

## 伝統的修復部材「ガンゼキ」の科学的考察～松の煮汁に注目して～ Scientific consideration of GANZEKI~paying attention to broth of a pine~

小林龍河 今井玲華 川添友里衣 入江真由 佐藤京音  
Kobayashi Ryuga Imai Reika Kawazoe Yurie Irie Mayu Sato Keito

GANZEKI is a kind of plastic glue. It gets hard in water. We presume from the results of the previous experiment that the pine needle extract plays an important role in making GANZEKI. We made five kinds of GANZEKI using five different pine needle stocks. They got hard under high humidity and they did not dissolve in water.

### 1. はじめに

#### 【轟泉水道の概要】

轟泉水道は、熊本県宇土市宮庄町にある轟水源から取水しており、日本で現在も使用されている最古の上水道である。轟水源から宇土城下町までの総延長約4800m、標高差5mの区間を馬門石製の石管でつなぎ、その接合部や隙間を埋めるためにガンゼキが用いられている。



図1 轟泉水道(轟水源)

#### 【ガンゼキの概要】



図2 ガンゼキ

材料はほとんどが天然素材であり、赤土、貝灰、塩、松の煮汁のみである。松の煮汁とは松の枝をドラム缶に敷き詰めて、かぶるくらいの水を入れる。それを3時間煮たものである。

ガンゼキの作り方は、これらの材料を混ぜて、杵で赤土の塊を潰すようにして搗くというシンプルなものである。材料の量、搗く回数は作り手の感覚によって決められる。搗きすぎても、また搗く回数が少なすぎても駄目であり、ちょうどいい硬さは宇土市在住の松川紀幸氏にしかわからない。松川氏は古くから伝わるガンゼキの製法を受け継ぐ唯一の職人である。

ガンゼキは、水中でも硬化するという特異な性質を持ち、轟泉水道の石管の内側の水に触れる部分の接合も可能であり、また、文化財の修復などにも利用されており、近年では熊本地震で熊本県内の遺跡などが甚大な被害を受けたが、ガンゼキはその修復にも一部使われている。

ガンゼキの水中でも硬化する性質のメカニズムは、未だ解明されていない。搗く回数も曖昧で、餅のように搗く回数でその粘性が左右される。あらゆる部分で不明な点が多いガンゼキの性質を解明し、後世に伝え続けるために、ガンゼキの製法のレシピ化を最終的な目標として研究を進めてきた。

今年の研究班では、ガンゼキが持つ水中でも固まるという特異な性質には、松の煮汁が関係していると考えている。理由は、全国にはガンゼキに似た漆喰系修復材があるが、それらの材料には松の煮汁が使われておらず水が使われている。また、用途も異なり水中で使用しない。



図4 搗いている様子

よって、私たちは松の煮汁がガンゼキの水中での硬化に関わっていると考え、松の煮汁 [松汁] に注目して研究している。



図5 ガンゼキの材料(左: 松汁, 中央下: 赤土, 中央上: 貝灰, 右: 食塩)

### 2. 方法

#### 実験I

ガンゼキの特異な性質は、松汁によるものだと考えた。そこで、様々な方法で松汁を作製した。それを、松川氏が作製した松汁と通潤橋で使われている松汁と比較した。

- ①鍋に松の枝を敷き詰めて、松の枝がかぶるくらいの水を入れる。その鍋を七輪にのせて3時間煮た。



図6 七輪で煮る様子

- ②鍋に松の枝を敷き詰めて、松の枝がかぶるくらいの水を入れる。その鍋を簡易かまどにのせて1時間半煮た。



図7 簡易かまどで煮る様子

- ③圧力鍋に枝を敷き詰めて松の枝がかぶるくらいの水を入れる。その圧力鍋で38分煮た。



図8 圧力鍋で煮る様子

## 実験II

松川氏の松汁、通潤橋の松汁、七輪で作った松汁、簡易かまどで作った松汁、圧力鍋で作った松汁の5種類の松の煮汁でガンゼキを作製した。

- ① 赤土(500g)、貝灰(62.5g)、食塩(12.5g)、5種類の松汁(125g)を混ぜ合わせ、5種類のガンゼキを作製する。



図9 混ぜている様子

- ② 1個分70gとして4個作製し、水中と水を張った水槽に浮かべたシャーレで、2個ずつ保存する。



図10 水中で保存(左)、水を張った水槽にシャーレを浮かべて保存(右)

