

(2) 当該地における牧ヶ洞断層

当該地の近傍にある活断層は、牧ヶ洞断層と呼ばれる活断層である。地震調査研究推進本部地震調査委員会による「高山・大原断層帯の長期評価について(平成 15 年 4 月 9 日)」において、今後 30 年間で発生確率「ほぼ 0%~5%」でマグニチュード 7.2 程度の地震が発生すると推定されている断層である。

牧ヶ洞断層は当該地の埋立予定地及び貯留構造物から概ね 1.5km の離隔距離²であり、最終処分場整備要領の計画段階における評価基準例に示される「1km 以内に活断層がないこと」から、最終処分場の設置に問題はないものと判断される³。

したがって、この活断層による影響は、最終処分場の耐震性について十分に安全なものとしての検討評価を行えば、構造基準を十分に満足するものと判断される。

一方、離隔距離は牧ヶ洞断層よりも遠いが、庄川断層帯の方が地震動が大きいとされている。このため、庄川断層帯についての地震動についても検討する。

参考文献)

- 1) 鈴木康弘・杉戸信彦編(2010) : 1:25,000 岐阜県活断層図及び解説書
- 2) 地震調査研究推進本部(2003) : 高山・大原断層帯の長期評価について, 平成 15 年 4 月 9 日
- 3) 地震調査研究推進本部(2004) : 庄川断層帯の長期評価について, 平成 16 年 9 月 8 日
- 4) 岡田篤正・東郷正美・八木浩司・堤浩之(2008) : 1:25,000 都市圏活断層図—高山周辺の活断層「高山東部」「高山西部」「高山西南部」解説書, 平成 20 年 11 月

² 最終処分場の貯留構造物の耐震性を検討する場合、「全国都市清掃会議編：最終処分場整備の計画・設計・管理要領・2010 改訂版」にもあるように、貯留構造物と埋立廃棄物全体の安定性を検討する。この場合、埋立地全体に地震力が作用するので、活断層からの離隔距離は埋立地全体からの距離とした。

³ 次項 5.2.4 の(1)において、隔離距離 1.5km としても設計水平震度は最大の 0.25 となった。このため、隔離距離が 1.5km よりも短くても設計水平震度は 0.25 となるので、隔離距離が仮に 1.5km よりも短くても問題は無い。

(3) 当該地の花崗岩中の節理系

最終処分場の埋立予定地には、花崗岩類が分布する。その北西約 1.5km には断層が分布し、牧ヶ洞断層と呼ばれる活断層と評価されている。この花崗岩類は節理が発達しているが、牧ヶ洞断層 (N45°E 走向) の方向にほぼ平行な節理が断層近傍では多くみられるが、埋立予定地では、牧ヶ洞断層の方向とは異なり、N20°E 走向の節理が卓越する (次頁、図 5.2.3-2)。したがって、牧ヶ洞断層の影響は、埋立予定地には及んでいないと考えられる。

一方、花崗岩類は、ボーリング調査でも N 値は、表 5.2.3-2 に示すような値であり、岩級が良くなるほど N 値が高くなる。この N 値による地盤定数への換算では、CL 級の花崗岩類でも内部摩擦角 ϕ は 50°以上、粘着力 c も 100kN/m² 程度以上を示す十分硬質な岩である。

また、pNo.5-171 図 5.2.3-3 に示されるように、現場のシュミットハンマー試験の結果でも、花崗岩類の一軸圧縮強度は、CL 級でも数 MN/m² 以上を示し、軟岩～硬岩にあたる。その中でも CH 級の花崗岩類は、25MN/m² 以上を示すものだけであり、硬岩に分類される。

このように、当該地に分布する花崗岩類は、極めて強い力学特性を示し、埋立地の貯留構造物を設置する上で、十分な力学特性を有していると考えられる。一方で、活断層である牧ヶ洞断層が 1.5km 程度のところに存在し、発生確率は「30 年でほぼ 0～5%」であり、極めて低いものの、仮に断層活動により地震が発生した場合には、レベル 2 地震動が発生する可能性がある。

