

## 資料

## 食品中の多環芳香族炭化水素に関する調査研究

## Research of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Processed Food

白井 力<sup>1</sup>                      宇野 誠一<sup>2</sup>                      前田 広人<sup>2</sup>  
吉田 純一

## 1 はじめに

近年、ヒトに対する発がん性が疑われるベンゾ[a]ピレン（以下「BaP」という。）を含む多環芳香族炭化水素（Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, 以下「PAH」という。）が、加熱処理した食品中に含まれることがわかってきた。PAHは、食品を焼くなどの調理の過程や乾燥・加熱などの製造過程で生成されるため、肉・魚介類の燻製、直火調理された肉、植物油などに多く含まれることがある。

欧州連合（以下「EU」という。）においては、輸入食品に対しPAH4（BaP, ベンゾ[a]アントラセン, ベンゾ[b]フルオランテン及びビクリセンを示す）総量とBaPの基準値が設定されている<sup>1)</sup>。一方、日本では2013年に内閣府食品安全委員会がPAHのファクトシート<sup>2)</sup>を作成し、また、国によるPAHの食品中の含有実態調査<sup>3)~7)</sup>が進められるようになってきたが、現在のところ、食品中のPAH基準値は設定されていない。

鹿児島県は、魚肉すり身を油で揚げるさつま揚げ、豚肉を炭火で直火加熱して作る焼豚などの製品を多く生産しているが、これまでこれらの加工食品についてPAH含有実態調査を実施した例は見られなかった。

そこで、本研究では、2015年度から2か年計画で、PAH4を含むPAH16物質の分析法を確立し、さつま揚げ等の加工食品についてPAH含有量実態調査を行うとともに、高濃度にPAHが検出された加工食品については低減化策を検討することを目的とした。その結果、若干の知見が得られたので報告する。

## 2 調査方法

## 2.1 試料

添加回収試験及び低減化対策の検討には、菜種油を用いた。市販の加工食品のPAH含有実態調査には、県内に

流通する食用植物油19検体、魚肉ねり製品17検体及び食肉加工品15検体を用いた。

## 2.2 試薬及び試液

## 2.2.1 PAH混合標準液の調製

シグマアルドリッチ社製の16成分のPAHを含有するEPA TCL 多環芳香族炭化水素Mix（各成分濃度2000 µg/mL塩化メチレン：ベンゼン（50：50）溶液）を用いた。表1に分析対象成分とする各PAHの名称、略称、分子式、分子量、環数及びCAS番号をまとめた。

また、PAH混合標準原液を1mL正確に取り、ヘキサン（残留農薬試験用、和光純薬工業(株)製）で20mLとしたものを混合標準液（各成分濃度100 µg/mL）とした。

## 2.2.2 内部標準液の調製

anthracene-d<sub>10</sub> (CAS番号1719-06-8) 及びchrysene-d<sub>12</sub> (CAS番号1719-03-5) は環境分析用で関東化学(株)製のものを用いた。各内部標準品を20mgはかり、少量のジクロロメタン（残留農薬試験用、和光純薬工業(株)製）で溶解後、ヘキサンで20mLとしたものを各内部標準原液とした（各成分濃度1000 µg/mL）。

また、各内部標準原液を2mL取り、ヘキサンで20mLとした（各成分濃度100 µg/mL）。さらに、その1mLを取りヘキサンで100mLとしたものを混合内部標準液とした（各成分濃度1 µg/mL）。

## 2.2.3 試薬等

試料の抽出時に使用するジメチルスルホキシド(特級)（以下「DMSO」という。）は関東化学(株)製を、塩化ナトリウム(特級)、無水硫酸ナトリウム(一級)は、和光純薬工業(株)製のものを用いた。

