

日本温泉科学会第 58 回大会

---

**特別講演 3**

---

**硫黄を活用した耐酸性材料「レコサル」**  
—温泉補修・新設への応用について—

新日本石油(株) 開発部 硫黄利用プロジェクトグループ

太田 義高

**Acid-resistant material “RECO SUL” utilizing sulfur**  
—An application for new construction and/or  
mending of spa facilities—

Yoshitaka OOTA

Sulfur-utilizing group, Research and development dept., Nippon Oil Corporation

**Abstract**

Though cement-concrete (concrete, hereafter) is an economical construction material having long-term durability, erosion problems are recently occurring in concrete materials used in sewerage, acid rivers and spa facilities. To provide for these erosion measures, coating method and seat-lining method have been implemented so that concrete is out of touch with acid materials. On another front, acid-resistant concrete has also been developed.

As an excellent substitute for concrete used in acidic condition, we have developed the modified sulfur-based acid-resistant material “RECO SUL” (Recycled and Ecological material using sulfur). The characteristics of RECO SUL and its application for new construction and/or mending spa facilities are mentioned in this article.

Key words : Modified sulfur, Solidify, Aggregate, Binder, Acid-resistant, Compressive strength

キーワード : 改質硫黄, 固化, 骨材, バインダー, 耐酸性, 圧縮強度

**1. はじめに**

セメントコンクリート（以下、「コンクリート」と記す。）は長期の耐久性を有する経済的な構造材料として多く用いられてきたが、近年、下水道施設や酸性河川、温泉等において酸性水による腐食が大きな問題となってきた。この対策として、コンクリートを酸に接触しないように保護する塗布型ライニング工法やシートライニング工法、また、コンクリート自体の耐酸性を高めて寿命を長くする方法等が導入されてきている。

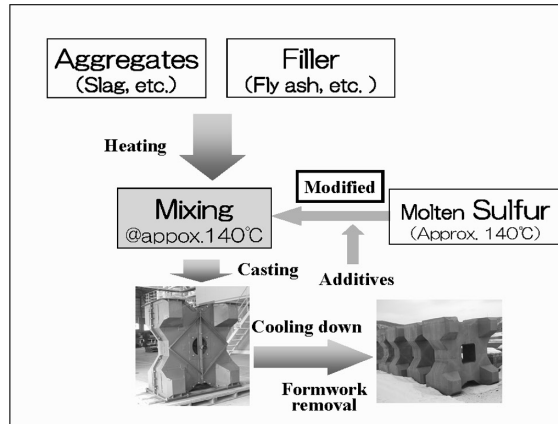


Fig. 1 Production method of RECOSUL

ここでは、コンクリートに代わる新たな材料としてレコサルを紹介すると共に、その耐酸性について述べる。

## 2. レコサルとは

レコサル (RECOSUL) とは、再生 (Recycle)、環境 (Ecology)、硫黄 (Sulfur) からなる造語であり、硫黄に添加剤を加えて製造した「改質硫黄」をバインダーとして用いて骨材を固化するもので、コンクリートに比べて高強度で遮水性に優れ<sup>1)</sup>、使用する骨材を選択することで耐酸性の高い材料ともなる。原材料である硫黄は、国内の石油会社から石油製品の副産物として年間約 200 万トン生産されているが、国内での需要が飽和状態となっていることから、国内での新規用途開発が進められている。レコサルの製造フローを図 1 に示す。

硫黄は、常温では黄色の固体であるが、119～159℃において低粘度の液体（溶融硫黄）となる。溶融硫黄に適量の添加剤を加えて改質した後、珪砂等の骨材と混練して常温まで自然冷却すれば、短時間でレコサルを得ることができる。レコサルは、疎水性が高く酸に強い改質硫黄をバインダーとして使用するため、骨材に耐酸性の高いものを使用した場合、セメントをバインダーとするコンクリートよりも高い耐酸性を持つことが期待される。

表 1 に、レコサルの基礎物性を一般的なコンクリートのものと比較して示す。レコサルはコンクリートより強度が高く、密度や線膨張係数がコンクリートとほぼ同じである。このことはコンクリートの代替だけでなく、コンクリートとの複合を考えた際に、長期的に剥離などの可能性が小さく、有利な性状と考えられる。遮水性が非常に高いことも、酸性物質の内部への拡散を防止することから下水環境への利用には大きな利点である。

## 3. レコサルの耐酸性

### (1) 耐硫酸性

レコサルの耐硫酸性試験の結果を以下に示す。

#### ① 試験状況

Table 1 Basic characteristics of acid-resistant RECOSUL

	RECOSUL	Concrete (28days age)	Remarks
Composition (wt%)	Modified sulfur (21) Silica sand (69) Fly ash (10)	Water-cement ratio : 46%	
Density (g/cm <sup>3</sup> )	2.3	2.3	
Void (vol%)	—	4 (air volume)	
Compressive (N/mm <sup>2</sup> ) strength	54.9	35	JIS A 1108 (φ50 mm)
Flexural (N/mm <sup>2</sup> ) strength	10.1	6	JIS A 1106 (100×100×400 mm)
Tensile strength (N/mm <sup>2</sup> )	4.38	3	JIS A 1113 (φ100 mm)
Expansion factor (K <sup>-1</sup> )	18.0×10 <sup>-6</sup>	10~20×10 <sup>-6</sup>	JIS A 1325 (-10~60°C)
Water coefficient absorption (wt%)	<0.1	9	
Water (cm <sup>2</sup> /sec) permeability	0.00×10 <sup>-5</sup>	1.33×10 <sup>-5</sup>	Permeability test for concrete Imput method (0.5 MPa)

