

自然の再生から「東日本大震災の教訓」を学ぶための教材開発 1. 持続可能性・生態系インフラストラクチャー・Eco-DRR に着目して

Development of the program to learn "Wisdom for Disaster Recovery from the Great East Japan Earthquake" under the theme of "Nature Restoration" 1. Focusing on sustainability, ecological infrastructure and Eco-DRR

長島康雄¹・佐藤賢治²・西城光洋³・石橋里紗¹

NAGASHIMA, Yasuo; SATOU, Kenji; SAIJO, Mitsuhiro; ISHIBASHI, Risa

要約；東日本大震災以降、被災地域の科学系博物館として仙台市科学館が取り組んできた調査結果を用いた教材開発を行うための検討を行った。持続可能性、生態系インフラストラクチャー、Eco-DRRに着目して、調査資料を検討し、その結果、教材の構成原理として、「人と自然のかかわり」「東北地方太平洋沖地震・津波の猛威」「豊かな自然が持つレジリエンス機能」が有効であることを提案した。その3つの構成原理に基づいた学習プログラム案を提案した。

キーワード：東日本大震災，生態系インフラストラクチャー，Eco-DRR

1. 問題の所在

平成23年3月11日に発生した東日本大震災では、巨大津波の発生による死者・行方不明者は、約2万1千人にのぼり、戦後最悪の自然災害となった。津波の発生は、沿岸の街全体に壊滅的な被害をもたらした。長島、佐藤、西城は東北地方太平洋沖地震が発生した当時、仙台市科学館に勤務しており、発災直後から、展示資料の保管や補修、被災した近隣博物館の資料の一時預かりのほか、仙台西部丘陵地の被害調査、仙台湾周辺の自然環境調査などに従事した。

そのようなひっ迫した状況ではあったが、当時事業系の責任者であった数本氏がリーダーシップを取り、東日本大震災で希望を失いつつあった仙台市そして東北地方を、科学の力で元気づけるための取り組みとして「るねっサイエンス」事業を立ち上げた。当時のスタッフで可能な展示活動、資料収集のための調査活動を行うこととなった

(数本・長島，2011；攝待ほか，2013；高橋ほか，2012など)。

その一環で、被災地の数少ない科学系博物館と

しての役割を果たすべく、それまで幾度となく自然観察会を行ってきた場所でもある蒲生干潟を中心とした継続観察をスタートさせた。異動で職員は入れ替わりながらも調査は現在まで継続されている。2022年1月15日現在で、蒲生調査速報版は第294号まで発行されている。10年以上にわたる貴重な記録である。

本稿は、その貴重な記録を教材として、社会教育、学校教育で活用するための基礎的な検討を行ったものである。続報以降で、具体的なワークシートについて検討を行う予定である。

研究を進めるにあたり、相互に意見交換をしながら取り組んでいるため、真の意味で共著と呼べるものではあるが、当初の研究分担を示すと次のようになる。全体の取りまとめを長島が、収集した資料の検討を佐藤と西城が、石橋がワークシートの原案作成にかかわった。

2. 教材開発の方法

教材の開発にあたっては主として仙台市科学館の調査研究の業務の中で収集された資料(図1)を

¹ 東北学院大学文学部，² 仙台市立南小泉中学校，³ 仙台市教育委員会

用いた。教材化にあたっては、鈴木・井口（1995）に従った。鈴木・井口は、教育の中心が学校教育における一斉指導であり、教え方といえば黒板の使い方と説明や発問の方法といったこれまでの「教育方法論」のイメージを改め、現在の学校での授業だけでなく、いつでもどこでも応用可能な学びを支援する方法として、教育工学の理論に基づく「独学を支援する教材設計」の重要性を指摘している。本研究では、その考えに準じた形でワークシート型の教材作成を行う。

想定する「独学を支援する」形の利用方法は次の2つである。1つはパソコンの前に座ったり、関連する文献を手元において机に向かったりしながら、ワークシートを開き、探究の課題について調べ学習を通して東日本大震災の教訓を学ぶという形である。

