

## 水とエネルギーと食料問題

### 解決のカギは常に三位一体で考えること



グローバルウォータ・ジャパン代表 国連環境アドバイザー 吉村 和就

1972年荏原インフィルコ入社。荏原製作所本社経営企画部長、国連ニューヨーク本部の環境審議官などを経て、2005年グローバルウォータ・ジャパン設立。現在、国連テクニカルアドバイザー、水の安全保障戦略機構・技術普及委員長、経済産業省「水ビジネス国際展開研究会」委員、千葉工業大学非常勤講師などを務める。著書に『水ビジネス 110兆円水市場の攻防』（角川書店）、『日本人が知らない巨大市場 水ビジネスに挑む』（技術評論社）など。

世界の水問題を考えるとき、常に「水・エネルギー・食料問題」は三位一体で考えなければ、その解決策を誤るだろう。なぜなら、水とエネルギーと食料はわれわれ人類にとって切っても切れない関係にある。しかしながら多くの論議では、その分野の専門家が、それぞれの専門分野でのみ正当性を主張し、他の分野に言及しない場合が多く、たまに言及しても数値やデータに乏しい。そこで今回は、「水とエネルギーと食料」問題について三位一体で考えてみたい。

### 水とエネルギーとの関係

水と食料との関係は誰でも簡単に推測ができるが、水とエネルギーとの関係は複雑である。しかし常に言えることは、水はエネルギーを支えている裏方の主役であるということである。まずは水力発電からみてみよう。

#### (1) 水力発電

世界の持続可能なエネルギーの代表格は水力発電である。世界の総

発電量の15～20%が水力発電で賄われている。総発電量に占める水力発電の割合が高い国は、ノルウェー(99%)、ブラジル(80%)、カナダ(59%)、スイス(56%)である(IAEレポート、2008年)。発電量で見ると、世界で最も水力発電量の多い国は中国である。では、世界の包蔵水力はどのくらいあるのだろうか。

世界エネルギー会議の07年度報告書では、理論的な包蔵水力は約4万1200TWh/年であるが、技術的に開発可能な水力発電は約1万6500TWh/年である。仮にすべて開発できれば、これは06年の全世界の総電力需要の約87%に相当するが、水は地産地消の天然資源であり、国により、地域により、また平

均降雨量により大きく開発率が異なるだろう。全世界平均の水力開発率はわずか17%であり、世界各国にとってさらなる水力開発は重要な政策テーマである。

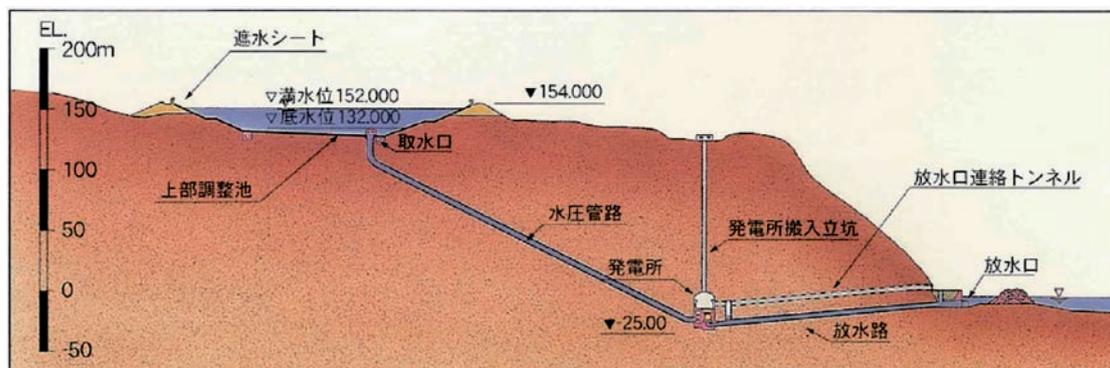
最も開発が進んでいる欧州は約26%であり、欧州ではさらに水力発電を加速するために、欧州連合(EU)指令で河川環境の保全に配慮した水力開発を進めている。それは単に技術面だけではなく、再生可能エネルギーの買い取り策として、①固定価格買い取り制度の拡充(EU加盟国中、18カ国が採用)②割り当て制度(グリーン電力証書)③財政支援制度(補助金、税制控除など)を強力に推進している。最も水力開発が遅れているアフリカ諸国の開発

アジア主要国の水力発電事情

国名	理論上開発可能	技術的に開発可能	経済的に開発可能
中国	6,083	2,474	1,753
インド	2,638	660	600
インドネシア	2,147	402	40
ネパール	733	151	15
日本	718	136	114
パキスタン	480	219	N.A
ミャンマー	342	130	N.A
全アジア地区	16,285	5,523	N.A

