

# 茶の包装に関する研究（続報）

茶が包装容器内で示す水蒸気分圧（関係湿度）に関する試験

藤 津 泰 彦

Studies on Green Tea Pakage (continued) :  
On Partial Vapor Pressure (Relative Humidity) Developed  
by within a Packing Container

Yasuhiko FUJITSU

## I まえがき

茶の包装材料には、防湿性が高く理想的であるが価格が高いもの、防湿性はやや劣るが価格が安く経済的なものなど種々ある。

一方包装茶の流通期間あるいは貯蔵期間中の外気条件（温度、湿度）は、季節によりまたは場所によってかなりの変化がある。

そこで、それぞれの流通期間または貯蔵期間中に予想される外気条件に適応できる範囲で最も安く経済的な包装材料を選択使用することが望ましい。

そのためには、それぞれの外気条件において一定期間中、茶の品質保持にどれほどの防湿性があればよいかを知る必要がある。

それには、外気条件に即応した包装材料に要求される防湿性を推定する計算式<sup>1)</sup>を応用するのが妥当と思われる。本報においては、計算式中の具体的な数値——特に茶が包装容器内で示す水蒸気分圧の決定について2、3の検討を試みたので、その結果を報告する。

## II 試験方法

### 2・1 資材の防湿性に関する計算式<sup>1,2)</sup>

防湿包装に関する一般計算式は既に①防湿包装資材の選定、②内容品の Shelf life、③防湿包装の加速試験への応用、④資材の透湿量等の決定あるいは推定のために確立されており、これらを具体的に示すと次のとおりである。

$$R = \frac{W \cdot (C_2 - C_1) \cdot K \cdot 5 \times 10^3}{A \cdot t \cdot (h_1 - h_2) \cdot P_\theta} \dots (I)$$

本式は品質保持に要求される防湿性 (g/m<sup>2</sup>・24hr) を JIS Z 0208 の透湿度測定法による透湿度であらわしたもの

である。

$$t = \frac{t \cdot (C_2 - C_1) \cdot K \cdot 5 \times 10^3}{R \cdot A \cdot (h_1 - h_2) \cdot P_\theta} \dots (II)$$

本式は内容品（茶）を既に透湿度のわかっている包装資材で包装した場合、どの程度の期間内容茶を外部湿度によ影響から保護できるかという、いわゆる Shelf life を推定するもので (I) 式の変形である。

$$T = \frac{t \cdot (h_1 - h_2) \cdot P_\theta}{K \cdot (90 - h_2) \times 5.532} \dots (III)$$

本式は今回の場合、直接関係はないが防湿試験を行うにあたって、その期間が長期にわたる際、それを短縮しようとするとき応用される。

$$T = P \cdot \frac{P_a - P_b}{i} \cdot t \cdot s \dots (IV)$$

本式は包装資材の透湿量を知ろうとする場合の計算に応用される。

ここで各計算式 (I ~ IV) 中の記号を説明すると次のようである。

2・1・1 I ~ III 式について

W(kg) ; 内容品（茶）の正味重量

C<sub>2</sub>(%) ; 内容茶が商品価値を維持できる限界水分。

筆者の試験結果<sup>3)</sup>では平均 27°C ± 1°C の場合、茶の水分 5.0~5.5%，35°C ± 1°C の場合、茶の水分 4.5~4.8% と推定した。

C<sub>1</sub>(%) ; 包装される茶の含有水分

一般に 3~5% の範囲である。

K ; 別表 1 参照

A (m<sup>2</sup>) ; 茶を入れる包装容器の表面積

一般に筆者の調査<sup>3)</sup>では 100gr 入りで 0.030~0.035m<sup>2</sup>，200gr 入りで 0.040~0.045m<sup>2</sup> であった。

t (日) ; 茶を包装してから消費者にわたり、開封さ

れる迄の期間(流通期間)。

これは各自、経営様式にしたがって決定される。

$h_1$  (%) ; 流通期間中における外気の平均水蒸気分圧  
季節・場所により決定する(経験的に推定する場合もある)。

$h_2$  (%) ; 包装容器内(一般に袋類)で茶が示す水蒸

### 気分圧

この決定が今回の主要目的であり、重要項目の一つである。

$\theta$  (°C) ; 包装茶の流通期間中の平均温度

$P_\theta$  (cmHg) ; 温通期間中の平均温度における飽和水蒸気圧(別表2参照)

