

ある歴史のすれ違い：原子爆弾の開発

古屋 信明

歴史のすれ違い（神様はなんと意地悪だったのかという感慨）は少なくありませんが、私には最大のそれは、第2次大戦中の原子爆弾の開発ではなかったか、と思えます。

防大で重視されている教養教育の一科目として、土木技術の発展と文明の進歩の関連をテーマにした授業を自学科のみならず人文社会系の学生も対象に行っており、そこで1コマ（90分）原子力発電に関して講義しています。その意図は、日本の電力の1/3を供給している巨大技術の概要を頭に入れておくべきだ、また1986年のチェルノブイリ原子力発電所（ウクライナ共和国）の事故を隠そうとしたことが当時のソ連邦崩壊の一因になったという事実も、技術と人間社会の関わり方の一例として知っておくべきだ、というようなことです。

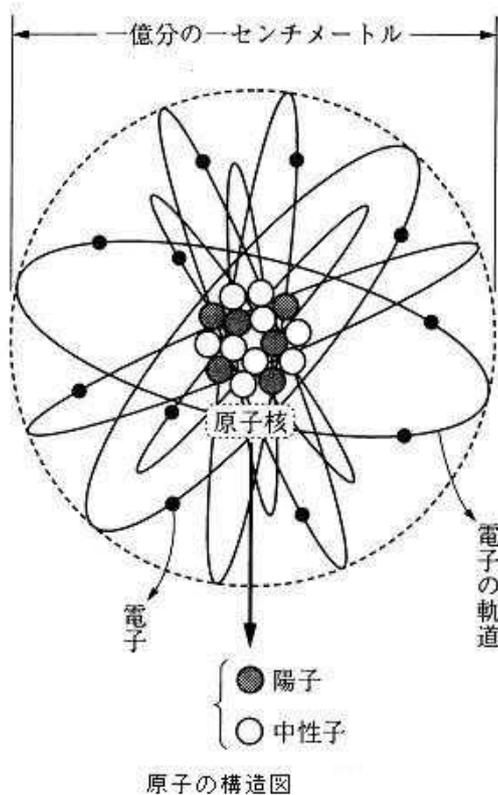
話が原発に至る前に当然、原子力エネルギーの仕組みやその悲劇的使われ方も説明する必要があり、自己流に勉強していくうちに冒頭に記したような思いを持つに至りました。橋のことなら多少知っているだろうけど古屋教授はこんな雑学も講義しているのか、などと批判せずに、講義ノートの再整理に付き合ってください。もちろん、多くの本の受け売りに過ぎません。分かり易く書けるといいのですが……。

1. 原子の構造とウランの核分裂

19世紀末に、天然ウランのような物質から何か得体の知れない高エネルギーが飛び出してくる（そういう性質を放射能という）ことに気づき、それをきっかけに原子構造の追求が始まった。先駆者の1人が、よく知られているキューリー夫人である。飛び出してくる放射線（radiation）はやがて、正電気を帯びた線（ヘリウム原子核の流れ）負電気を帯びた線（電子の流れ）それに中性の線（電磁波の一種）と識別された。放射線を出した結果、元の物質は他の物質に変化する（崩壊するという）彼女は、放射能に関する研究、その後ラジウム（radium）、ポロニウム（母国ポーランドにちなんで命名）という放射性新元素を発見した功績で、ノーベル賞に2度輝いた。

千葉高時代に習った物理あるいは化学を思い出せるかな……。全ての物質は原子（性質に注目した場合には元素という）から構成されている。原子の構造は太陽系に例えられることが多いが、図に示すように、中心に重くて（正確には質量が大）プラスの電気をもった原子核があり、その外側を軽くてマイナスの電気を持った電子が飛び回っている。原子核は陽子（プラスの電気）と中性子（電気を持たない）からなる。陽子と電子の1個あたり電気量は同じであり、原子全体としては電気的にはプラスマイナス零だから、どんな原子でも陽子と電子の数は同じで、この数（原子番号と呼ばれる）が元素の性質を決める。自然界に存在する元素は、一番単純な水素（原子番号1。原子核には陽子が1個だけ。そして当然、核外の電子も1個）、原子番号2のヘリウム（核には陽子2個+中性子2個、電子は2個）、それ以降は例えば6の炭素、8の酸素、26の鉄、と欠番なく最後の92のウランへ続く。

