

ヤムイモ，タロイモ，およびキャッサバの澱粉について

永浜伴紀*・藤本滋生*・菅沼俊彦*

Starches from Yam, Taro, and Cassava

Tomonori NAGAHAMA*, Shigeo FUJIMOTO* and Toshihiko SUGANUMA*

Abstract

Starch samples were prepared from three typical tropical tuber crops, two varieties of each: Yam (Guam, Wild and Cultivated), Taro (Oahu in Hawaii, Wet- and Dry-land), and Cassava (Semarang in Java, Bitter and Sweet), in our laboratory. These starch samples were examined for the size and shape of granules, X-ray diffraction pattern, iodine coloration, swelling power, solubility, amylogram and other properties.

Generally, the starch examined was characteristic of each tuber crop species, but there were similarities between the two varieties of each.

Yam starch was small, 2-3 μm in size, and its X-ray diffraction pattern was a B-type in contrast to Taro and Cassava starches being an A-type. The starch-iodine absorption spectra of Yam starch indicated that the amylose content was low and the chain length was relatively short. On gelatinization, Yam starch was extremely high in swelling ability and was also very hard to break.

Taro starch was small, resembling the Yam starch and had very high values in whiteness and yield. The other properties of Taro starch were found to be intermediate between those of Yam starch and Cassava starch.

Cassava starch granules were relatively large, gelatinized easily, and seemed to be soft in its structure.

緒言

熱帯，亜熱帯地域における最も代表的ないも類であるヤムイモ(Yam)，タロイモ(Taro)，およびキャッサバ(Cassava)の澱粉に関してはすでに多数の報告がみられる^{8-10,13-15,18-21}。

* 鹿児島大学農学部農芸化学科澱粉利用学研究室
Laboratory of Applied Starch Chemistry, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, 21-24,
Korimoto 1-Chome, Kagoshima 890, JAPAN

しかし報告者により試料澱粉の由来が異なるのをはじめ，分析や測定の項目，方法なども異なるため，それぞれのデータをそのまま対比できない場合が多い。試料澱粉の由来に関しては，たとえば同じ植物種のいもであっても，品種や栽培地（環境）の違いにより澱粉の性質が異なることは当然考えられる。しかしこれ以外にも，澱粉の抽出条件，すなわち組織を磨砕したり洗浄する際の水質やその温度，澱粉の乾燥あるいは保存の温度や時間，含水率などが澱粉の性質にかなり大きい影響を与える要因となる。したがって市販澱粉などを試料とする場合には，これらの点を十分に考慮に入れる必要がある。

著者らは，これまでにわが国に自生する各種の植物を対象にそれぞれの澱粉の特性を調べ^{1,6)}，また東南アジアや中国で市販されている種々の澱粉についても調査を行ってきた^{4,5,7)}。したがって本報ではこれらのデータとも対照できるようにするため，熱帯のそれぞれの栽培適地で栽培されたいもを生鮮状態で入手し，当研究室において同一の方法で澱粉を抽出精製し，その性質を調べる手段をとった。

試料

1, ヤムイモ (Yam)

ユリ科の *Dioscorea* 属植物は世界中の熱帯，亜熱帯に分布し，一般につる性で地下にいもをつくるものが多い。このいもは塊根ではなく，植物学的には担根体と呼ばれる組織である¹⁷⁾。その食用種が一括してヤムイモと称されている。わが国のヤマノイモ，ナガイモなどもこの一種であるが，世界的に最も多く栽培されているのはダイジョ *Dioscorea alata* L.の品種である¹²⁾。また，生産量としてはアフリカが最も多いが，東南アジアから大太平洋諸島にかけても広く栽培されており，古くからヤムイモを主食にしてきた地域は広範囲にわたっている¹²⁾。