もう1つはワークシートをフィールドに持参しながら、探究の課題の解決のために観察や実験を行い、東日本大震災の教訓を観察や実験を通して学ぶという形である。

このように自宅や学校でワークシートの間に答えたり、現地でのフィールドワークで体験的に学んだりしながら、東日本大震災の教訓を学ぶことを目指した教材開発を行った。本稿では教材の構成原理の検討を扱う。

3. 結果と議論

1) 仙台市科学館の資料の分析

図2が1月15日現在までの蒲生調査レポート速報版のテーマを整理したものである。3月11日を起点として年度区分する方法を試みたが、調査期日とレポートが発行される日時とのずれがあるため、厳密に年度区分ができなかった。そのため年度区分は4月1日から3月31日までとした。

1つのレポートの中に複数のテーマが扱われた場合、それぞれを別カテゴリーでカウントしているため、実際の発行号数よりも多くなっている。

7区分したテーマの中で、最も多く扱われたものが地形変化で、次いで魚類、干潟の環境、甲殻類の順となった。図3は、扱われたテーマの変遷を時系列的に整理したものである。この推移の理由として考えられるものは、職員の専門性、観察対象の特性である。津波被害の影響が短期的に表れる観察対象と、ゆっくりと時間をかけて変化する観察対象では、記録の仕方も当然違ったものになる。

また対象によって背景が異なる。樹木を対象にした報告は2011年と2012年に集中して取り上げられたが、それ以降2021年まで取り上げられていない。樹木の変化を担当していた職員が異動になったことが原因の1つであるが、津波被害から残存した樹木が、震災復興に伴う堤防工事のために伐採撤去されたことから継続する調査対象が消失したことが主たる原因である。約10年が経過した2021年度に樹木に関する報告が出ているが、それだけの期間を通して、ようやく変化の検出が可能になったと考えることができる。

一方で、水中をすみかとする魚類や、陸圏と水圏の境界付近をすみかとする甲殻類は異なる傾向を示した。



図1 仙台市科学館蒲生調査レポート速報版

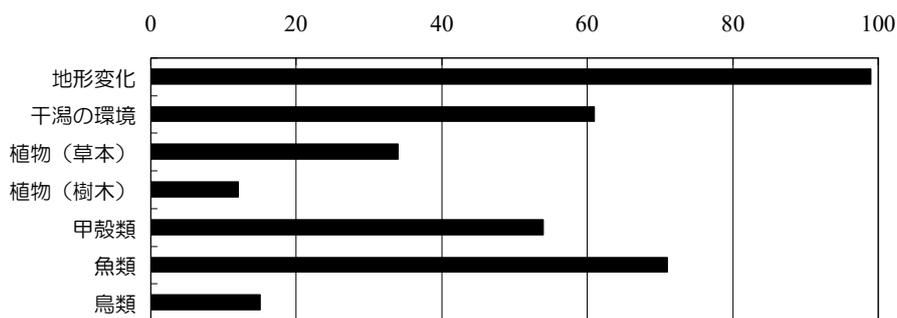


図2 蒲生調査レポート速報版の記事内容による区分 (数値はレポートの件数を示す)

