

## 氷河下にあるエルスワース湖の調査提案

### 包括的環境評価書案

#### 概要

##### はじめに

包括的環境評価書(CEE)案は、英国南極調査(BAS)により、西南極にあるエルスワース氷底湖(以下、エルスワース湖)の調査提案について実施されたものです。

この CEE 案は、環境保護に関する南極条約議定書(1998)の付属書 I に則り用意されたものとなっています。南極の環境影響評価に関する指標(決議4、XXVIII ATCM, 2005)もまた参考としています。この CEE 案には、提案される活動内容、代替手段、対象地域の環境や、起こりうる環境影響に関して記載されています。予防策と緩和策、そして調査プログラムの提案に関するギャップと不確実性の概要についての提言が記されています。

##### 提案される活動の詳細

このプログラムでは、二つの基礎的科学目的を達成するために、エルスワース湖の直接的な測定とサンプリングを行うことを提案します。

- (1) 南極氷底湖に微生物の生命が存在するか否か、また存在する場合どのような形状であるかを定めながら、この極地環境の直接的な測定、サンプリング、分析を経て、南極氷底湖における生命体の存在、起源、進化、保全について究明すること。
- (2) 湖底から堆積記録を回収することで、最後に崩壊したと思われる日付などの古地球及び西南極氷床の氷河史を明らかにすること。これは、現状(氷床崩落についての日毎危険度やそれに引き続き起こる海面上昇)を評価する上で大変重要である。

これらの目的を達成するため、提案されている調査案では、サンプル回収の実施を可能とするために、熱水ドリルを使用し、サンプル回収用プローブ及び堆積物コアラーを展開しながら湖にアクセスする方法を採用しています。提案されているドリルとサンプリングの実践には、4日間かかるの見込まれています。(サンプルの回収後、サーミスタ(温度検知用)ストリングを使用するというオプションがあります。これは海面につながったままで現場に残されることになるので、通信ケーブルを介して以降実施される湖の測定が可能となります。)

科学者 10 名分の収容施設と電力を一時的に供給できる野営キャンプ、そして、約 8 週間、サポート職員を任命します。

いくつかの深部現地偵察調査研究により、重機の配備をこの現場で行うことが可能と証明されています。このプログラムでは、清潔かつ環境面において責任ある手法により実験を完了させ

る上で必要とされる機器のすべてを建設、試験、配備します。

サンプルは、野外実験室及び英国のロゼラ基地で分析・分割され、その後英国全土の研究機関に分配されることになります。

このプログラムの科学的目的の達成には、以下の目標が含まれます：

- このプログラムの潜在的な環境への影響と、関連する成功事例とみられる指針(氷底湖調査時の環境管理に関する NAS ガイドラインや、氷底水域環境アクセスに関する SCAR 行動規範など)に準拠することでどのようにしてそれらの影響が緩和することができるのか、されるのかを記して、CEE を作成すること
- 3.5 キロメートルまでの氷に綺麗に穴を開けられる温水ドリルを設置すること
- 水柱及び海面堆積物の測定とサンプリングが可能な、サンプル回収用プローブを構築すること
- 1～3 メートルの堆積物コアを回収可能な堆積物コアラーを構築すること
- プローブやコアラーの降下に利用できる通信用テザーを開発し、その測定・サンプリング戦略に指針を与えること
- このプログラムをサポート可能な野営キャンプを設計・配備し、ロジスティクスを組織すること
- 温水ドリルを使用して、湖にアクセスすること
- 水と湖床堆積異物の測定とサンプリングを行いながら、サンプル回収用プローブを湖に設置し、回収すること
- 堆積物コアラーを湖に設置・回収し、堆積物コアを回収すること
- 合意されている科学的協定計画に則り、分析用にサンプルを配布すること
- 科学コミュニティ及びより幅広い人々に対して結果を情報提供すること
- 南極の氷底に関する今後の管理と調査に関して情報提供すること

