慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	東日本大震災の津波による被災と生態系を基盤とした防災・減災
Sub Title	2011 tsunami disaster and ecosystem-based disaster risk reduction
Author	一ノ瀬, 友博(Ichinose, Tomohiro)
Publisher	慶應義塾大学湘南藤沢学会
Publication year	2016
Jtitle	Keio SFC journal Vol.16, No.1 (2016.) ,p.8- 25
JaLC DOI	10.14991/003.00160001-0008
Abstract	近年急速に注目を浴びている生態系減災の日本における位置づけを解説し、東日本大震災の被災地である宮城県気仙沼市を対象に、ハビタットが開発され失われたことが被害を拡大させたことを論じた。2011年の津波により浸水した市中心部は1913年から2011年の間に、急激に都市的土地利用が増加し、逆に水田が激減した。その結果として気仙沼市中心部において1140億円以上の被害を被ることになった。人口減少時代においては生態系減災を活用し、自然立地に適した土地利用を行う必要がある。
Notes	特集 東日本大震災からの復興と人口減少時代の国土のあり方 招待論文
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=0402-1601-0008

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

［招待論文］

東日本大震災の津波による被災と生態系を基盤とした防災・減災

2011 Tsunami Disaster and Ecosystem-based Disaster Risk Reduction

一ノ瀬 友博
慶應義塾大学環境情報学部教授

Tomohiro Ichinose
Professor, Faculty of Environment and Information Studies, Keio University

Abstract:　近年急速に注目を浴びている生態系減災の日本における位置づけを解説し、東日本大震災の被災地である宮城県気仙沼市を対象に、ハビタットが開発され失われたことが被害を拡大させたことを論じた。2011 年の津波により浸水した市中心部は 1913 年から 2011 年の間に、急激に都市的土地利用が増加し、逆に水田が激減した。その結果として気仙沼市中心部において 1140 億円以上の被害を被ることになった。人口減少時代においては生態系減災を活用し、自然立地に適した土地利用を行う必要がある。

A magnitude 9.0 earthquake struck the costal regions along Pacific Ocean in northeastern Japan on 11 March 2011. The subsequent tsunami wrought destruction on a massive scale. Kesennuma City was one of the heavily damaged regions in Miyagi Prefecture. I analyzed the habitat loss in the tsunami affected area of the city by using historical topographical maps in 1913 and 1955, and vegetation maps in 1981 and 2011. The area of urban land use has dramatically increased more than nine times for 100 years while the area of rice paddy field has sharply decreased from 52.9% to 17.9%. It was estimated that totally 113.5 billion yen and 66 million yen of the benefit from natural ecosystems lost by the tsunami due to urban and agricultural land uses, respectively.

Keywords: 気仙沼市、生態系減災、ハビタットロス、国土計画、生物多様性保全
Kesennuma City, Eco-DRR, habitat loss, national land planning, biodiversity conservation

1　はじめに

生態系を基盤とする防災・減災 (Ecosystem-based Disaster Risk Reduction, Eco-DRR, 以下生態系減災) やグリーンインフラストラクチャー (以下グリーンインフラ) といった考え方にとって、2015 年は日本の元年とも言える年になった。生態系減災もグリーンインフラも欧米では 1990 年代から注目されるようになってきた考え方である。健全な生態系は災害を防いだり、災害からの影響の緩衝帯として機能し、人々や財産が危険にさらされるリスクを軽減するとされ [1]、そのような機能を総称して生態系減災と呼んでいる。グリーンインフラは国によって定義は異なるが、簡単に言えば、生態系サービスを賢く私たちの生活の中で活用する基盤をグリーンインフラと呼んでおり、これまでの社会基盤 (インフラストラクチャー) と同様に人間社会に欠かせないものとして位置づけようというものである [2]。生態系減災は、グリーンインフラの一つの機能と言うこともできる。

生態系減災は、2005 年に神戸市で開催された第 2 回国連防災世界会議で合意された兵庫行動枠組 2005-2015 においても既に言及されていたが、日本ではほとんど注目されてこなかった。しかし、2011 年 3 月の東日本大震災を経て、2015 年 3 月には第 3 回国連防災世界会議が仙台で開催され、仙台行動枠組 2015-2030 が採択された。そこでは、生態系に基づくアプローチによる政策の立案・計画や、災害リスク低減に役立つ生態系機能を保全し、危険にさらされる地域の農村開発計画や管理をすること、生態系の持続可能な利用及び管理を強化し、災害リスク削減を組み込んだ統合的な環境・天然資源管理アプローチを実施することなどが明示的に書き込まれた。