本報において用いたヤムイモは，グアム島産の栽培品種のひとつ Nika (現地名) と，野生品種のひとつ Gado (現地名) で，12月に同島で購入したものである。Nika は楕円状，粗皮（1個平均400~600g），Gado は棍棒状，粗皮（1個平均1100g）で，いずれも磨砕すると強い粘性を示し，島民がよく食用に供している¹⁶⁾。澱粉の調製は次のように行った。いもを剥皮後水道水とともに家庭用ミキサーで磨砕し，60メッシュのふるいを通して一夜放置した。この磨砕液は粘性が強く，栽培品種の澱粉は沈澱物として得られたが，野生品種の方は沈澱しにくいいため連続遠心分離機を用いた。そのうち，400メッシュのふるいを通過させながら水洗をくり返し，最後にメチルアルコールおよびエチルエーテルで順次洗浄して乾燥した。澱粉の収率は生鮮いもに対し約17%および13%であった。以下，図表中では前者の澱粉を YC，後者を YW と略記する。

2, タロイモ (Taro)

タロイモとはサトイモ科 *Colocasia* 属の栽培種の総称であるが，一般的には大洋州で栽培される *Corocasia esculenta* (L.) Schott を指すと考えてよい¹²⁾。食用にするいもはこの植物の塊茎である。世界的にきわめて変種が多く，わが国のサトイモもこの一種である。栽培はヤムイモと同じくアフリカが多いが，南西太平洋諸島でも古くから栽培され，この地方の特有

の文化圏をささえる重要な主食糧であった¹⁾。

本報の試料はハワイのオアフ島産で、12月に収穫されたいものである。水田および畑地に栽培されている2品種（1個約700～1000g）を用いた。ハワイではとくに原住民の伝統的な常食として“ポイ”に加工されることがよく知られている。両者とも剥皮ののち水道水とともにミキサーにかけて磨砕し、連続遠心分離機を用いて水洗をくり返して澱粉を精製した。澱粉の収率は高く、約31%および30%に達した。図表中では前者をTW、後者をTDと略記する。

3, キャッサバ (Cassava)

キャッサバはトウダイグサ科の灌木である *Manihot esculenta* Cranz で、その塊根を食糧とするため熱帯、亜熱帯に広範囲に栽培されている。3種のいも類のうちでは最も栽培量が多く、タピオカと称される澱粉も多量に工場生産されているほか、きわめて豊富な利用形態がみられる³⁾。

本報の試料はインドネシアのジャワ島スマラン近郊で12月に収穫されたもので、主として澱粉原料とされる苦味種（1個500～1000g）と、生食用の甘味種（1個500～900g）の2品種を選んだ。これらは、有毒成分である青酸配糖体（リナマリン）の含量が大きく違うことが知られている。澱粉の調製方法は、ヤムイモやタロイモとほぼ同様で、磨砕や水洗には水道水のみを用いた。澱粉粒は容易に沈澱した。澱粉の収率は約22%および23%であった。なお、図表中にはそれぞれをCB、CSと略記する。

実験方法および結果

1, 顕微鏡観察

光学顕微鏡 (Olympus FH) により、100倍 (10×10) で澱粉粒を撮影した。Fig. 1 に示したように、試料としたヤムイモおよびタロイモの澱粉粒はいずれも微粒子であった。ヤムイモは品種によってはかなり大形の澱粉粒をもつものも知られている^{18,20,21)}。しかしタロイモの澱粉として知られているものはすべてこのような小形澱粉である^{8,9,14,19)}。写真をもとに粒径分布を求めた結果は Fig. 2 のとおりであり、またこれから平均粒径値を算出して Table 1 中に示した。

2, X線回折

X線ディフラクトメーター(理学電機D-3F)を用いて測定した。X線の発生条件は30kV—15mAで、澱粉は含水率約25%で測定した。1°(2θ)/分の走査速度による3～30°の範囲を記録した結果を Fig. 3 に示す。

