

チェルノブイリ事故地震原因説の分析

ニコライ・カルパン

チェルノブイリ事故の原因が地震であったと私が最初に目にしたのは、「技術青年」誌の1996年12月号に掲載されたヴィターリ・プラヴディフツェフの「チェルノブイリ：10年後」という論文だった。その論文によると、1986年4月26日午前1時39分に原発敷地の地下で地震が発生し、その後の爆発によって原子炉が破壊された。その論文はクルチャトフ原子力研究所の炉物理専門家の注意を惹き、彼らはただちに、地質学者の協力を得て論文に述べられている内容を検討した。論文に示されていた事故の開始時刻は、実際とは約15分も違っており、このことは（80歳を越えていたと思われる）プラヴディフツェフによる間違いと考えられた。それゆえ、（プラヴディフツェフがその根拠とした）論文の図と、検討に参加した地質専門家によって提供された元の図との比較結果に特別の関心は払われなかった。クルチャトフ研の研究者は、「（プラヴディフツェフが引用した）イラストは、1時39分に地震が発生したように手で描かれたもの[1]」と決めつけた。専門家の結論に対し、論文の著者プラヴディフツェフは反論しなかった。

1997年になって、ロシア科学アカデミーの地球物理合同研究所、ウクライナ科学アカデミーの地質物理研究所と地質研究所の研究者グループが再びこの問題を取り上げた[2]。彼らは慎重に結論を出したのであるが、それでも肝心な要因の決め方において軽率なところがあった。たとえば、論文では、地震が発生した時刻は1時23分39±1秒とされている（秒単位の確かさで！）。この場合、震源距離の不確かさは±10kmとされているが、これを地震到達に関する誤差にすると±3.4秒に相当する（10kmを地震波の表面速度 $V=2.9\text{km/秒}$ で割った値）。その他、論文には、地震計の設置されていた場所において、地震波が記録された時刻が示されていないかった。つまり、著者が示している結論の検証が困難であった。

何年か後（2000年）、同じ著者たちがチェルノブイリ事故を再び取り上げている[3]：
「弱い地震（MRU=2.6、MS=1.4）がチェルノブイリ原発地域にある3カ所の地震観測所で記録された。．．地震波の予備的な解析によると地震動は自然によるものである」。著者によると、震源までの距離の誤差は、±10km[2]と±15km[3]とされている。この誤差は、事象発生時刻にも少なくとも（1±5.3）秒の誤差がともなうことを示しているが、そのことは以前と同じく著者の注意を惹かなかった。

論文ではさらに、事象の発生時刻に「低く唸るような音と設備の強い振動が現われた」と、チェルノブイリ原発職員が記録を残しているかのように述べている。しかしながら、これは事実ではない。たしかに、振動と唸り音が6～8秒間あったという証言がある。しかし、それが確かに1時23分39秒にはじまったという記録はない（論文では何も確認されていない）。「唸り音と振動の出現」を“分”の確かさで記憶した人は発電所にはいなかったであろう。なぜなら、それに引き続く爆発は人々を別の問題にまき込んだからだ（証言では1時15分から1時25分の間、運転日誌では1時24-25分である）。

また、著者らは、地震計に記録された事象の原因として2つの説、つまり地震と爆発だけを検討している。彼らは、地震に記録された可能性のある次のような第3の説を回避している。

- 炉心の右下部で発生した局所的な暴走にともなう振動と水衝撃。このとき8つの冷却水循環ポンプ全部の流量低下が記録されている[5]。
- いくつかの連続爆発。最初の爆発と引き続く同じ規模の爆発、さらに2-3秒後の第3のさらに強い爆発（職員の状況記録に基づく）。

このように簡単な分析からも、論文[2,3]は、チェルノブイリ4号炉事故の原因を地震と“関係”づけたいという著者らの願望に基づいていると結論できよう。

上記の論文[2,3]から、著者らが結論の根拠を述べている場所を引用しておこう。

・・・「ロシア科学アカデミー・地球物理合同研究所の解析では、1986年4月25日から26日にかけての夜（グリニッチ時4月25日21時23分）、3つの観測所すべてで比較的弱い地震が記録された。3つの観測所のすべてのチャンネルで、・・・表面波が確認された。・・・地震の発生時刻と震源位置を決定するため、・・・約1秒周期の表面波の速度（2.9km/sec）を用いた。・・・地震記録の解析結果によると、考察している事象は現地時間1時23分39秒（±1秒）に発生した。（これ以降でチェルノブイリ原発で発生した事象の時系列を論ずるときは現地時間を用いる。）・・・地球物理合同研究所の観測所で記録された地震現象のスタート時刻は、2-3秒の誤差で、運転員達が感じた冷却水池の取水所から来た低いゴロゴロという音を伴った強い揺れの始まった時間と一致する（1時23分38秒）。・・・いろいろな報告に記載されている推定では、チェルノブイリ原発4号炉の爆発は1時23分49秒から59秒の間に発生した。このことから、地震は少なくとも爆発の10秒前、おそらくは16秒前に発生したものと推定される。・・・

