

## 食品製造機械等に使用される潤滑剤のベースオイルの分析

鈴木 公美<sup>a</sup>, 植松 洋子<sup>a</sup>, 荻本 真美<sup>a</sup>, 水取 敦子<sup>b</sup>,  
大畑 孝二<sup>c,d</sup>, 大山 明日子<sup>c,e</sup>, 光川 篤志<sup>c,f</sup>, 門間 公夫<sup>a</sup>

食品製造施設で使用されている潤滑剤及び一般に市販流通している潤滑剤の使用実態を把握するため潤滑剤57試料について、その主成分となるベースオイル（基油）成分である鉱油、油脂、シリコンオイルの分析を行った。鉱油は石油由来の炭化水素であるため、流動パラフィン標準物質として炭化水素を測定し、57試料中46試料から検出した。含有量は1~106%であった。検出した炭化水素について極大炭素数と最小-最大炭素数の幅の目安炭素数を算出したところ、様々な炭素数の混合化合物が含有されていることが推察された。また、炭化水素の一種である芳香族炭化水素の中には安全性について懸念される化合物もあるため、芳香族炭化水素と総炭化水素の比（%）を算出した。食品製造機械用潤滑剤から芳香族炭化水素は検出されなかったが、一般機械用潤滑剤33試料中23試料から芳香族炭化水素が検出された。潤滑剤には動・植物系油脂が用いられている。油脂構成脂肪酸を測定し、57試料中16試料から油脂を検出した。含有量は1~93%であった。油脂を検出した16試料のうち1試料から日本では食品への使用が認められていないヒマシ油の構成脂肪酸であるリシノール酸を検出した。シリコンオイルは57試料中2試料から検出され、含有量は61%及び79%であった。なお、シリコンオイルを検出した2試料からは炭化水素及び油脂は検出されなかった。

**キーワード**：食品製造機械用潤滑剤，間接食品添加物，連邦規則集，NSFインターナショナル，炭化水素，油脂，シリコンオイル

### はじめに

潤滑油及びグリース等の潤滑剤は機械の摩擦・摩耗の抑制，焼付防止等の目的で様々な機械に使用されており，機械の特性や使用目的，条件等によって使い分けられており，その用途も一般機械用から食品製造機械用に用いられるものまで様々である。潤滑剤は食品製造機械にも例外でなく使用されており，本来，食品と接触する箇所へ使用するものではないが，取扱いや機械のトラブル等の予期せぬ事故等により食品へ混入する可能性がある。実際に潤滑剤は食品への混入等の事例があり，その品質や含有成分は食品衛生上重要である。

米国では，食品と偶発的に接触する可能性のある箇所を使用する潤滑剤は「間接食品添加物」と位置づけられ，使用できる鉱油について連邦規則集（CFR）<sup>1)</sup>で品質規格が定められている。また，米国のNSF Internationalにおいて，食品と偶発的に接触する可能性のある箇所で使用が認められている潤滑剤について認証（カテゴリーコードH1）されている<sup>2)</sup>。一方，我が国における食品製造機械に用いられる潤滑剤については，食品添加物公定書<sup>3)</sup>に記載されている流動パラフィンがパン製造時の分割油として品質規格があるのみで食品衛生法上特段の規制はない。

潤滑剤は鉱油や油脂，合成油等の主成分となるベースオ

イルに添加剤を配合して用いられることが多く，数多くの種類の潤滑剤が市販されているが，鉱油は石油由来の炭化水素であるため安全性に懸念のある芳香族炭化水素が含まれる可能性もある<sup>4)</sup>。また，著者らは潤滑剤の品質実態調査の一環として，潤滑剤に不純物として含まれる可能性のある有害元素である鉛とヒ素について報告した<sup>5)</sup>。今回，食品製造施設で使用されている潤滑剤及び一般に市販流通している潤滑剤について，その主成分となるベースオイル（基油）成分である炭化水素，総炭化水素中に含まれる芳香族炭化水素の比率，油脂構成脂肪酸及びシリコンオイルの分析を行ったので報告する。

### 実験方法

#### 1. 試料

平成19~20年度に入手した，都内食品製造施設で使用及び市販流通されている，油脂9試料，食品製造機械用潤滑剤13試料，一般機械用潤滑剤35試料，計57試料を分析した。試料の内訳を表1に示した。

