平成 27 年度 福島県の集中復興期間における 植生改変状況把握調査

調查報告書

平成28(2016)年3月 環境省自然環境局生物多様性センター

平成 27 年度福島県の集中復興期間における植生改変状況把握調査

調査報告書

要 約

1. 調査目的

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震及びそれに伴う津波は、東北地方太平洋沿 岸地域に甚大な被害を引き起こし、東京電力福島第一原子力発電所の未曾有の事故の誘因となっ た。これにより広範囲に放射性物質が拡散した区域が広がり、事故から 5 年が経過した現在でも 被災者の多くは避難生活が続いている。また、豊かな中山間地、里山景観が展開する当該地域(沿 岸~阿武隈山地)において、避難指示規制により自然の管理が極端に低下した地域が現出した。 一方で、除染作業等の進展により本来の自然が大きく変化している地域もみられる。本調査は、 このような地域における自然環境の基盤情報となる震災前後の土地被覆分類図の作成を衛星画像 解析により行った。土地被覆分類図の作成は、広域については中分解能衛星画像により東西約 40km、 南北 60km の区域を、詳細域については高分解能衛星画像により沿岸部では東西約 10km、南北約 20km の区域を、内陸部では東西約 10km、南北約 10km の区域を対象とした。

2. 結果概要

(1) 現地調査

土地被覆分類図作成のための教師データの取得、並びに分類結果の精度確認のため、観察を 中心とした現地調査(踏査)を行った。各種の耕作地や耕作放棄地、その他の空閑地に成立し た草地等について、測距儀や測量ポール、GPS等により、草丈、位置情報の記録、現地写真の 撮影等を行った。調査は、平成27(2015)年11月30日から12月11日の間に行い、計417地 点の植生等データを取得した。この結果、優勢な種は、セイタカアワダチソウ、ススキ、ヨシ、 ヨモギ等であり、非耕作の水田ではヤナギの低木林も見られた。

(2) 土地被覆分類図の作成

1) 解析方法

(広域)中分解能衛星画像(震災前:2007年~2010年の5月、8・9月、12月撮影、震災後: 2013年~2015年の3月、5月、9月撮影)はRapidEye 画像(解像度5m)を中心とし、不足す る時期については、同程度の分解能をもつ SPOT、ALOS 画像を使用した。凡例は季節ごとの植生 の相観の変化(フェノロジー)に着目し、森林(常緑・落葉)、草地、水田、畑、裸地、樹林地 (果樹園)、水域、人工構造物の9項目とした。分類方法は、まず、季節毎にディシジョンツリ ー法により森林、草地、人工構造物、裸地、水域の5項目に分類し、次に、分類項目の季節変 化パターンから常緑・落葉の区分や、草地・水田・畑の区分を行って8項目に分類する方法と した。

(詳細域)高分解能衛星画像はWorldView-2画像(解像度 0.5m)を基本としたが、不足する震災前については、IKONOS (0.8m)、QuickBird (0.6m)、SPOT-5 (2.5m)の画像を使用した。中分解能衛星画像と異なり、震災前と震災後について必ずしも 3時期ずつの画像が得られていないため、現地調査結果や、植生の専門家の意見を参考にして約4000点の教師データを取得し、機械学習(ランダムフォレスト)により画像分類を行った。凡例は広域の凡例と同様とした。

2) 解析結果

広域(中分解能)、詳細域(高分解能)の画像解析により、震災前後の土地被覆分類図を作成 した。この結果、広域では、震災前は沿岸低地では、水田、畑、草地がまとまとまりをもって 混在し、内陸側の阿武隈山地では草地、畑が散在する状況が図化されたが、震災後はいずれも 草地が極めて目立つ土地被覆となっていた。詳細域ではこれらの状況がさらに精細に表現され た。なお、全体精度をみると、中分解能衛星画像の解析では震災前(75.10%)、震災後(84.62%)、 高分解能衛星画像の解析では震災前(77.42%)、震災後(88.48%)と比較的高い精度が得られ たが、一部の凡例では誤分類の傾向も見られた。

(3) 比較と評価

(1)~(2)により得られた結果をもとにして土地被覆状況からみた自然の遷移傾向を、避難指示区域の内外において比較・整理した。また、調査結果をもとに簡便な手法で草原のバイオマスを避難指示区域別に整理した。避難指示区分ごとの震災後の草地面積は、帰還困難区域で約5,492ha、居住制限区域で5,237ha、避難解除準備区域で約6,511haであり、いずれも震災前にくらべ大きく増加していた。これらの草地のバイオマスについて、今回の現地調査の群落高をもとにした平均バイオマス(草地228地点の平均:657.8gDM/m²)を原単位とすると、帰還困難区域で36,123ton、居住制限区域で34,449ton、避難解除準備区域で42,830tonのバイオマス量が試算された。

(4) その他 (ヒアリングの実施)

避難指示区域における自然の管理の有無が及ぼす影響は、そこに生息する野生生物の生息状況に反映されることから、野生生物の実態に知見をもつ有識者にヒアリングを行った。この結果、調査地域において、自然の管理の低下に伴う野生哺乳類の行動の変化や、植生のブッシュ化に伴い生息する野鳥の優勢種の変化等の状況が把握された。

Fiscal Year 2015 Survey for Identifying Artificial Change Statuses of Vegetation in Concentrated Reconstruction Period of Fukushima Prefecture Survey Report Summary

1. Objectives

The earthquake and accompanying tsunami that occurred off the Pacific coast of the Tohoku Region on March 11, 2011 (Great East Japan Earthquake) caused extensive damage on the Pacific coast of the Tohoku Region and triggered an unprecedented accident of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station of Tokyo Electric Power Company. This accident generated an extensive radiation-contaminated area, causing many of the disaster victims to live in evacuation shelters even at present, five years after the accident. These areas (from the coast to the Abukuma mountains) consisted of rich mesomountainous areas and landscapes of "satoyama" woodlands. However, the nature has been extremely deteriorated due to the limited management. Furthermore, decontamination activities are greatly changing the nature from its original state. This survey created land cover classification maps of before and after the earthquake to be used as the basic information of the natural environment in the exclusion zones. In order to create the land cover classification maps, middle-resolution satellite image data was used for detailed areas analysis in a range of approx. 40 km from east to west and approx. 60 km from north to south. High-resolution satellite image data was used for detailed areas analysis in a range of approx. 10 km from east to west and approx. 20 km from north to south in the coastal zone as well as approx. 10 km from east to west and north to south each in inland zone.

2. Overviews of the results

(1) Field survey

Field survey mainly consisting of observation was conducted to obtain training data for creating land cover classification maps and verify the classification results. Data on the height of herbaceous plant communities, location information, and field photographs were taken using surveying poles and GPS in various cultivated and abandoned cultivated lands and other unoccupied grasslands. The survey was conducted from November 30 to December 11, 2015 and obtained vegetation and other data at 417 sites in total. The predominant species were *Solidago altissima*, *Miscanthus sinensis*, *Phragmites australis*, and *Artemisia indica var. maximowiczii*. Shrubs of *Salix* spp. were also observed in abandoned paddy fields.

(2) Creation of land cover classification maps

1) Analysis method

(Wide area) Middle-resolution satellite image data (acquired from August 2007 to December 2010 before the earthquake and from March 2013 to September 2015 after the earthquake) mainly consisted of RapidEye data (resolution of 5 m). However, some of the data before the earthquake consisted of SPOT and ALOS data with a similar resolution because RapidEye data was little available for this period. Analysis was conducted with a focus on phonological changes of vegetation between seasons. The legends basically consist of forests (evergreen and deciduous), grassland, rice paddy, cultivated land, bare land, orchard, water area, and artificial structure. The classification was carried out in 2 steps. Firstly, it was divided into 5 classes such as forest, grassland, artificial structure, bare land, and water area with seasons by the decision tree method. Then, they were divided into 8 categories based on the patterns of seasonal changes such as evergreen and deciduous forest and grassland, water area and cultivated land. (Detailed area) High-resolution satellite image data basically consisted of WorldView 2 data (resolution of 50cm). For the images before the earthquake, IKONOS (resolution of 0.8 m), QuickBird (0.6 m) and SPOT-5 (2.5 m) data were used instead of WorldView-2. Unlike wide area, analysis was conducted using machine learning (random forest) after referring to the results of field verification and the opinions given by experts of vegetation and obtaining approx. 4,000 sets of training data before and after the earthquake in the study zones because high-resolution satellite image data of the before and after the earthquake in three seasons was not all available. Legends of the wide area were also used in detailed area.

2) Results

Based on the results of the satellite image analysis in wide area (middle-resolution) and detailed area (high-resolution), land cover classification maps of before and after the earthquake were produced. As a result, from these maps of paddy fields, cultivated lands, and grasslands were clustered in coastal lowland areas, and grasslands and cultivated lands were scattered in Abukuma mountainous area in wide areas before the earth quake. In the contrast, after the earthquake, grasslands increased remarkably in the both areas. These situations were further finely represented in detailed areas. It should be noted that, overall accuracy of each analysis is relatively high as follows: before the earthquake (75.10%) and after the earthquake (84.62%) in the analysis of medium resolution satellite image, before the earthquake (77.42%) and after the earthquake (88.48%) in the analysis of high-resolution satellite image. However, there were tendency of misclassifications in some legend.

(3) Comparison and assessment

The trends of transition of the nature succession from the land cover states based on the results obtained as described in Sections (1) and (2) were identified through comparison between in and out of the exclusion zones. Furthermore, biomass in the grassland was identified for each of the exclusion zones based on the survey results using a simple method. The area of grasslands after the earthquake in each exclusion zone was largely increased compared to before the earthquake. The area of grasslands after earthquake were as follows; difficult-to-return zone (approx. 5,492 ha), restricted residence area (approx. 5,237 ha), zone in preparation for the lifting of the evacuation order (approx. 6,511 ha). The biomass of the each grasslands was based on the average grassland biomass obtained from the height of plant communities. The biomass calculated were as follows; difficult-to-return zone (approx. 36,123ton), restricted residence area (approx. 34,449ton), zone in preparation for the lifting of the evacuation order (approx. 36,123ton).

(4) Other (interviews)

The presence or absence of management of the nature in the exclusion zones has impacts on the living conditions of wildlife in the areas. Therefore, well-informed persons about the habits of wildlife were interviewed about their conditions. As a result, in the study area, it was understood that the behavior of wild mammals was changed due to the limited management toward nature by human activities, as well as the predominant species of birds were changed due to the vegetation shifting to bush-like.

| 1. 調査概要1 |
|-----------------------------------------------|
| 1.1 目的 |
| 1.2 実施期間1 |
| 1.3 調査対象地域1 |
| 1.4 調査内容 |
| 2. 過去の衛星画像と現地調査からの土地被覆状況の解析 5 |
| 2.1 現地踏査 |
| 2.1.1 調査概要 |
| 2.1.2 現地踏査期間 |
| 2.1.3 現地調査結果(調査地点) 10 |
| 2.1.4 バイオマスの試算17 |
| 2.2 中分解能衛星画像による広域の土地被覆状況の解析 / 高解像度衛星画像による詳細域の |
| 土地被覆状況の解析 |
| 2.2.1 調査目的 |
| 2.2.2 調査方法 |
| 2.2.3 中分解能衛星画像の解析結果 37 |
| 2.2.4 高分解能衛星画像の解析結果 60 |
| 2.2.5 中・高分解能衛星データを効果的に組み合わせた分類精度向上の検討70 |
| 3. 比較と評価 100 |
| 3.1 面積集計結果 100 |
| 3.1.1 広域 |
| 3.1.2 詳細域 104 |
| 3.2 地域間比較(避難指示区域等) 114 |
| 3.2.1 避難指示区分(避難指示解除区域を含む)ごとの比較 |
| 3.2.2 沿岸低地と阿武隈山地との比較 116 |
| 3.2.3 詳細域(A1, A2)における避難指示区分ごとの比較 118 |
| 3.3 バイオマスの推定 120 |
| 3.4 イノシシの生息状況 125 |
| 3.5 まとめ |
| 4. ヒアリング |
| 4.1 ヒアリングのねらい 131 |
| 4.2 ヒアリング実施状況131 |
| 4.3 ヒアリング結果 |
| 5. 今後の課題 |
| 【引用文献】 139 |

資料1. 現地調査データー覧

資料 2. 土地被覆分類図(広域・詳細域)

1. 調査概要

1.1 目的

東北地方太平洋沖地震及びそれに伴う津波は、東北地方太平洋沿岸地域に甚大な被害を引き 起こし、同時に東京電力福島第一原子力発電所の未曾有極の事故の誘因となった。これにより 広範囲に高い線量の放射性物質が拡散し、福島第一原発の事故から約5年が経過した現在でも、 除染作業により地域的に放射線量こそ減少したものの、被災者の多くは避難生活が続いている。

当該地域(沿岸~阿武隈山地)は、福島県の浜通り~一部中通りと呼ばれる地域で、「美しま ふくしま」の豊かな中山間地、里山景観が広がっており、その景観は自然の管理によって維持 されてきた。このような地域が避難指示区域とされたことにより、自然の管理が極端に低下し た地域が現出することになった。一方で、避難指示区域では、草刈り・表土はぎをはじめとす る除染作業や関連事業等の進展によりが本来の自然が大きく変化している地域もみられる。

放射性物質の拡散に起因するこのような状況はわが国では未経験であり、当該地域の環境が どのように遷移しているかに関してはわずかな報道で知るのみで、ほとんど情報がない状態が 続いている。今後、避難指示の解除地域は広がっていくと思われるが、その際、生活の再建に あたって課題となるテーマの一つとして自然の管理(植物の管理、野生動物の生息地管理、個 体数管理)があげられる。このため避難指示区域における自然環境の現状やその変化の整理、 放射性物質の拡散による生態系への影響調査の基盤情報とするため、広域の土地被覆分類等を 行ったものである。

1.2 実施期間

平成 27 年 11 月 12 日 ~ 平成 28 年 3 月 25 日

1.3 調査対象地域

本調査では、避難指示区域(約950km²)および周辺区域(田村市、川内村などの約1150km²) を対象に土地被覆分類等を行った(図 1.3-1)。



図 1.3-1 調査対象地域位置

1.4 調査内容

過去の衛星画像と現地調査から、以下のように土地被覆状況の解析、比較と評価を行った。

(1) 中分解能衛星画像による広域の土地被覆分類

過去の衛星画像アーカイブスから中分解能衛星画像を収集し、広域(避難指示区域の約 950km²+周辺区域:田村市、川内村などの約1,150km²の合計2,100km²程度)の解析(土地被 覆分類)を行った。

1) 複数時期の衛星画像の検索・入手

使用する衛星画像:撮影頻度が高く、複数季節のデータの入手が可能な中分解能衛星画像 (Rapid Eye を想定)のアーカイブスより、複数季節(3季節)、複数時期(年次、年度)の 良好なデータを検索、入手した。

2) 画像解析(広域の土地被覆分類図の作成)

複数の季節の画像データからフェノロジー(季節ごとの植生等の色調の違い)に着目して、 複数年度の土地被覆分類を行った。分類を行う凡例は、森林(常緑・落葉別)、草地、水田、 裸地、樹林地(果樹園)、水域、その他等としたが、実データに基づき最終的に表現する凡 例を決定した。なお、解析時期に近い時期に撮影した他の画像が得られた場合は適宜解析の 参考資料とした。

(2) 高分解能衛星画像による詳細域の土地被覆分類

過去の衛星画像のアーカイブスから高分解能衛星画像を収集し、詳細域(沿岸低地、低山~ 丘陵の阿武隈山地の一部)の解析(土地被覆分類)を行った。

1) 複数時期の衛星画像の検索・入手

World view2, 3、IKONOS など、解像度 50cm~1m の衛星画像データのアーカイブスより、低 地帯及び低山~丘陵地の 2 地域について土地利用のタイプの複雑そうな場所(10km×10km の範 囲各 1 エリアを想定)について、複数季節、複数時期の良好なデータを検索、選定し入手した。

2) 画像解析(詳細な土地被覆分類図の作成)

1)で入手した2地域の衛星画像データをもとに、より詳細な土地被覆分類を行った。凡例は (1)2)にならった。また、高解像度の衛星画像はエッジが明瞭であるため、必要に応じて広域 のデータに反映した。

(3) 現地踏査

居住制限区域、避難指示解除準備区域は立入りが可能であるため、分類図の精度確認のため 一般路を車両で移動し、観察を中心とした踏査を行った(2名×5日間×2回を想定)。この際、 野生動物の生息空間となる各種の耕作地や耕作放棄空間、その他の空閑地に成立した草地等に ついて、画像と照合しつつ、測距儀や測量ポール、GPS等により、草丈の計測、位置情報の記 録、現地の写真撮影等を行い、バイオマスの試算を行った。

(4) 比較と評価

(1)~(3)により得られた結果から、凡例別の現状、変化傾向を求め、土地被覆状況からみた 自然の遷移傾向を、避難指示区域の内外において比較・整理した。また、現地踏査による記録 や既往研究等をもとに、動物の主要な生息空間として機能しているであろう避難指示区域の草 本の概略のバイオマス量の推定等を行った。

2. 過去の衛星画像と現地調査からの土地被覆状況の解析

2.1 現地踏査

2.1.1 調査概要

現地調査では、別途実施する衛星画像解析のための教師データとなる土地被覆状況の把握の ほか、管理低下の指標となる植物体(群落)の空間的広がりの目安として、バイオマスに関す る情報(優占種、群落高)を取得した。具体的には、土地管理の目安として、耕作放棄による 草原の状況やすでに進んでいる低木林化のような土地被覆の状況を把握した。現地踏査の概要 を表 2.1-1 に、避難指示区域を図 2.1-1 に、調査対象範囲を図 2.1-2 に、現地調査用の図郭 を図 2.1-3 に示す。

| 区分 | 内容 | 備考 |
|----------|----------------------------------------------------------------------|----------|
| ①目的 | ・ 土地被覆分類図の精度確認:教師データ/検証データ(グ | |
| | ランドトゥルース)の取得 | |
| | 自然の管理低下による土地被覆の変化の把握 | |
| | ・ 復興・復旧事業(除染作業等を含む)による人為影響お | |
| | よび土地利用状況の把握 | |
| ②調査対象地 | 広域および詳細域(高解像度衛星画像による土地被覆分 短回など対象地域) | |
| | (現因)「F成刈家地域) 、できるだけ 聴識 化二反応の内別、 海池 温水域の内別 第の | |
| | でさるだり遅難指示区域の内外、律波反示域の内外等の 条件の異なるエリアで調査地点を設定 | |
| ③調査対象 | ・ 土地被覆区分のうち主に耕作地、耕作放棄地(草地、低) | |
| | 木林等)を対象とした。 | |
| | 森林のうちマツ枯れ等の劣化(変化)にかかわる群落は | |
| | 可能な範囲でデータを取得した。 | |
| ④調査時期 | ・ 12 月後半までに実施 ※これ以降は積雪により踏査が | |
| | できない可能性が高い(特に山地部)ため。 | |
| ⑤調査項目/手法 | ・ 車両踏査による観察/地点選定:車両による踏査を行い、 | ・バイオマスは管 |
| | 衛星画像等を参照しながら、一定程度の均質な拡がりを | 理放棄や自然の遷 |
| | 有する代表的/典型的な調査地点(一辺数 m の方形区) | 移による草木の繁 |
| | を選定し、近傍まで車両でアプローチした。 | 茂の指標として調 |
| | ・ <u>優占種/高さの記録</u>:該当地点に徒歩で到達し、該当地 | 査した。 |
| | 点における優占種(判別可能な場合)および草丈(群落 | ・今回バイオマス |
| | 高:バイオマスの指標)等を記録した。 | 算定にかかわる刈 |
| | 位置の記録/写真撮影:位置座標は GPS により記録した。 | り取り調査は実施 |
| | また対象群落について写真撮影を行った。※写真撮影は | しなかった(時期 |
| | できるが、対象地点に到達できない場合は地図(画像) | が不適切であるた |
| | 等に位置を記録した。 | め) |
| ⑥調査日数·調査 | • 1 班 (2 名) × 延べ 10 日 ※ 安全管理上 1 チーム 2 名と | |
| 体制(班編制) | した。 | |
| | 11/30~12/4(延べ8班)、12/10~12/11(延べ2班) | |
| | 調査地点数:417 地点を調査実施 | |
| ⑦調査機材等 | • 車両、測量ポール、レーザ距離計、GPS、デジカメ、タ | |
| | ブレット等 | |

表 2.1-1 現地踏査の概要

※浪江町、双葉町、大熊町の帰還困難区域への立ち入りの際は、公益的一時立ち入り申請を行った。



図 2.1-1 避難指示区域

出典:経済産業省HP



図 2.1-2 調査範囲 位置図 ※区域 I、Ⅱは現地調査の区分で I:内陸部・阿武隈山地、Ⅱ:沿岸部を示す。



図 2.1-3 現地調査用 図郭図

2.1.2 現地踏査期間

現地踏査は平成 27 年 11 月 30 日(月)から 12 月 11 日(金)の期間で実施した(表 2.1-2)。現 地調査風景を写真 2.1-1 に示す。

| 区域 | 確認範囲 | 日程 (2015 年) | 調査図郭 | 主な市町村 | | |
|----|---------------------------|----------------|--------------------------|----------------------|--|--|
| Ι | 高分解能画像:沿岸部 中公解能画像: 沿岸部 | 11/30 | 43, 44, 48, 50, 51 | 南相馬市、浪江町 | | |
| | 中力 胜 肥 回 像 . 伯 序 印 | 12/1 | 36, 37, 61, 62, 63 | 富岡町、楢葉町 | | |
| | | 12/2 | 6, 7, 13, 14, 16, 22, 59 | | | |
| | | 12/3 | 13, 22, 29, 30, 59, 60 | 双葉町、大熊町、 追江町 | | |
| | | 12/4 | 29, 32, 34, 35, 36, 37 | (帰還困難区域) | | |
| Π | 高分解能画像:阿武隈山地 | 12/2 | 39, 42, 46, 47, 49 | 川俣町、二本松市、 飯箱材 田村市 | | |
| | 十万府祀画像, 四座印 | 12/3 | 19, 25, 26, 28 | 则内村 | | |
| | | 12/10 | 9, 11, 12, 20, 21 | | | |
| | | 12/11 | 10, 18, 19 | | | |

表 2.1-2 現地踏査の実施スケジュール



区域指定なし

帰還困難区域

写真 2.1-1 現地作業風景

2.1.3 現地調査結果(調査地点)

(1) 現地調査地点概要

現地調査では、現地の状況を踏まえて、表 2.1-3 に示す5つの土地被覆区分を基本とし、合計417 地点*(津波浸水域127 地点、津波浸水域外290 地点)で現地データを取得した。現地調査地点の内訳を表 2.1-4 に、調査地点位置を図 2.1-4 に示す(調査地点ごとの調査データ一覧は資料編の資料1に掲載)。なお、調査地点の設定にあたっては、現地の土地利用または植生の優占状況や分布状況に応じた地点数配分に努めた。特に、耕作放棄地については、それぞれの地域における優占群落の多寡を反映した地点配分になるよう配慮した。

*「平成 27 年度東北地方太平洋沿岸地域植生・海域等調査業務」で平成 27 年 11 月に取得された 117 地点(津 波浸水域 108 地点、津波浸水域外 9 地点)を含む。

| 土地被覆区分 | 内容 | 土地被覆分類図 での主要凡例 |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 耕作放棄地 | 水田または畑の放棄後に成立している草地(セイタカアワダチソウ、スス キ、ヨシ等)または低木群落(ヤナギ林等)。震災前に放棄された群落も含 まれる。現地調査では、優占種と群落高を記録。 | 草地 |
| 水田耕作 | 耕作を行っている水田。調査は冬季に実施したため、稲刈り跡等の有無に より営農しているかどうか判断した。 | 水田 |
| 畑地耕作 | 耕作を行っている畑。現地調査では、ダイコン、ダイズ、ブロッコリー等 の作物を確認した。 | 畑 |
| 樹林 | 森林植生(アカマツ林、竹林、ケヤキ林、スギ植林、クロマツ植林等)。現 地調査では、優占種と群落高を記録。 | 常緑樹林、落葉 樹林 |
| その他 | 上記以外の植生または土地利用(自然裸地、造成地、放牧地、空地雑草群 落等)。除染作業に伴う表土剥ぎ取りや除染廃棄物の仮置場、果樹園(モモ 等)も含む。 | 草地、裸地等 |

表 2.1-3 現地調査における土地被覆区分の概要

表 2.1-4 現地調査地点内訳

| | | 津波漫 | 是水域内 | | | | | | |
|------------|------------|------------|--------------------|----------|------------|------------|--------------------|----------|-----|
| 土地被覆 区分 | 帰還困 難区域 | 居住制 限区域 | 避難指示 解除準備 区域 | 指示 なし | 帰還困 難区域 | 居住制 限区域 | 避難指示 解除準備 区域 | 指示 なし | 計 |
| 耕作放棄地 | 22 | 6 | 24 | 14 | 56 | 32 | 8 | 64 | 226 |
| 水田耕作 | | | | 1 | | | | 50 | 51 |
| 畑地耕作 | 1 | | 1 | | | | 1 | 14 | 17 |
| 樹林 ※1 | 3 | 1 | | 1 | 5 | 1 | 2 | 12 | 25 |
| その他 ※2 | 13 | 4 | 22 | 14 | 3 | 21 | 9 | 12 | 98 |
| 計 | 39 | 11 | 47 | 30 | 64 | 54 | 20 | 152 | 417 |
| | | 1 | 27 | | | | 290 | | 417 |

