

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 28 日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2012

課題番号：20560529

研究課題名（和文） 塩害環境評価システム確立のための総合的研究

研究課題名（英文） Study on the establishment of salt damage environment evaluation systems

研究代表者

山田 義智 (YAMADA YOSHITOMO)

琉球大学・工学部・教授

研究者番号：80220416

研究成果の概要（和文）：本研究は、海岸付近における発生飛来塩分量を沖縄県国頭村辺野喜海岸にて観測された風況（風向・風速）をもとに推定した。さらに、その発生飛来塩分量を用いて内陸部における飛来塩分の輸送状況を推定する簡便な式を提案した。その提案式は、海岸付近における風況を用いることで飛来塩分の輸送状況を推定できることを示すと同時に、飛来塩分量の発生・輸送状況を Map 化することを可能にした。

研究成果の概要（英文）：In this study, we estimate the amount of airborne chloride ions by using wind information data and occurrence of airborne chloride ions which were observed in Benoki coast at Okinawa prefecture. We proposed the simple formula that can estimate the amount of airborne chloride ions in surface random spots. This formula shows the amount of airborne chloride ions by using wind information data, distance from the shoreline and altitude. Furthermore, we made it possible to visualize the amount of airborne chloride ions generation and its dispersal information by a map.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2009 年度	300,000	90,000	390,000
2010 年度	300,000	90,000	390,000
2011 年度	300,000	90,000	390,000
2012 年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,900,000	1,170,000	5,070,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築構造・材料

キーワード：構造材料，耐久設計，飛来塩分，塩分浸透

1. 研究開始当初の背景

塩化物イオンの供給源となる飛来塩分の風による内陸への輸送特性は十分に解明されておらず、飛来塩分を測定する手法についても十分に検証されているとは言い難い状況にある。この状況を構造設計に例えると、構造物に負荷される外力の大きさが分からない状況と同じであり、外来塩害に対する合理的な耐久設計や建設後の維持管理

に支障をきたしている。

塩害(外来塩害)は、海岸付近のコンクリート構造物やそれに付帯する設備等に使用される金属材料の耐久性を著しく低下させる。外来塩害を引き起こす最大要因は、風により海から陸上へ運ばれる飛来塩分であり、この飛来塩分量を予測することや、コンクリート中への塩分浸透量を推定することが耐久設計の観点から望まれている。

2. 研究の目的

本研究では、以下に示す3点を明らかにすることを目的とした。

- (1) 飛来塩分の海岸での発生量を風況との関係で推定すること
- (2) 陸上部への飛来塩分の輸送特性を明らかにし、その量を推定すること
- (3) 飛来塩分量とコンクリート中への塩分浸透量の関係を明らかにすること

3. 研究の方法

- (1) 沖縄本島の5地点で飛来塩分量の測定を継続的に毎月行った。また、その対象方位は東西南北の四方位である。
- (2) 飛来塩分量を風況および海岸からの距離や標高により整理した。ここで、地形データは、国土交通省の地形データをクリギング法により補正して求めた。また、風況については、気象庁が設置したアメダスデータおよび独自に設置したWEB気象観測装置による測定データを用いた。
- (3) 飛来塩分量を観測している暴露試験場にコンクリート試験体を設置し、飛来塩分量とコンクリート中に浸透する塩分量の関係を求めた。

4. 研究成果

本研究では、海岸における飛来塩分の発生量を海岸での風況と関連づけて定式化した。また、内陸部へ輸送される飛来塩分量の推定式を長期に及ぶ観測結果から簡便な式で求めることを可能にし、この簡便な飛来塩分輸送量推定式を用いて、飛来塩分量輸送 Map を作成する方法を開発した。さらに、本研究では、飛来塩分量とコンクリート中に浸透する塩分量の関係を暴露試験により明らかにした。

長期間の観測に基づき、風況を考慮した海岸での発生飛来塩分量の検討や、海岸からの水平距離や標高を用いて内陸部における飛来塩分の輸送状況を推定する研究は国内外で数少ない。また、飛来塩分量とコンクリート中に浸透する塩分量の関係を求めた例も国内外で数少なく、本研究成果は、コンクリート構造物の塩害環境を定量的に評価する上で貴重な知見を得ているものと考えられる。

以下に、本研究で得られた研究成果を項目毎にまとめる。

(1) 風況と海岸での発生飛来塩分量の関係

本研究では沖縄本島内における飛来塩分の輸送状況を把握するため、異なる5地点にて飛来塩分量の観測を行った。飛来塩分捕集器は、海岸における発生飛来塩分量を求めることを目的として国頭村辺野喜海岸に1箇所設置した。また、内陸部への飛来塩分量の輸送量を求めるため、うるま市に3箇所、琉球

