

## 含硫アミノ酸と食品の加熱香気

倉田 忠 男\*

## 1. はじめに

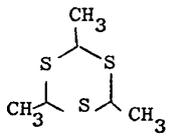
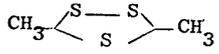
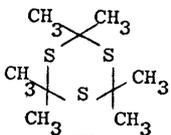
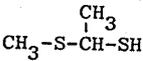
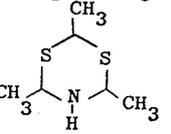
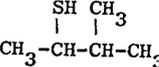
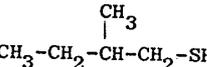
「食品の加熱香気\*\*」とは一般に食品に何等かの形で加熱処理を施した際に生じる匂いのことをいう。したがって、食品を煮たり焼いたりする加熱調理過程で生成してくる香気はその代表的なものであるといえる。

加熱香気の形成には種々の揮発性成分が関与しているが、それらは大まかにいって未加熱の食品中に元来含まれていた成分とそうでないものとに大別される。前者は常温・常圧（大気圧）下では人間が匂いとして感知し得る程度の蒸気圧を示さず、加熱によりはじめてある程度の揮発性を示し、匂ってくるようになるもので、食品中に本来含まれている比較的閾値の低い各種難揮発性有香成分がこれに相当する。一方、後者は主として加熱時に食品に含まれている種々の成分同志の反応、いわゆる食

品成分間反応、により新たに生成してくるものであり、加熱食品の香気特性を決定づける上で重要な多くの香気成分がこれに属する。食品の加熱香気とは、広義にはこの両者の総合的寄与に基づく香気を指すが、通常はより重要であるとみられる後者のみを取りあげることが多く、本稿でもそれにならい、以下後者、すなわち狭義の「加熱香気<sup>1)</sup>」について述べることにする。

加熱香気の形成に関与する揮発性成分は多種多様であり、たとえばコーヒーなどの加熱食品では数百種類もの揮発性成分の存在が確認されている。この事実はとりもなおさず、加熱食品中で行われている香気形成に関与する成分間反応の多様性を示しているものといえよう。ここでは一例として、牛肉を加熱した場合について触れてみたい。第1表は加熱した牛肉中にみられるいくつかの

第1表 加熱牛肉中に見いだされる揮発性含硫成分

 <p>Trithioacetaldehyde</p>	 <p>3,5-Dimethyl-1,2,4-Trithiolane</p>
 <p>Trithioacetone</p>	 <p>1-Methylthioethanethiol</p>
 <p>Thialdine</p>	 <p>3-Methyl-2-Butanethiol</p>
	 <p>2-Methyl-1-Butanethiol</p>

\* お茶の水女子大学

\*\* “香気”という用語は通常、芳香を意味しているが、この場合は必ずしもそうではなく、匂いの良否に関係なく、焦げ臭などある程度不快な匂いも含めて“加熱香気”とよんでいる。

## 含硫アミノ酸と食品の加熱香気

揮発性含硫化合物を示したものである<sup>3)</sup>。これらの他にも硫化水素をはじめチオール類、モノおよびジサルファイド類、チオフエン類、チアゾール類、チアゾリン類等々約数十種にも及ぶ各種含硫香気成分が揮発性成分として見い出されており<sup>3)</sup>、それらが加熱牛肉の香気形成上重要な役割を果していることも確認されている。また、当然のことではあるが、これら含硫香気成分以外にも各種のカルボニル化合物、フラン類、アルコール類、酸類、エステル類、ラクトン類やアンモニア、アミン類、ピロール類、ピラジン類、オキサゾール類、オキサゾリン類など200種以上もの多数の非含硫香気成分が含まれており<sup>3)</sup>、それらも香気形成に寄与していることが知られている。このように加熱食品の香気はほとんどの場合、非常に複雑な組成を有する複合香気であり、しかも各揮発性成分の香気形成における寄与度はそれぞれの匂いの質や閾値により異なり一律ではない。しかし、非常に大雑把にいうと、含硫揮発性成分は他の成分に比較して通常、閾値が低く且つ特異的な匂いを有しているため、個々の食品に特徴的な香気を賦与する上で重要な役割を果している場合が多いといえよう。また、この傾向は加熱香気に限らず、食品香気全般についてもいえるようである。