2015 年 8 月には新たな国土形成計画 (全国計画) [3] と国土利用計画 (全国計画) [4] が閣議決定された。新たな国土形成計画 (全国計画) には様々な注目すべき点があるが [5]、グリーンインフラが初めて国土計画に書き込まれたこともその一つである。そこでは、グリーンインフラは、社会資本整備、土地利用等のハード・ソフト両面において、自然環境が 有する多様な機能 (生物の生息・生育の場の提供、良好な景観形成、気温上昇の抑制等) を活用し、持続可能で魅力ある国土づくりや地域づくりを進めるものと定義されている [3]。さらに、社会資本整備や土地利用 におけるグリーンインフラの考え方や手法に関する

検討を行うとともに、多自然川づくり、緑の防潮堤及び延焼防止等の機能を有する公園緑地の整備等、様々な分野において、グリーンインフラの取組を推進するという記述が見られ[3]、明示的に生態系減災の言葉は見られないものの、実質的にはその考え方も示された。

2015 年 9 月に社会資本整備重点計画[6]が閣議決定された。そこでは自然環境が有する多様な機能を積極的に活用するグリーンインフラの取組の必要性が記載され、自然環境が有する多様な機能（生物の生息・生育の場の提供、良好な景観形成、気温上昇の抑制等）を積極的に活用して、地域の魅力・居住環境の向上や防災・減災等の多様な効果を得ようとするグリーンインフラについて、国際的な議論や取組が活発化している状況も踏まえ、日本においても積極的に取り組む必要があるというように、生態系減災について言及された[6]。計画の中では、「生態系」と記述されていないが、国の社会資本整備の根幹をなす計画において、生態系がその基盤であることが認められたことは特筆すべきことである。

2015 年の締めくくりとして、11 月下旬に気候変動の影響への適応計画[7]が閣議決定された。筆者は 2014 年度に気候変動影響評価等小委員会と気候変動に関する生物多様性分野適応計画検討会に委員として加わり、この適応計画のとりまとめにも関わった。この中では、度々生態系減災について言及されているが、例えば、海岸における適応策の一つとして、沿岸域における生態系による減災機能の定量評価手法開発など、沿岸分野の適応に関する調査研究を推進すると具体的に書き込まれており、これまでのグレイインフラにおける防災に加え、生態系減災への取り組みが必要であることが示された[7]。

これらの一連の動きを経て、環境省は 2016 年 2 月に「生態系を活用した防災・減災に関する考え方」[8]をまとめ、ハンドブック「自然と人がよりそって災害に対応するという考え方」[9]、生態系を活用した防災・減災に関する考え方を参考事例[10]とともに環境省のホームページで公開した（http://www.env.go.jp/nature/biodic/eco-drr.html（http://www.env.go.jp/nature/biodic/eco-drr.html））。なお、ハンドブックについては英語版も作成され、公表されている[11]。筆者は、この考え方やハンドブックをまとめる検討会にも委員と

して加わった。この考え方の中では、生態系サービスの一つとして防災・減災機能が位置づけられることが説明され[8]、パンフレットにおいては歴史的な生態系減災や基本的な考え方が政策決定者や住民に分かりやすく紹介されている[9]。

以上の2015年1年間における日本国内の急速な動きは、国際的にグリーンインフラや生態系減災に対する取り組みが急速に進行する中で、日本でもその主流化に一気に舵を切ったと言えよう。

2　震災復興と生態系減災

生態系減災が日本で大きく前進した2015年は東日本大震災から5年目となる節目の年であった。2016年3月11日前後にはテレビや新聞などのメディアで盛んに東日本大震災特集が組まれた。その多くが、被災地の復興が未だ道半ばであることを伝えたが、2015年度で政府が定めた震災復興集中期間は終了した。被災地以外では明らかに震災は遠い過去になりつつある。2016年3月29日付の復興庁の資料によれば、全国の避難者は17万4千人にも及ぶという[12]。一時は35万人近くにも及んだ避難者数に比べれば、半減したと言えるかもしれないが、依然として当時の半数の方々が仮設住宅など不自由な生活を強いられていることを考えると復興にはまだまだ時間が必要であることが分かる。これは福島第一原発事故による影響も大きいと言えるが、宮城県においても4万5千人以上の避難者が存在する[12]。宮城県の中でも被害が大きかった気仙沼市では、2015年度末までにほとんどの防災集団移転事業が終了するが[13]、中心市街地の土地区画整備事業の竣工まであと1年から2年の時間を要する。阪神淡路大震災では5年で仮設住宅の入居者がいなくなったことと比較すれば、いかに東日本大震災による被害が甚大で、その復興に時間がかかっているかが良く分かる。

生態系減災の視点からは、2015年は防潮堤問題が度々話題になる年でもあった。日本が本格的な人口減少局面に入ってからの大規模な震災となり、震災後にとりまとめられた復興構想会議の提言では「減災」という考え方が示され、ハードのみに頼る防災ではなく、ハザードマップの整備や災害リスクを考慮した土地利用・建築規制などの方針が示された[14]。藤井の列島強靱化

