

食品組織の基礎的研究 (I)

— 乾燥ダイズの組織構造とデンプンの分布について —

今 中 鏡 子*

A Fundamental Study of Food Histology (I)

— Structural Analysis and Distribution of Starch Granules
in the Case of Dried Soybeans —

Kyouko IMANAKA

I. はじめに

食用に用いる乾燥豆類の組織学的形態を観察する場合、従来は水に戻した後、パラフィン切片を行っている。しかし乾燥した豆類の水分含有量は、約12%前後であるので、無処理のままでもパラフィン切片法と同じ5~10 μ m厚さの組織切片が得られる。これは種々な薬品を使わず即座に染色の過程に移れる利点がある。植物性の組織をパラフィン切片法で観察する場合は、細胞壁の影響から永久プレパラートを得るまで約2週間という長期間を要するが、無処理のままの切片法が可能であれば、観察まで準備期間を大幅に短縮することができる。その他パラフィン切片法では、アルコールやキシロールに組織をさらすため脂質やその他有機溶剤に可溶な物質などが失われる。無処理のままの切片法では、その影響が除去される。

乾燥のままダイズを観察することが可能であれば、ほぼ球形である乾燥ダイズが浸漬により楕円に戻る形態変化を組織学上の変化として観察できる。さらに非常に微細なダイズデンプン粒の所在を他の物質の影響を受けずに観察することも可能である。特にダイズデンプン粒は、ダイズに多いタンパク質に隠べいされているため観察されにくいと一般に考えられている。また観察されたデンプン粒も水にダイズを漬けることにより、酵素作用が生じて、デンプン粒を隠べいしていたタンパク質に影響し、デンプン粒の検出頻度を左右したものと考えられていた。

乾燥ダイズのタンパク質は国産のもので35%であり、豆類ではもっとも多く、これによりデンプン粒が観察されにくいと考えるのは当然である。しかし、光学(生物)顕微鏡による観察は、いわゆる微分的「面」の観察であり、染色方法が適切であればその面に存在する目的のものはほとんど観察されるはずである。さらに面の観察を連続して行うことで積分的な判断が可能であり、三次元方向からの観察を加味すれば、全体の中に占める物質の位置と量をほぼ把握することも可能であろう。

今回は従来の方法とは異なり水による膨潤や発芽、それに伴う酵素作用などの影響がない乾燥ダイズを用いて、そのデンプン粒の形態や分布、品種による量的、および形態的な差などについて観察したので報告する。

II. 材料および方法

1. 材 料

ダイズ (*Glycine hispida* MAX) の乾燥した種子を用いた。品種は福岡県産アキシロメ、タマホマレ、フクユタカ、熊本県産ヒューガ、アキセンゴク、栃木県産エンレイ、スズユタカ、広島県産アキシロメを用いた。

2. 方 法

- 1) 切片作成1: 乾燥マメは無処理のまま回転式ミクロトームで5~10 μ mの切片にした。切片の伸展にあたっては、通常用いる水分が使えないため、乾燥ダイズの水分含有量を考慮して88%アルコールを用いた。これで同時に固定が行える。
- 2) 切片作成2: もどしたダイズは、乾燥ダイズを冷蔵庫内(3~5°C)で浸漬し水分が飽和になった

* 食物栄養学科

膨潤ダイズ（以下「もどしダイズ」という）を用いた。この切片は従来どおり常法によるパラフィン切片法によった。

- 3) 染色：次の方法を用いた。
 - a. サフラニンとライトグリーンの二重染色²⁾
 - b. ライトグリーンとゲンチャンバイオレットとヨード・ヨードカリの三重染色, 「a, b」の方法ともに細胞質とデンプン粒の検出を行う。
 - c. アクロレイン・シッフ染色, タンパク質の検出に用いる。
 - d. その他偏光フィルターによる識別
- 4) 検鏡：光学顕微鏡（生物顕微鏡 Nikon SF-Ke）
- 5) 長さの計測：マイクロメーター
- 6) デンプン粒の面積の計測：二次元画像解析システム（Nikon COSMOZONE-IS）およびマイクロコンピュータ（NEC PC-9801）、プランニメーター（TAMAYA PLANIX 7）
- 7) 差の検定：t-検定, ウェルシュの検定³⁾

III 結果および考察

1. 乾燥ダイズに対するもどしダイズの膨潤度

図1はマメのへそを下側にした子葉の模式図である。計測には子葉の縦方向を「長径」、横方向を「短径」、2枚の子葉を合わせた厚さを「厚さ」とした。乾燥ダイズともどしダイズをそれぞれ20個計測し表1とした（品種はアキシロメ）。

乾燥ダイズ（アキシロメ）の大きさは長径 8.37 ± 0.30 mm, 短径 8.07 ± 0.31 mm, 厚さ 7.49 ± 0.40 mm であった。もどしダイズの大きさは長径 14.89 ± 0.64 mm, 短径 8.98 ± 0.39 mm, 厚さ 8.61 ± 0.54 mm であり, 乾燥ダイズに比べもどしダイズの膨潤度は長径 1.78倍, 短径 1.11倍, 厚さ 1.15倍となって長径方向への膨潤度が大きい。他のマメ例えばウズラマメは三方向ともに約1.2倍である。このようにダイズの長径方