1 大隅地域振興局保健福祉環境部  
2 国立大学法人鹿児島大学水産学部

〒893-0011 鹿屋市打馬二丁目16-6  
〒890-0056 鹿児島市下荒田四丁目50-20

表1 分析対象PAH成分及びGC/MS分析におけるフラグメントイオン

No.	化合物	略称	分子式	分子量	環数	CAS番号	フラグメントイオン	
							定量イオン	定性イオン
1	naphthalene	Nap	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	2	0091-20-3	128	127
2	acenaphthylene	Acy	C <sub>12</sub> H <sub>8</sub>	152	3	0208-96-8	152	151
3	acenaphthene	Ace	C <sub>12</sub> H <sub>10</sub>	154	3	0083-32-9	153	154
4	fluorene	Fle	C <sub>13</sub> H <sub>10</sub>	166	3	0086-73-7	166	165
5	phenanthrene	Phe	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	178	3	0085-01-8	178	176
6	anthracene	Ant	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	178	3	0120-12-7	178	176
7	fluoranthene	Fla	C <sub>16</sub> H <sub>10</sub>	202	4	0206-44-0	202	200
8	pyrene	Pyr	C <sub>16</sub> H <sub>10</sub>	202	4	0129-00-0	202	200
9	benz[a]anthracene ※	BaA	C <sub>18</sub> H <sub>12</sub>	228	4	0056-55-3	228	226
10	chrysene ※	Chr	C <sub>18</sub> H <sub>12</sub>	228	4	0218-01-9	228	226
11	benzo[b]fluoranthene ※	BbF	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	252	5	0205-99-2	252	250
12	benzo[k]fluoranthene	BkF	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	252	5	0207-08-9	252	250
13	benzo[a]pyrene ※	BaP	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	252	5	0050-32-8	252	250
14	indeno[1, 2, 3-cd]pyrene	IP	C <sub>22</sub> H <sub>12</sub>	276	6	0193-39-5	276	277
15	benzo[g, h, i]perylene	BP	C <sub>22</sub> H <sub>12</sub>	276	6	0191-24-2	276	277
16	dibenz[a, h]anthracene	DA	C <sub>22</sub> H <sub>14</sub>	278	5	0053-70-3	278	279

※は、PAH4を示す。

アルカリ加熱分解時に使用する1mol/L水酸化カリウム-エタノール溶液は、水酸化カリウム（特級，和光純薬工業(株)製）5.6gをエタノール（残留農薬試験用，和光純薬工業(株)製）100mLに加えて溶解したものを用いた。

試料の精製時に使用する3%アセトン-ヘキサンは、ヘキサン100mLにアセトン（残留農薬試験用，和光純薬工業(株)製）3mLを加えたものを用いた。

シリカゲルカラム：ワコーゲルC-100（カラムクロマトグラム用，和光純薬工業(株)製）をガラス容器に適量ばかりとり，加熱（160℃，16時間）後，放冷し，水分含量3%となるように精製水を添加した。その後，一晚振とうさせ，9インチパスツールピペットにシリカゲルを適量充填し，ヘキサン10mLで洗浄したものを使用した。

### 2. 3 装置

試料の凍結乾燥には，凍結乾燥機（東京理化学機(株)製FDU-1200型）を使用した。

シリカゲルの加熱及び試料の水分含量測定には，乾熱滅菌器（(株)島津理化学製STAC-3200）を使用した。

試料液の濃縮には，アルミブロック恒温槽（TAITEC社製DTU-2CN，EN1シリーズ）を使用した。

ガスクロマトグラフ質量分析装置（以下「GC/MS」という。）は，Agilent Technologies社製5975C/7890Aを使用した。

### 2. 4 GC/MS分析条件

分析条件は，宇野<sup>9)</sup>の方法を参考に設定した（表2）。また，各PAHのフラグメントイオンは表1のとおりであ

り，内部標準物質の定量イオンは，anthracene-d<sub>10</sub>（188），chrysene-d<sub>12</sub>（240）とした。

表2 GC/MS分析条件

分析カラム	: DB-5ms (Agilent Technologies社製) (0.25mm i. d. × 30m, 膜厚 0.25μm)
キャリアガス	: ヘリウム, 流速1.0mL/min
注入量	: 1μL
注入口温度	: 280℃
注入モード	: スプリットレス
トランスファーライン温度	: 280℃
昇温条件	: 60℃ (1min保持) → 15℃/min昇温 → 190℃ (3min保持) → 2℃/min昇温 → 220℃ (1min保持) → 5℃/min昇温 → 300℃ (20min保持)
溶媒待ち時間	: 5min
取込モード	: EI, SIM
ゲイン係数	: 1.00
イオン源温度	: 260℃
四重極温度	: 150℃

### 2. 5 試験溶液の調製

試験溶液の調製は，宇野らが報告した方法<sup>9)</sup>，及び厚生労働省が示す暫定ガイドライン<sup>10)</sup>（以下「厚労省ガイドライン」という。）の方法を参考に図1のとおり実施した。試料（魚肉ねり製品，食肉加工品）の水分含量測定は，常圧加熱乾燥法（直接法）<sup>11)</sup>を用いた。