中性子は何をしているのかと言えば、陽子が原子核の狭い中にひしめき合い、プラスの電気を持っているから互いに反発しようとするのを引き止める役である。正確には中性子と陽子の間を中間子（この予言



的中で湯川秀樹博士に日本人初のノーベル賞) が行き来して、それぞれが陽子と中性子に姿を変えることで核力と呼ばれる作用を發揮し、核が分裂することを防いでいるのである。原子番号が上がって大きな原子核になるほど、多数の陽子間の反発力を抑えるために、陽子数以上の中性子が必要となる。例えば、ウランでは中性子数は 140~147 にもなる。陽子数(原子番号に同じ)と中性子数の合計を質量数という。こんな単純な計算が許される理由は、陽子と中性子の質量がほぼ等しく、これらに比べれば電子は全く軽いからである。ウランの質量数は、陽子数が 92 だから、 $92 + 140 \sim 147 = 232 \sim 239$ となって、8種類のウランが存在するということになる(これらは同位体と呼ばれる)。

ウランは放射能を有するから、放射線を出して徐々に別な元素に変わっていく(崩壊という)崩壊していく理由は、原子核を形成している粒子は本来

ならば強く拘束されていて外へ出られないはずなのに、量子力学でいうところのトンネル効果に助けられて、ある確率で放射線として核外に弾き出されるからである。ウランの場合は、陽子 2 個 + 中性子 2 個の塊(ヘリウムの原子核に同じ、すなわち α 線)が原子核から抜け出る。その結果、原子番号と質量数が 2 および 4 小さな別な元素に変わり(崩壊と呼ぶ)その後も崩壊を続けて最終的には安定な鉛(原子番号 82)に変化していく。もとあった放射性原子の数が崩壊の結果、半分になるまでの時間を半減期という。

いま自然界に存在するのはウラン 238 が 99.3%、ウラン 235 が 0.7%、あとはゴミみたいなものである。238 と 235 が地球誕生の時に仮に等量あったとしても、崩壊していくスピードに違いがあるため(半減期が前者は 45 億年、後者が 7 億年)ウラン 235 は急速に減って行き、現在の存在比はこのように大きく開いたのである。

放射性元素の崩壊に伴うエネルギーの大きさを示す好例が地球である。ウランなどの重い元素の存在量は全宇宙的に見ても少ないけど、長い時間にわたって崩壊熱は地球を温め続け、地球形成後の 46 億年たった今でも地球内部は 6000 度を超えるような火の玉であり、熱は余って火山となって噴き出し、プレート対流の原動力となり、ひいては地震の原因になる。恩恵は、温泉であり風光明媚な山や湖である。でも、火星のように内部の放射性元素が燃え尽きてプレート運動がない星では、地震はないだろうが、他に困ったことになる可能性もあるらしい。例えば、大気のを温度を上げる作用がある二酸化炭素が地中に取り込まれたり、火山から吐き出されたりすることがないから、太陽活動の消長というような外的要因による気候変動に対する安定性が損なわれているかも知れない……とか。まこと、地球は表面に生物を住まわせているだけでなく、自らも生きている星であり、その燃料は放射性元素である。

1900～30年代に、原子構造の研究やいろいろな元素に人工的な高エネルギー放射線を照射してその変化を調べる研究、あるいは、神の領域に分け入る話ではあるがウラン以上に大きな人工元素（超ウラン元素）を創り出す試み、なども繰り返され、その場合には中性子（発見は1932年、これに対するノーベル賞は35年）照射が効果的であることがわかってきた。中性子は電気を持たないので、正に帯電している原子核から反発されることなく、命中・吸収されやすいのである。

