

# 化学屋が講師の お料理教室－1

Ver.1.0.2

鹿島 長次

(2012.9)

## 目次

<b>お料理教室 第1回 味付けの基本</b> .....	<b>3</b>
男子厨房に入る .....	3
空腹は最良の調味料.....	3
さしすせそ .....	5
料理は人間の根源的な文化.....	6
<b>お料理教室 第2回 体内での食べ物の変化</b> .....	<b>8</b>
化学反応は恋愛ゲームの如し .....	8
蛋白質からアミノ酸への消化.....	9
半熟卵と温泉卵.....	10
大豆の蛋白質を苦汁で変性させた豆腐 .....	12
牛を食べると豚になる .....	13
消化器は矛盾だらけの器官.....	14
牛はじっくり寝かせてから食べる.....	15
でんぷんを消化してブドウ糖へ .....	16
人間の活力となるブドウ糖.....	17
人工甘味料は砂糖の代用品.....	18
腰周りに蓄積し易い脂肪 .....	20
<b>お料理教室 第3回 微生物との共生も料理の文化</b> .....	<b>22</b>
酵母から強奪したお酒 .....	22
お酒はエタノールの水溶液.....	23
お酒の味を決める不純物 .....	25
すっきりした味わいの蒸留酒.....	27
種々の味付けをしたお酒 .....	29
お酢はお酒の失敗作.....	31
排気ガスで膨らましたパン.....	32
資源ごみを調味料に変える乳酸菌.....	35
「醬」で味付けする東洋の食べ物.....	36
黴のお陰で生活は豊かに .....	38
<b>お料理教室 第4回 水を制するものは料理を制する</b> .....	<b>40</b>
食べ物の主成分は水.....	40
水は一風変わった液体 .....	41
圧力鍋はお鍋の優れもの .....	42

凍らせたまま煮詰めてつくるインスタントコーヒー.....	44
料理の温度を操る蒸発熱の魔法.....	45
水よりも蒸発し易い香り.....	46
水蒸気と共に揮発する香り成分.....	52
食材を替える水の体積変化.....	53
飲み水の味を決めるカルシウム.....	55
リトマス試験紙のように変わる食べ物の色.....	57
0℃では凍らない肉や野菜.....	58
細胞膜は水だけが通り抜ける半透膜.....	60
漬物は食べ物を保存する高度の食文化.....	61
乾燥して保存する穀物.....	63
水を元気に躍らせて「チ～ンしましょう」.....	64
<b>お料理教室 第5回 油を制すれば料理の巾が広がる.....</b>	<b>67</b>
水の溶液も油の溶液も仲良し同士.....	67
料理の極意は抽出の仕方.....	68
水分を急速に取り除く揚げ物.....	71
脂肪の性質に影響する不飽和脂肪酸量.....	73
魚は脂焼けしないうちに.....	75
肉を美味しく保存する燻製.....	77
<b>お料理教室 第6回 水と油の仲直り.....</b>	<b>80</b>
水と油を仲立ちする界面活性剤.....	80
仔牛が飲める牛乳.....	81
マヨネーズは油と水の混ざり物.....	82
メレンゲは卵白のシャボン玉.....	83
油を水に溶かし込む石鹼.....	84
水と油の間のまとめ役.....	85
<b>お料理教室 第7回 密接な関係にある料理と化学.....</b>	<b>88</b>
化学的原理に即したお袋の味.....	88
水と油を制して洗練された料理を.....	89
<b>索引.....</b>	<b>92</b>

## お料理教室 第1回 味付けの基本

### 男子厨房に入る

講師は永年にわたり有機化学、特に有機合成化学の研究をしてきました。種々の薬品を溶媒と共に混ぜて掻き回し、バーナーやヒーターで熱して反応を起こさせてきました。さらに、抽出、ろ過、クロマトグラフィー、蒸留、濃縮などの手法で、反応した混合物から反応生成物を純粋に取り出し、その性質を調べてきました。このような一連の操作は高い精度と再現性を必要としましたが、同時に、頃合を見計らう勘、微妙な変化を見逃さない観察力、臨機の迅速な対応、細かな操作を可能にする器用さなども必要としました。

講師は60歳を過ぎる頃から家庭の事情により、単身赴任の生活を余儀なくされました。毎日の食事を自分自身で調達しなければならなくなり、必然的に台所に立つことになりました。心ならずも男子が厨房に入ってしまった。お米を研いで炊飯器に仕掛けて置きましたから、野菜を切ってサラダを作り、油と塩と胡椒とお酢を混ぜてフレンチドレッシングとし、フライパンで豚肉を炒めてソースで味を付け、鰹出汁の素を入れた汁に溶き卵を入れて夕食の完成です。帰宅してから鍋釜の洗いまで済ませて、30分ほどで食卓に付くことができました。化学反応の円滑な進行のために少量の触媒を加えるように、塩を少々加えるだけで料理の味が格段に際立つことも知りました。段取りの取り方、料理の手順、調味料の入れ方、食器の洗い方など化学実験と極めて似ていて、料理が意外に面白いことに気付きました。

63歳で定年退職し年金生活を始めましたが、暇を持て余すようになりましてから、永年連れ添ったカミさんの指導の下で、台所に立って料理の修行をすることにしました。揚げ物の後には揚げ油を油濾し紙でろ過をしています。山菜は木灰や重曹を加えてアルカリ性の湯で茹でると、渋味が取れて美味しく食べられますが、渋味は酸性の物質によるものなのでしょうか。ラーメンに欠かせないラー油は唐辛子の匂いと色と辛味を油に溶け出させたもので、抽出という化学実験の基本的な手法と同じです。葡萄の汁で赤色に斑点の着いた布巾は石鹼で洗うとリトマス試験紙のように青色に変わります。目的は違っていても、料理は知らず知らずのうちに化学実験と同じことをしているのです。食器棚の隅には重曹(炭酸水素ナトリウム)や鉄明礬(硫酸鉄アルミニウム)や化学調味料(グルタミン酸ナトリウム)などの化学薬品が並んでいるばかりでなく、塩も砂糖もお酢も考えてみれば化学薬品の一種なのです。

### 空腹は最良の調味料

人間は草食系の男性でも肉食系の女性でもみな雑食動物ですから、種々の食べ物を食べて生命の維持をするための活力となる栄養にしています。人間をはじめ全ての生物の細胞は全重量の70%が主成分の水で、15%の蛋白質のほか、残りの15%は脂肪やDNAやRNA

やミネラルなどの物質でできています。これらの蛋白質や脂肪もそのままの形で摂取することができませんから、食べ物中の蛋白質や脂肪を体の中で変化させて必要な形に組み替えて人間の身体に作り上げています。

人間の基本的な味覚が西欧では酸っぱい、甘い、苦い、塩っぱいの4味と考えられてきましたが、東洋では酸っぱい、甘い、苦い、塩っぱいのほかに旨いの味が加わった5味と考えられています。身体の水分が不足すると渇きを感じて本能的に水を飲むように行動します。身体から塩分が不足すると塩っぱいものが美味しくなりますし、長時間の運動や重労働で身体の各部の活力が不足するときには、ブドウ糖を必要としますから、甘いものが食べたくくなります。身体の活力となる炭水化物や構成素材となる蛋白質や脂肪の不足を補うように味覚や嗅覚や視覚が刺激して、本能的に食欲を促しています。

肉や魚に含まれるアミノ酸は旨味成分として味覚を刺激し、蛋白質が食べたくなるように食欲を促します。そのため料理をする人間によって旨味に関して色々な工夫がなされ、旨味成分の水溶液は出し汁と呼ばれて料理の要とも考えられてきました。近代化学の進歩と共に、旨味成分の研究がなされるようになり、池田早苗博士が昆布や干し椎茸の出し汁や醤油の旨味成分がグルタミン酸ナトリウムをはじめとする $\alpha$ -アミノ酸であることを見出しました。

ブドウ糖の二酸化炭素への酸化反応において鍵となるアセチル補酵素 A も、この反応で生じるエネルギーを配送する運び屋の役目を担う ATP も主役の原子団はアデニンです。また、DNA と RNA は約 7%の重量比で細胞中に必ず含まれており、遺伝情報など生物に個性を与えるすべての情報の記憶と伝達の働きをしています。この DNA と RNA はアデニンとグアニンとシトシンとチミンとウラシルの 5 種類の核酸塩基が結ばれる原子団の並び方で膨大な情報を記憶と伝達をしています。このように DNA と RNA は 5 種類の核酸塩基の並ぶ順序により、生物の 38 億年わたる発生以来の進化の歴史を表現し記録と伝達をしていますから、人間にとってこれらの核酸塩基、中でもアデニンは人間にとって欠くことのできない重要な物質です。

このアデニンは人間の体内で数種のアミノ酸から種々の酵素の働きでイノシン酸を中間の物質として生合成されていますが、元気に成長し活動する時にはイノシン酸を多量に必要としますから、人間自身が生合成するだけでなく多くの食物からも摂取しています。小玉新太郎博士は鰹節の出し汁からこのイノシン酸が旨味成分であることを見出しました。イノシン酸が人間にとってこのように極めて重要な必須の栄養素ですから、好んで食べて体内に摂取したがるように、好ましい味に感じられるように旨味の味覚ができています。

このように身体の活力や構成素材となる物質の不足を補うために、本能的に味覚や嗅覚や視覚が脳を刺激して、美味しく食べ物を食べられるように食欲を増進します。食べ物の供給が遅れて空腹になったときには、本能が目覚めて味覚や嗅覚や視覚が鋭敏になり、食べ物を美味しく食べることができます。近年の飽食の時代には、活力や構成素材となる物質の不足することがほとんどなくなりましたが、食欲を増進するために味覚や嗅覚や視覚

が食べ物を美味しくする本能は人間に残っています。古くから「空腹は最良の調味料」という言葉があります。

## さしすせそ

従来、西欧では人間の感じる基本的な味覚は酸っぱい、甘い、苦い、塩っぱいの4味と考えられてきました。日本では料理をするときに最も大切なものはさ、し、す、せ、その5つの味とされてきました。多少語呂合わせもありますが、さは砂糖、しは塩、すは酢、せは醤油（旧仮名遣いではせうゆと書きます）、そは味噌を指し、酸っぱい、甘い、苦い、塩っぱいのほかに旨いの味が加わっています。これらの種々の味は味覚物質が水に溶けて口の中に入り、舌の味覚を感知する部分に接触したときに味覚として感じられます。水に溶け込んでいる味覚物質の濃度が高いほど、舌の上の味覚を感じる部分と接触する確率が高くなりますから、味を強く感じるようになります。しかし、舌の上の味覚を感じる部分の数と感度には限界がありますから、味覚物質の濃度がある値よりも高くなっても、より強い味覚を感じなくなって飽和してしまいます。

甘味を感じさせる味覚物質は砂糖やブドウ糖に代表される糖類ですが、これらの甘味成分はでんぷんが分解するときに生成します。でんぷんは動物にとって最も重要な栄養素ですから、この栄養素を動物が好んで食べたがる好ましい味に感じられるように味覚ができています。また、動物にとって食塩は必須のものであり食べ物と共に摂取しなければなりません。体内のイオン濃度の平衡を壊すために過剰の摂取は危険を伴います。ナメクジばかりでなく、約200gの塩化ナトリウムを一度に食べると約半数の成人が命を落とすと報告されています。人間は食塩を口の中で感知したときに好ましい味覚の塩っぱいと感じますが、高い濃度の食塩に対しては強過ぎる塩っぱさになり、好ましくない味覚となります。揚げ物などに食塩を振り掛けて固体として味を付ける場合には、細かい粒のものでは口の中で一瞬の内に溶けてしまうために、塩辛さが強くなりすぎて良い味になりません。粒の粗い結晶状の食塩を振り掛けると、口の中で徐々に解けてゆくために深い味わいの塩味に感じられます。食塩ばかりでなく、醤油や味噌には多量の食塩が含まれていますから、これらを食べても塩っぱい味を感じます。古く料理の味を調えるために塩と梅の酢を用いていたことから、食べ物の味加減を調えることを塩梅（あんばい）といい、よい味加減の基本は塩の適量によることを意味しています。

酸味を感じさせる味覚物質は酢酸やクエン酸などの酸類で、お酢は酢酸の約3%水溶液ですが、台所にある物質としてはかなり強い酸性を示す物質と思われます。例えば、お酢は鶏の骨や卵の殻を溶かすばかりでなく、コンクリートでも少し溶かすほどに強い酸性の物質です。真珠の指輪をしてお酢を使ったお料理をすると真珠の表面が溶けてしまい輝きを失うことがあります。

人間は鋭敏な自己防衛のための能力を失いつつありますが、多くの動物は毒性の物質を体内に取り込まないような本能的な自己防衛の能力を備えています。蛋白質やでんぷ

んが腐敗するときには、種々の毒性の物質を生産することがあります。同時に蛋白質やでんぷんが腐敗するときには腐敗臭を発すると共に食べ物の味はしばしば酸っぱくなったり苦くなったりします。そのために、酸味と苦味を不快な味覚と感じて、人間は本能的に自己防衛をしてきました。しかし、豆腐を作るときに用いられるマグネシウム化合物も、毒性を示す多くのアルカロイド化合物も苦味を示すことから分かるように、苦味を感じさせる味覚物質は多種多様であり統一的に毒性と結び付けて考えることが出来ません。苦味を感じさせる物質にも毒性を示さない物質が多く知られていますし、酸味や苦味を示さない毒性物質も沢山あります。動物的な本能により、味覚の未発達な子供たちはあまり強い酸味と苦味を好みませんから、母親の乳首にキニーネなどの苦味物質を塗って母乳で育った乳児の乳離れを早めることがしばしばあります。成人して味覚が発達するほど酸味や苦味を好むようになり、夏の夕暮れには限りなくビールを飲みたくなります。

酸っぱい、甘い、苦い、塩っぱいの味覚を感じさせる物質が水溶液となって口の中に入り、味覚を感知する部分に接触したときに味覚として感じられます。これらの種々の味覚を感じさせる物質は水によく溶けますから、非常に鋭敏に非常に繊細に食事を楽しむことができます。

## 料理は人間の根源的な文化

食べ物に含まれる蛋白質や脂肪もそのままの形で摂取することができませんから、食べ物中の蛋白質や脂肪を体の中で変化させて必要な形に組み替えて人間の身体を作り上げています。この組み替えの過程では蛋白質がアミノ酸へ、脂肪が脂肪酸とグリセリンへ体内で一度分解しますが、この分解は水が関与しますから加水分解と呼んでいます。蛋白質や脂肪が加水分解して生成するアミノ酸や脂肪酸やグリセリンは腸で吸収され、血管を通して身体の各部に運ばれそこで再び蛋白質や脂肪に作り上げられます。

蛋白質はあまり水に溶けない物質で、室温の水の中でアミノ酸に加水分解するためにはかなり長時間を要します。シチューを作るように温度を上げてぐらぐら煮れば多少は分解の時間が短縮されますが、それでも実際的でないほど長時間を要します。胃の中はかなり強い酸性になっていますから、蛋白質を食べますとある程度は加水分解しやすい条件になっています。しかし毎日三度三度の食事を摂る生活の周期を考えますと、人間は蛋白質を食べて半日ほどの間に完全に加水分解してアミノ酸として体内に取り込み、消化器官を空にして次の食事に備えなければなりません。そのためには胃の中を酸性の環境に保つだけでは間に合いません。実際、人間は消化器官でキモトリプシンなどの種々の消化酵素を出して、蛋白質のアミノ酸への消化分解を早めています。さらに、短時間に加水分解を完成させるためには蛋白質や脂肪が消化酵素とよく混ざらなければなりませんから、食べ物を良く噛み、胃腸を動かします。本能として人間はこのように食べ物として食べた蛋白質や脂肪を消化して必要な形に組み替えて身体に作り上げています。

さらに、文明生活を営む人間は包丁などの道具を用いて食べ物の食べ難い部分を取り除

き、切ったり、細かく刻んだり、固めたり、加熱してあらかじめ部分的に加水分解したり、**さしすせそ**を加えて味を調えたりします。また、食べ物を干したり、漬けたり、燻したり、腐らせたりとさまざまな技法を用いて変形します。料理とはこのように食べ物を食べ易く消化し易い形に変形し、味を調えて食欲を促すための作業ですから、人類が始めて文明を持って以来永年の間に培った根源的な文化であると思われます。ターザンや雪女のように森や雪山の中で衣服を纏わずに生活しても何とか生きてゆけますが、食べ物を食べなければ生命の維持も儘なりません。母親は子供を育てるために毎日長い時間と多くの手間を掛けて食べ物を料理してきましたから、**お袋の味**こそ料理の原点と思われます。しかし近年、日常生活が忙しくなってきましたから、料理に長時間を費やすことのできない人が多くなり、簡単で短時間に口にできる食べ物を作るようになって来ました。IH ヒーターや電子レンジなどのような技術革新により確かに省力化することが可能になってきましたが、生活様式が変わっても蛋白質や脂肪の変化に大きな影響を与えるとは思えませんから、次第に**お袋の味**が失われてゆくのではないのでしょうか。

近代化学の技術や知識は 200 年の歴史しか持っていませんが、この未熟な技術や知識を用いて人類発生以来の根源的な料理の技法や知識を見直すことも意味のあることかと思えます。力不足ながら化学の研究を続けてきた講師がこの料理を見直すことに挑戦しようと思えます。

## お料理教室 第2回 体内での食べ物の変化

### 化学反応は恋愛ゲームの如し

お互いに全く見ず知らずの A 子さんと B 君が幸せに結ばれるまでの過程を思い浮かべてみてください。この 2 人の関係は A 子さんが B 君と出会うことで始まりますが、2 人が近所に暮らしていれば出会う機会が多くなります。また、二人の通う道が同じであったり、乗る電車が同じであれば出会う機会も多くなります。同じ職場や学校に属していればさらに出会う機会は増すでしょう。少人数のサークルなどに入ればおのずから 2 人は出会うこととなります。逆に A 子さんが仲良しの女性の友達といつも一緒に行動しているとその周囲に小さな社会ができてしまい、B 君との出会いは大きく制限されてしまうでしょう。婚活の第 1 段階は積極的に一人でパーティーやスポーツクラブに参加して新しい出会いの機会を持つことです。

物質 A と物質 B の化学反応も 2 人の関係と同じで、両物質が出会わなければ始まりません。物質 A と物質 B を同じフラスコの中に入れたときに始めて両物質が衝突して反応は開始します。しかも多くの両物質を小さなフラスコの中に入れますと両物質が衝突し易くなりますから、反応は速やかに開始されます。逆に物質 A が固体の状態で固まっていますと物質 B との衝突は物質 A の表面でしか起こらず塊の内部では起こりませんから、反応は極めて遅くなります。

友達の紹介や遊びや勉強で一緒に行動することは大いに二人の距離を近づけると思われます。偶然に A 子さんと B 君が電車の中で向かい合って座ってもほとんど何も起こりませんが、A 子さんと B 君が小洒落たレストランで向かい合って食事をすれば、2 人の関係は一步前進するでしょう。A 子さんも B 君も積極的に熱烈に行動すれば、二人の関係は急速に近付くと思われます。このとき、A 子さんと B 君の間の相性が合わなければ二人の行動はちぐはぐになり、2 人の関係はそれ以上には進展しません。単に教養を高めるために講師の甥は会社勤務の傍ら語学教室に通っていましたが、毎々のドイツ語の教室が彼の婚活を成功させたようでめでたく結婚しました。婚活の第 2 段階はきっかけのできた二人が積極的に行動することでしょう。物質 A と物質 B の間にも相性が有りますから、両物質が近付くと互いに反発し、結果として反応の起こらないこともあります。また、物質 A と物質 B に対して酸性度などの環境を整えますと反応が進行しますし、フラスコを掻き回したり、物質の温度を高くすることは物質 A と物質 B の動きを活発にし、頻繁な両物質の衝突を引き起こしますから反応を容易にします。さらに、反応の仲立ちとなる触媒が関与しますと反応は劇的に早まります。

出会いがあり、行動を共にするようになった二人は将来の幸せを考えるようになり、二人が結び付くことにより幸せが期待できる場合にのみ 2 人の関係はさらに進展します。最後に、家族や友達の忠告や激励により決断が下され、2 人の関係は完結されます。婚活の

第3段階は将来を見据えて決断することでしょう。物質Aと物質Bの化学反応においても、全体として反応前よりも反応後の方が安定な場合には反応が進行しますが、不安定になる場合には反応は停止してしまいます。そして、物質Aと物質Bの間に反応が始まれば、物質Aと物質Bの反応は持続し、一方の物質が完全に無くなったときに反応が完結します。例えば、固体のろうそくは空気中に置いておいても変化しませんが、火を点けますと燃え始めて、ろうそくが無くなるまで燃え続けます。このとき、ろうそくは火を点けることにより気化して空気と衝突しますから反応を開始し、二酸化炭素と水に変化することによりエネルギー的に安定化します。

このように見てくると、物質Aと物質Bの間に起こる化学反応はA子さんとB君の間の恋愛ゲームと非常に良く似ていますから、婚活の作戦を練る心算で化学反応を簡単に考えれば良いように思います。

## 蛋白質からアミノ酸への消化

人間は雑食動物ですから、種々の食べ物を食べて生命の維持をするための活力となる栄養にしていますが、その栄養は肉や豆類などの蛋白質、パンやご飯などの糖質、バターやオリーブ油などの脂肪の3種類に大別されます。しかし、これらの蛋白質や脂肪や糖質もそのままの形では体の中に摂取することができませんから、体の中で変化させて必要な形に組み替えて、生命活動の活力にしたり人間の身体に作り上げています。この組み替えの過程では蛋白質がアミノ酸へ、脂肪が脂肪酸とグリセリンへ、糖質は主にブドウ糖へ体内で一度分解しますが、この分解は水が関与する化学反応ですから加水分解と呼んでいます。蛋白質や脂肪が加水分解して生成するアミノ酸や脂肪酸やグリセリンは腸で吸収され、血管を通して身体の各部に運ばれそこで再び人間の身体を構成する蛋白質や脂肪に作り上げられます。また、糖質が加水分解して生成するブドウ糖も腸で吸収され、血管の中を血液とともに運ばれ、配達された各部で酸化されます。このとき放出されるエネルギーが体温を上げたり各種の運動をするための活力になります。

大豆や牛乳や豚肉などに含まれる種々の蛋白質を水と反応させて分解しますと、蛋白質の種類により個々に含まれる割合は異なりますがグルタミン酸などの22種類のアミノ酸が生成してきます。しかし、この蛋白質の加水分解は室温の水の中では非常にゆっくりした変化で、反応が完結するまでに3000年以上も掛かります。温度を上げてぐらぐらと掻き混ぜるように煮れば反応の時間が約20%短縮されますが、それでも実際的でないほど長時間を要します。環境を酸性あるいは塩基性に変えますと蛋白質の加水分解は飛躍的に加速されます。家庭では馴染みの薄い薬品ですが、塩酸を加えて煮ますと蛋白質は数時間程度で簡単にほとんど加水分解してしまいます。講師は小学校の理科の実験室で、大豆の煮汁に塩酸を加えて1時間ほど煮る実験をした覚えがあります。得られた溶液は塩酸の強い酸性を示していますから、水酸化ナトリウムで中和しますと、塩酸と水酸化ナトリウムから食塩が生成して、台所にある醤油と化学的にはほとんど同じアミノ酸の溶けた塩水になり

ます。理科の先生はこれをアミノ酸醤油と呼び、大丈夫だから舐めてみてごらんとおっしゃったので恐る恐る試しましたが、台所と理科の実験室が非常に近いことに驚き、小学生なりに不思議な気持ちになったことを覚えています。

人間は食べ物を食べて半日ほどの間に完全に消化してして栄養として体内に取り込み、胃腸を空にして次の食べ物が食べられるように準備しなければなりません。人間が蛋白質を食べますと、胃の中はかなり強い酸性になっており、ある程度は加水分解しやすい条件になっていますが、36℃前後の人間の体温ではぐらぐら煮ることができませんから、このような酸性条件だけでは消化が人間の生活の周期に間に合いません。実際、人間は消化器の随所でキモトリプシンなどの種々の消化酵素を出して、蛋白質のアミノ酸への加水分解を早めています。食べ物は多くの場合に固体の状態ですから、消化器の中に入っても蛋白質は酸や消化酵素と食べ物の表面でしか衝突できません。そのため、人間は口の中で食べ物を細かく噛み砕いて食べ物の表面積を大きくし、酸や消化酵素と良く混ざるように消化器は食後に大いに扇動します。さらに、文明生活を営む人間は包丁などの道具を用いて食べ物の食べ難い部分を取り除き、切ったり、細かく刻んだり、潰したり、粉に挽いたりして消化し易い形に変形します。また、加熱したり、微生物の援けを借りたりして、食べ物をあらかじめ部分的に加水分解しています。

消化し難い食べ物をあらかじめある程度加水分解をするように多くの料理法が用いられていますが、その殆どは高温にして反応を促進する方法です。温暖な地方で生育されているパパイヤには蛋白質を加水分解するパパインと呼ばれる酵素が含まれています。このパパインは 60~90℃の高温で酸性でも中性でも塩基性においても、重量比が約 3%ほどの少量で、油の少ない肉を消化する酵素の活性を持っています。そのため、パパイヤの果実を食材として加えたシチュウやソースを作りますと、その果物の甘味が絶妙の味わいを引き出しますが、同時に肉類を柔らかくする働きをします。このパパインはパパイヤの種から比較的高い純度で取り出すことが出来ますから、肉類を柔らかくする粉末の調味料のテンドライザーとして米国では市販されています。歯の立たないほどに硬い牛肉に塩や胡椒と同じように、このテンドライザーを振りかけて料理しますと、格段に柔らかくあたかも高級な牛肉のようなステーキに焼きあがります。

## 半熟卵と温泉卵

蛋白質は水の中で煮ていますと 22 種類のアミノ酸に分解することから、沢山のアミノ酸が鎖状に結ばれた分子で構成されていると考えられます。その蛋白質の長い鎖はくねくねとねじれています。蛋白質は鎖状に結ばれているアミノ酸の種類により、その鎖のねじれ方が異なってきますから、当然分子の形も違ってきます。消化器の随所で分泌しているキモトリプシンなどの種々の消化酵素は食べ物の加水分解を飛躍的に早めるなどの非常に複雑な機能を持つ蛋白質で、それぞれ特別の分子の形をしています。蛋白質の性質や機能がその蛋白質の分子の形により現れますから、構成するアミノ酸の並び方、部分的に持

つ酸性や塩基性などの化学的性質、蛋白質の鎖のつながり方などが大きく影響を与えます。

システインは分子の中に硫黄-水素結合（メルカプト基）を持つアミノ酸で、近くに別のシステインのメルカプト基があると、容易にシスチンに酸化されて硫黄-硫黄結合を形成して結びつきます。蛋白質には其処此処にシステインがありますから、これらは互いに結びついてシスチンになり、蛋白質の長い鎖は橋架け構造を作ります。また、蛋白質を構成しているアミノ酸の中には、アスパラギン酸やグルタミン酸のように分子の中に酸性部分を持つ酸性アミノ酸とリジンやヒスチジンのように分子の中に塩基性部分を持つ塩基性アミノ酸が含まれています。これらのアミノ酸の酸性部分と塩基性部分が近接するときには、当然弱いながらも酸と塩基の間の相互作用が働きますから蛋白質のくねくねした長い鎖を 3 次元的に固定する働きをします。蛋白質はくねくねとねじれていますが、さらに、シスチンの橋架けや酸性アミノ酸と塩基性アミノ酸の間に働く相互作用により蛋白質の分子の形は 3 次元的に固定されています。先に挙げたキモトリプシンの例でも分かりますように、蛋白質の分子の 3 次元的な形はその化学的性質に反映し、種々の機能を持って働きます。

このように性質や機能に大きな影響を与える蛋白質の分子の 3 次元的な形は構成するアミノ酸の並び方、くねくねした鎖のねじれ方、シスチンの橋架け、酸性の部分と塩基性の部分との間に働く相互作用などにより安定に固定されています。蛋白質は水の中で加水分解するためには 3000 年以上もかかりますから、アミノ酸の並び方が変化したり切れたりすることは容易ではありません。シスチンの橋架けを切断するためには還元剤が必要で、通常の状態では橋を壊すことも困難です。しかし、蛋白質の長い鎖のくねくねしたねじれ方は多くの場合に 60~70℃で変化しますから、蛋白質の性質や機能にも変性が起こります。約 36℃に保たれている人間の消化器の中では、種々の酵素が最も効率的に機能し食べ物を速やかに加水分解する助けをしますが、煮たり焼いたりして温度を高くしますと酵素は変性してその機能を失ってしまいます。

このような蛋白質の性質や機能の変性する温度は、蛋白質の種類や分子の形の違いにより若干異なります。鶏の卵は卵白の蛋白質が比較的高い温度で変性して固まりますが、卵黄の蛋白質は卵白のものよりも低い温度で変性して固化します。卵を 100℃に温めると、外から徐々に温められてゆきますが、卵の中では熱の伝導があまり早くありませんから、3 分程度の短時間では卵黄を変性するほど暖めることが出来ません。結果として、卵白は変性して固まりますが、卵黄の蛋白質の変性は十分に完了していないために、卵黄は半分ほどしか固まらず、卵は半熟卵の状態です。さらに、100℃で加熱を続けると卵黄の蛋白質も完全に変性しますから、卵白の蛋白質も卵黄の蛋白質も硬くなり 10 分ほどでゆで卵になります。

各地には点々と温泉がありますが、噴気孔のように蒸気が吹き上げているところでない限り、かなり高温の温泉でも 50~60℃の温度の温泉が多いように思います。このように沸

騰水に比べると低い温度の湯の中に長時間浸した卵は、卵全体が中まで 50~60℃の温度で温められます。卵黄の変性温度は比較的低いいためこの条件でも固まりますが、卵白は変性温度に達しませんからあまり固まりません。結果として半熟卵と全く反対に、温泉で温めた卵は中が硬く外側が柔らかい温泉卵になります。このことを知っていますから、適当な温度のお湯を発泡スチレンの箱の中に入れ、その中に卵を浸しておきますと 1 時間ほどで温泉卵を簡単に作ることができます。

牛肉も豚肉も鶏肉も、食肉の蛋白質は何れも約 70℃で変性しますが、そのとき蛋白質は硬くなるばかりでなく保水力が低下します。そのため肉のみずみずしさが減って食感が悪くなります。ローストビーフなどのように肉の大きな塊を焼く場合には、変性しても中の水はあまり外側に漏れ出すことがありませんから、比較的味や食感を保つことが出来ますが、ひき肉は加熱しすぎますと水分を失ってしまいます。ハンバーグを料理するときはこの点に注意する必要があると、カミさんが教えてくれました。温度を高くすることにより蛋白質の分子の形が変化しその性質や機能も変性しますから、適当に変性させたりアミノ酸まで分解することで蛋白質を含む食べ物を料理しています。

## 大豆の蛋白質を苦汁で変性させた豆腐

性質や機能に大きな影響を与える蛋白質の分子の 3 次元的な形は構成するアミノ酸の並び方、くねくねした鎖のねじれ方、シスチンの橋架け、酸性の部分と塩基性の部分との相互作用などにより安定に固定されています。蛋白質を水の中で加熱しても加水分解は簡単には起こりませんから、アミノ酸の並び方が変化したり切れたりすることは容易ではありません。シスチンの橋架けを切断するためには還元剤が必要で、通常では橋を壊すことも困難です。蛋白質の長い鎖のくねくねしたねじれ方は多くの場合に 60~70℃で変化しますが室温付近の温度ではこの変化もあまり起こりません。しかし、酸性の部分は塩基性物質により中和されて酸性を失いますし、塩基性の部分は酸性物質により中和されますから、塩基性を失います。そのために酸性の部分と塩基の部分の間に働く相互作用は周囲の酸性度の変化により大いに変化します。

塩基性アミノ酸はあらゆる蛋白質に平均的に含まれていますが、卵や魚肉や穀物の蛋白質では酸性アミノ酸を殆ど含んでいませんから、これらの蛋白質の分子が持つ 3 次元的な形の安定化は酸性部分と塩基性部分の間の相互作用により余り大きく影響されません。しかし、牛乳や豆類の蛋白質には酸性アミノ酸が多く含まれていますから、蛋白質の分子の 3 次元的な形の安定化に酸性部分と塩基性部分の間の相互作用が大きく影響を与えています。このような蛋白質の分子の形が酸性部分と塩基性部分の間の相互作用により強く固定されている蛋白質では、周囲の酸性度の変化や金属イオンの存在がその蛋白質の性質や機能に大きな変化をもたらします。

酸性アミノ酸を含む蛋白質では塩基性の金属イオンと反応すると、結合しているカルボン酸がその金属塩に変化します。特に、マグネシウムやカルシウムのイオンは 2 価の金属

イオンですから、金属塩になって水に溶け難くなるばかりでなく、2つのカルボン酸を結び付ける働きをし、蛋白質の変性を引き起こします。大豆の蛋白質はグルタミン酸を多く含んでいますから、豆乳と呼ばれるその懸濁液に塩化マグネシウムを加えますと変性が起こり凝固してきます。ここで凝固した固体は豆腐と呼ばれ、暑い夏の冷ややっこも寒い冬の湯豆腐も講師の大好物です。海水から食塩を取り除いた苦汁と呼ばれるかすの中には、塩化マグネシウムや塩化カルシウムが多量に残りますから、これを豆乳に加えて古くから豆腐が製造されてきました。しかし、塩化マグネシウムが名前からも分かるように若干苦味を伴いますから、近年は塩化カルシウムで凝固させた豆腐が広く作られています。

卵豆腐は卵を豆腐のように柔らかく固めたものですが、卵には酸性アミノ酸が殆ど含まれていませんから、苦汁で固める方法は適用できず、ゆで卵のように熱を加えて卵の蛋白質を変性させて作ります。また、胡麻豆腐はすりごまを葛と呼ばれるでんぷんで固めたものですから、卵豆腐も胡麻豆腐も豆腐もどきと云うべきものでしょう。豆乳や牛乳のように酸性アミノ酸を多く含む蛋白質は酸性にしてもマグネシウムやカルシウムのイオンを加えても変性しますから、原料の食材とは異なる形の豆腐やヨーグルトなどの食材として食生活を豊かにしています。

## 牛を食べると豚になる

牛肉の蛋白質も豚肉の蛋白質も大豆の蛋白質も22種類のアミノ酸が結ばれた物質ですが、それらのアミノ酸の種類や結ばれ方はその蛋白質の機能により異なります。牛肉は牛の筋肉ですから強い繊維の性質を持つ蛋白質で、あらゆる蛋白質に比較的多く含まれているグリシンやアラニンなどのアミノ酸で主に構成されています。また、牛乳に含まれる蛋白質は主として水と仲の良いアミノ酸で構成されていますから乳脂肪を乳化する働きをしています。同じように、人間の身体を作っている蛋白質にも筋肉や内臓や毛髪などそれぞれの機能に応じて、構成するアミノ酸の種類にも結ばれ方にも違いがあります。

このように食べ物の中に含まれる蛋白質は種々の特性を持つ22種類のアミノ酸で構成されており、それぞれその種類も割合も結ばれ方も異なっていますから、栄養として吸収してもそのままでは人間の身体を形作る蛋白質にはなりません。そのため、人間は種々の蛋白質を栄養として食べ、胃の中でキモトリプシンなどの消化酵素の助けを借りて全てアミノ酸に分解します。腸で吸収されたアミノ酸は血管を通過して各部に配達され、そこで人間の身体に必要な蛋白質として組み直されます。蛋白質の加水分解とアミノ酸からの蛋白質の形成反応は双方向に容易に進行する平衡反応で、消化酵素はこの両方向の反応を早める触媒の働きを持っています。血管を通して配達されたアミノ酸は筋肉の中にある酵素の働きにより速やかに蛋白質を形成して筋肉になります。逆に、食べ物の摂取がままならず体内のアミノ酸が不足すると、筋肉などの蛋白質はアミノ酸に加水分解されて、よりアミノ酸を必要とする部位に供給されます。結果として筋肉はアミノ酸の貯蔵庫になり、アミノ酸の不足により筋肉が痩せていきます。人間の身体の中で起こる蛋白質の変化を総括し

ますと、牛肉を食べ過ぎると豚のように太ってしまうことになり、このことを端的に表現しますと「**牛を食べると豚になる**」と云う講師の家の格言になります。

骨と骨の間で衝撃を和らげる役目をする軟骨は、人間にとっては極めて大切な部品ですし、肌を若々しく保つためには、皮膚の新陳代謝を活発にすることが大切です。また、血管やリンパ管の張力が減少して硬化しますと、それらの管の破裂損傷による循環器系の疾患を引き起こします。これらの軟骨や腱や靭帯や皮膚や血管などを形作っている張力の大きい繊維状の蛋白質はコラーゲンと呼ばれ、ヒドロキシプロリンなど3種類のアミノ酸で主に構成されています。このようにコラーゲンは大切な蛋白質ですが、筋肉などを構成している通常の蛋白質にはヒドロキシプロリンがほとんど含まれていませんから、肉類や豆類などの食べ物からこのヒドロキシプロリンを摂取することは容易ではありません。通常の蛋白質が消化されてアミノ酸に加水分解されるように、牛のすじ肉や鶏の皮や軟骨などに多く含まれるコラーゲンもヒドロキシプロリンなどに分解してゆきます。このヒドロキシプロリンなどが体内で、コラーゲンに再生されて、軟骨や腱や靭帯や皮膚や血管などを形作ってゆきます。コラーゲンからはコラーゲンを再生しますが、他の多くの蛋白質からはコラーゲンを体内で形成するためには多くの反応を要します。食べ物を化学的に考えてゆきますと、すじ肉やニコゴリやホルモン料理や鶏の皮などのコラーゲンを多く含む食べ物は腰や膝の痛みを抑え、お肌の美容に良い効果を齎すものと推定されます。

