

ウイスキー貯蔵樽材中における モルトウイスキー（原酒）の浸透と抽出成分の分布

佐藤 乾・藤田 稔・佐伯 浩

Distribution of malt whisky and its extractives in aging cask woods.

Ken SATO, Minoru FUJITA and Hiroshi SAIKI

要 旨

熟成したモルトウイスキーの香味は、樽材の性質、とくに、その組織や抽出物に負うところが大きいと言われている。本報告では、モルトウイスキーの樽材中での分布を明らかにし、樽材の組織とモルトウイスキーの浸透性を検討した。また樽材中のアルコール抽出物の分布も調べた。その結果、モルトウイスキーの樽材中での含有量は内表面側から外表面側に向かって低下するが、その全体の量は大変大きなものであり、モルトの総欠減量の半量にも達することが明らかとなった。樽材中のアルコール抽出物の割合は内表面側で低く、中ほどで高い分布を持ち、内表面側のそれはモルトウイスキー中に溶解されたことを示している。モルトウイスキーの浸透深さと年輪幅あるいは追証角度との間に、一定の関係は見られなかった。

1. 緒 言

「樽はモルトウイスキーの反応釜」と言われているのは、モルトウイスキー（以後モルトと略記）は樽で貯蔵熟成されない限り、望ましい香味が得られないからである。これらの樽材には、オーク材が用いられ、その材質や成分などが微妙にモルトの香味に関与していると考えられている¹⁾。樽用材には北米産のホワイトオーク (*Quercus alba*) が多く使用されている。他の用材、たとえばヨーロッパ産の用材 (*Quercus robur* など) で作られた樽で熟成されたモルトの香味は、前者のそれに比較するとアルコール抽出成分が多すぎて“重い”と言われる¹⁾。

新しいモルトウイスキー（ニューモルトと略記）は、その製造工程においてすでに香味を有するが²⁾、これを樽に長期間貯蔵する時、樽材の性質と樽を取り巻く環境が非常に重要な因子となる。すなわち、樽材成分がアルコールの作用によりモルト中に溶出し、色と香味を与える。リグニン物質の一部は分解してバニリン等の芳香成分を生成し、総タンニン量、糖類なども貯蔵によって増加し、モルトの味に寄与すると考えられる³⁾。一方、多孔性物質である木材を用いた樽の特性は、空気が樽材を通してモルトに接触し、酸化反応を促進するかも知れない。また、モルトは貯蔵中に樽材を通して揮散し、成分を濃縮する効果もあろう。

ニューモルトを貯蔵する樽の製造にあたって、側板（がわいた, stave）は曲げ型をつけるために内表面を火であぶられる。この時の焦げの程度は、熟成したモルトの品質に大きな影響を与える。これは、焦げの程度によって、樽材の内側面に生成されたリグニンや多糖類の分解生成物のモルトへの溶出量が異なるためである²⁾。新樽は、オーク材特有の香りや刺激的な香味を過剰

にモルトに付与するので、樽詰めに先立って樽用材中へ浸透が良いシェリー酒の貯蔵にまず使用される。これによって樽材からウイスキーに不要な抽出成分を除くとともに、シェリー酒の風味を樽材に残し、モルトの香味が形成される。一方、容器としての樽の機能を考えると、モルトの欠減が過大であってはならない。モルトの欠減には、樽の製造不良による漏れに加えて長期間の貯蔵中に、樽材内部に浸透して回収出来ないもの（これを本報では樽の飲み量と呼ぶことにする）や、ついには樽材の外部表面から空中に揮散していくものがある。樽の作製時には、伝統的にチロース^{3) 4)}の発達した心材部分が使用され、さらに目切れの無い柁目木どりが望ましいとされているが、モルトの主要な欠減が何に起因するのかは明らかにされていない。

ここでは、樽材がモルトの熟成にどのように関与しているのかを具体的に明らかにする第一歩として、樽材中へのモルトの浸透状況と、アルコール抽出物を調べた。



Fig.1 Three types of malt whisky casks : P, Puncheon ; B, Barrel ; S, Sherry-butt.

