

# 外装化海底ケーブルの機械的寿命の 限界と経済的な保守基準の提案



海底ケーブルの科学利用と関連技術に関する将来展望-第5回

2022年12月 8日 (木)

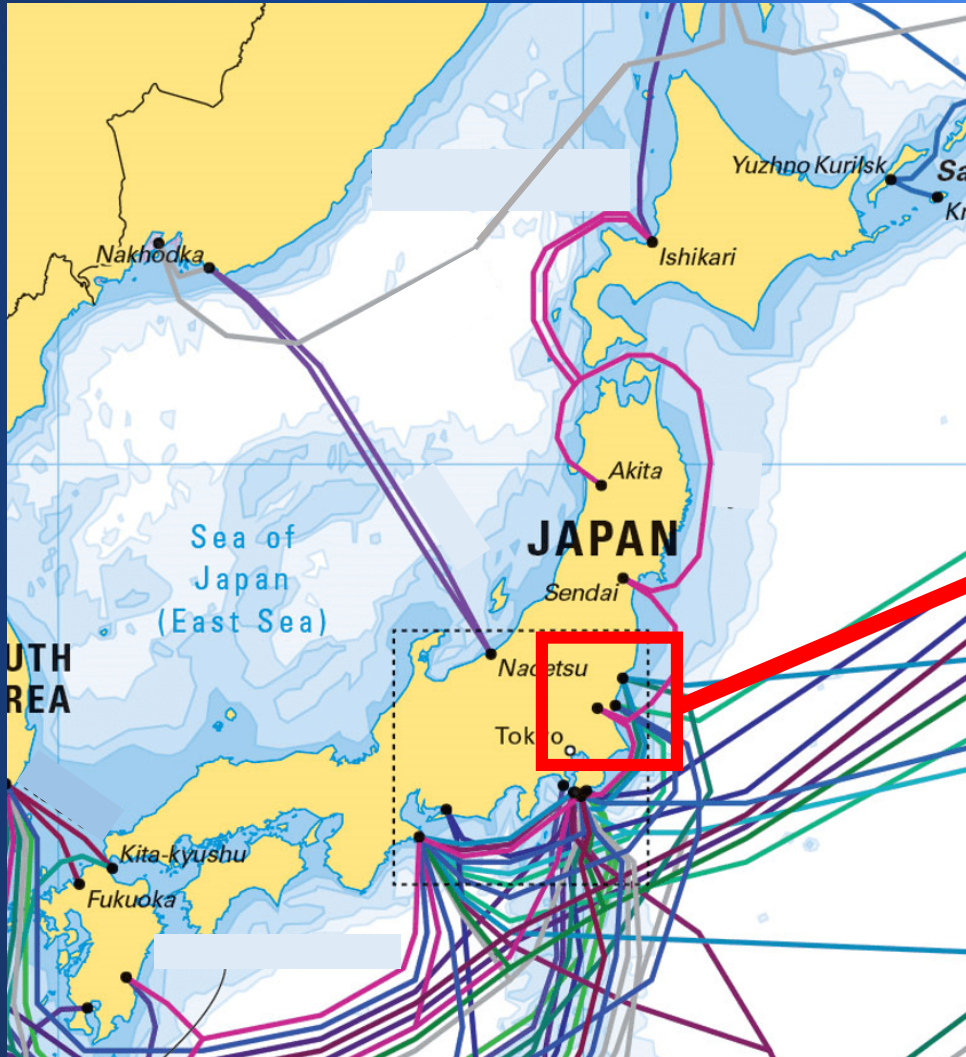
東京大学生産技術研究所 コンベンションホール

国際ケーブル・シップ株式会社 藤田 尚之

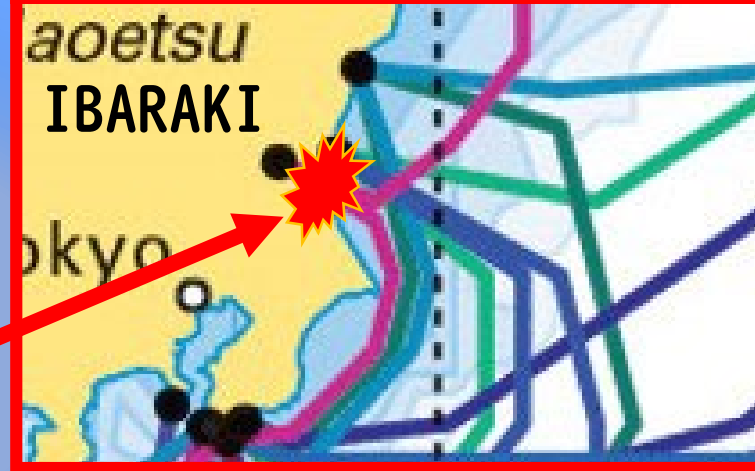
## ◆講演内容

1. 外装ケーブルに発生した障害の背景について
2. 外装ケーブルの外装線調査について
3. 障害に至った原因について
4. 海底ケーブルシステムの機械的寿命および  
予防保全に有効な保守基準の提案

## 2. 外装ケーブルに発生した障害の背景について



障害発生位置



障害部(海中)

