

分置

本資料は2001年6月20日付けて  
登録区分変更する。 [技術展開部技術協力課]

# 地震に関する調査研究

1985年4月

社団法人 日本鉱業会

この資料は、動燃事業団の開発業務を進めるため、限られた関係者だけに配布するものです。従って、その取扱いには十分注意を払って下さい。なお、この資料の供覧、複製、転載、引用等には事業団の承認が必要です。



PNC 別 199 85-11(1)  
昭和 60 年 4 月

## 地震に関する調査研究

社団法人 日本鉱業会

### 要旨

我が国は世界有数の地震国であり、地層処分においては地震の影響を検討し、地震が地層の隔離性能を低下させることがないようにしなければならない。

従来、地下深部においては地震の影響が地表よりも軽微であることが経験的に知られているので、この現象を実証し、かつ必要であれば耐震設計を行えば地震に対する安全性が確保されると考えられる。

そこで日本鉱業会に「地震に関する調査研究委員会」を設置し、この委員会を中心となって地下震部と地表において地震の影響の大きさを比較し、地下深部における処分場の耐震性確保に必要なデーターを収集することを目的として、既存の地下深部坑道を利用して地震に関する観測を、以下に示す全体計画のもとに実施しようとするものである。

- |        |                                                                           |                                           |
|--------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 第 1 年度 | (1) 研究方針の検討                                                               | { (イ) 委員会の設置<br>(ロ) 地震観測の実態調査}            |
|        | (2) 観測地の選定                                                                | { (イ) 地震発生状況の調査<br>(ロ) 観測地の選定（細倉鉱山に決定した）} |
|        | (3) 観測システムの設計                                                             | { (イ) 現地条件の予備調査<br>(ロ) 観測システムの設計}         |
| 第 2 年度 | (1) 観測システムの購入設置<br>(2) 観測地点の地質及び岩盤特性の概査<br>(3) 観測データーの集積と解析               |                                           |
| 第 3 年度 | (1) 観測データーの集積と解析<br>(2) 観測システムの増設<br>(3) 新規観測地の選定※                        | { (イ) 観測データーの解析<br>(ロ) 地質及び岩盤条件の精密調査}     |
| 第 4 年度 | (1) 観測データーの集積と解析<br>(2) 観測システムの増設………第 3 年度選定鉱山への増設※<br>(3) 増設地点の地質及び岩盤調査※ |                                           |
| 第 5 年度 | (1) 観測データーの集積と解析<br>(2) 研究内容のとりまとめ<br>(3) 今後の方針決定……………研究の継続体制について         |                                           |

注) ※ の項目については可能性の検討を行い、可能な場合実施する。

本報告書は、社団法人日本鉱業会が動力炉・核燃料開発事業団の委託により実施した研究の成果である。

April 1985

## Survey and Research on Earthquake

The Mining and Metallurgical Institute of Japan

### Synopsis

Japan is one of the salient earthquake countries in the world. Therefore, for the geologic disposal of radioactive wastes, the influence of an earthquake must be studied in relation to the performance of geologic barrier.

It is known generally that the influence of an earthquake is less empirically at underground deep point than at ground surface. Such phenomena are to be confirmed. Then, by earthquake resistance design where necessary, the safety in geologic disposal should be attained.

In the above connection, there has been set up a Committee on Earthquake Survey and Research in the Mining and Metallurgical Institute of Japan. With this committee, the influence of an earthquake at deep underground and at ground surface will be studied comparatively and thereby the data are to be acquired for achieving the seismicity in deep underground radioactive waste repositories. Observations of seismic waves will thus be made with the existing openings in deep underground, according to the schedule as follows.  
1s year

- (1) Studies on the survey and research Program
  - a. setting up the committee
  - b. survey on the state of seismic observations
- (2) Selection of an observation site
  - a. survey on the occurrence of earthquakes
  - b. selection of an observation site (Hosokura Mine has been selected as the site)
- (3) Design of observation equipment
  - a. preliminary survey on the site conditions

b. design of observation equipment

2nd year

- (1) Purchasing and installation of observation equipment
- (2) Survey on geology and bedrock characteristics in the observation site
- (3) Accumulation and analysis of observation data

