

讃岐うどんが海を汚さないために

観音寺第一高等学校 理数科三年 秋山舜 中村健吾 山口侑華
(指導教員 乃口哲朗)

讃岐うどんが海を汚さないために

観音寺第一高等学校 理数科三年 秋山舜 中村健吾 山口侑華
(指導教員 乃口哲朗)

(要旨) 本研究は、うどんのゆで汁による水質汚濁の改善を目指して、浄化装置を開発するために、うどんのゆで汁のデンプン濃度に勾配をつける原理的な方法を確立することを目的としている。初めに、冷却による実験を行うと、デンプンが沈殿し、上層に透明度の高い上澄みがあるのを確認できた。次に、高吸水性高分子を用いた実験を行った。この実験で、高吸水性高分子が水分子を選択的に吸着し、デンプン濃度が上昇すると考えた。結果は、吸水によりゆで汁内の水分が減少し、残った液内に析出したデンプンが確認できた。続いて、より吸水効率を上げるために温度変化によって親・疎水性が変わる感温性ゲルや、それを用いた浄化装置について考察した。

1 はじめに

香川県の讃岐うどんは全国的に有名である。香川県のうどんの生産量は、1980年には約1万7000トンだったが、「讃岐うどんブーム」があった2003年には飛躍的にのびて、約6万7000トンと4倍近くまで増加した。

表 人口1万人当たり「そば・うどん店」事業所数(上位10都道府県)

順位	都道府県	人口1万人当たり事業所数
1	香川県	5.92
2	群馬県	4.68
3	栃木県	4.35
4	山梨県	4.33
5	長野県	3.91
6	山形県	3.84
7	東京都	3.59
8	福井県	3.44
9	徳島県	3.40
10	埼玉県	3.11
全国平均		2.45

※人口は総務省統計局「人口推計」(平成26年10月1日現在)による

香川県は小規模のうどん店が多い。

香川県のうどん店数は平均の2倍以上で全国一位。

条例による規制がしづらい。場所や費用の面で浄化槽の設置が困難。

香川ではうどんのゆで汁が処理されずに河川に排出されている。

近くのうどん店を取材させていただいたところ、営業が終わった直後のゆで汁は約80℃で約70Lあった。その後、冷水を入れて冷却して、ゆで汁は約45℃で1日当たり約210L排出していた。

