

令和3年度中国地方建設技術開発交流会 (2021.10.26)

「優れた緑化性能を有する牡蠣殻 ポーラスコンクリートの開発」

呉工業高等専門学校
環境都市工学分野
教授 堀口 至



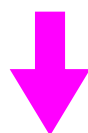
はじめに

はじめに

ポーラスコンクリート

(Porous concrete)

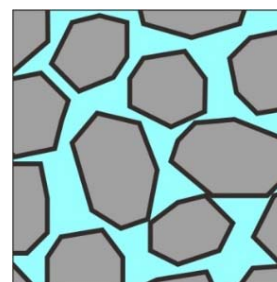
粗骨材と、粗骨材を連結するためのセメントペースト、またはモルタルによって構成されるコンクリート



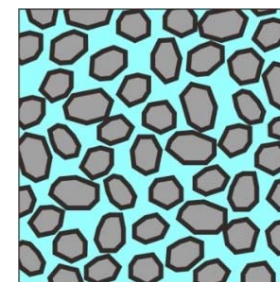
15～35%の空隙を有する

- ・ **高い**透水性 (e.g. 0.01~10cm/s)
- ・ 比較的**低い**強度 (e.g. 5~20N/mm²)

河川護岸、歩道、駐車場、舗装などに利用



骨材粒径: **大**



骨材粒径: **小**

〔空隙構造は使用骨材
粒径や形状で変化〕

はじめに

牡蠣について

- ・栄養価が非常に高い
- ・広島県は**全国有数の牡蠣の産地**

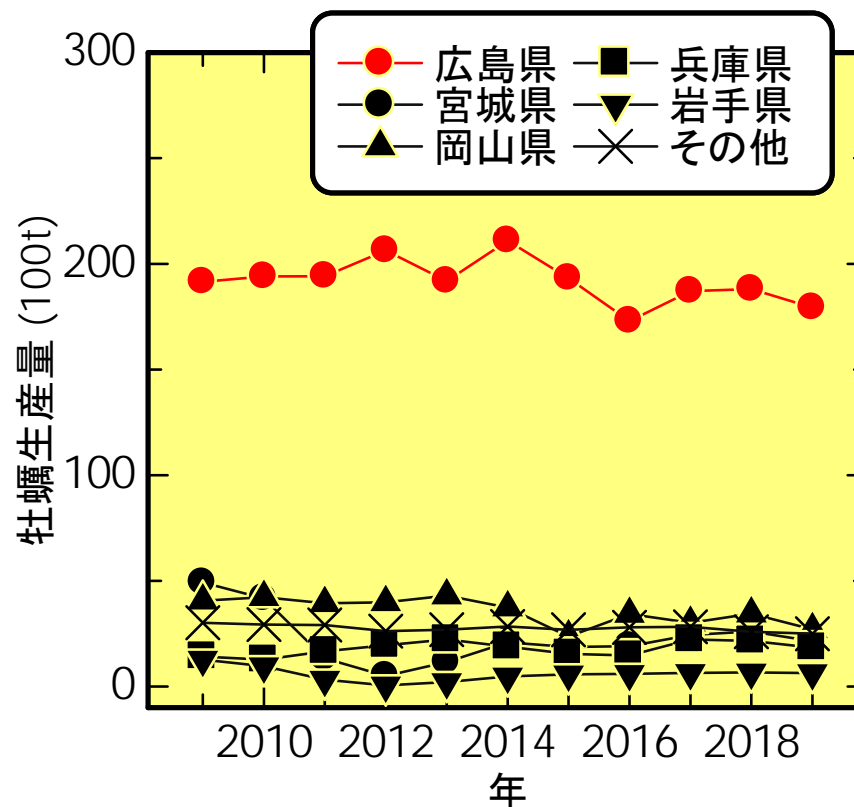


牡蠣殻が大量に産出！
(約100,000トン)



牡蠣殻ポーラスコンクリート
(**OyPoC**: Oyster shell Porous Concrete)

- ・圧縮強度、透水係数が低い
- ・保水性能が高い
- ・**揚水性能、緑化性能**が高い



日本の牡蠣生産量

はじめに

植生基盤材料への適用

- ・都市緑化(屋上、壁面緑化など)
- ・グリーンインフラ

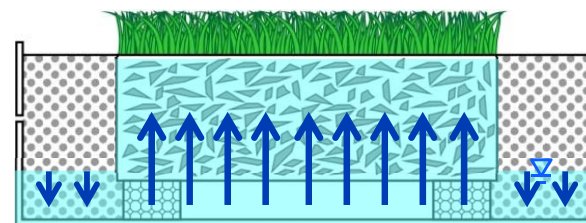


屋上での緑化試験、少ない骨材種類、空隙構造？



本研究の目的

- ・実際の環境での緑化性能
- ・OyPoCの揚水性能
- ・空隙構造評価方法



骨材粒径 : 0.3~5mm



小粒径OyPoC



牡蠣殻ポーラスコンクリートの緑化性能

牡蠣殻ポーラスコンクリートの緑化性能



牡蠣殻細骨材の作製方法

牡蠣殻ポーラスコンクリートの緑化性能

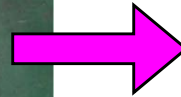
骨材の物理的性質

約22倍

	粒径 (mm)	密度 (g/cm ³)		吸水率 (%)	単位容積 質量 (kg/L)	実積率 (%)
		表乾	絶乾			
牡蠣殻骨材	5~0.3	2.00	1.61	24.1	0.82	50.9
7号碎石	5~2.5	2.66	2.63	1.1	1.51	57.4



牡蠣殻



牡蠣殻骨材

牡蠣殻ポーラスコンクリートの緑化性能

配合表

	W/C (%)	p/a (%)	単体量 (kg/m ³)				
			W	C	G	Oy	SP**
Oy-PoC	25	30	72	288	—	1481	1.44
N-PoC*			66	205	1018	—	1.32

*碎石ポーラスコンクリート、**高性能AE減水剤

- **高炉セメントB種**使用
- **平板**供試体 (300 × 300 × 100mm)
- 振動台 (10秒) + 型枠振動機
- 試験材齢7日

牡蠣殻ポーラスコンクリートの緑化性能

令和元年12月13日～令和2年12月16日(369日間)

プラスチック
コンテナ



* 芝は直接供試体に張付け

植栽試験方法

木枠容器
(木枠+ビニルシート)