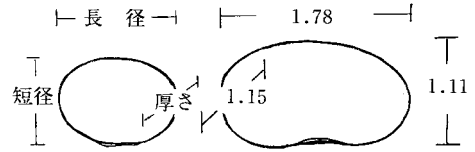


図1. 乾燥ダイズを1としたときのもどしダイズ（アキシロメ）の膨潤度

向への膨潤が特に大であることはダイズの組織構造に由来する。

2. 乾燥ダイズの組織構造

ダイズの組織切片を作成するにあたり, 切片方向を図2に示した。マメのへそを下にして子葉長径に対し直角に垂直方向へ切断した面を「横断面」(2枚の子葉接合部分が現れる), 子葉長径に対し平行に垂直方向へ切断した面を「縦断面」, 子葉長径に対して平行に水平方向へ切断した面を「水平面」とした（これも水平方向の子葉接合部が現れる）。

写真1は乾燥アキシロメの縦断面, ライトグリーン染色, 偏光。細胞壁 (primary wall: CW₁) は規則正しく分子が配列している構造を持つため, 偏光によって光って観察される。乾燥ダイズの縦断面にみられる細胞はこのように伸び切らず複雑な形をしている。濃いグリーン部分は細胞質 (P)。写真2はもどしダイズの組織, 同じアキシロメ, 縦断面, 偏光。細胞は吸水した円形にもどっている。このときダイズの長径は乾燥時の1.78倍となってもとの楕円にもどる。微細なデンプン粒 (S) が観察され, 偏光十字ができています。ハイラム (hilum) を中心にして同心円の構造をしているためである。細胞壁 (CW₁) は偏光によって光って観察される。いずれの細胞も中心部に細胞質が安定した形で観察されるのは, 細胞壁 (CW₁) と細胞質 (P) との間隙に細胞壁 (secondary wall: CW₂) が存在するためである。細胞壁 (CW₂) は電子顕微鏡で確認された

表1 乾燥ダイズともどしダイズの長径, 短径, 厚さの計測値 (アキシロメ20個の平均)

(単位 mm)

	乾燥ダイズ				もどしダイズ			
	最大値	最小値	平均	標準偏差	最大値	最小値	平均	標準偏差
長径	8.90	7.50	8.37	0.30	16.30	13.80	14.89 (1.78)	0.64
短径	8.70	7.60	8.07	0.31	9.60	8.20	8.98 (1.11)	0.39
厚さ	8.30	6.85	7.49	0.40	9.50	7.30	8.61 (1.15)	0.54

() 内は, 乾燥ダイズを1としたときの膨潤度

ものである⁴⁾。

写真3は同じ乾燥ダイズの縦断面、常法とは異なる方法でライトグリーン、サフランの二重染色を行うと細胞内容は赤く、細胞壁部分は青く染まる。複雑なジグソーパズル (jigsaw puzzle) 状の縮み現象がみられる。細胞内容物の間に染色されない微細な粒があるのはデンプン粒 (S) とそのグループである。青く好染している部分は細胞壁 (CW₁) であり、それと赤く好染している部分との間に細胞壁 (CW₂) がある。これは乾燥しているのもどしたもの (写真2) に比べて薄く変形している。写真2と写真3それぞれの細胞質 (P) と細胞壁 (CW₂) との面積の割合を比較すると表2のようになる。細胞壁 (CW₂) は乾燥ダイズで34.7%、もどしダイズでは40.3%であり、検定結果は危険率20%である。そのため有意に差があるとはいえないが、乾燥ダイズをもどした場合、細胞質部分 (P) より細胞壁 (CW₂) の水分吸収率が大きい傾向がみられるため観察を継続している。

乾燥ダイズの横断面は写真4のように細長い細胞で成り立ち、この細長い細胞方向では、もどしダイズ組織像との差は少なく、もどしダイズの短径が乾燥ダイズの僅か1.11倍であることにつながる。乾燥によって細胞の収縮に方向性があるのは、細胞壁や細胞を構成している物質の構造に方向性があるためと考えられる⁵⁾。この写真はライトグリーン染色に偏光をかけ、やや暗視野にしたので細胞壁が判明しにくく、反対にライトグリーン好染の細胞質部分が観察され、その中に白く光るデンプン粒 (S) とそのグループが数多く存在する。焦点深度が浅いため像を結ばない他のデンプン粒の偏光十字がかすかな残像のように現れ、この

表2 乾燥ダイズともどしダイズの細胞質および細胞壁 (CW₂) が占める面積の割合 (細胞質+細胞壁=100%) (%)

