

# 日立 総研

特集

グローバル環境問題と  
広がる対応

vol.2-2

2007年8月  
発行

# 日立 総研

vol.2-2  
2007年8月発行

- 2 これから  
4 対論 ～ Reciprocal ～

特集

## グローバル環境問題と広がる対応

- 10 寄稿  
低炭素世界に向けた日本の挑戦 西岡 秀三
- 14 寄稿  
CO<sub>2</sub>排出量を通じた「環境可視化」が進む欧州 待場 智雄
- 18 日立総研レポート  
オイルサンドの環境問題への対応と日本との関係 大倉 渉
- 28 日立総研レポート  
中国の環境問題の現状と今後の課題 佐藤 尚彦  
劉 華英

- 36 研究紹介  
38 先端文献ウォッチ

## 小僧に還る –コラムを始めるにあたって–

(株)日立総合計画研究所  
取締役社長

八丁地 隆

丸の内から秋葉原に勤務地が変わった。

日立総研のホームページに「エッセイ」コーナーがあり、新社長が前任社長から引き続き率先垂範して個人のコラムを持つべし、との指示があった。即座に受けて、直ちに後悔した。なんといっても、前任の藤原さんは当代随一のエッセイストである。私の本棚にある「李香蘭 私の半生」は、新潮文庫の初版が平成2年12月20日とある。その年の暮れの休みに一晩で読んだ。冷えた一夜であったので満州にいるような臨場感で読んだ。李香蘭をめぐる登場する人物が生々しく、当時のバブルには少なくなっていたぬくもりと冷酷さの両方を持っていた。大傑作であって、これを書かれた藤原さんの後任として「肩の凝らないエッセイの形で世の中に問題提起する」、これ以上の重荷はない。

藤原さんのタイトルに再びびっくり、「窓を開ければ」ではないか。私も窓は開けるべきものだと思っているが、総研があった御茶ノ水では開いた窓がここでは開かない。窓の外にある世間の変化の風を感じるにはここから出て行かねばならん。

私のできることをはっきりさせよう。「小僧」に「還る」こととしよう、そう決心した。小僧とはなにか？まず、小僧は門前にいる。会社生活をして37年、システムエンジニアから始まり、研究、企画、スタッフ、重電、情報、法律、広報、さらには調達の仕事まで担当した。それぞれを名利（めいさつ）とするならば、道を究めた高僧のもとで小僧としての修行の時期があり、私はその時を過ごすことが好きだった。いつかは高僧にと思ったが、いくつも寺をかわったこともあり、私はついに悟ることもなく、相変わらず門前にいて経を聞いている。だ

---

から、もう一度、修行の小僧に還り、経を聞き直すのだ。いまさら小僧に還るのかといわれるだろうが、私には今年が還暦である。還暦とは、英語で“reborn”という。赤は赤子のシンボルであって、あらためて門前で習った経を学び直す機会としては悪くない。

志賀直哉の小説ではないが、小僧には神様がいる。仙吉の京橋の屋台すし屋ですしをご馳走してくれた「あの客」のように悲しい時、苦しい時、に思うだけで慰めになる神様がいる。無論、私にも神様たちがいたし、稲荷の祠（ほこら）に化けなかった本物の神様が、今でもいる。あの方々が神様たるゆえんを確かめることも、その神秘に迫ることも、私の暦を出発点に還すためには許されるだろう。神田の秤屋に奉公する小僧だけでなく、グラウンドに汗と涙を流す小僧にも神様はいる。昭和26年に灰田勝彦氏が歌ってヒットした「野球小僧」によれば、野球の神様であってもたまには三振やエラーも見せながら、野球小僧を温かく見守って励ましてくれているのだ。小僧の汗と涙は、伸びるための人生の糧だ。小僧は、成長するために生きている。

窓は開かぬので外に出て、小僧の五感がとらえたままに、コラムを始めることにした。

# 国際競争を生きぬくために 発想豊かなリーダーの育成を

株式会社 日立製作所 取締役会長 庄山 悦彦 氏

日立総合計画研究所(総研)は、私が2007年6月に取締役社長に就任し、新たなスタートを切りました。総研は、日立グループのシンクタンクとして1973年に設立されましたが、現在の世界・日本、そして日立グループを取り巻く環境には、めぐりめぐって当時とよく似た課題を含んでいるように思えてなりません。そこで総研は、設立の原点を再び目指します。そのために、日立グループ内にとどまらず、社会との双方向のコミュニケーションも重視して誠心誠意努力します。

その試みとして、各界のオピニオンリーダーの皆さまと私の対論を行うことにしました。第1回は、日立製作所の庄山悦彦取締役会長にご登場いただきました。というのも、総研は、設立以来人材養成の必要性を一貫して掲げてきました。それゆえに、日立グループの総帥、そして企業経営者としてだけでなく、公の立場でも人材育成について発言されている庄山会長にお願いしました。

株式会社 日立総合計画研究所 取締役社長 八丁地 隆

## 今こそ人材教育が求められている

**八丁地** 1973年の設立以来、総研は社会とのコミュニケーションを重視するとともに、世界にも通じるような日立グループの人材養成の必要性を一貫して掲げてきました。この設立時の趣旨をいま一度振り返り、原点に立ち戻った運営をしたいと思っています。

**庄山** 外部とのコミュニケーションは重要です。社長時代には総研から電子政府に関する先進的な提言などがありましたが、それも外に眼を開いてきた結果だと思います。日立グループはいろいろな部門があることが強みですが、それが、ばらばらではいい知恵が出てきません。

教育・研修部門とは別に、総研には実業の世界で生きてきた人間の経験値をとりこんだ知恵ある人材の育成プランを提案いただきたい。それが“Inspire the Next”につながります。

**八丁地** 庄山さんは、政府の総合科学技術会議などに参画されていますが、そうした幅広い活動からこ

れから求められる人材についてどのように考えておられますか。

**庄山** 資源のない日本は人材力しかありません。しかし、少子高齢化で労働人口はどんどん減少していきます。それに対して、アジアの国々は多くの人口を背景に急激に成長しています。また仕事に対する熱意もすごいですね。日本には技術力があるといっても、このままでは国際競争に勝てなくなってしまうでしょう。日本は勤勉に働き、チームワークでやり遂げることで、世界第二の経済大国になりました。さらに、日本の消費者の厳しい眼が優秀で高信頼の製品を育てたともいえます。これからは何もかも自国でやらなくても国際分業をしていけばいいのであって、そうした日本らしさのDNAを世界に広めつつ、安倍総理が提唱する科学技術外交を展開することで生きていかねばなりません。そのためには日本の子どもの「理科離れ」「学習離れ」をなくしていかなければならないと思います。

**八丁地** 人材育成は子どものころから始まっているという

ことですね。

**庄山** そんなに大げさなことではありませんが、子どものころの原体験がその後の人生に影響を与えることはよく知られています。私は新潟県の高田で育ちました。高田の町は冬になると3メートルの雪に埋まり、外出もままならない。とても不自由な思いをしたのを今でも昨日のここのように思い出します。けれども、この時期を乗り越えれば、必ず春はやってくる。そうした体験が私に忍耐強さを授けてくれた気がします。

子どもの「理科離れ」に話を戻すと、日本学術会議では、このごろ、「理科離れ」でなく「学習離れ」といっているそうです。きちんと読み書きそろばんをやらなくなっているとすれば問題で、将来、必ずしわ寄せがやってきます。画期的なイノベーションを起こす原動力は、結局はこうした基礎学力なのです。

それに、「理科離れ」がことさら強調されますが、日本は、理系・文系を意識しすぎるくらいがあると思います。世の中に出てしまえば、そのような

分野分けは、あまり意味がない。むしろ、さまざまなことに興味を持ち、学習し、体験する方が、豊かな発想が生まれてきます。もちろん、文系で優秀な経営者、政治家はたくさんいらっしゃいますが、中国の政界トップに会うと、理科系の学問を専攻した人が多いのに気づかされます。欧米でも、ドイツのメルケル首相は物理学博士でもあります。とにかく、子どものうちに基礎学力を十分養い、いろいろなものに興味を持って、さまざまなアプローチでものを考える思考法を身に付けることが大切だと思います。大人は、その手助けをしなければいけない。そのような環境をいかに提供できるかが、将来の日本の国力を高めることにつながると思うのです。

**八丁地** 日立は、創立100年を迎えるセンテニアルカンパニーですが、人材の面でも強く意識すべきではありませんか。「和」「誠」「開拓者精神」は現代にも通じる理念だと思いますが。

**庄山** 1910年に小平創業社長が掲げた「技術を通じて社会に貢献する」という理念は、時代が変わ



ろうと不変です。「和」「誠」「開拓者精神」の日立精神は基本中の基本だと思います。そして、日立は創業と同時に「徒弟養成所」をつくって人材を育ててきました。それが、今日の技能五輪の選手養成にもつながっていて多くの金メダルに結実しています。

教育においては、こうした高い志や倫理観を伝えることが絶対必要です。そして、頭で理解するだけでなく、行動に表れるようにしないとダメだと思っています。まさしく人財だと思います。

**八丁地** その意味で、日立製作所に入社したころに影響を受けたことを、お聞かせいただければと思います。

**庄山** 私は1959年入社ですが、当時は人が少なかったから技術計算や資材の調達、品質管理案の作成など何でもやらせていただいた。今も設計の要素は変わらないが、精度がすごく求められ規模が大きくなっています。そうなると専門化し

た方が効率的なので、仕事がかんたん細分化されます。だからといって、ひとつの専門分野にとどまったまま、全体を見わたして先を読む力を養わないでいけば、チームを率いたり新しい価値を生み出したりすることはできないと思います。工業社会から進化した21世紀の知識社会を勝ち抜くためには、さまざまな分野の技術や知を融合させ、シナジーを生み出すイノベーションが不可欠なのです。

政府の「イノベーション25」は、既存技術にとらわれないという点で発想が非常に斬新です。日立でも、光計測という基礎技術を生体に応用し、「指静脈認証」というセキュリティ分野で製品化したという好例がありますが、こうした発想は日常の延長を超えて考えないと生まれません。

**八丁地** そうした発想力を伸ばすには、何が必要だと日々お考えですか。

**庄山** 発想を生み出す場をつくることですね。例えば、異業種のメンバーを集めて次世代製品に取り組むプロジェクトが動き出していますが、そうした活動を通じてチームリーダーを育てていくのだという雰囲気をつくる必要がありますね。本来、仕事は上の人に評価されること以上に、お客さまに評価されることが重要です。リーダーシップを発揮する人がいれば、全員がお客さまを向いて仕事をするようになります。

**八丁地** リーダーをつくる雰囲気の醸成や場を与えることが、経営者の責任ですね。総研も、グループ各社を含め、将来のリーダーとなる人材が切磋琢磨する場になるよう取り組んでいるところですか。

## ローテーションが人を変え、組織を活性化する

**庄山** 私の最初の仕事は、圧延機用電動機的设计でした。やがて、ローテーションでコットレル設計に移ったのですが、性能不具合が多く、課長とお客さまを謝り歩いたこともありました。謝るだけで



なく、納入先で真っ黒になって煙突掃除をしたこともあり。部長は「ローテーションには、将来の勉強のためと、ダメだから動かす2種類がある。君は前者だよ」と挑戦意欲を与えるように諭してくれましたが、おそらく、私は後者だった。しかし、私はその場その場でベストを尽くすのが信条だから、あまりそういうことを考えなかったですね。後に家電部門に移ったときも必死にやるだけでした。その経験があるから、社長になってローテーションを積極的にやりましたが、役に立つ人こそ多様な経験を積むことが大切だと思っています。

**八丁地** 私も数回ローテーションをさせていただきました。タフな経験でしたが力がつきました。

**庄山** 人間には知識と知恵があると思います。知識は経験がものをいいますが、職場が変われば通用しなくなる。そうなれば知恵を働かすしかないわけ。総研につくってもらいたい人材育成プログラムは、そうした知恵を働かす方法です。私の場合、家電の工場長として与えられたテーマは初期不良の根絶でした。生産ラインを回してみると、検査工程にはお客さまの見学通路がない。そこでお客さまに見ていただいても恥ずかしくないように設備を充実させたわけです。それで現場の意識も変わった。

また、全国のサービス員にお客さまの苦情を細大漏らさず報告してもらい、毎日、検査部と設計部の人間が集まって分析を行った。設計に問題があれば率先して新聞に社告もしました。当時は、そんなことをすれば評判が落ちて製品が売れなくなるという空気でしたが、今はそうすることが社会的責任になっていますね。

私がいいたいのは、新しい人が来ることによって見方が変わり、組織を変えられるということです。

**八丁地** 固定観念のない目で見れば、事業が変わるということですね。

**庄山** それは、本人にもプラスだし、組織も活性化す



## 庄山 悦彦 *Etsuhiko Shoyama*

新潟県出身。1959年株式会社日立製作所入社、1999年代表取締役取締役社長、2006年代表執行役執行役会長、2007年取締役会長。現在、総合科学技術会議議員、情報通信審議会会長ほか公職多数。

ると思います。ローテーションではそれを期待したわけです。

### モノづくり企業には長期的な視点が要る

**八丁地** グローバル化によってモノづくりを含めて経営自体も変わってきていますが、変わるべきではないこともあるように思います。日立の経営で大事なことはどのようなことでしょうか。

**庄山** 株主を忘れてはいけないけれども、金融資本主義的な発想だけでは、モノづくりの会社は持続的に発展できないと思いますね。

技術開発やモノづくりは、手間と時間をかけるしかありません。また、技術の伝承に時間を要することもあります。種をまいても、水もやらず日にも当てずでは枯れるしかないわけです。失敗もあるし、苦労もある。そういうことを前提にしないで、短期的な視点を重視すると経営はうまく

いかない。

**八丁地** 短期に物を動かすだけで価値が生まれるということではない。

**庄山** モノづくりは特にそうでしょうね。日立はありがたいことに大勢のお客さまに期待されています。国内外を合わせてこれだけの規模になったことに、非常に責任を感じなければいけないと思います。

**八丁地** 日立については、よく「野武士」ともいわれますが。

**庄山** 良く解釈すれば武骨で自立心が強いという意味でしょうが、単に自前主義がいいかどうか、モノづくりは時間がかかるといっても、それを早くするのが企業努力です。臨機応変にグループ間や産学の協力、海外企業との提携もしていく必要があると思います。

**八丁地** それが社会の日立への期待でもあるわけです。

**庄山** 日立は時間をかければ何でもできます。しかし、人材が無限にいるわけではないし、テーマも膨大にある、そこを克服するには、開発やモノづくり、販売・サービスで社外との協調体制を築くことも必要です。もちろん、WIN-WINの関係が理想的です。

## グローバルコンペティションを生きぬくために

**八丁地** もうひとつの視点は、グローバル展開です。庄山さんが、グローバル展開を実感としてとらえたのはいつごろからですか。

**庄山** 東京オリンピックが開かれた1964年ごろは、水車発電機やタービン発電機の設計を担当していました。GEから技術導入して日本で初めてコイルの中に水を通す水冷式の発電機の設計です。しかし、GEとはサイズが違うので自主設計しました。これは国産化への取り組みです。その後、自主設計した火力発電設備をカナダに輸出しようとしたら、GE特許が障害になってしまったので、それをクリアするために大変な苦勞をしました。戦争の間、日本の科学技術が停

滞したので技術導入はやむをえなかったのですが、それを国産化しよう、より良いものにしよう、世界に提供していこうというのが当時のテーマでした。その後、インドやアルゼンチンなどに盛んに出荷したのが日立の本格的な輸出の始まりだと思います。

**八丁地** 1970年代のことですね。

**庄山** 1980年代半ばには、家電、半導体、ブラウン管などの現地生産が始まりました。ただし、今までの日立の海外事業はハード色の強いものでした。相手の国の文化が関係するソフト・サービス領域はまだまだだと思います。ここを伸ばすには、海外を経験した人がもっともっと関与して相手国の文化に合ったものを提供できるようにしていかないといけません。

ただ、「郷に入りては郷に従え」という言葉がありますが、その基本は日立精神でないとだめだと思うのです。「和」「誠」「開拓者精神」、それに「落穂拾い」、この4つの精神は、日立のブランドを掲げるかぎり貫かないといけない。

海外でソフト面でも成功している日本企業の例を見ても、基本のところは国内でやっている思想を海外でも展開しています。現地法人の社長も役員もその国の人に任せればいいのですが、日立精神は世界に堂々と広めていくべきだと思います。

**八丁地** 最近では、ブランド戦略やCSR研修などを通じて、かなり急速に浸透しているのではないのでしょうか。センテナリカンパニーの基本はその辺にあると思いますし、総研としても、グローバルな文化への理解の促進をぜひ進めたいと思っています。

## 他流試合が人を育てる

**八丁地** 庄山さんは、経団連や政府の仕事を通じて、さまざまな人と交流されておられますが、日立の社員に求められることはどのようなことでしょうか。

**庄山** 基本的に優秀な人材が多いと思っています。た

だ、外部との交流が少ないことが心配ですね。個人として事業を通じて社会貢献もできるし、どんどん他流試合をしてほしい。先輩の方々に、地域社会に貢献されている人や中小企業のアドバイザーをされている人もいますし、もっともっと外に出ていいですね。

**八丁地** 総研は、日立の他流試合を先導する存在でありたいです。また、例えば世界的に有名な米国のBrookings研究所の国際アドバイザーコミッティといった、世界のリーダーが集まる場に日立の経営者がどんどん出て行かれるよう支援もしていきます。

