

ビィチャーズ原油の経時変化に関する実験調査

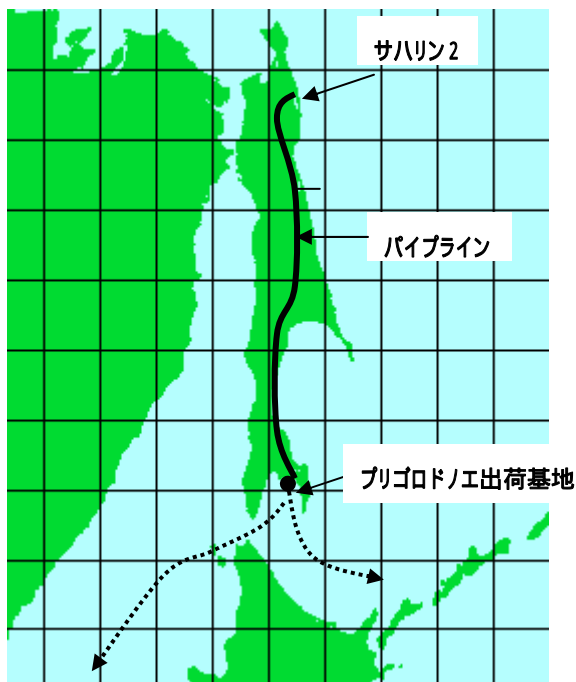
はじめに

本調査は石油連盟が経済産業省から大規模石油災害対応体制整備事業の補助金交付を受けて実施したものです。

海上に流出した原油の回収作業を円滑に実施するためには、天候により時々刻々と変化する流出原油の諸性状を把握する必要があるが、流出原油の性状変化は、原油毎に、それぞれ異なった傾向を示すことが知られている。

平成16年度、サハリン2産出のビィチャーズ原油の経時変化データを取得したので公表します。

【参考】



ビィチャーズ原油 (Vityaz Crude) はサハリン2で産出される原油。

1999年7月から冬季を除いて商業生産開始。軽質な原油で、中東に比べ日本からの距離が近いことから、日本への輸入は増大が見込まれている。

現在掘削地よりサハリン島を縦断しプリゴロドノエ (サハリン南部) に至る石油・ガスパイプラインの敷設が行われており、2008年夏からプリゴロドノエの出荷基地より通年出荷される予定

1. 研究実施場所

ビィチャーズ原油の経時変化データを取得するに当たって、都合により、粘度、水分、密度試験を株式会社男鹿テクノ (秋田) で、蒸発率測定を財団法人化学物質評価研究機構 (埼玉) で実施した。

2. 粘度、水分、密度測定

(1) 実験条件

表1 水槽設定条件

実験条件		Case1 (夏場) “弱い波”	Case2(夏場) “強い波”	Case3(冬場) “弱い波”	Case4(冬場) “強い波”
波	波高 (cm)	5~9	10~15	5~9	10~15
	周期 (sec)	1	0.5	1	0.5
	風速 (m/s)	記録	記録	記録	記録
	波浪階級	1	2	1	2
海水量 (t)	8.4	8.4	8.4	8.4	
水深 (cm)	140	140	140	140	
海水温度 ()	25 前後	25 前後	10 前後	10 前後	
原油投入量 (L)	8.5	8.5	8.5	8.5	
油層厚さ (mm)	1.4	1.4	1.4	1.4	

(2) 測定項目

粘度

水分

密度

一般性状 (動粘度、密度、水分、残炭分、S分、流動点)

(3) 実験油の性状測定方法

実験油の性状測定は以下の方法によった。

また、実験油はろ紙(定性 No.2)上に広げて分離水を除去した後に測定に供した。

粘度・・・回転粘度計(東機産業製 RE80LE 型粘度計)。

水分・・・JIS K 2275「原油及び石油製品水分試験方法」4.蒸留法。

密度・・・アントン・パール社製、振動式密度計(DMA-48型)。

(4) 実験方法

経時変化実験は、各ケースにおいて、表.1の条件になるように回流水槽の各装置を設定し、波が安定した状態で、規定量の実験油を投入口より海水面上に静かに流し込む。

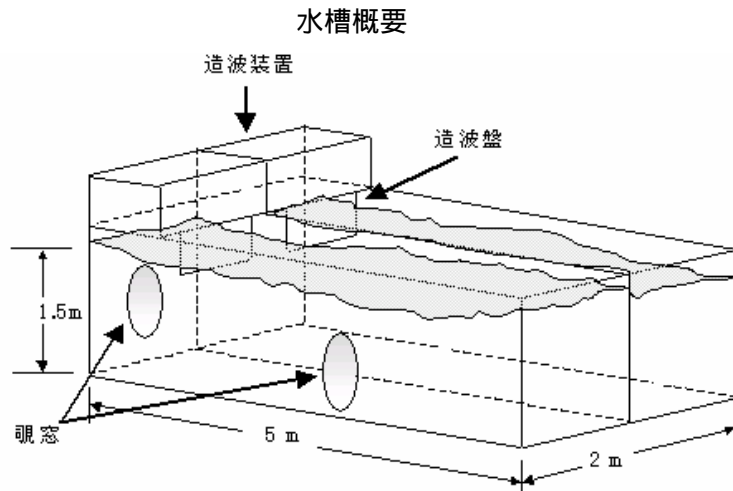
その後、実験油投入時点から0.5、1、2、4、6、8時間経過後と、更に96時間経過までの4日間に、24時間間隔で海水表面上の実験油を採取し、その性状(粘度、水分、密度)を測定する。採取量は250CC広口瓶へ水分が混入しないように150CC採取。

