

茶柱の発生要因

高田 淳平

指導教員 中島 覚 戸田 洋平

要約

私は「茶柱」の発生要因について研究した。

調査動機は、「茶柱が発生するのは珍しい」と言われていて、果たして本当に茶柱は珍しいのか（＝茶柱の発生確率は低いのか）気になったから、そして、どうして茶柱が発生するのか気になったからである。研究の目的は、①茶柱の発生確率を求める ②茶柱の発生するメカニズムを解明する の2つである。これら2つを明らかにする為に、私は、実物のチャノキの茎や、それを模した各種モデルを用いて、発生確率・茎への熱湯浸入の様子観察・茎両端への水浸入量測定・茎両端直径測定等の様々な実験を行った。研究の結果、茶柱の発生確率は、30分間で約18.4%である事が明らかになった。

又、茶柱は、茎内部に浸入した熱湯の重さがいわば錘の役割を果たし、片端のみがより重くなってバランスが崩れる事により、そちらを下として発生する事が明らかになった。しかも、この現象は単に内部に浸入した熱湯量のみによって決定されるわけではなく、「熱湯の浸入量」と「茎両端の太さ」の2つのファクターによって決定される、両端の「モーメント」の差によってどちらが下となるか決定される事が明らかになった。

Abstract

I researched on what causes tea stalks to float vertically. When infusing the tea, sometimes a tea stalk – *Chabashira* – will float vertically in the cup. In Japan, this is thought to be a sign of good luck. I wanted to find out more what causes this phenomenon. Why do some stalks float, and others sink? And why do some float vertically, and others do horizontally? I had two aims. ① To discover the probability of *Chabashira* floating vertically. ② To discover the mechanism that results in *Chabashira* floating in this way. I made various experiments with real tea stalks and hand-made models: calculating the probability of *Chabashira* floating vertically, observing the internal structure, and measuring the both ends' diameters and the length, and so on. As a result, the probability of *Chabashira* floating vertically was about 18.4% for 30 minutes. In addition, *Chabashira* floats vertically because of the content of water entering into its both ends. This phenomenon is caused by two factors, the content of water entering into *Chabashira* and its both ends' diameter.

キーワード 茶柱・モーメント・チャノキ・茶柱発生確率

Keywords *Chabashira* (tea stalks) ・ moment ・ tea plants ・ the probability of tea stalk floating vertically

I. 序論

1. 研究動機

- ・「茶柱が立つのは珍しい」「茶柱が立つと縁起が良い」と言われており、茶柱の発生確率が気になったから。
- ・茶柱の発生するメカニズムが気になったから。

2. 目的

- ①茶柱は本当に珍しいのか（＝茶柱の発生確率は低いのか）を解明する。
- ②茶柱の発生メカニズムを解明する。

II. 本論

3. 定義

本研究に於いて、「茶柱が立った」「茶柱が発生した」という状態を、「茶葉中に含まれるチャノキの茎部分、熱湯中に投げられてから30分以内に、熱湯中で水平に対し垂直な状態を保ったもの」と定義する。但し、 $\pm 10^\circ$ の許容範囲を設ける。

4. 材料

本研究に於いて、実験材料は、一般的に市販されている緑茶製品の中でも茎の混入割合の高い「茎茶」や「かりがね」（[写真1]参照）と呼ばれる製品中からピンセットを用いて茎部分のみを採取し、これを実験に用いる。



[写真1] 茎茶

5. 実験器具

ビーカー デジタル温度計 電気ポット ピンセット
カッターナイフ 油性マジックペン 赤絵具 万年筆用

赤インキ 光学顕微鏡 検鏡用具一式 ルーペ デジタルカメラ デジタルカメラ接眼リングアダプタ（キヤノン EF マウント用） 三脚 ノギス 物指し 自作測定用ゲージ デジタル天秤 保存容器 ティッシュペーパー

