

余裕深度処分施設の地質地下水調査の現況

京谷修*

日本原燃株式会社では、低レベル放射性廃棄物のうち比較的放射能レベルの高い廃棄物を埋設対象とする余裕深度処分施設の調査を、平成13年7月から実施している。ここでは、地質地下水の調査状況について紹介する。

Keywords: 低レベル放射性廃棄物, 余裕深度処分, 地質地下水調査

Japan Nuclear Fuel Limited makes a scheme for disposal facility at around 50-100m underground depth for the higher-level radioactive waste compared with the low level radioactive waste. The geological and hydro-geological investigations have been carried out from July 2001 as a part of the feasibility study. This paper makes a description of the present condition of the geological and hydro-geological investigations.

keywords : low level radioactive waste, disposal at around 50-100m underground depth, geological and hydro-geological investigations

1 はじめに

日本原燃株式会社は、青森県六ヶ所村大石平に低レベル放射性廃棄物の埋設施設を計画し、平成4年12月から「原子力発電所の運転に伴って発生する低レベル放射性廃棄物のうち比較的放射能レベルの低い廃棄物」を対象に埋設処分を行っている。現在、1号、2号の埋設地で処分を実施しており、平成15年末で約158千本の200リットルドラム缶を埋設した。

また、原子力発電所の廃止措置によって発生する廃棄物や放射能レベルの比較的高い低レベル放射性廃棄物の処分実現に向けた検討を進めている。

ここでは、「低レベル放射性廃棄物のうち、比較的放射能レベルの高い放射性廃棄物」の処分を目指した余裕深度処分施設の地質地下水調査の現況について紹介する。

2 対象とする廃棄物及び処分概念

2.1 対象とする廃棄物

原子炉施設から発生する低レベル放射性廃棄物のうち、余裕深度処分施設で対象としている「放射能レベルが比較的高い廃棄物」(以下、「対象廃棄物」)の代表例として以下の廃棄物が挙げられる。

- ・原子炉施設の運転に伴って発生する燃料の極く近くで使用された制御棒、チャンネルボックス、炉内構造物等
- ・原子炉施設の運転に伴って発生する発電所の炉水浄化に使われたイオン交換樹脂等
- ・原子炉施設の解体で発生する炉心構成材料

これらを性状別にみれば、放射化金属、黒鉛、樹脂が多く、その他にコンクリート、種々の固体状廃棄物などが含まれる。

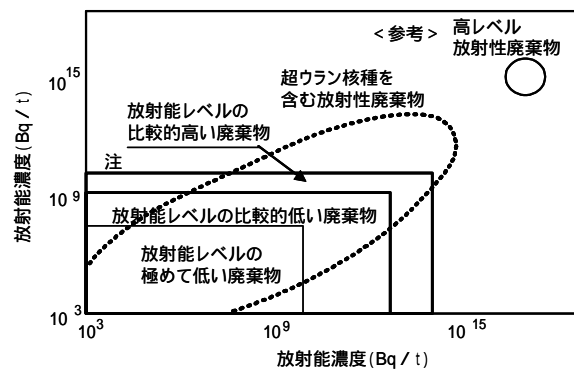
余裕深度処分の対象廃棄物には、現在埋設している「放射能レベルが比較的低い廃棄物」の濃度上限値と比べると、

平均濃度で10倍から100倍程度高く、最大では1000倍程度高いものも存在する(Fig.1)。ただし、廃棄物に含まれる主要な放射性物質の種類はほぼ同様であり、例えば地下水移行に係る評価経路では、対象廃棄物も放射能レベルが比較的低い廃棄物同様C-14が最も重要な核種となると想定される。

埋設可能範囲を示す廃棄物の「濃度上限値」が政令で定められているのは、現段階では原子炉施設から発生する廃棄物のみであるが、今後国の検討が進めば当社サイクル施設の運転・解体に伴い発生する低レベル放射性廃棄物についても、将来的には余裕深度処分施設の対象となると考えている。

2.2 処分概念

現在国から示されている処分の基本的な考え方として、放射性物質によって想定される影響は大きく2つに分けられている(原子力安全委員会「現行の政令濃度上限値を超える低レベル放射性廃棄物処分の基本的考え方」)。以下「基本的考え方」という。一つは、廃棄物はできるだけ水と触れないような方法で地下に埋設されるが、長期的には地下水を介して移動し、生活環境に出てくる。もう一つは、地下利用に際して掘り起こされて人と接触する可能性がある。



