

今こそ日本が脚光を浴びるとき

国際熱核融合実験炉(ITER)の建設地をめぐる2月の会合は、結論を出せないままに終わった。だが、ITERはぜひとも進展させるべきである。これに最も力を入れているのは日本だ。

原文：Time for Japan to shine?

Nature Vol.427(763)/26 February 2004; www.naturejpn.com/digest

核 融合エネルギーなどうまく行くわけはないと、一笑に付されることがある。なにしろ1955年以来ずっと「40年後には」と言われ続けているのだから——というのが反対派の言い分だ。だが人類が技術的な難問を克服する能力を信じる向きにとっては、核融合の魅力は決して色あせることはない。

太陽や星のエネルギーの源は水素核からヘリウムを生じる核融合で、1億K(ケルビン温度)という高温で起こる。どうすればこれを地球上で行えるかについて、科学者や技術者はすでにかなり解明している。これまでも、小規模な融合実験は順調に目覚ましい進展をみせている。

この進展を核融合炉のような形にもっていくのは困難ではあるが、不可能というわけではない。このような融合炉の燃料は、おそらく磁場を利用することになるが、とにかく容器壁から離して浮かんだ状態で閉じこめなからず、触れるものを瞬時に気化させてしまおうだろう。核融合自体で非常に破壊力の強い中性子が雪崩のように発生し、周囲の構造を劣化させるため、これを絶えず交換することが必要になるだろう。

弱気な言い方をすれば、差し迫ったエネルギー問題の解決にはもっと穏当な方法がいくつもある。いずれ核分裂エネルギーに戻ることもできる。まあ誰も、自分の近所ではやめてほしくないのだろうが。石炭を燃やすこともできる。なにしろ、地球を温室効果ガスで窒息させられるほど、大量に石炭は残っている。風力タービンをつくることだって可能だ。美しいスコットランドの高原地方の風景の汚点にはなってしまうだろうが。そして中国やアフリカの農民は、生分解性のかまどで有機質の肥料を燃やして、必要なエネルギーをまかなえるというわけだ。

もちろん、これらのエネルギー問題解決策

をいい加減に却下すべきではない。これと同じことが、素晴らしい将来性を秘めた核融合にもいえるのだ。核融合を活用するには、いくつかの方法がある。一部で利用される慣性閉じこめ方式は、微小な燃料カプセルに大量の熱と圧力を加えて、制御された爆発を起こすというものだ。

だが開発が最も進んでいるのは、プラズマ燃料を磁場の中で空中に保つ磁気閉じこめ方式である。これにはおそらく、ロシアで発明されたトカマクとよばれるドーナツ型の容器が使われるだろう。トカマク実験は日本、米国、英国、ロシアなどで成功している。

しかしプラズマ物理学者は長年、プラズマを長時間燃焼させられる大型の装置を求めてきた。プラズマの挙動を詳しく研究できるからだ。20年前、レイキャビクで開かれたサミットで、当時のロナルド・レーガン米大統領とソ連のミハエル・ゴルバチョフ書記長がこれに賛同し、国際熱核融合実験炉(ITER)計画が誕生した。

政治的な問題

しかし、それ以後の道のりは平坦ではなかった。現在エネルギー危機がまた到来しようとしているのに、一般の関心は薄れてしまっている。さらには原子力に対する一般市民の不安感があるため、核融合はそのとぼっちを受け持っている。核融合では高レベル放射性廃棄物が出ないし、低レベル廃棄物の量も核分裂よりはるかに少ないのに、だ。

それでもITERの設計段階は1998年に完成した。だが米議会の決定によって、米国は建設計画から撤退してしまった。そのため、残った参加国(ロシア、日本、欧州)は計画を縮小するハメになった。しかし現在では米国は復帰し、中国と韓国も参加している。

そして今、建設地を選定するときを迎えて

いる。フランスのカダラッシュを推す欧州連合(EU)と、六ヶ所村を予定地とする日本が競り合っている。だが、くだらない不要な事態の変化によって、建設地の選定問題は政治的色彩が濃くなっている。

その始まりは、米エネルギー庁長官のSpencer Abrahamの前代未聞の行動である。昨年、欧州の候補地選びに介入し、スペインの候補地への支持を表明したのだ。おそらくは、イラク侵攻に対するフランスの姿勢への報復という意味合いだったのだろう。

だがフランスは欧州の支持を勝ち取った。2月21日の会合では、欧州とロシア、中国はカダラッシュを、日本と米国、韓国は六ヶ所村を支持した。ITERは現在進行中の国際協力による科学活動としては明らかに最大のもので、地政学の泥沼にはまり込ませるわけには行かない。ここ数週間の膠着状態は打開できる。

前へ進むために

解決策としては、候補地争いで敗れた側に、より幅広い意味での核融合計画で重要な役割を持たせることだろう。これは難しく思われるかもしれないが、実際にはそれほど問題ではない。参加各国は、実験炉の利用の幅を広げるために、遠隔操作センターを必要としているからだ。

さらに重要なことに、ITERに続く「Demo」と呼ばれる設計試作の原子炉に先んじて、中性子源装置の周辺に別個の材料試験センター施設を建設することは、常に必要とされてきた。このような計画によって、欧州と日本の双方に大型の核融合関連施設を提供し、大きな折衷案になるだけでなく、核融合科学そのものを活性化させ、ITERの有効利用を促すことになるだろう。

