

6. 食材を美味しくする微生物

お酒はエタノールの水溶液

我が家の台所には日本酒、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、ぶどう酒、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我が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—水素の間の結合をもつ化合物を総称してアルコール類と呼び、2つの炭素原子を含むアルコールをエタノ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。エタノールはアルコール類の一種で、 C_2H_6O の分子式を持つ最も簡単な構造を持つ化合物の一種です。

水素結合が本質的に酸からの解離による水素陽イオンの供給と受け取る塩基との間の水素陽イオンの遣り取りにより、酸の水素原子が塩基分子に結合を瞬時にしてゆく交換反応であるため、塩基として働くことの出来る1対の電子を持つ分子は水素原子と水素結合をすることが出来ます。また、水素陽イオンを供給できる分子も1対の電子を持つ分子と水素結合をすることが出来ます。エタノールは酸素—水素結合を持つため両方の性質を持っていますから、エタノール分子同士はかなり強い水素結合をしています。エタノールは水酸基を持っていますから水とも強い水素結合をします。水の3次元的な網目の中にほかの物質が入り込むためには、水の水素結合の切断により不安定化しますが、エタノールと新しい水素結合をすることによりエネルギーの安定化が起こります。このため、水素結合による安定化をあまり犠牲にせず、エントロピーの増大による安定化が支配的になり、3次元的な網目の中に水素結合できるエタノールが入り込むことができます。結果として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。

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、エタノールは水素結合の出来る水酸基のほかに弱いながらも油の性質を持つ炭化水素部分を持っていますから、食塩や砂糖のような水に溶け易い味覚物質をある程度に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。原料の果物や穀物の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。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てその成分を溶かし出したお酒もあります。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、混成種の3種に分類することができます。表 6-1 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。これとは別に薬の成分や果物の味や香りなどをエタノールで溶かし出すことが、洋の東西を問わず昔から行われてきました。このようにエタノールを溶媒として使ったお酒を混成酒と呼んでいます。

表 6-1 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	アブリコットブランデー	混成酒	杏の実
フレーズ	蒸留酒	イチゴ	梅酒	混成酒	梅
ポワール	蒸留酒	梨	オレンジキュラソ	混成酒	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	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	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	ベネディクティン	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

酵母から横領したお酒

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

の糖類などを微生物の助けを借りてエタノールに酸化し変化させてきました。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、活力となるエネルギーも化学反応で供給されていると思われます。ある物質が新しい物質に化学反応をして変化してゆくとき、熱エネルギーや光エネルギーや電気エネルギーなどを発します。また、熱エネルギーや光エネルギーや電気エネルギーを加えてやらないと化学変化が起こらないこともあります。このように物質の化学変化において、その自由エネルギーは変化しますが、同時に余った一部のエネルギーは熱エネルギー、光エネルギー、電気エネルギーあるいは運動エネルギーとして放出されます。生物体内でも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が維持されています。

石炭や石油が燃焼するときに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物質が酸化して発生する熱エネルギーにより、近くにある他の物質の酸化反応を引き起こして行く連鎖的な反応です。石油や石炭の燃焼反応でなくても、生物を構成すると考えられる炭素を中心元素とする物質は酸化するときに同じようにエネルギーを放出します。これとは反対に還元反応では、熱エネルギーや光エネルギーや電気エネルギーを加えてやらなければ一般に進行しません。

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。必要なときに少量ずつエネルギーを発生させるためには、炭素を中心元素とする物質から二酸化炭素への一段階による酸化反応ではなく、種々の中間の物質への変化を含む多段階の酸化反応により制御する必要があります。例えば図 6-1 に示すように、水に溶けるアルコール類は酸化されてアルデヒド類に変化し、さらに、カルボン酸への酸化を経て二酸化炭素へと酸化されてゆきますが、そのとき段階的に反応熱が発生します。この 3 段階の酸化反応を制御することによりエネルギーの発生を制御できます。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。図 6-2 に示すように肺で吸収した酸素はヘモグロビンの鉄原子を酸化しますが、酸化された鉄はユビキノールを酸化してユビキノンに変化します。ユビキノンからリボフラビンの酸化還元過程を経て、酸化型の NADP^+ まで酸化状態を伝達してゆきます。お酒を飲んでよっぱらった時にアセトアルデヒドを酢酸まで酸化するように、体内では NADP^+ は種々の物質を酸化する働きをしています。

