

強度の強い米のりを作る最適条件

A study on optimal condition of making the strongest Rice Flour Glue

綾 健太 高木 麻里 光吉 一花 山本 燦志郎

AYA Kenta, TAKAGI Mari, MITSUYOSHI Ichika, YAMAMOTO Sanshiro

I 研究目的

日本の主食である米は、水に溶かし加熱することで、市販のデンプンのりのように粘度が増す。この現象を利用したものが米のりである。米のりは、現在、無添加住宅の建築用の接着剤として使用されている。今回、米粉と水との混合比や、使用する米粉の種類と米のりの接着力との関係を調べ、強度の強い米のりを作る最適条件をもとめる。

予備知識

米の主成分はデンプンである。デンプンはアミロースとアミロペクチンの混合物である。デンプンを水に懸濁し加熱すると、不溶性のアミロペクチンの2重らせん構造に水分子が入り込み、その構造が緩みアミロペクチンの枝が水中に広がることによって急激に粘度が増す現象が起こる。これを糊化という。この糊化を利用したものが米のりである。

II 仮説と期待する結果

溶質の割合が大きくなるほど、デンプンの量が増え水分が少なくなるので、接着力が大きくなると予想した。経験則的には粉対水が1:4のとき、最も接着力が大きくなると言われている。また今回使用したもち粉、白玉粉、道明寺粉は全て同じもち米からできているが、製法や粒の状態、糊にしたときの状態が異なっている。私たちはそこに着目し、糊にしたときに最もさらさらとしていたもち粉が接着力が大きくなるのではないかと予想した。その理由は、同じ質量でもさらさらとしている方が糊の表面積が大きくなるため、くっつきやすくなると考えたからである。

III 用いたもの

- (1) 実験器具
- | | |
|---------------------------|--------|
| 力センサー (50N まで測ることができる) | |
| DataStudio (コンピュータソフト) | |
| 木片 (3cm×3cm 厚さ 1cm 実験数×2) | |
| (5mm×5mm 厚さ 2cm 実験数分) | |
| 米粉 (もち粉、白玉粉、道明寺粉) | |
| 金属のフック | 瞬間接着剤 |
| ロープ | 鉄の棒 |
| ビーカー | ガスバーナー |
| マッチ | 三脚 |
| 万力 | 精製水 |
| ガラス棒 | 電子てんびん |
| サンドペーパー | 錐 |

(2) 用いた米粉

今回の研究では、近くの小売店で私たちにとっても手に入りやすく製法がそれぞれ異なる米粉を 3 種類用いた。

①もち粉



図1 もち粉ともち粉でつくられたのり

- ・もち粉は米を乾燥させてから粉にしたものである。粉の粒の大きさが細かく、さらさらとしている。
- ・のりはとてもさらさらしていて、市販のデンプンののりとは大きく違っていた。

②白玉粉



図2 白玉粉と白玉粉でつくられたのり

- ・白玉粉は米を石臼で水びきをし、沈殿したものを乾燥させたものである。もち粉に比べて粉が固まって粒のようになっている。
- ・のりは程よく粘性があり市販のでんぷんのりのような感触であった。

③道明寺粉



図3 道明寺粉と道明寺粉でつくられたのり

- ・道明寺粉は米を水に浸し蒸してから乾燥させたものである。米の形状が残っている。
- ・のりはおかゆ状で粒が残っていた。

米のりの作成方法

- I 実験で使用する粉と水を量り取る。
- II 粉を水に入れ、溶液をかき混ぜながらガスバーナーで加熱する。
- III 溶液が糊状になったら火を止める。

IV 実験

予備実験

(1) 3cm×3cm の木片どうしを米のりで接着した時、人力で剥がすことが可能かを調べた。

用いた粉 もち粉、白玉粉、道明寺粉

米粉：水 1：4

実験方法 ・木片の準備をする

I 3cm×3cm の木片の両面を平らに削り、片側に錐で穴をあける。

・接着する

I 作成した米のりを、木片の穴を開けていない面に、乾燥しないうちに木片に塗る。

II 接着した状態で万力を用いて固定し、一週間放置する。(図4)

