

環境インフラの海外展開「水環境保全」



東京大学国際高等研究所
サステイナビリティ学連携研究機構 教授 **福士 謙介**

アジア都市の環境インフラ整備

アジアの国々は急速な経済発展を遂げ、人々の生活、産業構造も急速に変化している。この経済的な変化に都市における経済活動が大きな役割を占めている。都市においてはサービス業を中心とする多くの経済活動が営まれており、そのために人口が集中する。人口密度が高まる事により新たな産業も生まれ(例えば飲食業など)、さらに経済活動が高まる。しかし、土地面積には限りがあるので、郊外へ都市は拡張し、川は埋められ道路と化す。このような都市の発展は日本も経験した。人間が集中し、それに伴う経済活動が行われると当然多くの水を必要とし、それと比例して排水の量も増加する。それに加え、都市部は雨水の地下浸透がしにくいこと、コンクリートやアスファルトで被覆されている地面を雨水が流れ溢水として低地に集まり、内水氾濫を引き起こす。途上国では管渠、ポンプ等の雨水排水設備が不十分である場合が多く、都市における比較的低位にある場所においては、雨水が集まり、下水管渠から水があふれ出すことも珍しくない。

アジア途上国都市においては多雨という気候の特徴から、まず、雨水排水の設備を整える場合が多い。開きよの場合もあるし、暗きよの場合もあるが、その多くは開きよによる集水から始まる。基本的には屋根や道路等からの雨水を集め、河川や海洋等の公共水域に排水するためにあるが、開きよの場合、周辺の家屋や商業施設からの排水も受け入れる事になる。時には排水路が固形のごみの排出先になる場合もあ



写真1 ジャカルタ

り、排水ポンプや処理設備の運用の障害、生態系への悪影響の問題だけではなく、景観を著しく悪化している(写真1)。このような固形ごみの除去は下水処理では大きな障害となっている。このようなごみはスクリーンによって除去可能ではあるが、そのスクリーンに蓄積したごみの除去は人力によって行われるため、昼間しか下水処理場が稼働できない状況になり、生物処理装置としては基質が間欠的に投入されることになり、好ましい状況ではない。

このような状況下では排水路は家庭排水に含まれる炭素、窒素等が高濃度になり、その結果として排水路は嫌気化し悪臭を放ち、温室効果ガスであるメタンガスを排出する。その排水先である河川、湖沼、沿岸の環境は高濃度の炭素系の汚染(高いBOD濃度)、栄養塩類による汚染に起因する富栄養化、そして、目には見えないが、場合によっては深刻である病原微生物による汚染があげられる。

このような環境を改善するため有効な方法は都市においては下水道が最も一般的である。アジア都市における下水道整備率はおおむね低く、ジャカルタに至っては数パーセントという低さである。それぞれの大都市のマスタプランでは下水道の整備に関しても記述がある場合が多いが、集水設備と下水処理場の建設費用が高額であることからその整備は遅れがちになる場合がほとんどである。また、アジアの都市では一般的にセプティックタンクを各家庭または商業施設が設置しており、それによって固形物(糞便)は一時的に蓄えられ、液体の排水の多くはセプティックタンクを通ることなく排水路へと流される。そのため、アジアにおける下水への固形物の負荷は低めであり、高温であることによる高い生物分解の作用や大量の雨水や不明水の受け入れあることから、下水のBOD濃度は日本と比較しても低い場合が多い。このような特殊な状況を考えると日本や欧米の下水技術をそのまま移転しても、うまく働かないことが解っている。

気候変動と水系感染症

地球温暖化に伴う気候変動は多くの分野に影響を与えることが解ってきている。日本政府は日本の気候変動の影響とその対応計画をまとめ、2015年11

月に「気候変動の影響への適応計画」として閣議決定しており、その後も継続的に気候変動適応に関する国際的な活動を進めている。「気候変動の影響への適応計画」では諸産業セクターにおける大きな影響が予測され、それぞれのセクターにおける緊急対応の必要性や影響予測の不確実性に関する記述もある。アジア諸国ではこのような影響予測を科学的に算定し、政策に活用する体制は整っておらず、日本の協力が強く望まれている分野である。

都市に目を向けると、気候変動の影響として降雨状況の変化があげられる。いわゆる極端現象のひとつである強い降雨は多くの災害を誘発する可能性があり、災害管理の面では対応が必要である。とくに、都市部は雨水の地下浸透がしにくいこと、コンクリートやアスファルトで被覆されている地面を雨水が流れ溢水として低地に集まり、内水氾濫を引き起こす。途上国では管渠、ポンプ等の雨水排水設備が不十分である場合が多く、都市における比較的低位にある場所においては、雨水が集まり、下水管渠から水があふれ出すことも珍しくない。途上国では合流式下水道であることが多い事から、そこにおける溢水は多くの場合汚染されており、その水に人間が接触した場合、種々の感染症を引き起こすリスクがある。