## 消化器は矛盾だらけの器官

地球の自転周期に合わせて、人間は食べ物を食べて半日ほどの間に完全に消化して栄養として体内に取り込み、空腹にして次の食べ物が食べられるように準備しなければなりません。人間が蛋白質を食べますと、強い酸性条件のもとで種々の消化酵素の援けによりアミノ酸への加水分解を早めます。さらに、口の中で食べ物を細かく噛み砕き、酸や消化酵素と良く混ざるように消化器は食後に大いに扇動します。このようにして、人間ばかりでなく多くの動物は食べた蛋白質を非常に短時間に加水分解してアミノ酸として体内に吸収しています。

ウイナーソーセージは羊の腸に豚の挽き肉を詰めて作りますし、フランクフルターは豚の腸に豚の挽き肉を詰めて作ります。また、牛の腸に肉を詰めたソーセージは太さが10cm以上にもなりますが、いずれも張力の強い繊維状の動物の消化器を包装材として形作った食べ物です。また、牛や豚の消化器をくしに刺して焼き鳥風に炭火で焼いた物はホルモン焼きと称して赤提灯の代表的なメニューですし、博多から流行りだしたモツ鍋も牛や豚の消化器を野菜とともに鍋料理にしています。このようにモツと呼ばれる牛や豚や鶏の消化器はコラーゲンを多く含む蛋白質でできていますから、美容と健康に非常に適した食材です。

講師が長年にわたり籍をおいていました化学の研究室では、化学薬品と全く反応しないガラスを素材とするフラスコの中で、種々の化学薬品を混ぜて掻き回したり温めたりして

化学反応を起こさせてきました。反応容器の役割を果たすフラスコは反応に全く関与することがありませんから、化学薬品だけが反応しフラスコは損傷することがありません。これに対して、人間の消化器は食べ物を水と反応させて分解する反応容器の役割をしていますが、多くの動物の消化器と同じように、人間の胃や腸などの消化器の素材もコラーゲンを多く含む蛋白質です。

肉や魚や豆類などの食べ物には多くの蛋白質を含んでいますが、これらの食べ物を消化して分解する反応容器が同じ蛋白質でできています。反応する物質と反応容器が同じ素材ですから、食べ物を消化するときにはそのフラスコに相当する消化器も消化してしまう極めて矛盾した機構になっていると思われれます。創造主が作り出した人間をはじめとするすべての生き物は極めて合理的に極めて絶妙に創り上げられています、多くの動物の消化器は例外的に矛盾を含んだ組織になっています。そのため、消化作用には全く関係のない精神的な負担に対しても、消化器は胃潰瘍などの損傷を起こしやすい極めて脆弱な器官になっています。

動物を丸呑みした大蛇が蛇含草（別名オヘビイチゴ）を食べると即座に食べた物を消化するという言い伝えをもとに、そばの大食い競争をした清兵衛さんがこの蛇含草を食べてそばを消化しようとしたところ、清兵衛さんが消化されてしまい、そばがとぐろを巻いて羽織を着て座っていたという内容の「そば清」という題の古典落語があります。この噺を化学的に考えるならば、蛇含草は蛋白質を消化する極めて有効な消化酵素を持っていますが、そばなどの糖質に有効な消化酵素を全く含まないこととなります。創造主の作った矛盾に満ちた組織を笑った噺のようです。

## 牛はじっくり寝かせてから食べる

消化器で消化されて体内に吸収されたアミノ酸は血管を通して各部に配達され、そこで人間の身体に必要な蛋白質として組み直されます。蛋白質の加水分解とアミノ酸からの蛋白質の形成反応は双方向に容易に進行する平衡反応で、消化酵素はこの両方向の反応を早める触媒の働きを持っています。配達されたアミノ酸は筋肉内にある酵素が触媒になって速やかに筋肉の蛋白質を形成します。逆に、食べ物の摂取がままならず体内のアミノ酸が不足すると、筋肉などの蛋白質は加水分解しアミノ酸として、よりアミノ酸を必要とする部位に供給されます。牛も豚も鶏も人間と同じように、栄養として吸収したアミノ酸が血管を通して配達されてきますと、筋肉には酵素がありますから新たに筋肉になって行きます。これらの酵素は複雑な一種の蛋白質ですから、生命活動が停止しても、その化学的性質を失うことはありません。当然、生命活動の停止により血管を通してのアミノ酸の供給が停止した筋肉では、蛋白質の加水分解によるアミノ酸への分解が始まります。動物の死後に起こるこの分解反応は決して早いものではありませんが、徐々に肉体は加水分解されて水に溶けるアミノ酸となって自然に帰ってゆきます。これが自然の摂理です。

人間は食用の牛や豚や鶏などの動物を屠殺して血液を除き、内臓などの各部位を分け除

きます。食用肉となる筋肉の中には酵素がまだ残っていますから、肉の中では蛋白質の加水分解が始まります。牛肉の蛋白質が酵素によりアミノ酸に一部分解し旨味成分が増すために、牛肉は屠殺したての新鮮なものよりも長時間熟成させて、多少色が赤黒く変色しかけたときが食べごろとされています。このとき、食べ物と酵素の反応もA子さんとB君の恋愛ゲームのようなものですから、冷蔵して温度の低い状態にしますと酵素は機能を失いませんが加水分解の速さは約90%まで遅くなります。大阪教育大学食物学研究室の竹井教授らは、4℃で牛肉を8~10日、豚肉を3日、鶏肉を6~12日熟成させたときに、旨味成分のアミノ酸が最も肉の中に増加すると報告しています。特に、代表的な旨味成分のメチオニンは豚肉を6日間熟成させたときに約3倍まで増加すると報告しています。新鮮な肉は旨味が少なく、長時間熟成させて十分に肉の中の酵素により蛋白質を加水分解してもらい、旨味成分が溜まった時期が肉の食べごろです。昔からの言い伝えは「食べてすぐ寝ると牛になる」ですが、食肉を化学的に考えますと「牛はじっくり寝かせてから食べる」のようです。

## でんぷんを消化してブドウ糖へ

植物は生命活動を維持するために多くのブドウ糖が繋がった糖質を利用していますが、その繋がり方には $\alpha$ 型と $\beta$ 型の2種類があります。人間の持つ消化酵素は糖質の種類にはほとんど関係なく、 $\alpha$ -型に繋がったものみの加水分解を速め、 $\beta$ -型に繋がった糖質の分解をほとんど速めることはありません。でんぷんは米や麦や芋やトウモロコシなどが栄養として溜め込んでいる糖質でブドウ糖が $\alpha$ 型に繋がった大きな分子ですから、これらのでんぷんは容易にブドウ糖に加水分解されます。口の中で唾液中に含まれる酵素が働いて一部分解されますから、ご飯を良く噛み砕いていますとでんぷんの分解反応が進行して若干ながら甘味を感じます。さらに、再び小腸で酵素と反応してブドウ糖まで分解してゆき体内に吸収されて栄養になります。

人間の食べ物の中には種々の糖質が含まれていますが、砂糖は容易にブドウ糖と果糖に分解し、その両者はそのまま体内に吸収することができますから、赤血球と共に体内を運ばれて必要な栄養として速やかに役立ちます。そのために砂糖は激しい運動などによるエネルギーの欠乏状態を急速に回復する効果があります。食後約1時間ほどで血中のブドウ糖の濃度が最高になりますから、でんぷんなどの糖質を消化する反応は比較的早い物と思われます。母乳や牛乳に含まれている乳糖はブドウ糖が $\beta$ -型に結ばれた糖質ですが、乳幼児は腸内に乳糖を加水分解する酵素を持っていますから消化して栄養とすることが出来ます。しかし、多くの人間は成人するに従い $\beta$ 型で結ばれた糖質の加水分解を援ける酵素を分泌しなくなりますから、牛乳を飲んでもほとんど消化されずに結腸で醗酵し、消化不良の原因になります。

ベトナム原産のサトイモ科の植物に分類されるコンニャクは2~3年で根にコンニャク芋をつけます。このコンニャク芋から採れるでんぷんは $\beta$ 型に繋がった糖質ですから、人

間は全く消化することができません。その上、市販されているコンニャクはこのこんにゃくでんぷんをゲル状に固化させたもので、ほとんど水しか含まないにもかかわらず食べ応えがありますから、栄養にならない肥満防止や毒性阻止の働きをする食べ物として注目されています。また、セルロースは多くのブドウ糖が直鎖状に $\beta$ -型で繋がった糖質ですから、人間は加水分解する酵素を持ち合わせていません。そのため、野菜や豆類や穀類に含まれるセルロースは消化することなく便の中に排出されます。

でんぷんは長くブドウ糖が $\alpha$ 型に繋がった水に溶けやすい糖質と、ペクチンと呼ばれるブドウ糖が枝分かかれして繋がった構造の糖質の混合物です。ペクチンは枝分かかれた構造を持っていますから、分子同士が絡み合うために水溶液がゲル状に固化し易い性質を示します。ミカンやリンゴなどの果物にはペクチンが多く含まれていますから、新鮮な果物のジュースを濃縮するとゼリー状に固まります。特に夏みかんの甘皮の部分にはペクチンが多く含まれていますから、夏みかんの皮を薄く刻み、3時間ほど水に浸してペクチンを良く抽出したのちに、皮と抽出液と果汁を砂糖と共に濃縮しますと、液体がゼリー状に固まって夏みかんのママレードが出来上がります。また、新鮮なリンゴの皮の部分にもペクチンが多く含まれていますから、リンゴを小さく刻み適量の水で30分ほど煮た後に、固形物を木綿の布で濾し取り、煮汁に砂糖を加えてさらに濃縮しますと、淡いピンク色のゼリー状の美味しいリンゴジャムが出来上がります。

## 人間の活力となるブドウ糖

石炭や石油が燃焼するときには多量の光エネルギーと熱エネルギーを放出しますが、このとき石油や石炭などの炭化水素は二酸化炭素と水まで一気に酸化してしまいます。この燃焼という化学変化は少量の燃料が酸化して発生する熱エネルギーにより、近くにある他の燃料の酸化反応を引き起こして行く連鎖的な反応です。燃焼のように二酸化炭素への一段階による酸化反応ではなく、種々の中間の物質を経由する多段階の酸化反応によりエネルギーの発生が制御できます。生物の生命維持活動が化学反応でなされていることから、生物体内で構成する物質が化学的に変化し、そのとき副生する熱エネルギーや運動エネルギーが利用されて全ての生命活動を維持する活力になっているものと考えられます。しかし、生物の体内で燃料を燃やしますと、急激に熱エネルギーが発生しますから生物は火傷をしてしまいます。燃焼のような急速に進行する反応ではなく、ゆっくり酸化反応が進行すればエネルギーも少量ずつ長時間にわたって発生します。すべての生物は栄養となる物質の二酸化炭素までの酸化反応の過程で発生する熱エネルギーを生命活動の維持のための活力にしています。

人間をはじめとするすべての動物は栄養となる物質を食べ物からのみ摂取し、自分自身では生産することができません。しかし、植物は食べ物から栄養を摂取する能力に欠けていますから、必要な栄養を自給生産する能力を備えています。植物の中では太陽の光エネルギーを吸収して、水を酸化し、二酸化炭素をブドウ糖に変換して必要な栄養を生合成し蓄えています。このようにして生合成されたブドウ糖を草食動物が植物から横取りするように食べ

物として摂取し、草食動物を食べ物として肉食動物が棲息していますから、結局、植物の生産した栄養を全ての生物が酸化して、副生してくるエネルギーを生命活動の維持のための活力にしていると考えられます。

人間が栄養として吸収したブドウ糖は脳や筋肉などのエネルギーを必要とする部位まで血管中を運ばれます。脳や筋肉などの部位では直接ブドウ糖と酸素の会うことができませんし、燃焼のような急激な反応では火傷をしてしまいます。ブドウ糖と酸素の間の恋愛ゲームは一気に燃え尽きない長距離恋愛のようなもので、一朝一夕に成就するほどに簡単ではありません。人間はビタミン B<sub>2</sub> などが関与する非常に多段階の複雑な反応でブドウ糖から二酸化炭素と水を生成するとともに、発生するエネルギーを体温の維持や筋肉の運動のための活力にしています。急激な運動やビタミン B<sub>2</sub> の欠乏などでこの複雑な反応が円滑に進行しない場合には、簡略化した反応経路によりエネルギーを供給して急場を凌ぎます。このような非常事態にはブドウ糖が消費されて二酸化炭素を生成するとともに、筋肉の中に乳酸が溜まり筋肉は疲労を感じますし、こむら返りと呼ばれる足の痙攣症状を引き起こすこともあります。

栄養として吸収されたブドウ糖は脳や筋肉などのエネルギーを必要とする部位まで赤血球と共に移送されます。病気や怪我などにより十分に栄養としてブドウ糖を体内に供給できない場合には、病院では静脈から直接ブドウ糖を点滴の形で血管の中に注入して活力の供給を維持しています。このようにして生命活動の維持に必要な活力は常に供給されています。

## 人工甘味料は砂糖の代用品

食べ物の中の砂糖やでんぷんはブドウ糖に加水分解されて栄養として摂取され、赤血球に結合した蛋白質に包み込まれ、脳や筋肉などのエネルギーを必要とする部位まで赤血球と共に移送されます。移送先でブドウ糖は二酸化炭素まで酸化されますが、同時に発生する熱エネルギーを生命の維持のための活力にしています。このブドウ糖の移送と二酸化炭素までの酸化分解を制御するホルモンはインスリンと呼ばれ、比較的小さな蛋白質です。健康な状態では脳や筋肉などの部位でエネルギーを必要とするときに、インスリンが分泌され、各部位の細胞までブドウ糖を必要に応じて移送します。インスリンの分泌異常の場合やインスリンが効果的に働かない場合や移送先でブドウ糖を細胞に受け渡すことが正常にできない場合には、血液中のブドウ糖の濃度が高くなり、移送先の部位でブドウ糖の不足が起こります。この疾患を糖尿病と呼び、各部位ではエネルギーが不足しますから、手先などに痺れを感じ、筋力が低下し、心臓の動きが不調になることもあります。また、脳にエネルギーが不足するために神経にも障害が起こりますから、眼の網膜症が発症することもあります。糖尿病を患う人はインスリンを注射で補給すると共に、砂糖やでんぷんなどのブドウ糖の原料になる糖質の摂取を控えるようにします。ご飯やパンやうどんの量を減らせば、でんぷんの摂取が抑えられますが、砂糖に代表される甘味の味覚物質はコーヒ

一や紅茶やジュースに含まれるばかりでなく、**さしすせそ**の調味料の一つとして欠くことのできないものです。糖尿病患者の食事を改良するために、ブドウ糖を生成することなく甘味の味覚を与える砂糖の代用の物質が人工甘味料として用意されています。表 2-1 には近年開発された人工甘味料の甘味の強さを砂糖の甘味と比較しました。

表 2-1 甘味料の甘味の強さ

甘味料	甘味の強さ
砂糖	1
ズルチン	250
サッカリン	400
アスパルテーム	180
チクロ	30
アセスルファム K	200
キシリトール	1
スクラロース	600

第 2 次世界大戦直後の食糧難の時代に、日本国内では砂糖の供給が滞りましたが、そのときに甘味の味覚物質としてズルチンとサッカリンが多くの台所にも登場しました。しかし、これらの薬品は甘味のほかに若干の苦味を伴いますので、その後種々の甘味の味覚物質が開発されました。

ズルチンは大量に使用された時代もありましたが、肝臓障害や発癌の危険性があるために現在では使用禁止になってしまいました。サッカリンも発癌の危険性が仄めかされましたが、良く研究した結果人間に決定的な害毒を与えるものではないと結論付けられ、現在では人工甘味料として認可されています。チクロは砂糖に近い甘味を持ち、良く水に溶け、熱に安定なために、調理をしても甘味が変化しません。アセスルファム K はサッカリンと類似の人工甘味料で、若干苦味がありますが、耐熱性に優れています。チクロは発癌性や催奇形性の疑いが持たれて日本と米国では使用が禁止されましたが、EU や中国では現在でも使用されているために、それらの地方からの食品の輸入において問題の発生することがあります。

アスパルテームはアスパラギン酸とフェニルアラニンメチルエステルが結合したアミノ酸の仲間の物質で、体内ではほとんど代謝されずに排泄されてしまいますが、砂糖とは若干味わいが異なり、かなり加水分解しやすい欠点も持っています。しかも、フェニルケトン症を患う人にとっては分解生成物のフェニルアラニンを多く摂取することは良くありませんから、アスパルテームを多用することも良くありません。アスパルテームの甘味の味覚部分がアスパラギン酸の部分と考えられ、種々改良の研究がなされました。その結果、フェニルアラニンメチルエステルの代わりに、他のアミノ酸でも砂糖の 100 倍程度の甘味を示すことが報告されています。キシリトールは糖質の一種で、甘味の強さはあまり優れていませんが、口の中に残っても歯を傷めることがありませんから、ガムなどには適した甘味料と考えられています。

1970 年代のはじめに開発されたスクラロースは砂糖と類似のガラクトースの酸素-水素結合部分の 3 つが塩素原子で置き換わった物質ですが、ガラクトースと異なり加水分解酵素の影響を受けませんから、ほとんど栄養価もなく極めて安定な甘味料です。砂糖の甘

味を感じる最も希薄な水溶液の濃度は 0.61%ですが、スクラロースの甘味を感じる最小量は 0.0006%の水溶液ですから、甘味の効果が約 1000 倍強いと考えられます。濃度が高くなるとこの比率は若干低くなりますから、平均値としては 600 倍程度と考えられています。現在までにスクラロースは発癌性や毒性がほとんど確認されていませんから、安心して利用できると思われています。しかも、このように強い甘味の性質を示しながら、その味わいは極めて砂糖に類似しています。

これらの人工甘味料は強い甘味の性質を示しますが、若干苦味や酸味などの味を伴うものもあり、砂糖とは異なる味わいを持っています。そのため少量の砂糖や果糖と併用して、味わいを砂糖に近いものに整えながらブドウ糖の生成を最小限にするように利用されています。糖尿病を患う人のためばかりでなく、栄養過多の人の健康食や肥満を気にする人のための美容食にも、人工甘味料が多く使われています。現在はサッカリンとアセスルファム K がその人工甘味料として多く使用されていますが、将来スクラロースが代表的な人工甘味料になるものと思われています。

## 腰周りに蓄積し易い脂肪

人間は雑食動物ですから、種々の食べ物を食べて生命の維持をするための活力となる栄養にしていますが、その栄養は肉や豆類などの蛋白質、パンやご飯などの糖質、バターやオリーブ油などの脂肪の 3 種類に大別されます。その中で蛋白質と糖質は消化器の中でそれぞれアミノ酸とブドウ糖に加水分解され体内に吸収されます。

脂肪はグリセリンのアルコールの性質を持つ 3 つの部分にそれぞれ適当な 3 つの脂肪酸が結ばれた物質ですから、脂肪を水酸化ナトリウム(苛性ソーダ)水溶液と煮ますと、単一物質のグリセリンと種々の脂肪酸に 1:3 の割合で加水分解されます。しかも、牛の脂肪と豚の脂肪と魚の脂肪と大豆の脂肪を構成する脂肪酸の種類と割合は個々に異なっていますから、それぞれの融点もあまり明確ではありませんが異なっています。一般に室温で液状の脂肪を油、固体になりやすい脂肪を脂肪と呼んでいますから、オリーブから獲れる脂肪はオリーブ油、すき焼きの始めに鍋に塗りつける白い脂肪は牛脂と言い慣わしています。

消化器の中ではキモトリプシンなどの消化酵素が有効に働いて蛋白質をアミノ酸に加水分解していますが、脂肪に対して有効に加水分解を援ける別の酵素が消化器の中で分泌されて、脂肪は脂肪酸とグリセリンに分解して消化します。分解し生成されたグリセリンと種々の脂肪酸は腸で体内に吸収され、血管を通過して体内の各部に運ばれ、再び酵素の援けを借りて人間に必要な脂肪に組み直されます。人間の体内で再生された脂肪は効率的なエネルギーの源となりますが、同時に比較的熱伝導度が悪いため、体内の温度を保温する効果を持ちます。さらに、3 つの脂肪酸の部分の内の 1 つがリン酸で置き換わったり、リン脂質は水に溶け難い脂肪酸の部分と水に溶け易いリン酸の部分構造を持っていますから、界面活性の性質を示し、細胞膜を形成しています。脂肪は人間の身体にとって極めて重要な働きをする細胞膜や脂肪乳化剤のリン脂質の原料になっています。人間の脂肪は各部に

より役割も様々で構成する脂肪酸の割合も変わりますが、その平均値は牛の脂肪や豚の脂肪と比較的類似していると思われます。

人間は日常生活を維持するために蛋白質と糖質と脂肪を活力の源にしていますが、糖質が最も直接的に活力として利用されます。過剰になった活力の源の中で、蛋白質は筋肉として蓄積され、脂肪は身体の各部において脂肪として蓄積されます。食いしん坊の講師は食べ物を過剰に食べてしまいますから、必要以上に栄養として体内に蛋白質と糖質と脂肪を吸収してしまいます。糖質を優先的に消費しますから、腰周りに徐々に脂肪が貯蓄されてお腹が膨れる結果になっています。

### 酵母から強奪したお酒

石炭や石油を燃やすと多量の光エネルギーと熱エネルギーを放出しますが、このとき石油や石炭などは二酸化炭素と水まで一気に酸化してしまいます。燃焼のように反応が早ければ多量のエネルギーが急激に放出されますが、ゆっくり酸化反応が進行すればエネルギーも少量ずつ長時間に発生します。全ての生物は栄養をゆっくりと空気で酸化し、長時間にわたって発生するエネルギーを活力にして生命維持をしています。人間はでんぷんや蛋白質や脂肪を栄養として摂取し、肺から吸収した酸素による酸化で発生するエネルギーを生命維持のためのあらゆる活力としています。植物は光合成でブドウ糖を生産していますから、当然そのブドウ糖を基本としたでんぷんや砂糖を分解して生命の維持をしています。植物を食べて栄養とする大部分の微生物や動物もその生産したでんぷんや種々の糖質を分解して生活しています。

醸造酒を造る技術は有史以前から人間が身に付けていたもので、穀類のでんぷんや果物の糖質などを微生物の助けを借りて酸化しエタノールに変化させてきました。お酒やお酢を醸造するときに活躍する麹菌や酵母などの微生物も穀物のでんぷんや果物の糖質を二酸化炭素へ分解するときに発生するエネルギーを活力として生きています。この多段階の酸化過程の中間に生成してくるエタノールや酢酸を、人間はお酒やお酢として横取りしています。しかし、アルコール類までの分解が得意な微生物や、アルコール類の酸化を得意とする微生物など得意とする化学反応は微生物の種類により異なります。このような微生物はアルコール発酵と呼ばれる糖質からエタノールを生産する化学反応の過程で発生するエネルギーを活力として生命活動をしています。微生物はブドウ糖を食べて二酸化炭素と共にエタノールを生産しますが、人間はこれらの微生物の好きな食べ物を用意し、微生物が元気で生活できるように高い湿度と好みの温度に生活環境を整えて、微生物にがんばって生きてもらいます。

エタノール生産の役割を演じる微生物にもいろいろと種類があり、それぞれ食べ物や好みの生活環境に個性があります。ぶどう酒を生み出す酵母は生命力が強く積極的な性格ですが、日本酒を生み出す麹菌と酵母は箱入り娘のようにひ弱な性格をしています。人間は酵母がお姫様のような生活のできるように環境を整えますが、やっとならぬエタノールもたまり平和な生活ができるようになった時に酵母に残酷な仕打ちをします。一生懸命に生き続ける酵母には申し訳ないことですが、酵母の生活を破壊して、生活の証として生産したエタノールを人間はありがたく頂戴しています。人間は酵母から強盗のようにお酒を強奪しているのです。

このように酵母に働いてもらってから強盗のように強奪したエタノールは人間にとっていろいろの生理作用を持っています。エタノールを飲むと顔が赤くなり、血液の循環に

影響を与え、筋肉の運動が緩慢になり、吐き気を催しますから、抹消血管の病気や狭心症や胃の消化不良の治療に用いられます。酒を飲みますと、笑い上戸のように精神的に高揚したり、泣き上戸のように精神的に鬱の状態になりますから、精神的に異常な状態からの鎮静効果を持っています。また眠気を催しますから、不眠症の治療や手術時の麻酔剤に用いられます。このように種々の生理作用を持っていますから、「酒は百薬の長」と賞されていますが、エタノールの過剰摂取や習慣的な摂取は多くの病気を引き起こす結果をもたらします。神経障害や性格異常や急性幻覚症状などの精神障害、胃炎や十二指腸潰瘍や慢性すい臓炎や肝硬変などの種々の内臓疾患などを引き起こしますし、アルコール中毒と呼ばれる依存症に陥ります。

エタノールは種々の生理作用を示す物質ですが、なかでも精神的な高揚と沈静の働きを示しますから、鬱積した不満を発散し、緊張した気持ちを解きほぐします。そのため、お酒は昔から冠婚葬祭に欠かすことの出来ないものとなって来ましたが、日常生活においても一時の平安をもたらしますから、古今東西を問わず多くの人間の最も好む物質として珍重されています。

## お酒はエタノールの水溶液

我が家の台所にはぶどう酒、日本酒、みりん、焼酎、ウイスキー、ブランデー、カルバドス、ジン、ビール、紹興酒、シェリー、ラム、オレンジキュラソー、キルシュ、チェリーブランデー、梅酒などが棚を占領しています。ブダペストに旅行したときのお土産のツヴァックも棚の隅に居候しています。お酒をあまり飲まない講師の家でもこのように多くの種類のお酒が台所に住んでいます。お酒を愛する世界中の人のためには無数のお酒が用意されていることでしょう。

お酒は飲むために調製されたエタノールの水溶液をいいます。炭素－酸素－水素の結合をもつ化合物を総称してアルコール類と呼び、分子内に2つの炭素原子を含むアルコールをエタノールあるいはエチルアルコールと呼んでいます。エタノールは非常に生活に密接に関係しているためしばしばアルコールと略称されています。水は酸素－水素結合でできていますし、エタノールも酸素－水素結合を持っていますから、両者の性質には類似するところが多く、エタノールは水と如何なる割合でも混ざり合い水溶液を作ることができます。他方、エタノールの分子中に含まれる2つの炭素は水素原子と結合していますから、炭素原子と酸素原子で構成されているガソリンや灯油のような油と類似した性質も兼ね備えています。そのため、如何なる割合でもエタノールは多くの油とも混ざり合いますから、エタノールは水に溶けやすい物質も油に溶けやすい物質も溶かします。

エタノールは通常的生活環境では無色の液体で、酸っぱい、甘い、苦い、塩っぱい、旨いの何れの味も持っていません。しかし、エタノールは水に溶けやすい物質も油に溶けやすい物質も溶かしますから、食塩や砂糖のような水に溶け易い味覚物質を溶かすばかりでなく、油や香りや色の成分のような水に溶け難い物質もある程度溶かします。お酒の原料

となる果物や穀物に含まれる成分がお酒に混ざりこんで独特の色や香りを持つようになりますし、お酒を製造する過程で色や香りが付いてくることもあります。さらに、エタノールが種々の物質を溶かし出す性質を利用して、薬草や果物をお酒に漬け込んでその成分を溶かし込んでお酒に味や香りを付けることも出来ます。そのため、世界中には数え切れないほどのお酒の種類があり千差万別の味と香りを持っています。

これらの多く種類のお酒はその作り方により醸造酒、蒸留酒、混成酒の3種に分類することができます。表3-1には世界的に広く好まれているお酒を挙げ、その主原料などをまとめておきます。色々な物質から生物の助けを借りてエタノールを作っていますが、その出来立てのあまり加工しないままのお酒を醸造酒と呼んでいます。この醸造酒はあまりエタノールの濃度が高くありませんから、物足りなく思う人もありましたので、エタノールの濃度を上げるために蒸留して濃縮しました。このとき多くの不純物が取り除かれた蒸留酒が出来上がりました。これとは別に洋の東西を問わず昔から、薬草の成分や果物の味

表3-1 世界の主要なお酒とその主原料

酒名	分類	主原料	酒名	分類	主原料
日本酒	醸造酒	米	ウオッカ	蒸留酒	トウモロコシ、ジャガイモ
みりん	醸造酒	もち米	ラム	蒸留酒	糖蜜
老酒	醸造酒	米	コルン	蒸留酒	ライ麦、小麦、大麦など
ビール	醸造酒	大麦	焼酎	蒸留酒	サツマイモ、米、麦、糖蜜
ぶどう酒	醸造酒	ぶどう	テキーラ	蒸留酒	龍舌蘭（サボテンの一種）
サイダー	醸造酒	りんご	ベルモット	混成酒	ぶどう酒、フェネルなど
ブランデー	蒸留酒	ぶどう	ポートワイン	混成酒	ぶどう酒、ブランデー
カルバドス	蒸留酒	りんご	カンパリ	混成酒	ブランデー、キャラウェイなど
キルシュ	蒸留酒	サクランボ	アニゼット	混成酒	アニス
フランボワーズ	蒸留酒	木苺	アプリコットブランデー	混成酒	ブランデー、杏の実
フレーズ	蒸留酒	イチゴ	梅酒	混成酒	焼酎、梅
ポワール	蒸留酒	梨	オレンジキュラソ	混成酒	ブランデー、オレンジの皮
マラスキーノ	蒸留酒	サクランボ	高麗人参酒	混成酒	焼酎、高麗人参
ミラベル	蒸留酒	すもも	ドライジン	混成酒	トウモロコシ、ジュニパー
アラク	蒸留酒	やしの実	パステイス	混成酒	アニス
ウイスキー	蒸留酒	大麦	ピーチブランデー	混成酒	ブランデー、桃
バーボン	蒸留酒	トウモロコシ	フレーバードジン	混成酒	トウモロコシ、ジュニパー
ライウイスキー	蒸留酒	ライ麦	ベネディクトイン	混成酒	27種の香草類
アクアビット	蒸留酒	ジャガイモ	ペパーミント	混成酒	ミント

や香りなどをお酒に溶かし込んだ混成酒の調製が行われてきました。

## お酒の味を決める不純物

国税庁の統計によりますと、日本の成人が1年間に1人当たり8.4Lのエタノールを飲んでいますが、日本酒はその16%、ビールおよび発泡酒は約40%、果実種は5%に相当します。日本酒もビールも発泡酒もぶどう酒を主体とする果実酒もみな醸造酒ですが、原材料と醗酵の為の酵母が異なりますから、お酒のエタノール濃度は異なります。

精米し、水に浸し、蒸したお米を水で粥状にし、麹菌の援けを借りて米のでんぷんをブドウ糖に分解しますと甘酒になります。お米にはでんぷんや蛋白質が含まれていますが、麹菌により甘酒の中にはでんぷんが分解されて生成したブドウ糖のほかに、蛋白質の分解によるアミノ酸も含まれています。この甘酒のブドウ糖を酵母でアルコール発酵してもらうと、ブドウ糖はエタノールと二酸化炭素に分解されてゆきますが、そのほかのアミノ酸などの成分はそのまま残ります。濁り酒あるいはどぶろくと呼ばれる醗酵混合物を布でろ過して固体を取り除き、日本酒が出来上がりますが、その中には水に可溶性アミノ酸などの種々の成分が溶け込んでいます。比較的温度の低い冬の間には麹菌と酵母に働いてもらっていますが、日本酒の酵母は生存競争に弱い箱入り娘ですから、悪い微生物が言い寄ってきたりチョッカイを出したりしないように杜氏は親のように細心の注意を払って日本酒を育てています。通常広く飲まれている日本酒と最高級の吟醸酒について、エタノールのほかにアミノ酸や乳酸やコハク酸などの含有量を比較しますと、吟醸酒の方がいずれの成分も多く含んでいます。多くのアミノ酸を含むお酒ほどコクのある味を持ち、すっきりした味のお酒はアミノ酸を少ししか含んでいません。また、副生してくる乳酸やコハク酸やリンゴ酸などの酸成分を多く含むお酒は辛く濃い味に感じられます。ぶどう酒やビールと比較するとき、日本酒は極端に多くのアミノ酸を含んでいますからコクのあるお酒であることが分かります。

大麦が発芽するときに代謝する酵素により大麦のでんぷんは分解して麦芽糖と呼ばれる糖質になりますが、ビールは酵母にこの麦芽糖を食べてもらいエタノールを作ってもらったものです。さらにホップで香りを付けたり、サクランボのジュースを加えたりして味を調えています。アルコール発酵ではエタノールのほかに二酸化炭素が発生してきますから、この二酸化炭素をビールの中に圧力をかけて溶かし込みます。喉越しの味を決めるビールの泡は生き続けてきた酵母の排泄物のような二酸化炭素なのです。大麦にはでんぷん以外にも種々の成分が含まれていますから、発芽のときやアルコール発酵のときに変化しないままで残る成分や新たに生産されてきた成分など種々の成分がビールに溶け込んでいきます。ドイツやベルギーや英国などには黒ビールやメルツェンビールやスタウトなど種々のビールがあるようですが、日本で広く飲まれているピルスナー型のビールに溶け込んでいるアミノ酸の含量が日本酒に比べて極端に少ないため、夏の飲用に適したすっきりした味わいとなっているように思われます。ビール酵母を使いビールの製法で麦芽糖以外の糖

質を用いて醸造したお酒を日本の酒税法では発泡酒と定義しています。安価であるために近年になってこの発泡酒の消費量が増加していますが、麦芽糖は純粹の糖質ではなく多くの不純物を含んでいますから、当然醗酵後の発泡酒の酸成分やアミノ酸の含量はビールと異なってきます。しかし、ビールが比較的酸成分やアミノ酸の含量の低い醸造酒であり、ホップで味と香りを調製していますから、ビールとよく似た発泡酒を造ることができたのではないかと思われます。

穀物から造られている醸造酒ははじめに穀物のでんぷんをブドウ糖に分解する手順を踏まねばなりません。果物は果糖やブドウ糖など種々の糖質を多量に含んでいますから、酵母により容易にアルコール発酵をさせることができます。しかも葡萄の果実に含まれているブドウ糖を好む酵母は非常に積極的な性格の微生物ですから、房になって葡萄が樹に下がっているときに既に葡萄の果実の周りに付着して生活を始めています。

ぶどうの果実を皮と共に樽に入れて足で踏みながら潰しますと皮に付着していた酵母はブドウ糖を沢山含んだ葡萄ジュースの中に混ざってきます。ろ過をして種や皮などの固形物を取り除いた後に、比較的涼しい酒蔵に置いてアルコール発酵させますと、積極的な酵母は盛んに二酸化炭素を出して生活し、エタノールを作ってくれます。ほぼ二酸化炭素の発生が収まったところで瓶詰めして冷暗所に保存して熟成しますと、ぶどう酒の完成です。フランスボジョレー地方では秋口に収穫した葡萄が11月までにはかなりアルコールを含む葡萄ジュースになっていますから、第3木曜日を期して新酒（ボジョレーヌーボー）として販売を開始する慣わしになってきました。ジュースの中の糖質の濃度が高ければ醗酵後にアルコール分の高いぶどう酒になり、糖質の濃度の低いジュースからはアルコール分の低いぶどう酒が生まれます。天候不良で葡萄があまり実らない年はジュースの中のブドウ糖の濃度が低いため、品質の良いぶどう酒になりません。逆に日本の2005年のような気温の高い夏には葡萄が良く成熟しますから、ジュースのブドウ糖の濃度が高くなりアルコール分の高い品質の良いぶどう酒が生まれます。秋が深まるまで収穫しないでおきますと、蔓に付いたままの葡萄の果実は干からびて干し葡萄のようになりますから、水分が少なくブドウ糖の濃度が高くなります。また、カナダなどの冬の寒い地方では、収穫しないままに雪原の中で寒風に吹き晒しますと、干し葡萄のようにブドウ糖の濃縮した葡萄になります。これらの葡萄から醸造しますとそれぞれアウスレーゼやアイスワインと呼ばれるアルコール分の高いぶどう酒が生まれます。ぶどう酒を愛する人々にとってはこのようにアルコール分の高いぶどう酒が珍重されます。