### 2. 6 添加回収試験

添加回収試験は，菜種油中1μg/kg及び10μg/kgとなるようにPAH混合標準液を添加して試料を作成し，本法（図1）を用いて真度を求めた。

## 2. 7 検量線

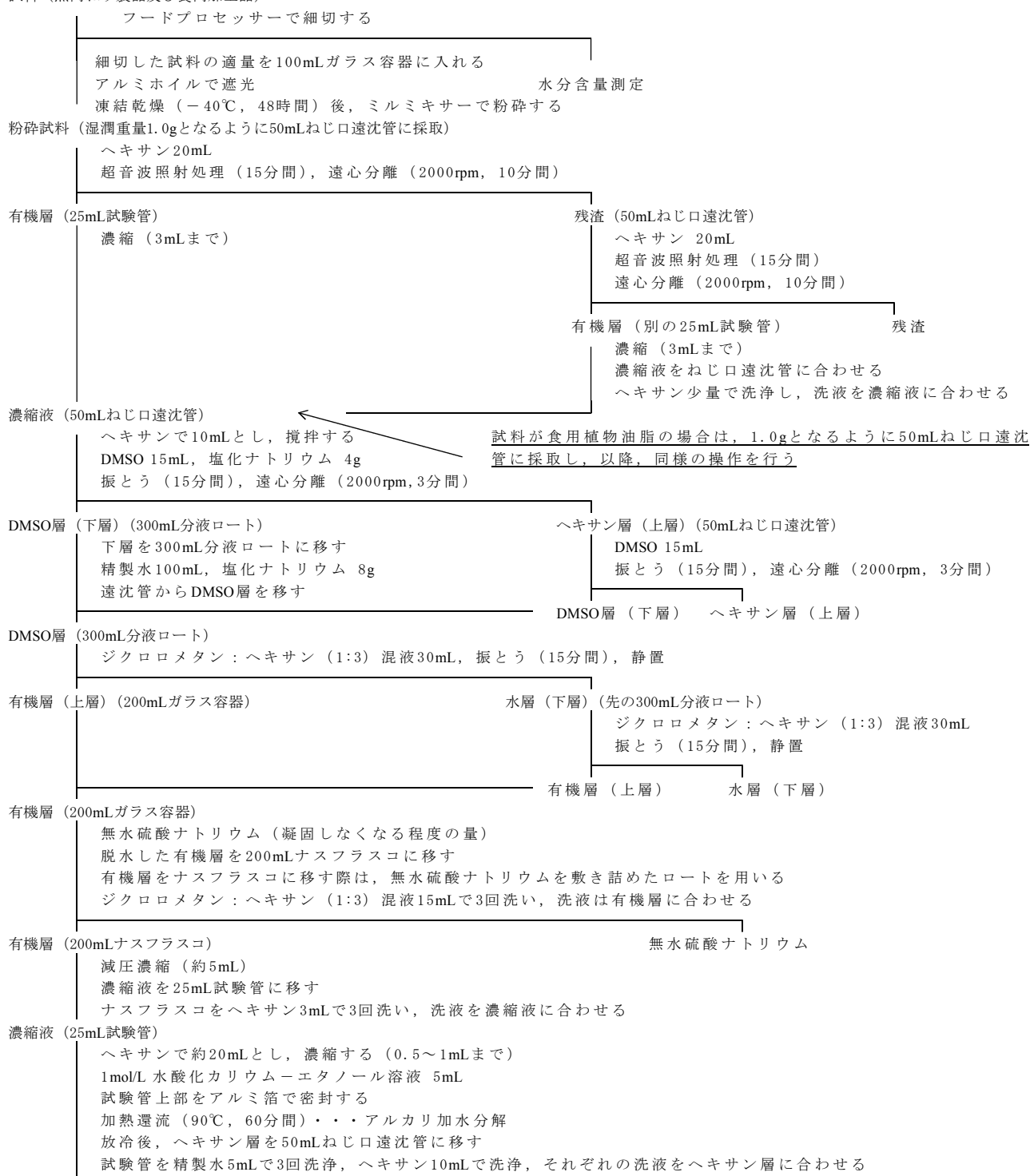
低濃度用検量線として2~50ng/mLの範囲で、高濃度用検量線として50~500ng/mLの範囲でそれぞれ検量線用標準溶液を調製したもの1μLをGC/MSに注入し、各PAHと内部標準物質とのフラグメントイオンのピーク面積比を求め、各PAH濃度との関係性を求めて検量線を作成した。なお、表1に示す化合物No. 1~8まではanthracene-d<sub>10</sub>