また、今回取材させていただいたうどん店は近くの川にゆで汁を流しており、そのほかの店もゆで汁をそのまま川に流していた。

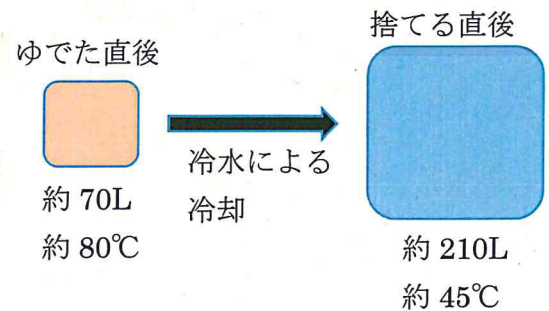


図.1 排出されるゆで汁の図



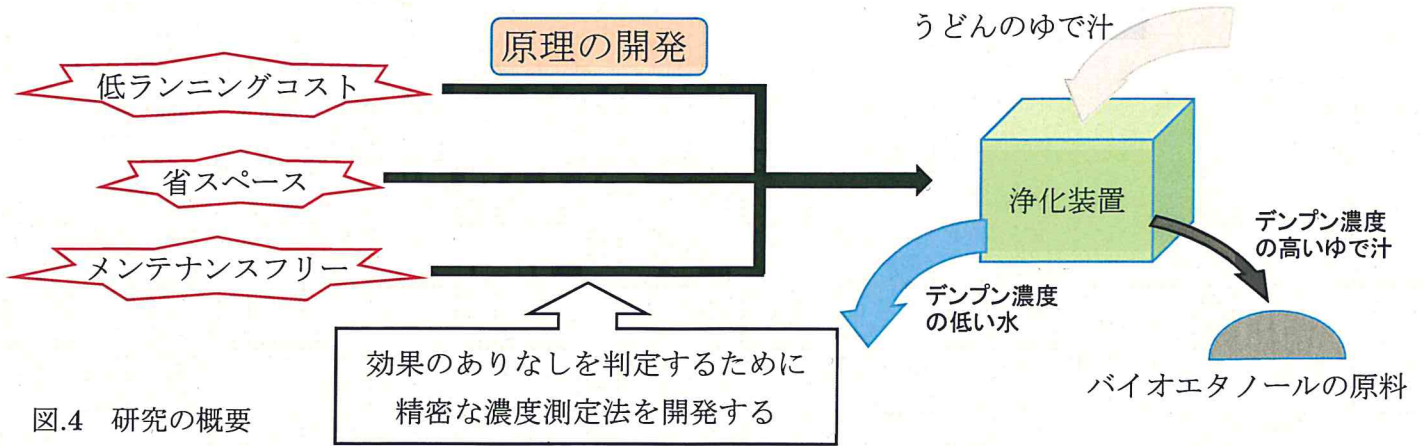
図.2 ゆで釜の写真



図.3 いただいたうどんの写真

実際にうどん屋を訪れて、ゆで汁の排水の現状がよく分かった。

2 研究の動機



香川県で発生している、うどんのゆで汁が原因の水質汚濁の問題の解決の力になりたいと思った。そこで、小規模店にも設置できるような浄化装置の開発をするために、ゆで汁中のデンプン濃度に勾配をつける方法の原理的な開発を行った。

3 研究内容

A 冷凍による処理の実験

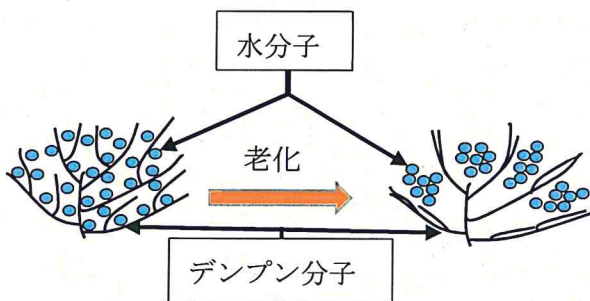
I デンプンの分子構造と性質

a. 糊化:

デンプンを水中に懸濁し加熱すると、デンプン粒子は吸水して次第に膨張する。加熱を続けると最終的にはデンプン粒子が崩壊し、ゲル状になる。

b. 老化:

糊化したデンプン溶液を冷却すると、開いていたデンプン分子が閉じて、水分子を放すことで、水に不溶性になる現象。



II 仮説

うどんのゆで汁の温度を下げることで、うどんのゆで汁に含まれるデンプンが老化して、水に不溶性になりデンプンを沈殿させられるのではないかと考えた。

III 実験方法

- ① ビーカーにうどんのゆで汁を 50ml 入れて、冷凍室で 5 時間かけて冷凍する。
- ② 解凍したうどんのゆで汁を 2 時間放置し、デンプンが沈殿しているか観察する。

IV 結果

解凍したうどんのゆで汁を放置すると、糊状になったデンプンが沈殿した様子が観察できた。沈殿したデンプンの上層には、透明度の高い上澄みが見えた。



V 評価

デンプンは分離できたが、高温で大量のゆで汁を冷凍するのはコストがかかるため、この方法をうどん店で運用するのは難しい。

B 高吸水性高分子による実験

I 高吸水性高分子の性質

高吸水性をもつ高分子製品のこと。自重の数百倍から数千倍の水を吸水、保持できる。ポリアクリル酸ナトリウムが多く用いられる。

II 仮説

うどんのゆで汁に高吸水性高分子のビーズを入れることで、水分子だけが選択的に吸着されて、溶けきれなくなったデンプンが糊状になって出てくるのではないかと。

III 実験方法

- ① ビーカーにうどんのゆで汁を 50ml 用意し、高吸水性高分子（ポリアクリル酸ナトリウム）のビーズを加える。
- ② 高吸水性高分子がゆで汁中の水を吸水しきって変化しなくなるまで放置する。
- ③ 放置した後にビーカーに残った液を観察する。

