

# 芋こんにゃくの伝統的製造法における凝固剤「灰汁」利用の特徴

## —「炭酸ナトリウム」のゲル化特性の「灰汁」との類似性—

笠井八重子 ・ 山際あゆみ\* ・ 大野婦美子\*\*

こんにゃくの伝統的製造法において、凝固剤に草木灰の「灰汁」を利用してきた。その代替として、農家では「炭酸ナトリウム」が利用される。今日、一般に利用されている「水酸化カルシウム」が何故用いられないかについて、こんにゃくの物性特性に及ぼす影響を、とくに、「のり」のゲル化特性と「飛粉」との関わりを中心に検討し、考察した。凝固剤「炭酸ナトリウム」は、芋こんにゃく特有の表面のやわらかい弾力と粘性と硬さを有する物性を形成し、この特性は、とくに「飛粉」が混在する場合において顕著に発現することが明らかになった。それは凝固剤「灰汁」のゲル化特性と極めて類似していた。また、「灰汁」は使用する濃度によって、物性特性が大きく影響されないが、「炭酸ナトリウム」においても同様の特徴を示し、いわゆる、「のり」の状態によって凝固剤使用量を加減することが可能な、使いやすさの利点が「灰汁」と類似していることも明らかになった。このような特徴は、「水酸化カルシウム」を凝固剤とした場合、「飛粉」混在で物性が低下し、使用濃度によっても影響されるなど、「炭酸ナトリウム」「灰汁」と異なる挙動を示すことが明らかになった。また、「のり」の物性についての検討からも、こんにゃくに及ぼす影響に反映していることが認められた。凝固剤のゲル化の形成と特性にpH以外の要因として、「飛粉」が重要な作用を果たしていることが示唆された。

**Keywords** : こんにゃく, 凝固剤, 物理的性質, 「灰汁」, 伝統的製造法

### はじめに

前報<sup>1)</sup>で、こんにゃく製造の伝統的手法として、凝固剤に「灰汁」が用いられ、その種類やゲル化の特徴について明らかにした。ゲル化に適するとされる「ソバ灰汁」, 「ダイズ灰汁」はカリウム含量が高く、こんにゃくの成形固化に重要な役割を果たしていることも明らかになった<sup>2)</sup>。また、「灰汁」などによるゲル化には「のり」に添加した後の「のり」のpHや、さらに、こんにゃく成形固化後に示すpHとが、こんにゃくの成形性や物性に密接に関わっていることが推測されるなどを見出している<sup>3)</sup>。

一方、こんにゃく産地農家では「灰汁」に替わっ

て「炭酸ナトリウム (洗いソーダ)」が用いられることが調査から明らかになった<sup>4)</sup>。また、「日本の食生活全集」<sup>5)</sup>の各地域のこんにゃく加工で用いられる凝固剤を抽出、整理、分析したところ、「炭酸ナトリウム」は関東地域以北で多く用いられてきたことや、「灰汁」を用いている地域でも、代替に「炭酸ナトリウム」を利用していることも明らかになった<sup>1), 6)</sup>。

なぜ、「灰汁」に替わる凝固剤として、今日、一般に利用される「水酸化カルシウム」でなく「炭酸ナトリウム」が用いられるのかを科学的に解析するために、本報では、「炭酸ナトリウム」によるこん

---

岡山大学教育学部家政教育講座 700 - 8530 岡山市津島中 3 - 1 - 1

The Similarity of the Gelation by Sodium Carbonate and Plant Ash-extracts in the Physical Properties of Imo-Konjac

Yaeko KASAI, Ayumi YAMAGIWA\* and Fumiko OHONO\*\*

Department of Home Economics Education, Okayama University, 3-1-1 Tsushima-naka, Okayama 700-8530

\*Graduate School of Education (Master's Course), Okayama University ret

\*\*Kurashiki-Sakuyo University, 3524 Nagao, Tamashima, Okayama 710-0292

にゃくのゲル化特性について、「のり」やこんにゃくの物性に及ぼす影響を、芋に含まれる「飛粉」混在との関わりを中心に検討した。すなわち、今日一般的に用いられる凝固剤「水酸化カルシウム」によるゲル化の特徴と比較検討し、こんにゃく製造の伝統的手法において用いられてきた「灰汁」に替わって「炭酸ナトリウム」が利用される要因について考察した。

