

ハチミツの真正評価と その問題点

中村 純

2007年5月14日付の読売新聞の第一面を飾った『「純粋はちみつ加糖」の疑い』と題した記事に始まる一連の報道をきっかけに、多くの人々が日本でも異性化糖を混ぜた偽物ハチミツが販売されているという認識を持ったことだろう。ハチミツの流通を適正化させる目的の団体である(社)全国はちみつ公正取引協議会(以下協議会)が、異性化糖などを一定量加えたハチミツを「加糖ハチミツ」というカテゴリーとして表示することを認めているので、この問題は、偽和ハチミツが販売されていたのではなく、読売新聞の表題通り、「加糖ハチミツ」という表示をしなかった不当表示商品が出回ったというのが実態ではある。

前年の検査で、2割もの製品に対して不当表示の疑いがあったにもかかわらず見逃されていたことで協議会の対応が問題視された。そこから、その組織構造までやり玉にされたり、食品である異性化糖の安全性が問われたり、異性化糖を人工甘味料と表現するなど、報道自体がヒステリックで行き過ぎ感があった。「2割」という数字も「疑い」から「偽物」へと一人歩きしてしまい、結果としてハチミツのイメージは大きく傷ついた。報道時期が新蜜の出荷時期と重なり、荷が動かず、生産者や卸売業者は経済的にも大きな影響を受けることとなった。

偽和ハチミツ

ハチミツが売れるものになったと同時に、偽物が横行するようになった。エジプトで養蜂が始まった古代から、金と同じように、ハチミツもその純度が重要な価値指標であった。しかし、近代養蜂の登場までは、巣を圧搾しての

採蜜が主流であったため、もともと異物が多く、それを単に増量をねらってさらに異物が加えられていた。1900年代前半のロシアのハチミツには、イモの絞り汁、小麦粉、果ては砂や鋸屑などが異物として混入されていたという(Galton, 1971)。その後、分離器を使った採蜜が普及して、透明度の高いハチミツが登場し、また砂糖との価格の関係が逆転してからは、本物のハチミツにある割合で混ぜもの(=偽和物 adulterant)をする、いわゆる偽和 adulteration が横行するようになってきた。1870年頃からは砂糖よりもでん粉から工業的に作られるようになったブドウ糖が、1900年代に入ってから、やはりでん粉から製造される転化糖が利用されるようになった。そして1970年代からは、現在、問題になっている異性化糖が主要偽和物になった(Crane, 1999)。

近代における偽和物は、基本的にハチミツにも含まれる成分からなるものが利用されることで、見た目での検出は難しい。初期のブドウ糖や転化糖は製造過程で硫化物や酸が使用され、これを検出することができたが、やがて製造方法が改良されて、その検出が難しくなった。また検出方法が一度確立すると、新しい偽和物が横行するといった、分析技術と偽和物探しのイタチごっこの様相を呈している。

偽和ハチミツがハチミツ市場に与える影響は大きく、真性評価 authentication のための偽和検査も、一つの研究分野として大きな位置づけを持つようになっている(Bogdanov and Martin, 2002)。現在、偽和検査は偽和物ごとに確立されており、いずれも国際共有されている分析法である Official Methods of Analysis of AOAC International(Horwitz, 2006) に掲載され、各国で常用されている(以下括弧内はAOAC分析法永久番号)。ブドウ糖や砂糖、転化糖を混ぜた場合には、ブドウ糖の定性分析(959.12)、ショ糖の含有率(920.184)、転化糖の定量分析(920.183)がそれぞれ利用可能で、糖全般に関しては、酵素反応(979.21)や液体クロマトグラフィを利用する方法(977.20)がよく用いられている。またこれら

の偽和では工程上加熱が必要とされることから、偽和によって生成促進されるヒドロキシメチルフルフラール (980.23) を調べることもできる。また水飴を添加した場合には、でん粉・デキストリン反応の結果を見る。この糖組成やヒドロキシメチルフルフラール、でん粉・デキストリン反応は協議会の規格分析項目にも含まれており、協議会の規格、あるいはそのもとになっている Codex の基準が、ハチミツの品質基準というよりは、偽和検査を第一義にした性格のものであることは明らかである。

