

Air Mail to Hokkaido

JICA シニア海外ボランティアとして —ヨルダン・ハシェミット王国—

技術士（建設部門） 太田 利 隆

はじめに

平成16年4月～平成17年4月の一年間 JICA シニア海外ボランティアとしてヨルダン・ハシェミット王国 王立科学院（Royal Scientific Society、RSS）建設研究センター（Building Research Centre、BRC）に派遣され、鉄筋コンクリート構造物の耐久性チームと仕事をしてきました。日本を出発するときは、鉄筋コンクリート構造物の維持管理マネージメントの手伝いという事でしたが、現地では鉄筋コンクリートの耐久性のみならず、日本における耐震工学の現状、ヨルダンの主要産業である燐酸を製造したときに副産物として生成する燐酸石膏の有効利用について日本の現状を教えてほしいというものであった。

ヨルダンという国

アラビア半島の東側に位置し、北はシリア、南はサウジアラビア、東はイスラエル（パレスチナ）、西はイラクに接する面積89,000 km²（ほぼ北海道と同じ）の国である。面積の約7割は年間降雨量100 mm以下の砂漠地帯で、人が住んでいるのは主としてイスラエルとの国境に沿うヨルダン渓谷／死海／アカバ湾を結ぶベルト地帯である。人口は550万で、7割はパレスチナ人であり、ほかに砂漠の民ベドウィン人（本来のヨルダン人）やチェチェン人、コーカサス人などからなる。

公用語はアラビア語であるが、主要都市や観光地では英語がほぼ通用する。筆者の住んでいたところはアンマンの比較的高級住宅地であるが、八百屋の親爺さんも肉屋の親爺さんもみな英語を不自由なく話していた。



写真－1 王立科学院正面



写真－2 ハッサン殿下（中央）と筆者（右）
（後方は世界一大きいヨルダン国旗）

ヨルダンのハシェミット王家は由緒正しい家柄で、アブドゥラー二世国王はイスラム教の教祖ムハンマドの直系43代目にあたる。ラニア王妃はクウェート出身のパレスチナ人で、アンマンの会社に勤めていた時、ある晩餐会で当時の皇太子に見初められ1993年に結婚した。グラビア誌の表紙を飾る美人で、国民とりわけパレスチナ人に絶大な人気がある。

立憲君主制で国会は選挙により選出される下院と国王により指名される上院からなる。

ヨルダンは政治的にエジプトと並んで親米の国とされているが、多数のパレスチナ難民を国内に抱えながらイスラエルや米国、アラブ諸国と和平を保つという前国王フセイン並びに現国王アブドゥラー二世の類い希なバランス感覚の上に立っている。一般のヨルダン人のイスラエルに対する憎悪の深い感情には計り知れないものがあり、例えばヨルダン発行の地図にはイスラエルという国名は無く（外国製地図にイスラエルを見つけると消しゴムで消す）、新聞も公式にはイスラエルをOccupied Palestineヨルダン川西岸をOccupied TerritoryエルサレムをOccupied Jerusalemと表現することにも伺える。

ヨルダンは石油を産出しないので、主な輸出品はリン鉱石、カリ肥料、医薬品などであり、輸入品は機械類、原油などであるが輸出額30.5億ドルに対し輸入額57.5億ドルと大幅な赤字が続いている。主要輸出入相手国はイラク、サウジ、米国などであるが、イラクのフセイン元大統領はヨルダンに石油を特に

安い値段で供給するなど特別に友好的な関係にあった。

ヨルダンの1人あたりのGDPは約2,000\$で日本がODAを供与する目安額<1,200\$を超えている。それにもかかわらずこれまで無償30.5億ドル、技術12.5億ドルの援助が日本から行われている。中東の安定を保つために特別な配慮をしている結果である。

王立科学院 (RSS)

RSSは1970年ヨルダンの科学技術振興のため当時の皇太子ハッサン殿下（現国王の叔父）により設立された。建設、工業化学、機械、電気、環境、情報、技術移転など7つの技術センターと品質保証、総務など5部門並びにプリンセススマイヤ大学（電子、情報）とからなり、約700名が働いている。

