

令和 5 年 5 月 20 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02222

研究課題名（和文）LiNO₂の役割の詳細分析によるASRと鋼材腐食抑制機構の解明と維持管理への展開研究課題名（英文）Studying on mitigation mechanism of LiNO₂ on ASR and reinforcement corrosion and its structural application

研究代表者

李 春鶴 (LI, CHUNHE)

宮崎大学・工学部・准教授

研究者番号：80431724

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,700,000円

研究成果の概要（和文）：ASRおよび鋼材腐食抑制に関する研究ほとんどが微視的検討を行わず、経験則によりリチウムイオンがASR抑制の主要因、亜硝酸イオンが鋼材不動態被膜再生の主要因と認識されているが、使用した材料の特殊性、劣化程度および外部環境作用などの複雑な複合要因に対する対応が難しく、亜硝酸リチウムの使用量を安全側に一定化している。本研究では、亜硝酸リチウムのASRと鋼材腐食抑制メカニズムの解明について検討を行った。具体的には、溶液浸漬検討、供試体における促進実験などを通じて、ASRのメカニズム解明、および亜硝酸リチウムによるASRおよび鋼材腐食抑制メカニズムを解明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

コンクリート構造物の主な劣化現象となるASRと鋼材腐食のメカニズムの解明と亜硝酸リチウム使用による上記劣化現象の抑制メカニズムを解明した。その結果、ASRおよび鋼材腐食を受けたコンクリート構造物の補修問題において理論的な根拠を提供し、より経済的によりの確に構造物の長寿命化が可能となった。

研究成果の概要（英文）：In this study, we investigated the ASR of lithium nitrite and the elucidation of the steel corrosion inhibition mechanism. Specifically, the mechanism of ASR was clarified, and the mechanism of ASR and steel corrosion inhibition by lithium nitrite was elucidated through solution immersion studies and accelerated experiments on specimens.

研究分野：コンクリート工学

キーワード：亜硝酸リチウム ASR 鉄筋腐食 反応性シリカ 酸化反応 複合劣化

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

申請者をはじめ、コンクリートの耐久性の文脈のもとでASRや鋼材腐食による生成物の膨張劣化とその抑制対策を論じる多くの研究がある。例えば、亜硝酸リチウムの表面含浸あるいは圧入工法によるASRおよび鋼材腐食の抑制効果についての実験的な研究および事例が報告されている。しかしながら、ほとんどが微視的検討を行わず、経験則によりリチウムイオンがASR抑制の主要因、亜硝酸イオンが鋼材不働態被膜再生の主要因と認識されているが、使用した材料の特殊性、劣化程度および外部環境作用などの複雑な複合要因に対する対応が難しく、亜硝酸リチウムの使用量を安全側に一定化している現状は、コストや将来のリスク予測に課題が多く残っていることで、更なる展開を妨げる面もある。

2. 研究の目的

本研究は、ASRと鋼材腐食の二つの劣化事象がともにかつ有効に治癒できる亜硝酸リチウムによる抑制メカニズムを解明するとともに、完治から次の更新期までその効果を適切にモニタリング・評価できる手法を開発することで、コンクリート構造物の維持管理へ積極的に展開することを目的とする。

3. 研究の方法

亜硝酸リチウムの添加によって新たなASR生成物の形成が抑制されるか否かについては、2つの検討を行った。まず、亜硝酸リチウムの存在下でASRの発生要因である反応性骨材から溶出するシリカ量に与える影響を検討し、次は、十分なASR発生可能環境において亜硝酸リチウムがASR生成物の形成に与える影響を検討した。

亜硝酸リチウムの添加による鋼材腐食抑制メカニズムについては、塩害、中性化劣化およびそれらの複合劣化を受ける環境を模擬し、各環境において亜硝酸リチウムの有無が鉄板表面に生成する酸化生成物に与える効果について検討を行った。

