

コンクリート構造物における塩害環境の定量化と 劣化部材の省力的な補修・補強技術

弘前大学 理工学研究科 上原子 晶久

本日の講演内容

✓ 塩害環境の評価方法と評価事例の紹介

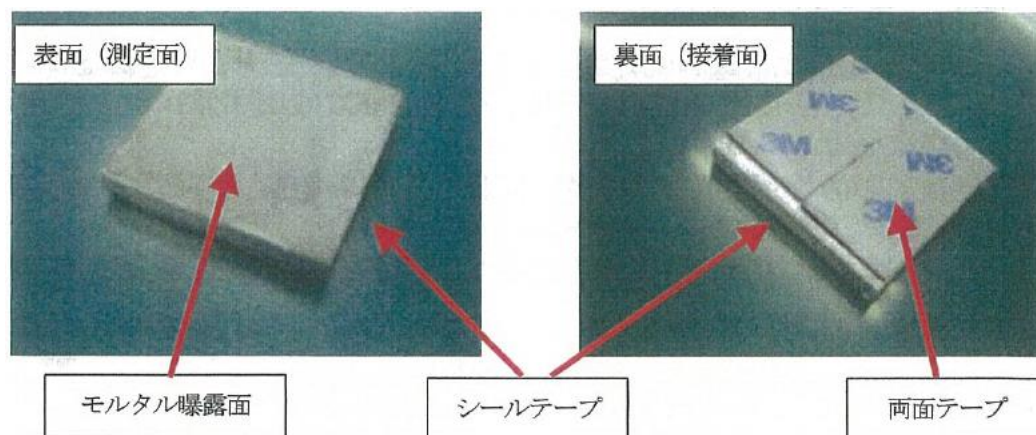
土木学会コンクリート委員会塩害環境の定量評価に関する研究小委員会(佐伯 竜彦 委員長, 富山 潤 幹事長)の成果の一部を紹介

✓ 鉄筋腐食により劣化した鉄筋コンクリート構造の省力的な補修・補強工法に関する室内実験結果の紹介 (資料なし)

塩害環境の評価方法

飛来塩分の測定方法

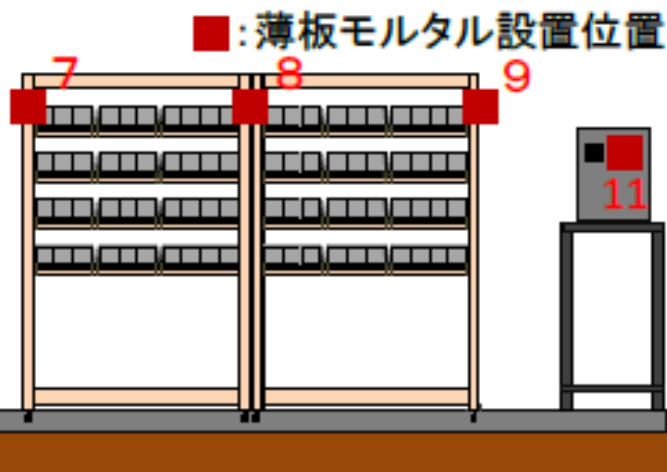
- 土研タンク式, ガーゼ法, モルタル薄板法...
- 測定方法には, 利点と欠点があるものと思われる
- ✓ 測定前にそれらを正しく理解する必要がある



塩害環境の評価方法における利点と欠点

沿岸部における評価事例：細井ら(2017)の研究

- 土研式捕集器(10cm × 10cm), 薄板モルタル(4cm × 4cm × 0.5cm)の両方を新潟県の沿岸部に同時に暴露した検討を行った
- 暴露期間は27ヶ月で, 1ヶ月ごとに試料を回収して飛来塩分量を分析した



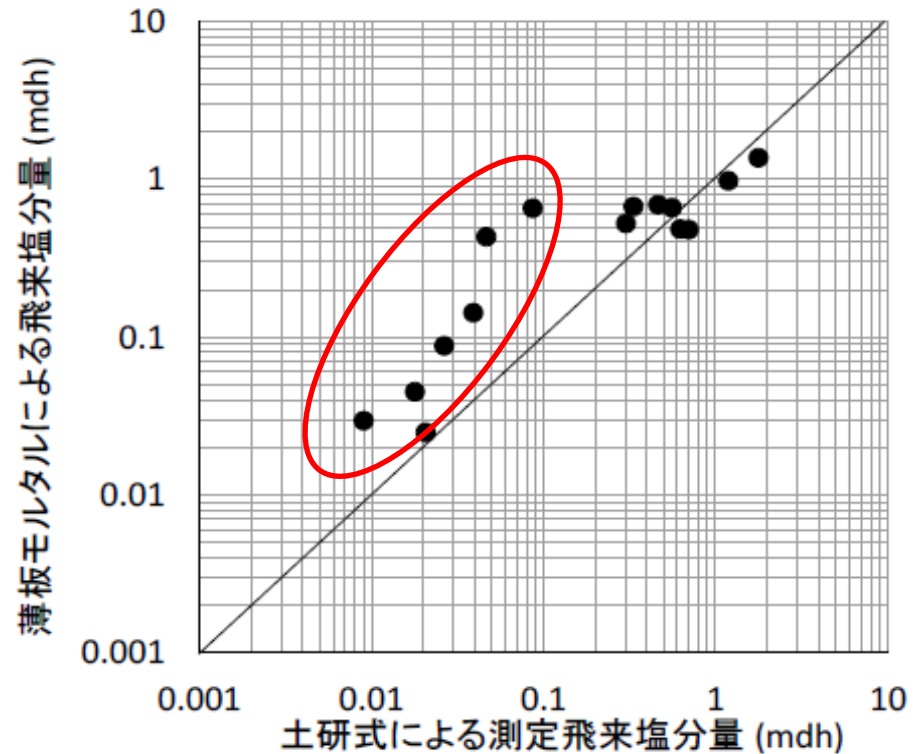
塩害環境の評価方法における利点と欠点

2つの捕集方法の比較と特徴

- 土研式の飛来塩分量が薄板モルタルの塩分量よりも小さくなる場合がある

(結果の考察)

- ✓ 土研式の捕集器では、捕集面と本体の間に凹凸がある
- ✓ 比較的強風時には、この凹凸部の存在により風による渦が発生する可能性がある
- ✓ 渦が発生すると、捕集面に飛来塩分が当たりきらず、飛来塩分量が減少している