**庄山** まだ、日立は内弁慶の人が多いと思います。職場が変われば刺激になり知恵が湧くし、外部の人と交流すれば、興味も広がって新しい刺激になると思います。もちろん、仕事が忙しくて、なかなか時間がつくれなことも確かですが。日立総合経営研修所では他流試合の講座も開いていると聞きます。日立の人ほとんと金太郎飴というワンパターンに陥りがちですから、総研もぜひ外との交流を増やしてほしいと思います。その結果、むしろ、日立の人が、社外の人をInspireする。そんなことが、続々と起こることを期待しています。

**八丁地** そのご期待にはお応えしたいと思います。長期的な視点で総研の役割を考えています。第1に、現場から半歩の距離感で外から全体を見られること。第2に、トップの先進的な発想を形にする提言をすること。第3は、中立的な意見、異なる意見、つまりセカンドオピニオンを出していく力を持つこと。第4に、総研の提言は言い放しではいけない、義務と責任を常に感じることを肝に銘じています。

**庄山** 最近、ガバナンスが問われていますが、取締役会などで、総研から社会から日立を見てどうかという提言や、現状に対する批判的意見も積極的に出してほしいですね。決裁は、社長や取締

役会がしますが、総研には新しい発想から建設的な提言を期待しています。

**八丁地** ぜひご期待にお応えしていきたいと思います。

総研の駒井健一郎創業社長(日立製作所第3代社長)の「求真実」という言葉があります。真実一路に正道を歩み、ファクトファインディングに徹し、あくなき挑戦を行うという意味ですが、日立グループの経営は、時代の流れや周辺環境によって揺れ動くことがあったとしても、総研は、長い期間をかけた定点観測のように真実を追究する、ぶれない存在として、日立の進むべき方向を見定め、提言できる客観的な存在でありたいと願っています。

冒頭にあった知恵ある人材の育成についても、総研には、社会や日立の姿を俯瞰し、批判精神を含めて冷静に事象をとらえる姿勢や、具体的に提言の形にまとめる手法があります。そうした知見を生かして、新しいマインドを持ったリーダーを育成するプランづくりに貢献し、いっそうグループから期待されるシンクタンクとしての実力をつけるよう努力します。

## 対論後記



対論の第1回目は、日立グループの総帥である庄山会長と熱い1時間を持つことができました。長年身近に接してきた庄山会長の日立グループへの思いを私なりに斟酌すると、①創業100年の歴史の下でグローバル化してもなお普遍性を持つ日立の経営理念、②切磋琢磨やローテーションを通じたリーダーとなる人材育成の重要性、③他流試合を通じた日立発の“Inspire the Next”の実現、がポイントであると思いました。総研もその思いにお応えしています。第2回目以降は自ら「他流試合」に挑むべく、広く日立社内外のオピニオンリーダーをお招きし対論していきたいと思ひます。

(対論日 2007年6月28日)

# 低炭素世界に向けた日本の挑戦

国立環境研究所  
参与 西岡秀三

## CONTENTS

- 1 低炭素社会の必然性と実現可能性
- 2 低炭素社会／世界構築の方向
- 3 需要側が引っ張る技術革新がキー

2007年5月24日、安倍首相が「世界全体の排出量を現状に比して2050年までに半減する」目標を世界に呼びかけ、6月のハイリゲダムではそれが低炭素世界へ向けた日本の提案としてG8宣言に取り入れられ、いよいよ低炭素世界への方向が定まった。今我々がなすべきことは何か。京都以降の枠組みの論議や、洞爺湖G8サミットに向けて日本は何を世界に発信すべきか。

## 1. 低炭素社会の必然性と実現可能性

いずれにしても、人間活動からの温室効果ガス排出は減らしていかなければならない。そうしなければ、気候が変化し続け、いつかはさまざまな生態系の絶滅や、洪水、干ばつ、強力な台風、熱波といった直接的な打撃、水資源や農業への影響によって、人類の生存基盤そのものが揺るがされる。その防止に向けて、究極には、人間活動からの温室効果ガスの排出を、自然が吸収できる量にまで下げねばならない

それではいつから下げねばならないか。それは、温室効果ガスの蓄積に応じてどんどん進む気候変化（温度上昇で代表）をどこまで許容できるかによるが、今から2-3度上昇はどこも得をする国がなくなり、どのセクターも損害を受ける。そこまでにとどめるには、温室効果ガス排出は2020年をピークにして、2050年には今から60-30%削減せねばならない。安倍首相の提唱による「2050年50%削減」はおおむねこれに対応する。自然は人間社会での交渉がまとまるのを待ってはくれない。中国やインドが減らさないのなら自分

(にしおか しゅうぞう) 1939年東京生まれ。東京大学機械工学科卒工学博士。旭化成工業、国立環境研究所研究員、東京工業大学・慶応義塾大学教授、国立環境研究所理事を経て現在同研究所参与。環境システム工学、環境政策論。環境学の学問体系としての確立、科学技術情報を種々の政策に適切に反映させて、社会をどう環境指向に変えていくか、その過程及び組織のあり方について興味。1988年から「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」の部会副議長、章代表担当執筆者など。現在、2050年に日本の温室効果ガス70%削減可能性を検討する「日本低炭素社会プロジェクト」リーダー

も減らさないなどという論議はまったく意味がない。低炭素社会への移行はそういった駆け引き次元の問題ではなく、将来世代のために、何が何でもやらねばならない問題なのである。

そのような低炭素社会は実現可能であろうか。世界全体で50%削減のとき、日本では80%もの削減が必要と計算される。日本でそのような削減が可能か。われわれが行った「2050日本低炭素社会シナリオ：温室効果ガス70%削減可能性検討」研究(内容は以下を参照)

(HYPERLINK "<http://www.nies.go.jp/whatsnew/2007/20070215/20070215.html>" <http://www.nies.go.jp/whatsnew/2007/20070215/20070215.html>)

では、2050年に想定されるサービス需要を満足しながら、主要な温室効果ガスである二酸化炭素を1990年に比べて70%削減する技術的なポテンシャルが存在することを明らかにしている。各部門でのエネルギー需要削減率(2000年比)は

産業部門：構造転換と省エネルギー技術導入などで  
25-40%

運輸旅客部門：適切な国土利用、エネルギー効率、炭素強度改善などで70-80%

運輸貨物部門：物流の高度管理、自動車エネルギー効率改善などで40%

家庭部門：建て替えにあわせた高断熱住宅の普及と省エネ機器利用などで50-60%

業務部門：高断熱住宅への作り替え・建て直しと省エネ機器導入などで40%

が削減可能である。

実現のポイントは、①エネルギーを必要とするサー

ビス需要を十分に保つても、需要側のエネルギー必要量は、40 - 45%削減できる。この需要側のエネルギー削減は、一部の部門でエネルギーを必要とするサービス需要増があるものの、人口減や合理的なエネルギー利用によるエネルギー需要減、需要側でのエネルギー効率改善で可能となる。この節約された需要側からの要求に対応するエネルギー量を、エネルギー供給側が低炭素エネルギー源の適切な選択（炭素隔離貯留も一部考慮）とエネルギー効率改善を進めることで、全体の低炭素化が図られる。ただし、このとき要求される省エネルギー化（技術進歩および産業構造変化を含めたエネルギー強度：GDPあたりのエネルギー量を指標）の速さは、これまで先進国が経験した速さ（おおむね1.3%/年）を大きく超えた2%/年程度が要求される。

そしてこの低炭素社会を実現するには、今後当然見込まれる産業構造転換や国土インフラ投資を早期から低炭素化の方向にむけて整然と進めていかねばならない。その上に、省エネルギー・低炭素エネルギー技術開発と投資、利用を加速する必要がある。政府が強いリーダーシップを持って、早期の目標共有、社会・技術イノベーションに向けた総合施策の確立、削減ポテンシャルを現実のものとするための強力な普及・促進

策の実施、長期計画にもとづく確実な政府投資の実施と民間投資の誘導を推進してゆくことが必要である。

## 2. 低炭素社会 / 世界構築への方向

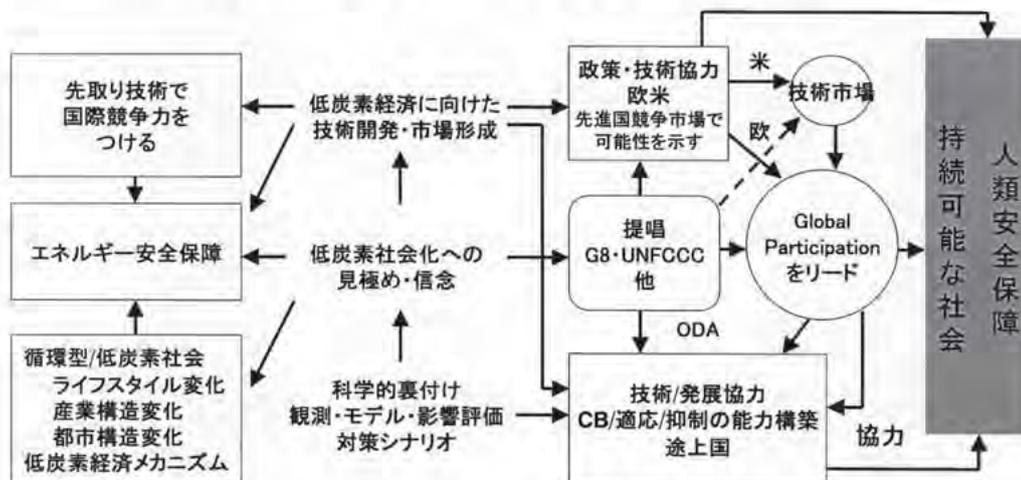
気候変化は持続可能社会構築の基盤を揺るがす緊急の課題ととらえ低炭素化社会を必然として腹を固めて、これを21世紀のさまざまなイノベーション（エネルギー依存型技術社会からの脱却）を巻き起こす契機にする。日本の貢献としては、自らの実行に始まり、国際協力への資源（智慧、人、金）提供、協力体制構築へのリーダーシップ発揮であろう（図1）。

その実現により豊かな低炭素・高齢化社会の日本モデルを示す。その手順は以下のようなものであろう。

- ①国民による方向の共有：全国民が低炭素社会への方向を共有する必要がある。低炭素社会の実現は、単に個別技術の改良では間に合わない。国民一人ひとりの個人の意識と行動が最も大切である。日本古来の自然との共生の楽しみと智慧、「もの」に執着しないもったいないの精神、確かな省エネ技術の選択の目、子供の教育などで、エネルギー消費が少なく



### 低炭素社会に向けた日本の貢献



低炭素社会化を契機にして国内三位一体改造

リーダーシップ発揮のTool

アジア/先進各国への働きかけ

環境リーダーシップ

図1 環境リーダーシップに向けた日本の貢献

てすむ生活を形成することが、低炭素社会のポイントである。低炭素社会においては、エネルギー需要側が主導権を持つ。要らないエネルギーは要らないとして、供給側には必要なエネルギーだけを要求する。OECD 諸国の家庭消費エネルギーは、現在の40%でも効用を十分に満足させるといわれる。それ以上はいわば浪費なのである。

また、低炭素社会は、土地利用や都市構築の問題でもあり、地方の主導もいる。もちろん産業構造もエネルギー依存から変わらねばならない。エネルギー・都市・交通や住宅のインフラを変えてゆくには数十年かかる。政府は早めに、国民全層に低炭素社会の必然性を理解させ、需要側の省エネ、産業投資、インフラ整備の方向へのシグナルを出し、国民の努力を集結させる必要がある。

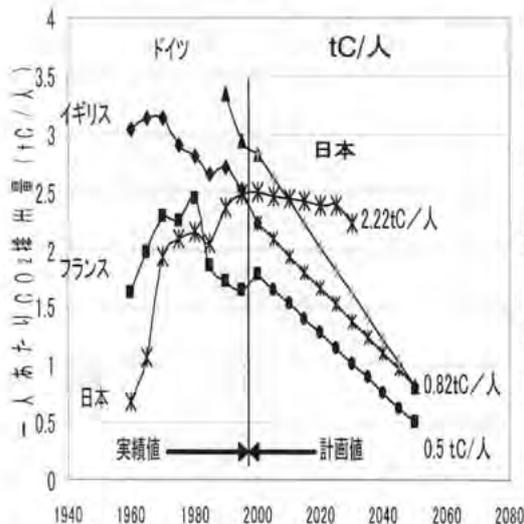
②早期の目標設定：2050年に世界が温室効果ガス半減を目指すとき、先進国はそれに倍する以上の削減を必要とする。究極的に日本は80-90%の削減となるであろう。とてつもない削減のように思えるが、筆者らが進めた前述「低炭素社会シナリオ研究」によれば到達できない目標ではまったくない。目標を

持てば物事は進む。京都議定書で決めた削減目標はこの10年間、国民・産業の意識にいつも刺激をあたえ、省エネ技術を進めてきた。もし目標がなかったら、相変わらずの高エネルギー消費体質の技術と経済が続いていたであろうし、今気候変化が目に見えてきたとき、対応の急展開にあたふたしていたに違いない。

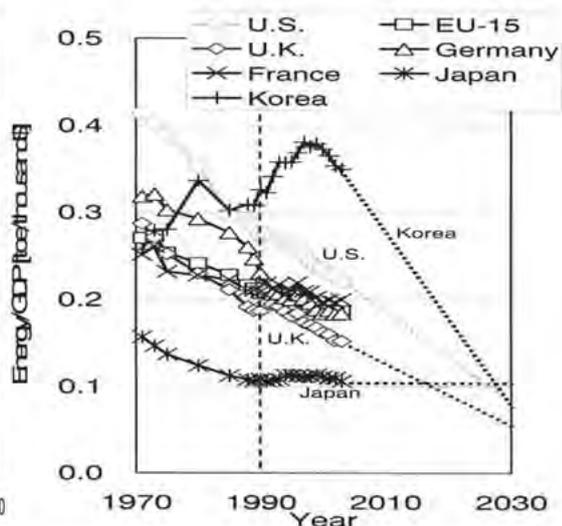
低炭素目標を早くから設定した欧州はもちろん米国（Bush政権は、京都離脱とともに、GDP当たりエネルギー消費を18%削減する目標を掲げ、確実に進展させている。しかしGDPの伸びに伴い全体量としての排出は伸びている。）ですら、産業構造と低炭素技術の改革で省エネルギーの社会作りを確実に進めてきている（図2）。

長期目標のない日本は、1990年時点では世界一の低炭素経済であったといえるが、この十数年間の停滞の間に、欧州・米に急激に追い上げられている。我が国も構造改革を進め、低炭素型の経済構造を早期に構築しないと、世界全体の流れに乗り遅れるおそれがある。

## 各国のCO<sub>2</sub>削減目標



## エネルギー消費原単位の推移



欧州諸国の計画では、現在1.5tC/(人・年)~3tC/(人・年)程度の排出量を2050年に0.5tC/(人・年)程度に減少させる。日本の計画は総合資源エネルギー調査会需給部会が推計した対策組み合わせシナリオ。フランスは温暖化対策関係省庁タスクフォース(MIES)、ドイツは議会諮問委員会、イギリスは貿易産業省(DTI)のシナリオ。

図2 目標設定は技術競争を進行させる

### 3. 需要側が引っ張る技術革新がキー

こうした先進国間の国際技術競争を高めることこそ、低炭素世界への道筋を開拓するものである。世界一の技術力を誇る日本が、従来に増して強力な技術投資推進方策を進める。それが日本の世界への最大の貢献となりうるのである。

①エネルギーをどう使わないかの勝負：先に示したように、低炭素社会に向けて、熾烈な省エネルギー・新エネルギーの技術競争が始まっている。低炭素社会実現のキーは、需要側のエネルギー削減にある。生産、交通、消費における徹底した省エネ推進が望まれる。これまでの高炭素社会は、化石燃料を主体とする供給側が技術をリードする社会であった。低炭素社会に向かうとき、発想が逆になる。これまでは需要の拡大(消費・効用の最大化)が最終目標で、これに向けて供給ががんばった時代であるが、低炭素の制約が入ると今度は反対に、供給の縮小が最終目標になって、それに向けて需要がエネルギーを減らすべくがんばる時代になる。

需要側の省エネはまた、高エネルギー価格時代でのエネルギー安全保障での最も強力な対応策でもある。気候政策はやがては、露・中米・カナダなどのエネルギー供給大対欧州・日本(中国)の省エネルギー国との対立構図に変わっていくであろう。

②産業構造の転換：こうした需要側主導の省エネ社会は当然の結果として産業構造をエネルギー依存技術型産業から、知的生産依存産業へ変える。電灯つけっぱなしの廊下に、自動点灯装置を入れて省エネを計ったとき、確実にエネルギー産業の売り上げは減り、自動装置産業の売り上げが増え、結果として産業構造が変わり、賢い選択をした消費者は儲かる。

これがまさに低炭素化の知的産業構造化である。

③エネルギー供給の低炭素化：要請されるエネルギーをどのような形態と一次エネルギー源で供給するかの見直しが必要とされよう。水素・電力・バイオマスなど二次エネルギー形態に関しては、需要側とのマッチングがあるし、分散型エネルギー、エネルギー種類や産地の分散、将来エネルギー体系へのインフラ整備順序など、best mix 選択とシステム全体の改革がある。自然エネルギーなどの一層の開発努力とともに、原子力での事故・テロ他の安全確保と全サイクル経済性検討が要求される。

④総合的取り組みの必要性：こうした個別技術システムだけでなく、インフラ更新に合わせ高齢化対応の街づくり、省エネ型国土配置、省交通体系の国土計画への盛り込みなど、全体システムの革新が必須である。低炭素社会の農村は、国土保存、森林保全によるバイオマス供給・吸収源維持、都市との連携による地産地消基地でもあり、高齢化世代に安らぎを与える豊かな地域となる。