アジアの途上国は沿岸域の低地に位置する場合が多く、河川からの洪水を受ける事も多いが、都市に降った雨が重力により速やかに排除されない問題を抱えている。そのため、ポンプ等で排水する必要があるが、その整備は途上国特有の様々な事情で進んでいないのが現状である。

気候変動によって豪雨等の確率が高まり下水道等の排水のインフラの許容量以上の雨による洪水が多くなることが予測されている。アジアの都市で日常的に問題となるのは長期間の雨ではなく、短期間で大量の雨が降るような場合であり、下水道は容易に溢れ、下水管やセプティックタンクの内容物と共に地上に排出される。下水管内やセプティックタンク内には糞便由来物質が蓄積されており、それが地上にあふ



写真2 メダン

れ出す。設計上はセプティックタンクの内容物は洪水時にも溢れないようにはなっているが、施工の悪さや経年劣化によりその機能が失われ、内容物が漏れる場合がある。このような地域では洪水は日常的なイベントであり、膝下程度までの洪水では生活ための活動を変えることはしない。水中歩行による外出や通学・通勤、自転車やオートバイの水中走行、屋台の営業等洪水時の活動は様々である。また、雨期の暑い時期に豪雨が多いので、子供たちが溢水で水遊びをしているところを東南アジアの都市で見かけることがよくある(写真2)。東南アジアの平地における洪水は、日本のそれとは異なり、水は緩やかに来て、緩やかに去っていく。このような状況では家の周りに溢れた水は子供にとっては遊びの対象でしかなく、そこで、無邪気に水遊びをするのである。水遊びや水泳をする場合、無意識にその水を経口で摂取しており、高い感染リスクが見込まれる。また、水中を歩く人がぬれた足に触り、その手で果物を食べたり、たばこを吸ったりすると、水に含まれる病原微生物が口から体内に入る。このように、溢水と接触する可能性がある行為は、溢水中に少なくない濃度で存在している病原微生物を体内に取り込み、いわゆる水系感染症を引き起こす可能性がある。水系感染症は様々な物があり、我が国でも食中毒でおなじみのノロウイルスもそのひとつである。さらに、水系感染症に罹患した人間は糞便や吐瀉物を介して、その家人にも感染を拡大する可能性があり、ひいては地域的な感染症の流行(パンデミック)な状況になる可能性がある。また、水系感染症以外の感染症も気候変動の影響を受ける可能性が高い。例えば、都市におけるベクター感染症の代表的なものとしてデング熱、西ナイル熱、ジカ熱があげられるが、下水道がそれらの疾病の原因となっているかは明らかになっていない。

このように、下水道の整備がその地域の気候に対応していない事から引き起こされる健康リスクは多く考えられるが、その定量的な評価はまだ研究段階である。近年多くの工学系と医学系を中心とする研究者が気候変動の健康影響に関する研究を進めており、都市における下水道の整備状況と水系感染症のリスクも徐々に明らかになってきた。一例として、国際連合大学サステイナビリティ高等研究所では「持続可能な水と都市のためのイニシアチブ」(<http://www.water-urban.org/>) (英語のみ) というプロジェクトが実施されており、都市における気候変動影響と社会経済的な変動を予測し、水質と洪水の予測をしている。例としてジャカルタ市の例を示す(図1と2)。この図では将来は洪水の面積や強度も高くなり、水質も悪化することが示されている。

洪水の予測はよく見られるが、水質の予測を行っ

ている例はあまりない。これは、都市における水質が社会経済状況に強く関連し、社会経済の長期的（数十年～100年）予測は困難であることに起因すると思われる。しかし、定期的に水質の予測を行い、それに対応する整備計画を修正する作業は必要であり、今後このような予測が標準となる事を望む。

これからの環境インフラ開発

下水道の整備は都市の環境インフラ整備として、治水と環境の両面から重要である。様々な気候変動の影響が明らかになってきた現在、その影響も考えて下水道整備を行う必要がある。今まで、気候変動適応の観点から下水道整備に関する事を述べてきたが、下水道は我が国においても全電気消費量の約0.7%そしてGHG排出の0.5%を占めている。2016年のコスモス国際賞の受賞者であるヨハン・ロックストローム博士により提案されたプラネタリ・バウンダリは気候変動、栄養塩類、水等の地球としての上限を示し、その上限を超えることがないように人間の活動を行うことが地球環境を守るために重要であるとしている。