そしてついに1938年12月（第2次世界大戦が始まる9ヶ月前）、ドイツの科学者が、天然ウラン（ウラン235が0.7%、238が99.3%の混合物）に高速中性子を衝突させると核が分裂して、バリウム、クリプトン（これも放射性物質）などの粒子と新たな中性子が放出されるという現象を発見した。そして、飛び去る粒子の質量と速度からエネルギーが計算されて、同一重さで比較すれば石油が燃えるなどという化学反応の数百万倍という大きさになることもわかった。核分裂は、中性子を吸収することでウラン原子核が振動を起こし、瓢箪のように中央がくびれて、ごく至近距離にしか作用しない核力をプラスの電気を持つ陽子相互の反発力（こちらは遠方にまで作用する）が圧倒して、核の破片が飛び去るから起こる、という説明がなされている。また後知恵ながら、有名なアインシュタインの特殊相対性原理に基づく $E = m \cdot c^2$ （ E はエネルギー、 m は質量、 c は光の速さで秒速30万km）でも説明されている。ウランの核分裂前後でわずかながら質量が減少し、これに光速の2乗が掛けられて、巨大なエネルギーに変換されたのである。

ウラン238は分裂しにくく、235は分裂しやすいということもわかった。238は中性子が高速でないと核分裂せず、核分裂につながらない形で中性子吸収する（いわば無駄食い）こともあれば、次の分裂を誘う中性子の発生も少ないのである。235の方はどのような速度の中性子に対しても反応する。これが「238は燃えないウラン、235は燃えるウラン」と分けることになる。

言わずもがなであるが、付言しておきたい。我々の命の根源である太陽で起きている現象は、ウランのような大きな原子の核分裂ではなく、超高温・超高压のもとで重水素（ 2 で述べる）原子が2つ結合してヘリウムを創るという核融合である。この時もわずかに質量が減少して、 $E = m \cdot c^2$ に従ってエネルギーに転換される。だからこそ、太陽は過去46億年燃えつづけ、これからも50億年ぐらいは輝き続けるだろうと考えられている。核融合技術を手中にすれば、水素の原料である水は地球にたくさんあるから、人類にとってエネルギーは無尽蔵になると（パラ色だけではないはずだが）開発が進められているが、地上に太陽内部並みの条件を再現し、コントロールするのがとても難しい。

しかし、人類は既に核融合反応を実現している。愚かにも、水素爆弾という生命絶滅のための自殺用道具として……。原爆が炸裂した時の高温高压が、制御のきかない核融合反応を引き起こすのである。

2．原子爆弾の可能性の着想と時代背景

1に書いたことのほとんどは、1939年までには分かっていた。大学の図書館で閲覧できる程度の学会論文集に、100を超える論文が掲載されていた。天然ウランを精錬して塊を作り、そこで核分裂がいったん開始されれば中性子が発生し、次のウラン原子を分裂させてさらに多くの中性子を出し……という連鎖反応が進み、1回の核分裂ごとに多量のエネルギーが放出されるから、強力な爆弾になり得るだろうという

ことを、ほとんどの核物理学者が認識していた。

1939年9月1日にドイツがポーランドに侵攻して第2次世界大戦が始まった。一流の学者の多くはユダヤ系であり、彼らは、ナチス（ヒトラーがドイツ政権をとったのが33年）の凶暴性とドイツ物理学のレベルの高さを身をもって知っていたから、アメリカやイギリスに亡命した後も「ドイツがもし原子爆弾を開発したら……」という危機意識・恐怖感は強かった。これが1番目の歴史のすれ違いである。

既にアメリカに亡命していた高名なアインシュタイン（ユダヤ人）は、ハンガリー生まれ・ユダヤ系の亡命核物理学者たちの要請を受けて、第2次世界大戦が始まった直後、ルーズベルト大統領に原爆開発を訴える手紙を書いた。米政府の反応は最初鈍かったが、日本による41年12月の真珠湾攻撃をきっかけに自らも参戦した後、マンハッタン計画という秘匿名のもとに原爆開発に本気で取り組み始めた。また、40年3月にはイギリス物理学者たちが政府に、原子爆弾開発の基本的方向、使われた時の威力の予想（広島・長崎の惨劇をかなり正確に予測）などを報告し、速やかに原爆開発に着手するよう勧めた。