4. 研究成果

4.1 LiNO₂がASR膨張抑制に与える影響の検討

a) LiNO₂がASRによる新たな生成物の形成抑制に与える影響の検討

図1にそれぞれLi⁺/Na⁺モル比が0, 0.4, 1.2の溶液、及び亜硝酸リチウムを添加せず所定のpHになるように調整したNaOH溶液中のSi量の経時変化を示す。図1より、モル比が高いほどSiの溶解量は低減し、モル比が0の調製溶液におけるSiの濃度を100%とした場合、モル比が0.4, 1.2の調整溶液ではそれぞれ80%, 17%程度しか溶解しないことが確認された。一方でpHが13.3, 12.8のNaOH溶液では、共にpHが14(モル比0)のNaOH溶液より、Siの濃度が大幅に減少していることが明らかとなった。

図2にそれぞれLi⁺/Na⁺モル比が0, 0.4, 1.2の溶液、および亜硝酸リチウムを添加せず所定のpHになるように調整したNaOH溶液へ浸漬させた場合の濾過残渣中のSi含有率の定量分析結果を示す。なお、定量分析3)はクリストバライトに関する最強線が現れる回折角度21.9°におけるピーク強度と、Siの溶出には関与しない長石系に関する最強線が現れる27.7°のピーク強度比によって求めた。図2より、反応前の残渣中Si量と亜硝酸リチウムを添加していないモル比0の試料における残渣中Si量の差が溶液中に溶出した最大Si量とし、これを100%とした場合、残渣中に残存していると考えられるSi量はモル比0.4, 1.2でそれぞれ約17%, 39%である。すなわち、溶液中に溶解したのはそれぞれ83%, 61%である。一方で、亜硝酸リチウムを添加していないpH13.3, 12.8のNaOH溶液では、反応前の残渣中Si量と比較してほぼ変化がなく、溶出するSi量はほぼ0に近いことが確認された。これは図1の結果と同様な結果を示す。

また、図3に示すようにモル比0.4, 1.2の濾液中Li濃度は、共に減少傾向を示している。一方で、図1より、モル比0.4及び1.2の濾液中にはそれぞれ80%, 17%相当のSiが溶解されており、図2より、反応性骨材から溶解されたSi量は、それぞれ83%, 61%に相当するため、これらの差である3%, 44%分が新しい生成物として析出されたと考えられる。ここで、モル比1.2溶液の場合におけるSi析出量44%は12mmol(図1より)に相当し、図3より低減されたLi量は18mmolに相当するため、この量的関係から難溶性のケイ酸リチウム(Li₂SiO₃)が形成されたと推測する。

図4にASR生成物合成時に初期材料として亜硝酸リチウムを混入させて合成し、反応後80日におけるXRD分析結果を示す。また、併せて亜硝酸リチウムを事前混入せずに合成した場合のASR生成物(モル比0)のXRD分析結果および合成したASR生成物に後からモル比1.2となる量の亜硝酸リチウムを添加した場合のXRD分析結果も示している。図より、亜硝酸リチウムを添加していない場合、赤色の破線で示すASR生成物の特徴的なピーク(6.6°, 13.4°, 25.4°等)が現れている

