

〈第36回環境システム計測制御学会 (EICA) 研究発表会〉

全 体 報 告

環境システム計測制御学会 企画委員長

田 所 秀 之

(株)日立製作所

第36回環境計測システム制御学会 (EICA) 研究発表会を、令和6年10月22日 (火)～23日 (水)に京都市で、京都市上下水道局、国立大学法人京都大学大学院工学研究科に後援いただき、「京都テルサ」京都府民総合交流プラザにて開催しました。



平成18年以来、18年ぶりのEICAゆかりの地、京都市での開催とあって152名が参加し、活発な意見交換、交流が繰り広げられました。また、京都市上下水道局からも19名の方に参加いただきました。

以下、プログラムの進行順に報告します。

第1日目は、上下水道、廃棄物処理施設をはじめとした環境インフラにおける災害レジリエンスをテーマとして特別講演、パネルディスカッションを実施しました。

冒頭は、高岡昌輝 (京都大学大学院工学研究科教授) EICA会長の開会挨拶です。会長は、EICAが1991年に水処理の自動制御に関する学会として誕生、33年の間、研究発表会を36回実施しており、今回が4回目の京都開催であること、当初は上下水道分野が主体であったが、様々な環境問題にその範囲を広げ、課題解決に貢献してきたことに触れました。最後に、「本大会のテーマは、能登半島地震が契機となって災害レジリエンス関連としたが、先日豪雨災害も



高岡会長の開会挨拶

あった。京都のトピックスとして何を発信するかを考えつつ2日間に学び、吸収して、今後役に立って欲しい。」と呼びかけ締めくくりました。

続いて、吉川雅則 (京都市上下水道局 京都市公営企業管理者 上下水道局長) 氏より来賓挨拶をいただきました。京都市は、水道事業が112年、下水道事業が94年の歴史があるが、インフラの老朽化、物価高のなか、課題を解決してゆかねばならないこと、災害が激甚化するなかでインフラの重要性が増していることを挙げ、18年ぶりの京都市での研究発表会に期待を表明されました。さらに具体的に、カーボンニュートラル、琵琶湖のカビ臭、臭気対策、汚泥の肥料化、下水サーベイランスといった課題、生産年齢層の減少下でのドローン活用なども一策であることに言及されました。

京都市上下水道局
吉川雅則氏

講演は、谷田聡 (京都市上下水道局 下水道部長) 氏の基調講演「京都市上下水道局の取組と今後について——新しい時代への挑戦——」ではじまりました。谷田氏は、平成21年度の未来プロジェクトOBでもあります。



基調講演 谷田聡氏

講演ではまず、生活環境の向上・維持に下水道が貢献してきたが、更新時期を迎え、サービスレベルをどう維持してゆかが課題、下水道事業はエネルギーを使う事業 (全国の約1%の電力量を消費) であり、さらなる努力が必要と、問題提起から始まりました。続いて、京都市では課題に取り組むため、2018年～2027年の上下水道事業経営ビジョン「京 (みやこ) の水ビジョン」を推進している旨を紹介されました。ビジョンでは、安全・安心が目指すべき将来像として掲げられており、市民や事業者が一体となりこれの実現に取り組んでい

るとのことです。

市の財政状況については、以下のように説明されました。

水需要減少に加え、コロナの影響もあって、直近では100億円以上収入が減少している。また、企業債残高が高まっており、水道事業では年間収入の6倍で、政令指定都市平均を大きく上回っている、下水道では一般会計からの繰入れを一部、令和7年度まで休止している。

さらにビジョン実現には、老朽化施設更新に膨大な事業費が必要となること、防災・危機管理の重要性が高まっており、平時からの備えが重要となっていることを説明されました。

