

第3回会合資料②

－ 地質等調査に係る調査項目について －

令和3年7月20日

第32軍司令部壕保存・公開検討委員会

目次

1. 地質等調査の概要について

- 1-1. 第1回及び第2回会合での地質等調査に係る委員意見の振り返り
- 1-2. 地質等調査の課題整理
- 1-3. 地質等調査の実施方針と基礎調査の主な実施内容について
- 1-4. 詳細調査の主な実施内容（案）について
- 1-5. 詳細調査の項目（案）について
- 1-6. 調査対象範囲の設定（案）について

2. 基礎調査の概要について

- 2-1. 既往資料収集整理・地表踏査（現地踏査）
- 2-2. UAVレーザー測量
- 2-3. 坑道内レーザー測量

3. 詳細調査の概要について

- 3-1. 地中レーダー探査
- 3-2. 電気探査（比抵抗二次元探査）
- 3-3. 表面波探査
- 3-4. ボーリング調査
- 3-5. 空中写真判読・地形図判読
- 3-6. 坑道内地質観察
- 3-7. 岩石試験・鉱物分析
- 3-8. 岩石の微化石分析（有孔虫分析）
- 3-9. 地表変位観測・坑道内内空変位観測
- 3-10. 壕内環境観測（壕内の気温・湿度観測）
- 3-11. 水文気象資料収集整理
- 3-12. 井戸調査（水源調査）
- 3-13. 水文観測調査（地下水位観測、河川流量観測、湧水量観測）
- 3-14. 地下水流動解析（壕内部の地下水排除時の周辺水源への影響予測解析）

1. 地質等調査の概要について

1. 地質等調査の概要について

1-1. 第1回及び第2回会合での地質等調査に係る委員意見の振り返り

第1回及び第2回会合における地質等調査に係る委員意見の概要について以下に整理した。

第1回会合での地質等調査に係る意見

開催日時：2021年1月22日（金） 議題：第32軍壕の現場視察を踏まえた印象等について

- 第32軍司令部壕は歴史的にも地質的にも分からないことが多い。今実施している資料収集やその解明、実態調査、周辺調査、発掘調査により具体的な事実を知ることが重要である。
- 今後、地質調査としては、危険度の高い箇所やそれを保存するための方法検討のためにも、十分な坑道観察をしてデータを収集することが重要である。
- 未発掘部の推定や地下水の状態等を分析するため、ボーリング調査などにより地質の状態を三次元的に把握することが重要である。なお、保存・公開に当たっては、地下水を排除する必要があるが、その地下水が周辺の自然環境を形成し、湧水などを醸成する機能を果たしているため、両立が必要である。
- 壕周辺の地質は琉球石灰岩や島尻泥岩という沖縄特有の地質であり、地質調査で得た情報は、歴史や文化に加え首里城周辺の自然環境の理解や、観光、教育に活用することも可能である。
- 平成13年度に起きた陥没事故は、琉球石灰岩の断層に溜まった土砂が落ちたと考察されているが、第1坑道地表部の首里城の中で陥没が起きないかなど調査が必要である。
- 地下水の侵入経路など水の動きに関する調査や地表面の変位観測が必要である。

第2回会合での地質等調査に係る意見

開催日時：2021年3月29日（月） 議題：第32軍壕の文化財指定について

- 文化財指定の範囲等の根拠となる情報が少ないことから、壕を徹底的に調査して、壕の価値を高め・価値を知ることが前提に進めていくことが重要である。
- 南風原病院壕でも電気探査で空洞を見つけている。第32軍壕でも弾性波探査や電気探査を行うことで立坑や浅い深度の空洞を見つけることが出来る可能性があるため、早い段階で調査が必要である。
- 今後の保存や公開のためには、壕内の水の対応が必要である。同時に、水みちや水の出入りを把握する必要がある。
- 立坑の埋土と原地盤は物理的な探査で区分けできる可能性があり、初期に実施するのが良い。
- まずは地質調査や物理探査で壕の全体を調べ、必要に応じてボーリング調査を行う手順が良いのではないかと。

第32軍壕に関連する
基礎情報の不足
(今後の保存・公開手法に係る
検討材料の不足)

未発掘部の位置の特定と
内部の実態把握

壕内部の安全性及び
健全性に係る評価

壕内の地下水排除と
周辺湧水等の環境保全の両立

1. 地質等調査の概要について

1-2. 地質等調査の課題整理

委員意見を踏まえた地質等調査の課題と今後実施することが必要と考えられる調査内容等を以下に整理した。

表1 地質等調査の課題と調査目的の整理

地質等調査の課題	調査目的
第32軍壕に関連する基礎情報の不足	・ 地形、地質、地下水情報の把握
壕（未発掘区間）の位置の特定	・ 壕（未発掘区間）の詳細な配置状況の特定
壕内部の安全性及び健全性に係る評価	・ 地盤情報の把握、地表・内空変位状況の把握
壕内の地下水排除と周辺湧水等の環境保全の両立	・ 保全対象水源の把握 ・ 地下水排除時の周辺湧水環境への影響評価

表2 地質等調査の主な調査内容の整理

調査目的	主な調査内容
地形情報の把握	壕周辺の地形状況を把握する
地質情報の把握	壕周辺の地質分布状況を把握する
地下水情報の把握	壕周辺の地下水位分布状況を把握する
地盤情報の把握	壕周辺の地質の工学的性質を把握し、地盤の安全性や健全性を検討する
保全対象水源の把握	壕周辺の湧水や井戸等の水源の分布状況及び水源利用状況を把握する
地下水排除時の影響評価	壕内部の地下水を排除した場合に生じることが予想される周辺湧水・地下水環境への影響の有無や程度を評価する
壕（未発掘区間）の位置の特定	壕（未発掘区間）の位置、分布深度、配置状況を把握する

1. 地質等調査の概要について

1-3. 地質等調査の実施方針と基礎調査の主な実施内容について

地質等調査は、今後の調査計画を立案するうえで必要となる基礎図面を作成することを主体とする[基礎調査](#)を実施したうえで、壕配置（未発掘区間）の推定や壕周辺の地質、地下水、地盤情報等を取得・整理する[詳細調査](#)を実施することを基本方針とする。

表3 基礎調査と詳細調査の位置付けに係る説明

調査区分	調査の位置付けに係る説明
基礎調査	今後の調査計画を立案するうえで必要となる基礎図面の作成、基礎情報の把握
詳細調査	壕内部の実態を把握するために有用な情報の取得 壕配置（未発掘区間）の推定や壕周辺の地質、地下水、地盤情報等を取得・整理する

表4 基礎調査の主な調査項目と調査内容等の整理

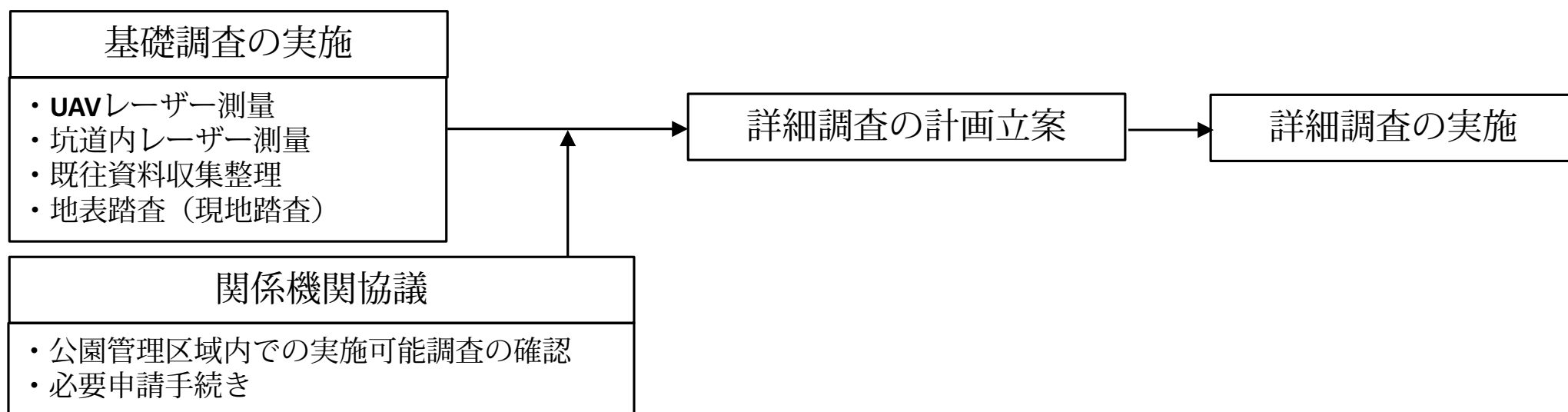
調査目的	主な調査内容	調査項目
基礎図面の作成	壕周辺の詳細な地形図を作成するとともに、壕（発掘済区間）の詳細な位置図を作成する	・ UAVレーザー測量 ・ 坑道内レーザー測量
基礎情報の把握	既往資料の収集整理及び地表踏査（現地踏査）に基づき、壕周辺の地形、地質、地下水状況等について把握する	・ 既往資料収集整理 ・ 地表踏査（現地踏査）

1. 地質等調査の概要について

1-3. 地質等調査の実施方針と基礎調査の主な実施内容について

表5 基礎調査の調査項目、主な調査目的、調査内容

調査区分	調査項目	主な調査目的	調査内容の説明
基礎調査	既存資料収集整理 地表踏査（現地踏査）	壕周辺の基礎情報の把握	既往資料の収集整理及び地表踏査（現地踏査）に基づき、壕周辺の地形、地質、地下水状況等について把握し、地質断面図等を作成する
〃	UAVレーザー測量	壕周辺の詳細地形データの取得 ならびに詳細位置図の作成	ドローン等のUAVを使用して、壕周辺の詳細な地形データを取得し、詳細位置図等を作成する
〃	坑道内レーザー測量	壕（発掘済区間）内部の形状や 分布状況の把握	壕（発掘済区間）を対象として、レーザースキャナーを使用して、坑道内部の詳細な形状や分布状況を把握し、坑道分布位置図を作成する



詳細調査の具体的な実施内容については、今後の会合において議論を重ね決定する予定である。

1. 地質等調査の概要について

1-4. 詳細調査の主な実施内容（案）について

詳細調査の調査目的、主な調査内容、調査項目について以下に整理した。

表6 詳細調査の調査目的、主な調査内容と調査項目等の整理（案）

調査目的	主な調査内容	詳細調査の項目
壕（未発掘区間）の位置の特定	壕（未発掘区間）の位置、分布深度、配置状況を把握する	<ul style="list-style-type: none">電気探査（空洞やゆるみ分布状況の把握）表面波探査（同上）地中レーダー探査（同上）ボーリング調査（壕の詳細位置の確認）
地形情報の把握	壕周辺の地形状況や地形的特徴等を抽出・整理する	<ul style="list-style-type: none">既往資料収集整理・地表踏査（現地踏査）空中写真判読・地形図判読
地質情報の把握	壕周辺の地質分布状況を把握し、地質平面分布図及び地質断面図等を作成する	<ul style="list-style-type: none">既往資料収集整理・地表踏査（現地踏査）ボーリング調査（壕周辺の地質分布状況の把握）坑道内地質観察（同上）電気探査（同上）有孔虫分析（地質形成年代の把握）
地盤情報の把握	壕周辺の地質の工学的性質を把握し、地盤の安全性や健全性を検討するための基礎情報を整理する	<ul style="list-style-type: none">岩石試験（工学的性質や風化特性の把握）岩石の顕微鏡観察及び鉱物分析地表変位観測・坑道内内空変位観測（安全性評価）
地下水情報の把握	壕周辺の地下水位分布状況を把握するとともに、降水量と壕内部の地下水位変動状況の関係についても把握する	<ul style="list-style-type: none">水文気象資料収集整理地表踏査（湧水等の水源分布状況等の把握）ボーリング調査（地下水位観測井設置）地下水位観測、沢水流量観測、湧水量観測水質分析
保全対象水源の把握 地下水排除時の周辺影響評価	壕周辺の保全対象となる湧水や井戸等の水源の分布状況及び水源利用状況を把握するとともに、壕内部の地下水を排除した場合に生じることが予想される周辺湧水・地下水環境への影響を評価する	<ul style="list-style-type: none">井戸調査（水源の分布・利用状況等の把握）地下水位観測（壕内部の地下水位状況の把握）沢水流量観測、湧水量観測地下水流動解析（地下水排除時の影響予測評価）