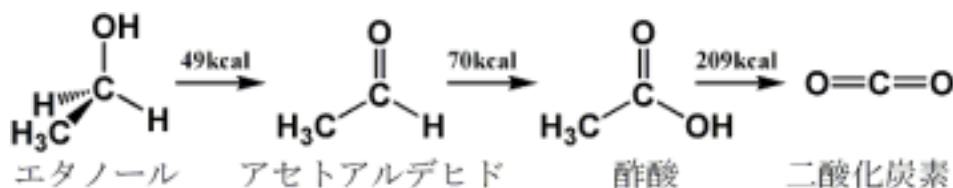


図6-1 エタノールの酸化反応と発熱量

お酒やお酢を醸造するときに活躍する麹菌や酵母は、穀物のでんぷんや果物の糖類を二酸化炭素へ分解するときに発生するエネルギーを利用して生きています。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。同じように、燃焼熱が有機化合物から二酸化炭素まで酸化されるときに放出するエネルギーをあらわしていますので、生物が食物や栄養として利用できると思われる種々の有機化合物の燃焼熱を表 6-2 にまとめました。

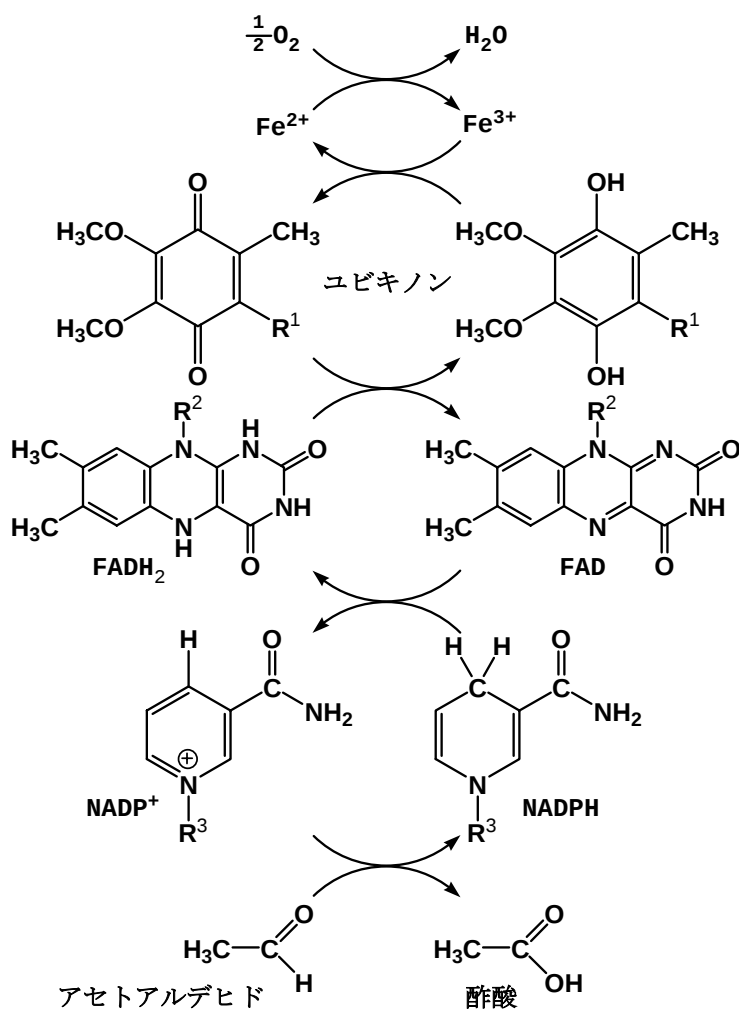


図6-2 代謝における酸化の連鎖経路

全ての生物が還元状態の物質を空気で酸化して、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。植物は光合成でブドウ糖を生産していますから、植物は当然そのブドウ糖を基本としたでんぷんや糖類などの炭水化物を分解して生命の維持をしています。植物を栄養源とする大部分の微生物や動物もその生産したでんぷんや糖類を分解して生活しています。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

