釜石鉱山地下空間の音響実験と照明の試み

神谷 宏*・牧野 清*・石山 宏二*

The Test of Sound and Light for Utilization of Underground Rocky Cave (Kamaishi Mine Mable Hall)

Hiroshi KAMIYA*, Kiyoshi MAKINO* and Koji ISHIYAMA*

1. ま え が き

鍾乳洞や廃坑など岩盤がむき出しのままの状態にある空洞に入ると、天井から落ちる水滴の音や話し声は共鳴することもなく、とても澄んだ音や声として聞きとれる。これは岩石の種類にもよるが、岩石そのものにも吸音する物性があるためである。また、空洞内は気温や湿度などがほぼ一定の状態に保たれている。このような環境は、空間における音の伝わり方や拡散状況などについて実験するには格好の場所でもある。

著者たちは、平成4年に釜石鉱山内に残されている白色石灰岩の地下空間の有効利用を検討する機会を得た。

現在、釜石鉱山では採掘跡の有効利用の研究開発として、白色石灰岩層以外の場所において、それぞれ目的に応じた実験を行い続けてきている。

検討の条件としては、(1)従来鉱山内で実施してきた諸実験とは異質な、(2)釜石という地名が生かせる地域の活性化につながり、(3)地域の人々に楽しんでもらえるような、(4)白色石灰岩を強調し、そして(5)釜石鉱山の地下にはこんな大空間があるんだと訪れる人たちにいつまでも印象づけるようなこと、などを骨子とした。

検討の結果、白色石灰岩空洞内の、残響時間などの音響特性が音楽ホールにも適することを主体に、緑・水・人工照明を使ってバランスよく構成し、コンサートステージ・ギャラリー・憩いの広場などの施設を配置し、地上の生活と変わりのない、人々が集まり、休憩

し、語り合うことのできる情景の演出の可能性を探索した。

本報では、この実験の概要と結果について報告する。

2. マーブルホールとは

イベント実験を行ったマーブルホールは、地下900 mにある白色石灰岩層をくり抜いた高さ4 m、幅60 m、奥行き80 m、全容積12,000 m³の空間で、全面純度90%以上を有する白色石灰石で囲まれ、年中気温12°C、湿度90%の肌寒さを感じる大空洞である。空洞には、石灰岩の採掘時に空洞の安定上必要な巨大な柱(5 m×5 m)が18本残されている。そのため、空洞内は格子状の通路に分割された状態となっており、光を当てることで明暗がはっきりと映し出され、さらに、巨大な柱の陰にうすい光が見える幻想的な白亜の世界に誘われたような雰囲気である。

3. イベント実験

音響・照明の基礎実験を踏まえ、このマーブルホールをひとつのイベントスペースとして計画し、その可能性を探る。基本的な構想としては、真白な石と林立する巨柱、そして暗闇という特異な空間に「光・音・水」を持ち込み、オアシス的なものと未来的・宇宙的空間というもの、さらに芸術的なものとしてどう表現するかにあった。この基本構想をもとに作り出したシーンの情景について説明する。(図-1)

3.1 アプローチ (写真-1)

地下900 mにあるマーブルホールへは、水平坑、斜坑、そしてまた水平坑へと約4 km程の坑道をトロッコ

* 西松建設(株)技術研究所 Technical Research & Development institute, Nishimatsu Construction Co., Ltd.

- 白色石灰岩の地下岩盤空洞
大深度地下—地表下 900m
奥行 ≒ 80m
幅 ≒ 60m
高さ ≒ 4m
全容積 ≒ 12,000m³
- ニューフロンティア空間
としての地下空洞
- 色と光と影と音の
有機的な調和を求める
闇・静 → 明・動
- シーン名称

1	河童の池
2	光の壁
3・4	水の演出
5	光の列柱
6	ホログラム
7	休憩コーナー
8	石のステージ

図-1 釜石鉱山マーブルホール・イベント実験プラン

写真-1 アプローチ

写真-2 河童の池

を乗り継いで行く。所要時間は約40分程である。マーブルホールに近づくと、坑道は暗闇となり、さらに、ブラックライトと蛍光塗料によって怪しく光るトンネルに導かれ、「ようこそ」の歓迎を受けながらホールへと歩み進む。

