

# 野菜の加熱時における多環芳香族炭化水素の生成

館 野 つや子, 南 雲 葉 子

(平成元年 9月25日受理)

## Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Produced in Grilled Vegetables

Tsuyako TATENO and Yoko NAGUMO

(Received September 25, 1989)

### 1. 緒 言

Suess<sup>1)</sup>によれば Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (以下PAHと略す)は、微生物、藻類、高等なプランクトンなどにより、また、人間がつくり出す高熱分解反応(鉄鋼工業のコークス製造、石油産業等)や火山活動(open burning)等により生成されるが、一方、PAHは光分解、微生物等による成分分解で減衰するもので、PAHのこのような生成と分解の自然的なバランスは、今世紀始め頃まで存在していたものと考えられるが、今日では、世界の到る所でPAHは増大する一方であろうと予測されている。そして、Benzo(a)pyrene(以下B(a)Pと略す)については、肉及び魚のフライ、グリル及びくん製等の食品中、乾燥重量当り、数~数100  $\mu\text{g}/\text{kg}$  平均50  $\mu\text{g}/\text{kg}$ が存在し、家庭廃水中にはPAH 1~100  $\mu\text{g}/\text{l}$ を含むと推定している。

Suessが推定しているように家庭、特に調理することにより、PAHは生成され、空気中や廃水中への放出及び食品中への残留等が考えられる。

我が国では最近、米を中心とした和食が見なおされてきているとはいえ、確実に食生活は欧米嗜好に変わってきており、家庭やレストラン等で肉や野菜を焼いて食べる機会も多くなってきている。

著者らは、市販食品中のB(a)P<sup>2)-6)</sup>及び魚の焼き方によるPAHの生成<sup>7)8)</sup>等についてその分析方法の検討及び定量を行ってきた。しかし、植物性食品については、W. Frits<sup>9)</sup>によるビール麦芽の乾燥によるPAHの生成について報告が見られるが、野菜類の加熱、燃焼時についての報告はほとんど見られない。

食品衛生学第1研究室

そこで今回は、野菜の中で昔からよく焼いて食べることの多い「なす」を試料として、その焼き方(鉄板及び網)及び部位別(果肉部及び皮部)によって、生成されるPAHの定量を行ない、その結果が得られたので報告する。

### 2. 分析方法

試料

試料の「なす」は昭和60年9月~61年3月都内で購入した市販品を用いた。

試薬

前報<sup>7)</sup>に準じて行なった。

装置及び器具

前報<sup>7)</sup>に準じて行なった。

操作

・生「なす」は、へたを取り、皮を薄くむきその皮部15gを、果肉部は細切し80gをそれぞれ精秤し、乾燥器中(60~70℃)で5~6時間乾燥したものをを用いた。

・輪切りの焼き「なす」は、「なす」を0.5cm前後の厚さに輪切りにし、網焼きにはアスベスト付の金網、鉄板焼きには鉄製のフライパンを用いて、それぞれガス上で通常食べられる程度まで焼き、次に皮を薄くむき、その皮15gを、また、果肉部80gをそれぞれ精秤し、生「なす」と同様に乾燥して用いた。

・焼き「なす」は、へたを取り、丸ごとアスベスト付金網を用い、ガス上で中心部まで火が通る程度に焼く。次に皮を薄くむき、その皮15gを、また、果肉部80gをそれぞれ精秤し、生「なす」と同様に乾燥して用いた。

以下ソックスレー抽出→液々分配抽出→カラムクロマトグラフィー→蛍光測定と前報<sup>7)</sup>に準じて行なった。

しかし、Pyrene, Fluoranthene, B(a)P等のPAH 20種類のカラムクロマトグラフィーでの移動は、シリカゲルカラムでは、150mlまでにカラムを溶媒と共に溶出<sup>10)</sup>するが、実際の食品においては多少遅くなることもあるので念のため250mlを溶出させた。7%含水アルミナカラムクロマトグラフィーでは、300mlまでにカラムを溶媒と共に溶出<sup>10)</sup>するが、念のため400mlまでを溶出させ、

また、1%含水アルミナカラムクロマトグラフィーでは0~50, 50~100と500~550mlまでの11フラクションを分取<sup>21) 10)</sup>した。

