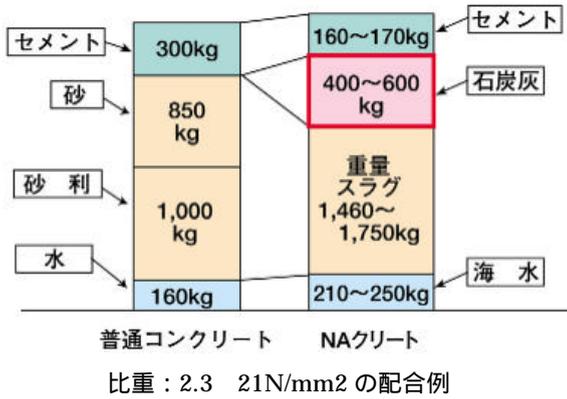


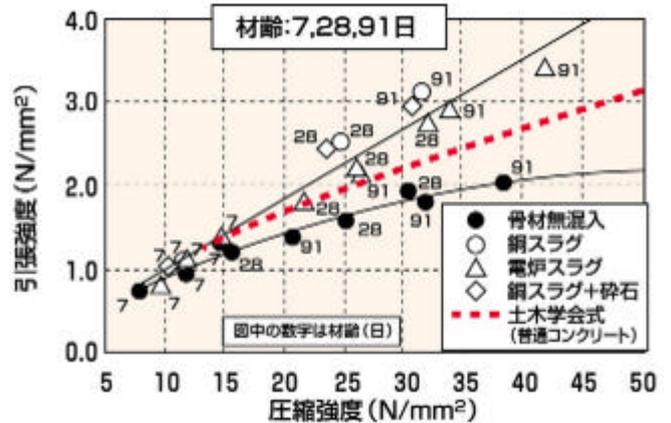
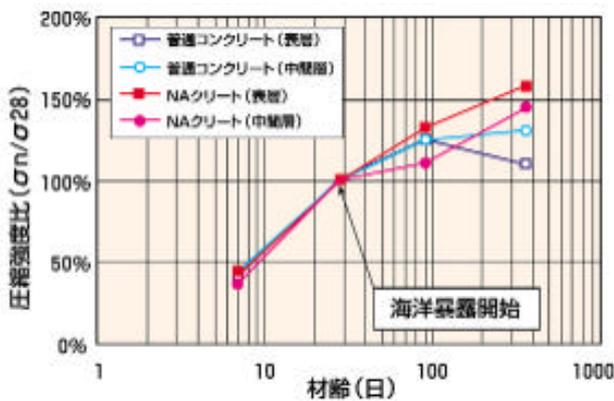
4. リサイクルコンクリート  
- NAクリート -



「特徴」

- 普通コンクリートと比較して長期的に強度増進に優れたコンクリートです。特に海水と接する場所では普通コンクリートが劣化するのに対しNAクリートは更に強度増進する優れた特性を持っています。
- 軽量(1.6)~重量(3.2)コンクリートまで品質を確保したまま、低コストで自在に密度制御できます。
- NAクリートは、骨材容積が少ないコンクリートですので普通コンクリートと比較して柔らかい性質を持っており、衝撃の吸収能力に優れた折損の少ないコンクリートです。
- 骨材容積は少ないですが、破壊形態は普通コンクリートと同等の形態を示します。
- NAクリートの組織構造は、非常に緻密です。このため、引張強度が大きく耐摩耗性に優れたコンクリートです。
- NAクリートは、普通コンクリートと比較して使用するセメント量が少ない上、セメント分に含まれるアルカリ成分と反応する性質を持っていますので、中性に近い環境にやさしいコンクリートです。

強度特性



普通コンクリートと比較して長期的な強度増進が大きく、特に海水によって強度増進するため、海水と接する部分が強度増進するなど海洋コンクリートとして優れた強度特性を持っています。

NAクリートは、普通コンクリート比較して組織構造が緻密ですので、引張強度が優れています。特に材齢の進行に伴い、引張強度が卓越します。

施 工



低スランプ振動締固め打設



シュート打設(ブロック)



ポンプ打設(上部工)  
有スランプ打設

「特許」

- 石炭灰を活用した「硬化体製造方法及び硬化体組成物」
- 焼却灰を主材料としたブロック製造方法
- 型枠の外側に設置するための振動装置
- 振動装置を用いて焼却灰が主材料のブロックを製造する方法