論[15]により、2013年12月に強くしなやかな国民生活の実現を図るための防災・減災等に資する国土強靱化基本法（いわゆる国土強靱化法）が制定されたが、藤井[15]のいう強靱化とはレジリエンスを訳したもので、その中には生態系減災の意味も含まれる。しかし、グレイインフラを中心としたハードの整備が優先して進行し、仙台湾では高さT.P.7.2mにもなる防潮堤が2015年3月末までに26kmも整備された。そして、防災集団移転事業が進む三陸沿岸の漁村集落においても、10m以上もの防潮堤が計画されていることがマスコミで紹介され、その必要性について議論がわき起こった。論点は大きく二つあり、一つは税金を投入して高台移転をして、低地には住民がいなくなるのに、さらに巨大な防潮堤を建設するのは税金の無駄遣いだという指摘、もう一つは巨大な防潮堤により豊かな自然と美しい景観が損なわれるという指摘である。筆者が2011年4月から復興支援・調査研究を行ってきている気仙沼市では、中心市街地の復興に際し、防潮堤の高さが度々議論になってきた。中心市街地については高台への移転ではなく、土地の嵩上げと防潮堤による対策で土地区画整理事業を行うため、防潮堤の高さが決まらなければ、計画自体が決定できない。2016年3月末現在で、気仙沼市内湾地区では防潮堤の高さについて最終的な調整が続いている。

一方で、被災しながら巨大な防潮堤の建設を拒否する集落も現れた。筆者を始め、湘南藤沢キャンパスの教員・学生で2012年末から支援を行ってきている気仙沼市舞根集落である。舞根集落は全被災地に先駆けて、高台移転を合意し、市に要望を行ったことで一躍知名度が上がったが[13]、防潮堤問題についても他の被災地に先駆け、住民間で防潮堤不要との合意をし、2012年6月に気仙沼市に要望を行った[16]。詳細な経緯は、筆者らがまとめた冊子[16]を参照いただきたいが、2012年4月頃に防潮堤計画が示されてから合意形成、要望まで2ヶ月足らずという迅速な決断であった。舞根地区では、NPO法人森は海の恋人による津波浸水範囲の湿地としての保全が進んでおり、今回の震災の被災地の中で生態系減災の先進地となった。

3　災害リスクと生態系

災害リスクは、危険な自然現象(hazard)、暴露(exposure)、脆弱性(vul-

nerability) の 3 つによって決定されるとされている (図 1)。今後気候変動によって危険な自然現象の強度が高まることが予測されているが、この現象を直接コントロールすることは現在の技術では極めて難しいので、災害リスクを低減させるためには暴露と脆弱性を下げる必要がある [8]。暴露とは災害の危険にさらされていることであり、危険性の高い場所に居住したり、貴重な財産が存在していることをいう。脆弱性とは、様々な理由により危険な自然現象が起こった場合に、その影響を回避する、あるいは減少させる機能が低下していることである。生態系減災はこの暴露と脆弱性の低減に大きく貢献することができる [8]。例えば、災害のリスクが高い場所に居住しない、あるいはそのような土地を集約的には利用しないことが被害を受ける可能性を大きく減少させる。また、サンゴ礁や沿岸の塩性湿地が津波や高潮の被害を軽減したことも広く知られており、この暴露と脆弱性の低減は仙台行動枠組 2015-2030 でも大きく取り上げられている。

災害のきっかけとなる地震、噴火、津波、高潮、洪水、土砂崩れといった自然現象は地球上で常にどこかで発生している。しかし、そこに人間も財産も存在しなければ災害とは言わない。生態学的には攪乱 (disturbance) と呼ぶが、重要な自然のプロセスであり、この攪乱によって生存基盤が維持される

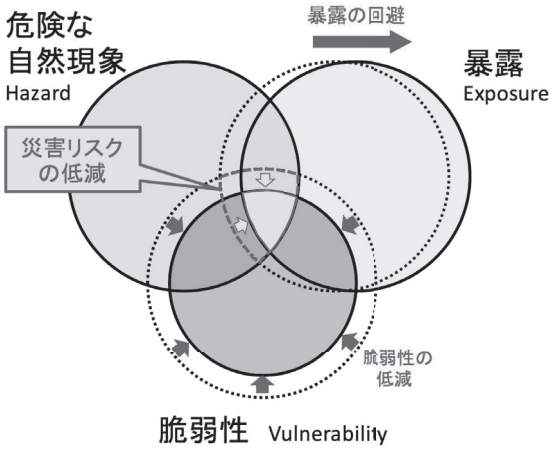


図 1　災害リスクの低減 (文献 8 より引用)

生物も多数存在する。東日本大震災の津波による被災地に、素早く生態系が復元しつつあることは、多くの研究者により報告されており、健全な生態系にはそのような復元力 (resilience) が存在する。撹乱により影響を受ける生物も当然多いが、撹乱は自然生態系には欠かすことができない。つまり、その中に人間が介在することにより、自然災害が大きな問題となる。