表1 各温度における各種防湿材料のKの値

防湿材料の種類	温 度 $\theta$ °C	40	35	30	25	20
ターポリン紙	1	1.18	1.37	1.61	1.89	
塩化ビニール共重合物のシート・フィルム	1	1.12	1.26	1.43	1.59	
ポリエチレン加工(クラフト)紙	1	1.14	1.28	1.47	1.67	
ポリセロ	1	1.18	1.40	1.68	1.98	
ポリエチレンフィルム(低密度)	1	1.20	1.45	1.75	2.08	

(現工業技術院製品科学研究所)

表2 主な温度における飽和水蒸気圧

温 度 $\theta$ °C	10	15	20	25	30	35	40
$P_\theta$ cmHg	0.921	1.279	1.754	2.376	3.184	4.218	5.532

(現工業技術院製品科学研究所)

### 2・1・2 IV式について

Q ; 水蒸気の透過量

P ; 包装資材自体の透過性はこの透過係数で評価できる。

$P_a \cdot P_b$  ; 包装資材の両面、即ち資材を境にしてその外面(外気面)と内面(包装内)の水蒸気分圧

i ; 資材の厚さ

t ; 時間

s ; 資材の表面積

以上I～IV式にみられるように——具体的に式中( $h_1 - h_2$ )あるいは( $P_a - P_b$ )は外気の水蒸気分圧と内容茶が容器内で示す水蒸気分圧の差で、全計算式に共通のものであり、これらの具体的な数値は是非決定しておく必要がある。特に内容茶(含有水分がそれぞれ異なる)が容器内で示す水蒸気分圧は重要な事項である。

### 2・2 茶の吸湿等特性の決定方法<sup>3)</sup>

測定条件

温度; 27±1°C

湿度; 8, 12, 33, 43, 53, 66, 75及び81% R.H

上記湿度に対する塩類<sup>5)</sup>; KOH, LiCl $x$ H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, NaNO<sub>2</sub>, NaCl+aq及び(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+aq

試料茶: 水分含有率3.75, 3.90及び3.93%の粉抹茶

上記温湿条件に調整したデシケーター中に30日間貯蔵し、その間10日毎に各湿度における試料茶の水分測定を行なった。

なお水分測定は試料を95°Cに保った恒温乾燥器中で試料が恒量に達する迄乾燥することにより行い、試料原重量基準で水分を計算した。

本茶についても66, 75及び81% R.Hについて粉抹茶と同様にして試験した。

### 2・3 湿度計による包装容器内茶の水蒸気分圧の測定方法

#### 2・3・1 銳感温湿度計の指示湿度の補正

測定時温度; 25±2°C

標準測定計; 乾湿球計

銳感温湿度計の受感部を乾湿球計のそばに設置し、その示度と補正表から湿度を読みとり、同時に乾湿球計か

ら得た湿度（氷結しない時の乾湿計用湿度表）を基準にし、各々の湿度計による指示湿度の関係から回帰式を求め、これから銳感温湿度計による指示湿度を補正した。

### 2・3・2 容器内で水分の異なる茶が示す水蒸気分圧の測定

供試茶；一番茶・本茶（上質茶）

供試茶の水分を銳感温湿度計の受感部が30~50%R.Hの測定範囲であるため、5.0~6.8%の間にるように調整したものを用いた。

測定方法；水分を調整した供試茶を小型広口ビンに入れゴム栓を付した銳感温湿度計の受感部（ペンシル型）を挿入、口を密閉してそのまま放置、計器の指針が一定になる迄測定した。

\*測定後の処理；測定値は2・3・1により補正を行い、この各々の値をその時の茶含有水分の閑数として両者の関係について回帰式を求めた。

### 2・4 透湿カップによる水蒸気分圧の測定方法<sup>6) 8)</sup>

使用した透湿カップの構造；ちょうねじによる密閉方式、透湿面積28.26cm<sup>2</sup>、6cm φ

使用フィルム；PE30μ

貯蔵温度；27~30°C

使用塩類と平衡湿度<sup>5)</sup>；表3のようである。

供試茶水分；3.0, 4.5及び5.3%

貯蔵期間；1~2週間

上記各供試茶を透湿カップへ3~5gr入れ、PE 30μ フィルムを取りつけ、密封し、このカップを正確に秤量した後表3に示した塩類を入れたデシケーター中に入れ一定期間後（1~2週間後）の透湿カップ増減重を測定、

