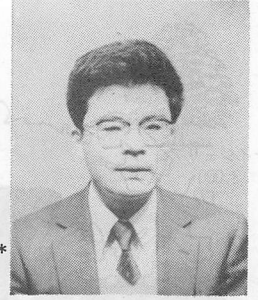


■ 展望・解説 ■

# 地球的な規模での自然エネルギーの活用

## Large Scale Application for Natural Energy



岸 浪 紘 機\*

Kooki Kishinami

### 1. 緒 言

最近、私は英国西南部（カージフ・ウェールズの地）の大西洋に面する深い入り江プリストル湾セーバン河流域に世界一の規模の潮力発電計画が2000年の完成を目度に進んでいることを知った<sup>1)</sup>。図-1に示すように長さ200kmの深い入り江と満干潮差（通常7.5m，新満月時14.1m）を利用して，河口から50km，100kmのところにて7.1km，16.3kmの堰を設置した複池形式とするもので，満干潮差による発電と揚水発電および河川の蓄水による発電を行って，各池が年間144億kwh，28億kwhの総計172億kwhのエネルギーを得よう

とするものである。その平均的な発電能力は4712万kw/日（196万kw）と大型原子力発電所並であり，石炭換算年間800万ton（発熱量5500kcal/kg）のエネルギーが半恒久的に得られることになり，今更に自然エネルギーの巨大さに驚かされる。このような企画は，フランスにおいてブリュタニウ半島ランス河計画，カナダ，ノバスコシアのファンディ湾計画，アルゼンチンのパイヌエバ計画など規模は小さくてもかなり有るらしい<sup>2)</sup>。

一方近年，地球的な環境は産業革命以来急増したエネルギー・産業廃棄物を主因とした地球の温暖化（CO<sub>2</sub>の急増と天候異変），オゾン層破壊（紫外線の地上到

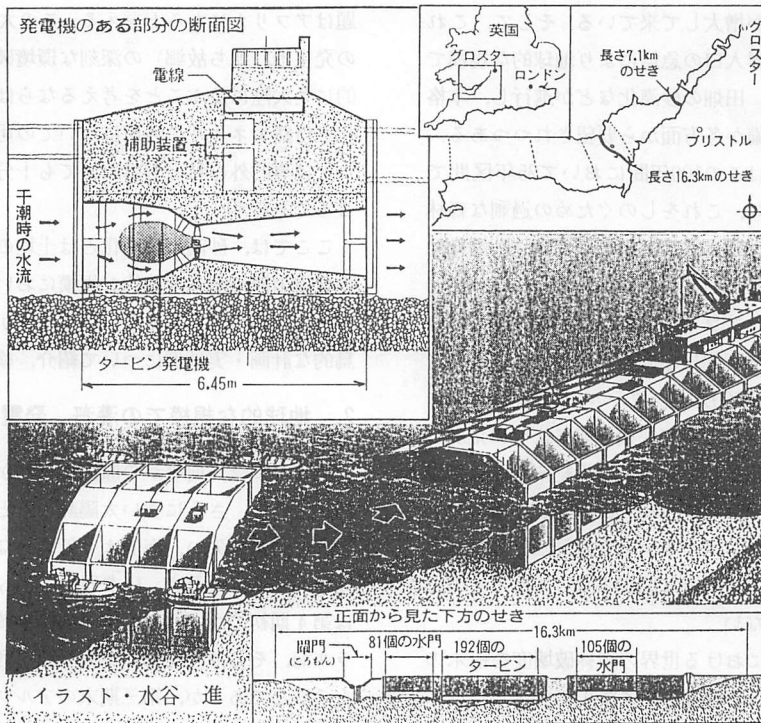


図-1 プリストル湾複池形式大規模潮力発電所概要<sup>1)</sup>

\* 室蘭工業大学工学部機械システム工学科 助教授

〒050 室蘭市水元町27-1

### 減る熱帯雨林・進む砂漠化

世界資源研究所1986年資料、国連環境計画資料による  
数字は、熱帯雨林の年平均減少面積(平方°)