対策として、短期的には経営効率化等の財政状況悪化対策を継続推進し、中長期では施設マネジメントを推進しているとの事でした。具体的な取組例として、開削不要な管路の更生、固形燃料化、貯留幹線の整備、大規模太陽光発電の採用、事業投資の前倒しや後ろ倒しで平準化、水道管40年、下水道管50年の耐用年数延長の検証を紹介されました。

人口減少は、お客様だけでなく、事業者としても課題であり、エネルギーを持った人材を育成しモチベーションを上げてゆくため、新技術への貪欲な取り組みを進めているとの事で、具体的に紹介いただきました。

不明水対策では、自動車分野のSDV (Software Defined Vehicle) をヒントにして、ワンボードマイコン Arduino を活用し、ソフトウェア比率を高めた安価なディスプレイ水位計を10~20台自作し活用しているそうです。なお本件はオープンソースとして公開しているそうです。

その他の取組では、管路監視で、市販品にて自走式カメラを製作し、AIによる破損度判定を検討している事例、下水道台帳の位置精度上げるため、低価格化、高精度化しているGNSS測量の活用事例を紹介いただきました。

これらの成果は「京の下水道新技術2024」、いわばミニ下水道展を開催し、事務職の若手からも賛同が得られたそうです。

最後に、未来を考え感じることが出来る人材を育て、産学との連携を一層深め、イノベーションを生み出し、次の50年、100年へとバトンをつないでゆくことを目指している、と締めくくられました。京都市の元気な取組は、聴講者の皆さんの胸に響き、参考になったのではないのでしょうか。

続いての特別講演は、金田直之(石川県珠洲市副市長)氏で、能登半島地震、夏の豪雨災害で大変な時期にもかかわらずご来場、防災服姿で講演いただきました。金田氏は、清水芳久前会長と高校時代の同級生と

の事です。講演テーマは「(過疎+高齢+半島)×大地震=能登半島地震」でした。

講演は、全国から応援への感謝、今までの大地震より深刻だとのこと自身の感想ではじまりました。続いて、能登半島先端は、ボランティアが通うのに8~10時間かかること、通行可能な道路が1本のみで応援、支援がやりにくい。豪雨被害が追い打ちになっている困難な状況が話されました。珠洲市は、能登半島の先端に位置し、3方を海で囲まれていること、人口10,500人の過疎地、かつ高齢化率が50%を超えている都市であることが紹介されました。鉄道は2005年に廃線、里山海道で金沢まで車で2時間30分などアクセスに時間を要します。いっぽうで、北前船に象徴される、海上交易で栄えたという歴史もあります。

金田氏は、珠洲は、「陸の孤島・最果て?、海でつながる開かれた土地?」と問いかけられました。このような特徴を踏まえて、市は2040年に人口9,500人を目指す、珠洲市人口ビジョンの下、年間80人の住人を増やす事を目標とした人口対策の諸施策を進めておりました。例えば、金沢大学と連携した学び直し、日本最初の認定地になった世界農業遺産「能登の里山里海」、豊かな生物多様性を活かしたSDG未来都市としての取組、小学校での教育、奥能登国際芸術祭の開催等、魅力を発信しております。このような取組が功を奏して、移住者が5年で倍増したそうです。

次に、被害の概要を説明されました。地震は、前震と本震があり、死者126名、2/3以上の家屋が半壊以上でした。津波被害、道路被害の状況を写真で説明されました。

とくに、発災直後に困ったことを以下、4点で整理されました。

第1に当初避難者が7,600人であるなど、全てが想定外の規模であったこと。第2に、命の「水」を確保する水道施設の被害が大きく、特に珠洲市が壊滅的な打撃を受けたこと。水道の基幹施設が被害を受けたこと、および市の90%の給水を宝立浄水場が賄う集中型の水道系統であることから、断水解消まで時間を要していること。第3に、下水道施設の被害も深刻だったこと。液状化・マンホール浮上等の状況を写真等で説明されました。下水管路2次調査の結果80%を超える被災率であったそうです。4点目は、生活弱者(高齢者、幼児)の避難で、その困難な状況を1.5次避難者数、2次避難者の推移で説明されました。