	細胞質	t 値	細胞壁 (CW ₂)	t 値
乾燥	65.3±10.3	1.356	34.7±10.3	1.429
もどし	59.7±7.4		40.3±7.4	

平均値±標準偏差

部分にデンプン粒が多いことを示している。

比較のため乾燥ウズラマメの組織を観察すると写真5のとおりである。無処理無染色の組織を偏光フィルターにかけ暗視野にするとデンプン粒と細胞の形が観察される。写真1-4のダイズの組織は400倍であるが、このウズラマメの組織は100倍で観察している。ウズラマメの細胞やデンプン粒 (S) は大きく、ダイズの細胞やデンプン粒は小さい。写真にみられるようにウズラマメにも乾燥による縮み現象が生じている。しかしダイズの縦断面の組織にみられるジグソーパズルを思わせるものではない。ウズラマメの場合、細胞はほぼ球形であるため横断面組織も同様であった。このようにどの方向にも同じ程度の縮みを生じているため、もどしウズラマメは乾燥ウズラマメに対して長径、短径、厚さともに約1.2倍に膨潤した。写真6はもどしウズラマメの組織で細胞は水分を吸収しているため縮み現象はとれ、ほぼ球形に膨潤している。デンプン粒が紫に細胞質はグリーンに好染している。

以上から乾燥ダイズともどしダイズの細胞を模式図にすると図3のようになる。

3. 乾燥ダイズのデンプン粒分布

従来ダイズデンプンは僅かに存在すると多くの文献に記され、特に形態学的にはマメ全体の分布は明らか

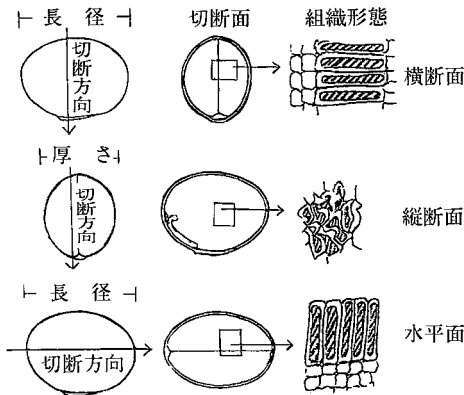


図2. 切断方向と切断面および組織形態

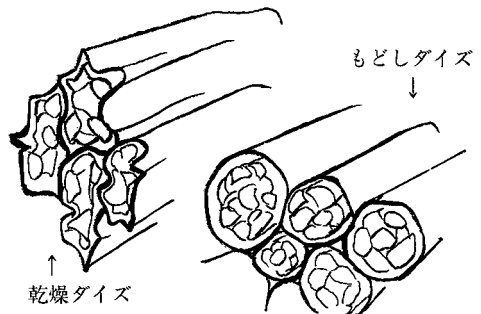


図3. 乾燥ダイズともどしダイズの細胞の形態

にされていない。また部分的に観察されたデンプン粒もデンプン粒を覆うタンパク質を取り除いたため観察されたとされている。しかし前にものべたように、光学顕微鏡による観察は微分的であって400倍の観察では微分幅 $5\mu\text{m}$ に存在する物質は染色が適切であればほとんど観察できる。写真7と8は乾燥ダイズ(アキシロメ)の横断面である。子葉接合部の子葉始原表皮細胞(A)を除いた次の層の部分にデンプンが多い。デンプン粒がヨードに好染し茶色に見える。細胞は細長く観察される。子葉の種皮側周辺部にはデンプンが少い。水平面で観察しても同様で子葉接合部の始原表皮細胞の内側にデンプンが多く見られた。このことから縦断面で観察をする場合は、子葉側面を縦断するとデンプン粒が出現しにくく、子葉の接合部近くを縦断するとデンプン粒が出現しやすい。同一個体であっても断面の位置が違えば全く異なった像になる。

写真7(40倍)を拡大したものが写真8(100倍)であり、これをさらに拡大すると写真9(400倍)の像になる。デンプン粒はヨードに好染して多数分布している。写真10は写真9の偏光である。偏光十字により一個のデンプン粒(S)であると判断できる。ダイズではデンプン粒がグループ(SG)で存在していることが明らかである。ヨード染色したデンプン粒は偏光に反応しにくいので、ヨードを用いずライトグリーン染色(写真11)または無染色のものに偏光をかけるとデンプン粒を確認しやすい。同じ倍率でウズラマメのデンプンを見ると写真12の大きさである。この像で最大のデンプン粒の直径は約 $35\mu\text{m}$ あり、ダイズのデンプン粒は非常に小さい。大きいものでも $4\mu\text{m}$ であって、 $2\sim 3\mu\text{m}$ のデンプンが多い。他の植物のデンプンに比べ微細である⁶⁾。

乾燥ダイズのタンパク質は35.3%⁷⁾で成分中最も多

い。アクロレイン・シフ染色を行うと写真13のようにタンパク質は赤く染まる。アキシロメの横断面400倍である。タンパク質の間にデンプングループ(SG)が数多くみられる。写真14は1000倍の縦断面、デンプン粒が幾つか塊まった状態(SG)で生合成されている。写真15はおなじく1000倍、ライトグリーン染色。写真16も同じく1000倍でライトグリーン、ゲンチャンバイオレット、ヨードの三重染色、デンプン粒は茶色に染まっている(品種はいずれもアキシロメ)。今回の観察では、アキシロメには多数の大きなデンプングループ(SG)がみられ、同じくヒューガ(写真17)にもデンプンが多い。デンプン粒のハイラム(H)が黒または中空に抜けて観察される。

