

The Future of Concrete

e-CON<sup>®</sup>

登録番号：特許6796743

低炭素型高機能コンクリートの創生



1. e-CON<sup>®</sup>が求められる社会的背景
2. e-CON<sup>®</sup>の開発経緯
3. e-CON<sup>®</sup>の特性と構成材料
4. e-CON<sup>®</sup>の特性詳細
5. e-CON<sup>®</sup>の特性のまとめ
6. 施工実績
7. 今後の事業展開

# 1 e-CON<sup>®</sup>が求められる社会的背景

## COP28（国連気候変動枠組条約） 2023年12月

⇒吉田政務官からは、これまでの日本の取組としてグリーン購入法の対象品目拡大、**公共建設における低炭素コンクリートの推進**、産業界や公共調達の専門家から構成される専門家会合の立ち上げ等、日本が先進的に取り組んでいることを示しました。（経済産業省HP）

低炭素コンクリート試行工事

環境対応による工事評価点UP

## 国土交通省のインフラ分野における カーボンニュートラルに向けた取組

⇒建設段階においての、材料・機械・施工方法をトータルでCO<sub>2</sub>排出を削減  
⇒建設段階と維持管理段階のトータルでカーボンニュートラルを目指す

## 2050年 二酸化炭素排出 実質ゼロ表明自治体

全国46都道府県 991自治体（環境省HP）

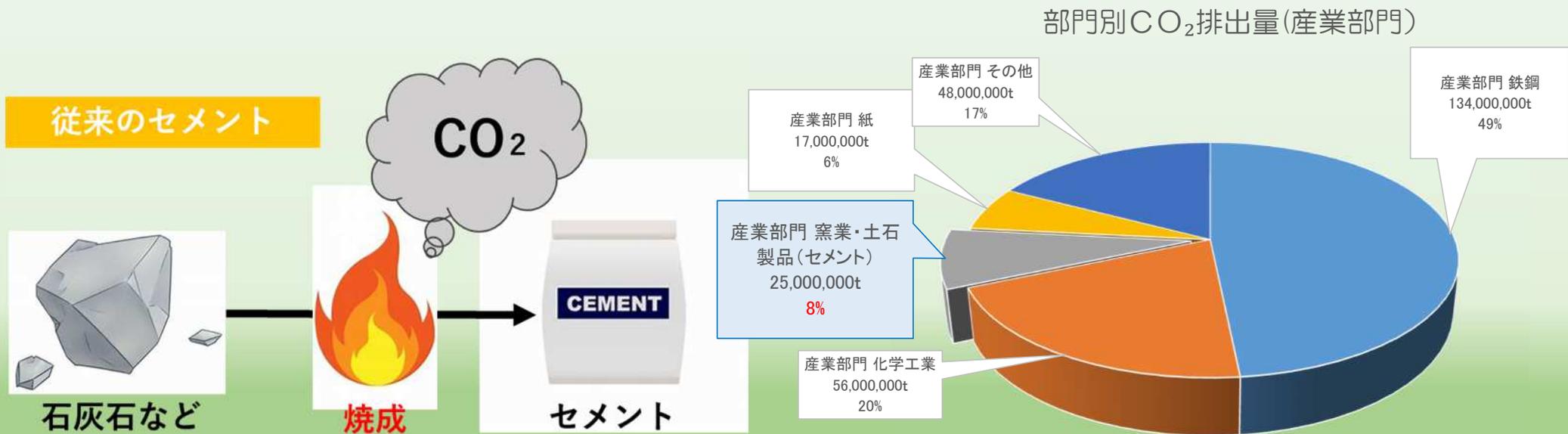
## 東京都 2030年カーボンハーフ 2050年カーボンニュートラル取組

⇒下水道局：アースプラン2023 低炭素素材の活用

## 2 (1) e-CON<sup>®</sup>の開発経緯① 低炭素型コンクリートの開発

コンクリートに用いられるセメントは石灰石などを焼成して生産されるため、大量のCO<sub>2</sub>を発生させます。その量は産業部門における排出量の約8%を占めると言われ、鉄鋼、化学に次ぐ第3位の排出源となっています。

