連載 第11回

原子力

あなたはどう向きあいますか？

核開発の歴史が教えるもの

今月の執筆者

豊島 耕一 Kouichi Toyoshima

経歴／佐賀大学理工学部教授。九州大学大学院卒。久留米大学講師を経て、1981年より佐賀大学。専門は原子核物理。3・11直後に原発事故緊急対策マニュアルを共同出版。

現在稼働している原発は全国でわずか関西電力の2基ですが、3・11の前まではたくさん稼働していて、電力の3割を供給していました。その原発のエネルギー源は原子核の分裂という現象によるものですが、これを利用するための研究開発のもともとの目的は発電や動力のためではなく、兵器、つまり原子爆弾のためでした。その開発の過程で原子炉が作られ、その技術が発展して今日の原子力発電に使われるようになったのです。そしてそれは電力という形で人々の生活に役立つ一方、被ばく労働や、そして残念なことに福島原発災害という悲劇をもたらすことにもなりました。

この一連のプロセスの中で、科学技術上の多くの達成や成果の反面、多くの過ちや、そして欺きも繰り返されました。歴史では全く同じことが繰り返されることはもちろんありませんが、過ちの「パターン」というものは似たり寄ったりでしょう。科学技術の歴史を知ることで、過去の過ちを繰り返さないための知恵を多くの人が獲得することができるのではないでしょうか。この小文がそれに役立つかどうか分かりませんが、出来るだけ重要ポイントを落とさないように、世界と日本の核開発の歴史をまとめてみたいと思います。

核分裂の発見から原爆へ

原子爆弾は、核分裂という現象が発見される24年も前の1914年に、作家の想像力によって生み出されていました。イギリスの作家H・G・ウェルズの「解放された世界」というSF小説では、全面核戦争によって世界のほとんどの国が壊滅してしまいます。それは1956年のこととされていますが、広島、長崎の原爆投下という、部分的ではあっても核戦争が起こったのが1945年のことで、わずか10年ほどの「誤差」しかなく、作家の想像力には驚かされます。

原爆が実際に製造可能であることを初めて示したのは、オットー・フリッシュとルドルフ・パイエルスという2人の物理学者で、その研究結果は、ヒトラー政権から逃れたイギリスで「フリッシュ・パイエルス・メモ」と呼ばれる覚え書きとしてまとめられました。1940年2月のことです。フリッシュはオーストリアのユダヤ人の家系で、核分裂の発見者の一人であるリーゼ・マイトナーの甥にあたります。

この2年前の1938年のクリスマスに、フリッシュは、やはり亡命してスウェーデンにいたこの叔母を訪ねました。そこに届いたドイツの共同研究者オットー・ハーンからの手紙に、最近の奇妙な実験結果のことが書いてありました。そのことについて二人で雪の中を歩きながら議論をするうち、それが中性子によって引き起こされる核分裂であるという結論に達したのです。スキーを履いたフリッシュにマイトナーは早足でついていきました。

ハーンとマイトナー。1910年頃。

「フリッシュ・パイエルス・メモ」はイギリス政府の原爆に関する委員会で取り上げられ、検討を加えられたあと1941年の夏に委員会が極秘の「モード報告書」を出して原爆の可能性が公式に認知されます。この報告書はすぐにアメリカにも伝えられます。1941年10月9日に、ルーズベルト大統領がこの報告書の説明を受けて原爆製造計画にゴーサインを出します。このプロジェクトは「マンハッタン計画」という暗号名で呼ばれ、ヨーロッパからの亡命科学者を含む当時のトップクラスの頭脳が動員されることになります。

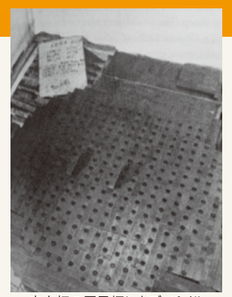
アメリカでの原爆製造計画のきっかけとしては、1939年のアインシュタインのルーズベルト大統領宛の手紙が有名です。しかしこの時はまだ原爆の可能性は具体的ではなく、政府を動かすには至っていません。

史上初の原子炉からプルトニウム生産炉へ

原爆にせよ原子炉にせよ、核エネルギーを発生させられるかどうかは、本シリーズ第8回にあるように、中性子による核分裂の連鎖反応の成否によります。これを確かめるために、まず、最も単純な構造の原子炉が作られました。高純度の黒鉛（炭素）のブロックと、金属の天然ウランとを組み合わせて積み上げていくというだけのものです。

