特集

津波が干潟生物に与えた影響と課題

●文: 鈴木孝男（みちのくベントス研究所）

東日本大震災による大津波により東北地方の干潟は甚大な攪乱を受けました。
いくつかの代表的な干潟は様変わりし、回復が危ぶまれる様子でしたが、5年を経た現在、どのような状況になっているのでしょうか。震災直後から現地調査を続けてきた東北大学の調査グループを率いた鈴木孝男先生に、大津波が干潟生物や生態系に与えた影響と課題について報告いただきました。

写真1 大攪乱を受けた松島湾浦戸諸島寒風沢島の元屋敷浜の震災直後の様子 2011

■津波の影響

東日本の太平洋沿岸域に立地する干潟群は、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震とそれに伴う津波で未曾有の影響を受けました。南三陸の津谷川河口や志津川湾にある干潟、また、松島湾の浦戸諸島寒風沢島の外洋に面していた干潟では、攪乱は大きなものでした（大攪乱・写真1）。津波は干潟に生息する貝やカニやゴカイの仲間など底生動物のみならず、その生息基盤である干潟の砂や泥をも巻き上げ、遠方へ運び去りました（図1）。また、地盤沈下もあったことから、津波が引いた後では干潟は消失していました。一方、仙台湾に面した蒲生、鳥の海、松川浦など潟湖干潟の多くでは、砂洲や海岸堤防が破壊され干潟はかなりの程度攪乱されましたが、底土が全て持ち去られることはありませんでした。蒲生では津波で砂洲が大きく破壊されましたが、3ヶ月後くらいには砂が堆積し、元の潟湖干潟の形状に戻りました。宮古湾の奥の津軽石川河口や奥松島宮戸島にある波津々浦の干潟でも同様で、中程度の攪乱とみなされました（中攪乱）。しかし、ヨシ原が消失し、砂地に変わってしまったところも多く見られました。震災後半年までの調査によれば、大攪乱を受けた干潟で津波後に生き残っていた底生動物の種数は20%以下でしたが、中攪乱のところでは28～56%でした。

ところが、松島湾奥部に立地する榴ヶ浦や双観山の下にある干潟などでは、津波による影響がほとんど見られませんでした。また松島湾の湾口に位置する浦戸諸島桂島では、外洋に面した砂浜は大きく攪乱されましたが、湾内に面した干潟は攪乱を受けず、そこではアマモ場も健在でした。こうした攪乱の程度が小さかった干潟（小攪乱）では、津波の直後でも、底生動物は多くの種類が生息していました。津波前に生息しており震災後も確認できた種類は68～73%の生残率でした。

このように、津波の影響は、干潟が立地する条件に応じて様々であり、全体でみると、到達した津波の高さ（浸水高）が高いほど、その影響は大きい傾向が見られました（図2）。松島湾内など小攪乱の干潟や、中攪乱でも干潟が残されたところには、津波後も底生動物が比較的多く生き残っており、こうした場所は種の供給源として大事です。種の多様性を保持しているホットスポットとして保全しなければなりません。津波で攪乱された干潟は、長い年月がかかるかもしれませんが、その地形的特徴に応じていずれ砂泥が堆積し、回復してくることが考えられます。その時に、近くに幼生の供給源となるような親個体群（ソース群集）が残された場所がなければ、底生動物群集の回復は望めないからです。

