

# アサマ NEWS

# パートナ

2011-5 NO. 142

## バイキン博士の衛生雑談

### 手洗いの細菌学

手洗いというのは食品衛生の基本で、どの食品工場でもそれぞれの基準をつくって、従業員にはそれに従うよう、教育し、実践している。厚生労働省でも集団給食施設などでの食中毒を予防するために、手洗いマニュアルを公表している。(文献1)

(手洗いマニュアル)

1. 水で手をぬらし石けんをつける。2. 指、腕を洗う。特に、指の間、指先をよく洗う。(30秒程度) 3. 石けんをよく洗い流す。(20秒程度) 4. 使い捨てペーパータオル等でふく。(タオル等の共用はしないこと。) 5. 消毒用のアルコールをかけて手指によくすりこむ。

一方、手洗いというのは、案外複雑なもので、これを巡って膨大な研究論文が発表され、また、著作も出されている。わが国でも西田の『手洗いのバイブル』(文献2)をはじめ、手洗いに触れている多くの著作がある。

複雑さの一端は、例えば表1を見ると分かる。これは石田・三浦(文献3)が名古屋文理短期大学の学生さんたち、約400人を対象に、石鹸、塩化ベンザルコニウム、アルコールなどの洗浄効果を調べた結果である。表1はもとの表を改変し、要約している。この表をみると、塩化ベンザルコニウム30秒の手洗いを例外として、手を洗うことによって、手の菌数が増える方が多いという結果になっている。

	手洗いの方法	菌数減少 (%)	菌数増加 (%)
1	水洗い 20秒	27.4	72.6
2	石鹸 20秒	19.7	80.3
3	石鹸 - アルコール	39.1	60.9
4	逆性石鹸 数秒	42.4	57.6
5	逆性石鹸 30秒	75.8	24.2
6	薬用 M 石鹸	33.8	66.0

1-6: それぞれ59-73人を被験者とした

2: 洗浄後、水で流し、紙タオル; 3: 2の後に70% アルコールを噴霧

4: 2の後に塩化ベンザルコニウム溶液に30秒浸し、水洗、紙タオル

6: 石鹸液(主成分トリクロサン、トリクロロカルボン)1操作分を手に取り、もみ洗い、水洗、紙タオル

表1. 手洗いの除菌効果 (石田・三浦, 2000)

また、図1に示したのは、菅原たち(文献4)が健常人5名に対して、グローブジュース法で手の菌数を測定した結果で、菌数の測定は5分間隔で10回行っている。グローブジュース法というのは、手と手袋の間に回収液(ポリソルベート、レシチンを加えた緩衝液)を入れ、手を十分に揉んでから回収液中の菌数を測定するという方法である。スタンプ法・拭き取り法などの方法に比べて、格段に多くの菌が回収できる。

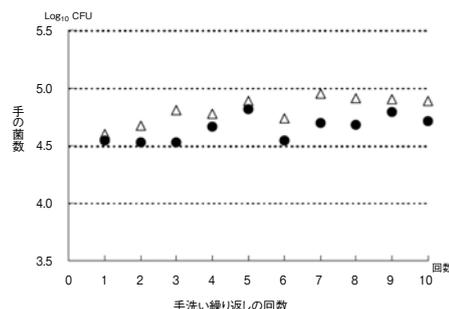


図1. 手の、繰り返し測定した菌数

図1をみると、最初に回収された菌数と、2回目以降の菌数とはあまり変わりはなく、手洗いを何回繰り返しても手の細菌数は減らない、むしろ増加するという結果にさえなっている。

このような結果をみると、手洗いというものは一体何のためにやっているのかという疑問も当然ながら生まれてくるだろう。これに答えるには、皮膚の構造とそれに付着している細菌について知らなければならない。

