

GLOBAL INDEX



1997.4
クボタ・地球への指針
VOL.6

KUBOTA CORPORATE COMMUNICATION MAGAZINE

特集

**LOVE
THE EARTH
MORE II**



GLOBAL
INDEX
VOL.6

LOVE THE EARTH MORE II

特集

環境保全への 技術的アプローチ

「持続可能な開発」を謳った地球サミット開催から5年。環境問題は多くの社会問題の中でも優先的に取り組まれるべき問題のひとつで、人類に課せられた重大なテーマである。GLOBAL INDEXでは、創刊号においてさまざまな側面から環境問題をクローズアップしたが、改めて今号では環境保全のための活動を技術的な視点から、より具体的に掘り下げていく。

二酸化炭素増加による地球温暖化やオゾン層の破壊、大気汚染等、我々が直面している問題は各国が、そして一人ひとりが対策を講じないかぎり、その解決が望めないものである。そしてまた、環境問題は、その保全と共に人類の生存に不可欠な食糧・エネルギー・水の確保の問題とも密接に関わっていることを再認識すべきであろう。そこでクボタが事業として関わりを持つ事例を通して、改めて環境問題を体系的に捉え、その対応を考えてみたい。

ここでは人類の発展の代償として失われた自然環境の回復・保全のために、ライフスタイルのあり方を再考するといった方向からではなく、新たな技術による解決策を検証していく。環境破壊をもたらす技術を単に捨て去るのではなく、新技術を生み出し、環境と社会・産業の調和を図ることによって、文明は成長し続けるという視座に立った検証である。持続可能な開発は、環境を保全する技術によって裏付けられていく。



GLOBAL INDEX I 05

[環境改良]
REBIRTH

大地を再生する

「砂漠化防止」と「砂漠緑化」

砂漠緑化のバースベクティブ
[エジプト・シエルケア州カッターラ地区総合農業開発計画]
を起点として
—— “夢の構想” から “推進プロジェクト” へ ——

GLOBAL INDEX II 13

[資源活用]
RECYCLING

廃棄物を資源とする

「ごみ発電」と「廃プラ再資源化」

リサイクル型エネルギーとしてのごみ発電
「スーパーごみ発電」と「スーパーファイアシステム」
—— 廃棄物から電気エネルギーを回収する ——

廃プラスチックの再資源化
「廃プラ油化技術」と「廃プラ破砕選別技術」
—— リサイクル型社会への道のりは遠いのか? ——

GLOBAL INDEX III 21

[水の浄化]
PURIFICATION

水系に生きる

人間と水、そして水処理技術

水処理技術のアプリケーション
イギリス・液中膜による下水処理システム実証プラント
—— EC指令、ヨーロッパを動かす ——

GLOBAL INDEX IV 29

[自然界との調和]
SYMBIOSIS

生命世界に学ぶ

生態系をシミュレーションする農業

バイオ農業の現在と可能性
「微生物」「天敵昆虫」を利用して害虫を駆除する
—— 環境保全型農業の切り札として ——

GLOBAL INDEX V 35

[21世紀への命題]
PROPOSITION TO THE NEXT CENTURY

環境保全～未来への選択

〈寄稿〉

Viewpoint 1: 社会的視点
共生型技術の開発

茅 陽一 / 慶応義塾大学教授

Viewpoint 2: 科学的視点

エネルギーダイエットへの道

利根川 進 / マサチューセッツ工科大学教授

Viewpoint 3: 実践的視点

企業経営における

環境保全への取り組み

木坂 博幸 / 株クボタ 常務取締役

EPILOGUE 42

KEEP THE EARTH ALIVE

地球の自浄能力は限界に達している

[写真解説]
●表紙/エジプト・アスワンの朝——青空の下、ナイル川の向こうに広大な砂漠が映る
●P2-3/砂漠地帯がかんがいされ、農地に生まれ変わったエジプトの農場
●P4/砂漠のなかでもたくましく成長する樹木——エジプト・アスワンにて
●P5/エジプト・プスタン地区農場の保水剤を用いた畑の作物
●P13/スーパーごみ発電システムを採用した堺市クリーンセンター東第二工場の焼却炉の炎
●P21/海洋投棄される排水——イギリス・トゥルロー近郊の漁港 (Mevegisey Harbour) にて
●P29/バイオ農業によって害虫駆除されたキャベツ
●P35/分別回収されたブロック状にプレスされた空き缶——佐賀市清掃センターにて
●P43/ナイル川沿いに映る砂漠と緑のコントラスト——エジプト・アスワンにて

GLOBAL INDEX VOL.6

1997.4
クボタ・地球への指針

KUBOTA CORPORATE COMMUNICATION MAGAZINE
●WRITER / KIYOSHI NAKAGAWA ●PHOTOGRAPHER / YASUO KODANI

特集

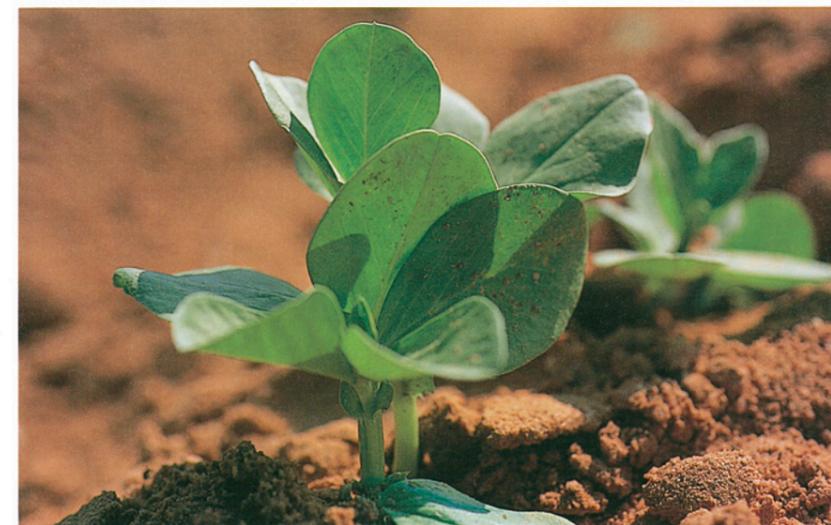
LOVE THE EARTH MORE II

GLOBAL INDEX I

REBIRTH
[環境改良]

大地を再生する

「砂漠化防止」と「砂漠緑化」

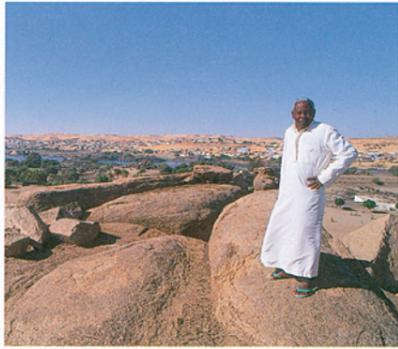


「乾燥、半乾燥、乾燥半湿润地域におけるさまざまな要因（気候変動および人間の活動を含む）に起因する土地の劣化」（砂漠化防止条約第1条）。「砂漠化」は、こう定義される。この砂漠化に初めて国際的な関心が集まったのは、1960年代から1970年代初頭にかけて、アフリカ・サハラ砂漠南縁のサヘル地域で干ばつが発生、毎年600万haの土地が砂漠化していると指摘された時である。そして、国際社会は砂漠化の進行を食い止めるべく動き出し、これが1980年代に地球規模での「環境問題」への取り組みとなって発展していったのである。砂漠を緑の大地として蘇らせること。「砂漠緑化」は進行する砂漠化への防止対策であると同時に、砂漠を抱える国々における経済開発、人々の暮らしを豊かにするための地域開発、さらに21世紀に深刻化が予想される人口問題、食糧問題への対策として重要な意味を持つ。

砂漠緑化のパーспекティブ

「エジプト・シェルケア州カタラ地区総合農業開発計画」を起点として

“夢の構想”から“推進プロジェクト”へ



砂漠に生きる民——彼らにとって真の豊かさとは

ほとんどの日本人は、砂漠と聞けば「月、ラクダ、隊商、オアシス…」というような画一化されたイメージを抱く。砂漠緑化と聞いたなら「そうか、あの“月の砂漠”を緑にするのか」とも。しかし、ひと口に砂漠といっても、乾燥地、半乾燥地、乾燥半湿潤地ではその気候、土壌、植生はまったく違う姿を見せる。そして、砂漠をそうしたロマンチックなイメージで捉えるかぎり、現在、世界各地で懸命に取り組まれている砂漠緑化事業の本当の意味も見えてこないだろう。砂漠緑化とは、砂漠化した土壌で農業ができるようにすること、つまり砂漠地帯での農業開発なのである。

砂漠緑化の実相に迫るべく、クボタの「プロジェクト推進室 かんがい緑化プロジェクトチーム」を訪ね、現在、世界各地で取り組まれている砂漠緑化について久保田光雄さん（主査）、本間連さん（課長）、平賀義彦さん（課長）から話を聞き、ついで、世界で最も大規模に砂漠緑化事業が展開されている、“灼熱と砂漠の国”エジプトへ飛んだ。

「乾燥地で農業のできる環境をつくること」

かんがい緑化プロジェクトチーム、総勢7名。チームのメンバーは世界各地を飛び回り、さまざまな緑化プロジェクトに参加している。現地で求められる技術、機器、資材については、海外事務所、各事業部がこのチームのメンバーと緊密な連

携をとりながらサポートしている。基本的にはこうした体制で各種プロジェクトは推進される。チームはプロジェクトのいわば推進母体としての役割を果たしているのである。

このチームを率いる久保田さんから、まず、クボタと砂漠緑化事業の関わりについて聞いた。

「私たちが砂漠の問題に取り組むため“かんがいプロジェクトチーム”（現在のチームの前身）を発足させたのは、1978年。ナイロビにおいて“国際砂漠化防止会議”（UNCOD）が開催された翌年です。この会議は砂漠化問題に関して初めて開催された国連レベルの会議でした」



この水筒によって砂漠は農地としてよみがえり、グリーンアース計画の舞台となったエジプト・バスワン地区の様子





同じ砂漠地帯も、季節そして時間によってさまざまな表情を見せる



ナイル川上流・アスワンのヌビア村には、豊かな水と緑を取り囲むように、広大な砂漠が続く

こうしてクボタは砂漠緑化に取り組む初めての日本企業としての名乗りを上げた。砂漠の問題というのは、言い換えれば土と水の問題だ。土と水の間では、クボタはもともと豊かな経験と実績を持つ。しかも社内には青年海外協力隊としての活動を積んだ人材も多い。国際協力事業としての砂漠緑化。この事業にクボタがいち早く取り組むことになったのは必然だったともいえる。

そして、最初に手掛けた緑化プロジェクトは、エジプトのシェルケア州における「カッターラ地区総合農業開発計画」（後述の現地レポート参照）。このプロジェクトへの参加を端緒に、その後、アフリカを中心として南西アジア、中東、中国…などでの数々のプロジェクトに参加してきた（表1参照）。「プロジェクトの形態としては大きく二つに分類されます。ひとつは、乾燥地で何らかの手を施さなければ土地の劣化を招き砂漠化するであろう地域で、JICAの無償資金で農業開発、農業生産基盤を整備するプロジェクト。もうひとつは、乾燥地において砂漠化防止の要素技術を組み合わせ、植生回復、緑化を目的として実証試験を行う研究開発プロジェクトです」

そして、実際のプロジェクトへの参加を通じて、チーム全体の共通認識としてだんだんはつきりしてきたことがあるという。

「私たちにとって、砂漠緑化というのは、“雨量の少ない乾燥地帯で農業ができる環境をつくること”と同義語です。そして“持続可能な農業”の実現でもあります。地域の生活を安定させる、食糧生産を高める、また雇用機会をつくる…。ですから、住民の意向を無視しては成立しない。教育や医療も含めた地域開発、農村開発でなければ、砂漠化防止のプロジェクトとはなり得ないのです」

ブルキナ・ファソ、カザフスタン、西オーストラリアで…

現在、クボタが参加している最新プロジェクトのいくつかについて、本間さん、平賀さんから聞いた。

ひとつはブルキナ・ファソにおける「砂漠化防止対策モデル事業調査」。ブルキナ・ファソというのは西アフリカの内陸国のひとつで、北にはマリ共和国、南にはガーナ共和国、コートジボワール共和国などが位置する。ここでいま、地下水の有効利用を中核とする砂漠化防止モデル事業が進められているという。環境庁の地球環境研究計画の一環である。

「地下ダム、太陽光発電による揚水ポンプなどを利用して水を確保し、持続可能な農業生産ができるようなコミュニティをつくらうというプロジェクト。ここで得られた知識や情報を、今後の具

体的な砂漠化防止対策に活用していかうという実証調査事業です」

ブルキナ・ファソの位置は西サヘル地域ともいわれる。サヘル地域というのはサハラ砂漠南縁の半乾燥地帯を指す。このサヘル地域で1968年か



シナイ半島北部の砂漠地帯を東西に貫くこの道の周囲も、一面の農地となる日がくるかもしれない

ら1973年にかけて大干ばつが発生し、砂漠化問題が世界的関心と呼ぶきっかけとなったのだった。このサヘル地域のマリ共和国において、かつて緑化プロジェクトが展開された。「サヘル・グリーン・ベルト計画」として知られるプロジェクトだ（本誌創刊号のリポート参照）。これに続くプロジェクトが「ブルキナ・ファソ・プロジェクト」である。これまで地下ダムの建設可能地が選定され、そこで確保される水を利用して、いかなるコミュニティをつくらうのかの調査もほぼ終え、1997年には建設が開始される予定になっているという。

カザフスタン共和国でも砂漠化対策・土壌改良のプロジェクトが進められようとしている。

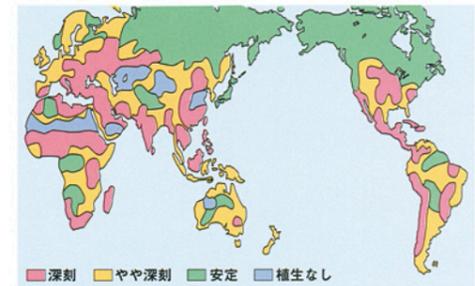
「アラル海とそこに注ぐシルダリヤ川、アムダリヤ川。そこはいま、砂漠化の象徴的地域として見られています。かつて無計画に取水し、かんがい利用した。その結果、アラル海に注ぐ水量は大幅に減り、アラル海はかなりの面積が干上がり、農業地帯は塩害地帯と化しています」

地下に排水パイプなどを埋設し地表の塩分を洗い流し、農地の再生を図るとともに、塩害の再発を防ぐ栽培技術を研究するプロジェクトである。プロジェクトは1996年よりスタートし、3年間の予定。同じく環境庁の地球環境研究計画の一環である。

このほか、オーストラリアにおける「砂漠化防止および再生技術の評価」、アラブ首長国連邦における「透過気化法による環境整備に関する調査」なども進行中である。それぞれ「西オーストラリア・カルグーリの半乾燥地に実験圃場をつくり、地下水の淡水化、土壌の改良、蒸発を抑えた貯水法、樹木や野菜などの栽培について実証試験を行う」「砂漠特有の太陽と熱。これと蒸気透過性膜を使って高塩分濃度の地下水を淡水化する塩水かんがいシステムの実証試験」プロジェクトとのことである。



