

# 論文 骨材粒径の異なる牡蠣殻ポーラスコンクリートの保水と緑化性能

堀口 至<sup>\*1</sup>・水尻 大輔<sup>\*2</sup>・三村 陽一<sup>\*3</sup>

**要旨**：本研究では、牡蠣殻を粗骨材として用いた牡蠣殻ポーラスコンクリートの保水性能に及ぼす骨材粒径の影響について検討を行った。試験結果より、牡蠣殻ポーラスコンクリートは砕石ポーラスコンクリートよりも保持できる水分量が多く、保持された水分が抜けにくいことから保水性能は高いと言え、骨材粒径が小さいほど保水性能は優れていることが分かった。また、牡蠣殻ポーラスコンクリートは砕石ポーラスコンクリートよりコンクリート上の植栽植物に多量の水分を供給でき、その結果、植栽植物を長く生育することが可能であり、骨材粒径が小さい牡蠣殻ポーラスコンクリートの緑化性能は優れていることが示唆された。

**キーワード**：ポーラスコンクリート、牡蠣殻、保水性能、緑化性能、芝、コケ類

## 1. はじめに

牡蠣は「海のミルク」と呼ばれるほど非常に栄養価が高い食材である。広島県は全国有数の牡蠣の産地として知られており、年間の目標生産量はむき身で約 20,000 トンとしている。広島県がまとめた「平成 26 年度広島かき生産出荷指針」<sup>1)</sup>の統計資料によると、広島県の 2012 年の牡蠣生産量は、全国の生産量 29,749 トンに対して、20,634 トンと国内生産量の約 7 割を占めている。しかし、一方では副産物として牡蠣殻が約 100,000 トン発生し、その処理に関する問題、例えば保管場所からの異臭や景観への悪影響などが顕在化している。現時点では、牡蠣殻から製造した飼料や肥料の販売が行われているが、その絶対量は非常に少なく更なる用途の拡大が必要である。

以上の背景より、著者らは牡蠣殻の有効利用を目指して、粉碎した牡蠣殻を粗骨材として用いた牡蠣殻ポーラスコンクリート(Oy-PoC: Oyster Shell Porous Concrete)の研究を行っている。牡蠣殻の大部分は、チョーク層と呼ばれる薄い板状の方解石の結晶が組み合わされた多孔質な構造であり、非常に脆い<sup>2)</sup>。以前に取得した粒径 5~20mm の牡蠣殻骨材と粒径 13~20mm の砕石の骨材データ<sup>3)</sup>によると、BS 812-111 に基づき測定した骨材強度を示す 10%破壊荷重は、砕石が 349.1kN であるのに対して牡蠣殻骨材は 29.5kN と 1/10 以下であった。このように、牡蠣殻骨材は砕石と比較して非常に脆いが、一方でその吸水率は砕石の 0.83%に対して 26.1%と約 30 倍も高い。そこで、著者らは牡蠣殻の多孔質構造を長所として捉え、Oy-PoC の保水性能に着目して Oy-PoC の植生基盤材料への適用を目指している。これまでの研究<sup>4), 5)</sup>より、Oy-PoC 上での芝の育成が可能であることを確認でき、高温の夏場でも植物に十分な水分を供給できる高い保水性が必要であることも分かっている。

ポーラスコンクリートは一般的なコンクリートと異なり、コンクリート内部に連続空隙や独立空隙といった多くの空隙を持つ。一般に、ポーラスコンクリートの空隙量は粗骨材に対するペースト量で変化させ、空隙径や空隙ネットワークといった空隙構造は使用骨材粒径で変化させることができる。ポーラスコンクリートが保持する水分のほとんどは空隙中に蓄えられるため、その保水性能はペースト量と使用骨材粒径に依存する。したがって、ポーラスコンクリートの保水性能を向上させるためには、空隙量を多くして保水量を増加させるためにペースト量を少なくし、空隙径を小さく、空隙ネットワークを複雑にして水分を抜けにくくするために使用骨材粒径を小さくすれば良いと考えられる。しかし一方で、緑化性能の点から考えると、ポーラスコンクリートの空隙径が小さすぎると、コンクリート内部への植栽植物の根の伸長が阻害される危険性がある。

以上より、本研究では Oy-PoC の植生基盤材料の適用を目指して、コンクリート内部の空隙構造を変化させるために粒径の異なる牡蠣殻骨材を用いた Oy-PoC について試験を行い、Oy-PoC の保水性能と緑化性能に及ぼす骨材粒径の影響について検討を行った。

