

地震予知研究ノート No.4

佃 為成
(東京大学地震研究所 地震地殻変動観測センター)

2009年1月

目次

		ページ
地震予知の研究体制	佃 為成	2～7
地震研究所の予知研究	佃 為成	8～11
地震研究所改組の経過	佃 為成	12～17
付録：地震研究所改組試案（1992年）	佃 為成	18～25
付録：懇談会議事録（1992年）	佃 為成	26～36
微小地震分布	佃 為成	37
破壊の結合確率モデルと地震の規模別頻度分布	佃 為成	38～57
共存する震源クラスターのサイズと分布間隔の関係	佃 為成	58～62
地鳴り観測		
佃 為成・大橋心耳・山下晃一・菅谷茂樹・酒井真雄・鶴 秀生		63～68
地下からのサインを追って ～ 水・電気・ガス・波	佃 為成	69～80
未来へ繋ぐ ～ たかが水温・されど水温	佃 為成	81～89

地下からのサインを追って

～ 水・電気・ガス・波

佃 為成

地震予知の本

2007年、「地震予知の最新科学」という本を著しました。“地震予知”の考え方を多くの人々に知ってもらいたいからです。その1年前にはインターネット新聞“オーマイニュース”に「地下からのサイン(1)、(2)、(3)、(4)」と「近畿地方の異常地殻活動」という記事を寄稿しました。1994年の地震予知シンポジウムで定常観測整備を訴えたのを最後に、思うところあって地震予知について公に意見を述べることを控えていましたが、2006年を期して、これまで自ら科してきた掟を破ったのです。

「地震予知の最新科学」で述べたことは、素直な気持ちの科学を大事にしようということです。その土台にユークリッドの公理主義を据えました。仮説を立て、検証していく科学の方法がそれに続きます。モデリングの手法も重要ですが、本質をつくモデルが必要なことと、あくまでもモデルだという謙虚な態度も大切です。

その科学の道筋はもっと一般的な考え方にも通じます。考え方の出発点が異なれば、それに続く論理が正しくとも、結論は異なってきます。例えば、「地震研究所は世界をリードしなければならない」というところから出発しますと、つぎは、「研究成果を上げねばならない」となり、「そのためには、どんな研究対象や方法を選ぶか？」という問題設定がなされ、「これこれの研究がよさそう」という議論になります。この最後の議論では根拠を明確に示すことができない場合が多く、再び、各人勝手な第2の出発点を設定して論理を展開していきます。

地震予知に対する研究態度も同じようなことがいえます。「地震予知ができるか、できないか」の議論があります。ここから出発すると、とんでもない袋小路にはまってしまいか、際限のないあらゆる方向に議論が飛んでいきます。この議論の前に、前兆現象が存在するかどうか、存在するならどのようにそれを検知するかなどの検討が必要です。前兆現象がつかまえられなかったら予知ができないのは明らかですから。

議論好きの人たちは、“前兆現象”という言葉にも文句を言います。地震の始まりを示すものあるいは、地震を駆動する“前駆現象”なるものがあって、これをつかまえることが地震予知だと。では、“前駆現象”としてどんなものがあるのかと言えば、プレスリップだと言うのです。しかし、岩石の摩擦実験で見つかったプレスリップさえもこれが一般的なことなのかはまだ不明です。

前兆現象の様態はそんな簡単なものではありません。直前ばかりに出現するの

でもありません。と言う筆者も、暗中摸索をやっている身で、限られた経験の中から感じ取っているにすぎませんが、前兆現象は時間的にも空間的にもランダムに発生しているのではないかと考えています。今でこそ、そのように考えるようになりましたが、そこに至るには長い年月がかかっています。その話をこれからしてみたいのです。

地震予知の科学とは

論理の出発点は事柄の定義と公理や公準ですが、科学の出発点は「はてな？」だと思えます。科学の大系から外れた人間の心の働きです。

地震予知研究は大地震がどのような経過を辿って、あるいはどのような準備をおこなって発生するのかを解明することに尽きると云えます。

地震予知には社会的な予報システムを考慮する必要があることを横に置けば、予知研究と大地震発生の研究はほとんど同じものです。地震予知研究とことさら唱えなくとも地震研究で済むはずですが、ただ、予知研究という意識は、地震の前兆現象や異常現象に目を向けさせる効果があります。

