

# 加藤研究室

理工学部 土木工学科

## 安全・安心なインフラのために

加藤研究室は、土木分野のコンクリート工学研究室で、主な研究テーマは、コンクリート構造物の維持管理です。

インフラストラクチャー（以下、インフラ）の維持管理と言えば、2012年12月2日発生した管子トンネル天井板落下事故が記憶にあると思いますが、1980年代のコンクリートクライシス（NHK特集）や、1999年に発生したトンネルコンクリート剥落事故（山陽新幹線福岡トンネル等）等、これまでも問題視されてきました。世の中に膨大に存在するコンクリート構造物について、今更何を研究するのだろうか？と思われるかもしれませんが、特に、化学的な現象の理解（劣化のメカニズム等）は必ずしも十分ではありません。分からないからといって、管子トンネルのような悲惨な事故が発生しても良いということにはなりませんので、このような事故が起こってしまったことは、我々土木技術者としては深く反省しなければならないと思っています。

最近では、インフラの維持管理の重要性が広く認識されるようになってきましたが、例えば、2006年の日経コンストラクションのアンケート調査結果では、維持管理の重要性を

認識している一般の方は僅か12%でした。

インフラの維持管理の重要性を学ぶとき、ローマ帝国が事例として用いられます。古代ローマはインフラ（道路、上・下水道、城壁等）を建設し帝国の版図を広げていきましたが、やがてローマ帝国は滅亡します。その原因の一つにインフラの老朽化に伴う国力の低下が挙げられます。ローマ帝国は約500年の歴史ですが、わが国の近代のインフラ整備は高度経済成長期を皮切りに急速に進んだため、50年程度の歴史となります。ローマ帝国のようにインフラの老朽化に伴って国力が低下して滅亡するのか、持続可能な社会を構築するのか、今、重大な岐路に立っています。

さて、日本のインフラのほとんどは、コンクリートを使用して整備されています（一説には、世界でこれまでに使用されたコンクリートの総量は、水に次ぐ使用量ともいわれています）。その理由は、日本の何処でも、比較的簡単にコンクリートを構成する材料（水、セメント、骨材）が入手でき、安価であることによります。コンクリートの値段は、そのグレードや地域によって異なりますが、一般的に使用されているコンクリートの値段はおよ

そ1t当たり10～16円です。水やガソリンなどと比べても、桁違いに安いことがお分かりいただけると思います。コンクリートは乾燥して固まると誤認されていることが多いのですが、セメントが水と化学的に反応して、徐々に強度を発現します。そのため、セメントと水の反応が活発な初期に乾燥を受けるのは、セメントが十分に反応できなくなり、コンクリートの強度が発現せず、低品質なコンクリートになってしまいます。また、化学反応によって硬化するため、長期間使用していれば、さまざまな物質の作用を受けて、それらの物質と化学的に反応し、当初の性能が低下することもあります。その状態を放置すれば、管子トンネルの事故（この事故は、コンクリートの劣化ではないですが）のような大惨事を招きかねません。前記したように、現時点では、コンクリート構造物の劣化メカニズムを十分に理解できていないのです。

このような現状に対して、我々は、コンクリート構造物の劣化メカニズムの解明に取り組んでいます。コンクリートというと、写真1のような作業をイメージされることが多いかもしれませんが、劣化のメカニズムの解明では化学的な分析が主になります。セメントの粒子が数十 $\mu\text{m}$ 程度のため、コンクリート中には数 $\text{nm}$ ～数 $\text{mm}$ の範囲で、大小さまざまな大きさの空隙が存在しています。この空隙に、外部から劣化因子が侵入し、セメントの反応生成物と化学的に反応します。そのような反応のメカニズムを把握するために、生成される結晶をX線回折を用いて同定したり、空隙中の水分に溶解している各種イオンの濃度を測定したり、コンクリート中の鉄の腐食を電気化学的測定手法で計測したりと、実に細かな分析をしていることが多いです（写真2～4）。また、劣化因子の侵入を理解するためには、濃度拡散、移流、電気的反発



写真5 観桜会の様子 2015年 運河にて

等の物理現象の基礎知識も必要になります。このように、土木分野ではありますが、物理化学の理論を活用して、現象の解明に取り組んでいます。

2015年度は、学部4年生11名、修士課程4名、博士課程1名、助教1名、秘書1名と筆者の合計19名で研究室を運営しています。研究室では、大学院生と学部4年生でチームを構成して研究を進め、その成果を国内外の学会で積極的に発表してもらっています。今年も6月に開催される国際会議で、大学院生4名が発表します。英語での発表は大変だったと思いますが、貴重な体験になったことでしょう。さらに、他機関（鹿児島大学、埼玉大学、芝浦工業大学、北海道大学、港湾空港技術研究所、東京工業大学等）との合同ゼミや、観桜会（写真5）、流しそうめん、新年会等、他機関の研究者と交流することを心がけています。特に、企業の方との交流の場を提供することで、学生たちには社会とのつながりを意識してほしいと思っています。もちろん、我々がホスト役ですから、「おもてなし」の心も身につけてほしいと思っています。土木分野の仕事は、社会に奉仕・貢献することを基礎としながら、皆で協力して進めることが多いので、このようなさまざまな交流を通して、学生たちには学術面以外のことも学んでほしいと思っています。

加藤 佳孝：東京理科大学 理工学部  
土木工学科 准教授



▲写真1▶  
コンクリート  
製造の様子

▲写真2 X線回折  
写真3▶  
イオン濃度測定

▲写真4  
電気化学的測定