したがって、当該地においては、通常時は力学的に十分安定な構造物を設置することが可能な基礎岩盤であるが、極めて稀に発生すると考えられる牧ヶ洞断層による地震の揺れに対しての耐震性について検討しておく必要がある。

表 5.2.3-2 当該地の N 値

花崗岩類の 岩級区分	N 値 (H30 ボーリング調査)		N 値換算の地盤定数※	
	範囲	平均	内部摩擦角 ϕ (°)	粘着力 c (kN/m ²)
CH	500～1500 以上	1131	50 以上	151.5
CH～CM	300～750	555	50 以上	120.0
CM	188～750	404	50 以上	108.2
CM～CL	214～500	324	50 以上	100.6
CL	150～375	275	50 以上	95.4

※) 「地盤工学会：地盤調査の方法と解説, p.310」の粘着力 $c = 15.2N^{0.327}$ 、及び内部摩擦角 $\phi = 25.3\log N + 29.3$ を用いて換算した平均値の値

「活断層詳細デジタルマップ」東大出版会
 「GISマップ25000V」北海道地図株式会社(承認番号:平12総使 第119-3号)
 「活断層ヒューマンアプリケーション」応用地質株式会社

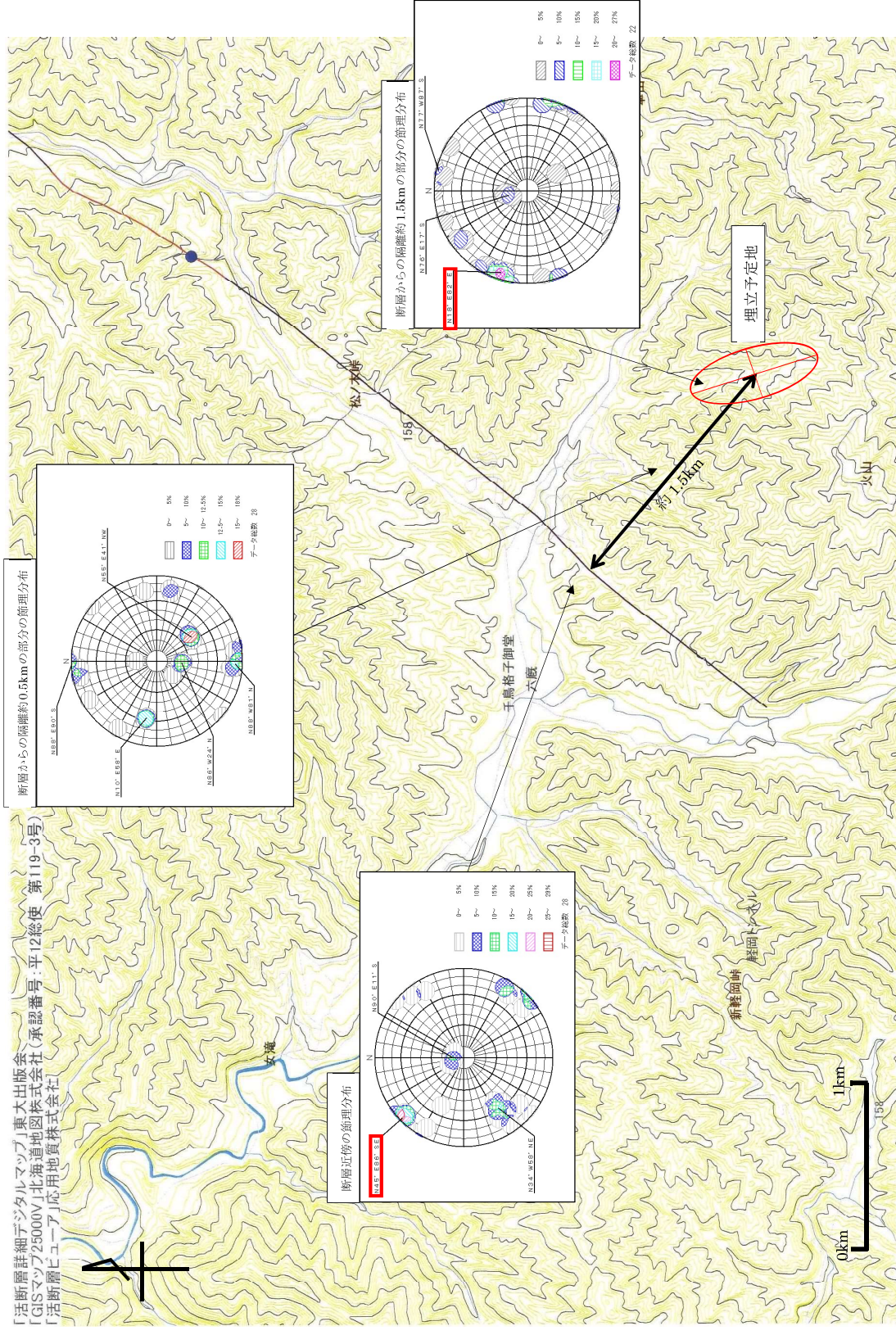


図 5.2.3-2 活断層詳細デジタルマップの活断層と埋立予定地との関係、及び節理系の頻度分布の変化

- 設計水平震度： $K_h=0.25$
- 要求安全率：1.2 以上（設計水平震度の作用時）

3) 設定した設計水平震度と安全率

関係する基準書に伴う設計水平震度と安全率を以下に整理し、適正な基準を設定する。また、前述したように、牧ヶ洞断層が起震した場合の設計水平震度は 0.25 である。

