

日本災害情報学会 5周年記念事業

防災シンポジウム 「樽前山の噴火と北海道太平洋岸の巨大地震・津波」

.....

1. 基調講演 「今後想定される火山噴火と地震」

北海道大学大学院理学研究科教授 岡田 弘



(1) 繰り返す地震と噴火に備えて

ただいまご紹介いただきました北海道大学の岡田です。今日は短い時間ですが、「今後予想される火山噴火と地震」というテーマで話をさせていただきます。「今後どうなるのか」、このことが本当にもう分かっていたら、もうちゃんと情報がでて、皆さんもテレビや新聞で知っているはずですから、本当はそう簡単に分かる話ではなくて、正直のところ大変難しい。ここでどう話したら良いか、

実は困っております。

今年は、関東大地震(M7.9)が起こってちょうど 80 周年ということになります。また、この苫小牧市にとっては、第 2 次十勝沖地震と呼ばれている 1968 年の地震から 35 年目になります。あの日は朝 10 時ちょっと前ぐらいに本震 (M7.9) が、また続けて最大余震 (M7.5) が夕方発生したため、このあたりでも大分強い震動を 2 回受けたわけです。

もう 35 年前のことですが、体験した方々は当時のことを今も鮮やかに覚えているでしょう。しかし周りを見渡してみると、もう社会の状況はがらりと変わっています。体験した方々が思っているほど周辺の方々はご存知でない、経験しなかったし、聞いたことさえない、そういう人たちがもう周囲にはたくさんいます。今はそういう時代になってしまっているということに気が付くはずで、例えば、市役所や消防署の中で職員の顔を見渡してください。世代がすっかり変わっています。もちろん町の様子も大きく変わっています。

2000 年有珠山噴火からもう 3 年半になります。有珠山では、過去の噴火の繰り返し間隔は、一番短くても 32 年間はありました。ところが、今回の噴火は 23 年ぶりの割合短い時間間隔で発生しました。この場合も、やはり地元の役場の中で職員を見わたしてみますと、職員の半分以上は、前回の噴火の時は子供だったので、詳しいことはほとんど知らなかった、そういう方々が社会の中核になっているわけです。

やはり自然災害に備えるためには、過去の災害情報を次回にどのように生かしていけばよいか、この防災情報が大変重要になってくるわけです。今回、日本災害情報学会発足 5 周年を記念して、この苫小牧市で防災シンポジウムを開かせていただきました。苫小牧市を始め、各方面の団体や個人の方々には大変お世話になりました。

(2) 北海道の地震活動

いろいろな自然災害が日本では発生します。地球の営みからみると、ユーラシア、北米、太平洋およびフィリピンの4つのプレートが互いに接している、地震や火山活動が活発なプレート境界に位置しています。もちろん一方では、そのおかげで実はいろいろな豊かな恵みも受けています。素晴らしい景色や温泉、山々・森林・肥沃な耕地がありますし、梅雨や台風、積雪が水資源をもたらします。

世界地図で火山の分布を見てみましょう。北海道の辺りは火山のマークがびっしり描かれていて、北海道が隠されてしまうほどです。地震活動も太平洋沖から日本海やオホーツク海側まで、地震のマークが密集しています。一方、地震や火山噴火がほとんど発生しない場所も世界にはあります。

ですから、この地球の上で皆さんが生きているこの日本・北海道は、地球上では、地震や火山の活動が特別に活発な場所なのです。従って、その大地とどうやって仲良くつき合い、より安心して暮らしていけるか、そのために災害情報をどう使っていくか、ということが大変重要になります。皆さんが生きている大地はどういう所か、そのことを是非一度考えておいていただきたいと思えます。

さて、北海道周辺の地震活動の様子を少し拡大して見ましょう。これは深さゼロから 10 kmまでの浅い地震の分布図です。奥尻島付近や、1952年や1968年十勝沖の震源域、更に根室半島沖、そういうところに地震が大変集中していることが分かります。これは1990年から2000年までのデータです。今度は地震の発生する深さを見てみましょう。だんだん深さを深くしながら地震分布を表示します。

これは深さが10 kmから20 kmの地震の分布です。更に深い地震の分布を見てみましょう。30 kmから40 km、40 kmから50 km、50 kmから60 km、次第に地震の集中する特徴的な形がきれいに見えてきます。太平洋の沖合いに沿って、帯状に分布している様子が見えていますね。しかも、深い地震になるほど帯状の地震分布が陸側に近づいているのがよく分かると思います。更に深い地震を見てみましょう。120 から160 km、160 から200 km、地震の数は少なくなってきますが、この位の深さの地震が発生する所は、ちょうど地表ではたくさんの活火山が位置する真下ぐらいの所にあたります。

いわゆる深発地震面というのがあります。プレートが潜り込んでいって、ある深さまで達するとプレートの上面でマグマが生産されて上昇してきます。そういう北海道のマグマが作られる場所も深発地震面上にあります。北海道付近では、それが大体深発地震が150 km程度で発生している場所にあたります。深発地震は、さらに200 km、400 kmと、日本海側では深さ500 kmを越える深さまで斜めに傾いた面上に分布しています。

(3) プレート潜り込みと地震メカニズム

北海道の周辺の地震分布を詳しく見ましょう。震源の深さの浅い地震を赤で示します。深さがだんだん深くなると色が変わっていますね。つまり太平洋側から北海道の下へ斜めにもぐり込むような面に沿って地震が分布しています。地震は、プレートの中やその境界で起こっているということが示されています。