実験開始直後と、4時間、24時間及び72時間経過時に、投入した実験油の経時変化の様態を写真撮影及びビデオ撮影(Mpeg動画)。

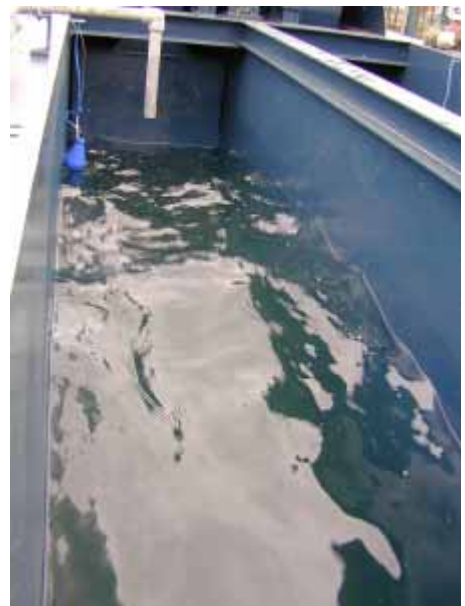
(5) 水槽仕様

実験装置は造波装置付きの実験水槽、流出した油分をリサイクルするための油分離槽、分離油槽から構成される。実験水槽は2槽並列に設置されており、同時に

2種類の試験が可能な設備とした。形状は箱型で、大きさは片槽が1m×5m×1.5m。
造波装置は風浪階級で1、2を発生可能。



実験水槽全景



水槽内部

3. 蒸発率測定

(1) 実験方法

水槽 (1580 × 1100 × 590 mm) (注)に海水600 Lを入れ、油層の厚さが約1.4 mmになるように試料油2.5 Lを海水上に静かに流し込んだ。その後、試料油投入時点から、0.5、1、2、4、6、8、24、48、72及び96時間後に海水表面上の試料油を採取し、その蒸発率を測定した。また、試料油投入直後、4、24及び72時間後に投入した試料油の模様を、撮影位置を固定して写真及び動画を撮影し、水温、気温及び風向風速についても記録した。

なお、夏期と冬期を想定し、同様の試験を2004年8月と2005年2月の2回実施した。

注：蒸発率測定に使用した水槽は粘度、水分、密度測定(秋田)で使用した水槽とは別の水槽を使用。

表2 水槽の設定条件

波浪	考慮しない。自然状態のみ。
海水温度	考慮しない。自然状態のみ(夏期及び冬期)。
海水量	600 L
実験油種投入量	2.5 L(油層の厚さが約1.4 mmとなる)
実験場雰囲気	自然気象による。但し、雨よけ用のシートを水槽の上に設置。
実験期間	(夏期) 2004年 8月18日 ~ 2004年 8月22日 (冬期) 2005年 1月17日 ~ 2005年 1月21日

(2) 蒸発率の測定

検量線の作成

試料油5 mLをビーカーに取り、正確に重量を測定した。試料油を冷風で一定時間蒸発させた後、重量を測定し、試料油の減量を算出した。その減量を蒸発前の試料油の重量で割り、蒸発率を計算した。蒸発率の得られた試料について の分析を行い、検量線を作成した。

蒸発率の分析

採取した試料油を二硫化炭素で希釈し、水素炎イオン化検出器付ガスクロマトグラフ(GC/FID)で分析した。検出された炭素数20までのn-パラフィンについて各ピーク面積からC20とのピーク面積比 C_n/C_{20} ($n = 19$)を求め、その合計値(C_n/C_{20})を算出した。この合計値から 得られた検量線により蒸発率を計算した。

GC/FID分析条件

装置 : HP5890A (Hewlett Packard 社*)

カラム : CP-SIL 5CB (Varian 社)

長さ 50 m、内径 0.32 mm、膜厚 1.2 μ m

カラム温度 : 50 (1 min) (10 /min) 320 (15 min)

注入口温度 : 280

検出器温度 : 320

キャリアーガス：ヘリウム (He)
注 入 口 圧 力：100 kPa
注 入 法：スプリット注入 (1 : 20)
注 入 量：1 μ L
検 出 器：水素炎イオン化検出器 (FID)

