

MIT Technology Review

Published by KADOKAWA ASCII

Vol.

53

2023.09

気候変動と「水」 人類はどこまで適応できるか

News&Trends,Opinion

エアコン省エネ新技術、乾燥剤がカギ
エリック・シュミットのAI駆動科学論

Interview

溝口貴弘 (モーショントリブ)

003

特集

気候変動と「水」 人類はどこまで適応できるか

004 世界有数の農業生産地カリフォルニア
誕生から水が枯れるまで

011 世界のすべての「水」を
テクノロジーで測る方法

014 見落とされてきた気候変動の脅威、
地下水位の上昇が深刻な理由

020 「母なる川」を破壊した
ソ連の過剰なダム開発

027 都市遺構になったメキシコ新空港の
新しい「再生」像

037 U35 イノベーターの軌跡 #05

溝口貴弘 (モーションリブ)

触覚を持つロボットの普及で人手不足に立ち向かう起業家

040

News&Trends

「乾燥剤」で効率よく冷やす、エアコン省エネで新技術
AI生成画像の識別、MSやアドビが推す「C2PA」は決定打になるか？
サーバー設置でお湯代タダに、英スタートアップのユニークな試み

048

Opinion

エリック・シュミット：AIは「科学の再構築」で社会を変革する

●本PDFに収録した記事の情報は原則として、初出時の情報です。記事中の初出日をご確認ください。

●WebサイトのURLやソフトウェアのバージョン等は予告なく変更されている場合があります。

●本PDFは情報の提供のみを目的としています。本PDFを運用した結果について、著者およびMIT Technology Review Japan/株式会社角川アスキー総合研究所は一切の責任を負いません。

●本PDFに登場する会社名、商品名は該当する各社の商標または登録商標です。本PDFでは®マークおよびTMマークの表示を省略しています。

気候変動と「水」 人類はどこまで適応できるか

気候変動の影響は、まず「水」に現れる。気候変動は、水不足にあえぐ地域の状況をさらに悪化させ、深刻な干ばつをもたらす。一方で気温の上昇は、各地に激しい雨をもたらし、前例のない洪水被害につながっている。私たちは「水不足」と「過剰な水」によって、気候変動の影響を最初実感することになるのだ。こうした水循環の変化の影響は暮らしにどのように現れ、人々はそれにどう適応しようとしているのか。世界各地の水をめぐる物語を集めた。

Tomas Ovalle



Story

1

気候変動と「水」 人類はどこまで適応できるか

世界有数の農業生産地カリフォルニア 誕生から水が枯れるまで

カリフォルニア州は農業に適した土地だとされている。しかし、初めから農業に向く土地だったわけではない。山の向こうにある川から水路を引き、地下水を汲み上げるなどの人工的な工事によって、農業に欠かせない水を確保してきたのだ。そして今、カリフォルニア州を空前の干ばつが襲っている。

by Mark Arax (作家)

昨夜になって風向きがようやく変わり、燃え盛るシエラ・ネバダ山脈の煙が一掃された。ここカリフォルニア州の平地では、かつては花崗岩の山を別世界の避難場所くらいに思っていた。だが、そのような隔たりはもう存在しない。無数の松の枯れ木がすべて野火に焼かれ、灰じんと化したシエラ・ネバダ山脈は私たちの目と鼻の先にある。

私たちは抜け目なく空を観察することを学んだ。空を見て危険性を読み取るのだ。日によっては、世界一ひどい空気を吸うことになる。脳や肺を傷つける心配をせずに戸外を歩ける日はめったになく、行き交う人々とあいさつを交わすときには、新たな祈りの言葉を紡ぐようになった。「風向きが変わりますように」と、私は隣人に告げる。あるいは、「粉塵が舞うのはアーモンドの収穫のときだけでありますように」、と。とりあえず、HEPAフィルターの空気清浄機を止める勇気は私にはない。空調音は新生活の音だ。

サン・ホアキン・バレーで最も過酷な夏が、ようやく終わった。6月以来、38度を超えた日は67日間。新記録の達成だ。カリフォルニアの干ばつは今後も続きそうだ。過去

10年間のうち8年は、特に干ばつが酷かった。引きこもり生活を始めてからひと月経った10月の朝、私は郊外の自宅を出て、灌漑が作った最大の砂漠、カリフォルニア州中部を見て回ることに決めた。田舎の空気は秋の匂いがする。秋の到来を祝いに、旧友のマスモトを訪ねることにした。彼は、デル・レイにある0.3平方キロメートルほどの土地で農業を営んでおり、レーズンの箱詰めの終盤を迎えているところだ。