4. 乾燥ダイズの品種別デンプンの形態

今回は前記7品種について観察を行ったところ、デンプングループに特徴がみられた。写真18~24は倍率400倍、ライトグリーン、ゲンチャンバイオレット、ヨードの三重染色である。デンプン粒は茶色または黒色に好染している。いずれもデンプン粒の出現が多い子葉接合部の横断面である。

写真18のアキシロメ、写真19のヒューガ、写真20のフクユタカは最もデンプングループが大きくみられる。ついで写真21のアキセンゴク、写真22のスズユタカ、写真23のタマホマレに多く、写真24のエンレイはデンプンが不定形で小さい。

このようにそれぞれ品種によってデンプングループに特徴がみられたことから、各品種の三個体の視野を選び $2500\mu\text{m}^2$ 中に出現したデンプングループを二次元画像解析し個数および面積を求めた。さらにこの個数と面積から $2500\mu\text{m}^2$ に占めるデンプンの平面的な量を求めた(表3, 図4)。デンプングループの大きさを理解し易くするため、グループの面積から直径を算

表3 品種別乾燥ダイズ横断面(子葉接合部)におけるデンプングループの個数と面積

品 種	デンプングループ1個当り面積 (μm^2)			2500 μm^2 中	
	平均	標準偏差	変動係数	平均個数(個)	デンプンが占める面積(%)
1 ヒューガ	20.60	6.82	33.1	41	34
2 フクユタカ	21.11	8.18	38.7	39	33
3 アキシロメ	16.48	5.54	33.6	44	29
4 アキセンゴク	8.69	3.60	41.4	48	17
5 スズユタカ	6.54	3.07	47.2	44	11
6 タマホマレ	8.26	3.11	37.6	32	11
7 エンレイ	1.51	0.83	55.0	31	2

表4 品種別乾燥ダイズデンプングループの直径
(単位 μm)

	最大値	最小値	平均
1 ヒューガ	8.00	2.20	5.10
2 フクユタカ	7.58	1.42	5.18
3 アキシロメ	6.28	1.88	4.58
4 アキセンゴク	7.98	1.28	3.32
5 スズユタカ	4.66	1.30	2.88
6 タマホマレ	7.74	1.96	3.24
7 エンレイ	2.14	1.08	1.38

注：最小値は視野的に観察可能なデンプンの切片像であって、デンプン粒の最小値ではない。

出し比較した(表4, 図5)。表中の最小値はデンプングループやデンプン粒の最小ではなく、切片した面で視野的に認められたデンプン像の最小値である。

表3, 4の数値から今回観察に用いた各品種の特徴をみると次のようである。

- 1) デンプングループの面積は、ヒューガ、フクユタカが約 $21.0\mu\text{m}^2$ 前後で大きくついでアキシロメ約 $16.5\mu\text{m}^2$ 、アキセンゴク、タマホマレが約 $8.5\mu\text{m}^2$ 、スズユタカが約 $6.5\mu\text{m}^2$ 、エンレイは最も小さく $1.5\mu\text{m}^2$ である。それぞれの標準偏差を平均で除した変動係数が大きいほど面積のバラツキは大きい。そのバラツキが少なく、比較的大きさがそろっている品種は、ヒューガ、アキシロメであり、バラツキが大きいものはエンレイである。エンレイはデンプングループが小さい上、不定形でデンプングループの確認が最も困難であった。フクユタカ、アキセンゴク、スズユタカ、タマホマレはその中間である。

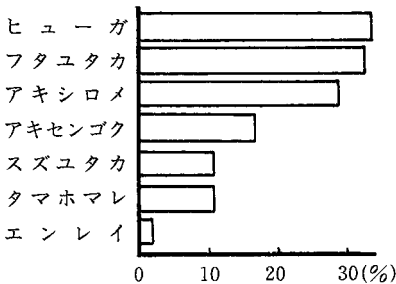


図4. 乾燥ダイズ子葉接合部におけるデンプングループが占める面積の割合

また7品種間におけるデンプングループの面積をt検定およびウェルシュの検定を行い表5の結果を得た。ヒューガとフクユタカ間に差は認められず、同じくアキセンゴクとタマホマレ間にも差が認められない。それ以外の品種間には表5のように有意差が認められた。すなわち、ヒューガとフクユタカおよびアキセンゴクとタマホマレは類似している。

