

# 硬度と水分量の関係

相原 響 井上 愉加利 小林 英里奈

指導教員 三宅 美緒

## 要約

私達は硬度と水分量の関係を調べるために3種類の水を準備し、パンを焼成した。そしてその質量と時間を記録し、グラフにした。すると仮説や文献とは異なる結果となった。そしてその原因は硬度の定義に含まれないナトリウムだと推測した。結果として、水分量は硬度以外のミネラルなどにも影響されるとわかった。

## Abstract

We looked up that delicious bread is involved in water quantity. Water quantity is influenced by water hardness. So we examined that relationship between water hardness and evaporation of water. Taking notes of passage of time and quantity. We calculated evaporation of water and researched the relation with passage of time. As a result water which contains a lot of sodium shows a different effect from our hypothetical. In conclusion, water quantity of bread is influenced by water involving mineral.

## キーワード

硬度, 水分量, ミネラル, ナトリウム

## Keywords

water hardness, water quantity, mineral, sodium

## 1. 序論

パン作りに興味があり、おいしいパンを作る手段として材料である水を変えると味に変化があるのではないかと考えた。文献によると、軟水を用いてパンを作るとパン生地がしめった重い感じになり、硬水はもろく乾燥しやすくなると書かれていたので、水の硬度に着目した。

硬度とは、水の中に含まれるミネラル類のうちカルシウムとマグネシウムの合計含有量の指標である。WHOの飲料水水質ガイドラインによる水の硬度の分類を以下の表1に示す。

表1. 水の硬度の分類

水の硬度の種類	硬度(mg/l)
軟水	0~60
中軟水	60~120
硬水	120~180
非常な硬水	180以上

そこで私達は、しめった重い感じという記述を水分の蒸発量に関連付け、パンの蒸発量は軟水が少なく、硬水は多いという仮説を立て、硬度の異なる三種類の水を用いて実験を行った。

## 2. 研究方法

- 硬度の違う水として以下の三種類を準備する。  
天然水奥大山；硬度 20  
六甲のおいしい水；硬度 32  
コントレックス；硬度 1559
- パンを焼成する。
- 焼きあがってからの経過時間とその時の質量を記録する。
- 蒸発量を計算し、経過時間との関係性を見る。

## ※パンの作り方

### ◎基本材料

小麦粉...江別製粉 はるゆたかブレンド 150g

砂糖...スプーン印 三温糖 大さじ1(8.8g)

塩...瀬戸のほんじお 小さじ1/3(1.3g)

生種...大さじ1(9.6g)

水...SUNTORY天然水 奥大山

六甲のおいしい水

コントレックス(すべて 80g)

### 〈生種〉

酵母...白神こだま酵母ドライ(10g)

水...SUNTORY天然水 奥大山(30g)

水温は35℃

### ◎手順

1. ポリ袋に強力粉を入れ、砂糖→塩→生種→水の順に入れる。
2. ポリ袋の中に空気を入れ、上部をねじってしっかり閉じる。
3. 閉じたところをしっかり握って、思いっきり振る。生地がだんだんひとかたまりになってくる。
4. 生地がまとまってきたら、袋の上から1分ほどこねる。
5. 生地を袋の上から軽くまとめ、ポリ袋の上部を軽く結ぶ。
6. 中が透けて見える容器に入れて生地の高さに印をつけ、暖かい場所に置く。(人工気象器 BiOTRON で28℃)
7. かさが2倍半になったら一次発酵終了
8. ポリ袋を切り開いて敷き、生地を4つに分ける。
9. 1つを手にとり、てのひらでつぶして平らにし、つるんとした面が表になるように半分にたたむ。
10. さらに半分にたたむ。
11. 丸く形を整える。
12. 裏側のお尻をしっかりとつまんでとじる。
13. とじ目を下にして、オープンペーパーを敷いたフライパンに並べる。
14. ふたをして、夏ならそのまま、冬なら15秒ほど火にかけて、1時間ほどおく。
15. 2倍程度にふくらんだら、二次発酵終了
16. ふたをしたまま強火に30秒ほどかけ、その後ごく弱火で3分。