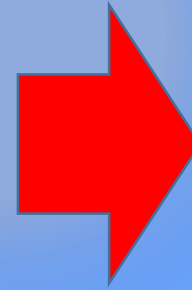


## 2. 外装ケーブルに発生した障害の背景について



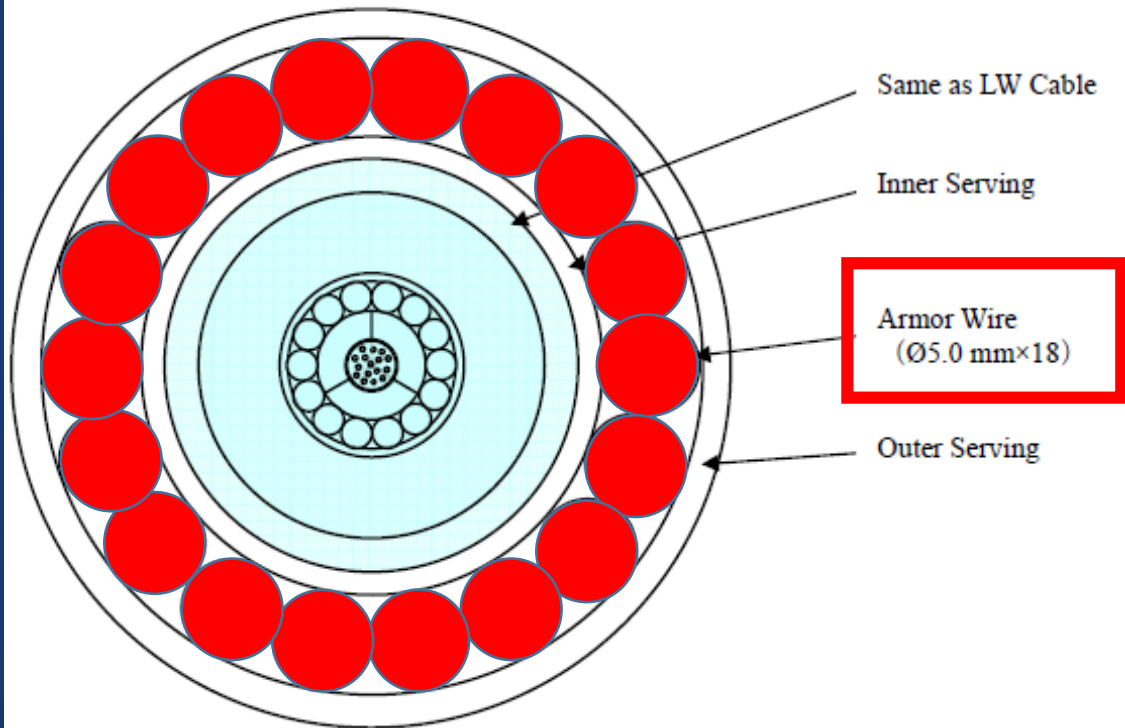
## 2. 外装ケーブルに発生した障害の背景について

海中より回収した海底ケーブル



### 3. 外装ケーブルの外装線調査について

#### 障害箇所使用ケーブル情報



外装鉄線には防食の為、亜鉛メッキが施されている。



アノード防食となり、亜鉛が犠牲陽極として溶出することで鉄線を保護している。



何故障害に至る結果となったのか？

| Parameter        | Unit | Nominal Value |
|------------------|------|---------------|
| Nominal Diameter | mm   | 42.0          |

### 3. 外装ケーブルの外装線調査について

#### ◆障害箇所付近の海底環境に関する情報

水深20m、海水温10～20℃、海底面環境：礫、粘土質

埋設部での腐食は見られないが、非埋設部で腐食が確認されている。

外装線の腐食が進行する原因として考えられるものは何か？



## 3. 外装ケーブルの外装線調査について

金属腐食分析：

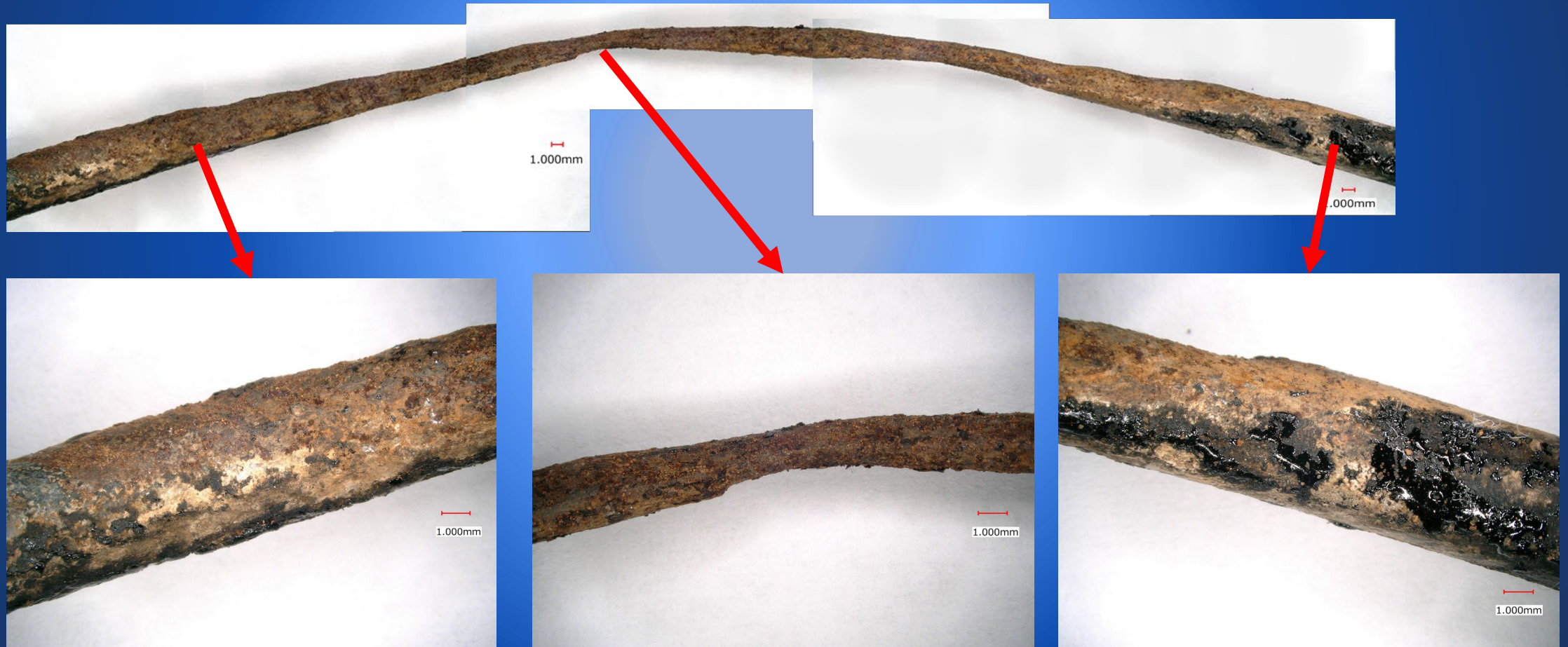
腐食に由来する元素を表面や断面から分析が可能

1. 外観観察
2. 断面実態観察
3. 断面SEM観察  
(SE像、BSE像、EDX元素分析)



