

氏 名 辻本 惠

学位（専攻分野） 博士（学術）

学位記番号 総研大甲第 1508 号

学位授与の日付 平成 24 年 3 月 23 日

学位授与の要件 複合科学研究科 極域科学専攻
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 Risk of transporting non-native species into Antarctica

論文審査委員 主 査 教授 伊村 智
教授 福地 光男
准教授 工藤 栄
准教授 木場 英久 桜美林大学
特任教授 増沢 武弘 静岡大学
Senior research scientist Peter Convey
British Antarctic Survey

論文内容の要旨

Antarctic terrestrial ecosystems are not immune to the threat of biological invasions, and the urgent need for implementation of effective mitigation measures to minimize the risk of these occurring has been highlighted. Although many of the national operators and independent tour operators that transport personnel and/or cargo into Antarctica have implemented various bio-security procedures in recent years in order to reduce the risk of non-native species introductions, to date no specific bio-security policy or measure has been considered or adopted in the Japanese Antarctic Research Expedition (JARE) operation. In this study, risk of transporting non-native species into Antarctica was identified from the various perspectives associated with the activities of the JARE operations.

First, a non-native flowering plant found near Syowa Station was examined in order to identify the species as well as to specify the source of the introduction. Here the species of the grass which was once assigned as *Poa cf. trivialis* L. was determined based upon the morphological characteristics with the additional examination of the molecular systematics. The results of the study indicated the grass found growing near Syowa Station in Antarctica in 1995 to be included in the Svalbard salt marsh grass, *Puccinellia svalbardensis* Rønning, endemic to Spitzbergen, Svalbard in Arctic. Whereas a particular dispersal pathway of introducing the Arctic plant into Antarctica was not specified, a possibility of introduction of this species in association with the human activities was considered. The limited development of reproductive organs observed in the Antarctic grass suggested a possibility of the environmental conditions in the continental Antarctica having prohibited the grass from the successful establishment in the region. Meanwhile, successful introduction of an endemic Arctic species in the continental Antarctic region, where no higher plants had previously been reported, still demonstrated the considerable risk of introducing non-native

species from Arctic into Antarctic.

Second, the potential risk of non-native species introduction into Antarctica associated with the current JARE transportation operations was determined. The first part of this study was conducted on the clothing and equipment of JARE expeditioners on board *Shirase* under JARE 49, southbound to Antarctica in the 2007/08 austral summer. The study focused on quantifying propagule attachment and carriage on the various types of clothing and equipment item. The data obtained were combined with characteristics of those items in order to identify those elements posing the significant risk of non-native species transport and introduction in association with the JARE expeditioners transfer. Number of propagules collected from the clothing and gears of JARE expeditioners examined in this study was found less severe as compared with those results in the similar studies carried out by the other national Antarctic operations. The particular system of JARE operations, under which expeditioners are mostly issued new items, appears to have resulted in the very limited number of propagules encountered on their items. The risk of transporting propagules in this study was associated with items which had previously been used.

The latter part of this study was conducted on transportation operations to Antarctica under both the old (JARE 49, southbound to Antarctica in the 2007/08 austral summer) and the new systems (JARE 51, 2009/10) in order to identify any specific risks associated with the current and newly-adopted system relative to its predecessor. The study again focused on quantifying propagule attachment and carriage here on the outer surfaces of various types of cargo item. The data obtained were combined with a compositional survey of cargo according to packing types and storage locations in order to identify those elements posing the most significant risk associated with the JARE cargo transport operations. The second part of this study highlighted a considerable risk of transporting propagules of non-native species into

Antarctica under the current JARE cargo transportation system. The propagules found attached on the JARE cargo items including species known to be capable of establishing in severe environmental conditions such as those of the sub-Antarctic and Arctic clearly indicated the potential pressure and risk of those propagules to the Antarctic ecosystem. The highest risk of carrying propagules was associated with the JARE Steel Containers (JARE SCs) especially the larger 12ft containers stored in the open air. The study also demonstrated the increased use of JARE SCs resulting in an increase in the total exposed cargo surface area in the current operation, which in consequence would significantly elevate the risk of non-native species propagule entrainment and transport in the current JARE logistic operation. While the outer structure of the JARE SCs and the location and the structure of the new storage facilities in Tachikawa-shi were considered potential major factors contributing to the large number of propagules obtained in the current system, the higher level of cargo control possible by National Institute of Polar Research (NIPR) under the current JARE Cargo transportation operation was shown.

Third, a systematic survey was conducted among four national Antarctic operators, NIPR, Australian Antarctic Division, British Antarctic Survey, and Korea Polar Research Institute in order to assist with the development of best-practice guidelines of bio-security measures to minimize risk of transporting non-native species into Antarctica for JARE operation. For those categories already identified as potential vectors of transporting non-native species in the previous studies, fresh food, cargo transportation, clothing and equipment of expeditioners, vehicles and ships, bio-security measure of those four operators were compared in addition to the overall management policies and procedures if already developed and implemented. Numbers and contents of bio-security measures developed and implemented varied across the four institutions surveyed. Institutions holding stations of historically or

currently impacted by non-native organisms recognized the severity of the risk of transporting non-native species into these areas and have developed and implemented various management plan and bio-security measures over the introduction of non-native species. While plenty of scope for development and improvement of bio-security policies or measures to minimize the risk of transporting non-native species into Antarctica to be adopted for the JARE operations was shown in the study, urgent consideration and development of bio-security measures was highly recommended.

Whereas previous studies highlighted the potential risk of transporting non-native species into Antarctica in association with human activities, the current study on the Antarctic grass is the first to demonstrate the particular risk regarding the human-mediated transfer of propagules based upon the study on the actual occurrence of biological invasion in the Antarctica. Furthermore, this study provided an overview of the potential propagule pressures in association with the transportation of expeditioners and cargo under the current JARE operation. Accordingly, numbers of appropriate preventative measures were proposed for adoption into the JARE transportation operation based upon the findings in order to minimize the risk of transfer of non-native species into Antarctica through the activities of JARE.