人間は有史以前から自然環境を改変し、その生息を可能にし、大きな繁栄を遂げてきた。生息域が拡大することにより、災害リスクも増加してきたのである。例えば、日本では明治時代以前にも様々な工夫で自然災害と立ち向かってきた。洪水が頻発する水郷地帯では、少し高台に集落を造りその周りを堤で囲う輪中や、高潮による影響を受けやすい低地ではいざというときに避難する命山という人工的な山などが整備されてきた。中世から近世にかけて、低地や沿岸部の干拓が進み大規模な水田地帯が整備されてきたが、その結果として災害リスクが高まったことが明らかになっている[17]。また、江戸時代は土砂災害を防止するために森林の伐採や根の掘り取りを厳しく規制したり、計画的に植林を行ったりしてきたことが知られているが[18]、それは一方で江戸時代には日本全国の木材が切り出され、森林資源の枯渇が深刻になっていたことの帰結であると指摘されている[19]。

よって、自然災害の歴史を紐解くことは、撹乱の頻度が高い生態系における自然環境喪失の経緯を明らかにすることにつながる。人間がそのような生態系を壊して居住し、生産活動をすることにより災害を被るようになったのである。そのような例は、沿岸や湿地、河川の生態系に数多く見られ、今となっては世界各地でそのような生態系とそこに生息する生物が存続の危機にさらされている。人間にとっての災害リスクを避ける、つまり危険な場所を利用しない (暴露を下げる) ことは、人間にとっても、それ以外の生物にとっても好ましいことで、いわば win-win の関係と言える。もっとも、人口増加に伴い、人間の生息地が拡大し、結果として危険性の高い場所も利用しなければならなくなってきたのは明らかで、人口増加が続く発展途上国では災害リスクを下げる取り組みには様々な工夫が必要である。一方で、日本においては人口減少局面に入っており、土地に対する開発圧は一部の地域を除き減少しつつある。これまで高まってきた暴露を低減することは人口減少時代で

あればこそできることである。

そのような問題意識の下に、2015 年 6 月から筆者が研究代表者となり環境省環境研究総合推進費「ハビタットロスの過程に着目した生態系減災機能評価と包括的便益評価手法の開発」に東京大学と共同して取り組んでいる。大規模な災害があった場所に着目し、その災害以前の都市開発により失われた生態系をハビタットロス（失われた生息地としての価値）として捉え、災害による経済的な損失をその失われた生態系が持っていた経済的な価値として評価する（図 2）。つまり、その生態系が失われなければ、その自然環境としての価値も失われず、人間の被害も起こらなかったことになる。この経済的な価値は生息地（ハビタット）のタイプごとに算出することができるので、その単位面積あたりの値が高いハビタットタイプでは、集約的な土地利用を行わないことが賢明である。ハビタットタイプと生物多様性の関係を明らかにすることにより、開発によって失われた生物多様性を計算することができ、

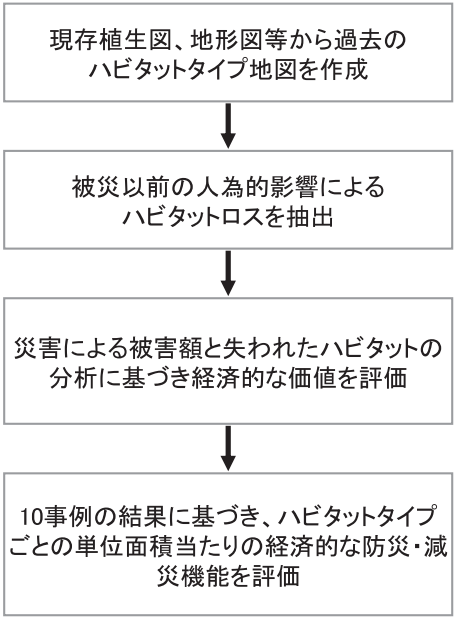


図２　ハビタットロスの過程に着目した生態系減災機能評価手法のフロー図

逆にもし災害リスクが高い土地の集約的な利用を取りやめ、自然環境の復元・再生を行えば、どれだけの生物多様性の向上（ハビタットゲイン）に貢献できるかも試算できる。この評価手法を確立し、防災・減災の方向性を地域住民と議論し、意志決定する手法までを明らかにしようというのが、本研究の目的である。日本国内では、10 箇所の災害を対象に分析し、逆に歴史的に生態系減災を行ってきた 2 つの事例を取り上げ、そのハビタットゲインも明らかにする。さらには、ドイツとオーストリアの 2 事例も分析に加え、より普遍的な評価手法の構築を行う。事例対象地として、福井県三方五湖地域を取り上げ、ここでは三方五湖自然再生協議会を中心に合意形成手法の検討を行う。本研究は、2015 年 6 月から始まったばかりであるが、次に気仙沼市における分析結果を紹介したい。