注: 放射能濃度については、ネプツニウム237(Np-237)に基づく値を表記(平成13年10月施行)。

Fig.1 Classification of low level radioactive wastes

Present condition of geological and hydro-geological investigation for the disposal at around 50-100m underground depth by Osamu Kyouya (osamu.kyouya@jnfl.co.jp)

* 日本原燃株式会社 開発設計部 Japan Nuclear Fuel Limited
Development & Engineering Dept
〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駱字野付 504-22

「基本的考え方」では、一般的であると考えられる人間

4 当社の調査・検討状況

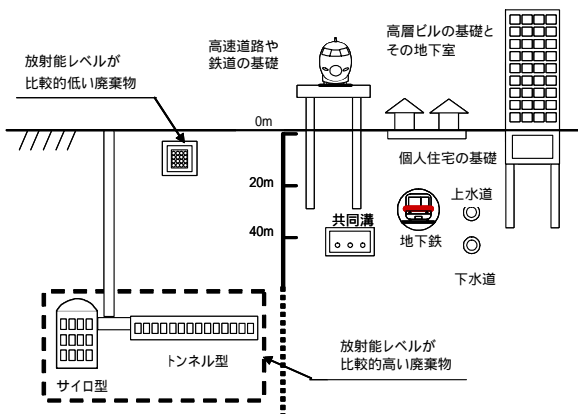


Fig.2 Disposal concept

活動に対して人間が廃棄物に接触することのないような処分深度を確保することを要件としており、「高層建築物などの基礎を支えることができる支持層の上面よりも深く、これに基礎となる地盤の強度などを損なわないための離隔距離を確保」すれば現在の大都市における地下利用の状況を踏まえても要件の達成が可能であり、その深度は「例えば 50m～100m程度」であるとしている (Fig.2).

当社の調査・検討もこの「基本的考え方」に基づき、地表面から 50m～100m程度の深さに施設を設置することを想定して実施している。

3 処分施設の例

海外ではスウェーデンやフィンランドで実際に処分が行われており、例えばスウェーデンでは、わが国で考えられている一般的な地下利用に十分余裕を持った深さ(地表から 50～100m程度)にトンネル型やサイロ型の地下空洞をつくり、原子力発電所の運転に伴って発生する廃棄物を処分している。

当社は、これまでの検討から、地下 50～100m程度の深さに、直径 10 数m規模の空洞(トンネル)を掘削し、その中にベントナイト等の人工バリアを廃棄物ピットの廻りに施工した施設を検討している。(Fig.3)

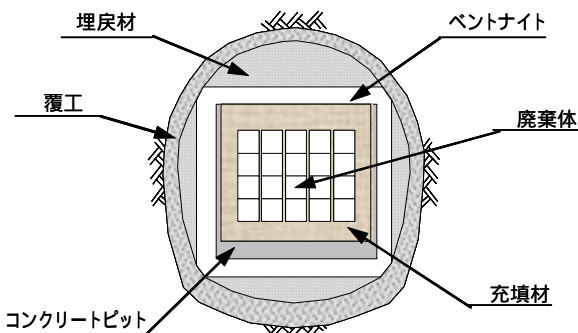


Fig.3 Analysis example of disposal facilities

4.1 敷地の地質、水理

余裕深度処分施設の水理地質調査の説明に先立ち、敷地の地質、地下水の概要を説明する。敷地は、下北半島背梁山南端の太平洋側に位置し、北を老部川、南を二又川と尾駁沼で境された標高 30～60mの台地からなり、北西から南西に向かって緩く傾斜している。敷地中央には沢が存在する。敷地周辺地形を Fig. 4 に示す。

敷地の地質は、新第三系中新統の鷹架層、第四系更統の段丘堆積層及び火山灰層、第四系完新統の沖積低地堆積層等からなり、埋設施設設置位置及びその周辺においては、比較的浅い位置に鷹架層が分布し、これを第四系が薄く覆っている。

敷地の北側を流れる老部川は標高 20～5mの谷間を西から東に向かって流れ、太平洋に流入している。二又川は敷地の南西側の標高 5～1mの低地を敷地境界に沿って西から東に向かって流れ、尾駁沼に流入している。尾駁沼は周囲延長 12.5km、面積 3.6km²、平均推進 1.8m、流域面積 45.546km²の、太平洋につながっている汽水性の沼である。

