

EE東北' 23  
2023年6月7日

# 蛍光X線分析装置による コンクリートの塩分濃度測定

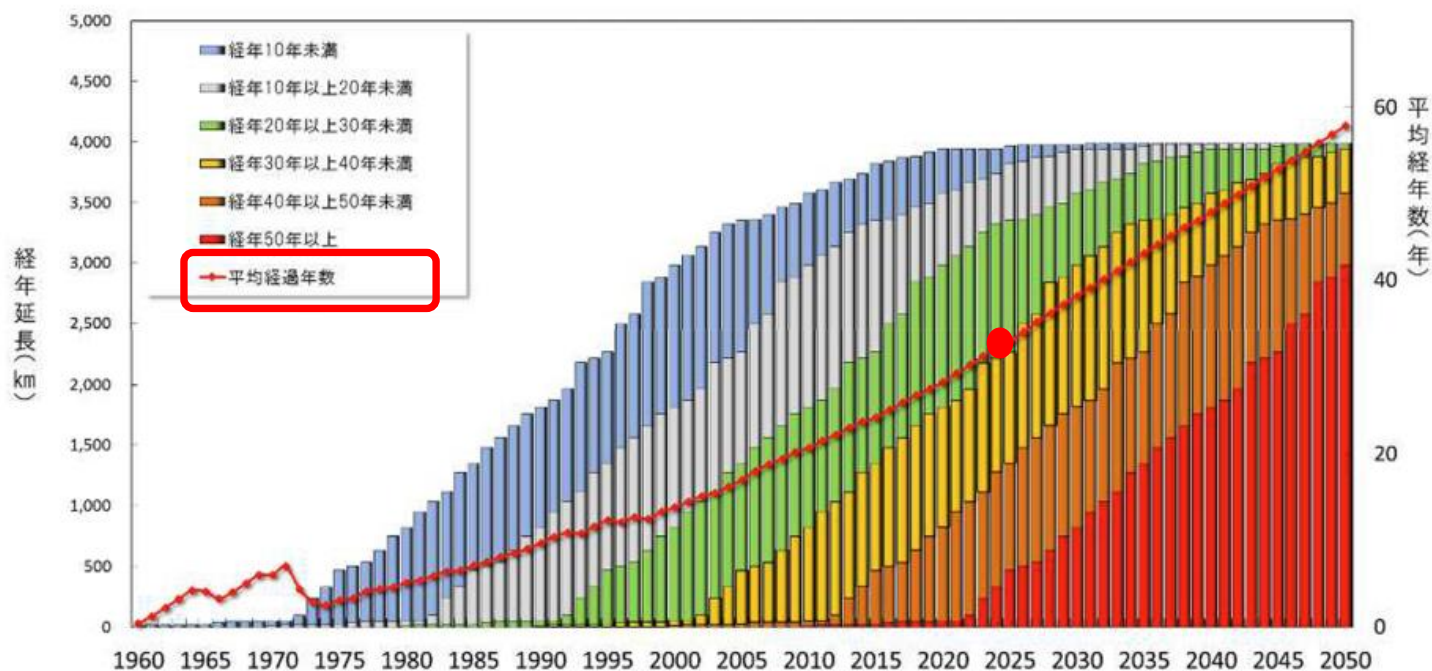
国土防災技術株式会社 営業本部法人営業部 企画広報課  
吉井 彩香

- 1.コンクリート塩分調査の必要性
- 2.蛍光X線分析法による試料分析
  - 2.1従来分析(JIS法)と蛍光X線分析法
  - 2.2分析コストと比較
- 3.実績と事例
  - 3.1実績
  - 3.2事例
- 4.参考技術

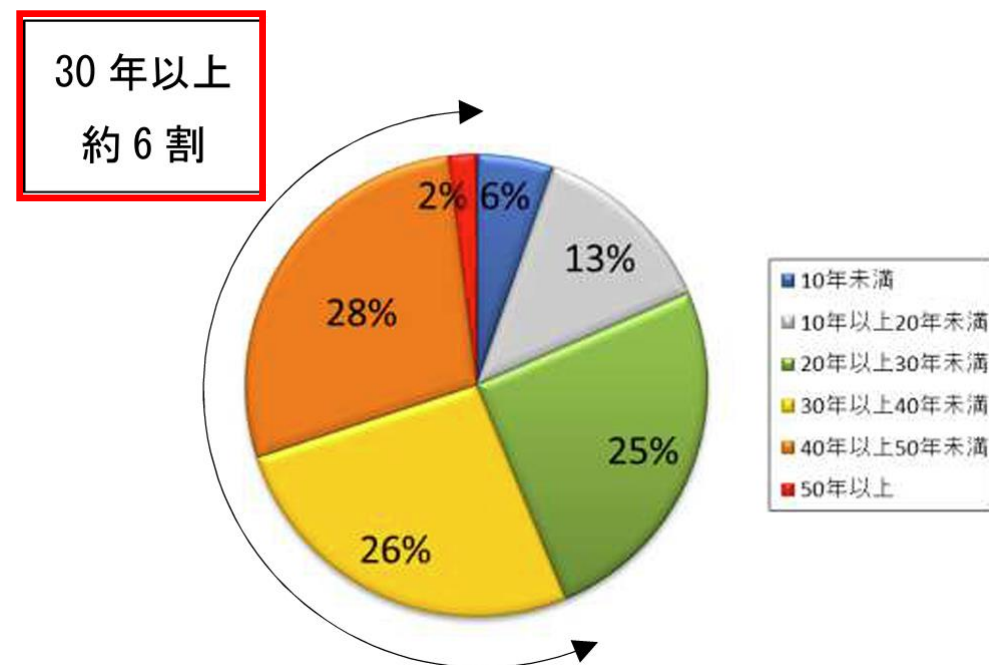
# 1.コンクリート塩分調査の必要性

- 高速道路等を含むインフラ構造物の約4割が、供用後30年以上経過し、経年劣化のリスクの高まりが懸念されている。  
特に、コンクリート構造物である橋梁に至っては約6割が30年以上経過。