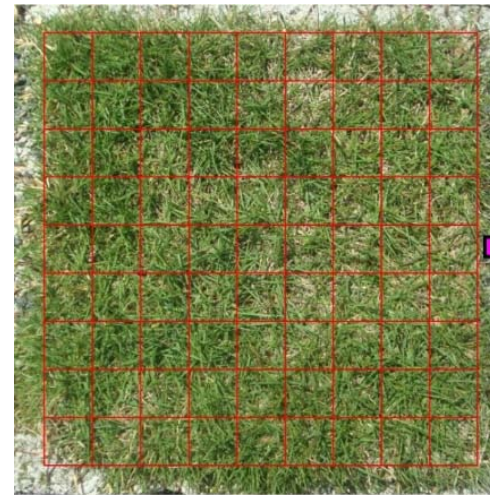
牡蠣殻ポーラスコンクリートの緑化性能

評価項目

- ・目視観察
- ・芝含水率測定(9エリア、各1点)
- ・緑被レベル判定(メッシュ法)

土壌水分測定器

- ・電気抵抗式
- ・測定範囲: 12.1 ~ 58.0%



9 × 9 メッシュ

5	5	5	4	4	3	4	5	4
5	5	5	5	4	3	4	4	4
4	5	4	5	4	4	4	4	4
4	5	4	4	4	4	4	4	4
4	5	4	5	4	4	3	4	3
4	4	4	4	4	3	4	3	4
5	5	5	5	4	4	4	4	5
4	4	4	4	4	4	4	4	5
2	3	4	5	4	4	4	4	3

緑被レベル評価



レベル0
(0%)

レベル1
(数本)

レベル2
(30%)

レベル3
(50%)

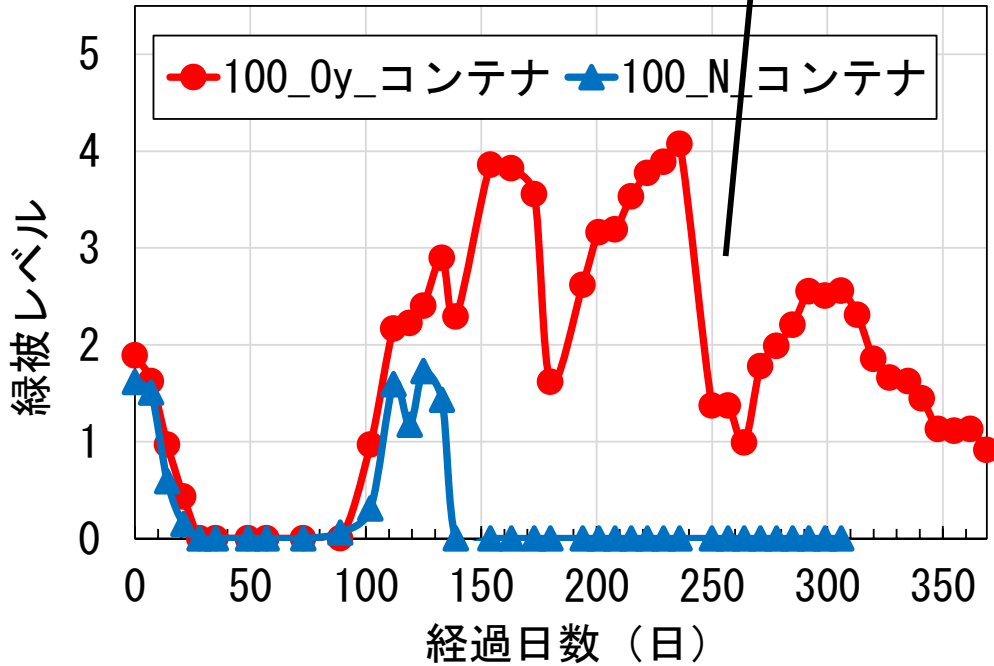
レベル4
(80%)

レベル5
(100%)