その土地固有の気候風土に独自の文化が育まれ、子供たちがそれを受け継いでいく



世界の土壌劣化の状況

表1 砂漠緑化・農業開発プロジェクト
（※主な実績：かんがい緑化プロジェクトチーム）

国名	年	プロジェクト名	プロジェクト概要
エジプト	1980	シェルケア州カッターラ地区総合農業開発計画	2,500haの砂漠地帯をかんがいで牧草、野菜、果樹を生産すると共に、乳牛16,000頭を飼育する畜産基地を建設し、周辺都市への食糧供給基地を創設。
	1983	優良種子生産計画	食糧確保の施策として、優良種子導入による単位収量の増大を図るため、耐性種子等の開発・生産・精選・加工のための設備を整備。
ケニア	1984	ジェモケニヤット工科大学付属農場整備計画	ナイロビにある同大学付属農場にスプリンクラーかんがい施設を設置。
ギニア	1984	かんがい整備計画	乾燥農業の確立を図るため、郡農牧省に可搬式かんがい設備を導入。
ザンビア	1988	カウンガ新農村総合開発計画	半乾燥地において、試験栽培と機械式かんがい施設を利用した近代的農業を確立。
パキスタン	1989	ナシラバード農業開発計画	バルチスタン州半乾燥地ナシラバード地区に近代的農業経営と水管理を行うモデル農場を建設。
中央アフリカ	1989	食糧増産計画	干ばつ等、天候不順によって大打撃を受けている同国の農業生産（特にとうもろこし）の増大と農村地区での所得向上・生活の安定化を図るために、移動式機械化かんがいシステムを導入。
トルコ	1990	半乾燥地農業開発試験圃場整備計画	トルコの半乾燥地において、農業協力事業を積極的に推進するための農業実証調査。
セネガル	1990	チャゴキール規模農業開発計画	半乾燥地にある小規模農業の水田ならびに畑地（150ha）を整備し、かんがい農業の教育と住民の生活改善を支援。
中国	1990	ホップ栽培農場建設計画	新疆ウイグル自治区の気候に適したホップを栽培するため、圃場（20ha）に節水型かんがい施設を建設。
エジプト	1991	保水剤開発実験圃場建設計画	通産省の研究協力事業「半乾燥地帯における保水剤開発に関する研究協力」プロジェクトにおいて、調査実証の圃場を建設。
ザンビア	1992	カナカンバ地区新農村開発計画	半乾燥地の新開拓地に入植した農民のため、農村モデルの訓練農場を建設。
マリ	1993	ナラ地域農業開発計画調査	砂漠化防止に資するための農業開発計画およびデータ蓄積を目的とした実証調査（太陽光発電排水ポンプと配水施設を整備）。
ウガンダ	1994	可搬式かんがいシステム利用食糧増産計画	主要食糧穀物であるメイズの乾期作を可能にするために、スプリンクラーかんがいシステムを導入。
コモロ	1994	地下水利用節水かんがい計画	地下水の有効利用による農業生産の向上を目指すために、節水型かんがいシステムを導入。
イエメン	1995	節水かんがいシステム利用食糧増産計画	小麦の生産性向上のためにスプリンクラーかんがいシステムを導入。
カーボヴェルデ	1995 1996	節水かんがいシステム利用食糧増産計画	同国は水資源が限られており、また風が強いため節水かんがいが必要。日本の食糧増産援助により節水かんがいシステムを供与。
インド	1996	優良種子開発計画	現在および将来の食糧不足に対処するため、優良種子を開発・生産するプロジェクト。研究機材・野菜種子生産設備および研究用環境制御温室を整備。
UAE	1994 1997	透過気化法による環境整備に関する調査	アラブ首長国連邦の乾燥地に実験圃場を建設し、蒸気透過性膜を用いた高塩分濃度の地下水を低エネルギーで淡水化する「塩水かんがいシステム」で、緑化実証試験を実施。
オーストラリア	1995 1998	砂漠化防止および再生技術の評価	西オーストラリア・カルグーリ金鉱山跡地の劣化した土地において、実証圃場を建設して淡水化・土壌改良・植生回復を目的とする砂漠化防止の実証試験。

GLOBAL INDEX I 砂漠緑化のパースペクティブ



カイロの中心を悠々と流れるナイル川

砂漠地=2,500haのかんがい

エジプトの首都カイロに降り立ったのは、12月初旬。ちょうど日本の秋口のような気候で、“灼熱と砂漠の国”エジプトではもっとも過ごしやすい季節だ。

クボタ・カイロ事務所長の相馬隆一さんが出迎えてくれた。本誌創刊号で取材させてもらってから5年、風貌はちっとも変わっていない。当時、相馬さんは先に紹介したマリでの「サヘル・グリーン・ベルト計画」に参加していたのだが、それよりはるか10年以上前、クボタの砂漠緑化事業の起点ともいえるエジプトはシェルケア州における「カッターラ地区総合農業開発計画」にも深く関与していたのである。

このカッターラ地区はいまどうなっているのか？ エジプトの砂漠開発は全体としてどこまで進んでいるのか？ これが今回の取材の目的だ。

さっそくカッターラ地区のプロジェクトサイトへ出向いた。カイロから北東に120km、ナイル川デルタ地帯の外縁に位置し、砂漠地帯と接する。

「このプロジェクトはそもそも故サダト大統領が提唱した“緑の革命”の一環で、ナイル川の伏流水である地下水を利用して2,500haの砂漠地をかんがいがし、牧草、野菜、果樹を生産し、また牛、乳牛も飼育し、州および周辺都市への一大食糧供給基地とするというものでした」

相馬さんはこう説明する。プロジェクトは1980年より日本政府からの円借款（32.7億円）でスタート。クボタが開発基本計画の策定からかんがいシステムの設計、資機材の供給を担当し、また施設の建設、土木工事の施工、各種作物の栽培もクボタが技術指導した。日本側からいえばこのプロジェクトは1983年に終了（建設の終了）したことになるが、プロジェクトサイト＝農場はその後とも州政府により運営されており、エジプト側からいえばプロジェクトは現在も進行中である。



シェルケア・プロジェクトは、クボタにとっても砂漠緑化・農業開発プロジェクトの起点であったと同時に、きわめて大きな事業だった——農場で見かける農機はすべてクボタ製である

わずか十数年前まで、見渡すかぎりの砂漠だったとは、とても信じられない——シェルケア州・カッターラ農場



カッターラ農場で収穫されたオレンジをご馳走になる——実に甘い！

エジプト砂漠開発を先導したシェルケア・プロジェクト

農場を見学したが、2,500haは広い。クルマでざっと回るだけでも1時間以上かかる。「ここもここも…全部、砂漠だったんですよ」と相馬さんは感慨深げにいうが、ここがかつて砂漠だったとはとうてい信じられない。緑の絨毯のように広がる牧草地、勢いよく水を噴き出すスプリンクラー、果実がたわわになるオレンジ畑、農道の両脇には

防風林…。土の色もすでに砂漠のそれではなく、黒っぽく肥沃そうな表情を見せている。牛フンを肥料として投入してきた成果だという。耕作地の脇の木陰では、黒板の前に人が集まっている。農場で働く人たちのための“青空学級”だ。読み書き、計算を学んでいる。この農場では現在、約1,800名の農場労働者、約200名のスタッフが働いているという。

プロジェクト管理事務所にアブドゥエル・マクスード・タエマさん（農場長：ジェネラルマネージャー）を訪ねた。1982年～1983年のプロジェクトの立ち上げ期、コーディネーターとして活躍したサイド・アブドゥ・アラールさん（エンジニア）が同席した。予想外の再会で、彼も相馬さんも旧懐に浸ることしきりだ。サイドさんは、このプロジェクトが抱える現在の課題を、

当時のプロジェクトマネージャーである相馬さんにこと細かに報告する。井戸、ポンプ、かんがい機材、農業機械のメンテナンスの問題、経営上の問題…。

さて、このプロジェクトがエジプトの農業にとってどのような役割を果たしてきたのか？

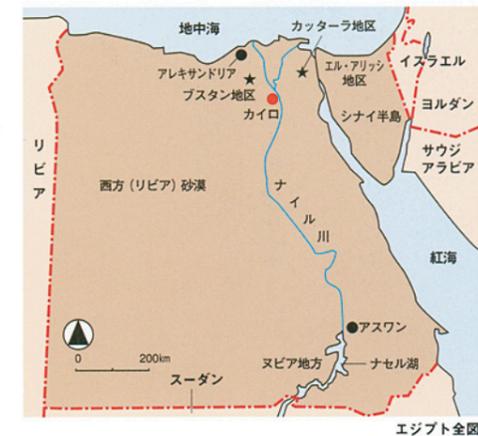
「かつてムバラク大統領はここを何度も訪れ、1982年には“エジプトの全農業プロジェクト”と発言しました。この発言が象徴するように、シェルケア・プロジェクトはエジプトにおける農業開発、砂漠開発の先導的な役割を果たしてきました」（マクスードさん）

さらにエジプトと同じく砂漠を抱える他のアラブ諸国の指導者たちも、10年ほど前より、このプロジェクトサイトを訪れるようになってきているという。彼らもまた、ここを砂漠緑化のモデル事業として見ているようだ。

「かつて砂漠緑化といっても、（エジプトの）人々は信じなかった。しかし、このプロジェクトを見て信じるようになり、民間企業も砂漠地での農業経営に乗り出すようになってきている」（サイドさん）

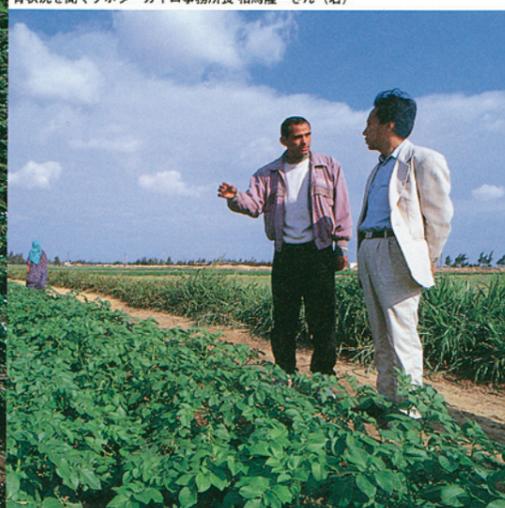
保水剤を用いた砂漠緑化の成果と課題

エジプトでの砂漠緑化としては、かつてクボタはもうひとつ別のプロジェクトにも参加している。紙オムツの素材である保水剤（高吸水性樹脂）を用いて砂漠の土壌改良を図る研究プロジェクト。「グリーンアース計画」として知られる。日本・エジプトの共同研究として1988年から1993年にかけて実施。これも本誌創刊号でレポートしたが、いま、どうなっているのか？



エジプト全国

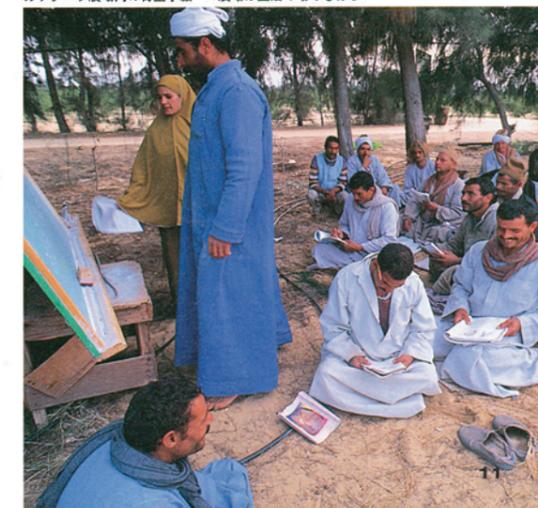
保水剤開発実験の行われたプスタン地区農場で、作物の生育状況を聞くクボタ・カイロ事務所長 相馬隆一さん（右）



エジプトにおける砂漠開発の基盤となるカナルが、ナイルの恵みを砂漠へともたらす



カッターラ農場内の青空学級——農場は生活の場でもある



GLOBAL INDEX I 砂漠緑化のパスpekティブ



土と練り合わせ、顆粒状に加工された保水剤

プロジェクトサイトはブスタン地区にある。カイロから北西200km、カイロとアレキサンドリアの中間に位置する。

ここもまた、プロジェクト立ち上げ時から想像できないような大農場に変わっていた。スプリンクラー、ドリップ式かんがいシステム、グリーンハウス、防風林…。農場全体が緑で包まれている。研究棟の屋上から周囲を眺めたが、砂漠らしい光景がいついっさい目に入ってこない。プロジェクトサイト周辺の砂漠もまた開発され、緑化されているのである。

問題の保水剤の効果のほどは？このプロジェクトを統括する農業工学研究所(AENRI)の所長アブドゥエル・ガーニ・エル・ギンディさんによれば「ここでの試験では、保水効果は非常に高く、増収効果も大きいことが立証されました。いまは周囲の農家に配布して、実際の農業経営でどれほどの効果を上げるかの立証試験に入っています」とのこと。「ただ、これから保水剤そのものをどうやって調達していくのかという課題が残ります」。保水剤は土と練り合わせ顆粒状に加工して用いる。加工工場はある。しかし、原料たる高吸水性樹脂は自国では生産できないのである。

こうした新素材を用いた開発途上国での砂漠緑化を考える時、これは、かなり大きな、そして本質的な課題といえそうだ。

「エル・アリッシュ開発」「ニューバレー開発」へ最後に、農業省土地開拓庁(GARPAD)を訪ね、モハメド・ファターラさん(農業開発担当事務次官)からエジプトの農業政策全般について話を聞いた。



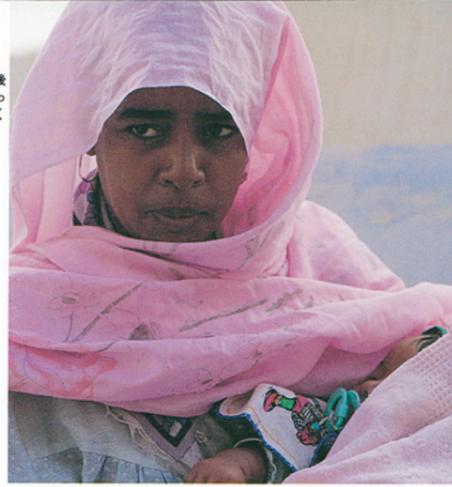
GARPAD 農業開発担当事務次官 モハメド・ファターラさん

エジプト農業の基本政策は「水平拡大」と「垂直拡大」という2つの柱で立てられている。水平拡大は、農地開拓を行うことにより、農業生産力を拡大し、雇用機会の増大および人口分散を狙いとして展開されている。垂直拡大は、単位収量の増大を目指すものであり、新しい農業技術の導入、土壌改良、品種改良などを通じて展開されている。

エジプトの農業地帯はナイル川流域とその下流のデルタ地帯に集中する。国土面積のわずか3~4%で、その他はすべて砂漠といってもいい。そして1950年代から始まった治水・かんがい事業の歴史とは、いわば砂漠開発の歴史であったわけだ。だからこそ、モハメドさんは「私たちは40年以上の砂漠緑化の経験をもっている」と胸をはる。

これまでは、デルタ地帯での開発に中心をおいて、水平拡大、垂直拡大が進められてきた。「シエルケア州カッターラ地区総合農業開発計画」も「ブスタン・プロジェクト」(グリーンアース計画)も、デルタ地帯の外縁部、つまり砂漠との

エジプトの未来は今後の砂漠緑化計画によって大きく変化していく



境界地域で進められたのは、そうした意味合いがあった。

そしていま、デルタ地帯から離れて、新たな開発計画が具体化しつつあるという。ひとつは「エル・アリッシュ地区の開発計画」、もうひとつは「ニューバレーの開発計画」だ。

「エル・アリッシュ地区の開発計画」は、ナイル川の水をシナイ半島の北部(エル・アリッシュ地区)まで運河で運び、その砂漠地帯を大規模にかんがいしようとする構想だ。「ニューバレーの開発計画」は、アスワンハイダム上流のナセル湖の水を運河で北西約300kmの砂漠地帯まで運び、かんがいにより広大な耕地に変えようという構想だ。特に、ニューバレー開発計画は世界最大規模の砂漠緑化事業として、内外から大きな注目を浴びている。