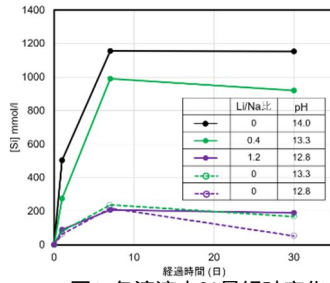


図1 各溶液中Si量経時変化

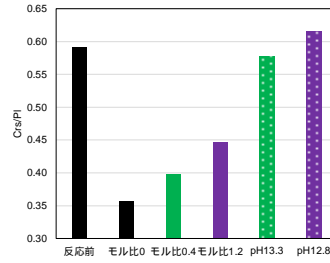


図2 浸漬前後の各残渣中Si量定量分析結果

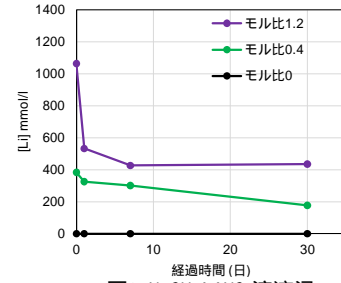


図3 NaOH+LiNO₂溶液浸漬後の溶液中Li量変化

ことに対し、亜硝酸リチウムを事前混入した場合には現れていないことが確認でき、ASR生成物が形成されていないと考えられる。XRD分析結果から、ケイ酸リチウムと思われるピークが現れていることに加え、既往の研究により確認されているようなケイ酸リチウムと思われるものが亜硝酸リチウムを事前混入して合成した試料において観察された。これらのことから、ASR生成物が形成しなかった理由として、前述した亜硝酸リチウムの添加によるケイ酸リチウムの形成が起こることによってシリカの溶解が抑制されたためであると考えられ、これがASR生成物の形成抑制に寄与したと考えられる。一方、合成したASR生成物に亜硝酸リチウムを後から添加した場合のXRD結果と比較すると、スペクトルの傾向が同様になっているように見受けられる。このことから、亜硝酸リチウムを事前混入した場合、そもそもASR生成物のNaがLiに置き換わった生成物が形成することおよび合成後にASR生成物が形成していたとしても、すぐにLiとNaのイオン交換等が行われ、亜硝酸リチウムを後から添加した場合と同様な交換された生成物になり、ASR生成物はほとんど存在しないような結果になったという2つのことが考えられる。

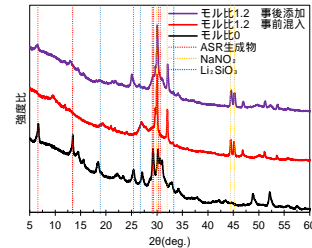


図4 亜硝酸リチウムを事前混入した場合の生成物

b) LiNO₂ が既存の ASR 生成物に与える影響の検討

図5に合成したASR生成物に対しLi/Naモル比が1.2となる量の亜硝酸リチウムを添加した後のXRD分析結果を示す。また、図中には併せて亜硝酸リチウムを添加していないASR生成物合成直後のXRD結果も示している。図より、亜硝酸リチウム添加後7日の結果を用いて、亜硝酸リチウム添加量の違いがASR生成物の性状変化に与える効果について検討を行う。

図6にASR生成物合成直後、および合成したASR生成物に対しLi/Naモル比が0.4, 0.8, 1.2となる量の亜硝酸リチウム添加後7日経過時のXRD分析結果を示す。図より、亜硝酸リチウムの添加量が多い程亜硝酸リチウム添加前と比べてピークの変化が大きいことが確認できる。ピークの変化が最も大きかったモル比が1.2となる量の亜硝酸リチウムを添加した試料では、赤色の破線で示すASR生成物の特徴的なピークがほとんど消失しているようにも見受けられる。ここで、亜硝酸リチウム添加前後におけるASR生成物量の変化についてXRD分析結果から定量分析を行った結果を図7に示す。定量分析は、ASR生成物の特徴的なピークとして最強線が現れる回折角度6.6°におけるピーク強度について標準物質とのピーク強度比によって求めた。図より、亜硝酸リチウムを添加した場合、添加量の増加に伴いASR生成物のピークが小さくなっており、ASR生成物量が減少していることが確認できる。また、亜硝酸リチウム添加前のASR生成物に対するSEM観察結果と比較した場合、亜硝酸リチウム添加後に大きな物理的形態の変化はないことが確認でき、亜硝酸リチウム添加による効果は物理的な形態には影響を与えず、ASR生成物の組成等の変化に影響を与えているものと推測する。これらのことから、膨張を引き起こす原因とされるASR生成物に亜硝酸リチウムを添加することによってその組成を変化させ、膨張に寄与しないものに変化したと示唆される。変化後の生成物については、添加されたLi⁺がASR生成物中のNa⁺と交換された非膨張性とされるものに変化した可能性が考えられるが、それに関するXRDピーク

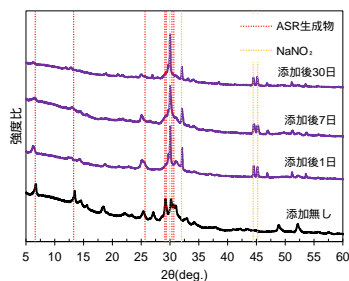


図5 亜硝酸リチウム添加後の変化 (Li/Na モル比 1.2)