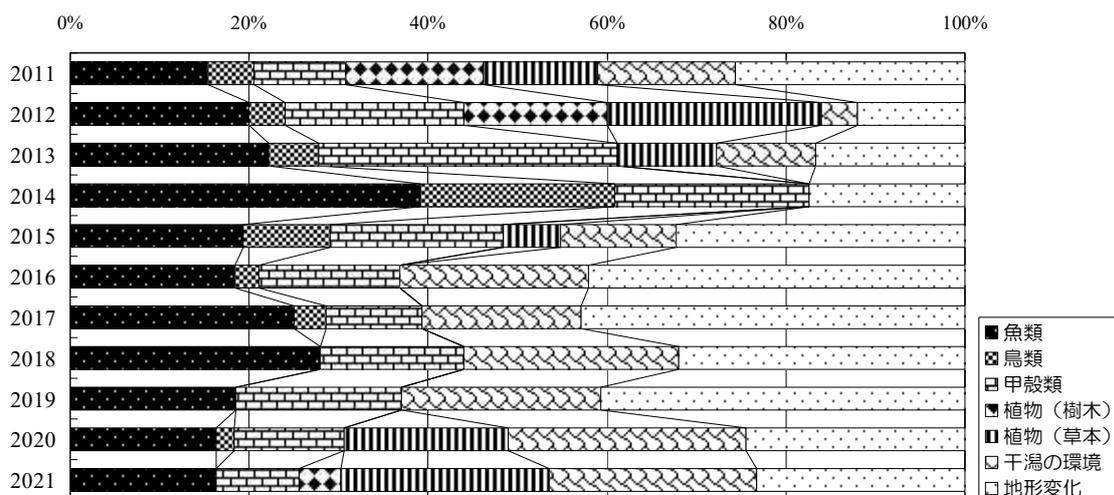


図3 蒲生調査レポート速報版の記事内容の年度毎の推移

魚類や甲殻類は、個体数の変動が大きく、速報のテーマとして好適であったと考えることができる。干潟のような汽水域に定住するような魚種は津波被害を強く受けたが、移動性の高い魚種はほとんど影響を受けなかった。仙台市役所建設局百年の杜推進部河川課広瀬川創生室(2013)は、震災の翌年に広瀬川でサケの産卵のための遡上を見出したことについて言及している。同じ魚種であっても、直接的な被害を受けた魚種もあれば受けなかった魚種もあったのである。

2) 教材開発の構成原理

持続可能性、生態系インフラストラクチャー、Eco-DRRに着目して教材開発の構想を練った。図4は、鷲谷が紹介する持続可能性のイメージに加筆したものである。図4aが望ましい生態系と社会と経済の関係を示したもので、図4bが経済や社会が異

常に拡大してバランスを欠いたものである。

生物多様性の様々な要素によって生み出される生態系のはたらきによって、人間社会に提供される様々な便益を生態系サービスと呼称しているが、その中には「自然の恵み」として、古来から利用してきたものもあれば、医学の面で効果が認められている制ガン作用のある成分を含む植物など、最近になって利用するようになった資源もある。

気候の安定化や水質浄化など、わたしたちにとっての環境を安全なものとする生態系サービスもあれば、やすらぎや感動などを与えてくれる精神的・心理的な生態系サービスもある。それらが現世代の人類にとって役立つものであることは自明である。これらの便益を将来世代が利用する可能性を保障することも、持続可能性の重要な要件である。