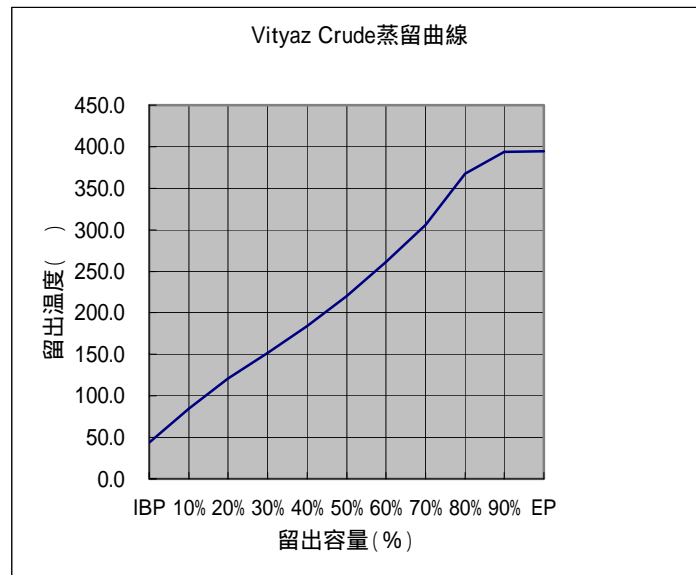
* 現在の社名はAgilent Technologies社

4 . 測定データ

4 . 1 一般性状

原油名 : Vityaz Crude

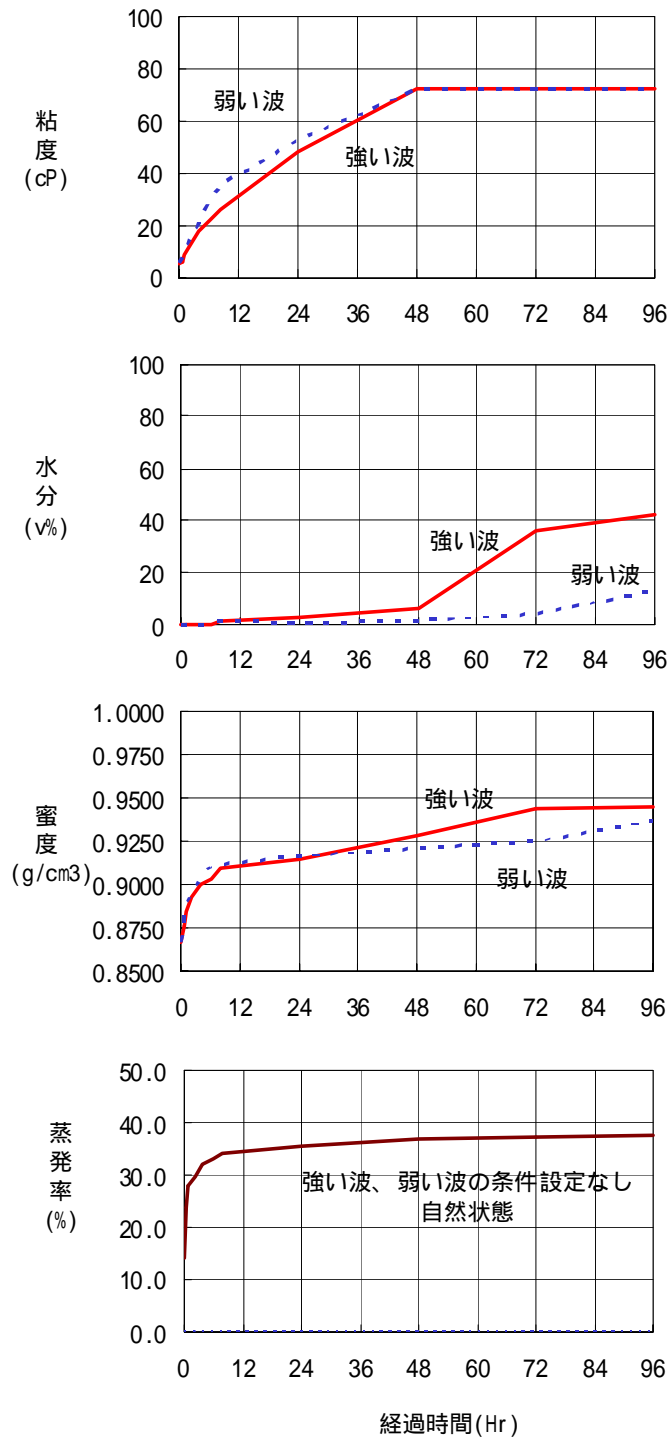
一般性状	Dens. @ 15	g/cm ³	0.8519
	@ 30	g/cm ³	0.8413
	Flash Pt		-31.0
	Vis @ 15	cP	4.014
	@ 30	cP	2.85
	Pour Pt		-60以下
	Water	v %	0
	T Sulfur	wt%	0.23
	Carbon Res	wt %	1.05
蒸留性状	Dist		留出温度
	IBP		44.0
	10%		84.5
	20%		121.0
	30%		152.0
	40%		184.0
	50%		220.5
	60%		261.5
	70%		306.0
	80%		367.5
	90%		394.0
EP		394.5	



出典:石油連盟

4.2 粘度、水分、密度、蒸発率グラフ（夏場）

水槽実験結果 (Vityaz原油 : 夏期)



4.3 経時変化実験記録データ(夏場、弱い波)

ピッチャーズ原油経時変化実験運転記録
(夏季 - 弱い波)