※1:樹林の調査地点内訳 アカマツ15、マダケ3、ケヤキ2、スギ2、アカメガシワ1、クロマツ1、タブノキ1

※2:その他の調査地点内訳 空地雑草群落 17、刈取跡地 16、表土剥ぎ取り 11、植林跡地 6、造成地 6、アズマネザサ群落 5、 ヨシクラス 3、砂丘植生 3、自然裸地 3、ツルヨシ群集 2、仮置き場 2、放牧地 2、オギ群集 1、ススキ群団 1、ヨシ群落 1、 開放水域 1、果樹園:カキノキ 1、果樹園(放棄):モモ 1、放棄牧場 1、その他 15



図 2.1-4 現地調査地点位置



耕作放棄地/帰還困難区域



畑地耕作/区域指定なし



その他(刈取跡地)/居住制限区域



その他(空地雑草群落)/区域指定なし その他(表当 写真 2.1-2 主要な土地被覆区分



水田耕作/区域指定なし



樹林(竹林) / 避難指示解除準備区域



その他(仮置場)/区域指定なし



その他(表土剥取) / 避難指示解除準備区域 な土地被覆区分

(2) 土地被覆区分

土地被覆区分について調査地点内訳(図 2.1-5)をみると、津波浸水域内外ともに耕作放棄 地が多く、それぞれの避難指示区分ごとで現地データが取得されている。一方、水田耕作およ び畑地耕作の大部分は、津波浸水域外かつ避難指示区分なしのエリアで確認されている。



図 2.1-5 津波浸水域内外における土地被覆区分/避難指示区分ごとの調査地点数

(3) 耕作放棄地(優占種)

現地調査で耕作放棄地として区分された 226 地点の優占種の内訳(津波浸水域内外/避難指示 区分)を表 2.1-5 および図 2.1-6~図 2.1-8 に示す。

耕作放棄地ではセイタカアワダチソウが66地点と最も多くの地点で優占しており、特に帰還 困難区域で多かった。その他、ススキやヤナギ類も避難指示地域で多く確認されており、湿地 に生育するヒメガマは津波浸水域の区域指定地域の9地点で確認された(表 2.1-5、図 2.1-6)。

また、現地では津波浸水域内外によらず、避難指示区分の区割りで除染作業が進んでいるため、未除染の帰還困難区域では、セイタカアワダチソウが多くイヌビエ等が少なく、帰還困難 区域以外では、除染作業による除草・表土剥ぎの実施に伴い、逆にイヌビエ等が多くセイタカ アワダチソウが少ない傾向が認められた(図 2.1-7、図 2.1-8)。

| 地域区分 | | 津波浸 | 水域内 | | | | | | |
|------------|------------|------------|--------------------|------|------------|------------|--------------------|------|------|
| 耕作放棄地(優占種) | 帰還困難 区域 | 居住制限 区域 | 避難指示 解除準備 区域 | 指示なし | 帰還困難 区域 | 居住制限 区域 | 避難指示 解除準備 区域 | 指示なし | min- |
| セイタカアワダチソウ | 13 | 1 | 8 | 2 | 20 | 8 | | 14 | 66 |
| ススキ | 2 | | | | 12 | 8 | | 6 | 28 |
| ヨシ | | | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 7 | 20 |
| イヌビエ | | 1 | 3 | 4 | | | 1 | 4 | 13 |
| ヨモギ | | 1 | 2 | | 2 | 3 | | 6 | 14 |
| ヒメガマ | 4 | | 5 | | | | | | 9 |
| イネ科の一種 | | | | | 2 | 2 | | 5 | 9 |
| その他 ※ | 2 | 1 | 4 | 5 | 7 | 3 | 3 | 17 | 42 |
| ヤナギ類 | 1 | 2 | | 1 | 10 | 5 | 1 | 5 | 25 |
| =1 | 22 | 6 | 24 | 14 | 56 | 32 | 8 | 64 | 000 |
| 青十 | | 6 | 6 | | | 10 | 60 | | 226 |

表 2.1-5 現地調査データ(耕作放棄地)の優占種および避難指示区分等の内訳

※その他(42 地点)内訳:オギ5、メヒシバ4、イ2、スギナ2、ヒロハホウキギク2、オオバヤシャブシ1、アキノエノコログサ1、 アメリカセンダングサ1、オオクサキビ1、カサスゲ1、カモガヤ1、ギシギシ属の一種1、キンエノコロ1、ササ属の一種1、シ ロザ1、スカシタボゴウ1、チガヤ1、チゴザサ1、ヌカギビ1、メマツヨイグサ1、ヨモギ1、不明11



図 2.1-6 耕作放棄地の優占種/避難指示区分ごとの調査地点数



図 2.1-7 耕作放棄地の津波浸水域内外における優占種/避難指示区分ごとの調査地点数割合



図 2.1-8 耕作放棄地(優占種)の避難指示区分ごとの調査地点数割合



セイタカアワダチソウ/帰還困難区域



ススキ/区域指定なし



ヒメガマ/避難指示解除準備区域



オノエヤナギ/帰還困難区域



ヨシ/避難指示解除準備区域



ヨモギ/指定なし





ヨモギ/居住制限区域

イヌビエ/居住制限区域





アズマネザサ/避難指示解除準備区域アカマツ(松枯れの確認)/帰還困難区域

写真 2.1-3(2) その他の植生 (優占種群落)

2.1.4 バイオマスの試算

(1) バイオマスの調査について

本調査でバイオマス(注)を扱う目的は、自然の管理の低下の結果として、植物体の徒長や 群落遷移によって植物群落の容量が変化した状況をバイオマスの増減という形で整理すること である。本調査では、調査時期および調査範囲の制約等を考慮し、既往研究を活用して簡便な 手法により植物(主に草地)のバイオマス量として整理することとした。

注) バイオマス:近年では、REDD などでバイオマスはCの重量として多く使われているが、ここでは、沼田(1993) によ るバイオマスの定義を意味する。「ある時刻に一定の地域、あるいは空間内に存在する特定の生物群の量を表したもの。 通常は単位面積(もしくは体積)あたりの乾重量(例えば g/m²、ton/ha など)で表すが、湿重量やエネルギー量、 あるいは生物体の構成元素(例えば N、C量)が用いられることもある」

(2) 現地調査データによるバイオマス試算

地域(一定のエリア)における地上部バイオマス(乾燥重量)については、土地被覆分類 図や植生図から得られる群落の面積に凡例ごとの原単位(面積あたりの重さ)を乗じて算定 するのが一般的である。しかしながら、実際には草地のバイオマスは地形や土壌条件、土地 利用状況等により多様であり、バラツキが多いことが想定される。

そこで今回の調査では、草地のバイオマスは群落高との相関が高く、優占種による差異も 少ない(堤 2013, 堤ら 2010)ことを踏まえて、現地調査で取得する草丈(群落高)を堤(2013) が示した回帰式 (B=0.0233H²+0.672H+92.3、B:バイオマス (草量) (単位面積あたりの乾燥重 量 gDM/m²: grams of Dry Matter per square meter)、H:群落高 (cm)、図 2.1-9) にあては めバイマスを試算した。



(b) 群落高による推定.回帰式:B=0.0233H²+0.672H+92.3 (R²=0.507, P<0.001, n=284).</p>

図 2.1-9 群落高と草量(乾燥重量)との関係(堤(2013)より引用)

① バイオマス試算に使用した現地調査データ

耕作放棄地等の草地にかかわる現地調査データのうち、優占種および草丈(群落高)が記録されている 228 地点(耕作放棄地 187 地点*、その他の植物群落または土地利用 41 地点)について、優占種、避難指示区域、土地被覆区分等による内訳を表 2.1-6、表 2.1-7 に示す。 *耕作放棄地 226 地点のうち 39 地点(27 地点: ヤナギ林等の木本群落、12 地点: 優占種不明等)は不使用。

表 2.1-6 バイオマス試算に使用した現地調査地点内訳(優占種/エリア区分)

| エリア区分 | | 津波港 | 曼水域 | | | | | | |
|------------|------------|------------|--------------------|-----|------------|------------|--------------------|-----|-----|
| 優占種 | 帰還困難 区域 | 居住制限 区域 | 避難指示 解除準備 区域 | その他 | 帰還困難 区域 | 居住制限 区域 | 避難指示 解除準備 区域 | その他 | 計 |
| アズマネザサ | 2 | 1 | 2 | 1 | | | | | 6 |
| ススキ | 4 | 1 | 1 | 1 | 12 | 8 | | 6 | 33 |
| セイタカアワダチソウ | 15 | 1 | 9 | 4 | 20 | 8 | | 14 | 71 |
| ヨモギ | | 1 | 4 | | 2 | 4 | | 6 | 17 |
| イヌビエ | | 1 | 3 | 5 | | 1 | 2 | 4 | 16 |
| オギ | | | 2 | | 4 | | | 1 | 7 |
| ヒメガマ | 4 | | 6 | 1 | | | | | 11 |
| ヨシ | | | 2 | 2 | 3 | 5 | 3 | 7 | 22 |
| その他* | 4 | 2 | 6 | 6 | 5 | 5 | 3 | 14 | 45 |
| 4 | 29 | 7 | 35 | 20 | 46 | 31 | 8 | 52 | 228 |
| μl | | 9 | 1 | | | 13 | 37 | | 220 |

* その他内訳:イネ科の一種11、メヒシバ 6、イ2、オオクサキビ 2、オオブタクサ 2、スギナ 2、チガヤ 2、ツルヨシ 2、ヒロハホウキギク 2、アキノエノコログサ 1、アメリカセンダングサ 1、エノコログサ 1、カサスゲ 1、カモガヤ 1、ギシギシ属の一種1、キンエノコロ 1、ササ属の一種1、シロザ 1、スカシタゴボウ 1、チゴザサ 1、トキワアワダチソウ 1、メマツヨイグサ 1、キク科の一種1

| 表 2.1-7 バイオマス試算に使用した現地調査地点内訳 | (土地被覆区分/優占種) |
|------------------------------|--------------|
|------------------------------|--------------|

| 土地社 | 優占種 被覆区分等 | セイタカア ワダチソウ | ススキ | ヨシ | ヨモギ | イヌビエ | ヒメガマ | オギ | アズマネ ザサ | その他* | | ł |
|-----|-----------|----------------|-----|----|-----|------|------|----|------------|------|----|-----|
| | 耕作放棄地 | 66 | 27 | 20 | 14 | 13 | 9 | 5 | | 33 | | 187 |
| | 空地雑草群落 | 5 | 4 | | 1 | | | | | 7 | 17 | |
| | 刈取跡地 | | | | 1 | 3 | | | | 2 | 6 | |
| | アズマネザサ群落 | | | | | | | | 5 | | 5 | |
| | 植林跡地 | | 1 | | | | | 1 | 1 | | 3 | |
| | ツルヨシ群集 | | | | | | | | | 2 | 2 | 41 |
| その | ヒメガマ群落 | | | | | | 2 | | | | 2 | |
| 创 | オギ群集 | | | | | | | 1 | | | 1 | |
| | ススキ群団 | | 1 | | | | | | | | 1 | |
| | ヨシ群落 | | | 1 | | | | | | | 1 | |
| | 表土剥ぎ取り | | | 1 | | | | | | | 1 | |
| | 放棄牧場 | | | | 1 | | | | | | 1 | |
| | 放牧地 | | | | | | | | | 1 | 1 | |
| | 計 | 71 | 33 | 22 | 17 | 16 | 11 | 7 | 6 | 45 | | 228 |

* 表 2.1-6「その他」内訳と同じ

② 優占種ごとの群落高

上記の調査データをもとにして算出した、優占種ごとの群落高(最大、最小、平均等)を 表 2.1-8、図 2.1-10に示す。

優占種群落(草地)の中で、平均群落高が最も高かったのはアズマネザサ群落(250 cm) であった。次いでオギ群落(211.4 cm)、ススキ群落(195.5 cm)の順で、平均群落高が最も 低かったのはヨモギ群落(57.6 cm)、全体の平均群落高は約123 cmであった。

群落高(草丈)/ アズマネ セイタカア ヨモギ オギ ススキ イヌビエ ヨシ ヒメガマ その他* 全体 ザサ 優占種 ワダチソウ データ個数 6 71 33 17 16 7 22 11 45 228 最大 (cm) 400.0 220.0 250.0 130.0 150.0 250.0 250.0 160.0 200.0 400.0 最小 (cm) 30.0 10.0 50.010.020.0170.030.0 70.0 10.010.0平均 (cm) 250.0124.9 195.557.664.4211.4164.5131.858.9122.9標準偏差 150.243.5 51.5 45.5 39.5 29.166.0 32.8 49.8 75.1

表 2.1-8 現地調査データによる優占種ごとの群落高等

* その他内訳:イネ科の一種11、メヒシバ6、イ2、オオクサキビ2、オオブタクサ2、スギナ2、チガヤ2、ツルヨシ2、ヒロハホウキギク2、アキノエノコログサ1、アメリカセンダングサ1、エノコログサ1、 カサスゲ1、カモガヤ1、ギシギシ属の一種1、キンエノコロ1、ササ属の一種1、シロザ1、スカシタゴボウ1、チゴザサ1、トキワアワダチソウ1、メマツヨイグサ1、キク科の一種1



図 2.1-10 現地調査データによる優占種ごとの群落高

③ 避難指示区分ごとの群落高

避難指示区域および優占種ごとの平均群落高を表 2.1-9 に、避難指示区分ごとの群落高を 図 2.1-11 に示す。

避難指示区分ごとに優占種の平均群落高をみると、データ数の最も多いセイタカアワダチ ソウ(n=71)では、居住制限区域で最も高く(148.9 cm)、次いで帰還困難区域(128.0 cm)、 避難指示なし(124.4 cm)、避難指示解除準備区域(90.0 cm)の順となっていた。ススキ優占 群落(n=33)では、帰還困難区域での平均群落高が最も高く(217.5 cm)、次いで避難指示な し(205.7 cm)、避難指示解除準備区域(200 cm)、居住制限区域(147.8 cm)の順であった。 湿性立地の代表群落であるヨシ(n=22)では、帰還困難区域における平均群落高(226.7 cm) が最も高かった。

避難指示区分ごとの平均群落高では、帰還困難区域(153.3 cm)が最も高く、避難指示解 除準備区域(102.3 cm)が最も低かった。

| | | | | | | | | 111111 | · cm (() 11 | \$7 7 30 |
|----------------|------------|----------------|-------|------|------|-------|-------|--------|----------------|----------|
| 避難指示区分/ 優占種 | アズマネ ザサ | セイタカア ワダチソウ | ススキ | ヨモギ | イヌビエ | オギ | ヨシ | ヒメガマ | その他 | 全体 |
| 帰還困難区域 | 325.0 | 128.0 | 217.5 | 60.0 | _ | 195.0 | 226.7 | 132.5 | 86.7 | 153.3 |
| | (2) | (35) | (16) | (2) | | (4) | (3) | (4) | (9) | (75) |
| 居住制限区域 | 120.0 | 148.9 | 147.8 | 70.0 | 55.0 | | 110.0 | | 58.6 | 110.8 |
| | (1) | (9) | (9) | (5) | (2) | — | (5) | _ | (7) | (38) |
| 避難指示解除準 | 215.0 | 90.0 | 200.0 | 10.0 | 98.0 | 225.0 | 166.0 | 126.7 | 43.3 | 102.3 |
| 備区域 | (2) | (9) | (1) | (4) | (5) | (2) | (5) | (6) | (9) | (43) |
| 波羅花二方」 | 300.0 | 124.4 | 205.7 | 78.3 | 47.8 | 250.0 | 173.3 | 160.0 | 53.5 | 110.0 |
| 避難指示なし | (1) | (18) | (7) | (6) | (9) | (1) | (9) | (1) | (20) | (72) |
| <u></u> | 250.0 | 124.9 | 195.5 | 57.6 | 64.4 | 211.4 | 164.5 | 131.8 | 58.9 | 122.9 |
| 全体 | (6) | (71) | (33) | (17) | (16) | (7) | (22) | (11) | (45) | (228) |

表 2.1-9 現地調査データによる避難指示区分/優占種ごとの平均群落高(cm)

群落高:cm.()内はデータ数

* その他内訳:イネ科の一種11、メヒシバ6、イ2、オオクサキビ2、オオブタクサ2、スギナ2、チガヤ2、ツルヨシ2、ヒロハホウキギク2、アキノエノコログサ1、アメリカセンダングサ1、エノコログサ1、 カサスグ1、カモガヤ1、ギシギン属の一種1、キンエノコロ1、ササ属の一種1、シロザ1、スカンタゴボウ1、チゴザサ1、トキワアワダチソウ1、メマツヨイグサ1、キク科の一種1



④ 津波浸水域内外の群落高

現地調査データによる津波浸水域内外・優占種ごとの平均群落高を表 2.1-10 に、津波浸 水域内外の群落高を図 2.1-12 に示す。

津波浸水域内外で優占種ごとの平均群落高をみると、セイタカアワダチソウ、ヨモギ、ヨ シでは津波浸水域外の平均群落高が高かったが、ススキ、イヌビエ、オギでは津波浸水域内 の平均群落高の方が高かった。

津波浸水域外の平均群落高(126.3 cm)の方が津波浸水域外(117.9 cm)より若干高かった。

表 2.1-10 現地調査データによる津波浸水域内外・優占種ごとの平均群落高(cm)

| | | | | | | | | 群落高:ci | 1、()内は | はデータ数 |
|------------------|------------|--------------------|--------|------|------|--------|-------|--------|--------|-------|
| 津波浸水域内・ 外/優占種 | アズマネ ザサ | セイタカ アワダチ ソウ | ススキ | ヨモギ | イヌビエ | オギ | ヨシ | ヒメガマ | その他 | 全体 |
| 净冲过小标中 | 250.0 | 107.6 | 212. 9 | 10.0 | 81.1 | 225. 0 | 162.5 | 131.8 | 71.7 | 117.9 |
| 律仮佼小域的 | (6) | (29) | (7) | (5) | (9) | (2) | (4) | (11) | (18) | (91) |
| 冲过去了 | | 136. 9 | 190.8 | 77.5 | 42.9 | 206.0 | 165.0 | | 50.4 | 126.3 |
| 律波浸水域外 | — | (42) | (26) | (12) | (7) | (5) | (18) | _ | (27) | (137) |
| 全体 | 250.0 | 124. 9 | 195.5 | 57.6 | 64.4 | 211.4 | 164.5 | 131.8 | 58.9 | 122.9 |
| | (6) | (71) | (33) | (17) | (16) | (7) | (22) | (11) | (45) | (228) |

* その他内訳:イネ科の一種11、メヒシバ6、イ2、オオクサキビ2、オオブタクサ2、スギナ2、チガヤ2、ツルヨシ2、ヒロハホウキギク2、アキノエノコログサ1、アメリカセンダングサ1、エノコログサ1、 カサスゲ1、カモガヤ1、ギシギシ属の一種1、キンエノコロ1、ササ属の一種1、シロザ1、スカシタゴボウ1、チゴザサ1、トキワアワダチソウ1、メマツヨイグサ1、キク科の一種1



図 2.1-12 現地調査データによる津波浸水域内外の群落高

⑤ 優占種ごとのバイオマス試算

上記の現地調査データ(228 地点)をもとに回帰式をあてはめて算出したバイオマスの平均は 657.8gDM/m² であった(表 2.1-11)。優占種別にみると、平均バイオマスが最も大きかったのはアズマネザサ(2,154.6gDM/m²)、次いでオギ(1,292.9gDM/m²)、ススキ(1,173.7gDM/m²)の順であった。最もバイオマスの平均が小さかったのはヨモギ(253.8gDM/m²)であった。

| バイオマス/ 優占種 | アズマネ ザサ | セイタカア ワダチソウ | ススキ | ヨモギ | イヌビエ | オギ | ヨシ | ヒメガマ | その他* | 全体 |
|--------------------------|------------|----------------|-----------|-------|-------|-----------|---------|-------|-----------|---------|
| データ個数 | 6 | 71 | 33 | 17 | 16 | 7 | 22 | 11 | 45 | 228 |
| 最大 (gDM/m ²) | 4,089.1 | 1, 367. 9 | 1,716.6 | 573.4 | 717.4 | 1,716.6 | 1,716.6 | 796.3 | 1, 158. 7 | 4,089.1 |
| 最小 (gDM/m ²) | 133.4 | 101.4 | 184.2 | 101.4 | 115.1 | 879.9 | 133.4 | 253.5 | 101.4 | 101.1 |
| 平均 (gDM/m²) | 2, 154. 6 | 583.4 | 1, 173. 7 | 253.8 | 266.2 | 1, 292. 9 | 930.5 | 608.5 | 269.2 | 657.8 |
| 標準偏差 | 1,704.5 | 248.9 | 452.8 | 162.4 | 178.9 | 302.4 | 510.0 | 205.7 | 259.8 | 573.0 |

表 2.1-11 現地調査データによる優占種ごとのバイオマス概要

* その他内訳:イネ科の一種11、メヒシバ6、イ2、オオクサキビ2、オオブタクサ2、スギナ2、チガヤ2、ツルヨシ2、ヒロハホウキギク2、アキノエノコログサ1、アメリカセンダングサ1、エノコログサ1、 カサスゲ1、カモガヤ1、ギシギシ属の一種1、キンエノコロ1、ササ属の一種1、シロザ1、スカシタゴボウ1、チゴザサ1、トキワアワダチソウ1、メマツヨイグサ1、キク科の一種1

⑥ ヤナギ低木群落

耕作放棄地(主に水田)に成立しているヤナギ低木林については、画像分類結果として抽 出されていないため、今回はバイオマス試算の対象外とした。今回の現地調査では25地点(帰 還困難区域11地点、居住制限区域7地点、避難指示解除準備区域1地点、避難指示なし6地 点)でデータを取得しており、平均群落高2.57m、優占種としてはオノエヤナギ(16地点) が多かった(表 2.1-12)。

| 避難区分 | No. | 地点 Code | 優占種 | 群落高(m) | 津波浸水域 | 詳細域 |
|------------|-----|---------|---------|--------|-------|-----|
| | 1 | FK3108 | オノエヤナギ | 3.0 | | A1 |
| | 2 | FK3110 | オノエヤナギ | 1.6 | | A1 |
| | 3 | FK3111 | オノエヤナギ | 1.5 | | A1 |
| | 4 | FK1607 | オノエヤナギ | 3.5 | 0 | A2 |
| | 5 | FK3131 | オノエヤナギ | 3.0 | | A2 |
| 帰還困難区域 | 6 | FK3102 | オノエヤナギ | 3.0 | | A1 |
| | 7 | FK3103 | オノエヤナギ | 3.0 | | A1 |
| | 8 | FK3157 | オノエヤナギ | 2.0 | | |
| | 9 | FK3160 | オノエヤナギ | 3.5 | | |
| | 10 | FK3162 | オノエヤナギ | 3.5 | | |
| | 11 | FK3163 | オノエヤナギ | 4.0 | | |
| | 12 | FK1583 | オノエヤナギ | 3.0 | 0 | A2 |
| | 13 | FK1585 | オノエヤナギ | 2.5 | 0 | A2 |
| | 14 | FK3141 | イヌコリヤナギ | 2.3 | | A2 |
| 居住制限区域 | 15 | FK3185 | ヤナギ属の一種 | 1.1 | | |
| | 16 | FK3193 | ヤナギ属の一種 | 1.2 | | |
| | 17 | FK3253 | ヤナギ属の一種 | 1.2 | | В |
| | 18 | FK3255 | ヤナギ属の一種 | 2.5 | | В |
| 避難指示解除準備区域 | 19 | FK3259 | ヤナギ属の一種 | 1.7 | | |
| | 20 | FK1592 | オノエヤナギ | 4.0 | 0 | |
| | 21 | FK3090 | オノエヤナギ | 3.0 | | |
| 海鉄モン | 22 | FK3198 | オノエヤナギ | 1.7 | | |
| 地共地省小なし | 23 | FK3210 | ヤナギ属の一種 | 3.5 | | |
| | 24 | FK3236 | ヤナギ属の一種 | 4.0 | | |
| | 25 | FK3241 | ヤナギ属の一種 | 1.0 | | |

表 2.1-12 ヤナギ低木林の現地調査データ概要

2.2 中分解能衛星画像による広域の土地被覆状況の解析 / 高解像度衛星画像による詳細域 の土地被覆状況の解析

2.2.1 調査目的

本調査は、震災により人間活動が顕著に低下した地域の自然環境の状況を把握するとともに、 放射線による自然生態系への影響調査の基盤情報を取得することを目的とする。

2.2.2 調査方法

上述の目的のため、植生の詳細な分布を把握できる高分解能衛星画像と、広域をカバーする 中分解能衛星画像を効果的に組み合わせ、人間活動の影響下にある震災発生前と震災後の最 新の土地被覆状況の図化を行い経年的な植生の遷移を把握することができる土地被覆分類手 法の検討を行った。

(1) 解析範囲

中分解能衛星データについては、過去の衛星画像のアーカイブスから衛星データを収集し、 避難指示区域とその周辺区域を含む東西約 40km×南北約 60km(約 2,400km²)の矩形範囲を解 析範囲(図 2.2-2の水色の枠の範囲)とした。

高分解能衛星データについては、 A)主に沿岸低地と B)低山〜丘陵の 阿武隈山地の一部のそれぞれ10km× 10kmの矩形範囲を基本として過去の 衛星データを収集した。具体的には、 耕作放棄地や除染を実施した農地、 松枯れが進行している地域を含む

「A) 浪江町、双葉町、大熊町、富岡 町を含む沿岸域」と震災前の土地利 用状況において農地(水田・畑)の 分布が多い「B)飯館村と川俣町を含 む地域」とした。ただし、後述する ように衛星画像検索の結果、震災前 後それぞれについて必ずしも3時期

(季節)以上のアーカイブ画像が取 得されていないため、A)の範囲を A)-1、A)-2のように増やすこととし た(図 2.2-2)。また、A)-1、A)-2 について、陸域部分の衛星観測幅が 10kmに満たないため、東西 9.6km× 南北 10.5km(面積 100.8km²)の範囲 とした(図 2.2-2の赤い枠の範囲)。



