

貝山地下壕の地質と3次元点群データで確認できた内部構造

Geology at the Kaiyama air-raid shelter and its internal structure revealed by three-dimensional point cloud data

中山健二¹，森口安宏²，小林優起³，昌子住江⁴

- 1 川崎地質株式会社 首都圏事業本部
- 2 川崎地質株式会社 首都圏事業本部
- 3 川崎地質株式会社 首都圏事業本部
- 4 NPO法人アクションおっぱま

概 要

貝山地下壕は300×350m、高さ40m程度の貝山緑地の地形を利用し、これに沿った緻密な坑道利用計画のもと設けられた地下軍事施設である。内部にはA地区、B地区、C地区、上部坑道と呼ばれる延長約2kmに及ぶ地下壕の他、外縁には多数の横坑が残存する。地下壕の地質は新第三紀鮮新世～第四期更新世の地層とされる上総層群の砂岩・凝灰岩・シルト岩からなる軟岩地盤であり、坑口の風化区間や内部の一部で不安定化している箇所がある。坑内には軍事車両、軍事機器等の格納スペース跡、生活設備の遺構等、外縁では油槽タンクの残る横坑を含め、当時の状態で存在する。横須賀市は本地下壕の公開に向けて、3次元レーザ測量、落石調査、レーザ点群データを用いた調査・検討・設計を行い、緑地と地下壕の位置関係や離隔、内部構造、地質構造を定量的に把握できた。その結果、同地下壕は緑地内部に余すことなく立体的に設けられた軍事施設であり、歴史遺産として価値のある遺構と結論付けられる。

キーワード：特殊地下壕、三次元データ、画像解析

1. はじめに

横須賀市追浜地区の貝山緑地内部に残る貝山地下壕は第2次世界大戦末期に海軍が本土決戦に備え、機能移転を目的に築いた地下軍事施設である。横須賀市は2011年3月の東北地方太平洋沖地震による地震動で内部の一部に天端剥離崩壊が発生した事を契機に公開を中断しているが、地盤工学会関東支部委員会による調査成果¹⁾を踏まえ、今後の地下壕公開に向けて、3次元レーザ測量²⁾や落石調査³⁾、安全対策施設の検討・設計⁴⁾を行った。本稿は明らかになった地質構造、点群データで得られた代表的な3地区の地下壕内部構造や離隔、緑地との位置関係、地質構造について紹介し、土木的な歴史遺産としての価値について考察する。

2. 貝山地下壕と地質概要

2.1 貝山地下壕

貝山地下壕は京浜急行本線追浜駅の東約1.5kmの貝山緑地内部に位置する。大正5(1916)年3月に海軍航空隊

令が発布、同年4月に横須賀海軍航空隊が追浜に置かれ、緑地周辺は飛行場建設に伴い埋め立てられた。横須賀海軍航空隊の位置図と貝山地下壕の拡大図⁵⁾をそれぞれ図1、図2に示すが、地下壕の一部となる横坑は油槽やドラムによる燃料倉庫、坑道内部は主計課倉庫として利用されていた。このうち、敷地南側の追浜浄化センター敷地内の横坑は現在でも油槽が残っている。

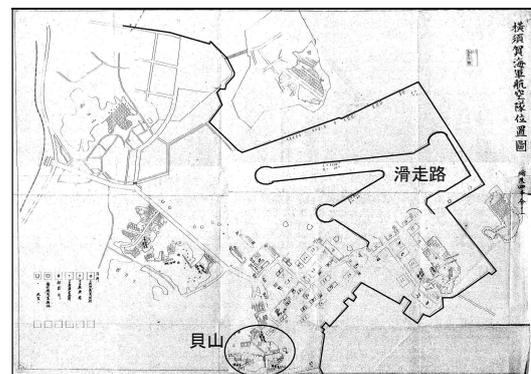


図1 横須賀海軍航空隊位置図(第300設営隊戦時日誌)「JACAR(アジア歴史資料センター)Ref.C08011062400, 航空引渡目録 2/14(防衛省防衛研究所)」に加筆