これまでの経験と実績をもとに計画された、「水平拡大」の大胆なる実践である。

*

“夢の構想”から“実現可能な推進プロジェクト”へ——。砂漠緑化という人類の果敢な挑戦は新たな段階に入ろうとしている。

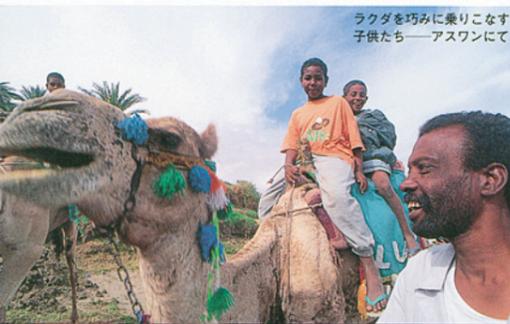
GLOBAL INDEX II RECYCLING [資源活用]

廃棄物を資源とする

「ごみ発電」と「廃プラ再資源化」



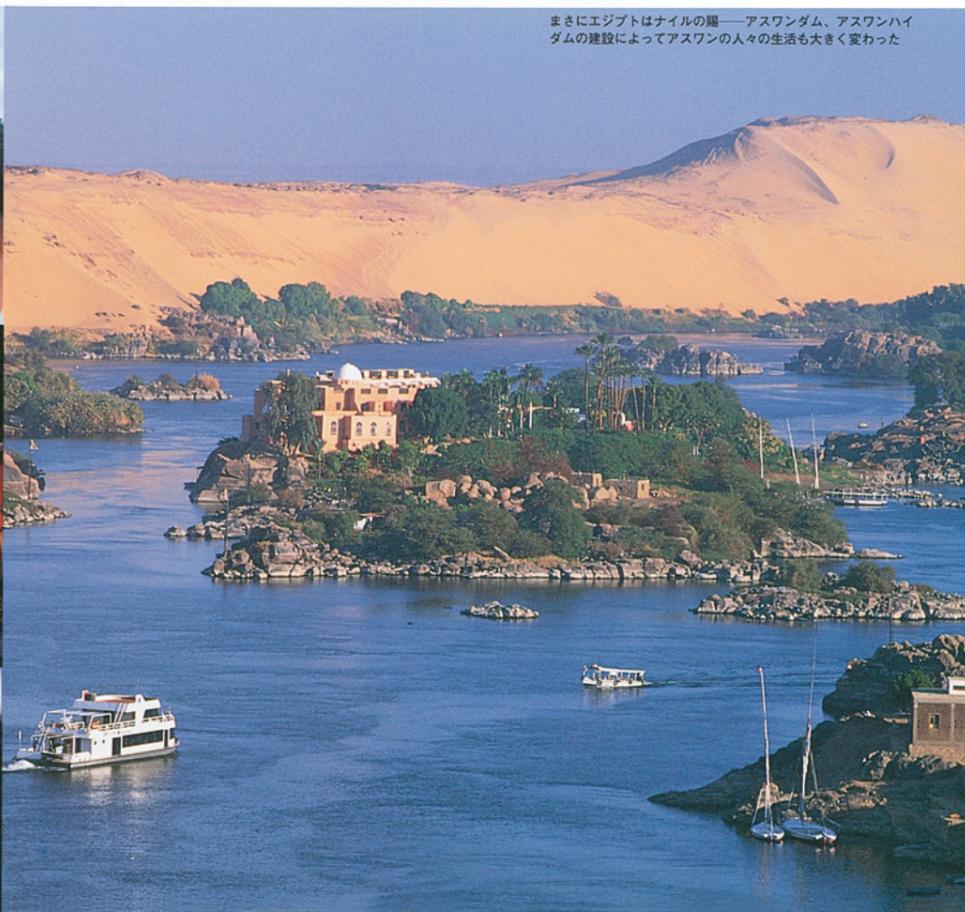
ごみ問題が深刻化している。わが国におけるごみ排出量は年間で5,000万tを超え、国民1人あたりの1日の排出量は約1.1kgと計算される。埋め立て地の問題、ダイオキシン発生の問題…全国の自治体はその処理に頭を悩ませ、ごみ減量作戦に真剣に乗り出す自治体も増えてきた。この4月より施行されたりサイクル法(容器包装リサイクル法)もその最大の狙いは実はごみの減量化にある。ごみ減量化は緊急のテーマとなっているのである。社会問題化したごみ問題。それは大量生産→大量消費→大量廃棄という今日の社会のあり方をも問うテーマとして浮上してきている。そしていま、エネルギー資源の確保という視点から、またリサイクル社会の実現という視点から、環境技術と不即不離の関係にある「ごみ発電」「廃プラ再資源化」というテーマに熱い眼差しが注がれている。



ラクダを巧みに乗りこなす子供たち—アスワンにて



豊富な食材がならぶカイロの市場は活気に満ちていた



まさにエジプトはナイルの賜—アスワンダム、アスワンハイダムの建設によってアスワンの人々の生活も大きく変わった



堺市クリーンセンター東第二工場の中央操作室では、ごみの搬入から焼却排ガスの状況に至るまで、すべてのプロセスをモニター制御されている

GLOBAL INDEX II

リサイクル型エネルギーとしてのごみ発電

「スーパーごみ発電」と「スーパーファイアシステム」

廃棄物から電気エネルギーを回収する



堺市クリーンセンター東第二工場の発電室は、一般の見学者用に設備外装にイラストが描かれ、発電の仕組みがわかりやすく示されている

ごみの焼却はごみの減容化、埋め立て処分地の延命化にとってどうしても避けられないものだ。しかし、将来のエネルギー問題の行方に強い関心を示しつつも、ごみの焼却で生まれる膨大な熱エネルギーを無意味に大気中へ捨てているとしたら…。ごみ発電という発想にたどり着くのはさしてむずかしくない。この発想に至るコースにハードルがあるとすれば、それは、ごみを貴重な資源と見るか、役に立たない使用済み消費財と見るかである。堺市のごみ処理施設である「堺市クリーンセンター東第二工場」を訪ねた。ここには「スーパーごみ発電システム」と呼ばれる、今日のごみ発電設備としては最新鋭のシステムが採用されている。クボタがプラントの設計から施工まですべてを行ったものだ。ついで、「加古川市クリーンセンター」を訪ねた。ここには、クボタが独自に開発した「スーパーファイアシステム」の実証プラントがある。



(左) 堺市クリーンセンター東第二工場中央操作室内に設置された、制御操作訓練用の「シミュレーター」

(右) 同工場のダイオキシン除去プロセスを担う装置のひとつ「減温塔」

堺市クリーンセンター東第二工場



ごみ発電の出力目標

「堺市クリーンセンター東第二工場」において、ごみ発電プラントの設計から施工まで全体の現場指揮にあたった井上芳郎さん（クボタ環境プラント事業部・主査）から、わが国におけるごみ発電の現状、その技術的課題を中心に話を聞いた。

そもそも日本において、ごみの焼却廃熱を利用した発電を最初に行ったのは、大阪市の西淀清掃工場である（1965年）。1970年代後半に入ると、東京都の葛飾清掃工場で場内消費電力の約3倍の発電能力をもつプラントが稼働する。売電を目的としたごみ発電所の誕生である。以降、ごみ発電所は全国各地に次々と誕生していく。1994年末で国内ごみ発電施設数は141（全国のごみ焼却施設数は約2,000）、発電出力は合計で47万2,000kWである。

1994年6月には通産省はごみ発電の出力目標を2000年で200万kW、2010年で400万kWと設定する。ごみ発電を新エネルギーの柱のひとつ「リサイクル型エネルギー」として、重要な位置づけをしたのだった。この数字は、原子力発電所2〜4基分に相当するものである（1基の出力＝約100万kW換算）。

「従来型のごみ発電システムでこのまま増やしても、目標の達成はむずかしい。もっと発電効率（注1）を上げないと無理だということになったわけです」

従来型のごみ発電では発電効率は10〜15%だという。ごみ発電に限らず、火力発電にしろ原子力発電にしろ、燃料を燃やすことで蒸気をつくり、その蒸気でタービンを回すことによって発電している。蒸気タービンの入口と出口における蒸気の熱エネルギーの格差が利用エネルギーとなる。

「ですから、発電効率を上げるには、“入口”で蒸気をできるだけ高温高圧化し、“出口”で低圧化してやればいい。出口に関しては真空状態をつくり、蒸気をできるだけ低温化すればいいのですが、ごみ発電で課題となるのは、入口の高温高圧化です」

ごみの中には塩化ビニルなどが含まれているため、焼却廃ガスは強い腐食性を示す。つまり、高温の廃ガスで蒸気をつくらうとすると、ボイラを傷めてしまうのである。したがって、従来型のごみ発電システムでは高温腐食を考慮して、蒸気温度は300℃以下に設定されている。普通は280℃程度で運転されているという。

ガスタービンをを用いた複合ごみ発電システム

いかに蒸気温度を上げるか？この課題をクリアするための方法としては、大きくは2通りある。ひとつは塩素系腐食ガスに耐える金属を開発

この蒸気過熱器がガスタービンの排気を熱源に、廃熱ボイラからの蒸気を第二段過熱する



するという発想。材料開発である。これは（財）廃棄物研究財団、東京都やNEDO（新エネルギー産業技術総合開発機構）が中心となり長期的研究として推進されているという。

もうひとつは、蒸気をいったん“系外”に出して、再加熱してやるという発想である。

「スーパーごみ発電というのは、もうひとつ別の発電システム、ガスタービンによる発電システムを併設し、その廃熱により蒸気を再加熱するものです」

これによって堺市クリーンセンター東第二工場では蒸気温度を380℃まで引き上げ、発電効率を一気に21.1%まで引き上げているという。

ごみを燃やすにしろ天然ガスを燃やすにしろ、燃焼系の発電システムでは単独で動かす限りは必ずいくらかの廃熱が放出され、そこに利用されないエネルギーが生まれる。ただ、異なるシステム（系）ではその廃熱のポテンシャルに必ず差がある。そこで2つの異なるシステムを複合させるなら、熱ポテンシャルの高い方の廃熱をもう一方のシステムで利用することができる。ひとつのシステムの完成度はそれを構成する要素技術に依存する——このシステムエンジニアの常識のいわば“死角”を突いた形で登場したのが、スーパーごみ発

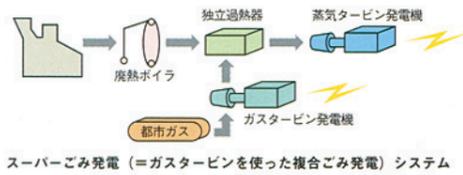
電だと考えていだろう。

スーパーごみ発電は通産省および自治省の命名である。スーパーごみ発電の国内第1号機は群馬県企業局による高浜発電所（1996年10月完成）、第2号機がここ堺市クリーンセンター東第二工場である（1997年3月完成）。3号機は北九州市新皇后崎工場になるとのことである（1998年6月完成予定）。但し、ごみ焼却施設と一体型のプラントは、堺市クリーンセンター東第二工場が日本で初めてである。

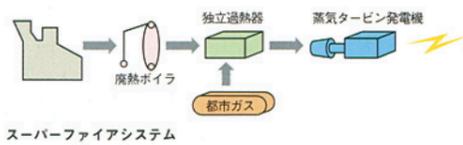
ここ堺市クリーンセンター東第二工場のスーパーごみ発電システムについてもう少し詳しく聞いた。ごみ焼却施設はもともと停電時などのためのバックアップ電源としてガスタービンを持っている。日常的にはこれは動かさない。スーパーごみ発電は発想の転換をし、この非常用設備を常用設備として活用している。正式には「ガスタービンを使った複合ごみ発電システム」という。ごみ焼却炉は2炉あり1日の処理量は計460t、蒸気タービンの発電出力は12,400kW、ガスタービンの出力は4,100kW、場内使用電力は4,000kW、電力会社に12,500kWを売電することになる。ガスタービン系の熱エネルギーは、発電、蒸気過熱、給水加熱および自防用熱源と、ほぼ100%利用されることになるという。

炉室から上部のボイラに蒸気が送られる





スーパーごみ発電 (=ガスタービンを使った複合ごみ発電) システム



スーパーファイアシステム

別置き過熱器を付加したスーパーファイアシステム

蒸気を高温高圧化する方法にはもうひとつある。同じく系外に蒸気を取り出し、直接加熱する方法である。ガスタービンによる発電システムを併設しその排ガスで再加熱するのではなく、別置きの過熱器(独立スーパーヒーター)のみを付加し、再加熱する。システムとしてはよりシンプルで、規模の小さな燃焼系を複合させるわけである。簡単にいえば、これが、加古川市クリーンセンターに実証プラントとして設置されている「スーパーファイアシステム」(注2)である。

このシステムの開発にあたった渡辺正彦さん(クボタ技術開発研究所・都市環境プロジェクト・課長)からも話を聞いた。

「このスーパーファイアシステムでは、蒸気温度を火力発電所なみの500℃まで引き上げ、蒸気タービンに送り込んでいます。発電効率は22~25%。従来型のごみ発電が10~15%ですから、約2倍になっています」

ごみ発電では最も高い発電効率を実現している。もちろん、この数字は追加燃料分の出力を差し引いたごみだけによる発電効率である。過熱器の燃料としては、都市ガス、プロパン、灯油…廃

ごみ発電は、増え続けるごみをエネルギーとして回収していく



スーパーファイア独立過熱器と蒸気タービン・発電機



プラからの再生油などを用いることができる。このシステムはまた、付加設備費も少なく済み、総じて、スケールメリットのない小規模なごみ焼却施設に向いているという。

高効率発電を実現している過熱器の特徴についても聞いた。

「ひとつは過熱器排ガスを再循環させる構造にしています。過熱器の燃焼炉に冷却用として戻しています。低空比燃焼を実現し、排ガスロスを少なくしているのです」

また、この過熱器の排ガスを利用し、ごみ焼却炉のクリーン燃焼を実現している。つまり、過熱器からの最終的な排ガスを酸素豊富なごみ焼却炉に送り込み、ごみを完全燃焼させるための攪拌ガスとして利用している。その結果、CO濃度、NOx濃度も低く抑えることができているのである。バーナーによる蒸気の直接加熱という実にシンプルな燃焼系とはいえ、ごみ焼却炉と蒸気タービンによる発電システムというもうひとつの系とうまく組み合わせることにより、系としての完成度を相互に高め合っているのである。

「もうひとつ、別置き過熱器の蒸気配管内に水を噴霧させることで、蒸気を追加分発生させています。蒸気量を一定にしているわけです」

小規模なごみ焼却施設ほど、ごみ質の変化(例えば季節による変化)の影響を受けやすい。発生蒸気量が変動し、安定発電のネックになってきたのである。従来では発電まで持っていけなかったような規模のごみ焼却施設でも、このシステムを導入すれば高効率の発電が実現できるといふ。

ごみ発電普及の構図

ごみを新しいエネルギー資源として考えた時、さまざまなことが見えてくる。

例えば、4人家族の家から毎日排出されるごみ

の量は約4kg、これをエネルギー換算すると石油1ℓになる。日本全体のごみの量を原油に換算すると年間1,095万ℓ、原油輸入量は2億6,683万ℓ。この資源をごみ発電で有効活用すれば、少なくともそれだけ化石燃料の消費を削減できる。同時に二酸化炭素の排出量も削減できることになる。

