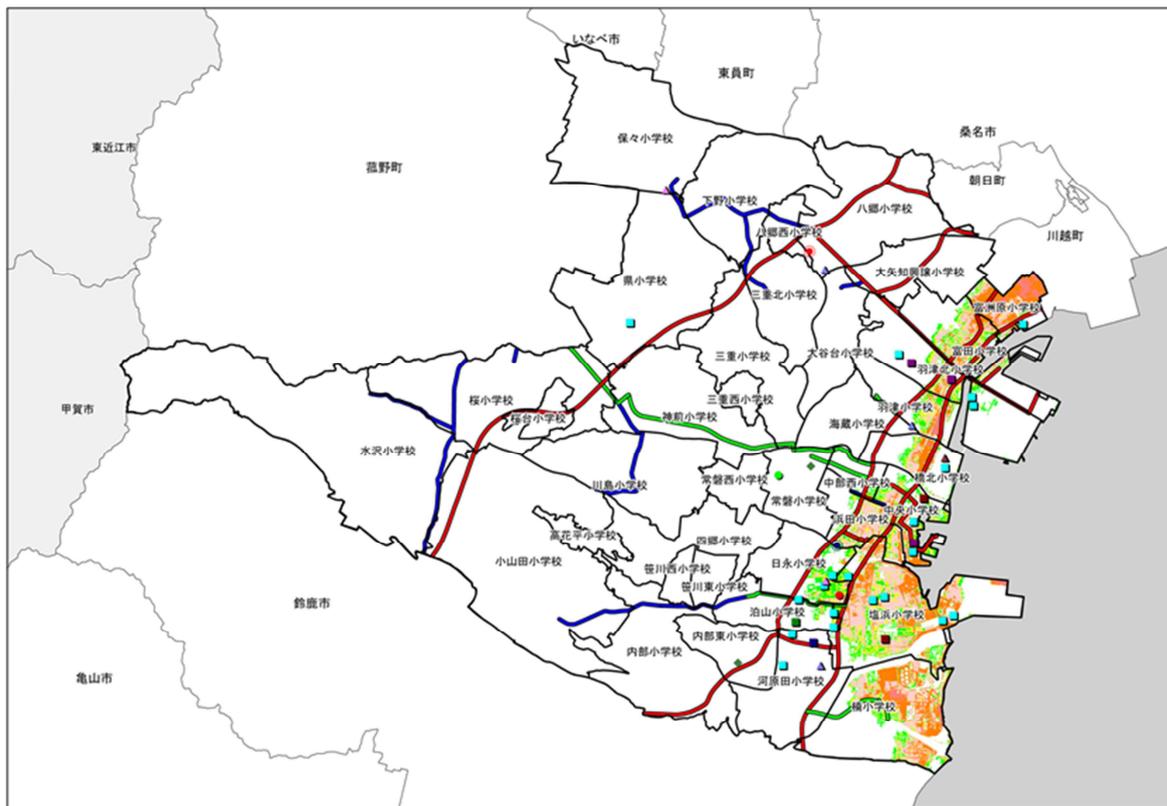


(1) L1 地震



(2) L2 地震

図 3.4.20 化学物質を取り扱う事業所と浸水域図の重ね合わせ

3.4.2.6 四日市市の災害・被災特徴

今までの解析結果を踏まえて、四日市市の災害特性と被災特性を列挙した。

- (1) 地殻変動：南側で最大 70cm（沿岸沿いでは北側で 0.55m）の沈下が生じる
- (2) 津波：最大が津波水位 3m。内湾なので、周期 1 時間程度の長周期波であり、強烈なエネルギーは持っていない。引き波としてジワリジワリと下がり始め、その後ジワリジワリと上がり始める。
- (3) 陸域を遡上する津波の流速は、概ね 1m/sec 未満。長期湛水地域が存在する。
- (4) 津波堆積物：四日市港の海底表土とするとシルト・粘土分が多いと想定される。
- (5) 有害物質：沿岸域に工場や油貯留タンクある。L2 地震において、床上浸水（浸水深 50cm 以上）被害は 9 事業所、L1 は 0 事業所と見積もられる。
- (6) 土地利用：木造建物が集中している地域がある。

災害廃棄物と津波堆積物の種類と発生量の精度ある推定が、処理計画・復興計画に大きく影響する。今回、四日市市の特徴を把握したが、これら特徴に注目して、災害廃棄物と津波堆積物の種類と発生量の推定に対する、さまざまな仮定を吟味し、地域特性を網羅した予測手法の更新を目指す。また、今回、四日市市に地域を特定したが、その他の地域に対しても等しく、災害廃棄物と津波堆積物の種類と発生量の推定の精度を上げる必要がある。さまざまな都市でも同様の作業をするための具体的な方策を検討してゆかねばならない。

