

【カラー口絵】	第三世界へ拡散する弾道ミサイルの脅威	
北朝鮮の核開発と弾道ミサイル	テポドン発射台……2／北朝鮮の弾道ミサイルの射程……3	2
インドおよびパキスタンの核開発と弾道ミサイル	シャヒーン 2 搭載TEL……4／インドおよびパキスタンの弾道ミサイル……7	4
イランの核開発と弾道ミサイル	シャハブ3A搭載TEL……4／イランの主要弾道ミサイルの射程……6／イランの弾道ミサイル……6	7

中国の主要弾道ミサイル……8／中国の弾道ミサイルの射程距離……9／DF-21C（通常弾頭型）搭載TEL……10／DF-41搭載TEL……11／中距離弾道ミサイルDF-15（M-9）……12／中国人民解放軍第二砲兵部隊……12／対衛星用ミサイルの開発に力を入れる中国……13

SA-21A搭載9M83-1 TELAR……14／スカッド運搬用MAZ-543P TEL……15

【カラー口絵】大陸間弾道ミサイル《ICBM》

世界を恐怖に陥れた最終破壊兵器 16

 A4ロケットの飛翔システム.....16／弾道ミサイルの元祖A4（V2）ロケットの構造.....17／液体ロケットと固体ロケットの違い.....18／ミサイルの発射方式.....21

 弾道ミサイルを目標に命中させる技術.....22／慣性航法装置の簡単なモデル.....23／慣性誘導方式の原理.....23

 ICBMの弾頭の方式.....24／ポスト・ブースト・ブークルによる複数目標へのRVの放出.....25

 核爆発の破壊力と被害.....26

 タイタンⅡ発射用サイロ設備.....28／液体ロケット“タイタンⅡ”の構造.....31

 アトラス発射用サイロ施設.....33

 ミニットマン発射用サイロ施設.....34／ミニットマン発射管制・指揮所.....34／ミニットマン・ミサイル地下サイロおよび支援施設.....34／MIRV方式のミサイル.....36

 敵の攻撃をかわして反撃するための手段.....38／ミサイル列車.....38／移動式ミサイル発射車両HML.....38

アメリカのICBM……39／ソ連・ロシアのICBM……41
 原子爆弾と水素爆弾……44／核分裂と核融合……44／原子爆弾の構造……44／水素爆弾の構造……45／W88核弾頭……45
 新たな切り札となるか“非核弾頭搭載ICBM”……47
 PGS（Prompt Global Strike：即時世界攻撃）による攻撃……48／HTV-2……48／ボーイングX-51……48

第1章 潜水艦発射弾道ミサイル《SLBM》

潜水艦発射弾道ミサイルはどう発射されるのか？ 54

オハイオ級戦略ミサイル潜水艦の発令所(指揮/管制センター)……55/潜水艦からミサイルはどのようにして発射されるのだろうか?……61/オハイオ級戦略ミサイル潜水艦の内部配置……61/トライデントD-5……63/改良型オハイオ級原子力潜水艦……64

潜水艦発射弾道ミサイル〔最も生存率が高いといわれる核ミサイル〕 …………… 65

ジョージ・ワシントン級の内部配置……66/アメリカの潜水艦発射弾道ミサイル……67/トライデントC-4……67/ソ連の初期の弾道ミサイル潜水艦……68/ロシア(ソ連)の弾道ミサイル潜水艦……68/ソ連最初の原子力弾道ミサイル潜水艦“ホテル級”……69/世界最大の弾道ミサイル潜水艦……69/ロシア(ソ連)の潜水艦発射弾道ミサイル……70/ロシアの線型戦略ミサイル原子力潜水艦“ボレイ級”……70/独自の道を歩むフランスの潜水艦発射弾道ミサイル……71/超大国を目指す中国の潜水艦発射弾道ミサイル……72

第2章 巡航ミサイル《CM》

命中精度が高く、戦術、戦略ミッションをこなせるミサイル 74

アメリカの初期の巡航ミサイル.....74/ソ連の初期の巡航ミサイル.....75/潜水艦発射巡航ミサイル.....75/最も成功した巡航ミサイル“BGM-109トマホーク”.....76/地上発射巡航ミサイル.....78/空中発射巡航ミサイルALCM.....78/ステルス型巡航ミサイル.....78

