

# MIT Technology Review

Published by KADOKAWA / ASCII

## Climate Change

気候変動の暑い夏





# CONTENTS

- 001 いまそこにある危機、  
年間 20 万人が死亡するインドの深刻な「水」事情
- 016 森林とともに生きるオーストラリアの住民たち、  
山火事から命を守る戦い
- 029 迫り来る  
「気候難民」時代にどう備えるか？
- 033 災害レジリエンスの基礎築く自然被害に立ち向かった、  
たった一人の女性
- 039 カリブを襲う「海藻」の脅威、  
人気観光地の危機を救えるか
- 045 大都市を「水没」から守れ、  
ニューヨーク市が挑む果てしない課題
- 050 知られざる米国農業の危機、  
収穫量「激減」時代が来る
- 062 スタバも注目、奇跡が生んだ  
「気候変動に強い」コーヒー

気候変動は遠い未来の問題ではない。干ばつで水源が枯渇し、水不足が深刻化するインド、極端な乾燥によって山火事が多発するオーストラリア、平均気温の上昇で農作物の収穫減が迫る米国——。私たちの暮らしに直結するさまざまな領域で、気候変動の脅威は着実に迫ってきている。

人類史上最大の課題がもたらす影響に、世界の人々はどう立ち向かおうとしているのか？ 各地の挑戦を報告する。



# いまそこにある危機 年間 20 万人が死亡する インドの深刻な「水」事情

by James Temple 翻訳者：山口 桐子

上水道の 70% が汚染され、年間 20 万人が死亡——。  
インドの水不足が深刻だ。干ばつで水源が枯渇し、貯水池の整備の遅れや水道管の水漏れ、未配管などの問題も山積する。都市部では「水マフィア」が水不足の解消を担う中、ボトムアップで問題の解決に取り組む市民もいる。

ここ数年、深刻な干ばつによって、インドでは河川や貯水池、帯水層の大部分が枯渇し、漏水や汚染の問題を抱えるインドの水道システムは危機的状況にさらされている。

政府系シンクタンク「インド政策委員会 (NITI Aayog)」が 2018 年夏に発表した報告書によれば、インドでは 6 億人以上が「深刻な水不足」に直面している。インドの上水道の 70% が汚染されており、毎年推定約 20 万人が死亡している。早ければ 2020 年にも、バンガロールやニューデリーも含めた 21 もの都市で地下水が枯渇するかもしれない。2030 年までには「飲料水が入手不能」となるインド国民は人口の約 40%、つま

り 5 億人以上にのぼると予測されている。

インドは、1 年間に必要となる水量以上の雨が降る。だが、雨の大部分は、夏の雨季（モンスーン、通常 4 カ月間）に降ってしまう。別のインドの主な水源は、インド北部の川を潤すヒマラヤ高原から溶け出す雪や氷河だ。

水を確保し、途中で膨大な量を無駄にしたり汚染したりすることなく、何千キロメートルもの距離を適切なタイミングで適切な場所に水を運ぶことには、極めて大きな技術的課題がある。インドは降水量のほんの一部しか確保および使用していないため、大部分が海に流出している。

一方、効率的な灌漑（かんがい）システムを



持たない農家は、多額の助成金で得た電力を使って、可能な限り地下水を汲み上げる。農業は、単独でインドの水資源最大の利用先であり、インドの GDP の約 15%しか占めていないにもかかわらず、水資源の 80%以上を使用している。

「これは、想像し得るありとあらゆる危機の中で最も憂慮すべき問題です」。デリーを拠点とする建築家であり、バージニア大学の教授であるパンカジュ・ビー・グプタは話す。グプタ教授はデリーの飲料水の主な供給源である、ひどく汚染されたヤムナ川の浄化方法を評価する研究を 2013 年に開始した。

### 水不足を加速するもの

確かに、気候変動によって問題は悪化するだろう。気候モデルは、深刻化するインドの雨季を主に予測してきたため、温暖化による干ばつへの影響についてははっきりしない。だが、長期的な予測では、異常気象はさらに悪化し、洪水の頻発化と、より長期的な干ばつをもたらす。

ほとんどの気候研究は、今後数十年間のインドの平均降水量が増加すると予想しているが、地域的および季節的パターンは大きく変化するとしている。2018年にジオフィジカル・リサーチ・レター

India's water crisis is already here. Climate change will compound it.