これら加熱香気成分の前駆体としては、一般に食品中に多量に含まれている糖質（特に、グルコースなどの単糖類）、脂質（特に、飽和および不飽和脂肪酸類）、タンパク質（特に、遊離アミノ酸および短鎖ペプチド類）などが考えられ、たとえば、前記の加熱牛肉の場合についてもカルボニル化合物の一部やフラン類などは主として糖質に、ラクトン、酸、エステル類などは主に脂質に、アンモニア、アミン類などはそのほとんどがタンパク質に由来しているとみられる。しかし、実際にはカルボニル化合物のように糖質・脂質・タンパク質の3者いずれからも生成するものもあれば、ピラジンやピロール類のように糖質・タンパク質両者の相互作用に由来するものなどもあり非常に複雑である。一方、含硫香気成分の前駆体としては食品中に含まれている種々の不揮発性含硫化合物、たとえば含硫アミノ酸やその誘導体、チアミン（ビタミンB<sub>1</sub>）などがあげられるが、その中でも特に含硫アミノ酸は存在量、反応性等の点から最も重要視されている。

これら香気前駆体となる多数の食品成分が、加熱調理条件下で単独に、あるいは相互の反応により変化・分解して種々の揮発性成分を生成することになる。その際関与する反応はイオン反応とラジカル反応に大別されるが、その内容は加熱温度や溶媒の有無などの反応条件により異なり、反応機構等の詳細については未だに不明の点

多い。

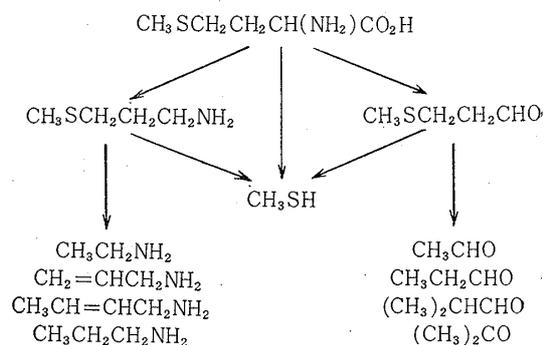
以下、本稿では「含硫アミノ酸と食品の加熱香気」に関して、加熱過程で生じる各種含硫揮発性成分を中心に“含硫アミノ酸の関与する香気生成反応”につき概説する。

## 2. 含硫アミノ酸の関与する香気生成反応

含硫アミノ酸は食品の加熱過程において、(1)それ自身の熱分解反応、あるいは、(2)共存する他の食品成分との反応を経て香気生成に寄与する。前者は焙焼条件など、かなり高温で処理した場合のみみられるのに対し、後者は40—50°C程度の比較的低温から高温加熱まで広範にみられる。また、前者に比較して後者の方が生成する香気成分の種類も多く、香気も多様性に富む。したがって、実際の加熱調理条件下では後者の方が香気形成上、より重要な役割を果していると考えてよい。

## (1) 含硫アミノ酸の熱分解による香気生成

食品中に含まれている各種のα-アミノ酸は熱分解の第一段階として脱炭酸反応を行うことが知られている。この脱炭酸で生じるアミン類は各アミノ酸に特有のものであるが、通常かなり強い不快臭を有する。したがって、一般にアミノ酸の熱分解で生じる匂いはあまり好ましいものではない。しかし、かなり稀薄な場合はこの不快臭も薄らぎ、たとえばシステインなどの含硫アミノ酸の熱分解時に生成する匂いの中にはポップコーン様の香りが含まれていることがわかる。アミノ酸の熱分解の際にはこれらのアミン類の他に脱炭酸、脱アミノ反応により各種アルデヒド類が生じることも知られている。たとえば、メチオニンの主要熱分解生成物を第1図に示したが、このように各種のアミン類、カルボニル化合物が生成していることがわかる<sup>4)</sup>。



第1図 メチオニンの熱分解生成物

一方、システイン、シスチンの熱分解(270~300°C)で生成する主な揮発性成分を示したのが第2表である<sup>4)</sup>。これからもわかるようにシステインはβ-炭素にチオール基を有するため、セリン、スレオニンなどのβ-ヒドロキシアミノ酸の熱分解の際に水が生成するのと同様にし