図 2.2-1 調査地域の第5回植生調査 1/50,000 現存植生図



図 2.2-2 中分解能衛星データ及び高分解能衛星データの解析範囲

(2) 使用データ

使用する中分解能衛星データは、撮影頻度が高い RapidEye データを標準とした。ただし、 RapidEye データのアーカイブスが少ない震災前について、雲などで良好な画像が得られない場 合は RapidEye データと同等の地上分解能を持ち観測頻度が高い SPOT データと ALOS データを 使用することとした。

高分解能衛星データについては、WorldView-3、2、GeoEye-1のいずれかの 0.5m 分解能のデ ータを標準とした。ただし、雲などで良好な画像が得られない場合は QuickBird、IKONOS の 0.6 ~0.8m 分解能のデータを使用することとした。

衛星データから森林(常緑・落葉別)、草地、水田、裸地、樹林地(果樹園を想定)、水域と いった土地被覆を把握するためには、季節によって状態が大きく変化する落葉樹林や自然草地、 水田の植生フェノロジーに着目して衛星の観測時期(季節)を選定する必要がある。また、震 災後の耕作放棄地や除染が実施された農地を特定するためには、震災直前の水田や畑の同定と、 これらの土地被覆の最新の状況の把握が必要である。

そこで、震災前については 2009 年~2011 年、震災後については 2014 年~2015 年について、 田植期の 5 月、植物の活葉期の 7 月~9 月、農作物の収穫後で降雪量が増える前の 11 月~12 月の 3 時期(季節)を候補として衛星データを収集した(表 2.2-1)。

| 土地被覆 | | | 春 | | 夏 | | | 秋 | | | 冬 | | |
|-----------------------------|----------------|---|---|---|---|----|-------|-------|------------|---------|----|----|---|
| | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 |
| | 常緑樹林 | | | | | | 緑葉 | | | | | | |
| 森林 | | | | | | | | | | | | | |
| | 落葉樹林 | | | | | 禄枼 | | | | 黄葉 | | 落葉 | |
| | 草地 | | | | | 草 | | | | | | ± | |
| | 水田 | ± | | 水 | | 草 | | | 刈取 | - | ± | | |
| 畑 | (野菜) | | | | | 草 | | | v v | | | ± | |
| | 裸地 | | | | • | | ± | | | | | | |
| 樹林 | 林地(果樹 | | | | | 緑葉 | | | | 黄葉 | | 落葉 | |
| | 水域 | | | | | | 水 | | | | | | |
| | 工構造物 | | | | | アス | ファルト・ | コンクリ・ | -ト | | | | |
| 衛星 日 日 日 日 日 | データの観測 時期候補 | | | | | | | | | | | | |

表 2.2-1 各季節の土地被覆の状態と衛星データの観測時期

表 2.2-2、表 2.2-3 に収集及び解析に使用した中・高分解能衛星データの概要を示す。 中分解能衛星データについては、震災前は晩春、夏、冬の3時期、震災後については、春、 晩春、夏の3時期が取得されている。春(3月)の画像も冬の画像と同様に植被がないため、 画像解析上同様の扱いが可能と考えられる。

一方、高分解能衛星データについては、震災前の A)-1、A)-2 の地域は、植被がない春の 1 時期のみ取得されていた。常緑樹林と落葉樹林、水田と裸地などを区別するためには少なくと も植被がある時期の画像が必要であるため、中分解能衛星データの夏の画像を代用することと した。また、震災前の B)の地域は夏と秋の2時期、震災後は春と晩春の2時期のみ取得されて いた。震災前と震災後のいずれも季節が近い2時期の組み合わせとなっているものの、いずれ も落葉樹林や水田の季節変化を捉えることができると考えられるため、B)の地域についてはこ れらのデータを採用した。

| 時期 | 季節 | 衛星名 | 撮影日 | シーンID | | | |
|-----|----|----------|------------|-----------------------|--|--|--|
| 震災前 | 晩春 | RapidEye | 2010/5/21 | 9281538 | | | |
| | | AVNIR-2 | 2009/5/20 | ALAV2A176792840 | | | |
| | | | | ALAV2A176792850 | | | |
| | | PRISM | 2009/5/20 | ALPSMW176792840 | | | |
| | | | | ALPSMW176792845 | | | |
| | | | | ALPSMW176792850 | | | |
| | 夏 | RapidEye | 2010/9/10 | 5751503 | | | |
| | | SPOT-5 | 2007/8/21 | 53322740708210120261U | | | |
| | | | | 53322750708210120341U | | | |
| | 冬 | SPOT-5 | 2010/12/4 | 53322741012040128462U | | | |
| | | | | 53322751012040128542U | | | |
| | | AVNIR-2 | 2010/12/19 | ALAV2A261102860 | | | |
| | | | | ALAV2A261102870 | | | |
| 震災後 | 春 | RapidEye | 2013/3/15 | 12125519 | | | |
| | 晩春 | RapidEye | 2015/5/25 | 20804805 | | | |
| | | RapidEye | 2015/5/6 | 20605135 | | | |
| | | RapidEye | 2015/5/17 | 20710445 | | | |
| | 夏 | RapidEye | 2015/9/22 | 22456695 | | | |

表 2.2-2 解析に使用した中分解能衛星画像の概要

表 2.2-3 解析に使用した高分解能衛星画像の概要

| 地域名 | 時期 | 季節 | 衛星名 | 撮影日 | 解像度 (Pan) | 解像度 (Mult) |
|---------------------------|-----|----|-------------|------------|--------------|---------------|
| | 震災前 | 春 | IKONOS | 2008/3/9 | 0.8m | 3.2m |
| A)-1 | | 夏 | SPOT- 5 | 2007/8/21 | 2.5m | 5m |
| 浪江町、双葉町を含む | 震災後 | 春 | WorldView-2 | 2015/3/29 | 0.5m | 2m |
| 沿岸域 | | 晩春 | WorldView-2 | 2014/5/7 | 0.5m | 2m |
| | | 秋 | WorldView-2 | 2015/10/5 | 0.5m | 2m |
| A)-2 大熊町、富岡町を含む 沿岸域 | 震災前 | 春 | IKONOS | 2008/3/9 | 0.8m | 3.2m |
| | | 夏 | SPOT- 5 | 2007/8/21 | 2.5m | 5m |
| | 震災後 | 春 | WorldView-2 | 2015/3/29 | 0.5m | 2m |
| | | 夏 | WorldView-2 | 2014/8/5 | 0.5m | 2m |
| | | 秋 | WorldView-2 | 2015/10/5 | 0.5m | 2m |
| B) 飯館村と川俣町を含む | 震災前 | 夏 | QuickBird-2 | 2006/8/3 | 0.6m | 2.4m |
| | | 秋 | QuickBird-2 | 2009/10/14 | 0.6m | 2.4m |
| | 震災後 | 春 | WorldView-2 | 2013/3/15 | 0.5m | 2m |
| 에ם (이만·[[1]) | | 晩春 | WorldView-2 | 2012/5/31 | 0.5m | 2m |

図 2.2-3~図 2.2-5 に解析に用いた中分解能衛星データ、図 2.2-6~図 2.2-11 に高分 解能衛星データのフォールスカラー画像を示す。



図 2.2-3 中分解能衛星画像(震災前)



2015 年 5 月 6 日撮影、RapidEye2015 年 5 月 17 日撮影、RapidEye図 2.2-4中分解能衛星画像(震災前・震災後)


 2015年5月25日撮影、RapidEye
 2015年9月22日撮影、RapidEye

 図 2.2-5
 中分解能衛星画像(震災後)



2008 年 3 月 9 日撮影、IKONOS2007 年 8 月 21 日撮影、SPOT-5図 2.2-6 A)-1 浪江・双葉地区高分解能衛星画像(震災前)



2015年3月29日撮影、WorldView-2



2014年5月7日撮影、WorldView-2



2014年10月5日撮影、WorldView-2

図 2.2-7 A)-1 浪江·双葉地区 高分解能衛星画像(震災後)



 2008年3月9日撮影、IKONOS
 2007年8月21日撮影、SPOT-5

 図 2.2-8 A)-2 大熊・富岡地区
 高分解能衛星画像(震災前)



2015年3月29日撮影、WorldView-2



2014年8月5日撮影、WorldView-2



2015年10月5日撮影、WorldView-2

図 2.2-9 A)-2 大熊・富岡地区 高分解能衛星画像(震災後)



2006年8月3日撮影、QuickBird-2

2009年10月14日撮影、QuickBird-2

図 2.2-10 B)飯館村・川俣地区 高分解能衛星画像(震災前)



2013年3月15日撮影、WorldView-2

2012年5月31日撮影、WorldView-2

図 2.2-11 B)飯館村・川俣地区 高分解能衛星画像(震災後)

(3) 解析方法

1) 検討方針

複数の季節の画像データを用いて、植生フェノロジー(季節ごとの植生等の色調の違い) を考慮した土地被覆分類を行う方法は以下の2つに分けられる。それぞれのメリット・デ メリットを表2.2-4に示す。

- (a) 予め各季節の土地被覆分類を行っておき、分類後のカテゴリー化された値を用いて 季節変化パターンを考慮して分類を行う方法
- (b) 全時期の衛星データをレイヤー統合して季節が異なるスペクトル情報を一度に分 類する方法

本調査では、地上分解能が異なる中・高分解能衛星データに対して同様のプロセスで分類 が可能であり、分類結果を修正して精度向上が図りやすい(a)の方法を採用した。

| 分類方法 | ۶ ۷ ۷ ۷ | デメリット |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (a) 予め各季節の土地被覆分 類を行った後に季節変化パター ンを考慮して分類を行う方法 | 設分類が生じた際に分類結果を修正して精度向上が図りやすい。予め定義された季節変化パターンに基づいて分類されるため分類の経緯が明確であり、誤分類の原因を追求して適宜修正することが可能(特に各時期、年の結果間の整合性の向上)。 バンド構成や感度特性等が異なるセンサデータにも適用できる。 分類の事前に地表面反射率等の物理量や何らかの指数に変換しておき、太陽入射角や大気条件の違いが分類結果に影響しないように基準化しておく必要がない。 | 季節毎の分類誤差が最終的な分類結果に集積 する。 |
| (b) 全時期の衛星データを統合 して季節が異なるスペクトル情報 を一度に分類する方法 | 既に地表面 <u>反射率</u> や正規化植生指数に変換され たプロダクトを利用できる場合は、植生フェノロジーを 特徴量とする土地被覆分類が容易に行える。 | 誤分類が生じた際に分類結果の修正が困難な場合がある。複雑な植生フェノロジーを一括して自動 分類するため、分類の経緯を明確に把握できない。 予め地表面反射率などの物理量へ変換しておく必要がある。 |

表 2.2-4 分類方法とメリット・デメリット

2) 土地被覆分類図の作成方法

図 2.2-12 に土地被覆分類図作成の基本的な方法を示す。



図 2.2-12 土地被覆分類図作成の基本的な方法

① 前処理

パンシャープン処理

本調査では、中分解能衛星の ALOS 画像(2009 年 5 月 20 日撮影の AVNIR-2 と PRISM) と高 分解能衛星の全ての画像データについて、パンクロマチック画像(モノクロ画像)とマルチ スペクトル画像(カラー画像)を組み合わせたパンシャープン処理を行い、擬似的に分解能 が高いマルチスペクトル画像を作成した。

· 幾何補正処理

本調査の解析範囲には高低差がある阿武隈山地が含まれるため、幾何補正済みの標準プロ ダクトでは高い位置精度が保証されていない。そこで、衛星データの提供元が配布する幾何 補正情報(RPC;有理多項式モデル)付きのプロダクトを入手し、国土地理院刊行の基盤地 図情報(2万5千分の1地形図と数値標高モデル)を使用して地上基準点を用いた精密幾何 補正(オルソ補正)を行うこととした。幾何補正の際の位置精度は標準誤差1画素程度以内 とした。また、中分解能衛星については、全ての画像の分解能を RapidEye と同じ分解能の 5mに統一した。高分解能衛星については、全ての画像の分解能を WorldView-2 と同じ分解 能の 0.5mに統一した。

② 季節毎の分類(ディシジョンツリー法)

季節が異なる3時期の衛星データそれぞれについて、NDVI(正規化植生指数)やバンドの 輝度値を使用して、ディシジョンツリー法により、森林、草地、人工構造物、裸地、水域の 5項目に分類した(図 2.2-13 左図)。

③ 季節変化パターンを利用した多時期の分類

季節が異なる3時期の分類結果を分類規則にあてはめ、常緑樹林、落葉樹林、草地、畑、 水田、裸地、水域、人工構造物の8項目に分類した(図2.2-13右図)。

未分類の補完(最尤法)

多時期の分類結果から教師データを取得し、季節毎の衛星データの最尤法分類を行った。 また、雲などによるデータの欠損や季節毎の分類結果の誤分類によって生じた未分類画素を 最尤法分類結果で補完した。5万分の1植生図(昭和 60 年整備)等の既存の GIS データか ら落葉果樹園を抽出し、分類結果との組み合わせにより、樹林地(果樹園)の情報を補完す ることを試みた(③と合わせ合計9項目)。



図 2.2-13 季節毎の分類法と季節変化パターンを利用した多時期の分類法

2.2.3 中分解能衛星画像の解析結果

(1) 季節毎の分類

季節が異なる3時期の各衛星データについて、ディシジョンツリー法により、森林、草地、 水域、裸地、人工構造物の5項目の分類を行った。しきい値の決定には、大津のしきい値判 定法(大津,1980)を用いた。季節毎の分類の結果を図2.2-14~図2.2-19に示す。なお、 雲や雲影、センサのライン欠線の影響を含む画像があるが、これらはこの後の季節変化パタ ーンを利用した分類時に補完されることを想定している。

季節毎の分類は、以下の流れで行った。

- ① NDVI 画像からしきい値を計算し、植生と非植生に分類した。
- ② 植生と非植生ごとにしきい値を計算し分類項目(森林・草地・水域・裸地・人工構造物) を決定した(赤バンド、近赤外バンド、NDVI 画像などを使用)。
- ③ 雲に覆われたエリアは、マスク処理を行った。
- ④ 震災前・後の各画像を、季節別に1枚の画像にまとめた。



図 2.2-14 ディシジョンツリー法による分類画像 (震災前の晩春) (左:ALOS/AVNIR-2 2009/5/20、右:RapidEye 2010/5/21)



図 2.2-15 ディシジョンツリー法による分類画像 (震災前の夏) (左:SPOT5 2007/8/21、右:RapidEye 2009/9/10)



図 2.2-16 ディシジョンツリー法による分類画像(震災前の冬) (左:SPOT5 2010/12/4、右:ALOS/AVNIR-2 2010/12/19)



図 2.2-17 ディシジョンツリー法による分類画像 (震災後の春) (RapidEye 2015/3/15)



図 2.2-18 ディシジョンツリー法による分類画像(震災後の晩春) (左上:RapidEye 2015/5/6、右上:RapidEye 2015/5/17、左下:RapidEye 2015/5/25)



図 2.2-19 ディシジョンツリー法による分類画像 (震災後の夏) (RapidEye 2015/9/22)

図 2.2-20 に、震災前の季節別にまとめた分類画像を示す。



図 2.2-20 震災前の季節別にまとめた分類画像 (左上:晩春、右上:夏、左下:冬) 図 2.2-21 に、震災後の季節別にまとめた分類画像を示す。



図 2.2-21 震災後の季節別にまとめた分類画像(左上:春、右上:晩春、左下:夏)

ディシジョンツリー法により、森林、草地、人工構造物、裸地、水域の5項目に分類した際の各衛星の分類フローを図 2.2-22~図 2.2-32 に示す。









図 2.2-26 震災前の冬 (SP0T5:2010/12/4)



図 2.2-27 震災前の冬 (ALOS/AVNIR-2: 2010/12/19)







図 2.2-29 震災後の晩春 (RapidEye: 2015/5/6)





図 2.2-31 震災後の晩春 (RapidEye: 2015/5/25)



図 2.2-32 震災後の夏 (RapidEye: 2015/9/22)

(2) 季節変化パターンを利用した複数時期の分類

3時期の分類結果に対して、土地被覆の季節変化パターンを定義して分類規則とし、この 規則にしたがって土地被覆項目を割り当てる分類手法を検討した。分類規則は、以下の2種 類を検討した。

- データ欠損領域や雲などの画素および、季節によって裸地・人工構造物で変動する画素 を未分類として扱う分類(以下、きつい分類と称する)
- ② 不確定要素を未分類とした分類(以下、ゆるい分類と称する)

①は季節毎の分類結果が全て正しい場合を想定した分類規則であり、②は季節毎の分類結果において、ある程度の誤差を許容した分類規則である。①の分類規則を当てはめた場合は、最終的に得られる分類結果の精度は高いと期待されるが、実際には、季節毎の分類結果には誤差が含まれる場合や(裸地と人工構造物がお互いに誤分類となるなど)、データの欠損、雲・雲影などの影響も含まれるため、未分類となる画素が多くなることが見込まれる。このため今回は、未分類の画素を低減するため、①の分類規則で未分類となった画素について、不確定要素を許容する②の分類規則の結果を用いて補完を行うこととした。分類規則を表2.2-5、表 2.2-6に示す。

| 優先順位 | 分類項目 | 晚春 (5月) | 夏 (8,9月) | 冬~春 (12,3月) | | | |
|------|-------|--------------------------|-------------|----------------|--|--|--|
| 1 | 未分類 | | | | | | |
| 2 | 水域 | 水域 | 水域 | 水域 | | | |
| 3 | 常緑樹林 | 森林 森林 | | 森林 | | | |
| 4 | 人工構造物 | 人工構造物 | 人工構造物 | 人工構造物 | | | |
| 5 | 裸地 | 裸地 | 裸地 | 裸地 | | | |
| 6 | 水田 | 水域、裸地 | 草地 | 裸地 | | | |
| 7 | 草地 | 草地、裸地 | 草地 | 草地、裸地 | | | |
| 8 | 畑 | 上記以外の草地が含まれる画素かつ残りの時期が裸地 | | | | | |
| 9 | 落葉樹林 | 森林 森林 森林、草地、未 | | | | | |
| 10 | 未分類 | | その他 | | | | |

表 2.2-5 きつい分類の分類規則

表 2.2-6 ゆるい分類の分類規則

| 優先順位 | 凡例 | 晚春 (5月) | 夏 (8,9月) | 冬~春 (12,3月) | | | |
|------|-------|---------------------------------------------------------|-------------|-----------------|--|--|--|
| 1 | 未分類 | 未分類 | 未分類 | 未分類 | | | |
| 2 | 水域 | 全時期が水域、または、残る1時期のみ裸地、人工構造物、未分類のいずれか | | | | | |
| 3 | 常緑樹林 | 全時期が森林、または、晩春と夏のいずれかが草地または未分類、または、夏と冬のいずれかが草地また は未分類 | | | | | |
| 4 | 人工構造物 | 全時期が人工構造物または未分類、または、残る1時期のみ裸地または未分類 | | | | | |
| 5 | 裸地 | 全時期が裸地または未分類、または、残る1時期のみ人工構造物または未分類 | | | | | |
| 6 | 水田 | 水、未分類 草地 裸地、人工構造物 | | | | | |
| 7 | 草地 | 草地、裸地、人工構造物、未分類 | 草地 | 草地、裸地、人工構造物、未分類 | | | |
| 8 | 畑 | 上記以外で1時期が草地で残りの時期が裸地 | | | | | |
| 9 | 落葉樹林 | 森林,草地 | 森林 | 全て | | | |
| 10 | 未分類 | その他 | | | | | |

きつい分類の分類規則の決定は、「地球観測衛星データによる広域熱環境把握技術の開発 作業報告書」(平成18年度、財団法人日本測量調査技術協会)を参考にした。ゆるい分類 の分類規則は基本的にはきつい分類との整合性を保持したままであるが、シーン毎の分類で 未分類や誤分類により分類されない箇所については、季節変化パターンの規則を一部変更し た。きつい分類から追加された分類規則は以下のとおりである。

- ・常緑樹林:季節毎の分類結果で森林の箇所が未分類または草地と誤分類しているため、春 と夏のいずれかが草地または未分類の場合、あるいは、夏と冬のいずれかが草地または未 分類の場合も常緑樹林とした。
- ・ 落葉樹林:季節毎の分類で落葉期の冬に裸地や草地など複数項目に分類されているため、
 春と夏の分類結果のみで落葉樹林の判定を行うこととした。
- ・草地:季節毎の分類結果で草地の箇所が雲の影響により未分類となっている場合や、春と 冬で裸地が人工構造物に誤分類となっている場合があるため、春と冬で未分類や人工構造 物となっている場合も草地とした。
- ・ 畑:きつい分類と同じ設定とした。
- ・水田:季節毎の分類結果で裸地の箇所が人工構造物に誤分類となっていたり、未分類となっている場合があるため、春と冬で未分類や人工構造物となっている場合も水田とした。
- ・人工構造物:季節毎の分類結果で人工構造物の箇所が裸地に誤分類となっていたり、未分類となっている場合があるため、1時期のみ裸地か未分類の場合は人工構造物とした。
- ・ 裸地:季節毎の分類結果で裸地の箇所が人工構造物に誤分類となっていたり、未分類となっている場合があるため、1時期のみ人工構造物か未分類の場合は人工構造物とした。
- ・水域:季節毎の分類結果で水域の箇所が雲の影響により未分類となっている場合や、裸地や人工構造物に誤分類となっている場合があるため、1時期のみ裸地、人工構造物、未分類のいずれかの場合は水域とした。

以上の分類規則によって得られた分類画像を図 2.2-33~図 2.2-36 に示す。



図 2.2-33 震災前の季節変化パターンを用いた多時期の分類画像(きつい分類)



図 2.2-34 震災前の季節変化パターンを用いた多時期の分類画像(ゆるい分類)



図 2.2-35 震災後の季節変化パターンを用いた多時期の分類画像(きつい分類)



図 2.2-36 震災後の季節変化パターンを用いた多時期の分類画像(ゆるい分類)

(3) 未分類の補完

季節変化パターンを利用した多時期の分類(ゆるい分類)で未分類となった箇所をさらに補 完するため、各季節の画像毎に最尤法分類を行い、その結果を用いて補完を行った。また、最 尤法分類で、抽出することが難しい果樹園を GIS データから補完した。

1) 最尤法

最尤法による未分類の補完方法については以下の流れで行った。

- ① きつい分類から教師データを取得した(ただし、雲に覆われたエリアなど、きつい分類 から教師データの取得が困難な場合に限り、GoogleEarth上で教師データを取得した)。
- ② 季節毎の分類で用いた全画像に対して、最尤法分類を実施した。
- ③ 各季節の最尤法分類の結果を用いて画素毎に多数決で分類項目を決定した。多数決で決まらない画素については、きつい分類とゆるい分類を統合した画像と最も一致率が高い 最尤法分類結果の分類項目を採用した。
- ④ ゆるい分類の未分類画素を補完した。

各画像の最尤法による分類結果を図 2.2-37~図 2.2-42 に示す。



図 2.2-37 最尤法による分類結果(震災前の晩春) (左:ALOS/AVNIR-2 2009/5/20、右:RapidEye 2010/5/21)



図 2.2-38 最尤法による分類結果(震災前の夏) (左:SPOT5 2007/8/21、右:RapidEye 2009/9/10)



図 2.2-39 最尤法による分類結果(震災前の冬) (左:SPOT5 2010/12/4、右:ALOS/AVNIR-2 2010/12/19)



図 2.2-40 最尤法による分類結果 (震災後の春) (RapidEye 2015/3/15)



図 2.2-41 最尤法による分類結果(震災後の晩春) (左:RapidEye 2015/5/6、右:RapidEye 2015/5/17)



図 2.2-42 最尤法による分類結果 (震災後の晩春・夏) (左:RapidEye 2015/5/25、右:RapidEye 2015/9/22)

最尤法の分類結果から多数決による分類項目の決定方法を図 2.2-43 に示す。



補完の流れ



最尤法による分類結果をまとめた画像 (震災前:左、震災後:右)

図 2.2-43 各最尤法による分類結果から多数決による分類項目の決定

きつい分類結果ときつい分類で未分類項目になっていた範囲をゆるい分類で補完した分類 結果の比較を行い、もっとも一致率が高い最尤法の分類結果を未分類の補完に使用した。表 2.2-7 と表 2.2-8 に、震災前と震災後の画像について両者の一致率の結果を示す。

| No. | 衛星画像名(日付) | 一致(画素数) | 不一致(画素数) | 一致率 |
|-----|-----------------------|----------|----------|-----|
| 1 | RapidEye (2010/05/21) | 44217004 | 24289172 | 65% |
| 2 | ALOS (2009/05/20) | 48361674 | 31764602 | 60% |
| 3 | RapidEye (2010/09/10) | 28630656 | 19750371 | 59% |
| 4 | SPOT5 (2007/08/21) | 37088138 | 27129029 | 58% |
| 5 | ALOS (2010/12/19) | 38603410 | 27441651 | 58% |
| 5 | SPOT5 (2010/12/04) | 36867014 | 43262320 | 46% |

表 2.2-7 最尤法分類画像の一致率 (震災前)

表 2.2-8 最尤法分類画像の一致率 (震災後)

| No. | 衛星名(撮影日) | 一致の画素数 | 不一致の画素数 | 一致率 |
|-----|-----------------------|------------|------------|-----|
| 1 | RapidEye (2015/05/25) | 24,154,008 | 9,936,022 | 71% |
| 2 | RapidEye (2013/03/15) | 60,434,662 | 30,375,947 | 67% |
| 3 | RapidEye (2015/05/06) | 37,095,678 | 19,055,747 | 66% |
| 4 | RapidEye (2015/09/22) | 54,736,534 | 36,074,067 | 60% |
| 5 | RapidEye (2015/05/17) | 42,777,174 | 48,023,726 | 47% |

