

第7章

廃石膏ボード再生製品の地盤環境に利用 する場合の利用基準(素案)の提案

7. 廃石膏ボード再生製品の地盤環境に利用する場合の利用基準(素案)の提案

7.1 はじめに

廃棄物処理法では廃石膏ボードの処分は、管理型最終処分場における埋立処分のみが許可されている。ここで研究課題としている廃石膏ボードのリサイクルは、法的には「管理型最終処分場での埋立処分相当」廃棄物を一般環境で利用するという行為になることから、環境安全性が完全に担保されることを前提にしなければならない。

以上の問題を解決するため、本研究プロジェクトではわが国を代表する専門家を集め、具体的な用途開発項目として①地盤安定化資材（基礎地盤改良、ため池堤体遮水資材、各種建設残土等の建設資材化）、②建設資材フィラー、③魚礁ブロック資材に対して再生石膏を地盤や海底等の自然空間に使用した場合の環境安全性や環境修復・改善機能を検討し、最終処分を回避できる持続可能な再利用技術システムを構築を構築すべく研究を進め、一定の成果を上げることができた。具体的には以下のようなになる。①再利用用途開発と技術および材料の質的量的要件に関しては、廃石膏ボードのメーカー別、年度別調査を行い、化学組成から類型化を行った。②適用地盤の土質材料を全国から収集し、これらの土質材料の物理化学的物性を調べ、フッ素および硫化水素の捕捉能力の観点から特性化した。③地盤改良資材等建設資材への適用に関する機能および環境安全性評価においては、地盤環境等へ適用した場合のフッ素等の含有有害物質の溶出動態およびその防止対策を検討するとともに適用地盤等における改善効果を明らかにした。④地盤環境等へ適用した場合の硫化水素発生に関しては、硫化水素の培養方法を検討し、試験法を提案した。その上で地盤環境等へ適用した場合の発生特性および抑制条件を明らかにした。

本章では、以上の研究成果を踏まえて再生石膏が地盤改良に利用される場合を中心に、利用に当たっての基準（利用基準）の素案を提案する。

なお、本研究の対象としている再生石膏（廃石膏ボードから製造）は、高炉スラグや都市ごみ熔融スラグのように単独で利用されることはなく、常に母材となる土質材料に配合されて利用される。すなわち、母材土質材料の物理化学的な機能を改善するために利用される。したがって、施工対象となる現場において用いるのは、再生石膏を配合した改良土質材料である。

7.2 利用基準の適用範囲、定義およびその構成

(1) 適用範囲

廃石膏ボードの再利用製品である再生石膏は、土質材料として単独で利用するのではなく、地盤改良の必要な土質材料に地盤改良資材として配合・混和することにより再利用される。すなわち、利用される土質材料は地盤改良処理土であるから、本利用基準は地盤改良処理土に対して適用される。しかしながら、その用途は下記に示すように生活環境に近接した、あるいは生活環境内となることから、生活環境や人の健康に悪影響のないことが前提となる。

(2) 定義

再生石膏を使って地盤改良を行い、用途目的を満足する施工が完了する。以上の一連の行程において法的あるいは生活環境保全上守らなければならない基準の確認法、施工管理、およびモニタリングを利用基準という。図 7.1-1 に利用基準の対象となる行程を示す。

(3) 構成

図 7.1-1 は利用基準の全体を示す工程図（案）でもあるが、その構成も表している。すなわち利用基準は、設計、事前確認として室内配合試験・環境安全試験（溶出試験・培養試験）、および事後確認（品質確認）として施工後のブロックサンプリングによる強度および環境安全に関する確認試験、地下水および大気のモニタリングから構成される。工事完了・引渡後、必要な場合には