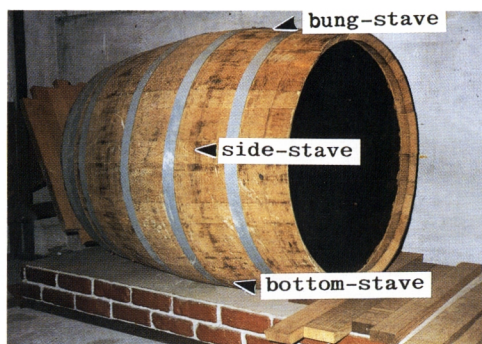


Fig.2 Three sampling positions from a cask.

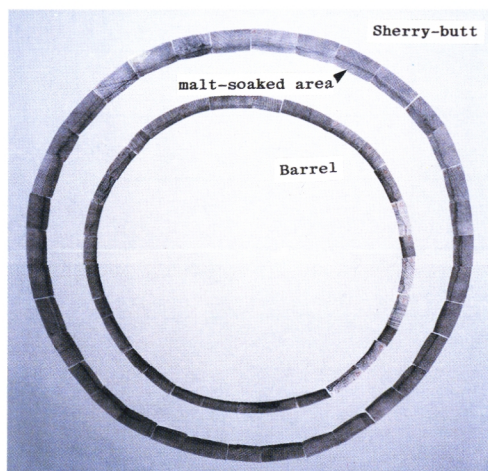


Fig.3 Cross shapes of sherry-butt and Barrel. Malt-soaked areas were traced on whole stave-woods of three types casks.

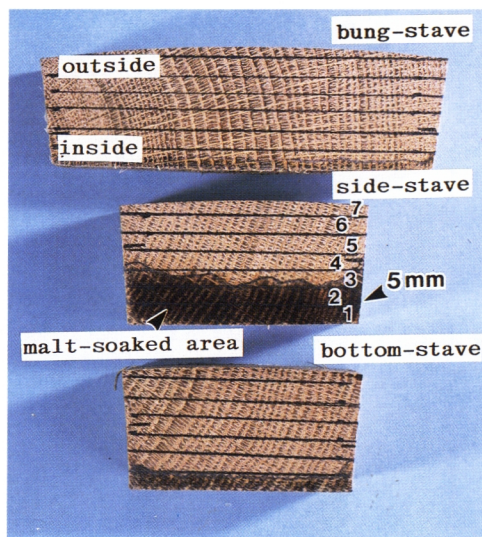


Fig.4 Marking of malt-soaked area by a pencil on the cut surface of stave-woods and sub-dividing of them from the inside to the outside.

2. 材 料 と 方 法

2. 1 材料

実験に用いた樽材は、図1と表1に示すように、現在モルトの貯蔵に多く使用されているパンチョン型 (Puncheon, Pと略記)、バレル型 (Barrel, Bと略記)、シェリーバッツ型 (Sherry-butt, Sと略記) の3種類の樽から採取した。これらはいずれも試験用として、新樽にモルトを詰めて貯蔵しておいたものである。供試材の採取位置は図2に示すように、ダボ (栓) 側板 (bung-stave)、貯蔵時に側面にくる胴側板 (side-stave)、下部にくる下側板 (bottom-stave) の3箇所、と樽の側板中央部を全周にわたって調査した (図3)。それぞれの位置から得た樽材を繊維方向に300 mmに切断して供試材とし、各実験に供するまでラッピングして凍結保存した。

Table 1 Malt whisky casks examined.

Cask types	Cask volume	Stave thickness	Wood species	Ageing periods
Puncheon(I)	480 l	32 mm	<i>Quercus alba</i>	5 years
Puncheon(II)	480 l	32 mm	<i>Q. alba</i>	10 years
Barrel	180 l	25 mm	<i>Q. alba</i>	6 years
Sherry-butt	480 l	37 mm	<i>Q. mongolica</i>	12 years

Table 2 Loss of malt whisky during ageing and residual volume reserved in cask woods.

Cask types	Filling volume (ethanol)	Draw volume (ethanol)	Loss volume (ethanol)	Residual volume in cask wood
Puncheon(I)	495 l (296 l)	449 l (266 l)	46 l (36 l)	20 l
Puncheon(II)	496 l (297 l)	388 l (224 l)	108 l (72 l)	80 l
Barrel	180 l (115 l)	139 l (89 l)	41 l (26 l)	20 l
Sherry-butt	459 l (274 l)	376 l (227 l)	83 l (47 l)	29 l

