

CONCEPTUAL DESIGN OF A LARGE CAVERN FOR GIANT LIQUID ARGON CHARGE IMAGING EQUIPMENT IN OKI-NO-SHIMA ISLAND

Kiyokazu Kawakami ^{#,A)}, Masakazu Yoshioka^{B)}, André Rubbia^{C)}, Koichiro Nishikawa^{B)}, Takuya Hasegawa^{B)}, Takasumi Maruyama^{B)}, Masashi Tanaka^{B)}

^{A)} Penta-Ocean Construction Co., Ltd

2-2-8 Koraku, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan 112-8576

^{B)} High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, Japan 305-0801

^{C)} ETH Zurich (ETHZ)

101 Raemistrasse, CH-8092 Zurich, Switzerland

Abstract

The T2K utilizing J-PARC high intensity started the data accumulation. If beam intensity of J-PARC will become the 1MW class in the future, we will build the cavern under the ground in Oki-no-shima to accommodate the experiment with 100kton liquid Ar TPC. Geologically, the Oki gneiss in the Oki-no-shima eastern side is very stable. The Oki gneiss is the one of the Japanese oldest rocks born about 2 billion years ago and compressive strength of the bedrock is about 80Mpa over. The development of the crack is not seen and has few springs in the underground. We designed large dome cylindrical cavern(the diameter 90m and the height 50m) for storage 100kton liquid Ar, some access tunnel and others connected to a cavern.

隠岐の島における巨大液体アルゴンニュートリノ観測装置地下空洞

1. はじめに

J-PARC の大強度ニュートリノビームを使用した T2K 実験はデータ蓄積を開始したところであるが、将来 J-PARC のビーム強度が 1MW クラスになれば、隠岐の島に地下空洞を建設し、100kton クラスの巨大液体アルゴン TPC を用いた検出器による実験が考えられる。

隠岐の島は J-PARC から 658km の距離にあり、線形的に、J-PARC でのビーム方向設定を神岡の方向に対して 2.5 度に設定した場合、隠岐の島は 0.76 度の方向にあたり実験上都合がよい場所に位置する。



図 1 隠岐の島と J-PARC、SK の位置関係

隠岐の島の東部には、地質的に非常に安定した隠岐片麻岩が堆積している。隠岐片麻岩は約 20 億年前に生まれた日本最古の岩石の一つで、基岩の圧縮強度が約 80Mpa、亀裂の発達は見られず、かつ地山中の湧水もほとんどない。

そこで、この安定した隠岐片麻岩中に素粒子観測装置として液体アルゴン 100kton を格納するための

直径 91m、高さ 50m のドーム円筒状の巨大地下空洞と液体アルゴン貯蔵タンク、地下空洞に連絡するアクセストンネル等を計画した。

2. 隠岐の島の概要

2.1 隠岐の島の紹介

隠岐の島は、島根半島の北西の沖合 80km に位置する人口 16,000 人ほどの火山島である。島の直径は約 50km、周囲 151km で、ほぼ円形の島姿を示しており、標高 608m の大満寺山を中心とする標高 300m~500m の山地が連なる。海岸には火山から流出したマグマが冷却してできた断崖や奇岩が見られ、その風光明媚な景観から大山隠岐国立公園に指定されている。

隠岐の島へは、隠岐空港を利用する航空路（伊丹空港から 1 時間）と西郷港を利用するフェリー（境港、七類港から 2 時間 25 分、高速船で 1 時間 10 分）がアクセス手段となる。



図 2 隠岐の島の島姿

[#] Kiyokazu.Kawakami@mail.penta-ocean.co.jp

2.2 隠岐の島の地質概要

隠岐諸島の基盤岩はユーラシアプレート、太平洋プレートおよびフィリピン海プレートから圧力を受けて変成した隠岐片麻岩と呼ばれる日本最古の岩石で、その上位に 5~6 百万年前の火山活動で形成された溶岩を起源とする火山岩等が分布している。

図 3 に隠岐の島の地質図^[1]を示す。

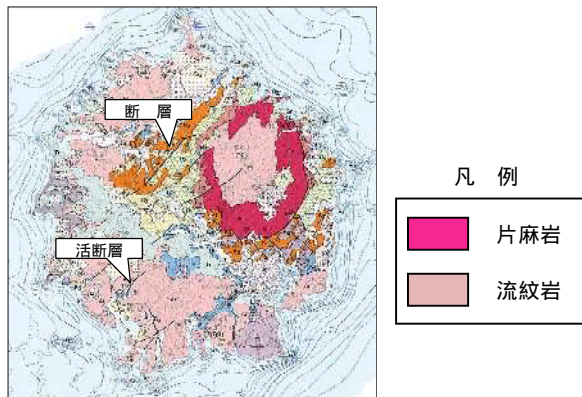


図 3 隠岐の島の地質図^[1]