# 3. 外装ケーブルの外装線調査について

## 【外観観察】



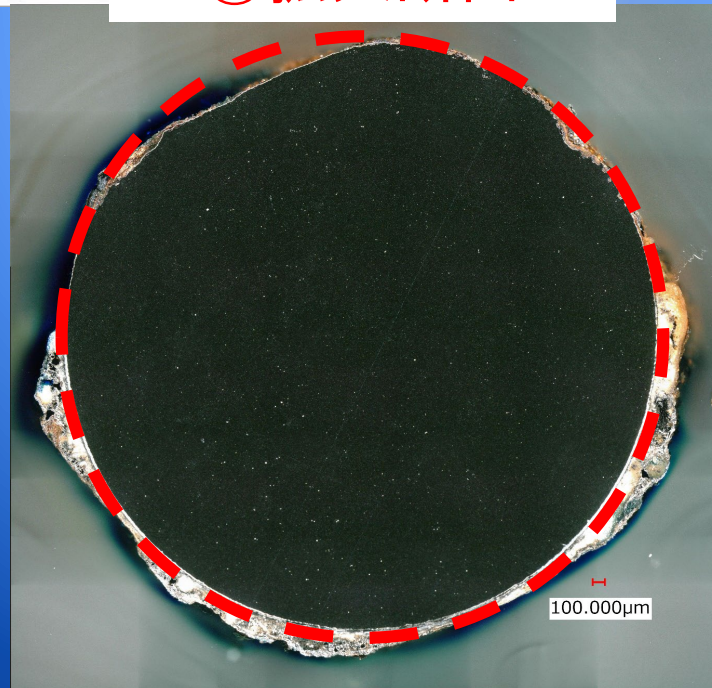
※写真内の赤線は1.0mmスケールです。

# 3. 外装ケーブルの外装線調査について

## 【断面実態観察①】



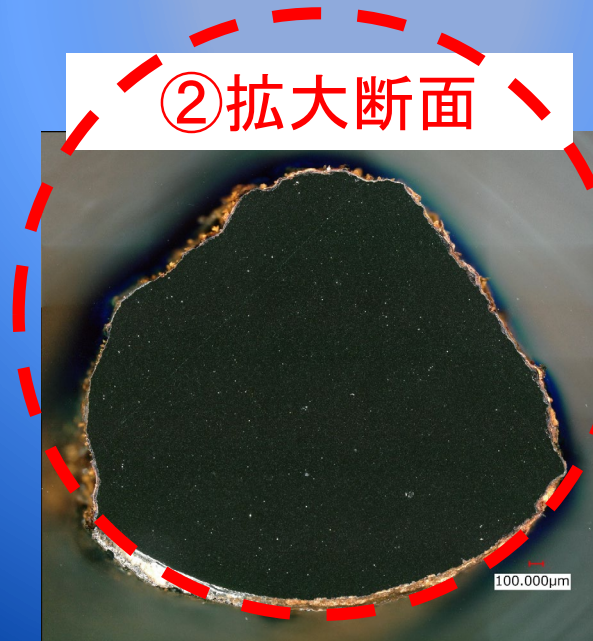
①拡大断面



※断面写真内の赤線は0.1mmスケールです。

# 3. 外装ケーブルの外装線調査について

## 【断面実態観察②】



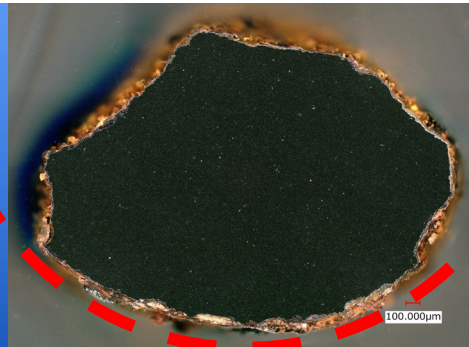
※断面写真内の赤線は0.1mmスケールです。

# 3. 外装ケーブルの外装線調査について

## 【断面実態観察③】

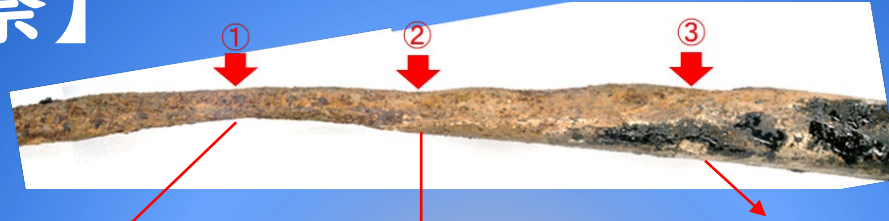


### ③拡大断面

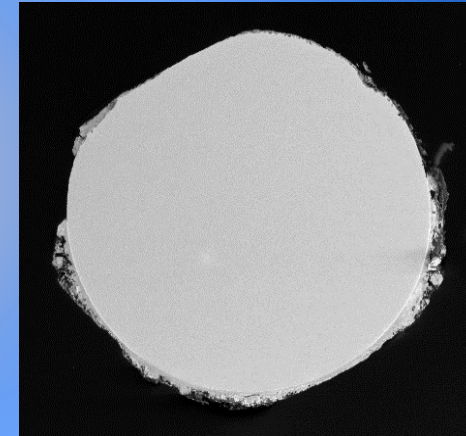
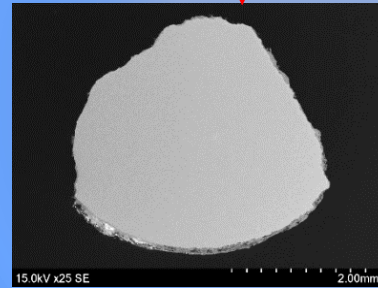
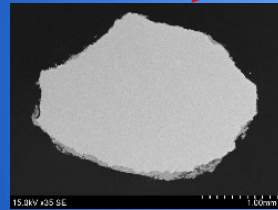


# 3. 外装ケーブルの外装線調査について

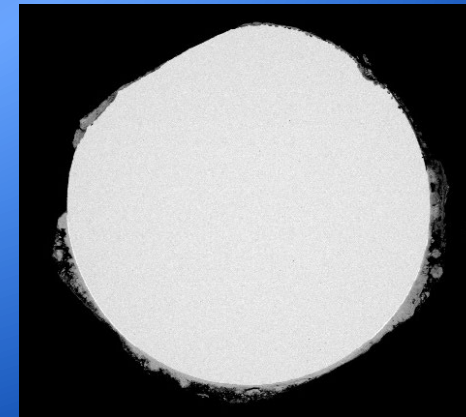
## 【断面SEM観察】



SE像  
(二次電子像)



