

## 特集：開発途上国における水と衛生

### 開発途上国の環境衛生に関わる諸問題

北 脇 秀 敏

## Common problems in water supply and sanitation in developing countries

Hidetoshi KITAWAKI

### 1. はじめに

環境衛生 (Sanitation) は、人間の環境と衛生に係わる実に広い分野を言い表す用語である。従来、し尿・排水やごみなどの廃棄物の衛生的な処理処分、病毒伝搬昆虫等の駆除、居住空間や学校の環境改善、食品衛生などに係わる分野がこれにあたりとされてきた。これに水供給 (Water supply) を加えた Water supply and sanitation は開発途上国の基本的人間ニーズ (Basic human needs) やプライマリ・ヘルスケアの重要な要素としてとらえられている。さらに広義の「環境衛生」としては室内空気汚染、化学物質安全性、騒音・振動、電磁波、労働安全などを含む幅広い概念である。

開発途上国においては水供給設備と環境衛生が十分でないため、し尿・排水等に起因する飲料水の汚染など水に関連した感染症が蔓延している。本稿ではこれらの問題を概観し、途上国における衛生上の問題点を提起したい。

### 2. 開発途上国と健康

#### 2-1 途上国と平均寿命

わが国の平均寿命は現在80歳を越え、WHOが2000年6月に発表した健康寿命 (何歳まで健康で生きられるかを示す指標) も74.5歳と世界一である。一方で最下位のシエラレオネでは平均寿命は35歳を下回り、健康寿命も25.9歳と著しく短い。開発途上国でこのように寿命が短い原因としては気候・自然環境の特徴に伴う熱帯病の存在、貧困による栄

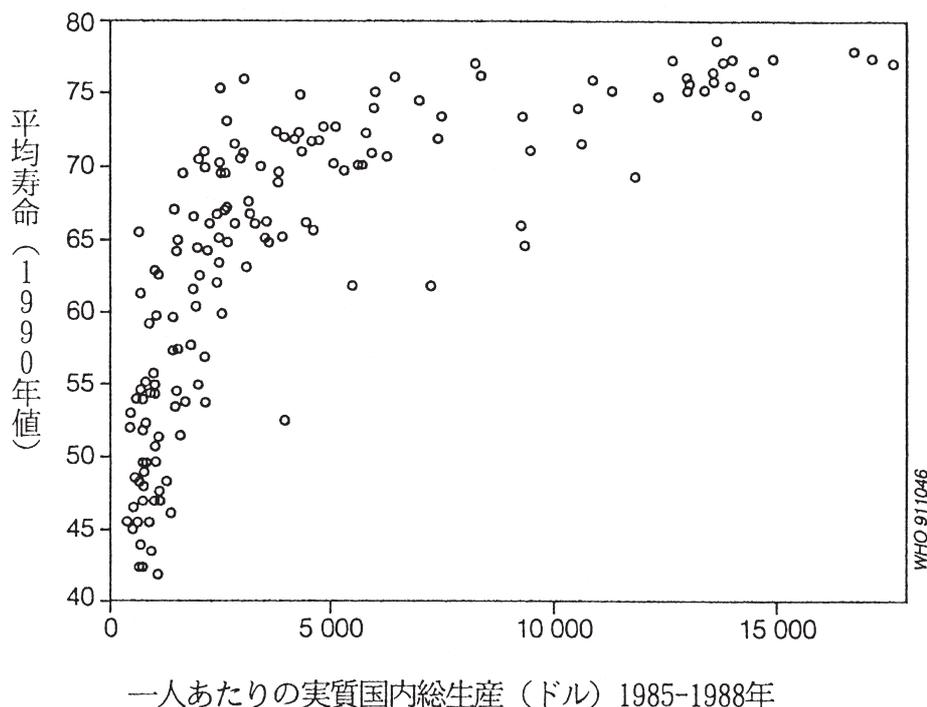


図1 平均寿命と国民一人当たりの国内総生産の関係<sup>1)</sup>

養失調、医療機関の不足等があげられる。経済指標（GDP）と平均寿命との間には図1に示すように際だった関係がある。図で一人当たりGDPが高くと平均寿命が低めになっている国が数カ国あるが、いずれも産油国または鉱物資源が豊富な国で、経済指標で表される水準のわりに生活実態が低い国々である。