また、ごみ発電は、自然エネルギーを利用した太陽光発電や風力発電と異なり、天候に大きく左右されることはない。発電所の立地という点からもごみ発電は有利だ。火力、水力、原子力の発電所は消費地から遠く送電ロスも大きい、ごみ発電の場合、燃料たるごみは人口の多いところほど多い。ごみ焼却施設の更新に合わせて設置していけば、新規の立地も必要ない。発電所として位置づけられれば、経済的にも連続運転がベターだ。そうすれば、ごみの燃焼温度も安定する。結果的にダイオキシンの発生も抑えられる。

大都市には「ガスタービンを使った複合ごみ発電システム」、比較的規模の小さな市町村には「スーパーファイアシステム」。いくつかの技術的ブレークスルーを経て、ごみ発電普及の大きな構図は描かれたといっている。残るは、このごみ発電をわが国の電力供給システムにいかにか組み込んでいくかである。

(注1)「発電効率」は次の計算式で算出される。

$$\frac{\text{発電出力}}{\text{ごみ入熱量}} \times 100\%$$

(注2)「スーパーファイアシステム」は通産省の「平成4年度石油代替エネルギー関係技術実用化開発(4工技総第1824)」を受けて開発されたシステム。社内試験場での基礎実験を経て、平成7年度より加古川市の好意により実証試験を開始した。尚、同プラントは平成9年3月に実証試験完了をもって撤去された。

廃プラスチックの再資源化

「廃プラ油化技術」と「廃プラ破碎選別技術」

リサイクル型社会への道のりは遠いのか？

この4月より「容器包装リサイクル法」が施行された。家庭から出るごみの中で体積で60%、重さで25%を占めるといわれる商品の容器や包装物を資源として回収、再利用しようとする制度だ。制度上のさまざまな問題点も指摘されているが、ともかく、わが国も本格的なリサイクル社会実現を目指して動き出した。

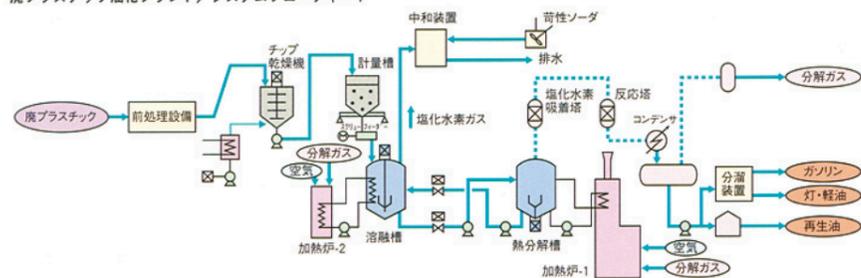
この法律の運用は段階的になされることになっており、現在、分別収集の対象となっているごみはガラスビン、ペットボトル、アルミ缶、スチール缶、紙パック。ガラスビンとペットボトルは再商品化の義務が課せられている。他のプラスチックについては2000年からの義務化の予定で、現在は猶予期間中にある。つまり、プラスチックはそれほど厄介な物質として認識されているのである。廃プラスチックの再資源化の現状を探ってみた。



兵庫県相生市の廃プラスチック油化プラント

GLOBAL INDEX II 廃プラスチックの再資源化

廃プラスチック油化プラント/システムフローチャート



再原料化とエネルギー利用

廃プラスチックの再資源化という、いきなり「油化技術」が取り上げられることが多いが、その再資源化にはいくつかの方法がある。

まずは単純再利用。そして、廃プラスチックを溶融して再成型したり、ペレット状にしてバージン原料に混入する方法もある。また、各種炉の代替燃料として利用する方法、溶融固形燃料化(RDF)して利用する方法もある。もちろん熱分解して液化(油化)した上で利用する方法を忘れてはならない。

こうして見てくると(ごくごく一部に限られる単純再利用を除き)、ゴミ再資源化には、大きくは2つの流れがあることがわかる。ひとつは「再原料化」、もうひとつは「エネルギーとしての利用」である。

再原料化については、基本的には溶融して樹脂に戻すだけで、技術的にはそれほどむずかしくないで、比較的早くから取り組まれてきた。しかし、再成型にしろ原料混入にしろ、樹脂の劣化は避けられず、付加価値の低い製品の原料にしかなりえない。現状では、例えばゴミ袋、プラント

一、植木鉢、タイル…などの原料。最近ペットボトルを繊維に戻して再利用する方法が話題になったが、これはむしろ例外的な話だ。つまり、再原料化という方向性では、どうしてもプラスチックごみを量的にさばける見通しが立たない。ある種の行き詰まりを見せているのが現状で、展望ある方向性とはいいがたい。

かたやエネルギー利用という流れの方は着実な進展を見せている。廃プラを溶融固化し、破碎してチップ状の固形燃料とする技術は実用段階に入っている。すでに商品化されているものもある。熱カロリーの高い燃料、汎用性のある燃料に再生しているわけだから、工業用燃料や家庭用燃料などさまざまな用途が考えられる。ただ、ひとつ泣き所がある。それは専用ボイラが不可欠という点だ。こうなると、やはり現実的には広範な用途での利用とまではいいがたい。だがしかし、廃プラ再資源化の有望技術のひとつであることは間違いない。

固形燃料化のこの泣き所を克服しようと考えた時、当然とどりに着くのが、油に戻すという考え方だ。廃プラ油化(液化)技術である。軽油や灯油、ガソリンにまで戻してしまえば、燃料としての汎用性はさらに高まる。どこでも自在にエネルギーとして利用できる。固形燃料にするより手間暇がかかり、技術的にもはるかにむずかしくなるが、そのぶん用途は広がり、再資源化の方法としては優れた位置にあるといえる。

油化技術に熱い眼差しが注がれるのは、実は、こうした背景がある。

実用技術となった廃プラ油化技術

兵庫県相生市にあるクボタの「廃プラスチック油化プラント」(実証プラント)を訪ねた。油化技術は現在、どこまでできているのか? 待鳥秀樹さん(プラスチック油化設備チーム・部長)から聞いた。

「油化技術はいま、ゴミ問題、容器包装リサイクル法の施行などで注目を集めています。特に新しい技術というわけではありません。1970年代の第1次オイルショックの後、一種の開発ラッシュが起こりました」

石油からつくった樹脂を元の石油に戻す——原理的には簡単そうに見えるが、それほど簡単なものではない。というのも、石油樹脂開発の歴史というのは「いかに軽くて強く、劣化しにくい樹脂をつくるか」の歴史でもあったからだ。つま



再生油は、この分溜装置でガソリンと灯・軽油に分離される



左から溶融槽、計量槽、乾燥機



油化プロセスを制御するコントロールルーム

り、いかに炭素と水素を強固に結合させ、安定した高分子に仕上げるか、化学反応でいえば、いかに不可逆反応を実現するかにしのぎを削ってきたと言え換えてもいい。この化学反応を逆に辿るのがむずかしいのは当然だ。

油化=液化の方法は乾留法、つまりは蒸し焼きだ。プラスチックは鎖状の複雑な高分子。加熱溶融してこの鎖を断ち切る。熱分解する。揮発成分をガス化させ、冷却して取り出すわけである。

「当時は単純な熱分解だけでしたから、再生油の品質も回収率も悪く、経済性も悪いことから、実用化にまでは至りませんでした」

技術的、コスト的課題が克服できず、いったんはお蔵入りしたのだった。その後、通産省工業技術院とフジリサイクル、モービルオイルによって「熱分解と接触分解による油化技術」が共同開発される(1988年)。ゼオライト系触媒を用い、反応液化させるというものだ。

「この技術は日本だけのものでも、世界の油化技術の中でもトップに位置します。ただこれはあくまで基礎技術と考えてください」

クボタはこの基礎技術を1991年に導入し、研究開発に着手する。

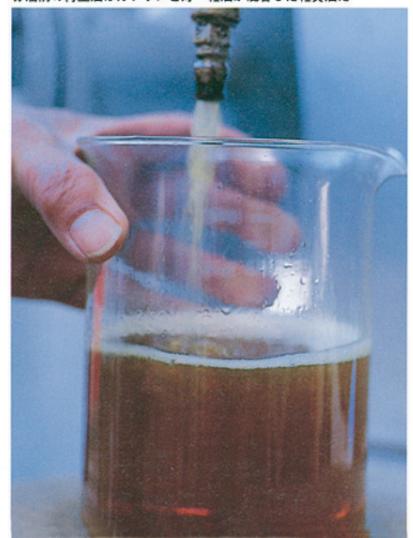
「さまざまな不純物を含むプラスチックごみの油化には、この技術をさらに発展させる必要がありました。なかでも、塩化ビニルから発生する塩

酸ガスへの対応が大きなテーマになりました」

そこで待鳥さんたちが考えたのはこうだ。熱分解槽とは別に溶融槽を設け、ここでは300℃で運転する。溶融槽で塩化ビニルを完全に熱分解し除去するためだ。パッチ処理で行うため塩酸ガスの漏れも起こり得ないし、機器の劣化も防げる。そして熱分解槽へ、ここでは400℃で運転する。

1993年、ここ相生市にパイロットプラントを設け、1994年より実証運転を開始。国内のプラスチ

分溜前の再生油はガソリンと灯・軽油が混合した軽質油だ



ックごみだけでなく、ドイツのプラスチックごみまで投入し、実証試験を繰り返したという。プラスチックの種類は千差万別、例えば同じポリエチレン系でも成分は一定ではない。成分が変われば反応条件も変わる。実証運転は単なる設備の運転テストではなく、こうしたソフト技術蓄積のプロセスだったのである。

「そして1995年、「KPY廃プラスチック油化プラント」を実用技術として完成させました」

100kgの廃プラから55kgの再生油

この「KPY廃プラスチック油化プラント」の概要および特徴について改めて聞いた。

「ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレンなどを主体として、ポリ塩化ビニルなどのプラスチックを含む混合廃プラスチックを油化処理するプラントです。油化処理は選別前処理、乾燥、熱分解、接触分解、気液分離のプロセスで行われ、高品質の生成油に還元されます」

ポリエチレン、ポリプロピレンは「ポリオレフィン系プラスチック」と呼ばれ、ポリスチレンとともに油化に適したプラスチックとされる。そして、これは一般家庭から出るプラスチックごみの約80%を占めているという。では例えば、100kgのプラスチックごみがあったとしたら、いったい、どれだけの再生油が回収できるのか?

分溜装置でガソリン、灯・軽油に分離された再生油は、タンクヤードに貯留



GLOBAL INDEX II 廃プラスチックの再資源化



ポリオレフィン系プラスチックのみに破碎・選別処理された状態
油化プラントへ供給するためフレーク状に造粒された状態



「大まかにいって、約60kgの再生油が回収できます。再生油を燃やしてプラントを動かすとすれば、このうち約5kgは自家消費となります。ですから、最終的には約55kgが回収されることになりますね」

残りはどこに？ ガスとして回収する分とカーボン主成分とする残渣の分だ。熱エネルギー計算によるエネルギー回収率では、買電でプラントを動かす場合で66%、自家発電の場合で48%になるという。

油の質はガソリンと灯・軽油が混合した軽質油だ。

この数字を見れば、待鳥さんが「いまや実用技術だ」と胸をはるのもうなずける。

かつて廃プラ油化技術は技術的な難関とともに、コスト的難関の前にいったんは頓挫した。気になるコスト問題についても聞いた。

「年間12,500tのプラスチックごみを処理すると、ざっと試算すると、トンあたりの処理費用は66,000円になります」

再生油の販売価格がトンあたり5,000~11,000円だから、単純計算すれば、55,000~61,000円のマイナス。赤字であることに変わりはない。しかし今日では、ごみ問題の深刻さ、プラスチックごみ処理の厄介さは広く認識されるようになり、こうした赤字をごみ処理費用でカバーすべしという社会的なコンセンサスが生まれつつある。

「当社の技術を含めて広く廃プラ油化技術が実

用技術になった背景には、技術的ブレークスルーとともに、こうした社会的条件の変化も見逃せないでしょうね」

もうひとつの重要技術・廃プラ破碎選別

廃プラの再資源化において、もうひとつ、取り上げておかなければならない技術がある。さまざまなプラスチックごみを材質別に選別する技術である。一見地味な技術に見えるが、近年、にわかには脚光を浴びてきている。

プラスチックごみを油化するにしても、あるいは固形燃料化するにしても、その前処理、つまり選別が前提となるからである。例えば、すでに見た油化技術でも、油化に適するのは「ポリオレフィン系」を主体にしたプラスチックごみだ。選別をいっかげんにしていたのでは、せっかくの高い完成度を誇る油化プラントも十分には機能しえない。このことは塩化ビニルの熱分解、塩酸ガスの回収のために工夫された溶融槽のことを考えれば、容易に想像できるであろう。

また、この技術がどれほど重要なものかは、実際のプラスチックごみの山を見れば一目瞭然だ。そもそもプラスチックごみを材質別に収集することなど不可能に近いし、いくら分別収集を徹底させたとしても、必ずプラスチック以外のもの（金属、砂、ガラス…）が混入してくる。

この廃プラ前処理システムとしては日本で最も進んだものが、九州は佐賀市にある。クボタが開発した「クボタ廃プラスチック破碎・選別システム」。

佐賀市の協力を得て、1996年、当地に設置された実証プラントである。この開発に携わり、実証試験を進める田中貞夫さん（粉碎機器事業部）にシステムの概要を聞いた。

「システムは、その名のとおおり、大きくは破碎機と選別機で構成されます。まず、分別収集された廃プラを10~15mm程度に細かく破碎し、空気輸送します。そして、風力選別機で混入している砂や砂利、熱硬化性樹脂などの比重が特に大きい廃プラを除

去します。次に、破碎された廃プラを水と混合して湿式選別機に送り込みます」

この湿式選別機が非常なすぐれものといっている。原理はプラスチックの種類によって異なる比重差を利用する。比重が1より小さいポリエチレン、ポリプロピレンなどのポリオレフィン系廃プラと、比重が1より大きいポリ塩化ビニルなどの廃プラおよび異物を選別するわけである。非常なすぐれもののだというのは、廃プラと水の混合液に回転運動をかけることによって、この微妙な比重差をうまく増幅させている点だ。

「これによって、高純度のポリオレフィンが回収できます。99%以上の純度です。一般廃棄物中の分別収集廃プラスチックからこれほどの高純度選別を実現したのは、おそらく日本でもここだけでしょう」

この装置は洗浄、選別、脱水機能を備えており、しかも、水は循環使用するので大規模な水処理施設を必要としないのである。こうして処理された廃プラは、最後に、5~10mm程度のフレーク状に造粒される。

「油化にしても固形燃料化にしても、コスト的には、ある程度の規模のプラントで処理していく必要があると考えられます。しかし、その原料たる廃プラを前処理なしで、油化プラントや固形燃料化プラントに輸送するのは不可能です。とにかくプラスチックはかさ高ですからね」

田中さんは、輸送の観点からも「この破碎選別システムは廃プラ再資源化にとって絶対に必要な技術」と強調する。この技術もまた実用段階に入っている。

*

さて…。改めて考えてみれば、ごみ問題は特に論議するまでもなく、大量生産・大量消費をもちばらとする現代文明が生んだ産物であることは間違いない。なかでもプラスチックごみ問題は、人類による生産→消費→廃棄という“不可逆行動”をこのまま放置するならば、必ずやデッドロックにたどり着くことを見事に照らし出したといってもいい。そして、廃プラ油化技術、廃プラ破碎選別技術などを中心とした再資源化技術がいよいよ実用段階を迎えた。クボタは、この技術によってリサイクル社会と名づけられる“可逆的社会”への突破口を開こうとしているのである。

佐賀市に設置された廃プラスチック油化前処理実証設備——クボタ廃プラスチック破碎・選別システム



ごみの中でも特に厄介だったプラスチックごみ処理に、新たな道が開かれた——佐賀市清掃センターに回収された分別プラスチックごみ（左の施設が廃プラスチック油化前処理実証プラント）