今回発生した 2003 年十勝沖地震、それは 1952 年十勝沖地震 (M8.2) と非常によく似ております。北海道が乗っている陸側のプレートに、太平洋プレートがぶつかってその下へ潜り込んでいる。陸のプレートとの境界がくっついていると、陸側のプレートも引きずられて一緒に動いてしまうわけです。それがある歪み限界に達すると、この矢印で示されているように、上盤の陸側のプレートがずれて上に跳ね返ってしまいます。

海溝から斜めに潜り込んでいる角度は、非常に低い角度です。上盤が上に跳ね上がる断層のことを逆断層と呼びます。ですから、低角逆断層というメカニズム、そういう仕組みでプレート潜り込みの地震が起こっているということが分かります。1952 年と今回の十勝沖地震は同じところで発生した、そういう地震でした。

(4) 繰返される大地震

それ以外の種類の地震もあります。陸側プレートの中で発生する内陸直下型地震とか、もぐりこむプレートの中で発生する地震とか、プレート全体を割ってしまう地震とか、いろんな種類の地震があります。最近北海道周辺でどんな大地震が繰返されてきたか見てみます。これらの地震の分布図は、北大の笠原稔先生から提供いただいたものです。これは 1800 年代の地震活動です。もちろんこの時代は、古文書も少なく、なかなか詳しいことは分かりません。どんな津波や被害があったかなどから、大地震の履歴が大体復元されています。1800 年代中頃、あるいは後半、この 2 回にわたって北海道太平洋沿岸に沿った地域を埋めるように、地震が集中的に起こっているのが分かります。1900 年代に入り 1950 年ごろまでの期間になると、このあたりで地震活動は少なくなり、それに代わってその周辺部に地震が集中している様子がよく分かります。

今回の十勝沖地震と同じ場所で、1952 年に同じような大地震が発生しました。その地震から 1974 年頃にかけて、北海道の太平洋沿岸で次々に大地震が起こりました。1952 年十勝沖地震に続いて、1958 年エトロフ島沖地震 (M8.1)、1963 年ウルップ島沖地震 (M8.1)、続いて 1968 年第 2 次十勝沖地震 (M7.9)、1969 年北海道東方沖地震 (M7.8)、更に 1973 年根室半島沖地震 (M7.4)、こういう大地震が次々と太平洋沿岸で起こりました。

これ等の大地震の震源域は、互いに重なることなく、沿岸を帯状に隙間なくべたべた埋めてしまうような分布をみせています。つまり、この地域のプレート境界は、プレート同士がくっついていたのが、1952 年から 1973 年の間に次々とあちこちで少しずつ地震を起こしてずれて、その結果全体の地域が大きく 1 回ずれたことになります。

ずれてしまったところでは、歪が解消されてしまうため、大地震の活動はしばらく休みに入るのだろうと考えられていました。再びこの同じ地域で歪が蓄積され、次にプレートが大きくずれ始め

るのはいつ頃になるだろうかと、いうことを科学者達は注目していました。

(5)大地震の中・長期予測

この図は、私の恩師に当たる宇津徳治先生が、1970年の論文に発表された地震の予測図にあたるものです。1952年十勝沖地震の発生に続いて太平洋沿岸の大地震は、1958年、1963年、1968年、1969年と続きます。この結果、当時はこの根室沖のブロックだけ大地震が発生していない状態でした。地震空白域と呼ばれる現象です。

実はこの論文発表から3年後に、まさにこの地震空白域で1973年根室半島沖地震が発生します。つまり、北海道の太平洋沿岸で大地震が20年程度の短い期間に次々と集中的に起こり、それらの震源域は互いに重なることなく、プレート境界に沿って隙間なく並んでしまうのです。この地域の太平洋プレートが大きく日本の下へもぐり込み、これら一連の破壊を引き起こしたと考えられています。

では、その一回前はようになっていたか、それも調べられています。1952年十勝沖地震の前34年間は、そのブロックで大きな地震はありませんでした。しかし、その前の25年間には大地震が連発したようです。さらにその前の37年間に大地震はほとんどなく、その前の20年ぐらいの期間にはバタバタと大地震が続発したらしい。どうもこの地域は過去に、そういうことを繰り返してきた特徴があるようだ。過去の地震活動の履歴からそういうことが分かっています。

ですから、今後どういう地震がこの地域で想定されるかについて、国の方でも検討していました。2003年初めに発表されたものですが、政府の地震調査委員会は、今後十勝沖や根室沖で想定される大地震の発生確率を、数値的に評価しました。その報告によりますと、今回十勝沖地震が発生した場所では、2003年の初めから今後10年以内に大地震が発生する確率は10から20%、しかし30年以内だったら60%に跳ね上がるとされていました。

ですから一般的にいうと、どうも大地震まではまだもうちょっと時間がありそうだなと思ってしまいそうでした。まさにそういう注目の地点で、今回の十勝沖地震が起こってしまった。つまり今回の十勝沖地震は、ちょっと予想よりも早目にやって来ただけということになります。

最近この早目というのがはやっています、有珠山噴火も、過去最短だった32年の活動休止期に比べて早すぎる23年間休んだだけで噴火が発生しています。幸い、それなりにうまく対応することができたわけです。科学者達は、少数例の統計だけに頼らず、安全係数を考え確率は低いですが20世紀中に有珠山噴火があってもおかしくない、噴火の5年前に行政への報告書で指摘していました。2000年噴火は、20世紀の最後の年に発生しました。予測の範囲内だったことになります。

今回の十勝沖地震で、いろいろな災害は確かに起こりましたが、マグニチュード8クラスであの程度の軽微な災害に留まったのは実に幸運でした。盛り土や埋め立て地の被害は実は深刻でした。しかしながら、本州などと違い、まだ都市化がそこまで進んでいませんでした。もちろん死傷者もでましたし、地域によっては大変な被災を受けました。