### 2-2 死亡原因

先進国と途上国とにおいて死亡原因を比較したものが図2である。両者で大きく異なる点は、途上国では感染症・寄生虫症や妊娠・出産時における死亡が半数以上を占めているのに対し、先進国ではこれらがほとんど見られず、癌や循環器系疾患などが大部分を占めているという点である。すなわち途上国では比較的若い時期に感染症などで命を落とすのに対し、先進国では長生きして成人病で死ぬというパターンが浮き彫りになってくる。これは途上国で感染症対策を充実させれば平均寿命を大きく伸ばすことができることを示唆している。

## 3. 水と環境衛生に関する病気

### 3-1 水供給に関連する病気の伝染ルート

基礎医学の分野では病原体自身の特徴を研究することも重要であるが、水供給と環境衛生の観点からは病原体がどのようなルートで伝搬するかを知ることの方が重要である。感染症の伝搬経路を知り、それを断ち切ることにより予防することができる。感染症の「予防」は「治療」より重要であり、安全な水の供給と適切なし尿処理は極めて有効な予

防手段である。感染症の伝染ルートは水供給・利水の観点からしばしば以下のように分類される。

#### ① Water-borne diseases

糞便等により汚染された飲料水、食糧等により伝搬される下痢症、A型肝炎などを始めとする感染症。Water-washed diseasesと同じルートでも伝搬される。

#### ② Water-washed diseases

水の供給量の不足により起こる。皮膚を清潔に保てないためにおこる皮膚病、トラコーマなどの眼病や衣類の洗濯不足のため増えたノミやシラミが媒介する感染症。

#### ③ Water-based diseases

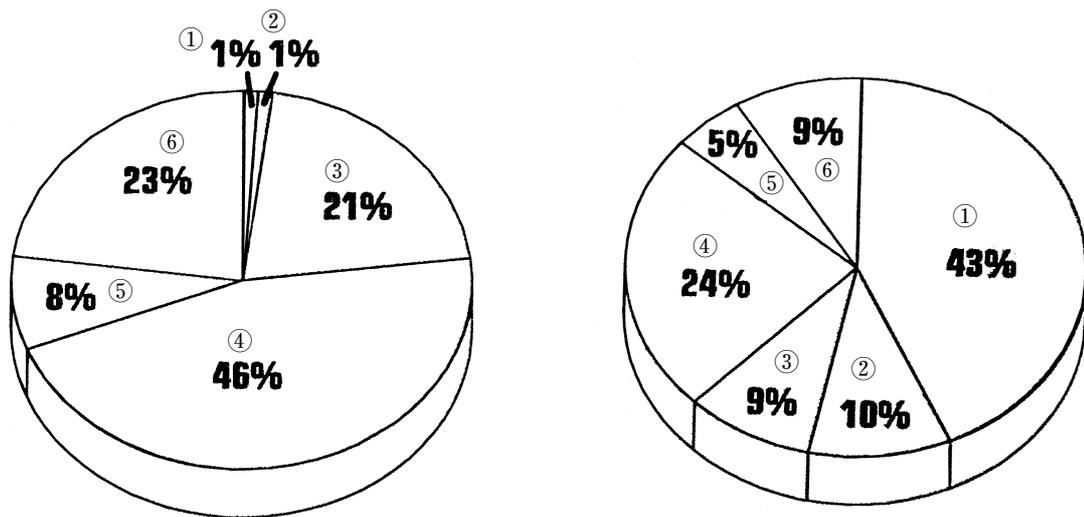
水が寄生虫の中間宿主のすみかを提供するもの。巻き貝が中間宿主となりし尿に起因する寄生虫がもたらす住血吸虫症や、寄生虫を含むミジンコを水と共に飲むことにより起こるメジナ虫症などがある。

#### ④ Water-related vector-borne diseases

水の中で繁殖したベクター（病媒伝搬昆虫）によりもたらされるもの。マラリア、フィラリア症など蚊が媒介するものを始めさまざまな吸血昆虫により媒介される感染症がある。

### 3-2 し尿に起因する病気の伝染ルート

し尿処理に不備があると飲料水のみならず食料、土壌、水環境などが感染症の原因となる病原体に汚染され、実にさまざまなルートで病気が伝搬される。し尿による環境の汚染は衛生設備が不備な場合だけでなくし尿や排水の農業・水産利用といった意図的な生産活動により起こることもある。し尿に起因する感染症を6つの伝染経路に分類したものが図



