

第 13 南極特別保護地区管理計画 (ASPA113)

パーマー群島のアンヴァース島アーサー湾のリッチフィールド島

はじめに

リッチフィールド島は南緯 64 度 46 分、西経 64 度 06 分、南西アンヴァース島のアーサー湾内に位置する。おおよその面積は 0.34 km²である。リッチフィールド島は、その沿岸部と共に非常に豊富な海洋及び陸域の生物を有し、周辺の島々の中でも在来鳥類 6 種の繁殖地として特異であり、また南極半島地域の自然生態系の顕著な例を提供している。加えて、リッチフィールド島は植生の成長が豊かであり、アーサー湾内の島の中で最も多様な地形に変化があり、かつ陸域生息地の多様性に最も富んだ場所である。

本地区はアメリカ合衆国の提案の後、勧告 VIII-1 (1975 年) を通して特別保護地区 (SPA) No. 17 に指定され、決議 1 (2002 年) により第 13 南極特別保護地区と名称と番号が改められた。最初の管理計画は措置 2 (2004 年) により採択され、措置 4 (2009 年) により改定された。

本地区は環境 E-南極環境領域分析と地域 3 に基づいた南極半島、アレキサンダー島及びその他の島々-南極保護生物地理区に基づいた北西南極半島内に位置する。リッチフィールド島は、第 7 南極特別管理地区 (南西アンヴァース島とパーマー流域) 内に位置する。

1. 保護すべき価値の記述

南極半島アンヴァース島アーサー湾のリッチフィールド島 (南緯 64 度 46 分、西経 64 度 06 分、0.34km²) は、当初は、「リッチフィールド島及びその沿岸が非常に豊富な海洋及び陸域の生物を有し、周辺の島々の中でも 6 種の在来の鳥類の繁殖地として特異であり、また南極半島地域の自然生態系の重要な例を提供している」という理由により指定された。

現行の管理計画は、鳥類群集に関する当初の指定理由を再確認するものである。リッチフィールド島は南極半島の中央西部地域を代表する多様な鳥類群集を支えている。リッチフィールド島で繁殖していると記録されている鳥の種数は、現在 6 種である。これは、最近のアデリーペンギン (*Pygoscelis adeliae*) の本島における局所的絶滅に伴うものである。個体数の減少は、積雪の増加と海水範囲の縮小がエサの入手性と幼鳥の生存の双方に負の影響を与えた結果である (McClintock *et. al.* 2008)。リッチフィールド島において繁殖が記録されている鳥類は、ミナミオオフルマカモメ (*Macronectes giganteus*)、アシナガウミツバメ (*Oceanites oceanicus*)、ミナミオオセグロカモメ (*Larus dominicanus*)、ナンキョクオオトウゾクカモメ (*Stercorarius maccormicki*)、チャイロオオトウゾクカモメ (*S. lonnbergi*) 及びナンキョクアジサシ (*Sterna vittata*) である。これらのコロニーが相対的に人間活動の影響を受けていない状態であることも、本地区の重要な価値である。

1964年、リッチフィールド島は、南極半島地域で知られているうちで最も広大なコケ類のカーペットを支えており、その優先種である *Warnstorfia laculosa* は当時、南極近くにあるものと考えられていた (Corner, 1964a)。現在では、*W. laculosa* は、グリーン島 (ASPANo. 108、ベルトロ諸島) 及びアヴィアン島 (ASPA No. 118、マルグリット湾) を含むさらに南の多くの箇所でも発生することが知られている。従って、リッチフィールド島において本種が南限近くにあるとの当初の価値は、有効ではなくなっている。それにもかかわらず、その時点でリッチフィールド島はグラハム・ランドの西側沿岸における海洋南極植生の最良の例の1つを代表していた。さらに1982年には、*Chorisodontium aciphyllum* 及び *Polytrichum strictum* の深さ最大1.2mに及ぶ数か所の堆積層が記述され、南極半島地域において最良の例と考えられた (Fenton and Lewis Smith 1982)。2001年2月、ナンキョクオットセイ (*Arctocephalus gazella*) の影響によってこれらの価値が深刻な危機にさらされていることが観察された。ナンキョクオットセイによる踏みつけと富栄養化が島下部のアクセス可能な斜面における植生の広範囲に被害を与え、破壊した。ミナミゾウアザラシ (*Mirounga leonine*) も、局地的ではあるが深刻な影響を与えていた。それ以前にはコケ類のカーペットで厚く覆われていた複数の地域は完全に破壊され、一方、他の地域は中度から重度の被害を受けた。ナンキョクコメススキ (*Deschampsia antarctica*) の斜面はより耐性が強く、ナンキョクオットセイが無数存在する箇所においても存続しているが、被害の兆候は明らかである。しかし、島の傾斜が大きく高度がある箇所及びオットセイが接近不可能な他の地域では、植生が被害を受けずに残存している。さらに、観察結果から、最近のナンキョクオットセイ個体数の局所的な減少が、リッチフィールド島において以前損傷を受けた植生の回復を導いていることが示唆されている (Fraser and Patterson-Fraser per. comms. 2014)。植生が以前より広範囲ではなくなり、何箇所かのコケ類のカーペットが損害されている一方、残存している植生は引き続き価値あるものであり、当該島の特別保護の重要な理由となっている。リッチフィールド島はまた、アーサー湾の島々の中で最も変化に富む地形と最も多様な陸域生息地を有している。

南極半島では現在、地域的温暖化を世界のどこの観測地よりも高い速度で経験している。リッチフィールド島を取り巻く海洋生態系では、同地域のアデリーペンギン及びナンキョクオットセイ個体数の減少や植生パターンの変化など、こうした気候温暖化に対応して顕著かつ急速な変動を受けている。このように、リッチフィールド島を比較的かく乱を受けていない状態に維持することには、この生態系の長期的研究のための潜在的価値があるところである。

やむを得ない科学的理由に限って立入り許可証が発給されてきたところであり、リッチフィールド島は、この地域における科学活動の近年のほとんどの期間において特別な保護を与えられてきた。したがって、リッチフィールド島は集中的な訪問、調査またはサンプリングの対象となったことがなく、人間活動による影響が相対的に少ない陸地としての価値を有する。そのため、本地区は、ある種についてより利用頻度の高い地域とのある種の比較研究における参照地区として、また豊富に存在する特定の種及び微気候における長期変動についてモニタリングを行う地域として、価値を有する。本島は近くのパーマー基地(アメリカ合衆国)から小型ボートで容易に接近することができるとともに、またアーサー湾には観光船がしばしば訪れている。したがって本地区が人間活動の影響を比較的受けないままであるようにするためには、特別保護の継続が重要である。

本指定区域は、全ての沖合の小島と岩石を除き、リッチフィールド島の干潮水位以上の全ての土地を含むと定義される。

2. 目的

リッチフィールド島における管理の目的は以下のとおりである：

- 本地区への不必要な人間によるかく乱及びサンプリングを防止することにより、本地区が有する価値の劣化あるいは重大なリスクを避ける。
- 他では実施できず、本地区の保護されるべき価値を危うくしない正当な事由があった場合には、自然生態系や物理的環境に関する科学的研究を認める。
- 他では実施できず、本地区の保護されるべき価値を危うくしない正当な事由があった場合には、教育的及び普及目的（視聴覚、又は文書での記録映像報道、教材やサービスの製作）での訪問を認める。
- 外来の植物、動物、微生物を本地区内に持ち込むリスクを最小限にする。
- 本地区の動物に病気を発生させるような病原菌を持ち込むリスクを最小限にする。
- 管理計画の目的を支援するような管理目的での訪問を認める。

3. 管理活動

本地区の価値を保護するため、以下の管理活動が実行されなければならない：

- 本地区の位置を示す標識（適用される特別な制限を述べたもの）について、目立つように表示されなければならない。地区の地図を含む本管理計画の複写をパーマー基地(米国)で閲覧可能としておかなければならない。
- 本管理計画の複写は、地区を訪問しパーマー基地近辺で運用される全ての船舶及び航空機で閲覧可能でなければならない。本地区の近隣で作業し、立入り又は上空飛行するすべての者（国家プログラムの職員、現地探検隊、観光団体のリーダー、パイロット及び船長）は、国家プログラム、観光事業者または適切な国家当局から、本地区の位置、境界線、地区への立入り及び上空飛行に適用される制限について、情報を与えられなければならない。
- 国家プログラムは、地区の境界及び適用される制限が関連する地図、航海図及び航空地図上に標識をつけることを確実にするための措置をとらなければならない。
- 科学または管理目的で設置した標識、標示または構造物については、安全かつ良好な状態で維持するとともに、必要としなくなった場合には除去しなければならない。
- 訪問については、本地区が指定された目的が達成し続けられるかを評価するとともに、管理及び維持の措置が適当であることを確保するために必要な程度(少なくとも 5 年に 1 回)行わなければならない。

4. 指定の期間

指定の期間は無期限である。

5. 地図及び写真

地図 1 : ASPA No. 113 リッチフィールド島、アーサー湾及びアンヴァース島、近隣基地(パーマー基地、アメリカ合衆国; Yelcho 基地、チリ; ポートロックロイ史跡記念物 No. 61、イギリス)の位置、南極特別管理地区 No. 7 アンヴァース島南西部並びにパーマー盆地の境界線及び付近の保護地区の位置を示したもの。

図法: ランベルト等角円錐図法; 中央子午線: 西経 64 度 00 分; 標準緯線: 南緯 64 度 40 分及び南緯 65 度 00 分; 原点緯度: 南緯 66 度 00 分; 球体及び水平原点: WGS84; 等高線間隔: 陸上 250m、海洋 200m。