5月のある日ヤルムーク大学に派遣されている原田昭司夫妻とアンマン城に行き、ヘラクレス神殿跡、アンマン城、丘の上まで建物がびっしり立ち並ぶ市街地や古代ローマ劇場、ギネスブックにのった世界一大きなヨルダン国旗を眺め、誘われるままに観光警察でお茶をご馳走になっていた。突然窓外に車が止まる音がして何やら人の声がする。警察官は「ロイヤルファミリーが来た」といってあわてて飛び出して行った。ハッサン殿下がパキスタンからのVIPを案内して、アンマン城に来たのであった（妃殿下はパキスタン人）。ハッサン殿下は私たちが日本人と知るとわざわざ手招きして、ヒロヒト（昭和天皇）



写真-3 アンマン市内
(中央はローマ劇場 2世紀に建設)



写真-4 BRC 実験室
(FRP 補強コンクリート桁の試験)

から魚の著書を贈られたことや以前日本に旅行した時の思い出を懐かしそうに話された。筆者がRSSで働いていることが分かれると「あなたは私の家族の一員です」と相好を崩された。数ヶ月後ハッサン殿下の講演(アラビア語で行われたため全く理解できず)に参加する機会があり、講演終了後、ご挨拶申し上げる(参加者全員と握手する)とアンマン城の一件を思い出してくれた。

建設研究センター(BRC)は1977年建設産業発展のため設立され、名実ともにヨルダンの建設技術の中心として機能している。しかし必要な経費はBRC自身で稼がなければならないので、純粋な研究よりは会社から委託される調査、コンサル業務に力が入るのはいたしかたない。また外国と積極的に共同研究を行い、少ない研究費で成果をあげるべく努力をしている。試験機器は古いものを工夫しながら大切に使っている様子が伺えた。

BRCに配置されてまもなく研究員の執筆した鉄筋コンクリートの耐久性に関する論文数編の査読を頼まれた。全て優れた考察が行われており国際会議やJournalの論文として十分通用するものばかりであった。インターネットで情報が瞬時に世界を駆け巡る時代、研究についてもはや国境がないことを実感した。

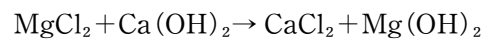
コンクリート構造物の耐久性

ヨルダンでは石灰石が産出し、セメント産業が主要産業の一つである。一方製鉄業は無く鉄鋼は全て

輸入に頼らなければならないので、ホテルや商業施設など特殊な建築物を除いてほとんど4階建の鉄筋コンクリート造である。アンマンではイラク戦争以来建築ラッシュが続いており、筆者の近所でも気が付くと空き地で工事が始まっている状態であった。

BRCのコンクリート耐久性チームはコンクリート構造物の維持管理マネジメントシステム、塩化物の作用を受ける鉄筋コンクリートの耐久性、特にコンクリートの劣化と鉄筋腐食、補修法に取り組んでいるほか、FRPによる耐久性改善及び耐震性向上の研究を行っている。更にペトラ遺跡の修復に用いる古代モルタル(Nabataean Mortar)の研究も興味深いものである。

鉄筋コンクリートの維持管理マネジメントシステムと言っても一般の建物を対象とするのではなく、死海の水を濃縮してカリウムを製造する工場の建物をモデルにして費用を最低にしようとするものである。BRCに配置されてすぐコンクリートに及ぼす $MgCl_2$ の影響について質問された。 $MgCl_2$ は次の反応によりコンクリートに優しい塩化物で、融氷塩として推奨されている。



Mgは難溶性 $Mg(OH)_2$ またはマグネシウムシリケートハイドレート(M-S-H)としてコンクリート表面に沈着し以後の化学反応の進行を阻害する。以上のような先入感があったため、当初 $MgCl_2$ のコンクリート劣化に及ぼす影響についてあまり真摯に受



写真-5 $MgCl_2$ によるコンクリートの劣化
(曝露期間2年間で立方体が球状に)



写真-6 ヨルダンで典型的な建築構造

け止めていなかったが、7月下旬カリウム製造工場に案内されて大きな衝撃を受けた。寸法 15 cm の立方体試体が2年間で球状に形を崩していたのである。かぶりコンクリートの剝離をとめなければ鉄筋コンクリートの維持管理マネージメントシステム自体成り立たないのである。日欧の研究者に意見を求めたところバウハウス大学(独ワイマール)教授 Jochen Stark 博士から次のようなメールが飛び込んできた。

