総 説

フ ラ イ 廃 油 の 処 分 方 法

太 田 静 行

北里大学水産学部 (岩手県気仙郡三陸町)

The Disposal of Used Frying Oils

Shizuyuki OHTA

School of Fisheries Science, Kitasato University
(Sanriku-cho, Kesen-gun, Iwate-ken)

フライが終わった後にフライなべに残る油は通常、捨てずに次回に新しい油を足して使用する。フライはかなり高温で行われるので、フライ油中では酸化、重合、分解など種々の反応が起こり、その結果、持続性泡立ちの発現、着色、発煙、毒性の発現など種々の不都合な現象がみられるようになる。これらの劣化現象はその程度が少ないときはあまり問題にならないが、劣化の程度が著しい場合には、この油は実用上もフライに使用できない。どの程度の劣化ならばまだ使用を継続してもさしつかえがなく、どの程度劣化したら使用をやめるべきかという、いわゆる“フライ油の使用限界”は設定が難しいが、この使用限界を過ぎた油は“廃油”として何らかの処分をしなければならない^{1)~3)}。この廃油も劣化の程度が少なれば再生も可能であり、また別の用途もいくつか考えられている。フライ廃油を捨てる場合にもいくつかの方法があるが、それぞれ問題をかかえている。

1 フライ廃油の性状

揚げ油を長く使用していると、揚げ油はその間高い温度で空气中に置かれるわけであるから、酸化、重合、分解などの諸反応が進行し、劣化してゆく⁴⁾。この劣化が進行すると、揚げ油として“もう使えない”という状況になる。この“もう使えない”か“まだ使える”かの判断はなかなか難しいところで、この境がフライ油の使用限界である⁵⁾。この使用限界をどこに設定するのがよいかは業者により、また研究者により、それぞれ異なり、定説がない。フライ油の使用者は、どの程度の劣化のところで廃油としているか、を調べた結果がいくつか報告されている。

1.1 種々の業界におけるフライ廃油の性状

家庭、集団給食及びフライ食品工場において、廃油とされる油脂はどの程度に劣化しているかを知るために、従来の調査報告を調べてみた。

1.1.1 家庭におけるフライ廃油

梶本ら⁶⁾は市販のてんぷら油を用い、一般家庭におけるフライ条件で、各種そう菜を揚げて、毎回さし油をしながら、フライを繰り返し、フライ終了時にフライ油の劣化の程度を調べ、泡延距離に及ぼすフライ回数とフライ油の保存状態について、図-1 のような結果を報告している。

図-1 フライ回数とフライ油の放置状態とその泡延距離との関係
図-1 にも見られるように、揚げの回数が6回以上になると急激に泡延距離が広がり、酸価も増加し、疲れが目立つようになり、毒性にも注意が必要になると梶本ら⁶⁾は述べている。

表-1 は種々の食品の連続揚げテストにおいて、揚げ油と揚げ物の性状をさし油の有無について比較したものである。各食品は何れも4人分ずつを揚げている。

和田ら⁷⁾は京浜地区の家庭で揚げ油として“もう使えない”と判断された使用済みの油を収集して、それらの諸特数や粘度、泡立ち性などを測定し、表-2 のような結果であったと報告している。

後述の表-8、図-3 などとともに、図-1、表-1、表-2 をみると、家庭におけるフライ廃油はあまり劣化していないとみなすことができる。

1.1.2 集団給食場

梶本ら⁸⁾は神戸市の各区から、小学校、病院、工場の

各給食場おのの 2 か所を選び、それら各給食事業場で使用中のフライ油について、その劣化の程度を調べている。その結果は 表-3 のようで、この場合、表-3 に示

表-1 連続揚げテストにおける揚げ油と揚げ物の評価

揚げ物の種類 揚げ油の種類		評価	揚げもの種類												
			新油注①	風味	色	臭	味	質	天	魚	鶏	サバ	ミックス	天	ポ
連続使用油	さし油する注② さし油しない注③	こすこす注④	風味	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
			外観	A	A	B	A	A	A	A	A	A	B	B	
			風味	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
			外観	A	A	B	A	B	B	B	B	B	A	B	
			風味	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
			外観	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B		
			風味	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	
			外観	A	A	B	A	B	C	B	B	C	◎		
			風味	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		
			外観	A	A	B	B	B	C	B	B	C	◎		

(風味) 〇好ましい
 (外観) A 〇ややいいと揚がつている、B 〇普通
 C 〇ややべたついている
 ◎字は、かすの付着を表す

<注> ①常に新しい油を用いて揚げものを行う場合
 ②前回の揚げ物によって消費された量を次回に補い、常に一定量1,000gにした場合
 ③市販のこし紙を用いて揚げものの終了後、こして保存する場合
 ④揚げものの終了後、なべの上澄み油を保存容器に移し保存する場合

表-2 家庭及び集団給食場における新油及び使用油の性状

測定項目		集 団 給 食			家 庭†		
		新油 N=5	使用油 N=42	検定	新油 N=14	使用油 N=50	検定
酸	価	0.04±0.004	0.73±0.45	**	0.06±0.03	0.25±0.17	**
ヨ	ウ 素 価	128±2.1	121±5.8	**	123±5.3	120±4.6	**
粘	度 (cP)	62±0.8	77±6.9	**	67±3.8	72±4.9	**
泡立ち性(mm)		40±0.9	43±2.4	**	39±0.5	43±2.5	**
色	L	99.9±0.3	65.2±18.4	**	95.0±2.2	81.4±12.0	**
	a	1.4±0.2	8.2±7.1	**	2.0±1.1	3.1±1.6	*
	b	4.4±0.7	35.1±7.5	**	11.0±4.4	29.8±8.7	**
	$\sqrt{3L+3a+3b}$	—	49.6±15.1				

** 1%, * 5% の危険率で有意差あり † 家庭における揚げ油の使用状況 (昭和 54 年 調査・実験)

表-3 集団給食場におけるフライ油の性状

学 校 給 食 場			病 院 給 食 場			工 場 給 食 場		
学 校	泡延距離 (mm)	酸 価	病 院	泡延距離 (mm)	酸 価	工 場	泡延距離 (mm)	酸 価
I	25	1.5	イ	32	1.6	A	32	0.8
II	25	0.9	ロ	29	1.6	B	27	1.8
III	27	0.8	ハ	30	1.2	C	27	2.3
IV	30	0.9	ニ	30	1.1	D	30	3.4
V	29	0.7	ホ	30	0.6	E	26	1.9
VI	30	1.2	ヘ	27	0.6	F	27	2.1
VII	29	2.4	ト	25	1.0	G	28	1.0
VIII	26	0.7	チ	38	2.0	H	29	1.5
IX	26	0.8	リ	27	1.5	I	28	1.2
X	26	1.4	ヌ	31	0.5	J	30	0.5
XI	29	1.8	ル	33	1.7	K	29	1.0
XII	31	1.7	オ	28	0.8	L	28	0.8

