

## 豆類の吸水特性

上中登紀子, 森 孝夫, 豊沢 功  
(武庫川女子大学生活環境学部食物栄養学科)

### Characteristics of water absorption of beans

Tokiko Uenaka, Takao Mori and Isao Toyosawa

*Department of Food Science and Nutrition,  
School of Human Environmental Sciences  
Mukogawa Women's University, Nishinomiya 663-8558, Japan*

Characteristics of water absorption of soybean, azuki bean and kidney beans(cv. Toramame and Taishokintoki) were investigated. The way of water absorption of soybean was different from that of other beans, because soybeans absorbed water from whole surface of seed coat immediately after the immersion. Azuki beans absorbed extremely slowly water from only strophiole, and then the water absorption in other tissue was induced by a certain amount of water absorption playing a role of trigger. Therefore, the rate of water absorption of azuki bean increased since the changing time. The rate of water absorption of Toramame and Taishokintoki was intermediate between those of soybean and azuki. It was assumed that micropyle in those kidney beans plays a important role in water absorption.

#### 緒言

豆類は栄養価に富んだ優れた食品で、古くから世界各地で重要な食糧源として広く利用されている。しかし、組織が堅くて煮えにくいいため、調理・加工の際には、あらかじめ水に浸けて吸水させ、可食部である子葉を膨潤・軟化させる必要がある。したがって、吸水は豆類の調理・加工にとって最も重要な基本操作であるといえよう。

豆類の吸水現象については、発芽生理や作物学的見地からはかなり詳細に研究されている<sup>1)~6)</sup>が、調理・加工の観点からは、加熱中における吸水<sup>7)</sup>や豆の貯蔵期間と吸水の関係<sup>8)</sup>などに主体がおかれ、豆組織のどの部位を通じて吸水するのか、また、どのような機構によって吸水が進行するのかなどについては、ほとんど明確にされていない。

そこで、ダイズ、アズキ、インゲン(トラマメ、大正金時)を試料として、吸水時における種皮の膨潤状態を比較するとともに、種皮の各組織を封印し

て吸水実験を行った結果、豆類の種類によってそれぞれに特異な吸水現象を認めためたので、それらの結果について報告する。

#### 実験方法

##### 1. 試料

実験に用いた試料は、1995年に収穫したダイズ(福井県産エンレイ)、アズキ(北海道産エリモ、アカネ大納言)、インゲン(北海道産トラマメ、大正金時)である。これらの試料は密閉容器に入れて4℃に保存し、それぞれ標準的な重量範囲のものを適宜使用した。

##### 2. 吸水曲線の作成

試料10粒を25℃の水に浸漬し、一定時間毎に1粒ずつ取り出し、ろ紙で付着水を除いてから重量を測定した後、すばやく元の水に戻した。この操作を経時的に繰り返して重量変化を求め、吸水曲線を作成した。

##### 3. 吸水による豆類種皮の膨潤状態の観察

上記の方法で吸水させた豆類を経時的に水から取り出し、種皮の膨潤状態の変化を実体顕微鏡で観察・撮影した。

#### 4. 豆類の封印実験

豆類の種皮組織(種瘤, ヘそ, ミクロパイルなど)が吸水にどのように関与しているかを調べるため, これらの各組織を封印して吸水実験を行った。封印剤には, オープン化粧品株式会社に依頼して特別に調製したニトロセルロースとアルキッド樹脂を主成分とするマニキュアを使用し, 種瘤, ヘそ, ミクロパイルなどの各部位に解剖針で塗布し, 室温で1時間乾燥させた後, 吸水実験を行った。なお, ダイズは特に種皮の吸水速度が速いので浸漬温度を20℃に設定し, 他の豆類については吸水速度が比較的緩慢であるので, 微妙な吸水量の変化を増幅してより正確に測定するため, 水温を高めて30℃に設定した。