(注) 単位: TWh/年 N.A: データなし 出所: World Energy Council 2007

図1 沖縄やんばる海水揚水発電所の断面図



出所：同発電所パンフレットより

率は4.5%である。

では、人口の増加と大きな経済発展が期待されているアジア主要国の水力発電事情はどうだろうか。

中国における理論上の開発可能な電力は世界最大で、技術的に開発可能な水力も2474TWh/年と世界最大である。ちなみに第2位は米国(1752TWh/年)、第3位はブラジル(1488TWh/年)である。

中国は国家プロジェクトとして「西電東送プロジェクト」を実施している。これは、中国の西部地区(湖北省、四川省、雲南省、内蒙古など)に豊富に存在する水や石炭資源を利用して水力発電所や火力発電所を建設し、その電力を経済発展の著しい東部沿岸地域(広東、上海、江蘇、浙江、北京、天津など)に送るものである。湖北省にある世界最大の三峡ダムは2010年に完成し、1万8200MW(年換算49.2TWh)の電力を生み出している。

また、全アジア地区における技術的に開発の可能性がある水力発電量(5523TWh/年)は、日本の総需要電力の約6倍も存在するといえる(日本の総電力需要量は919TWh/年、07年)。

このように、アジア諸国にとって水力開発は大きなエネルギー政策のポテンシャルを有することがわかる。

## (2) 揚水型水力発電

揚水型水力発電は水資源の位置エネルギーの再利用であるが、近年は巨大な蓄電池として活用されている。欠点としてエネルギー的には約30%の電力損失(100%揚水電力で70%の発電)を生じるが、次のような特徴を有している。

- ・巨大な蓄電池であり、安定性がある
- ・エネルギー効率が比較的高く、巨大な電力貯蔵ができる
- ・設備寿命が長い、信頼性が高い
- ・起動停止時間が短く、出力調整が容易で電力平準化対策に最適
- ・夜間電力の効率的利用ができる(ベースロードの電力利用)

EPRI(米電力研究所)の報告などによると、09年に世界中で発電された揚水型電力は127GWに及び、主に大規模な電力制御網の負荷調整役として用いられている。欧州では38.3GW(欧州全体の電力容量の5%)を調整している。日本では25.5GWを米国では21.5GWの電力需要を揚水型電力で調節している。

世界で最大の揚水型発電所は米バージニア州バース郡にあり、総出力は3003MWで高さ671mの上流ダムから毎秒852m<sup>3</sup>の水流を落下させ、500MWのフランス型発電水車6基で発電している。

揚水型発電設備での日本勢の技術力は高い。05年、東芝は単機容量のポンプ水車では世界有数の728mの揚程を持つ機器を東京電力・かんながわ神流川発電所に納入している(最大出力2820MW)。また、海水を用いた揚水型発電所は「やんばる海水揚水発電所」(沖縄県国頭村)でJパワー(電源開発)が保有している。同発電所は、海水を地上部の調整池に汲み上げ、落差136mを確保し3万kWの発電を行っている。海水を扱うため、防食や塩分に強い機器や配管を備えるなど、日本メーカーは世界最高級の技術を有している。

## (3) 水とバイオ燃料

化石燃料に代わるバイオ燃料(主にエタノール、トウモロコシや小麦、サトウキビなどが原料)

栽培にも多量の水が使われている。2005年における世界のエタノール生産量は約8500万klであるが、

用途別需要をみると、そのうち約7割が燃料用として使われている。残りは工業用と飲料用である。10年時点での世界最大のエタノール生産国は米国(約4900万kl)であり、第2位がブラジル(2600万kl)と続いており、両国合わせて世界生産シェアの約9割を占めている。その後中国、EU、インドが続いているが、その量は上位2国と比べると非常に小さい数値である。これらのエタノール生産国では、ほとんどの量は自国内で消費されており、実質上、輸出能力があるのはブラジル一国に限られている。

バイオエタノールの増産がもたらす影響は、まず食料由来の原料であることから、作柄(降雨量が大きく左右する)次第で穀物相場に大きな影響を与えることである。現在、約半世紀ぶりの大干ばつが米国中西部の農家を直撃している。中西部は世界最大のトウモロコシと大豆を生産する地域であるが、米農務省によると、全体の約9割が干ばつの影響を