データソース: 海岸線及び地形は SCAR Antarctic Digital Database v4.1 (2005 年); Bathymetry: IBCSO v.1 (2013 年); 保護地区: ERA (2013 年 7 月); 基地: COMNAP (2013 年 5 月)

挿入図: 南極半島との関連からのアンヴァース島及びパーマー群島の位置。

地図 2 : ASPA No. 113 リッチフィールド島: 地形的特性と選択された野生生物。

図法: ランベルト等角円錐図法; 中央子午線: 西経 64 度 06 分; 標準緯線: 南緯 64 度 46 分及び南緯 64 度 48 分; 原点緯度: 南緯 65 度 00 分; 球体及び水平原点: WGS84; 垂直原点: 平均海拔; 等高線間隔: 陸上 5m; 海洋 20m; 水平精度±2m、垂直精度±3m の正射投影写真による (2009 年 2 月、ERA 2014) 海岸線、地形、植生及びミナミゾウアザラシがゴロゴロする場所; 測深は Asper & Gallagher PRIMO 調査 (2004 年); オオトウゾクカモメ: W. Fraser (2001-09 年); 以前のペンギンコロニー: USGS 正射投影写真 (1998 年); 調査印: USGS; キャンプ地点、ボート接岸地点: RPSC; 保護地区と区域: ERA (2014 年 1 月)。

6. 本地区の概要

6(i) 地理学的経緯度、境界の標識及び自然の特徴

概要

リッチフィールド島(南緯 64 度 46 分 15 秒、西経 64 度 05 分 40 秒、0.34km²)は、パーマー群島として知られる南極半島の西域にあたるアンヴァース島 Gamage 岬のパーマー基地(アメリカ合衆国)から西に約 1,500m にあるアーサー湾に位置する(地図 1)。リッチフィールド島は、アーサー湾において最大の島の 1 つであり、北西から南東が 1000m、北東から南西は約 700m となっている。リッチフィールド島は、アーサー湾の島々の中でも最も変化に富んだ地形と多様な陸域生息地を有する(Bonner and Lewis Smith 1985)。数箇所の丘陵は、30-40m のたかさであり、島の中央西部では最大標高 48m に達する(地図 2)。これらの斜面や海岸には、岩の多い露頭がよく見られる。主に南斜面と谷間に見られる小規模な残雪を除き、夏季には島から氷がほぼ消滅す

る。北東及び南東の海岸では高さ 10m に達する崖が見られ、北及び南の湾では礫質の海浜を伴う。

指定区域は、すべての沖合の小島及び岩石を除いた、干潮水面上の全てのリッチフィールド島と定義される。海岸自体が明確に定義され、視覚的に明確な境界となっているため、境界標識は設置されていない。本島の保護状況について注意を喚起するための標識が数個設置されており、劣化が進んではいるものの判読可能である (Fraser pers. comm. 2009)。

気候

リッチフィールド島に関する気象データはほとんどないが、1983 年 1 月から 3 月にかけてリッチフィールド島の北向き及び南向きの 2 箇所のサイトにおいて気温データが収集された (Komárková 1983)。北向きの地点はより暖かく、1983 年 1 月の気温はほぼ 2°C から 9°C、2 月は -2°C から 6°C、3 月は -2°C から 4°C の範囲であった。この期間に同地点において、最高気温 13°C 及び最低気温 -3°C が記録された。南向きの地点は全般的に約 2°C 低くなっており、1 月の気温は 2°C から 6°C、2 月は -2°C から 4°C、3 月は -3°C から 2°C の範囲であった。南向き地点においては、最高気温 9°C 及び最低気温 -4.2°C が記録された。

パーマー基地について入手できる長期データでは、付近の海洋条件及びアーサー湾地域に高頻度で持続的に雲が拡散するため、地域気温が比較的温暖であることが示されている (Lowry 1975)。パーマー基地において 1974 年から 2012 年に記録された年平均気温は、明確な温暖化傾向を示しているが、また顕著な年度別変動も示している (図 1)。同期間に記録された最高気温は 2010 年 3 月の 11.6°C であり、最低気温は 1995 年 8 月の -26°C であった。過去の研究では、8 月が最も寒冷、1 月が最も温暖であることを明らかにしている (Baker 1996)。パーマー基地では、暴風及び降水が頻繁であり、風は、継続的だが風力は概して弱～中程度の強さであり、北東からの卓越風となっている。

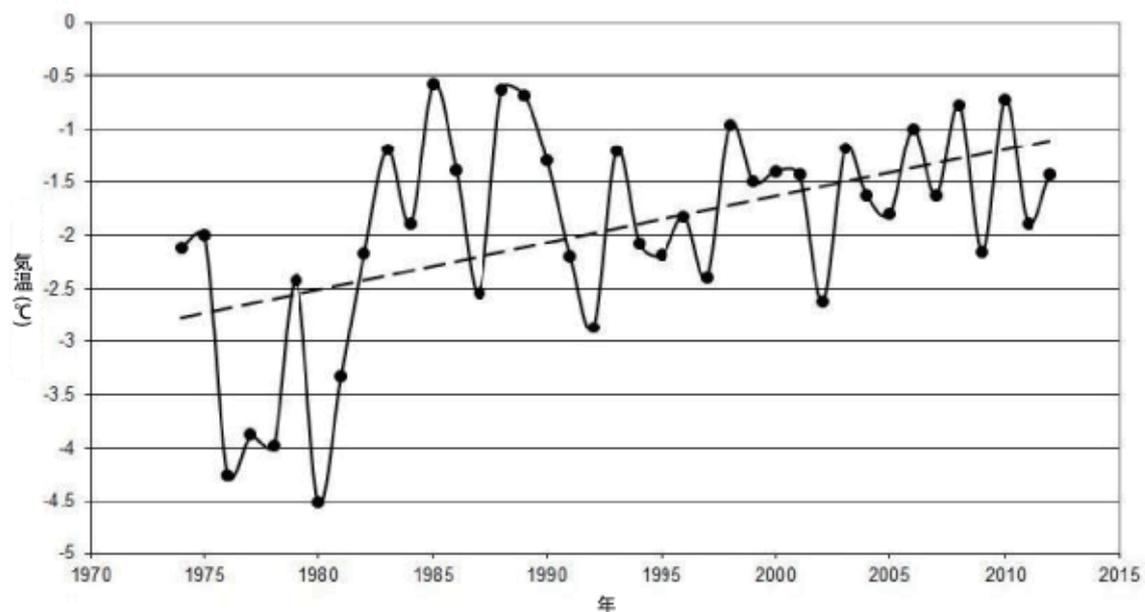


図 1. パーマー基地における 1974 年から 2012 年の年平均地表大気温

出典：Palmer LTER

(<http://oceaninformatics.ucsd.edu/datazoo/data/pallter/datasets?action=summary&id=189>)

地質、地形及び土壌

リッチフィールド島は、アンヴァース島の南西岸に沿って存在する小規模な島々と岩石質の半島の中の 1 つである。これらは白亜紀後期から第三紀初期の岩種であり、変質作用を受けた岩石群 (Altered Assemblage) と呼ばれる稀な岩石群から構成されている (Hooper 1962)。変質作用を受けた岩石群 (Altered Assemblage) の主要な岩種は、石英閃緑岩の 1 タイプであるトーナル岩及び淡色の深成岩であるトロニウム岩である。斜長石、黒雲母、石英及びホルンブレンド (普通角閃石) といった鉱物を多く含む花崗岩及び火山岩もよく見られる。リッチフィールド島は、東部及び西部の主に明灰色で中粒度のトーナル岩及びトロニウム岩を分割する中-濃灰色で細粒の閃緑岩から構成される中央帯によって特徴付けられる (Willan 1985)。東部は、南北及び東西に走る最大で 40m に達するより暗色の岩脈が特徴的である。微量の石英、緑れん石、緑泥石、黄鉄鉱及び黄銅の最大で 8cm 厚になる鉱脈が、南南東に走りトーナル岩を横切っている。濃灰色で細粒の微量に磁鉄鉱を含む斜長石-斑状岩脈が、東北東から東南東を走る。無数の濃灰色の長石-斑状岩脈が西部にあり、厚さは最大 3m、南北及び東南東方向に走る。これらは、まばらな石英、緑れん石、緑泥石、黄鉄鉱、黄銅及び斑銅の最大で 20cm 厚の岩脈を横切る若しくは横切られている。

リッチフィールド島の土壌について記述されたことはないが、コケ類の豊かな成長がある、もしくはかつてあった場所には、最大 1m の深さに達する泥炭状の土壌がある可能性がある。

淡水生息地

リッチフィールド島にはいくつかの小規模な沼が存在する：そのうちの 1 つは島の北東部中央の丘陵に位置し、藻類 *Heterohormogonium* sp. 及び *Oscillatoria brevis* が生育すると記述されている。もう 1 つは、50m 南に位置し、*Gonium* sp.、ナンキョクカワノリ (*Prasiola crispa*)、*P. tessellata* 及び *Navicula* sp. が生育すると記述されている (Parker *et al.* 1972)。