### 3. 結果及び考察

焼き方及び部位別による「なす」のPAHの生成結果を表1に示した。

表1. 焼き方及び部位別による「なす」のPolycyclic Aromatic Hydrocarbonsの生成

P A H	生		輪切り 網 焼		輪切り 鉄板焼		焼なす (網)	
	果 肉 (ppb)	皮 (ppb)	果 肉 (ppb)	皮 (ppb)	果 肉 (ppb)	皮 (ppb)	果 肉 (ppb)	皮 (ppb)
Pyrene	ND*1	0.71	0.13	1.16	ND	1.07	0.23	ND
Benzo(a)anthracene	ND	0.20	ND	0.34	ND	0.30	ND	1.21
Fluoranthene	0.53	2.25	0.66	3.59	0.98	2.84	0.69	3.79
Benzo(a)pyrene	0.06	0.29	0.03	0.32	0.07	0.23	0.04	0.19
Anthracene	0.03	1.00	0.05	0.25	0.13	ND	0.01	ND
Dibenz(ah)anthracene	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Phenanthrene	0.75	5.84	ND	3.00	0.38	14.01	ND	ND
3-Methylcholanthrene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Benzo(e)pyrene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Coronene	0.12	0.66	0.23	1.07	0.59	0.89	0.22	2.89
2, 3-Benzofluorene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1-Methylphenanthrene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Perylene	trace*2	0.01	0.01	0.03	trace	0.02	0.01	1.29
9, 10-Dimethylbenz(a)anthracene	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
5, 12-Dihydronaphthacene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.10	ND
Benzo(k)fluoranthene	0.01	trace	0.01	trace	0.01	0.01	0.02	0.02
Acenaphthene	ND	ND	ND	ND	0.15	ND	0.08	0.25

\*1 ND: Not detected

\*2 Trace < 0.01ppb

(1) 図1は、実際に輪切り「なす」網焼き皮部より検出されたB(a)P, また、図2は輪切り「なす」鉄板焼き果肉部より検出されたAnthraceneの蛍光波長を例として示した。

(2) 表1に示す通り、それぞれの試料から検出されたPAHは7~9種類、通算では13種類であった。

検出されたPAHは、Pyrene, B(a)P, Fluoranthene,

Benzo(a)anthracene, Anthracene, Dibenz(ah)-anthracene, Phenanthrene, 3-Methylcholanthrene, Benzo(e)pyrene, Coronene, 2, 3-Benzofluorene, 1-Methylphenanthrene, Perylene, 9, 10-Dimethylbenz(a)anthracene, 5, 12-Dihydronaphthacene, Benzo(k)fluoranthene及びAcenaphtheneであって、生、加熱、皮部、果肉部の間にほとんど差は見られな

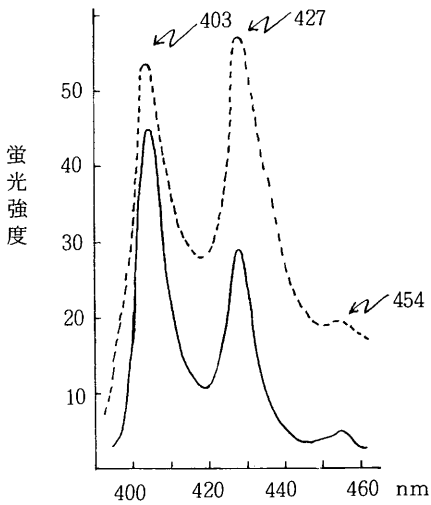


図1. 輪切り「なす」網焼きの皮部から検出された Benzo(a)pyrene 蛍光波長  
Ex 383nm, n-ヘキサン溶液  
—— 標準Benzo(a)pyrene (濃度 50ppb)  
----- 輪切り「なす」網焼きの皮部から検出された Benzo(a)pyrene

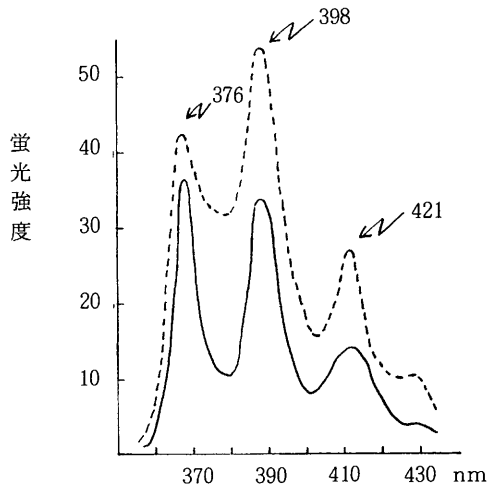


図2. 輪切り「なす」鉄板焼きの果肉部から検出された Anthracene の蛍光波長  
Ex 252nm, n-ヘキサン溶液  
—— 標準Anthracene (濃度 29ppb)  
----- 輪切り「なす」鉄板焼きの果肉部から検出された Anthracene