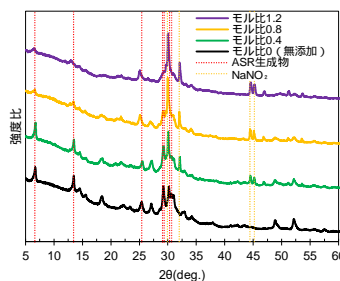


図6 亜硝酸リチウム添加によるASR生成物の変化

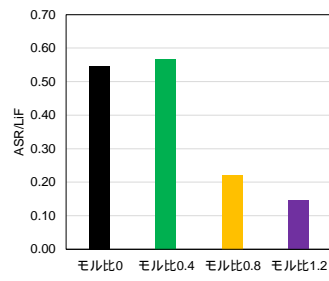


図7 亜硝酸リチウム添加前後のASR生成物量変化

は検出されなかった。これは、ASR生成物中のNaがLiと交換されたものに対するXRD分析実績が無く、XRDデータベース上に記録されてことおよび亜硝酸リチウムの添加によって生成したものが非晶質であるためにピークとして現れなかった2つの可能性が考えられる。

c) ASR 生成物の Na と Ca の交換抑制に対する効果

図8にASR生成物をCa(OH)₂飽和溶液中およびCa(OH)₂飽和溶液に亜硝酸リチウム水溶液を添加した溶液中にASR生成物を浸漬させた後の濾過された固体部分に対するXRD分析結果を示す。黒線で示しているASR生成物(モル比0)のスペクトルと比較すると、Ca(OH)₂飽和溶液中に浸漬させた後のスペクトルでは、ASR生成物の特徴的なピークが現れていないことが確認できる。また、ASR生成物をCa(OH)₂飽和溶液に亜硝酸リチウム水溶液を添加した溶液中に浸漬させた後のスペクトルにおいてもASR生成物の特徴的なピークが現れておらず、Ca(OH)₂溶液に浸漬させた場合、亜硝酸リチウムの有無に関わらず同様な結果となることが確認できた。この結果は、溶液に対する分析により得られた、ASR生成物のNaとCaが交換されることおよびLiが存在する場合においてもその反応は抑制されないという結果と同様な傾向である。NaとCaが交換されてできた生成物について、XRD分析結果をXRDデータベース上で解析した結果、Pavlovskyite等のCa-Si-Oに関連するピークが確認され、C-S-H系のものが生成し、これらがASR生成物の拡散を遮蔽する反応リムとして機能していると考えられる。

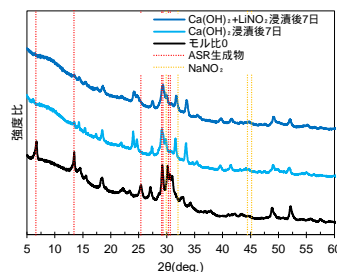


図8 各溶液中にASR生成物浸漬後のXRD分析結果

以上のような、亜硝酸リチウムによるASR抑制効果について各検討を実施し得られた結果から考えられる亜硝酸リチウムによるASR膨張の抑制メカニズムとしては、亜硝酸リチウムを添加することにより、シリカの溶解量を低減させ、新たなASR生成物の形成を抑制することが考えられる。新たなASR生成物が形成されないことにより、ひび割れが発生せず、またひび割れを通じてセメント硬化体に流動しCaとの反応によるひび割れの閉塞およびNa放出によるASRの継続等も発生しなくなると考えられる。さらに、既に存在しているASR生成物に対して亜硝酸リチウムを添加することにより、非膨張性で、添加以降膨張に寄与しないものに変化させることによってもASR膨張の抑制が行われていると考えられる。このようなメカニズムで亜硝酸リチウムによるASR膨張の抑制が行われていることが本研究結果から示唆される。本研究の結果について、今後、亜硝酸リチウムにより補修したコンクリート中において、今回得られた結果と同様な生成物が形成しているかについて詳細に分析を行うことで、今回提案するメカニズムの整合性を高められると考える。