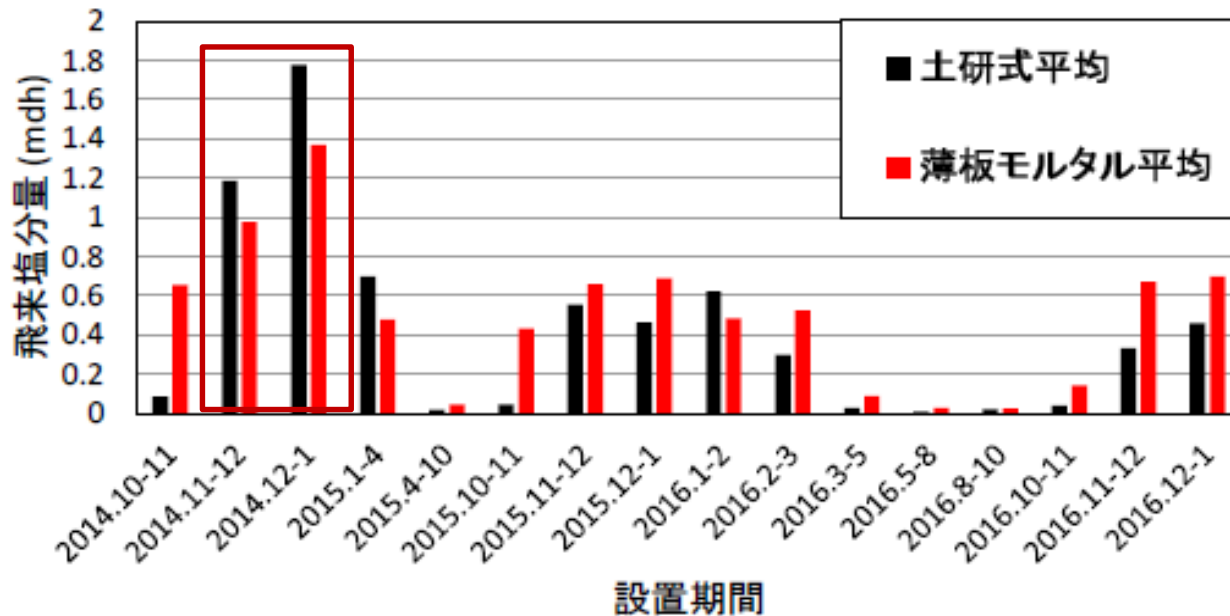
塩害環境の評価方法における利点と欠点

2つの捕集方法の比較と特徴

- 薄板モルタルの飛来塩分量が土研式の塩分量よりも小さくなる場合がある

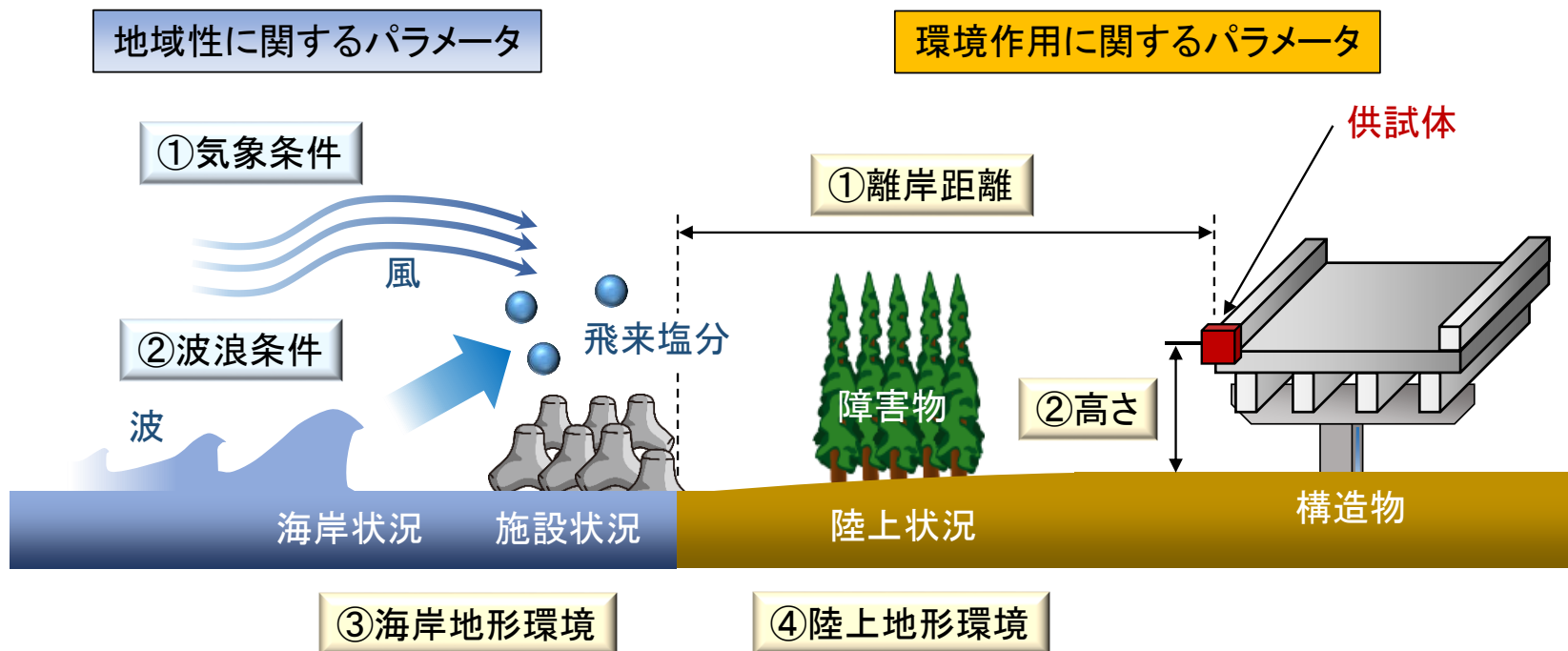
(結果の考察)

- ✓ 冬場に薄板モルタルに雪氷が付着する
- ✓ 雪氷に妨害されて、飛来塩分が表面に当たらず塩分量が減少する

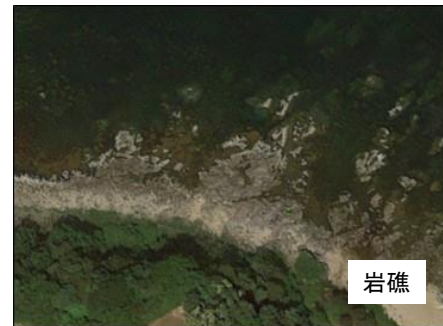
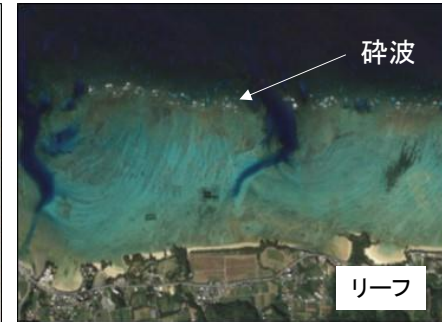
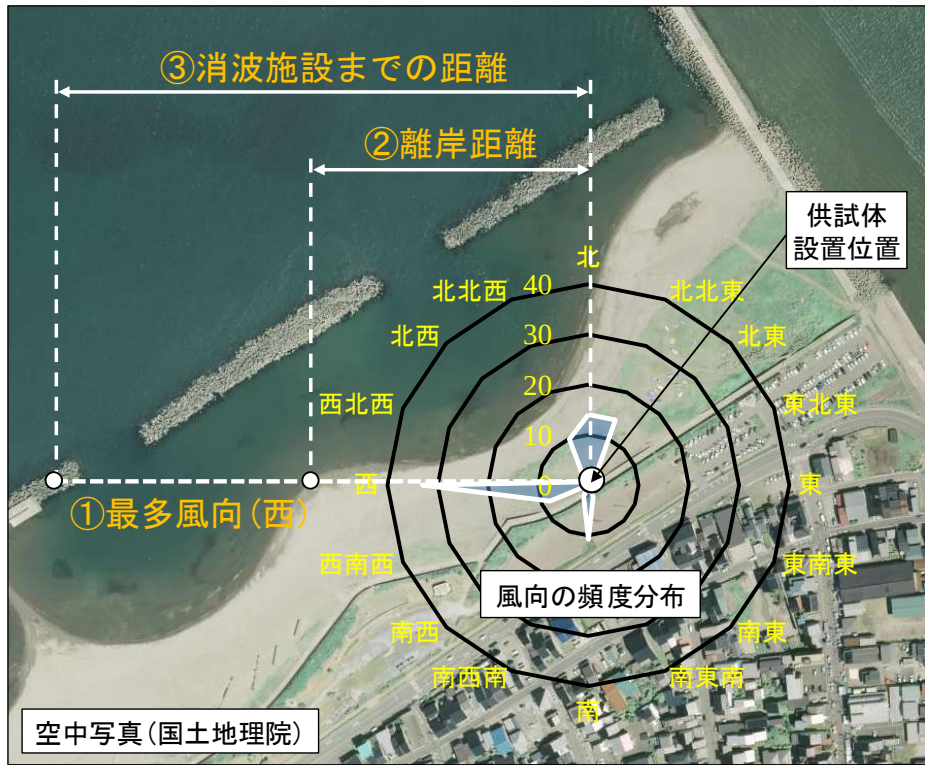


塩害環境の評価に関する共通試験

- 飛来塩分環境を定量的に評価することを目的に，北海道，新潟，金沢，和歌山，沖縄の沿岸において薄板モルタル供試体を用いた共通暴露試験を行った。
- おおよそ2016年12月～2017年4月の期間で実施した。
- 地域性，ならびに環境作用に関するパラメータを整理した。