植生

リッチフィールド島の植物群落については、1964 年に詳細な調査がされた (Corner 1964a)。その当時、リッチフィールド島の植生はよく発達して多様な植物相を有する複数の別個の群落が成立していた (Lewis Smith and Corner 1973; Lewis Smith 1982)。南極の維管束植物であるナンキョクコメススキ (*Deschampsia antarctica*) 及びナンキョクミドリナデシコ (*Colobanthus quitensis*) の双方が存在していた (Corner 1964a; Greene and Holtom 1971; Lewis Smith and Corner 1973)。Corner (1964a) は、ナンキョクコメススキが島の北部及び北西部の沿岸に沿って

一般的であり、またより局所的なパッチが、内陸の鉱物質の堆積物を伴う岩棚に生育していたことを記述している (Greene and Holtom 1971; Lewis Smith 1982)。ナンキョクミドリナデシコは、2箇所が存在していた：北東岸のパッチは、約9×2m及び北西岸の急傾斜の波に洗われた崖の上部に散在するおよそ6つのクッションである。この2つの維管束植物によく関連していたのは、コケ類カーペットの群集であり、オオハリガネゴケ (*Bryum pseudotriquetrum*)、*Syntrichia princeps* 及び *Warnstorfia laculosa* から構成されていた (Corner 1964a)。これはナンキョクミドリナデシコ及びナンキョクコメススキの分布を制御する要因として、適した基層の入手可能性及び気温が含まれる (Komarkova et al. 1985)。リッチフィールド島で具体的に研究されたものではないが、近年の温暖化の問題でナンキョクミドリナデシコの既存個体群が拡大し、アーサー湾地域において新たなコロニーが定着している (Grobe et al. 1997; Lewis Smith 1994)。

1982年には、水はけのよい岩斜面に *Chorisodontium aciphyllum* 及び *Polytrichum strictum* の堆積層が深さ最大1.2mに達していることが記述されており、南極半島地域におけるこれらの種の最も良好な数例であると考えられていた (Fenton and Lewis Smith 1982; Lewis Smith 1982)。芝生状コケ類で覆われている露岩地域については、固着地衣類、*Cladonia* spp. の数種、*Sphaerophorus globosus* 及び *Coelocaulon aculeatum* によって覆われていた。風雨にさらされない深い小峡谷では、*Usnea antarctica*, *U. aurantiaco-atra* 及び *Umbilicaria antarctica* から構成される地衣類によって厚く覆われている箇所がしばしば存在していた。東西に走る幅の狭い谷底には、高さ約0.5mの芝生状 *P. strictum* の盛り上がった箇所が発生していた。苔類 *Barbilophozia hatcheri* 及びナンキョクコヤバネゴケ (*Cephaloziella varians*) が、特に凍上流路において、またしばしば露出した腐植層上に矮性個体として、この芝生状群集と関連していた。

島には、常に湿潤な地域が多数存在し、この地域の際立った特徴とは、南極半島地域で知られる中で最大の *W. laculosa* が占めるコケ類カーペットの1つであった (Fenton and Smith 1982)。他の場所では、*S. uncinata* 及び *Brachythecium austro-salebrosum* がより小規模な生育地を形成していた。コケ類のカーペット群集が芝生状群集と混じりあうより乾燥した地域では、*Pohlia nutans* が生育していた。

岩表面は、コケ類の層上に発生する無数の着生種に加え、地衣類が優占となっている多様な群集を支えていた。地衣及び蘚苔類の疎生群集が、海岸付近の岩場や崖及び島中央部を被覆していた。島の南岸は地衣類の固着種から構成され、コケ類 *Andreaea depressinervis* 及び *A. regularis* とともに *Usnea antarctica* が優占していた。葉状藻類であるナンキョクカワノリ (*Prasiola crispa*) が、ペンギンのコロニー及び他の海鳥の生息地に関連して小規模な生育地を形成している。

本地区において存在すると記録されている他の植物種：苔類 *Lophozia excisa*; 地衣類 *Buellia* spp.、*Caloplaca* spp.、*Cetraria aculeata*、*Coelopogon epiphorellus*、*Lecanora* spp.、*Lecidia* spp.、*Lecidella* spp.、*Lepraria* sp.、*Mastodia tessellata*、*Ochrolechia frigida*、*Parmelia saxatilis*、*Physcia caesia*、*Rhizocarpon geographicum*、*Rhizocarpon* sp.、

Stereocaulon glabrum、ネナシイワタケ (*Umbilicaria decussata*)、*Xanthoria candelaria*、*X. elegans*；コケ類 *Andreaea gainii* var. *gainii*、*Bartramia patens*、*Dicranoweisia grimmiacea*、*Pohlia cruda*、*Polytrichastrum alpinum*、*Sarconeurum glaciale*、*Schistidium antarctici* (BAS Plant Database 2009)。

以前には、ナンキョクオットセイ (*Arctocephalus gazella*) の個体数増加が、低標高地のコケ類の堆積層及びカーペットに顕著な被害を与えていた (Lewis Smith 1996; Harris 2001)。しかし、観察結果より、リッチフィールド島における最近のナンキョクオットセイ個体群の減少に伴い、過去に損傷を受けた植生が回復し始めている箇所もあることが示唆されているが、島を移動しているミナミゾウアザラシ (*Mirounga leonina*) の近年の増加により、これらによって埋まってしまう場所 (地図 2) 及び立入り経路への深刻な損傷が招かれている (Fraser and Patterson-Fraser, pers. comms. 2014)。ナンキョクオットウゾクカモメ (*Stercorarius maccormicki*) がコケ類の堆積層に営巣し、いくつかの局所的な破壊の原因となっている。

無脊椎動物、細菌類及び菌類

リッチフィールド島の無脊椎動物相については詳細には研究されていない。1966 年の観察によれば、無脊椎動物の大きな個体群が属、*Cryptopygus* 属、*Parisotoma* 属及び *Belgica* 属に加え、特に *Cyrtolaelaps* 属、*Protereunetes* 属、*Stereotydeus* 属、*Rhagidia* 属、*Tydeus* 属、*Alaskozetes* 属及び、*Opisa* のコロニーが記録されている。*Belgica* 属の幼生が草本とコケの下に多数、1 m² 当たり約 10,000 個が存在していた。*Nanorchestes* 属及び *Cryptopygus* が、緑藻類 *Pandorina* 属の上に多数存在していた。非常に少数ではあるが、ダニ類 *Rhombognathus gressitti* が島の岩場の浜と干潟に存在していた (Gressitt 1967)。主に北向き斜面のコケ類のパッチにおいて、クマムシ類 *Macrobotus furciger*、*Hypsibius alpinus* 及び *H. pinguis* が観察されている (Jennings 1976)。

繁殖鳥類

リッチフィールド島では 6 種の鳥類が繁殖しており、アーサー湾地域において最も多様な鳥類相の繁殖地の 1 つとなっている。小規模なアデリーペンギン (*Pygoscelis adeliae*) のコロニーが島の東側に位置し、1971 年より定期的に調査されてきた (表 1、地図 2)。30 年間における繁殖つがい数の著しい減少に続き、リッチフィールド島におけるアデリーペンギンは現在のところ、絶滅している (Fraser pers. comm. 2014)。個体数の減少は、海氷分布と積雪の変化によるものである (McClintock *et al.* 2008)。アデリーペンギンは、採餌場へのアクセスと主要な餌であるナンキョクオキアミの発生量に影響を与える海氷集中度の変化に敏感である (Fraser and Hofmann 2003; Ducklow *et al.* 2007)。パーマー LTER 研究地域内における近年の無氷状態の著しい拡大は、南極半島西部の北沿岸部においてナンキョクオキアミ発生量が 80% 減少したと同時に起こり、その結果、リッチフィールド島に生息するアデリーペンギンの餌供給量が著しく減少したと思われる (Fraser and Hofmann 2003; Forcada *et al.* 2008)。近年、アーサー湾地域では春期の暴風雪がより頻繁かつより激しく発生するようになり、広範囲における降水量の増加とあいまって、アデリーペンギンのヒナ及び卵の致死率が高められていると考えら

れる(McClintock *et al.* 2008; Patterson *et al.* 2003)。リッチフィールド島のコロニーはパーマー地域で研究されている7つのペンギンコロニーの中でもっとも多くの降雪を受け、個体数の減少ももっとも急速である。これは降雪量の増加がアデリーペンギンの減少要因となっていることを強く示唆するものである(Fraser, in Stokstad 2007)。

表 1. リッチフィールド島で繁殖するアデリーペンギン(*Pygoscelis adeliae*)の数 1971-2009

年	繁殖 ペア	カウ ン ト タイ プ ¹	出 典	年	繁殖 ペア	カウ ン ト タイ プ ¹	出 典	年	繁殖 ペア	カウ ン ト タイ プ ¹	出 典
1971-72	890	N3	2	1986-87	577	N1	3	2000-01	274	N1	3
1972-73				1987-88	430	N1	3	2001-02	166	N1	3
1973-74				1988-89				2002-03	143	N1	3
1974-75	1000	N4	2	1989-90	606	N1	3	2003-04	52		4
1975-76	884	N1	3	1990-91	448	N1	3	2004-05	33		4
1977-78	650	N1	2	1991-92	497	N1	3	2005-06	15		4
1978-79	519	N1	2	1992-93	496	N1	3	2006-07	4		4
1979-80	564	N1	2	1993-94	485	N1	3	2007-08	0		4
1980-81	650	N1	2	1994-95	425	N1	3	2008-09	0		4
1981-82				1995-96	410	N1	3	2009-10	0		5
1982-83				1996-97	346	N1	3	2010-11	0		5
1983-84	635	N1	2	1997-98	365	N1	3	2011-12	0		5
1984-85	549	N1	2	1998-99	338	N1	3	2012-13	0		5
1985-86	586	N1	2	1999- 2000	322	N1	3				

