

## 概要

工事名称：名古屋港東海元浜北公有水面埋立事業  
 工期：2011年9月5日～2014年4月30日  
 発注者：新日本製鉄株式会社（現・日本製鉄株式会社）  
 施工者：五洋・東亜・東洋・若築特定建設工事共同企業体  
 施工場所：愛知県東海市東海町5丁目地先公有水面  
 主な工事内容：埋立工事、浚渫工事、護岸工事、外構工事等

受賞：第19回国土技術開発賞入賞

特許・技術評価：NETIS登録 CKB-150001-A、環境省  
 環境技術実証事業 090-0901、漁場環境修復技術基本  
 認定（一社）全国水産技術者協会第26001号



## 名古屋港東海元浜北公有水面埋立事業 カルシア改質土で初の大規模埋立 改質材・浚渫土混合の最適な方式を模索

製鉄所の副産物である製鋼スラグ。これを原料とするカルシア改質材と浚渫土を混ぜ合わせ、強度を高めたのがカルシア改質土だ。名古屋港の東海元浜北公有水面埋立事業では、この改質土を利用し8万5100㎡の大規模埋立に挑戦した。課題は、改質材と浚渫土の混合方式。改質土として所定の強度を確保しながら一定の施工能力を上げられる方式を模索した。

「そんなことが信じられるか」――。長年カルシア改質材の研究に携わり、五洋建設で顧問を務める中川雅夫は、はなから疑ってかかっていた。現場ではカルシア改質材と浚渫土をベルトコンベアから落として混ぜ合わせる、落下混合方式の検証が行われていた。

製鋼スラグを原料とするカルシア改質材と浚渫土を混ぜ合わせると、強度が出る。カルシア改質土である。海上土木の世界では、浅場や藻場などの造成で試験的に用いられていた。

通常は、カルシア改質材と浚渫土は土運船内でバックホウを用いて混ぜ合わせる。所定の強度を

出すには均等に混ぜ合わせる必要があり、そのためには60～90分の時間がかかるのがこれまでの共通認識だった。

「それが2～3度落としただけで混ざる？」。中川はそこが信じられなかった。2013年のことだ。

当時、中川は新日本製鉄株式会社（現・日本製鉄株式会社）で鉄鋼スラグの活用に携わっていた。製鉄所の副産物である鉄鋼スラグの利用先の開拓である。その一つが、カルシア改質土の埋立材としての利用だ。中川は、この現場である名古屋港の東海元浜北公有水面埋立事業には、発注者の立場で関わっていた。

### Nagoya Port Tokai Motohama North Public Waters Reclamation Project

名古屋港東海元浜北  
 公有水面埋立事業



東海元浜ふ頭と新宝ふ頭の間に残る海面の一部を埋立てるほか、東海元浜ふ頭の沿岸3カ所を浚渫する事業。東地区は内陸側と、西地区は東海元浜ふ頭側と地続きになり、対岸とは連絡橋で結ばれる



となった体制を構築し、8万5100㎡の埋立地を新技術で造成する事業を開始した。陸側の東地区1万5200㎡の埋立に続き、海側に続く西地区6万9900㎡の埋立を進める中で、カルシア改質土を生み出す方式として落下混合方式を確立し、西地区の埋立を無事に終えたのである。

この埋立工事は当初から挑戦の連続だった。カルシア改質土を埋立柱として本格的に利用するのは初めてのこと。所定の強度を確保しながら大規模・急速施工が可能な技術の確立が求められた。浚渫土は現場近くの浚渫工事で調達する計画である。

カルシア改質材と浚渫土を混ぜ合わせる方法としてまず採用したのは、管中混合方式だ。もともとは、浚渫土を空気圧送する中に固化材を加え、管内で生じる乱流効果で混ぜ合わせ、固化処理土を生み出すためのものだ。「大規模・急速施工で実績を上げていた方式のため、採用を決めた」。船舶機械部にてカルシア改質土混合技術の開発を担当した松本歩は振り返る。

ただ、カルシア改質材は固化材に比べ硬く、重い。同じように圧送・混合できるとは限らない。

そこで発注者の協力を得て、製鉄所内で実物の8分の1の模型を組み、実験を通してその検証を試みた。その結果、固化材に比べ管内の圧力はやや上がり気味になるものの、圧送も混合も可能という結論に達する。