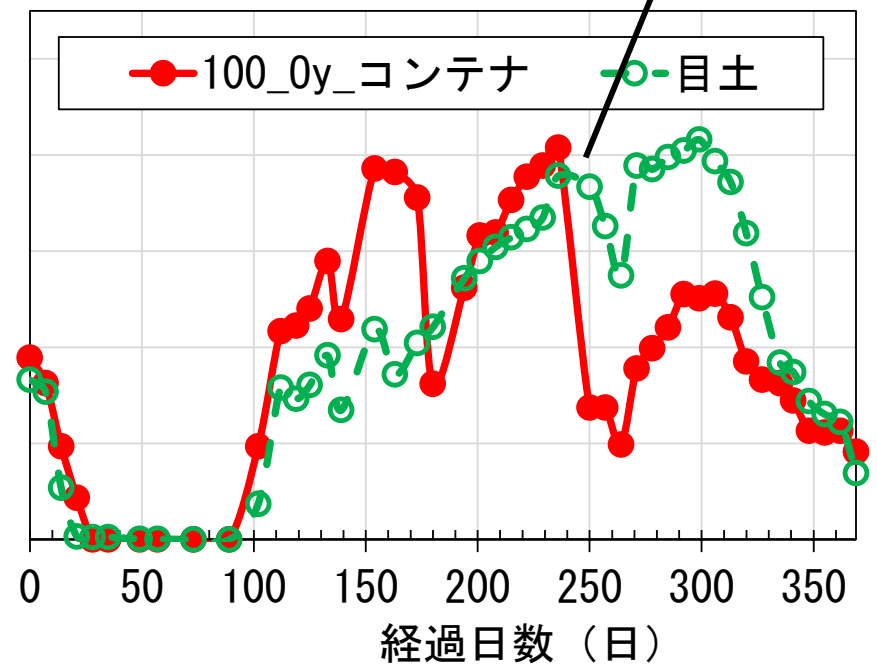
緑被レベル判定

牡蠣殻ポーラスコンクリートの緑化性能

N-PoCよりOyPoCの
緑被レベルは高い



240日目を超えると目
土の緑被レベルは高い

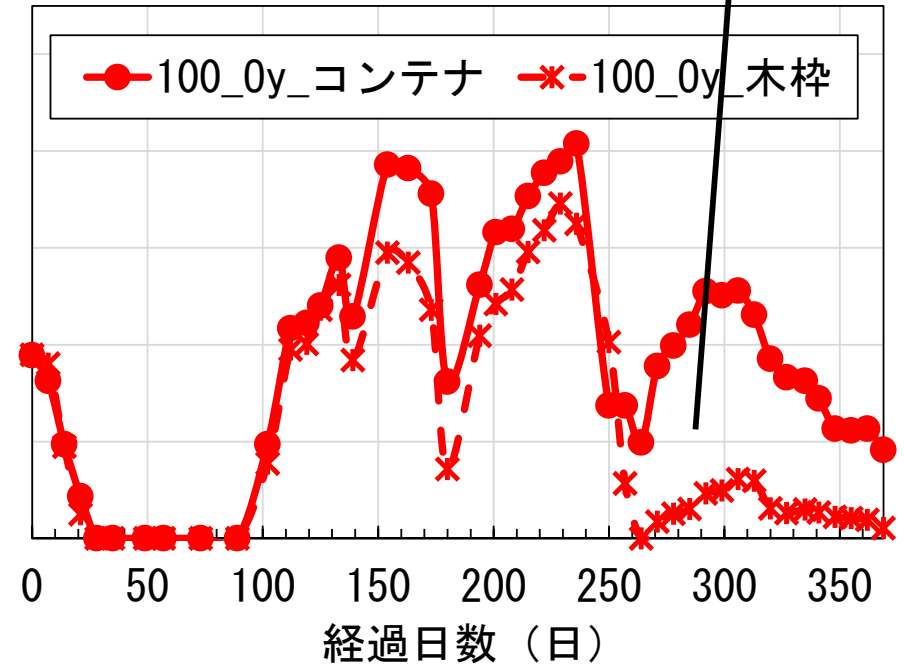
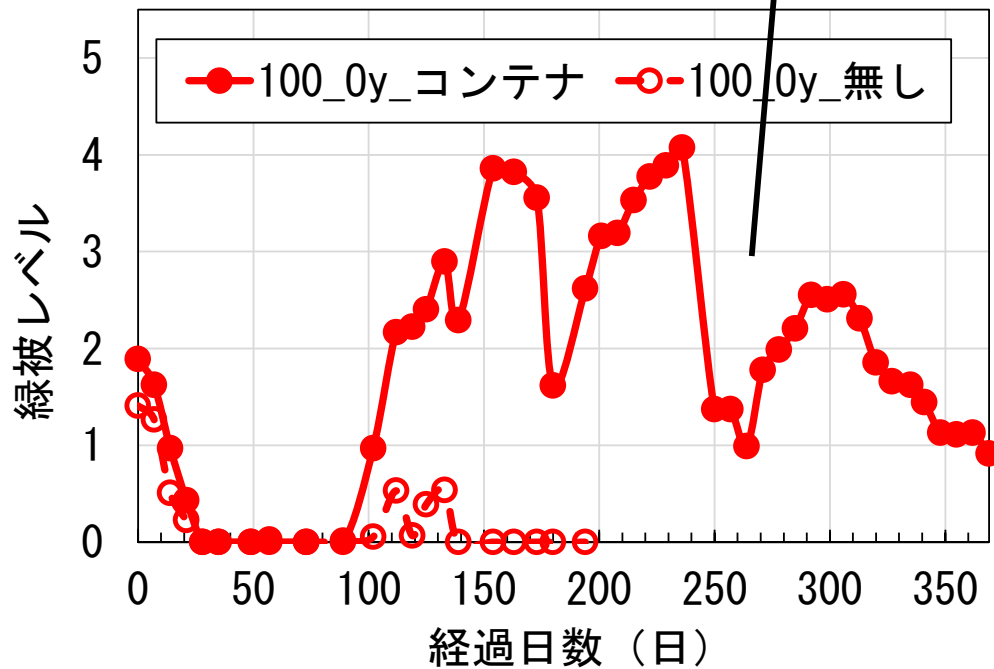