塩化物濃度が約 200 g/l を超えて非常に高い場合、オキシクロライド $Mg_2(OH)_3Cl \cdot 4H_2O$ 及び $Mg(OH)_2$ を生成し、コンクリートの当初体積より大幅に膨張するので、結晶圧が生じコンクリートが表面から剝離するというものである。対策として高炉スラグ 70%を含むコンクリートが有効であるということであった。

ヨルダンでは混和材としてフライアッシュが一般的に使用されているが、前述の通り製鉄業が無いので、高炉スラグは入手出来ない。輸入出来る一番近い国はトルコということであった。日本の高炉スラグの品質は世界一であるので日本からの輸入を試みたが JICA の資材購入制度の難しさに阻まれてヨルダン滞在中に入手できず高炉スラグ 70%コンクリートの耐久性を証明することができなかった。しかし BRC としてシリカフェームの利用を含めて対策法を模索する手がかりが得られたとして大変喜ばれた。

ほかに、アンマン市内で土壤に接するコンクリー

トの崩壊が多い事が気になった。アンマンは一冬に数回雪が降り、主要道路には融雪塩も散布されるが、凍害が問題となる事はない。硫酸塩によるエトリンガイトの生成が原因と思われる。

地震

ヨルダンとイスラエル(パレスチナ)の国境ではアラビアンプレートとアフリカンプレートが接触し水平に移動している。このため、おおよそ 100 年間でマグニチュード 7.0 程度の大地震、1,000 年間でマグニチュード 7.5 を超える巨大地震が発生し、伝説のソドムとゴモラ(BC 1900/2100 年)をはじめ多くの古代都市が破壊されてきた。ヨルダンを代表する世界遺産ペトラ(AD 363、AD 551)、夏のフェステバルで名高いジェラシュとローマ時代の古都ウムカイス(AD 748)、モザイク絵の世界遺産ウムラッサスとマダバ(AD 1837)、また現在ではイスラエル占領下のエルサレム(世界遺産の登録を申請したのはヨルダン)も BC 64 年に教会、市城壁が大きく損壊、AD 1546 年に聖墳墓教会、岩のドームなどがほぼ全壊したのを初め、約 2000 年の間に 21 回も大きな被害をうけている。現在、イスラエルの研究者は 1000 年に一度の巨大地震の発生が迫っていると警告する一方、ヨルダン政府は地震発生の兆候はないと否定する状態が続いている。

ヨルダンの建物は鉄筋コンクリートラーメン構造の骨組みを作り空間に石材を積んで壁を形成した後、外壁材として更に石を張り付ける。コンクリー



写真-7 配筋状況
(深さ 10 m 以上でも土留めは無い)



写真-8 世界遺産ペトラ エルハズネ神殿
(AD 363 年の地震で破壊)



写真-9 ジェラシュ（1～3世紀に栄えた都市
AD 748年の地震で破壊）



写真-10 燐酸石膏の山

トはオフィスビルでは生コンクリートを使用するが、一般住宅では現場にミキサを持ち込み、2階以上は更に簡単なクレーンで骨材セメントを持ち上げる。労働者はエジプトからの出稼ぎである。筆者は何度か近所の工事現場を眺めに行ったが、配筋や型枠設置などはなかなか正確で、昔の日本の職人技を思い出した。BRCのHanan S. Al-Nimry博士（鉄筋コンクリートラーメン構造に石を充填する構造の耐震性により学位取得）によれば外壁が完全に閉じられていると比較的耐震性に優れるが、商業ビルはどうしてもショーウィンドウなどのため開口部が大きくなるので問題があるということである。耐震基準は案ができた段階でまだ制定されていない。

マグニチュード5.5～6の地震がアンマンを襲うと面積1,000万m²の建物のほとんどが崩壊するという報道をヨルダン政府が躍起になって否定したり、夜中に地震が発生するという噂に建物から離れ