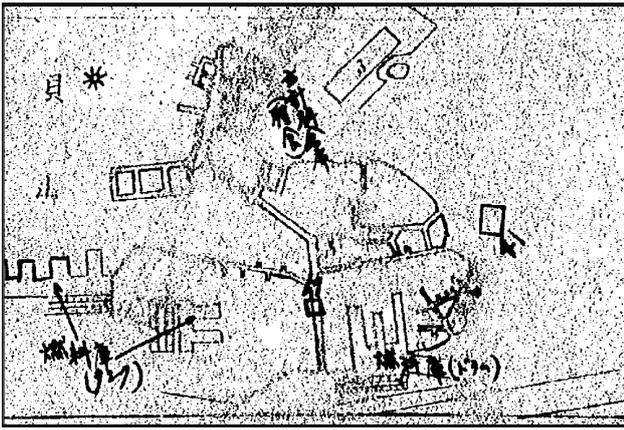


図2 貝山地下壕拡大図 (第300 設営隊戦時日誌)
「JACAR (アジア歴史資料センター) Ref.C08011062400,
航空引渡目録 2/14 (防衛省防衛研究所)」

貝山緑地の平面図を図3に示す。外縁では多数の横坑、内部にはA地区、B地区、C地区、上部坑道と呼ばれる地下壕が存在する。図に示すA地区、B地区および上部坑道の分布状況は3次元レーザ測量にて計測されたものであり、横坑群の分布状況は現地踏査における簡易計測によるものである。A地区は緑地南側に格子状で存在し、主坑道は最大幅12m、高さ10mを有するなど、貝山地下壕で最も規模が大きな地下壕である。B地区は緑地北側に存在する直線状の坑道で、内部には多数の横坑や代表的な分岐点が2箇所ある。主坑道は最大幅5.3m、高さ4.6mを有する。C地区は丘陵北東端に位置する格子状坑道であるが、安定上の問題を有するために坑口は塞がれており、過去に調査は行われていない。このほか、A地区の上部に最大幅2.4m、高さ2.5mの上部坑道が存在する。

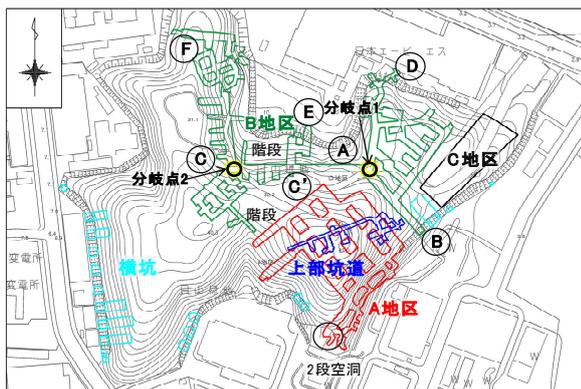


図3 貝山緑地と貝山地下壕の平面図

2.2 地質概要

調査地周辺の地質は上総層群の野島層と浦郷層で構成され、そのうち、貝山緑地には凝灰岩・凝灰質砂岩・凝灰質シルト岩の互層を呈する野島層が分布する。地層は東西方向の走向で10°程度北傾斜し、南側から北側に向かい新しい地層が堆積する単斜構造である。地下壕内部には貝殻化石や軽石及びビスコリアが混入する地層が分布する。

写真1は緑地南側の追浜浄化センターに面する崖地に

設けられた横坑内に存在する油槽、手前は切り取り露頭面、写真2はB地区の東側坑口付近の露頭で、凝灰岩と砂岩が互層で分布する。凝灰岩は硬くハンマー打撃で金属音、砂岩は風化軟質し、濁音を発する。

図3に示すように、西側外縁の崖地では横坑が連続する。同横坑群のうち、北側の横坑群は写真3に示すようにコンクリートで覆われ、鉄製の扉を有する。一方、南側の横坑は裸坑であり、写真4に見られるように、当時の形状で存在し、天端や側方では風化による層理面に沿う剥離崩壊の抜け跡が認められる。貝山地下壕内部での一般的な崩壊はこのようなメカニズムが主体であると考えられる。内部観察結果より凝灰岩には軽石、砂岩には貝殻の混入が確認できた。