「使用実績」

島根県 漁港事業	: 22,600m <sup>3</sup>
島根県 港湾事業	: 4,700m <sup>3</sup>
島根県 海岸保全事業	: 6,000m <sup>3</sup>
国土交通省港湾事業	: 1,000m <sup>3</sup> 他
合 計	: 45,000m <sup>3</sup>

(資料提供: )



## 骨材に高炉スラグ・石炭灰を用いた FS コンクリート

FS コンクリートは、結合材としてセメント，骨材として高炉スラグ粗骨材・高炉スラグ細骨材・製鋼スラグ細骨材およびフライアッシュを用いた天然材料を一切用いない、産業副産物を有効活用したコンクリートです

用途は、海洋の無筋構造物を対象としたコンクリートとして、上部工および消波ブロックや根固ブロックへの利用ができます。

### 特 性

#### 長期的に強度が増進します

FS コンクリートは、細骨材として混入したフライアッシュのポゾラン反応により、長期にわたり強度が増進し、図1に示すように長期的な強度においては普通コンクリートを上回る性能を有しています。

#### 耐海水性があります

FS コンクリートを港湾海洋構造物に適用した場合を想定して、有筋供試体による海洋環境化暴露試験を実施した結果、図2に示す様にFS コンクリートは耐海水性を有することが確認されました。

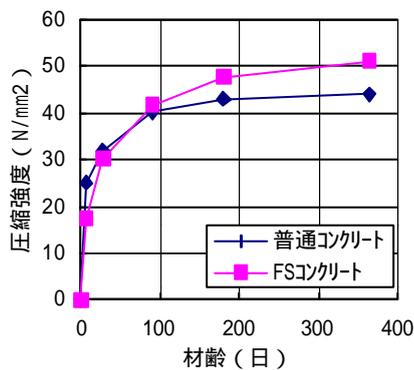


図1 FSコンクリートの圧縮強度

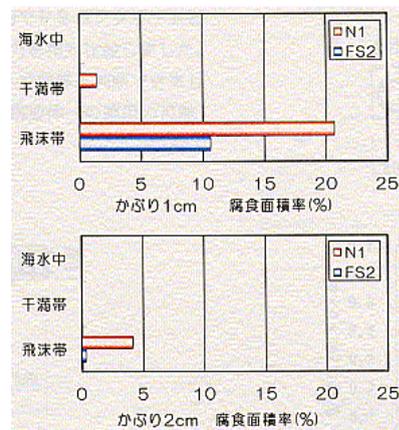


図2 鉄筋腐食試験結果

### 配 合

表1 FS コンクリートの配合例 (  $ck=24N/mm^2$  )

区分	水セメント比 W/C (%)	スランプ SL (cm)	単位量 ( $kg/m^3$ )					混和剤 Ad
			水 W	セメント C	細骨材 S		粗骨材 G 高炉スラグ	
					製鋼スラグ	フライアッシュ		
配合例	69.2	12	173	250	636	221	875	C×0.5%

(資料提供：中部電力)

## 鉄鋼スラグ水和固化体

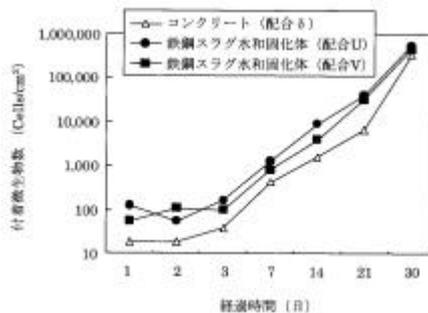
鉄鋼スラグ水和固化体とは、鉄鋼生産の製鋼過程で発生する製鉄スラグと高炉スラグ微粉末を、水とともに練混ぜ、水和反応により固化させたものです。必要に応じて、アルカリ刺激材や、高炉水砕スラグ、フライアッシュなどを添加します。

### 特 徴

1. 材料全量にリサイクル材を使用することが可能な固化体です。
2. 普通コンクリートと同等な強度を得ることができます。
3. 基本的にセメントを用いないので、CO<sub>2</sub>の発生量を低減できます。
4. 天然骨材を一切使用していないので、自然環境の保全に資するものです。
5. アルカリ成分の溶出が少なく、生物必須元素であるFe、Siなどを多く含んでおり、港湾土木材料として使用すると、海藻やフジツボなどの生物の付着が多いという特徴を持っています。