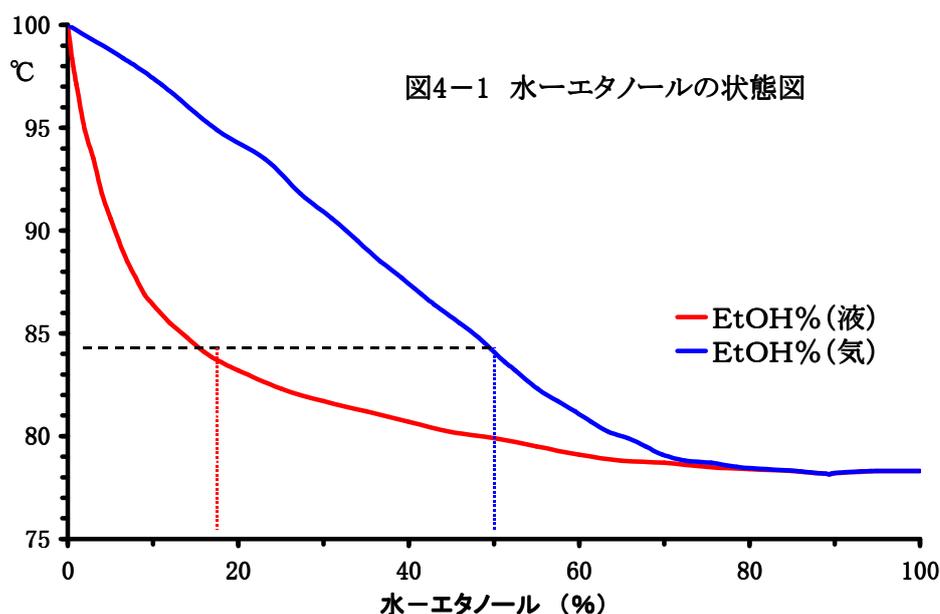
果物のジュースのアルコール発酵においても、エタノールと共に二酸化炭素が発生しますから、ビールのように二酸化炭素を溶かし込んだぶどう酒が作られています。それらを総称してスパークリングワインと呼んでいます。シャンパンは結婚式や自動車レースの優勝などお祝いのときに飲まれるお酒で、パリ近郊のシャンパーニュ地方で作られるスパークリングワインの一つです。リンゴや梨やサクランボなど種々の果物にも多量の糖類が含まれていますから、アルコール発酵により果実酒が作られています。リンゴジュースを醗酵

させたお酒をシードルと呼んでヨーロッパでは好まれています。日本ではサイダーは二酸化炭素を砂糖水に溶かし込んだものですが、本来サイダーは二酸化炭素と共に瓶詰めしたリンゴのお酒です。二酸化炭素を溶かし込んだこれらの果実酒は何れも爽やかで口当たりの良い飲み心地です。

### すっきりした味わいの蒸留酒

哺乳動物にとってエタノールの致死量は約 10g/kg ですから、体重 60kg の人間は平均して 600 g のエタノールを飲むと死に至ると考えられています。哺乳動物に限らず、あらゆる生物にとってエタノールはかなり強い毒性を持つ物質ですから、エタノールの濃度がある値まで高くなると酵母にとっても毒物として作用してしまいます。酵母は生命を維持するためにアルコール醗酵してブドウ糖をエタノールに変えますが、酵母により生産されたエタノールの濃度がある一定の限界を超えると、酵母の生命の維持を危うくする毒物として働くようになります。ビールの素になる麦芽はあまり糖類の濃度が高くありませんから、醸造されたビールは平均約 5%のエタノールしか含んでいません。ぶどう酒はぶどうの成熟の度合いによりエタノールの濃度が変化しますが、平均的には 12%程度のエタノールを含んでいます。日本酒の酵母は比較的高いエタノール濃度まで活発にアルコール発酵しますが、それでも約 15%までしかエタノール濃度は上がりません。

お酒をこよなく愛する人の中にはエタノール濃度の高いお酒を好む人が多いように思えます。そのため、特殊な醸造法の日本酒では、麴によるでんぷんの糖化と酵母によるアルコール発酵を同時に適当に組み合わせてエタノールの濃度を 22%まで上げています。また、種々の酵母の改良や醸造技術の向上により、近年エタノール濃度 25%のビールが発表されています。しかし、生きた生物の酵母の働きで作られる醸造酒ではこれ以上にエタノ



ール濃度を上げることができませんから、昔からエタノールの濃度を上げるために蒸留の手段がとられてきました。水よりもエタノールの沸点が低いため、エタノールの水溶液は図 3-1 の状態図に示すようにエタノールが先に留出してきます。例えば 16%のエタノール濃度の水溶液は 84.1℃で沸騰しますが、その温度で気化する気体のエタノールと水の割合は 50.0 : 50.0 ですから、蒸留してくる気体を冷やして液化するとその蒸留液は 50.0%のエタノールを含んでいます。結果として始めに留出してくる蒸留液はエタノール濃度を約 3 倍に高くすることができますが、残留液の沸点は高くなり、エタノールの濃度は次第に低くなってゆきます。さらに、50%まで濃縮したエタノール水溶液を再度蒸留すれば、65.7%までエタノールの濃度を向上させることができます。

表 3-2 焼酎のエタノール濃度と酸度

酒名	日本酒	米焼酎	麦焼酎	芋焼酎	黒糖焼酎
エタノール濃度 (%)	15.8	26.3	25.1	24.3	28.9
酸度 (度)	1.4	0.3	0.3	1.1	1.8

焼酎は米、麦、サツマイモ、黒砂糖など種々のでんぷんや糖類を醗酵させて醸造したお酒を蒸留して造る蒸留酒です。米焼酎は日本酒と類似の醸造酒を蒸留したものですが、表 3-2 に示すように日本酒の 2 倍程度までエタノールの濃度が高くなっています。同時に、比較的揮発性の高いカルボン酸エステルやモノテルペン類などの香気成分も蒸留分の中に移ってきます。反対に沸騰点の高いクエン酸や酢酸などの酸性成分は蒸留し難く残留液に濃縮されます。そのため、日本酒に比べ焼酎の酸度は低くなります。焼酎の原材料には米、麦、サツマイモ、そばなどのでんぷんの他に黒糖などの糖類も用いられていますが、そこに含まれる種々の香気成分も製造過程で蒸留してきますから、趣の異なる焼酎が生まれてきます。

醸造酒の蒸留の途中で新たに醸造酒を追加しながら蒸留を続けると、残留液のエタノール濃度を高く保つことが出来ますから、エタノール濃度の高い蒸留酒を作ることができます。この連続蒸留法により、ウイスキーやブランデーやある種の焼酎ではエタノール濃度が 40~45%まで濃縮されています。テキーラは竜舌蘭から作られる醸造酒を 2 度蒸留を繰り返すために、エタノール濃度が 50~55%まで高く濃縮されています。ウオッカはポーランドからロシアにかけての東欧の各地で作られていますが、それぞれ蒸留の仕方が異なりエタノールの濃度にも 45~95%の幅があります。醸造酒を蒸留することにより、エタノールの濃度を高められることはできますが、酸成分やアミノ酸類などの蒸発し難い物質が醸造酒から極端に失われてしまいます。結果としてすっきりした味わいを持つ悪酔いをしないお酒になると思われれます。最もすっきりした味わいを好む人や、自分好みの味を付け加えるカクテルを調合する人にとっては、香気成分も不要のものとなります。ロシアで造

られるウオッカは蒸留を重ねてエタノールの濃度を高めると共に、白樺から作られた木炭で不要の香気成分を吸着させて取り除いています。

醸造酒を蒸留することにより、醸造酒に含まれるエタノールの濃度を高められることができますが、同時に比較的揮発性の高いカルボン酸エステルやモノテルペン類などの香気成分も蒸留分の中に移ってきます。反対に沸点の高いクエン酸や酢酸などの酸性成分やアミノ酸類などの蒸発し難い物質が醸造酒から極端に失われてしまいます。結果として蒸留酒はすっきりした味わいを持つ悪酔いをしないお酒と思われれます。

## 種々の味付けをしたお酒

醸造酒を蒸留することにより、エタノールの濃度を高めることはできますが、酸性成分やアミノ酸類や色などの味覚成分が醸造酒から極端に失われてしまいます。結果としてすっきりした味わいですが旨味の少ないお酒になると思われれます。しかも、蒸留の始めと終わりでは蒸留分の成分がかなり変化してしまいます。そこで蒸留によってエタノール濃度を高めた後に長期にわたり熟成させたり、種々の果物や香草を加えて味や香りを調べて、より好ましいお酒を生み出しています。このように蒸留した後に種々の果物や香草を加えて味や香りを調べたお酒を混成酒と分類しています。

ウイスキーは大麦やライ麦やトウモロコシのでんぷんを糖化した後に酵母でアルコール発酵し、蒸留してエタノール濃度を高く濃縮した蒸留酒にします。スコッチウイスキーでは糖化の段階で、枯れ草の腐った草炭（ピート）を焦がして加え匂い付けをします。この蒸留酒を櫂の木の樽に詰めて3年以上の長期間熟成させ、味にまろみを出します。このとき用いられる櫂の木の樽は内部を火で焙って焦がして樽の耐久性を向上させていますが、この櫂の樽の焦げ臭い匂いや色が滲み出してきて独特の色と香りが加わったウイスキーの原酒が出来上がります。さらに、これらの原酒を色々と混ぜ合わせて美味しいウイスキーが完成します。コニャックやアルマニャックやブラントバインなどのぶどうから作られるブランデーもぶどう酒を蒸留した後に櫂の木の樽で熟成させて味にまろみを加えています。また、沖縄特産の泡盛にも蒸留した焼酎を甕の中に長期間熟成させて味わいを深めた古酒と呼ばれるものがあります。これらのウイスキーやブランデーや泡盛は人工的に味を付けたものではありませんから、混成酒ではなく蒸留酒に分類されています。

エタノールは水とよく似た性質と油とよく似た性質を兼ね備えています。そのため水に溶解易い水溶性の物質も油に溶解易い油性の物質も適度に溶かすことができます。糖質やアミノ酸や酢酸やクエン酸などは水に良く溶けますが、エタノール中でも良く溶けます。果物の匂いの成分は水にはあまり溶けませんがエタノールには極めてよく溶けます。また、薄荷脳（メントール）などの香草類の匂い成分やバニラやシナモンなどの香辛料の匂い成分は全て水中よりもエタノール中の方がはるかによく溶けます。

果物や香草や木の実や樹皮は種々の好ましい色や香りや味を持った成分を含んでいます。しかし、これらのものは入手困難や保存困難なことがしばしばあります。そのため、

これらの果物や香草や香辛料の成分をお酒で溶かし出して、味や香りの成分を溶液の形で保存し、常時楽しんできました。特に、味も香りも少ない蒸留酒を用いて、種々の果物や香草や香辛料の成分を溶かし出したものを、ラテン語で「溶ける」の意味のリケファセレを語源に持つリキュールと呼んでいます。

酢酸などのエステルが果物の香りの素になっていますが、このエステル類はエタノールに良く溶けますから、味の少ない蒸留酒に種々の果物を漬け込めばその果物の香りが溶け込んだリキュールができます。例えば、杏の香りの主成分のエステルが蒸留酒のエタノールに溶けてアプリコットブランデーに保存されます。同じように味の少ない蒸留酒に、さくらんぼや桃やオレンジやメロンやバナナなど種々の果物を漬け込み、それぞれチェリーブランデー、ピーチブランデー、オレンジキュラソー、メロンリキュール、バナナリキュールなど食後の口直しのお酒として西欧では楽しまれています。日本で最も身近な梅酒は、6月に収穫される青梅を氷砂糖とともに焼酎の中に漬け込み、1年以上の長期間熟成させます。この方法は浸出法と呼ばれ、焼酎のエタノールが青梅の香りと酸味を徐々に溶かし出し、氷砂糖の甘味と共に淡黄色の香り高いリキュールに仕上がります。このとき、焼酎の高い濃度のエタノールにより、微生物の繁殖が抑えられますから、腐敗することなく青梅の香りと味を常時楽しむことができます。

洋の東西を問わず古くから薬効を持った草木や動物が漢方薬あるいはハーブとして医療に用いられてきましたが、服用のしにくい場合がしばしばありました。そのため、これらの薬草や動物の成分をお酒で溶かし出して、薬効成分をエタノール溶液の形で保存し、常時、服用し易くしてきました。薄荷は最も人気のある香草の一種ですが、この葉を蒸して昇華してくる精油にはメントールなどの成分が含まれていますから、この精油を砂糖と共に蒸留酒に溶かし込み、緑色に色付けしたリキュールはペパーミントと呼ばれカクテルにしばしば用いられます。果実や香草の成分を浸出してリキュールが作られるばかりでなく、花の香りを香水のように取り出してリキュールに作られることもあります。例えば、スマイルの花から浸出法により作られたバイオレットはスマイルの花の香りと紫色の色の成分が溶け込んだ鮮やかなリキュールです。

ジンとはトウモロコシや大麦やライ麦からの蒸留酒に利尿効果のある杜松（ねず）の実を加えて、再蒸留して作られています。杜松の実にふくまれる香りが一緒に蒸留されてくるため、ジンはわずかに針葉樹の香りを持っています。イタリアで好まれているカンパリはオレンジの皮、キャラウェイの種、コリアンダーの種、リンドウの根を味の少ない蒸留酒に漬けて浸出したもので、本来薬用に調合されたものと思われます。ベネディクト派の修道院で調合されたベネディクティンは杜松の実、薔の根、シナモン、クローブ、ナツメグなど27種類の薬草や香辛料などをエタノール濃度の高い蒸留酒で漬け込み、薬効成分を浸出したリキュールで、医薬品として用いられていたものと思われます。

お屠蘇は屠蘇散（とそさん）を日本酒あるいはみりんに漬け込んで、その香りや味や薬の成分を浸出させたリキュールの一種と考えられるものです。屠蘇散は中国の名医華陀（か

だ)が赤朮(あかおけら)、桂心(けいしん)、防風(ぼうふう)、菝葜(さるとりいばら)、蜀椒(ふさはじかみ)、桔梗、大黃(だいおう)、烏頭(うず)、小豆を処方した薬で、赤朮は健胃や利尿や解熱や鎮痛剤に用いられるキク科の多年草、桂心は西欧ではシナモンとよばれ健胃薬の効果を持つクスノキ科の常緑高木の樹皮、防風は鎮痛や解熱や解毒などの薬効を持つセリ科の多年草、菝葜は痛風やリウマチや関節炎や梅毒の薬に用いるユリ科の落葉低木、桔梗は痰を取り除き肺炎や中耳炎に効能のある薬、大黃は健胃薬や下剤に用いられるタデ科の多年草、烏頭は有毒なアルカロイドの一種を含み痛風や脚気の薬で利尿剤や殺虫剤や麻酔薬として用いられるトリカブトの根です。お屠蘇はこれらの薬草の成分を服用し易い形にエタノールで溶かし出した薬ですから、一年のはじめに飲めば、一年の病気を追い払い、寿命を延ばすと考えられ、日本では正月に飲む習わしになっています。

この他に蝮や朝鮮人参を蒸留酒に漬け込み、薬効成分を浸出させた蝮酒や高麗人参酒も混成酒に分類されると思われます。このようにエタノールが種々の物質を溶かす性質があるために、お酒の味や香りをより一層向上させるばかりでなく、保存性が高く服用し易い薬にするために、浸出法により種々の混成酒が作られてきました。

## お酢はお酒の失敗作

全ての生物は栄養を空気酸化して、そのとき発生するエネルギーを活力にして生命維持をしています。植物を栄養源とする大部分の微生物や動物もそのでんぷんや糖類を分解して生活しています。例えば 100g のブドウ糖を二酸化炭素へと酸化するときには 423kcal の熱を発生します。しかし、アルコール類までの分解が得意な生物や、アルコール類の酸化を得意とする生物など得意とする化学反応は生物の種類により異なります。お酒を醸造するときに活躍する酵母は穀物のでんぷんや果物の糖類からエタノールを生産する反応で発生するエネルギーを利用して生命活動を維持しています。この酸化過程で生成してくるエタノールを、人間は酵母からお酒として強奪しているのです。

しかし、穀物のでんぷんや果物の糖質を食べ尽くして、食べるもののなくなった酵母は生きるためにエタノールを食べて酢酸を生成するようになって生き延びようとします。結果として、エタノールの濃度は低くなり、代わって酢酸の濃度が高くなってきます。年代物のワインは宝物のように高額で取引されていますが、余程、管理の良いワイナリーで保存されたものでなければ、長い年月の間に、ビンの中に生き残った酵母が糖類を食べ尽くし、エタノールまで食べてしまいます。ビンの栓を開けたときには既に高価なぶどう酒ではなく高価なお酢になっています。このような失敗がしばしば起こったために、ぶどう酒を飲むときには主人がまず味見(テイスティング)をしてから、客に注いで回るような慣例ができてきました。

エタノールまでの分解が得意な酵母の代わりに、エタノールの酸化を得意とする酵母の援けを借りて穀物のでんぷんや果物の糖質を醗酵させますと、酢酸が生成してきます。米

のでんぷんを麴で糖化した後に酢酸まで醗酵してもらえば、米酢ができてきます。葡萄のジュースを醗酵させればワインヴィネガーが醸造されてきますし、リンゴジュースからはリンゴ酢が生産されます。醸造酒の場合と同じように、原料となる穀物や果物の種類により含まれてくるアミノ酸や香りの成分が異なりますから、米酢や穀物酢やワインヴィネガーやリンゴ酢はそれぞれ独特の味わいを持っています。また、醸造に用いられる麴菌や酵母の違いにより、無色の酢や黒く色付いた酢が生まれてきます。イタリアのバルサミコ酢や中国の黒酢は何れも独特の味と香りを持っていますから、イタリア料理にはバルサミコ酢、中国料理には黒酢が欠かすことのできない調味料になります。

このように酵母は糖類からお酒を作り、さらにお酢にまで変化させますので、お酒の醸造を失敗しますと酸度の高い酢酸の多いお酒になってしまいます。そのため、「お酢はお酒の失敗作」といわれていますが、お酢は最も重要な**さしすせそ**の味覚のひとつとして、独立に醸造されています。

## 排気ガスで膨らましたパン

酵母によるアルコール発酵ではブドウ糖を食べて二酸化炭素と共にエタノールを生産しますが、そのとき発生するエネルギーが酵母の生命を維持する活力となっています。人間は酵母の食べ物を用意し、湿度が高く、酵母の好む温度に生活環境を整えて、エタノール生産を得意とする酵母にがんばって生きてもらいます。酵母のような微生物にとっては申し訳ありませんが、生活の証として生産されたエタノールを人間はありがたく頂戴しています。酵母は生命を維持するときに排気ガスとして二酸化炭素を発生しますが、人間は食欲ですから酵母からお酒を強奪するばかりでなく、この排気ガスまで利用しています。

小麦には発芽するための栄養となるでんぷんのほかに胚芽部分や表皮部分には蛋白質を含んでいますから、小麦粉には当然でんぷんのほかに蛋白質が混ざってきます。この蛋白質を多く含む部分を取り除いてから製粉しますと、蛋白質の少ない薄力粉と呼ばれる小麦粉になります。胚芽部分を取り除かずに製粉すれば比較的蛋白質を多く含む小麦粉になりますが、これを強力粉と呼んでいます。このでんぷんはブドウ糖が鎖状に繋がった物質ですから、その長い分子がこんがらがると粘り気が大きくなりべとべとした糊の状態になります。この変化を糊化といい、60℃程度の比較的高い温度で、練ることにより容易に糊化が進行します。現代の子供たちは粘着テープを使って紙を貼りますが、講師の子供時代にはでんぷんを糊化して粘り気の出たものをでんぷん糊と呼んで使っていました。手近なところに糊が見当たらないときには、弁当箱からご飯粒を取り出してよく練り、即席の糊を調達していました。

片栗粉はじゃがいもなどから精製したかなり純度の高いでんぷんで乾燥した状態ではさらさらした粉ですが、この片栗粉を水に溶いて加熱しますとでんぷんが糊化してとろみがつきます。中華料理の麻婆豆腐や八宝菜などでは具と汁が良く絡み合うように水溶きの片栗粉を料理の最後に加えてとろみを付けています。日本料理でも味の薄い豆腐や冬瓜な

どの煮物に味が良く馴染むように片栗粉でとろみを付けて餡かけとすることが多いように思います。コーンスターチはトウモロコシのでんぷんを精製した物ですから片栗粉と似た性質を示します。そば粉や薄力粉を熱いお湯でよく練りますと含まれているでんぷんが糊化し、粘り気がありもちもちした塊の蕎麦掻きや水団（すいとん）になります。また、乾燥したオーツ麦に熱いお湯を加えて練りますと、でんぷんの一部が糊化して粘り気の高いオートミールが出来上がります。さらに、葛の根から精製したくず粉のでんぷんは、肌理の細かい口当たりの滑らかなゲル状の糊になりますから、小豆の餡を包んだ葛桜や餡と混ぜて形を整えた水羊羹などで代表的な和菓子を作るうえで欠かすことができません。

小麦の胚芽部分や表皮部分だけを製粉し、その後のでんぷんを水で洗い流して取り除きますと、粘り気の強い蛋白質を多く含む物が残ります。ここで残った蛋白質はグルテンと呼ばれ、24%ほどのグルタミン酸のほかにも数種類のアミノ酸で構成されています。蛋白質の長い鎖状の分子が絡み合っていますから、グルテンだけを集めて固めると、生麩と呼ばれる餅のように粘り気の強い食べ物になります。生麩はしらたきや焼き豆腐と共にすき焼きに入れて食べますが、小豆の餡を包んで大福餅のように和菓子にも使われています。金沢ではこの麩を棒状に形を整えて焼いて加賀麩として、吸い物の具にしています。さらに、鯉の餌にもすることから金魚麩とも呼ばれる焼麩はこの乾物売り場にも売られています。このようにグルテンは水を含んでいるときには非常に粘り気の強い物質ですが、焼いて乾燥すると軽い固まりに変わります。

強力粉は比較的多くのグルテンを含む小麦粉ですから、水を加えてよく練りますとグルテンの蛋白質の長い鎖が絡み粘り気の強い網目構造が成長します。この網目構造に小麦のでんぷんが糊化して絡みつきますから、搗き立ての餅のように粘り気が高く肌理の細かい強力粉の塊が作られます。この強力粉の塊の中に酵母を混ぜ込みますと、酵母は生命を維持するために醗酵し、同時に排気ガスとして二酸化炭素を発生します。しかし、発生した二酸化炭素はグルテンの網目とべとべとした糊状のでんぷんでできた組織の中から逃げることができませんから、強力粉の塊の中に多数の泡となって溜まります。この泡だらけの強力粉の塊を高温で焼けば、温度の上昇と共に二酸化炭素は体積を膨張しますから、泡は大きく膨らみ乾燥して固まりパンとなります。本来パンを作るときには、葡萄などの果実の外側に付着している酵母を用いていましたが、効率よく二酸化炭素を発生する酵母が選抜改良され、ベーカースイーストと呼ばれる酵母として使われるようになりました。現在では生命維持活動が冬眠状態になるように乾燥させた酵母がドライイーストという名で市販されています。このドライイーストは水を加えますと冬眠状態から目覚めて生命維持活動が再開されますから、生き物でありながら極めて便利にパン焼きができるようになっていきます。

酵母と少量の食塩を 300g の強力粉にくわえて 200g の水でよく混ぜながら練ります。練り上げた強力粉の塊を 40℃ の生暖かい環境の中に 2 時間ほど寝かし、途中で 1 度掻き回しますと、図 3-2 に示すように塊は泡だらけのものに変化します。この泡だらけの塊の

形を整えてからまた、さらに 1 時間ほど酵母に働いてもらい、二酸化炭素を強力粉の塊の中に溜め込みます。最後に 220℃に暖めた竈か天火の中で、20 分ほど焼きますとフランスパンが出来上がります。結局、フランスパンは強力粉を固めて二酸化炭素で膨らまして焼き固めたものです。グルテンの網目とべとべとした糊状のでんぷんだけで二酸化炭素を包み込んでいますから、気体が漏れ易く、美味しいフランスパンを作るためにはかなり高い技術を必要とします。講師は技術的に未熟ですので、5g ほどの砂糖をさらに加えています、この砂糖は酵母の食べ物となるもので焼き上がりのパンの中にはほとんど残りません。



図 3-2 酵母の働きにより二酸化炭素で膨れ上がったフランスパン (1:醗酵前の強力粉の塊、2:二酸化炭素で膨れ上がった強力粉の塊、3:焼きあがったフランスパン)

バターや豚脂などを加えて良く練り上げますと、グルテンの網目とべとべとした糊状のでんぷんでできた組織の壁を油で塗り込めるように肌理が細かくなりますから、二酸化炭素の漏れを食い止めることができ、ふっくらとしたパンを容易に焼き上げることができます。食パンでは粉の約 5%、バターロールでは約 10%のバターが入っていますから、非常に栄養価の高いパンになります。さらにクロワッサンやデーニシュペストリーなどでは粉と同量のバターを用いていますから、非常に口当たりは良いのですが食べ過ぎると脂肪の取り過ぎになりかねません。

酵母の排気ガスを利用してパンを作るときには、酵母の食べ物を与えたり、酵母が生活し易いように温度や湿度を管理しなければなりません。この煩雑な手間を省くために、二酸化炭素を化学的に発生させてパンを作ることがあります。炭酸ナトリウムや炭酸水素ナトリウム（重曹）を加熱すると二酸化炭素を発生しながら分解します。中でも炭酸水素ナトリウムは危険性の少ない薬品ですから、家庭でも安全に使用することができます。また、二酸化炭素を確実に発生させるために、炭酸水素ナトリウムに酒石酸などの酸を混ぜたベーキングパウダーと呼ばれる混合物を使用することがあります。このように炭酸水素ナトリウムから発生する二酸化炭素で膨らませたパンはソーダブレッドと呼ばれていますが、気体発生後に水酸化ナトリウム（苛性ソーダ）が残りますから、多少苦味の残る独特の味わいを持つパンになってしまいます。

人間は酵母に食べ物を用意し、湿度が高く、温度が約 40℃に生活環境を整えて、酵母にがんばって生きてもらいます。酵母には申し訳ありませんが、生活の証として生産されたエタノールを人間はありがたく頂戴しています。さらに、酵母が生命を維持するときに排気ガスとして二酸化炭素を発生しますので、人間は食欲ですから酵母からお酒を強奪す

るばかりでなく、この排気ガスまで利用してパンを膨らましています。

## 資源ごみを調味料に変える乳酸菌

微生物は栄養をゆっくりと空気で酸化し、長時間にわたって発生するエネルギーを活力にして生命維持をしています。日常生活の中では微生物のいない空間などほとんどなく、眼には見えませんが多くの微生物が激しい生存競争を繰り広げています。空気のない環境を好む嫌気性菌や空気がないと生きられない好気性菌や食塩濃度の高い環境を好む好塩菌など微生物の生命力は環境により個々に異なります。海で獲れた魚を塩に漬けて腐敗菌の繁殖を押さえて長期の保存をしたり、内陸まで輸送していました。このような環境は多くの微生物にとって快適な環境ではありませんが、好塩菌にとっては競争相手が少ないだけに極めて繁殖し易い環境と思われれます。大きな環境の変化が起こらない限り、一度、生存競争に勝ってその環境を制覇しますと、後続の微生物を寄せ付けることなく長期間にわたりその環境を支配し続けます。

微生物の一種の乳酸菌はでんぷんやブドウ糖を分解酸化して、生命活動を維持する活力としていますが、そのとき副生してくる酢酸やクエン酸や乳酸は何れも酸性を示します。しかし、乳酸菌は蛋白質をアミノ酸に加水分解するときに放出するエネルギーも生命維持のための活力にします。この乳酸菌はどこにでも棲息していますし、高い食塩濃度の環境やかなり強い酸性の環境においても生き続ける非常に生命力の強い微生物です。塩に漬けて食べ物を保存しますと、しばしば乳酸菌が繁殖して他の微生物の繁殖を抑えてくれます。例えば、獲れたての魚に塩をしてご飯とともに漬け込みますと、どこにでも棲息している生命力の強い乳酸菌がご飯のでんぷんを加水分解して繁殖を始めます。乳酸菌はブドウ糖やエタノールのほかに乳酸やクエン酸やコハク酸などの酸成分も副生しますから、ますます乳酸菌の好む生活環境になります。同時に乳酸菌は魚の蛋白質もアミノ酸に分解しますから、この食べ物ははじめから加えた塩味のほかに、お酒の成分と乳酸などの酸味とブドウ糖などの甘味とアミノ酸の旨味が次第に増して非常に美味しい保存食になります。

このような保存食は熟れ寿司と呼ばれて古くから作られてきました。琵琶湖で獲れる鮒をご飯とともに塩漬けにした鮒寿司は長期間熟成しますから、味も香りも個性的な食べ物で講師はかなり好物に思っています。この熟れ寿司は魚とご飯を美味しく食べる料理法ですが、個性が強すぎますし手間と時間を要しますから、忙しく働く人にとっては簡単に口に入る物ではありませんでした。そこで、酸味と旨味をお酢と昆布だしで代用し、塩で魚を味付けしてご飯とともに約1日味を馴染ませた押し寿司が作られるようになりました。さらに、忙しく気短な江戸っ子には1日の熟成も待ちきれませんから、ご飯にお酢を加えた酢飯に生きの良い魚を乗せて熟れ寿司や押し寿司の代用にした江戸前の握り寿司が食べられるようになったと聞いています。しかし、このように生魚を乗せたので腐敗が早まってしまいますから、殺菌性の強いわさびを魚の下に隠して現在の握り寿司の形ができたようで、もはや乳酸菌は関与しなくなっています。

玄米は籾から籾殻を取り除いた物ですが、まだ外側に比較的硬い皮や発芽に最も大切な胚芽などが付いています。この部分が残っていると焚いた時にご飯の口当たりが悪く味が落ちてしまいますから、糠として磨ぎ落とします。この糠には繊維のほかに米のでんぷんと蛋白質や脂肪を多く含む胚芽が含まれますが、あまり食べ物としての価値がなく家畜の飼料などとして処理されています。この栄養豊かな資源ごみは熟れ寿司の材料と良く似ていますから、食塩濃度を高くして乳酸菌の好みの環境で大いに働いてもらいますと、糠の栄養からエタノールと酸味と甘味と旨味を作ってくれます。種々のやさいを資源ごみから作られたこれらの調味料で味付けすれば、糠味噌漬けと呼ばれて美味しい食べ物が完成します。特に、大根を長期間にわたり糠味噌漬けにして熟成しますと、浸透圧の現象により適度に水分が抜け、糠由来の調味料で味付けられますから、昔から最も庶民に親しまれてきた沢庵漬けになります。このように資源ごみを利用した糠味噌漬けを美味しく漬けることのできるような家計を援け料理上手な理想的な妻を糟糠の妻と持て囃しています。

## 「醬」で味付けする東洋の食べ物

東洋では麹菌の働きで米や麦や高粱などの穀類のでんぷんをブドウ糖まで加水分解してもらい、酵母に働いてもらってお酒を造ってきました。この麹菌はでんぷんばかりでなく蛋白質の加水分解も得意とし、アミノ酸に分解するときのエネルギーも利用して生活することができます。

麹菌などの微生物の援けを借りて大豆などの蛋白質を多く含む食べ物を腐らせて、アミノ酸まで分解する技術が古くから中国に発展してきました。多くのアミノ酸が旨味の味覚成分として効果がありますから、蛋白質を腐らせるこの技術は食べ物を美味しくすることに役立ちます。この技術は中国文化の伝播と共に、朝鮮半島から日本へ、ベトナムからタイなどの東南アジアへと伝えられて、それぞれの地方で独特の色と味と香りを持った調味料として発展してゆきました。中国から朝鮮半島ではラージャンやシャージャンやコチュジャンなどの「醬」と呼ばれるいろいろな味付けのための調味料が考案されています。

醤油は主な原料である大豆と小麦と食塩に麹菌などの微生物を働かせて作る「醬」の一種です。醤油の伝統的な製造方式は本醸造法と呼ばれ、蒸した大豆と炒った小麦をほぼ同量混合し、種麹を加えて原液となる「麹」を造ります。これを食塩水とともに仕込み、攪拌を重ねながら約6~8カ月熟成させて麹に大豆と小麦の蛋白質を食べてもらいます。多くの微生物は食塩濃度の高い環境では生育できませんが、麹菌や酵母や乳酸菌などは食塩濃度の比較的高い環境でも生育できますから、雑菌の妨害も受けにくく麹菌や酵母や乳酸菌が主役となって容易に蛋白質の加水分解が進行します。風味は主に大豆の蛋白質から、香りは小麦のでんぷんから、それぞれ微生物の働きにより醸し出されます。また、特徴的な色は、蛋白質から分解して生成するアミノ酸と、でんぷんから分解して生成するブドウ糖が生み出すものです。大豆の蛋白質から生成するアミノ酸の旨味、小麦のでんぷんから生成するブドウ糖の甘味とお酒の味、乳酸菌により生成する乳酸の酸味がはじめに加えた食

塩の塩味と互いに作用しあいます。最後に繊維質などの固形物をろ過しますと、特有の色と味と香りの美味しい醤油ができあがります。

日本の料理の調味料として非常に重要な位置を占める味噌も、醤油と同じように「醬」から改良されたもので、農村部では近年までそれぞれの家庭で自製されていました。一般的な味噌の作り方は、始めに米や麦を蒸して麹菌と塩を混ぜ合わせて、蛋白質の分解を援ける塩麹を用意します。大豆を良くふやかした後にお湯の中で柔らかく煮ます。江戸時代には味噌豆と呼んでいましたが、この煮た豆を適当にすり潰し、塩麹をよく混ぜ込みます。4ヶ月以上熟成すると、麹菌の働きで大部分の蛋白質がアミノ酸に分解し、味噌が出来上がります。麹の種類や混ぜ込み方など色々原料や作り方の違いから、白味噌、赤味噌、八丁味噌など種々の味噌が日本中に生産されています。米や麦を多く加えて醗酵させれば当然糖類が多くなり、甘味の強い味噌になり、乳酸菌の多い麹を使えば酸味の強い味噌になります。長く熟成すれば、蛋白質の分解がより進むため、アミノ酸の濃度が高くなり旨味の強い味噌になりますが、同時に濃い褐色に色付いてしまいます。

京都の「大徳寺納豆」や浜松の「浜納豆」に代表される「塩辛納豆」あるいは「唐納豆」は400年～600年前に中国から伝来したもので、戦国時代の兵糧として珍重され、とくに徳川家康の好物だったと伝えられています。味は納豆というよりも、味噌のような感じで、講師の好物ですからお茶づけやおにぎりにしばしば登場してきます。作り方は、柔らかく蒸した大豆を冷まし、「種麹」を加えて2日間醗酵させます。冷えるのを待って、塩水に漬けて2～3ヶ月寝かせます。その後、太陽の光で干して完成です。塩辛納豆は納豆とはいえ、氏も素性も「醬」の流れを汲む味噌の一種と考えられます。

水戸納豆は塩辛納豆とは異なる糸引き納豆と呼ばれ、柔らかく蒸した大豆を藁苞の中に包み込んで2日ほど暖かい所で熟成させて作ります。藁には納豆菌と呼ばれる微生物が付着しているために、大豆の蛋白質を腐らせてアミノ酸に分解します。旨味成分のアミノ酸のほかに独特の香りの成分も醸成してきますから、食べ慣れない人には嫌われますが、消化を援ける酵素も副生してきます。価格的にも安価な水戸納豆は栄養豊富で茨城県では学校給食にもしばしば登場するそうです。なお、極めて類似の糸引き納豆がベトナムの奥地でも作り継がれていると聞いたことがあります。

植物性の蛋白質を微生物でアミノ酸へ加水分解する「醬」ばかりでなく、動物性の蛋白質を微生物で腐らせてアミノ酸に加水分解した調味料や食べ物が世界各地に作られています。鰹やイカの内臓を麹などの微生物と共に塩漬けた塩辛は原料の蛋白質の醗酵により、アミノ酸の加水分解が進み、アミノ酸の旨味に富んだ食べ物に仕上がります。苦味の強い鮎の内臓やなまこのわたを麹とともに漬け込んだ塩辛はそれぞれ渋うるかやこのわたと呼ばれて酒の肴として極めて珍重されていますが、何れも旨味成分のアミノ酸を多く含んでいます。また、ベトナムやタイなどの東南アジアでは、塩辛に良く似た味のニュクナムやナンプラと呼ばれる魚から作られた「醬」が調味料として広く用いられています。

身の回りには至るところに種々の微生物が住んでいますから、化学エネルギーを供給で

きるような蛋白質やでんぷんを含む食べ物があれば、微生物は喜んでその食べ物の上に寄宿して生命活動を開始します。多くの微生物は蛋白質をアミノ酸に加水分解し、発生する熱エネルギーで生命活動を維持します。このとき蛋白質はアミノ酸に加水分解して行きますから、これを腐敗と呼んでいます。微生物の中には麹菌や納豆菌や青黴のように、人間にとって有益な働きをするものもありますが、生命活動を維持する間に毒物を分泌するものもあります。また、多くの微生物は食塩濃度の高い環境では生育できませんが、麹菌や酵母や乳酸菌などは食塩濃度の比較的高い環境でも生育できますから、雑菌の妨害も受けにくく乳酸菌や酵母が主役となって容易に醗酵が進行します。しかし、食塩濃度の高い環境を好む変り者の微生物も蛋白質を食べに来ます。ボツリヌス菌という名の微生物は強い毒性物質を分泌しますが、この毒素はふぐの毒素の約 30 倍の強力な毒性を示し、現在までに知られている最も毒性の強い物質と考えられています。ボツリヌス菌は微生物ですから、極微量の毒素しか分泌しませんが、それでも毎年日本中でこの微生物により数件の食中毒による死亡事故が起こっています。蛋白質を含む食べ物は腐らせるほど旨味成分が増して美味しく食べられますが、そのとき毒のない微生物を厳選しなければなりません。