#### 2. 試薬

##### 1) 前処理及び高速液体クロマトグラフ用

ヘキサシロキサン5000（Hex）；残留農薬・PCB試験用，メタノ

<sup>a</sup> 東京都健康安全研究センター食品化学部食品添加物研究科 169-0073 東京都新宿区百人町3-24-1

<sup>b</sup> 東京都健康安全研究センター広域監視部食品監視第一課

<sup>c</sup> 当時：東京都健康安全研究センター広域監視部食品監視第一課

<sup>d</sup> 現所属：東京都市場衛生検査所管理課 104-0045 東京都中央区築地5-2-1

<sup>e</sup> 現所属：東京都福祉保健局健康安全部食品監視課 163-8001 東京都新宿区西新宿 2-8-1

<sup>f</sup> 現所属：東京都福祉保健局健康安全部薬務課 163-8001 東京都新宿区西新宿 2-8-1

Table 1. Concentrations of Hydrocarbon, Fatty Acid and Silicone Oil in Lubricant

Classification	Country of origin	Total hydrocarbons (%)	Carbon number		Aromatic hydrocarbons / Total hydrocarbons (%)	Caproic acid 6:0(%)	Caprylic acid 8:0(%)	Capric acid 10:0(%)	Lauric acid 12:0(%)	Myristic acid 14:0(%)	Palmitic acid 16:0(%)	Stearic acid 18:0(%)	Oleic acid 18:1(%)	Linoleic acid 18:2(%)	Linolenic acid 18:3(%)	Ricinoleic acid(%)	Sum of fatty acids (%)	Silicone oil (%)
			Maximum	Range														
O-1	Japan	ND	-	-	-	ND	ND	ND	ND	2	20	20	26	5	ND	ND	73	ND
O-2	Japan	ND	-	-	-	ND	12	1	ND	ND	3	1	45	6	3	ND	71	ND
O-3	Japan	ND	-	-	-	ND	15	2	ND	ND	3	1	46	2	ND	ND	69	ND
O-4	Japan	ND	-	-	-	ND	34	22	ND	ND	2	1	27	3	ND	ND	89	ND
O-5	Netherlands	ND	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	4	1	44	14	6	ND	69	ND
O-6	Japan	ND	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	4	2	42	16	7	ND	71	ND
O-7	Japan	ND	-	-	-	ND	80	13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	93	ND
O-8	Japan	ND	-	-	-	ND	4	2	1	ND	10	2	29	26	4	ND	79	ND
O-9	Japan	ND	-	-	-	ND	41	6	ND	ND	2	1	36	4	ND	ND	90	ND
F-1	Japan	27	25	16-41	0	ND	ND	ND	ND	ND	4	6	27	8	4	ND	49	ND
F-2	Japan	75	33	15-47<	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	ND	ND	ND	1	ND
F-3	Japan	63	28	14-46	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F-4	USA	29	14, 27, 35, 41	12-47<	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F-5	USA	71	15, 39	13-47<	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F-6	USA	72	30, 39	13-47<	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F-7	Japan	91	28	14-47<	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F-8	Japan	84	23, 34	13-47<	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F-9	USA	64	33, 41	18-47<	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F-10	Japan	43	34, 41	11-47<	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F-11	Japan	85	33	16-47<	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F-12	no label	46	39	20-47<	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F-13	Japan	68	29	16-47<	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
I-1	Japan	63	30	13-47<	8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
I-2	Japan	58	35	14-47<	16	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
I-3	Japan	85	28	14-47<	14	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
I-4	Japan	65	17	12-31	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
I-5	Japan	28	32	11-47<	13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
I-6	Japan	43	13, 26	12-46	9	ND	ND	ND	ND	ND	1	2	1	ND	ND	ND	4	ND
I-7	Japan	66	31	11-47<	9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

O : Vegetable oil and fat, F : Food grade lubricants, I : Industrial grade lubricants

Table 1. Continued

Classification	Country of origin	Total hydrocarbons (%)	Carbon number		Aromatic hydrocarbons / Total hydrocarbons (%)	Caproic acid 6:0(%)	Caprylic acid 8:0(%)	Capric acid 10:0(%)	Lauric acid 12:0(%)	Myristic acid 14:0(%)	Palmitic acid 16:0(%)	Stearic acid 18:0(%)	Oleic acid 18:1(%)	Linoleic acid 18:2(%)	Linolenic acid 18:3(%)	Ricinoleic acid(%)	Sum of fatty acids (%)	Silicone oil (%)
			Maximum	Range														
I-8	Australia	1	12	10 - 36	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
I-9	Japan	74	28	14 - 47<	11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
I-10	Japan	81	18	12 - 46	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
I-11	Japan	77	22	14 - 37	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
I-12	Japan	37	38	14 - 47<	13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
I-13	Japan	51	24	13 - 35	14	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
I-14	Japan	61	42	15 - 47<	18	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
I-15	Japan	46	35	15 - 47<	11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
I-16	Japan	6	32	15 - 42	0	ND	ND	ND	ND	ND	1	ND	ND	ND	ND	2	ND	
I-17	no label	49	13	11 - 30	0	ND	5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	10	ND	
I-18	USA	35	26	12 - 38	3	ND	ND	ND	ND	ND	1	ND	ND	ND	ND	2	ND	
I-19	no label	36	26, 46	14 - 47<	11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
I-20	Japan	93	23, 33	13 - 47<	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
I-21	Japan	80	32	15 - 47<	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
I-22	Italy	75	33	21 - 47<	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
I-23	Japan	54	31	15 - 47<	11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
I-24	Japan	77	19	12 - 47	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
I-25	Japan	46	30	15 - 47<	13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
I-26	Japan	82	30, 36	15 - 47<	5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
I-27	Japan	52	32	19 - 47<	11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	2	ND	
I-28	Japan	19	35	16 - 47<	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
I-29	Japan	74	37	14 - 47<	13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
I-30	Japan	76	23, 35	14 - 47<	11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
I-31	Japan	60	36	17 - 47<	12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
I-32	Japan	106	30	16 - 47<	11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
I-33	Japan	77	28	14 - 47<	13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
I-34	Japan	ND	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	61	
I-35	Japan	ND	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	79	

O : Vegetable oil and fat, F : Food grade lubricants, I : Industrial grade lubricants

ール；高速液体クロマトグラフ用，酢酸エチル(EA)；特級：和光純薬工業株式会社製，テトラヒドロフラン (THF)；高速液体クロマトグラフ用：ナカライテスク株式会社製，ジエチルエーテル(Ether)；特級：関東化学株式会社製，固相抽出カートリッジカラム (Bond Elut® SI, 500 mg)：アジレント・テクノロジー株式会社製