6. 実験1 茶柱の発生確率を求める

<実験のねらい>茶柱発生確率を求める。

<実験方法>

- ①茎 50 本を熱湯中に投入する。
- ②1 分間隔で水温と茶柱発生本数をデジタル温度計・目視で観測する。
- ③実験は 30 分×5 回行い平均を出す。

<実験結果>[グラフ1]参照。

30 分/5 回での茶柱平均発生確率は（実験 5 回で発生した茶柱の総和 46 本÷母集団 250 本×100＝）約 18.4%であった。2 割弱が発生する事になる。

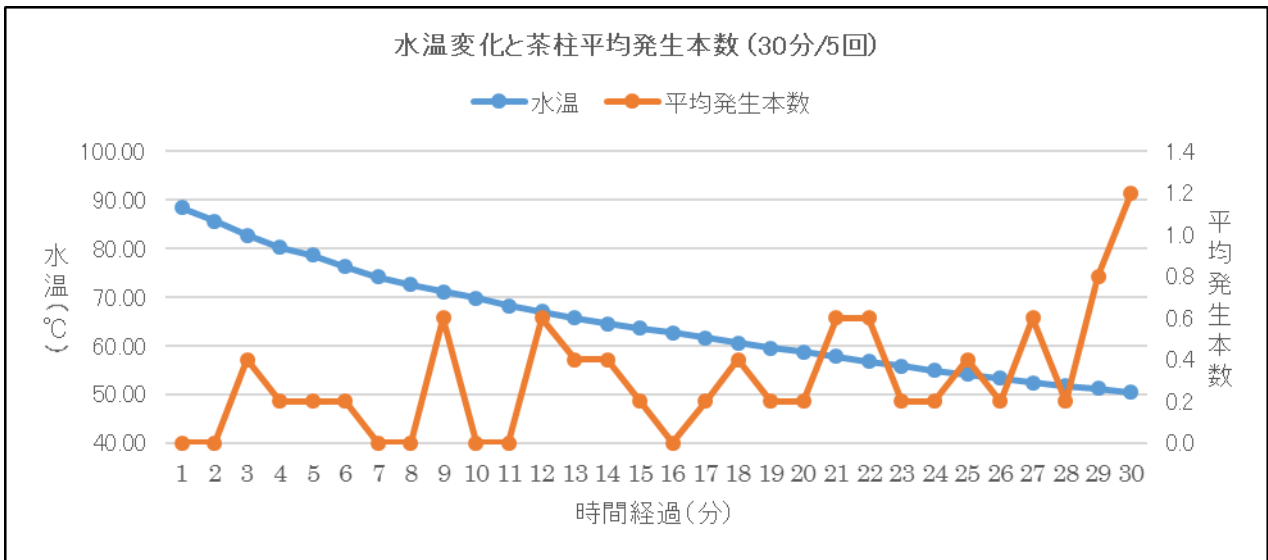
7. 観察

茶柱の発生に何か法則性を見出そうと、茶柱の発生する様子を観察した。

茎が熱湯中に投げられてからの様子は、次の様に纏められる。

- ①茎は、投入された直後は水面に浮遊している。
- ②茎は、時間が経つに連れて次第に片端より傾き始める。
- ③更に時間が経過し、傾きは更に大きくなる。
- ④更に時間が経過し、茎は水平に対し垂直な状態をとる（茶柱の発生）。
- ⑤茶柱は、④の状態を保ったままで熱湯中をゆっくり沈み、或いは熱湯中を浮遊する。
- ⑥更に時間が経過し、茶柱は水底に達し再び水平な状態を取る。

又、茶柱は 30 分を過ぎた後も発生し続け、時間経過と共に茎の大部分が「立つ」事が観察に因って分かっているが、本実験では、実験開始から 30 分間に発生したもののみを茶柱とする。



【グラフ1】 水温変化と茶柱平均発生本数

8. 仮説

前項に示す観察に基づき、茶柱発生メカニズムに関する仮説を立てた。

- ①茎が湯中に投げられると、茎両端から熱湯が浸入する。
- ②茶柱が「立つ」のは、茎の左右端で熱湯の浸入量に差が生じる為に重量バランスが変化するためである。
- ③茶柱が沈むのは、茶柱内部に浸入した熱湯の重さが茶柱の浮力を上回るからである。
- ④茎左右端で浸入する熱湯の量に差が生じる理由は、茎の直径が左右で異なる等が考えられる。

