

# 特色ある研究の成果

平成27年度「特色ある研究」

No	所属	代表者	研究課題
1	生命・環境学系	塘 忠顕	福島県裏磐梯地域の水域に生息する外来底生動物、フロリダマミズヨコエビ(端脚目:マミズヨコエビ科)の食性
2	物質・エネルギー学系	黒沢 高秀	福島第一原子力発電所事故による帰還困難区域, 居住制限区域等の植物相の解明と生育する絶滅危惧種および保護上重要な地域特定のための植物資料および標本の収集, 整理, データベース化
3	経済学系	吉田 樹	南相馬市「ジャンボタクシー」事業に見る原発被災地の交通問題

# 福島県裏磐梯地域の水域に生息する外来底生動物、 フロリダマミズヨコエビ（端脚目：マミズヨコエビ科）の食性

Food habits of an alien freshwater amphipod *Crangonyx floridanus* Bousfield (Amphipoda: Crangonyctidae) in the Urabandai area, Fukushima Prefecture

代表者 共生システム理工学類 教授 塘 忠顕

## ○成果の概要

### はじめに

フロリダマミズヨコエビ *Crangonyx floridanus* Bousfield は北米原産の外来種で、生態系被害防止外来種リスト（環境省と農林水産省が生物多様性条約の愛知目標達成と、外来種に対する国民の理解・関心・適切な行動のために作成したリスト）で総合対策外来種の「その他の総合対策外来種」に指定されている。日本では 1989 年に発見され、現在は北海道、本州、四国、九州に広く分布する（Nagakubo et al., 2011）。福島県では 2003 年に阿武隈川水系で発見され（塘ら, 2008）、その後は県内各地で記録されている。裏磐梯地域では現在この地域から生息が確認されている 6 種の外来底生動物の中で最も広域に分布する種であり、流水域では長瀬川の酸川流入部よりも上流域に（武田ら, 2015）、止水域では他の水域とは表流水によるつながりがない場所も含めて、大小様々な池沼・湖沼から記録されている（塘ら, 2016）。

フロリダマミズヨコエビは在来の淡水棲ヨコエビ類と較べて高い環境適応力や繁殖力をもつ。そのため、生息環境や餌資源をめぐる在来の淡水棲ヨコエビ類と競合し、在来種に対して負の影響を及ぼす可能性が考えられる。ところが、本種と在来種（オオエゾヨコエビ）の混生地の一つである長野県安曇野市の蓼川では、生息場所の環境や餌条件が十分にそろっているため、マイクロハビタット・レベルでニッチ分割が生じ、共存が可能になっていることが知られている（田中ら, 2010）。一方、千葉県や埼玉県における本種とアゴトゲヨコエビと

の混生地、静岡県における本種とヒメアナンデルヨコエビとの混生地のように、在来種との相互関係が不明な混生地もある（金田ら, 2007; 草野, 2009）。また、本種とニッチを同じくするミズムシ（等脚目：ミズムシ科）のようなヨコエビ類以外の底生動物に対する影響も懸念されている（倉西ら, 2008）。しかし、本種の生態的特徴、特に利用している餌資源については十分な知見がほとんどない。そのため、本種と在来種との間の相互関係については、上述した長野県安曇野市蓼川の事例を除くとほとんど評価されていないのが現状である。そこで本研究では、本種が生息している福島県裏磐梯地域の池沼や河川で、本種が餌資源として何を利用しているのかを明らかにするため、安定同位体比分析による食性解析を実施した。

なお、本研究は平成 24~27 年度に実施した文部科学省特別経費によるプロジェクト研究「遷移途中にある自然環境を自然遺産として良好に保全するための研究モデルの策定-磐梯朝日国立公園の人間と自然環境系（生物多様性の保全）に関する研究-」に対する株式会社ニチレイからの研究助成（研究課題：裏磐梯ニチレイ社有地内の池沼を含む裏磐梯の池沼や河川に生息する外来種、フロリダマミズヨコエビ（ヨコエビ目：マミズヨコエビ科）の食性解析）を受けたもので、主に難波元生（福島大学大学院共生システム理工学研究科博士前期課程）の修士論文研究として実施した。磐梯朝日国立公園特別保護地区内にある五色沼湖沼群の毘沙門沼での採集は環境省の許可を得て実施した（許可番号：環東地国許第 1407114 号）。

## 調査地と分析方法

本研究で解析に用いたサンプルは、裏磐梯地域の毘沙門沼、桧原湖畔探勝路沿いの池沼、長瀬川の蛇平橋付近、小野川橋付近の4つの調査地から2015年の夏（7月、長瀬川蛇平橋付近のみ8月）、秋（11月）、2016年の春（5月）に採集した（長瀬川蛇平橋付近では2016年2月にも採集を実施した）。

消化管を解剖によって取り出した個体を凍結乾燥後、粉末化し、錫箔に包んで試料とした。試料は元素分析計（Flash 2000, Thermo Fisher Scientific）と接続した安定同位体比質量分析計（Delta V, Thermo Fisher Scientific）を用いて炭素と窒素の安定同位体比を測定した。標準物質はL-AlanineとL-Proline（日本分析センター製）を使用した。測定誤差は $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ ともに0.2‰未満であった。