- 2) $2500\mu\text{m}^2$ 中に出現したデンプングループの数はアキセンゴクが48個とおおく、エンレイは31個と少ない。これは計測に際して視野的に判別しにくいことを考慮すると、どの品種もデンプン生合成部分は似ており $2500\mu\text{m}^2$ 当り30~50個存在すると推察する。
 - 3) デンプングループの直径も品種により差がある。ヒューガ、フクユタカは平均約 $5\mu\text{m}$ 、最大のものでは約 $8\mu\text{m}$ であり、アキシロメは平均 $4.6\mu\text{m}$ 最大のもので約 $6\mu\text{m}$ 、アキセンゴク、スズユタカ、タマホマレは平均約 $3\mu\text{m}$ 、ただしアキセンゴク、タマホマレでは最大グループが約 $8\mu\text{m}$ と大きいものもある。エンレイは直径 $1.3\mu\text{m}$ と小さく、これはグループというよりデンプン粒一個づつが存在しているように観察されるものが多い。
 - 4) デンプングループの面積と個数から $2500\mu\text{m}^2$ の中に占めるデンプン面積の割合を求めた。ヒューガ、フクユタカ、アキシロメは約1/3の面をデンプンが占めるほど多く、アキセンゴクは1/5弱、スズユタカ、タマホマレは1/10、エンレイは1/50と僅かである。
- 1)~4)については写真18~24とはほぼ一致する。

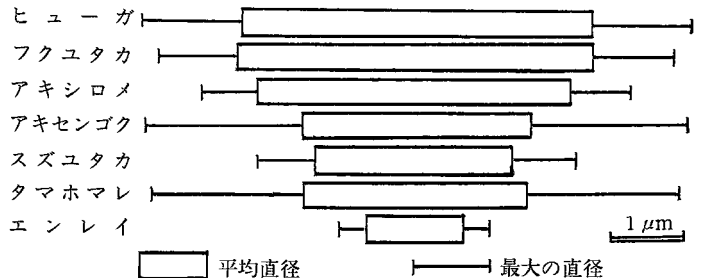


図5. 乾燥ダイズのデンプングループの直径

表5 乾燥ダイズの品種別デンプン面積平均値の差 (t-検定およびウェルシュの検定による t 値)

	個数	フクユタカ	アキシロメ	アキセンゴク	スズユタカ	タマホマレ	エンレイ
ヒューガ	41	1.050	3.006**	10.083***	12.139***	10.270***	17.778***
フクユタカ	39		3.948***	10.289***	12.106***	10.468***	16.936***
アキシロメ	44			7.991***	10.448***	4.273***	17.751***
アキセンゴク	48				3.127**	0.524	13.078***
スズユタカ	44					2.499*	8.761***
タマホマレ	32						11.581***
エンレイ	31						

* P<0.05 ** P<0.01 *** P<0.001

IV ま と め

従来行われているパラフィン切片法は、植物性組織の場合永久プレパラートを得るまでに長期間を要する。このたび乾燥マメの水分含有量が少ないことに着目し、無処理のまま5~10 μ mの切片を作り染色も可能となったので、乾燥ダイズのデンプン粒を中心にその形態を観察した。この方法によれば永久プレパラートは1~2日で完成する。これまでのマメ類の観察は、乾燥したものを水にもどして用いるので、浸漬中発芽やそれに伴うアミラーゼ、プロテアーゼなどの酵素の出現が考えられ、これらの酵素作用の影響をうける可能性があったが、無処理であればその影響は出現しない。

1. 乾燥ダイズを水にもどすと膨潤する。もどしダイズの長径は、乾燥時の1.78倍となる。短径、厚さとも約1.1倍であるのに比べ膨潤度は大きい(表1)。これは次に述べる組織構造と関係が深い。
2. 乾燥ダイズの縦断組織面は細胞に「縮み現象」が生じて、子葉長径方向に圧縮されたジクソバズル状の構造が観察される(写真1, 3)。水に漬すと細胞は吸水してほぼ円形にもどる(写真2)。短径および厚さ方向へはこのような収縮が認められない。ダイズの横断面では、細胞は細長く見える(写真4)。乾燥ダイズおよびもどしダイズの細胞の形は図3のとおりである。
3. 乾燥ダイズのデンプン粒の分布は子葉接合部に多く、種皮周辺側には少ない(写真7, 8)。デンプン粒は微細で直径が2~3 μ mである(写真11)。デンプンは数個あるいは何個か集まりグループで存在している(写真13~17)。
4. 今回観察を行った品種についてデンプン粒グループの形態や分布をみると表3, 4, 図4, 5の

とおりである(いずれもデンプン粒の出現が多い子葉接合部での比較)。ヒューガ、フクユタカ、アキシロメはデンプン粒グループが大きく平均約5 μ m前後であり、エンレイはグループの直径が約1.5 μ mである。アキセンゴク、スズユタカ、タマホマレはその中間でグループの直径は約3 μ m前後である。デンプングループの差を検定するとヒューガとフクユタカ間およびアキセンゴクとタマホマレ間には差はなく、それ以外の間には有意差が認められた(表5)。すなわち、ヒューガとフクユタカおよびアキセンゴクとタマホマレは類似している(写真18~24とほぼ一致する)。

5. 2500 μ m²中に存在するデンプン粒グループの数は30~50個であった。

以上、乾燥ダイズ無処理の像に触れてデンプン粒の所在、分布、デンプン粒グループの形態、品種による差を把握することができた。特に品種によりデンプン粒の量に差があることは、料理や加工を行う場合に影響を及ぼすものと推察され、今後さらに比較検討をつづけたい。