表-4 各揚げ物店及びフライ工場のフライ油の品質について

製 造 店	泡延距離 (mm)	酸 価
チキンラーメン製造店	28	1.3
豆腐油あげ製造店	42	5.9
豆腐油あげ製造店	34	2.0
てんぷら製造店	30	1.2
てんぷら製造店	30	0.9
ポテトチップ製造店	30	6.2
ドーナツ製造店	36	7.8
肉フライ製造店	32	2.5
うまいか製造店	47	2.2
おこのみ製造店	30	1.3
コロッケ製造店	32	1.9
フライ豆腐製造店	35	2.0

されている各油の性状は現在使用中のものについてであるから、廃油とされる場合には、表-3 よりも更に劣化しているものと見るべきである。

手嶋ら⁹⁾は東京都・神奈川県内の集団給食施設 42 施設 (定食形態 26 及びカフェテリア形態 16 施設) について種々の調査を行い、和田ら¹⁰⁾は、上記集団給食施設

において使用限界と判断された油についての分析を行い、家庭の使用油との劣化状態を比較している。この結果を 表-2 に示した。

1・1・3 フライ食品工場におけるフライ廃油

梶本ら⁹⁾が昭和 39 年ころ、神戸市内の揚げ物製造工場で使用中のフライ油を採取し、それらの性状について調査した結果を 表-4 のように報告している。

表-4 は使用中のフライ油についての分析値で、この時点で廃油

としているわけではない。もしフライ廃油とするならば、表-4 の劣化の程度よりも更に劣化した状態であることになる。表-4 の結果について、梶本ら⁸⁾ はフライ食品工場のフライ油は総体的に劣化しており、ことに豆腐、油揚げ、てんぷら、肉フライ、ドーナツ製造工場では劣化度が高いと述べている。

表-5 は昭和 52 年ころ、業務用揚げ物食品製造工場

における揚げ油の変質状況を井崎ら¹¹⁾ が調べた結果である。

大藤ら¹²⁾ は昭和 46 年ころ仙台近郊のフライ食品製造所より実際に使用しているフライ油を入手し、それらの分析値は表-6 のようであったと報告している。

表-6 の各試料油も、現在使用中のものであって、フライ廃油の段階のものではない。従って、フライ廃油と

表-5 業務用揚げ物食品製造における揚げ油の変質状況

	揚げ温度 (°C)	脂肪回転速度 (%/h)	揚げ時間 (h)	外 観	AV	POV (meq/kg)	IV	COV (meq/kg)	酸化酸 (%)
豆腐 油 揚 げ	180	2.5	120	L b	0.93	30.0	115.2	30.6	0.13
	—	—	—	" py	0.07	5.7	118.5	5.9	—
	180	2.5	c	" db	3.57	20.9	114.1	43.1	0.39
	—	—	—	" py	0.13	4.8	117.4	6.4	—
	220	6.3	32	" yb	0.55	9.5	117.5	21.2	0.07
	—	—	—	" py	0.17	7.1	119.2	6.4	—
ド ウ ナ ッ ツ	180	1.4	80	" bb	0.84	24.8	115.5	42.1	0.37
	190	1.7	24	S db	9.83	5.2	68.9	31.6	0.01
	—	—	—	" py	0.36	1.9	70.8	17.3	—
	—	—	—	L b	0.28	5.7	124.4	12.8	0.05
	—	—	—	" py	0.13	3.8	132.2	11.5	—
	180	12.3	22.5	" yb	1.90	4.3	105.1	18.6	0.05
コ ロ ッ ケ ・ カ ッ レ ツ	—	—	—	" y	0.18	3.3	107.9	9.4	—
	190	5.3	12	S b	4.80	10.5	74.3	23.2	0.05
	180	1.9	56	L yb	2.37	4.3	126.2	19.6	0.05
	—	—	—	" py	0.13	4.0	130.4	4.8	—
	220	10.0	35	S bb	17.11	19.1	53.7	91.0	2.76
	—	—	—	" py	0.10	6.0	61.3	7.9	0.00
揚 げ か ま ぼ こ	180	2.1	15	" yb	1.68	8.5	54.6	24.2	0.00
	—	—	—	" py	0.05	5.0	55.1	6.9	—
	200	—	c	" bb	4.31	7.1	45.0	52.8	0.91
	170	1.0	14	L b	1.75	29.6	134.0	32.1	0.69
	—	—	—	" py	0.16	3.5	118.0	8.2	—
	180	3.7	36	" bb	1.24	9.5	108.0	88.7	2.75
フ ラ イ ド チ キ ン	—	—	—	" py	0.13	2.4	131.1	10.2	0.00
	180	5.6	9	" y	0.27	21.4	117.9	16.3	0.06
	—	—	—	" py	0.12	4.8	117.4	7.9	—
	170	5.7	119	" bb	2.64	22.9	112.5	97.7	2.01
	190	5.6	12	S y	0.53	6.2	70.6	15.8	0.08
	—	—	—	" py	0.21	4.8	68.6	6.4	—
そ う 菜	180	16.7	84	" b	0.94	5.7	75.8	20.1	0.10
	—	—	—	" py	0.16	2.9	73.5	6.4	—
	200	2.6	182	" db	0.88	14.3	72.6	59.4	0.50
	—	—	—	" py	0.15	2.9	73.5	5.9	—
	180	25	8	L yb	0.49	9.5	128.9	41.8	0.11
	—	—	—	" py	0.13	9.0	130.7	6.1	—
菜	200	8.8	15	" yb	0.68	5.5	129.4	23.0	0.01
	—	—	—	" py	0.10	5.0	129.3	9.4	—
	190	0.4	12	" y	0.23	22.7	132.7	21.4	0.00
	—	—	—	" py	0.12	7.0	133.2	8.4	—
	170	4.2	c	" b	3.51	10.5	129.0	28.1	0.09