### 皮膚の構造と付着細菌

皮膚の最外層は角質層で、数層の角質細胞からなっている。角質細胞は無核の死んだ細胞で、ケラチンの強固な束からなり、また、細胞間には脂質が満ちていて、外部からの細菌の侵入を防いでいる。しかし、角質層の上部では細胞の結合は弱くなり、最表層は1、2日で剥離する。角質層の下の上皮からは、剥離を補うように、表層の細胞が角質化し、角質層にかわる。

皮膚の微生物の多くは角質層の表面と、上部の細胞間の結合が弱くなっている部分に付着、生息している。また、皮脂腺の開口部には嫌気性のプロピオン酸菌、とくにプロピオニバクテリウム・アクネス (*Propionibacterium acnes*) が巣くっており、脂質とアミノ酸を栄養として生きている(図2)。この菌の代謝によってプロピオン酸ができ、他の細菌が侵入・増殖するのを防いでいる。そのほかに汗腺基部・毛嚢なども微生物の住み家となっていると言われるが、Kligman(文献5)によると、組織学的な証明は少ない。

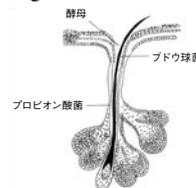


図2. 皮膚の構造と生息する細菌

### 常在菌・外来菌

皮膚を住み家として定住している常在菌 (residents) と、環境からの汚染によって付着している外来菌 (transients) の区別は、すでに1938年に Price によって指摘されている。常在菌は皮膚の表層の下部に食い込

んでいるので、洗剤や消毒剤によっても容易に数は減らない。一方、外来菌は表面に付着しているだけなので落ちやすい。

皮膚に付いている病原菌の殆どが外来菌である。しかし、荒れた皮膚、傷ついた皮膚には微小なコロニーを作って住み着き、常在菌になるような菌種もある。もともと鼻・喉に住み着いているブドウ球菌(*Staphylococcus aureus*)は、このような条件では容易に常在菌になり易い。

### 皮膚の微生物相

皮膚にどのくらいの数の微生物が付着しているかという研究は非常に多い。皮膚の菌数は場所により大きく異なり、また、人によっても差がある。さらに大きな違いが測定法によって生ずる。表2に示したのは、その1例で、方法が異なると、場所によっては4桁に上る差が出てくる(文献6)。ここでのスクラブ法は、現在のグローブジュース法に近いものと考えられる。この方法によって角質層の中、あるいは皮膚の微小なひだの中の細菌もかき取られ、スタンプ法とは大きな違いが現れる。

	スタンプ法	スクラブ法
ひたい	348	2.0×10 <sup>5</sup>
脇の下	106	2.4×10 <sup>6</sup>
背中	55	3.1×10 <sup>2</sup>
前肢	41	1.0×10 <sup>2</sup>

表2. 皮膚の好気性菌 (菌数/cm<sup>2</sup>) (Tannock G. W., 1995)

### 皮膚の菌相

皮膚にはどのような種類の微生物がいるか、ということについても多くの研究がある。一般に皮膚に多い細菌とされてきたのは、グラム陽性細菌で、なかでも *Staphylococcus epidermidis*, *S. homis*, *S. aureus* などのブドウ球菌, *Micrococcus luteus* などのグラム陽性球菌, *Corynebacterium jeikeium*, *Propionibacterium* などが、多いとされてきた。一方、グラム陰性細菌としては *Acinetobacter calcoaceticus* が報告されている。そのほかに酵母 *Malssezia furfur*, カビ *Trychophyton mentagrophytes* var. *interdigitale* がしばしば検出されている(文献6)。