地震波を用いた地球深部の構造など、対象が地震そのものや地震発生過程ではない研究分野もありますが、大地震がどのような経過を辿って発生に至るのかに照準を合わせた地震予知研究が、地震研究の中心にあらねばおかしいと思えます。

実用的な地震予知は、我々が感知できる前兆現象を手がかりにします。身の回りの科学でもあります。そこに、高精度で精密な、人間には感じない観測が登場することもあります。基本的には、寺田寅彦以来の身近な現象を大事にする科学です。

前兆現象の科学は、まだ“未科学”の段階と云えます。現象の認定すら明確ではありません。その仕組みとなるとほとんど仮説の域を出ません。これから本物の科学に仕立てていくものです。

これから、どのようにして前兆現象の科学を育てていくのかを問題にしたいと思えます。

地震予知研究の現状

地震発生の解明には、特に大きな巨大地震を調べるのが一番よいと考える研究者が多くいます。巨大地震は海溝付近で起こります。これを研究するには、震源の近く、すなわち海溝付近の状態を詳しく調べなければなりません。海底に地震計、歪計を設置し地震活動や地殻変動を観測する。長期観測が望ましいが、可能な期間の観測を繰り返すことが費用の面などから現実的です。

海底地震計によって自然地震や人工地震を観測し、そのデータをもとに地下構造を明らかにしていきます。さらに、海底掘削船を出動して海底ボーリングを行

い、巨大地震の巣の物質的構造を明らかにしていきます。

このようにして、地震発生の際の構造を解明できれば、その巨大地震の発生予測に役立つに違いありません。

以上のような研究計画は間違っているとは思えません。しかし、何かが抜けています。前兆現象をどうやってつかまえるかについての展望が欠けているのです。

海底での地殻変動観測の試みは行われています。しかし、長期観測が必要なのに、その展望がありません。また、水温やガス成分などを長期に観測することが考えられます。観測点を多数設置することは経費の面で非常に困難だから、当面は、特異な地点を探し、そこでとりあえず長期観測を試みることになるでしょう。しかし、海の観測では、海は広いので、そのような観測点を探すことは非常に困難です。海底の諸調査の過程で偶然に見つかることがあれば、そのときちんと対応するのがよいと思います。

偶然をあてにはできないとおっしゃる方も多いと思います。しかし、歴史が教えるところによれば、科学の発見は、ほとんどすべて偶然の出来事によってもたらされています。私たちはその偶然のチャンスを高める努力しかできません。何もしなければチャンスはありません。

海の巨大地震に照準を合わせた研究と並行して、陸地の大地震をターゲットとする研究が重要です。前兆現象の研究では陸地の方が有利な面があります。陸にて前兆現象そのものの研究を前進させ、その後、海での研究を進めるという戦略もあり得ます。

いずれにしても、身近な研究から始めることが大切です。

自然の異常現象に興味を向けよう

人間はまず話好きです。子供も青年も年寄も、男性も女性も。事物の物語性に惹かれます。科学も「物語」です。その発端になるものは、「おや?」、「はてな?」、「なぜ?」です。

物語のタネになるものは、地震の物語ではどのようなものがあるのでしょうか。

地震予知や(大)地震発生の研究においても、人々が見たり経験したりした現象をつぶさに検証していくことが、前兆現象研究の出発点です。そのとき、科学の心が動きます。地震予知研究ノート No. 2 で述べた事柄は、その経験談などです。人々の話を聞くことによって、こんな不思議なことがあるのか、それは本当か、あるいは何かの錯覚か、本当だとしたら、それはなぜそのような現象が発生するのか、次々に興味や疑問が湧いてきます。

