

エンダービーランドベチェルナヤ山のベラルーシ南極観測基地の 建設と運営の包括的環境影響評価書案（概要）

1. はじめに

この包括的環境影響評価書案（CEE）は、2011年に承認された2011－2015期の地球の極域モニタリングに関する国家プログラム及び北極及び南極観測の推進の枠組みの中で自然管理研究所、生物資源のための科学及び実用センター及びベラルーシ国立科学アカデミー極地研究センターにより作成されました。

包括的環境影響評価書はエンダービーランド、タラヒルのベラルーシ南極研究基地（BAS）（南緯67度39分30秒、東経46度9分12秒）を建設するための理由を提供するものです。この包括的環境影響評価書案は、環境保護に関する南極条約議定書附属書 I 及び南極における環境影響評価のためのガイドライン（2005年、第28回ATCM、決議4）に従い作成されました。

2. 予定される活動の説明

研究基地の第1期は南極の夏期における5～6名の極地観測隊の作業及び宿泊のために計画されています。建設は2014年－2018年に実施されます。第2期は、後に着手されますが、10～12名の極地観測隊による通年のオペレーションが計画されています。基地のモジュールの寿命は最低15年です。南極におけるベラルーシの科学調査の主要分野は、対流圏エアロゾル、雲、下層の地表に対する陸上及び人工衛星による包括的モニタリング、包括的なオゾン層及び紫外線放射の研究、ベラルーシ南極観測及び気象研究隊による水理気象学的支援、極地における雪氷被覆及び大気モニタリングのための無線装置の開発、地殻の地球物理学的及び地球化学的研究、南極の沿岸生態系の再生可能な生物資源の展望評価、並びにベラルーシ南極研究基地の建設と運用に係る活動の環境影響です。

3. 基地のデザイン

類似の極地インフラ施設の建設における近年の国際的な経験、過去の南極観測隊の作業において蓄積されたベラルーシの観測隊の実務経験及びベラルーシ南極基地全体のインフラによる南極環境及び生態系への悪影響を制限するための環境安全に関する要件に従う必要があることについて、ベラルーシ南極基地のコンセプト作成にあたり考慮されました。第4回及び5回のベラルーシ南極観測隊の期間中に、ベラルーシ南極基地の予定地について行われたフィールド調査で収集された情報が、ベラルーシ南極基地の建設及び環境影響評価のために使用されています。

ベラルーシ南極基地のデザインは、概念上は小型のモジュラーの構造物を基本としており、ベラルーシで組み立て、その後、陸路、海路及び空路の輸送により南極に運搬し、ヘリコプターにより現地にて設置することとしています。

ベラルーシ南極基地の構成部材の要件は、全天候に対応する能力を備え、南極の厳しい環境における運用に適して安全であり、ほとんどの住居及び特定のサービスモジュールに対して多目的かつ省スペースなデザインであることです。

構造的には、ベラルーシ南極観測基地は、異なる機能をもつ単独のモジュールからできています。それぞれのモジュールは、モジュールの下にとりつけられた張り出し材を手動で操作することで、

地表面から持ち上げられるものです。ベラルーシ南極基地のモジュールのデザインプロジェクトは、2012－2013年にかけて(有)ミディヴィサナ (Midivisana) により進められました。選ばれた基地のデザイン及び建築技術は、環境保護に関する南極条約議定書の要件を満たすものです。

2014年から2018年のベラルーシ南極基地建設の第1期には、9つの実験室、居住、研究及びサービスモジュールの建設、台所とユーティリティ、技術的な区画、複数の小屋や別棟の南極への運搬と現地での設置等が予定されています。

基地へのエネルギー供給は、ディーゼル発電機の使用を基本とします。発電機からモジュールへのエネルギーの供給は架空送電線によります。近傍の湖を水の供給に使用します。排水は各モジュールの下に設置された特別加温コンテナ (容量400ℓ) に回収されます。排水は初期的な希釈及び急速な拡散が可能な海洋に排出されます。全ての居住モジュール (移動式) には電気トイレが備えられています。