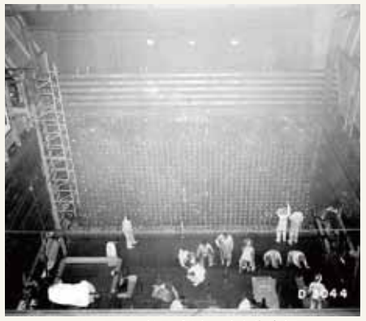
この人類史上初の原子炉は、イタリアからの亡命物理学者エンリコ・フェルミの指導のもと、シカゴ大学のフットボール競技場の観客席下にあったスカッシュ・コートに極秘裏に建設されました。「シカゴ・パイル」と呼ばれることになる高さ6m、直径約8mの少し扁平な球形に積み上げられた黒鉛とウランの固まりは、1942年12月2日に核分裂反応が持続する状態、つまり"臨界"に達しました。何の防護壁も冷却装置もなく、ひとつ間違えば「チェルノブイリ」となって実験者全員が犠牲になりかねない非常に危険な実験でしたが、フェルミの優秀さにより成功し、この時は発熱量わずか0.5ワットで4分ほど運転されました（それでも実験に立ち会った人はかなりの被ばくをしたはずです）。これで核分裂連鎖反応は、机上の理論から現実のものになったのです。

エンリコ・フェルミ



史上初の原子炉シカゴ・パイル

「シカゴ・パイル」は全く実験目的の原子炉でしたが、次にプルトニウム生産のための原子炉が作られました。天然ウランの99・3%を占めるウラン238が、原子炉内ではこれが1個の中性子を吸収して、最終的にプルトニウム239になります。これは高性能の核分裂物質で、これで長崎に投下されることになるプルトニウム原爆が作られました。



ハンフォードのプルトニウム生産炉

ワシントン州東南部に作られた（最寄りの町はリッチランド）ハンフォード原子炉は3基からなり、それぞれの熱出力は25万キロワット（玄海3号機は340万キロワット）でした。また、天然ウランに0.7%しか含まれていないウラン235を取り出す（ウラン濃縮という）大規模な事業で、マンハッタン計画全体の費用は当時の価格で20億ドル、現在の価値に直すと200億ドル（約2兆円）という規模になります。デュポン社やユニオンカーバイド社などが参画し、ここで核をめぐる軍産複合体が形成されていったと思われます。原爆開発の初期には、ハンガリーからの亡命物理学者レオ・シラードなど一部の科学者が熱心に動き、推進役を務めましたが、その背景には、ナチス・ドイツに先を越されることへの恐怖がありました。しかしここまでの大事業となると、科学者の意欲に取って代わって企業利益が、この計画の推進力になったのではないでしょうか。

有名教科書の著者だったり、物理公式や物理学用語になったような多くの著名な物理学者がこの計画に参加しました。原爆の完成が見えてきた1945年春にはすでにナチス・ドイツは降伏しており、科学者たちの間に疑問が生じました。

原爆開発に関わった科学者たち

いずれも大規模な事業で、マンハッタン計画全体の費用は当時の価格で20億ドル、現在の価値に直すと200億ドル（約2兆円）という規模になります。デュポン社やユニオンカーバイド社などが参画し、ここで核をめぐる軍産複合体が形成されていったと思われます。原爆開発の初期には、ハンガリーからの亡命物理学者レオ・シラードなど一部の科学者が熱心に動き、推進役を務めましたが、その背景には、ナチス・ドイツに先を越されることへの恐怖がありました。しかしここまでの大事業となると、科学者の意欲に取って代わって企業利益が、この計画の推進力になったのではないでしょうか。

有名教科書の著者だったり、物理公式や物理学用語になったような多くの著名な物理学者がこの計画に参加しました。原爆の完成が見えてきた1945年春にはすでにナチス・ドイツは降伏しており、科学者たちの間に疑問が生じました。

最初の原子炉「シカゴ・パイル」が作られたシカゴ大学のグループが中心となって原爆の社会的、政治的影響を検討し、のちに「フランク報告」と呼ばれる文書を政府に提出しました。その中で科学者らは日本への原爆投下に反対しましたが、政府がこれを意に介した形跡はありません。