3.4.3 津波堆積物・分別土砂の利活用と中間処理フローの最適化

3.4.3.1 模擬津波堆積物の物性および力学特性⁹⁾

3.4.2 において、南海トラフ巨大地震が起こった際の四日市市における災害廃棄物・津波堆積物が推定された。災害廃棄物等は被災地復興の妨げとなることから、津波堆積物や二次仮置場での高度分別処理で生成する分別土の有効利活用は重要な課題である。そこで、本研究では対象地域の四日市港内にて採取された河口堆積物 2 種類、すなわち粗粒分が卓越した粒度と細粒分が卓越した粒度を持つ試料（前者を砂、後者を粘土と呼ぶ）を用い、津波堆積物の想定粒度範囲を網羅できるように 5 種類の砂・粘土混合土砂を作製した。混合率は乾燥重量比で砂 100%、砂 75%と粘土 25%、砂 50%と粘土 50%、砂 25%と粘土 75%、粘土 100%とし、それぞれの混合土砂を順に S100C0、S75C25、S50C50、S25C75、S0C100 と呼ぶ。

表 3.4.5 に土粒子密度および工学的分類を、図 3.4.22 に粒径加積曲線と高井ら¹⁰⁾がまとめた東日本大震災における津波堆積物の粒径加積曲線を示す。図 3.4.22 は 5 種類の混合土砂が東日本大震災における津波堆積物の粒径の範囲を内包していることを示している。別途、岩手県の 7 地区の破碎・選別処理で得られた分別土の粒度¹¹⁾とも比較しており、本試料は、地区に応じた粒度も対応していることを確認している。

表 3.4.5 土粒子密度と工学的分類

項目	S100C0	S75C25	S50C50	S25C75	S0C100
土粒子密度 $\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$	2.627	2.637	2.650	2.664	2.681
地盤材料の分類名 分類記号名	細粒分 礫まじり砂 S-FG	礫まじり 細粒分質砂 SF-G	礫まじり 細粒分質砂 SF-G	砂質 細粒土 FS	砂混じり 粘土 CH-S

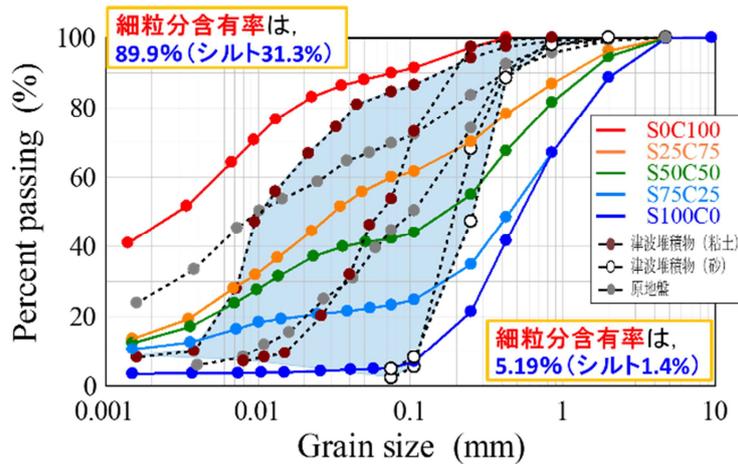


図 3.4.22 粒径加積曲線

図 3.4.23 に締固め曲線を示し、表 3.4.6 にコーン貫入試験結果を示す。締固め曲線は粒度の影響を受け、砂の混合率が多くなるほど曲線はシャープに、最大乾燥密度は大きく、最適含水比は小さくなる。また、表 3.4.6 のようにすべての混合土砂は最適含水比において $q_c=800\text{kPa}$ を上回る。なお、発生土利用基準¹²⁾では土質材料の工学的分類も勘案する必要があり、表 3.4.5 に示した工学的分類より S100C0, S75C25, S50C50 は第 2 種建設発生土以上、S25C75, S0C100 は第 3 種建設発生土に分類される。

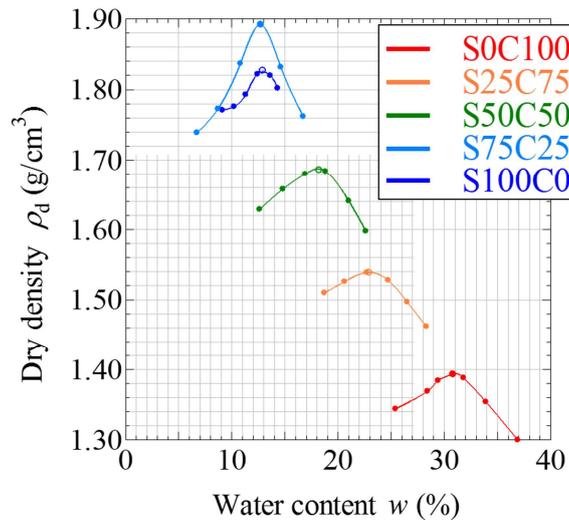


図 3.4.23 締固め曲線

表 3.4.6 最適含水比におけるコーン指数

試料名	S100C0	S75C25	S50C50	S25C75	S0C100
コーン指数 q_c (kPa)	8947.2	3402.5	1675.6	2037.0	3102.2

