

放射線のおはなし



能登半島地震
ドローンによる捜索活動

出典：令和6年1月7日防衛省
「令和6年能登半島地震に係る災害派遣について」より
https://www.mod.go.jp/js/pdf/2024/p20240107_01.pdf

地震と放射線

東北放射線科学センター 理事 石井慶造氏

令和6年能登半島地震によって亡くなられた方々に謹んでお悔やみ申し上げますとともに、被災された方々には心からお見舞い申し上げます。一刻も早く復旧および復興が進むことを願っております。

予測できなかった能登半島地震

2024年1月1日、能登半島では多くの人々が新年をご家族と祝うために故郷に戻り、団らんの時を過ごしていたかと思えます。その矢先、能登半島沖を震源としたマグニチュード(以下M)7.6、最大震度7の「令和6年能登半島地震」が起こりました。この地震で石川県では238人の方が亡くなり、住宅被害

は2万6541棟となっております。さらに、約1万4700人の方が避難生活を強いられています(2024年1月31日現在)。^{※1}

能登半島の最近の大きな地震としては、2007年3月25日9時41分にM6.9、震度6強の「平成19年能登半島地震」が起こっています。このときは、今回ほど被害は大きくなかったようです。能登半島では今までM7以下の地震がかなり多く起こっていますが、1600年以降の記録ではM7を超える地震はなかったようです。

「マグニチュード」とは、地震のエネルギーを表す単位で、対数値です。1増えると地震のエネルギーは約32倍となります。Mが7以上の地震を大地震、Mが8以上の地震を巨大地震といった目安が定められています。今

回の地震は大地震の範疇に入ります。

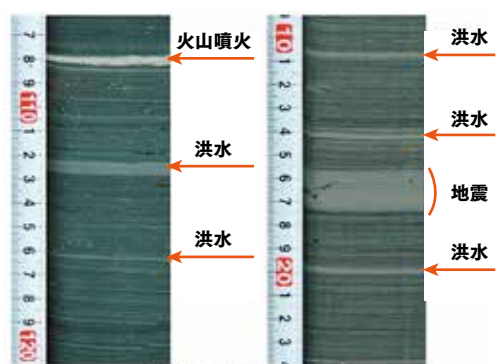
地震予測に関しては、地震が起こりそうなところは地震ハザードステーションが発表している「確率論的地震動予測地図」によって示されていますが、地震が起こる時期の予測はほとんどできていません。実際、2020年度〜2050年度の間は、予測地図では、能登半島は、震度6弱以上の地震が起こる確率は3%で、他の地域と比べると地震があまり起こらない場所と考えられていました。一方、高知県、和歌山県、静岡県および千葉県は26〜100%になっていますが、この地方で過去に関東大震災(1923年9月1日)、北伊豆地震(1930年11月26日)以降90年間M7を超える大きな地震は起こっておりません。このように、地震予測は計算だけでは難しいようです。

震災という原子力発電所の安全性が注目されます。福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえ、新規制基準が施行されました。地震、津波とも基準を強化した上で、既存の原

子炉に対してもバックフィット^{※2}させることに加え、仮に、今回見直した基準における想定を超える事故や自然災害が発生した場合においても、炉心損傷の防止、格納容器の破損の防止、放射性物質の拡散抑制としての対策を要求しています。^{※3}

原子力発電所の立地条件に活断層がないことが望まれますが、活断層が原子力発電所にどのような影響を及ぼすか、また、それに対してどのような耐震安全設計を講じるか、過去の教訓を十分に生かすとともに、

図1 水月湖の年縞(福井県)



出典：https://www.pref.fukui.lg.jp/doc/shizen/nennkou/nennkoukaisetu_d/fil/handbook.jp.pdf