表 6-2 種々の有機化合物の燃焼熱(kcal/mol)

物質名	分子式	燃焼熱	物質名	分子式	燃焼熱
ホルムアルデヒド	CH ₂ O	134.1	アラニン	C ₃ H ₇ NO ₂	387.7
蟻酸	CH ₂ O ₂	62.8	ウレタン	C ₃ H ₇ NO ₃	397.2
メタン	CH ₄	210.8	プロパン	C ₃ H ₈	526.3
尿素	CH ₄ N ₂ O	151.6	グリセリン	C ₃ H ₈ O ₃	397.0
メタノール	CH ₄ O	170.9	酢酸エチル	C ₄ H ₈ O ₂	536.9
メチルアミン	CH ₅ N	256.1	ベンゼン	C ₆ H ₆	782.3
アセチレン	C ₂ H ₂	312.2	フェノール	C ₆ H ₆ O	732.2
シュウ酸	C ₂ H ₂ O ₄	60.2	アニリン	C ₆ H ₇ N	811.7
エチレン	C ₂ H ₄	331.6	ヘキサン	C ₆ H ₁₄	989.8
アセトアルデヒド	C ₂ H ₄ O	279.0	シクロヘキサジエン	C ₆ H ₈	847.8
酢酸	C ₂ H ₄ O ₂	229.4	シクロヘキセン	C ₆ H ₁₀	891.9
アセトアミド	C ₂ H ₅ NO	282.6	シクロヘキサン	C ₆ H ₁₂	937.8
グリシン	C ₂ H ₅ NO ₂	234.5	ブドウ糖	C ₆ H ₁₂ O ₆	673.0
エタン	C ₂ H ₆	368.4	ベンズアルデヒド	C ₇ H ₆ O	841.3
エタノール	C ₂ H ₆ O	327.6	安息香酸	C ₇ H ₆ O ₂	771.2
ジメチルアミン	C ₂ H ₇ N	416.7	ベンジルアルコール	C ₇ H ₈ O	894.3
エチルアミン	C ₂ H ₇ N	408.5	安息香酸メチル	C ₈ H ₈ O ₂	943.5
アセトン	C ₃ H ₆ O	426.8	オクタン	C ₈ H ₁₈	1302.7
蟻酸エチル	C ₃ H ₆ O ₂	391.7	ステアリン酸	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	2711.8

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。酵母は糖類からエタノールを生産する化学反応で生命活動をしています。

酵母によるアルコール発酵は図 6-3 に示すように、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。162 g のブドウ糖を醗酵させるときに 56.1kcal のエネルギーを発熱しますが、この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、温度が約 30℃に生活環境を整えて、酵母のようにエタノ

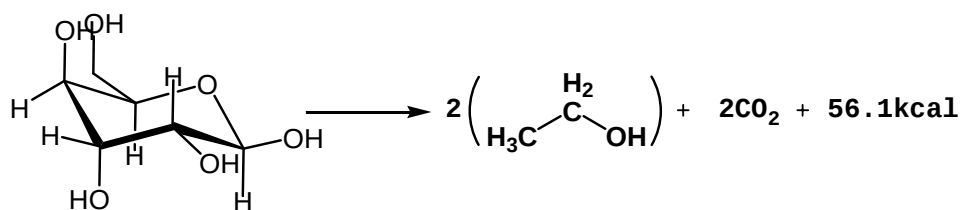


図6-3 ブドウ糖のアルコール発酵

ール生産を得意とする微生物にがんばって生きてもらいます。こ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。酵母から人間はお酒を横領しているのです。

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。実際、日本の成人が1年間に飲む日本酒は8.9L ビールは43Lと報告されています。