### 環境についての説明

エルスワース湖は、西南極の南緯 78°58'34"、西経 090°31'04"に位置します。パイン島氷河の最上部の貯水池の中にあり、エルスワース山脈の西 70 キロメートル、海拔 1895～1930 メートルの高度にあります。

非侵入型の実地調査をこれまでにを行い、基線の諸条件に関して広範な情報が集められています。その結果により、深く、狭い氷底の底に湖が位置し、湖は海(氷)面の下におよそ 3～3.25 キロメートルで横たわっていることが判明しています。

湖の容積は、約 1.4 立方キロメートル(±0.2 立方キロメートル)です。また、未確認ではあるも

の、この湖は開かれた(オープン)水循環システムの一部を構成していると思われています。

湖床は、少なくとも 2 メートルの厚みの高空隙率低密度の堆積物によって構成されています。

ドリル実施現場あるいはその近くには、動植物の生息地はありません。またドリル実施現場のある地域には、保護区もありません。湖中の微生物の多様性は不明です。

### **影響評価と緩和策**

潜在的な環境影響に関する評価の全部がこの CEE 案には記載されています。このプログラムは、6 年間に及ぶ計画・設計段階にあり、その間を通して環境保護は中心的で主要なものとされています。

予測されている最も重大な影響は、湖の汚染の可能性と、それに続いて起こる微生物機能への影響です。湖の微生物の個体数は現在のところ不明です(し、また調査を行うことでのみ確定可能とされます)。この影響は、(冷水を 90 度に温め、0.2  $\mu\text{m}$  に濾過し、さらに紫外線処理を施して使用する)温水ドリル手法、そして、微生物管理汚染手法を使用して緩和されます。

その他の影響は、ロジスティクスやドリル実施中の化石燃料の燃焼により生ずる排気ガス、微量の燃料流出による潜在的な局地汚染、発生した廃棄物によって引き起こされるものです。これらは、現地で素晴らしい計画と管理を行うことで緩和されるものです。

有用性ガスの積層の結果起こる「噴出」の可能性は厳しく評価されていますが、全体的な危険性はとても低いと確認されています。

### **代替手段**

代替手段として検討されたものには、湖へのアクセスに関するさまざまな技術の使用、代替となる氷底湖の調査、さまざまな微生物管理手法が含まれますが、プロジェクトの進行はこれに含まれません。

代替オプションはすべて、環境に対する保護が少ないか、あるいはこのプログラムの科学的目標を満たしていないとして除外されています。この CEE 案には現実的な代替手段は含まれていないと確信しています。

### **環境モニタリングと管理**

環境モニタリングとは、(予測よりもむしろ)実際の環境影響を評価することを提案するもので、

また、野外調査完了時に結果として発生した排気ガスと廃棄物の合計に関する報告が伴います。環境に関する事故(燃料等の流出、風に吹き飛ばされた機器や廃棄物、廃棄物・燃料処理あるいはバイオセキュリティ・プロトコルの違反など)についての報告が行われます。

微生物管理手法については、機器が野外で配備される前に、実験室での試験期間にテストされることとなります。しかし、微生物管理手法の効果については、ドリル実施中に回収されることになるドリル流体のサンプルがひとたび英国の研究所で分析されるならば、野外作業が完了後にのみ評価可能なものです。これらの分析結果により、使用された手法の効果と、発生すると見込まれる汚染が示されることとなります。潜在的汚染に関する予備的な分析は、落射蛍光顕微鏡を使用して現場にて行うことが出来ます。