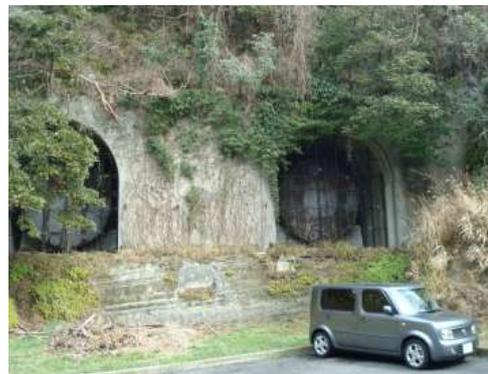


写真1 緑地南側崖面の横坑 (内部に油槽) と露頭¹⁾
(手前露頭: 東西走向, 約10°北傾斜)



写真2 B地区東側坑口付近の露頭¹⁾
(黒色凝灰岩と砂岩の露頭)



写真3 西側外縁の北側横坑群¹⁾



写真4 西側外縁の南側横坑群¹⁾
(風化による天端, 側方崩落跡, 凝灰岩に軽石, 砂岩に貝殻混入)

3. 地下壕内部の地質

3次元点群データを利用して坑道内部形状及び各坑道間の離隔, 地表面との位置関係について解析した。なお, 以下に示す解析図の作成には, 中日本航空株式会社によって開発された点群ビューワ“Micre”⁶⁾を使用した。

B地区及び上部坑道の点群データの画像を図4に示す。図より地層の北向き傾斜状況が読み取れる。同図には内部調査で検出した鍵層, 断層や不整合面の分布も併記した。

坑道の内部調査は主としてB地区東側の分岐点1(A地点)を中心とした公開検討範囲^{4,7)}と, 上部坑道の一部で実施した。地層は北側に緩傾斜し, 鍵層となるピンク色の火山灰層(写真5)が図4に示す範囲で確認できた。

鍵層の上盤側で構成される, 分岐点1から北側の坑道(A-D区間)では, 凝灰質砂岩が主体となるため坑道断面は比較的变化が少ない。

一方, 同分岐点より手前(南西側)の下盤側となる坑道(A-B区間, A-C区間)は, 貝殻片を多量に含む砂層主体で, 厚さ10~20cm程度の凝灰質シルトを3層以上挟む互層状を呈す。断面形状は不均質で, 既往剥離崩壊箇所または剥離崩壊の危険性のある箇所が存在する。

また, 同範囲内には図4に示す2本の断層が確認できた。坑道奥の断層1の走向傾斜はN50W25Nと低角度であり, 写真6に示す通り鉛直・水平方向に3m以上の変位があることが断層を跨いだ鍵層分布より確認できた。なお, この断層1の確認箇所は2011年3月11日の地震で大規模な天端剥離崩壊(幅3m, 長さ6m, 厚さ20~30cm規模)が発生したことから, 最も不安定な箇所であると位置づけられる。また, B地区坑口付近に分布する断層2の走向傾斜はN45E70Eであり, 地層変位は30cm程度である。なお, この断層2は, 図4の右上に示すように上部坑道の入口付近においても確認できた。