### 実験結果

#### 1. 豆類の吸水曲線

豆類を水に浸漬して吸水させ, 経時的に吸水率を測定すると, Fig. 1. に示したような吸水曲線が得られた。

ダイズは他の豆類に比べて浸漬後直ちに吸水し始め, 浸漬6時間までは急速に増加したが, その後はやや緩慢となり, 浸漬12時間以降はほぼ平衡状態となり, 18時間後には約2.3倍の吸水率を示した。トラマメ, 大正金時は両者ともに浸漬直後よりかなり急速に吸水し始めるが, 浸漬6時間後には吸水が緩慢になり, 浸漬12時間後にはほぼ平衡に達した。

一方, アズキの吸水は約3時間の緩慢な誘導期を経た後に急速に増加したが, 浸漬12時間後からは再び緩慢となり, S字曲線を示した。

#### 2. 吸水時における豆類種皮の膨潤状態の変化

豆類の吸水は Fig. 1. のように, ダイズ, アズキ, インゲンとともにそれぞれ特徴のある吸水曲線を示し, 吸水速度は相互にかなり異なっている。そこで, この理由を明確にするため, 吸水時における豆類種皮の膨潤状態を経時的に観察・撮影した。その結果を Fig. 2. に示した。

ダイズは浸漬直後に, ヘそと反対側の種皮部分から吸水してしわを生じ, そのしわはヘそ側に向けて進行し, 浸漬約10分後にはヘそにまで到達した。

その後, これらのしわはヘそ側から平らにのびて徐々に消え, 浸漬約3時間後には種皮全体が水分を

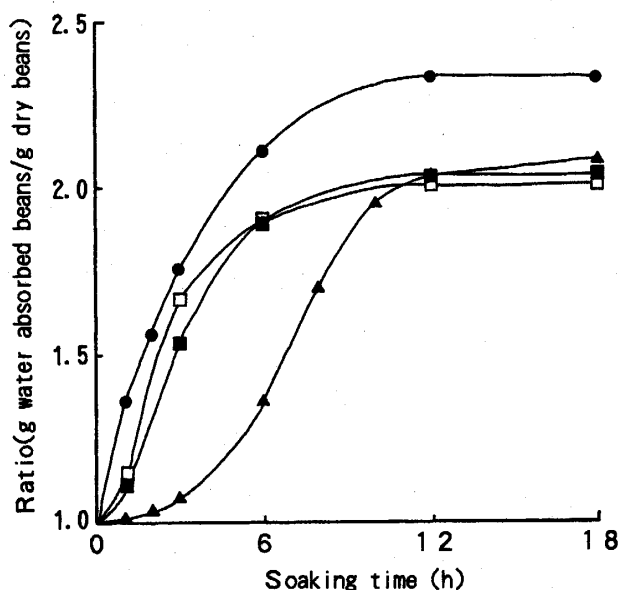


Fig. 1. Water absorbed in beans during soaking at 25°C

- , soybean; ▲, azuki bean (Erimo);
- , kidney bean 1 (Toramame);
- , kidney bean 2 (Taishokintoki).

含んで満遍なく膨潤し, 豆はやや大きくなって球状体から楕円体へと変形した。しかし, この時点では子葉の膨潤はまだ十分ではなく, 吸水曲線はその後もほぼ直線的に増加している。したがって, 浸漬初期における種子の重量増加は主として種皮の吸水・膨潤によるものであり, それ以後の重量増加は子葉の吸水・膨潤が主体であると推察される。

アズキは浸漬2時間まではほとんど変化は認められないが, 3時間後には種瘤とその周辺の種皮部分がわずかに膨潤しているのが認められた。その後は, 種瘤を中心として同心円状に種皮の吸水・膨潤が急速に進行するが, 浸漬9時間後でも種皮全体の膨潤は完了していない。

トラマメは, ミクロパイル周辺から膨潤してしわが生じ始め, 次いで, ヘその周囲を取り巻く種皮部分から種瘤側の背線へと進行し, 浸漬20分後にはヘそ周辺から茶色の種皮部分にかけて分岐状にしわが生じた。その後, しわは茶色の種皮部分全体に見られるようになり, ミクロパイル側の背線に沿って現れ, さらに白色の種皮部分にも生じて, 種皮全体が吸水して膨潤した。なお, 種皮の白色部分に点在する茶色の斑点部分も種皮の茶色部分とほぼ同じ時期に吸水・膨潤していた。