津波堆積物は初期含水比が最適含水比よりも高い状態にあることが想定されることから、含水比の違いが及ぼすコーン指数の影響を調べた。図 3.4.24 より含水比が高くなるほどコーン指数が低下し、津波堆積物の初期含水比が表 3.4.7 の含水比以上である場合、利活用できない可能性がある。逆にいうと、最適含水

比では十分な強度を有していることから、含水比を下げることで、つまり乾燥も有効な改良工法の一つといえる。さらに図 3.4.24 から粒度調整も改良工法の一つに挙げられる。津波堆積土の有効利用用途に応じた粒度、含水比の特定が重要となる。また、泥土で利用が困難な土砂はセメント等の固化材添加で利用できるようになる。図 3.4.24 には、 $w=40\%$ で泥土に分類される SOC100 に対し乾燥重量比で 3.0%、5.0% のセメントを添加した後、突き固めて作製した供試体（7 日間恒温室で空気養生）のコーン貫入試験結果も示している。図 3.4.24 よりセメントを添加するだけでも含水比は低下し、強度については 5% 程度乾燥側のものと同程度を示した。

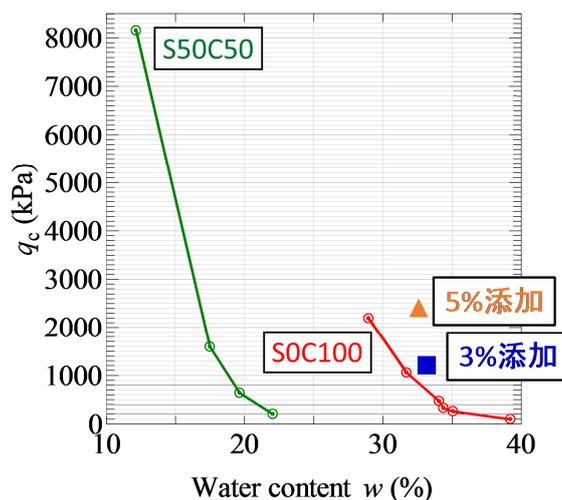


図 3.4.24 コーン指数—含水比関係

表 3.4.7 各基準を満たさなくなる含水比(%)

試料名	第2種の基準	第3種の基準	第4種の基準
S50C50	19.3	21.0	22.1
SOC100	32.7	34.2	37.0

3.4.3.2 模擬津波堆積物の環境安全性と危険有害物質保有量の推定¹³⁾

四日市市は日本有数の工業地帯であり、想定外の被害を避けるため、地震津波災害による化学物質の漏洩の可能性も考慮することが望ましい。化学物質が混入した津波堆積物の環境安全性を検討する前段階として、初期値を確認すべく津波堆積物から有害物質（ここでは重金属類）の溶出があるのか否か明らかにする必要がある。そこで、混合土砂の環境安全性を、環告 46 号試験による土壌溶出量および拡散溶出試験より評価した。表 3.4.8 は土壌溶出量の結果を示しており、いずれの元素においても土壌溶出量基準を下回った。津波等によって海底や河川堆積物が打ち上げられた津波堆積物や高度分別処理で生成した分別土砂から重金属類が検出された場合、自然由来である可能性は低いと考えられる。

表 3.4.8 海底堆積物、河川堆積物の土壌溶出量(mg/L)

試料	Pb	As	Se	Cd
海底堆積物	< 0.001	0.005	0.004	< 0.001
河川堆積物	< 0.001	0.003	0.001	< 0.001

つぎに、有害物質（ここでは重金属類を対象）を含んだ分別土砂の有効活用を考えていく上では、どれほどの重金属類が津波堆積物に混入した場合に汚染された津波堆積物となるか評価する必要がある。鉛を重金属類の代表として、重金属類吸着等温線から重金属類吸着特性を評価した。図 3.4.25 に鉛吸着等温線を示す。表 3.4.9 はその吸着等温線から求めた土壌溶出量基準を超過する際の鉛吸着量(以下、超過鉛吸着量)とその吸着量から算出した初期鉛濃度を示す。ここで、初期鉛濃度とは、混合土砂と混合する前の鉛濃度のことである。河川堆積物(砂)における超過鉛吸着量は 0.001(mg/g)であり、海底堆積物(粘土)における超過鉛吸着量 0.110 (mg/g)と比較し、鉛吸着特性が極めて低かった。また、初期濃度は、砂は 0.02 (mg/L)であり、粘土の 1.11(mg/L)と比較し、極めて低濃度だった。このことから河川堆積物が流失した場合、ごく低濃度の鉛漏出が発生した場合でも土壌溶出量基準を超える津波堆積物が発生する可能性が推測された。また、海底堆積物と河川堆積物を混合時には、粘土:砂=2:1 の超過鉛吸着は 0.019(mg/g)、粘土:砂=1:1 における超過鉛吸着量は 0.012(mg/g)、粘土:砂=1:2 における超過鉛吸着量は 0.012(mg/g)となり、混合比率が異なっても鉛超過吸着量には大差はなかった。このことから、海底堆積物と河口堆積物が混合した津波堆積物が発生した場合は、鉛漏出の汚染による危険性は同程度と推測された。