3.2 河童の池 (写真-2)

民話の古里として有名な遠野に因んで「河童の池」を作った。直径3m、深さ1.5mの穴をすり鉢状に掘り、そこへ坑道から湧き出る天然水(仙人秘水)を入れた。石灰岩によって程よく白濁したその池にポンプを入れ泡を出し、スポットライトを用意。あたりから“蛙の合唱”

“河童のささやき”などをイメージした音を聞かせ、池の中からポコリと河童(漫画家、牧野圭一氏創作)が浮かび上がるという仕掛けで演出した。

3.3 光の壁

このシーンでは、高さ4m、長さ20mの岩盤に光をあて、その大きさ、白さ、岩肌の粗さなど白色石灰岩の持つ表情を壮大な音とともにアレンジしてみた。

3.4 水の演出、光の列柱 (写真-3)

このシーンでは、白色石灰岩の大空洞の中で「水」の一生というものを、湧き出す誕生から蒸発し消滅するまでをまとめて演出した。緑、水の音そして虫の音の共演

写真-3 水の演出

写真-6 大久保正人氏による邦楽の演奏

写真-4 ホログラム1

写真-7 音響測定

写真-5 休憩コーナー

で、オアシス的な雰囲気を作ってみたい。

噴水はズリによって作られた小山から噴き出し、やがて集められて細流（せせらぎ）となる。細流の底には光ファイバーを設置し、赤・青・黄の微光の中で白い石と相まって神秘的流れを作り出した。大きな池には、水中ライトを入れ、池自体を発光させることで静寂感を演出した。

「光の列柱」のシーンでは、奥行きのある空間を利用

して、光の柱を連続的に立ち上げた。ライトの脇には噴霧を発生するノズルを設置し、複数のスピーカによって空間を飛び回る音とともに噴き上げた。噴霧の中で光柱をきれいに投影させるために緑色のフィルターを使用した。

3.5 ホログラム（写真-4）

全面白色の岩壁に覆われたブースをギャラリーに見立て、石井勢津子氏の作品（ホログラフィーアート）を展示した。ホログラムは、レーザー光線を使って透明なフィルムに彫刻し、ガラス板で表面加工した芸術作品である。光の反射・屈折を利用することで彫刻は立体的にさまざまな「彩」が見られ、壁面や床にやわらかく映る透明感のある幻想的な空間に誘われるようであった。

3.6 休憩コーナー（写真-5）

ここでは人々が集う空間を想定。白に映える赤いテーブルと椅子に白い小さなランプをのせ、見学者には天然水（仙人秘水）の試飲サービス。また、壁面の一部をくり抜き、照明を組み込んだ光棚を作り、カウンターを持ち込んでバーコーナーとした。所々に観葉植物を置き、

図-2 残響時間周波数特性

壁にはブラケット付の絵画を飾り、森をイメージにピアノの音と鳥のさえずりが聞こえるBGMを流し、ゆったりとした雰囲気を作った。また、ビデオによる海中シーン、プラネタリウムによる星座、時計の投影など、白い岩壁をスクリーンに見立てた実験も行った。

3.7 石のステージ (写真-6)

音楽ホールに見立てるために、大きな空間に石のステージを作った。7m×5mの赤いステージの周りにはズリの小山で取り囲み、四方に巨大な柱が立つ。照明は、演奏者用と天井や巨柱を色々に染める効果として使用した。ステージでは、今回のイベントで総合的な音楽づくりをしてくださった天山氏（作曲家）による神秘的な幻想音楽を聞いた。同時に、音楽に合った光をステージ周辺に投光し同調させた。そして最後のイベントとして、地元のアマチュアバンドやプロの演奏家による生演奏を試みた。