4　気仙沼市中心部のハビタットの変遷と被害額

気仙沼市は宮城県の沿岸部で最も北に位置し、東日本大震災においては津波とその後の火災により甚大な被害を被った（図 3）。気仙沼市役所の 2016 年 2 月 29 日時点の発表によると直接死 1,031 人、関連死 108 人、行方不明者 220 人、合計 1,359 人の人的被害、住宅被災棟数 15,815 棟（2014 年 3 月 31 日現在）被災世帯数 9,500 世帯（2011 年 4 月 27 日現在・推計）という大きな被災であった。気仙沼市の依頼により被害額を推定した七十七銀行によれば、震災により 2,161 億円の生産減少となり、これは気仙沼市の市内総生産額の約半分に相当し、3 分の 1 の雇用が失われたとしている [20]。気仙沼市は、カツオやサンマの水揚げ港としてとして全国的に知られており、カツオについては震災以降も含め 2015 年まで 19 年連続の全国最多の水揚げを誇っている。加えて、フカヒレをはじめ、魚介類を中心とした食品加工業の集積地としても知られ、関連業界とともに、市の経済を担ってきた。それらの多くが震災により壊滅的な被害を受けた。

気仙沼市中心市街地を対象に、ハビタットロスの過程を明らかにした。用いた資料は、1913 年、1952 年発行の 5 万分の 1 地形図と 1981 年の 5 万分の 1 現存植生図および 2013 年発行の 2 万 5 千分の 1 現存植生図である。1913 年の地形図は、この地域において最も古い地形図で、1952 年の地形図につ

図３　津波後に発生した火災で甚大な被害が出た気仙沼市鹿折地区
（2011 年 4 月上旬に筆者が撮影）

いては第二次世界大戦直後のものとして採用した。環境省は、この地域において 2 時期の現存植生図を作製しているため、それらを採用した。ただし、2013 年発行の現存植生図は震災後の作製である。よって、津波被災地には被災後復旧がなされていない場所で水域や湿地が数多く見られる。よって、震災前の地形図を参照し、被災前のハビタットタイプを復元した。

現存植生図には数多くの凡例が存在するが、地形図から読み取れるハビタットタイプには大きな制限がある。第二次世界大戦以降は空中写真が存在するが、大正 2 年となる 1913 年の判別はできない。よって、ハビタットタイプとしては以下の 9 つの大分類を採用した。すなわち、樹林地、竹林、草地、湿地、開放水域、水田、畑地、砂れき地、都市的土地利用である。なお、100m × 100m 以上の規模があるものを一つのハビタットタイプとして判別した。

次に被害額については、七十七銀行の推定を元に、ハビタットタイプごとの単位面積あたりの被害額を算出した。七十七銀行はいくつかの推定を行っているが [20]、被災産業の直接生産減少額に一次波及効果および二次波及効果による生産減少額を加えた総合波及効果を採用した。これが先に述べたよう

に 2,161 億円である。これは気仙沼市の年間の生産減少額であり、インフラの被害や個人の住宅の被害などはここには含まれていない。産業部門ごとに算出されているため、漁業の被害を除いた一次産業の被害を農業被害とし、水田と畑地における被害とした。漁業を除いたのは、漁業の被害は漁船と港の被害によるものがほとんどで、陸域の土地利用との関連づけを行えないためである。また、二次産業、三次産業の被害を都市的土地利用の被害とした。いずれも、気仙沼市全域での被害額が算出されているため、気仙沼市全域の津波被災範囲の各ハビタットタイプの面積で按分し、面積あたりの被害額を算出した。

1913 年、1952 年、1981 年、2011 年の各ハビタットタイプの分布と 2011 年 3 月の東日本大震災の津波浸水域をそれぞれ図 4、5、6、7 に示した。また、津波浸水域内のハビタットタイプの変遷を図 8 に示した。1913 年時点では、津波浸水範囲内はほとんど水田によって占められていたことが分かる（図 4）。加えて、沿岸に湿地が分布しており、まだ気仙沼湾内の埋め立てが進行しつつある段階であった。内湾地区と呼ばれる気仙沼湾の最も奥まった場所に、主に都市的土地利用が分布していた（図 4）。第二次世界大戦後の 1952 年になっても、基本的なハビタットタイプの構成は変わっていない。しかし、沿岸にあった湿地が消滅していることと、沿岸部で都市的土地利用が拡大し始めている（図 5）。高度成長期を経た 1981 年になると劇的にハビタットタイプが変化した。南気仙沼地区と呼ばれる埋立地がほぼ完了し、気仙沼湾沿岸はほぼすべて都市的土地利用に転換されている（図 6）。水田は津波浸水域の西部と南部にわずかに残されているだけであった（図 6）。震災直前の 2011 年になると、わずかに残されていた水田もほとんど都市的土地利用に転換されてしまっていた（図 7）。この変遷を表 1 で見てみると、1913 年時点では津波浸水域の 55.5％を占めていた水田は 2011 年には 17.8％に激減していた。一方で、1913 年時点では 7.3％しか存在していなかった都市的土地利用は 2011 年までに 76.1％まで激増した(表 1)。開放水域は 16.3％から 1.6％に減少しているが、これは主に埋め立てによるものである。樹林、湿地も減少しており、これらも都市的土地利用に転換されていったと考えられる（表 1）。