その検証の物語が地震予知研究ノート No. 3 です。伝聞によってもたらされた情報から、これは、というものを選び、可能な限りその検証のための調査や観測をおこないます。

科学的興味が研究の原点

科学の興味とは何でしょう？ それは“自然現象”などの“事件”に関わったときに芽生えるのではないのでしょうか。

小学生のころ、父に鉱石ラジオを作ってもらいました。アンテナとして電灯線を利用するのですが、誤って 100V に感電しました。電気の脅威と驚異が衝撃的でした。電気と電波の不思議の玩具がラジオでした。電波をつかまえる同調回路の可変コンデンサを回して遊びました。そしてその頃読んだ科学の本で、「光が波である」というところが私の興味を引きました。その本では縄跳びの縄を使った偏光や干渉のモデルを扱っていました。姿がそのまま見えるわけではないのに、アナロジー駆使して理解しようとする方法に感心しました。このとき、将来“波”を扱う研究をしたいと思う気持ちが微かに芽生えたのだと思います。

小学校ではまた、クラスの科学班に入り、百葉箱の気温、気圧、湿度を当番で交代して観測しました。測候所の見学にも行きました。そこでは地温の観測もやっていました。1957 年は地球観測年が始まり、日本の南極観測隊が出かけましたが、わが科学班では観測船宗谷のニュースを追っていました。このとき、地球を調べる仕事があることを知りました。地球物理に行ってみようかなと思ったきっかけの 1 つだと思います。

中学校では、ニュートンの流率（微分のこと）が書いてある本を手にししました。よくわからなかったけれども何となく惹かれました。高校では、非ユークリッド幾何学の本が書いてある本を読んで衝撃を受けたことを覚えています。高校では化学部に属しました。いろいろな実験をおこないましたが、川の水の塩素イオン濃度を滴定法で測定したこともあります。現在の地下水の研究の原点かもしれません。

興味というのは、身体で体験するか魅力的な書物やよい先生に出会うことがきっかけになるようです。地震に関係した（関係すると思われる）現象を自分で体験しなくとも人の話を聞いて追体験したり、実験によって確認したりすれば、興味が自然に湧いてくるのです。

思い起こせば、数多くの出会いやきっかけがあって、現在の研究の中に吸い込まれていったのです。

私のこれまでの研究歴

東大大学院時代

今の研究に至った道のりは平坦なものではありませんでした。大学で地球物理を選び、大学院に入るとき、どの分野に進むかは簡単に決められませんでした。

学部 3 年のとき、気象庁の観測船にのって台風のたまごの機動観測に参加し、

私たち学生もワッチに組み込まれましたが、観測項目は気象ではなく海洋観測でした。海中の水温の深さ分布を多点で得ました。その結果、ある海流の存在が実証されました。学部4年の演習は超高層電磁気学の分野を選びました。ただし、分光学の方面でした。大学紛争が激化し、この演習の実験は結局できませんでした。“波”というキーワードでは、以上のどの分野も共通しています。結局、地面に近いところで研究ができる地震観測分野を選びました。これもやはり“波”が対象です。

フィールドで研究活動をするには健康にも良いし、好きな測定ができることと浅田 敏先生の柔和なお人柄にも惹かれました。最初に学んだのは探検的観測でした。微小地震がどこで発生しているのか、微小地震と大地震は“相似”なのか、波形を調べるにはどうしたらよいか等々。修士論文は実際の波形を調べるのではなく、超音波実験から複雑な構造の弾性波の伝わり方を調べるものでした。地表付近に傾斜層が存在する構造を扱いました。佐藤良輔先生の近似理論の検証の意味もありました。

京大防災研究所時代

博士課程に進んだ頃、日本で初めて微小地震研究部門が京都大学防災研究所に設置され、助手の新人公募があり、応募して採用されました。今度は、実際の観測に進みました。京都府宇治市の研究所で京大に半年馴染んだ後、鳥取微小地震観測所に赴任しました。その直前、防災研究所の建築研究室の非常勤で事務をしていた妻を鳥取まで引っ張って行きました。彼女には家庭はもとより、仕事のいろいろな場面で助けてもらいました。このサポートは現在まで続いています。深く感謝しなければと思います。

