

気仙沼湾における震災復興のための調査研究紹介

横山勝英（首都大学東京）、田中 克（財団法人国際高等研究所）

1. はじめに

2011年3月11日に東北地方太平洋沖地震が発生し、大津波が三陸沿岸を襲った。これによりリアス式海岸では漁港や漁船のみならず、標高10~30mまでの高さにある住宅、工場、森林など一切のものが破壊され、多くの物体が引き波により海に運ばれてがれきとなった。

震災後、多くの津波調査団が結成され、津波の遡上高や構造物や施設が受けた力学的影響が丹念に調べられた。これらの取り組みは今後の海岸・河口防御や居住地域の減災戦略を検討する上で重要であるが、一方で環境の面から震災復興のあり方を議論することも大切である。

河川分野では1997年に河川法が改正され、河川管理の目的として治水・利水に環境の整備・保全が加えられた。1999年には海岸法も改正され、多自然型の河川・海岸整備が進められてきた。さらに、国土交通省は10年ほど前から水系一貫土砂管理、森・川・海の物質循環を重視した国土管理を目指しており、また田中克は同じ頃、森里海連環学を提唱した。このように、環境を考える上では流域圏の空間的な繋がり、物理・化学・生物の学問分野の繋がりが重要であることは広く認識されてきた（そのルーツは「森は海の恋人運動」にある）。

東日本大震災後はあまりの被害の大きさに防災面が強調されがちであり、また混乱の中で個別の施策が計画されて林立しているが、我が国が歩んできた国土整備の歴史を振り返ると、今こそ環境的な要素も十分に考慮しながら調和の取れた復興を目指すことが望ましい。

そのためには、環境水理学が提唱する「流域圏の物質循環」という概念に基づいて震災影響を理解し、流域・現象を俯瞰した視点から復興のための取り組みを提言することが必要である。本報告では気仙沼湾およびその流域で実施されている環境調査を紹介し、その成果と課題を示すことで議論の題材としたい。

2. 海底がれき探査

震災直後、陸上も海面もがれきに覆われて物資輸送の妨げとなっていた。また、海のがれきは時間と共に漂流・沈降するので、物理的には底引き網漁、定置網漁、養殖漁業の支障になっていた。気仙沼では燃油タンクが倒壊して火災を起こし、また各種工場から化学物質が流出したと推測され、これらによる生物への影響も懸念された。

復興の足がかりとして、がれきの分布を把握し、海底からの撤去方策を検討することが重要と考えられたため、横山ら（2012）は簡易ソナーを用いて2011年4月と5月に気仙沼市舞根湾（湾幅200m、湾軸長800m）においてがれき堆積状況を調査した。得られたソナーデータから

座標、形状、材質をマッピングし（図1）、がれきの体積を推定する方法を提案した。また、三次元流動シミュレーションを用いて津波の引き波によるがれき輸送を再現した。その結果、海水に浮く物体（木材、家屋など）は大半が湾外に流出し、沈む物体（樹木、コンクリート等）は大半が湾の中に堆積していることが示された。