茶柱が立つのは、恰も釣りのウキの様に、上下で重さに違いがある（下に重さが偏っている）からであり、時間経過と共に重さの差を生み出す要因は「茎両端への熱湯の浸入量の違い」にあると考えた。

9. 実験2 茎への熱湯浸入の様子を観察

<実験のねらい>茎への熱湯浸入の様子を解明する。

<実験方法>

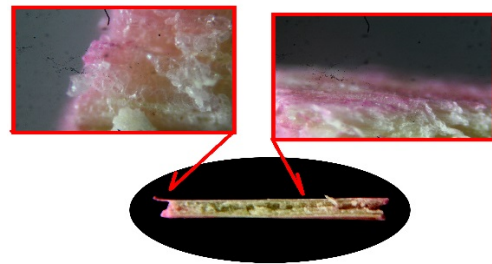
- ①熱湯を赤絵具で着色し、茎を熱湯に投入する。
- ②茶柱が発生したら、ピンセットで熱湯中より取り出してカッターナイフで縦半分に割り、目視・ルーペ及び光学顕微鏡で内部構造・熱湯浸入の様子を観察する。

- ③本実験で、「熱湯が浸入している」＝「茶柱内部が赤く染色されている」とする。

<実験結果>

【写真2】参照。熱湯は茎の両端からのみ浸入している事が確認出来る。

又、茎は、①内部の熱湯を吸収しやすい構造と、②それを取り囲む、謂わばストロー状の熱湯を通しにくい構造の2つからなっている事が分かる。



【写真2】 茶柱内部の染色結果

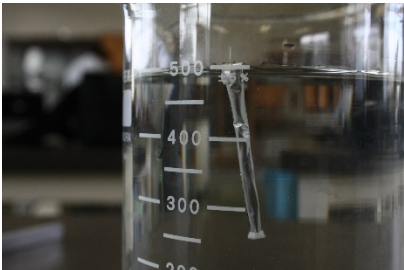
10. 実験3 茶柱の構造を模したモデルを用いた発生メカニズム検証

<実験のねらい>

前項7に於いて、茶柱が発生する様子の観察から、茶柱発生メカニズムに関する仮説を立てた。そこで、茶柱の特性及び構造を模した人工的なモデルを身近な材料を用いて自作し、モデル実験を通し仮説を実証する事にする。

<結果>

本実験に於いて、計6種類のモデル（**[写真3]**参照）を製作し実験を行ったが、内部吸収構造の材質的特性の限界、具体的には、茶柱内部の構造と熱湯の吸収度が近い材質が入手できなかつた事から、実際の茎への熱湯浸入の様子を適切に再現する事は出来なかつた。



[写真3] 試作したモデルの1つ

又、岡山大学 西山教授より、「モデル実験では、仮説の実証は出来てもメカニズムの実証は出来ない。メカニズムの実証は実際の茶柱で行うのが良い。」との助言を頂いた為、この手法で茶柱の発生メカニズムを解明するのは止め、実際の茶柱を観察対象としてメカニズムを解明する事とした。

1 1. 実験4 茶柱上下への熱湯浸入量の差を求める

<実験のねらい>仮説によると、茶柱が立つのは茎両端での熱湯浸入量の偏りであるとされる。実際に発生した茶柱内部への熱湯浸入の様子を観察する事により、仮説を裏付けたい。

