

# 牡蠣殻コンクリートで人類を救おう！

2年3組 山下 さくら 2年3組 和賀山 翔 2年4組 四宮 向陽  
2年4組 下元 心遙 2年4組 徳田 晶  
指導者 藤岡 哲

## 1 課題設定の理由

近年、地球温暖化が世界的な問題となっており、洪水や台風の巨大化、猛暑や寒波など気象現象の激化との関連が取り沙汰されている<sup>(1)</sup>。そのため温室効果ガスである二酸化炭素の排出量を削減することが地球規模での人類の課題となっている。また本研究のメンバーは今夏、東日本大震災の被害と復興の様子現地視察に行く機会を得、大きな災害後の復興の際に建材が不足した<sup>(2)</sup>ことを知り、地産地消の新たな資材が必要になると考えた。これらのことから、私たちにできることはないかと考え、ここ愛媛県南予地域の名産品である牡蠣の貝殻の主成分が炭酸カルシウムであることに着目した。牡蠣殻をコンクリートの骨材に置き換えることで、新しい資材の獲得とコンクリート内に二酸化炭素を長期的に固定し海中や空気中に放出される二酸化炭素量の削減ができるのではないかと考え、本研究を行った。

## 2 目的

- 貝殻をコンクリートの骨材に置き換えることで本来空気中に放出されるであろう二酸化炭素をコンクリート内に固定し温室効果ガスの排出抑制を図る。
- 事前復興の観点から建築資材の地産地消を目指す。

## 3 研究の方法

実験1 逆滴定を用いたCO<sub>2</sub>含有量の導出

(1) 破碎した牡蠣殻を、乳鉢で粉末状に加工した。

(2) (1)の牡蠣殻粉末を0.500g、1.000g、1.500g秤量し、3つのビーカーに分け、そこに希塩酸を10ml加え、パラフィルムでビーカーを密閉し、1週間静置した。

(3) 牡蠣殻と反応せずに残った希塩酸を調べるために(2)の溶液を10倍希釈した後、水酸化ナトリウム水溶液を用いて逆滴定を行い、牡蠣殻1.000gに含まれているCO<sub>2</sub>量を計算した。(ただし、貝殻に含まれる弱酸塩を全てCaCO<sub>3</sub>だと仮定した。)

※ アコヤ貝殻でも同様の実験を行った。



図1 塩酸で処理中の牡蠣殻

実験2 コンクリート作製・強度測定I

(4) 砂利、砂、セメントを6:3:1<sup>(4)</sup>で混ぜたコントロールコンクリートを牛乳パックに流し込んで静置した。

(5) コントロールコンクリートの砂利の部分牡蠣殻に置き換え、(4)と同様に6:3:1で混ぜ牡蠣殻コンクリートとし、牛乳パックに流し込んで静置した。コントロールより骨材が水を吸収したため、同様の粘度に調整するために水を100mL余分に加えた(表1)。

(6) 28日間静置した後にコンクリートテストハンマー(図2・3)を用いて9点の反発度を測定<sup>(5)</sup>し、その平均値を各コンクリートの反発度とした。

表1 実験条件 単位はmL

	粗骨材	細骨材	セメント	水
コントロール	600	300	100	400
牡蠣殻	600	300	100	500

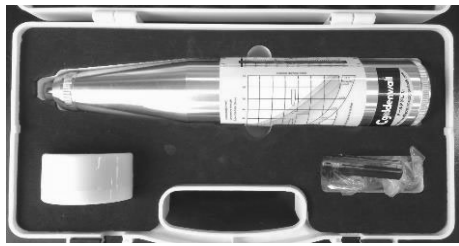


図2 コンクリートテストハンマー



図3 反発度測定の様子

### 実験3 校舎コンクリート強度測定

学校内校舎のコンクリート強度をコンクリートテストハンマーで測定し、自分たちが作ったコンクリート強度の参考とした。

### 実験4 コンクリート作製・強度測定II

(7) 砂利、砂、セメントを4:2:1<sup>(4)</sup>で混ぜたものをコントロールコンクリートとし、牛乳パックに流し込んで静置した。

(8) コントロールコンクリートの砂利を牡蠣殻に置き換えたものを牡蠣殻コンクリートとし、牛乳パックに流し込んで静置した。

(9) (8)と同様に、砂利をアコヤ貝殻に置き換えたものをアコヤ貝コンクリートとし、牛乳パックに流し込んで静置した。実験2からの改善点として、コンクリートの側面が膨らまないようにガラス板で牛乳パックの間を仕切った(図4)。