・接着力を調べる。

I 接着した木片に金属のフックを付け、紐を取り付ける。

II 紐の一方を机に、もう一方を力センサーに取り付ける。

III 力センサーを水平に引っ張り、はがれた瞬間の値を DataStudio を使って読み取る。

結果：剥がれる前に金属のフックや木片が壊れたりしたため、剥がすことは不可能だった。(図5)



図4



図5

考察：接着面が大きすぎたために木片が剥がれなかったため、次回から接着面を小さくすることにした。

(2) 写真のように接着面を $5\text{mm}\times 5\text{mm}$ にして実験を行った。また接着力の大きさも調べた。

用いた粉　もち粉、白玉粉、道明寺粉

米粉：水　1：4

実験方法・木片の準備をする

I $5\text{mm}\times 5\text{mm}$ の木片の両端をやすりで平らに削る。

II $3\text{cm}\times 3\text{cm}$ の木片の両面を平らに削り、片側に錐で穴をあける。

III $3\text{cm}\times 3\text{cm}$ の木片の穴をあけていないほうの面に、瞬間接着剤で $5\text{mm}\times 5\text{mm}$ の木材を付ける。

・接着する

I 出来た糊を、乾燥しないうちに、 $5\text{mm}\times 5\text{mm}$ の木片に塗る。

II 接着した状態で万力を用いて固定し、一週間放置する。

・接着力を調べる。

I 接着した木片に金属のフックを付け、紐を取り付ける。

II 紐の一方を机に、もう一方を力センサーに取り付ける。

III 力センサーを水平に引っ張り、はがれた瞬間の値を DataStudio を使って読み取る。



図 6 実験装置

結果：人力で剥がすことが可能になった。

測定値は大きくばらついた。

考察：木片が剥がせるようになったので、接着面は $5\text{mm}\times 5\text{mm}$ が適正だと考えた。

測定値に大きなばらつきが出たのは、塗る糊の量を統一していなかったからだと考えたので、次回からは塗る糊の量をはかりで測ることにした。

また、道明寺粉は糊にするとおかゆ状になり均一に塗ることができないため、今後の研究に支障が出てくると考え、今後の実験には使わないことにした。

以上の実験で、木片の大きさなど実験方法が確立したため、これより本実験に入るとする。

実験 I. 粉と水の比と接着力の関係

用いた粉　白玉粉、もち粉

米粉：水　1：1, 1：2, 1：3, 1：4, 1：5

実験方法　予備実験の段階で、米のりは3日間で十分乾燥し、一週間放置した場合と同程度の接着力を示すことがわかったので、実験 1 からは固定の期間を 2 日間とした。
その他の実験方法は予備実験 2 と同様である。

結果

白玉粉のグラフ

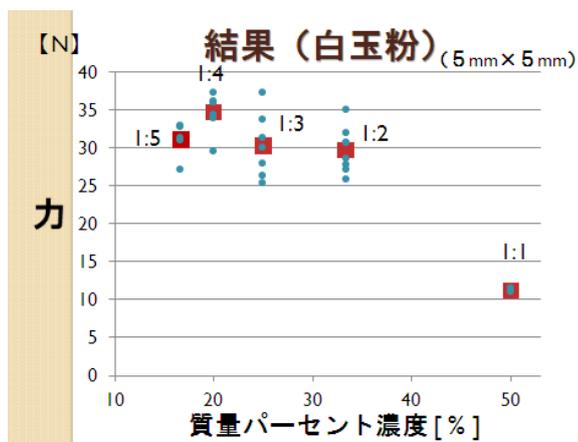


図7 白玉粉の結果

(■…データの平均値、●…データ値)