タロイモとキャッサバはほぼA型に近いが、ヤムイモは完全なB型を示している。

3, 一般分析

水分は105～110°Cにおける恒量値から算出し、粗蛋白質はケルダール法による窒素量に6.25

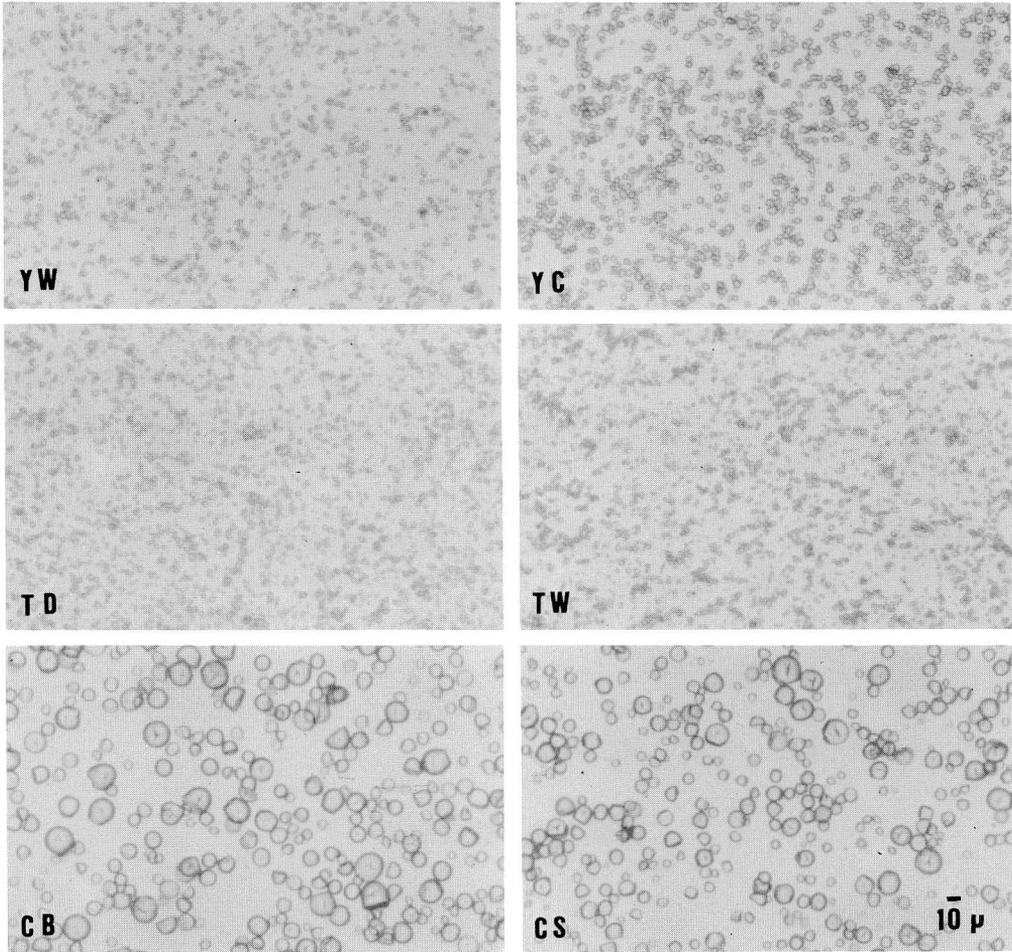


Fig. 1. Photomicrographs of starch granules

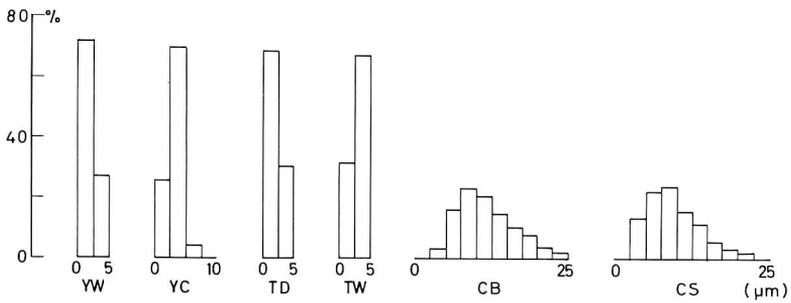


Fig. 2. Granular size distributions

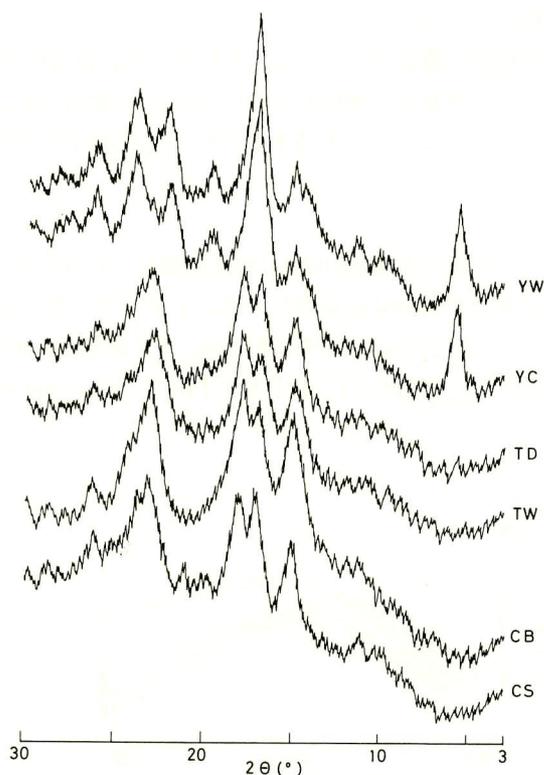


Fig. 3. X-ray diffractograms
Rigakudenki D-3F, 30kV-15 mA, 1°(2θ)/min.

Table 1. Chemical analysis and some properties of starches

	Moisture	Crude protein	Blue value	Amylose	Whiteness	Av. size
	%	%	O. D.	%	%	μm
1. YW	16.2	0.1	0.301	10	90.7	1.9
2. YC	15.0	0.1	0.282	8	91.5	3.2
3. TD	12.7	0.7	0.331	13	97.3	2.0