敷地は北西から南西に緩く傾斜する台地からなり、西側と北側が沢地形で後背丘陵地と区分されており、地下水の外部からの流入は少ない。1号及び2号埋設設備が設置されている鷹架層の透水係数は $1.3 \times 10^{-7} \text{m/s}$ 以下で第四紀層に比べ十分小さい。埋設設備及びその付近の地下水は専ら降水によって涵養されており、地下水は透水係数の大きな地表面から数 mの部分をほぼ地形に沿って流れている。

4.2 予備調査

当社敷地内に余裕深度処分施設の設置が可能かどうかを確認するため、ある程度まとまったエリアが確保できる濃縮・埋設事業所敷地内の南側台地を対象として、平成 13年 7月から平成 14年 6月末までの 1年にわたり、ボーリングを主体とした地質・地下水に関する予備調査を実施した。

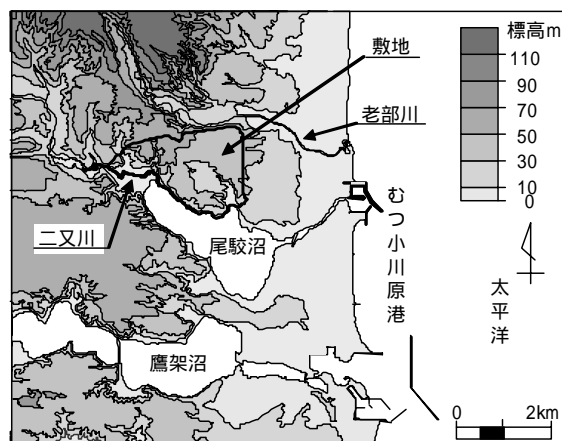


Fig.4 Geographical features of the site

4.2.1 調査内容

予備調査は、ボーリングを主体とした地質・地下水に関する調査で、南側台地で9本のボーリング、弾性波探査等を実施した。地質調査、地下水調査での調査・試験項目をTable1に、ボーリング等の調査位置をFig.5に示す。

4.2.2 調査結果

(1) 地質調査

南側台地の地質水平断面(標高 - 50m)をFig.6に、南北方向の地質断面図をFig.7に示す。南側台地に分布する地層は、地表付近に堆積する第四紀層を除くと新第三紀中新世に堆積した鷹架層が分布している。また、鷹架層は、主に砂岩・凝灰岩からなる中部層と主に泥岩からなる下部層が分布していることを確認した。

南側台地の地表からの深さ50m~100m付近に分布する鷹架層は、割れ目が少なく、施設の設置にあたって十分な強度を有することを確認した。

南側台地にはf-a断層に加えて、r-1からr-4と称する4条の断層が確認された。f-a断層は、「六ヶ所低レベル放射性廃棄物貯蔵センター廃棄物埋設事業許可申請書 一部補正(1989)」に記載したように、断層を境にして接する岩石が混在する部分が幅10~160cmにわたって認められるが、この部位はいずれも固結しており、また、断層は段丘堆積層に変位を与えていないことを確認している。

また、r断層はいずれも断層面が固結・ゆ着しており、通常の断層に特徴的に認められる光沢(鏡肌)、破砕部等が認められない。このことから、r断層は鷹架層堆積後の

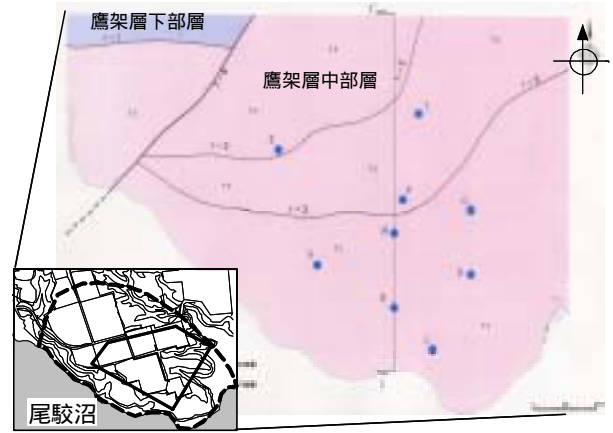


Fig.6 Horizontal geological section(EL-50m)