## 2) 総炭化水素測定用

ワセリン (白色)；一級及び流動パラフィン；特級：和光純薬工業株式会社製

## 3) 炭素数測定用

*n*-ノナン，デカン，ウンデカン，*n*-ドデカン，*n*-トリデカン，*n*-テトラデカン，ヘキサデカン，ヘプタデカン，エイコサン，*n*-ヘプタコサン，*n*-ノナコサン：東京化成株式会社製特級，*n*-ペンタコサン：東京化成株式会社製GC用標準物質，*n*-ヘントリアコンタン，*n*-トリトリアコンタン：東京化成株式会社製一級

## 4) 油脂構成脂肪酸測定用

リシノール酸メチル，28%ナトリウムメトキシドメタノール溶液，ヒマシ油：和光純薬工業株式会社製一級，くえん酸水素二ナトリウム・1.5水：関東化学株式会社製一級，ペンタデカン酸メチル，ガスクロマトグラフィー用脂肪酸メチルエステル標準品混合物1A，4A：フナコシ株式会社製

## 5) シリコーンオイル測定用

信越シリコーンKF-96-100CS，信越シリコーンKF-96-1000CS：信越化学工業株式会社製

## 3. 装置

ガスクロマトグラフ (GC)：アジレント・テクノロジー株式会社製6890 FID付き

高速液体クロマトグラフ (HPLC)：アジレント・テクノロジー株式会社製1200，RI検出器；日本分光株式会社製RI-930

## 4. 測定条件

### 1) 総炭化水素及び炭素数測定用GC条件

カラム：BPX5 (0.53 mm×15 m，膜厚1 μm，SGE株式会社製)，注入：オンカラム注入，注入量：10 μL，カラム流量：30 mL/min，昇温条件：50°C (1 min)→5°C/min→350°C (10 min)，検出：FID，検出器温度：360°C

### 2) 油脂構成脂肪酸測定用GC条件

カラム：J&W DB-Wax (0.25 mm×30 m，膜厚0.5 μm，アジレント・テクノロジー株式会社製)，注入：スプリットレス注入，注入量：1 μL，注入口温度：250°C，カラム流量：2 mL/min，昇温条件：50°C (2 min)→10°C/min→240°C (15 min)，検出：FID，検出器温度：260°C

### 3) シリコーンオイル測定用HPLC条件

カラム：ガードカラムGPC KF-G (4.6×10 mm，粒径8 μm)及び分析カラムGPC KF-801 (8×300 mm，粒径6 μm) 昭和電工株式会社製，移動相：THF，流速：0.5 mL/min，

注入量：10 μL，カラム温度：30°C，検出：RI

## 5. 試験溶液の調製

### 1) 前処理

Uematsuら<sup>6)</sup>の方法に従った。窒素気流下，40°Cで溶剤等の揮発成分を除去した試料約10 mgを精密に量り，あらかじめHex 10 mLでコンディショニングしたBond Elut® SIに少量のHexを用いて負荷した。Hex 10 mLで炭化水素を溶出し，続いてHex/Ether(1:1)混液 10 mLで油脂及びシリコーンオイルを溶出し，さらにEA 10 mLで油脂を溶出した。

### 2) 炭化水素

Hex画分5 mLを取り溶媒を窒素気流下で留去後，Hexで0.5 mLに定容しGC用試験溶液とした。

### 3) 芳香族炭化水素／総炭化水素

Uematsuら<sup>6)</sup>の方法に従った。

### 4) 油脂構成脂肪酸

Uematsuら<sup>7)</sup>の方法に従い油脂を溶出した。

Hex/Ether(1:1)混液画分5 mL及びEA画分の溶媒を窒素気流下で留去した。THFでHex/Ether(1:1)混液画分を2.5 mLに定容し，EA画分は5 mLに定容した。その1 mLを別の試験管に取り，5%ナトリウムメチラート1 mLを加えて1分間激しく振り混ぜた。さらにHex 1 mL，内部標準溶液 (1 mg/mLペンタデカン酸メチルHex 溶液) 1 mLを加えて混和し，15%くえん酸水素二ナトリウム水溶液2 mLを加えて振り混ぜ遠心分離し，上清をGC用試験溶液とした<sup>8)</sup>。

### 5) シリコーンオイル

Hex/Ether(1:1)混液画分5 mLを取り溶媒を窒素気流下で留去し，THFで0.5 mLに定容しHPLC用試験溶液とした。

## 結果及び考察

### 1. 前処理法の検討

#### 1) 試料採取

分析対象とした潤滑剤には様々な形態の試料があり，スプレー等の試料では噴射剤 (LPG) 等の揮発成分を含有する試料もあった。これらの揮発成分は試料採取時に揮発し精密な秤量が困難なため，窒素気流下，40°Cで溶剤等の揮発成分を除去した後，試料を採取した。

#### 2) 油脂構成脂肪酸

ヒマシ油の構成脂肪酸であるリシノール酸は極性が高く，Hex/Ether(1:1)混液画分では溶出が不十分であったので，さらにEAで油脂を溶出した。

#### 3) シリコーンオイル

流動パラフィン 10 mg にシリコーンオイル KF-96-1000CS を5%及び20%となるように添加し回収実験を行ったところ，回収率はそれぞれ73%及び79%であった。

## 2. 分析結果

Table 1 に分析結果を示した。

### 1) 炭化水素のGC分析法

総炭化水素の分析には，350°Cまで使用可能な内径0.53

mmのメガボアカラムを使用した。試験溶液注入は高沸点化合物の分析に適したオンカラム注入法を用いた。径の太いカラムを用い、カラム流量を30 mL/minと大きくすることにより10  $\mu$ L注入が可能であり、低濃度の炭化水素を測定することが出来た。定量下限値は1%である。