詳細調査の具体的な実施内容については、今後の会合において、議論を重ね決定する予定である。

1. 地質等調査の概要について

1-5. 詳細調査の項目（案）について

壕内部（未発掘区間）の実態を把握するために、今後実施することが必要と考えられる詳細調査の項目（案）を以下に整理した。

表7-1 詳細調査の調査項目（案）【主に、壕（未発掘区間）の位置の特定に係る調査項目】

調査区分	調査項目	主な調査目的	調査内容の説明
詳細調査	地中レーダー探査	壕（未発掘区間）や立坑の概略位置の推定	地盤中の電磁波の反射特性に基づき、地表面下数mの空洞や緩みの分布状況を把握することで、壕（未発掘区間）の概略位置を推定する
〃	電気探査 （比抵抗二次元探査）	同上	地盤の電氣的性質（比抵抗：電流の流れやすさ）に基づき、地下構造（地層分布状況や空洞、緩み等）を把握することで、壕（未発掘区間）の概略位置を推定する
〃	表面波探査	同上	地盤の弾性波の伝わりやすさ（s波速度構造）に基づき、地下構造（地層分布状況や空洞、緩み等）を把握することで、壕（未発掘区間）の概略位置を推定する
〃	ボーリング調査	壕（未発掘区間）直近部の地質分布状況を把握するとともに、未発掘区間の位置を確認する	壕（未発掘区間）直上部または直近部でボーリングマシンを用いて調査孔を掘削し、地質分布状況を把握するとともに、未発掘区間の位置や状態等を直接確認する

詳細調査の具体的な実施内容については、今後の会合において、議論を重ね決定する予定である。

1. 地質等調査の概要について

1-5. 詳細調査の項目（案）について

表7-2 詳細調査の調査項目（案）【主に、坑道内部の安全性検討に係る調査項目】

調査区分	調査項目	主な調査目的	調査内容の説明
詳細調査	空中写真判読 （地形図判読）	壕周辺の地形状況や地形的特徴等を抽出・整理する	空中写真判読・地形図判読を行い、壕周辺の地形状況、とくに断層地形や地すべり地形等の不安定地形が近接していないか検討する
〃	坑道内地質観察	坑道内の地質分布状況を把握する	坑道内の地質分布状況や変状・亀裂・劣化状況等について目視観察を行い、安全性検討の基礎資料を整理する
〃	岩石試験・鉱物分析	地山（岩盤）の工学的性質や風化特性等を把握する	ボーリング調査により採取した岩石試料を用いて、各種の室内試験や鉱物分析を行い、工学的性質（主に強度特性）や風化特性（劣化特性）等を把握する
〃	岩石の微化石分析 （有孔虫分析）	地山（岩盤）の工学的性質に関連する地質の形成環境や年代を把握する	ボーリング調査により採取した岩石試料を用いて、微化石分析（有孔虫分析）を行い、地質の年代等を把握する
〃	地表変位観測 坑道内内空変位観測	壕の安全性を評価する （壕（未発掘区間）の推定）	壕の直上部や周辺部の地表変位観測を行うとともに、坑道内の内空変位観測を行うことで、壕の安全性について検討する
〃	壕内環境観測	温度や湿度等の壕内環境を把握する	自記計測機器等を用いて、温度や湿度等の壕内環境の経時変化を把握する

詳細調査の具体的な実施内容については、今後の会合において、議論を重ね決定する予定である。

1. 地質等調査の概要について

1-5. 詳細調査の項目（案）について

表7-3 詳細調査の調査項目（案）【主に、**壕内部の地下水排除時の周辺影響評価に係る項目**】

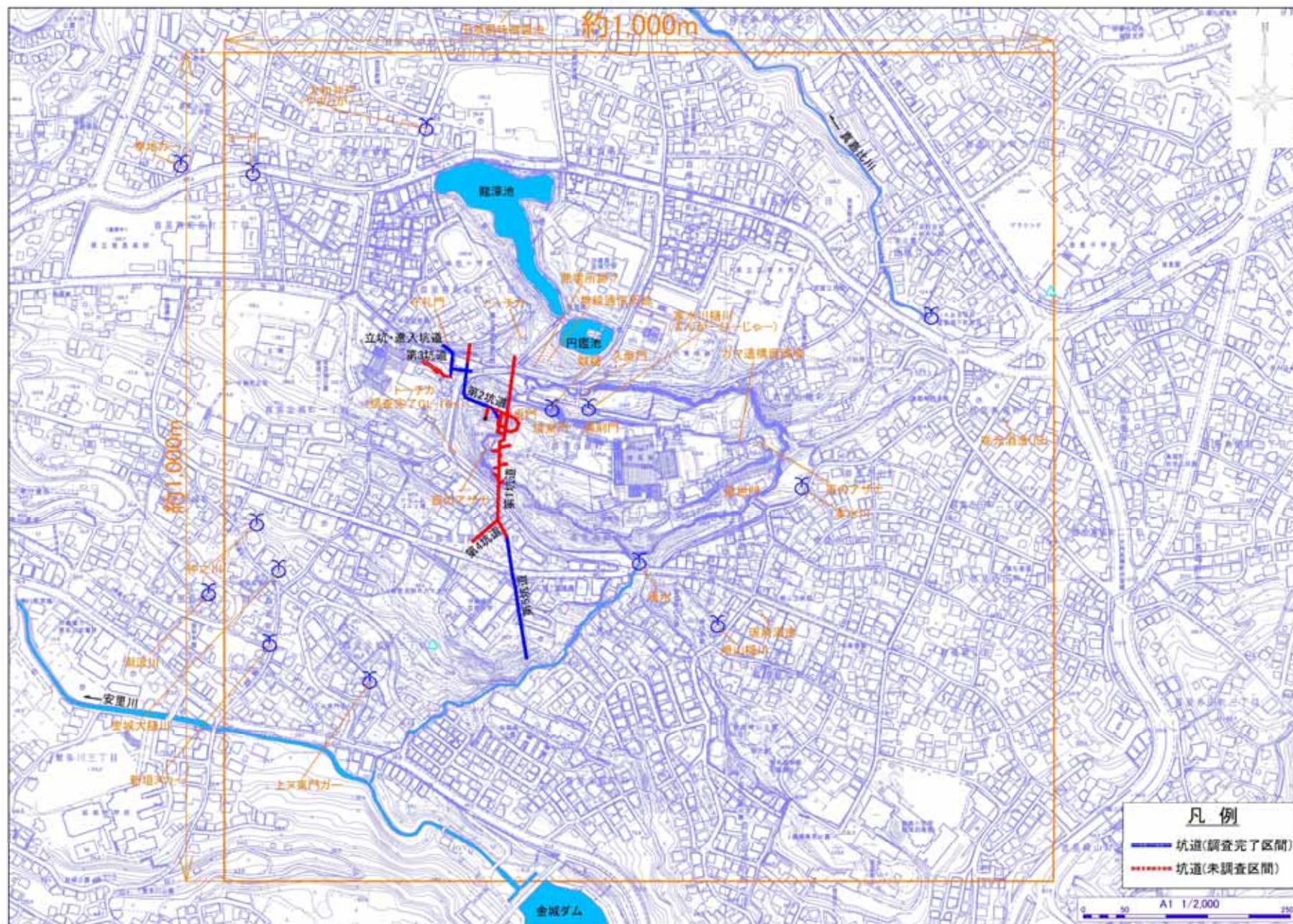
調査区分	調査項目	主な調査目的	調査内容の説明
詳細調査	水文気象資料収集整理	壕周辺の水文気象状況を把握する	気象庁公開データの収集整理に基づき、壕周辺の水文気象状況（主に降水量や気温）について把握する
〃	井戸調査（水源調査）	壕周辺の湧水や井戸等の水源分布状況や水源利用状況を把握する	戸別訪問調査やアンケート調査等に基づき、壕周辺の湧水や井戸等の水源分布状況や水源利用状況を把握し、保全対象水源を確認する
〃	ボーリング調査 （広域地質状況把握・ 地下水位観測井仕上げ）	壕周辺の広域的な地質分布状況と地下水位分布状況を把握する	壕周辺部でボーリングマシンを用いて調査孔を掘削し、広域的な地質・地下水位分布状況を把握する
〃	水文観測調査 （地下水位観測） （河川流量・湧水量観測）	壕の周辺部及び直近部の地下水位分布状況や降水量と壕内部の地下水位変動状況との関係について把握する	ボーリング調査で掘削した調査孔を地下水位観測井に仕上げ、自記水位計等を用いて、壕周辺部の地下水位状況を把握し、地下水排除の必要性等について検討する
〃	地下水流動解析 （地下水排除時の影響評価）	壕内部の地下水排除時の周辺水源への影響の有無や程度を評価する	壕内部の地下水を排除する必要が生じた場合に備えて、地下水流動解析（数値解析）を用いて、予想される地下水位低下範囲や水源、湧水・地下水環境への影響を予測評価する