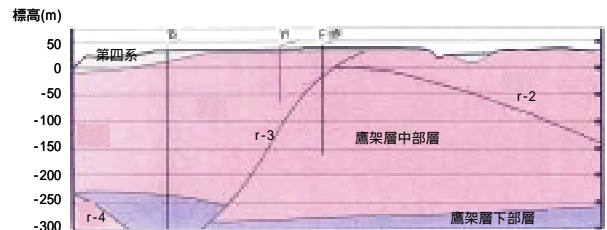


Fig.7 Vertical geological section

未固結時に生じた海底地すべりと考えられ、繰り返して動くような断層ではなく、施設の設置に対して十分な強度を有することを確認した。

(2) 地下水調査

ボーリング調査の結果によれば、南側台地の鷹架層は割れ目が少なく、平均的に見ると $3.7 \times 10^{-8} \text{m/s}$ の透水係数を有していることから、地下水の流れは遅く、放射性物質は容易に移動しないと考えられる。

地下水面の等高線をFig.8に、標高 - 50m位置の地下水圧の分布をFig.9に示す。これらの図から、降雨の多くは地表面または第四紀層を通して台地周辺へ流下し、降雨のごく一部は、鷹架層に浸透し、ゆっくりとした早さで深部、台地周辺に流れていることがわかった。

また、水質試験結果から、施設の設置に問題となるようなものは確認されなかった。

Table1 Preliminary investigation item

調査・試験項目	
地質調査	ボーリング調査9孔、コア(柱状の岩石)観察、弾性波探査、物理試験、三軸圧縮試験
地下水調査	ボーリング孔を利用した透水試験、地下水位観測、地下水圧測定、水質試験

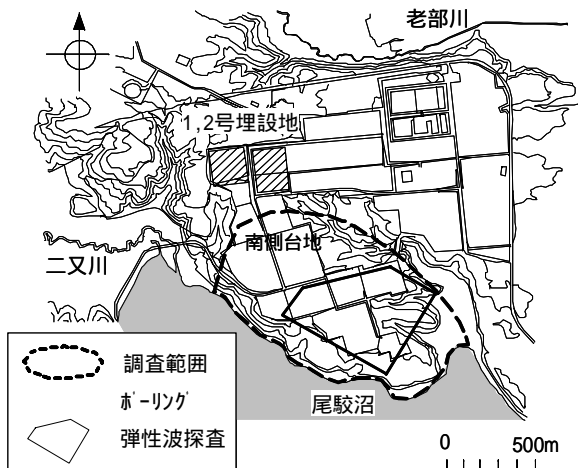


Fig.5 Location of preliminary investigation

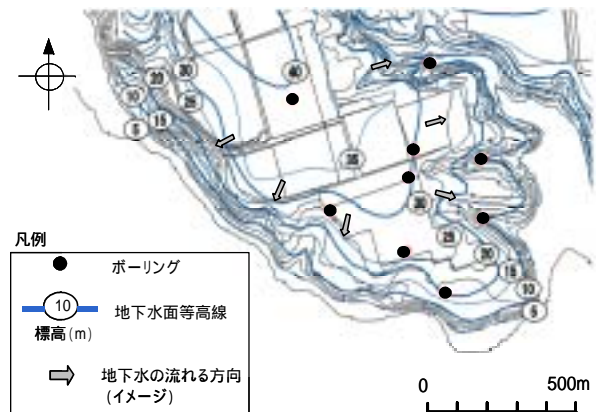


Fig.8 Contours of ground water table

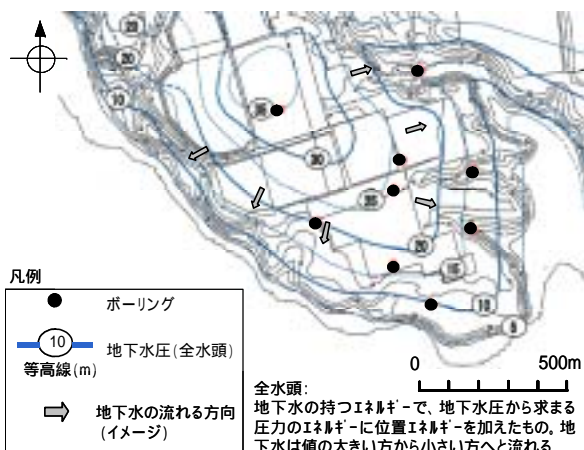


Fig.9 Contours of total head (EL-50m)