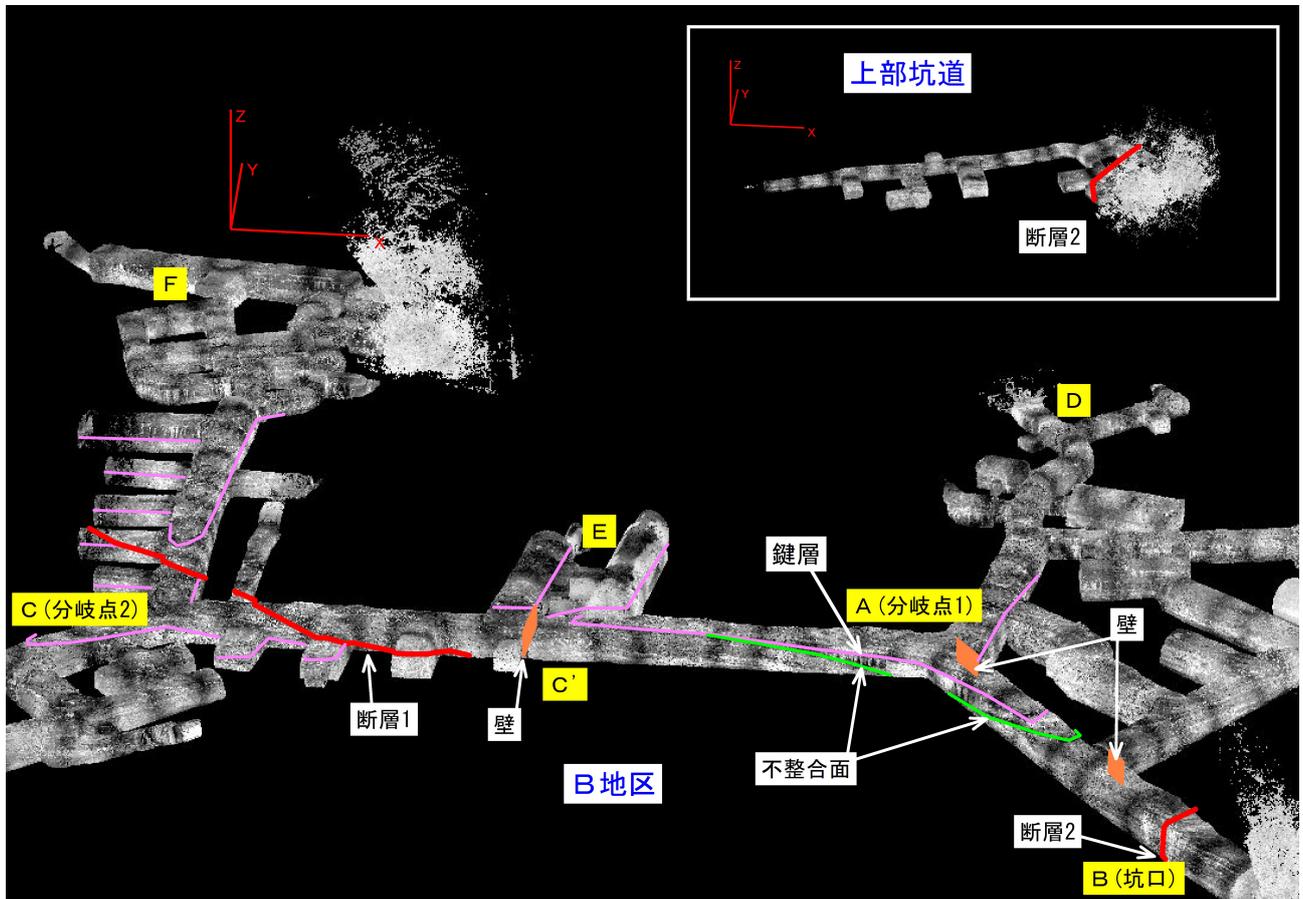


図4 B地区と上部坑道の点群データ鳥観図

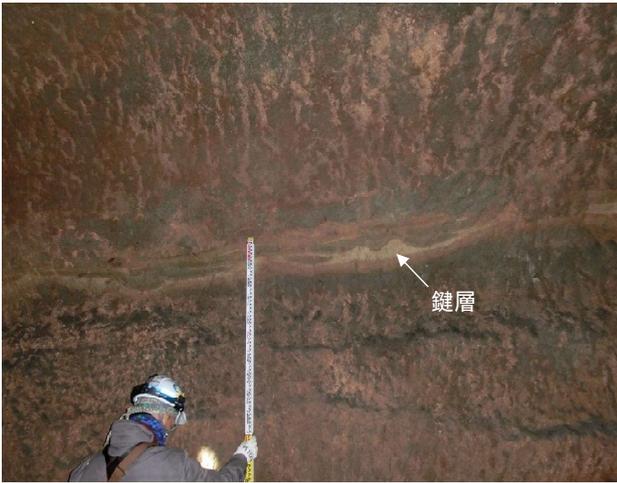


写真5 鍵層となる凝灰岩中の火山灰 (N70W10N)