実験実施期間		2004年 9月 6日~9月10日										
採取日時	2004/9/6 9:00	9:30	10:00	11:00	13:00	15:00	17:00	2004/9/7 9:00	2004/9/8 9:00	2004/9/9 9:00	2004/9/10 9:00	
実験経過時間	投入 0Hr	採取 0.5Hr	採取 1Hr	採取 2Hr	採取 4Hr	採取 6Hr	採取 8Hr	採取 24Hr	採取 48Hr	採取 72Hr	採取 96Hr	
気象	天候	曇り	雨	雨	曇り	曇り	雨	雨	曇り	曇り	曇り	曇り
	外気温度 ()	21	22	22	24	25	20	19	22	22	21	22
	湿度 (%)	95	98	100	86	72	100	95	90	85	82	88
	風速 (m/s)	5	4	5	3	1	4	4	2	10	4	0
	風向	南東	東	南東	南	東	北西	北西	東	南西	北西	
海水温度()	23	23	23	23.5	24	23.5	23	23.5	23.5	21	22	
海水密度(15)	1.0163											
波高(cm)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	7	
周期(Sec)												
風速(m/s)												
測定値	密度 (15)	0.8679	0.8819	0.8885	0.8956	0.9032	0.9099	0.9118	0.9166	0.9216	0.9246	0.9371
	水分 (V%)	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.4	1.0	0.9	1.0	4.6	13.0
	粘度 (cP)	5.064	7.476	9.684	14.40	20.52	29.07	35.10	52.26	72.18	72.24	72.24
	蒸発率 (%) (注)	注:蒸発率の測定は、別の場所で行った。夏季の測定値および実験の気象条件は別表参照。										
備考												

4.4 経時変化実験記録データ(夏場、強い波)

ビィチャーズ原油経時変化実験運転記録
(夏季-強い波)

実験実施期間		2004年10月12日～10月16日										
採取日時		2004/10/12 9:00	9:30	10:00	11:00	13:00	15:00	17:00	2004/10/13 9:00	2004/10/14 9:00	2004/10/15 9:00	2004/9/16 9:00
実験経過時間		投入 0Hr	採取 1Hr	採取 1Hr	採取 2Hr	採取 4Hr	採取 6Hr	採取 8Hr	採取 24Hr	採取 48Hr	採取 72Hr	採取 96Hr
気 象	天候	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	晴れ	曇り	曇り
	外気温度 ($^{\circ}$)	20	21	22	22	23	24	19	17	14	15	19
	湿度 (%)	74	70	69	55	62	56	66	65	73	69	72
	風速 (m/s)	4	4	5	5	4	4	1	5	3	2	3
風向		南西	南西	南	南西	南	南	南西	北西	東	南西	南西
海水温度($^{\circ}$)		18	18	18	18	18	18	18	18	14	13	15
海水密度(15 $^{\circ}$)		1.0163										
波高(cm)		17	17	17	17	17	17	17	18	17	16	17
周期(Sec)												
風速(m/s)												
測 定 値	密度 (15 $^{\circ}$)	0.8671	0.8765	0.8845	0.8929	0.9002	0.9041	0.9095	0.915	0.929	0.9437	0.9452
	水分 (V%)	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.20	1.2	3.0	6.0	36.0	42.0
	粘度 (cP)	4.740	6.348	8.412	12.12	18.12	21.90	25.68	48.18	72.36	72.42	72.42
	蒸発率 (%) (注)	注:蒸発率の測定は、別の場所で行った。夏季の測定値および実験の気象条件は別表参照。										
備考												

4.5 蒸発率実験記録データ（夏場）

蒸発率の測定値と実験の気象条件記録（夏季）

実験実施期間		2004年 8月 18日 ~ 2004年 8月 22日										
投入原油		vityaz原油										
実験経過時間		投入 0hr	採取 0.5hr	採取 1hr	採取 2hr	採取 4hr	採取 6hr	採取 8hr	採取 24hr	採取 48hr	採取 72hr	採取 96hr
気 象	天候	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り
	外気温度	29.1	29.6	30.4	33.6	39.9	39.6	32.7	32.3	32.2	27.6	28.1
	湿度 %	73.8	72.3	67.3	59.6	39	38.8	56.6	60.2	39.6	49.2	58.4
	風速 m/s	0.4	0.6	0.1	0.0	0.2	0.3	0.2	0.1	1.5	0.1	0.9
	風向	東北東	東	東		東	東	東南東	西南西	東	西	東北東
海水温度		22.4	22.5	22.7	23.0	24.9	27.3	28.2	26.6	28.0	24.9	28.3
海水密度 @ 15												
測定値	蒸発率(Wt%)	14.1	24.0	28.0	29.7	32.2	33.2	33.9	35.5	36.8	37.1	37.4
備 考		海面全体 に油膜								強風で油 膜が攪拌		

4.6 経時変化実験写真(夏場、弱い波)