七十七銀行が推定した被害額に基づき、分析対象範囲のハビタットタイプ

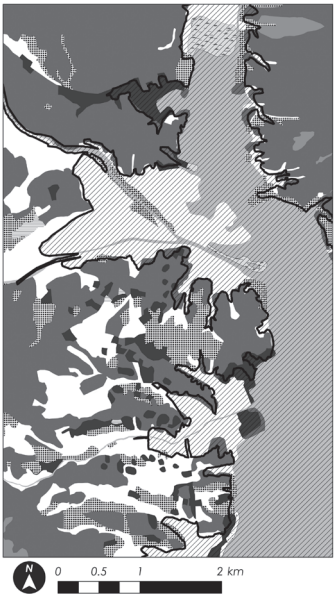


図４　1913 年の気仙沼市中心部の
ハビタットタイプの分布

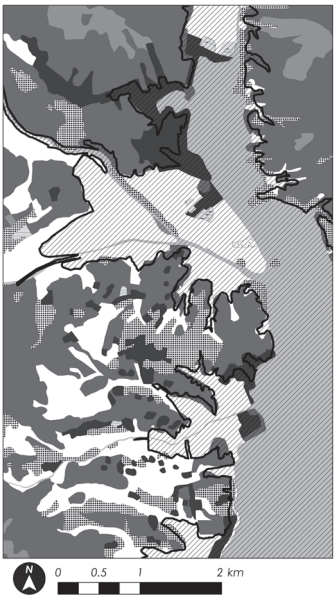
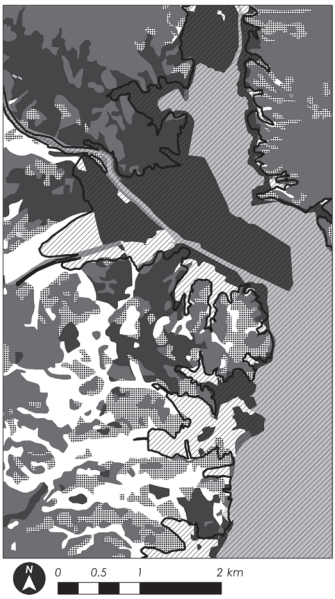


図５　1952 年の気仙沼市中心部の
ハビタットタイプの分布

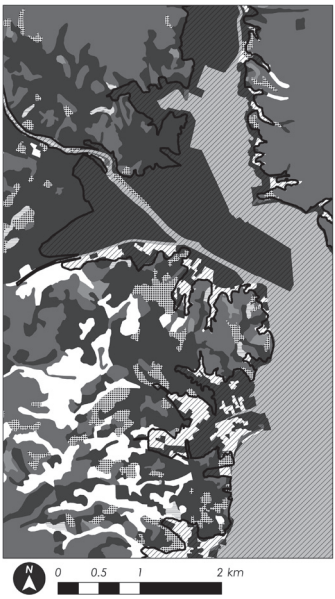


津波浸水域

1981年
ハビタットタイプ

- 樹林地
- 竹林
- 草地
- 湿地
- 開放水域
- 水田
- 畑地
- 砂れき地
- 都市的土地利用

図６　1981 年の気仙沼市中心部の
ハビタットタイプの分布



津波浸水域

2011年
ハビタットタイプ

- 樹林地
- 竹林
- 草地
- 湿地
- 開放水域
- 水田
- 畑地
- 砂れき地
- 都市的土地利用

図７　2011年の気仙沼市中心部の
ハビタットタイプの分布

表 1　津波浸水域のハビタットタイプの構成の変化
（1913 年、1952 年、1981 年、2011 年）（単位は%）

ハビタットタイプ	1913 年	1952 年	1981 年	2011 年
樹林地	5.3	4.6	2.2	1.6
竹林	0.0	0.0	0.0	0.0
草地	0.3	0.1	2.5	0.0
湿地	4.7	1.4	0.0	0.9
開放水域	16.3	9.6	2.6	1.6
水田	55.5	59.1	30.0	17.8
畑地	10.5	11.5	2.6	1.7
砂れき地	0.1	0.5	0.0	0.2
都市的土地利用	7.3	13.2	60.1	76.1

ごとの被害額を算出した。その結果、水田と畑地は 6,900 万円、都市的土地利用は約 1,128 億円の被害を被ったことが明らかになった（表 2）。これをそれぞれの時期の各ハビタットタイプの面積であれば、どれだけの被害額となるかを試算した（表 2）。1913 年時点のハビタットタイプの分布であれば、水田、畑地は 2.34 億円、都市的土地利用は、約 107 億円と推定され、その合計は 2011 年に比較して 10 分の 1 以下であった。つまり、生産性の高い都市的土地利用が低地に拡大し、津波により被災したことにより、膨大な被害につながったことが明らかになった。