異性化糖に関しても偽和検査法は複数確立されており、日本では薄層クロマトグラフィによる方法 (979.22) が主に利用されている。一方、海外では炭素安定同位体比 (998.12) による検査法が普及しているが、後述するようにイモ類のでん粉を原料とした異性化糖についてはこの方法では検出できない。日本では、そのような異性化糖を偽和させている可能性のあるハチミツに対処するため、薄層クロマトグラフィの採用が検討され、協議会が 2004 年から導入、普及を進めてきた。

ここで問題なのは、異性化糖の偽和検出分析方法としての薄層クロマトグラフィおよび炭素安定同位体比分析のどちらか、あるいは両方を行っても、本当の意味での偽和検出が可能なのかという点である。分析は白か黒かを定めるものと考えられがちであるが、科学的な態度からすれば、分析に完全を求めることは誤りである。

検出方法の原理と弱点

以下に詳細を述べるが、表 1 に二種の偽和検査法の原理と限界について簡単にまとめた。

1) 薄層クロマトグラフィ

薄層クロマトグラフィでは、ハチミツ中に含まれるオリゴ糖 (でん粉などの多糖類に対して「少糖類」とも呼ばれ、単糖が 2～8 分子程度結合したものを) を検出する。異性化糖はでん粉を酵素分解して作られるブドウ糖液をさらに酵素反応によって一部のブドウ糖を果糖に転換することで製造される。分解過程で生じるオリゴ糖が製品中に残ることから、これを検出するこ

とで異性化糖の偽和を確認できるというのが原理である。一次試験でそれらしい結果が出た場合、条件を変えた確認試験を追加で行い、最終的な陽性判定をする。さらに日本では AOAC の原法に純粋なハチミツで希釈した異性化糖溶液を陽性対照試料とする、より検出確度の高い改良試験方法が実施されている。異性果糖中に含まれるオリゴ糖は非常に微量ではあるが、異性化糖偽和の経済的効果が現れるのは、例えば配合比が 20% を超えるような場合であり、そのような実際的な偽和の検出には十分な効果を発揮する方法である。

ところが、ハチミツにもオリゴ糖は少量含まれている。一般的には 2～3 糖クラスまでが多く (Siddiqui and Furgala, 1967; 1968)、現在の方法の陽性対照として利用されている 5～8 糖クラスのオリゴ糖がハチミツに含まれているという報告は少ないが、特に多様なオリゴ糖で知られる甘露蜜では 6 糖クラスのオリゴ糖も報告されている (Astwood et al., 1998)。ハチミツに含まれるオリゴ糖は、同じ糖分子数でもでん粉の分解産物であるブドウ糖が連鎖したマルトオリゴ糖よりも、ショ糖分子にブドウ糖分子が酵素反応によって付加されたもの、つまり分子中に果糖を含むものが多い。またミツバチ由来のグルコシダーゼに、ショ糖の分解だけではなく、オリゴ糖を生成する働きがあることも知られている (White et al., 1961)。

薄層クロマトグラフィでは、これらのオリゴ糖の構成糖分子の識別まではできず、オリゴ糖として 5～8 糖クラスのものがあれば、見かけ上、陽性と判定される。つまり、薄層クロマトグラフィは、異性化糖を偽和させたハチミツについての検出力は大きいですが、同時に本来ハチミツに含まれているオリゴ糖を異性化糖由来と見なして、誤って陽性と判定する可能性がある (偽陽性)。この点はイオンクロマトグラフィを用いた分析で、オリゴ糖が異性化糖由来のものとは異なることが確認された例もある (榎本, 未発表: 2007 年 9 月に国際学会で発表予定)。

