The Next Nuke

次の核兵器

Nature Vol.442 (18-21) / 6 July 2006

不毛の地: 1992年の核実験一時停止の宣言以来、米国の核兵器実験場(ネバダ州)は静けさの中にある。

米国の核兵器科学者たちは、実験を行わなくても「信頼できる」とされる新型核弾頭の設計を進めている。この核弾頭は、米国の老朽化した備蓄核兵器に取って代わるものとなるのだろうか。Geoff Brumfiel が報告する。

NNSA / NEVADA SITE OFFICE

ある暑い春の日のこと。ネバダ砂漠では、引退した技術者の Ernie Williams が、核実験の歴史を観光客に説明していた。無愛想でぶっきらぼうな Williams は、かつて米国の核兵器関連施設で働いていた退役軍人だ。1951 年以来、Williams がかかわった核実験の回数はおよそ 80 回。これまでの生涯で 0.6 シーベルトの放射線を浴びた計算になるという。これは、現代の原子力発電所に勤める労働者と比べて約 40 倍の被爆量だ。しかし、体の不調といえは耳があまりよく聞こえないことくらいだけ。しかも、これは遺伝子のせいであって、核爆発が原因とは考えていないと Williams はいう。

Williams は観光バスの中から、ネバダ核実験場のあばた状の地形にそびえ立つ 15 階建てのタワーを指差した。これは、米国が最後に行う予定だった 3

つの地下核実験のうちの 1 つ、「アイスキャップ」実験用に建設されたものだ。しかし、アイスキャップを含む 3 つの実験計画は、米国が核実験の一時停止を宣言した後、1992 年に中止となった。以来、砂漠に降り注ぐ太陽光の下で、このタワーは数十年間にわたる核実験の記念モニュメントと化している。

同じころ、ネバダ核実験場から西へ 500 キロメートルのローレンスリバモア国立研究所(カリフォルニア州)では、Doug East が訪問者たちに新しい核実験方法について説明していた。コンピューター科学者である East は、IBM や大手電話会社のパシフィックベルで大規模ネットワークのプログラミングを担当した後、1992 年にこの研究所にやって来た。米国が核実験を中止したのと同じ年のことである。

East は、涼しい清潔な地下室へと訪問客を案内した。地下室には、最新型

アイスキャップ核実験のために建てられたタワーは、実験が中止となった後、放置されたままだ。

NNSA / NEVADA SITE OFFICE

のスーパーコンピューター「パープル」が設置されている。IBM のロゴつきの黒い箱がずらりと並ぶ「パープル」は、小さな町の消費電力量に匹敵する電力を消費する、世界最速のコンピューターの 1 つである。箱の中では 1 万 2000 個を超える高速プロセッサが、信じられないほど詳細な核兵器実験シミュレーションを行う。「まさにボタンを押すだけで簡単に核爆発を起こすことができる、世界初の機械です」。訪問客に向かって East はこう説明していた。

パープルのようなスーパーコンピューターの計算能力と過去の実験データを使い、核実験を行わずともきちんと作動することを保証する新しい核弾頭を設計する——。こんな野心的な計画に、米国の核兵器設計者たちがのめりこむように取り組んでいる。彼らは、新しい核弾頭は米国が保有する老朽化した核弾頭に取って代わることになるだろうという。新型核弾頭は既存の弾頭よりも安全で信頼性が高く、製造が容易で維持費用も低い。一部の設計者は、新型弾頭を非公式に「木製爆弾」とよぶ。理論的にいえば、ほとんどメンテナンスすることなく何年も貯蔵しておくことが可能だからだ。この新兵器は、公式には「信頼性のある代替核弾頭 (RRW)」とよばれている。

バーチャル実験に対する批判

ローレンスリバモア研究所および姉妹研究施設のロスアラモス国立研究所（ニューメキシコ州）にとって、RRW は未来そのものだ。新しい世代の兵器設計者に核弾頭の開発に取り組む機会を与えると同時に、両研究所のような軍事技術にかかわる研究所に、冷戦後の時代にもはっきりとしたプロジェクトを与えてくれるからだ。