気仙沼湾の埋め立ては、江戸時代前半から農地整備のため始まったことが知られている [21]。その後埋立地の一部は、塩田として整備され、製塩が盛んに行われていた [22]。1905 年の塩専売法の制定・施行をきっかけに塩田が閉鎖された [22]。塩田の跡地はその後放棄され、荒れ地のようになっていたが、その後干拓され水田として整備された [21]。1913 年のハビタットタイプ地図に見

表 2　津波浸水域内の水田・畑地と都市的土地利用の被害額の推定（単位は億円）
（文献 20 に基づき計算しており、2011 年以外は、その時点のハビタットの構成であった場合の推定被害額）

	1913 年	1952 年	1981 年	2011 年
水田・畑地	2.34	2.50	1.15	0.69
都市的土地利用	107.46	195.45	890.49	1127.14
合計	109.80	197.95	891.64	1127.84

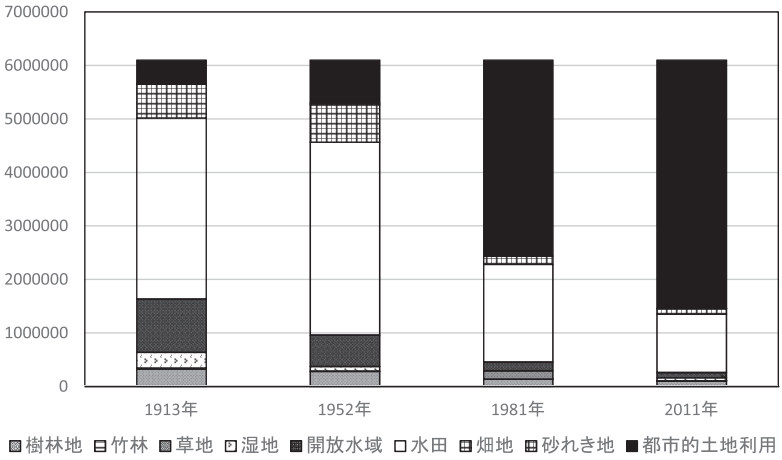


図８　津波浸水域内のハビタットタイプの構成の変化（縦軸の単位は m^2）

られる湿地はちょうどこの塩田が放棄され、水田として整備される前の状態であったと考えられる。1933 年に昭和三陸津波が起こり、只越地区や小泉地区では大きな被害が出たが、気仙沼市中心部は高潮程度の津波で被害がほとんどなかった[21]。これは、津波の高さが低かったこともあるが、当時は沿岸部はほとんど水田が中心で、都市的土地利用も少なかったことから人的被害もなかったと考えられる。気仙沼市は高度成長期を迎えようとしていた 1960 年にもチリ地震津波に襲われている。行方不明者 2 名、家流失 5、全壊 58、半壊 163 棟という被害を受けているが[21]、他の地域に比べてそれほど大きな被害というわけではなく、その後の低地での都市開発に歯止めがかからなかったと考えられる。

５　人口減少時代における生態系減災

先に述べたように日本には信玄堤や霞堤、輪中、命山といった歴史的な生態系減災と言える技術、智恵があった。当時は人口増加局面において食糧生産と居住地確保のために災害リスクが高い立地を利用しなければならなかった。今後日本が直面する人口減少時代においては、災害リスクが高い土地の利用を継続しなければならない理由は少なくなる。つまり、技術的にリスク

を軽減するのではなく、暴露を減らし、リスクを低減するのである。東日本大震災で大きな被害を受けた三陸地域は、これまで度々津波に襲われ大きな被害を出してきたが、かつて高台移転した集落においても、低地へ住宅地が拡大し、結局再び被害を被ることになった[23][24]。しかし、大船渡市吉浜地区のように、かつての浸水範囲はすべて農地として利用し、居住地は高台に確保し、今回の津波の被害を最小限に留めた地域もみられた[25]。農地は緩衝地帯としての役割を果たしたのである。

2013 年の国連防災白書[26]に指摘されているように、土地利用計画や管理を用い、投資方針に効率的な影響を与えることができるような災害リスク管理システムはほとんど存在していない。災害リスクの適切な評価と管理、そしてそれに基づく投資は、新たなビジネスチャンスを生むものである[26]。人口増加局面においては極めて難しかった土地利用の調整は、人口減少時代においてより適した土地利用が可能になる。かつて自然環境をできる限り有効に利用し、自然の持つ多様性を生かしつつ、その利用を永続的に保証しようという考え方に基づく自然立地的土地利用計画という方法が提案された[27]。この考え方は、欧米ではエコロジカルデザインやプランニングという呼び方で発展していくものと共通する部分も多いが、自然立地的土地利用計画では、その土地の自然を土地利用の条件として捉えるのではなく、その土地の自然と地域を保全するためにどのような土地利用が望ましいか考えるものである[27]。当時自然立地的土地利用計画は研究者の間で大きな関心を集めたが、経済発展と急激な都市人口増加局面で、具体的な土地利用計画手法として採用されることはほとんどなかったが、その後のニュータウン開発などの基本的な考え方には大きな影響を及ぼした。急速な人口減少時代を迎えた今、改めてこの自然立地的土地利用計画を再評価し、持続可能な土地利用計画手法を確立する必要があるだろう。