## 結果と考察

安定同位体比分析の結果、フロリダマミズヨコエビの $\delta^{15}\text{N}$ の値は、4つの調査地いずれも一次消費者（モンカゲロウの幼虫、ヒラタカゲロウ科の幼虫、オオシマトビケラの幼虫、キリバネトビケラ属の幼虫、ミズムシ、ヌカエビ）のそれよりも高く、二次消費者（トンボ目の幼虫、オオヤマカワゲラの幼虫、オオコオイムシ、ヘビトンボの幼虫、オオヒメゲンゴロウ）と同等か、それよりも高い場合もあった（図1）。また、 $\delta^{15}\text{N}$ の値が二次消費者と同等の値を示す傾向に季節変動は認められなかった（図1）。本種は生息場所や摂食様式からデトリタス（生物由来の有機物）を餌資源として利用していると考えられるが、本研究の結果（ $\delta^{15}\text{N}$ の値が二次消費者と同等であること）は、裏磐梯地域に生息する本種は、餌資源として植物由来のデトリタスよりも動物由来のデトリタスを利用している可能性が高いことを示唆している。また、池沼（毘沙門沼と桧原湖畔探勝路沿いの池沼）

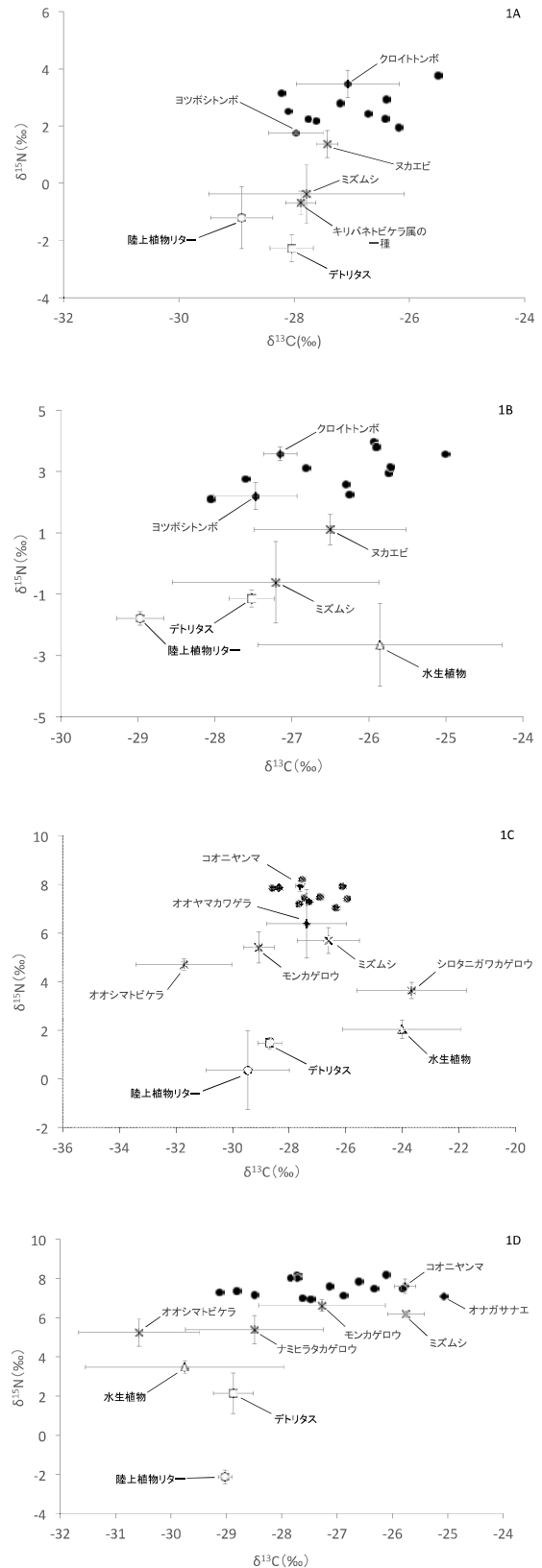


図1 裏磐梯地域の池沼と河川に生息する底生動物及び餌資源の $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{15}\text{N}$ マップ  
 毘沙門沼 (A: 5月と B: 11月) と長瀬川蛇平橋付近 (C: 5月と D: 11月) のサンプルの測定結果。フロリダマミズヨコエビ (●) 以外は平均値を示し、バーは標準偏差を表す。

と河川（長瀬川の蛇平橋付近と小野川橋付近）の間で本種の $\delta^{15}\text{N}$ の値を比較すると、池沼に生息する個体（2-4‰, 図1A, B）よりも河川のそれ（7-8‰, 図1C, D）の方がどの季節も高い傾向が示された。このことから、本種が炭素源として利用している餌資源は、池沼と河川の間で異なるものと思われる。