緑被レベルに及ぼす供試体種類の影響

牡蠣殻ポーラスコンクリートの緑化性能

コンテナありの緑被レベルは高い

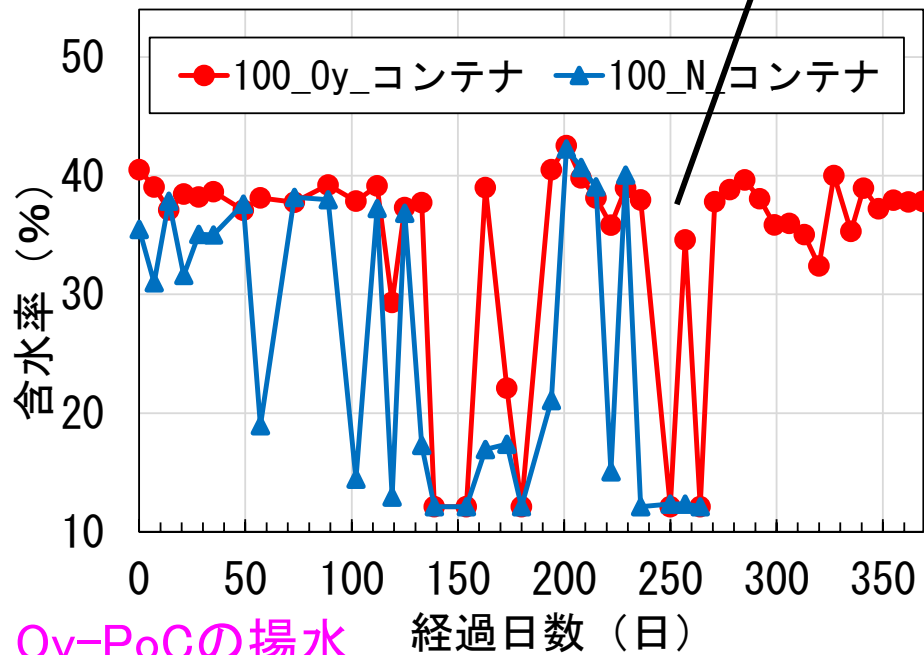
木枠では最終的に枯れていく



Oy-PoCの緑被レベルに及ぼす容器の影響

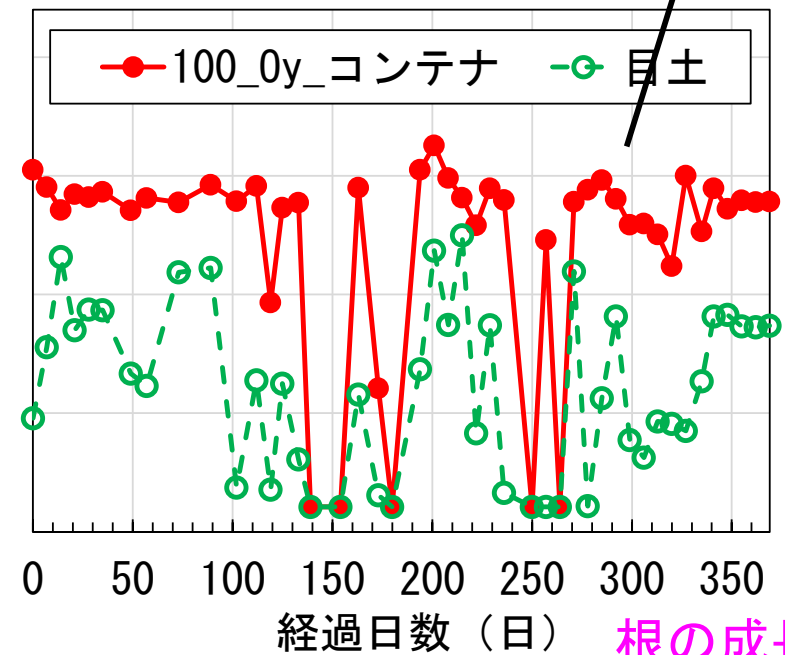
牡蠣殻ポーラスコンクリートの緑化性能

N-PoCよりOy-PoCの
含水率は高い



Oy-PoCの揚水
性能が高い

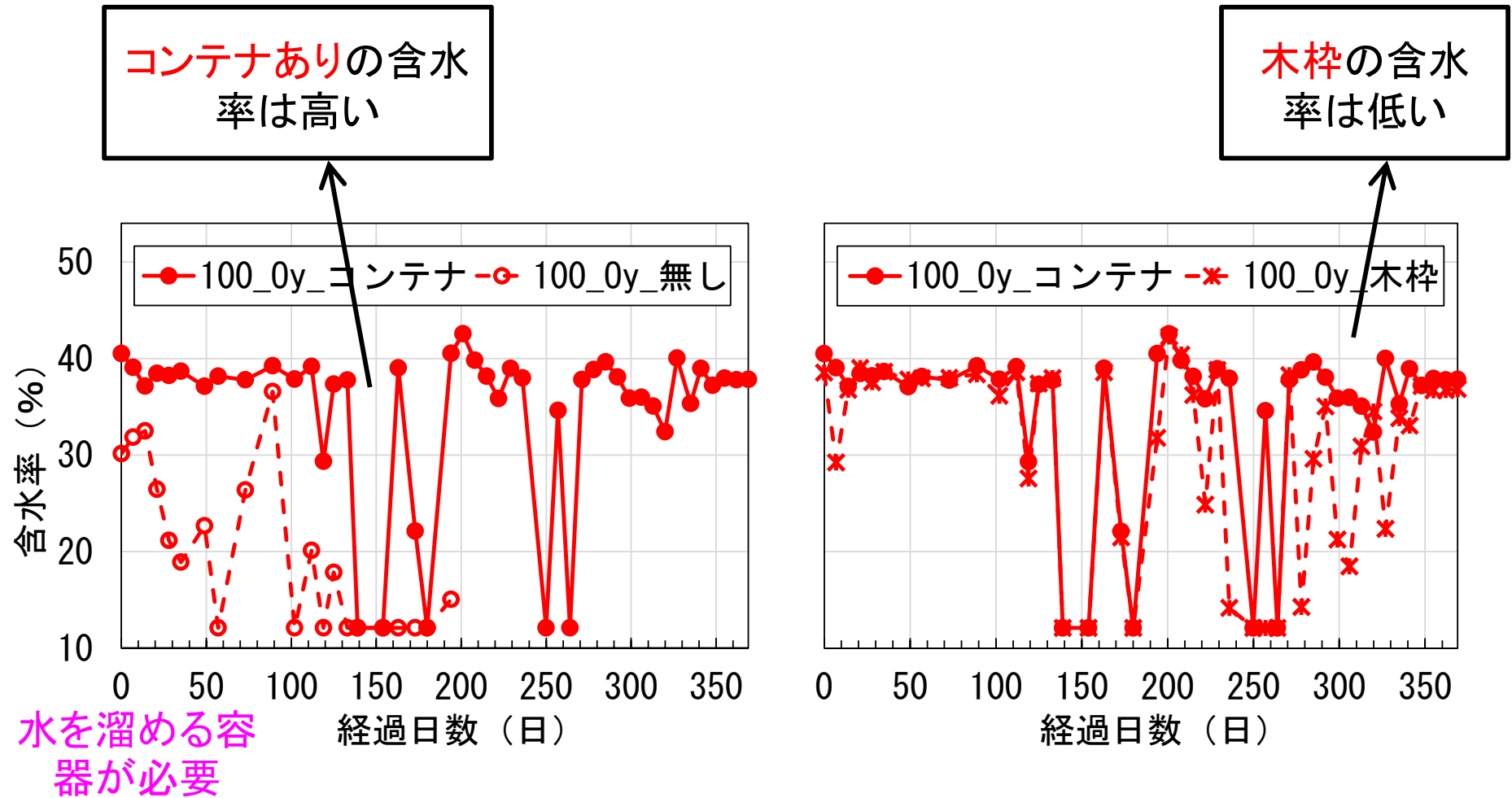
目土の含水率は
終始低い



根の成長空間の
影響？

芝の含水率に及ぼす供試体種類の影響

牡蠣殻ポーラスコンクリートの緑化性能



Oy-PoC上の芝の含水率に及ぼす容器の影響

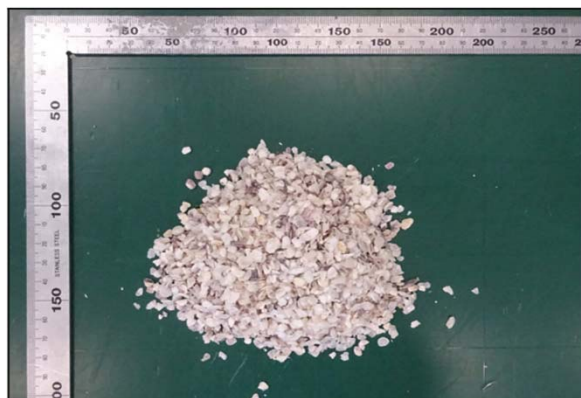


牡蠣殻ポーラスコンクリートの揚水性能

牡蠣殻ポーラスコンクリートの揚水性能

骨材の物理的性質

	粒径 (mm)	密度 (g/cm ³)		吸水率 (%)	単位容積 質量 (kg/L)	実積率 (%)
		表乾	絶乾			
牡蠣殻 骨材	5.0~2.5	2.04	1.68	21.3	0.740	44.1
	2.5~1.2	2.00	1.62	23.9	0.700	43.4
	1.2~0.6	1.94	1.51	28.4	0.640	42.3
	5.0~0.3	1.98	1.58	25.7	0.860	54.9