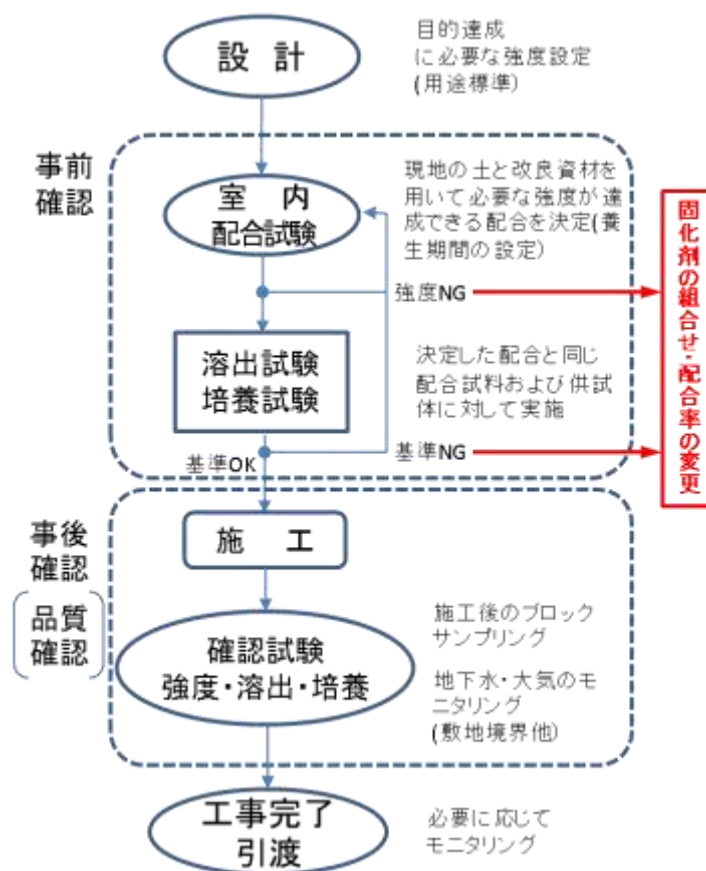


図 7.1-1 利用基準に関する行程（案）

自治体は施工実施者が設置したモニタリングポイントにおいて環境モニタリングを実施する。なお、このモニタリングは、現時点で再生石膏の一般環境中での地盤利用時における環境影響に関するデータが少ないことから、試行的に実施し、評価に資するデータが揃い、安全性が確認された後には環境モニタリングは実施しないこととする。

1) 設計

地盤改良の用途先としては、浚渫や掘削、浚渫や掘削泥の貯留・運搬、地盤形成（土地造成（宅地、公園・緑地、道路用盛土（路床、路体）、特殊地盤（堤体））、その他として工作物の埋め戻しや土木構造物の裏込め、軟弱地盤等における仮設道路などがある。これらの用途は国土交通省の建設発生土利用基準¹⁾に利用の目安として適用用途標準が示されている(表 7.1-2 参照)。対象土質材料は施工目的（用途）によって異なり、施工現場の土や建設汚泥処理土のような搬入土となり、土質区分基準によって第 1～4 種建設発生土（それぞれ砂、礫およびこれらに準ずるもの、砂質土、礫質土及びこれらに準ずるもの、通常の施工性が確保される粘性土およびこれに準ずるもの、粘性土及びこれに準ずるもの）および泥土に分類されている。これらの土質材料が用途先の適用用途標準を満たさなければ、利用に当たっては地盤改良を行い、必要な強度や機能を確保しなければならない。

2) 事前確認

上記のように地盤改良による強度確保が必要になる場合、地盤改良資材を対象土質材料に配合し、設計強度を満足する配合率を決定しなければならない。この行程は室内配合試験と呼ばれている。なお、室内配合試験では現場施工条件に合わせた配合試験を行うことが重要である。

改良資材がここで対象とする再生石膏のように材料中に法律に定められた人の健康に影響を与える物質が含まれている場合、室内配合試験に基づいて配合した土質改良土について溶出試験を行い、土壤環境基準を満足することを確かめなければならない（再生石膏の場合は、主としてフッ素である）。また、再生石膏は地盤環境中で硫化水素を発生し、生活環境に悪影響を与える恐れが指摘されている。したがって、再生石膏を使用する場合には予め培養試験によって硫化水素が判定基準を超過しないことを確かめなければならない。

再生石膏は、地盤改良資材としての性能が他の改良資材と比べて特に優れている訳ではなく、単独での使用ではむしろ劣っている。しかしながら、価格が石灰に比べて安いこと、pH が中性であること（他の資材、石灰およびセメント系固化剤は全て使用時に pH が高くなり、使用を制限されることがある）などから、単独使用よりむしろ他の改良資材と併せて利用されることが多くなる。したがって、室内配合試験では再生石膏とその他の資材の組合せ配合試験が実施される。