鳥取では定常観測を学びました。地球物理で重要な概念の1つ“連続観測”を身をもって体験しました。

鳥取微小地震観測所では、波形の観察から双子地震？を度々見つけました。これが反射波のせいで双子に見えるということに気づいたのは、溝上 恵先生が当時和歌山観測所に居られ、紀伊半島地域の反射波の研究をされていて、TP研（テクトノフィジックス研究会）で、その研究発表を拝聴したことがきっかけです。

観測所では地震波形記録を見てメモをとることが日課でした。浅い地震だと思っていたものが、発生時刻がいつも夕刻であることから発破ではないかということで採石場の現場で確認したり、相似地震と見ていた地震波形は、詳しく調べると初動付近の波形は微妙に違うことなど、波形の顔つきだけでは判断できないことを学びました。

マグニチュード0～1ぐらいの相似地震の波形を詳しく研究しました。観測所の中尾節郎さんと、地震波形を見ながら地震の「戸籍」づくりをしました。鳥取での主な仕事は、テレメータシステムやデータ処理装置の導入でした。これは、既設観測点の改築、新観測点の新築という工事を準備し施工の監督をすることか

ら、地震波形の転送収録、データ処理の仕組みの整備など実に多種多様な仕事が降りかかってきました。観測点を造りながら、収録した波形データを解析し、学位論文に仕上げました。この当時のテレメータはアナログ（FM）であり、収録もアナログのデータレコーダでした。しかし、それ以前は、記録媒体はドラム式インク書きの紙記録でしたし、現地委託観測方式で、数週間ごとに郵送してもらっていました。したがって、リアルタイムでもなく、また詳しい波形データも取得できなかったのです。

アナログの磁気テープに収められた波形をペン書きレコーダに早送りで出力し、その紙の波形をディジタルで A/D して初めてディジタルの波形データが得られました。どれでも、以前の研究環境に比べれば格段の進歩でした。

鳥取の仕事の第 2 は活断層の掘削です。当時私と同じ京大にいた安藤雅孝さんがアメリカの大学院生ケリー・シーのトレンチ法を見て帰国したのがきっかけでした。地形や地質に強い岡田篤正さんと呼んで、鹿野断層のトレンチ調査を 3 人で実施しました。岡田さんは当時愛知県立大にいました。私が駒場の学生のころ、岡田さんは東大の大学院生で、中央構造線の研究で新聞に紹介されて、お名前はそこから知っていました。活断層のずれの累積性を肌で確認できたのが最大の収穫でした。大地震活動の証拠を日本で最初につかんだトレンチ調査となったのです。

トレンチ調査は、山崎断層、濃尾地震断層系、跡津川断層と、その後数年にわたって繰り広げられることになります。濃尾断層からは、地震予知のお金をもらって、組織的な事業となり、いろいろな大学の人たちに参加をしていただきました。そのとき、学んだのがフィールドの共同研究です。地震研究所に来てからは、特定共同研究 A「内陸直下地震の予知」というプロジェクトで、主に長野県白馬村に毎年集まって調査・観測・ディスカッションを行いました。そのやり方の下地は活断層トレンチ調査で培われたのだと思います。

鳥取での仕事の第 3 は、地下水温の観測です。鳥取観測所の前任者西田良平さんは倉吉に観測点を創られたのですが、観測点近くの鳥取県中部三朝付近の地震波形記録を集めておられました。ところが、その後、地震活動が静穏化したのです。1980 年に三朝付近で小群発地震が発生しました。「顕著地震近し」と“泥縄”で水温計を組み立て、三朝温泉の井戸に設置しました。このとき、大学院の先輩で当時北大におられた島村英紀さんに水晶温度計の作り方を教わり、材料の提供も受けました。1983 年 10 月鳥取県中部地震は発生したのですが、肝心の直前の水温データはプリンター故障のため欠測、苦い経験をしました。このとき同時に開始した鳥取市湯谷の自噴する温泉の水温観測は今でも続いています。相棒だった矢部 征さんと当時大学院生だった小泉尚嗣さんのその後の尽力がありました。湯谷では日本付近で大地震が発生すると必ずと言っていいほど充電回路の電圧のような時間関数をもつ水温上昇が発生します。