本種はデトリタス食者であるミズムシとの間で餌資源をめぐる競合が生じる可能性が懸念されているが（倉西ら, 2008）、本種の $\delta^{15}\text{N}$ の値はどの調査地においてもミズムシのそれよりも高かった（図1）。このことは、両種が利用する餌資源は異なることを示している。したがって、少なくとも本研究の調査地では、両種が餌資源をめぐる競合する可能性は低いと考えられる。

長野県安曇野市蓼川の本種と在来種との混生地では、在来種であるオオエゾヨコエビの $\delta^{15}\text{N}$ の値は本種のそれよりも低い傾向が示された（田中ら, 2010）。現在の裏磐梯地域からは在来の淡水棲エコエビ類が記録されていないが（塘ら, 2016）、過去には川上青沼や湯沼に流入する細流における生息情報（猪苗代町の水田周囲の用水路に生息していたものと同種のため、オオエゾヨコエビの可能性が高い）がある（福島県保健環境部公害規制課（編）、1992）。仮に裏磐梯地域に本種と在来種との混生地が存在したとしても、本種の $\delta^{15}\text{N}$ の値の高さから考えると在来種と餌資源をめぐる競合は生じないかもしれない。しかし、同種であっても生息地によって餌資源が異なる可能性はあるので、本研究で調査地とした場所以外の生息地でも、本種の食性解析を進め、その食性に関するデータを収集・蓄積する必要がある。

#### 引用文献

福島県保健環境部公害規制課（編）（1992）ふくしま湖沼生物サイエンス—猪苗代湖と裏磐梯湖沼群の生物—, 福島県, 福島。

金田彰二・倉西良一・石綿進一・東城幸治・清水高男・平良裕之・佐竹 潔（2007）日本における外来種フロリダマミズヨコエビ（*Crangonyx floridanus* Bousfield）の分布の現状, 陸水学会誌, 68: 449-460.

倉西良一・金田彰二・石綿進一・清水高男・平良裕之・佐竹 潔（2008）多摩川水系に侵入した外来動物「フロリダマミズヨコエビ」の分布・拡散の現状と生態系への影響予測, 公益財団法人とうきゅう環境財団学術研究助成成果報告書, 37: 1-96.

草野晴美（2009）湧水性端脚類ヒメアナンデーロヨコエビ *Jesogammarus fluvialis* Morino の地理的分布と生息環境, 陸水学雑誌, 69: 223-236.

Nagakubo, A., K. Sekiné, Y. Tanaka, R. B. Kuranishi, S. Kanada and K. Tojo (2011) Rapid expansion of the distributional range and the population genetic structure of the freshwater amphipod *Crangonyx floridanus* in Japan, *Limnology*, 12: 75-82.

武田悠太・難波元生・塘 忠顕（2015）長瀬川及びその左支川・酸川における底生動物相, 福島生物, (58): 35-48.

田中吉輝・長久保麻子・東城幸治（2010）外来種フロリダマミズヨコエビと在来種オオエゾヨコエビが混棲する長野県安曇野市蓼川における両種の個体群動態, 陸水学雑誌, 71: 129-146.

塘 忠顕・増渕翔太・大平 創（2016）裏磐梯に生息する底生動物, pp.151-161. 「裏磐梯・猪苗代地域の環境学（塘 忠顕編著）」, 福島民報社, 福島。

塘 忠顕・斎藤広行・遠藤絢香（2008）阿武隈川に侵入した外来種フロリダマミズヨコエビ *Crangonyx floridanus* Bousfield（端脚目：マミズヨコエビ科）～その特徴と脅威～, 日本生態学会東北地区会会報, (68): 36-40.

# 福島第一原子力発電所事故による帰還困難区域、居住制限区域等の植物相の解明と生育する絶滅危惧種および保護上重要な地域特定のための植物資料および標本の収集、整理、データベース化

Flora of Futaba Project: studies on vascular plants in contaminated area due to the nuclear disaster of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant

代表者 共生システム理工学類 教授 黒沢 高秀

## 〇はじめに

本プロジェクトの目的は、警戒区域や計画的避難区域を含む阿武隈地域や相双地域の震災前の植物相(どのような植物がどこにどれだけ生えていたか)を明らかにすることである。植物相が不明なままでは、福島第一原子力発電所事故の生物多様性への直接的影響(放射線など)や間接的影響(避難による人の関わり方の変化など)を把握することはできない。本プロジェクト以前にこれらの地域で組織的な学術調査は行われておらず植物相は不明であった(黒沢2012)。

過去の植物相を知る上で植物の押し葉標本は極めて重要である。この地域で採取され、公的機関で保管されていた植物標本は、本研究開始時点で福島大に約300点、東北大にこれより多い程度であった。広野町史と檜葉町史を執筆した湯澤陽一コレクションは震災前に福島大に寄贈されていたが、整理費用の問題があり未整理の状態に残されていた。これらの標本はこの地域の植物相を明らかにする基盤となりうるものであった。これ以外にも所有者が死去してしまった標本や、管理することができなくなった標本が県内外に散逸しているものと推察された。植物標本は防虫や防湿といった手入れをしない限り劣化し、その価値が失われてしまうことから、これらの標本を発掘し、整理・管理することは火急の課題であった。なお、本プロジェクト開始時である2011年に、福島県には化石以外の植物の学芸員が全くおらず、植物標本を整理・管理できる県内の博物館は皆無であった。