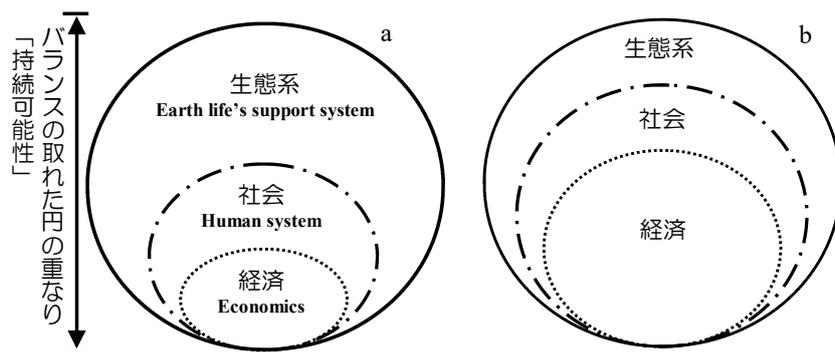


図4 本研究で用いている「持続可能性」の模式図（鷲谷，2010に加筆）

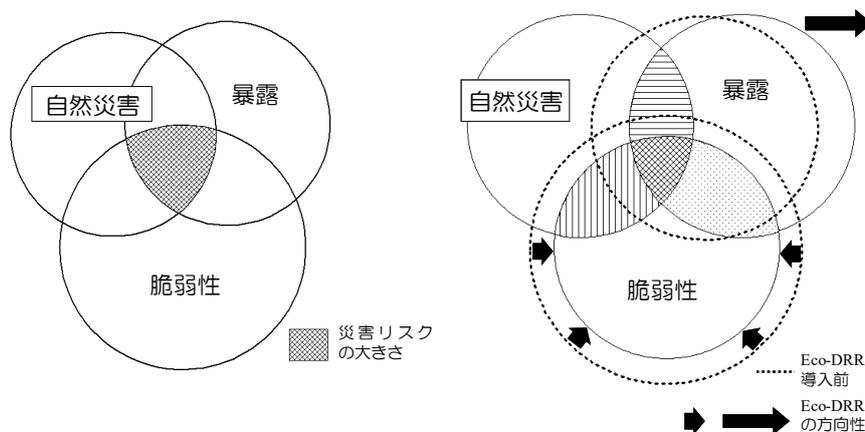


図5 Eco-DRRの考え方（Asia Disaster Reduction Center，2005に加筆）

経済性が優先されると、現在の便益性だけが注目されがちになり、将来世代への目配りが欠けがちになる。科学の視点から東日本大震災の教訓を学ぶためには、現在だけではなく、現在とそして将来世代にとっても便益性が高いものであることを前提にしなければならない。そのためには、生態系の資源利用のバランスを考慮することが重要である。

また持続可能性に関連して、東日本大震災後に重要な考え方としてクローズアップされた生態系インフラストラクチャーならびにEco-DRRについても教材化を進めていく必要がある。

災害の程度は、その地域の自然的要因、社会的要因によるところが大きい。生態系機能が豊かな地域ほど、生態系のレジリエンス機能が働き、被害の程度を小さくすることができる。地域社会が自然環境をどのように管理するか、危機に直面した時のためにどのように備えているか、どのよう

な復旧のための資源が利用できるのかを科学教育の視点から考えていくことが重要である。そのための共通の基盤としてEco-DRRの視点が重要な役割を果たすことが期待される。豊かな生態系であれば、脆弱性が低く、豊かな生態系が損なわれれば脆弱性が高まる。健全な生態系はまさに地域の自然資源であり、自然災害を縮減するという意味での生態系インフラストラクチャーである。

図5はEco-DRRの考え方を示したものである。自然災害のリスクをEco-DRRでは、自然災害の規模、暴露状況、自然災害に対する脆弱性の3つの円で表現する。この3つの円が重なり合った部分が自然災害のリスクである。この重なり合った部分の面積を縮小させるための取り組みをEco-DRRでは検討する。Eco-DRRは、生態系そのものが持つレジリエンス機能を最大限の活用しようとする考え方で、環境省も啓発に努めている（環境省自然環境局，2016）。

例えば、予め自然災害の危険が予測される場所には手を加えないということや、自然災害の規模そのものは人類の最先端の科学技術を用いてもコントロールすることはできないという前提に基づくということである。

自然災害の規模や発生時期などは、現在の科学では完全には予想できない。東日本大震災を引き起こした2011年東北地方太平洋沖地震の規模を縮小させることはできないし、あるいは2014年に発生した広島県の集中豪雨、2019年台風19号による丸森町の土砂災害を制御することはできないのである。自然災害のリスクを小さくするために私たち人類がコントロールできるのは、暴露と脆弱性の2つである。暴露とは自然災害にさらされる部分を指し、Eco-DRRとして空間的にみれば、自然災害の被害を受けやすい地域から離れること、近づかないということ、時間的にみれば、危険を察知した段階で、その危険を避ける行動を即座に起こすことということになる。東日本大震災による津波被害でいえば、まさに高台移転が該当する。

脆弱性とは、人類が被害を受けにくくするためインフラストラクチャー整備などが該当する。これは科学技術を進歩させることで補強することができる。耐震補強技術が進歩すれば橋脚や建築構造物の被害を小さくできることを意味している。

中央防災会議防災対策推進検討会議南海トラフ

巨大地震対策検討ワーキンググループ(2013)は、東日本大震災をふまえた南海トラフ沖巨大地震に伴う巨大な津波に対しては、「命を守る」ことを基本として、被害の最小化を主眼とする「減災」の考え方にに基づき、住民避難を中心に、住民一人ひとりが迅速かつ主体的に避難行動が取れるよう、自助、共助の取組を強化し、支援していく必要があることを指摘している。中央防災会議が示した考え方はEco-DRRや生態系インフラストラクチャーを用いて災害を縮減するということにつながっている。