逆に、今後の異性化糖の製造技術の向上で、オリゴ糖の含有率は下がる可能性がある。偽和

表1 ハチミツ中の異性化糖を検出する方の原理と判定の限度

分析方法	検出原理	検出可能偽和率	偽陽性	偽陰性
薄層クロマト グラフィ	オリゴ糖（5～ 8糖）の含有	未公表*	高次のオリゴ糖を含むハチ ミツ	オリゴ糖を含まない異性化 糖偽和
炭素安定 同位体比 (内部標準法)	C4植物由来の糖 分子を構成する 炭素の同位体比	7%以上	炭素挙動の不明な（タンパ ク質に関して特異的な）蜜 源由来のハチミツ	C3植物由来のでん粉を原 料とした異性化糖偽和
両者の 組み合わせ			オリゴ糖を含む糖組成が複 雑でタンパク質組成も特異 的なハチミツ	C3植物由来で、かつ精製 度が高くてオリゴ糖を含ま ない異性化糖による偽和

*AOACにおいては定性分析であり量的な検出限界は設定されていない

に使いやすい低価格なものほどオリゴ糖の含有率は高いと考えられるものの、オリゴ糖含有率の低い異性化糖が偽和物として利用された場合には、この方法での検出は難しくなる（偽陰性）。

2) 炭素安定同位体比

自然界には安定的に存在する炭素の同位体が知られる。原子の中に中性子を6個持つ¹²Cと7個持つ¹³Cはいずれも安定で、存在比は98.9%と1.1%である。植物には、端的に言えば、光合成において炭酸ガスから糖を生成する際、二つの同位体を分け隔てなく使う「C4植物」と、軽い方を選別して使う「C3植物」とがある。砂糖の原料となるサトウキビや、異性化糖の原料となるトウモロコシなどはC4植物で、一方、多くの植物、つまり一般的な蜜源はC3植物である。ハチミツは、したがって、通常C3植物型の炭素同位体比となる。

このハチミツにトウモロコシを原料とした異性化糖を加えると、同位体比はC4植物型に動く。これを利用してハチミツ中の糖分子を構成する炭素の同位体比を調べ、異性化糖の検出をするのが本法の原理である。7%以上の偽和は検出できるとされ、実際に横行するであろう偽和には十分対応できる。なおこの方法は内部標準としてハチミツに含まれるタンパク質分子の炭素同位体比を参照することで、偽和検出精度を上げるように改良されてきた。これは内部標準化炭素安定同位体比法と呼ばれ、実際にハチミツでの異性化糖偽和検出では、現在はこの方法が採用されている。

炭素安定同位体比では、C4植物由来の炭素を検出するので、C3植物由来の異性化糖は検

出できない。異性化糖の原料はでん粉であれば何でもよい。日本では国内のイモ類でん粉生産を保護するため、異性化糖原料としてトウモロコシでん粉を輸入する際、その量の1/12の量の国産イモ類でん粉を購入すれば輸入関税がかからないという制度がある（平成19年産から制度が変更となり、この抱き合わせ措置はなくなる）。したがって多くの異性化糖はその原料の一部にイモ類のでん粉が含まれている可能性が高い。ジャガイモもサツマイモもC3植物であり、本法ではこれらのでん粉を原料とした異性化糖は検出できないし、トウモロコシでん粉に対する原料配合比が上がると偽和検出力が低下する（偽陰性）。

また、おそらく植物内の生合成回路が特殊で、タンパク質と糖の炭素同位体比がずれるからと考えられているが、ニュージーランド産の一部のハチミツ（マヌカやカナカ、およびマヌカの花粉を高含有する種々のハチミツ）では、この方法で陽性と判定される（偽陽性）ことが報告されている（Rogers et al., 2004）。

「陽性」の原因と対策

現状、国内で利用可能な薄層クロマトグラフィによる偽和検査を行うと、国内で販売されているハチミツについてある確率で陽性反応が出る。報道では2割のハチミツで陽性であったとされ、これには意図的な偽和と、越冬用に与える餌として使用した異性化糖が残留した二系統の混和があると説明されていた。一方で、リンゴ、トチノキ、マヌカなど特定の植物を蜜源とするハチミツでは陽性が出やすい傾向も、養