1 : 4 のときに最も接着力が強く、全体的に水の量が減っていくにつれ、接着力が弱くなった。

1 : 1 のときは、接着力が弱すぎて強度を測定する前にはがれてしまったため、正確なデータをとることができなかった。

もち粉のグラフ

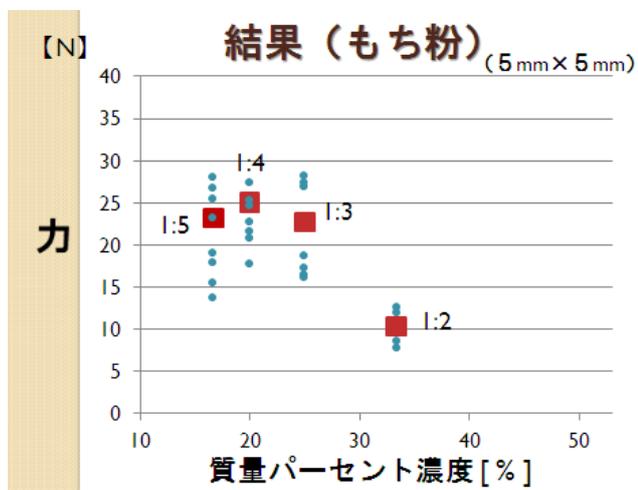


図8 もち粉の結果

白玉粉と同様、1 : 4 のときに最も接着力が強くなった。

しかし、白玉粉と違い 1 : 3 と 1 : 2 のときの接着力に大きな差が生じた。

どちらの粉の場合でも粉 : 水の割合が 1 : 4 のとき、最も大きくなることがわかった。

この実験では、もち粉よりも白玉粉のほうが僅差ではあるが全体的に大きな値を示した。

考察

グラフの形が似ていることから、米粉と水の質量比と接着力は関係していることが考えられる。また、どちらのグラフでも 1:4 の時に最大値になっていることから、米粉と水の質量比の最適条件は 1:4 であることが分かる。その原因として、水が多すぎる場合、アミロペクチンの 2 重らせん構造に水分子が入りすぎて構造が崩壊され粘度が低下したことが考えられる。また、水が少なすぎる場合、水分子が十分にアミロペクチンに入っておらず、十分に糊化が起こっていなかったことが考えられる。

しかし、塗るのりの量をはかりで測定して一定にしても、測定値がまだ少しばらついていたことから、私たちはおもりで固定をする際にきちんと固定できていないのではないかと考えた。このことをふまえて、私たちは次の実験を行った。

実験Ⅱ．乾燥時の固定の有無による接着力の関係（使用した粉 白玉粉、もち粉）

米粉：水 1：4

用いた粉 白玉粉、もち粉

実験方法 実験 1 までの固定方法は図 8 のように 1 つのおもりで複数の木片を固定していた。この方法だと 5mm×5mm の木片の長さがそれぞれ違うので、固定が出来ていない箇所が発生してしまう。しかし、新しい方法は図 10 のように 1 つのおもりで 1 つの木片を固定することで、全ての木片を確実に固定できるようにした。