しかし、計画に批判的な人たち（米国に現在備蓄されている核弾頭を設計した人たちを含む）は、核実験を行うことなく RRW が作動することを保証

するという点に疑いの目を向けている。ロスアラモス研究所の元所長 Harold Agnew は「何も設計したことがない人々が設計し、何も作ったことがない人々が製造する新型弾頭のほうがいいという人がいるとはまったく信じられない。ばかげた話だ」という。

批判にもかかわらず、この計画は静かに政治的な支持を集めつつある。以前に提出された新型核弾頭設計計画を廃案に追い込んだこともある米連邦議会は昨年、RRW 計画に対し 2500 万ドル（約 29 億円）の予算を与えた。これは相当に大きな予算額だ。計画が順調に進めば、新型核弾頭は 2010 年代にも配備される可能性がある。

ジョージ・ブッシュ元大統領は 1992 年、包括的核実験禁止条約の調印に向けた最初の一步として、米国内における核実験を停止した。これが RRW をめぐる議論の発端となった。米国は今なお、包括的核実験禁止条約を批准していないが、自発的に核実験の一時停止を続けている。

1 万個の核弾頭を抱えて

プリンストン大学（ニュージャージー州）の物理学者で軍備管理の専門家である Robert Nelson は「核実験の禁止は、核の軍拡競争終結の象徴だ」という。Nelson によれば、米国が核実験を行わない限り、インドやパキスタンなど比較的に後になって核兵器を保有した新興国を含むほかの国々は、米国にならなければならないという大きな圧力を感じるはずだという。核実験の禁止は、以前から核兵器を保有してきたほかの国々と比べても、米国に大きく有利に働く。米国はすでに 1054 回分の核実験データを保有しているからだ。これに比べて、例えば中国は 45 回の核実験しか行っていない。

核実験が終わり、米国は 1 万個近い老朽化した備蓄核兵器を抱えることになった。大部分は製造後 17 ～ 30 年が経過しており、約 12 のタイプに分けられる

と Nelson は話す¹。どのタイプも、核物質（多くはプルトニウム 239 である）を圧縮するためにまずは通常の爆薬を使い、その爆発によって一連の制御不能な核分裂反応と核融合反応を引き起こす仕組みだ（図核弾頭の構造を参照）。核弾頭の維持管理は容易なことではない。腐食などの通常の老朽化プロセスに加え、核弾頭の引き金である「ピット」（連鎖反応を開始するのに必要な部品）に含まれるプルトニウムが、少量ではあるが一定量の放射線を出し続けるからだ。この放射線によってプルトニウム合金の結晶構造が変化し、その特性にも影響が及ぶ²。結果として、核弾頭が爆発しなくなる可能性が生じる。

研究者たちは 92 年以降の 14 年間、こうした旧式の核弾頭についてコンピューターシミュレーションとバーチャル実験で研究を積み重ねてきた。ロスアラモス研究所で爆薬試験計画を指揮した

核弾頭の構造

従来型の核弾頭は「1次」「2次」の2段階で爆発する。まず、1次爆弾の外殻で爆薬が爆発して、内部が空洞になっている核物質の球（通常はプルトニウム 239）を圧縮し、制御不能な核分裂反応を引き起こす。そして、1次爆弾から出る X 線が 2次爆弾の燃料に含まれる原子核を核融合させ、さらに多くのエネルギーを放出させる。

James Peery は、「近年の研究で旧式の核兵器に関して、いくつかの重要な事柄が新たに明らかになりつつある。研究者たちは、予期していなかった発見や事項に出くわしている」と話す。もちろん、その詳細は完全な機密事項だ。

