



## 余裕深度処分の安全評価に係るパラメータの検討

－トンネル掘進速度及び盛土造成における客土厚－

Study of Parameters for Safety Assessment of Sub-surface Disposal  
- Tunnel-excavating Speed and Thickness of Additional Soil in Residential Land  
Development by Filling -

石戸谷 公英 菅谷 敏克 船橋 英之

Kimihide ISHITOYA, Toshikatsu SUGAYA and Hideyuki FUNABASHI

バックエンド推進部門

バックエンド技術開発ユニット

Nuclear Cycle Backend Technology Development Unit

Nuclear Cycle Backend Directorate

February 2012

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Research

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。  
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。  
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)  
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課  
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4  
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency  
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to  
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,  
Japan Atomic Energy Agency  
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan  
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2012

余裕深度処分の安全評価に係るパラメータの検討  
—トンネル掘進速度及び盛土造成における客土厚—

日本原子力研究開発機構バックエンド推進部門  
バックエンド技術開発ユニット  
石戸谷 公英<sup>\*</sup>、菅谷 敏克、船橋 英之

(2011年12月12日受理)

日本原子力研究開発機構では、保有する余裕深度処分対象廃棄物の処分について、その実現に向けた準備作業を進めている。これらの処分を実現させるためには、処分後の公衆に対する被ばく評価を行い、原子力安全委員会より示される基準に対して、安全に処分できることを確認する必要がある。

本検討は、「余裕深度処分の管理期間終了以後における安全評価に関する考え方」(原子力安全委員会、平成22年4月)に示された人為事象シナリオのうち埋設施設貫通トンネル掘削シナリオ及び大開発土地利用シナリオの被ばく評価に必要なパラメータについて、その事象の実態に即して検討することを目的として行ったものである。前者のシナリオについては、国内のトンネル工事における掘進速度の実績調査を行い、その結果に基づいてトンネル建設作業者の作業時間を検討した。後者のシナリオについては、盛土施工に係る技術基準類の調査を行い、その結果に基づいて盛土による宅地造成における客土厚を検討した。

Study of Parameters for Safety Assessment of Sub-surface Disposal  
— Tunnel-excavating Speed and Thickness of Additional Soil in Residential Land  
Development by Filling—

Kimihide ISHITOYA<sup>※</sup>, Toshikatsu SUGAYA and Hideyuki FUNABASHI

Nuclear Cycle Backend Technology Development Unit  
Nuclear Cycle Backend Directorate  
Japan Atomic Energy Agency  
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received December 12, 2011)

Japan Atomic Energy Agency (JAEA) is making preparations for the sub-surface disposal of own low level radioactive wastes. In order to carry out the disposal, it is necessary to confirm the safety of the disposal.

Nuclear Safety Commission of Japan (NSC) issued “Policy of the Safety Assessment of Sub-surface Disposal after the Period for Active Control” (April 1, 2010). Then, we investigated the parameters for dose assessment in tunnel excavation scenario and large-scale land use scenario which were described in the “Policy of the Safety Assessment”, in order to perform the assessment based on actual conditions. To be concrete, we investigated the tunnel excavating speeds in Japan for the former scenario, and investigated technical standards of the filling for the latter scenario. We studied the realistic parameters for the dose assessment with the results of those investigations.

Keywords: Tunnel Excavation Scenario, Tunnel Excavating Speed, NATM, Large-scale Land Use Scenario, Additional Soil

---

※ Collaborating Engineer

目 次

1. はじめに .....	1
2. トンネル掘進速度の実績調査と検討 .....	2
2.1 埋設施設貫通トンネル掘削シナリオの評価の考え方 .....	2
2.2 トンネル掘進速度の実績調査 .....	3
2.3 埋設施設貫通トンネル掘削シナリオの評価における建設作業時間 .....	8
3. 盛土造成地における客土に係る調査と検討 .....	9
3.1 大開発土地利用シナリオの評価の考え方 .....	9
3.2 客土厚に係る調査方法 .....	9
3.3 技術基準類の調査結果 .....	10
3.4 大開発土地利用シナリオの評価における客土厚 .....	12
4. おわりに .....	13
謝辞 .....	13
参考文献 .....	14
付録 .....	15
資料－1 原子力安全委員会資料及び報告書に示されたシナリオの概念、被ばく線量評価式、埋設施設の形状 .....	16
資料－2 トンネル掘進速度の実績調査対象工事リスト .....	20
資料－3 トンネル掘進速度の実績調査結果整理表 .....	24
資料－4 国土交通省による盛土に係る現行の技術基準類（抜粋、転記） .....	28
資料－5 用語解説 .....	31

Contents

1. Introduction .....	1
2. Investigation and examination of tunnel excavating speeds .....	2
2.1 Assessment condition of tunnel excavation scenario penetrating the disposal facility .....	2
2.2 Investigation of actual tunnel excavating speeds .....	3
2.3 Construction working hours in the tunnel excavation scenario penetrating the disposal facility .....	8
3. Investigation and examination of additional soil in residential land development by filling .....	9
3.1 Assessment condition of large-scale land use scenario .....	9
3.2 Investigation methods concerning additional soil .....	9
3.3 Result of investigation of technical standards .....	10
3.4 Additional soil thickness in the large-scale land use scenario .....	12
4. Conclusion .....	13
Acknowledgement .....	13
References .....	14
Appendix .....	15
Appendix-1 Concept of scenarios, Formulas for dose estimate, Form of disposal facility (NSC) .....	16
Appendix-2 List of investigated tunnel constructions .....	20
Appendix-3 Result of investigation about tunnel excavating speeds .....	24
Appendix-4 Present technical standards for the filling(MLIT, extracts) .....	28
Appendix-5 Glossary .....	31

## 1.はじめに

日本原子力研究開発機構では、保有する余裕深度処分対象廃棄物（以下「対象廃棄物」という。）の処分について、その実現に向けた準備作業を進めている。この作業を円滑に進め、これらの処分を実現させるためには、対象廃棄物について処分後の公衆に対する被ばく評価を行い、原子力安全委員会より示される基準に対して、安全に処分できることを確認する必要がある。

本検討は、「余裕深度処分の管理期間終了以後における安全評価に関する考え方」（原子力安全委員会、平成 22 年 4 月、以下、「安全評価に関する考え方」という。）<sup>1)</sup> に示された人為事象シナリオのうち埋設施設貫通トンネル掘削シナリオ及び大開発土地利用シナリオの被ばく評価にあたって、その事象の実態に即した評価とすることを目的として、パラメータ設定に係る諸量について検討を行ったものである。前者のシナリオについては、トンネル建設作業者の被ばく評価に必要となる作業時間を設定するためのトンネル掘進速度を、国内における施工実績に基づいて検討した。後者のシナリオについては、居住者の被ばく評価に大きく影響を与える盛土表層の客土設定に関連する技術基準類の検討を行った。

なお、「安全評価に関する考え方」や取りまとめた専門委員会の審議資料<sup>2) 3)</sup>より、「評価シナリオの概念、被ばく線量評価式、埋設施設の形状」を、付録資料-1 に示した。

## 2.トンネル掘進速度の実績調査と検討

### 2.1 埋施設貫通トンネル掘削シナリオの評価の考え方

「安全評価に関する考え方」に示された埋施設貫通トンネル掘削シナリオの評価の考え方は、人工バリアの認知性が喪失した段階の工事を想定し、トンネル建設作業者の被ばくを評価すると記載されている。また、掘削の方法については「現状の知見に基づき、評価対象地点の岩石から想定される一般的に合理的な掘削方法とする。」と記載されている。また、評価条件とその様式化に関しては、「トンネルの空洞径は、人工バリアの断面積と等価な空洞径とすることを基本とする。」と記載されている（付録資料-1 参照）。

ここで、安全評価で想定すべきトンネル工事について、現在国内で施工されている様々な工法による道路や水路等の各種トンネルのうち、どのタイプのトンネル工事が想定されるかを最初に検討する。

掘削工法は、余裕深度処分場が建設される地層は岩盤と想定されることから、岩盤トンネルの主要な工法である NATM（ナトム）工法<sup>\*1</sup>が予想される。

トンネルの種類は、道路や鉄道、水路等のトンネルのうち、空洞径が人工バリアの断面積と等価なトンネルということになるが、このような断面を有するトンネルは殆どない。そこで、人工バリアの断面積よりやや小さいものの概ね人工バリアの断面に収まる2車線の道路トンネル及び鉄道トンネル、さらに人工バリアより断面がやや大きい3車線の道路トンネルを想定した。

図 2.1-1 に各種トンネルの断面例の比較図を示す。

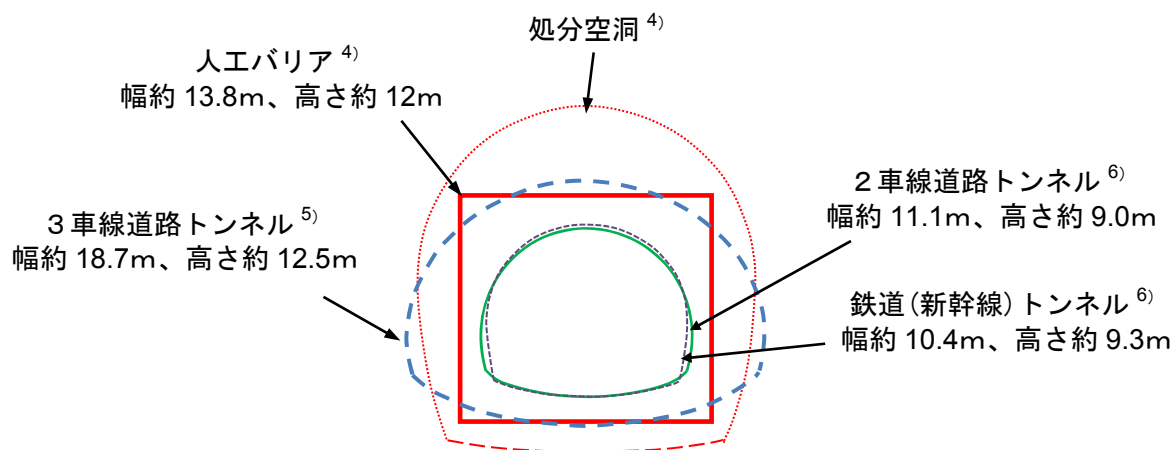


図 2.1-1 各種トンネル断面の重ね合わせ比較

※1：付録資料-5 に用語解説を記載（以下※2～※10 も同じ）。



## 2.2 トンネル掘進速度の実績調査

### (1) 調査方法

トンネル掘進速度は、掘削延長を総掘削月数（＝貫通年月日－掘削開始年月日）で割って、月当たりの平均掘進速度として算出することとした。総掘削月数の中には、作業休止日や本体掘削工事以外の作業日も含まれることから、上記の方法で算出した掘進速度は純粋なトンネル掘進速度より遅くなるが、これによりトンネル建設作業者の作業時間（被ばく時間）が実際より長くなるため、被ばく評価上は保守性を有しているものと考えられる。

個別トンネルの掘削延長及び総掘削月数は、以下の方法で調査した。

国内におけるトンネル工事の記録は、毎年社団法人日本トンネル技術協会が内空断面 2 m<sup>2</sup>以上（推進工法<sup>※2</sup>にあっては 0.5m<sup>2</sup>以上）の施工中のトンネル工事について、協会会員会社にアンケート調査を行って「トンネル年報」<sup>7)</sup>として公開している。そこで、先ず「トンネル年報」から大手建設会社が施工した工事のうち、岩盤を対象として NATM 工法で施工された 2 車線及び 3 車線の道路トンネルと鉄道トンネルを選択した。次に、「トンネル年報」に記載された竣工年月日を参考に、選択したトンネルの中から所定の期間内（(2)調査の範囲に記載）にトンネルが貫通したと推定される工事を抽出して、調査対象工事とした。これらの工事について、掘削開始年月日、貫通年月日、掘削延長等を調査した。