## 2. 試験概要

### 2. 1 牡蠣殻骨材

牡蠣殻骨材は、広島県呉市の牡蠣殻堆積場より採取した牡蠣殻を、水洗い後に貝殻破砕機を用いて粉碎し、ふるい分けにより粒径を調整して作製した。本研究で使用した貝殻破砕機は、投入された牡蠣殻を打撃板により破砕し、排出口に配置されているロストル(一定直径の穴が開いた金属板)によって破砕された牡蠣殻を分級する。すなわち、ロストルの穴の直径を変えることで、穴の直径

\*1 呉工業高等専門学校 環境都市工学科准教授 博(工) (正会員)

\*2 呉工業高等専門学校 専攻科建設工学専攻

\*3 呉工業高等専門学校 環境都市工学科准教授 博(工) (正会員)

以下の粒径，異なる粒度を持った牡蠣殻骨材を作製できる。本研究では，穴の直径が 35，25，15，6mm の 4 種類のロストルと，呼び寸法 5，2.5，1.2，0.6，0.3mm の 5 種類のふるいを用いて，粒径と粒度の異なる  $\phi 35$ ， $\phi 25$ ， $\phi 15C$ ， $\phi 15F$ ， $\phi 6$  の 5 種類の牡蠣殻骨材を作製した。

表-1 に牡蠣殻骨材の物理的性質を示す。表中には比較のために 5 号および 6 号砕石の試験値を併記している。なお，本研究の牡蠣殻骨材の物理的試験は，粗粒率は JIS A 1102 「骨材のふるい分け試験方法」に，実積率は JIS A 1104 「骨材の単位容積質量および実積率試験」に， $\phi 35$ ， $\phi 25$  の密度および吸水率は JIS A 1135 「構造用軽量粗骨材の密度及び吸水率試験方法」に， $\phi 15C$ ， $\phi 15F$ ， $\phi 6$  は JIS A 1134 「構造用軽量細骨材の密度及び吸水率試験方法」に準拠して試験を行った。試験結果より，砕石と比較すると牡蠣殻骨材の絶乾密度は 50~60%と小さく，吸水率は 20~40 倍と大きく，牡蠣殻骨材が非常に多孔質な骨材であることが分かる。また，牡蠣殻骨材は湾曲した牡蠣殻を破碎して作製するため，骨材粒径が小さくなるほど扁平な形状となる。そのため，牡蠣殻骨材の実積率は砕石よりも小さくなるが，骨材粒径が小さく，粒径範囲が広い骨材ほど実積率は大きくなる傾向を示した。

## 2. 2 供試体作製方法

表-1 に示す牡蠣殻骨材， $\phi 35$ ， $\phi 25$ ， $\phi 15C$ ， $\phi 15F$ ， $\phi 6$  を用いた 5 種類の Oy-PoC，Oy35，Oy25，Oy15C，Oy15F，Oy6 と，5 号，6 号砕石を用いた 2 種類の砕石ポーラスコンクリート(N-PoC)，N5，N6 を作製した。セメントには高炉セメント B 種を用い，混和剤には高性能 AE 減水剤を用いた。

供試体は断面を 300×300mm の正方形とし，厚さは 60 mm と，供試体に蓄積できる水分量を多くして保水性能を高めることが可能な厚さ 100mm の 2 種類の平板供試体を作製した。粒径が大きい牡蠣殻骨材を用いた Oy35，Oy25 は厚さ 60mm の供試体に，粒径が小さい牡蠣殻骨材を用いた Oy15C，Oy15F，Oy6 は保水性能を高めるために厚さ 100mm の供試体に使用した。また，比較のために厚さ 60mm の供試体には N5，N6 を，厚さ 100mm の供試体には N6 を使用した。表-2 および 3 に，それぞれ厚さ 60mm および 100mm の平板供試体の配合表を示す。なお，表には質量法で求めた平板供試体の空隙率も併記しているが，空隙率算定時の供試体の表乾質量は，既往の研究<sup>6)</sup>を参考に型枠投入時の供試体質量を用いた。ポーラスコンクリートの水セメント比(W/C)は 25%，混和剤添加量は単位セメント量の 0.3%とした。また，ペースト粗骨材比(P/G)は，厚さ 60mm の供試体では 30%としたが，保水性能を高めた厚さ 100mm の供試体では 15，25%の 2 水準とした。