3) 教材開発の3つの構成原理とワークシート案

上述したような検討を経て、教材開発の構成原理として導き出されたのが、「人と自然のかかわり」「東北地方太平洋沖地震の猛威」「豊かな自然の持つレジリエンス機能」の3つである。これらを軸にして蒲生調査レポート速報版を整理し直したものが図6である。東日本大震災直後は、人智を超えた巨大な破壊力を取り上げたレポートや様々な生物が津波によって被害を受けたことが報告されていることがわかる。

2013年度が1つの転換点となっており、豊かな自然の持つレジリエンス機能に科学館職員が目を向けるようになっていたことが推察される。様々な生き物の復活の過程が取り上げられている。

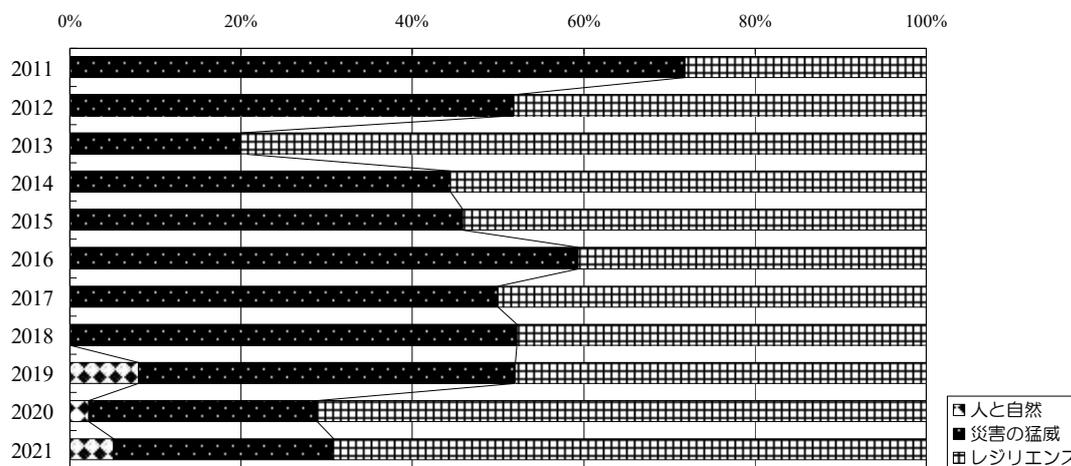


図6 3つの構成原理で再区分した蒲生調査レポート速報版の記事内容の年度毎の推移

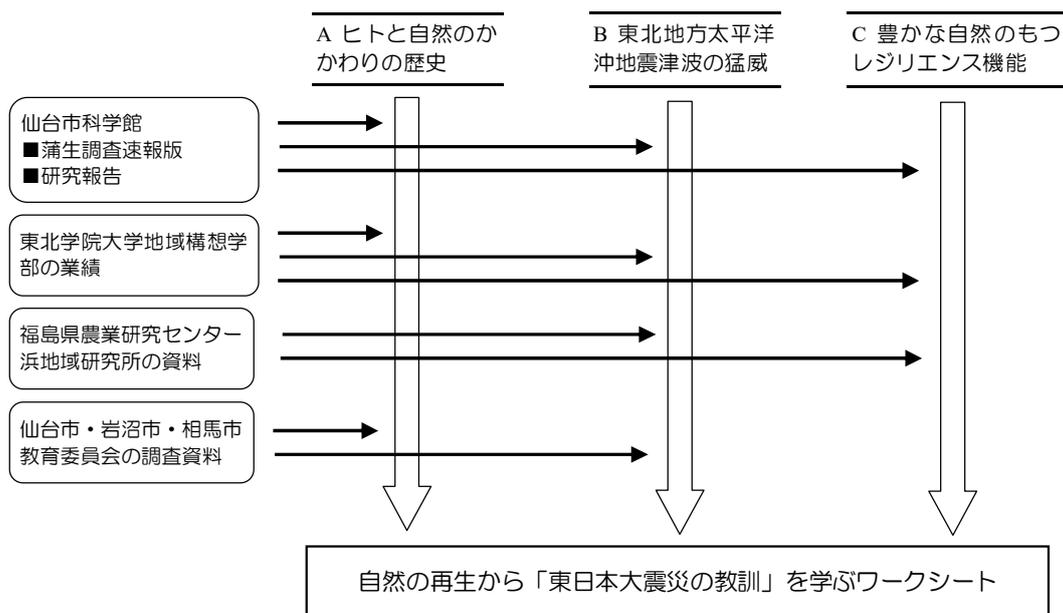


図7 蒲生調査レポート・科学館研究報告を中心とした資料収集

教材開発の3つの構成原理に基づくワークシート作成上、不足する領域があるのはやむを得ない。その部分を補うために、他の公刊された資料や人的支援を活用したい。それをまとめたものが図7である。様々な組織や機関が様々な視点から調査研究（平吹ほか，2011；富田ほか，2014；岡・平吹編，2021など）を行っている。宮城県外では福島県農業研究センター浜地域研究所の三田村敏正氏らは、海浜の昆虫相の変化を調べている。