図4 コンクリート作成方法

(10) 28日間静置した後、コンクリートテストハンマーを用いて9点の反発度を測定し<sup>(5)</sup>、その平均値を各コンクリートの反発度とした。

## 4 結果と考察

### 実験1

牡蠣殻およびアコヤ貝殻と塩酸を反応させた溶液を逆滴定して導いた値からCO<sub>2</sub>含有量とその平均値を求めた結果を示す(表2)。得られた値は、理想値に近い値となった。

表2 貝殻1.000gあたりのCO<sub>2</sub>含有量

牡蠣殻	0.429g
アコヤ貝殻	0.433g
CaCO <sub>3</sub> (理想値)	0.44g

### 実験2

表3 各コンクリートの強度測定結果

測定点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均値	圧縮強度
コントロール	11.6	12.3	9.20	14.0	13.0	12.1	13.2	14.3	12.9	12.51	-2.11
牡蠣殻	11.8	11.9	10.4	10.0	11.7	14.4	11.8	14.2	15.9	12.46	-2.18

実験2の結果で得た、コントロールコンクリートと牡蠣殻コンクリートの反発度の測定値を示した(表3)。

両コンクリートの反発度の平均値はほとんど等しい値であった。しかし骨材に対するセメントの比率が小さいことやコンクリートに多数の気泡が生じていたため、両コンクリートともに強度が弱くなってしまったことや、コンクリートの側面が湾曲しており反発度を測定する際に

測定値に誤差が生じたことが考えられる。

また、我々は以下の換算式をもとに反発度だけでなく圧縮強度による強度数値も出した。

$$F = (-18.0 + 1.27 \times R_o) \times \alpha \quad (\text{日本材料学会標準式})^{(6)}$$

※Fは圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)、R<sub>o</sub>は反発度の平均値、αは材齢補正係数を表す。

推定した圧縮強度から、今回作ったコンクリートの強度はかなり弱いことが分かった。

### 実験 3

**表 4 学校内のコンクリートの強度測定結果**

測定点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均値	圧縮強度
渡り廊下	42.2	48.1	41.9	40.1	41.3	47.7	46.0	48.5	43.0	44.3	22.96
体育館横	43.8	41.7	40.0	43.8	44.5	44.7	42.4	43.9	42.3	43.0	21.97
特別教棟横	45.0	39.7	37.9	43.7	41.9	40.0	48.0	43.5	35.9	41.7	20.98
中庭の柱	37.8	39.6	41.5	42.3	37.5	36.2	37.9	40.1	39.8	39.2	19.07

実験で作製したコンクリートと比較するために校舎のコンクリート強度測定を行った結果を示す(表4)。

### 実験 4

**表 5 各コンクリートの強度測定結果**

測定点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均値	圧縮強度
コントロール	15.9	16.0	12.6	13.7	11.2	8.0	12.5	11.9	11.7	12.6	-1.99
牡蠣殻	17.7	17.0	13.9	13.9	12.0	18.0	22.0	20.2	16.0	16.7	3.26
アコヤ貝	11.0	9.9	9.9	9.2	9.0	9.5	8.0	10.0	7.0	9.28	-6.21

実験2で作成したコンクリートの強度があまりにも低かったため、比率を変えて実験4を行った結果、得られたコンクリートの反発度の測定値を上にした(表5)。反発度の平均値は高い順に牡蠣殻コンクリート、コントロールコンクリート、アコヤ貝コンクリートとなった。アコヤ貝殻に比べて牡蠣殻は殻が厚く構造が複雑なため、牡蠣殻コンクリートの反発度の値が大きくなったと考えられる。アコヤ貝コンクリートは他のコンクリートと比べて明らかに乾燥が不十分で湿っており、測定時にひび割れが生じた。コンクリート自体も海産物のような臭気があり、タンパク質など何らかの有機物が被膜を作ることによって乾燥を妨げた可能性を示唆している。

