-28℃	II
709	-15.0℃	-14~℃	-28.0℃	○	II
711	-18.5℃	-18~℃	-27.0℃	-27~-28℃	II
713	-15.2℃	-14~-17℃	-27.0℃	○	II
716	-14.5℃	-8~-18℃	-27.0℃	○	II
718	-15.2℃	-14~-17℃	-26.0℃	-26~-28℃	II
722	-16.2℃	-15~-18℃	-25.0℃	-25~-26℃	II
724	-15.0℃	-14~-17℃	-27.0℃	-27~-28℃	III
727	-16.8℃	-13~-18℃	-26.0℃	○	II
729	-15.5℃	-14~-17℃	-25.0℃	-25~-27℃	I

プラント1 薄膜加熱後

日にち別 材料	F.B.P.T.		M.B.P.T.		type
	F.B.P.	バラツキ	M.B.P.	バラツキ	
625	-14.2℃	-13~-19℃	-24.0℃	○	I, II
629	-14.4℃	-13~-16℃	-21.0℃	-21~-22℃	II
701	-14.3℃	-14~-15℃	-24.0℃	-24~-25℃	I
703	-13.5℃	-13~-14℃	-22.0℃	-22~-24℃	I
706	-14.5℃	-11~-19℃	-24.0℃	-24~-25℃	II
709	-15.3℃	-14~-16℃	-23.0℃	-23~-24℃	II
712	-14.8℃	-13~-18℃	-22.0℃	-22~-23℃	II
715	-14.5℃	-13~-16℃	-21.0℃	-21~-24℃	II
718	-14.5℃	-13~-16℃	-21.0℃	-21~-23℃	II
721	-12.7℃	-11~-14℃	-22.0℃	-22~-23℃	II
728	-12.0℃	-11~℃	-22.0℃	○	II, V

プラント2 薄膜加熱後

日にち別 材料	F.B.P.T.		M.B.P.T.		type
	F.B.P.	バラツキ	M.B.P.	バラツキ	
702	-13.2℃	-12~-15℃	-25.0℃	-25~-26℃	III
706	-13.7℃	-13~-14℃	-27.0℃	○	I
708	-14.3℃	-14~-15℃	-26.0℃	-26~-27℃	I
709	-15.3℃	-11~-19℃	-27.0℃	○	I
711	-16.0℃	-14~℃	-27.0℃	○	II
713	-15.0℃	-13~-17℃	-25.0℃	-25~-26℃	I
716	-14.2℃	-13~-18℃	-27.0℃	○	I
718	-14.5℃	-13~-15℃	-25.0℃	-25~-27℃	I
722	-15.3℃	-14~-17℃	-24.0℃	-24~-26℃	I
724	-15.3℃	-13~-20℃	-25.0℃	-25~-26℃	II
727	-14.2℃	-13~-15℃	-25.0℃	-25~-27℃	I
729	-15.8℃	-15~℃	-26.0℃	○	II

表-5 薄膜加熱前後の製油所別のF.B.P.及び
M.B.P.のバラつきとその値、並びに破壊形態

薄膜加熱前

製油所別 材料	F.B.P.T.		M.B.P.T.		
	F.B.P.	バラツキ	M.B.P.	バラツキ	type
No-1	-14.8℃	-13~-16℃	-25.0℃	○	I, II
No-2	-15.2℃	-14~-16℃	-27.0℃	○	I, II
No-3	-13.7℃	-13~-15℃	-24.0℃	○	I, II
No-4	-13.7℃	-13~-14℃	-25.0℃	○	I
No-5	-14.2℃	-14~-15℃	-23.0℃	-23~-25℃	I
No-6	-14.7℃	-13~-17℃	-26.0℃	○	I

薄膜加熱後

製油所別 材料	F.B.P.T.		M.B.P.T.		
	F.B.P.	バラツキ	M.B.P.	バラツキ	type
No-1	-13.7℃	-13~-15℃	-24.0℃	-24~-25℃	I
No-2	-14.0℃	-12~-16℃	-25.0℃	-25~-27℃	I
No-3	-13.3℃	-13~-15℃	-23.0℃	○	I
No-4	-11.0℃	-10~-12℃	-23.0℃	-23~-24℃	I, V
No-5	-13.8℃	-12~-15℃	-24.0℃	-24~-26℃	I, V
No-6	-14.5℃	-13~-16℃	-25.0℃	-25~-27℃	I