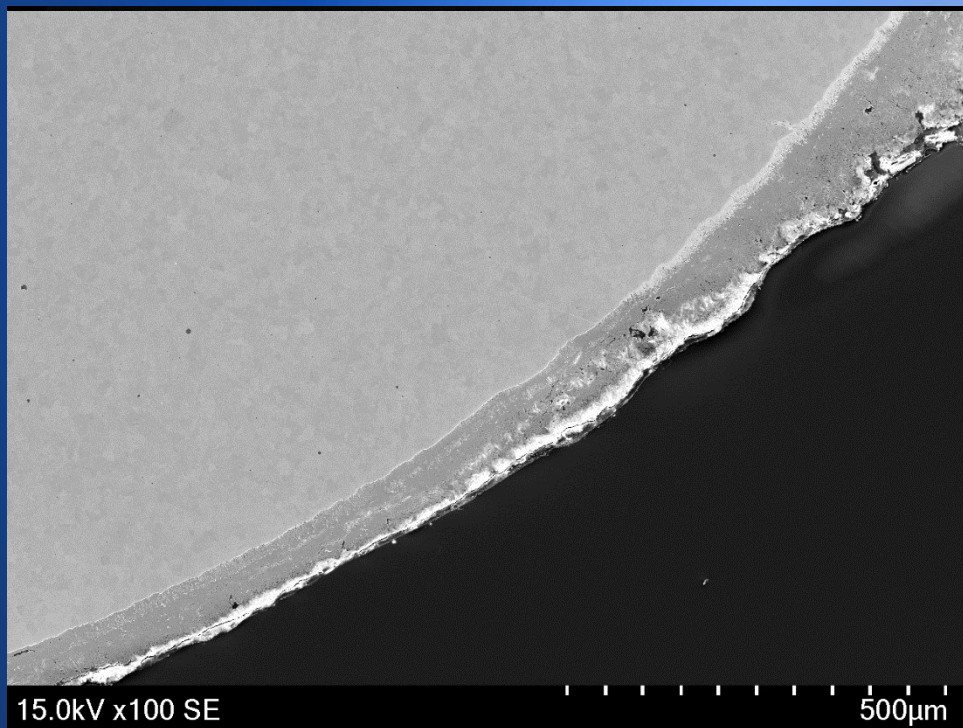
BSE像  
(反射電子像)