蒸したお米を水で粥状にし、麴菌の助けを借りて米のでんぷんを糖類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、麴菌により甘酒の中にはでんぷんが分解されて生成した糖類のほかに、蛋白質の分解によるアミノ酸も含まれています。この甘酒の糖類を酵母でアルコール発酵してもらうと、糖類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、日本酒が出来ますが、その中には水に可溶なアミノ酸などの種々の成分が溶け込んでいます。2段階の醗酵の間に副生してくる乳酸やコハク酸やリンゴ酸などの有機酸の量は酸度と呼ばれる尺度で表されています。含まれている有機酸を水酸化ナトリウム水溶液中で中和滴定して算出しますから、この酸度は種々の有機酸のカルボン酸の総量を意味し、お酒の味の甘辛さや濃い薄いに影響を与えます。酸度の高いお酒は辛く濃い味に感じられます。

お酒は溶け込んだアミノ酸の総量が多いほどコクのある味を持っています。逆に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。お酒の中のアミノ酸の総量は図6

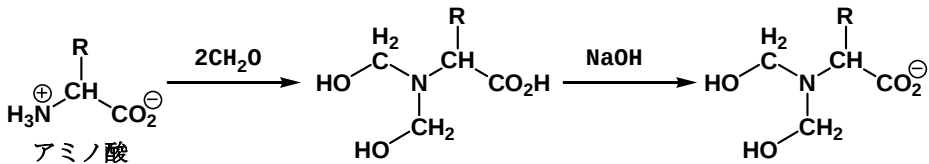


図6-4 ホルモール法によるアミノ酸滴定

ー4に示すような反応を応用したホルモール法により、水酸化ナトリウムの中和滴定で測定され、アミノ酸度で表示されています。通常広く飲まれている日本酒と最高

表6-3 日本酒の成分比較

	一般酒		吟醸酒	
		mmol/L		mmol/L
アルコール分	15.16%	3210	15.76%	3340
酸度	1.22 度	12.2	1.37 度	13.7
アミノ酸度	1.27 度	12.7	1.32 度	13.2

級の吟醸酒のアルコール分、酸度、アミノ酸度を表 6-3 にまとめました。なお、化学的な表現としてエタノールのモル濃度も挙げておきます。表 6-3 と異なる統計資料のため数値に多少違いがありますが、表 6-4 に種々の醸造酒の中に溶け込んでいる平均的なアミノ酸の含量をまとめました。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類になりますが、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。このアルコール発酵では図 6-3 に示すようにエタノールのほかに二酸化

表 6-4 醸造酒のアミノ酸含量 (mg/L)

アミノ酸	R	ぶどう酒	ビール	日本酒
アラニン	CH ₃	87	42	310
γ-アミノ酸			30	
アルギニン	(CH ₂) ₃ NHC(=NH)NH ₂	84	46	390
アスパラギン酸	CH ₂ COOH	76		290
シスチン	CH ₂ S-SCH ₂	106		122
グルタミン酸	(CH ₂) ₂ COOH	334	5	422
グリシン	H	12	10	290
ヒスチジン	CH ₂ -C ₃ H ₃ N ₂	34	16	80
イソロイシン	CH(CH ₃)CH ₂ CH ₃	36	16	210
ロイシン	(CH ₂) ₃ CH ₃		36	310
リジン	(CH ₂) ₄ NH ₂	43	11	180
メチオニン	(CH ₂) ₂ SCH ₃	28		40
フェニルアラニン	CH ₂ -C ₆ H ₅	22	72	230
プロリン	(CH ₂) ₃	531	131	400
セリン	CH ₂ OH	9		220
スレオニン	CH(CH ₃)OH	27		130
トリプトファン	CH ₂ -C ₈ H ₆ N		41	10
チロシン	CH ₂ -C ₆ H ₄ OH	32	64	230
バリン	CH(CH ₃) ₂	19	53	322
アミノ酸総量	mg/L	1593	573	4190
	mmol/L	11.29	4.35	33.04