を、同じくNo. 9~16まではchrysene-d<sub>12</sub>を内部標準物質として用いた。

## 2. 8 装置検出下限

装置検出下限（以下「IDL」という。）は、低濃度用検量線に用いる最小濃度の2ng/mLを7回繰り返し測定し、得られた測定値の標準偏差から算出して求めた。

試料（魚肉ねり製品及び食肉加工品）



（次頁に続く）

図1 試験フロー

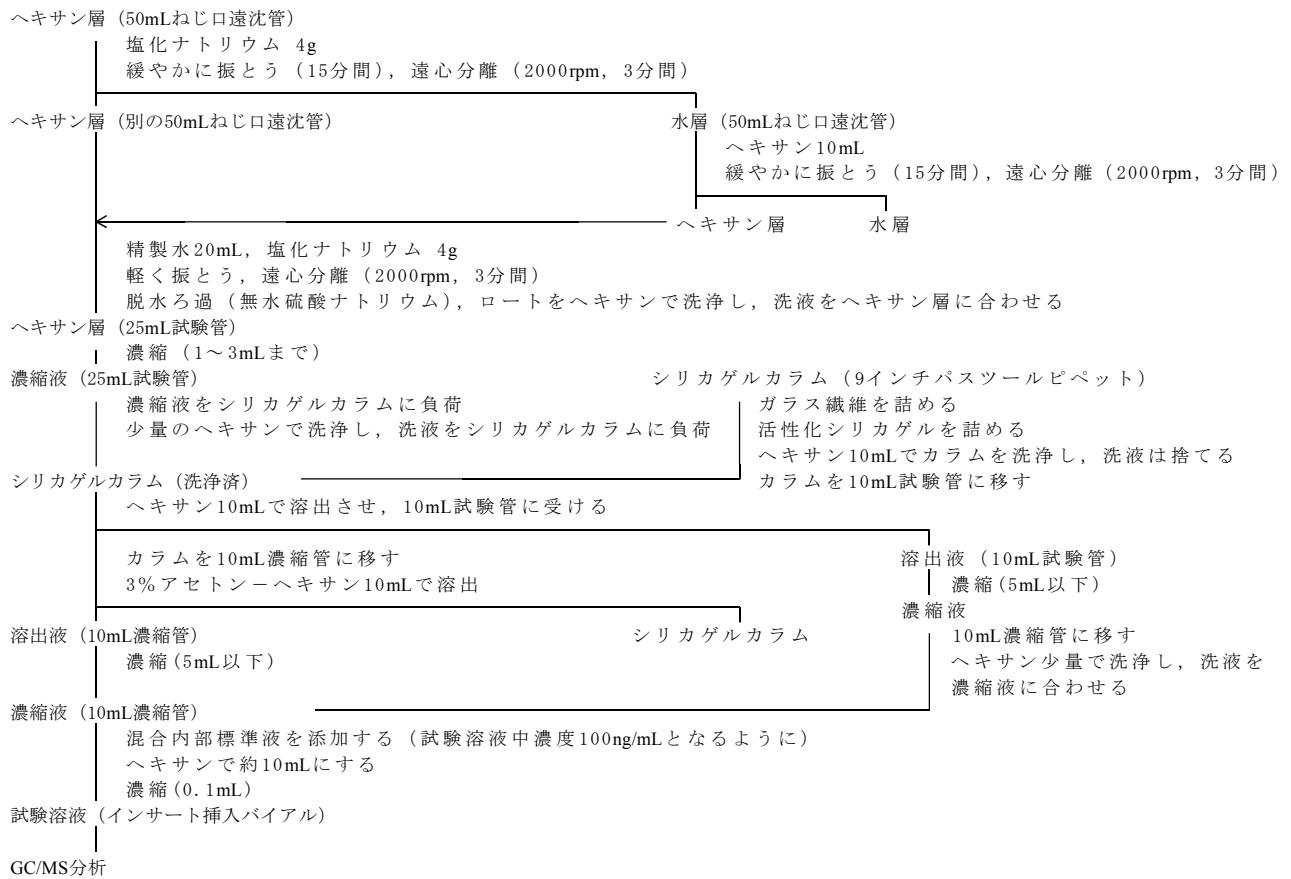


図1 試験フロー (続き)

2. 9 PAH低減化策の検討

2. 9. 1 活性炭によるPAH除去

食品分野における, PAH除去に関する研究は, 笠根らが加工食品の熱水補助液に対し活性炭を用いてPAHを除去する方法を報告している<sup>12)</sup>。また, ココナッツ油の精製工程において, 活性炭の使用がPAH除去に有効であることを国際連合食糧農業機関 (FAO) 及び世界保健機関 (WHO) が示している<sup>13)</sup>。