2) 樹林地(果樹園)

環境省自然環境局生物多様性センターで公開されている植生調査データ(1/50,000 縮尺、 第5回調査)を用いて、樹林地(落葉果樹園)の領域を抽出した。次に、震災前の季節変化パ ターンを利用した多時期の分類結果と重ね合わせ、分類結果が落葉樹林であり、かつ、植生図 上で落葉果樹園である領域の凡例を樹林地とした。

3) 中分解能衛星画像による土地被覆分類図

季節変化パターンを利用した多時期の分類結果に未分類項目を補完して最終的に得られた 土地被覆分類図を、図 2.2-44 (震災前)と図 2.2-45 (震災後)に示す。



図 2.2-44 未分類項目を補完後の土地被覆分類図(震災前)



図 2.2-45 未分類項目を補完後の土地被覆分類図(震災後)

2.2.4 高分解能衛星画像の解析結果

(1) 前処理

幾何補正処理に先立ち、擬似的に高分解能画像を作成するため、ハイパスフィルター法を用 いてパンシャープン処理を行った。幾何補正処理については、RPC付きのプロダクトを入手し、 2万5千分の1地形図と5m数値標高モデル(DEM)を使用してオルソ補正を行った結果、阿武 隈山地の一部の地域では道路が歪むなどの現象が認められた。そこで、一部の画像については ASTER GDEM (30m分解能)を用いてオルソ補正を行った。

(2) 画像分類

高分解能衛星画像については、必ずしも3時期以上の季節の画像が得られていないため、 図 2.2-12に示した解析方法をそのまま適用することができない。また、適用するためには、 各地域に特化した季節変化パターンをそれぞれ作成する必要があり、手法が複雑となること が考えられる。そこで、本調査においては、現地調査結果等を教師データとする機械学習モ デルを用いた分類法を採用することとした。

図 2.2-46 に高分解能衛星画像を使用した土地被覆分類図作成フローを示す。本調査で採 用したランダムフォレストと呼ばれる機械学習のアルゴリズムは、予め与えた極めて多数の サンプル数 (500~数千ピクセル)の教師データを基に、画像の各バンドの輝度値や植生指 数等の特徴量をランダムに組み合わせて画像分類を行うためのディシジョンツリーを多数 自動作成し、個々のツリーについて内部検証(教師データ全体の 1/3~1/4 を検証用として 使用)を行い、さらにこれらの過程を繰り返すことにより、最も分類精度が高いツリーを自 動的に得ることが可能なモデルである。



図 2.2-46 高分解能衛星画像を使用した土地被覆分類図作成フロー

具体的には以下の手順により、分類処理を行った。

1) 震災前後の画像の重ね合わせ

画像の各バンドの輝度値と NDVI を 1 セットとし、表 2.2-3 に記載した A)-1、A)-2、B) 地区のそれぞれについて、震災前後の全時期の画像を重ね合せて 1 つの画像データへ統合した(できあがった画像は仮想的に多バンドの画像となる)。

2) 教師データの作成

現地調査データと GoogleEarth 等の高分解能画像を参照し、A)-1、A)-2、B)地区のそれぞ れについて約 4000 点の教師データを取得した。その際、A)-1、A)-2 地区の震災後の画像で は畑と水田を同定できず、教師データを取得することができないため、これらの地区の震災 後については畑と水田を分類対象外とした。最終的に、「常緑樹林」、「落葉樹林」、「草地」、 「畑」、「水田」、「裸地」、「水域」、「人工構造物」の 8 項目(ただし、A)-1、A)-2 地区は畑、 水田を除く 6 項目)で画像分類を行うこととした。画像分類の際は、震災前と震災後の土地 被覆を組み合わせた表 2.2-9〇印の分類項目を設定し、高分解能衛星画像上で実際に生じて いる土地被覆変化の組み合わせを対象として画像分類を行うこととした。

| 表 2.2-9 | 震災前後の土地被覆を組み合わせた分類項目の設定(A)-1 | 、A)-2 地区の例) |
|---------|------------------------------|-------------|
|---------|------------------------------|-------------|

| | | 震災後 | | | | | | | |
|-----|-------|------|------|----|---|----|----|----|------|
| | | 常緑樹林 | 落葉樹林 | 草地 | 畑 | 水域 | 水田 | 裸地 | 人工構造 |
| | | | | | | | | | 物 |
| 震災前 | 常緑樹林 | 0 | | | | | | | 0 |
| | 落葉樹林 | | 0 | | | | | | |
| | 草地 | | | 0 | | | | | 0 |
| | 畑 | | | 0 | | | | 0 | 0 |
| | 水域 | | | 0 | | 0 | | | 0 |
| | 水田 | | | 0 | | | | 0 | 0 |
| | 裸地 | | | 0 | | 0 | | 0 | 0 |
| | 人工構造物 | | | | | | | | 0 |

3) ランダムフォレストのパラメータ設定

全教師データのうち、ディシジョンツリーの作成に使用されるサンプル数と検証に使用さ れるサンプル数の割合を4対1に設定した。また、ランダムに作成するディシジョンツリー の数を500、繰り返し回数を2に設定した。

4) 画像分類の実行

上記のパラメータを設定してランダムフォレストを用いた画像分類を実行した。ランダムフォレストでは分類性能を評価するための基準として、 κ (Kappa)係数(分類結果と検証 データの一致度を表す)が採用されており、一般的に κ 係数が 0.61~0.8 の間にあれば実質 的に一致しており、0.81~1.00 の間にあればほぼ完全な一致とされる。画像分類の結果、 κ 係数が 0.81 となったため、分類結果と教師データはほぼ完全に一致していると考えられ る。

5) 後処理

画像分類の試行錯誤の過程で、誤分類がごま塩状に分布することがわかった。そこで、後 処理として多数決フィルターを適用して小面積の誤分類を除去し、最終的に 2m 分解能とす ることで適切な分類結果を得た。図 2.2-47 にフィルター処理前後の分類結果を示す。

上記の処理を行い、得られたA)-1、A)-2、B)の震災前後の分類結果を図 2.2-48~図 2.2-53 に示す。震災前の画像では水田に分類されている箇所が震災後では草地に分類されており、 妥当な結果が得られている。また、経年変化が少ない森林や水域、人工構造物等についても 妥当な結果が得られている。



フィルター処理前(0.5m 分解能)





図 2.2-48 A)-1 浪江·双葉地区の分類画像結果(震災前)


図 2.2-49 A)-1 浪江·双葉地区の分類画像結果(震災後)



図 2.2-50 A)-2 大熊・富岡町地区の分類画像結果(震災前)



図 2.2-51 A)-2 大熊・富岡町地区の分類画像結果(震災後)



図 2.2-52 B) 阿武隈山地の分類画像結果(震災前)



図 2.2-53 B) 阿武隈山地の分類画像結果(震災後)

2.2.5 中・高分解能衛星データを効果的に組み合わせた分類精度向上の検討

高分解能衛星データは中分解能衛星データに比べ、1 画素内に様々な土地被覆物が混在す るミクセルの割合が少ないため、特に土地被覆分布が複雑な場所ではミクセルによる誤分類 が少ないと考えられる。

したがって、高分解能衛星データの2地域の土地被覆分類結果を正解として用いて、中分 解能衛星データの分類結果を精度検証することにより、避難指示区域以外も含む全体の土地 被覆分類図の精度を把握することができ、さらにその結果をフィードバックすることで分類 精度の向上を図ることが可能である。そこで、図 2.2-54 に示したフロー図にしたがい、ま ずは、現地調査データ(点データ)を用いて高分解能及び中分解能衛星データの土地被覆分 類図の精度検証を行い、次に、精度検証済みの高分解能の土地被覆分類図を用いて中分解能 の土地被覆分類図の面的な精度検証を行って両土地被覆分類図の分布傾向が一致するよう フィードバックを行い、中分解能の土地被覆分類図を調整した。



図 2.2-54 中・高分解能衛星データを効果的に組み合わせた分類精度向上の検討フロー

(1) 高分解能衛星画像による分類結果の精度検証

高分解能衛星画像による分類結果の精度検証は、以下の2種類で行った。

(i) 画像分類時に使用した教師データを用いた精度検証

(ii)現地調査データを用いた精度検証

(i)については、機械学習のアルゴリズムであるランダムフォレストによる分類モデルを検 証するため、現地調査データと Google Earth 等の高分解能画像を参照して取得した約 4000 ピ クセルの教師データのうち、1/4 に相当する約 900 ピクセルをランダムに抽出し、プロデュー サー精度 (Producer's Accuracy、以下 PA)、ユーザ精度 (User's Accuracy、以下 UA)、全 体精度 (Overall Accuracy)、 κ (Kappa)係数により評価した。なお、PA は、検証データの 土地被覆項目別に分類結果の項目と何%一致しているかを示し、UA は、分類結果の項目別に 検証データの土地被覆項目と何%一致しているかを示す。また、全体精度は、検証データと分 類結果の各土地被覆項目が一致したピクセル数を検証データの全ピクセル数で割った値であ り、実際の一致率を表す。 κ 係数は、全体精度から分類結果の項目が検証データと偶然一致す る確率を除外した一致度を表し、0.61~0.8の間にあれば実質的に一致しており、0.81~1.00 の間にあればほぼ完全な一致とと判断される。図 2.2~55 に精度検証に用いた指標の概念図を 示す。

(ii)については、現地調査データ3地区合計147点を用いて、PA、UA、全体精度により評価した。

| | | | 分類結果 | | DA | |
|-------|------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| | | 項目A | 項目 B | 計 | PA | 全体精度 |
| | 項目A | а | b | a+b | a/(a+b) | |
| 検証データ | 項目 B | с | d | c+d | d/(c+d) | |
| | 計 | a+c | b+d | a+b+c+d | | |
| UA | | a/(a+c) | d/(b+d) | | | |
| 全体精度 | | | | | | (a+d)/(a+b+c+d) |

κ係数 = (全体精度 - 偶然の一致率)/(1 - 偶然の一致率)
 偶然の一致率 = 項目 A の偶然の一致率 + 項目 B の偶然の一致率
 項目 A の偶然の一致率 = {(a+b)/(a+b+c+d)}×{(a+c)/(a+b+c+d)}
 項目 B の偶然の一致率 = {(c+d)/(a+b+c+d)}×{(b+d)/(a+b+c+d)}

図 2.2-55 精度検証に用いた指標の概念図

1) 画像分類時に使用した教師データを用いた精度検証

全体精度 86%、κ 係数 0.84 と非常に高い精度が得られている。植生(常緑樹林、落葉樹林、 草地)は、PA、UA 共に 70%以上であり高い精度が得られている。

2) 現地調査データを用いた精度検証

A)-1、A)-2、B)地区に含まれる全ての現地調査データのうち、異なる土地被覆物の境界付近 にある点について、画像分類に使用した衛星画像やGoogleEarthの画像を参考に位置を修正す るとともに、検証点が極端に少ない分類項目について、画像判読を行って検証点の追加を行っ た。表 2.2-10に現地調査データを用いた震災前後の分類結果の精度検証結果を示す。

震災前の分類結果は全体精度77.42%と画像分類時の教師データと比較した場合よりもやや 低い精度であるものの、良好な結果が得られた。常緑樹林、落葉樹林、水域、水田、裸地、人 工構造物はPA、UA いずれか一方または両者ともに80%以上の良好な結果が得られている。一 方、草地と畑についてはPA、UAが20~55%の低い精度となった(草地のPA20%、UA40%、畑 のPA55%、UA21%)。PAの内訳を確認すると、草地の検証点は主に畑に誤分類されており、畑 の検証点は主に水田に誤分類されていることがわかる。また、UAの内訳では、主に水田の検 証点が草地や畑に誤分類されていることがわかる。草地、畑、水田の間で相互に誤分類が生じ ているが、水田の検証点が極めて多いため、水田の精度が高い方向に働いた可能性がある。

震災後の分類結果は全体精度 88.48%の非常に良好な結果が得られた。震災前の場合と同様 に、常緑樹林、落葉樹林、水域、水田、人工構造物は PA、UA いずれか一方または両者ともに 80%以上の良好な結果が得られた。さらに、震災前の分類結果では精度が低かった草地につい ても PA91%、UA92%の非常に高い精度が得られた。これは、震災前後で水田から草地に変化 した検証点が圧倒的に多く含まれていることが影響していると考えられる。

図 2.2-56 に誤分類となっている箇所の例を示す。図 2.2-56 (a)は震災前の分類結果において、草地が畑に誤分類された箇所、(b)は畑が水田に誤分類された箇所である。衛星画像から、いずれも圃場が存在する場所であることがわかり、使用した画像の撮影時期によっては分類が難しい項目であると言える。一方、図 2.2-56 (c)は草地が常緑樹林に誤分類された箇所である。土壌と人工構造物、草地と森林は撮影時期によっては反射特性が類似している場合があるため、誤分類になった可能性がある。これらはいずれも想定されたる誤分類であり、全体としては現地調査を使った定量的な精度検証結果からも、高分解能衛星画像の解析は妥当な分類結果が得られていると言える。

表 2.2-10 現地調査データを用いた精度検証結果

(a) 震災前

| | | | | | | | 分類結果 | | | | | | |
|-------|------|-------|------|------|-----|-----|------|-----|-----|-------|--------|-------|-----|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Total | PA |
| | | | 常緑樹林 | 落葉樹林 | 草地 | 畑 | 水域 | 水田 | 裸地 | 人工構造物 | 樹林地 | | |
| | 1 | 常緑樹林 | 26 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 31 | 84% |
| | 2 | 落葉樹林 | 1 | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 26 | 92% |
| 検 | 3 | 草地 | 1 | 0 | 2 | 6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 10 | 20% |
| 証 | 4 | 俎 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 11 | 55% |
| デ | 5 | 水域 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 1 | 0 | 0 | 7 | 86% |
| | 6 | 水田 | 1 | 0 | 3 | 13 | 6 | 91 | 0 | 1 | 0 | 115 | 79% |
| タ | 7 | 裸地 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 5 | 1 | 0 | 8 | 63% |
| | 8 | 人工構造物 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 9 | 89% |
| | 9 | 樹林地 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% |
| Total | | 29 | 26 | 5 | 28 | 13 | 96 | 6 | 14 | 0 | 217 | | |
| | | UA | 90% | 92% | 40% | 21% | 46% | 95% | 83% | 57% | 0% | | |
| | 全体精度 | | | | | | | | | | 77.42% | | |

(b) 震災後

| | | | | | | | 分類結果 | Ę | | | | | |
|---|-------|-------|------|------|-----|----|------|-----|-----|-------|-----|-------|--------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Total | PA |
| | | | 常緑樹林 | 落葉樹林 | 草地 | 畑 | 水域 | 水田 | 裸地 | 人工構造物 | 樹林地 | | |
| | 1 | 常緑樹林 | 24 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 27 | 89% |
| | 2 | 落葉樹林 | 1 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | 96% |
| 検 | 3 | 草地 | 3 | 0 | 96 | 0 | 0 | 2 | 3 | 2 | 0 | 106 | 91% |
| 証 | 4 | 俎 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0% |
| デ | 5 | 水域 | 0 | 0 | 2 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 75% |
| | 6 | 水田 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 10 | 100% |
| タ | 7 | 裸地 | 0 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 12 | 1 | 0 | 18 | 67% |
| | 8 | 人工構造物 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 21 | 0 | 23 | 91% |
| | 9 | 樹林地 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% |
| | Total | | 28 | 25 | 104 | 0 | 7 | 12 | 16 | 25 | 0 | 217 | |
| | | UA | 86% | 92% | 92% | 0% | 86% | 83% | 75% | 84% | 0% | | |
| | 全 | 体精度 | | | | | | | | | | | 88.48% |



(a)草地が畑に誤分類された箇所(震災前) (背景: 2008年3月9日 IKONOS 画像)

(b)畑が水田に誤分類された箇所(震災前) (背景: 2008年3月9日 IKONOS 画像)



(c)草地が常緑樹林に誤分類された箇所(震災後) (背景:2015年3月29日WorldView-2画像)

図 2.2-56 誤分類となっている箇所の例 (黄色の点:検証点)

(2) 中分解能衛星画像による分類結果の精度検証

中分解能衛星画像による分類結果の精度検証は、以下の2種類で行った。

(i) 現地調査データを用いた精度検証

(ii) 高分解能衛星画像による土地被覆分類図を用いた精度検証

(i)については、中分解能衛星画像の範囲に含まれる全ての現地調査地点(震災前 331 点、 震災後 327 点)を確認し、対象とする土地被覆物の面積が5平方メートルに満たない場合など、 ミクセルの影響により判読不可能な地点については、誤分類を避けるために検証点から除外し た。その結果、検証点数は震災前が 257 点、震災後が 234 点となった。精度は、PA、UA、全体 精度により評価した。

(ii)については、高分解能度衛星による土地被覆分類図の各項目について、A)、B)各地区別 に、同一の分類項目が10~25 画素程度、および25 画素以上まとまっている領域からそれぞれ 5 点ずつ合計 10 点の検証点を無作為に選定することとした。その結果、震災前については、 A)、B)地区合わせて160 点(=10 点×8 項目×2 地区)、震災後については、水田と畑を除く 120 点(=10 点×6 項目×2 地区)の検証点を用いることとした。精度は、上記と同様にPA、 UA、全体精度により評価した。

1) 現地調査データを用いた精度検証

表 2.2-11 に震災前後の精度検証結果を示す。全体精度は震災前 75.10%、震災後 84.62% と高い精度が得られた。以下に項目別の結果をまとめる。

① 常緑樹林

震災前は、PA88%、UA79%、震災後は、PA100%、UA90%といずれも非常に高い精度が得られた。

2 落葉樹林

震災前は、PA50%、UA43%と低い精度であった。PAの内訳では常緑樹林への誤分類、UAの内訳では草地を誤分類している割合が大きい。一方、震災後については、PA83%、UA71%とやや高い精度が得られている。震災前後いずれも落葉樹林と草地の間で相互に誤分類となる傾向が認められたが、落葉樹林と草地の季節変化の傾向が類似しているためと考えられる。

③ 草地

震災前は、PA82%、UA27%とUA については低い精度であった。UA の内訳を確認すると、 水田を誤分類している割合が約 60%であった。水田は、晩春の画像では水域ではなく田植 え前の裸地の状態、冬の画像では草地の状態の場合もあるため、草地に誤分類されたことが 原因と考えられる。一方、震災後は、PA91%、UA88%と高い精度であった。

④ 畑

震災前は、PA、UA いずれも 0%であった。畑は草地と生育ステージが類似しており、季節 変化のパターンでは両者の分類が困難であったことが原因と考えられる。また、畑は比較的 面積が狭いことからミクセルの影響を強く受けていると考えられる。震災後についても、 PA13%、UA20%と低い精度であった。 ⑤ 水域

震災前は、PA100%、UA95%、震災後は、PA100%、UA100%と非常に高い精度が得られた。

⑥ 水田

震災前は、PA78%、UA98%の高い精度が得られた。PA の内訳では草地への誤分類の割合 がやや大きい。震災後は、PA66%、UA93%と PA についてはやや低い精度であった。PA の内 訳では震災前と同様に草地への誤分類がやや大きな割合を占めた。

⑦ 裸地

震災前は、PA18%、UA33%と低い精度であった。PAの内訳では人工構造物への誤分類、 UAの内訳では水田を誤分類している割合が大きい。一方、震災後は、PA78%、UA41%とUA については低い精度であった。衛星画像の取得日と現地調査を行った時期の違いよる土地被 覆状況の変化が原因の一つと考えられる。

⑧ 人工構造物

震災前は、PA80%、UA55%とUA については低い精度であった。UA の内訳では裸地への誤 分類の割合が大きい。一方、震災後は、PA、UA ともに 100%の精度が得られた。

表 2.2-11 現地調査データを用いた精度検証結果

(a) 震災前

| | | | | | | | 分類結果 | | | | | | |
|---|-------|-------|------|------|-----|----|------|-----|-----|-------|-----|-------|--------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Total | PA |
| | | | 常緑樹林 | 落葉樹林 | 草地 | 畑 | 水域 | 水田 | 裸地 | 人工構造物 | 樹林地 | | |
| | 1 | 常緑樹林 | 15 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 88% |
| | 2 | 落葉樹林 | 2 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 50% |
| 検 | 3 | 草地 | 0 | 3 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 82% |
| 証 | 4 | 畑 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 8 | 0% |
| デ | 5 | 水域 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 100% |
| | 6 | 水田 | 1 | 0 | 31 | 1 | 0 | 128 | 2 | 1 | 0 | 164 | 78% |
| タ | 7 | 裸地 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 8 | 0 | 11 | 18% |
| | 8 | 人工構造物 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 12 | 0 | 15 | 80% |
| | 9 | 樹林地 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| | Total | | 19 | 7 | 52 | 1 | 20 | 130 | 6 | 22 | 0 | 257 | |
| | UA | | 79% | 43% | 27% | 0% | 95% | 98% | 33% | 55% | - | | |
| | 全体精度 | | | | | | | | | | | | 75.10% |

| | | | | | | | 分類結果 | | | | | | |
|---|-------|-------|------|------|-----|-----|------|-----|-----|-------|-----|-------|--------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Total | PA |
| | | | 常緑樹林 | 落葉樹林 | 草地 | 畑 | 水域 | 水田 | 裸地 | 人工構造物 | 樹林地 | | |
| | 1 | 常緑樹林 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 100% |
| | 2 | 落葉樹林 | 0 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 83% |
| 検 | 3 | 草地 | 0 | 2 | 124 | 4 | 0 | 2 | 5 | 0 | 0 | 137 | 91% |
| 証 | 4 | 畑 | 1 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 8 | 13% |
| デ | 5 | 水域 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 100% |
| 1 | 6 | 水田 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 25 | 2 | 0 | 0 | 38 | 66% |
| タ | 7 | 裸地 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 9 | 78% |
| | 8 | 人工構造物 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 10 | 100% |
| | 9 | 樹林地 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| | Total | | 10 | 7 | 141 | 5 | 17 | 27 | 17 | 10 | 0 | 234 | |
| | UA | | 90% | 71% | 88% | 20% | 100% | 93% | 41% | 100% | - | | |
| | 全体精度 | | | | | | | | | | | | 84.62% |

(b) 震災後

2) 高分解能衛星画像による土地被覆分類図を用いた精度検証

表 2.2-12 に震災前後の精度検証結果を示す。全体精度は震災前 60.00%、震災後 77.39% と現地調査データを用いた検証結果と比較して低い精度となった。以下に項目別の結果をま とめる。

① 常緑樹林

震災前は、PA60%、UA80%とPAがやや低い精度であった。PAの内訳では畑への誤分類の 割合が大きい。震災後は、PA80%、UA100%と非常に高い精度が得られた。

2 落葉樹林

震災前は、PA、UA いずれも 90%と非常に高い精度であった。震災後についても、PA80%、 UA70%と比較的高い精度が得られた。UA の内訳では草地や常緑樹林を誤分類している割合 が大きい。

③ 草地

震災前は、PA25%、UA56%といずれも低い精度であった。PA、UA ともに、草地と畑の間で相互に誤分類となっている傾向が認められる。震災後については、PA68%、UA62%と震災前よりも高い精度であった。PA、UA ともに、草地と落葉樹林の間で相互に誤分類となっている傾向が認められる。

④ 畑 (震災前のみ)

震災前は、PA45%、UA26%と低い精度であった。PAの内訳では水田への誤分類、UAの内 訳では草地を誤分類している割合が大きい。

5 水域

震災前は、PA80%、UA94%、震災後は、PA、UAともに89%と非常に高い精度が得られた。

⑥ 水田 (震災前のみ)

震災前は、PA85%、UA63%とUAについてはやや低い精度となった。UAの内訳では畑を誤 分類している割合が大きい。

⑦ 裸地

震災前は、PA15%、UA60%とPAについては非常に低い精度であった。PA、UA いずれの内 訳についても裸地と人工構造物の間で相互に誤分類となっている傾向が認められた。震災後 については、PA53%、UA100%とUA については高い精度が得られた。PA の内訳では人工構 造物への誤分類の割合が大きい。

⑧ 人工構造物

震災前は、PA80%、UA50%とUA については低い精度であった。UA の内訳では裸地への誤 分類の割合が大きい。震災後は、PA95%、UA67%とUA についてやや低い精度であったが、 震災前の場合と同様に、裸地への誤分類の割合が大きい。

表 2.2-12 高分解能衛星画像による土地被覆分類図を用いた精度検証結果

(a) 震災前

| | | | | | | | 分類結果 | | | | | 4 | |
|---|------|-------|------|------|-----|-----|------|-----|-----|--------|-----|-------|-----|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Total | PA |
| | | | 常緑樹林 | 落葉樹林 | 草地 | 畑 | 水域 | 水田 | 裸地 | 人工構造物 | 樹林地 | | |
| | 1 | 常緑樹林 | 12 | 1 | 1 | 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 20 | 60% |
| | 2 | 落葉樹林 | 1 | 18 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 90% |
| 検 | 3 | 草地 | 2 | 1 | 5 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 25% |
| 証 | 4 | 畑 | 0 | 0 | 2 | 9 | 0 | 8 | 0 | 1 | 0 | 20 | 45% |
| デ | 5 | 水域 | 0 | 0 | 0 | 1 | 16 | 1 | 0 | 2 | 0 | 20 | 80% |
| | 6 | 水田 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 20 | 85% |
| タ | 7 | 裸地 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 3 | 12 | 0 | 20 | 15% |
| | 8 | 人工構造物 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 16 | 0 | 20 | 80% |
| | 9 | 樹林地 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| | Tota | | 15 | 20 | 9 | 35 | 17 | 27 | 5 | 32 | 0 | 160 | |
| | UA | | 80% | 90% | 56% | 26% | 94% | 63% | 60% | 50% | - | | |
| | 全体精度 | | | | | | | | | 60.00% | | | |