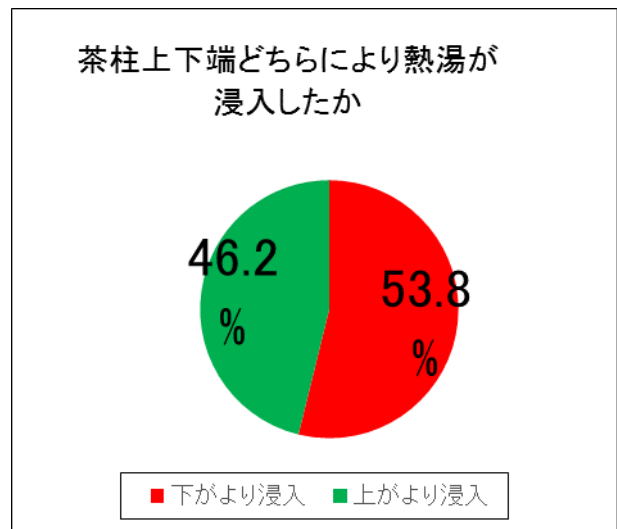
<実験方法>

- ①湯を赤絵具で着色し、茎を熱湯に投入する。
- ②茶柱が発生したら、ピンセットで熱湯中より取出して油性マジックペンで下端に印をつける。
- ③カッターナイフで縦半分に分け、目視で熱湯浸入の様子を観察する。
- ④実験は30分間行う。
- ⑤本実験に於いて、「熱湯が浸入している」＝「茶柱内部が赤く染色されている」とする。
- ⑥観察した茎は、総て立った茶柱で13本である。

<実験結果>

[グラフ2]参照。仮説に因ると、立った茶柱の下端の方に、上端と比較しより熱湯が浸入している事になるが、本実験では約46.2%の茶柱が仮説と異なる結果（＝上端により熱湯が浸入）となった。

1 2. 実験5 茶柱両端の直径及び全長を測定する



[グラフ2] 水温変化と茶柱平均発生本数

<実験のねらい>仮説によると、茶柱の発生要因である茎両端での熱湯浸入量の偏りの発生する原因の1つとして、茎両端の直径が異なる事が挙げられている。実際に発生した茶柱両端の直径を測定する事により、仮説を裏付けたい。

又、茎の長さによって発生し易さに相違はあるのかも解明したい。

<実験方法>

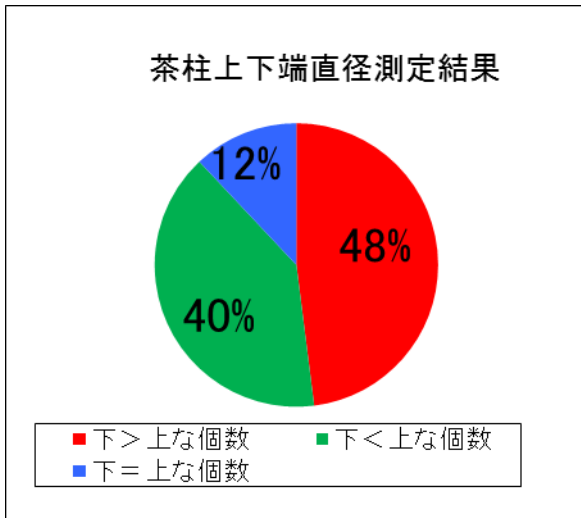
- ①茎を熱湯中に投入し、茶柱が発生したら熱湯中より取出し、マジックペンで下端に印をつける。
- ②ノギスで両端の直径を、物指しで全長を測定する。
- ③測定した茎は、総て立った茶柱で25本であり、1つの茶柱に対して両端直径と全長の2つを同時に測定する。実験は30分間行う。

<実験結果>

両端直径：**[グラフ3]**参照。仮説に因ると立った茶柱の下端の方が上端よりも太い事になるが、本実験では上端と比較し下端の方が太いものが48%、下端と比較して上端の方が太いものが40%存在し、更には両端で直径に違

