

# 実体顕微鏡・偏光顕微鏡 (アルカリシリカ反応の進行状況の評価)

コンクリート供試体を実体顕微鏡や偏光顕微鏡で観察し、骨材として使用されている岩石や鉱物の種類を特定するとともに、アルカリシリカ反応(ASR)の進行状況の評価をする試験です。

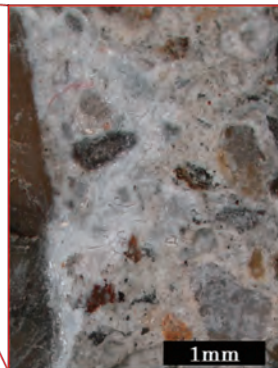
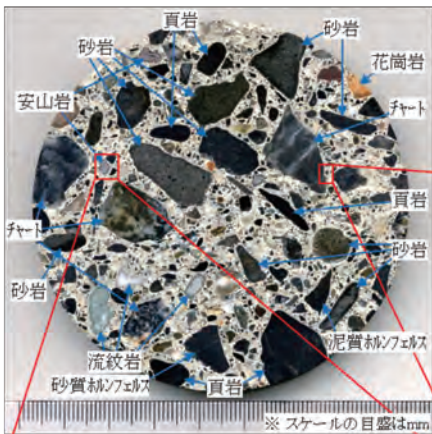
機器分析

## 実体顕微鏡観察

実体顕微鏡では、骨材を構成する岩石の種類やコンクリート組織などを観察します。ASRの発生に伴う現象(反応リムの形成・ゲルの滲出・反応性骨材粒子ないしコンクリートに生じた膨張ひび割れ)の予備観察のほか、粗骨材の岩種構成割合の定量も行ないます。ここでの観察は、引き続き実施する偏光顕微鏡下での観察範囲を決めるための重要な工程です。

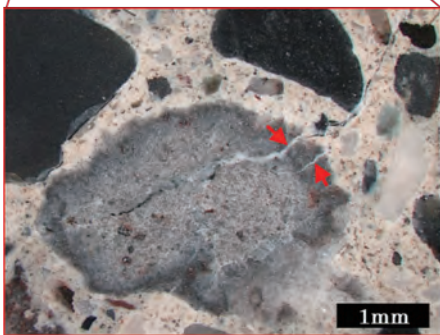
●粗骨材(砂利)の岩種構成割合の一例

岩石名	構成割合	岩石名	構成割合
砂岩	32%	安山岩	5%
チャート	22%	花崗岩	4%
頁岩	18%	流紋岩	2%
砂質ホルンフェルス	8%	流紋岩質溶結凝灰岩	1%
泥質ホルンフェルス	7%	玄武岩(緑色岩)	1%



チャートではひび割れは生じていませんが、周囲にASRゲルの滲出が見られます。

●チャートから滲出した白色ASRゲル



●安山岩を起点とする膨張ひび割れ

ASR劣化を生じたこのコンクリートでは、ASRゲルを伴うひび割れが安山岩からセメントペーストへ延びている様子が観察できます。この部分のコンクリートから薄片を作製し、偏光顕微鏡観察を行ないます。

実体顕微鏡・偏光顕微鏡 (アルカリシリカ反応の進行状況の評価)