## 黴のお陰で生活は豊かに

中国や韓国や日本などの東洋の料理は豆や穀物を麹菌で腐らせて作られる「醬」を味付けの基盤にしていますが、西欧の料理の原点は牛乳とぶどう酒にあるように思います。牛乳は蛋白質にりん酸カルシウムの結合したリン蛋白質が水と油を結び付けて、牛乳では乳脂が白く乳化されています。しかし、りん酸カルシウムの部分は酸性条件下では中和され、乳化の働きを失いますから、乳脂は水から分離してきます。実際、牛乳にお酢やレモン汁を加えると牛乳は酸性になり蛋白質が間もなく凝固してゆきます。

乳酸菌などの微生物はでんぷんやブドウ糖を分解酸化して、生命活動を維持していますが、そのとき副生してくる酢酸やクエン酸や乳酸は何れも酸性を示します。牛乳などの動物の乳に乳酸菌が寄宿しますと、含まれている糖質の酸化により酸成分が副生しますから蛋白質が凝固してきます。例えば、ブルガリヤではどこにでも繁茂しているドリャンと呼ばれる木の葉には乳酸菌の一種のヨーグルト菌が付いているようで、この木の枝で温めた牛乳をかき回してから、冷めないようにしておきますとヨーグルトができるそうです。このようにヨーグルト菌により牛乳が凝固したものをスメタナあるいはヨーグルトと呼び、東ヨーロッパの各地で広く好まれています。

日本ではドリャンの木は繁茂していませんが、ヨーグルト菌を含んだヨーグルトを市販していますから、少量のこのヨーグルトを温めた牛乳に混ぜて放置しますと、約 5~6 時間でヨーグルトに固まってしまいます。長時間乳酸菌に働いてもらおうと液の酸性が強くなり蛋白質がさらに硬く固まってきます。このように固まった蛋白質をフレッシュチーズと呼んでいます。コテージチーズは脱脂乳などから作られるフレッシュチーズですが、白く脆い外観をしており、約 80%の水分を含み、味は淡白で、わずかな酸味とさわやかな風味を

持っています。この淡白な味は新鮮な野菜とよく合いますから、サラダやサンドイッチに入れられています。また、砂糖と共にチーズケーキの基になります。

コテージチーズとは逆に牛乳に脂肪分を多く含む生クリームを加えて高脂肪の牛乳にして、クエン酸などで酸性にしますと脂肪分の高いフレッシュチーズが出来上がります。マスカルポーネはイタリアのミラノを中心とするロンバルディア地方で作られるこの種類のチーズで、チーズの味がするクリームとして入れたケーキはティラミスと呼ばれ、東京でも大流行したことがあります。原乳を酸性にする方法のほかに酵素を用いても乳蛋白質は固化します。モッツアレッラは水牛の乳あるいは牛乳に牛の内臓からとった酵素を加えて蛋白質を固化させ、お湯の中で揉んで水を搾り出して最後に塩水の中に漬け込みます。

チーズは牛や羊や山羊の乳の蛋白質を固めたもので、出来立てのフレッシュチーズは爽やかな風味に富んでいますが、味が淡白でコクがありません。そのため、このフレッシュチーズを色々の微生物に食べてもらい、アミノ酸に加水分解してもらって旨味のあるチーズに熟成する処理が古くからなされています。フランスのロックフォールやイタリアのゴルゴンゾーラなどのブルーチーズは原乳から作ったチーズに青黴を混ぜ込んで、全体が青緑色になるほどに熟成させて造ります。青黴はチーズの蛋白質を食べながら生命活動を維持しますが、そのとき加水分解により生成するアミノ酸がチーズの旨味となります。蛋白質と混在している脂肪も一部分解しますから、熟成している間に酪酸などの比較的分子量の小さな脂肪酸が副生してきます。酪酸は汗などに含まれる耐え難いほどに臭い匂いの物質ですから、食べ慣れない人は抵抗を感じるものと思われます。フランスのブリやカマンベールなどのクリームチーズは出来立てのチーズの周りに白黴を生やして熟成します。生存競争の中で生き抜くために、微生物は一度活動を始めると他の微生物を駆逐して生活圏を維持しようとする性質がありますから、白黴が他の雑菌の進入を抑え、旨味を増すばかりでなく、保存効果を増す働きもします。

すべての微生物が人間に害を加えるもので、完全に淘汰し無菌の状態を作ることが望ましいと考える風潮がありますが、人間の生活圏には無数の微生物が生存競争を繰り広げています。人間がある種の微生物を駆逐すれば、他の競争相手の微生物が勢力を広げてしまいます。古くから東洋では麹菌や納豆菌など種々の微生物を利用して「醬」がつくられ、西欧では乳酸菌の援けを借りて動物の乳の蛋白質をチーズに固めて、食べ物を美味しくする工夫がなされてきました。このような微生物の生存競争を巧みに利用する技術はバイオテクノロジーと呼ばれ、人間の叡智を集める将来が楽しみな技術でしょう。これからも微生物と共生して、微生物のお陰で人間の生活は豊かになるでしょう。

### 食べ物の主成分は水

地球が誕生して7億年後に生物が海中に誕生しましたが、その後33億年間にわたり生物は海中だけに棲息していましたから、生物の身体の約70%は海水のような成分の水で構成されていました。生物は約5億年前から徐々に上陸するようになって来ましたが、その生物の身体の組織は海中に棲息していた時代のものからあまり変化していませんので、人間をはじめとする哺乳動物の身体を構成する物質においても海水のような成分の水が約70%を占めています。極めて乾燥していて水の少ない砂漠に棲息する駱駝やサボテンでも、体内に大きな水がめのような組織を持っていますから、身体を占める水の割合はほとんど異なりません。

人間はこのような約70%の水を構成成分とする生物を食べ物として生活を維持していますが、その食べ物に含まれる蛋白質や脂肪もそのままの形で栄養として体内に吸収することができませんから、食べ物の中の蛋白質や脂肪を体の中で変化させて必要な形に組み替えて人間の身体を作り上げています。この組み替えの過程では蛋白質がアミノ酸へ、脂肪が脂肪酸とグリセリンへ体内で一度分解しますが、この分解は水が関与しますから加水分解と呼んでいます。蛋白質や脂肪が加水分解して生成するアミノ酸や脂肪酸やグリセリンは腸で吸収され、血管を通して身体の各部に運ばれそこで再び蛋白質や脂肪に作り上げられます。

文明生活を営む人間は食べ物を水でよく洗い、毒物や消化できないごみや泥などを洗い落とした後に、包丁などの道具を用いて食べ物の食べ難い部分を取り除きます。さらに、切ったり、細かく刻んだり、水とともに練り固めたり、水の中で加熱してあらかじめ部分的に加水分解したり、さしすせそを水に溶かして加えて味を調えます。料理とはこのように食べ物を食べ易く消化し易い形に変形し、味を調べて食欲を促すための作業ですから、水なくしては料理をすることはできません。料理の舞台となる台所あるいは厨房には必ず井戸や水場や洗い場やシンクがなければなりません。

ゴビ砂漠から黄海まで流れる黄河は中国の人々に豊かな恵みを与えてきましたが、しばしば洪水の大きな被害ももたらしてきましたので、歴代の中国の皇帝は黄河の流れを治めることが最も大切な仕事でした。また、武田信玄は南アルプスや八ヶ岳を流域に持つ釜無川に信玄堤を築いて洪水の被害を減らすことができたために、武田の赤備えと呼ばれる強力な軍隊を持つことができました。そのため古くから「水を制するものは天下を制す」といわれてきました。

生物の構成成分の70%が水ですから、人間は水の中に含まれているわずかな蛋白質やでんぷんや脂肪を食べ物にしていると考えることができます。しかし、それらの食べ物もそのままでは体内に吸収することができませんから、水が関与する加水分解反応により食べ

物を消化して、アミノ酸とブドウ糖と脂肪酸とグリセリンに分解して人間の身体を作り、生命を維持する活力にしています。料理はこの食べ物の体内への吸収をより容易に、より効率よく援ける作業ですが、中でも食べ物を水で洗い、水とともに煮炊きすることは最も大切な作業です。言い換えれば、料理は水の中の成分を水で処理して水と反応し易くする作業とまとめることができますから、「水を制するものは料理を制する」ということになります。

## 水は一風変わった液体

この「水を制するものは料理を制する」ということは、水の性質を良く知ることが大切であり、水の性質や振る舞いを知ればおのずから料理の基本が分かるようになるということの意味していると思います。水は地球上の至るところに存在し、極めて普遍性が高く生活に密着した物質ですから、水については熟知していて明らかにするようなことが無いように思われますが、意外に特異的な挙動や性質があります。そのため水の挙動や性質について改めて考え直すことは、食材を美味しく食べ易い食べ物に上手に料理する上で大いに役立つと思います。

一般に地球上では小さな分子量の物質は液体や固体の状態を保つことができず気体の状態で存在し、分子量が大きくなると沸騰点が高くなり、分子量 100 程度の物質は多くの場合に約 100°C で沸騰します。水の分子は水素 2 原子と酸素 1 原子で構成されている地球上に存在する分子としては 6 番目に小さな分子量 18 の極めて小さな分子ですが、水の氷点は 0°C、沸騰点は 100°C ですから、同じような沸騰点を持つ物質と比較しますと非常に小さな分子量しかなく、異常に沸騰点の高いことが分かります。そのため水は地球上では主に液体の状態で存在します。中東などの油田で産出する石油は非常に大量に自然界に存在する液体ですが、そのような大量の石油も大型のタンカーを海に浮かべて運搬していますから、海の水の量に比べれば石油は微々たる量に過ぎません。水は地球上に普遍的にしかも圧倒的に大量に存在する液体です。そのために水の性質や挙動が液体の標準的な性質や挙動と考えがちですが、水以外の多くの液体と比較しますと水はかなり個性的で特異な液体と考えられます。

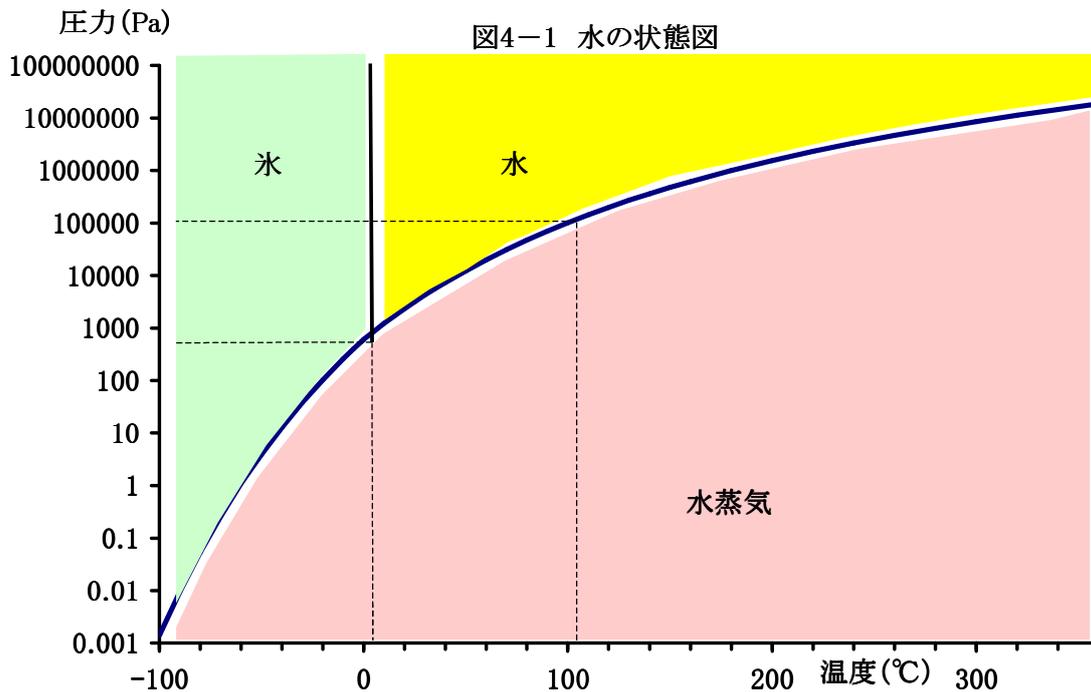
水の分子は水素 2 原子が酸素 1 原子とブーメランのようにくの字型に結合している非常に簡単な構造を持っていますが、この 2 種類の原子が非常に異なった性質を持っていますから、水の分子において水素原子は+の電荷を、酸素原子は-の電荷をそれぞれわずかながら持っています。このようにわずかながら原子上に電荷を持った結合で原子が結ばれて出来ている分子は分子全体として電荷の偏りを生じますから、水も分子全体として電荷の偏りを持っています。一般に+の電荷を持ったものと-の電荷を持ったものは引き付けあいますから、水分子の+の電荷を持った部分が隣の水分子の-の電荷を持った部分に引き付けられますし、-の電荷を持った部分がまた別の水分子の+の電荷を持った部分に引き付けられます。そのため、沢山のくの字型に曲がった水分子が互いに引き付け合い、3 次

元の網目状に絡み合った一塊として挙動すると考えられます。沸騰は液状の物質から気体分子として飛び出すことをいいますが、水の場合には絡み合っているために飛び出し難くなってしまい、結果的に沸騰し難くなって高い沸騰点を示すこととなります。また、液状の分子が整列して分子運動が止まるときに固体に固まりますが、液状の水は分子が乱雑に絡まっているために高い氷点(融点)を示す現象となって現れます。

水が3次元の網目状に絡み合った一塊としての挙動を取るために、水が異常とも思える高温の氷点と沸騰点を示す以外の特異な性質や挙動をさらに掲げて起きます。水は比熱が大きいために、温めても温度が最も上がり難く冷やしても温度が最も下がり難い液体です。また、水を蒸発させるためには非常に多くのエネルギーを要しますから、煮詰めたり乾燥させることはなかなか困難です。石油やエタノールなどの多くの液体と比較しても水の比重は格段に大きく、水と油を一緒にしますと2層に分かれて水が下層なります。この比重の大きな水が凍る時には例外的に比重を減少させますから、氷は必ず水面に浮き上がります。このように個性的で特異な性質を持つ水を制することは困難ですが、逆にこの個性や特異性を利用すれば水を上手に制することができるのではないのでしょうか。

## 圧力鍋はお鍋の優れもの

分子は個々に運動エネルギーを持っており、分子と分子が遠く離れている時には分子は無関係に運動しますが、分子と分子が接近しますと分子の間に相互に弱い引力が働きます。低温では運動エネルギーが小さくほとんど動き回りませんから、分子の間に働く引力が影響して分子が隙間なく集合して規則的に並び固体の状態になります。運動エネルギーは温度により変化しますから、温度が高くなるに従って分子の運動エネルギーが大きくなり動きが活発になり、分子同士は離れてゆき分子の間に働く引力は小さくなります。温度が少し高くなり分子の間に働く引力とほとんど同じ程度まで分子の運動エネルギーが大きくなりますと、分子は整然としたその配列を持つ固体の状態からその配列を崩して自由に動き回る液体の状態に変化します。このとき固体はエネルギーを加えなければ液体になりませんし、液体は発熱しながら固まりますが、この固体と液体の間の変化が完結するまでは温度が変化せず、その温度を融点あるいは氷点と呼んでいます。液体の状態では物質の中を分子は自由に動き回っていますが、温度が高くなるに伴い運動エネルギーが大きくなりますから、分子が動き易くなり流動性が上がって粘性が下がってきます。さらに温度が高くなり分子の間に働く引力よりも分子の運動エネルギーがはるかに大きくなりますと、分子の間のしがらみから開放されて、気体の状態になって自由な世界に飛び出してゆきます。地球の表面は1010hPa(約1気圧)の圧力の空気で覆われていますが、その空気を押し退けなければ分子は気体となって飛び出してゆくことができません。分子が十分な運動エネルギーを持っていないときには少ししか押し退けることができず、少ししか気体になることができません。空気を完全に押し退けて分子が自由に飛び出してゆくためには、空気の圧力を押し返すに十分な圧力を持つように分子が大きな運動エネルギーを持つ必要があります。



このときはじめて物質は沸騰します。

いろいろな温度と圧力で水が氷、水、水蒸気の何れの状態にあるかは、図 4-1 に示す水の状態図で表すことができ、地表の大気圧 1010hPa (101000Pa) でこの図を横に見てゆきますと、0°Cのところから液体の水から固体の水に変化しますから、氷点は 0°Cと読み取ることができます。さらに、100°Cのところから液体の水から水蒸気になりますから水の沸騰点は 100°Cと読み取ることができ、押さえ込もうとする空気を押し退けて水はどんどん沸騰して気化が進みます。しかし、液体の水が少しでも残っている間は 100°C以上に温度の上昇することがありませんから、液体の温度は 100°Cに保たれそれ以上に上がることはありません。軽井沢や富士五湖のような高原では上空を覆っている空気の厚さが薄く、強い台風の中心気圧ほどしか大気の圧力がありませんから、氷点は約 0°Cでほとんど変化ありませんが 100°Cより 3°Cほど低い温度で水は沸騰します。また、富士山の頂上ではさらに大気の圧力が低くなりますから水は 88°Cで沸騰してしまい、いくら火を強くして煮てもそれ以上に水温が上がりにません。逆に、密閉して大気の圧力以上に分子の飛び出しを押さえ込みますと、100°Cを超えても水は沸騰しなくなります。

電気炊飯器の普及する以前にはお釜でご飯を炊いていましたが、お釜には重い木の蓋が使われていました。このしっかりした重い蓋によりお釜が良く密閉され、内部は比較的高い圧力になりますから、水温が高くなってご飯を美味しく炊くことが出来るように工夫されていました。現在広く使用されている電気炊飯器も、美味しいご飯が炊けるように内部の圧力が若干高くなるように工夫されています。また、軽井沢や富士五湖などの高原や富士山の頂上では大気圧が低くなりますから沸騰点が低くなり、いくら火を強くして煮ても水温が

100°Cまで上がりません。そのため、登山愛好家が高い山の上でもご飯を美味しく焚けるように、かなり密閉度の高い蓋のできる飯盒と呼ばれる携帯用の炊飯器が考案されています。さらに、しっかりした蓋をすると爆発の危険はありますが、圧力鍋は安全弁や気圧の調節弁を付けて爆発の危険のないように工夫されています。この圧力鍋を使いますと、どんなに気圧の低い土地でも、100°C以上の高い温度で食べ物を煮たり蒸したりすることが出来ます。このように沸騰点が上昇しますから、わずか 1%ほどですが加水分解速度が速くなります。さらに、高い圧力で食べ物の割れ目や隙間へ水を押し込みますから、圧力鍋を使いますと柔らかく食べ易く消化し易い食べ物に変化させる料理の幅を広げることが出来ます。圧力鍋は料理をするうえで優れものの道具とされます。

### 凍らせたまま煮詰めてつくるインスタントコーヒー

100°Cのところを図 4-1 を上に見てゆきますと、水蒸気分子は 1010hPa の圧力に相当する運動エネルギーを持っており、完全に地表を覆っている空気を追い出して沸騰することが読み取れます。同じように室温 (25°C) の所を上に見てゆきますと、水蒸気分子は 30hPa の圧力に相当する運動エネルギーしか持っていませんから、わずかに空気を押し退けることができず、空気中の水蒸気の割合は約 3%になると読むことができます。また、-10°Cのところを上に見てゆきますと、大気の下では氷の状態をとることを読み取れますが、水蒸気分子が 2.5hPa の圧力に相当する運動エネルギーを持っていますから、わずか 0.25%ながら水分子が空気中に水蒸気として氷から飛び出してゆくことも読み取ることができます。

電気冷蔵庫の冷凍室は約-10°Cに設定されており、その温度では水は氷の状態に固まっていますが、このような氷から僅かながら水蒸気が飛び出してゆきます。飛び出した水蒸気はより冷たい所に氷として固まりますから、冷凍食品の水分が水蒸気として飛び出して冷凍食品は乾燥してゆき、蒸発した水分は冷却装置の部分に凍り付きます。-10°Cにおける大気中の水蒸気の割合が 0.25%と極めて小さいことから、このような冷凍した食べ物の水分が移動してしまい乾燥して味や口当たりが変わる現象は、かなり長時間を要しゆっくりとしていますが、長期間にわたり食べ物を冷凍保存すれば必ず起こってしまいます。長期間の冷凍保存は止むを得ない場合にのみ利用する非常手段ではないでしょうか。

互いに燃え上がると A 子さんと B 君の恋が急速に進展する恋愛ゲームのように、物質 A と物質 B の反応が温度の低い時にゆっくりとした反応であっても、温度が高くなると速やかに進行するようになります。酸化や重合などの食べ物の変性を伴う種々の化学反応でも高温で比較的早く進行します。特に、通常のプロテインの変性点はゆで卵が出来るように約 70°Cですから、水の温度を上げて濃縮すると蛋白質の変性が起こってしまいます。このような食べ物の反応は低温では比較的ゆっくりと進行しますから、低い温度では味や風味があまり損なわれません。水を含む物質を凍結した後に、凍結した状態のまま水分の移動を行い、食べ物の水分を取り除き濃縮乾燥させる凍結乾燥という技術が開発されて

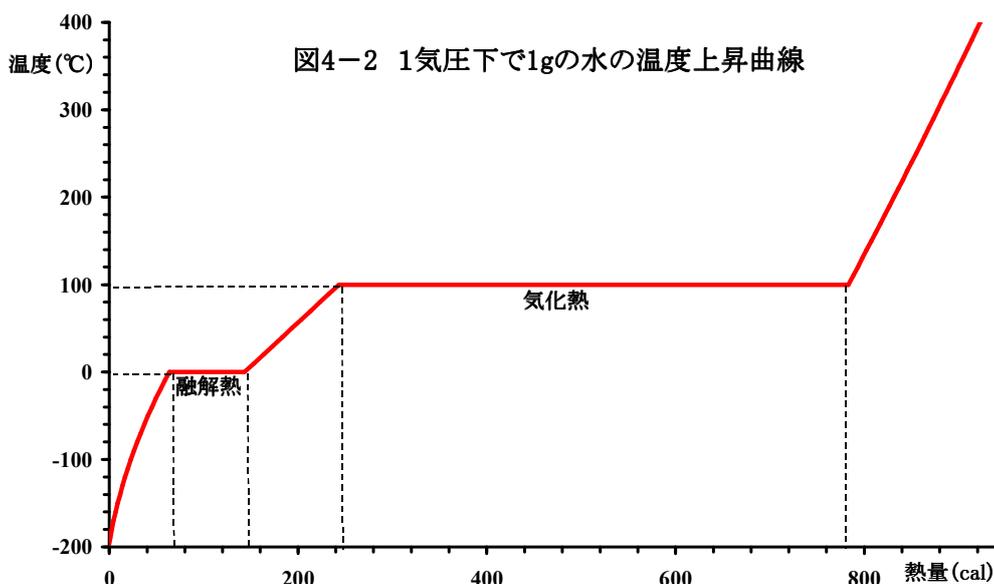
います。-10℃においてはどんな環境においても水蒸気分子は2.5hPaの一定の圧力に相当する運動エネルギーを持っていますから、周囲の圧力を低くすると蒸発する水蒸気の割合が増加し効率よく凍結乾燥を行うことができます。この技術では匂い成分などの揮発性の物質は多少失われますが、食べ物に含まれる殆どの物質を変性することなく、その味や風味を保ったまま乾燥することが出来ます。

コーヒー豆から抽出して淹れたコーヒーの液を凍らせて、凍結乾燥により水分を取り除きますと、コーヒーの苦味や風味が余り失われることなく乾燥した粉末になります。この粉末は水を加えるだけで容易に溶けて元のコーヒーに戻りますから、インスタントコーヒーとして忙しい現代生活で愛好されています。さらに、ネギや海老や油揚げなどの乾燥にもこの技術が用いられ、具や薬味として即席ラーメンや各種のカップ麺に加えられています。

### 料理の温度を操る蒸発熱の魔法

ブーメランのようにくの字型に曲がった水分子が互いに引き付け合い、3次元の網目状に絡み合った一塊としての挙動をとるために水は特異な性質や挙動を示します。図4-2は水が大きな比熱を持ち、水を蒸発させるために非常に多くのエネルギーを要することを示しています。この図は大気圧(1010hPa)の下で1gの水を暖めたときに加えられる熱量とそのときの温度の上昇をグラフに表したのですが、氷から水や水蒸気への変化に伴い大きな熱エネルギーを要します。石油やエタノールなどの多くの液体と比較して、水から水蒸気になるためには格段に大きな蒸発熱を必要としています。

スープも味噌汁も澄まし汁もみな食べ物が入った水溶液あるいは懸濁液ですから、水を暖めたときにどのように温度が上がるか知ることは、料理を上手に作るうえで大切なこと



と思われます。この図の値をもとに講師の家のガスレンジで0°Cの氷500gをお鍋に入れて温める場合を考えますと、融けるまでの時間、0°Cの水が沸騰するまでの時間、沸騰しはじめてから完全に水蒸気になってお鍋が干上がるまでの時間はそれぞれ1分半、2分、11分と概算することが出来ます。この概算した時間から、水が沸騰を始めてから完全に蒸発し終わるまでの時間の極端に長いことが分かります。逆に、100°Cの水蒸気が100°Cの水に凝縮するときには、非常に大きな熱量を放出することを意味しています。蒸し器や蒸籠を使いますと、シューマイや饅頭を上手く蒸すことが出来るのはここで放出する大きな熱量によると思われます。しかし、料理中に100°Cの水蒸気が皮膚に当たりますと即座に水に液化しますが、同時にその部分の皮膚に短時間に多量の熱が集中しますから、非常に危険な火傷を引き起こすことがあります。

油の浮いた中国料理のスープやラーメンの汁が非常に冷めにくく湯気も立っていないのに、口に入れると火傷するほどに熱いと感じた経験があると思います。沸騰点以下でも高温の水は大量の水蒸気を蒸発しますから、大量の熱量を失い水の部分は冷えて行きます。しかし、水面が油の膜で覆われていますと、水面からの水蒸気の蒸発は極度に抑えられてしまいます。そのために蒸発熱の放出が抑えられ冷え難くなっていますから、高温の水が冷えてゆく通常の間時間感覚で推測する温度よりも高い温度に保たれていることになり、口の中を火傷することになります。水面が多く露出するように油の膜を壊して掻き回せば、水蒸気の蒸発が起こり温度は急激に降下するでしょう。また、餡かけ豆腐や天津麺などのように片栗粉やコーンスターチでとろみをつけた汁やスープは粘性が高いために液の表面と内部の間の攪拌が遅くなりますから、表面が冷えて水蒸気の蒸発が少なくなり蒸発熱の放出が減っても、内部の液体の温度は高く保たれますから、口に入れたときに火傷するほどに熱く感じるようになります。

アンコールワットへの観光旅行の折に、レストランでは大型の扇風機を回していましたが、その風の流りに霧状の水を撒いていました。小さな水滴は風の流れの中で即座に水蒸気になりますが、そのとき多くの蒸発熱を流れる風から奪いますから、風の湿度は高くなりますが温度は下がります。熱帯にあるカンボジアで利用できる簡易型の冷房装置です。電気冷蔵庫の普及していなかった時代には日本でも同じような原理を利用して、夏になると濡れた布巾で器を包み風通しのよい所に置いておきました。布巾に含まれた水は風に当たって蒸発しますが、そのとき多くの蒸発熱を器から奪いますから、器の中まで良く冷えます。

## 水よりも蒸発し易い香り

匂いや香りや臭みは揮発性の高い物質が気体となって鼻に到達する時に起こる生理作用で、鼻の粘膜に分子が付着したときに感じる情報を脳に伝達して、そこで情報処理をして匂いの感覚として認識しています。現在の化学の研究に用いられている分析機器よりも優るとも劣らない精度と感度を持つほどに、人間は極めて正確で鋭敏な嗅覚を持っていま

すが、人間の自己防衛本能と環境への順応性と高い嗜好性により嗅覚の感度が時間とともに減少する特性を持っています。新しい匂いの物質が極めて微量でも鼻に到達すると一瞬その匂いを感じますが、その後も物質が鼻に到達し続けても、間もなく全く匂いを感じないように脳で情報処理をしてしまいます。例えば、カレー屋さんの入口に立っただけでカレーに含まれるガラムマサラやカルダモンなどの香辛料の匂いがしてきますが、カレーライスを食べ終わる頃にはそれらの匂いもほとんど匂わなくなっています。

さらに、人それぞれの嗅覚の性能や体調により感度が異なりますから、同じ匂いでも感じ方は違ってきます。揮発性が高く気体になり易い性質を持つ物質は多くの場合に嗅覚を刺激して匂いを感じますが、人間にとって好ましい匂いを香りと呼んで生活に取り入れ、好ましくない匂いを臭みと呼んで忌み嫌います。しかし、嗅覚を刺激する物質の濃度が高い場合には、刺激が強すぎて不快な臭みとなる物質も、濃度の低い状態では好ましい香りとなることがあります。そのため明確に香りと臭みを区別できませんが、香りの成分は果物の香りと香草や薬草の香りと動物の性を刺激する香りの3種類の香りに大雑把に分類することができるように思います。人間の性を刺激する香りはあまり食べ物には関係ありませんから果物と香草と薬草の香りについてみてみましょう。

近年、リンゴやミカンばかりでなく、オレンジやグレープフルーツなどの柑橘系の果物、サクランボや杏や桃などのバラ科の果物、マンゴーやグアヴァやスターフルーツなど熱帯産の果物など、種々の果物が果物屋さんの店頭に並んでおり、それぞれ芳しい香りを漂わせています。これらの果物の香り成分を表4-1にまとめておきましたが、それらの大部分は脂肪酸のエステルに類する物質で、特に果物には蟻酸や酢酸や酪酸などの脂肪酸のエステル類が種々含まれ、果物特有の甘い香りとなっています。このほかに、モノテルペン類と呼ばれる分子の中に炭素原子を10個含む一連の化合物群が独特の香りを放ちます。これに対して、ベンゼン環や窒素原子を含む化合物は果物の香りの成分にはほとんど含まれていません。

香草や薬草は人間の健康を保つために古くから用いられてきた植物で、薬効を持つものばかりでなく、食べ物の腐敗を抑える働きをするものや、微生物を消毒する働きを持つものなどがあります。胡椒は最も代表的な香草ですが、その中には $\alpha$ -ピネン、 $\beta$ -ピネン、フェランドレン、カリオフィレン、リモネン、ピペロナル、ピペリン、ピペリジンなどの多くの成分が含まれており、独特で複雑な香りを醸し出しています。これらの香草や薬草はそれぞれ固有の香りを持っていますから、代表的な香草や薬草についてその薬効と共に、香りの成分を表4-2にまとめました。この表からも分かるように、香草や薬草は果物の香り成分と同じようなモノテルペン類を多く含んでいますが、他に多くの芳香族化合物も含んでいます。しかし、果物の香り成分と異なりほとんど脂肪酸のエステルを含んでいませんから、比較的スーッとした香りが強く感じられます。

一種類の果物や香草や薬草でも多くの香り成分を含んでいますから、極めて複雑な香りを齎しています。化学者は香りを持つ化合物について多くの知識を蓄積していますが、化

学者が香りを持つ化学物質を種々調合しても種類に限りがありますから、天然から収穫した香草や薬草の香りを再現することは、ほとんど不可能に思われます。残念ながら、化学者が調合した合成香料はどうしても多少クスリ臭く深味の無いものになってしまいます。さらに、腕のよい料理人はこれらの果物や香草や薬草を混ぜてより複雑な香りを生み出して料理に深味を与えています。例えば、カレー料理の基本となるカレー粉はウコンと同類のターメリックのほかにカルダモンとガラムマサラを基本にして多くの香草を混ぜ合わせて調合していますから、各家庭や各製造会社の調合の違いにより、味も香りも異なってきます。

表 4-1 果物に含まれる香り成分 (その 1)

分類	成分	分子式	沸点	果物
鎖状アルコール	2-ヘキセノール	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	137	キウイフルーツ、ブルーベリー、ぶどう
鎖状アルコール	3-ヘキセノール	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	137	キウイフルーツ、ブルーベリー
鎖状アルコール	ヘキサノール	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	158	リンゴ
鎖状アルコール	ノナジエン-1-オール	C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> O		メロン
フェノール	オイゲノール	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	254	バナナ
鎖状アルデヒド	デカナール	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O	209	柑橘系果物、みかん、グレープフルーツ
鎖状アルデヒド	2-ヘキセナール	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O	150	ブルーベリー、リンゴ
鎖状アルデヒド	ヘキサナール	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	131	リンゴ、果実全般
鎖状アルデヒド	ヘプタナール	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O	155	アーモンド
鎖状アルデヒド	オクタナール	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O	163	オレンジ、レモン、グレープフルーツ
鎖状アルデヒド	2、6-ノナジエナール	C <sub>9</sub> H <sub>14</sub> O		西瓜、メロン
鎖状アルデヒド	ノネナール	C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> O	126/21	西瓜、メロン
鎖状アルデヒド	ノナナール	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	192	オレンジ、スターフルーツ、グレープフルーツ
芳香族アルデヒド	ベンズアルデヒド	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O	179	アーモンド、グアヴァ、さくらんぼ、杏、桃
芳香族アルデヒド	ベラトルアルデヒド	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	281	ゆず
鎖状ケトン	アセトイン	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	141	マンゴー
鎖状ケトン	ヘプタノン	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O	152	果実全般
鎖状ケトン	メチルヘプテノン	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O	173	果実全般
鎖状エステル	蟻酸ペンチル	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	130	プラム、リンゴ
鎖状エステル	蟻酸ヘプチル	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	177	果実全般
鎖状エステル	蟻酸オクチル	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	199	果実全般

表 4-1 果物に含まれる香り成分 (その 2)

分類	成分	分子式	沸点	果物
鎖状エステル	酢酸エチル	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	77	苺、オレンジ、ぶどう
鎖状エステル	酢酸イソブチル	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	118	果実全般
鎖状エステル	酢酸ブチル	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	126	苺、リンゴ
鎖状エステル	酢酸イソペンチル	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	142	バナナ、洋梨、
鎖状エステル	酢酸ペンチル	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	142	洋梨、バナナ
鎖状エステル	酢酸ヘキセニル	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>		桃
鎖状エステル	酢酸ヘキシル	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	178	桃
鎖状エステル	酢酸メチルベンジル	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	213	果実全般
鎖状エステル	酢酸オクチル	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	208	桃
鎖状エステル	酢酸シンナミル	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	146/15	グアヴァ
鎖状エステル	酢酸リナリル	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	220	柑橘系果物
鎖状エステル	プロピオン酸ペンチル	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	169	バナナ
鎖状エステル	酪酸メチル	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	102	苺、リンゴ
鎖状エステル	酪酸エチル	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	120	パイナップル、キウイフルーツ、パッション フルーツ、ドリアン
鎖状エステル	酪酸ブチル	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	165	オレンジ、リンゴ
鎖状エステル	酪酸ペンチル	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	185	バナナ、杏
鎖状エステル	酪酸イソペンチル	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	179	バナナ、洋梨、杏
鎖状エステル	吉草酸プロピル	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	168	リンゴ
鎖状エステル	吉草酸ペンチル	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	204	リンゴ
鎖状エステル	2-メチル酪酸エチル	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	133	ドリアン
鎖状エステル	メチルフェニルグリ シド酸エチル	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub>	149	苺
鎖状エステル	カプロン酸メチル	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	151	パイナップル、苺
鎖状エステル	カプロン酸エチル	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	167	スターフルーツ、キウイフルーツ、パッショ ンフルーツ、パイナップル、ドリアン
鎖状エステル	γ-ウンデカラクトン	C <sub>11</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	162/13	桃
芳香族エステル	安息香酸メチル	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	200	キウイフルーツ
芳香族エステル	安息香酸エチル	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	213	スターフルーツ、キウイフルーツ
芳香族エステル	サリチル酸メチル	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	224	果実全般

表 4-1 果物に含まれる香り成分 (その 3)

分類	成分	分子式	沸点	果物
芳香族エステル	アントラニル酸メチル	C <sub>8</sub> H <sub>9</sub> NO <sub>2</sub>	256	ぶどう
芳香族エステル	アンスラニル酸エチル	C <sub>9</sub> H <sub>11</sub> NO <sub>2</sub>	268	スターフルーツ
芳香族エステル	N-メチルアンスラニル酸メチル	C <sub>9</sub> H <sub>11</sub> NO <sub>2</sub>	256	オレンジ、ぶどう
芳香族エステル	N-メチルアンスラニル酸エチル	C <sub>10</sub> H <sub>13</sub> NO <sub>2</sub>	266	スターフルーツ
芳香族エステル	桂皮酸メチル	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	262	果実全般
芳香族エステル	桂皮酸エチル	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	271	スターフルーツ
芳香族エステル	桂皮酸ベンジル	C <sub>16</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	200/5	果実全般
芳香族エステル	アントラニル酸メチル	C <sub>8</sub> H <sub>9</sub> NO <sub>2</sub>	256	ぶどう
モノテルペン	チモール	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	233	ゆず
モノテルペン	ターピネン	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	179	マンゴー
モノテルペン	ミルセン	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	167	グレープフルーツ
モノテルペン	リモネン	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	176	オレンジ、レモン、ゆず、みかん
モノテルペン	ゲラニアル	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	229	レモン、ブルーベリー、グレープフルーツ、杏
モノテルペン	ネラール	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	229	レモン、グレープフルーツ
モノテルペン	シネオール	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	177	ライム
モノテルペン	ターピネオール	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	218	ライム
モノテルペン	ネロール	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	247	オレンジ、杏
モノテルペン	リナロール	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	198	グアヴァ、パパイヤ、ブルーベリー、ゆず、みかん、グレープフルーツ、杏、ぶどう
モノテルペン	シトロネラール	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	208	柑橘系果物
モノテルペン	シトロネロール	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O	222	柑橘系果物
セスキテルペン	α-ヨノン	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O	128/12	ラズベリー
セスキテルペン	β-ヨノン	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O	128/12	パッションフルーツ、ラズベリー
セスキテルペン	6-メチル-β-イオノン	C <sub>14</sub> H <sub>22</sub> O	242	ラズベリー
セスキテルペン	カリオフィレン	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	259	グレープフルーツ
セスキテルペン	ヌートカトン	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O		グレープフルーツ
芳香族炭化水素	ジフェニルメタン	C <sub>13</sub> H <sub>12</sub>	265	オレンジ