続いて物的、人的、技術的支援の状況を説明されました。日本水道協会による水道の応急復旧・応急給水



特別講演 金田直之氏

の活動、保険医療福祉調整本部を立上げ21団体の支援を受け、3月末までのべ13,905名の支援があった事などを紹介されました。また、自衛隊炊き出し、入浴支援についても紹介されましたが、特に入浴支援が有難かったそうです。

また、先端技術による支援が効果的だったと、シフォンタンク（シフォン洗浄砂ろか装置）、水循環型シャワー「WOTA BOX」、水循環型手洗いスタンド「WOSH」の例を紹介されました。これらは復旧後も使える技術と話されました。

続いて珠洲市の主要な社会資本の現状について、仮設住宅の整備・公費解体、上下水道、小学校、公民館、公民館、漁港等に関して説明いただきました。

復興計画は、より強靱で安全な、災害に強い地域づくり、暮らしとコミュニティの再建、生産性の向上を図るなりわいの再建、これまでの取組を活かした魅力ある地域の再生、DXの推進による「つながる社会」の5つの基本方針の下で進められるとの事です。なかでも最重要課題は「住まいの確保」で、住まい再建ロードマップ案を作成し推進を図っており、災害公営住宅の建設をどのように進めてゆくかが課題との事です。

最後に結びとして、過疎・高齢・半島先端域での大災害であり、移動の難しさ、輸送の難しさ、マンパワー圧倒的な不足を痛感したこと、全国からの絶大な支援ネットワークへの謝意、能登半島地震の復旧復興の歩みが今後の一助となることを願って締めくくられました。

金田氏には能登半島と復旧復興の状況をリアルに紹介いただきました。災害レジリエンスを考えてゆく上で大変貴重な情報となりました。

2件の講演後、金田氏の特別講演を受ける形で、藤原健史（岡山大学学術研究員 環境生命自然科学研究科教授）EICA副会長の座長の下「環境インフラにおける災害レジリエンス」のテーマでパネルディスカッションを開催しました。パネリストは、南本尚司（京都府危機管理監 兼 危機管理部長）氏、角哲也（京都大学防災研究所 附属水資源環境研究センター特定教授）氏、牛尾知雄（大阪大学大学院 工学研究科教授）氏、平山修久（名古屋大学 減災連携研究センター 共創社会連携領域准教授）氏、松尾晃政（メタウォーター株式会社 PPP本部 西日本統括部長）氏で、産官学より有識者が登壇されました。

最初に座長の藤原副会長が、ディスカッションの論点を整理しました。



座長 藤原健史氏

まず、レジリエンスは、想定外の事態に対して、速やかに機能を回復することとであり、なかでも災害レジリエンスは、被害の最小化と早い回復・復興を目的とし、「災害に強い社会+しなやかに回復する社会」を作ることであると定義しました。また、災害レジリエンスには、ハード面と、人も含めたソフト面の両面でのアプローチが必要であること、実施面で、組織間、主体間の連携が求められると言及しました。連携については、2013年度新・未来プロジェクトIIで、災害復旧に対して、上下水道連携、上下水道一体のBCPを推進すべきと提言されていた件について紹介しました。

そして、災害レジリエンスの方策には、予防策、順応策、転換（復興）策（学習し、今後の方法を変えてゆく）の3要素があると整理しました。具体的な手段として、PPP、監視、診断、制御、AIなどもあり得るとコメントしました。

続いて、上下水道、廃棄物処理の環境インフラ分野各々に対して、この3要素で諸施策をマッピングしました。廃棄物処理では、課題は、処理余力が不足する事、発生量把握の精度向上、不法投棄防止です。これらに対する予防策が仮置場の事前確保、図上訓練、自治体間連携等、転換策（復興）が、焼却発電等とマッピングしました。