供試体の練混ぜは公称容量 10L のオムニミキサを用い

表-1 牡蠣殻骨材の物理的性質

| 骨材種類       | 粒径 (mm) | 粗粒率  | 密度 (g/cm <sup>3</sup> ) |      | 吸水率 (%) | 実積率 (%) |
|------------|---------|------|-------------------------|------|---------|---------|
|            |         |      | 表乾                      | 絶乾   |         |         |
| $\phi 35$  | 5~20    | 6.58 | 1.86                    | 1.44 | 28.8    | 43.6    |
| $\phi 25$  | 2.5~20  | 6.14 | 1.79                    | 1.38 | 29.8    | 48.3    |
| $\phi 15C$ | 1.2~10  | 5.20 | 1.85                    | 1.52 | 22.2    | 46.6    |
| $\phi 15F$ | 0.6~10  | 4.90 | 1.85                    | 1.49 | 24.2    | 49.9    |
| $\phi 6$   | 0.3~5   | 3.72 | 1.97                    | 1.57 | 25.2    | 50.3    |
| 5号         | 13~20   | —    | 2.68                    | 2.66 | 0.71    | 58.6    |
| 6号         | 5~13    | —    | 2.66                    | 2.64 | 0.98    | 58.3    |

表-2 配合表(厚さ 60mm)

| 供試体種類 | W/C (%) | P/G (%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |      |      | 空隙率 (%) |
|-------|---------|---------|--------------------------|-----|------|------|---------|
|       |         |         | W                        | C   | G    | SP   |         |
| Oy35  | 25      | 30      | 56                       | 226 | 811  | 0.68 | 46.0    |
| Oy25  |         |         | 62                       | 250 | 865  | 0.75 | 43.4    |
| N5    |         |         | 76                       | 303 | 1570 | 0.91 | 25.2    |
| N6    |         |         | 75                       | 302 | 1551 | 0.91 | 25.2    |

表-3 配合表(厚さ 100mm)

| 供試体種類 | W/C (%) | P/G (%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |      |      |      | 空隙率 (%) |
|-------|---------|---------|--------------------------|------|------|------|---------|
|       |         |         | W                        | C    | G    | SP   |         |
| Oy15C | 25      | 15      | 30                       | 120  | 862  | 0.36 | 38.3    |
|       |         | 25      | 50                       | 201  |      | 0.60 | 33.6    |
| Oy15F |         | 15      | 49                       | 196  | 1402 | 0.59 | 40.0    |
|       |         | 25      | 82                       | 327  |      | 0.98 | 33.2    |
| Oy6   |         | 15      | 49                       | 197  | 1505 | 0.59 | 41.4    |
|       |         | 25      | 82                       | 329  |      | 0.99 | 30.3    |
| N6    | 15      | 37      | 148                      | 1565 | 0.44 | 31.2 |         |
|       | 25      | 62      | 248                      |      | 0.74 | 26.7 |         |

た。締固めは，牡蠣殻骨材が割れる危険性があるために，平板供試体の 4 辺を 50mm 程度持ち上げて床を叩くように落下させる，ジグギングによる方法で行った。なお，厚さ 60mm の平板供試体は 1 層詰めとし，厚さ 100mm では 2 層詰めとした。供試体は各配合条件において 1 体ずつ作製し，供試体が試験材齢の材齢 7 日を迎えるまで，水温 20±2℃の養生槽で水中養生を行った。

## 2. 3 試験方法

ポーラスコンクリートの保水性能は，透水係数，蒸発水率，保水量，揚水量を測定して評価を行った。なお，透水係数，保水量，揚水量については，JIS A 5371 「プレキャスト無筋コンクリート製品」を参考に試験を行った。透水係数  $k$  (cm/s) は，自作の試験装置を用いて定水位条件下で供試体中を 30 秒間透過する水量を測定して式(1)より求めた。透水試験終了後の供試体は密閉式のプラスチック容器に入れ，30 分間水を切った状態を供試体の湿潤状態とした。その後，室温 20±2℃の養生室に設置した湿潤状態の供試体を天びんに載せ，30 分毎に質量を測定して蒸発水率  $R_e$  (%) を式(2)より求めた。なお，測定時間は厚さ 60mm の供試体で約 3 日，100mm の供試体で約 5 日とした。保水量  $w_r$  (g/cm<sup>3</sup>) は，蒸発水率測定後の供試体を 105±5℃の乾燥炉で一定質量となるように 5 日

間乾燥して絶乾質量を測定して、式(3)より求めた。揚水量  $w_p$  ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )は、絶乾状態の供試体が底面から 5mm 水に浸かるように水を入れた容器に設置し、30 分後の供試体質量を測定して式(4)より求めた。

$$k = \frac{l}{\Delta h} \times \frac{Q}{A \times 30} \quad (1)$$

$$R_e(t) = \frac{m(t) - m_d}{m_w - m_d} \times 100 \quad (2)$$

$$w_r = (m_w - m_d) / V \quad (3)$$

$$w_p = (m_p - m_d) / V \quad (4)$$

ここに、 $l$  : 供試体厚さ(cm)、 $Q$  : 30 秒間の透水量( $\text{cm}^3$ )、 $\Delta h$  : 水頭差(cm)、 $A$  : 供試体面積( $\text{cm}^2$ )、 $m(t)$  : 測定開始  $t$  時間後の供試体質量(g)、 $m_d$  : 絶乾状態の供試体質量(g)、 $V$  : 供試体体積( $\text{cm}^3$ )、 $m_w$  : 湿潤状態の供試体質量(g)、 $m_p$  : 測定開始 30 分後の供試体質量(g)である。