震源位置はチェルノブイリ原発から約10km東と決定された。地震波形の振幅が小さいのと観測所が震源から同じ方向にあるので、震源地の特定が±10km以上の精度で出来るか疑問である。従って震源地が原発の位置と一致する可能性も否定できない。入手されたデータをもとに震源の深さを推定することも困難である。・・・

・・・地震にともなう信号記録は、地表上の爆発によるものと動的特性が異なる。問題の地震の波形は、1995年から96年にかけてチェルノブイリ原発敷地内でモニター記録された局所地震の波形によく似ている。・・・チェルノブイリ事象の波形記録と、ほぼ同じ距離にある採石場での発破からの波形との比較照合が行われた。・・・地震事象のテクトニクス的な特長は、チェルノブイリ発電所敷地の詳細な地域的地震特性データに基づいている。

・・・追加的な調査が実施され、その結果、・・・微地震の多くが観測される地帯はまさにこれらの断層が交叉する所で、その地点はチェルノブイリ原発敷地の10～15km東側である。・・・かくして南プリピャチ断層とテレフ深断層が交差する点はチェルノブイリ原発の10-15km東に位置し、1986年4月25日から26日の夜に起こった地震の震源であった可能性が大きい。・・・震動波形の最大値包絡線から、・・・震度 $7^{1/4}$ と推定された。もちろん、この震度は震源域での値である。

注意すべきことは、建造物の共振効果があると加速度が何倍にも大きくなることである。したがって、振動に対して無防備な炉心システムが、電源テストの実施中に地震の影響を受け、まずはプロセス関連機器が損傷を受け、最終的に爆発に至ったという可能性を否定できない。問題の

地震によるチェルノブイリ原発敷地での地震動を求めると．．．震度約2となる．．．震源が堅い地殻の上部にありその深さが1 km ぐらいの場合には、．．．5～6という震度が得られる。

結論：以上の検討より、チェルノブイリ原発近傍において、おそらく最初の爆発の16秒前に、．．．地震が発生したことをデータが示している。地震の開始は、原発職員が感じた、低音の響きや振動の時刻と対応している。この事象に関する時間スペクトルの特徴は、震源からの距離が同程度に採石場があったとして、そこでの爆発によるものとは明らかに異なっている。以上のことから、次のような事態が起きた可能性が大きいと結論できよう。振動に対して無防備なチェルノブイリ4号炉は、電源テスト中に地震動の影響を受け、共振効果が加わって、制御棒の炉心挿入が不可能となった。炉心の暴走を止めることができず、ガスが放出され爆発に至った、と。

記録された事象の原因としては2つの説が検討されている。第1の説では、記録された震動の原因は、4号炉事故の結果発生した1つまたはいくつかの爆発である。第2の説では、チェルノブイリ原発の地域で地震が発生した。

これらの説が、実際の事実と一致するかを考えてみる。

IAEA 専門家会議に提出されたソ連政府報告（アバギャンら、1986）をはじめ、ウクライナ科学アカデミー・核研究所報告、NIKIET 報告、クルチャトフ研報告など、チェルノブイリ原発事故の原因調査に関わったソ連の資料と照合させると、1986年4月26日にチェルノブイリ原発で起きた事態は以下ようになる：

- －地震観測所に記録された地震事象の発生時刻は、冷却池にある水処理施設方向からの、設備の強い震動をともなった低い唸り音に発電所職員が気づいた時刻と1秒の単位で一致している（1時23分38秒）。
- －1時23分40秒、原子炉運転班長の指令によりAZ-5ボタンが押され、その信号により制御棒が炉心に入り始めた。しかし、その数秒後に衝撃がおきて、運転員は、制御棒が下端まで行かずに停止したことに気づいた。
- －1時23分48秒、炉心計測系は、炉心容器と気水分離器での圧力上昇を記録した。
- －1時23分49秒には、炉心パラメータ制御システム「スカラ」が停止した。

いろいろな報告での評価によると、4号炉での最初の爆発は1時23分49秒から59秒の間に発生した。運転員の記録と制御・測定系システムのデータによると、爆発の11秒から21秒前に何らかの作用が原子炉に働いた。地震波の解析結果に基づくと、制御・測定システムが正常から逸脱する11秒前に地震が発生した。運転員日誌の記録によると1時39分にもうひとつの爆発があったが、地震観測所では記録されなかった。

これらの事実に基づいて報告書は「非定常的な状況にあったチェルノブイリ4号炉は、地震動の影響を受けて、黒鉛減速棒の炉心挿入が不可能となり、すべての結果を導くに至った」と結論している。

このような結論を信じることができるだろうか？ この問題に答えるために、論文[2,3]に示されている情報を詳細に検討してみよう。まずは、分析しやすいよう、上記の内容をコンパクトな表にまとめてみる。

表1. チェルノブイリ原発地域の地震事象に関する論文中のデータ

1. 1時23分38±1秒に地震が発生した。
2. 地震計ステーションで記録された時刻：示されていない。
3. 震源の深さー決定されていない。
4. 地震ステーションから震源までの距離：示されていない。
5. 震源までの距離の誤差：±10km、±15km
6. もっとも可能性の大きい震源位置：チェルノブイリ原発の東方10～15km
7. チェルノブイリ原発の敷地における震度：震度2
8. もっともキチンと記録された地震動：表面波
9. 表面波の速度ー：2.9km/秒
10. 爆発が起きたのは、1時23分49秒から59秒の間だった