以上を踏まえて、「災害レジリエントな環境インフラとは？」に答えるべく、「ハード・ソフト・実施面での課題は？」、「連携して最大の効果を得るには？」、「平常時から発災時の円滑な移行、何をどこまで強化すべきか？」について議論したいとして、パネリストに、バトンを渡しました。

最初は自治体から南本氏で、「京都府における地震対策の取組」を、以下話題提供されました。

京都府は、石川県における能登半島同様に、丹後半島を有していること、22の断層があり、とくに花折断層帯が活発。約100年前に北丹後地震があったが、震災時には26市町村、11断層での被害が大きいと推定し被害推定を見直している。とくに花折断層帯については、被害推定を見直し4月に公表後、能登半島地震を受けて見直した。また3河川合流のあたりは液状化がひどく、山城地区では1ヶ月しても復旧しない見込みという調査結果もある。砂丘の上に家が立っているような地区では、大きな住宅被害が想定されている。

続いて、このような状況下、次の対策を推進している旨紹介されました。



南本尚司氏

上下水道では、重要管路で重点的に耐震化、二条化を推進。情報公開面では、「京都府マルチハザード情報提供システム」、「きょうと危機管理 WEB」による災害関連緊急情報のリアルタイム提供を実施。訓練面では、近畿府県合同防災訓練参加や職員研修の実施です。

また、京都府の能登半島地震への支援実績、地震対策専門家会議、京都府危機管理センターについても紹介いただきました。危機管理センターは、常設の災害対策本部会議室、リアルタイムでどこでも情報共有できる仕組み、応援職員 170 名一堂に会して情報交換できるスペースを有しているとの事です。

続いて学の分野から 3 名に話題提供いただきました。

まず、角氏より、「SIP 第 3 期スマート防災ネットワークの構築 サブ課題 D: 流域内の貯留機能を最大限活用した被害軽減の実現」というテーマで、ダムの事前放流、アンサンブル降雨予測の活用、拠点医療機関の災害タイムラインを作成する取組を清水建設、人吉医療センターと連携して進めた件を話題



角哲也氏

提供いただきました。水害多発前に建設された医療施設では、治水、建築での対策（ハード対策）のみでは限界があることから、ソフト対策（タイムライン防災）が必須で、全国版 RRI モデルによる水位予測情報を活用した水害タイムラインを作成し、病院の担当者が自身で活用できるかを試行した取組です。

また長時間アンサンブル予測を実施することで、ダムの事前放流の効果向上、リスク考慮した運用を支援する取組を、兵庫県ダムや三重県安濃ダムでの検討例を紹介しつつ説明されました。

2 人目の牛尾氏からは「環境インフラにおける災害レジリエンス —— 現況監視と予測システム」というタイトルで、降雨の計測技術である気象レーダに関する最新情報を提供いただきました。現状監視で用いられる気象レーダは 10 分周期で 1,000 m の分解能であるが、積乱雲は小さいため、計測には 1 分周期で 100 m の分解能が必要、これを解決するための技術としてフェーズドアレイ気象レーダを紹介されました。30 秒での更新も可能で、空間的に密な情報が得られるため、線状降水帯の予測に活用する可能性についても言及されました。



牛尾知雄氏

学からの 3 人目は、平山氏で、「被災状況の見える

化 —— 上水道復旧マップ」のタイトルで、能登半島地震での地図化の取組について紹介いただきました。まず、能登半島の水道管路耐震化が奥能登で進んでいなかった状況、水道事業者技術職員の圧倒的な不足状況（一人当たりの管路延長）を地図で可視化されました。続いて、Google マップ、防災クロスビューで能登半島の状況を見える化し、給水マップでの情報発信した実績を紹介されました。発信に際しては、被災市町村の Web サイトを日々チェックして、被災地外（名古屋大学）で地図化して関係機関と情報共有していったそうです。用語の不統一等でやりにくい面があったとコメントされました。また、災害時には普段やっていることしかできない、応急給水マップは過去の実績があったのでできたとの旨でした。能登地震では廃棄物仮置場のマップも作成されており、本件も紹介いただきました。これらの取組を踏まえ、フェーズフリー化して、できるだけ自動でマッピングできるようにすることの重要性についても言及されました。