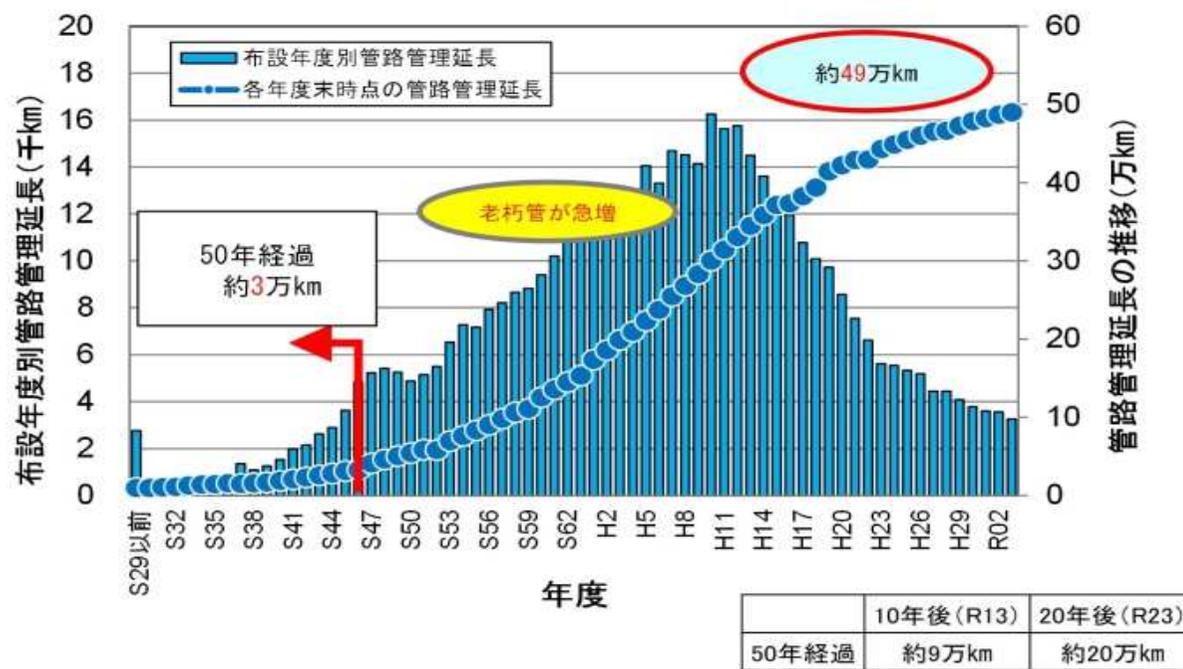
そこで、セメントを使用しないコンクリートの開発に着手しました。



出展：国立研究所「温室効果ガスインベントリオフィス」より経済産業省作

# 2(2)e-CON<sup>®</sup>の開発経緯② 長寿命コンクリートの開発

■ 管路施設の年度別管理延長 (R3末現在)



下水道整備が進み、50年以上の老朽管の増加により、長寿命の100年コンクリートの開発が必要となる。

### 3 (1) e-CON<sup>®</sup>の特性

e-CON<sup>®</sup>とは、セメントを使用しない新しいプレキャストコンクリート

脱炭素社会に対応

CO<sub>2</sub>を約80%削減

循環型社会に対応

産業副産物を90%使用

長寿命化に対応

耐塩害性・耐酸性に優れている  
緻密なコンクリート

# 3(2) e-CON<sup>®</sup>の構成材料

## 普通コンクリート



セメント



骨材



砂



水

## e-CON<sup>®</sup>



高炉スラグ微粉末



フライアッシュ



シリカフェーム



特殊混和材-1



特殊混和材-2

e-CONパウダー



骨材



砂

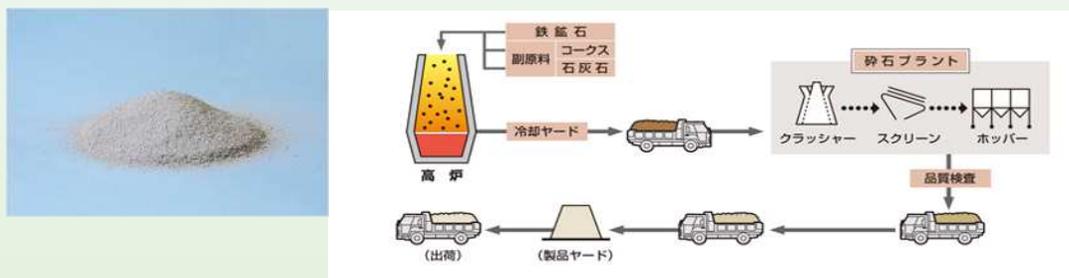


水

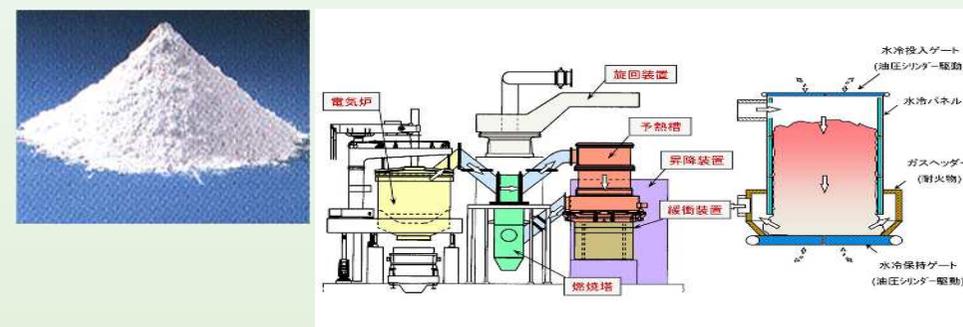
# 4 e-CON<sup>®</sup>の特性詳細 (1)産業副産物の活用

“e-CONパウダー”を構成する高炉スラグ微粉末は銑鉄製造過程で排出され、フライアッシュは火力発電所で石炭を燃焼する際に集塵機で捕集され、シリカフェームはアーク式電気炉の排ガス中から集塵された「産業副産物」です。

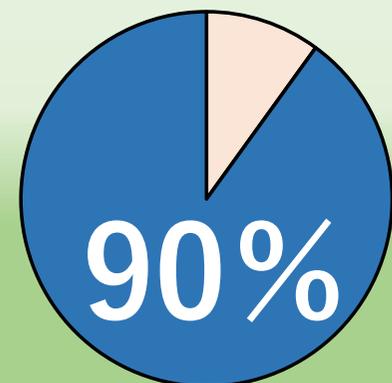
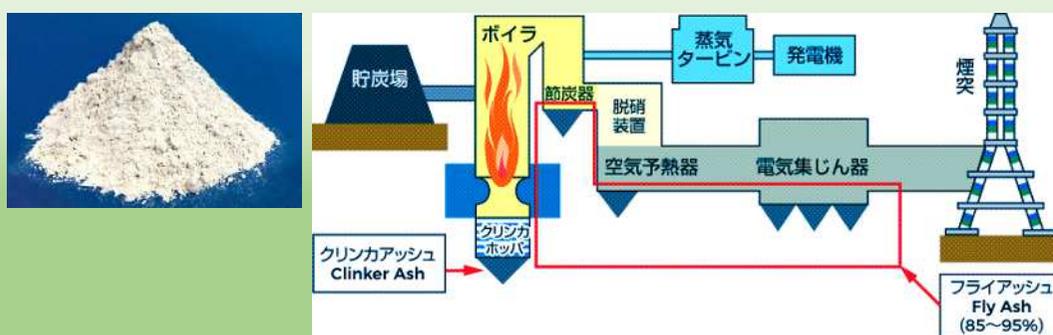
鉄鋼事業→高炉スラグ微粉末