## 3. 結果

パンの質量と経過時間についてのグラフを図1に示した。また、具体的なデータについては、表3に示す。質量は違うものの三種類ともほぼ同じような割合で右下がりになった。

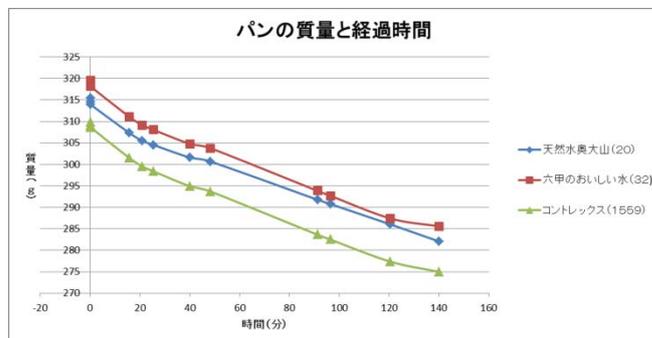


図1. パンの質量と経過時間の関係

パンの蒸発量と経過時間についてのグラフを図2~4に示した。結果が分かりにくかったため、焼きあがりから60時間までの結果を図3に、0.25(15分)までの結果を図4に示した。パンを焼成後すぐは、図4より六甲のおいしい水の蒸発量が大きいとわかるが、最終的に、蒸発量が1番多いのはコントレックス、2番目に六甲のおいしい水、3番目に天然水奥大山となった。(図2) コントレックスと六甲のおいしい水にはあまり差が出なかった。

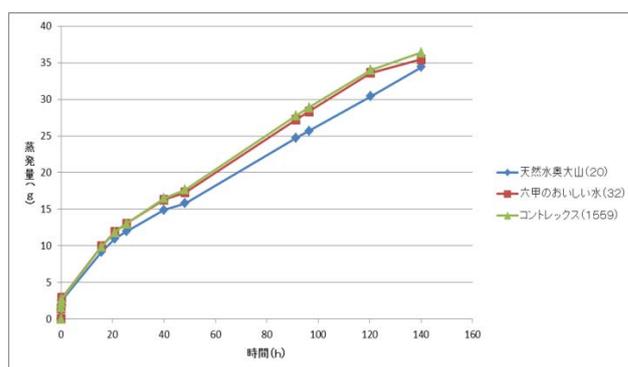


図2. パンの蒸発量と経過時間の関係  
(0~160h)

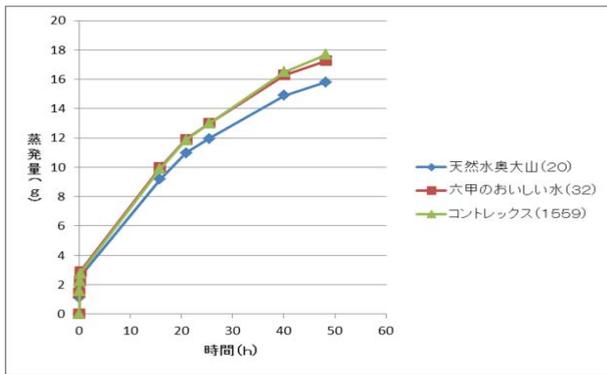


図3. パンの蒸発量と経過時間の関係  
(0~60h)

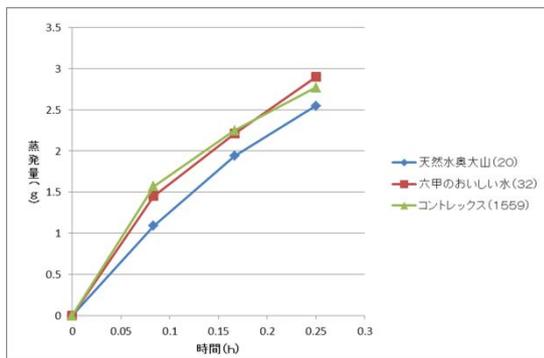


図4. パンの蒸発量と経過時間の関係  
(0~0.25h)

また、作ったパンを試食してみた。すると、水分が多く飛んだコントレックスと六甲のおいしい水は後味が苦くなってしまうが、あまり水分が飛ばなかった天然水奥大山は甘く、おいしかった。