- ③ ガンゼキの様子を観察する。  
④ 2ヶ月間、水を張った水槽に浮かべたシャーレで保存し、2つのうち1つをハンマーで半分に割って観察し、もう1つを水中で保存した。  
⑤ さらに2ヵ月後、半分に割った。

## 3. 結果

### 実験I

- 松川氏と通潤橋の松汁は黒色であるのに対して、七輪で煮た松汁はこげ茶色で、前者より薄かった。
- 簡易かまどで煮た松汁もこげ茶色だったが、七輪で煮た松汁よりは少し薄かった。
- 圧力鍋で煮た松汁は、薄茶色で一番薄かった。

松の煮汁	松川氏作製	七輪で作製	簡易かまどで作製	圧力鍋で作製
鍋の形状	ドラム缶	一般的な深さのある鍋	一般的な深さのある鍋	普通の鍋と比べると深さはない
空気が入るか	入る ⊕	入る ○	入る ○	入らない × 密閉
かかった時間	3時間程度	3時間程度	1時間半程度	38分
煮汁の様子				

図11 松汁の比較

### 実験II

水中で保存したものは5種類ともすべて崩れた(図12)。

2ヶ月後、水を張った水槽に浮かべたシャーレで保存したものは、5種類ともすべて同じように硬化していた(図13)。半分に割って観察すると、内部に水分を保ったままで、外側と変わらなかった(図14)。

さらに2ヵ月後、水を張った水槽に浮かべたシャーレで保存したものを水中で保存したものは、壊れることなく原形を保っていた。半分に割って観察すると、水中で保存する前とほとんど変化が見られなかった(図15)。



図12



図13



図14



図15

## 4. 考察

### 実験I

松汁が黒くなる理由として、松を煮る際によく酸化しているためだと考える。松川氏や通潤橋の松汁は蓋をせず煮ているため、空気がよく入りやすく、酸化されていると考えられる。七輪と簡易かまどはときどき蓋をしていたために、松川氏と通潤橋の松汁よりは酸化していなかったと考えられる。圧力鍋では蓋を開けることができないので、空気があまり入らず酸化しにくくなり、色が一番薄くなったと考えられる。

## 実験Ⅱ

水中で保存した5種類のガンゼキがすべて崩れてしまったのは、私たちが作製したガンゼキの搗き方が足りなかったことに問題があると考えた。ガンゼキ内部に空気が含まれていたことで、水に入れた瞬間から空気の穴に水が侵入してヒビが入り、ガンゼキの内側から壊れていったためだと考えられる(図16)。

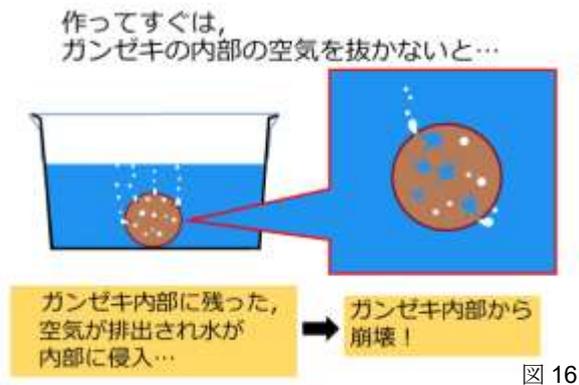


図 16

一方で、水を張った水槽に浮かべたシャーレで2か月間保存して、さらに、2か月間水中で保存したものは、2か月間湿度が保たれた状態でゆっくりと硬化したことで、水に入れてもガンゼキ内部に水が浸入することなく形を保っていたと考えられる(図17)。