／ストーム・シャドウ、東海10、ラード、ブラモス.....79/巡航ミサイルとはどんなものか?.....80

第3章 中距離／短距離弾道ミサイル《IRBM／SRBM》

第三世界に拡散するミサイル 82

代表的な中距離弾道ミサイル 82／フランスの中距離弾道ミサイル用地下サイロ 83／フロッグ7 84／全世界で使われたスカッド・ミサイル 85／フランスの短距離弾道ミサイル“ブルトン” 86／9K720イスカデル 87／弾道ミサイルの到達高度と射程 88／アメリカの短距離弾道ミサイル 89／パーシング・ミサイルとRADAG 90

第4章 多連装ロケット・システム《MLRS》

湾岸戦争で活躍、ロケット兵器の概念を変えた……………92

9A52-2自走式多連装ロケット弾発射機“スマーチ”(ロシア) ……92/ロケット砲の概念を変えたMLRS ……94/アストロスⅡ自走発射機AV-LMU ……95/多様化するロケット弾 ……96/ATACMS(陸軍戦術ミサイル・システム) ……97/ATACMSによる攻撃 ……98/古代中国のロケット兵器 ……100/HIMARS(高機動砲兵ロケット・システム) ……100

第5章 防空システム

防空システム〔地対空ミサイルの運用〕	102
フランスの携帯式地対空ミサイル“ミストラル”	102
FIM-92スティンガー	103
スウェーデンのRBS-90	104
日本が世界に誇る画像追尾誘導式ミサイル	104
アベンジャー野戦防空システム	105
スターストリーク	105
SAMの種類と役割	106
2S6M1ツングースカ防空システム	108
湾岸戦争で有名になったパトリオット・ミサイル	109
パトリオット・ミサイル作動図	109
弾道ミサイルに対抗するTHAADミサイル	110
THAADおよびパトリオットPAC-3による戦域/戦術ミサイル迎撃コンセプト	110
ミサイルの誘導方式について	111

アメリカ最初の地对空ミサイル……112

核爆発によりICBMの弾頭を無力化するABM……113

弾道ミサイルを迎撃せよ！〔日本の弾道ミサイル防衛〕……………114

日本の弾道ミサイル防衛（BMD）……115／スタンダードSM-3ブロックⅠAによる弾道ミサイルの迎撃……116／TPY-2アクティブ・フェーズド・アレイ・レーダー……117／北朝鮮の中距離弾道ミサイルBM-25ムスダン……118／アメリカの弾道ミサイル防衛構想……118

第6章 艦上発射式ミサイル

艦上発射式ミサイル①〔防空用艦対空ミサイル〕……………120

イージス艦のシステム戦闘……120／タイコンデロガ級イージス艦最終バージョン“CG-73ポート・ロイヤル”（ベースライン4）……121

／アメリカ海軍のミサイル……122

艦上発射式ミサイル②〔艦対艦ミサイル〕……………123

対艦ミサイルのしくみ……123／RGM/UGM-84ハーブーン……124／RBS-15（Mk.3）……124／ペンギン……125／90式艦対艦誘導弾（SSM-1B）……125／21世紀のアメリカ海軍を担うLCSとミサイル……126／LCS（沿岸戦闘艦）による沿岸海域作戦……126／ソ連の対艦ミサイル……128

艦上発射式ミサイル③〔対潜水艦ミサイル〕……………128

UUM-44サブロック……128

第7章 空中戦とミサイル

航空機発射ミサイル〔空対空戦闘とミサイル〕……………130

空中戦とHUD……131／AIM-7スパロー……132／初期の空対空ミサイル……132／空対艦ミサイル……133／空対地ミサイル……134

／ソ連のミサイル……135

スタンドオフ兵器〔最近流行のミサイル〕……………136

第8章 対戦車／多目的ロケット・ランチャーおよびミサイル

さまざまな機能、用途をもつ対戦車兵器……………140

第2次大戦から使用されている歩兵兵器“ロケット・ランチャー”……141／成形炸薬弾型ロケット弾……141／マタドール（PFZ-90）……142／SMAW……143／パンツァーファウスト3……143／RPG-7とRPGシリーズ……144／RPG-30とアクティブ式防御システム……144／RPG-32……146／AT-4……146／MBTLOW……146／01式対戦車誘導弾……147／ミラン（MILAN）……147／エリックス……147／スパイク・ミサイル……148／FGM-148ジャベリン……150／TOW発射装置……152／BGM-71 TOW ミサイル……154／HOT ミサイル……154／PARS 3LRミサイル……154／AGM-114ヘルファイア……155／プリムストーン……155