これらのことから, PAH低減化策の検討に際し, 食品分野で吸着材として使用されている活性炭に着目した。

2. 9. 2 供試活性炭

活性炭は, 市販されている6種類を使用した。それぞれCA1, CA2, CA3, CA4, CA5, CA6とし, 物性を表3に示した。物性の各数値は, 活性炭製造メーカーが公表している検査成績報告書の値を示した。メッシュ値が大

きいほど活性炭の粒径が小さいことを意味している。

2. 9. 3 試料へのPAH混合標準液の添加

試料中にPAH16物質濃度が500µg/kgとなるようにPAH混合標準液を添加した。すなわち, 50mLねじ口ガラス製遠沈管に試料20gを量り採り, PAH混合標準液 (各10µg/mL) をヘキサンで10倍希釈した混合標準液1mLを添加して攪拌させたものをPAH添加試料とした。

2. 9. 4 PAH添加試料の活性炭処理及び分析

(1) 対照試料の調製

対照試料として, PAH添加・無処理試料 (以下「PC試料」という。), PAH無添加・無処理試料 (以下「NC試料」という。) を調製し, 本法 (図1) に従ってPAH分析を行った。

表3 活性炭の物性

種類	素材	形状	粒径 (メッシュ値)	乾燥減量 (%)	よう素吸着性能 (mg/g)	メチレンブルー吸着性能 (mL/g)
CA1	木炭	粒状	8~30	1.1	990	170
CA2	ヤシ殻	破砕状	20~150	2.9	—	140
CA3	木炭	粉末	100~400	13.6	—	303
CA4	ヤシ殻	破砕状	4~10	2.5	1120	180
CA5	ヤシ殻	破砕状	8~32	1.8	1160	200
CA6	ヤシ殻	破砕状	30~60	3.4	1140	200

— : データ無し

(2) 活性炭処理方法

活性炭の添加量は、PAH添加試料20gに対して0.4g (重量割合2%)とした。PAH添加試料及び活性炭が入った50mLねじ口ガラス製遠沈管を超音波照射処理で2分間脱気後、振とう (室温, 150回/分, 60分間) させ、遠心分離 (2000rpm, 20分間) し、ガラス容器に活性炭が混入しないようにPAH添加試料を移した。

PAH添加試料1gを正確に量りとり、以降、本法 (図1) に従って試験溶液を調製した。ただし、最終試験溶液量は1mLとした。なお、検量線の濃度範囲を超える場合は、適宜、内部混合標準液の濃度調整や試験溶液のヘキサン希釈を行った。

2. 9. 5 PAH除去効果の評価方法

処理方法でのPAH除去効果は、次式で除去率を算出して評価した。すなわち、PC分析値と活性炭処理したPAH添加試料の残存PAH量 (処理後の分析値からNC分析値を差し引いた値) の差とPC分析値の比率に100を乗じた値を除去率 (%) とした。

$$\text{除去率 (\%)} = \frac{\text{PC} - (\text{処理後の分析値} - \text{NC})}{\text{PC}} \times 100$$

3 結果及び考察

3. 1 試験溶液の調製

3. 1. 1 食用植物油脂

菜種油を用いて前処理の検討を行った。宇野らの方法<sup>9)</sup>を参考に、菜種油からヘキサン抽出した抽出液に1mol/L水酸化カリウム-エタノール溶液を添加してアルカリ加水分解した。その結果、ヘキサン層が鹼化して固まり、それ以降の操作が困難であった。これは、油の夾雑物 (脂肪酸, グリセリン等) の影響と思われる。食品中のダイオキシン類分析法が示されている厚労省ガイドラインに、脂肪族炭化水素などの低極性物質の除去にはDMSOが有効との記載がある。そこで、アルカリ加水分解前に、ヘキサン抽出液にDMSOを添加してPAHをDMSO層へ転溶させ油の夾雑物を除去した。その後DMSO層からジクロロメタン:ヘキサン (1:3) 混液に転溶させ、アルカリ加水分解を行うことで鹼化を起こさずに試験溶液を調製することが出来るようになり、PAH16物質の分析が可能となった。以降、本研究では、DMSO分配後にアルカリ加水分解を行うこととした。なお、PAH分析時に妨害ピークの影響が無い場合は、アルカリ加水分解は省略した。