炭素が生成してきますから、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めます。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を表6-4にまとめておきます。日本酒に比べてアミノ酸の含量が極端に少ないため、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類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、麦芽糖は純粹の糖類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度やアミノ酸度はビールと異なってきます。しかし、ビールが比較的酸度もアミノ酸度も低い醸造酒であり、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います。

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分解して糖類と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類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。ぶどうの実の外側には酵母が付着していますから、ぶどうの実を皮と共に樽に入れて潰しますと糖類と酵母を含んだジュースができます。ろ過をして種や皮などの固形物を取り除いた後に、ジュースを低温の酒蔵に静置してアルコール発酵させると、ぶどう酒が生まれます。ジュースの中の糖類の濃度が高ければ醗酵後に高いエタノール濃度のぶどう酒になり、糖類の濃度の低いジュースからはエタノール濃度の低いぶどう酒が生まれます。天候不良でぶどうがあまり実らない年はジュースの中の糖類が低いため、品質の良いぶどう酒になりません。逆に気温の高い夏にはぶどうが良く成熟しますから、ジュースの糖類濃度が高くなり品質の良いぶどう酒が生まれます。また、ぶどうの樹の上で干乾びあるいは霜げて干しぶどう状になった果実からぶどう酒を醸造すると、アウスレーゼあるいはアイスワインと呼ばれる非常にエタノールの濃度の高い品質の良いぶどう酒になります。

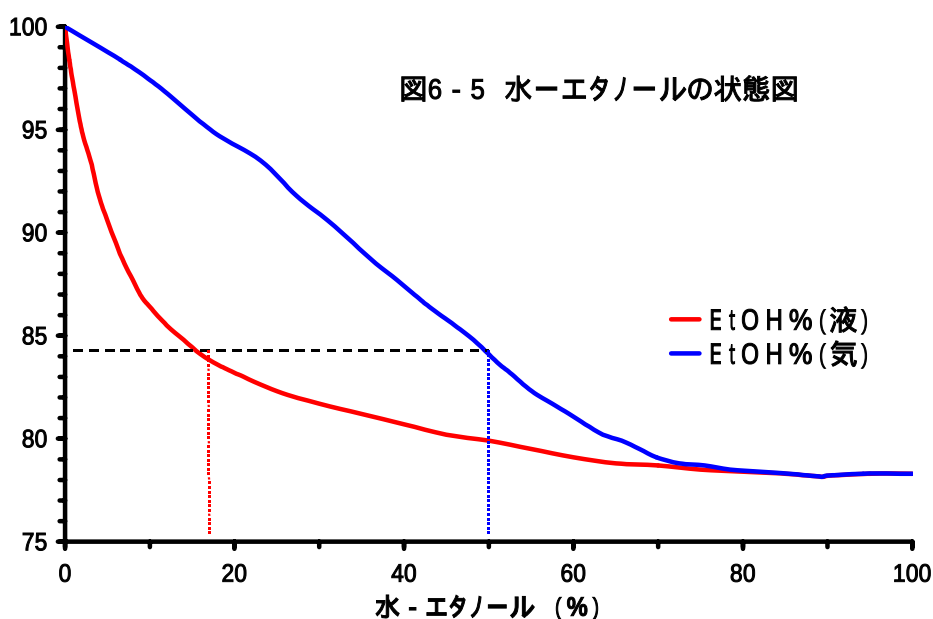
リンゴや梨やサクランボなど種々の果物にも多量の糖類が含まれていますから、アルコール発酵により果実酒が作られています。リンゴジュースを醗酵させたお酒をシードルと呼んでヨーロッパでは好まれています。果物のジュースのアルコール発酵においても、エタノールと共に二酸化炭素が発生しますから、ビールのように二酸化炭素を溶かし込んだぶどう酒が作られています。それらを総称してスパークリングワインと呼んでいます。シャンパンは結婚式や自動車レースの優勝などお祝いのときに飲まれるお酒で、パリ近郊のシャンパーニュ地方で作られるスパークリングワインの一つです。日本ではサイダーは二酸化炭素を砂糖水に溶かし込んだものですが、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、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の物質ですから、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糖類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しますと、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 6-5 の状態図に示すようにエタノールが先に留出てきます。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 6-5 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のですが、表 6-5 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色々な所で作られていますが、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る。