### 知見のギャップ(隔たり)と不確実性

この科学的調査の探索的性質を考えると、現在の知見には不明な点や、不確実性、ギャップが残ることとなります。最も実質的な点としては、以下の点に関わるとされます：

- 微生物の生物多様性そのものと言えるエルスワース湖で最も敏感な受容体は未だ不明であり、このプロジェクトを実行することで発見可能であるとされています。
- エルスワース湖は、開かれた(オープン)水循環システムの一部であると見込まれていますが、我々は未だにこの点について把握していないものの、システムが閉じられた(クローズド)である可能性は低いです。このことは、湖へと引き込まれる汚染の分散、並びに、極限条件では海上破裂につながりかねないような油溶性ガス集積の危険性について影響を及ぼします。
- 使用を推奨される微生物管理手法は、更なる開発とこのプログラムの基準に合致しているか確認するための試験の対象とされます。
- このプログラムの第一義的な科学的目標はサーミスタリングの配備に依存しているわけではありませんが、その一方、そういった配備により、氷-湖-堆積柱についての最初の正確な深度-温度記録を得る機会を提供することとなります。サーミスタリングの使用に関しては何も決定されていませんが、配備される場合はこのプログラムの厳しい微生物管理基準に合致するものになるとされます。しかし、他の機器とは異なり、そのまま現地に残されることとなります。
- 実施現場への機材の輸送に関する最終的な調整は、まだ決定されていませんが、それ故に、関連する大気放射量については、CEE の最終版において一層正確性を増した上で再計算されることとなります。この文書で引用されている数値は、さらに悪いケースシナリオの放射

量を指し示したものとなっています。

## 結論

英国は、CEE の完全版を用意し、さらに、厳しい予防及び緩和策を取り入れたうえで、エルスワース湖の調査が南極に対して及ぼす影響はほとんど皆無であるか、あるいは一過性であると考えています。しかし、このような調査的科学的に内在する不確実性により、(ほとんど皆無であるか一過性であるよりは多い)より強大な影響の危険性があります。実際の影響は現実に発生した後にのみ評価可能なものでありますが、この危険性を反映した形で予防措置はとられてきました。

この予防措置は、「湖に侵入することを目標とする全てのプロジェクトが、包括的環境評価を実施するものとなることを要する」という NAS-EASAE 報告書の提言に合致しています。

エルスワース湖の調査により得られる世界の科学的な重要性と価値は、提案されているプログラムが環境に対して与えると予測される影響を上回るものであり、また活動の手順は正当なものであることを証明すると、英国は結論付けます。

## 謝辞及び詳しい情報

この CEE 案は、エルスワース湖協会により作成され、国際的な、独立した研究者及び専門家からなる、このプログラムの諮問委員会による精査をうけています。

この報告書の素案に対して建設的なコメントを下さった、ピーター・バレット、ニール・ギルバート、チャック・ケンニカット、マーティン・メルズ、サトシ・イムラに対して、とりわけ感謝を申し上げます。

CEE 案は [www.antarctica.ac.uk/ellsworthcee](http://www.antarctica.ac.uk/ellsworthcee) から入手可能です。

詳しい情報につきましては、下記にお問い合わせ下さい:

レイチェル・クラーク  
上級環境マネージャー  
英国南極調査  
High Cross, Madingley Road  
Cambridge, CB3 0ET.  
UK  
Website: [www.antarctica.ac.uk](http://www.antarctica.ac.uk)

Tel: 00 44 1223 221374

Email: [racl@bas.ac.uk](mailto:racl@bas.ac.uk)

**Proposed Exploration of Subglacial Lake Ellsworth**  
**Draft Comprehensive Environmental Evaluation**  
**Non Technical Summary**

**Introduction**

A draft Comprehensive Environmental Evaluation (CEE) has been carried out by the British Antarctic Survey (BAS) for the proposed investigation of Ellsworth Subglacial Lake in West Antarctica (referred to hereafter as Lake Ellsworth).

This draft CEE has been prepared in accordance with Annex I of the Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty (1998). The guidelines for Environmental Impact assessment in Antarctica (Resolution 4, XXVIII ATCM, 2005) were also consulted. This draft CEE describes the proposed activity, alternatives, the local environment and the likely environmental impact. It recommends preventative and mitigation measures and outlines gaps and uncertainties regarding the proposed exploration programme.

