

# 中国の燃える野望が地球環境を脅かす

## China's burning ambition



Nature Vol.435(1152-1154)/30 June 2005

スモッグ都市：中国のエネルギー危機で、石炭液化などの新技術への関心が高まっている。

**中国の経済発展は、世界最多の人口を抱えるこの国を変ぼうさせている。しかし、エネルギー不足と環境汚染の激化が、奇跡の発展をはばむ課題として浮上してきた。とくに環境への影響は、地球全体の気候を大混乱に追い込む危険性もはらんでいる。Peter Aldhous が報告する。**

中国経済は今、急成長しており、エネルギーはいくらでも欲しい。しかし、中国のほとんどの場所で大気はひどく汚染されており、このことは中国がエネルギー源を石炭などの「汚い」燃料に頼っていることをいやでも思い出させる。私が中国のエネルギー政策を担当している技術官僚に会うために北京を訪れたとき、北京は刺激性のスモッグで覆われていた。風のない天候がわずか数日間続いただけで、視界が数十メートルに落ちた地区もあった。航空便は遅れ、北京市環境保護局は人々に屋内にいるように忠告した。空気に硫黄の味を感じることをさえてきそうだった。

エネルギー供給の問題とエネルギー消費が環境や健康におよぼす影響の問題は、中国の重要な政治的課題だ。しかし、中国の指導者たちの対処法は現

实的で、私たちはとまどうことになるだろう。中国のエネルギー政策は、石炭をその基盤にし続けるだろうが、石炭は、よく知られているように環境によくない燃料だ。これを、クリーンなものにすることができるか否かが、中国の今後の発展と地球全体の気候の長期的な安定性を左右するかぎとなる。

中国にとって目前の問題は、経済成長がすでにエネルギー供給を上回っていることだ。広東省の深圳(シェンチェン)や四川省の成都(チョントウ)などの新興都市では今、電力供給が不安定になっている。昨年、中国の31の省、地方自治体、自治区のうち24が、電力が不足していることを認めた。夏になると、降水量の減少で水力発電量が減り、またエアコンが急速に普及しているために、停電は日常的な出来事となっている。

中国の炭鉱は、需要を満たすために懸命に努力しているが、同時に多数の人命を犠牲にしている。控えめな公的な推計によると、昨年中国の鉱山で死亡した労働者は6000人をこえる。中国の鉱山は世界で最も危険な鉱山になっている。2005年上期も死亡率は下がっていない。

しかし、石炭からの大気汚染による犠牲者についてのほとんどは、ニュースで大きく扱われない。中国の都市の多くは、大気の質の国際基準を(あるいは国内基準も)満たしておらず、年間数十万人が若くして死亡している。石炭の使用量の増加は二酸化炭素の放出量を急増させており、地球規模の気候変動の危険性をもたらしている。北京にある国家発展改革委員会能源研究所(エネルギー研究所)のZhou Dadi(周大地)所長は「石炭はエネル

ギー源であるだけでなく、長期的には社会や環境に影響することを私たちも理解している」という。Dadi は、エネルギー戦略について中国の指導者に助言する指導的アドバイザーのひとりだ。

Dadi ら上級のエネルギー計画立案者は、こうした問題を認識してはいるが、今後も石炭を使い続けようという意思は固い。中国の指導者たちは2020年までに経済の規模を4倍にすることを目指しており、そのためにはエネルギー供給を少なくとも現在の2倍にすることが必要だ。そのほとんどを石炭が担うことになるだろう。能源研究所のエネルギーシステム分析の専門家である Guo Yuan は「私たちは、石炭の消費を増やさなければならぬ。それはよい状況とはいえないが、そうせざるをえない」と話す。

輸送部門のエネルギー需要は急速に増大しているが、最も多くのエネルギーを使っているのは発電だ。中国の電力の75～80%は石炭を燃やしてつくられている。20%は大規模水力発電で、残りのほとんどは原子力発電所だ。今のところ、石油や天然ガス、風力などの再生可能エネルギーが発電量に占める割合はほんのわずかだ。しかし、公式な見積もりによると、2020年までには中国の電力需要の15%をガス発電がまかない、原子力発電も約5%に増える可能性がある。また、今年2月に再生可能エネルギー利用を促進する法律が成立したため、風力などの再生可能エネルギーも10%を占めるようになるかもしれない。しかし、同じ期間に電力需要は少なくとも2倍になるのだから、石炭消費量の大幅な増加が避けられないことは明らかだ。