AH-64Dとヘルファイア・ミサイル……156

UAVの運用と地上攻撃ミッション……157

ビル対戦車誘導兵器……158／ロシアの対戦車ミサイル……158／キネティックエネルギー・ミサイル……159／FOG（光ファイバー誘導）ミサイル……159

第三世界へ拡散する 弾道ミサイルの脅威

止まらない核と弾道ミサイルの開発



北朝鮮の核開発と弾道ミサイル

北朝鮮が1998年に日本海方面に向けて発射した弾道ミサイル・テポドン1（白頭山1号）は日本に大きな脅威となり、2006年発射のテポドン2および2009年のテポドン2改良型は世界中に北朝鮮の弾道ミサイルの存在を知らしめ、脅威を与えた。北朝鮮の軍事力は通常兵器が旧式化し訓練も不十分なためそれほど脅威とはされていないが、年間の軍事予算の3分の2を投入して開発を進める弾道ミサイルや核に関しては全く別ものといえる。

現在、北朝鮮が保有する弾道ミサイルは旧ソ連製のスカッド、国産のノドンおよびテポドンである。これらの内、2009年に発射されたテポドン2改良型は3段式で、2段の液体燃料ロケットに固体燃料ロケットを重ねたもので、最大射程が約6,700kmといわれ近隣諸国どころかアメリカ本土の一部をも射程に収めることができると推測されており、しかも液体燃料といっても常温保存が可能なのを使っているので即応性もそれほど低くはないといわれている。2009年の発射実験は人工衛星・光明星2号の打ち上げだったともいわれ、ミサイルは日本上空（東北地方）を通過して太平洋に落下した。

北朝鮮の弾道ミサイル開発もイランやパキスタンなど第三世界の国々と同様に旧ソ連が開発したスカッド・ミサイルに始まる。1980年代初期のスカッドBミサイルを入手した北朝鮮は（エジプトがソ連との合意に違反して提供したといわれる）、それをリーバースエンジニアリング（入手したミサイルを分解・調査することで逆に設計技術を研究し、それをもとに新たな技術に発展させること。その技術はエジプトにも提供された）することで、スカッド改B、スカッド改Cと射程を延長したミサイルを開発してきた。これらのミサイルの開発にはイランも資金援助を行っており、1987年にはスカッド改Bが北朝鮮よりイランへ送られ、1988年にイラクへ向けて発射されている（1980年から1988年まで続いたイラン・イラク戦争で行なわれた相互都市攻撃の1つ）。

そして1990年代に入って開発されたのが、射程1,000km

を越えるといわれるノドンであった。ノドンは培ったリーバースエンジニア技術を活かしてスカッド改をより発展させた1段式液体燃料ロケット。さらにノドンに続きテポドン1号を開発、このミサイルはノドン1号の上にスカッドを重ねたもので最大射程が2,200km程度といわれる。1998年に日本海に向けて発射されたものが唯一の発射実験だった。ただこの時発射したのは人工衛星・光明星1号を打ち上げるために3段目に固体燃料ロケットを取り付けたNKSL-1であったというのが通説になっている。

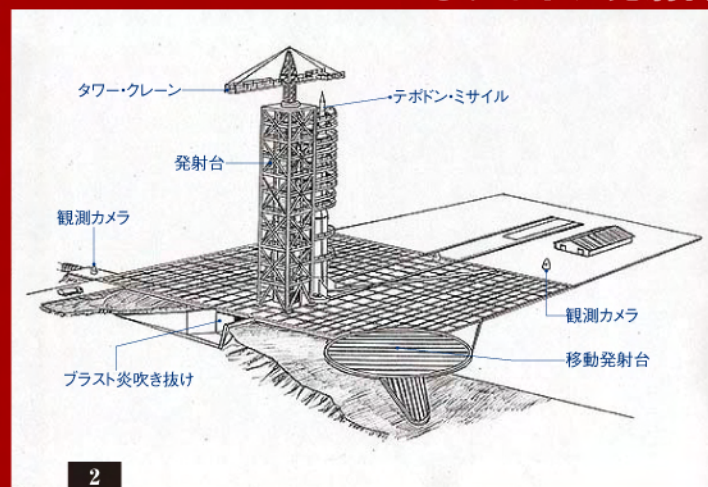
テポドン1に続くテポドン2は最大射程4,300kmを目指した中距離弾道ミサイルで、2段式液体燃料ロケット。1段目のロケットブースターはこれまでのミサイルのようにスカッドから発展したものではなく新設計であった（一説では北朝鮮はソ連から潜水艦発射式弾道ミサイルR-27〔SS-N-6〕の技術を手入しており、これをベースにして再設計したともいわれている）。テポドン2の存在が実証されたのが2006年の発射実験であった。