電気炉→シリカフェーム



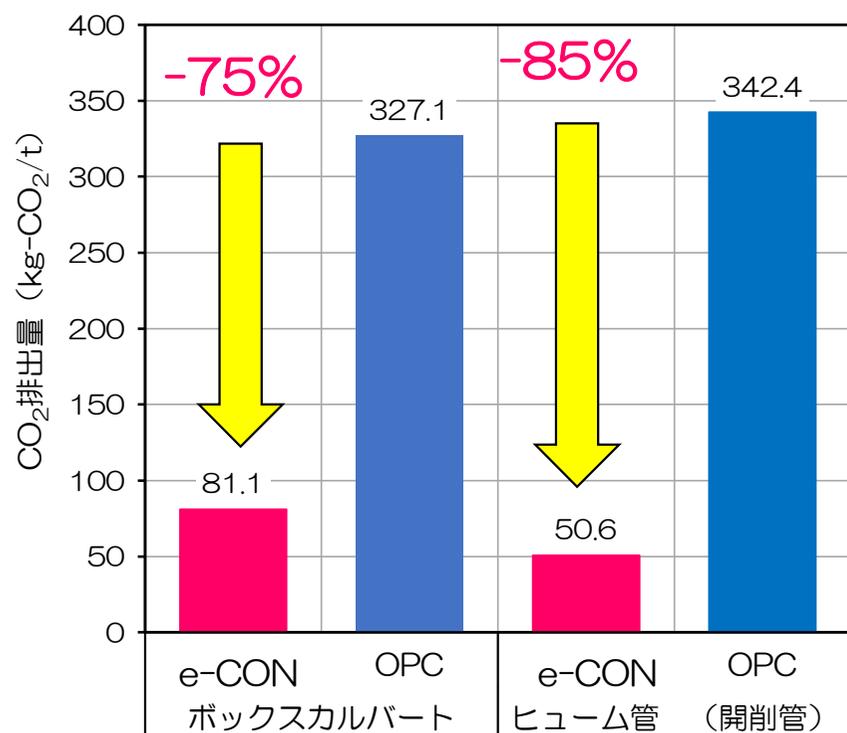
火力発電所→フライアッシュ



産業副産物割合

## 4 e-CON<sup>®</sup>の特性詳細 (2) CO<sub>2</sub>排出量を約80%削減

主成分の多くをリサイクル資材とすることで、普通コンクリートに比べ、CO<sub>2</sub>排出を約80%削減します。



各材料のCO<sub>2</sub>排出量原単位×配合量

CO<sub>2</sub>排出量 (kg-CO<sub>2</sub>/t)