## 〇プロジェクトで行っている事業

警戒区域および計画的避難区域の植物相について明らかにし、この地域の植物多様性研究の基礎を確立するために、以下の5つの事業を行っている。

(1)警戒区域および計画的避難区域で採集された植物標本の収集

(2)収集した植物標本の整理、標本室への配架、研究者への公開

(3)文献情報および収集した植物標本のデータベース化と公開

(4)標本にもとづく植物リストの作成および絶滅危惧植物の種類や集中地域の特定

(5)貴重植物標本のDNAコレクションの構築

## 〇プロジェクトの成果

### <直接的な研究成果>

(1)警戒区域および計画的避難区域で採集された植物標本の収集

これまでに培った協力関係を活かして、福島県植物研究会会員、町村誌執筆者などに呼びかけて、警戒区域および計画的避難区域を含む市町村で過去に採集された標本の収集を行った。代表者が関わっている震災後の歴史資料や自然史資料レスキューの過程で、警戒区域に残された植物標本である櫻井信夫コレクションの存在が明らかになり、無事に移送、寄贈された。また、飯舘村立草野小学校で作成された「昭和45年度飯舘村の植物採集標本目録」標本など、479枚の標本が新たに収集された。

(2)収集した植物標本の整理、標本室への配架、研究者への公開

湯澤陽一コレクション1,910点、櫻井信夫コレクション9,296点、その他に収集した標本479点を防虫処理、整理、台紙へ貼付した後、福島大学共生システム理工学類生物標本室FKSEに配架し、教育研究に資すると共に、植物標本室の国際的な慣習に従って、他の標本と共に研究者に公開した。

(3)文献情報および収集した植物標本のデータベース化と公開

既に収集済みの警戒区域および計画的避難区域を含む市町村の植物に関する文献(黒沢2012)から、植物名、生育場所等の情報12,658件を読み取り、文献情報と共にマイクロソフト

エクセルに入力した。

収集した 12,079 点の標本の採集場所, 日付, 生育状況などのラベル情報をマイクロソフトエクセルに入力した。研究室で既に構築し, 運用している標本データベースに取り込んだ。データは研究者や行政等に提供した。また, 入力したデータはサイエンスミュージアムネット (s-net, <http://science-net.kahaku.go.jp/>) および地球規模生物多様性情報機構 (GBIF, <http://www.gbif.jp/index.html>) 等を通じてインターネット上で一般に公開した。植物標本は共同研究者の秋廣らのシステムによりスキャンし, 画像データベース化した (図 1)。画像データベースはデジタル標本館 (<http://tayousei.life.shimane-u.ac.jp/>) によりインターネット上で一般に公開した (図 1)。



図 1. 浪江町で採集されたバイカモの標本画像 (FKSE30480) (上) およびデジタル標本館 (<http://tayousei.life.shimane-u.ac.jp/>) の画面 (下)。

(4) 文献情報および標本にもとづく植物リストの作成および絶滅危惧植物の種類や集中地域の特定

文献情報に基づく植物リスト(チェックリスト)を作成し, 大学紀要(根本・黒沢 2014)およびそのインターネット版(福島大学学術機関リポジトリ <http://ir.lib.fukushima-u.ac.jp/dspace/>)で公開した。標本データベースから警戒区域および計画的避難区域の植物リストを作成し, 絶滅危惧植物の種類や, 絶滅危惧植物の集中地域を特定した。これらは大学紀要およびそのインターネット版等で公開する予定である。

#### (5) 貴重植物標本の DNA コレクションの構築

帰還困難区域, 居住制限区域, 避難指示解除準備区域(旧警戒区域や計画的避難区域)を含む阿武隈地域, 相双地域で特色ある植物について, 148 点の標本から DNA を抽出して, DNA のコレクションを構築した。また, 研究計画には含まれていなかったが, 標本の貴重さに鑑み, さらに 697 点の DNA 抽出用のサンプル(長期保存が可能な, DNA 抽出前の葉の乾燥・冷凍サンプル)のコレクションを構築した。これらは冷凍して保管されている。構築された DNA のコレクションが有効で有用であることを示すことを兼ねて, この地域の植物の遺伝的多様性の予備的研究として, 保全学上重要な植物であるクマガイソウの分子系統学的研究を行って, この地域の植物の遺伝的多様性研究の基礎を構築した(Yamashita et al. 2016)。

#### <間接的な研究成果>

##### (1) 本プロジェクトで整備した植物の多様性情報の行政や研究の利用

本プロジェクトで整備した文献データベースおよび標本データベースの植物の多様性情報を, 国や自治体が生物多様性行政や復旧事業での生物多様性への配慮のために利用した。環境省自然環境局野生生物課の第 3 次レッドリスト改訂事業など, 国や自治体の 3 つの事業で, 事業者にデータを提供するなど, 本研究で整備した植物の多様性情報が直接利用された。福島県相双建設事務所の相双地区環境評価委員会など, 10 の国や自治体の事業で, 委員会やヒアリングの際に希少種の種類や有無を参考にするなど, 本プロジェクトで整備した植物の多様性情報が間接的に利用された。

