

〔醸酵工学 第55巻 第5号 254-261. 1977〕

## 麴菌の増殖と孢子形成に対する水分活性の影響

奈良原 英 樹

株式会社樋口松之助商店

Influence of water activity on the growth and the yield of conidia of *Aspergillus*.  
NARAHARA, H. (*Higuchi Matsunosuke Syoten Co. Ltd. Harima-cho, Abeno-ku, Osaka 545*) *Hakkokogaku* 55: 254-261. 1977.

Ten strains of *Aspergillus* were grown on a modified Czapek's agar which was adjusted to various water activity ( $A_w$ ) levels with sucrose. The optimum  $A_w$  at which the maximum rate of linear growth was obtained was between 0.980 and 0.990 for seven strains of the *Aspergillus oryzae* group, and one strain each of *A. flavus* and *A. usamii* incubated at 25°C, 30°C, or 35°C. There are no definitive differences between the strains, at any incubation temperature. For *A. niger*, a slightly lower  $A_{w_{opt}}$  of 0.970 was observed. The maximum rates of growth, as well as the ranges of  $A_w$  resulting in germination in 24 hr, were reduced at 25°C for all the strains tested.

The maximum yields of conidia were obtained at relative humidities between 96.0 and 99.5 percent at 25°C or 30°C for five strains of *A. oryzae* and one strain of *A. flavus* used.

The sodium chloride used to adjust the  $A_w$  of the medium caused specific inhibition of the growth of some strains.

The water sorption isotherms of steamed rice and conidia were determined at 25°C. Freshly steamed rice was found to be a suitable medium for *A. oryzae* with respect to  $A_w$ .

微生物の生育に水が不可欠であり、その量的変化が菌の生育に大きく影響することはよく知られている。しかし、微生物の生育と水分との関係についての研究は、主として食品の防腐の面から最低必要水分量についてなされており、最適水分量に関して報告されている菌種は少ない。麴菌に関しても、増殖、孢子形成に対する栄養<sup>1-3, 5-7)</sup> 温度<sup>1, 5)</sup> pH<sup>8)</sup> 酸素量<sup>9)</sup> などの影響の報告はあるが、水分量との関係については報告されていない。

本報では、麴、種麴の製造に関する研究の一端として、増殖と孢子形成に対する水分量の影響について、主として *Aspergillus oryzae* group の種、変種を代表する5株の type culture と野生株の代表として *A. flavus* の type culture 1株について検討し、また米の培地としての適性と孢子の保存に対する水分量の面からの検討も併せて行った。

水分量の尺度としては、水分活性 ( $A_w$ ) が微生物の水摂取の難易さを示すのに最適であり、培地の種類に

かかわらず普遍的に用いることが出来るので、ここでも水分量は培地については  $A_w$  を、気相については相対湿度 (RH) を用いた。

## 実験方法

使用菌株 主として用いたのは *Aspergillus oryzae* group の次記5株, *A. oryzae* var. *viride* var. nov. (RIB 128), *A. oryzae* (Ahlburg) Chon (RIB 430), *A. oryzae* var. *brunneus* var. nov. (RIB 1172), *A. sojae* SAKAGUCHI et YAMADA (RIB 1045), *A. tamarii* KITA (RIB 3005) と野生株の代表として *A. flavus* LINK (RIB 1406) で、その他に deferriferrichrome 非生産性変異株で清酒醸造に用いられている *A. oryzae* var. *viride* var. nov. (RIB 203) mut. FN 16, *A. oryzae* var. *viride* var. nov. (RIB 203) mut. A 27 と *A. oryzae* group 以外で発酵工業に用いられている *A. usamii* mut. *shirousamii* Iizuka, *A. niger* の4株を増殖速度測定の際に用い *A. oryzae* var. *brunneus* W30 は食塩の特異的阻害の実験にのみ用いた。

上記最初の8株は醸造協会より分与いただいたもので、その分類は村上の報告<sup>10)</sup>による。他の3株は当社所有のものである。

**培地** Czapek 氏培地を麹菌の液体培養の実験で得たデータ(投稿中)に基づいて改変した次の組成のものを基礎培地として用いた。Urea 2g, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.5g, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 1g, NaCl 0.5g, FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.01g, ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.03g, Sucrose 30g, Agar 20g, Tap-water 1l. その Aw は計算と補挿法<sup>11)</sup>による測定により約0.995であった。