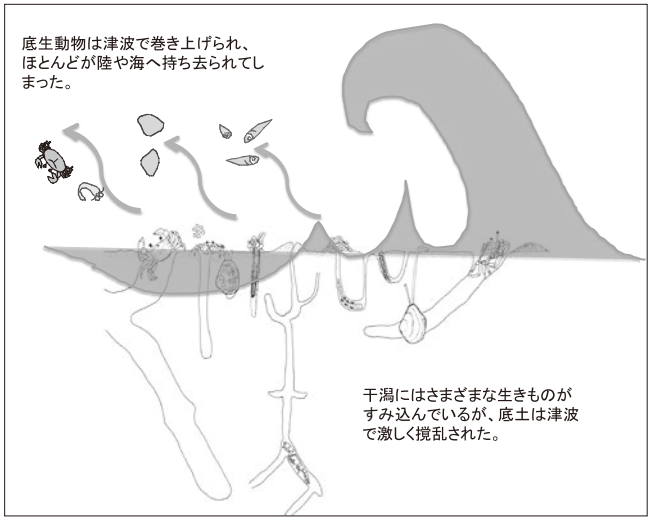


図1 津波で底生動物は生息場所ごと大きく撹乱された

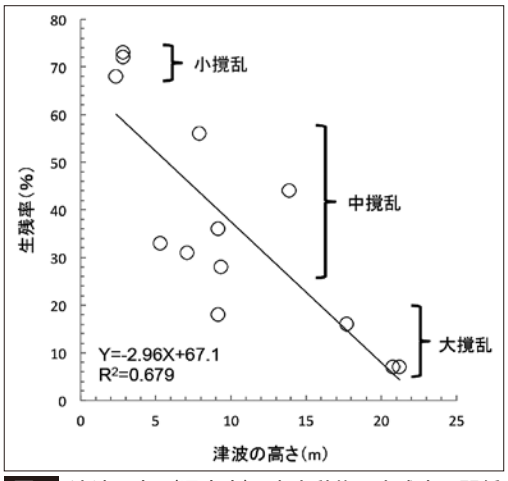


図2 津波の高さ（浸水高）と底生動物の生残率の関係

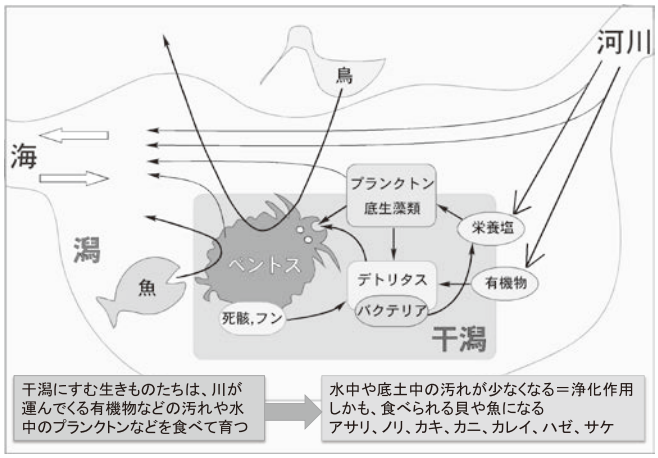


図3 干潟は自然の浄化槽

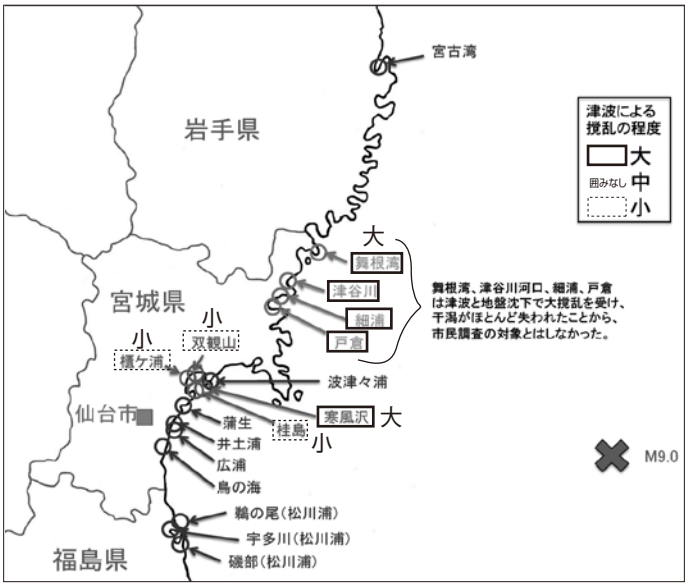


図4 干潟生物市民調査を実施した地点

写真2 松川浦(福島県相馬市)での干潟生物市民調査 2015年5月

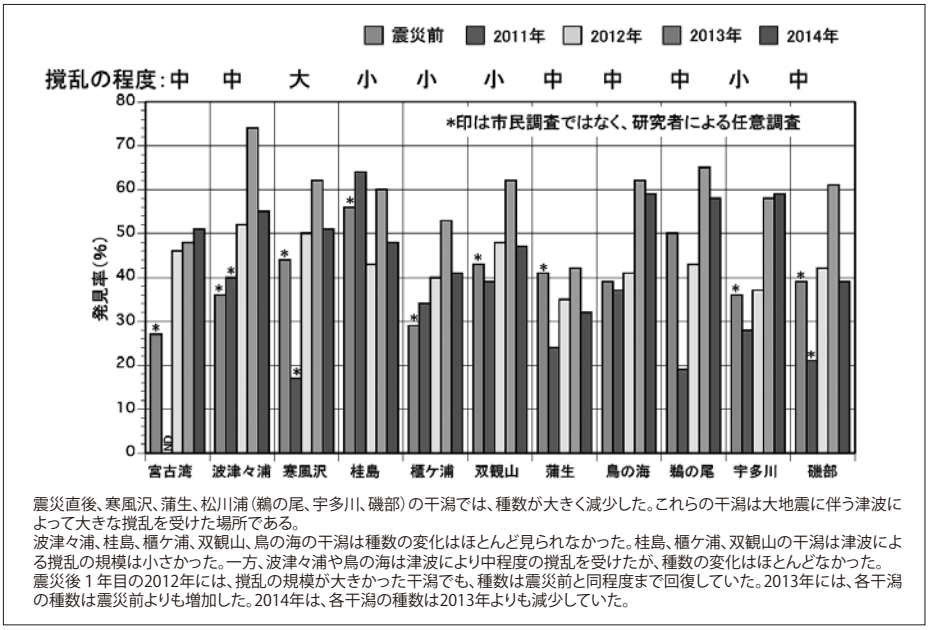
写真3 宮古湾(岩手県宮古市)での干潟生物市民調査 2015年7月

一方で、幼生が周辺の海域に分散し、回復してきた干潟にたどり着くための経路やネットワークが確保されているかどうかにも注意を向ける必要があります。こうしたことを確かめるために、津波後における底生動物の回復過程を、各地の干潟でモニタリングを行いました。

■干潟生物の回復

干潟は生物生産性の極めて高い所であり、砂や泥の底土には多種類の底生動物がすみ込んでいます。底生動物は様々な有機物やプランクトン類を食べて育ちますが、一方で干潟に訪れる大型の甲殻類や魚類あるいは鳥類の餌になります。このような食物連鎖を通じて有機物や栄養塩が消費されていくことから、干潟は「自然の浄化槽」としての役割を担っているといえます（図3）。また、水質浄化の他にも、洪水の制御、稚魚の生育、アサリやノリの養殖、潮干狩り、バードウォッチング、水生生物の観察を通じた環境教育など、さまざまな役割を持っています。私たちは、このような干潟がもたらしてくれる様々な恵み（生態系サービス）を賢く利用し、将来の世代に引き継いでいかなければなりません。地震や津波で大きな影響を受けた干潟が、本来備えている機能を再び発揮できるようになるには、食物連鎖で中心的役割を担っている底生動物群集が早くに戻ってくることが必須です。