蜂家や販売業者から指摘されていた。

最終的な判断は、花蜜に遡るなど、対象を広げたさらなる調査研究を待たねばならないが、現状で理解すべきことは、ハチミツを単一の物質と考える限りにおいては、いずれの方法においても陽性はあくまで陽性でしかない点である。分析とは、与えられた方法において得られた結果の、客観的な表現である。したがって後はその結果をどのように使うか、分析を利用する人間の問題ともいえる。この点で協議会の報道機関への説明や分析方法の解釈、陽性判定が出たときの業者への監督業務などに、不適切、不十分な点があったというべきかも知れない。分析方法に、長所と短所があることはここまで述べたとおりであるが、やはり偽和検査の結果を使用する側の責任は明確にしておかなければならない。陽性が特定の傾向を伴って出るような場合、常識的には、何らかの因果関係を想像するものであるし、他の分析方法による検証も行うべきである。薄層クロマトグラフィと炭素安定同位体比法、イオンクロマトグラフィなど複数の分析方法で同じサンプルを対象として分析を行い、蜜源によって薄層クロマトグラフィで陽性が出やすい傾向がある場合は、例外として周知する必要があるだろう。

1) 意図的偽和

意図的に異性化糖を加えるのであれば、堂々と加糖ハチミツと表示をすればいい。

一方、越冬用の飼料の残留がないように掃除蜜をしたにもかかわらず、あるいは明らかに春の最初の蜜源ではないにもかかわらず、生産されたハチミツが陽性となると、二者択一的な説明では、すべて意図的な偽和ということになってしまう。しかし、日本で、一般的な蜂場で行われる採蜜や、その後の小規模な瓶詰め工場の工程では、異性化糖の偽和が経済的に見合うものとは考えにくい（採蜜用の分離器から異性化糖が検出された例はあるという）。経済的偽和であるなら、ある程度以上の生産ラインがなければやる意味がない。しかし陽性判定は一般の生産者のハチミツでも出ており、この点で、明らかに不適切な事例を除けば、意図的偽和の

横行の現実性には疑問が残る。

ただ、意図的偽和ではないことを示すには、規模が小さいというような状況の証拠だけではなく、積極的な生産工程公開が意味を持つ。本来、いずれの分析方法にしても、陽性だった場合には帳簿検査などの社会的調査を必要としている。これに先手を打つ形で、異性化糖の購入実績のないことの証明、実生産量や原料の購入量と製造量・販売量とのバランスを証明する書面などが用意できるとよい。日本農林規格には、生産情報公表 JAS 規格があって、一部の食肉や農産物、加工食品が対象となっている。ハチミツは JAS の対象ではないが、こうした制度をまねて、「顔の見える生産」を実行するのも信頼を獲得するにはよい方策であろう。

また、品質管理の一環として、生産時と商品の最終的な分析値を押さえておけば、何かを添加した工程がないことを科学的にも証明できる。この部分では、現行の規格分析や、伝統的手法ともいえる花粉分析が有効である。また蜜源表示ハチミツの場合、成分に関する相応のデータベースがあれば、その適合範囲であることを示すことで、真正である証拠立てに使える。

2) 越冬飼料の残留

養蜂家は、ミツバチが長い冬のために貯えるハチミツを採る代わりに、越冬期の前に砂糖や異性化糖などを与える。春の採蜜時期に蜂量が充分になるように建勢を行うと、早春期に貯蜜を使い果たすこともあり、早春期に糖液の追加給餌が必要なことも多い。また同様に、花粉の代わりとなるタンパク質を含む飼料を与えることが望ましい時期もある。そのように給餌は養蜂においては重要な技術のひとつである。

もちろん異性化糖にせよ砂糖にせよ、給餌したものが春の採蜜期にまで残る可能性はある。しかし、蜜源を表示するようなハチミツでは、一般的に花期の開始に合わせて事前の採蜜を行い、それまでに巣に貯えられていた貯蜜を取り除く。これを「掃除蜜」といい、狙った蜜源の特徴がそれまでの貯蜜によって薄められないように行う。この段階で巣に残っていた越冬飼料は基本的には除去される。その後、蜜源表示ハ

チミツとして目的の蜜源のハチミツが採蜜可能となる。こうしたハチミツでは、新規に入る花蜜量が相当に多く、越冬飼料の残余があったとしても、その比率は必ずしも大きくはならない。