いの見られない茶柱も12%あった。

全長：[表1] 参照。発生した茶柱の全長は4 mm~14 mm 迄バラバラで、長さは発生要因として関係がない事が分かった。



【グラフ3】 茶柱両端の直径

【表1】 茶柱の全長

以上 (mm)	未満 (mm)	本数 (本)
4	6	4
6	8	7
8	10	3
10	12	6
12	14	5

1.3. 仮説2

実験3及び4で、仮説と一部異なる実験結果が出た。そこで、これらの事実をも鑑み、整合性を持たせた新たな仮説を立てた。

着目したのは、「モーメント」の概念である。単に熱湯の浸入量だけに注目して考えるのではなく、茎の端と重心との距離も関係すると考えた。

①茎両端に太さの差が見られない場合（【図1】左）

茎の重心は茎の中心に存在する為、茎は浸入した熱湯量の多い方を下として傾く。

②両端に太さの差がみられる場合（【図1】右）

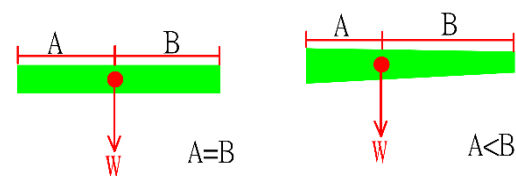
茎の重心は、茎中心ではなく、中心から太い方の端により近い場所に偏る。

(i) 左端は右端と比較し太い（=容積が大きい）ので、より多くの熱湯が浸入しやすい。

一方、左端は重心からの距離が右端と比較し小さいので、右端と比較しより多くの熱湯が浸入する必要がある。

(ii) 左端と比較し右端の方が重心からの距離が大きいので、より少ない熱湯量でも傾きやすい。

一方、右端は左端と比較し細い（=容積が小さい）ので、より多くの熱湯が浸入する必要がある。



【図1】モーメントの概念

茎両端に太さの差がみられる場合、茎の端では上記 (i)・(ii) の関係が同時に成り立っている。因ってこれらの要素は相殺され、結果として見掛け上、①の「太さに差が無い茎」と殆ど同じであると看做す事が出来ると考えられる。その状態で、モーメントの勝った方を下として傾くと考えられる。

1.4. 実験6 茎に浸入する熱湯の割合を求める

<実験のねらい>

仮説によると、茶柱の発生には熱湯の浸入が関係している。茶柱内部に浸入した熱湯の質量を測定し、また、対照実験として立たなかった茎についても同様の観察を行い、違いを発見したい。

<実験方法>

- ①熱湯中に茎を投入する。
- ②茶柱が発生したら直ぐに取り出し、茶柱の周囲に付いた余分な水分をティッシュペーパーで拭い、最少秤量が0.001 gのデジタル天秤で質量を測定する。
- ③②の茶柱に固有の番号を振って区別し、完全に乾燥さ

せる。

- ④乾燥状態の茶柱の質量を②で使用した物と同じデジタル天秤で測定する。
- ⑤ $\{④ \div (② - ④)\} \times 100$ で茶柱に浸入した熱湯の、茶柱本体に対する熱湯の浸入割合が分かる。
- ⑥測定した茎は、総て立った茶柱で 100 本である。又、対照実験として、立っていない茎も同数測定し比較する。実験は 30 分間行う。

<実験結果>

[表2]参照。平均して、立った茶柱の方に、立っていないものよりも 18%程多くの熱湯が浸入している事が分かる。

[表2] 茶柱へ浸入した熱湯質量の本体質量に対する割合

	立った	立たなかった
水浸入時の茶柱質量(g)	0.021	0.022
乾燥質量(g)	0.005	0.006
差(水の浸入量)(g)	0.016	0.017
水の浸入割合(%)	333.459	310.044

このうち、発生した茶柱は実験開始から 30 分以内の発生した瞬間の時点でのデータであり、立たなかった茎は実験開始から 30 分経過した時点でのデータである。熱湯中にあった時間は当然後者の方が長く、熱湯が浸入可能な時間についても同様である。その状態にあつて尚、概して、発生した茶柱の方に立たなかった茎よりも多くの熱湯が浸入していたという事は、茎の中にも「熱湯が浸入しやすいもの」と「熱湯が浸入しにくいもの」が存在する為と考えられる。