近年、分子遺伝学の発達によって、環境の微生物相を、培養法によらずに解析する手法が発達してきた。皮膚の微生物相についても、この方法を適用した研究がある。

Gao たち(文献7)は、健康人6人(21-54才, 男女3人ずつ)の前腕から拭き取り法によって得た試料からDNAを抽出し、16SrDNAを増幅した後、無作為に1221のクローンを採取し、種のレベルで同定している。その結果、91の属、182の細菌種が検出された。これらのうち、6人に共通してみられる種は4種にすぎなかった。ただ、この4種で全クローン1221の31%を占めていた。また、8-10か月後に4人に対して同様な実験を行ったところ、2回の実験で重なって検出された属は4属(*Propionibacteria*, *Corynebacteria*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*)に過ぎなかった。しかし、これらの属の細菌は、全分離菌株(クローン)のほぼ54%を占めていた。

始めの実験で6人中4人以上に検出された菌種をあげると表3のようになる。

Gao たちの研究から分かることは、皮膚には今まで考えられていたよりもずっと多い種類の細菌が付着しており、一方、皮膚に恒常的に住み着いていると思われる菌の種類は少ないということである。

表4に見られるように、*Propionibacterium acnes* は6人全員から検出されており、また、菌相中の比率も高い。一方、表皮ブドウ球菌とよばれて、皮膚の常在菌とみなされてきた、*Staphylococcus epidermidis* はこれをもたない人もあり、菌相内でのその率も高くない。

皮膚の菌相は人の年齢、健康状態にもより、また、皮膚の部位によって大きく異なるので、同じような手法をつかった、もう少し多くの研究が出そろわなければ正確な結論は下せない。

種	数	% *2
<i>Propionibacterium acnes</i> *1	252	20.6
<i>Corynebacterium tuberculostearicum</i> *1	78	6.4
<i>Streptococcus mitis</i> *1	33	2.7
<i>Finogoldia</i> AB109769*1	16	1.3
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	36	2.9
<i>Acinetobacter junii</i>	30	2.5
<i>Staphylococcus hominis</i>	20	1.6
<i>Staphylococcus caprae</i>	43	3.5
<i>Corynebacterium mucifaciens</i>	29	2.4
<i>Corynebacterium mucifaciens</i>	23	1.9
<i>Pseudomonas stutzeri</i>	21	1.7
Actinomycetales AY770698	19	1.6
<i>Streptococcus sanguinis</i>	19	1.6
<i>Rothia mucilaginosa</i>	18	1.5
<i>Corynebacterium jeikeium</i>	14	1.1
<i>Diaphorobacter nitroreducens</i>	7	0.6
Total	658	53.9

\*1: 太字は6人すべてに見られた菌種

\*2: 全クローン数1221株についての比率

表3. 皮膚に多く検出された細菌 (Gao et al., 2007)

しかし、極めて多数の菌種が皮膚に付着しており、その中で、以前常在菌と考えられていた多くの菌種が、多少とも外来菌の性格をもっていることは確かであるように思われる。

### 手洗いの効果 (手洗いで除ける菌, 除けない菌)

手洗いの目的は外来の有害菌を除くためであって、特殊な事情(外科手術など)を例外として、大部分の常在菌まで取り去ろうというのではない。

手に付着した細菌が手洗いによってどの程度除けるかということについては古くから多くの研究がある。ここでは一例として Bloomfield たちの例を表4に示す(文献7)。

手に付着した外来菌は石けんと水だけでかなり落ちる。ただ、大腸菌の例で見られるように、通常の手洗いの時間と考えられる10秒程度の手洗いではその効果は小さく、十分な手洗い効果を得るためには、30秒の時間が必要であることも分かる。

微生物	洗浄時間(秒)	細菌除去率(対数)
<i>Escherichia coli</i>	10	0.5
	15	0.6-1.1
	30	1.37-3.0
	60	2.6-3.2
	120	3.27
<i>Serratia marcescens</i>	10	1.87
<i>Staphylococcus aureus</i>	30	0.5-3.0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	30	2.0-3.0
<i>Clostridium difficile</i>	10	2.0-2.4
<i>Poliovirus</i>	30	1.9
<i>Rotavirus</i>	10	0.14
	30	1.17-1.19
<i>Bacteriophage MS2</i>	10	1.82