3. 1. 2 魚肉ねり製品および食肉加工品

魚肉ねり製品や食肉加工品が試料の場合は食品中に水分が多く含まれるため、試料をヘキサン抽出するとエマルションが形成され、以降の操作が困難であった。そこで、水分を多く含む試料はホモジナイズ後に凍結乾燥させ水分を除去した。乾燥前の食品の水分含量を考慮して湿潤重量あたり1.0gとなるように精密に凍結乾燥後の試料を量りとり、ヘキサンを添加して抽出を行ったところエマルションは形成されなかった。以降、水分を含む食品は、凍結乾燥処理を行い、上記3.1.1と同様に操作することによりPAH16物質の分析が可能となった。

3. 2 検量線

GC/MSでの定量の際に、検量線範囲を2~500ng/mLで作成したところ低濃度域の誤差が大きくなり、かつ検量線の直線性が得られなかった (相関係数R = 0.9950以下)。そこで、低濃度用 (2~50ng/mL) と高濃度用 (50~500ng/mL) の検量線をそれぞれ作成した。低濃度用検量線の相関係数は0.9995以上、高濃度用検量線の相関係数は0.9985以上と良好であった。

3. 3 添加回収試験及びIDL

菜種油にPAH16物質を添加し、回収率を求めた (表4)。回収率は、64~116%と概ね良好であった。

また、各PAHのIDLは0.02~0.18µg/kgであった (表4)。

表4 回収率およびIDL

No.	化合物名	回収率 (真度) (%)		IDL (µg/kg)
		1µg/kg	10µg/kg	
1	Nap	91	64	0.11
2	Acy	91	70	0.02
3	Ace	91	81	0.06
4	Fle	87	70	0.05
5	Phe	71	77	0.04
6	Ant	73	75	0.03
7	Fla	116	87	0.03
8	Pyr	81	94	0.03
9	BaA ※	95	98	0.04
10	Chr ※	84	92	0.03
11	BbF ※	100	92	0.10
12	BkF	108	91	0.08
13	BaP ※	111	99	0.11
14	IP	68	80	0.12
15	BP	87	82	0.18
16	DA	84	90	0.18

※は、PAH4を示す。

3. 4 市販の加工食品のPAH含有実態調査

市販の加工食品51検体についてPAH16物質の含有量を調査した結果は、表5のとおり。

## 3. 4. 1 食用植物油脂

食用植物油脂19検体中10検体からPAH4が検出された。特にごま油は9検体中8検体からPAH4が検出され、その総量が最大で15.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ であり、EU基準値（PAH4総量10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）を超過していた。ごま油の製造では、ごまを高温で加熱する焙煎工程があることから、他の食用植物油脂と比べて4環以上のPAH類が多く検出されたと推察された。

## 3. 4. 2 魚肉ねり製品

本県で生産される魚肉ねり製品は主に魚肉すり身を植物油で揚げて調理するさつま揚げが多いことから、さつま揚げを調査対象試料とした。さつま揚げ17検体からPAH4は検出されなかった。PAH4が生成されない製造条件でさつま揚げが製造されていることが示唆された。

## 3. 4. 3 食肉加工品

鶏肉を燻煙して製造されたもの（燻製品）、豚肉を吊るし炙って製造されたもの（焼豚）、及び鶏肉又は豚肉を炭火を使用して炎の中で炙られたもの（鳥肉製品）の3種類の製法で作られたものを試料とした。燻製品4検体、焼豚5検体から3～4環のPAHは検出されたが、PAH4を含む4環以上のPAHは検出されなかった。しかし、鳥肉製品全てで高濃度のPAH類が検出された。

鳥肉製品については、PAH4総量としてはEU基準値（畜肉燻製及びその加工品：PAH4総量12 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）の24～66倍のレベルで検出された。特に、BaPについてはEU基準値（畜肉燻製及びその加工品：2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）の55～176倍のレベルで検出された。

## 3. 4. 4 他調査データとの比較

当センターのPAH含有実態調査結果と農林水産省の2013-2014年度有害化学物質含有実態調査結果<sup>7)</sup>について、食用植物油脂および食肉加工品における化合物No. 9～16の分析値を比較し、表6に示した。当センターで分析した化合物No. 9～16のPAHの検出濃度範囲は、農林水産省の調査データとほぼ同程度であった。

## 3. 5 活性炭によるPAH低減化策の検討

本調査研究で食用植物油脂のPAH4総量が最大15.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 検出されたこと、また、PAH除去に有効とされている活性炭を用いた処理が容易に実現可能と考えられることから、菜種油を対象としてPAH低減化を検討した。