3rd year

- (1) Accumulation and analysis of observation data
  - a. analysis of observation data
  - b. detailed survey on geology and bedrock conditions.
- (2) Installation of additional observation equipment
- (3) Selection of another observation site\*

4th year

- (1) Accumulation and analysis of observation data
- (2) Installation of observation equipment - in the mine selected in the 3rd year\*
- (3) Survey on geology and bedrock in the additional observation site\*

5th year

- (1) Accumulation and analysis of observation data
- (2) Collection of the survey and research results
- (3) Decision on the future schedule - concerning Continuation of survey and research

\* Feasibility is studied. When feasible, the items concerned are carried out.

---

\* Work performed by the Mining and Metallurgical Institute of Japan under contract, with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation

## 1. まえがき

世界有数の地震国である我が国では、地震に関する研究は古く、明治13年に「日本地震学会」が設立され、昭和56年に100周年を迎えていた。

地震観測は第2次大戦前は主として気象庁によって行われており、昭和20年頃には地震観測を行っている測候所の数は長い間110ヶ所であった。

しかし、昭和40年に「地震予知計画」の第1次5ヶ年計画が発足するなど、地震計の進歩と共に観測網も拡充されてきた。現在では、地震予知を目的とする大学等の国立機関や気象庁の観測網のみならず各種の民間機関でも実施されている。これらの地震観測の大多数は地表測点による地表地震観測であるが、地震予知や地下発電所等の中構造物の耐震性解明のために、地中地震の観測も数箇所において実施されている。地中地震観測の観測深度は100m以浅が多く200m以上の深部については、観測地点は少ない。また、地中の地震動特性は、その地点の地質構造や岩盤特性にも大きく影響されるため地域性が強い。したがって出来るだけ多くの地点で種々の岩盤について観測していく必要がある。

昭和59年度は第1段階として、地震観測の現状調査と地震観測システムの調査及び細倉鉱山を観測地点に選定して、地中深部と地表部との地震動特性の比較研究を開始するための準備作業を実施した。

本報告書では、第2章で我国における地震観測の実態と、地下発電所、トンネル、鉱山における地中地震観測の実例とその成果を示し、第3章では、地震観測で一般に使用されているシステムと観測データの解析法について、第4章では、これから行う地震観測地点の選定と、観測システム設計のための現地調査の結果について示した。

最後に第5章では、観測システムの設計を行った結果を示した。

調査研究は下記の委員で構成する委員会で行った。

地震に関する調査研究委員会 委員一覧表

|     |       |                   |
|-----|-------|-------------------|
| 委員長 | 佐々宏一  | 京都大学工学部資源工学科      |
| 委員  | 山口梅太郎 | 東京大学工学部資源開発工学科    |
| "   | 川本眺万  | 名古屋大学工学部土木工学科     |
| "   | 植野泰治  | 住友金属鉱山株式会社鉱山部     |
| "   | 七島喜久夫 | 三井金属鉱業株式会社資源部     |
| "   | 柏木高明  | 三菱金属株式会社原子力開発センター |
| "   | 伊藤正俊  | 同和鉱業株式会社鉱山部       |

|      |         |                 |
|------|---------|-----------------|
| 委 員  | 小 島 康 司 | 日本鉱業株物資源調査部     |
| "    | 井 上 徹   | 日鉄鉱業株事業開発部      |
| "    | 田 代 淳   | 石灰石鉱業協会技術部      |
| WG主査 | 駒 田 広 也 | 財電力中央研究所土質基礎研究室 |
| WG委員 | 沢 田 義 博 | 財電力中央研究所耐震研究室   |
| "    | 佐 藤 一 彦 | 室蘭工業大学開発工学科     |
| "    | 佐 藤 孝 雄 | 明豊エンジニアリング(株)   |
| "    | 堀 田 光   | 建設企画コンサルタント(株)  |
| "    | 井 上 瑞 城 | 日本鉱業会           |
| "    | 喜 種 寿 人 | 日本鉱業会           |