既存の核弾頭に深刻な問題があると考えている人はいないが、予期しない発見があったことで、核弾頭をどれだけ長く維持することができるかに関しては、懸念が少しずつ膨らんでいる。元ロスアラモス研究所の元所長で現在はスタンフォード大学（カリフォルニア州）で研究を行っている冶金学者の Siegfried Hecker は「製造後 50 年以上が経過したピットの使用については、

大きな不安がある。現在のピットに含まれるプルトニウムは、将来的にある時点で溶かし、新しいものに作り直す必要があるだろう」と話す。

ここで RRW の出番となる。ロスアラモス研究所で兵器開発計画を 7 年間指揮し、現在は一線を退いている物理学者の Paul Robinson によると、冷戦時の物理学者たちは、1 基のミサイルにできるだけ多くの核弾頭を載せるため、限りなく軽く、そして爆発しやすい弾頭を作ることに重点を置いていたという。しかし、冷戦は終わりを告げ、超大国どうしが核兵器で最終決着をつけようとする可能性は少なくなった。このため、1 基のミサイルに搭載する弾

頭数はかつてより少ない場合が多くなり、設計者にとっては核弾頭の搭載にあたって空間と重さの面で余裕ができた。「現在では、核弾頭をより信頼性の高いものにするための選択肢がいろいろある」と Robinson は話す。

将来設計

ローレンスリバモア研究所とロスアラモス研究所の兵器設計者は現在、米国で最も多く使われている核弾頭である W76 の入れ替えに向けた RRW の設計に取り組んでいる。W76 は潜水艦発射ミサイルに搭載されている核弾頭だ。1 基のミサイルの先端には、それぞれ標的を異とする 8 個の W76 核弾頭を搭載できる。しかし、現在のミサイルの大部分は、通常 4 個の核弾頭しか搭載していない。

ロスアラモス研究所の敷地中央には、ガラスと鉄でできた輝くビルがある。老朽化した W76 核弾頭との入れ替えが予定されている弾頭の設計案研究はここで行われている。設計者たちは、セキュリティ確保のために設置されている回転式ゲートと指紋スキャンを通過した後で、同研究所のスーパーコンピューター（ローレンスリバモア研究所のパープルよりはわずかに計算能力が低い）を使い、RRW 設計案について計算機実験で試す。「ほら穴」とよばれるセキュリティが確保された部屋の壁と天井には 33 基のディスプレイが設置されていて、3 次元立体シミュレーション画像をプロジェクターで映し出せるようになっている。設計者たちはジョイスティックを使って、弾頭の各設計案について、爆発のあらゆる段階での映像を回転させたり、拡大させたりすることができる。

シミュレーションは、純粋に理論だけに基づいて行っているわけではない。核爆発以外の爆発実験データを含め、何年もものに蓄積した実験データを基にしている。ある軍事技術研究所の匿名科学者によると、ロスアラモス、

減った核弾頭：冷戦終結後、潜水艦ミサイルはかつてと比べて半数の核弾頭しか搭載しなくなった。

ローレンスリバモア両研究所の RRW 原型設計案は、地下核実験を行った過去の核弾頭設計を基にしたものだという。「RRW 設計案と、かつて実験を行った核弾頭の設計案はきわめてよく似ている。だから、RRW に対して懐疑的な人たちはシミュレーションを受け入れるだろう」とこの研究者は話す。

現在シミュレーション中の W76 の代替核弾頭がどのようなものであるか、両研究所の外部の人間で知っている者はほとんどいない。しかし、議会での証言、研究所の機密扱いでない研究成果、ニュース記事などをたどっていくと、変更する可能性の高い箇所が多数わかる。