試料および実験方法

試料と調製：精粉ならびに「飛粉」は、2004年に広島県総領町から入手、粒子60メッシュ以上の大粒子マンナン（精粉）（電磁式ふるい振とう器レッチェー製AS200で篩い分けを行った）を用いた。芋こんにゃくモデル試料は、精粉：「飛粉」を1：0.3もしくは1：0.6（重量）に配合<sup>7)</sup>して調製した。こんにゃくの製造法、こんにゃくの物性測定ならびに測定条件は前報<sup>1)</sup>に準じた。なお、「のり」の破断応力試験は、厚生労働省の定める高齢者用保健用食品の物性試験に準じた<sup>8)</sup>。直径40mm、高さ15mmのステンレス製シャーレに試料20gを入れ、35℃で所定時間保存し、直径20mm円盤型プランジャーで70%まで圧縮し破断応力図形から初期弾性率と最大破断応力を求めた。なお、物性測定試験はクリープメータ（山電製RS-3305型）、「のり」およびこんにゃくのpHはpHメータ（堀場 カスターニF-23型）を用いた。「のり」の微細構造は50%アルコール液に10分間浸漬した試料を低真空50Pa、走査型電子顕微鏡（日立製3500N）を用いて、SEM観察した。「炭酸ナトリウム」、「水酸化カルシウム」は試薬石津製、特級、「灰汁」はソバ茎幹を煤焼した「灰」から熱湯抽出、ろ過したものを用いた。

結果および考察

1 「飛粉」混在における凝固剤「灰汁」、「炭酸ナトリウム」、「水酸化カルシウム」によるこんにゃくの破断特性に及ぼす影響

こんにゃく製造における凝固剤に「灰汁」ならびに「炭酸ナトリウム」を用いた場合の物理的特性（破断特性）を図1に示した。ソバ茎幹抽出「灰汁」は主な無機成分として、カリウム（ $2.87 \times 10^4$ ppm）、ナトリウム（143ppm）、マグネシウム（0.05ppm）、カルシウム（0.02ppm）を含み、pH13.6であった。「灰汁」によるこんにゃくの破断特性は、破断応力、破断エネルギーが「飛粉」混合によって大きい値を示し、混合割合が高くなると、さらに増大することが認められた。初期弾性率は「飛粉」混合割合による差異はみられないが、 $1.1 \times 10^4 \text{N/m}^2$ と低く、破断

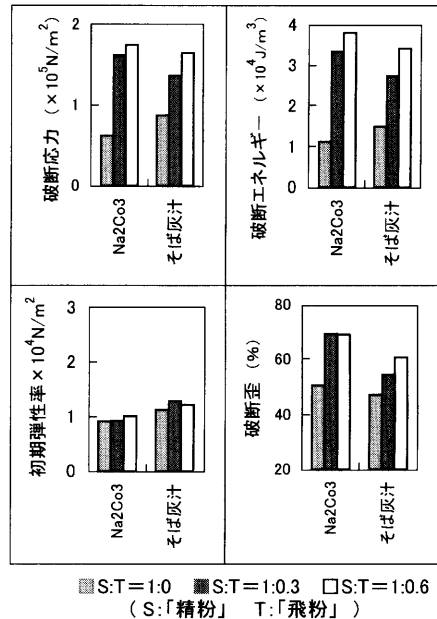


図1 凝固剤「炭酸ナトリウム」並びに「そば灰汁」使用によるこんにゃくの破断特性

歪率は「飛粉」混合割合が増加するほど高く、表面のやわらかさと粘性のある性状へ変化することが認められた。

「炭酸ナトリウム」によるこんにゃくの破断特性は「飛粉」混合によって、破断応力、破断エネルギーが「飛粉」混合しない時と比べて、2倍以上の大きい値を示した。初期弾性率は、「飛粉」混合割合の増加による大きな差異はみられないが、 $1.0 \times 10^4 \text{N/m}^2$ と低く、破断歪率は「飛粉」混合によって高くなり、6割混合では70%と高い値を示し、粘性を有し、表面がやわらかく、腰のある性状を示すことが認められた。