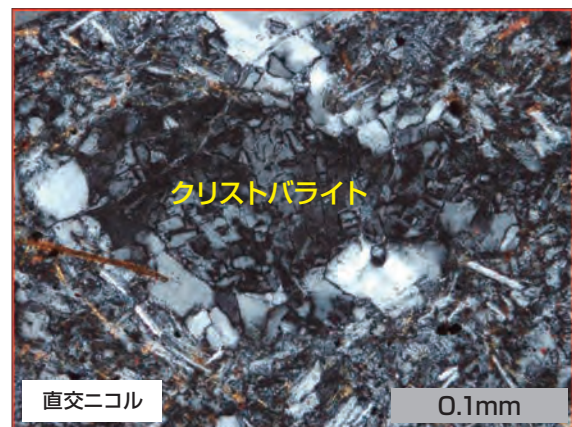
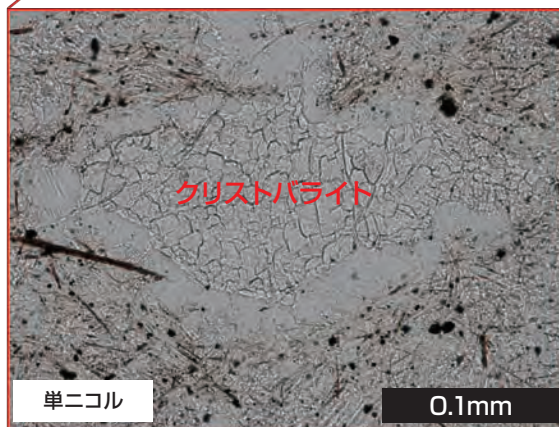
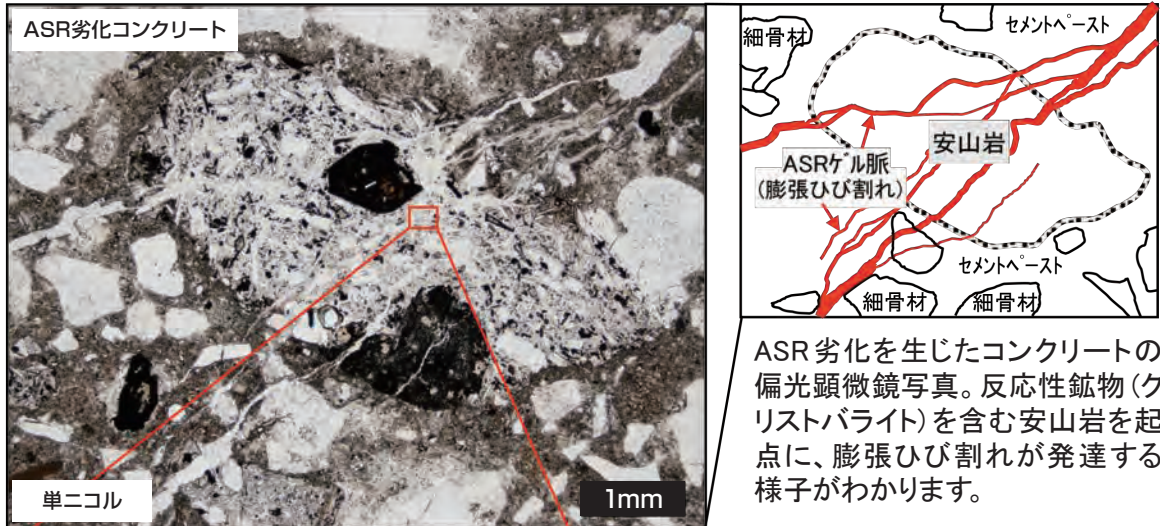
お問い合わせ先

 **Taiheiyo Consultant**  
株式会社 太平洋コンサルタント

試験のご依頼等は、TEL 03(5820)5603  
または当社ホームページからご連絡ください。  
<https://www.taiheiyo-c.co.jp>

偏光顕微鏡観察

偏光顕微鏡では、実体顕微鏡下でASRの発生が疑われた反応性骨材粒子について詳しく観察します。これにより、ASRの進行状況や反応性骨材粒子に含まれる反応性鉱物の種類などを明らかにでき、最終的に、コンクリートの劣化度や骨材の膨張性を評価します。



●瓦状に見えるクリストバライト

下に示すトリディマイトもクリストバライトと同様に代表的な反応性鉱物の一つです。これらは単ニコル・直交ニコルで特徴的な形態を示し、鉱物を同定する際の手がかりとなります。