## 〈高速道路の経過年数の推移〉



## 〈橋梁数（経過年別）〉

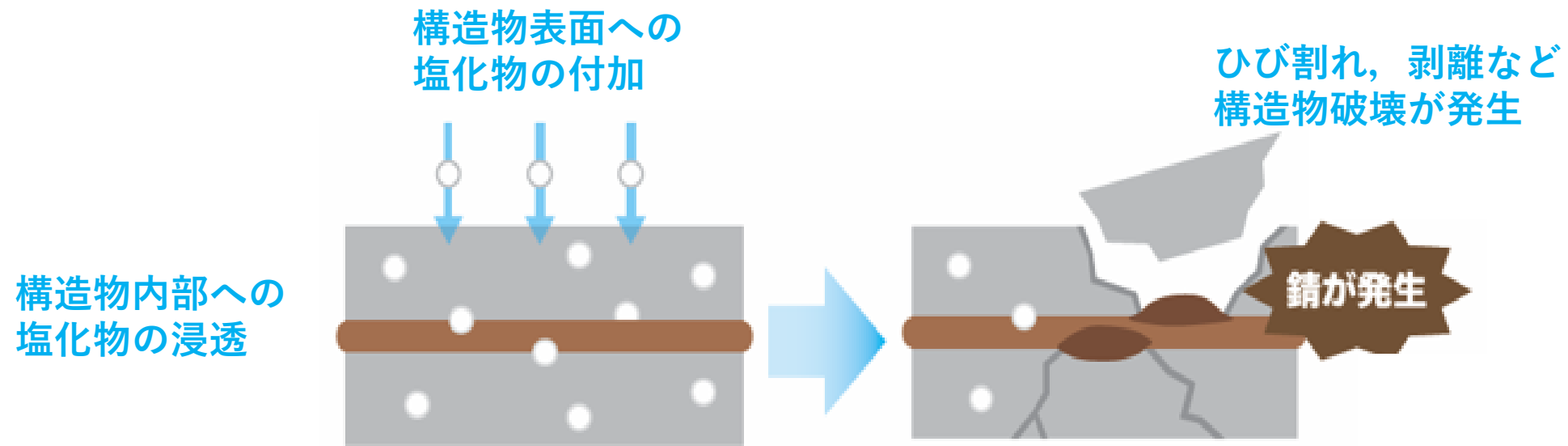


※「NEXCO東日本 インフラ長寿命化計画（行動計画）」 令和3年11月11日 東日本高速道路株式会社より引用

# 1.コンクリート塩分調査の必要性

- 塩害とは・・・ASR、疲労とともに三大損傷の一つ

コンクリート中に浸透したCl<sup>-</sup>（塩化物イオン）によって、鉄筋表面の不動態被膜が破壊され、鉄筋の腐食が進行する現象。



塩害の発生メカニズム

# 1.コンクリート塩分調査の必要性

## ●塩害の発生要因

- 海水（風による付着および直接接触）
- 凍結防止剤（融雪剤）
- 海砂（古いコンクリート構造物の材料）

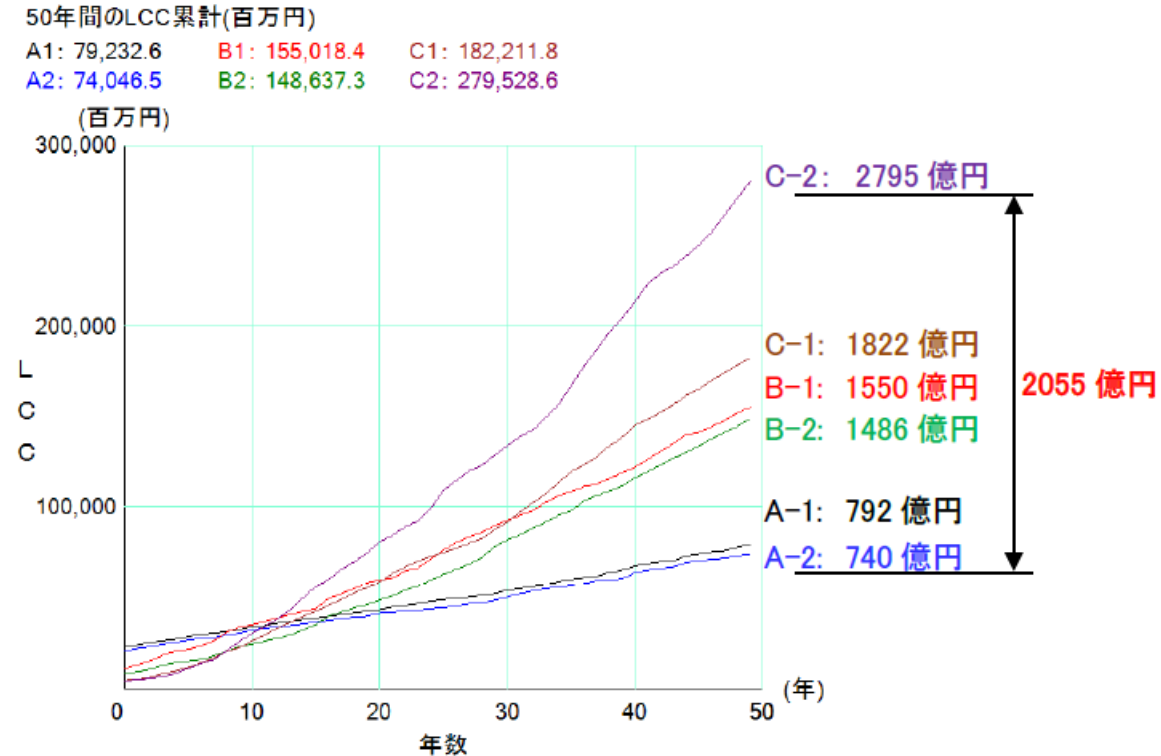


日本全国、どこでも起こりうる問題です  
インフラ構造物の維持管理にはコンクリートの  
塩分調査は不可欠



劣化・損傷を早期発見し「予防保全」を行った場合、青森県の例では今後50年  
間で必要になる維持管理費用が最大2,055億円削減可能と試算

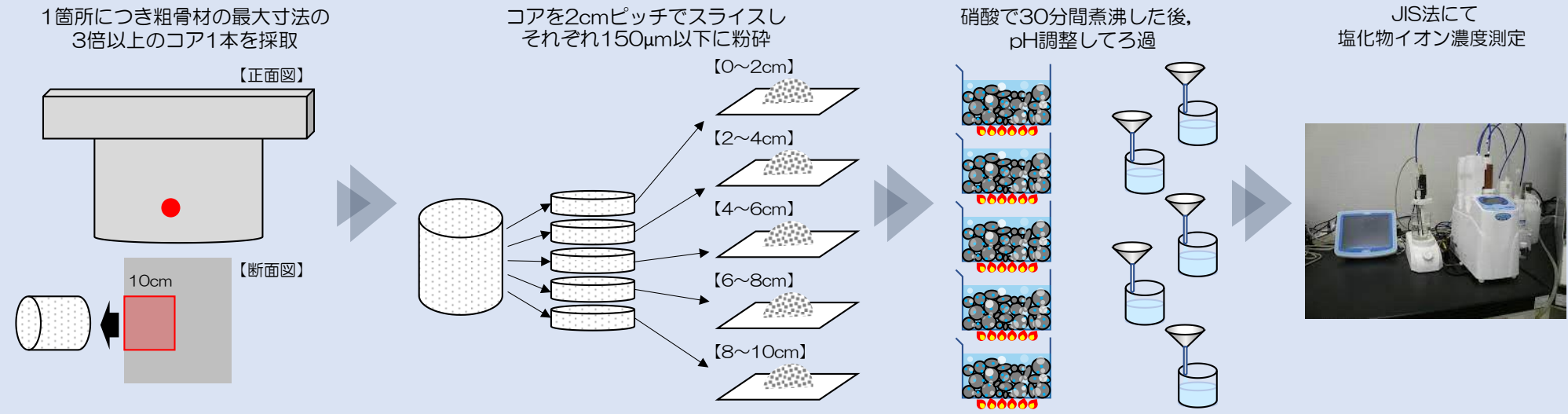
青森県が管理するAグループ橋梁の  
ライフサイクルコストシミュレーション結果  
LCCグラフ