多くの科学者が原爆開発に賛同し参加して行ったのと対照的に、そもそもの核分裂の発見者の一人であるリーゼ・マイトナーの態度は際だっています。彼女は広島原爆投下の直後にはメディアから「原爆の母」と呼ばれますが、実際には正反対です。彼女はユダヤ人だったためオットー・ハーンとの共同研究が出来なくなり、ドイツから亡命を余儀なくされました。亡命先でも不遇だったのですが、その時アメリカに移ってこのプロジェクトに加わらないかと求められました。職と自由とが得られるにもかかわらず、彼女は「私は爆弾には関わらない」と断っています。

日本への原爆投下については、人道的、国際法的な問題はもちろん、戦争遂行上の目的についても議論があるところです。長崎原爆投下の2日後に、言ってみれば"わざわざ"、久留米空襲がされているという例を見るだけでも、爆撃というものが百パーセント戦術目的だけで行われるものでないことは確かでしょう。

原爆から原発へ

このように、初期の原子炉はプルトニウム生産が目的で、発電などエネルギーを生み出すものとしては、米海軍が潜水艦の動力として作ったものが最初です（ノーチラス号、1954年進水）。陸上の実用的な原子力発電所としてはソ連・モスクワ郊外のオブニンスクが世界初で（1954年）、イギリス・カンブリア州のコールダーホール（1956年）、そしてアメリカ・ペンシルベニア州のシッピングポート（1957年）と続きます。

このように本格的に原子力発電が行われることになったのは、1953年のアメリカ大統領アイゼンハワーが国連総会で行った「平和のための原子力」（Atoms for Peace）演説がその起点とされています。しかし、すでに原爆開発で巨大に成長した核の軍事産業が、原子力発電という民間ビジネスにも触手を伸ばし始めたのに対し、それを政治が後押ししたというのが真実ではないでしょうか。

【参加メンバー】

益川 敏英（ノーベル物理学賞受賞）
長谷川 照（佐賀大学名誉教授）
植原 正行（佐賀大学名誉教授）
福井 市男（佐大・西九州大非常勤講師）
村上 明（佐賀大学名誉教授）
末崎 幸生（佐賀大学名誉教授）
近藤 弘樹（佐賀大学名誉教授）
鈴木 史郎（佐賀大学名誉教授）
米山 博志（佐賀大学工学系研究科教授）

【次回テーマ】

「どうする？ 高レベル放射性廃棄物の処分」（仮題）

村上 明

参考文献1.山崎正勝ほか、「原爆はこうして開発された」、青木書店、1997年
参考文献2.リチャード・ローズ、「原子爆弾の誕生」（上・下）、紀伊国屋書店、1995年
参考文献3.Diana Preston, “Before the Fallout”, Berkley Books, N.Y., 2005
参考文献4.吉岡斉、「原子力の社会史」、朝日新聞出版、2011年

核開発史年表

年	月	事項
1905		アインシュタインの特殊相対論で質量とエネルギーの同等性
1938	12	中性子によるウラン核分裂の発見
	8	アインシュタインのルーズベルト大統領宛の手紙
	9	ドイツ軍、ポーランドへ侵攻,第2次世界大戦勃発
1940	2	フリッシュ・パイエルスメモ
1941	4	日本陸軍,原爆開発を命令
	6	イギリス政府「モード報告書」で原爆の実現可能性を指摘
	12	マンハッタン計画発足.真珠湾攻撃
1942	12	史上初の原子炉「シカゴパイル」臨界
1944	9	ハンフォード原子炉完成
1945	5	ドイツ降伏
	6	「フランク報告書」で科学者が原爆使用に反対
	7	米,史上初の核実験,16日5時30分
	7	ポツダム宣言 7/26
	8	ヒロシマ,6日,ナガサキ,9日
1949	8	ソ連が原爆保有
1952	10	イギリスが原爆保有
1953	12	アイゼンハワーの「平和のための原子力」演説
1954	3	アメリカ,ビキニ環礁で水爆実験,日本漁船が被曝
	3	日本初の原子力予算
1955	12	原子力基本法 成立
1955−57		「原子力平和利用博覧会」が全国11都市を巡回
1957	8	国際原子力機関（IAEA）の設立
	10	英原子炉でメルトダウン事故
1960	2	フランスがサハラ砂漠で核実験
1963	8	部分的核実験禁止条約
1965	5	日本初の商用原子炉（黒鉛減速型）が臨界
1974	5	インドが核実験
1979	3	アメリカ,スリーマイル島原発事故
1986	4	チェルノブイリ原発事故
1996	9	包括的核実験禁止条約
1998	5	パキスタンが核実験
2006	10	北朝鮮が核実験
2011	3	福島原発事故

色分け　科学・技術,学者　軍事・政治・社会　原子力事故