### 主な材料の役割

材料の種類	作用/役割
製鋼スラグ	①Caを放出し、高炉スラグ微粉末に対する刺激材の働きをしている。②フライアッシュのポズラン反応のCa供給源となっている。③骨材としても働く。
高炉スラグ微粉末	①ガラス質であり、刺激材の存在下で水和反応が促進され硬化現象を示す。ここではアルカリ刺激材の存在で結合材として働いている。
高炉水砕スラグ	①細骨材として働く。②ワーカビリティ改善の効果もある。③ガラス質であるが、粒度が粗いので強い硬化現象は示さない。
フライアッシュ	①Ca(OH) <sub>2</sub> とポズラン反応を起こし硬化することから結合材として働く。②固化体のアルカリ溶出性を下げる。③ワーカビリティ改善の効果もある。
刺激材	①高炉スラグ微粉末の硬化反応を助ける。②フライアッシュのポズラン反応を促進する。③Ca(OH) <sub>2</sub> 、CaO、セメント、石灰ダストなど、Ca系が適している。④NaOHは強アルカリであり、作業安全衛生上好ましくない。⑤セッコウ*、水ガラスなどは耐久性や、強度発現についての知見が少なく、対象外とする。(*ここでは10%を超える多量添加をさす)



付着微生物数の経時変化例

### 施工事例



鉄鋼スラグ水和固化体を用いた護岸補強工事完成直後の概観（被覆ブロックに藻類付着）

### 配合例および圧縮強度

配合*	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						圧縮強度 σ <sub>28</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
	水 W	高炉スラグ 微粉末 BP	消石灰 CH	フライ アッシュ (目種) FA	製鋼 スラグ SS	高炉 水砕 スラグ BS	
VP-1	149	372	74	150	1639	106	21.3
VP-2	149	372	74	150	1419	319	19.5
VP-3	167	521	73	27	1390	312	19.5
VP-4	248	620	70	500	480	300	20.1
VP-5	131	109	76	358	1223	543	20.1
VP-6	149	266	74	230	1420	319	18.0
VP-7	149	266	74	230	1198	532	18.7
比較例 (流し込み成形)	262	591	59	98	1369	98	20.5

\*VはVibration(振動)、PはPress(加圧)を表す



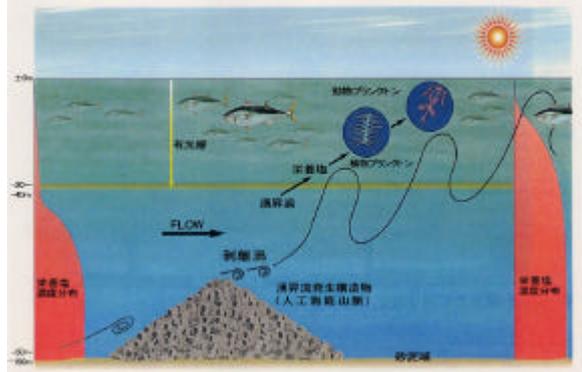
鉄鋼スラグ水和固化体を用いた  
ブロック施工状況  
(資料提供：J-power)

## アッシュクリート

アッシュクリートとは、フライアッシュとセメントを海水で練混ぜて製造する石炭灰硬化体です。アッシュクリートで人工海底山脈を築造し、湧昇流を起こすことにより、魚類を増殖することができます。