※「青森県橋梁アセットマネジメント基本計画」より引用

# 2. 蛍光X線分析法による試料分析 2.1 従来分析（JIS法）と蛍光X線分析法

JIS法

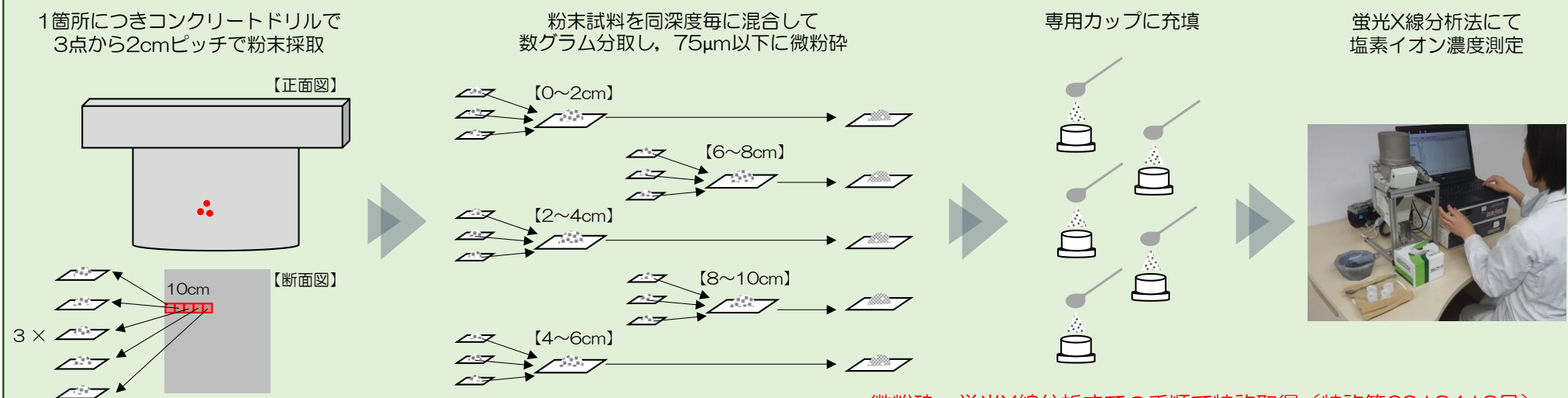


分析に要する期間  
： 10検体/2週間

↓

分析に要する期間  
： 1箇所/1週間

蛍光X線分析法



分析に要する期間  