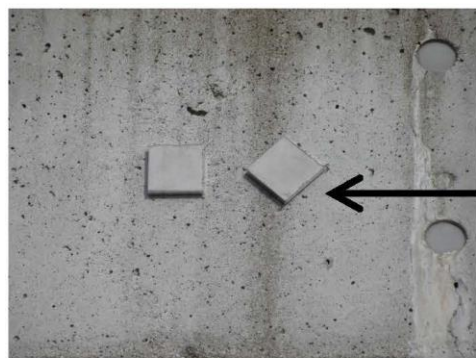


塩害環境の評価に関する共通試験



塩害環境の評価に関する共通試験

- 沿岸部の橋梁などの構造物の表面に薄板モルタルを角度を変えて1測点あたり2枚貼り付けた。
- 構造物の複数箇所貼り付けている。
- 概ね5ヶ月暴露後に回収して全塩分量を測定した。



海側2枚

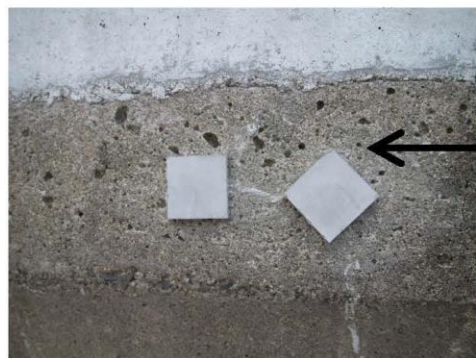


海側から撮影

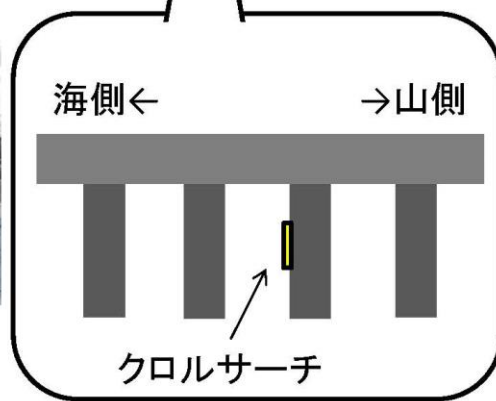


桁内2枚
(桁面は海側)