2. 2 方法

2. 2. 1 モルトウイスキーの樽材中における分布

上述のダボ側板、胴側板、下側板3部位から得た供試材を繊維方向30mmごとにチップソーで鋸断したのち、図4に一例を示すように、樽材の厚さ方向に分割した。10年間貯蔵に用いたP型樽は3分割、5年間のP型樽は7分割、S型樽は8分割、B型樽は5分割した。図4の胴側

板の木口面に形跡が見られるように、樽材には内側面からモルトが多量に浸透していたので、その境界部を鉛筆で記録し、また作業時における浸透液蒸発を防止しながら、カッターでさらに細断して重量を計った。その後水塩水でトラップしたロータリーエバポレーターを用いて80℃で150分間蒸溜した。回収された溶液量を計測し、またそのアルコール濃度を高速液クロ（カラム：AMINEX HPX-85，移動相：0.01NH₂SO₄，検出器：differential refractometer）で測定した。一方、蒸溜後の試料は105℃で乾燥し重量を測定した。

2. 2. 2 アルコール抽出物の分布

モルトの分布を測定したしたものと同様な試料を105℃で全乾したのち、全乾重量の約10倍の60%エチルアルコールを加えて1時間振とうした。そのままの状態に1週間放置したのち、抽出液を蒸発乾固させて重量を測定し、もとの試料に対する抽出物の重量比を求めた。

2. 2. 3 樽材の組織と浸透性

側板全周から得た供試材を30mm長さにチップソーで鋸断し、その木口面において、モルトが多量に浸入して明らかに濡れた部分（液浸部）を肉眼で直ちに判別し、非液浸部分との境界に鉛筆で線を入れた（図4）。これらを乾燥後ゼロックスで鋸断面を複写して液浸部と非液浸部に切り分けた。そして各部分の面積を画像解析装置（Luzex III）を用いて求め、液浸部面積を樽材幅で除して木口面における平均液浸深さを求めた。なお、各樽材の平均年輪幅と追証角度（放射組織と材の内表面とのなす角度）を別の複写像で求めている。

2. 2. 4 樽の飲み量

樽の飲み量は樽内側の全表面積に樽材中の1cm³当たりのモルト、およびアルコール含有量を乗じて算出した。

3. 結 果 と 考 察

3. 1 樽材中へのモルトウイスキーの浸透

モルトの樽材中への浸透度合を樽材の全乾重量に対する比（V/W）として図5に示す。モルトの含有率は樽材の最内側で著しく高く、外側へと樽材厚さの1/3付近まで急速に低下し、それよりさらに外側では徐々に低下している。モルトの含有率はP型樽、B型樽およびS型樽のいずれの場合にも胴側板の最内側では0.8～1.0であった。これは、下側板の約0.6あるいはダボ側板の0.4～0.6よりも大きい値であり、樽詰めされているモルトは樽の側面部分から最も多く蒸発していることが推測され、樽の貯蔵法を考えるうえに一つの示唆を与えてくれる。また樽材内側部分における0.5～1.0という高いモルト含有率は、約0.65～0.8の比重をもつホワイトオークあるいはミズナラにとって、細胞内腔までモルトで満たされた飽水状態に近いことを意味している。これは樽の中のモルトが液体の層で密封されており外の空気は自由に樽内部の空間に流入出来ない状況を作り出していることになる。樽材のモルト含有率は、樽材の内側部分から外側部分に向かって低下しており、樽材厚さの1/3程度離れた部分で約0.3になる。この付近で樽材中の空隙には液体状のモルトはわずかとなり、空気はモルトと接触し、また外部と自由に入出りできると考えられる。

以上のことから考えて、モルトと空気との接触は、主として樽の内側面から5～15mm離れた樽材内部で行われ、この部分で気化したのち樽の外表面からしだいに大気中に揮散するものと考え

られる。したがって、樽に満たされていたモルトは樽の内表面から液体の状態で樽材中へ引き出されるために、樽内部はわずかに減圧状態になることが予想される。長期の熟成期間を経たモルトの貯蔵樽を開けたときに、樽内部へ空気が流入する音が聞かれることがしばしばあるが、この現象は、空気が樽内部へ自由に流入できないことを、裏付けている。一方、樽材の中央部分では、多孔質である木材内部表面上においてモルトは非常に広い面積で外部の空気と接触していることになる。この結果は、空気との接触によるモルトの熟成を考えると、樽材の影響が重要な意味をもつことを明示している。