4. 基地の設置と代替案

将来のベラルーシ南極基地の場所となる候補地の選定において、プロジェクトを進めるため、地理学的、地形学的、地質学的、気象学的、水文学的条件に加えアクセス性と生活の確保のためのその他の重要な条件 (要件) を検討しました。

また、2006年以来、ベラルーシ南極観測隊はモロドザナヤ (Molodyozhnaya) 基地の東20kmに位置するベチェルナヤ山のロシア南極観測隊の野外調査拠点を使用していたことも考慮しました。ベチェルナヤの野外調査拠点は1979年に建築されたものです。これは、イリュージン76航空機の滑走路のため通年で技術スタッフを配置するために作られたものです。現在、既存の野外調査拠点は老朽化しており、一部は破損し、基地の適切な運用を支援することができていません。

ベラルーシ南極基地の場所には4つの代替地点が検討されました。基地のために選定された地点は、ベチェルナヤ山の東の坂の上です。南極の他の地域におけるベラルーシ南極基地の設置のための候補地も科学的、環境的、設営やその他の側面を考慮して検討がなされています。しかし、ベチェルナヤ山以上に要件を満たすベラルーシ南極基地の代替地は見つかりませんでした。

選定された場所は、比較的平坦で段丘状になっており、350mの長さで50－80mの幅があり、車両及び軽雪上車の確実な輸送アクセスのあるところでは、段丘は、卓越風の方角を向いた風通しのよい山間の峡谷にあります。一方は、ベチェルナヤ山の東側の山脚により、海側からは峡谷を守る岩尾根により、横風と雪の吹き込みから十分に保護されています。

ベラルーシ南極基地に選定された地点は、以下の他の要件も満たしています。

- －場所は南極大陸の沿岸部に位置しており、基地への物資供給のため供給船 (観測船) が提案された地点まで可能な限り接近することが可能です。
- －供給船をベースとしたヘリコプターによるアクセスが可能です。
- －大陸内の飛行計画に参加する航空機のため、雪氷による滑走路が近傍において設置可能です。
- －アイスドームへの安全な通年の輸送路を運営することができます。
- －淡水の飲料に適した凍らない貯水池 (湖) が近くにあります。
- －観測機器及び技術的装備品の野外における設置や配置のため、段丘状または隣接地における代表的な場所を選定し、使用可能です。

- －基地のスタッフが隣接地域だけでなく、将来的な建設地周辺への安全な徒歩によるアクセスが可能です。
- －合理的な距離内（20km）に他の南極条約締約国の通年又は季節的な基地があり、緊急時や他の不可抗力の事情があった場合にはその施設を頼ることができます。

南極条約協議国会議において、場所の選定に関する情報は提供済みです。（情報ペーパーIP56 南極におけるベラルーシ共和国の予定される活動について、第36回南極条約協議国会議、ブリュッセル、2013年5月20日～29日）

5. 周辺の自然と環境の状態

ベチェルナヤ山として知られる自然生態系はエンダービーランドの西側部分のタラヒル（東側）、コスモノーツ海のアラシーバ湾（Alasheeva湾）の沿岸地区に位置しています。そこには主要な山、すなわちベチェルナヤ山（272.0m）の連続する岩の稜線や北西方向に海岸と並行して広がる他の低い稜線等が含まれます。稜線の北東の斜面は険しく低く、時に急峻ですが、なだらかに南西に傾斜しています。稜線は段丘状の谷により分けられており、谷底は氷河及び一時的な水路の川底となっています。アラシーバ湾（Alasheeva湾）は内陸に入り込んでおり、ベチェルナヤ、ラズルナヤ、テルペニエ及びザーリャ湾が形成され、ログ（Rog）、グネズドボイ（Gnezdovoy）及びドツプニー（Dostupny）岬により分割されています。ヘイズ河口の氷河が地区の東端と考えられています。実際のところ、ベチェルナヤ地域の全域は、チャーノツカイト系の片麻岩と斜長片麻岩で構成されています。