十勝沖大地震が今後30年以内で60%の発生確率というのは、かなり急速に大地震発生に近づいていると認識しておく必要があったわけです。この確率を他の地域の大地震発生確率と比べてみま

すと、今後 30 年以内では、十勝沖は確かに高かったのです。中央で対策が進んでいる東南海地震とか、南海地震よりも大地震が切羽詰っていた。そういう高い確率で大地震を繰り返し、活発にプレートがもぐり込んでいる、そういう場所が北海道の太平洋沿岸です。

(6) 昔 10 m の津波が繰り返した

それから、最近明らかにされてきたもう一つの重要な事実は、実は一つの大地震を引き起こすそれぞれのブロック、先ほど A、B、C、D と図で示しましたが、隣り合わせた二つ分の大地震のブロックが、くっついたまま一緒にずれてしまう、そういうことも場合によってはあるのではないかということです。その発生確率はそれほど高くないが、少なくとも 400 年程度前にはそういう巨大地震がどうもあったらしい。そういう新しい観察事実が明らかになっています。

津波堆積物の調査から分かったわけです。これは北海道の道東の太平洋沿岸、十勝沿岸で、400 年から 600 年ぐらいの時間間隔で、いままで考えていたより格段に大きい巨大津波が繰り返し発生していたらしい。こういうことが過去 2,500 年程の間で少なくとも 5 回繰り返し、いずれも 10m を超える高さの津波をもたらしたことが、標高の高い地点に残されている津波堆積物の調査から確認されているわけです。

主に海岸の砂が打ち上げられて残っています。その砂の層を挟んだ黒土の間に、駒ヶ岳や樽前山の年代の分かっている広域火山灰層が見つかるので、文献による記述がなくても古い時代まで大津波の歴史を推定できるのです。ですから、過去どんなことが起こっていたかが、かなり詳しく解明されてきました。

こういう巨大な津波を引き起こすには、先ほどの A、B、C、D というような一つのブロックだけが大地震を起こしてずれるだけではどうも足りない。隣り合った二つ分の大地震のブロックが同時に引きずられて滑ってしまう、そういう可能性があると考えられるのです。そういう規模の大きな現象は、確かに確率的には低いことですが、道東地方でどうも過去に繰り返した証拠がでてきたわけです。世界を見渡すと、似たような例は 1960 年チリ地震 (M9.5) でしょう。ブロックが幾つか連動して動く結果、予想以上の津波を引き起こす、そういうこともありうるわけです。

(7) 津波の波高調査

さて、今回の津波について、北大の谷岡勇一郎先生から現地調査などの映像をお借りしてきました。これは津波で水位が上がっている映像です。津波調査ではどんなことを調べるかというと、海岸のどの高さまで浮遊物が打ち上げられているか、草が陸側に押し倒されたりしている範囲はどこまでか、海水面の上昇で水につかった浸水マークがどの高さで観察できるか、それらの高さを計ります。もちろん潮の満ち引きを補正します。例えばこの場合は、建物の壁に残されている浸水マークから、津波はこの高さまで達したことが分かります。

大学や研究機関、気象台等の協力によって調査された結果を示します。ここで赤い印は、1952 年十勝沖地震の津波がどの高さまできたかを比較のために示したものです。黒印が今年の 2003 年十勝沖地震のデータです。この図を見ますと、広尾町から襟裳岬にかけてのところは結構高い津波が

発生している。先ほど開会前にこの会場で紹介されていた津波シミュレーションの動画映像でも、襟裳岬の東側あたりで津波が大きくなる様子が上映されていました。

この地震を引き起こした地震断層の範囲が四角形で示されています。大地震の震源域では、こういう断層が滑ったと考えるわけです。この方向に、これだけの量だけ断層がすべると、海岸での津波の高さ分布は図で示された曲線のような分布になります。この様に、大地震の断層運動のモデルを与えて津波のシミュレーションが計算できます。

(8)世界の津波災害

世界の津波の中には非常に大きなものがあります。ハワイ島のヒロ市に津波博物館があります。今年初めて行ってみました。小規模ですが充実した展示が魅力的です。皆さんも旅行の際には是非足を運んでください。ヒロ市は、津波がこんなにも頻繁に襲って来るのだなど、驚いてしまいました。大被害を与えた津波の中には、外国で発生した大地震による津波もあります。

今は、そういう海外の大地震による地震津波は、国際協力で事前に警報を出せるようになっていますが、日本でも1960年チリ地震による津波の際には、142人が犠牲になっています。実は津波来襲の前日、チリ地震が発生した時、地震計はチリで大きな地震があったことを示しており、地震の情報も分かっていました。

しかしながら、太平洋を一日かかって伝わってきた津波に対して、津波警報が出なかったため、不意の津波で大被害を受けたわけです。地震波に比べて津波の速度は遅いため日本に到達するのは一日後になります。北海道でも、道東の太平洋沿岸を中心に大きな被害を受けました。

この写真は、良く引用されているものです。1946年アリューシャン大地震（M7.4、地震動に比べ津波エネルギーが特に大きな津波地震）による津波で、非常に高い津波が襲った事例です。アラスカのユニマック島の約30mの高台にあったスコッチキャップ灯台まで津波が襲い、全てを破壊し尽くしてしまった様子が分かります。世界では、こういう信じられないほど大きな津波も知られています。このアリューシャン大地震でも、津波はハワイまで押し寄せ大被害を与えました。沿岸に波が大きいうねって押し寄せている中を、みんなが通りを必死で逃げています。港ではのみ込まれる寸前の一人の姿が写真に写っていますが、この方はこの直後に行方不明になってしまいます。こういう津波は、大変危険なものです。