表-4 薄膜加熱前後のプラント3のF.B.P.及び
M.B.P.のバラつきとその値、並びに破壊形態

プラント3 薄膜加熱後

日にち別 材料	F.B.P.T.		M.B.P.T.		
	F.B.P.	バラツキ	M.B.P.	バラツキ	type
623	-15.0℃	-13~-16℃	-25.0℃	-25~-26℃	I
626	-14.5℃	-13~-16℃	-25.0℃	-25~-27℃	I
629	-15.0℃	-12~-17℃	-24.0℃	-24~-27℃	I
702	-13.5℃	-13~-15℃	-23.0℃	-23~-24℃	I
706	-14.8℃	-12~-19℃	-23.0℃	○	I
708	-14.5℃	-13~-16℃	-23.0℃	○	I
711	-13.5℃	-12~-14℃	-25.0℃	○	I
714	-16.0℃	-14~-20℃	-23.0℃	-23~-24℃	I
717	-15.8℃	-14~-19℃	-23.0℃	-23~-24℃	II
720	-15.6℃	-14~-19℃	-25.0℃	○	I

プラント3 薄膜加熱前

日にち別 材料	F.B.P.T.		M.B.P.T.		
	F.B.P.	バラツキ	M.B.P.	バラツキ	type
623	-11.5℃	-10~-14℃	-25.0℃	-25~-26℃	I
626	-13.5℃	-12~-16℃	-25.0℃	-25~-26℃	III
629	-16.0℃	-14~-18℃	-24.0℃	-24~-25℃	I
702	-15.0℃	-13~-17℃	-23.0℃	-23~-24℃	I
706	-14.8℃	-12~-17℃	-24.0℃	-24~-25℃	I
708	-13.5℃	-12~-15℃	-22.0℃	○	I
711	-12.8℃	-12~-17℃	-23.0℃	-23~-24℃	I
714	-13.4℃	-12~-17℃	-22.0℃	-22~-23℃	I
717	-13.3℃	-12~-20℃	-23.0℃	○	I
720	-14.8℃	-13~-17℃	-24.0℃	-24~-26℃	I

は明らかに異なるが、これはタイプIIの破壊はアスファルトの不均一によるものと思われる。これに対しタイプIIIの破壊は、タイプI及びタイプIIの破壊よりも温度が低いときによくみられる。

プラント1～3の加熱前のアスファルトのF.B.P.とM.B.P.に注目すると、いずれの場合もF.B.P.のバラツキの方がM.B.P.のバラツキよりも著しく大きいことがわかる。プラント1～3のアスファルトについてバラツキの少ないM.B.P.の結果について考察するとM.B.P.の値は3つのプラントともその値は異なり、プラント2のアスファルトが最も低温性状が良いように思われる。プラント1～3のアスファルトを加熱すると、F.B.P.及びM.B.P.ともいずれも上昇している。

プラント1の加熱前のアスファルトを見ると、表-1からM.B.P.の破壊形状が日ごとに著しく変化している。ここで7月9日（以下709のように表す）と7月12日（712）のアスファルトを比較すると、前者はタイプI後者はタイプIIであり、後者の温度の方が前者より1～2℃低い。図-8より、タイプIとタイプIIの破壊を比較するとタイプIIの破壊は低温になるとき、タイプIの破壊に進展する可能性があるが、ここでは逆の状態にあることから、この日を境にアスファルトの性質が異なっただと考えると差し支えないと思われる。同様に629と701、また721と728についても同様のことがいえると思われる。

これに対しプラント2では、先と同じに考察すると702と706、また727と729でアスファルトの性質が変化したように思われる。プラント3においては623と629、また717と720に同様の傾向がみられた。

図-7の製油所から直接採取した加熱前後のアスファルトのF.B.P.及びM.B.P.のバラツキはいずれもプラントから直接採取したものよりも著しくバラツキが小さい。

ストレートアスファルト80/100（軟化点47.5℃、針入度90）の別の試料についてF.B.P.とM.B.P.の精度の実験を行ったところ、以下のような結果が得られた。F.B.P.は10枚実施し-14℃が7個、-13℃が2個、-15℃が1個であった。これに対しM.B.P.は-24℃が9個、-25℃が