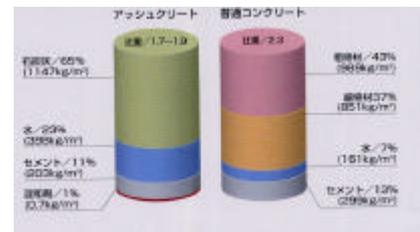
アッシュクリート



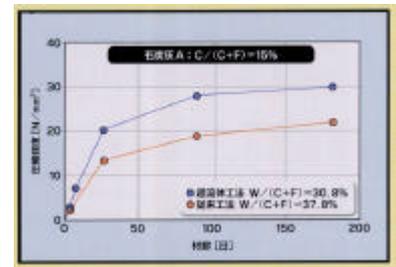
湧昇流発生による食糧増産の仕組み

### 特徴

1. フライアッシュとセメントのみを材料とし、細骨材、粗骨材は使用しません。
2. 最適水粉体比を指標とする最適水粉体比により配合設計を行ない、振動エネルギーを与えながら流体化させたアッシュクリート（超流体）を硬化させて製造します。（超流体化工法）
3. 超流体化工法を用いることにより、同じ配合強度の普通コンクリートに比べ、セメント量を減らすことができます。
4. 長期にわたる強度増加が得られ、とくに海中での強度増加は普通コンクリートより高い数値を示し、耐久性・耐海水性に優れています。
5. 水質汚濁に係る環境基準をクリアし、水産庁監修による「沿岸漁場整備開発事業施設設計指針」において、漁場造成材料としての使用が認められています。



配合比較 [圧縮強度 20N/mm<sup>2</sup>]



超流体化工法と従来工法による強度発現比較

### 実績

(社)マリノフォーラム21が「人工海底山脈による漁場造成実証事業」を実施し、アッシュクリートの有効性が確認されました。

ブロック寸法：1.6m × 1.6m × 1.6m  
3.35m<sup>3</sup>  
ブロック重量：6t  
投入ブロック数：4,860個  
石炭灰使用量：約20,000ton  
人工海底山脈諸元：  
幅 60m 延長 120m  
高さ 12m



練混後状況



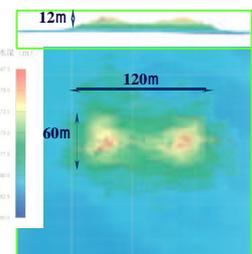
振動状況



超流体完了状況



沈設状況



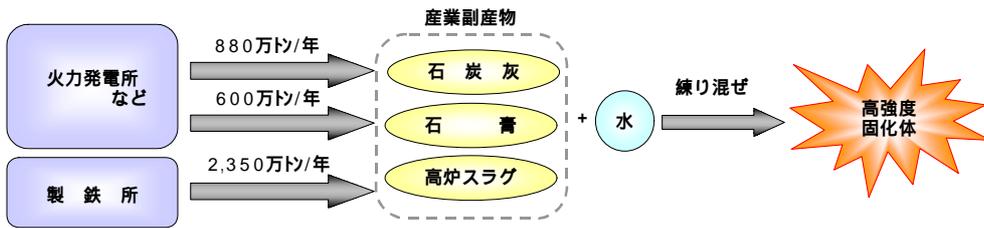
築造された人工海底山脈

(資料提供：J-power)

セメントを使用しない高強度石炭灰固化体  
- F S G 固化体 -

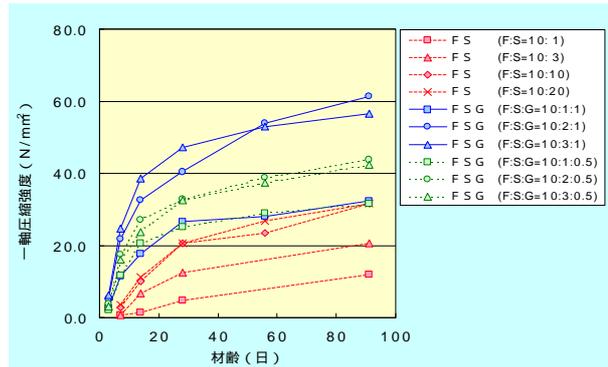
特 徴

- ・ F S G 固化体の原料は、フライアッシュ（ F ）, 高炉スラグ微粉末（ S ）, 二水石膏（ G ）であり、全て産業副産物です。
- ・ 製造は、加水して練り混ぜるだけの簡単な方法で可能です。
- ・ セメントを使用せず、一般のコンクリートに匹敵する強度（材齢91日で40～60N/mm<sup>2</sup>程度）を発現します。
- ・ 原料にセメントを使用せず、全てが産業副産物であり、また焼成や加熱工程も不要であることから、環境負荷の極めて低い材料です。
- ・ 原料のフライアッシュは、pHが高く、比表面積が大きく、強熱減量が低い方が、F S G 固化体は良好な強度発現を示します。
- ・ F S G 固化体の強度発現は、大気中よりも水中において良好であることが明らかになっています。