本研究の植栽試験は、屋外と屋内の 2 条件で試験を行った。屋外の植栽試験では、図-1 に示すように家庭園芸用のプランターに供試体を設置し、植栽植物として暖地型の芝のノシバと、乾燥に強いコケ類のスナゴケを用いた。芝は根によって水分を吸収するが、コケ類の仮根と呼ばれる根は体を岩や木などに固着する役割しか果たさず、水分は体全体で吸収する<sup>7)</sup>。そのため、骨材粒径が小さいポーラスコンクリート上での生育でも、コケ類は根の伸長阻害の危険性が無い。供試体表面には覆土を設けず、直接ノシバの芝苗またはマット状のスナゴケを張った。プランターは水が溜められるように底面の穴をアルミテープで塞ぎ、供試体の下部 20mm 程度が水に浸かるように側面に水抜き孔を開けた。供試体は、Oy35, Oy25, N5, N6 の厚さ 60mm, P/G=30%の平板供試体を用いた。試験は、4 階建ての本校環境都市工学科棟屋上で、平成 24 年 9 月から 12 月の 4 ヶ月間行った。植栽植物の根付きを考慮して、植栽試験開始 1 週間は毎日水やりを行ったが、その後は一切水やりを行わず、供試体への水分供給は降雨のみとした。Oy-PoC の緑化性能の評価は、植栽植物の生育状況を目視観察により行った。

屋内の植栽試験では、図-2 に示すようにプランターの代わりに水密性が高いコンテナを用い、植栽植物はスナゴケのみを用いた。間詰材料として砕砂の代わりに粒径 5mm 以下の碎石を用い、屋外試験よりも水を多量に溜められるように発泡スチロールで供試体の下に空間を作り、水抜き孔を供試体の底面から 50mm の位置に設けた。供試体は、Oy6, N6 の厚さ 100mm, P/G=25%の平板供試体を用いた。試験開始時に十分に水やりを行って供試体を吸水させ、コンテナは室温  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  の養生室内に静置した。なお、試験期間中には追加の水やりは行わなかった。Oy-PoC の緑化性能の評価は、電気抵抗式の土壤水分測定器(測定範囲 12.1~58.0%)を用いてスナゴケの含水率

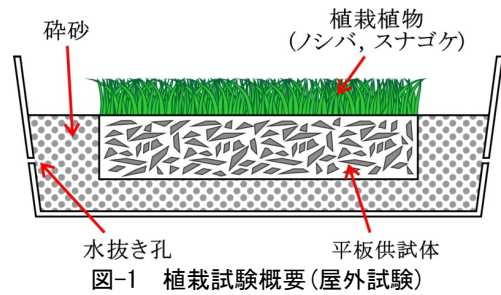


図-1 植栽試験概要(屋外試験)

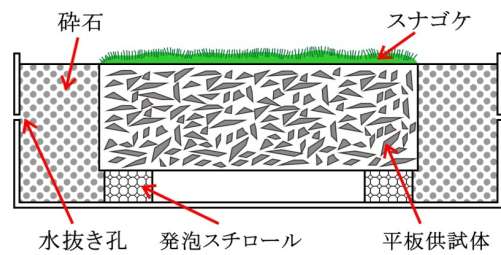


図-2 植栽試験概要(屋内試験)

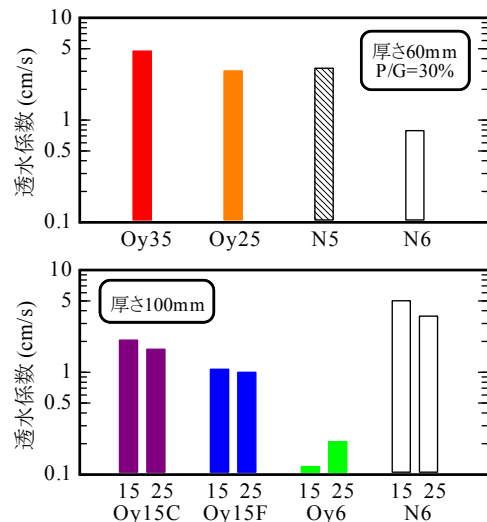


図-3 透水係数測定結果

を測定し、供試体からスナゴケに供給される水分量により評価を行った。

### 3. 試験結果および考察

#### 3.1 牡蠣殻ポーラスコンクリートの保水性能

図-3 に厚さ 60mm と 100mm の供試体の透水係数測定結果を示す。図より、厚さ 60mm の供試体では、牡蠣殻骨材粒径が大きい Oy35, Oy25 の透水係数が、N6 よりも大きくなり、N5 と同程度の値を示すことが分かる。一方、厚さ 100mm の供試体では、Oy15C, Oy15F, Oy6 の順に、牡蠣殻骨材の粒径が小さくなるのに伴い透水係数は低くなる傾向を示し、N6 よりも低い値を示した。また、厚さ 100mm の供試体の結果より、Oy6 の試験結果以外は、P/G の増加と共に透水係数は若干小さくなる事が分かる。