第2表 システイン、シスチンの熱分解生成物

化合物名	システイン	シスチン
Ethylamine	+	+
2-Methylthiazolidine	+	+
Mercaptoethylamine	+	+
Hydrogen Sulfide	+	+
Sulfur	-	+
Ammonia	+	+
Ammonium carbonate	+	+
2-Methylthiazoline	+	+
$\alpha$ -Picoline	+	+
2-Ethyl-5-methylpyridine	+	+
2-Ethylthiazole	+	-
2-Methylthiazole	-	+
2-Methyl-5-ethylthiazole	-	+
Thiophene	+	-
2-Methylthiophene	+	-
3-Methyltetrahydrothiophene	+	-
2,5-Dimethylthiophene	+	-
2,3-Dimethylthiophene	+	-
2(or 3)-Ethylthiophene	+	-
2,3-Dihydro-4(or 5)-ethylthiophene	+	-
2-Methyl-3(or 4)-ethylthiophene	+	-
2,3,5-Trimethylthiophene	+	-
3-Methyl-n-propylthiophene	+	-
2,4-Dimethyl-5-ethylthiophene	+	-

+ : 生成が認められたもの

て非常に容易に硫化水素が生成する。メチオニンの場合にもほぼ同様にしてメチルメルカプタン ( $\text{CH}_3\text{SH}$ ) が生成することになる。また、システインからは脱炭酸で生じるシステアミン (メルカプトエチルアミン) の他に各種チオフェン類、チアゾリジン、チアゾール誘導体など含硫ヘテロ環状化合物の生成がみられる。シスチンの熱分解の場合にもチアゾール類など同様な生成物もみられるが、システインの場合に認められた各種チオフェン類の生成はみられない。なお、メチオニンの場合には前述のように種々のカルボニル化合物の生成が認められたが、

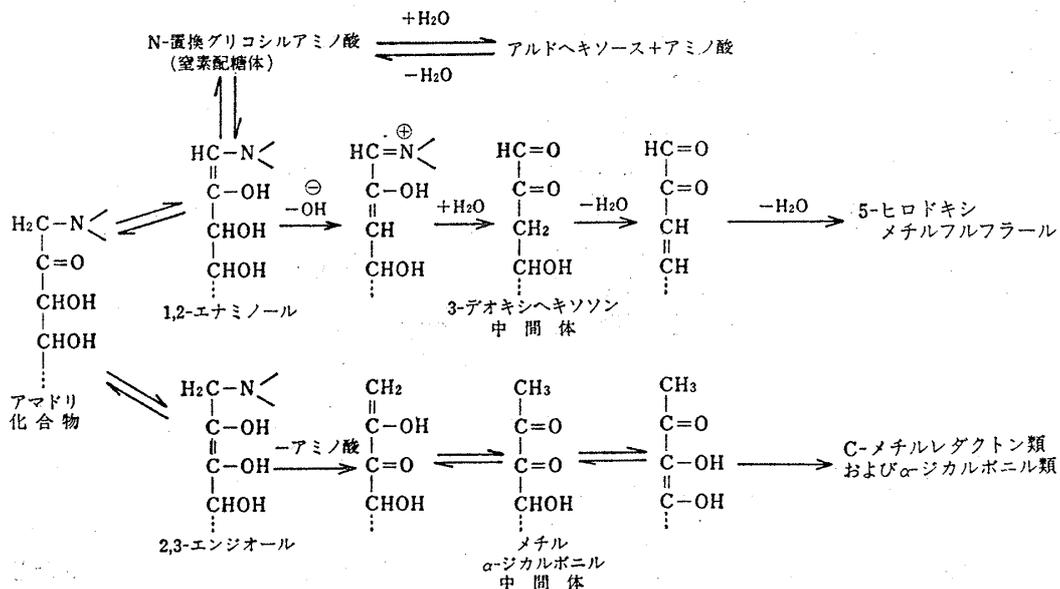
システインの場合に生成するカルボニル化合物は大部分がアセトアルデヒドである。

このように、同じ含硫アミノ酸とはいっても、システイン、シスチンとメチオニンとでは熱分解生成物、生成反応機構共に大きな差異があり、また、類似した構造を有するシステインとシスチンとの間にも、生成物等ではかなりの違いがあることがわかる。