表 4-2 香草と薬草の成分と薬効（その 1）

和名	植物分類	部位	薬効	薬効成分
アニス	せり科	種子	消化剤、去痰剤	アネトール、アニスアルデヒド、アニス酸、
オールスパイス	フトモモ科	果実、葉	消化剤、殺菌作用	オイゲノール、シネオール、メチルオイゲノール、 フェランドレン、カリオフィレン
オレガノ	しそ科	葉	鎮静、健胃整腸、リ ウマチ、神経痛	カルバクロール、チモール
からし	アブラナ科	種子	利尿効果	p-ハイドロキシベンジルイソチオシアネート、 チモール、シメン、リモネン、リナロール、カル バクロール
カルダモン	しょうが科	種子	駆風剤	テルピネオール、シネオール、サビネン、ボルネ オール、リモネン、ターピネン、
キャラウェイ	せり科	種子	抗ダニ剤	カルボン、リモネン
クミン	せり科	種子	胃健薬	クミンアルデヒド、シナムアルデヒド、シメン、 ピネン、リモネン
クローブ	フトモモ科	花蕾	芳香健胃剤	オイゲノール、メチルオイゲノール
月桂樹の葉	クスノキ科	葉	リュウマチや腫瘍、 皮膚病の薬	オイゲノール、メチルカルビコール、ゲラニアー ール、ネラール、フェランドレン、
胡椒	コショウ科	種子	殺菌・抗菌作用	ピペリン、フェランドレン、カリオフィレン
コリアンダー	せり科	葉、種子	芳香剤、駆風剤	コリアンドロール、ピネン、ターピネン、ゲラニ オール、ボルネオール、デカナール
サフラン	アヤメ科	花	鎮静鎮痛、通経作用	サフラナル
山椒	ミカン科	種子	健胃、鎮痛、駆虫作 用	ゲラニオール、ゲラニアル、ネラール、リモネ ン、
紫蘇	しそ科	葉、種子	抗アレルギー剤	ペリラルアルデヒド、ローズマリン酸
シナモン	クスノキ科	樹皮	発汗作用、発散作 用、健胃作用	シナムアルデヒド、オイゲノール、サフロール、 酢酸シナミル
生姜	しょうが科	根	発散作用、健胃作 用、鎮吐作用	ジンギベレン、カンフェン、フェランドレン、ボ ルネオール、シネオール、ゲラニアル、ネラー ール
スターアニス	しきみ科	種子	消化剤、去痰剤	アネトール、シキミ酸
セージ	しそ科	葉	抗酸化作用	ツヨン、シネオール

表 4-2 香草と薬草の成分と薬効（その2）

和名	植物分類	部位	薬効	薬効成分
タイム	しそ科	葉	抗刺激剤、防腐剤、 駆風剤	チモール、カルバクロー、シメン、ピネン、リ ナロール、酢酸ボルニル
唐辛子	なす科	果実	殺菌作用	カプサイシン
ナツメグ	ニクズク科	種子	駆風剤	カンフェン、ピネン、リモネン、ボルネオール、 ターピネオール、ゲラニオール、サフロール
にんにく	ゆり科	根	滋養強壯	アリシン、アシルプロピルジスルフィド、ジアリ ルジスルフィド
バニラ	ラン科	種子		バニリン
フェンネル	せり科	葉、種子	芳香健胃剤	アネトール
ペパーミント	しそ科	葉	駆風剤、防腐剤	メントール、酢酸メンチル、メントン、ピネン、 リモネン、カジネン、フェランドレン
ホップ	桑科	種子	胃健剤、利尿剤	カリオフィレン、フムロン
ローズマリー	しそ科	葉	抗酸化剤、炎症抑制 効果	ピネン、ボルネオール、酢酸ボルニル、カンファ ー、カンフェン、オイカリプトール
わさび	アブラナ科	根	抗菌剤、抗カビ剤、 血栓予防効果	アリルイソチオシアネート、6-メチルイソヘキシ ルイソチオシアネート、7-メチルチオヘブチル イソチオシアネート、8-メチルチオオクチルイソ チオシアネート

### 水蒸気と共に揮発する香り成分

最も代表的な香草としてよく知られているペパーミント（薄荷）には香り成分として多くのモノテルペン類が含まれていますが、中でもメントールが最も多く含まれています。このメントールは 212℃で気体になる物質ですが、その温度よりもはるかに低い水の沸騰点付近でペパーミントの草を蒸しますと水蒸気とともにメントールが蒸留してきます。このように沸騰点よりもはるかに低い温度で水蒸気とともに物質が蒸留してくる現象を水蒸気蒸留と呼び、多くのモノテルペン類や脂肪酸エステル類に共通してこの水蒸気蒸留の現象が見られます。

モノテルペン類や脂肪酸エステル類などの香り成分の沸騰点を表 4-1 に掲げておきましたが、いずれも 100～200℃の比較的低い温度の沸騰点を持つ揮発性の物質です。しかも

これらの香りの成分には水蒸気蒸留の現象を示すことが多く、シチューや煮物などのように長時間にわたり水の中で食材を煮込んで煮詰めている間に、当然、香りの成分は揮発して失われてゆきます。そのためにこのように長時間にわたり食材を煮込む料理においては、出来上がる寸前の**さしすせそ**を加えて調味をする過程で香草や香辛料を加えることが望ましいと思います。

毎年、講師のカミさんは庭に実る夏蜜柑からマーマレードを作ってくれます。夏蜜柑をよく洗い、2 つに割ってジュースを絞ります。外側の皮を薄く刻み、皮の部分に含まれるペクチンが水によく溶け出すように冷たい水に 3 時間ほど浸しておきます。刻んだ皮とペクチンの溶け出した水とジュースを一緒にして煮詰めてゆきます。砂糖を加えて粘性が出てくるまでさらに煮詰めてゆきますと、適度に酸っぱく適度に甘く夏蜜柑の苦味と香りを充分に残したカミさん流のマーマレードの完成です。ペクチンはマーマレードの汁をゼリー状に固める役割を持つ重要な物質ですから、ペクチンを溶かし出すためには大量の水と長時間の抽出が必要ですが、苦味の成分も同時に溶け出していきます。大きな気化熱を持つ水を大量に蒸発させて煮詰めてゆくためには、長時間加熱しなければなりません、その間に揮発性が高く水蒸気蒸留の現象を示す夏蜜柑の香りや風味の成分も蒸発して失われてゆきます。ペクチンの抽出には大量の水を要し、夏蜜柑の香りや風味を残すためにはできる限り水を制限しなければなりません。しかも、新鮮な夏蜜柑には多くのペクチンが含まれていますが、摘果ののち時間と共にペクチンは減少してゆきます。また、未熟な夏蜜柑には酸味と香り成分が多く含まれていますから、爽やかな味のマーマレードになりますが、完熟すると次第に苦味や旨味の成分が増加しますから、色と味の濃いマーマレードに仕上がります。このように種々のことがマーマレードの出来栄を左右しますから、レシピは単なる参考書であり、カミさんのマーマレードは化学で解明できない複雑な物のようです。

## 食材を替える水の体積変化

1 g の水の体積は室温で約 1mL ですが、100℃まで加熱して完全に水蒸気になりますと、水の分子と分子の間に相互に働く引力が極めて弱いために大きな空間に拡散し約 1700 倍の体積の水蒸気に膨張します。温度上昇と共に水蒸気はさらに激しく運動するようになり体積を増大しますが、その様子は図 4-3 (A) に示すとおりです。

逆に、液状の水は温度が下がると共に運動エネルギーが小さくなり分子の運動が温和しくなりますから次第に体積も小さくなり、4℃のときに 1 g の体積が 1mL まで小さくなります。結果として、4℃の水は最も小さな体積で密度がもっとも大きいために水の底に沈み、対流現象を起こさなくなってしまう。さらに温度が下がりますと、若干体積を増しますが、図 4-3 (B) のように 0℃で体積を約 10%増加して固化しますから、氷は水よりも体積が大きく密度が小さいために、水面に浮かぶようになります。水は地球上では極めてありふれた物質ですから、全ての液体がこのように複雑な体積の増減をするように思われ

ます。しかし、Fahrenheit が温度の変化に比例してアルコールや水銀などの液体の体積が変化することを利用して温度計を考案した例からも分かるように、現在までに性質の知られているほとんど全ての物質は固体、液体、気体を通して温度の上昇と共に体積が増加します。また、ローソクに点火しますと炎の熱でローソクは一部融けますが、固体よりも融けたローソクの方が軽いために炎のそばに貯まりますから、連続的にローソクは燃え続けます。もし、水のように融けたローソクの方が重ければ下に流れ抜けてしまい火が消えてしまうでしょう。この水の例外的に複雑な体積の増減の仕方により、器に入っている水が冷やされると、次第に体積が小さくなりますが、4℃からは体積が大きくなります。0℃で表面から凍り始め、内部が体積の小さな液体の状態ですり蓋をするように凍ります。さらに温度が下がりますと、内部の液体が約 10%の体積の増加を伴って凍ります。しかし、既に氷の蓋が出来ていますから内部に非常な圧力がかかり、器を破壊してしまいます。

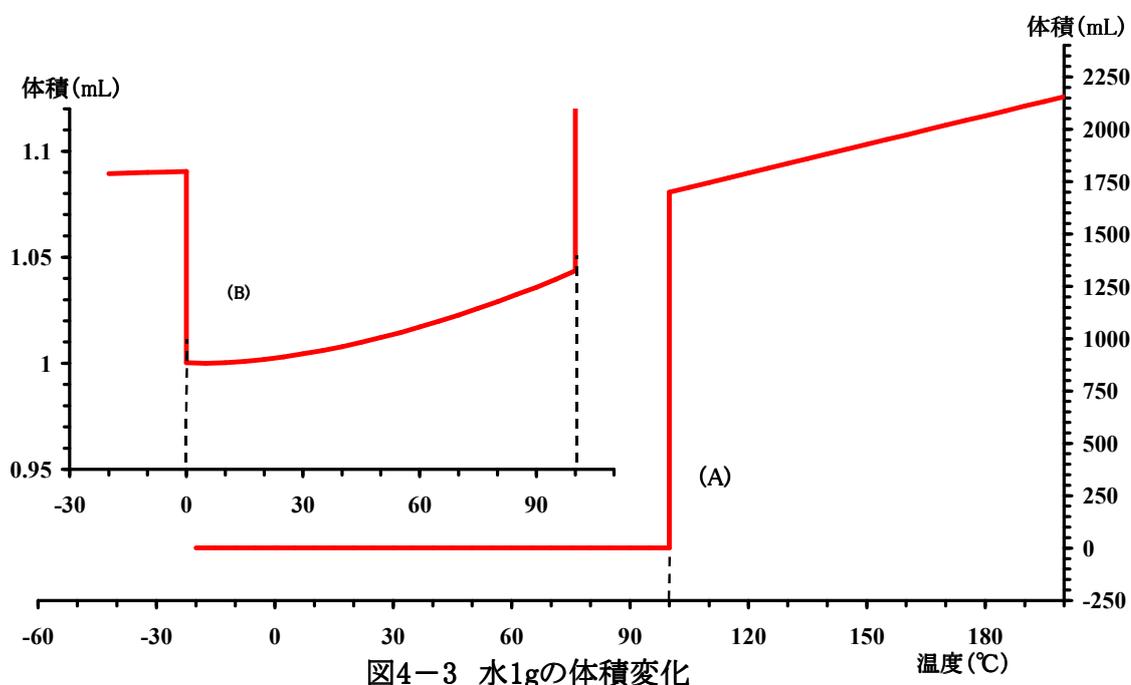


図4-3 水1gの体積変化

豆腐は豆乳の中の蛋白質を苦汁 ( $MgCl_2$ ) で凝固させた食べ物ですから、蛋白質の網目の中に多くの水を含んでいます。このようにして作られた豆腐を冬の寒い夜に外に置いて凍らせると、含まれている水が氷になりますが、そのとき体積が約 10%ほど膨張しますから、豆腐の中に小さな穴が開きます。昼間は豆腐の中の氷も融けて水になりますが、夜になると再び凍りますから豆腐の中の小さな穴はまた少し大きくなります。豆腐に含まれる水の凍結と融解が繰り返されるうちに、次第に小さな穴は成長しますから豆腐は海綿状になり、含まれる水が次第に凍結乾燥されて、凍み豆腐あるいは高野豆腐と呼ばれる日本料理や中国料理の重要な食材になります。

テングサから抽出した食物繊維を水に溶かしますとトコロテンを作ることが出来ます

が、豆腐と同じようにトコロテンの中も水を含んでいます。このトコロテンを冬の寒い夜に外に置いて凍らせると、大きな穴の開いたトコロテンが出来上がります。海綿状になっているためにお湯に容易に溶けてトコロテンを再生することができ、古くから寒天と呼んで愛用されてきました。乾燥していて寒さの厳しい土地が凍み豆腐や寒天の製造に適していますから、東北地方や長野県の名物になっています。

大部分の食材は植物や動物の細胞を含んでいます。細胞は種々の栄養や構成成分と共に水を細胞膜で包み込んでいます。近年、保存のために食べ物の冷凍の技術が進歩しましたが、この冷凍食品は細胞の中の水まで凍らせてしまいます。当然、細胞に含まれる水は膨張しますから、細胞膜は破壊されます。解凍されると共に内部の栄養や構成成分も漏れ出してしまいますから、すぐに食用に供さなければ味も食感も極端に低下してしまいます。食べ物を冷凍し解凍するためには、出来る限り細胞膜の破壊されないようにしなければなりません。高温で解凍したり、度々冷凍と解凍を繰り返すことは細胞膜の破壊を進行させますから、味や食感を劣化させることになると思われます。水が凍るときに体積が 10%ほど膨張する性質が食材の味や食感をしばしば変化させる原因になります。

## 飲み水の味を決めるカルシウム

水の分子は水素2原子が酸素1原子とブーメランのようにくの字型に結合している非常に簡単な構造を持っていますが、この2種類の原子が非常に異なった性質を持っていますから、水素原子と酸素原子が結合するときに水素原子は+の電荷を、酸素原子は-の電荷をそれぞれわずかながら持っており、水の分子全体としても電荷の偏りを持っています。そのため、沢山のくの字型に曲がった水分子が互いに引き付け合い、水は3次元の網目状に絡み合った一塊として挙動すると考えられます。この水の3次元の網目状の絡み合いを断ち切って、物質の分子が一塊の水の中に入り込む時に物質は水に溶け込んでゆきます。イオンは+または-の電荷を持った原子の塊ですから、3次元の網目状に絡み合った一塊の水の中に割り込んで水同士の引き付けあう力を断ち切っても、新たにイオンと水分子の間で引き付け合うように仲良くなります。そのため、酢酸、水酸化ナトリウム、塩化水素、硫酸、食塩、苦汁（塩化マグネシウム）などのようにイオンになりやすい物質は絡み合った一塊の水の中に入り込んで溶けてゆきます。

地球の大気は窒素分子と酸素分子だけで構成されていますが、その窒素分子と酸素分子は水にほとんど溶けませんから、上空の雲から大気中を通過してきた雨水は通常わずかに大気中に浮遊している塵や二酸化炭素を溶かしこんでくるに過ぎません。このように比較的の不純物の少ない水を軟水と呼んでおり、生活用水に適しています。しかし、1970年代にはイギリス、フランス、ドイツなどの西ヨーロッパの工業地帯では、脱硫することなく多量の石油が消費されていたので、二酸化硫黄を主体とする多量のSO<sub>x</sub>が大気中に放出されていました。このSO<sub>x</sub>は風に乗って東に流れ、雲の中の水滴に溶け込んで希硫酸を含む酸性の雨となり、ドイツ南部地方に降り注ぎました。黒い森を意味するシュヴァルツバ

ルトと呼ばれるドイツ南部地方は古くから深い森に覆われていましたが、硫酸を含む酸性雨により森の荒廃が急激に進み、国境を越えたヨーロッパの大問題に発展しました。その後、工業設備の改善と排出ガスの規制により、現在の雨水中には余り多くの不純物が溶け込んでいないと思われます。

これに対して地殻中には種々のイオンになり易い岩石が多量に含まれており、その地中を流れてきた地下水は不純物を含まない雨水と異なり、ナトリウム、カリウム、カルシウムなどの金属イオンや塩素イオンや硫酸イオンや炭酸イオンや硫黄のイオンなどを溶かし込んで地上に湧き出してきました。火山の周囲では火山岩中に含まれる金属硫化物や硫化水素などの溶け込んでいる多くの鉱泉や温泉が湧き出しています。また、地球を覆っている堆積岩は石灰石や大理石の形で炭酸カルシウムを約 4%ほど含んでいますから、多量の炭酸カルシウムや炭酸水素カルシウムを溶かし込んだ地下水が各地に湧き出しています。特にイタリアやギリシャなどの地中海の周辺地方は大理石に覆われていますから、その地方に湧き出している地下水は非常に高い濃度で炭酸カルシウムや炭酸水素カルシウムを溶かし込んでいます。このような水で石鹸などの多くの洗剤を用いますとその洗浄能力を低下させますから、生活用水としてはあまり適していません。さらに、この炭酸カルシウムや炭酸水素カルシウムの溶け込んだ水から水が蒸発しますと石灰石のような湯垢となって残ってしまいます。薬缶や湯沸かし器の中に硬くこびり付いた湯垢は熱伝導を阻害しますから、生活用水としてはあまり好ましい物ではありません。この厄介者の湯垢は酸性の水で容易に溶かして取り除くことができますが、酸性の水はアルミニウムも溶かしてしまいますから、薬缶や湯沸かし器の材質を良く調べないと不幸な結果となることがあります。

この炭酸カルシウムや炭酸水素カルシウムは塩基性を示す物質で酸を中和して二酸化炭素を発生しながらカルシウムイオンを生成します。人間の胃の中はかなり強い酸性に整えられていますから、炭酸カルシウムを多く含む水を飲むと酸の中和反応が起こり酸性度は下がってしまいます。当然胃の機能が低下して多くの人は消化不良を起こしてしまいます。日本は火山国ですから、あまり炭酸カルシウムの溶け込んだ地下水が湧き出しておりませんが、石灰石を主体とした地殻に覆われているヨーロッパでは炭酸カルシウムを多量に含む地下水が各地に湧き出しています。ヨーロッパの旅行中に多くの日本人が消化不良を起こしますが、高い濃度で炭酸カルシウムの溶けた生水を飲んでしまったことがしばしば原因となっています。反対に、胃酸過多の症状を持つ人にとっては胃の機能を向上させる働きを持ちますから、炭酸カルシウムの多く溶けた水をクスリのように飲用します。また、炭酸カルシウムを含む水はお茶のカテキンなどの苦味や渋味の成分を沈殿させる働きをしますから、お茶の甘味を引き立たせると云われて昔から日本でも茶人の間で珍重されています。

このように炭酸カルシウムの濃度が飲み水の味や生活用水としての品質に大きく影響を与えていますから、水中に含まれる炭酸カルシウムの濃度 (ppm または mg/L) を硬度として表しています。日本では水の硬度が 100ppm 以下を軟水、220ppm 以上を硬水として定

義しています。私は永年軟水に慣れ親しんできたこともあって、余り硬度の高い水を好みませんが、ヨーロッパの人は硬度が高く二酸化炭素を多く含む水をミネラルウォーターと呼んで珍重しています。ちなみに、泡が出るほどに二酸化炭素を含んでいる水を炭酸水（英語では Carbonated Water）と呼んでいます。ハイボールはウィスキーをこの炭酸水で薄めたもので、1960年代に手ごろな価格で気楽に飲めるアルコールの飲み物として若者の間に広く普及していましたが、近年また広く愛飲されるようになって来ました。食べ物や飲み物の好みも不思議な周期で流行するもののようです。

## リトマス試験紙のように変わる食べ物の色

人参は赤く、小松菜は緑色に料理すると美味しく見えます。茄子の漬物はあくまで青紫色に漬かったときに食欲をそそります。緑藻類のうご（海髪）と白い大根のつまが赤い鮭の刺身を引き立てます。全く口には入りませんが、料理に似合うお皿に盛り付けることも食べ物の味を高めます。視覚から来る情報が料理の味に影響します。美味しい料理を作る決め手は味覚に感じられる味を調えるだけでなく、芳しい匂いを加え、食欲をそそる色彩を着けたり盛り付けることも大きな役割を演じています。

赤色の鮭や牛肉の赤色の色素は血液の中の赤血球に含まれるヘモグロビンという蛋白質ですし、緑色のきゅうりや小松菜の色素は主に葉緑素と思われます。赤色のトマトや人参、黄色のとおもろこしなど種々の色のものがあります。同じ種類の野菜でありながらピーマンには緑色のもののほかに赤色や黄色のものがあります。トマトや西瓜の赤色の色素はリコピンと呼ばれる物質で、人参の赤色の色素やトウモロコシの黄色の色素やかぼちゃの黄色の色素は何れもカロチンと呼ばれる物質です。御節料理に登場するキントンを美味しそうに見せるための、黄色の着色料に用いるくちなしの実の色素はクロセチンと呼ばれる物質です。代表的なスペイン料理のパエリヤにサフランの雌しべを黄色の着色剤として加えますが、このサフランにもクロセチンが含まれています。これらの赤色や黄色の色素はいずれも香草や薬草の香りの成分と同じようにテルペン類に属する油と仲良しの物質ですから、オリーブ油やバターなどの脂肪を含む汁で煮込みますと濃い色の油が浮いてきます。

代表的なインド料理のカレーに用いられる黄色の着色剤は、サフランのこともありますが、一般的にはターメリックと呼ばれる生姜やウコンと同じ種類の植物の根が利用されています。抗菌作用や整腸作用の働きを持つターメリックにはクルクミンと呼ばれる黄色の物質が含まれています。また、リンゴの赤色の色素はイダエイン、苺の赤色の色素はフラガシン、ぶどうの紫色の色素はオエニン、赤紫蘇の色素はシソニン、茄子紫の色素はナスニンで、いずれも共通の部分構造を持つアントシアニン類と呼ばれる一群の物質です。ここに掲げた全ての色素物質には多くの2重結合が分子の中に繋がった共通した構造的な特徴があります。さらに、アントシアニン類にはベンゼン環と酸素—水素結合からなるフェノールの部分がありますが、塩基性の状態ではこのフェノール部分がイオンに解離します

から分子の構造が変化し、水に対する溶解易さも色調も変化します。これらのアントシアニン系の色素は塩基性ではイオンになるために水に比較的によく溶けますが、酸性の状態にしますと若干溶解難しくなります。酸性を調べる時に広く用いられているリトマス試験紙と同じように、これらの色素物質は塩基性の状態では青みを帯びた濃い色になり、酸性の状態では赤みを帯びた明るい色に色調が変化します。一般家庭のどこの台所にもある、お酢やレモン水を加えれば酸性になりますし、炭酸水素ナトリウム（重曹）水やベーキングパウダーを加えれば塩基性にすることができますから、これらの色調を簡単に調節することが出来ます。この色調変化を利用すればこれらの食材をほんのわずかに加えるだけで、林檎ジャムやぶどうジュースの色を鮮やかな赤色や紫色にする保つことができます。

このアントシアニン類の色素のイオンは鉄やアルミニウムなどのイオンと塩を作りフェノール部分のイオンが安定化しますから、アントシアニン類の色素は青みを帯びた濃い色に安定化します。錆び釘を入れておきますと鉄錆が鉄イオンとして糠みその中に溶け込んでゆきますから、アントシアニン類の色素を安定化して紫色の茄子の漬物を鮮やかな色に保つことができます。黒豆のくろいろの色素もアントシアニン類の色素ですから、黒豆を鮮やかに煮上げるときにも錆び釘は有効に働くと思われれます。さらに、フェノール部分を安定化させる鉄やアルミニウムイオンとして明礬はさらに大きな効果を示します。余談ながら、この鉄やアルミニウムのイオンによるアントシアニン類の色素を安定化する反応は料理ではあまり利用されていませんが、草木染などの衣類の染色では媒染処理などに広く利用されています。

## 0℃では凍らない肉や野菜

一般に、分子と分子の間には相互に働く弱い引力が働いています。また、物質の中で分子は動き回りますが、そのときの運動エネルギーは低温では小さく温度が高くなるほど大きくなります。物質には固体、液体、気体の3つの状態があり、分子と分子の間で相互に働く弱い引力と運動エネルギーの大きさの大小により物質の状態は決まってきます。温度が低いために分子の運動エネルギーが分子の間に働く弱い引力よりかはるかに小さいときには固体の状態になり、分子は整然と規則的に並び、その配列を崩すほどには動くことが出来ません。温度が少し高くなり弱い引力とほとんど同じ程度まで分子の運動エネルギーが大きくなると、分子は整然としたその配列を保つことが出来なくなり、液体となって物質の中を分子は自由に動き回るようになります。さらに温度が高くなり弱い引力よりも分子の運動エネルギーが大きくなると、分子は物質の中の分子の間に働く弱い引力のしがらみから開放されますから、沸騰して自由な世界に飛び出してゆきます。この分子が弱い引力の影響をほとんど受けずに自由に運動できる状態を気体の状態といいます。

食塩や砂糖のような物質を溶かした溶液においても、弱い引力よりも分子の運動エネルギーが大きくなると分子の間に働く弱い引力のしがらみから開放されて、物質を溶かしている液体の分子が自由な世界に飛び出してゆきます。しかし、この液体の分子が飛び出せ

ば溶液が濃縮しますから、溶けている物質の弱い引力は大きくなり、系全体としても弱い引力が大きくなります。そのため、液体分子は気体になり難く、その溶液の沸点は純粋の液体の沸点よりも高くなります。同じような弱い引力の変化により、溶液の氷点は純粋の液体の氷点よりも低くなります。これらの現象をそれぞれ沸点上昇および凝固点降下と呼んでいます。

食べ物を食べ易くするための刻んだり煮たり焼いたりする操作と共に、**さしすせそ**による味付けも料理の本質を形作る大切な作業と考えられます。水に溶けた食塩や砂糖は沸点上昇と凝固点降下の現象に従って、水の沸騰点を上昇させ、氷点を降下させます。野菜や乾燥したスパゲッティは出来るだけ高温に保つために、塩水で茹でる工夫がされています。また、食塩や砂糖などの種々の物質を溶け込ませたスープはかなり高い沸点を示すと思われます。さらに、カレーや葛湯では多くのでんぷんを溶かし込んだ粘性の高い水溶液になっていますから、高い沸騰点を示し、しかも高い粘性により対流が抑えられますから放熱も抑えられます。結果としてカレーも葛湯も長時間にわたり高温を保ちます。

秋の初めに出回るサンザ、秋の盛りに出回る紅玉、冬になると出回る国光などの酸味の強い林檎を入手しますと、講師のカミさんは林檎ゼリーのジャムを作ってくれます。林檎を種と芯を除いてから小さく刻み、水を加えて30分ほど煮て林檎の味や香りやペクチンを煮出します。実から水気がなくなるまで煮汁を絞り、レモン汁を少々加えて酸性を強めて赤みを帯びた林檎の色を引き立たせます。煮汁を適量な量までに詰めてゆき、砂糖を加えて甘味を調節して、さらに粘性の出るまでに煮詰めて冷やしますと、赤みを帯びた林檎ジュースが固まったような林檎ゼリーの出来上がりです。林檎の香りや風味が揮発して失われますから、可能な限り煮詰める過程を短時間にしなければなりません。甘く感じるほどに砂糖を加えますと沸点上昇の現象により水の沸騰点が高くなり煮詰め難くなります。砂糖を加えるころあいを見計らうことが美味しい林檎ゼリーを作るコツのように見えます。このジャム作りの手順は葡萄や石榴のほかには野生の山葡萄や山梨など皮と種の多い果物に応用できます。

氷に塩を混ぜますと塩による凝固点降下により、急激に氷が融けますから混合物の温度が下がります。塩の混ぜ具合で氷から $-15^{\circ}\text{C}$ 程度まで冷やすことが出来ますから、砂糖を加えて甘くした牛乳と卵をこの方法で冷やしながらかき混ぜると、アイスクリームを作ることが出来ます。同じ現象によりウイスキーや焼酎のオンザロックも $0^{\circ}\text{C}$ より温度が下がりますからグラスの外側に霜の凍り付くことがあります。

純粋な水は $0^{\circ}\text{C}$ に置いておくと次第に氷が成長して行きます。しかし、食べ物の大部分を構成する動物や植物の細胞の中に包み込まれている水の中には種々の物質が溶け込んでいますから、凝固点降下現象により $0^{\circ}\text{C}$ では凍りません。日本の国内ばかりでなく海外からも種々の食材が鮮度の高い状態で供給されてきますが、冷凍食品では食べ物の細胞に包み込まれている水が氷になっていますから、細胞膜が破壊されてしまい、食べ物の香りや風味や口当たりなどを保ちつつ上手に解凍することが困難です。これに対し冷却装置の普

及と温度制御技術の向上により、0℃に保冷する氷冷保存法は長期間の保存には適しませんが、解凍も不必要でそのまま新鮮な食べ物として食べることができますから、運搬や短期保存に適しています。台所には 0℃に温度を保つ氷冷室がありますから、肉も魚も野菜も霜げたり凍ったりしないで新鮮さを保つことができます。

## 細胞膜は水だけが通り抜ける半透膜

ろ過もふるいも物質の形態的な大きさの違いにより分離する技術で、固体の大きさより小さな目の網やふるいやざるを用いれば大きな固体だけ分離することができます。固体と違い液体は非常に小さな穴でも流れ出ますから、固体の大きさより小さな目の網やふるいを用いれば固体を液体から分離することができます。紙は細い植物の繊維が絡み合った状態で薄く並べた物ですから、繊維の間に小さな隙間のあるふるいのような物です。化学ではろ紙と呼ばれる紙をふるいにして固体と液体を分離しています。懸濁液は固体が液体の中に浮遊した状態ですからそれ以上に目の細かいふるいを通せば取り除くことができます。ろ液に溶けている物質は幾ら細かいふるいを使っても濾し取ることができません。

ろ紙よりもさらに小さな隙間しかないフィルターが開発され、ヴィールスのような極めて小さな固体まで濾し取ることが出来るようになっていますが、化学の進歩はさらに小さな隙間しかない半透膜と呼ばれる膜をつくることが出来るようになりました。この半透膜を間に挿んで砂糖や食塩などの物質の溶けた水溶液と水だけを隣り合わせに置くと、水溶液の中に溶けている物質の分子は通り抜けることが出来ませんが、水は膜を通して往き来します。この現象を浸透圧と呼び、水溶液に溶けている物質の濃さが薄まるように水は半透膜を通して移動します。

生物は成分の約 70%に相当する水を細胞膜で包んでいる細胞が寄り集まっていますが、この水を包む細胞膜は半透膜の性質を持っています。しかも、生物が海の中で 38 億年前に生まれたために、細胞の中の水は糖質やアミノ酸のほかに食塩などの海水と良く似た成分が良く似た濃さで溶けています。講師は 20 年ほど以前にイスラエルとヨルダンの間にある死海を観光したことがあります。死海は世界で最も塩分濃度の高い湖ですから、泳がなくても沈むことなく浮いていることが出来ます。しかし、浸透圧の現象によりこの高い塩分濃度の死海の水を薄めるように人間の身体も体内の水分が死海に移動して吸いだされてしまい、脱水症状を起こしてしまいます。そのため、湖岸には 1 時間以上死海に入っているのは危険と注意書きが立てられていました。

黒豆は大豆の一種で、乾燥した豆を長い時間水に浸してよく戻した後に、ゆっくりと弱火で皮まで柔らかく煮ます。講師は簡便法として、優れたものの圧力鍋に豆と水を入れて約 10 分間加熱してから冷えるまで放置しますと、乾燥した大豆でも黒豆でも皮まで柔らかく豆が煮上がります。このようにして軟らかく煮上がった豆に、さらに砂糖を加えて甘く味を沁みこませれば甘い黒豆煮の完成ですが、この時豆の中まで折角入った水分が浸透圧の現象により吸い出されてしまいますと、豆は硬くなってしまいます。しかし、浸透圧の現

象があまり起こらないように砂糖の濃度を押さえますと、甘くない黒豆になってしまいます。甘く煮た黒豆は正月の御節料理に欠かすことの出来ないものですが、このような簡便法では講師のカミさんから合格点を取ることはできません。時間と手間がかかり味付けの頃合いが非常に難しいために、甘く煮た黒豆は最も基本のお袋の味で、これを褒めることは男のたしなみと思います。

## 漬物は食べ物を保存する高度の食文化

人間にとって必要不可欠な食塩の急性毒性による致死量は約 230 g と概算できます。ナメクジや人間や哺乳動物でなくとも、食塩は微生物に対しても急性毒性を示しますから、微生物の繁殖を抑える効果があり、食べ物の長期保存に有効であると思われます。その上、大部分の食べ物では半透膜の性質を持つ細胞膜が細胞の内外を区分けしています。青菜に食塩を振り掛けますと葉の上で濃い食塩水ができますが、このとき細胞膜が葉の上の食塩水と細胞の内部を区切っていますから、浸透圧の現象が進み、細胞の中の水分が滲み出して葉の上の食塩水の濃度を下げます。その結果、昔からの格言どおり、「青菜に塩」のように生気を失い萎びてきます。このように、浸透圧の現象は食材の中から、水分を吸い出してしまいますから、食感を変えるだけでなく保存などの点でも、料理に色々と役に立ちます。

大根や白菜などの野菜を食塩と共に容器に入れておきますと、浸透圧の現象により野菜の中の水分が染み出してきて野菜は多少脱水されて、塩漬けの漬物になりますから長期保存が可能になります。大量の千切りキャベツをその重さの約 3~5%の食塩と共に漬け込みますと、6 時間ほどでキャベツから水分が染み出してきて、塩辛い水がキャベツを覆い微生物の侵入を防ぐようになります。さらに 2~3 月間、温度のあまり高くない場所で漬け込みますと、ザワークラウトが完成します。キャベツは夏の野菜ですから、ドイツやロシアでは寒い冬の季節にはキャベツを入手することが困難でした。そのため、ザワークラウトは冬の野菜の無い季節の重要な保存野菜として塩抜きして食べられ、現在ではドイツ料理には欠かせない食材の一つになっています。

梅雨時に実る青梅は香り高い果実ですが、多量の水分を含んでいますから長期に保存することが困難でした。そのため、食塩とともに漬け込んで、果肉の中に含まれる香りの成分や糖分などを失うことなく、浸透圧の現象により水分だけを脱水します。十分に脱水した塩漬けの梅を太陽の下で乾すことにより、表面の水分を乾燥させれば梅干しの完成です。梅干しは極めて長期にわたり味や香りを損なうことなく保存することの出来る漬物で、しかも高い殺菌力を示しますから、江戸時代から極めて重要な携帯食料でした。そのため、多くの大名は梅干しの生産に努力したと思われ、水戸や紀州や小田原など各地に名物の梅干しの生産が現在まで受け継がれて、日の丸弁当や梅のおにぎりなどに入れられて日本の味の原点になっています。また、お酢は酢酸の約 3%水溶液ですが、酢酸も食塩と同じ程度の急性毒性を示し、しかもかなり強い酸性を示しますから、微生物の繁殖を強く抑える

性質を持っています。お酢のこの性質を利用して、あらかじめ塩漬けしてある程度脱水したきゅうりを香料と共にお酢に漬け込みますと、ピクルスと呼ばれる長期保存が可能な野菜となります。砂糖で甘味を加えたピクルスはハンバーガーには欠かせない存在ですし、ディールと呼ばれる香草と共に漬け込んだピクルスは添え物としてサンドウィッチを引き立たせます。

この浸透圧の現象を利用した漬物による保存の技術は魚や食肉に対してもしばしば用いられています。19世紀以前には北の海で水揚げされる鮭は新鮮な形で江戸や東京まで運ぶことはほとんど不可能でした。そのため水揚げされた鮭はすぐに内臓を取り除き、大量の食塩にまぶして長期保存が出来るようにしていました。当然、鮭の身から浸透圧の現象により水分が抜けて身の締まった新巻鮭になり、歳暮に魚屋さんの店先に並べられました。近年、食塩の摂りすぎが健康の上で有害と考えられていますから、塩が利いて身の締まった新巻鮭が少なくなってしまう残念に思っています。