4.2 亜硝酸リチウムによる鉄筋腐食抑制に対する効果

図9にpH=13, Cl⁻/OH⁻=0の時のラマンスペクトルを示す。亜硝酸リチウムを添加していないモル比0の場合では図に示すようにFe₃O₄の特徴的なピークが確認できる。また、亜硝酸リチウムを添加させたモル比0.6, 1.0, 1.4の場合では図に示すようにFe₂O₃の特徴的なピークとFe₃O₄の特徴的なピークが確認できる。これは、亜硝酸リチウムの作用によって部分的にFe₂O₃・Fe₃O₄の複合体の不動態被膜が生成されると推察する。図10にpH=9, Cl⁻/OH⁻=0の時のラマンスペクトルを示す。亜硝酸リチウムを添加していないモル比0の場合では鉄板全体が腐食しており、γ-FeOOHの特徴的なピークが確認できる。

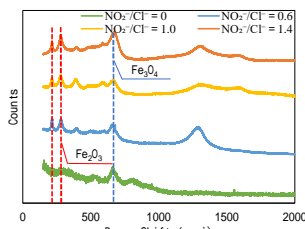


図9 pH=13, Cl⁻/OH⁻=0の時のラマンスペクトル

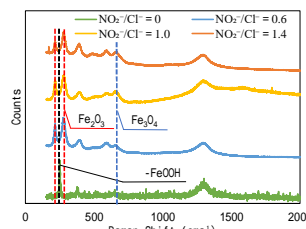


図10 pH=9, Cl⁻/OH⁻=0の時のラマンスペクトル

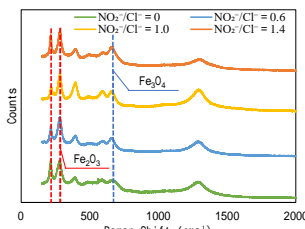


図11 pH=13, Cl⁻/OH⁻=1.5の時のラマンスペクトル

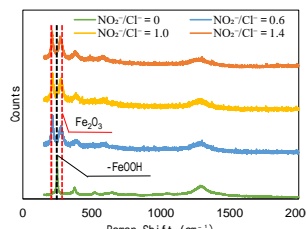


図12 pH=9, Cl⁻/OH⁻=1.5の時のラマンスペクトル

また、亜硝酸リチウムを添加させたモル比0.6, 1.0, 1.4の場合では図9の亜硝酸リチウムを添加させたものと同様のラマンスペクトルを示したが、Fe₃O₄のピークが全体的に小さくなったことが確認できる。これは、pHが中性付近になるとFe₂O₃の成分が多くなり、Fe₃O₄の成分が少なくなったと推察する。図11にpH=13, Cl⁻/OH⁻=1.5の時のラマンスペクトルを示す。亜硝酸リチウムの有無に関わらず、ほとんど同じラマンスペクトルになっていることが確認できる。しかし、亜硝酸リチウムを添加していないモル比0の場合ではFe₃O₄のピークが亜硝酸リチウ

ムを添加させたものより比較的小さいことが確認できる。これは、 Cl^- によって Fe_3O_4 の結晶構造が破壊されたためであると推察する。図9と図11を比較すると亜硝酸リチウムを添加することによって Cl^- が作用する環境であっても同様の結果を示すことが確認できる。図12に $\text{pH}=9$ 、 $\text{Cl}^-/\text{OH}^-=1.5$ の時のラマンスペクトルを示す。亜硝酸リチウムを添加していないモル比0の場合では図-2と同様の結果を示し、 pH が中性付近であれば Cl^- の有無に関わらず、 $\gamma\text{-FeOOH}$ が生成することが確認できる。また、亜硝酸リチウムを添加させたモル比0.6, 1.0, 1.4の場合では亜硝酸リチウムの量に関わらず、 Fe_2O_3 の特徴的なピークが確認できる。これは、亜硝酸リチウムを添加することによって、腐食生成物として Fe_2O_3 が生成したと推察する。