以上の室内配合試験、溶出試験、培養試験は、本施工の前に事前確認事項として実施しなければならない。なお、それぞれの実施方法は、7.4 節に試験方法を設けて示した。

3) 事後確認(施工品質確認)

事前確認により地盤改良土の強度、溶出試験による環境基準、および培養試験による硫化水素の判定基準を満足する配合率が決定されれば、本施工に着手することができる。なお、本施工では土工の種類に合致した施工管理を行わなければならない²⁾。

施工後には設計値を満足する現場密度や強度発現の確認に加えて、溶出試験および培養試験による環境基準および判定基準の確認を行い、施工品質の確認をしなければならない。また、施工後においても一つの重要な事後確認事項は、地下水および大気モニタリングである。

7.3 土質試料の調整方法および供試体作製方法

(1) 土質試料の調整

地盤改良処理の対象となる土質材料は、「土質試験のための乱した土の試料調整」地盤工学会基準(改正案) JGS0101 (JIS A 1201-2000) に準拠し、2回の四分法(対角の2個を選ぶ)により最初の試料の1/4量にした土質試料を非乾燥法、空気乾燥法(室温乾燥法)によって含水比を調整した後、許容最大粒径対応篩を通過した試料を利用する。

(2) 配合試験供試体の作製

供試体の作製は、JGS0811「安定処理土の突き固めによる供試体作製方法」(地盤工学会基準(案)³⁾に準拠し、供試体の作製は10cmあるいは15cm内径のモールドを用いる方法が適用される。なお、「安定処理」とは「改良処理」と同義で使われる。は表7.3-1に供試体作製方法の種類を示す。

供試体の作製は、次のように行われる。

- ①土質材料と所定の配合率の改良資材との均一な混合
- ②締固め：混合土をJIS A1210に準じ、表7.3-1に示す方法で突き固める
- ③養生：一定期間、空气中養生および／あるいは水浸養生を行う。どれを選ぶかは、施工用途の種類に依存する。

養生期間：目的により1, 3, 7, 10, 14, 28日から選択される。ここでは14日とする。

養生方法：乾湿組合せとして3日空气中養生後に4日水浸養生する方法がある。

なお、空气中養生は、供試体の水分蒸発・吸収がないように高分子フィルムで覆い、 $20\pm 3^{\circ}\text{C}$ で所定の期間供試体を静置し、養生する。水浸養生は、密封しない供試体を水温 $20\pm 3^{\circ}\text{C}$ の水中で所定の期間静置し、養生する。

表 7.1-1 供試体作製方法の種類

| 作製方法 | | モールド 内 径 (cm) | ランマー 質 量 (kg) | 突固め層数 | 1層当たりの 突固め 回数 | 許容最大 粒 径 (mm) |
|---|---|---------------------|---------------------|-------|---------------------------------|---------------------|
| 10 cm モールドを 用いる方法 | a | 10 | 2.5 | 3 | 25 | 19 |
| | b | 10 | 4.5 | | 42 | |
| | c | 10 | 2.5 | | 10, 25, 55, 90 ^{a)} | 4.75 |
| 15 cm モールドを 用いる方法 | | 15 | 4.5 | 3 | 17, 42, 92 ^{b)} | 37.5 |
| 注 a) 10, 25, 55, 90 回の4種類について行う場合がある。 b) 17, 42, 92 回の3種類について行う。 | | | | | | |

(3) 溶出試験と培養試験用試料

溶出試験と培養試験用試料は、未改良処理土については風乾後に、土壌溶出試験 環境庁告示 46 号に準じて試料粒径 2mm 以下の処理を行い、溶出試験および培養試験用試料とする。改良処理土については、均一混合処理直後の混合土質試料を試料粒径 2mm 以下の篩処理を行い、同様の試験試料とする。

(4) 施工後の品質確認用試料

1) 不攪乱土試料：施工後 28 日後にブロックサンプリング (JGS 1231-1995) を行い、試料を確保する。なお、ブロックサンプリングの頻度は、1,000m² 当たり 1ヶ所、あるいは掘削土工量 1,000m³ 当たり 1ヶ所(施工深さが 1 m を超える場合には土工量基準とする)程度とする。力学試験用の供試体は 10cm 内径に成形する。一方、ブロックサンプルからの溶出試験および培養試験用試料は、ブロックサンプルから土質試料を適当にほぐし、2mm 以下の粒度に調整をしたもので試験を行う。