1. BP = 繁殖ペア、N = 巣数、C=ヒナ、A = 成鳥 ; 1 = $\pm 5\%$、2 = $\pm 5-10\%$、3 = $\pm 10-15\%$、4 = $\pm 25-50\%$ (Woehler, 1993 の分類による)。
2. Parmelee and Parmelee, 1987 (N1 及び 12 月のカウントは同じシーズンにいくつかのカウントがなされた箇所に示されている)。
3. W. R. Fraser のデータは複数の既及び未発表の資料に基づき 2003 年 2 月に提供されたものである。
4. W. R. Fraser のデータは 2009 年 1 月に提供されたものである。
5. W. R. Fraser のデータは 2014 年 2 月に提供されたものである。

リッチフィールド島では少数のミナミオオフルマカモメ (*Macronectes giganteus*) が繁殖する。1978-79 年には約 20 組が記録され、その中にはオーストラリアで標識を付けた抱卵中の成鳥が含まれていた (Bonner and Lewis Smith 1985)。繁殖つがい数に関するより最近のデータは、表 2 のとおりであり、継続的に増加傾向にあり安定しつつあることを示している。リッチフィールド島とパーマー基地周辺における個体数の増加及び現在の安定化は、南極半島地域の広範囲でオオフルマカモメが減少している中で注目すべき例外である。これは獲物が豊富な餌場に近いか、地域内で商業漁業活動の水準が比較的低いことによる (Patterson and Fraser 2003)。2004 年の南半球の夏季に、パーマー基地に近い 4 つのコロニーのオオフルマカモメのヒナ 6 羽

がボックスウイルスに感染していることが判明した(Bochsler *et al.* 2008)。同ウイルスの発生理由及びウイルスがオオフルマカモメの個体群に及ぼす潜在的影響については現在不明である一方、アデリーペンギンも同様に感染しやすいであろうことが示唆されている。

表2：リッチフィールド島におけるミナミオオフルマカモメ (*Macronectes giganteus*) の繁殖個体数 1993-2012年 (巣個数調査の精度 \pm 5%)

年	繁殖ペア	年	繁殖ペア	年	繁殖ペア
1993-94	26	2000-01	39	2007-08	45
1994-95	32	2001-02	46	2008-09	57
1995-96	27	2002-03	42	2009-10	52
1996-97	36	2003-04	47	2010-11	60
1997-98	20	2004-05	48	2011-12	54
1998-99	44	2005-06	43	2012-13	54
1999-2000	41	2006-07	50		

出典：W. R. Fraser 提供の未発表データ、2003年2月、2009年1月及び2014年2月

その数は特定されていないものの、本地区においてアシナガウミツバメ (*Oceanites oceanicus*) が繁殖している。繁殖ペアの数は年によって変動するが最多で50組のナンキョクオオトウゾクカモメ (*Stercorarius maccormicki*) が出現している。チャイロオオトウゾクカモメ (*S. lonnbergi*) は、過去においてはアデリーペンギンのコロニーと密接に関連していたところ、繁殖ペアの数は2-8組となっている(地図2)。1980-81年の2組という低い計数は、家禽コレラの発生に続くものであり1979年には、このためにリッチフィールド島の多くのミナミオオトウゾクカモメが死亡した。交雑繁殖ペアも発生している。島では、12-20羽のミナミオオセグロカモメ (*Larus dominicanus*) が常に見られるにもかかわらず、各繁殖期には2または3個の巣しか存在していない。リッチフィールド島では、通常12組以下の少数のナンキョクアジサシ (*Sterna vittata*) が繁殖する(2002-03年はおおよそ8組) (Fraser, pers. comm. 2003)。これらは、北東岸に最もよく見られるが、その繁殖地点は年によって移動し、1964年には北西岸に営巣した (Corner 1964a)。リッチフィールド島への直近の訪問によると、同島で繁殖するアシナガウミツバメ、ナンキョクオオトウゾクカモメ、チャイロオオトウゾクカモメ、ミナミオオセグロカモメ及びナンキョクアジサシの数は近年ほとんど変化していないことが示唆されている (Fraser pers. comm. 2009)。

リッチフィールド島周辺でよく見られる非繁殖鳥類の中で、ジョージアキバナウ (*Phalacrocorax [atriceps] bransfieldensis*) は、数km東のCormorant島で繁殖する；ヒゲペンギン (*Pygoscelis antarctica*) 及びゼンツーペンギン (*P. papua*) は、どちらもよく夏季に少数が訪れる。ユキドリ (*Pagodroma nivea*)、マダラフルマカモメ (*Daption capense*)、ナンキョクフルマカモメ (*Thalassoica antarctica*) 及びギンフルマカモメ (*Fulmarus glacialis*) は、少数で不定期に訪れ、一方、オオキバナアホウドリ (*Diomedea chrysotoma*) の2羽が、1975年に島近くで見られている (Parmelee *et al.* 1977)。

海洋哺乳類

ナンキョクオットセイ (*Arctocephalus gazella*) は 1970 年代半ばからアーサー湾に出現するようになり、現在ではリッチフィールド島で毎年 2 月頃から一般的となっている。1988-2003 年の 2 月及び 3 月に行われた定期調査では、それぞれ平均 160 から 340 個体が記録されており (Fraser pers. comm. 2003) おり、1994 年 3 月には最大 874 個体が見られた (Fraser pers. comm. 2014)。しかし近年、ナンキョクオットセイの数が、アーサー湾地域において減少している (Siniff ら 2008)。個体数の減少は、一般的には、特に出産期の主要な餌となるナンキョクオキアミの地域内における入手性の低下によるものとされている (Clarke *et al.* 2007; Siniff *et al.* 2008)。ナンキョクオキアミの発生量減少は、アーサー湾地域における海水氷範囲の縮小及びその持続性の低下によるものと考えられている (Fraser and Hoffman 2003; Atkinson *et al.* 2004)。

ミナミゾウアザラシ (*Mirounga leonina*) は 10 月から 6 月にかけて接近可能な沿岸に上陸し、その数は 1988 年以来これらの月を通して平均 43 頭となっており (Fraser, pers. comm. 2003)、その数は比較的安定しているか、おそらくわずかに増加している (Fraser and Patterson-Fraser, pers. comms. 2014)。12 頭かそれ以上のより大規模なグループが島の北東側に見られ、近年は低い谷から以前の上陸地の北西の ~150m より高い所に移動している (地図 2)。ウェッデルアザラシ (*Leptonychotes weddellii*) 数頭が偶発的に浜辺に現れる。長期個体数調査データ (1974-200 年 5) は、アーサー湾地域におけるゾウアザラシ個体群が、繁殖に利用できる無氷地域が広がったことに伴い、最近拡大したことを示している。これに対し、ウェッデルアザラシの数は、同種が繁殖に要する定着氷の範囲の縮小によって減少したことが示されている (Siniff *et al.* 2008)。カニクイアザラシ (*Lobodon carcinophagus*) 及びヒョウアザラシ (*Hydrurga leptonyx*) は、いずれもリッチフィールド島付近の浮氷上で一般的に見られることがある。アーサー湾地域では、南半球の夏季 (12 月から 2 月) と秋季 (3 月から 5 月) にミンククジラ (*Balaenoptera acutorostrata*) が確認されている (Scheidat *et al.* 2008)。

沿岸及び底生生物群

アーサー湾の島々の間には強い潮流が発生するが、沿岸には無数の守られた入江が存在する (Richardson and Hedgpeth 1977)。潮下帯の岩の多い崖は、平均深度 15m で軟らかい底質へと変化し、無数の岩の露頭がより深い底質に見られる。アーサー湾における堆積物は一般的に分級作用が乏しく、主に有機物含有率が約 6.75% のシルト大の粒子から構成されている (Troncoso *et al.* 2008)。アーサー湾海底のかなりの範囲は、*Desmarestia anceps* や *D. menziesii* といった大型藻類で覆われ、カイメン、サンゴといった固着性無脊椎動物もみられる (McClintock *et al.* 2008; Fairhead *et al.* 2006)。リッチフィールド島北東岸から約 200m の主に軟泥の底質は、豊かな大型底生生物群集を支えていると記述されている。この群集は非着生で堆積物食の多毛類、節足類、貝類及び甲殻類の多様性及びその生物量が特徴である (Lowry 1975)。2003 年と 2006 年の南半球夏季に底生生態系の総合研究の一部として行われたアーサー湾の軟体動物群集に関する分析では、種の豊かさと発生量が比較的小さいことが示唆されている (Troncoso *et*

al. 2008)。魚類 *Notothenia neglecta*、*N. nudifrons* 及びハゲギス (*Trematomus newnesi*) が、水深 3-15m において記録されている (De Witt and Hureau 1979; McDonald *et al.* 1995)。ナンキョクカサガイ (*Nacella concinna*) は、リッチフィールド島周辺の海域において一般的であり、南極半島西部の浅い水域に広く分布している (Kennicutt *et al.* 1992b; Clarke *et al.* 2004)。リッチフィールド島周辺の海域における動物プランクトンの分布に関するモニタリングにより、ナンキョクオキアミ (*Euphausia superba*) 及び *Salpa thompsoni* の発生量が 1993 年から 2004 年の間に著しく減少したことが示唆されている (Ross *et al.* 2008)。