山側2枚

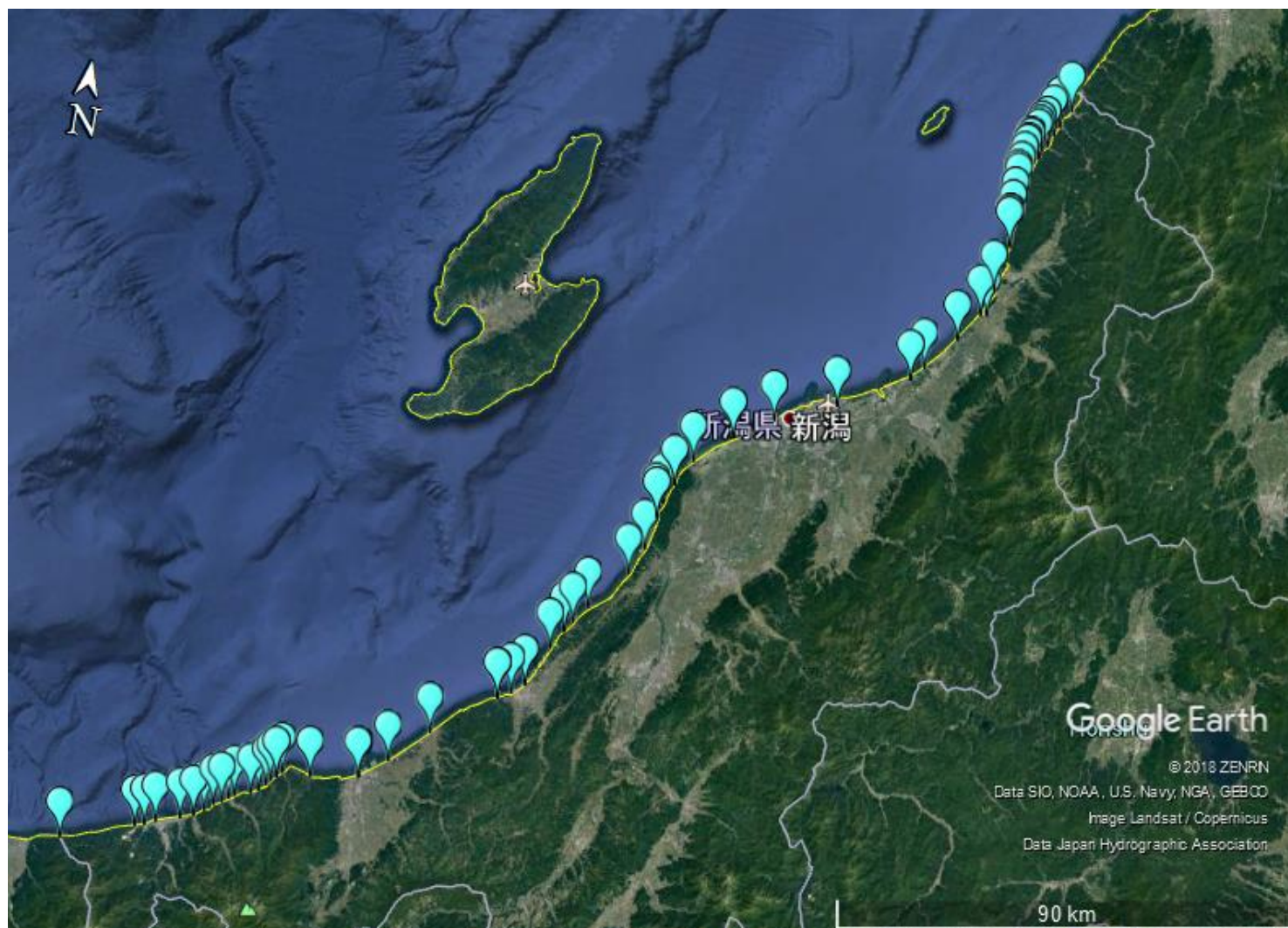


山側から撮影



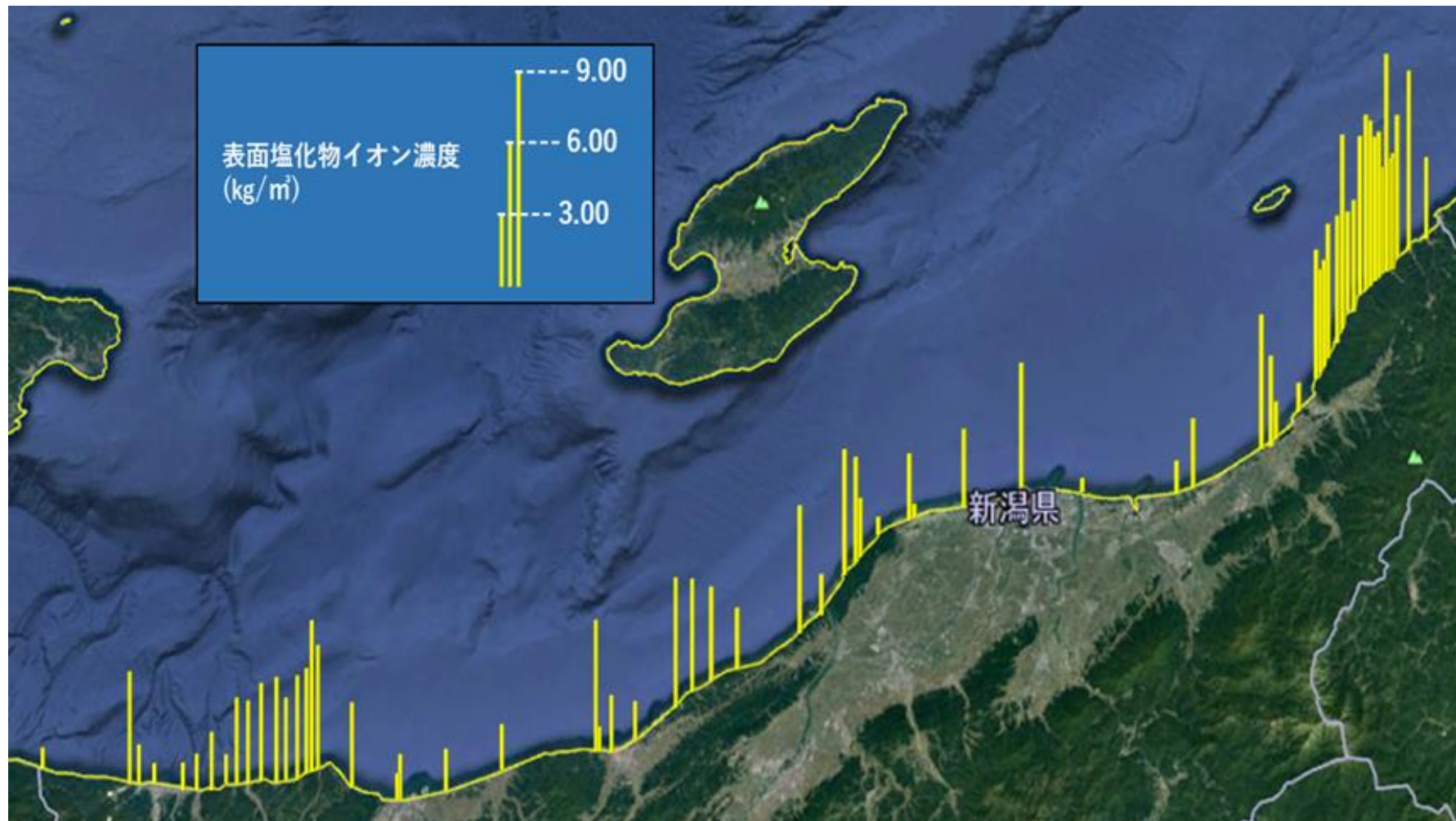
塩害環境の評価に関する共通試験

- 新潟県における測定結果
- 88橋梁で測定を行った。



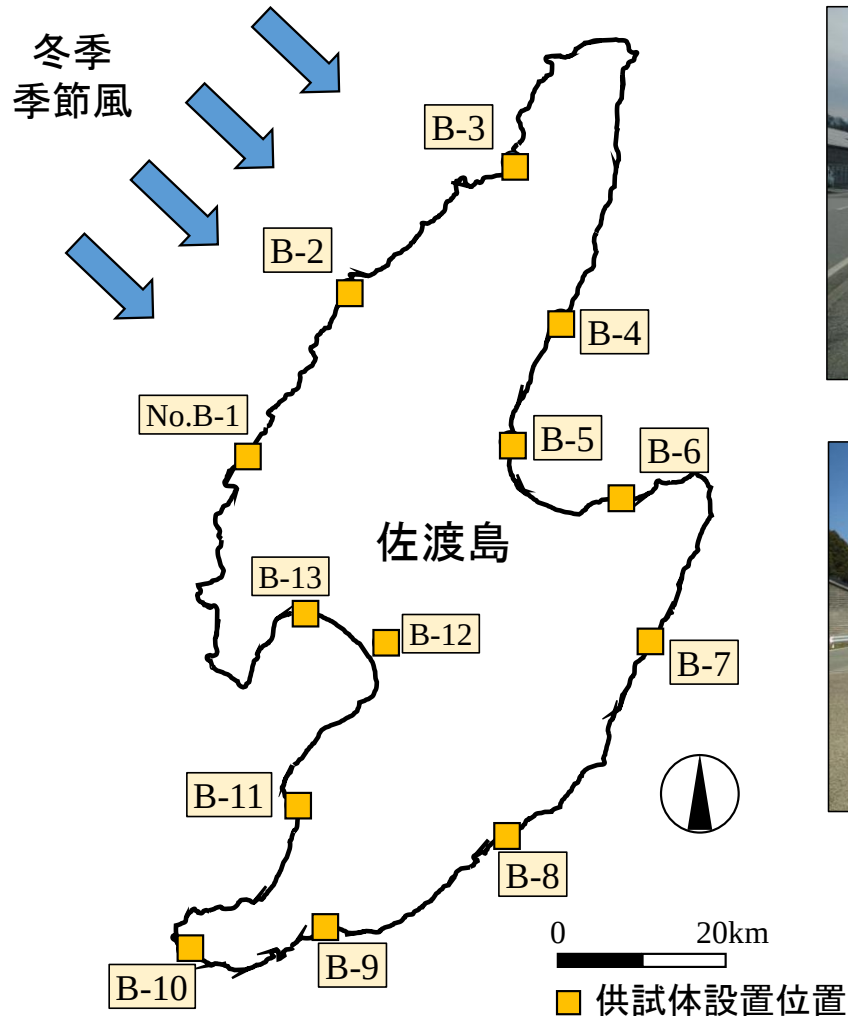
塩害環境の評価に関する共通試験

- 新潟県における測定結果
- 地点間でのばらつきが大きく、明確な傾向は見られない
- ✓ 何らかの方法で補正する必要がある(後で説明)



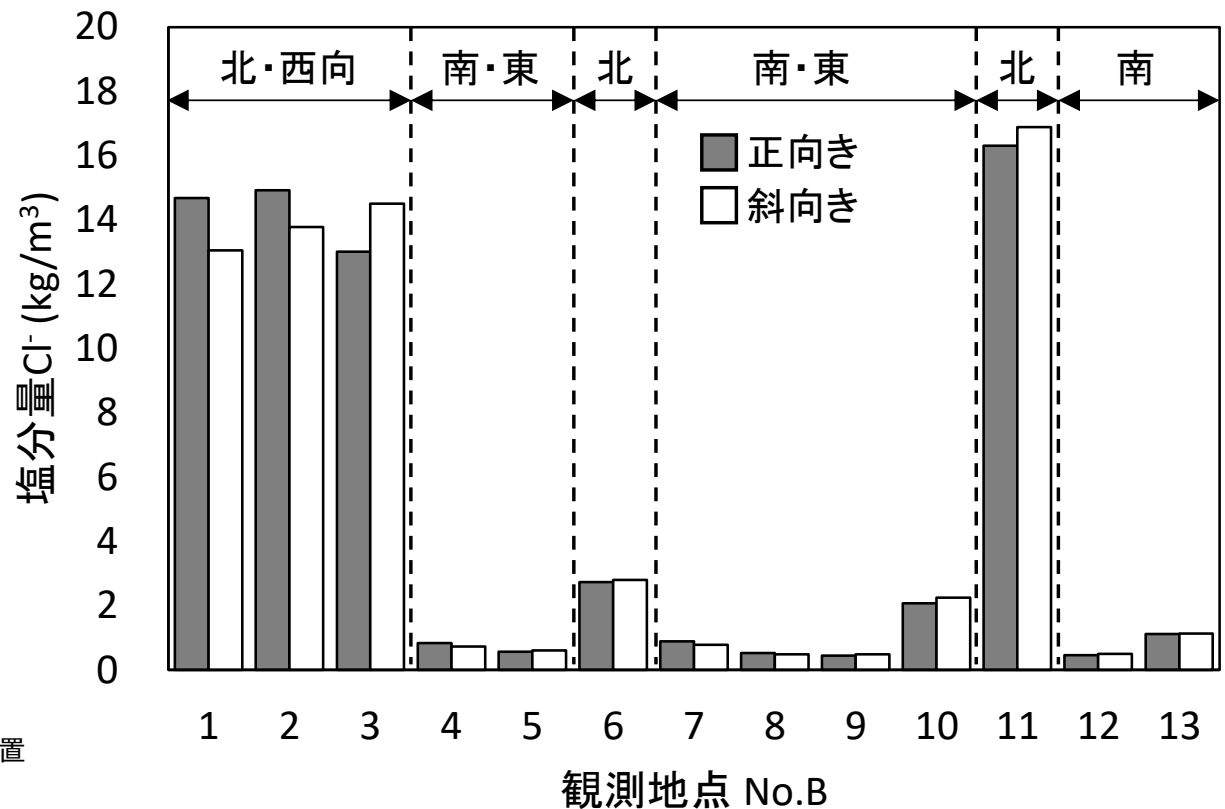
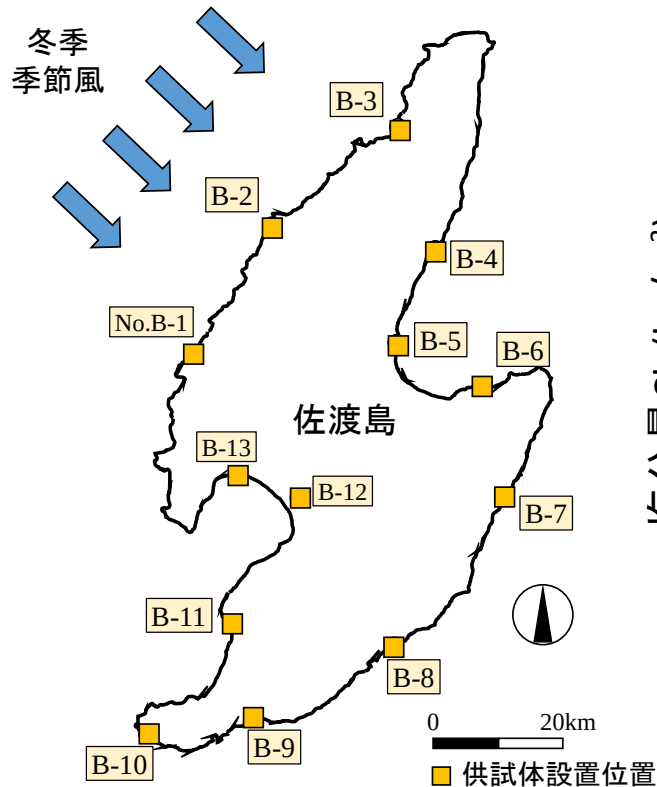
塩害環境の評価に関する共通試験