これを各湿度に対応したところにプロットし、その各点を結ぶ直線が増減重0における湿度の軸と交差する点を各供試茶が容器内で示すおよその水蒸気分圧とした。

表3 各種塩類の平衡湿度

塩の種類	平衡相対湿度
	27~30°C
KOH	8~7%
LiCl x H <sub>2</sub> O	12
NaCl <sub>2</sub> 6H <sub>2</sub> O	33
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	43
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 6H <sub>2</sub> O	53~52
NaCl	75
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	80
KCl	85

## III 実験結果及び考察

### 3・1 茶の吸湿等温特性から求められた水蒸気分圧

茶の吸湿等温特性は茶を包装した場合の水分管理目標を決定するうえで非常に重要である。

即ち、この特性が求めてあれば茶を包装した場合、内部で示す水蒸気分圧は容易に決定することができるからである。

### 2・2 の方法で行なった実験結果は次のようである。

表4は粉抹茶を供試した結果であるが、本茶についてもその傾向を知るため同様な試験を行なった結果は表5

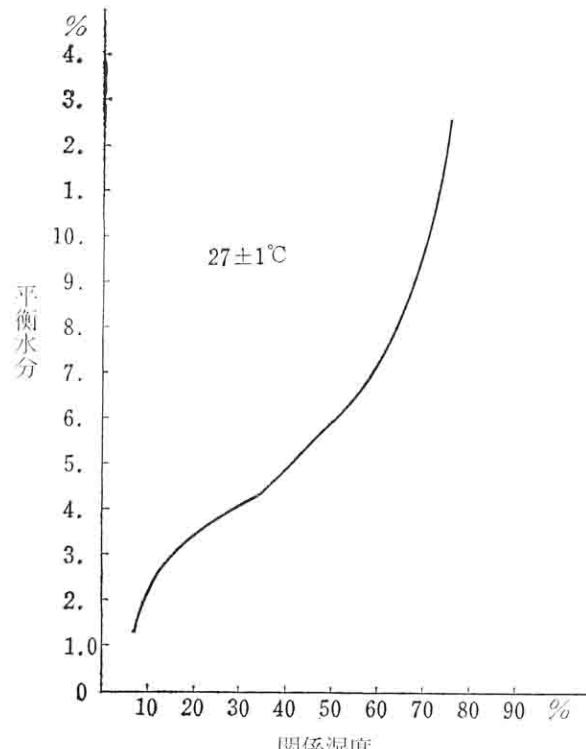
表4 粉末茶の各湿度における水分変化

R.H%	日数	10日		20日		30日		備考
		水分増減率%	水分%	〃	〃	〃	〃	
8 (3.93%)		-2.38	1.64	-2.24	1.60	-2.47	1.55	( )内は Sample の含水率
12 (〃)		-1.24	2.72	-1.31	2.65	-1.26	2.71	
33 (〃)		0.24	4.16	0.37	4.29	0.28	4.20	
43 (〃)		1.31	5.17	1.46	5.26	1.42	5.26	
53 (〃)		2.47	6.24	24.9	6.27	2.52	6.29	
66 (3.90%)		5.47	8.87	5.43	8.85	5.43	8.05	
75 (3.75%)		9.72	12.12	9.92	12.28	9.51	11.94	
81 (3.90%)		11.34	13.69	10.92	13.36	5.75	9.13	

30日目の水分低下はカビ発生のため

表5 本茶の高湿度条件中における水分変化

R・H	10日		20日		30日		備考
	水分増加率	水分%	ク	ク	ク	ク	
66%	6.37	8.88	6.38	8.89	6.36	8.88	7日目やや変色 13日目変色
75	10.79	12.52	10.22	12.07	9.89	11.80	7日目変色 13日目変色強
81	12.48	13.73	12.02	13.40	11.01	12.69	ク ク