第1年度の業務の中では、地震計を設置する鉱山の選定が最大の問題点であったが、地震観測の候補地となった細倉鉱山が、現地調査の結果適地であるとの結論が得られた。

今回、細倉鉱業株式会社には、地震計の設置を快よく許可して戴いたため、本委員会の業務を順調に遂行出来る見通しが得られた。研究を開始するに当り、御協力戴いた次の方々に深く感謝する次第である。

|          |         |           |
|----------|---------|-----------|
| 細倉鉱業株式会社 | 代表取締役社長 | 大 野 保 二   |
| "        | 常務取締役   | 石 田 吐 日 四 |
| "        | 取締役鉱山部長 | 桜 井 栄     |
|          | 事務部長    | 大 村 純 彦   |
|          | 鉱山次長    | 嵯 峨 洋 介   |

## 2. 地震観測の実態調査

### 2.1 我が国における地震観測の現状

#### (1) 微小地震観測

微小地震とは地震の大きさを示すマグニチュードが3以下の中規模の地震であってその発生数は多く、マグニチュードが1つ小さくなると、その発生数は約8倍多くなるといわれている。微小地震の発生状況は、活断層やマグマ活動、プレート運動、過去の大地震活動などに關係しており、その監視は地震予知のための有力な手段である。

微小地震観測を実施している主な機関は、北海道大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学などの大学と国立防災センターが中心である。観測開始時期は、各機関によって異なるが、1965年頃から本格化している。

観測方法は、地震計として高感度速度計を利用し、テレメータリングによる集中観測方式が一般的である。

#### (2) 小、中、大地震観測

マグニチュードが3～5を小地震、5～7を中地震、7以上を大地震と呼んでいる。これらの観測はもっぱら気象庁で行われている。

観測地点数は約130地点で、全国各地にばらまかれている。設置されている地震計も各種のものがあるが、最も感度の高いものは短周期速度計で、倍率は1万倍～100万倍であり、最も感度の低いものは1倍の強震計（変位計）である。記録方式も現地でのアナログ記録方式から、テレメータリングによる方式まで各種ある。

#### (3) 強地震観測

強地震観測は古くから多くの機関で多数行われているが、工学的には1953年のS M A C型加速度強震計の設置に始まると言ってよい。この強震計の設置台数は1984年3月現在で1411台に達している。このうち、建築物に設置されているのが840台と約60%を占めており、地盤上は389台（約28%）でそのほとんどが都会地の堆積地盤上で、岩盤上はきわめて少ない。

地中地震観測は、1982年現在で140地点であり、深さが50mまでのものが71地点、50m～100mが51地点、100m～200mが9、200m～300mが2、300m～400mが1、400m～500mに無く、500m以上の深さのものが5地点ある。

## 2.2 地中地震観測

### (1) 概 説

地中地震観測は、ボーリング孔内及び鉱山、トンネル、地下発電所などの地下空洞内で実施されているが、そのほとんどが100m以浅に設置されている。しかし、最も深いものは、地震予知のために、科学技術庁国立防災センターが行っている埼玉県岩槻市の微小地震観測井の深さ3510mの観測である。なお、観測項目は加速度測定が最も多い、85%を占めている。

### (2) 地下発電所における地震観測

地下発電所における地震観測は以下の各地点で実施されている。

- (i) 城山発電所
- (ii) 沼原発電所
- (iii) 下郷発電所
- (iv) 落合発電所
- (v) 池原発電所
- (vi) 鬼怒川発電所

以下に各地点の観測状況を簡単に示す。

#### i) 城山発電所

空洞の大きさ（長さ×幅×高さ）：110m×20m×40m。

地表からの深さ（被り）：200m。

地 質：粘板岩、砂岩

地上と地下に加速度計を設置し、1976年7月から1984年7月までの8年間に170個の地震を観測し、現在も継続中である。地上と地下について最大振幅、伝達関数、応答スペクトルを比較している。