牡蠣殻骨材(5.0~2.5mm)



牡蠣殻骨材(2.5~1.2mm)



牡蠣殻骨材(1.2~0.6mm)

牡蠣殻ポーラスコンクリートの揚水性能

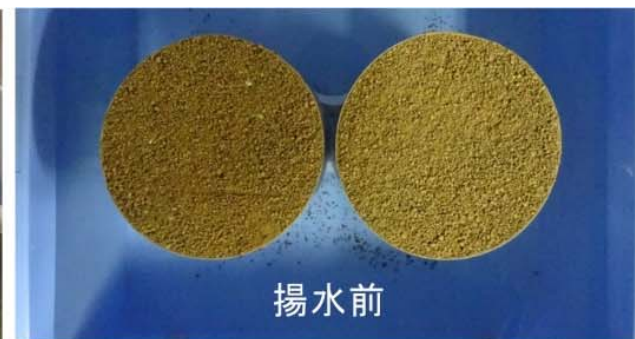
配合表

	粒径 (mm)	W/C (%)	p/a (%)	単体量 (kg/m ³)			
				W	C	Oy	SP
Oy5025	5.0~2.5	25	25、30、35、 40、45、50	43~86	171~343	810	0.86~1.71
Oy2512	2.5~1.2		25、30、35、 40、45、50	42~84	168~337	781	0.84~1.69
Oy1206	1.2~0.6		25、30、35	41~57	164~230	739	0.82~1.15
Oy5003	5.0~0.3		20、25、30、 35、40	41~81	163~326	957	0.81~1.63

- ・高炉セメントB種使用
- ・円柱供試体(Φ100×200mm)

牡蠣殻ポーラスコンクリートの揚水性能

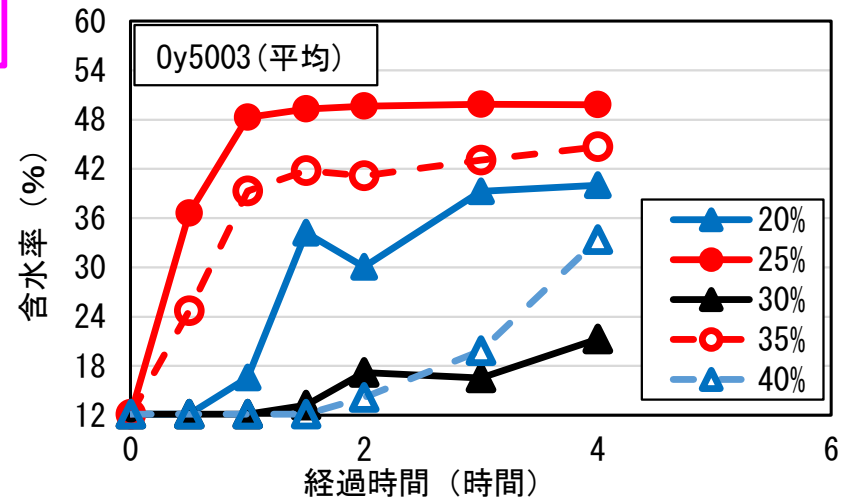
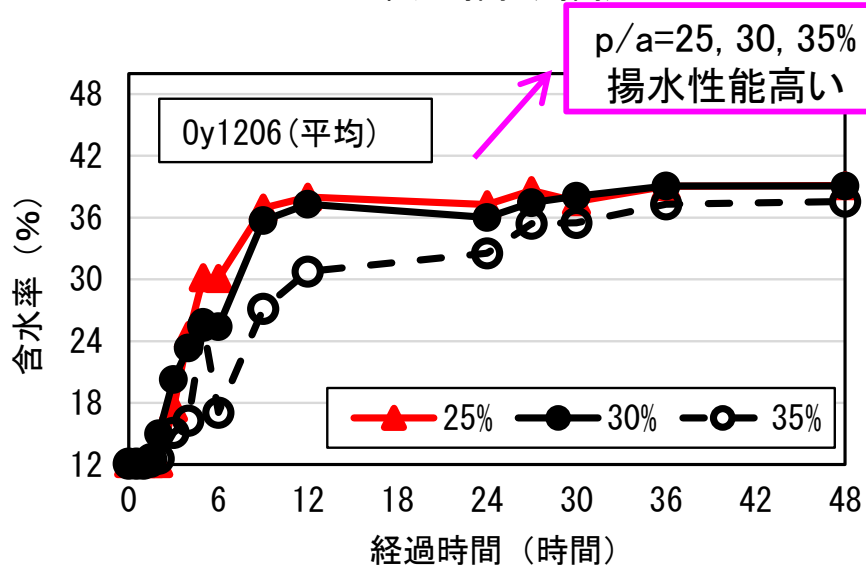
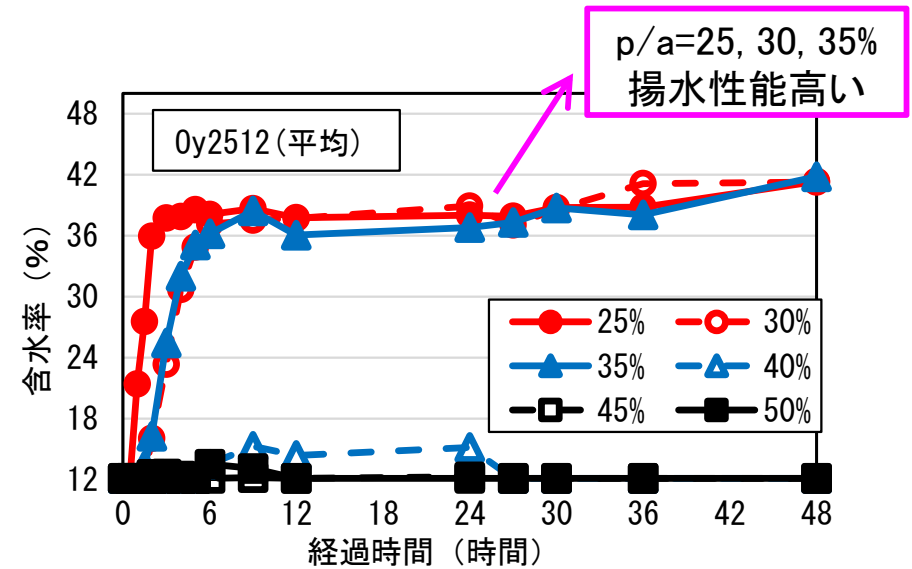
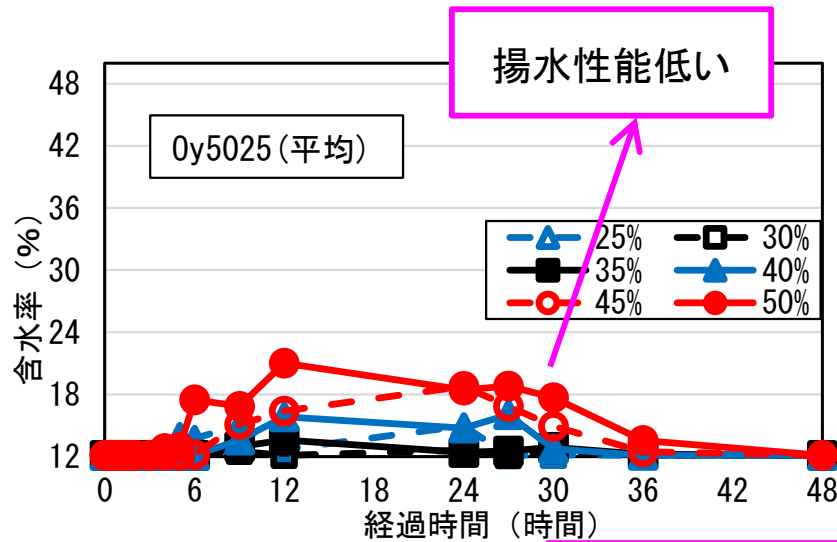
水位100mm