### ◎大規模・急速施工を可能とする技術確立へ

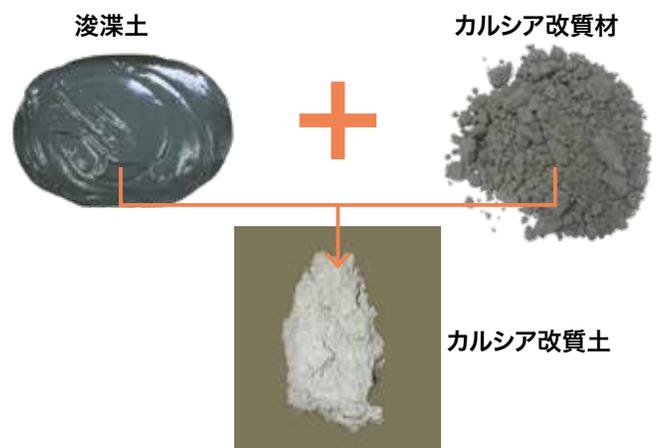
新日本製鉄名古屋製鉄所では、土地拡張、泊地浚渫とスラグの利用促進という課題を解決するために、北側の公有水面埋立を計画していたが、民間での埋立という壁があった。当社では、計画段階から本事業に参画し、名古屋支店調査役の石谷俊彦(元・名古屋港管理組合)が公共性を強く打ち出すことを提案。災害発生時は緊急物資輸送拠点として造成地を機能させることを計画に盛り込み、無事に公有水面埋立の免許取得に至った。

また、カルシア改質土の環境面での懸念を払しょくするために種々の実験工事を実施するなど、当時名古屋支店長であった代表取締役社長の清水琢三の強いリーダーシップの下、発注者と受注者が一体

## TEC 01 | カルシア改質土

### カルシア改質材と浚渫土の混合で強度発現

製鉄所の副産物である製鋼スラグを原料とするカルシア改質材を浚渫土に混ぜ合わせると、スラグ中のカルシウムと浚渫土中のシリカやアルミナが水和反応を示し、強度を発現する。カルシア改質土はその特性を生かしたものだ。この事業で埋立に初めて利用されるまでは、浅場や藻場を築造するときに利用されてきた。製鋼スラグそのものは水中のpHを上昇させる性質を持つが、カルシア改質土は難透水性の浚渫土がスラグを包み込むとともに、水和反応でカルシウムイオンが消費されるため、pH上昇は抑制される。





西地区は東地区より広範囲に及ぶため、東地区で用いた定置式の減勢サイクロンでは対応できない。そこで、写真のようなサイクロン台船を製造し、同時に製造したウインチ台船と護岸に設置した滑車を用いて移動させながら、カルシア改質土を打設した



落下混合方式では、ベルトコンベアで運ばれてきたカルシア改質材と浚渫土を落下させることで混ぜ合わせる。それぞれ同じ地点に落ちるようにチェーンで制御したうえで、できるだけ大きな衝撃が加わるように落下地点には傾斜板を設置している

## カルシア改質土による大規模埋立の可能性を開く

### ◎歩いてみて、「これなら何とかなる」

2012年4月、まず東地区で試験的な意味合いを込めながら管中混合方式による施工に踏み切った。西地区の海上に空気圧送船を配置し、そこに搭載されているバックホウ1台で土運船から浚渫土をすくい取り、そこにカルシア改質材を加える。そのバケット内で浚渫土75に対して改質材25の体積比になるようにオペレーターに指示し、所定の強度の確保に努めた。

空気圧送管の出口には200m<sup>3</sup>ほどの貯泥槽を設け、そこに溜まったカルシア改質土を、いざというときはバックホウで混ぜ合わせることができる態勢を整えた。改質土はそこから3方向に二次圧送し、打設地点に送っていった。

カルシア改質土の強度発生には、2～3日、低温の場合1週間程度は必要だ。模型実験では成功していたものの所定の強度を確保できるのか、不安が残っていた。工事所長を務めた名古屋支店の今村正が埋立てた場所を歩いてみると、感触は悪くない。「これなら何とかなる」。胸をなで下ろした。

2012年5月、東地区の埋立が無事に終わる。カルシア改質土が埋立柱材として利用できることが明確に裏付けられた一方で、西地区の埋立に向け課題も明らかになってきた。

一つは、施工能力である。東地区では1日当たり2000m<sup>3</sup>を目標に掲げ、それを達成してきた。これに対して西地区では、規模と工期との関係から、倍の能力が求められる。

それだけの施工能力を確保するには、空気圧送船の能力を100%引き出すしかなく、空気圧送船に搭載されているバックホウ2台をフル稼働させた。また、効率良く埋立造成するため二次圧送をやめ、サイクロン台船を製作して、任意の位置に造成できるよう工夫をした。

2013年3月、西地区で同じ管中混合方式による埋立が始まった。カルシア改質材と浚渫土はバック

ホウ2台で別々に空気圧送管に投入する。東地区同様、所定の強度を確保するためには、必要な配合割合は守らなければならない。詳細設計および現場管理を担当した土木本部土木部の渋谷貴志は「計算値との差を見ながら、『スラッグの切り出しタイムを1秒早くしよう』『今日のバランスは良かった』などオペレーターらとの微調整を重ね、施工精度を高めていった」と明かす。

### ◎落下混合で摩耗や加水の課題を克服

もう一つの課題は、摩耗である。空気圧送管は厚さ10mm以上の鋼管を用いるものの、カルシア改質材には鉄分が含まれるため、管が摩耗する。週に1度、肉厚を検査するが、全ての箇所は検査し切れない。摩耗が進めば、圧力を受けた改質材がそこを突き破りかねない。