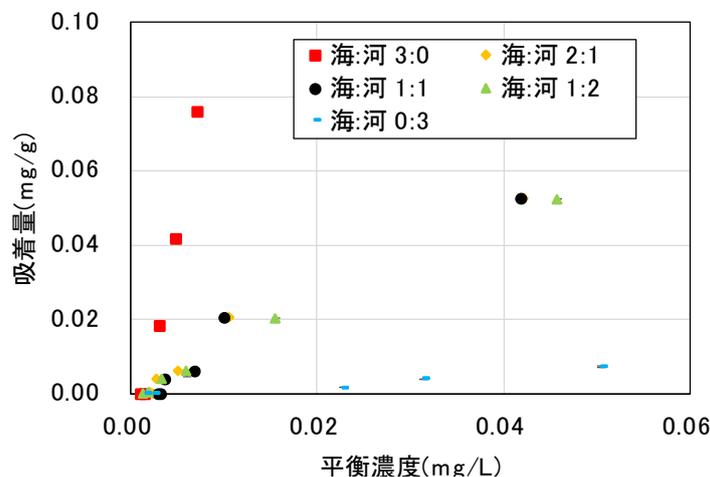


図 3.4.25 模擬津波堆積物に対する鉛吸着等温

表 3.4.9 土壌溶出量基準を超過する際の鉛吸着量と初期濃度

海底:河川	溶出量基準超過時の吸着量(mg/g)	初期濃度 (mg/L)
3 : 0	0.110	1.11
2 : 1	0.019	0.20
1 : 1	0.012	0.13
1 : 2	0.012	0.13
0 : 3	0.001	0.02

表 3.4.9 の超過鉛吸着量と津波堆積物発生時の津波堆積物発生時の津波堆積物高をもとに危険鉛保有量を算出した。なお津波堆積物高は、内閣府方式による災害廃棄物発生量の推計方法をもとに、四日市市での津波堆積物高を 0.04m とし、算出を行った。その結果、ある地点から半径 500m の円状の浸水と考えた際には海:河=3:0 では、5023.1(kg)、海:河=0:3 では、38.9(kg)と大きな差が生じていた。このことから津波堆積物の性状、および土砂性質により、危険鉛保有量の差が生じることが示唆された。また、河川堆積物が津波堆積物となって生じた場合には、比較的低濃度の鉛の漏出でも土壌溶出量基準を超過する可能性

が示唆された。また、海:河=2:1, 1:1, 1:2 の混合比率の津波堆積物は、それぞれ 866.0(kg), 550.6(kg), 563.2(kg)と差がないものと考えられた。このことから、混合比率が異なる土砂が発生しても、危険鉛保有量に関しては大きな差が生じないものと考えられた。

3.4.3.3 災害廃棄物等の質を考慮した破碎・選別方法の整理と処理フローの構築

(1) 分別土砂中の夾雑物混入率¹⁴⁾

分別土砂中の夾雑物は可燃系のもの（木屑，紙，繊維，ビニール，プラスチック，など）と不燃系のもの（金属，ガラス，コンクリート，陶磁器類，など）とに大別される。夾雑物が混入した地盤材料の特性の解明については多くの研究者・技術者が取り組んでいるが，特に腐朽・腐食して分解消失する木屑等が混入した土の中・長期的な挙動を明らかにするまでには至っていない。本研究による調査によれば，ふるい目の大きさや加熱条件，さらには分別土砂を採取した地域や地理・地形条件，土質条件などが異なるが，収集した分別土砂中の可燃系夾雑物の混入率に関する報告 32 編によれば，組成分析から求めた木屑等の混入率は 0.22～20.7%，強熱減量は 1.2～21.8%となっており，同一試料の場合は強熱減量が組成分析の値を上回っていた。なお，組成分析から求めた不燃系夾雑物の混入率は 0.8～23.1%（報告論文数 4 編）であった。これら得られた夾雑物の混入率に基づいて，夾雑物の混入率と分別土砂の地盤工学特性，環境安全性との関係を検討していく予定である。