(9)2003年十勝沖地震の津波対応

今回の十勝沖地震では、サケ釣りに行っていた2人の方が行方不明になりました。北海道の方達は良く知っていることですが、この季節は北海道の海岸には、すき間がないほどサケ釣りの人達が並んでいます。ですから、私が地震の際に感じたのは、サケ釣りの犠牲者は本当に2人だけで済んだのかという驚きでした。サケ釣りの皆さんは、やはり津波が怖い、危ないということですぐ避難行動をとった。そういうことがあったのも事実ではないかと思えます。もちろん、津波があと1～2m高かったら、幸運には恵まれなかったでしょう。

また一方では、テレビで報道されていたように、やはり船が心配な漁師の方達が海岸へ下りて行

ったり、あるいは危険な河口の橋までわざわざ津波の様子を見に行ったり、あるいは津波危険域で交通規制が行なわれるまでに大分時間がかかってしまった事実もあります。地元自治体による避難対応にも差がありすぎたようです。結果としてこの程度の津波だったから、そんな甘い対応でも済んでしまったのかなという面もあります。こういう点をきちんと見ておく必要があると思います。

(10) 余震と地殻変動

今回の十勝沖地震の余震が赤い印で示されています。本震が発生した9月26日から10月3日までの余震の分布です。余震が集中しているところが大地震で動いた断層面です。その断層面上でも歪みは一樣ではなく、歪が残っていたり、ずれたために新たに生ずる歪があり、そこで破壊が続きます。これが余震です。青い印は、十勝沖地震の直前までの期間、8月1日から9月26日までに、この地域で発生していた地震分布です。マグニチュード2とか3の小さな地震です。少し大きめの地震もあります。

1952年十勝沖地震の余震分布と比べると、実は今回の地震に比べて前回の地震では、余震分布が東の方まで広がっているように見えます。1952年の断層は東側まで引き連れて滑ってしまったようだが、今回はどうも東側までのびていない様です。ですから、東側の釧路沖に滑り残しの部分があるかどうかという議論もされています。

最近、地震の研究では、GPS測量という新しい監視技術が非常に重要になっています。日本列島が、GPS観測点でほぼカバーされ、一定期間のデータにより背景的変動が把握できるようになってから、初めて迎えた最初のマグニチュード8クラスの大地震が、十勝沖地震でした。現在わかっているのは、M8クラスの大地震の前後における陸域の面的な変動ベクトルの変化が、見えるようになった初めての大地震だったことです。

では何が分ったかということになります。国土地理院によるGPS測量の結果を見てみましょう。1998年から1999年の2年間にどんな変動があったかを青印が示しています。こういうデータを説明するためには、十勝沖で太平洋のプレートと陸側のプレートがこういう断層でくっつきあったまま押されていると仮定すると説明できます。つまり、海のプレートと陸のプレートがくっつき合っていた、それが大地震で外れた、と考えられます。

残念ながらまだ、大地震に先立ち、直前の前兆変動が観測できたという段階にはまだなっていません。逆に、北大のえりも地殻変動観測点の精密ひずみ計等の長年のデータでみても、直前の前兆変動は観測されておらず、直前予知は従来の考えていた以上に困難なことが分かりました。もちろん、これからもう少し厳密な検討や議論がなされていくはずですが。

(11) 2003年十勝沖地震のまとめ

少しまとめてみますと、(1) 2003年十勝沖地震は、太平洋沿岸のマグニチュード8クラスの大地震が想定よりもかなり早目に発生した。(2) 人的、物的被害がこの規模の地震にしては軽微だった。(3) 1952年から1973年の期間に大地震が隣接地域で続発した過去の例のような現象がこれから発生することになるのかどうか、そういう点を今後きちんと見きわめていく、こういうことが

非常に重要になっていると思います。

(12) 樽前山の火山活動

さて、樽前山の噴火の話に移りたいと思います。これはある雑誌に紹介されている記事です。「カウントダウンに入った樽前山大噴火」という見出しが踊っています。皆さんの中の何人かの人たちは、きつこういふ話は 1977 年有珠山噴火の頃にもあったよと、思い出されているのではないかと思います。当時は 70 年周期、今は 90 年周期と言っているが、本当に分かって言っているか怪しそうだ。全然わかっていないんじゃないか。いつもこんな記事が出ているが、樽前山は全然噴火していないんじゃないか、と思われる方もおられるかと思えます。「有珠山との不気味な連動」といういかにも噴火しそうな見出しが躍ることもあります。

さて、観測データで樽前山の活動を見てみましょう。気象台が高感度の地震監視を始めたのが 1967 年でした。樽前山の北東にある山小屋の近くに、太陽電池を使った画期的な観測点を設置して以来、監視データが 33 年間分蓄積されています。ですから、そのデータで見てこの 33 年間に大体どういうことが起こってきたのかが分かるわけです。

観測を始めた頃は、火山性地震活動の活動レベルは低かったのですが、次第に増加傾向が見えるようになり、1978 年から 1981 年にかけて、地震活動がピークを迎えるたびに実は小噴火をしました。ちょうど 1977 年有珠山噴火から 4 年ぐらいの期間です。地震活動の高まりと対応してバタバタと 3 回にわたってごく小規模な火山灰噴火がありました。その後 10 年ぐらい、実は地震活動は非常に静かになっていたわけです。

ところが、1990 年中頃から少し回復傾向が見えるようになり、群発地震も発生しています。しかし、噴火は発生していません。1999 年の 5 月と 7 月に群発地震が発生し、臨時火山情報が出るなど一時緊迫しました。その後は、地震活動は増減を繰り返しながらも比較的活発なレベルにあり、熱活動は活発な状態にあります。2000 年有珠山噴火の最初の予測情報が深夜に流れた時には、「有珠山じゃなくて樽前山の誤りじゃないの？」と聞き返した人もいたほど、樽前山の噴火が懸念されていました。ところが実際は、有珠山が噴火したわけです。