先進国：合計1200万人

途上国：合計4000万人

- ① 感染症・寄生虫症
- ② 出産前後の母子の死亡
- ③ ガン
- ④ 循環器系疾患
- ⑤ 呼吸器系疾患
- ⑥ その他・不明

図2 先進国と途上国における死亡原因（1997年）<sup>2)</sup>

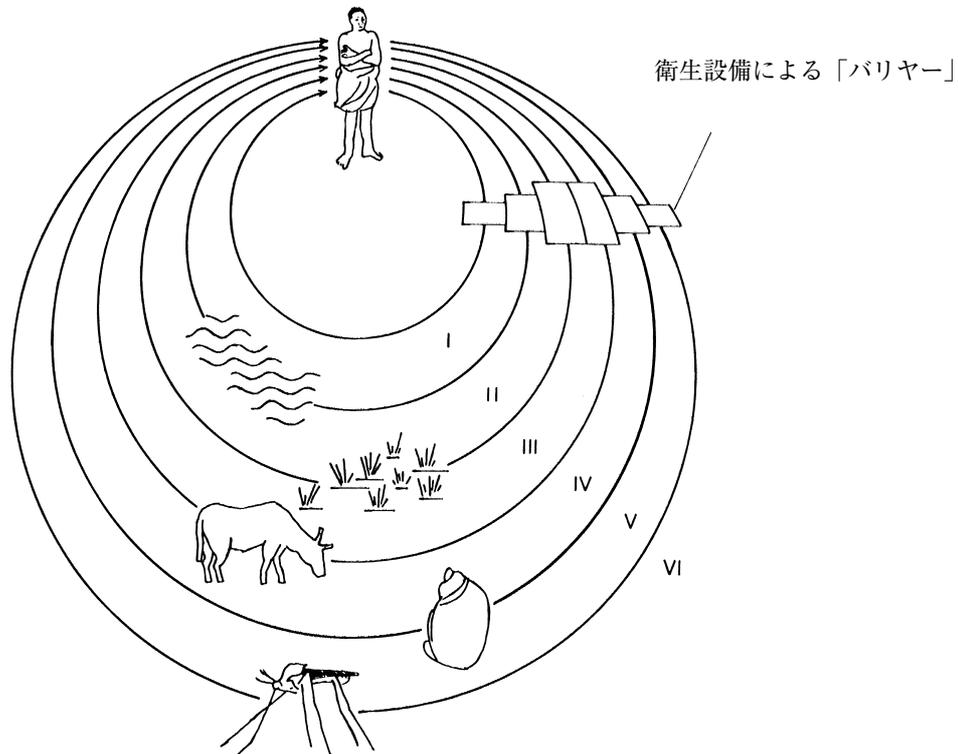


図3 し尿に起因する感染症の伝搬ルート<sup>3)</sup>  
衛生設備という「バリアー」で感染を防げる

3である。図中の各カテゴリーの内容は以下の通りである。

#### 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、蠕虫などが病原体となる。し尿処理だけでは防除が難しく、身の回りをきれいにするような衛生教育等が必要になる。

#### II Fecal-oral disease (bacterial)

環境中で容易に死滅しないバクテリアなどによる感染症は、もちろん直接ヒトからヒトへと伝搬される一方、水や食物など生活環境を介して伝搬される危険がある。また動物の排泄物を介してヒトにうつるものもある。

#### 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ある。土壌中にある鉤虫（足裏より侵入）や野菜表面にいる回虫などがある。

#### 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する。その肉を生焼けて食べるとヒトが感染する。適切なし尿処理と食品衛生とが必要になる。

#### V Water-based helminths

先に述べた water-based disease の中でメジナ虫症以外はし尿中の蠕虫が原因である。住血吸虫症はその代表的なものであるが、し尿が水環境に入らないよう衛生設備を作ること以外に中間宿主を減少させ、伝染ルートを住民に教えるなど衛生教育など多角的な対策が必要である。

#### VI Excreta-related insect vectors

イカ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する。またハエやゴキブリ等もし尿で汚染された場所で繁殖し病気を媒介する。

### 4. 途上国の水供給と衛生設備

#### 4-1 水供給と衛生設備の普及率

すでに指摘したように、途上国の健康を改善するためには安全な水の供給と適切なし尿処理は不可欠である。しかしこの基本的なサービスが途上国では極めて不十分であると言わざるを得ない。上国で安全な水の供給または適切なし尿処理がなされていると見なされる人口は1994年現在で表1のようになっている。途上国では安全な水の供給率は75%にとどまり、適切なし尿処理は35%の人口に対してしか行われていないのが現状である。し尿の不適切な処分は環境中に病原菌を拡散させることになり飲料水・食料・居住環境等を通じて感染症を伝播させる原因になる。