## India's water crisis is already here. Climate change will compound it.



ズ (Geophysical Research Letters) 誌に発表された論文によれば、地球の気温が産業革命以前の水準から 2℃高くなった場合、調査対象となった 89 都市のうち 78 都市で、鉄砲水が大幅に増加する。結果として発生する大災害は、概して主要都市の低地の氾濫原に居住するインドの貧困層に深刻な損害を与えるだろう。

アラビア海からベンガル湾までの 7500 キロメートルにおよぶインド亜大陸の海岸線沿いでは、海面上昇により周辺の村や大都市での浸水や地下水汚染の恐れがある。

最終的に、気温の上昇と降雪量の減少により、ガンジス川やインダス川、揚子江、黄河など主要

なアジアの河川の水源であるヒマラヤ氷河の融解速度が加速する。温室効果ガス排出量の多いシナリオでは、一部の地域で氷河は 2050 年までに 50%、2100 年までに 95%縮小する可能性がある。

初めのうちは、地下に吸収されない雨水の増加により河川が増水し下流域における洪水リスクが高まるが、インドに流入する水量は増えると思われる。しかし 2050 年以降、この傾向は反転し流域人口約 19 億人がいるこれらの川に流れ込む水が減少する可能性が高い。ガンジス川流域だけで 6 億人の水源となっており、インドの地表水の 12%を供給し、GDP の 33%を占めている。

ニューデリーにある政策研究センター (Centre

for Policy Research) のナブロス・ドウバッシュ教授は「インドには、すでにさまざまなストレス要因があります」と話す。「しかし、気候変動により、さらに強められるでしょう」(ドウバッシュ教授)。

結局のところ、被害者にとって、インドの水源の枯渇や汚染の要因となっているのが、粗末なインフラなのか、気候変動なのかについては、それほど重要ではない。いずれにせよインドは、富裕国より少ないリソースで、経済成長を阻害することなく、現在の災害に取り組み、より深刻な危機に備えるためのインフラを強化しなければならない。

## 川の女神

ヤムナ川はヤムノートリー氷河の氷に源を発している。溶け出した水は、ロウワー・ヒマラヤのカール(氷河の侵食作用によってできた広い椀状の谷)やガリ(降水による集約した水の流れによって地表面が削られてできた地形)に自重によって落ちてくる。

しずくが集まり支流となり、支流同士は下流になるにつれ大きく深い川となる。川は丘陵地帯を抜け、北インドの広大で肥沃な平原に向かって蛇行しながら流れていく。

ヤムナ川は、ハリヤナ州のヤムナー・ナガル地区で、コンクリートの壁にぶち当たる。ハタニクンド・ダム(Hathnikund Barrage)によって、川は右に大きく曲げられ、ヤムナ川の流れの97%が西の運河に流される。トゥレーン建築学校建築学部のイニャーキ・アルデイ学部長は、グプタ教授との共著書『Yamuna River Project: New Delhi Urban Ecology(ヤムナ川プロジェクト:ニューデリー、都市部の生態系)』(2018年刊、未邦訳)の中で、ハタニクンド・ダムは、いわゆる穀倉地帯であるハリヤナ州の沖積地を灌漑する1200キロメートルの水路に水を通すと述べている。

約250キロメートルの下流にあるデリー北部のワジラーバード・ダム(Wasirabad Barrage)は、残った水のほとんどすべてをせき止める。水は水処理システムを通してろ過され、2500万人



## India's water crisis is already here. Climate change will compound it.



以上が住む大都市の家庭や企業に供給される。この水が確実に届けば、都市の需要を十分に満たせるだろう。しかし、老朽化した水道管は腐食して水が漏れ、盗水の被害もあるうえ、20%弱の家庭には配管工事がなされていない。水の約40%が失われている。

需要と供給のギャップを主に埋めているのは、都市のあちこちで地域住民が違法に掘った数十万もの掘削井戸と、いわゆる「水マフィア」だ。水マフィアとは質問する相手によって異なるが、時に井戸を掘ったり、住宅やアパート、企業のタンクに水を届けたりする市場の盲点を突く企業家であり、時に法外な価格を要求したり、時折、需要

を確保するため強引な駆け引きに訴えたりするカルテルでもある。

ワジラーバード・ダムが残った水のほとんどを吸い上げた後、残り少ないヤムナ川の水は、住宅やスラム、企業、工場からの有毒な排水を運びながら、川というよりデリー市内に点在する数千もの排水域を結んだ汚水路のような22キロメートルの流れとなり、市内を抜ける。

### 有毒泥

2019年2月下旬の午後遅く、グプタ教授は街の中心部にある歴史的な公園サンダー・ナース

リーの広大で手入れの行き届いた敷地の近くにある排水路の1つに私を車で案内した。グプタ教授は、コンクリートの壁の間を縫うように進み、高架の端のスペースに車を停めた。