既に震災から1年以上が経過しているため、これらの手法はがれき撤去の実務よりも沿岸域の物質輸送を検討するためのツールとして活用されることが望ましい。

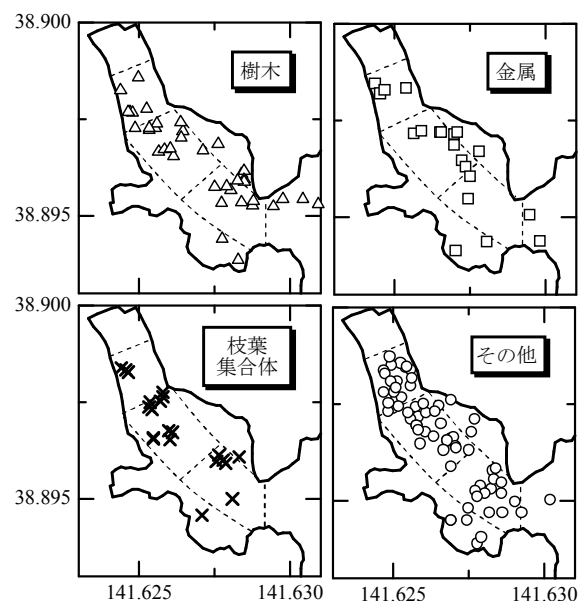


図1 海底がれきの分布図

3. 生物環境モニタリング

前述のように、三陸沿岸域では流出化学物質や強流速による海底攪乱が水質や生物に影響をおよぼしたことが懸念されたため、田中ら（2012）は2011年5月から2ヶ月ごとに生物環境調査を実施している。

山本ら（2012）は、水質については重金属、栄養塩、溶存鉄、COD、有機リン系化合物等の分析を行い、底質はダイオキシン、栄養塩、重金属等の分析を実施した。水質中の重金属（Cr, Cd, Pb, As, Se）は全ての期間で環境基準値を下回り、全窒素は大きな濃度の変動は見られず、全リンは2箇所の表層で多少の濃度変動が見られたものの、概ね変動はないことが示された。また、有機リン系化合物の安全性に関しては問題ないと考えられた。底質についても、ダイオキシン、重金属共に分析値は環境に悪影響をおよぼす値ではないことが確認された。

山田・西谷（2012）は植物・動物プランクトンを調査した。植物プランクトンの発生量は調査を開始した5月が最も多く、各地点で1200-1500 cells/mlの珪藻が発生し

ていたが、6 月からは急減した。有害有毒プランクトンとして、下痢性貝毒原因種や麻痺性貝毒原因種が高密度で記録された。これは過去の知見と比較しても高い値であることから攪乱による何らかの影響を受けた可能性がある。動物プランクトンについては、近隣の大船渡湾および越喜来湾において例年確認される変動と同様の傾向を示しており、津波の影響は少ないと考えられた。

益田・畠山（2012）は魚類相の潜水調査を行った。5 月には魚類の個体数・種数とも極端に少なかった。時間の経過とともに個体数・種数とも増加を続け、特に高水温となった 9 月には、マアジやボラ、クロダイ、ヒメジなど暖温帯で一般的な魚種も散見された。11 月には、暖温帯の魚種は減ったものの、小型のハゼ類が増加し、大型のアイナメも見られるようになった。一方、当海域で本来優占するメバル類はほとんど見られていないことから、捕食者および競合者の少ない環境でハゼ類が一時的に増えているものと推察された。湾奥部では魚類相の回復は遅く、これは津波による攪乱が湾奥で特に深刻であったためと報告している。

以上、気仙沼湾・舞根湾では底質・水質・生物に一時的な影響はあったものの、全体としては予想以上に良好な状態で推移していることが分かった。また、2011 年 6 月から再開された牡蠣養殖、12 月から再開されたホタテ養殖では例年の 1.5～2 倍のスピードで貝が成長していると言われている。今後、モニタリングを継続して環境変化の度合いを見極めると共に、津波が生物環境に及ぼした複雑な影響を研究解明してゆく必要がある。

4. 放射性物質

福島第一原発の事故で発生した放射性物質は東日本に広範囲に拡散した。放射性物質は目に見えず、また高精度な検査方法がそれほど普及しているわけではないので、混乱を招きがちである。放射能の問題は、(1)大気中の拡散、(2)地面・海面への沈積、(3)陸域吸着物質の移動、(4)生物による取り込みが考えられる。(1)と(2)は事故直後の現象であり、現在は(2)から(4)への移行が問題になっている。今後は(3)から(4)の移行が問題になる可能性があり、流域圏の物質動態という視点が重要になってくる。

セシウムは粘土粒子への吸着性が高いと言われているため、森林や都市から河川を通じてダム貯水池や河口沿岸に移動するウォッシュロード現象、あるいは粘土に吸着する懸濁態リンの現象と似たような考え方でその挙動を追跡できる可能性がある。