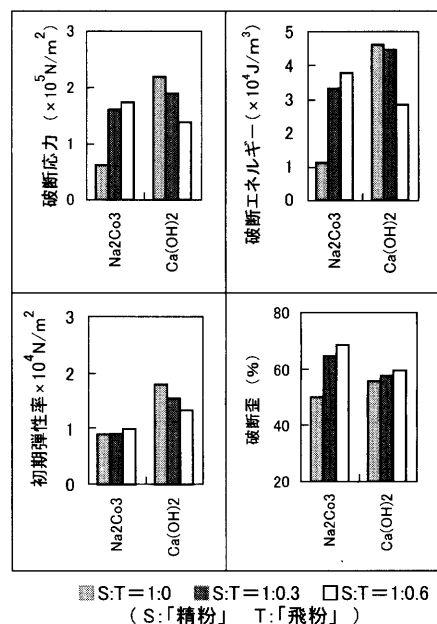


図2 「水酸化カルシウム」使用によるこんにゃくの破断特性

「灰汁」ならびに「炭酸ナトリウム」のどちらの凝固剤においても、こんにゃくの物性は「飛粉」混合の場合で、「精粉」のみに比べて破断応力、破断エネルギーが大きく、破断歪率の高いことが顕著に認められた。また、初期弾性率も比較的低い値を示し、図2や、図3に示す破断曲線から、「炭酸ナトリウム」は「飛粉」混合の有無が物性に及ぼす影響が著しく異なり、「飛粉」混合によって破断応力や破断歪率において顕著に増大することが特徴的であった。

一般に用いられる凝固剤「水酸化カルシウム」では、こんにゃくの破断特性は「飛粉」混合によって、破断応力が低下し、「炭酸ナトリウム」とは相違することがわかった。また、「水酸化カルシウム」は初期弾性率が「炭酸ナトリウム」に比べて約2倍高い値を示した。しかし、「水酸化カルシウム」においても、「飛粉」が表面のやわらかさの性状発現に関わっていることが認められたが、「飛粉」混合による物性に及ぼす影響が、「炭酸ナトリウム」とでは大きく相違することが明らかになった。

以上の結果から、凝固剤「炭酸ナトリウム」の使用では、破断応力が大きく、弾力と粘性を有する物性を形成し、表面のやわらかい性状のこんにゃくが製造できることが明らかになり、この特性は、「飛粉」混合による場合に顕著に発現することが認められた。このような「炭酸ナトリウム」のこんにゃくの凝固剤としての特徴は、伝統的に使用されてきた「灰汁」ときわめて類似した傾向を示し、今日一般に用いられる「水酸化カルシウム」とは相違することが明らかになった。

また、こんにゃくの物性について、微小変形の性質をあらわすクリープ特性についても調べたが、こんにゃくの物性に及ぼす「飛粉」混合の有無や凝固

剤による影響は、大変形の性質をあらわす破断特性において、より顕著に認められることも明らかになった。

## 2 「飛粉」混在における「炭酸ナトリウム」の使用濃度がこんにゃくの破断特性に及ぼす影響

「灰汁」、「炭酸ナトリウム」、「水酸化カルシウム」の使用濃度による、こんにゃくの物性に及ぼす影響は図4に示すようであった。「炭酸ナトリウム」によるこんにゃくの物性に及ぼす影響と、その場合の「飛粉」混合の有無との関わりについて調べた。「炭酸ナトリウム」では、「飛粉」を混合しない場合、破断応力が $1.0 \times 10^5 \text{N/m}^2$ と小さい値を示し、こんにゃくの物性形成に欠け、「炭酸ナトリウム」使用濃度を変化させても物性の増減は認められなかった。しかし、「飛粉」混合によって破断応力が $1.4 \sim 1.7 \times 10^5 \text{N/m}^2$ と変化し、精粉のみのこんにゃくに比べて、「飛粉」混合のほうが2倍以上、破断歪率は60~65%と1.4倍高い値を示し、硬さと粘性のある性状へと変化することが認められた。このような「飛粉」混合による物性に及ぼす影響は、「炭酸ナトリウム」の使用濃度によって大きく変化することはみられず、初期弾性率においても同様の結果を示した。