鳥取を離れ、宇治の防災研究所に戻ってからは、微小地震データのリアルタイム・自動処理システムの設計・作成に携わりました。これは過酷な作業でした。

スーパーミニコンピュータと称して当時としてはスクリーンエディタが使えるなど最新鋭でしたが、現在の小さいパソコンと比べても、演算速度・メモリー容量は数10分の1という能力でした。

室内の作業の一方では、活断層のトレンチ調査の幹事役も続けました。跡津川断層で岩盤の断層の生のスリップ面を観察したときはかなりの興奮を覚えました。この断層の大地震活動時期を推定する仕事は難しかったのですが、東大地理の池田安隆さんたちがトレンチ壁面から見事なイベント解読をしてくれました。

自動処理が完成してまもなく、地震研究所の北信地殻変動・微小地震観測所と柏崎微小地震観測所が組織統合されたとき、浅野周三・溝上 恵両先生のお薦めがあり、新しく発足した信越地震観測所に移ることになりました。

京都大学で学んだもっとも大きなことは、「バカになれ」ということです。私は岸本兆方先生のグループに属していました。先輩のグループメンバーである渡辺邦彦さんからある先生の言葉として教えていただいた「地球物理には頭はいらん」という文句がずっと頭に残っていました。その深い意味がわかったのは最近のことです。グループの参謀だった尾池和夫さん（前京大総長）からも、欲張らない観測や研究方法を教わりました。地域の均一なサイスミシティを得ることに集中することなど。また、尾池先生からは、いろいろな現象に注意を向けるコツを習いました。その中で、「雨降って地ゆるむ」という言葉の意味については今も探求中です。

東大地震研究所時代

信越観測所での最初の仕事は、長野市街地での水準測量でした。測地部門の井筒屋貞勝さんの応援を仰いで、異常な地盤変動が地殻変動によるものかを調査することになったのです。

観測所に赴任した年の前年、観測所近傍の地付山で大地滑りが発生して、養老施設などに被害が発生しました。そのときの地盤変動が観測所の地殻変動記録に記されていました。小林 勝さんが当時地殻変動データの整理担当でしたが、それを見せてもらったとき地面の動きの大きさに驚嘆しました。

赴任した1986年には信州北部地域の地震活動が20年ぶりに活発でした。8月には長野県東部でM4.8を主震とする活動、9月には麻績村で群発地震、さらに北部フォッサマグナ地域の大町付近で群発地震が発生しました。近いうちに大町付近の活動がもっと活発になることを予測して、秋の地震学会では酒井 要さんと臨時のポスターを作って発表しました。そして、この年の大晦日前日、M5.9の地震が発生したのです。予測の根拠は、富山大学の竹内 章さんが提唱していた「千曲川構造線」沿って地震活動が並んだことです。

地震研究所における地震波処理は、大きなディジタイザを用いた高度なものでした。津村建四郎先生の仕様の地震波形読みとりシステムが稼働していました。整理されたインク書きの多チャネル波形記録が観測所の記録室に山のように積

んでありました。羽田敏夫さんは、さらに深発地震などのファイルを作成し分類していました。これは波形の勉強に大いに役立ちました。

波形記録では、雪崩が起こした震動の波形のあるフェーズを解析して雪崩の下の速度を推定したり、伊豆大島三原山の噴火の爆発による P 波が、ある地域の観測点では地震動の振幅が大きくなる現象を見つけ、伊豆半島伊東付近の地下のマグマのレンズ効果による地震波の収束だと解釈したり、M5.9 の地震の震源過程を導くための波形解析などやはり波の研究にも挑戦しました。不均質の媒質の地震波の計算には、当時富山大学にいた畏友川崎一朗さんの援助を仰ぎました。