隠岐の島の地質の特徴は次のとおりである。

- 隠岐の島は火山岩と変成岩で構成されている。
- 火山岩には溶岩だけでなく火山灰等の火山碎屑物も含まれているので、その均一性は低い。
- 火山岩の亀裂間には湧水を滞水している場合が多い。
- 変成岩である隠岐片麻岩には亀裂がほとんど見られない塊状岩盤を示す。また、火山岩に比べて非常に安定しているため、その採石は島根原発建設工事にも使用されている。
- 隠岐片麻岩の透水係数は非常に小さく、銚子ダムで行われたルジオン試験ではルジオン値として 1 ルジオン($1 \times 10^{-7} \text{m/sec}$)以下であることが確認されている。
- 断層は島の北東から南西にかけて発達している。また、活断層が島の南西に一部確認されている。

表 1 に流紋岩と隠岐片麻岩の比較を示す。

表 1 流紋岩と隠岐片麻岩の比較

岩石種別	流紋岩 (火山岩)	隠岐片麻岩 (変成岩)
コアの性状		
岩石の硬軟	新鮮岩は堅硬	
単位体積重量	24.3kN/m ³	26.9kN/m ³
一軸圧縮強度	86.4Mpa	79.2Mpa
岩盤状況	亀裂性岩盤	塊状岩盤
施工上の問題点	湧水が多い 流れ盤すべりを起こす	-

2.3 地下空洞建設サイトの選定

巨大地下空洞の建設にあたっては、建設時の空洞の安定性が確保できると同時に、供用時の使用性、安全性、耐久性も確保できるという観点から次のように選定基準を設定した。

地質条件

- 地下空洞は、火成岩の貫入による熱変質の影響を受けていない、火成岩との層境から離れた位置の隠岐片麻岩中に建設する。
- 地震などの影響を受けないように、断層および活断層から離れたサイトに建設する。

環境条件

- 観測施設のための新たなインフラ整備によって周辺の景観の損失が生じないように、国立公園へ影響を与えるサイトへの建設は行わず、既存のインフラが最大限活用できるサイトに建設する。

このような選定基準から、隠岐の島東部、銚子ダム付近の隠岐片麻岩中への建設が最適であると考え、建設サイトとした。

3. 観測施設地下空洞の概念設計

3.1 ニュートリノ観測施設の建設条件

図 4 に示すように、宇宙線の影響を防ぐためにニュートリノ観測装置地下空洞は土被り 200m 以上確保するものとする^[2]。

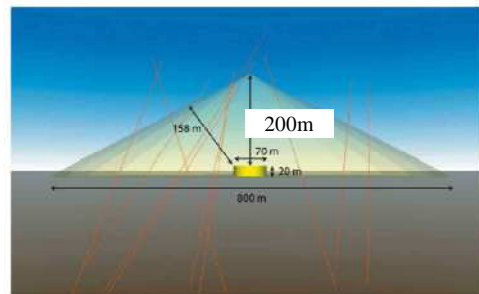


図 4 観測施設地下空洞に必要な土被り^[2]

一般に、地下空洞は地震の影響をほとんど受けないとされているが、本計画の地下空洞には巨大液体アルゴン貯蔵タンクが格納されるため、地震時の液体の揺れによる地下空洞の損傷を防止しなければならない。そこで、図 5 に示すように、巨大液体アルゴン貯蔵タンクと地下空洞を別にしておき、地下空洞底盤と貯蔵タンクの間には免振装置を設置することで、地盤の揺れをタンクに伝達しない構造とした。