った。

(3) 表1に示す通り、検出された PAH の中で発がん性があるといわれているものは、Benzo(a)anthracene, B(a)P及びDibenz(ah)anthraceneの3種類であった。

全試料から共通して検出されたPAHは、Fluoranthene, B(a)P, Coronene, Perylene及びBenzo(k)fluorantheneの5種類であった。

Benzo(a)anthraceneについては、生及び焼いた「なす」の皮部のみに検出された。

(4) 表1に示す通り、焼くことによって顕著に増加したPAHは、Benzo(a)anthracene, Fluoranthene, Coronene及びPeryleneであった。

また減少したPAHはAnthracene, Phenanthreneであった。

また、表2に示す通り、PAH総量を生「なす」の果肉部と焼いた「なす」の果肉部とで比較すると、生1.56ppb焼いた果肉部平均1.94ppbで大差は見られなかった。

また、皮部においても、生10.96ppb焼いたものの皮部平均12.98ppbで、同様に大きな差は見られなかった。

このように生「なす」と焼き「なす」の比較では、果肉部及び皮部においてPAHの総量にほとんど差のないことがわかった。

表2. 焼き方及び部位別による「なす」の Polycyclic Aromatic Hydrocarbonsの総量

	Polycyclic Aromatic Hydrocarbonsの総量		
	果肉部の PAH総量(ppb)	皮部のPAH 総量 (ppb)	
生 なす	1.56	10.96	
焼き なす	輪切り網焼	1.12	9.76
	輪切り鉄板焼	2.31	19.37
	焼きなす(網)	2.40	9.82
平均	1.94	12.98	

(5) 表2に示す通り、輪切りにして焼いた「なす」のPAH総量では、果肉部より皮部の方が約7倍高い値が検出された。

(6) 表2に示す通り、PAH総量を「なす」の焼き方

で比較すると、輪切り網焼きより輪切り鉄板焼きの方が果肉部及び皮部ともに約2倍高い検出量であった。

しかし、魚を網焼きと鉄板焼きで比較した前の報告では逆に網焼きの方が高い検出量であった。

(7) 表3及び図3に示す通り、検出された各種PAH量を比較すると、生「なす」の果肉部では、Phenanthrene 0.75ppbが最も高く、また、皮部も同様にPhenanthrene 5.84ppbと最も高い検出量であった。

表3. 生及び焼き「なす」から検出された各種 Polycyclic Aromatic Hydrocarbons の生成量

	Pyrene		Benzo(a)anthracene		Fluoranthene		Benzo(a)pyrene		Anthracene		Dibenz(ah)anthracene		Phenanthrene	
	果肉 (ppb)	皮 (ppb)	果肉 (ppb)	皮 (ppb)	果肉 (ppb)	皮 (ppb)	果肉 (ppb)	皮 (ppb)	果肉 (ppb)	皮 (ppb)	果肉 (ppb)	皮 (ppb)	果肉 (ppb)	皮 (ppb)
生	ND* <sup>1</sup>	0.71	ND	0.20	0.53	2.25	0.06	0.29	0.03	1.00	0.01	ND	0.75	5.84
平均	0.36		0.10		1.39		0.18		0.52		0.01		3.30	
各種焼きなすの平均	0.12	0.74	ND	0.62	0.78	3.41	0.05	0.25	0.06	0.08	ND	ND	0.13	5.67
	0.43		0.31		2.10		0.15		0.07		ND		2.90	

	Coronene		Perylene		9,10-Dimethylbenz(a)anthracene		5,12-Dihydronaphthacene		Benzo(k)fluoranthene		Acenaphthene	
	果肉 (ppb)	皮 (ppb)	果肉 (ppb)	皮 (ppb)	果肉 (ppb)	皮 (ppb)	果肉 (ppb)	皮 (ppb)	果肉 (ppb)	皮 (ppb)	果肉 (ppb)	皮 (ppb)
生	0.12	0.66	trace* <sup>2</sup>	0.01	0.05	ND	ND	ND	0.01	trace	ND	ND
平均	0.39		0.01		0.03		ND		0.01		ND	
各種焼きなすの平均	0.35	1.62	0.01	0.45	ND	ND	0.37	ND	0.01	0.01	0.08	0.08
	0.99		0.23		ND		0.19		0.01		0.08	