1978 年から 1980 年の 3 回の小噴火についてみると、小噴火に関係して微小な火山性地震が増加する傾向が認められます。3 回の噴火に共通した地震増加のパターンはみられません。また、有珠山のように明快に有感地震が起こるわけでもありません。地割れや断層が前兆となる可能性もほとんどありません。しかしながら、最近強化された気象台の監視観測の技術レベルでも、この程度の小さな噴火でもある程度の変化を見逃さないようになってきたのではないかと思います。

(13) 溶岩ドームの熱活動

樽前山の山頂ドームの写真です。この溶岩ドームは 1909 年（明治 42 年）に生成されました。溶岩ドームは、悪天で山が見えなかった一昼夜程度のごく短い期間に急速に成長したと言われていいます。この溶岩ドームが、今後どういうふうに変化してどんな活動をしていくか、ということも大事です。なぜならば、樽前山の麓に被害を及ぼす中規模以上の噴火は、山頂火口を塞いでいるこの溶

岩ドームを破壊せずに進む可能性はきわめて低いと考えられているからです。

溶岩ドームとその周辺の最近の変化を見てみましょう。ドームの一部で落石や崩壊などのいろいろな変化があります。しかし、一番大きな変化を示しているのが、この A 火口と呼んでいるところです。ここでは 1999 年ぐらいから温度が高くて、500℃から高い時は 700℃を超えることもあります。なぜ噴火もしていないのにこんなに高い温度が地表で観測できるのか、溶岩ドームの他の噴気孔などではほとんど熱くなっていないのに、どうしてここだけが熱くなるのかということは、火山学会でも議論したのですが、実は余りよく仕組みは分かりません。

細いパイプを長い距離伝わって、高温の火山ガスが火口まで輸送されてくると、冷却が進んでしまうはずだ、と一般的には考えられますが、なぜこれだけ高温の火山ガスが、A 火口と、もう一ヶ所の B 噴気域の、2 カ所だけに供給し続けることができるのか、というメカニズムはまだ謎を秘めたままです。

溶岩ドームの頂部に位置している E 火口でも、1999 年 1 月から噴気再開などの熱現象の変化が見られるようになっていますが、幸い最近は大きな変化はありません。气象台によると、B 噴気域では、最近 3 回にわたって硫黄が燃えるとか、そういう赤熱現象が遠望カメラで観測されています。今後とも、火口域や溶岩ドームの熱的活発化には、注意を払う必要があります。

(14) ドーム破壊で始る樽前山の次期噴火

さて、次の樽前山噴火はどのような形で起こるかということ、有珠山と違いまして、山頂火口以外の地点で噴火が発生する可能性は、よほど特殊なことが起こらない限りまずありません。したがって、噴火地点は山頂になります。山頂噴火で何が起こるかということ、やはり中央火口を塞いでいる溶岩ドームを壊さなければ大きな噴火はできない、これが非常にはっきりした現実です。

ですから、溶岩ドームのごく一部を壊すに留まるのか、既存の幾つかの火口を使うだけの小規模なものなのか、新たに溶岩ドームの一部を壊すのか、壊すとしたら A 火口のようなドームの裾野周辺部か、或いは E 火口のようなドーム中心部を壊すのか、あるいは溶岩ドーム全体を壊して大きな火口からの大噴火になるか、というようにいくつもの可能性があります。

E 火口は長い間噴気が途絶えていましたが、1999 年 1 月から噴気を上げ始めたため、噴火の懸念が一時強まりましたが、幸い最近は熱活動がやや衰えています。ドームをどういうふうに壊してくるか、注目点になっています。

(15) 火山の流動現象は特に危険

さて、火山災害について簡単に話します。火山災害にはいろいろな種類があります。樽前山で特に重要になるのは、非常に簡単にまとめますと、高温の土砂災害および低温の土砂災害になります。高温の土砂災害の中で一番怖いのは、やはり火砕流でして、その先端部に火砕サージ（熱風）が伴いません。これらはハザードマップに示されています。しかし言葉は難しすぎます。私は、学生に教える時には、高温で高速で高破壊力、K から始まる言葉だから 3K、こうすると忘れないで覚えてもらえます。むずかしい言葉はどうしてもすぐ忘れてしまいます。

火砕流とは何かと学生達に書かせると、どうしても雲仙岳の影響が強く見られます。斜面を溶岩ドームが崩れてなだれ落ちるのが火砕流だと記述します。ところが、それとは全く違うタイプの火砕流が樽前山とか駒ヶ岳では問題になります。この火砕流は、軽石流タイプです。その特性は、やはり高温・高速・高破壊力ですが、溶岩ドームが成長してから崩れ始めて発生するわけではありません。火砕流には発生してから身を守る対策はありません。事前に直撃を避けておくことだけが可能です。

もう一つの災害要因、低温の土砂災害は、火山泥流・土石流・崩壊になります。この災害は、地形依存性が非常に強いので、詳しいシミュレーションなどで危険域の高精度の予測も可能ですし、事前の対策ももちろん有効です。発生してからの短い時間を有効に使って1秒でも早く、1mでも高く、安全な場所に避難できれば、直撃を避けることができます。以上二つの災害要因が、非常に重要です。

更に、非常に稀にしか発生しないが、いったん発生すると大災害になる、もう一つの火山災害もあります。火山性津波です。非常に大きな火山災害になる以上の3種類の災害要因には、共通した特徴があります。それは流れてそこまで達するという事です。なぜ流れ現象が大変かというと、例えば噴石が飛び死傷者がでるといような災害の場合は、火口からの距離は限られてしまいます。活発化した火口に非常に多くの人々が近づくこともありません。