2) 地下水、大気、土壌ガス：

- ①地下水：施工後に設置された地下水モニタリング用井戸から地下水を採取する。地下水モニタリング井戸は、1,000m² 以上の施工面積においては工事区域内に 1ヶ所設置する。
- ②大気：硫化水素発生モニタリングは、施工区域内 1ヶ所 (地上 10cm 高さ、および 100cm 高さで計測)、敷地境界 1ヶ所(地上 100cm 高さ)の位置でできる限り風上、風下 2ヶ所以上の地点でガス検知管により現場で直接濃度を測定する。なお、同時に測定時の気象 (天候、気温、風向、風速；風向、風速は簡易計測装置があればそれを利用するが、目測でよい) を観測する。また、GPS により観測地点を地図上に書き込む。
- ③土壌ガス：地下空隙のガス(土壌ガス)をモニタリングするため、環境省告示 16 号(平成 15 年 3 月 6 日告示)「土壌ガス調査に係る採取及び測定の方法を定める件」の採取孔及び保護管の設置方法に準じて設置し、テドラーバッグに採取する。なお、採取孔と保護管の間を気体が通過しないよう機密構造とする。モニタリング期間は 28 日とし、その間 7, 14, 28 日、その間 7 日、14 日、28 日を観測日とする。

7.4 試験方法

(1) 強度試験

一軸圧縮試験法あるいはコーン指数試験法を使って供試体の強度試験を行う。

1) 一軸圧縮試験：土の一軸圧縮試験方法 (JIS A 1216) に準じて測定する。一軸圧縮試験機は、ひずみ制御式圧縮装置、ロードセルおよび変位計から構成され、供試体の高さの 15% までの圧縮ひずみを連続的に与え得るように毎分 1% の圧縮ひずみが生じる割合で供試体を圧縮し、圧縮中の圧縮量と圧縮力を測定する。試験結果から供試体の破壊状況、応力-ひずみ曲線、一軸圧縮強さ、および破壊ひずみの情報が求まる。なお、別に供試体の質量及び含水比を計測しなければならない。

- 2) **コーン指数試験**：供試体を養生袋から取り出し、重量を測定後「締固めた土のコーン指数試験 (JIS A 1288)」に準じて測定する。コーン指数試験方法は、供試体の上面より先端角 30°、底面積 3.24cm²の先端コーンを 1cm/s の等速度で貫入させ、供試体表面から 5cm, 7.5cm, 10cm 貫入したときの貫入抵抗力を測定するものである。

(2) 環境安全試験

- 1) **溶出試験**：土壤環境基準への照合のための検液作成方法として平成 3 年環境庁告示第 46 号が定められている。すなわち、上記溶出試験用安定化処理土質試料を固液比 10 で 6 時間反復振盪し、遠心分離後に 0.45 μm メンブレンフィルターでろ過するものである。溶出試験対象の試料は、施工前の事前確認用および施工後の事後確認用である。詳細は「第 3 章 1 有害物質の溶出法」を参照されたい。
- 2) **培養試験**：再生石膏配合による土壤改良処理が施された処理土から施工後に硫化水素が発生するかどうかを判定する試験法である。容積大凡 100mL のブチルゴム栓付き広口バイアルビンを用い、液固比 L/S = 2、ヘッドスペース比 LS/G = 1、土質材料の粒度 2 mm 以下、未殺菌処理、不植種の条件で試料をバイアルに入れた後、窒素ガスでヘッドスペースガスを完全に置換し、培養温度 40°C 恒温のインキュベータで培養を行う。詳細は「第 3 章 2 硫化水素発生ポテンシャルの計測法」を参照されたい。培養試験対象の試料は、溶出試験と同様、施工前の事前確認用および施工後の事後確認用である。1 週、2 週、および 4 週経過後にヘッドスペース内のガスをガスタイトシリンジで吸引し、FPD ガスクロマトグラフにより硫化水素濃度を計測する。

(3) モニタリング

モニタリング項目は地下水の水質（施工区域内および敷地外に設けた地下水サンプリング井戸による）および大気（施工区域内および敷地境界）である。

- 1) **地下水水質**：一般水質項目として水温、溶存酸素、pH、電気伝導度、塩化物イオン、硫酸イオン、アンモニウムイオン、ナトリウムイオン、有機物として TOC、健康項目としてフッ素を分析する。
- 2) **大気質**：一般大気成分（窒素、酸素、二酸化炭素）、硫化水素ガス
- 3) **土壌ガス**：一般大気成分（窒素、酸素、二酸化炭素）、硫化水素ガス、メタン、水素