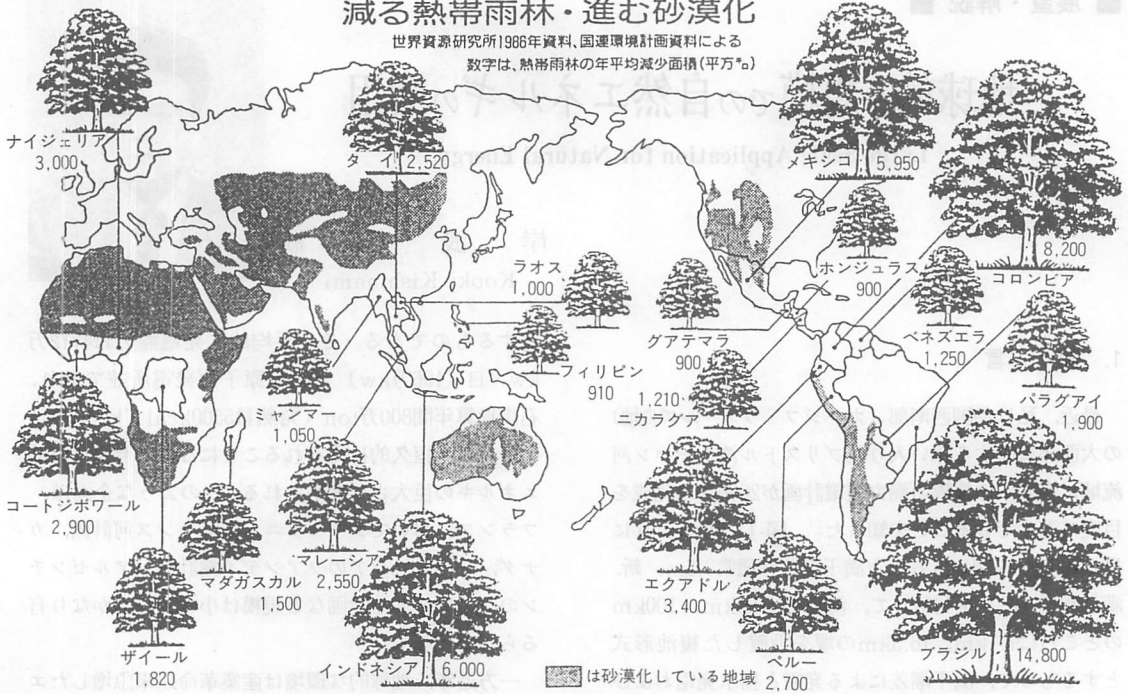


図-2 樹木の大きさで示す世界の森林破壊度<sup>1)</sup>

達)、酸性雨(針葉樹林帯の壊滅)、海洋汚染、廃棄物越境などの悪影響が増大して来ている。そして、これらの相乗効果と世界人口の急増により地球的な規模での熱帯森林の減少、田畑の砂漠化などが進行し、本格的な地球環境の整備が各方面から要望されつつある。

特に、世界人口はこの100年間において25年区間で2倍増の傾向にあり、これをしのぐための過剰な森林伐採による農牧畜地化は近年、田畑の荒廃、砂漠化助長と裏目となってきている。この典型例として、1970年代初期に始まったアフリカ大陸南西部緑地帯サヘルでの砂漠化現象は80年代はじめ全アフリカに拡大し、今日世界規模で年間600万ヘクタール(九州と四国に対応する)の土壌がほとんど回復不能なまでに荒廃して、このままでは新大陸を含めて今世紀末までに世界の肥沃な土壌の1/3が失われると予測されている。従って、食料問題はエネルギー・地下資源などの問題と並んで今後の世界的に大きな問題となってくるものと考えなければならない。

図-2には、現状における世界の森林破壊度を樹木の大きさで示すが<sup>1)</sup>、この趨勢はアフリカ大陸ではなくて南米、北米大陸において深く進行していることを同わせる。しかし、陸地あたりの砂漠化面積率はアフリカ大陸と中央アジア(カスピ海などの大海の存在が砂