「炭酸ナトリウム」にみられる使用濃度によって、こんにゃくの物性が影響されない特徴は、「灰汁」使用の場合ときわめて類似しているといえた。「灰汁」について、精粉の場合では使用濃度によって物性が変化する結果が、今回みられたが、「飛粉」混合の場合では、使用濃度による物性に及ぼす影響がほとんど認められないことが示された。これらと、今までの集積した実験結果から推察して、「灰汁」使用の場合では、使用濃度によって物性は大きな変

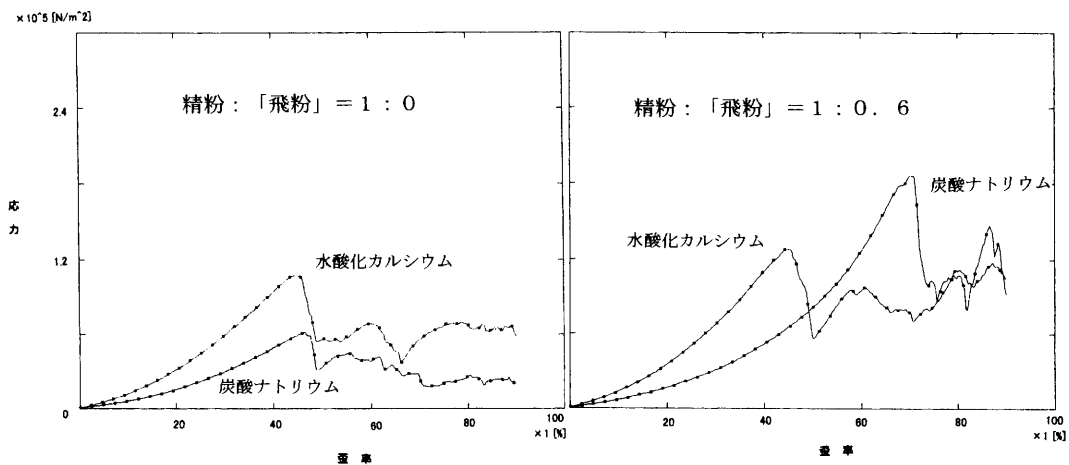


図3 凝固剤「炭酸ナトリウム」ならびに「水酸化カルシウム」によるこんにゃくの破断特性に及ぼす「飛粉」の影響

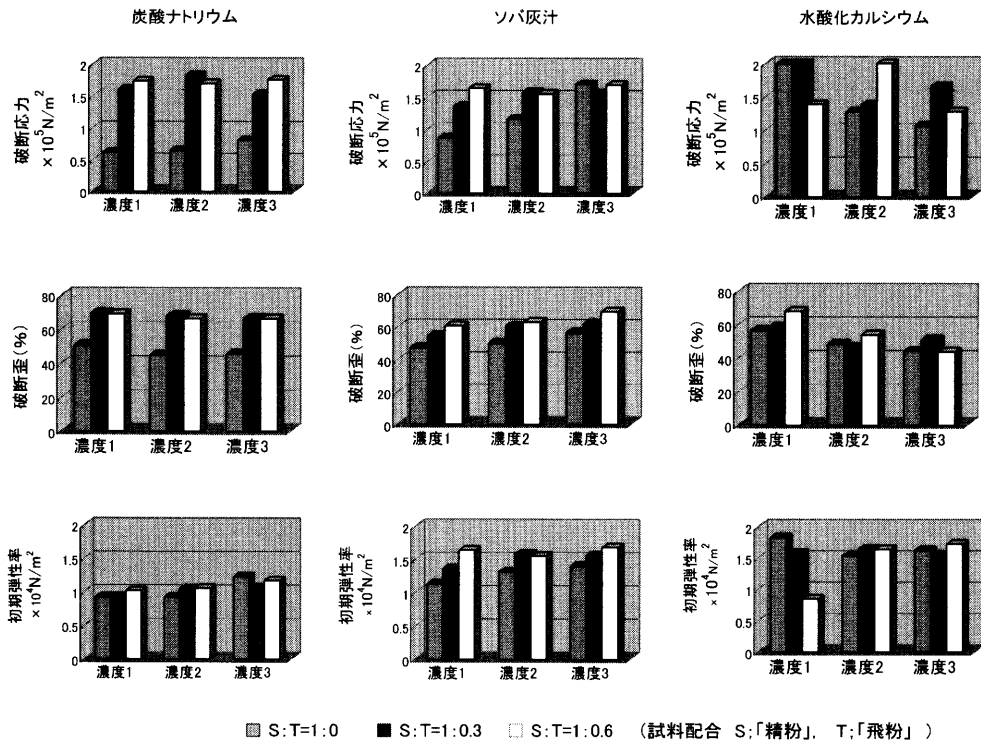


図4 こんにゃくの破断特性に及ぼす凝固剤濃度の影響

[炭酸ナトリウム] 濃度 1 ; 0.3g/100g 「のり」  
 2 ; 0.15g/100g 「のり」  
 3 ; 0.2g/100g 「のり」

[ソバ灰汁] 濃度 1 ; 抽出原液の60%  
 2 ; 抽出原液の60%  
 3 ; 抽出原液の75%

[水酸化カルシウム] 濃度 1 ; 0.1g/100g 「のり」  
 2 ; 0.15g/100g 「のり」  
 3 ; 0.2g/100g 「のり」

化をしないことが特徴的であるが、精粉の場合、今回の結果とやや異なった。これは実験に用いた「灰汁」使用濃度基準量によることが考えられた。つまり、本実験結果は「灰汁」使用量が比較的高い濃度領域の場合についての検討であったことによると考えられる。

「灰汁」にも適切な基準使用濃度の存在することが推測されるが、種々の無機塩を含む「灰汁」の濃度とは何か。どのようにあらわすことが適切かの検討も必要であるが、例えば、抽出液の主たる無機成分含量から決めることが考えられる。この点について、今までの実験結果から、「灰汁」成分抽出濃度の濃い場合、こんにゃくの物性は破断応力が大きく、芋こんにゃく特有の物性特性と異なり、硬くて、粘りに欠け、生臭みの強い製品となることが明らかになっている。これらをあわせると、「灰汁」利用でも使用適切量があるといえる<sup>9)</sup>。