ところが、流れの現象は、ちょっと規模が大きくなると、かなり遠いところまで、ここまで離れていれば大丈夫だろうという、そういうところ、そこに市街地が開けていることが多いのです。そのために多数の住民が被災してしまうこととなります。確かに山が静かなときは恵みを使える場所ですが、火山が兆候を出し始めるとリスクが急激に高くなります。

(16)想定される軽石流型の火砕流

例えば、駒ヶ岳の昭和4年の噴火、この軽石噴火は今後樽前山で想定されている軽石噴火に非常によく似ているモデルだと思います。まず小噴火から始まりました。この段階で、樽前山では溶岩ドームが破壊されます。次に軽石噴火の段階に入り、噴煙柱が垂直に立ってきます。垂直噴煙期と呼ばれます。こういう噴煙を見たら、これはマグマ性の軽石噴火であると判断して、緊急対策を即時実行してください。助かるかどうかの最後のチャンスになります。

マグマが火山ガスでちょうどポップコーンのように爆発してできた「マグマの泡」が軽石の実態です。そういう噴火は非常に危険なのです。何故かというと、垂直噴火期に続いて噴煙の根元から襟巻き状の噴煙が四方八方へ押し出してくる火砕流発生期が開始する可能性が高いからです。スプリエール型火砕流と呼ばれる大変危険な火砕流です。平地でも抵抗がないためかえって勢い良く広がっていきます。斜面である必要はありません。海とか湖水があっても、その上を高速で走ります。

実はこれが普通の火砕流現象です。日本国民は雲仙岳噴火以後、火砕流という言葉を経験して世界中で一番よく知っている国民になりましたが、一方では大変誤解していることが非常に心配されます。一般的な火砕流の姿は、この樽前山とか駒ヶ岳とか、あるいは浅間山とか桜島とか、こういう火山で発生する爆発的な軽石噴火、その時に垂直噴煙が崩れて周辺あらゆる方向に押し出してくる、非常に

危険な火砕流であるということになります。

(17) 危険だった 1977 年有珠山噴火対応

さて、25 年前の 1977 年有珠山噴火です。8 月 7 日に噴火が始りました。この時、洞爺湖温泉町の人たちはどんな対応をしたかをよく物語っている映像が残されています。これだけでもくもくと軽石噴火で垂直噴煙が上がっている。これは見ただけで軽石噴火とわかります。この噴煙が 12,000m の上空まで上がっていきます。洞爺湖温泉は風上ですので、火山灰は降りませんでした。白い噴煙が絶壁を向けて、もう首が痛くなるほど上を見ないと青空が見えないほど、そういう絶壁の下に沢山の住民や観光客がいました。観測で駆けつけた私もその 1 人でした。

道路の中央に車を止めて噴煙を見ているカップルがいます。お店のご主人も通りに出てきて噴煙を眺めています。ホテルからもお客さんや従業員達が通りへ出てきて見とれています。つまり、危険だから避難しようなどという気持ちは全くなかったのです。つまり、知らなければこういう対応になってしまうのです。

こういうことをただ繰り返していると、この垂直型噴火の次に出てくる可能性の強い火砕流本体に巻き込まれてしまいます。火砕流が出始めてから逃げて間にも合わないということになります。

有珠山の周辺の住民や行政は、その後少しづつ過去の危険だった自らの行動を振り返って、いざという時の安全を勝ち取る行動の重要性を認識していきました。そういう情報を、地元の自治体、住民、マスメディアが共有できたために、2000 年有珠山噴火では、事前避難による死傷者なしの成果を勝ち取るようになったわけです。

(18) 離れていても危険な火砕サージ

火砕流とか火砕サージというのは、難しい言葉です。どういう災害をもたらすかごく簡単に説明すると、例えば弱い火砕サージ、皆さんハザードマップ見ると、火砕流危険域の外側に火砕サージの線が描いてあります。その想定規模で噴火が起こった場合そのあたりでも、あるいは線からちょっとはみ出すこともあるかも知れませんが、そこで期待される被害は、最悪はこういう映像で示されたような状態になります。

これは、雲仙岳の火砕サージの犠牲になった犬の映像です。マグマに比べ縁辺部の弱い火砕サージの温度はそう高くないのですが、それでも腹部のあたりをちょっと火傷しています。手足や首はちゃんと付いていますし、大火傷の跡も見られません。しかし、火砕サージの横殴り噴煙を一呼吸吸ってしまっただけで、コロリと一発で死んでしまう。火砕サージは、そういう非常に危険な現象だということが分ります。

火山灰が死体を薄っすらと覆っている程度ですから、火山灰で埋まってしまうほどではなかったのです。本格的な火砕流の犠牲者の映像は、ここではお見せできませんが、手足や首がもがれたり、大火傷に留まらずむき出した骨が炭化したり、実に悲惨な有様となります。

今から約 2,000 年前にイタリアのポンペイの町を丸ごと埋めた大災害がありました。火砕サージの被害を受け漆喰で固めた人型が展示されています。この人たちは約 20m の火山灰の下から掘り出

されたわけですが、多量の火山灰に埋まって死んだわけではありません。先ほどの犬と同じように、火砕サージでバタリと死んで倒れた後、しばらくたってからの多量の火山灰で埋められわけです。

このような映像は、言葉でいろいろ学ぶこととはやはり違った印象を人々に与えます。ハザードマップに描かれている火砕サージが到達する可能性が高い地域は、どれほど危険になると考えられているか、このような映像や様々な減災ツールの助けがどうしても必要だと思います。