収穫末期のフレスノを出て、世界で最も工業化が進んだ農業地帯の疲弊した畑を走り抜けていると、どうしても水のことを考えずにはいられない。水の存在や感覚、雨雪となって空から降ってくる形を。そして人間がダム、溝、運河、水路、ポンプ、散水管など、高度な技術を発明・導入して、水を獲得してきたことを思う。水は生物も無生物も活性化させる。今日の前にあるブドウ畑、果樹園、綿花畑、住宅地など、万物に力を与える。水は多すぎても少なすぎても私たちを滅ぼしかねない。必要な量だけを確保する利水など夢物語だ。

私はカリフォルニア州と水について何度か文章を書いており、必要ならば昔の話を繰り返すこともある。新しい言葉を探しながら、私は何度

となくハイウェイ99号線でサン・ホアキン・バレーを走ってきた。サン・ホアキン・バレーを指して地質学者は「史上最も大きく人の手で改変された風景」と呼ぶ。今私の目に映るのは、新しい改変の傷痕だ。水不足を解消するために、なりふり構わず続けてきた所業の結果である。

カリフォルニア州の獲得は、決して簡単ではなかった。それは、米国で最も繁栄していた先住民族の抹殺にかかっていたからだ。立ち足はかかる先住民族には1万年以上続く文明があり、30万人の住民がいた。ヨクト族、マイドゥ族、ミーウォク族、クラムス族、ポモ族、チュマシュ族、クマイ族など、ほんの一例でもこれだけ挙げられる。熱に浮かされたような過去175年の足跡を振り返るとき、私たちはカリフォルニア州の先住民族の憤み深さを理想化しがちだ。とはいえ、先住民族は人数が多く、豊かで広大な土地を持っていたにもかかわらず、戦利品目当てに相争うことがなかったのは間違いないだろう。彼らは、地球にほとんど負担をかけない暮らしをしていた。自然が変化すれば自分たちが住処を変えた。洪水で引っ越し、干ばつでまた引っ越した。森の間伐が必要になると、雑草や下枝を焼いてからすぐ

に鎮火した。

虐殺が進むにつれ、カリフォルニア州の先住民文化は、スペイン人による宣教活動、メキシコによる占領、米国人入植の3段階によってゆっくりと消し去られた。残虐行為が、当時のあらゆる手段（毛布、天然痘、梅毒、松明、ナイフ、コルト45口径など）で実行された。最初に訪れたのは、セラ神父率いるフランシスコ会の修道士たちだった。セラ神父は奴隷商人でありながら列福された人物で、先住民を労働奴隷として所有・使役して、初期の簡素なダムや運河を建設した。川がなかった場所に川を出現させ、サンディエゴからソノマにかけて21の伝道所を築いたのだ。サン・ガブリエル伝道所では、得た水で大量の穀物、野菜、異国の果物を育て、約0.7平方キロ

メートルのブドウ園「ラス・ヴィーニャ」を作った。

次にやってきたのは、メキシコの有力者たちだった。ただしスペインから独立したメキシコ勢力とカリフォルニア州の小競り合いは、1821年から1848年までの四半世紀しか続かなかった。欧州人、メキシコ人、米国人の血が入り混じった住民たちは、自らをカリフォルニア人と呼んだ。彼らはカリフォルニア州の多彩な自然を手なずけるのではなく、広大な土地を手に入れ、自らが土地に順応した。遠く離れた入植地で、カリフォルニア人は毎日1頭の子牛を殺して食べ、大量のワインとブランデーを飲み、王の名の下で結婚式を開いた。結婚式は、ずっと花嫁学校に閉じ込められて暮らしてきた娘たちが、ようやく太陽の下に出られる

機会だった。カリフォルニア人は親愛のしるしとして、残った原住民に宣教師の土地と伝道所の水源を譲ると誓ったが、そのような契約が守られることはなかった。

米国の入植者たち、猟師や毛皮商人、偵察者、測量者らは、何十年の間カリフォルニアの様子をうかがっていた。米国人の意図がついに明るみに出たのは、1846年の夏のことだ。入植者の背後にいた政府が、公式には一切発砲することなく、南北約1600キロメートルに及ぶ大陸西端のカリフォルニアをもぎ取ったのだ。地質的に11の地域に分かれ、緯度10度分にまたがり、地域によって年間降水量約5センチから350センチとばらつきのある土地を、いったいどうしたものか？ 各地域が、それぞれの豊かさと制限の中で共存