表4. 石鹸と水による外来微生物の除去 (Bloomfield et al., 2007)

手指の付着微生物の除去にアルコールを使うと大きな効果があることについても、多くの研究がある。例えば、指先に付いた大腸菌とロタウイルスは、水洗いでは84%、90%が除かれるが、プロピルアルコールによっては、それぞれ99.0%、99.8%まで除かれる(Ansari 1989, 文献8)

一方手の常在菌については、石鹸ではなかなか除去できない。アルコールを長時間使うことによって、ようや

くある程度まで減少することが分かっている。

表5に上げたのは、いくつかの実験例をまとめた結果（Kampf & Kramer 2004, 文献9）の一部である。石鹸に比べてアルコールの効果が大いことが確認できる。

	濃度 (%)	時間 (分)	菌数の減少 (対数)
石けん		2	-0.05
		3	0.3-0.57
クロルヘキシジン	4	2	0.35-1.0
	4	3	0.68-1.75
エタノール	70	2	1.00
	70	3	1.32
	80	2	1.50
	85	3	2.1-2.5
イソプロパノール	70	1	0.7-0.8
	70	2	1.2-1.65
	70	3	1.5-2.0
	70	5	2.1-2.4

表5.皮膚の付着細菌に対するアルコールの除菌効果 (Kampf G. & A. Kramer 2004)

手洗いについての多くの研究結果を考察すると、外来の微生物は石けんと水の手洗いによっても、かなり除くことができるし、さらに、アルコールは外来微生物の除去に大きな効果を発揮する。

冒頭に上げたわが国の厚生労働省の指針は、妥当なものだと納得できる。

(清水 潮 元東京大学・広島大学教授)

文献

1. 大量調理施設衛生管理マニュアル 厚生労働省 (最終改正:平成 20 年 6 月 18 日食安発第 0618005 号)
2. 西田博 『手洗いのバイブル』 pp.281, 光琳1989.
3. 石田和夫・三浦英雄, 2000: 手洗い効果の細菌学的考察, 名古屋文理短期大学紀要, 第25号, 43-48
4. 菅原ほか, 2008: 手指細菌叢回収に関する検討, 医療関連感染, vol. 1, 53-56.
5. Kligman, A. M. 1969: The bacteriology of normal skin, p.13-31, In Maibach, H. I. & G. Mildick-Smith (eds.) "Skin bacteria and their role in infection", McGraw-Hill, New York.
6. Tannock, G. W. 1995: Normal microflora, p.4, Chapman & Hall, London.
7. Gao Z. et al., 2007: Molecular analysis of human forearm superficial skin bacterial biota. Proc. Nat. Acad. Sci., 104: 2927-2932
8. Ansari, S. A. et al. 1989: In vivo protocol for testing efficacy of hand-washing agents against viruses and bacteria: experiments with rotavirus and Escherichia coli. Appl. Environ. Microbiol., 55: 3113-3118.
9. Kampf, G. & A. Kramer 2004: Epidemiologic background of hand hygiene and evaluation of the most important agents for scrubs and rubs. Clin. Microbiol. Rev. 17:863-893

て微生物が増殖するのに必要な水を奪い取り、保存性を高める方法である。一方、塩蔵・糖蔵は、水分はそのままであるが、食塩や砂糖を加えることによって乾燥と同様に微生物が必要とする水分を奪い取り、増殖を抑制するものである。

いずれも微生物が増殖するのに必要な水分を奪い取ることで共通している。したがって、乾燥によって微生物が利用できる水分を減少させることと食塩や砂糖を加えることによって水分を奪い、結果的に微生物が利用できる水分が減少することは、水分活性という物差しで見ると同じということになる。言い換えると水分活性は微生物が利用できる水の割合を示しているものといえる。