また、図6に示すように、樽材中に浸透したモルトのアルコール濃度は、樽材の最内層では樽詰めしたときのアルコール濃度にはほぼ等しいが、内側面から外側面へ向かって一定の割合で低くなっている。これはアルコールが樽材の厚さの中で平均的に揮発していることを示しており、樽材中におけるモルトと空気の接触面積が極めて広いという上記の考察を裏付けている。

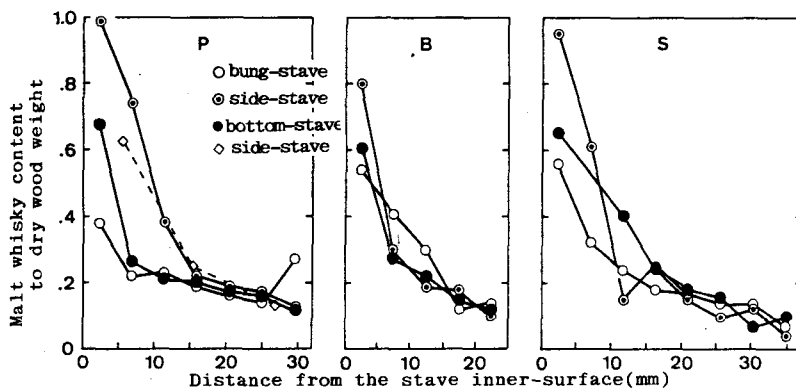


Fig.5 Distribution of malt whisky on stave-woods.

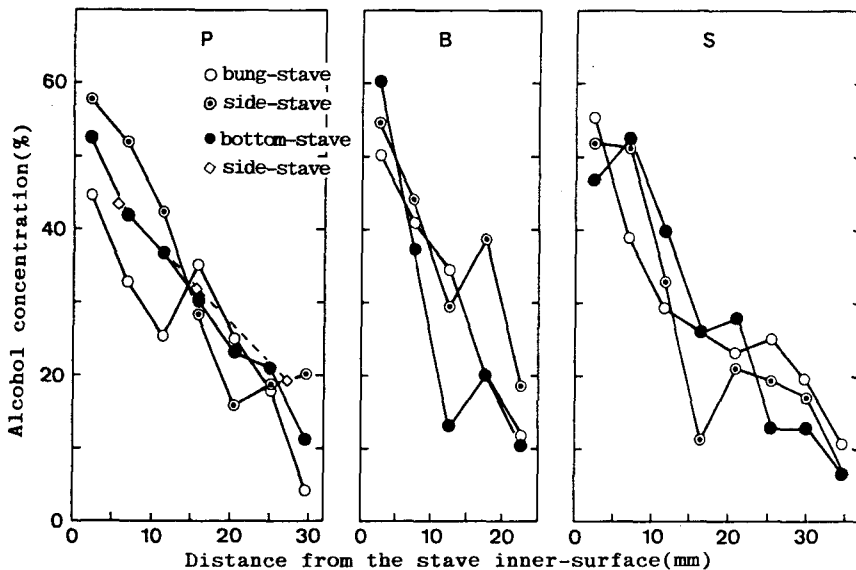


Fig.6 Alcohol concentration on cask woods.

3. 2 樽材の組織と浸透

モルトは樽材中に浸透してそこで空気と接触するならば樽材中へ浸透しやすさがモルトの香味と着色に寄与し、一方では歩留りに影響することが予想される。

図3にS型樽とB型樽の全周における浸透状況を、また、図7に平均年輪幅と浸透深さの関係を示す。上述の図4および5で示したのと同様に、肉眼観察によるモルトの浸透深さは、樽材の厚さあるいは木取りにかかわらず厚さのほぼ $\frac{1}{3}$ 付近にあることがわかる。すなわち、PおよびB型樽のグループの平均年輪幅の分布は1mmから5mmまでの大きな範囲にばらついているが、浸透深さは4~12mmの範囲にあり、これは厚さの16~48%である。他方S型樽では、平均年輪幅は0.5~1.0mmと非常に小さく、しかも分布の範囲も狭いが、浸透深さは5~16mmの範囲に分布している。この浸透深さは樽材厚さのやはり14~43%であり、前2者の割合とはほぼ同じである。ここで、PおよびB型樽材の樹種はホワイトオークであり、S型樽のそれはミズナラであった。したがって、平均年輪幅と浸透深さ、また樹種と浸透深さとの間には有意な関係は無いと思われる。