私たちは、主に干潟生物市民調査の手法（鈴木ら2013「干潟ベントスフィールド図鑑」参照）を用いて、津波で大小の撹乱を受けた干潟のモニタリングを行いました（図4、写真2、3）。図5には、宮古湾（津軽石川河口）、松島湾の波津々浦、寒風沢、桂島、櫃ヶ浦、双観山、仙台湾の潟湖干潟である蒲生、鳥の海、松川浦内の鵜の尾、宇多川（河口）、磯部の11カ所での底生動物出現種数の変遷を示しました。震災前(2002～2010年に調査)や震災直後の2011年には市民調査手法ではなく研究者による任意の調査によるものもありますが、いずれも十分な時間をかけた定性調査なので、出現種数の比較には問題ありません。2011年の出現種数は、震災前との共通種に新たに出現した種を加えた数なので、震災前よりも高い値を示している干潟もありま



震災直後、寒風沢、蒲生、松川浦（鵜の尾、宇多川、磯部）の干潟では、種数が大きく減少した。これらの干潟は大地震に伴う津波によって大きな撹乱を受けた場所である。
波津々浦、桂島、櫃ケ浦、双観山、鳥の海の干潟は種数の変化はほとんど見られなかった。桂島、櫃ケ浦、双観山の干潟は津波による撹乱の規模は小さかった。一方、波津々浦や鳥の海は津波により中程度の撹乱を受けたが、種数の変化はほとんどなかった。
震災後１年目の2012年には、撹乱の規模が大きかった干潟でも、種数は震災前と同程度まで回復していた。2013年には、各干潟の種数は震災前よりも増加した。2014年は、各干潟の種数は2013年よりも減少していた。

図5 底生動物出現種数の変遷

す。図を見ると、大撹乱を受けた寒風沢や中撹乱の蒲生、松川浦の3干潟では種数は大きく減少していましたが、その他の干潟では種数の変化はそれほど大きくはありませんでした。波津々浦と鳥の海は中撹乱でしたが、残された干潟面積が比較的広く、3月11日以降の底生動物の回帰がより速やかだったのかもしれません。