今回の結果については、比較的高い濃度の無機質量を含む「灰汁」では、こんにゃくの物性に及ぼす使用濃度による影響が大きく、適切量より低い濃度を基準に、低い濃度のほうへ変化させた場合では、使用する量によるこんにゃくの物性特性に及ぼす影響は小さいと考えられる。また、このような使用濃度による「灰汁」の物性に及ぼす影響が少ないこと

が「飛粉」混合の場合に見られることから、芋こんにゃく製造における凝固剤としての「灰汁」の適切性が推測される。また、「灰汁」によるゲル化特性と類似する「炭酸ナトリウム」でも同様に認められることは注目される点である。

一方、「水酸化カルシウム」では破断歪率が低く、粘性に欠ける性状は「飛粉」混合によっても同様で、「炭酸ナトリウム」の「飛粉」混合にみられたような顕著な差異はほとんど認められなかった。

以上の結果、凝固剤使用濃度においても、こんにゃくの物性に及ぼす影響は、「炭酸ナトリウム」と「灰汁」で類似し、「飛粉」混合によって、硬さや粘性を有し、表面のやわらかさと弾性のある物性を示した。この特性は、使用濃度による影響がきわめて小さいことも明らかになった。一方、「水酸化カルシウム」は、「飛粉」混合によって物性が低下し、使用する凝固剤濃度によっても影響された。今回の実験結果からはその傾向が明確に示していないが、「炭酸ナトリウム」や「灰汁」に比べて、「水酸化カルシウム」は「飛粉」混合の有無及び凝固剤使用濃度によるこんにゃくの物性に及ぼす影響の異なることは明らかである<sup>3)</sup>。

さらに、「炭酸ナトリウム」の凝固剤としての挙動が「灰汁」と類似していることから、ナトリウム

塩の物性形成に及ぼす影響について、「水酸化ナトリウム」を凝固剤とした場合について同様の検討を行った。しかし、むしろ「水酸化カルシウム」の物性特性と近似することがみられ、カリウムやナトリウムのゲル化に及ぼす影響より、凝固剤の官能基である「炭酸基」あるいは「水酸基」による影響の大きいことが推測された。一方、「灰汁」成分のカリウム塩がこんにゃくゲル化に重要な関わりを有することが見出されているが、カリウム塩として「炭酸基」、もしくは「水酸基」を有するアルカリ剤によって、物性挙動を異にすることも明らかになっている。