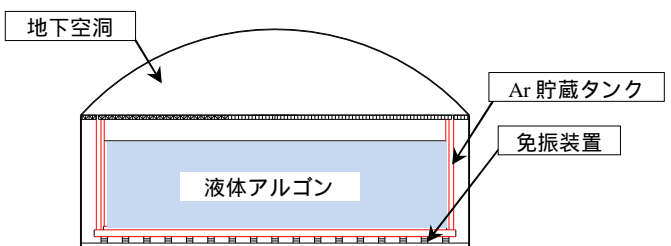


図 5 巨大液体アルゴン貯蔵タンクと免振装置

3.2 ニュートリノ観測施設地下空洞の概念設計

図 6 にニュートリノ観測施設地下空洞の概念図を、表 2 に施設一覧表を示す。

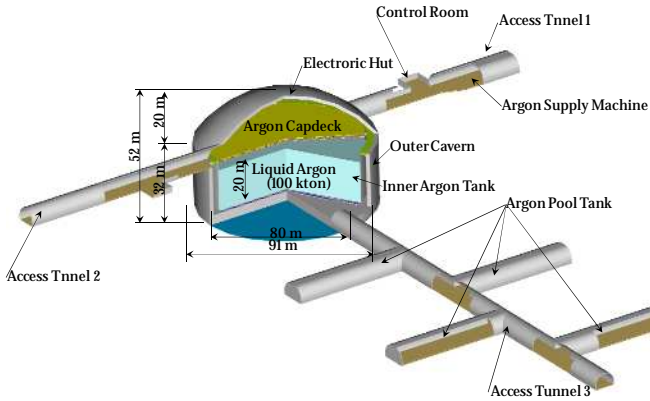


図 6 ニュートリノ観測施設地下空洞概念図

表 2 ニュートリノ観測施設地下空洞施設の一覧

施設名称	諸元等
液体アルゴン貯蔵用地下空洞	ドームシリンダー型 91.3m × 52.1mH
巨大液体アルゴン貯蔵タンク	円筒形、免振装置付 80.4m × 25.0mH
アクセストンネル 1	A=62m ² 、 コントロールルーム
アクセストンネル 2	A=62m ² 、 避難坑兼用
アクセストンネル 3	A=62m ² 、 液体アルゴン管理用
液体アルゴンプールタンク	A=96m ² 、一次貯蔵用

図 7 にニュートリノ観測施設地下空洞の支保構造図を、表 3 に支保工諸元の一覧を示す。ここで、支保構造は、飛騨片麻岩中で施工されたスーパーカミオカンデ空洞での施工実績と FLAC3D による数値解析で設計した。なお、地下空洞は底盤コンクリートを除き、シングルシェル構造としている。

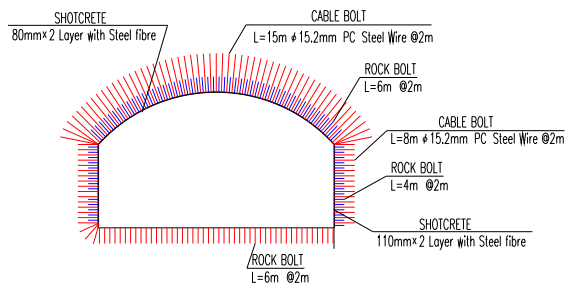


図 7 地下空洞の支保構造

施工はアクセストンネル 1 を掘削後、地下空洞の上部ドーム部の掘削を行う。上部ドームからリーミング工法によってアクセストンネル 3 へ立坑を施工し、シリンダー部の掘削ずりを落ささせるずり処理方法で掘削を行う。想定したサイトで概算工期を算出すると約 60 ヶ月の工事期間が見込まれる。

4. 隠岐の島のインフラ整備状況

前述のように隠岐の島の海岸沿いは国立公園に指定されており、巨大液体アルゴン観測施設の建設あるいは施設を使用するための新たなインフラ整備は、海岸線の景観の維持の観点からも極力避けるべきである。そこで、隠岐の島の既存のインフラ整備状況についても調査し、計画の妥当性を確認した。

4.1 港湾施設

西郷港は重要港湾として平成 11 年度から大型船舶への対応、耐震強化型岸壁の整備、埠頭用地の確保を目的に整備事業が進められている。図 8 に西郷港飯田地区の港湾計画図^[3]を示す。

岸壁の水深は-5.0m~-7.0m 確保されているので、資機材運搬用の大型船舶の停泊が可能である。また、飯田地区には 4.6ha の工業用地も用意されていることから、新たなプラント設備や管理施設等の建設に対して国立公園内での地形改変にあたらないので、規制を受ける等の問題はない。

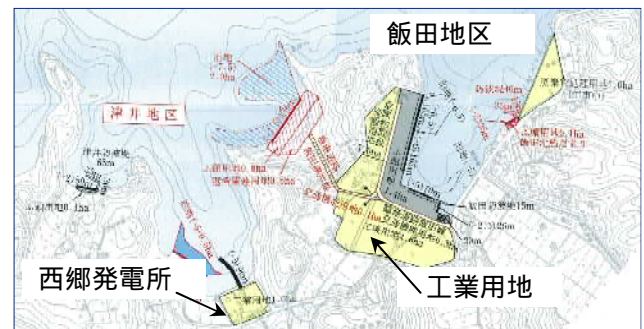


図 8 西郷港飯田地区の港湾計画図^[3]

4.2 電力供給設備

西郷港飯田地区には中国電力(株)西郷発電所(内燃式)があり、島内全域へ電力を供給している。1~6 号機の発電機をすべて稼働させた場合、2.5 万 kW の電力量が確保できる。現在、巨大液体アルゴンニュートリノ観測装置の稼働に必要な電力が確保できるかどうか検討中である。

4.3 道路

国道および県道はほぼ 2 車線が確保されており、資機材運搬のための大型トレーラーの走行には支障がない。一方、計画サイトまでの町道および林道は狭小で未舗装区間もあるので、道路幅員の拡幅等の道路改良工事が必要になる。

参考文献

- [1] <http://www.shimane.geonavi.net/shimane/top.jsp>
- [2] Bruce Baller, Fermilab, "LBNE Liquid Argon Option" GLA2010
- [3] 島根県隠岐支庁土木建築局、西郷港要覧、2001