受けていると報告している。

このように大規模な干ばつが広がる中、シカゴの穀物相場が急騰している。特に問題なのがトウモロコシの争奪戦「食料・飼料用か、それともバイオエタノール用か」である。7月30日、米国の畜産関連団体は、米環境保護局(EPA)に対し、バイオエタノール向けトウモロコシの需要を減らすように要請している。この背景はEPAの地球温暖化対策の規制として15年までにバイオエタノールの使用を150億ガロンに伸ばすよう求めている。この規制に従えば、今後のトウモロコシ収穫量の約4割がバイオエタノールの生産に使われることとなる。

これに対し、畜産関連団体は「バイオエタノールの規制を1年間にわたり全面停止か、もしくは使用料を減らす」ように要求している。バイオエタノールの需要を抑えなければ、飼料用のトウモロコシが不足し畜産業界に大きな打撃を与える恐れがあるからである。7月半ばに中西部に

降雨が観測されたが、穀物商品アナリストによると「作柄の改善は難しい」との見方である。米国の干ばつ被害は、全世界の穀物相場とバイオ燃料確保に大きな影響を与えている。

#### (4) 水が主役のシェールガス回収

世界的にエネルギー資源確保と水資源問題が注目されている。カナダ、米国、欧州、豪州で開発が進んでいる新しいエネルギー資源として注目されているシェールガスを例に挙げよう。

ガスを取り出す頁岩(シェール)は堆積された泥岩の一種で薄片状にはがれる性質を持ち、有機物量が多いが、層が硬いために、その中に封じ込められたガスや石油成分を取り出すことが困難だった。従来は自然にできた割れ目からガスが採取されていたが、2000年代から水を注入することにより人工的に割れ目を作る水圧破砕法が開発され、さらに井戸を水平掘削する技術の普及と相まって大量のガス採取が可能になった。

水圧破砕で使われる水は、1本の井戸あたり3000~1万m<sup>3</sup>であり、注入水の成分として、水が約90%、細かい砂(プロバント)が9%、その他の化学物質が1%程度であり、頁岩の種類や採取ガス量により成分比率(多くは企業秘密)を調節している。米国ではエネルギー資源の約半分をシェールガスで賄う計画を進めており、毎日大量の水が地下注入されている。最近では水質汚染による訴訟問題(全米で44件)や水圧破砕法による微小地震問題も発生している。

#### (5) 水と地熱発電

二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を出さない持続

図2 米国のバイオエタノール工場分布図

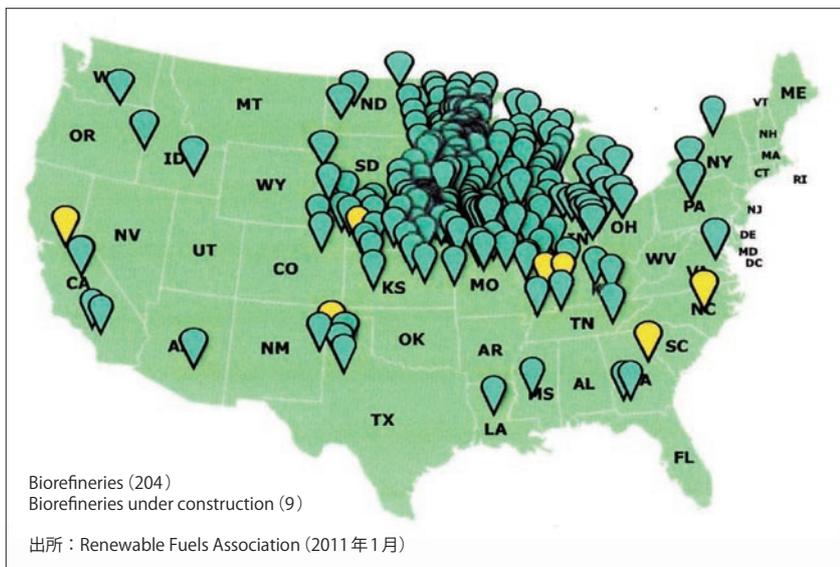
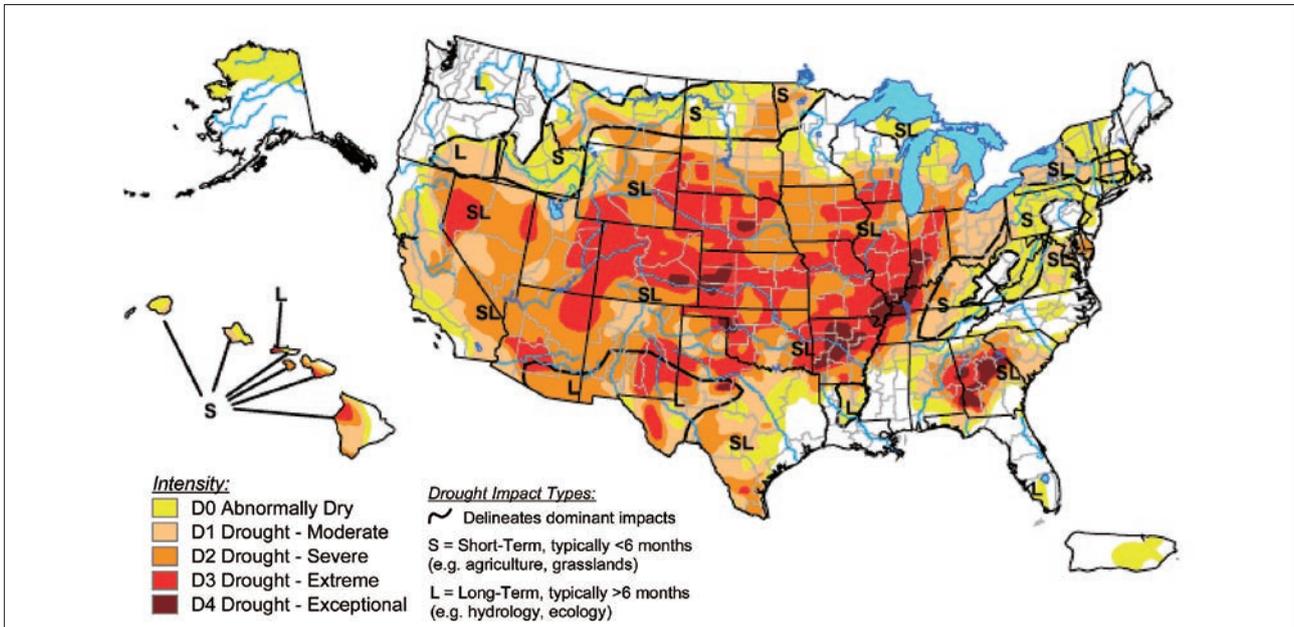