Vityaz 原油
夏場・弱い波
経過時間

側面

海水表面

投入
直後



4
時間後



24
時間後



72
時間後



96
時間後



4.7 経時変化実験写真（夏場、強い波）

Vityaz 原油
夏場・強い波

経過時間

側面

海水表面

投入
直後



4
時間後



24
時間後



72
時間後



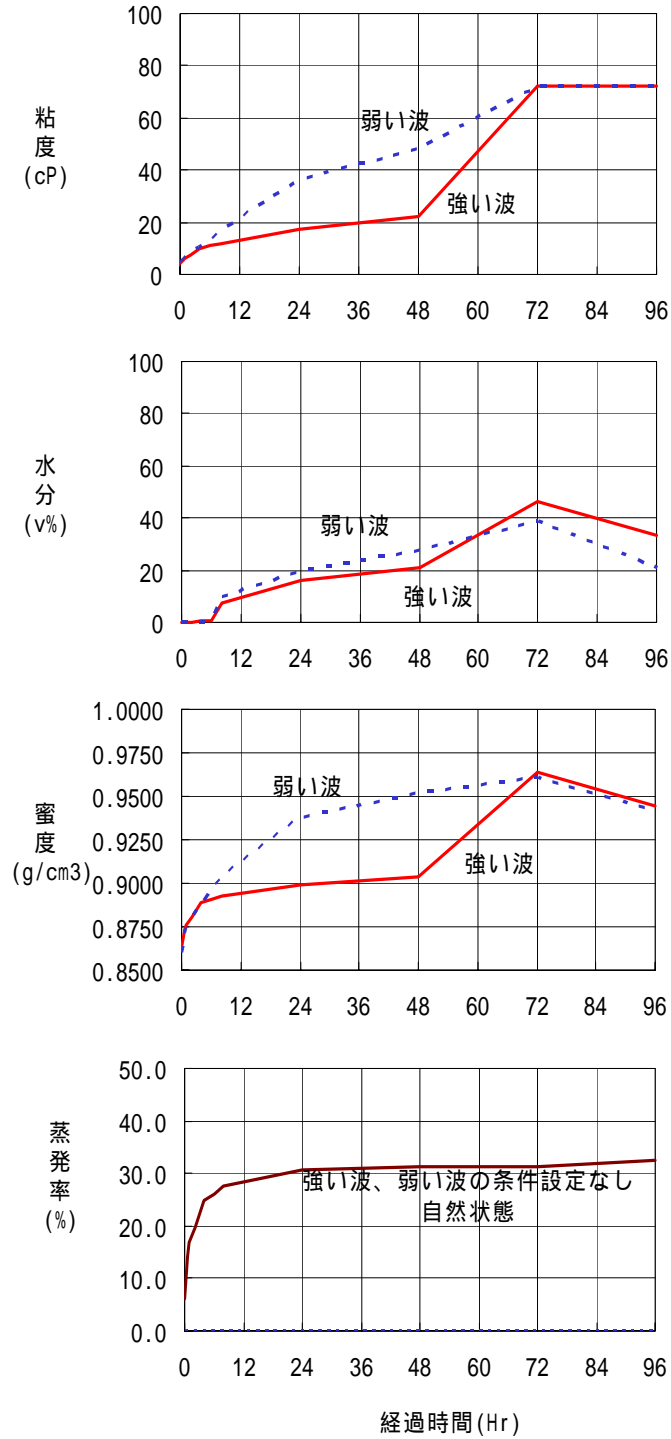
96
時間後



石油連盟資料 Copyright PAJ All rights reserved.

4.8 粘度、水分、密度、蒸発率グラフ（冬場）

水槽実験結果（Vityaz原油：冬期）



4.9 経時変化実験記録データ（冬場、弱い波）

ビィチャーズ原油経時変化実験運転記録
（冬季-弱い波）

実験実施期間		2005年 1月11日～1月15日										
採取日時		2005/1/11 9:00	9:30	10:00	11:00	13:00	15:00	17:00	2005/1/12 9:00	2005/1/13 9:00	2005/1/14 9:00	2005/1/15 9:00
実験経過時間		投入 0Hr	採取 0.5Hr	採取 1Hr	採取 2Hr	採取 4Hr	採取 6Hr	採取 8Hr	採取 24Hr	採取 48Hr	採取 72Hr	採取 96Hr
気 象	天候	雪	雪	雪	曇	曇	曇	曇	曇	曇時々雪	曇時々雪	曇
	外気温度 ()	-2	-1	-1	-1	0	-1	-1	-3	0	2	0
	湿度 (%)	83	69	71	75	60	85	73	77	91	100	80
	風速 (m/s)	5	6	5	6	7	4	3	6	5	3	4
風向		西	西	西	西	西	西	西	北西	北西	北	北東
海水温度()		1	1	1	1	1	1	0.5	0	0	0	0
海水密度(15)		1.0163										
波高(cm)		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
周期(Sec)												
風速(m/s)												
測 定 値	密度 (15)	0.8606	0.8715	0.8762	0.8802	0.8884	0.8957	0.9033	0.9382	0.952	0.961	0.942
	水分 (V%)	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.5	10.0	19.5	28.0	39.0	21.0
	粘度 (cP)	4.128	5.400	6.252	7.21	10.30	12.31	16.62	36.15	48.12	72.36	72.30
	蒸発率 (%) (注)	注:蒸発率の測定は、別の場所で行った。冬季の測定値および実験の気象条件は別表参照。										
備考												

4.10 経時変化実験記録データ(冬場、強い波)

ビィチャーズ原油経時変化実験運転記録
(冬季-強い波)