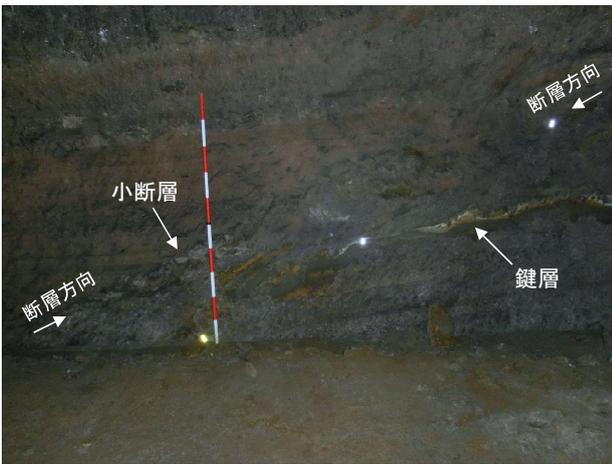


写真6 断層1 (N50W25N)
(断層を跨いだ鍵層分布より鉛直・水平変位約3m)

4. 貝山緑地と地下壕の内部構造

貝山地下壕の点群データにより A 地区・B 地区・上部坑道の 3 次元的位置関係、離隔、各地下壕の規模、及び地形データとの重ね合わせによる地表面との離隔について整理した。

貝山緑地と地下壕の合成鳥観図を図 5 に示す。図より、丘陵の尾根筋は 4 方向にのび、そのうち南東部の最も高いところで標高 41m を有する。地下壕は緑地東側で A 地区、B 地区の一部、C 地区、上部坑道が、緑地西側で B 地区の一部と外縁に横坑群が位置する。B 地区は尾根筋直下に主坑道が存在し、これに直交して横坑や規模の小さな格子状坑道が分布する。規模の大きな格子状の A 地区は緑地南東部の直下に位置し、土被りは最も厚い。また、貝山緑地は地層が北向きに緩傾斜することから、緑地の南東側に位置する A 地区は地質的に最も古い下位のエリアになる。A 地区の直上には上部坑道が存在し、この地質は上位エリアで、土被りが最も薄い。さらに前述の通り、緑地の南側から南西側にかけての外縁では、油槽をはじめ多数の横坑が存在する。以上より、地下壕は貝山緑地の地形・地質を

利用して、余すことなく設けられたと言える。

図 6 は坑道鳥観図である。図より、A 地区では格子状の主坑道 4 列のうち 3 列が貝山地下壕で最も大きな断面を有すること、南側坑口付近には 2 段空洞が存在することが読み取れる。

B 地区は東側坑口から内部の 3 箇所壁で区切られた B-A-C 区間 (図 4 参照) は主として運搬用通路、壁より奥は倉庫や会議室、生活施設等の軍事施設としての利用が考えられる。西側の分岐点 2 付近に図 5, 6 より地表面に繋がる 2 本の通路 (階段) が読み取れる。

図 7 は分岐点 1 から北側へ続く坑道 A-D 区間を軸とした断面図で、地形データ⁸⁾も合わせて示した。A 地区、B 地区の坑底は概ね同レベル、各坑ともに坑口付近を除いて、土被りは 2D (D: 坑道径) 以上確保できている。