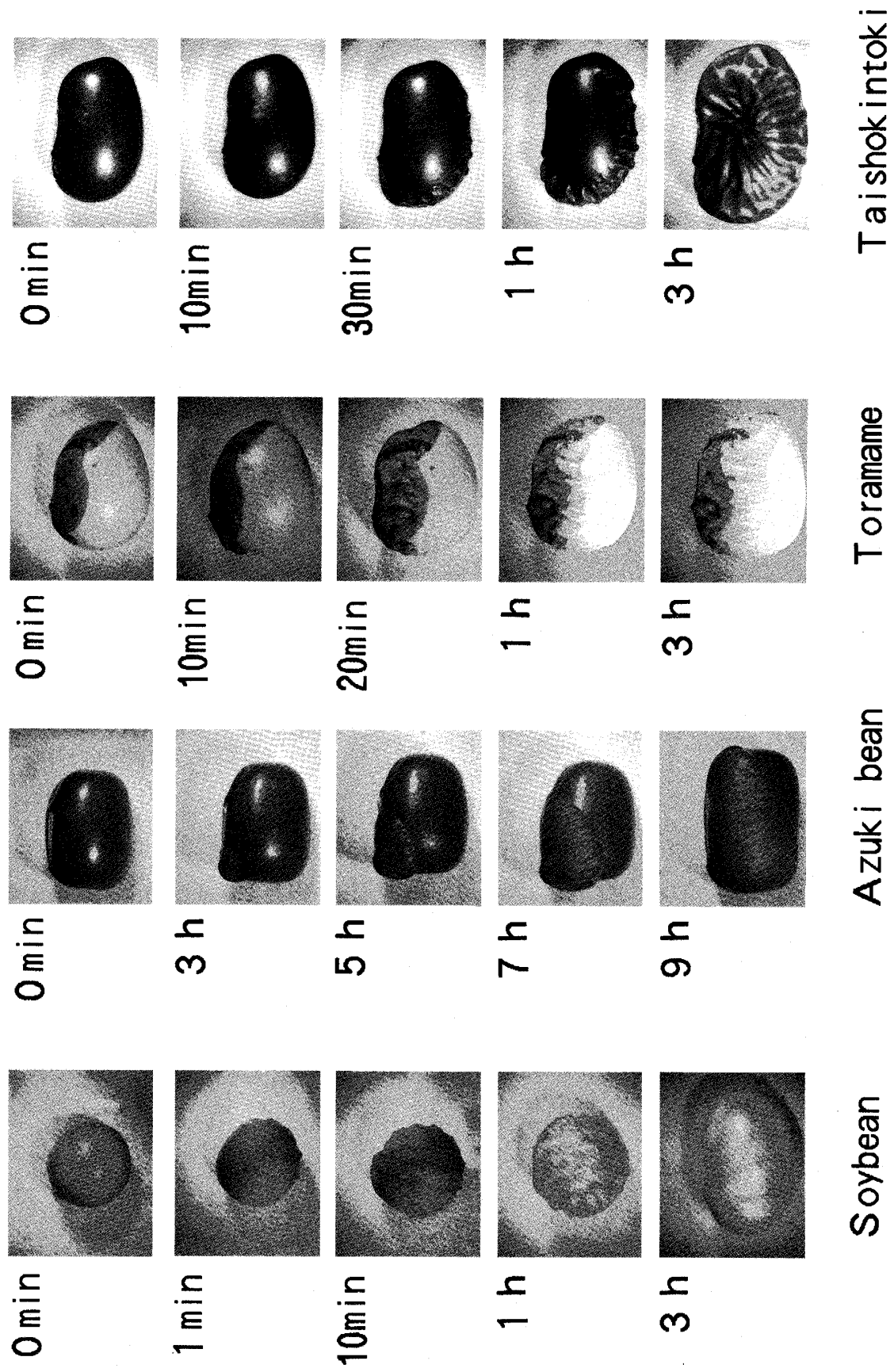


Fig. 2. Seed coat wrinkling of beans during imbibition at 30°C

大正金時は、種瘤側の背線周辺からしわが生じ始め、へそ周辺、マイクロパイル周辺へと広がり、さらに豆の周りを取り巻くようにリング状にしわが生じ、その後、これらの部分から種皮中央部へ向けてしわが進行し、吸水・膨潤した。