一方、北朝鮮は核開発にも積極的だ。2006年と2009年には地下核実験を行ない、2006年の段階で核兵器の保有を宣言した。現在の段階で北朝鮮はノドンに搭載可能な核弾頭や核爆弾を保有（保有数は数発程度で性能も高度なものではないが）しているといわれる。

北朝鮮の核開発は明らかにされておらず不明な点が多い。1961年寧辺（ニョンビョン）に核研究施設が建設され、ソ連より提供されたITR-2000研究炉が臨界（原子炉で原子核分裂の連鎖反応が継続している状態）に到達した1965年に北朝鮮の核開発が開始された。そして原子炉開発と核兵器との関連性の問題が国際的に浮上し始めたのは、1985年寧辺に建設された5メガワットの黒鉛減速ガス冷却炉（減速材に黒鉛、冷却剤にガスを使用する原子炉）寧辺1号炉が臨界に達し、1986年運転を開始した頃であった。この原子炉を可動させることで年間で1個分のプルトニウム原爆を製造できる程度のプルトニウム（5.5～8.5kg）が生産できると推定されたのだ。これに続いて寧辺2号と呼ばれる50メガワットの原子炉の建設も開始されている（この原子炉では年間で原子爆弾50個

●テポドン発射台

イラストは2009年3月に衛星写真で撮影された北朝鮮の舞水端里（ムスダンリ）のミサイル発射施設の様子。衛星写真を基にしたイラストはGlobal Securityなどでも公開されているが、それを別な角度で描いてみた。ミサイル発射施設といっても一般的なロケットの発射施設と変わらないことや発射時のプラスト炎の吹き抜けなどの様子が分かるだろう。



●北朝鮮の弾道ミサイルの射程

※CEP (Circular Error Probability) : 円形半数必中界とは、発射したミサイルの弾頭の半数が目標の中心から半径どのくらいの範囲に落下するかを示す値。

最初の中距離ミサイルであるノドンは1段式の液体燃料ロケットで、最大射程は1,500kmといわれCEPを考慮しなければ日本を射程内に捕らえることができた。最大射程でのペイロードは約760kg

NKSL-1 (テポドン1) は液体および固体燃料ロケットで最大射程は約2,890kmといわれている。3段目がテポドンより射程を延長するため（というよりも加速するため）の固体燃料ロケットで、最大射程でのペイロードは約290kg

テポドン2改良型の最大射程は約6,700kmといわれており、ハワイ諸島やアラスカに対する攻撃が可能。ペイロードは最大射程で約150kg

テポドン2の最大射程は4,300km程度といわれ、グアム島の米軍基地はその攻撃可能範囲にある。ペイロードは最大射程では約400kg

テポドン1は2段式の液体燃料ロケットで、最大射程は約2,200km。このミサイルにより日本は完全に攻撃可能範囲に入った。最大射程でのペイロードは約750kg

北朝鮮では旧ソ連が開発した潜水艦発射型弾道ミサイルR-27 (SS-N-6) を陸上型に改良したもの（ミサイルの名称は不明）を保有している。このミサイルの最大射程は4,000kmといわれている

0 10m

▶ テポドン1
▶ NKSL-1 (テポドン1)