**Description of the Proposed Activities**

This programme proposes to undertake direct measurement and sampling of Lake Ellsworth to satisfy two fundamental scientific aims:

(1) to determine the presence, origin, evolution and maintenance of life in an Antarctic subglacial lake through direct measurement, sampling and analysis of this extreme environment, establishing whether, and in what form, microbial life exists in Antarctic subglacial lakes, and

(2) to reveal the palaeoenvironment and glacial history of the West Antarctic Ice Sheet (WAIS) including, potentially, the date of its last decay, by recovering a sedimentary record from the lake floor. This is critical to assessing the present - day risk of ice sheet collapse and consequent sea - level rise.

To meet these aims, the proposed exploration will involve accessing the lake using a hot water drill and deploying a sampling probe and sediment corer to allow sample collection. The proposed drilling and sampling exercise will likely last four days. (Following retrieval of the samples, there is an option to deploy a thermistor string which would remain in situ connected to the surface via a communication cable allowing ongoing measurements of the lake to be taken).

A field camp providing temporary accommodation and power for ten scientists and support staff will also be established for an estimated eight weeks.

The deployment of heavy equipment has been shown to be possible at this location based on several deep - field reconnaissance studies. This programme will build, test and deploy all the equipment necessary to complete the experiment in a clean and environmentally responsible manner.

Samples will be analysed and split in field laboratories and at the UK's Rothera Station, then distributed to laboratories across the UK.

To meet the scientific aims the programme has the following objectives:

- To produce a CEE describing the potential environmental impacts of the programme and how they can and will be mitigated by conforming with relevant best practice guidance (including the NAS guidelines on environmental stewardship when exploring subglacial lakes and the SCAR Code of Conduct on subglacial aquatic environment access).
- To build a hot water drill capable of drilling cleanly through up to 3.5 km ice.
- To construct a sampling probe capable of measuring and sampling the water column and surface sediment.
- To construct a sediment corer capable of retrieving a 1 m to 3 m sediment core.
- To develop a communications tether that can be used to lower the probe / corer and guide its measurement and sampling strategy.
- To design and deploy a field camp capable of supporting the programme and organise the logistics.
- To access the lake using the hot water drill.
- To deploy and recover the sampling probe into the lake, taking measurements and samples of water and lake floor sediment.
- To deploy and recover the sediment corer into the lake and recover a sediment core.
- To distribute the samples for analysis according to an agreed scientific protocol plan.
- To inform the science community and the wider population of the results.
- To inform future management and exploration of subglacial lakes in Antarctica.

## **Description of the Environment**

Lake Ellsworth is located at 78°58'34"S, 090°31'04"W in West Antarctica. It is positioned within the uppermost catchment of the Pine Island Glacier some 70 km west of the Ellsworth Mountains at an ice - surface elevation of 1895– 1930 m above sea level.

Extensive information on the baseline conditions has been gathered during previous non - intrusive site surveys. These indicate that the lake is located at the bottom of a deep, narrow, subglacial trough and that the lake lies approximately 3 - 3.25 km below the ice surface.

The lake volume is an approximate  $1.4 \text{ km}^3 \pm 0.2 \text{ km}^3$ . It is likely, although not confirmed, that the lake forms part of an open hydrological system.

The lake bed is comprised of high porosity low density sediments at least 2 m thick.

No flora and fauna habitat is present at or near the drill site. Nor are there any protected areas in the region of the drill site. The microbial diversity within the lake is unknown.

### **Impact assessment and mitigation measures**

A full assessment of potential environmental impacts is included in this draft CEE. This programme has been in a planning and design stage for six years, throughout which environmental protection has been a central and dominant feature.

The most significant impact predicted is the potential for contamination of the lake and subsequent impact on microbial function. The lake's microbial populations are currently unknown (and can only be determined through the exploration). This impact will be mitigated through the use of the hot water drill methodology (using melted ice water heated to 90 °C, filtered to 0.2 µm, and UV treated), and thorough microbial control contamination methods.

Other impacts result from the emissions generated through the combustion of fossil fuels during the logistics and drilling, potential local contamination from minor fuel spills, and from the wastes generated. These will be mitigated through good planning and management on site.

The potential for "blowout" resulting from dissolved gas build up has been rigorously assessed, and the overall risk confirmed as very low.