#### ii) 沼原発電所

空洞の大きさ（長さ×幅×高さ）：131m×22m×46m。

地表からの深さ（被り）：250m。

地 質：花崗閃緑岩

地上と地下に速度計を設置し、1977年12月から1982年12月までの5年間に46個の地震を観測、現在も継続中である。

#### iii) 下郷発電所

空洞の大きさ（長さ×幅×高さ）：171m×22m×46m。

地表からの深さ（被り）：100m。

地 質：花崗閃綠岩

1981年7月から1983年7月までの2年間で11個の地震を観測し、現在も継続中である。

地上と地下の最大振幅の比較などを行っている。

#### IV) 落合発電所

この発電所は半地下方式であり、掘り込まれた深さは直径15m深さ22mである。地質は緑色片岩であり1983年2月から、1983年8月までの6ヶ月間で27個の地震を観測し、現在も継続中である。加速度計を設置し、地上と地下の最大振幅、スペクトル強度、伝達関数の比較を行っている。

#### V) 池原発電所

空洞の大きさ（長さ×幅×高さ）：122m×20m×43m。

地表からの深さ（被り）：20m。

地 質：珪質粘板岩

地上と地下とに速度計及び変位計を設置し、1977年4月から1982年12月までの5年8ヶ月間で59個の地震を観測し、現在も継続中である。地上と地下の最大振幅の比較を行っている。

#### VI) 鬼怒川発電所

空洞の大きさ（長さ×幅×高さ）：195m×46m×35m。

地表からの深さ（被り）：67m。

地 質：石英粗面岩、凝灰角礫岩。

地上と地下発電所空洞内のみならず、地表から地下発電所に通じる立坑内、及びそれから約15m離れたボーリング孔内に深さを変えて数ヶ所に加速度計や速度計を設置し、観測を行っており、振幅と深さとの関係や波形と深さとの関係などが得られている。

### (3) 鉱山における地震観測

#### i) 日立鉱山

既設坑道を利用して、地表及び深さ150m, 350m, 550mの4地点で地震観測が実施された。

地質は、主に凝灰岩、緑色片岩、珪質片岩から成る。測点には加速度計が設置され、1976年から1981年までの5年間で52個の地震を観測した。観測は中止され現在は行われていない。しかし、地上と地下について、最大加速度、速度応答スペクトル、フーリエスペクトル、周波数伝達関数など多くの項目の比較が行われ最もまとめた成果が得られている。

#### ii) 炭鉱における地震観測

北海道の三井砂川岩鉱と北炭幌内炭鉱で、地表と地下約1000mの位置とに多数の地震計

を設置し、地震観測を行っているが、観測の対象としている地震は、山鳴りと呼ばれている極微小地震であって、これは採炭の進行によって発生する岩盤破壊に起因するものである。観測目的も坑内保安のためである。

#### (4) トンネルにおける地震観測

トンネル内での地震観測は石塚トンネル、新宇佐美トンネル、青函トンネルで行われるが、この報告書では、石塚トンネルと宇佐美トンネルについて記すことにする。

##### i) 石塚トンネル

石塚トンネルは国鉄盛線にあり、観測点は坑口と坑口より 580 m～650 m間に数ヶ所ある。地質は粘板岩であって、加速度計を各観測地点に設置しているが、同時にひずみ計を設置し、トンネル覆工のひずみ測定も行っている。公表されている地震観測数は 7 個であり、岩盤内構造物の耐震性が検討されている。

##### ii) 新宇佐美トンネル

新宇佐美トンネルは国鉄伊東線にある長さ 3000 m のトンネルである。

地震観測は坑口とトンネルのほぼ中央の数ヶ所で行われている。その地点の被りは 220 m～260 m で、地質は変質玄武岩である。加速度計とともに、ひずみ計も設置されており、山岳トンネルの地震時挙動が検討されている。観測は 1983 年 7 月から始められ、1984 年 6 月までの 1 年間で 10 個の地震を観測している。