7.5 判定基準

(1) 強度

国土交通省は、例えば建設発生土に関して大方の強度の目安を用途に応じて表 7.1-2 のように定めている。この表に示されている土質材料としての品質区分、第 1 種処理土～第 4 種処理土は土質材料の強度を示しており、その大凡の強度は表 7.1-3 に示したとおりである。

表 7.1-3 建設汚泥処理土の土質材料としての品質区分と品質

| 区分 | 基準値 | コーン指数 ¹⁾²⁾ qc (kN/m ²) | 備 考 |
|--------|-----|--|-------------------|
| 第1種処理土 | | — | 固結強度が高く礫、砂状を呈するもの |
| 第2種処理土 | | 800 以上 | |
| 第3種処理土 | | 400 以上 | |
| 第4種処理土 | | 200 以上 | |

1) 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

2) スラリー化安定処理土の指標は、7日後の一軸圧縮強さとする

建設汚泥処理土利用技術基準：<http://www.mlit.go.jp/tec/kankyoun/hasseido/pdf/odeisyorikijyun.pdf>

表 7.1-4 人の健康に関する地下水環境基準および土壌環境基準

| 項 目 | 基準値 | | 項 目 | 基準値 | |
|-----------------|--------------|------------|----------------|-------------|--------|
| | 地下水環境基準 | 土壌環境基準 | | 地下水環境基準 | 土壌環境基準 |
| カドミウム | 0.01mg/L 以下 | " | 1,1,2-トリクロロエタン | 0.006mg/L以下 | " |
| 全シアン | 検出されないこと。 | " | トリクロロエチレン | 0.03mg/L 以下 | " |
| 鉛 | 0.01mg/L 以下 | " | テトラクロロエチレン | 0.01mg/L 以下 | " |
| 六価クロム | 0.05mg/L 以下 | " | 1,3-ジクロロプロペン | 0.002mg/L以下 | " |
| 砒素 | 0.01mg/L 以下 | " | チウラム | 0.006mg/L以下 | " |
| 総水銀 | 0.0005mg/L以下 | " | シマジン | 0.003mg/L以下 | " |
| アルキル水銀 | 検出されないこと。 | " | チオベンカルブ | 0.02mg/L 以下 | " |
| PCB | 検出されないこと。 | " | ベンゼン | 0.01mg/L 以下 | " |
| ジクロロメタン | 0.02mg/L 以下 | " | セレン | 0.01mg/L 以下 | " |
| 四塩化炭素 | 0.002mg/L以下 | " | 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素 | 10mg/L 以下 | " |
| 1,2-ジクロロエタン | 0.004mg/L以下 | " | ふっ素 | 0.8mg/L 以下 | " |
| 1,1-ジクロロエチレン | 0.1mg/L 以下 | 0.02mg/L以下 | ほう素 | 1mg/L 以下 | " |
| シス-1,2-ジクロロエチレン | 0.04mg/L 以下 | " | 1, 4-ジオキサン | 0.05mg/L以下 | " |
| 1,1,1-トリクロロエタン | 1mg/L 以下 | " | | | |

(2) 環境基準

地盤改良資材として、再生石膏の他に高炉Bセメント、石灰、酸化鉄、あるいは石炭灰が製品化され、実際に利用されている。したがって、確認される基準項目は再生石膏に特有なフッ素だけでなく、健康項目も必要になる。また、用途が地盤であることから地下水環境基準および土壌環境基準を遵守しなければならない（表 7.1.4）。フッ素の環境基準および溶出基準は、0.8mg/Lである。

(3) 硫化水素に関する判定基準、環境基準

1) 判定基準

ここで示す判定基準は、バイアル培養試験における硫化水素発生ポテンシャルを示す判定基準である。第3章2節で示した培養方法、およびこの培養法によってわが国の代表的な土壌に改良処理を施した土質材料について得られた結果（第6章2節）、および同じく第6章2節に示した硫黄温泉浴室に関する硫化水素規制値（表 7.1-5）より、暫定的ではあるが判定基準濃度を 10ppmv とする。また、1つの配合条件に対して3本の培養を行い、全てのバイアルで硫化水素濃度が 10ppmv を超えないことを判定の条件とする。