## **Alternatives**

Alternatives examined include using different techniques for lake access, investigating alternative subglacial lakes, using different methods of microbial control and not proceeding with the project.

All alternative options have been ruled out as they would afford less protection to the environment or not satisfy the scientific goals of the programme. We are extremely confident that there are no realistic alternatives to that proposed in this draft CEE.

## **Environmental monitoring and management**

The environmental monitoring proposes to assess the actual (rather than predicted) environmental impacts and involves reporting on completion of the fieldwork the resulting total emissions and wastes generated. Any environmental incidents (such as fuel or other spills, windblown equipment or wastes, breaches of the waste, fuel handling or bio security protocols) will be reported.

The microbial control methods will be tested during laboratory trials before the equipment is deployed in the field. However, the effectiveness of the microbial control methods can only be assessed after the fieldwork is complete, once the samples of drill fluid that will be collected during drilling have been analysed in UK Laboratories. The results of these analyses will give an indication of the efficiency of methods used and the potential for any contamination that has arisen. Preliminary analysis of potential contamination can be undertaken on - site using epifluorescence microscopy.

## **Gaps in knowledge and uncertainties**

Given the exploratory nature of this scientific research, there remain unknowns, uncertainties and gaps in current knowledge. The most substantial relate to the following:

- The most sensitive receptor of Lake Ellsworth, the microbial bio - diversity, is unknown and can only be discovered through the execution of this project.
- While it is likely that Lake Ellsworth is part of an open hydrological system, we do not yet know this and there is a low likelihood that the system is closed. This has

implications for dispersal of contamination introduced to the lake and for the risk of dissolved gas build - up that could lead under an extreme condition, to surface blowout.

- The microbial control methods proposed for use are subject to further development and trial to confirm they will meet the programme standards.

- Whilst the programme's primary scientific objectives are not dependant on deploying a thermister string, such a deployment would provide an opportunity to obtain the first accurate depth - temperature record of the ice - lake - sediment column. No decision has yet been made on the use of a thermistor string, but if deployed it will meet the programme's rigorous microbial control criteria. However, unlike other equipment it will be left in situ.

- The final arrangements for transporting equipment to the site are yet to be decided, therefore the associated atmospheric emissions will be re - calculated with greater accuracy in the final CEE. The figures quoted in this draft represent the worse case scenario emissions.

## **Conclusion**

Having prepared a full CEE and adopted rigorous preventative and mitigation measures, the UK considers that the exploration of Lake Ellsworth will have a less than minor or transitory impact on the Antarctic environment. However, due to the uncertainties inherent in such exploratory science, there is a risk of greater impacts (more than minor or transitory). As the actual impacts can only be assessed after they have already occurred, a precautionary approach has been taken reflecting this risk.

This precautionary approach meets the recommendation of the NAS – EASAE report that “all projects aiming to penetrate into a lake should be required to undertake a Comprehensive Environmental Evaluation”.

The UK concludes that the global scientific importance and value to be gained by the exploration of Lake Ellsworth outweighs the impact the proposed programme is predicted to have on the environment and justifies the activity proceeding.

## **Acknowledgements and further information**

This draft CEE has been prepared by the Lake Ellsworth Consortium and reviewed by

the programme's Advisory Committee which is made up of internationally based independent scientists and experts.

Particular thanks are given to Peter Barrett, Neil Gilbert, Chuck Kennicutt, Martin Melles and Satoshi Imura for their constructive comments on a preliminary draft of this report.

The draft CEE is made available on [www.antarctica.ac.uk/ellsworthcee](http://www.antarctica.ac.uk/ellsworthcee)

For further information please contact:

Rachel Clarke  
Senior Environmental Manager  
British Antarctic Survey  
High Cross, Madingley Road  
Cambridge, CB3 0ET.  
UK  
Website: [www.antarctica.ac.uk](http://www.antarctica.ac.uk)  
Tel: 00 44 1223 221374  
Email: [racl@bas.ac.uk](mailto:racl@bas.ac.uk)