おわりに、本研究にあたり終始ご懇切なご指導とご助言をいただきました元広島大学教授川上いつゑ博士に深く感謝申し上げます。また、試料をご提供くださいました福岡県農業総合試験場農産研究所、広島県立農業試験場に厚くお礼申し上げます。

なお、この研究の一部は、日本家政学会第38回大会(1986)で発表いたしました。

参 考 文 献

- 1) 高嶋四郎, 二井内清之, 渡辺齊: 原色日本野菜図鑑, 保育社, 1978, p. 46

- 2) 猪野俊平：植物組織学，内田老鶴圃新社，1977，p. 43
- 3) 田中恒男：新・統計のまとめ方つかい方，医歯薬出版，1978，pp. 62-76
- 4) Miron C. Ledbetter, Keith R. Porter : Introduction to the Fine Structure of Plant Cells, Springer-Verlag, 1970, pp. 1-62
- 5) 小川和朗，黒住一昌，小池聖淳，佐藤正一：植物細胞学，朝倉書店，1977，pp. 105-117
- 6) 川上いつゑ：デンプンの形態，医歯薬出版，1975，p. 181
- 7) 科学技術庁資源調査会：日本食品成分表，医歯薬出版，1972，p. 81

Summary

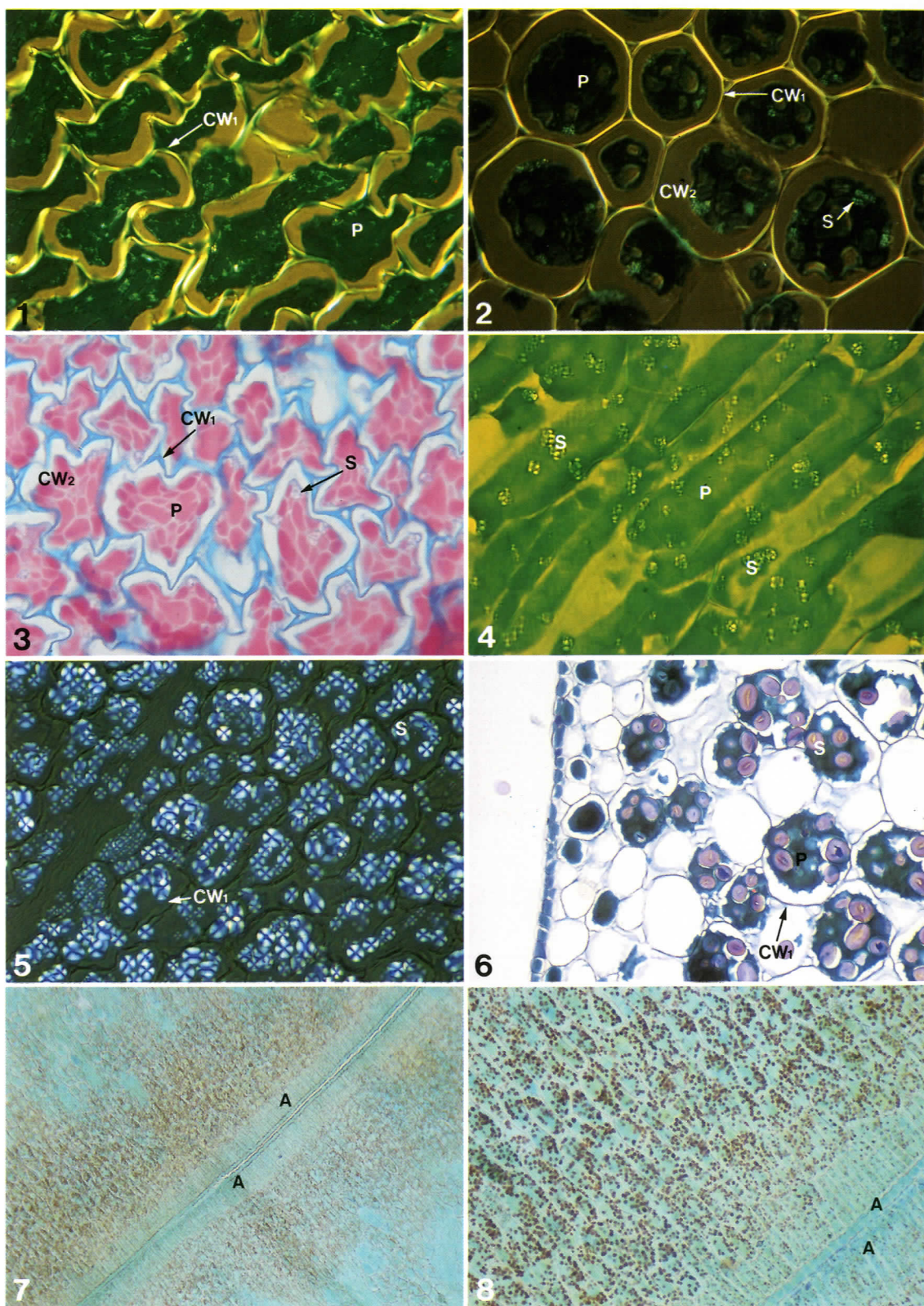
Microscopic studies of seven kinds of soybean were performed on the sections obtained from dried beans without pretreatments with water and chemicals. Comparing with the usual paraffin method, by the present method less effects of water, germination and chemicals on prepared samples should be expected.