図-4 および 5 に、それぞれ厚さ 60mm と 100mm, P/G=15%の供試体の蒸発水量の経時変化を示す。なお、蒸発

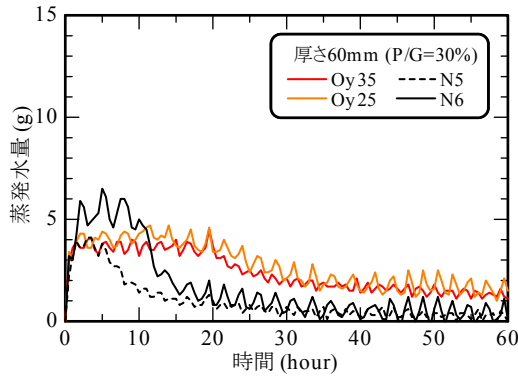


図-4 蒸発水量経時変化(厚さ 60mm)

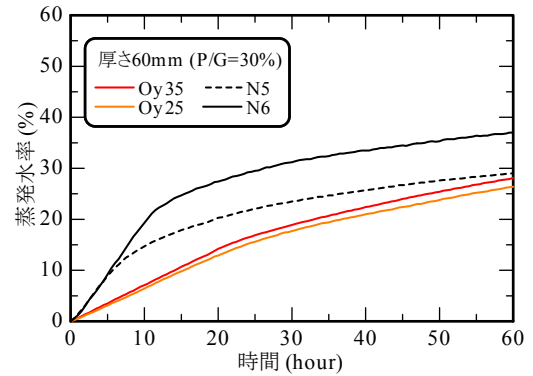


図-6 蒸発水率経時変化(厚さ 60mm)

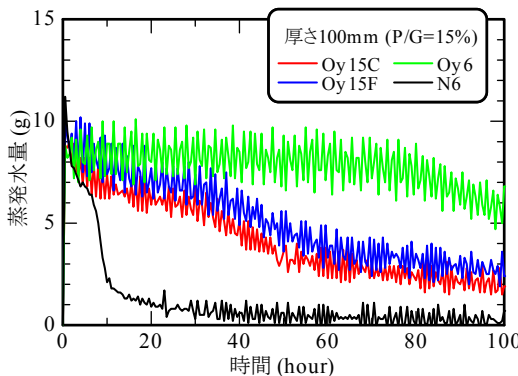


図-5 蒸発水量経時変化(厚さ 100mm)

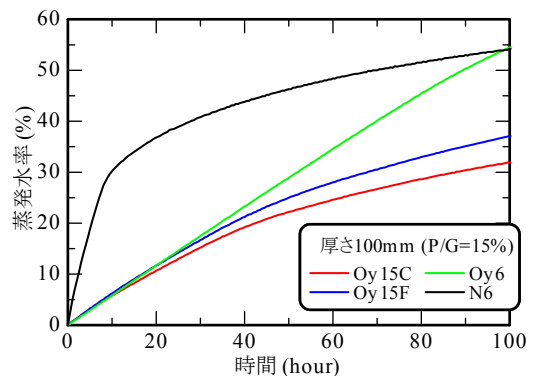


図-7 蒸発水率経時変化(厚さ 100mm)

水量とは、蒸発水率試験時に測定した供試体質量から求めた、30 分間に供試体から蒸発する水分量のことである。図より、厚さ 60mm の供試体では試験開始約 10 時間以降の Oy-PoC の蒸発水量が N-PoC よりも大きくなり、Oy35 と Oy25 の蒸発水量はほぼ同じであることが分かる。厚さ 100mm の供試体でも Oy-PoC の蒸発水量が N-PoC よりも大きくなる傾向を示し、その傾向は牡蠣殻骨材の粒径が小さくなる Oy15C, Oy15F, Oy6 の順に顕著になった。なお、この水分蒸発傾向は、P/G=25%の供試体でも同様であった。図-6 および 7 に、それぞれ厚さ 60mm と 100mm, P/G=15%の供試体の蒸発水率経時変化を示す。図より、厚さ 60mm の供試体では、試験開始約 10 時間までの N-PoC の時間経過に伴う蒸発水率の変化量、すなわち水分蒸発速度は速く、その後速度は緩やかになっていくことが分かる。一方、Oy-PoC は試験期間全体を通して、緩やかに水分が蒸発していくことが分かり、Oy35 と Oy25 の傾向はほぼ同じであった。厚さ 100mm の供試体でも厚さ 60mm の供試体と同様の水分蒸発傾向がみられたが、Oy6 の水分蒸発は Oy15C, Oy15F よりも長く継続することが分かった。なお、この水分蒸発傾向は、P/G=25%の供試体でも同様であった。