これは、人間の活動が地球環境を脅かすまでに大きくなったために必要となった概念である。今まで人間が開発した技術、社会経済システム、法律や制度の多くは資源、資金、マーケットが無制限にあるという条件で開発された。我が国の下水道整備も予算が許す限り、立ち止まることなく、その処理水質を向上し続けてきた。しかし、プラネタリ・バウンダリが明らかとなった今、地球の様々な事項の上限を考え、さらにその地域における上限を考えた上で社会整備をする必要がある。その意味では日本で使用してきた技術や制度は今一度立ち止まり、新しい制限のもと再度検証する必要がある。標準活性汚泥法は今後途上

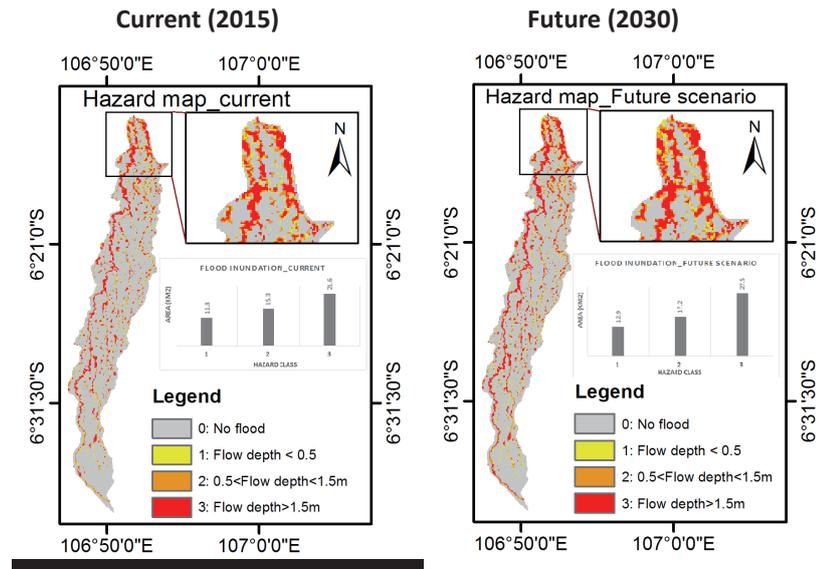


図1 ジャカルタの洪水の将来予測例 (Water and Urban Initiative 提供)

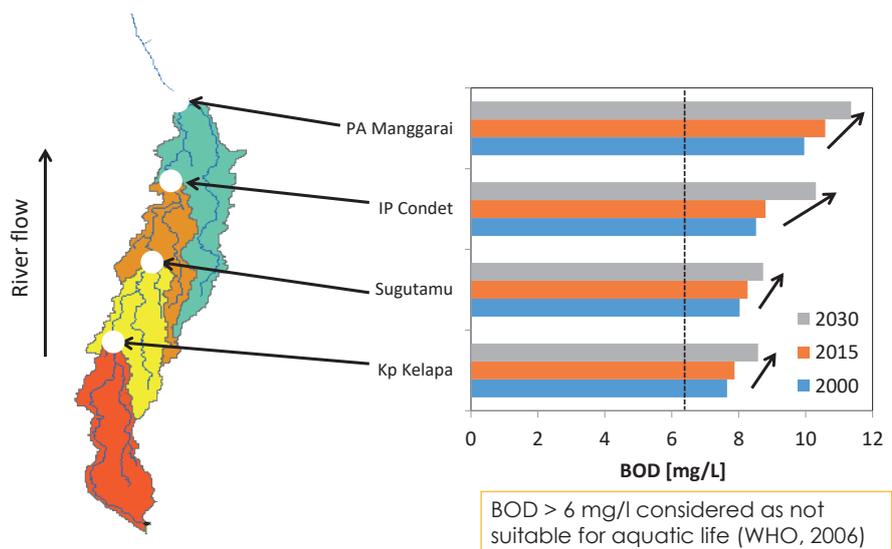


図2 ジャカルタの水質の将来予測例 (Water and Urban Initiative 提供)

国に整備するにふさわしい技術なのであろうか。下水の高度処理は本当に必要なのであろうか。エネルギー、資源、資金の制限がある中、どのように新しい下水道を整備すべきなのか、技術者や行政官の腕の見せ所である。また、近い将来日本においても今の環境インフラを刷新する必要性が出てくる。そのときに途上国と共に開発した環境インフラ技術や制度を日本に移転することも可能なのである。