このような調査結果を反映させたワークシート案を付表として示した。付図として3点のワークシート例を添付した。

なお、長島ほか（2012）において仙台管区気象台の協力を得て、東北地方太平洋沖地震を理科教育で用いるためのワークシートを作成した。今後検討を重ねてB区分「東北地方太平洋沖地震・津波の猛威」の中に組み込む形で再提案したいと考えている。

5 今後の方向性

博物館は、資料の保存・展示や調査・研究だけでなく、教育・生涯学習、市民協働の場や地域の文化の継承といった多様な機能・目的を有しており、それぞれの地域の活性化や魅力づくりのため

に果たす役割は大きい（布施，2005；大山ほか，2011；攝待ほか，2013）。

2011年3月11日の巨大災害を風化させることなく、災害文化として位置づけていくためには、様々な立場から粛々と記録を残していくことが重要である。自然科学の眼で見た災害の記録は、その中心的な担い手として地域に密着した形で科学系博物館がその役割への期待が大きい。収集された記録が地域の財産として長期に渡って保管され、研究資料として活用され、あるいは学校教育で活用されていくことが自然災害を風化させない教育につながる。

そのための教材開発にあたっては、防災・減災教育として、自然災害を悲惨な結果をもたらすものとしての扱いではなく「自然災害に対してどのように対処したか。それを防災・減災にどのように生かしていくのか」を考えさせていくことを重視する必要がある（長島，2018a, b）。