4. TW	12.3	1.0	0.320	12	98.2	2.9
5. CB	11.5	0.1	0.396	20	92.0	11.6
6. CS	10.6	0.3	0.404	20	94.6	9.3

を乗じた。白度は光電管光度計 (Kett C-1) を用いて反射率を測定し、酸化マグネシウムを100%とする相対値で示した。また青価は、次項のヨウ素呈色スペクトルにおける680nmの吸光度であり、アミロース含量は、青価の0.200~1.200を0~100%に換算して求めた値であ

る²⁾。これらの結果を Table 1 に示した。

タロイモの澱粉はやや粗蛋白質が多かったが、きわめて高い白度値を示している。また、キャッサバ澱粉のアミロース含量は、澱粉としてはやや低い部類に属しているが、ヤムイモとタロイモはさらに低く、とくにヤムイモはキャッサバの半量以下であった。

4, ヨウ素呈色

85%エチルアルコールで脱脂した澱粉100mg(無水物換算)を5mlのジメチルスルホキシド(DMSO)に溶解したのち水で100mlに定容し、その1部にヨウ素-ヨウ化カリウム溶液を加えて呈色させた。量比は、最終容量50ml中澱粉2mg, ヨウ素4mg, ヨウ化カリウム40mgである²⁾。呈色30分後に自記分光光度計(日立E P S-3T)を用い、500~700nmの吸光度スペクトルを記録した。