図 2.2-1 には、調査のフローを示した。

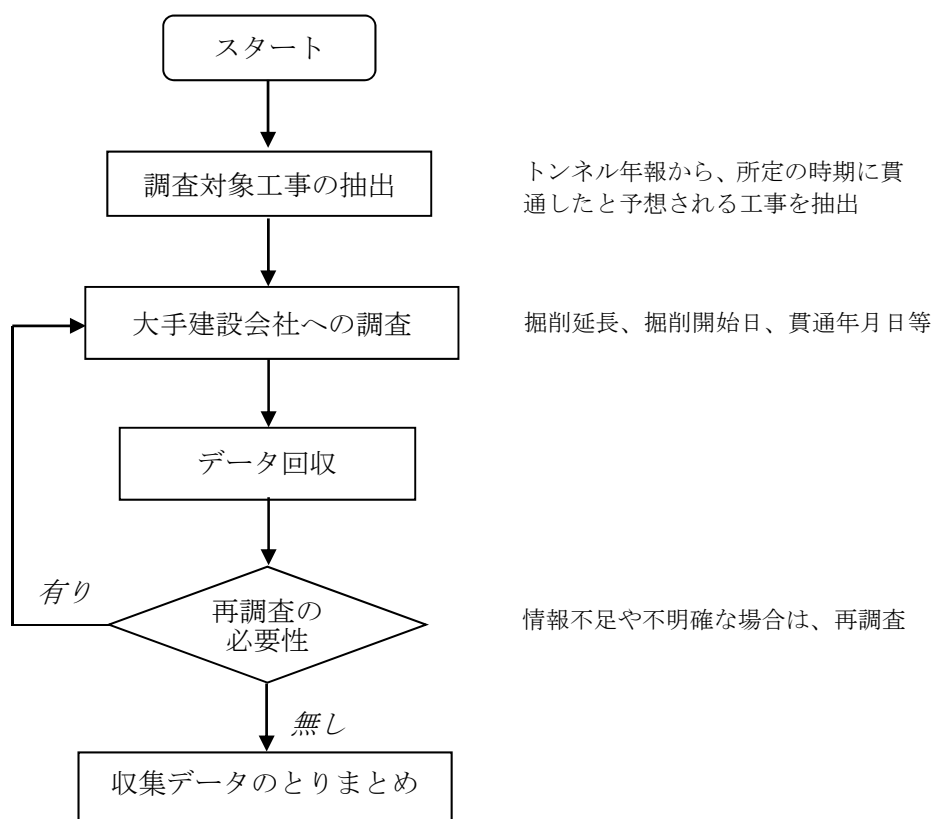


図 2.2-1 調査の流れ

## (2) 調査の範囲

現状、トンネル工事においては、施工の合理化を目指して年々掘削技術が進歩しており、掘進速度が向上している。そのため、トンネル掘進速度の実績調査において、トンネルの完成時期（貫通年）が古いものと新しいものでは、掘進速度に明らかな差がある。ここで「安全評価に関する考え方」をみると、トンネルの掘削工法については“現状の知見に基づき、評価対象地点の岩石から想定される一般的に合理的な掘削方法とする”と記載されていることから、極力最新の工事実績を調査することとした。具体的には国土交通省がトンネル施工の実態を反映するため、平成20年度に NATM 積算基準を改正していることから、平成20年1月から平成23年3月までに完成（貫通）したトンネルとした。

抽出した工事数は、139件である。

調査対象工事一覧を付録資料・2に示す。

## (3) 調査結果

大手建設会社から回答を得た工事数は、対象工事として抽出した全139件中、107件であった。回答が得られなかった32件は、掘削中もしくは未着工であった。取得したデータを結果整理表として付録資料・3に示す。

上記結果整理表を踏まえて、トンネル掘進速度について、掘進速度の頻度分布から検討することとした。結果整理表に示された「平均月進」は、単純に掘削延長を掘削開始から貫通までの期間で割っただけであり、工事によっては通常行われるトンネル本体工事以外の工程が含まれている工事もある。また、一般的でない工事条件や特殊な地質条件の工事も含まれている。そのため、以下の条件での工事データは除外することとした。

- 1) 貫通年度が調査範囲から外れている工事
- 2) 脆弱地山・高圧湧水等の特殊地山により、特殊な補助工法（長尺先受け工法<sup>\*3</sup>や湧水対策工等）を行ったため工程が遅延したものや、用地制約により特殊なタイプのトンネル（低土被り<sup>\*4</sup>双設トンネルなど）となっている工事
- 3) 本体掘削の後で実施される工程（インバート<sup>\*5</sup>工）も含まれる工事
- 4) 地元配慮した施工方法（騒音対策、放流水管理等）の採用や、他工事との関連により工程が遅延した工事
- 5) 岩盤地山として抽出していたが、実態は土砂地山であった工事

また、調査により工事中止期間が分かっているものは、中止期間を差引いて平均月進を算出した。同一トンネルの工事ではあるが、複数に工区分けして発注されている場合があり、この場合は、一つのトンネルとして評価した。

その結果、回答を得た107件の工事のうち、貫通年月日が調査範囲から外れていた工事は24件、異常湧水や脆弱地山等の特殊地山条件及び特殊補助工法を採用した工事は14件、貫通までの月数に本体掘削以外の後続工程が含まれる工事は3件、他工事や地元との協議の影響を受けた工事は6件、実態が土砂地山であった工事は1件、工区分けして発注されている工事は5件であり、

最終的に検討対象とした工事は 54 件となった。

調査結果を表 2.2-1 に示す。表 2.2-2 及び表 2.2-3 には採用データの集計表を示す。

図 2.2-2 には実績調査の結果によるトンネル掘進速度の頻度分布を示す。

表 2.2-1 トンネル掘進速度の調査結果

データ数	54
掘進速度の分布範囲	54.5~124.2m/月
平均値	78.0m/月
標準偏差	17.2

トンネル建設作業者の作業時間(被ばく時間)算出に必要となるトンネル掘進速度については、被ばく評価の観点から保守的に分布範囲の最小値を取ると、55m/月となる。

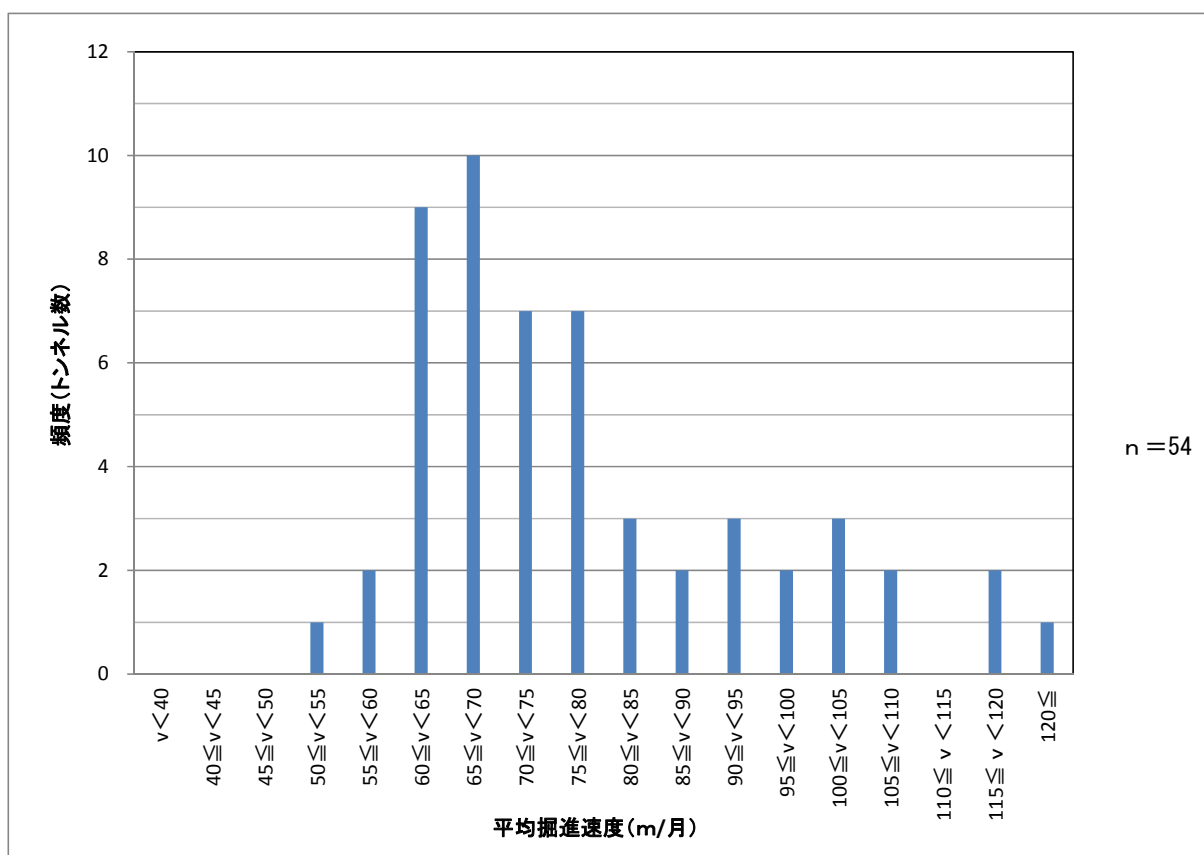


図 2.2-2 トンネル掘進速度の頻度分布

表 2.2-2 トンネル掘進速度採用データ集計表 (その1)

トンネル名	掘削延長(m)	掘削開始年月日	貫通年月日	掘削月数	平均月進	備考	採用データ
A	807	2009/6/9	2009/12/23	6.5	124.2		124.2
B	2,689	2006/7/25	2008/12/27	29.1	92.4		92.4
C	769	2007/10/10	2009/2/6	15.9	48.3	CとDは同一トンネルであるため合算して評価	61.4
D	1,129.6	2007/11/16	2009/2/16	15.0	75.3		
E	491	2009/4/1	2009/11/4	7.1	69.2		69.2
F	1,627	2008/3/18	2009/7/20	16.1	101.1		101.1
G	2,826	2006/6/1	2008/9/30	28.0	100.9		100.9
H*	1,495	2005/11/1	2007/6/18	19.5	76.6	HとIは同一トンネルであるため合算して評価	81.2
I	1,103	2007/6/1	2008/6/14	12.5	88.2		
J	2,021	2006/10/9	2008/3/14	17.1	118.2		118.2
K	3,264	2004/2/10	2008/11/30	57.7	56.6		56.6
L	799	2008/3/18	2009/2/28	11.4	70.1		70.1
M	1,023	2009/6/24	2010/11/4	16.4	62.4		62.4
N	436	2007/9/15	2008/5/15	8.0	54.5		54.5
O	141	2008/7/7	2008/9/12	2.2	64.1		64.1
P	1,982	2008/5/26	2010/8/31	27.2	72.9		72.9
Q	502	2009/7/28	2010/2/28	7.1	70.7		70.7
R	2,136	2006/10/25	2009/4/2	29.2	73.2		73.2
S	3,649	2006/8/5	2010/6/24	46.6	78.3		78.3
T	1,717	2007/1/31	2009/3/6	25.1	68.4		68.4
U	1,615	2008/9/15	2010/3/9	17.7	91.2		91.2
V	1,624.5	2009/7/6	2010/6/29	11.8	137.7	迎え掘り <sup>※6</sup> の月数を加算して評価	104.8
W	2,354	2009/4/15	2011/2/26	22.4	105.1		105.1
X	1,188	2008/8/21	2009/12/15	15.8	75.2		75.2
Y	570	2009/11/5	2010/5/26	6.6	86.4		86.4
Z	435.4	2009/9/25	2010/6/11	8.5	51.2		64.2
AA	435.4	2010/3/17	2010/11/23	8.2	53.1	同上	72.2
AB	738	2008/4/15	2009/3/25	11.3	65.3		65.3
AC	2,159.4	2005/11/8	2008/1/26	26.6	81.2		81.2
AD	1,960	2005/8/3	2008/2/2	30.0	65.3		65.3
AE	1,372	2006/12/8	2008/9/3	20.9	65.6		65.6
AF	3,005	2004/11/1	2007/12/18	37.5	80.1	AFとAGは同一トンネルであるため合算して評価	78.8
AG	586	2007/6/25	2008/2/28	8.1	72.4		