#### 4-2 水供給の発展段階と問題点

水が住居の近くで得られるほど、また大量に得られるほど水供給のサービス水準が高いと言える。水供給の発展の各段階での水使用量と問題点などを以下に概観する。

##### (1) 水源での水くみ

途上国の農村部で表流水を水源とし、未処理で利用している地域では下痢症や住血吸虫症などに感染する場合が多

表1 途上国の水供給・し尿処理施設普及状況<sup>2)</sup>

		単位：百万人	
		水供給	し尿処理
都市部	普及人口	1315(30%)	1005(23%)
	未普及人口	279( 6%)	589(13%)
	小計	1594( 36%)	
農村部	普及人口	1953(45%)	505(12%)
	未普及人口	836(19%)	2284(52%)
	小計	2789( 64%)	
都市・農村計	普及人口	3268(75%)	1510(35%)
	未普及人口	1115(25%)	2873(65%)
	合計	4383(100%)	

い。これに対し湧水や井戸水等の地下水は微生物汚染の危険性が比較的小さいため水源として推奨されることが多い。しかし素掘り井戸 (dug well) で上部が解放されたものはバケツ等の水汲み器具の汚れによる水源汚染の問題がある。地下水を外部からの汚染から守るような改善策が必要である。また地下浸透式便所からの排水が浅井戸を汚染し、下痢症等を引き起こす危険がある。そのため素掘り井戸を利用している場合は地下浸透槽を井戸から20m以上離れて設置するよう指導されている。一方深くて開口部がないチューブウェルは微生物的には安全であるが、バングラデシュ等ではチューブウェルから汲んだ地下水中にヒ素が高濃度で含まれている地域が多く、極めて深刻な健康被害をもたらしている。

安全な水源は、住居から離れた場所にあることも多い。水源までの距離が長ければ多大な労力を要するため、水使用量は必然的に少なくなる。水源までの距離が1 km以上ある時は1人1日当たり水使用量は5～10リットル、500～1000mの場合は10～15リットル、250m以内では15～25リットルとされる<sup>4)</sup>。水源までの距離が長くなればWater washed diseaseが増加する可能性がある。

#### (2) 公共水栓 (Public stantpipe)

勾配がある地形で重力給水が行いやすい村落部や都市部の貧困地域ではコミュニティーごとに1～数カ所の水場を設け、住民がその場所まで水を汲みに来るものである。この水場のパイプは水道管に接続されており、蛇口をひねれば労せずして水を得ることができる点が上記①と異なる。そのため水使用料は増え、250m以内に公共水栓がある場合には1人1日当たり水使用量は20～50リットルとなる<sup>4)</sup>。WHOの統計では、都市部ではこの公共水栓から概ね200m以内に居住する住民は「水供給がなされている」とみなしている。公共水栓は途上国の村落部および都市スラム地域などで安全な水の供給に大きな役割を果たすが、施設の規模が小さいことから住民等が維持管理や料金徴収などを行わなければならない場合が多く、人材確保などの面で難しさがある。

#### (3) 軒先給水 (Yard tap)

水道が整備されてくると水道管が各家庭にまで接続される。ただし家屋内の配管にまで投資する余裕がないため、多くは蛇口が家屋の敷地内に1つしかない設けられてない。その場合、蛇口が敷地内の庭にあることをさして軒先給水 (Yard tap) と言う。ユーザーは家から離れた井戸や公共水栓まで水を汲みに行く必要がないため使用量が増え、1人1日当たり20～80リットルの使用量があるという<sup>4)</sup>。この水供給段階になると便所も簡易式水洗便所 (Pour-flush latrine) の使用が可能になる。

しかし排水処理施設が不十分な場合には排水の溢れ出しや蚊などのベクター発生の危険が生じる。下水道のマンホールからし尿を含む排水が道路に溢れ出ている状況は多くの途上国で見られる。途上国で水道施設を建設する場合には水供給量の増加を考えに入れ、受け皿となる排水施設をできるだけ早い時期に建設するように計画を立案しなければならない。

#### (4) 家屋内給水 (House connection)

家屋内の便所、台所、風呂場等にそれぞれ蛇口があるシステムで、現在のわが国の給水システムに相当する。水使用量は1人1日当たり70～250リットルと大きくなり<sup>4)</sup>、水洗便所の設置が可能になる。この方式が普及すると、水使用量が大きいため、都市部では下水道管渠の設置が必要になる。途上国の都市部で水道施設が整っている地区では開水路を利用した汚水の排除が多く見られ、臭気や害虫の発生などの問題が発生している。また暗渠により汚水が排除されている場合でも下水処理を行わず河川や海域に放流されている場合が多く、感染症が広まる原因の一つとなっている。