実験実施期間		2005年1月17日～1月21日											
採取日時		2005/1/17 9:00	9:30	10:00	11:00	13:00	15:00	17:00	2005/1/18 9:00	2005/1/19 9:00	2005/1/20 9:00	2005/1/21 9:00	
実験経過時間		投入 0Hr	採取 1Hr	採取 1Hr	採取 2Hr	採取 4Hr	採取 6Hr	採取 8Hr	採取 24Hr	採取 48Hr	採取 72Hr	採取 96Hr	
気 象	天候	曇	曇	曇	曇	曇	曇	曇	雪	曇	曇	曇時々雪	
	外気温度 ($^{\circ}$)	0	1	1	2	4	3	1	2	3	6	1	
	湿度 (%)	90	88	85	77	63	75	100	100	71	57	97	
	風速 (m/s)	3	2	2	3	2	1	0	3	6	8	2	
	風向	北	北	北	北	東	北東	-	西	南東	西	北	
海水温度($^{\circ}$)		1	1	1	1	1	2	2	1.5	1.5	3	3	
海水密度(15 $^{\circ}$)													
波高(cm)		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
周期(Sec)													
風速(m/s)													
測 定 値	密度 (15 $^{\circ}$)	0.8625	0.8733	0.8762	0.8803	0.8889	0.8911	0.8928	0.8995	0.9034	0.9638	0.9442	
	水分 (V%)	0.00	0.00	0.00	0.10	0.60	0.80	7.2	16.0	21.0	46.0	33.4	
	粘度 (cP)	4.296	5.652	6.264	7.25	9.90	10.98	11.87	17.43	22.38	72.24	72.30	
	蒸発率 (%) (注)	注:蒸発率の測定は、別の場所を実施。冬季の測定値および実験の気象条件は別表参照。											
備考													

4.1.1 蒸発率実験記録データ（冬場）

蒸発率の測定値と実験の気象条件記録（冬季）

実験実施期間		2005年 2月 17日 ~ 2005年 2月 21日										
投入原油		vityaz原油										
実験経過時間		投入 0hr	採取 0.5hr	採取 1hr	採取 2hr	採取 4hr	採取 6hr	採取 8hr	採取 24hr	採取 48hr	採取 72hr	採取 96hr
気 象	天候	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	晴れ	晴れ
	外気温度	7.8	8.3	9.3	10.0	10.6	9.4	6.6	7.8	5.7	6.3	6.6
	湿度 %	55.4	44.9	42.8	39.6	43.9	48.3	55.7	44.1	65.6	54.4	52.2
	風速 m/s	1.6	1.4	1.8	1.3	1.3	0.9	0.9	1.2	0.9	0.6	2.0
	風向	北東	北東	東北東	南東	東北東	東北東	南	南	北東	南南西	東北東
海水温度		4.0	4.2	4.5	5.1	6.1	7.1	7.0	5.1	5.5	4.2	4.0
海水密度 @ 15												
測定値	蒸発率(Wt%)	6.1	14.2	16.7	19.6	24.9	25.9	27.6	30.6	31.3	31.3	32.5
備 考	海面全体に油膜、海水中に小油滴、強風で油膜攪拌											