※ 貫通年月日が調査範囲外であるが、同一トンネルの他工区の貫通年月日は調査範囲内。

表 2.2-3 トンネル掘進速度採用データ集計表 (その2)

トンネル名	掘削延長(m)	掘削開始年月日	貫通年月日	掘削月数	平均月進	備考	採用データ
AH	4,172.4	2006/3/28	2009/7/3	39.2	106.4		106.4
AI	2,982	2007/9/27	2010/9/23	35.9	83.1		83.1
AJ	1,327.6	2009/6/20	2010/10/6	15.5	85.7		85.7
AK	592	2009/5/14	2010/1/29	8.5	69.6	迎え掘り分を差引いたデータ	69.6
AL	638	2009/2/19	2010/2/5	11.5	55.5	迎え掘り分を差引いたデータ	55.5
AM	980	2008/5/22	2009/9/30	16.3	60.1		60.1
AN	821	2009/10/23	2010/11/13	12.7	64.6		64.6
AO	927	2009/5/26	2010/9/7	15.4	60.2		60.2
AP	422	2009/5/8	2009/11/2	5.8	72.8		72.8
AQ	1,633	2009/4/21	2010/10/25	18.1	90.2		90.2
AR	840	2008/4/17	2009/3/26	11.3	74.3		74.3
AS	1,719	2006/7/20	2008/9/26	26.3	65.4		65.4
AT	2,040	2006/9/26	2008/12/18	26.7	76.4	ATとAUは同一トンネルであるため合算して評価	68.6
AU	1,096.5	2006/12/18	2008/7/19	19.0	57.7		
AV	1,849	2005/9/7	2008/3/14	30.2	61.2		61.2
AW	2,019	2006/6/27	2008/9/22	26.9	75.1		75.1
AX	180	2009/7/1	2009/9/30	3.0	60.0		60.0
AY	1,040	2009/2/6	2010/3/23	13.5	77.0		77.0
AZ	1,805	2008/5/28	2009/12/4	18.2	99.2		99.2
BA	1,072	2009/3/1	2010/4/30	14.0	76.6	BAとBBは同一トンネルであるため合算して評価	78.2
BB	804	2009/7/1	2010/4/30	10.0	80.4		
BC	1,294	2009/12/8	2010/11/1	10.8	119.8		119.8
BD	1,018	2008/7/1	2009/9/30	15.0	67.9		67.9
BE	1,712	2006/10/1	2008/3/20	17.6	97.3		97.3
BF	1,245	2007/11/1	2009/2/20	15.7	79.3		79.3
BG	743	2008/4/1	2009/2/28	10.9	68.2		68.2

### 2.3 埋施設貫通トンネル掘削シナリオの評価における建設作業時間

今回の調査結果におけるトンネル掘進速度の分布範囲の最小値から、トンネル建設作業者の作業時間を試算すると以下ようになる。

掘削する処分坑道の長さについては埋施設の設計に依存するが、原子力安全委員会第二種廃棄物埋設分科会資料（二分第 11-2 号<sup>3)</sup>）として示された評価例を参考にして 120m とすると、貫通までの月数は  $120\text{m}/55\text{m}=2.2$  月、トンネル建設作業者の月当たり作業時間は、厚生労働省による統計調査<sup>8)</sup>の結果が建設業で約 170 時間であるが、安全評価上保守的に 200 時間とすると、貫通までの作業時間は  $2.2\text{月}\times 200\text{時間/月}=440$  時間となる。この値は、二分第 11-2 号に示されたトンネル掘削作業時間（1,500 時間/年）と大きな差が生ずることになり、本シナリオの被ばく評価における建設作業時間の設定においては、トンネル掘進速度の実態を考慮する必要がある。

なお、本検討ではトンネル掘進速度の算出に必要な掘削月数を、単純に掘削開始から貫通までの期間としたが、実際には作業休止日や本体掘削工事以外の作業日も含まれる。また、トンネル掘削作業の 1 サイクルは、例えば、削孔・装薬・発破、ズリ出し、コンクリート吹付、ロックボルト打設等様々な工種からなり、作業者の職制も様々に区分されていることから、トンネル建設作業者が 1 日の作業において終始トンネル切羽<sup>\*7</sup>周辺にいることはない。したがって、今回の検討結果は、被ばく評価上は十分な保守性を有するものといえる。

### 3. 盛土造成地における客土に係る調査と検討

#### 3.1 大開発土地利用シナリオの評価の考え方

「安全評価に関する考え方」に示された大開発土地利用シナリオの評価の考え方は、人工バリアが物理的抵抗性を喪失する時点以降の任意の時点において、地表面から埋施設全体を直接掘削する状態を想定し、建設作業員の被ばくを評価するとともに、さらに掘削土による盛土上での居住者の被ばくを評価するとしている。また、盛土については「掘削土は平面的に盛土されるものとし、掘削された人工バリア該当部分は盛土の表面に積層されるものと想定する。」とされている。図 3.1-1 にシナリオの概念を示した。

しかし、人工バリアが物理的抵抗性を喪失する時点以降においても、廃棄体や複数の部材からなる人工バリア（付録資料-1 参照）を掘削した場合の掘削土は不均質な材質と推定され、盛土最表層部には新たに均質な盛土材が使用されることが想定される。また、居住者の被ばく評価において、盛土最表層部の客土の有無及びその厚さが、被ばく線量に大きな影響を与える。

そこで、大開発土地利用シナリオにおける宅地の客土厚について、現実的な設定を行うことを目的に、国内における技術基準類の実態調査を実施した。

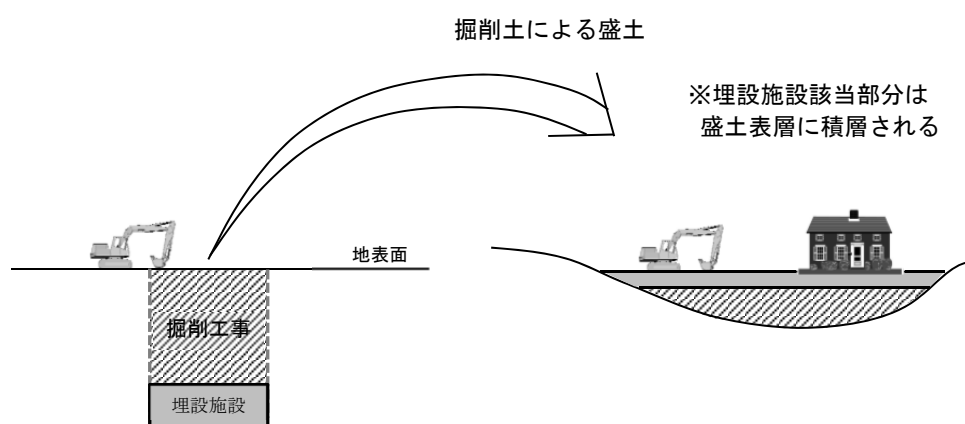


図 3.1-1 大開発土地利用シナリオの概念

#### 3.2 客土厚に係る調査方法

居住者の被ばく評価における客土厚については、トレンチ処分の評価において管理期間(50年)終了後における居住シナリオで設定した例があるが、設定根拠の出典がやや古い。そこで、最近の客土厚に係る実態調査を行うことも考えられたが、個別の宅地における客土厚については、元の地盤の状況により変わることから、これまでの評価における設定方法と同様に、宅地盛土造成に係る国や地方自治体等の現行の技術基準類について、客土施工に関する規定内容を調査することとした。

### 3.3 技術基準類の調査結果

現状、宅地盛土造成に係る技術基準類としては、宅地防災マニュアル（2007.4、国土交通省）<sup>9)</sup> や宅地土工指針（案）（2008.4、都市再生機構）<sup>10)</sup> 等が存在するが、明確に客土厚について規定したものはない。しかしながら、盛土の品質確保を目的に盛土材料や使用する部位に関して基準が規定されており、盛土表層には「良質な材料」を使用することが記載されている。ここで、「良質な材料」について大開発土地利用シナリオを想定して考察すると、人工バリアの物理的抵抗性が欠如した時点以降の掘削土がガラ<sup>\*8</sup> 状の部材を含むものであれば、盛土表層部は人工バリアの掘削工事以外からの良質土を使用して、いわゆる客土施工することになる。このような考え方に立てば、宅地造成盛土における客土が設定可能と考えられる。

表 3.3-1 に宅地造成等に係る技術基準類について、抜粋してまとめた。また、付録資料-4 に国交省による技術基準類の抜粋を示す。

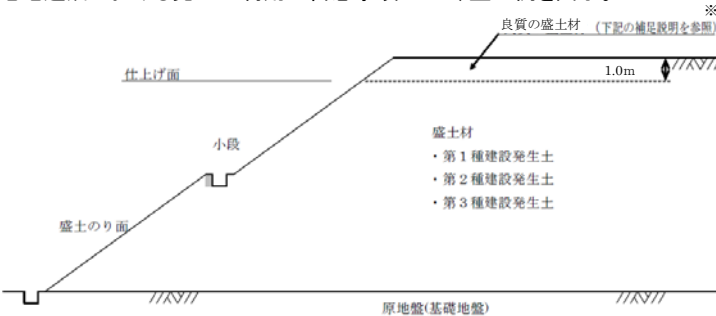
結果を要約すると、以下のような条件が要求されている。

- ・盛土として使用してはならない材料の一つとして、ベントナイトが明記されている
- ・岩塊・玉石等を多量に含む盛土材は、盛土下部に用いる
- ・盛土表層部 1 m 以内は、良質な盛土材（最大寸法は 100mm、径 37.5mm 以上のものの混入率は 40% 以下等）を使用する
- ・公園の整備基準では、ガラ等の混入のない良質土を使用する

※ 表 3.3-1 は国交省関係の技術基準の他は主要な自治体の技術基準を示したものであるが、自治体の技術基準は宅地造成等規制法等の上位法令や上位官庁の基準に準拠しているため、表に記載した自治体以外でも同じと想定される。