このように、食塩や砂糖、あるいはタンパク質や炭水化物のような食品成分と強く結合し、微生物によって利用できない水を結合水という。一方、食品の中において、食品成分との結合が弱く、微生物が利用することのできる水分のことを自由水という。このように食品中に含まれる水分には、結合水と自由水がある (図1 参照)。結合水は食品成分と強く結合しているが、その結合様式には次のようなものがある。

- 1) 水分子と食品中の炭水化物, タンパク質, ペプチド, 脂肪酸などに含まれる親水性官能基 (OH-, COOH, NH<sub>2</sub>, CONH<sub>2</sub>など) との間で水素結合を形成
- 2) 水分子とイオン性基 (COO<sup>-</sup>, NH<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>) との間で正負の荷電が引き合い水和を形成.
- 3) 水分子と疎水性物質間の疎水性水和を形成.
- 4) 食品組織の微細孔に吸着

水分活性は図2で示す式で表わされる。ここでPは食品の蒸気圧, P0は水の蒸気圧を示している。したがって、水分活性を100倍した数値は、相対湿度を表すことになる。したがって、例えば密閉容器内の相対湿度が90%になる食品であれば、水分活性は0.90ということになる。

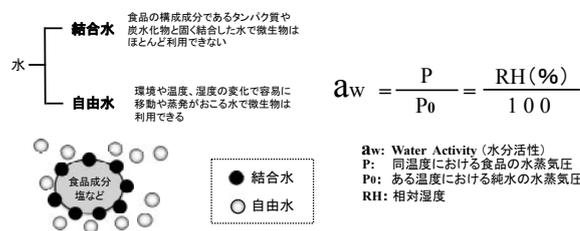


図1. 結合水と自由水

図2. 水分活性と相対湿度

## 食品加工と微生物

### 食品保存と水分活性

せんべい、クッキー、干物などは代表的な乾燥食品であるが、これは水分を減少させることによって微生物の増殖を抑制し、保存性を高めた食品である。一方、和菓子に使われる生餡は、砂糖を含まないので極めて変敗しやすい食材であるが、砂糖を徐々に増やしていくと変敗しにくい餡となる。また、漬物は、食塩を加えることによって保存性を高めた食品で、漬物原料となる塩蔵野菜は、長期間にわたって保存することができる。水分量は同じでも砂糖や食塩を多く含む場合は水分活性が低くなるために保存性は向上する。このように、水分と水分活性は、言葉の上では類似しているが、異なる概念である。糖分の多い菓子類や食塩の多い佃煮や漬物などの保存性を考える上でこの水分活性は大変重要な意味を持っている。

### 水分活性

動物は水が無ければ生きていくことができないのと同様、微生物も水無しでは生きていくことができない。冷蔵・冷凍や加熱殺菌の技術がなかった古代では、農産物や海産物を貯蔵する方法として乾燥、塩蔵、糖蔵が行われていた。乾燥は、食品から水分を減少させることによ

図3で示すように、湿度が一定に保たれた密閉容器内に食品を置いたとき、湿度が低い密閉容器内では食品の水分は蒸発し、湿度が高い密閉容器内では食品の吸湿が起こり、最終的には密閉容器内の相対湿度と等しくなるところで水分の移行は停止する。この蒸発や吸湿することによる食品の重量変化から、本来有している食品の水分活性を求めることができる。

この方法は、平衡重量水分法と呼ばれるものであるが、内容については後述する。

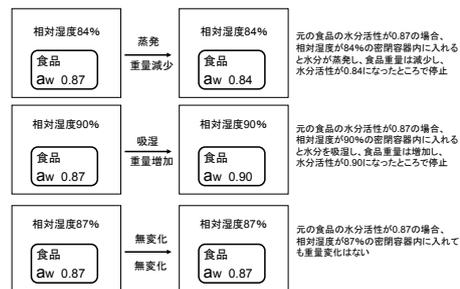


図3. 食品の水分活性と相対湿度の関係

### 微生物の増殖と水分活性

微生物は種類によって食品中の水に対する生育状況が異なる。大まかにいって、細菌は水分活性が高い食品でないと生育できないが、カビは細菌よりも低い水分活性の食品においても生育する。酵母はその中間である。