●くさび形で双晶を示すトリディマイト

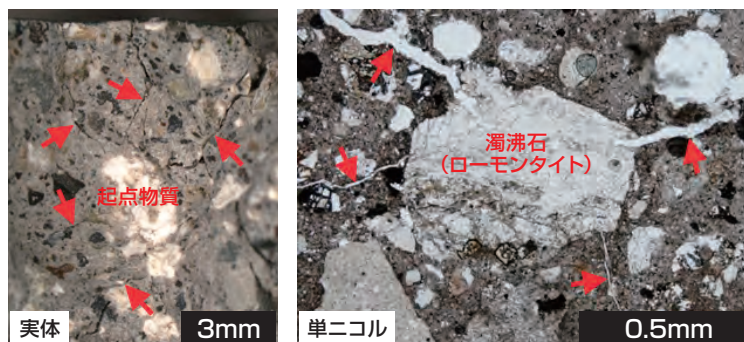
# 偏光顕微鏡 (劣化原因の推定、材料・物質の同定)

偏光顕微鏡を用いた観察により、アルカリシリカ反応 (ASR) 以外にもコンクリートの各種劣化現象の発生原因を推定できます。また、セメント系材料、および土壌などに含まれる物質も同定でき、偏光顕微鏡は様々な試験で広く活用できます。

機器分析

## ポップアウト

ポップアウトの起点となった物質を確認し、その物質を含むようにコンクリート薄片を作製して偏光顕微鏡観察を行います。これにより、ひび割れの発生状況、および起点物質に含まれている有害鉱物を同定します。

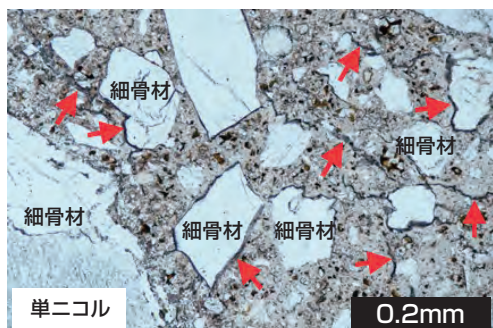


ポップアウトを生じたこのコンクリートでは、起点物質から放射状に延びるひび割れ (矢印) が観察できます。この事例では、起点物質に含まれる有害鉱物が濁沸石であることも分かります。

- ポップアウトの起点物質、そこに含まれる濁沸石 (左:実体顕微鏡写真) (右:偏光顕微鏡写真)

## エトリンガイトの遅延生成 (DEF)

コンクリートのひび割れを観察し、そこからコンクリート薄片を作製して偏光顕微鏡観察を行います。骨材とセメントペーストの界面、およびセメントペースト中のひび割れに注目し、エトリンガイトの生成確認と合わせてDEFによる膨張・劣化を評価します。



DEFを生じたこのコンクリートでは、骨材とセメントペーストとの界面、およびセメントペースト中に、内部にエトリンガイト (灰色～黒色) が充填したひび割れ (矢印) が観察できます。

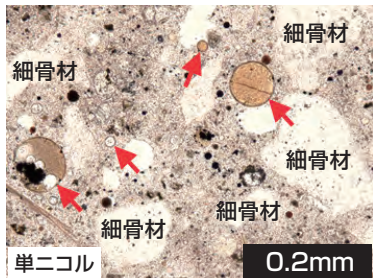
- DEFによる膨張ひび割れ (偏光顕微鏡写真)

偏光顕微鏡 (劣化原因の推定、材料・物質の同定)

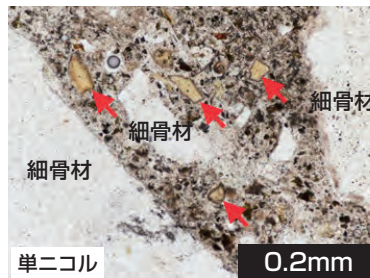


セメント系材料

コンクリートから作製した薄片の偏光顕微鏡観察を行ない、セメントペーストに含まれるフライアッシュ・高炉スラグ微粉末などの混和材の有無を確認することができます。また、歴史的建造物においては、クリンカ粒子を観察することで、セメントの焼成方法や焼成条件を把握し、建設時期をある程度推定することができます。例えば下の写真のように、縦窯が主流であった明治期のクリンカと回転窯に移行した昭和初期のクリンカには明らかな違いがあり、どちらの時代のものかを判断できます。