- 新潟県佐渡地方における測定結果
- 13橋梁で測定を行った。



塩害環境の評価に関する共通試験

- 新潟県佐渡地方における測定結果
- 設置した場所で塩分量が大きくなる傾向が見られた。
- ✓ 暴露試験を佐渡地方では、冬季の季節風的作用により、北西方向から強風が吹き付けるため。

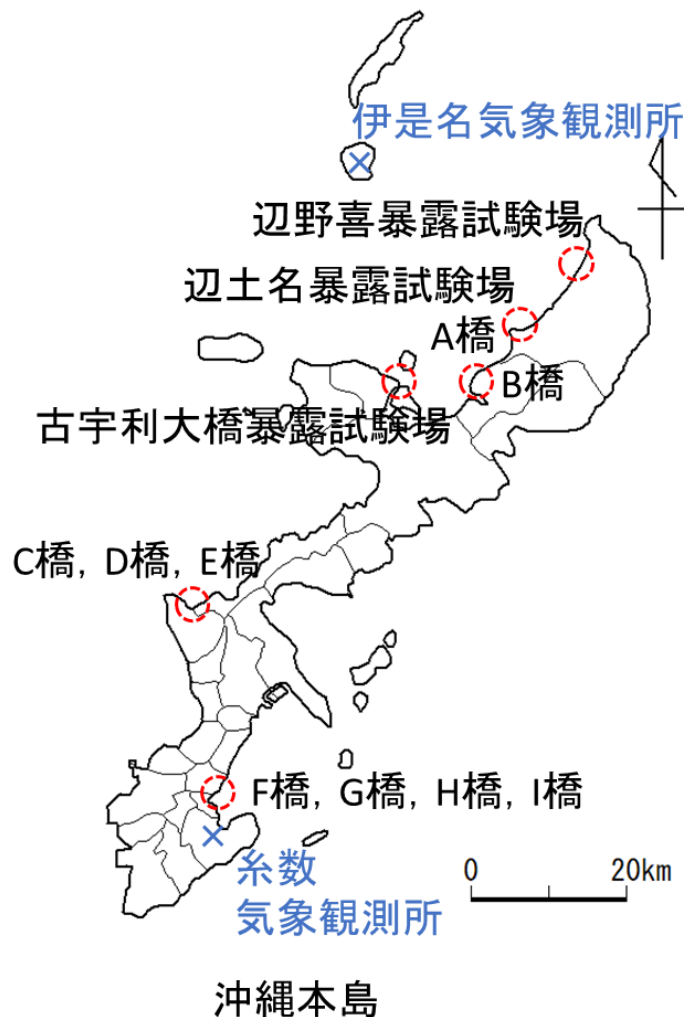


塩害環境の評価に関する共通試験

- 沖縄県における測定結果
- 4暴露試験場と10橋梁で共通試験を実施した

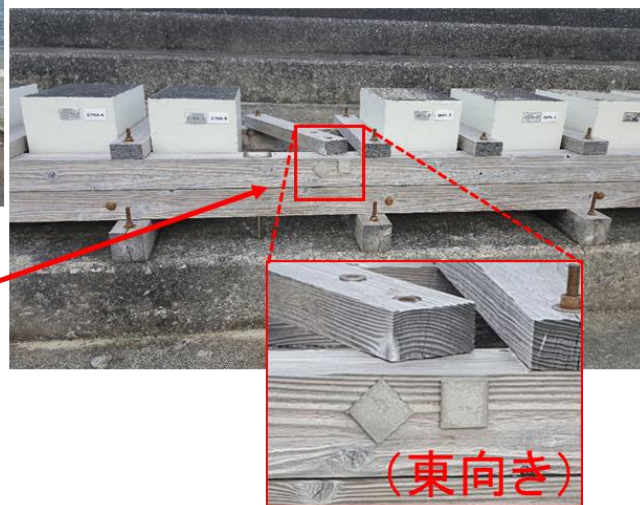
共通試験実施箇所

場所種別	市町村	暴露箇所(暴露面方向)
暴露試験場 (4)	国頭村	辺野喜暴露試験場(西)
		辺土名暴露試験場(北)
	名護市	古宇利大橋暴露試験場(東)
	宮古島市	伊良部大橋暴露試験場 (東, 西, 南, 北)
橋梁 (10)	国頭村	A橋(北)
	大宜味村	B橋(北西)
	読谷村	C橋(北)
	恩納村	D橋(北北西), E橋(北西)
	西原町	F橋, G橋, H橋, I橋(南東)
	宮古島市	J橋(南南西)



塩害環境の評価に関する共通試験

・ 沖縄県における測定結果



塩害環境の評価に関する共通試験

- ・ 沖縄県における測定結果
- ・ 設置した場所で塩分量が大きくなる傾向が見られた。
- ✓ 台風の影響を受けていないにもかかわらず、季節風の影響で多量の塩分が含まれる箇所がある。

暴露結果			
供試体 (No.)	地名 (県・市)	塩化物イオン量 (kg/m ³)	
		(正方向)	(斜方向)
1	沖縄県・国頭村	8.79	7.16
2	沖縄県・国頭村	28.61	26.97
3	沖縄県・名護市	22.30	25.16
4	沖縄県・宮古島市	12.21	11.63
5	沖縄県・宮古島市	6.68	5.66
6	沖縄県・宮古島市	4.72	5.66
7	沖縄県・宮古島市	18.36	16.48
8	沖縄県・国頭村	9.62	9.80

暴露結果			
供試体 (No.)	地名 (県・市)	塩化物イオン量 (kg/m ³)	
		(正方向)	(斜方向)
9	沖縄県・大宜味村	10.08	10.17
10	沖縄県・読谷村	10.22	10.10
11	沖縄県・恩納村	5.88	6.93
12	沖縄県・恩納村	5.83	7.23
13	沖縄県・西原町	1.16	1.17
14	沖縄県・西原町	1.11	0.86
15	沖縄県・西原町	0.76	0.64
16	沖縄県・西原町	0.63	0.59
17	沖縄県・宮古島市	2.61	3.05