あたりはきつい硫黄臭が立ちこめている。グプタ教授は、車を降り、低い壁のところまで歩いて行くと、バラプラ排水路を見下ろし指差した。

高架のカーブをなぞるように真っ黒な汚物が溜まっていた。剛毛のイノシシの一群が堤防に積み上がるごみの山をかきまわり、汚い水を飲み、ごみを食べている。

「そして、誰かがあのイノシシを仕留めて食べるのです」。

きれいな集水域の水は、市内全域に雨水を運び、帯水層を満たし、川に注ぎ込む。だが、水道の通っていないスラム街や良心のない企業からの下水や廃棄物、化学物質のすべてが、バラプラ排水路のような水路に流れ込んでくる。そこら中にある汚泥や廃棄物があまりにも多いため、水が地下に浸透せず、浸透した場合でも地下水面を汚染する。

「デリーでは、こういったことが数百キロメートルにわたって起きているのです」。

**需要と供給のギャップを主に埋めているのは、都市のあちこちで地域住民が違法に掘った数十万もの掘削井戸と、いわゆる「水マフィア」だ。**

ヤムナ川自体は、大部分が堤防によって仕切られ、高速道路の下に隠れているため、デリー市内からは切り離されている。だが、都市の貧しい人々の大部分は、ヤムナ川の忘れ去られた広大な氾濫原という日の当たらない世界にうずくまり、堤防や洪水防壁の危険な側面に居住している。

次の日の午後、数日ぶりに茶色がかかったオレンジ色の煙害が発生したが、少年たちは真っ黒な川の東側の土手の上で、柱状のほこりが舞う中、クリケットをしていた。小さな丘を登ると、若い女性と少女のグループが、所狭しと建ち並ぶブリキと木でできたバラック小屋の横にある小さな畑から野菜を収穫していた。

ユディシラ・セツ橋近くにあるデリー市内のこの低地に沿って30分歩くと、私は川の土手の両

## India's water crisis is already here. Climate change will compound it.



側から 180 メートル以内に、水をくみ出すポンプを 6 つ見つけた。1 つは岸から 90 メートルほどのところにあった。4 つは金属でできた手動ポンプで、浅い井戸の水面にやっと届くほどの長さだった。

こうした井戸や住居、作物は違法で危険だ。水や土壌が、ほぼ間違いなく川と排水路によって汚染されているからだ。

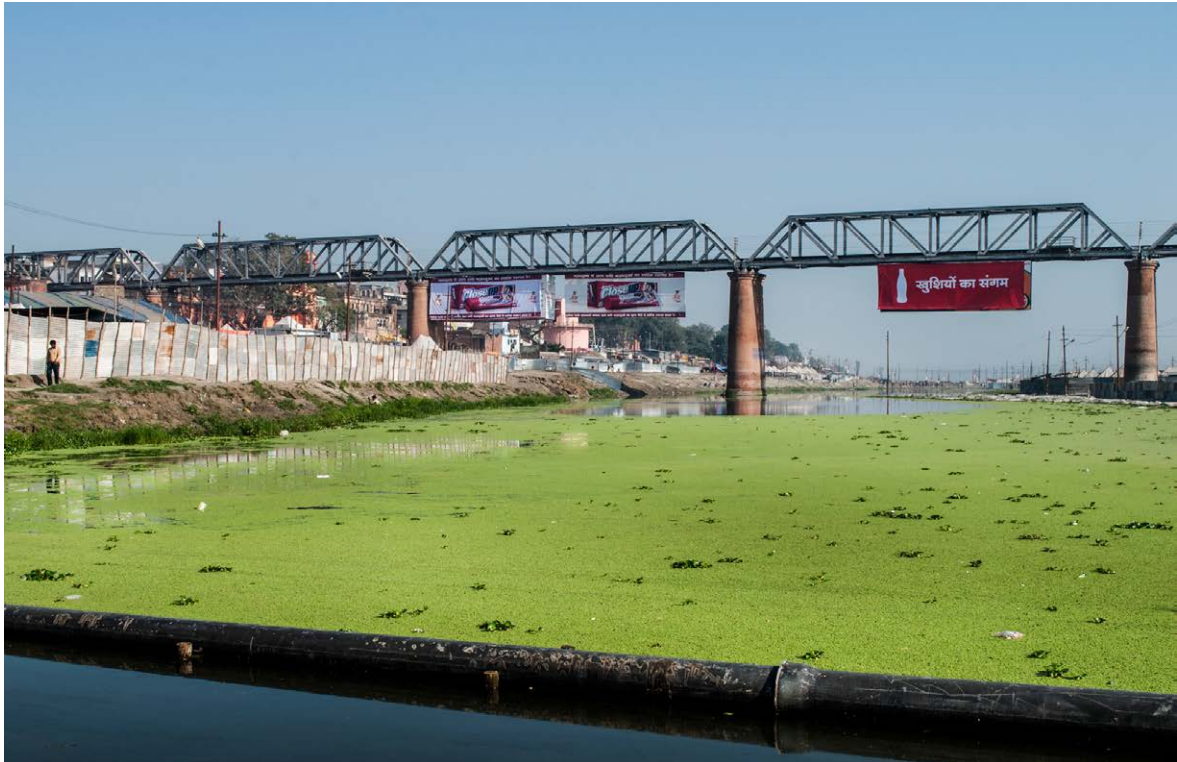
川岸の堤防から採取されたサンプルは、決まって高レベルの鉛や水銀などの重金属を含んでいる。夏の雨季に起こる強烈な鉄砲水は年々増加し、平野を水浸しにして避難所や人間を押し流す。