ベラルーシ南極基地が予定されている地域においては、氷河により覆われていない場所のみにおいて土壌被覆が部分的に形成されています。そこには、主に傾斜地や崩積土または氷河由来のもろい物質が堆積している状態となっています。

ベチェルナヤ山の近隣の異なる地区で採取された土壌試料の鉱物は、ケイ素複合物が主要（平均63.4%）であり、鉄及びアルミニウム複合物がそれぞれ14.1%、8.0%であり、酸化カルシウム、ナトリウム、カリウム、そしてマグネシウムがそれぞれ4.5%、3.5%、2.3%、2%です。土壌は、燃料製品の痕跡が2.5mg/kgから28.9mg/kgにわたって見られるように、何カ所かについては過去の活動の影響によって変性しています。

ベチェルナヤ山地域においては、20以上の永年湖及び季節的な湖沼が見られます。それらの湖面は数十から数千㎡に及び、深さは数十センチから20m又はさらに深いものに及びます。ベチェルナヤ山の近くの最大の湖はニゼナヤ（Nizhnyeye）湖（下流側の湖1.5ヘクタール）及びベルケネイエ（Verkhnyeye）湖（上流側の湖、0.15ヘクタール）です。これらの湖は季節的に発生する水路でつながっており、雪解けの程度により湖の水深は変動します。

湖水の化学的成分を決定するため、2期にわたりベラルーシ南極観測（2011–2012及び2012–2013）プログラムにおいて、水試料についてニゼナヤ（Nizhnyeye）湖、ベルケネイエ（Verkhnyeye）湖、無名の湖から採取されました。湖水は鉱物量が低く、イオン量は7.6mg/lから39.0mg/lでした。全てのサンプルにおける陰イオンの量は塩化物が中心（59–84%）であり、陽イオンは主にナトリウムイオンが中心（68–81%）でした。イオン量は、湖水の化学的成分が海水による大きな影響を受けていることを示しており、沿岸域に位置していることから説明できます。

研究により、水に含まれる微量元素の大部分は検出下限から10µg/l以下の規模にあることが分かりました。結果は以下のとおりです。鉛—最大1.88µg/l、カドミウム—最大0.53µg/l、ニッケル—最大0.69µg/l、コバルト—最大0.29µg/l、ヒ素—最大0.39µg/l、銅—最大2.17µg/l、クロム最大1.40µg/l。燃料成分の存在も検出されています。

湖底堆積物における重金属含量はベチェルナヤ山地域の土壌に比べ有意に高くなっています。例えば、Verkhnyeye湖の堆積物は、銅で3.5倍、亜鉛で2.2倍、ニッケルで1.6倍、鉛で1.5倍、カドミウムで1.2倍となっています。燃料成分の高い濃度もベルケネイエ（Verkhnyeye）湖の堆積物試料から記録されています。

湖水における燃料成分の高い濃度は、湖の生態系の堆積物における高濃度の重金属と燃料成分とともに、おそらく過去の人為的活動の結果によります。

西エンダービーランドの大気循環の特性は、南半球の中高緯度に広がる気圧系の相互作用によって決定されます。

モロドザナヤ（Molodyozhnaya）基地におけるモニタリングの結果によれば、地域の年平均大気温は-11.0°Cです。冬の後半（7月-9月）は最も寒い季節であり、最低気温のほとんどはこれらの月に記録され、何年かにおいては-42°Cに達しています。