**水分活性、相対湿度の調整** 培地の Aw 調整法は大別して3つの方法があり、<sup>12)</sup> 1つは RH 調整した容器中に培地をカバーガラスなどに塗付して懸垂し、培地を気相の RH と平衡状態にした後に用いる方法、1つは予め培地の水分含量と Aw との関係について等温吸着線をつくり、これに基づいて培地の水分含量を調整することにより Aw を調整する方法で、今1つはすでに溶質の濃度と Aw との関係が測定されている溶質を培地に計算量加えることにより調整する方法である。前2者の場合 Aw の各段階への調整に伴い培地組成の全溶質濃度が大きく変化するが、後者では Aw 調整に用いる溶質の濃度のみを目的の Aw に応じて変化させるので、Aw 調整の容易さ並びに培地成分の濃度変化による影響の排除または検討が容易であることとされている。本報では上記の理由により Robinson, Stokes<sup>13)</sup> のデータに基づき sucrose, glycerol, NaCl により Aw を調整した。主として用いたのは sucrose で、他は溶質の種類により濃度変化が Aw との関連以外の面で影響するかを検討するため一部で用いた。

気相の RH と液相の Aw との間には、平衡状態では次の関係がある。 $Aw = P/P_0 = RH/100$  ここで P は溶液の水蒸気圧、P<sub>0</sub> は水の水蒸気圧である。そこで RH は容器中に Aw を調整した NaCl の水溶液を入れ密閉することにより調整した。なお試料は容器中液面に出来るだけ近く置くようにした。

#### 培養

1. 増殖速度に対する Aw の影響 改変 Czapek 氏培地を Aw 調整後オートクレーブにて 120°C で10分間滅菌し、径 9cm のペトリ皿に約 20ml ずつ分注、冷却後ペトリ皿をさかさに重ね一夜放置し蓋に付着した水滴は除去した(これによる Aw の変化は無視出来る)。接種は、米で試験管培養した原菌に界面活性剤を含む滅菌水を加えパイプレートして孢子懸濁液(約  $1 \times 10^8$ /ml)をつくり、これに乾熱滅菌した径 3mm の

No. 51A ろ紙を浸し、余分の水分をろ紙で除去した後上記ペトリ皿の中央に置くことにより行った。ペトリ皿はテープで密封し、培養はファン付恒温器中で 25°C, 30°C, 35°C にて行い、24時間毎にペトリ皿の底部よりノギスによりコロニー径を測定した。増殖速度はコロニー径が直線的に増加する時点での単位時間当たりのコロニー径の変化で示した (mm/hr)。

接種菌量による影響は Aw 0.985 において 1~1/100 希釈まで 2 株の菌について検討し、増殖速度に影響が見られないことを確かめた。

2. 孢子着生量に対する RH の影響 200ml の綿栓付三角フラスコに浸漬、水切後の米 20g と木灰 0.2g を添加し 120°C で20分間滅菌を兼ねて蒸した後、各原菌を接種し 30°C で20時間培養した。次いで、高さ 1cm の足を付けたスライドグラス上に、20時間培養の米より麹菌の繁殖のよいものを10粒ずつ、その発熱による影響をなるべく避けるため各々約 1cm ずつ離して並べ、Aw 0.985 の NaCl 水溶液を入れた容器中で 30°C で24時間培養した。孢子着生直前までこのように同一条件で取り扱ったものを、Aw 0.995~0.850 に段階的に調整した各容器 (10×4×4 cm) に移し、25°C と 30°C でさらに72時間培養した。培養後の孢子着生量は、トーマの血球計で検鏡、計数し、原料米 1g 当たりの孢子数で示した。

3. 蒸し米並びに麹菌孢子の等温吸着線 蒸し米(水分35.6%)とその真空乾燥したもの(水分11.8%)、または未乾燥の孢子(水分38.7%)と真空乾燥孢子(水分11.2%)を足付スライドグラス上に米は10粒ずつ、孢子は薄く広げ、各 Aw に調整した NaCl 水溶液の入った容器に液面より約 5mm の高さに置き、密封(ここまでの操作は無菌的に行う)後 25°C で72時間放置し、取り出して各試料の水分を 105°C での乾燥法により測定した。蒸し米はこの外に補挿法によっても測定した。

#### 実験結果および考察

##### 増殖に対する Aw の影響

1. 溶質の種類による影響 Aw の調整には溶質の濃度変化が伴うので、溶質の濃度変化による Aw 以外の特異的影響の有無を検討するため、3種の溶質により Aw をそれぞれ調整し RIB 128株を用いて 30°C における Aw と増殖速度との関係を調べた (Fig. 1)。3種の溶質による増殖速度の差は各 Aw において見られるが、Aw と増殖速度との関係曲線は同様の傾向を示