含水率測定
(土壤水分測定器)

湿潤揚水試験

牡蠣殻ポーラスコンクリートの揚水性能



揚水試験結果

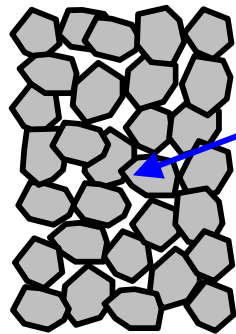
粒径2.5mm以下、p/a=40%
以下で揚水性能が高い

牡蠣殻ポーラスコンクリートの 空隙構造評価方法

牡蠣殻ポーラスコンクリートの空隙構造評価方法

○空隙率測定方法

「ポーラスコンクリートの空隙率試験方法(案)」(質量法)



W_{poc}
 V_{poc}
測定

打設時の質量

W_{poc} 、 V_{poc} 実測

$$W_{poc} (= W_W + W_C + W_G)$$

$$V_{poc} (= V_W + V_C + V_G + V_V)$$



$$\rho_{poc} = W_{poc} / V_{poc}$$

空隙を含むポラコンの密度

配合より W_{mat} 、 V_{mat} 計算

$$W_{mat} = W_W + W_C + W_G$$

$$V_{mat} = V_W + V_C + V_G$$



$$\rho_{mat} = W_{mat} / V_{mat}$$

空隙を含まないポラコンの密度

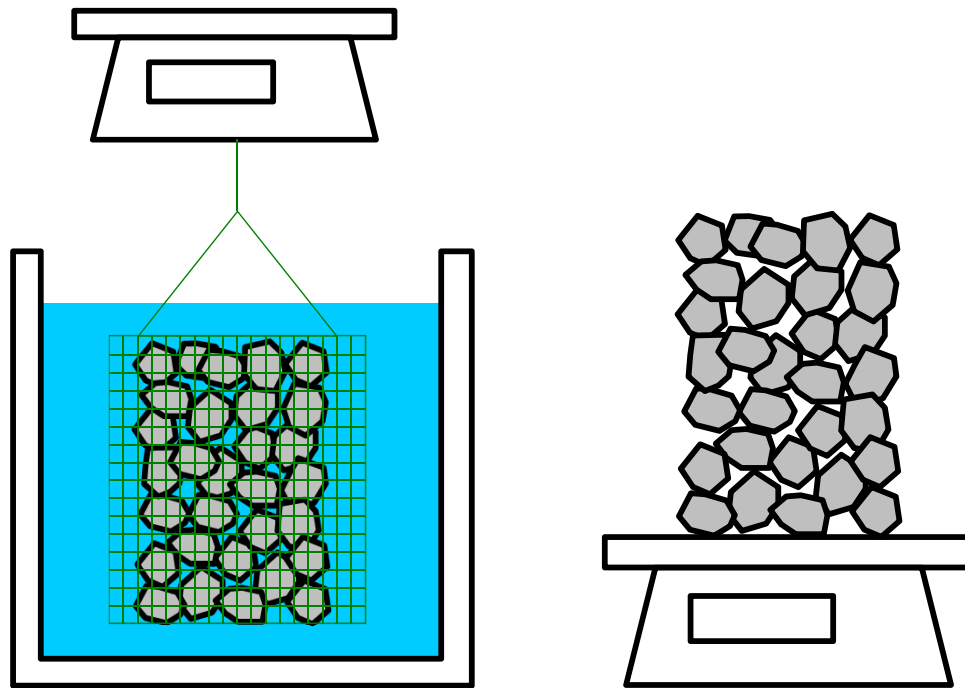
$$A_t = \left(1 - \frac{\rho_{poc}}{\rho_{mat}} \right) \times 100$$

A_t : 全空隙率

牡蠣殻ポーラスコンクリートの空隙構造評価方法

○空隙率測定方法

「ポーラスコンクリートの空隙率試験方法(案)」(容積法)