また, 日本シダの会, 『日本産シダ植物標準図鑑』編さん事業など, 学会・研究会の 3 つの事業で, 本プロジェクトで整備した植物の多様性情報が利用された。ハマダイコンの福島第一原子力発電所付近の分布など, 研究者の研究目的の 13 件の情報提供依頼に対応した。

## (2) 帰還困難区域等の自然史資料の収集、整理、保管の重要性に関する社会的な認識の向上

本プロジェクトを行ったことにより、帰還困難区域等の自然史資料の収集、整理、保管の重要性に関する社会的な認識が高まり、本研究に関する報道が多くなされた。本プロジェクトを1つの契機に、2015年2月23日に福島大学にプロジェクト研究所「福島大学貴重資料研究所」([http://www.sss.fukushima-u.ac.jp/~kurosawa/IUMC\\_Fukushima\\_Univ/fukushima\\_ac.html](http://www.sss.fukushima-u.ac.jp/~kurosawa/IUMC_Fukushima_Univ/fukushima_ac.html))が設置された。さらに、福島大学附属図書館に隣接する学術情報メディア棟4階に仮称福島大学貴重資料室が設けられることになり、本プロジェクトで整備したコレクションもその一室で管理される予定である。

本プロジェクトで整理された標本は、南相馬市博物館平成25年度特別展「福島に生きる」(2013年4月27日～6月16日開催)(稲葉 2013)など、博物館の震災に関わる3件の展示のための貸し出しがなされた。

また、南相馬市博物館では本プロジェクト自体および本プロジェクトで整備したコレクションを主題にした平成28年度特別展「櫻井先生の集めた浜通りの花々～櫻井信夫 半世紀、一万点の押し花標本・写真コレクション～」(2017年1月14日～3月26日開催予定)が準備されている (<https://www.city.minamisoma.lg.jp/index.cfm/24.html>, 2016年11月25日確認)。

### <プロジェクトに関する報道>

朝日新聞福島県版 2015年2月22日「植物標本、「震災前」語り継ぐ 福大が整理 デジタル化し保存 収集した桜井さん 浜通り軸に歩き 半世紀かけ1万点 義理の弟・末永さん「俺が何とか・・・」原発事故後の活用探る」など、本研究を主題とした14件の新聞報道がなされた。

### <プロジェクト研究成果一覧>

#### 学術論文

黒沢高秀. 2012. 福島第一原子力発電所の事故による警戒区域および計画的避難区域内の飯舘村, 浪江町, 双葉町, 大熊町, 富岡町, 楡葉町, 葛尾村の維管束植物相に関する文献および標本. 福島大学プロジェクト研究自然と人間(9): 29-49.

櫻井信夫・根本秀一・黒沢高秀. 2013. 東日本大震災前の福島県(および隣接する宮城県亘理町と茨城県北茨城市)の海岸およびその周辺部の維管束植物の分布. 福島大学地域創造 25(1): 137-192.

根本秀一・黒沢高秀. 2014. 福島第一原子力発電所事故による帰還困難区域, 居住制限区域, 避難指示解除準備区域, および旧緊急時避難準備区域を含む市町村(福島県川俣町, 飯舘村, 南相馬市, 浪江町, 葛尾村, 田村市, 川内村, 双葉町, 大熊町, 富岡町, 楡葉町, 広野町)の文献に基づく野生維管束植物の情報. 福島大学地域創造 25(2): 89-174.

Yamashita, Y., Izuno, A., Isagi, Y., Kurosawa, T., & Kaneko, S. 2016. Isolation and characterization of novel microsatellite loci for the endangered orchid *Cypripedium japonicum* (Orchidaceae). Applications in plant sciences, 4(2): 1500097. doi: 10.3732/apps.1500097.

#### 一般向け解説記事

稲葉修(編). 2013. 平成24年度特別展, 阿武隈高地の生き物たち 未来に向かって, 生きる. 南相馬市博物館, 南相馬.

黒沢高秀. 2013. 復旧事業で脅かされる生物多様性 松川浦で絶滅危惧植物へ配慮の試み 痛い県内専門家不足と研究の遅れ. グリーン・パワー2013年8月号: 6-7.

黒沢高秀. 2014. 東日本大震災前後の福島県の海岸の植生と植物相の変化および植生や生物多様性の保全の状況. 植生情報 (18): 70-80.

稲葉修・岩崎真幸(編). 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, 南相馬.