以上のような、亜硝酸リチウムによる鉄筋腐食抑制効果について検討を実施し得られた結果から考えられる亜硝酸リチウムによる鉄筋腐食抑制メカニズムとしては、今回の亜硝酸リチウムを事前混入した場合における検討結果から、亜硝酸イオンが溶液中に存在していることで、 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ あるいは $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{Fe}_3\text{O}_4$ の複合体等の緻密な酸化物を鉄板表面に形成することでそれ以降腐食因子の侵入を抑制することができ、鉄筋腐食の進行を抑制できると考えられる。

- 1) B. Fournier, M-A. Bérubé : Alkali-aggregate reaction in concrete : a review of basic concepts and engineering implications, *Can. J. Civ. Eng.*, Vol. 27, No. 2, pp. 167-191, 2000.
- 2) Tsuneki Ichikawa, Masazumi Miura : Modified model of alkali-silica reaction, *Cement and Concrete Research*, Vol. 37, No. 9, pp. 1291-1297, 2007.
- 3) 川端雄一郎, 広野真一, 岩波光保, 加藤絵乃 : 岩石学的観察に基づくASRによる各種反応性骨材の損傷形態と損傷過程の評価, *コンクリート工学年次論文集*, Vol.33, No.1, pp.1031-1036, 2011.
- 4) Zhenguo Shi, Guoqing Geng, Andreas Leemann, Barbara Lothenbach : Synthesis, characterization, and water uptake property of alkali-silica reaction products, *Cement and Concrete Research*, Vol.121, pp.58-71, 2019.
- 5) 高谷哲, 西澤彩, 中村士郎, 山本貴士, 宮川豊章 : コンクリート中における鉄筋の腐食生成物の生成プロセスおよび電気化学的特性, *土木学会論文集E2(材料・コンクリート構造)*, Vol.71, No.3, pp.235-247, 2015.
- 6) A. Kaneyoshi, H. Uchida and H. Kano : Experimental Study on Effects of Lithium against ASR for Mass Concrete Member, *Proceedings of the Japan Concrete Institute*, Vol.23, No.1, pp.403-408, 2001.
- 7) K. Era, T. Mihara, T. Yamamoto and T. Miyagawa : Study on Controlling Effect of Lithium Ion on ASR Expansion, *Journal of the Society of Materials Science, Japan*, Vol.58, No.8, pp.697-702, 2009.
- 8) Durand, B. : More results about the use of lithium salts and mineral admixtures to inhibit ASR in concrete, *Proceedings of the 11th international conference on alkali-aggregate reaction*, Quebec, Canada, pp. 623-632, 2000.
- 9) M. Saito, A. Kitagawa, S. Hasaba : Effectiveness of Lithium Nitrite in Suppressing Alkali-Aggregate Expansion, *Journal of Society of Materials Science*, Vol.41, No.468, pp.1375-1381, 1992.
- 10) A.M. Rosenberg et al. : The Inhibition of Chloride-Induced Corrosion in Reinforced Concrete by Calcium Nitrite, *American Society for Testing and Materials*, 1980.
- 11) C. Tremblay, M.A. Berube, B. Fournier, M.D. Thomas, K.J. Folliard : Experimental investigation of the mechanisms by which LiNO_3 is effective against ASR, *Cement and Concrete Research*, Vol.40, pp.583-597, 2010.
- 12) Zhenguo Shi, Barbara Lothenbach : The role of calcium on the formation of alkali-silica reaction products, *Cement and Concrete Research*, Vol.126, pp.1-12, 2019.
- 13) Pascal Richet, Bjorn O. Mysen, Denis Andrault : Melting and premelting of silicates: Raman spectroscopy and X-ray diffraction of Li_2SiO_3 and Na_2SiO_3 , *Physics and Chemistry of Minerals*, Vol.23, pp.157-172, 1996.
- 14) C. Tremblay, M.A. Berube, B. Fournier, M.D. Thomas, K.J. Folliard : Experimental investigation of the mechanisms by which LiNO_3 is effective against ASR, *Cement and Concrete Research*, Vol.40, pp.583-597, 2010.