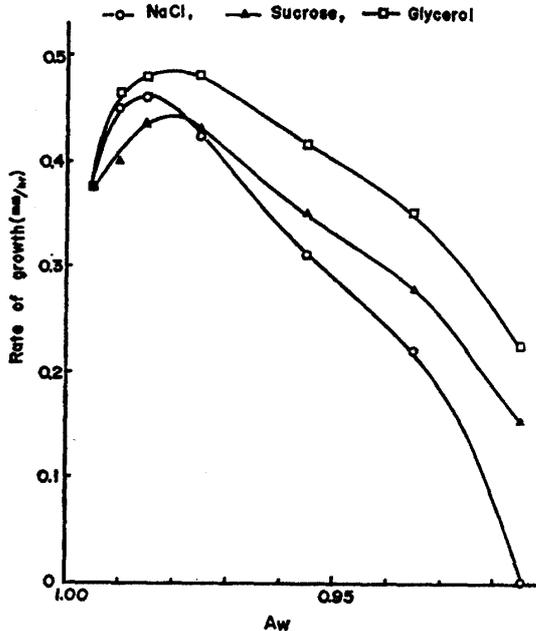


Fig. 1. Relation between rate of growth and  $A_w$  of *A. oryzae* (RIB 128), cultured at 30°C on a modified Czapek's agar adjusted to various  $A_w$  levels with NaCl, sucrose, or glycerol.

し、溶質の影響は種類に関係なく主として  $A_w$  との関連において現れていると言える。菌の生育に対する  $A_w$  の影響は、溶質の種類によらず同一に現れるという報告は Scott<sup>12,14</sup>) や Wadzinski ら<sup>15</sup>) も報告しており、Strong ら<sup>16</sup>) は特殊な溶質は  $A_w$  以外の面で影響するとしている。いずれもバクテリアに関しての報告で、取り扱った菌種も異なるが、イオン化する溶質を用いる場合には、イオンの影響を考慮する必要があると考えられる。従って、以下は sucrose により  $A_w$  を調整した。

2. 麹菌の増殖パターン コロニー径の経時変化は Fig. 2 に 1 例を示したが、ここで用いた菌株においては、 $A_w$  菌種に関係なく、増殖遅延期を過ぎると直線的増殖を示す。接種後直線増殖期を延長して横軸を切る点までを増殖遅延時間とすれば、この発芽期を含む増殖遅延期は、菌種に関係なく、培養温度については 25°C, 30°C, 35°C の順に短くなり、同一温度においては 25°C では  $A_w$  0.995~0.975, 30°C では 0.995~0.955, 35°C では 0.995~0.935 において短く、この範囲内の  $A_w$  による差はあまり見られなかった。

3. 各菌株の各培養温度での増殖速度に対する  $A_w$  の影響 増殖速度 ( $\phi$  mm/hr) と培地の  $A_w$  との関係を各培養温度についてプロットし (Fig. 3), またその最大増殖速度を示す  $A_w$  とその  $A_w$  における増殖速度を Table 1 に示した。 *A. oryzae* と *A. flavus* において、

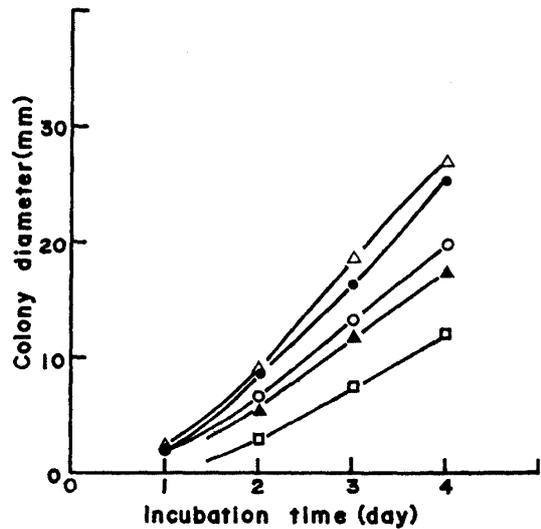


Fig. 2. Growth curves of *A. oryzae* (RIB 128). The culture was incubated on a modified Czapek's agar adjusted to various  $A_w$  levels with sucrose. Incubation temperature was 25°C.