TOMAS OVALLE

人々は、干ばつを忘れるのと同じような無頓着さで、洪水のことも忘れ去った。そうすることで、奇妙な回復力が備わった。

するという方針も取れたかもしれない。しかし、米国人は多様な地域を丸ごと線で囲い込み1つの州として宣言し、地域差を埋めるために無限の取り組みを始めた。

マニフェスト・デスティニー（米国の西部開拓を正当化する標語）は、カリフォルニア州にも着実に向かっていたが、1848年、突如金発見のニュースが世界中にとどろいた。金発見というニュースがもたらした激震は桁違いだった。一夜にして金の採掘に取りつかれた人々が、世界中から何万人も海を越えて押し寄せ、大半は一度も金を採掘できずに世を

去った。採掘者はバール片手に山や川へ向かった。金の採掘には工業規模での水の確保が欠かせないことを知ったのだ。

「水！水！水！」とジェイムズ・メイソン・ハッチングズは大声で叫んだ。彼は傑出した季報『ハッチングズのカリフォルニア州画報』を1850年代に発行していた英国人である。「どこの山頂でも湧水は見つかる。必要なのは飲料水ではなく、作業用の水だ。作業者は金混じりの土をすくい取る。すくい取った金混じりの土は、渦流で処理されることになる。だから私たちは、強欲に『よこせ、よこせ』と叫ぶのだ。だがここで欲しいのは水だ！水！水！」。

1862年の大洪水のときには、ハッチングズの雑誌はすでに廃刊していた。洪水がもたらした結果を説明したのは、イエール大学出身で、カリフォルニア州の天然資源を調査するため西部にやって来たウィリアム・ブルワーだ。「この広大な地域にあるすべての家屋、農場が無くなった」とブルワーは記している。「今回の洪水は、米国がかつて経験したことのない悲劇を生み出した」。ブルワーはやがて、カリフォルニアの人々特有の何事にも耐え抜く不屈の精神を理解し、こう述べた。「カリフォルニアの人々ほど災難に強い人々はいない。彼らは災難に慣れているのだ」。

人々は、干ばつを忘れるのと同じような無頓着さで、洪水のことも忘れ去った。洪水や干ばつを忘れてしまうことで、奇妙な回復力が備わった。採掘者たちは新たな欲望を抱いて、掘削作業に戻った。約9700キロメートルの水路を作り、高さ300メートルのダムを建設した。カリフ

ォルニア州北部の川の流れは、一握りの実業家たちが決めた。より深い金鉱脈に到達するため、強い勢いで水を噴射して山肌を削ぐ放水機が発明された。川には、約7.6億立方メートルを超える巨石、岩、小石、泥などの選鉱くずが流れ込んだ。何百平方キロメートルに広がる沖積平野に新しく植えられた作物が、鉱山の残りかすの犠牲となった。

カリフォルニアの将来について、サンフランシスコの高台ノブ・ヒルに住む実業家たちは、金か穀物かを選ばざるを得なくなった。アイザック・フリードランダーは、身長約201センチメートル、体重約136キログラムの巨漢で、歩幅が人の2倍もあったといわれている。採掘場の小麦粉市場を独占して財を成した彼は、約4000平方キロメートルの土地をタダ同然で手に入れた。彼は小麦王となったのである。

私は今砂漠を横断している。といってもモハーヴェ砂漠ではない。全長約420キロメートル、幅約80キロメートルのサン・ホアキン・バレーは、平均雨量が年約250ミリ足らずで、それだけを見れば砂漠に分類できるのだ。シエラ・ネバダ山脈からは5本の川が流れており、うち2本は大河だ。砂と粘土が混ざったローム層は最高の土壌で、鬼の頭ほどもあるピーツが育つ。年に280日は晴天で、5月から9月までは雨が降らない。冬場に立ち込める霧によって、休眠期の寒さが果樹やナッツ類の木々に迫ってくる。詩人で農民でもあった父方の祖父アラム・アラクスから、冬場の冷え込む時間の大切さを教わった。曰く「アンズは管理が難しい。冬に死の口づけを感じなければ、春に実をつけない」。野菜、果物、木の実、穀物など、あらゆる

ものが簡単に育つ気候は、地中海に戻らなければ見つからないだろうと、祖父は私に語った。

金採掘から戻ってきたフォーティ・ナイナズ（金を求めて1849年にこの地に訪れた人々）は、肥沃な土地の利用方法を知っていた。また、ワタミハナゾウムシの被害で南部のプランテーションから逃げてきた綿花栽培農家も同様だった。彼らは川を囲い込むように格子状に用水路を設け、水を逆流させた。内陸の大湿原や、ミシシッピ川以西で最大の淡水量を誇るトゥラリー湖も干上がった。ヘラジカ、カモシカ、野生馬が絶滅し、空からガチョウが消えた。また彼らは、馬に引かせたフレズノ式耕作器で丘陵地や浅い窪地を平らにならし、2万4000平方キロメートルを見渡す限り平らな土地に変えてしまった。こうして灌漑水が、用水路網へ流れていったのである。