1.5. 実験 7 茎の熱湯浸入量と茎の直径要素一元化

<実験のねらい>

前述の実験 3 及び 4 では、「茎への熱湯浸入量」と「茎両端の直径」というファクターを、それぞれ独立した事象と見做し実験を行った。然し、仮説 2 により、これら 2 つには密接な関係がある可能性が示唆された。従つて、これらを一元的に扱う事に因つて因果関係を探ろうと考えた。

<実験方法>

- ①熱湯を万年筆用赤インキで着色する。
- ②茎を①の熱湯中に投入し、茶柱が発生したら取出して油性マジックペンで下端に印をつける。
- ③自作測定用ゲージ(詳細後述)に載せ、デジタルカメラで撮影する。
- ④茎をカッターナイフで縦半分に分け、自作測定用ゲージに再び載せデジタルカメラで撮影する。
- ⑤撮影した画像をコンピュータ上で拡大し、ゲージの目盛を読取る。
- ⑥測定した茎は、総て立った茶柱を対象として 97 本である。
- ⑦本実験で、「茎内部が赤く着色されている」=「内部に熱湯が浸入している」とする。

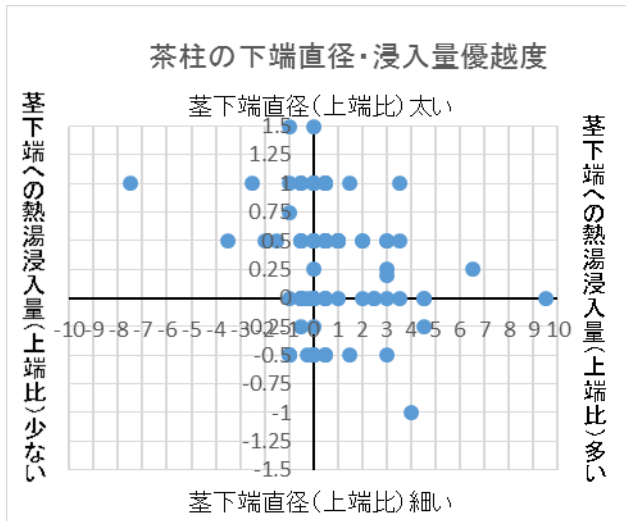
自作測定用ゲージは、市販のシンワ製ステンレスステール製直尺(最少目盛 0.5 mm) 3 本を組合せて自作した測定具である。長い直尺(30 cm)に並行に、茶柱を添わせて置き、30 cmの直尺で熱湯浸入量(=赤インキで染色された長さ)を、30 cm直尺に直角に置いた 2 本の短い直尺(15 cm、30 cm直尺に沿つてスライドさせる。)で両端直径をそれぞれ測定する。

<実験結果>

[グラフ4]参照。各ファクターで、下端の数値から上端の数値を引き下端の優越度をポイント化した。例えば、下端と比較して上端の直径の方が太かった場合、数値は負の数をとる。

仮説通り、他象限と比較し第三象限には分布が少ない事が分かる。x 軸上の負の部分にも分布が少ない。原点の分布は測定誤差であると考えられる。

本実験に於いて、熱湯のみを使用した時よりも茶柱が発生しにくかった。インキの粘性が発生に影響している可能性がある。又、インキ中に含まれる発色微粒子が茎内部構造に詰まり、熱湯浸入を妨げている可能性も考えられる。