余談ながら、イギリスが新技術を着想しながら、アメリカの総合力がそれを実現するという例は少なくない。原爆ばかり、ジェット（旅客）機ばかり……。また、アインシュタイン自身は原爆開発に参加しておらず（彼の平和主義を軍部が秘密保全の面から嫌ったこともある） $E = m \cdot c^2$ による核分裂エネルギーの説明も他の学者による。アインシュタインは、神の摂理としてエネルギーと質量が等価である（相互に行き来する）ということを発見しただけである。

連合側側の危機感を高めた切実な理由がもう一つある。それは、重水（後述する重水素による水、 D_2O と書く）を、大量生産できる唯一の国がノルウェーであり、そのノルウェーも40年にドイツに占領されたという事実である。

核分裂に対して中性子の速度（秒速10,000kmから2km程度までの幅がある）の影響は大きく、遅い中性子（人間の都合で熱中性子という）の方が次の分裂を誘起しやすい。原子核の周辺をのろのろ通過するから、核と反応しやすいのである。ウラン核分裂で発生してくる高速中性子を、連鎖反応に都合よい熱中性子の速度にまで遅くさせる材料（減速材という）として最適だ、と考えられていたのが重水である。高速の粒子を減速させるためには、同じような重さの物体に衝突させて運動エネルギーを分かち合うのがいい。このとき衝突された方は運動を始めて、温度が上がってくる。軽い粒子を重い物体にぶつけても、速度は下がらずに飛ぶ方向が変わるだけである。中性子と同じ重さを有するのは陽子であり、陽子1個を原子核とするのは水素である。そして、水素は普通の水（ H_2O 、重水と区別して軽水ともいう。我々が飲む水の中にも0.02%の重水が含まれている）の中にたくさんある。……という理由で、水が減速材として向いているのであるが、水素原子核とぶつかった中性子はある確率でそこに吸収されて、重水素（原子核が陽子1個+中性子1個。水素の同位体である）を作ってしまう、連鎖反応の維持が難しくなる、と考えられた。重水素が中性子をもう1個食べて、その上の三重水素を創ることはない。

当時の知識では重水が連鎖反応の達成に必須であり、それに接近し得るのは、第2次大戦中にその支配領域を広げつつあったドイツであった。2番目の歴史のすれ違いである。ノルウェーの重水の重要性は連合側で十分認識していたから、英軍コマンド部隊の侵入が繰り返し試みられ、最後には、重水を搬出しようとしていた湖上の連絡船を自国民が巻き添えになることも辞さずに攻撃したノルウェー人自身のレジ

スタンス活動によって、ドイツの手中に落ちることは防げた。ちなみに、今の多くの原子力発電所の減速材には、炉心で発生する熱エネルギーを外に取り出す役目（冷却材という）も兼ねて、軽水が用いられている。

しかし、以下は後にわかったことであるが、天然ウランと減速材の組合せは原子力発電につながりこそすれ、原爆にはならないのである。燃えるウラン 235 の含有量がとても少ない（0.7%）ことと、中性子を減速させているから核分裂が進行する速度も遅く、爆発的な反応にならないことが、理由である。そこで燃えるウラン 235 を、爆弾に用いるには90%以上（いわゆる weapon grade）にまで濃縮しなければならない（軽水炉原発で用いるためには3~5%程度に）、2つのウランは同位体（原子番号92）であって化学的性質は全く同じ、比重が1%違うだけ（235と238の比率）である。濃縮は極めて難しく、マンハッタン計画におけるウラン爆弾開発の最重要課題になった。いま、この技術を巡ってイランが世界中の頭痛の種になっている。

Weapon grade のウランでは、まわり中ほとんどが燃えるウラン 235 であり、発生する中性子は減速されないために高速のままであって、次のウラン原子核に衝突するまでの時間が短く、ウランがある限界以上の塊（これを臨界量という）になってさえいけば、外へ漏洩する中性子より新たに生じてくる中性子の方が多くて、ごく短時間のうちにネズミ算式に連鎖反応は加速していく。また、高速中性子は不純物であるウラン 238 でさえ核分裂させ得る。計算上、数 kg のウラン 235 全てが分裂し終える時間は100万分の1秒程度で、この間にTNT火薬で数万トンに匹敵する巨大なエネルギーが放出されるから、その破壊力は凄まじいものとなる。