▶ テポドン2

テポドン2改良型▶

▼ ノドン

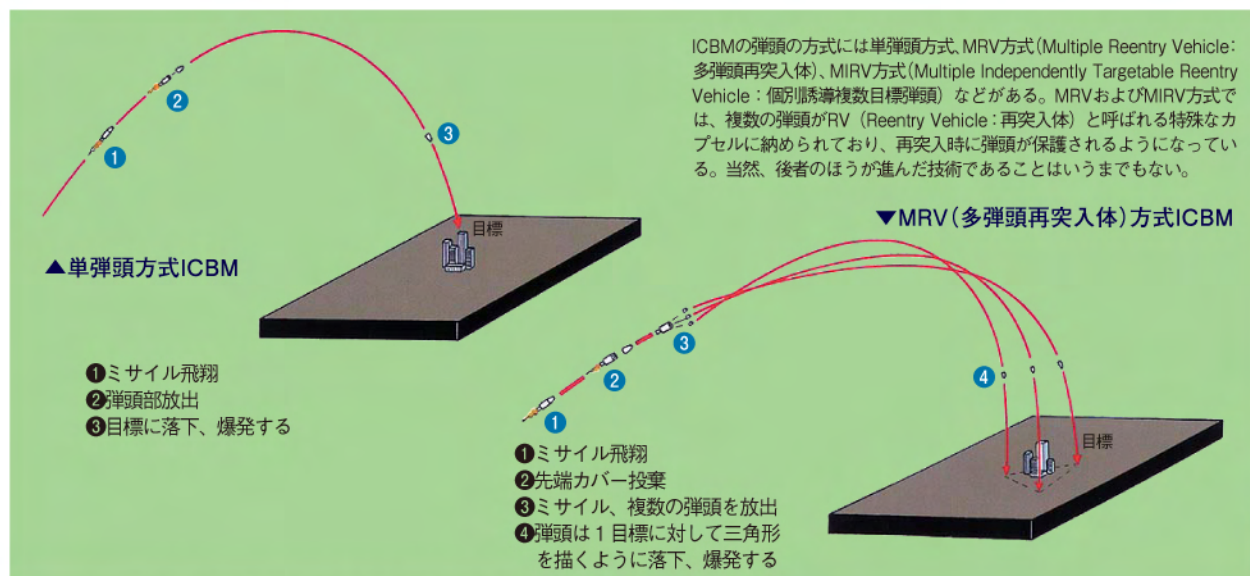
《ノドン》北朝鮮が最初に開発した射程1,000kmを越える中距離弾道ミサイル。1980年代に入手したスカッド・ミサイルをベースにして開発された1段式液体燃料ロケットで、単弾頭の移動発射式。射程1,300～1,500km、全長約16m、最大直径1.35m、最大重量16,250kg。CEP190m（この値は最良の推定値で一説には3,000mとするものもある）。

《テポドン1》2段式の液体燃料ロケットで、1段目にノドン、2段目にHwasong-6が使用されている。射程2,000～2,200km、全長約25.8m、最大直径1.3m、最大重量約33,000kg。

《NKSL-1 (テポドン1)》1998年8月に北朝鮮から日本方向に発射されたミサイルで、人工衛星・光明星1号を打ち上げるためのものだったといわれる。テポドンの上に3段目の固体燃料ロケットを搭載した。

《テポドン2》2006年の発射実験で有名になったテポドン1の発展型ミサイル。2段式液体燃料ロケットで、1段目は新設計のロケットブースターが、2段目はノドンが使用されている。射程約3,500～4,300km、全長約32m、最大直径約2.2m。

《テポドン2改良型》テポドン2の改良型。3段式の液体および固体燃料ロケットで射程が大幅に伸びた。射程約5,400～6,700km。



も、ミサイルに搭載できるように小型化されていなければならない。初期のICBMがラジオ指令方式だったのは、コンピュータが小型化できなかったためである。

また、プラットフォーム上には加速度計と同様に3軸方向にジャイロが置かれている。これはミサイルの飛行姿勢が変化したとき、それぞれの方向の姿勢変化を検出するためのものである。

このように、原理を説明すれば何となく簡単に作れそうな装置のようだが、実際にはプラットフォームを常に地心線に対して直角の状態を保つようにしておくことすらも難しい(理論的には23ページの「慣性航法装置の簡単なモデル」の図のように、高速で回転する自在枠の中にプラットフォームを置いてやることで実現できる。これはコマは回転している限りその軸は地球の中心方向を向くという原理を応用したもの)。さらに、実際の慣性航法装置では、地球が完全球体でないことから生じる誤差など求めた数値を不正確にする要素が多いため、高い精度が得られないという欠点がある。もっとも現在では、慣性航法装置も機械式からレーザー光線を利用したレーザー・ジャイロや光ファイバーを利用した加速度計を用いるようになり信頼性も向上している。

ブースト段階: ミサイルが発射されてからロケットのブースター(エンジン)が燃焼を終えるまでの間を指す。通常3~5分間で、この間にミサイルは大気圏外に到達し、弾道が目標に命中するように計算された軌道に乗る。ミサイルを迎撃する場合には、この段階ならば撃墜のチャンスが高い。