コンビーフは英語では **Corned Beef** と書き、塩漬けの牛肉という意味を持っています。脛肉などの脂の少ない牛肉をソミュールと呼ばれる胡椒や香草類の入った食塩水に漬けておきますと、牛肉に食塩や香り成分が滲み込むと同時に肉の中の水分が浸透圧の現象により抜け出します。1ヶ月ほど漬けた後に表面の塩分を洗い流して蒸し上げますと、自家製のコンビーフが出来上がります。若干繊維質が目立ちますが、キャベツと煮込んだコンビーフキャベツは講師の若い頃からの好物でした。

良く血抜きした豚肉に食塩を良く擦り込んで2ヶ月ほど涼しい所に風乾しますと、肉の中の水分が浸透圧の現象により抜けて、代わりに塩分が滲み込みます。豚肉は重さの約3割の水分が抜けて軽くなり、見かけ上も小さく締まってきます。表面の余った塩分を水でよく洗い落としてから表面を乾燥させて風通しのよい冷暗所に吊るしておきます。表面に良質の微生物が付着して腐敗を引き起こす微生物を駆逐しながら、同時に肉の中では加水分解酵素により蛋白質が一部アミノ酸に変化します。10ヶ月以上の長期間にわたり熟成させると余分の水分や脂肪分が外部に取り除かれ、肉の中に旨味成分のアミノ酸が十分に生成した生ハムが完成します。塩分と良質の微生物の働きで、生の豚肉を長期にわたり保存することが出来るようになります。

この浸透圧の現象は食塩に限らず、苦汁、砂糖、酢酸、エタノールなど水に溶けるあらゆる物質に起こります。また、水以外のあらゆる液体とその液体に対しても高い溶解度を持つ物質であれば、普遍的に見られる物理現象です。エタノール濃度の高い焼酎に青梅と氷砂糖を入れて数ヶ月放置しますと、梅の匂いや味の成分がエタノールに抽出されて、美味しい梅酒が出来上がります。梅酒の中には高い濃度の砂糖やエタノールが溶けていますから、その数ヶ月の間に、浸透圧の現象により青梅の内部の水が滲み出してしまい、萎びて皺が寄ってきます。このように、浸透圧の現象は食材の中から、水分を吸い出してしまいますから、食感を変えるだけでなく保存などの点でも、料理に色々と役に立ちます。

野菜や食肉などの食べ物を食塩と共に漬け込みますと、浸透圧の現象により細胞中の水

分が滲み出すために、野菜も肉も適度に脱水して長期保存が可能になります。このとき食べ物に含まれる味や香りの成分は比較的温存されますから、味や香りや食感を保つことが出来ます。その上、アミノ酸や香料などを加えることにより味や香りを変化させることも出来ますから、浸透圧の現象を利用した漬物の技術は各地方に根付いた高度の食文化と考えることが出来ます。

## 乾燥して保存する穀物

食べ物を長期保存するためには食べ物の変性を抑え、しかも微生物の繁殖を抑えなければなりません。近い将来には食べ物の長期保存の主流が冷凍保存になると思われませんが、冷凍保存の歴史は40年ほどしかないため、古来その他の種々の保存方法を開発し、高度の食文化に発展させてきました。

長期保存の上で最も問題となる腐敗を引き起こす微生物も生物の一種ですから、生命を脅かすような水の無い環境は微生物の繁殖を押さえる上で非常に効果的で、食べ物を乾燥した環境に置くだけで、微生物の繁殖を抑えることが出来ます。その上、米や麦や豆類は種として成熟し、時期が来るまで変性することなく発芽のための胚芽ばかりでなく栄養をも保存する性質を自然に備えています。例えば、現在でも食べることの出来る状態で米の種が弥生時代の古墳から出土したという話を聞いたことがあります。また、古墳から出土した蓮の実が見事に育ち、花を咲かせた大賀蓮の例もあります。種の保存と繁殖のためのこの性質は長期貯蔵のために極めて有用で、発芽の条件が満たされないように保管することにより、米や麦や豆類などの種子類の食べ物を保存することが出来ます。

通常の種子は冬の厳しい寒さから開放される春先に発芽を始めますが、そのためには温暖な気温と水を必要とします。穀物を長期にわたり保存するためには、発芽を抑えなければなりませんから、保管温度を冬の寒さの状態あるいは水の無い乾燥した状態に保つ必要があります。米や麦は秋に乾燥しておきますと、殆ど変性を起こさずに何年でも発芽しないままで貯蔵することが出来ますから、古来生活の安定のための食料の保存と安定した蓄積に適した食べ物と考えられます。江戸時代には加賀百万石などのように、大名の勢力を計る尺度として米の取れ高(石高)を用いていましたが、これは貯蓄出来る米の量を表すことから、定常的に養うことの出来る兵隊の数を意味しているためと思われれます。

葡萄や林檎や胡桃やミカンなどの果物は種子の周りを非常に水分を多く含む果肉が覆っています。胡桃やアーモンドは果肉を食用にしませんから、果肉を取り除き種子の部分だけにして乾燥すれば長期保存が可能になります。ミカンなどの柑橘系の果物は水分の多いことを特長としていますから、乾燥してはその特長が生かせません。そのため、乾燥して保存することは殆どないように思います。林檎や葡萄は長時間にわたり乾燥させれば、干し葡萄などのようにドライフルーツとして長期保存が可能になりますが、かなり食べ物の味や香りや食感などが変化してしまいます。

多くの野菜の中には切干大根や干瓢や干しぜんまいなどのように乾燥して保存できる

ようにした食べ物もありますが、食べ物の味や香りや食感などが大きく変化してしましますから、別の種類の食べ物と考えられていることが多いように思います。さらに、椎茸やイタリヤ人に好まれる茸のポルチーニなどのように、乾燥するときに内蔵する酵素により味も香りも大きく変化し向上する食べ物もあり、長期保存の目的以上の効果をもたらす場合もあります。

ビーフジャーキーは牛肉を細くあるいは薄く切って良く乾燥した長期保存のための牛肉の食べ方ですが、豚や牛の肉は時間と共にアミノ酸に分解変性する熟成が進みますから、食肉を乾燥する間にも熟成が進行してしまいます。食肉を変性させることなく乾燥することが困難なために、食肉を乾燥して保存することはあまり広く行われていません。これに対して、魚介類は古くから乾燥して干物として保存してきました。鱈の腐敗し易い内臓の部分を取り除き、塩分濃度を上げて腐敗の進行を遅らせながら乾燥させて、干鱈などに加工して長期保存をします。同じように、イカやあわびなどはすめや干しあわびのような塩干加工品にして保存しています。東シナ海から揚子江を 2000km も遡った中国四川省までは、海産物を新鮮に運ぶことが出来ませんでしたから、全ての海産物を塩干加工品として長期保存できる形に変えて運びました。四川省では塩干加工品に種々の工夫が加えられて、干しあわびや干しナマコや干し海老などを使った独特の四川料理が発達してきました。しかし、四川省の料理人の努力にもかかわらず、幸か不幸か四川料理の魚介類は新鮮な物とは味も香りも食感も全く異なった食べ物です。

米や麦などの穀類や豆類は種として成熟し、時期が来るまで変性することなく発芽のための胚芽ばかりでなく栄養をも保存する性質を自然に備えています。種の保存と繁殖のためのこの性質は長期貯蔵のために極めて有用で、発芽の条件が満たされないように乾燥した条件で保管することにより、米や麦や豆類などの種子類の食べ物を長期保存することが出来ます。しかし、穀物を除くすべての食べ物は、乾燥することにより長期保存が可能になりますが、変性してしまい味も香りも食感も本来とは異なる別の食べ物になります。

## 水を元気に躍らせて「チ～ンしましょう」

水の分子は水素 2 原子が酸素 1 原子とブーメランのようにくの字型に結合している非常に簡単な構造を持っていますが、この 2 種類の原子が非常に異なった性質を持っていますから、水分子における水素原子は+の電荷を、酸素原子は-の電荷をそれぞれわずかながら持っています。このようにわずかながら原子上に電荷を持った結合で原子が結ばれていると、分子全体としても電荷の偏りを生じますから、水分子全体として電荷の偏りを持っています。一般に+の電荷を持ったものと-の電荷を持ったものは引き付けあいますから、+の電荷を持つ電極の方向には水分子の-の電荷を持った部分が引き付けられますし、-の電荷を持つ電極の方向には水分子の+の電荷を持った部分が引き付けられます。逆に、同じ符号の電荷を持ったもの同士は反発しますから、水分子の電荷を持った部分は同じ符号の電荷を持つ電極から遠ざかろうとします。

X線や紫外線や目に見える光や赤外線などの光も、マイクロ波や短波や長波などの電波も周波数こそ異なりますが、電場が1周期ごとに正負交互に変化する電磁波です。このような電磁波が水の分子の所を通りますと、その電場に水の電荷を持った部分が引き付けられたり押し退けられるように運動しようとし、X線や紫外線や目に見える光や赤外線は高い周波数を持っているから、電場が交互に変化しても分子の運動がその早い変化に追従することが出来ません。しかし、マイクロ波は1秒間に $10^{10} \sim 10^{11}$ 回( $10^{10} \sim 10^{11}$ Hz)の速さで電場が交互に変化します。この短時間の電場の変化のたび毎に水の電荷を持った部分が引き付けられたり押し退けられますから、マイクロ波を当てますとその周波数の数だけ水の分子は非常に激しく運動します。結果として、水の分子が動き回り互いに衝突したり、強く摩擦し熱くなりますから、マイクロ波の光エネルギーは熱エネルギーに効率よく変換され水を温めます。多くの食べ物は水を含んでいますから、マイクロ波を食べ物に当てますと、そこに含まれている水の分子が高温に加熱されます。

このように水に対して非常に効率よくマイクロ波の光エネルギーを熱エネルギーに変換することができるこの現象が電子レンジとして1947年に商品化されました。汁物や牛乳は水の中に食材が含まれた物ですから、水が加熱されれば全体に効率よく加熱されます。炊き立てのご飯が美味しいのは当たり前ですが、冷や飯でもマイクロ波を当てれば非常に短時間に温かいご飯にすることができます。初期の電子レンジが「チ〜ン」という音で加熱の終了を知らせましたので、「チ〜ンしましょう」という流行語の生まれたほどにこの便利な加熱器具は急速に普及しました。

野菜は多くの細胞が集まってできていますが、その細胞は水を細胞膜で包んだ形をしていますからマイクロ波を当てて加熱しますと、野菜の外側を傷つけることなくそのままの形で内部から茹で上げることができます。そのため、成分が茹で汁に溶け出すこともなく野菜の中に保たれますから、灰汁や苦味や渋みなどの好ましくない成分も残りますが、水溶性の栄養や美味しい味や香りや風味を残すことができ、個性の強い茹で野菜に仕上がります。例えば、皮の付いたままで生のトウモロコシを約4分電子レンジで加熱しますと極めて簡単に茹でることができます。また、生の人参を2分ほど加熱しますと香りがそのまま茹でられますから、サラダとして美味しく食べられます。玉葱を細く刻みサラダ油でまぶして、焦げないように途中で混ぜながら5分ほど加熱しますとフライドオニオンが出来上がります。その他、キャベツや白菜は水分が揮発しないようにプラスチックのシートで包んで加熱しますと、香りを保ったままで容易に茹でた状態にすることができます。逆にごぼうや筍のように灰汁の強い野菜は、電子レンジで加熱しますと個性が強く好き嫌いの多い茹で野菜になってしまいます。

分子の間に働く力で分子の動きが制限されている氷の場合には、マイクロ波を当てても、水の分子の運動が十分に追従できませんから、マイクロ波の光エネルギーを効率よく熱エネルギーに変換できません。冷凍食品などにマイクロ波を当てますと、表面などのわずかに融けて液化した部分では効率よく暖められますが、内部の完全に凍結した部分ではほと

んど温度の上昇がありませんから、一様には解凍することが出来ません。冷凍した海老を買ってきて解凍しますと、旧式の電子レンジでは一部分だけ加熱されて赤く変色してしまい、しかも全体はまだ冷凍状態にあります。

物質を構成する分子における電荷の偏りの有無によりマイクロ波による加熱の効率が著しく異なります。陶磁器やプラスチックなどのように水を含まずしかも分子の中に電荷の偏りが無いような物質ではマイクロ波による加熱が機能しませんから、ご飯や残り物の料理も茶碗やプラスチックの皿にいれたまま電子レンジで加熱することが出来ます。あらかじめ調理した冷凍食品をプラスチックの袋にいれたまま解凍、加熱することが出来ますから、インスタント食品を料理することなく食べることでできるようになりました。マイクロ波は分子の変化は起こしませんが、水の分子を激しく揺り動かします。水が激しく動き回ると熱くなりますから、電子レンジに応用され食べ物の加熱のために便利に使われています。このように簡便に短時間に食べ物を加熱できますから、料理を合理化する上で大きな貢献をしており、忙しい社会で活躍している人の生活を大きく替える結果となりました。近年、「簡単」や「便利」や「楽々」などの形容詞が題名を飾る料理本が書店の本棚を賑わしていますが、この風潮は電子レンジの普及によるものと思います。

## お料理教室 第5回 油を制すれば料理の巾が広がる

### 水の溶液も油の溶液も仲良し同士

水の分子は水素2原子が酸素1原子とブーメランのようにくの字型に結合している非常に簡単な構造を持っていますが、この2種類の原子が非常に異なった性質を持っていますから、水分子における水素原子と酸素原子が結合するとき水素原子は+の電荷を、酸素原子は-の電荷をそれぞれわずかながら持っており、水の分子全体としても電荷の偏りを持っています。一般に+の電荷を持ったものと-の電荷を持ったものは電氣的に引き付けあいますから、水分子の+の電荷を持った部分が隣の水分子の-の電荷を持った部分に引き付けられますし、-の電荷を持った部分がまた別の水分子の+の電荷を持った部分に引き付けられます。そのため、沢山のくの字型に曲がった水分子が互いに引き付け合い、水は3次元の網目状に絡み合った一塊として挙動すると考えられます。

水の3次元の網目状の絡み合いを断ち切って、物質の分子が一塊の水の中に入り込む時に物質は水に溶け込んでゆきます。イオンは+または-の電荷を持った原子の塊ですから、3次元の網目状に絡み合った一塊の水の中に割り込んで水同士の引き付けあう力を断ち切っても、新たにイオンと水分子の間で引き付け合うように仲良くなります。そのため、食塩や酢酸のようにイオンになりやすい物質は絡み合った一塊の水の中に入り込んで溶けてゆきます。糖質やエタノールは水と同じように水素原子と酸素原子の結合を持っていますから、分子の中に電荷の偏りが生まれ、水の分子と引き合い仲良くする性質を示します。また、水素原子と窒素原子の間にもそのような電荷の偏りが生まれますから、水分子と引き合って仲良くします。このように電荷の偏りを持って水と仲良くする分子も絡み合った一塊の水の中に入り込んで溶けてゆきます。実際、イオンになりやすい酢酸や脂肪酸や食塩や苦汁や炭酸水素ナトリウム(重曹)、水素-酸素結合を持つブドウ糖や砂糖やグリセリンや乳酸やエタノール、水素-窒素結合を持つアミノ酸などはいずれも食べ物に深い関わりを持つ物質で全て水に良く溶けます。

これに対して、石油や食用油やプラスチックを主に構成している炭素原子同士あるいは炭素原子と水素原子の結合においてはそれぞれの原子上にほとんど電荷を持っていませんから、それらの分子全体もほとんど電荷の偏りを持っていません。当然、このような電荷の偏りのない分子は水分子の電荷を持った部分に引き付けられることも反発することもありません。分子が電氣的に引き付けあい一塊になっている水の中に、引き付けあうこともない余所者の分子が割り込もうとしても、受け付けてくれませんから水とあまり仲良しになれません。仲良しの仲間と一緒に遊べますが、仲良しでない人とは遊ぶこともなく仲間はずれにします。水も電荷を持ったイオンや電荷の偏りを持つ分子とは仲良く溶け合いますが、電荷の偏りを持たない分子とは仲間になることができませんから、水は小突き回すように阻害します。昔から中の悪い間柄を「水と油の関係」などと例えられるほ

どです。このような物質は水の中に入っても馴染むことができず、水の網目状の絡み合いの切断が最小になるように、2層になって別世界に分かれてしまいます。また、2層になることが許されない時には、水と油をわける表面積が最も小さな球状の油滴となって水の中に仕方なく彷徨います。例えば、油の多く入ったラーメンの汁は油が上に浮いて2層に分かれます。また、フレンチドレッシングソースは塩と胡椒とお酢とサラダ油を混ぜただけのものですから、静置しておけば直ぐに2層に分離してしまいますから、サラダに掛ける寸前に良く掻き混ぜなければなりません。

多くの食べ物のなかには、電荷の偏りを持たない炭素原子同士の結合や炭素原子と水素原子の結合を持つ食べ物があります。特に、食べ物の個性となる色や香りの成分となっているものには電荷の偏りを持たない場合が多いと思われます。このような電荷の偏りを持たない分子は水から小突き回されるように阻害されますが、油とは別段喧嘩することもなく仲良くできます。そのため食べ物の個性となる色や香りの成分は多くの場合に水よりも油によく溶けます。例えば柑橘系の果物の香り成分などは油によく溶けますからレモンオイルとして黄色の溶液になります。カレー粉はウコンの仲間のターメリックという植物の黄色い色素でカレー独特の色を作っていますが、その黄色の色素クルクミンはあまり水に溶けませんが、油には良く溶けます。そのためカレーライスの後のお皿を水で洗っても簡単には黄色の色素を洗い落とすことが出来ません。特に、ポリエチレンなどのプラスチックは液体ではありませんが電荷の偏りを持たない油の仲間ですから、プラスチックの器に付いたカレーの黄色い汚れは容易に洗い落とすことができません。また、トマトの赤い色素リコピンも水よりは油と仲良しですから、グーラッシュズッペのようにトマトの入ったスープにはリコピンで着色した赤い油が浮いてきます。

水と油は昔から仲違いしていましたが、同じように水と仲の良いものは油と仲が悪く、水と仲の悪いものは油との仲良しです。仲が良ければ互いに混ざり合って仲間を作るように溶け込んでいきますが、仲が悪ければ2層に分かれてゆきます。社会の関係も水と油の関係も同じ仲良し同士です。

## 料理の極意は抽出の仕方

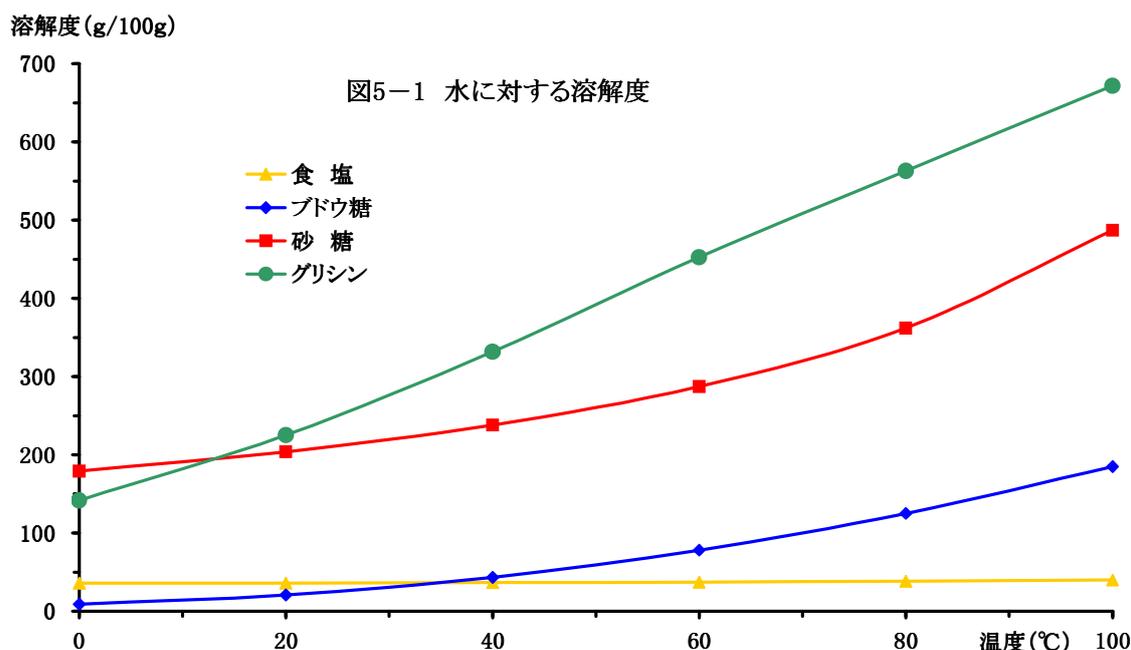
水と油は昔から仲違いしていましたが、同じように水と仲の良いものは油と仲が悪く、水と仲の悪いものは油と仲良しです。物質の溶け易さはその性質により水に溶け易いか油に溶け易いか異なります。固体の中から含まれている成分を水や油で取り出す抽出あるいは煎じる方法は台所でしばしば用いられる技術です。人間は食べ物の中に含まれるごく少量の色や香りや味の成分だけを楽しむことも身に着けてきました。特に体調を整えたり健康の回復のために、薬効のある物質を服用してきましたが、これらの成分はごく少量しか含まれていませんから、食べ物や薬物の中からその少量の成分を取り出すために煎じる技術が生まれました。固体の食べ物や薬物から色や香りや味や薬効の成分を抽出するためには、よく溶ける液体を溶媒として用いる必要があります。出会いの機会が多いほどA子さ

んと B 君の恋愛ゲームが進展し易いように、食べ物や薬物の表面積が大きいほど溶媒との接触が容易になりますから効率よく抽出ができます。

煎ったコーヒー豆をお湯で抽出すればコーヒーになりますが、豆のままでは抽出の効率が低く、カフェインや香りの成分などがあまり溶け出してきません。そのため、コーヒー豆を粉末にして抽出しやすくしていますが、デミタスコーヒーのように成分を濃く抽出するためには、パーコレーターなどを用いて連続的に長時間抽出する必要があります。コーヒーの香りや味やカフェインを抽出した懸濁液から、出涸らしのコーヒーの粉末をネル布や紙でろ過して取り除くと、1杯のコーヒーの完成です。お茶やコーヒーと同じように種々の固体の物質の成分を抽出する場合には、抽出の操作とろ過の操作を組み合わせる場合が多々あります。

また、物質の溶け易さは温度の上昇と共に向上しますから、当然、抽出の効率も向上します。アミノ酸の一種のグリシンと食塩とブドウ糖と砂糖について、水 100g に溶ける量を図 5-1 に示しておきます。食塩は温度によりほとんど溶ける量に変化がありませんが、ブドウ糖と砂糖とグリシンは温度が高いほど水によく溶けます。調味料の主役の砂糖は 0°C の水にも良く溶けますが、100°C まで温度を上昇させますとさらに 2.7 倍も多く溶けるようになります。暖かい紅茶やコーヒーに砂糖を入れても良く溶けて甘い飲み物になりますが、冷たいアイスティーやアイスコーヒーに砂糖を入れても簡単には溶けません。結晶化しないように多量の砂糖を溶かしたガムシロップは冷たい飲み物のための甘味料です。このように食べ物の成分も物質により溶け易さも温度の影響も大きく異なります。

中国南部が原産のお茶は紀元前 200 年ごろに薬用に飲まれるようになり、全世界に普及しました。お茶にはタンニン、テアニン、カフェイン、ビタミン C を多く含んでいます、



主に4種のタンニンは茶カテキンとも呼ばれ止瀉、整腸の作用を持っています。テアニンはグルタミン酸と類似のアミノ酸で興奮を抑える働きをし、カフェインは覚醒、解熱、鎮痛、利尿など種々の作用を持つために多くの風邪薬にも入っています。ビタミンCは抗酸化作用を持ち人間の体内ではコラーゲンの生成など多くの働きをしています。お茶はこのように種々の薬効を持つ成分を含むものですが、その葉はあまり食べ易い物ではありません。その上これらの薬効成分は何れも水によく溶けますから、昔の中国では、お茶は水で抽出してクスリとして飲むように考えられました。急須やティーポットにお茶の葉を入れてお湯を注ぎますと、お茶の薬効成分が抽出されてお湯に溶け出していきます。最後に茶漉しなどでお茶の葉をろ過して、1杯のお茶が淹れます。しかし、これらのお茶の成分も抽出の効率が温度により異なりますから、番茶は煮立ったお湯で美味しく淹れられますが、煎茶は高温のお湯では苦味の成分が多く抽出されてしまいますから、若干低温のお湯で淹れる方がお茶の甘味や香りを楽しむことができます。

昆布は塩昆布やとろろ昆布や昆布巻きなどの食材として種々の形に料理されていますが、湯豆腐の鍋の底に敷いたり吸い物の出汁の食材としても使われています。醤油で味付けした鰹節は人気の高い握り飯の食材と思われませんが、日本料理の基本は鰹節の出汁と考えられます。フランス料理のスープ、特にコンソメの味は鶏や牛のブロスで決まります。鰹出汁も昆布出汁も鶏や牛のブロスもそれぞれの食材に含まれる旨味成分を水で抽出した溶液です。しかし、それぞれの食材には旨味成分のほかにも水に溶け易い物質が含まれていますから、旨味成分だけでなく、匂い成分などと相まって最も美味しい味を調えるためには抽出の条件は必ずしも同じではありません。冷たい水にゆっくりと浸す抽出法、短時間に煮立つ湯で煮る抽出法、ゆっくりと煮込む抽出法など食材により抽出温度も抽出時間も異なりますから、最も適した調理法を選ぶ必要があります。

お茶やコーヒーの成分も出汁やブロスの成分も水によく溶けますから、水で抽出して飲んでいますが、薄荷の匂い成分のメントールも柑橘類の香りの成分のシトロネールも水よりはエタノールに良く溶けます。そのためこれらの香りの成分はお酒で抽出して、ペパーミントやオレンジキュラソとしてカクテルなどに加えられて飲まれています。ラン科の蔓性植物の種を発酵させて作るバニラはケーキやアイスクリームなどの香料として広く用いられていますが、主成分はバニリンと呼ばれる物質で、エタノールにむしろ良く溶けますから、エタノールで抽出したエキスをバニラエッセンスとして菓子作りなどに便利に利用しています。

食べ物の色や香りや辛味が多くの場合に電荷の偏りのない分子ですから、中国料理ではそのような食べ物の個性となる成分を油に溶かして抽出し、調味料のように味付けに加えて用いています。長ネギと生姜と花山椒をごま油で炒めて、それらの香辛料の味と香りを油に抽出したネギ油は炒め物に加えたり、肉の下味を付けたりして味と風味を調える北京風の中国料理の隠し味です。カプサイシンは唐辛子の辛味を持った赤い色素成分ですが、水には溶け難くエタノールや油によく溶けますから、島唐辛子を焼酎で抽出したコーレー

グースは沖縄の調味料です。また、タカノツメなどの辛味の強い唐辛子を細かく刻みごま油で煮ますと、カプサイシンがごま油に抽出されて、ラー油の赤い油が出来上がります。さらに、この従来のラー油にニンニクや干し海老やネギや松の実など種々の香辛料を加えて複雑な味のラー油に改良した「食べるラー油」はラーメンや餃子の味付けに加えられるばかりでなく、ご飯のおかずとしても食べられるようになっています。

ビタミン A の原料となるカロチンは人参に多く含まれていますが、水よりも油に良く溶けます。人参を細かく刻んで油で炒めると、油が黄色に変色して、含まれているカロチンが抽出されますから、栄養として摂取し易くなります。細く刻んだ人参のてんぷらは講師の好物の 1 つですが、栄養成分を有効に摂取できる人参の優れた料理法と思われる。

お茶、コーヒー、出し汁、ブロス、各種のリキュール、ラー油などを調理するための抽出の技術は料理の味や香りを左右する最も大切な調理法の 1 つと思われます。抽出の条件を最適に整えることが料理の極意ではないでしょうか。

## 水分を急速に取り除く揚げ物

食用の油には大豆油や菜種油やごま油のように室温で液体の状態の脂肪と、豚脂や牛脂のように室温では固体の状態の脂肪が有りますが、両者とも約 50℃より高い温度においては融けて液体になります。また、油の種類により含まれている香りの成分などの揮発することはありますが、食用の油は約 150℃まではほとんど変化なく温度を上げることができます。食用の油は種々の物質の混合物ですから、180℃以上に加熱しますと、熱分解が始まり煙を出しながら褐色から黒褐色に次第に変色してゆきますが、正確な沸騰点を持って沸騰することは有りません。

水と油は天敵のように仲が悪く両者を一緒にしても 2 層に分かれてしまい馴染み合うことはありません。食用の油は水よりも比重の小さな軽い物質ですから、油は浮き上がって上の層をなし、水は下の層を形成します。100℃以上に加熱した液状の油の中に少量の水を注ぎいれますと、水は油層の下に水滴となって沈みますが、瞬時に沸騰して水蒸気になります。油層の下で発生した水蒸気は油よりはるかに比重の小さな気体ですから、一気に油層の上に出て大気中に拡散してゆきます。結果として激しく泡立ちながら水は蒸発してゆきますが、同時に大量の油の飛沫も飛び散ります。高い温度に加熱した油のなかに誤って水が入りますと爆発的に水の沸騰が起こりますから、しばしば引火する事故を引き起こします。**不慮の引火に慌てて消火しようと水をかけますと、さらに激しい水の沸騰と共に油の飛沫が飛び散り火勢は激しくなるばかりです。そのような発火事故の折には火元となるレンジの火を消してから慌てずに布などで覆って消火すると良いと思います。小さな火のときはすばやく思い切り息を吹きかけて吹き消す方法も後始末のいらない簡便で効果的な消火法です。**

通常、食材は洗ったり形を調べたりする間に表面に水分が付きますが、このような食材を 100℃以上に加熱した油の中に入れますと、食材が高い温度で加熱されると共に表面に

付着した水分が激しく蒸発しますから、表面が乾燥して油で被われます。煮たり蒸したりする場合には水の沸騰点 100℃を越えることがありませんが、油の温度が約 200℃まで上げられますから、揚げ物は食材をそのような高温で加熱できる調理法となります。このような高温でも揚げ油は比較的少ししか分解しませんが、蛋白質や糖質はより速く分解して変性します。

でんぷんなどの糖質は分子の中に多くの酸素—水素結合を持っていますから、100℃以上の高温では水分子の放出を伴う分解が進行して次第に炭化して行きます。特にこの分解反応は温度が高くなるに伴い飛躍的に加速されますから、150℃以上の揚げ油の中では直ぐにきつね色に変色して行きます。じゃがいもを薄く切って表面の水分をできるだけ拭いてから加熱した揚げ油の中で揚げますと、はじめは表面の水分が蒸発しますが、さらに加熱を続けると、じゃがいもの内部の水分まで吸い込まれるように蒸発しますから、パリッとしたポテトチップスに揚げられます。講師は永年にわたり自家製のポテトチップスを試みましたが、シネシネしたものになったり、苦く黒焦げになったりして失敗の連続でした。そこでじゃがいもの揚げ油の中での挙動を考えました。105℃でも 110℃でも 100℃以上の揚げ油であれば水は蒸発してゆきますが、でんぷんの分解による炭化は温度が低いほど遅くなりますから、薄切りのじゃがいもを揚げ油の中に入れて弱火で 20 分以上揚げ続けましたところ、見事にパリッとしたポテトチップスが出来上がりました。

食材の表面に多量の水分を保ちながら揚げ油の中で加熱すれば、食材の水分の蒸発を可能な限り少なくして高温で一様に加熱することが出来ます。小麦粉を水で溶きますと多量の水を保って糊のように食材に良く纏わり付きます。特に、片栗粉やコーンスターチのようなセルロースを含まないでんぷんの粉はその分子が絡み易いために、容易に糊状にとろみが付きますから、多くの水を良く保ちます。さらに、このようなでんぷんの粉に卵を加えますと、加熱により卵がすばやく固まりますから、水を含んだ粉が食材に良く纏わり付きます。でんぷんの粉を卵と水でといた衣で鶏肉を包み揚げ油の中で加熱し、でんぷんの衣から水が蒸発してきつね色に変色するまで揚げれば、鶏肉は十分に加熱され鶏のから揚げになります。さらに、小麦粉に対して水の割合の多い衣を着けて高温の油で揚げますと日本料理の代表とも言われるてんぷらになります。てんぷらは子供時代からの講師の大好物ですが、てんぷら屋の味をどうしても講師の家の厨房で再現することができません。てんぷらを揚げる時に、化学の知識で解決できない奥の深い物が含まれているようです。

豚肉に小麦粉を着けてから溶き卵の中を潜らせて、さらにパン粉を着けて分厚い衣を作り揚げたものが和風洋食の代表のとんかつです。多くのとんかつ屋さんを食べ歩いて見ますと、比較的色の薄い柔らかな衣の着いたとんかつと、濃いきつね色のパリッとした衣の着いたとんかつの 2 種類があるように思います。低い温度の揚げ油でゆっくりと揚げたとんかつは衣から完全には水分が抜け切れませんから色が薄く柔らかな衣になりますが、豚肉を加熱する温度も下がり蛋白質の変性と水分の蒸発が抑えられ、しっとりした肉の味の豊かなとんかつに仕上がります。高い温度の揚げ油で短時間に揚げたとんかつは香ばしく

口当たりの良い衣と肉の組み合わせが美味しさを増しますが、肉の変性や水分の蒸発が早まりますから、揚げ時間の見極めが難しくなります。板前さんの腕がモノをいうとんかつになります。

## 脂肪の性質に影響する不飽和脂肪酸量

水素原子と酸素原子が結合した水分子においては、水素原子は+の電荷を、酸素原子は-の電荷をそれぞれわずかながら持っています。これに対して、石油や油やプラスチックを主に構成している炭素原子同士あるいは炭素原子と水素原子の結合においてはそれぞれの原子上にほとんど電荷を持っていませんから、それらの分子全体もほとんど電荷の偏りを持っていません。このような電荷の偏りの違いから、水と油は昔から仲違いしていましたので、水と仲の良いものは油と仲が悪く、水と仲の悪いものは油との仲良しです。仲が良ければ互いに混ざり合っただけで仲間を作るように溶け込んでいきますが、仲が悪ければ2層に分かれてゆきます。

人間の摂取する栄養は蛋白質と糖質とバターやオリーブ油などの脂肪の3種類に大別されますが、その中で脂肪は油の性質を示す物質で、アルコールの性質を持つグリセリンの3つの部分にそれぞれ適当な3つの脂肪酸が結ばれた物質ですから、グリセリンと種々の脂肪酸に1:3の割合で加水分解されます。しかも、牛の脂と豚の脂と魚の油と大豆の油を構成する脂肪酸の種類と割合は個々に異なっています。一般に室温で液状の脂肪を油、固体になりやすい脂肪を脂と呼んでいますから、オリーブから獲れる脂肪はオリーブ油、すき焼きの始めに鍋に塗りつける白い脂肪は牛脂と言い慣わしています。

人間の脂肪のほかに、料理に登場する各種の脂肪の性質と構成する脂肪酸の重量%を表5-1にまとめました。表から明らかなように、哺乳動物の脂肪（淡黄色）と魚の脂肪（淡緑色）と植物の脂肪（淡青色）では構成する脂肪酸に顕著な特色が現れています。動物の脂肪では炭素数16と18の脂肪酸がほぼ同量ですが、魚の脂肪では炭素数20と22の脂肪酸が多く含まれています。植物の脂肪ではひまし油やココナツ油などいくつかの例外はありますが、炭素数18の脂肪酸が主成分になっています。このように脂肪を構成する脂肪酸の割合は変化に富んでいます、この脂肪酸の種類が脂肪の性質に大きく影響を与えていることが分かります。

表5-1に挙げた種々の脂肪は構成する脂肪酸の重量%を総和すると100%に近い値を示していますから、ここに挙げた脂肪酸以外の脂肪酸は脂肪の中にほとんど含まれていないと考えてよいでしょう。このように脂肪を構成する脂肪酸の割合は変化に富んでいます、それらの脂肪酸は多くの炭化水素が結ばれた長い鎖の端にカルボン酸部分が結合した構造をしています。その炭化水素鎖が炭素原子の2倍以上の水素原子数を持つ飽和脂肪酸と、炭素原子の2倍に満たない水素原子数しか持たないために、炭化水素鎖の中に炭素=炭素2重結合を含む不飽和脂肪酸があります。