しかしドイツは、ウラン濃縮技術の重要性を認識してはいたし、38年に初めて濃縮方法のアイデアを出したのもドイツであるのに、具体的な開発に着手してはいなかった。それに、ドイツの核物理学を指導する学者たちは、軍部から強く要請されても、原爆なんか作れっこない、世界一の自分達でも不可能なのだからましてアメリカなぞに……、という気持で自分たちの興味がある研究に集中していたらしい。歴史のすれ違いの3つめである。

3. 燃えないウラン 238 から人間が創り出した燃えるプルトニウム 239

1940年から翌年にかけてアメリカは、天然ウランに人工的な高速中性子をぶつけて核分裂を起こさせる種々の実験を繰り返して、そこから生じてくる物質に、ウランよりも原子番号の大きな超ウラン元素が含まれていることが発見した。遂に人間は、自然界には今まで存在しなかった元素の存在を知り、その創り方（まさに錬金術）にも気づいたのである。これらの道具として、アメリカには32年に発明されていたサイクロトロンという粒子加速器があったことも、有利であった。

多量にある燃えないウラン 238（原子番号は92）は、中性子を吸収して瞬間的にウラン 239になるが、中性子過多で不安定なため、中性子が崩壊して陽子と電子に変わり、その電子は核から放射され（線を出す。すなわち崩壊する）核内に陽子が1つ増えるから、原子番号の1つ大きな元素に変換されて原子番号93・質量数239の元素になる（電子は極めて軽いから、出て行っても質量数は変わらない）そして、崩壊をもう1回繰り返して、原子番号94・質量数239の元素に変化していたのである。

原子番号 92 のウランの名前が Uranus (天王星) に由来していたことから、これらの新しい元素は、93 が海王星 (Neptune) に準じてネプツニウム、94 は冥王星 (Pluto) からプルトニウムと命名された。そして、プルトニウム 239 の物性が詳しく調べられて、ウラン 235 と同様に原子番号が偶数・質量数が奇数という組合せから、同じように活発な核分裂を起こす能力があること、むしろウラン 235 より臨界量は小さくて、1 回の核分裂から放出される中性子の数も多い (ということは核分裂の進行速度を高める) ため、より爆弾向きの材料であること、などがわかった。

プルトニウムを生産するには、炉の中でウラン 238 に中性子を多量にぶつけてやればよいし、ウラン 238 から分離するのも、同位体ではなくて元素そのものが異なり、化学的性質が違うのであるから比較的容易である。いま北朝鮮が進めていることが、まさにこれである。このとき、発電できるぐらいの熱が発生するし、熱を除去しないと炉が溶けてしまう。北朝鮮は原子力発電のための炉だと言っているが、衛星写真で送電線が繋がっていないことも分かっている。どうしているのか？ 第 2 次大戦中のアメリカと同じで、川の水を無駄に温め、それを放流しているはずである。

この製造法ゆえに、日本の原発の炉の中でも自然にプルトニウムが生成されており、また生成されたプルトニウムの一部もすぐに分裂するから、それによる熱、ひいては電力も日々到我々に供給されている。原子炉に燃料棒が装填されて約 3 年間の運転を終えると、最初 4 % 程度あったウラン 235 は約 1 % に減り、その換わりおおよそ 1 % のプルトニウムが生じている。日本はいま使用済み燃料棒の再処理をイギリス、フランスに委託しており、これを次世代型原発運転法であるプルサーマル (プルトニウムのプルと、熱中性子炉であるサーマル・リアクターから組み合わせた和製英語) で使用する計画にしている。しかし、原発をめぐるさまざまなトラブル (主技術ではなく周辺技術のつまづき) から原発立地自治体の合意を得られないために計画は進まず、貯まるばかりで、原子炉級の低濃度ではあるがプルトニウムの貯蔵量は世界有数である (爆弾 5000 個分の 40 トンという) 。国際政治の平均的感覚で言えば、いずれ日本はこれを濃縮してプルトニウム原爆を持つ気ではないか、技術全般に高い国でもあるし…… と風当たりが強い理由にもなっている。それに、ウランはあと 100 年も持たない。貴重な副産物を無駄にしているのか……。もっとも、プルトニウムは放射性物質としての危険性に加えて毒性が強く、放射能の半減期も 24,000 年と長いから、反対する人たちはその理由にしている。