図4は、水分活性をもとに食品を分類したもので、水分活性と保存性との関連を良く理解することができる。

多水分食品は、水分活性が0.9以上の食品で、野菜、果実、魚介類などの生鮮食品や水分の多いポテトサラダ、煮物、生菓子など腐敗しやすい食品群である。中間水分食品とは、水分活性が0.65～0.85の食品で、水分は15～40%程度であるが、食塩濃度や糖濃度が比較的高く、通常の微生物は生育しにくい食品グループである。このグループでは、耐塩性の微生物が増殖する場合がある。ジャム、ゼリー、サラミソーセージ、味噌、醤油、塩辛、佃煮などがこのグループに入る。低水分食品は、水分活性が0.65以下の食品で、多くのものは水分が5%以下の食品である。微生物はほとんど生育できないので保存性が良い。このグループには、ビスケット、脱脂粉乳、チョコレート、茶、乾燥野菜などが入る。このように水分活性が低いほど、微生物を抑制するだけでなく、褐変などの化学変化も抑制される。しかし、脂肪酸の酸化に関しては、水分活性が極端に低い場合は、逆に進行しやすくなる。

表1は水分活性と微生物の増殖との関係を示したものである。対象となる食品の水分活性がわかればどのような微生物が増殖可能なかを知ることができると同時に、制御方法を検討する上で有力な情報を得ることができる。表2は、主な食品の水分活性と水分、食塩濃度を示したもので、この水分活性を知ることで、どの微生物が生育可能なかを推測することができる。例えば、羊麩の水分活性は0.87であるが、この水分活性では、病原大腸菌など、食中毒菌の多くのものは生育できないことがわかる。しかし、カビは生育可能であることから、この水分活性の場合はカビの発生のおそれのあることを示している。その結果、対策としては、脱酸素剤などを利用するなどして、カビの発生を防止する必要があることがわかる。

### 水分活性の測定

1951年、ランドロックとプロクターは比較的簡単に水分活性を測定する方法を考案した。原理的には図5に示した関係を利用している。この方法は、既に水分活性の値が分かっている塩類の飽和溶液（密閉容器内に入れると決まった相対湿度になる）を2種類使用し、それぞれを密閉容器内にいれ、その中に水分活性を測りたい食品の重量を測ってからそれぞれの容器内に入れる。その後、一定時間（25℃で4～20時間）放置した後、再び食品の重量を測定し、グラフ上にプロットする。それぞれを線で結び、増減が0（ゼロ）の線との交点、すなわち、吸湿も放湿もない点が水分活性値となる。こうすることにより水分活性を求めることができる。

ランドロックらの研究報告では、大型の特殊な容器を用いて行っているが、現在はコンウェイユニットと呼ばれる小型のガラス容器を利用した簡便な測定装置を用いることによって、容易に食品の水分活性を測定することができる。この方法では通常30分～1時間で値が安定するのでランドロックらのものに比べ、短時間で測定することができる。コンウェイユニットを使用する方法以外では、前述したように、電気抵抗や露点測定を利用した水分活性測定器が市販されている。これらのものは、測

定容器内に食品を数グラム入れ、密閉しておくことにより一定時間後に水分活性がそのままデジタル表示されるものである。機種によっては5分以内の短時間で測定できるものもあるが、使用場面によって使い分けが必要である。いずれも高価な装置であるが、短時間でかつ容易に測定することができるので便利である。