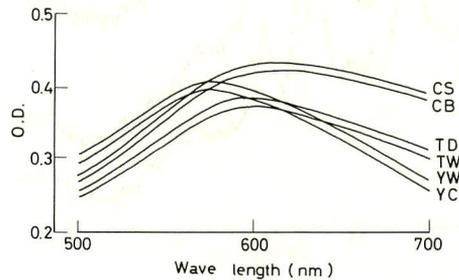


Fig. 4. Iodine coloration spectra

Hitachi EPS-3T, 1 cm cell, (stach-2 mg, I₂-4 mg)/50 ml

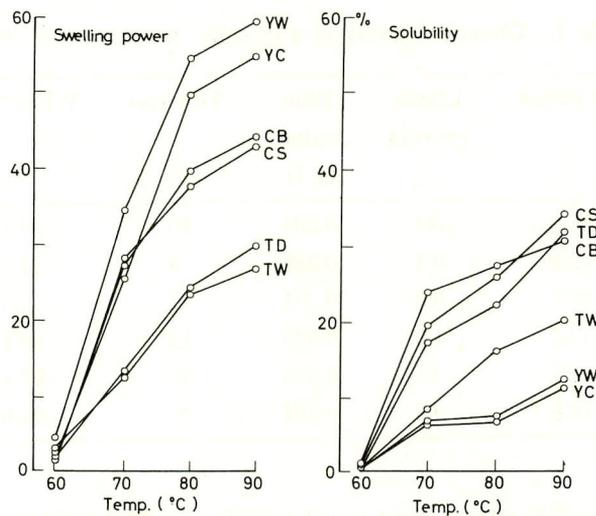


Fig. 5. Swelling power and solubility

500 mg starch/25 ml water, 30 min, 3000 rpm-15 min.

結果は Fig. 4 のとおりで、それぞれ同一種のいもではきわめて近似したスペクトルを示した。しかしこれら3種のいもの間でもとくにヤマイモ澱粉のスペクトルが他の2種と異なり、最大吸収波長 (λ_{max}) が著しく短波長側にある。このことは、ヤマイモ澱粉のアミロースが短鎖であるかあるいは分岐しているなど、その分子構造に特徴のあることを示唆している。

5, 膨潤力および溶解度

ステンレス製の遠沈管に澱粉500mg (無水物換算) と蒸留水25ml を入れ、所定の温度の湯浴中で時々攪拌しつつ30分間保持したのち急冷した。これを50ml に定容して3000rpm—15分間の遠心分離を行い、沈澱部の重量から膨潤力を、また上澄液の糖量をフェノール硫酸法で測定して溶解度を、それぞれ求めた²⁾。この結果は Fig. 5 のとおりであった。

ヤマイモ澱粉は膨潤力がきわめて高く50倍をこえている。しかし溶解度は著しく低い。これは同澱粉がアミロペクチンに富むことにも関連し、大きい保水力をもつことを示している。またタロイモ澱粉では、膨潤力は2品種とも同じように低いが、溶解度にはやや違いがみられた。

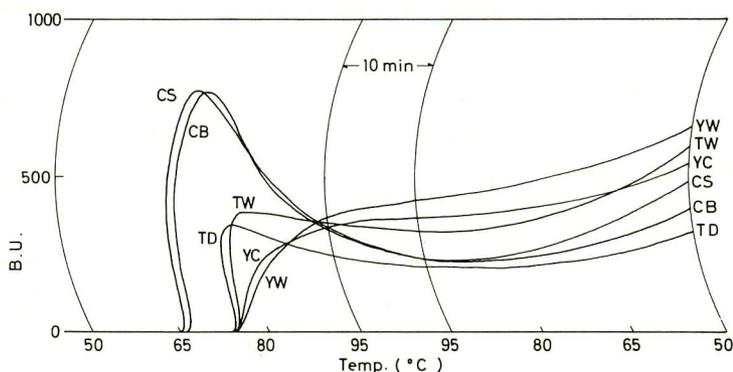


Fig. 6. Brabender amylograms

Brabender DC-3, 6% starch, 75 rpm, 1.5°C/min.

Table 2. Numerical values of amylogram (6%)

	Gelatinization temp. (°C)	Max. viscosity		Breakdown (B. U.)	Viscosity at 50°C (B. U.)
		(B. U.)	(°C)		
YW	75	(420)	(95)	-	650
YC	75	(360)	(95)	-	540
TD	74	330	80	130	310
TW	75	390	82	90	580
CB	67	760	75	540	390
CS	66	760	72	540	480

6. アミログラフィー

アミログラフ (Brabender DC-8) により、6%澱粉濃度で測定した。すなわち、ボールの回転75rpm, 昇降温速度1.5°C/分で、35°Cから95°Cまで昇温し、95°Cで10分間保持したのち50°Cまで降温する間の粘度変化を記録した。アミログラムを Fig. 6 に、また、その特性値を Table 2 に示した。