### 4-3 衛生施設

し尿・排水処理施設は便所が水洗化され、排水発生地から離れた場所で処理される方が高度な方法であると言える。その観点から衛生設備を分類し、問題点を把握すると以下のようなになる。

#### (1) Dry on-site

この方式は水洗を行わず発生地点で処理を行う方式である。途上国で最も一般的なものは穴式便所 (Pit latrine) である。これは地面に掘った素掘りの穴にし尿をそのまま落としこみ、液状部分は地下浸透させる方式のものである。固形物は穴の中に1～数年間留まり、徐々に分解する。わが国では地下水汚染の危険があるため、この方式は禁止されているが、途上国では便所がなくopen defecationが行われている地域やoverhung latrine等のようにし尿が環境中に流出する便所等が用いられている地域では、この方式は現状改善手法として効果がある。飲料水汚染の防止とピット内の汚物が満杯になった場合の収集・処理等が問題である。

#### (2) Dry off-site

水洗を行わず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ある。上記のシステムと比較して比較的短時間だけ貯留し、貯留したし尿の全量を他の場所に運搬するものである。途上国ではバケツに貯めたし尿を収集人

が集めて運ぶもの (Bucket latrine) が存在している国もあるが、収集人が病原菌にさらされ非常に非衛生なので推奨できない。

わが国のくみ取り便所はこの Dry off-site に相当するが、上記のものと異なるところは地下のタンクに貯留したし尿をバキュームカーでホースを用いてくみ取り、し尿処理場で衛生的に処理する点である。バキュームカーが普及する前にもひしゃくと桶を用いていたことにより収集人とし尿とのコンタクトを最小限におさえられた。現在のわが国のくみ取りシステムを途上国に適用する際の問題点としてはバキュームカー等の収集車両の購入・運転やし尿処理場の建設などに多額の費用がかかり、料金徴収などのための組織力が必要なことがあげられる。わが国で現在のくみ取りシステムがうまく機能しているのはし尿の農地還元を行っていたため収集システムが完成されていたことによるものであろう。

### (3) Wet on-site

水洗したし尿を、発生場所で処理する方式である。東南アジアを始めとする多くの途上国では簡易水洗便所 (Pour-flush latrine) が普及しており、地下で嫌気性処理されたのち上澄み部分を地下浸透させる場合が多い。便所の水洗に伴い量が増えた処理水を地下浸透させるため硝酸・亜硝酸性窒素等による地下水汚染が懸念され、そのため地下浸透を行っている地域では、飲み水としては十分深い井戸の水を使用するか水道や量り売りの水等を使用するようにしなければならない。

わが国では浄化槽は Wet on-site に相当するが、地下水汚染を防ぐため処理水は地表面放流する場合が一般的である。ただし病原菌が表流水を汚染しないように放流前に処理水を塩素化合物等で消毒することが義務づけられている。途上国にわが国の浄化槽を技術移転する際に最も問題となるのは、この消毒剤である。途上国に日本型の浄化槽を移転した場合には処理した排水を高価な薬品を用いて消毒するという発想はなく、未消毒で処理水を地表面放流することになり、水系感染症を拡散させる危険がある。

### ④ Wet off-site

下水道などの集合処理がこれにあたる。途上国では処理場のない下水道が存在し、下流で利水を行う際の危険要因になっている。途上国の下水処理場は安定化池 (Waste stabilization ponds) を用いて行われている場合が多い。これは広大な用地を必要とするものの、電気・機械設備が簡単なものですむ。長い滞留時間で排水を処理するため寄生虫卵も沈澱し、病原菌もかなり取り除かれるため消毒なしで処理水が放流できる適正技術である。

わが国の下水処理システムは、「資金と技術力はあるが用地がない」わが国の事情に合わせて電力・薬品使用量が大きく、構造も複雑な活性汚泥法が主流である。これは途上国では首都や観光地などの経済力・技術力がある場合に限り有効となるシステムである。各国の発展の度合いに合わせて適切な下水処理システムを選定する必要がある。