### 3. 種皮組織の封印が豆類の吸水に及ぼす影響

豆類の種皮組織(種瘤、へそ、マイクロパイルなど)に封印剤を塗布して吸水率を求めた結果、Fig. 3~6に示した吸水曲線が得られた。

ダイズは、Fig. 3. に示したように、へそ、マイクロパイルを封印しても吸水に及ぼす影響は比較的少なかったが、へそ側およびへそと反対側の種皮をそれぞれ半分ずつ封印すると、浸漬4時間後の吸水率は両者ともにコントロールに比べて約37%も減少した。なお、へそ、マイクロパイルを除いた種皮全体を封印すると、浸漬後1時間は全く吸水しないことも分かった。したがって、ダイズは特定の種皮部分から吸水を始めるのではなく、種皮全体から吸水するため、他の豆類に比べて吸水速度が著しく速いと推察される。

アズキは種瘤を封印すると、Fig. 4. のように8時間は吸水しないことが判明したが、さらに実験の結果、24時間の浸漬でも全く吸水しないことを確認した。へそを封印した場合は、吸水初期における吸水曲線の立ち上がりが遅く、浸漬8時間後もコントロールのわずか34%にしか達しなかった。マイクロパイルを封印すると、浸漬5時間まではコントロールとほぼ同じであるが、それ以降は吸水速度はやや低下した。また、浸漬1時間後および3時間後のアズキについて、それぞれの種瘤を封印して吸水率を求めたところ、浸漬1時間後に封印したものは、種瘤封印の場合と同じく全く吸水しなかった。しかし、浸漬3時間後に封印したものは、コントロールよりやや遅れるものの、コントロールにほぼ近似した吸水曲線を示した。したがって、アズキは吸水時における誘導期前半までは種瘤のみから吸水するが、それ以降は種瘤から吸水したことが引き金となって、種瘤以外の部位からの吸水が可能になると考えられる。

トラマメと大正金時については、種瘤またはへそを封印しても吸水には余り影響しなかったが、マイクロパイルを封印すると、浸漬4時間でトラマメの吸水率はコントロールの約45%、大正金時ではコントロールの約40%にまで減少した。したがって、マイクロパイルが吸水に果たす役割はかなり大きいと

考えられるが、アズキの種瘤のように特定部位のみから吸水が進行するような組織は見当たらなかった。

## 考 察

以上のように、豆類はその種類によって吸水曲線、水に浸漬した時の種皮の膨潤状態、さらに吸水に関与する種皮の組織などいずれもそれぞれが異なっている。特にダイズとアズキは、どの因子を比較しても全く対照的といってもよい程の相違が見られるので、次に、この両者の吸水機構について若干の考察を試みたい。

他の豆類に比べて、ダイズの吸水は著しく速いが、吸水の過程は次の二段階に分けて考察できよう。すなわち、第一段階は浸漬直後より始まる種皮の吸水・膨潤であり、第二段階は、その結果として種皮の下部に貯えられた水の子葉への浸透である。すなわち、ダイズを水に浸すと、へそと反対側の種皮部分から吸水が始まり、それがきっかけとなって種皮全面から吸水・膨潤が進行する。Wolfら<sup>9)10)</sup>によれば、ダイズは種皮表面に微細な穴状のピットが分布する品種が多く、他の豆類に比べて水が浸入しやすい構造になっているという。ピットから浸入した水は、クチクラ層、次いで柵状細胞層、柱状細胞層を通り抜け、海綿状組織に到達する。柱状細胞層は空間が大きく、海綿状組織は膨潤性に富んでいるが、その内側にあるアリュロン層は松井ら<sup>11)</sup>の指摘のように、細胞壁が緻密な構造になっているので、水の浸入は一時的に阻止されると考えられる。その結果、種皮内部に浸入した水は柱状細胞層<sup>3)</sup>、海綿状組織に貯えられて充分量が貯水されると、アリュロン層を徐々に通過して、子葉の周囲全体から子葉の中心部へ向かって同心円状にゆっくりと浸透し、子葉の吸水が完了するものと推察される。