脂肪を食べたり、料理に使ったりするときに、室温での脂肪の形状はかなり重要な性質

表 5-1 種々の脂肪の性質と脂肪酸の割合（重量％）

脂肪名	融点 (°C)	飽和 脂肪 酸	不飽 和脂 肪酸	脂肪酸									
				C <sub>6</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>14</sub>	C <sub>15</sub>	C <sub>16</sub>	C <sub>18</sub>	C <sub>20</sub>	C <sub>22</sub>
人間の脂肪	15.0	35.1	64.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	29.0	65.5	0.0	0.0
バター	32.2	59.0	35.8	2.0	0.5	2.4	2.6	12.0	1.4	33.6	39.5	3.3	0.0
豚脂	30.5	41.5	58.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	31.0	65.4	0.0	0.0
牛脂		47.8	52.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	0.0	77.0	16.6	0.0	0.0
羊の脂肪	42.0	59.7	40.3	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	24.6	70.8	0.0	0.0
鯨油		27.9	73.6	0.0	0.0	0.0	0.2	9.3	0.0	30.0	38.0	19.0	1.0
鱈の肝油		14.8	75.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	0.0	28.4	20.7	25.4	9.6
鰵の魚油		20.3	78.9	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	0.0	17.9	20.7	30.1	23.2
鰯の魚油		22.9	77.1	0.0	0.0	0.0	0.0	20.5	0.0	26.4	21.0	18.1	14.0
ひまし油	-18.0	2.4	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.9	0.0	0.0
ココアバター	34.1	59.8	40.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.4	75.6	0.0	0.0
ココナツ油	25.1	91.2	7.9	0.8	5.4	8.4	45.4	18.0	0.0	10.9	9.8	0.4	0.0
コーン油	-20.0	14.6	85.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	11.7	86.9	0.0	0.0
綿実油	-1.0	27.2	72.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	25.4	71.8	1.3	0.0
亜麻仁油	-24.0	9.3	90.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	93.0	0.5	0.0
からし油		1.3	98.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	45.6	0.0	51.0
オリーブ油	-6.0	9.3	89.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	91.3	0.1	0.0
やし油	35.0	47.0	53.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	40.1	58.5	0.0	0.0
ピーナツ油	3.0	13.8	82.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	85.1	2.4	0.0
紅花油		6.8	92.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	98.9	0.0	0.0
ごま油	-6.0	14.2	85.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.1	90.1	0.8	0.0
大豆油	-16.0	13.4	86.6	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	10.2	88.5	0.9	0.0
ひまわり油	-17.0	8.7	91.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	93.5	0.9	0.0

と思われます。サラダドレッシングやてんぷらには液状の油を使うことが多いように思いますし、すき焼き用の霜降りの牛肉は肉質の間の脂が固まっていないと美味しそうに見えません。イタリア料理ではパンにオリーブ油をたらして食べるようですが、普通はパンには固形のバターを塗って食べます。動物性の脂肪では比較的飽和脂肪酸の割合が高く、魚油や植物性の脂肪では一般に不飽和脂肪酸の割合が高くなっています。表 5-1 には飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸の割合を上げておきましたが、いくつかの脂肪については脂肪の融点

も挙げておきました。これらの比較から、飽和脂肪酸が多くなるほど脂肪の融点が高くなる傾向にあることが分かります。パンに塗り付けるバターは飽和脂肪酸が多くなければなりません。不飽和脂肪酸を多く含む脂肪でなければ、パンは上手に揚げられません。

近年、記憶力や学習能力の向上に効果があると考えられて、EPA と DHA が脚光を浴びるようになりました。EPA と DHA はそれぞれ 5Z,8Z,11Z,14Z,17Z-アイコサペンタエン酸 (5Z,8Z,11Z,14Z,17Z-Eicosapentaenoic Acid) と 4Z,7Z,10Z,13Z,16Z,19Z-ドコヘキサエン酸 (4Z,7Z,10Z,13Z,16Z,19Z-Docohexaenoic Acid) という正式名を持っていますが、舌を噛んでしまうほどに長い名前のためあまり実用的ではありませんから、英名の頭文字をとって慣用名としています。これらの物質は人間にとって必要不可欠な必須脂肪酸で、特に目や脳や心筋や胎盤などの重要な部位の細胞に多く含まれています。脳では神経細胞で支障なく情報伝達する働きをしているようです。EPA と DHA も名前から分かるように、多くの炭素=炭素 2 重結合を含む炭素数がそれぞれ 20 と 22 の不飽和脂肪酸ですから、哺乳動物の脂肪や植物性の脂肪にはあまり含まれておらず、魚油の中に多く含まれると思われます。実際、マグロの内臓や大トロの部分に含まれる脂肪や鰯の魚油の中に含まれています。

不飽和脂肪酸においても炭素=炭素 2 重結合は非常に反応性が高く種々の物質と反応しますが、ニッケルや白金などの金属の働きで水素分子が反応して飽和脂肪酸になります。不飽和脂肪酸を多く含む植物性の油に適量の水素分子を反応させますと、バターと同じような飽和脂肪酸の割合が高い脂肪にすることが出来ます。これを良く練り上げるとバターのような脂肪が出来上がりますので、これをマーガリンあるいは人造バターと呼んでいます。牛乳から作られるバターは比較的高価な脂肪ですが、マーガリンは工業的に安価な脂肪から作られますから、脂肪分以外の成分をあまり含みません。比較的手頃な価格で、しかも、ある種の病気にはバターよりも適しているという特色を持ってパンなどに塗られて食べられています。

## 魚は脂焼けしないうちに

身の周りに充満している空気には反応性の低い窒素のほかに反応性の高い酸素が含まれています。炭素=炭素 2 重結合は非常に反応性が高く種々の物質と反応しますが、酸素との反応では主に 2 種類の反応が進行します。日光に照らされている条件では不安定な過酸化物が生成し、これが分解するときに近くに存在する炭素=炭素 2 重結合同士を結び合わせる重合が進行して、プラスチックのような大きな分子の物質に変化します。リノール酸やリノレン酸や EPA や DHA は何れもこの炭素=炭素 2 重結合の部分構造を持っているから、日光の下で酸素と反応して重合してゆきます。また、日光の影響を受けない条件では酸素分子が炭素=炭素 2 重結合と反応して、アルデヒドやカルボン酸に分解して変色したり不快な匂いを発するようになります。この 2 種類の反応により不飽和脂肪酸の性質が失われてしまい赤黒く変色したり、不快な匂いを発生したり、固体に固まったりしますから、古くからこの現象を油焼けと呼んでいます。亜麻仁油や紅花油はリノール酸や

リノレイン酸などの炭素＝炭素 2 重結合を多く含む不飽和脂肪酸で構成されていますから、日光の下で酸素と反応して、重合が進行し固化して行きます。昔は雨傘などにこのような油を塗って撥水性を持たせて防水していましたが、現在でも油絵の絵の具にテレピン油が用いられています。色素をこれらの液状の油にまぶしてキャンバスに塗ると、時間と共に油は重合して固体となり色素を固定してしまいます。

牛肉や豚肉や鶏肉などの食用肉となる筋肉の中には酵素がまだ残っていますから、時間の経過と共に肉の中では蛋白質の加水分解が始まります。牛肉は屠殺したての新鮮なものよりも、長時間熟成させて、多少色が赤黒く変色しかけたときが食べごろとされています。これは牛肉の蛋白質が酵素によりアミノ酸に一部分解したために、旨味成分が増しているためと考えられます。この熟成の期間中に脂肪も酸化酵素や酸素の影響を受けますが、食肉中の脂肪は比較的反応し難い飽和脂肪酸を多く含んでいますから、脂肪の変性や重合はあまり味覚に影響を与えません。

魚の肉の中にも酵素が含まれていますから、時間の経過と共に肉の中では蛋白質の加水分解が始まり、長時間熟成させると旨味成分のアミノ酸が魚肉の中に増加してゆきます。しかし、この熟成期間中に当然魚に含まれている脂肪も酸化酵素や酸素の影響を受けます。食肉中の脂肪と比較して、魚に含まれる脂肪は不飽和脂肪酸の割合が高いため、酸素との反応が格段に起こり易く、油焼けにより脂肪の性質が短時間に変化し不愉快な匂いの物質を生成してきます。魚も長時間熟成すれば味覚成分が増加して美味しくなりますが、同時に脂肪成分が油焼けしますから臭みが増して不味くなります。特に鰯や鰯や秋刀魚などの青い魚の脂肪は多くの不飽和脂肪酸を含んでいるために、鮮度が落ちると油焼けして極端に味が変わってしまいます。

マグロも青い魚ですから当然不飽和脂肪酸を多く含む脂肪を持っていますが、大きな肉の部分では酸化され難いため、魚体をできるだけ空気に触れないようにして7日程度熟成したときに最も味が良くなります。鰹や鯖も不飽和脂肪酸の割合の高い脂肪を持っていますから、熟成すれば味が変わってしまいます。出汁のもとになる鰹節や鯖節を作るときには、始めに鰹や鯖を蒸してその変性し易い脂肪を取り除き、その後に微生物を働かせて熟成します。

青い魚の脂肪は炭素＝炭素 2 重結合を多く含む不飽和脂肪酸で構成されていますから、鰯や鰯などの魚を開いて表面積を大きくして、日光の下で空気に曝しますと濃い褐色に油焼けして、脂肪が酸素と反応して重合が進行しプラスチック状の膜に固化して行きます。この膜が内部の脂肪と酸素の接触を阻害するために、それ以上の油焼けを抑え内部を保護するため、熟成による旨味成分の増加を可能にします。鰯の干物や鰯の目刺しは魚の旨味を増す古くからの知恵と思われれます。現在、市場に出回っている魚の干物が日光の下で作られていないと聞いて、化学的観点からば若干気になります。また、不飽和脂肪酸の性質を考えると、その油焼けの反応を抑える特別の処理をする場合を除き、魚は熟成せずに新鮮なうちに食べたほうが良いことになります。

## 肉を美味しく保存する燻製

木材は主にセルロースとリグニンの2つの成分で形作られていますが、この木材を空気と共に加熱しますと高温を発生しながら燃焼し、二酸化炭素と水に変化します。しかし、十分な空気の供給をしないで高温に加熱しますと、成分物質の熱分解が進行し、木材は炭化され、固体生成物と気体生成物（煙）となります。炭焼き窯と呼ばれる窯に木材を入れ、十分に空気を供給することなく燃やし、木材を炭化させて固体生成物の木炭を製造し、燃料に用いてきました。ここで発生する気体生成物（煙）の大部分は水ですが、その他に200種類以上の化学物質が含まれています。酸素の供給が不十分な環境の下でのセルロースの熱分解ですから、酢酸などの分子量の小さい脂肪酸のほか比較的酸化の進んでいないアルコール類やアルデヒド類なども多く生成してきます。また、リグニンはベンゼン環と酸素原子と水素原子の結合したフェノールを部分構造に持つ複雑な物質ですから、熱分解により水と仲が悪く油との仲良しのフェノールやクレゾールなどのフェノール類が生成してきます。

このような煙の中に食べ物を置いておきますと、煙の成分が食べ物に付着します。この煙の中にはクレゾールなどのフェノール類やベンツピレンなどのベンゼン環を持つ物質が含まれていますが、これらの成分は人間にとっても微生物にとっても毒性を示す物質ですから、食べ物の外側に付着しますと腐敗を抑える効果を示します。その上、酸素などの酸化剤が食べ物とフェノール類の両者と共存するときには、クレゾールなどのフェノール類は非常に酸化され易い物質ですから、優先してフェノール類が酸化され、食べ物の酸化が抑えられます。生活環境の中で不飽和脂肪酸の酸化など食べ物の変性に最も影響を与える化学物質は酸素と思われませんが、煙に含まれる種々のフェノール類が酸化防止剤の働きをしますから、燻製をすることは化学変化による変性を抑え長期保存のために効果を示します。

さらに、煙に含まれるフェノール類とアルデヒド類が燻煙中の食べ物の上に付着して、食べ物の表面を覆うようにフェノールーアルデヒド樹脂と呼ばれる堅牢なプラスチックの樹脂膜を形成します。この樹脂膜は外部からの微生物の侵入や酸素による酸化などの化学的変性を防ぎます。なお、フェノールとホルムアルデヒドが反応して生成するベークライトと呼ばれるフェノールーアルデヒド樹脂は最も初期に実用化されたプラスチックで、電気絶縁性に優れていたために差し込みやプラグなど電気部品の材料として広く用いられていましたが、色が黒く若干脆い性質のために次第に他のプラスチックに代替えされてゆきました。

煙に含まれるクレゾールやフェノールは病院の匂いですが極微量ではスットする好ましい香りをもつ成分で、そのほかに若干焦げ臭い香りや熟した柿のような甘い匂いを持つ成分も含まれています。これらの芳しい香りの成分も食べ物に付着しますから、燻製を施した食べ物は独特の香りを持っています。用いる木材の種類により発生する煙の中に含ま

れる成分も微妙に異なりますから、食べ物を燻製するための適当な木材を選ぶ必要があると思われます。カナダのキングサーモンは樺の木を燻して発生させた煙で燻製し、オーストリアのチロル地方ではクリスマスツリーに使った樅の木で豚肉を燻製する習慣があると聞いています。通常の食べ物を燻製するときには甘い香りが強く付着する桜の幹を燻して燻製することが一般に好まれるようです。

煙に含まれる成分が腐敗を引き起こす微生物にとって毒性を示すと共に酸化防止剤の働きを示すばかりでなく、容易にフェノールアルデヒド樹脂を形成することから、食べ物の長期保存のためには極めて有効な技術と考えられます。そのため、燻製と呼んで食べ物を煙の中に置いて煙の成分を付着させ、食べ物を長期保存する技術が古くから行われてきました。

漬物の技術は食べ物を長期保存するための有効な技術ですから、漬物の技術と燻製の技術を併せればさらに長期保存のために大きな効果が生まれます。豚のあばら骨の近くの肉の部分を塩漬けにして脱水と味付けをして、保存効果を持たせます。さらに表面の食塩を取り除いた後に燻製をしてベーコンを作ります。豚のあばら肉に食塩と香料と少量のアミノ酸を良く擦り込んで重石を載せながら約4日漬け込みます。流水で15分間表面の食塩などを洗い落とした後、70～80℃の比較的高い温度で桜の木を燻しながら4時間ほど燻製します。出来上がった自家製ベーコンは講師の朝食に欠かすことのできない食べ物で、冷蔵庫で2～3ヶ月は保存できます。

ソーセージは色々な肉を細かく切ってひき肉にし、でんぷん（コーンスターチ）、卵、牛乳、ぶどう酒を種々の香辛料や調味料と共によく練って、腸詰めしてから加熱して造ります。羊の腸は細くて長いため、ウインナーソーセージなどの細いものに、豚の腸はフランクフルターなどの太さ2cm程度のソーセージになります。牛腸はポーランド風ソーセージなどのもっと太いものを作るときに使われるようです。このようにひき肉を作り、よく混ぜながら練り、細くて薄い腸に詰め込む操作の間に、温度が上がりますと蛋白質の変性が起こり、保水力が失われてしまいます。また、肉の腐敗や酸化による変性も温度が高いほど早くなりますから、手際よく冷たい温度の条件で肉詰めまで完了しなければなりません。さらに、腸詰めした生のソーセージの味と食感を保つために、蛋白質の変性温度よりも若干低い約70℃の温度で加熱して調理と殺菌を行います。最後に燻製をして匂いを付け、自家製ソーセージの完成です。ちなみに、腸詰めにする挽き肉に豚脂などを混ぜますと、屑肉を人工的に霜降り状態の肉に作りかえることができますから、食べ物を美味しくして付加価値をつける料理の原点とも思われます。

腸は何れも栄養成分だけを吸収する働きを受け持つ内臓器官ですから、水分は比較的通過できますが微生物は殆ど通過できないろ紙やフィルターの働きをする膜になっています。腸の中に食べ物を詰めますと、外界からの空気や微生物の侵入を抑えることができ、長期保存を可能にします。さらに、外側を燻製することにより、煙の中に含まれる成分が微生物の繁殖を抑えますから、腐敗することなく保存できる期間を延長できます。

腐敗を引き起こす微生物にとって煙に含まれる成分が毒性を示すと共に酸化防止剤の働きを示すばかりでなく、容易にフェノールアルデヒド樹脂を形成することから、燻製の技術は食べ物の長期保存のためには極めて有効と考えられます。さらに、漬物の技術も食べ物を長期保存するための有効な技術ですから、両者を併せればさらに長期保存のために大きな相乗効果をもたらします。しかし、この燻製の技術は穀物や野菜などにはあまり適当でなく、それらの食べ物の保存方法としての利用例は多くないように思われます。

## お料理教室 第6回 水と油の仲直り

### 水と油を仲立ちする界面活性剤

水の分子は水素2原子が酸素1原子とブーメランのようにくの字型に結合していますが、その水素原子は+の電荷を、酸素原子は-の電荷をそれぞれわずかながら持っており、その電荷の偏りにより、水は3次元の網目状に絡み合った一塊として挙動します。このような水の3次元の網目状の絡み合いを断ち切って、物質の分子が一塊の水の中に入り込む時に物質は水に溶け込んでゆきます。イオンは+または-の電荷を持った原子の塊ですから、3次元の網目状に絡み合った一塊の水の中に割り込んで水同士の引き付けあう力を断ち切っても、新たにイオンと水分子の間に引き付け合う力が働き仲良くなります。そのため、イオンになりやすい物質は絡み合った一塊の水の中に入り込んで溶けてゆきます。また、分子が酸素原子や窒素原子と水素原子の結合を持っていますと、水と同じように分子の中に電荷の偏りが生まれ、水の分子と引き合い仲良くする性質を示します。このように電荷の偏りを持って水と仲良くする分子も絡み合った一塊の水の中に入り込んで溶けてゆきます。

これに対して、炭素原子同士あるいは炭素原子と水素原子の結合においてはそれぞれの原子上にほとんど電荷を持っていませんから、それらの分子全体もほとんど電荷の偏りを持っていません。当然、このような電荷の偏りのない分子は水分子の電荷を持った部分に引き付けられることも反発することもありません。分子が電氣的に引き付けあい一塊になっている水の中に、引き付けあうこともない余所者の分子が割り込もうとしても、受け付けてくれませんから水とあまり仲良しになれません。仲良しの仲間と一緒に遊べますが、仲良しでない人とは遊ぶこともなく仲間はずれにします。水も電荷を持ったイオンや電荷の偏りを持つ分子とは仲良く溶け合いますが、電荷の偏りを持たない分子とは仲間になることができませんから、水は小突き回すように阻害します。昔から仲の悪い間柄を「水と油の関係」などと例えられるほどです。このような物質は水の中に入っても馴染むことができず、水の網目状の絡み合いの切断が最小になるように、2層になって別世界に分かれてしまいます。また、2層になることが許されない時には、水と油の境目となる面の面積が最も小さな球状の油滴となって水の中に仕方なく彷徨います。

イオンや電荷の偏りを持つものは水によく溶けますが油にはあまり溶けませんし、電荷の偏りのないものは水に溶けません油にはよく溶けます。そこで、水によく溶ける部分と水に溶け難い部分が繋がって同一の分子を形作っている物質は水に対して如何なる挙動をとるか興味が生まれてきます。水に溶け難い部分は水の網目に入り込むことが出来ず、水から分離しようとし、水によく溶ける部分は水の網目の中に入り込もうとします。逆に、水によく溶ける部分は油から分離しようとし、水に溶け難い部分は油の中に入り込もうとします。結果として水の塊の端で、水に溶ける部分が水の方へ向き、水に溶

け難い部分が外側に向くように並び膜を作ります。界面活性剤と呼ばれるこのように水と仲良しの部分と油と仲良しの部分が繋がって同一の分子を形作っている物質が、もし 2 層に分離している水と油の中に混ざり込みますと 2 層の境目に膜となって並びます。また、大きな水の塊の中に混ざり込みますと、水によく溶ける部分を外側にした膜を作り、内側は油に馴染み深い球形の世界の油滴となります。さらに、水に溶け難い部分が背中合わせに並んで 2 重膜が作られると、両面とも水と馴染み深い膜となります。このような背中合わせの膜の風船が大きな水の中に出てくると、あたかも小さな水の別世界が生まれることとなります。

生物は 38 億年前に海の中に誕生しましたから、生物の身体はすべて水に溶け易い物質から形作られています。生物体自体が水に溶けてしまえば生命組織を維持することが出来ません。しかし、水と油は仲違いしていますし、水に溶け易い物は水と仲良しで油とは仲が良くありません。逆に水に溶けにくい物は水と仲がわるく油との仲良しです。そのため、仲違いしている水と油の仲を取り持つ界面活性剤が生物の進化の過程で必要になってきます。生物の身体を構成する多くの物質の中にはリン脂質やリン蛋白質やサポニンなど種々の界面活性剤が生命活動を維持するために働いています。

生物体の一部を構成している脂肪はアルコールの性質を持つグリセリンの 3 つの部分にそれぞれ適当な 3 つの脂肪酸が結ばれた油の性質を示す物質です。それらの脂肪酸の 1 つがリン酸で置き換わったリン脂質はリン酸部分がイオンになり易いために水と仲良しの性質を示しますが、他の部分は脂肪と同じように油と仲良しの性質を示しますから、界面活性剤の働きをします。地球上の生物はこのように界面活性剤の性質を示すリン脂質の 2 重膜を細胞膜とする細胞と呼ばれるフラスコを作り、その中で生命活動を維持する化学反応を行っています。

## 仔牛が飲む牛乳

大量の水の中に界面活性剤を混ぜ込むと、水と仲良しの部分が外側に並んで膜が作られ、内側が油と馴染み深く、外側が水と馴染み深い膜となります。このような 1 重膜の風船が大きな水の中に出てくると、あたかもフラスコのような小さな油の別世界が生まれることとなります。水の網目の塊の中に入り込むことの出来ない油は水に溶け難く水の中では居心地が悪いので、この 1 重膜の風船の中に逃げ込んで安定な状態になります。本来水に溶け難い油が 1 重膜に囲まれた小さな油滴となって水の中に拡散するようになります。このような現象を乳化と呼んで、巨視的に見れば油を水に溶け込ませてしまう働きをします。

成長に必要な全ての栄養が牛乳に含まれていますから、仔牛は母牛の牛乳を飲んで育つことができます。牛乳の栄養分は母牛の生活環境や餌となる牧草に影響されますから、地方や季節によっても多少変動しますが、日本食品標準成分表によれば牛乳の脂質と非脂質には表 6-1 に示しますように種々の成分が含まれています。牛乳は液状でなければ仔牛には摂取することができませんから、これらの約 12%の栄養分は水に溶けた状態になって

います。最も成分量の多い糖質の大部分は乳糖ですから水に非常によく溶けます。ナトリウムとカリウムはアルカリ金属のイオンですから当然水溶性ですし、鉄およびビタミン類はいずれも少量ですから水に溶けます。

蛋白質の長い鎖にりん酸が結合したカゼインと呼ばれるリン蛋白質が牛乳にふくまれる蛋白質の約 80%を占めていますが、このリン蛋白質のりん酸部分は-の電荷を持つイオンになりやすく、カルシウムやナトリウムなどの+の電荷を持つイオンと結び付き易い性質を持っています。牛乳中では特にカルシウムと結合してカルシウム塩の形で存在し、結果として牛乳中でカルシウムの安定な運び屋として機能します。さらに、一般に脂肪は水と仲が良くありませんが、カゼインが界面活性剤として働き牛乳の脂肪を乳化して均質な溶液にし、脂肪が析出することなく液体の状態を長期間保つ役割を果たしています。

牛乳に酸っぱい物を加えて酸性にしますと牛乳中のカゼインのカルシウム塩が中和されますから、界面活性剤の働きが低下してしまいカゼインは脂肪と手を繋いだままで水から分離してきます。例えば、牛乳にお酢やレモン汁やオレンジジュースを加えて掻き回しますと、牛乳は凝固してきます。また、牛乳に少量のヨーグルトを加えて約 40℃で数時間放置しますと、ヨーグルト菌の乳酸醗酵に伴い乳酸を生成して酸性になりますから、牛乳は固まってヨーグルトができあがります。

牛乳に含まれるカゼインと呼ばれる蛋白質が水によく溶ける部分と水に溶け難い部分を同一の分子の中に持つ界面活性剤の働きをするために、牛乳は含まれる脂肪などの脂肪分を含めて全ての成分が乳化して均一な溶液になっています。液状なために仔牛は牛乳から栄養を摂取することができ、牛乳を飲むだけで育つことができます。

表 6-1 牛乳の成分表

組成	成分量 (g/100mL)
水	88.7
脂肪	3.3
蛋白質	2.9
糖質	4.5
カルシウム	0.1
りん	0.09
鉄	0.0001
ナトリウム	0.05
カリウム	0.15
ビタミンA	110 IU
ビタミンB	0.005
ビタミンB <sub>2</sub>	0.00015

### マヨネーズは油と水の混ざり物

牛乳の中に含まれるカゼインと同じように、卵黄の中にも細胞膜と同じようなリン蛋白質のレシチンが含まれていますが、このレシチンも界面活性剤の働きをします。そのために、レシチンを含む卵黄は油を水に乳化する助けをします。たとえば、室温に温めた 1 個分の卵の黄身、5mLのお酢、塩、砂糖、胡椒を泡立て器でよくかき混ぜます。お酢は酢酸の約 3%水溶液ですから、水に溶け易い卵黄や塩や砂糖が溶けて均一な液体になります。これにサラダ油を数滴加えてちよつともったりするまでよく掻き混ぜますと、レシチンの

働きで 1 重膜の風船が大きな水の塊の中にできてその中にサラダ油は入り込んで乳化し、サラダ油が分離することなく均一な液状になります。さらに、よく掻き混ぜながら少しずつサラダ油を加えてゆき、150mL のサラダ油を加え終わる頃には、かなり硬いクリーム状に乳化して固まってきます。しかし本来サラダ油はこの均一な水溶液にあまり馴染みませんから、混ぜ方が不十分ですと長い時間の間に分離してきます。最後に砂糖や塩で味を調べて、約 160 g の手作りマヨネーズの完成です。

マヨネーズに用いるサラダ油は主に菜種油、ひまわり油、綿実油などの植物油で、オレイン酸やリノール酸などの不飽和脂肪酸のグリセリンエステルを多く含んでいます。表 6-2 に示すように、日本食品標準成分表による標準的な市販のマヨネーズは 22%以上の酢酸やクエン酸などの酸の水溶液と約 75%の脂肪で作られています。お酢などのわずかな水溶液に 3 倍以上のサラダ油を乳化させ

表 6-2 マヨネーズの主要成分

	全卵型	卵黄型
カロリー数	698 kcal	666 kcal
蛋白質	1.5 %	2.8 %
脂肪	75.1 %	72.5 %
塩分	1.8 %	2.3 %
酸成分	21.3 %	22.4 %

て溶かし込み、均一なクリーム状態を安定に作り出していますから、卵黄中に含まれるレシチンは界面活性剤の極めて強力な働きをしていることになります。

水によく溶ける部分と水に溶け難い部分を同一の分子の中に持つ界面活性剤では、水に溶け難い部分は水の網目に入り込むことが出来ず、水から分離しようとしてします。これに対し水によく溶ける部分は水の網目の中に入り込もうとします。結果として水の塊の端で、水に溶ける部分が水の方へ向くようにし、水に溶け難い部分が外側に向くように並び、膜を作りますから、水に溶け難い物質も乳化して均一な液状になります。人間の感じる基本的な味覚は酸っぱい、甘い、苦い、塩っぱい、旨いの 5 味と考えられ、これらの種々の味は味覚物質が水に溶けて口の中に入り、舌の味覚を感知する部分に接触したときに味覚として感じられます。これに対して食べ物の個性となる色や香りの成分は多くの場合に水よりも油によく溶けます。水と油は仲違いしていますから、サラダ油などの油は食べ物の個性となる色や香りを引き立たせる役割を果たしますが、味覚物質を溶かしませんから食べても味を感じることが出来ません。しかし、マヨネーズのように味覚物質を含む水溶液に色や香りの成分を含む油を乳化させれば、味と色と香りの付いた油を作ることができます。このように水の特性と油の特性を融和する界面活性剤を利用することにより料理を益々変化に富んだ味と色と香りの豊かな物にすることができます。

## メレンゲは卵白のシャボン玉

大量の水の中に界面活性剤を混ぜ込むと、水と仲良しの部分が外側に並んで膜が作られ、内側が油と馴染み深く、外側が水と馴染み深い膜となります。このような 1 重膜の風船が

大きな水の塊の中に出来ると、水の網目の中に入り込むことの出来ない油は水に溶け難く水の中では居心地が悪いので、この風船の中に逃げ込んで乳化した状態になります。空気を構成している酸素分子も窒素分子も電荷の偏りのない結合しか持っていないから、油と仲良しの仲間です。当然、界面活性剤を含む水に空気を吹き込みますと、空気は水に溶け難く水の中では居心地が悪いので、界面活性剤の風船の中に逃げ込みますが空気は水よりはるかに軽いために浮き上がって泡となります。この界面活性剤の働きで安定化した泡を空気中で作れば、空気に接する内外の表面が界面活性剤の膜で保護された薄い水の層の膜でできたシャボン玉になります。

卵白はひよこに孵化するまでの期間中に水分を保持し、必要に応じて卵黄に水分を供給すると共に卵黄を物理的に保護する役割を果たしています。そのため、卵白は90%の水と10%ほどのアルブミンと呼ばれる水と仲良しの部分を持ち界面活性剤の働きをする蛋白質を含んでいます。卵白は一塊の液体の挙動を取りますから、単に空気を吹き込むだけでは空気と卵白が混ざり合わずシャボン玉を作りませんが、泡だて器あるいはハンドミキサーで強く掻き回しますと、アルブミンの絡まりが切られてしまい空気が界面活性剤の膜に包まれるようにシャボン玉の泡を作ります。この攪拌を続けていきますと次第に卵白のシャボン玉は細くなり、ほとんど液体のない状態のシャボン玉の塊になります。

卵白を砂糖で味付けしてから良く攪拌して調製した、このシャボン玉の塊をチーズケーキの上などに乗せてそのまま160℃の天火で焼き目をつけるほどに焼けば、卵白が変性して固まりますから、泡が固まってメレンゲになります。また、この卵白のシャボン玉だけを小さく焼きますと、キッスと呼ばれる軽いクッキーになります。さらに、ピーナッツやアーモンドなどの木の実を混ぜて焼き固めれば、マカロンになります。このようなケーキやクッキーとは別に、卵白を塩と胡椒で味を調べてから片栗粉や小麦粉を加えて卵白のシャボン玉を作りますとでんぷんにより比較的丈夫な泡ができますから、これを衣にして蝦の揚げ物を作りますと、蝦の味と香りを包み込んだ軽い口当たりの高麗蝦仁と呼ばれる上品な北京風料理が出来上がります。英国で好まれるフリッターは卵白ばかりでなく卵黄や牛乳も加えてシャボン玉を作り、このシャボン玉の衣で自身の魚などを揚げた料理で、癖のない軽い揚げ物となります。

メレンゲのように味覚物質を含む水溶液に空気を乳化させてシャボン玉の塊を作れば、味と色と香りの付いた口当たりの軽い泡のような食べ物を作ることができます。このように水の特性和油の特性を融和する界面活性剤を利用することにより料理を益々変化に富んだ味と色と香りの豊かな物にすることができます。

## 油を水に溶かし込む石鹸

水によく溶ける部分と溶け難い部分を同一の分子の中に持つ物質を水の中に混ぜ込むと、水に溶け易い部分が外側に並んで膜が作られ、内側が油と馴染み深く、外側が水と馴染み深い膜となります。このような1重膜の風船が大きな水の塊の中に出来ると、あたか

もフラスコのような小さな油の別世界が生まれることとなります。このとき、水の網目の中に入り込むことの出来ない油などの物質は水に溶け難く水の中では居心地が悪いので、この油滴の中に逃げ込んで安定な状態になります。本来水に溶け難い油が1重膜に囲まれた小さな油滴となって水の中に拡散するようになり、巨視的に見れば油を水に溶け込ませてしまう働きをします。

脂肪を水酸化ナトリウム水溶液と煮た後に冷やすと、固まってくる脂肪酸のナトリウム塩は石鹼と呼ばれて最も古くから用いられている界面活性剤です。やし油や大豆油などの植物性脂肪あるいは鯨油や魚油などの動物性脂肪が油の原料として用いられていますが、これらの脂肪は脂肪酸のグリセリンエステルですから、水酸化ナトリウムと反応して脂肪酸のナトリウム塩とグリセリンに加水分解します。脂肪酸のナトリウム塩は炭素原子15ないし17の長い鎖状の炭化水素部分とカルボン酸ナトリウム塩の部分で構成されています。長い鎖状の炭化水素部分は電荷の偏りのない部分であり、カルボン酸ナトリウム塩の部分は水の中でカルボン酸のイオンとナトリウムのイオンに解離しますから、それぞれ電荷を持つ部分として水によく溶けようとします。水の中で石鹼は外側にカルボン酸イオンの部分を、内側に炭化水素部分を並べた1重膜の風船を作ります。油はこの風船の中に逃げ込んで安定化しますから、巨視的に見れば油を石鹼水で洗い落とすこととなります。

カルボン酸のナトリウム塩は水に溶け易くよく解離しますが、カルシウム塩は余り高い溶解度を示しません。例えば、石鹼に多く含まれているオレイン酸のナトリウム塩は水1Lに対して100gほど溶けますが、オレイン酸のカルシウム塩は0.4gしか溶けません。石鹼を軟水の中で使用するときには問題なく油を洗い落としますが、硬水中では多量に含まれる炭酸カルシウムと反応して、石鹼は脂肪酸のカルシウム塩になり沈殿してしまいますから、界面活性剤としての働きを示さず、油を洗い流す洗剤として役に立ちません。脂肪酸のナトリウム塩でできている石鹼は硬水中でその能力を失活する欠点を持っています。

脂肪酸のナトリウム塩でできている石鹼はこのようにいくつかの欠点を持っていますが、油分を乳化して水で洗い流すときに、下水中ではナトリウム塩が中和されて脂肪酸に戻ります。脂肪酸は廃水中に棲息する多くの微生物の栄養になり容易に分解されてしまいますから、多少生物化学的酸素要求量(BOD)の値が高くなる程度で比較的的環境にやさしい界面活性剤と考えられます。また、幼児が食べてしまうなどの事故により、石鹼が誤って体内に入ってしまう場合でも、胃の中は強い酸性の状態にありますから、中和されて脂肪酸になってしまいます。人間は胃の中で種々の脂肪分を消化して脂肪酸とグリセリンに分解していますから、新たに脂肪酸が体内に生成することに全く不都合がありません。結局石鹼の主成分の脂肪酸のナトリウム塩は体内に入っても全く毒性を示しません。

## 水と油の間のまとめ役

一つの分子の中に水に溶け易い部分と水に溶け難い部分を持つことにより、界面活性剤の性質が発現しますから、これらの部分の組み合わせにより種々の特徴を持った界面活性

剤を設計することができます。水に溶解易い部分として電荷を持つイオンの部分を持つものとアルコール類などのように電荷の偏りを持つ結合を部分的に持つ界面活性剤が可能です。電荷の偏りを持つ結合を部分的に持つものを非イオン性界面活性剤と呼び、イオンの部分を持つイオン性界面活性剤には陽イオン界面活性剤、陰イオン界面活性剤、両性界面活性剤の3種があります。古くから用いられてきた石鹼は陰イオン界面活性剤の一種で、脂肪酸などのナトリウム塩が皮膚や眼にとってはあまり好ましくない塩基性を示しますから、皮膚炎やアレルギー疾患を持っている人にとっては強い刺激になってしまい、皮膚を傷める欠点を持っています。蛇足ながら、塩基性の強い石鹼は羊毛や絹糸の洗濯、洗髪にも不適當で衣服の繊維や髪の毛を傷めてしまいます。

陰イオン界面活性剤のなかで、石鹼は弱酸のナトリウム塩ですから、塩基性を示しますが、ベンゼンスルホン酸などのスルホン酸や硫酸エステルナトリウム塩は中性を示します。同じようにりん酸エステルのナトリウム塩もほとんど中性の水に溶解易い部分として働きます。しかし、スルホン酸も硫酸もりん酸もカルシウム塩が水にあまり溶解しませんから、石鹼と同じように硬水中で界面活性を失ってしまいます。陽イオン界面活性剤に分類されるアルキルアンモニウムの塩酸塩も水に溶解易いイオン性の部分構造を持っていますが、酸性を示します。非イオン性界面活性剤はアルコールの部分構造を持っていますから、中性の性質を示します。特にブドウ糖などの糖類は部分的な電荷の偏りを持っていますから、非常に水に溶解易い部分として働きます。他方、石鹼では直鎖の炭化水素鎖を水に溶解難い部分として持っていますが、ベンゼン環を含むアルキルベンゼンも水に溶解難い部分として利用することができます。

石鹼の炭化水素部分をスルホン酸で置き換えたアルキルスルホン酸のナトリウム塩や炭化水素の部分に二重結合を含むオレフィンスルホン酸のナトリウム塩は中性の界面活性剤として用いられています。炭化水素鎖を持つベンゼンスルホン酸のナトリウム塩も皮膚に優しい中性を示す界面活性剤として働きます。しかも、石油と硫酸から容易に合成できますからアルキルベンゼンスルホン酸のナトリウム塩は極めて安い中性洗剤として用いられるようになりました。しかし、アルキルベンゼンの部分は生物の代謝を受け難く、スルホン酸の部分を代謝する微生物や酵素は限られていますから、アルキルベンゼンスルホン酸のナトリウム塩は生物の力では分解し難く、誤って体内に入った場合には体内で代謝できず毒性を示します。自然界においても分解し難く残り易いため、自然環境を破壊する危険性を持っています。

別段価格が高いわけではありませんが、長い炭化水素鎖を持つアルコール類を高級アルコールと呼んでいます。この高級アルコールの部分構造を一つ持つ硫酸エステルナトリウム塩は高級アルコールと硫酸から容易に合成できる中性の界面活性剤です。同じように高級アルコールりん酸エステルのナトリウム塩も界面活性を示しますが、排水中のりん濃度が高くなって微生物の異常繁殖を引き起こします。水に溶解難い炭化水素鎖の部分が窒素原子に結合したアンモニウム塩は弱い酸性を示す陽イオン界面活性剤となります。さ