震災後1年目の2012年には、撹乱の規模が大きかった干潟でも、種数は震災前と同程度までに回復していました。また、2013年には全ての干潟で震災前よりも多くの種数が記録されました。しかし、2014年には各干潟の種数は減少傾向にありました。このことから、津波で被災した沿岸域では、いくつかの場所に残された親個体群（ソース群集）から幼生が生み出され、それが広域に分散して周辺の干潟に到達し、底生動物群集の回復が進んだものと考えられます。津波は沿岸域の生態系を大きく撹乱しましたが、底生動物の幼生が干潟にたどり着くための経路は保たれおり、私たちの予想よりも早いペースで元に戻りつつあるのです。2014年になって種数が減少したのは、捕食者など成長に時間を要する種群の回復がこの頃になって進んできたためや、様々な種が回復、あるいはこれまで見られなかった種が新たに到達することによって、競合が激しくなってきたためと考えられます。このような変動を経て、いずれは、各干潟に特徴的な群集構造が作られていくのだと思われます。ただし、震災後の群集が震災前と同様の組成に行き着くのか、あるいは全然異なる組成になるのかは分からず、興味がもたれるところです。しかし、津波で撹乱を受け干潟やヨシ原が消失してしまったところでは、震災から5年を経ても消えてしまったままの種も見受けられます。また、種数はかなり回復したのですが、生息数は低いままの種が多いので、底生動物群集が津波前の姿に回復するにはまだ時間が必要だと思われます。

■底生動物レッドリスト種の動向

環境悪化などのために生息が危ぶまれる種類（絶滅危惧種）をまとめたのがレッドリストです。底生動物についても国や県がレッドリストを公表していますが、津波後にこれらの種は絶滅してしまったのでしょうか？ レッドリスト種は限られた環境に少数が生息している場合が多いので、これらを守る方策を考えることは生物多様性全体を保全することにつながります。そこで、南三陸と仙台湾沿岸域において、津波後に底生動物レッドリスト種の生息状況を調べてみました。環境省、日本ベントス学会、宮城県のレッドリストから干潟を主な生息場所とする種を抜き出してみたところ、震災前には72種が生息していたことがわかりました。これらのうち震災直後から2015年までの調査では57種が再確認できました。まだ見つかっていない種が15種ある一方、新たに見つかった種が8種ありました。親個体が流されずに残っていた場所があり、分散してきた幼生が定着できる干潟が少しでも残されていれば、あるいは新たに形成されていれば、すみ込むことが可能だったと思われます。津波を乗り越えて津波後にも確認されたレッドリスト種が震災前確認種の79%と多かったことから、津波が絶滅を促進するようなことはあまりないといえるかもしれません。津波は過去にもこの地域に幾度も襲来していることから、津波を乗り越えられる種が今の群集を形作っているとも考えられます。また、震災後に新たに見つかったレッドリスト種のほとんどは宮城県ではまだ未指定であり、これまで生息記録のなかった種でした。このことから、津波は種の分布域を広げるのに一役買っているのかもしれません。マツカワウラカワザンショウ（写真4）は干潟上を這いまわっている小さな巻貝ですが、福島県松川浦の固有種でした。本種は震災後に宮城県南部の干潟にも出現するようになったことから、少数個体が津波の際に運び込まれたのではないかと考えられます。

しかし、面積が激減したヨシ原を生息場所とする種（ヨシダカワザンショウ（写真5）、ヒナタムシヤドリカワザンショウ（写真6）、フトヘナタリ（写真7）など）はかなり減少しました。幾つかの地点では絶滅してしまいました。ヨシ原がほとんど回復していない現状では、ヨシ原にすむレッドリスト種は絶滅寸前といえますが、狭い面積でもヨシ原が残された

写真4 マツカワウラカワザンショウ（殻長3mm）　松川浦にて2014年6月

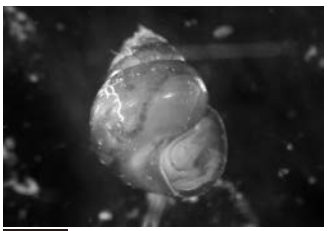


写真5 ヨシダカワザンショウ（殻長3mm）
津谷川河口（宮城県気仙沼市）にて 2015年7月

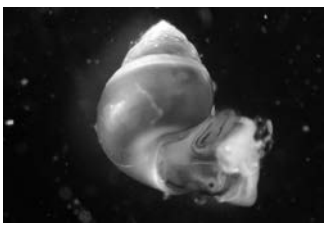


写真6 ヒナタムシヤドリカワザンショウ（殻長4mm）
井土浦（宮城県仙台市）にて 2014年6月

写真7 フトヘナタリ（殻長5cm）
蒲生干潟（宮城県仙台市）にて 2015年6月

場所には少数が生息していることから、こうした生息場所が保全できれば、将来ヨシ原が回復してきたときに、レッドリスト種も回復していけると考えられます。また、津波で新たに形成された湿地や干潟が各地で見られましたが、こうした場所に流れ着いて生き残っていた種もありました（図6）。

