

道路政策の質の向上に資する技術研究開発

【研究状況報告書（1年目の研究対象）】

①研究代表者	氏名（ふりがな）		所属		役職
	大竹淑恵		国立研究開発法人理化学研究所		チームリーダー
②研究テーマ	名称	中性子によるコンクリート塩分濃度非破壊検査の技術研究開発			
	政策領域	[主領域] 領域8 道路資産の保全 [副領域]	公募タイプ	タイプII	
③研究経費（単位：万円） <small>※R2は受託額、R3以降は計画額を記入。端数切捨。</small>	令和2年度	令和3年度	令和4年度	総合計	
	2549万円	3400万円	3000万円	8949万円	
④研究者氏名	（研究代表者以外の主な研究者の氏名、所属・役職を記入。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。）				
氏名	所属・役職				
高村正人	国立研究開発法人理化学研究所・上級研究員				
若林泰生	国立研究開発法人理化学研究所・研究員				
Yan Mingfei	国立研究開発法人理化学研究所・特別研究員（本課題雇用）				
大石龍太郎	オリエンタル白石(株)・取締役執行役員				
渡瀬博	オリエンタル白石(株)・技術研究所長				
⑤研究の目的・目標	（提案書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入。）				
<p>橋梁など多くのインフラコンクリート構造物が、沿岸からの海風や山間部で散布される凍結抑制剤に含まれる塩分の浸透により鉄筋が腐食する塩害を受けており、海外で甚大な被害をもたらしている落橋などの重大事故が日本でも懸念されている。そのため、鉄筋腐食に直接結びつくコンクリート中の塩分濃度を、鋼材腐食開始塩分濃度1.2kg/m^3といった必要な精度で計測することは極めて重要であるが、従来のコア採取法やドリル粉採取では、構造物を傷める、採取箇所に制限がある、その場で分析出来ないなど問題点がある。本研究では、それらを解消すべく、カリフォルニウム中性子線源(Cf線源)、および、中性子誘導ガンマ線元素分析を利用した、非破壊でその場で塩分濃度を定量評価可能な、ポータブル(橋梁点検車両に搭載可能な)中性子塩分濃度計の開発を目的とする。本研究期間内(R2~R4)では、実橋梁に対して、3.75MBq以下のCf線源を使用し、表面から深さ7cmにおいて塩分濃度$1.0\pm 0.2\text{kg/m}^3$を1時間で検出可能な、中性子ポータブル塩分濃度計の実現を目標とする。</p>					

⑥これまでの研究経過

<R2年度の研究目標の達成状況とその根拠（データ等）>

R2年度 研究項目	R2年度 研究達成目標	達成状況
(1)中性子ポータブル塩分計の試作	①室内用試作機的设计・組立 ②試作機を用いた検証実験、性能評価	◎(R2.12月末までに達成済) ○(R2年度末までに達成見込)
(2)Cf線源およびアンチコンプトンシールド法の開発	①S/N比高度化(アンチコンプトンシールド法)の確立 ②放射線拡散抑制システム構築(線源遮蔽設計など) ③①・②に基づいた計測機器小型化に向けたシステム設計 ④スペクトル分析手法の確立	○ ◎ ◎ ○
(3)塩分濃度分解能の検証	①試作機によるデータ取得、性能評価、目標値設定 ②計測技術の実用性や解析技術などの検証	◎ ○

最終審査時におけるコメント※への対応：最終コメント※[実用化を見据え技術開発を進める上では、道路管理者と開発者が意見交換を行いながら実施することが望ましい。]

対応：道路管理者等との意見交換を実施：東北地整 道路部、東北技術事務所→月1回程度

国総研 道路構造物研究部、本省 国道・技術課 技術企画室→3~4ヶ月に1回程度

内容：点検支援技術性能カタログ(以下、カタログ)掲載に向けた検討、研究期間内における数値目標値や条件設定、東北地整の橋梁点検車を利用した点検現場の見学及び積載実証等。

<数値目標ならびに条件設定>中性子源：3.75MBq以下のCf線源。装置サイズ・重量：サイズ100x80cm²・重量100kg以内(橋梁点検車のポケット搭載条件)。機能：桁下面までのリフトアップ(～180cm)を有する。

数値目標：かぶり7cmにおいて塩分濃度1.0±0.2kg/m³を1時間で検出。

以下、研究達成目標：達成状況：根拠の順に記載

[(1)ー①]：◎：条件設定をもとに塩分計モックを設計し、実際の塩分計で予想される重量(100kg以内)とサイズ(70x80cm²)、リフトアップ機能(～180cm)を持って組立てた。

[(1)ー②]：○：福島ロボットテストフィールドでの橋梁点検車(バケット式、歩廊式の2種)への塩分計モック搭載テストを行い、サイズ・重さのクリアの確認、バケット内100V電源からのノイズはアーム移動時のみ発生する事を確認した。また、(2)ー①～③で設計・検証した機器を基に試作機を製作し、性能検証を行う。

[(2)ー①]：○：S/N比向上とガンマ線遮蔽能強化が同時に可能な(数百ナノ秒信号検出時間を利用したアンチコンプトンシールド法を用いた)アンチコインシデンスセンサー[BGOシンチレータ(以下、BGO)1本+相対効率10%Ge検出器(以下、10%Ge検出器)]を設計・試作し、動作テストを行い、S/N比向上を確認した。また、S/N比高度化の確立へ向け、BGOの本数を増やしたアンチコインシデンスセンサー[BGO16本+10%Ge検出器]の動作テストを行い、S/N比向上および遮蔽効果の検証を行う。

[(2)ー②]：◎：放射線輸送シミュレーションによる数値計算から、小型化に向けた線源遮蔽設計を行った。

[(2)ー③]：◎：(2)ー①および②の検証や設計に基づき、計測機器(アンチコインシデンスセンサーに必要な信号読出回路、データ取得装置など)の小型化に向けたシステム設計を行った。

[(2)ー④]：○：Cf線源および10%Ge検出器を用いて、スペクトル分析手法+塩分濃度導出手法の検証を行う。

[(3)ー①]：◎：Cf線源+10%Ge検出器による塩分検出感度の検証を行った(塩分濃度3.0kg/m³、深さ6cmまで、1.5時間、精度20%)。本検証結果をもとに、ハイスpekクな相対効率50%Ge検出器の導入等により、数値目標を達成可能であることを得た。

[(3)ー②]：○：R2年度で用いた計測・解析技術に関して実用化への検討を行い、R3年度の開発内容を決める。

<研究の目的・目標からみた研究計画、実施方法、体制の妥当性>

放射線輸送シミュレーションと実験、コンクリート供試体を用いた結果から、目標値の検証および達成へ向けた試験が行っている。ニュートロン次世代システム技術研究組合(国交省許認可)を立ち上げ、検査技術の実用化に向けて協力して研究開発を進めている。

⑦特記事項

<研究で得られた知見、成果、学内外等へのインパクト等、特記すべき事項>

①検証予定の塩分濃度測定手法の特許出願@R3.6項を予定 ②国際会議UCANSweb2020で口頭発表(オンライン開催@R2.12) ③道路管理者との意見交換による塩分計の研究期間内(～R4年度)の目標値設定

④橋梁点検車見学、および、福島ロボットテストフィールドの屋外試験橋梁での塩分計搭載テストにより、今後塩分計を開発するにあたり解決すべき点(近づけられる距離、振動など)が明確になった。

<研究の見通しや進捗についての自己評価>

・道路管理者との意見交換、共同研究者等との研究連携により、塩分計実用化達成へ向けた試験・検討が行えており、最終的な目標達成に向けて着実に進んでいる。