： 30検体/1日

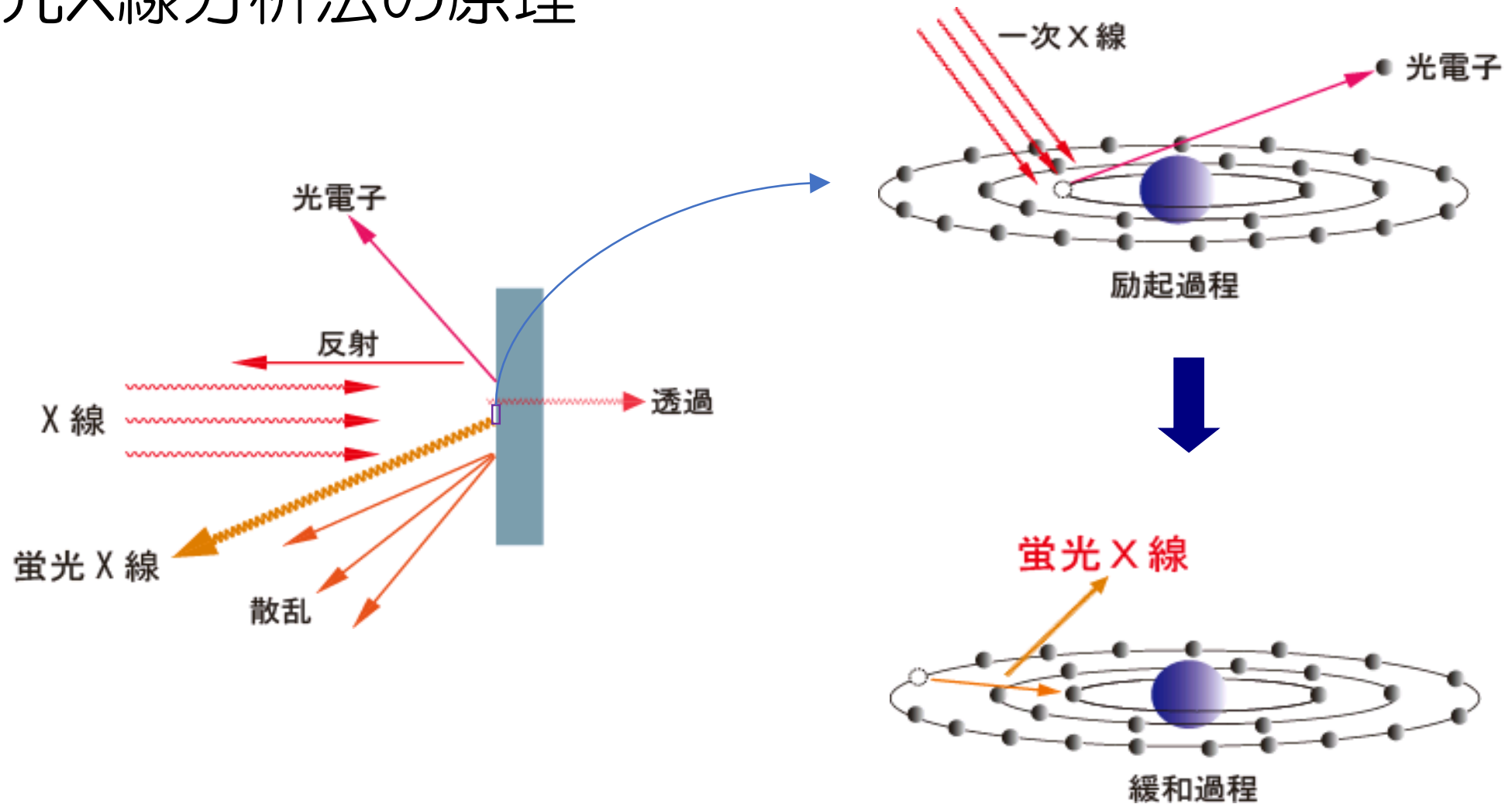
↓

分析に要する期間  
： 30箇所/1週間

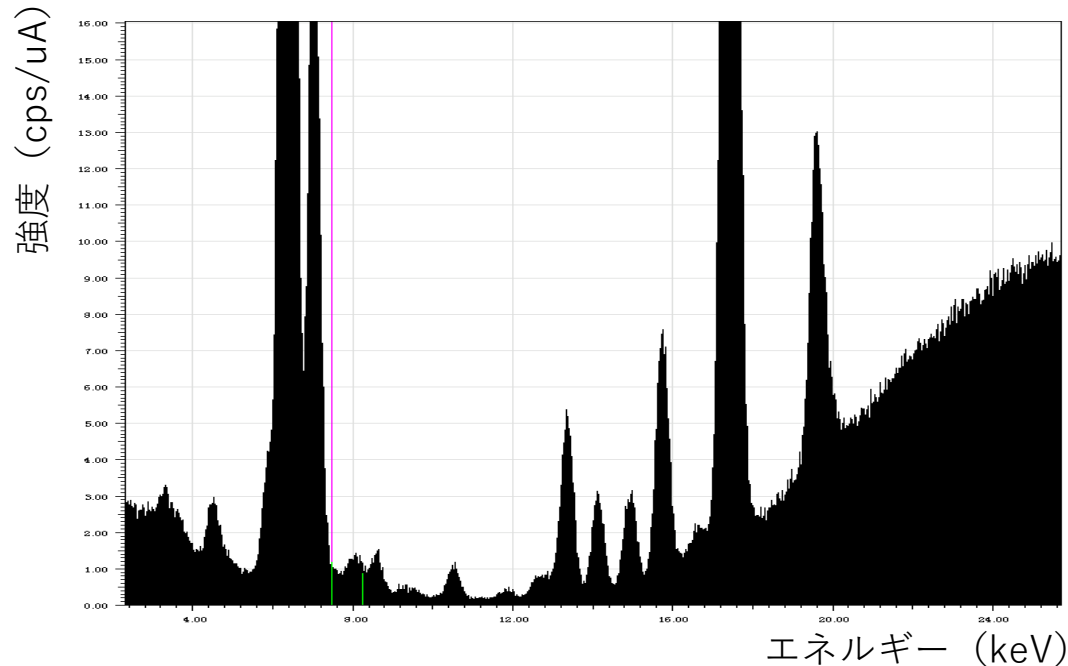
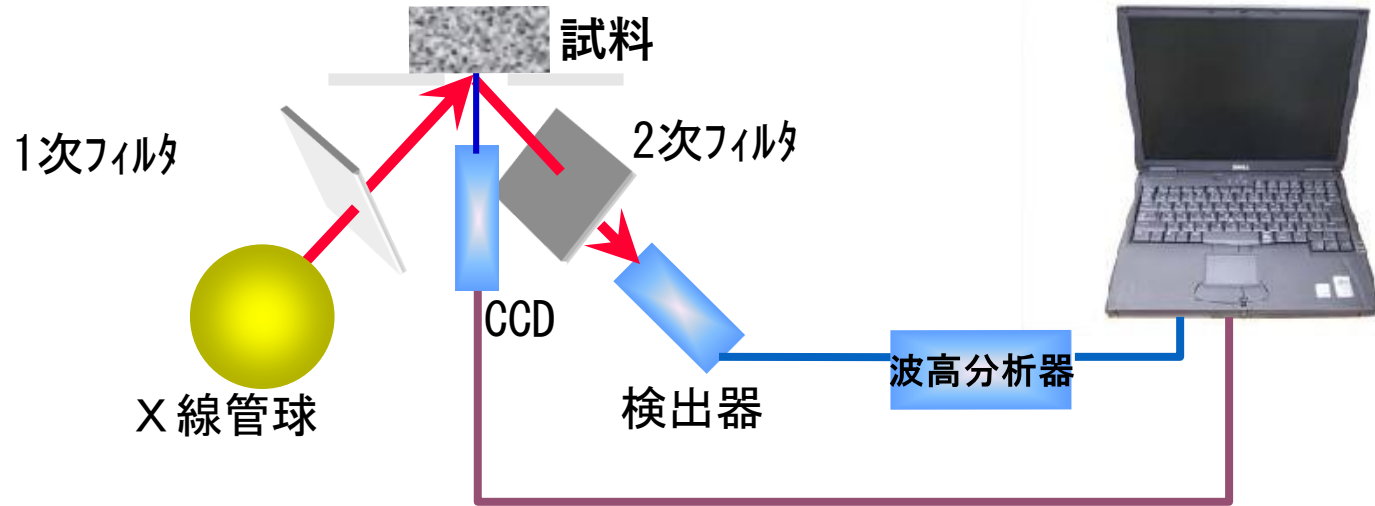
微粉砕～蛍光X線分析までの手順で特許取得（特許第6913413号）