同様な視点から、追衿角度と浸透深さを検討した結果を図8に示す。P、BおよびS型樽における追衿角度は0~50°にばらついて分布している。一方、浸透深さは3種の樽のいずれの場合も、樽材厚さの14~48%の範囲に集中して分布している。このように、追衿角度と浸透深さとの間にも明確な関係が見いだされない。

以上の2点から考えると、樽材の組織と浸透性との間には明確な関係は無いものと思われる。

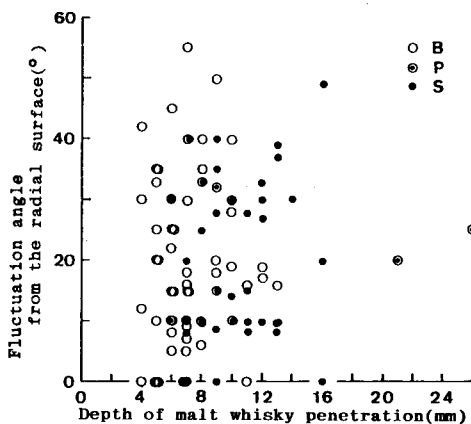


Fig.7 Relation between penetration of malt whisky and mean annual ring width in stave-woods

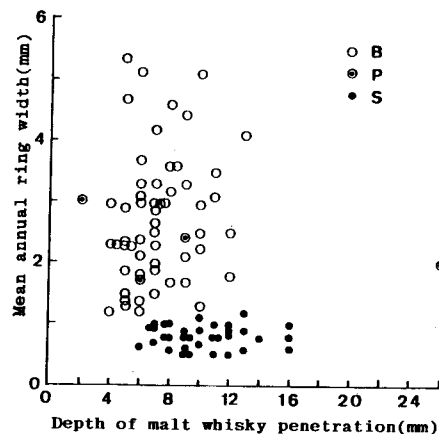


Fig.8 Relation between penetration of malt whisky and direction of stave-woods

3. 3 樽材のモルトウイスキーの飲み量

モルトを樽詰めして貯蔵熟成させる間に、内容量のうちのいくらかに欠減を生じる。その原因は種々考えられるが、大きなものは樽材自体の飲み込み（飲み量）と樽表面からの揮散、そして欠陥材の使用や樽材間の隙間からの漏れである。

モルトの総欠減量は、樽詰め時と回収時に計測されている。そして今回各種樽材におけるモルトの飲み量を、モルト量およびアルコール換算量で表2に示す。各樽の利用期間や履歴は異なるが、これらの飲み量を比較した場合、P型樽（5年樽、10年樽）のそれは樽詰量の4.17%、16.67%と貯蔵年数によって著しく異なることがわかる。一般に、P型の新樽では最初の1年間に約4%の

容量欠減が生じると言われているが⁵⁾、今回の測定によると欠減の多くは樽材自体がモルト飲んでいることが示されている。

今回の供試樽における“樽の飲み量”は、各々の総欠減量の50~80%である。この値のばらつきは測定数が少ないことに起因するのかもしれないが、おおよそでは総欠減量の半量にも達している。貯蔵期間中のモルトの欠減は昔からやむをえざるものとされ、“天使の飲み分”と称されてきたが、実際に測定してみると樽自体がその多くを飲んでることが明らかとなり大変興味深い。樽材中に浸透して、そこで樽材および外界の空気と接触して香味と色を得たモルトは、長期間の貯蔵中に樽内のモルトと循環して、これらの香味と色を持ち帰るのであろう。それ故に、この樽の飲み量はモルト熟成に大変重要であると考えられる。