常に最新の知見を反映することが大事かと思えます。

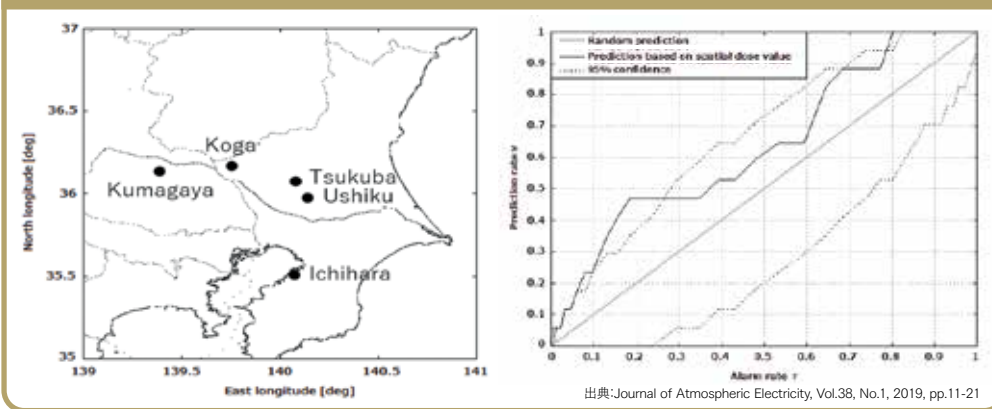
ところで、ひろば515号で放射性同位元素の炭素14による年代測定の話を紹介しました。今回の地震で、福井県の水月湖の湖底に、地震による泥の堆積による地震を表す年縞が記されたかもしれません。水月湖の堆積層の年縞を調べると周期性のある地震が読み取れるようなので、大きな災害をもたらす地震の予測は、堆積層の年縞【図1】を調べることにより行えるかもしれません。

※1 内閣府災害情報 <https://www.bousai.go.jp/>
 ※2 新たな知見に対応する手段の一つであり、法令及び規制基準の改正等により新たな知見を規制に反映し、その新たな規制を既存の施設にも適用することをいう。
 ※3 原子力規制委員会新規制基準 <https://www.nra.go.jp/activity/regulation/tekiyousei.html>

地震と放射線との関係

ひろば511号で説明したように地中に存在するウラニウム、トリウムの娘核種^{※4}の中で希ガスのものは、

図3 空間線量計の場所(古河市、つくば市、牛久市)(左図)とこの3箇所での空間線量と地震の相関図(右図)



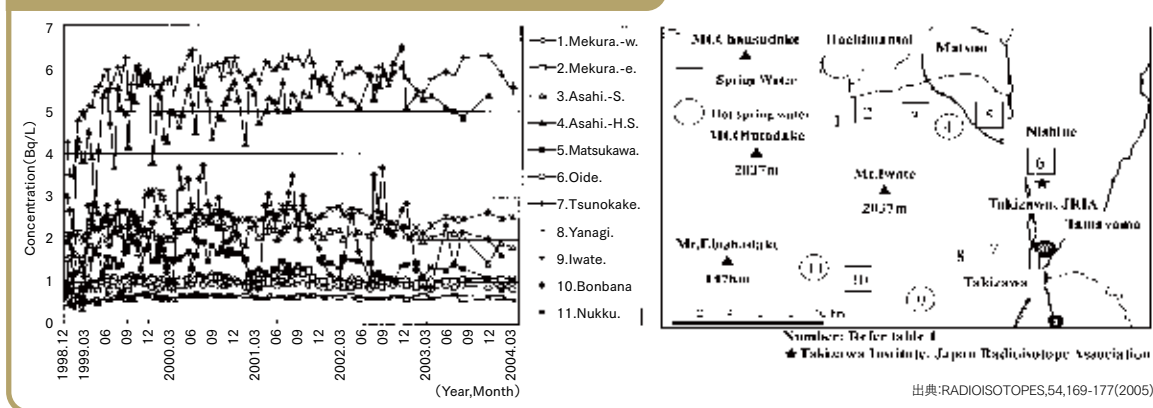
の期間中に発生した地震との頻度の割合を予測率としています。空間線量増加の測定データと地震のデータ