IV 結果

- ・ 放置したゆで汁の中に、糊状になったデンプンが出てきている様子を観察できた。
- ・ 水のみを吸水させた場合と比べて、高吸水性高分子の吸水量が減少した。
- ・ また、高吸水性高分子の再生実験を行ったが、高吸水性高分子は一度吸水すると、水分子を放しづらいことが分かった。



図.7 高吸水性高分子の写真

V 評価

仮説通り、ゆで汁中のデンプンが糊状になって出てきたため、手法を改良していけば実用化できる可能性がある。

高吸水性高分子の新たな用途の可能性について検討できた。

C 濃度測定法

現在、実験したゆで汁の濃度を定量的に評価するために、濃度測定法を独自に開発している。

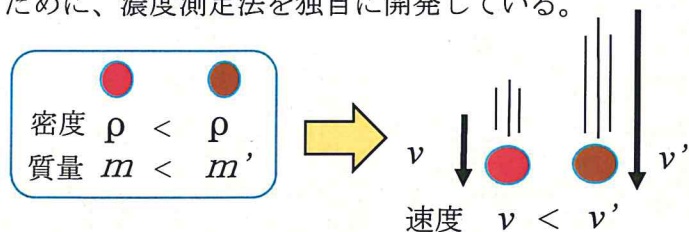


図.8 濃度測定法の原理

終端速度は液滴の形と質量によって変わる。油などの流体に、同体積で同じ形のうどんのゆで汁の液滴を滴下すると、高濃度の液滴は質量が大きいので、液滴の終端速度が変わると考えた。したがって、油の中の終端速度を測定することで、液滴の濃度を測定する濃度測定法を開発している。

高校物理で習った終端速度を活用して、濃度測定法の開発に取り組めた。

4 今後の課題

高吸水性高分子は一度吸水すると水分子を放しづらい。

高吸水性高分子を繰り返し使うことができない。

ゆで汁を処理するためにたくさん的高吸水性高分子が必要になる。

浄化方法を実用的に運用する上で、コストがかかってしまう。

今回用いたポリアクリル酸ナトリウムにかわる繰り返し使用できる高吸水性の物質を探す。

A 刺激応答性ゲル

刺激応答性ゲルとは、温度や pH、光などの外部の刺激に反応して、親・疎水性などの物理的特性を変化させるゲルである。温度変化によって親・疎水性が変わる感温性ゲルは、下限臨界共溶温度(LCST)をもち、その LCST 以下で親水性、LCST 以上で疎水性を示す。今回用いた N-イソプロピルアクリルアミド (NIPA) の LCST は約 32°C で、約 32°C 以下では親水性で水に溶けるが、約 33°C 以上では疎水性で水に不溶性になる。

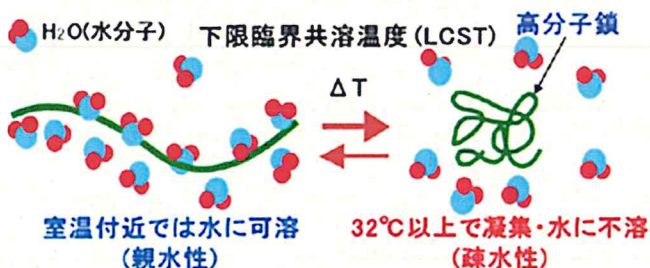


図.9 NIPA ゲルの親水性の温度変化の概要 [1]

B NIPA ゲルによる浄化方法の原理

- ① NIPA ゲルを、32°C 以下まで冷ましたうどんのゆで汁に入れる。
- ② デンプン濃度が高くなったゆで汁を回収し別で処理する。
- ③ 吸水した NIPA ゲルを回収し、32°C 以上まで温めて、水を離させる。
- ④ ③で処理した NIPA ゲルを再びゆで汁の処理に用いる。