人間活動及びその影響

1989 年 1 月、船舶 *Bahia Paraiso* 号がリッチフィールド島の南 750m で座礁し、600,000 リットル (150,000 ガロン) 以上の石油を周辺環境に流出させた (Kennicutt 1990; Penhale *et al.* 1997)。潮間帯群集が最も影響を受け、致死率が最大 50% と推定される炭化水素汚染物質が、堆積物及び潮間帯・下潮間帯のカサガイ類 (*Nacella concinna*) 双方から検出された (Kennicutt *et al.* 1992a&b; Kennicutt and Sweet 1992; Penhale *et al.* 1997)。しかし、流出後すぐに個体数は回復した (Kennicutt, 1992a&b)。リッチフィールド島の潮間帯のサンプル地で検出された石油汚染物質のレベルは、記録された中で最も高いものの 1 つであった (Kennicutt *et al.* 1992b; Kennicutt and Sweet 1992)。流出地点近辺で営巣していたアデリーペンギンの 80% が炭化水素汚染を受け、その直接的結果としてこれらのコロニーは同シーズンに 16% の個体を喪失と推定される (Penhale *et al.* 1997)。しかし、死亡した成鳥はほとんど観察されていない。2002 年 4 月に難破船バイア・パライズ号の近海で採集された標本から炭化水素が検知されたところであり、これは南極軽油の漏出を示唆している (Janiot *et al.* 2003)。燃料は、しばしばアンヴァース島南西部の海浜に到達している (Fraser pers. comm. 2009)。しかし、2002 年に採取された堆積物及び生物相標本からは炭化水素は検知されておらず、地域内の高い海波エネルギーが、局所的生物相に対する燃料漏出による影響及び海浜の汚染物質残留を大きく制限していると考えられる。さらに、リッチフィールド島では釣針や釣糸、浮きといった海洋ゴミが偶発的に観察される。

アメリカ合衆国許可記録は、1978-92 年にはおよそ 35 人、各シーズンに 3 件程度しかリッチフィールド島に来訪していないことを示している (Fraser and Patterson 1997)。これは 12 年間に渡って約 40 件の訪問があったことを示すが、島への 24 件の着陸が 1991-93 年の 2 シーズンに行われたとしても (Fraser and Patterson 1997)、この数字はおそらく過小評価であろう。それにもかかわらず、この期間におけるリッチフィールド島への訪問は疑いもなく低く、最少レベルであった。訪問は、主に鳥類及びアザラシ調査、また陸上生態系研究に関するものであった。

1982 年にリッチフィールド島において植物調査が行われ (Komárková 1983)、調査地を標識するための溶接ロッドが土壤に挿入された。同様の調査が行われた近接のビスコー岬 (ASPA No. 139) では、そのまま残された無数のロッドが周囲の植生を破壊したところである (Harris 2001)。リッチフィールド島で調査地を標すために何本のロッドが使用されたのか、あるいはその後によく撤去されたのかについては不明である。しかし、2001 年 2 月の短期搜索の後、島頂上の西

約 100m の小峡谷の植生地において 1 本が見つかりこれは撤去されたところである (Harris 2001) が、溶接ロッドはまだ時々見つかる (Fraser pers. comm. 2009)。本地区においてさらに何本の溶接ロッドが残されているかを確定するためにはより総合的な捜索が必要である。2001 年 2 月 28 日には人間の訪問による陸域環境へのこれ以上の影響は観察されなかったが、2 つの保護地区サインのうち 1 つが良好でない状態にあり、設置が不安定であった。直接の訪問によるリッチフィールド島の陸域環境、鳥類及びアザラシに対する人間活動の影響は軽微であると考えられている (Bonner and Lewis Smith 1985; Fraser and Patterson 1997; Harris 2001)。

6(ii) のアクセス

本地区へは、海氷上あるいは海路によってアクセス可能である。特別な経路は指定されていないが、推奨される小型ボートの上陸地は島東岸の中程にある小さな入江の海浜である (地図 2)。上空通過及び航空機での上陸は地区内で禁止されており、特定の条件が以下の 7(ii) に記述されている。

6(iii) 地区内及び本地区の付近にある建造物の位置

島の頂上におけるケルンを除き、現在本地区に建造物は存在しない。1999 年 2 月 9 日 USGS により、5/8" のステンレス鋼のネジ棒から構成される永続的な調査マーカーがリッチフィールド島に設置された。マーカーは島頂上付近の南緯 64 度 46 分 13.97 秒、西経 64 度 05 分 38.85 秒、標高 48m、ケルンの約 8m 西に位置する (地図 2)。標識は基岩に設置され、赤いプラスチック製の調査キャップで標されている。非常倉庫 (survival cache) が小型船接岸地の約 100m 南、アデリーペンギンの過去のコロニーを見下ろす小さな丘の頂付近に位置する。

6(iv) 地区付近にあるその他の保護地区の位置

リッチフィールド島は、第 7 南極特別管理地区 (ASMA) アンヴァース島南西部及びパーマー海盆 (地図 1) の中に位置する。リッチフィールド島に最も近い保護地区 (ASPAs) : アンヴァース島に隣接する本地区から 16km 東のビスコー岬 (ASPA No. 139) 及び約 27km 南東のドゥメール島のサウス湾 (ASPA No. 146) (挿入図及び地図 1)。

7. 許可の条件

7(i) 一般的な許可条件

本地区への立ち入りは、適当な国内当局が発給する許可証に従う場合を除き、禁止されている。本地区に立ち入るための許可の発給条件は、以下のとおりである：

- 許可は、その他の場所では達成できないやむを得ない科学的理由及び特に本地区での陸域生態系あるいは動物に関する調査に対してのみ発給される；

- 許可は、その他の場所では達成できないやむを得ない教育的あるいは普及的理由または本地区の管理に必要な理由に対してのみ発給される；
- 許可される行動は、本地区の生態的又は科学的価値若しくは本地区の陸域参照地区としての価値を害さないものであること；
- 全ての管理活動は、管理計画の目的を支援するものであること；
- 許可された活動は管理計画に従っていること；
- 許可された活動は、環境影響評価を通じ、本地区の環境的及び科学的価値の継続的保護に必要な然るべき考慮がなされること；
- 許可は、一定期間を対象に発給されること；
- 地区内では許可証またはその複写を携帯すること。

7(ii) 本地区への出入りの経路及び移動

本地区への出入りの経路は小型ボートまたは海氷上を車両または徒歩によるものでなければならない。車両は禁止することとし、車両を地上に持ち込むことは禁止されているが、本地区内における全ての移動は徒歩としなければならない。海氷上の出入りの経路が確保できる場合は、車両または徒歩による出入りの位置について特別な規制はない。

徒歩での出入り及び地区内での移動

徒歩で移動する者は、常に鳥類及びアザラシへのかく乱と植生への損壊を避けるべきである。ボート乗組員もしくはボートまたは車両の同乗者は、許可により特別に認められていない限り、上陸地点のごく近傍を超えて徒歩で移動することを禁止する。

歩行者は許可された目的のために接近する必要がある限り、野生生物から以下の最小限の接近距離を維持するべきである。

- ミナミオオフルスカモメ (*Macronectes giganteus*) – 50m
- ナンキョクオットセイ (人間の安全性のため) – 15m
- その他の鳥類とアザラシ – 5m

訪問者は植生、動物、土壌へのかく乱を最小限にするよう注意深く移動し、地衣類を害さないよう注意しながら可能な限り雪あるいは岩地を歩行するべきである。歩行は許可された活動の目的に一致した必要最小限とし、影響を最小限とするためのあらゆる合理的な努力をするべきである。

小型船舶の出入り

推奨される小型ボートの上陸地は島東岸の中程にある小さな入江の海浜である(地図 2)。許可が与えられた目的に適合する場合は、海岸周辺のその他の場所で小型ボートによって出入りすることは認められる。

航空機での出入り及び上空飛行

本地区内に航空機で着陸することは禁止されており、また本地区から 930m(～1/2 海里)以内への着陸は可能な限り避けるべきである。地上高度 610m(～2,000ft)以下で上空を飛行することは、科学的目的において操作上必要である場合を除き禁止されている。

7(iii) 地区内で実施することのできる活動

- 本地区の生態的価値または参照地区としての価値を害さず、その他の場所では実施できない科学調査
- 教育的及びまたは普及目的が必要であり、その他の場所では実施できない活動
- モニタリング及び査察を含む必要不可欠な管理活動

7(iv) 建造物の設置、改築または除去

- 許可証に明記されている場合を除き、本地区内において建造物を設置することはなく、常設的な調査標識及び島頂上のケルンを除き、永久的な構造物または設備は禁止されている。
- 本地区に設置されたすべての構造物、科学機器または標識は、指定された期間に限り許可証によって承認され、国、調査者代表名、設置年、除去予定年度が明記されたものでなければならない。これらの全ては有機物、繁殖体（例えば、種子や卵）、除菌されていない土壌が含まれておらず、環境条件に耐えうる物質であり、地区の価値への汚染や損傷の危機を最小限にするものとするべきである。
- 建造物の設置(設置箇所を選択を含む)、維持、改築または除去は、植生及び動物に対するかく乱を最小限とする手段で行われなければならない。
- 許可の期限が切れた特定の機器の除去は、当該許可証を発行した当局の責任とし、許可証の条件としなければならない。

7(v) 野営地の位置

本地区における野営は回避するべきである。しかし、許可証に明記された必要不可欠な目的のために必要である場合、かつてペンギンのコロニーであった上方の台地の指定地において一時的な野営を行うことが認められる。野営地は低い丘陵(～35m)東側の麓、小型ボート上陸浜の南西約 100m に位置している(地図 2)。重要な植生地の表面における野営は禁止されている。