4.3 本格調査

4.3.1 調査目的

予備調査の結果、余裕深度処分施設の設置に関して問題となるようなデータは得られていないことから、施設の設置が可能との見通しを得たため、平成 14 年 11 月 13 日より施設の設計を固めるのに必要な地質・地下水のより詳細な情報を得ることを目的とした本格調査を開始している。

本格調査は、地質・地盤・地下水の詳細な情報を取得することにより、天然バリアの閉じ込め性能を評価すること、大規模空洞の安定性を確認すること、並びにこれらの情報を総合して施設設計に反映することを目的としている。

本格調査は 3 年程度を予定しており、その後地元の事前了解・安全審査の各段階を経て実際の操業に入るまで、現時点より 10 年程度要するものと想定している。

4.3.2 調査方法

埋設施設の設置深度が地表から 50m ~ 100m 下と深いことから、本格調査では、調査坑（調査用のトンネル）を掘削し、そこで地質・地盤・地下水の調査・試験を行う計画である。

調査の調査項目を Table2 に、概念図を Fig.10 に示す。

本格調査では、調査坑、試験空洞を利用した調査及び

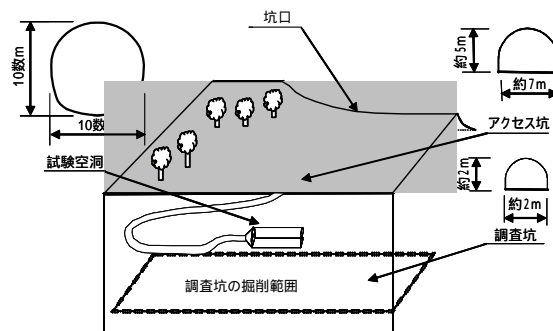


Fig.10 Concept of main examination

ボーリング調査を行う計画である。現在の計画は、南側台地の中央沢を坑口(トンネルの入り口)とし、南側台地(標高約 30m ~ 40m)の下約 100m までアクセス用の調査坑を掘削しながら調査を実施する。その結果を踏まえ、代表的な位置を選定して、施設の安定性を検討するための試験空洞や、地質・地盤・地下水の調査を行うための調査坑を掘削し、調査を実施する計画である。調査坑の掘削範囲は、今後の調査状況を勘案して決定していく予定である。

4.3.3 調査内容

(1) 調査坑

調査坑は、アクセス用の調査坑と施設設置候補予定地に設置する調査坑がある。

これらの調査坑では、地質分布の連続性、割れ目の広がり等の性状を確認すると共に、代表的な位置を選定して地盤、地下水に関する試験を実施する。

地盤関係の試験は、調査坑内で採取した試料を用いて、三軸圧縮試験、物理試験等を実施する。地下水関係の試験は、調査坑内で透水試験、トレーサーを用いた流速測定 (Fig.11 参照)、地下水圧測定等を実施する。

調査坑掘削に伴い変化すると考えられる南側台地全体の地下水圧、調査坑内への湧水量、水質を調査し、調査坑掘削前後の地下水流況の変化を把握する。これを検証データとして、施設設置後の地下水流況の予測が可能な解析モデルの構築を行う計画である。

Table2 Main investigation item

	調査の目的	主な試験項目
調査坑	施設予定地近傍の地質・地盤・地下水の状況	地質観察、物理試験、三軸圧縮試験、透水試験、流速測定、地下水圧測定
試験空洞	地下施設の安定性	地質観察、岩盤変位計測、支保工応力測定、地下水圧測定
ボーリング他	南側台地・尾駁沼・沢の地質・地下水の状況	ボーリング調査、コア観察、物理試験、三軸圧縮試験、透水試験、地下水圧測定、水質試験、音波探査