た場所に車を移し、その中で一夜を明かす騒動が続いており、アンマン市民は結構地震を恐れている。

ヨルダンの技術者は建物の耐震技術のみならず地震後の復興に至るまで日本に学びたい希望が強いが、ヨルダン政府の政策におけるプライオリティーの低さと日本の防災関係者の無関心さからまったく実現のしようがない。

燐酸石膏

ヨルダンの主な産業のうち燐鉱石の産出量は550～600万トン/年で、2/3は海外に輸出されて外貨獲得に大きな役割を演じている。しかし先進国では燐鉱石よりも製品として燐酸又は肥料を輸入する方が経済的であるのみならず、燐酸を生成する際、副産物として生ずる燐酸石膏の環境に与える影響が著しいことから、燐鉱石の産出国で製品に加工して輸出する傾向が高まっている。

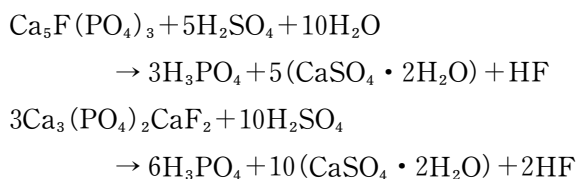


写真-11 ザイ浄水場



写真-12 畑（雑草中に筋状の作物?）

燐鉱石と硫酸を反応させると、燐酸と石膏が生成する。



生成物の精製が不十分な場合、不純物（フッ素、燐、ウラニウムなど）は石膏や燐酸に混入する。フッ素は人体にとって有害であり、燐は水の富栄養化をもたらす。

燐酸石膏の最大の問題点は不純物を除去するために多量のエネルギーを必要とし、天然石膏または脱硫石膏に比し費用が高く、しかも石膏としての品質が劣ることである。このため、燐鉱石を産出する発展途上国に燐酸石膏の巨大なストックが堆積され深刻な環境汚染を生じつつある。ヨルダンでも既に4千万トンを超える燐酸石膏のストックの山が出来ており、毎年300万トンが新しく積み上げられている。日本は燐酸石膏を石膏ボードとしてほぼ100%有効利用している世界で唯一の国である。石膏ボードに適する燐酸石膏の品質確保のため2重の不純物除去処理を行うばかりでなく、燐酸肥料製造工場に隣接して石膏ボードの工場を建設し、また石膏ボードの販路も確立している。しかし環境基準の強化や肥料として製品を輸入した方が経済的に有利なため、燐鉱石の輸入は激減している。

水事情

ヨルダンの水不足は人口増加や灌漑の普及に伴い、ますます深刻さを増している。降雨量はアンマンから北の高原地帯で400 mm/年程度あるが、国土の70%は100 mm/年以下の砂漠である。国内の9つのダムや地下水の汲み上げにより水の確保に努めているが、国内需要を満たすことができず、水源を一部シリア、イスラエルに求めている。現在もシリア国境のヤルムーク川に堤高116 m、堤頂長485 mのAl-WihdehダムをRCC工法により建設中である。しかし両国とも自国の需要量が増大しており、その配分を巡ってしばしば国際間で政治問題化しており、特にイスラエルは協定で定められた以上の水を取水しているとしてヨルダンの農民はいつも怒っている。

一方灌漑などにより水の利用が増加したためヨルダン川から死海に流れ込む水量が減少し、死海の水位が約1 m/年低下しつつあり、50年後には消滅するといわれている。このためアカバ湾から死海まで320 kmにわたり海水をパイプラインや運河で送水するプロジェクトの調査が世界銀行から資金を得てヨルダン、イスラエル、パレスチナ共同で始まった。水位差400 mを利用して水力発電や淡水化事業を行い、併せて灌漑用水も確保しようとするものであるが、建設費30~50億ドルをどこが負担するか先行きは全く不透明である。

アンマンの上水道の60%は地下水、40%はヤルムーク川、ヨルダン川からの河川水である。河川水



写真-13 キングアブドゥラーモスク



写真-14 同モスク内部

はシリア、イスラエル国境付近（ゴラン高原近く）で取水し、運河で65 kmほど運び、標高-200 mの採水所から途中ザイ浄水場を経由し標高+900 mの配水所までポンプアップする。ザイ浄水場および送水施設2系統の内1系統は日本のODAによって建設された。