GLOBAL INDEX III

PURIFICATION

【水の浄化】

水系に生きる

人間と水、そして水処理技術



1831年イギリスでコレラが発生、大流行した。イギリス全土はパニック状態に陥った。しかし、コレラが神の下したもうた罰、あるいは空気汚染（医学の始祖ヒポクラテスの古説“疫病は大気中に存在する悪気による”にもとづく）によるものではない、との結論に達するまでには10年以上を要した。コレラが市民の排出する汚水、川の水によって媒介されることを明らかにしたのは、ロンドンの医師ジョン・スノー博士だ。テムズ川で汚水が排出されている近くで取水されている水道水を飲んだ人々のコレラ発病率は、それ以外の場所の8倍に達することを示したのである。コレラ菌がパスツールによって発見されたのは、それから30年後の話である。

これまで排水処理に関して、しばしば「自然界の浄化能力を補完するもの」といわれてきた。しかしこの捉え方こそが、排水への甘い認識と自然界が備える浄化能力への過剰な依存を生んできたのである。環境問題へのアプローチとしてはこうした捉え方は危険ですらある。人間は今も昔も水系に生きているのだから……。



GLOBAL INDEX III

水処理技術のアプリケーション

イギリス・液中膜による下水処理システム実証プラント

EC指令、ヨーロッパを動かす

“イギリスの一日には四季がある”の言葉どおり、
気まぐれな天気は晴れ間をのぞかせた。ロンドン
の中心を流れるテムズ川も豊かな表情を見せる



夕陽に浮かぶタワーブリッジ—冬のロンドンの日没ははやい

EU（欧州連合）が共同体としてのその絆を年々強めつつあり、環境問題への対策もまた共同歩調で取り組むべきテーマとしていることは広く知られる。そうした流れの中でいま、水処理をめぐる動きが急だ—こんなニュースがクボタ・ロンドン事務所から届いた。そして、新しい水処理技術としてクボタが開発した「液中膜による生活排水処理システム」がイギリスで注目を集めているという。かくして、取材班はイギリスへと出向いた。

12月。「霧の街・ロンドン」とはよくいったものだ。どんよりした雲と霧が終日、ロンドンの街を覆う。ディズニーランドを思わせる端正な建物の群れ、レンガ色で彩られた街並みが、光量不足で寒々とした外気と奇妙なコントラストを見せている。

EC指令の波紋

まず、ロンドン事務所長の坪井勝さんから、イギリスにおける下水処理事情について基本的な説明を受けた。

「イギリスで近代的な下水道建設が始まったのは、いまから150年ほど前です。今日ではその普及率は96%に達しており、日本の54%と比較すると非常に高いことがわかります。しかし、これはあくまで下水道網のことであって、下水の処理場

の問題となると事情は違ってきます」

老朽化した設備が多いうえ、小規模な処理場では処理レベルにばらつきがあり、いまだに一次処理のみで放流している処理場もあるという。

「こうした実状、イギリスに限らずヨーロッパ各国の下水処理の実状に対して、厳しく改善を迫るきっかけとなったのが、1991年5月に発令された「EC指令」です」

ここでいうEC指令とは、正確には「都市排水

に関するEC指令」のこと。EC（欧州共同体）は1968年の発足以来、その加盟国を増やし、拡大、再拡大、再々拡大を続けてきた。1993年のマーストリヒト条約発効以降、それはEU（欧州連合）と呼ばれるようになる。ヨーロッパ世界は今日まで、紆余曲折を経ながらも、統合へ、統合へと動いてきたのである。しかしひと口に統合といっても、EC（EU）の場合、外交、安全保障、経済、通貨、社会の広い分野で統合を進めてきており、



そこでは加盟国間の利害調整とともに共同体としての共通政策が求められる。この加盟国間で実施すべき共通政策が「EC指令」（現在ではEU指令）として、ブリュッセルの欧州委員会から出されているのである。ちなみに欧州委員会のメンバーは全体で2万人にも達し、「ユーロクラート」と呼ばれているとのことである。

「ちょっとわかりにくいでしょうけど、指令＝DIRECTIVE自体はいわゆる法律というわけではありません。しかしこの指令にもとづいて、加盟各国がそれぞれの国情に応じた法制化を進めなければならないという合意がなされているのです。法的な意味では各国の法制化の段階で強制力をもつわけですが、統合へ、統合へと動くEUにあつては非常に大きな影響力をもってきました。これまで水に関連するものでは、海水浴場に関する指令（1975年）、表流水に関する指令（1975年）、飲料水に関する指令（1980年）などが出ています」

そして1991年「都市排水に関するEC指令」が出て、加盟各国は海岸、河口、入り江などへの排水基準をクリアすべく、その動きを加速させたのである。

塩素による滅菌処理禁止への対応

このEC指令の原文も見せてもらった。前文にはその狙いや背景がはっきりと明記されている。〈北海および他の水域の保護に関する1988年6月決議案にもとづき、都市排水の処理に関して共同体レベルで求められる対策を提案するため、委員会を招集し…（中略）…加盟国の1国での排水の不十分な処理による汚染は、しばしば他の加盟諸国に影響を及ぼす。それゆえに共同体レベルでの行動が必要とされる〉

北海汚染の急速な進展を背景として、この指令は発令されたのである。坪井さんは説明する。「西暦2000年までに、15,000人以上の集落の場合、必ず二次処理設備を設けねばならないし、海岸や河口に立地している集落や工場は、処理なしでは放流できないこととなります。さらに海水浴場の近くに放流する場合は、先の海水浴場に関するEC指令にもとづき、いっそう厳しい条件が課せられます」

そして、この都市排水に関する指令が特に関心を寄せているのは、処理水中の病原性微生物の問題だという。

「指令は、滅菌処理に際して、従来から採用されている塩素を利用しないように定めています。塩素処理による副生成物が水生生物に悪影響を及ぼすことを考えてのことです」

イギリスの河川の監督官庁である英国河川庁（NRA）

も処理水の滅菌に塩素の使用を許可しない方向で動いており、これが、膜分離や紫外線照射による処理への強い関心を生んでいるのである。

「また、同指令では、下水汚泥の海洋投棄を1998年までに全面禁止としています」

イギリスでは汚泥の海洋投棄がかなりの比率を占めている。現在、汚泥の52%は農業利用、22%は海洋投棄、11%は埋め立て、9%は焼却されているとのことだ（イングランド&ウェールズにおける1994年データ）。埋め立て処理については、規制の強化や土地の制約によりこれ以上の拡大はむずかしく、農業利用や焼却処理へ移行せざるを得ないと考えられている。こうした中で、汚泥の脱水・乾燥・安定化の技術とともに、汚泥の発生そのものを極小化する技術に期待が集まっている。

「当社が開発した、有機平膜を用いた浸漬型膜処理システム＝液中膜による排水処理システム

ロンドンの西約160kmに位置する地方都市 バース



は、従来より小さい設置面積で高品質の処理水が得られ、しかも除菌効果があり、余剰汚泥の発生が少ないため、イギリスでは次世代の下水処理技術として注目されているわけです」（液中膜による排水処理システムの技術的内容については本誌vol.3参照）

トリックリング・フィルターから膜処理システムへ
ロンドンからハイウェイで西へ3時間、プリズトルの手前バース（Bath）に到着した。瀟洒な家々に静かな街のたたずまい、ちょっと市街地をはずれるともう田園地帯、緑の丘陵が続く。イギリスの典型的な地方都市というところか。バースはその名のとおりローマ風呂の遺跡で有名な地。古代ローマ人の遠征といえはまずエジプトを思い浮かべる者にとってはちょっと意外な印象が残る。

このバースにクボタが開発した液中膜による排水処理システムが設置され、稼働している。イギリスの水道会社・ウェセックスウォーター社との共同研究のためのパイロットプラントである。

イギリスでは1989年、上下水道公社は民営化され、現在、上下水道事業は約10社のウォーターカンパニー（民間企業）によって運営されている。各社は上水と下水の両方の事業を行っている。ウェセックスウォーター社はこのうちのひとつである。既存の下水処理施設およびパイロットプラントを見学した。

まず農村部の下水処理場に案内してもらったが、そこでは非常に面白いシステムが採用されて

いた。「トリックリング・フィルター」と名づけられている装置だ。直径30mほどの円形のろ過装置が設けられており、その上をブームがゆっくり回転しながら、下水を散水している。小さな小石が深さ2mにわたり敷き詰められたろ過装置を下水が通過する間に、そこに繁殖した微生物が下水中の有機物を分解する。微生物処理とろ過処理を一体化した装置である。自然流下する水の力だけで動くシステムだ。1831年にイギリスでコレラが大流行。その対策として砂の層による下水のろ過

トリックリング・フィルター——100年以上前に生まれたシステムだが、実に合理的な装置だ



クボタ・ロンドン事務所長 坪井勝さん

都市郊外に広がる田園地帯





排水基準は小さな川ほどきびしい

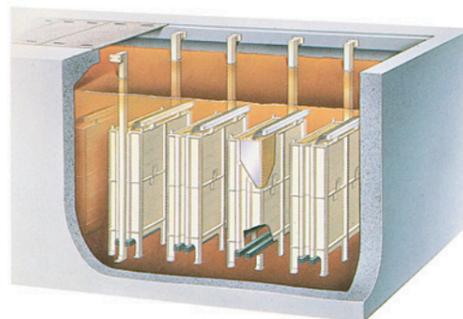


ウェセックスウォーター社の液中膜による排水処理システム実証プラント



液中膜による処理水を手にウェセックスウォーター社チャーチハウスさん(左)から同プラントの稼働状況を聞く坪井さん

液中膜セット(右)と設置例(左)

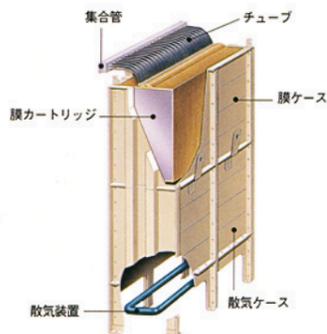


が考えられ、それをさらに発展させたものとして、1870年に開発されたシステムとのことだ。

都市部の大量の下水を処理する処理場では「表面曝気活性汚泥処理方式」と呼ばれるシステムを採用している。陸上競技場のトラックのような大きな水路を下水がかなりのスピードで循環している。何か所かに段差や障害物が設けてあり、ここで下水へのエアレーションが行われるという仕組みだ。

そして、クボタが開発した液中膜による排水処理システム。日量処理能力100tの実証プラントだが、驚くほどコンパクトな装置である。活性汚泥法という微生物処理に新素材たる膜の利用を加えた最新の水処理システムだ。

イギリスは活性汚泥法・発祥の地でもある。ここには、これまでの水処理技術の歴史とこれからの新しい処理技術が非常にわかりやすく“展示”されている。



期待どおりの数値を得た実証プラント

ウェセックスウォーター社のアンドリュー・ランドルさん(コンセプトグループマネージャー)、スティーブ・チャーチハウスさん(プロジェクトマネージャー)から、この実証プラント導入の経緯、実証結果などを中心に話を聞いた。

「クボタの平膜システムを実証プラントとして導入する以前に(5年前から)、他の膜システムについてもいろいろと検討を重ねてきました。実際の運用における処理能力、信頼性、コストについては何もわからないのが、当時の現状でしたから…。しかし、膜自体が非常に将来性のある技術だと認識していました」

中空糸膜をはじめとした各種膜システムを検討した。しかし、結論的にいえば、



ウェセックスウォーター社 アンドリュー・ランドルさん

どのシステムも処理能力に関してはいいテスト結果が出たものの、いずれも「システム自体が複雑すぎる」「制御やメンテナンスがむずかしい」「エネルギーコストがかかりすぎる」という問題を抱えていたという。こうした点からクボタの「液中膜による排水処理システム」が検討課題に挙げられ、1994年、実証プラント建設決定の運びとなったという。

プラントは1995年4月に完成し、これまで約1年半の運転試験が実施されてきた。結果は?

「処理水中の固形物はもちろんゼロ。にごり度は通常の飲料水よりも低い数値を示しました。大腸菌は検出不可能なレベルまで減らすことができました。またBODもCODも検出限界レベル。ア



ウェセックスウォーター社 スティーブ・チャーチハウスさん

ンモニア濃度についてもこれまでにない低いレベルでコントロールできました。さらにトータルコストも非常に低く抑えられることが実証できました」

ところで、そうした数値はクボタによる実証試験ですでに出ているのでは…?

「ひとつの理由としては、下水の温度の問題があります。こちらの下水は日本の下水より2度ほど低いですから、水質も多少違う。イギリスの条件下でちゃんと機能するかどうかの確認が必要だったのです。それと、当社の下水処理に取り組む姿勢を消費者にきちんとデモンストレーションする必要もありました。すでに民営化しているわけですから…」

ウェセックスウォーター社はいま、EC指令に沿った各種目標を設定し、1億ポンド≒200億円もの投資プランを練っているという。そして、この液中膜による排水処理システムの実プラント建設に関してもいよいよ検討されはじめた。



実証プラントが置かれた排水処理場の周辺にて



イギリス南西部コーンウォール州の州都 トゥルロー近郊の漁港 (Mevagissey Harbour)



SASの拠点近くで見かけた、ごみで汚れた海岸 (Porthtown Beach)

立ち上がったサーファーたち

イギリスをして下水処理のレベルアップへ、新しい水処理技術の導入へと動かしているものとしては、EC指令の他に、ある環境保護団体の存在も忘れることはできない。

通称「SAS」と呼ばれる団体だ。Surfers Against Sewage。あえて訳すなら「汚水に反対するサーファーたち」とでもなるだろうか。1995年、下水による海の汚染に抗議して、ガスマスクを着用してのサーフィンというユニークなパフォーマンスを見せ、全英、全欧で一躍有名な存在となった。

活動の拠点はコーンウォール地域。ウェセックスウォーター社がテリトリーとしている地域のさらに西に位置する半島地域だ。SAS事務局長のクリス・ハインズさんを訪ねた。

活動を始めた動機を尋ねると、びっくりする

話が飛び出した。サーフィンをしていると、海にはし尿が漂っているのが見え、顔に生理用品や避妊具がまわりついてくることさえ

あったというのだ。コーンウォール半島北部の海岸線の汚染に対して、サーファーたちが立ち上がったのである。

サーファーたちの願いが欧州議会を動かした——彼らは冬も海に出る



ビーチに立てられた水質の表示板 (上の白い板)

「きれいな海でサーフィンを楽しみたい。私たちの要求は非常にシンプルです」

イギリス国営放送BBCは彼らを「最も洗練された環境団体」と紹介した。要求はシンプルでも、キャンペーンは非常に緻密に展開された。大学の研究者とも協力し、汚染の実態を科学的データとして明らかにし、また下水処理に関する最新の技術情報を集め、世論とウォーターカンパニー各社に向けて提案したのだった。議会でのロビー活動にも乗り出した。その提案の中には、膜による処理、クボタの液中膜による排水処理システムも盛り込まれていた。坪井さんによれば、このSASからかつて、クボタのロンドン事務所に技術に関する問い合わせが入っていたという。

「1975年に出された海水浴場に関する指令がいま、20年ぶりに改正されようとしています。そこで、私たちは欧州議会、欧州委員会に“ウォータースポーツも念頭に入れた改正を”と働きかけて

います」

SASはいま、活動の場をさらに広げようとしている。

*

イギリスでは1996年4月「環境庁 (Environment Agency) も設立された。政府から独立した、水・空気・土のすべての汚染問題を監視する機関である。その水の汚染問題の責任者であるマーチン・グリフィスさんによれば、現在、こうしたさまざまな動きを背景に決定されるイギリスの諸政策は「UKスタンダード」として、各種EC (EU) 指令の制定にも大きな影響力を持つようになっているという。