詳細調査の具体的な実施内容については、今後の会合において、議論を重ね決定する予定である。

1. 地質等調査の概要について

1-6. 調査対象範囲の設定 (案) について

地質等調査の対象範囲は、首里城及び第32軍司令部壕を中心とする約1km四方を対象とすることを基本方針とする。

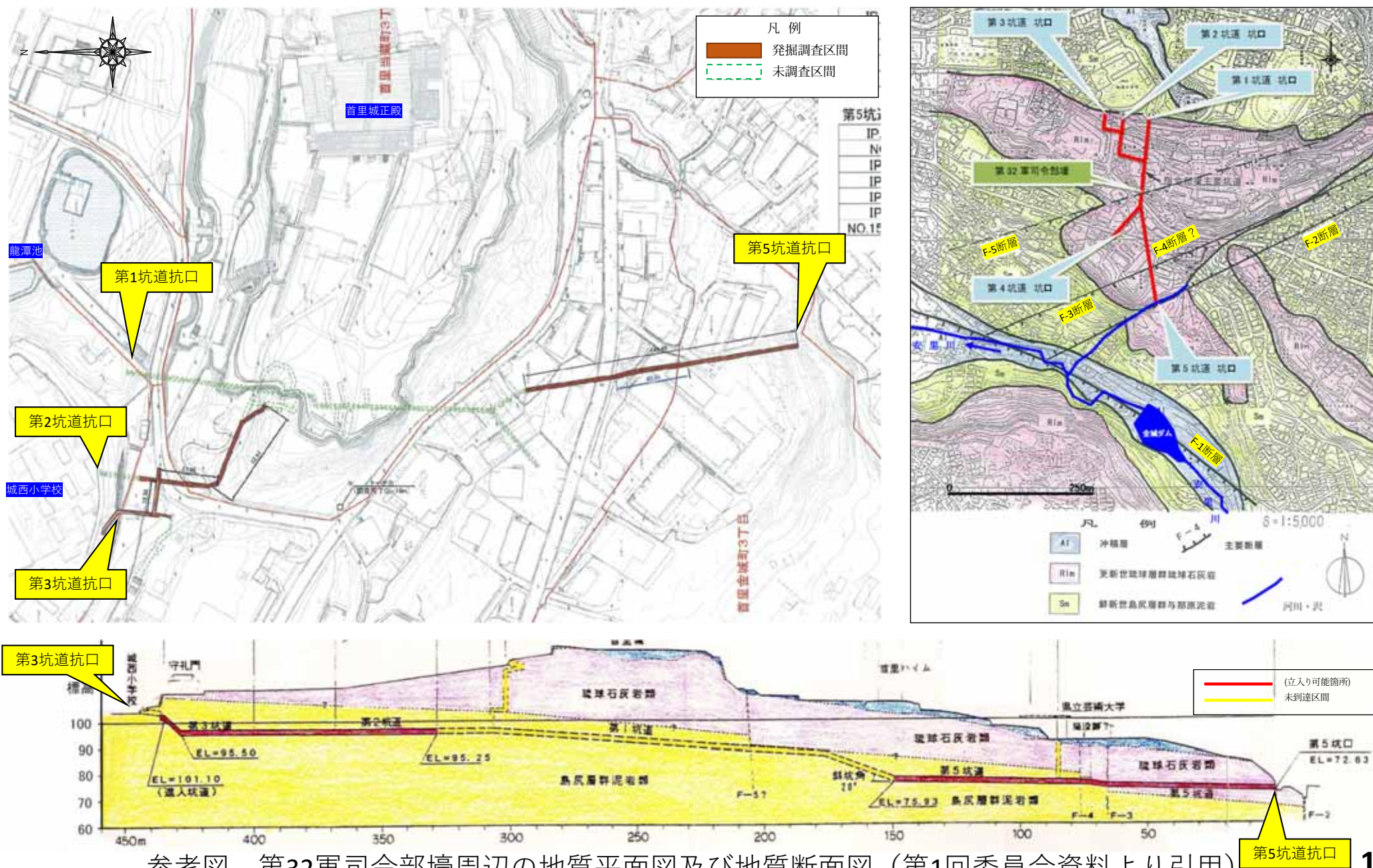


2. 基礎調査の概要について

2. 基礎調査の概要について

2-1. 既往資料収集整理・地表踏査（現地踏査）

既往資料の収集整理及び地表踏査（現地踏査）に基づき、壕周辺の地形、地質、地下水状況等について把握し、地質平面図及び地質断面図等を作成する。

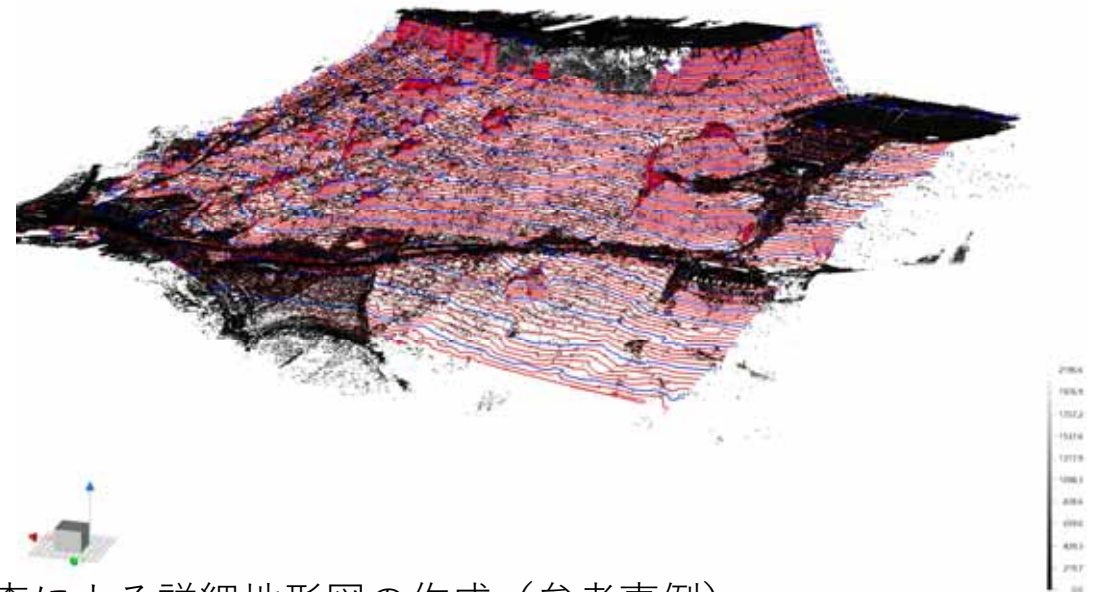
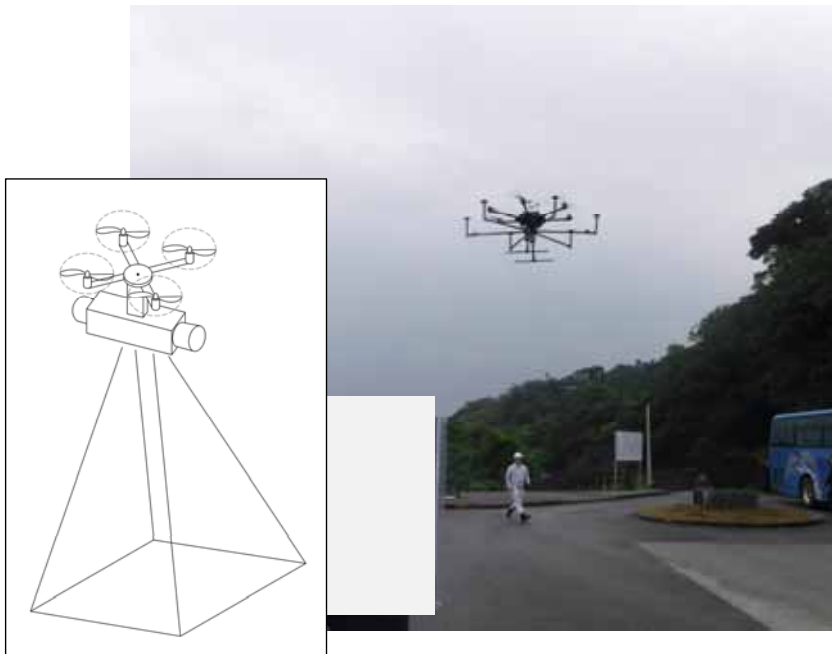
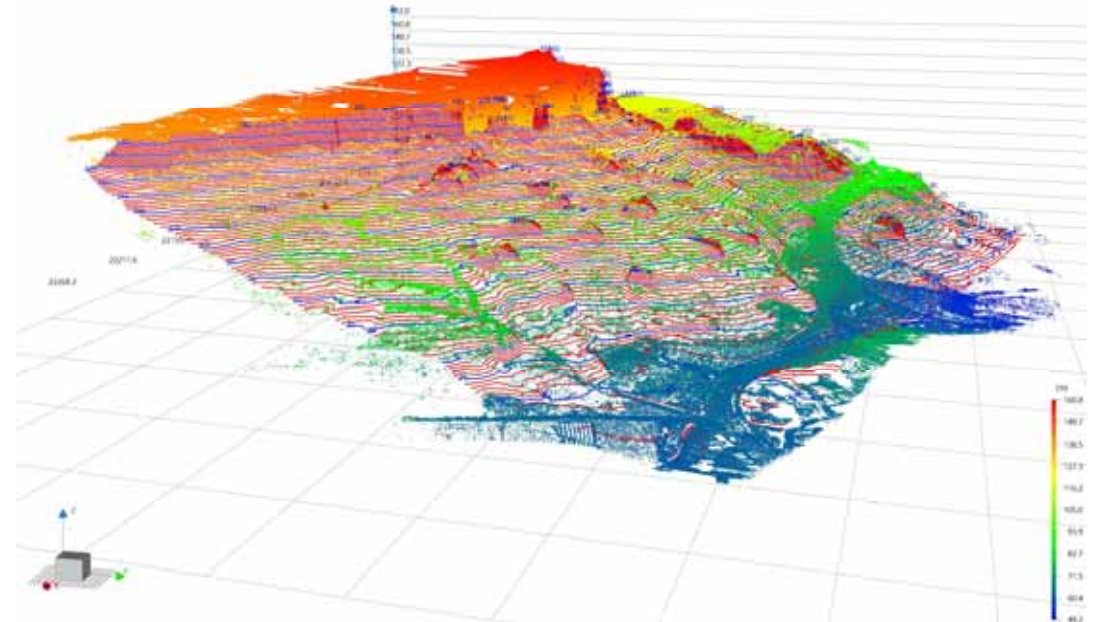


参考図 第32軍司令部壕周辺の地質平面図及び地質断面図（第1回委員会資料より引用）

2. 基礎調査の概要について

2-2. UAVレーザー測量

ドローン等のUAVを使用して、壕周辺の詳細な地形データを取得し、詳細位置図や詳細地形図等を作成する。
※UAV（Unmanned Aerial Vehicle）とは、人が搭乗しない無人航空機であり、通称としてドローンと呼ばれる。