■震災復興工事等における課題

これまでの調査から、干潟の底生動物群集は、翌年には多くの種が復活していたことがわかりました。また、レッドリスト種も多くが生き残っていました。しかし、震災から5年を過ぎた今日、被災した沿岸域一帯で進行中の防潮堤の建設、護岸壁の改修、堤防の改修、土地のかさ上げなど復旧工事が広域で一気に進められていることの影響（二次的被害）が大きく危惧されます。また、津波で新たに形成された湿地や干潟の多くは、現状復帰が原則として、復旧過程で埋め戻されることが多いのも事実です。

再度襲来するかもしれない大地震や津波から生命財産を守るための防御装置として、最低限の備えは必要でしょう。しかし、海岸の景観を台無しにし、海により添いながら暮らしていた生活を不可能にし、干潟や砂浜や湿地の機能を奪ってまで進めようとしている防潮堤や海岸防災林の造成には首を傾けざるを得ません。沿岸域の景観や海辺に暮らす生きものたちの存在は、我々にとっての大きな財産であったはずです。干潟の「生態系サービス」を最大限に活用することを考慮した復旧のあり方が模索されても良いのではないでしょうか。

一方で、復旧工事の現場では自然環境に配慮するための努力がなされているところもあります。しかし、東日本大震災前にはほとんど考慮されていなかったこともあって、誰かが「生物生息場所として重要である」ことを指摘しないかぎり、自然環境保全に対応する術は考えられませんでした。土木工事の進行に際しての工程表は作成されますが、環境配慮に関する工程表を整理することはこれからの課題です。細かいところであっても、ちょっとした配慮で、干潟や湿地の生きものが保全できる場合があります。そのためには、以下の事柄を環境配慮事項として検討する必要があります。

1. 干潟環境の回復は自然の力にゆだねるようにし、過度に手を加えないこと。

2. 底生動物のホットスポット（種多様性の高いところ）は、種の回復過程において幼生供給源として貴重なところであることから、極力保全すること。

3. 干潟やヨシ原と海域との連続性を考慮し、底生動物の幼生が海へ出てまた戻ってくるための道筋を確保すること。

4. 海水と河川水が混合した汽水環境が生活の場となっている底生動物も多いことから、汽水環境の保持に努めること。

5. 新たに干潟や湿地になったところが底生動物の避難場所として利用されていた場合には、底生動物がそこから本来の生息地へ戻ることが可能な水路等を確保するとともに、復旧事業においては、工事着手のタイミングを図ること。

6. 希少な底生動物が工事エリアで確認された場合は、安易に移植を行うのではなく、生息場所の土砂ごと工事外の適地に取り置きし、工事後に周辺の生息適地に戻すようにすること。また、広域で一斉に工事を実施するのではなく、工区に分けて時期をずらして行ない、周辺に底生動物の避難場所を確保するようにすると良い。

7. 底生動物群集の保全に際しては、希少な種についてだけ考えれば良いのではなく、全体での種多様性をいかに保全できるかを念頭に置くこと。

復旧工事を担う行政や土木関係者だけではなく、干潟の自然を研究している私たちにとっても、こうした環境配慮を復旧工事の工程にどのように反映していくのかは、未知の部分が多いのです。工事関係者との話し合いを通して試行錯誤を繰り返し、現場を見つめながら実績を積み重ね、時後のモニタリングを行い、最適に近い対応方法を編み出していくことが求められているのです。

カワグチツボは、津波で新たに形成された汽水性の湿地などで発見された

図6 津波で形成された湿地で発見されたカワグチツボ（殻長5mm）
（宮城県レッドリスト：絶滅危惧Ⅰ類）

参考文献
鈴木孝男・木村昭一・木村妙子・森 敬介・多留聖典. 2013. 干潟ベントスフィールド図鑑. 日本国際湿地保全連合発行. 258P.

鈴木 孝男
すずき たかお

全国各地の干潟に出かけて底生動物の調査や生態学的研究を行うと共に、2011年3月11日に発生した東日本大震災の大津波で被災した沿岸域の生物群集が、どのような影響を受け、その後どのように回復しているのかについて、市民参加型調査手法などによって継続的な調査を積み重ねているところです。また、宮城県環境アドバイザーの一員などとして、震災復旧工事における自然環境配慮事項について、生物群集保全の立場からの提言を行っています。この3月に東北大学を退職し、現在は「みちのくベントス研究所」として活動を続けています。