$A_w$   
 ○ 0.995, △ 0.985, ● 0.975,  
 ▲ 0.955, □ 0.935

変異株も含めていずれも培養温度に関係なく最大増殖速度を示す  $A_w$  ( $A_{w_{opt.}}$ ) は 0.990~0.980 にあり、25°C における RIB 1172 を除いて  $A_w$  0.995 において著しく増殖速度が低下している。 $A_{w_{opt.}}$  以下の  $A_w$  における増殖速度の低下は必ずしも直線的でなく、またその

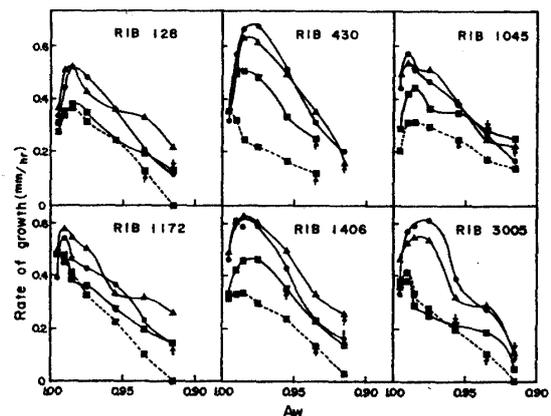


Fig. 3. Relation between rate of growth and  $A_w$  of six strains of *Aspergillus*.

Molds were incubated on a modified Czapek's agar adjusted to various  $A_w$  levels with sucrose (—) or NaCl (---) at 25°C (■), 30°C (▲), or 35°C (●). Arrows on the curves indicate that the germination of conidia was not observed within 24 hr incubation at  $A_w$  less than the value indicated by the arrow.

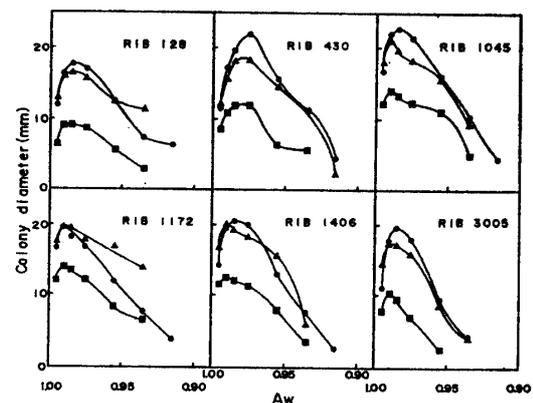
Table 1. Maximum rate of growth and  $A_{w_{opt}}$  of ten strains of *Aspergillus* incubated at various temperatures.

Strain	$A_{w_{opt}}$			Maximum growth rate (mm/hr)		
	25°C	30°C	35°C	25°C	30°C	35°C
<i>A. oryzae</i> RIB 128	0.985	0.985	0.985	0.380	0.520	0.516
// RIB 430	0.985	0.980	0.980	0.504	0.630	0.680
<i>A. sojae</i> RIB 1045	0.987	0.990	0.990	0.440	0.534	0.571
<i>A. oryzae</i> RIB 1172	0.993	0.990	0.990	0.483	0.577	0.540
<i>A. flavus</i> RIB 1406	0.980	0.985	0.985	0.459	0.621	0.610
<i>A. tamarii</i> RIB 3005	0.992	0.982	0.980	0.384	0.548	0.615
<i>A. oryzae</i> FN 16		0.985	0.982		0.352	0.327
// A 27		0.976	0.981		0.530	0.435
<i>A. usamii</i>		0.984	0.988		0.454	0.567
<i>A. niger</i>		0.972	0.968		0.540	0.578

曲線の形は菌株により異なる。培養温度の面からは、いずれの菌株においても 35°C において  $A_w$  の低下に伴う増殖速度の低下が著しい。*A. niger* の場合、 $A_{w_{opt}}$  が 0.970 付近にあり、*A. oryzae* よりやや低い。Heintzeler<sup>17)</sup> は、20°C におけるコロニー径の測定で  $A_{w_{opt}}$  を 0.980 付近と報告している。直接比較は出来ないが、温度の低下によりコロニー径で見た最適  $A_w$  は高くなり、この点を考慮するとほぼ一致していると考えられる。*A. flavus*, *A. tamarii* は、 $A_{w_{opt}}$  付近の  $A_w$  変化に伴う増殖速度の変化が少ない。25°C において *A. flavus*, *A. tamarii* は、 $A_w$  0.955 以下では 24 時間以内に発芽が肉眼的に見られない。他の菌株では、 $A_w$  0.935~0.915 において 24 時間以内の発芽が認められなくなっている。30°C, 35°C においては、いずれの菌株も  $A_w$  0.915 以上では 24 時間以内に発芽が見られ、Table 1 のデータと併せ考えると、生育適温ほど発芽に対する最低の  $A_w$  ( $A_{w_{min}}$ ) は低いと言える。Bonner<sup>18)</sup> も、*A. niger* について同様な傾向が見られることを報告している。