## 2) 炭化水素のクロマトグラム

Fig. 1 に標準品として使用した流動パラフィン、直鎖炭化水素、白色ワセリン中の炭化水素のガスクロマトグラムを示した。

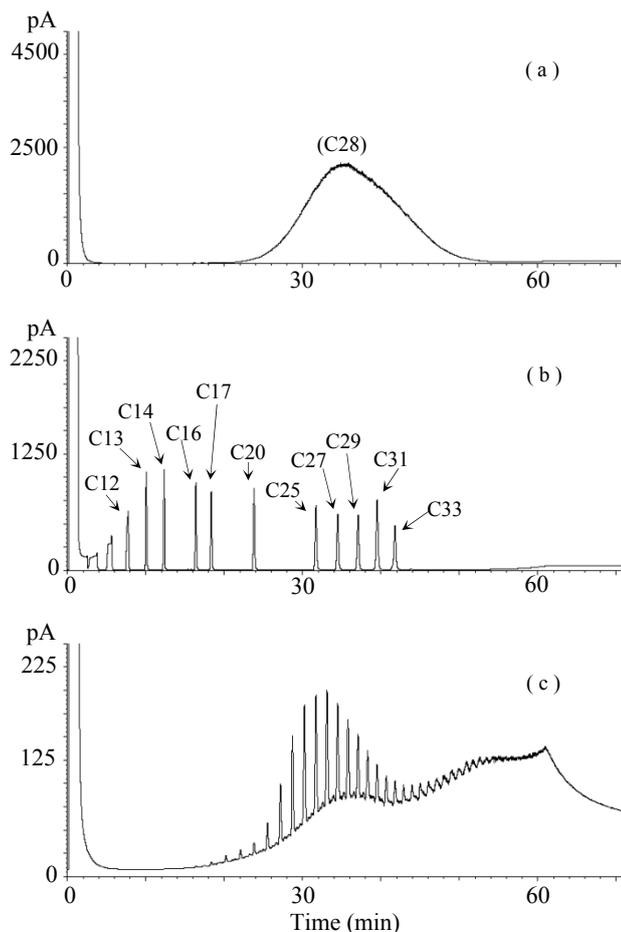


Fig. 1. Gas Chromatograms of Standard Hydrocarbon  
(a) Liquid paraffin, (b) Normal hydrocarbon,  
(c) White petrolatum

流動パラフィン、直鎖炭化水素だけでなく分岐したもの等、多くの化合物の混合物であるため、ガスクロマトグラムは一つの山状のピークを示した。流動パラフィンのガスクロマトグラムに直鎖炭化水素の保持時間から算出したピークトップ部分（極大炭素数）の目安の炭素数を参考値として図中に示した。

白色ワセリンは直鎖炭化水素が主成分であるため、各炭素数の炭化水素に対応したピークが検出された。

特徴的な食品製造機械用潤滑剤中の炭化水素のガスクロマトグラムを Fig. 2 に、一般機械用潤滑剤中の炭化水素の

ガスクロマトグラムを Fig. 3 に示した。

Fig. 2 (a) 食品製造機械用潤滑剤-1 のようにいくつもピークが検出された試料の他、一つの大きなかたまりのようなピークや二つに分かれたものなどもあった。

Fig. 3 の一般機械用潤滑剤中の炭化水素のガスクロマトグラムでは、Fig. 2 の食品製造機械用潤滑剤のガスクロマトグラム同様、一つのかたまりのようなものもあれば、二つに分かれたものもあった。また、リテンションタイムの早い方が低沸点成分、遅い方が高沸点成分であるが、Fig. 3 (e) のように低沸点成分の多い試料の他、Fig. 3 (d) のように高沸点成分の多い試料もあった。

## 3) 炭化水素含有量

流動パラフィンを標準品として炭化水素を測定したところ、57 試料中 46 試料から検出し、検出率は 81%であった。含有量は 1~106% (平均 60%) であった。

油脂 9 試料から炭化水素は検出されなかった。

食品製造機械用潤滑剤は 13 試料すべてから検出し、含有量は 27~91% (平均 63%) であった。

一般機械用潤滑剤は 35 試料中 33 試料から検出し、検出率は 94%であった。含有量は 1~106% (平均 59%) であった。

## 4) 極大炭素数及び最小-最大炭素数

炭化水素を検出した食品製造機械用潤滑剤 13 試料及び一般機械用潤滑剤 33 試料につき、極大炭素数（最も含有量の多かった炭化水素の炭素数）及びピークの最小炭素数と最大炭素数の幅の目安炭素数の分析結果のまとめを Table 2 に示した。

Table 2. Maximum and Range of Carbon Number  
in the Sample Hydrocarbon was detected

Classification	Number of samples	Carbon number	
		Maximum	Range
Food grade lubricants	13/13	14-41	11-47<
Industrial grade lubricants	33/35	12-46	10-47<

最大炭素数が 47 以上の試料は、食品製造機械用潤滑剤は 13 試料中 11 試料 (85%)、一般機械用潤滑剤は 35 試料中 23 試料 (66%) であったが、極大炭素数と最小-最大炭素数の目安炭素数において食品製造機械用潤滑剤と一般機械用潤滑剤では大きな差は見られなかった。