図-8 に厚さ 60mm と 100mm の供試体の保水量測定結果を示す。図より、厚さ 60mm, 100mm の供試体の両方とも、Oy-PoC の保水量が N-PoC よりも大きいことが分

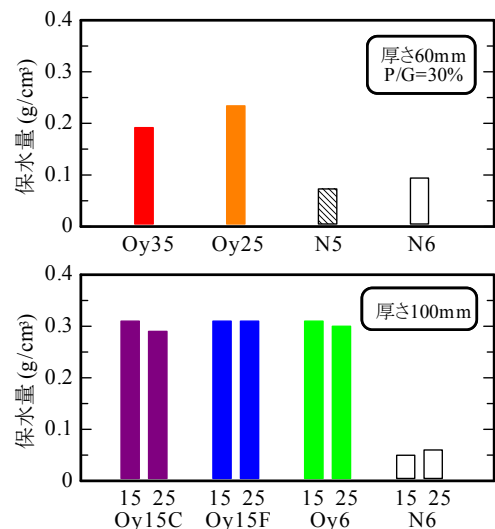


図-8 保水量測定結果

かる。厚さ 60mm の供試体では、Oy-PoC の保水量が N-PoC の約 2~3 倍、厚さ 100mm の供試体では約 5~6 倍の大きい値を示した。Oy-PoC, N-PoC とともに、保水量に及ぼす牡蠣殻骨材粒径と P/G の影響はみられなかった。

図-9 に厚さ 60mm と 100mm の供試体の揚水量測定結果を示す。図より、厚さ 60mm の供試体では、Oy-PoC の揚水量が N5 よりも大きくなったが、骨材粒径が小さい N6 の揚水量も Oy35 に次ぐ値を示すことが分かる。厚さ 100mm の供試体では、Oy-PoC の揚水量が明らかに



N-PoC よりも大きく、約 2~4 倍の値を示した。また、Oy-PoC の揚水量に及ぼす牡蠣殻骨材粒径と P/G の影響は、一定の傾向がみられなかった。

本研究では、牡蠣殻骨材と碎石の実積率の違いから Oy-PoC と N-PoC の空隙率を同一にすることは難しく、Oy-PoC の空隙率は N-PoC よりも厚さ 60mm の供試体では約 20%、厚さ 100mm では最大で約 10%大きくなった。一方、Oy-PoC も N-PoC と同様に、骨材粒径が小さくなると Oy-PoC の空隙径は小さくなり、空隙ネットワークは複雑になると考えられる。その結果、Oy-PoC は空隙率が高いにも関わらず、骨材粒径が小さくなるにつれて透水係数は小さく、水分蒸発速度は遅くなった。また、ポーラスコンクリートに蓄積される水分は、N-PoC では主に空隙中に蓄積されるが、牡蠣殻骨材の吸水率は碎石の 20~40 倍も大きいので、Oy-PoC では骨材中にも水分蓄積が期待できる。本研究の試験結果のみでは、Oy-PoC に蓄積された水分を空隙中に蓄積された水分か、骨材中に蓄積された水分かは明確に区別できない。しかし、保水量測定結果より、Oy-PoC の保水量は N-PoC よりも著しく大きいので、かなりの水分が牡蠣殻骨材中に蓄積されたと推察できる。Oy-PoC の揚水性はコンクリート中の空隙の毛細管現象によるため、骨材粒径が小さくなるほど揚水量は大きくなると予想されたが、一定の傾向はみられなかった。これは本研究の揚水量測定の際に絶乾状態の供試体を使用したため、牡蠣殻骨材の吸水の影響があったと考えられる。以上より、揚水量については再検討の必要があるが、Oy-PoC は N-PoC よりも保持できる水分が多く、保持された水分が抜けにくいことから保水性能は高いと言え、骨材粒径が小さい Oy-PoC ほど保水性能は優れていることが分かった。

