

においの謎に迫る

—嗅覚教室はなぜないのか？—

東京大学大学院農学生命科学研究科教授 東原 和成

1. はじめに

高校の生物の教科書が大幅に改訂された。多様になったという点はよいが、一方で、試験問題が作りにくくなった、用語の統一がなされていないなどの問題がある。さらに言えば、生物にとって五感外界を把握するために重要な感覚であるのにも関わらず、高校の教科書には、目や耳の視聴覚のしくみは詳細に書かれているが、においや味などの嗅覚や味覚の感覚がどのようにして生じるかはほとんど書かれていない。大学生になっても、においが化学物質であることを知らない学生も多い。なぜ、嗅覚や味覚など、化学感覚のしくみは軽視されているのだろうか。

多くの動物は、においを使って、食べ物を見つけたり、天敵と仲間を区別したり、異性を識別したりする。しかし、こうした動物にもともと備わっている本能的な嗅覚の役割は、人間社会ではあまり重要ではなくなっている。だから、嗅覚なんかなくてもよいと考えられている。しかし、毎日の仕事に疲弊した大人達は、食べ物の香りでおいしさを感じ、花の香りで季節を感じて、癒されて幸せになる。子供達にとっては、目で見て言葉で聞いて学ぶだけでなく、嗅覚を使うことによって五感がバランスよく育まれ、柔軟な発想力や表現力が身につく、刻一刻と変化する環境に対応する社会性が育つ。

においは、想像している以上に、身体に様々な影響を与える力を持っている。そして、においの不思議は身近にたくさんある。いろいろなにおいがあるのはなぜ？ 夕立のにおいって何？ ビタ

ミンのにおいって何？ においを嗅いでリラックスするのはなぜ？ 本稿では、この20年間くらいで飛躍的に解明された嗅覚のしくみを概説し、においの謎を紐解くとともに、視聴覚教室だけでなく「嗅覚教室」の必要性を説いてみたいと思う。

2. においとは？

においの語源は、「丹秀ひ」「丹穂ひ」である。「丹(に)」は赤色のことなので、においは元々美しく鮮やかな色合いを示す視覚的な意味で使われた。光り輝くかぐや姫は、嗅ぐや姫でもある。さらに、死絵にお香がたかれたり、ミイラを香草に包埋したり、においは現世と来世を架け渡す神秘的な力をもつと考えられてきた。鼻から生まれた神である須佐之男命は、世界を運動させ、死と再生に導いていく動力となり、様々なにおいをめぐる光と闇の宇宙劇の中心となったともいわれる。人間は、古代より、においのもつ力に敬怖の念をもっていたのである。

においの正体は、分子量約300以下の低分子有機化合物で、数十万種類もあると推定されている。分子量が300以上になると重すぎて空気中を飛んでこないのにおえない。匂い物質というと特殊な物質のように思われるが、脳内ホルモンであるセロトニンの官能基をちょっと変えると糞臭のスカトールだし、頭痛薬のアスピリン(アセチルサリチル酸)はサロパスのにおいであるサリチル酸メチルと類似している(図1)。すなわち、匂い物質とは、身体のなかで機能する様々な生理活性物質となら変わらない低分子有機化合物である。そもそも多くの匂い物質は、生物が作り出す

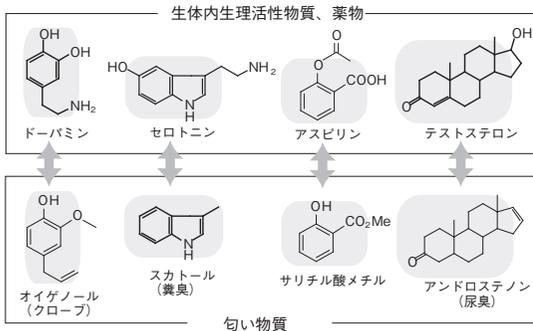


図1 においと生理活性物質の構造的類似性

二次代謝産物である。

ただ、体内のホルモンなどと違うのは、匂い物質は揮発性であり「空間を飛べる」性質を持っている。ただし、揮発性であれば必ずしもにおいというわけではない。例えば、二酸化炭素や一酸化窒素はわれわれ人間には感知できない。では、二酸化炭素は「におい」ではないかという、ハエや蚊などの昆虫にとっては、二酸化炭素も立派なおいである。また、水中で生活をする魚が鼻で感じるにおいは、アミノ酸など空気中を飛ばない不揮発性の物質である。つまり、広義の「におい」とは「生物の嗅覚組織で感知される物質」である。