## 2. 蛍光X線分析法による試料分析 2.2 分析コストと比較

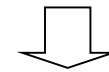
### ① 蛍光X線分析法の原理



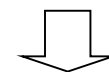
## 2.蛍光X線分析法による試料分析 2.2分析コストと比較



管球から発生するX線を試料に照射すると、元素ごとに固有のエネルギーの蛍光X線が発生



左のようなスペクトルが得られ、ピークのあるエネルギー位置から元素を定性

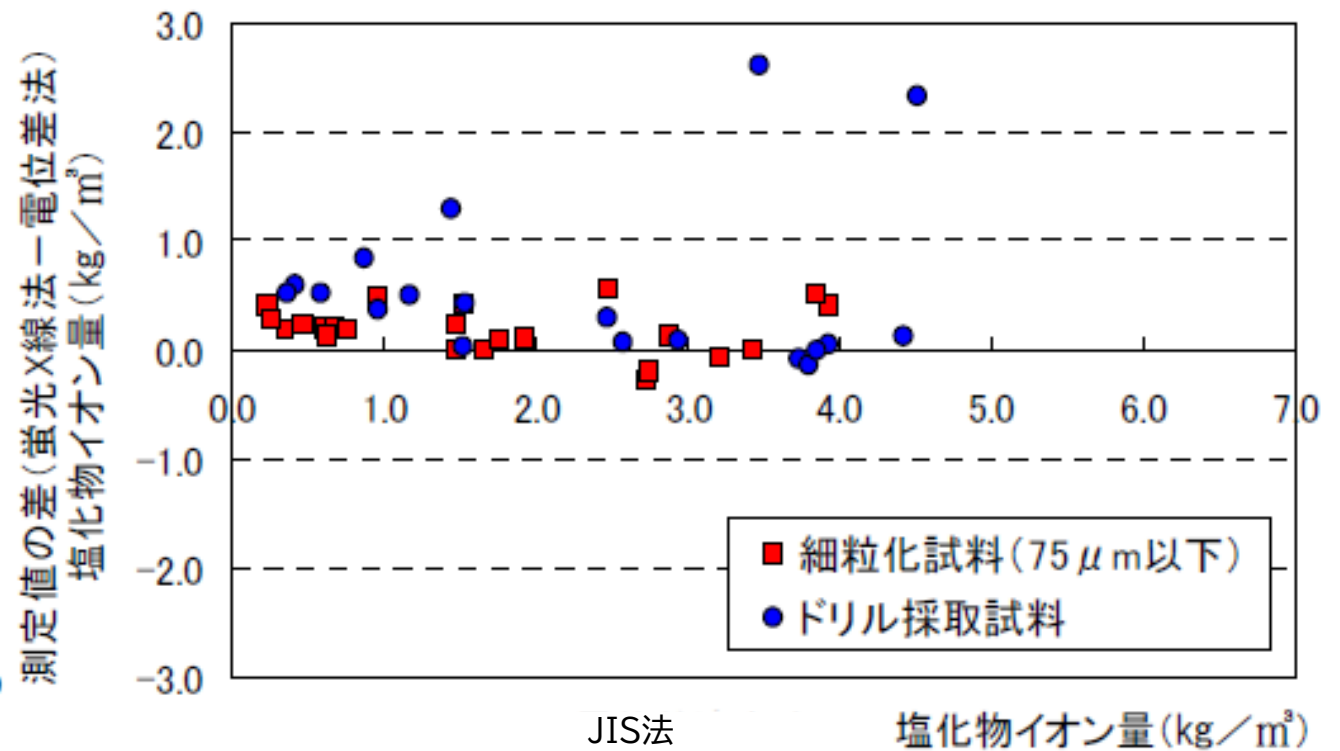
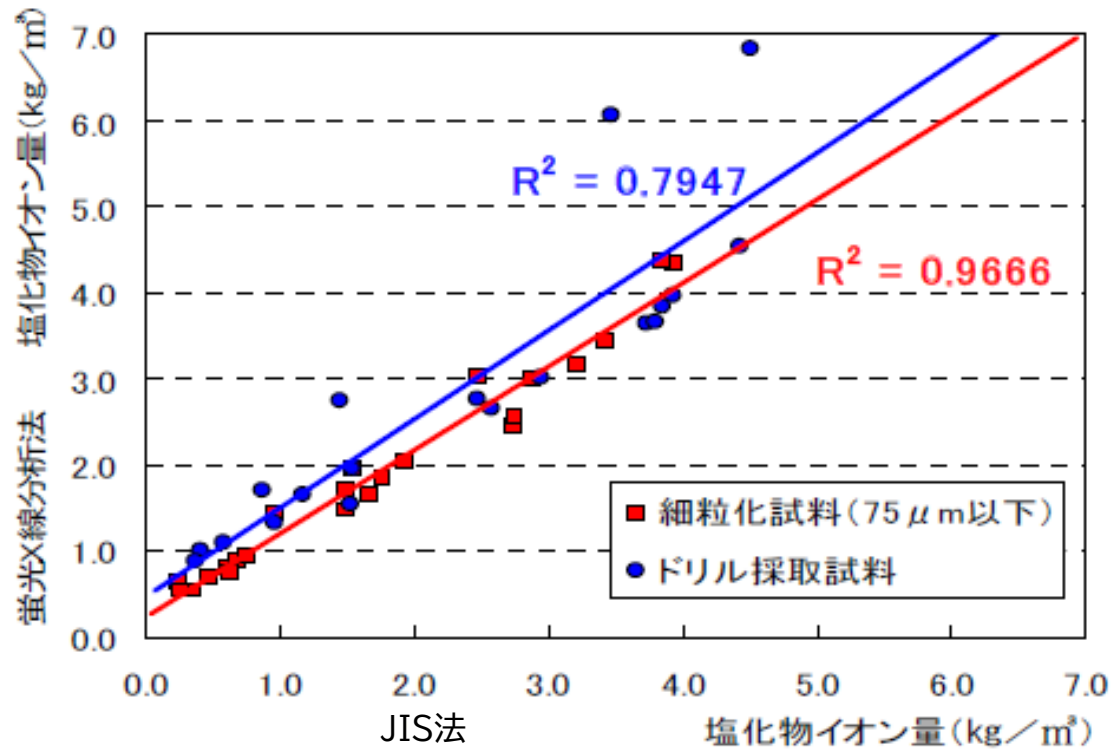