4.1.2 経時変化実験写真（冬場、弱い波）

Vityaz 原油
冬場・弱い波
経過時間

側面

海水表面

投入
直後



4
時間後



24
時間後



72
時間後



96
時間後



4.1.3 経時変化実験写真（冬場、強い波）

Vityaz 原油
冬場・強い波

経過時間

側面

海水表面

投入
直後



4
時間後



24
時間後



72
時間後

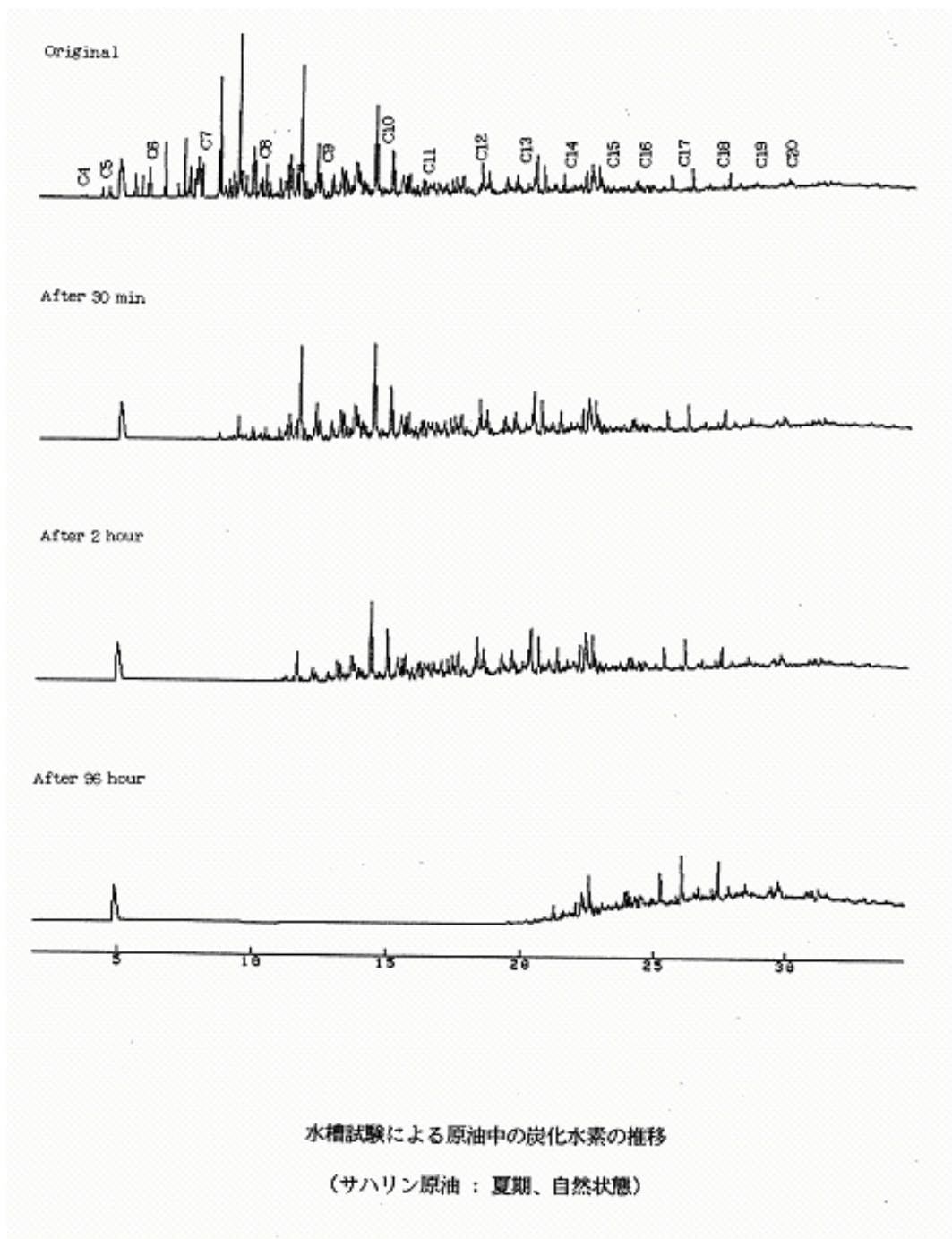


96
時間後

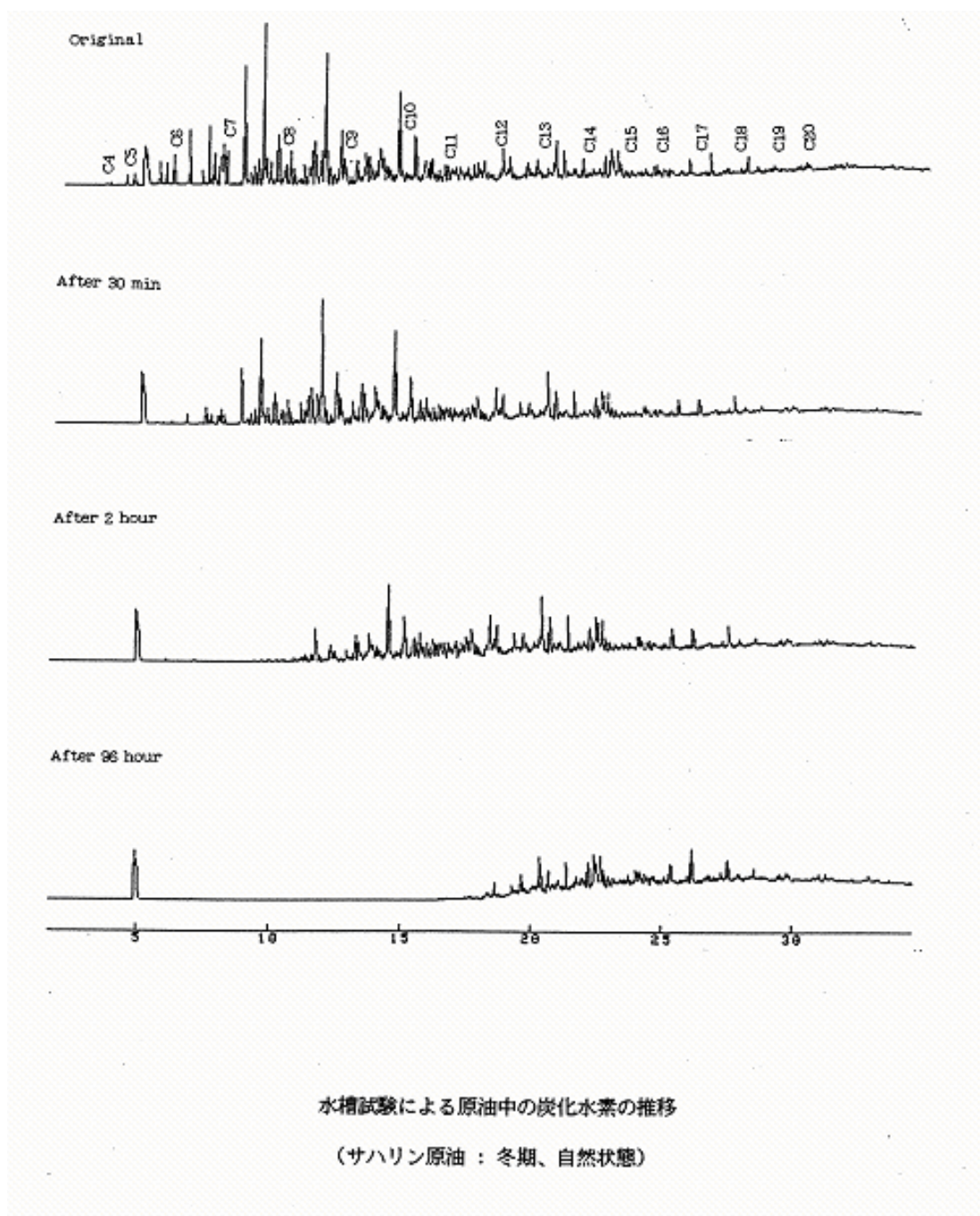


石油連盟資料 Copyright PAJ All rights reserved.