表 3.3-1 盛土造成や開発行為に係る技術基準類の記載内容

技術基準類等	記載内容
発生土利用基準について(2006.8.10、国交省通達) <sup>11)</sup>	建設発生土の適正な利用促進を図ることを目的とし、建設工事に伴い副次的に発生する土砂や汚泥の土質特性に応じた区分基準や区分に応じた適用用途標準等を示している。適用に当たっての留意事項として、 <b>宅地造成に用いる場合は、「最大粒径注意」・「礫混入率注意」・「表層利用注意」、公園・緑地造成に用いる場合は、「表層利用注意」</b> が記載されている。それぞれの留意事項の補足説明は以下のとおり。 <b>最大粒径注意:</b> 利用用途先の材料の最大粒径、または一層の仕上がり厚さが規定されているもの。 <b>礫混入率注意:</b> 利用用途先の材料の礫混入率が規定されているもの。 <b>表層利用注意:</b> 表面への露出により植生や築造等に影響を及ぼすおそれのあるもの。
宅地防災マニュアル(2007.4、国交省) <sup>9)</sup>	品質のよい盛土を築造することを目的に、盛土材料について次のように規定している。「 <b>岩塊、玉石等を多量に含む材料は、盛土下部に用いる等、使用する場所に注意する。</b> 」
宅地土工指針(案)(2008.4、UR都市機構) <sup>10)</sup>	盛土材料について次のように規定。 盛土として使用してはならないものとして「 <b>ベントナイト、温泉余土、酸性白土、有機質土等の吸水性が大で、圧縮性の大きい土</b> 」等を列記。また、最大粒径と礫混入率について「 <b>仕上げ面から深さ1m未満の盛土材の最大寸法100mmとし、径37.5mm以上のものの混入率は40%以下とする。</b> 」と記載。
広島市建設発生土利用基準(2006.9、広島市) <sup>12)</sup>	宅地造成における発生土利用の留意事項として、盛土例を図示。  <p>※「下表の記載内容」は、UR都市機構の宅地土工指針(案)と同じ。</p>
開発行為に係る公園整備基準(2009.6、さいたま市) <sup>13)</sup>	公園の敷地造成について、次のように規定している。「 <b>造成土は、コンクリートガラ、ゴミ等の混入がなく、樹木の生育に適した良質土とする。</b> 」
神戸市開発指導要綱(2008.1、神戸市) <sup>14)</sup>	公園の設置基準のうち造成に関する一項目として、「 <b>公園造成予定地が、ガラ・ゴミ混入の著しい廃土で形成されている場合又は軟弱地盤の場合は、良質土と入替えて造成するものとする。</b> 」
開発行為の手引き(2008.6、札幌市) <sup>15)</sup>	表面処理 「 <b>公園の地表面は、良質客土敷均しのうえ、張芝、種子吹付等により植生すること。客土、張芝、種子吹付等については、公園の技術基準に基づいて行うこと。</b> 」
都市計画法による開発許可の手引き -技術基準編-(2011.6、横浜市) <sup>16)</sup>	植生及び植樹帯 「 <b>植樹帯は、開発事業区域内で保全した表土の外、必要により改良土及び客土により十分な覆土をし、かつ、樹木の良好な生育に必用な措置を講ずること。</b> 」

### 3.4 大開発土地利用シナリオの評価における客土厚

前項の調査結果から、盛土による宅地造成においては、盛土最表層 1 m 区間は良質土が用いられることになる。ここで、人工バリアの構成材料及び廃棄体層の中身を見ると、人工バリアの外縁部はベントナイト層からなることから、盛土材には適さない。コンクリートピットは多量の鉄筋を含んでおり、廃棄体容器自体も厚い鋼材からなることから、鉄筋・鋼材の腐食が進行しない限り掘削工事は不可能である。腐食が進行し掘削工事可能となった段階でも、人工材料と認識されないまでも鋼材やコンクリート塊がある程度の形状を残してガラ状に掘削土に残留する場合は、盛土最表層に積層されることはなく、最表層部は良質土が客土施工されることになる。図 3.4-1 に客土の必要性について概念図を示す。

ここで、本シナリオの評価時点における人工バリアの状態を推定した。余裕深度処分は、一般的に地下利用されない深度である地下 50~100m に埋設する処分方法であることから施設の設置深度を平均的に 80m と仮定し、地殻変動による隆起速度を原子力安全委員会資料に例示された隆起速度 30m/10 万年<sup>3)</sup> とすると、10 万年後以降は埋設施設の深度が一般的に地下利用される深度である 50m 以浅となることから、評価時点を 10 万年とした。この時点での建設工事による掘削土中の鋼材の状態を推察すると、埋設処分以降の鋼材の腐食量は、長期的な低酸素環境での炭素鋼の腐食速度が  $0.02 \mu\text{m/y}$  程度<sup>17)</sup> であることから 2mm 程度と推定されるため、仮に鋼材と認識されなくても角型容器や鉄筋の残骸である板状及び線状の鋼材が混入する不良な掘削土と想定される。したがって、この時点において、埋設施設該当部分の掘削土が盛土最表層部に使用されることはなく、最表層部には厚さ 1 m 程度の良質盛土材が客土施工されるものと想定される。

また、実際の工事にあたっては、有害物の有無の確認試験や盛土材としての適否判定試験等の各種調査・試験が事前に行われること、人工バリアの物理的抵抗性が欠如したとしても、色調や組織・構造について自然地盤との差異が残っていると予想されることから、被ばく評価にあたって客土施工を考慮することは、現在の技術基準を勘案すると妥当なものである。

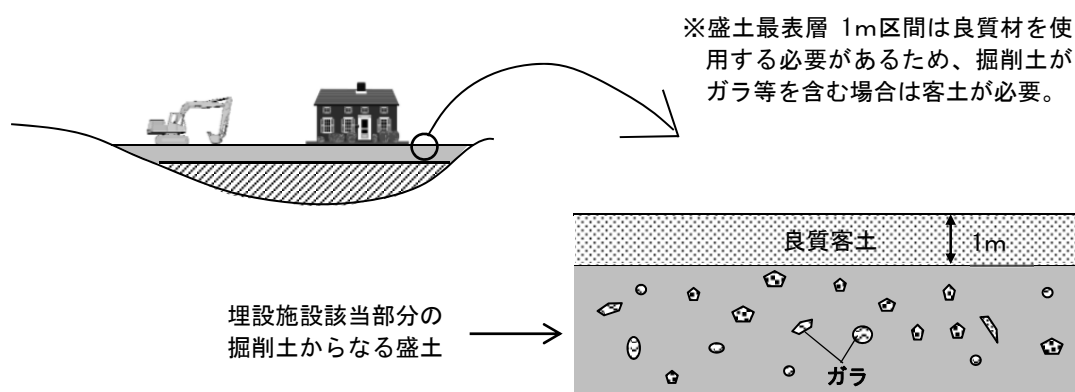


図 3.4-1 客土の必要性

#### 4.おわりに

本検討におけるトンネル掘進速度は、工事の実績に基づいたものとするため、個別のトンネルについてトンネル本体工事の掘削開始から貫通までの期間及び掘削延長を調査したが、前述したように調査結果から算出されたトンネル掘進速度は、純粋なトンネル掘進速度より遅くなっている。また、実際のトンネル建設作業において、建設作業員が1日の作業の間終始トンネル切羽周辺にいないことはない。したがって、今回の検討結果は、被ばく評価上は十分な保守性を有するものといえる。

客土厚の設定については、盛土による宅地造成では、最表層1m区間は良質土が用いられることから、埋施設設該当部分の掘削土が角型容器や鉄筋の残骸である板状及び線状の鋼材が混入する不良な掘削土と想定される時点、例えば10万年後の時点においては、盛土最表層に良質土が客土施工されるものと想定される。また、実際の工事においては各種調査・試験が先行して行われること、掘削工事に対する物理的抵抗性が欠如したとしても、自然地盤との差異が残っていると予想されることから、被ばく評価にあたって客土を設定することは、現在の技術基準類を勘案すると妥当なものと考えられる。

#### 謝辞

本検討のうちトンネル掘進速度の実績調査において、東電設計株式会社にご協力をいただきました。記してお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 原子力安全委員会, 余裕深度処分の管理期間終了以後における安全評価に関する考え方, 2010
- 2) 原子力安全委員会放射性廃棄物・廃止措置専門部会第二種廃棄物埋設分科会, 二分第 24-1-1 号 人為事象シナリオの設定と「線量めやす値」について, 2009
- 3) 原子力安全委員会放射性廃棄物・廃止措置専門部会第二種廃棄物埋設分科会, 二分第 11-2 号 代表的な安全評価シナリオの解析例の再解析について, 2008
- 4) 原子力安全委員会放射性廃棄物・廃止措置専門部会第二種廃棄物埋設分科会, 二分第 3-2-2 号 低レベル放射性廃棄物処分施設の代表的な安全評価シナリオの解析例について, 2008
- 5) 社団法人岩の力学連合会, 岩の力学ニュース No.059, 第二東名・名神高速道路トンネルの全体計画, 2001
- 6) 社団法人土木学会, 2006 年制定トンネル標準示方書山岳工法・同解説, 2006
- 7) 社団法人日本トンネル技術協会, トンネル年報 2006 工事記録 CD-ROM～トンネル年報 2010 工事記録 CD-ROM, 2006～2010
- 8) 厚生労働省, 毎月勤労計画調査 平成 22 年分結果確報, 厚生労働省 HP, <http://www.mhlw.go.jp/toukei/itiran/roudou/monthly/22/22r/mk22r.html>, 2011
- 9) 国土交通省, 宅地防災マニュアル, 2007
- 10) 独立行政法人都市再生機構, 宅地土工指針(案), 2008
- 11) 国土交通省技術調査課, 発生土利用基準について, 国土交通省 HP, <http://www.mlit.go.jp/tec/kankyuu/hasseido.html>, 2006
- 12) 広島市都市整備局指導部技術管理課, 広島市建設発生土利用基準, 広島市 HP, <http://www.city.hiroshima.lg.jp/www/contents/0000000000000/1294204505587/activesqr/common/other/4d240746020.pdf>, 2006
- 13) さいたま市都市局都市計画部都市公園課, 5.開発行為に係る公園整備基準, さいたま市 HP, <http://www.city.saitama.jp/www/contents/1247462859223/files/kouen-seibi.pdf>, 2009
- 14) 神戸市建設局, 神戸市開発指導要綱, 神戸市 HP, <http://www.city.kobe.lg.jp/business/regulation/construction/enterprise/development/img/kouen.pdf>, 2008
- 15) 札幌市都市局市街地整備部宅地課, 開発行為の手引き, 札幌市 HP, [http://www.city.sapporo.jp/toshi/takuchi/toshikei/documents/tebiki-kaihatsu-01\\_1.pdf](http://www.city.sapporo.jp/toshi/takuchi/toshikei/documents/tebiki-kaihatsu-01_1.pdf), 2008
- 16) 横浜市建設局宅地企画課, 都市計画法による開発許可の手引き-技術基準編-, 横浜市 HP, <http://www.city.yokohama.lg.jp/kenchiku/guid/takuchi/tokeihou/tebiki/technique.pdf>, 2011
- 17) 財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター, 還元性環境での金属腐食に起因するガス発生量評価, 2004

付 録

- 資料－1 原子力安全委員会資料及び報告書に示されたシナリオの概念、被ばく線量評価式、埋設施設の形状
- 資料－2 トンネル掘進速度の実績調査対象工事リスト
- 資料－3 トンネル掘進速度の実績調査結果整理表
- 資料－4 国土交通省による盛土に係る現行の技術基準類（抜粋、転記）
- 資料－5 用語解説

資料-1 原子力安全委員会資料及び報告書に示されたシナリオの概念、被ばく線量評価式、埋設施設の形状

・埋設施設貫通トンネル掘削シナリオの評価の考え方（「安全評価に関する考え方」より抜粋）  
人工バリアの認知性が喪失した段階では、埋設施設と認知されずに処分空洞を貫通する掘削行為が行われると想定することが最も保守的であり、この時期のトンネル掘削を想定する。人工バリアの認知性が喪失した段階とは、評価対象地点の岩石から想定される掘削方法を念頭に、人工バリアが物理的抵抗性を有する状態では掘削が通常は困難であり、人工バリアが固有の断面形状を維持している等、明らかに埋設施設の存在を認知できる状態が人工バリアの劣化等により喪失された段階を指す。このときの掘削の方法は、現状の知見に基づき、評価対象地点の岩石から想定される一般的に合理的な掘削方法とする。例えば、堆積岩のような軟岩の場合、埋設施設の鉄筋等が腐食されずにその物理的抵抗性を維持している期間は、掘削が困難と思われるので、腐食の影響等を評価して、シナリオの想定時期を考察すること等が考えられる。