#### ○謝辞

本プロジェクトは、兼子伸吾氏、根本秀一氏、山下由美氏、猪瀬礼璃菜氏(以上福島大学共生システム理工学類)、秋廣高志氏(島根大学生物資源科学部)らと共にいるものである。また、標本寄贈者、研究室メンバーをはじめ、多くの方々を支えられている。ここに感謝の意を表したい。本プロジェクトの一部は三井物産環境基金復興助成(研究)(R12-F2-217)を受けて行われた。本報告は同助成の報告書を基に作成されたものである。



## 南相馬市「ジャンボタクシー」事業に見る原発被災地の交通問題

Transport Issues in Afflicted Regions of the Nuclear Accident from the Case Study of “Jumbo-Taxi” Project in Minamisoma

代表者 経済経営学類 准教授 吉田 樹

### ○成果の概要

福島県南相馬市は、東京電力福島第一原子力発電所（以下、原発）事故に伴う避難指示区域に設定されたが、2014年4月16日に、同市小高区を中心とする避難指示区域の大半が「避難指示解除準備区域」もしくは「居住制限区域」となり、スクリーニングを受けることなく、自由に立ち入りできるようになった。しかし、後述する避難指示解除（2016年7月12日）に合わせて JR 常磐線原ノ町・小高駅間が復旧するまでの間、小高区内の公共交通は、いずれも再開していなかったことから、一時帰宅時の移動手段を確保することが求められた。

そこで、南相馬市では、「一時帰宅交通支援事業」（以下、ジャンボタクシー事業）に着手し、2012年10月から、同事業の包括的なマネジメントを本学うつくしまふくしま未来支援センターが受託することになった。当初（2012年10月30日運行開始）は、同市鹿島区や原町区内の応急仮設住宅（避難先）と避難指示区域とをワゴン車で無料送迎するものであったが、避難指示区域の解除後は、小高区等に帰還した市民の「くらしの足」としても活用できるよう拡充が図られた。

本稿では、ジャンボタクシー事業の利用実績のほか、筆者が南相馬市公共交通活性化協議会と合同で実施した市民の活動実態調査結果に基づき、避難指示区域を抱えた原発被災地の交通に関わる諸問題を述べる。

### 1. 事業の概要と利用実績

南相馬市のジャンボタクシー事業は、当初、同市小高区を中心とした避難指示区域（当時）と鹿島区、原町区の応急仮設住宅などを結び、小高区を中心部へは週2日、それ以外の地区へは週1日のあわせて週3日の運行であった。運賃は無料であったが、原発事故前に本社営業所が小高区内にあったタクシー会社2社（三和商会、富士タクシー）に運行業務や車両の管理を委託したことで、両社は、事実上の営業再開となった<sup>\*1</sup>。また、利用者の大半が高齢者や移動

困難者であることが想定されたことに加え、避難指示の継続時は、一時帰宅した利用者を実際に避難先へ送迎する必要があったため、ジャンボタクシーの利用は、前日までの予約制とした。

表1は、ジャンボタクシー事業の変遷を示したものであるが、避難状況の変化に応じて運行形態の見直しが図られている。2016年7月12日に市内の避難指示が解除（帰還困難区域を除く）された後は、小高区を中心とする旧避難指示区域の生活交通としての役割も担い、小高区内はもとより、原町区内のスーパーや医療機関へのアクセスのほか、仙台市、福島市を結ぶ都市間バスや JR 小高駅への端末交通手段としても利用できるよう再編され、旧避難指示区域内は200円、原町区の市街地へは500円（いずれも中学生以下無料、「一時帰宅便」は引き続き無料）と有償化された。

表2は、運行開始から2015年末までの利用者数を示したものである。「一時帰宅便」の利

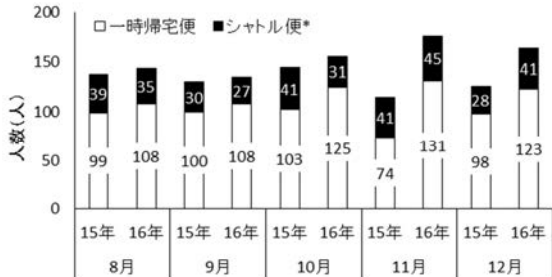
表1 ジャンボタクシー事業の変遷

年月日	事業内容
2012.10.30	鹿島区の応急仮設住宅を起点に避難指示区域（当時）内まで無料運行を開始。週3日、1往復/日の運行。
2013.4.9	借上住宅や市外の避難者に対応するため、JR 原ノ町駅や南相馬市役所など5カ所の停留所を追加。
2014.9.1	従前のジャンボタクシーを「一時帰宅便」として継続する一方、原町区と小高区を結ぶ「原町・小高間シャトル便」と避難指示区域（当時）内を循環する「おでかけ便」を増便。あわせて週5日、5往復/日の運行。
2016.7.12	避難指示解除に合わせて、「原町・小高間シャトル便」と「おでかけ便」を再編した「おでかけシャトル便」の運行開始。有償化。市立総合病院を起点とし、旧避難指示区域の生活交通としての利用が可能に。年末年始を除き毎日運行。「一時帰宅便」とあわせて4.5往復/日の運行（日祝日は3.5往復/日）。
2016.12.10	JR 常磐線のダイヤ改正（仙台～小高間の再開）に伴う時刻変更。「おでかけシャトル便」に限り、小高区中部エリア（小高市街地）内が乗降自由となり、一日7往復（日祝日は5往復/日）に増便。