真空脱気
(10分間) 水中質量
 W_1 測定

打設時
の質量 気中質量
 W_2 測定

$$V_m = \frac{W_2 - W_1}{\rho_w}$$

V_m : マトリクスだけの体積

$$A_c + A_s = \left(1 - \frac{V_m}{V}\right) \times 100$$

A_c : 連続空隙率

A_s : 準連続空隙率

V : 寸法から求まる体積

牡蠣殻ポーラスコンクリートの空隙構造評価方法



真空脱気器具



水中質量測定器具

牡蠣殻ポーラスコンクリートの空隙構造評価方法

○空隙率測定方法

「画像解析法」

供試体切断

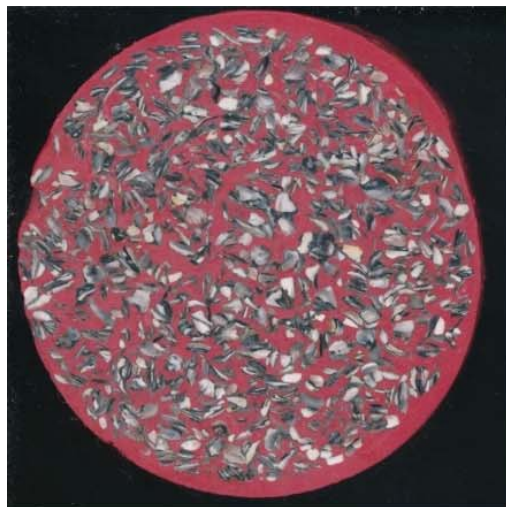
マトリクス着色、
空隙に充填剤
注入

切断面撮影

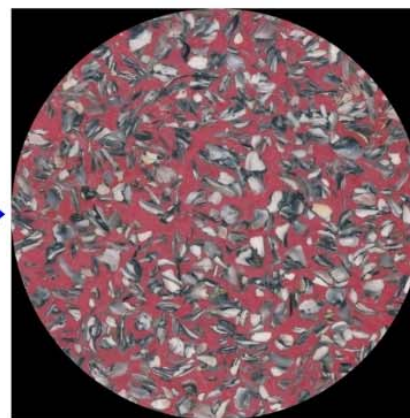
高解像度
スキャナ

画像解析

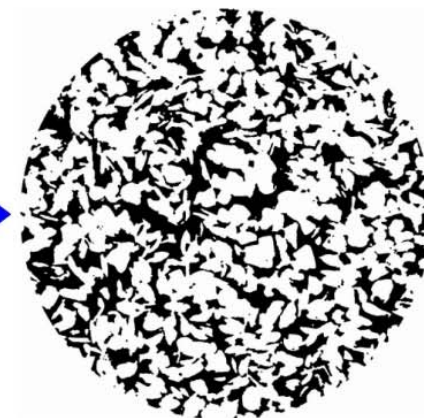
ImageJ



スキャン画像



トリミング画像

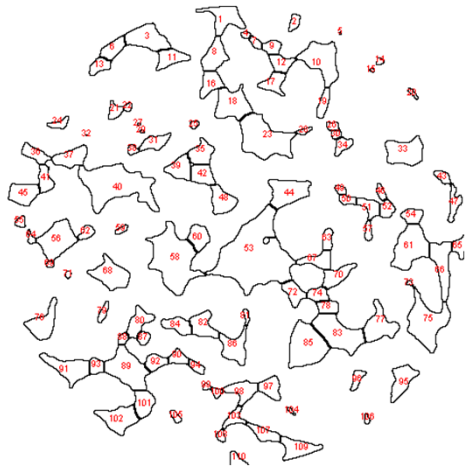


二値化画像

牡蠣殻ポーラスコンクリートの空隙構造評価方法



二値化画像



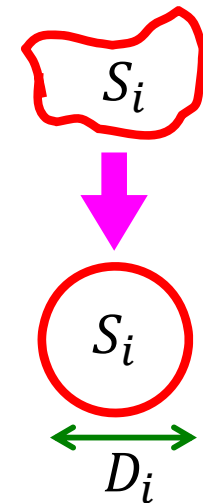
解析画像

$$A_t = \frac{\sum S_i}{S} \times 100$$

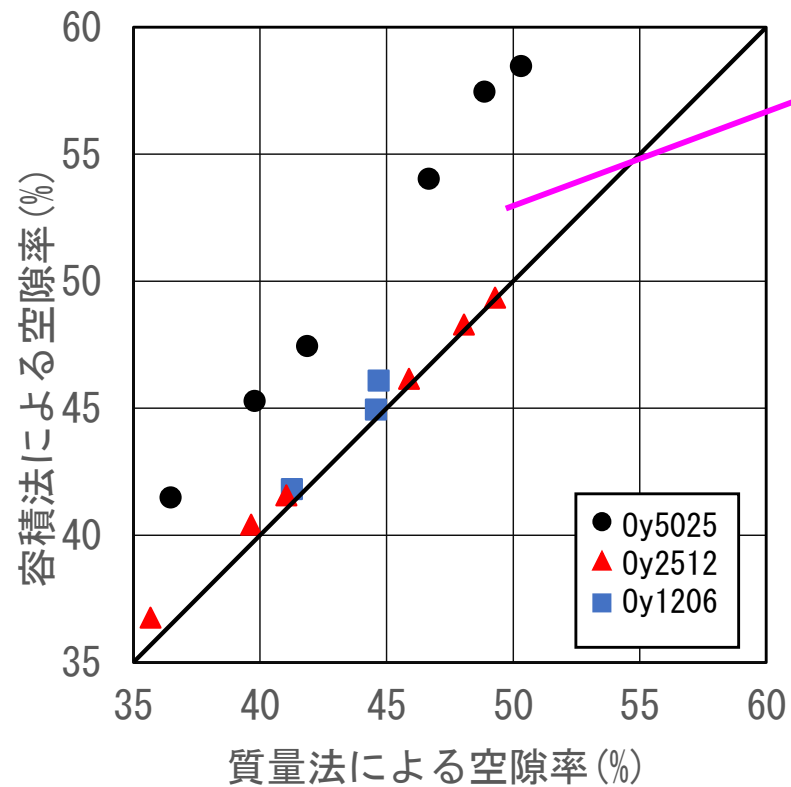
A_t : 空隙率