引用文献

- Asia Disaster Reduction Center (2005) Natural Disaster Risk. Total Disaster Risk Management - Good Practices -. 1-10.
- 中央防災会議防災対策推進検討会議南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ (2013) 南海トラフ巨大地震対策について (最終報告). 60
- 平吹喜彦・富田瑞樹・菅野洋・原慶太郎(2011)東日本大震災・大津波で被災した仙台湾砂浜海岸エコトーンとその植生状況. 薬用植物研究. 第33巻. 第2号. 45-57
- 布施和夫. 2005. 博物館の理念と運営. 利用者主体の博物館学. 234. 雄山閣出版.
- 環境省自然環境局 (2016) 自然と人がよりそって災害に対応するという考え方. 24.
- 数本芳行・長島康雄 (2012) 東日本大震災からの復興支援としての「るねっサイエンス事業」. 仙台市科学館研究報告. 第21号. 1-7
- 三田村敏正 (2016) 東日本大震災が昆虫類に及ぼした影響. 災害文化の継承と創造. 126-138
- 長島康雄 (2018a) Eco-DRR の教育的な意義.2.小学6年理科「流れる水の働き」の単元の教材開発. 関東学園大学リベラルアーツ. 第27集. 1-10.
- 長島康雄 (2018b) 野外文化教育の視点からみた自然災害を扱うEco-DRR教材の開発. ～2011年東北地方太平洋沖地震後を考える防災教育教材～. 野外文化教育学会紀要. 第16号. 41-50.
- 長島康雄・西城光洋・太田健治・若生勝 (2012) 仙台管区気象台と連携した2011年東北地方太平洋沖地震の教材化. 仙台市科学館研究報告. 第21号. 73-77
- 岡浩平・平吹喜彦 (2021) 大津波と里浜の自然誌. 118.
- 大山真実・攝待尚子・佐藤幸・数本芳行・菊池義廣 (2011) 科学館展示物を利用した学習プログラムの実践. 仙台市科学館研究報告. 第20号. 56-59.
- 攝待尚子・高橋真実・菊池義廣・佐藤淳・庄子加奈子・菅原徹 (2013) 科学館の人・物を活用した小学校向け館内学習活動の提案. 仙台市科学館研究報告. 第22号. 19-25.
- 鈴木克明・井口巖 (1995) 教材パッケージ作成する. 「独学を支援する教材設計入門-教えることの奥深さと糸口を知るために-」. 東北学院大学教育工学研究室. 131-152
- 高橋真実・長島康雄・数本芳行 (2013) るねっサイエンス事業「巡回地震パネル展」の成果と課題. 仙台市科学館研究報告. 第22号. 54-57
- 仙台市役所建設局百年の杜推進部河川課広瀬川創生室 (2013) サケの回帰.vol.19. 東日本大震災と広瀬川の生物たち.
<https://www.hirosegawa-net.com/?p=779&page=2> (2022.1.20閲覧)
- 富田瑞樹・平吹喜彦・菅野洋・原慶太郎 (2014) 低頻度大規模攪乱としての巨大津波が海岸林の樹木群集に与えた影響. 保全生態学研究. 第19巻. 163-176
- 鷲谷いづみ (2010) 生態学からみた持続可能性-ヒトと生態系の持続戦略. サステイナビリティ学. 第4巻. 生態系と自然共生社会. 9-34

付表 「東日本大震災の教訓を自然の再生から学ぶ学習プログラム」ワークシート案

カテゴリー	テーマ
A	人と自然のかかわりの歴史
A-1	仙台平野の形成史
A-2	防潮林のはたらき
A-3	ヒトの力・自然の力で生物多様性の高まった防潮林
A-4	蒲生干潟はいつできたのか
A-5	七北田川の流域
A-6	震災で明らかになったEcoDRRな河口の姿
A-7	震災遺構 荒浜小学校
B	東北地方太平洋沖地震・津波の猛威
B-1	津波直後の蒲生干潟
B-2	津波の速さ
B-3	津波被害を受けた防潮林
B-4	津波によって改変された蒲生干潟
B-5	津波によって消失した生物
C	豊かな自然のもつレジリエンス機能
C-1	豊かな自然ほど災害に強い
C-2	震災前の蒲生干潟
C-3	震災前の仙台湾の海岸林
C-4	震災後に戻ってきたカニ類
C-5	震災後に戻ってきた野鳥
C-6	震災後に戻ってきた魚類
C-7	震災後に戻ってきた昆虫
C-8	震災後に戻ってきた植物

付図 「東日本大震災の教訓を自然の再生から学ぶ学習プログラム」 ワークシート例

東日本大震災の教訓を C-3
自然の再生から学ぶワークシート

東日本大震災の教訓を C-4
自然の再生から学ぶワークシート

干潟で見つけた生き物を観察しよう。色を付けてみましょう。

- 干潟に着いたら、見通しのよい高台を見つけて、地形を把握し双眼鏡でカニなどをさがしてみよう。
- 干潟に降りたら、ぬかるみに注意しながらそっと歩きましょう。
- カニの穴を見つけたら、じっとしていきましょう。やがてぞろぞろカニが出てきます。

東日本大震災の教訓を C-6
自然の再生から学ぶワークシート

震災後の蒲生干潟で確認できる魚 イシガレイ

全長 (cm)	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	計	平均全長
個体数 (匹) (河口域)	2	2	3	1	1	1	3	1	14	4.6cm
個体数 (匹) (潟内)	0	0	0	0	0	2	2	1	5	5.9cm

(Table.1 イシガレイの全長と個体数)