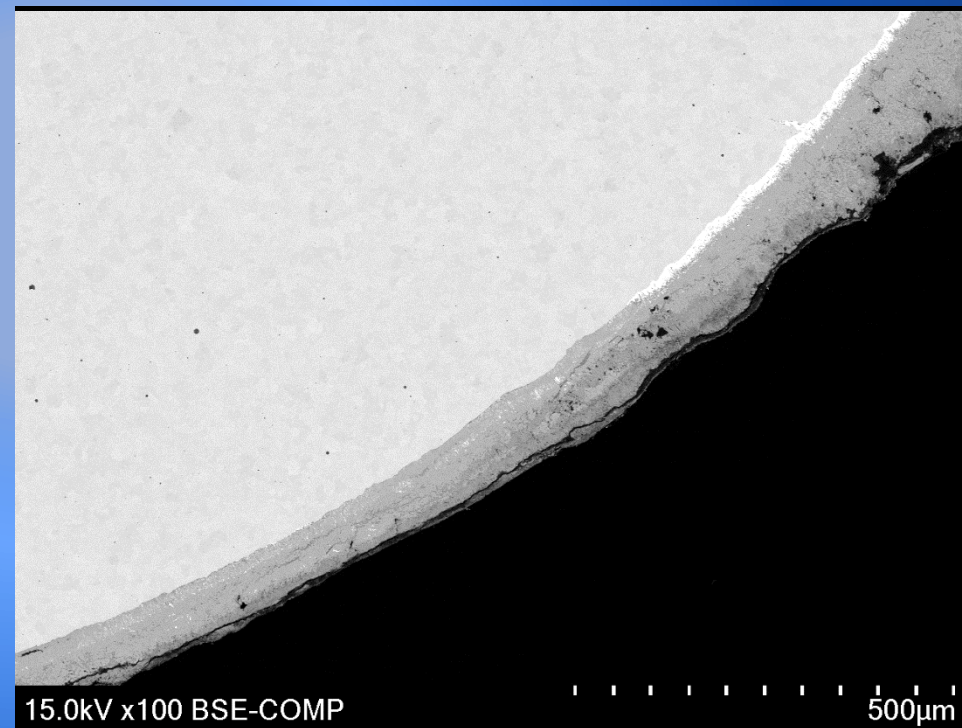
### 3. 外装ケーブルの外装線調査について

#### 【断面SEM観察】

＜腐食が軽微な箇所＞



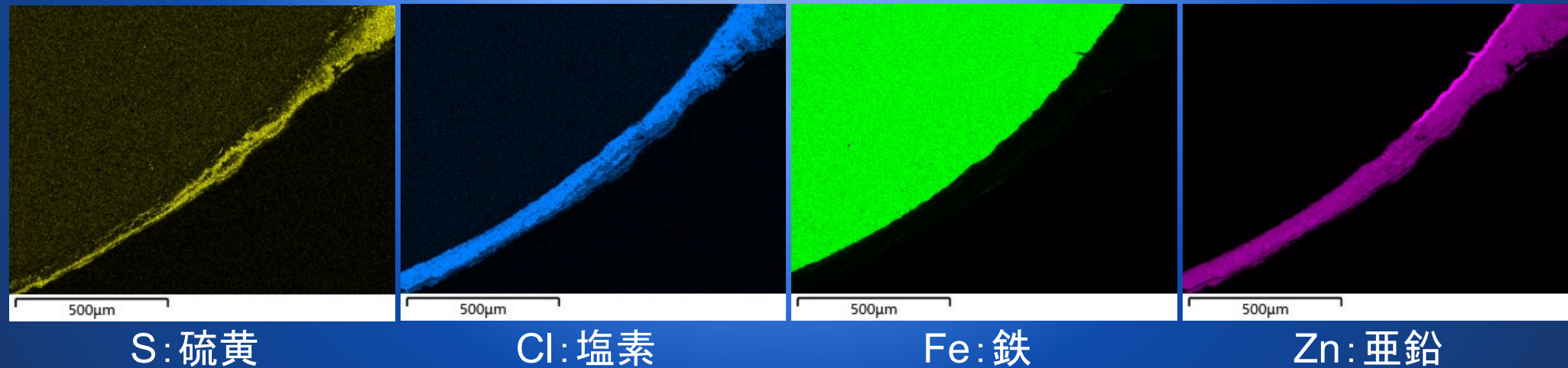
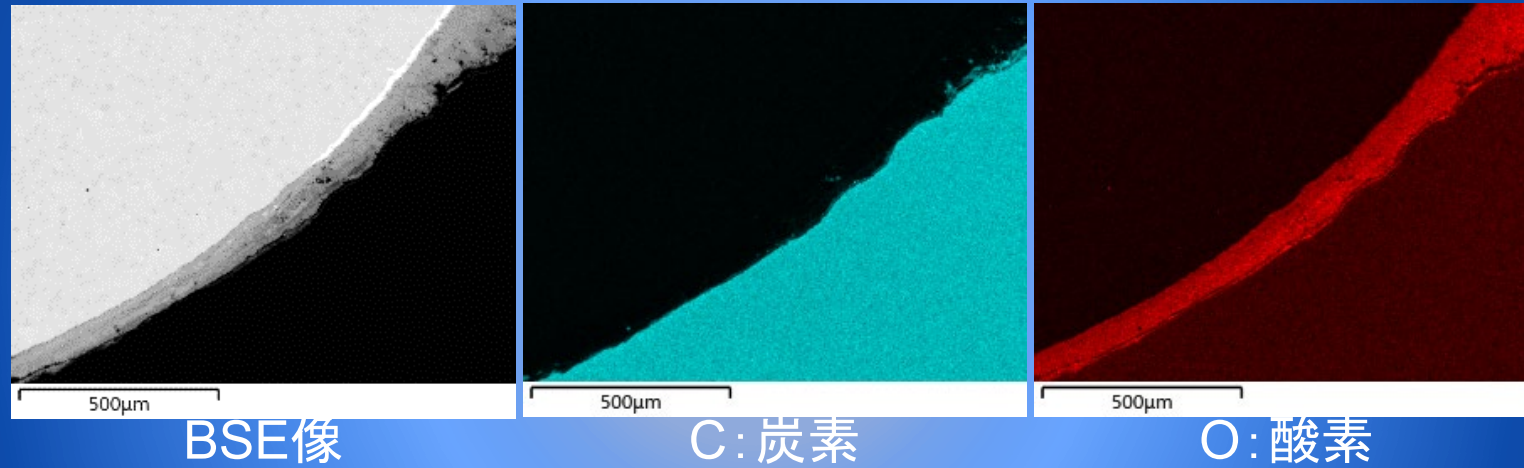
SE像



