

# 水と衛生設備 ～生活環境の改善と健康～



東洋大学教授・国際共生社会研究センター長

## 北脇秀敏

東京大学大学院修了（工学博士）。日本上下水道設計㈱、WHO本部、東京大学客員助教授を経て1997年より現職

### 経済・水と衛生・健康

世界各国の一人あたり国民総所得 (GNI) と平均寿命との関係 (2018年) を図1に示します (横軸は対数軸)。一人あたり年間10万ドルの高所得国と1000ドルの低所得国とでは約25才も平均寿命が異なる傾向があることがわかります。GNIが高いにも係わらず平均寿命が低い国は、原油や鉱物が産出するため経済指標の平均値は大きいものの貧富の差が大きく、貧しい人が平均寿命を押し下げていると考えられます。またGNIが低いと、当然ながら水供給や衛生設備への投資額が低く、医療体制も不十分な

傾向があるため平均寿命も低くなります。低所得国と高所得国との死亡原因を図2と図3に示しますが、低所得国では感染症による死亡が多いことが明らかです。

感染症の中でも下痢症の発生は水環境に特に大きく影響されます。下痢症による乳幼児の死亡は1985年の約400万人から2016年の52.5万人まで大きく減少しました。これはもちろん途上国における経口補水療法の普及など多くの要因がありますが、安全な水供給と衛生設備の普及が重要な役割を果たすことは言うまでもありません。感染症の予防手段として欠かせない石鹸を使用した手洗いは十分な量の水供給が必要でし、病原

体を排除するための衛生設備も必要だからです。

### 水供給と衛生に関する世界的な動き

安全な飲料水の供給とし尿や排水処理等の衛生設備の整備は、治療手段を補完する疾病の予防手段として重要視されてきました。WHOとUNICEFが主導した1978年のアルマ・アタ宣言で提唱されたプライマリヘルスケアの中では、8つの活動項目の一つに挙げられました。その後1977年にマルデルプラタで開催された国連水会議で1980年代が国際水道と衛生の十年と位置づけられ（第一

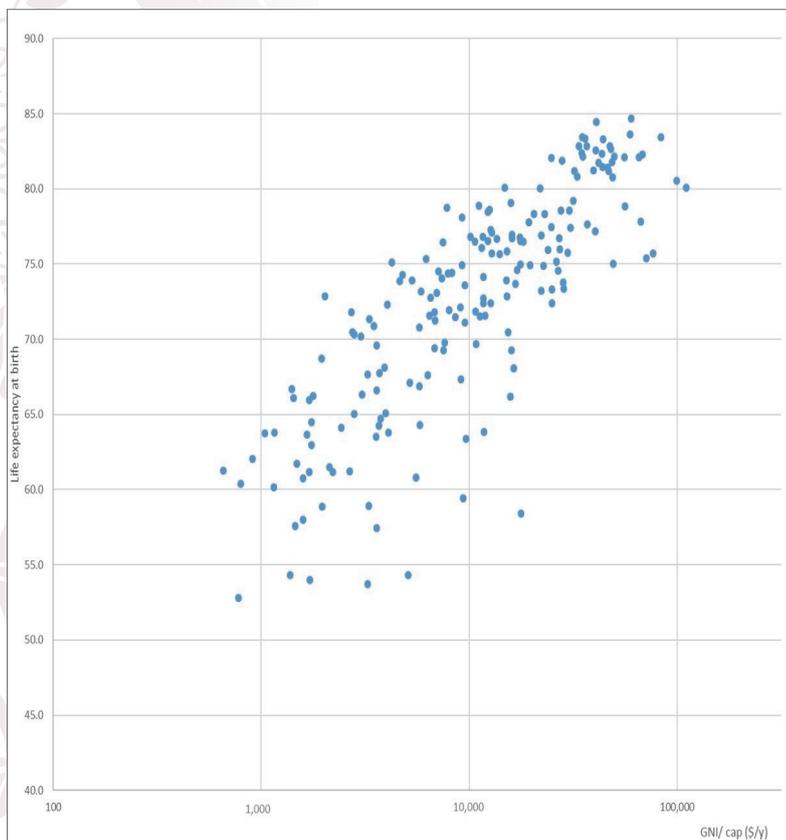


図1 国民総所得と平均寿命との関係(2018) 出典: UNDP <http://hdr.undp.org/en/data> より作成

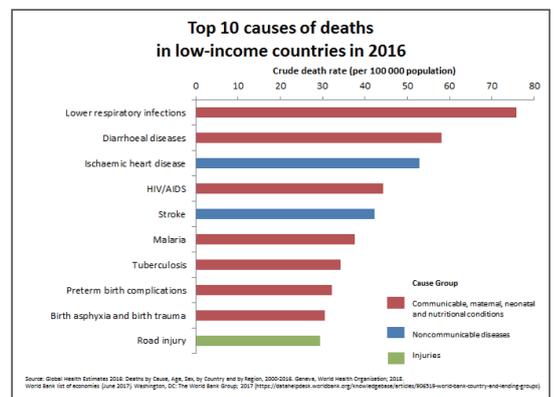


図2 低所得国における粗死亡率上位10疾患(2016)