・埋設施設貫通トンネル掘削シナリオの概念（二分第 24-1-1 号より）

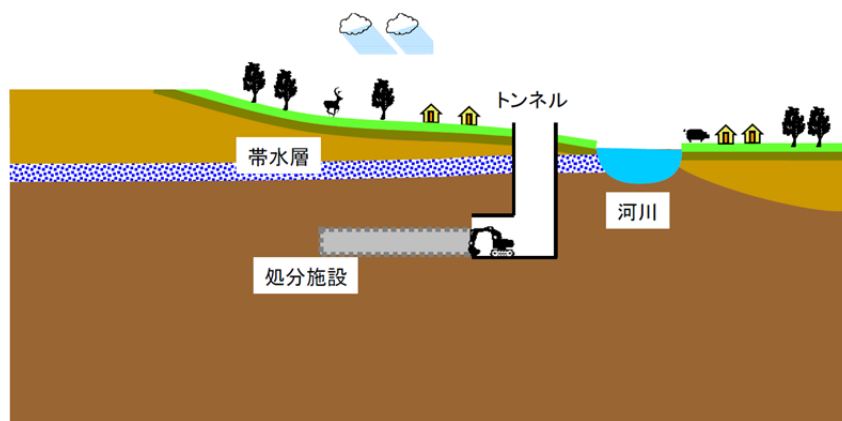


図4 処分施設の直接掘削シナリオの概念図  
(処分施設貫通トンネル掘削シナリオ)

・トンネル掘削シナリオにおける被ばく線量評価式及び評価パラメータ（二分第 11-2 号より）

吸入摂取による内部被ばく線量評価式

$$D_{tun,inh}(T_{tun}) = \sum_i \frac{Q(i, T_{tun})}{A_{tun} \times L_{tun} \times \rho_{tun}} \times f d h_{tun} \times I h_{tun} \times T h_{tun} \times DCF_{inh}(i)$$

ここに、

$D_{tun,inh}(T_{tun})$  : トンネル掘削時期  $T_{tun}$  における作業員の粉じん吸入摂取による内部被ばく線量 (Sv/y)

$Q(i, T_{tun})$  :  $T_{tun}$  時に施設内に残留している核種  $i$  の放射エネルギー (Bq)

$A_{tun}$  : トンネルの断面積 ( $m^2$ )

$L_{tun}$  : トンネルの総延長 (m)

$\rho_{tun}$  : トンネルの密度 ( $kg/m^3$ )

$fdh_{tun}$  : トンネル掘削作業時の空气中粉じん濃度 (kg/m<sup>3</sup>)

$Ih_{inh}$  : 掘削作業時の呼吸率 (m<sup>3</sup>/h)

$Th_{tun}$  : トンネル掘削作業時間 (h/y)

$DCF_{inh}(i)$  : 吸入摂取による核種  $i$  の被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)

外部被ばく線量評価式

$$D_{tun,ext}(T_{tun}) = \sum_i \frac{Q(i, T_{tun})}{A_{tun} \times L_{tun} \times \rho_{tun}} \times Th_{tun} \times DCF_{tun,ext}(i)$$

ここに、

$D_{tun,ext}(T_{tun})$  : トンネル掘削時期  $T_{tun}$  における作業員の外部被ばく線量 (Sv/y)

$Q(i, T_{tun})$  :  $T_{tun}$  時に施設内に残留している核種  $i$  の放射エネルギー (Bq)

$A_{tun}$  : トンネルの断面積 (m<sup>2</sup>)

$L_{tun}$  : トンネルの総延長 (m)

$\rho_{tun}$  : トンネルの密度 (kg/m<sup>3</sup>)

$Th_{tun}$  : トンネル掘削作業時間 (h/y)

$DCF_{tun,ext}(i)$  : トンネル掘削における核種  $i$  の外部放射線による被ばく線量換算係数 ((Sv/h)/(Bq/kg))

評価パラメータ

パラメータ	値 (単位)	設定根拠
トンネルの断面積	図 2 に示す各部材の寸法より算定	
トンネルの総延長	No.1 : 480 (m) No.2 : 240 (m) No.3 : 2400 (m) No.4 : 360 (m)	処分坑道を 1 本 120m と仮定し、No.1 : 4 本、No.2 : 2 本、No.3 : 12 本、No.4 : 3 本と仮定し算出
密度	1485 (kg/m <sup>3</sup> )	岩盤相当
トンネル掘削作業時の空气中粉じん濃度	3.0E-06 (kg/m <sup>3</sup> )	ずい道施工時の粉じん濃度管理目標値 <sup>10)</sup> より
掘削作業時の呼吸率	1.2 (m <sup>3</sup> /h)	六ヶ所 1/2 号の設定値
トンネル掘削作業時間	1500 (h/y)	六ヶ所 1/2 号の設定値の 3 倍
吸入摂取による被ばく線量換算係数	表 23 参照	ICRP publ. 72
トンネル掘削における外部放射線による被ばく線量換算係数	表 23 参照	直径 2m のトンネル内の中心位置において、周囲 360 度及びトンネル掘削進行方向の切羽からの直接線による外部被ばくを想定。詳細は 5.3.2 項参照

上記の評価式及びパラメータ表では、作業時間については 1 年当たりの値となっているが、原子力安全委員会から最終的に示された「安全評価に関する考え方」では、人為事象シナリオのうち侵入者の評価は事象発生毎に評価する（評価対象は基本的に 1 本の処分空洞）とされており、被ばく評価においては処分空洞 1 本を掘削するのに要する作業時間を用いることになる。

・大開発土地利用シナリオの評価の考え方（「安全評価に関する考え方」より抜粋。下線部が盛土造成に関連する記述。）

本シナリオは、隆起・侵食、海水準変動により、埋設施設が地表付近に近接することが想定される場合において、地表面から埋設施設全体を直接掘削する状態を想定しても残留する放射能が低く抑えられていることを評価するシナリオである。掘削を想定する時期は、埋設施設貫通トンネル掘削シナリオと同様に、人工バリアが物理的抵抗性を喪失する時点以降の任意の時点とする。掘削する方式は、掘削土の放射能濃度が最も高くなるような状態を想定するため、周辺土壌との混合がない立坑方式とし、掘削土は平面的に盛土されるものとし、掘削された人工バリア該当部分は盛土の表面に積層されるものと想定する。掘削する範囲は埋設施設全体を包絡する形で掘削する工事を仮定し、工事の範囲として掘削領域の放射能濃度が高くなるように領域を選定する。

・掘削土上における居住者の被ばく線量評価式（二分第 11-2 号に示された跡地居住に係る評価式）

吸入摂取による内部被ばく線量評価式

$$Dl_{inh}(t) = \sum_i \{Cd(i, t) \times fdl \times Ih_{inh} \times Tl \times DCF_{inh}(i)\}$$

ここに、

$Dl_{inh}(t)$  : 吸入摂取による被ばく線量 (Sv/y)

$Cd(i, t)$  : 土壌中の核種  $i$  の濃度 (Bq/kg)

$fdl$  : 居住時の空气中ダスト濃度 ( $g/m^3$ )

$Ih_{inh}$  : 居住時の呼吸率 ( $m^3/h$ )

$Tl$  : 居住時間 (h/y)

$DCF_{inh}(i)$  : 核種  $i$  の吸入摂取による被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)

外部被ばく線量評価式

$$Dl_{ext}(t) = \sum_i \{Cd(i, t) \times Sl(i) \times Tl \times DCF_{ext}(i)\}$$

ここに、

$Dl_{ext}(t)$  : 外部放射線に係る被ばく線量(Sv/y)

$Cd(t, i)$  : 土壌中の核種  $i$  の濃度(Bq/kg)

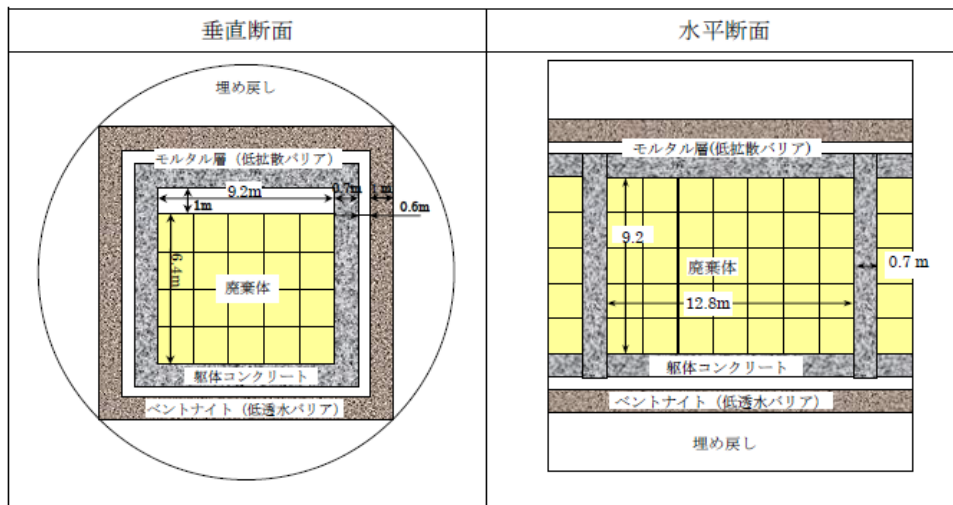
$Sl(i)$  : 居住時の核種  $i$  のしゃへい係数(-)

$Tl$  : 居住時間(h/y)

$DCF_{ext}(i)$  : 核種  $i$  の外部放射線による被ばく線量換算係数((Sv/h)/(Bq/kg))



- ・埋設施設の形状（二第 3-2-2 より）



資料-2 トンネル掘進速度の実績調査対象工事リスト

実績調査対象工事リスト (その1)

2008年度版トンネル年報から抜粋

道路トンネル

整理番号	発注者	契約工事名称		所在地	延長(m)		断面形	断面積 (m <sup>2</sup> )						地質	掘削方式	支保方式	補助工法	契約工期				受注者
		工事名称 (主に路線名)	トンネル(工区)名		契約	完成		掘削			完成							着工	竣工			
								最小	最大	標準	最小	最大	標準							年	月	
1	東高速	北海道横断自動車道	東占冠T	北海道	2,457	2,457	H	81.0	129.2	81.0	72.1	96.4	72.1	S.SR, HR	MB	R.C.S	FB	2004	7	2009	1	大成・奥村
2	東高速	北海道横断自動車道	穂別T東(その2)	北海道	1,069	4,303	H	91.4	164.6	91.4	77.7	98.9	77.7	SR,SP	BR,MB	R.C.S	FP,FC	2007	10	2010	9	清水・株木
3	東高速	日本海沿岸東北自動車道	雪沢第二T	秋田県	1,849	明り含む 2846	H	C II 91.8	駐車帯 129.2	D I 93.5	78.0	駐車帯 95.1	C II I D III 78.0	S.SR, HR	MB	R.C.S	FP,FC, PP,FW	2005	3	2008	3	大成・間
4	中高速	第二東名高速道路	今里第一T(その2)	静岡県	707	707	C			206.0			164	G.HR	CB	R.C.S	G	2004	1	2008	10	清水・アイサワ・PS 三菱
5	中高速	第二東名高速道路	大和田T	静岡県	90	1,200	H			186.5			122.6	G.SP, HR	MB,DB, DR	R.C.S	FP,FC	2006	4	2009	8	榊大林組
6	中高速	東海北陸自動車道	飛騨T(その4)	岐阜県	3,820	10,710	C,H	10.2	282.6	158.3	7.6	216.3	115.7	C.SP, SR,HR	FB,FT, MB,BB, DB,FO, B,O,D,O	R.C,S,G	FP,FB, FC,FW, WB,WT, FG	2005	7	2008	3	大成・西松・佐藤
7	西高速	九州横断自動車道	大平T河内T	熊本県	1,158	577	H	101.9	121.0		89.4	88.4	88.4	SR,HR	MB,BB	R.C.S	FP,PP	2006	3	2009	2	榊大林組
8	西高速	東九州自動車道	株木T(上り)	大分県	408	408	H	75.7		75.7	62.7		62.7	SR,HR	DT,BB	R.C.S	FP,H	2004	8	2008	5	鹿島・太平
9	西高速	東九州自動車道	株木T(下り)	大分県	452	452	H	75.7		75.7	62.7		62.7	SR,HR	DT,BB	R.C.S	FP,H	2004	8	2008	5	鹿島・太平
10	国交省	国道49号	赤岩T	新潟県	2,032	2,661	H	76.9	111.0	77.2	68.3	96.9	74.5	C.S.G, SR,HR	FB,MB, BO	R.C.S	FP,FB, FC,PP	2006	3	2009	3	大成建設榊
11	国交省	平成15-17年度地方トンネル第1工事	地芳T第1その4	愛媛県	360	3,130	H	67.0		67.0	59.0		59	SR,HR	FB,MB	R.C.S	PP,G, WT	2006	6	2009	5	鹿島・日本国土
12	国交省	国道55号	手結山第一T	高知県	1,354	1,359	H	85.8	120.7	85.8	78.9	103.8	78.9	HR	MB	R.C.S	FP,FB, FC,G, FG	2005	4	2008	2	大成・敏建
13	国交省	国道49号	弓張T2期	長崎県	1,100	2,600	H	73.8	97.9		65.9	85.1	65.9	SR,HR	MB,MR	R.C.S	FP	2007	2	2009	3	榊大林組