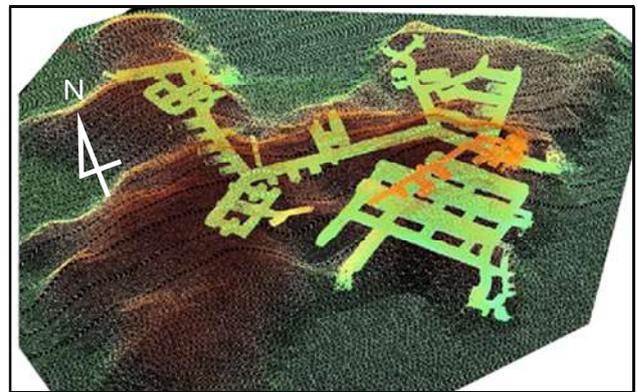


図5 貝山緑地と地下壕の合成鳥観図

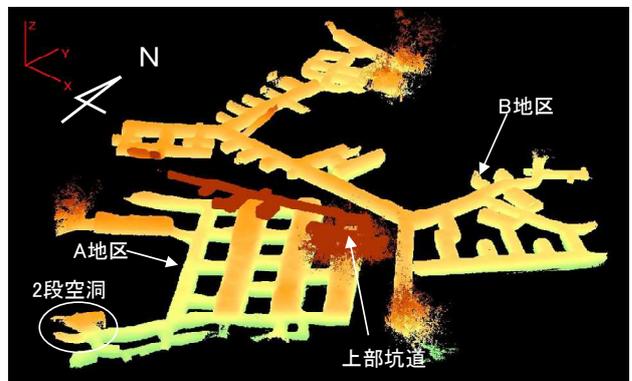


図6 貝山地下壕の鳥観図 (標高段彩図)

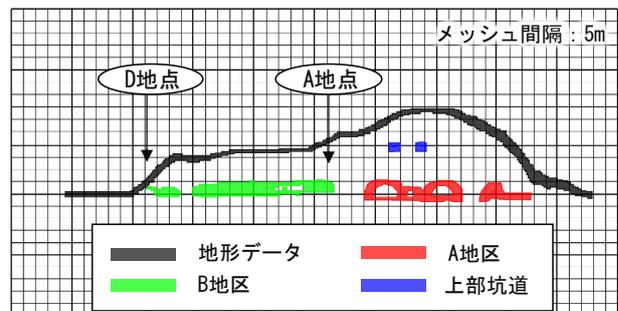


図7 A-D 区間を軸にした緑地断面図
(点群ビューワ Mierre で作成した図をトレース)

図 8 は坑道断面図である。A 地区坑道は幅 5~10m, 高さ 5~8m, 局所的に幅 12m, 高さ 10m の大断面の所もある。一方, 坑間距離は約 6.5m~7.5m, 上部坑道との離隔は約 12m と 2D 以下が確認できた。この関係は B 地区も同様である。

図 9 は A 地区南側坑口付近の 2 段空洞である。我々の一連の調査では上段部には立ち入っていないが, 図より幅 5~8m, 高さ 4m, 直下の坑道との離隔は約 1.8m であることが読み取れた。なお, 上部側は坑口が塞がれており, 外部からの立ち入りはできない。