7(vi) 地区内に持ち込むことのできる物質及び生物に関する制限

環境保護に関する南極条約議定書の要件に加え、本地区に持ち込むことのできる物質及び生物に関する制限は以下のとおりである。

- 本地区内にあらゆる動物、植物、微生物及び殺菌していない土壌を持ち込むことは禁止されている。他の生物学的に異なった地域（南極条約の地域内外）からの偶発的な持ち込みを回避するよう、予防措置を講じなければならない。
- 訪問者は、本地区に持ち込むサンプリング機器またはマーカークを清浄することを確保しなければならない。本地区で使用するまたは本地区に持ち込む履物及び他の機器（バックパック、キャリーバック類及びその他機器を含む）は本地区に立ち入る前に、パーマー基地で可能な限り徹底的に洗浄しなければならない。訪問者は、外来種マニュアル（CEP 2011 年）、及び南極における科学的野外研究を実施するための環境行動規範（SCAR 2009 年）に含まれている適切な勧告に従うべきである。
- 本地区内に持ち込まれ消費されなかったかもしくは使用されなかった全ての家禽は、そのすべての部位、加工品、廃棄物を含め、固有の動植物への危害を除去するために本地区から除去されるか、焼却或いは適切な方法で処分されねばならない。
- 本地区内に除草剤または殺虫剤を持ち込んではいない。
- 許可証に明記された科学的あるいは管理目的で持ち込まれたあらゆる（放射性核種や安定同位元素を含む）その他の化学物質は、許可で認められている活動の終了時点またはそれ以前に、本地区から除去しなければならない。
- 許可証が認める活動に関連した基本目的に必要な場合、あるいは関係当局が許可した非常用貯蔵物に含まれる場合を除き、燃料、食料及びその他の資材を本地区で保管しないこととする。また、偶発的に持ち込んだ場合は、環境に対するリスクが最小限となるよう、貯蔵または取扱いをしなければならない。
- 持ち込んだあらゆる物質は指定期間に限るものとしなければならない、指定期間終了またはそれ以前に除去し、環境に対する持ち込みのリスクが最小限となるよう、貯蔵及び取扱いを行わなければならない。
- 本地区の価値を害するような放出が起こった場合、物質を放置することよりも除去することの方が影響が小さいと思われる場合に限り除去することが奨励される。

7(vii) 在来の植物及び動物の採捕又はこれらに対する有害な干渉

環境保護に関する南極条約議定書の付属書Ⅱ第 3 条のもとで発給される許可に従う場合を除き、在来の植物及び動物の採捕又はこれらに対する有害な干渉は禁止されている。動物の採捕あるいは有害な干渉が発生する場合は、最小限の基準として、南極での科学的目的のための動物の利用のための SCAR 行動規範に従うべきである。

7(viii) 許可証の所持者によって地区に持ち込まれたものではない物質の収集又は除去

- 許可証に従っている場合のみ、物質を収集あるいは本地区から除去することができるが、科学的または管理上の必要性を満たす必要最小限の程度とすべきである。これには生物学的サンプルと岩石標本が含まれる。
- 許可証の所持者あるいはそれに該当するものによって持ち込まれていないものであって、地区の価値を危うくすると思われる人間起源の物質は、地区内に放置することよりも除去する

ことの方が影響が少ない場合、地区内のいずれの場所からも除去することができる。この場合、適当な当局に通知するべきである。

7(ix) 廃棄物の処理

すべての廃棄物は、地区から除去しなければならない。し尿は海洋に処理することができる。

7(x) 理計画の目的の達成を継続させるために必要な措置

許可証は、以下の目的で本地区に立入るために発給することができる。

- 1) 分析または再評価のための少数のサンプルあるいはデータの収集を含む、モニタリング及び地区の査察活動を実施する。
- 2) 標示、標識、建造物あるいは科学的または必要な運搬機器を設置及び維持する。
- 3) 保全措置を実施する。
- 4) 長期的調査、モニタリング活動への干渉あるいは取組の重複の可能性を避ける方法で研究あるいは管理を行う。本地区で新しいプロジェクトを計画している者は、作業開始前にアメリカ合衆国が実施している本地区内での既存プログラムに相談するべきである。

7(xi) 報告に必要な事項

- 本地区への訪問の各許可証の第一の所持者は、できる限り、訪問が終了した後6か月以内に活動内容を記載した報告書を適当な国家当局に提出しなければならない。
- 当該報告書は、必要に応じ、南極特別保全地区の管理計画の準備のためのガイドに含まれている訪問報告書の様式で示されている情報を含むべきである。適切であれば、本地区の管理及び管理計画の検討に役に立つよう、国家当局は訪問報告書の複写を管理計画を提案している締結国に送付するべきである。
- 締約国は可能な限り管理計画の見直し及び本地区の科学的利用に役立てるよう、報告書原本または複写を公的に利用可能な公文書保管所に保管するべきである。
- 実施したすべての活動/措置及び/または許可証に含まれていないあらゆる放出し、及び未除去の物質については、適当な当局に通知するべきである。

参考文献

Atkinson, A., Siegel, V., Pakhomov, E. & Rothery, P. 2004. Long-term decline in krill stock and increase in salps within the Southern Ocean. *Nature* **432**: 100-03.

Bonner, W.N. & Lewis Smith, R.I. (eds) 1985. *Conservation areas in the Antarctic*. SCAR, Cambridge: 73-84.

Baker, K.S. 1996. Palmer LTER: Palmer Station air temperature 1974 to 1996. *Antarctic Journal of the United States* **31** (2): 162-64.

Clarke, A., Murphy, E.J., Meredith, M.P., King, J.C., Peck, L.S., Barnes, D.K.A. & Smith, R.C. 2007. Climate change and the marine ecosystem of the western Antarctic Peninsula. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* **362**: 149-166
[doi:10.1098/rstb.2006.1958]

Clarke, A., Prothero-Thomas, E. Beaumont, J.C., Chapman, A.L. & Brey, T. 2004. Growth in the limpet *Nacella concinna* from contrasting sites in Antarctica. *Polar Biology* **28**: 62-71. [doi 10.1007/s00300-004-0647-8]

Corner, R.W.M. 1964a. Notes on the vegetation of Litchfield Island, Arthur Harbour, Anvers Island. Unpublished report, British Antarctic Survey Archives Ref AD6/2F/1964/N3.

Corner, R.W.M. 1964b. Catalogue of bryophytes and lichens collected from Litchfield Island, West Graham Land, Antarctica. Unpublished report, British Antarctic Survey Archives Ref LS2/4/3/11.

Domack E., Amblàs, D., Gilbert, R., Brachfeld, S., Camerlenghi, A., Rebesco, M., Canals M. & Urgeles, R. 2006. Subglacial morphology and glacial evolution of the Palmer deep outlet system, Antarctic Peninsula. *Geomorphology* **75**(1-2): 125-42.

Ducklow, H.W., Baker, K., Martinson, D.G., Quentin, L.B., Ross, R.M., Smith, R.C. Stammerjohn, S.E. Vernet, M. & Fraser, W. 2007. Marine pelagic ecosystems: the West Antarctic Peninsula. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* **362**: 67-94.
[doi:10.1098/rstb.2006.1955]

Fairhead, V.A., Amsler, C.D. & McClintock, J.B. 2006. Lack of defense or phlorotannin induction by UV radiation or mesograzers in *Desmarestia anceps* and *D. menziesii* (*phaeophyceae*). *Journal of Phycology* **42**: 1174-83.

Fenton, J.H.C & Lewis Smith, R.I. 1982. Distribution, composition and general characteristics of the moss banks of the maritime Antarctic. *British Antarctic Survey Bulletin* **51**: 215-36.

Forcada, J. Trathan, P.N., Reid, K., Murphy, E.J. & Croxall, J.P. 2006. Contrasting population changes in sympatric penguin species in association with climate warming. *Global Change Biology* **12**: 411-23. [doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01108.x]

- Fraser, W.R. in: Stokstad, 2007. Boom and bust in a polar hot zone. *Science* **315**: 1522-23.
- Fraser, W.R. & Hofmann, E.E. 2003 A predator's perspective on causal links between climate change, physical forcing and ecosystem response. *Marine Ecological Progress Series* **265**: 1-15.
- Fraser, W.R. & Patterson, D.L. 1997. Human disturbance and long-term changes in Adélie penguin populations: a natural experiment at Palmer Station, Antarctic Peninsula. In Battaglia, B. Valencia, J. & Walton, D.W.H. (eds) *Antarctic Communities: species, structure and survival*. Cambridge University Press, Cambridge: 445-52.
- Greene, D.M. & Holtom, A. 1971. *Studies in Colobanthus quitensis* (Kunth) Bartl. and *Deschampsia antarctica* Desv.: III. Distribution, habitats and performance in the Antarctic botanical zone. *British Antarctic Survey Bulletin* **26**: 1-29.
- Gressitt, J.L. 1967. Notes on Arthropod populations in the Antarctic Peninsula - South Shetland Islands - South Orkney Islands area. In *Entomology of Antarctica*, J.L. Gressitt (ed) Antarctic Research series **10**. AGU, Washington DC.
- Grobe, C.W., Ruhland, C.T. & Day, T.A. 1997. A new population of *Colobanthus quitensis* near Arthur Harbor, Antarctica: correlating recruitment with warmer summer temperatures. *Arctic and Alpine Research* **29**(2): 217-21.
- Harris, C.M. 2001. Revision of management plans for Antarctic protected areas originally proposed by the United States of America and the United Kingdom: Field visit report. Internal report for the National Science Foundation, US, and the Foreign and Commonwealth Office, UK. Environmental Research & Assessment, Cambridge.
- Holdgate, M.W. 1963. Observations of birds and seals at Anvers Island, Palmer Archipelago, in 1956-57. *British Antarctic Survey Bulletin* **2**: 45-51.
- Hooper, P.R. 1958. Progress report on the geology of Anvers Island. Unpublished report, British Antarctic Survey Archives Ref AD6/2/1957/G3.
- Hooper, P.R. 1962. The petrology of Anvers Island and adjacent islands. *FIDS Scientific Reports* **34**.