表 5.2.4-2 設計水平震度及び最小安全率の設定根拠表

所 管	基準書	設 計 水 平 震 度	安全率	
			常 時	地震時
国土交通省	道路土工指針	レベル2地震動、地盤種別I種 (大規模地震動対応、基盤は岩盤) $k_h = C_z \times k_{h0} = 1.0 \times 0.16 = 0.16$	1.2	1.0
	宅地防災マニュアル	$k_h = C_z \times k_{h0} = 1.0 \times 0.25 = 0.25$	1.5	1.0
岐阜県	林地開発許可審査基準	<強震帯及び中震帯地域> 通常の岩盤：0.12 風化・破碎の著しい岩盤、第三紀以降 の未固結岩盤：0.15	1.5	1.2
林野庁	治山技術基準*			
岐阜県	構造指針	廃棄物埋立地内の盛土部（常時・地震 時の区別の記載なし）： 設計水平震度の規程なし	1.25	1.25
		コンクリート擁壁そのものの安定性： 設計水平震度の規程なし	1.5	1.2
自主	牧ヶ洞断層などの周辺 活断層の影響	0.25	—	—
採用値	—	0.25	1.5	1.25

※) 治山技術基準 総則・山地治山編 第2編山地治山事業 第4章渓間工の設計 第3節治山ダム 及び 第5章山腹工の設計 第3節山腹基礎工

したがって、安定性検討に用いる基本条件は、以下のとおりとする。

表 5.2.4-3 埋立地の安定解析用に設定する解析検討ケース

検討ケース	設計水平震度 K_h	安全率	
		常 時	地震時
ケース1（埋立中・大規模地震時）： —	0.25(100%)	1.5	1.25
ケース2（埋立中・洪水時）：満水位	0.12(50%)		
ケース3（埋立終了・洪水時）：満水位	0.12(50%)		
ケース4（埋立終了・大規模地震時）： —	0.25(100%)		