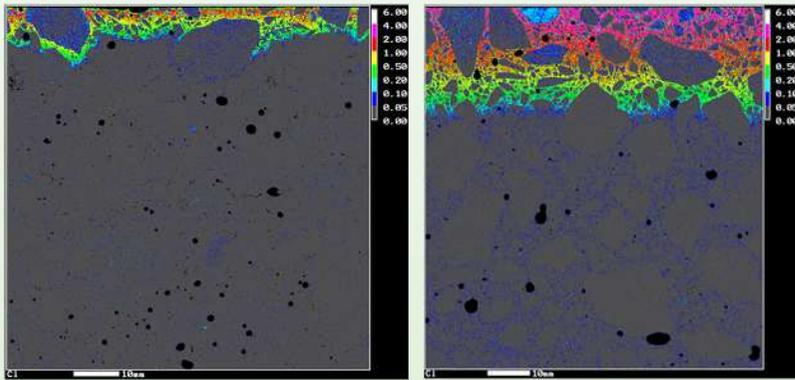


e-CONのCO<sub>2</sub>排出量削減率  
約80%

# 4 e-CON<sup>®</sup>の特性詳細 (3)e-CON<sup>®</sup>の耐塩害性

●e-CON<sup>®</sup>は高緻密なため、塩化物イオン水に3ヶ月間浸漬後の塩分拡散係数は、普通コンクリートの1/5以下であり、耐塩害性に優れています。

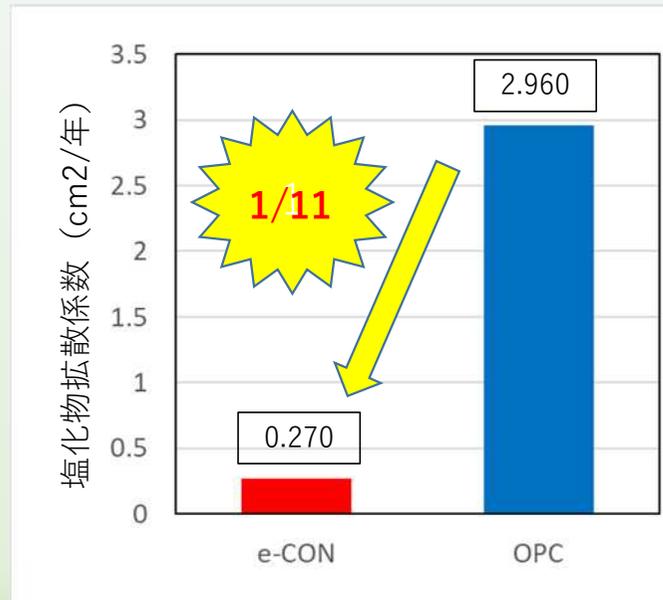
## EPMA解析結果



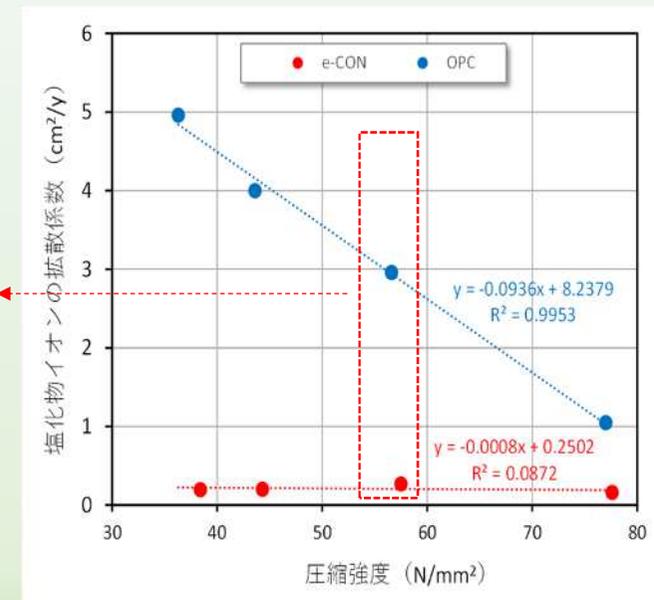
e-CON<sup>®</sup>

普通コンクリート

※浸漬3か月間の塩分浸透深さ



3か月間浸漬



6倍～25倍

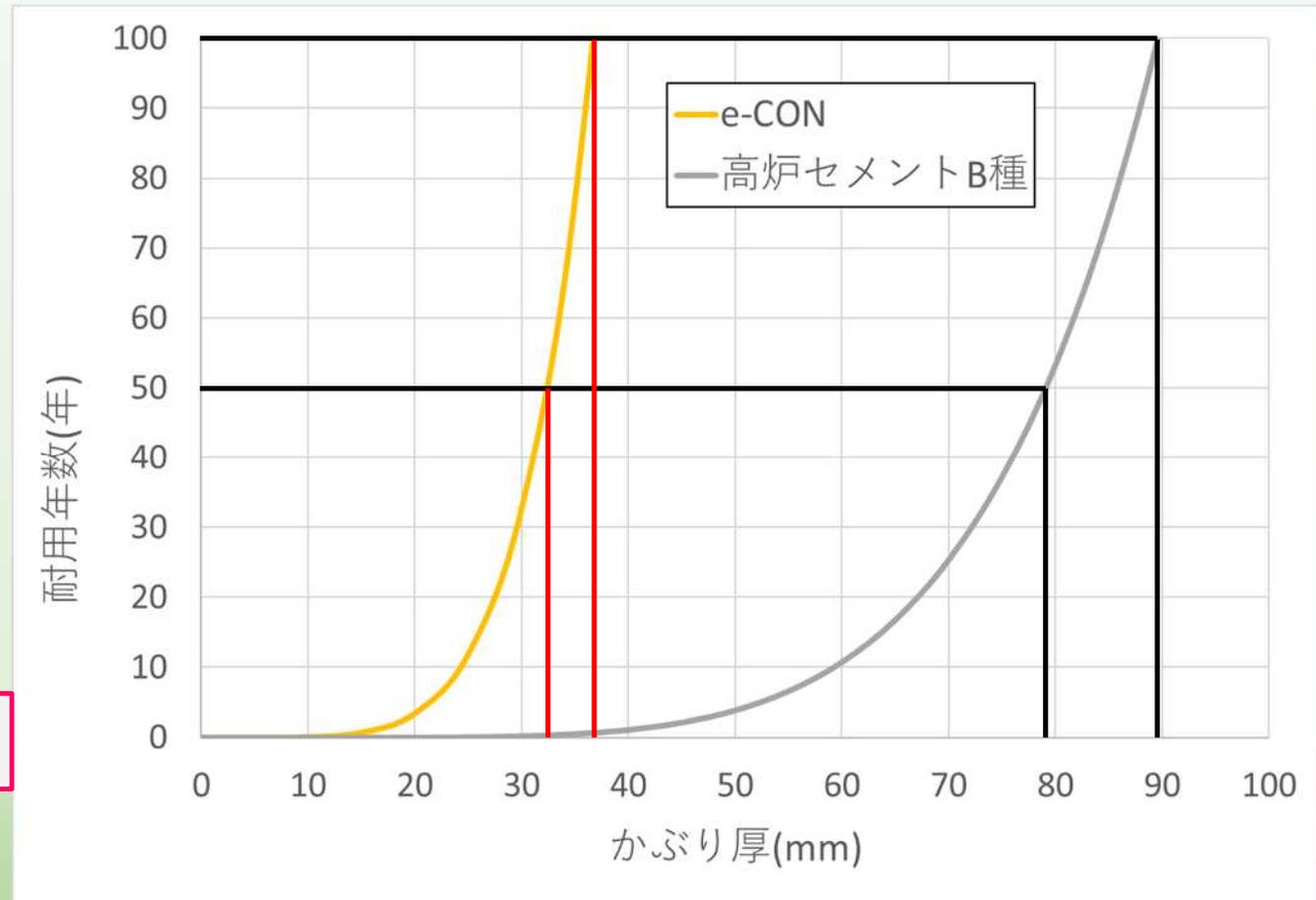
圧縮強度(σ28) e-CON : 57.5N/mm<sup>2</sup>、 OPC : 56.6N/mm<sup>2</sup>

(10%濃度の塩化物イオン水に浸漬後の塩分拡散係数)