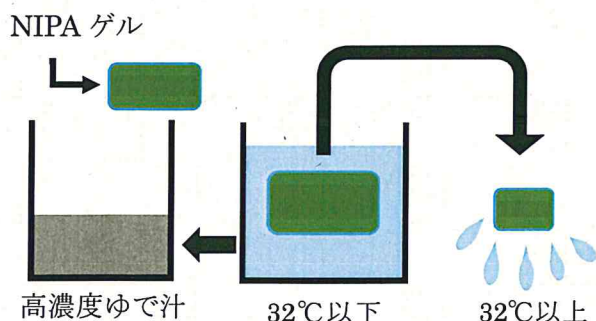


図.10 NIPA ゲルを用いた水の吸着

ゆで汁の排熱を処理に利用→低ランニングコスト
 速い処理速度→省スペース
 機能材料を用いる→メンテナンスフリー
 ↓
 小規模店にも設置できる浄化装置の開発

C 浄化装置について

ベルトコンベアを用いることで、NIPA ゲルにより、連続的な処理が可能な浄化装置が作成できると考えた。今回は NIPA ゲルを考えたが、より適した LCST(例えば 60°C など)をもつ感温性ゲルを用いたいと考えている。

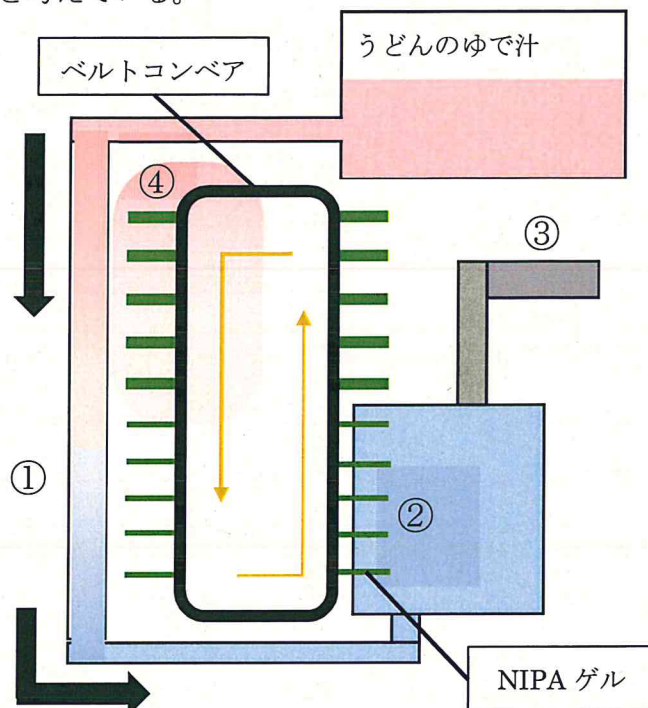


図.11 浄化装置の図

- ① 高温のうどんのゆで汁が配管を通っていくうちに 32°C 以下まで冷める。
- ② ベルトコンベアに設置された NIPA ゲルが、冷えたゆで汁中の水を吸着する。
- ③ デンプン濃度が高くなったゆで汁を排出し、別に処理する。
- ④ ゆで汁の排熱を利用し NIPA ゲルを 32°C 以上に温めて水を離させて、繰り返しゲルを処理に用いる。

D 高濃度のゆで汁の処理について

デンプン濃度の高いゆで汁は、バイオエタノールの原料にできる可能性があると考えている。

引用 [1] 東京女子医科大学 先端生命医学研究所
<http://www.twmu.ac.jp/ABMES/ja/cellsheet>

謝辞

本研究を行うにあたりご助言をいただいた広島大学
 大学院工学研究科高分子工学研究室 飯澤孝司先生、
 取材にご協力いただいたうどん店十日屋の皆様、あり
 がとうございました。