塩害環境の評価に関する共通試験

- 石川県における測定結果
- 1暴露試験場と1橋梁で共通試験を実施した



塩害環境の評価に関する共通試験

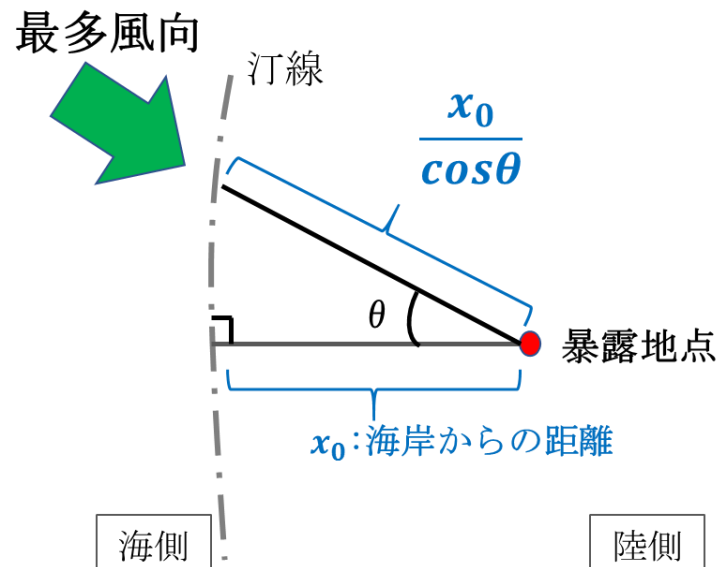
- 沖縄県における測定結果
- 設置した場所で塩分量が大きくなる傾向が見られた。

設置場所	立地条件	貼り方	全塩分量分析結果		塩分量
			[Cl ⁻ %]	[Cl ⁻ kg/m ³]	[mdd]
新宮橋	海岸線から約25m 障害物なし	□	0.614	13.0	5.478
		□	0.606	12.8	5.357
内灘 暴露場	海岸線から約250m 防波堤 + 消波ブロック	□	0.185 (西①)	3.88	1.632
		□	0.180 (西②)	3.96	1.662
		□	0.092 (東①)	1.95	0.819
		□	0.101 (東②)	2.17	0.910
		□	0.128 (北①)	2.72	1.142
		□	0.122 (北②)	2.59	1.090
		□	0.113 (南①)	2.40	1.007
		□	0.111 (南②)	2.36	0.992

最大でも沖縄
の1/5程度

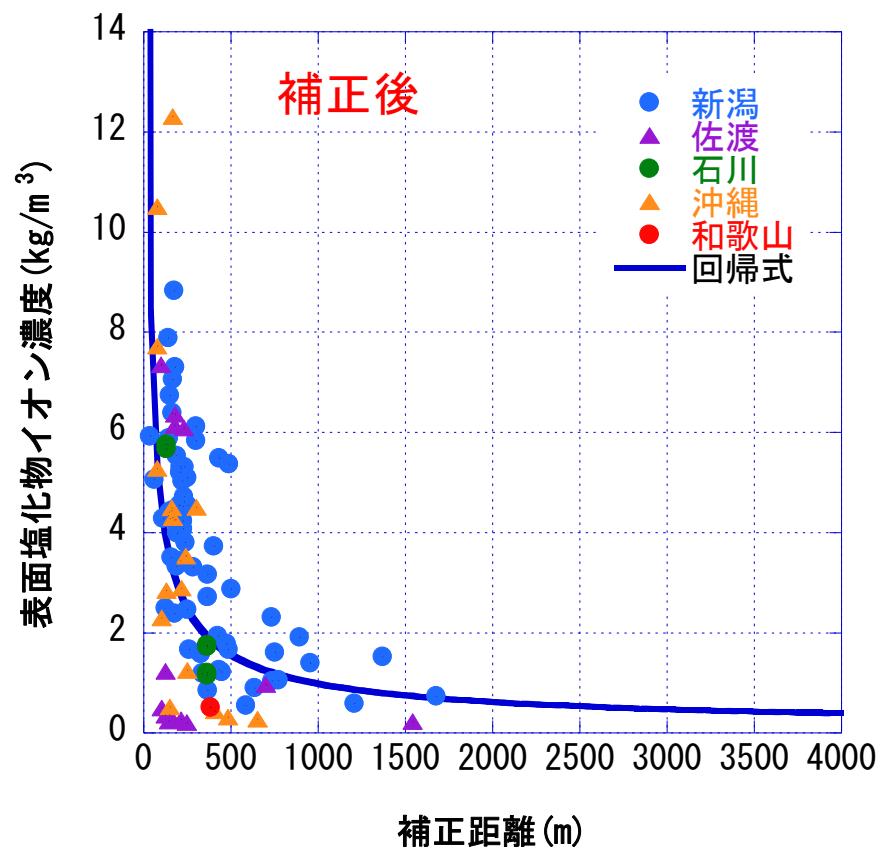
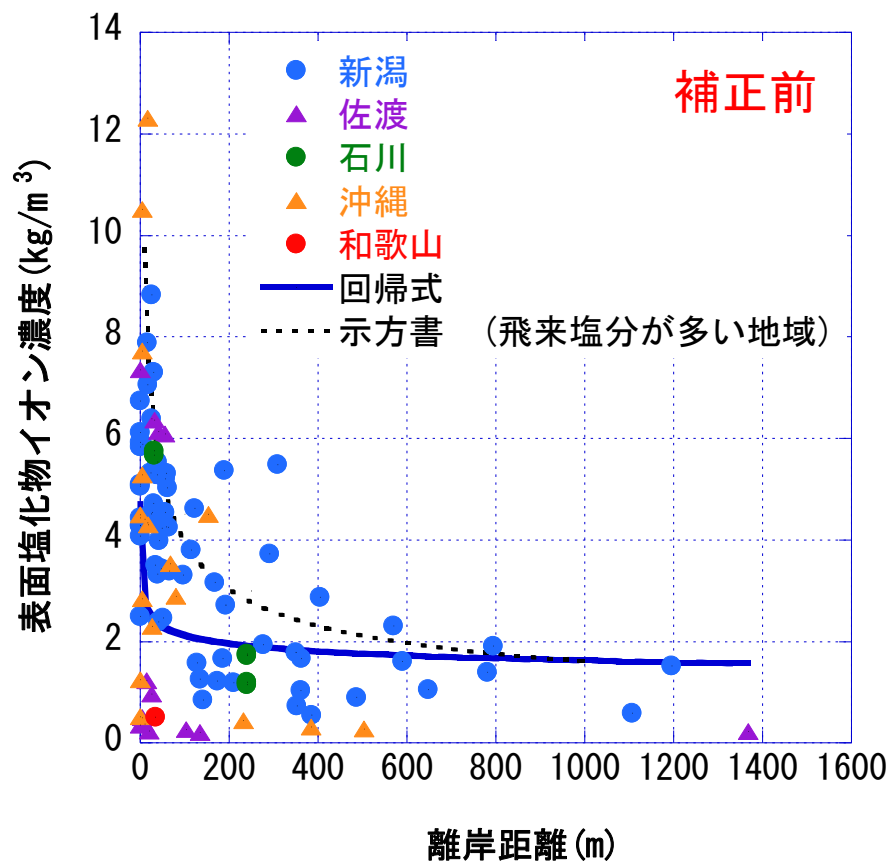
塩害環境の評価に関する共通試験

- 得られた測定結果の整理
- 標高補正
- ✓ 標高1mが汀線からの距離25mに相当するとして離岸距離を補正した.
- 風向補正
- ✓ アメダスより取得した暴露期間の最多風向と汀線直角方向との角度差により補正した.
- 波エネルギーによる補正
- ✓ ナウファスで得られた有義波高と有義波周期より補正した.