 S_i : 個々の空隙面積
 S : 解析画像

$$D_i = \sqrt{\frac{4S_i}{\pi}}$$

D_i : 個々の空隙直径



牡蠣殻ポーラスコンクリートの空隙構造評価方法



質量法より容積法の方が大きい

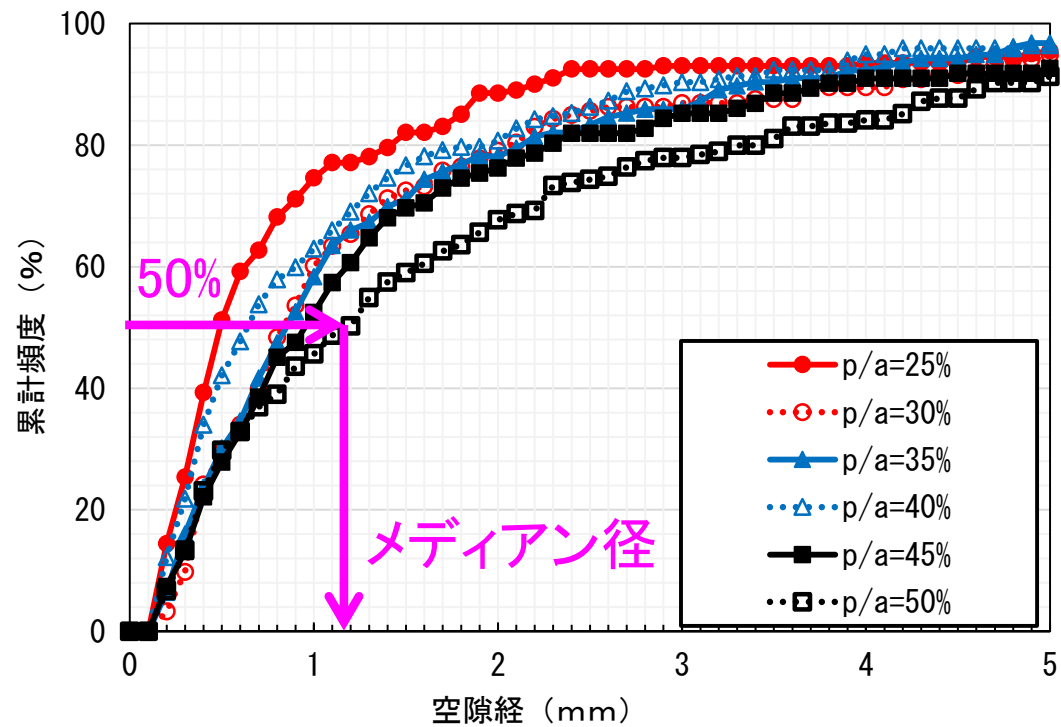
骨材表乾: 水中浸漬
容積法: 真空脱気

骨材の吸水率?

質量法と容積法の比較

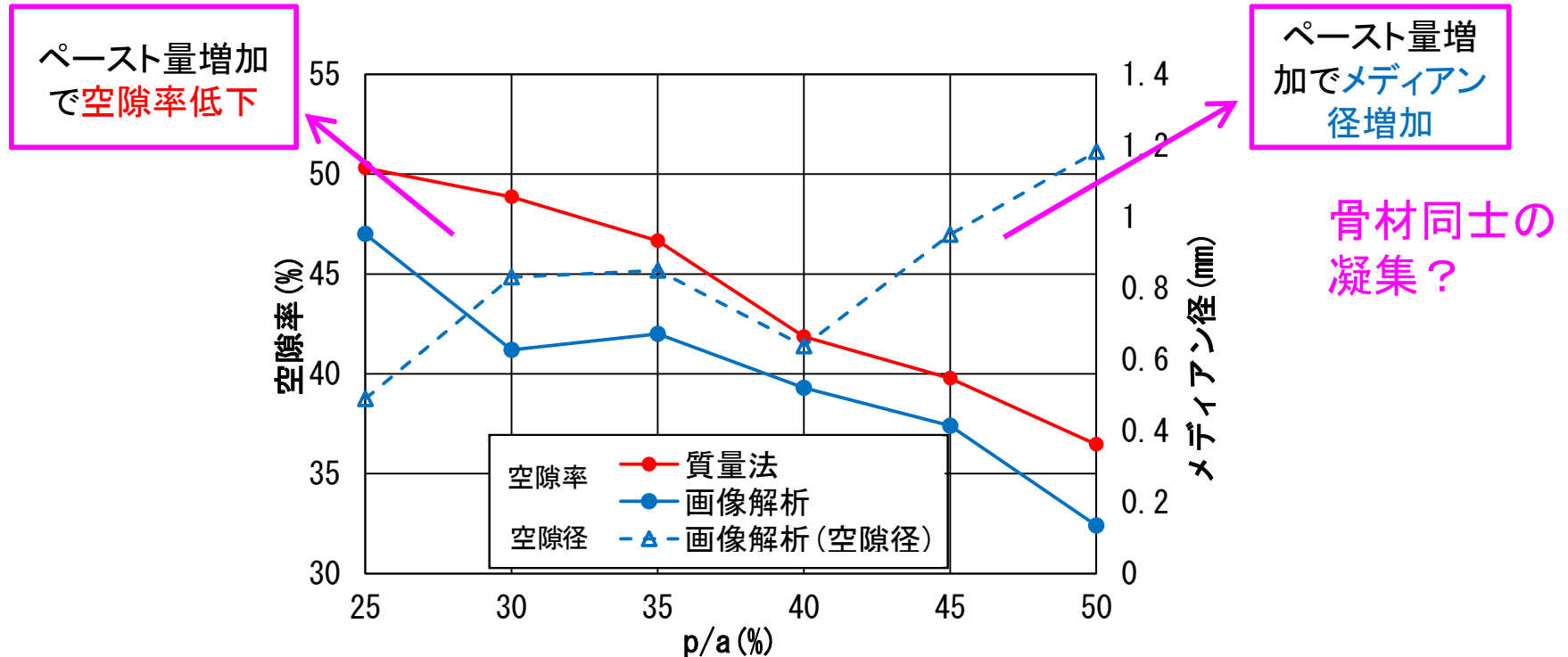
牡蠣殻ポーラスコンクリートの空隙構造評価方法

Oy2512、Oy1206はスラリー充てん不足



Oy5025の空隙径分布

牡蠣殻ポーラスコンクリートの空隙構造評価方法



Oy5025の空隙率および空隙径分布



まとめ

まとめ

- (1) 植栽試験より、O_y-P_oC上で芝を育成するためには、O_y-P_oCの緑化メカニズムが揚水性能に関係があるため、水を溜めることができる容器に供試体を入れることが必要であることがわかった。
- (2) 揚水試験結果より、本研究における限られた配合条件での結果から、骨材粒径が2.5mm以下でp/aが概ね40%以下のときにO_y-P_oCの揚水性能は高くなるといえる。
- (3) 容積法と質量法で求めた空隙率を比較すると、容積法で求めたO_y-P_oCの空隙率の方が質量法より大きくなる傾向を示し、骨材粒径の大きい方がその傾向は大きかった。
- (4) 質量法、画像解析で求めたO_y-P_oCの空隙率は、ペースト量の増加に伴い低下する傾向を示したが、メディアン径は逆に増大する傾向を示した。