さらに、こんにゃくのゲル化について、前梶が検討を行っているマンナン物質のゲル化でなく<sup>10)</sup>、芋こんにゃくとしてのゲル化、すなわちマンナンと「飛粉」、さらには「マンナンの小粒子」混在試料におけるゲル化との関わりから検討することによって、芋こんにゃく特有の物性形成に関わる凝固剤「炭酸ナトリウム」や「灰汁」の作用特性を明らかにすることができると思われる。

### 3 「のり」の物性と微細構造に及ぼす「炭酸ナトリウム」の影響

「炭酸ナトリウム」の場合において、添加直後「のり」のみかけの初期弾性率は $6.9 \times 10^3 \text{N/m}^2$ 、最大応力が $3.3 \times 10^3 \text{N/m}^2$ と「灰汁」に比べて低い値を示し、やや弾力の小さいことが認められたが(表1)、2時間後「のり」では、「炭酸ナトリウム」と「灰汁」の破断曲が重なり、測定値もほぼ同じ値を示した。これらの「のり」の微細構造観察によって、「灰汁」と「炭酸ナトリウム」添加「のり」は、きわめて類似した構造であることも観察された(写真)。

表1 凝固剤の違いによる「のり」のみかけの弾性率

試料 (S: 精粉 T: 飛粉)	みかけの弾性率(初期) ( $\times 10^3 \text{N/m}^2$ )	最大応力
A S:T=1:0.0	12.0	3.96
B S:T=1:0.3	12.7	3.87
C S:T=1:0.6	15.7	3.99
D B+ソバ灰汁 ① 直後	10.3	4.71
② 直後	10.2	4.71
③ 直後	11.0	5.06
D B+ソバ灰汁 ① 直後	10.2	4.71
② 2h後	10.5	4.27
F B+Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ① 直後	6.9	3.34
② 2h後	10.8	4.30
G B+Ca(OH) <sub>2</sub> ① 直後	10.7	5.34
② 2h後	11.1	6.83

\* 試料A・B・C: 調製直度

D: ソバ灰汁 ① 希釈25% E: ソバ灰汁希釈50%

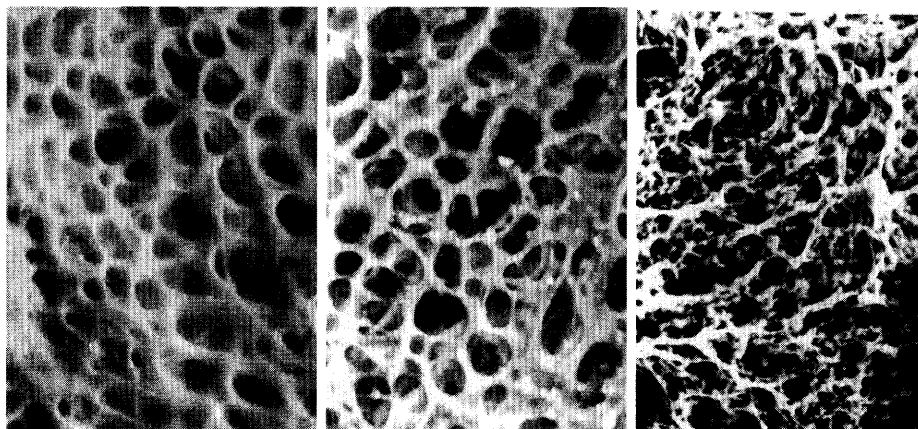
② 希釈50% F: Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0.6g/100g「のり」

③ 希釈75% G: Ca(OH)<sub>2</sub> 0.1g/100g「のり」

「灰汁」添加2時間後の「のり」のみかけの初期弾性率は $10.3 \sim 11.0 \times 10^3 \text{N/m}^2$ を示し、添加直後と大きな差異がみられなかった。また、使用濃度によっても影響がほとんど認められなかった。これは、こんにゃく製造時において、「のり」と「灰汁」を混合する場合、使用量のいかんによっても、「のり」の急激な変化がみられないことや産地農家のこんにゃく製造において、凝固剤を加えた「のり」の混合に対する指摘とも一致している。