本実験で生演奏してくださった地元のプロ演奏家・大久保正人氏は、その時の感想を「離れた所でも近くに聞こえ、音響学的にも面白い」と述べられていた。

4. 基礎実験

4.1 音響実験

測定は、(1)残響時間、(2)音圧分布、(3)明瞭度試験(RASTI)、(4)試聴およびダミーヘッド録音について、空洞全体（空間1）と空洞の一部（空間2）に分けて行なった。

明瞭度試験は、B&K社 Type 3361によってRASTI値を求めた。トランスミッタから外部スピーカに接続し、試験信号（500 Hz）の音圧レベルを80 dBに設定した。

エコータイムパターンの音源には、弾着（電圧をかけ

図-3 500 Hz の最適残響時間と室容積

出典：建築設計資料集成

図-4 RASTI 値対主観明瞭度

て爆破させる爆竹）を用いた。

試聴、ダミーヘッド（高研社製）録音では、音源スピーカにBOSE802を用いてドライソースを再生、試聴および録音した。

4.2 測定結果

(1) 残響実験

図-2に空間1、空間2の残響時間の平均値を示す。

空間1では、図-2の一点鎖線で示した範囲の9測定点を平均したもので、500 Hzの残響時間は1.7秒である。低音域に比べて中高音域では短めの値が得られたが、これは掘削時の粉塵が表面に付着していること、ズリ（掘削層）が隅に集積されていることによる吸音力の増加によるものと思われる。空間2では、1.3秒（500 Hz）であった。

ここで、容積毎の最適残響時間（500 Hz）および既存のホール・劇場の残響時間（500 Hz）を比較したものを図-3に示す。これによれば、容積に対する500 Hzの残響時間は、コンサートホールにほぼ適していることになる。

(2) 音圧分布

空間1は特殊な形状のため、音源位置から見て右奥は直接音がなく、ズリが集積されていることなどから大きく減衰している。

(3) 明瞭度試験

RASTIの実測値と主観明瞭度の関係を図-4に示す。この空洞においては、直接音が届く場所ではRASTI値が平均0.6程度で、聴感上も比較的明瞭性が良かったが、

柱の陰では0.45, 0.49で、直接音成分が届かず左右からの反射音のみが到達するため、聞き取りにくい状況だった。

(4) 試聴およびダミーヘッド録音

ドライソースを再生して試聴したところ、残響時間周波数特性が示すように低音域の長さが気になるものの、濁りのないクリアな音楽が聴けた。空間1では拡がり感のある音場、空間2ではパワー感のある音場といった空間の形状による違いが感じられ、どちらも音源から20~30 mほど離れた位置が最も好ましく聴くことができた(写真-7)。

4.3 照明実験

この実験では、白い岩壁に対して光の演出効果と視認性を評価するために、岩盤に当てた時の光の見え方や拡がり方を検討した。

その結果、空間の形状や材質の特徴を引き出し、さまざまな照明シーンを再現させたが、幻想的な世界の演出をどれだけ表現できたか難しいものがあった。また、印象を深めるための方法として、視覚だけの表現では心理的結果を引き出すのに満足できるものではなく、音響を加味し聴覚にも訴える演出も効果的ではなかったかと思

われた。

5. お わ り に

現在、廃止鉱山で行われている跡地有効利用には、大学キャンパスゾーン・実験や研究施設・観光事業、産業廃棄物処分場・農業施設・オフロードコース、そして文化財にと、それぞれの目的に応じた実例がある。この実験は、マーブルホールという大自然そのものを生かし創造したものであり、鉱山のリフレッシュを違った視野から探求を試みた。

地下空洞そして白色石灰岩場という特殊な環境の中で、「光・音・水」をどのようにアレンジし、幻想的なしかも神秘的な造形をいかに表現するか、想像した各シーンには反省点もあったが、全体的には満足のできる実験ができた。

最後に、本実験の場を提供して下さった日鉄鉱業(株)、実験に協力していただいた関係者に感謝の意を表します。

(1993年12月20日受付, 1994年2月9日受理)