ポスト・ブースト段階: ブースターの燃焼を終えたミサイルが弾頭を放出し終えるまでの間をいう。特に、1基のミサイルが単弾頭でなく、複数の弾頭を持つ場合(正確には個々の弾頭を納めた複数の再突入体)にこの段階がある。

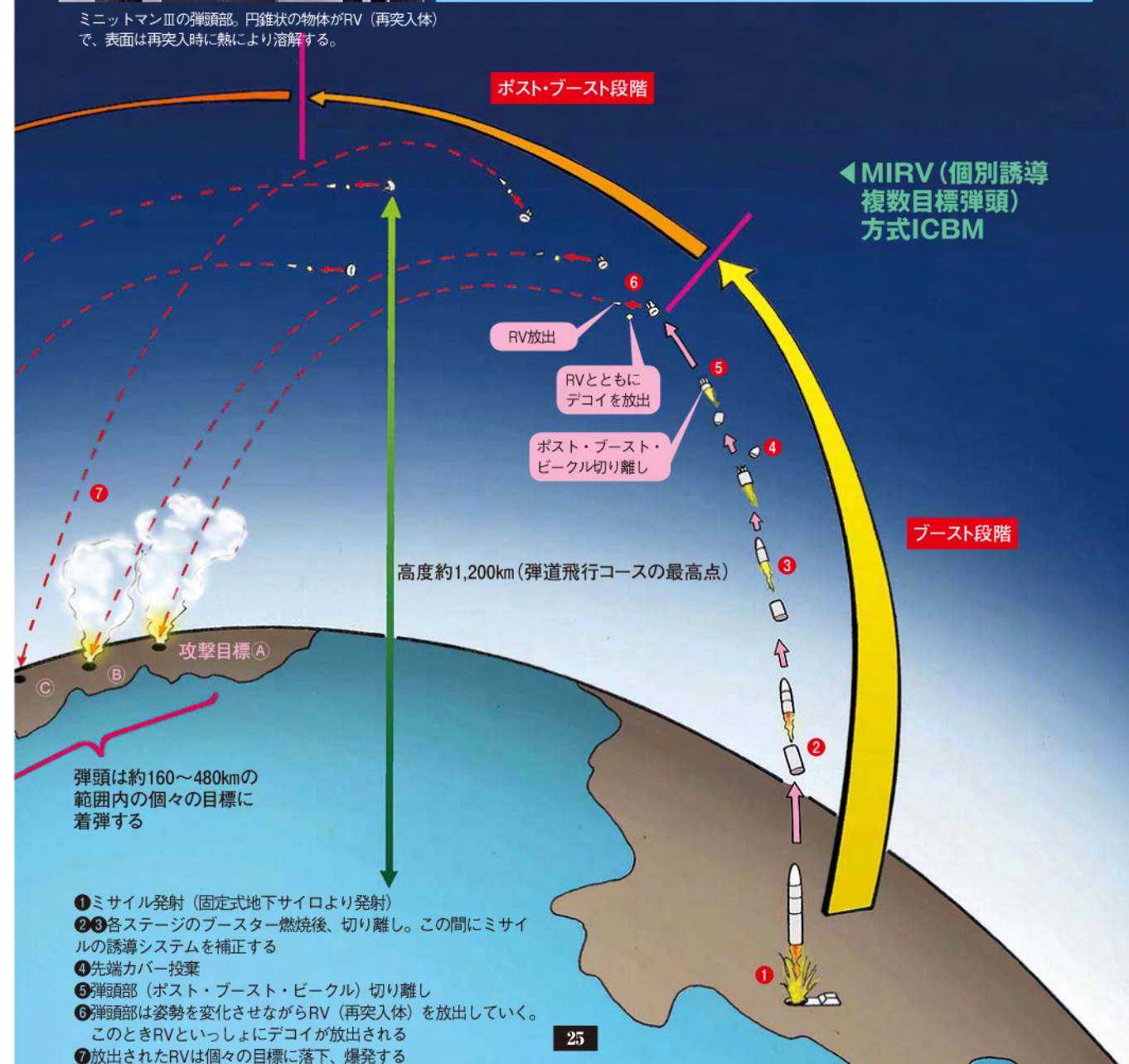
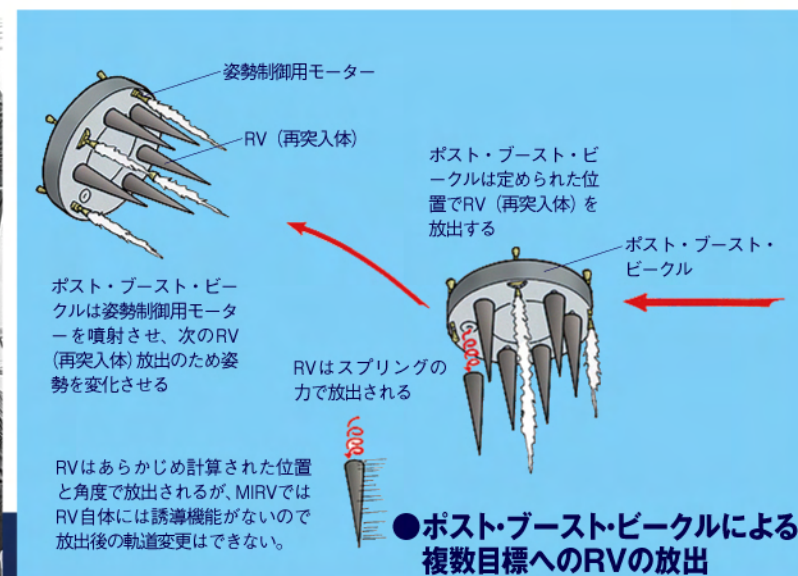
ミッド・コース段階: 軌道に乗り再突入体を放出、弾道飛行しながら大気圏へ再突入するまでをいう。放出された再突入体は慣性により弾道を描きながら上昇を続け、高度約1,200kmに達した後、降下・再突入する。再突入速度は最大マッハ20を超えるといわれる。全航程のなかでこの段階が最も長い。