地中から抜け出て地表に現れます。したがって、地面の下の地殻に変化が生じ、地殻に地割れなどが起きれば、その隙間を通ってきた放射性の希ガスが検出される可能性があります。このような観測に立って、火山の噴火を予測しようという試みが過去に行われました。1998年、岩手山周辺で火山性地震が頻発しました。そこで、日本アイソトープ協会の二ツ川章二氏は1998年12月〜2004年3月の間、岩手山麓の湧水および温泉水に含まれるラドン濃度の測定を行いました。

※4 壊変前の核種を「親核種」、壊変後の核種を「娘核種」とし。
<https://www.env.go.jp/chem/rhm/h30kisoshiyo/h30kiso-01-02-06.html>

【図2】は、RADIOISOTOPES,54, 169-177(2005)から抜粋したものの縦軸がラドンの濃度(Bq/L)、横軸が測定年月です。各折れ線は各観測点におけるラドン濃度の変化を表しています。観測点4、5、6、7、8のラドン濃度は1998年の地震の後、徐々に増

図2 岩手山麓の湧水および温泉水に含まれるラドン濃度の時間変化



出典:RADIOISOTOPES,54,169-177(2005)

がランダムの場合、横軸と縦軸は比例関係になります。測定データの予測率がこの比例関係の直線より外れる場合、空間線量計と地震との間に関連性があったと考えます。

※5 time sequence : 時系列

【図3】の右図は茨城県の古河市、つくば市、牛久市の放射線モニタリングポストの2012年3月31日〜2016年3月30日の記録データと地震データから得られた空間線量と地震との相関図です。

ここでは、解析対象の地震は「 $M_{\max} 4.5$ 」「 $L \leq 100$ [km]」「 $D \leq 50$ [km]」と限定しています。Mはマグニチュード、Lは震源地とモニタリングポストの間の距離、Dは震源の深さです。対角線は空間線量増加と地震発生がランダムで起こったとする予報線となります。空間線量増加と関係なくランダムに地震が何回か発生した場合、「空間線量増加継続時間+Tseq」の期間中の地震数は二項分布に従うと考

加し、その後一定の値になっているように見えます。これは地中のラドンが温泉水および湧水に溶け込むよりも、地震で生じた地割れをラドンが通ってしまった結果、地中のラドンの含有量が少なかったとも考えられます。

一方、大澤祐輝先生らは、地中を通ってきた放射性ガスが地上の放射線モニタリングポストで計測される空間線量に影響を与えると考え、地震と空間線量との関係を調べました(Journal of Atmospheric Electricity, Vol.38, No.1, 2019, pp.11-21)【図9】

大澤先生らは、地震発生時刻からTseq以内に空間線量増加が発生した場合、空間線量増加と地震が「併発した」と判定し、このTseq^{※6}を「関連付け時間長Tseq」としました。今回の測定では、地震が起こる1日前からの空間線量増加を対象としました(Tseq=1 [days])。横軸を測定期間中の「空間線量増加継続時間+Tseq」の総和を測定期間で割ったものを警報分率とし、縦軸を対象とする地震のうち、「空間線量増加継続時間+Tseq」

えて、信頼度95%の地震の予測率を計算したものが破線です。予測率がこの破線を超えていた場合、信頼度95%で空間線量増加と地震の関連性がありと判定します。黒線は各々のモニタリングポストで観測された空間線量増加に基づいて作成した予測率です。【図3】の右図では線が破線を超えているところでは95%の信頼度をもって、空間線量増加と地震との間に関連性があるという結果になります。この結果から、地中からのラドンの量は地震が起こる前に増加していると考えられます。このように、放射線の計測は喫緊の地震予測につながるかもしれません。

東北放射線科学センター 理事 石井 慶造氏

東北大学大学院理学研究科博士課程原子核理学専攻博士課程 修了(理学博士)。東北大学工学部教授、東北大学サイクロトン・ラジオアイソトープセンター長、東北大学大学院工学研究科生活環境早期復旧技術センター長を歴任。2016年東北大学名誉教授、2016年より現職。PIXE研究協会会長。