表2. チェルノブイリ原発近傍における地震現象に関する結論

1. 爆発の11秒から21秒前の間に何らかの作用がチェルノブイリ原発に対して働いた
2. 地震観測所では、1回または数回の爆発ではなく地震が記録された
3. このように、得られたデータによると、チェルノブイリ原発近傍を震源とする地震が、最初の爆発の16秒前に発生した。
4. 震動波形の最大値包絡線から、 <u>震度7 1/4</u> と推定された。もちろん、この震度は震源域での値である。
5. 以上のことから、次のような事態が起きた可能性が大きいと結論できよう。 <u>振動に対して無防備なチェルノブイリ4号炉は、電源テスト中に地震動の影響を受け、共振効果が加わって、黒鉛(?)制御棒の炉心挿入が不可能となった。炉心の暴走を止めることができず、ガスが放出され爆発に至った、と。</u>
6. 運転員日誌の記録によると1時39分にもうひとつの爆発があったが、地震観測所では記録されなかった。

表1と表2に示した情報を比較すると、用いられたデータと引き出された結論の間に明らかな不一致が認められる。

詳細に検討してみよう。

◆まず最初に答えておくべき問題：チェルノブイリ原発がある地域において震度6以上の地震があり得るか？

この問題について、ソ連建築構造研究所は1995年に以下のように答えている[4]。

ソ連科学アカデミー地球物理研究所の全般地震地域 OSR-87 地図、ならびに 1230 年と 1510 年のキエフ地域での地震情報を分析したところでは、チェルノブイリ原発地区は震度5または6の地震ゾーンにある。・・・Evseev のデータによると、1230年の地震はキエフ地域に震度6以上（Evseevによれば“6～?”）の揺れをもたらしたと思われる。ラヴレント年代記には以下のように記されている。

「5月の3日目、金曜日、ウラジーミル教会で礼拝中に地面が揺れ、教会、祭壇が揺れてイコンが壁を移動した。ろうそくやろうそく台が揺れ、多くの人々が驚いて我を失った。そうしたことが、多くの教会や家々で起きた。そして別の町でも」。キエフの別のところでは、もっと大きな揺れが起きていた。ペチェルスカヤ修道院では石の教会が・・・4つに崩壊した。「石の祭壇が揺れて上部が壊れたが、全体の崩壊は免れた」。

以上のように、（古ぼけたりもせず、作りも手抜きされておらず、証言も誇張されていないとして）石造りの教会の崩壊は、MZK-84の地震階に従うと、（震度6以上で）約7に相当している。

しかし、この唯一の事象だけでは（それが信頼できるとしても）、問題の地域での震度7の地震を示すには不十分であろう。なぜなら、Shebalinのデータによると、（文書にしっかりと記録されている）もっと後期の1790、1802、1940、1970年の地震では、キエフとその周辺では震度5を越えていない。

◆さらにもう一つの問題：チェルノブイリ原発建屋の基礎において如何ほどの地震作用が働いたのか？

（この問題は第2世代 RBMK 炉の設計と関連しており、チェルノブイリ 3、4号炉について）1995年に「アトムエネルギープロジェクト」は以下のように述べている[5]：

87年1月1日より施行されている「様々なタイプの原子炉設計建設基準」（PiNAE-5.6）によって、原子力発電所の建物や設備は、地震を含めた特別な事態に対して、放射線的核的安全性第1種のカテゴリーに分類される。

－設計地震（PZ）と最大想定地震（MRZ）。

チェルノブイリ原発に対する最近の基準は次の通り：

－PZは震度5で、MRZは震度6。

PiNAE-5.6におけるカテゴリー分類に対応して、主建屋では、原子炉装置（3号炉と4号炉、VSRO（？））と脱気器階は第I種に分類される。

これに基づいて、アトムエネルギープロジェクト・モスクワ支部は1987年、クルスク、スモレンスク、チェルノブイリ原発のI種とII種カテゴリー設備について、耐震構造的に関する理論計算と実験的調査を実施した。それらの調査結果は「RBMK型原発の耐震性と対策」報告に述べられている。計算結果によると、既存の原子炉装置（AとB炉、VSRO）と脱気器階の耐震構造は、地震作用に対し基本的に耐えられる。

◆次の問題：チェルノブイリ原発職員は、自分たちが感じた震動を地震と認識したのだろうか？

4月26日夜にチェルノブイリ原発5号炉の建設現場で働いていた労働者は、地震の唸り音を聞いていない。4号炉の爆発音さえ、発電所建物のすべての部屋や人に聞こえたのではない。（著者の手元にある）4月26日に勤務していた人々によって書かれた20通の状況説明文によると：