#### 4. 考察

今回は硬度20の天然水奥大山(軟水)、32の六甲のおいしい水(軟水)と1559のコントレックス(硬水)を使った。文献によると軟水は出来上がったパンが湿っていて重いものになり、硬水はもろく乾燥したものになると書かれてあった。その文献をもとに私たちはパンの蒸発する水分量は軟水が少なく硬水は多いという仮説をたてた。しかし、結果を見ると六甲のおいしい水だけ仮説に反して軟水にもかかわらず、蒸発量は多くなった。そこで原因を探るために水のラベルに記載されていた成分表を見比べてみた。そして成分表の結果を表2に示した。

表2. ラベルに記載されていた成分表

(単位: mg)	天然水奥大山	六甲のおいしい水	コントレックス
ナトリウム	0.4~1.0	2.95	0.94
カルシウム	0.2~0.7	0.65	46.8
マグネシウム	0.1~0.3	0.37	7.45
カリウム	0.2~0.6	0.05~0.15	0.28

注目すべき点は、六甲のおいしい水のナトリウム量が他に比べてとても高いことである。よってナトリウムがパンにどんな効果があるのか調べてみると、ナトリウムはパンの生地に対して、

- ・パン生地を安定させる  
(グルテンを引き締めてパンのコシを強くする)
- ・パン生地の殺菌, 防腐
- ・味, 香りをつける
- ・発酵を助ける(時間短縮, ふくらみを大きくさせる)

という主に4つのはたらきがあった。また、このうち、3番目と4番目のはたらきは、水ではなく、塩の中に含まれるナトリウムのはたらきである。

成分表をみることによって、パンから蒸発する水分量はその水に含まれるカルシウムとマグネシウムだけでなく、ナトリウムなども含めたミネラルによって変わっていくことがわかった。しかし、ナトリウムについて考えているときに、塩に含まれるナトリウム量も計算してみたところ、水よりも多く含まれていた。また、試食の際、ナトリウム量の多い水で作ったパンも苦味を感じたため、味については、塩だけでなく、水の中の成分も大きく関係していると考えられる。

#### 5. 今後の課題

- ・実験を1回しか行わなかったため、実験回数を増やし、また、できるだけ実験の条件をそろえる
- ・今回の実験では基本材料の水のみ三種類に変えたので、酵母の水も三種類かえて実験してみる
- ・パンを作る過程で、温度や湿度などの条件をできるだけそろえるようにする
- ・これからはパンと塩に含まれるナトリウムの関係について注目していきたい。

## 6. 謝辞

岡山大学大学院 教育学研究科 教授 喜多 雅一先生, 坪井理研代表 岡山大学名誉教授 坪井 貞夫先生, 神奈川工科大学非常勤講師 橋爪 史明先生など, 研究について様々なご指導をいただき, 本当にありがとうございました。また, 岡山大学自然科学研究科の森麻美先生にも TA としてたいへんお世話になりました。ありがとうございました。

## 7. 参考文献

- ・ポリ袋で作る天然酵母パン フライパンや鍋で手軽に焼ける 梶晶子 文化出版局 発売日 2010/2/10
- ・パンの「なぜ？」に答える パン作りの科学 吉野精一 誠文堂新光社 発売日 2010/9/19
- ・パン化学ノート 新しい製パン基礎知識 改訂第17版 竹谷光司 パンニュース社 2001/6
- ・水広場

<http://www.mizuhiroba.jp/knowledge/hardness.html>

表 3. 経過時間によるパンの質量及び蒸発量の変化

時間 (h)	天然水奥大山		六甲のおいしい水		コントレックス	
	質量	蒸発量	質量	蒸発量	質量	蒸発量
0	316.46	0	321.03	0	311.37	0
0.083	315.37	1.09	319.58	1.45	309.80	1.57
0.167	314.52	1.94	318.82	2.21	309.12	2.25
0.25	313.91	2.55	318.13	2.90	308.60	2.77
15.80	307.28	9.18	311.04	9.99	301.46	9.91
20.93	305.47	10.99	309.11	11.92	299.51	11.86
25.43	304.51	11.95	308.03	13.00	298.37	13.00
40.10	301.56	14.90	304.73	16.30	294.87	16.50
48.26	300.66	15.80	303.76	17.27	293.69	17.68
91.26	291.76	24.70	293.82	27.21	283.62	27.75
96.43	290.76	25.70	292.68	28.35	282.49	28.88
120.43	286.03	30.43	287.42	33.61	277.37	34.00
140.10	282.05	34.41	285.57	35.46	274.97	36.40