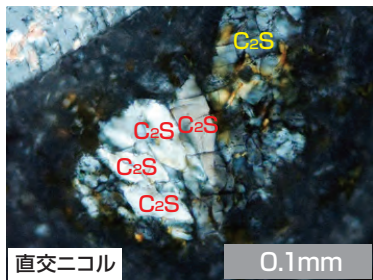


●フライアッシュの球状粒子

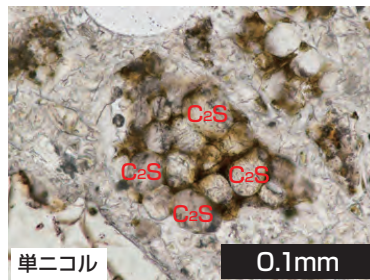


●高炉スラグ微粉末

混和材として代表的なフライアッシュ(球状)や高炉スラグ微粉末(破片状)には、塩分の浸透やASRに対する抑制効果があります。



●ポルト型ビーライト  
(明治初期のコンクリート)

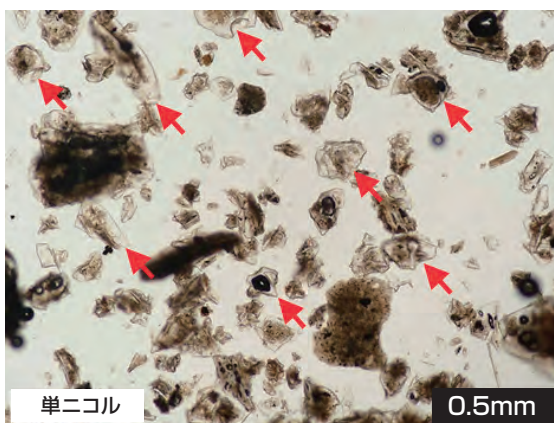


●球状ビーライトの群晶  
(昭和初期のコンクリート)

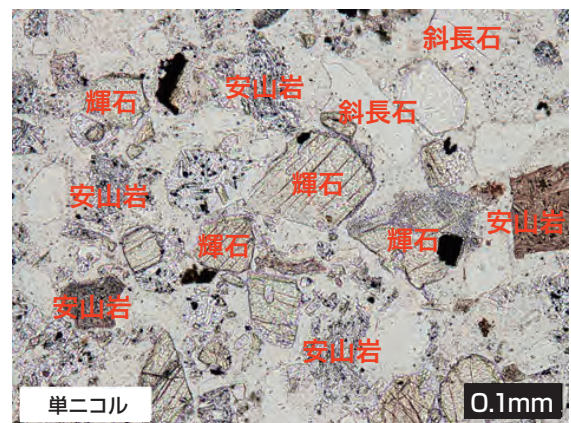
ポルト型のビーライト(C<sub>2</sub>S)は縦窯(超徐冷)、クロスメラを有する球状のものは回転窯(急冷)による焼成を意味します。現代では後者が一般的です。

土壌、その他物質

土や粉体などに対しても偏光顕微鏡下で観察を行ない、含有物質を同定します。左は平成30年北海道胆振東部地震により液状化した火山灰盛土を観察した事例です。大量の火山ガラスを含むことが明らかになり、別に実施した粒度分析の結果も踏まえ、液状化しやすい盛土であることが推測されました。右は平成21年2月2日に埼玉県内で採取した粉塵が同日未明の浅間山の噴火による火山灰であったことを確認した事例です。浅間山の火山灰が埼玉県まで及んだことが顕微鏡観察により明らかになりました。



●火山灰盛土に含まれる大量の火山ガラス



●埼玉県内に降下した浅間山の火山灰