－主建屋（ABK-2）の外にいた職員によると、まず主蒸気逃がし弁（GPK）が作動し、それから「恐ろしい雑音」または打つような唸り音が建物を強く振動させ、そして静かな爆発、その後4号炉中央ホールから様々な形や大きさに輝く（熱い）雲の火柱が飛び出た。主建屋内にいた人々は、はじめにウォーターハンマー（水衝撃）に似たような、強い低音が続くのに気づいた。この音は、冷却系や原子炉に近い部屋（4号炉制御室、中央ホール、冷却ポンプ室など）で強かった。この音は居合わせたすべての人が聞き、何人かは、床や壁の「揺れ」や「振動」を感じた（スカラ計算機のあるKRU室など）。埃が霧のように舞って、放射線量モニターの指標が急上昇した。衝撃とともにチェルノブイリ原発3・4号炉主建屋の廊下と部屋（地上+9m以上）では、ほとんど瞬時に大量の（どちらかと言えば白い）埃が、ある目撃者によると、たぶんケーブルチャンネルを通して舞い込んだ。

—いくつかの部屋では、ドアが閉まっていたにもかかわらず空気の振動が感じられ、2回の衝撃がひとつのように感じられた。それから、上の空間からの第3の強い衝撃（爆発）が続いた。強い振動（衝撃）の出現から最初の爆発までは、証言者によると、炉心または冷却ポンプでの2回にわたる爆発のように感じられ、その継続時間は6秒から8秒だった。2つの衝撃から3つめまでは1秒から3秒だった。すべてのプロセスの継続時間は、印象では7秒から11秒だった。

4号炉炉心近くにいた人々には、衝撃によってコンクリート板の壁が崩れるかと思われた。

◆では、これらのことはいつ起きたか？

（4月26日に原発にいた職員による状況記述を基に）事象の順序をまとめると、

- 1) 部屋と設備の震動
- 2) 主蒸気逃がし弁作動
- 3) ひとつの爆発のように続いた、第1と第2の爆発
- 4) はじめの爆発にともなう建屋と構造物の震動
- 5) 最後の爆発

主建屋の低い階の部屋にいた人々には主蒸気逃がし弁の作動音は聞かれていない。炉心から離れた部屋にいた人々は、主蒸気逃がし弁の音とともに「揺れ」を感じたと記述している。

事故現場にいた人々が述べている上記事象をもっと詳しく検討してみる。

その1.

—1時20分30秒、原子炉出力の増加がはじまった（出力制御系計器—SFKREによる）。（自動制御棒ARによる制御範囲の）いくらかの出力増加は、AR-1の末端までの炉心挿入、次にAR-2の作動によって相殺された。

—1時23分39秒、原子炉出力は30Mワットまで増加した。これは、1時23分4秒から4つの冷却水ポンプが「慣性回転」第8タービンによって作動して、補給水と冷却水循環量の低下にともなう正のボイド反応度効果によって起きたものであった。

—1時23分4秒から1時23分39秒にかけて、冷却水流量は（1時間当たり5万6800立方mから5万1000立方mへと）1時間当たり5800立方mほど減少した。プロセスの最初では、毎秒180立方mほどのなめらかな流量減少だった。

—1時23分39秒（テレタイプによるが、DREGでは1時23分40秒）、AZ-5信号が記録された（実験の責任者ジャトロフの証言、またメトレンコとクハリヤの証言記述によると、運転当直班長が原子炉制御主任にAZ-5を押す指令を出した）。制御棒は炉心に入り始め、最初の数秒間は負の反応度を、それから2秒間（制御棒の設計欠陥にともなう、いわゆる“排除棒効果”で）正の反応度（ポジティブスクラム）をもたらした。さらに、冷却水循環ポンプGPN-14、24、13、23を慣性電源回路8RAと8RBから切り離し流量低下速度が2倍になったことと関連して、炉心での蒸気増加が反応度の増加をもたらした。

—1時23分41.3秒から41.9秒の間に、たぶん冷却水流量が1時間当たり5000立方mまで低下したことにより、循環ポンプの防護装置が作動した。モーター電圧低下による防護装置作動ではなかった。なぜなら、8RAと8RBの電圧は少なくとも定格の84%以上だった（オシログラフ記録による）。慣性電源接続の循環ポンプを回路から切り離した約3秒後に、ポンプと配管コレクターの間にある逆止弁が閉鎖した。

－1時23分42秒（DREGでは23分43秒）「出力増加速度大」と「出力大」警報（DREGのNo.135サイクル）。このように、1時23分42秒に炉心で出力倍加時間1秒に近い局所的暴走がはじまり、轟音、唸り音、構造物の振動をともなった。

－1時23分45秒、慣性回転循環ポンプの逆止弁が閉まった。

－1時23分46秒（DREGでは23分47秒）、慣性回転循環ポンプの流量はゼロとなり、残りのポンプの流量は35-40%となった[6]。逆止弁閉止は、原子炉側から大きな力がかかったことによる。

－その他、1時23分45秒、8RB回路の電流が217-320アンペアの間で毎秒3～10で振動が約3秒間続いた後、最後に2170アンペアまで増加して、1時23分49秒に停止した。8RA回路では、1時23分46秒から電流が増加し、23分47秒に（瞬間的ショートのような）ピークが認められている。

－オシログラフの解析では、8RBと8RNA回路には1時23分46秒から事象がはじまり、瞬間的ショートと、回路に接続されていたポンプの回転停止が認められる。注目されるのは、8RNA回路の電流が（“始動電流”で大きく電流値が上がる期間が過ぎてても）、接続期間中（オシログラフによると）500-550アンペアと、通常の電流値より大きかったことである。

その2.