表 2 ジャンボタクシーの利用者数

年月	一時帰宅便	シャトル便*	計
2012年	307	-	307
2013年	1,511	-	1,511
2014年	1,314	29	1,343
2015年	1,129	327	1,456

\*原町・小高間シャトル便。2014年9月1日運行開始



\*16年は「おでかけシャトル便」、15年は「原町・小高間シャトル便」

図 1 避難指示解除後の利用者数

用者は漸減傾向にあったが、避難指示が解除されると、再び増加に転じている（図 1）。また、従前の「おでかけ便」と「原町・小高間シャトル便」が再編された「おでかけシャトル便」の利用者数は、有償になったにも関わらず、11月以降は、前年同月よりも増加しており、従前地に帰還した市民の生活交通としても利用され始めていることが読み取れる。

## 2. 原発事故後の外出状況の変化

それでは、原発事故による外出状況の変化にはどのような特徴があるだろうか。筆者は、南相馬市地域公共交通活性化協議会とともに、市民アンケート調査を 2015 年夏に実施した<sup>2)</sup>。

表 3 は、原発事故前<sup>3)</sup>と比較した外出状況の変化を年齢層別に整理したものであるが、同時期に山形市民を対象に筆者と山形市企画調整課が実施したアンケート調査<sup>4)</sup>結果との比較を試みている。山形市は、東日本大震災や原発事故による直接の被害が小さく、原発被災地からも多くの市民が避難生活を送っており<sup>5)</sup>、南相馬市とは異なる環境にある。その結果、南相馬市民は、山形市民と比較して全ての年齢層で「行きたい場所が少なくなった」と回答した割合が有意に高かったが ( $\chi^2$  検定)、55 歳以上の層では「外出がおっくうになった」とする回答も有意に多くなり、外出意欲が低下する傾向が示された。一方で、原発事故後に「自家用車を運転するようになった」とする回答が南相馬市民で相対的に多くなったのも 55 歳以上であり、「外出がおっくうにかつた」とする回答が有意に多くなった年齢層と一致している。南相馬市

では、原発事故後に再開していない目的地施設が少なくないため、各年齢層で「行きたい場所が少なくなった」という回答が多くなったと考えられるが、「自家用車を運転せざるを得ない」環境ともあいまって、中・高齢層の外出意欲の低下を招いていると推察される<sup>1)</sup>。

このことは、原発被災地の特徴として捉えられるとともに、都市規模の違いによる商業等の集積や地域内モビリティ（バスサービスなど）の差にも起因していると考えられるが、原発事故による避難指示が出された市町村のなかでは、南相馬市が最多の人口であり、多くは数千から数万の規模である。そのため、南相馬市と同じように、中・高齢層の外出意欲が低下し、地域内の交流機会が失われる懸念がある<sup>1)</sup>。

表 3 原発事故前後の外出状況の変化<sup>2)</sup>

年齢層	行きたい場所が少なくなった 外出がおっくうになった			
	南相馬	山形市	南相馬	山形市
35～44歳	40.9%	5.3%	12.9%	8.0%
45～54歳	41.1%	25.8%	24.0%	22.6%
55～64歳	38.5%	11.1%	28.0%	16.2%
65～74歳	41.1%	16.2%	28.0%	13.1%
75～歳	41.0%	26.1%	41.7%	30.4%
	(n=1,473)	(n=530)	(n=1,473)	(n=530)

年齢層	外出頻度が減少した 自家用車を運転するようになった			
	南相馬	山形市	南相馬	山形市
35～44歳	18.3%	10.7%	11.8%	13.3%
45～54歳	34.2%	26.9%	10.3%	10.8%
55～64歳	33.0%	28.2%	15.7%	7.7%
65～74歳	41.3%	30.0%	14.6%	9.2%
75～歳	54.3%	48.7%	12.8%	3.5%
	(n=1,473)	(n=530)	(n=1,473)	(n=530)

0.0% p<0.05      0.0% p<0.01

## 3. 地域内のモビリティ確保に関する論点

南相馬市における地域内のモビリティは、原発事故後、必ずしも十分に確保されているとは言えない状況にある。市内を運行していた新常磐交通の路線バスは、未だ休止中（2017 年 1 月 10 日現在）であり、ジャンボタクシー事業以外には、福島交通の一部路線バスのほか、応急仮設住宅巡回バス（東北アクセス株式会社が運行）などが運行している程度である。その背景として、公共交通事業者の深刻な「乗務員不足」を挙げることができる。路線バスの運転に必要な大型二種免許の保有者数は、全国的に減少傾向にあり、福島県においても、平成 20 年末時点で 18,421 人（平均年齢 59.9 歳）であったものが平成 26 年末には 17,609 人（平均年齢 61.3 歳）に減少し、平均年齢も上昇している<sup>6)</sup>。また、タクシー事業に関しては、営業所の撤退や廃業が相次いでおり、震災前は 10 社程度であった市内のタクシー事業者は、5 社に減少して