4 . 人類史上最大の惨劇 : 広島と長崎

兵器であれ、民生用商品であれ、作るためには設計がいる。そして、設計するためには、関連する自然現象を理解しなければならない。原爆設計のための研究と技術開発は、当時の物理学の先端を切り広げていくことと同時であったから、その成果の使われ方の愚かしさ・惨たらしさとは別に、凄惨なものであったと認めざるを得ない。アメリカは、ヨーロッパと太平洋の 2 正面大戦争を戦いながら巨費を投入し (現在の 500 億ドルといわれている) 、ノーベル賞級の核物理学を構築しつつ新兵器開発の手を緩めることはなかったのである。さらに凄惨なのは、海のものとも山のものともつかぬ原爆は開発リストのトップではなく、レーダーや V T ヒューズ (飛行機のそばを通過したことを感知して作動する高射砲用の電波信管。これによる日本軍機の損害は 1944 年以降甚大であった) のように実現性が高いと判断された技術開発が優先し

ていた、ということである。それでも原爆を創ってしまった、と。

原爆開発のために必要だった主要研究テーマは、以下のようなものである。

1回の核分裂で放出される中性子数や臨界量の把握。高濃縮ウランやプルトニウムを使うとして、どの程度の塊になっていけばネズミ算式の連鎖反応に至るか（これを超臨界状態という）。つまり、何 kg の核物質を準備すればいいか。

保管運搬中には爆発せずに狙った時だけに爆発するような、そして装填した核物質のなるべく多くが寄与するような起爆方法の開発。特にプルトニウムの場合には、より中性子に敏感なプルトニウム 240 が製造時の不純物として混入していて爆発しかねないため、難しい技術的課題であった。

ウラン 235 の濃縮技術の開発と、高能率なプルトニウム 239 製造法の確立。

原爆製造に必要な一連の技術の開発、工場の設計と建設、等々。

以下に、1945年8月6日・9日の惨劇に向かう歴史（そのすれ違い）を年表風に追ってみた。なお、日米開戦、すなわち戦争の舞台がヨーロッパおよび中国から太平洋全域にも広がったのは41年12月8日のことであるが、この年の4月13日に日ソ中立条約が締結され、また6月22日にドイツ軍がソ連へ侵攻して独ソ戦が始まっている。

この年表を作っていて、次のような感想を禁じえなかった、「戦前の日本はたいした技術や生産力もなく、そのため軍力もたいしたものではなかったのに、国際情勢の認識を誤り、自国を過大評価して広島・長崎へ行き着いてしまったのと対照的に、戦後の日本は、国際問題にナイーブであり過ぎ（再び国際常識を欠いている）、一国の平和を維持する上での軍力の意義に対しても思考停止を続け過ぎてきた」と。まさに中国の古典に言うように、「戦い好まば国滅び、戦い忘れなば国危うし」ではないのか、と。

42年5月14日	ハーバード大学総長らをメンバーとする委員会が、今までの知見を集約して原爆開発の基本方針（ウラン、プルトニウムのいずれが近道かわからないから両方を追う）を米政府に報告。この頃、プルトニウムが肉眼で見れるぐらいの量に抽出された。
42年6月5日	ここまで負け知らずに戦線を拡大してきた日本軍がミッドウェー海戦で敗れて、太平洋での主戦力である空母機動部隊を半減させた。
42年6月17日	ルーズベルト大統領が原爆開発着手を許可。ノーベル賞受賞者、あるいは後に授与されることになる英才が参集して（平均年齢26歳という）、陸軍グロブズ将軍の指揮下にマンハッタン計画が動き出した。核物理部門の責任者はオッペンハイマー博士（両親はユダヤ人）
42年8月7日	日本戦線の最突出点であったソロモン群島ガタルカナル島に米軍が上陸。戦前の日本の予想（期待）より1年以上早く、米軍の本格的反攻が開始された。
42年12月2日	シカゴ大学構内に密かに建設されていた原子炉（減速材に黒鉛、天然ウランと中性子源を使用）で、人類初の核分裂連鎖反応が達成された。これは、発生する中性子数と外へ逃げていく中性子数が釣り合った状態の定常運転（臨界状態）であって、核爆発につな