終末段階: 大気圏への再突入から目標に命中するまでを指す。ICBMの各段階の中でこの段階が一番短い。

●ICBMの弾頭の方式



ミニットマンⅢの弾頭部。円錐状の物体がRV(再突入体)で、表面は再突入時に熱により溶解する。



弾道ミサイルを迎撃せよ!..... 日本の弾道ミサイル防衛

1998年の北朝鮮によるテポドン発射実験以後、日本では日本版の『弾道ミサイル防衛 (BMD: Ballistic Missile Defense)』の研究を進め、2003年にBMDシステムの導入を決定した。システムの主力となるのが次の3つ。弾道ミサイル探知・追尾が可能な地上レーダーFPS-XX (現在はFPS-5が制式名称。通称カメラ・レーダー、高速で落下しレーダー反射面積の小さい弾頭部の捕捉と追尾ができる。探知距離も現行のFPS-3の3倍近いといわれる)。弾道ミサイルが大気圏外を飛翔するミッドコース段階で迎撃を行うスタンダードSM-3 (平成14年度予算で計画されたイージス艦に搭載・運用された。本来、弾道ミサイル迎撃能力をウリとしたベースライン7に相当する“あたご”型ではなく、ベースライン4に相当する“こんごう”型に付与されている)。および大気圏再突入から着弾までの終末段階の極めて低層域で迎撃を行うパトリオット・ミサイルPAC-3である。

弾道ミサイルの迎撃には、ミサイルが十分に加速されておらず、ブースターが燃焼しているブースト段階が最も適している。ミサイルの燃焼炎は赤外線で長距離からでも発見しやすく、速度もそれほどないので迎撃がしやすいためである。しかし、迎撃衛星を敵国上空に配置す