タロイモおよびヤムイモの澱粉は、キャッサバ澱粉より粘度上昇が遅く、最高粘度も低い。おそらく澱粉粒が微小である点が影響しているものと思われる。しかしヤムイモ澱粉では95°Cに保持する間も粘度の上昇が続き、膨潤した粒が非常に強く、こわれにくいことを示している。このことは、膨潤力および溶解度のグラフ (Fig. 5) から得られた示唆とも一致する。また、2つのタロイモ澱粉のアミログラムがやや異なっている点は、明らかに溶解度が高ければアミログラムの粘度が上昇できない関係にあることを示唆している。

考 察

市販澱粉のうちでは、キャッサバ澱粉はもち種に近い性質をもつことが特徴とされるが、ヤムイモやタロイモの澱粉はそれ以上にアミロペクチンに富み、もち種に近いことがわかった。このことは、澱粉粒が微粒であることともあわせて、これらのいも類に食品としての好ましいテクスチャーをもたらしているものと思われる。また、実際にはヤムイモやタロイモの澱粉が直接利用される機会のごく少ないであろうが、とくにヤムイモの澱粉はきわめて興味深い性質をもった澱粉であるといえる。

本報の試料として、同一種の内もについてはできる限り性格の異なった2品種を選定したつもりである。それにもかかわらず、ヤムイモ、タロイモ、キャッサバの3種とも、品種による澱粉の性質の違いは小さいものであった。このことは緒言でもふれたように、異なった報文の間での澱粉の性質に関するデータの相違には、澱粉の調製の条件や保存の条件の違いなどに由来する面が大きいことを示唆している。

一方、異種の内もについては澱粉の性質が明確に区別された。しかし、これらはそれぞれ異った地域で生育したものであるため、生育環境の違いが性質にどの程度の影響を与えているものか明らかでない。この点に関しては、同一地域で栽培された異種の内も、あるいは異なった地域での同種の内もなどについて比較検討をする必要があり、今後の課題として残される。

要 約

熱帯の代表的ないも類であるヤムイモ (グアム島産；野生種, 栽培種), タロイモ (オアフ島産；水田, 畑地), およびキャッサバ (ジャワ島産；苦味種, 甘味種) から、同一方法で澱粉を調製した。これらの各澱粉につき、粒の形状, X線回折図形, ヨウ素呈色, 膨潤力, 溶解度, アミログラム, その他について測定し、それぞれの特性を比較した。

3種のいもの間には明確な相違点がみられたが、同一種のいもでは品種間の差は小さかった。ヤマイモの澱粉は小形(平均2-3 μm)で、X線回折図形は他の2者と異なりB型であった。アミロース含量が低く(平均9%)その鎖長も短いように思われた。また、糊化に際してはきわめて大きく膨潤するが、こわれにくい澱粉であることなどがわかった。