大学構内に1箇所設置した(図1参照)。ここで、うるま市の3地点については海岸から近い順にうるまA, うるまB, うるまCとする。

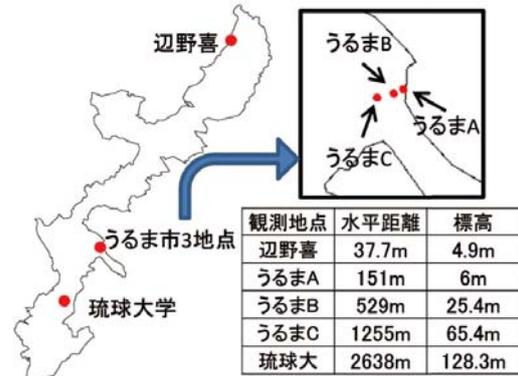


図1 飛来塩分量観測地点

ここで、風況の観測は写真1に示すWEB気象観測装置により測定した。



写真1 WEB気象観測装置の概要

風況の観測結果と海岸における発生飛来塩分量の関係を長期間の測定で検討したところ、式(1)に示す積算風量 V_s の2乗則で発生飛来塩分量が表せることが分かった(図2参照)。

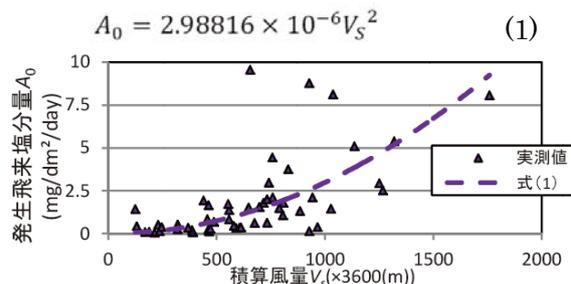


図2 積算風量と発生飛来塩分量の関係

(2) 内陸部への飛来塩分量の輸送式について
飛来塩分量は、海岸からの距離や標高の上昇につれ減衰していく。そこで飛来塩分は水平距離 D (m)および標高 H (m)の積 $D \cdot H$ (m^2)に一定の相関があるものと仮定し、図3にその検討を行った。

図3には、海風の方角が等しいうるま市3

地点および琉球大学(図 1 参照)で観測された 12 月の平均飛来塩分量を一例として示す。

図 3 より、飛来塩分量の陸上部での減衰は $D \cdot H$ のべき乗則による強い相関が認められた。この関係は測定期間内のすべての観測月で認められた。

以上より、上記に示した関係から任意地点における飛来塩分量 A の推定式(2)を提案する。

$$A = A_0 \times \left(\frac{D \cdot H}{D_0 \cdot H_0} \right)^{-\alpha} \quad (2)$$

式(2)において、辺野喜観測地点における発生飛来塩分量 A_0 (式(1)参照)を基準とするため各観測所の $D \cdot H$ を $D_0 \cdot H_0$ で除している。ここで D_0 は辺野喜観測地点の海岸からの水平距離、 H_0 は標高を表している。各地点の D および H は図 1 にまとめて示している。

減衰係数 α は発生飛来塩分量 A_0 と相関がある。この関係を図 4 に示す。同図中の近似曲線より減衰係数 α は式(3)に表される。

$$\alpha = 0.2837 \times A_0^{0.3073} \quad (3)$$

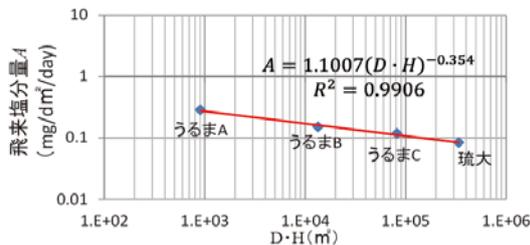


図 3 飛来塩分量と $D \cdot H$ の関係

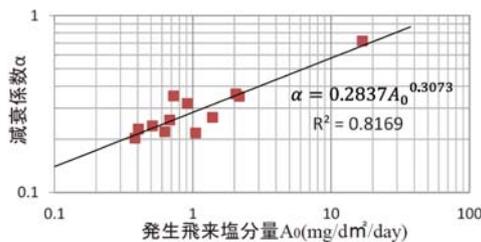


図 4 発生飛来塩分量 A_0 と減衰係数 α の関係

式(1)～(3)を用いると、任意の風況および任意の場所における飛来塩分輸送量を求めることが可能になる。

(3) 飛来塩分輸送状況の Map 化について

ここでは、上記(2)で得られた簡便な飛来塩分輸送量推定式(式(1)～(3))を用いて、飛来塩分量輸送 Map を作成する方法を開発した。ここでは一例として沖縄本島中部東海岸における飛来塩分量の推定を行い、輸送状況を Map 化する。