ベテランの中国問題専門家によると、経済成長を維持することは中国指導層の優先事項だが、彼らはそれをエネルギー安全保障を危うくすることなく達成したいのだという。中国の石油と天然ガスの埋蔵量は豊富ではなく、中国政府はこれらを輸入に大きく依存しないことを決めている。中国には石炭は

豊富にある。中国がロシアの石油と天然ガスに依存することは、将来、この2大国を戦争の瀬戸際に追い込む可能性もある。だから、これを避けるために中国は石炭を今以上に使うだろう。

しかし、環境を汚染することなく、また、数百万人の人々が粒子状物質や硫酸化物、窒素酸化物を吸入することなしに、エネルギー需要を満たすことができるのだろうか。酸性雨の影響は広がっており、すでに「すす」によって、この地域の気候が変化しているという指摘もある(別項の「褐色雲の暗い影」を参照)。

地球規模の気候変動はまだ、中国の指導者たちにとって大きな懸念にはなっていない。しかし、二酸化炭素の放出という点では石炭は最悪のエネルギー源だと、国際的に活躍している専門家たちは警告している。新華 BP 清潔能源研究教育中心(新華 BP クリーンエネルギー研究教育センター)を指揮している Li Zheng は、「地球規模での問題は気候変動だ。しかし、中国にとっての主要な問題は従来型の環境汚染だ」と説明する。同センターは北京の一流理工系大学と英国のエネルギー企業の協力で設立された。

### 石炭は万能

エネルギーの利用効率を向上させることは、環境汚染を抑制しながら経済成長を促進する、最も容易な方法だということを中国のエネルギー計画立案者たちは理解している。「中国は、まずエネルギー利用効率の改善に取り組むべきだ」とDadiは話す。「産業活動がこれまでどおり」と仮定した予測によると、全エネルギー需要は2020年までに石炭換算で年間35億トン相当に増加するだろうという。しかし、「エネルギー利用効率を改善する手段をひとつおり導入すれば、これを30億トン未満に抑えることができる。技術的には可能だ」とDadiはいう。

このようにエネルギー効率の向上を目指そうとする新しい動きが中国に出てきた背景には、ひとつには、米国

サンフランシスコにある「エネルギー基金」が地味だが影響力のある活動を行ってきたことが挙げられる。同基金の「中国持続可能エネルギープログラム」は、ヒューレットパカード財団から1999年以来計4000万ドル(約45億円)の資金提供を受け、中国のエネルギー研究者とともにエネルギー効率を改善し、環境汚染を減らす活動を行っている。優先的に取り組む課題は、建築物、電気器具類、乗り物のエネルギー効率の新しい基準づくりや、再生可能エネルギー源の利用促進などだ。エネルギー基金の北京事務所長である Yang Fuqiang(楊富強)は最近の活動成果として、再生可能エネルギー法や、中央政府や地方自治体に採用された燃料効率基準、エネルギー効率向上のための建築規則などを挙げる。

エネルギー利用効率の向上は立派な目標だが、中国はさらなる成長を求めているのに、政府の指導者たちは石油の輸入を制限したいと考えている以上、それだけでは不十分だ。だから、西側諸国ではあまり重視されていない技術を中国は進んで採用している。北京石炭化学研究所長の Du Minghua は、石炭は万能のエネルギー源であり、中国が必要とする電力、液体燃料、ガスの需要をすべて満たすことができると考えている。Minghua は、同研究所での石炭ガス化と石炭液化の研究について発表を始める前に「石炭は3つの需要全部に対する答えとなる」と声を大にして強調した。

石油への依存を減らす方法を探すことは、輸送部門ではきわめて重要なことであり、Minghua の研究所の最優先課題だ。褐炭などのように生成年代の新しい石炭は、水素と適当な触媒を用いて450度Cに熱すると直接、液体燃料に変えることができる、とMinghua は説明する。無煙炭などの生成年代の古い石炭は、まず熱して合成ガスとよばれる水素と一酸化炭素の混合物をつくる必要がある。この合成ガスは液体燃料に変えることができる。できた液体燃料には、ディーゼル

燃料と混ぜれば従来のエンジンに直接注入できるものもある。

石炭から直接液体燃料をつくる技術に対して西側諸国の専門家は懐疑的だが<sup>1</sup>、中国国営の「神華集团公司」は、世界初の商業的炭直接液化工場を内モンゴル自治区に建設中で、完成は2008年までと予定されている。さらに中国は、南アフリカの企業「サソール」と、2つの大型間接液化工場建設の可能性について協議中だ。