3. いろいろなにおいがあるわけ

歴史をさかのぼって香りの科学に関する記述を探してみると、古代ローマの哲学者ルクレチウスは、「においというものは、原子のつながった分子でできていて、分子の形や大きさの違いが、においの質の違いを生む」と記述している。その後、科学の進展とともに、様々な匂い分子は、受容体タンパク質によって、その「形」「大きさ」「官能基」が感知されて識別されるという説が有力になってきた。そして、この説は、1991年に、コロンビア大学のバックとアクセルによる嗅覚受容体遺伝子の発見によって実証された。この発見でバックとアクセルは2004年にノーベル賞を受賞している。

嗅覚受容体は、ネズミや犬で1,200種類ほど、チンパンジーやヒトなど霊長類では400種類ほど

ある。魚では100種類ほどに対して、両生類では1,000種類くらいまでに増えている。生物が水中から陸棲へ進化したときに、嗅覚受容体の数が劇的に増えたと考えられる。そして、水中にもどった哺乳類であるクジラやイルカにおいては、聴覚を発達させた結果、嗅覚受容体遺伝子はほとんどなくなっている。嗅覚受容体遺伝子の数は、それぞれの生物種の生育環境と五感のうちどの感覚を優位に使うかということに大きく影響されている。

匂い分子は、ほんのわずかに構造が違っていても全く異なった香りになるし、全く異なる構造でも似た香りの場合もある。このように、数十万種類もあるにおいを正確に区別したり識別したりできるのはなぜだろう。嗅覚受容体ひとつひとつは、ある特定の匂い分子だけでなく、構造的に類似した複数の匂い分子を認識できる。一方、ひとつひとつの匂い分子は、複数の嗅覚受容体によって認識される。すなわち、匂い分子が数百から千種類の嗅覚受容体のどれと結合するかというその組み合わせは、それぞれの匂い分子で異なることになる(図2)。その組み合わせは理論的には無限あり、それぞれの組み合わせが、ひとつひとつの匂い分子の香りの質を決定し、生物は、そのパターンの違いで、様々な匂い分子を識別している。

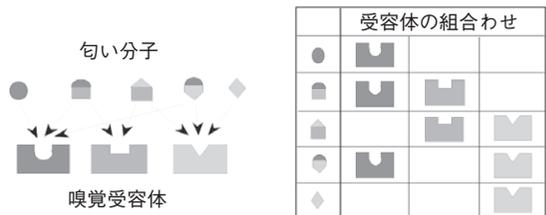


図2 嗅覚受容体による匂いの識別機構

4. 脳へのにおいの信号伝達と情動や記憶との結びつき

鼻腔に入ってきたにおいは、鼻粘膜に溶け込み、嗅上皮の嗅神経細胞の嗅繊毛に発現している嗅覚受容体と結合する(図3)。嗅覚受容体は、2012年のノーベル賞の対象になったGタンパク質共役型受容体のファミリーに属するので、嗅覚受容体に匂い分子が結合すると、受容体にひっついて

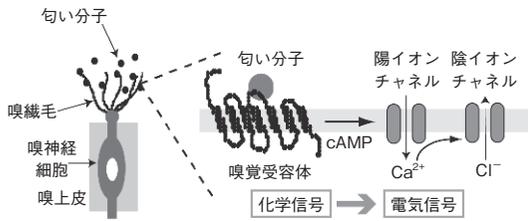


図3 嗅神経細胞における匂いの情報伝達メカニズム

いるGタンパク質が活性化される。その結果、嗅神経細胞内でcAMPというセカンドメッセンジャーの量が上昇し、その変化を敏感に感じ取るチャンネルが開き、細胞外から陽イオンが細胞内に流入し、細胞は電気的に興奮する。この興奮が脳に伝わって、においを感じる。嗅神経細胞は、電気的に興奮した後、しばらく間、脱感作して、次の匂い刺激を受容できない。これは、においを嗅ぎすぎるとにおいがわからなくなる短期的な順応を説明するものである。

さて、においが引き起こす生理的効果は、最近のアロマブームで実証されている。例えば、グレープフルーツの香りはアドレナリンを分泌させるので、脂肪細胞燃焼効果をもたらす。一方で、こういう効果は、心理的な影響を受けやすい。ラベンダーの香りは鎮静効果という方程式も、ラベンダーの香りが嫌いなひとには当てはまらない。においに対する快・不快の感覚も、個人差が大きい。足の裏のにおいであるイソ吉草酸も、あのにおいがたまらなく好きというひともしれば、絶対にダメというひともある。これらの個人差は、育った環境や経験や記憶が少なからず影響している。好きだった恋人がつけていた香水も、別れたとたんに嫌いなにおいになる。