(19)ハザードマップ・・明暗の分岐点は活用

さて樽前山では国土庁が試作版として整備したハザードマップがまず 1992 年に作られました。それから 1994 年には、地元の自治体によるハザードマップが、整備されました。有珠山も遅れまいと頑張っ、翌年秋にハザードマップを準備して、2000 年噴火までの 5 年間に有効に活用していたわけです。

世の中には適切なハザードマップがあったのに災害を防げなかった、そういう失敗例もあります。それはネバド・デル・ルイス山という南米のコロンビアの火山です。1985 年に噴火をしました。噴火の前にこのようなハザードマップが完成し地元行政にも配布されていました。

山頂で中規模な火砕流噴火が発生した時、山頂部を覆っていた氷河が溶けだし、泥流となって峡谷を流れだし、山頂から 50 km、これは高いアンデス山脈ですから、ふもとまで 50 km の地まで 2 時間かけて流れてきました。そしてその扇状地にあるアルメロ市を襲い埋めてしまい、23000 人が犠牲になりました。20 世紀 2 番目の火山災害です。

噴火の際はことによったらそういう災害が発生する可能性が高い、ということが事前に配られた災害予測図に示されていたのです。しかし、その時どうするかという監視・情報・緊急避難計画がすっぽり抜けていたため、実際はハザードマップの予測通りに災害が発生し、マップは紙くず同然の役割しか果たせませんでした。

ですから、ハザードマップが準備されているということ自体が大事なのではなくて、それを使って、山が静かなうちに、では何をしておくか、いざという時の前に何ができるのかと、いうことが非常に重要になるわけです。つまり噴火と泥流の監視を行い、監視した情報を間に合うようにすぐ使えるようにしておく。情報が届いたら、住民が自らの力で行動できるだけの知識を持っている、こういう全体の仕組みが非常に大事だったわけです。その時になってからでは間に合いません。

幸い、有珠山ではこれがかなりうまくいきました。2000 年有珠山噴火が発生したとき、私は有珠山の現地対策本部にいました。1977 年噴火の際洞爺湖温泉では、住民のかなりの方々が避難を拒み、ホテルや土産物屋などを守るため町に残られました。そのことをよく知っておりましたから、きっと皆さんは前と同様に避難しなかつたららうかと心配でした。

ところが、ふたをあけてみると、全住民が事前に避難されていた。どうも 1977 年有珠山噴火の際とは全然違う住民行動がなされたということが分ったのです。ですから、我々期待していた以上の行動をとることができる、そういう知識を既に住民の人たちが持っており、行動できたということになります。

ネバド・デル・ルイス山の悲劇で、世界の火山学者は、自分達が自然現象を理解しただけでは減

災は達成できないことを学びました。日本では 1988 年鹿児島国際火山会議、続いて壮瞥町が中心になって 1995 年昭和火山生成 50 周年国際火山ワークショップが有珠山の麓で開催されています。このような国際会議はその後、イタリア 1998 年、ニュージーランド 2000 年、ハワイ 2003 年と国際的にも行われるようになりました。

これらの会議は、「火山会議」となっており、「火山学会議」ではありません。「学」が入っていないのです。これはなぜかという、住民、マスメディア、行政と専門家が一同に会して、災害を減らすことを共同で考え、実行しようという新しい世界の潮流を目指しているからです。

こういう減災を達成するための動きがネバド・デル・ルイス山の大災害が契機になって始まったのです。これは、災害心理学でいうところのヒヤリハット効果といいますね。人の危ない有様を見ているとヒヤリとするのです。自分のことはさておき、人を見ているとよく分るのです。

1977 年有珠山噴火で駒ヶ岳が、1985 年ルイス山噴火で十勝岳が、1991 年雲仙岳噴火で有珠山が、そして 2000 年有珠山噴火で富士山が、それぞれハザードマップ作成に踏み切っていった最近四半世紀の歴史にも、ヒヤリハット効果がにじみ出ています。

(20) 噴火災害の軽減例

火山噴火と減災の歴史を簡単に見てみましょう。実はあまり知られていませんが、火山噴火では、最近になってかなり災害を軽減できるようになっています。例えば、インドネシアの 1983 年チョロ火山の噴火では、7,000 人の全島民は火砕流が全島を覆う前に避難を済ませており、最後まで留まっていた軍隊や観測所員たちが、最初の火砕流の噴煙を背に必死で逃げている映像が残っていません。

だれも死ななかつた。死なないとニュースになりませんから、こういうすばらしい成功例があるということは誰も知らないのです。「避難したけれども何もなかつたじゃないか」ということばかり知っていると、避難したくなくなりますね。ですけれども、やはり避難ということがあれば、こういう成功例になることがあるのだということを一方ではきちんと知っておく、そういうことは大変大事だと思います。

こういう減災の成功例は少なくありません。例えば、これはやはりインドネシアのマキアン島キイベシ火山です。13,000 人の全住民が小噴火が始まるや否や避難し終わってから、全島が火砕流に覆われました。だれもやはり死ななかつた。こういう減災成果が着々と出始めた。これが 20 世紀始めに火山学が生まれて、20 世紀の最後の 4 半世紀になってようやく得られ始めた大きな成果だと思います。

(21) 樽前山の三つの噴火シナリオ

樽前山では将来の噴火については 3 つのストーリーが考えられています。(1)一つは山頂部分だけしか被害が起こらない。つまり登山禁止だけをしておけばよろしい程度の小噴火。例えば 2000 年有珠山噴火規模の噴火が山頂で発生した場合は、これに近い事例であり、ふもとの対策は強雨時の泥流への備えなどに気をつければいいのです。(2)それから、やや中規模噴火になってきますと