主蒸気逃がし弁は、気水分離タンクの圧力が75kg/cm²で作動する。1時23分45-46秒に、気水分離タンクは右側、左側ともに設定圧力を越え、主蒸気逃がし弁8つ全部が作動した。このときのDREG記録（No137D）には、タービンバイパス弁1（BRU-K1）と循環流量毎時1万8000立方mへの急激な低下（慣性回転循環ポンプではゼロ）が記録されている。主蒸気逃がし弁作動、循環ポンプ逆止弁閉、一連のプロセスにともなう水衝撃が、原子炉崩壊に至る前段階となった。

その3.

1時23分49秒、DREG記録（No.138D）に（ひとつまたは複数の燃料チャンネル管の破壊にともない）炉容器内圧が0.15kg-g/cm²以上に上がったことを示すK06L005=1が記録された。設定値に達するのに少なくとも1.4秒[6-8]かかることを考慮すると、燃料チャンネル管の破損は1時23分47秒となる。炉容器内圧力の増加によって、炉心下部構造板（OR）と炉心上部構造板（E）が破壊された。炉心下部室や逃がし弁を経由して、蒸気局所化室、気水分離器、中央ホールが炉心容器とつながった。これによって、炉心容器での圧力上昇は緩和された。

これらの事態が、目撃者によって証言されている、第1の（下部での）2つの爆発におそらく対応したものであろう。

その4.

目撃者の状況記述によると、最後の（上部での）爆発が轟いたのは、「下部」の1～3秒後、つまり1時23分49秒から52秒であった。そして、爆発にともなう停電が1時23分49秒に発生した。このように、振動、揺れ、水衝撃、爆発といった事故プロセスは、1時23分43秒までに（出力暴走によって）はじまり、1時23分49秒すぎに（上部での爆発によって）終了したものと考えられる。

結論

論文著者らによって示された（チェルノブイリ原発から 10～15km 離れた地点での）地震発生時刻（1 時 23 分 39 秒）が確かとして、震源までの距離の誤差を考慮すると、地震が起きたのは 1 時 23 分 39±6 秒となる。（地図によると大ざっぱであるが）チェルノブイリ原発と震源との位置関係を考えると、原発に地震が到達したのはちょうど 1 時 23 分 45 秒となる。そうすると、先に述べたように、（1 時 23 分 43 秒に）原子炉での破壊的な事故プロセスがはじまった直後に地震がやってきたことになる。つまりは、1986 年 4 月 26 日に地震観測ステーションで記録された事象は、チェルノブイリ原発 4 号炉事故にともなう局所的で強力な震動（衝撃や爆発）であったことを示している。

（翻訳 今中哲二）

文献

1. «Успешный эксперимент, закончившийся катастрофой». К. Чечеров, журнал «Техника – молодежи» №9 за 1997 год.
2. «Сейсмические явления в районе Чернобыльской АЭС» В.Н. Страхов, В.И. Старостенко, О.М. Харитонов, Ф.Ф. Аптикаев, Е.В. Барковский, О.К. Кедров, А.В. Кендзера, Ю.Ф. Копничев, В.Д. Омельченко, В.П. Палиенко. 1997* Объединенный институт физики Земли РАН, Москва, Россия. Институт геофизики НАН Украины, Институт географии НАН Украины, Киев.
3. «О сейсмическом событии 26 апреля 1986 года в районе Чернобыльской АЭС». 2000 г. Ф.Ф. Аптикаев, Е.В. Барковский, О.К. Кедров, Ю.Ф. Копничев, В.Д. Омельченко, В.Н. Страхов. Объединенный институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия. Геофизический институт НАН Украины, Киев.
4. Отзыв НИИ строительных конструкций (исх.№ 27-799 от 29.08.95) на служебную записку д. г - м. н. проф. В. А. Копейкина от 12.06.95г. в адрес Зам. Генерального директора ПО ЧАЭС, начальника объекта "Укрытие" В.И. Купного – «Об оценке величины максимального расчетного землетрясения в районе Чернобыльской АЭС».
5. «Информация МО АЭП по вопросу сейсмостойкости строительных конструкций главного корпуса 3- го энергоблока Чернобыльской АЭС». (исх. № 0240-17/132 от 19.04.95).
6. «Анализ функционирования электроэнергетической системы АЭС в режиме выбега турбогенератора 4-го блока ЧАЭС (26.04.86) по данным регистрации параметров и проектной документации. НИКИЭТ», отчет,1995г.
7. «Чернобыльская авария, исходные данные для анализа». Часть 2. НИКИЭТ. Инв. № 270-От-3966.

<添付資料1>



図1. 1986年4月26日にノリスク観測所で記録された地震波形[1].