### 大規模な解決策が抱える問題

インドの各州政府は、大規模な行動改善を要求する気候適応戦略を作成した。たとえば、カルナータカ州南部では、雨水貯留タンクの利用拡大や、農業における点滴灌漑やスプリンクラー灌漑の普及、掘削井戸の厳格な規制、水域や帯水層の汚染防止のための下水管理改善を推奨する計画が策定された。

だが、専門家によれば、こういった計画は極めて困難で費用がかかり、実現したとしても効果は不十分だという。

## India's water crisis is already here. Climate change will compound it.



インドは水の使用方法を徹底的に見直さなければならぬ。インドの乾燥地域では、現在労働人口の半分を養っている農業以外の産業で、仕事を作り出さなければならぬだろう。都市は、上下水道管や処理施設、湿地帯の現代的なネットワークを構築し、開発を制限し、水路沿いの洪水防御を強化すべきだろう。

だが、不安定な給水を最も効果的に対処する方法の1つは「貯水」を増やすことだと、アショカ・生態学環境研究基金 (Ashoka Trust for Research in Ecology and the Environment) の上級研究員ヴェーナ・スリニバサン博士は話す。彼女のいう貯水とは、屋根の雨水をためるような

民間の小規模タンクから、政府主導の大規模なダムや運河、貯水池までのすべてを含んでいる。

一般的に、連邦政府は後者を好む。最も明らかに野心的な例は、予算が800億ドルを超える「インド河川の相互接続 (Indian River Inter-link)」という土木プロジェクトだ。60以上のインドの河川を1つの水路網として繋げるのだ。インド政府はこのプロジェクトで、洪水の起きる地域から干ばつに苦しむ地域へと水を移動し、数千キロメートルにわたる国内の水の不均衡を是正するという考えだ。

この構想は19世紀にさかのぼるが、ナレンドラ・モディ首相が後押しをして、第1期の承認を



得た。うまくいくという科学的な証拠よりも、特効薬的な解決策という政治的宣伝によって押し進められる無駄な事業が進行しているという批判もある。

スリニバサン博士によれば、インドのように広大な大地に都市が広がっている国では、全国的な戦略を実現しようとした場合、地域レベルでのより優れた水管理が必要だ。つまり、雨水を捕らえ、ろ過した水をタンクに蓄えること、湖や池、川の再生、そして、これらの施策を通じて帯水層に再び水を貯めるといったことだ。「地下水に頼らなければならないため、その管理方法を見付け出さなければなりません」(スリニバサン博士)。

## バンガロール下水の奇跡

2019年3月上旬の朝、ビシュワナート・スリカンタイアーが、私をバンガロールにあるボウリングのピンの形をしたジャッカー湖へと案内した。

土木技師から水の活動家となった55歳のスリカンタイアーは、カルナータカ州の南西部では膨張する巨大都市の「禅の雨男 (Zen Rain Man)」として知られている。193センチメートルとすらりとした体型で、豊かなあごひげを生やし、くせのある白髪を長く伸ばしたスリカンタイアーは、それらしく見える。

スリカンタイアーは、湖の北東部の岸沿いの遊

**eムックは、MITテクノロジーレビュー  
有料会員限定サービスです。  
有料会員はすべてのページ（残り56ページ）を  
ダウンロードできます。**

**ご購入はこちら**



**<https://www.technologyreview.jp/insider/pricing/>**

No part of this issue may be produced by any mechanical, photographic or electronic process, or in the form of a phonographic recording, nor may it be stored in a retrieval system, transmitted or otherwise copied for public or private use without written permission of KADOKAWA CORPORATION.

本書のいかなる部分も、法令または利用規約に定めのある場合あるいは株式会社 KADOKAWA の書面による許可がある場合を除いて、電子的、光学的、機械的処理によって、あるいは口述記録の形態によっても、製品にしたり、公衆向けか個人用かに関わらず送信したり複製したりすることはできません。