各活性炭の除去率を比較すると活性炭の粒径が小さいほどPAH除去効果が高い傾向が見られた（図2）。

また、PAHの分子量が大きいものほど活性炭に吸着されやすい傾向が見られた。

表5 市販の加工食品のPAH含有実態調査結果（2015～2016年度）

食品群	含有量 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )				
	食用植物油脂		魚肉ねり製品	食肉加工品	
	ごま油以外	ごま油	さつま揚げ	燻製品、焼豚	鳥肉製品
PAH4検出数/検体数	2/10	8/9	0/17	0/9	6/6
No. 化合物名					
1 Nap	<0.11～3.37	<0.11～3.31	<0.11～5.05	<0.11	30.4～43.5
2 Acy	<0.02～0.50	<0.02～1.68	<0.02～7.17	58.0～78.5	289～695
3 Ace	<0.06	<0.06	<0.06～0.71	<0.06	<0.06
4 Fle	<0.05～1.12	0.19～3.15	<0.05～3.26	18.4～23.1	83.6～243
5 Phe	0.29～4.26	1.48～22.0	5.06～19.2	20.5～37.4	332～856
6 Ant	<0.03～0.27	<0.03～1.93	<0.03～1.73	2.44～5.92	65.1～278
7 Fla	<0.03～0.73	0.35～18.0	0.18～0.96	0.93～6.26	228～554
8 Pyr	<0.03～1.17	0.35～12.7	1.00～7.34	3.66～15.7	316～751
9 BaA ※	<0.04	<0.04～5.90	<0.04	<0.04	80.0～222
10 Chr ※	<0.03	<0.03～2.60	<0.03	<0.03	40.5～81.8
11 BbF ※	<0.10～0.21	<0.10～4.39	<0.10	<0.10	50.6～136
12 BkF	<0.08	<0.08～1.25	<0.08	<0.08	15.7～46.3
13 BaP ※	<0.11	<0.11～2.64	<0.11	<0.11	109～351
14 IP	<0.12～0.30	<0.12～2.01	<0.12～0.52	<0.12	66.8～165
15 BP	<0.18	<0.18～2.60	<0.18	<0.18	60.8～171
16 DA	<0.18	<0.18～0.56	<0.18	<0.18	3.72～11.8
PAH4総量	ND～0.21	ND～15.5	ND	ND	282～790
PAH16物質総量	0.29～11.8	5.40～81.8	12.3～33.4	114～138	1774～4603

※は、PAH4を示す。

表6 他調査データとの比較

食品群	食用植物油脂		鳥肉製品	
	当センター	農林水産省	当センター	農林水産省
調査機関	当センター	農林水産省	当センター	農林水産省
PAH4検出数/検体数	10/19	77/112	6/6	30/30
No.	化合物名			含有量 (µg/kg)
9	BaA ※	<0.04~5.90	<0.3~4.5	80.0~222
10	Chr ※	<0.03~2.60	<0.3~15	40.5~81.8
11	BbF ※	<0.10~4.39	<0.3~5.6	50.6~136
12	BkF	<0.08~1.25	<0.3~1.9	15.7~46.3
13	BaP ※	<0.11~2.64	<0.3~4.5	109~351
14	IP	<0.12~0.30	<0.2~2.7	66.8~165
15	BP	<0.18~2.60	<0.2~3.3	60.8~171
16	DA	<0.18~0.56	<0.3~0.7	3.72~11.8
				<0.3~19