## 4 e-CON<sup>®</sup>の特性詳細 (3)e-CON<sup>®</sup>の耐塩害性

- 耐用年数50年とした場合  
 塩害に対する必要かぶり厚は  
 e-CON : 35mm  
 高炉セメントB種 : 80mm
- 耐用年数100年とした場合  
 塩害に対する必要かぶり厚は  
 e-CON : 40mm  
 高炉セメントB種 : 90mm

薄肉での100年耐久を確認



飛沫帯 (Co=13) における塩化物イオン到達年数

2022年コンクリート標準示方書「設計編」  
 「塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食に対する照査」  
 による算出

# 4 e-CON®の特性詳細 (4)e-CON®の耐硫酸性

●e-CON®は緻密だけでなく硫酸に強い成分（シリカ）を多く含むため、硫酸中における腐食減量（質量減少率）は、普通セメントを用いたコンクリートと比べて著しく小さく**10倍以上** 耐硫酸に優れています。

\*耐硫酸性：下水道環境におけるコンクリートの硫酸腐食抵抗性。

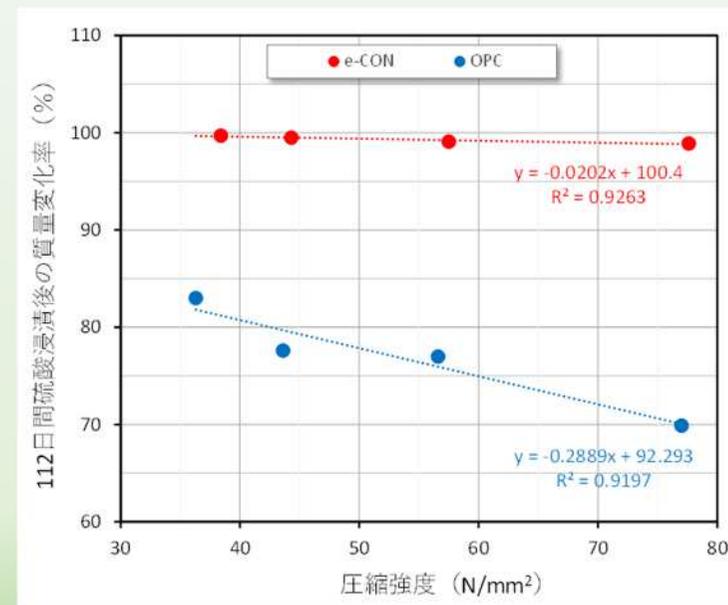


e-CON® -1.5%



普通セメント -52.3%

W/B31%、圧縮強度(σ28) e-CON：44.2N/mm<sup>2</sup>、 OPC：63.5N/mm<sup>2</sup>



**27倍～57倍**

(5%濃度の硫酸水溶液に112日間浸漬後の質量減少率)

## 4 e-CON<sup>®</sup>の特性詳細 (5)e-CON<sup>®</sup>の外観性状 (美観性)



コンクリートは環境条件に応じて白華（エフロレッセンス）が発生する場合があります。

画像転用元：<http://inazuki.com/cgi-bin/inabbs3rd/>



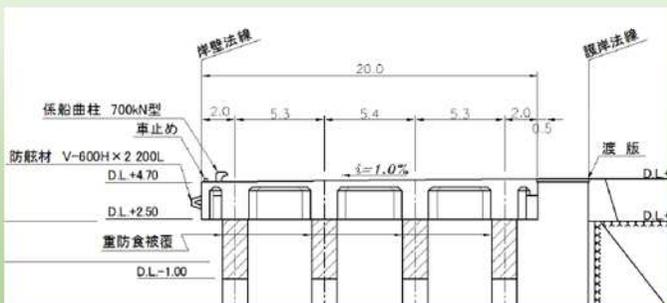
e-CONは白華の原因成分が少ないため、白華がほとんど発生せず、長期間にわたって良好な美観を維持できます。

# e-CON<sup>®</sup>の特性のまとめ

- ① CO<sub>2</sub>排出量を約80%削減
- ② リサイクル資材（産業副産物）を90%使用
- ③ 耐塩害性能：かぶり40mmで100年耐用
- ④ 耐硫酸性能：普通コンクリートの10倍以上の耐久性
- ⑤ 白華現象が少なく、緻密なコンクリートのため美観性に優れる。