欧州食品安全機関 (EFSA) では食品に移行したミネラルオイル中の炭化水素に関する報告<sup>4)</sup>の中で、最小炭素数と最大炭素数の幅を示している。それらの値と比較すると、最小炭素数はあまり差が見られないが、最大炭素数は今回調査した潤滑剤の方が高い傾向が見られ、様々な炭素数の混合化合物が使用されていることが推察された。

## 5) 総炭化水素中に含まれる芳香族炭化水素の比率

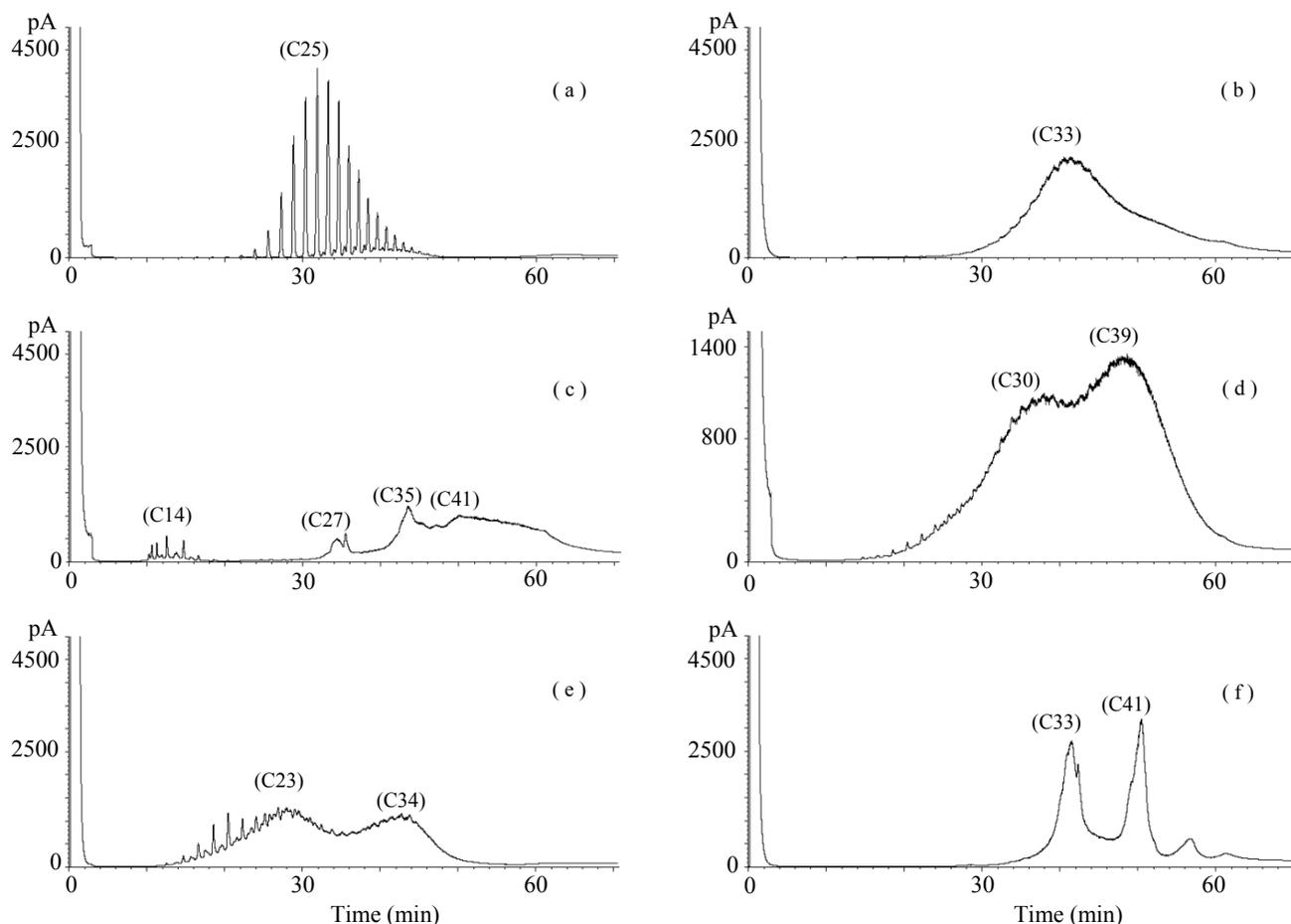


Fig 2. Gas Chromatograms of Hydrocarbon in Food Grade Lubricants

- (a) Food grade lubricant-1, (b) Food grade lubricant-2  
 (c) Food grade lubricant-4, (d) Food grade lubricant-6  
 (e) Food grade lubricant-8, (f) Food grade lubricant-9

芳香族炭化水素の中には安全性が懸念される化合物もある。食品添加物公定書収載<sup>3)</sup>の流動パラフィン（ミネラルオイルホワイト）には純度試験において多環芳香族炭化水素の限度が規格に定められている。また、EFSAにおいても芳香族炭化水素の一部の化合物の安全性について懸念されていることが報告されている<sup>4)</sup>。そこで、総炭化水素中に含まれる芳香族炭化水素を把握するため、その比率を算出した。

炭化水素を検出した食品製造機械用潤滑剤13試料及び一般機械用潤滑剤33試料につき、芳香族炭化水素／総炭化水素（％）を算出したまとめをTable 3に示した。

食品製造機械用潤滑剤から芳香族炭化水素は検出されなかったが、一般機械用潤滑剤33試料中23試料から芳香族炭化水素が検出され、この23試料について芳香族炭化水素／総炭化水素（％）は1～18%であった。