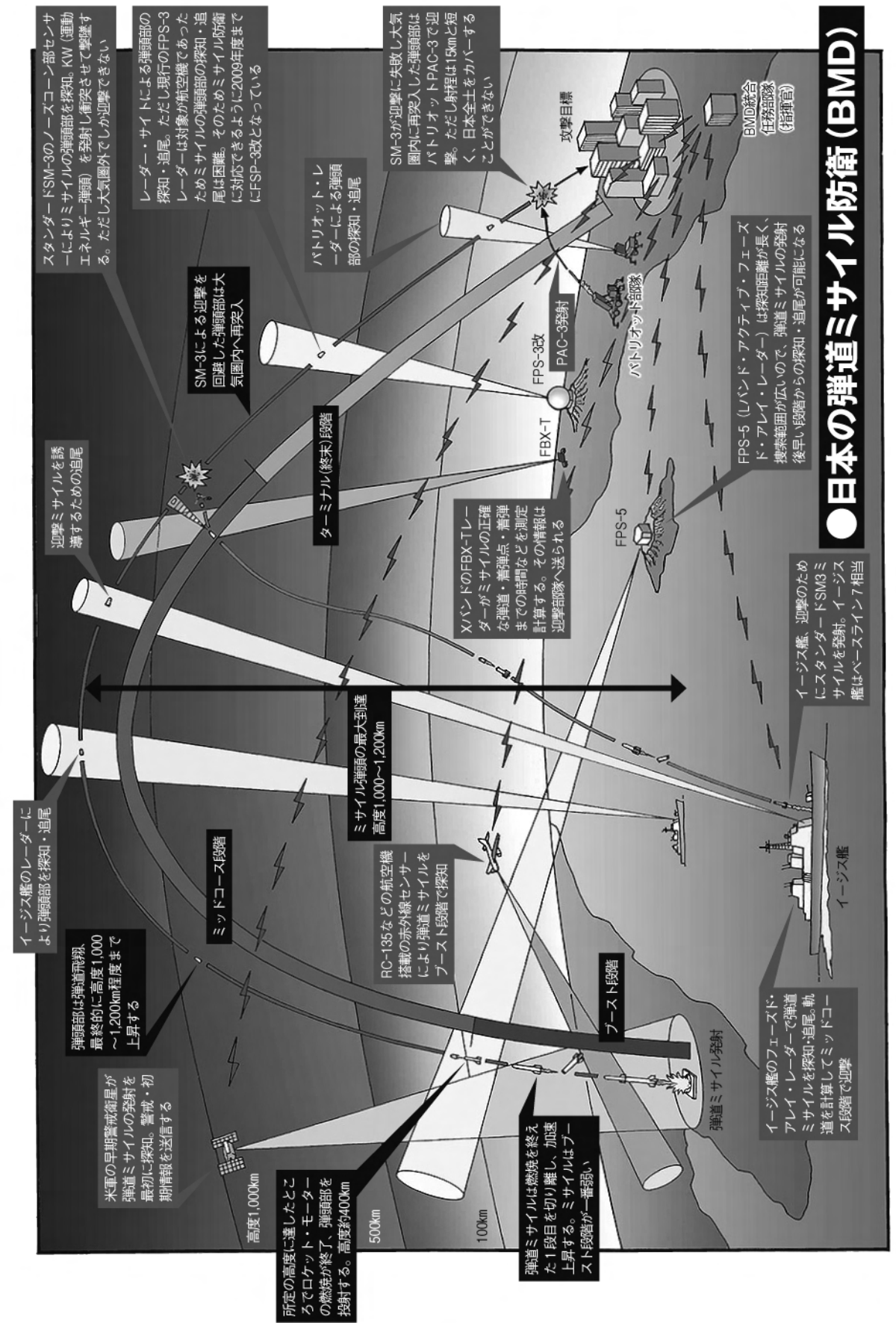
るか、遠距離からでも攻撃可能なエネルギー兵器を開発するしかなく、現実的には困難で問題が多い。そこで、多層防御を行うBMDのようなミサイル防御方式が考えられた。

BMDシステムの概要 (右ページの図参照) は、ミサイルの監視を画像偵察衛星で行い、発射から飛翔中のミサイル、投射された弾頭部を地上レーダーのFPS-5やイージス艦のレーダーで探知・追尾し、弾頭部を大気圏外の高層域ではスタンダードSM-3で迎撃、撃ちもらった場合は大気圏再突入後の低層域でパトリオットPAC-3で迎撃するという構想だ。しかし迎撃はかなり限定的なもので、かつては弾道ミサイルの迎撃は140km/h以上で飛翔するボールに横から小石を投げて命中させるのに例えられるほどに難しいといわれたほどだ。最近では技術の進歩により命中精度は格段に上昇したといわれるが、戦闘での実績はない。またFPS-5レーダー網 (4箇所のレーダーサイト) が完備しBMDシステムが完全に完成するのは2011年度以降とされている。

ところでFPS-5レーダーというのは、Lバンドのアクティブ・フェーズド・アレイ・レーダーだ。ちなみにアクティブ・フェーズド・アレイ・レーダーとはどんなもの

【左】会場自衛隊の“みょうこう”からのスタンダードSM-3の発射試験。

【右】イージス護衛艦“こんごう”型は弾道ミサイル迎撃能力が付与されている。



●日本の弾道ミサイル防衛 (BMD)