図の上部に、信号を記録した時刻が示されている。この時刻は、震源地で地震が発生した時刻に、震源から観測所まで信号が到達するのに要する時間を加えたものである。これを基に、震源（チェルノブイリ原発）での事象発生時刻がわかる。

—信号記録時刻：グリニッジ標準時 21 時 24 分 19 秒、または地方時刻 1 時 24 分 19 秒。

—信号到達時間：34 秒（付録 2）。

従って、チェルノブイリ原発での事象発生は $T = (1 \text{ 時 } 24 \text{ 分 } 19 \text{ 秒}) - (34 \text{ 秒}) = 1 \text{ 時 } 23 \text{ 分 } 45 \text{ 秒}$ 。

「以上のように、チェルノブイリ原発で地震が起きた時刻は、1 時 23 分 45 秒と推定される」

<添付資料2>

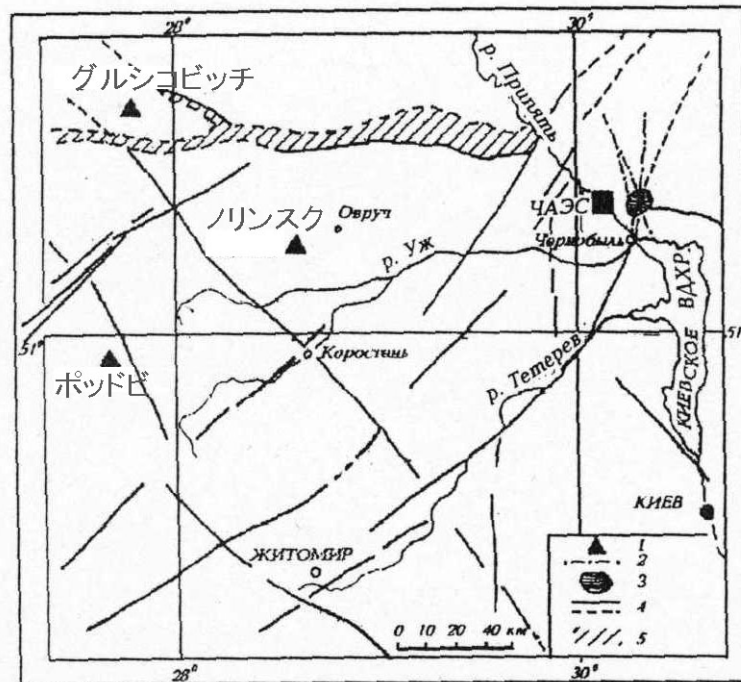


図2. 調査対象地域地図[2].

1：地震観測所、2：1986年4月26日の震源地、3：地震多発地帯（文献2）、4：深部の断層
縮尺では $29\text{mm}=40\text{km}$ で、ノリスクからチェルノブイリ原発までの距離は、地図上で 75mm なので、 $(73 \times 40 / 29) = 100\text{km}$ となる。