赴任した年は、東京工業大学の本蔵義守さんに誘われてトルコで、佐竹健治さんらと微小地震観測に従事しました。このトルコ遠征には、鳥取時代から指導いただいた宮腰潤一郎先生も同行されました。先生が見つけれられた、兵庫県山崎断層の M5.4 の地震の前兆的な地電位信号発見はギリシャの VAN 法に先立つ成果です。先生の墓石に刻まれている「継続は力なり」は、今の私の研究活動の指針でもあります。

トルコとの共同研究は本蔵さんの師匠である力武常次先生が先鞭をつけられたものです。先生には京大時代からお世話になりました。とくに地震予知の宏観異常現象の分野で多くを教わりました。先生が中国に視察に行かれたとき、海城地震の前に井戸水の噴出があったことをいくつかの書物で紹介されましたが、先生にとっても強烈な印象を受けられたのしょう。宏観異常としては分かりやすく、信用度が高いものです。その後、私も地下水に関する似たような現象に遭遇することになります。

トルコでの調査の経験は、1990 年イラン・ルドバール地震 (M7.3) の余震観測や地変調査に役立ちました。瓦礫の中の地震観測には、信越観測所の酒井 要さん、橋本信一さんが活躍しました。通訳として同行してくれたアジア経済研究所の地域研究者・鈴木 均さんは、自然の異常現象についての聞き込み調査の共同研究者として働いてくれました。東洋文化研究所との連携があったから実現できたことです。この調査が、私の以後の地震予知研究の基礎となりました。

イラン地震では、発光現象や液状化地域で熱水噴出を示唆する現象などの特異現象の話の話を聞きましたが、1995 年の兵庫県南部地震に際しては、多くの特異現象の証言が得られました。例えば、発光現象があります。直接証言者にお会いし、現場を確認しながら考える手法をとりました。発光源のサイズは意外に小さく、高度も低いことがわかりました。その分布も調べました。発光源の照度を証言をもとに推定しました。このような定量的な研究はこれまでなされていませんでした。

地下水の水温変化や濁りの現象については、不慣れな分野でした。これを研究するのに、とりあえず水温を測ろう、そして連続観測に挑戦しようと考えました。水温の観測点は最初 3 点ぐらいでした。当初の調査や観測は広島地震観測所の三浦勝美さんといっしょに行いました。

その後、地下水の観測点は兵庫県南部地域以外を含めると現在約 30 カ所にな

ります。

地下水の考え方や取り扱いについては、大木靖衛先生にヒントをいただきました。先生は、神奈川県温泉地学研究所の所長をしておられたころから「なまずの会」を主催されている方としてお名前は存じていました。新潟大学に移られると新潟地域で次々に顕著な地震が発生しました。まず、1990年新潟県南部地震（M5.4）です。私たちは余震の観測をおこない、その結果を学会で発表しました。発表を聞いておられた先生は発表の後、初対面の私に話しかけてくれました。

大先輩の先生から最初に話しかけられたことは、私が学生の頃、安芸敬一先生から声をかけられて以来のことでした。

1992年には新潟県南部の津南で小地震（M4.5）が発生しましたが、このときは新潟大学が余震観測をおこない、私たちの定常観測データとつぎ合わせて、共同研究論文を書きました。この地震は深さが2kmという堆積層内で発生した極めて浅い地震だったことが分かったのです。

次の顕著地震は1995年4月1日の新潟県北部地震（M5.5）です。私も新潟に調査に行きましたが、そのとき新潟大学で大木先生と再会しました。その後、新潟県の地震や活断層の委員会などでお会いする機会が増え、地下水や温泉の研究手法、とくに電気伝導度測定法の伝授を受けました。新潟大学には、化学に強い佐藤修先生がおられ、地下水の化学分析を度々お願いすることになりました。

新潟県北部地震の震源地に近い温泉でも水温連続観測を始めました。出湯温泉在住の川上貞雄さんは週1回ペースで、電気伝導度の測定をしてくださいました。安価な連続測定装置がないので、マニュアルで測定します。そのグラフが凄いです。2004年中越地震や2007年中越沖地震に先立つ伝導度上昇変化が記録されたのです。