謝辞

本論文は環境省環境研究総合推進費（研究代表者一ノ瀬友博、課題番号 4-1505）の研究成果の一部である。本論文の図表の作成には、推進費の共同研究者である慶應義

塾大学大学院政策・メディア研究科板川暢特任助教、山田由美特任研究員にお手伝いいただいた。また、七十七銀行には気仙沼市の被害額の算出方法などについて情報を提供していただいた。この場をお借りしてお礼申し上げたい。

参考文献

[1] Renaud, F. G., Sudmeier-Rieux, K., Estrella, M.eds., *The role of ecosystems in disaster risk reduction*, United Nations University Press, 2013.
[2] 一ノ瀬 友博「人口減少時代の農村グリーンインフラストラクチャーによる防災・減災」『農村計画学会誌』34(3)、2015 年、pp. 353-356。
[3] 国土交通省「国土形成計画（全国計画）」2015 年。
[4] 国土交通省「国土利用計画（全国計画）」2015 年。
[5] 一ノ瀬 友博「新たな国土形成計画をめぐる論点 -- 農村計画学会の取り組み」『農村計画学会誌』34(1) 、2015 年、pp. 33-36。
[6] 国土交通省「社会資本整備重点計画」2015 年。
[7] 環境省「気候変動の影響への適応計画」2015 年。
[8] 環境省自然環境局「生態系を活用した防災・減災に関する考え方」環境省自然環境局自然環境計画課生物多様性地球戦略企画室、2016 年。
[9] 環境省自然環境局「自然と人がよりそって災害に対応するという考え方」2016 年。
[10] 環境省自然環境局「生態系を活用した防災･減災に関する考え方参考事例」2016 年。
[11] Nature Conservation Bureau, Ministry of the Environment, “Ecosystem-based Disaster Risk Reduction in Japan - a handbook for practitioners,” 2016.
[12] 復興庁「全国の避難者等の数」2016 年。
[13] 一ノ瀬 友博「東日本大震災における高台移転の進捗と課題 ― 宮城県気仙沼市を例に」森林環境研究会編『森林環境 2016 ／震災後 5 年の森・地域を考える』森林文化協会、2016 年、pp. 83-93。
[14] 東日本復興構想会議「復興への提言～悲惨の中の希望～」2011 年。
[15] 藤井 聡『列島強靱化論 ― 日本復活 5 カ年計画』 文藝春秋、2011 年。
[16] 一ノ瀬 友博・板川 暢・矢ケ﨑 太洋・有賀 淳・清水 拓海「もうね語り部帖第三号」慶應義塾大学 SFC 気仙沼復興プロジェクト、2016 年。
[17] 榎原 雅治「中世東海地方の海岸平野の形成と人々」井原 今朝男編『環境の日本史 3 ― 中世の環境と開発・生業』吉川弘文館、2013 年、pp. 62-87。
[18] 徳川林政史研究所編『森林の江戸学』東京堂出版、2012 年。
[19] コンラッド･タットマン『日本人はどのように森をつくってきたのか』築地書店､1998 年。
[20] 七十七銀行「「気仙沼市産業連関表 (平成 17 年表) 推計調査結果」および「東日本大震災に伴う気仙沼市の経済的被害に関する推計調査結果」について」77Bank News Letter、2011 年、pp. 1-8.
[21] 気仙沼市史編さん委員会「気仙沼市史 VI 近代・現代編」気仙沼市、1993 年。
[22] 気仙沼市史編さん委員会「気仙沼市史 V 産業編（下）」気仙沼市、1997 年。
[23] 山口 彌一郎『津浪と村』恒春閣書房、1943 年。
[24] 村尾 修・礒山 星「岩手県沿岸部津波常襲地域における住宅立地の変遷―明治および昭和の三陸大津波被災地を対象として」『日本建築学会計画系論文集』77(671)、2012 年、pp. 57-65。
[25] 一ノ瀬 友博「農山漁村地域の交通・環境インフラストラクチャーの復興」『IATSS Review』36(2), 2011 年、pp. 100-106.
[26] UNISDR, *Global assessment report on disaster risk reduction 2013: from shared risk to*

shared value: the business case for disaster risk reduction, United Nations, 2013.
[27] 井手 久登・武内 和彦『自然立地的土地利用計画』東京大学出版会、1985 年。

〔受付日　2016. 4. 5〕