第1図 茶の吸湿等特性

のとおりであり、茶の吸湿傾向は粉粂の場合と殆んど同じであった。表4の結果から吸湿等温特性を図示すると図1のようになる。

このように茶の吸湿には履歴現象の存在があり、低水分の茶が関係湿度が上昇するとともに図1のような経過をたどって含水率が平衡する。

また、茶が含有する一般的な水分3~5%の部分はほぼ直線であり、この時の平衡相対湿度は20~40%で、これが50%（この時の茶水分は約6.0%）以上になるとカーブは急激に上昇することがわかる。

この結果から茶を包装容器内で安全に品質を保持するためには容器内で示す水蒸気分圧は40%以内におさえる必要がある。

しかし、これは温度に関係があり今までの試験結果<sup>3)</sup>から包装内容茶が商品価値を維持（30日）できる限界水分は平均温度27°C前後の場合5.0~5.5%，30°C前後の場合4.5~4.8% 20°C前後の場合6.0%前後の場合と推定した。

ここに2・1のI式を応用して平均温度27°C、平均湿度80% R.H.、流通期間30日の環境下で包装茶の品質保持に要求される資材の防湿性を推定すると次のようにある。

但し 封入茶0.2kg、その茶の水分4.0%，包装容器の表面積0.04m<sup>2</sup>、茶品質保持限界水分5.0%（この場合の容器内で示す水蒸気分圧は図1の吸湿等温特性から約40% R.H.である）とする。

即ち

$$R(\text{gr}/\text{m}^2 \cdot 24\text{hr}) = \frac{W \cdot (C_2 - C_1) \cdot K \cdot 5 \times 10^3}{A \cdot t \cdot (h_1 - h_2) \cdot P_0}$$

$$= \frac{0.2 \cdot (5.0 - 4.0) \cdot 1.28 \times 5 \times 10^3}{0.04 \cdot 30 \cdot (80 - 40)} = 9.87$$

（式中Kは表1の30°Cポリエチレン加工紙を採用、P<sub>0</sub>は表2から27°CにおけるcmHgを算出した）

即ち、JIS Z 0208による透湿度9.87gr/m<sup>2</sup>·24hrの資材を用うれば30日間は物理的事故さえなければ急激な品質悪変はないこととなる。

以上のように包装容器内で茶が示す水蒸気分圧とそれに対応する含有水分の関係、各温度における品質保持限界水分を明らかにしておけば比較的簡単に環境に適応した資材に要求される透湿度が推定できる。

### 3・2 濕度計による水蒸気分圧の測定結果

前項においては27±1°Cにおける吸湿温特性を求め、これから水蒸気分圧を決定したが、ここでは温度25±2°C（常温）における水蒸気分圧を2・3の実験計画にしたがって推定した。

#### 3・2・1 銳感温湿度計の湿度補正計算式の設定

2・3・1 にしたがって試験した銳感温湿度計示度と乾湿計による乾湿球の温度差(°C)から求めた湿度（乾湿

表6 銳感湿度計・乾湿計による実測値

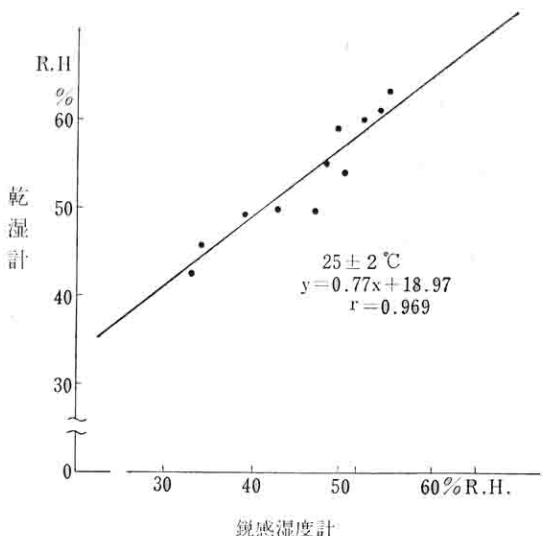
銳 濕 計	33 %	39	34	39	38.5	49	54	50	43	33.5	39	48	52	55
乾 濕 計	45 %	49	46	48	48	59	61	54	50	46	49	55	60	63

注) 乾湿計による湿度は乾湿計用湿度表による

計用湿度表) の関係は表6のようである。

これら測定値各14点について両者の関係を示すと図2のようにきわめて高い相関関係が得られた。

このように標準湿度 ( $y \%$ ) を銳感温湿度計による示度 ( $x \%$ ) の関数として求めた回帰式は  $y = 0.77x + 18.97$  となる。