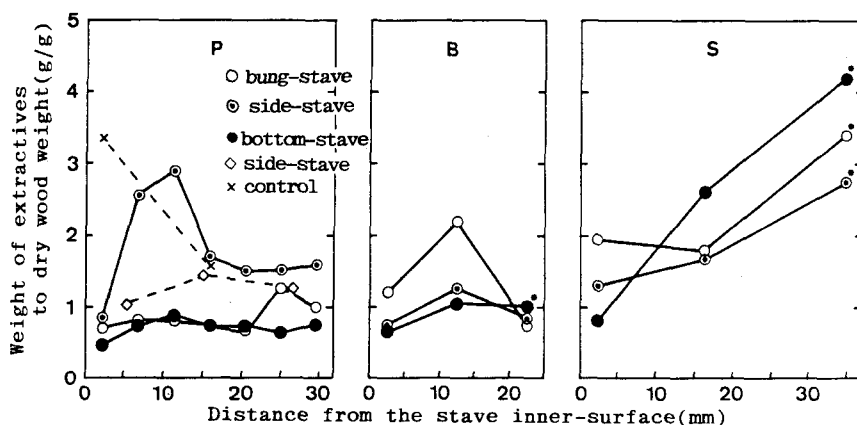


Fig.9 Distribution of extractives to 60% ethanol on stave-woods.
* over-estimated weight being mingled with tannin-iron compounds at the hoop position

3. 4 アルコール抽出物の分布

図9に、樽材の厚さ方向の、60%エチルアルコール水溶液に対する抽出物の分布を示す。P型樽の図中に、内側面を火にあぶった樽材の使用前におけるアルコール抽出物の分布を示すが、この場合には、最内層の抽出物が他の部分の2倍以上の高い値を示した。これは、材が火で加熱されたことにより多糖類とリグニン分解生成物が新たに生じたことが原因である。このように加熱により生成された抽出物を内側面に多く持つ樽に、アルコール濃度が約64%のモルトを詰めると、アルコールと水に抽出作用でこれらがモルト中に溶出され、香味と色を与える²⁾。図9から、樽材の最内層のアルコール抽出物は樽材中央部のそれよりも低く、モルトに含まれるアルコールによって樽内部へと抽出されていることがわかる。これは3種の樽型のダボ側板、胴側板および下側板に共通している。通常、樽内部のダボ側には樽材とモルトとの間の空間があり、抽出作用は他の部分よりも緩やかであると考えられるが、実際にはダボ側板で抽出される程度が少ないとは言えない。これは樽の上部空間でも、モルトが蒸発して樽内表面で凝結し、ダボ側板を常に濡らしているのであろう。また、S型樽の最外層の部分や、B型樽の下側板で抽出物率が高いが、これらの抽出液はいずれも黒色を呈していた。これは樽の鉄製タガによる鉄-タンニン化合物の混入によるものと考えられる。

これらの点を考慮すると、樽材中央部で抽出物量が樽材本来の量（例えば図9 Bの外側部参照）

よりも多い傾向が注目される。この部分は樽材中でモルトと空気が広く接している部分であり、木材が貯蔵中に酸化分解して新たな抽出成分が多量に生成している可能性を示唆する。

引用文献

- 1) 佐藤 乾：樽とモルトウイスキー，木材工業，43 (2)，8-12，1988
- 2) 西村驥一：ウイスキーの熟成，樽の中で何が起る，現代化学，4 (12)，30-35，1986
- 3) 佐伯 浩：木材の構造，日本技術協会，東京，p180，1982
- 4) Swan, J. S. : Maturation of potable sprits, Handbook of the shelf life of foods and beverages (Charalambous, G. ed), Academic Press, 1985
- 5) 佐藤 乾：未発表

Résumé

Aging of malt whisky in wood casks is an indispensable process to bring excellent flavor, taste and color on the whisky. The role of cask woods which has been supposed to be very important in the aging was examined in relation with malt penetration into cask woods, distribution of alcohol extractives in the woods, and wood structures. Three types of casks (Fig. 1), which had been made by the traditional method, filled with new malt whisky and aged as shown in Table 1, were offered to the present experiment. Woods were collected from three-sides of casks (Fig. 2) and sub-divided from the inner to the outer, after marking of malt-soaked area by a pencil (Fig. 3). Distributions of malt and alcohol were estimated after the distillation of these wood chips (Figs. 5, 6). Inner part of cask woods were full of malt whisky, while even middle and outer parts contained a considerable volume of whisky (Fig. 5). When the total volume of malt whisky contained in whole cask woods was calculated from the result and compared with the actual loss, it was shown the 'drinking volume' of malt whisky into the woods was occupying a major part of the actual loss (Table 2). Similar wood chips were extracted with 60% ethanol and the amount of extractives is diagrammed as shown in Fig. 9. The malt-soaked areas were traced all over the stave woods (Fig. 4) and penetration depth was evaluated in relation with annual ring widths of the stave woods (Fig. 7) and also angles fluctuated from the radial direction (Fig. 8). The penetration of malt whisky, however, was not affected by these structural factors of woods.