(2) 災害廃棄物等の質を考慮した破碎・選別処理フローの構築

災害廃棄物と津波堆積物の有効利活用を進めるためには，四日市市の特徴を考慮しなければならない。ここでは，岩手県・宮城県の二次仮置場での中間処理フロー等を参考にして，新たな中間処理フローについて提案する。まずは，中間処理フローの中で欠かせない作業としての破碎・選別方法において，以下の点に注意する必要がある。

- ①長期湛水による影響：搬送体制の確保，分別処理期間，処理場所の確保，
- ②災害廃棄物等発生量：がれき類と比べて津波堆積物が多い，
- ③処理困難物（特定有害物質）が沿岸域に発生する。

そこで，中間処理フローを①四日市の沿岸部（コンビナート），②内陸平地部，③内陸山際部の 3 地域に分類した。図 3.4.26 は四日市の沿岸部（コンビナート）処理のフローである。沿岸部の特徴としては，災害廃棄物等に油類，有害物質の含有を想定しなければならない。加えて，津波堆積物の発生量も多くなる（油類・有害物質が含まれている）。したがって選別前に災害廃棄物と津波堆積物の洗浄のプロセスを取り入れた。図 3.4.27 は，内陸平地部の処理フローを示している。内陸平地部では，油類・化学物質を想定しなくても良いので，洗浄のプロセスがなくなる。ただし，確認された場合には適正処理を行う。また，沿岸部に比べて津波堆積物の発生量が少ないため，選別後に洗浄，改質を行うことで有効利活用ができるようにした。図 3.4.28 は，内陸山際部の処理フローを示している。内陸山際部では，化学物質がないことに加え，津波堆積物も発生しない。考慮すべきなのは，災害廃棄物のみになるため，災害廃棄物の処理フローのみ作成した。