素材コストは2～3割増だが、長期LCCでは優位となる

算定例) <港湾空港技術研究所資料 No.1296 2014.12>を参考に



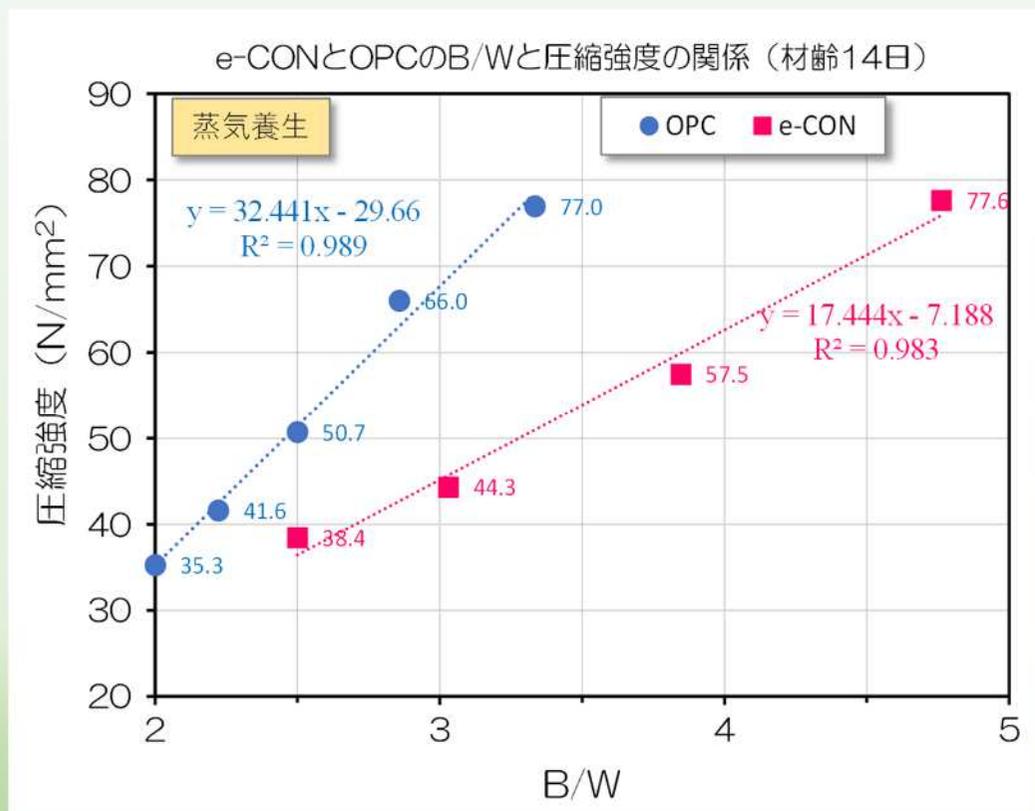
対象：栈橋上部工  
1バース (250m)  
1区画(20m×25m×2.2m)

供用期間：75年

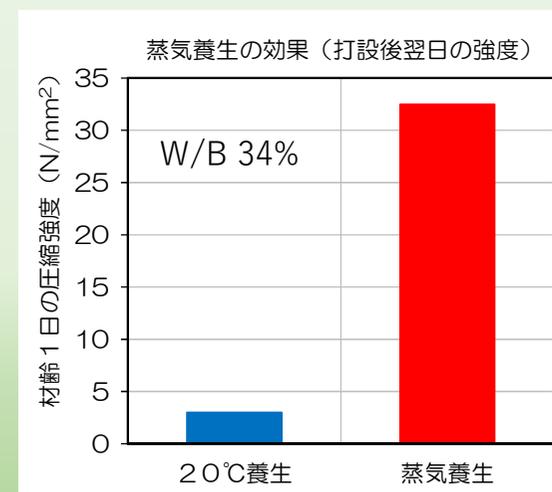
維持管理レベル：I, II

	Case1 エポキシ樹脂 塗装鉄筋	Case2 打替え	Case3 断面修復 +表面塗装	Case4 e-CON
単位(百万)				
初期建設費	671	622	622	664
点検・対策	55	1712	2987	55
合計	<b>726</b>	<b>2334</b>	<b>3609</b>	<b>719</b>

# 参考資料 1 e-CON®の特性 配合設計が可能



- 一般のコンクリートと同様、結合材水比による配合設計（強度の設計）が可能です。
- 長期的な強度発現性に優れています。
- 80N/mm<sup>2</sup>程度の高強度までが得られます。
- 促進養生（蒸気養生）を行うことで、短時間で必要な強度を得ることができます。