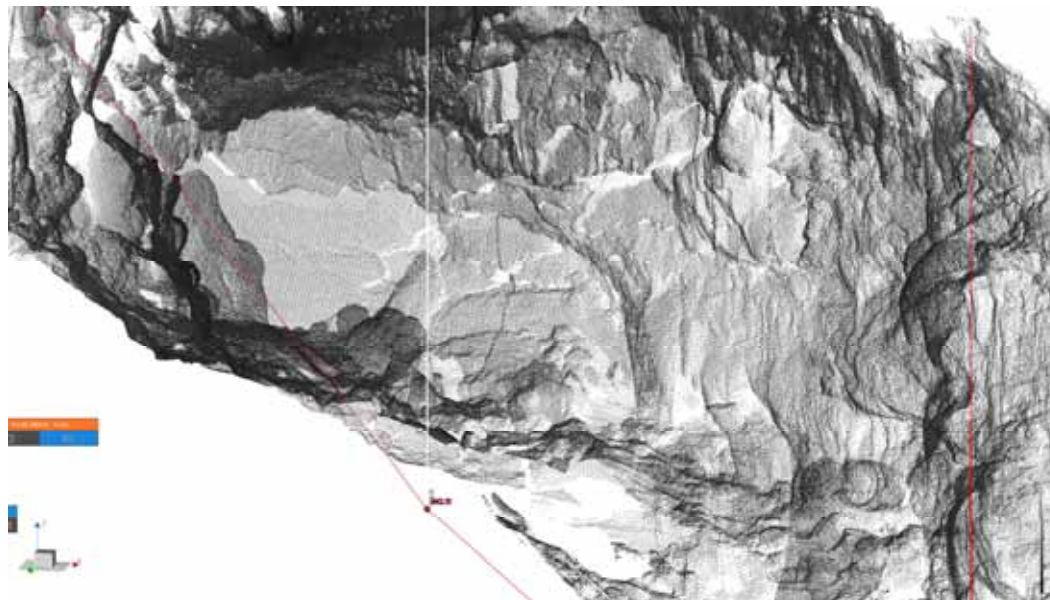


参考図 UAVレーザー測量調査による詳細地形図の作成（参考事例）

2. 基礎調査の概要について

2-3. 坑道内レーザー測量

壕（発掘済区間）を対象として、レーザースキャナーを使用して、坑道内部の詳細な形状や分布状況を把握し、坑道分布位置図を作成する。



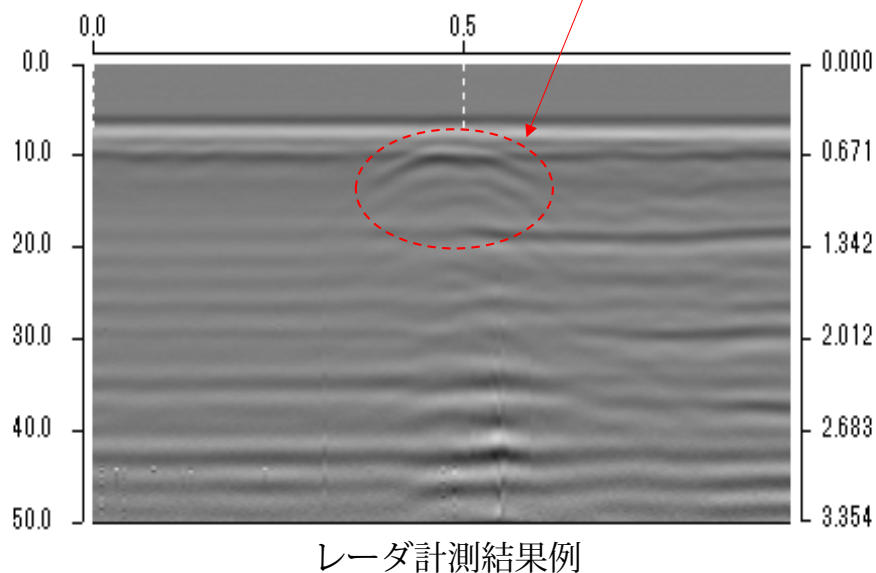
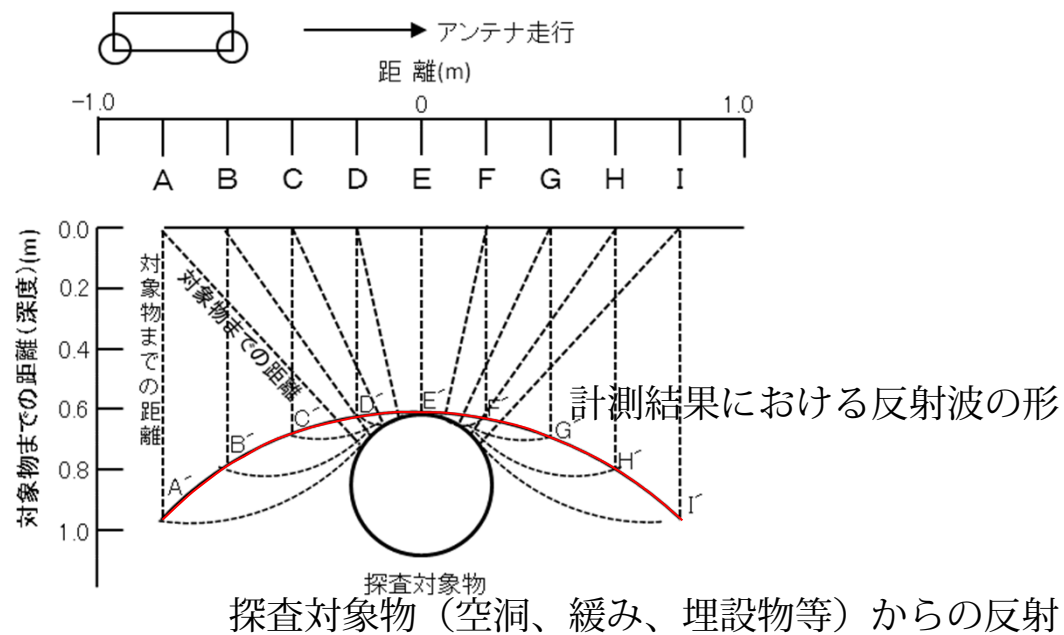
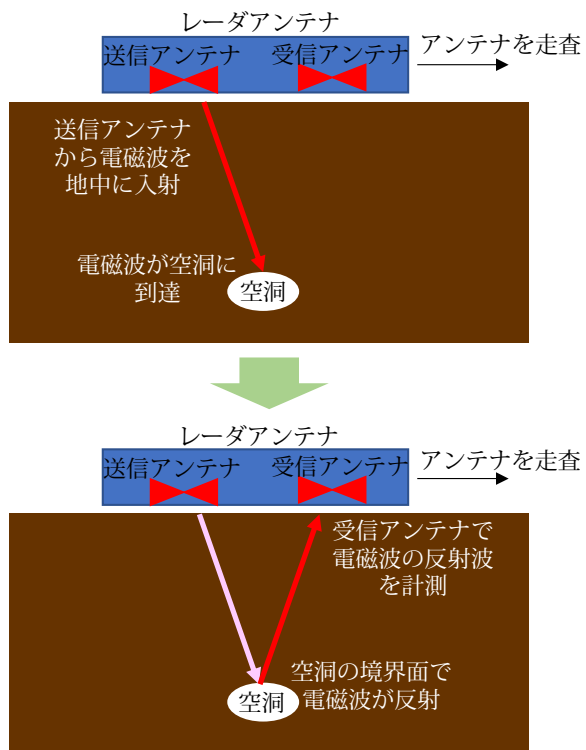
参考図 地上レーザー測量調査による坑道内部形状の測定（参考事例）

2. 詳細調査の概要について

3. 詳細調査の概要について

3-1. 地中レーダー探査

地盤中の電磁波の反射特性に基づき、地表面下数mの空洞や緩みの分布状況を把握することで、壕（未発掘区間）の概略位置を推定する。

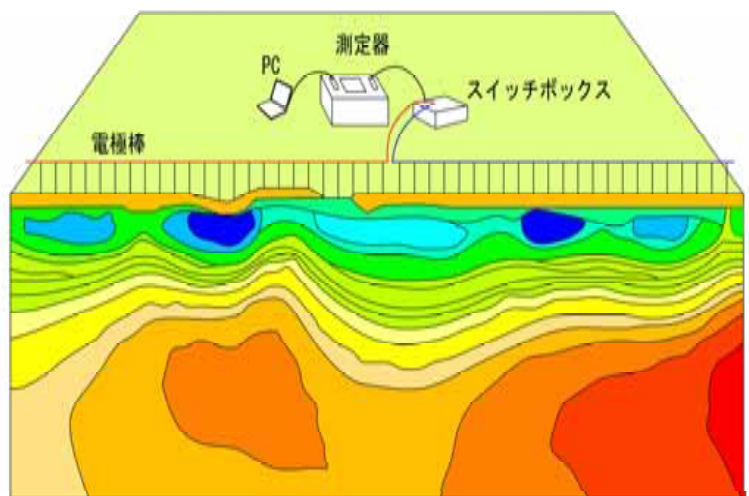


参考図 地中レーダー探査による空洞・緩み調査 (参考事例)