第2図 銳感温度計による示度と乾湿計示度の関係

### 3・2・2 茶含有水分とそれが容器内で示す水蒸気分圧の関係式の設定

2・2・2 の試験計画により含有水分の異なる茶が容器内で示した水蒸気分圧の測定結果は次のようである。

表7について両者の関係を示すと図3のように、これ

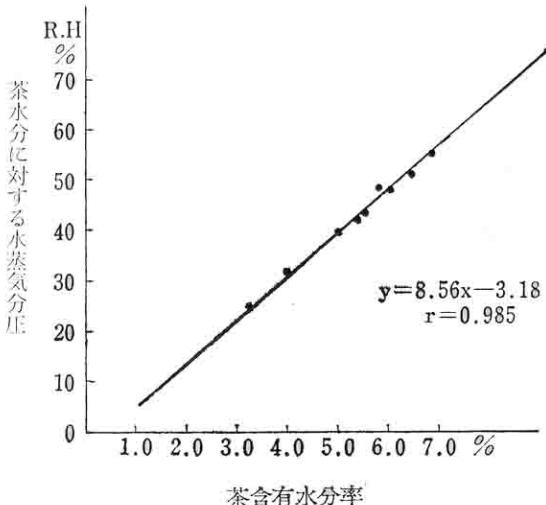


図3 茶含有水分と容器内水蒸気分圧の関係

もきわめて高い相関関係があった。

この関係について水蒸気分圧 ( $y \%$ ) をそれに対応する茶水分含有率の関数として求めた回帰式は  $y = 8.55x - 3.18$  となる。

即ち、 $x$  に茶水分3.0~6.0%の間の任意の値を代入することにより、その水分に対する容器内で示す水蒸気分圧 ( $y \%$ ) が推定できる。

例えば  $x$  に3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5%を代入すると水蒸気分圧はそれぞれ22, 27, 31, 35, 40及び44%となる。

また、逆に茶が容器内で示す水蒸気分圧からその茶が含有する水分率を推定することもできる。この場合の回

表7 茶水分とそれに対応する水蒸気分圧測定値

茶水分含有率	%	6.8	5.8	5.4	6.4	5.5	5.0	5.1	5.7
対応する茶が容器内で示す水蒸気分圧	%	55.5	47.8	42.1	50.7	42.5	40.0	41.0	45.5

帰式は  $y = 0.113x + 0.546$  である。

### 3・2・3 吸湿特性から求められた水蒸気分圧との比較

上記  $y = 8.55x - 3.18$  から求めた値と図 1 から求めた値を比較すると表 8 のようである。

表 8 吸湿等温特性及び回帰式から得られた水蒸気分圧

茶の水分	%	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
吸湿特性		20	25	30	35	41	46
回 帰 式		22	27	31	35	40	44

このように各茶水分含有率に対応する両者の水蒸気分圧の値は殆んど一致しており、したがって茶水分含有率が 3.0~5.0% の範囲内ならば水蒸気分圧を推定するうえで充分利用できるものと考えられる。

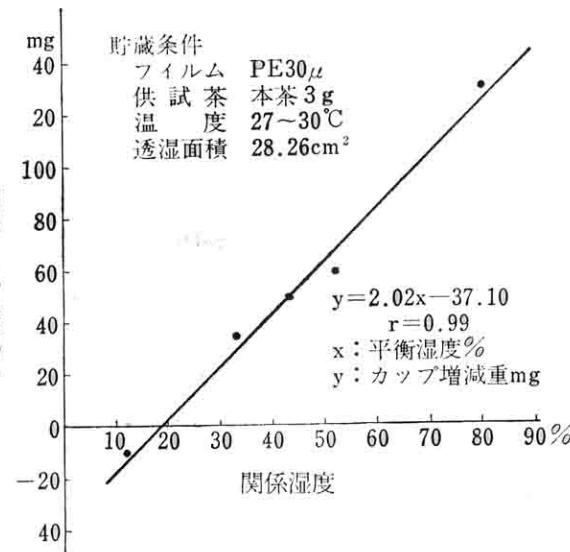
### 3・3 透湿カップによる容器内水蒸気分圧の測定結果

乾燥食品の場合、前項のようなその食品の吸湿等温特性あるいは 3・2・2 で示したような数式が決定されればその食品を包装した場合の容器内の水蒸気分圧は容易に決定できる。