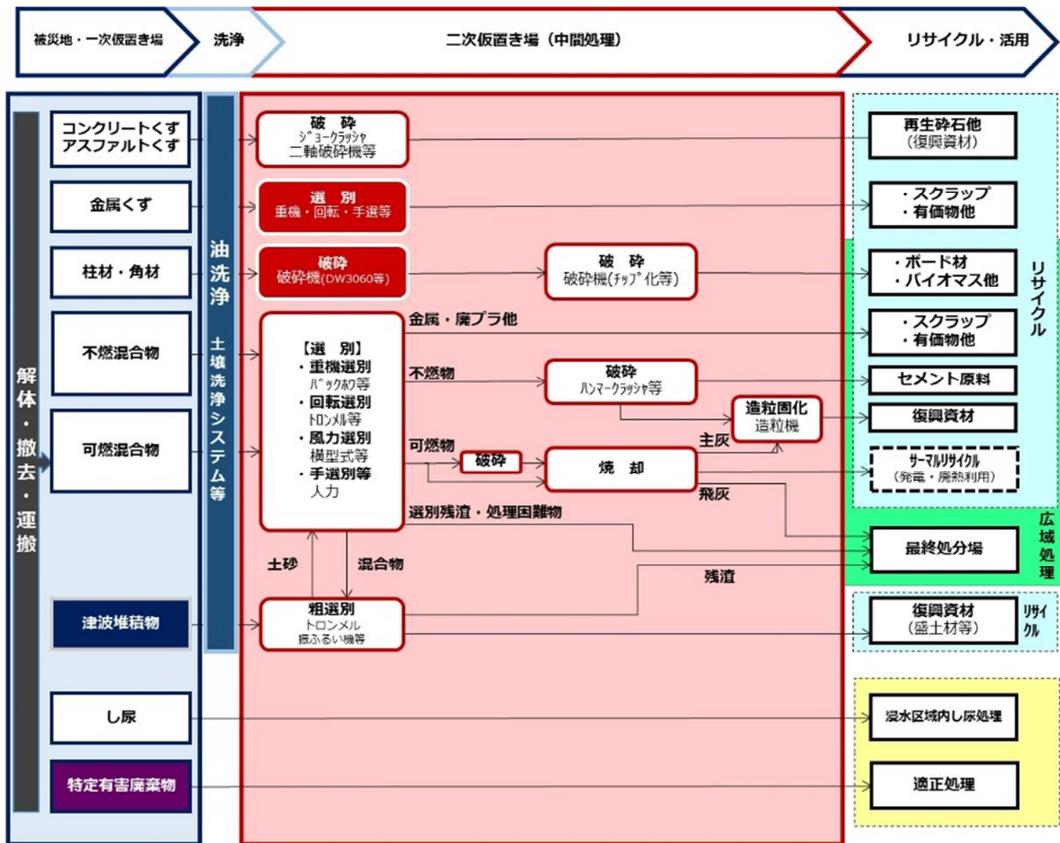


図 3.4.26 沿岸部における破砕・選別処理フロー

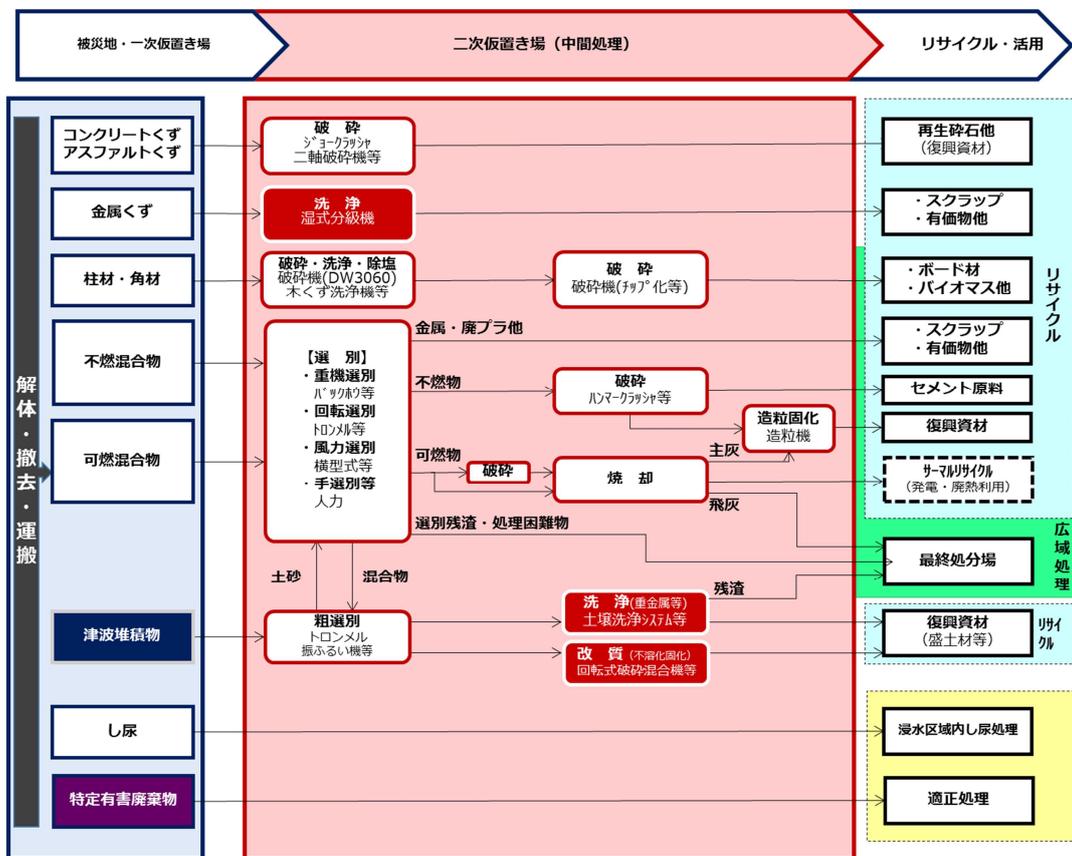


図 3.4.27 内陸平地部における破砕・選別処理フロー

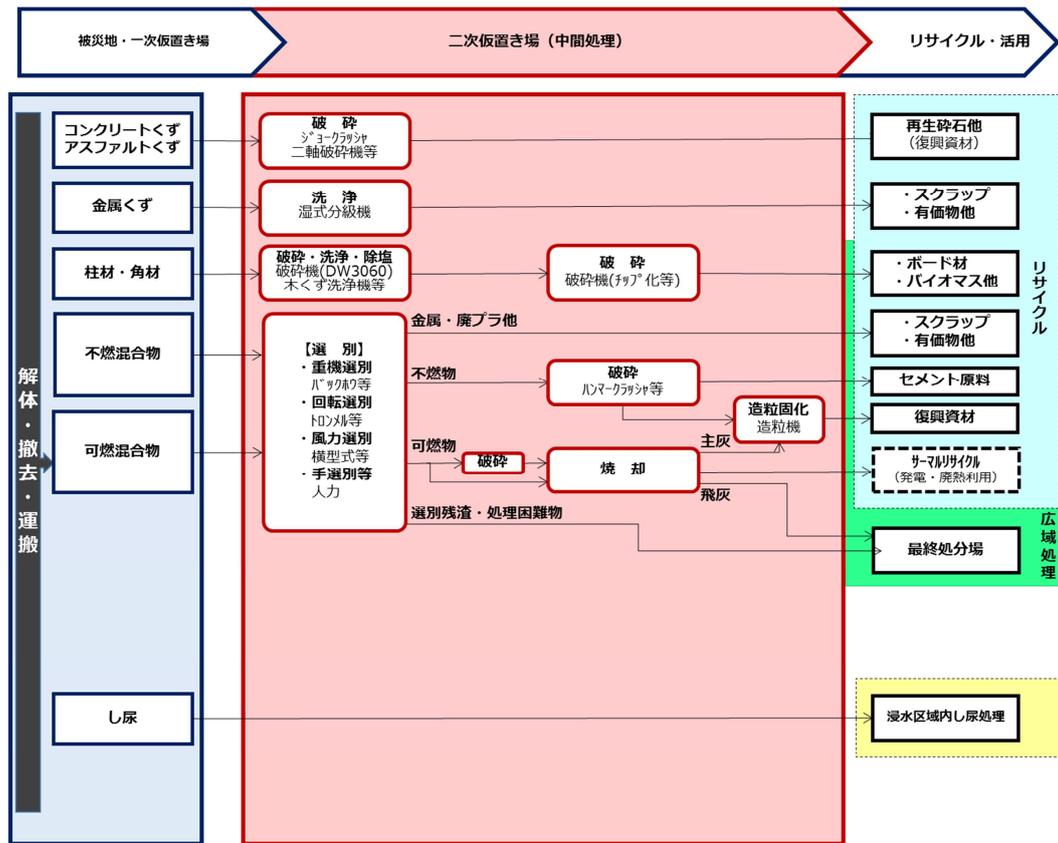


図 3.4.28 内陸山際部における破碎・選別処理フロー

有害物質等を考慮した標準的な破碎・選別処理フローを構築するためには、対象とすべき有害物質を抽出する必要がある。本WGでの議論を通じ、アスベスト、PCB、ベンゼン（油）、ダイオキシン類、重金属類が有害物質として抽出された。また、ベンゼン、エチレンオキシド、ホルムアルデヒドが処理作業の環境安全性確保の物質として抽出された。議論の経過を以下に記す。四日市に保管されているPRTR物質の工場位置情報と津波浸水範囲を地図上でプロットしたところ浸水範囲に含まれるPRTR物質は、ニッケル、エチレンオキシド、ホルムアルデヒドであった。エチレンオキシド、ホルムアルデヒドは揮発性が高いので、土壌に混入しても自己揮発によって土壌へ残留する量は少ないと考えた。