食品製造施設で使用されていた潤滑剤は食品製造機械用1試料、一般機械用11試料の計12試料であった。このうち、一般機械用潤滑剤11試料中10試料から芳香族炭化水素が検

出され、芳香族炭化水素／総炭化水素（％）は1～13%であった。また、食品製造施設での使用が確認できなかった潤滑剤は食品製造機械用12試料、一般機械用22試料の計34試料であった。このうち、一般機械用潤滑剤22試料中13試料から芳香族炭化水素が検出され、芳香族炭化水素／総炭化水素（％）は3～18%であった。

食品製造施設で使用されていた潤滑剤の中には一般機械用潤滑剤に分類される潤滑剤が使用されており、それらの潤滑剤の中には芳香族炭化水素が含有される可能性が示唆された。

以上より、食品製造機械用潤滑剤と一般機械用潤滑剤では、前述の極大炭素数と最小-最大炭素数の目安炭素数において大きな差は見られなかったが、芳香族炭化水素／総炭化水素においては差が見られた。

## 6) 油脂

ヒマシ油は経口摂取すると下痢を起こすことから日本では食品への使用が認められていないが、潤滑剤としては一般的に使用されているため、ヒマシ油の構成脂肪酸である

Table 3. Aromatic Hydrocarbon to Total Hydrocarbon Ratios in the Sample Hydrocarbon was detected

Classification		Number of samples	Number of detected samples	Aromatic hydrocarbons / Total hydrocarbons (%)
Food grade lubricants	used at food factories	1/13	0/1	0
	commercial products	12/13	0/12	0
Industrial grade lubricants	used at food factories	11/33	10/11	1-13
	commercial products	22/33	13/22	3-18

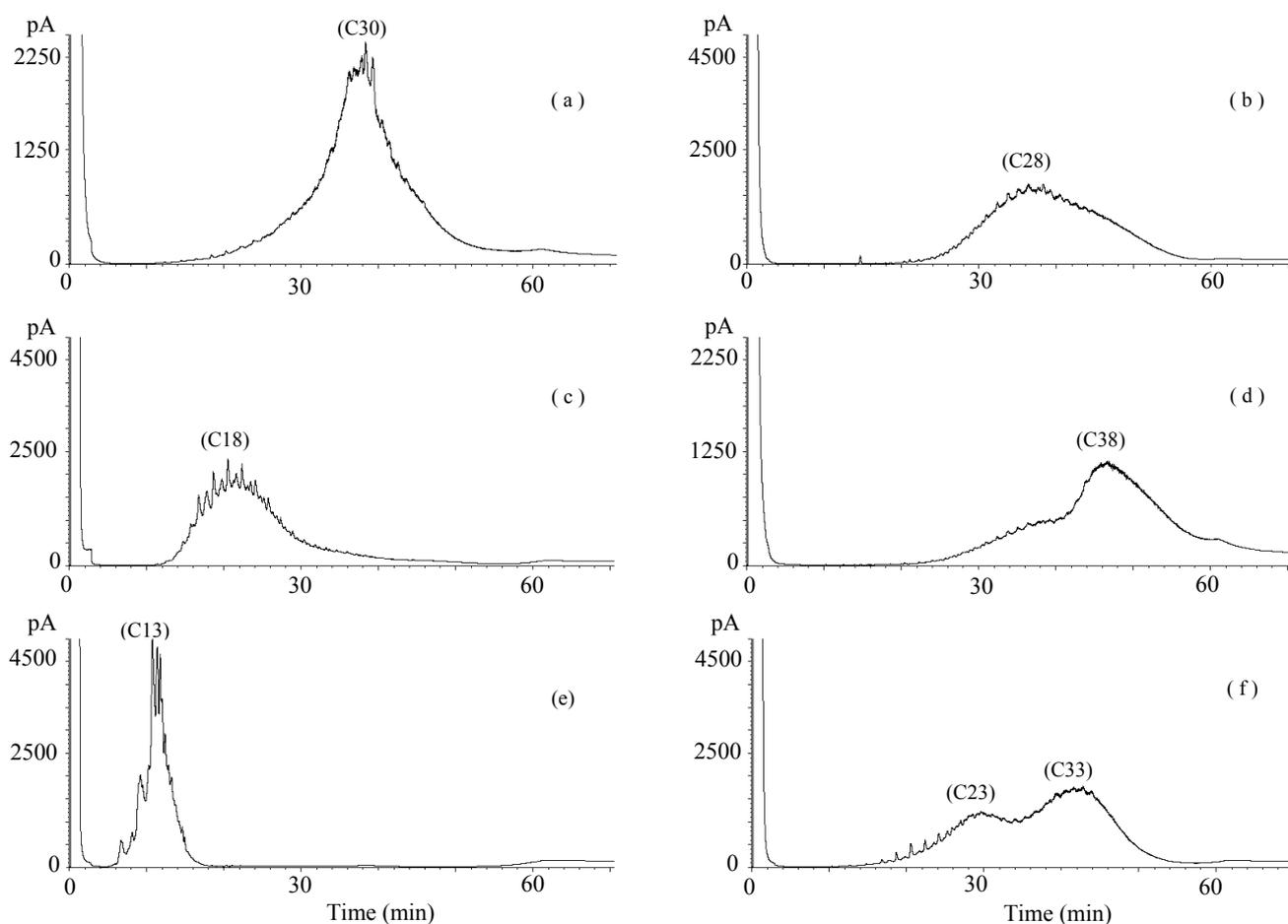


Fig 3. Gas Chromatograms of Hydrocarbon in Industrial Grade Lubricants

- (a) Industrial grade lubricant-1, (b) Industrial grade lubricant-9  
(c) Industrial grade lubricant-10, (d) Industrial grade lubricant-12  
(e) Industrial grade lubricant-17, (f) Industrial grade lubricant-20