気仙沼港では底泥表面のセシウムは非常に低いレベルにあり、現時点では養殖漁業への影響は小さいと考えられる。しかし、上流域には森林表土のセシウムが比較的高いレベルで検出されている場所もあり（基準値は下回る）、これらが融雪出水や降雨出水と共に下流に移動した際の堆積場所や堆積物の濃度を事前に検討しておくことが望ましい。

表 1 気仙沼港での底泥分析結果

		2011/5/9		2011/9/20		2012/1/26		
項 目		舞根 stn.3	気仙沼 stn.15	舞根 stn.3	気仙沼 stn.15	舞根 stn.3	気仙沼 stn.15	水産用 水基準
底質 溶出試験	カドミウム (mg/L)	<0.01	△	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	検出され ないこと
	鉛 (mg/L)	<0.01	△	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.03*1
	ヒ素 (mg/L)	<0.006	△	<0.001	<0.001	0.002	<0.001	0.1*1
	総水銀 (mg/L)	<0.0005	△	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.001*1
底質 含有量試験	n-ヘキサン抽出物 (mg/g乾泥)	1.1	△	0.03	0.08	0.06	0.03	1
底質の 間隙水の 水質検査	全窒素 (mg/L)	△	△	8	7	4	4	—*2
	全りん (mg/L)	△	△	2	3	<1	<1	—*2
	TOC (mg/L)	△	△	12	8	6	11	—*2

*1 水産用水基準: 2005年版

溶出試験の基準値は水質基準の10倍とされており、上記の水産用水基準値は10倍値を記載した。

*2 底質の間隙水としての基準はない。

*2011年5月はいちあ(株)、2011年9月・2012年1月は日立化成工業(株)による

ウォッシュロード現象は流域での分布型流出モデル、都市域での下水道モデル、河道モデル、湖沼・河口域での密度流シミュレーションなどで精度良く推定することが可能なレベルにある。ただし、河川から河口沿岸に放出された粘土粒子がフロックを形成して沈降・堆積する現象については、流動シミュレーションに組み込めるモデルを開発する必要がある。

また、生物への取り込みについては水産分野で鋭意検討されているため、この知見を物理モデルに組み込むことで、将来の影響予測が可能になると期待される。

5. まとめ

東日本大震災は大きな災害であったが、大津波は数十年おきに発生しており、決して未曾有の事象ではなかった。また、復興に必要な理念も今から検討すべきものではなく、震災前から提唱されていた流域圏の物質循環、あるいは森里海連環学や森は海の恋人運動（田中、2012）に基づいて進めればよい。

気仙沼では多様な主体により多方面の調査研究が進められており、今後は住民や行政も巻き込みつつ、研究成果を広く提示して復興を加速させることが必要である。

—参考文献—

- 横山勝英、大野敦生、畠山信、田中克（2012）小湾内における海底がれきの簡易的な探査手法、水産海洋研究、76（1）、pp.31-38。
- 田中克（2012）「森は海の恋人」思想を復興の基本理念に—森里海連環学の今日的意義—、SEEDer、No.6、pp.74-79。
- 田中克、横山勝英、藤波祐一郎、山田雄一郎、畠山信、西谷豪、山本光夫、益田玲爾、吉永郁生、中山耕至、張野宏也、劉旦（2012）気仙沼・舞根湾における生物環境調査-1、調査の背景と目的、平成24年度日本水産学会春季大会要旨集、p.54、東京海洋大学、2012年3月27日。
- 山本光夫、劉旦、張野宏也、横山勝英（2012）気仙沼・舞根湾における生物環境調査-2、水質と底質の現況、平成24年度日本水産学会春季大会要旨集、p.54、東京海洋大学、2012年3月27日。
- 山田雄一郎、西谷豪（2012）気仙沼・舞根湾における生物環境調査-3、プランクトンの現況、平成24年度日本水産学会春季大会要旨集、p.54、東京海洋大学、2012年3月27日。
- 益田玲爾、畠山信（2012）気仙沼・舞根湾における生物環境調査-4、津波被害を受けた魚類相の回復過程の潜水観察、平成24年度日本水産学会春季大会要旨集、p.54、東京海洋大学、2012年3月27日。