備考) 常時は、設計水平震度 K_h を 0 とした時、地震時は表中の設計水平震度を与えた時

2) 解析結果

「[第二次改訂版]宅地防災マニュアルの解説」に示される簡便式（有効応力法）による解析結果（地震作用時のみ）を次頁以降、図 5.2.4-3～図 5.2.4-6 に示す。また、表 5.2.4-7 にすべてのケースの安定解析の結果一覧表を示す。

表に示されるように、全てのケースの常時では安全率 1.5 を超え、地震時で安全率は 1.25 を超えており、十分に要求安全率を満たしている。したがって、前述の通り適切な保有水等集排水設備及び耐圧排水材を設置していれば、豪雨により満水状態となった時でも安全率は 1.78 と十分に要求安全率を満たし、安全な最終処分場埋立地であると判断できる。また、大規模地震の時の安全率は 1.73 と要求安全率を満たしているため、この時も安全な最終処分場であると判断できる。

以上のことから、当該処分場は豪雨や大規模地震にも十分耐えうる構造耐力上安全な貯留機能を有していると判断できる。

表 5.2.4-7 安定解析の結果一覧表

ケース	最終処分場の状態	設計震度	最小安全率	要求安全率	安全性	備考
1	埋立中/えん堤背面湛水水位 0.5m	0.00	7.15	1.50	◎	えん堤部
		0.25	5.02	1.25	◎	えん堤部
2	埋立中/えん堤背面湛水水位 5.0m	0.00	7.15	1.50	◎	えん堤部
		0.12	5.98	1.25	◎	えん堤部
3	埋立終了/廃棄物層内満水	0.00	2.90	1.50	◎	埋立地全体
		0.12	1.78	1.25	◎	埋立地全体
4	埋立終了/廃棄物層内低水位	0.00	3.71	1.50	◎	埋立地全体
		0.25	1.73	1.25	◎	埋立地全体

2) 動的解析

動的解析として、FLIP 解析を実施する。この解析は、砂質地盤などの液状化の起こりやすい地盤に、先ほどの地震波を入力し、地震波による変化量を検討するものである。

FLIP 解析を利用した理由は、せん断合成の拘束圧依存性を考慮した解析で、室内試験や PS 検層により入力パラメータを設定できるためである。解析の入力パラメータのうち、液状化パラメータは、基本的に、液状化強度試験結果を再現できるように設定する。

したがって、第 1 段階として、液状化強度比 RL20 が求められた液状化試験結果より、液状化パラメータを設定する。

この FLIP 解析により、門田ら(2015)は、2011 年東日本大震災の仙台市の大規模宅地盛土の再現解析により、締固め度が小さい盛土に地震の繰返しせん断力が作用し、完全飽和部分だけでなく飽和度 80~90%の部分にも過剰間隙水圧が発生して、せん断強度が大きく低下し、それにより宅地盛土の地すべりの変形被害が生じたことを明らかにした。

当該地においても、活断層から約 1.5km の距離に埋立予定地が位置しており、比較的そばに活断層があることによる影響を検討・評価しておくことが、貯留構造物+廃棄物埋立盛土の安定性を見る上で重要なことである。そのため、東日本大震災の再現解析で実績のある FLIP 解析を実施し、前述の地震波を入力して活断層の影響を検討・評価した。

(3) 解析結果

1) 埋立地の安定性

ここでは、埋立廃棄物層の表面の変位について示す。埋立廃棄物層の変位は、表層が最も大きくなるので、埋立地の安定性を検討する場合には、埋立廃棄物層の表面の変位について検討する。

解析結果を次頁以降、図 5.2.5-6～図 5.2.5-10 に示す。

これらの結果にみられるように、高山・大原断層帯の国府断層帯（牧ヶ洞断層）でも庄川断層帯でも、廃棄物層の $V_s=100\text{m/sec}$ でも $V_s=150\text{m/sec}$ でも、過剰間隙水圧は小さく、そのため変位量は、表 5.2.5-3 のような結果となり十分に小さく、ひずみに換算しても変位は 0.1%未満と極めて小さい。