兵庫県南部地震以後は、異常現象の調査とその検証のための観測のため、毎月のように出張しました。2002年ごろから、研究計画に基づいて将来の巨大地震発生が予想されている東海や南海地域の観測にも手をつけました。

南海は、紀伊半島南部の温泉をねらいました。ここは土地勘が全くなかった地域だったのですが、和歌山地震観測所の瀬戸憲彦さんに案内していただいて、最初2ヶ所の観測点をつくりました。ところで、和歌山地震観測所は今村明恒が設立した南海地動研究所を引き継いでいます。今村明恒は東大を退職した後、和歌山に観測所を建て、地元の人々と協力し、南海地震の予知を目指して地震計や傾斜計、検潮儀などを設置しました。また、各地の温泉の水温変化のデータを収集していました。

南紀の観測がこれからという矢先、交通事故のため瀬戸さんが帰らぬ人となったのです。南海地動研究所の頃と同じく温泉にも注目しようと瀬戸さんが提案し、それを始めたばかりでした。私は瀬戸さんの遺志を受け継いで、その後も少しずつ水温観測点を増やして南紀の観測点は現在では8点になりました（一時9点）。2004年の紀伊半島沖地震（M7.4）では前兆的な水温変化が観測されました。

兵庫県南部地震以後、様々な観測をやってきました。地下水温や地下水位のように“水”、地電位や樹木電位、井戸水の電位のように“電気”、空中のラドンガスの測定のように“ガス”を測定対象にしてきました。以前のような地震波の“波”の研究は遠のいてしまいましたが、地鳴り観測も試みています。音波の“波”がテーマです。ラドンをつかまえるのにガンマ線を測りますが、ガンマ線はもっとも波長が短い電磁波のことです。これも“波”です。結局、地下からやってくるサインを見つけだすために、“水”、“電気”、“ガス”、“波”を調べる仕事をやっていることになります。

“波”はいろいろなデータにも現れます。ある観測点では、水温データに、きれいなサインカーブを描く季節変化を見せてくれるところがあります。電気の信号には、矩形波が頻繁に現れます。どのデータについても、過渡的なパルスの信号波形を見つけます。データは“波”と言っても過言ではありません。

“波”に魅せられた少年は歳を重ねても“波”を追っかけているようです。

地震予知を目指す研究は、多彩です。地震波の世界を越えて、研究の“宇宙”は広がります。

地震予知の夢

ところで、地震予知というのは、「応用科学」だという考えが一般にあるようです。地震研究所の中でも、「基礎研究」と「予知研究」を対比して論じられてきました。例えば、1991～1993年頃の改組の議論の中でも、地震予知の大部門を提案すると、「予知研究が目立ち、基礎研究が弱くなる」、「基礎研究分野の研究者が予知研究をすることができなくなる」などの声があがりました。研究所の設置目的の中に「予知」という文言を入れることにも抵抗を示す人が多くいました。

そもそも、何が基礎研究なのか。予知研究はある意味では基礎研究なのではないか。予知を目指す研究手法には、地震や地球内部の現象をさぐる手がかりが沢山あります。予知研究は応用研究ではありません。予知を予報として実用的な地震予知を社会に定着させるような研究の部分が「応用科学」と云えるのではないのでしょうか。

また、「理学」は基礎科学、「工学」は応用科学と見られがちですが、必ずしもそうではないことがあります。物理学でもエネルギーやエントロピーに関する熱力学は工学的研究の中から生まれました。蒸気機関から力を引き出すときの効率を最大にするにはどうしたらよいかという実用的な問題から出発し、機関の動作を調べていく過程で熱の本質が見えてきたのです。

地震予知も地震災害を未然に防いだり、被害を軽減するにはどうしたらよいかという問題が出発点です。そのためには、前兆現象を探求し、大地震がどのようなプロセスを経て発生にいたるかを探ることになります。その先には、地下の動