BSE像

### 3. 外装ケーブルの外装線調査について

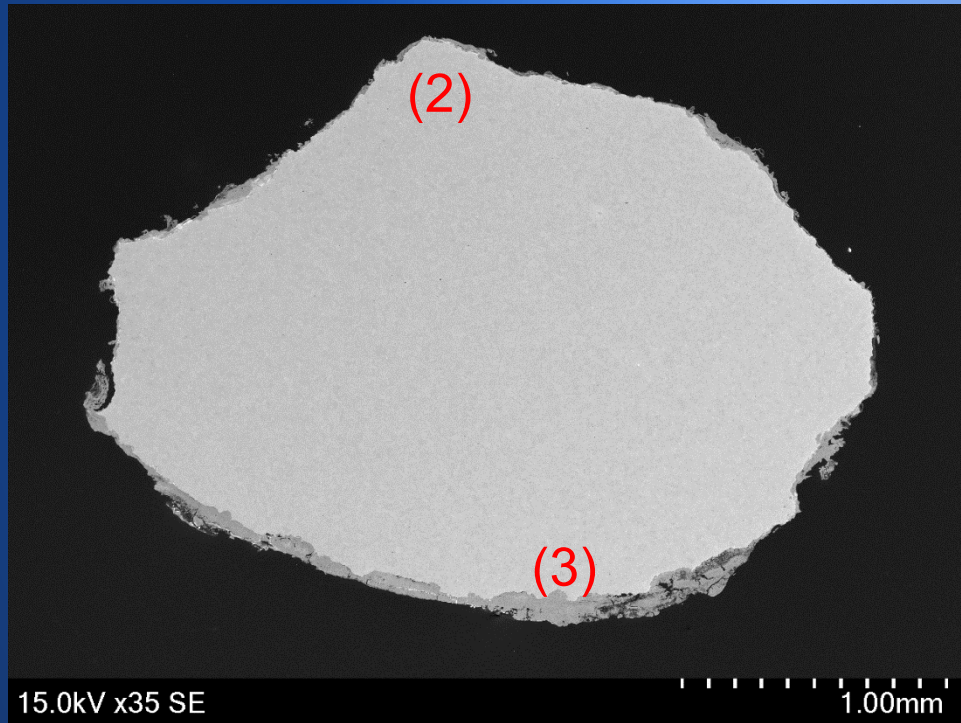
#### 【断面SEM観察】 <EDX元素分析結果>



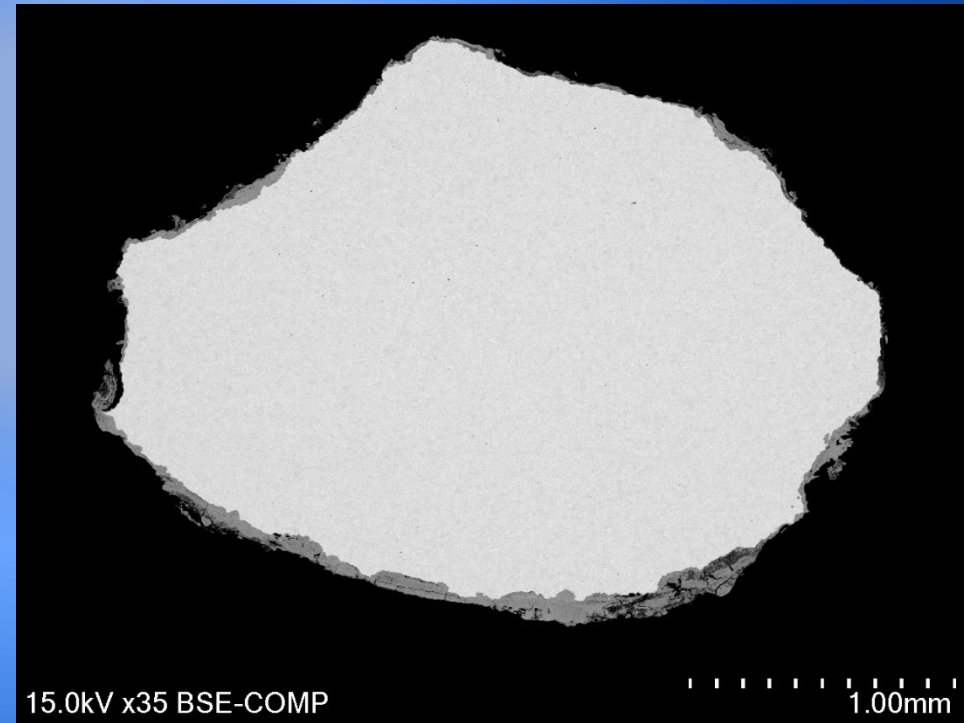
### 3. 外装ケーブルの外装線調査について

#### 【断面SEM観察】

<腐食が顕著な箇所>



SE像



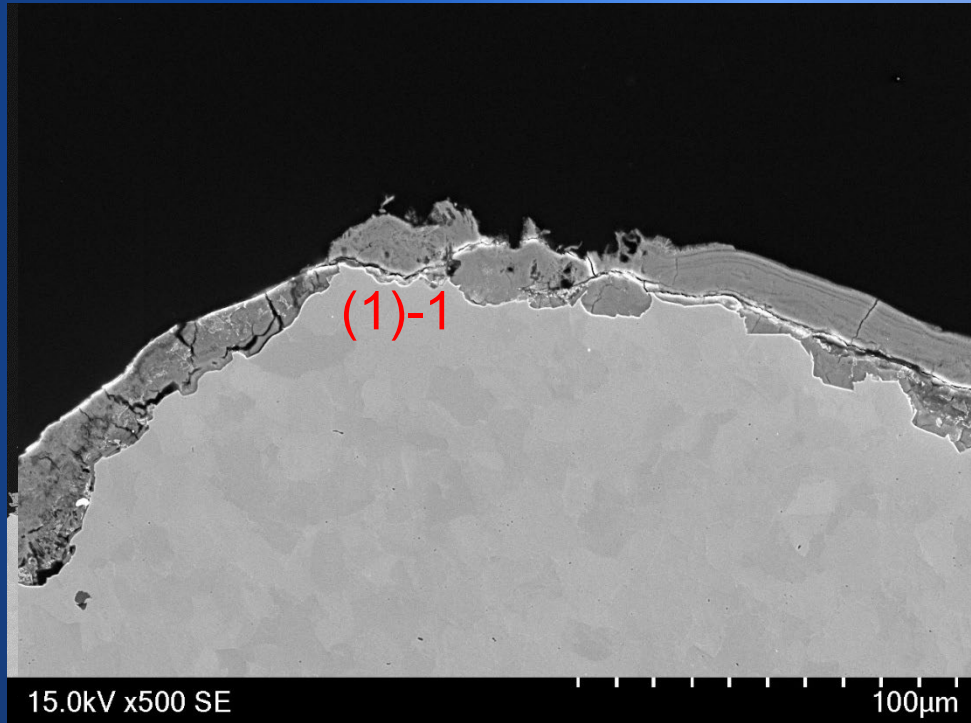
BSE像



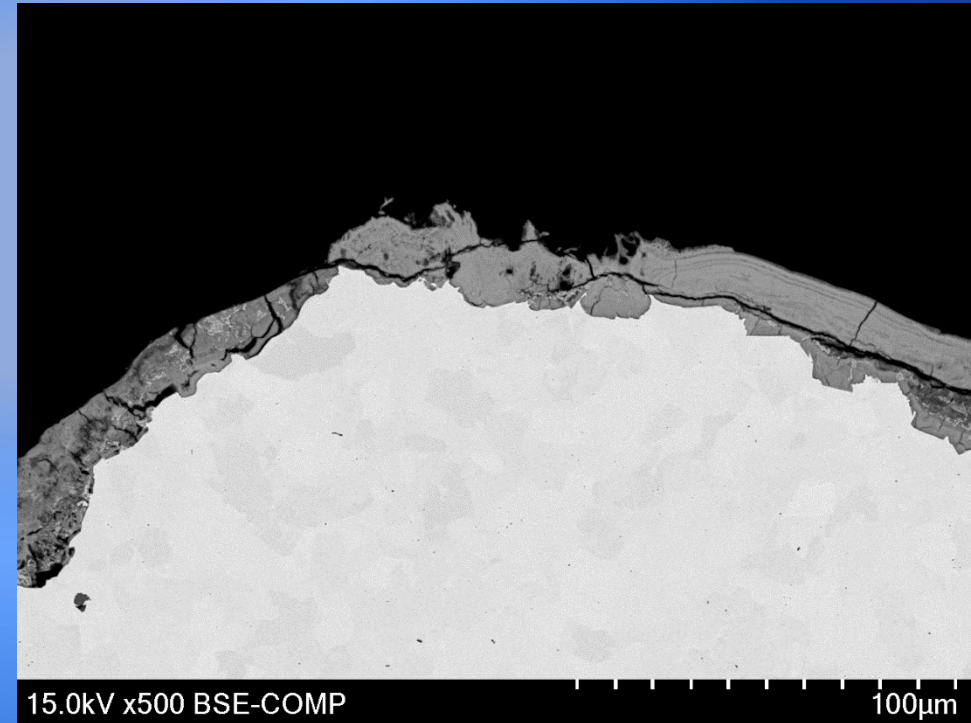
### 3. 外装ケーブルの外装線調査について

#### 【断面SEM観察】

<腐食が顕著な箇所(上面)>



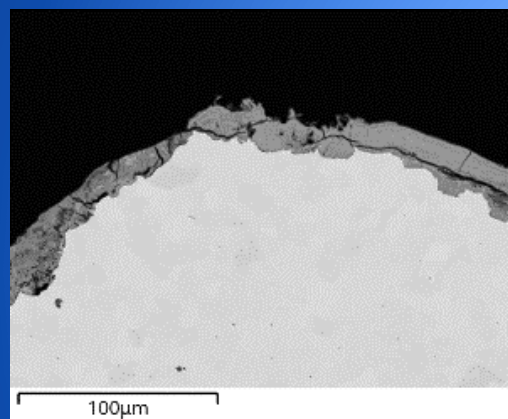
SE像



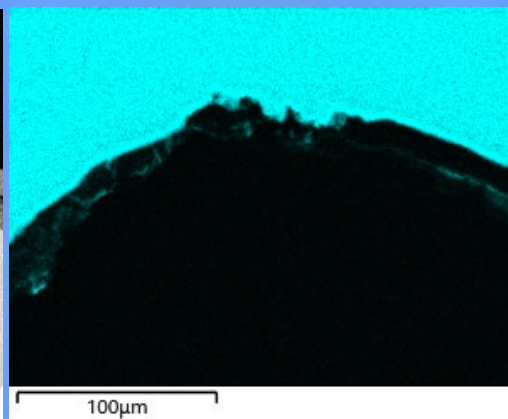
BSE像

### 3. 外装ケーブルの外装線調査について

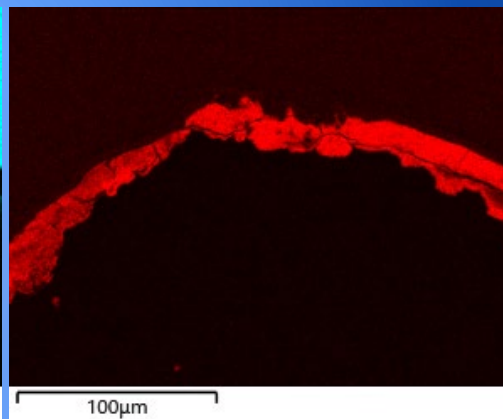
#### 【断面SEM観察】 <EDX元素分析結果>



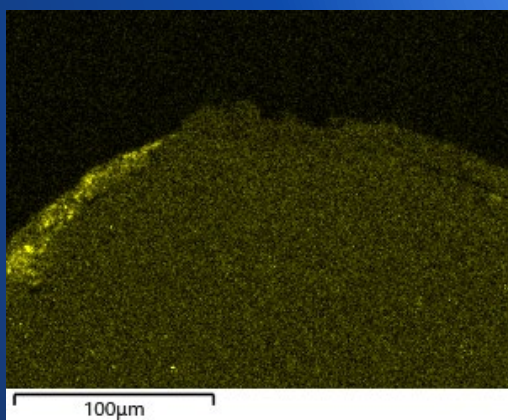
BSE像