これに対して、「水酸化カルシウム」添加直後、及び2時間「のり」の物性は、前者の凝固剤に比べて高い値を示し、微細構造からも明らかに異なることが観察された。

以上から、「のり」の物性はこんにゃくのそれに極めてよく反映していることも明らかになった。そ



「ソバ灰汁」使用

「Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>」使用

「Ca(OH)<sub>2</sub>」使用

写真 「のり」の微細構造特性

走査型電子顕微鏡(S-3500N)を使用し、 $-10^\circ\text{C}$ のステージに載せ、50Pa、500倍で観察した。試料は「飛粉」3割配合の「のり」。

れでは、「炭酸ナトリウム」と「灰汁」のゲル化挙動が類似することに影響を及ぼしている要因は何か、という問題が残る。

前梶<sup>11-14)</sup>は、こんにやくマンナンをゲル化する際に、ゲル化剤は脱アセチル化反応に必要な水素イオンの供給源としての役割をはたし、ゲル形成には必ずしも直接的な作用を及ぼさないとしている。ゲルの硬さについてはpH10.5～11.5が最大でpH12を過ぎると急激に低下する報告もある。ゲルのレオロジー的性質も、主として水酸イオン濃度に依存するとの報告がある。

種々の「灰汁」のpHとゲル形成（こんにやくの成形性）との関わりからみると、こんにやく製造における凝固剤添加後の「のり」やこんにやくのpHの挙動とこんにやく成形性は「のり」添加後のpH、ならびにこんにやく製造後のpHが関わっていることが明らかになった。すなわち、「のり」添加後のpHは10.2以上、こんにやく製造後のpHは9.6以上を維持することが必要な条件といえた（表2）。さらに、こんにやく成形不能の「灰汁」が成形可能になるpHを維持するには、成形可能「灰汁」に含まれる最小限の無機塩（カリウム塩やナトリウム塩）が必要であることも明らかになってきた<sup>3)</sup>。

表2 「灰汁」の種類によるこんにやくの成形性とpH

灰汁の種類	凝固剤			成形性
	「のり」	こんにやく	pH	
ソ バ 基準	13.6	11.2	10.4	○
ソ バ 希釈50%	13.2	10.6	9.5	○
ソ バ 希釈40%	13.1	10.5	9.3	△
ソ バ 希釈33%	13.0	10.2	8.8	×
カ タ キ 基準	10.9	10.4	9.7	○
カ タ キ 希釈75%	10.9	10.2	9.3	○
カ タ キ 希釈50%	10.9	10.0	8.6	△
ダイズA	10.6	10.7	10.3	○
ダイズB	10.5	7.9	8.7	×
クスノキ	8.9	7.0	8.0	×
イネワラ	9.9	8.2	8.4	×
カ シ	9.0	9.0	9.2	×

成形性： ○適正に成形 △成形不良 ×成形不可能

また、芋こんにやく特有の粘性と硬さや弾力を有し、表面のやわらかさや滑らかさの性状を作出する物性特性の発現には、大粒子マンナンと微粉の「飛粉」、さらには小粒子マンナンの作用も重要であることがわかってきた<sup>15, 16)</sup>。これらの物質の混合ゾルがゲル化するために、凝固剤として、「灰汁」あるいは「炭酸ナトリウム」が有効であることが明らかになった。その機作を考えるためには、さらに、芋に含まれる2物質の混合分散、膨潤や、マンナンや

「飛粉」の大量に水分を抱水する性質や、それらの水分の存在状態などを明らかにすることが重要である。ついで、このようなゾルをゲル化するための凝固剤の作用や各物質との相互作用（pHの関与なども含めて）等をも合わせて検討する課題が挙げられる。それらを明らかにしていくために、ひとつには、「飛粉」試料の精製による無機成分の除去によって、「飛粉」と凝固剤とのゲル化特性についての相互の関わりを明らかににすること。二つに、芋こんにやく物性の特性に重要と考える「飛粉」に注目して、マンナンと「飛粉」の混合、分散、膨潤における水分挙動と凝固剤との関わりについて明らかにすること。等からの検討が必要と考えられる。

伝統作物とその食用化、食物の加工・調理において、これらの手法を科学的に解析することによって、最高に美味な食べ物づくりの原理法則性を明らかにし、食品の加工や、その技術開発に基礎的知見を提供できるといえる。