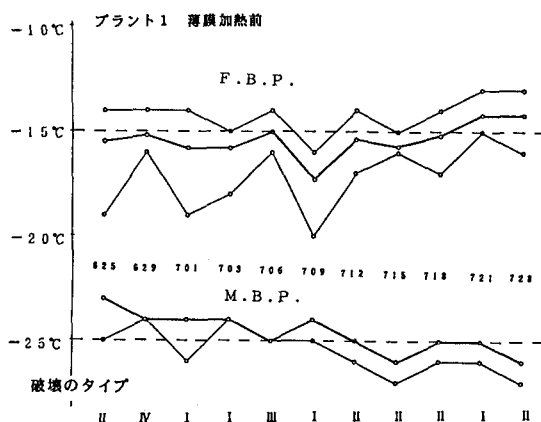


図-1 薄膜加熱前のプラント1のF.B.P.及びM.B.P.のバラつきとその値と日にちとの関係

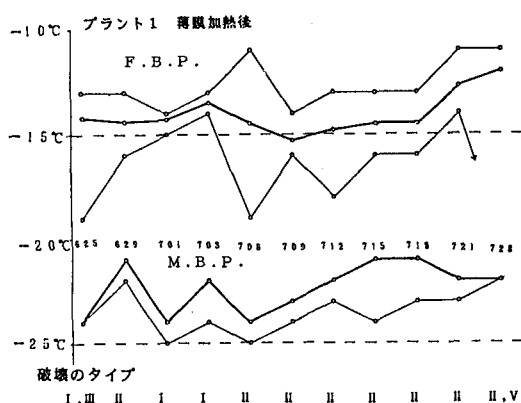


図-2 薄膜加熱後のプラント1のF.B.P.及びM.B.P.のバラつきとその値と日にちとの関係

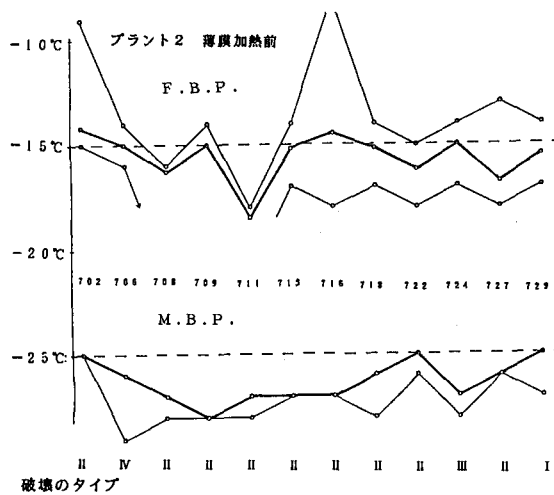


図-3 薄膜加熱前のプラント2のF.B.P.及びM.B.P.のバラつきとその値と日にちとの関係

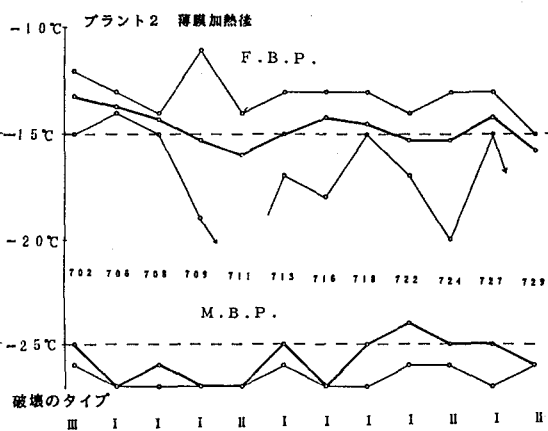


図-4 薄膜加熱後のプラント2のF.B.P.及びM.B.P.のバラつきとその値と日にちとの関係

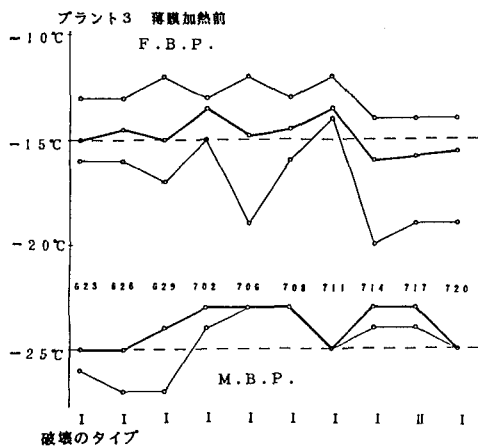


図-5 薄膜加熱前のプラント3のF.B.P.及びM.B.P.のバラつきとその値と日にちとの関係

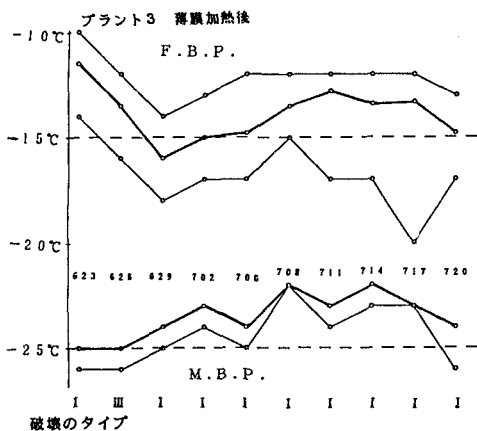


図-6 薄膜加熱後のプラント3のF.B.P.及びM.B.P.のバラつきとその値と日にちとの関係

1個であった。さらにM.B.P.については0.2℃刻みで6枚の試料について実験を行ったところ、最大最小の温度差が0.8℃であった。

以上のことからM.B.P.のバラつきが1℃以上あるような試料については、アスファルトの性質が変化したと考えても差し支えないと思われる。このことは、図-7で加熱前のM.B.P.がNo.5の製油所を除くと、5種のアスファルトの2個の試料の破壊温度がまったく同一温度になることから容易に想像されよう。