#### (5) 現在までの地中地震観測により得られた結果

現在までの地中地震観測により得られた成果は下記のとおりである。

- i) 200 m 以深の地下における地震最大加速度は地表のそれの  $1/2$  程度となるが、その程度は観測地点や上下動、水平動によっても異なる。
- ii) 表層が軟らかい地盤の場合には地震動の増幅は大きくなる。
- iii) 地下での減衰効果は震源距離が短くなるほど大きくなる傾向がある。
- iv) 地下の地震動スペクトルは地上において卓越している短周期成分が欠除し、そのスペクトル形状は地上に比して平坦となる。

### 3. 観測システムの調査

#### 3.1 概 説

強地震動観測のために用いられているシステムに関する調査を行った。調査はまず観測機器を対象として行い、システムを構成する地震計、記録器および周辺機器について各メーカー毎に主な仕様を調べた。

ついで代表的な観測システムを選び、主な内容を概説するとともに観測データの処理、解析手法を示した。

#### 3.2 観測機器

##### (1) 地 震 計

近年、工学の分野において地震観測に用いられている地震計は、ほとんど加速度計である。加速度計とは地盤の振動の変位加速度に比例した信号出力が得られる地震計であって、次の2つのタイプがある。

###### i ) 速度帰還方式加速度計

この型の加速度計は国内では、株明石製作所、株勝島製作所、株東京測振が製作しており、感度が一様な周波数範囲はいずれも 0.1 HZ～50HZ程度であり、0.1 gal～2000gal 程度の測定範囲を持っている。

###### ii ) サーボ加速度計

この型の加速度計は国内では、日本航空電子工業㈱、及び株明石製作所が製作しており、測定可能周波数範囲は、DC～250HZ またはDC～400HZ であり、測定範囲は 0.1 gal～2000gal 程度である。

##### (2) 記 録 器

近年、A-D 変換器の安定性向上と価格低下により記録方式はデジタル集録方式となっている。この方式によると、地震による振動が発生する前から、振動が消滅するまでの10秒間程度の振動現象が記録される。A-D 変換された信号は磁気テープに記録される。

##### (3) 周 辺 機 器

###### i ) オシログラフ

A-D 変換され、デジタル量として記録されている信号を、D-A 変換器によってアナログ信号に戻して波形を見るためのオシログラフが必要となる。オシログラフとしては熱ペーパー式が最も適している。

###### ii ) 集中観測装置

地震は突発現象であり、かつ、短期間に多数発生するものではないので、いつ発生しても正しく記録されるように毎日または週1回、自動的に装置が正常に行動しているかどうかを確認する機能を有する装置である。

### Ⅲ) 無停電電源装置

大地震発生時には、商用電源が停電する可能性が充分考えられる。無停電電源装置は、このような場合でも全システムが正常に作動することを補償する装置であって、周辺機器として必要なものである。

## 3.3 観測システム例

この節では、いくつかの代表的な地震観測システムについて説明する。

### (1) 地盤・構造物の地震観測装置

原子力発電所における、地震観測システムの一つを取りあげて説明する。

地震計として、サーボ加速度計を用い、A-D変換器を利用して10~20秒遅延させ、デジタルデータレコーダに収録している。

### (2) 地盤の平面アレイ地震観測とそのシステム

地震波の伝播特性をより詳細に調べ、かつ、震源特性に関する情報を得るために、地表面付近に平面状に地震計を配置する平面アレー方式の観測が行われつつある。

この観測の一例として岩盤強震アレー観測委員会による関東地区のアレー観測の例を示す。地震計としては、主に、加速度計が用いられているが、加速度計とともに、速度計及び変位計も用いられている。

増幅器には、設定レンジ以上の信号が入った場合には、自動的に瞬時に増幅度を切り替える自動感度切換器（A G C）が組み込まれている。

記録には、A-D変換器を利用して5秒または10秒遅延させた後、デジタルテープレコーダに記録される方式を用いている。

### (3) 高ダイナミックレンジ地震観測

上記の(1)及び(2)のシステムは、いずれもデジタル収録は行っているが、用いているA-D変換器が12ビットのものであるため、ダイナミックレンジは最大66dBである。

大地震から微小地震までを忠実に記録するために、ダイナミックレンジを大きくした高ダイナミックレンジ観測が行われている。その方式としてバイナリーゲインアンプ方式（B G A方式）がある。この方式を採用すると、ダイナミックレンジは90dB~100dBと飛躍的に増大する。