S: 固状, L: 液状, py: 淡黄色, y: 黄色, yb: 黄褐色, b: 褐色, db: 暗褐色, bb: 黒褐色

表-6 フライ食品製造工場で使われている油脂の分析値

	種 物	種 類	MMW	COV	AV	OHV	POV	IV	使用条件
新 油	—	—	850	10.6	0.08	0.10	0.4	130.0	—
フライ油A	野 菜 て ん ぶ ら	大 豆 油	820	35.2	0.5	0.32	0.9	124.4	180℃
B	え び て ん ぶ ら	大 豆 油	860	23.6	0.5	0.20	0.5	128.2	180℃
C	さ つ ま あ げ	大 豆 油	840	80.8	6.8	0.43	0.5	124.2	160~180℃
D	油 あ げ	なたね油	970	144.6	7.3	0.76	1.6	108.5	150℃で2か月半使用
E	か り ん と う	米ぬか油	840	53.2	1.5	0.35	0.6	103.5	
F	インスタントラーメン	豚 脂	840	32.0	0.8	0.22	0.4	55.2	150℃で2か月使用
G	ト ン カ ツ	豚 脂	830	53.7	5.4	0.55	0.2	61.4	200~220℃

なる場合には、表-6 の状態よりも更に劣化した状態であるということになる。

表-6 において、フライ油 D (油揚げを揚げたなたね油) には 1.5% (分子量 2,090), フライ油 C (さつまあげを揚げた大豆油) には 0.6% (分子量 1,310) の有毒グリセリドダイマーが含まれていたと報告されている。大藤ら¹²⁾はこの部が1%を越える場合には注意を払うべきであると動物実験の結果から述べている。

表-4~6 に示されるフライ食品製造工場で使用されているフライ油は、家庭で廃棄されるフライ油よりもかなり劣化しており、特に吸油量の少ない食品を揚げている工場のフライ油は劣化が目立つようである。

2 フライ使用油の処分法とその時期

フライに使用した油脂をそのあとどうするかについては種々の問題があり、特にそのフライ油が劣化してくると、これを何に使うか、また、処分するとすればどう捨てるかなど、現実的には迷うことが多い。

家庭、給食場、あるいは揚げ物工場でフライ使用油をどのように処分しているかについてはいくつかの調査報告があり、フライ油の使用限界についても種々の目安が提出されている。

2.1 フライ使用油の処分法

フライに使用した油をそのあとどうするかについては、家庭、集団給食、フライ工場によってかなり相違がある、また調査年によっても異なるようである。

2.1.1 家庭の場合

手嶋ら¹²⁾が昭和 54 年関東学院短大 (横浜市) の学生 465 人及び家庭の主婦 305 人について、フライに1回使った油をどのように再利用しているかを調査した結果は図-2 のように報告されている。

図-2 によれば、過半数が、1 回使った油は次回のフライの時にさし油をして用いている。さし油を何回かして、使いにくくなった油は廃棄することになるが、それについては図-3 のように報告されている。

明治大学農学部 の食品化学研究会のグループが昭和 47 年と 56 年に京浜地区の主婦を対象にして行った調査では表-7 のような結果が得られている^{13,14)}。

図-2 使用後のフライ油の再利用の状況

図-3 家庭におけるフライ油の廃棄の状況

また、何回くらいでフライ油を捨てるか、逆にいえば何回くらい使用するかについては、表-8 のような結果が得られている。

表-8 によれば、この約 10 年間で、フライ油の使用方

表-7 揚げ油として使用しなくなった油の処分法

方 法	昭和 56 年	昭和 47 年
こして他の料理に使用	43%	54%
新しい油を加えて更に使用	—	39
捨てる, または料理には使用しない	55	7
無 答	2	—

表-8 家庭におけるフライ油の使用回数 (%)
(何回くらいで捨てるか)

回 数	1~2	3~4	5~6	そ の 他
昭和 47 年	14	65	10	11
56 年	44	44	12	—

法もかなりぜいたくになっていると見ることができる。

2.1.2 集団給食施設

手嶋ら⁹⁾が東京都と神奈川県内の集団給食施設 42 施設について、揚げ油の廃棄状況をしらべた結果は 図-4 のようであったと報告している。

図-4 を家庭についての調査結果、図-3、表-8 などと比較すると、集団給食の場合にはフライ油の使用回数、さし油の回数ともに家庭の場合よりも多いことが見られる。図-4 の結果などを勘案すると、家庭ではフライ油を廃棄するのが早すぎるように思われる。

2.2 フライ油の使用限界の目安

揚げ油は何回使えるか、どういう状態になった時に使えなくなるかという、いわゆる“油の使用限界”は実用上も、また栄養の面からみても重要な問題である。使用

図-4 給食施設における揚げ油の使用状況 (給食形態別)

限界の目安としてどのような項目が使われているかをよくつかんでおく必要があり、また、使用限界の目安とされる項目が果たしてフライ油劣化の判定上適切であるか否かもよく検討しておく必要がある。

2.2.1 家庭におけるフライ油の使用限界

フライ油の使用限界の目安として、手嶋ら¹⁰⁾が、図-5 に示した各項目の中から、関東学院女子短大の学生 375 人とその母親 288 名に、3 項目まで選択させたところ、その結果は 図-5 のようであって、母親と学生とは各項目の順位の差と目安となる条件の違いが認められた。

図-5 使用限界の目安

明治大学農学部食品化学研究部が京浜地区の主婦について、フライ廃油を捨てる目安を調べた結果は 表-9 のようであった。

表-9 家庭におけるフライ廃油を捨てる目安 (%)

	回 数	色	泡	粘 度	その他
昭和 47 年	45	28	14	7	6
56 年	36	34	13	8	9

2.2.2 集団給食場

図-5 の 11 項目中、東京都・神奈川県内の集団給食施設 45 施設の調理従事者 266 名に、劣化判定の目安として 3 項目まで選択させたところ、全体では ① 泡立ち、② 揚げ油の色、③ 油の切れぐあい、が上位 3 項目であった。

この結果を定食形式のところとカフェテリア形式のところとに分けてみると 図-6 のような結果であった。

2.2.3 フライ油の使用限界に関する諸説

フライ油の使用限界については従来極めて多くの意見が出されている。浦上⁹⁾はそれらを 表-10 のようにまとめている。

表-10 において、Pokorny は 6 h フライという短い加熱時間では 400 nm における色の变化と TLC 分析法が適当であるが、過酸化価値など括弧内の各測定項目は有効でない述べている。Mankel は 60 h という長い

図-6 給食施設におけるフライ油の劣化の判定の目安

揚げ時間の場合で表-10 にあげたような値を示し、これが使用の限界であるとしている。Nemets らの場合は加熱条件がはっきりしないが、やはり使用限界の値を示している。Lang らはドイツのハンブルグ市の衛生局の指導方針を示したもので、これは動物実験の結果に基づくものである。