その地域は主に東北東から南南東方向への風が吹き、毎年の発生頻度は85.7%です。東北東の風は8月から1月期にかけて発達するサイクロンと関係がありますが、一方、南南東の風は高気圧性またはカタバ風から発生するものであり、2月から7月にかけて吹くものです。穏やかな天気はあまり多くはありません。穏やかな天気は報告によれば7月から12月に最も記録されています。一方、2月から4月には、穏やかな天気はその時期のわずか0.2-1.0%程度です。最高風速は3月及び4月に記録されており、1月と12月には比較的風は強くありません。月間風速の最大平均は4月に秒速17.6mが記録されており、1月には秒速3.2mで最小値が記録されています。風速の平均値は秒速12.6mです。

年平均降水量は270mmです。主に降水は3月から9月にかけてであり、当該月の平均値は48mmと71mmの間を上下しています。降水量の最小値は1月と12月に記録されます。年間の吹雪の頻度は190日です。

2013年1月に実施された研究によれば、雪中の無機物濃度は1.5から8.4mg/lであり、平均は3.1mg/lです。塩化物が雪中の陰イオンの主な理由です。雪中の陽イオンの構成はより多様です。ナトリウム、マグネシウム及びナトリウム、ナトリウム及びマグネシウム、カルシウム及びマグネシウムがみられます。

雪中の硫酸塩の量は検出下限値以下から0.2mgS/lの範囲です。（平均0.1mgS/l）塩化物は1.1から2.4mg/l（平均1.5mg/l）ナトリウムイオンは0.3から1.1mg/l（平均0.57mg/l）です。ベラルーシ南極基地から5km離れた氷床から採取した試料の雪中の鉍物量は、基地サイトのものよりも平均して20%低いことが分かりました。主なイオン性物質の量も少なくなっています。ベチェルナヤ山における人為的活動は認められていますが、雪中のイオン構成には大きな差はみられませんでした。

東タラヒル（ベラルーシ南極基地の候補地の近傍）における生物体は、主に露岩の表面、溜まった雪解け水、淡水湖そしてアラシーバ（Alasheeva）湾及びコスモノーツ海の入江に見られます。全ての生息可能な場所に分布する生物もいますし、特定の場所にのみ見られるものもいます。加えて、最も生物学的に多様な多数の地域が確認されました。

現時点では、地域内に3つの生物界を代表するものが見られます。植物界及び菌界は低位のグループのみ、例えば地衣類 (Lichenophyta) は3グループ28種、南極に固有の7種を含み、コケ植物 (Bryophyta) は3種、海草 (Algae) は8グループ79種のみが見られます。

湿度が一定して低く、低温かつ強風が吹くことから、土壌及び植物に対し乾燥及び腐食性の効果があり、植物体にとって好ましくない条件が形成されています。1種またはそれ以上の種類の植物が地域内に単独で生育または数センチから数十センチの群落を形成しています。

地衣類は相当に広く分布しています。地衣類の基となるのは他の植物と同様に、岩盤、もろい土壌です。地衣類に次いで、植生被覆の最も普通に見られるものはコケ類です。コケ類は一定の十分な湿度がある地域に生育し、(湖底は冬期に凍結しない) 湖底にも見られます。

動物界の代表的なものは、乾燥地と栄養的に関わりがあり、観測事業の野外調査の間にここで見られるものは非常に小さなもの (およそ1 mm) です。それらは岩の下、岩の割れ目、有機物の中に生息します。これらには、生物サンプリングにて見つかった数種のダニが含まれます。

ベチェルナヤ山の北側及び北東側の斜面には、アデリーペンギンの小さな営巣地が見られます。その個体数は多くはありませんが、500-600羽程度です。そこには少数のユキドリとナンキョクオオトウゾクカモメも営巣しています。

6. 影響評価

主な影響要素 (汚染物質の排出、騒音、排水、廃棄物、電磁波の放射)、排出源 (電力供給システムと装置、車両、燃料貯蔵庫及び輸送経路、水供給と污水处理システム、固形廃棄物管理、補助装置及び科学的装置) 及び主要な自然環境の構成要素を考慮しながら、南極環境への影響評価について基地建設と運用の段階で実施しました。