アンマンの水道の給水時間は50時間/週であるので、各家庭は屋上に貯水タンクを設置している。我が家にも2,000lのポリタンク2個が設置されていたが、タンクの水を使い切ると給水車を頼むことになる。その間、台所は勿論トイレも使用できなくなる。大きいペットボトルに水を貯め、洗濯の回数を減らすなどして節水に努めた。

水道の水質は比較的良好で浄水器を通してそのまま飲んで大丈夫であった。無収水の専門家としてヨルダンに派遣されている岡田達也氏によれば、水道施設の老朽化が著しく給水量の50%は漏水または盗水により料金徴収されていない。

汚水処理場で処理された水は灌漑などに再利用されるが処理能力を超えているため、時として処理水の水質が悪く、しばしば河川の環境悪化の原因と名指しされている。

ヨルダンの水の蒸発量は2,000~5,000 mm/年もあり、降った雨量の70%以上は蒸発するので、畑ではまず水の蒸発を防ぐため雑草をはやすことから農作業が始まる。作物が雑草の中に筋状に植えられている様子をよく見かける。

ヨルダンの生活

ヨルダンは92%がスンニ派ムスリムなので、生活はほとんどイスラム教を中心になされている。ムスリムは唯一絶対神を信じ、コーランや教祖ムハンマドの言行録をまとめたイスラム法に則って行動する。しかしイスラム法には慣習的なものもかなり含まれ、何故守らなければならないか明確な根拠に欠けるものも多いと言われる。いずれにしても、どのように戒律を守るかは神と向き合う個人の考えに任せられるので、行動は個人によりかなり異なる。またイスラム世界では神の意志により全てが決定されるので、首長を自分らの意志すなわち選挙により定めるより、むしろ王制を神から与えられたものとして受け入れる方が自然のように思われる。神の意思が世界を支配するという考えの極めつけはスマトラ沖大地震であった。RSSの研究者でそのような事を言う人は誰もいないが、技能職員には「神が怒って地震と津波を起こした」と信じて疑わない人が多数いることであった。

ムスリムは五行（信仰告白、礼拝、断食、喜捨、巡礼）を行う事が義務づけられている。

アザーン：ヨルダンの第一夜はまず夜明けにモスクから鳴り響くアザーンに起こされ、イスラム教国にきたという思いを募らせる筈である。お祈りは一日5回であるが、定められた各時間帯にお祈りをすればよい。また一人で行うよりは集団で行う方を好



写真-15 シュワルマ（ヨルダンのファーストフードで、削いだ肉、野菜、ソースを薄いパン・ホブスで包む）



写真-16 マンサフ（ヨルダンを代表する料理、羊乳のヨーグルトで煮込んだ羊肉又は鶏肉を味付けしたご飯の上のせて煮汁をかける）

むようで、RSSでも帰宅時送迎バスの駐車場で、数十人が一団となってお祈りをする様は壮観であった。

お祈りするときは手足・顔・耳等を洗うので、トイレ洗面所の床はいつも濡れている。

ラマダン：ヒジュラ暦（イスラムの太陰暦、太陽暦からは1年で11日毎早くなる）の9月は断食の月である。ヒジュラ暦で困るのは前日にならなければ日時が確定しないことである。宗教指導者が月の満ち欠けと位置により判断するからである。ラマダンが近づくと何日から始まり何日に終わるかは最大の関心事となる。曇りで月が見えず判断出来ない時にはラマダン初日は翌日となる。ラマダンでは太陽の出ている間、子供病人妊婦兵隊などを除いて食事飲食喫煙等を断つ。もちろん奥様との交わりも御法度である。しかし何を精進の対象とするかは個人個人の判断にゆだねられて厳密な決まりは無いようである。不幸にして所定の精進が出来ない時はラマダン終了後行う事も可能であるが、一人の修行となるので大変つらくこれだけはやりたく無いそうである。

RSSの勤務時間も8時30分～14時（通常8時30分～17時）と変更となった。14時には学校、会社、商店、官庁とも一斉に終業となるので、道路は大渋滞となるのみならず、交通事故があちこちで発生する。職場の同僚は筆者に「あなたはムスリムでないのだから自由にして良い」といわれたが、結局付き合わされ、昼食は自宅に帰ってからとったので15時