## (2) 含硫アミノ酸と他の食品成分との反応による 香氣生成

含硫アミノ酸が他の食品成分との反応を経て香氣生成を行う際、食品成分として最も重要視されるのは糖およびその関連物質である。

一般に、糖とアミノ酸との反応では先ず窒素配糖体が形成され、この窒素配糖体からアマドリ転位を経てアマドリ化合物が生成する。さらに、アマドリ化合物の一部は1,2-エナミノールや2,3-エンジオール型を経て各種のオゾン類を生成し、ついで種々の反応 (主として脱水反応) を経てフルフラール類、C-メチルレダクトン類、 $\alpha$ -ジカルボニル類が生成することになる<sup>5)</sup>。これら一連の反応過程を経て糖は分解されることになるが、それと同時にアミノ酸もこれらの反応の進行に伴い分解し、両者の分解過程で生成する反応中間体等が関与する種々の反応により、各種ピラジン類、ピロール類などを中心とする含窒素ヘテロ環状化合物が生成する。また、これらの反応過程で生じる種々の $\alpha$ -ジカルボニル化合物は、いわゆるストレッカー分解などの反応を介して $\alpha$ -アミノ酸の酸化脱アミノ・脱炭酸反応による分解を行う。その際、元のアミノ酸よりも炭素数が一個少ないアルデヒドが



第2図 糖とアミノ酸との反応

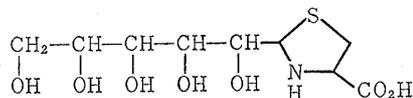
## 含硫アミノ酸と食品の加熱香気

生じるが、同時に生成するエナミノールは一種のアミノレダクトンであり、酸化条件下ではその互変異性体であるアミノケトンの形で反応（2分子縮合）し、ピラジンの形成に参与する<sup>9)</sup>。このようにして生じたアルデヒド類、ピラジン類などが加熱香気形成に際し、重要な役割を果していることはよく知られている。

一方、含硫アミノ酸の場合は上記の糖とアミノ酸とによる一般的な香気生成反応に、さらに他の反応が加わるため問題は一層複雑になる。以下、簡単のため、含硫アミノ酸としては主としてシステインを例にとりあげることとする。

たとえば、等モルのグルコースとシステインとを無溶媒の条件下で加熱反応させると、直ちに焼いも様ないしは焼肉様の非常に好ましい甘い香りを生じるが、この特徴的な好ましい香りは速やかに甘味を有する“せんべい様香気(多少、ゴマ様香気も含まれる)”となり、さらに加熱反応が進むと、若干不快なネギ様の匂いが強くなり、加熱時間が長くなるにつれて次第にこの不快臭が強くなってくる。これら一連の加熱過程で生成する香気物質の種類は非常に多く、その全容はまだ十分には明らかにされていないが、この香気生成の際最も問題となるのはシステインのチオール基の反応性である。

システインとグルコースとの反応の際に最初に生成するのは2-(1,2,3,4,5-ペンタヒドロキソペンタン)チアゾリジン4-カルボン酸(I)である<sup>9)</sup>と考えられている。つまり、グルコースのC-1アルデヒド基とシステインのチオール基およびアミノ基とが反応し、脱水・縮合反応により環化してチアゾリジン環を形成するわけである。この場合、糖としてグルコース以外のアルドースを用いても同様なチアゾリジン環を有する化合物が形成されるものと考えられる。



2-(1,2,3,4,5-pentahydroxypentane) thiazolidine  
4-carboxylic acid (I)

第3図 システインとグルコースとの反応で  
生成するチアゾリジン化合物

システインとグルコースとを加熱反応させた場合、ピラジン類、フラン類の他にチオフェン類、チアゾール類の生成が認められている<sup>7)</sup>が、これらがすべて前記のチアゾリジン化合物(I)を経て生成するか否かについては現在までのところ確認はされていない。しかし、チオフェン類など含硫揮発性成分のかなりの部分はこのチアゾリジン誘導体(I)を経て生成するものと推定されている。