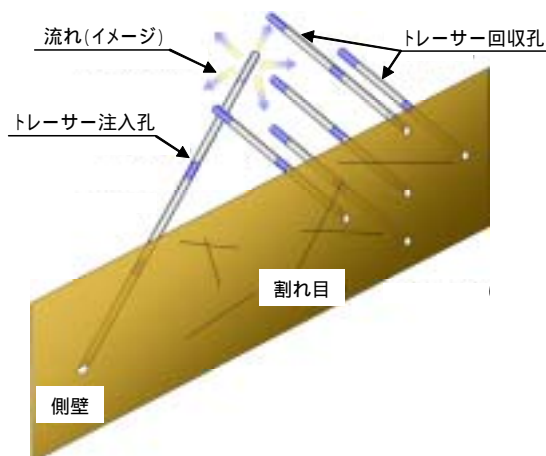


Fig.11 Concept of tracer experiment

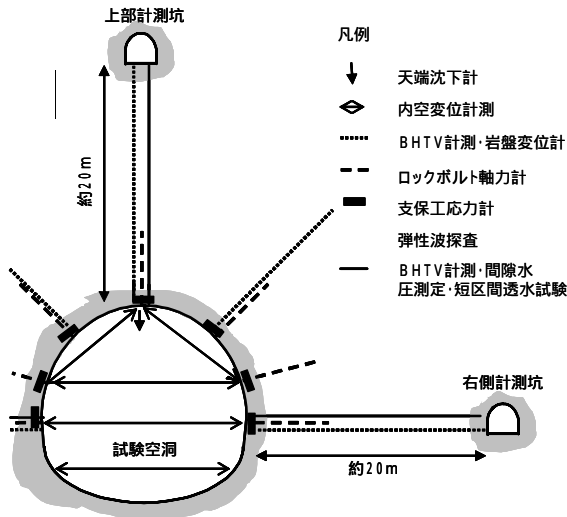


Fig.12 Concept of test cavern

(2) 試験空洞

施設設置候補区域を代表する地点において、直径約 10 数mの試験空洞を掘削し、周辺岩盤の挙動、支保工（掘削後の岩盤の保護や空洞内への岩盤の変形を抑える構造物）の応力、変形を計測する。また、試験空洞の掘削に先立ち、空洞の上部と両側に計測坑を配置し、岩盤変位計、間隙水圧計等の計測機器をあらかじめ設置する予定である。これらの計測データを基に、空洞の力学的安定性予測手法の構築を行う計画である。また、空洞掘削によるゆるみ領域の水理的な変化についても調査を行う計画である。概念図を Fig.12 に示す。

(3) ボーリング調査

南側台地の地下水の流況を予測する解析モデルの境界条件を得るため、地下水の流出域である尾駮沼、中央沢で音波探査、ボーリング調査を実施する。また、調査坑での調査及び予備調査を補完する目的で台地部でもボーリングを実施する計画である。

調査は、ボーリングコアの観察、コアを用いた物理試験、三軸圧縮試験並びにボーリング孔を利用して透水試験、地下水圧試験、水質試験等を実施する。

4.3.4 調査の状況

調査坑の掘削を平成 15 年 3 月に開始し、平成 15 年 12 月末で約 800mの掘削を終了した。今年度末までにアクセス用調査坑の掘削を終了する予定で、平成 16 年度から試験空洞の掘削を、調査坑の掘削を平成 17 年から開始する予定である。ボーリング調査については、8 孔の調査を終了し、現在 2 孔の調査を実施中である。(Fig.13 参照)

5 あとがき

本調査は地下処分に向けて先駆的な調査であり、機会を見つけて報告し、学識経験者、有識者の意見を反映して調査を進めていく所存である。(本報告は、平成 15 年度夏期セミナーでの講演内容を、平成 15 年末時点で修正したものである。)

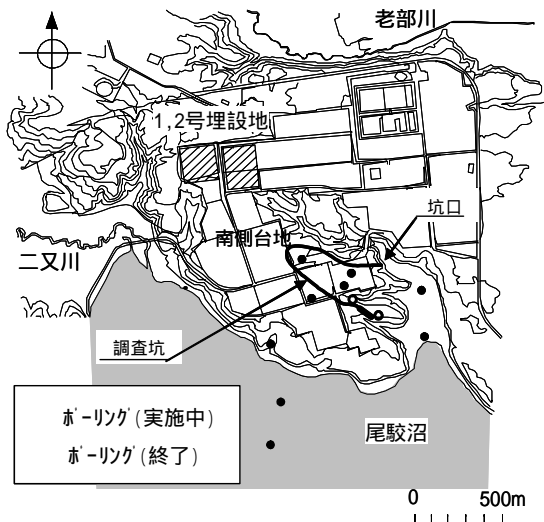


Fig.13 Real examination enforcement situation