A. CALDER & D. SHEELER / ASC FLASH CENTER

乱流混合のコンピューターシミュレーションは、核弾頭で起こる現象の数値モデル化と関係がある。

最も大きな変更点は、核弾頭のプルトニウムピットの改良とみられる。より多くのプルトニウムを加えれば、長年の貯蔵を経て確実な爆発を確約できる可能性がある。Hecker によると、ピットの製造を容易にするための設計改良もありうるといふ。冷戦時代、ピットは加熱したプルトニウム金属のシートを成型する方法で作られていた。これは、時間がかかるものものの不正確な方法だった。「できたピットの仕様にはばらつきが大きく、それゆえ核実験を行って性能を確認していた。今後のことを考えると、あのような方法は支持できない。RRW のピットは、鋳型を使って製造するべきではないか」と Hecker は話す。

実験は必要ないのか？

核弾頭に使われている有毒物質について、より害の少ない物質に置き換えられる可能性がある。現在、W76 核弾頭の中のプルトニウムは、ベリリウムの殻で包まれている。このベリリウムの殻には、最初の核爆発を増幅する役割がある。しかし、ベリリウムも有毒で発がん性のある物質だ。ベリリウムをステンレス鋼な

どのより重い材料に変えることができれば、弾頭製造時の環境汚染の危険性を減らせることになるだろう。

最近になってようやく、W76 の外殻に使われる軽量だが不安定な爆薬を、「低感度高性能爆薬」とよばれる、爆発力では劣るがより安定な爆薬に変えられないかを検討中であることが、両研究所のレポートで明らかになった。これによって核弾頭の大きさと重さは増加するだろうが、貯蔵中の予期しない爆発の可能性は減るだろう。

しかし、こうした変更によって本当に実験の必要性のない、安価な核弾頭ができるものなのだろうか。現役の設計者およびかつての設計者 12 人についていえば、変更によって核弾頭を維持・管理するためのプロセスが簡単になるだろうという点では、全員の意見が一致している。しかし、新型核弾頭についても実験が必要かどうか、また、既存の保有核兵器の作り直しと比べて新規製造が手ごろな方法なのかについては、意見はばらばらだ。

W76 核弾頭の設計期間中ロスアラモス研究所を指揮した Agnew は、RRW 計画を声高に批判する 1 人である。変更

THE STOCKTREK CORP. / PICTUREARTS / NEWS.COM

1957 年、ネバダ核実験場で行われた核実験で生じたきのこ雲。ネバダ核実験場はラスベガスの北西約 105km の場所にあり、1951～1992 年にかけて 925 回の核実験が行われた。

が性能にどのように影響するかはほとんどわかっていないと彼は主張する。「新しい設計担当者たちは、設計上のマージン（余裕）とは何であるかをわかっていない。実際のところ、マージンがどれだけあるか誰も考えていない」と Agnew は話す。例えば、核弾頭のピットにより多くのプルトニウムを加えたとしても、必ずしも弾頭の信頼性が高まるわけではないというのが Agnew の意見だ。逆に、核弾頭が偶然爆発する可能性が高まるかもしれないし、核弾頭の爆発力のほとんどを生み出す二次燃料を過熱させすぎてしまうかもしれない。実験をしない限り、こうしたことは絶対にわからないと彼は断言する。「核による抑止力が本当に重要だと考えるなら、実験すらしていないものを自国の保有核兵器とすべきではない」と Agnew は話す。

スタンフォード大学の物理学者 Sidney Drell たちも、これらの変更がいわれているほどの効果を上げるか疑っている。サンディア国立研究所（ニューメキシコ州アルバカーキ）に以前所属していた Robert Peurifoy と Drell は、予期しない爆発の原因となる可能性が最も高いのは、高性能爆薬ではなく、ロケット燃料であることを示した³。この報告の結果、海軍は W76 に低感度高性能爆薬を使わないことを決定した。

タカ派もハト派も

さらにコストの問題がある。米国の既存の備蓄核兵器を維持するには巨額の予算が必要で、毎年 14 億ドル（約 1600 億円）以上を計上している。RRW にかかる総額の見積もりを両研究所は発表していないが、国会議員らは予算を節約できるという点で RRW に興味を示している。しかし、爆弾設計者だった Richard Garwin は、備蓄核兵器の維持にこれほどの予算が必要なのは老朽化よりもその量に問題があると主張する。「今ある核弾頭を 1 万個から 2000 個に減らせば、もっと予算を節約