※は、PAH4を示す。 ※1：串打ちされておらず、炎の中で炙られ、表面が全体的に淡い灰色の鳥肉製品

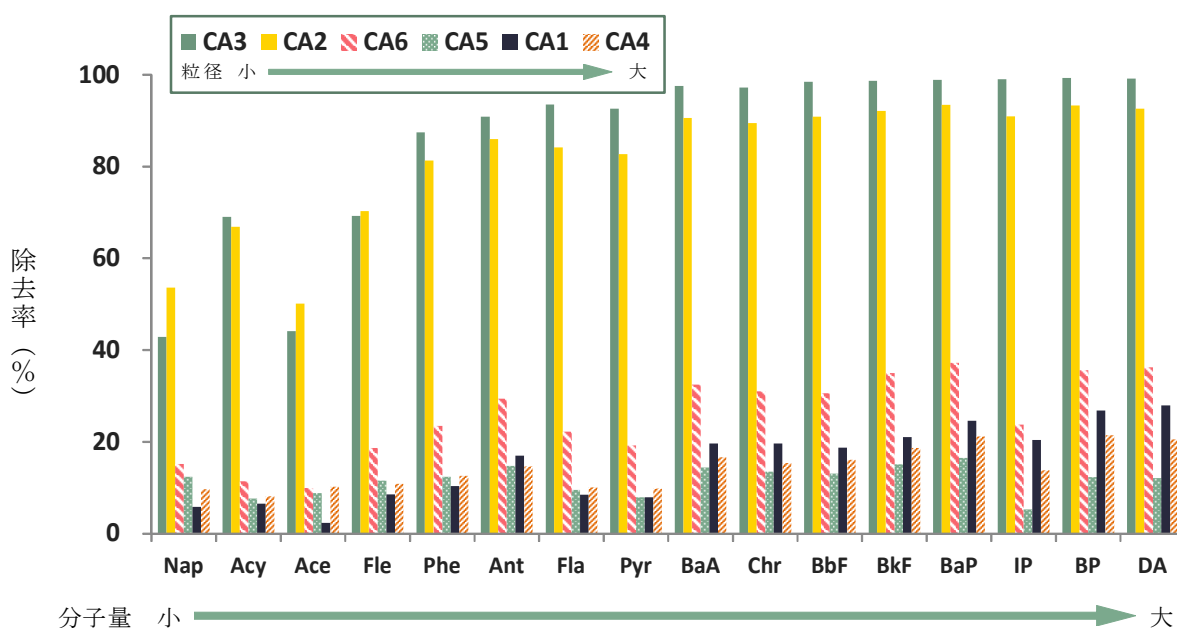


図2 活性炭処理のPAH除去効果

#### 4 まとめ

- 1) 加工食品（食用植物油脂，魚肉ねり製品及び食肉加工品）において，EUが基準値を設定しているPAH4を含めたPAH16物質の分析法を確立した。
- 2) 市販の加工食品51検体のPAH含有量を調査し，一部の食品について比較的高い濃度でPAHが検出されることが分かった。
- 3) 活性炭を用いて菜種油中のPAH除去効果を確認した結果，活性炭の粒径が小さいものほどPAH除去率が高い傾向がみられた。

今後は，商品価値維持の観点から，活性炭処理が油の栄養成分に及ぼす影響にも配慮して，低減化策を検討する必要があると考える。

今回の調査研究において，県内に流通する加工食品からPAH4が検出されたことから，県民の食の安心・安全に寄与するため，さらなるPAH低減化対策の研究を進めていきたい。

#### 参考文献

- 1) 欧州委員会 (EC) ; COMMISSION REGULATION (EU), No835/2011 of 19 August 2011 amending Regulation (EU) No 1881/2006 as regards maximum levels for polycyclic aromatic hydrocarbons in foodstuffs
- 2) 内閣府食品安全委員会；食品に含まれる多環芳香族炭化水素 (PAHs) ファクトシート (平成24年6月14)

日作成)

- 3) 堤智昭, 足立利華, 他; 燻製食品中の多環芳香族炭化水素の含有実態調査, 第50回全国衛生化学技術協議会年会講演集, 108 (2013)
- 4) 堤智昭, 足立利華, 他; 燻製(熱燻・温燻)により食品に含まれる多環芳香族炭化水素, 第110回日本食品衛生学会学術講演会講演要旨集, 148 (2015)
- 5) 農林水産省; 有害化学物質含有実態調査結果データ集(平成15~22年度)
- 6) 農林水産省; 有害化学物質含有実態調査結果データ集(平成23~24年度)
- 7) 農林水産省; 有害化学物質含有実態調査結果データ集(平成25~26年度)
- 8) 宇野誠一; 調査課題名「メタボローム解析を用いた海底質中PAH類の魚類に対する有害性評価手法の検討」, 平成25年度「化学物質のリスク評価手法の開発・改良に資する科学的知見の充実に向けた調査」実施報告書, 経済産業省委託調査
- 9) Uno, S., Koyama, J.; Monitoring of PAHs and alkylated PAHs in aquatic organisms after 1 month from the Solar I oil spill off the coast of Guimaras Island, Philippines. *Environ Monit Assess*, **165**, 501~515 (2010)
- 10) 厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課長通知; 食品中のダイオキシン類の測定方法暫定ガイドラインについて(食安監発第0228003号), 平成20年2月28日
- 11) 公益社団法人日本食品衛生協会; 第1章 食品成分, 食品衛生検査指針 理化学編 2015, 20~29 (2015)
- 12) 笠根岳, 岡田美緒, 他; 活性炭によるかつお節加工残滓熱水抽出液中の多環芳香族炭化水素類(PAHs)の除去, 日本水産学会誌, **81**, 826~835 (2015)
- 13) 国際連合食糧農業機関, 世界保健機関; 燻煙及び直接乾燥工程における食品の多環芳香族炭化水素(PAH)汚染の低減に関する実施規範(CAC/RCP68-2009)