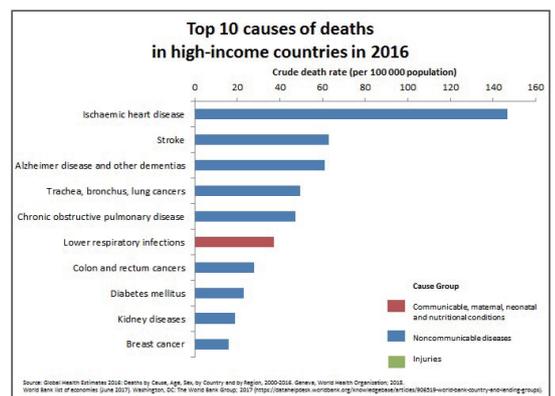


図3 高所得国における粗死亡率上位10疾患(2016)

次水の十年、1981-1990)、世界的な取組が行われました。その活動は、もちろん MDGs と SDGs の重要な目標になるとともに『『命のための水』国際の十年』および『国際行動の十年『持続可能な開発のための水』』（第三次水の十年、2018-2028）に引き継がれ、現在に至っています。

こうした動きを支えるため、世界の水供給と衛生の現状を調査しているのが WHO/UNICEF 水と衛生に関する共同監査プログラム (JMP) です。JMP は SDGs におけるベースラインデータを提供するなど、世界の水供給と衛生設備の普及率情報の要となっています。しかし最新のデータによると、2017 年に安全に処理された飲料水が十分に得られる国は 117 カ国 (図 4) で、改善された衛生設備が普及している国は 96 カ国 (図 5) に止まっています (WHO/UNICEF, 2019)。

## SDGs における水供給と衛生設備

水と衛生の分野での世界的な動きは前述しましたが、その間に国連主導で分野横断的な努力がなされてきました。2001 年～ 2015 年にかけて活動が行われたミレニアム開発目標 (MDGs) では、8 つの目標のうち、「目標 7：環境の持続可能性確保」の中で 2015 年までに「安全な飲料水と衛生設備を利用できない人口の割合を半減させる」ことが謳われました。しかし飲料水供給分野では大きな成果をあげたものの衛生設備の普及では課題を残しました (北脇ら、2017)。

この MDGs の後継である持続可能な開発目標 (SDGs) は、2016 年～ 2030 年に達成すべき 17 の目標と 169 のターゲットを持ち、対象地域も先進国と途上国の全てをカバーするという壮大な目標です。MDGs が援助機関から途上国への支援の流れに重点を置いていたのに対して「だれ一人取り残されない」との考えのもと、ビジネスを含む全てのステ



図4 安全飲料水の供給状況 (2017)



図5 改善された衛生設備の使用状況 (2017)

ークホルダーを巻き込むことに成功したため、広く世界に受け入れられることになりました。新型コロナウイルスの影響でその目標達成は難しくなったとは言え、逆に保健衛生分野の SDGs の重要性がさらに増したと言えます。SDGs の中で水と衛生は 6 番目の目標「安全な水とトイレを世界中に」となっており、6 つのターゲットと、それを実現するための 2 つの手段から構成されています。

生活環境に関係する部分では、2030 年までに「すべての人々の、安全で安価な飲料水の普遍的かつ衡平なアクセスを達成する。」

「すべての人々の、適切かつ平等な下水施設・衛生施設へのアクセスを達成し、野外での排泄をなくす。」

「女性及び女兒、ならびに脆弱な立場にある人々のニーズに特に注意を払う。」が主要なターゲットとなっています。

## 持続性向上に向けて

水供給と衛生設備は都市部では大規模工事を必要とし、村落部では無数の小規模施設の建設を伴うという、公共投資額が極めて大きい社会インフラです。建設費には外部援助や国からの補助金があっても、維持管理は基本的にユーザーの負担であるため、持続可能な運営が難しいという側面があります。日本でさえも水道事業体の料金収入が不十分で老朽管の補修ができない例や、下水道の維持管理費が大きすぎて「下水道倒産」が懸念される自治体も多数存在します。ましてや途上国においては、経済的發展レベルに応じて適切な技術選択を行わなければ持続可能性は担保できません。