Fig. 4 は、増殖量と  $A_w$  との関係を知るため、接種後 48 時間におけるコロニー径と  $A_w$  との関係を図示したもので、各菌株共に最大径を示す  $A_w$  が 25°C において最も高く、30°C, 35°C と培養温度の上昇と共に低くなっている。これは前述のように、培養温度の上昇につれ初期増殖に適する  $A_w$  の範囲が広がっていることの影響で、この範囲の比較的狭い *A. flavus* と *A. tamarii* においては  $A_{w_{opt}}$  より高い  $A_w$  に最大増殖径がある。他の菌株においては、30°C, 35°C ではその  $A_w$  はほぼ一致している。

*A. oryzae*, *A. flavus* のコロニー径で見た最大増殖速

Fig. 4. Relation between growth and  $A_w$  of six strains of *Aspergillus*.

The six strains were incubated at 25°C (■), 30°C (▲), and 35°C (●) respectively on a modified Czapek's agar adjusted to various  $A_w$  levels with sucrose. Colony diameters measured after 48 hr incubation were plotted against  $A_w$ .

度は 25°C において最も低く、30°C または 35°C における最高値との比は 1.2~1.6 であり、30°C と 35°C で大きな差はない。また、各菌株間の差も大きくないが、RIB 430 は他の株に比して各温度を通じてやや増殖速度が早く、RIB 128 は遅い。しかし、48 時間目における最大増殖径ではむしろ RIB 1045, 1172 が大きく、これは遅延期が他の株に比して短いことを示している。2 つの変異株においては、他の *A. oryzae* 株に比して増殖が遅く、共に 30°C より 35°C の増殖速度が遅い。しかし、遅延期は 35°C が短く 48 時間における最大増殖径は 35°C の方が大きい。<sup>19)</sup>

4. NaCl の特異的阻害効果 25°C において NaCl

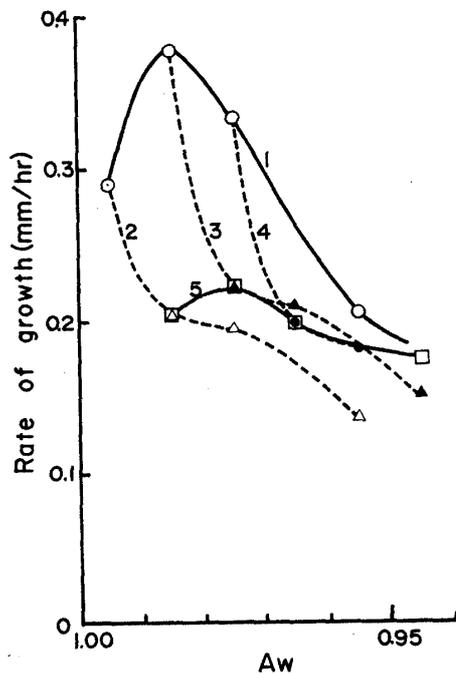


Fig. 5. Specific inhibition by NaCl added to decrease  $A_w$ .

*A. oryzae* (W30) was incubated at 25°C on a modified Czapek's agar adjusted to various  $A_w$  levels with sucrose, NaCl, or a mixture of the two solutes.

- Curve 1;  $A_w$  was adjusted with sucrose.  
 2; // NaCl.  
 3; // sucrose  
 ( $A_w$  0.99)+additional NaCl.  
 4; // sucrose  
 ( $A_w$  0.98)+additional NaCl.  
 5; // NaCl  
 ( $A_w$  0.99)+additional sucrose.

で  $A_w$  を調整した場合, RIB 128, 3005 に見られるように増殖速度に特異な影響が現れない菌株と, 特に RIB 430 に見られるように著しい阻害効果が認められる菌株がある (Fig. 3). 阻害が最も著しく見られる *A. oryzae* var. *brunneus* W30 について NaCl の阻害効果をさらに調べた (Fig. 5). その結果, 曲線 5 の  $-0.005 A_w$  に相当する添加量の場合と曲線 2, 3, 4 の例で, NaCl の添加量が  $-0.005 A_w$  に相当する  $A_w$  の変化においては, 曲線 1 の sucrose のみの例より著しく増殖速度が低下しているが, それ以上の NaCl の添加は sucrose による曲線 5 の場合とあまり変わりなく, 阻害効果は  $-0.005 A_w$  に相当する濃度 0.15 molar まであり, この濃度は約 0.9% で生理的食塩水濃度である点興味がある. なおこの阻害は sucrose の添加により回復しなかった. RIB 128 では 30°C においても NaCl による阻害は認められなかったが, RIB 3005 では 30°C に