- Janiot, L. J., Sericano, J.L. & Marcucci, O. 2003. Evidence of oil leakage from the Bahia Paraiso wreck in Arthur Harbour, Antarctica. *Marine Pollution Bulletin* **46**: 1615-29.
- Jennings, P.G. 1976. Tardigrada from the Antarctic Peninsula and Scotia Ridge region. *BAS Bulletin* **44**: 77-95.
- Kennicutt II, M.C. 1990. Oil spillage in Antarctica: initial report of the National Science Foundation-sponsored quick response team on the grounding of the *Bahia Paraiso*. *Environmental Science and Technology* **24**: 620-24.
- Kennicutt II, M.C., McDonald, T.J., Denoux, G.J. & McDonald, S.J. 1992a. Hydrocarbon contamination on the Antarctic Peninsula I. Arthur Harbour-subtidal sediments. *Marine Pollution Bulletin* **24** (10): 499-506.
- Kennicutt II, M.C., McDonald, T.J., Denoux, G.J. & McDonald, S.J. 1992b. Hydrocarbon contamination on the Antarctic Peninsula I. Arthur Harbour . inter- and subtidal limpets (*Nacella concinna*). *Marine Pollution Bulletin* **24** (10): 506-11.
- Kennicutt II, M.C. & Sweet, S.T. 1992. Hydrocarbon contamination on the Antarctic Peninsula III. The *Bahia Paraiso* two years after the spill. *Marine Pollution Bulletin* **25** (9-12): 303-06.
- Komárková, V. 1983. Plant communities of the Antarctic Peninsula near Palmer Station. *Antarctic Journal of the United States* **18**: 216-18.
- Komárková, V. 1984. Studies of plant communities of the Antarctic Peninsula near Palmer Station. *Antarctic Journal of the United States* **19**: 180-82.
- Lewis Smith, R.I. 1982. Plant succession and re-exposed moss banks on a deglaciated headland in Arthur Harbour, Anvers Island. *British Antarctic Survey Bulletin* **51**: 193-99.
- Lewis Smith, R.I. 1994. Vascular plants as bioindicators of regional warming in Antarctica. *Oecologia* **99**: 322-28.
- Lewis Smith, R.I. 1996. Terrestrial and freshwater biotic components of the western Antarctic Peninsula. In Ross, R.M., Hofmann, E.E. and Quetin, L.B. (eds) *Foundations for ecological research west of the Antarctic Peninsula*. *Antarctic Research Series* **70**: 15-59.

Lewis Smith, R.I. & Corner, R.W.M. 1973. Vegetation of the Arthur Harbour–Argentine Islands region of the Antarctic Peninsula. *British Antarctic Survey Bulletin* **33 & 34**: 89–122.

Lowry, J.K. 1975. Soft bottom macrobenthic community of Arthur Harbor, Antarctica. In Pawson, D.L. (ed.). *Biology of the Antarctic Seas V. Antarctic Research Series* **23** (1): 1–19.

McClintock, J., Ducklow, H. & Fraser, W. 2008. Ecological responses to climate change on the Antarctic Peninsula. *American Scientist* **96**: 302.

McDonald, S.J., Kennicutt II, M.C., Liu, H. & Safe S.H. 1995. Assessing aromatic hydrocarbon exposure in Antarctic fish captured near Palmer and McMurdo Stations, Antarctica. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* **29**: 232–40.

Parker, B.C, Samsel, G.L. & Prescott, G.W. 1972. Freshwater algae of the Antarctic Peninsula. 1. Systematics and ecology in the U.S. Palmer Station area. In Llano, G.A. (ed) *Antarctic terrestrial biology. Antarctic Research Series* **20**: 69–81.

Parmelee, D.F, Fraser, W.R. & Neilson, D.R. 1977. Birds of the Palmer Station area. *Antarctic Journal of the United States* **12** (1–2): 15–21.

Parmelee, D.F. & Parmelee, J.M. 1987. Revised penguin numbers and distribution for Anvers Island, Antarctica. *British Antarctic Survey Bulletin* **76**: 65–73.

Patterson, D.L., Easter–Pilcher, A. & Fraser, W.R. 2003. The effects of human activity and environmental variability on long-term changes in Adelie penguin populations at Palmer Station, Antarctica. In A. H. L. Huiskes, W. W. C. Gieskes, J. Rozema, R. M. L. Schorno, S. M. van der Vies & W. J. Wolff (eds) *Antarctic biology in a global context*. Backhuys, Leiden, The Netherlands: 301–07.

Patterson, D.L. & Fraser, W. 2003. *Satellite tracking southern giant petrels at Palmer Station, Antarctica*. Feature Article 8, Microwave Telemetry Inc.

Penhale, P.A., Coosen, J. & Marschoff, E.R. 1997. The *Bahia Paraiso*: a case study in environmental impact, remediation and monitoring. In Battaglia, B. Valencia, J. & Walton, D.W.H. (eds) *Antarctic Communities: species, structure and survival*. Cambridge University Press, Cambridge: 437–44.

Richardson, M.D. & Hedgpeth, J.W. 1977. Antarctic soft-bottom, macrobenthic community

adaptations to a cold, stable, highly productive, glacially affected environment. In Llano, G.A. (ed.). *Adaptations within Antarctic ecosystems: proceedings of the third SCAR symposium on Antarctic biology*: 181-96.

Ross, R.M., Quetin, L.B., Martinson, D.G., Iannuzzi, R.A., Stammerjohn, S.E. & Smith, R.C. 2008. Palmer LTER: patterns of distribution of major zooplankton species west of the Antarctic Peninsula over a twelve year span. *Deep-Sea Research II* **55**: 2086-2105.

Sanchez, R. & Fraser, W. 2001. *Litchfield Island Orthobase*. Digital orthophotograph of Litchfield Island, 6 cm pixel resolution and horizontal / vertical accuracy of \pm 2 m. Geoid heights, 3 m² DTM, derived contour interval: 5 m. Data on CD-ROM and accompanied by USGS Open File Report 99-402 "GPS and GIS-based data collection and image mapping in the Antarctic Peninsula". Science and Applications Center, Mapping Applications Center. USGS, Reston.

Scheidat, M., Bornemann, H., Burkhardt, E., Flores, H., Friedlaender, A. Kock, K.-H., Lehnert, L., van Franekar, J. & Williams, R. 2008. Antarctic sea ice habitat and minke whales. Annual Science Conference in Halifax, 2008.

Shearn-Bochsler, V. Green, D.E., Converse, K.A., Docherty, D.E., Thiel, T., Geisz, H. N., Fraser, W.R. & Patterson-Fraser, D.L. 2008. Cutaneous and diphtheritic avian poxvirus infection in a nestling Southern giant petrel (*Macronectes giganteus*) from Antarctica. *Polar Biology* **31**: 569-73. [doi 10.1007/s00300-007-0390-z]

Siniff, D.B., Garrot, R.A. & Rotella, J.J. 2008. Opinion: Projecting the effects of environmental change on Antarctic seals. *Antarctic Science* **20**: 425-35.