雪解け水の確保は「先手必勝」であり、農業の世界では他に類例がなかった。彼らは川の水流の半分を取るようにことはしなかった。4分の3でもない。農民たちは作業を終えるまでに、10分の9の水を奪っていた。農園公開の準備が整ったとき、宣伝用のパンフレットにはずいぶんと大げさなフレーズが並んでいた。「フレズノ郡：カリフォルニア州の素晴らしく繁栄した地区。陽光に満ちた土地。果物と花々。氷とは無縁。雪とも無縁。ブリザードとも無縁。サイクロンとも無縁」。

このような誇大広告の誘惑をはねつけるのは簡単だ。しかし、「アングロサクソン民族による最初の偉大な灌漑実験」と謳われた偉業の噂は、はるばるイスタンブールまで届き、1918年にトルコ軍から身を隠して屋根裏部屋に潜伏していた私の祖父

アラックスの耳にも入ったのだ。大虐殺で妻子を失いフレズノに逃れた祖父の叔父が、シエラ・ネバダ山脈の端にある谷間の楽園について「信じられなければ自分の目で見てみる」と、何度も祖父に手紙を書きよこしていた。

祖父はソルボンヌ大学でフランス文学を学び、作家になるつもりだった。しかし、叔父から手紙が届き続け、そのたびに前の手紙より多くの悲しみと希望が記されていた。1920年の夏、祖父は約1万1000キロの長旅の末に、フレズノの町なかにある鉄道駅にたどり着いた。大虐殺を生き延びた叔父と甥はひと抱き合い、輝くばかりのフォード・モデルTに乗り込み、川から川へ広大な平野を突っ切って走った。フレズノの平野は、すでに「世界のレーズン産地」として知られていた。2人はブドウ、桃、プラム畑を通り過ぎ、カンザスの牧師が未開拓の赤土に植えた約48平方キロメートルのイチジク畑に立ち寄った。祖父は驚嘆し、何度も「昔の土地とそっくりだ」とつぶやいた。

涸れ果てて砂しかないキングス・リバーに差し掛かると、我が家が所有していた最後の農園について語る祖父の言葉がよみがえる。私の父アラと弟のナボが植えたザクロの木々で彩られていたが、私が生まれる数年前に売ってしまい、祖父はそのことを悔いていた。私は売却した約0.2平方キロメートルの農園から20キロと離れていない郊外で育ったが、農園とは海の向こうほどの隔たりがあったと言っても良い。なぜなら私たちが何者で、砂漠化を助長するために何をしてきたか、決して話題にすることはなかったからだ。

私たちの中には、綿花王もブドウ

王もメロン王もトマト王もいて、地域の水のほとんどを掌握していた。しかし、このような水の寡占状態がどのように生まれたか、住民の間ではずっと謎のままだった。近所を流れる灌漑用水路は、満々と雪解け水をたたえていたが、用水路の水がどこから来て、どのような権限で誰のもとへ行くのか、尋ねようと思ったことはなかった。用水路には柵など一切なく、メキシコ人農場労働者の子どもが夏場に涼を求めては用水路で溺れ死ぬ事故が毎年起きていた。「あの用水路の側に行っちゃいけないよ」と祖母アルマは警告した。「落ちたら最後、すくい上げてもらえないからね。収穫が終わるまで、用水路の持ち主は流れを止めないから」。

新しい土地は、決して「昔の土地とそっくり」ではなかった。

祖父が到着して1年とたたないうちに、レーズン業は破綻した。アルメニア人農家と日本人農家が、あまりに多くのブドウを作付けしてレーズンを作ったため、サンメイト・レーズンは半分も売れなくなったのだ。誰が残りの半分を買うかは、大いに悲喜こもごもの関心の的となり、フレズノの賢人ウィリアム・サローヤンですら、議論に加わるほどだった。中国の母親全員が、米を炊くたびにレーズンを1粒入れるようになれば、過剰供給問題は解決するのに、サローヤンはつぶやいた。

レーズン業の破綻と同時に、1920年代は大干ばつにも見舞われ、カリフォルニア州の農業の愚かさや欲深さが浮き彫りになった。農民たちは、シエラ・ネバダ山脈から流れる5本の川の水をほぼ独り占めするだけでは満足しなかった。今度はタービン・ポンプを使い、帯水層（渓谷地下にある古代の湖）から水をくみ上げる

Insider Online限定

eムックはMITテクノロジーレビュー[日本版]の
有料会員限定サービスです。
有料会員はすべてのページ、バックナンバーを
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 ASCII Research Laboratories, Inc.

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角川アスキー総合研究所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。