「信号波の速度を 2.9km/sec とすると、到達に要する時間は、 $(100 / 2.9) = 34$ 秒となる。」

<添付試料3>

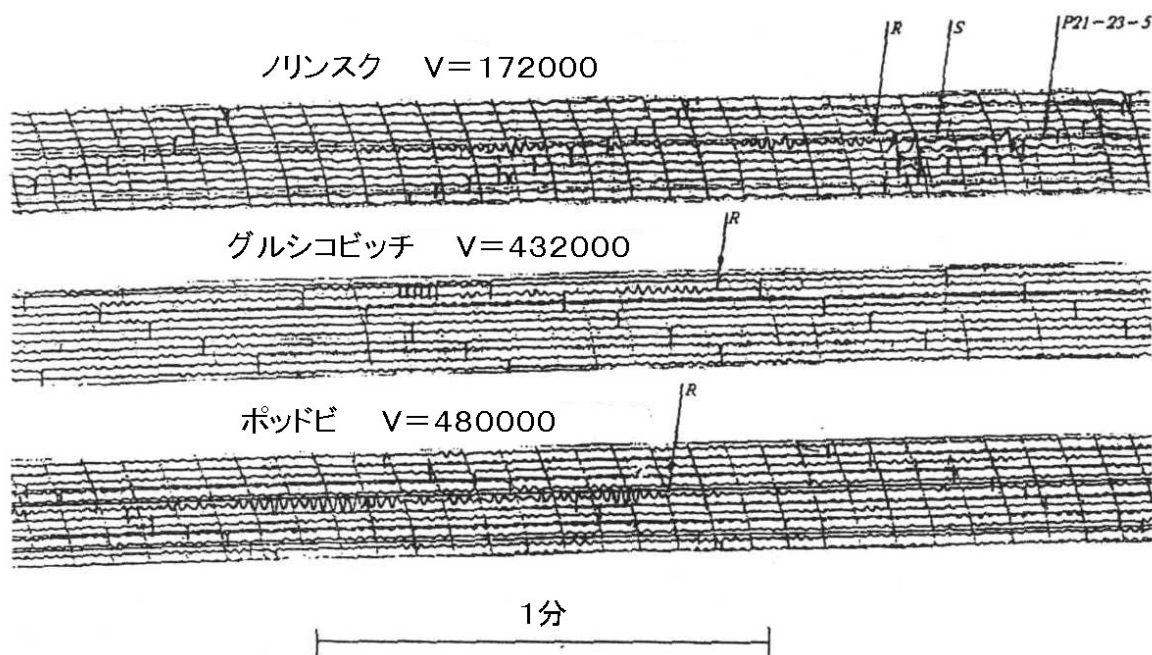


図3. 1986年4月26日の観測所の地震記録チャート（狭帯域チャンネル）

図に2つのピークが認められる（最初のピークは広くて2回連続の爆発に対応し、約3.5mm離れて2番目のピーク）。2つのピーク間の時間を求めてみよう。

1分=77mmでピーク間は3.5mmである。その時間は、 $T=3.5 \times 60 / 77 = 2.7$ 秒 となる。

「つまり“下部での爆発”と“上部での爆発”の間の時間がわかる。爆発の間隔は2.7秒だった。」

※：原文での添付資料は1～5までであるが、2つ省略した。

ニコライ・カルパン (KARPAN Nikolay Vasilievich)：専門は原子炉物理。旧ソ連の核秘密都市であったクラスノヤルスクやトムスクで働いたあと、1979年からチェルノブイリ原発に勤務。チェルノブイリ事故が起きたときは、原発の副技師長であったが、発生現場には居合わせなかった。旧ソ連最高会議の指示により、1991年に事故原因の見直しを行ったシュテインブルグ委員会のメンバー。2005年に「チェルノブイリ：原子力利用の復讐」（KANTRI LAIF社、キエフ、2005）を上梓。現在は、ウクライナ原子力規制委員会の囑託をしている。キエフ在住。

<訳者による付録>

チェルノブイリ事故地震説に関する資料として、1999年4月15日付け「新イズベスチヤ」紙の記事の翻訳を付けておく。

チェルノブイリの震動

——事故の原因は地震であると確認——

ロシア原子力省やIAEA（国際原子力機関）の幹部には少々頭の痛い報告が、ロシア科学アカデミー地球科学合同研究所とウクライナ国立アカデミー地質学研究所の専門家によって発表された。チェルノブイリ事故の状況に関して、政府から独立した調査結果がまとめられたのである。13年間にわたる調査の結果は、1986年4月26日の出来事に関する新たな詳細と、事故の原因についての全く新たにセンセーショナルな結論を示している。

今回の調査を指揮したのは、地球科学合同研究所長でアカデミー会員であるウラジーミル・ストラホフ氏である。報告書の著者たちは、事故を起こした4号炉は、地下からの数回の強力な衝撃によって破壊されたものであると確信している。チェルノブイリ原発敷地の地下において、局所的で強力な一連の地震が発生したのであった。ということは、いまでも、破壊された原子炉が入っている「石棺」の安全性を誰も保証できないことを示している。また、同じような事故が他の原発では起こらないと保証できないことも示しているのである。

調査にはじめから参加している専門家で、ロシア科学アカデミー地球物理研究所技術災害分析グループの長であるエフゲニー・バルコフスキー氏によると、事故直後から地震説は唱えられたが、それを確認するための記録文書を探し出すのに、ほとんど10年が費やされた。彼らがようやく資料を入手したのは、事故から9年後の1995年であった。その資料を分析し終わるのにさらに4年が必要であった。そして、まとめができあがった。

バルコフスキー氏は自分たちの調査について以下のよう

に語っている。「チェルノブイリ事故の際、発電所から遠くない地点に3カ所の特別地震観測所が稼働していたことを私たちは見つけた。観測所の地震計は、世界中の核実験を観測していた。チェルノブイリ原発の地下で震動があった折りには、必ずや記録されているはずである。

事故の後、地震観測所のスタッフは速やかにすべての装置をたたんで、チェルノブイリからカザフスタンへ避難してしまった。多数の地震記録をもっている保管室（アーカイブ）もそちらに移ってしまった。移転が急だったため、4月26日の地震記録を解読しようとはだれも考えなかった。その記録の解読は、核実験とは関係しておらず、観測スタッフの義務ではなかった」

記録の解読は、バルコフスキー氏により、1995年になって始められた。地震記録は、1986年4月26日チェルノブイリ地区で数回の地下震動が発生したという地球物理研の学者の説を明確に支持していた。

「地震の震源を決定するのは容易なことだった。震源は、発電所のある地区だった。それも、4号炉の直下であった。我々の解析によると、そこでのローカルな震度は10~11に達した！ この震度は、もっとも頑丈なコンクリート構造物をも破壊するレベルである。一方、発電所の他の原子炉での震度は5~6であった。このことは、チェルノブイリの地震が極めて局所的なものであることを示している」

学者たちは、地震の発生と原発の爆発との時間関係についても検討している。地震観測と原発の運転はともに、同一の時間に基づいてきわめて正確に運営されており、解析誤差は1秒以内である。

4号炉の場所において、強い地下震動が始まったのは、爆発まで23秒のときであった。最初の2回の震動では原子炉が深刻な被害を受けるには至らなかった。原子炉の運転員はそのとき足下の床が振動するのを感じた。そして、第2の衝撃が事故の9~10秒前に始まり、致命的な結果をもたらしたのであった。