[グラフ4] 茶柱下端直径・熱湯浸入量優越度

16. 実験8 茶柱内部構造の詳細観察

<実験のねらい>本実験は前述実験2の追加実験である。茶柱両端で水の浸入に差が生じる要因として、茶柱

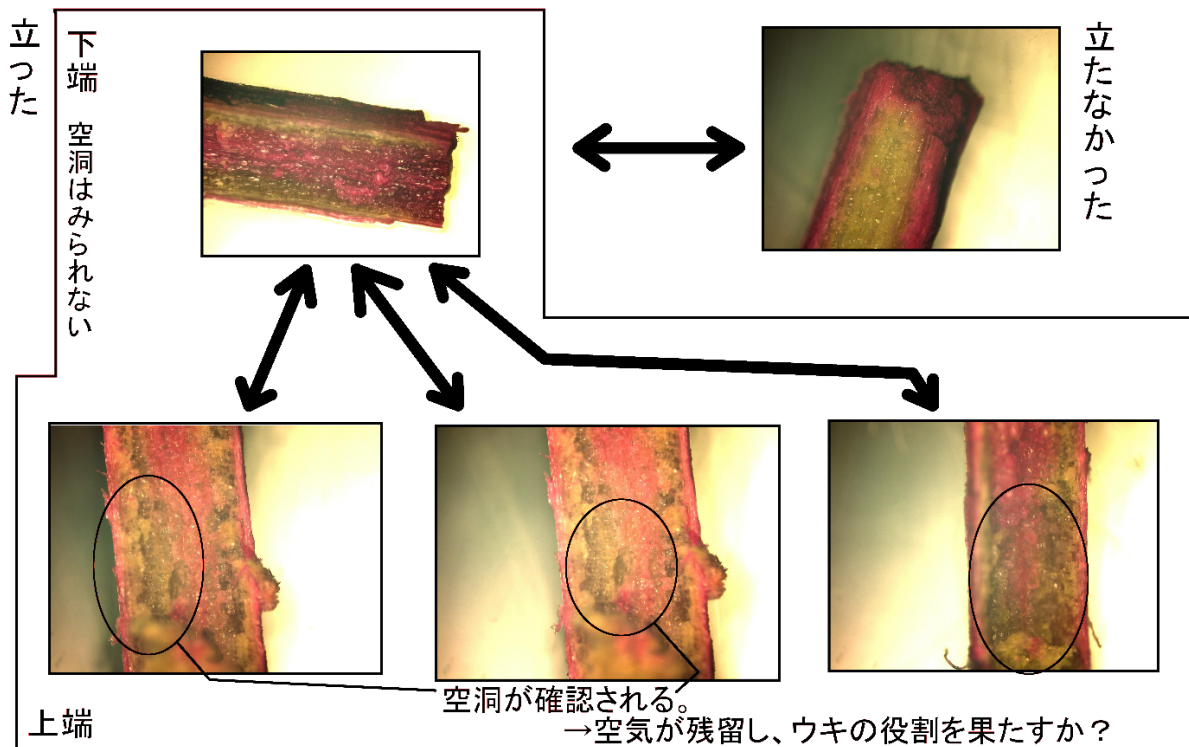
の内部構造を詳細に観察した。

<実験方法>実験2に同じ。但し、金光学園の光学顕微鏡を用いた観察では限界があったので、岡山大学の光学顕微鏡(1000×迄観察可能)を用いて内部構造の観察を行った。

この顕微鏡は、接眼レンズの部分に CCD カメラが取り付けられており、試料観察・撮影が液晶モニタを介して容易に行える。

<実験結果>[写真4]参照。立たなかった茎内部にはあまり熱湯が浸入していない。又、立った茶柱上端の多くには内部に空洞が確認されたが、下端は比較的密であり、上端の様な空洞は見られない。この事から、茶柱内部構造の密度の差も発生要因として関係する可能性が考えられる。具体的には、茶柱内部の空洞に空気が残存し、ウキの様な役割を果たす可能性がある。

光学顕微鏡を用いた茶柱の内部構造観察 2013年11月16日 於:岡山大学



[写真4] 光学顕微鏡を用いて観察した茶柱内部構造

III. 結論

- ・茶柱の平均発生確率（30分/5回）は約2割弱である。
- ・茎は、両端直径と熱湯浸入量からなるモーメントの釣合が崩れる事に因って発生する。

IV. 今後の課題

- ・茶柱への熱湯の浸入し易さしにくさを決定する要素（内部構造の粗密等）を解明する。
- ・表面張力も考慮した発生メカニズムを理論化し、実証する。
- ・内部の空洞と茶柱発生の関係について解明する。

V. 謝辞

本研究にご助言・ご協力を頂いた岡山大学 西山教授・河村教授にこの場を借りてお礼申し上げます。