図3 米国の干ばつ地図



出所：Richard Heim, NOAA/NESDIS/NCDC

可能な再生可能エネルギーとして地熱発電が注目されているが、熱水を常時汲み上げるために、水源が不安定な場合、蒸気や熱水の枯渇が問題となっている。その対策として米国では地熱発電量を増加させるために、下水処理水を地下に注入し蒸気量を増やしている例がある。

米カリフォルニア州のガイザー地熱区域では、1980年代後半から蒸気量の不足により多くの地熱発電所を休止せざるを得なかったが、州政府は「ガイザー地区蒸気涵養プロジェクト」を開始し、サンタローザ下水処理場から年間1050万tの下水処理水が、またソノマ・カウンティから年間1500万tの処理水がガイザー地区に送水され、さらに処理水の地下注入により生産蒸気の回復を行っている。このガイザー地熱発電所は、15基の地熱発電機により世界最大級の725MWの発電を行っている。下水処理水のユニークな活用法である。

## 水と食料問題

水不足と食料問題、これは農作物を栽培しているあらゆる国々に共通する課題である。今回は特に世界最大の農産畜産物の輸出国、米国に焦点を当ててみたい。前述のように米国はいま、記録的な干ばつに見舞われている。米国はトウモロコシ、小麦、大豆の世界最大の輸出国であり、干ばつの影響で、それらの穀物価格はすでに記録的な上昇を示している。米農務省が7月25日に発表した「干ばつ影響報告書」によると、全米の62%の農家が干ばつの影響を受け、作物別ではトウモロコシが88%、大豆が87%の影響を受けている、公的財政支援の対象地は31州の1369郡に達している。

もちろん、これらの穀物相場は歴史的な高値圏で推移している。30日のシカゴ先物相場では、トウモロコシが8ドル台、大豆は17ドル台

に乗せている（前年度同期トウモロコシは6ドル、大豆は14ドル台）。

食料価格の高騰は世界各国に影響を及ぼすが、特に輸入食料に頼る開発途上国の貧しい人々に大きな影響を与える。世界の食糧価格は2004年以降、着実に上昇しており、社会が不安定になるほど、価格が上昇している。多くの経済学者は食料価格の上昇要因は、①産地での降雨量の減少や干ばつ被害②食用穀物から、バイオ燃料への転換による供給不安③ヘッジファンドや投資銀行による「投機」マネーの流入—を原因に挙げている。

◇ ◇ ◇

経済活動がグローバル化する中、一国の水事情が世界経済や食料問題を大きく左右している。水問題を語るときは「水とエネルギーと食料」と常に三位一体で考えることが求められている。E