平山修久氏

最後に情報提供されたパネリストは、民からの松尾氏で「環境インフラにおける災害レジリエンス —— PPP 事業における課題 ——」というテーマで、給水人口 5 万人の A 市水道事業等包括委託（ウォーター PPP レベル 3.5 類似）での事例を紹介いただきました。給水サービスの欠損を合理的に低減するには「アセットマネジメント（事前対策）」と「オペレーション高速化+エンジニアリング力（事後対策）」の最適化で復旧時間を早めることが重要であると述べられました。具体的には A 市で BCP ガイドラインおよび支援システムの検証を目的に毎年実施している運用訓練を紹介されました。被災カードを使った運用訓練を実施して、気づきをアセットマネジメント、オペレーションに反映してゆく取組を継続されているとの事です。そして、最後に PPP/PFI 推進に伴う危機管理上の課題として、分野横断型・広域型の PPP/PFI を推進されているなか、個々の事業目的に応じた災害対策を効果的、効率的に実装しながら、官と連携してレジリエンスな社会を形成することであるとコメントされました。



松尾晃政氏

5 名のパネリストからの情報提供の後、ディスカッションに移りました。以下、ディスカッションの内容

を紹介します。

府と市町村連携に関する質問に対して、備蓄は府と市町村で半分ずつ保有していること、府が市町村間の融通調整、避難所のあり方の指針、孤立の可能性のある市町村を支援している旨が説明されました。

ダムの水量管理の活用については、情報を提示することで、下流の洪水対策に活用できること。とくに週末など、クリティカルなポイントに予防的に対処できるという効果がありました。また、「簡易なモデルが使えるようになってきているか？」との運用面への問いかけに対しては、共通化プラットフォームができていたとの事でした。関連して、河川管理でフェーズドアレイの連携可能性があり、実証フェーズが立ち上がることの期待が表明されました。

見える化の自動化については、部局毎に違うシステムを使ってしまうと、データの相互乗り入れ、連携が取れなくなる、活用する方法、仕組みを議論してゆく必要があるとの意見が出されました。また、データ活用については、「さまざまなデータをとっていることが分かったが、それで避難するとは限らない、行動にどう繋げてゆくか？」を考えるとすべきとの意見もありました。SIP 第3期では、データ連携のワーキングや、利活用の連携も検討されているとの事で、今後が期待されます。

「初期対応と復旧の時間のファクターに対してシステムとして提案ありか？」との議論もありました。これに対しては、復旧時間等のサービスレベルを定義してシステム検討すべきとの意見が出ました。

災害レジリエンスでは、想定外への対処が求められます。たとえば、「こんなに雨が降って河川な氾濫する場所じゃない。」ところで豪雨被害が発生する昨今です。日本海側は、雨が降るところと降らないところの差が大きかったが、今は、どこでも降るようになってきているとのコメントがパネリストよりありました。

「奥能登の線状降水帯は予測できたか？」との問いかけで、まず予測について議論されました。これに対して、数時間スケールなら可能性があるのでは、気流の情報なども活用して、発生しやすいところを示すことはできるのでは？との意見が出されました。

さらに想定外の対応シナリオという面では、ブロック毎に被害想定が整備されており、これを活用できるとのコメントがありました。

能登地震の水源を例にとり、「水の場合、多重化、分散型という対策でレジリエントにできるか？」という議論がありました。小規模向けの技術も出てきており、小規模・分散・自律が今後の水道インフラの方向性になるとの意見がありました。米国西海岸の例では、サンアンドレアス断層が動けば、サンディエゴに水が行かなくなるので1週間分の貯水池を持っているとい