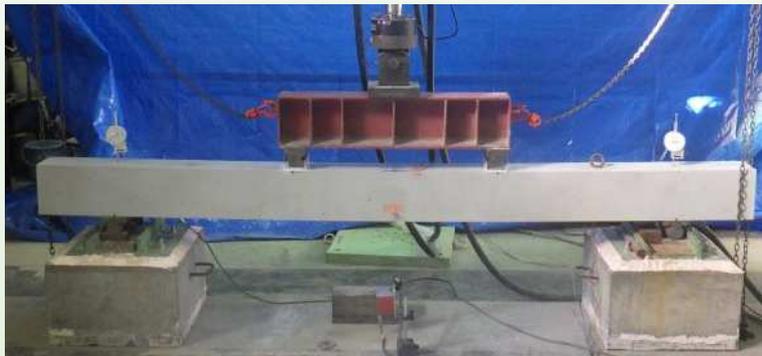


※通常はC/W（セメント水比）で表しますが、e-CONはセメントレスですのでB/W（結合材水比）で表します。

# 参考資料2 e-CON®の特性 e-CON®の力学的特性

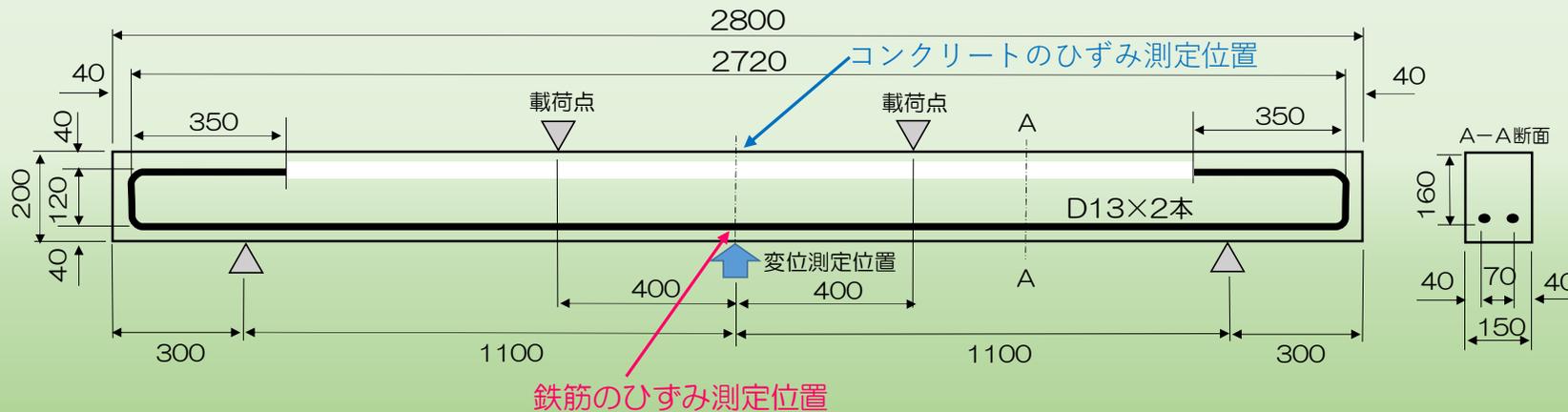
## ● RC梁の曲げ試験

実際の構造物で、e-CONと普通コンクリートでどのような挙動をしめすのかを実験で確認



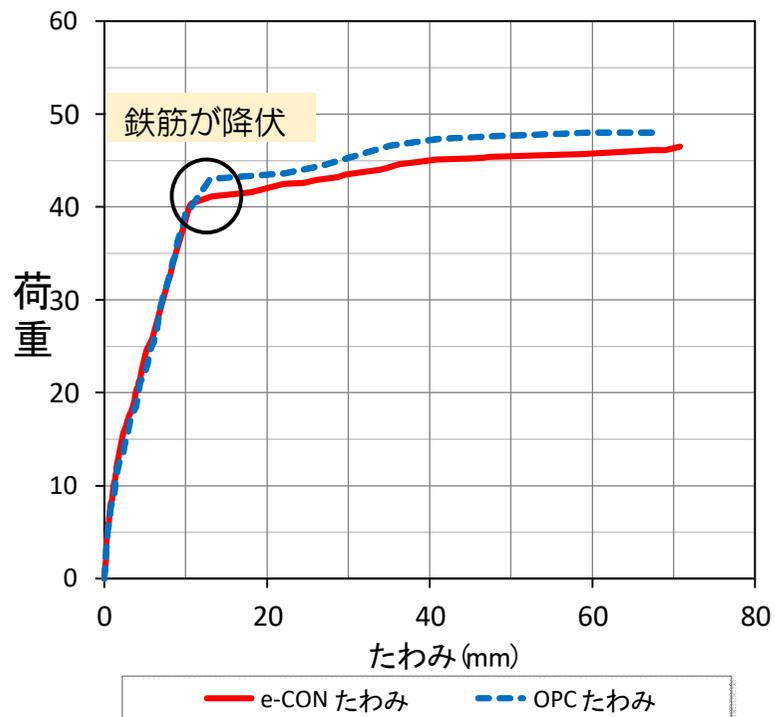
### コンクリートの力学特性

種類	W/B (%)	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	静弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )
e-CON	30	39.6	2.97	4.76	0.19	28.3
普通コン	50	34.7	2.58	4.58	0.20	27.7

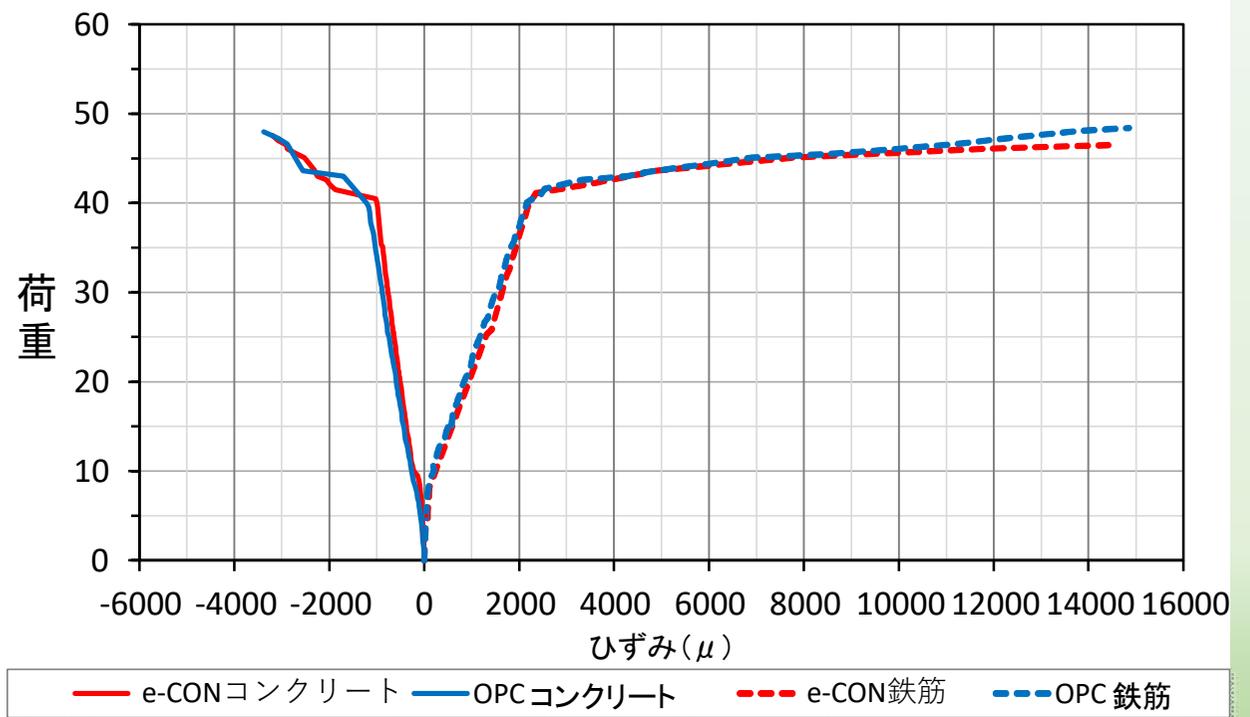


# 参考資料2 e-CON®の特性 e-CON®の力学的特性

e-CONと普通コンクリート挙動は、普通コンクリートと同様



たわみと荷重の関係



コンクリートと鉄筋のひずみの関係

# 施工実績（港湾工事）



施主：国土交通省関東地方整備局  
 製品名：生物共生構造物  
 施工場所：横浜市中区本牧ふ頭地先  
 施工時期：2024年1月  
 用途：低炭素コンクリート