HACCPに準拠した自主的衛生管理が一般的になってきた昨今、水分活性は品質保持を行う上で重要な指標の一つとなっている。

（宮尾茂雄 東京家政大学教授）

### 参考文献

- 厚生労働省生活衛生局監修：「食品衛生検査指針，理化学編」，日本食品衛生協会

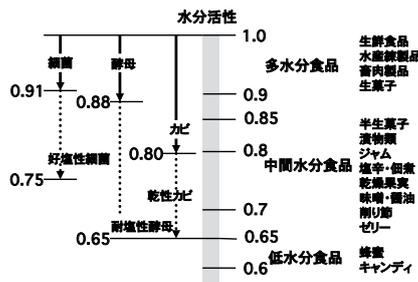


図4. 微生物の最低生育水分活性と食品の水分活性

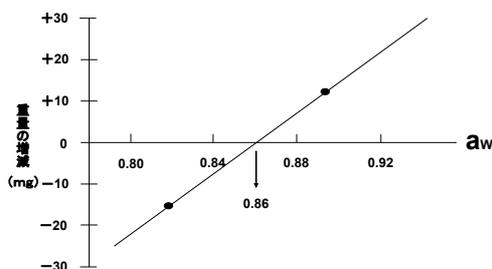


図5. グラフを利用した水分活性の測定

水分活性	糖 (%)	食塩 (%)	生育が阻止される主な微生物
0.98			カンビロバクター
0.65	40	7	病原大腸菌
0.94			腸炎ビブリオ、サルモネラ、エルシニア
0.93			ウェルシュ、ボツリヌス、セレウス
0.91	55	12	
0.9			リステリア
0.88			多くの酵母
0.87	65	15	
0.86			黄色ブドウ球菌
0.8			多くのカビ
0.75		26	好塩細菌
0.65			耐乾性カビ
0.6			好浸透性酵母
0.5			微生物は生育しない

表1. 生育が阻止される主な微生物と水分活性

食品	水分活性	水分 (%)	食塩 (%)	食品	水分活性	水分 (%)	食塩 (%)
野菜	0.98~0.99	90<		塩たらこ	0.91	62	7.9
果実	0.98~0.99	87~89		羊麩	0.87		
魚介類	0.98~0.99	70~85		イワシ生干し	0.8	55	13.6
食肉類	0.97~0.98	70<		うに塩辛	0.89	57	12.7
卵	0.97	75		乾燥果実	0.72~0.82	15~21	
果汁	0.97	86~88		蜂蜜	0.75	16	
魚肉ソーセージ	0.96~0.98	66~69		マレード	0.75	32	
焼きちくわ	0.97~0.98	72~75		ケーキ	0.74	25	
かまぼこ	0.93~0.97	70~73		ゼリー	0.60~0.69	18	
さつま揚げ	0.96	72~76		干しエビ	0.64	23	
アジの開き	0.96	68	3.5	キャンデー	0.57~0.65		
チーズ	0.96	40		小麦粉	0.61	14	
ジャム	0.82~0.94			クラッカー	0.53	5	
パン	0.93	35		ビスケット	0.33	4	
ハム	0.9	56~65		チョコレート	0.32	1	
塩ざけ	0.89	60	11.3	脱脂粉乳	0.27	4	

表2. 主な食品の水分活性および水分、食塩濃度

## アサマ化成株式会社

E-mail : asm@asama-chemical.co.jp  
http://www.asama-chemical.co.jp

●本社 / 〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町20-3 TEL (03)3661-6282 FAX (03)3661-6285  
●大阪営業所 / 〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-6-13 御幸ビル TEL (06)6305-2854 FAX (06)6305-2889  
●東京アサマ化成 / 〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町16-5 TEL (03)3666-5841 FAX (03)3667-6854  
●中部アサマ化成 / 〒453-0063 名古屋市中央区東宿町2-28-1 TEL (052)413-4020 FAX (052)419-2830  
●九州アサマ化成 / 〒811-1311 福岡市南区横手2-32-11 TEL (092)582-5295 FAX (092)582-5304  
●桜陽化成 / 〒006-1815 札幌市手稲区前田五条9-8-18 TEL (011)683-5052 FAX (011)694-3061