	<p>がるものではなく、今日の原子力発電における運転と同じである。なお、中心になったのはイタリアからの亡命科学者。</p>
43年2月1日	<p>大きな犠牲を伴う半年にわたる努力にもかかわらず、日本はガタルカナル島奪回を断念して、撤退を決定。その後、太平洋のあちこちの島に分散配置されていた日本軍守備隊は、自分の選択した目標に兵力を集中できる米軍の攻撃の前に次々と全滅(軍事学のABCに反する戦い方) 戦線が後退してきた。日本軍は制空権・制海権を失ったために補給や増援ができず、多勢に無勢という絶望的状况で抵抗を続けた。米軍は守備の堅い地域(例えばニューブリテン島のラバウルや台湾)を素通りして、そこの日本軍を遊兵化させた。</p>
43年9月8日	<p>イタリアは連合国に降伏したが、在イタリアのドイツ軍部隊は継戦。なお、8月に米英の原爆開発は一本化されて、より安全な米国で進められることになった。</p>
43年11月頃	<p>プルトニウム製造が軌道に乗ってきた。</p>
44年4月	<p>ロシア戦線でのドイツ軍の敗勢がはっきりしてきたことを受けて、日本はソ連に対して独ソ和平周旋の申し入れをしたが、拒絶された。</p>
44年6月6日	<p>連合軍が北フランスのノルマンディー海岸に上陸(いわゆる「史上最大の作戦」) 大陸反攻が開始された。なおこの第2戦線の形成は、ソ連から見ればドイツを挟撃することになるため早期実施を望んでいたが、米英は独ソを消耗させるために先送りしてきた。</p>
44年6月15日	<p>対日新兵器である長距離爆撃機 B-29 の基地にするため、米軍がマリアナ諸島へ上陸し、住民も巻き込んだ悲惨な地上戦が展開。このころ原爆はまだ完成していないが、運搬は B-29 によるしかないと判断され、搭乗員が指名されて訓練も開始。なお、サイパン島(マリアナ諸島のうちの一つ)からの B-29 による初めての東京爆撃は11月。</p>
44年10月20日	<p>米軍はフィリピンに上陸。日本軍は航空戦力・水上戦力ともほぼ壊滅状態になり、これ以降、爆弾を積んだ航空機による体当たりという異常・非情な戦術が常用された。</p>
45年2月	<p>高速中性子のままの臨界状態が達成され、ウラン爆弾は十分に可能であると自信が得られて、グローブズ将軍は完成期限を7月1日と指定した。プルトニウム爆弾に関しては起爆方法開発の悪戦苦闘が続いていた。また、遅まきながらドイツに対するスパイ活動を強化して、ドイツが原爆開発に着手していないことも知った。</p>
45年2月4日	<p>米英露の首脳会談(ヤルタ会談) 対独戦終了後ほぼ3ヶ月後に、ソ連が対日参戦することが密約された。</p>
45年2月19日	<p>米軍が小笠原諸島の硫黄島に上陸。硫黄島には、サイパンから日本本土爆撃に向かう B-29 につける護衛戦闘機の基地、および日本上空で損傷を受けた B-29 の緊急着陸場所という戦略的意味があった(このあたりのことに関しては、千葉高同期会ホームページに別途書いた「江田島と硫黄島のこと」をお読みください)。</p>
45年3月9日	<p>東京下町が B-29 大編隊の無差別爆撃を受けて火の海となり、死傷者12万。またこの頃、ウラン 235 濃縮が軌道に乗ってきた。</p>