なお、システインの代わりにシスチンを用いてグルコースと加熱反応させた場合も、上記とほぼ同様な各種の揮発性成分が生じることが明らかにされている<sup>7)</sup>。また、この反応の際、反応系のpHが生成物に大きな影響を与えることが知られている。たとえば、グルコースとシステイン塩酸塩との反応系<sup>9)</sup>ではピラジン類の生成が抑制され、チオフェン類の生成が顕著になることが知られているし、同様な傾向はキシロースとシステイン塩酸塩とを水溶液中で加熱反応させた場合にもみられるという<sup>9)</sup>。

これはピラジン類の生成に、システインのアミノ基の非共有電子対が重要な役割を果していることを示唆しているともいえるが、ストレッカー分解をはじめピラジン生成に参与する反応の大部分がアミノ基とカルボニル基との反応によるシッフ塩基の形成を前提としていることから考えて、当然のことともいえよう。また、システインそのものではないが、システインの脱炭酸で生じるシステアミンとグルコースとの加熱反応でもピラジン類、フラン類の他にチアゾリジン類、チアゾリン類の生成が認められている<sup>10)</sup>。

第3表 システインとピルビンアルデヒドとの  
反応により生成する含硫揮発性成分

化 合 物 名
チアゾールおよびその誘導体
Thiazole
2-Ethylthiazole
5 (or 4)-Methylthiazole
2-Ethylthiazoline
5 (or 4)-Ethylthiazole
チオフェンおよびその誘導体
Thiophene
3-Methylthiophene
2,5-Dimethylthiophene
Ethylthiophene
2-Methyltetrahydrothiophen-3-one

糖の分解生成物である各種の $\alpha$ -ジカルボニル化合物とシステインとの反応についても調べられているが、その一例としてピルビンアルデヒドとシステインとの反応により生成する含硫揮発性成分の一部を第3表に示した<sup>7)</sup>。ピルビンアルデヒドは糖の炭素鎖の解裂により生成する $\alpha$ -ジカルボニル化合物としては最も典型的なものである。これをシステインと共に窒素ガス中160°Cで加熱反応させた場合、表に示したチオフェン誘導体などの含硫揮発性成分の他に各種のピラジン類などを生成する。その際に発生する匂いは“せんべい様～ゴマ様”のものであり、グルコースとシステインとを同様な条件下で加熱反応させた場合に生じる匂いと基本的には大差な

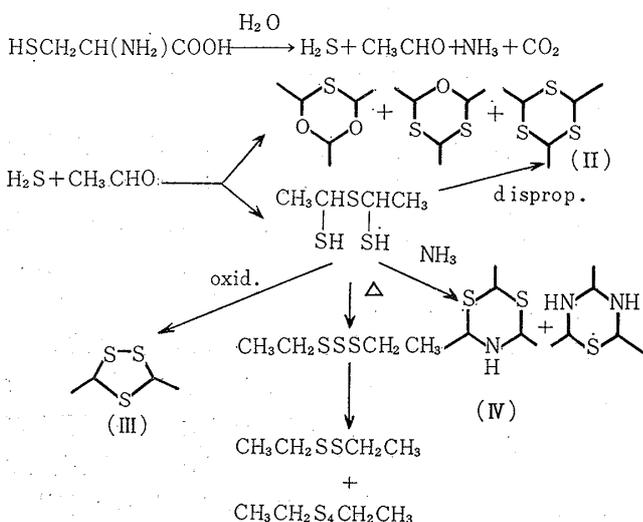
い。このことは香氣生成に、より直接的に関与しているのは糖そのものよりも、むしろその分解生成物であることを示唆しているともいえよう。

以上のようにシステインなどの含硫アミノ酸は単なる熱分解、あるいは他の食品成分との反応を経て分解し、硫黄を含有する各種のヘテロ環状化合物を生成することになる。これらのヘテロ環化合物は5員環、あるいは6員環のものが多く、比較的分子量で且つ熱に対する安定性もあり、特異的な香氣を有するものが多いため加熱香氣の形成に重要な役割を果しているといえる。したがって、含硫アミノ酸はこれらヘテロ環化合物の形成とそれらの形成に必要な硫黄（および窒素）を反応系に供給するという面で加熱香氣の形成に寄与しているともいえよう。