しかし、揮発性が高いことは作業環境に拡散する可能性があることを示すため、両物質を環境安全性確保の必要な物質として考えた。四日市市役所や四日市コンビナート工場群へ視察やヒアリングの結果、工場群で使用する化学物質は多岐に渡るものの、震災や津波に対する対策が十分に施されていた。例えば、震災や津波が発生した場合には、自動的に工場内のパイプ流路がシャットダウンされる仕組みが出来上がっている。しかしながら、パイプ流路内に残存した物質は、漏出する可能性が残っている。これらパイプ内の物質の漏出をどのように考えていくかは今後の課題である。以上のことから、四日市コンビナート工場群から漏出する危険性がある物質としてもっとも四日市コンビナート工場群で保管量が多い油（ベンゼン）を対象とした。またこのほかに物質として、一般的都市域で考慮すべき、アスベスト、PCB、ダイオキシン類、重金属類を対象とした。これらの有害物質の処理対策フローの検討事例を図3.4.29～図3.4.32に示す。図3.4.29～図3.4.32で示したように抽出した物質ごとに対策技術を検討していき、次段落で検討した破碎・選別処理フローとの連携を今後検討する必要がある。

◎アスベスト・石膏ボードについて

・アスベスト: 昭和50年建物へのアスベストの吹きつけが原則禁止(重量5%超が規制対象)
: 平成7年(重量1%超が規制対象)