できるはずだ。備蓄数を減らせば、現在保有している核兵器をいつまでも維持できるだろう」と Garwin はみる。

かつての兵器設計者がみな、RRW 計画に批判的なわけではない。ローレンスリバモア研究所の初代所長である Herbert York は、より単純で重い核弾頭の設計には、実験済みの初期の核弾頭設計が信頼できる基盤になるはずだと考えている。「それが本当に現実的な選択かどうかはわからないが、米国の保有核兵器を実験なしに設計しようとは思う」と York は話す。

RRW 計画には批判があるものの、共和党支持者と民主党支持者は計画を好意的にとらえている。タカ派がこの計画を支持するのは、米国の新しい世代の兵器設計者にとってよい訓練になるからだ。ハト派は、以前の兵器開発計画は撃破したものの⁴、RRW 計画は実験が必要ないという主張に説得された。米連邦議会は、計画の来年度予算を倍額以上に増やすものとみられる。軍は、この計画をためらいがちにはあるが支持することを表明している（コラム「軍幹部を説得する」を参照）。

長期にわたって米国の軍事状況をウォッチしてきた専門家によれば、RRW 計画の推進は、米国の老朽化した核兵器関連施設のためにはよいニュースだという。ローレンスリバモア研究所の元所長で、国防総省防衛科学委員会の核兵器関連施設に関する委員会の座長を務めている John Foster は「冷戦終了後、米国の核兵器計画は袋小路に入っていた。ソ連邦の崩壊以降、研究所の士気は低下し、弾頭を新型のものに入れ替える取り組みは予定より遅れていた」と話す。RRW 計画は研究所にとっての新たな挑戦であり、明確な未来図を描ききっかけとなる。「RRW は核弾頭の設計から生産までを大きく変えるだろう」と Foster はいう。

実際、計画は兵器開発にかかわる人々を再び活気づける効果があるようだ（コラム「英国の関与は？」を参照）。

兵器設計者は、ここ 20 年間で初めてとなる新型核弾頭の開発に意欲をみせている。ローレンスリバモア研究所のチームは今春、RRW 設計案の大規模なシミュレーションを行った。ロスアラモス研究所の科学者たちは、計算結果の一部をチェックするため、核兵器を使わない形での爆発実験を計画している。

両研究所のチームはすでにそれぞれの設計案を検討委員会に提出しており、現在その評価が行われているところだ。2 つの設計案のうちの 1 つが、今年中に開発計画の基礎設計として選ばれる。もう 1 つの RRW 設計案を選ぶ 2 回目のコンペも、2007 年中に行われる可能性がある。すべてがうまく進めば、最初の核弾頭ピットは早ければ 2012 年にも製造される予定だ。

信頼性のある代替核弾頭は今のところ、ロスアラモス研究所とローレンスリバモア研究所の巨大なスーパーコンピューターの中の 0 と 1 の連なりにすぎない。しかし、ネバダ砂漠では、かつてアイスキャップ実験のために建てられたタワーがその姿をいまだにジョシュアツリー（ユッカの一種）の上にとどめている。爆弾（全部で 225 トン）を保持する索具は、爆発の数ナノ秒前にデータ信号を運ぶように設計された数百メートルの銅ケーブルとともに、その場所に残されたままだ。

つまり、米国の次の地下核実験をアイスキャップの実験設備で行う準備はできている。「米国が核実験を再開するのなら、ここでやるのは理にかなっていると思う」と Ernie Williams は、明るい顔で観光客たちに説明していた。 ■

Geoff Brumfiel は、*Nature* の物理科学担当記者（ワシントン DC）。

1. Norris, R. S. & Kristensen, H. M. *Bull. Atom. Sci.* **62**, 68-71 (2006).
2. Hecker, S. S. *MRS Bulletin* **26**, 672 (2001).
3. Drell, S. & Peurifoy, B. *Annu. Rev. Nucl. Part. Sci.* **44**, 285-327 (1994).
4. *Nature* **438**, 139 (2005).
5. Boese, W. & Pomper, M. A. *Arms Control Today* http://www.armscontrol.org/act/2006_06/CartwrightInterview.asp (2006).