#### 要約

- (1) 炭酸ナトリウムのゲル化特性は「灰汁」と類似性が認められた。すなわち、「飛粉」混在試料（いもモデル）において、芋こんにやく独自の破断歪率が高く、初期弾性率が低い、粘りと弾力、表面のやわらかさを有する物性特性が顕著に示された。
- (2) この物性特性は、大変形の性質の破断特性において、顕著に認められた。
- (3) 一般的な凝固剤である「水酸化カルシウム」では、「飛粉」混合によって物性が低下し、粘りや表面の柔らかさに欠ける性状で、「炭酸ナトリウム」と異なる物性挙動を示した。
- (4) 「炭酸ナトリウム」の使用濃度による物性に及ぼす影響が小さく、「灰汁」と類似した性質を示した。
- (5) 「炭酸ナトリウム」ならびに「灰汁」添加「のり」はこんにやくの物性や「のり」の微細構造に反映し、「水酸化カルシウム」のそれとは異なることが明らかになった。

#### 参考文献

- 1) 笠井八重子・山際あゆみ・西山 恵：「こんにやくの伝統的製造法における「灰汁」の凝固剤としての利用特性」, 岡山大学教育学部研究集録, 124, 21-27 (2003)。
- 2) 山際あゆみ・笠井八重子：「こんにやくの製造法における凝固剤「灰汁」利用特性」, 日本家政学会大会研究発表要旨集, pp. 141 (2003)。(投

- 稿中)
- 3) 笠井八重子：「こんにゃく製造における生いも並びに凝固剤の利用特性」, 食生活, 18 (5), 31-38 (1997)。笠井八重子・山際あゆみ：未発表(2004)。
  - 4) 笠井八重子：「こんにゃく製造技術の成立(1) 伝統的製造法と工業的製造法」, 岡山大学教育学部研究集録, 100, 151-159 (1995)。
  - 5) 日本の食生活全集編：『聞き書 全国の食事』全48巻, 農文協刊行 (1993)。
  - 6) 笠井八重子：「こんにゃく製造技術の成立(4) 高知県長岡郡大豊町 間嶋多美子氏の場合」, 岡山大学教育学部研究集録, 103, 95-99 (1996)。
  - 7) 笠井八重子・大野婦美子：「荒粉こんにゃく製造における精粉と「飛粉」配合試料によるいもモデル化に関する基礎的検討」, 岡山大学教育学部研究集録, 119, 63-68 (2002)。
  - 8) 日本咀嚼学会監修：「サイコロロジーと咀嚼」, pp.184-190, 建帛社 (1993)。
  - 9) 笠井八重子：「高知県吾北村 筒井氏の採取「灰汁」によるこんにゃくの物理的性質」, 未発表(2001)。
  - 10) 沖増 哲編：『こんにゃくの科学』, pp. 158-190 (2003)。
  - 11) 笠井八重子・大野婦美子：「こんにゃく「のり」の性状評価のための静的粘弾性測定」, 日本食品科学工学会誌, 47 (7), 496-502 (2000)。
  - 12) K. Maekaji :「The Mechanism of Gelation of Konjac Mannan」, Agr.Biol.Chem., 38, 315-321 (1974)。
  - 13) 前梶健治：「コンニャクマンナンのゲル化の測定およびゲル化過程の速度論的解析法」, 日本農芸化学会誌, 52 (6), 251-257 (1978)。
  - 14) ibid：「コンニャクマンナンのゲル化における誘導反応速度の凝固剤の依存性」, 52 (10), 485-487 (1978)。
  - 15) ibid：「コンニャクマンナンのゲル化の開始と脱アセチル化率との関係」, 52 (11), 513-517 (1978)。
  - 16) 笠井八重子・山際あゆみ・大野婦美子：「いもこんにゃくの伝統的手法における「のり」調製法の科学的解析 - 小粒子マンナンの利用 -」, 岡山大学教育学部研究集録, 126, 129-136 (2004)。
  - 17) 大野婦美子・笠井八重子：「こんにゃく加工における伝統的手法の工業化への試みとその基礎的検討 - 小粒子マンナンと「飛粉」混合「のり」の膨潤温度による物性挙動 -」, 美味技術研究会誌, 投稿中 (2006年 12月掲載予定)。