影響評価には各影響源 (汚染物質の排出、騒音、排水、廃棄物の発生等) の定量的分析及び影響の確認、騒音の程度、排水中の汚染物質の濃度に加え、周辺の大気中汚染物質濃度の測定が含まれます。季節的及び越冬中の基地運営に関する排出源に加えて、建設期における、設置済み (ディーゼル発電機や焼却炉) 及び移動可能な (ヘリコプター、雪上車など) 主要かつ特別な汚染物質の考えられる排出源についても評価されています。

ベラルーシ南極基地運用中の固定排出源からの汚染物質排出の拡散モデルについては、AERMODモデルを使用して実施しました。

報告期において1時間あたり、8時間あたり、1日あたり、1ヶ月あたりの汚染物質の最大及び平均値を計算しました。2つの汚染物質放出シナリオについて推計しています。実験室-居住基地モジュールの地域における二酸化窒素の1時間あたり最大平均濃度は、67.0-77.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均では15.9-27.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、単一のMPC値 (最高許容濃度) の2.5-3倍以上低く、1日あたりのMPC値の1.4-2.5倍少ないことがわかりました。大気汚染はその他の汚染物質では相当低くなっています。

植生がもっとも影響を受けやすい二酸化硫黄の1時間あたりの最大平均濃度は、保護区では総量14.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、日平均3.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、月平均0.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、WHOで勧告されている地衣類の臨界値を十分に下回っていました。

ヘリコプターによる騒音の影響を評価するため、NMSim (ノイズモデルシミュレーション) 第3版モデルを使用しました。ペンギンの営巣地があり、騒音汚染に影響を受けやすい可能性があるグ

ネズドボイ（Gnezdovoy）岬での計算の結果、騒音レベルの線形加重平均は65デシベルを越えず、騒音レベルは55デシベルを超えませんでした。ベラルーシ南極基地の騒音レベルの最大値は95デシベルに達するかもしれませんが、そのような騒音の時間は大変短いので、等価騒音レベル及び昼夜騒音レベルは50-60デシベルを超えず、既存の居住区の基準を満たしています。

ディーゼル発電機からの騒音レベルの計算によれば、実験室-居住モジュールの横における騒音強度は既存の基準を超えないことが分かりました。

米国環境保護庁のVisual Plumesモデルを使用した、汚水の海への排出による希釈率の評価では、汚染物質の濃度は、排出ポイントから1.5-5.5mの距離で、91倍にまで低下します。

全体として、ベラルーシ南極基地の建設及び運営の影響は軽微または一時的な影響と考えられます。

ベツェルナヤ山地域の自然環境の形成の過程においては、地域の自然構成要素の変化に対するベラルーシ南極基地の建設と運営による影響が占める割合はわずかです。

7. 対策、モニタリング、不確実性及び知識のギャップ

ベラルーシ南極基地の建設及び運営による環境影響の低減は以下の行為で達成されます。

- 汚染物質の大気中への排出の減少はディーゼル発電機とモーター付車両の定期的なメンテナンス、ルート最適化及び燃料の質の改善によって達成されます。
- 廃棄物の焼却による排気の減少については燃焼性物質を注意深くモニタリングし、廃棄物の投入と燃焼の制御を徹底し、粉じん量と燃料の低減を着実に実行することにより達成されます。
- 排水の排出量の減少については、廃水の回収、貯蔵、排出システムの導入に加え、より効率的な水利用システムを使用し、廃水の発生量を減少させることで達成されます。
- 廃棄物の発生及び蓄積による影響の低減については廃棄物管理システムの改善によって達成されます。特別な廃棄物管理プログラムが整備されます。
- 燃料の保管、積み込み及び給油の際の燃料漏れを防止するための措置が講じられます。特定の燃料漏れ制御計画が作成されます。

実際の環境指標同士の相互関係及び将来の予測値と実測値を分析する目的で、基地の建設と運用の後に、ベラルーシ南極基地では環境モニタリングプログラムを整備し実施します。