### 3. 2 牡蠣殻ポーラスコンクリートの緑化性能

屋外の植栽試験では、試験開始 1 週間しか水遣りを行わなかったため、水遣り終了後 1 週間でノシバの葉の色は緑色から茶色に変色して枯れていった。しかし、ノシバの枯れる速度は供試体によって異なり、Oy-PoC 上で育てたノシバの方が N-PoC よりも枯れる速度は遅くなる傾向を示し、なかでも Oy35 より骨材粒径が小さい Oy25 の方がその傾向は顕著であった。写真-1 に、試験開始 66 日後(H24.11.9)のノシバ生育状況を示す。写真より、全ての供試体の広い範囲でノシバは枯れて葉が茶色に変色しているが、Oy-PoC にはまだ多くの緑色の葉が観察され(赤い点線で囲まれた部分)、Oy25 のノシバに最も多くの緑色の葉が観察されることが分かる。しかし、試験終了後に供試体を割って芝の根の伸長程度を観察したところ、最もノシバが枯れる速度が遅かった Oy25 でも、コンクリート内部には非常に細い 1 本の根が散見される程度であった。

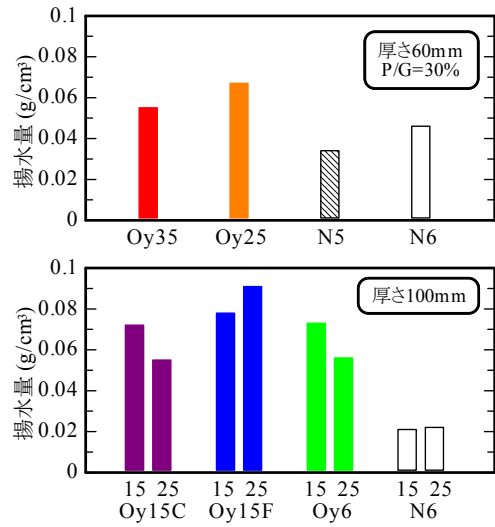


図-9 揚水量測定結果

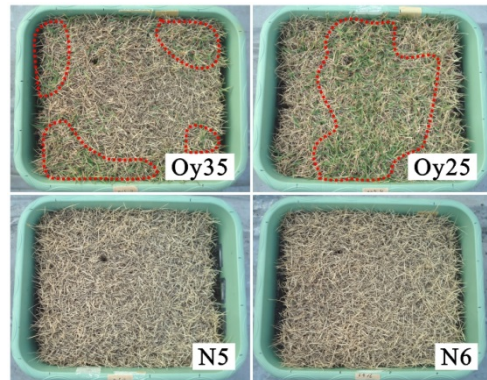


写真-1 ノシバ生育状況(試験開始 66 日)

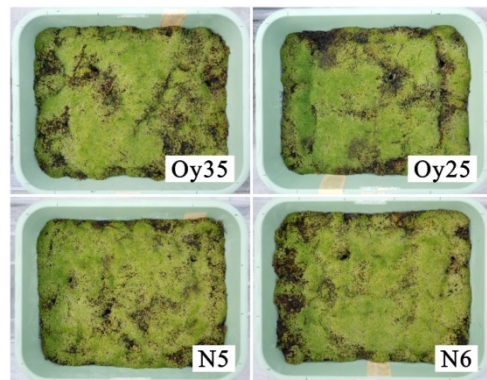


写真-2 スナゴケ生育状況(試験開始 102 日)

スナゴケを用いた屋外の植栽試験では、4 ヶ月の試験期間中、スナゴケが枯れた様子はみられなかった。降雨の無い期間が続くと、スナゴケは乾燥して葉が閉じた状態になるが、一旦雨が降って水分が供給されると、閉じていた葉は開いた状態になった。しかし、ノシバを用いた試験のように、各供試体のスナゴケの生育状況に差異はみられなかった。写真-2 に、試験開始 102 日後(H24.12.14)のスナゴケ生育状況を示す。また、乾燥している状態のスナゴケを観察すると、スナゴケがポーラスコンクリート表面から浮いている部分が観察され、コン

クリートにしっかりと固着した状態ではなかった。

図-10に、Oy6、N6を用いた屋内の植栽試験で求めた含水率測定結果を示す。ただし、図中の破線は本研究で使用した土壤水分測定器の測定範囲を示しており、図に示す値は1体の供試体につき6点測定した値の平均値である。なお、スナゴケが乾燥しすぎて測定値が得られない場合は、その測定点の含水率を測定器の下限値の12.1%として平均値を算出した。図より、N6上のスナゴケは乾燥速度が速く、2日間で測定範囲の下限値を下回るが、Oy6では約10日間も含水率が高い状態が保たれることが分かる。また、屋内試験に使用したコンテナが半透明のプラスチック製であったため、試験終了後に側面からコンテナ内に溜まっている水の水位を観察すると、N6では供試体の高さの半分ぐらいまで水があったが、Oy6ではほとんど供試体が水に浸かっていたいなかった。これは、Oy6の高い揚水効果によって試験開始時に供給された多くの水が吸い上げられ、スナゴケに供給されたためと考えられる。しかし、試験終了後にスナゴケを観察すると、屋外試験同様、スナゴケがポーラスコンクリートにしっかりと固着しているとは言い難く、コンクリート表面から簡単に剥がすことができた。