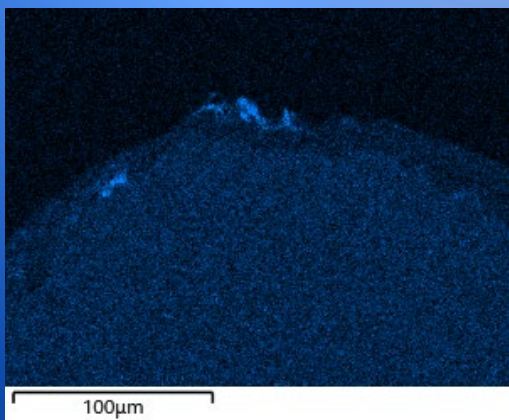
C: 炭素



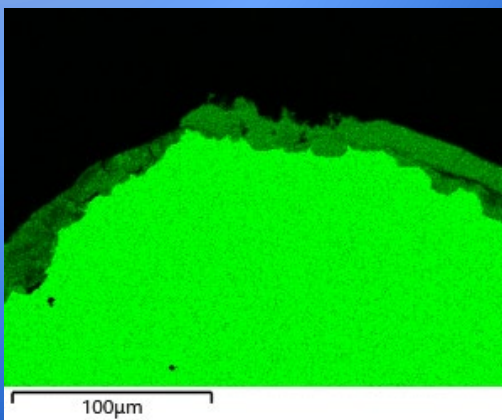
O: 酸素



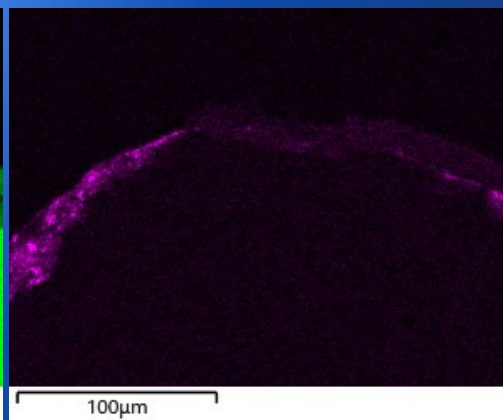
S: 硫黄



Cl: 塩素



Fe: 鉄

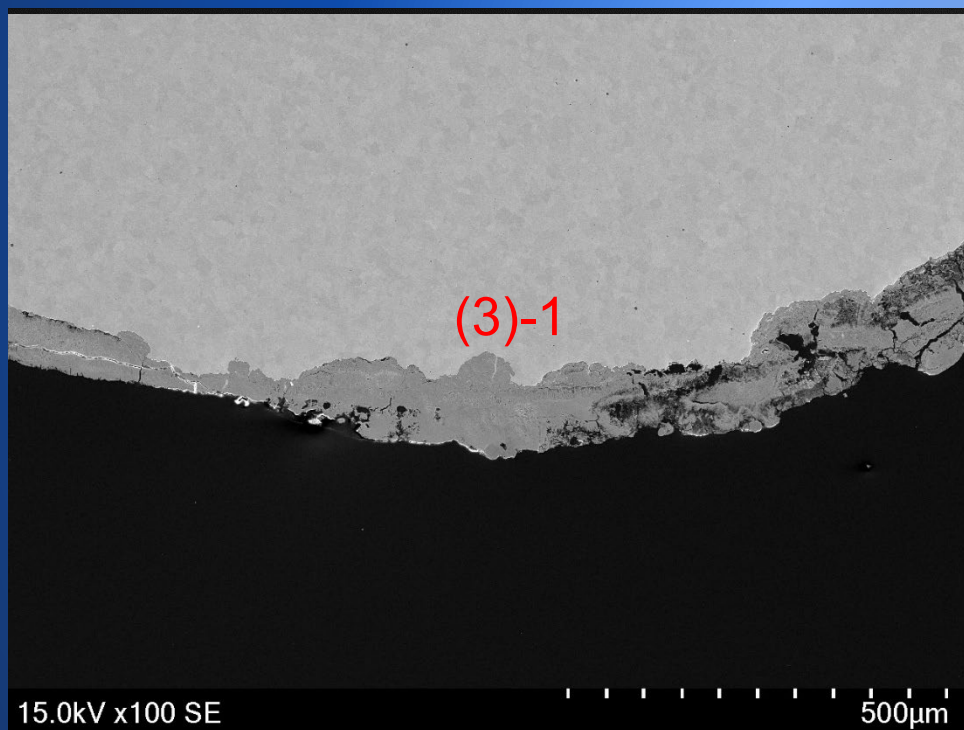


Zn: 亜鉛

### 3. 外装ケーブルの外装線調査について

#### 【断面SEM観察】

<腐食が顕著な箇所(下面)>



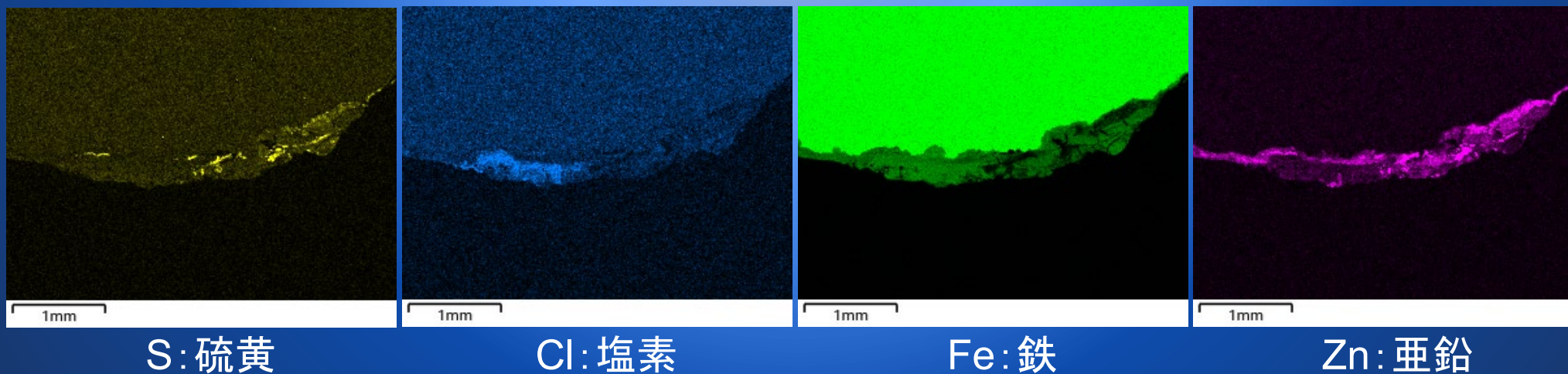
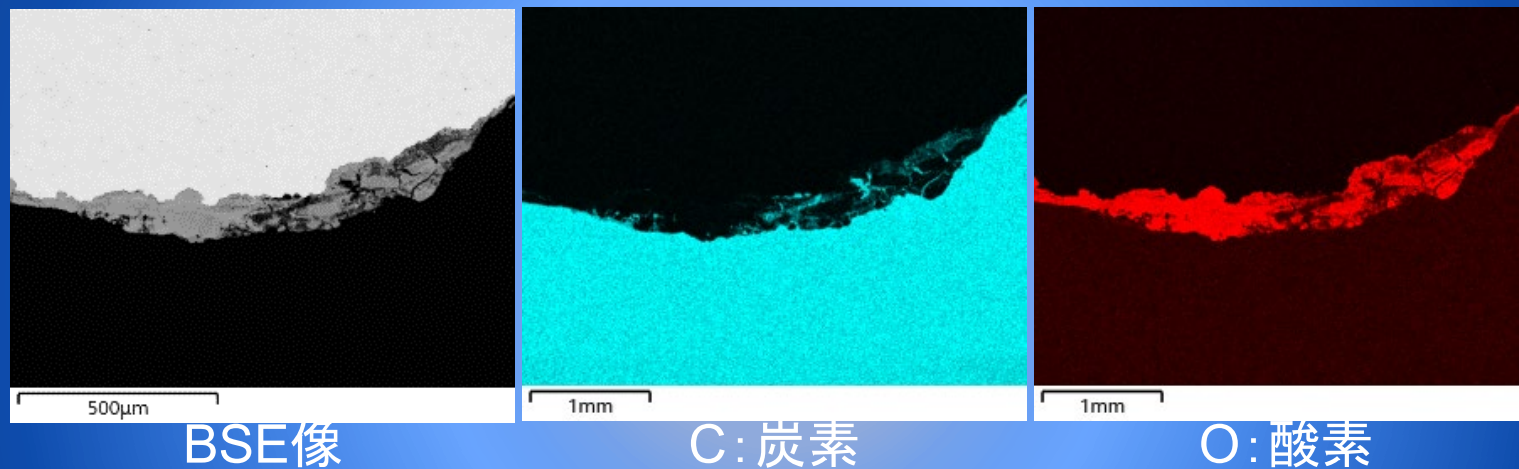
SE像



BSE像

### 3. 外装ケーブルの外装線調査について

#### 【断面SEM観察】 <EDX元素分析結果>



### 3. 外装ケーブルの外装線調査について

#### 【調査に関するおさらい】

- ◆目的：海底ケーブルの外装鉄線が腐食によって痩せ細る減肉現象解明のため、腐食部分の詳細な断面観察を実施し減肉要因を究明する。
- ◆調査：腐食が進行した試験片を研究機関へ提出し、外観観察・断面実態観察・断面SEM観察を実施。  