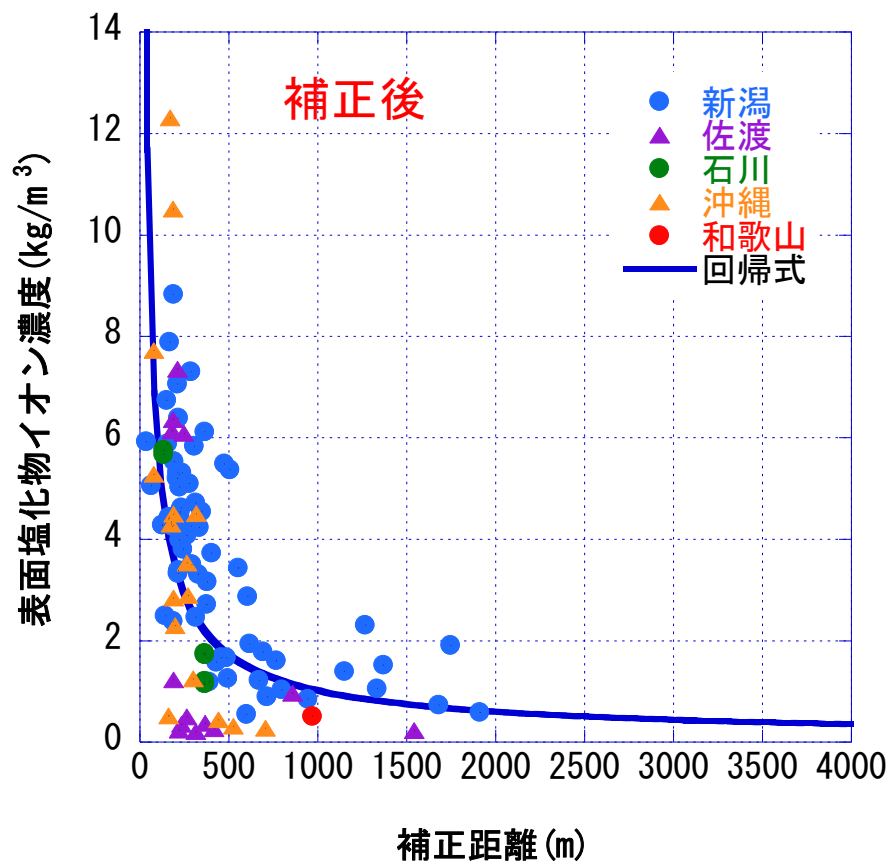
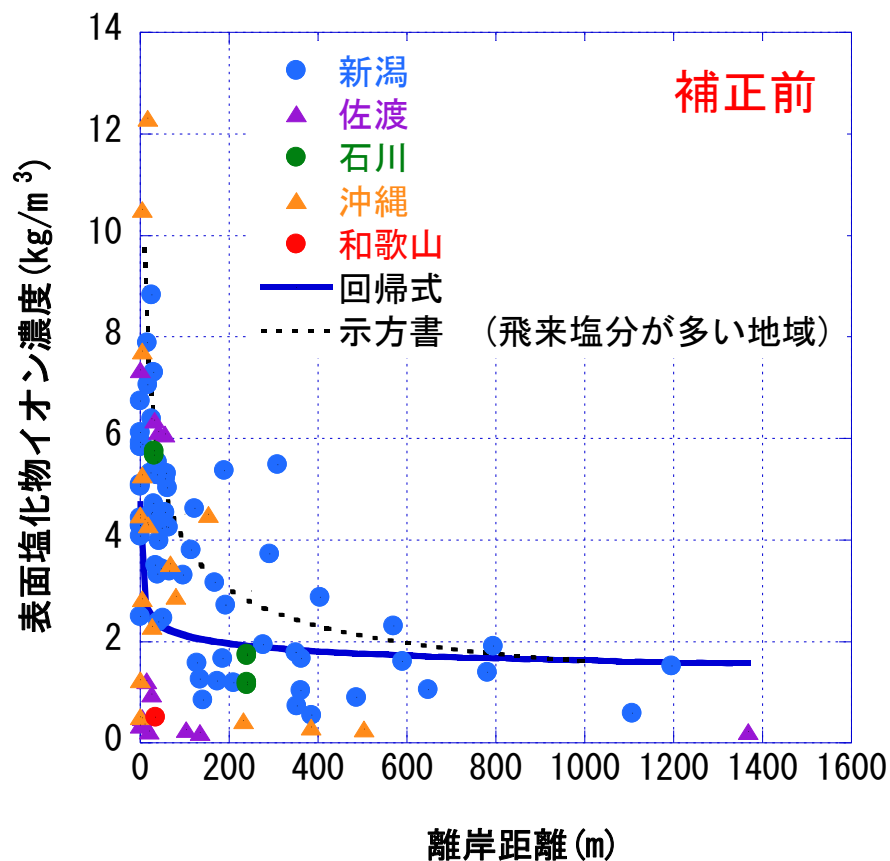
塩害環境の評価に関する共通試験

- 得られた測定結果の整理
- 標高補正
- ✓ 精度の改善は見られるが、距離を補正したため、2000m以降のデータがない



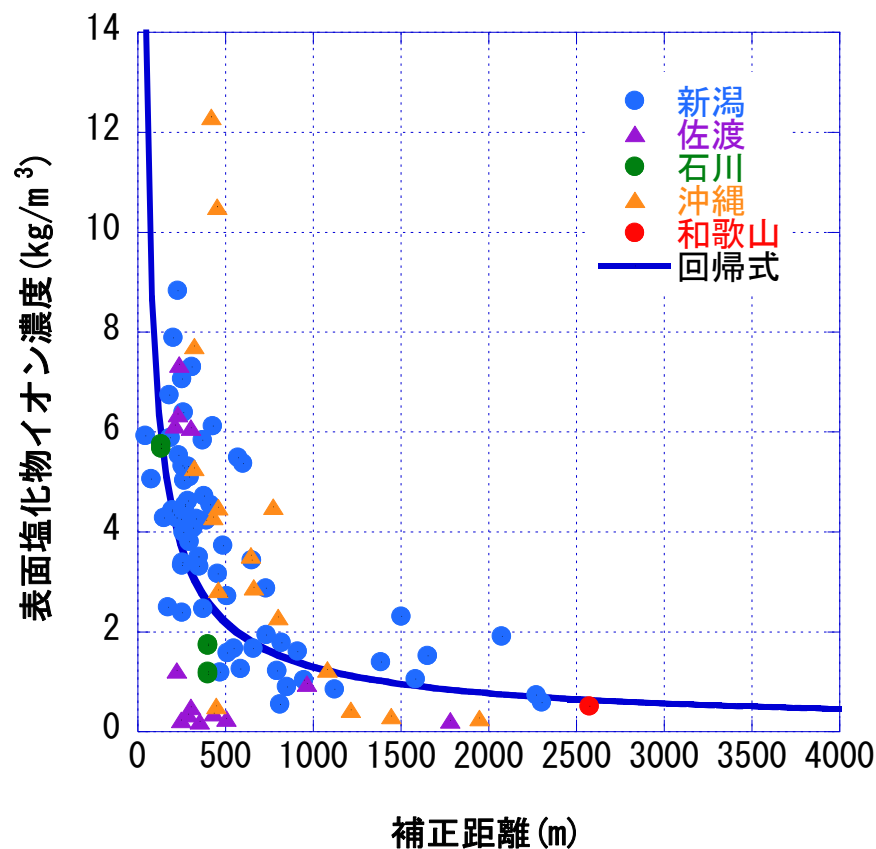
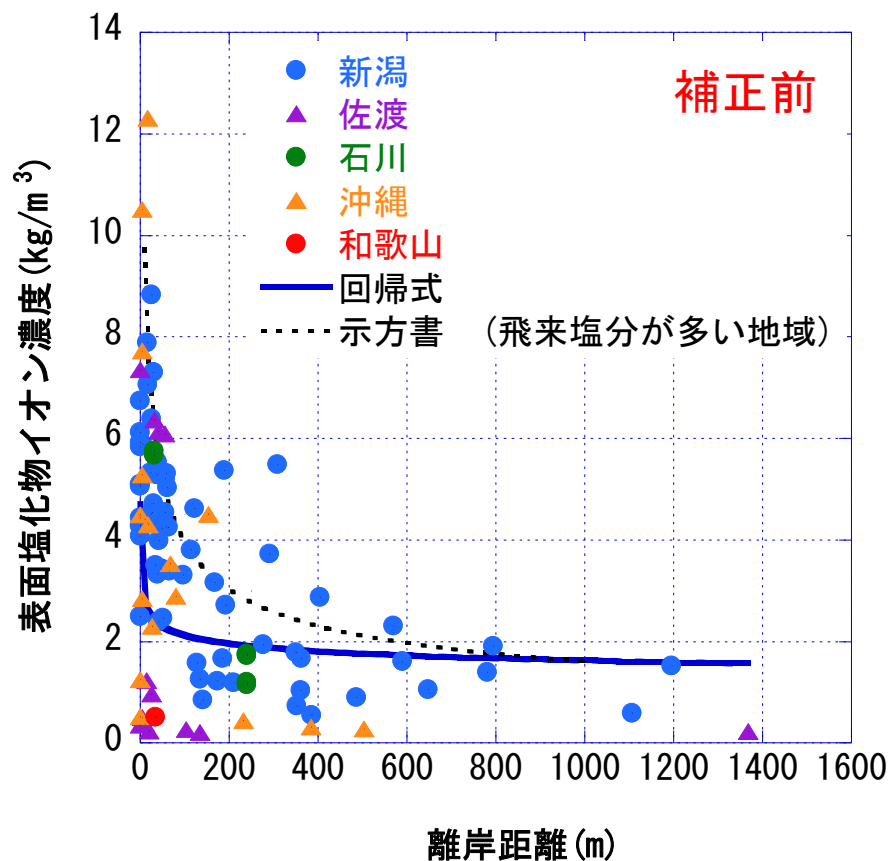
塩害環境の評価に関する共通試験