表 1 に読み取った各地区坑道の規模・離隔を整理した。

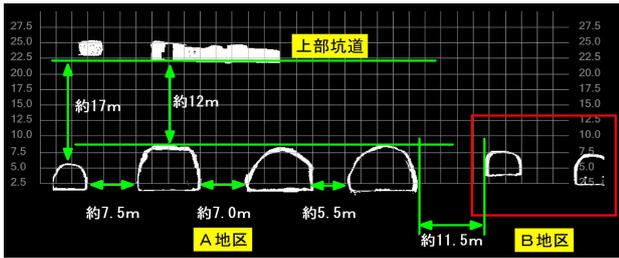


図 8 坑道の離隔

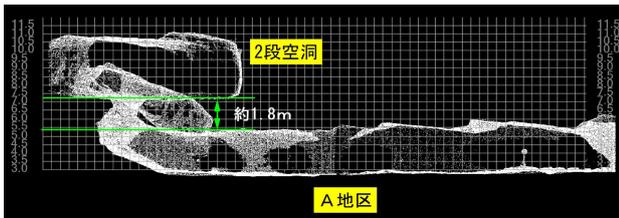


図 9 2 段空洞の構造

表 1 坑道規模と離隔

地区名 坑道名	幅 B, 高さ H (m)	坑道離隔 (m)	備考
A 地区	B=5~10m H=5~8m 最大箇所 B=12m H=10m	内部 5.5~7.5m B 地区 9~11.5m (水平) 上部坑道 12~17m (鉛直)	主坑道 4 列 これらをつなぐ横断坑道があり基盤のような形状
A 地区 2 段空洞	B=5×8m H=4m	直下坑道 1.8m	
B 地区	【主坑道】 B=4.8~5.3m A-B 区間 H=3.5~4.4m A-C 区間 H=3.6~4.6m A-D 区間手前側 H=3.4~3.8m 【坑道】 A-D 区間出口側 B=2.7~3.3m H=2.0~2.8m 釜戸坑道 B=1.9~2.4m H=1.8~1.9m	A 地区 9~11.5m (水平)	分岐点 2 箇所 主坑道に直交する横坑が多数ある A-C 区間の公開計画範囲に最大 H=4.6m となるいびつな区間がある
上部坑道	B=1.5~2.4m H=1.9~2.5m	A 地区 12~17m (鉛直) B 地区斜め 14.5m	A 地区の直上

5. 土木史跡としての価値

3 次元点群データを利用した解析結果より貝山緑地内部に存在する貝山地下壕の全体像が明らかになった。地下壕は緑地周辺が崖地で岩盤が露出するという地形や地質状況を理解して, あらゆる方向から坑道や横坑が設けられており, 緑地全体が「まるごと軍事施設」となっていることより, 土木史跡としての価値のある遺構であると言えよう。

A 地区は軍事車両や軍事機器が出入りする格子状の大断面地下壕であり, 主な出入口は南側の公園側となる。同地区を支えているのは内部の残柱群となるが, 坑道間隔が 2D 以下であるにもかかわらず現在でも安定を保っている。一方, 坑口では X 状の亀裂が認められる箇所もあり, 斜面防災上の課題がある。南端側の切り取りのり面付近では孔間距離が僅か 1.8m の 2 段空洞 (図 6,9) があり, 相当無理をして設けた空間施設となる。

A 地区は最も古い地質であり, 土被りが厚く, 相対的に硬質であるが, 同範囲に格子状の大断面坑道や油槽が残る横坑が存在すること, 油槽は外部から目立たない谷地形の崖地に存在することより, 緻密な検討によるものと解釈できる。

B 地区は坑道接合部の 3 箇所壁が存在する。この壁を境に坑道の規模や用途が異なるようである。西側は横坑が多く, 地上へと続く斜路 (階段) も 2 本あることより, 倉庫や移住空間として利用されていたと思われる。図 4 の E 地点には北側崖地へと続く 2 本の坑道が並行して設けられているが, 一方はコンクリート覆工が施されている。図 10 の中間接続部分にはコンクリート平場 (手前裸坑坑道の底盤との比高約 1m, 奥の巻き立て坑道底盤との比高約 2.8m) が存在することから, 掘削土砂の搬出, 軍事機器の製作や補修箇所, 物資の出し入れを用途とした施設と考えられる。坑道内部でコンクリート覆工が施されているのは同区間, 外縁では油槽・タンク用横坑, 西側の横坑群の一部のみであることより, これらに匹敵する重要性, 安定性を要求される施設に相当する。

一方, 図 4 の北側 A-D 区間では窯場, 水槽, 作戦会議等を行っていたと思われる多目的室が存在する。同区間は他区間より断面が安定しているが, それは砂岩主体で掘削・成形が容易であったためと思われる。

図 4 の北西端の F 地点では図 11 に示すようにあと僅かというところでの坑道接合未達箇所があるが, この時点で終戦を迎えたのではないかとと思われる。

A 地区の直上には上部坑道が存在する。同坑道は高さ 2m 程度の人道であり, 規模は最も小さい。坑道奥には図 12 に示すように両側壁面に多数の切込みのある区間があり, 最高幹部の部屋として利用が考えられる。最深部の壁面には写真 7 に示すような日本列島を思わせる風化塩類が認められる。

以上, 貝山緑地内部には高密度に地下壕が存在する。坑間距離が小さい領域, 坑口の一部では安定性に課題がある箇所も存在するが, 現在においても保存状態は良好である。

これは、坑口や内部に設けられた複数の壁の存在により温度、湿度が一定に保たれ、風化を抑制しているものと考えられる。内部には様々な用途の地下壕や空間が存在するが、燃料倉庫をはじめとした主要な横坑群の先行施工により地質的特徴を捉え、この情報を基に内部の主坑道の建設、これと直交する横坑、階段、2段空洞の拡張を経て、終戦を示唆するような接合未達箇所など地下壕建設の施工順序や時間経過も読み取れる。