※略号表

断面形	区分	略記号
	馬蹄	H
	円形	C
	矩形	B
	その他	O

地質	区分	略記号
	粘性土	C
	砂質土	S
	砂れき	G
	軟岩圧(あり)	SP
	軟岩圧(なし)	SR
	中硬岩・硬岩	HR

支保方式	区分	略記号
	バックホト	R
	吹付けコンクリート	C
	鋼製支保工	S
	セグメント	G
	ヒューム管	H
	その他	O

掘削方式

掘削方式	区分	掘削方式							
		突破	自由断面掘削機	TBM	その他				
山岳工法	全断面	FB	FR	FT	FO				
	補助ベンチ付き全断面	MB	MR	—	MO				
	ベンチカット	BB	BR	—	BO				
	中壁分割	CB	CR	—	CO				
	進坑先進	DB	DR	—	DO				
	その他	OB	OR	—	OO				
シールド・推進工法	区分	手掘り式	半機械掘り式	機械掘り式	ブラインド式	泥水式	土圧式	泥土圧式	その他
	シールド工法	HS	PS	MS	BS	SS	ES	AS	OS
	推進工法	HJ	PJ	MJ	BJ	SJ	EJ	AJ	OJ
他	開削工法	OC							
	沈埋工法	IT							
	その他	O							

補助工法 (複数回答)	区分	略記号	区分	略記号
鏡止めボルト	FB	ディーブウェル	WD	
鏡吹付け	FC	水抜きホーリング	WB	
先受け工(フォアキャスト) L>5m)	PP	水抜き坑	WT	
特殊鋼先受け工(プレイング)	PL	圧気	C	
特殊鋼先受け工(メセル等)	FS	薬液注入	G	
ウイングリブ	FW	薬液注入(切羽部)	FG	
坑口部バイブローフ	EP	凍結工法	F	
坑口部垂直縫地ボルト	H	アンダーピンギング	U	
坑口部地すべり防止杭	S	遅断壁工法	P	

調査対象地質

調査対象掘削方式







資料-3 トンネル掘進速度の実績調査結果整理表

実績調査結果整理表 (その1)

整理番号	トンネル名	掘削延長(m)	掘削開始年月日	貫通年月日	掘削月数	平均月進	備考
1-1	A	807	2009/6/9	2009/12/23	6.5	124.2	
1-2		1,181	2006/9/10	<u>2007/12/5</u>	14.8	79.8	休止2ヶ月
1-3		1,731	2006/5/10	<u>2007/11/14</u>	18.2	95.1	
1-4		978	2005/7/1	<u>2006/5/25</u>	10.8	90.6	
1-5	B	2,689	2006/7/25	2008/12/27	29.1	92.4	両押し <sup>※9</sup> のため片側のみ記載
1-6	C	769	2007/10/10	2009/2/6	15.9	48.3	Dと同一トンネル 分岐起点側
1-7	D	1,129.6	2007/11/16	2009/2/16	15.0	75.3	Cと同一トンネル 終点側
1-8	E	491	2009/4/1	2009/11/4	7.1	69.2	
1-9	F	1,627	2008/3/18	2009/7/20	16.1	101.1	
1-10	G	2,826	2006/6/1	2008/9/30	28.0	100.9	
1-11	H	1,495	2005/11/1	<u>2007/6/18</u>	19.5	76.6	Iと同一のトンネル
1-12	I	1,103	2007/6/1	2008/6/14	12.5	88.2	Hと同一のトンネル
1-13	J	2,021	2006/10/9	2008/3/14	17.1	118.2	
1-14		2,325	2001/6/10	<u>2004/6/30</u>	36.7	63.4	両押しのため片側のみ記載
1-15		481	2008/9/29	2009/7/30	10.0	48.1	脆弱地山(岩質が工程に影響)
1-16	K	3,264	2004/2/10	2008/11/30	57.7	56.6	
1-17	L	799	2008/3/18	2009/2/28	11.4	70.1	
1-18	M	1,023	2009/6/24	2010/11/4	16.4	62.4	
1-19	N	436	2007/9/15	2008/5/15	8.0	54.5	
1-20	O	141	2008/7/7	2008/9/12	2.2	64.1	
1-21		800	2001/11/1	<u>2003/6/30</u>	19.9	40.2	
1-22		720	2002/9/1	<u>2003/10/31</u>	14.0	51.4	
1-23		1,534	2006/11/25	2009/11/30	36.2	42.4	両押しのため片側のみ記載 脆弱地山
1-24		78	2007/11/16	2008/8/29	9.4	8.3	サイロット工法
1-25		155	2005/5/9	<u>2006/5/16</u>	12.2	12.7	中壁工法
1-26		155	2005/4/18	<u>2006/6/23</u>	14.2	10.9	中壁工法
1-27	P	1,982	2008/5/26	2010/8/31	27.2	72.9	
1-28		795	2009/6/10	2010/10/26	16.5	48.2	後続工事を含む
1-29		1,074	2009/4/1	2010/12/1	20.0	53.7	後続工事を含む
1-30		517	2009/10/27	2010/8/19	9.7	53.3	特殊地山区間あり
1-31	Q	502	2009/7/28	2010/2/28	7.1	70.7	
1-32	R	2,136	2006/10/25	2009/4/2	29.2	73.2	

※ 下線付き:貫通年月日が調査範囲外。

※ ハッチング:貫通年月日が調査範囲外であるが、同一トンネルの他工区の貫通年月日が調査範囲内のもの。

※ 調査対象外や特殊地山、特殊工法採用工事等にはトンネル名を付していない。

## 実績調査結果整理表（その2）

整理番号	トンネル名	掘削延長(m)	掘削開始年月日	貫通年月日	掘削月数	平均月進	備考
2-1	S	3,649	2006/8/5	2010/6/24	46.6	78.3	
2-2	T	1,717	2007/1/31	2009/3/6	25.1	68.4	
2-3	U	1,615	2008/9/15	2010/3/9	17.7	91.2	
2-4	V	1,624.5	2009/7/6	2010/6/29	11.8	137.7	迎え掘りあり
2-5	W	2,354	2009/4/15	2011/2/26	22.4	105.1	
2-6		368	2006/9/1	2009/11/7	38.2	9.6	特殊地山
2-7	X	1,188	2008/8/21	2009/12/15	15.8	75.2	
2-8	Y	570	2009/11/5	2010/5/26	6.6	86.4	
2-9		369	2009/6/26	2010/2/10	7.5	49.3	特殊地山区間あり
2-10	Z	435.4	2009/9/25	2010/6/11	8.5	51.2	一方施工区間あり(50m、2.5月)
2-11	AA	435.4	2010/3/17	2010/11/23	8.2	53.1	一方施工区間あり(60m、3月)
2-12		3,385	2004/6/25	<u>2007/11/8</u>	40.4	83.8	
2-13		1,520	2006/6/1	<u>2007/11/17</u>	17.5	86.9	
2-14	AB	738	2008/4/15	2009/3/25	11.3	65.3	
2-15		318	2008/4/7	2009/1/12	9.2	34.6	特殊地山区間あり 後続工事含む
2-16	AC	2,159.4	2005/11/8	2008/1/26	26.6	81.2	
2-17		2,145.4	2005/11/16	<u>2007/12/15</u>	24.9	86.2	
2-18		400	2005/10/1	2008/6/10	32.3	12.4	多工事の進捗に合わせて施工
2-19	AD	1,960	2005/8/3	2008/2/2	30.0	65.3	
2-20	AE	1,372	2006/12/8	2008/9/3	20.9	65.6	
2-21		2,144	2005/10/21	<u>2007/11/23</u>	25.1	85.4	
2-22	AF	3,005	2004/11/1	<u>2007/12/18</u>	37.5	80.1	AGと同一トンネル
2-23	AG	586	2007/6/25	2008/2/28	8.1	72.4	AFと同一トンネル
2-24		402	2007/2/7	<u>2007/8/9</u>	6.0	67.0	
2-25		447	2007/2/22	<u>2007/8/5</u>	5.4	82.8	
2-26		272	2004/3/19	<u>2006/8/31</u>	29.4	9.3	特殊地山
2-27	AH	4,172.4	2006/3/28	2009/7/3	39.2	106.4	
2-28	AI	2,982	2007/9/27	2010/9/23	35.9	83.1	
2-29	AJ	1,327.6	2009/6/20	2010/10/6	15.5	85.7	
2-30	AK	592	2009/5/14	2010/1/29	8.5	69.6	迎え掘り分(312m)分を差引いて算出
2-31	AL	638	2009/2/19	2010/2/5	11.5	55.5	迎え掘り分(278m)分を差引いて算出
2-32	AM	980	2008/5/22	2009/9/30	16.3	60.1	
2-33	AN	821	2009/10/23	2010/11/13	12.7	64.6	