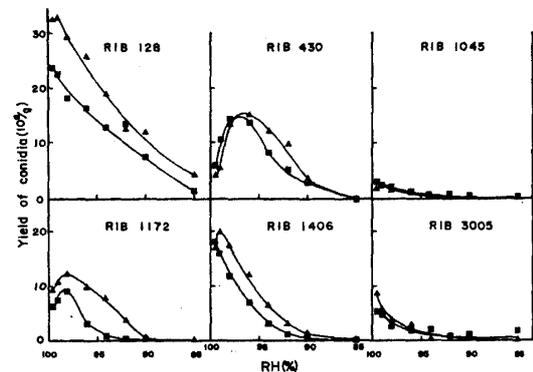


Fig. 6. Influence of relative humidity on the yield of conidia of *Aspergillus*.

Six strains were incubated on steamed rice and incubated under various relative humidities. To adjust the relative humidities the incubation vessels with closely fitting covers were partly filled with solutions of different concentrations of NaCl. All strains were preincubated for 44 hr at the same humidity of 98.5% RH at 30°C. Actual incubation for conidium formation was carried out at various RHs at 25°C (■) or 30°C (▲).

おいては阻害が現れた. この阻害が菌種による特性か, またどのような生理的作用によるのかは今回は検討しなかった.

**胞子生成量に対する相対湿度の影響** 米で種麴を製造する場合に, 全培養時間は 120 時間にも及び, その間, 米の乾燥による麴菌の増殖停止, または胞子形成不良を避けるため, 培養環境に十分な湿度を与えるべく種々な方法が採られているが, 実際どの程度の湿度が胞子形成に最適であるかに関する報告はない. 麴菌の増殖に対する最適  $A_w$  は 0.985 にあるので, 菌の増殖期の 44 時間は RH 98.5%, 30°C ですべての培養を行い, 胞子形成期の RH を 99.5~85.0% の範囲で段階的に変えて培養してみた (Fig. 6). 胞子形成に最適な RH は RIB 430, 1172 を除き  $A_{w,opt}$  より高く RH 99.5~99.0% 付近にあり, いずれの菌株においても最適 RH より湿度が低下するに従い著しく胞子生成量が減少し, 例えば, RIB 1172 は RH 90.0% ではほとんど胞子を生成しない. いずれの菌でも RH が高いほど conidiophore が長くなり, 米粒が接近して培養される工業的培養法では, この点が障害となることが考えられる. 44 時間の前培養で増殖が終わってしまっているわけではなく, この実験での RH の胞子生成量への影響は, 増殖と胞子形成の両面への RH の影響の相乗効果として現れている. 培養過程において, 麴菌の代謝熱の蒸発潜熱としての散逸による水分の減少と, 麴菌

Table 2. Maximum yield of conidia and optimum RH of six strains of *Aspergillus* incubated at 25 or 30°C.

<i>Aspergillus</i>	RH <sub>opt.</sub>		Maximum yield of conidia (10 <sup>8</sup> /g)	
	25°C	30°C	25°C	30°C
RIB 128	99.5	99.2	23.6	32.9
RIB 430	97.3	96.8	14.5	15.3
RIB 1045	99.5	99.0	3.3	2.8
RIB 1172	98.2	98.2	9.3	12.2
RIB 1406	99.5	99.0	18.1	20.0
RIB 3005	99.5	99.5	5.5	8.8

の生成する酵素による澱粉の低分子化により、米の $A_w$ は絶えず低下しており、気相のRHと平衡関係が維持されていないと考えられる。孢子形成が気相のRHより米の $A_w$ により大きく影響されるとすれば、培養中の $A_w$ の変化が少ない培地を用いれば、孢子形成最適RHは低くなることが考えられる。実際改変 Czapek氏培地においては $A_w$  0.995では孢子の着生はほとんど認められず、 $A_w$  0.985~0.955において孢子の着生がよい。また Table 2 に示すように、温度による影響はRIB 1045を除き25°Cより30°Cにおいて孢子生成量が多い結果が得られた。菌株により孢子着生量に大きな差が見られ、最大のRIB 128に比してRIB 1045は1/10以下となっているが、*A. sojae*のなかでもRIB 1045以外の工業用菌株では孢子生成のよいものがあり、これが各菌株の特性とは言えない。

蒸し米並びに麹菌孢子の水分含量と $A_w$ との関係蒸し米の等温吸着線 (Fig. 7) において、真空乾燥蒸し米より出発したものと、蒸し上がり水分のままの米より出発したものがほぼ同一線上にプロットされており、米と気相との平衡関係が成立していたと言える。別に補揮法により得られた36%蒸し米の $A_w$ は0.985であり、両者がこの点でよく一致していた。