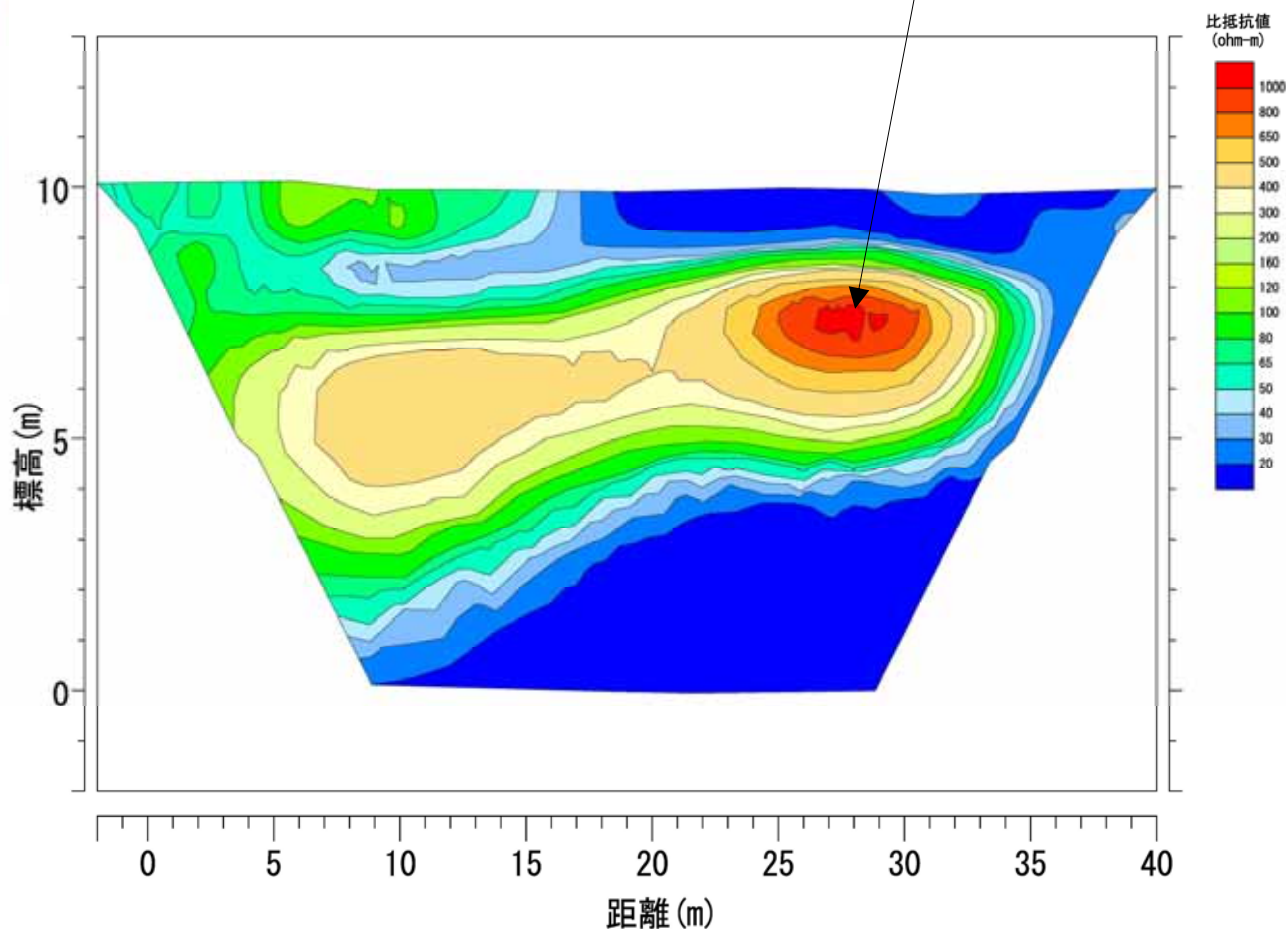
3. 詳細調査の概要について

3-2. 電気探査（比抵抗二次元探査）

地盤の電気的性質（比抵抗：電流の流れやすさ）に基づき、地下構造（地層分布状況や空洞、緩み等）を把握することで、壕（未発掘区間）の概略位置を推定する。



空洞部や緩み部は「高比抵抗領域」として検出される可能性がある。

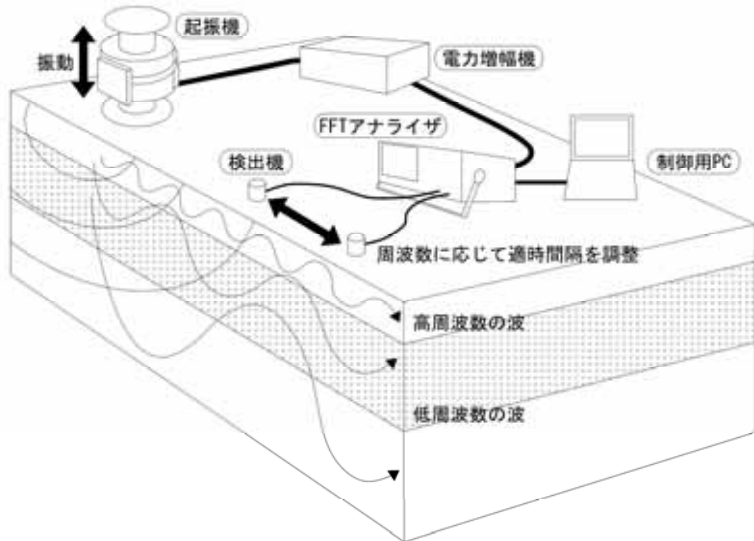


探査測線

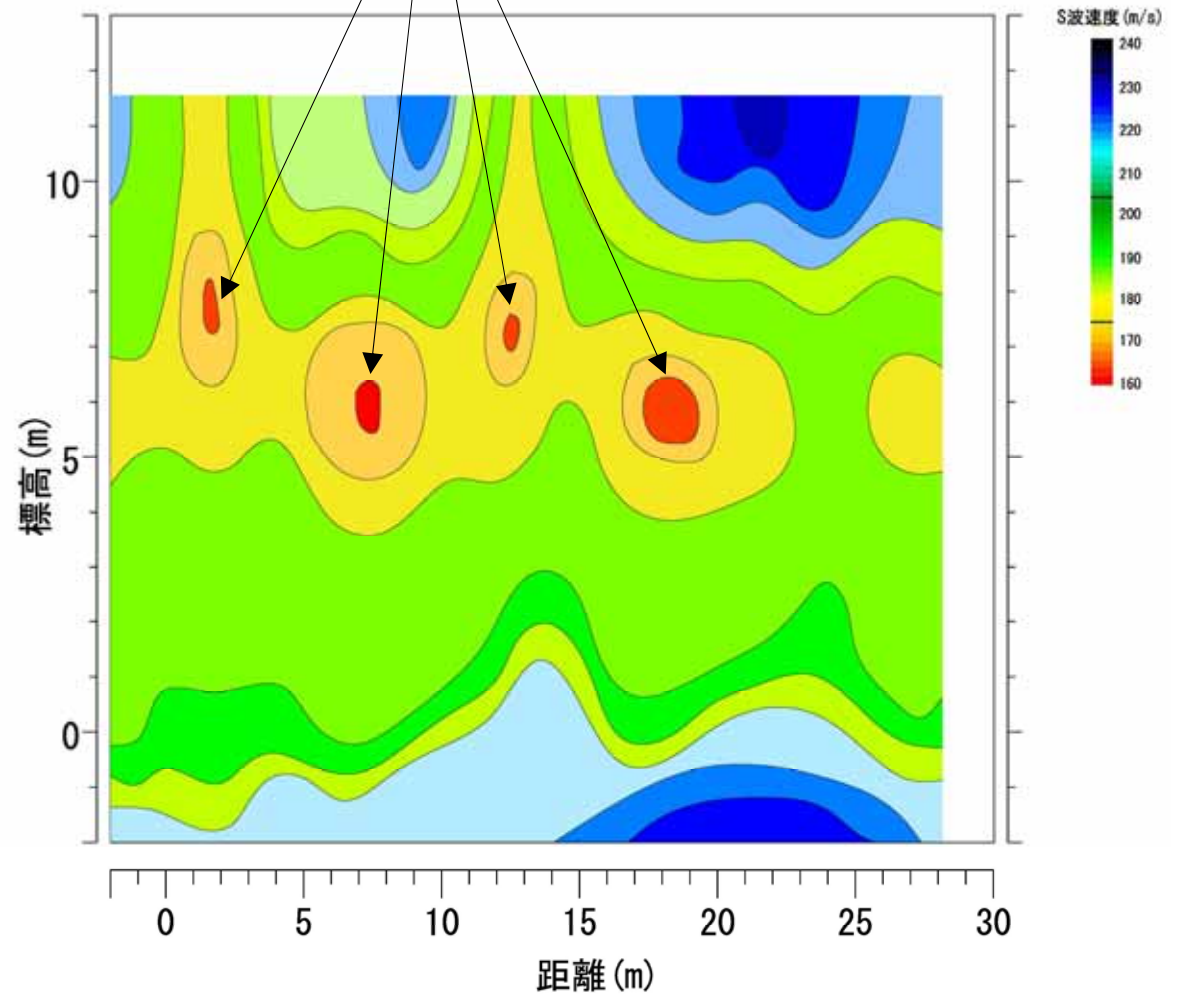
3. 詳細調査の概要について

3-3. 表面波探査

地盤の弾性波の伝わりやすさ（S波速度構造）に基づき、地下構造（地層分布状況や空洞、緩み等）を把握することで、壕（未発掘区間）の概略位置を推定する。



空洞部や緩み部は「低速度領域」として検出される可能性がある。

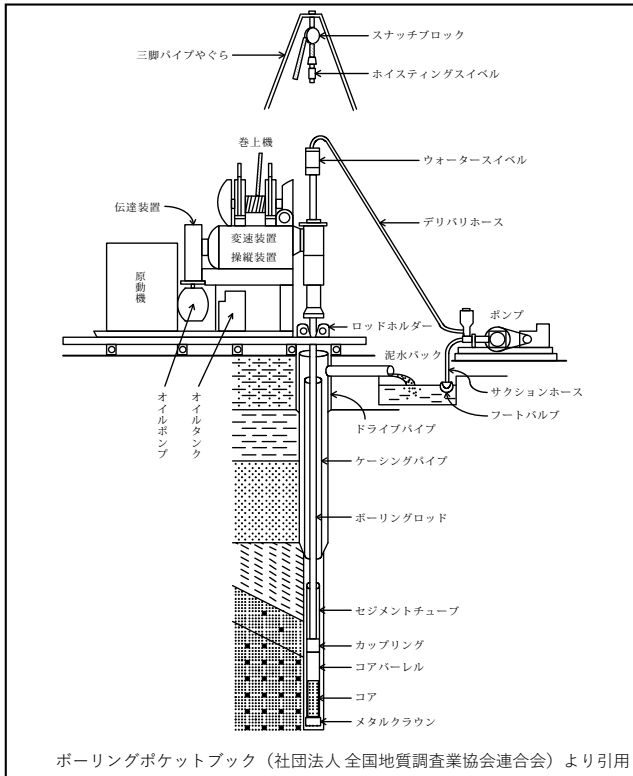


探査測線

3. 詳細調査の概要について

3-4. ボーリング調査

壕（未発掘区間）直上部または直近部でボーリングマシンを用いて調査孔を掘削し、地質分布状況を把握するとともに、未発掘区間の位置や状態等を確認する。



琉球石灰岩のコア試料



島尻泥岩のコア試料

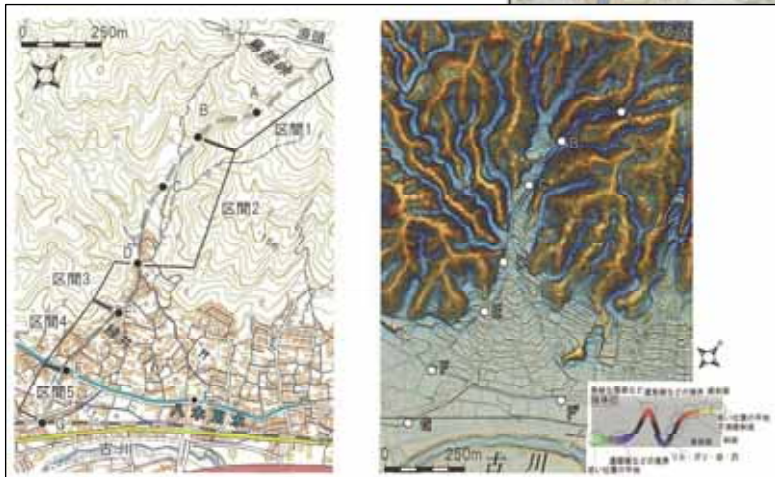
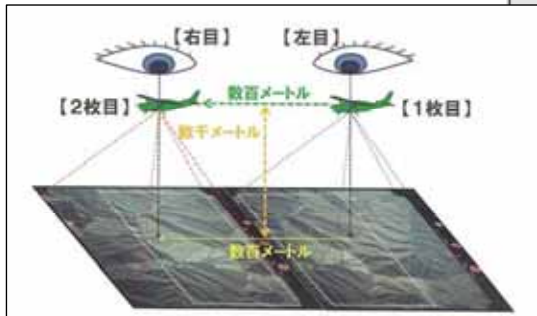


参考図 ボーリング調査（参考事例）

3. 詳細調査の概要について

3-5. 空中写真判読・地形図判読

空中写真判読・地形図判読を行い、壕周辺の地形状況や地形的特徴を把握するとともに、断層地形や地すべり地形等の不安定地形は近接していないか検討する。



5万分の1土地分類基本調査図-沖縄中南部-より引用

上記参考図は、「いまさら聞けない地形判読 公益社団法人 日本測量協会」より引用

3. 詳細調査の概要について

3-6. 坑道内地質観察

坑道内の地質分布状況や変状・亀裂・劣化状況等について目視観察を行い、地質分布状況展開図を作成し、安全性検討の基礎資料として整理する。

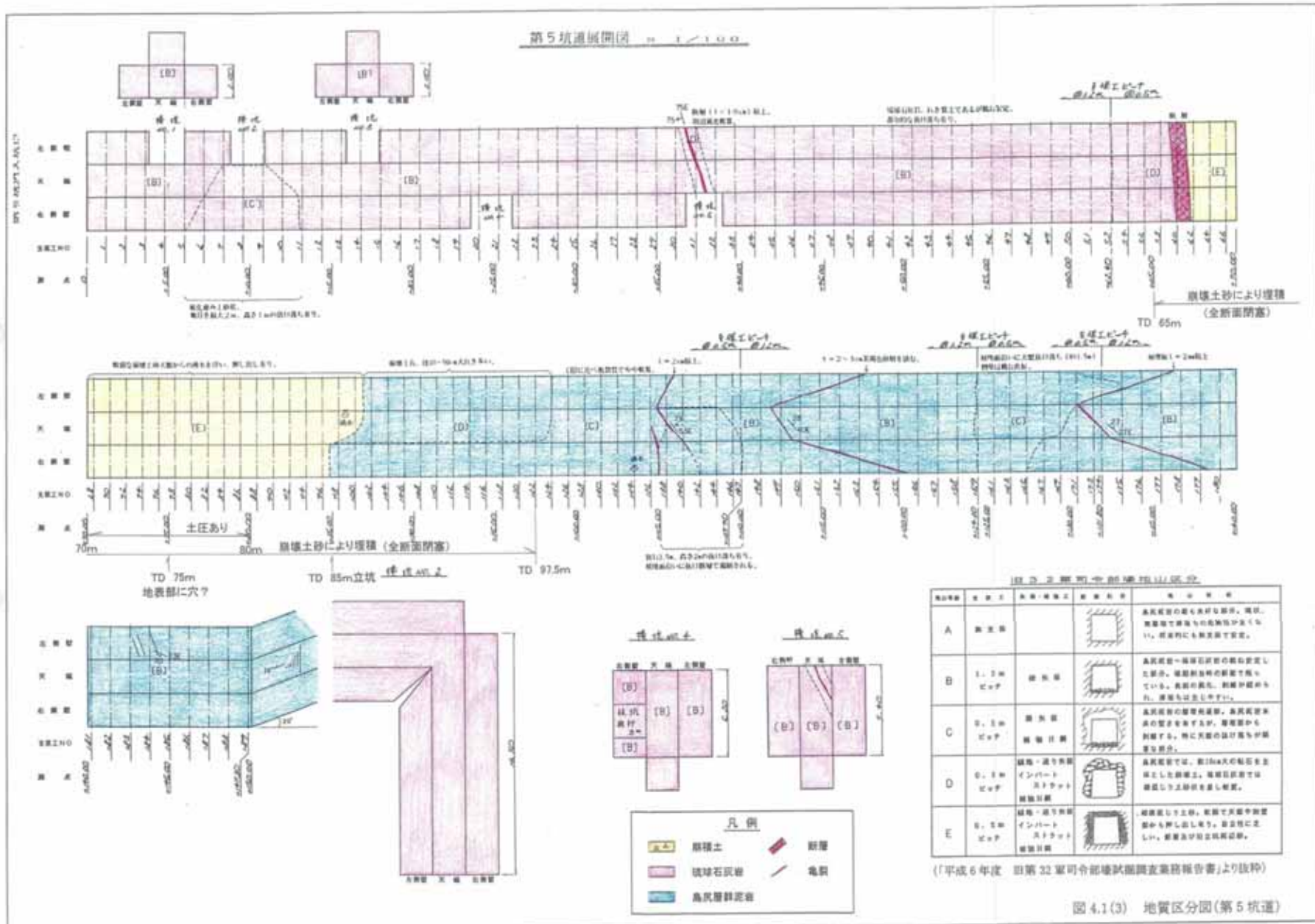


図 4.1(3) 地質区分図(第5坑道)

3. 詳細調査の概要について

3-7. 岩石試験・鉱物分析

ボーリング調査により採取した岩石試料を用いて、各種の室内試験や鉱物分析を行い、工学的性質（主に強度特性）や風化特性（劣化特性）等を把握する。

年度	業務名	物理試験・調査内容		備考
		項目	数量	
平成25年度	第32軍司令部壕地質等調査・維持管理業務委託	基本物性値試験 針貫入試験 エンジニアリングトンネル内水位 気温、湿度、気圧	3地点6試料 N=169 1箇所/10ヵ月 4箇所/10ヵ月	基本物性値： 湿潤密度、自然含水比、給水率、有効間隙率、一軸圧縮強度
平成26年度	第32軍司令部壕地質等調査・維持管理業務委託	基本物性値試験 エンジニアリングトンネル内水位 気温、湿度、気圧	3地点3試料 1箇所/10ヵ月 4箇所/10ヵ月	基本物性値： スレーキング試験、X線回析試験
平成27年度	第32軍司令部壕地質等調査・維持管理業務委託	基本物性値試験 エンジニアリングトンネル内水位 気温、湿度、気圧	3地点3試料 1箇所/10ヵ月 4箇所/10ヵ月	基本物性値： スレーキング試験、X線回析試験