更にただでなくなった「安定な気候」という「環境」に金を払うのは当然となり、気候の価値を経済に内部化し、それを節約するものが得し、多く使うものがその費用を払うシステムを作る。

対外的には、途上国を高エネルギー体質のインフラに Lock-in させないための投資へ早期に導き、先進国型発展と違った形の発展に早めに誘導する(leap frog) よう、ODA を個別の「環境枠」から「低炭社会開発」に概念を変えて推進するのも、日本の役目であろう。

2008年の洞爺湖サミットは、こうした日本の貢献を世界に提案する絶好の機会であり、世界が持続可能性維持に向けて踏み出す実質的な一歩となろう。

# CO<sub>2</sub> 排出量を通じた「環境可視化」が進む欧州

## CONTENTS

- 1 意欲的な目標と現実的対応
- 2 CO<sub>2</sub> 排出量をベースに進む民間の環境対応
- 3 解決策を模索する国連プロセス

米でのブッシュ政権誕生以来、欧州でも長らく環境、とりわけ地球温暖化に関する進歩的議論は凍結状態に置かれてきた。それだけに、昨年以来のゴア米前副大統領の映画『不都合な真実』の世界的ヒット、そして同じくゴア氏提唱で7月7日にマドンナら数多くの有名アーティストが参加し、全世界で20億人が視聴した音楽イベント「ライブアース」の盛り上がりは、環境問題にとって急速な春の訪れを告げるような感じを受ける。私の住むオランダでも同イベントの前日には、ほとんどの新聞が一面トップで取り上げ、国営局がほぼ丸1日にわたって放映した。実際報道の多くは「イベントで地球が救えるか」「豪華な生活をする有名人が一般人にライフスタイルの変革を訴える資格があるのか」といったネガティブな内容が多かったが（ロンドンと米ニュージャージー州の会場への聴衆の往復だけで5,600トンのCO<sub>2</sub> 排出、7,200人が大西洋を飛行機で横断するのに相当する環境負荷だという）、それでも全世界の人々が地球の危機を同時に分かち合えたことは、今後の政財界での議論に大きな影響を与えることだろう。

## 1. 意欲的な目標と現実的対応

2001年の米の京都議定書離脱により、議定書発効に十分な参加国を得るための外交的努力や温暖化の科学的証拠集めに地球温暖化議論の時間の多くが割られてきた。2012年までに8%の排出削減が求められる欧州が、その実現への目玉として2005年1月にEU排出権取引制度（ETS）を開始して、ようやく議定書の

独特な消費と生産センター（CSCP）  
シニア・コンサルタント 待場智雄

（まちば ともお）1968年兵庫県生まれ。上智大学文学部新聞学科卒、英サセックス大国際開発研究所修士課程（開発学）修了。新聞記者、英サステナビリティ社、グローバル・リポーティング・イニシアティブ（GRI）を経て、現在CSRコンサルタント、エコイスティック社代表。ドイツ持続可能な消費と生産センター（UNEP・ヴァッパータール研究所協働機関）シニア・コンサルタントを兼務。企業の社会的責任を土台にした持続可能な社会づくり、供給側、需要側のインターアクションによる持続可能な資源消費の実現に関して研究・アドバイスを提供している。

温暖化ガス削減目標達成への関心が本格化したといえよう。すでに、議定書の目標年次開始の2008年までわずか3年。このため翌月には、京都議定書後の枠組みに関する議論の先鞭として、欧州委員会が将来の気候変動政策のための戦略を提案し、米国および中国・インドなど新興経済国の参加を唱えるなど、議定書目標実現と「京都後」の議論を同時並行で進める事態となった。

温暖化ガス排出が増え続ける日本と同様、欧州においても京都議定書目標の達成はほとんどの加盟国で極めて困難と見られている。2006年の欧州環境機関（EEA）の調査では、新規加盟国を除くEU15カ国のうち、議定書目標を達成できるのは英国とスウェーデンのみ。現行の政策を続ける限り、2010年までに15カ国全体では1990年比0.6%の削減しか達成できないという。

一方で、2006年11月に前世銀チーフエコノミストのニコラス・スターン氏が英政府の依頼で気候変動の経済への影響を調査した「スターン・レビュー」は、各国政府の温暖化対策を早急に迫る内容で世界から注目を浴びた。同調査は、気候変動への対策を怠った場合、毎年GDPの5%から最大20%もの損失を被るが、今から世界のGDPの1%を温暖化対策につき込めばリスクを回避できると結論付けた。

欧州委員会は2007年1月、2020年までに温暖化ガス排出を他国の合意がなくとも一方的に1990年比で20%削減する「京都後」の新目標を発表し、再び気候変動議論でのリーダーシップを握った。さらにすべての先進国がこの動きに乗れば、削減目標を30%に上

げるとする。現状の達成状況を見る限りかなり意欲的な目標に見えるが、EUでは世界平均気温の上昇を産業革命以前との比較で2度以内に抑えることで合意しており（それ以上になると、生態系が元に戻れない危険な領域に入るとされる）、その実現には最低限のラインといえる。

しかし、この新目標をどうやって実現させようというのであろうか。欧州委員会は主に以下の対策を提案している。

- 2020年までにEU全エネルギー源の20%を再生可能エネルギーでまかなう
- 加盟各国に、2020年までに輸送燃料源の10%をバイオ燃料でまかなうことを義務付ける
- EU全一次エネルギー消費を効率改善により、2020年までに20%削減
- 低炭素化石燃料技術（クリーンな石炭技術など）の開発とCO<sub>2</sub>捕捉・地下隔離技術の活用
- 低炭素技術の研究開発に焦点を当てた欧州戦略的エネルギー技術計画の開発
- 原子力利用に関しては、加盟各国のスタンスに委ねる
- 加盟各国に、再生可能エネルギー利用の目標などを設定したアクションプラン作成を求める

新目標の特徴は、2020年という比較的近い目標年次と具体的数値を設定することで、再生可能エネルギーの開発とエネルギー効率改善へ向けた技術革新の加速を狙っていることにある。と同時に、CO<sub>2</sub>捕捉・隔離技術の積極的推進をうたっており、技術革新のみ

で対応できない部分の現実的対処法を考えていると見られる。CO<sub>2</sub>捕捉・隔離に関しては、2015年までに石炭・ガス発電所における試験的プロジェクトを立ち上げ、2020年にはすべての新規石炭発電所においてこの技術を採用するとしている。

とはいえ、京都議定書はおろか新目標達成への道りはさらに険しいことだろう。ETSにおいては、ドイツなどで排出上限量の割り当てを緩く設定したためにCO<sub>2</sub>の価格が暴落し、排出量削減の効果が上がっていないとされ、割り当ての厳しい見直しが求められている。2011年をめぐりに航空業がETSに組み込まれる見込みだが、国際便に適用すれば貿易障壁になるとの指摘もあり、困難が予想されている。

## 2. CO<sub>2</sub>排出量をベースに進む 民間の環境対応

地球温暖化への関心の高まりとともに、温暖化ガスの排出量を軸に環境問題を考える動きが各方面で進んでいる。個人や組織のCO<sub>2</sub>排出量を指す「カーボン・フットプリント」という言葉は、つい最近まで環境専門家らの間だけで通用していたが、今では連日メディアや日常会話で用いられるようになり、今年のオックスフォード英語辞典に新語として採用された。新聞記事やNGO、政府などのウェブサイトにも、個人のカーボン・フットプリントの計算ツールが様々登場している（図1）。

例えば、ベルギーのフォルティス銀行は社会的責任

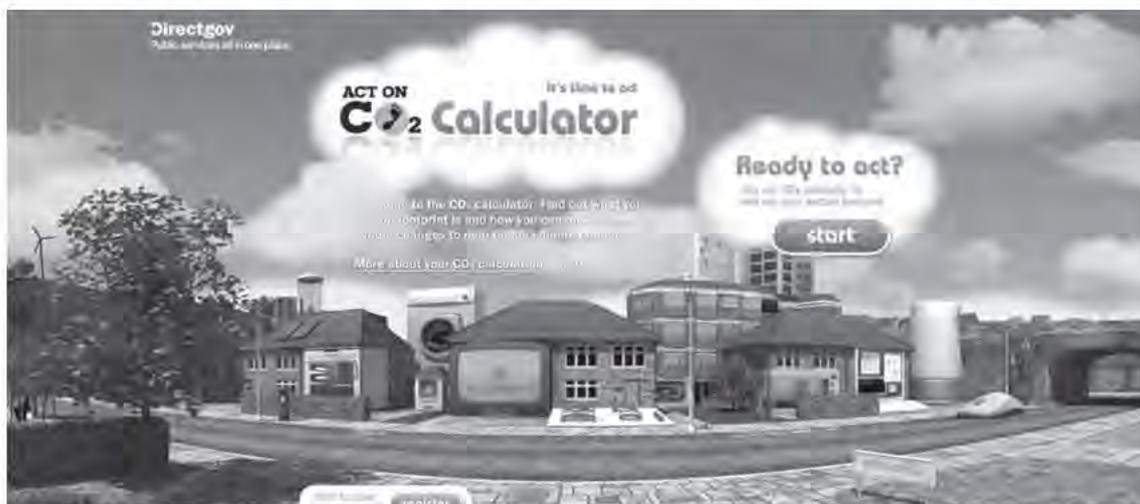


図1 英政府が提供するカーボン・フットプリント計算サイト  
(<http://actonco2.direct.gov.uk>)

投資 (SRI) ファンドの潜在的顧客向けに、家庭における環境負荷をオフセット (帳消し) するには環境技術を開発する企業にいくら投資する必要があるかを計算するサイトを提供しており、日本の世帯にも対応するようになっている (<http://footprint.sri.fortis.com>)。

これはちょうど、日本の環境省が推進する「1人1日1kgCO<sub>2</sub>削減運動」や安倍首相が閣僚全員にCO<sub>2</sub>削減プランを要求したことに似た動きといえるだろう。カーボン・フットプリントの計算が人気を集めているのは、日常生活の消費行動に様々な選択肢があることが明確になる点にあると思われる。つまり、どんなサイズや燃料の自動車運転するか、肉を食べるか野菜を多く摂るか、電球を使うか蛍光灯に換えるか、といった行動の違いで、個々人の環境負荷は意外に大きく異なることが分かる。暮らしのどの点を変えればフットプリントが減らせるのか具体的に示すことで、家庭でのCO<sub>2</sub>削減への自助努力を促す効果が期待できる。

欧州では家庭だけでなく、企業レベルでもカーボン・フットプリントの考え方を企業の社会的責任 (CSR) の一部として積極的に活用する動きが見られる。とくに流通小売、運輸、金融などの分野でそうした動きが目覚ましい。英小売大手で日本でも展開を始めたテスコは2007年1月、全社のCO<sub>2</sub>排出量を測定・開示するとともに、各商品のライフサイクルを通じたCO<sub>2</sub>排出量を計算し、7万点におよぶ自社ブランド全製品にそれぞれ表示すると発表し、注目を集めた。このほか温暖化ガス削減への対策として、輸送における商品当たりCO<sub>2</sub>排出量を5年以内に半減、店舗からのCO<sub>2</sub>排出量を2020年までに半減などの目標を掲げた。食品の空輸率を現行の2-3%から1%に引き下げるとともに、地元農家からの調達を強化するという。英マックス&スペンサーも2007年3月、2億ポンド (約500億円) を投入する環境計画「プランA」を発表、5年以内に「カーボン・ニュートラル」になると宣言した。空輸された食品すべてに「空輸」ラベルを表示することとしている。

運輸部門では、低料金とサービスの簡略化を武器に欧州内近距離便を飛ばす新規航空会社が乱立し利用者が急増しているが、鉄道がこれに対抗する策として、カーボン・フットプリントの小ささや他の環境面での優位をうたっている (図2)。2007年7月には、西欧



図2 ドイツ鉄道の雑誌広告より (一部)。自動車や飛行機のCO<sub>2</sub>排出量と比較し、鉄道の優位をアピールしている。

7カ国の鉄道会社が航空会社にならって「レールチーム」という連合体を結成した。国際列車予約の簡便化を進め、ビジネス旅行なら4時間、休暇旅行なら6時間以内の顧客を鉄道に呼び込もうと狙っている。一方、航空会社も英フライビー社など乗客にカーボン・オフセットのオプションを用意するところが増えている。オランダのKLMはEU排出権取引制度への参加を見込んで、2007年9月からWWFの途上国プロジェクトに投資することで、CO<sub>2</sub>排出量の一部をオフセットすると発表した。

また民間というには不適切かもしれないが、“環境派”のチャールズ英皇太子は2007年6月、自身が管轄する王室部分のカーボン・フットプリントを年次報告書の中で発表した ([www.princeofwales.gov.uk](http://www.princeofwales.gov.uk))。これによると、昨年度のCO<sub>2</sub>排出量は3,425トンで前年比9%減。これは、飛行機から車や列車の利用へのシフト、再生可能エネルギーによる電力の購入、公用車を廃食用油からのバイオディーゼルの仕様に転換したことなどによるという。同皇太子はCO<sub>2</sub>排出量を2012年までにさらに12.5%以上削減するとともに、自身が設立した有機食品会社「ダッチー・オリジナルズ」の全製品にカーボン・フットプリントを表示することとしている。

### 3. 解決策を模索する国連プロセス

国際的に注目される京都議定書や気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の陰で、実際に温暖化ガス排出をはじめとする環境問題への長期的対応策を検討する国連マラケシュ・プロセスの存在はあまり知られていない。2002年のヨハネスブルク・サミットで各国首脳が合意した実施計画において、「持続可能な開発をグローバルに達成するには、社会における生産・消費の方法を根本的に改めることが欠かせない」として、「持続可能な消費と生産に関するプログラムの10年枠組み」の作成がうたわれており、この枠組み作りを進めているプロセスを指す。つまり、気候変動を巡る交渉プロセスが具体的な目標設定を目指しているのに対し、マラケシュ・プロセスは温暖化ガス削減を含む幅広い持続可能な社会づくりへの具体策のコンセンサスづくりを目指すもので、相互補完的な関係にある。10年枠組みは2011年までに作成され、それ以降の10年間に各国がその内容に従って、具体的なプログラムを展開することが期待されている。

同プロセスでは大陸ごとに枠組みの中身に関するコンサルティングを行うとともに、ライフスタイル、調達、建設、ツーリズム、教育、製品など分野ごとにタスクフォースを作って、適切な施策や具体的プロジェクトを検討している。すでに英国など欧州数カ国では、10年枠組みに先駆けて、持続可能な消費と生産に向けた国家戦略などを作成している。欧州委員会でも今年中に「EU 持続可能な消費と生産アクション

プラン」を作成し、とくに環境負荷の高い食品・運輸・住居の3分野において、適切な消費と生産のあり方と方策を提示する見込みである。

日本においては、オフィス・家庭部門での温暖化ガス排出量の増加が止まらない点が、京都議定書目標達成への大きな壁となっている。消費の観点から持続可能なライフスタイルのあり方が問われており、マラケシュ・プロセスは日本にとっても重要な課題を取り扱っているといえる。しかし、同プロセスの第3回国際専門家会議が2007年6月にストックホルムで開かれ筆者も出席したが、日本からの参加は国際協力機構（JICA）と国立環境研究所に留まり、環境省や経済産業省および企業の姿は見られなかった（写真）。



写真 ストックホルムで開かれた国連マラケシュ・プロセスの第3回国際専門家会議（2007年6月）

日本政府や企業が国際舞台において環境面でのイニシアティブを取りたいのであれば、気候変動以外の国際プロセスへの積極的参加も欠かせないであろう。

日立総研レポート  
 オイルサンドの環境問題への対応と日本との関係

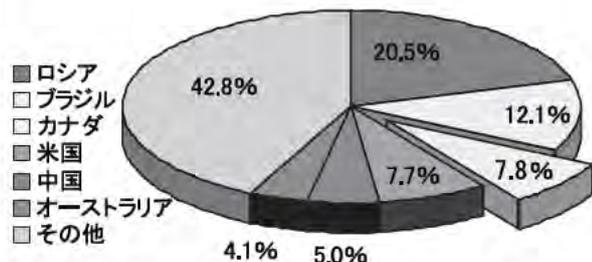
研究員 大倉 渉

オイルサンドとは、石油成分を含む砂岩のことであり、主にカナダのアルバータ州で産出される。揮発成分が抜けてしまった半固体状で埋蔵されているため、利用するにはコストのかかる前処理が必要となるが、近年の原油価格高騰を背景に生産が急速に拡大している。アルバータ州では、このオイルサンド産業の活況によって好景気が続いているが、一方で開発による大気、水、土地といった環境への影響が深刻な問題となっている。現在、産官学が連携してオイルサンド産業の発展と環境対策との両立に取り組んでいるが、利害関係が複雑で解決は非常に困難である。

このような状況であるため、高度な環境技術を持つ日本企業がオイルサンド産業で活躍できる可能性は高い。また、エネルギーのほぼ全量を輸入に頼り、特に原油の中東依存度が約90%と極めて高い日本にとって、日本企業の環境技術がオイルサンド産業に適用されることは、カナダとの関係強化のチャンスとなり、エネルギー安全保障上の重要な課題である供給源の多様化につながる。

1 原油生産7位のカナダ

カナダというとナイアガラやカナディアンロッキー、美しい森や湖など、自然が多く残された国という印象が強い。森林面積はロシア、ブラジルに次いで世界第3位であり、森林資源は豊富である(図表1)。また、カナダ国内には400万以上もの湖があるといわ