一方、アズキの吸水速度がダイズに比べて著しく遅いのは、吸水初期には種瘤のみから吸水が進行するためと考えられる。種瘤の細胞には脂質が特異的に分布していて、種瘤周辺の特殊な組織構造とともに吸水の抑制に関与していると推察される<sup>12)</sup>が、種皮がダイズよりもかなり分厚く、種皮表面にピットが分布していないことなども、アズキの吸水が遅い原因の一つであろう。

なお、豆類によって吸水機構がそれぞれ著しく異なるのは、上述のように種皮の組織構造の相違が密接に関係しているほか、種皮や種皮表面のクチクラ層の厚さ、ピットの有無、種皮と子葉の密着度、子

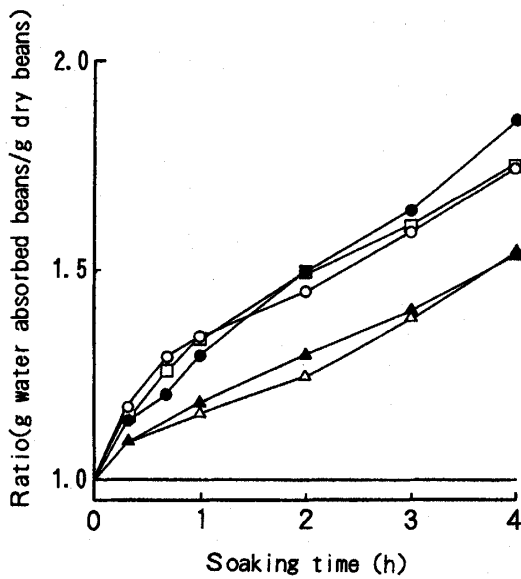


Fig. 3. Water absorbed in soybean previously sealed at different points (20°C)  
 ○, hilum was sealed; □, micropyle was sealed;  
 △, a half of seed coat at hilum side was sealed;  
 ▲, a half of seed coat at opposite side of hilum was sealed; ●, control.

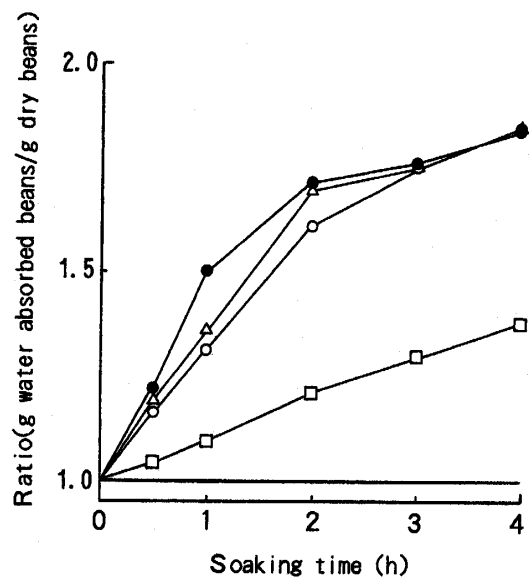


Fig. 5. Water absorbed in kidney bean (Toramame) previously sealed at different points (30°C)  
 ○, strophiole was sealed; △, hilum was sealed;  
 □, micropyle was sealed; ●, control.

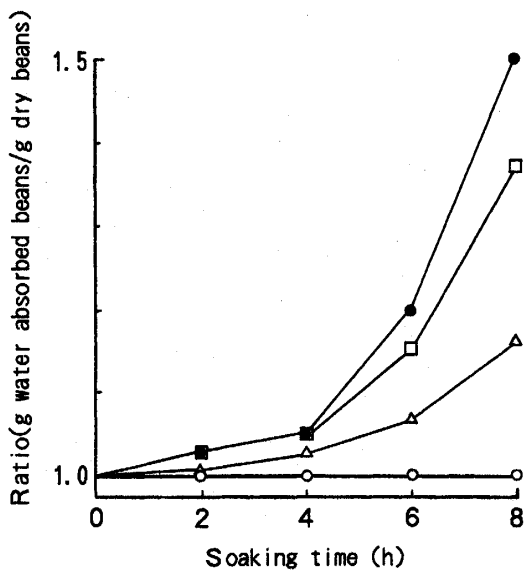


Fig. 4. Water absorbed in azuki bean previously sealed at different points (30°C)  
 ○, strophiole was sealed; △, hilum was sealed;  
 □, micropyle was sealed; ●, control.