掃除蜜によって越冬給餌の残分を取り除かないと、例えば一群から 10 kg のハチミツが得られた場合、そのうち 1 kg が越冬飼料の残分であれば、異性化糖を 10% 偽和したのと事実上同じである。薄層クロマトグラフィによる偽和検査では、定量的な判定はできないものの、検出感度は高いため、こうしたものが陽性となる確率は高い。特に採蜜時期が春一番になる蜜源のハチミツでの陽性率は、異性化糖を使用する養蜂家ではあり得る数字かも知れない。この点で、最初の採蜜には細心の注意が必要となる。

ここで注意しておきたいのは、もし異性化糖給餌が原因で陽性が出るとすれば、異性化糖ではなく砂糖を給餌している養蜂家においても、C4 植物であるサトウキビ由来の砂糖を越冬飼料として使用している限り、掃除蜜を行わなければ、炭素安定同位体比での検査で陽性となる点である。炭素安定同位体比による検出限界は 7% といわれており、上記の残存率であれば十分に陽性と判定されることになる。これは異性化糖の使用経験がなくても陽性となるため、現在は対岸の火事と眺めていても、やがては自分の問題となる砂糖給餌養蜂家は多いはずで、新たな問題を引き起こすことになるであろう。

養蜂における給餌が技術の一部であるという認識が、必ずしも消費者に伝わっていないことも、この問題に関して生産者である養蜂家、あるいは養蜂への理解を妨げている。養蜂の技術は、養蜂家自身がさらに広報していくべきところであろう。特に掃除蜜は、動物医薬品の残留防止の観点からも非常に重要な技術である。どうすれば品質のよい、安全なハチミツが生産できるかを、知識・技術として持つだけでなく、その姿勢を消費者に向けて示していくことも必要である。ただ、蜜源の減少傾向が続く中で、主要な蜜源での採蜜回数も以前に比べて 1～2 回は減っている。このため、掃除蜜も 2 回、3 回と行うというようなことは現実には難しいと

いう。そのような事情では、若干の越冬給餌がハチミツ中に混入する可能性は否定できない。

遺伝子組み換え作物の表示問題では、「意図せざる混入」という考え方がある。消費者にはなかなか浸透しにくく、誤解も多いようだが、合理的な側面を持つ。穀類などでは生産や流通過程において混入するものを完全排除することが困難なため、策定されたマニュアルにそって生産流通（分別流通）するものに限って、日本やカナダでは 5% 未満、韓国では 3% 以下、EU では 0.9% 以下という混入率を認めている。許容される 5% という数字は、分析値の結果がそうであればよいということではなく、仮に 5% 未満であっても、分別流通に不備があった場合や、意図的な混入と考えられた場合には表示違反となる。この後半部分をきちんと整備することで、給餌糖液の残存問題も現実的に扱うことができるかも知れない。

ミツバチの巣箱という「ハチミツ生産工場」の性質上、養蜂家の手助けがあっても、越冬給餌の残分が、春の最初の採蜜時に混入することは完全には防ぎようがない。こうしたものもすべて完全排除することを迫るような硬直した姿勢では、せっかく回復基調にある国内養蜂に水を差しかねない。掃除蜜の実施やその経過記録、掃除蜜のサンプルの保存など一定の遵守事項を含んだマニュアルを策定した上で、何らかの数値目標を設定したいところである。これは分析技術の向上に伴い、無検出という表現から、きちんとした科学的根拠のある数値目標が設定されるようになった、農薬残留などと同じような考え方に基づくと考えればよい。

3) 特殊な蜜源

リンゴやトチノキのような春先の蜜源が、きちんと掃除蜜を行っていても陽性反応が出ているとすれば、こうした蜜源が現在の分析方法には不適合という考え方もできる。東北・北海道産のハチミツで陽性が出やすいという分析をする養蜂家もいるが、例えば北方適応する植物で、まだ寒冷な春に開花するものでは花蜜中にオリゴ糖が含まれ、これが検出されているということかも知れない。