資料：FAO「Global Forest Resources Assessment 2005」より日立総研作成

図表1 世界の森林面積

れており、その豊富な水資源を背景に、カナダの水道料金は世界で最も安い。

カナダは、実は世界有数の産油国であり産ガス国でもある。2007年1月と2月の統計を見ると、原油生産は日量約260万バレルと世界第7位であり、OPEC加盟国であるアラブ首長国連邦やベネズエラを上回る(図表2)。

国名	原油生産量 (千バレル/日)
1 ロシア	9,725
2 サウジアラビア	8,510
3 アメリカ合衆国	5,247
4 イラン	3,880
5 中国	3,786
6 メキシコ	3,146
7 <b>カナダ</b>	<b>2,587</b>
8 アラブ首長国連邦	2,570
9 ベネズエラ	2,460
10 ノルウェー	2,443

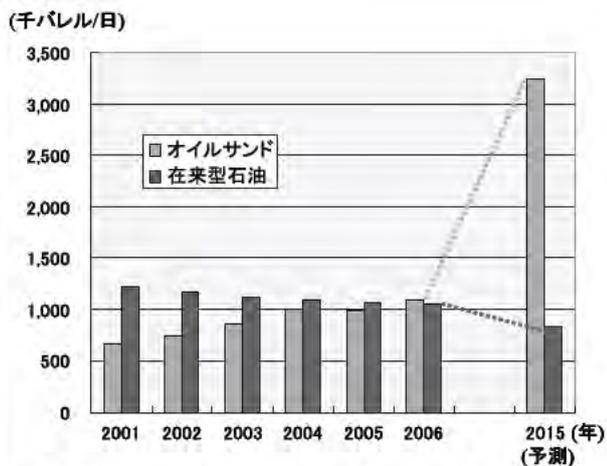
注：斜字はOPEC加盟国

資料：Oil & Gas Journal より日立総研作成

図表2 上位10カ国の原油生産量

カナダの原油生産は、約半分がオイルサンドによるものである。オイルサンドからの原油生産は近年急速に拡大しているが、その背景には2002年前半より始まった原油価格の高騰がある。これまで、オイルサンドの商品化にはコストがかかることが生産拡大の大きな障壁となっていた。しかし、近年の原油価格はオイルサンドの採算ラインである30~40ドルを大幅に超える水準で高止まりしているため、生産拡大が可能になっている。

カナダのオイルサンド埋蔵量は、約1,740億バレルと試算されており、世界の石油埋蔵量の約15%を占めるといわれている。これはサウジアラビアの石油埋蔵量に次ぐ規模であり、この莫大な埋蔵量と、採取技術の革新によってカナダのオイルサンドからの原油生産は今後も増加し、2015年には2006年実績の約3倍となる日量300万バレル超に達すると見込まれている(図表3)。



資料：CAPP(Canadian Association of Petroleum Producers) 統計資料より日立総研作成

図表3 カナダにおけるオイルサンドからの原油生産 (日量)

## 2 オイルサンドとは

オイルサンドとは、アルバータ州北部を中心としたカナダ中西部に広がっている、石油成分を含む砂岩層のことである(アルバータ州の位置は図表4参照)。埋蔵されている地域は約14万平方キロメートルと、北海道の2倍近くもの広い面積におよぶ。

通常の石油と比較したオイルサンドの特徴は以下の三点に大別できる。

一点目は浅い位置に埋蔵されていることである。通常の石油が地下3,000m以上の深い位置に埋蔵されているのに比べ、オイルサンドの大部分は1,000m以下



資料：アルバータ州ホームページより

図表4 アルバータ州の位置

という浅い地層にある。中にはオイルサンドが地表面に露出しているところもある。

二点目は原油として流通させるために特殊な処理を必要とすることである。オイルサンドに含まれる石油成分は、砂岩層に覆われているために長い年月のうちに揮発成分が抜けてしまい、ピチューメン(れき青)と呼ばれる非常に粘性の高い超重質油となっている。ピチューメンは常温では半固体であり、そのままアスファルトとして利用されることもあるが、摂氏200度以上に加熱すると粘性が下がり、パイプラインでの輸送が可能となる。

この性質を利用するため、ピチューメンの回収には、多量の熱が必要となる。回収されたピチューメンは、アップグレードといわれる希釈処理や熱処理の後、合成原油となる。合成原油は、さらに精製されることによって、ガソリンや航空機燃料、その他の石油製品の原料となり、通常の原油と同じように取引することが可能となる。

三点目は廃棄物の処分が必要となることである。オイルサンドの組成は、砂が83%、粘土が3%、水が4%、ピチューメンが10%となっており、約2トンのオイルサンドから1バレルのピチューメンが得られる。通常の石油は地中から液体で回収されるが、露天掘りの場合、オイルサンドは陸上で砂・土とピチューメンに分離される。このため、大量の土砂を処分する必要がある、一般には採掘現場の埋め戻しに用いられている。

オイルサンドの生産拡大に伴い、ピチューメンの抽出とアップグレードといった独特な工程により生じる環境負荷の累積が深刻な問題になっている。

## 3 オイルサンドの環境問題

オイルサンドの生産拡大に伴い、アルバータ州はかつてない経済成長を遂げている。高騰する原油価格により企業は増益を続けており、アルバータ州雇用移住産業局が2007年4月に発表した「Economic Outlook for Alberta」によれば、2006年の1人当たりGDPは6万9,800カナダドルで、カナダ全国平均の4万4,100カナダドルの約1.6倍と突出している。失業率も2006年平均で3.4%とカナダで最も低い。労働人口の流入が続いており、2006年で3%と全国で最高の人口増加率を記録し、住宅価格高騰や乗用車販売額が史上最高

### 【参考：オイルサンドの採掘方法】

オイルサンドの採掘方法は、露天掘り（Mining）と油層内回収法（In-Situ）の2種類に分かれる。

#### (1) 露天掘り（Mining）

オイルサンドを含む砂岩層が地表に近い（75m以内）部分にある場合に採られる回収方法。巨大なシャベルやトラックでオイルサンドを採掘し、温水を注いで攪拌（かくはん）することにより、ピチューメンを回収する。ピチューメンを回収した後に残るくず鉱（Tailing）は、ナフテン酸という有毒物質を含むため、河川への放流ができず、くず鉱池（Tailing Pond）に貯留される。

露天掘りでは地表面を広範囲にわたって掘削されるため、鉱区が森林にある場合には多くの樹木が伐採される。



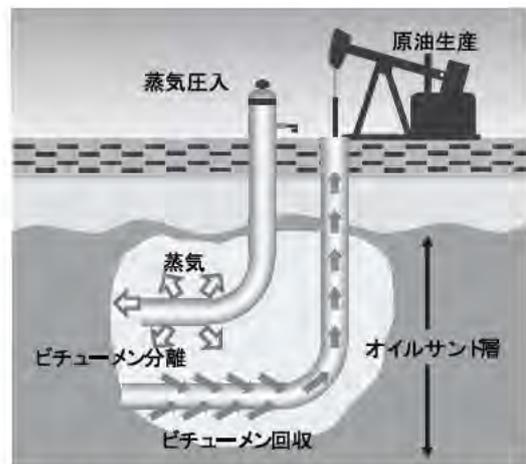
資料：カナダエネルギー情報局  
「Our Petroleum Challenge」より

図表5 露天掘りのイメージ

#### (2) 油層内回収法（In-Situ）

オイルサンドを含む地層が地下75m以上の深い所に位置している場合、地中でピチューメンを分離する。現在の主流は、オイルサンド層に2本の水平坑井を上下に通し、上部の坑井から注入した高温蒸気によりピチューメンの流動性を高め、下部の坑井から地表へ吸い上げるSAGD（Steam Assisted Gravity Drainage）法という技術である。

オイルサンドの約8割が地下75m以上の所にあるといわれており、今後の新規開発は油層内回収法によるピチューメン採取の比率が高まってくると考えられる。



資料：アルバータ州 Energy and Utility Board 公表資料より

表図6 SAGD法のイメージ

となるなどの現象も発生している。

オイルサンドの恩恵によるこのような活況が続く一方で、大気や水資源への影響、土地利用における制約といった環境面での深刻な問題が浮上している（図表12）。

#### (1) 大気

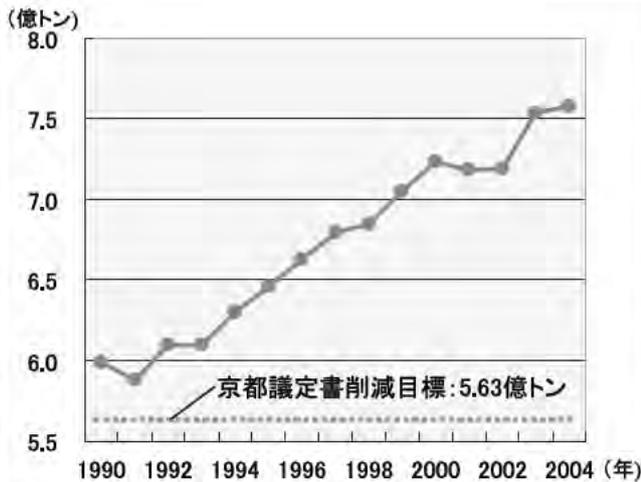
オイルサンドの生産において大気に関する問題は二点挙げられる。

一点目は、温室効果ガス（GHG、Green House Gas）の排出である。オイルサンド産業は、ピチューメンの回収およびアップグレードの工程で熱を必要とするが、天然ガスを燃焼させて熱を賅っている。そのため、非常に多くの温室効果ガスを排出する。また、寒冷地での生

産ゆえに冬季には必要となる熱量が増してしまう。

温室効果ガスの問題は国際的にも関心が高く、対応が急がれている。カナダは、2002年に京都議定書を批准し、2008年～2012年までに温室効果ガスを1990年の水準から6%削減することを目指してきた。しかし、実際には温室効果ガス排出量は年々増加しており、2004年には1990年の27%増の7.58億トンとなっている（図表7）。

2004年の温室効果ガス排出量を州別で見ると、オイルサンドがあるアルバータ州が2.35億トンと最も多く、カナダ全体の排出量の約3割を占めている。1990年には1.68億トンだったことから、15年間で39%増加したことになる。業種別には石油・ガス・石



資料：カナダ連邦環境省公表資料より日立総研作成

図表7 カナダの温室効果ガス排出量 (CO<sub>2</sub>換算)

炭産業が2004年で20%を占めており、温室効果ガス排出ワースト1となっている。オイルサンドでは、通常の石油から同じ量の原油を得るときに生じる温室効果ガスの約3倍が排出される(図表8)ことからわかるように、カナダ全土の温室効果ガス排出量の増加にオイルサンドでの生産拡大が少なからず影響しているといえる。

石油生産	オイルサンド
28.6 kg	85.5 kg

資料：PEMBINA 研究所公表資料より

図表8 1バレル当たりのGHG 排出量 (CO<sub>2</sub>換算)

カナダ政府やアルバータ州政府だけでなく、石油会社各社も温室効果ガス削減を最重要課題と位置づけて取り組んでおり、生産単位当たりの温室効果ガス排出量は低下する傾向にある。しかし、その努力を上回るほどのオイルサンド産業の急成長が続くと見込まれているため、温室効果ガスの総排出量は今後も増加し続けていくことが懸念されており、抜本的な対策が求められている。

二点目は、臭気であり、近隣の住民の安全・快適な日常生活を脅かす問題として挙げられる。オイルサンドの主要な生産拠点となるフォート・マクマレーでは、露天掘りの採掘現場がハイウェイに面しており、数キロ手前から鼻をつく臭気が一帯に漂う。臭気の原因は、生産現場から排出される硫化水素、二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>)、全炭化水素などであるが、この臭気がアルバータ州政府に寄せられる生産現場に関する苦情の第1位

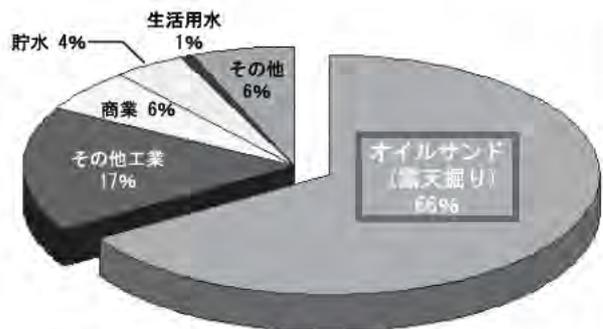
を占めている。2006年は、年間で寄せられた苦情143件のうち、49件が臭気に関連し、2位の煤煙・ガス燃焼の21件の2倍以上を記録した。近年の環境に対する関心の高まりと生産現場周辺での人口増加が、臭気への苦情が多くなった背景だといわれている。臭気発生の原因として、設備の老朽化や整備・点検不良などが挙げられており、問題が深刻な場合には州政府よりは是正措置が命じられているが苦情は後を絶たない。

## (2) 水資源の保護

オイルサンドの生産において水資源に関する大きな問題は三点ある。

一点目は、川の水量の減少である。露天掘りで使用される水は主にアルバータ州を流れるアサバスカ川から取水されている。一度利用した水のリサイクルも行われているが、新たに補充される水の量だけを考えても石油1バレル当たり2ないし4.5バレルの水が河川から取水される。オイルサンド露天掘りによる生産が一日当たり約50万バレルであり、川からの取水は一日当たり東京ドーム半分近くにもおよぶ。そのため、川の水資源保護は重要な課題となっている。

アサバスカ川の水は、オイルサンド産業のみならず、その流域での他の産業用水や生活用水としても利用されている。取水には州環境省の許可が必要であり、各石油会社に対して取水枠が割り当てられている。オイルサンド業界は合計で3.5億m<sup>3</sup>以上の取水枠を持っているが、これは人口100万人弱のカルガリー市の生活用水としての取水枠のほぼ2倍であり、アサバスカ川の全取水枠の実に3分の2を占めている(図表9)。生活用水は大部分の排水が処理後に川へ戻される一方、オイルサンドの排水は川へ戻せないため、オイルサンドでの取水が川の水資源減少に大きく影響している



資料：CEMA 公表資料より

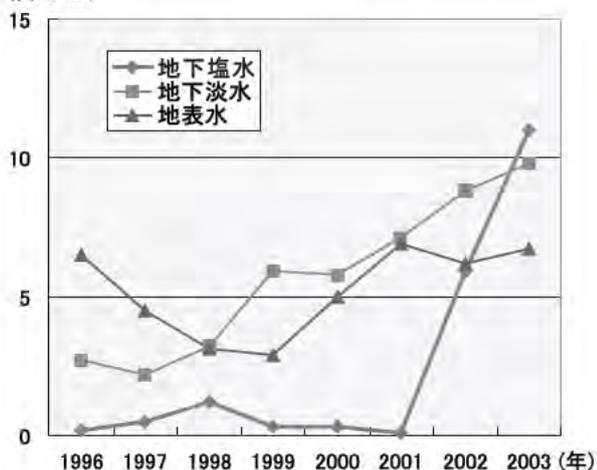
図表9 アサバスカ川取水枠の比率

と言える。

アサバスカ川は、流域でのダムの建設や気候変動もあり、100年前に比べると水量が60%まで低下している。水量の低下によって、川にすむ魚などの生態系への影響も懸念されている。今後、オイルサンドからの原油生産は拡大し続けると見込まれており、アサバスカ川の水量を守るためにはオイルサンド産業における水利用の効率化が重要である。

二点目は地下水量の減少である。油層内回収法を採用する鉱区の多くは、川から離れているために、主に地下水が利用されている。油層内回収法による生産は近年急激に増加しており、それに伴い利用される地下水量も増加している。水は繰り返しリサイクルされるが、その過程で蒸発したり地中に染みこんだりする水分があるため、毎日5万トンを超える水を補充する必要がある。その需要を地下淡水だけで賄うことができなくなってきており、2002年以降、地下塩水の利用が急激に増加している（図表10）。地下水量の保護および持続可能性の検討は重要な課題となっており、石油会社は新規開発にあたって地下水の持続性に関するアセスメントも義務付けられている。

(百万 m<sup>3</sup>)



資料：アルバータ州 Energy and Utility Board  
公表資料より

図表10 急増する地下塩水の使用量

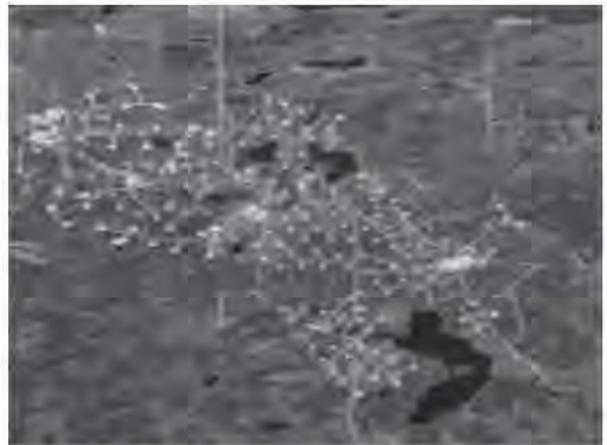
三点目は、地下水の汚染である。地下水は塩分を含むものも多く、このような地下塩水を用いて蒸気を生じさせる際には前処理が必要となる。しかし、除去された塩分や、回収された水のリサイクル過程において分離される不純物は、現状では地下に埋め戻されるか、産業廃棄物として埋め立て処理されている。地中に埋