これらが決定されていない場合あるいは多水分——特に遊離水溶液を相当含有しているような食品類については透湿カップ利用が有効とされている<sup>6)</sup>。

表 9 各相対湿度に対するカップの増減重

塩の種類	相対湿度	重量増減 gr		備考
		7~11日	14日	
LiCl $x$ H <sub>2</sub> O	12	-0.0092	-0.0106	水分 3.0%
MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	33	0.0271	0.0340	供試茶 3gr
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	43	0.0368	0.0483	
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	53~52	0.0416	0.0581	
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	80	0.0889	0.1307	
KOH	8~7	-0.0286	-0.0489	水分 4.0%
MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	33	0.0121	0.0210	供試茶 3gr
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	53~52	0.0389	0.0624	
NaCl	75	0.0727	0.1220	
KCl	85	0.0808	0.1381	
同 上		-0.0586 -0.0098 0.0215 0.0717 0.0927	-0.0641 -0.0102 0.0256 0.0874 0.1122	水分 5.1% 供試茶 5gr



第4図 茶水分 3.0% の場合

ここでは実際にフィルム (PE 30 $\mu$ ) を使用しての水蒸気分圧はどの程度であるかを知るため 2・4 の計画により試験した。

その結果は次のとおりである。

水分含有率 3.0, 4.0 及び 5.1% 茶の各平衡湿度に対する増減重量は表のようである。

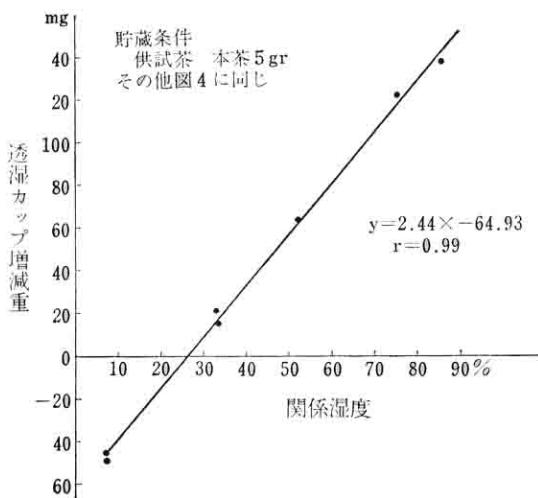
このように茶水分が 5.0% 前後になると平衡相対湿度が 33% でも脱水状態となる。

また、一定期日後において同じ条件の湿度であれば含有水分の少ない茶ほど吸湿量が多い。

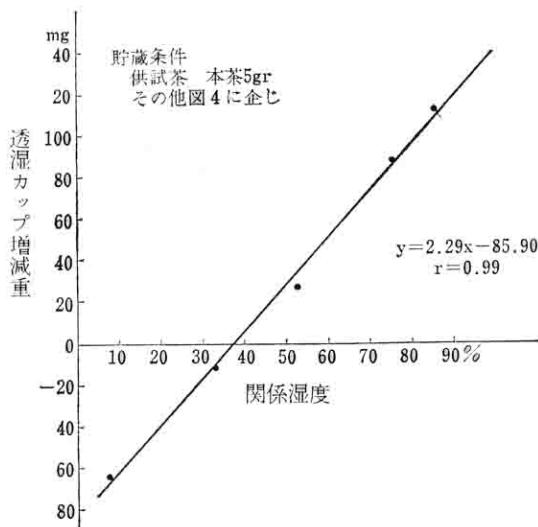
このことから外気水蒸気分圧と包装内水蒸気分圧の差、即ち、高分子フィルムの透湿係数に水蒸気圧差依存性<sup>5)</sup>があることがわかる。

表 9 の結果を図示すると図 4~6 のようになる。但し各区とも 14 日後の結果であり、また、各平衡湿度に対するカップの増減重をプロットした 5 点が必ずしも直線上になかったので最少二乗法により直線式に変換したものである。