Table 2 Weight transition of RECOSUL specimens during dipping in acid solution Dipped in 5wt% sulfuric acid(for 30days)Dipped in 10 wt% sulfuric acid(for 60days)

Specimen No.	Weight (g)		Weight transition g (wt%)	Specimen No.	Weight (g)		Weight transition g (wt%)
	Before dipping	After dipping			Before dipping	After dipping	
No. 1	1501.8	1505.2	3.4 (0.23)	No. 1	1451.8	1459.9	8.1 (0.56%)
No. 2	1449.2	1452.0	2.8 (0.19)	No. 2	1447.8	1455.5	7.7 (0.53%)
Transition ratio (wt%)		0.22		Transition ratio (wt%)		0.55%	

浸漬溶液：5% 硫酸溶液，および 10% 硫酸溶液

浸漬方法：濃度を調整した溶液（1.5 リットル）の入った容器に供試体（円柱供試体（7.5 cmφ ×15 cmH），2 本ずつ）を浸漬

浸漬期間：5%硫酸溶液浸漬 30 日，10% 硫酸溶液浸漬 60 日

## ② 試験結果

5% 硫酸に浸漬（30 日）した結果，外観上の変化は見られず，また供試体の重量の変化もほとんどなかった（表 2）。浸漬後に供試体を引き揚げ，切断して断面に酸性化確認試薬を付着させたが変色せず，供試体内部は全く酸性化していないことが分かった<sup>3)</sup>。

10% 硫酸浸漬試験（60 日）においても，膨れ，割れ，軟化等は見られず，外観上の変化はない。また，浸漬前後の重量変化もほとんどない。

下水環境での材料の基準である東京都下水道局の断面修復材の要求性能指標<sup>2)</sup>では，密度特性（浸透拡散抵抗性）として 5% 硫酸浸漬（28 日）の浸透深さが 3 mm 以内，また耐環境性（耐硫酸性）として 5% 硫酸浸漬（28 日）で重量変化率が±10% 以内（補修用モルタル）等と記載されているが，レコサールの耐硫酸性は（材料が異なるため呈色判定試験方法が異なるが）これらの指標を十分ク

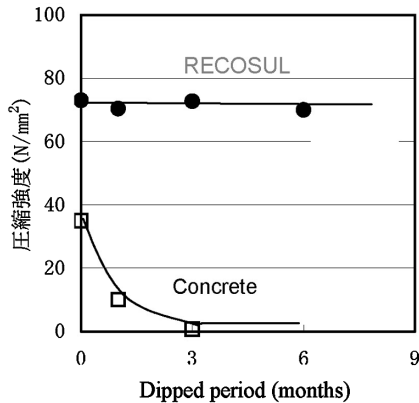


Fig. 2 Compressive strength transition during dipping in 10 wt% hydrochloric acid solution (JSTM C 7401)

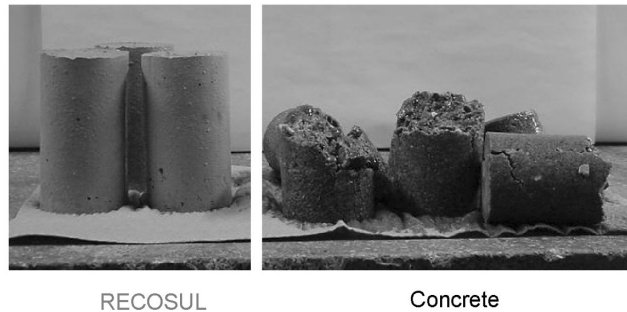


Fig. 3 Dipped specimens after 6 months

リアしていると言える。

以上のように耐酸性の高い硫黄をバインダーに用いたレコサルは、硫酸に対して非常に高い耐性を持つ。このことにより、耐硫酸性材料が求められている下水道環境や酸性河川、温泉地等への適用が期待される。

#### (2) 耐塩酸性 (コンクリートとの比較)

さらにレコサルの耐酸性を確認するため、コンクリートの耐薬品性試験として記載される「溶液浸漬によるコンクリートの耐薬品性試験 (JSTM C 7401)」に従い、塩酸による浸漬試験も行った。

レコサルおよびコンクリートの試験体 (5 cmΦ×10 cmH) 全体を 10 重量%の塩酸水溶液に浸漬し、圧縮強度の経時変化を調査した (図 2)。レコサルは試験終了の 6 ヶ月後まで強度低下はほとんどなく、外観変化も見られなかった。一方、コンクリートは 3 ヶ月で圧縮強度はほぼゼロとなり、6 ヶ月では試験体形状を保持していなかった (図 3)。吸水率の低いレコサルは表面からの塩酸侵入が困難で、かつ配合した硫黄自体の耐酸特性により、コンクリートよりも高い耐酸性を呈したものと考えられる。