膜を使った新しい水処理技術。その実証プラントがイギリスに初めて導入され、期待どおりの成果を示したこと。これもまた、他のヨーロッパ諸国における排水処理の施策に何らかの影響を与えることは間違いない。



水の流れるくさは海。排水処理の実態は海の水質が鍵。SASのハインズさんが紹介してくれた、コーンウォールの美しい海岸 (Chapel Fort)

GLOBAL INDEX IV SYMBIOSIS [自然界との調和]

生命世界に学ぶ

生態系をシミュレーションする農業



「春が来たが、沈黙の春だった。もの音ひとつしない。野原、森、沼地——みな黙りこくっている」。1962年にアメリカの海洋生物学者であり、作家であったレイチェル・カーソン女史が発表した『沈黙の春』の有名な一節だ。この書は、化学物質が自然界の食物連鎖で蓄積、凝縮されて環境や生物にどれほど深刻な影響を与えるかを、科学的データをもとに初めて警告、世界的なベストセラーになったものだ。

そしてこの作品は、同時に、化学農薬の大量使用への反省をも生み、今日の各種基準値、厳しい安全性基準を設ける動きの端緒となったのである。

あれから35年。自然界がもともと備える合理的なシステム、生態系の秩序を守り、さらにそれに積極的に学ぶ新しい農業が生まれようとしている。生物学の飛躍的な進歩とともに——。



各種タンパクの中からコナガに適用する種類を調査する生物検定

検定用カップに投入された目標害虫



また、天敵とは、よく知られているように、「自然界である生物の捕食者や寄生者となり、それを殺したり増加を抑制したりする生物」のことだ。自然界には、特定の生物が異常に繁殖したり、それによって他の生物が絶滅したりしないようなメカニズムが働いている。この自然界のメカニズムを利用しようとするのが“天敵農薬”である。しかし、よく考えてみれば、微生物農薬も自然界に存在する微生物（あるいはその微生物がつくる物質）がそれを苦手とする害虫を攻撃し、圃場での異常繁殖を防ぐわけだから、広い意味での天敵利用だ。自然界が備える合理的メカニズム、人知を超えた摂理の利用であることには変わりはない。「結局、どうい生物を利用するかということですね」と野口さん――。

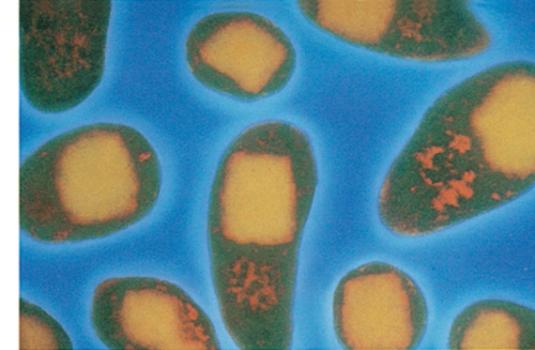
バイオ農薬の主役・BT剤

「今日のバイオ農薬の主流は細菌を利用したものです。その中でも“バチルス・チューリンゲンシス菌”を利用したBT剤が世界的にも最も注目を集めており、また最も成功しています」

日本ではこのBT剤の売り上げが生物農薬の売上高の約90%を占めているという。

「バチルス・チューリンゲンシス菌（BT菌）というのは、そもそも1911年にベルリナーという生物学者がドイツのチューリンゲンで貯蔵穀物の害虫「スジコナマダラメイガ」の病死体から分離した細菌（注1）である。蛾の幼虫を病気にする細菌である。そして、このBT菌にもさまざまな種類があり、現在知られている亜種が24種、さらに新しい種類が探されているとのことである。

「BT菌が害虫防除剤として利用され始めたのは、日本では1981年から、欧米では1960年代からです。しかし、害虫の微生物による病気を害虫駆除に利用しようとするアイディアはもっと古く、



クボタが開発した新しいBT剤「ガードジェット水和剤」に使用している菌体――細胞内の黄色く見えるものが、セルキャップ技術によって死菌化し封入された殺虫性タンパク



開発された農薬は試験圃場に散布され、その効力がテストされる

GLOBAL INDEX IV

バイオ農薬の現在と可能性

「微生物」「天敵昆虫」を利用して害虫を駆除する

環境保全型農薬の切り札として

地球環境保全の意識が高まるなかで、農業のあり方もまた問われてきた。農薬、化学合成農薬の使用についても消費者の間で関心が高まった。農作物の残留農薬への強い不安が巻き起こったのである。環境への負荷の大きさもまた議論されるようになった。そうしたなかで登場し、いま大きな脚光を浴びているのが、いわゆる「バイオ農薬」だ。

クボタの事業開発室BB-PT（Biopesticide Business development Project Team＝バイオ農薬事業開発プロジェクトチーム）で約10年にわたりバイオ農薬の研究開発に携わってきた野口博さん（主査）を訪ね、バイオ農薬の現在、これからの農業の発展に果たすその役割、可能性について話をうかがった。



環境を保全しつつ目標害虫のみを駆除するための研究が続く

「バイオ農薬」とは？

普通「バイオ農薬」と聞けば、多くの人は、遺伝子の組み換えなど生命体を対象とした極限的なマイクロ技術、神業にも似た細胞操作をまず思い浮かべるにちがいない。しかし、野口さんによれば――。

「そうした遺伝子組み換えなどの技術を用いて作った農薬ももちろんバイオ農薬ですが、バイオ農薬とは、広く生き物を利用した農薬、つまり“生物由来の農薬”と定義することができます。いわゆるバイオテクノロジーは生産技術のひとつと考えたほうがいいと思います」

では具体的にどのようなものなのか？ 農薬はその用途によって「殺虫剤」「殺菌剤」「除草剤」に分けられるが、バイオ農薬の用途の中心は「殺虫剤」とのことである。そして野口さんは「仮にいま、便宜的に、バイオ農薬を微生物を利用した“微生物農薬”、天敵昆虫などを利用した“天敵農薬”とに分類します」と続ける。

微生物とはいっても微小な生き物。小さいものから、ウイルス、細菌、糸状菌、原生動物など。糸状菌というのは要するにカビ、原生動物というのはアメーバやゾウリムシなどを考えればいい。“微生物農薬”とは、これらの生物をそのまま利用したり、あるいはこれらの生物が体内でつくる物質、例えばフェロモン、ホルモン、毒素などを利用したりする農薬である。



バクテリアの増殖率を計るため、培地に菌を植えそのコロニーをカウントする



BT剤の目標害虫コナガ飼育容器のセッティング



キャベツを食い荒らす害虫コナガ

コガネムシ駆除のために利用される線虫クシダネマ

いまから100年以上前に出されています。そうしたアイデアの提唱者の中には細菌学の草分けパストールの名前もあります」

今日のバイオ農薬の主役ともいえるBT剤は欧米各国、日本で数多く開発され、販売されている。クボタは1987年よりこのBT剤の研究を進め、バイオテクノロジーを用いた新しいBT剤を開発。1995年より「ガードジェット水和剤」の商品名で発売している(注2)。キャベツや白菜、ダイコンなどにつくコナガ、アオムシなどの駆除に使われる。

どういったメカニズムで殺虫効果が働くのか? 人体への影響は?

「簡単にいうと、この細菌がつくる結晶毒素、いや殺虫性タンパク質といったほうがいいですね、それを蛾の幼虫が食べると、中腸上皮細胞に作用し消化機能を乱し…要するに腹をこわして死んでしまうということです。この結晶を溶かすのが幼虫腸内の高アルカリの消化液です。人間や家畜の消化液は酸性ですから、影響はまったくありません。仮に大量摂取したとしたら、タンパク質ですから太りますよ(笑)」

カビ、線虫、原生動物、ウイルスの利用

バイオ農薬にはこの他、糸状菌(カビ類)、線虫を利用したものもある(表1参照)。線虫というのは土の中に生きる糸状の生き物。頭とシッポと円柱状の胴体をもった、体長1ミリから10ミリぐらいの動物だ。

例えば、タバコにつく「サツマイモネコブセンチュウ」という線虫を駆除する糸状菌、柑橘類や桑などの害虫である「カミキリ」を駆除する糸状菌。また芝の害虫「シバオサソウムシ」「スジキリヨトウ」「シバツトガ」などを駆除する線虫なども、バイオ農薬として実用化されている。クボタは現在、同じく芝の根を食べる害虫である「コガネムシ」の駆除に「クシダネマ」という線虫を利用する研究を行っているという。ゴルフ場などでの農薬散布による水源汚染が問題となっているだけに、そのニーズは高いと考えられる。

「さらに日本では実用化されていませんが、世界的には実用化されているバイオ農薬もあります。ウイルスや原生動物を利用したものです。バキュロウイルスと呼ばれる昆虫寄生性のウイルス

が欧米では農薬としてずいぶん使われているようです」

ウイルスを害虫防除に利用する試みは意外に早く、1972年のFAO(国連食糧農業機関)、WHO(世界保健機関)の合同会議においてすでに約400の実例が報告されている。そして、特にアメリカではこの商品化が積極的に進められ、農業登録も行われているという。

「虫をもって虫を制する」

天敵昆虫を利用した害虫防除。この試みはおそらくバイオ農薬の中では最も古い。

「中国で柑橘類につく害虫の防除にツムギアリを利用したのがその起源といわれていますが、近代農業で本格的に天敵昆虫の利用が試みられたのは、アメリカはカリフォルニア州においてです。オレンジの害虫イセリアカイガラムシの防除にベリアテントウを用いたのが最初とされています」

その成果は大きく、問題の害虫を探すのさえずりかしくなったという。以来、このテントウムシを用いての柑橘類の害虫駆除は世界各国で試みられた。日本での最初の事例は1991年で、静岡でやはり柑橘類の木に「イセリアカイガラムシ」が寄生しているのが発見され、台湾から同じテントウムシを導入し成功を収めたという。

この天敵農薬もまた欧米で普及が進んでいる。ヨーロッパではすでに30種ぐらいの昆虫が商品化されており、天敵昆虫などの養殖販売を生業とする企業がすでに15、16社はあるという。

日本で商品化されているものをあげるなら、例えば、トマトにつく害虫「オンシツコナジラミ」に対して天敵「オンシツツヤコバチ」(ハチ)、イチゴにつく「ハダニ類」に対しては「チリカブダニ」(ダニ)。ヨーロッパでは60年代後半にこの「チリカブダニ」を用いた害虫防除のシステムが出来上がったという。農作物の安全性に対する国民の関

心が高く、天敵昆虫を利用した害虫防除を各国政府が支援し、普及が進んだ。これまでの天敵農薬の主役はテントウムシ、ハチ、ダニ…のようである。「当社はいま、天敵農薬の開発にも力を注いでいます。イチゴやメロンにつくアブラムシの防除にテントウムシを利用しようというもの。開発の中心はその大量増殖技術です」

ヨーロッパでの養殖は採取した昆虫を自然増殖させるのが一般的だ。これに対して、「クボタは工業的生産を目指します」とのことである。

バイオ農薬が大きな注目を集めているのは、環境問題への関心が世界的に高まったからだけではない。化学農薬に対して害虫が抵抗性を持ち始めたことや、化学農薬が天敵まで駆除してしまい害虫がかえって増える現象(「リサージェンス」と呼ぶ)が起こり始めたことも背景にある。化学農薬を万能とするような現実の農業経営にも支障が出始めてきたのである。



BT菌培養のための200ℓタンク(上)と制御モニター(上左)



線虫クシダネマの目標害虫となるコガネムシの飼育室

表1 登録されている生物農薬

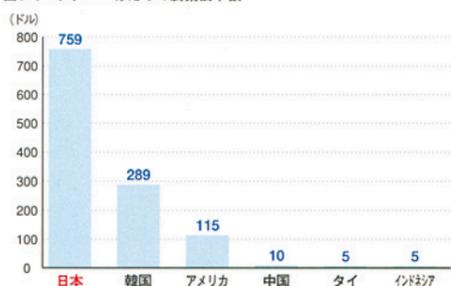
分類	種類	適用害虫・適用病	一般名	商品名	農業登録年	企業名
細菌	殺虫剤	キャベツのコナガ、アオムシ等	バチルス・チューリンゲンシス	チューリサイ水和剤	1987	SDS/バイオテック
				セレクトジン水和剤	1982	協和発酵工業
				バシレックス水和剤	1982	塩野義製薬
				ダイポール水和剤	1982	住友化学工業
				トアロー水和剤CT	1981	東亜合成
				ガードジェット水和剤	1995	クボタ
殺菌剤	バラの根頭ガン腫病	アグロバクテリウム・ラジオバクター	バクテロース	1989	トモノアグリカ	
線虫	殺虫剤	芝のシバオサソウムシ等	スタイナーネマ・カーボカプサエ	バイオセーフ	1993	SDS/バイオテック
				エンストリップ	1995	トーメン
天敵昆虫	殺虫剤	オンシツコナジラミ、タバココナジラミ	チリカブダニ	スバイデックス	1995	トーメン
				チリカブリダニパック	1996	トモノアグリカ
				ネマヒトン	1990	トモエ化学工業
糸状菌	殺虫剤	タバコのサツマイモネコブセンチュウ	モナクロスボリウム・フィマトバガム	バイオリサカミキリ	1995	日東電工
		ミカンのキボシカミキリ	ポーベリア・プロンニアティ	トリコデルマ	1962	山陽薬品
		タバコの白絹病、コシオレ病	トリコデルマ	トリコデルマ生菌	1962	山陽薬品

※出所：農業検査所、大和総研(日本工業新聞1996年10月15日掲載分をもとに編集)



無農薬(左列)とバイオ農薬散布(右列)の比較試験

図1 1ヘクタールあたりの農薬投下額



※出所: ウッド・マッケンジー (1994年)
(日本工業新聞1996年10月15日掲載分)

IPM (総合的害虫管理) とバイオ農薬

わが国の単位面積あたりの農薬投下額はアジア各国やアメリカと比較しても突出している(図1参照)。わが国でのバイオ農薬の全農薬売り上げに占める比率は現在のところ、わずか0.48% (1995年) 程度だから、ここでのデータは化学農薬の投下額と考えていい。農薬価格の違いなどもあるので、単純に農薬使用量と見ることはできないが、他の国に比べて突出していることはまず間違いない。

FAOなどをはじめとする各種国際機関においても化学農薬の環境への影響評価やそのリスク軽減が議論されるなかで、日本における農薬使用のあり方が問われてきたし、今後ますます問われることになるだろう。また、消費者の間での農産物の安全性に対する意識も非常に高まりを見せている。それだけにバイオ農薬への期待は大きい。

では、これからの農業においてバイオ農薬が果たす具体的な役割とは? 化学農薬を一方的に悪玉扱いしていいものなのか? 化学農薬からバイオ農薬へのドラスティックな転換、あるいは単線的な変化を考えていいものなのだろうか? 各方面からバイオ農薬へのさまざまな期待の声を聞いている野口さんは、この点にも、注意を促す。

「いまとなつては化学農薬の問題点を指摘することはたやすいけれど、化学農薬が今日の農業に果たしてきた、果たしている役割を無視することはできません。化学農薬の使用なしには、少なくとも現在の先進国における高い農業生産性は達成できません。農薬を使用しなければ、病害虫や雑草によって、世界の農産物の生産性は3分の2以下になるとの予測もFAOから出ているのです」