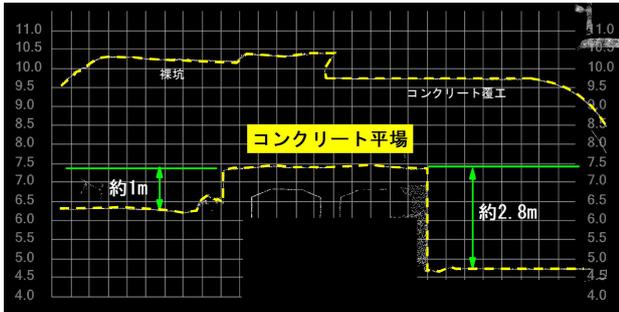


図10 並列横坑に接続するコンクリート平場 (E地点)

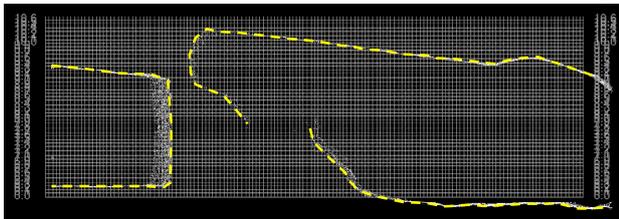


図11 北西端の坑道接続未達箇所 (F地点)



図12 上部坑道のL型坑道と壁面切り込み (上から見た図)



写真7 最深部の壁面に認められる風化塩類

6. おわりに

貝山地下壕の内部構造は地質構造と合わせ、3次元点群データを用いて詳細に把握することができた。その結果、埋め立て平坦地に浮かぶ貝山緑地は「まるごと軍事施設」であり、土木的価値のある遺構であることが確認できた。

また、本文では紹介していないが、坑道底面両側の排水路、天端崩落箇所、A地区の水溜まり範囲なども内部調査に加え机上で再確認できた。3次元点群データはA地区、B地区、上部坑道で入手できたが、今後、外縁に位置する横坑のデータを取得すればより完成度の高いものとなる。

また、公開へ向けた内部調査は主としてB地区の一部区間で行ったが、その他区間・地下壕において同様の調査を行えば、より詳細な地質情報も得られる。加えて、繰り返し測量を行うことで、内部形状の経時変化も得られ、公開後の維持管理に活用可能である。我が国では特殊地下壕や石材・化石燃料採掘跡の地下空間が各地に眠るが、保存や地上部安定確保のための対策検討等、本文で行った調査が参考となれば幸いである。

謝 辞

横須賀市環境政策部公園建設課・公園管理課ならび横須賀市追浜行政センター元館長の青木猛様には本文の作成に関し、貴重な意見を頂いた。関係各位に厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 公益社団法人地盤工学会関東支部：土木史跡の地盤工学的分析・評価に関するシンポジウム論文集, pp.64-69, 2014.10.
- 2) 横須賀市：貝山地下壕地上レーザ測量業務報告書, 2017.
- 3) 横須賀市：貝山地下壕地質解析等調査業務報告書, 2017.
- 4) 横須賀市：貝山地下壕安全対策施設設計業務報告書, 2018.
- 5) 「JACAR (アジア歴史資料センター) Ref.C08011062400, 航空隊 引渡目録 2/14 (防衛省防衛研究所)」.
- 6) 中日本航空株式会社：点群ビューワ Mierre(ミエール)
URL : <http://www.nnk.co.jp/research/product/software/mierre.html>
- 7) 小林優起, 中山健二, 森口安宏: 3次元レーザ測量データを活用した坑道内安全対策施設の検討, 全地連「技術フォーラム2018」高松, 2018.
- 8) 国土地理院 基盤地図情報(数値標高モデル) 5m メッシュ DEM (航空レーザ測量) (2015.11計測),
URL : <https://www.gsi.go.jp/kiban>

(???? ?? ?? 受付)