- 1) In the sagittal section remarkable construction was observed along long axis and constructed cells showed jigsaw puzzle figure.
- 2) Starch granule clusters were found more densely in the area, at which two cotyledons contact each other, than in the outer region cotyledon.
- 3) There were difference in the size of starch granule cluster among different kinds of soybeans.

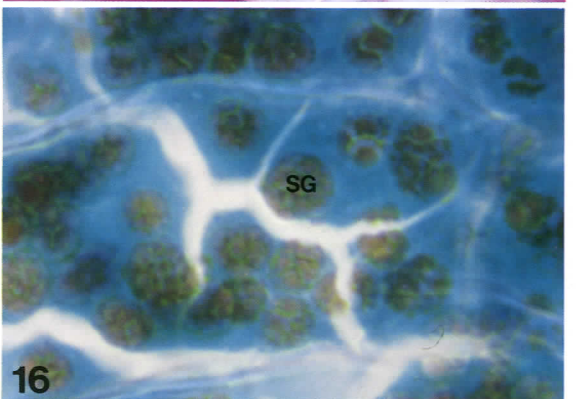
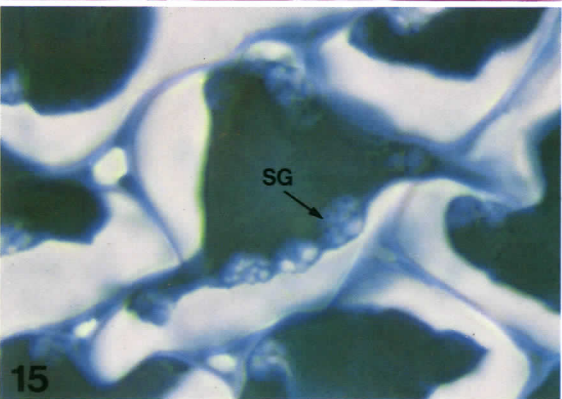
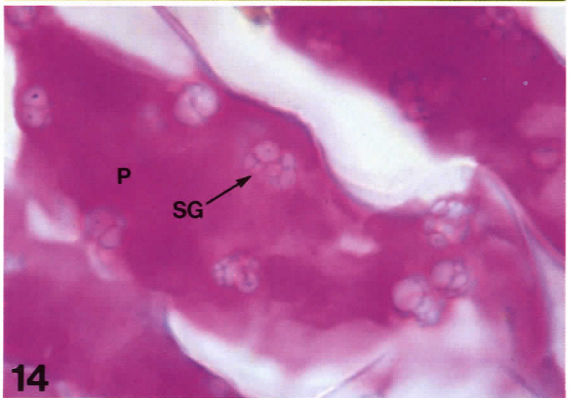
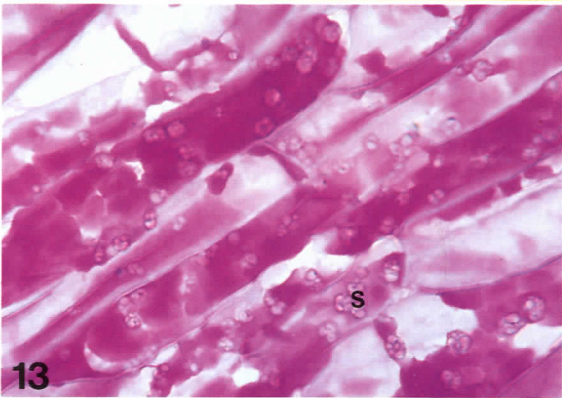
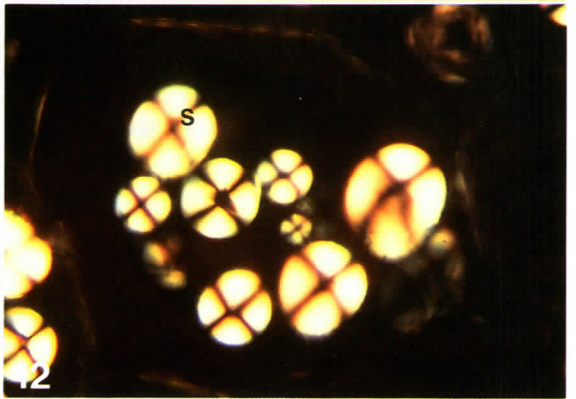
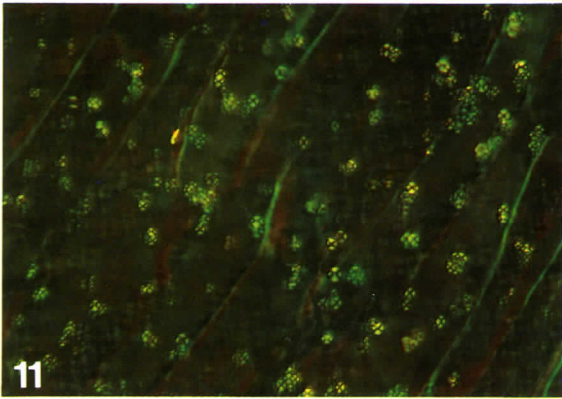
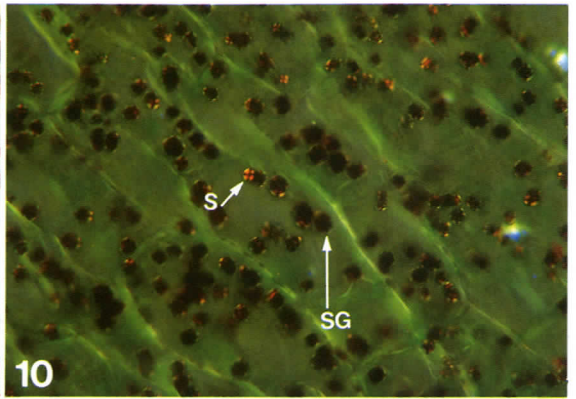
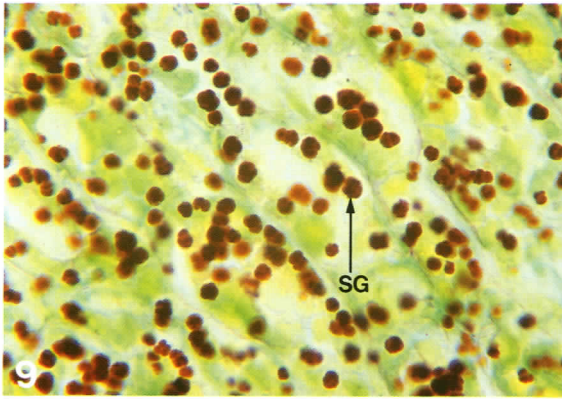
- | | | |
|-----------------------|----------------------|-------|
| 1. 乾燥ダイズ (アキシロメ) 縦断面 | ライトグリーン, 偏光 | × 400 |
| 2. もどしダイズ (アキシロメ) 縦断面 | ライトグリーン, 偏光 | × 400 |
| 3. 乾燥ダイズ (アキシロメ) 縦断面 | サフラニン, ライトグリーン (変法) | × 400 |
| 4. 乾燥ダイズ (アキシロメ) 横断面 | ライトグリーン, 偏光 (半暗視野) | × 400 |
| 5. 乾燥ウズラマメ横断面 | 無処理, 偏光 (半暗視野) | × 100 |
| 6. もどしウズラマメ横断面 | ライトグリーン, ゲンチャン紫, ヨード | × 100 |
| 7. 乾燥ダイズ (アキシロメ) 横断面 | ライトグリーン, ゲンチャン紫, ヨード | × 40 |
| 8. 乾燥ダイズ (アキシロメ) 横断面 | 「写真7」の拡大 | × 100 |