※ 下線付き:貫通年月日が調査範囲外。

※ ハッチング:貫通年月日が調査範囲外であるが、同一トンネルの他工区の貫通年月日が調査範囲内のもの。

※ 調査対象外や特殊地山、特殊工法採用工事等にはトンネル名を付していない。

## 実績調査結果整理表（その3）

整理番号	トンネル名	掘削延長(m)	掘削開始年月日	貫通年月日	掘削月数	平均月進	備考
3-1	AO	927	2009/5/26	2010/9/7	15.4	60.2	
3-2		265	2007/6/24	2008/2/9	7.6	34.9	4連めがねトンネル 低土被り、土砂地山主体
		265	2007/9/27	2008/5/30	8.1	32.7	
		265	2007/6/25	2008/2/12	7.6	34.9	
		265	2007/9/27	2008/5/13	7.5	35.3	
3-3		253	2009/1/5	2009/7/16	6.3	40.2	地山不良、既設構造物の影響も多少あり
3-4		161	2009/7/28	2009/10/23	2.9	55.5	同上
3-5		206	2009/11/19	2010/3/16	3.8	54.2	同上
3-6		522	2010/9/15	<u>2011/8/8</u>	10.7	48.8	
3-7	AP	422	2009/5/8	2009/11/2	5.8	72.8	
3-8	AQ	1,633	2009/4/21	2010/10/25	18.1	90.2	
3-9	AR	840	2008/4/17	2009/3/26	11.3	74.3	
3-10		3,125	2003/12/24	<u>2006/9/16</u>	32.8	95.3	
3-11		1,123	2007/3/17	2009/3/5	23.6	47.6	大量湧水と地山不良
3-12		2,457	2004/12/22	<u>2007/8/30</u>	32.2	76.3	
3-13	AS	1,719	2006/7/20	2008/9/26	26.3	65.4	
3-14	AT	2,040	2006/9/26	2008/12/18	26.7	76.4	AUと同一のトンネル
3-15	AU	1,096.5	2006/12/18	2008/7/19	19.0	57.7	ATと同一のトンネル
3-16		1,401	2005/11/17	2008/3/12	27.8	50.4	全周止水構造、一部止水対策を実施
3-17	AV	1,849	2005/9/7	2008/3/14	30.2	61.2	
3-18		2,385	2005/9/17	<u>2007/1/21</u>	16.1	148.1	TBM <sup>*10</sup> 掘削併用
3-19	AW	2,019	2006/6/27	2008/9/22	26.9	75.1	
3-20		1,354	2005/10/24	<u>2007/9/15</u>	22.7	59.6	
3-21		1,597	2006/5/1	2009/9/30	41.0	39.0	低土被り区間、多量湧水等の対策あり
3-22	AX	180	2009/7/1	2009/9/30	3.0	60.0	
3-23	AY	1,040	2009/2/6	2010/3/23	13.5	77.0	配員情報より推定 発破騒音振動対策あり
3-24	AZ	1,805	2008/5/28	2009/12/4	18.2	99.2	
3-25		621	2010/3/26	<u>2011/7/30</u>	16.1	38.6	地元事情により昼間のみ掘削
3-26	BA	1,072	2009/3/1	2010/4/30	14.0	76.6	BAと同一のトンネル
3-27	BB	804	2009/7/1	2010/4/30	10.0	80.4	BBTと同一のトンネル
3-28	BC	1,294	2009/12/8	2010/11/1	10.8	119.8	
3-29		1,892	2010/2/2	<u>2011/6/29</u>	16.8	112.6	
3-30		569	2009/6/1	2010/12/20	18.6	30.6	生態系保全(ウミガメ)

※ 下線付き: 貫通年月日が調査範囲外。

※ 調査対象外や特殊地山、特殊工法採用工事等にはトンネル名を付していない。



実績調査結果整理表（その4）

整理番号	トンネル名	掘削延長(m)	掘削開始年月日	貫通年月日	掘削月数	平均月進	備考
4-1	BD	1,018	2008/7/1	2009/9/30	15.0	67.9	
4-2		1,167	2006/12/1	2009/2/20	26.7	43.7	工事は3年度に渡り断続的に発注
4-3	BE	1,712	2006/10/1	2008/3/20	17.6	97.3	
4-4	BF	1,245	2007/11/1	2009/2/20	15.7	79.3	
4-5		516	2006/11/20	<u>2007/9/10</u>	9.7	53.2	2ヶ月掘削中止期間あり
4-6		2,298	2005/2/1	2008/9/30	43.9	52.3	泥岩変状対策、高圧湧水対策
4-7	BG	743	2008/4/1	2009/2/28	10.9	68.2	
4-8		391	2008/3/5	2008/10/15	7.4	52.8	放流先協議による遅延あり
4-9		299	2008/2/10	2008/10/10	8.0	37.4	同上
4-10		2,070	2007/2/1	2010/5/30	39.9	51.9	放流水管理(アユ)
4-11		634	2008/2/1	2010/7/30	29.9	21.2	掘削期間は推定、蛇門岩変質帯対策あり
4-12		230	2004/2/1	<u>2005/10/31</u>	21.0	11.0	低土被り双設トンネル 上り線230m 下り線228m

※ 下線付き:貫通年月日が調査範囲外。

※ 調査対象外や特殊地山、特殊工法採用工事等にはトンネル名を付していない。

資料-4 国土交通省による盛土に係る現行の技術基準類（抜粋、転記）

**【宅地防災マニュアル】**

VI 盛土

VI・6 盛土の施工上の留意事項

3) 盛土材料

盛土材料として、切土からの流用土又は付近の土取場からの採取土を使用する場合には、これらの現地発生材の性質を十分把握するとともに、次のような点を踏まえて適切な対策を行い、品質のよい盛土を築造する。

- ① 岩塊、玉石等を多量に含む材料は、盛土下部に用いる等、使用する場所に注意する。
- ② 頁岩、泥岩等のスレーキングしやすい材料は用いないことを原則とするが、やむを得ず使用する場合は、その影響及び対策を十分検討する。
- ③ 腐植土、その他有害な物質を含まないようにする。
- ④ 高含水比粘性土については、5) に述べる含水量調節及び安定処理により入念に施工する。
- ⑤ 比較的細砂で粒径のそろった砂は、地下水が存在する場合に液状化するおそれがあるので、十分な注意が必要である。

**【発生土利用基準について】**

1. 目的

本基準は、建設工事に伴い副次的に発生する土砂や汚泥（以下「発生土」という。）の土質特性に応じた区分基準及び各々の区分に応じた適用用途標準等を示すことにより、発生土の適正な利用の促進を図ることを目的とする。なお、本基準については、今後の関係法令及び基準類等の改・制定や技術的な状況の変化等を踏まえ、必要に応じ、見直しを行うものとする。

4. 土質区分基準

(1) 土質区分基準

発生土の土質区分は、原則として、コーン指数と土質材料の工学的分類体系を指標とし、表-1 に示す土質区分基準によるものとする。なお、土質改良を行った場合には、改良後の性状で判定するものとする。

(2) 土質区分判定のための調査試験方法

土質区分判定のための指標を得る際には、表-2 に示す土質区分判定のための調査試験方法を標準とする。

5. 適用用途標準

発生土を利用する際の用途は、土質区分に基づき、表-3 に示す適用用途標準を目安とし、個々の事例に即して対応されたい。

表-1 土質区分基準

区分 (国土交通省令) <sup>*1)</sup>	細区分 <sup>*2),3),4)</sup>	コーン 指数 q <sub>c</sub> <sup>*5)</sup> (k N/m <sup>2</sup> )	土質材料の工学的分類 <sup>*6),7)</sup>		備考 <sup>*6)</sup>	
			大分類	中分類 土質 {記号}	含水比 (地山) w <sub>n</sub> (%)	掘削 方法
第1種建設発生土 (砂、礫及びこれらに準ずるもの)	第1種	-	礫質土	礫 {G}、砂礫 {GS}	-	* 排水に考慮するが、降水、浸出地下水等により含水比が増加すると予想される場合は、1ランク下の区分とする。  * 水中掘削等による場合は、2ランク下の区分とする。
	第1種改良土 <sup>*8)</sup>		砂質土	砂 {S}、礫質砂 {SG}		
第2種建設発生土 (砂質土、礫質土及びこれらに準ずるもの)	第2a種	800 以上	人工材料	改良土 {I}	-	
	第2b種		礫質土	細粒分まじり礫 {GF}		
	第2種改良土		砂質土	細粒分まじり砂 {SF}		
第3種建設発生土 (通常の施工性が確保される粘性土及びこれに準ずるもの)	第3a種	400 以上	人工材料	改良土 {I}	-	
	第3b種		砂質土	細粒分まじり砂 {SF}		
	第3種改良土		粘性土	シルト {M}、粘土 {C}		
第4種建設発生土 (粘性土及びこれに準ずるもの(第3種建設発生土を除く))	第4a種	200 以上	火山灰質粘性土	火山灰質粘性土 {V}	-	
	第4b種		人工材料	改良土 {I}	-	
			砂質土	細粒分まじり砂 {SF}	-	
	第4種改良土		粘性土	シルト {M}、粘土 {C}	40~80%程度	
粘土 <sup>*1),*9)</sup>	粘土a	200 未満	火山灰質粘性土	火山灰質粘性土 {V}	-	
			有機質土	有機質土 {O}	40~80%程度	
	粘土b		人工材料	改良土 {I}	-	
			砂質土	細粒分まじり砂 {SF}	-	
粘土c	高有機質土	高有機質土 {Pt}	-			

- \*1) 国土交通省令(建設業に属する事業を行う者の再生資源の利用に関する判断の基準となるべき事項を定める省令 平成13年3月29日 国交令59、建設業に属する事業を行う者の指定副産物に係る再生資源の利用の促進に関する判断の基準となるべき事項を定める省令 平成13年3月29日 国交令60)においては区分として第1種~第4種建設発生土が規定されている。
- \*2) この土質区分基準は工学的判断に基づく基準であり、発生土が産業廃棄物であるか否かを定めるものではない。
- \*3) 表中の第1種~第4種改良土は、土(粘土を含む)にセメントや石灰を混合し化学的安定処理したものである。例えば第3種改良土は、第4種建設発生土または粘土を安定処理し、コーン指数400kN/m<sup>2</sup>以上の性状に改良したものである。
- \*4) 含水比低下、粒度調整などの物理的な処理や高分子系や無機材料による水分の土中への固定を主目的とした改良材による土質改良を行った場合は、改良土に分類されないため、処理後の性状に応じて改良土以外の細区分に分類する。
- \*5) 所定の方法でモールドに締め固めた試料に対し、コーンペネトロメーターで測定したコーン指数(表-2参照)。
- \*6) 計画段階(掘削前)において発生土の区分を行う必要があり、コーン指数を求めるために必要な試料を得られない場合には、土質材料の工学的分類体系((社)地盤工学会)と備考欄の含水比(地山)、掘削方法から概略の区分を選定し、掘削後所定の方法でコーン指数を測定して区分を決定する。
- \*7) 土質材料の工学的分類体系における最大粒径は75mmと定められているが、それ以上の粒径を含むものについても本基準を参照して区分し、適切に利用する。
- \*8) 砂及び礫と同等の品質が確保できているもの。
- \*9) ・港湾、河川等のしゅんせつに伴って生ずる土砂その他これに類するものは廃棄物処理法の対象となる廃棄物ではない。(廃棄物の処理及び清掃に関する法律の施行について 昭和46年10月16日 環整43 厚生省通知)  
・地山の掘削により生じる掘削物は土砂であり、土砂は廃棄物処理法の対象外である。(建設工事等から生ずる廃棄物の適正処理について 平成13年6月1日 環廃産276 環境省通知)  
・建設汚泥に該当するものについては、廃棄物処理法に定められた手続きにより利用が可能となり、その場合「建設汚泥処理土利用技術基準」(国官技第50号、国官総第137号、国官計第41号、平成18年6月12日)を適用するものとする。

表-2 土質区分判定のための調査試験方法

判定指標 <sup>*1)</sup>	試験方法	規格番号・基準番号
コーン指数 <sup>*2)</sup>	締め固めた土のコーン指数試験方法	JIS A 1228
土質材料の工学的分類	地盤材料の工学的分類方法	JGS 0051
自然含水比	土の含水比試験方法	JIS A 1203
土の粒度	土の粒度試験方法	JIS A 1204
液性限界・塑性限界	土の液性限界・塑性限界試験方法	JIS A 1205

- \*1) 改良土の場合は、コーン指数のみを測定する。
- \*2) 1層ごとの突固め回数は、25回とする。(参考表参照)

表-3 適用用途標準 (2)