表-10 のものも含め、従来提出されているフライ油の使用限界に関する項目をあげてみると、次のようなものがある。

1) 諸 特 数

フライ油の諸特数は加熱により徐々に変化するので、それらの変化の程度を尺度とする。

(1) 酸 価

たとえば、即席ラーメンではフライ油の酸価 1.8 (遊離脂肪酸量 0.9%) を使用限界としている。厚生省の即席ラーメンの規格では酸価 3.0 以下としている。

(2) ヨウ素価

Mankel は魚をはじめ種々のフライ実験と、種々の市

販品からの試料油の分析値などから、加熱フライ油の許容しうる限界点について、石油エーテル不溶性酸化脂肪酸量とともにヨウ素価の低下 4.5 という数字をあげている。

(3) 酸化脂肪酸など

西ドイツの食品法 2 号 §4 に従って、フライ油の食用としての限界値を石油エーテル不溶性酸化脂肪酸 0.7 % 以下、酸価 2.5 以下、発煙点 170°C 以上 (発煙点の低下 50°C 以内) と Mankel が提案した。これらの値のうちで、特に酸化脂肪酸量及びけん化色度は、フライ油及びフライ食品の劣化のよい指標になるという。しかし、これらの限界値は、におい、味、色などによって認められる実際のフライ食品の劣化の状態と一致しないことがしばしばあると Klein が述べている。

Pardun らはフライ油の品質の評価として、石油エーテル不溶性酸化脂肪酸量が 1% に達するに要する時間を一つの尺度とすることをすすめている。

酸化脂肪酸量は理論的にはフライ油の使用限界の尺度としてよいものと考えられるが、測定法が複雑で時間も長くなるのが欠点と思われる。

2) 泡 立 ち 性

泡立ちの程度を尺度とするものである。泡延距離の測定など種々の方法が使用されている。泡立ちが激しくなると実用上もよい製品が得られないので、泡立ち性の測定は実用面からも適切な尺度と考えられるが、泡立ちの原因は酸化重合だけでなく、リン脂質に由来することもあるので、判断が難しい。

3) フライ作業継続時間など

ドーナツ揚げで、揚げ材料の重量合計がフライ油の重量以上になったとき、使用限界に達したものとみなす。こういう形で、フライ油の使用限界を決めれば作業の管理はやりやすいが、決めるまでには種々の因子を検討する必要がある。

3 フライ廃油の再生法

フライ廃油を処理して再びフライ油にもどす方法は種

表-10 揚げ油の使用限界に関する指数などの例

試 料 油	測 定 項 目 と 限 界	文 献
肉 フ ラ イ 1~6 h	色 (400 nm), TLC 分析 (POV, エポキシ価, O ₂ 吸収速度, UV, ポリマー量)*	J. Pokorny, <i>Fette, Seifen, Anstrichm.</i> , 72, 110 (1970)
ポテトフライ 160°C, 60 h	限界: 酸化脂肪酸 0.5% AV>2, 発煙点 70°C 以下, IV 5% 以下	A. Mankel, <i>Feue, Seifen, Anstrichm.</i> , 72, 483 (1970)
ポテトフライ (ひまわり油)	限界: 悪い味 AV>2.5, 蛍光強度>3	S.M. Nemets <i>et al.</i> , Tr. Vses. Nauch. Issled. Inst. Konserv. Ovoshchensuch, Prom. 1970, 13, 161; <i>Chem. Abstr.</i> , 75, 75060.
魚 フ ラ イ	使用法: <180°C, 1 週間ごとに新鮮油に変える。[ハンブルグの Public Health]	K. Lang <i>et al.</i> , <i>Fette, Seifen, Anstrichm.</i> , 71, 1032 (1969); <i>J. Am. Oil Chem. Soc.</i> , 47, 477 A.

* 有効な方法ではない

々考えられ、その劣化の程度によってはアルカリ洗い、白土処理などを一部の業者が専門に行っている。

フライ廃油、特に持続性泡立ちがひどくなった油の泡立ち性を改善する方法については種々の説が流布されており、そのいくつかは成書にも引用されている。たとえば、梅干しを焦げるまで揚げると泡立ちが改善されとか、野菜を揚げるとよいとか、多量の水を加えて一時激しく泡立ると、以後泡立ちが正常になるなどというものである。しかし、太田、山本¹⁹⁾は劣化したフライ油の再生法について一般にいわれている種々の説を追試したが、泡立ち性の改善についてはすべて無効であった。

3・2 フライ廃油の脱酸法

長時間フライを行っている、フライ油中では種々の好ましからぬ変化がおこるが、その一つに酸性物質がふえるという現象がある。遊離脂肪酸などがある程度増えても、栄養上あるいは実用上は大した害はないのであるが、近年、厚生省が油脂系食品に関する規制を行うようになったので、この規制における酸価の限度を超えると、重要な問題をひき起こす。それで、この規制における酸価の限度を越えた油脂は他に実用上の欠点がなくとも揚げ油用の場合には廃油としなければならない。こういうフライ廃油の場合には脱酸を行い、油脂の酸価を規制の限度以内に戻すことによって、廃油とせずに再使用することができる¹⁷⁾。

3・2・1 カセイアルカリを用いる方法

食用油脂の精製工程に不可欠のものに遊離脂肪酸の除去があり、この脱酸工程にはその方式においては種々の異なった方法がある。もっとも一般的に行われているものはカセイソーダを使用する方法である。

長時間フライを行った結果、酸価が著しく上昇したフライ油の酸価を下げるには上述の原油の精製工程における脱酸法はすべて適用できる¹⁶⁾。しかし、フライ油をフライ工場の現場で脱酸しようとする場合にはあまり面倒な工程は適用しにくく、また、高価な装置もコストの面で導入できない。

3・2・2 脱酸剤を用いる方法

Hoover はフライに使用した油の再生法として、酸化

マグネシウムなどのアルカリ土類金属の酸化物及び炭酸塩を使用して、遊離脂肪酸を吸着脱酸し、汙過助剤とともに汙別する方法を開発している。これらの脱酸剤を再生すべき油と 5～15 min 処理し、これを汉過あるいは遠心分離して、吸着剤と分離するのである。

湯木¹⁸⁾は大豆油脂脂肪酸を加えて、酸価 1.23 とした大豆油に、各種脱酸剤のおおの 5% 及びケイソウ土 2% を加え、温度 150℃ でかきまぜ、汉過後の油の酸価とロビボンド色度を測定している。この結果は表-11 のようで、酸化マグネシウムがもっとも有効であった。

また、同じく、酸価 1.40 の大豆油について、80℃ で 15 min 処理した汉過油について、酸価、色度、金属量、作業状況などを記した結果を表-12 に示した。