これらの直線が透湿カップ増減重 0 の線と交わる点が水分の異なる茶がそれぞれ容器内で示す水蒸気分圧である。即ち、3.0, 4.0 及



第5図 茶水分 4.0% の場合



第6図 茶水分 5.1% の場合

び 5.1% 茶の場合、19, 26及び37%となる。

これらを吸湿等温特性及び既に設定した回帰式より求めた値と比較すると表10のようである。

このように透湿カップによる方法は両者にくらべ総体的に低目で茶の水分含有率が低い場合(3.0%)よく一致

表10 各種水蒸気分圧測定法による測定値の比較

	%	3.0	4.0	5.1
茶含有水分	3.0	4.0	5.1	
吸湿等温特性	20	30	42	
$y = 8.56x - 3.18$	22	31	40	
透湿カップ法	19	26	37	

するが、水分が増加するにつれその差が大きくなる。これは使用した塩類によるデシケーター空間湿度の不正確あるいは吸湿材料である茶の吸湿性の大小とともに違うフィルムの厚さ選定の不適性等に帰因するものと思われる。この点については更に検討をする必要がある。

#### IV 要 約

包装茶の流通期間中における品質保持に必要な包装資材の防湿性を推定するために重要な事項である包装容器内の水蒸気分圧を明らかにするためその測定法について検討し、次の結果を得た。

1) 温度 $27 \pm 1^\circ\text{C}$ 、茶水分 3.9% 前後の吸湿等温特性を求め、これから水分 3.0~5.0% の範囲の茶が包装容器内で示す水蒸気分圧はおよそ 20~40% であることを明らかにした。

2) 温度 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ において湿度計により水分の異なる茶が容器内で示す水蒸気分圧を測定し、これらの間には高度 ( $r = 0.985$ ) の相関関係が認められ  $y = 8.56x - 3.18$ なる回帰式が得られ、これから算出した値を吸湿等温特性から求めた値と比較すると茶水分 3.0~5.5% の範囲では殆んど一致したのでこの回帰式は充分利用できるものと考えられる。

3) 透湿カップによる方法は両者と比較すると、低水分(3.0% 前後)の場合よく一致するが、4.0~5.0%になると水蒸気分圧は少な目になり可成の差が生じてくるのでフィルムの選定等について更に検討する必要がある。

本報告を行うにあたり、各回帰式決定について御協力をいただいた当場経営研究室、隅田技師に厚く感謝する。

#### 文 献

- 1) 包装技術連絡会議・食品包装専門部会; 共同研究報告書「乾燥食品の防湿に関する研究」25~27 (1967)
- 2) 高橋文男; 食品包装便覧(日本包装技術協会編) 618~619 (1968)
- 3) 藤津泰彦; 東京都農業試験場特別報告; No.24, 143~147 (1967)

- No.25, 120~124 (1968)      5 ) Measurements of humidity, N.P.L. Notes on  
 No.26, 136 (1969)      Applied Science No.4 (H.M.S.O. 1958)  
 4 ) 高橋文男・内藤泰俊；防湿包装における湿度透湿度      6 ) 高橋文男；包装技術 454, Vol.4, No.9 (1966)  
 一の応用 (出所不明)

### Summary

For the purpose of making clear the partial vapor pressure in a packing container as an important matter for evaluation of the water-vapor-proof property of a packaging material required for maintenance of quality during the circulation period of a packaged green tea, the methods of measurement thereof were studied and the following results obtained ;

- 1) Hygroscopic isothermal characteristics at a temperature of  $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$  and green tea moisture content of about 3.9% were obtained, from which it was made clear that the partial vapor pressure developed by green tea with moisture content of 3.0.....5.0% within a packing container ranged from about 20 to 40%.
- 2) At a temperature of  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , partial vapor pressures produced by green teas different each other in moisture content were measured with a hygrometer and a high degree ( $r=0.985$ ) of correlation was observed among them, leading to a regression formula of  $y=8.56x-3.18$ . The values calculated therefrom were compared with the values obtained from the hygroscopic isothermal characteristics and they were found to be almost coincident with each other within the range of green tea moisture content from 3.0 to 5.5%, for which reason the said regression formula is deemed to be fully applicable.
- 3) Under the method of applying a moisture-permeable cup, when compared with the both, a fair coincidence is obtainable at a low moisture (of about 3.0%), but in the range from 4.0 to 5.0% a considerable difference is produced, with partial vapor pressure being reduced by about 4—5%, and therefore further studies are required on the selection of film, and so on.