適用用途		河川築堤				土地造成			
		高規格堤防		一般堤防		宅地造成		公園・緑地造成	
		評価	留意事項	評価	留意事項	評価	留意事項	評価	留意事項
第1種 建設発生土  〔砂、礫及びこれらに順ずるもの〕	第1種	◎	最大粒径注意 礫混入率注意 透水性注意 表層利用注意	○		◎	最大粒径注意 礫混入率注意 表層利用注意	◎	表層利用注意
	第1種改良土	◎	最大粒径注意 礫混入率注意 透水性注意 表層利用注意	○		◎	最大粒径注意 礫混入率注意 表層利用注意	◎	表層利用注意
第2種 建設発生土  〔砂質土、礫質土及びこれらに順ずるもの〕	第2a種	◎	最大粒径注意 礫混入率注意 粒度分布注意 透水性注意 表層利用注意	◎	最大粒径注意 粒度分布注意 透水性注意	◎	最大粒径注意 礫混入率注意 表層利用注意	◎	表層利用注意
	第2b種	◎	粒度分布注意	◎	粒度分布注意	◎		◎	
	第2種改良土	◎	表層利用注意	◎	表層利用注意	◎	表層利用注意	◎	表層利用注意
第3種 建設発生土  〔通常の施工性が確保される粘性土及びこれらに準ずるもの〕	第3a種	◎	粒度分布注意 施工機械の選定注意	◎	粒度分布注意 施工機械の選定注意	◎	施工機械の選定注意	◎	施工機械の選定注意
	第3b種	◎	粒度分布注意 施工機械の選定注意	◎	粒度分布注意 施工機械の選定注意	◎	施工機械の選定注意	◎	施工機械の選定注意
	第3種改良土	◎	表層利用注意 施工機械の選定注意	◎	表層利用注意 施工機械の選定注意	◎	表層利用注意 施工機械の選定注意	◎	表層利用注意 施工機械の選定注意
第4種 建設発生土  〔粘性土及びこれらに準ずるもの〕	第4a種	○		○		○		○	
	第4b種	○		○		○		○	
	第4種改良土	○		○		○		○	
粘土	粘土a	○		○		○		○	
	粘土b	△		△		△		△	
	粘土c	×		×		×		△	

【評価】

- ◎：そのまま使用が可能なもの。留意事項に使用時の注意を示した。
- ：適切な土質改良（含水比低下、粒度調整、機能付加・補強、安定処理等）を行えば使用可能なもの。
- △：評価が○のものと比較して、土質改良にコスト及び時間がより必要なもの。
- ×：良質土との混合などを行わない限り土質改良を行っても使用が不適なもの。

土質改良の定義

含水比低下：水切り、天日乾燥、水位低下掘削等を用いて、含水比の低下を図ることにより利用可能となるもの。  
 粒度調整：利用場所や目的によっては細粒分あるいは粗粒分の付加やふるい選別を行うことで利用可能となるもの。  
 機能付加・補強：固化材、水や軽量材等を混合することにより発生土に流動性、軽量性などの付加価値をつけることや補強材等による発生土の補強を行うことにより利用可能となるもの。  
 安定処理等：セメントや石灰による化学的安定処理と高分子系や無機材料による水分の土中への固定を主目的とした改良材による土質改良を行うことにより利用可能となるもの。

【留意事項】

- 最大粒径注意：利用用途先の材料の最大粒径、または一層の仕上り厚さが規定されているもの。
- 細粒分含有率注意：利用用途先の材料の細粒分含有率の範囲が規定されているもの。
- 礫混入率注意：利用用途先の材料の礫混入率が規定されているもの。
- 粒度分布注意：液状化や土粒子の流出などの点で問題があり、利用場所や目的によっては粒度分布に注意を要するもの。
- 透水性注意：透水性が高く、難透水性が要求される部位への利用は適さないもの。
- 表層利用注意：表面への露出により植生や築造等に影響を及ぼすおそれのあるもの。
- 施工機械の選定注意：過転圧などの点で問題があり、締固め等の施工機械の接地圧に注意を要するもの。
- 淡水域利用注意：淡水域に利用する場合、水域のpHが上昇する可能性があり、注意を要するもの。

## 資料-5 用語解説

## 1. NATM (ナトム) 工法

NATM とは New Austrian Tunneling Method の頭文字を取ったもの。主に山岳部におけるトンネル工法のひとつ。掘削した部分を素早く吹き付けコンクリートで固め、ロックボルト(岩盤とコンクリートとを固定する特殊なボルト)を岩盤奥深くにまで打ち込むことにより、地山自体の保持力を利用してトンネルを保持する理論および実際の工法である。

## 2. 推進工法

推進工法とは、下水道、水道、ガス、電力等のライフラインを地中に管きょとして埋設する場合、地表を掘削することなく地中を掘削貫通する非開削工法の一つである。計画管きょラインの両端に発進立坑と到達立坑を設け、推進設備を備えた発進立坑から油圧ジャッキにより掘進機を地中に押し出し、掘進機の後続に既製の管を順次継ぎ足し、管列を推進することで掘進機を到達立坑に到達させ、管きょを構築する工法である。

## 3. 長尺先受け工法

長尺フォアパイリング工法や注入式フォアパイリング工法などがある。

切羽前方に鋼管を挿入する方法や、挿入した管を介して地山改良材を注入する方法などがある。切羽安定や沈下抑制の効果がある。一般に5m以上の長さのものをいう。

## 4. 土被り

トンネル天端より上方の地山をいう。また、その土被り厚をいう。

土被りが $2D$ 以下の場合、低土被りという。(D=トンネルの幅)

## 5. インバート

トンネル底面の逆アーチに仕上げられた覆工部分。

地質が不良な場合などにトンネルの両側側壁基部の間を、逆アーチで結合して、覆工コンクリートを閉合断面として耐力を増加させ、沈下・変状を防止するのが目的。トンネル側壁基部間を結ぶ逆アーチ型のもの。

## 6. 迎え掘り

両押し施工の一方が迎え掘り。

TBM 施工において、TBM の施工が不適な地山区間を反対側から NATM 工法で掘削する場合も迎え掘りという。

## 7. 切羽

トンネル掘削の最先端箇所。

8. ガラ（建築用語、土木用語として）

産業廃棄物、建築廃材の総称。コンクリートやレンガを破壊したり、はつったりしてできる屑。

9.片押し、両押し

トンネルの掘削を、片方の坑口のみから進めるのが片押し、両方の坑口から進めるのが両押し。

10.TBM 工法

TBM（トンネルボーリングマシン）工法は、機械先端に取付けたカッターを回転させて岩盤を掘削するもので、従来のダイナマイトによる掘削工法と比較して 3～4 倍の速度でトンネルを掘り進むことができる。道路トンネルなどでは、トンネル本体の施工に先立ち、導坑として施工される例が多い。

# 国際単位系 (SI)

表1. SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m <sup>2</sup>
体積	立法メートル	m <sup>3</sup>
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s <sup>2</sup>
波数	毎メートル	m <sup>-1</sup>
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m <sup>2</sup>
比体積	立方メートル毎キログラム	m <sup>3</sup> /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m <sup>2</sup>
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 <sup>(a)</sup> , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m <sup>3</sup>
質量濃度	キログラム毎立法メートル	kg/m <sup>3</sup>
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m <sup>2</sup>
屈折率 <sup>(b)</sup>	(数字の)	1
比透磁率 <sup>(b)</sup>	(数字の)	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) とよばれる。  
(b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	他のSI単位による表し方
平面角	ラジアン <sup>(b)</sup>	rad	1 <sup>(b)</sup>
立体角	ステラジアン <sup>(b)</sup>	sr <sup>(c)</sup>	1 <sup>(b)</sup>
周波数	ヘルツ <sup>(d)</sup>	Hz	s <sup>-1</sup>
力	ニュートン	N	m kg s <sup>-2</sup>
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m <sup>2</sup>
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s
電荷, 電気量	クーロン	C	s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A
静電容量	ファラド	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V
磁束	ウェーバ	Wb	V s
磁束密度	テスラ	T	Wb/m <sup>2</sup>
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度 <sup>(e)</sup>	°C	K
光線度	ルーメン	lm	cd sr <sup>(c)</sup>
光度	ルクス	lx	lm/m <sup>2</sup>
放射性核種の放射能 <sup>(f)</sup>	ベクレル <sup>(d)</sup>	Bq	s <sup>-1</sup>
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト <sup>(g)</sup>	Sv	J/kg
酸素活性化	カタール	kat	s <sup>-1</sup> mol

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。  
(b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。  
(c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。  
(d) ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。  
(e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の間には同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。  
(f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。  
(g) 単位シーベルト (PV.2002.70,205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位	
	名称	記号
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa s
表面張力	ニュートンメートル	N m
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s
角加速度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s <sup>2</sup>
熱流密度, 放射照度	ワット毎平方メートル	W/m <sup>2</sup>
熱容量, エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m
電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m <sup>3</sup>
電表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>
誘電率	ファラド毎メートル	F/m
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)
照射線量 (X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s
放射線強度	ワット毎ステラジアン	W/sr
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m <sup>2</sup> sr)
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m <sup>3</sup>

表5. SI 接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10 <sup>24</sup>	ヨ	Y	10 <sup>-1</sup>	デ	d
10 <sup>21</sup>	ゼ	Z	10 <sup>-2</sup>	センチ	c
10 <sup>18</sup>	エクサ	E	10 <sup>-3</sup>	ミリ	m
10 <sup>15</sup>	ペタ	P	10 <sup>-6</sup>	マイクロ	μ
10 <sup>12</sup>	テラ	T	10 <sup>-9</sup>	ナノ	n
10 <sup>9</sup>	ギガ	G	10 <sup>-12</sup>	ピコ	p
10 <sup>6</sup>	メガ	M	10 <sup>-15</sup>	フェムト	f
10 <sup>3</sup>	キロ	k	10 <sup>-18</sup>	アト	a
10 <sup>2</sup>	ヘクト	h	10 <sup>-21</sup>	ゼプト	z
10 <sup>1</sup>	デカ	da	10 <sup>-24</sup>	ヨクト	y

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm <sup>2</sup> =10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
リットル	L, l	1 L=11=1 dm <sup>3</sup> =10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
トン	t	1 t=10 <sup>3</sup> kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位で表される数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10 <sup>-19</sup> J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 <sup>-27</sup> kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10 <sup>11</sup> m

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
バル	bar	1 bar=0.1 MPa=100 kPa=10 <sup>5</sup> Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322 Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1 nm=100 pm=10 <sup>-10</sup> m
海里	M	1 M=1852 m
バ	b	1 b=100 fm <sup>2</sup> =(10 <sup>-12</sup> cm) <sup>2</sup> =10 <sup>-26</sup> m <sup>2</sup>
ノット	kn	1 kn=(1852/3600) m/s
ネーバ	Np	SI単位との数値的関係は、 対象量の定義に依存。
ベール	B	
デジベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 <sup>-7</sup> J
ダイン	dyn	1 dyn=10 <sup>-5</sup> N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm <sup>-2</sup> =0.1 Pa s
ストークス	St	1 St=1 cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> =10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>
ストルブ	sb	1 sb=1 cd cm <sup>2</sup> =10 <sup>-4</sup> cd m <sup>2</sup>
フォト	ph	1 ph=1 cd sr cm <sup>2</sup> =10 <sup>-4</sup> lx
ガリ	Gal	1 Gal=1 cm s <sup>-2</sup> =10 <sup>-2</sup> ms <sup>-2</sup>
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm <sup>2</sup> =10 <sup>-8</sup> Wb
ガウス	G	1 G=1 Mx cm <sup>-2</sup> =10 <sup>-4</sup> T
エルステッド <sup>(c)</sup>	Oe	1 Oe <sub>⊥</sub> =(10 <sup>3</sup> /4π) A m <sup>-1</sup>

(c) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「⊥」は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 <sup>10</sup> Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 <sup>-4</sup> C/kg
ラド	rad	1 rad=1 cGy=10 <sup>-2</sup> Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 <sup>-2</sup> Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 <sup>-9</sup> T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 <sup>-15</sup> m
メートル系カラット		1メートル系カラット=200 mg=2×10 <sup>-4</sup> kg
トル	Torr	1 Torr=(101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm=101 325 Pa
カロリ	cal	1 cal=4.1858 J (「15°C」カロリ), 4.1868 J (「IT」カロリ), 4.184 J (「熱化学」カロリ)
マイクロン	μ	1 μ=1 μm=10 <sup>-6</sup> m