今日の食糧生産への化学農薬の貢献は計り知れない。安全性についても、厳しい基準値が設け



られているし、その効果は「本当にすぐれたものが多い」という。

また、バイオ農薬と化学農薬の長所、短所を一般的に比較することはできないが、バイオ農薬もまだまだ多くの課題を抱えていると野口さんはいふ。例えば、バイオ農薬の最大の特徴は特定の害虫に効果を発揮することだが、化学農薬がカバーしているすべての害虫に対してまだ対応できていない。バイオ農薬の用途は殺虫剤が中心だが、殺菌剤や除草剤はどうなのか。あるいは、バイオ農薬の効果は一般に持続的だが、逆に化学農薬ほどの即効性はない。価格も化学農薬に比べて2~3割高い(これは普及が進めば量産効果で解決できるとのことだが)。……これらに農家は対応できるか。

*

「バイオ農薬はこれからIPM (総合的害虫管理=注3) という考え方の下に導入が進んでいくのではないかと見えています」

IPMというのは「化学農薬以外の害虫発生や被害の防止手段を取り入れ、互いに矛盾しないように化学農薬と併用し、総合的に害虫防除効果をあげる」という考え方である。この考え方は、害虫の絶滅を目的とするのではなく、防除による増収効果が防除コスト以上にならないければ意味がないという点に着目する。経済的な視点、現実の農業経営の視点も取り入れた考え方だ。それは、開発と環境に関する「持続可能な開発」という有名なコンセプトの農業分野への適用とも読むことができるものだ。

バイオ農薬はこのIPMにおいて中心的な役割を果たすに違いない。

(注1) 実はこれより10年前の1901年、日本の石渡繁胤博士によりBT菌は発見されたと考えられている。博士は病気の蚕からの分離に成功しており、それは「卒倒病菌」と命名されている。

(注2) 米国マイコジェン社と技術提携して、1987年より研究開発を開始、1990年より日本植物防疫協会による委託試験、安全性試験を実施。コナガ、アオムシなどのリン翅目害虫に高い殺虫効果を示す。キャベツ、ダイコン、白菜、茶、リンゴ、ストック、ブロッコリー、チンゲンサイなどの農薬として登録されている。

従来のBT剤が紫外線や水分に弱いという弱点を「シールドモナス菌」という菌にBT菌のタンパク毒素の遺伝子を挿入、死菌化し、細胞壁で結晶毒素を封入保護する技術(セルキャップ技術)で解決した。バイオテクノロジーを応用し、殺虫効果の持続性を高めたことで大きな注目を集めた。

(注3) Integrated Pest Management. 1950年代の終わりにアメリカやカナダの研究者によって「天敵と農薬を調和的ないし相補的に使用して害虫を防除する体系」という考え方が提唱された。その後の理論的發展の結果、より包括的な内容をもった「IPM=総合的害虫管理」が世界的に広く使われるようになった。

PROPOSITION TO THE NEXT CENTURY [21世紀への命題]

環境保全～未来への選択

〈寄稿〉



今世紀も残すところわずかとなった。この地球の歴史から見れば、ほんの一瞬にすぎない100年という時。だが、人類という種が地球に及ぼした影響を考えたとき、この一時代における変化はあまりにも大きい。かつて地球が経験したことのない、作為的な変化が急激に起こったからである。大気中の二酸化炭素は異常に増加し、海洋には本来存在するはずのない廃棄物が浮遊、大地には酸の混入した雨が降り注ぐ。山は削られ、木々が姿を消し、土が川に流れ出す。地球が生命を育む惑星であるための条件を、地球に生かされているはずの人類が、次々に破壊してきた結果だ。我々がいわば食いつぶしてきたこの地球環境を、健全な状態に復帰させるためには次の100年をもってしても不可能かもしれない。しかし、少なくとも今すぐにあらゆる可能性を追究し、人類が全力で環境回復に取り組み始めなければ、地上の生物が生存の危機に立たされる日がやがて訪れることになりかねないのだ。現在の我々にできる環境への働きかけとは何か、選択すべき未来への道とは何か——慶応義塾大学の茅陽一教授、マサチューセッツ工科大学の利根川進教授、クボタの木坂博幸常務取締役から、それぞれの異なる視点で寄稿していただいた。



Viewpoint 1 社会的視点

共生型技術の開発



茅 陽一
慶応義塾大学教授

略歴/昭和9年生まれ。32年東京大学工学部卒、同大学院数物系研究科電気工学・制御工学専攻博士課程修了。工学博士。米国マサチューセッツ工科大学講師、東京大学工学部教授を経て、平成7年より現職。システム制御工学を専攻分野とする一方、二酸化炭素による地球温暖化、エネルギーシステム運用などに関心を持ち、国連科学技術諮問委員、資源調査会委員、環境庁地球温暖化防止技術評価検討委員会座長などの他、平成元年から気候変動に関する政府間パネルの日本政府代表団顧問を務める。著書「エネルギーアナリシス」「社会システムの方法」「エネルギー新時代」(共著)「2001年・世界の中の日本—政治・経済・文化・技術の行方」(共著)他

今年1997年は、地球環境を考える上で重要な年になるだろう。6月にはAgenda21のフォローアップを行う国連総会が、12月には2000年以後の長期の温室効果ガス排出目標を定める第三回気候変動条約加盟国会議が開かれる。地球環境問題は、単なる環境問題というより、発展を続ける現代文明がその入れ物である地球の物理的制約に突き当たりつつあることを象徴した問題であり、その意味で人類にとって根幹的な重大問題であるといえる。

これに対する一つの解決策は、文明の成長を抑制ないしは停止させることだが、発展途上国の現状の貧困と飢餓からの脱却の要請は抑えることが出来ないこと、また人類文明は基本的には向上・発展を目指すことによって活性を得ていることを考えれば、ゼロ成長を答えとすることは現実的ではなからう。むしろ我々人類は発展の中に解決の方法を探すべきではなからうか。

しかし、一般的に発展ないし成長は、これまでの人類の歴史にみられるように、エネルギー資源の消費の拡大と環境への排出物の増大につながる。そうならないためには、科学技術の発展が鍵を握る。エネルギー面でいえば、エネルギー資源の消費と環境への排出物の出来るだけの低減が必要で、そのためにはエネルギー資源利用効率の向上と利用する資源・利用の方法のクリーン化というのが誰

しもが考え、また現在指向されている方向だろう。しかし、具体的にそれはどのようにしたらよいのか。

ここで考えてみたいのは、大規模技術の補完の方策である。本来、近代の技術は、コストの低減をはかるために機器・システムの大規模化・集積化をはかってきた。単機容量100万kWを超える発電機、年間処理能力数百万tに達する製鉄所の高炉などはそれを象徴する。また、年々都市化が進み、1,000万人を凌駕する大都市が次々に出現しているのも、集積が経済的に人間活動の効率化を生むからであろう。しかし、一方において、この大規模化・集積化が逆に働いているケースが増加していることは否定出来ない。というのも、大きい規模が有利に働くのは、それが高い稼働率で働く場合であり、稼働率が低下したときは大規模系は分散型の系よりもむしろ低効率になる。また、個別に行えばその地点の環境容量からみて対応可能でも、集積化が進んで環境容量を大幅に超え対応の出来なくなることもある。大都市のごみ問題、更には特に発展途上国で深刻な都市交通問題などは好例である。もう20年も前にロビンズがソフトパスの名で提起したのはこの欠陥を小型分散化という対照的な方法で解決しようという考えで、大変よくわかる発想だろう。

しかし、だからといって、大規模集積型技術を

一気に否定してしまうのも問題である。今日でも、大規模化・集積化が環境クリーン化の意味で望ましいケースはいくつかある。たとえば、集合住宅は住宅が隣接しているため戸建て住宅よりエネルギーの利用効率は20~30%は高いといわれるし、また個別のエネルギー供給より都市地域全体としての供給(地域熱供給)が、効率が高いことはいろいろなデータが示すとおりである。そして、多くの機器において、設備の製造面では現在でも規模のメリットは依然として存在する。こうした点を考えると、今後は、大規模化の持つメリットを十分に利用し、そのデメリットをさまざまな方法で出来るだけ補完することの方が得策である。分散化はいまでもなくその一つだが、更にここで取り上げたいのが①システム化 ②環境の利用の2つの方策である。

まずシステム化の促進だが、エネルギーや資源利用のカスケード化は既に多くの方面で実用化されつつある。コージェネレーションはその一つの例だが、今後は更に産業間のエネルギーにおける連携であるヒートコンビナート、あるいは産業から民生への熱供給などの拡大が要請される。最近、神戸の臨海地帯に発電所や工場廃熱を回収するネットワークを作り、市部に供給するという構想があるが、これなどはその典型であり、もっと推進されてよいだろう。また、米国におけるIndustrial

Ecologyや、国連大学の主唱するZero Emissionはいずれも産業間の連携によって一つの産業の廃棄物を他の産業で資源として有効利用しようとするコンセプトで、資源消費の最小化に向けての重要な動きと考えられる。

次にあげられるのは、我々をとりまく環境を何らかのエネルギー源として利用しようという考えである。いわゆる「未利用エネルギー」はその一つで、海、河、湖などの水、あるいは地下などは居住環境に比して温度差がありかつ熱容量が大きいソースである。従って低温度差の民生用温冷熱源としてももっとも利用されてよい。ヒートポンプの発展は、勿論その重要な一要素であろう。また、樹木が日陰を作り、また葉表面からの蒸発による温度調整機能を持つことを考えると、日本をはじめとする高温高湿の地域では、居住地域に出来るだけ緑を導入することがあらゆる意味で望ましい。

これまでの人類の文明は、自然と遊離した人工の世界を作ることによって発展してきた。それに対して、上記のような技術は自然のメカニズムをむしろ利用し、文明の中にとりこんでいこうという意味で共生型の技術といつてよいだろう。今後の文明の発展は、このような地球との共生の技術の開発にかかっていることを技術者は強く認識すべきであろう。



利根川 進

マサチューセッツ
工科大学教授

略歴/昭和14年生まれ。38年京都大学理学部化学科卒業。米国カリフォルニア大学研究員、バーゼル免疫研究所（スイス）主任研究員を経て、56年米国マサチューセッツ工科大学教授。免疫現象を遺伝子DNAの組み換え実験技術で解明、生命工学への貢献が大きく評価され、58年文化功労賞、59年文化勲章、62年ノーベル医学・生理学賞を受賞。その他受賞多数。米国マサチューセッツ州在住。現在、クボタのイメージキャラクターとして、各媒体の広告で活躍中。

Viewpoint 2
科学的視点

エネルギーダイエットへの道

生物学的に見れば、人類というのは他の生物と大きな相違はありません。遺伝子の働き方の基本は、バクテリアから人類までほとんど変わらないのです。従って、人類というのも、他の全ての種と同様、いずれは絶滅する運命にあると言えるでしょう。百歩譲って人類がうまく地球上で生き長らえたとしても、太陽という星の寿命まであと50億年位ですから、それまでに太陽系以外で生きる道を確保していない限り、地球の消滅と共にその命運も尽きることになります。

もっとも、地球が誕生して46億年、生命の誕生から考えてもまだ36億年、その間に地球がどれほどの大変化を遂げてきたか、どれほど多くの種の交代があったかを考えれば、人類があと1億年以内に絶滅して、次の種が台頭してくることは、大いにあり得るシナリオです。ちょうど恐竜が絶滅した後には哺乳類が出現してきたように。

4、5百万といわれる地球に生息する種の全体から見れば、人類が滅亡しようがすまいが、それでも地球は回り続ける訳で、知ったことじゃないと

いうことになるのでしょうか。しかし、我々人類にとっては、少しでも長く種を存続させるというのが、遺伝子上の命題ということになります。あらゆる生物種は、生命というものが現在の形で地球上に誕生しはじめた時から、この命題を背負っており、人類もその例外ではないからです。

恐竜は三疊紀から白亜紀にかけて、約1億5千万年生き、絶滅しました。鳥類として現在まで続いているという説もありますが、いわゆる恐竜というものではないので、絶滅したと言ってもいいでしょう。それに比べて人類は、誕生からまだ400万年弱、恐竜の40分の1の時間しか生きていないこととなります。それでも、人間が日々消費しているエネルギー量を、動物として生きる基礎代謝量に換算して人間の体重を計算すると、約40t級の生物になると言われています。これは中型恐竜をしのぐ大きさです。これだけの大きさの恐竜が日本だけでも1億2千6百万匹生存していると想像しただけで、このままではこの先そう長く続く筈がないことが、自ずと明らかでありましょう。

では、人類に課せられた、なるべく長く人類という種を存続させるという命題は、どのようにし

て実現していったら良いのでしょうか。

私は人間が人間であり続ける限り、即ち好奇心が続く限り、知りたいことを全部知ろうとし、やりたいことを全部やるだろうと考えています。従って、あるテクノロジーを開発することも止められないし、その利用を抑制することも非常に難しいでしょう。そうなると、人類が絶滅を先送りする方法は自らのエネルギー肥満を解消していくか、宇宙に飛び出して行って、巨大恐竜であり続けるか、あるいは遺伝的組織を変えて、自らの脳のメカニズムを変更し、現在の人類であり続けることをやめるかの何れかしかないこととなります。

このうち最も可能性の高いのが、自らのエネルギー肥満を解消していくという第一の方法でしょう。つまり、中型恐竜にまでふくれ上がってしまった人類の体重を減らす方法を積極的に探る訳です。過去の太陽エネルギーの蓄積である化石燃料を、大量に消費しなくても済むような、言い換えれば、太陽貯金がなくなる前に、現在ある太陽エネルギーだけで生活していけるような超効率的なテクノロジーの開発が、急速になされなければならないでしょう。有史以来、他の生物種はエネル

ギーのその日暮らしをしているのです。勿論、人類に、今さら原始生活をせよと要求するのは無理な話です。しかし、低エネルギー高性能テクノロジーの開発は、不可能なことではないでしょう。また、人々が、低エネルギー生活の方を、ライフスタイルとしてより快適であると本能的に感じ、自然に選択するようになっていくでしょう。現在人類が抱えている様々な問題、例えば地球の温暖化、砂漠化の問題は、結局、化石燃料の大量消費型社会の副産物です。太陽貯金をバンバン使って必要なエネルギーをつくり出しているから、過剰二酸化炭素の問題などが生じる訳です。従って、エネルギー形態を変えることで、他の環境問題は当然ながら徐々に改善されていく筈です。

では、人口問題はどうか。いかなる生物も、その数は食糧や住みかとなる場所の制約を受けており、その制約を越えて数が増え続けることはあり得ません。人類の場合もそろそろその制約がかかり始めているように思われます。確かに、私達の遺伝子には自分のコピーをなるべく沢山残す様に、プログラムされているのですが、つくり過ぎると、かえって食糧不足で死ぬ数が多くなります。しか

も育つ過程で、人口過剰による軋轢や問題が多くなり過ぎて、うまく次代にコピーを残していけなくなるという制約が働き、自ずと子供の数が多くなりすぎないようにするブレーキが働いてくるでしょう。例えば、子供をつくりたいと思う人間の数が減るとか、性的欲求の高い人間が減少するとか――。

また、種の多様性が失われていくという問題、これはひとえに教育の課題であると思います。種の多様性が、人類が生きのびていく上で如何に重要であるかということがよく理解されてくれば、無謀な森林伐採や環境破壊はできなくなっていくでしょう。また、こういった教育の浸透によって、人々のライフスタイルも電飾満載のレジャーランドで時間とお金を使うよりは、自然の懐に抱かれて生活の方が良いという風に変化してくることも期待できるでしょう。なるべく早いうちに、こういう大事な教育はなされるべきだと考えます。