技術の現地への適合性を考える際には「適正技術」の概念が重要になります。適正技術は、「先進国で使い古された技術」や「安かろう悪かろう」という技術

ではありません。携帯電話のような最先端の技術が、固定電話はおろか送電網に接続された電源がない途上国の村落部に普及するリープフロッグという現象もあります。地域の事情に合わせて「技術的に生存可能」「経済的に妥当」「文化的に受容可能」「環境に配慮」という要素を兼ね備えたものです。水供給と衛生設備には、各国の経済や地形・気候、人口密度や人材や産業基盤などによってさまざまな選択肢があります。水供給においては水源まで水汲みに行くレベルから宅内配管のあるレベルまであります。また衛生設備については屋外排便から水洗トイレまでの改善のステップを「サンテーションコンソーシアムラダー」と表現して改善が行われています。このような改善を可能にするための技術的選択肢を次に見ていきたいと思えます。

## 水供給の選択肢

### ①井戸等の水源からの水汲み

途上国の村落部では河川・湖沼や溜池などの汚染の可能性が高い表流水を水源とすることがあります。しかし湧水や井戸など、病原体による汚染の少ない地下水を水源とすることが推奨されます。手掘り井戸 (dug well) の場合は上部に蓋をし、手押しポンプを付けて水汲みバケツ投入による汚染を防いだりするプロジェクトが行われています。井戸が地下浸透式のトイレに近いところでは浅い地下



写真 タンザニア・ザンジバルの水道工事現場で

水からの微生物汚染をふせぐため、やや深い地下水をとる管井戸 (tube well) が推奨されます。ところがバングラデシュを始めとするアジア地域では地下水中の自然由来のヒ素汚染のため健康被害が見られます。個別の水源に関しては水質モニタリングは重要な課題です。

### ②共用水栓 (Public standpipe)

いわゆる「水道」または「簡易水道」と呼ばれるものの中でサービスレベルが最も低いものです。それでも住居近くのコミュニティの中の公共スペースにある水道の蛇口をひねるだけで水が得られるため、使用量は格段に増加します。

山岳隣接地域では山合の小川をせき止めて重力で給水する方式が多く見られますが、平地ではボアホール等の大きめの井戸から取水したり、河川水を簡易処理したものをポンプで高架水槽に上げて給水します。

### ③軒先給水 (Yard tap)

上記②より水道管が伸びて各家庭の敷地内に1つ蛇口が設けられます。各戸の給水量がわかるため水道メーターが設けられ各戸から料金が徴収され水道事業者の経営が安定します。給水量が増えるため家庭のトイレは簡易水洗式が可能になります。

### ④家屋内給水 (House connection)

さらに経済的に豊かになると家屋内配管がなされ便所、台所、風呂場等にそれぞれ蛇口が設けられます。トイレはタンク式水洗が可能ですが、各家庭の水消費量が多いため下水道または浄化槽等に接続しないと水質汚濁の原因となります。

## 衛生施設の選択肢

し尿・排水処理施設の設計は多岐にわたるので割愛しますが、し尿や配水が発生した場所で処理される (on-site) か別の場所に集めて処理される (off-site) かの区別があります。またトイレが便所が水洗

化されている (wet) か非水洗 (dry) かの組み合わせで下記ようになります。

### ① Dry on-site

この方式は水洗を行わず排泄物を発生地点で処理・処分を行う方式で、改善された衛生設備としては最も簡単なものです。素掘りの穴にし尿を落とし自然に地下浸透させる穴式便所 (Pit latrine) です。浅い地下水が汚染されるので日本を含む多くの国では禁止されてきましたが地下水水位が低いサブサハラアフリカの村落部では改善型のVIP (Ventilated Improved Pit) Latrine が普及しています。

家庭用のVIPは、10年以上も内部清掃が必要なく、村落部では穴が一杯になれば別の場所に作り直すこともあります。

### ② Dry off-site

日本の汲み取りトイレ (vault toilet) がこれに相当します。し尿を肥料として農業利用するために有価物として取引されてきた日本や東アジアで発展したシステムです。水洗を行わずにタンクに貯留したし尿を運搬し、他の場所で処理または処分する方式です。この方式は地下水汚染を起こしませんが1～2年に1回ほど汲み取りを行い、し尿処理場の運転も必要なため、高コストになります。

### ③ Wet on-site

水洗したし尿を発生場所で処理する方式です。途上国では手動の注水式水洗便所 (Pour-flush latrine) に付属する腐敗槽 (septic tank) が普及しています。現在の日本の浄化槽は、その高級なものでタンク式水洗に対応しています。このシステムは処理水は現場で処理・放流されます。しかし槽内に蓄積した汚泥は、上記②よりは少ない頻度ですが収集・処理が必要になります。