められた廃棄物に含まれている有害物質が地中に染み出すため、地下水の汚染が懸念されている。

### (3) 土地利用

土地利用に関連する問題としては、森林や湿地などの地形破壊、および事業終了後の原状回復の二点が挙げられる。

一点目の地形破壊に関する問題であるが、露天掘り鉱区の開発において広い範囲にわたって地表面から掘削されたため、約3千平方キロメートルもの森林が失われた。油層内回収法の鉱区でも、地表面の掘削は少ないものの、探鉱に用いられる地震探査線や、周辺道路、送電線、パイプラインなどにより約15万平方キロメートルもの森林が無数に分断され、孤立している（図表11）。孤立した森林の中には、騒音などの影響も加わり野生動物や鳥類の生活環境が失われ、生態系が維持できなくなった所もある。また、森林には湿地や泥炭地が点在しているが、これらの湿地や泥炭地およびそこに生息する希少な動物や植物も失われている。



資料：PEMBINA 研究所公表資料より

図表11 地震探査や道路により分断された森

地形破壊の影響は、生態系にとどまらない。森林、湿地、泥炭地の保水力は高く、河川や湖沼、地下水といった水の補給源として機能していることに加え、水が通過する際にフィルター的作用も果たしている。地形が破壊されることによる水資源の質および量に対する影響も看過できない。

オイルサンドの埋蔵地域、特に露天掘りに適した鉱区が森林地帯と重なっているため、オイルサンドの生産拡大と地形の破壊抑制の両立は非常に困難なものになっている。また、湿地や泥炭地は、何千年もの年月

分野	環境問題	概要
大気	温室効果ガスの排出	・ピチューメンの抽出やアップグレードに必要な熱を賄うために天然ガスを燃焼させるため、大量の温室効果ガスが排出。今後も排出量は増加し続ける見込み
	近隣住民への臭気	・近隣住民の増加、既存設備の老朽化などが相まって生産現場周辺の悪臭に苦情
水	河川や地下水の水量減少	・ピチューメンの抽出に蒸気や温水を用いるため河川や地下水から大量の水が取り込まれることによる水資源の減少
	地下水および土壌の汚染	・廃棄物を深井戸へ埋め戻した際、有害物質浸出により地下水を汚染
土地	地形破壊	・開発の拡大による森林や湿地などが破壊され、生態系に影響
	開発終了後の用地再生	・くず鉱池の再生技術が確立されておらず、くず鉱池が拡大 ・くず鉱に含まれる有害物質による土壌汚染も用地再生の阻害要因

資料：各種資料より日立総研作成

図表 12 オイルサンド開発による環境問題

をかけて形成された地形であり、開発によって失われてしまうと完全に再現することは不可能である。このため、一部の環境団体からは、湿地や泥炭地の再生に関する規制が施行されるまでは特に露天掘りの新規開発を許可するべきではないという意見も出ている。

二点目の事業終了後の原状回復に関する問題であるが、中でも注目されているのは露天掘りにおけるくず鉱池の再生である。

ピチューメンを分離した後に残るくず鉱には水、砂、土のほかに、金属類やナフテン酸という石油系の有毒物質などが含まれている。そのため、くず鉱はそのまま河川へ放流することが認められておらず、浮遊物質を沈殿させるためにくず鉱池に貯留される。ところが、初期（1960年代後半）の鉱区において作られたくず鉱池では微小粒子が沈殿せず、いまだに水中に滞留していることが問題となっている。そのため、くず鉱に含まれる水のリサイクルも進まず、くず鉱池は年々拡大の一途をたどっている。その大きさは現在では宇宙からも肉眼で認識できるほどになったと言われている。

オイルサンド開発の際、石油会社は鉱区の開発権を獲得するが、一定の操業期間の後に原状回復して鉱区を州に返還しなくてはならない。返還に際して石油会社は原状回復計画を作成し、州環境省の承認を得る必要がある。しかし、これまで石油会社から環境省に提示された計画は、不足する湿地や泥炭地を補うために新たな池を建設するという内容で、環境省の要求を満たすものではない。また、くず鉱池の再生地で新たな生態系が築けるのか否か、いまだに検証は終わっていない。初期のくず鉱池の中には2010年に返還の期限を迎えるものがあり、処理と環境の再生が課題となっ

ている。

このように、オイルサンドの開発によって、大気、水、土地それぞれに関する環境問題が複雑かつ深刻なものとなってきており、対応が喫緊の課題となっていることがわかる。次章では、エネルギー産業の発展と環境保護の両立の難しさと、前進のためのステークホルダーによる取り組みについて明らかにする。

## 4 ステークホルダーの対応

### (1) 行政の動き

カナダでは、行政が規制を制定する際には、「People's Interest（人民の利益）」に基づいて、環境への影響だけでなく、経済面、安全衛生面、雇用面といったさまざまな側面を考慮し、環境保護と産業の発展の両立を図ろうとしている。しかし、オイルサンド開発については環境負荷が深刻な問題となっているものの、エネルギー産業の盛衰が国益を左右することもあり、利害関係が複雑で両立の解を見つけることは非常に困難である。

例えば、2007年4月にカナダ連邦政府は、2020年までに温室効果ガスの排出量を2006年水準から20%削減する新環境政策を発表した。前述の通り、京都議定書において、カナダは日本と同様に2012年までに1990年基準で6%削減することを目標にしてきた。しかし、これまでの各業界の努力にも関わらず、温室効果ガス排出量は1990年の水準を大幅に上回っていることから、こうした新たな政策を採用したと考えられる。現在のカナダにおける温室効果ガス排出量の増加

は、オイルサンドをはじめとするエネルギー産業の生産拡大による影響が大きいことから、連邦政府が苦渋の選択を迫られたことがうかがえる。

一方、アルバータ州政府は1990年代半ば以降の開発の急増に伴い、1999年にRSDS(持続的な地域発展戦略、Regional Sustainable Development Strategy)を発表したが、このポイントは累積的な環境影響評価を重視するよう政策を改定したことである。個別案件による環境への評価だけでなく、例えば水資源に関しては地表水の取水割り当てや地下水アセスメント、坑井への圧入水など、環境への累積的な影響を考慮してガイドラインを制定するようになっている。さらに、二つの側面から環境負荷削減に取り組んでいる(図表13)。

第一の側面は事業参加である。例えば大気に関する重大な問題である温室効果ガス排出に対する対策として、炭素隔離技術の適用を模索している。現在アルバータ州が注目しているのは、CO<sub>2</sub>を半永久的に地中に貯留する地中固定法で、この技術を普及させるために必要となるCO<sub>2</sub>輸送パイプラインの建設に対し、連邦政府と州政府が2007年度予算から数億ドル拠出することが検討されている。政府によるオイルサンド関連初の環境負荷対策事例として注目されている。

州政府による取り組みの第二の側面は税制も含めた法制度改正である。まず、2002年に施行された「気候変化と削減管理法」を改正して、温室効果ガス税を導入する修正法案を審議中である。また、石油会社に

対する優遇税制の見直しも進めている。アルバータ州では、石油や天然ガスの設備には25%減価償却が適用されている一方、オイルサンドの設備には100%加速減価償却(ACCA、Accelerated Capital Cost Allowance)が適用されてきた。この優遇策の下では、初期投資が回収されるまで所得税を支払う必要が事実上なくなるため、オイルサンド事業における投資障壁を和らげる効果があった。しかし、近年の原油価格高騰を背景として石油会社は大きな収益を挙げているため、優遇税制を見直すべきという意見が政府内に出てきており、今後の新規開発の抑制につながる可能性も考えられる。

## (2) NPOの動き

オイルサンドの環境への負荷が深刻化していることもあり、さまざまな環境関連NPOがこの問題に取り組んでいる。こうしたNPOの活動は、生産現場での環境モニタリング、意見表明、教育・啓発など多岐にわたる。中でもCEMA(累積環境マネジメント協会、Cumulative Environmental Management Association)は特筆すべき活動を行っている。その特徴は四点挙げられる。

一点目は、実行力ある政策提言を志向していることである。CEMAは、1999年のRSDSに産官民で取り組むため2000年に設立されたNPOである。特にオイルサンド産業が集中するウッドバフファロー郡における

対象		取り組み概要
全般		<ul style="list-style-type: none"> <li>Regional Sustainable Development Strategy を発表(1999年)</li> <li>プロジェクト開始時の環境アセスメントガイドライン策定・審査</li> <li>優遇税制(特別償却)の見直し</li> <li>ビチューメン回収に係る新技術の開発指導</li> </ul>
大気	事業参加	CO <sub>2</sub> 地中固定化プロジェクトへの開発費拠出
	法制度改正	<ul style="list-style-type: none"> <li>温室効果ガス排出税の導入(気候変動対策)</li> <li>硫黄酸化物や窒素酸化物などの大気排出における制限(汚染防止)</li> </ul>
水	事業参加	<ul style="list-style-type: none"> <li>公的研究機関による水リサイクル新技術調査、実証</li> <li>業界団体への参画による新技術調査</li> </ul>
	法制度改正	<ul style="list-style-type: none"> <li>Water Resource Act を改編し、Water Act を制定(1996年)</li> <li>産業からの排水に対する水質基準値の設定(汚染防止)</li> <li>川や地下水からの取水割り当ての取り決め(水資源保護)</li> </ul>
土地利用	事業参加	業界団体への参画による新技術調査
	法制度改正	<ul style="list-style-type: none"> <li>湿地造成のためのガイドライン策定</li> <li>旧オイルサンド事業用地の湿地造成計画承認に関するガイドライン</li> </ul>

資料：各種資料より日立総研作成

図表13 オイルサンドに関連する環境問題へのアルバータ州政府の主な取り組み

経済発展と長期的な環境への影響を調べ、対応策を提言するよう州政府より委ねられている。新規開発に関する環境アセスメントの審査や、環境関連の制度、ガイドラインの制定や見直しについても検討することになっている。州政府は、オイルサンドの環境政策について CEMA の提言を取り入れていると明言している。

二点目は、自然との共生に関する先住民族の知識と知恵も取り込もうとしていることである。CEMA には約 50 団体が参加しており、アルバータ州政府や地元政府、石油会社や環境関連 NPO に加えて先住民族の利益団体が含まれている。というのも、オイルサンドが埋蔵される一帯は、先住民族が 9,000 年以上も前から居住してきた地域であるため、新規開発・生産と環境保護に関して先住民族の意向が重視されている。先住民は、単に自らの利益を保護する活動だけでなく、CEMA を介して有史以前からの環境保護に関する言い伝えなどの知識と知恵を伝承する活動も行っている。

三点目は、環境保護にとどまらない総合的なアプローチを採用していることである。CEMA の資金活動の大半は産業界が拠出しており、2005 年で約 550 万カナダドルに上っている。しかし、CEMA が取り上げるテーマはオイルサンドでの原油生産に伴う環境問題に限定されていない。酸性雨や大気汚染、オゾンや微量金属の飛散といった大気の問題、地表水の水質や魚類の生息といった水の問題、地形の多様性や原状回復といった土地の問題にとどまらず、野生生物の生態や生物多様性、文化・歴史的遺産まで広範囲におよぶ。現在、①持続的なエコシステム、②原状回復、③NO<sub>x</sub>・SO<sub>2</sub> 管理、④地表水の水質、⑤微量金属・大気汚染、⑥伝統的環境ナレッジ、の六つのワーキンググループで現状分析と対策の検討、提言の取りまとめを行っている。

四点目は、ステークホルダーの合意形成を重視していることである。実行力ある政策提言を行うには、その政策に協力することになるステークホルダーの理解と合意が不可欠になる。しかし、環境問題に関してはさまざまな利害が衝突しがちであり、合意形成が容易ではない。それでも CEMA では、ステークホルダーとの対話を通じて対応策を導き出そうとしている。このようなアプローチに対しては、時間がかかりすぎて刻々と変化するオイルサンドの状況に迅速に対応できていない、提言が妥協の産物であるといったメディアからの批判はあるが、オイルサンド業界など主要なス

テークホルダーから絶対的な支持を集めている。例えば、環境行政の動向を州政府に問えば、CEMA の意向に従うとの回答である。石油会社も一様に CEMA での活動をホームページなどでアピールしている。

### (3) オイルサンド業界の動き

言うまでもなく、アルバータ州の GDP (2006 年度実績は約 2,360 億カナダドル) の約 1 割を占めるオイルサンド業界も環境負荷の高い生産への対応を迫られている。対応策は多岐にわたるが、主に情報公開、環境関連活動への資金提供・参加、技術開発への投資に大別できる。

情報公開については、各社が長年にわたり、環境負荷の高い生産を続けてきたことから、新規開発については事業計画策定時に環境負荷も含めて詳細に開示することが求められている。また、一部の会社では定期的に Sustainability Report (持続性レポート) を発表し、これまでどの程度の環境負荷をかけてきたのか、今後どのような対策を実施するのかなどの、詳細な情報を公開している。例えばオイルサンドにおける最大の生産者である Syncrude 社は、毎年アニュアルレポートを兼ねた持続性レポートを発表している。水資源利用に関しては、アサバスカ川からの年間取水量と再利用率、排水量とその削減に対する取り組みといった情報をレポートで明記している。このような情報公開をすることで、各社はステークホルダーから事業に対して理解と協力を得ることができる。一方、情報公開により、各社はステークホルダーに対し計画や対策の実行を確約したことになる。

環境関連活動への資金提供・参加については、植林事業などを独自に展開する場合もあれば、前述の CEMA のような NPO 活動に資金や人材を提供する場合もある。特にこの数年については、「環境を保護する」だけでなく、「破壊された環境を回復する」という視点での取り組みも増えてきていることから、これまでの生産による環境への影響の大きさが伺える。

情報公開や各種活動への資金提供・参加もさることながら、各社が最も力を入れているのが技術開発への投資である。もともと効率が悪く、環境負荷も高いオイルサンド産業における生産の効率化と環境負荷低減を両立するには最先端の環境関連技術の適用が不可欠である。オイルサンド業界で最古参の Suncor 社が 2006 年に発表した情報によれば、各社は 1996 年以降

10年間で約4兆円を生産技術や環境技術の研究開発に投じている。

このように、オイルサンド産業におけるステークホルダーは連携しながら環境対策に取り組んでいる。特に産官学のステークホルダーの連携による技術開発が不可欠であることから、次章ではステークホルダーがどのように連携し、どのような技術に関心を持ち開発に取り組んでいるのかについて述べる。

## 5 環境負担を軽減する技術開発

これまでに述べてきたようなさまざまな環境対策とオイルサンド産業の成長を両立させる技術開発は一社だけでは負担が大きく、またリスクも高いため、石油会社およびエンジニアリング会社各社は関係省庁、大学、研究機関などと協力して CONRAD (Canadian Oil Sands Network for Research and Development) という業界横断組織をつくり、技術開発に対する助成や、定期的なセミナー開催による技術の紹介などを行っている。CONRAD が中でも特に重視している環境関連技術は、新たなビチューメン回収技術と水リサイクル技術の2分野である。

### (1) 新たなビチューメン回収技術

地下水量の保護および地下水汚染回避の両面から、

水を利用せずにビチューメンを回収する油層内回収法の技術開発への期待が高まっている。また、現在油層内回収法の主流となっている SAGD 法では、天然ガスを燃料として蒸気を発生させているため、エネルギーの消費と温室効果ガスの排出の削減も喫緊の課題となっている。

このような現状を改善するために、VAPEX (Vapor Extraction) 法と THAI (Toe-to-Heel Air Injection) 法という新技術が開発されている (図表 14)。VAPEX 法は、アルバータ州政府主導の下、10数社による共同開発・実証が行われている。SAGD 法と同様に2本の水平抗を油層内に通し、上部の坑井から溶剤を油層内に圧入することでビチューメンの粘性を下げ、下部の坑井から回収するものである。この技術では蒸気を用いないため、大気および水に関する環境問題の改善が期待されている。THAI 法では、油層に垂直井を1本と水平井を1本通す。垂直井から空気を圧入して油層中のビチューメン自身を燃焼させ、その熱を利用して粘性を下げたビチューメンを水平井から回収するものである。まだ実験段階ではあるが、この技術でも同様に蒸気を用いないため、大気および水に関する環境問題の改善が期待されている。

いずれの技術もまだ実用化に至っておらず、小規模な実証実験を行っている段階である。VAPEX 法や THAI 法といった新しい技術の普及には、性能面での信頼性確立だけでなく、生産設備の価格、設備や消耗

SAGD 法における課題	VAPEX 法	THAI 法
地下水量の保護 ビチューメンの粘性低下のための熱源に地下水由来の蒸気を利用	○ ビチューメンの粘性低下にエチレン、プロパンなどの溶剤を利用	○ 油層内のビチューメンそのものを燃焼させ、発生した熱により周辺ビチューメンの粘性を下げる
地下水汚染リスクの軽減 排水リサイクルと地下塩水の処理で発生した廃棄物を深井戸へ圧入	不明	○ ビチューメンのみを回収するためそのままアップグレード設備へ搬入可能
燃料(天然ガス)消費量削減 蒸気発生に燃料に天然ガスを利用	○ 蒸気発生が必要がないためエネルギー不要	○ 油層内のビチューメン自身が燃料となるため、燃料の補充が不要
温室効果ガス発生の抑制 蒸気発生に燃料に天然ガスを利用	○ 天然ガスを燃焼させないため、温室効果ガスが発生しない	不明 ビチューメンが地下で燃焼するため、CO <sub>2</sub> の漏出懸念は残る
新たな課題	・実証実験中 ・開発開始から生産までの時間が長い ・溶剤の回収とリサイクル方法の確立	実証実験中