漠化を阻止している)において著しく、寸刻を争う問題はアフリカにあると言える。この大陸(私たち人類の発生地、即ち故郷)の深刻な環境破壊は直接、間接的に全大陸に及ぶことを考えるならば、この地区の緑化と自然エネルギーの活用についての可能性を考察することは専門外の私どもにおいても十分に意義のあるところであろう。

ここでは、砂漠の農業化とは土地の灌漑、併せて水力発電の観点から地球的な規模において、灌漑(農業化、食料の自給)ができてエネルギーが得られる一石二鳥的な計画・実地例について紹介、検討してみたい。

### 2. 地球的な規模での灌漑、発電計画

地球上には、何等かの原因によりかつて繁茂した森林が失われ、さらに強い太陽熱のもとで天然の蒸発皿として湖水を失い、海面より低地となった場所がかなり存在する。例えば、日本列島よりも大きなカスピ海は第4期初めまでサルマチア海の中核として黒海、アララ海、そしてハンガリー大平原を含む大海であったとのことであるが、第三期末のアルプス造山活動により地中海とつながり以降急速に陸地化してきた地質的な歴史を有している。現在、カスピ海はロシア第一級の大河ボルガの流量量をもってしても縮小低下しつつ

あり、現在その海面は標高-28mとして、この落差をボルガの低落差大容量水力発電とこの北部地帯の大規模灌漑に利用している。この事実は、日本列島が28mも沈むほど太陽熱による自然の蒸発量が如何に大きなものであるかを、そしてロシアの穀倉地帯は長期的には乾燥化に向かっていることを暗示させる。そして、大河がなければ、この地域は先史の昔に海面より低い砂漠地となっていたはずである。

ここでは、緊急の問題に直面するアフリカ大陸にスポットをあてて、これまでに提案された大規模灌漑、発電計画を検討してみたい。

2.1 Pierre Gandrillionのヨルダン峡谷灌漑発電計画 (1925)<sup>2)</sup>

地中海イスラエル側海岸から平均60km離れたヨルダン側にヨルダン峡谷と呼ばれる低地がある(図-3, 4, および5参照)。この北部チベリアス湖(海面は-212m標高)を発するヨルダン川は100km南下して海面下392mの死海に入る。即ち、死海表面からの蒸発

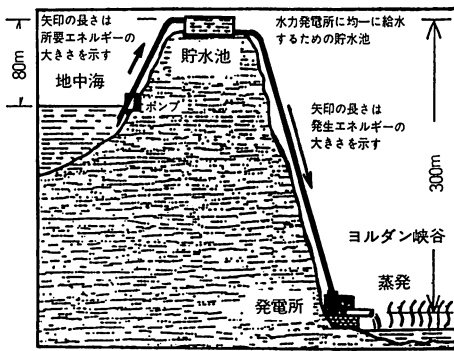


図-3 ヨルダン峡谷水力発電原理<sup>2)</sup>

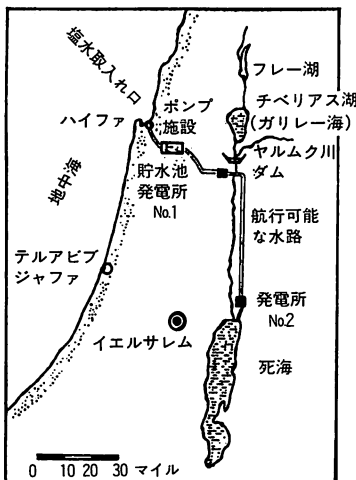


図-4 ガンドリオン計画<sup>2)</sup>

量がヨルダン川からの流入水に釣り合い、海面下392mとなっている。

この事実に注目したガンドリオンは、ヨルダン川上流部をダムでせきとめ、その川水をすべて灌漑に利用(この地域の農地化)、かわりに地中海と40kmしか離れていないゴールという地点の標高79mの所に貯水池を設け地中海より海水を汲み上げ、そこからヨルダン川までの300mと死海までの90mの落差を利用して発電することを提唱した。図-3, 4に示すように、79mの揚水に要するエネルギーよりも300mの落差による発電量がより大きいため、全体として大きなエネルギーが得られる主旨である。戦後、米国人もパレスチナを視察して<sup>2)</sup>、同様の計画を全く独自に提案している。