45年4月1日	米軍が沖縄本島に上陸。多数の住民をも犠牲にする絶望的な地上戦（6月末まで）と、米海軍の心胆を凍らせるような激しい特攻攻撃が続いた。4月7日には、沖縄を目指して生還を期さずに出撃した戦艦大和が、鹿児島県枕崎の西方海面で撃沈された。
45年4月12日	アメリカの戦争指導をしてきたルーズベルト大統領が死去し、前年の選挙で副大統領になったトルーマンが昇格した。トルーマンはそれ以前は上院議員であり、また副大統領就任後にも、原爆開発が進められていることを知らされていなかったらしい。
45年5月7日	ドイツが無条件降伏。アメリカがそれ故に原爆開発に着手したドイツは倒れたが、その2週間ぐらい前に臨界実験直前にまで達していた。一方、戦況の一段の悪化を受けて日本は、米英との講和交渉をソ連を仲立ちにして行おうと画策し、近衛元首相の訪ソを打診。しかしソ連は、ヤルタ会談での密約に基づき参戦すべくヨーロッパ戦線兵力のアジア移動を開始するとともに、既に4月に日ソ中立条約の期間不延長を通告していた。
45年6月1日	米国務長官は原爆を日本に投下すべきであるという報告を行い、トルーマン大統領はイギリス、カナダ首脳の同意を得た上で承認した。アメリカの公式説明は、「大きな犠牲が予想されていた日本本土上陸作戦を行うことなく、なるべく早く第2次大戦を終結させるため」であるが、日本の継戦能力が枯渇していることは当然把握していたから、それ以外にたくさんの推測がなされていて、出版物も多い。例えば、戦後に予想されるソ連との対決のために原爆の威力を実証しておきたい；日本の敗色濃くなった今ごろソ連に約束どおり参戦してもらっても、戦後の権益を薄めるだけのことだからその前に日本を降伏させたい；多額の費用を投じて開発した新兵器であるから試してみたかった；同じ白色人種であるドイツにはためらったかもしれないが、黄色人種の日本人ならば気にせず済む；今まで決断力がない政治家と評されていたトルーマンが、そうでないところを見せようとした……等々。多分、どれもが部分的に正しいのであろう。開発に携わってきた科学者たちは、その破壊力を具体的に想像できたから、使用せずに日本政府に原爆開発済みを通告して降伏させる、あるいは日本軍高官を招いて実験を見せつける、などの方法を提案したが受け入れられなかった。
45年7月16日	ニューメキシコ州の砂漠で人類初の原爆実験が成功した。アメリカは3発の原爆（ウランが1個、プルトニウムが2個）を完成させていたと言われ、起爆が難しいプルトニウム爆弾のうちの1発が実験に用いられたのである。この7月16日というスケジュールは当然、次のポツダム会談を念頭においていた。
45年7月26日	ドイツのポツダムで会談した米英露の首脳は、ポツダム宣言を発して日本に無条件降伏を要求した。これに対して28日に、日本はポツダム宣言黙殺を表明。
45年8月6日	在来の高性能爆薬 TNT で 12,500 トンに相当するウラン原爆が、B-29 エノラゲイ号から広島に投下された。死者約 15 万人。史上最兇の新兵器が、敵国とはいえ一般市民に対して用いられたのである。アメリカは、原爆の威力を実証するためには無傷の目標が

	<p>必要であると、広島・長崎を含むいくつかの都市を爆撃してこなかったし、破壊効果を最大限に発揮するためには地上 600m前後で炸裂させるべきだということも計算して、電波で爆弾の高度を計測して炸裂させる信管も開発していた。いまエノラゲイ号は、果たした歴史的意味とは別にアメリカが誇る航空技術の記念碑の一つである B-29 の代表として、スミソニアン航空宇宙博物館（ワシントン DC ではなく近郊のダレス国際空港内の新館）に保存展示されている。日本側の抗議にもかかわらず、広島のことはその説明に触れられていない。</p>
45 年 8 月 9 日	<p>残っていたもう一つのプルトニウム原爆が長崎に投下され、死者約 7 万人。同日、ソ連が日本のポツダム宣言拒否を理由に対日宣戦布告をして、満州になだれ込んできた。当初 2 発目の投下は 8/11 の予定だったのを早めた、そしてソ連も 8/6 の広島を知って参戦を早めた、と言われている。</p>
45 年 8 月 10 日	<p>日本は、中立国スイス、スウェーデンを通じてポツダム宣言受諾を申し入れた。</p>
45 年 8 月 15 日	<p>日本の無条件降伏。日本もまた 1940 年以降、原爆開発を目指して東洋初のサイクロトロンを建設もしていたが、はるかにアメリカに及ばなかった。</p>

以上