資料：各種資料より日立総研作成

図表 14 現行の油層内回収法である SAGD 法における課題と新技術における改善点

品の供給体制の整備など、経済性に関わる課題も多い。そのため、当面は水を大量に利用する技術が主流になると考えられ、水リサイクル技術の革新は今後も重要な課題である。

## (2) 水リサイクル技術

現在のオイルサンド開発において水は必要不可欠であり、業界の水リサイクル技術に対する関心は非常に高い（図表 15）。

現在でもくず鉱池の上澄みが冷却水などに再利用されている。しかし、くず鉱に含まれる微小粒子や溶解物質が装置内にスケール（湯あか）として付着してしまうためリサイクルには限界があり河川からの取水に依存せざるをえない。河川の水量を保全するだけでなく、くず鉱池の拡大を食い止めるためにも、リサイクル率の向上につながる技術の確立が重要である。

先述の CONRAD でも排水に含まれる成分の分析結果やそれぞれの物質による環境への影響の評価、新しい水処理技術の実験結果など、多くの発表が行われている。そのような技術のうち、実績を挙げ始めているのが CT (Consolidated Tailing) と Evaporator であるが、さらに高効率な水リサイクル技術の確立も求められている。

日立グループも国内浄水場などで実績のある凝集技術を活用して開発中の水処理システムをカナダの石油会社に紹介している。凝集剤に鉄粉を混ぜ、磁気を用いて浮遊物質と水を分離する技術であり、一般の凝集沈殿方式に比べて処理速度を大幅に向上させたものである。国内では湖沼のアオコ除去でも性能を発揮した技術である。日本の水処理メーカーとしては初めてとなるオイルサンド業界での実証実験を開始する予定であり、その効果が期待されている。

オイルサンドに関連する環境問題への日本の積極的な関与は、日本企業にとってのビジネスチャンスであるとともに、日本のエネルギー安全保障のための取り組みを支援するという2つの意味で重要である。

オイルサンド産業では多くの新規開発が計画されており、今後も引き続き原油生産が拡大していく。このような中で環境問題を克服していくためには水リサイクルをはじめとする環境技術の革新は必須であり、高度な環境技術を持つ日本企業がオイルサンドで貢献する可能性は高い。

また、原油生産を拡大するカナダは輸出の増加を見込んでいる。これまではカナダからの原油輸出はほぼ全量がパイプラインで結ばれた米国向けのものであった。今後は、アジア向けの輸出を見込み、アルバータ州から西海岸のバンクーバーへとつなぐパイプラインの増強が行われている。一方、中国や韓国に加え、インドからもオイルサンド開発への投資が計画されるなど、アジア諸国によるオイルサンドへのアプローチが積極化している。

日本政府は2006年5月に「新・国家エネルギー戦略」を発表した。その中で、エネルギー供給源の多様化を目指した取り組みの対象としてロシアのシベリア地区や中央アジア諸国に加え、北アフリカやカナダが取り上げられている。つまり、日本の資源確保戦略にとっても、カナダからの原油輸入の実現は非常に重要である。現在約90%になっている中東依存度を下げるとは日本にとってエネルギー安全保障の面での重要な課題であり、それが政情の安定したカナダからの輸入でもたらされることになれば大いに評価できる。

オイルサンド産業への日本企業の環境技術の導入は、カナダにおける日本のプレゼンスの向上に寄与するため、その取り組みは重要といえる。

技術と適用先	概要
CT (Consolidated Tailing) 露天掘り	初期のくず鉱池の再生のために開発された技術で、脱硫装置から得られる石こうをくず鉱池に投入するもの。石こうと砂の働きによって微小浮遊物が凝集・沈殿し、上澄みを抽出工程にリサイクルすることが可能
Evaporator 油層内回収法	従来、軟水装置、フィルター、イオン交換の工程に分かれていた水処理プロセスに替わる技術で、排水量をそれまでの約10分の1まで減らすことが可能
磁気分離方式(日立) 検討中	日本の浄水場や海外の下水処理場で用いられる凝集沈殿方式を応用したもの。凝集剤に鉄粉を混ぜ、磁気を用いて不純物と水を分離する方式であり、高速処理が可能

資料：CONRAD 資料および日立プラントテクノロジー資料より日立総研作成

図表 15 水のリサイクル技術

## 日立総研レポート 中国の環境問題の現状と今後の課題

主管研究員 佐藤 尚彦  
研究員 劉 華英

中国経済は近年年率10%を超える急速な発展を続けており、2005年には米国、日本、ドイツに次いでGDPが世界第4位となった。日本を含む多くの先進国においては過去の急激な経済成長の過程でさまざまな公害問題が発生した。中国政府は、そうした先進国の経験を踏まえ2006年発表の第十一次五カ年計画において、経済成長と環境保護を同時にめざす新たな経済発展モデルを公表した。

中国政府は、法制度の整備など環境保護に注力する姿勢を明確にしているが、資金面や技術面の制約も大きく、企業や住民の環境に対する意識も必ずしも高くはないのが実態である。今や、中国の環境問題は経済成長の足かせになりかねないほど深刻化しつつある。とりわけ、温室効果ガスの排出量は米国に次いで世界第2位となっており、もはや中国の国内問題にとどまらず国際問題となっている。

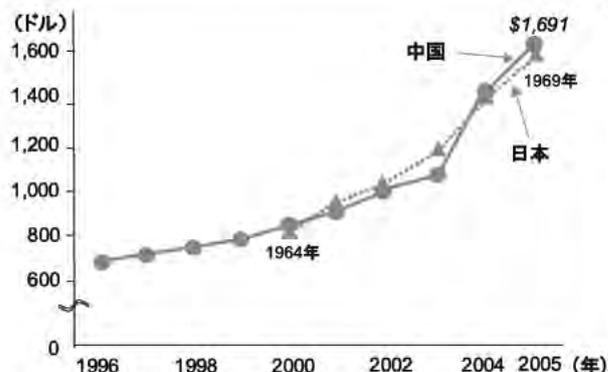
本論文は、データに基づいた定量的分析、中国政府の政策動向分析によって、中国の環境問題の今後を展望したものである。

### 1 第十次五カ年計画の成果と課題

第十次五カ年計画の期間中(2001～2005年)に、中国の実質GDP年成長率は8.4%から10.2%まで拡大した。GDPの規模も、2005年には米国、日本、ドイツに次ぐ世界第4位へと躍進した。

2000年代前半の中国の一人当たりGDPの推移を、1960年代後半の日本と比較すると、両者は類似した上昇曲線を描いていることがわかる(図表1)。

日本では、1960年代の高度経済成長期に公害問題が深刻化し、1956年に水俣病患者が、1961年にはイタイタイ病患者が確認された。さらに1964年には四日市ぜんそくによる初めての死亡者が発生し、1965年には新潟県阿賀野川流域で多数の有機水銀中毒患者が確認された。これら4大公害病は国民に大きな被害を及ぼし、1972年には環境基本法が制定された。

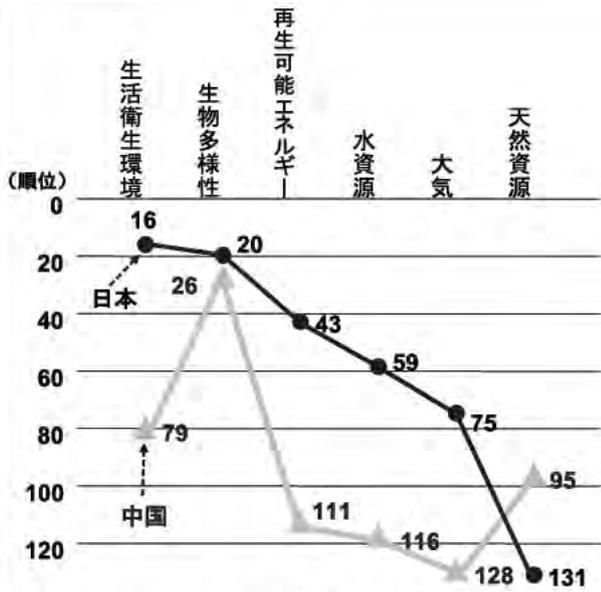


資料：公表資料より日立総研作成

図表1 中国と日本の一人当たりGDP推移

日本など先進国の経験を踏まえ、中国政府は1979年には既に環境保護法を制定している。2001年に開始された第十次五カ年計画期間中にも、環境保護の目的で法令の制定や改定を実施し、環境投資も拡大してきた。しかし、現状を見ると、日本の高度成長期以上に深刻な問題が多数発生している。温家宝首相は第十次五カ年計画を総括した政府活動報告において、エネルギー大量消費と環境汚染の深刻化を問題点としてあげている。エネルギー大量消費の結果引き起こされる大気汚染の代表的指標である二酸化窒素(SO<sub>2</sub>)に関しては、第十次五カ年計画の排出目標が1,800万トンであったのに対し、実績は2,549万トンと大きく超過してしまっている。

中国の環境に対する国際的評価も厳しい。米国のエール大学は、コロンビア大学の環境専門家などと協力して世界133カ国を対象に、「生活衛生環境(乳幼児死亡率・室内換気・飲料水・衛生程度)」「生物多様性」「再生可能エネルギー」「水資源」「大気」「天然資源(農耕可能地・森林面積・漁業資源量など)」の6カテゴリーについて国別環境評価ランキングを毎年発表している。2006年版は2007年1月26日にスイスのダボスで開催された世界経済会議で公表された。中国は、「大気」が128位、「水資源」が116位、「再生可能エネルギー」が111位と、3つのカテゴリーで極めて低い評価となっている。



資料：エール大学資料より日立総研作成

図表2 2006年環境評価ランキングの日中比較

## 2 中国の環境問題の現状

中国の環境問題の現状を分野ごとに見てみたい。

### (1) 大気汚染

大気汚染は、住民の呼吸器系統に悪影響を及ぼす。日本の四日市ぜんそくはその代表例である。大気汚染の主な原因は、粒子状物質とSO<sub>2</sub>である。

粒子状物質とは、一般的にはマイクロメートル単位の固体や液体の粒のことを言う。主に燃焼による煤塵(じん)、黄砂のような土壌の飛散、海塩などから生じる。世界銀行が発表した「世界指標2006」によれば、粒子状物質による汚染が最も深刻な世界の20都市のうち、13都市を中国が占めている(図表3)。

粒子状物質が発生する原因は、建設現場で発生する粉塵(じん)、自動車による浮遊粒子状物質、石炭燃焼に伴う粉塵(じん)である。そのうち、石炭燃焼に伴う粉塵(じん)が3分の1以上を占めている。産業粉塵(じん)が減少傾向であるのに対し、近年石炭燃焼に伴う粉塵(じん)は増加傾向にある。

大気汚染のもう一つの原因はSO<sub>2</sub>である。SO<sub>2</sub>に関しても石炭燃焼が大きく影響している。中国のエネルギー源の7割は石炭に依存しており、2001年からの5年間で火力発電の能力は200%増加したが、その中心は石炭火力発電であった。発電を含むエネルギー部門



単位：μg/m<sup>3</sup>(粒子状物質濃度)

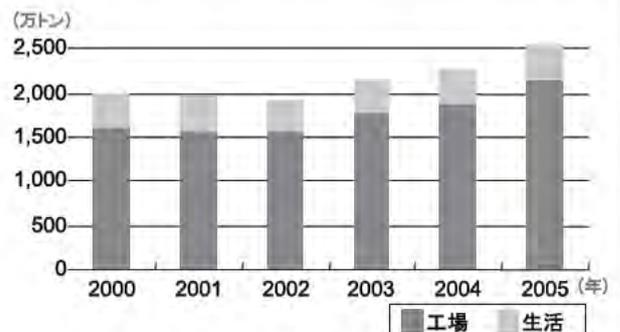
順位	都市名	粒子状物質濃度	順位	都市名	粒子状物質濃度
1	デリー*	177	11	済南	104
2	カイロ	159	12	蘭州	101
3	コルカタ*	145	13	北京	99
4	天津	139	14	太原	98
5	重慶	137	15	アハト・ハート*	98
6	ラクナウ*	129	16	成都	95
7	コンスタンツェ	128	17	鞍山	92
8	ジャカルタ	115	18	武漢	88
9	瀋陽	177	19	南昌	87
10	鄭州	159	20	ハルビン	85

注) \*印はインド、カイロはエジプト、ジャカルタはインドネシア  
資料：世界銀行「世界指標2006」より日立総研作成

図表3 粒子状物質汚染が深刻な都市(2002年)

の2005年のSO<sub>2</sub>排出総量は、全産業分野の59%を占めている。

SO<sub>2</sub>の増加に伴い、酸性雨の被害も拡大している。酸性雨とは、pH5.6以下の酸性の雨、霧、雪などをさす。ドイツの森林の酸性雨被害が有名のようにこれまでは先進国の問題とされてきた。しかし、近年中国でも被害は深刻化しており、2005年降水年間にpHが5.6



資料：各種公表資料より日立総研作成

図表4 2000～2005年のSO<sub>2</sub>排出量推移

以下であった都市が中国全体の38.4%を占めた。また、日本の国立環境研究所の調査によれば、日本国内で観測される窒素酸化物の49%が中国を起源としており、国境を越えて被害が広がっている。

## (2) 水質汚染

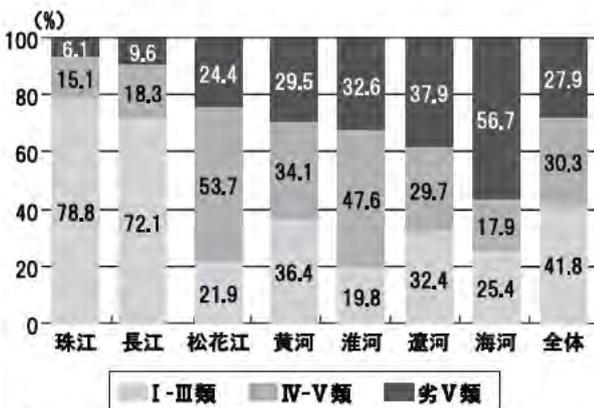
中国では、汚染物質の含有率などに応じて、水質を5つに区分している(図表5)。

I類	水源、国家自然保護区域
II類	集中式生活飲用水水源地1級保護区域、希少魚類保護区域、魚介類産卵場など
III類	集中式生活飲用水水源地2級保護区域、一般魚類保護区域および水泳区域
IV類	一般工業用水区域および人に直接接触しない娯楽区域
V類	農業用水および一般景観区域

資料：中国環境年鑑

図表5 中国の水質区分

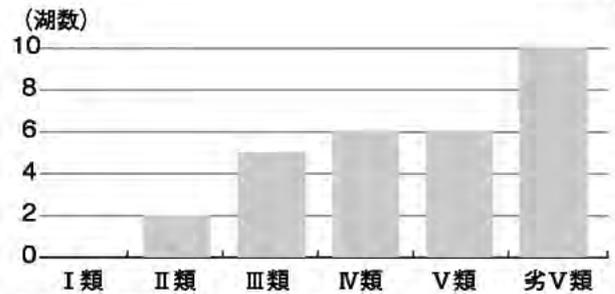
中国の七大水系と呼ばれる、珠江、長江、松花江、黄河、淮河、遼河、海河のうち、淮河、遼河、海河の3つの水系は、劣V類の水質割合が3割を超える最も汚染の深刻な流域で、国家の重点汚染対策流域に指定されている(図表6)。



資料：中国国家環境保護総局資料より日立総研作成

図表6 七大水系の汚染状況(2004年)

湖沼の汚染も深刻である。中国の代表的な28の湖のうち、劣V類の水質の湖が35%を占めている。主な汚染物質は窒素とリンであり、生活排水・工業排水・化学肥料が原因となっている。三大湖と呼ばれる江蘇省の太湖、安徽省の巢湖、雲南省の滇池も、劣V類に



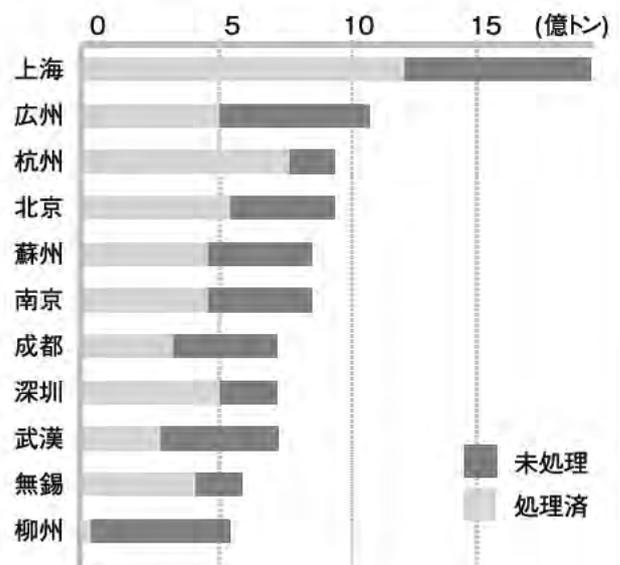
資料：中国国家環境保護総局より日立総研作成

図表7 代表的な28湖沼の汚染状況(2004年)

区分され、湖面の減少などの課題も抱えているため、国家の重点汚染対策流域に指定されている。

1990年代までは中国における水質汚染の主因は工業汚水であったが、急速な都市化に伴い2000年以降は生活污水が中心となった。2004年には全汚水排出総量482.4億トンのうち、生活污水が54.2%を占めるに至っている。これは、都市部での下水処理場の整備率が低く、未処理の生活污水が河川湖沼に排出されているためである。

重点都市<sup>1</sup>における2004年の汚水処理率は全体で32.3%にすぎず、上海市で7割程度、広州市では汚水処理率は5割未満にとどまっている。



資料：各種公表資料より日立総研作成

図表8 主要都市における生活污水の排出量と処理率(2004年)