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えて、より美味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え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。この蒸留酒を榿の木の樽に詰めて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榿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、この榿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ディ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榿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。

エタノールは水素結合をしやすい水酸基と水素結合をしにくい炭化水素部分を持った分子構造になっていますから、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。そのため水に溶け易い水溶性の物質も油に溶け易い脂溶性の物質も適度に溶かすことができます。表2-3に示されているように、糖類やアミノ酸などのように水との水素結合により強く安定化されている物質は水中よりもエタノール中で溶けにくくなりますが、酢酸やクエン酸などのようなカルボン酸類はエタノール中でより溶け易くなっています。果物の匂いの素になる酢酸ペンチルなどのカルボン酸エステル類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、薄荷脳などの香草類の匂い成分にはモノテルペン類が多く含まれていますし、バニラやシナモンなどの樹皮や木の実の匂いには芳香族

化合物が多く含まれていますが、これらの匂い成分は全て水中よりはエタノール中でよく溶けます。

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だして、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。

酢酸や酪酸などのカルボン酸のエステルが果物の香りの素になっていますが、このカルボン酸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、杏の香りの主成分は酪酸ペンチルや酪酸イソペンチルですからこのエステル成分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だして、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ハーブの一種ですが、この葉を蒸して昇華してくる精油にはメントンやメントールなどのモノテルペン類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、スミレの花から浸出法により作られたバイオレットはスミレ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。

ジンに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モノテルペン類の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のアコニチン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。

この他に虻や朝鮮人参を蒸留酒に漬け込み、薬効成分を浸出させた虻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

全ての生物が還元状態の物質を空気で酸化して、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。例えば図 6-1 に示すように、アルコール類は酸化されてアルデヒド類に変化し、さらに、カルボン酸への酸化を経て二酸化炭素へと酸化されてゆきますが、そのとき 46 g のエタノールから段階的に 327kcal の反応熱が発生します。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化学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横取りしているのです。

しかし、穀物のでんぷんや果物の糖類を食べ尽くして、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。

アルコール類までの分解が得意な酵母の代わりに、アルコール類の酸化を得意とする酵母の助けを借りて穀物のでんぷんや果物の糖類を醗酵させますと、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。ぶどう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は図 6-3 に示すように、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。162 g のブドウ糖を醗酵させるときに 56.1kcal のエネルギーを発熱しますが、この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。人間は酵母の食物を用意し、湿度が高く、温度が約 30℃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横領するばかりでなく、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。さらに、胚芽部分や表皮部分だけを製粉し、その後に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混合物が残ります。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ロイシンやプロリンやアルギニン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どこか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。強力粉の中に含まれているグルテンもこのような性質を持っていますから、強力粉を水で練ると比較的粘り気のある固まりになります。

小麦粉の主成分のでんぷんは乾燥した状態ではさらさらした粉の状態にすることが出来ますが、水を含むと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、練ることにより水とよく馴染むために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、著者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。

グルテンの含有量が多めの強力粉に水を加えてよく練りますと、長いグルテンの蛋白質の鎖が絡み粘り気の強い網目構造が成長します。この網目構造に糊化したでんぷんが絡みつきますから、搗き立ての餅のように粘性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が成長します。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。本来は、ぶどうなどの果実の外側に付着している酵母をパンを作るときに用いていましたが、効率よく二酸化炭素を発生する酵母が選抜改良され、ベーカーズ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。現在では生命維持反応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反応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 6-6 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 200℃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。著者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 6-6 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。式 6-1 に示すように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て、水酸化ナトリウムを生成します。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し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。



人間は酵母に食物を用意し、湿度が高く、温度が約 30℃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横領するばかりでなく、この排気ガスまで利用してパンを膨らましています。