リシノール酸も測定することとした。

試験溶液注入は、スプリット注入ではヒマシ油の構成脂肪酸であるリシノール酸メチルの感度が低く測定が困難であったため、スプリットレス注入で行った。

Fig. 4 に標準品及びリシノール酸が検出された一般機械用潤滑剤-27 の油脂構成脂肪酸のガスクロマトグラムを示した。

油脂構成脂肪酸は 57 試料中 16 試料から検出し、油脂含有量は 1~93% (平均 48%) であった。

油脂 9 試料すべてから検出し、油脂含有量は 69~93% (平均 78%) であった。これらの 9 試料すべてに何らかの油脂を使用している表示があった。油脂-5 と油脂-6 は比較的似たような脂肪酸構成をしているが、油脂-5 には植物油脂、油脂-6 には菜種油の表示があった。また、油

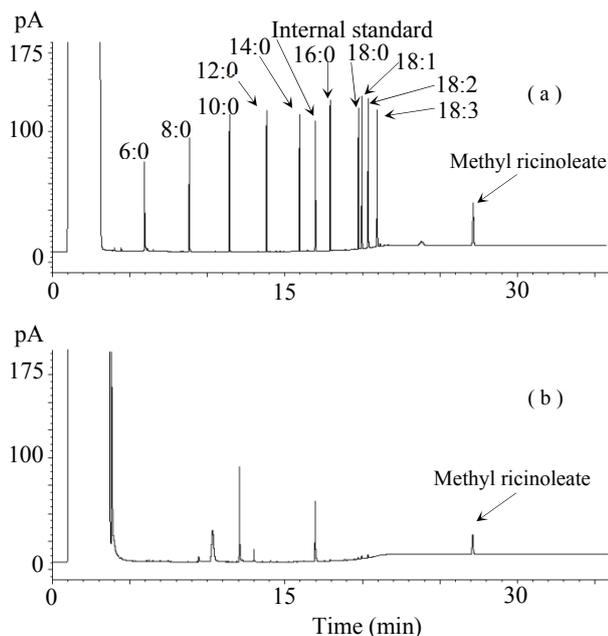


Fig 4. Gas Chromatograms of Fatty Acids

(a)Standard, (b) Industrial grade lubricant - 27

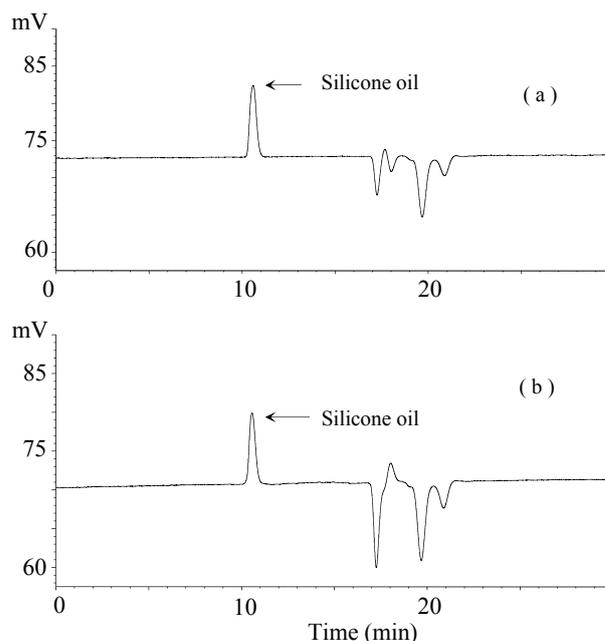


Fig 5. Liquid Chromatograms of Silicone Oil

(a)Standard, (b) Industrial grade lubricant - 34

脂-7は食用精製加工油脂との表示があり、カプリル酸及びカプリン酸を多く含み、中鎖脂肪酸トリグリセリドを含む可能性が考えられた。その他、いくつかの試料からカプリル酸及びカプリン酸を検出した。

食品製造機械用潤滑剤は13試料中2試料から検出し、油脂含有量は1%及び49%であった。これらの2試料も何らかの油脂を使用していた。

一般機械用潤滑剤は35試料中5試料から検出し、油脂含有量は2~10% (平均4%)であった。リシノール酸は日本では食品への使用が認められていないヒマシ油の構成脂肪酸であるが、一般機械用潤滑剤-27から検出され、この試料から他の油脂構成脂肪酸は検出されなかった。

### 7) シリコンオイル

油脂9試料および食品製造機械用潤滑剤13試料からは検出されなかったが、一般機械用潤滑剤は35試料中表示のあった2試料 (一般機械用潤滑剤-34及び-35) から61%及び79%検出された。炭化水素及び油脂の両方を検出した試料は7試料あったが、シリコンオイルを検出した2試料からは炭化水素及び油脂は検出されなかった。Fig. 5に標準品及びシリコンオイルが検出された一般機械用潤滑剤-34のシリコンオイルの液体クロマトグラムを示した。

## ま と め

食品製造施設で使用及び一般に市販流通している潤滑剤計57試料について、その主成分となるベースオイル (基油) 成分である炭化水素、油脂構成脂肪酸、シリコンオイルの分析を行った。