フランスはこの分野についてかなりの技術的ノウハウをもち、原子工学の優れた実績が

ある。カダラッシュは非常に素晴らしい候補地だ。だがEU諸国がフランス支持で再結集したとはいえ、欧州の政界、一般市民から全面的に支持されているわけではない。

日本が挙げる候補地は、国のかなり北部にある緑地で、輸送上の問題点や地元住民の反対の声もある。だがヶヶ所村は、日本の強力な国家的組織が強力に後押しをしている。日本はこれといった固有のエネルギー資源をもたないため、長期エネルギー資源にかける熱意は米国よりはるかに強く、欧州をも上回っている。ITER交渉への世論の関心は高く、またこのレベルの国際的な科学プロジェクト誘致への期待は間違いなく本物である。日本にあるJT-60トカマクは世界のどの施設と比べても遜色なく、日本の政治構造と工業技術水準の高さはITERを成功へと導くだろう。

だが、いくら熱意があっても物事を実現できるかは、まったく別の話だ。2月に行われた会合では、3月にウィーンで再び会合をもつことが決まり、そこで専門家が各項目にわたって両候補地を詳しく比較検討することになった。欧州側が技術的に勝るということになったら、日本への埋め合わせとして、Demoにつながる重要な科学実験を行うために必要なJT-60トカマクを改良するために、各国が資金提供すべきだろう。特にJT-60は、性能が高めればITERと同様に長時間のプラズマ燃焼が可能で、またプラズマの挙動を違ったスケールで比較することによってITERを補完できるからだ。

だが、もしも技術面で両候補地が甲乙つけがたいようであれば、欧州はブッシュ政権の不当な報復は許すことにして、コンピュータ解析を行う遠隔操作センターと材料工学試験センターをフランスとスペインに、ITER本体は日本に建設するよう交渉をまとめて、行き詰まりを打開すべきだろう。なにしろ日本が最もITERを必要とし、最も熱烈に支持しているのだから。

戦場で使える「フリーズドライ」の血液細胞

酵母に含まれる糖のおかげで、戦場の負傷兵のための「フリーズドライ」の血液細胞の供給が可能となりつつある。この技術は、細胞生物学領域の研究室でも応用できそうだ。Geoff Brumfielが報告する。

原文：Just add water

Nature Vol.428(14-15)/4 March 2004; www.naturejpn.com/digest

地球上で最も血に飢えた組織はアメリカの軍隊だ。米軍は必要とされる7万単位の血液を常備するため、定期的に献血を募っている。さらには、イラクやアフガニスタンの奥地の戦闘地域に血液を輸送するための小隊をわざわざ置く必要があるほどだ。冷蔵状態の血液を戦場に届けるには、1週間以上かかってしまうケースもある。これは致命的な遅れになると、高等研究計画局(DARPA——国防総省の理論研究を監督する機関)のプログラム・マネージャーのJoe Bielitzkiは語る。「ふつうは、1週間までは誰も出血しないということになっている」

理想的には、保存と輸送が容易な輸血用血液を米軍は必要としている。このためDARPAは、血液をインスタントコーヒーのように凍結乾燥し、数日間や数週間ではなく年単位で室温保存を可能とする方法を開発すべく、米国人研究者からなるチームを組織している。これは不可能な仕事のようにも思われるが、わずか3年で研究チームはめざましい成果を上げた。傷の治癒に重要な役割を果たす細胞であるヒトの血小板の保存期間を、従来の1週間から約2年間に延長することに成功したのだ¹。

医療への応用はさておき、DARPAの研究チームは、得られた結果が基礎研究に広く使われるようになるだろうと考えている。例えば、現在は液体窒素を用いた費用のかかる凍結法で保存されている実験用細胞系列を、数年間そろえておくことができるようになるかもしれない。また、貴重な胚性幹細胞を始めとする、あらゆる種類の細胞を、世界中の研究室間で容易にやりとりできるようになる可能性がある。

細胞と組織は、代謝を遅らせるために凍結

させ、またあらゆる生物学的過程に不可欠な水を除くことで長期間の保存が可能である。しかし、このような処理が、かなりの数の細胞を殺してしまうことも少なくない。戦場では、安定かつ軽量の凍結乾燥状態の血液パックを携行し、使用時に水で戻すだけであることが望ましい。しかしこれを実現するためには、細胞が凍結および乾燥の段階で死滅しないことが必須の条件となる。

「秘密兵器」トレハロースの登場

冷凍庫に入れた細胞は、さまざまな影響を受ける。細胞内外に存在する水の温度が下がると氷の結晶が形成され、そのギザギザの縁が細胞を引き裂いてしまうことがある。また部分的な脱水は冷却過程の副次的な作用の一つであり、これをコントロールできないと、細胞の膜が縮んで互いに結合してしまう。細胞を液体窒素の温度に速やかに冷却すると、水を多く含む細胞質を非結晶ガラス性物質に変えることで、細胞に致命的に作用する氷の結晶の形成を妨げることができる。しかし、たとえ細胞が凍結段階で死滅を免れたとしても、解凍して水で戻す段階で新たに致命的なストレスを受ける恐れがある。

このような技術を改良することは、科学であると同時に芸術でもあると、ウィスコンシン大学マジソン校で化学工学を専門とするJuan de Pabloは語る。研究者たちは通常、低温環境で細胞膜および細胞内容物を安定化させるジメチルスルホキシドなどの薬剤で試料を処理するが、このような薬剤には、乾燥段階における防御効果はない。de Pabloによれば結果は多様であり、保存対象となる細胞の種類に、また冷却および加温の速度といった、細かい方法に大きく左右される。使用される薬剤は、