2) 敷地境界基準

悪臭防止法施行規則、附則（平成20年12月1日環境省第16号）別表第1（表 7.1.6）に定められている規制値によると敷地境界における硫化水素濃度は 0.02～0.2ppmv である。

3) 施工区域内における硫化水素発生の目安

本利用基準では施工品質確認のために施工区域内での硫化水素発生のモニタリングを義務づけている。モニタリングヵ所および発生していないと確認される目安の濃度を示すと以下のようになる。

①土壌ガス：1,000m²に1ヶ所 10 ppmv

②施工区域内大気：地上 10cm 1 ppmv、 地上 100cm 敷地境界と同程度の濃度

表 7.1-5 温泉利用基準（浴室内の大気中の硫化水素濃度に関する基準）⁶⁾

| 利用施設の構造 | 換気構造（換気口または換気装置）の開口部を2ヵ所以上設ける。そのうち1ヵ所は浴室床面と同じ水準に設ける |
|--------------------|---|
| 浴槽湯面から上位10cmの位置の濃度 | 20 ppmv |
| 浴室床面から上位70cmの位置の濃度 | 10 ppmv |

表 7.1-6 敷地境界線における悪臭の規制基準

| | 特定悪臭物質名 | 規制基準(ppm) |
|----|---------------|--------------|
| 1 | アンモニア | 1~5 |
| 2 | メチルメルカプタン | 0.002~0.01 |
| 3 | 硫化水素 | 0.02~0.2 |
| 4 | 硫化メチル | 0.01~0.2 |
| 5 | 二硫化メチル | 0.009~0.1 |
| 6 | トリメチルアミン | 0.005~0.07 |
| 7 | アセトアルデヒド | 0.05~0.5 |
| 8 | プロピオンアルデヒド | 0.05~0.5 |
| 9 | ノルマルブチルアルデヒド | 0.009~0.08 |
| 10 | イソブチルアルデヒド | 0.02~0.2 |
| 11 | ノルマルバレールアルデヒド | 0.009~0.05 |
| 12 | イソバレールアルデヒド | 0.003~0.01 |
| 13 | イソブタノール | 0.9~20 |
| 14 | 酢酸エチル | 3~20 |
| 15 | メチルイソブチルケトン | 1~6 |
| 16 | トルエン | 10~60 |
| 17 | スチレン | 0.4~2 |
| 18 | キシレン | 1~5 |
| 19 | プロピオン酸 | 0.03~0.2 |
| 20 | ノルマル酪酸 | 0.001~0.006 |
| 21 | ノルマル吉草酸 | 0.0009~0.004 |
| 22 | イソ吉草酸 | 0.001~0.01 |

7.6 再生石膏の品質基準

(1) 有害物質

地盤改良材の配合によって改良土が土壌汚染を起こしてはならない。しかしながら、過去の石膏ボード製品には有害物質が混入したものがあつた。それは、以下の製品であることがわかっている

表 7.1-7 に示した石膏ボードは、ヒ素等が溶出することが判明している。昭和 45 年~61 年までに製造された製品の内、表 7.1-8 に挙げる石膏ボード製品にはアスベストが使用されたものがある(ただし、この期に製造された対象製品は約 1%弱であり、また一般住宅にはほとんど使われていない。

以上のように過去の石膏ボードには一部、ヒ素やアスベストが含まれている。そこで、廃石膏ボードのリサイクル率を上げ、用途拡大を図って行くにはこれらの有害物質を含んだ廃石膏ボードを確実に排除することができるチェックシステムが必要になる。

その上で、用途(需要)側から見た再生石膏の品質基準を構築する必要がある。用途サイドから見ると、再生石膏製品の溶出試験およびアスベスト試験から判断する必要がある。

表 7.1-7 ヒ素含有石膏ボードの製造工場と販売先

| 製造工場 | 製造期間 |
|------------------|--|
| 小名浜吉野石膏(株) いわき工場 | 昭和48年～平成9年4月 |
| 日東石膏ボード(株) 八戸工場 | 平成4年10月～平成9年4月 |
| 主要販売先 | 北海道、青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県、茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、新潟県、長野県 |