### 合成ガス都市

しかし、直接液化、間接液化のいずれのプロセスもエネルギー効率の面では模範となるものではない。直接液化のエネルギー効率は約60%であり、間接液化の場合は約45%だ。しかし、中国は代替液体燃料を強く求めており、液化技術によって2020年までに年間5000万トンを超える量の液体燃料が供給されるようになる可能性がある。Minghuaは見積もる。「これは、個人的な見積もりだ」と彼は強調する。しかし、この見積もりは中国の指導者たちにとっては喜ばしい話だろう。もしMinghuaの予測が正しければ、石炭液化は中国の原油需要を年間1億トン分減らすかもしれない。これは、2020年までに予想される輸入量の約3分の1に相当する。

石炭問題は、新華BP清潔エネルギー研究と教育センターの研究者たちにとっても中心的なテーマだ。Zhengは、ひとつの工場で石炭を合成ガスに変え、それをガスタービンに利用して発電し、しかも合成ガスを液体燃料に変えるという「ポリジェネレーション」という技術を重点的に研究している<sup>2</sup>。硫黄は、ガス化に必須なプロセスで取り除かれるので環境汚染も減る。この技術の可能性を立証するため、Zhengらは、中国東部にある山東省の棗荘（チアオチョアン）をモデルに「合成ガス都市」のシミュレーションを行った。中国の多くの産業の中心地と同じように、棗荘は大きな問題に直面している。たやすく利用できる燃料が硫黄分の多い石



石炭液化などの研究をしている石炭化学研究所

炭だけの場合、どうすれば成長を続けることができるか、という問題だ。

「合成ガス都市」のシミュレーションでは、棗荘市当局は、ポリジェネレーションを促進するための補助を与える。ポリジェネレーションでは、発電するだけでなく、乗り物の燃料となるメタノールと家庭の料理と暖房用のジメチルエーテルがつけられる。このシミュレーションは、ポリジェネレーションは2020年までに棗荘の電力需要の4分の1を超える電力を供給できるかもしれないことを示した。また、二酸化硫黄の放出を劇的に減らす一方、従来の発電所での高コストな排煙脱硫技術に投資する必要性も小さくなる<sup>3</sup>。メタノールとジメチルエーテルの利用が広がれば、オゾン前駆体物質などの大気中の汚染物質の削減にもつながる。

このようなシミュレーションは、世界中のエネルギー問題研究者がつねに行っている。しかし、中国では、当局がその意図するところを国民に強制する権力が他国よりも強い。このため、シミュレーションしたことが実際に実行される可能性は高いかもしれない。2008年に開かれる北京オリンピックに向けた準備は、その好例だ。北京市は今、ひどい大気汚染が選手たちの健康を損なうかもしれない（そして、世

界に中国の悪い印象を与える）ことを悟り、大急ぎで大気の浄化に取り組んでいる。環境汚染のひどい約200の工場を閉鎖し、天然ガスのパイプラインをひき、クリーンな高度基幹バスシステム(BRT)を導入しているところだ。北京にある環境保護団体「北京地球縦観環境科普研究中心」(北京アースビュー環境教育研究センター)の代表、Li Haoは「オリンピックは、(環境改善の)きわめて大きなチャンスだ」と話す。

Zhengらは、政府も環境の健康に与える影響について懸念を強めていることは、約50億元(約680億円)を必要とするポリジェネレーション実証工場の建設という自分たちの提案によって追い風となるだろうと期待している。この実証工場は、最大40万キロワットの電力と年間40万トンもの液体燃料を作り出すはずだ。「私たちは、政府からとてもよい返事を得ている」とZhengはいう。

### 中国を仲間に

ポリジェネレーションやそのほかのクリーンな石炭技術は、中国の汚れた空気の浄化に役立つかもしれないが、中国の増加している温室効果ガス放出を抑制するためには、短期的にはあまり

## 褐色雲の暗い影

6月に入って、中国では各地でひどい洪水が起こり、洪水の季節が正式に始まった。過去20年間で南部では夏期の洪水が、北部では干ばつが増加してきた。原因として考えられるのは大気汚染だ。汚染は中国の工業生産の急速な拡大で悪化しており、この地域の気候を変化させるかもしれない。

中国の気候変化の主犯は、アジアを覆っているエアロゾル(煙霧質)だ。汚染の原因は中国だけではない。インドは、褐色雲とよばれるスモッグの形成に大きく関与している。スモッグの主成分は、黒色炭素(元素状炭素)、有機炭素(有機物に含まれる炭素)と、その他硫酸塩や硝酸塩などのエアロゾルであり、野火や化石燃料、生物燃料の燃焼で発生する。

黒色炭素はすす状の炭素燃焼の副産物で、太陽光を吸収して大気温度を上げ、地面温度を下げる効果がある。すす状の粒子は水滴ができる際の種となるために、小さな水滴の形成は