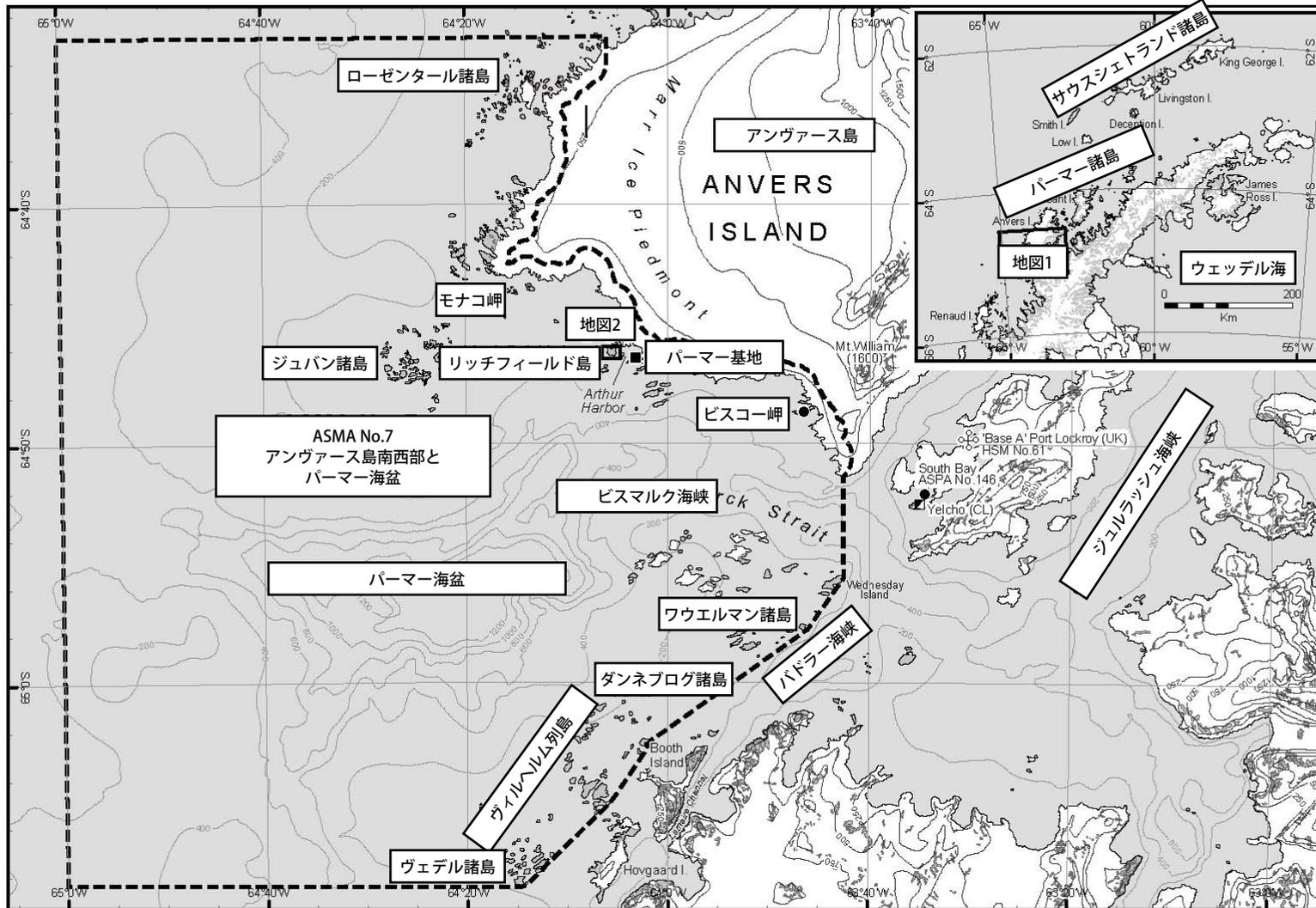
Stammerjohn, S.E., Martinson, D.G., Smith, R.C. & Iannuzzi, R.A. 2008. Sea ice in the Western Antarctic Peninsula region: spatio-temporal variability from ecological and climate change perspectives. *Deep-Sea Research II* **55**: 2041-58.
[doi:10.1016/j.dsr2.2008.04.026]

Troncoso, J.S. & Aldea, C. 2008. Macrobenthic mollusc assemblages and diversity in the West Antarctica from the South Shetland Islands to the Bellingshausen Sea. *Polar Biology* **31**(10): 1253-65. [doi 10.1007/s00300-008-0464-6]

Vaughan, D.G., Marshall, G.J., Connolley, W.M., Parkinson, C., Mulvaney, R., Hodgson, D.A., King, J.C., Pudsey, C.J., & Turner, J. 2003. Recent rapid regional climate warming on the Antarctic Peninsula. *Climatic Change* **60**: 243-74.

Willan, R. C. R. 1985. Hydrothermal quartz+magnetite+pyrite+chalcopyrite and quartz+polymetallic veins in a tonalite-diorite complex, Arthur Harbour, Anvers Island and miscellaneous observations in the southwestern Anvers Island area. Unpublished report, British Antarctic Survey Archives Ref AD6/2R/1985/G14.

Woehler, E. J. (ed) 1993. *The distribution and abundance of Antarctic and sub-Antarctic penguins*. SCAR, Cambridge.



地図1：ASPA No.113 リッチフィールド島—アース泊地、アンヴァース島

27 Feb 2014
United States Antarctic Program
Environmental Research & Assessment



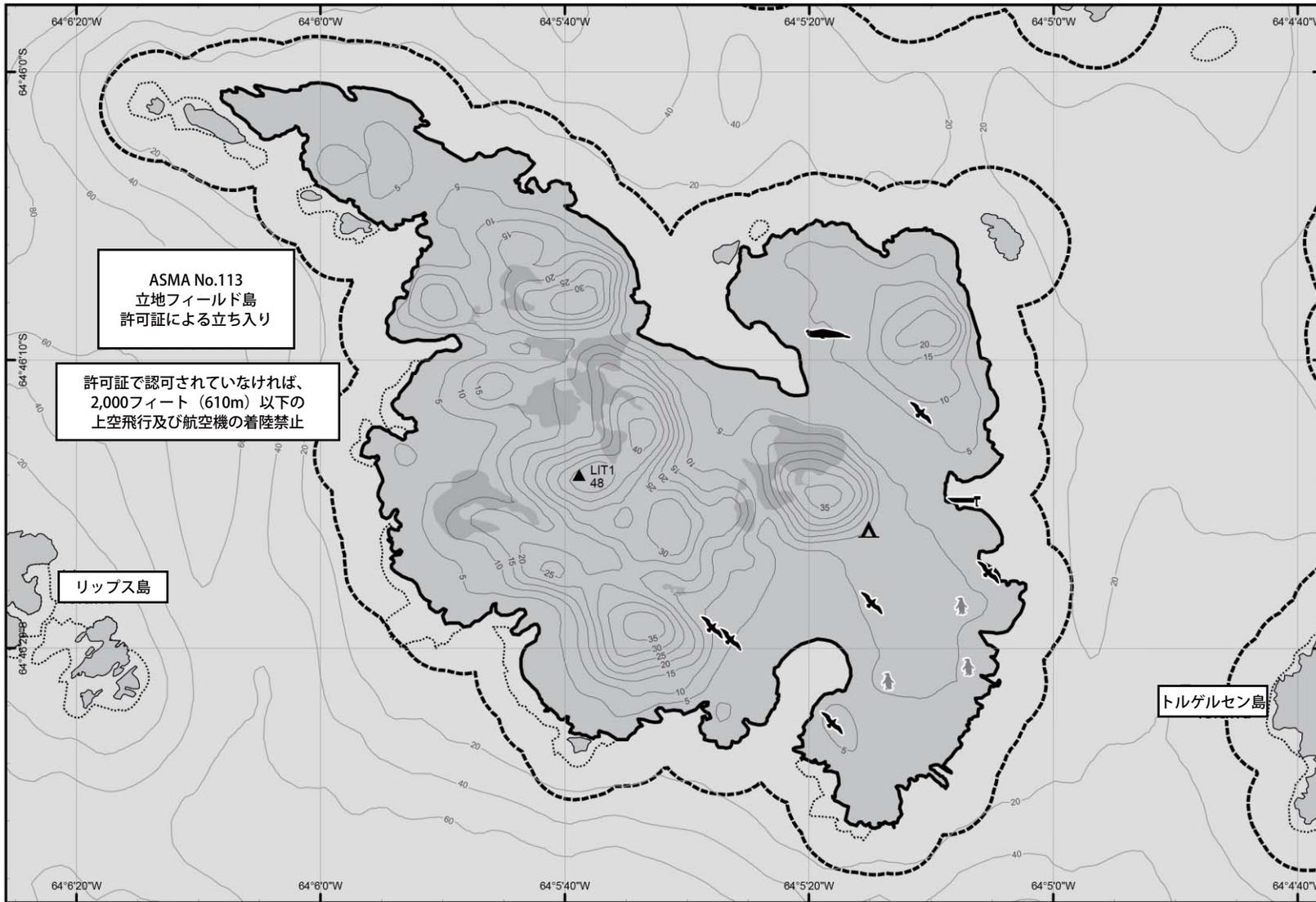
- 海岸線
- 等高線(250m)
- 等深線(200m)
- 無水地
- 永久氷
- 海洋

- 南極特別管理地区(ASMA)境界線
- 南極特別保護地区(ASPA)

- 基地 (通念)
- 基地 (夏のみ)
- 史跡記念物 (HSM)

0 5 10
Kilometers

Projection: Lambert Conic Conformal,
Spheroid and horizontal datum: WGS 84,
Data sources: Bathymetry: IBCSO v.1 (2013) (<http://www.ibcso.org/>);
Topography: SCAR ADD v4.1 SQ19-20 (2005);
Protected areas: ERA (Jul 2013); Stations: COMNAP (May 2013).



ASMA No.113
立地フィールド島
許可証による立ち入り

許可証で認可されていない場合は、
2,000フィート (610m) 以下の
上空飛行及び航空機の着陸禁止

リップス島

トルゲルセン島

地図2：ASPA No.113 リッチフィールド島—地形的特徴と野生生物

27 Feb 2014
United States Antarctic Program
Environmental Research & Assessment



- | | | | |
|------------|-----------|----------------|--------------|
| — 海岸線 | ■ 無水地 | ■ 植生地域 (およそ) | ▲ 調査標識 (記念物) |
| — 等高線(5m) | ■ 海洋 | ■ ミナミソウアザラシ | — 小ボート上陸地点 |
| — 等深線(20m) | ■ ASPA境界線 | ■ チャイロオトウソクカモメ | ▲ 野営指定地 |
| ⋯ 沿岸の岩 | ⋯ 制限区域 | ▲ 元ペンギンコロニー | |



Projection: Lambert Conic Conformal,
Spheroid and horizontal datum: WGS 84;
Data sources: Bathymetry: PRIMO survey (2004);
Topography, vegetation, seals: from orthophoto (Feb 2009);
Former penguin colony: USGS Orthophoto (1998);
Protected areas / zones: ERA (Jan 2014); Survey mark: USGS;
Camp site, Boat landing site: RPSC; Skuas: W.Fraser (2001-09).