### 4. 試験施工

#### (1) 下水環境

レコサルの下水処理施設への適用に向けては、東京都下水道局の水再生センター (処理場) における予備試験にてコンクリートよりはるかに高い耐酸性を確認し、平成 15 年度より同局および (株)大林組とのノウハウ+フィールド提供型共同研究を通じて、実際の水再生センターに施工したレコサル製汚泥返水柵の暴露試験を行っている。また、現場での施工方法の検討も併せて行っている。

#### (2) 温泉環境

強酸性の別府、箱根、草津、蔵王、酸ヶ湯の各温泉にてレコサルの耐酸試験を実施し、さらに

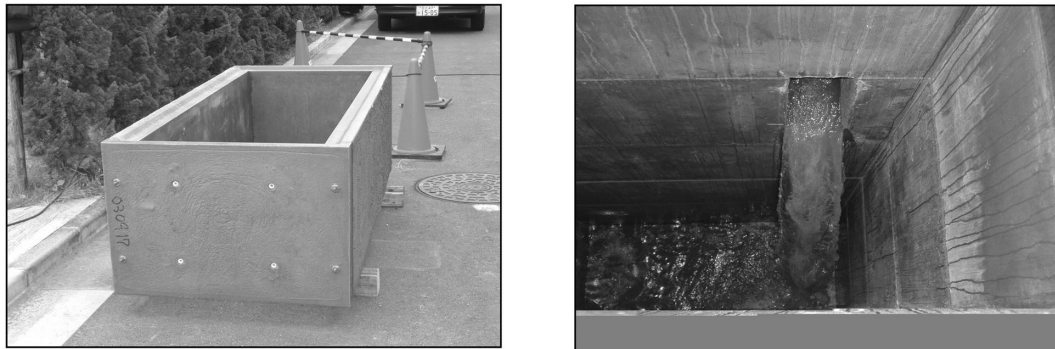
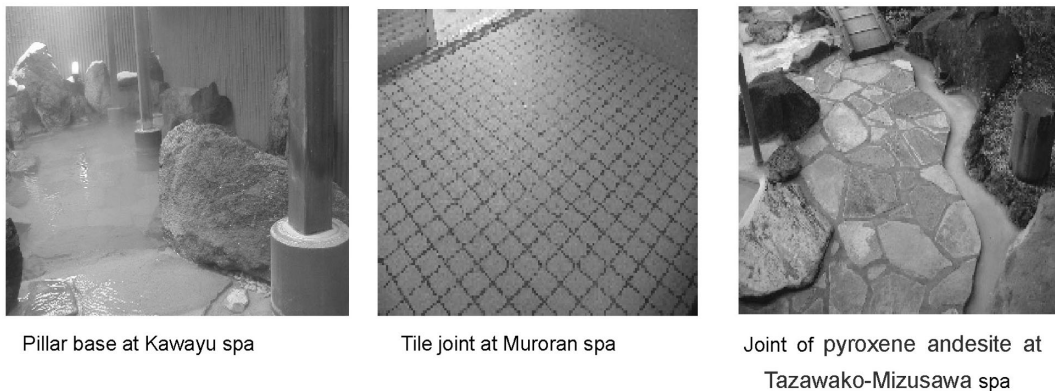


Fig. 4 An example of construction at Shingashi water reclamation center of Tokyo bureau of sewage (Replacement of the sewage return box)



Pillar base at Kawayu spa

Tile joint at Muroan spa

Joint of pyroxene andesite at Tazawako-Mizusawa spa

Fig. 5 Examples of practice in spa facilities

田沢湖水沢、洞爺湖、登別、川湯の各温泉では試験施工を実施したが、施工後経過時間の一番長い川湯温泉露天風呂（図5左端）では2年経った現在でもまったく変化はない。また、知床ウトロ温泉のようにナトリウム泉・塩化物泉においてもレコサールの特性である耐磨耗性が発揮され目地の劣化を防ぐことができることが分かった。

## 5. おわりに

レコサールはコンクリートとは異なり、バインダーと骨材が本質的に酸の攻撃を受けない材料で製造されているため、高い耐酸性を持っている。温泉材料や下水道材料に要求される性状としては、耐酸性の他に、強度、無収縮性、接着安定性、施工性等がある<sup>2)</sup>が、レコサールは、施工性を除き、コンクリートとほぼ同等の性能のため、酸性環境での活用が大いに期待できる材料と言える。

## 文 献

- 1) 秋山正成 (2003) : 鉄鋼スラグ・石炭灰等を用いたレコサールの開発, 環境管理, **39** (3), 31-37.
- 2) 東京都下水道局施設管理部 : コンクリート改修技術マニュアル 処理施設編 (平成 15 年 3 月)
- 3) 秋山ら (2003) : 新しい耐酸性材料「硫黄固化体」, 工業材料, **52** (5).