促進するが、大きな水滴の形成を妨げる。その結果、降雨にも影響する。この効果は雲の形成を促すが、降水量は減少させる。ニューヨーク市にある米航空宇宙局(NASA)ゴダード宇宙科学研究所のSurabi Menonが率いる研究チームは、ここ数十年間に中国で観測された降雨パターンの変化をシミュレーションで再現するために、黒色炭素放出を考慮した全球気候モデルを用いた<sup>4</sup>。気候学者たちはエアロゾル汚染が中国の降雨パターンを変えたことにはおおむね同意しているが、汚染が地域におよぼす影響については慎重だ。

アイオワ大学のGeorge Carmichaelは「私たちが利用できる測定結果は不十分で、モデルもまだ不完全だ」と話す。エアロゾル放出量の信頼できる測定は不足しており、黒色炭素についてはとくにそうだ。また、気候モデルに関しても、たとえばエアロゾルはどのように雲を変化させるのかなど、はっきりしないことが多い。



2000年のインド・ラジャスタン州における干ばつの被害

とはいえ、別の研究でも同じような結果が示されている。米国カリフォルニア州ラホーヤにあるスクリプス海洋学研究所のVeerabhadran Ramanathanらは、エアロゾル汚染がインド洋北部に変化を起こしたために、インドではモンスーンによる降雨が減り、干ばつが増大したことを示した<sup>5</sup>。「同じように、中国の大気汚染が周囲の海洋に影響し、この地域のモンスーンによる降雨を変化させている可

能性がある」とRamanathanはいう。

次のステップは不確実性を減らすことだ。国連環境計画(UNEP)が行っている「褐色雲国際研究(ABC)プロジェクト」は今年、アジアのスモッグの監視を始めた。人工衛星によるエアロゾル測定の進歩と、放出モニタリングを強化する中国の計画も、中国の大気汚染の程度と影響の把握に役立つだろう。

Carina Dennis

AMIT BHARGAVA/Getty/newscom

役に立たないだろう。Zhengのシミュレーションによると、発電所から出る二酸化炭素の総量は、棗荘が従来の技術を使い続けている場合よりも、「合成ガス都市」となった場合の方が多くなるだろうという<sup>3</sup>。

しかし、長期的にみれば、ポリジェネレーションは持続可能な未来への道となるかもしれない。合成ガスから水素を抽出して燃料電池に供給する一方、二酸化炭素を捕獲し、隔離するのだ。「しかし、そこにいたるまでにはばく大な投資が必要だろう」とZhengは楽観してはいない。

炭素隔離に対する中国の関心は、それに必要なコストを考えれば、欧州、北米、日本がどれだけお金を出す意思があるかに大きく左右されるだろうと専門家たちはみている。中国政府は有利に交渉をまとめた考えだが、エネ

ルギー産業の現場で働く人たちはそのような政府の意図には無頓着だ。もし、必要な金が用意されていないなら、炭素隔離に関するすべての取引は取りやめだ、ということになってしまう。

中国は、温室効果ガスの放出量を抑制しようとするほかのすべての国の努力を帳消しにするのに十分な量の二酸化炭素を一国で放出する可能性がある。だから、中国の指導者たちは、交渉の上で強い立場に立てるかもしれない。米国メイン州ガーディナーにあるNPO「規制援助計画」の理事であるDavid Moskowitzは「もし中国の産業活動がこれまでどおりなら地球はおしまいだ」と話す。彼は、中国の当局者に発電部門の改善についてアドバイスしている。

このことは、今年7月に地球温暖化を議題にスコットランドに集まった主

要8か国(G8)の首脳たちに考える材料を与えたはずだ。中国は、気候変動に関する京都議定書の署名国だが、発展途上国とされ、放出量の削減目標をまだ課せられていない。世界の指導者たちが地球を救うためにいかなる戦略を編みだすにせよ、遅かれ早かれ、中国を巻き込む必要がある。そして、それには相当の費用もかかるはずだ。■

Peter Aldhousは、*Nature*のニュースと特集記事欄のチーフエディター。

1. Williams, R. H. et al. *Energy Sustain. Dev.* **7**, 103-129 (2003).
2. Zheng, L. et al. *Energy Sustain. Dev.* **7**, 57-62 (2003).
3. Hongtao, Z. et al. *Energy Sustain. Dev.* **7**, 63-78 (2003).
4. Menon, S. et al. *Science* **297**, 2250-2253 (2002).
5. Ramanathan, V. et al. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **102**, 5326-5333 (2005).