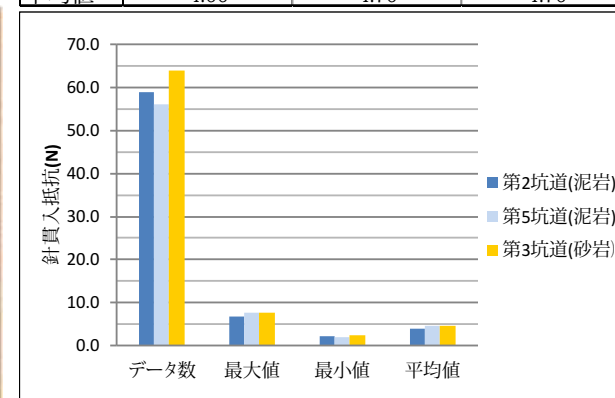
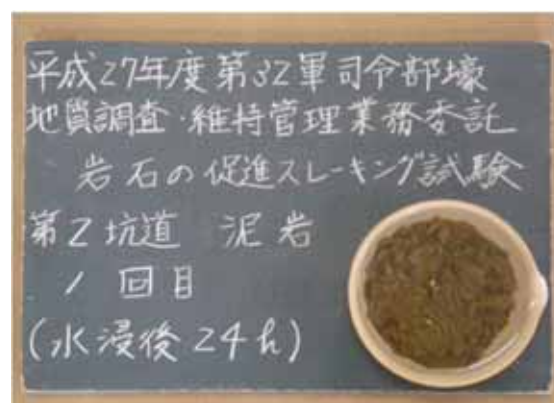


スレーキング試験結果概要

試料名	採取位置	採取後の含水率 (%)	水浸前含水率 (%)	水浸24時間後含水率 (%)	スレーキング指数
第5坑道泥岩	No.183-185	25.88	2.81	66.37	4
第3坑道砂岩	No.27-27-1	18.74	1.25	54.15	4
第2坑道泥岩	No.12-13	25.12	4.58	54.42	3

針貫入試験結果概要

岩種	第2坑道(泥岩)	第5坑道(泥岩)	第3坑道(砂岩)
	与那原層(泥岩)	与那原層(泥岩)	与那原層(砂岩)
データ数	59.0	56.0	64.0
最大値	6.70	7.70	7.70
最小値	2.10	2.00	2.50
平均値	4.00	4.70	4.70

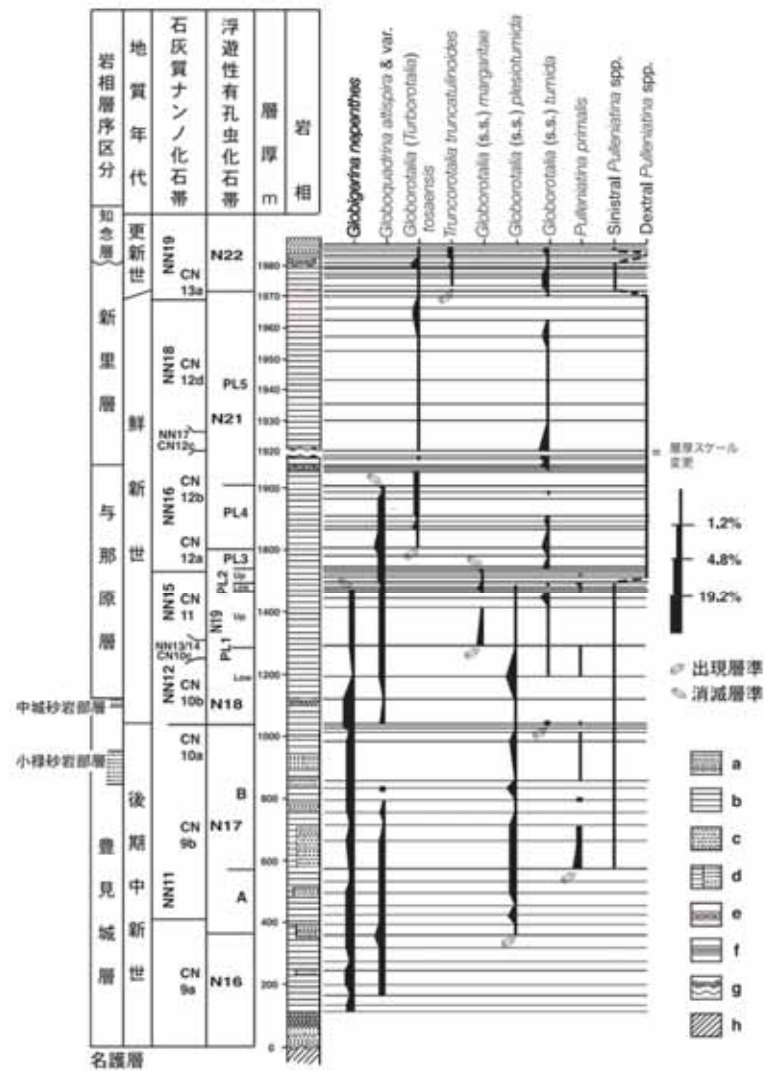


参考図 第32軍司令部壕内の岩盤を対象とした岩石試験結果等（過年度実施事例：第1回委員会資料より引用）

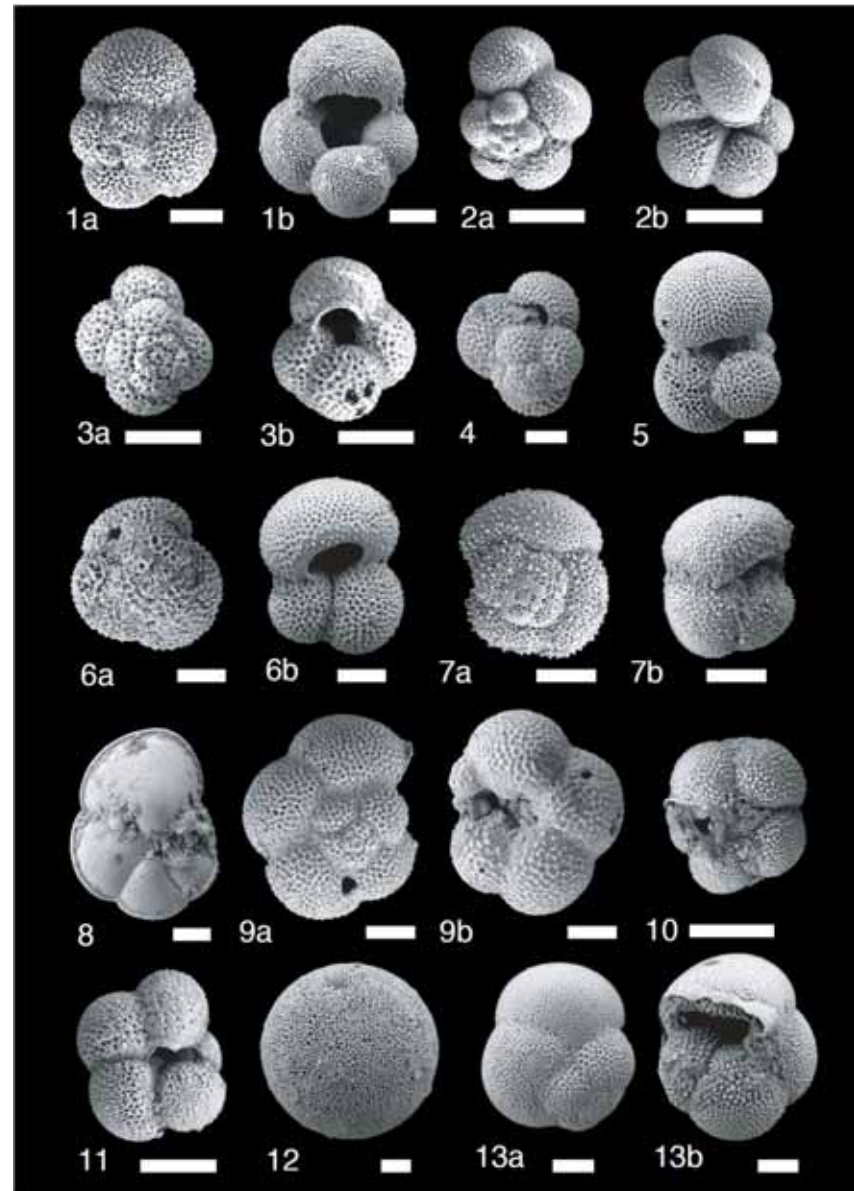
3. 詳細調査の概要について

3-8. 岩石の微化石分析（有孔虫分析）

ボーリング調査により採取した岩石試料を用いて、微化石分析（有孔虫分析）を行い、地質の堆積環境や年代等を把握する。



第4. 1図 島尻層群及び知念層下部の浮遊性有孔虫層序要約
 浮遊性有孔虫層序は Ujō (1985) に基づく。6 taxa の出現層序、3 taxa の消失層序、Pulsenalina group の個の巻き方の変化によって、11 の化石帯に区分できる。岩相区分は、a: 石灰質マジュールを伴う砂岩、b: 一部砂質部分を含むシルト岩、c: 砂岩、d: シルト岩、e: 礫質砂岩、f: 礫岩、g: 白色炭泥岩、h: 泥炭層相当の黒色粘板岩。石灰質ナノ化石区分 (Tanaka and Ujō, 1984) とも調和している。知念層基底部を境にして層序を変えてある。



金子ほか (2018) 埼玉県さいたま市で掘削された浦和GS-UR-1 コアの更新統下総層群産有孔虫化石群集より引用

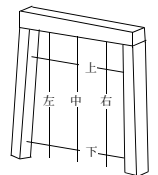
氏家・兼子 (2006) 那覇及び沖縄市南部地域の地質、地域地質研究報告5万分の1地質図幅 那覇 (18) 第13・14号より引用

3. 詳細調査の概要について

3-9. 地表変位観測・坑道内内空変位観測

壕の直上部や周辺部の地表変位観測を行うとともに、坑道内の内空変位観測を行うことで、壕の健全性や安全性について検討する。

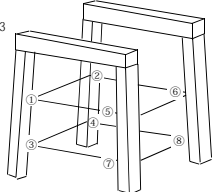
支保工番号 61、66



項目	61		66			
	下	上	下	左	中	右
最大値	166.8	164.8	175.2	163.3	162.2	161.5
最小値	163.8	164.0	173.9	162.4	161.2	160.5
変位差	3.00	0.80	1.30	0.90	1.00	1.00
観測開始	H8.11.25					
観測最終	H11.2.26					
観測年数	2.25					
年変位 (cm)	1.330	0.355	0.577	0.399	0.443	0.443

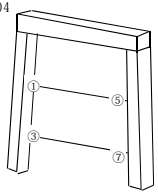
支保工番号 74

支保工番号 73



項目	73~74	
	⑤~⑥	⑦~⑧
最大値	50.6	51.9
最小値	49.0	51.3
変位差	1.60	0.60
観測開始	H7.6.30	
観測最終	H11.2.26	
観測年数	3.66	
年変位 (cm)	0.44	0.16

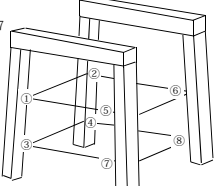
支保工番号 104



項目	104	
	①~⑤	③~⑦
最大値	164.3	169.0
最小値	163.1	167.7
変位差	1.20	1.30
観測開始	H7.6.30	
観測最終	H10.3.30	
観測年数	2.75	
年変位 (cm)	0.44	0.47