一方、含硫アミノ酸に由来する揮発性含硫化合物の中には熱的に不安定なものもかなり含まれている。これらは、熱的に安定なものがそのままの形で系外に揮散して香氣形成に関与するのに対し、反応系内でさらに化学的变化を受け、より安定的な形に変換されてから香氣形成に寄与する場合が多い。このような揮発性成分の単独および成分間の反応による香氣生成の例もいくつか知られており、特に加圧調理など密閉系ないし、それに近い加熱調理条件下ではこれが問題となる。食品を煮たりする時に容器に蓋をするかしないかで、そのフレーバーが場合により、かなり大きく変化することは広く知られている事実である。ここでは以下、含硫アミノ酸に由来する揮発性成分間の反応による香氣生成の例として、硫化水素が関与する場合をとりあげることにする。

### (3) 硫化水素が関与する香氣生成

硫化水素は非常に稀薄な場合にはゆで卵様の香りとし



第4図 硫化水素とアセトアルデヒドとの反応系における含硫香氣成分の生成

て好まれることもあるが、濃度がある程度以上になると不快な腐卵臭として嫌われる。さらに高濃度では青酸ガスに匹敵する有毒物質としての作用もあり生理的に忌避される。しかし、硫化水素は低濃度ではあるが非常に多くの食品に含まれており、香氣形成に重要な寄与をしていることが多い。その場合、硫化水素はその特異的な匂いにより直接的に香氣形成に役立つこともあるが、通常はむしろ他の食品成分との反応により新しい香氣物質を生成することにより、いわば間接的に香氣形成に寄与していることが多い。

硫化水素は種々のカルボニル化合物と容易に反応することが知られている。油脂の自動酸化で生成する不飽和アルデヒド類とは室温下でも反応することがわかっているし、また、飽和アルデヒドとも容易に反応する。第4図は硫化水素とアセトアルデヒドとの反応系（ただし、アンモニアが共存する場合も含む）について示したものである<sup>11)</sup>。このように種々の含硫揮発性成分が生成するが、その中でも2,4,6-trimethyl-1,3,5-trithiane (II)は肉の加圧調理品に<sup>12)</sup>、3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane (III)は肉を煮た場合<sup>12),13)</sup>、肉汁中<sup>14)</sup>、ポテト中<sup>15)</sup>、加熱オキアミ中<sup>16)</sup>に見いだされている。また、2,4,6-trimethyldihydro-1,3,5-dithiazine(thialdine) (IV)は加熱肉汁などに存在する<sup>2),12),14),16)</sup>。このように実際の肉の調理時にみられる揮発性成分が、この反応系においても生成していることは興味深い。なお、図にも示すように硫化水素、アセトアルデヒド、アンモニアの3者はシステインの分解の際にも生成する。したがって、これらの生成物は当然、システインの分解によっても生成すると考えられる。

以上の他、硫化水素—フルフラール—アンモニア系<sup>17)</sup>、硫化水素— $\alpha$ -ジカルボニル化合物—アルデヒド—アンモニア系<sup>18)</sup>などの反応系についても、多くの含硫香氣成分の生成が明らかにされている。また、肉汁中に含まれている4-ヒドロキシ-5-メチル-3(2H)-フラノン<sup>19)</sup>は特異的な香氣を有し、ビーフ・フレーバーに寄与するとされているが、これを硫化水素と反応させた場合は、フラノン環中の酸素原子が硫黄原子に置換されたものをはじめ、多くのチオフェン類、フラン類が生成することが確認されている<sup>20)</sup>。