(b) 震災後

| | | | | | | | 分類結果 | | | | | | |
|---|------|-------|------|------|-----|---|------|----|------|-------|-----|-------|--------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Total | PA |
| | | | 常緑樹林 | 落葉樹林 | 草地 | 畑 | 水域 | 水田 | 裸地 | 人工構造物 | 樹林地 | | |
| | 1 | 常緑樹林 | 16 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 80% |
| | 2 | 落葉樹林 | 0 | 16 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 80% |
| 検 | 3 | 草地 | 0 | 4 | 13 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 19 | 68% |
| 証 | 4 | 畑 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| デ | 5 | 水域 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 2 | 0 | 18 | 89% |
| | 6 | 水田 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| タ | 7 | 裸地 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 10 | 6 | 0 | 19 | 53% |
| | 8 | 人工構造物 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 18 | 0 | 19 | 95% |
| | 9 | 樹林地 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| | Tota | | 16 | 23 | 21 | 0 | 18 | 0 | 10 | 27 | 0 | 115 | |
| | UA | | 100% | 70% | 62% | - | 89% | - | 100% | 67% | - | | |
| | 全体精 | 度 | | | | | | | | | | | 77.39% |

3) 土地被覆の分布傾向の定性的検証

① 高分解能衛星による土地被覆分類図の震災前後の比較

高分解能衛星による土地被覆分類図の分布傾向を定性的に検証するため、震災前後の土地 被覆分類図を比較し、変化している箇所についてそれぞれ、震災前と震災後の凡例を表示し た。図 2.2-57~図 2.2-62 に A)-1、A)-2、B 地区の比較結果を示す。

避難指示区域内である A)-1、A)-2 地区の変化域は傾向が一致しており、いずれも震災前 は「水田」や「畑」の領域が震災後は「草地」や「裸地」などに変化している。一方、B 地 区については、避難指示区域内の飯館村と避難指示区域外の川俣町とで変化傾向が異なって おり、飯館村は A)-1、A)-2 地区と同様の傾向を示すが、川俣町は経年変化があまり起こっ ていないことがわかる。これらの土地被覆の変化傾向は震災前後の人間活動の有無を表して いると考えられ、避難指示の規制を反映した結果と言える。上記の土地被覆の変化について 個別に確認した結果を(a)検証サイト①~(e)検証サイト⑤に示す。



図 2.2-57 A) -1 地区における高分解能衛星による土地被覆分類図の震災前後の変化 (変化域の震災前の土地被覆分類図を表示)



図 2.2-58 A) -1 地区における高分解能衛星による土地被覆分類図の震災前後の変化 (変化域の震災後の土地被覆分類図を表示)



図 2.2-59 A) -2 地区における高分解能衛星による土地被覆分類図の震災前後の変化 (変化域の震災前の土地被覆分類図を表示)



図 2.2-60 A) -2 地区における高分解能衛星による土地被覆分類図の震災前後の変化 (変化域の震災後の土地被覆分類図を表示)



図 2.2-61 B) 地区における高分解能衛星による土地被覆分類図の震災前後の変化 (変化域の震災前の土地被覆分類図を表示)



図 2.2-62 B) 地区における高分解能衛星による土地被覆分類図の震災前後の変化 (変化域の震災後の土地被覆分類図を表示)

(a) 検証サイト①(A)-1浸水域)

図 2.2-63 に震災前後で常緑樹林から裸地に大規模に変化している箇所を示す(赤線)。 震災により海岸付近の樹木が流出した場所であることがわかった。



2008年3月9日 IKONOS 画像(震災前)

2015 年 3 月 29 日 WorldView-2 画像(震災後)

図 2.2-63 検証サイト①(A)-1浸水域)における震災前後の土地被覆分類図と衛星画像

(b) 検証サイト②(A) -2 滝川ダム)

図 2.2-64~図 2.2-65 に震災前後で落葉樹林や草地から水域に大規模に変化している箇 所を示す(赤線)。震災前後の衛星画像からダムが建設され、湛水している様子が認められ るため(参考:滝川ダム 2010 年竣工)、震災後の分類図は妥当であるが、震災前の分類図が 落葉樹林になっている点については、2005 年 4 月 27 日の GoogleEarth の画像(図 2.2-65) で草地と読み取れるため、誤分類であることがわかった。



震災前土地被覆分類図

震災後土地被覆分類図



 2015年3月29日 WorldView-2 画像(震災後)
 2015年10月5日 WorldView-2 画像(震災後)

 図 2.2-64 検証サイト②(A) -2 滝川ダム)における震災前後の土地被覆分類図と衛星画像



2007年8月21日 SPOT-5 画像(震災前)

2008年3月9日 IKONOS 画像 (震災前)



2005 年 4 月 27 日 GoogleEarth 画像(震災前)

図 2.2-65 検証サイト②(A)-2滝川ダム)における震災前後の土地被覆分類図と衛星画像

(c) 検証サイト③ (B水田)

図 2.2-66 に避難指示区域外の川俣町の水田を示す(赤線)。震災後の衛星画像で水田が 湛水している状況が把握でき、震災前後の分類図が妥当であることがわかった。



2009 年 10 月 14 日 QuickBird-2 画像(震災前) 2012 年 5 月 31 日 WorldView-2 画像(震災後)

図 2.2-66 検証サイト③(B水田)における震災前後の土地被覆分類図と衛星画像

(d) 検証サイト④ (B 草地)

図 2.2-67 に避難指示区域内の飯館村において、震災前後で水田から草地に大規模に変化 している箇所を示す。震災前の8月初旬の衛星画像では畑と水田の区別が難しいが、震災後 の5月末の衛星画像では耕作されていない様子が読み取れる。



2006 年 8 月 3 日 QuickBird-2 画像(震災前) 2012 年 5 月 31 日 WorldView-2 画像(震災後) 図 2.2-67 検証サイト④(B 草地)における震災前後の土地被覆分類図と衛星画像

(e) 検証サイト⑤(B道路)

図 2.2-68 に震災前後で水田から裸地、人工構造物に大規模に変化している箇所を示す。 震災前後の衛星画像より、道路が開発された場所であることがわかった。一方、震災前の分 類図が水田になっている箇所には誤分類も一部含まれると考えられる。





中分解能衛星による土地被覆分類図の震災前後の比較

中分解能衛星による土地被覆分類図から変化傾向の概要を把握するため、震災前後の土地 被覆分類図を比較した。この際、衛星解析の様々な要因に基づく誤分類を考慮し、実際に変 化した可能性が高い場所として、震災後に草地や裸地、人工構造物に変化した場所を表示す ることとした。これにより、人間活動の低下によって農地から草地へ変化した場所や、除染 活動によって裸地や人工構造物へ変化した場所が把握できると考えられる。各土地被覆から 草地への変化を図 2.2-69、各土地被覆から裸地・人工構造物への変化を図 2.2-70 に示す。 なお、その他の誤分類の可能性が高い変化については薄いグレーで表した。

図 2.2-69 及び図 2.2-70 から、全体的に沿岸域で主に水田から草地や裸地・人工構造物 へ大規模に変化している様子が把握できる。個別に確認した結果を検証サイト①~⑥に示す。



図 2.2-69 中分解能衛星による土地被覆分類図の震災前後の変化 (人間活動低下の影響と考えられる「草地」への変化域を表示)



図 2.2-70 中分解能衛星による土地被覆分類図の震災前後の変化 (復旧・復興や除染作業の影響と考えられる「裸地」及び「人工構造物」への変化域を表示)

(a) 検証サイト①(南相馬市)・②(双葉町)

図 2.2-71の上段に避難指示区域外の南相馬市、下段に避難指示区域内の双葉町を示す。 南相馬市と双葉町のいずれも水田から草地への大規模な変化が認められるが(図 2.2-71 左上と左下)、震災後の衛星画像と現地調査データを重ね合わせた図(図 2.2-71 右上と右 下)から、除染を含む人為改変と自然の遷移が読み取れる。



検証サイト②(双葉町) 土地被覆分類図の震災前後の変化 (「草地」への変化域を表示)

検証サイト②(双葉町) 2015 年 9 月 22 日 RapiEye 画像(震災後) と現地調査データ

図 2.2-71 検証サイト①(南相馬市)・②(双葉町)における震災前後の変化と衛星画像

(b) 検証サイト③(飯館村)・④(川俣町)

図 2.2-72の上段に避難指示区域内の飯館村、下段に避難指示区域外の川俣町を示す。 飯館村における震災前後の変化(図 2.2-72 左上)では、主に水田から草地への変化が多 く、現地調査データでも検証している(図 2.2-72 右上)。一方、川俣町における震災前後 の変化(図 2.2-72 左下)では、水田耕作が継続しており、震災後の衛星画像でも水田が湛 水している状況が把握できる(赤線の範囲)(図 2.2-72 右下)。

なお、図 2.2-72 左上と左下の図で、森林(常緑・落葉)から草地への変化が認められる が、これについては誤分類の可能性がある。





検証サイト④(川俣町) 土地被覆分類図の震災前後の変化 (「草地」への変化域を表示)

検証サイト④(川俣町) 2015 年 5 月 25 日 RapiEye 画像(震災後) と現地調査データ

図 2.2-72 検証サイト③(飯館村)・④(川俣町)における震災前後の変化と衛星画像

(c) 検証サイト⑤ (南相馬市)・⑥ (川俣町)

図 2.2-73 にいずれも避難指示区域内の南相馬市(上段)と川俣町(下段)の変化域を示 す。南相馬市と川俣町のいずれも水田から裸地・人工構造物への大規模な変化が認められる が(図 2.2-73 左上と左下の赤線)、震災後の衛星画像(図 2.2-71 図 2.2-73 右上と右下) から、どちらの地域も除染作業が実施された場所と考えられる。



検証サイト⑥(川俣町) 土地被覆分類図の震災前後の変化 (「裸地」「人工構造物」への変化域を表示)

検証サイト⑥(川俣町) 2015 年 9 月 22 日 RapiEye 画像(震災後)

図 2.2-73 検証サイト⑤(南相馬市)・⑥(川俣町)における震災前後の変化と衛星画像

(3) まとめ

本調査では、震災により人間活動が顕著に低下した地域の自然環境の状況を把握するととも に、放射線による自然生態系への影響調査の基盤情報を取得することを目的として、植生の詳 細な分布を把握できる高分解能衛星画像と、広域をカバーする中分解能衛星画像を効果的に組 み合わせ、人間活動の影響下にある震災発生前と震災後の最新の土地被覆状況の図化を行い、 経年的な植生の遷移を把握することができる土地被覆分類手法の検討を行った。

中分解能衛星画像については、震災前後の晩春(5月)、夏(8、9月)、冬~春(12月、3月) の3時期の画像が得られたため、まず、季節毎に画像分類を行い、次に、これらの季節変化パ ターンの分類規則を作成し分類を行うことで最終的な土地被覆分類図を作成した。一方、高分 解能衛星画像については、必ずしも3時期以上の季節の画像を得ることができなかったため、 現地調査結果等を教師データとする機械学習モデルを用いた分類法を採用し、土地被覆分類図 を作成した。画像分類による土地被覆分類図の凡例は、中分解能、高分解能いずれも、「常緑 樹林」、「落葉樹林」、「草地」、「畑」、「水田」、「裸地」、「水域」、「人工構造物」の8項目を基本 とした。さらに、中分解能衛星画像による震災前の土地被覆分類図に関して、分類結果が「落 葉樹林」となった場所で、5万分の1植生図上で「果樹園」となっている場所を「樹林地」と して区分した。

高分解能及び中分解能衛星画像による土地被覆分類図について、まずは、現地調査データ(点 データ)を用いて両土地被覆分類図の精度検証を行った。次に、精度検証済みの高分解能の土 地被覆分類図を用いて中分解能の土地被覆分類図の面的な精度検証を行い、両土地被覆分類図 の分布傾向が一致するようフィードバックを行って中分解能の土地被覆分類図を調整した。現 地調査データ等を用いた精度検証の結果、高分解能の土地被覆分類図については震災前の全体 精度 77.42%、震災後の全体精度 88.48%の高い精度が得られた。中分解能の土地被覆分類図 についても同様に、震災前の全体精度 75.10%、震災後の全体精度 84.62%の高い精度が得ら れた。また、高分解能と中分解能の土地被覆分類図を比較した結果、定性的な分布傾向は一致 したものの、定量的な評価では、震災前の全体精度 60.00%、震災後の全体精度 77.39%にと どまった。この原因として、中分解能では、分布面積が小さい草地や畑が誤分類となりやすい こと、頻度の高い裸地と人工構造物が相互に誤分類となる傾向があるなどが考えられる。その 他、震災前後で高・中分解能の土地被覆分類図を比較した結果、高分解能については、農地や 森林などに一部誤分類が認められたが、全体の傾向では、避難指示区域内は農地から草地・裸 地等への変化が大規模であるのに対して、避難指示区域外は変化が小規模であるなど、避難指 示の規制を反映した土地被覆状況の変化を表していることがわかった。中分解能については、 山間地は常緑樹林と落葉樹林の変化域が多く認められ、誤分類と考えられるが、沿岸域につい ては農地から草地への大規模な変化等、高分解能と変化傾向が一致していることがわかった。 全体の土地被覆の分布傾向を概観する目的において、妥当な分布が得られていると考えられる。

作成した土地被覆分類図に、避難指示区域および津波浸水域を重ね合わせた結果を資料編 (資料 2)に掲載した。

3. 比較と評価

上記により得られた結果から、土地被覆分類図(資料編の資料2参照)の面積集計により凡例 別の現状、変化傾向を求め、土地被覆状況からみた自然の遷移傾向を、避難指示区域や津波浸水 域の内外において比較・整理した。また、現地調査データによるバイオマス試算(原単位)をも とに、動物の主要な生息空間として機能しているであろう避難指示区域の草原の概略のバイオマ ス(賦存量)の推定を行った。

なお、バイオマスの試算および評価にあたっては、土地被覆分類のうち耕作地(水田、畑)は 年間を通じて1回以上刈り取り(収穫)によってバイオマスはゼロとなり、また土地被覆として も裸地または水域(水田の水張り時期)に近い状態となるため対象外とし、主に耕作放棄に起因 する「草地」に着目して解析を行った。

3.1 面積集計結果

3.1.1 広域

(1) 広域(全体)

広域における震災前、震災後の土地被覆分類結果について、避難指示区分、凡例ごとの面 積集計を行った。面積集計結果を表 3.1-1、図 3.1-1に示す。

広域(全体)では、震災前後で水田が7,648ha 減少(9,778ha→2,130ha)し、草地が12,224ha 増加(25,852ha→38,096ha)していた。いずれの避難指示区分(避難指示なしを含め)にお いても、この傾向(草地増加、水田減少)は同様にみられた。

| 避難指示区分 | 震災前後 | 常緑樹林 | 落葉樹林 | 草地 | 畑 | 水域 | 水田 | 裸地 | 人工構造物 | 樹林地 | 計 |
|--------|------|-----------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|-----------|
| 帰還困難 | 前 | 16800.0 | 10894.8 | 3374.1 | 184.8 | 176.6 | 987.7 | 1017.4 | 572.8 | 42.3 | 34050.5 |
| | | 49.3% | 32.0% | 9.9% | 0.5% | 0.5% | 2.9% | 3.0% | 1.7% | 0.1% | 100 |
| | 後 | 13542.0 | 13672.1 | 5491.5 | 276.2 | 89.3 | 67.1 | 442.4 | 432.3 | 37.8 | 34050.5 |
| | | 39.8% | 40.2% | 16.1% | 0.8% | 0.3% | 0.2% | 1.3% | 1.3% | 0.1% | 100 |
| 居住制限 | 前 | 13841.8 | 8271.3 | 3693.4 | 208.3 | 158.0 | 1190.4 | 826.7 | 436.0 | 1.6 | 28627.4 |
| | | 48.4% | 28.9% | 12.9% | 0.7% | 0.6% | 4.2% | 2.9% | 1.5% | 0.0% | 100 |
| | 後 | 10966.5 | 10295.5 | 5237.0 | 543.3 | 101.8 | 55.0 | 1091.7 | 336.3 | 0.4 | 28627.4 |
| | | 38.3% | 36.0% | 18.3% | 1.9% | 0.4% | 0.2% | 3.8% | 1.2% | 0.0% | 100 |
| | 前 | 14532.7 | 10501.2 | 4325.0 | 247.4 | 266.7 | 1957.3 | 1208.5 | 767.6 | 2.3 | 33808.5 |
| 避難指示 | | 43.0% | 31.1% | 12.8% | 0.7% | 0.8% | 5.8% | 3.6% | 2.3% | 0.0% | 100 |
| 解除準備 | 後 | 12734.7 | 11170.6 | 6511.1 | 770.9 | 213.0 | 68.5 | 1768.8 | 569.9 | 1.2 | 33808.5 |
| | | 37.7% | 33.0% | 19.3% | 2.3% | 0.6% | 0.2% | 5.2% | 1.7% | 0.0% | 100 |
| | 前 | 55907.4 | 34966.9 | 14459.1 | 972.9 | 557.8 | 5642.9 | 3232.7 | 2746.4 | 98.3 | 118584.4 |
| 避難指示 | | 47.1% | 29.5% | 12.2% | 0.8% | 0.5% | 4.8% | 2.7% | 2.3% | 0.1% | 100 |
| なし | 後 | 47619.1 | 39213.3 | 20856.8 | 1999.1 | 380.9 | 1939.6 | 4243.2 | 2241.8 | 69.8 | 118563.7 |
| | | 40.2% | 33.1% | 17.6% | 1.7% | 0.3% | 1.6% | 3.6% | 1.9% | 0.1% | 100 |
| | 前 | 101,081.9 | 64,634.2 | 25,851.6 | 1,613.4 | 1,159.0 | 9,778.4 | 6,285.2 | 4,522.8 | 144.4 | 215,070.9 |
| 反城스計 | | 47.0% | 30.1% | 12.0% | 0.8% | 0.5% | 4.5% | 2.9% | 2.1% | 0.1% | 100% |
| 四极口间 | 後 | 84,862.3 | 74,351.5 | 38,096.4 | 3,589.5 | 785.0 | 2,130.1 | 7,546.0 | 3,580.4 | 109.2 | 215,050.2 |
| | | 39.5% | 34.6% | 17.7% | 1.7% | 0.4% | 1.0% | 3.5% | 1.7% | 0.1% | 100% |

表 3.1-1 土地被覆分類面積および割合(広域_全域)

上段:ha 下段:%




および面積割合(下段)

(2) 広域(津波浸水域)

広域(津波浸水域)における震災前、震災後の土地被覆分類結果について、避難指示区分、 凡例ごとの面積集計を行った。面積集計結果を表 3.1-2、図 3.1-2に示す。

広域(津波浸水域)では、震災前後で草地が2,040ha 増加(1,310ha→3,350ha)し、水田 が2,430ha 減少(2,495ha→65ha)していた。いずれの避難指示区分においても、この傾向 (草地増加、水田減少)は同様にみられた。

表 3.1-2 土地被覆分類面積および割合(広域_津波浸水域)

| | | | | | | | | | | 上段:ha | 下段:% |
|---------|----------------|-------|-------|---------|-------|------|---------|-------|-------|--------|---------|
| 避難指示区分 | 震災前後 | 常緑樹林 | 落葉樹林 | 草地 | 畑 | 水域 | 水田 | 裸地 | 人工構造物 | 樹林地 | 計 |
| | }// | 22.8 | 5.6 | 59.5 | 3.9 | 9.3 | 52.9 | 30.4 | 58.9 | | 243.2 |
| 息漫田難 | 日山 | 9.4% | 2.3% | 24.5% | 1.6% | 3.8% | 21.7% | 12.5% | 24.2% | | 100.0% |
| 冲地上型四天社 | 14 | 3.6 | 2.8 | 152.7 | 5.6 | 7.9 | 2.6 | 20.1 | 47.9 | | 243.2 |
| | 夜 | 1.5% | 1.2% | 62.8% | 2.3% | 3.3% | 1.1% | 8.3% | 19.7% | | 100.0% |
| | 盐 | 3.0 | 1.7 | 16.9 | 1.0 | 0.7 | 15.1 | 9.5 | 23.4 | | 71.2 |
| 民什判限 | μŋ | 4.2% | 2.3% | 23.7% | 1.4% | 1.0% | 21.2% | 13.3% | 32.9% | | 100.0% |
| 西任而政 | 從 | 0.9 | 0.8 | 23.5 | 3.9 | 2.6 | 0.5 | 13.7 | 25.2 | | 71.2 |
| | 夜 | 1.3% | 1.1% | 33.1% | 5.5% | 3.6% | 0.7% | 19.2% | 35.4% | | 100.0% |
| | 前 | 104.9 | 24.0 | 684.3 | 30.3 | 25.6 | 983.0 | 283.9 | 180.2 | | 2,316.3 |
| 避難指示 | 11 | 4.5% | 1.0% | 29.5% | 1.3% | 1.1% | 42.4% | 12.3% | 7.8% | | 100.0% |
| 解除準備 | 裕 | 17.7 | 9.8 | 1,456.4 | 195.3 | 23.9 | 15.9 | 362.5 | 234.8 | | 2,316.3 |
| | 夜 | 0.8% | 0.4% | 62.9% | 8.4% | 1.0% | 0.7% | 15.7% | 10.1% | | 100.0% |
| | 盐 | 207.2 | 148.2 | 549.0 | 48.5 | 41.6 | 1,444.4 | 241.4 | 219.0 | 3.2 | 2,902.3 |
| 避難指示 | 日山 | 7.1% | 5.1% | 18.9% | 1.7% | 1.4% | 49.8% | 8.3% | 7.5% | 0.1% | 100.0% |
| なし | 從 | 24.7 | 11.3 | 1,716.8 | 286.2 | 12.3 | 46.4 | 497.8 | 306.7 | 0.2 | 2,902.3 |
| | 夜 | 0.9% | 0.4% | 59.2% | 9.9% | 0.4% | 1.6% | 17.2% | 10.6% | 0.01% | 100.0% |
| 区域合計· | 盐 | 337.9 | 179.4 | 1,309.7 | 83.7 | 77.2 | 2,495.3 | 565.2 | 481.5 | 3.2 | 5,533.0 |
| | μŋ | 6.1% | 3.2% | 23.7% | 1.5% | 1.4% | 45.1% | 10.2% | 8.7% | 0.1% | 100.0% |
| | 從 | 46.9 | 24.7 | 3,349.5 | 491.0 | 46.7 | 65.3 | 894.1 | 614.6 | 0.2 | 5,533.0 |
| | 夜 | 0.8% | 0.4% | 60.5% | 8.9% | 0.8% | 1.2% | 16.2% | 11.1% | 0.004% | 100.0% |





および面積割合(下段)

3.1.2 詳細域

- (1) A1: 浪江·双葉地区
 - ① A1: 浪江·双葉地区(全域)

浪江・双葉地区(全域)における震災前、震災後の土地被覆分類結果について、避難指示 区分、凡例ごとの面積集計を行った。面積集計結果を表 3.1-3、図 3.1-3に示す。

浪江・双葉地区(全域)では、震災前後で草地が3,193ha 増加(399ha→3,592ha)し、水田(震災前1,518ha)と畑(震災前1,899ha)はいずれも震災後に0haに減少していた。避難指示区分ごとにみると、居住制限区域および避難指示解除準備区域では、震災後に除染作業に伴うものと思われる裸地の増加が顕著であった。

表 3.1-3 土地被覆分類面積および割合(A1: 浪江・双葉地区_全域)

上段:ha 下段:%

| 避難指示区域別 | 震災前後 | 常緑樹林 | 落葉樹林 | 草地 | 畑 | 水域 | 水田 | 裸地 | 人工構造物 | a <u>⊨</u> |
|---------|------|---------|---------|---------|---------|-------|---------|-------|---------|------------|
| | ÷4 | 2,002.5 | 1,577.4 | 175.2 | 1,031.4 | 73.0 | 514.7 | 60.0 | 505.2 | 5,939.4 |
| 息漫田識 | 月门 | 33.7% | 26.6% | 3.0% | 17.4% | 1.2% | 8.7% | 1.0% | 8.5% | 100% |
| 师逐四舞 | 從 | 1,954.8 | 1,558.8 | 1,745.0 | | 73.8 | | 48.2 | 558.9 | 5,939.5 |
| | 夜 | 32.9% | 26.2% | 29.4% | | 1.2% | | 0.8% | 9.4% | 100% |
| | 盐 | 175.4 | 98.7 | 80.3 | 456.2 | 27.9 | 350.3 | 24.3 | 173.6 | 1,386.7 |
| 已什判四 | 日山 | 12.6% | 7.1% | 5.8% | 32.9% | 2.0% | 25.3% | 1.7% | 12.5% | 100% |
| 西住前政 | 從 | 171.0 | 95.9 | 845.1 | | 25.8 | | 67.8 | 181.2 | 1,386.7 |
| | 俊 | 12.3% | 6.9% | 60.9% | | 1.9% | | 4.9% | 13.1% | 100% |
| | 盐 | 417.7 | 177.8 | 143.3 | 411.5 | 55.0 | 652.9 | 27.4 | 412.1 | 2,297.6 |
| 避難指示 | 日山 | 18.2% | 7.7% | 6.2% | 17.9% | 2.4% | 28.4% | 1.2% | 17.9% | 100% |
| 解除準備 | 從 | 407.9 | 174.0 | 1,001.9 | | 52.3 | | 243.6 | 418.0 | 2,297.7 |
| | 夜 | 17.8% | 7.6% | 43.6% | | 2.3% | | 10.6% | 18.2% | 100% |
| | 盐 | 2,595.5 | 1,854.0 | 398.9 | 1,899.1 | 155.8 | 1,517.9 | 111.7 | 1,090.9 | 9,623.8 |
| 区域合計 - | 日山 | 27.0% | 19.3% | 4.1% | 19.7% | 1.6% | 15.8% | 1.2% | 11.3% | 100% |
| | 從 | 2,533.7 | 1,828.7 | 3,592.0 | | 151.9 | | 359.6 | 1,158.0 | 9,623.9 |
| | 夜 | 26.3% | 19.0% | 37.3% | | 1.6% | | 3.7% | 12.0% | 100% |





