

津波による海水氾濫の評価

過去の津波の侵入域が正確に特定できれば、将来に予測される津波の海水氾濫による災害回避の対策が得られると期待された。しかしながら、津波侵入域の評価は単純ではない。例えば869年貞観地震津波では、堆積物による津波溯上推定域が古文書記録の記述と必ずしも一致せず、場合によっては数キロメートルもの差が生じる。この理由はおおよそ明らかであり、堆積作用を伴わない海水の溯上は評価し得なかったのである。東日本太平洋沖地震津波では海水の侵入域は堆積物分布域を超えて広範囲であり、氾濫域予測に向けて新しい試みが可能となる。1つの試みとして、化学反応に着目した海水侵入域の特定がある。最終的な目標は津波溯上に伴う地球科学的な現象の記述と解釈であるが、正確な古津波溯上評価により海水氾濫の水理学的基準が策定できるはずである。

津波堆積物の検出は、観測・非観測に関わらず津波の特性を見極める上で、大きな貢献を果たしてきた。これが教訓となって津波堆積物の分布に研究者の注意が及ぶようになり、2004年インド洋地震津波の例を始めとして、近年の被災津波の事後調査でも津波堆積物の分布を観測するのが一般的となっている。こうした現場での行動を通して、堆積物の分布限界を超え、より陸側に大量の海水が到達する事実が確認されるに至った。本研究では、海水-湖沼水急激混合による特殊な化学反応の機能を解明し、その結果に基づき津波痕跡を検出する手法を開発して野外適用する。陸水と会合しない場合には、溯上海水は蒸発や浸透の過程で堆積物と相互作用し、特有の物質が残されると予測される。東日本太平洋沖地震津波による海水氾濫の化学的なメカニズムを明らかにし、津波による真の海水侵入域特定の方法論的考察を行う。津波の溯上現象を化学量論的に解明する試みはこれまでほぼ皆無であり、この試みの先で浸水域を正確に評価する常套的技術の確立が達成されると期待される。図1には海水の溯上過程で発生する堆積学および地球化学的現象を模式的に示しており、近年の観測津波により得た経験に基づく堆積モデルである。