本研究で行った屋外と屋内の植栽試験より、Oy-PoCはN-PoCよりも保水性能が高いことからコンクリート上の植栽植物に多量の水分を供給でき、N-PoCよりも植栽植物を長く生育させることができることが分かった。特に骨材粒径が小さくなると揚水効果も期待できるため、骨材粒径が小さいOy-PoCの緑化性能は優れていることが示唆された。しかし、植生植物の根付きという観点からは、ノシバ、スナゴケともに緑化性能が高いとは言えず、長期的な緑化性能についてはまだ不明確である。そのため、1年を超える長期間の植栽試験や、今回は実施していないが、高い保水性能を示した骨材粒径が小さいOy15C、Oy15F、Oy6のノシバを用いた植栽試験、スナゴケの固着を図るために、コンクリート表面に下砂を敷いてからスナゴケを張る植栽試験などを行う必要がある。

#### 4. まとめ

本研究では、牡蠣殻ポーラスコンクリート(Oy-PoC)の保水性能と緑化性能に及ぼす牡蠣殻骨材粒径の影響について検討を行った。以下に本研究より得られた知見を示す。

- (1) Oy-PoCは碎石ポーラスコンクリート(N-PoC)よりも透水係数は小さく、水分蒸発速度は遅くなる傾向を示し、骨材粒径が小さいOy-PoCほどその傾向は顕著になった。
- (2) Oy-PoCの保水量はN-PoCよりも大きい値を示すが、保水量に及ぼす骨材粒径の影響はみられなかった。
- (3) ノシバを用いた屋外の植栽試験より、Oy-PoC上で育

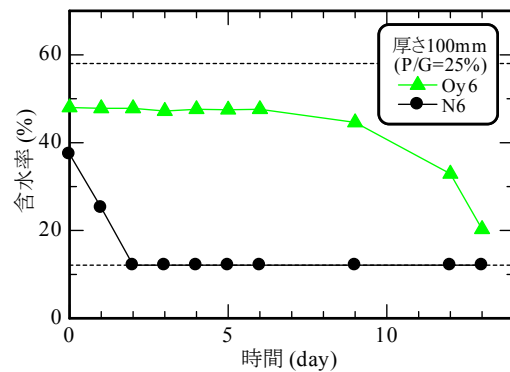


図-10 含水率測定結果(屋内植栽試験)

てたノシバの方がN-PoCよりも枯れる速度は遅くなる傾向を示し、骨材粒径が小さいOy-PoCの方が、その傾向が顕著になることが分かった。

- (4) スナゴケを用いた屋外の植栽試験より、4ヶ月の試験期間中スナゴケは枯れなかったが、各供試体のスナゴケの生育状況に差異はみられなかった。
- (5) 屋内の植栽試験より、N-PoC上のスナゴケの乾燥速度は速いが、Oy-PoC上のスナゴケは約10日間も含水率が高い状態を保った。

**謝辞：**本研究は、JSPS 科研費 24760354 の助成を受けたものです。また、研究を行う際には、広電建設の折本雅信様、北川里志様、田川英樹様からは貴重なご意見を頂き、実験を行う際には、呉高専環境都市工学科の山本祐麻君、山内健司君から多大なご協力を頂きました。ここに深く感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 広島県ホームページ：<http://www.pref.hiroshima.lg.jp/soshiki/88/syukkasisin.html>
- 2) 奥谷喬司編：貝のミラクル 軟体動物の最新学，東海大学出版会，pp.19-38，1997
- 3) 堀口至，竹村和夫：牡蠣殻骨材を用いたポーラスコンクリートの基礎特性，セメント・コンクリート論文集，No.62，pp.538-543，2008
- 4) 目片雄士，堀口至，三村陽一：牡蠣殻を全量使用した植生基盤材料の緑化性能に関する研究，土木学会中国支部第63回研究発表会発表概要集(CD-ROM)，2011
- 5) 堀口至ほか：牡蠣殻植生基盤材料の路面電車軌道における実地試験，土木学会第67回年次学術講演会講演概要集，V-523，pp.1045-1046，2012
- 6) 前川明弘，山本晃，三島直生，畑中重光：小粒径ポーラスコンクリートの空隙率測定方法に関する研究，第60回セメント技術大会講演要旨，pp.107-108，2006
- 7) 樋口正信：サイエンス・アイ新書 コケのふしぎ，ソフトバンククリエイティブ，pp.9-63，2013