なお、途上国には建設費を抑えるために考案された小口径下水道、低勾配下水道などさまざまな技術がある。しかしい

ずれも在来型の下水道に比べて管渠が閉塞しやすいため住民が維持管理に係わる必要性が高く、住民参加による維持管理を積極的に行う必要がある。

## 5. 技術を支えるソフトウェアの重要性

水供給と衛生設備がうまく機能し、住民の衛生状況が改善されるためには、施設を建設するだけではうまくいかないことが多い。すなわち安全な水を供給できたとしても住民が行動様式を変えなければ改善効果はない。例えば塩素消毒した水や溶存塩類を多く含む地下水の味に違和感を覚えて従来通り無消毒の表流水を飲用することは途上国でよく起きる。また便所を設けても維持管理が悪ければかえってハエ、蚊の発生や鉤虫症等の感染を招く。技術をうまく機能させるためには、それを支える「ソフトウェア」が重要になる。

安全な水や便所を上手に使うためには、まず病気がどう伝染するかの理屈 (Germ theory) を住民に理解してもらわなければならない。例えばミジンコが中間宿主となるメジナ虫症の対策として布を用いて表流水をろ過する手法があるが、なぜそうするかという理屈がわからないと、住民がろ過中に布を裏返してろ過するという信じがたい行動に出ることがある。そのため衛生教育を効果的に行う必要があるが、途上国の農村部では識字率も低く文字による情報の伝達が難しいという問題がある。また地元の迷信、伝統的な行動様式や居住形態などの住民の行動を変化させるには長い時間がかかる。衛生教育は小学校の義務教育等で、できるだけ早いうちに年少者を対象として行うことが効果的である。しかし水供給施設や衛生設備などに対する投資は合意が得やすいが、意外と費用がかかる衛生教育に対する投資はなかなか理解されないのが現状である。

資金不足が明らかな途上国の農村部で水供給・衛生設備を援助プロジェクトで建設し、適切に維持管理するためには住民参加が不可欠である。施設を計画する段階から住民が参加し、建設時には労働力・建設資材等を提供するなど多角的な参加が望まれる。ところが貧富の差が大きく、しばしば民族・宗教等で住民がいくつかのグループに分かれているという状況がよく見られる途上国では、難しい面もある。また住民の参加を得るためには、やる気を起こさせたり、自分たちの得になると思わせるような住民心理をうまく誘導する策が必要である。例えば上下水道を建設する際にも、わずかでも資金を住民から集めれば、「施設は自分たちのものであるから大事に使おう」という意識を持ち、全額援助で建設したものより維持管理が良くなる。また、一般に住民は便所の建設に対する要望より水供給設備に対する要望の方を強く持っている。ある国ではこれを逆にとり、「便所を作らなければ水供給プロジェクトを行わない」という方針をたてたところ、便所の普及が一挙に進み、水供給を行う前に水系感染症が大幅に減ったという例もある。このような住民参加、モチベーション等の手法のノウハウは長く途上国でプロジェクトを行っている援助機関や途上国自身に蓄積されているが、わが国の援助を行う際にもそれらを積極的に取り入れて行く必要がある。

以上のこと以外に途上国で技術をサポートする要因としては女性の開発への参加，セクター間の協力関係の構築，文化人類学的側面の検討，リボルビングファンド，マイクロクレジットシステム等の経済的手法など，援助を行う際に考慮すべき点は多岐に渡っている。しかしこれらに関する研究はわが国では歴史が浅く，必ずしも得意とする分野ではない。今後これらの分野の情報を集めてゆく必要がある。

## 6. まとめ

本稿では環境衛生の意味，途上国の健康上の問題点や一般的な感染症，その対策としての水供給とし尿・排水処理施設等について論じた。わが国が途上国で協力を行う際には，気候，風土，文化的側面等が日本と異なる状況のもとでいかに現地の事情にあった適正な援助を行うかを考えなければならない。そのためには途上国に特有な制約要因と，それに対応できる適正技術を今後さらに研究することが課題であろう。

## 文献

- 1) WHO, WHO Commission on Health and Environment -Our planet, our health: report of the WHO Commission on Health and Environment,1992 (日本語訳：北脇秀敏他監訳，WHO環境保健委員会報告，環境産業新聞社，1993)
- 2) WHO, The World Health Report 1998 -Life in the 21st century A vision for all, 1998
- 3) Feachem,R.G., Bradley,D.J., Garelick,H., Mara,D., Sanitation and Disease -Health Aspects of Excreta and Wastewater Management, World Bank Studies in Water Supply and Sanitation 3, John Wiley and Sons, 1983
- 4) IRC International Reference Centre for Water Supply and Sanitation, Small community water supply, Technical Paper Series 18, 1981