いる (2016 年末現在)。こうした課題は、南相馬市に限らず、原発被災地に共通しており、地域内のモビリティを確保する制約条件になっている。

一方、避難指示が解除された地区においては公共交通需要の発生に空間的な特徴が見られる。図 2 は、「おでかけシャトル便」の予約データ (2016 年 7 月 12 日～同年 12 月 6 日) のうち、住所まで特定できたトリップを対象に、起終点の発生頻度を ArcGIS10.2 を用いて図示したものである。「おでかけシャトル便」は、前章のアンケート調査から明らかにされた主要な目的地をもとに、原町区内の商業施設 (ジャスコ、ヨークベニマル原町西店) や医療機関 (南相馬市立総合病院ほか) で乗降可能としたうえで (但し、図 2 の集計からはこれらの施設を外している)、小高区内で完結する移動にも利用できるようにした。その結果、分析対象となった 186 トリップエンドのうち、167 トリップエンドが JR 小高駅から半径 2km の範囲に集中していることが分かった。全体の 9 割近いトリップが JR 小高駅周辺に集中していることになり、限られた範囲をきめ細やかにカバーするモビリティの提供が重要であることが読み取れる。

また、より利用者数が多い「一時帰宅便」においても同様の分析をした結果、分析対象とした 963 トリップエンドのうち、77.8%にあたる 749 トリップエンドが JR 小高駅から半径 2km の範囲にあることが分かり、同様の傾向が得ら

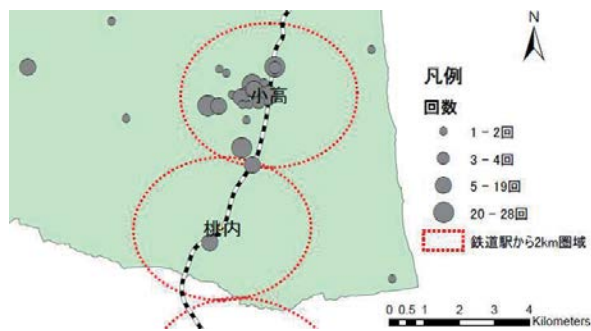


図 2 おでかけシャトル便の起終点発生頻度

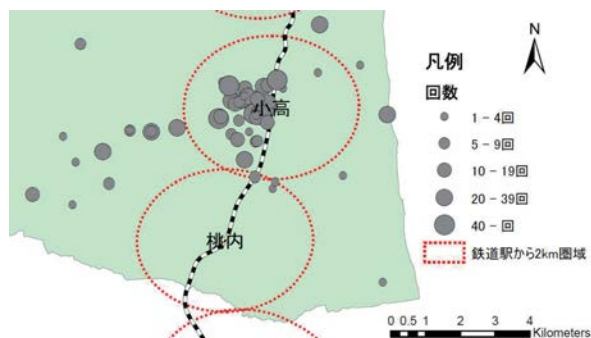


図 3 一時帰宅便の起終点発生頻度

れた (図 3)。また、多くの起終点 が JR 常磐線の西側にあることから、きわめて限られた範囲で公共交通需要が発生していることが読み取れる。こうした傾向は、帰還困難区域の占める割合の多い双葉郡の町村では一層顕著になることが想定されることから、地区内のモビリティは、路線バスやデマンド交通といった既存の公共交通モードに限らず、例えば、タクシーや自家用車のシェアリングなど、先述の供給制約と折り合うスキームを検討することが重要になると考える。

#### 補注

- \*1. 通常のタクシー営業ではなく、ジャンボタクシー事業への限定的な対応であった。
- \*2. 2015 年 7 月 23 日～8 月 12 日 (消印有効) にかけて、郵送配布・回収 (住民基本台帳による無作為抽出) で実施。3,100 世帯 (原町区 2,000、小高区・鹿島区各 500、無作為 100) を対象に、各世帯に 2 通のアンケート票を配布。1,031 通を回収。
- \*3. 山形市の質問文では「5 年前と比べて」と置き換えた。
- \*4. 18 歳以上の山形市民から 1,200 名を無作為抽出し、加えてその中で複数人世帯の 300 名については世帯のなかから更に 1 名を抽出し計 1,500 人に配布。617 通が回収され、有効回答率は 41.1%。
- \*5. 山形市には南相馬市からも 129 人が避難しており、県外では仙台市 (651 人)、名取市 (226 人) に次いで 3 番目に多い。(2017 年 1 月 5 日現在)
- \*6. 各年度の「運転免許統計」(警察庁交通局運転免許課) に基づく。平均年齢の算出については、1 歳刻みの年齢別運転免許保有者数により求めており、100 歳以上の階級については、すべて 100 歳として算出した。

#### 参考文献

- 1) 吉田 樹 (2016). 原発被災地の復旧・復興期における地域交通政策の論点, 土木計画学研究・講演集, 54, CD-ROM.
- 2) 吉田 樹 (2016). 東北地方における地域交通と都市間交通の課題と展望, 交通工学, Vol.51, No.3, pp.4-7.