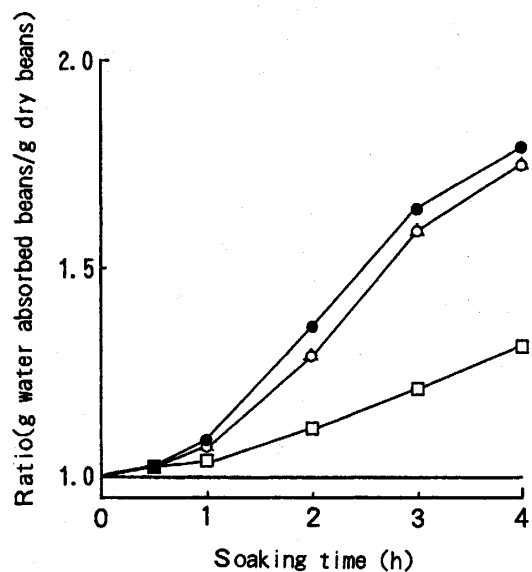


Fig. 6. Water absorbed in kidney bean (Taishokintoki) previously sealed at different points (30°C)  
 ○, strophiole was sealed; △, hilum was sealed;  
 □, micropyle was sealed; ●, control.

葉の主成分の相違(ダイズはタンパク質, アズキ, インゲン類はデンプン), さらに地上発芽と地下発芽の違いや原生地の気候条件など, いろいろな因子

が複雑に関与しているものと推察される。

## 要約

豆類の吸水時における挙動について追求し、以下の結果を得た。

1. ダイズを水に浸けると、その直後より急速に吸水するが、アズキは緩慢な誘導期を経た後に吸水が速くなる。インゲン(トラマメ、大正金時)はこれらの中間型である。
2. ダイズ種皮の吸水は、へそと反対側から始まり、次第にへそ側へと向かう方向性がある。また、へそ、マイクロバイルを封印しても吸水には影響しないが、種皮の半分を封印すると吸水率が著しく減少することなどから、種皮全面から吸水すると推定した。
3. アズキの種瘤を封印すると、長時間水に浸漬しても吸水しないが、マイクロバイルは封印しても影響は少ない。へそ封印の影響は両者の中間型である。また、アズキの吸水は、吸水初期には種瘤から行われるが、それ以後は種瘤からの吸水が引き金となって、種瘤以外の種皮部位からの吸水が可能となる。
4. トラマメ、大正金時では、マイクロバイルが吸水に大きな役割を果たしている。種瘤、へその関与度は少ない。
5. 吸水特性に著しい違いのあるダイズとアズキの吸水機構について、組織学的観点より考察した。

## 文献

- 1) 佐藤次郎, 日本作物学会紀事, **25**, 180(1975)
- 2) Medina, F.A. and Snyder, H.E., *JAOCs*, Nov. 976-979(1981)
- 3) McDonald, M.B. Jr., Vertucci, C.W. and Roos, E.E., *Crop Sci.*, **28**, 987-992(1988)
- 4) Marbach, I. and Mayer, A.M., *Plant Physiol.*, **54**, 817-820(1974)
- 5) 池田 武, 日本作物学会紀事, **50**, 407(1981)
- 6) 池田 武, 日本作物学会紀事, **54**, 205(1985)
- 7) 山崎清子, 島田キミエ, 調理と理論, 同文書院, 東京, pp.173, 184(1982)
- 8) 松元文子, 吉松藤子, 四訂調理実験, 柴田書店, 東京, pp.74-75(1997)
- 9) Wolf, W.J., Baker, F.L. and Bernard, R.L., *Scanning Electron Microscopy*, 531-544(1981)
- 10) Hill, H.J. and West, S.H., *Crop Sci.*,

22, 602-605(1982)

- 11) 松井美預子, 上中登紀子, 豊沢 功, 福田満, 日本農芸化学会誌, **70**, 663-669(1996)