酸化マグネシウムを用いると、高酸価油ではマグネシウムセッケンが多量に生成し、これが油中に溶解し、この点望ましくないで、その後、湯木ら¹⁸⁾は水酸化アルミニウムゲル（商品名キョワード-200）を用いる方法を検討し、好結果を得ている。

3・3 フライ廃油の重合部と未重合部の分離

フライ廃油は成分的には、長時間加熱された結果生成した酸化重合部と未重合部、すなわち新鮮な油脂との混合物と見ることができる。フライ廃油中の酸化重合部はカラムクロマトグラフィーなどにより分離することができ^{20), 21)}、その原理に基づき、フライ廃油中の酸化重合物の量も種々の方法によって定量できる¹⁴⁾。

3・3・1 カラムクロマトグラフィーによる方法

熱劣化油の分析に用いられるカラムクロマトグラフィーを大規模に行えば、かなり大量のフライ廃油を処理して、酸化重合部と未重合部とに分離することができる。

表-11 各種吸着剤の脱酸能力

吸 着 剤	酸 価	ロビボンド色度 (25.4 mm セル Y/R)
酸化マグネシウム	0.20	2.0/0.5
炭酸マグネシウム	0.84	5.2/1.3
酸化カルシウム	0.48	3.2/0.8
炭酸カルシウム	0.25	17.0/3.3

表-12 各種脱酸剤の脱酸能力

脱 酸 剤	化 学 式	精 製 油 の 性 状			作 業 状 況		備 考
		酸 価	色 度* (Y/R)	金 属 (ppm)	泡立ち	汉 過	
ケイ酸カルシウム	Ca ₂ SiO ₄	0.47	2.5/0.7	Ca 11.0	強 い	困 難	キョワード-100 キョワード-200
ケイ酸マグネシウム	Mg ₂ Si ₂ O ₇ ・5 H ₂ O	1.07	3.0/0.8	Mg 9.0	強 い	容 易	
水酸化カルシウム	Ca(OH) ₂	0.23	3.2/0.8	Ca 5.7	な し	"	
水酸化マグネシウム	Mg(OH) ₂	0.15	2.2/0.6	Mg 9.8	な し	困 難	
酸化マグネシウム	MgO	0.04	2.0/0.5	Mg 13.0	な し	容 易	
水酸化アルミニウムゲル	Al ₂ O ₃ ・H ₂ O	0.13	2.0/0.5	Al 0.9	な し	"	
水酸化アルミニウム	Al(OH) ₃	1.35	2.5/0.6	Al 0.5	な し	"	

* ロビボンド色度 24.5 mm セル使用

しかし、大量の溶剤を必要とし、それらの回収設備も付属させなければならないので、商業的に可能なものになるとは考えられない。

3・3・2 低温に冷却して分離する方法

フライ廃油は成分的には不飽和脂肪酸部が熱酸化により重合した部分と未重合のグリセリドが混合した状態にあり、未重合部は低温下では重合部より固化しやすいものである。この原理に基づき、加藤、須田²²⁾はフライ廃油の再生方法として、フライ廃油にアセトンまたはアセトンと他の有機溶剤の混液を混合し、混合比を廃油の 2～5 倍量とし、この混合液を -30～-40℃ に冷却して、未重合部と重合部を分離することを特徴とする方法について、特許を得ている。

4 フライ廃油の利用

フライ廃油には種々の劣化の程度のあるものがあるので、その利用方法にも、その劣化の程度に応じて種々のものがある。

4・1 食 用

劣化の程度の少ない油脂ならば食用にも利用できる。たとえば、高級てんぷら油で 2～3 回使用した油をそう菜てんぷら油で再使用するか、即席ラーメン工場のフライ油を一部の油菓子工場で使用するなど、使用済みのフライ油にも種々のルートが知られている。

4・2 非 食 用

廃油として劣化の程度が著しいものは栄養上は食用に不適当である。食品に使えないフライ廃油は焼入油や安物のセッケン原料とされる。また、山から木を切り出すときに木の幹に塗っておくと、木のすべりがよく、作業がやりやすいそうである。

4・3 セッケンとする方法

フライ廃油を原料としてセッケンをつくる方法が新聞などに紹介されている^{23), 24)}。

18*l* 空缶にフライ廃油 2.7*l* と残飯茶わん一杯を入れ、火にかけ、80℃ に加熱する。次にカセイソーダ（フレーク・ソーダ）450 g を 加え、棒でかきまぜ、煮立った湯 2～3*l* を加え、3～5 min かきまぜる。このときは沈んでいるご飯をおしつぶしながら、とろろをするようにかきまぜる。10 min 程度かきまぜて、その日の作業を終了する。その後 1～2 日おきに熱湯を加え、よくかきまぜる。黒い廃油も 10 日程度でクリーム色のセッケンとなる。こうしてできたセッケンの成分はセッケン分 17%、水分 76% 程度であるという²⁴⁾。

この場合の残飯はセッケン化を促進する触媒として働く²⁴⁾と述べられており、残飯でなくても、うどん玉 2 個でも代用できるという²⁴⁾。

こうしてできるセッケンは「プリンセッケン」などと呼ばれている。コンクリートの床みがき、油雑布の漬け

洗い、食器洗いなどに適するが、アルカリが残るので、毛糸洗いや洗顔には使わない方がよいようである。

一般のセッケンのメーカーはこの種の手作りのセッケンは品質がわるく、牛脂とやし油を原料とする市販のセッケンに比較してまさる点はないという意見であり、また残飯添加の効果は不明とのことであった。

4・4 使用済みのフライ油のエステル交換反応によるディーゼル燃料への転化

Nye ら²⁶⁾は使用済みのフライ油をエステル交換して、ディーゼル燃料として利用することについて予備実験の結果を報告している。使用済みのフライ油を酸性またはアルカリ性条件下で、メタノール、エタノール、1-プロパノール、2-プロパノール、1-ブタノール、2-エトキシエタノールなどのアルコールでエステル交換反応を行った。液体燃料としての収率はアルカリ条件下、メチルエステルの場合が最高で 84% であり、酸性条件下ではほとんど 50% 以上であった。得られたエステルの粘度は一般に酸触媒の場合には低く、アルカリ触媒の場合には高い。また、反応後エステルの割合が高ければ粘度は下がる。