ピークのおおきさ（蛍光X線の強度）から元素を定量



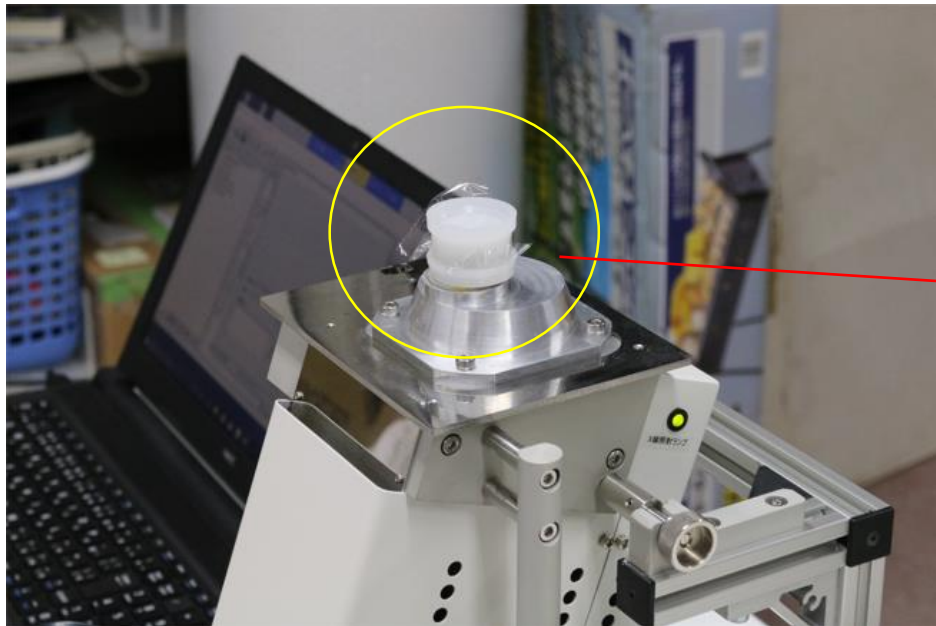
## 2.蛍光X線分析法による試料分析 2.2分析コストと比較

### ② 分析精度の検討



「蛍光X線分析装置を用いた塩化物イオン量の測定について」 (東田ら、土木学会第65回年次学術講演会) より

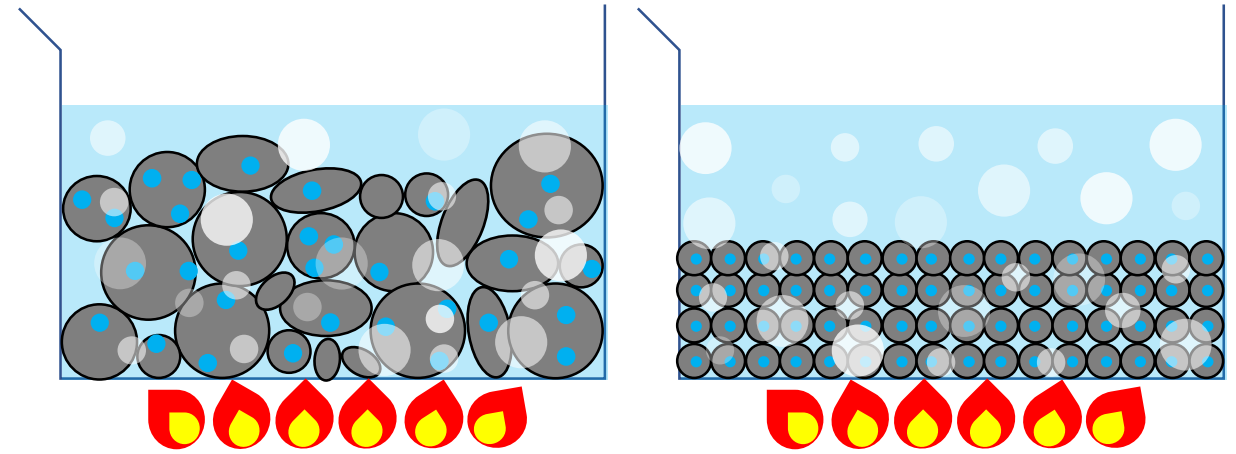
# 2.蛍光X線分析法による試料分析 2.2分析コストと比較



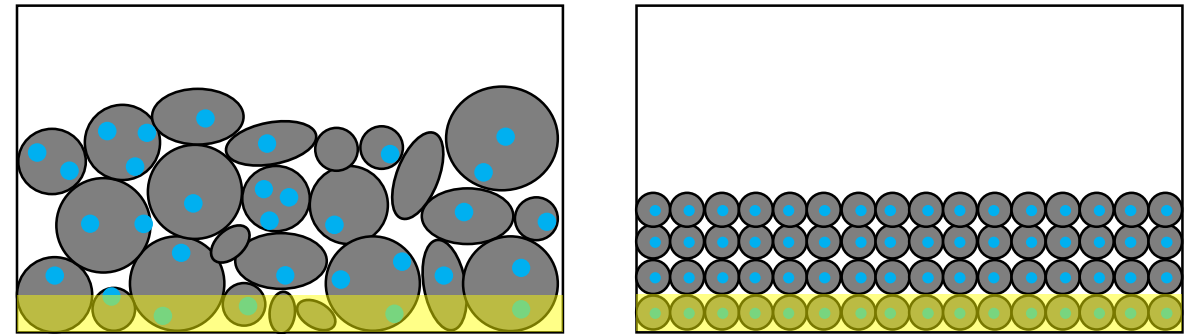
サンプルが粗粒

サンプルが微細

J I S 法：粒径によらず分析値は一定



蛍光X線法：粒径が荒いと分析することに値が変わり、再現性ない



サンプルカップを振るたびに  
測定面の組成が変わる

組成は均一で、サンプルカッ  
プを振っても変化なし

## 2.蛍光X線分析法による試料分析 2.2分析コストと比較

### ③ 粉碎技術の開発

#### 手動粉碎



- ★非常に疲れる・・・
- ★時間もかかる・・・
- ※30～60min/検体

#### 本技術の独自粉碎法

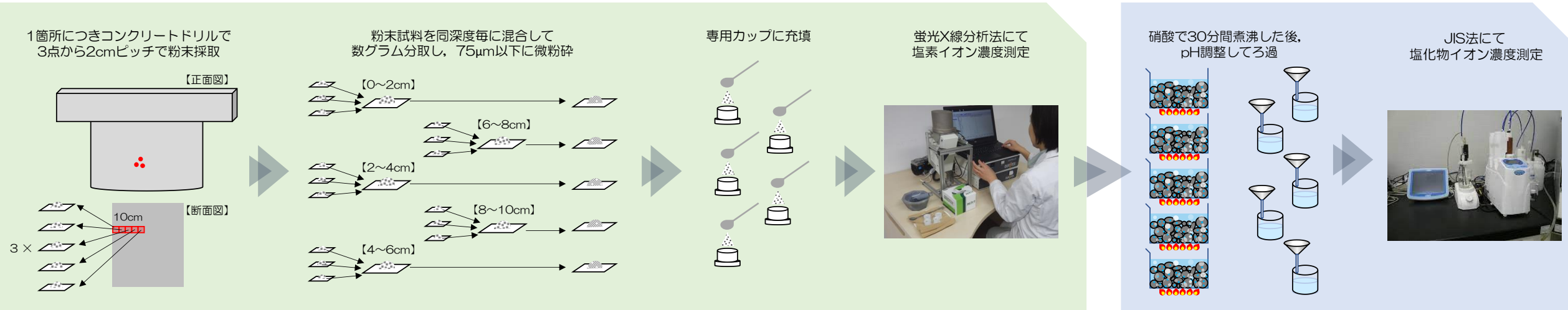


- ☆粉碎時間は9minで6検体（1.5 min/検体）！
- ☆粉碎容器（樹脂製容器）が使い捨てで洗浄不要！
  - ※容器は試料を試験後に保管、JISの試験機関に送付時にも活用しています。

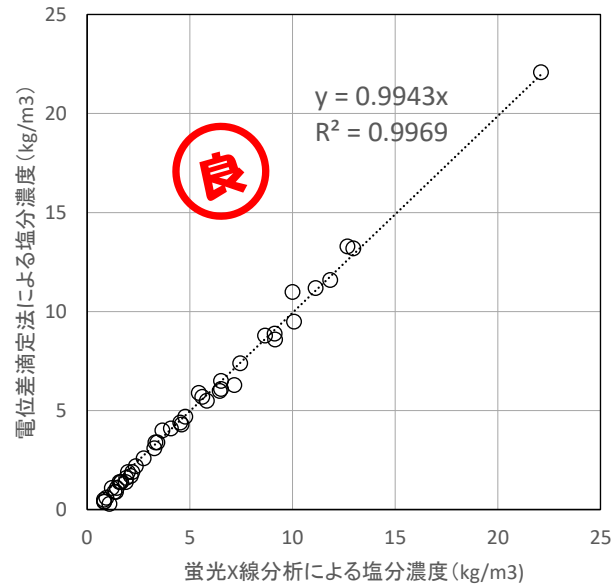
安価な使い捨て容器を使用可能な自動粉碎装置と蛍光X線分析装置を組み合わせたコンクリート構造物の塩化物イオン濃度計測方法として**特許取得完了！**