火砕流が出てきます。火砕流本体は、大体山麓で止まりますが、北側は風不死岳の両側を回って支笏湖へ流れ込む可能性があります。泥流への警戒もますます重要です。(3)噴火規模が更に大きくなって本格的な火砕流噴火になりますと、火砕流も人家近くまで達し、火砕サージは海岸まで達してしまうと想定されています。火山灰や軽石も厚く堆積します。

こういう 3 つの噴火シナリオのもとで、そのうちの何が起こるかということを観測で見極めて、それに対応したきちんとした情報が必要になります。麓が危ない、その時には緊急火山情報を警報としてきちんと使えるように、事前からシナリオ型危機管理の仕組みを検討し、情報公開により行政・住民・マスメディアが共同で行動できるような仕組みを是非実現したいと思っています。

火山灰も過去 2 回の大噴火のように降ると、市街地で 1m を超える可能性があります。しかし、火山灰、軽石がそれ自体で人命を脅かすことはまずありません。大きな課題は、大量の軽石が降った場合には屋根がつぶれますので、その対策をきちんととるということです。特に、降雨時には火山灰は重くなり被害が拡大します。また、大量に火山灰や軽石が降りそうな噴火の時には、やはり一時的な避難もやはり必要になるかと思えます。災害弱者への配慮も欠かせません。

現在、苫小牧市この樽前山火山防災会議協議会が中心になりまして、シナリオ型対策が進められております。我々研究者も、こういうシナリオ型対策を支援できるように噴火予測と減災での基礎研究を進めていきたいと思っています。住民の皆様も、その時になってからでは間に合いません。その時どうするか、山が静かなうちに火山や地球の営みについての理解を深めておいていただきたいと思えます。

小噴火から始まり、垂直噴火になり、その後本格的な火砕流が出てくる、これが樽前山で将来期待される一般的な大噴火です。同様の噴火形態は、駒ヶ岳の他に、1600 年代のベスビオ山噴火でも、やはり小噴火から始まって垂直噴火になって火砕流が出てきたことがわかっています。時間的余裕はそれほどありません。そのときどうすれば良いか、事前からの対策次第になります。

(22) 噴火開始時の危機管理・有珠山の例

2000 年有珠山噴火が開始したとき、現地対策本部でどんなことがあったかについて、次に簡単にご紹介します。現地対策本部では、役場職員、道庁や開発局、政府の危機管理官、専門家などがハザードマップを広げた机を囲み、危機管理に当たりました。噴火地点はどこか、どういう噴火でこれからどうなるか、火砕流の心配はどうか、どこまで危険か、噴火が起こった時にどういう対応をしなければいけないかを示す一つの参考資料になっています。

大量の住民をどうやって避難させるかということでは、JR の救援列車作戦が行われました。開発局の防災ヘリの映像が現地対策本部に中継されていたので、それを参考に迅速に判断していくことができました。今日のシンポジウムには、当日の危機対策に同席しておられた開発局の中村さんも見えておられます。国の対策本部長の増田さんと堀北海道知事が現地対策本部からテレビ電話で内閣に迅速に報告を入れる、こういうことが行なわれました。すごいことができる時代になったんだなーと思いました。

火砕流が発生したか？これからどうなるのか？という判断が重要でした。対策室では、宇井先生、

勝井先生と一緒に、これらの解説をしました。それに続き、報道の人たちあるいは他の行政の人たちに、伊達市議会場で記者レクが行なわれました。中継映像などを根拠に火砕流は発生しなかったこと、この程度の噴火に留まる限りとりあえず火砕流の心配は切迫していないこと、過去の事例から噴火地点を変えて噴火が続く恐れが強いことなどを伝えました。今後も、この際の詳しいいきさつなどについて、実態を解析するための時系列表を作成したり、今後の危機管理の参考基礎資料をまとめておきたいと思っています。

(23) 更なる減災に向けて

さて、最後に、どうやって来るべき噴火に備えるかということです。これはイタリアのベスビオ山でどう取り組んでいるか、減災マニュアルを紹介します。始めに漫画が書いてあります。ハザードマップがあるので、正しい情報と必要な避難行動によって、次の大噴火の際は安全な距離で噴火の成り行きを見守ることになるでしょうと、こういうハッピーエンドで漫画の最後のページが終わっています。

やはりその時被災当事者になるかもしれない住民たち、この人たちをきちんと支えるための行政、科学者、マスメディア、こういう住民を支援できる3本柱のベースをきちんと作っておくことが重要です。住民の単なる自己責任に終わらせることなく、近代的な支援協力対策を減災文化として育成しておいていただきたいと思っています。

また、次のジェネレーション、お見かけしたところ会場はかなり年配の方が多いかと思います。是非戻られたら皆さんたちから、若い人たち、子供たちに伝えていただきたいと思います。地元では苫小牧市立青少年科学館や開発局が中心になって、子供たちに関するいろいろなイベントが組み立てられています。火山灰や軽石をフィールドで見学したり、山麓の川や森や生き物達について学んだり、泥流対策の砂防ダムを見学したり、こういう実体験に参加してもらうことが大変重要だと思います。自然から学び自然と仲良く付き合うことが基本になるでしょう。市立博物館にも興味深い火山資料が揃っています。

これで今日の話は終わりです。最後に、1631年のベスビオス山噴火時に、噴火の1月後に大理石を刻んだ石碑を紹介します。彼は、非常に悔しかったのです。自分と一緒に早期に避難してくれれば助かったはずでした。にもかかわらず、彼らは家と財産にこだわったために逃げ遅れて死んでしまった。1カ月後に大理石を刻んでまで、そういうメッセージを将来に残したいと思った、そういう文化がヨーロッパにあったわけです。心に受け止めたいメッセージです。ちょっと予定時間をオーバーしました。余りまとまりませんでした。以上で終わらせていただきます。

(この項は、講演後に講演者により原稿に一部追加・改定がなされています)