以上、含硫アミノ酸の関与する香氣生成反応につき、その概略を述べてきたが、最後に、これら含硫香氣成分の構造と匂いの関係につき一言触れることにしたい。

### 3. 含硫香氣成分の構造と匂い

一般に匂い分子の香氣特性、すなわち、その匂いの質や閾値などには分子全体の形や大きさ、分子中に存在す

## 含硫アミノ酸と食品の加熱香気

る官能基の種類とそれらの立体化学的相互関係、電荷分布等々が総合的に関与しているとされている。

一方、前述のように揮発性含硫化合物は通常、低い閾値と特異的な香気を有しているが、この場合には分子がある程度小さいものに関しては硫黄原子そのものの有する特性も反映されているようである<sup>21)</sup>。すなわち、硫黄原子は通常の有機化合物を構成している炭素、水素、酸素、窒素などの原子と比較して原子半径も大きく、また、その化学的性質にもかなりの差異がみられる。たとえば、硫黄は普通、原子価は2であり、周期律表上同族に属する酸素と化学的には比較的良く似た性質を有しているが、それでも前者が容易に3d軌道を用いた混成軌道を形成できるのに対し後者はそれができないとか、いわゆる相対的電気陰性度が前者は2.5でほぼ炭素の値に近いのに対し、後者は3.5とかなり大きいなどの違いがある。そのため、水(H<sub>2</sub>O)の分子中の水酸基、すなわちO-H結合は強く分極し、分子間の水素結合も容易であるため常温で水は液体となっているのに対し、硫化水素(H<sub>2</sub>S)は分子中のS-H結合の分極が比較的小さく、常温では気体となっている。また、匂いの面でも水が無臭であるのに対し、硫化水素は非常に強い特有の臭気を有している。

第4表 水および硫化水素関連物質の匂い

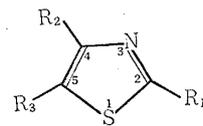
分子式	X=O	X=S
H-X-H	無臭	特有の不快感腐卵臭
CH <sub>3</sub> -X-H	特有の多少刺激性的な匂い	強い不快臭
CH <sub>3</sub> -X-CH <sub>3</sub>	エーテル様の匂い	強いむかつくような不快臭

第5表 チアゾリンおよびオキサゾリン誘導体の匂いと閾値

誘導体	匂い	閾値
チアゾリン	ナッツ様の香り 野菜様 " 焙焼香 "	0.02PPM
チアゾリン	肉様の香り ナッツ様 " 玉ねぎ様 "	0.5 PPM
オキサゾリン	ナッツ様の香り 野菜様 "	1.0 PPM
オキサゾリン	青臭い香り かび臭い " 木様の "	1.0 PPM

第4表に、参考までに、水や硫化水素分子中の1~2個の水素原子をメチル基で置き換えた場合の匂いを示したが、これからもわかるように両者の匂いの間には大き

な差異がみられる。他方、もう少し分子が大きくなり、且つ、互いに良く似た基本構造を有する2種類のチアゾリンおよびオキサゾリン誘導体につき匂いと閾値を比較した結果が第5表に示してある<sup>22)</sup>。このように、硫黄原子を含むチアゾリン誘導体の方が含まないオキサゾリン誘導体に比較して焙焼香や肉様香気が強く、また、閾値も前者の方が後者に比較して低い傾向がみられる。しかし、分子がさらに大きくなり、硫黄原子そのものの香気特性に対する寄与率が相対的に減少してくると、当然のことながら分子全体の形状やその他の要因がより大きな影響力を示すことになる。たとえば、シクロアルカノンの系列で15員環のものは通常、強いじゃこう様香気を示すが、この場合、カルボニル基の代わりにエーテル結合を導入したのも、さらにエーテル酸素原子の代わりに硫黄原子を導入したのもいずれもじゃこう様香気を有することが知られている<sup>22)</sup>。



第5図 チアゾール誘導体の構造

このような香気成分の構造と香気特性の関係については、現在のところまだ十分な解明はなされていない。ここでは一例としてチアゾール誘導体の場合<sup>23)</sup>をとりあげるにとどめる。チアゾールは第5図に示すような環状構造を有する化合物で、ピラジンなどと同様に加熱香気、特に焙焼香気の形成に重要な役割を果していることが知られている。チアゾール類の香気はその置換基により広範囲に変化することがわかっている<sup>23)</sup>。たとえば、チアゾール自身(R<sub>1</sub>=R<sub>2</sub>=R<sub>3</sub>=H)は不快なピリジン様の匂いであるが、2-イソブチルチアゾールはトマトの葉の匂い、2,4,5-トリメチルチアゾールはココア様ないしナッツ様の香気を示すことが知られている。各種のチアゾール誘導体について置換基と匂いとの関連につき検討した結果、低級モノアルキル置換体は野菜様の青臭い匂いを有しており、ジアルキル置換体やトリアルキル置換体では置換基が増すほどナッツ様、肉様の匂いになるという。また、4-イソブチル-5-メトキシチアゾールはグリーンペッパー様の香気を有している。一方、2-および4-アセチルチアゾールはナッツ様、穀物様の匂いであり、それに対し5-アセチルチアゾールはより焙焼香気に近く、しかも硫黄臭、肉様臭をも含んでいる。