※<sup>1</sup> ND: Not detected

※<sup>2</sup> trace < 0.01ppb

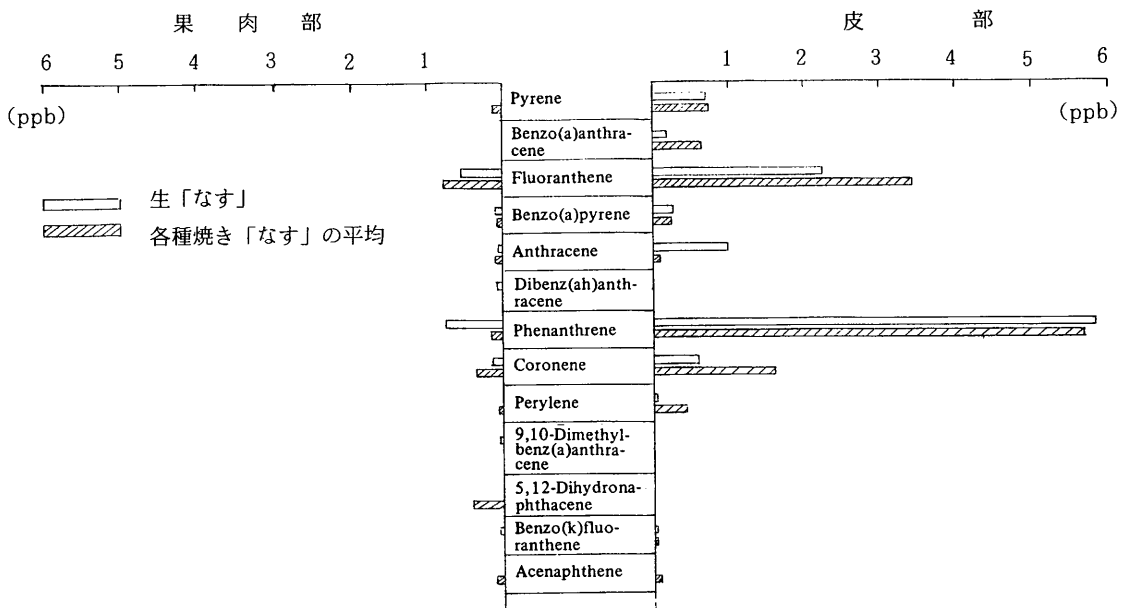


図3. 生及び焼き「なす」の果肉部及び皮部から検出された各種 Polycyclic Aromatic Hydrocarbons の生成量

(8) 表3及び図3に示す通り、生「なす」において含有量の高いPAHは焼いても検出量が高い傾向にあり、また、逆に生「なす」においても含有量の少ないPAHは焼いてもPAH検出量は少なく、顕著には高くない傾向であった。

また、焼くことにより検出されたPAHは果肉部ではPyrene, Perylene, 5, 12-Dihydronaphthacene及びAcenaphtheneの4種類で皮部ではAcenaphtheneのみであった。

本報告の一部は、第41回日本家政学会において発表した。

#### 参考文献

- 1) M.J. Suess: The Science of the Total, Environment., 6, 239 (1976)
- 2) 白石慶子, 白鳥つや子, 高島英伍: 食衛誌, 14, 173 (1973)
- 3) 白石慶子, 白鳥つや子, 高島英伍: 食衛誌, 15, 18 (1974)
- 4) 白石慶子, 白鳥つや子, 高島英伍: 食衛誌, 16, 178 (1975)
- 5) 白石慶子, 白鳥つや子, 高島英伍: 食衛誌, 16, 187 (1975)
- 6) 白石慶子, 白鳥つや子, 高島英伍: 食衛誌, 18, 427 (1977)
- 7) 館野つや子: 東京家政大学研究紀要, 26, 85 (1986)
- 8) 館野つや子: 東京家政大学研究紀要, 28, 103 (1988)
- 9) W. Fritz: Lebensmittelindustrie., 30, 209 (1983)
- 10) 白鳥つや子: 昭和医誌, 42, 565 (1982)