こうした疑陽性の問題での先陣を切っているのはニュージーランドで、同国の代表的な蜜源であるマヌカハチミツが、前述のように炭素安定同位体比で陽性となることが指摘されている。輸出先での陽性判定が、国内での研究を促進して、まだ完全ではないにせよ、特定の蜜源の特殊な事情が解明できていくというのは、ある意味でうらやましい。国産ハチミツが国内消費されるだけの日本では、研究の動機づけが小さいかも知れない。

しかし、蜜源表示ハチミツの表示根拠にも関連して、蜜源ごとの特徴を明らかにする研究はこの点でも急務といえる。特徴を集積して得られる蜜源データベースは、地域によって蜜源が異なることから、特に国産ハチミツに関しては、国内の研究者に高依存することになる。ニュージーランドのようにハチミツが外貨獲得の上での重要な生産物である国では、人口比でのハチミツ研究者率は高いが、日本はこの点では心許ない。それでも、蜜源表示の根拠問題に対処するため、現在研究者がデータの集積を始めたところである。将来的にはそのような地道に作成されたデータベースが、単なる格付けのみならず、真性評価においても威力を発揮するようになると思われる。

偽和の根絶とハチミツの多様性

ハチミツは、食品分類では加工食品であるが、その年の天候や植物の開花状況、あるいはミツバチの状態によっても生産性が異なる、生鮮食品と同じような側面も持っている。同じアカシア蜜と謳っても、産地や採蜜方法、開花とのタイミング、あるいは養蜂家の持つ技術や方針が異なれば明らかに異なるハチミツとなる。さらに蜜源は非常に多様であり、したがってハチミツは元来、非常に多様度の高いものという理解が一般消費者にも欲しい。

前述のように、現在の異性化糖検出方法は、このハチミツの多様性は無視しているが、標準的なハチミツを対象としていて、消費者保護の観点からはそれ自体には重要な意義がある。百貨店などが、偽和でない証明を求める

のは当然だが、そのために薄層クロマトグラフィでの陰性を条件にすることは、実情はやむを得ないとはいえ、矛盾する問題を引き起こす。つまり、生産者や販売者が偽和検査での陰性を獲得することだけに執心し、純度といった品質の根幹を忘れ、個々の特徴のあるハチミツを避けるようになる。それがエスカレートすれば、市場には同じように特徴のないハチミツばかりがあふれ、結果として、保護されるはずであった消費者は、さまざまな本物のハチミツを楽しむ機会を永久に失う。

『食品のうそと真正評価』(2000)の中で著者の藤田氏も「風味の強い天然のハチミツが販売されないことが、消費減退の原因でなければ幸いである」と述べている。市場では明らかに、これまでになかった、わかりやすい特徴を持つハチミツに人気がある。これを失ってしまえば、消費者にとって本当の意味でハチミツとその多様性を知る手がかりがなくなるといっても過言ではない。ハチミツ全体の消費を促すためにも、偽和の根絶を目指すことは重大な使命だが、それがハチミツの多様な特徴を失わせる方向に向かってはならない。

(〒194-8610 町田市玉川学園6-1-1

玉川大学ミツバチ科学研究施設)

主な引用文献

- Astwood, K., B. Lee and M. Manley-Harris. 1998. J. Agric. Food Chem. 46: 4958-4962.
- Bogdanov S. and P. Martin. 2002. Swiss Bee Research Centre. <http://www.alp.admin.ch/themen/00502/00503/00514/index.html?lang=en>. (本サイトからダウンロード可能)
- Crane, E. 1999. The world history of beekeeping and honey hunting. Routledge, New York. 682 pp.
- 藤田哲. 2000. 食品のうそと真正評価. エヌ・ティー・エス, 東京. 347 pp.
- Horwitz, W. (ed.) 2006. Official methods of analysis of AOAC international. AOAC international, Maryland.
- Rogers, K. M. D. Mildenhall, R. Tremaine and Warnes, Philip N. 2004. JESIUM2004. http://chemsrv0.pph.univie.ac.at/jesium/abstracts/CH7_ST_PO1.pdf.
- White, J. W., Jr., M. L. Riethof and E. Ekushnir. 1961. J. Food Sci. 26:67-73. KUSHNIR