現在、この計画はイスラエル、パレスチナ、ヨルダンの難しい政治上の理由により実現不可能となっている。しかし、実現の可能性は100%確実とされている。

2.2 エジプトカタラ低地の灌漑、発電計画<sup>2)</sup>

ナイルデルタ横の砂漠地エルアラメーン近傍地中海から60kmの地点に幅100km、長さ180km、総面積1.8万km<sup>2</sup>(米国オンタリオ湖におなじ)の広大な海面より低いカタラ低地がある(図-5のアフリカ大陸の河川図参照)。その北部半分は-48m、残りの南部は-133mの低地であり、上述のサイホン方式を利用すればヨルダン峡谷よりも10倍の灌漑能力と、5倍程度の発電能力を有する有望地と考えられている。計算によれば、地中海からの海水流入量1265m<sup>3</sup>/secでカタラ湖水深30m、落差30mで半永久的な平衡が得られるとされている。この場合、35万kwの発電エネルギーとこの地区の灌漑、緑地化さらに気候の温暖化などが期待されている。エジプト政府は、第二のアスワンとして検討しているとのことであるが、個人的には、むしろ100~150km上流のナイル河から直接カタラ低地へ淡水を導入、灌漑・発電するほうがより有効なように思われる。

2.3 日本におけるデザートアクアネット構想<sup>1), 3)</sup>

上述の厳しい砂漠乾燥地帯において莫大な発電を企画しても、その電力を十二分に活用する顧客が必要になる。この電力を利用して砂漠の緑地化、灌漑を行うデザートアクアネット構想が日本の通産省、清水建設(株)などを中心にして提案され、近年注目されている。それは、全世界陸地の1/3をしめる砂漠の緑化計画の一環として提唱されたもので、砂漠に径30km、外周100kmの新素材からなる人口湖を150km間隔で設置して、その間を運河でつなぎ海水をポンプで揚程し



図-5 アフリカ大陸地形概要

て人口湖を満たしつつ再び海に帰す構想である。この場合、莫大な電力が必要となるが、上に述べたような方式で得られる電力を活用することが考えられる。しかも海水の蒸発蓄積による岩塩生成の問題がないことに新鮮味がある。

このようなプラントの設置により、砂漠内陸部の気候は湿潤になり昼夜の温度差が緩和され、塩水で繁茂するマングローブとヤシの茂る緑地化、さらに海水の淡水化による灌漑農業などの確立が予測される。本計画は、5.4万km<sup>2</sup>の面積に人口湖7、運河1800km、揚程ポンプ4の小規模のものをプラントユニットとしている。

### 3. アフリカ太古の湖水復元計画—ゼーゲル海<sup>2),4)</sup>

地球上最大の砂漠不毛地帯であるサハラ砂漠を海にする企画はかなり以前より提唱されているが、確実性

のある計画を、本論のまとめとして紹介・検討する。

今日、最悪の緑地破壊、砂漠化進行地帯となっているアフリカ大陸(日本の80倍の面積、5倍の人口)には、図-5に示すように北緯30~15°にサハラ砂漠地帯が、赤道地帯に熱帯多雨林コンゴ盆地が、そして南緯15~30°にカラハリ砂漠が続き、その平均標高600mの高原地として、世界的なナイル河、ニジェール河、コンゴ河(世界有数の流量と大落差)、ザンベジ河など熱帯多降雨林地帯を水源とした大河が走り、東部にビクトリア、タンガニイカ湖などの大地溝帯が続いている。それら河川の流量は我々日本人の感覚をはるかに越えるものであるらしく、コンゴ河など中流域でも河幅が12~50km前後であり、未開発であるが全世界水力発電能力の40%をこの大陸が有するとのことである。