メチル、エチル、1-ブチルエステルについて、高速ディーゼルエンジンでのエンジンテストを行ったところ、極めてよい成績が得られた。

なお、ディーゼル燃料として、いろいろな脂肪酸エステルの効率を比較した結果では、飽和脂肪酸のメチルエステルでは熱効率は鎖長に逆比例し、二重結合が存在すると熱効率はよくなるが、2 つ以上の二重結合の存在はほとんど効果がないと報告されている²⁷⁾。オレイン酸のメチル、エチル、ブチルエステルの中では、熱効率はエチルエステルが最高で、大部分のエステル燃料は No. 2 ディーゼル油より熱効率がよい。トリグリセリドの中ではトリオレインが、植物油の中では落花生油が、燃料消費が最低であった。

5 フライ廃油の捨て方

フライ廃油の捨て方としては 表-13、などに見られるように種々の方法があるが、これらの捨て方にはそれぞれ問題がある。

5・1 フライ廃油の捨て方の調査

5・1・1 一般家庭

一般の家庭で、フライに使った油をどのようにして捨てているかを調べた結果を 表-13 にまとめた。

表-13 の A は明治大学農学部食品化学研究会のグループが昭和 47 年に京浜地区の主婦について調べた結果である。表-13 の B は昭和 48 年に石川県の農村地帯の主婦を対象にして、保健所が私的に行った調査結果である。表-13 の C はジョンソン社が昭和 57 年に全国的に調査した結果である。

5・1・2 業 務 用

フライを業務として行っている事業所では、廃油もかなり量的にまとまるので、廃油回収業者が廃油を回収して、劣化の程度に応じて、再生したり、あるいは種々の用途に向けたりしている。

5・2 フライ廃油を紙などにしみ込ませて捨てる方法

フライ廃油は通常粘ちゅうな液体なので、そのままゴミとして捨てると、もれ出したり、ベタついたりして始末に困る。それで 表-13 にも見られるように、紙などにしみ込ませて捨てる人が多いようである。

5・2・1 紙などを利用する方法

フジテレビ商品研究所のすすめるところでは²⁸⁹⁾、家庭で簡単にできる安全な捨て方は、空の牛乳パックに約 3 m のトイレットペーパーを、菜ばしで詰め、これに廃油をしみこませる。1 回で 200 ml の油はしみ込む。これをもう一度繰り返す。そして、再び紙をつめて、コップ半分の水をしみ込ませ、ホッチキスでパックの口を閉じる。こうすれば、横に倒しても油がもれる心配はないという。この場合、古新聞紙は油を吸わないからだめで、やはりトイレットペーパーが最高であるという。

5・2・2 市販品を使用する方法

毛細管現象を利用して、フライ廃油などを天然パルプ材の繊維を素材としたものにしみ込ませることを特徴と

する家庭用廃油処理剤の市販品としては 1983 年 9 月にジョンソン社から発売された「テンプル」がある。ジョンソン社の広島地区における 3 か月のテストマーケットの追跡調査によれば、この発売で市販専用品の常用者がゼロから 1 割になり、このテンプルを含む市販品を 1 度でも使ったことがあるという主婦層は 5% から一挙に 20% に増加した²⁹⁰⁾という。

5・3 フライ廃油をゲル化して捨てる方法

フライ廃油を凝固させて、可燃ごみとして捨てやすいものにする「油凝固剤」が発売され、その消費量も次第に増加している。この「油凝固剤」の売れ行きは都市部の集合住宅の家庭を中心に伸びており、特に、一度利用した人が再度商品を買う例が多いという²⁹⁰⁾。

この油凝固剤は固形化処理剤ともよばれ、油ゲル化剤ということもある。「油をかためるくすり」の一つであり、実用上はその主要なものである。油ゲル化剤にも種々のものがあるが、フライ廃油に実用されているものは 12-ヒドロキシステアリン酸である^{291), 292)}。

5・3・1 油ゲル化剤を用いてフライ廃油を固形化する方法

油ゲル化剤の使用法は極めて簡単である。80°C 以上に熱した油、あるいはフライに用いた油がまだ 80°C 以上のときに、油ゲル化剤を適当量加えてかきまぜるだけ

表-13 フライ廃油などの捨て方の調査結果

捨 て 方	そ の 割 合 (%)			捨 て 方
	A	B	C	
流しで水を注ぎながら捨てる	78	35	16	流しに捨てる
川、海に捨てる	—	15	—	
新聞紙のような紙に含ませて捨てる	30	8	38	紙や布にしみ込ませて捨てる
ビニル袋に入れて捨てる	4	—	18	瓶や袋に入れて捨てる
植木、庭木などの回りに埋める	17	35	15	庭に捨てる（土に埋める）
直接焼却炉などで燃やす	9	8	13	そ の 他
調 査 者	草間春吉ら		ジョンソン社	
調 査 年 (昭和)	47 年	48 年	57 年	
調 査 地 区	京 浜 地 区	石 川 県 農 村	全 国	

表-14 油をかためるくすりの種類

	種 類	そ の 例	油をかためる機構
①	油溶性または油に対し著しく膨潤する性質をもつ高分子物質	ゴ ム	高分子鎖の絡み合いまたは二次的な橋かけ重合のネットワーク中に油を抱き込む
②	親油性の樹脂、ワックス	カルナウバろう、パラフィンワックス	薬剤単体の固体粒子が 3 次元的に絡み合った中に油を保持し固形化している
③	エマルションを形成して油を固めるもの	界面活性剤、タンパク質誘導体	エマルション化剤が、油と水が油中水滴型または水中油滴型のエマルションを形成する仲立ちを行って増粘またはゲル化させる
④	低分子有機化合物で、油の中で単体と異なる特有の分子配列を形成して油を固めるもの	金属セッケン、12-ヒドロキシステアリン酸	油ゲル化剤が油の中で繊維状構造などの特有の構造をとり、互いに二次的に絡み合って油を固める

でよい。油温が 40~50°C 程度まで冷えてくると、寒天ゼリーがかたまるように、全面がゲル化する。

5・3・2 油をかためるくすり

「油をかためるくすり」については、表-14 に示したような 4 種類がある⁸¹⁾。

このうち、表-14 の ④ に分類されるものは、いわゆる「ゲル化剤」である。この種のものは、単体で存在する場合と異なり、油の中で繊維状構造などの特有な構造をとり、互いに 3 次元的に絡み合うと推定され、このため、極めて少量を油に添加するだけで、油を固めることができる。これに対して ①、② のグループは油をかためるのに多量を要する。