潤滑剤の種別では、油脂からは9試料すべてから油脂が

検出され、炭化水素およびシリコンオイルは検出されなかった。

食品製造機械用潤滑剤からは13試料すべてから炭化水素が、2試料から油脂が検出されたが、シリコンオイルは検出されなかった。

一般機械用潤滑剤からは33試料から炭化水素が、5試料から油脂が、2試料からシリコンオイルが検出された。シリコンオイルが検出された試料からは炭化水素も油脂も検出されなかった。

今回の調査では、炭化水素を含む試料が57試料中46試料と最も多く、分析した試料の約8割から炭化水素が検出された。

測定項目では、炭化水素は食品製造機械用潤滑剤13試料すべてから、一般機械用潤滑剤からは33試料から検出されたが、油脂からは検出されなかった。流動パラフィン標準物質として総炭化水素を測定したところ46試料から検出し、含有量は1~106%であった。

炭化水素を測定し、極大炭素数と最小-最大炭素数の目安炭素数を算出したところ、様々な炭素数の混合化合物が使用されていることが推察された。また、総炭化水素中に含まれる芳香族炭化水素の比率 (%) を算出したところ、芳香族炭化水素/総炭化水素 (%) は0~18%であった。

油脂は油脂9試料すべて、食品製造機械用潤滑剤2試料、一般機械用潤滑剤5試料から検出された。油脂構成脂肪酸を測定し16試料から検出し、含有量は1~93%だった。これらのうち1試料から日本では食品への使用が認められていないヒマシ油の構成脂肪酸であるリシノール酸を検出した。

シリコンオイルは一般機械用潤滑剤2試料からのみ検

出され、油脂および食品製造機械用潤滑剤からは検出されなかった。シリコンオイルを検出した2試料の含有量は61%及び79%であった。炭化水素及び油脂の両方を検出した試料が7試料あったが、シリコンオイルを検出した2試料からは炭化水素及び油脂は検出されなかった。

#### 文 献

- 1) 21CFR178.3570 : Lubricants with incidental food contact. 2008
- 2) NSF International : Nonfood Compounds Product Registration .  
<http://www.nsf.org/services/by-industry/food-safety-quality/nonfood-compounds/product-registration> (2016年7月19日現在. なお本URLは変更または抹消の可能性が
- ある)
- 3) 日本食品添加物協会編 : 第8版食品添加物公定書, 658, 2007.
- 4) EFSA ( European Food Safety Authority ),: *EFSA Journal*, **10**, 2704, 2012.
- 5) 荻本真美, 樺島順一郎, 鈴木公美, 他 : 東京健安研七 年報, **60**, 155-158, 2009.
- 6) Uematsu, Y., Suzuki, K., Ogimoto, M., : *Food Additives & Contaminants: Part A*, **33**, 509-517, 2016.
- 7) Uematsu, Y., Ogimoto, M., Kabashima, J., *et al.* : *J. AOAC INTERNATIONAL*, **90**, 437-445, 2007.
- 8) Suter, B. , Grob, K., Pacciarelli, B.,: *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A.*, **204**, 252-258, 1997.

### Determination of Base Oils in Lubricants Focused on Food Industry Use

Kumi SUZUKI<sup>a</sup>, Yoko UEMATSU<sup>a</sup>, Mami OGIMOTO<sup>a</sup>, Atsuko MONDORI<sup>a</sup>,  
Koji OHATA<sup>b,c</sup>, Asuko OYAMA<sup>b,d</sup>, Atsushi MITSUKAWA<sup>b,e</sup> and Kimio MONMA<sup>a</sup>

Amounts of mineral oil, vegetable oil, fat, and silicone oil, which are used as base oils in 57 commercial lubricants, vegetable oil and fat (n = 9), lubricants specified for incidental food contact (n = 13), and lubricants non-specified for incidental food contact (n = 35), collected between 2007 and 2008, were determined.

After pre-separation, the mineral oil amount was determined with GC as a hydrocarbon, calibrated with standard liquid paraffin. Vegetable oil and fat amounts were determined by GC after conversion to the constituent fatty acid methyl esters.

The amounts of silicone oil were determined by SEC/RI calibrated with commercial silicone oil.

Hydrocarbon was found in 46 samples, at concentrations of 1%-106%. The maximum carbon number of the hydrocarbons and the range of carbon numbers in the samples were estimated. Constituent fatty acids of vegetable oil and fat were found in 16 samples, at concentrations of 1%-93%. Ricinoleic acid, which is a constituent fatty acid of castor oil, was found in one sample. Silicone oil was found in two samples at concentrations of 61% and 79%, respectively.

**Keywords:** food grade lubricant, indirect food additive, Code of Federal Regulation, NSF International, hydrocarbon, vegetable oil and fat, silicone oil

---

<sup>a</sup> Tokyo Metropolitan Institute of Public Health, 3-24-1, Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0073, Japan

<sup>b</sup> Tokyo Metropolitan Institute of Public Health, at the time when this work was carried out

<sup>c</sup> Present Address: Tokyo Metropolitan Wholesale Market Sanitary Inspection Station, 5-2-1, Tsukiji, Chuo-ku, Tokyo 104-0045, Japan

<sup>d</sup> Present Address: Food Safety Control Section, Health and Safety Division, Tokyo Metropolitan Bureau of Social Welfare and Public Health, 2-8-1, Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo 163-8001, Japan

<sup>e</sup> Present Address: Pharmaceutical Affairs Section, Health and Safety Division, Tokyo Metropolitan Bureau of Social Welfare and Public Health, 2-8-1, Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo 163-8001, Japan