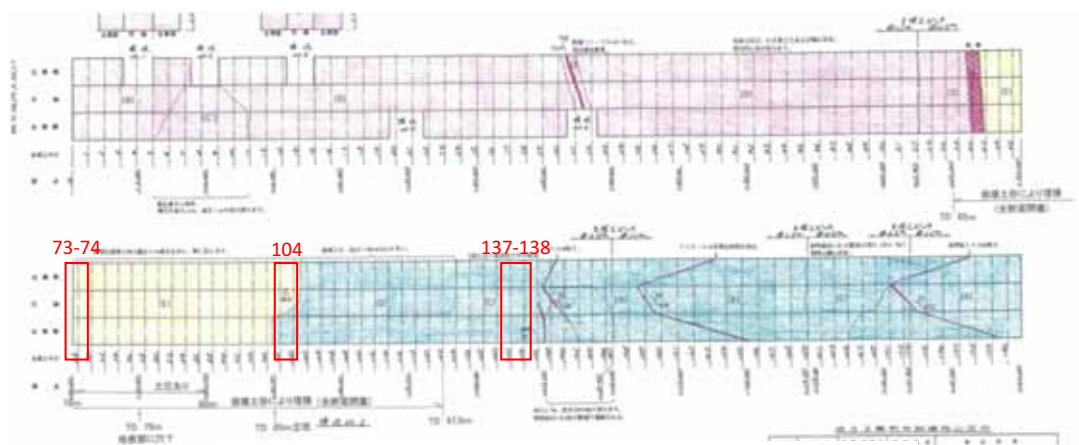
支保工番号 138

支保工番号 137

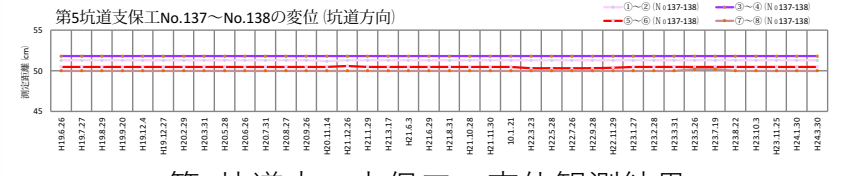
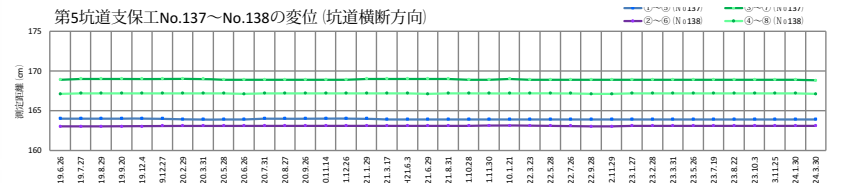
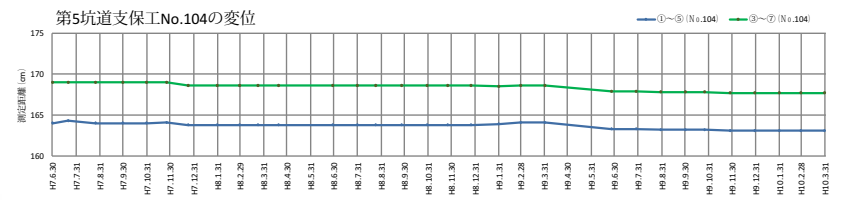
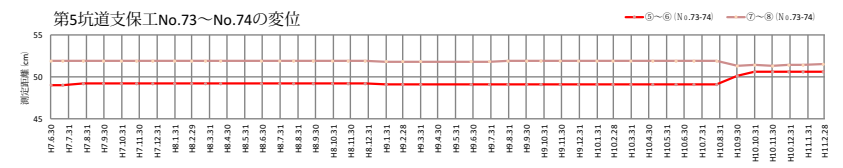
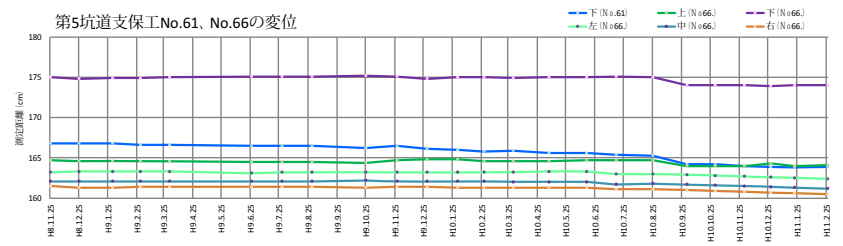


項目	137		138		137~138			
	①~⑤	③~⑦	②~⑥	④~⑧	①~②	③~④	⑤~⑥	⑦~⑧
最大値	164.0	169	163.14	167.2	51.3	51.8	50.6	50.2
最小値	163.9	168.8	163.0	167.1	51.2	51.8	50.3	50.0
変位差	0.10	0.20	0.14	0.10	0.10	0.00	0.30	0.20
観測開始	H19.6.26							
観測最終	H24.3.30							
観測年数	4.8							
年変位 (cm)	0.021	0.042	0.029	0.021	0.021	0.000	0.063	0.042

第5坑道内の支保工の変位測定位置と累積変位量



第5坑道内の支保工変位測定位置図



第5坑道内の支保工の変位観測結果

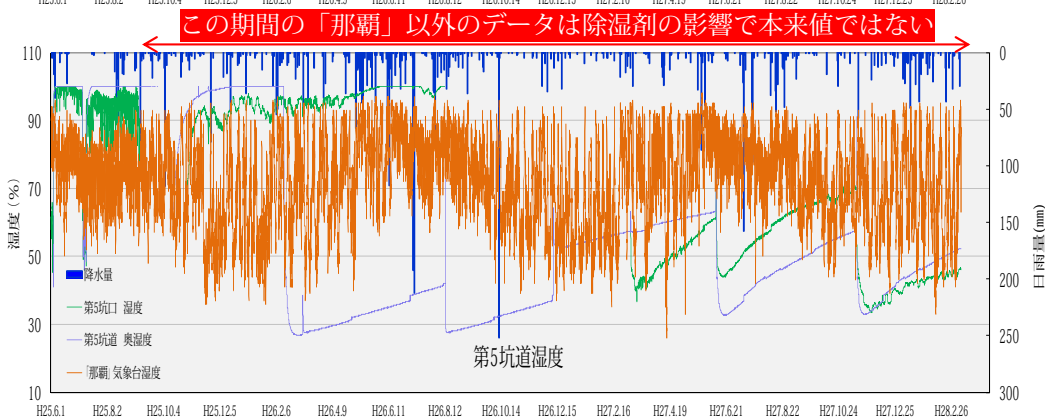
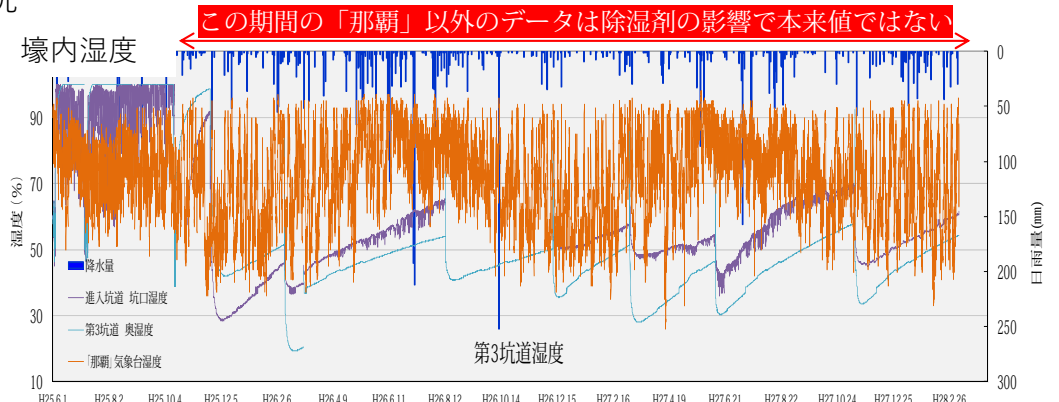
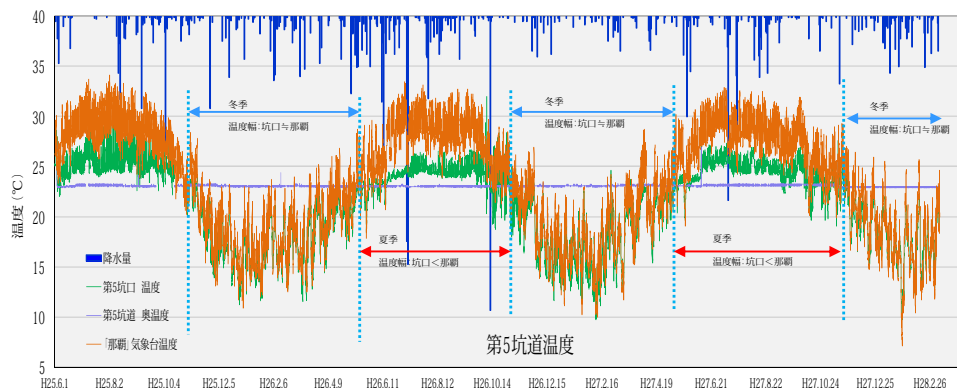
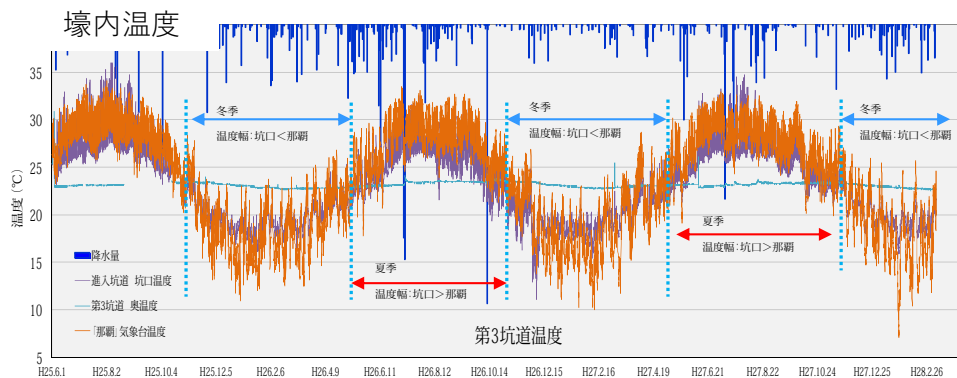
3. 詳細調査の概要について