(SE像、BSE像、EDX元素分析)

## 3. 外装ケーブルの外装線調査について

### 【調査に関するおさらい】

◆結果：各部位の全体的な断面輪郭状況は、全て外力を受けていた一方向側が優先的に腐食減肉し、ケーブル中心と接していた側は円弧の状態に近いものであった。腐食浸食が軽微である部位の表面には、Znメッキ層、および腐食した酸化Zn層が存在し、鉄線表面の腐食の進行を抑制していた。

**(鉄線表面Znメッキ層の目的（犠牲防食）を果たしていた)**

## 4. 障害に至った原因について

/// 外装線に施された亜鉛メッキ層および腐食亜鉛層が**外力**を受けたことによって剥離し、腐食が加速度的に進行していた。



## 5. 海底ケーブルシステムの機械的寿命および 予防保全に有効な保守基準の提案

### ◆ 外装線の機械的寿命について

⇒ 外力無し；25年に耐えうる

⇒ 外力有り；25年以下となる

### ◆ ケーブルの保護対策

⇒ 保護管を取付け、タール・ジュート層および外装線を保護する。

⇒ 外装線の敷設区間に岩場がある場合、

岩場に固定が可能であればアンカーを打って固定する。

### ◆ 保守基準について

海底状況が悪い箇所については、敷設後の敷設状況を定期的に確認する。





*Link your smiles from under the sea*