本論文は、南極への外来種の持ち込みの危険性を、日本南極地域観測隊（以後、JARE とする）の活動の様々な局面において明らかにすることを目的としたものである。南極陸上生態系は、生物的侵略の脅威に対する免疫が乏しく、大きな影響を受けやすいと考えられている。南極に人員や貨物を輸送する多くの国家事業実施機関や旅行業者は近年、外来種の導入の危険性を軽減するための様々な生物管理対策を実施してきている。しかし、JARE においては、ほとんど何の対策も行なわれていないのが実情であった。

本論文は二部構成となっており、それぞれ 1) 昭和基地周辺で発見された外来顕花植物の移入起源の推定、および 2) JARE の輸送に関わる南極への外来種持ち込みの潜在的危険性の検討を行っている。さらに、日本の南極観測活動における、外来種持ち込みの危険性を軽減するための対策を提言した。

1) 昭和基地近辺で発見された外来顕花植物の移入起源の推定では、*Poa trivialis* オオスズメノカタビラであるとされてきた植物について、外部形態および分子系統学的研究から再検討を行っている。その結果、この植物は北極のスバルバル諸島スピッツベルゲン島に固有の *Puccinellia svalbardensis* という塩性湿地に生育する種と、形態的特徴および *ndhF* 遺伝子の塩基配列が一致した。北極域に自生するこの種が南極に持ち込まれた具体的な経路は不明であるが、これまで仮説として提唱されてきた、環境条件の近い北極域から南極域への外来種侵入の危険性を実証した、きわめて重要な成果である。

2) JARE の輸送に関わる南極への外来種持ち込みの潜在的危険性については、a. 観測隊員の衣類および装備品への付着、b. 輸送システム変更に関わる貨物への付着、および c. 輸送システムの国際間比較の 3 点において検討されている。

a. 2007 年から 2008 年の JARE49 夏隊に同行して、「しらせ」船上で観測隊員の衣類と装備からの繁殖体検出を試みている。その結果、検出された繁殖体はわずかで、他国の南極観測活動に比較して遙かに少ないものであり、かつそのすべては中古品に付着していることが示された。日本の観測隊の特徴は、ほとんどの衣類・装備について新品を支給している点が指摘され、これが繁殖体の付着を制限していると考えられた。

b. 新「しらせ」の就航と国立極地研究所の立川移転によって、第 51 次隊からの観測物資の輸送システムは大きく変化した。そこで、2007 年から 2008 年の第 49 次隊と、2009 年から 2010 年の第 51 次隊とで貨物表面への繁殖体付着状況を比較することで、新しい輸送システムの危険性の検証を行っている。貨物表面から繁殖体をサンプリングし、種子についてその種類を同定するとともに、貨物の梱包形態と保管場所による違いが検討された。検出された繁殖体は、国立極地研究所の立川キャンパス周辺に生育している雑草の種子であったが、その中には亜南極や南極といった厳しい環境下にも定着している種が含まれており、これらの種子が南極に持ち込まれた際に定着してしまう危険性が示唆された。最も重大な危険性は、野外保管される 12 フィートのスチールコンテナにあることが明らかになった。これは新「しらせ」の就航とともに、主要な輸送手段として導入されたものである。スチールコンテナの使用数の増大は、露天保管物資の表面積を増加させ、南極へ外来種の繁殖体を持ち込む危険性を増加させている。特にスチールコンテナは繁殖体が付着しやすい外部構造を持つことと、立川における屋外保管場所が植生に囲まれていることにより、大量の繁殖体の付着が引き起こされていることが明らかになった。しかし一方で、51 次以降輸送貨物のほとんどが極地研を經由して

運ばれることになったことから、極地研による貨物の集中管理が可能であり、高圧洗浄機などを用いた繁殖体除去対策の導入により、十分な効果が期待できることが示された。

c. JARE による南極への外来種の持ち込みの危険性を軽減するための、生物管理のガイドラインを整備することを目的とし、日本の国立極地研究所、オーストラリア南極局、英国南極調査所、韓国極地研究所のシステムについて比較調査が実施された。これまでの研究で外来種持ち込みの潜在的な媒体であることが明らかになっている、生鮮食料、貨物、隊員の衣類と装備、車両と船舶について、生物管理対策とともに物資輸送全体の管理方針と施策が比較された。歴史的に、あるいは近年になって外来種の影響が大きい地域に基地を持つ国々では、様々な生物管理施策を用意していた。ここまでの研究結果から、JARE においても多角的な対策が必要であることが示されており、今後は具体的な検討を早急に進める必要があると結論づけられた。

これまでの研究では、人間活動に関わる南極への外来種持ち込みの潜在的な危険性が指摘されてきていたが、本研究で扱った南極に見つかった外来顕花植物は、大陸性南極における外来種侵入の初めての事例である。本植物の分類学的位置を明確に示し、移入起源を推定した意義はきわめて大きい。さらに本研究は、JARE の輸送システムによる観測隊員と貨物によって運ばれる Propagule pressure の全体像を明らかにし、それによる外来種持ち込みのリスクを最小化するための、いくつかの適切な予防的手段を提唱している。南極における外来種の Propagule pressure という生態学的に重要な概念の検討から、観測を継続してゆく上で欠かすことの出来ない南極環境保全対策にまで踏み込んだ、きわめて意欲的な研究である。

なお、本研究の一部は国際学術誌に投稿され、既に受理されている。

以上のことから、本論文は極域科学専攻の学位論文に値するものと認められた。