軍幹部を説得する

新型核弾頭「信頼性のある代替核弾頭 (RRW)」を実験なしに開発する——。核兵器科学者たちはそう考えているかもしれない。しかし、本当に実験を行うことなく開発を行うには、政府関係者を説得する必要がある。

少なくとも国防総省の一部高官たちは、RRW を実験なしに使うという計画に満足しているようだ。米軍の核兵器関連の活動を指揮する米戦略軍 (USSTRATCOM) の司令官である James Cartwright 大將は最近、RRW 計画の支持を表明した。Cartwright は *Arms Control Today* 誌 6 月号に掲載されたインタビューの中で、「我々が各研究所と共同で行っている研究は、

確かに信頼できるものになるだろう」と述べている⁵。

しかし、科学者たちが空軍と海軍の将官たちを納得させられるかどうかはまだわからない。サンディア国立研究所 (ニューメキシコ州アルバカーキ) の元所長である Paul Robinson によれば、「空軍や海軍の将官たちはこれまで、既存の兵器の変更にかんがりの抵抗を示してきた」という。同研究所は、弾頭の核以外の部品の維持・管理を担当している。

抵抗は、最後には信頼性の問題よりも予算の問題をめぐる。弾頭に変更が行われると、海軍と空軍はともに、爆弾を標的に運ぶためのソフトウェアとハードウェアのシステム変

更を強いられ、そのすべてに金がかかる。RRW 設計案コンペを監督する米エネルギー省国家核安全保障庁 (NNSA) は、「新型弾頭は既存のミサイルを利用できるよう設計担当者に要請している」という。

これまで、軍は RRW のために資金を出す必要はなかった。予算問題を担当する米連邦議会議員の 1 人は、軍の幹部は RRW 計画にそれほど関心をもっていないと話す。しかし、新しい設計案が実現に向けて動き出せば、国防総省が資金を出さなければならない可能性はますます高まり、「ある時点で、国防総省も応分の負担をしなければならないだろう」と、この職員は話す。 **G.B.**

新型核弾頭が配備されれば、海軍にも余分な費用負担が予想される。

英国の関与は？

英国は信頼性のある代替核弾頭 (RRW) 計画に参加しているのだろうか。サンデータイムズ紙は最近の記事の中で、英国の核科学者が「秘密裏に米国の研究者と弾頭の入替えについて協議している」と書いている。

英国国防省の高官は、RRW 計画へのいかなる英国の関与も否定する。国防省のスポークス

マン Matthew Willey は「記事には多数の間違いがあり、読者に誤解を与える記述もあった」と話す。特に、RRW 計画の一部だとして引用された米英両国の共同実験は、既存の老朽化した弾頭に関する通常のテストにすぎないと、Willey と米国防政府高官は話す。

しかし、だからといって米国の動向に英国の兵器科学者

が関心をもっていないということではない。英国の核抑止力を支えているのはもっぱら、潜水艦から発射する W76 核弾頭である。RRW 計画で入れ替え対象として検討されているタイプだ。

カリフォルニア州の兵器コンサルタント、David Overskei は「英国の兵器科学者たちは、こうした老朽化し

た核弾頭をどう扱うべきかを決定しようとしている」と話す。Overskei は、RRW 計画と米国の核兵器関連施設を調査した昨年の米国の委員会で座長を務めた。「私の知る限り、英国の兵器科学者たちは RRW にはかかわっていない。しかし、彼らが非常に強い興味を示しているのは間違いない」。

G.B.