その他の実験方法は実験 1 と同様である。

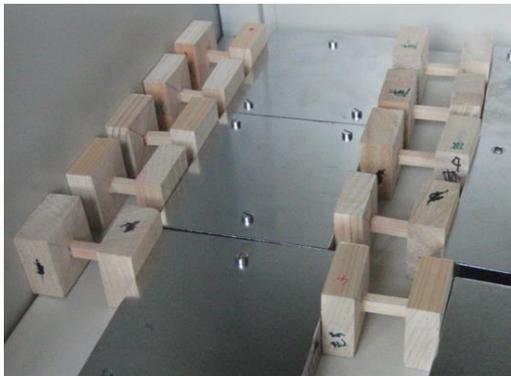


図 9



図 10

結果

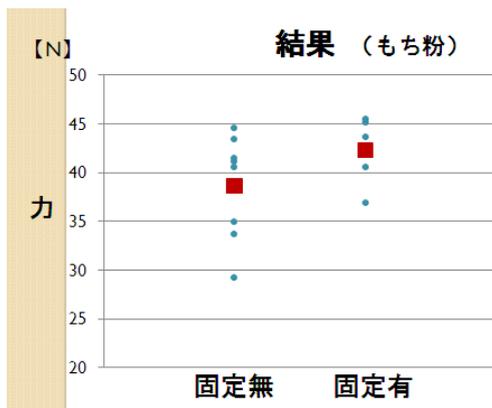


図 11 もち粉の結果

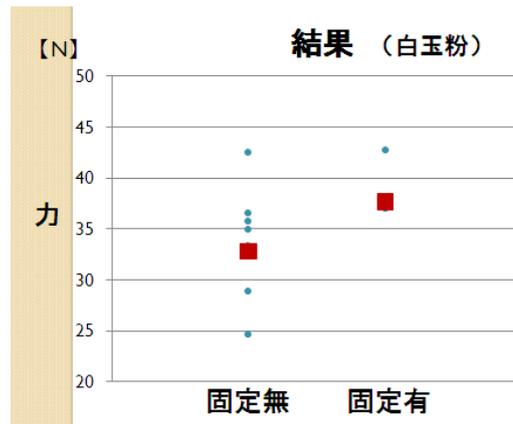


図 12 白玉粉の結果

どちらの粉の場合でも、固定有のほうが接着力が強くなった。

この実験では、白玉粉よりももち粉のほうが僅差ではあるが全体的に大きな値を示した。

考察

固定有の方が固定無よりも接着力が大きく、測定値のばらつきも少なくなった。このことから、実験 1 の測定値のばらつきは固定方法に原因があると考えた。

実験Ⅲ. 粉の種類と接着力の関係

粉：水 1：4

用いた粉 白玉粉、もち粉 さらに、比較対象としてボンドを用いた。

実験方法 木片を平らに削る作業の精度を高めるために、ベルトサンダを用いることにした。

その他の実験方法は実験 2 と同様である。

結果

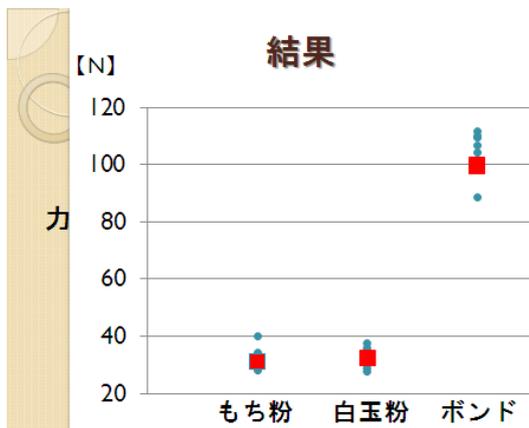


図 13 結果

もち粉、白玉粉はボンドの三割程度の接着力を示した。

また、もち粉と白玉粉は同等の接着力を示した。

実験方法が確立されたため、道明寺粉を用いて実験 3 と同様に実験を行った。予備実験の反省を踏まえて、糊にした後ミキサーですり潰し、均一に塗れるよう粒が残らないようにした。

しかし、接着力はとても弱くなった。これは、糊にしてからすり潰したために、アミロペクチンの結合を切ってしまったことが原因ではないかと考えた。

考察

米のりはボンドの三割程度の接着力しか示さなかったが、接着面を大きくすると成人男性でも剥がせないほどの強度となるため、接着面がある程度の大きさである場合は接着剤としての役割を十分に果たすものであると考えた。

また、実験 1 では白玉粉が、実験 2 ではもち粉がもう一方の粉の米のりよりも大きな値を出し、そしてそれらの差はどちらもわずかなものであった。さらに、実験 3 ではどちらの粉の米のりもほぼ等しい値の接着力を示した。これらのことから、白玉粉ともち粉に関しては、粉の種類と接着力には関係がないと考えた。

V 結論

仮説では溶質の割合が大きくなるほど接着力が大きくなり、もち粉が最も接着力が大きいのではないかと考えていたが、どちらも実験結果とは異なっていた。

実験から、強度の強い米のりを作る最適条件は

- ・米粉：水=1：4
- ・固定をしっかりと行う

であると考えた。また、今回の実験では、粉の種類と接着力には関係性が見られなかった。

接着力に大きく関係する糊化という現象は、アミロペクチンと水の割合が重要であるため、溶質と溶媒の比が接着力を左右することがわかった。

VI 謝辞

今回の実験において、アドバイスを頂いた

九州大学 准教授 大学院工学研究院材料工学部門 齊藤敬高先生

また、私たちの研究を担当してくださった片山浩司先生をはじめ、今回の研究に関わってくださった高松第一高校の先生方に心より感謝申し上げます。