サハラ海実現の初期の提唱者は、サハラ砂漠南部に



図-6 ゴンゴ湖およびチャド海が実現した場合のアフリカ予測図<sup>2)</sup>

存在する伝説的な巨大湖チャドという湖に注目した。近年急速に縮小化しているが、それでも九州の面積に匹敵するこの湖は先史10000年前はぼカスピ海にあるいはそれに数倍する淡水海として<sup>1)</sup>、サハラを緑の大地にしていたと言うかなり真実性のある学説がある。現在、この湖はシャリ河というわずか800km南の熱帯降雨林地を水源にしているが、そこは世界的な大降雨の地ゴコンゴ盆地の北限であることが重要なことと思われる(参照図-5)。ゴコンゴ河は世界的な熱帯赤道の大降雨地ゴコンゴ盆地を貫流する大河であり、地平線上に何も見えないウバンギ大湿原、ザイル草湿原を通過して、ゴコンゴの森に降る雨水を集め、ウバンギ河と合流して河幅15km、その平均流量8〜13万ton/secの状態ではケナルと呼ばれる3km幅の急峻な丘陵地帯を通り、首都レオポルトビル近傍のスタンレープールの平原地に入る。そこから再び、大西洋側山岳地に入り、300km区間に30の急流と早瀬を造り、落差250mで大西洋に落ちる。即ち、東、南、西側を900m〜1500mの山地で囲まれたゴコンゴ盆地は、先史時代のごく初期、大西洋側の山脈、丘陵地を破ることに成功するまで巨大な内陸湖としてチャド海を養い、サハラを緑の大地にしていた黒幕であったと考えられている<sup>2)</sup>。

この事に注目したHerman Sörgel(ドイツの土木・建築家、Panropa計画の立案者として著名)は、戦前次のようなサハラ緑地化計画を提唱している。即ち、

第一段階として、スタンレープール上流急峻地にダムを設置してゴコンゴ河をせきとめ巨大なゴコンゴ湖を復活させ、第二段階として、満水後ウバンギ河上流を北進するゴコンゴ湖からの流出水はチャド湖を養うシャリ河に合流して、最終的にチャド湖を10000年前の姿に、従ってサハラを緑の大地にしようとする壮大な構想である。彼はゴコンゴ湖の造成を5〜10年程度のスパンで可能と主張しているが<sup>1)</sup>、さらに最終的にチャド湖が拡大してゼーゲル海となつて、地中海への出口をカーベ湾に想定している。この概要を図-6に示す。

しかし、今日的にはまだ有効な方策があるように思えてならない。個人的には、チャド湖をある程度の大きさに保持するように、大ゴコンゴ湖の水面を調節する、即ち、スタンレープールの巨大ダムの放水発電による莫大な電気エネルギーの活用が将来的により重要と考える。例えば、ゴコンゴ河の流量は既に述べたように8〜13万ton/sec、河口までの落差250mにダムの水位250mを加えた500mの落差を利用すれば4〜6.4億kwの発電能力を有することになる。従って、この3/4はサハラの緑化に、1/4を発電に利用するとしても、1〜1.6億kwの莫大な電力(100万kwの火力発電所100〜160ヶ所)が得られることになる。もし、このようなサハラ(チャド)海の実現が可能となれば、塩害の伴わないサハラの緑地化と人の住める灌漑農業の大地化、さらに間接的にエチオピアの農業の安定化など気候の緩和に貢献し、最終的には地球の温暖化あるいは地球上の長期的な気候調節等に対する有力な対策となるものと思われる。

ゴコンゴ河口での莫大な電気エネルギーはその消費者がいないため無意味と考えられがちであるが、地球規模においてアマゾン、ニューギニアなどのボーキサイトと組み合わせた巨大アルミニウム精錬コンビナート、さらに無限の電気エネルギーを利用した巨大鉄鋼コンビナートなどすれば世界人類と経済のために、そして現地の人々と社会に十分貢献できるものと思われる。さらに将来的には、マイクロ波送電工学などの発展にともない宇宙ステーションと組み合わせた電力供給網を造り、世界の電力需要に対する水源の役割とすることが期待される。