1 1989年に国務院環境保護委員会が制定した環境の総合評価制度で定点観測の対象となる都市

### (3) 廃棄物

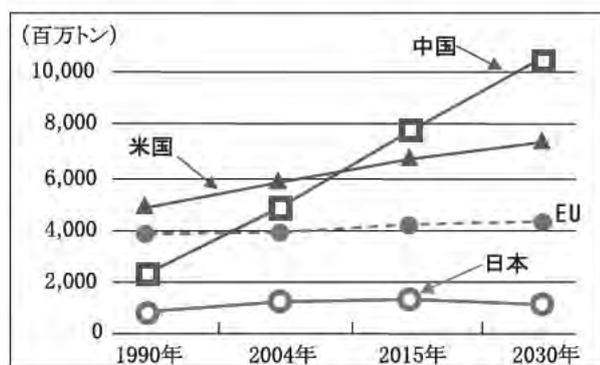
生活ゴミや産業廃棄物の急増も地下水や土壌汚染などの問題を引き起こしている。都市部では焼却処理施設の整備が遅れており、生活ゴミの多くは、ほとんど処理されず埋め立てられている。

廃棄物の中では、パソコンなど電子ゴミの廃棄が大きな問題となっている。急速に普及した家電品(パソコン、携帯電話など)が2000年代後半以降に買い替え時期を迎えているため、更なる大量廃棄が見込まれる。加えて、先進国から大量の中古パソコンなどが運び込まれて廃棄されている。中国政府は電子ゴミの輸入を禁止しているが、「中国経済時報」によると、世界の電子ゴミの年間廃棄量約5億トンのうち、約7割が中国に運び込まれている。とりわけ広東省、浙江省、福建省の沿岸地域に、電子ゴミの集積地が集中しており、住民の健康被害も発生している。

### (4) 温暖化

中国は京都議定書を批准しているが、非付属書I国であるため、2008年から2012年までの第一約束期間における温室効果ガス削減の数値目標が定められていない。しかし、経済成長に伴い温室効果ガスの排出量は急増しており、OECDの試算によると2002年時点でエネルギー起源の二酸化炭素排出量は米国に次いで世界2位であり、世界の総排出量の約14%を占めている。国際エネルギー機関(IEA)の標準シナリオでは、2009年ごろには米国を抜いて世界のCO<sub>2</sub>排出国になると予測されている。

中国は、国連の気候変動に関する政府間パネル(IPCC)においては、発展途上国の立場から、先進国



注：1990年、2004年は実績

資料：IEA「World Energy Outlook2006」

図表9 日中欧米のCO<sub>2</sub>排出量予測

との歴史的経済的違いを理由に一貫して削減量の義務化に反対してきた。「温室効果ガスによる気候変動は、地球的な環境問題だけではなく、政治、経済、社会にも影響を与える。先進国と発展途上国は発展の状況が異なるので、立場が違うことは当然だ。中国の立場は多くの発展途上国と一致する」という周IPCC中国代表のコメントに代表されるように、中国はIPCCの地球温暖化問題作業部会では発展途上国の立場での主張をくり返している。

一方で、中国は第十一次五カ年計画で、資源の利用効率向上を通じて資源大量消費型から資源節約型に転換することにより、環境に優しい社会を構築する方針を打ち出しており、これまでのエネルギー大量消費型経済構造からの転換を図る姿勢を明確にしている。今後どのように省エネルギー化を推進し、温室効果ガスの削減につなげるかは経済的にも政治的にも重要な課題である。

科学技術部、気象局、科学院、外交部、国家発展・改革委員会、国家環境総局、教育部、農業部、水利部、国家林業部、国家海洋局、国家自然科学基金委員会の12部門が共同発表した「気候変化国家評価報告」によると、過去50年間で既に中国北西部の水河の面積は21%減少しており、青海と甘南の牧場地区草産量や南西地区湿地面積も減少している。津波、洪水、豪雨、干ばつなどの自然災害が沿岸部に大きな被害をもたらしており、コレラ、赤痢、チフスなど疫病の発生も問題になっている。今後の気温上昇によって、被害がさらに拡大することも予想され、大気汚染・水質汚濁・廃棄物処理などの問題と同様、気候変動問題は国民生活を脅かす差し迫った内政課題でもある。

## 3 中国の環境問題への対応

### (1) 第十一次五カ年計画における取り組み

このように深刻化する環境問題に対して中国政府はどのような対策を打ち出しているのだろうか。

2006年3月の全国人民代表大会で審議・採択された第十一次五カ年計画では、①科学的な経済成長への転換促進、②新農村の建設、③産業構造の改革、④地域間の協調ある発展に加えて、⑤省エネ・環境保護型の社会作りの5つが重点的に取り組むべき課題として提示されている。

省エネ・環境保護型の社会作りに関しては、2010

単位：億円（15円／元 換算）

投資内容		投資額
大気汚染 対策	SO <sub>2</sub> 対策	45,000
	車の排ガス、煙、ほこりの コントロール	30,000
水質汚染 対策	都市部の汚水処理対策	27,000
	工業廃液たれ流しの防止	30,000
廃棄物対策	危険廃棄物集中処理 センタの建設	2,250
	廃棄資源および産業廃棄 物のリサイクルなどの総合 利用促進	3,000
	都市ゴミ無害化処理施設 の建設	45,000
土壌の流失対策および鉱山再開発		22,500
農村の生活環境保護活動		3,720
核および放射線対策		465
総計		168,435

資料：各種公表資料より日立総研作成

図表 10 第十一次五カ年計画期間中の環境保護への投資のうち、国家発展改革委員会が公表した投資計画

年に単位国内総生産 (GDP) あたりのエネルギー消費量を 2005 年比で 20% 削減し、主要な汚染物質の総排出量を同じく 10% 削減するという数値目標が設定された。省エネ・環境保護に対する数値目標が設定されたのは、今回の五カ年計画が初めてである。また、マクロ経済調整の指標として、経済成長率、物価変動率、就職率、国際収支と並びエネルギー総消費量が採択されたことは、今後エネルギーの効率向上を促す大きなインセンティブになると考えられる。

国家発展改革委員会は第十一次五カ年計画期間中に「大気」「水質」「廃棄物」の 3 分野を中心に 16.8 兆円程度の投資を行う計画を公表した。第十次五カ年計画の投資総額の実績が 12.6 兆円であったのに対して、第十一次五カ年計画では 58% 増の総額 20 兆円超の環境保護投資が計画されている。

## (2) 大気汚染対策

第十一次五カ年計画では、主要な汚染原因である SO<sub>2</sub> の総排出量を 2010 年までに 10% 削減する目標が掲げられ、その達成に向けて脱硫発電所の建設、風力

数 値 目 標	<ul style="list-style-type: none"> <li>2008 年までに、NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、オゾンの数値を WHO の指導値まで削減するとともに、粒子状物質濃度を先進国大都市の水準に削減</li> <li>石炭から天然ガスへの転換により、2010 年に石炭消費量を 2,000 万トン以内に抑制し天然ガスの使用量を 70 億 m<sup>3</sup> に拡大</li> <li>2010 年の SO<sub>2</sub> 排出総量を、2005 年比で 20.4% 削減</li> </ul>
エ ネ ル ギ ー	<ul style="list-style-type: none"> <li>二本の天然ガスパイプラインの敷設</li> <li>電力供給構造の改善 (北京第三発電所の建築、高井発電所は天然ガス発電所に変更、草橋など 8 つの天然ガス発電所の新築と増築)</li> <li>地熱、太陽、風力、バイオなど新エネルギーの開発利用</li> </ul>
自 動 車	<ul style="list-style-type: none"> <li>2008 年までに、新車の排ガス基準を EURO III<sup>2</sup> 水準に引き上げ</li> <li>車の廃棄処分制度と検査制度の厳格な実行、環境保護標識の管理、法律の厳格な執行</li> <li>鉄道、バスなどの公共交通機関の発展</li> <li>バス、タクシーへのクリーンエネルギーの普及</li> </ul>
粉 じ ん	<ul style="list-style-type: none"> <li>工事現場粉塵 (じん) に関する汚染費用の徴収</li> <li>四環路<sup>3</sup>内を走行する車両の貨物の密閉</li> <li>環境保護規定違反 3 回以上の建設企業に対する北京市での入札資格取り消し</li> </ul>
工 業 汚 染	<ul style="list-style-type: none"> <li>クリーン生産と ISO14000 認証の普及</li> <li>2008 年までに四環路内で営業する約 200 社の汚染企業を東南郊外化学工業区に移転</li> <li>首都鋼鉄会社の 200 万トン減産と構造調整目標の達成</li> </ul>

資料：「北京オリンピック行動計画」より日立総研作成

図表 11 北京市の大気汚染対策

発電を中心にしたクリーンエネルギーの導入、排出権取引の実施などの対策が計画されている。

2006 年に世界で最も粒子状物質汚染が深刻であった北京市は、オリンピックが開催される 2008 年までに NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、オゾンの数値を WHO の指導値まで削減するとともに、粒子状物質濃度を先進国大都市の水

2 欧州における新車の排気ガス基準。NOX (窒素酸化物)、HC (酸化水素)、一酸化炭素、粒子状汚染物質の排出量を規定  
3 北京市内を囲む環状道路である第四環状線の略称

準に削減するなどの数値目標を公表した。その実現のために、石炭に頼るエネルギー構造の見直し、自動車の排ガス対策、建築工事現場を中心とした粉塵(じん)対策、汚染企業の規制強化などの具体的な大気汚染対策を策定している。

### (3) 水質汚染対策

第十一次五カ年計画では、2010年までに全国の都市污水処理率を70%に引き上げることを中心とした対策を実施し、代表的な水質の指標COD(Chemical Oxygen Demand)<sup>4</sup>の排出量を10%以上削減する数値目標が掲げられている。

目標達成の具体策として飲用水の水源管理および污水処理の促進が計画されている。水源管理に関しては、水源地の污水排出の取り締まり強化や水源地につながる河川湖沼すべてに基準を超える排出を禁止する施策が提示されている。污水処理の促進に関しては、工場、事務所、住民などから污水1トン当たり0.8元の污水処理費を徴収するとともに、省人民政府の所在都市に污水集中処理施設を建設することが計画されている。また、地方政府の資金力不足を補うため、污水処理施設の建設・運営に税制優遇制度を設け、民間企業の参入を奨励している。

2010年に世界万国博覧会を開催する上海市では、2010年までにCODの排出量を2005年より15%削減し、飲用水の水源の水質基準値も満たす水源の比率を90%以上に引き上げる目標を公表している。その達成のため、水源地の監視・管理の強化、農村地区における污水処理場の建設、污水収集管網および河道の整備などが主要な施策として掲げられている。また、市内の呉淞工業区では、汚染原となっている企業を生産停止もしくは強制移転させるといった厳しい取り組みも進められている。

### (4) 廃棄物対策

廃棄物による汚染は、大気汚染や水質汚濁と比較して被害が表面化しづらく、対策が遅れがちである。中国政府は、1996年に「資源の総合利用のさらなる推進に関する法律」を施行し、減量化、資源化、無害化の3R(Reduce、Reuse、Recycle)を推進している。廃

4 水中の被酸化性物質を酸化するために要した酸素の量で示した水質の指標。単位はppmまたはmg/L。水質が悪いほどCODは高くなる

棄物に関しては、「固形廃棄物環境汚染防止法」を制定し、固形廃棄物の管理体制・制度、廃棄物の収集・貯蔵・運搬・処理について規定している。

3Rを行わずに貯蔵または処分する産業廃棄物を2005年の5.9億トンから2010年までに4.5億トン程度に削減する目標が立てられている。

都市の生活水準向上に伴う生活ゴミの急増も課題になっており、中国政府は2010年末までに全国的生活ゴミの無害化処理率を60%超に引き上げる目標を定めている。その中でも、電子ゴミと称される家電・電子機器の廃棄物による汚染を防止するため、中国政府は2007年3月に「電子ゴミ汚染防止管理法」を施行した。しかし、実施細則が決まっていないため、地方政府は法律に基づく諸施策を実施できない状態である。

地方政府の資金力不足に対しては、企業の処理施設建設用地取得費や配電・設備の減価償却費などに対する税制優遇措置によって、都市部のゴミ処理施設の民営化を推進する政策が採られている。

処理能力不足に加えて生活習慣や意識の問題も解決を困難にしている。日本と異なり、住民に料金を払い電子ゴミを回収し再販売する業者が多く存在するが、業者が回収した電子ゴミは最終的に農村部で未処理のまま投棄されることも多い。そのため、日本のような住民が回収費用を負担し行政(地方政府)がその処理を行う仕組みの導入は非常に困難となっている。実際に2004年には浙江省をモデル地区に電子ゴミの回収実験が実施されたが、電子ゴミはほとんど回収できなかった。また、直轄市の一つである天津市における2010年の分別回収の達成目標は20%超にとどまっており、家庭での分別収集は日本と比較すると極めて低い水準にある。

### (5) 温暖化対策

国務院では省エネ・排出削減目標達成に向け、2007年4月25日に「節能減排工作指導小組」を設置し、活動を強化している。また、同年6月3日には、国務院が省エネルギーと汚染物質の排出削減に関する総合計画を発表した。省エネのための設備投資や省エネ製品などの生産に対する税制優遇措置の実施計画、燃料税の早期導入、環境税の導入検討が明記された。また、新築ビル販売時にエネルギー消費量や省エネ設備導入などを売買契約書に明記することも義務化した。さらに、国家機関が率先して省エネ電球に交換することに

No.	項目	主な内容
1	目標に対する達成責任の徹底	<ul style="list-style-type: none"> <li>省エネ・汚染物質削減の目標に対する達成度合いの厳格な評価</li> <li>省エネ・汚染物質削減の実績評価考課システムの確立</li> </ul>
2	重点プロジェクトの実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>鋼鉄、非鉄金属、電力、石油・石油化学などのエネルギー多消費企業を対象に、低効率の石炭ボイラーの改造、地域の熱電併給、余熱の利用、クリーン照明など十項目の重点省エネプロジェクトを実施</li> </ul>
3	発生源からのエネルギー削減	<ul style="list-style-type: none"> <li>各建設プロジェクトについて、エネルギー消費量を審査・許認可の基準にする</li> <li>エネルギー大量消費製品におけるエネルギー効率について最低限守るべき基準を制定</li> <li>1,000kw 未満の小型発電所の閉鎖</li> </ul>
4	政策強化	<ul style="list-style-type: none"> <li>省エネ特別基金の創設</li> <li>省エネ製品の普及、省エネプロジェクトの実施、省エネ技術モデル事業の支援</li> </ul>
5	監督・検査体制の確立	<ul style="list-style-type: none"> <li>省エネ・汚染物質削減の目標達成度合いの監督・検査の強化</li> <li>エネルギー効率表示、省エネ措置などの実施状況の監督・検査を強化</li> <li>エネルギー大量消費企業の特定とオンライン監督の実施</li> </ul>

資料：各種公表資料より日立総研作成

図表 12 2007 年国民経済・社会発展計画案における環境対策

より高効率省エネ電球 5,000 万本を普及させるなどの具体的対策も盛り込まれており、中央政府の強い姿勢が伺える。

再生可能エネルギーの中で現在最も期待されているのは、風力エネルギーであり、2006 年 1 月 1 日から風力・太陽光・バイオマスなどの非化石エネルギーの普及促進を図る「再生可能エネルギー法」が施行された。

中国気象研究所によれば、風力エネルギー発電の理論的能力（風速 10 m 超）は、陸地地区 2.53 億キロワット、海岸地区 7.50 億キロワットの合計 10 億キロワットに達する。既に 2006 年末現在で、中国の風力発電の累積発電実績は 258 万 8,000kW で世界第 6 位、新規の発電量も年間 133 万 4,000kW で世界 5 位となっている。国家发展改革委員会エネルギー局の「再生可能エネルギー中長期発展計画」によれば、風力発電量は 2010 年で 500 万 kW、2020 年で 3,000 万 kW と急拡大させる目標が掲げられており、世界の風力発電メーカーからも注目を集めている。

#### (6) 中国政府の決意

第十一次五カ年計画は 2010 年に単位 GDP あたりのエネルギー消費量を 2005 年比で 20%削減し、主要な汚染物質の総排出量を同じく 10%削減するという数値目標が設定された。しかし、2007 年 3 月に閉幕した第 10 期全国人民代表大会では、初年度に当たる 2006 年は省エネ・排出削減目標が未達成であったこ

とが報告された。中国政府は「2006 年度国民経済・社会発展計画の執行状況と 2007 年度国民経済・社会発展計画案についての報告」の中で「投資加熱とその反動」「雇用や社会保障などの社会問題」などとともに、「省エネ・排出量削減」を困難な課題としており、目標の達成が容易ではないことがわかる。

目標未達成の原因として、①エネルギー産業などの成長速度が早すぎるため環境性能の劣る旧式の生産設備を使用しつづけていること、②関連法規や基準が未整備であり、省エネ・排出量削減を促進する財政・税制・金融などの政策が十分に実施されていないこと、③環境法規の厳正な執行が徹底されず法規違反に伴う課徴金の水準が低いこと、法規違反行為が後を絶たないこと、④一部の地域では経済成長を重んじ環境対策を軽視する意識が強いこと、があげられている。

図表 12 は、政府が公表した 2007 年の環境対策をまとめたものであり、一番目に省エネ・汚染物質排出量削減目標に対する達成責任の徹底があげられている。中国の場合、省県レベルでは地方政府が強い権限をもっているが、地方政府の幹部の人事権を握っているのは中央政府である。国民の多くが依然として経済成長に高い関心を示している中で、中央政府が、今後どこまで厳格に地方政府に環境対策の実行を迫り、従わなかった場合にどこまで責任を追及するのかによって、中央政府の決意と今後期待される成果を展望することができよう。