「船を壊す気か!」。大きな破裂音とともに空気圧送管にこぶし大の穴が開いたときには、船長も思わず声を荒らげた。圧送中の浚渫土が管内から噴き出し、船内は泥まみれだ。補修するにしても交換するにしても、作業は中断。何度も続くようでは、工期に遅れを生じさせる。

摩耗は、西地区の埋立を始める段階ですでに懸案事項の一つだった。さらに、加水の問題も対応が求められた。加水とは、空気圧送船内の設備を保護し圧送空気を漏れにくくする目的で圧送管に水を加えること。カルシア改質土の量はそれによって10～15%水増しされる。逆に言えば、処分できる浚渫土の量はそれだけ少なくなり、浚渫工事にとっては好ましくない。

冒頭に紹介した落下混合方式は、そうした事情から西地区の埋立と並行して可能性を探ってきたものである。この方式で用いる作業船は揚土装置としてベルトコンベアを搭載するリクレーマ船。特殊な能力を持つ空気圧送船に比べ損料を低く抑えることができるため、コスト面でもメリットが見込める。



カルシア改質土の打設には重ダンプも利用。ベルトコンベア下の貯泥槽に溜まった改質土を積み込み、打設地点まで運搬し、流し入れていった。そこでもダンプアップによる落差2mの落下が生じるため、混合効果はさらに高まることになる



カルシア改質材と浚渫土がベルトコンベアから落ちる瞬間。改質材は慣性でそのまま前方に、浚渫土はその粘りから下方に落ちやすく、落下地点がずれやすい。それでは落下による混合効果が期待できないため、チェーンを用いて流れを1つに整えている

今村から相談を持ち掛けられたのは、技術研究所に在籍していた環境事業部の田中裕一だ。「理論上は可能性を感じていた。落下の高さや回数がカルシア改質土の強度にどう影響するかを説明するとき、セメント固化処理に関する論文に示されていた『衝突運動量』の考え方が使えそうだった」。

リクレーマ船を保有する専門工事会社での予備実験を経て、埋立を終えた東地区で足場を組み、実物大の実験を重ねた。落下混合ではその高さが決め手になることが明らかになっていた。実験段階では落差2m。その条件で所定の強度を確保できるかが問われていた。

#### ◎今後の展開へ、落下混合の専用船を

この実験で強度面の確認は得られた。施工時は、ベルトコンベアの乗り継ぎ部で落差2.5m、ベルトコンベアから貯泥槽まで落差10m、貯泥槽から重ダンプで運搬後、ダンプアップによって落差2mの落下が見込める。当初はこの工法に懐疑的だった中川も、「本当に混ざる」と落下混合の実効性を認めるようになった。

2013年7月、西地区の埋立は落下混合方式に切り替わる。混合をより確実なものにするため、落下部分には2つの工夫を施した。

1つ目は、チェーンによる整流だ。ベルトコンベア上では浚渫土の上にカルシア改質材が載せられて流れてくる。そのまま落とすと、粘りのある浚渫土は真下に落ち、改質材は慣性の働きで前に飛び出す。落下地点が異なると、うまく混ざり合わない。そこで、浚渫土や改質材がベルトコンベアから離れるところにチェーンを垂らし、この2つが同じ地点に落ちるように流れを整えた。

もう一つは、傾斜板による衝撃である。貯泥槽に溜まるカルシア改質土は強度を発現する前のため、まだ軟らかい。浚渫土やカルシア改質材がそこに落ちても、衝撃が吸収されてしまう。そこで、貯泥槽に落ちる手前に傾斜板を配置し、そこに当ててより大きな衝撃を与えられるようにした。

2014年7月、埋立を中心とする全ての工事が終了した。発注者にとっては、野積み場を生み出せたうえ、製鋼スラグと浚渫土の活用を図ることができた。また地元の東海市にとっては、震災時の緊急物資輸送拠点を確保できた。臨海部には民間企業が立地し公共岸壁を持たない市にとっても、意義深い事業だった。

その後、当社と関門港湾建設株式会社は2021年に共同で落下混合方式の専用船「オーシャン3号」を建造した。今後は、カルシア改質土を用いた埋立などの工事に、この専用船を活用していく方針だ。

## TEC 02 | 落下混合方式

### 落下による衝撃で改質材と浚渫土を混合



衝突運動量を与えることによって、ベルトコンベアで搬送するカルシア改質材と浚渫土を混ぜ合わせる方式。この現場では、ベルトコンベア乗り継ぎ部で落差2.5mの落下、ベルトコンベアから貯泥槽に入るときにその手前に配置した傾斜板で落差10mの落下による衝撃が加わる。現場条件によっては貯泥槽のカルシア改質土は重ダンプで打設地点に運搬し、そこに流し入れ

る。そこでまた、ダンプアップ時に落差2mの落下が加わり、さらに混ぜ合わされる。管中混合方式と違って加水の必要がないため、浚渫土の配合割合を同方式で混合するときと比べ大きくしても所定の強度を確保できるというメリットがある。半面、ベルトコンベアのアウトリーチが60mのため、船団の配置は岸壁や護岸の近くに限定される。