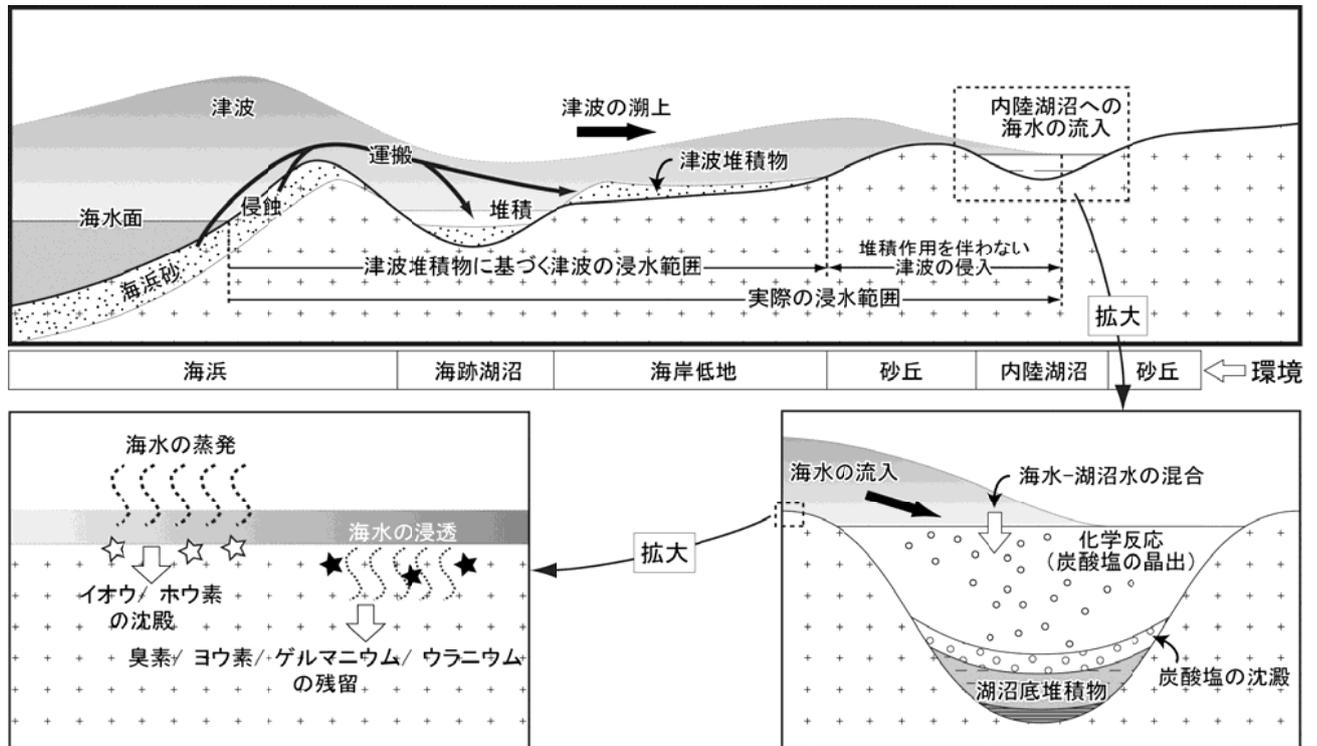


図1：津波の溯上に伴う地球化学的現象の発生。

後背地形が陸側で急峻となる場合には、溯上した海水が戻り流れとなって海方向に逆流を発生させる。これにより海からの溯上が制約されて堆積物はたちまち沈積し、浸水先端より遙か手前で堆積物の分布が終了することになる。2004年インド洋津波が溯上した地域では、僅か2～3mの比高

差でも、この現象が発生した事実を確認している。海水侵入域を化学的に推定する試みの重要性が強調される。後背に湖沼群が抱かれる地域では、炭酸塩が晶出・沈殿するので、炭酸塩量から海水流入量の下限を推定することが可能となる。海水量は津波の規模や流速を反映しており、海水量の見積もりは重要な津波プロキシシーを与えることになる。化学的な試みによる可能性には枚挙に暇が無いが、最も重要な試みの1つに再来周期の推定がある。沈殿した炭酸塩結晶中には大量の放射性炭素が含まれており、その大部分が陸源植物に由来することから、炭素の貯留効果を考慮する必要のない津波襲来の正確な暦年代値が得られることになる。海水の氾濫とその年代を同時に評価できる新たな手段として期待される。

研究方法として、まずは海水痕跡の検出法を確立する。室内実験により海水痕跡となる物質の特定を行い、それらの残留可能性と検出可能性を検討する。一方で、観測された津波侵入域での堆積物を採取し、痕跡の分析を試みみる。特に注目したいのは後背に広範な低地を控える仙台平野であり、具体的には、自然地形がある程度残されている荒浜付近から仙台市街地にかけての後浜である。主な作業は、堆積物の粒度組成と（可溶）塩類の分析であり、炭酸塩に関しては安定同位体比を計測する。確立した手法を仙台平野の貞観津波痕跡に適用して真の浸水域を確定し、数値的な浸水推定と比較する。津波により海水が海跡低地に侵入すると、化学量論的に以下の現象の発現が予測される。

現象1. 海水-湖沼水混合により微小炭酸塩が晶出する。

現象2. 晶出炭酸塩に海水由来のストロンチウム (Sr) とバリウム (Ba) が固溶体として取り込まれる。

現象3. 海水主成分であるナトリウム (Na) と塩素 (Cl) および硫酸 (SO_4^{2-}) が堆積粒子間に残留する。

現象4. 塩分濃度指標である硫黄 (S) とホウ素 (B) が流入量に比例して間隙水中で高くなる。

現象5. 海水に多い臭素 (Br) , ヨウ素 (I) , ゲルマニウム (Ge) , ウラニウム (U) が堆積粒子に付着する。

これらは、陸水に比べて海水中に特に豊富な成分が検出される可能性に基づいている。「現象3」については、予察的な観測を行っており、大きな可能性が期待される。「現象2」に対しては炭酸塩中にSr やBa が取り込まれ易い鉱物学的事実から示唆され、「現象4」は粒子間隙水として海水が滞留する意味で期待される。「現象5」は、湖上海水が蒸発あるいは地層浸透することにより現れる。問題は、陸源物質由来の成分や降水等によるこうした化学情報の改変と消失であり、これらによる効果を雑音として除去するには、適切な補正を行う必要が有る。補正を行う際に、以下の要件に注目する。

- ・ B は塩分濃度よりもむしろ堆積物基質の粘土含有量を反映している。
- ・ Sr は成因的に石灰岩にも多く含まれる。
- ・ Na は泥炭中で溶解度が高い。
- ・ 痕跡を指標する各元素の濃度は堆積物の粒度分布や粒子組成により変動する。

従って、こうした要件を勘案した化学種濃度の補正が必要となる。本研究では、補正に用いる元素として、岩石学で一般的に利用されるCs (セシウム) , Rb (ルビジウム) , Li (リチウム) , Al (アルミニウム) , Ti (チタニウム) , Fe (鉄) を考えているが、経験的にはAl (堆積物の主要成分であり、他の元素との反応性が低い) が使用性において最も適当な補正基準種となる。

炭酸塩の結晶化に参加する元素以外の海水由来の成分は、粒子間残留・付着・充填となる物質であり、集積後に希釈・溶解する可能性がある。特に離水した堆積層でこの効果に注意が必要であり、2次的改変(続成作用)の可能性を考慮しなくてはならない。本研究では、こうした問題に留意し、仙台平野に遡上した東日本地震津波を対象として堆積物間隙水および炭酸塩の化学分析を試みることにより、堆積作用を伴わない海水侵入の痕跡を検出する基準を確定する。

平成23年4月13日

大学院理学研究科地学専攻 箕浦幸治