らに窒素原子上にカルボン酸を含む部分構造が結合したアンモニウム塩では窒素原子上で陽イオンに、カルボン酸部分で陰イオンになりますから両性界面活性剤として働きます。

石油や天然ガスから得られるポリオキシエチレンは電子の偏りを持つ炭素－酸素結合を多く持っていますから、水に溶け易い部分となり、水に溶け難い炭化水素部分と結合した場合には、全くイオン性を持たない物質でありながら界面活性剤として働くために、非イオン性界面活性剤として用いられています。ポリオキシエチレン部分は酸性条件では比較的容易に加水分解しますから、これらの界面活性剤は自然環境に残留する心配は無いように思われます。

食べ物として最も重要な糖類は多くの炭素－酸素結合を持つアルコール類で、中でも植物が光合成で生産するブドウ糖は安価に入手でき水に極めてよく溶ける物質です。ブドウ糖を水に溶け易い部分とし、水に溶け難い炭化水素部分として働く脂肪酸と結合した物質も非イオン性界面活性剤として働きます。また、ブドウ糖の代わりに砂糖を水に溶け易い部分として導入した界面活性剤も開発されています。これらのブドウ糖や砂糖を水に溶け易い部分を持つ界面活性剤は分解したときに、生物にとって栄養にこそなれ毒性を示すことのないブドウ糖や砂糖を再生します。分解生成物が糖類と脂肪酸ですから、人間の体内に入っても顕著な毒性もなく、食材や食器を洗うための洗剤や歯磨き用の界面活性剤として適しています。さらに、牛乳のカゼインや卵のレシチンの代わりに食品添加物として利用されていることもあります。

1950年代以降に界面活性剤は石鹼から飛躍的に進化し、人体に毒性が少なく、環境にやさしく、しかも界面活性の能力の高いものに改良されてきました。しかし、細胞膜などの生体膜はいずれもリン脂質と呼ばれる界面活性剤で出来た二重膜ですから、より強い界面活性剤により置き換えられたり、破壊されたりしてしまいます。結果として人間をはじめ多くの生物にとって毒として働きます。界面活性の弱いものでは油と水を仲良くさせることができず、強い活性のものは生物にとって有毒になります。料理の下拵えとして最も大切な、食材の洗浄と食器の後片付けのためには水を使いますが、ただの水洗いでは不十分ですから、種々の界面活性剤を使って汚れと水を仲良くさせて洗い落としています。しかし、石鹼や洗剤などの界面活性剤は人間の身体にとってあまり好ましい物質ではありませんから、その使用に当たりできる限り皮膚に着けることや、口から体内に入ることのないように、気を付けるべきだと思います。

### 化学的原理に即したお袋の味

人間とけだものとの分けるものは文化であり、中でも食べ物を食べやすくまた美味しくするための料理は最も根源的な文化と思われまゝす。けだものでも食べ物を地面に叩き付けたり、食いちぎったりして食べ易い形にします。講師の愛犬が豚の大腿骨を食べるときには、食べ易いところから噛み砕いてゆきますが、歯の立たないときには根気よく歯をやすりのように使って周りの部分を削り落として行きます。人間は消化し易く栄養になりやすい形の食べ物を食べ易いと感じ、不足しがちな栄養を含む食べ物を美味しいと感じる習性を持っていると思われまゝす。さらに、人間は道具を使う術を持っていますから、種々の工夫をして食べ難い骨や硬い繊維を取り除き、食べ易い形にしています。包丁を使って、太い骨を取り除き、食べ物を細かく刻むことにより、消化を援け栄養として吸収しやすくします。加熱したり微生物を利用するなどの技術により栄養として吸収しやすい食べ物に変化させています。このように食べ物を消化し易く栄養になりやすい形に変え、不足しがちな栄養を含む食べ物を摂取し易くする作業が最も根源的な料理と考えられます。

最近、男性は草食系で女性は肉食系といわれていますが、人間は本来雑食動物ですから種々の食べ物を食べて生命の維持をするための活力となる栄養にしています。口から摂取したでんぷんや砂糖などの糖質を加水分解してブドウ糖とし、筋肉や脳など各部に移送して活力にしています。また、食べ物中の蛋白質や脂肪も体の中で加水分解して吸収し、必要な形に組み替えられて人間の身体に作り上げられています。

身体の水分が不足すると渇きを感じて本能的に水を飲む行動をとります。同じように身体の活力や構成素材となる物質の不足を補うように味覚や嗅覚や視覚を刺激して、本能的に食欲を促しています。身体から塩分が不足すると塩っぱいものが美味しくなりますし、長時間の運動や重労働で身体の各部の活力が不足するときには、ブドウ糖を必要としますから、甘いものを食べたくなります。肉や魚に含まれるアミノ酸は旨味成分として味覚を刺激し、蛋白質を食べたくなるように食欲を促します。逆に人間にとって不要の物質や害毒として働く物質は食欲を減退させ排泄を促すように味覚や嗅覚や視覚が刺激して本能的に体内から排除されるように働きます。腐敗すると蛋白質は分解し毒性の物質を生成しますが、同時に生成する臭みや苦味の成分を感知すると食欲を減退させます。また、糖類が腐敗すると酸味の強い味になりますから、人間は本能的には酸味の強い食べ物を嫌います。さらに毒性の物質は紫色や赤色などの色をしていることが比較的多いために、どぎつい色をした食品を人間は敬遠します。

このように身体の活力や構成素材となる物質の不足を補うために、本能的に脳が味覚や嗅覚や視覚を刺激して、美味しく食べ物が食べられるように食欲を増進します。食べ物の供給が遅れて空腹になったときには、本能が目覚めて味覚や嗅覚や視覚が鋭敏になり、「空

腹は最良の調味料」といわれるように、食べ物を美味しく食べることができます。近年の飽食の時代には、活力や構成素材となる物質の不足することがほとんどなくなりましたが、食欲を増進するために味覚や嗅覚や視覚が食べ物を美味しくする本能は人間に残っています。新鮮な魚、アミノ酸を多く含む牛や豚の肉、容易にブドウ糖に分解し易いでんぷんを含むお米が甘くて美味しい食べ物として好まれます。しかし、身体の状態ばかりでなく食材を食べ易くしかも消化しやすくする料理によっても食べ物の味は変わります。テレビの料理番組や食べ歩き番組などで出演者が食べ物を賛美するために、「柔らかくて美味しい」と「甘くて美味しい」の2つの表現が多く用いられていますが、これらの表現は体内に吸収しやすいように形を変えられた食べ物が好まれていることを示していると思われます。

20世紀半までは電気冷蔵庫が普及していませんでしたから、家庭の台所に登場していた食材はそれぞれ季節の旬のものばかりでしたし、ほとんど国内、特に消費者の住んでいる地方で生産されたものばかりでした。そのため、食材の種類も少なく生産されてから短時間に消費されていましたが、それらの限られた食材の腐敗するまでの変化や時間や食中毒などに関する知識を十分に持っていました。微生物や空気などによる変化の仕方や早さが蛋白質と糖質と脂肪では異なりますから、それぞれの食材の最も美味しい食べ方が違います。魚の油は短時間に変性しますから、新鮮さが味を保つためには極めて重要ですが、蛋白質は魚といえども時間をかけて徐々に加水分解を進めることで旨味を増すと思われます。鯖や鰯や秋刀魚などの青い魚は不飽和脂肪酸を多く含んでいますから新鮮さが味に影響を与えますが、平目や鯛などの白身の魚は多少時間を置いたほうが味わいの深まりを齎すように思います。このような食材による最適な食べ方を板前さんやシェフでなくとも家庭の主婦も熟知していました。母親は子供を育てるために毎日長い時間と多くの手間を掛けて食べ物を料理してきましたから、**お袋の味**こそ料理の原点と思われます。

## 水と油を制して洗練された料理を

人間をはじめ全ての生物の細胞は全重量の70%が主成分の水、15%が蛋白質、残り15%が糖質や脂肪などでできています。人間はこのような約70%の水を構成成分とする生物を食べ物として生活を維持していますが、その食べ物に含まれる蛋白質や脂肪もそのままの形で栄養として体内に吸収することができませんから、食べ物の中の蛋白質や脂肪を体の中で変化させて必要な形に組み替えて人間の身体を作り上げています。この組み替えの過程では蛋白質がアミノ酸へ、脂肪が脂肪酸とグリセリンへ体内で一度分解しますが、この分解は水が関与しますから加水分解と呼んでいます。蛋白質や脂肪が加水分解して生成するアミノ酸や脂肪酸やグリセリンは栄養として腸で吸収され、血管を通して身体の各部に運ばれそこで再び蛋白質や脂肪に作り上げられます。人間は体内で食べ物を加水分解した後には吸収していますから、水は食べ物ではありませんが、口から摂取する最も大切な物質と考えられます。

人間は道具を使う術を持っていますから、食べ物に付着した泥を洗い落とし、種々の工

夫をして食べ難い骨や羽毛や硬い繊維を取り除き、食べ易い形にしています。包丁を使って、太い骨を取り除き、食べ物を細かく刻むことにより、消化を助け栄養として吸収しやすくします。さらに、加熱したり微生物を利用するなどの技術により食べ物をブドウ糖やアミノ酸や脂肪酸やグリセリンに一部加水分解して栄養として吸収しやすい物質に可能な限り変化させています。当然この食べ物を変化させる過程には水を関与させなければなりません。このように食べ物を消化し易く栄養になりやすい形に変え、不足しがちな栄養を含む食べ物を摂取し易くする作業が最も根源的な料理と考えられます。

食べ物を食べ易く、消化し易い形に変形するこの根源的な作業に加えて、味を調べて食欲を促すための作業も料理の重要な一部です。**さ、し、す、せ、そ**で代表されるような種々の調味料を適当に加えて、甘い、塩っぱい、酸っぱい、苦い、旨いの5つの味を調和させて美味しい食べ物に仕上げます。これらの種々の味は味覚物質が水に溶けて口の中に入り、舌の味覚を感知する部分に接触したときに味覚として感じられます。水に溶け込んでいる味覚物質の濃度が高いほど、舌の上の味覚を感じる部分と接触する確率が高くなりますから、味を強く感じるようになります。しかし、舌の上の味覚を感じる部分の数と感度には限界がありますから、味覚物質の濃度がある値よりも高くなっても、より強い味覚を感じなくなって飽和してしまいます。また、塩っぱい味覚は過度に感じますと痛みを伴い不味く感じるようになります。調味料を適量加えて味を調えることにより、味覚から脳が刺激されて美味しく食べ物を食べられるように食欲が増進されます。

人間は水の中に含まれているわずかな蛋白質やでんぷんや脂肪を食べ物にしていると考えることができます。しかも、それらの食べ物もそのままでは体内に吸収することができませんから、水が関与する加水分解反応により消化して、アミノ酸とブドウ糖と脂肪酸とグリセリンに分解して人間の身体を作り、生命を維持する活力にしています。料理はこの食べ物の体内への吸収をより容易に、より効率よく援ける作業ですが、中でも食べ物を水で洗い、水とともに煮炊きすることは最も大切な作業です。言い換えれば、料理は水の中の成分を水で処理して水と反応し易くする作業とまとめることができますから、「**水を制するものは料理を制する**」ということになります。

昔から仲の悪い間柄を「水と油の関係」などと例えられるほどで、実際、水と油は天敵のように仲が悪く両者を一緒にしても馴染み合うことができず、2層になって別世界に分かれてしまいます。また、2層になることが許されない時には、水と油を仕切る面が最も小さな球状の油滴となって水の中に仕方なく彷徨います。油の温度が約 200℃まで上げられますから、水と油の仲違いを巧みに利用した揚げ物では、食材を高い温度で加熱できると共に表面に付着した水分が激しく蒸発し、表面を乾燥して油で被う高温加熱の調理法となります。また、食べ物の個性となる色や香りの成分となっているものには、水と仲良くするよりは油と仲良くする傾向が見受けられ、水よりも油によく溶けます。油は水と仲が悪いですから、水を制するだけでは料理法は完成しません。

水によく溶ける部分と水に溶け難い部分を同一の分子の中に持つ界面活性剤では、天敵

のように仲が悪い水と油の仲を取り持つように、水と油の間に膜を作りますから、水に溶け難い物質も乳化して均一な液状になります。人間の感じる基本的な酸っぱい、甘い、苦い、塩っぱい、旨いの5味を示す味覚物質が水に溶けて口の中に入り、舌の味覚を感知する部分に接触したときに味覚として感じられます。これに対して食べ物の個性となる色や香りの成分は多くの場合に水よりも油によく溶けます。サラダ油などの脂肪は食べ物の個性となる色や香りを引き立たせる役割を果たしますが、味覚物質を溶かしませんから食べても味を感じる事が出来ません。しかし、マヨネーズのように味覚物質を含む水溶液に色や香りの成分を含む油を乳化させれば、味と色と香りの付いた油を作ることができます。このように水の特性と油の特性を融和する界面活性剤を利用すれば、水と油の両者を制することができますから、料理を益々変化に富んだ味と色と香りの豊かな物にすることができます。

19世紀になると **Alchemy** (錬金術) の本質と思われる物質の変化に興味を持つ人が出てきて、次第に金儲けの手段から学問に進化してゆき、接頭語の **Al** が消えてなくなり **Chemistry** (化学) になりました。この200年の **Chemistry** (化学) の研究の過程で、水や油に関してもその性質に対する多くの知識や挙動を制御する技術を蓄積してきましたから、水を制し油を制するためには大いに役立つのではないかと思い、改めて料理の手順や食べ物の処理の仕方などを化学の知識で見直してみました。

口の中の味覚を感じる部分に食塩が接触すれば塩っぱく感じ、ブドウ糖などの糖類やアミノ酸の分子が接触すればそれぞれ甘味や旨味を感じます。しかし、口の中で感じた味覚の情報は脳に伝達され、そこで視覚や嗅覚の情報のほか胃腸から伝えられる空腹感などの種々の情報とともに総合的に判断して、食欲を増進したり不快感を与えます。化学の技術で食塩やブドウ糖やアミノ酸の量を正確に調べることはできますが、身体の他の器官から届く多くの情報を総合的に判断できるほどには未だ化学の技術水準は達していません。化学の技術や知識では食べ物の味加減を調えることはできますが、食事の季節や時間や雰囲気ばかりでなく食べる人の好みや習慣やそのときの体調などまでは考え合わせる事ができませんから、料理を美味しくする万能の調味料を作り出す事はできません。人間とけだものとを分けるものは文化であり、中でも食べ物を食べやすくまた美味しくするための料理は最も根源的な文化と思われます。料理が人間を滅ぼす文化ではなく、健康で幸せな生活を築き上げる文化になるように化学的知識も取り入れて進歩しなければならないでしょう。200年の歴史しか持たない未熟な化学の技術や知識では、人類発生以来の根源的な料理の技法や知識を見直すこと自体僭越なことのように、料理は限りなく奥深い物のようでした。

## あ

RNA.....	4
IH ヒーター.....	7
アイスクリーム.....	59, 70
ATP.....	4
青黴.....	38, 39
赤味噌.....	37
灰汁.....	65
揚げ油.....	3, 72
揚げ物.....	2, 3, 5, 71, 72, 84, 90
アスパラギン酸.....	11, 19
アスパルテーム.....	19
アセスルファム K.....	19, 20
圧力鍋.....	44
アデニン.....	4
油滴.....	68, 80, 81, 90
油焼け.....	75, 76
甘い..4, 5, 6, 23, 47, 60, 69, 77, 83, 88, 90,	
91	
甘酒.....	25
天津麺.....	46
甘味1, 5, 10, 16, 18, 19, 30, 35, 36, 37, 56,	
59, 62, 70, 91	
アミノ酸..1, 4, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15,	
16, 19, 20, 25, 28, 29, 32, 33, 35, 36, 37,	
38, 39, 40, 41, 60, 62, 63, 64, 67, 69, 70,	
76, 78, 88, 89, 90, 91	
アミノ酸醤油.....	10
アミノ酸度.....	26
アミラーゼ.....	16
アミロペクチン.....	17
アラニン.....	19
新巻鮭.....	62
アルカリ性.....	3

## 索引

アルキルベンゼンスルホン酸.....	86
アルコール.... 22, 23, 25, 26, 27, 29, 32, 48	
アルコール中毒.....	23
アルコール発酵.....	22, 25, 26, 27
アルデヒド.....	77
α型.....	16, 17
アルブミン.....	84
餡かけ.....	32, 46
杏.....	24, 30, 47, 48, 49, 50
アントシアニン.....	57, 58
塩梅.....	5

## い

EPA.....	75
胃炎.....	23
硫黄.....	11, 56
イオン5, 12, 13, 55, 56, 57, 58, 67, 80, 81,	
82, 85, 86, 87	
イオン性界面活性剤.....	86
胃潰瘍.....	15
イダエイン.....	57
1重膜.....	81, 83, 84, 85
遺伝情報.....	4
糸引き納豆.....	37
イノシン酸.....	4
嫌気性菌.....	35
陰イオン界面活性剤.....	86
インスタントコーヒー.....	2, 44, 45
インスリン.....	18

## う

ウイスキー.....	23, 24, 28, 29, 59
ウインナーソーセージ.....	14, 78
ウオッカ.....	24, 28
ウコン.....	48, 57, 68

牛の腸.....	14
旨い.....	4, 5, 23, 83, 90, 91
旨味.....	4, 16, 29, 35, 36, 37, 38, 39, 53, 62, 70, 76, 88, 89, 91
梅干し.....	61
運動エネルギー.....	42, 58

## え

液体.....	1, 17, 23, 41, 42, 43, 45, 46, 53, 58, 60, 62, 68, 71, 82, 84
エステル.....	19, 28, 29, 30, 47, 48, 49, 50, 52, 83, 85, 86
エタノール.....	22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34
塩干加工品.....	64
塩基性.....	9, 10, 11, 12, 56, 57, 86
塩基性アミノ酸.....	11, 12
塩酸.....	9, 86

## お

オートミール.....	33
押し寿司.....	35
おにぎり.....	37, 61
オリーブ油.....	9, 20, 57, 73, 74
オレイン酸.....	83
温泉卵.....	1, 10, 12

## か

解凍.....	55, 59, 66
界面活性.....	2, 20, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 90
界面活性剤.....	82, 85, 86
海綿状.....	54, 55
核酸塩基.....	4
過酸化.....	75
加水分解.....	6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 44,

62, 73, 76, 85, 87, 88, 89, 90

加水分解酵素.....	6
カゼイン.....	82
片栗粉.....	32, 46, 72, 84
鰹出汁.....	3, 70
鰹節.....	4, 70, 76
カテキン.....	69
果糖.....	20, 26
加熱器具.....	65
カフェイン.....	69
カプサイシン.....	70
カマンベール.....	39
ガムシロップ.....	69
から揚げ.....	72
ガラクトース.....	19
ガラムマサラ.....	47, 48
カルダモン.....	47, 48, 51
カルボン酸.....	5, 28, 29, 75
カレーライス.....	47, 68
カロチン.....	57, 71
湯き.....	4, 88
柑橘系.....	47, 48, 49, 50, 63, 68
肝硬変.....	23
乾燥.....	2, 32, 33, 40, 42, 44, 45, 55, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 71, 90
寒天.....	55
干瓢.....	63

## き

気化.....	46, 53
気化熱.....	45, 46
蟻酸.....	47, 48
キシリトール.....	19
気体.....	28, 34, 41, 42, 46, 47, 52, 54, 58, 59, 71
気体生成物.....	77
キッス.....	84

木灰	3
揮発性	28, 29, 45, 46, 47, 52, 53
キモトリプシン	6, 10, 11, 13
キャベツ	61, 62, 65
嗅覚	4, 46, 47, 88, 91
吸収	6, 9, 13, 15, 16, 17, 18, 22, 40, 89
急性幻覚症状	23
急性毒性	61
牛乳	2, 9, 12, 13, 16, 38, 39, 59, 65, 75, 78, 81, 82, 84, 87
凝固点降下	59
凝縮	46
狭心症	23
強力粉	32, 33, 34
切干大根	63
筋肉	13, 14, 15, 16, 18, 21, 23, 76, 88
筋肉の運動	18
く	
グアニン	4
空腹	1, 3, 4, 14, 88, 91
グーラッシュズッペ	68
クエン酸	5, 28, 29, 35, 38, 39, 83
葛	13, 59
くず粉	33
果物	10, 17, 22, 24, 26, 29, 30, 31, 47, 48, 49, 50, 59, 63, 68
くちなしの実	57
クリームチーズ	39
グリセリン	6, 9, 20, 40, 41, 67, 73, 85, 89, 90
クルクミン	57, 68
グルタミン酸	3, 4, 9, 11, 13, 33, 70
グルテン	33, 34
クレゾール	77
クロセチン	57
燻製	77, 78, 79

## け

痙攣症状	18
血液の循環	22
血管	6, 9, 13, 14, 15, 18, 20, 23, 40, 89
ゲラニオール	51, 52
ゲル状	17
腱	14
懸濁液	13, 45, 60, 69

## こ

好塩菌	35
好気性菌	35
高級アルコール	86
紅玉	59
光合成	87
麹菌	22, 25, 32, 36, 37, 38, 39
硬水	56, 85, 86
合成香料	48
酵素	4
香草	24, 29, 30, 47, 51, 52, 53, 57, 62
硬度	56
酵母	22, 25, 26, 27, 29, 31, 32, 33, 34, 36, 38
高野豆腐	54
高麗蝦仁	84
コーヒー	19, 45, 69, 70, 71
コーレーグース	70
コーンスターチ	33, 46, 72, 78
固化	44, 53
糊化	32, 33
胡椒	3, 10, 47, 51, 62, 68, 82, 84
固体	5, 8, 9, 10, 13, 20, 25, 41, 42, 43, 54, 58, 60, 68, 69, 71, 73, 75
固体生成物	77
国光	59
コテージチーズ	38, 39

古典落語	15
このわた	37
コラーゲン	14, 70
ゴルゴンゾーラ	39
婚活	8, 9
混成酒	24, 29, 31
混成酒	24
コンソメ	70
コンニャク	16
コンビーフ	62
昆布	4, 35, 70
昆布出汁	70

## さ

細胞	2, 3, 4, 18, 20, 55, 59, 60, 62, 65, 75, 82, 89
細胞膜	20, 55, 59, 60, 61, 65, 81, 87
酢酸	5, 22, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 38, 47, 49, 51, 52, 55, 61, 62, 67, 77, 82, 83
サクランボ	24, 25, 26, 47
鮭	62
さしすせそ	5, 19, 32
サッカリン	19, 20
殺菌力	61
砂糖	3, 5, 17, 18, 19, 20, 23, 27, 28, 30, 34, 39, 82
サフラン	51, 57
ざる	9, 10, 14, 60
ザワークラウト	61
酸化	17, 44, 70, 77, 78
酸化剤	77
酸化反応	4, 17, 22, 76
酸化防止剤	77, 78
サンサ	59
山菜	3
3次元	11, 12, 42, 45, 55, 67, 80
酸性	3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 28, 29,

35, 38, 39, 55, 56, 58, 59, 61, 82, 85, 86, 87

酸性アミノ酸	11, 12, 13
酸性雨	56
酸素	41, 55, 64, 67, 77, 80
3態	54
酸味	5, 6, 20, 30, 35, 36, 37, 38, 53, 59, 88

## し

椎茸	64
塩味	5, 35, 36
塩辛	5, 37, 61
塩辛納豆	37
塩漬け	61, 62, 78
塩っぱい	4, 5, 6, 23, 83, 88, 90, 91
視覚	4, 57, 88, 91
嗜好性	47
自己防衛	5, 47
シスチン	11, 12
システイン	11
四川料理	64
シソニン	57
シトシン	4
渋うるか	37
脂肪	1, 2, 3, 4, 6, 9, 13, 20, 21, 22, 34, 36, 39, 40, 52, 57, 62, 71, 73, 74, 76, 81, 82, 83, 86, 87, 88, 89, 90, 91
脂肪酸	2, 6, 9, 20, 39, 40, 41, 47, 73, 74, 75, 76, 77, 81, 85, 87, 89, 90
脂肪乳化剤	20
凍み豆腐	54, 55
じゃがいも	32, 72
ジャム	17, 58, 59
醬	1, 4, 5, 9, 36, 37, 38, 39
重合	44, 75, 76
重曹	3
十二指腸潰瘍	23

周波数..... 65  
熟成..16, 26, 29, 30, 35, 36, 37, 39, 62, 64,

## 76

樹脂膜..... 77  
酒石酸..... 34  
順応性..... 47  
消化..... 44, 85, 88, 89  
生姜..... 51, 57, 70  
消化器官..... 6  
消化酵素..... 13  
消化不良..... 16, 23, 56  
醸造酒..... 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 32  
焼酎..... 23, 24, 28, 29, 30, 59, 62, 70  
衝突..... 8, 9, 10, 65  
醤油..... 4, 5, 9, 36, 37, 70  
蒸留酒..... 24, 27, 28, 29, 30, 31  
食塩..... 5, 9, 23, 33, 36, 38, 55  
触媒..... 3, 8, 13, 15  
食品添加物..... 87  
食用肉..... 16, 76  
食欲..... 4, 7, 40, 57, 88, 90, 91  
白味噌..... 37  
ジン..... 11, 23, 24, 30, 51  
神経障害..... 23  
人工甘味料..... 18, 19, 20  
浸出法..... 30, 31  
靱帯..... 14  
新陳代謝..... 14  
浸透圧..... 36, 60, 61, 62

## す

水酸化ナトリウム..... 9, 20, 34, 55, 85  
水蒸気..... 43, 46, 53  
水蒸気蒸留..... 52, 53  
水団..... 33  
スクラロース..... 19, 20  
すじ肉..... 14

酸っぱい..... 4, 5, 6, 23, 82, 83, 90, 91  
するめ..... 64

## せ

性格異常..... 23  
精神障害..... 23  
蒸籠..... 46  
赤血球..... 16, 18, 57  
石鹼..... 3, 84, 85, 86, 87  
セリン..... 20, 73, 81, 83  
セルロース..... 17, 77  
煎じる..... 68

## そ

糟糠..... 36  
蕎麦掻き..... 33  
そば粉..... 33  
そば清..... 15

## た

ターピネオール..... 50, 52  
ターメリック..... 48, 57, 68  
体温の維持..... 18  
対流現象..... 53  
唾液..... 16  
沢庵漬け..... 36  
出し汁..... 4, 71  
脱水..... 60, 61, 62, 63, 78  
炭化..... 17, 50, 72, 73, 77, 86  
炭化水素..... 17, 50, 73, 85, 86, 87  
炭酸カルシウム..... 56  
炭酸水..... 3, 34, 56, 57  
炭酸水素カルシウム..... 56  
炭水化物..... 4  
タンニン..... 69  
蛋白質 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14,  
15, 16, 18, 20, 21, 22, 25, 32, 33, 35, 36,

37, 38, 39, 40, 44, 54, 57, 62, 72, 73, 76,  
78, 81, 82, 83, 84, 88, 89, 90

## ち

チクロ ..... 19  
致死量 ..... 27, 61  
チミン ..... 4  
茶 ..... 19, 37, 56, 66, 69, 70, 71  
抽出 ..... 2, 3, 17, 45, 53, 54, 62, 68, 69, 70, 71  
中和 ..... 9, 12, 38, 56, 82, 85

## つ

漬物 ..... 61, 62, 63, 78, 79

## て

DHA ..... 75  
DNA ..... 3, 4  
デミタスコーヒー ..... 69  
電荷の偏り ..... 41, 55, 64, 66, 67, 68, 70, 73,  
80, 84, 85, 86  
テングサ ..... 54  
電磁波 ..... 65  
電子レンジ ..... 7, 65, 66  
テナダライザー ..... 10  
電場 ..... 65  
てんぷら ..... 71, 72, 73, 75  
でんぷん ..... 5, 6, 16, 17, 18, 22, 25, 26, 27, 28,  
29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 59, 78,  
88, 89  
でんぷん糊 ..... 32

## と

糖化 ..... 27, 29, 31  
唐辛子 ..... 3, 52, 70  
凍結 ..... 44, 54  
凍結乾燥 ..... 44, 45, 54  
糖質 ..... 9, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 26,  
29, 31, 38, 60, 67, 72, 73, 82, 88, 89

糖尿病 ..... 18, 20  
豆腐 ..... 1, 6, 12, 13, 33, 46, 54, 55, 70  
トウモロコシ ..... 16, 24, 29, 30, 33, 57, 65  
糖類 ..... 5, 25, 26, 27, 28, 31, 32, 35, 36, 37, 38,  
88  
毒性 ..... 5, 17, 20, 27, 38, 61, 77, 78, 85, 86, 87,  
88  
トコロテン ..... 54  
屠蘇 ..... 30  
トマト ..... 57, 68  
ドライイースト ..... 33  
ドライフルーツ ..... 63  
鶏の皮 ..... 14  
とんかつ ..... 72

## な

茄子 ..... 57, 58  
ナスニン ..... 57  
納豆菌 ..... 37, 38, 39  
生ハム ..... 62  
熟れ寿司 ..... 35, 36  
軟骨 ..... 14  
軟水 ..... 55, 56, 85  
ナンプラ ..... 37

## に

苦い ..... 4, 5, 6, 23, 83, 90, 91  
苦味 ..... 6, 13, 19, 20, 34, 37, 45, 53, 56, 65, 70,  
88  
苦汁 ..... 1, 12, 13, 54, 55, 62, 67  
握り寿司 ..... 35  
ニコゴリ ..... 14  
二酸化硫黄 ..... 55  
二酸化炭素 ..... 4, 9, 17, 18, 22, 25, 26, 31, 32,  
33, 34, 55, 56, 57, 77  
2層 ..... 42, 68, 71, 73, 80, 81, 90  
日本酒 ..... 22, 23, 24, 25, 27, 28, 30

乳化..... 81, 82, 83, 91  
 乳酸.....1, 18, 25, 35, 36, 37, 38, 39, 67, 82  
 乳酸菌..... 35, 36, 38  
 乳脂..... 13, 38  
 乳糖..... 16, 82  
 ニュクナム..... 37  
 人参..... 24, 31, 57, 65, 71

ぬ

糠..... 36, 58  
 糠味噌漬け..... 36

ね

ネギ油..... 70  
 ねじれ方..... 10, 11, 12  
 熱エネルギー..... 17, 22, 65  
 燃焼..... 17, 18, 22, 77  
 粘性..... 42

の

脳..... 4, 18, 46, 75, 88, 90, 91

は

パーコレーター..... 69  
 バイオテクノロジー..... 39  
 胚芽..... 32, 33, 36, 63, 64  
 ハイボール..... 57  
 パエリヤ..... 57  
 麦芽糖..... 25  
 薄力粉..... 32  
 橋架け..... 11, 12  
 バター..... 9, 20, 34, 57, 73, 74, 75  
 八丁味噌..... 37  
 発芽..... 63, 64  
 薄荷脳..... 29  
 醱酵..16, 25, 26, 27, 28, 31, 33, 34, 37, 38,  
 82  
 発泡酒..... 25, 26

バニラ..... 29, 52, 70  
 バニリン..... 52, 70  
 パパイヤ..... 10, 50  
 パパイン.....10  
 パン..1, 3, 9, 18, 20, 26, 32, 33, 34, 72, 74,  
 75  
 飯盒.....44  
 半熟.....1  
 半熟卵.....10, 11, 12  
 半透膜..... 60, 61  
 反応熱.....31  
 反応容器.....15

ひ

非イオン性界面活性剤..... 86, 87  
 ピート.....29  
 ビーフジャーキー.....64  
 ビール..... 6, 23, 24, 25, 26, 27  
 光エネルギー..... 17, 22, 65  
 ひき肉..... 12, 78  
 ピクルス.....62  
 微生物 1, 10, 22, 25, 26, 30, 31, 32, 35, 36,  
 37, 38, 39, 47, 61, 62, 63, 76, 77, 78, 85,  
 86, 88, 89, 90  
 ビタミン A.....82  
 ビタミン C..... 69, 70  
 ビタミン D.....71  
 ビタミン B<sub>2</sub>..... 18, 82  
 干鱈.....64  
 羊の腸..... 14, 78  
 ヒドロキシプロリン.....14  
 日の丸弁当.....61  
 皮膚..... 14, 46, 51, 86, 87  
 干物..... 64, 76  
 冷や飯.....65  
 美容食.....20  
 氷点..... 42, 43, 59

表面積.....	69
疲労.....	18
ふ	
麩.....	33
フィルター.....	60, 78
フェニルアラニン.....	19
フェノール.....	48, 57, 58, 77
フェノールーアルデヒド樹脂.....	77, 78, 79
付加.....	75
ふぐ.....	38
豚の腸.....	14, 78
沸点上昇.....	59
沸騰点.....	28, 41, 42, 43, 46, 52, 59, 71, 72
ぶどう酒.....	22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 31, 38, 78
ブドウ糖.....	1, 4, 5, 9, 16, 17, 18, 20, 22, 25, 26, 31, 32, 35, 36, 41, 67, 69, 86, 87, 88, 89, 90, 91
鮎寿司.....	35
腐敗.....	62, 63, 64, 77, 78, 89
腐敗臭.....	6
不飽和脂肪酸.....	73, 74, 75, 76, 77, 83, 89
フラガシン.....	57
フラスコ.....	81
プラスチック.....	65, 66, 67, 68, 73, 75, 76, 77
フランクフルター.....	14, 78
ブランデー.....	23, 24, 28, 29, 30
ブリ.....	39
ふるい.....	60
ブルーチーズ.....	39
フレッシュチーズ.....	38, 39
フレンチドレッシングソース.....	68
ブロス.....	70, 71
分子間力.....	53, 58

へ	
平衡反応.....	13, 15
ベークライト.....	77
ベーコン.....	78
β型.....	16
ペクチン.....	17, 53, 59
ペパーミント.....	24, 30, 52, 70
ペプチド結合.....	19, 40, 89
ヘモグロビン.....	57
変性1, 11, 12, 13, 44, 63, 64, 72, 76, 77, 78, 84, 89	
変性点.....	44
ベンゼンスルホン酸.....	86

ほ	
芳香族化合物.....	47
飽和脂肪酸.....	73, 74, 75, 76
干しあわび.....	64
干し海老.....	64, 71
干し椎茸.....	4
干しナマコ.....	64
干し葡萄.....	26, 63
保水力.....	12, 78
保存食.....	35
ボツリヌス菌.....	38
ポテトチップス.....	72
骨.....	5, 14, 90
ポルチーニ.....	64
ボルネオール.....	51, 52
ホルモン.....	14, 18
ホルモン料理.....	14

ま	
マーガリン.....	75
マーマレード.....	53
マイクロ波.....	65, 66
膜.....	81, 83, 91

マグネシウム .....	6, 12, 13, 55
マスカルポーネ .....	39
ママレード .....	17
マヨネーズ .....	2, 82, 83, 91
マンゴー .....	47, 48, 50
慢性すい臓炎 .....	23

## み

味覚..4, 5, 6, 18, 19, 23, 29, 32, 36, 57, 76, 83, 84, 88, 90, 91	
ミカン .....	17, 47, 51, 63
水と油 2, 38, 42, 67, 68, 71, 73, 80, 81, 83, 85, 89, 90, 91	
水の状態図 .....	43
味噌 .....	5, 36, 37, 45
味噌豆 .....	37
水戸納豆 .....	37
ミネラル .....	4
ミネラルウォーター .....	57
明礬 .....	3, 58

## む

蒸し器 .....	46
-----------	----

## め

目刺し .....	76
メチオニン .....	16
メルカプト基 .....	11
メレンゲ .....	2, 83, 84
メントール .....	29, 30, 52, 70

## も

網膜症 .....	18
モッツアレラ .....	39
モノテルペン .....	28, 29, 47, 50, 52
モノテルペン類 .....	28, 29, 30
桃 .....	24, 30, 47, 48, 49, 63

## や

焼酎 .....	33
薬草 .....	24, 30, 31, 47, 51, 52, 57
火傷 .....	17, 18, 46
薬効成分 .....	30, 31, 51, 52, 70

## ゆ

湯垢 .....	56
融解 .....	54
融点 .....	20, 41, 42, 74
ゆで卵 .....	11, 13, 44
茹で野菜 .....	65

## よ

陽イオン界面活性剤 .....	86
溶液 .....	45, 58, 59, 60, 61, 70
溶解度 .....	62, 85
溶媒 .....	60, 62
葉緑素 .....	57
ヨーグルト .....	13, 38, 82

## ら

ラーメン .....	3, 45, 46, 68, 71
ラー油 .....	3, 71
酪酸 .....	39, 47, 49
卵黄 .....	11, 12, 82, 83, 84
卵白 .....	2, 11, 12, 83, 84

## り

リキュール .....	30, 71
リグニン .....	77
リコピン .....	57
リトマス試験紙 .....	2, 3, 57, 58
リノール酸 .....	75, 83
硫酸 .....	55
両性界面活性剤 .....	86, 87
リンゴ .....	17, 26, 32, 47, 48, 49, 57

林檎ゼリー.....	59
りん酸.....	20
りん酸エステル.....	86
リン脂質.....	20, 81, 87
りん脂質.....	20
リン蛋白質.....	38, 82
リンパ管.....	14

**れ**

冷凍.....	44, 55, 63
冷凍食品.....	44, 55, 59, 65, 66
冷凍保存.....	44, 63

レシチン.....	82
連続蒸留法.....	28

**ろ**

ろ過.....	60, 69, 70
ろ紙.....	60, 78
ロックフォール.....	39

**わ**

わさび.....	35, 52
----------	--------