### 3.4 データ処理・解析

#### (1) フォーマット変換

得られた地震記録は電子計算機により処理せねばならないが、そのためにはフォーマット変換を行う必要がある。

データはA S C I I コード、あるいはB C D コードのヘッダ部とバイナリーコードの地震データ部より構成されているが、これらを、E B C D I C コード、あるいはI E E E 浮動小数点規格へ変換する。

#### (2) フーリエスペクトル

フーリエスペクトルの計算方式を示し、現在は高速フーリエ変換（F F T）法によるのが一般的であることを示した。

#### (3) パワースペクトル

パワースペクトルの計算方式を示し、これは波形の卓越振動数を概観するのに適した表示方法であることを示した。

#### (4) 伝達関数とコヒーレンス

伝達関数とコヒーレンスについて説明し、伝達関数の信頼性を見るためには、伝達関数のピークが位置する振動数域のコヒーレンスを検討すればよいことを示した。

#### (5) ウィンドウ

スペクトルの計算において、ウィンドウをかける必要があることを示し、パルゼン型、ハニング型、放物線型のウィンドウについて説明した。

#### (6) 応答スペクトル

応答スペクトルについて説明し、周期は、0.04～5秒の間をおおよそ100分割、減衰定数は、0, 2, 5, 10, 20%のいずれか、あるいは全部について求めるのが適当であることを示した。

## 4. 観測地の選定

### 4.1 概 説

地下深部空洞、およびその周辺岩盤への地震の影響を検討するための地震観測地点の選定に際しては、次の各項を念頭に置いておく必要がある。

(a) 地震動の大きさ及び波形と地表からの深さとの関係、少なくとも地下300mまでに関するデータが得られるよう配慮すること。

(b) 地層の各種特性と地震動の大きさ、及び波形との関係に関するデータが得られるよう配慮すること。

(c) 観測地点としては、震源が浅い浅発地震と、震源が深い深発地震の両者の発生頻度の高い場所を選ぶこと。

(d) 地形の影響が観測値に及ぼす影響が小さい場所を選ぶこと。

(e) 観測地点の岩盤は硬岩または中硬岩で地質構造はできるだけ一様であること。

以上の各項を念頭において調査した結果、細倉鉱山が適当であるという結論を得た。

### 4.2 地震発生状況について

短期間に多くのデータを得るためにには、地震発生頻度の高い地域に観測地点を設置しなければならない。そのためにはまず、地震発生状況の調査を行った。その結果、関東地方から東北地方にかけての太平洋側が地震発生頻度が高く、かつ、浅発地震と深発地震の両者が発生していることが明らかとなった。

なお、今回地震観測候補地点として選定した細倉鉱山から約60kmの位置にある仙台では1983年1年間で震度3の地震を2回、震度2及び1の地震をそれぞれ8回及び9回観測している。

### 4.3 細倉鉱山

細倉鉱山は三菱金属株式会社の子会社の細倉鉱業株式会社の鉱山であって宮城県栗原郡鶯沢町にある。

鉱床は鉛、亜鉛を主とする急傾斜の脈状鉱床であって、周囲の地質は、第三紀に属する安山岩、石英安山岩及び凝灰岩より成り立っている。

現地調査の結果、細倉鉱山の東中部にある感天立坑を中心とした地区が地震観測地点として最も適しているこの結論に達した。

#### 4.4 現地調査

地震観測の候補地点として選定した細倉鉱山感天立坑周辺において、地震観測システムの設計及び観測地点の選定に際して必要となる下記の各項の調査を行った。

- (a) 坑内の地震計設置予定個所における岩盤の常時微動の大きさ及び卓越振動数。
- (b) 坑道敷面のP波及びS波速度。
- (c) AC 100V 電源の電圧変動状況。