3-10. 壕内環境観測（壕内の気温・湿度観測）

自記計測機器等を用いて、温度や湿度等の壕内環境の経時変化を把握する。



自動計測機器を用いた壕内部の温度・湿度の連続観測状況

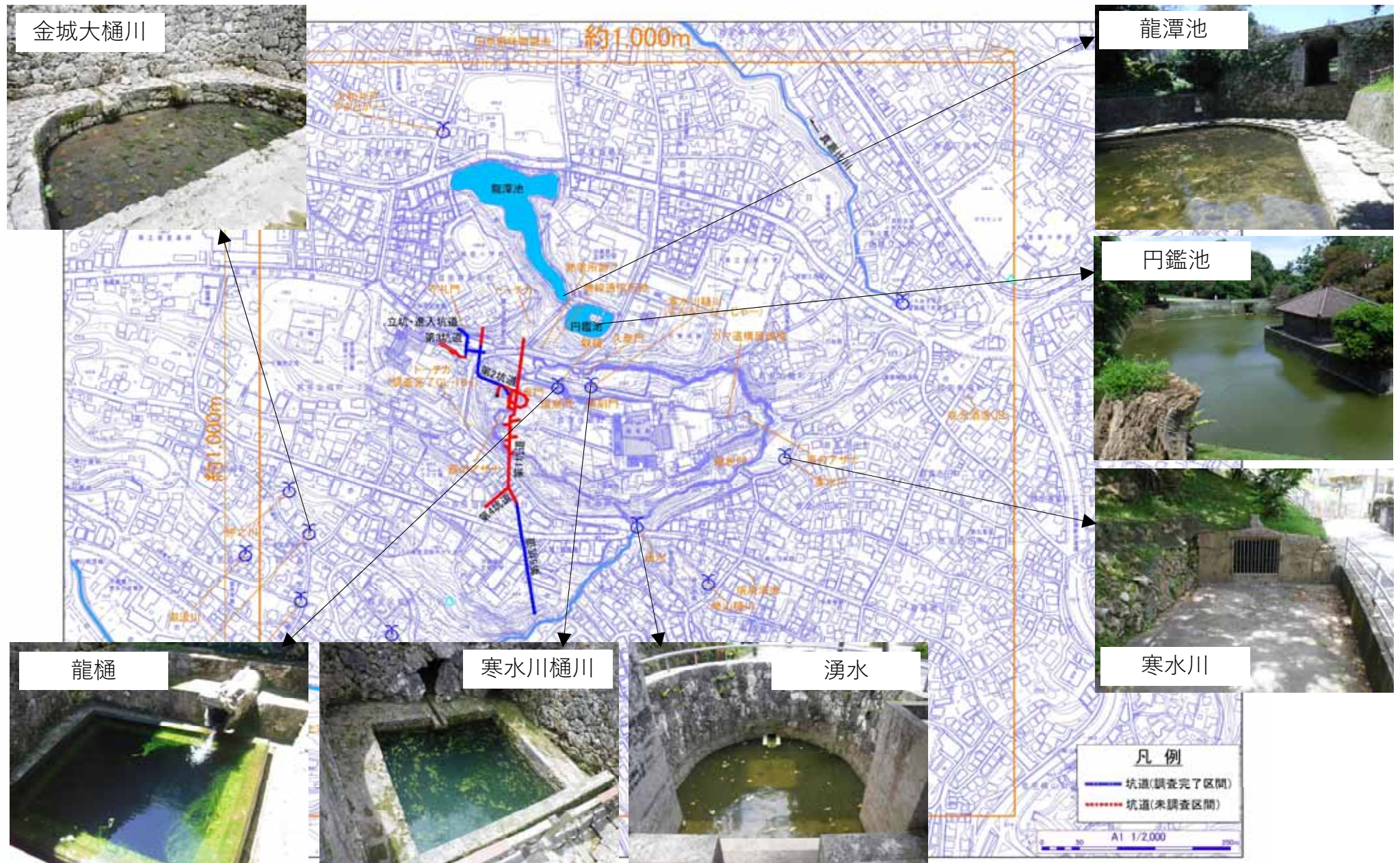


参考図 第32軍司令部壕内部の温度・湿度の連続観測結果（過年度実施事例：第1回委員会資料より引用）

3. 詳細調査の概要について

3-12. 井戸調査（水源調査）

戸別訪問調査やアンケート調査等に基づき、壕周辺の湧水や井戸等の水源分布状況や水源利用状況を把握し、保全対象水源を確認する。



参考図 第32軍司令部壕周辺の主要な湧水等分布状況

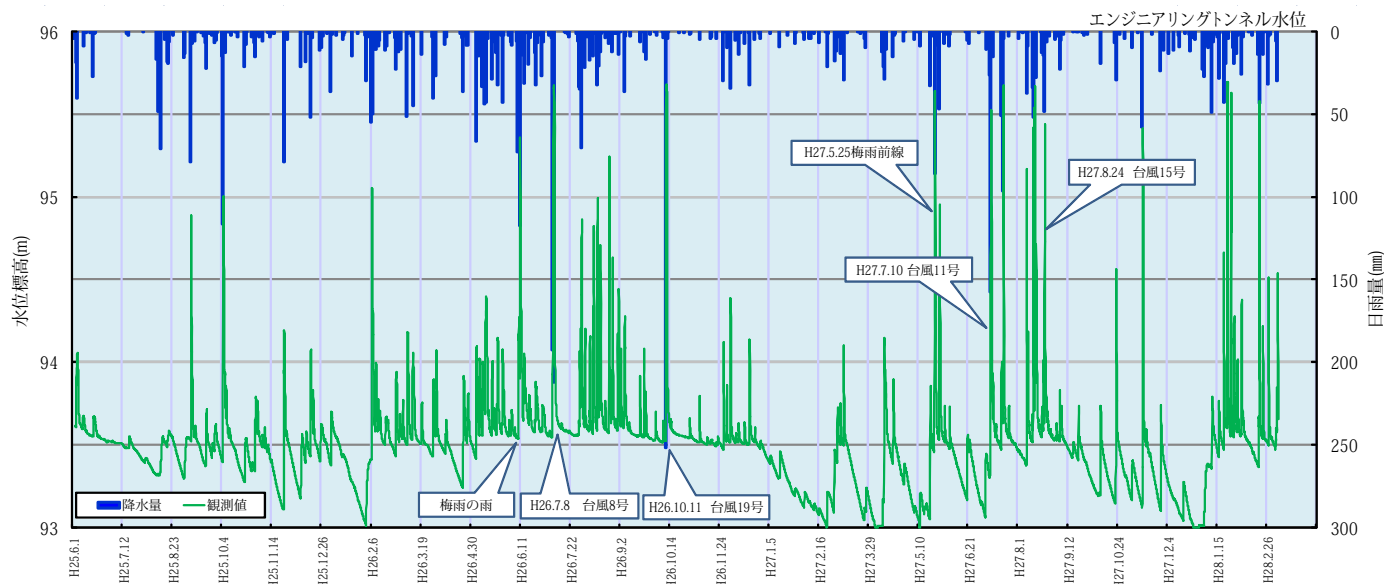
3. 詳細調査の概要について

3-1-3. 水文観測調査（地下水位観測、河川流量観測、湧水量観測）

ボーリング調査で掘削した調査孔を地下水位観測井に仕上げ、自記水位計等を用いて、壕周辺部の地下水位状況を把握し、地下水排除の必要性等について検討する。



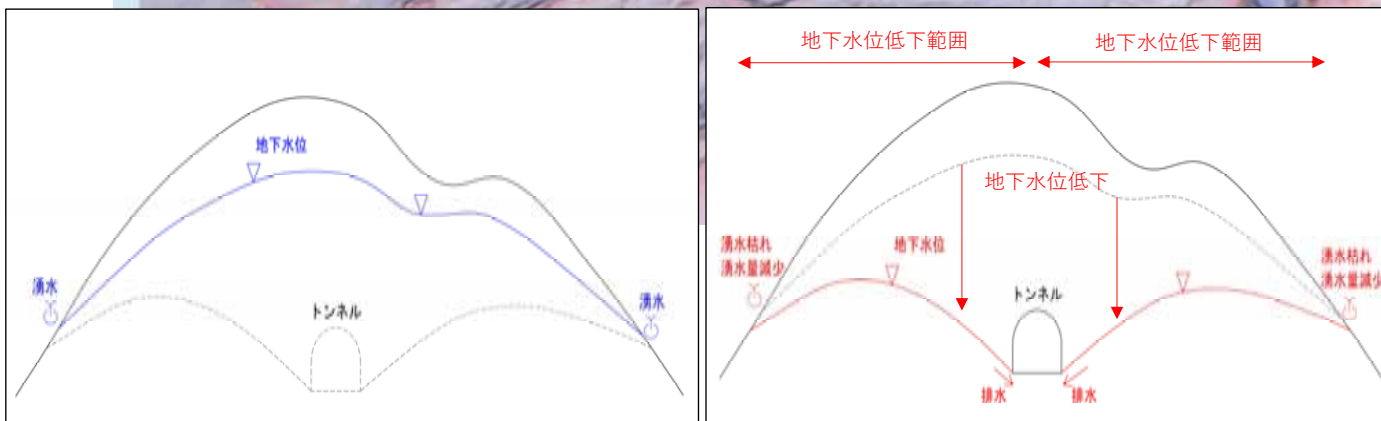
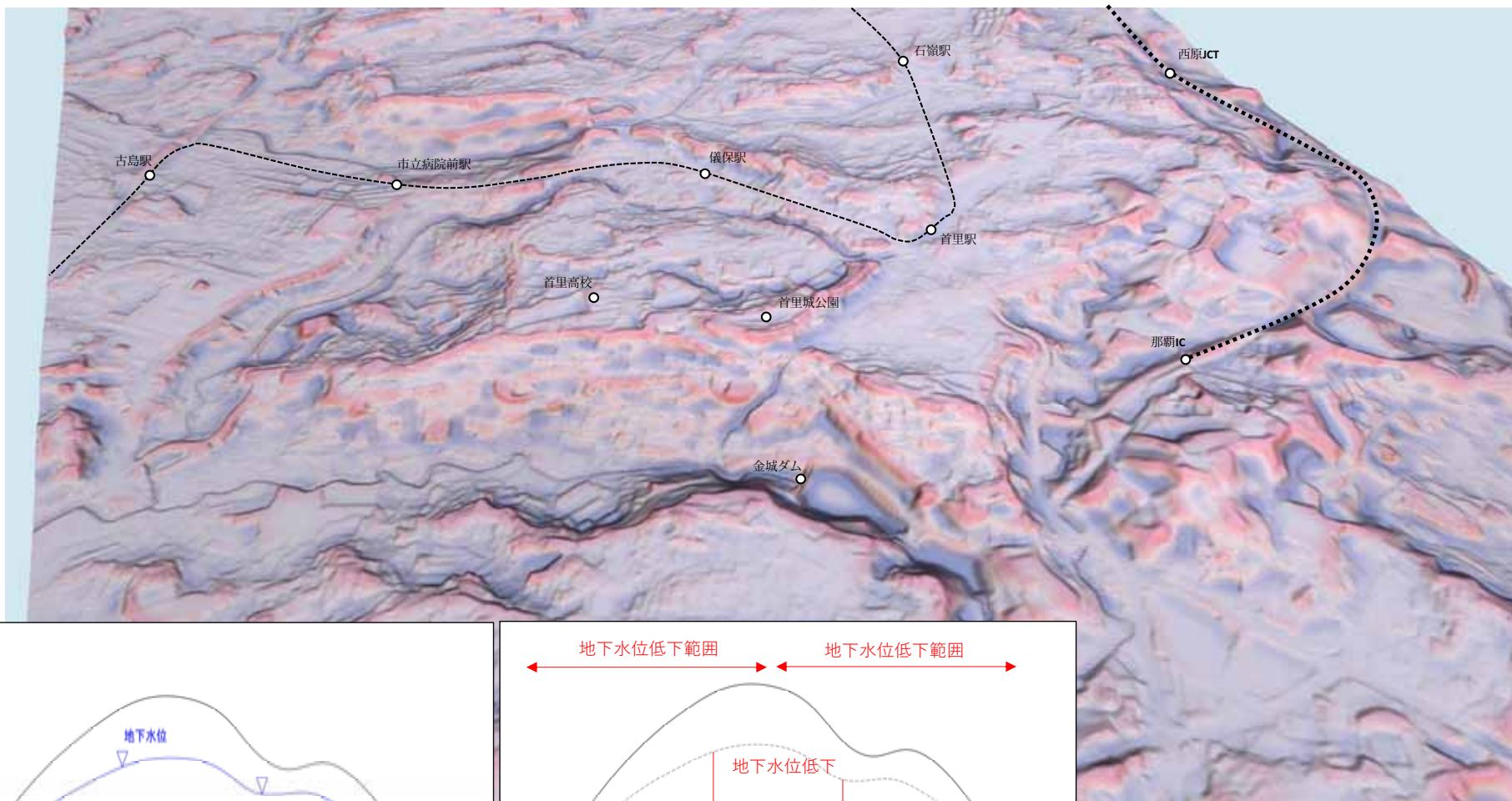
	最高水位	最低水位
日付	2015/7/21 23:00:00 P M	2015/5/11~5/12
標高 (m)	95.672	93.00



3. 詳細調査の概要について

3-1-4. 地下水流動解析（壕内部の地下水排除時の周辺水源への影響予測評価）

壕内部の地下水を排除する必要がある場合に備えて、地下水流動解析（数値解析）を用いて、予想される地下水位低下範囲や水源、湧水・地下水環境への影響の有無や程度を予測評価する。



トンネル掘削に係る地下水位低下のイメージ図。トンネル掘削に伴い周辺地下水位が低下し、湧水の枯渇や湧水量の減少が生じる場合がある。

参考図 首里城周辺の地形鳥観図と地下水流動解析の概念模式図