### 2か月間保存して硬化したガンゼキは



図 17

このことから、松川氏が作製したガンゼキが作ってすぐに水に入れても硬化するのは、作製した直後では強度は大きくないが、搗き方が十分であり、空気がしっかりと抜けていて、ガンゼキ内部に水が浸入しないためだと考えられる。

また、5種類のガンゼキが水を張った水槽ではすべて硬化したことから、松の煮汁の作製方法は硬化に影響せず、圧力鍋などにより簡単に作れるようになる可能性がある。

## 5. 結論

### 実験Ⅰ

松汁の色の違いは、空気の入り方や酸化する度合いによるものだと考えられる。また、蓋をしていない分、不純物が混ざり、色が黒くなるとも考える。

したがって、松川氏と通潤橋の松汁、今回作製した3種類の松汁の優劣はつけられない。

### 実験Ⅱ

ガンゼキが水中でも崩れることなく形を保つためには、材料の搗き方も関わっていると考え。特に、ガンゼキ内

部にできるだけ空気が残らないように搗く必要がある。また、湿度を保たれた環境下でガンゼキは、乾燥することなく程よく固まる。

### ○今後の展望

ガンゼキの材料の赤土、貝灰、食塩は松汁に含まれる水と混ざるが、水は気化するため、3つの材料は結束を失って崩壊する。それを防ぐ役割として松汁があり、他の3つを繋ぎとめていると考えている(図18)。



図 18

赤土、貝灰、食塩は、化学的に構成成分は明らかだが、松汁は化学的に完全には明らかでない。よって、松汁について研究すればよい。

松はテレピン油を含み、さらにテレピン油はピネンとロジンを含んでいる。ピネンは昇華するため、ロジンのみが残る。松を加熱するとロジンは酸化され、反応が進むにつれて、ロジンは高分子化していく(図19)。高分子化したロジンは疎水性で水に溶けにくい。よって、ロジンが赤土、貝灰、食塩を結束させていると考えている。



図 19

以上の事から、ガンゼキは他の材料に加えて、松汁ではなくロジンと水を加えて作る方が、効率的かつ化学的に作製できるのではないかと考えている。

西野宏先生の助言によると、ロジンをを用いたガンゼキの作製方法は、ロジンと水酸化ナトリウムを混合することでロジンを溶かし、それに空気を送りながら加熱する。それを他の材料と混ぜ合わせることで、ガンゼキを作製するという方法がある(図20)。

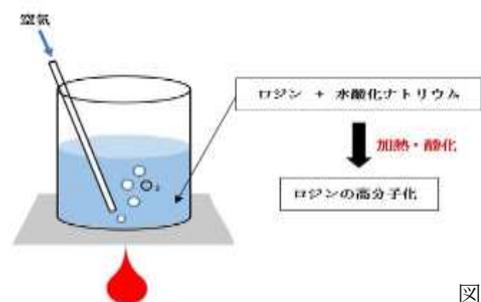


図 20

## 6. 参考文献

- ・平成 28 年度 SSH ガンゼキ班論文及びポスター
- ・「高分子材料としてのテルペン類 (その 1)」松原義治氏
- ・「伝統的修復部材の研究～国重要文化財『通潤橋』における目地漆喰について～」坂口圭太郎氏

## 7. 謝辞

今回の研究において、助言していただいた熊本大学大学院先端科学研究部の西野宏先生、熊本県立装飾古墳館の坂口圭太郎氏、ガンゼキの作製にご協力いただいた轟泉簡易組合の松川氏、研究・実験の指導していただいた宇土高校化学科の早野先生・梅本先生・植田先生及び、前年度宇土高校職員の平木亨弥先生に感謝いたします。