盛土の変位の許容量は、谷(2008)などは、一般的な盛土高の盛土では 50cm 程度までの変位を許容するとしている。同様に、一般的な盛土高の宅地盛土では「[第二次改訂版] 宅地防災マニュアルの解説, p.94」にも大規模地震動によって生じる残留変位（鉛直の沈下量）は概ね 50cm 以内であり、これが許容限界値であることを述べている。一方、当該地は大規模盛土であるため一般的な盛土高ではないので、一概に 50cm 以内の鉛直変位というのは適用しにくい場合も考えられる。これに対して、大規模盛土の変位については「大規模盛土造成地の変動予測調査ガイドラインの解説」において、大規模地震時における盛土の限界ひずみ（斜面の長さに対する変位の割合）を 2.5%としており、この限界ひずみ以下で安定的と考えている。

以上のことから、廃棄物盛土の鉛直変位（最大沈下量）は 7～20cm であり、最大ひずみも 0.03～0.08%であるが、これは、盛土の変位として十分に許容できる範囲の量である。

したがって、当該地においては、牧ヶ洞断層を含む国府断層帯及び庄川断層帯による地震により、若干の変位は生じる可能性はあるものの、その最大ひずみは 0.03～0.08%程度と、盛土の許容できる変位の範囲内であり、十分に安全な廃棄物盛土であると判断する。

表 5.2.5-3 FLIP 解析結果による埋立廃棄物層表面の最大変位と最大ひずみ

地震波の種類	廃棄物層の V_s (m/s)	最大下流方向変位 (cm)	最大沈下量 (cm)	最大変位ベクトル (cm)	最大ひずみ (%)	変位評価
高山・大原断層帯 NS	100	16.9	8.3	17.8	0.04	◎
	150	14.6	7.0	15.4	0.03	◎
庄川断層帯 EW	100	34.6	20.0	36.1	0.08	◎
	150	22.8	11.2	24.3	0.05	◎

最大ひずみ：最大変位ベクトル／廃棄物盛土斜面の長さ(≒450m)

変位評価：限界ひずみ 2.5%に対する評価。◎：安定 ($\leq 2.5\%$)、×：不安定 ($> 2.5\%$)

2) 埋立地底面の地盤の変位

地震力により、埋立地底面の地盤も変位する。この地盤の変位は、遮水工（特に、遮水シート）に与える影響を検討する場合に必要となる。したがって、ここでは、埋立地底面の地盤の地震後の変位について検討する。

解析結果を次頁以降、図 5.2.5-11～図 5.2.5-12 に示す。

これらの結果にみられるように、国府断層帯（牧ヶ洞断層）でも庄川断層帯でも、廃棄物層の $V_s=100\text{m/sec}$ でも $V_s=150\text{m/sec}$ でも、埋立地底面の地盤の変位量は、表 5.2.5-4 のような結果となり十分に小さく、2cm に満たない。

「最終処分場整備の計画・設計・管理要領-2010 改訂版, p.266」では、“経験上沈下量を 10cm 程度に押えておくことが望ましい”とされており、底面地盤の鉛直変位（最大沈下量）は 1cm に満たない小さなものであるので、遮水シートの破損等、遮水工に影響を及ぼすことはない。

表 5.2.5-4 FLIP 解析結果による埋立地底面の地盤の最大変位

地震波の種類	廃棄物層の V_s (m/s)	最大下流方向変位 (cm)	最大沈下量 (cm)	最大変位ベクトル (cm)	シートの許容変位 (cm)	変位評価
高山・大原断層帯 NS	100	0.83	0.37	0.85	10.0	◎
	150	0.89	0.38	0.91	10.0	◎
庄川断層帯 EW	100	1.40	0.82	1.48	10.0	◎
	150	1.44	0.79	1.47	10.0	◎

シートの許容変位：「最終処分場整備の計画・設計・管理要領-2010 改訂版」では、“経験上沈下量を 10cm 程度に押えておくことが望ましい”とされている。