5・3・3 油ゲル化剤の種類

油ゲル化剤は油などに対し 0.2~5% 程度を添加すれば、油全体を固めることができる。現在実用化されている油ゲル化剤は、大別すると表-15 のようになる⁸²⁾。

表-15 油ゲル化剤の種類

油ゲル化剤の種類	化合物の構造など
金属セッケン	脂肪酸のカルシウム、リチウム、アルミニウムなど金属の塩。脂肪酸としては、ステアリン酸、パルミチン酸、2-エチルヘキサン酸、12-ヒドロキシステアリン酸などが用いられる
12-ヒドロキシステアリン酸	水素添加ひまし油の脂肪酸。12 位のヒドロキシル基は光学活性 (D 型) を示す
ジベンジリデンソルビトール	D-ソルビトールとベンズアルデヒドの 1:2 脱水縮合物
アミノ酸系油ゲル化剤	N-アシルアミノ酸のアミド、エステル、アミン塩などの誘導体

5・3・4 油ゲル化剤としての 12-ヒドロキシステアリン酸

油ゲル化剤としては表-15 に示したように種々のものがあるが、現在実用されているのは 12-ヒドロキシステアリン酸である。

12-ヒドロキシステアリン酸はリシノール酸を主成分とするひまし油を水素添加して、この硬化油をけん化分解して得られる⁸³⁾。

12-ヒドロキシステアリン酸は化粧品や界面活性剤の原料として利用され、セッケンやポマードに加工されている。12-ヒドロキシステアリン酸が油ゲル化剤としてとり上げられたのは比較的最近で、もともとは味の素 KK が、タンカーが油もれを起こした時に重油を固める薬剤を開発している過程で、油のゲル化の作用を発見し特許をとったものである⁸⁴⁾。

12-ヒドロキシステアリン酸は融点が 76~77°C であるから脂肪酸としてはかなり高いものである。揮発性はほとんどないといってよく、メチルエステルでも沸点は

213~217°C/4 mm である。エーテル、クロロホルムなどに可溶であるが、OH 基が炭素鎖中にあるため石油エーテルには不溶である⁸⁵⁾。

12-ヒドロキシステアリン酸をこの種の用途に用いることについては「廃食用油の固化処理方法」として、12-ヒドロキシステアリン酸を廃食用油に適量添加し、加熱溶解後、冷却することを特徴とする特許⁸⁶⁾が基本になっている。

油ゲル化剤としては、天然ろう、合成ろう、常温で固体の高級脂肪酸、常温で固体の高級アルコールもしくは融点 150°C 以下の樹脂が使用でき、特にラウリン酸、ステアリン酸などの常温で固体の直鎖飽和脂肪酸はそれ自体セッケン成分となりうることから好ましく、得られた油ゲルは一般のごみとして回収しうるに充分な固さになるということで特許 (特願昭 53-19268) となっている。しかし、このような直鎖の高級飽和脂肪酸を油ゲル化剤として用いる方法では廃油に対して比較的少量に添加する必要があり、しかも、廃油が冷却されて固化されるまでに長時間を要する。一例をあげると表-15 のような結果である。表-15 において油ゲルが転倒しても液がこぼれ出さない程度に固化化したものがレオメーターによる強度約 30 g/cm² 以上、その後廃棄するに当たり、押しつぶしてもにじみ出さない程度の硬さが必要であるが、この場合はレオメーターによる強度は 200 g/cm² 以上とされている。

表-16 高級脂肪酸の油ゲル化能

高級脂肪酸		廃天ぷら油の使用量 (g)	溶解温度 (°C)	固化物を得るまでの時間	
種 類	添加量 (g)			30 g/cm ² 以上	200 g/cm ² 以上
ステアリン酸	5	95	85	2 h	200 g/cm ² 以下*
	10	90	85	30 min	2 h
ラウリン酸	20	80	85	3 h	12 h

* 1 日以上放置しても 200 g/cm² 以上の硬さにならない。

これに対して、高級脂肪酸類の中でも、12-ヒドロキシステアリン酸のみが 1~2% の少量の添加によっても 15~30 min のうち転倒しても液こぼれせず、20~40 min で廃棄可能な充分な強さの固化物とすることができ

る。この油ゲル化剤として使用した 12-ヒドロキシステアリン酸はそのままセッケン成分となり得るので、油ゲルをセッケンなどに再利用する場合にも好都合である。

フライ廃油を固化化するに足る 12-ヒドロキシステアリン酸の量は 1% 以上であればよく、押ししてもにじみ出さない程度に固化化したい場合には 1.5% 以上添加することが望ましい。12-ヒドロキシステアリン酸の添加量の増加につれて強固な油ゲルが得られる。

油ゲル化剤として 12-ヒドロキシステアリン酸を添加する場合、あらかじめ粉末もしくはチップ状の 12-ヒドロキシステアリン酸をしみ込ませた綿、紙片、木くず、繊維状物質などを用いる方法、あるいは、内壁に 12-ヒドロキシステアリン酸を塗布しておいた容器に加熱された廃油を流し込んだ後冷却して固化化させる方法、またはなべ、フライパンなどに廃油と 12-ヒドロキシステアリン酸を入れておき、加熱して溶かすか、またはなべ、フライパンなどで加熱使用した直後のフライ油中に 12-ヒドロキシステアリン酸を投入して溶かした後冷却して固化化させる方法などが適宜採用できる。

5.3.5 油ゲル化剤の構造とゲル化機構

12-ヒドロキシステアリン酸は少量添加で油全体を固めることができ、この点極めて特異な性質である。この 12-ヒドロキシステアリン酸の化学構造は下記のように

この 12-ヒドロキシステアリン酸について、カルボン酸二量体の生成と 12-位のヒドロキシル基のカルボキシル基二量体への水素結合生成モデルが提案されており、水素結合による会合体生成がゲル化に直接寄与するといわれている³¹⁾。

油ゲルの構造については、12-ヒドロキシステアリン酸の場合、油ゲル中左巻きラセン状の幅 0.01~0.1 μm の繊維状構造をとることが電子顕微鏡観察の結果明らかとなっており、この繊維状構造を形作る分子配列は水素結合に起因することが IR スペクトルから、高次不整の存在が円偏光二色性 (CD) スペクトルから明らかになっている。

X線回折の結果によると、12-ヒドロキシステアリン酸の場合には、アミノ酸系油ゲル化剤の *N*-ラウロイルグルタミン酸ジ-*n*-ブチルアミド の場合よりもやや規則性の高い分子配列が示唆されている³⁴⁾。

5.3.6 市販の油ゲル化剤の市場

12-ヒドロキシステアリン酸の性質を応用した家庭用の廃油処理剤は現在 3 社から市販されている。商品名は藤沢薬品工業が「サワークープ油っ固」、ジョンソンは「固めるテンブル」、白元が「カタメロポン」である。市販は「油っ固」がもっとも早く、昭和 58 年 11 月近畿圏で発売し、昭和 59 年 1 月には「油っ固」と「固めるテンブル」が同時に関東の小売店店頭に並んだ²⁹⁾。その後、「カタメロポン」が加わった。