これにより活動の負の影響をなくすための対策をタイミングよく実施することが可能となります。化学的、物理学的、生物学的指標のモニタリングの枠組みにおける研究のため、実験室が備えられています。環境保護委員会により作成された環境モニタリング計画の作成に関する実用的ガイド（2005）に従い、環境モニタリングプログラムが作成され、実施されます。

周辺状況のモニタリングに加え、生態学的に重大な危険を及ぼす物体、主に燃料貯蔵施設、廃水貯蔵池、パイプライン、ディーゼル発電機等をモニタリングするために産業環境モニタリングシステムが設置されます。点検や管理手続を規定し、事故や漏れの可能性を最小化するため詳細な手順書が作成されます。その手順書は燃料漏れ、燃料をこぼした場合、火災等における緊急時行為についても規定するものです。全てのそのようなケースは記録されます。とられる措置も報告されます。事故の際には特に、燃料漏れに対処するための吸収剤や他の手段といった環境影響を取り除く必要最低限の手段が記載されています。

モニタリングと外来種の導入のコントロールも整備・実行されます。

たくさんの要素があることにより、包括的環境影響評価書案は不確定なものとなります。その要因の一つは、基地が設置される地域の自然環境の状態を十分に調査できていないことによる、自然環境の要素に関する一連の知識のギャップであり、例えば雪氷被覆の動態やこの地域のコスモノーツ海の水文学、湖の水文学、ベチェルナヤ山の野外調査拠点の機能に対する土壌の作用や影響などになります。

ベチェルナヤ山の野外調査拠点のある地域における過去の活動との関連では、土壌内及び底質堆積物内の化学的成分の蓄積と移動に関する情報は限られたものとなっています。

ベチェルナヤ、テルペニエ及びラズルナヤ湾（コスモノーツ海アラシーバ（Alasheeva）湾）における海洋生物の多様性に関するデータは基礎的なものしかありません。潜在的に高い生物多様性のある地域トレボザナヤ（Trevozhnaya）海岸（ベチェルナヤ湾）やクレベッカ（Krevetka）（シュリンプ）海岸（ラズルナヤ湾）についての情報は現在のところ利用できるものではありません。これらの知識のギャップはこの地域でのさらなる科学研究により修正されることでしょう。

用意された包括的環境影響評価書案は、装備や使用する道具の詳細を含めた既存の研究成果を基に作成されましたが、特に、長期にわたるベラルーシ南極基地の建設との関係では修正の可能性があります。また、予期できない事情、直前の変更等によりスケジュールから逸脱の可能性もあります。

多くの予測指標、とりわけ汚染物質の拡散については、（気象条件のような）様々な環境パラメータのシミュレーションに基づいています。

8. 結論

ベラルーシ共和国は研究を進めるため、エンダービーランドのタラヒルに科学基地を建設する予定です。基地施設の第1期の建設は2014年から2018年が提案されています。基地建設の特徴は、原則的に建築コストを低減し、建築を迅速化、簡略化するモジュラーを使用することを基本としています。基地は季節的な施設として始まり、後に越冬（通年）作業の施設となることが計画されています。スタッフの数は制限され、効率的な動力、熱、水の供給、廃水と廃棄物の管理システムにより、環境への影響は最小となります。

提案された研究活動を分析することで、国立科学プログラムの下でベラルーシ基地（東南極エンダービーランド）にて実施される研究から得られる知見及び関連する社会経済的利益は、基地の建設及び運用の間に南極環境の自然に対して生じるわずかな損失を大いに上回ると結論づけることができます。

9. 追加の情報

追加情報またはコメントについては、以下に連絡をとってください。

Dr. Sergey Kakareka, Head

Laboratory on Transboundary Pollution and Climate

Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus

10, F.Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus

Tel./fax: +375 17 266 34 27

e-mail: sk001@yandex.ru