Map 化に際しては、内陸部における飛来塩分量を推定するため推定地点の地理情報(水平距離 D 、標高 H)を知る必要がある。そのため、ここでは国土交通省の地理情報(標高データ)を利用した。さらに統計処理ソフトウェア R を使用し、標高データをクリギング法にて連続した値に補間した。その結果を図 5 に示す。

沖縄本島東海岸付近は海風の方位が東であるため、ここでは一例として東の風を対象とした飛来塩分量の輸送状況推定を行う。図 6 には推定地の最寄りの気象庁観測所である宮城島において、東の積算風量が最も大きかった 11 月の飛来塩分輸送状況 Map を示す。

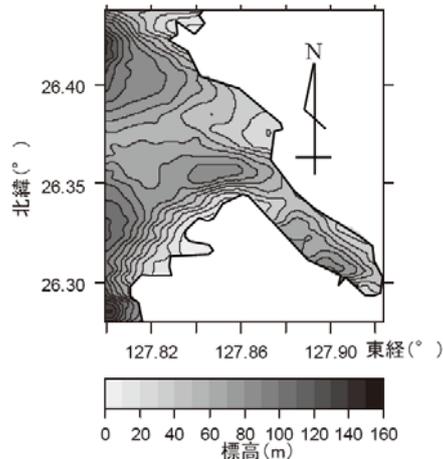


図 5 沖縄本島中部東海岸の地形・標高図

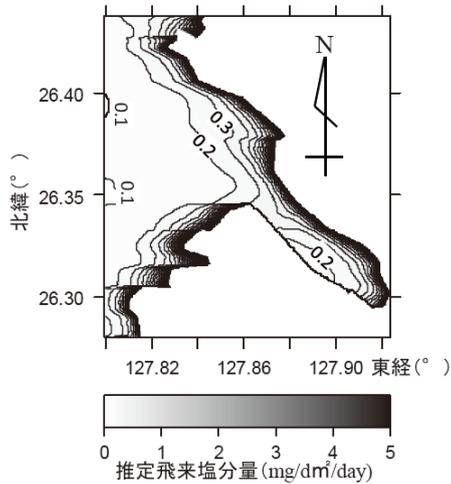


図 6 飛来塩分輸送状況 Map

図 5 の地形・標高図および図 6 の飛来塩分輸送状況 Map より、標高が緩やかに上昇する地点においては内陸部まで飛来塩分が輸送されているのに対し、標高が急激に上昇するような地点では内陸部への輸送量が少ない傾向が認められた。

以上より、飛来塩分の輸送状況 Map は海岸からの水平距離と標高の影響を表していることがわかる。

今後は、遮蔽物の影響などを考慮した飛来塩分輸送量推定式を確立することが課題である。

(4) 飛来塩分量とコンクリート中に浸透する塩分量の関係について

飛来塩分量とコンクリート中に浸透する塩分量の関係を求めるために、沖縄県国頭村辺野喜海岸（図1参照）にある暴露場にてコンクリート試験体の暴露試験を行った。ここでは、塩ビサイディング材の飛来塩分遮蔽効果についても併せて検討した。写真2に試験体の概要を示す。

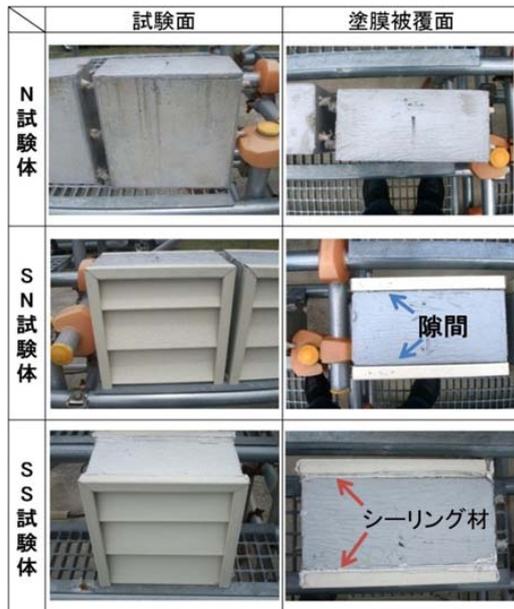


写真2 暴露試験体の概要

一年間の飛来塩分総量とコンクリート中に浸透した総浸透塩分量の関係を図7に示す。同図より、飛来塩分量が増えると図中に示す関係によりコンクリート中に浸透する塩分量も増えることが分かる。また、塩ビサイディング材をコンクリート表面に施すことで、飛来塩分を遮蔽して、コンクリート中に塩分が浸透することを防ぐことが分かる。