白元が東京都内の主婦 525 人に昭和 59 年に電話調査した結果では、廃油処理剤が販売されているのを知っている人は 90% もあり、このうち、使ったことがあると答えたものは 24.5% で、年齢層別にみると 25~29 歳

の使用率が高い。住居形態別にみると、分譲団地、マンション、民間アパートの順に多く、三つを合わせると、148 人中 50 人 (33.8%) が使用したことがあるという²⁹⁾。

昭和 59 年末現在、東京、大阪での普及率は 8~10% とみられている³⁰⁾。

5.4 地中に埋める

表-13 にもみられるように、使用ずみの油を地中に埋める人もある。使用ずみの油を植木の肥料にすると盆栽の葉がつやつやしてくるなどという人があるが、客観的な試験ではない。また、植物生理上も、油脂が根から吸収されて、それがそのまま葉に移行することは考えられないといわれている。土中に油を埋めると根が上の方に集まり、油の部より下に達しないようで、植物のためによくないように思われる。

5.5 燃 や す

てんぷらなどのフライの折に、目をはなした間に油が過熱されて引火した結果、火事になることが時々ある。したがって、てんぷら油などは燃えやすいように思われるが、実際に廃油を燃やして処分しようとするとなかなか燃えないものである。それで、てんぷら油を燃やして処分するには新聞紙やぼろ布にしみ込ませてから燃やすのがふつうである。多くの自治体でも、フライ廃油を捨てるには新聞紙やぼろ布にしみ込ませて、「燃やせるゴミ」として、「燃やせるゴミの日」に出すように指示している。しかし、この方法は一見、簡便のようであるが、新聞紙やぼろ布に油をしみ込ませるにはかなり時間がかかり、また、手や衣服を汚しやすい。

庭で物を燃やすとしても、かなり広い庭が必要であり、最近のような住宅事情では、大都会では物を燃やすことも困難になっている。

5.6 下水に流す

下水に流すのはもっとも簡単であるが、後で種々の問題を生じる。台所の下水のパイプに汚れがつきやすくなり、悪臭の原因になる。元来、油脂は水には溶けないものであるから、捨てるときにセッケンなどを使って乳化液としても、やがて水から分離して、油脂は浮上する。廃水の系統ではこの浮上した油脂が邪魔になる。

下水処理場では、廃油は処理機械に付着して機能を妨げ、処理の過程で浄水の機能をもつ微生物にも悪影響を与える。

本稿をまとめるに当たり、当時明治大学農学部の学生で食品化学研究部員であった草間春吉氏（現カネボウ薬品 KK 勤務）のフライ油使用に関する調査報告を種々引用した。十数年経た今日においても貴重な資料と考えられる。引用を快諾された草間氏にお礼申し上げる。

(昭和 60 年 3 月 11 日受理)

文 献

- 1) 太田静行, 吉松藤子, “調理と油脂”, 学建書院 (1977) p. 75
- 2) 太田静行, “食用油脂”, 学建書院 (1975) p. 55
- 3) 太田静行, 湯木悦二, “フライ食品の理論と実際”, 幸書房 (1900)
- 4) 太田静行, 油化学, **14**, 748 (1965)
- 5) 浦上智子, 調理科学, **7**, 176 (1974)
- 6) 梶本五郎, 笠村貴美子, 真鍋恵子, 前場佳子, 向井克憲, 栄養と食糧, **17**, 290 (1964)
- 7) 和田淑子, 手嶋登志子, 山口和子, 林 淳三, 関東学院女子短大論叢, 63 集, 35 (1980)
- 8) 梶本五郎, 笠村貴美子, 花田完五, 飯嶋 猛, 山本正明, 友田喜一郎, 飯田泰造, 栄養と食糧, **17**, 286 (1964)
- 9) 手嶋登志子, 和田淑子, 山口和子, 林 淳三, 関東学院女子短大論叢, 64, 65 合併集, 167 (1981)
- 10) 和田淑子, 手嶋登志子, 山口和子, 林 淳三, 関東学院女子短大論叢, 64, 65 合併集, 185 (1981)
- 11) 井崎やえ子ら, 食衛誌, **18**, 191 (1977)
- 12) 大藤武彦, 五十嵐春美, 金田尚志, 油化学, **21**, 73 (1972)
- 13) 手嶋登志子, 和田淑子, 山口和子, 林 淳三, 関東学院女子短大論叢, 63 集, 23 (1980)
- 14) くらしの手帖研究室, くらしの手帖, No. 77, 1 (1982)
- 15) 山口和子, 臨床栄養, **65**, 821 (1984)
- 16) 太田静行, 山本 巖, 調理科学, **1**, 94 (1968)
- 17) 太田静行, ニューフードインダストリー, **23**, No. 9, 38 (1981)
- 18) 湯木悦二, 油化学, **20**, 313 (1971)
- 19) 湯木悦二, 広瀬 徹, 油化学, **23**, 296 (1974)
- 20) 大藤武彦, 桜井和恵, 金田尚志, 油化学, **21**, 68 (1972)
- 21) 大藤武彦, 金田尚志, 油化学, **21**, 13 (1972)
- 22) 加藤保道, 須田 博, 特許公報, 昭 58-25400 (昭和 58 年 5 月 27 日)
- 23) 河西幸枝, 臨床栄養, **65**, No. 7, 804 (1984)
- 24) 朝日新聞, 1984 年 11 月 29 日
- 25) 草間春吉, 私信
- 26) M.F. Nye, T.W. Williamson, S. Deshpande, J.H. Schrader, W.H. Snively, T.P. Yurkewich, C.L. French, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **60**, 1598 (1983)
- 27) W.E. Klopfenstein, H.S. Walker, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **60**, 1596 (1983)
- 28) フジテレビ商品研究所, リビングブック, **4**, No. 4, 74 (1985)
- 29) 月刊油脂, **37** (4), 61 (1984)
- 30) 日本経済新聞, 昭和 59 年 12 月 23 日 “固めてポイ! 食用油凝固剤”
- 31) 本間正男, 池田 徹, 化学の領域, **36**, 697 (1982)
- 32) 廣田 博, “化粧品のための油脂・界面活性剤” 幸書房 (1970) p. 47
- 33) 川角和豊, 本間正男, 清岡文治, 高橋敏男, 公開特許, 昭 55-106298
- 34) T. Tachibana, H. Kambara, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **42**, 3422 (1969)

通産省化学工業統計調査室資料より 日本石鹸洗剤工業会作図
家庭用洗たくセッケン・合成洗剤の出荷量比率 (%)