上記項目(a)及び(b)の調査を感天立坑の上-1番坑、下-3番坑、下-10番坑の地震観測予定地近傍で行った。

その結果、平均的なノイズレベルは、上-1番坑の上下成分では0.05gal、他はすべて20.1gal程度である。しかし、0.3～0.4gal程度のスパイク状ノイズが0.5～1.0秒間隔で混入している。

さらに、坑内で実施された発破による振動も測定し、それが、地震観測を妨害することは無いことを明らかにした。

振動のパワースペクトルは、0～30Hzの振動数領域において顕著な卓越振動数は認められず、やや白色ノイズ的な様相を示している。

P波速度は3,300km/s～3,600km/s、下-10番坑で測定したS波速度は2,000m/sであった。

これらより、観測地点近傍の岩盤は岩盤等級CH級の中硬岩と判定できる。

AC 100V の電源の変動状況を上-1番坑の旧捲上機室内で行った。3月12日10時40分から3月14日13時30分までの平均最大値は101V、平均最小値は78Vであった。したがって、今回測定の対象とした電源を用いるのであれば、自動定電圧電源装置が必要になると考えられる。

#### 4.5 観測システムの設計

下記の各項目を設計の基本方針として設計した観測システムのブロックダイアグラムを示すとともに、主要器機については、仕様を示した。

- (a) 坑内の7箇所に速度帰還方式加速度計（3成分）を設置する。
- (b) 記録器はデジタルデータレコーダを用いる。
- (c) データの集録はすべて現地設置予定の観測室内で行うものとする。
- (d) 遅延装置はつきの仕様とする。
  - (イ) 遅延時間：10秒、15秒
  - (ロ) サンプリング周波数：200Hz

(e) トリガーは任意の3チャンネルについて振動の大きさの判定を行い、そのチャンネルのORまたはAND回路とする。トリガーレベルは0.1～10galとし、各チャンネル独立のレベル設定ができるものとする。

## 5. あとがき

高レベル放射性廃棄物を地層処分する地下深部空洞及びその周辺岩盤の長期耐震性を検討する目的で、(1)地震観測の実態調査、(2)観測システムの調査、(3)観測地の選定、(4)観測システムの設計を行なった。得られた主な結果は以下の通りである。

### (1) 地震観測の実態調査

現在、我が国で地下空洞内及びその周辺で地震観測が実施されている水力地下発電所6地点、鉱山3地点、トンネル2地点における観測システム及び観測結果を示し、さらに現在までに得られている地中地震動の一般的な知見を示した。

### (2) 観測システムの調査

観測システムの設計に必要な観測機器、データ処理・解析の現状を述べ、観測システムを示した。

### (3) 観測地の選定

地震発生頻度、地形・地質、設置深度等を判断要素にして、細倉鉱山の立坑を観測地に選定した。細倉鉱山は宮城県北部に位置しており、地表には急峻な山もなく、岩盤は良好な安山岩、石英安山岩、凝灰岩から成り、観測対象とする立坑の深さは約380mである。

観測対象とした感天立坑付近で、地盤振動を実測し、平均的なノイズレベルは約0.1 gal程度であることを明らかにした。さらに、採掘用発破の振動測定を実施し、これも通常時のノイズレベル程度であることを明らかにした。

### (4) 観測システムの設計

細倉鉱山の感天立坑付近の7個所に加速度計(3成分)を設置し、立坑坑口付近の地表に設置予定の観測室内でデータ集録を行なうことを提案した。

ここに提案した観測システムは、地下地震動を調査するための理想的な地震計配置であり、また、最新の機能を有する観測機器である。今後、高レベル廃棄物地層処分における耐震性の問題点を整理して、調査目的を限定し、地震計配置等を見直すとともに、現地岩盤の詳細な調査を行なう必要がある。

以上の観点から次年度には以下に示す研究業務を行なうことを提案する。

#### 1. 観測システムの細倉鉱山への設置

- (i) 観測システムの詳細設計と購入
- (ii) 細倉鉱山との観測契約の締結

#### 2. 観測地点の地質及び岩盤特性の概査

#### 3. 観測データの集積

(i) 得られた観測データの集積

(ii) 既設深部地震観測データの収集

観測データの解析については、第3年度から開始する計画である。