## 4. おわりに

以上、食品の加熱過程で生じる各種含硫香気成分を中

心に“含硫アミノ酸の関与する香気生成反応”につき略述したが、これからもわかるように加熱過程でみられる香気生成機構の詳細や香気成分の構造と匂いとの関係等については未だ不明の点が多い。これらの点を明らかにするためには、本稿で主としてとりあげた、いわゆる“モデル系”のみならず、実際の“食品複合系”における香気生成に関するデータをさらに集積する必要がある。近年におけるGC/MSを中心とする分析機器の進歩、コンピューターによる各種データ処理の著しい迅速化および精密化を基礎とした、今後のこの分野における研究の進展を期待したい。

#### 参考文献

- 1) 藤巻正生・倉田忠男：化学と生物 9, 85 (1971)；  
倉田忠男・加藤博通：香料, No.132, 11 (1981)
- 2) C. J. Mussinan, R. A. Wilson, I. Katz, A. Hruza and M. H. Vock, “Phenolic, Sulfur, and Nitrogen Compounds in Food Flavors”, ACS Symposium Series 26, ACS, Washington, D. C. (1976) p.133
- 3) G. MacLeod, B. M. Coppock, J. Agric Food Chem., 25, 113 (1977)
- 4) M. Fujimaki, S. Kato, T. Kurata, Agric. Biol. Chem., 33, 1144 (1969)
- 5) J. E. Hodge, “The Chemistry and Physiology of Flavors”, ed. by H. W. Schultz, E. A. Day and L. M. Libbey, The AVI Publishing Company, INC, (1967) p.465
- 6) S. Kato, N. Yano, I. Suzuki, T. Ishii, T. Kurata M. Fujimaki, Agric. Biol. Chem., 38, 2425(1974)
- 7) S. Kato, T. Kurata, M. Fujimaki, Agric. Biol. Chem., 37, 539 (1973)
- 8) R. A. Scanlan, S. G. Kayser, L. M. Libbey, M. E. Morgan, J. Agric. Food Chem., 21, 673 (1973)
- 9) C. J. Mussinan, I. Katz, J. Agric. Food Chem., 21, 43 (1973)
- 10) M. Sakaguchi, T. Shibamoto, J. Agric. Food Chem., 26, 1179 (1978)
- 11) M. Boelens, L. M. van der Linde, P. J. de Valois, H. M. van Dort, H. J. Takken, J. Agric. Food Chem., 22, 1071 (1974)
- 12) R.A. Wilson, C.J. Mussian, I. Katz, A. Sanderson, J. Agric, Food Chem., 21, 873 (1973)
- 13) S. S. Chang, C. Hirai, B. R. Reddy, K. O. Herz, A. Kato, G. Sipma, Chem. Ind., 1639 (1968)
- 14) H. W. Brinkman, H. Coppier, J. J. M. de Leuw, S. B. Tjan, J. Agric. Food Chem., 20, 177(1972)
- 15) R. G. Buttery, R. M. Seifert, L. C. Ling, J. Agric. Food Chem., 18, 538 (1970)
- 16) 久保田紀久枝, 小林彰夫, 山西貞：農化, 56, 1049 (1982)
- 17) T. Shibamoto, J. Agric. Food Chem., 25, 206 (1977)
- 18) H.J. Takken, L.M. van der Linde, P.J. de Valois, H.M. van Dort and M.Boelens, “Phenolic, Sulfur and Nitrogen Compounds in Food Flavors”, ACS Symposium Series 26, ACS, Washington, D. C. (1976) p.115
- 19) C. H. T. Tonsbeek, A. J. Plancken, T. van de Weerdhof, J. Agric. Food Chem., 16, 1016(1968)
- 20) G. A. M. van de Ouweland, H. G. Peer, J. Agric. Food Chem., 23, 501 (1975)
- 21) H. L. Klopping, J. Agric. Food Chem., 19, 999 (1971)
- 22) 小林彰夫：匂いの化学；藤巻正生・服部達彦・林和夫・荒井綜一編：香料の事典, 朝倉書店(1980) p.33
- 23) A. O. Pittet, D. E. Hruza, J. Agric. Food Chem., 22, 264 (1974)