ここで、ゴコンゴの国家人口2000万人の過半数が首都レオポルトビル近傍に住んでいるとしても、水没による難民問題、熱帯森林喪失など人道、地球環境上の問題が残る。従って、その決定権はあくまでも現地アフリカの人々に優先することを銘記せねばならない。

この企画は地球的な規模の大きさということで戸惑いを感じるが、このミニ版はより強く考慮する価値があるものと思われる。例えば、レオポルトビル以降の急流落差地(250m)のみを(従って、ゴング盆地は水没しない)水力発電に利用したとしても2~3億kwの莫大な電気エネルギーが得られることになり、今後のエネルギー問題に対して一つの解決策となる様に思える。

#### 本構想に対する個人的な一私見

本文の終わりとして、コンゴ盆地北部のウバンギ河上中流域のダムの設置により小規模コンゴ湖を造成しチャド湖の水源として、人道上、地球環境上の問題を最小限に回避しつつ、サハラの緑地化につなげる可能性について個人的な見解を述べてみる。

例えば、ウバンギ河上流のバンギ近傍(図-5中④)にダムを設置し、築堤施工において貯水される湖水面は若干の掘削工事を必要、あるいはさらに山越えを必要とする場合には、本文2.1で述べたようなサイフォンの原理に依る揚水方式を活用することで、ほぼ平坦な60km北部のシャリ川支流に容易に到達するものと思える。このような工事において、コンゴ河の流量が著しく減少する危ぐが指摘されるが、長期的には流量の増大につながることになる。それは、太陽熱を最も強く受ける赤道近傍の無風帯上昇流が赤道地域の多雨の主因となるが、降雨後の乾燥上昇流は南北緯15~30°に存在する砂漠と乾燥サバンナ草原帯に降りて赤道に向かう、地球的な規模の対流循環機構を考えれば明らかである。即ち、サバンナ草原に逆流したウバンギ河水はかなりのタイムラグがあるとしても、この地帯を湿潤にして地上に高湿度空気を生成させることになる。そして赤道に向かう大気循環風に乗って、赤道地帯をより多雨地とする。従って、大西洋に流出するゴング河川の一時的な減少分が、長期的には莫大な追加降雨となって赤道地帯に降り、結果的にコンゴ河水量の回復、増大、さらに北部草原地帯の湿原化とチャ

ド海の復帰を助長し、サハラの緑地化を累乗的に加速するものとする。そして、この調整は現状に数倍することが予測されるダム放水発電によってなされるべきであろう。

#### これまでの砂漠の緑化活動

ここで、日本における小規模・現実的な砂漠化防止につながる諸活動について若干紹介してみる<sup>1)</sup>。一つは、サヘルの子などのボランチアが設置され、日本人を中心にして西アフリカ、エチオピアなどで、強い耐水性を持つタマリスク、アカシア、ユーカリなどの植樹、森林育成を行って局部的な緑化に成果を上げている。一方、緑地の荒地・砂漠化阻止の有効策として、紙おむつに使われる高吸水性樹脂(自重の500~1000倍の吸水能力を有する)を砂漠ないし荒地の土壌に混ぜて僅かの降雨を確実に長期的な土壌水確保とすることで樹木の育成を図る方式が各方面から注目されている。

#### 4. 結 論

以上、地球的な規模における自然および自然エネルギーの活用について、主に地球上最も大きなアフリカ大陸の砂漠に限定して灌漑、発電計画を紹介、個人的な検討を加えた。本文に述べたことは、自然現象全般にわたる地球物理学的な考察が十分に為されて、始めて実施されるべきである。

本文が今後、この種の詳しい報文の出発となれば幸いである。

#### 参 考 文 献

- 1) 朝日新聞記事, 昭和60年~平成元年
- 2) Willey Ly 著, 猪瀬寧雄訳; 技術者の夢(1973) 森北出版
- 3) 雑誌オムニ, No.12(1988), 30~32.
- 4) ルーシン著, 竹内均訳; 地球を生かす気候改造(1974), 東京図書