このエネルギーダイエットに成功するだけの英知を人類が持ち合わせていることを、大いに願わずにはおられません。



木坂 博幸
株式会社クボタ 常務取締役

略歴/昭和11年生まれ。昭和33年広島大学工学部卒業、同年株式会社クボタに入社（当時は久保田鉄工株）。車両技術部長、内燃機関開発管理部長、技術開発研究所副所長を経て、昭和63年に取締役に就任。技術開発研究所長、電子技術センター所長を歴任し、平成4年に常務取締役役に就任。環境管理部・品質保証部担当、生産技術本部長、システム技術開発部長。

Viewpoint 3 実践的視点

企業経営における 環境保全への取り組み

文明、経済の発展と資源、環境の保全は、全人類の共通課題であり、企業においても重要な経営課題の一つである。1992年ブラジルのリオデジャネイロで開かれた地球サミットから5年目を迎えた今日、国や企業などが真剣になって環境問題への取り組みを推進しており、その内容は格段に進歩、充実し、具体的な対応がなされるようになってきた。こうした課題解決に対し、そのよりどころを技術開発に見出し、いかねばならないのは当然であるが、技術開発だけではどうにもならない点（例えば、環境保全コストを誰が負担するのか、個人の生活思想は今のままでよいのか、など）があるのも、また事実である。

さて、当社の環境保全への対応であるが、環境

と経済との共生を図りながら成長発展すべく、一歩一歩着実に前進するための努力を続けることが何よりも大切であると考えている。まず、当社の取り組んでいる環境保全の事例を簡単に紹介する。全社の環境管理に関する企画、立案、評価などを推進する部門としての環境管理部の設置は、今から25年前の1972年の公害管理部に始まり、1978年に現在の名称に改称した。また、当社が創業100周年を迎えた1990年には、クボタ創業2世紀ビジョンを策定、その中の一項目に「地球環境の保全に貢献できる会社」を掲げ、企業スローガンも「美しい日本をつくろう。」を設定、全社一丸となった体制づくりを行った。更に、1992年8月、クボタ地球環境憲章を定め、地球環境の保全

のための基本理念、行動指針および推進体制を開示して活動を開始した。続いて1993年4月には、クボタ中期環境主要目標（ボランタリープラン）を策定、これをアクションプランに展開して具体的な活動を推進中である。

次に当社の環境保全の中期的な重点活動の三本柱（1）地域環境保全（2）地球環境保全（3）環境監査について推進中のものを含めて簡単に紹介したい。

まず、地域環境保全は、当社が生産活動する上で一番基本となることで、大気汚染、水質汚濁などの公害を起こさないよう管理することである。法の定める規制基準値に対し自主管理値を定め、脱硫装置や水処理施設などを設置して日々これを管理している。

地球環境保全は、職制としての省エネルギー推進体制と委員会編成の地球環境委員会が推進をしている。省エネルギー推進体制は、事業所長をエネルギー管理統括者とし、1991年4月にスタートした。地球環境保全指標として二酸化炭素原単位、コストダウン指標として原油換算原単位をかけた、①省エネルギー型製造プロセスへの変更 ②省エネルギー型生産設備の導入 ③省エネルギー型操業の推進 ④コージェネレーション、ヒートポンプ等の導入 ⑤小集団改善活動による省エネルギーの推進等を図ってきた。

結果として二酸化炭素原単位で年率1.2%の低減、原油換算原単位で年率1.4%の低減を実現し、生産高比エネルギー費用でも年率3.5%の低減を達

成している。今後も、継続して努力し、国の目標値である年率1%以上の原油換算原単位の低減を目標に活動を続けていく。

地球環境委員会は各事業本部の役員を委員として1992年に発足した。下部組織として推進部会および分科会を作り全社的に推進している。当社商品を環境調和型製品（ECP）の視点から、①研究開発・生産の段階、②お客様に使って頂く段階、③廃棄・リサイクルの段階で見直し、組織を越えた横断的なテーマを取り上げて課題解決に努めている。第一期（1992年～1995年）の主な活動は次の通りである。①商品の環境負荷軽減対策では、オフロードエンジンの排出ガス浄化に取り組み、世界で一番厳しい米国カリフォルニア州の規制に合格した商品を供給した。②生産面でのオゾン層保護対策では、特定フロンの使用を早期に停止した。③産業廃棄物削減では、セメント汚泥や使用した鋳物砂をセメント原料や建材商品の原料として再資源化した。④物流面での環境保全対策では、全社的に商品物流の見直しを徹底的に行っているトラック台数を半減させた。⑤オフィスでのリサイクル対策では、分別収集を徹底させ古紙回収と再生紙の活用をほぼ100%まで高めた。特筆すべきことは、地球環境保全で始めた活動であるが省エネ、省資源、物流の合理化などでコストダウンの効果が現れ、環境対策が経営体質の強化につながることが実証された。第二期（1995年～1997年）は現在進行中であり、①産業廃棄物・リサイクル対策 ②環境と共生する新技術対策

③商品の環境負荷軽減対策の3分野について、新しい技術開発を志向したテーマを中心に推進している。

環境監査は国際的な動向を踏まえ、従来実施していた環境管理システムを大幅に見直し、1994年から本格的に導入した。クボタ環境管理システム（KEMS）をはじめ、大気汚染防止、水質汚濁防止、産業廃棄物処理・管理、地球環境保全、地域社会活動、作業環境管理の各分野ごとに管理体制を強化、実施状況をチェックし、総合的な評価を行っている。

さて、次に最近の世の中の動きから具体的に展開すべきものについて考えてみたい。大きな流れとして ①環境管理に関するISO規格化（14000シリーズ）およびJIS化、②ゼロ・エミッション運動、③インバース・マニュファクチャリング構想およびエコファクトリー構想などがある。

環境管理に関するISO規格のうちすでに発効されたものには「環境マネジメントシステム」「環境マネジメントの監査」などがある。規格化が予定されているものは、「エコラベル」「環境影響評価」「ライフサイクル・アセスメント」などがあり、認証取得を通じて当社の環境管理システムを整備し、経営体質強化の一助としていきたいと考えている。

ゼロ・エミッション運動は、国連大学で発表されたもので、廃棄物自体の発生がない循環型産業システムを構築していこうとする考え方である。当社でもこの考え方を取り入れ、工場内の廃棄物の循環利用や、A工場の廃棄物をB工場の原料と

して使用することなどを推進している。前者の例では現在研究中であるが建材工場でのコージェネレーションの排気ガスをアルカリ度の高い廃液の中に注入し、二酸化炭素を削減すると共に析出した物質を炭酸カルシウムとして建材の原料に再資源化することが挙げられる。また、水処理により出た汚泥を、原料として再利用するシステムを採用、水は循環して再使用している。また、後者の例としてFRPのバスタブを粉砕し建材の原料の一部に使うべく実証プラントで検証している。今後は各工場の原料と廃棄物の関連を調べ、工場間でのゼロ・エミッション化をさらに進めていく考えである。

インバース・マニュファクチャリング構想は、東京大学吉川総長らが提唱されているもので、リサイクルを前提とした循環型モノづくりを目指したものである。エコファクトリー構想は工業技術院機械技術研究所によって提唱されたもので、商品のライフサイクルコストを内在化した技術体系（設計－製造－使用－廃棄－リサイクル）の構築を目指すものである。両者とも将来のモノづくりの方向を示唆している。

環境にやさしい材料を使い、廃棄、リサイクルのことを念頭に置いて設計し、環境に配慮したつくり方をつくる、これが21世紀のモノづくりの基本となるものである。当社としてもこうした考え方を今後積極的に取り入れることにより、環境先進企業としての社会的責任を果たしていく所存である。



地球の自浄能力は 限界に達している

豊かさを追い求め、多くのモノを欲し、
そして作りだしてきた人類。
歴史はその足跡を文明の進歩として記す。

一方で、
かけがえのない自然を破壊してきたこともまた、
ひとつの事実である。

しかし、この問題を人類が認識したのは、
まだ最近のことにすぎない。

果たして、文明と呼ばれるモノは、
必ずしも未来の豊かさに
つながるものばかりなのだろうか？

現在の地球の大气が、水が、土が、生物が、
その答えを暗示している。

今、我々が環境保全を前提とした
新たな社会システムの構築に全力で取り組まなければ、
地球と人類の未来が危うい。

〔取材協力〕

敬称略/所属役職は取材時点

I

Kattara Projects/General Manager	ABD EL MAKSOUH TAEMA
Kattara Projects/Agricultural Engineer	SAID ABD ALLA
Kattara Projects/Agricultural Engineer	ABD EL AZIZ MOHAMED HESSIN
GARPAD (General Authority for Rehabilitation Projects and Agricultural Development) /Technical Adviser to GARPAD (JICA expert)	櫻庭 光一
GARPAD (General Authority for Rehabilitation Projects and Agricultural Development) /Under Secretary of Agricultural Development	MOHAMED M. FATAHALLA
AENRI (Agricultural Engineering Research Institute) /Director	ABDEL GHANY M. EL-GINDY
AENRI (Agricultural Engineering Research Institute) /Agricultural Engineer	ASHRAF EL SAID EL SHAZELY
Desert Development Center (The American University in Cairo) /Director (Sadat Location of Desert Development Center)	MOHAMED A. SABBAN
KUBOTA Corporation (Cairo Office) /General Manager	相馬 隆一
KUBOTA Corporation (Cairo Office) /Junior Staff	TAREK MOHAMED ATER OSMAN
KUBOTA Corporation (Cairo Office) /Driver	MOHAMED ABDOU ALY AZZAM
株クボタ/プロジェクト推進室 かんがい緑化プロジェクトチーム 主査	久保田 光雄
株クボタ/プロジェクト推進室 かんがい緑化プロジェクトチーム 課長	本間 連
株クボタ/プロジェクト推進室 かんがい緑化プロジェクトチーム 課長	平賀 義彦
株クボタ/プロジェクト推進室 かんがい緑化プロジェクトチーム	寺川 幸士
株クボタ/プロジェクト推進室 かんがい緑化プロジェクトチーム	谷川 淳

II

株クボタ/環境プラント事業部 SRプロジェクトチーム 主査	井上 芳郎
株クボタ/技術開発研究所 都市環境プロジェクト 課長	渡辺 正彦
株クボタ/ポンプ研究部 部長	待島 秀樹
株クボタ/ポンプエンジニアリング部	加茂 直
株クボタ/粉砕機器技術部 課長	田中 貞夫

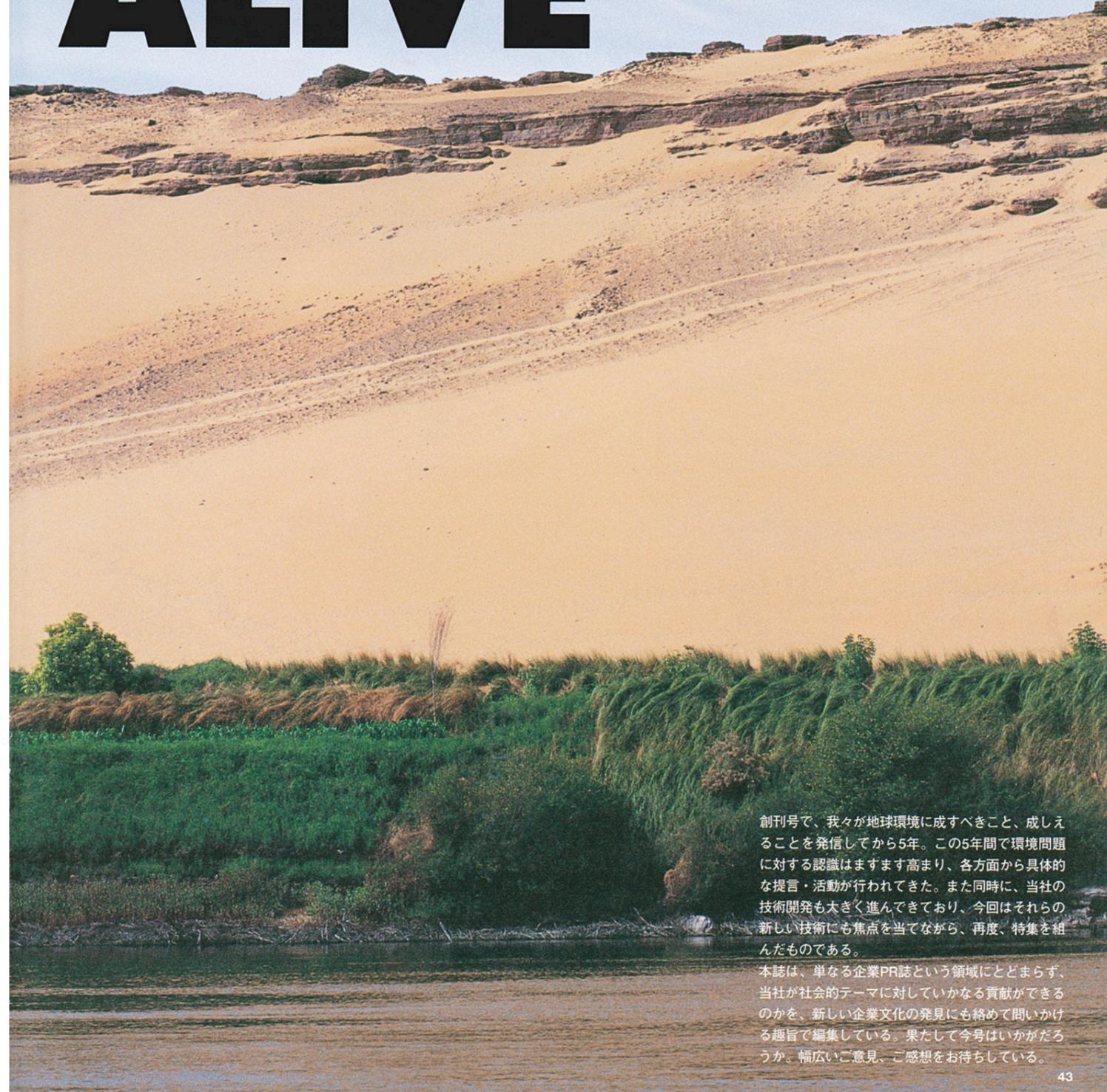
III

Wessex Water Services Ltd./Concept Group Manager	ANDREW RANDLE
Wessex Water Services Ltd./Project Manager	STEVE CHURCHOUSE
Wessex Water Services Ltd./Capital Planning Manager	RICHARD HODGSON
Wessex Water Services Ltd./Principle Engineer	PHIL HUMM
The Environment Agency/Head of Water Pollution Control	MARTIN GRIFFITHS
Surfers Against Sewage/General Secretary	CHRIS HINES
KUBOTA Corporation (London Office) /General Manager	坪井 勝
KUBOTA Corporation (London Office) /Marketing Executive	GEOFFREY ARMSTRONG
KUBOTA Corporation (London Office) /Secretary	SACHIKO BRUNNING
株クボタ/水処理技術部 副部長	山田 豊

IV

株クボタ/事業開発室 BBプロジェクトチーム 主査	野口 博
株クボタ/事業開発室 BBプロジェクトチーム	姫島 正樹

KEEP THE EARTH ALIVE



創刊号で、我々が地球環境に成すべきこと、成しえることを発信してから5年。この5年間で環境問題に対する認識はますます高まり、各方面から具体的な提言・活動が行われてきた。また同時に、当社の技術開発も大きく進んでおり、今回はそれらの新しい技術にも焦点を当てながら、再度、特集を組んだものである。

本誌は、単なる企業PR誌という領域にとどまらず、当社が社会的テーマに対していかなる貢献ができるのかを、新しい企業文化の発見にも絡めて問いかける趣旨で編集している。果たして今号はいかがだろうか。幅広いご意見、ご感想をお待ちしている。



Kubota
美しい日本をつくろう。



株式会社クボタ