このように、においは内分泌や情動を変化させたり、記憶と密接に結びついたりしているが、脳のどこと関連しているのか。におい刺激を受けた嗅神経細胞で生じた電気信号は、まず、嗅覚の一次中枢である嗅球へ伝わる(図4)。そこで、二次神経に信号が受け渡されて、前梨状皮質、前嗅核、扁桃体、視床下部、嗅内野といった脳領域に信号が伝わる。梨状皮質で三次ニューロンに連絡し、大脳皮質内の前頭皮質嗅覚野へ情報が伝達さ

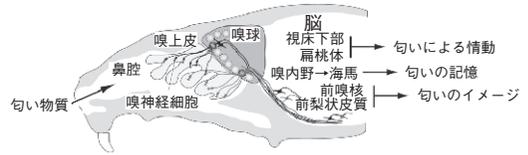


図4 マウスの嗅覚における脳へのシグナル伝達部位

れ、においに対するイメージが作られ、においの認知にいたると考えられている。アルツハイマー病などに伴う中枢性嗅覚障害は、前頭嗅覚野における神経変性によっておきる。一方、扁桃体や視床下部へ入力された信号は、においによって誘起される情動の変化などに変換され、内分泌系や自律神経系への影響となって表面化する。また、匂い情報は、嗅内野をへて海馬へ伝えられると、そこで他の情報とともににおいの記憶が形成されると考えられる。脳における嗅覚経路はまだ未解明な部分が多く、においの認知、記憶、効果がどのような分子メカニズムでおきるのかということは今後の課題である。

5. 人間にとっての嗅覚の意味

食べ物を美味しいと感じるのは味覚である、と誤解しているひとが多いが、実は、「おいしさ」を決定づけるものはにおいである。鼻をつまんだら、どんな美味しい料理も無味簡素なものになる。それでは、なぜ、食べているときにおいしさを感じられるのであろうか。実は、人間は、食べ物のおいを鼻先からだけでなく、喉の奥からも感じることができる唯一の生物である。これは、鼻から肺への気道と口から食道への道が喉で交差しており、言語の獲得とともに他の霊長類よりも声帯の位置が下がったため食べ物を呑み込むと同時に息を吸えないという、特殊な解剖学的喉の構造をもつわれわれ人間の特殊技能ともいえる。喉から鼻に抜ける香りを感じる食べ物の美味しさは、人間が嗅覚から受けている一番の恩恵である。

平成13年、環境省は、全国のなかから「かおり風景100選」を選定した。豊かなかおりとその源となる自然や文化・生活を一体として、将来に残し伝えていくためである。興味深いことに、特

に「かおり」、すなわち「におい」についての選定基準はなく、自然的、歴史的、文化的な景観のなかにおいの存在が浮かび上がるような風景であるということが選定のポイントとなっている。においの風景とは、そこに住む人間達が創り出す表徴であり、畑の肥溜や焼き魚のにおいも、古本屋街や社寺も、すべて、人間の存在意義にもつながるにおいの風景である。人間が嗅覚で感じる生活空間のにおいは、無意識のうちに人間にとって欠かせない大切なものになっている。

6. 嗅覚教室のすすめ

最近の野菜はにおいがしないとよく言われる。昔のトマトらしいにおいもしないし、ニンジンもにおいを抑えた品種が出回っている。発酵食品に代表される「くさいもの」を食べるのは人間が培ってきた知恵であるが、そのような食べ物は遠慮されがちだ。幼少期、思春期に本来食べ物もつ味や香りの多様性にふれると、五感のなかでもとくに味覚と嗅覚の適切な成長が育まれる。子供の脳の成長発達には、食べ物のおいしい香りで脳が活性化されることが大切である。食における香りの教育の必要性も認識されてきており、近年、食育活動が盛んになってきている。しかし、なかには製品宣伝色が強いものがあるのが気になるが、いずれにしても適切な食育を通した子供達への嗅覚教育が必要である。

臨床現場では口鼻臭や体臭を気にして外来する患者が急増しているという。しかし、患者の約7割が精神的に思いこんでいる偽患者であるという。一方で、身体からでてくるにおいは体調のバロメーターでもある。病気を患っている患者は、その病気特有のにおいがする。糖尿病は独特の甘いにおいがするし、内臓疾患のひとつはアンモニア臭がするとも言われている。犬はにおいでガン患者を見つけることもできる。おならも体調によってにおいが違う。いわゆる体臭というものは、健康判断のためのとても大事な情報であるという嗅覚教育が必要である。