記 号

CW ₁	細胞壁 (primary wall)
CW ₂	細胞壁 (secondary wall)
P	細胞質
S	デンプン粒
SG	デンプングループ
A	子葉接合部
H	ハイラム (hilum)



-
- | | | |
|-----------------------|----------------------|-------|
| 9. 乾燥ダイズ (アキシロメ) 横断面 | ライトグリーン, ゲンチャン紫, ヨード | × 400 |
| 10. 乾燥ダイズ (アキシロメ) 横断面 | 「写真9」の偏光 | × 400 |
| 11. 乾燥ダイズ (アキシロメ) 横断面 | ライトグリーン, 偏光 | × 400 |
| 12. もどしウズラマメのデンプン粒 | 偏光 | × 400 |
| 13. 乾燥ダイズ (アキシロメ) 横断面 | アクロレイン・シフ | × 400 |
| 14. 乾燥ダイズ (アキシロメ) 横断面 | アクロレイン・シフ | ×1000 |
| 15. 乾燥ダイズ (アキシロメ) 縦断面 | ライトグリーン | ×1000 |
| 16. 乾燥ダイズ (アキシロメ) 横断面 | ライトグリーン, ゲンチャン紫, ヨード | ×1000 |



17. 乾燥ダイズ (ヒューガ) 横断面	ライトグリーン, ゲンチャン紫, ヨード	×1000
18. 乾燥ダイズ (アキシロメ) 横断面	〃	× 400
19. 乾燥ダイズ (ヒューガ) 横断面	〃	× 400
20. 乾燥ダイズ (フクユタカ) 横断面	〃	× 400
21. 乾燥ダイズ (アキセンゴク) 横断面	〃	× 400
22. 乾燥ダイズ (スズユタカ) 横断面	〃	× 400
23. 乾燥ダイズ (タマホマレ) 横断面	〃	× 400
24. 乾燥ダイズ (エンレイ) 横断面	〃	× 400