タロイモ澱粉はヤマイモ澱粉と同様の小粒で、収率が最も高く(約30%)白度も高い。澱粉の性質はヤマイモ澱粉とキャッサバ澱粉のほぼ中間に位置した。

キャッサバ澱粉は、3者のうちでは最も大形で糊化しやすく、やわらかい粒構造をもっていることが示唆された。

謝 辞

試料のうち、ヤマイモは文部省特別調査事業費による鹿児島大学第2次南方海洋生物生態調査(永浜参加)において収集したものである。また、タロイモ、キャッサバについては、それぞれ College of Tropical Agriculture, University of Hawaii, Prof. Dr. Hiromu Matsumoto および P.T. Semarang Diamond Chemicals, 犬塚孝治氏のお世話をいただいた。諸分析に関しては、本研究室学生、佐々木弘美、加野義彦、堀川周平の諸君の協力を得た。ここに附記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 藤本滋生, 1977, 本邦の植物とその澱粉について, 「澱粉科学」, **24**, pp. 148~157.
- 2) 藤本滋生, 杉村和道, 中島修一, 菅沼俊彦, 永浜伴紀, 1981, 本邦に自生する植物の澱粉に関する研究(第1報) カラスウリ, キカラスウリ, ムサシアブミ, クワズイモの澱粉について, 「澱粉科学」, **28**, pp. 166~173.
- 3) 藤本滋生, 1983, インドネシアにおけるキャッサバの利用形態, 「鹿大南海研紀要」, **3**, pp. 75~85.
- 4) 藤本滋生, 堀川周平, 矢田智昭, 菅沼俊彦, 永浜伴紀, 1983, 東南アジアの市販澱粉(I) インドネシア(ジャワ)の二, 三の小袋詰澱粉について, 「鹿大南海研紀要」, **4**, pp. 95~103.
- 5) 藤本滋生, 矢田智昭, 菅沼俊彦, 永浜伴紀, 1984, 東南アジアの市販澱粉(II) インドネシアおよび台湾の「澱粉パール」について, 「鹿大南海研紀要」, **5**, pp. 42~52.
- 6) 藤本滋生, 米盛明子, 菅沼俊彦, 永浜伴紀, 1984, ハマナタマメ, ハマエンドウ, ヤハズエンドウ, フジの澱粉について(本邦に自生する植物の澱粉に関する研究, 第8報), 「澱粉科学」, **31**, pp. 208~214.
- 7) 藤本滋生, 富永保, 菅沼俊彦, 永浜伴紀, 1985, 中国産澱粉(I) 市販澱粉数種について, 「鹿大農学術報告」, **35**, pp. 55~63.
- 8) Goering, K. J., 1972, New starches. VIII. Properties of the small granule starch from *Colocasia esculenta*, *Cereal Chem.*, **49**, pp. 712~719.
- 9) 東原昌孝, 梅木公雄, 山本武彦, 1975, さといも澱粉の分離と2, 3の性質について,

- 「澱粉科学」, **22**, pp. 61~65.
- 10) Honsch, W.M., 1966, Production and properties of Yuca starch, *Stärke*, **18**, pp. 20~22.
 - 11) 星川清親, 1979, 『食用植物図説』, 女子栄養大出版部, p, 92.
 - 12) 星川清親, 1980, 『新編食用作物』, 養賢堂, pp. 616~636.
 - 13) Kawabata, A., Sawayama, S., Nagashima, N., Rosario, R.R. and Nakamura, M., 1984, Some physico-chemical properties of starches from Cassava, Arrowroot and Sago, *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, **31**, pp. 224~232.
 - 14) 金城須美子, 福場博保, 1978, 沖縄産田芋澱粉のアミロース含量, ならびに糊化と粘性特性について, 「澱粉科学」, **25**, pp. 193~197.
 - 15) 駒井嘉彰, 富永 正, 1964, 粗悪な東南アジア産デンプンに見られる性質, 「澱粉糖技研誌」, **30**, pp. 20~30.
 - 16) Nagahama, T., 1976, The starchy plants and their utilization in Is. Nauru and Is. Guam, 「鹿大第2次南方海洋生物生態調査隊研究速報」, pp. 52~53.
 - 17) 長田武正, 1984, 『野草図鑑①』, 保育社, pp. 80~81.
 - 18) Rasper, V. and Coursey, D.G., 1967, Properties of starches of some west African Yams, *J. Sci. Food Agric.*, **18**, pp. 240~244.
 - 19) Rasper, V., 1969, Investigation on starches from major starch crops grown in Ghana, *J. Sci. Food Agric.*, **20**, pp. 165~171, 642~646.
 - 20) Rosenthal, F.R.T., Pelegrino, S.L. and Correa A.M.N., 1972, Studies on the starches of *Dioscorea*, *Stärke*, **24**, pp. 54~57.
 - 21) Seidemann, T., 1964, Mikroskopische Untersuchung verschiedener *Dioscorea*-stärken, *Stärke*, **16**, pp. 246~253.

(1985年4月30日受付)