図-9はM.B.P.とF.B.P.との関係で他種のアスファルトで広範囲にアスファルトの性質を変化させたものについて求めた関係式と、本研究で得られたプラントごとのアスファルト、製油所別のアスファルトの結果をも示したものである。M.B.P.とF.B.P.の関係式に一致しているように思われる。

5 まとめ

以上の結論を要約すると以下の通りである。

- 1) 針入度級80/100のストレートアスファルトを3社のプラントから採取したものは、いずれも各アスファルトメーカー及び日にちごとの差がM.B.P.テストより明確に把握できる。
- 2) プラントより採取したアスファルトは、製油所より直接採取したものより著しくバラつきが大きい。
- 3) F.B.P.よりもM.B.P.のバラつきが著しく小さい。
- 4) M.B.P.の破壊形状がわかれば、アスファルトの質が把握できるように思われる。

- 5) F.B.P.とM.B.P.の間にはきわめて密接な関係がある。

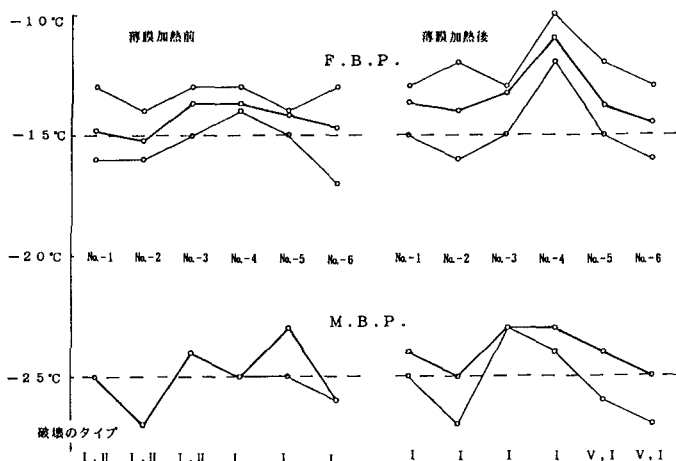


図-7 薄膜加熱前後の製油所別のF.B.P.及びM.B.P.のバラつきとその値

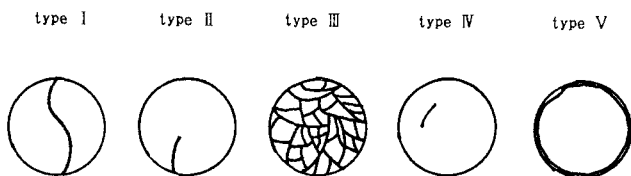


図-8 M.B.P.テストの亀裂形状

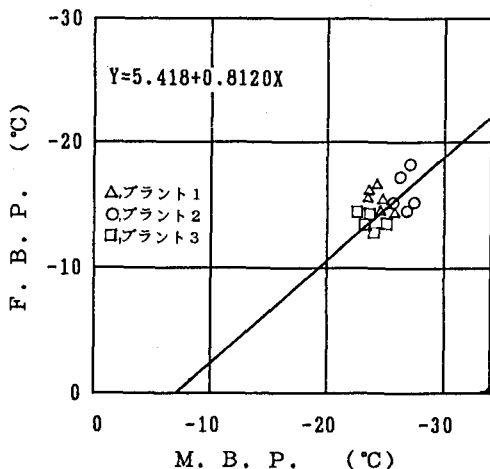


図-9 M.B.P.とF.B.P.の関係

本研究を遂行するにあたり、アスファルトを提供していただいた関係の方々及び水槽を提供していただいた開発局土木試験所の熊谷茂樹室長に感謝の意を表します。

以上の結果からM.B.P.テストはアスファルトの低温脆性を把握する方法として、簡便で正確でかつ個人差の少ない試験であることが確認されたので、現在アスファルトの品質管理用として検討している。

参考文献

- 1) DIN U 6
- 2) Van der Poel; J. Appl. Chem., 4, 5, 1954.
- 3) 森吉昭博、高橋将、張肖寧；低温領域におけるアスファルトの亀裂試験法、石油誌、第30巻、第4号、7月、1987
- 4) 森吉昭博；アスファルト混合物の熱応力破壊、石油誌、第31巻、第2号、3月、1988年