表 7.1-8 アスベスト含有石膏ボード製品の種類と製品番号

| 製品名 | 防火材料認定番号 |
|-----------------------|-------------------|
| ① 9mm厚準不燃石膏吸音ボード | 第 2006 号、第 2019 号 |
| ② 9mm厚化粧石膏吸音ボード | 第 2014 号、第 2010 号 |
| ③ 7mm厚アスベスト石膏積層板 | 第 1012 号 |
| ④ 9mm厚アスベスト石膏積層板 | 第 1013 号 |
| ⑤ 9mm厚グラスウール石膏積層板 | 第 1014 号 |
| ⑥ 9mm厚不燃石膏積層板 | 第 1004 号 |
| ⑦ 7mm厚準不燃アスベスト石膏積層板 | 第 2008 号 |
| ※1 15mm厚ガラス繊維網入り石膏ボード | — |
| ※2 12mm厚化粧石膏板 | (個) 第 1425 号 |

※1・※2：判別方法は下記追記参照。

(2) 再生石膏

石膏は硫酸カルシウム (CaSO₄) を主成分とする鉱物であり、結晶水により 2 水石膏、半水石膏、無水石膏の 3 つの形態をもつ。さらに無水石膏は、Ⅰ型 (高温型無水石膏:結晶形は不明)、Ⅱ型 (不溶性無水石膏:斜方晶) およびⅢ型 (可溶性無水石膏:六方晶) に分類される。自然状態では結晶水を 2 つもつ 2 水石膏 CaSO₄・2H₂O が最も安定であるが、160～180℃で脱水加熱すると半水石膏 CaSO₄・1/2H₂O に変化する。さらに 160～300℃でⅢ型無水石膏、650℃でⅡ型無水石膏、さらに高温でⅠ型無水石膏となる。半水石膏およびⅢ型無水石膏は、水和反応により二水石膏となり、固化する。Ⅲ型無水石膏は大気中の水分を吸収し、瞬時に半水石膏となる。

再生石膏の地盤改良資材としての機能は、二価の陽イオンとしての効果としての凝集機能および固化機能である。前者は結晶の形態によらず水溶性が評価される。一方、後者は半水石膏の二水化による固化作用と結晶水を取り込むことによる脱水作用が評価される。さらには固化反応に比べると時間的に遅くなるが、1 ヶ月でも起こるエトリンタイトの形成による強度増加がある。以上より、用途に応じて再生石膏の加熱脱水処理が必要となる。一方、再生石膏が地盤改良等の用途で再利用される際には、その由来となる廃石膏ボード資源化施設における紙およびセルロース繊維などの不純物が固化やエトリンタイト形成に影響を与える恐れがある。

以上のように再生石膏を利用する際に品質に留意する必要があるが、現段階で品質を規定するものは明確に示されていない。したがって、利用時に委託者および契約者間で個々に取り決めをする必要がある。

7.7 まとめと課題

廃石膏ボードの再利用製品である再生石膏を地盤改良材として利用する場合の利用基準の素案を提案した。

しかし、現時点で明確な論拠を出せていないものがある。例えば、労働環境基準では特定化学物質発生原の施設における管理濃度は 5ppmv であるが、浄化槽等非特定発生源においては 10ppmv、硫黄泉浴室における許容濃度床面より 70cm 高において 10ppmv、湯面において 20ppmv が定められています。これらの規制値や管理濃度と硫化水素ガスの発生ポテンシャルで判定するバイアルビンヘッドスペース濃度を 10ppmv としたことに対する理論的根拠は明確にはない。

また、硫化水素の判定における培養試験の培養数を 3 本としているが、この課題も硫化水素濃度が非常に高いところでの培養条件であったために、分散に寄与する原因を追及できなかった。さらなる培養条件の検討を進め、10ppmv 周りでの培養精度を高める必要がある。

7.8 参考文献

1) 発生土利用基準について(国土交通省) :

<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/pdf/recyclehou/manual/180810hassei.pdf>

2) 例えば、セメント系改良土の適正な配合・施工方法について (国土交通省) :

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn0531pdf/ks053108.pdf>

3) 安定処理土の突き固めによる供試体作製方法 : 地盤工学会基準(案) JGS 0811:0000

4) 温泉利用基準について : <http://www.env.go.jp/hourei/syousai.php?id=18000013>

7.9 関連する発表論文

なし

7.10 知的所有権の取得状況

なし