蒸し米の水分は通常35%付近にあり、その $A_w$ は0.980~0.985であるが、一方、麹菌の最適 $A_w$ も0.980~0.990にあり、この点で蒸し米は麹菌の培地として適している。しかし、培養過程で水分の散逸と澱粉の低分子化により $A_w$ は次第に低下し、出麹時には0.90付近になることがわかっており、麹菌の最適 $A_w$ より逸脱してしまう。この過程は、製麹方法により異なると考えられ、麹の品質面との関連で今後検討したい。

麹菌孢子の等温吸着線を Fig. 8 に、また水分含量と生存率との関係を Fig. 9 に示した。これらより、孢子

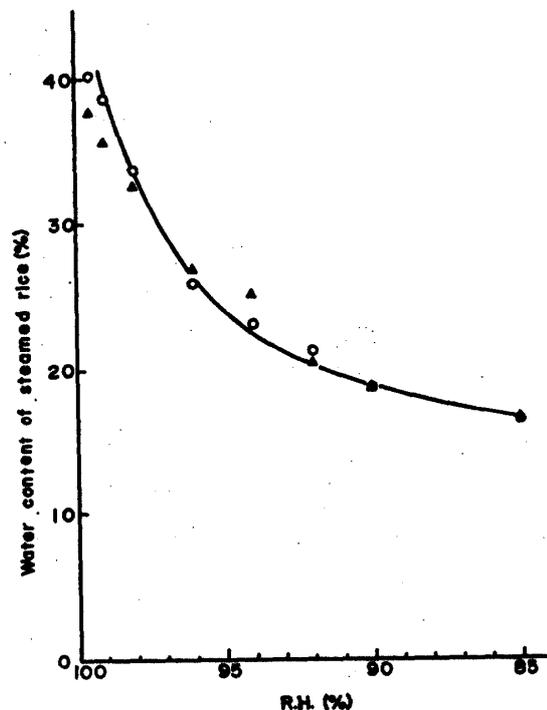


Fig. 7. The water sorption isotherm of steamed rice at 25°C.

Steamed rice and vacuum-dried steamed rice were put in vessels and equilibrated for 72 hr. The humidities in the vessels were controlled by adding solutions of different concentrations of NaCl.

Initial moisture contents of steamed rice and vacuum-dried steamed rice were 35.6% (○) and 11.8% (△) respectively.

の保存には孢子水分含量を15%以下に、また環境湿度を55%以下に保つ必要があることがわかる。すなわち、15°Cで水分22%以上では170日以内に生存率が0となり、その期間は水分量の増加と共に著しく短縮され、生成時の孢子では1カ月以内にほとんど死滅するが、15%以下では240日においても80%以上の生存率を示し

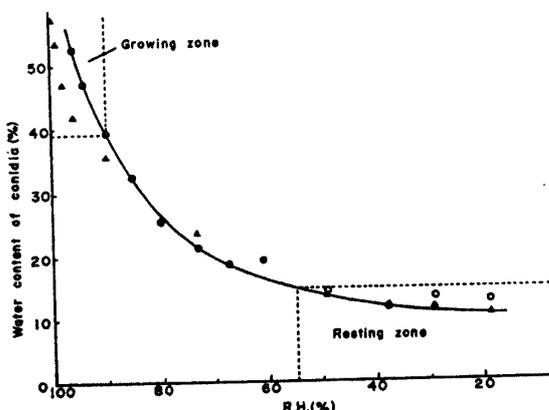


Fig. 8. The water sorption isotherm of *Aspergillus oryzae* conidia at 25°C.

Newly prepared and dry conidia of *A. oryzae* (W30) were put in vessels and equilibrated for 48 hr.

Initial moisture contents of newly prepared and dry conidia were 38.7% (○) and 11.2% (△) respectively.

た。9%の場合は初発の生存率が乾燥による障害のためか低下した。Tokoroら<sup>20)</sup>は、RH 64%以上で30°Cにおいて保存した場合は、湿度の増加による生存率が著しく低下することを報告している。胞子の発芽が数日以内に起こるのは、培地の  $A_w$  が約0.900以上でその場合胞子の水分は約40%以上となる。

麹菌のライフサイクル中、栄養細胞の増殖、胞子形成、胞子休眠期における水分の影響について述べて来たが、胞子の発芽に対する水分の影響については目下検討中である。

### 要 約

*A. oryzae* group の種、変種を代表する5株の type culture と、DF非生産菌として醸造に用いられている *A. oryzae* の変異株2株、*A. oryzae* group ではないが発酵工業に用いられている *A. niger*, *A. usamii*, 野生株の代表として *A. flavus* の計10株について、その増殖、胞子形成に対する  $A_w$  の影響を調べ、さらに胞子の貯蔵における湿度の影響や麹の原料である米について、水分含量の観点からの検討をした。