図 3.1-3 浪江・双葉地区(全域)での避難指示区分ごとの土地被覆分類面積(上段) および面積割合(下段)

A1: 浪江・双葉地区(津波浸水域)

浪江·双葉地区(津波浸水域)における震災前、震災後の土地被覆分類結果について、避 難指示区分、凡例ごとの面積集計を行った。面積集計結果を表 3.1-4、図 3.1-4に示す。

浪江・双葉地区(津波浸水域)では、震災前後で草地が 412ha 増加(48ha→460ha)し、 水田(震災前 415ha)と畑(震災前 109ha)はいずれも震災後に 0ha に減少していた。避難 指示区分ごとにみると、避難指示解除準備区域では、震災後に除染作業に伴うものと思われ る裸地の増加が顕著であった。

表 3.1-4 土地被覆分類面積および割合(A1: 浪江・双葉地区_津波浸水域)

| | | | | | | | | | 上段:ha | 下段:% |
|---------|------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|--------|
| 避難指示区分別 | 震災前後 | 常緑樹林 | 落葉樹林 | 草地 | 畑 | 水域 | 水田 | 裸地 | 人工構造物 | |
| | 盐 | 2.4 | 0.8 | 5.1 | 10.6 | 1.6 | 11.1 | 10.4 | 37.4 | 79.5 |
| 息漫田離 | 日山 | 3.0% | 1.0% | 6.5% | 13.4% | 2.0% | 14.0% | 13.1% | 47.0% | 100% |
| 加速四柴 | 從 | 2.0 | 0.7 | 27.8 | | 2.0 | | 10.1 | 37.0 | 79.5 |
| | 仮 | 2.5% | 0.9% | 34.9% | | 2.5% | | 12.6% | 46.5% | 100% |
| | 前 | 17.0 | 5.3 | 42.7 | 97.9 | 3.0 | 403.7 | 6.3 | 81.5 | 657.4 |
| 避難指示 | | 2.6% | 0.8% | 6.5% | 14.9% | 0.5% | 61.4% | 1.0% | 12.4% | 100% |
| 解除準備 | 從 | 10.7 | 4.7 | 431.9 | | 2.5 | | 119.5 | 88.1 | 657.4 |
| | 夜 | 1.6% | 0.7% | 65.7% | | 0.4% | | 18.2% | 13.4% | 100% |
| | 計 | 19.4 | 6.0 | 47.9 | 108.5 | 4.6 | 414.8 | 16.7 | 118.9 | 736.9 |
| 区域合計· | 日山 | 2.6% | 0.8% | 6.5% | 14.7% | 0.6% | 56.3% | 2.3% | 16.1% | 100.0% |
| | 俗 | 12.7 | 5.4 | 459.6 | | 4.5 | | 129.5 | 125.1 | 736.9 |
| | 後 | 1.7% | 0.7% | 62.4% | | 0.6% | | 17.6% | 17.0% | 100.0% |





図 3.1-4 浪江・双葉地区(津波浸水域)での避難指示区分ごとの土地被覆分類面積(上段) および面積割合(下段)

(2) A2:大熊·富岡地区

① A2:大熊·富岡地区(全域)

大熊・富岡地区(全域)における震災前、震災後の土地被覆分類結果について、避難指示 区分、凡例ごとの面積集計を行った。面積集計結果を表 3.1-5、図 3.1-5に示す。

大熊・富岡地区(全域)では、震災前後で草地が2,282ha 増加(117ha→2,399ha)し、水田(震災前1,165ha)と畑(震災前1,633ha)はいずれも震災後に 0ha に減少していた。避難指示区分ごとにみると、震災後に裸地が、居住制限区域(69.5ha→474.9ha)および帰還困難区域(87.9ha→152.1ha)で増加していた。

表 3.1-5 土地被覆分類面積および割合(A2:大熊・富岡地区_全域)

| | | | | | | | | | 上段:ha | 下段:% |
|---------|------|---------|---------|---------|---------|-------|---------|-------|---------|---------|
| 避難指示区域別 | 震災前後 | 常緑樹林 | 落葉樹林 | 草地 | 畑 | 水域 | 水田 | 裸地 | 人工構造物 | 計 |
| | 計 | 851.9 | 1,016.5 | 41.8 | 1,053.8 | 71.6 | 626.9 | 87.9 | 619.8 | 4,370.2 |
| 厚温困難 | ΗÚ | 19.5% | 23.3% | 1.0% | 24.1% | 1.6% | 14.3% | 2.0% | 14.2% | 100.0% |
| 师逐四胜 | 從 | 816.1 | 1,000.9 | 1,663.1 | | 70.7 | | 152.1 | 667.4 | 4,370.3 |
| | 仮 | 18.7% | 22.9% | 38.1% | | 1.6% | | 3.5% | 15.3% | 100.0% |
| | 盐 | 1,003.3 | 1,167.7 | 66.0 | 529.2 | 56.3 | 511.2 | 69.5 | 391.3 | 3,794.5 |
| 民分判四 | 日山 | 26.4% | 30.8% | 1.7% | 13.9% | 1.5% | 13.5% | 1.8% | 10.3% | 100.0% |
| 居住前政 | 裕 | 999.1 | 1,156.3 | 675.8 | | 63.3 | | 474.9 | 425.0 | 3,794.5 |
| | 仮 | 22.9% | 26.5% | 15.5% | | 1.4% | | 10.9% | 9.7% | 100.0% |
| 避難指示 | 前 | 489.4 | 470.8 | 9.1 | 49.8 | 4.2 | 27.1 | 6.4 | 43.1 | 1,100.0 |
| | | 44.5% | 42.8% | 0.8% | 4.5% | 0.4% | 2.5% | 0.6% | 3.9% | 100.0% |
| 解除準備 | 裕 | 488.3 | 469.0 | 60.1 | | 4.5 | | 29.3 | 48.8 | 1,099.9 |
| | 後 | 44.4% | 42.6% | 5.5% | | 0.4% | | 2.7% | 4.4% | 100.0% |
| | 盐 | 39.5 | 71.1 | | | | | | | 110.5 |
| 避難指示 | 日山 | 35.7% | 64.3% | | | | | | | 100.0% |
| なし | 14 | 39.5 | 71.1 | | | | | | | 110.5 |
| | 仮 | 35.7% | 64.3% | | | | | | | 100.0% |
| 区城公司 | 盐 | 2,384.0 | 2,726.0 | 116.9 | 1,632.9 | 132.1 | 1,165.2 | 163.9 | 1,054.1 | 9,375.2 |
| | 间门 | 25.4% | 29.1% | 1.2% | 17.4% | 1.4% | 12.4% | 1.7% | 11.2% | 100.0% |
| 凶肉口町 | 俗 | 2,343.0 | 2,697.3 | 2,399.1 | | 138.5 | | 656.3 | 1,141.2 | 9,375.3 |
| | 仮 | 25.0% | 28.8% | 25.6% | | 1.5% | | 7.0% | 12.2% | 100.0% |





図 3.1-5 大熊・富岡地区(全域)での避難指示区分ごとの土地被覆分類面積(上段) および面積割合(下段)

② A2:大熊·富岡地区(津波浸水域)

大熊・富岡地区(津波浸水域)における震災前、震災後の土地被覆分類結果ついて、避難 指示区分、凡例ごとの面積集計を行った。面積集計結果を表 3.1-6、図 3.1-6に示す。

大熊・富岡地区(津波浸水域)全体では、震災前後で草地が118ha 増加(8ha→126ha)し、 水田(震災前82ha)と畑(震災前71ha)はいずれも震災後に0haに減少していた。避難指 示区分ごとにみると、震災後に裸地が、居住制限区域(5.7ha→19.1ha)および避難指示解 除準備区域(1.4ha→11.4ha)、帰還困難区域(4.6ha→6.4ha)それぞれで増加していた。

表 3.1-6 土地被覆分類面積および割合(A2:大熊・富岡地区_津波浸水域)

| | | | | | | | | | 上段:ha | 下段:% |
|--------|----|------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|--------|
| 雛指示区域別 | 前後 | 常緑樹林 | 落葉樹林 | 草地 | 畑 | 水域 | 水田 | 裸地 | 人工構造物 | |
| | 計 | 8.7 | 10.1 | 2.2 | 51.3 | 2.0 | 47.7 | 4.6 | 20.2 | 146.9 |
| 息漫田難 | 日山 | 5.9% | 6.9% | 1.5% | 34.9% | 1.4% | 32.5% | 3.1% | 13.8% | 100% |
| 师愿四矬 | 從 | 7.3 | 9.9 | 99.6 | | 2.2 | | 6.4 | 21.5 | 146.9 |
| | 仮 | 5.0% | 6.8% | 67.8% | | 1.5% | | 4.4% | 14.6% | 100% |
| | 盐 | 1.2 | 2.2 | 1.2 | 14.5 | 1.4 | 19.2 | 5.7 | 25.6 | 71.1 |
| 民住制烟 | 刊 | 1.7% | 3.1% | 1.7% | 20.5% | 1.9% | 27.0% | 8.1% | 36.0% | 100% |
| 店住前胶 | 14 | 1.1 | 2.2 | 16.4 | | 1.4 | | 19.1 | 31.0 | 71.1 |
| | 後 | 1.5% | 3.1% | 23.1% | | 1.9% | | 26.9% | 43.5% | 100% |
| | 北 | 0.9 | 0.6 | 4.5 | 5.6 | 0.4 | 15.4 | 1.4 | 14.9 | 43.7 |
| 避難指示 | 日门 | 2.0% | 1.4% | 10.2% | 12.7% | 1.0% | 35.3% | 3.1% | 34.2% | 100% |
| 解除準備 | 14 | 0.6 | 0.6 | 10.1 | | 0.5 | | 11.4 | 20.5 | 43.7 |
| | 仮 | 1.3% | 1.3% | 23.1% | | 1.2% | | 26.2% | 46.9% | 100.0% |
| 区域合計 - | 盐 | 10.7 | 13.0 | 7.9 | 71.4 | 3.8 | 82.4 | 11.7 | 60.8 | 261.7 |
| | 日山 | 4.1% | 5.0% | 3.0% | 27.3% | 1.5% | 31.5% | 4.5% | 23.2% | 100.0% |
| | 從 | 9.0 | 12.7 | 126.1 | | 4.1 | | 37.0 | 72.9 | 261.7 |
| | 仮 | 3.4% | 4.8% | 48.2% | | 1.6% | | 14.1% | 27.8% | 100.0% |





図 3.1-6 大熊・富岡地区(津波浸水域)での避難指示区分ごとの土地被覆分類面積(上段) および面積割合(下段)

(3) B:飯舘·川俣地区(全域)

飯舘・川俣地区(全域)における震災前、震災後の土地被覆分類結果について、避難指示 区分、凡例ごとの面積集計を行った。面積集計結果を図 3.1-7、表 3.1-7に示す。

飯舘・川俣地区(全域)では、震災前後で草地が 552ha 増加(505ha→1057ha)し、水田 (719ha→284ha)と畑(121ha→30ha)はいずれも減少していた。避難指示区分ごとにみる と、避難指示なしでは、震災前後の変化が少ない傾向があった。

表 3.1-7 土地被覆分類面積および割合(B:飯舘・川俣地区_全域)

| | | | | | | | | | 上段:ha | 下段:% |
|---------|------|---------|---------|---------|-------|------|-------|------|-------|---------|
| 避難指示区域別 | 震災前後 | 常緑樹林 | 落葉樹林 | 草地 | 畑 | 水域 | 水田 | 裸地 | 人工構造物 | 計 |
| | 盐 | 1,114.8 | 1,654.9 | 247.3 | 68.8 | 14.9 | 340.5 | 21.8 | 90.5 | 3,553.5 |
| 民住制限 | 日山 | 31.4% | 46.6% | 7.0% | 1.9% | 0.4% | 9.6% | 0.6% | 2.5% | 100.0% |
| 冶仁刑限 | 恣 | 1,105.1 | 1,647.6 | 595.4 | 7.8 | 16.1 | 67.2 | 26.1 | 88.3 | 3,553.5 |
| | 仅 | 31.1% | 46.4% | 16.8% | 0.2% | 0.5% | 1.9% | 0.7% | 2.5% | 100.0% |
| | 盐 | 442.6 | 865.5 | 94.6 | 26.4 | 1.4 | 131.1 | 1.0 | 35.2 | 1,597.9 |
| 避難指示解 | 日山 | 27.7% | 54.2% | 5.9% | 1.7% | 0.1% | 8.2% | 0.1% | 2.2% | 100.0% |
| 除準備 | 從 | 437.5 | 861.5 | 205.6 | 8.3 | 1.5 | 39.4 | 5.3 | 38.8 | 1,597.9 |
| | 仮 | 27.4% | 53.9% | 12.9% | 0.5% | 0.1% | 2.5% | 0.3% | 2.4% | 100.0% |
| | 盐 | 1,686.0 | 1,847.2 | 163.3 | 26.0 | 0.9 | 247.0 | 13.0 | 144.1 | 4,127.4 |
| 避難指示 | 日山 | 40.8% | 44.8% | 4.0% | 0.6% | 0.0% | 6.0% | 0.3% | 3.5% | 100.0% |
| なし | 恣 | 1,672.0 | 1,837.8 | 255.7 | 13.9 | 0.4 | 177.6 | 19.8 | 150.3 | 4,127.4 |
| | 仅 | 40.5% | 44.5% | 6.2% | 0.3% | 0.0% | 4.3% | 0.5% | 3.6% | 100.0% |
| | 盐 | 3,243.4 | 4,367.6 | 505.2 | 121.2 | 17.3 | 718.6 | 35.8 | 269.8 | 9,278.8 |
| 区域合計 | 日山 | 35.0% | 47.1% | 5.4% | 1.3% | 0.2% | 7.7% | 0.4% | 2.9% | 100.0% |
| | 後 | 3,214.6 | 4,346.9 | 1,056.7 | 29.9 | 18.0 | 284.3 | 53.9 | 274.5 | 9,278.8 |
| | | 34.6% | 46.8% | 11.4% | 0.3% | 0.2% | 3.1% | 0.6% | 3.0% | 100.0% |





図 3.1-7 飯舘・川俣地区(全域)での避難指示区分ごとの土地被覆分類面積(上段) および面積割合(下段)

3.2 地域間比較(避難指示区域等)

広域および詳細域での土地被覆分類図をもとに、避難指示区域や地形(沿岸低地、阿武隈 山地)等に着目して、震災前後の土地被覆状況を地域間で比較した。

3.2.1 避難指示区分(避難指示解除区域を含む)ごとの比較

人による管理の度合いによる違いを みるため、3つの避難指示区分(帰還困 難区域、居住制限区域、避難指示解除 準備区域 平成27年9月5日時点)に 加えて、避難指示が解除された旧避難 指示区域(田村市の一部:平成26年4 月解除、川内村の一部:平成26年10 月解除、楢葉町の大部分:平成27年9 月解除 図 3.2-1)についても、中分 解能衛星画像にもとづく震災前後の土 地被覆変化状況の把握を行った。

その結果、旧避難指示区域における 主要な変化として、草地が増加し、水 田が減少していた(表 3.2-1、図 3.2-2)。 このような傾向は、広域での避難指示 区分ごとの面積変化と同様の増減パタ ーンであり(表 3.2-2、図 3.2-3)、旧 避難指示区域を特徴づけるような変化 はみられなかった。



図 3.2-1 旧避難指示区域位置

表 3.2-1 旧避難指示区域における震災前後の土地被覆面積(上段:面積 ha、下段:割合)及び面積増減(ha)

| 区分※ 震災 前後 | 常緑樹林 | 落葉樹林 | 草地 | 畑 | 水域 | 水田 | 裸地 | 人工構造物 | 計 |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------|------------------------------------------------|-------|-----------------|--------|-------|-----------------|------------|
| ■●(() | 8, 530. 1 | 5, 798. 6 | 1, 326. 9 | 63.3 | 57.1 | 365.0 | 411.4 | 203.4 | 16, 755. 9 |
| 旧避難指示 | 50.9% | 34.6% | 7.9% | 0.4% | 0.3% | 2.2% | 2.5% | 1.2% | 100.0% |
| 区域 | × 7, 436. 4 | 6, 533. 4 | 1, 899. 3 | 199.1 | 48.0 | 59.8 | 326.6 | 253.3 | 16, 755. 9 |
| 辰火1 | £ 44.4% | 39.0% | 11.3% | 1.2% | 0.3% | 0.4% | 1.9% | 1.5% | 100.0% |
| 面積増減(ha) | -1093.8 | 734.7 | 572.4 | 135.8 | -9.1 | -305.3 | -84.8 | 50.0 | 0.0 |
| ^{面積(ha)} 800 旧 600 避 難 400 指 200 示 0 域 -200 -400 | 草地 | 畑 | 小 (元 1- 1- 1- 1- 1- 1- 1- 1- 1- 1- 1- 1- 1- | (域 | 水田 水田 | 要西巷幽 | 裸地 | ※樹林地(果 人工構造物 | 樹園) は無し |

114

| 区分※ | 草地 | 畑 | 水域 | 水田 | 裸地 | 人工構造物 | 樹林地 (果樹園) |
|------------|-----------|---------|--------|------------|---------|--------|--------------|
| 帰還困難区域 | 2, 117. 3 | 91.3 | -87.3 | -920.7 | -575.0 | -140.5 | -4.5 |
| 居住制限区域 | 1, 543. 6 | 335.0 | -56.2 | -1, 135. 4 | 265.0 | -99.7 | -1.2 |
| 避難指示解除準備区域 | 2, 186. 0 | 523.5 | -53.6 | -1, 888. 9 | 560.3 | -197.7 | -1.1 |
| 避難指示なし | 6, 397. 8 | 1,026.3 | -176.9 | -3, 703. 3 | 1,010.4 | -504.6 | -28.5 |

表 3.2-2 避難指示区域(広域)における震災前後の土地被覆面積増減(面積:ha)

※森林(常緑樹林、落葉樹林)を除く









図 3.2-3 避難指示区域(広域)における震災前後の土地被覆面積増減(面積:ha)

3.2.2 沿岸低地と阿武隈山地との比較

調査範囲(広域)を概ね標高 100m 以下の「沿岸低地」およびそれより山側の「阿武隈山地」に区分して、土地被覆分類図(広域)の面積集計を行い、2 地域の比較を行った(図 3.2-4、表 3.2-3、図 3.2-5、図 3.2-6)。

その結果、沿岸低地の森林面積割合(震災前 41.3%、震災後 34%)は、阿武隈山地の森 林面積割合(震災前 86.8%、震災後 84.9%)に比べて低い状況であった。草地に着目する と、沿岸低地では震災前後で 10,906ha(約 24%)から、約 1.8 倍の 19,908ha(約 43%)に 増加していた。一方、阿武隈山地における震災後の草地は 18,926ha(約 11%)であり、震 災前の 14,945ha(約 9%)の約 1.3 倍であった。





図 3.2-4 地形に着目した沿岸低地と阿武隈山地の区分

| 上段:面積(ha)、下段:割合(% | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------|--------|--------|--------|-------|------|-------|-------|-----------|--------------|---------|
| 区分 | | 常緑樹林 | 落葉樹林 | 草地 | 畑 | 水域 | 水田 | 裸地 | 人工 構造物 | 樹林地 (果樹園) | 計 |
| 震災前 | | 12,846 | 6,112 | 10,906 | 692 | 638 | 7,290 | 4,310 | 3,031 | 53 | 45,878 |
| 沙巴低地 | 辰火刖 | 28.0% | 13.3% | 23.8% | 1.5% | 1.4% | 15.9% | 9.4% | 6.6% | 0.1% | 100.0% |
| 伯戶私地 | 震災後 | 10,162 | 5,437 | 19,908 | 2,294 | 435 | 601 | 4,411 | 2,610 | 21 | 45,878 |
| | | 22.1% | 11.9% | 43.4% | 5.0% | 0.9% | 1.3% | 9.6% | 5.7% | 0.05% | 100.0% |
| | 雪巛盐 | 88,236 | 58,522 | 14,945 | 921 | 521 | 2,489 | 1,975 | 1,491 | 91 | 169,192 |
| 阿武隈山地 - | 震災前 | 52.2% | 34.6% | 8.8% | 0.5% | 0.3% | 1.5% | 1.2% | 0.9% | 0.1% | 100.0% |
| | 雷公公公 | 74,750 | 68,923 | 18,926 | 1,374 | 364 | 1,557 | 2,281 | 931 | 88 | 169,195 |
| | 震災後 | 44.2% | 40.7% | 11.2% | 0.8% | 0.2% | 0.9% | 1.3% | 0.6% | 0.1% | 100.0% |

表 3.2-3 沿岸低地と阿武隈山地における震災前後の土地被覆面積



図 3.2-5 沿岸低地および阿武隈山地における震災前後の土地被覆面積



図 3.2-6 沿岸低地および阿武隈山地における震災前後の土地被覆面積増減

3.2.3 詳細域 (A1, A2) における避難指示区分ごとの比較

3.1 の整理から、草地の増加(主に耕作の放棄による草地化)が把握されたが、避難指示 区域では除染に伴う土地被覆の変化が考えられることから、この状況を整理するため避難指 示区分ごとの比較を行う。

震災前後の詳細域(A1+A2)における避難指示区分ごとの草地と「裸地+人工構造物」の 面積・面積割合を図 3.2-7 に、水田と「裸地+人工構造物」の面積・面積割合を図 3.2-8 に、これらの数値をまとめたものを表 3.2-4 に示す。

草地と「裸地+人工構造物」の面積変化をみると、避難指示解除準備区域および居住制限 区域では、草地と「裸地+人工構造物」の増加割合がほぼ同じ傾向にあるのに対して、帰還 困難区域では、震災後の草地の面積増加に対して、「裸地+人工構造物」の増加割合が小さ く、散布図では変化ベクトルが明らかに異なっていた。また、水田と「裸地+人工構造物」 の面積変化についても、避難指示解除準備区域および居住制限区域での変化傾向と帰還困難 区域でのそれは異なる傾向を示していた。これらは、帰還困難区域では現時点で除染作業等 の復旧・復興作業が開始されていないことに起因するものと考えられる。

表 3.2-4 詳細域 (A1+A2) における 震災前後の水田・草地・裸地+人工構造物面積 上段:面積 (ba)、下段: 避難指示区域に占める割合 (%)

| - | | | | | | | |
|----------|---------|--------|--------------|-----|---------|--------------|--|
| 震災前後凡例 | | 震災前 | | 震災後 | | | |
| 避難指示区分 | 水田 | 草地 | 裸地+ 人工構造物 | 水田 | 草地 | 裸地+ 人工構造物 | |
| 目、四世代によ | 1,142 | 217 | 1, 273 | | 3, 408 | 1, 427 | |
| 师退困難区域 | (11.1%) | (2.1%) | (12.3%) | — | (33.1%) | (13.8%) | |
| 民分判阻区域 | 861 | 146 | 659 | | 1, 521 | 1, 149 | |
| 居住前限区域 | (16.6%) | (2.8%) | (12.7%) | | (29.4%) | (22.2%) | |
| 避難指示解除準備 | 680 | 152 | 489 | | 1,062 | 740 | |
| 区域 | (20.0%) | (4.5%) | (14.4%) | _ | (31.3%) | (21.8%) | |





3.3 バイオマスの推定

上記面積集計をもとに、耕作地(水田、畑)および草地について、震災前後の変化状況を調査 エリアごとに整理したものを表 3.3-1、表 3.3-2 および図 3.3-1、図 3.3-2、調査エリア・避難 指示区分ごとの草地面積およびバイオマス試算をそれぞれ表 3.3-3、表 3.3-4 に示す。

(1) 調査地区ごとの草地面積

土地被覆分類図の面積集計結果から、震災後の草地面積は、広域(全域)で約38,096ha(津 波浸水域約3,350haを含む)、A1 浪江・双葉地区(全体)で約3,592ha、A2 大熊・富岡地区(全 体)で約2,399ha、B 飯舘・川俣地区で約1,057ha であった(表 3.3-1)。

震災前後の草地面積の増加面積は、広域(全域)で約12,245ha、A1 浪江・双葉地区で約3,193ha、A2 大熊・富岡地区で約2,282ha、B 飯舘・川俣地区で約552ha であった(表 3.3-2)。

| | | | | | 草地のバイ | オマス原単位 | 6.578 | tonDM/ha | | |
|------|------------|-----------|-------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------------------|-------|
| | E. | ~ | 対象面積 | 重火击公 | | 面積:ha | | 草地のバイオマス | 単位面積あたりの | |
| | | | (ha) | 辰火則仮 | 水田 | 畑 | 草地 | (tonDM) | 卓地八句オマス (kgDM/ha) | |
| | | 21年 | 215,070.9 | 震災前 | 9,778.4 | 1,613.4 | 25,851.6 | 170,052 | 790.7 | |
| 広 | 広 | 巨坝 | 215,073.8 | 震災後 | 2,130.1 | 3,589.5 | 38,096.4 | 250,598 | 1,165.2 | |
| 域 | 净冲 | 间卡车 | 5,533.0 | 震災前 | 2,495.3 | 83.7 | 1,309.7 | 8,615 | 1,557.0 | |
| | 伴 仮 | 反小域 | 5,533.0 | 震災後 | 65.3 | 491.0 | 3,349.5 | 22,033 | 3,982.1 | |
| | | 全域 | 9,623.8 | 震災前 | 1,517.9 | 1,899.1 | 398.9 | 2,624 | 272.6 | |
| | A1 浪江・ | | 9,623.9 | 震災後 | | | 3,592.0 | 23,628 | 2,455.2 | |
| | 双葉地区 | 净水过水柱 | 736.9 | 震災前 | 414.8 | 108.5 | 47.9 | 315 | 427.5 | |
| - 1/ | | 律仮佼小域 | 736.9 | 震災後 | | | 459.6 | 3,023 | 4,102.8 | |
| 詳細 | | 合试 | 9,375.2 | 震災前 | 1,165.2 | 1,632.9 | 116.9 | 769 | 82.0 | |
| 和城 | A2 大熊・ | 主域 | 9,375.3 | 震災後 | | | 2,399.1 | 15,781 | 1,683.3 | |
| 24 | 富岡地区 | 净水温水枯 | 261.7 | 震災前 | 82.4 | 71.4 | 7.9 | 52 | 199.4 | |
| | | 律彼夜小域 | 261.7 | 震災後 | | | 126.1 | 829 | 3,169.5 | |
| | D街台。 | | 9,278.8 | 震災前 | 718.6 | 121.2 | 505.2 | 3,323 | 358.1 | |
| | B 飯館 | B 飯館・川俣地区 | f館·川俣地区 ··· | 9,278.8 | 震災後 | 283.3 | 27.1 | 1,056.7 | 6,951 | 749.1 |