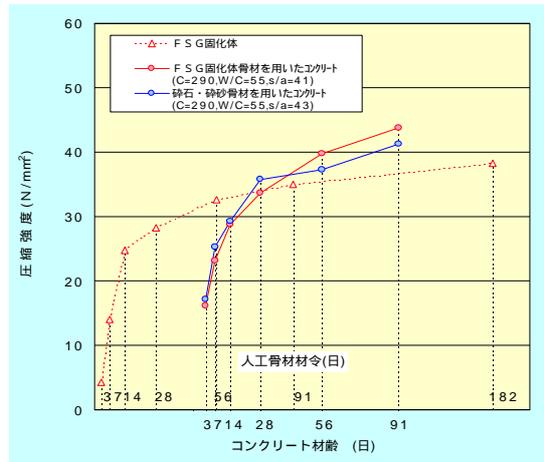
最適配合

- ・ F S 固化体は、F:S=10:1～10:10までは高炉スラグ混合比が高いほど強度が高くなります。
- ・ F S 固化体よりも、高炉スラグ混合比率を下げた少量の石膏を添加した F S G 固化体の方が高強度が得られます。
- ・ F S G 固化体は30～60N/mm<sup>2</sup>のコンクリートなみの高強度が得られます。
- ・ F S G 固化体の最適配合は、強度発現と材料コストの面から、F:S:G=10:2:1程度です。



用途例

- ・ F S G 固化体を破砕、粒度調整して、コンクリート用骨材としての用途について検討した結果、F S G 粗骨材および F S G 細骨材を使用したコンクリートの強度は、砕石・砕砂使用コンクリートと遜色ない強度発現を有しています。
- ・ F S G 固化体は軽量であることから、コンクリート二次製品の骨材として利用すると、運搬コストの低減や現場での施工能率の向上が図られます。
- ・ 水中での良好な強度発現を有する特徴から、水中での使用用途についても検討を行っています。



特 許

出願特許：固化体の製造方法（特願：平11-275908）

（資料提供：四国電力）

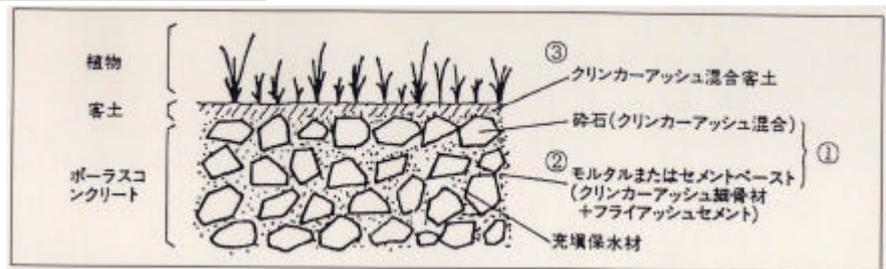
## 緑化コンクリート

緑化コンクリートとは、河川の護岸や、造成地の法面、構造物の壁面などを利用して、その面に芝やツタなどの植物だけでなく、樹木を直接植栽できる特殊なコンクリートです。

### 特 徴

1. 壁面や急勾配法面に草花だけでなく樹木の緑化もできます。
2. 雨水や流水で浸食されにくい植栽基盤をつくることができます。

### 緑化コンクリートの仕組み



緑化コンクリート断面

連続空隙硬化体（コンクリート部）

粗骨材を低アルカリ性・高強度のフライアッシュで固めたもので、連続性のある空隙をもっています。

空隙率は約 25%、圧縮強度は 10～15N/mm<sup>2</sup> です。

保水材

スラリー（泥水）状にしたピートモスやフライアッシュの混合材を、空隙内部に充填しています。

薄層客土

薄層客土は、畑土、腐葉土、化成肥料、固着剤及びクリンカーアッシュなどによって構成され、これに芝などの種子を混合し、連続空隙硬化体表面に圧さ 2～5cm で固着させます。

### 施工事例



試験植栽状況



施工例

施工方法には、生コンプラントで固練りコンクリートを調合・製造し、現場に運搬して現場打ちする方法と、工場でパネル化したものを製作し、現場へ搬送し据え付ける方法があります。

（資料提供：J-power）