地震を思わせる奇妙な振動については、事故直後に行なわれた4号炉運転員の審問に記録されている。しかし政府委員会は、そうした証言は、作り話や強度の精神的ストレスの結果とみなし、無視したのであった。事故の主な原因は、「運転員のミス」と「不完全な原子炉の構造」にあるとされた。公的委員会の結論には、多くの専門家が疑問を抱いていた。

ロシアの耐震設計の大家であるセルゲイ・スミルノフ教授によると、「原子炉の自己暴走というソ連原子力省のファンタスティックな説は、ソビエトの原子炉は世界一ボロであると常に考えたがっている IAEA の西側専門家には信用されたであろう。しかし、ソ連の専門家が原子炉の爆発について述べているときは、IAEA の圧力でその説に従っているふりをしていた。同時に彼らは、実際のところ何が起きたのか理解できず、まったく当惑していた。チェルノブイリ 4 号炉を爆発させることが不可能なのは、すべての専門家が承知していた。核爆発をおこすような要因は、原子炉内にはまったくなかった」

チェルノブイリ事故の後、カザフスタンの実験場でチェルノブイリ型原子炉の秘密実験が実施された。原子炉装置を暴走させ爆発させてみようを試みたのである。驚いたことに、この試みは失敗した。原子炉は頑丈であることが明らかとなった。

多くのことが理解できないままであった。しかし、事故がもたらした惨事があまりにも巨大であったため、その原因の探求は、しだいに優先度が下がって行き、ついには消えてしまった。ただ、バルコフスキーのグループとその仲間だけが、独立した調査を続けてきた。地震記録とは別に、バルコフスキーのもとには、政府委員会の見解に反する材料が多数集められている。

とくに注目されるのは、チェルノブイリの「爆発」の性状である。原子炉ホールの屋根と炉心上部の鋼鉄板は上部へはね上げられ、放射性物質の放出が起きた。同時に、炉心金属構造物の溶接部分が破壊された。一方、炉心周囲の生体遮蔽である鋼鉄製シリンダーには損傷がなかった。また、炉心から放り出された圧力チャンネル管の壁にも損傷がなかった。爆発があったとすれば、圧力チャンネル管やシリンダーも引き裂かれたはずである。つまりは、爆発はまったくなかったということではないか？ こうした事故の分析結果は、重大な外的要因、すなわち、多くのパラメータが示しているように、局所的な地震が原因であるという説を支持している。

地質物理学者の見解では、地震は全く突然に発生するものではない。地殻は必ず、強い地震の前兆現象を示す。地震の数日前とか 1 週間前には、地殻中の大きな地層が変形する現象がしばしば認められている。チェルノブイリにおいても同じような現象が起きていた。

事故の約 1 週間前、地面の変形プロセスによって 4 号炉タービン建屋の基礎に歪みができ、タービンに振動が

生ずるようになった。発電所の責任者はただちにタービン工場の専門家を呼び寄せたが、不具合の原因は分からなかった。

それ以前の 1985 年に地球物理研究所は、発電所の基礎地盤安定化に関する専門家の派遣を要請する手紙を、チェルノブイリ原発所長から受け取っている。要請の理由は、4 号炉の基礎地盤の歪みであった。測量担当者はその歪みに気づいてはいたが、大事故の原因になると想像することはなかった。

まず考えられたのは、地盤の沈下である。しかし、地盤沈下の場合には基礎は沈むはずであるが、実際には上昇していた。

「我々は 5 月に発電所に出かけるつもりであったが、残念ながら間に合わなかった。．．．諸般の事情によって、必要な機器の準備に手間取ってしまった」とバルコフスキーは述懐している。

地震学の長年の研究から明らかなように、局所的地震は、地質構造上の割れ目、つまり地殻深くにある断層で発生する。実際、チェルノブイリ 4 号炉の下では、そうした 2 つの断層が交差している。1986 年 4 月 26 日の地震が、このゾーンでの初めての地震ではない。中世にはこの場所の特徴がしばしば現われている。その頃の年代記には、恐ろしい地震が記録されている。チェルノブイリ事故から数カ月後の 8 月 26 日には、キエフで地震が記録された。

以上のように、世界中を揺るがせ怖がらせたチェルノブイリ事故の主要な原因は、地震の危険性を考慮に入らなかった、計画責任者と地質地盤調査担当者の誤りにある。チェルノブイリ原発は、他の原発と同じく、伝統的に地震に対して比較的 안전と考えられているロシア平原に建設されている。ロシア平原は 70 年代はじめまでは平穏であった。しかし、1986-1992 年にかけてしばしば局所地震が発生している。バルコフスキー氏は政府に対し、事故で死亡した 4 号炉の運転員たちと、公的委員会から不完全であるとされた RBMK 型原発の名誉を回復するよう呼びかけている。そして、原発が位置している地盤の調査に速やかに着手するよう主張している。

原発の地下深くに断層がみつかった場合には、危険を事前に予知できる特殊装置を設置することが必要である。科学者の見解によると、核惨事の再現を防ぐにはそれが唯一の方法である。

(訳 今中 1999.4.26)