# 2. 蛍光X線分析法による試料分析 2.2 分析コストと比較

## ④ 蛍光X線分析の精度検証



### 蛍光X線分析の精度確認



※検量線作成（精度管理を兼ねる）のため、全体数量の5%程度でJIS法分析も実施します。

# 3.実績と事例 3.1実績

実績：23件（10,000検体以上）

発注年度	件名	発注元	金額 (税抜)	工期	備考
H29(2017)	東北自動車道十和田管内居能井橋他2橋塩分調査業務	NEXCO東日本東北支社十和田管理事務所	24,810,000	2017.10 ~ 2018.10	優良業務表彰
H30(2018)	山形自動車道 釈迦堂橋塩分調査業務	NEXCO東日本東北支社山形管理事務所	337,000	2019.3 ~ 2019.4	
R01(2019)	東北自動車道 十和田管内構造物調査業務	NEXCO東日本東北支社十和田管理事務所	32,530,000	2019.6 ~ 2020.2	
R01(2019)	秋田自動車道横手管内構造物調査業務	NEXCO東日本東北支社横手管理事務所	18,770,000	2020.2 ~ 2021.3	
R02(2020)	コンクリート中塩化物イオン調査	民間企業	5,750,000	2021.2 ~ 2021.8	
R03(2021)	湯沢横手道路 皆瀬川橋構造物調査業務	NEXCO東日本東北支社秋田管理事務所	22,000,000	2021.4 ~ 2022.4	
R03(2021)	秋田自動車道 協和橋構造物調査業務	NEXCO東日本東北支社秋田管理事務所	1,100,000	2021.6 ~ 2021.8	
R03(2021)	東北自動車道平野橋(下部工)橋梁補修図作成業務	NEXCO東日本東北支社福島管理事務所	900,000	2021.6 ~ 2021.11	
R03(2021)	コンクリート中塩化物イオン調査	民間企業	25,350,000	2021.8 ~ 2022.3	
R03(2021)	東北自動車道 本宮～福島飯坂間構造物補修設計	NEXCO東日本東北支社福島管理事務所	42,880,000	2021.9 ~ 2022.8	
R03(2021)	秋田自動車道 横手IC～協和IC間橋梁補修検討業務	NEXCO東日本東北支社秋田管理事務所	21,000,000	2021.9 ~ 2022.12	
R03(2021)	磐越自動車道 磐梯熱海～津川間構造物補修設計	NEXCO東日本東北支社社会津若松管理事務所	27,488,000	2021.12 ~ 2022.4	
R03(2021)	秋田自動車道 大久保橋含有塩分量分析業務	NEXCO東日本東北支社秋田管理事務所	800,000	2021.12 ~ 2022.1	
R03(2021)	コンクリート中塩化物イオン調査	民間企業	5,180,000	2021.12 ~ 2022.8	
R03(2021)	八戸自動車道 八戸管内橋梁塩分量調査	NEXCO東日本東北支社八戸管理事務所	1,800,000	2021.12 ~ 2022.3	
R03(2021)	東北自動車道 仙台管内塩分量調査	NEXCO東日本東北支社仙台管理事務所	12,980,000	2022.3 ~ 2022.10	
R04(2022)	コンクリート中塩化物イオン調査	民間企業	15,200,000	2022.4 ~ 2022.11	施工中
R04(2022)	東北自動車道 福島管内構造物補修設計	NEXCO東日本東北支社福島管理事務所	27,180,000	2022.4 ~ 2023.2	施工中
R04(2022)	磐越自動車道 いわき三和～小野間塩分量調査	NEXCO東日本東北支社郡山管理事務所	10,080,000	2022.6 ~ 2022.11	施工中
R04(2022)	山形自動車道 R4山形管内構造物補修設計	NEXCO東日本東北支社山形管理事務所	24,800,000	2022.6 ~ 2023.6	施工中
R04(2022)	東北自動車道 R4仙台管内塩分量調査	NEXCO東日本東北支社仙台管理事務所	13,580,000	2022.9 ~ 2023.3	施工中
R04(2022)	東北自動車道 紫波IC～安代IC間塩分量調査	NEXCO東日本東北支社盛岡管理事務所	27,850,000	2022.9 ~ 2023.7	施工中
R04(2022)	八戸自動車道 R4八戸管内塩分量調査	NEXCO東日本東北支社八戸管理事務所	7,800,000	2022.9 ~ 2023.3	施工中

# 3.実績と事例 3.2事例

JIS法による塩分調査の場合・・・

●：調査箇所



費用&工程両面で調査地点を絞る必要がある ⇒ 最危険側の視点で調査地点を選定 ⇒ 過大な対策の実施

概算はつり量：4.7 m<sup>3</sup> ⇒ 施工費：9,400万円

# 3.実績と事例 3.2事例

蛍光X線分析法による塩分調査の場合・・・

●：調査箇所



現地状況から必要十分な調査地点を選定 ⇒ 被害状況に応じた対策工の選定 ⇒ 対策コストの最適化

概算はつり量：3.2 m<sup>3</sup> ⇒ 施工費：6,400万円（3,000万円の削減）

# 4.参考技術

可搬型測定機器を駆使し、目視に頼らず試料採取地点や要対策範囲を最適化します。



表面塩分濃度測定状況



測定結果画面



試料採取地点 & 要対策範囲の最適化

● : 調査箇所



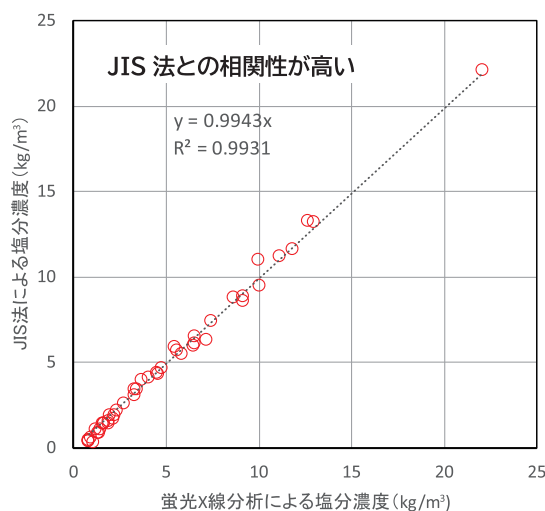


ご清聴ありがとうございました  
詳細はブースB-011にて

# 蛍光X線分析装置を導入した新しいメンテナンス手法 コンクリート構造物の塩分調査技術

橋梁での試料採取

当社では、蛍光X線分析装置を用いた新しいコンクリート構造物の塩分調査技術をご提案しています。従来の分析方法（JIS法）と比べ精度はそのままに、試験時間の短縮やコストの低減を実現しました。また、現地調査時には、可搬型測定器を使用することで、よりの確に補修が必要な範囲を絞り込むことができるようになりました。