教育現場では体臭によるいじめが問題となって

いる。親による過剰な消臭と衛生志向で、体臭を経験しないまま小学校に上がり、たとえば体育の授業で汗をかいた子に対して「おまえ臭いな」と言ってしまうと、それがいじめのきっかけを作る。「臭い」といわれた子の親は、それはもう必死になって体を洗って体臭を消そうとする。しかし、人間には体臭があつてあたりまえ。きちんと体臭を嗅いで育ってきた子供は、友達の体臭で人間同士の仲間の安心感を得られる。お互いの汗の匂いを感じて、もみあって遊んで楽しい時を過ごすことによって、状況を敏感に感じ取れる心が育まれる。親にも子供にも適切な嗅覚教育が必要である。

体臭といえば、よく「おじさん臭（加齢臭）」が話題に上る。おじさん臭の匂いのもとには、2-ノネナールという物質であるが、最初は女性から見つかった。この物質は、葉っぱのような、ろうやペンキのような油っぽいにおいを呈しており、脂肪酸の酸化物である。しかし、そこまで嫌なおいではない。ブラインドでテストするとみんなそんなに嫌がらないし、逆に何のにおいだろうとくんと嗅ぐ。マスクミなどで、耐えられないにおいと言っているひとは、おそらく実際は嗅いだことがないひとであろう。思い込みと情報によってにおいに対する感じ方は左右されるのである。ここでも嗅覚教育が必要である。ちなみに、ポマードのにおいとよく誤解されるが、ポマードにはひまし油が含まれており、そのなかに2-ノネナールに似た物質が含まれているからである。体臭は上述のように体調で変わるだけでなく、年齢とともに変わって当然なのである。赤ちゃんのにおい、青春期のにおい、若者のにおい、高齢者のにおいがあるのである。だから私達は生きているのである。

7. おわりに

嗅覚教育の試みで、一般市民向けのセミナーや科学館などでのイベントでやっていることで、簡単に小中高等学校教育でできることをいくつか紹介する（写真1：科学未来館での匂いセミナー）。



写真1

1) 食べ物や飲み物にはおいが重要であるという体験。グレープフルーツジュースとオレンジジュースを用意して、鼻をつまんで飲んでみる。すると、どっちがグレープフルーツでどっちがオレンジかわからない。そして鼻から手をとってみると、ふわっと香りが鼻に抜けて、どっちのジュースかすぐにわかる (写真2)。



写真2

2) 食品などの香りは、たくさんのにおいが混じってできていることを知る体験。レモン、ライム、バニラ、シナモンなどのにおいを用意する。それを今度はいくつか一緒に嗅ぐと、摩訶不思議、まったく違う食べ物になる。レモンとライムとシナモンと一緒に嗅ぐとコココーラのにおいになる。レモン+バニラ=ヨーグルト、リンゴ+バニラ+シナモン=アップルパイ、イチゴ+バナナ+スイカ=メロンという感じである (写真3)。

3) 屋外でやる楽しい遊び「くんくんウォーク」。アーティストの井上尚子さんがはじめた遊びであるが、外をくんくん歩き回って、いろいろなにおいを発見しようというものである。普段は気にして



写真3

いないにおいが世の中にはたくさんあふれているということを知る、親子でやると楽しい遊びイベントである。

日本は風味豊かな食材にも恵まれているからこそ、食材の香りを大切にする日本料理が生まれた。四季があり、湿気の高い気候のなか、欄間を造り通気性を確保するなど、心地よいにおいの空間を造る建築技術も日本独特である。日本料理を世界無形文化遺産にしようという動きがあるが、これは日本の香りの文化が世界に誇れることを示唆するものであろう。小中高校生ににおいの意味と嗅覚のすごさを正確に教えることは、日本の素晴らしい食文化を理解できる感性豊かな大人になってもらうためにも、そしてにおいがいじめの原因や自分に対する自信のなさにならないためにも、重要なことである。また、そもそも子供がにおいに対して悪いイメージをもつのも、親が原因である。日本人は、陰翳礼讃の文化をもつとともに、香道など独創的かつ繊細な嗅覚礼讃の能力も持っている。その血を誇れるような日本人がたくさん生まれるような教育をのぞむ。

参考文献

- 1) 「化学受容の科学」東原和成編 化学同人
- 2) 「匂いの身体論」鈴木隆著 イーストプレス社
- 3) 「香料と調香の基礎知識」中島基貴編著 産業図書
- 4) 「アロマサイエンスシリーズ21」フレグランスジャーナル社