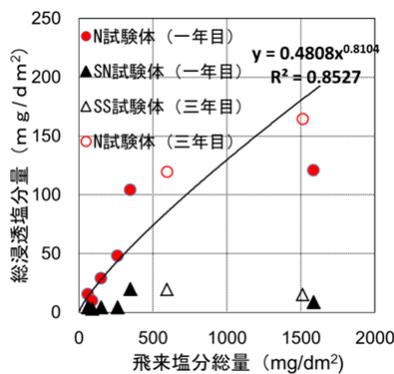


図7 飛来塩分量と浸透塩分量の関係

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

(1) 当真嗣竜, 山田義智, 湯浅昇: 海岸における風況と飛来塩分量の相関に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 33, pp. 863-868, 2011, 査読あり

〔学会発表〕(計9件)

(1) 比嘉孝之, 山田義智, 崎原康平, 湯浅昇: 飛来塩分の輸送量推定法に関する基礎的研究(沖縄本島における測定と検証), 第67回セメント技術大会(東京), CD-ROM, 2013年5月13日, 東京池袋メトロポリタンホテル, 査読なし

(2) 当真嗣竜, 比嘉孝之, 山田義智, 崎原康平, 湯浅昇: 沖縄本島における飛来塩分飛散状況推定に関する基礎的研究, 日本建築学会九州支部研究報告(大分), CD-ROM, 2013年3月3日, 大分大学, 査読なし

(3) 比嘉孝之, 山田義智, 長縄肇志, 湯浅昇, 崎原康平: 塩ビサイディングの飛来塩分遮蔽性能に関する研究(暴露3年目の結果), 日本建築学会九州支部研究報告(大分), CD-ROM, 2013年3月3日, 大分大学, 査読なし

(4) 比嘉孝之, 山田義智, 長縄肇志, 湯浅昇: 塩化ビニル樹脂製サイディングによる鉄筋コンクリート構造物の保護効果の評価(その4 コンクリート試験体と塩化ビニル樹脂製サイディングの隙間の影響), 2012年度日本建築学会大会(東海), CD-ROM, 2012年9月12日, 名古屋大学, 査読なし

(5) 当真嗣竜・長縄肇志・山田義智・湯浅昇: 塩ビサイディングによる鉄筋コンクリート構造物の保護効果(その1. 飛来塩分の遮蔽性能評価), 2011年度日本建築学会大会(関東), CD-ROM, 2011年8月25日, 早稲田大学, 査読なし

(6) 小瀬木美紗・長縄肇志・湯浅昇・山田義智: 塩ビサイディングによる鉄筋コンクリート構造物の保護効果(その2 コンクリートの含水率分布, 塩ビサイディング・取付金物の耐久性), 2011年度日本建築学会大会(関東), CD-ROM, 2011年8月25日, 早稲田大学, 査読なし

(7) 当真嗣竜, 山田義智, 東條良太, 湯浅昇: 空間補間法(IDW)および領域気象モデル(WRF)を用いた風況推定に関する基礎的研究—飛来塩分量推定を目的として—, 日本建築学会九州支部研究報告, 第50号, pp. 17-20, 2011年3月6日, 鹿児島大学, 査読なし

(8) 東條良太, 山田義智, 富山潤, 湯浅昇: 領域気象モデル(WRF)による風向・風速予測

の適応性－飛来塩分量の予測を目的として
ー, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸),
A-1, pp. 1297-1298, 2010年9月10日, 富山
大学, 査読なし

(9) 東條良太, 山田義智, 湯浅昇, 富山潤:
沖縄本島における飛来塩分量の測定, 日本建
築学会大会学術講演梗概集(東北), A-1,
pp. 147-148, 2009年8月27日, 東北学院大学,
査読なし

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山田 義智 (YAMADA YOSHITOMO)

琉球大学・工学部・教授

研究者番号: 80220416