#### 4 民間レベルでの協力の可能性と日立グループの取り組み

##### (1) 求められる政府支援

これまで見てきたように、中国の環境問題は深刻であるが、一方で今後改善を図るには技術力が十分ではない。従って、先進国からの環境技術の移転が不可欠である。2007年4月の温家宝首相来日の際に合意した「日本国政府及び中華人民共和国政府による環境保護協力の一層の強化に関する共同声明」の中でも今後技術移転や協力を進めることが盛り込まれている。

民間企業を中心にしたビジネススペースでの協力を促進する活動もはじまっている。業界横断的な組織として「日中省エネルギー・環境ビジネス推進協議会」が2006年12月21日に設立され、日本企業が中国でエネルギー・環境ビジネスを行う際の障害克服をめざして各種活動を展開している。2007年度は「第2回日中省エネルギー・環境総合フォーラム」の開催、省エネ・環境保護対策総合マスタープラン(基本計画)策定基礎調査事業、省エネ・環境対策診断協力推進事業調査などを計画している。しかし、現状では中国企業の省エネや環境への意識は必ずしも高くはなく、省エネ・環境設備導入のコスト負担が困難な企業も多いため、民間企業の取り組みに期待するだけでは、日中間の技術移転や環境分野の協力を進めるのは限界があるのも事実である。

今後中国の環境改善につなげるためには、政府レベルでの支援策が不可欠であろう。例えば、中国向けの新規のODAは2008年度で終了する予定だが、環境対策に限定したODAを新たに開始するなどの政府支援が行われれば民間企業にとって大きなインセンティブとなる。

##### (2) 日立グループの取り組み

日立グループは、大気汚染対策設備、水処理設備、リサイクル設備など、日本では豊富な実績を保有している。特に、既設の下水処理場改造、高度水処理対応に適している包括固定化担体を利用した包括固定化窒素除去プロセス「PEGASUS」<sup>5</sup>をはじめ、水処理設備

5 生物反応タンクを無酸素タンクと好気タンクに仕切り、微生物を高濃度に固定化したバイオエヌキューブ(硝化ベレット)を硝化槽に添加することにより、硝化反応を促進させた窒素処理プロセス

・制御システムでは日本国内トップシェアに位置づけられており、安全な飲料水の安定供給の実現、下水道の衛生確保・汚濁物質の削減に貢献している。

日立グループはこれら日本国内で蓄積した環境保全技術、省エネルギー技術を中国企業が活用することにより、中国の環境改善に寄与することをめざしている。具体的には、2007年1月22日に国家発展改革委員会中小企業対外協力協調センターと「中国国家発展改革委員会中小企業対外合作協調中心および日立(中国)有限公司提携覚書」を締結し、省エネルギー・環境保全分野での協力を促進することで合意した(図表13)。

覚書を締結した1月22日には覚書の趣旨に従い北京で「省エネ・環境保護技術交流会」を国家発展改革委員会中小企業対外協力協調センターと共同で開催した。この交流会では中国の石炭、電力、石油および石油化学工業、建築材料などエネルギー多消費業種に対して、日立グループが日本で培った経験や先端技術を紹介した。第2回交流会は同年5月16日に、水処理、廃棄物処理などをテーマに中国の製造業、マスコミを招待して開催された。この中で、環境技術の実績のある四川大学との間で「環境技術の応用分野における協力の覚書」に調印し、今後膜分離などの新世代水処理技術の共同開発に取り組むこととなった。

このような政府機関と日本の民間企業との間での協働は、日中間では初めての取り組みである。第十一次五カ年計画の目標の達成および中国の経済構造の転換への貢献には、民間企業の取り組みが重要である。日立グループの取り組みはその代表事例の一つに位置づけられよう。



注：覚書の締結後に握手をする国家発展改革委員会対外協力協調センター 包国強常務副主任と日立(中国)長野総経理

図表13 「中国国家発展改革委員会中小企業対外合作協調中心および日立(中国)有限公司提携覚書」の締結

# 研究紹介

## グローバル社会が直面する重要課題(Global Challenge)の将来シナリオ策定

主管研究員  
松本 洋人

環境問題やエネルギー問題、人口問題など、地球規模で深刻化する課題を解決するためには、グローバルな視点と長期的な視座に立ち、対応策を検討する必要があります。グローバル課題の現状を把握し、その延長線上で将来を展望するとともに、将来の姿をシナリオ化し、なぜそのようなシナリオが起こりうるのかについて、さまざまな要因を構造的に議論すること、その上で、現在を振り返ることが重要である。

日立総研では、2030年のグローバル社会像を展望し、シナリオを策定するプロジェクトを、本年度からスタートさせた。その目的は、グローバル課題を解決し、真に「安心、快適、便利」な社会を実現する上で、グローバル企業が取り組むべき課題や方向性を明確化することである。

本プロジェクトは、以下の3点を重視し、推進している。第1点は、グローバル社会が直面する7つの重要課題（グローバル・チャレンジ）を設定した点である（下表参照）。「エネルギー・環境問題」、「都市問題」、「高齢化・人口問題」、「資源の有限性」、「社会の安心・安全を脅かす要因」などの課題は、2030年の社会生活や企業活動に、どのようなインパクトを与えると予測されるか。「経済的ヘゲモニー（覇権）」や「資本主義」は、どのように変化しているか。このような大きな変化が予想される7つのテーマについて、2030年のシナリオを作成する。さらに、グローバル社会の全体像を展望するために、これらのグローバル・チャレンジが、相互に影響を及ぼす要因を抽出し、それらを構造化したシナリオを作成する。

グローバル社会が直面する7つの重要課題（グローバル・チャレンジ）

分野	テーマ内容例
エネルギー ・環境	・限界点を越えつつある地球環境の変化が、2030年における個人の生活、企業活動に与えるインパクト ・消極的対策(CO <sub>2</sub> 排出削減など)から積極的対策(CO <sub>2</sub> 分解)への転換の可能性
都市問題	・過度に人口が集中する巨大都市が増加。求められる都市機能の変化 ・巨大都市の形成によるボトルネックの顕在化。衛生・健康・治安・交通へのインパクト
人口問題 ・高齢化	・2030年のグローバル人口動態が、経済・政治・環境に与えるインパクト ・国際社会における資源分配
資源	・地球資源の有限性とその分配・占有・代替メカニズム ・レアメタルなども含めた有限な地球資源の所有をめぐる覇権争いの変化（新興国がテイクオフすることによる分配・占有・代替メカニズムの変化）
セキュリティ	・脅威の根源の多様化および連鎖 ・2030年における社会の安心・安全を脅かす要因の多様化と相互の関連
経済的 ヘゲモニー（覇権）	・ユーロの台頭などによる基軸通貨としてのドルの地位変化 ・世界の成長エンジンとなる国家・地域の変化によるヘゲモニーの再編
資本主義	・市場メカニズムの限界と新たな可能性、経営へのインパクト ・市場万能主義に代わるガバナンス、官民の役割

第2点は、起こりうる可能性のある複数の未来を想定することである。不確実性の高い環境の中で、複雑化するグローバル課題を展望するためには、複数の未来を想定したシナリオを作成することが重要である。起こりうる事象を踏まえ、複数の一貫性あるストーリーを作成し、それぞれの将来に合わせた対応策を検討する。

第3点は、シナリオの作成と検証の過程において、広く対話の場を設け、議論し、改善・発展させている点である。具体的には、2030年のグローバル経済の成長エンジンとなると予測される新興国の研究機関と

の連携を進め、同時に、2030年のグローバル社会を担う世代を中心とした有識者から、意見を集めるセッションを実施する。また、SNS・ブログなどITネットワークを活用し、知識交流を活発化する。

グローバルな重要課題を解決するためには、長期的な視点に立った取り組みが不可欠である。本プロジェクトでは、2030年のグローバル社会像を展望することにより、企業が将来を見通し、今何を行うべきかを方向付けるべく、国内外の知見に触れ、活発な議論を進めていく計画である。

### “Containing Russia” Yuliya Tymoshenko

主管研究員 伊東 裕文

ソ連が崩壊しても、ロシアの帝国主義的野望はついにえなかった。隣国からの経済援助を受けながらも、クレムリンは超大国の地位を取り戻そうとして膨張主義に立ち戻った。ロシアとの新たな冷戦に火花を散らすことなくロシアを常に注視し続けねばならない。欧米諸国はまた、強い対抗力をもってロシアに対処しなければならない。

ウクライナの元首相にして著名な政治家、ユリア・ティモシェンコ女史は、米国・外交問題評議会が発行する世界的に著名な外交・国際政治専門誌「フォーリン・アフェアーズ」(2007年5・6月号)で、このような主張を展開している。表題はずばり、「ロシア封じ込め」である。そもそも「封じ込め」(containment)とは米ソ冷戦時代に頻繁に使われた国際政治学用語であり、潜在敵国の国際的影響力を抑えるために長期間にわたり確固たる対抗力(counter weight)を行使することを意味する。対抗力には、心理的・政治的・経済的・軍事的要素が含まれており、それによって米国はソ連を次第に穏健化し最後は内部崩壊(melt down)するように仕向けることを目指した。

「封じ込め」は冷戦当時の米国の国家戦略の基本概念であり、「封じ込め」政策を提唱したジョージ・ケナンは、あまりに有名である。本論文でも「ジョージ・ケナンという若き外交官がペンを執った、いわゆる『長文電報』は、その後半世紀にわたる米国の対ソ政策の基軸となった」と紹介している。彼は長文電報をもとに「ソビエトの行動の源泉」(The Sources of Soviet Conduct)と題した匿名論文を「フォーリン・アフェアーズ」に掲載することによって、「封じ込め」政策を世に問い、その結果「封じ込め」は冷戦を象徴する言葉となった。

「ソビエトの行動の源泉」を多分に意識した本論文は、最初の章を「ロシアの行動の源泉」と銘打っている。「封じ込め」の予言が現実となりソ連は1991年に崩壊した。その結果、封じ込めるべき対象を失った政

策も終わりを告げ、米国の対ロ政策も「封じ込め」から「関与」(engagement)へと大きく舵を切った。「関与」政策は、かつてのソ連ほどロシアは敵対的ではないとの認識に立っており、米国を中心とした旧西側(欧米)はロシアと常に接触を保つことで、民主主義や市場経済の利点を伝えロシアの理解を促し、さらにはロシアの政治改革・経済改革を支援する。ところが、旧ソ連に支配された経験を持つウクライナの現役政治家である筆者は、敢然とこの関与政策に異を唱え、ケナンの提唱した封じ込めを思い起こさせる論文名「ロシア封じ込め」で警鐘を鳴らした。

ロシアのプーチン大統領は、これまで一貫して「強いロシアの復活」を唱導してきた。国内的には、民主主義とは相容れない権威主義体制を強化し、対外的にはエネルギー資源と軍事力をてこに近隣諸国を自国の勢力圏に取り込むことで超大国の地位の復活を狙っている。これが「強いロシアの復活」の内実であり、筆者は封じ込めるべきロシアの「無慈悲な帝国主義的伝統」と認識する。原油価格の高騰を追い風に経済的に再生したロシアは、原油で潤った資金で対外債務を賄いつつあり、エネルギー資源供給を武器に、ウクライナをはじめとする旧ソ連圏の共和国のみならず欧州さえも脅かしつつある。それゆえ、ロシアに政治改革・経済改革を求める現在の欧米の対ロシア「関与」政策では、ロシアの伝統的な膨張主義や近隣諸国を犠牲にしてでも超大国の地位を取り戻そうとする戦略には対抗できないと筆者は考える。エネルギー価格の高騰により成長を遂げるロシアの経済・政治分析を「第二章 ロシアのヤヌス」で筆者は論じる。相反する二つの顔を持つ神話上の神・ヤヌスに例えて、不安定性と膨張主義の両面をもつロシアの経済・政治の実体を論じ、「ロシア経済は成長しているが不安定で脆弱(ぜいじゃく)である」とする。またプーチンは、己の政治権力を脅かすものには自らの息のかかった司法権力を巧みに操り、法律の御旗をもって葬り去る。ロシアのユコ

ス石油 CEO のボドルコフスキーは「クレムリンの権威に挑み、プーチンの後継を狙ったかどで投獄された」と筆者は言い切る。加えて 1,016 人分のプーチン政権エリートの経歴の実証研究を引用して、「プーチン政権の幹部 78% が KGB (旧ソ連諜報機関) 人脈に通じている」と、定量的に論じている。こうした筆者の細部へのこだわりは、「第五章 パイプラインを巡る政治」でもさえる。ロシアは世界最大の天然ガス埋蔵量を誇るにもかかわらず、このままいけば内需に応じられぬほどのガス不足を来し、実は経済的には脆弱である、とする。そして、ガス不足の理由を国策会社の投資戦略の誤りに求める。すなわち、ロシアの天然ガス供給企業・ガスプロムのガス田ごとのガス産出状況・計画と今後の予測を分析することによって、「ロシアは全世界の既知ガス埋蔵量の 16% を保有しているので、問題はガス不足というよりガスプロムの投資戦略なのだ」とする。ロシアの国策会社ガスプロムは、欧米のロシア経済改革支援路線に依拠しつつ旧ソ連のガス工業省と石油工業省の合併時に分離民営化された。ロシアの内需を担うガスプロムは、独占企業ゆえコスト競争力もなく生産投資を怠ったがために、ロシア内需の伸びが「25% になれば『供給危機リスクが現実味を帯びる』」と、エネルギー価格高騰の影に潜むロシア経済の脆弱性を指摘する。

そして筆者は、ロシアの帝国主義的野望への処方箋を示す。まずロシアは自らの経済的脆弱性に気が付いているからこそ、エネルギー供給を脅しに使い旧ソ連圏諸国を支配下に置こうとしているが、これに対しては、旧ソ連圏諸国 (特にウクライナ、グルジア、モルドバなどの親欧米派の独立国家共同体諸国) は欧州と協調して脅しに屈することなく確固たる姿勢で臨めという。欧州と旧ソ連圏諸国は、まず外交交渉の窓口を閉ざすことなく、自らの国益がどこにありロシアの国益との一致点と不一致点について胸襟を開いてロシアと討議することを恐れるな、とする。こうした外交交渉を粘り強く積み重ねればロシアの指導者は賢明でかつ現実主義的なので、相互の国益尊重に基づく政策を遂行するようになると、旧ソ連諜報機関出身者が牛耳るがゆえの、プーチン政権の極めてクールな現実主義路線に期待する。そして筆者は権力 (power) には権力

で対抗するという外交鉄則を思い出して欧米、特に欧州はロシアの資源外交による揺さぶりに動じない結束をもつ必要があると結論付ける。

そこで、権力 (power) には権力で対抗するという外交鉄則を欧米の政治指導者に思い出させるために、事実の細部にこだわる筆者は歴史をさかのぼり、1930 年代の欧州国際政治史を論じる。ナチス・ドイツがなせ西側を出し抜いて欧州に覇を唱えたかに応えて、「ドイツの近隣国家との関係は、ドイツの意図のみではなく、相対的権力によって決定されるべきものである、という現実政治 (権力政治) を英仏政府は教わるべきであった」と歴史の教訓を開陳する。ドイツ「封じ込め」に失敗した (相手の行動を見極めなかったので、確固たる対抗力を行使する時を失した) 英仏の対独政策の歴史評価を、こう表現することで、いかなる時代にも通用する外交鉄則があることを示す。「外交の決め手は権力であって、権力を振るう人の心の在り様 (動機) ではない」。欧米、特に英仏はナチス・ドイツの善意に頼る「宥和」(appeasement) 政策に賭することなく、ドイツの脅しには軍事力で応じる確固たる決意と軍事力の備えがあることを外交交渉の場で指し示していたならば、第二次世界大戦の悲劇は防ぎえた、との思いを筆者は行間ににじませる。英仏は関与すべきワイマール・ドイツを封じ込めたためにナチスの台頭を許し、今度は封じ込めるべきナチス・ドイツに宥和してしまったのだ。

欧米との政策協調のみに小国ウクライナの国益死守のわずかな可能性を求めて止まない現役政治家 (筆者) の現実主義を、評者は重く受け止めるべき、と考える。

他方、米国の政治指導者にとっては、ウクライナ問題以上に中東や朝鮮半島の安定化のほうが、国益上、優先順位が高い。今はロシアに対して、権力 (power) には権力で対抗するという外交鉄則を貫くときではない、とするのが米国の政治指導者の現実主義である、と評者は考える。例え同盟国といえども国益が完全に一致することはなく、同盟国が脅威に瀕しても自国の国益上黙認することがあるのが、非情な国際政治の現実である。権力政治を説く筆者の母国・ウクライナには権力 (power) がないのが現実なのだ。

# 日立 総研

vol.2-2

2007年8月発行

発行人 八丁地 隆

編集・発行 株式会社日立総合計画研究所  
東京都千代田区外神田四丁目14番1号  
秋葉原UDX 〒101-8010  
電話 03-4564-6700（代表）

印刷 日立インターメディックス株式会社  
定価 1部 1,050円（本体 1,000円）送料別

ホームページ

[www.hitachi-hri.com](http://www.hitachi-hri.com)

All Rights Reserved. Copyright© (株)日立総合計画研究所 2007（禁無断転載複写）  
落丁本・乱丁本はお取り替えいたします。

日立  
総研

[www.hitachi-hri.com](http://www.hitachi-hri.com)