### ④ Wet off-site

下水道などの集合処理がこれにあたります。ユーザーが維持管理に関与する必要がないため便益は大きいものの高価な

下水管や処理場の建設と、電力費等の運営費がかかります。途上国では大都市中心部以外では経済的妥当性がありませんし、日本でも村落部では下水道は計画されません。

## おわりに

本稿では、SDGs の目標 6（水と衛生）

に關係する感染症・寄生虫病を中心に考え、その対策としての飲料水供給や衛生設備の普及に関する世界的な動きと技術について述べてきました。

一方でマクロ指標からは見えてきませんが、生活空間では水と衛生設備を日々使用するユーザーが使用料金を支払い、大都市では公的セクターが、村落部では

コミュニティが維持管理を行います。

また設備を普及させただけで終わりなのではなく、持続可能な維持管理と手洗いなどの衛生行動を促すような教育などを継続しなければ最終目的である健康の増進につながりません。これらは難しい課題ですが、今後も途上国の現場で活動を続ける必要があると考えています。

## 参考文献

Wagner, EG and Lanoix, JN 1958. Excreta Disposal for Rural Areas and Small Communities. WHO

White, G, Bradley, D and White, A 1972. Drawers of water. University of Chicago Press, Chicago, IL, USA.

Feachem, R, Bradley, D, Garelick, H and Mara, d 1983. Sanitation and Disease: health aspects of excreta and waste management. John Wiley and Sons, London.

WHO/UNICEF Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017, 2019

北脇秀敏他編、持続可能な開発目標と国際貢献ーフィールドから見たSDGsー、朝倉書店、2017

## 水に關係する病原体の傳播ルートと対策

水と衛生に關係する疾病の対策をとるためには、まず病原体等の傳播ルート特定することが重要です。その分類としては、古くはWagnerとLanoix(1958)が糞口感染のルートを示し、現在良く用いられているF-diagramの原型となっています。またWhiteとBradley(1972)が水に係わる感染症及び寄生虫病を

- ①水媒介性(water-borne、下痢症等)
  - ②水欠乏性(water-washed、疥癬、トラコーマ等)
  - ③水棲息性(water-based、住血吸虫症等)
  - ④水関連媒介動物性(water-related insect vector、マラリア等)
- の4つに分類しました。これはBradleyの分類として水に關係する疾病の分類として広く知られているものです。

し尿に起因する感染症・寄生虫病の傳染ルートとしては、Feachemら(1983)は図6のようにを下記の6つに分けて説明しました。

### I Fecal-oral diseases (non-bacterial)

直接ヒトからヒトへとうつるものでウイルス、原生動物、蠕虫などが病原体です。対策はし尿処理に加えて衛生教育等が必要になります。

### II Fecal-oral disease (bacterial)

バクテリアなどによる感染症で、上記に加えて水や食物など生活環境を介して伝搬される危険があり、動物の排泄物を介してヒトにうつるものもあります。

### III Soil-transmitted helminths

し尿中の寄生虫が土壌や作物表面などに付着し、ある程度時間が経過してからヒトの体内に侵入するタイプの寄生虫症で、土壌中にある鉤虫(足裏より侵入)や野菜表面に付着した回虫などがあります。

### IV Beef and pork tapeworms

適切な処理がされていないし尿が牛や豚の飼料を汚染した場合、し尿中の条虫卵により家畜が感染し、その肉を食べて感染します。適切なし尿処理と食品衛生とが必要になります。

### V Water-based helminths

し尿中の蠕虫が原因の住血吸虫症はその代表的なものです。対策はし尿が水環境に入らないよう衛生設備を作ることや衛生教育等による行動変容が必要になります。

### VI Excreta-related insect vectors

イエカ属のように汚染された水で生育する蚊は、簡易水洗便所の腐敗槽などで繁殖し、フィラリア症を媒介します。生息場所をなくすなどの環境改善が必要です。

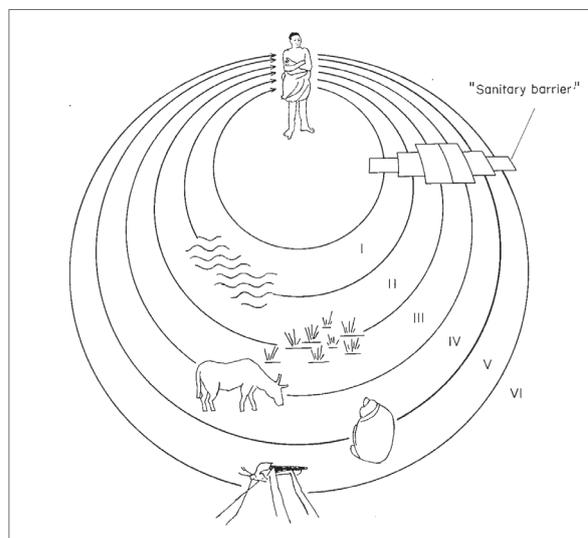


図6 し尿・糞排水に係わる病原体の感染ルート  
Source: Feachem et. Al., Sanitation and Disease, WB, 1983