きのしくみ、地震発生のしくみが見えてくると思います。

地震予知は夢のある研究領域です。これを軸にして、多くのことを学ぶことができます。この研究分野は地震研究の中心に据えるだけの値打ちがあります。

私たちは、大地震が結果として震源断層をつくることは知っていますが、どのようにしてそれを作り出しているのかは全く知りません。最初から断層があるわけではありません。震源断層ができる領域の周りの変動がどのようなものかも知りません。

現在、長期継続された観測データや新規の観測データから少しずつ地下の動きが垣間見えるようになってきました。これをもっと発展させて、震源付近やその周囲の変動を詳しく知りたいものです。それが、地震予知（地震の発生を予め知ること）に繋がります。

地震予知の“夢”は、地震学の夢にとどまりません。また、地球科学に限られるわけでもありません。対象は自然科学ですが、工学の分野にも広がります。夢はまた夢を呼びます。どんな問題が潜んでいるかも知れない研究分野です。この“夢”を追いかけましょう。

地震予知第3の観測網計画

地震予知への手がかりとなる前兆現象をつかまえる基盤的観測の第1がGPS、第2が微小地震観測、そして第3は、深部流体がもたらす信号を検知するための観測です。これは今後の課題です。深部からの物質やエネルギーは、地表付近や大気中で発生する様々な前兆現象に関わっています。

地下の岩盤の動きは複雑です。どこに圧力が強くかかり、どこに亀裂群が生成されるか、これはかなり偶然に支配されます。前兆現象は地震以上に気まぐれに現れます。どこに出現するかを予測することは非常に困難です。ある場所で、ある地震の前に異常が観測されたからといって、近くの次の地震のときにその同じ場所で同じ異変が観測されるとは限りません。

そこで、例えば日本中、電柱のようにとは言わないまでも、携帯電話の中継所よりやや多く、約1キロメートル置きに観測点を建設してくのがよいと考えます。全国に数10万～100万ヶ所ぐらいになります。地殻変動や微小地震の観測網より格段に多数の観測点が必要です。

コストや保守の容易さを考えて、浅い井戸（ボーリング孔）で、水やガスを簡便に測ることを旨とします。太陽電池エネルギー源としてデータを観測、収録し、無線を用いて全国のデータを1カ所に集め、広域の地下の監視を行うのです。

こんな多数の観測点を建設する事は、もちろん一度にはできません。少しずつやっていくしかありません。

100万カ所が整備されたとしても観測点は不足するでしょう。前兆現象はランダムな現象なのでありますから。しかし、おおよその地下の状態は把握できる期待が持

てます。異常がちらほら見つかったら、その地域をもっと徹底的に調査すればよいのです。

夢を追いながら、やることは現実的に、1つずつ着実に進めていくことが大切です。そして「継続は力なり」です。

あとがき

地震予知の基礎となる「地下からのサイン」を求める研究は続いています。ここで、科学の研究がどういうものであるかをもう一度振り返ってみたいと思います。

アインシュタインの言葉に次のような一節があります。

The whole of science is nothing more than a refinement of everyday thinking.
Albert Einstein (1879-1955)

「科学の体系は、毎日考えたことを磨き上げたものにほかならない」

この意味をもっと掘り下げて解釈すると、次のようになります。

「学校で習った、あるいは教科書に書いてある、あるいは多くの人知っている、あの科学の体系は、じつは、多くの科学者が日頃、ものを見て考え、また何回も考え直し、そうしてその考えをより洗練されたものへと磨き上げていった1つの作品なのだ」

everyday thinking によって「科学」が生まれてきます。*the whole of science* は一時のもので、次の時代には新しい *a refinement* として生まれかわるのです。科学者の喜びも苦しみも *everyday thinking* の中にあります。ここで、*thinking* の内容には実験や観測をおこなって考えることを含みます。

「地下からのサイン」を追い求める研究も、多くの経験を積み、磨きに磨きをかけていけば、いつかは見事な作品に仕上がることでしょう。