JIS法との相関性を示すグラフ

**POINT!** 独自の試料粉碎技術により、  
蛍光X線分析装置による高精度な分析が可能

★ コンクリート構造物の塩化物イオン濃度測定方法 登録番号: 第6913413号

**POINT!** JIS法と遜色ない計測結果が  
得られる

**POINT!** JIS法より試験時間が約20分  
の1、コストは約2分の1

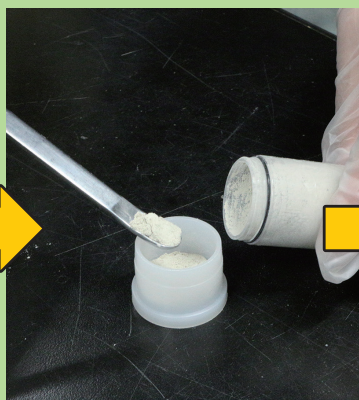
## 分析フロー



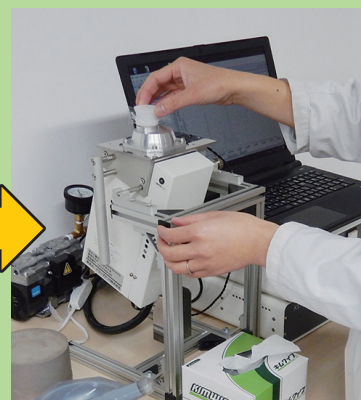
①補修範囲のゾーニング



②試料の採取(ドリル粉)



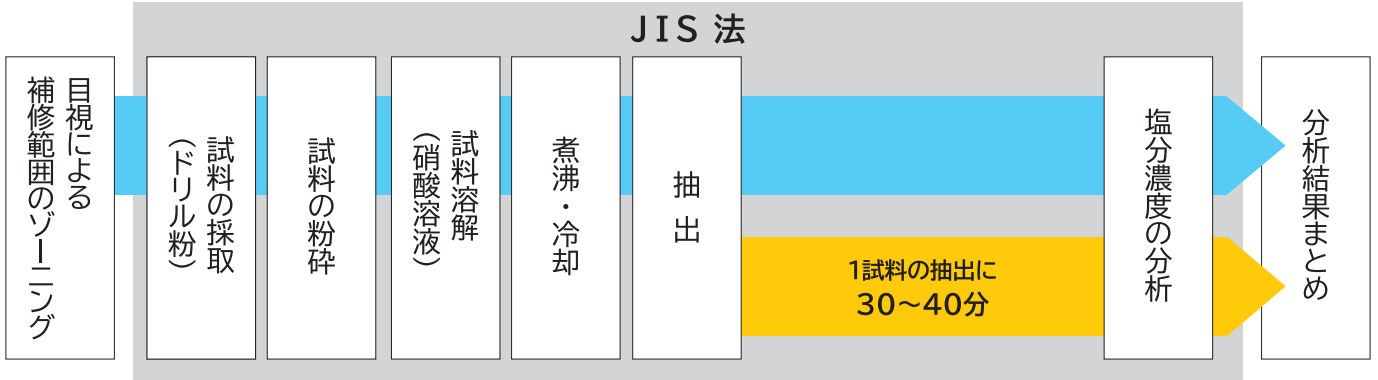
③試料の微粉碎



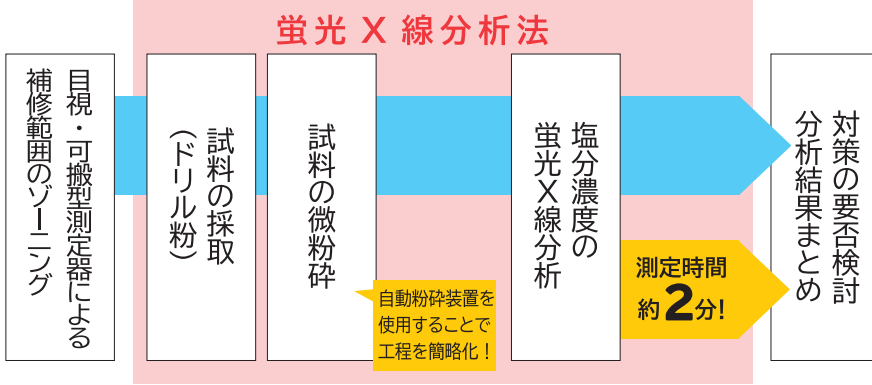
④塩分濃度の蛍光X線分析

# 分析方法 - Analysis method -

従来の分析フロー



当社の分析フロー



試験時間の短縮とコストの削減を実現しました。  
2017年から13,000試料以上の実績があります。  
ゾーニングから対策の要否検討まで、一連の流れを全て自社で対応可能です。



- 補修が必要な範囲
- ▲ 塩分濃度が低い箇所(可搬型測定器)
- ▲ 塩分濃度が高い箇所(可搬型測定器)
- 塩分濃度が低い箇所(蛍光X線分析)
- 塩分濃度が高い箇所(蛍光X線分析)

## 特徴 - Technology Features -

### 蛍光 X 線分析法

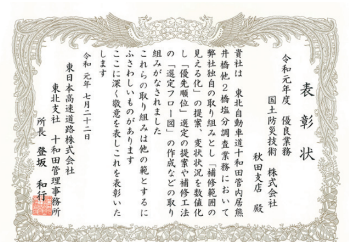
- ✔ JIS法と変わらない精度で、短時間かつ低コストでの測定が可能
- ✔ 測定箇所数を増やすことができ、補修が必要な範囲を見落とすことなく絞り込みが可能

### 可搬型測定器

- ✔ これまで目視のみでゾーニングしていた補修が必要な範囲を客観的・定量的にゾーニング可能
- ✔ 施工後の効果確認においても定量的な評価が可能

## 活用用途 - Applications -

- 融雪剤を使用する降雪地域でのインフラメンテナンス
- 海水にさらされる沿岸部でのインフラメンテナンス
- 耐震等補強工事前のコンクリート塩分調査



発注者：東日本高速道路株式会社 東北支社 十和田管理事務所  
表彰名：令和元年度 優良業務表彰（事務所長表彰）  
業務名：東北自動車道 十和田管内居熊井橋他2橋塩分調査業務