う事例も紹介されました。阪神淡路大震災では、用水供給の被害が軽微で、水道の復旧が比較的早かったが、能登地震では、これに相当する箇所被害が大でした。水道では、財政面を考慮して用水供給へ水源を集約する方向だが、分散化という面では、受水団体が持つ自己水も大切。しかし、レジリエンスを担保するにも最後は財政問題になる、システム導入しても、5年もすれば資金が続かなくなり継続できなくなるという事情等、さまざまな意見が出されました。

最後に民間の参画に関しての話題になりました。公共でなく民間がやった方が良いということはないが、人事、調達といった民間のほうがやりやすい部分はあるのでは、との議論になりました。

以上、パネルディスカッションでは、時間の制約もあって、結論を出すところまでには至りませんでした。災害レジリエンスに対して多方面からの情報発信、議論となりました。参加者それぞれが、今後考えてゆく際の糧になったと思います。

第1日目のプログラムの締めくくりは、令和6年度奨励賞の表彰式でした。今回は4件の論文が受賞されました。受賞者の今後のさらなる研鑽を祈念いたします。

終了後は、会場内にある「ダイニング凜」にて交流会を開催しました。EICAならではの、顔の見える交流、情報交換の場となりました。

第2日目は、3会場に分かれての研究発表会です。下廃水処理・監視・制御、浄水処理・監視・制御、汚泥処理・管理、広領域（環境監視・制御、廃棄物制御・活用、情報管理・制御）で32件の研究発表が実施され、活発な質疑応答が繰り返されました。

さらに、本学会のユニークな特徴にもなっている、産官学の若手の参画によるディスカッションの場、「未来プロジェクト TSUNAGU21 V」の成果発表にも1セッションを設けました。今回は、「『未来の教育を考える！』——多様性を育み、新たな価値を創造し続けられる社会を目指して——」をテーマに活動してきた成果の報告でした。

本大会の2日目は、研究発表だけでなく、松井三郎



(EICA 元会長、京都大学名誉教授) 氏の特別講演「下水汚泥の農業資源利用について 展望」を開催しました。近年、食料安全保障の面から国の施策として下水汚泥の肥料利用が推進されており、多くの方の関心を集めるテーマですが、松井氏は、有機農業、環境保全農業へ大きく舵を切った日本や世界のトレン



特別講演 松井三郎氏

ドから説き起こし、下水汚泥の資源としての循環の重要性、あり方、方向性を農業循環サイクルの俯瞰的視点で概説されました。日本のバイオマス量の試算より始まり、家畜堆肥、汚泥堆肥供給量から、その可能性を位置づけられました。さらに、下水汚泥肥料の特徴を、植物体の構成、循環系の仕組みにまで遡って説明されました。また、下水汚泥肥料は、汚泥堆肥は流通の始まっている「菌体リン酸肥料」の他、炭化物、焼却灰があり、それぞれについて概説いただいた後、佐

賀市下水処理場の超高温好気性菌を活用した処理設備等、国内の導入事例を紹介されました。

今回は 18 年ぶりの京都開催で、活況な研究発表会となりました。災害レジリエンスをテーマに据えたことで、EICA が対象とする対象領域で、社会にどう貢献してゆくかを改めて考える機会になったと思います。また、会期中、会場に募金箱を設置し、特別講演いただいた珠洲市へ EICA 有志より 67,200 円の義援金を送付させていただきました。ご協力ありがとうございました。

最後になりますが、研究発表会の企画運営、進行に協力いただきました京都市上下水道局の皆様、準備ならびに当日の進行にご尽力いただいた事務局、実行委員、お手伝いいただいた会員の皆様に、この場を借りて感謝申し上げます。本研究発表会が、ささやかではありますが、皆様の今後の業務、研究・開発の一助となることを祈念して、報告を締めくくらせていただきます。