過ぎになってしまった。日中開いている食堂はマクドナルド程度である。ヨルダン人は帰宅後、食材を買い（買物は概ね男性の役である）、豪華な夕食を作り、日没を待つ。日没のアザーンとともに家長を中心に一家そろっての大宴会となる。大宴会といってもアルコールは無い。普段アルコール類を扱っている店もこの時期には酒類を置いている棚を布で覆い、鍵をかける。特に売ってくれと頼みこむと品物を黒いビニル袋に包んで渡してくれる店もある。街から人影が消え、道路から車が消え、開いている商店でも売り場から店員の姿が消えて電気だけが煌々とついている状態がしばらく続く。最近はレストランに行く家庭も多い。

ヨルダン人は時間を決めて食事をするよりは食事ができる時にする習慣が強いため（少なくとも筆者にはそのように思えた）、一緒に旅行しても何時に昼食にありつけるか分からない。このためラマダンもあまり苦しいなどとは思っていないようである。当初はすべて鶏に見えるなどといっているが、そのうちに精神が高揚するとか健康に貢献するとか（特に肥満と糖尿に効果がある）、良い事ばかり主張するようになる。日中、強い太陽の下でサッカーやバスケットに興じている若者を何回も見かけた。夕食後はモスクに行くのが義務であるが、「最近の若者はモスクにさっぱり行かなくなった」と信仰心篤い中年のムスリムは嘆いていた。夜のダウンタウンは特にラマダン明け近くなると、まるで日本の正月を迎えるように買い物客で賑わう。



写真-17 生贄となる順番を待つ羊達



写真-18 死海に浮かぶ

ハッジ（大巡礼）

健康と経済が許せばムスリムは一生に一度メッカに巡礼しなければならない。イスラム暦12月8～10日にメッカに巡礼する事をハッジ（大巡礼）と称し、それ以外の時期に行う巡礼をオムラ（小巡礼）と言う。神の前ではすべてのムスリムは平等なので、全員同じ衣装イヒラムに身を包んで巡礼に向かう。RSSからハッジに参加した人がいたのか何人かの同僚に聞いたが知っている人は誰もいなかった。ハッジ休暇を前に挨拶廻りをしている人達がいるので、不思議に思っているとキリスト教徒がムスリムにお祝いの挨拶に来たと言うのである。逆にムスリムはクリスマスにキリスト教徒のところに挨拶に行くのだそうである。異教徒同士がともに平和に暮らす知恵かと妙なところに感心した。

ハッジの休暇も終わりに近づいた12月10日犠牲祭が行われる。同僚のアハマド氏は次の伝承を語ってくれた。80歳を超えてようやく息子に恵まれた予言者イブラヒームは夢で息子イスマイルを生け贄にするようにという啓示をうける。息子は「神の意志なら」と生け贄になることに同意する。意を決したイブラヒームは息子を荒野に誘い刀を振り下ろす

がエンゼル（天使）に邪魔される。ようやく思いを遂げた時、羊の首を切っていた。エンゼルが息子と羊を取り替えたのである（2006年1月にメッカ郊外で信者多数が圧死する事件が発生したが、エンゼルに向かって石を投げつける儀式中と理解している）。犠牲祭の時、田舎の肉屋の店先に生きた羊が並べられているのを見つけ、屠殺場に引きずられるところから肉としてつり下げられるまで見物してしまった。羊の値段はこの時期約2倍に跳ね上がり、日本円で一頭15,000円程度となる。肉の1/3は自分に、1/3は親戚に、1/3は貧しい人々に分けるのだそうである。

終わりに

ヨルダンの派遣、滞在中 JICA の関係各位、また RSS では RSS 副総裁 Khaled Z. Kahhaleh 博士、BRC 所長 Tareq Al-Hadid 博士はじめ多くの方々に大変お世話になりました。特に会社に在籍したままヨルダンに行くことを認め、終始激励いただいた日本データサービス(株) 代表取締役 渡辺崇彦氏に感謝いたします。