- 15) M.K. Nieuwoudt, J.D. Comins, I. Cukrowski : Analysis on the composition of the passive film on iron under pitting conditions in 0.05M NaOH/NaCl using Raman microscopy in situ with anodic polarization and MCR-ALS, *Journal of Raman Spectroscopy*, Vol.43, pp.928-938, 2012.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Li Chunhe、Matsunami Yasuyuki、Suhara Kentaro、Tsuji Yukikazu	4. 巻 32
2. 論文標題 Analytical Estimation of Corrosion Rates of Reinforcing Bars in Concrete Based on Oxygen Consumption	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Concrete Research and Technology	6. 最初と最後の頁 85～93
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3151/crt.32.85	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 中島直輝，李春鶴	4. 巻 42
2. 論文標題 コンクリートの品質における雨水等の環境作用に関する考察	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 479-484
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高橋佑弥，岡野佑亮，Yang Zhehui	4. 巻 42
2. 論文標題 ASR膨張が生じたコンクリートの力学特性 における材齢の影響に関する検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 737-742
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山近良祐，下村克哉，李春鶴
2. 発表標題 亜硝酸リチウムによる鋼材腐食抑制機構の解明に関する基礎的研究
3. 学会等名 第75回セメント技術大会講演要旨
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 下村克哉, 山近良祐, 李春鶴, 王 眺
2. 発表標題 LiNO ₂ による相対湿度の変化が酸化生成物に及ぼす影響
3. 学会等名 土木学会第76回年次学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松尾善仁, 下村克哉, 王眺, 李春鶴
2. 発表標題 腐食させた鋼材の亜硝酸リチウムにより生成される酸化生成物に関する研究
3. 学会等名 令和3年土木学会西部支部研究発表会（オンライン）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 TiaoWANG, Chunhe LI
2. 発表標題 RELIABILITY ASSESSMENT OF CRACKED RC BEAM BY CONSIDERING THE COUPLED EFFECTS OF CRACK DEVELOPMENT AND CORROSION INITIATION AND PROGRESSION
3. 学会等名 第49回土木学会関東支部技術研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山近良祐, 下村克哉, 李春鶴
2. 発表標題 亜硝酸リチウムの有無による鉄板表面に生成される酸化生成物に関する研究
3. 学会等名 土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 下村克哉、李春鶴、江良和徳、峯松昇司
2. 発表標題 LiNO ₂ 圧入量及び相対湿度がASR抑制効果に与える影響度の検討
3. 学会等名 土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 下村克哉、山近良祐、李春鶴、Tiao Wang
2. 発表標題 LiNO ₂ による相対湿度の変化が酸化生成物の性状変化に及ぼす影響の検討
3. 学会等名 土木学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山近良祐、下村克哉、李春鶴
2. 発表標題 亜硝酸リチウムによる鋼材腐食抑制機構の解明に関する基礎的研究
3. 学会等名 第75回セメント技術大会 (東京)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 下村克哉、李春鶴、江良和徳、峯松昇司
2. 発表標題 異なる環境ごとの亜硝酸リチウムによるASR抑制効果の検討
3. 学会等名 土木学会第75回年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 下村克哉, 李春鶴, 江良和徳, 峯松昇司
2. 発表標題 異なる環境条件での亜硝酸リチウムによるASR抑制効果に関する基礎的研究
3. 学会等名 第74回セメント技術大会 (東京)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takahashi, Y, Okano, Y. and Yang Z
2. 発表標題 Contribution of Alkali-Silica Reaction Gel on Time-dependent Mechanical Properties of Concrete
3. 学会等名 Proceedings of the Conmat'20
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 WANG Tiao, Tetsuya ISHIDA
2. 発表標題 Multiphase pozzolanic reaction model of supplementary cementitious materials in cement systems
3. 学会等名 6th International concrete conference
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	王 眺 (WANG TIAO) (70822386)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・特任助教 (12601)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	高橋 佑弥 (TAKAHASHI YUYA) (10726805)	東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・准教授 (12601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関