## 特記仕様書（抜粋）

5) 生物共生板、生物共生構造物製作に使用するコンクリートの品質は下表によるものとする。  
 なお、低炭素コンクリートは「e-con」を想定して費用を算出している。また、下表の品質により難しい場合は、施工に先立ち、監督職員と協議するものとする。

### 【生物共生構造物】

コンクリートの種類	呼び強度	スランブ	粗骨材の最大寸法	セメントの種類	最大水セメント比	細骨材の種類	粗骨材の種類	摘要
低炭素型	24N/mm <sup>2</sup>	-	20mm	高炉スラグ微粉末やフライアッシュ等の混和材のセメント置換率が60%以上	-	砂	砂利又は碎石	-

# 施工実績（下水道工事）



**施工実績①**  
製品名：組立マンホール  
施工場所：東京都内  
施工時期：2022年11月  
用途：下水道（耐酸性対応）



**施工実績②**  
製品名：角型マンホール  
施工場所：埼玉県内  
施工時期：2022年11月  
用途：立坑（長寿命対応）



**施工実績③**  
製品名：組立マンホール  
施工場所：東京都内  
施工時期：2023年2月  
用途：下水道（耐酸性対応）



**施工実績④**  
製品名：ヒューム管・組立マンホール  
施工場所：群馬県内  
施工時期：2022年12月  
用途：下水道（耐酸性対応）



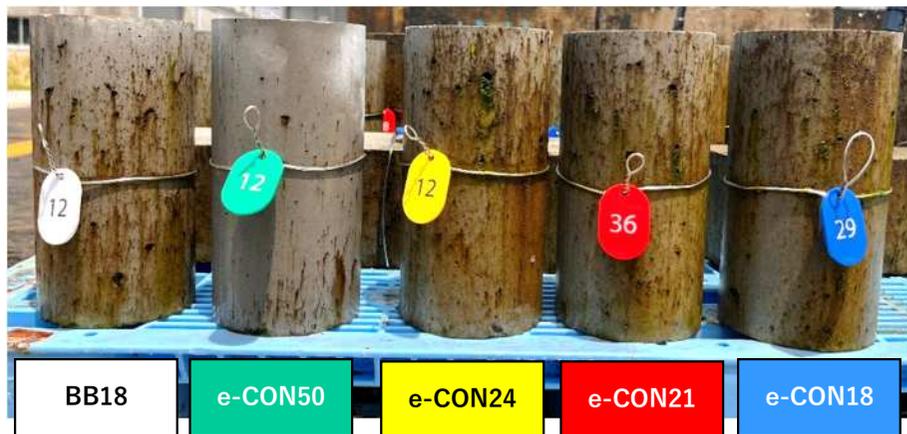
**施工実績⑤**  
製品名：パイプカルバート・組立マンホール  
施工場所：群馬県内  
施工時期：2022年12月  
用途：下水道（耐酸性対応）

# e-CON®供試体曝露試験経過

場所：国立研究法人 海上・港湾・航空技術研究所  
(港湾空港技術研究所)

e-CON®供試体の曝露試験を  
2023年12月20日からご協力頂いております。

6ヶ月経過時の供試体外観（飛沫帯）



同強度において、高炉B種よりもe-CON®の方が  
生物付着量が多い傾向にある。

	飛沫帯	干満帯	海水中
曝露開始			
3ヶ月経過			
0.5年経過			

# 今後の事業展開

今後国内の様々な事業へ展開し、コンクリートからストック型社会（長寿命化）へ貢献して参ります。

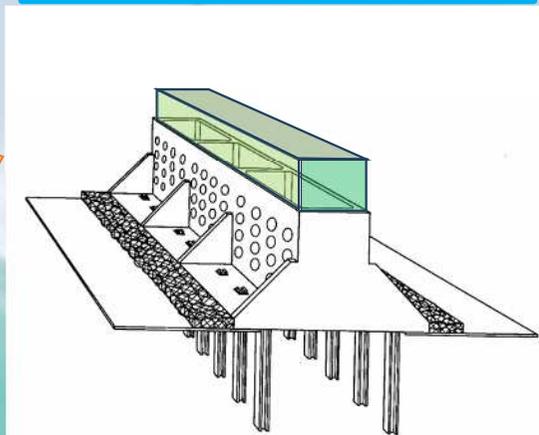
プレキャスト防潮堤



40mmで100年耐久

**e-CON<sup>®</sup>**

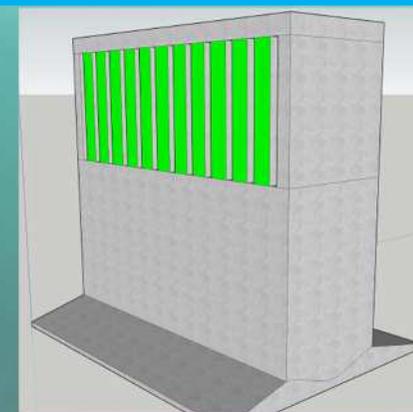
軟弱地盤ケーソン嵩上げ



ジャケット床版



ケーソンスリット部



新たな産業の創出



東京都下水道サービス株式会社



日本ヒューム株式会社