1. *A. oryzae* group と *A. flavus* においては、菌株によらず最適  $A_w$  は0.980~0.990にあった。

2. 最適  $A_w$  は培養温度にほとんど影響されないが、最適  $A_w$  における増殖速度は30°C, 35°Cにおいて最も大きく、25°Cの速度に対する比は1.2~1.6倍であった。

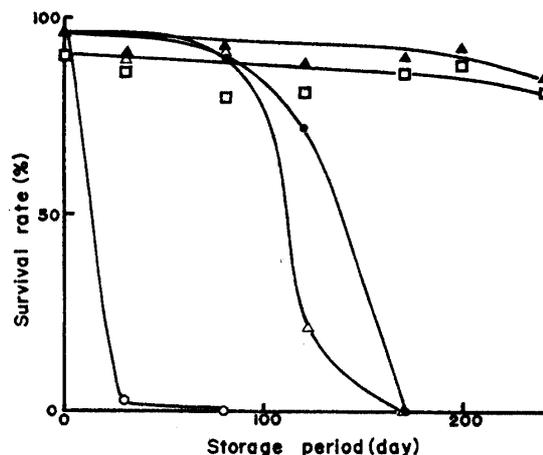


Fig. 9. Influence of moisture content of *A. oryzae* conidia on their survival periods.

Conidia of *A. oryzae* (W30) were vacuum-dried to various moisture levels and sealed in ampoules. Ampoules were stored at 15°C, for 30 to 240 days.

Moisture (%)

○ 35.7, △ 25.8, ● 22.4,  
▲ 15.1, □ 8.6

3. 24時間以内に生育が認められる最低  $A_w$  は、培養温度に関しては35°Cが最も低く、30°C, 25°Cと温度の低下に伴い高くなった。

4. NaClによる  $A_w$  の調整では、菌株によっては特異的阻害が見られ、その阻害は低濃度(0.9%)において著しい。

5. 胞子生成に最適なRHは、6株中4株が99.0~99.5%で生育最適  $A_w$  より高い。生成量は培養温度に関しては30°Cが25°Cより多く、菌株による生成量の差は著しく、最少と最大では10倍以上の開きがあった。

6. 胞子の保存はRH 55%以下の環境が適しており、その時の胞子の水分は15%以下である。

7. 蒸し米は正常な蒸しの場合、放冷後水分が約35%で、その  $A_w$  は0.980~0.985に相当し麹菌の最適  $A_w$  と一致する。

終わりに臨み、本研究にご助言賜りました大阪大学工学部田口久治教授並びに広島大学工学部岡智教授に心から感謝いたします。また、終始ご助力下さいました樋口松之助商店研究室の皆様にも感謝いたします。

### 文 献

- 1) 根平：醸工，32，451 (1954)。
- 2) 根平：醸工，33，255 (1955)。
- 3) 根平：醸工，33，313 (1955)。
- 4) 根平：醸工，32，355 (1954)。
- 5) 大橋：岡山農試，52，5 (1955)。

- 6) 松浦：醸協，**59**, 938 (1964).
- 7) 三輪，上山：醸工，**39**, 643 (1961).
- 8) 松山：醸工，**31**, 160 (1953).
- 9) 照井：応微研シンポジウム，**1**, 48 (1960).
- 10) 村上：醸協報，**143**, 5 (1971).
- 11) Landrock, A. H., Proctor, B. E.: *Food Technol.*, **5**, 332 (1951).
- 12) Scott, W. J.: *Adv. Food Res.*, **7**, 83 (1957).
- 13) Robinson, R. A., Stokes, R. H.: *Electrolyte Solutions*, 2nd. Ed., Butterworths (1970).
- 14) Scott, W. J.: *Australian J. Biol. Sci.*, **6**, 549 (1953).
- 15) Wodzinski, R. J., Frazier, W. C.: *J. Bacteriol.*, **79**, 572 (1960).
- 16) Strong, D. H., Foster, E. F., Duncan, C. L.: *Appl. Microbiol.*, **19**, 980 (1970).
- 17) Heintzeler, I.: *Arch. Mikrobiol.*, **10**, 92 (1939).
- 18) Bonner, J. T.: *Mycologia*, **40**, 728 (1948).
- 19) 奈良原：10回麹研究会講演 (1976).
- 20) Tokoro, M., Yanagita, T.: *J. Gen. Microbiol.*, **12**, 127 (1966).

(昭52. 3. 24受付)