4.14 GC/FID 分析チャート



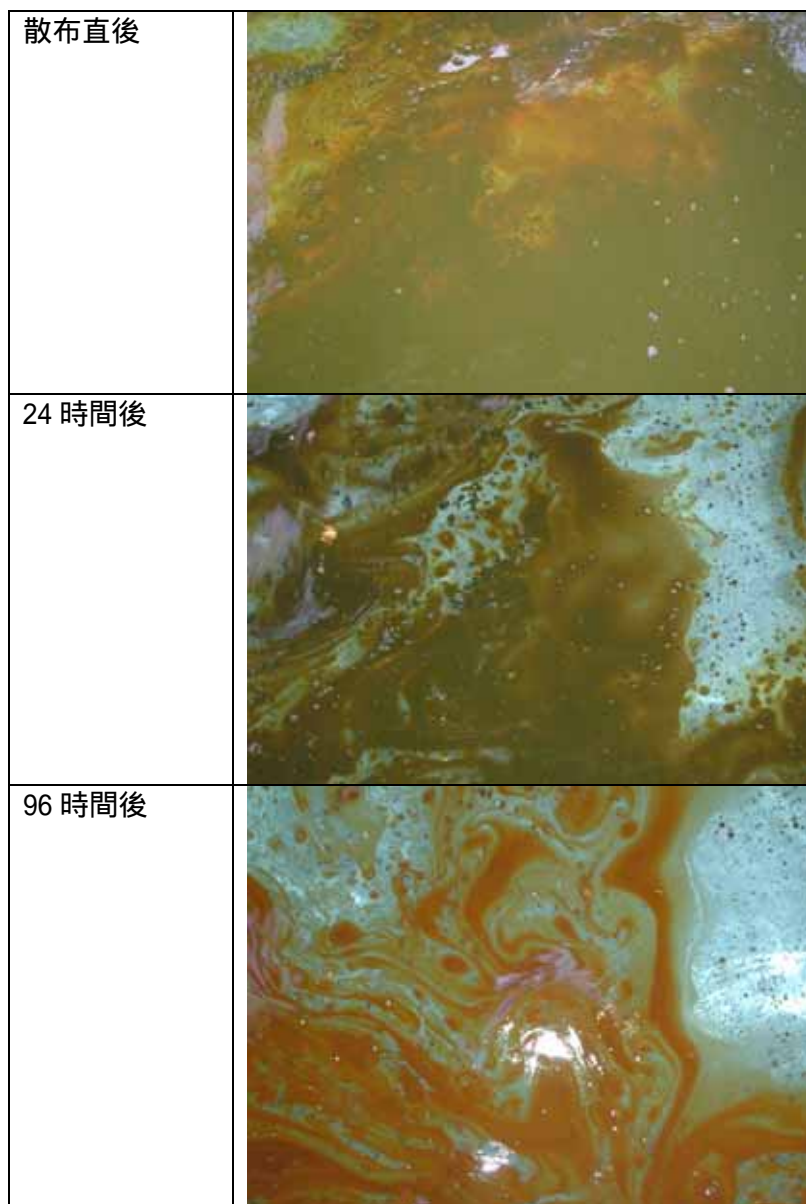
GC/FID 分析チャート



5 . 測定データについての補足説明

(1) 写真について

- 夏場の弱い波 (4.6 項)、強い波の写真 (4.7 項) 及び冬場の弱い波 (4.12 項)、強い波の写真 (4.13) を掲載したが、海水に浮遊している油が光で反射して白く写っているもので、実際の色ではありません。(冬場の写真で茶色に写っているものは油がエマルジョン化したもので、実際の色です。)
- 実際に近い色、油膜の状態を参考のため、下図に示します。



注 : ここに示した写真は冬場での蒸発率測定水槽の海面を故意にかき混ぜて撮影したもので、実際の色、油膜の状態に近いものです。

(2) ムース化についての考察

ビーチーズ原油がムース化するか、しないかで、資機材の選定、処理剤の使用等、回収方法に大きな違いがある。

サハリン2のビーチーズ原油は非常に軽質な原油であるため、ムース化しないのではないかと、あるいは50%以上蒸発してしまうのではないかと予測されていたので、今回の実験の結果を参考までに考察してみた。

なお、ムース化のメカニズムは石油連盟の油濁対策のホームページを参照されたい。

夏場のケース

- 強い波の場合、72時間経過以降わずかにエマルジョンを形成するが、その後の時間経過による進展は少なく、ムース油を形成するまでに至らない。弱い波の場合は96時間経過してもはっきりしたエマルジョンを形成しない。海洋では分散するものと推察される。
- 蒸発率は、実際の海洋と気象条件は異なるが、37%強で平衡状態に達する。

冬場のケース

- エマルジョンの形成は夏場に比べ早く、24時間経過以降エマルジョンを形成し、時間経過とともに徐々に進展し、ムース油を形成する。
この傾向は、波の強い方がより顕著。
- 蒸発率は、実際の海洋と気象条件は異なるが、32%強で平衡状態に達する。

以上