実験2では立方体のコンクリートを作製したが、一つ一つの面の面積が小さく測定点を多く取ることが難しかったため、実験4では一本の牛乳パックに実験2の約2倍量のコンクリートを流し込み、直方体状のコンクリート塊を作製した。その結果、測定点を増やすことには成功したが、コンクリートが乾燥しにくくなったこと、気泡が抜けにくくなり、コンクリート表面に気泡による凹凸ができてしまったことなどが生じ、測定値に誤差が生じた可能性が考えられる。

測定値より圧縮強度を求めると、牡蠣殻コンクリートは正の値を取ったが、他のコンクリートでは負の値を取る結果となった。

作製したコンクリートを秤量し、密度を求めた（表6）。

牡蠣殻コンクリートはコントロールコンクリートよりも密度が小さく軽量であることがわかった。

表6 各コンクリートの密度

	密度 (g/cm <sup>3</sup> )
コントロールコンクリート	2.46
牡蠣殻コンクリート	1.90
アコヤ貝コンクリート	1.96

## 5 まとめと今後の課題

逆滴定を用いた牡蠣殻のCO<sub>2</sub>含有量を求める実験では、成分のほとんどがCaCO<sub>3</sub>であると仮定して実施し、牡蠣殻 1.000 g に中の CO<sub>2</sub>含有量は理論値に近い値が得られた。しかし牡蠣殻内に塩酸と反応した弱酸塩が含まれている可能性も考えられるため、今後、焼成実験<sup>7)</sup>を行い、より正確な値を導きたい。

コンクリート作製の際、気泡を抜く目的で小型のマッサージ器を約1分間牛乳パックの側面に当てる工程を加えたが、完成したコンクリートには空隙が見られた。また牛乳パック同士の仕切りにガラス板を差し込むなどの実験装置の改善を行ったが、コンクリートの側面を完全に平面にすることは難しく、強度測定を行う際にぐらつきが生じることもあり、正確な数値を測る難しさを感じた。本研究では費用や手軽さの面からコンクリートテストハンマーを用いた強度試験を採用して圧縮強度を推定したが、この方法は測定値のばらつきが大きく本来の圧縮強度との推定誤差が大きいため、より正確な圧縮強度試験を行いたい。また、コンクリートの強度には様々な種類があり、圧縮強度以外の強度も測定したい。

本研究結果を用いて東日本大震災の復興に使われたコンクリートの量からこれから起こるかもしれない自然災害の復興に必要な牡蠣殻の量を試算したいと考えている。震災復興においては必ずしもJISで定めるような高品質のコンクリートを必要とせず、例えば盛土材や埋戻材で圧縮強度0.5~1.5N/mm<sup>2</sup>程度でよいとされる<sup>8)</sup>ので、私たちが製作した牡蠣殻コンクリートの圧縮強度でも十分である可能性が高い。また、牡蠣殻コンクリートは軽量であることから、建築材としての可能性も残していると考えており、さらに本研究を発展させていきたいと考えている。

## 参考文献

- (1) 土屋敏之. “地球温暖化と激化する気象災害”.NHK 解説委員室.<https://www.nhk.or.jp/kaisetsu-blog/100/302856.html>,(2024-01-26)
- (2) 橋本真一. 復興2年間の建築資材・工事費単価の推移と今後の動向. 建設物価調査会, 2013.
- (3) 井上晋. コンクリートなんでも小辞典. 講談社, 2008. [313]
- (4) DCM 株式会社. “コンクリートとモルタル”.快適生活ガイド.<https://www.dcm-hc.co.jp>
- (5) 日本産業規格. “コンクリートの反発度の測定方法”.日本産業規格の簡易閲覧.2012.<https://kikakurui.com/a1/A1155-2012-01.html>,(2024-01-26)
- (6) 埼玉県. “シュミットハンマーによる試験要領”.埼玉県.平成15年10月1日.  
<https://www.pref.saitama.lg.jp/documents/147086/312syumitto.pdf>,(2024-01-26)
- (7) 大野ら.アコヤ貝を用いた制酸薬の合成.令和4年度宇和島東高等学校SSH 生徒課題研究論文集
- (8) 堀口ら.東日本大震災で発生したコンクリートがれきの有効利用技術の開発.大成建設技術センター報第45号 (2012)