表 3.3-1 震災前後の水田・畑・草地の面積(ha)および草地のバイオマス試算

表 3.3-2 水田・畑・草地の震災前後の変化状況(増減)

草地のバイオマス原単位→ 6.578 tonDM/ha

| | 区分 | 対象面積 | 震災前 | 後(面積増減) | 単位:ha | 草地のバイオマス | 単位面積あたりの 草地バイオマス増 | |
|---|----------|-------|-----------|----------|----------|----------|----------------------|-------------------------|
| | | נת | (ha) | 水田 | 畑 | 草地 | 增加量(tonDM) | 卓地八月月(大唐 加量(kgDM/ha) |
| 広 | 全域 | | 215,073.8 | -7,648.3 | 1,976.1 | 12,244.8 | 80,546 | 374.5 |
| 域 | 津波浸水域 | | 5,533.0 | -2,430.0 | 407.3 | 2,039.8 | 13,418 | 2,425.0 |
| | A1浪江・ | 全域 | 9,623.9 | -1,517.9 | -1,899.1 | 3,193.1 | 21,004 | 2,182.5 |
| 詳 | 双葉地区 | 津波浸水域 | 736.9 | -414.8 | -108.5 | 411.7 | 2,708 | 3,675.3 |
| 細 | A2大熊・ | 全域 | 9,375.3 | -1,165.2 | -1,632.9 | 2,282.1 | 15,012 | 1,601.2 |
| 域 | 富岡地区 | 津波浸水域 | 261.7 | -82.4 | -71.4 | 118.2 | 777 | 2,970.0 |
| | B飯舘·川俣地区 | | 9,278.8 | -435.2 | -94.1 | 551.6 | 3,628 | 391.0 |



図 3.3-1 広域および詳細域における震災前後の水田・畑・草地の変化状況(面積増減)

| 避難指示区分 | | | 帰還困難 | 居住制限 | 避難指示解除準備 | 避難指示なし | |
|--------|------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 広域 | | 全域 | 2,500 1,500 1,500 1,500 -500 -500 -1,000 -1,500 -1,000 -1,500 -1,000 -1,500 -1,600 -1,600 -1,500 -1,600 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1,500 -1 | 2,000 -(ha) 1,500 1,000 500 - 0 -500 -1,000 -1,500 水田 畑 草地 | 2,500 (ha) 1,500 | 8,000 (ha) 6,000 - 4,000 - 2,000 - 0 - -,000 | |
| | | 津波 浸水域 | 60 40 - 20 0 -20 -40 - -60 水田 畑 草地 | 0 -5 - -10 - -15 - -20 - 水田 畑 華地 | 400 2000 -200 -400 -600 -500 -1,000 -1,000 -1,000 -1,000 | 500 - 0 -500 - -1,500 - -2,000 - *田 烟 草地 | |
| 詳 | A1: 浪江・ 双葉 | 全域 | 2,000 (ha) 1,500 - 1,000 - 500 - -500 - -1,500 - -1,500 - | 1,000 800 - 600 - 400 - 200 - -200 - -200 - -400 - -600 - 水田 烟 草地 | 1.000 (ha) 800 - 400 - 200 - -200 - -800 - -800 - 米田 畑 草地 | 該当区域なし | |
| 細 | | 津波 浸水域 | 25 (ha) 20 - 15 10 - -5 - -10 - -15 水田 畑 草地 | 該当区域なし | 500 - (ha) 400 - 200 - 100 - - - - - - - - - - - - - - - - - - - | 該当区域なし | |
| | A2: | 全域 | 2,000 (ha) 1,500 - 500 - 0 -500 - -1,000 - 1,500 水田 烟 草地 | 800 (ha) 600 - 200 - 0 - 200 - -200 -400 - -600 水田 烟 草地 | 60 (ha) 40 - 20 - -20 - -40 - -60 水田 畑 草地 | 該当区域なし | |
| | 入 | 津波 浸水域 | 120 (ha) 100 - 80 - 60 - 40 - 20 - 0 - -20 - -40 + -60 - 水田 畑 草地 | 20 (ha) 15 10 -5 -10 -20 -25 水田 畑 草地 | 10 (hɛ) 5 -5 -10 -5 -20 水田 烟 草地 | 該当区域なし | |
| B:飯館 | | ・川侯 | 該当区域なし | 400 (ha) 300 - 200 100 0 0 0 - -100 - -300 - -300 - -400 水田 烟 草地 | 150 - (fa) 100 - 50 - -50 - -100 - -150 水田 畑 革地 | 120 (ha) 100 - 60 - 70 - -20 - -60 - -80 - -81 - | |

図 3.3-2 避難指示区分ごとの震災前後の水田・畑・草地の変化状況(面積増減)

(2) 避難指示区分ごとの草地面積およびバイオマス試算

調査地域全域(広域)における震災後の草地面積は、帰還困難区域で約 5,492ha、居住制限 区域で 5,237ha、避難指示解除準備区域で約 6,511ha であった(表 3.3-3)。これらの草地のバ イオマスについて、今回の現地調査の群落高をもとにした平均バイオマス(草地 228 地点の平 均:657.8gDM (grams of Dry Matter)/m²)を原単位とした場合、帰還困難区域で 36,123ton、 居住制限区域で 34,449ton、避難解除準備区域で 42,830ton のバイオマスが試算された(表 3.3-4)。

| | マハ | | 重似盐效 | 草地面積(ha) | | | | | | |
|-----|---------------|-------|------|----------|---------|---------|----------|----------|--|--|
| | 区方 | | 辰火則仮 | 帰還困難 | 居住制限 | 避難解除準備 | 避難指示なし | 計 | | |
| | 41 A | | 震災前 | 3,374.1 | 3,693.4 | 4,325.0 | 14,459.1 | 25,851.6 | | |
| 亡献 | 土. | 峨 | 震災後 | 5,491.5 | 5,237.0 | 6,511.1 | 20,856.8 | 38,096.4 | | |
| 広域 | 津波浸水域 | | 震災前 | 59.5 | 16.9 | 684.3 | 549.0 | 1,309.7 | | |
| | | | 震災後 | 152.7 | 23.5 | 1,456.4 | 1,716.8 | 3,349.5 | | |
| | A1浪江・双葉 地区 | 全域 | 震災前 | 175.2 | 80.3 | 143.3 | | 398.9 | | |
| | | | 震災後 | 1,745.0 | 845.1 | 1,001.9 | | 3,592.0 | | |
| | | 津波浸水域 | 震災前 | 5.1 | | 42.7 | | 47.9 | | |
| | | | 震災後 | 27.8 | | 431.9 | | 459.6 | | |
| 彩细标 | | 全域 | 震災前 | 41.8 | 66.0 | 9.1 | | 116.9 | | |
| 矸和坝 | A2大熊・富 | | 震災後 | 1,663.1 | 675.8 | 60.1 | | 2,399.1 | | |
| | 岡地区 | 净冲汽水柱 | 震災前 | 2.2 | 1.2 | 4.5 | | 7.9 | | |
| | | 律波浸水琙 | 震災後 | 99.6 | 16.4 | 10.1 | | 126.1 | | |
| | D街台。 | 山信神区 | 震災前 | | 247.3 | 94.6 | 163.3 | 505.2 | | |
| | B飯館・川俣地区 | | 震災後 | | 595.4 | 205.6 | 255.7 | 1,056.7 | | |

表 3.3-3 調査エリア/避難指示区分ごとの草地面積(ha)

表 3.3-4 調査エリア/避難指示区分ごとの草地のバイオマス(試算)

| | FT 八 | | 重兴共兴 | 草地のバイオマス(tonDM) | | | | | | |
|--------|---------------|-------|------|-----------------|--------|--------|---------|---------|--|--|
| | 区方 | | 辰灭則仮 | 帰還困難 | 居住制限 | 避難解除準備 | 避難指示なし | 計 | | |
| | A | hat: | 震災前 | 22,195 | 24,295 | 28,450 | 95,112 | 170,052 | | |
| 亡志 | 1 | 坝 | 震災後 | 36,123 | 34,449 | 42,830 | 137,196 | 250,598 | | |
| 瓜域 | 津波浸水域 | | 震災前 | 391 | 111 | 4,501 | 3,612 | 8,615 | | |
| | | | 震災後 | 1,004 | 155 | 9,580 | 11,293 | 22,033 | | |
| | A1浪江·双葉 地区 | 全域 | 震災前 | 1,153 | 528 | 943 | | 2,624 | | |
| | | | 震災後 | 11,479 | 5,559 | 6,590 | | 23,628 | | |
| | | 津波浸水域 | 震災前 | 34 | | 281 | | 315 | | |
| | | | 震災後 | 183 | | 2,841 | | 3,023 | | |
| 学生公田市式 | | 全域 | 震災前 | 275 | 434 | 60 | | 769 | | |
| 中州中央 | A2大熊・富 | | 震災後 | 10,940 | 4,446 | 396 | | 15,781 | | |
| | 岡地区 | 净冲河十年 | 震災前 | 15 | 8 | 29 | | 52 | | |
| | | 伴似位小哦 | 震災後 | 655 | 108 | 66 | | 829 | | |
| | 口名曰名曰: | 山合地区 | 震災前 | | 1,627 | 622 | 1,074 | 3,323 | | |
| | B飯館·川俣地区 | | 震災後 | | 3,917 | 1,352 | 1,682 | 6,951 | | |

(3) 詳細域(A1_A2:主に沿岸低地、B:阿武隈山地)でのバイオマス比較

詳細域(全域)について、震災後の草地バイオマスを比較すると、主に沿岸低地に位置する A1地区(23,628tonDM)およびA2地区(15,781tonDM)は、阿武隈山地に位置するB地区(6,951tonDM) のそれぞれ約3.4倍、約2.3倍であった(表 3.3-1)。震災前後の単位面積あたりの草地バイオ マス増加量をみても、A1地区(2,183kgDM/ha)およびA2地区(1,601kgDM/ha)は、B地区 (391kgDM/ha)のそれぞれ約5.6倍、約4.1倍であった(表 3.3-2)。

3.4 イノシシの生息状況

環境省では、平成24年度以降、避難指示区域等における野生鳥獣の生息状況調査を実施している(環境省自然環境局野生生物課鳥獣保護業務室2013,2014,2015)。この中でわなによるイノシシ等を捕獲する目的で主に帰還困難区域にわなを設置しているが、例えば平成26年度には、平成26年5月下旬から平成27年2月下旬にかけて、合計381頭のイノシシ等(15頭のイノブタを含む)を捕獲している。期間中に40個のわなを適宜移動しながら、のべ68わな地点で捕獲を実施した。わなによる捕獲は帰還困難区域の標高100m以下の沿岸低地からそれより山側の阿武隈山地にかけて実施しており、40個中38個のわなで、68地点中52地点でイノシシを捕獲した(図3.4-1)。



図 3.4-1 平成 26 年度の帰還困難区域等におけるわな別のイノシシの捕獲状況 (環境省自然環境局野生生物課鳥獣保護業務室 2015)

わなの設置期間の詳細から、ここでは 100 わな日当たりの捕獲数として CPUE (Catch Per Unit Effort:単位努力量あたり捕獲数)を示した。図 3.4-1 に示すように、沿岸低地と阿武隈山地の2 地域に分割して、CPUE を算出すると、沿岸低地のそれは阿武隈山地の2 倍ほどの値となった(表 3.4-1)。このことから、帰還困難区域では、沿岸低地は阿武隈山地に比べて2 倍程度の イノシシの生息密度があることが推定された。

| | 捕獲数 | わな日数 | 捕獲/100 わな日 |
|-------|-----|--------|------------|
| 沿岸低地 | 305 | 3, 992 | 7.64 |
| 阿武隈山地 | 76 | 1,999 | 3.80 |

表 3.4-1 イノシシの地区別捕獲数、捕獲比

これまでイノシシの分布は積雪量や積雪期間による制限を受けており、多雪地帯では生息し ないことが知られている(福島県 2015)。福島県におけるイノシシの分布状況は、近年、次第 に分布域を拡大してきているものの、主な分布域は県の東側に集中して分布している(図 3.4-2)。今回、評価対象としている浪江町を中心とする帰還困難区域は、沿岸低地、阿武隈山 地を問わず分布域に含まれる。震災以前の沿岸低地、阿武隈山地の生息密度の差異については 不明であるが、沿岸低地、阿武隈山地の気象条件の差異などが、イノシシの生息状況に影響を 及ぼしている可能性もあることから、阿武隈山地に比べて沿岸低地のイノシシの生息密度が高 かった可能性もあるが、震災前は特に沿岸低地は耕作地も広く人間活動があちこちで見られて いたことから、生息は一定の制約があったと考えられる。



図 3.4-2 イノシシの捕獲分布図(H22-25 狩猟推移)(福島県 2015)

震災後の帰還困難区域では人間活動は極めて少なく限定的であり、人間活動がなくなったと いう点では沿岸低地、阿武隈山地の違いはないが、沿岸低地を中心に耕作地の多くが草地に変 わったことによって草地のバイオマスが大きく増えている。小寺ら(2001)によれば、1970年 から始まった減反政策が耕作放棄地を拡大させ、好適生息地が拡大したとしており、震災後の 人間活動の変化が、イノシシにとっては生息条件の改善につながっていることも考えられる。 このように、イノシシの沿岸低地、阿武隈山地の生息密度が大きく異なる要因としては様々な ことが考えられるものの、バイオマスの増加もその一因といえるであろう。

3.5 まとめ

広域(中分解能衛星画像)および詳細域(高分解能衛星画像)による土地被覆分類図にもとづき、広域、詳細域、津波浸水域内外、避難指示区分等について区域ごとの比較を行った。比較結果をもとに、主に耕作放棄地にかかわる草地の増減について以下に要点を示した。また、参考として農林業センサスによる耕作放棄地のトレンドについても記載した。

(1) 広域と詳細域

- ・ 広域における草地面積は、震災前後で約 1.5 倍(25,852ha(全域の 12.0% 以下同様)→ 38,096ha(17.7%))増加していた。
- 広域での沿岸低地と阿武隈山地との震災前後の草地面積(増加割合)の比較では、前者が約1.8倍、後者が約1.3倍であった。なお、小寺ら(2001)の知見から、沿岸低地における草地面積(バイオマス)の増加が、イノシシの生息環境に有利に働き、イノシシ生息数の増加に寄与している可能性が考えられた。
- ・ 詳細域における震災前後の草地面積(増加割合)は、阿武隈山地に位置する B_飯舘・川俣
 地区では広域とほぼ同レベルの約2倍(505ha (5.4%)→1,057ha (11.4%))であったのに
 対して、主に沿岸低地に位置する A1_浪江・双葉地区、A2_大熊・富岡地区ではそれぞれ約
 9倍(399ha (4.1%)→3,592ha (37.3%))および約21倍(117ha (1.2%)→2,399ha (25.6%))
 と顕著な増加割合を示していた。
- ・ 以上のように、広域に比べて主に沿岸低地に位置する詳細域(A1、A2)において草地の増加割合が顕著であった。これは、A1およびA2では、帰還困難区域および居住制限区域等の占める割合が高く、耕作放棄に伴う草地の増加が明瞭に現れているものと考えられる。

(2) 津波浸水域内外

- 広域における津波浸水域内(面積 5,533ha 全体の約 2.6%)の震災前後の草地面積をみると、
 約 2.6倍(1,310ha(23.7%)→3,350ha(60.5%))と、全域の増加割合(約 1.5倍)より高い増加率となっていた。沿岸低地に位置する津波浸水域は、元々耕作地が卓越する地域であり、震災後の耕作放棄に伴い、全域と比べて草地の増加がより顕著になったものと考えられる。
- ・ 詳細域における津波浸水域の草地面積(増加割合)については、A1_浪江・双葉地区(津波 浸水域面積:約737ha 全体の約13.3%)では、詳細域(全体)と同じ約9倍(48ha(6.5%) →460ha(62.4%))であった。同じく A2_大熊・富岡地区(同上:262ha 同 約2.8%)で は、詳細域(全体:約21倍)と比較して若干低く約16倍となっていた。
- ・ 以上のように、広域では津波浸水域内の方が草地面積の増加割合は高かったが、詳細域で は津波浸水域内外による明瞭な相違はみられなかった。

(3) 避難指示区分

 広域における避難指示区分ごとの震災前後の草地面積(増加割合)は、帰還困難区域で約
 1.6倍(3,374ha(9.9%)→5,492ha(16.1%))、居住制限区域で約1.4倍(3,693ha(12.9%)→5,237ha(18.3%))、避難指示解除準備区域で約1.5倍(4,325ha(12.8%)→6,511ha(19.3%))、 避難指示のない区域で約1.4倍(14,459ha(12.2%)→20,857ha(17.6%))であった。全域 での増加割合(約1.5倍)と比べると、僅かではあるが帰還困難区域で高く、避難指示な し区域で低い結果となっていた。なお、すでに避難指示が解除された区域(旧避難指示区域)では、居住制限区域及び避難指示のない区域と同様に約 1.4 倍(1,327ha(7.9%)→ 1,899ha(11.3%))であった。

- 詳細域についてみると、A1_浪江・双葉地区では、帰還困難区域で約 10 倍(175ha(3.0%) →1,745ha(29.4%))、居住制限区域で約 11 倍(80ha(5.8%)→845ha(60.9%))、避難指示 解除準備区域で約7倍(143ha(6.2%)→1,002ha(43.6%))と大きな違いはなかった。
- ・ 詳細域 A2_大熊・富岡地区においては、居住制限区域で約10倍(66ha(1.7%)→676ha(15.5%))、 避難指示解除準備区域で約6.6倍(9.1ha(0.8%)→60.1ha(5.5))、帰還困難区域ではそ れらのそれぞれ約4倍、約6倍に相当する約40倍(42ha(1.0%)→1,663ha(38.1%))の 草地増加がみられた。
- ・ 詳細域 B_飯舘・川俣地区における草地増加(割合)としては、居住制限区域で約2.4倍(247ha
 (7.0%)→595ha(16.8%))、避難指示解除準備区域で約2.2倍(94.6ha(5.9%)→206ha(12.9%))、
 避難指示のない区域で約1.6倍(163ha(4.0%)→256ha(6.2%))となっており、避難指示
 のある区域の方が避難指示なしに比べて若干増加率が高かったが、そのレベルは沿岸の詳
 細域 A1_A2の2地区とは大きく異なっていた。
- ・ 以上のように、避難指示区分のうち、人為的な管理が行われていない帰還困難区域におけ る草地面積の増加割合が広域、詳細域ともに高く、特に A2_大熊・富岡地区で約 40 倍と突 出していた。

(4) 農林業センサスによる耕作放棄地等の状況

- ・ 震災前の耕作放棄地の動向を把握するため、農林業センサス(2005年/2010年)をもとに、 避難指示区域にかかわる 7 町村(楢葉町、富岡町、大熊町、双葉町、浪江町、葛尾村、飯 舘村)について、水田、畑、耕作放棄地、樹園地の面積変化を整理した(表 3.5-2、図 3.5-1)。
- ・ 避難指示区域にかかわる7町村(合計)では、震災前のH17(2005)→H22(2010)の5年 間で耕作放棄地は88ha 増加し(1,074ha→1,162ha 増加率:約8.2%)、水田は144ha 減少 (5,658ha→5,514ha 減少率:約2.5%)していた。
- ・ 福島県における耕作放棄地面積の増加については、平成 27 (2015)年の概数値が公表されている(福島県 2015)(表 3.5-1)。これによると、平成 27 年の福島県における耕作放棄地面積は 25,215ha(都道部県別で全国 1 位)であり、耕作放棄地面積の増加率をみると、H17 (2005)年→H22 (2010)年の約 3.2%に対して、H22 (2010)年→H27 (2015)年では約4倍に相当する 12.6%の増加率となっている。
- 以上のように、震災前から耕作放棄地は増加傾向にあり、震災後、増加率が著しく高くなっている。本調査の対象地域における草地面積の増加は、このような数値の一部を構成していると考えられる。

| 年 / 面積等 | 面積 (ha) | 増加面積(ha) | 増加率 |
|--------------|---------|----------|-------|
| 平成 27(2015)年 | 25, 215 | 2,821 | 12.6% |
| 平成 22(2010)年 | 22, 394 | 686 | 3.2% |
| 平成 17(2005)年 | 21, 708 | — | — |

表 3.5-1 福島県における耕作放棄地面積と増加率

2015年農林業センサス「農林業経営体調査結果概要(概数値)」(福島県 2015)より

表 3.5-2 避難指示区域にかかわる町村の水田・畑・耕作放棄地等面積(農林業センサス 2005/2010 より)

| | | | | | | | | | | 面積:ha |
|----|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------|
| | | 水田 | | 畑 | | 耕作放棄地 | | 樹園地 | | |
| No | 町村名 | H17 (2005) | H22 (2010) | H17 (2005) | H22 (2010) | H17 (2005) | H22 (2010) | H17 (2005) | H22 (2010) | 総土地面積 |
| 1 | 楢葉町 | 480 | 459 | 119 | 123 | 153 | 141 | 6 | 3 | 10, 345 |
| 2 | 富岡町 | 709 | 738 | 136 | 119 | 136 | 119 | 2 | 7 | 6,847 |
| 3 | 大熊町 | 790 | 767 | 93 | 95 | 132 | 124 | 81 | 74 | 7,870 |
| 4 | 双葉町 | 661 | 624 | 87 | 90 | 103 | 126 | 9 | 8 | 5,140 |
| 5 | 浪江町 | 1,676 | 1,570 | 464 | 437 | 292 | 354 | 32 | 28 | 22, 310 |
| 6 | 葛尾村 | 183 | 183 | 198 | 212 | 57 | 42 | 2 | 2 | 8,423 |
| 7 | 飯舘村 | 1,159 | 1,173 | 925 | 1,155 | 201 | 256 | 2 | 4 | 23, 013 |
| ⇒ı | | 5,658 | 5, 514 | 2,022 | 2,231 | 1,074 | 1,162 | 134 | 126 | 83, 948 |
| | iτ | (6.7%) | (6.6%) | (2.4%) | (2.7%) | (1.3%) | (1.4%) | (0.2%) | (0.2%) | (100.0%) |









図 3.5-1 避難指示区域にかかわる町村の水田・畑・耕作放棄地等面積(農林業センサス 2005/2010 より)

4. ヒアリング

4.1 ヒアリングのねらい

福島の放射性物質が拡散した地域では、立ち入り制限によって人による自然への関わりが極 度に低下した状態となっている。

一方で、当該地域では人々の帰還に向けた放射能の除染作業も精力的に行われており、この ような場所では一定の幅での森林の除染、表土剥ぎや農地での天地返し、除草・転圧などの作 業が行われている。

このように福島第一原子力発電所からの放射能の拡散とそれに対する対応は、地域の自然環 境に大きな変化をもたらしており、本調査で対象とした植生や植生を生息基盤とする野生動物 の生息状況にも大きな影響や変化を与えていることが想定される。

このため、現時点で福島県の調査対象地域等を対象として、野生動物の生息状況等に関する 情報の概要を取得し、今後のより包括的な調査のあり方等を考察する基礎資料とすることを目 的として、当該地域周辺で調査、研究を実施している研究者等を対象にヒアリングを実施した。

4.2 ヒアリング実施状況

ヒアリングのねらいとした、本調査の実施区域および周辺の震災前後(とくに震災後)の野 生動物等の生息状況に詳しい有識者等を対象にヒアリングを実施した。ヒアリングの概要を表 4.2-1に示す。

| | ヒアリング対象 | 概 要 |
|---|-------------|----------------------------------------|
| 1 | (公財)山階鳥類研究所 | 山階鳥類研究所では、全国で鳥類の標識調査を行っており、その |
| | 保全研究室研究員 | 中で今回の調査地域でも震災前から調査を実施している。このた |
| | 仲村 昇 氏 | め、実際に現地で調査を行っている研究員を対象に、鳥類の生息 |
| | | 状況を中心に、2016年2月2日にヒアリングを実施した。 |
| 2 | (株)緑生研究所 | 2015 日本鳥学会で「福島県富岡町における鳥類の生息状況につい |
| | 環境部 | て」を発表。福島の放射性物質が拡散した地域で鳥類のセンサス |
| | 板谷 浩男 氏 | を震災後の 2014 年から 2015 年にかけて 1 年間以上実施。除染作 |
| | | 業が急速に行われたことによる鳥類の生息状況の変化に着目して |
| | | 報告している。2016 年 2 月 23 日にヒアリングを実施した。 |
| 3 | 南相馬市博物館 学芸員 | 南相馬市では、放射能影響のほかに津波被害もうけ生態系が大き |
| | 稲葉 修 氏 | く変化した。南相馬市博物館では、震災を契機に東北の自然に関 |
| | | する特別展を継続的に開催している。この中心的な活動を支え、 |
| | | 地域で震災前から継続して両生爬虫類・魚類を中心に広く野生動 |
| | | 物の調査・研究を担当している有識者を対象に、2016年3月9日 |
| | | にヒアリングを実施した。 |