- 得られた測定結果の整理
- 標高・風向補正
- ✓ 標高補正と比較して精度の改善があまり見られない



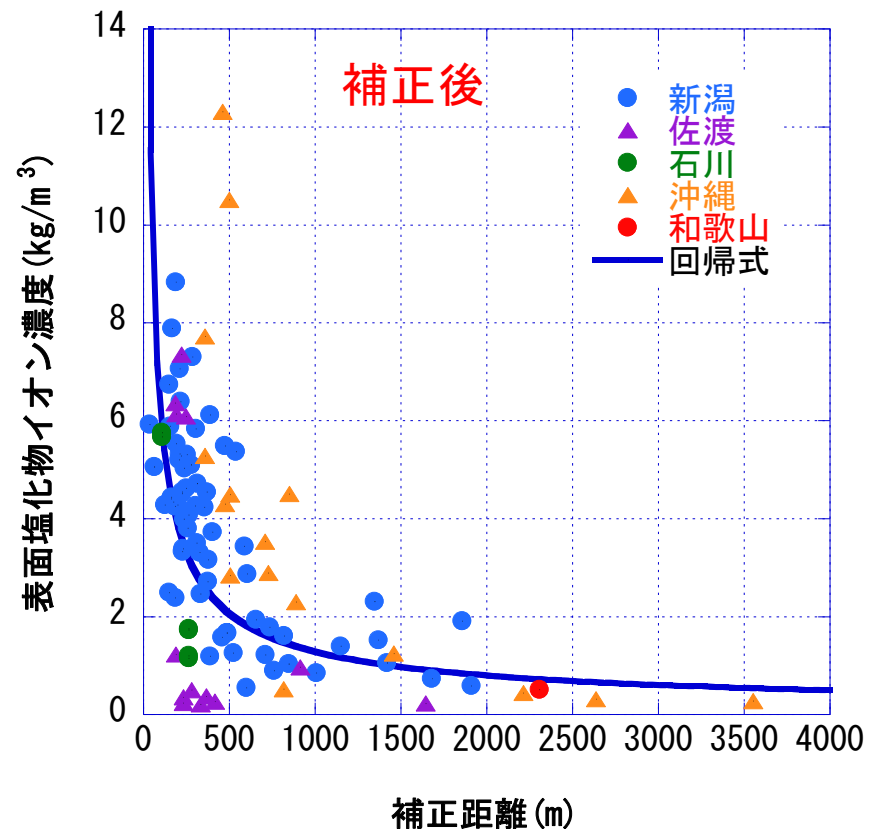
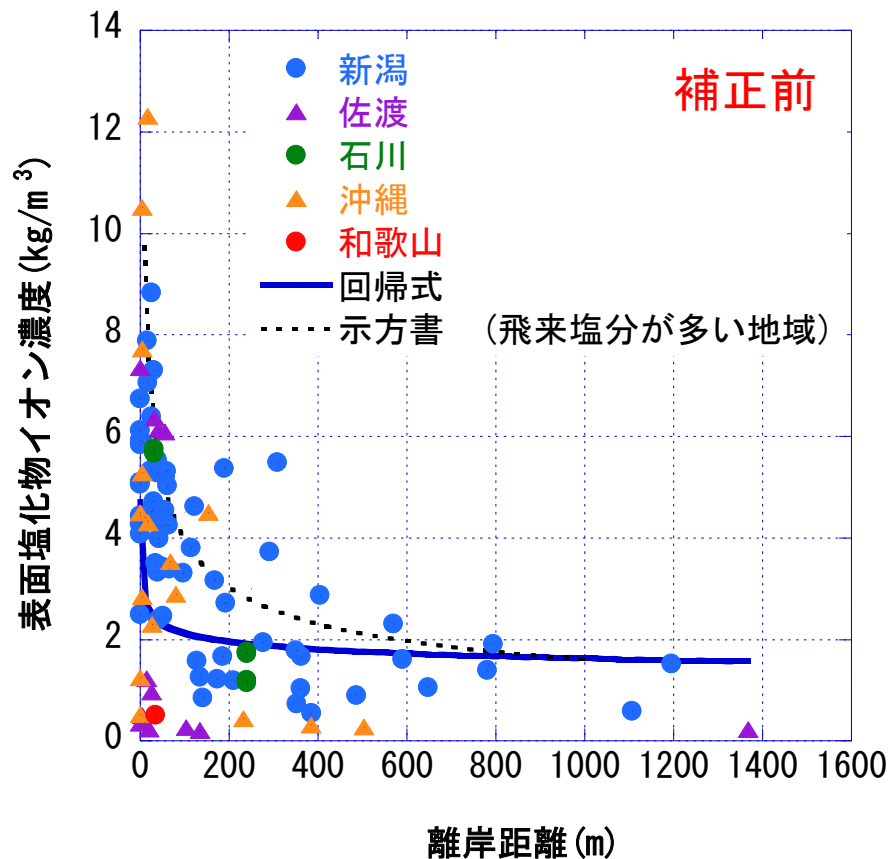
塩害環境の評価に関する共通試験

- 得られた測定結果の整理
- 標高・風向・波エネルギー補正
- ✓ 前の検討よりも若干の精度の向上が見られた.



塩害環境の評価に関する共通試験

- 得られた測定結果の整理
- 標高・風向・波エネルギー(上位5日間)補正
- ✓ これまでの検討のうちで最も良い精度が得られた.
- ✓ この図の回帰式 $C_0(\text{kg/m}^3)=145.2x^{-0.68}$



省力的な補修・補強工法に関する実験的検討

- 鉄筋腐食の生じたRCはりにおける電気防食工法と耐食鉄筋埋込による補修と補強に関する研究を実施している
 - ✓ 住友大阪セメント，愛知製鋼に研究の支援を受けている
- 昨年度実施した実験の結果を講演する.
 - ✓ 第19回アップグレード論文集に内容を投稿中のため，資料の配布を控えた.
 - ✓ 撮影などもご遠慮ください.