表 4.2-1 ヒアリング概要

4.3 ヒアリング結果

本調査にかかわる有識者等のヒアリング結果は以下のとおりである。

【ヒアリング結果その①】

○日時:2016年2月2日(火)10:00~12:10

○場所:公益財団法人 山階鳥類研究所 応接室

○ヒアリング先:(公財)山階鳥類研究所 仲村 昇 研究員

- 繁殖モニタリングについて
- ・観察だけではなかなか科学的なデータを得ることが難しい。
- 鳥類の繁殖状況の変化をとらえる科学的な望ましい調査システムとして海外では捕獲による 調査システム(標識調査)が充実している。アメリカやヨーロッパでは MAPS という調査シス テムがあり、イギリスでは CES がまとめている。
- ・5月~8月の繁殖期に複数回バンディングを継続して行うもので、生存率、発見率などで結果は左右するが、1年目を100とした場合、2年目40、3年目30といった数字を同じ観測場所で取得し、定着率、生残率、繁殖率などを求める。幼鳥は分散が激しいが、成鳥は同じ場所に拘るなどが分かってくる。種の母集団全体の動向や全国的な傾向等を把握するための有効なデータとなる。
- ・日本でも MAPS に基づいた調査が 2012 年から開始され、現在 8 地点で継続しているが、そのうちの 3 地点は福島県である(飯館村、長瀞、新田川)。
- ・福島の調査地は、ヨシ原、森林、送電線の巡視路などの環境である。基本的に網を張るスペースが必要なのと効率よく鳥を補足するため、現場で場所を絞り込む。海外でもこのような場所を使っている。もちろん継続して調査を行える場所、許可を得られる場所となる。
- ・調査は多くのボランティアの協力により成り立っている。標識モニタリング調査でも同じだが、
 夏、冬の調査で数百人というボランティア(バンダー)が動かなくては成り立たない調査である。
- ・標識モニタリング(鳥類観測ステーション調査)は、全国のおおよそ100地点でバンディング による正確なデータを取得している。種の動向、とくに全国的な傾向を整理して示しており、
 山階鳥研のweb site での公開のほか、年次レポートを発刊している。
- 福島(放射能拡散地域)の鳥類の状況について
- ・ 2012年にネラー(デンマーク人)が来日し、線量の高い場所を含めて、ライン調査5分、スポットセンサス5分の組合せで、わずかな期間、調査をしている。チェルノブイリ同様、ツバメなどを例示して、放射能は鳥類に大きな影響をあたえ、鳥類が減り続けているとセンセーショナルな報告をしている。
- しかし、わずかな調査機会、観測時間での調査で、方法としても疑問の残るものであり、信頼
 性に欠けると考えている。答えを出すためには観測の継続(できれば捕獲)が重要である。
- ・現地での観察ではノスリは確かに多い。夏に多いことから繁殖も多いのだろう。チェルノブイ リでもこのような報告があるようだ。ネズミの個体数の爆発的な増加と関係するかも知れない。
- ・同じ猛禽でもサシバがいないのが気になった。関係するかもしれないが、現地ではヘビをみない、あるいは少ない。カエルも同様に感じる。

 このような生態系に関連することは、南相馬市博物館学芸員の稲葉氏が詳しい。魚、両生類、 爬虫類などを広く調べている。照会するとよい。

【ヒアリング結果その②】

○日時:2016年2月23日(火)15:15 ~ 17:00
○場所:アジア航測(株)新百合技術センター
○ヒアリング先:(株)緑生研究所 板谷 浩男 氏

- 調査内容・調査結果について
- ・ 鳥学会で発表した調査は、元々は元東京大学研究員で、現在は山形大学にいる写真家永幡嘉之 氏の呼びかけによるもの。
- 氏は昆虫の専門家で、東日本大震災の津波被害地域で調査していたが、福島の津波浸水域では 昆虫のモニタリングではうまく環境影響を検討するのが難しい。そこで鳥類ならば除染や管理 低下を含めた環境影響を把握できるのではないか、という提案があり今回発表したチームが対応した。
- チームは鳥類、情報処理、ものづくり、哺乳類を専門とする知己のメンバー。フィールドはた またま環境問題に熱心な地元の篤志家の管理私有地である。
- フィールドでは土地所有者が常磐道の計画に対し自費で鳥類等の環境調査を行っており(2003 年、2010年)、データをいただくことができた。
- ・調査、検討内容は、ポスターのとおりで、2014 年 5 月から 2015 年 6 月までの間に計 7 回の調 査を実施。手法は、ルートセンサス(ラインセンサス)で観測幅は片側 25m。林内でも道から 20mを除染区域としているので、環境影響を端的に知ることができる。
- 手法については、より簡易で時間を有効に使えるスポットセンサスも考えたが、過年度調査が ルートセンサスで行われており、今後も比較できる情報を取得するため、過年度調査に倣った。
- 調査結果は、おおむね狙ったとおりのもので、繁殖期には非繁殖期にくらべ除染後は有意に鳥類の個体数が減少し、下層植生に依存する種(ウグイス、ホオジロ類等)の個体数が有意に減少したことを示すことができた。
- ・除染は、たとえば水田などでも土地を削り転圧する、草が生えても除草し転圧するなどにより、
 本来の土壌環境が失われ生物の生息環境を大きく改変している(消失させている)。
- ・ 富岡の当該地域周辺では、かつてフクロウ、オオタカなどの生息を知っていたが、少なくとも 最近はオオタカはみない。仙台平野と状況が異なるのは、仙台平野では震災後、震災がれきの 隙間をムクドリ、スズメなどが利用し、これを餌資源とするオオタカは海岸林が減少した環境 下でも持続的に生息できたと考えている。福島はこのような状況にない。
- ・ 同様にネズミを主な餌資源とするノスリは、震災後顕著に増加した。
- この調査とは別に、近傍では、国環研、山階鳥研、東大石田健氏などが鳥類の調査をしている。
 石田氏はウグイスが対象。放射能との関係を調査しているようだ。
- 今後の調査について
- ・ 鳥類については今後も定期的に調査を行い、鳥学会等に継続して発表していきたい。新たに巣 箱調査でフクロウを誘致するなども行いたい(地主の了解あり)。
- ・ 哺乳類についてもセンサーカメラ等の調査を開始し、学会等に発表していきたい。

【ヒアリング結果その③】

○日時:2016年3月9日(水)13:00~15:05
 ○場所:福島県南相馬市博物館事務室

○ヒアリング先:南相馬市博物館 稲葉 修 学芸員

- 野生哺乳類について
- マークしているわけではないが、震災後イノシシ、サルなどは多くみられる。これを個体数が 増えたとする見方もあるが、人が個体数管理や行動制限をしなくなった(できなくなった)こ とにより行動圏が広くなったことを感覚的に個体数が増えたと感じさせているのではないか と考えている。科学的な調査が必要である。
- ・ ツキノワグマも人里近くにいる。以前は4号線を越えて浜通りに来ることはなかったが、震災 後は海岸近くにも出没している。
- ・帰還困難区域のイヌ・ネコに毎日のように餌をやりに来る人がいる。人道的な話でもあるが放 射能汚染を考えるとき複雑な心境だ。アライグマなど外来種も誘引している。
- 流されたカエルや魚の死体等は、多くがハクビシン、アライグマのような外来種やタヌキの餌になっている。
- 鳥類について
- ・ 震災後、確かに猛禽を多く見るようになった。多くがノスリであるが、田起こしが始まるとみ られるようになり、個体数は多い。たとえだが電柱の3本に1本には本種が止まっている。
- ・新田川ではヨシ環境が残り、福島県で初めてオオセッカが記録された。これは山階鳥研の仲村 昇さんの功績である。

■ 魚類について

- ・南相馬をはじめ福島沿岸にはラグーン(潟湖)が多く発達し、明治、大正といった古い時代に 干拓された。このような場所をはじめ、福島の沿岸部の丘陵や平地の水域にはタナゴ類が比較 的多くみられた。
- 現在でも一部にミナミメダカやシナイモツゴなどが生息するが、閉鎖的な多くの場ではブラックバスやモツゴなどの外来種によって食害をうけている。
- ・ 震災による地震動により堰堤が崩れそうなので水を抜いたことによりオオクチバスやウシガ エルなどの外来種が、震災後ミナミメダカなど在来種が生き残ったエリアに流れ込み、そこで 食害にあってしまった。

■ 両生類・爬虫類について

- ・ 震災直後からヘビ類やカナヘビはほとんどみないでいた。一方で、シュレーゲルアオガエルや ニホンアカガエルは少数がみられた。これは、水田は浸水によって塩水化したが、被災地背後 の丘陵地にある湧水をよりどころとして次第に生息域を広げていったのだと思う。丘陵の複雑 な地形が、津波の外力を弱め、生きものの生息基盤となるエリアも維持したのではないか。
- ・ 震災後、ミズアオイが咲いたような場所は水が豊富でよく二ホンアカガエルなどがみられた。
 シュレーゲルアオガエルなどもこのような場所に次第にもどってきた。
- 水環境が狭くても生きていける二ホンアカガエルは、震災後水環境の残る多くの場所で復活で

きた。一方で、やや広い湿地状の環境を必要とするトウキョウダルマガエルなどはなかなか出 てこられない。卵を産んで再生産することができていない。

- ・両生類は、国環研の松島野枝さんらが調べている。震災後、ニチアカ(ニホンアカガエル)は 海岸近くの多くの場所でみつかったが、トウキョウダルマガエルは耕作を中止した水田地帯で はみつからなかった。水管理(の不在)が効いていると思われる。
- ・東日本大震災のあった時(2011年3月11日)には、まだニチアカの産卵は始まっていない。
 平年では3月20日ごろに産卵する。産卵状況は観察していたが、2011年はまだ産んでいなかった。
- 一方で、近縁のヤマアカガエルはもう少し産卵が早いので、もしかしたら産んでいたかも知れない。トウキョウダルマガエルは初夏になってからなので産んでいない。
- 東日本大震災時には、冬眠していたカエルが流されているのを見た。これをサギが食べていた。
- ・福島周辺のカエル類については、カエル探偵団の福山欣二さんのグループが調査している。今 年は産卵が早い。
- 野生生物の管理について
- ・野生動物の管理を考えるとき、やはり防除が必要だ。県にはアライグマの防除計画があるが、 計画的な執行のための予算がネックになっている。
- 博物館でも増えている外来生物に対して調査の中で一定の防除に取り組んでいる。たとえば、 ブラックバスなどに対して人工産卵床を設置して一網打尽に駆除するなどを実施した。しかし、 次年度にはより深いところで産卵するようになり効果がなかった。適応力が高いのも外来生物 の特徴といえる。
- 希少な昆虫やミナミメダカはウシガエルが天敵となっている。幼生、成虫ともに餌となる。

■その他

- ・2011年の震災直後は生きものの姿を見ない時期だった。クモ類だけは目立った。
- ・阿武隈山地は生きものにとって特徴のある場所である。阿武隈山地には有斑と無斑の両タイプのモリアオガエルが生息している。イワナも固有のものがいる。イシガメも福島県内では南相馬が目立って多い。
- ・ (鳥学会の)板谷氏がポスター発表した調査地の所有者については承知している。あの私有地 にいろいろな調査者が出入りしていることも承知している。
- ・山形の昆虫写真家の永幡嘉之氏や石田健氏、国立環境研究所、そのほかにもコンサル会社の人 などが当該地域の調査や研究に入っている。
- ・ 茨城の RDB 関係は充実している。いろいろ参考になるだろう。
- ・ 今後、環境省の植生図整備で会津地域が対象になることがあるならば、会津ブナセンターの河 原崎氏、遠藤氏に情報を聞くとよい。
- 個人的な感想だが、防潮堤の建設は仕方ないことであるが、せっかく海辺の近くなのだから、 沿岸の景観、海が見えるほうがよい。
- ・以上のヒアリングのほか、震災後、博物館で行った地域の生きものを対象とした特別展の資料、 コピー類をいただいた。

5. 今後の課題

調査の対象とした地域は、沿岸部から阿武隈山地までの地域である。沿岸部は太平洋側の気候 で植生的には低地はおおむね暖温帯、阿武隈山地は植生的には一部冷温帯にあたる。これらの地 域は「美しまふくしま」とたとえられた豊かな里地・里山景観が広がり、その景観は人による自 然の管理によって維持されてきた。このような地域での津波被害および原発事故とその後の立入 規制は、農耕や里山の利用をはじめとする人と自然の関係を大きく変化させ、また、避難指示区 域では、草刈り・表土はぎをはじめとする除染作業や関連する事業等の進展により本来の自然が 大きく変化している地域もみられる。

地震、津波およびこれらを誘因とする原発事故からの放射性物質の拡散がもたらしたこのよう な状況下で、地域の自然がどのように遷移しているかに関しては、土地の立ち入り制限もあり、 これまでほとんど精緻な情報がなかった。

このため、本調査では中分解能(広域)、高分解能(詳細域)の2つの空間スケールで震災前後 の土地被覆状況を衛星画像により解析(リモートセンシングの実施)した。現地調査データをも とに精度検証を行った上で、解析した震災前後の土地被覆状況を整理すると次のとおりである。

土地被覆分類図の面積集計結果から、震災後の草地面積は、広域(全域)で約38,096ha(津波 浸水域約3,350haを含む)、A1 浪江・双葉地区(全体)で約3,592ha、A2 大熊・富岡地区(全体) で約2,399ha、B 飯舘・川俣地区で約1,057ha であった(表 5-1)。

避難指示区域の区分ごとの震災後の草地面積は、帰還困難区域で約5,492ha、居住制限区域で 5,237ha、避難解除準備区域で約6,511ha であった(表 5-2)。これらの草地のバイオマスについ て、今回の現地調査の群落高をもとにした平均バイオマス(草地228地点の平均:657.8gDM/m²) を原単位とした場合、帰還困難区域で36,123ton、居住制限区域で34,449ton、避難解除準備区域 で42,830tonのバイオマス量が試算された(表 5-3)。

| | | | | | - 早地のハイ | スマス原単位 | tonDM/ na | | |
|----------------------------------------|-----------|-------------|-----------|--------------|---------|---------|-----------|----------|----------------------|
| | 5 | ~ | 対象面積 | 雷災益災 | | 面積:ha | 草地のバイオマス | 単位面積あたりの | |
| 区分 | | | (ha) | 晨 灭則俊 | 水田 | 畑 | 草地 | (tonDM) | 車地ハイオマス (kgDM/ha) |
| | | A 44 | | 震災前 | 9,778.4 | 1,613.4 | 25,851.6 | 170,052 | 790.7 |
| 広 | 1 | 已现 | 215,073.8 | 震災後 | 2,130.1 | 3,589.5 | 38,096.4 | 250,598 | 1,165.2 |
| 域 | 津波浸水域 | | 5,533.0 | 震災前 | 2,495.3 | 83.7 | 1,309.7 | 8,615 | 1,557.0 |
| | | | 5,533.0 | 震災後 | 65.3 | 491.0 | 3,349.5 | 22,033 | 3,982.1 |
| | | 全域 津波浸水域 | 9,623.8 | 震災前 | 1,517.9 | 1,899.1 | 398.9 | 2,624 | 272.6 |
| | A1 浪江・ | | 9,623.9 | 震災後 | | | 3,592.0 | 23,628 | 2,455.2 |
| | 双葉地区 | | 736.9 | 震災前 | 414.8 | 108.5 | 47.9 | 315 | 427.5 |
| - 14 | | | 736.9 | 震災後 | | | 459.6 | 3,023 | 4,102.8 |
| 詳細 | | 全域 | 9,375.2 | 震災前 | 1,165.2 | 1,632.9 | 116.9 | 769 | 82.0 |
| ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~ | A2 大熊・ | | 9,375.3 | 震災後 | | | 2,399.1 | 15,781 | 1,683.3 |
| ~ | 富岡地区 | | 261.7 | 震災前 | 82.4 | 71.4 | 7.9 | 52 | 199.4 |
| | | 律仮役小域 | 261.7 | 震災後 | | | 126.1 | 829 | 3,169.5 |
| | D临台。 | 三百百十十二 | 9,278.8 | 震災前 | 718.6 | 121.2 | 505.2 | 3,323 | 358.1 |
| | B 飯館・川俣地区 | | 9,278.8 | 震災後 | 283.3 | 27.1 | 1,056.7 | 6,951 | 749.1 |

表 5-1 調査区域ごとの震災前後の水田・畑・草地面積および草地の推定バイオマス量

. . .
| 区分 | | 震災前後 | 草地面積(ha) | | | | | |
|----|-------|------|----------|---------|---------|----------|----------|--|
| | | | 帰還困難 | 居住制限 | 避難解除準備 | 避難指示なし | 計 | |
| 広域 | 全域 | 震災前 | 3,374.1 | 3,693.4 | 4,325.0 | 14,459.1 | 25,851.6 | |
| | | 震災後 | 5,491.5 | 5,237.0 | 6,511.1 | 20,856.8 | 38,096.4 | |
| | 津波浸水域 | 震災前 | 59.5 | 16.9 | 684.3 | 549.0 | 1,309.7 | |
| | | 震災後 | 152.7 | 23.5 | 1,456.4 | 1,716.8 | 3,349.5 | |

表 5-2 避難指示区分ごとの震災前後の草地面積

表 5-3 避難指示区分ごとの震災前後の草地の推定バイオマス量

| 区分 | | 震災前後 | 草地のバイオマス(tonDM) | | | | | |
|----|-------|------|-----------------|--------|--------|---------|---------|--|
| | | | 帰還困難 | 居住制限 | 避難解除準備 | 避難指示なし | 計 | |
| 広域 | 全域 | 震災前 | 22,195 | 24,295 | 28,450 | 95,112 | 170,052 | |
| | | 震災後 | 36,123 | 34,449 | 42,830 | 137,196 | 250,598 | |
| | 津波浸水域 | 震災前 | 391 | 111 | 4,501 | 3,612 | 8,615 | |
| | | 震災後 | 1,004 | 155 | 9,580 | 11,293 | 22,033 | |

また、大きな地形区分である「沿岸低地」、「阿武隈山地」に着目して土地被覆分類の結果をみると、草地面積は、沿岸低地では、震災前後で10,906haが19,908ha(約1.8倍)に、阿武隈山地では、震災前後で14,945haが18,926ha(約1.3倍)にそれぞれ増加しており、その割合も避難指示区域や津波浸水域の耕作地を多く含む沿岸低地でより大きかった。

土地被覆状況の大きな変化は、沿岸低地を主体とする詳細地区(A1, A2)、阿武隈山地に位置す る詳細地区Bの耕作地(水田、畑)の多くが、立入の規制よる耕作(耕作に伴う水路等施設管理 を含む)の停止により放置され、自然の遷移が進むことで、多くの場が草原景観に変化していた。 その内訳をみると、乾性な立地ではセイタカアワダチソウ、ススキ、ヨモギなどが優勢であり、 一方で、湿性な環境が維持された立地ではヨシ、イヌビエ、ヒメガマが優勢であった。また、震 災後5年を経て、水田の一部は若いヤナギ林となり特徴的な景観を形成していた。

土地被覆分類の結果は、地域により多少の濃淡はあるが、広域、詳細域とも森林が卓越する地 域以外はいずれも「草原」が優占する状況となっている。このことは農地を中心に人による土地 の管理が極端に低下した状況を表しており、避難指示区域の網掛けともおおむね対応している。

画像解析の課題としては次の点があげられる。

リモートセンシングの解析精度は画像の状況に大きく依存する。今回の解析結果も震災前と震 災後では精度に違いがあり、異なった種類の衛星を使い多時期の画像を組合わせる必要があった 震災前の解析精度がやや低いという結果となっていた。手順として2時期の差分から環境の変化 を考察するため、このことが全体の解析精度に影響していると考えられる。本調査に限らず、リ モートセンシングによる広域の環境監視には、条件のよい画像データの計画的取得がまず重要で ある。

また、衛星画像には大気による光の吸収・散乱や太陽高度などの撮影条件の影響、画素サイズ に依存する視認性の限界、ミクセル(1画素の中に複数種の被覆が含まれること)といった不確 定性が内包されていることに加え、その解析も統計手法であることから、解析結果には本質的に ー定程度の誤差が含まれる。したがって、解析結果の利用や解釈にあたっては、常にそれを念頭 においておくことが重要である。

なお、今回の解析では抽出できなかった若いヤナギ林(遷移途上)のまとまりは画像上での目 視では判別できる。このため、今回の成果をもとに判読によりヤナギ林を抽出、データ化するハ イブリッドの手法による真正化が可能である。

また、マツ枯れについても画像上での発色の違いを判別しポリゴン化する手法で同様にデータ 化することが可能と考えられる。

里地・里山の豊かな暮らしは、自然の管理に支えられた豊かな自然環境が基盤となる。

福島においても、特殊な条件下にある里地・里山において自然の管理の有無が及ぼした影響(土 地被覆の変化として表れる)は、そこに生息する野生生物の生息状況にまず反映されると考えら れる。

鎌田(2016)は福島での原発事故による生態系への影響について、野生動物の自由な移動や繁 殖、家畜やペットの野生化、外来種の分布拡大などに言及し、対応の必要性を指摘している。

このような状況の概要を把握するため、地域の野生生物の生息実態に知見をもつ有識者から試 行的にヒアリングを行った。その結果以下のような情報が得られた。

- 人がいないこと、個体数管理(狩猟、計画的な駆除)や行動制限をしなくなったことによる里山に生息するイノシシ、サルをはじめとする野生動物の行動圏の広がり(個体数の増加も考えられる)
- ・ 本来は奥山にすむツキノワグマの里地への出現
- アライグマ等外来種による在来生物の食害
- ノスリの増加と要因として考えられる(餌資源である)ネズミ類の増加
- ・ サシバの減少と要因として考えられる水田の生きもの(カエル類等)の減少
- センサスを行った結果として、藪化による下層植生依存種(ブッシュ性の鳥類、ウグイス・ モズ・ホオジロ類など)の増加

これらは衛星解析による震災前後の土地被覆状況の変化、里地・里山の景観の変化と密接に関係していると思われる。

すなわち、画像解析で整理されたような草原の急速な増加等の場の変化、人が生活しないこと による動物の行動の変化、個体数管理ができないことによる狩猟鳥獣(狩猟対象種)の個体数増 加などの変化が震災前後で生じていることが考えられる。

今後の展開として、今回作成した土地被覆分類図と管理の低下等による景観の変化に対応した 野生動物の生息状況等を科学的な調査データ等の活用により関連づけ、生態管理等の基礎情報等 として活用することが重要かつ有効と考えられる。

【引用文献】

(バイオマス関連)

- ・ 沼田真編(1993)新装版生態の辞典. 東京堂出版.
- ・ 堤道生(2013)耕作放棄地の放牧利用による農地活用に向けた研究の取り組み(<特集>草地生態系のオーバーユースとアンダーユース). 日本草地学会誌 59(3):221-225.
- ・ 堤道生・高橋佳孝・惠本茂樹・伊藤直弥・佐原重行・吉村知子(2010)耕作放棄地における草 量の簡易推定法.日本草地学会誌 56(1):47-51.

(リモートセンシング・画像解析関連)

- ・ 国土地理院(2007)地球観測衛星データによる広域熱環境把握技術の開発作業 報告書
- ・ 大津(1980)判別および最小2 乗規準に基づく自動しきい値選定法. 電子通信学会論文誌. J63-D(4): 349~356.

(その他)

・ 福島県(2015)福島県イノシシ管理計画.

(https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/life/128706_254698_misc.pdf)

- ・ 福島県企画調整部統計課(2015年11月)2015年農林業センサス農林業経営体調査結果(概数値).(https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/142012.pdf)
- ・ 鎌田磨人(2016) あとがき_東日本大震災の経験を学びにかえるために. 森林環境 2016-特集 -震災後5年の森・地域を考える(森林環境研究会編著): pp118-119. 森林文化協会.
- ・ 環境省自然環境局野生生物課鳥獣保護業務室(2013)福島県における野生鳥獣の生息状況等に 関する調査報告書.
- ・ 環境省自然環境局野生生物課鳥獣保護業務室(2014)旧警戒区域内における野生鳥獣の生息状 況等に関する調査・捕獲業務報告書.
- ・環境省自然環境局野生生物課鳥獣保護業務室(2015)旧警戒区域内における野生鳥獣の生息状 況等に関する調査・捕獲業務報告書.
- ・小寺祐二・神崎伸夫・金子祐司・常田邦彦(2001)島根県石見地方におけるニホンイノシシの 環境選択.野生生物保護6:119-129.
- ・ 国土交通省(2014)国土のグランドデザイン 2050~対流促進型国土の形成~.
 (http://www.mlit.go.jp/common/001047113.pdf)
- ・ 南相馬市博物館(2014)平成26年度特別展 被災地の原野に生きる-南相馬市の生き物と人・ 暮らし-.
- ・ 南相馬市博物館(2015)平成27年度特別展 ふくしまに生きる爬虫・両生類.
- 総務省統計局(2008年3月3日公表)2005年農林業センサス 都道府県別統計書 07福島県.
 (http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001009908&cycode=0)
- 総務省統計局(2012年1月31日公表)2010年農林業センサス 都道府県別統計書 07福島県.
 (http://e-stat.go.jp/SG1/estat/GL08020103.do?_toGL08020103_&tclassID=000001036095&
 cycleCode=0&requestSender=search)