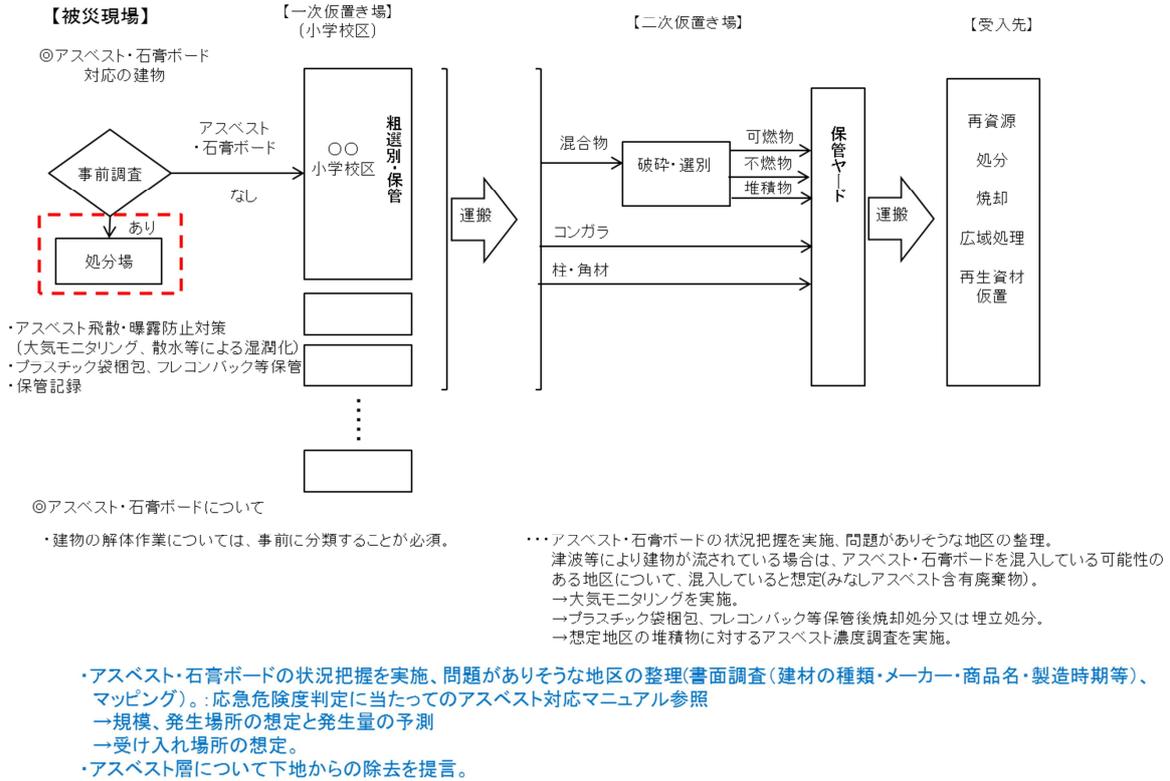


図 3.4.29 アスベストを含んだ分別土砂の処理対策フロー

◎PCBについて

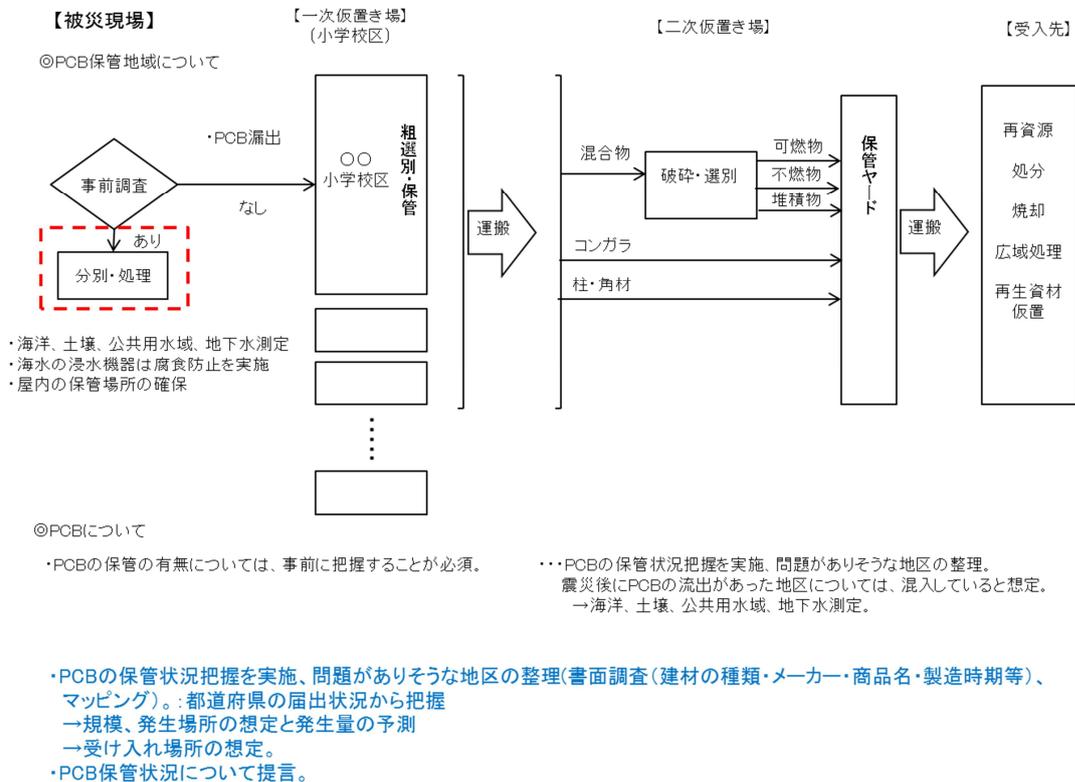


図 3.4.30 PCB を含んだ分別土砂の処理対策フロー

◎油(+ベンゼン)について

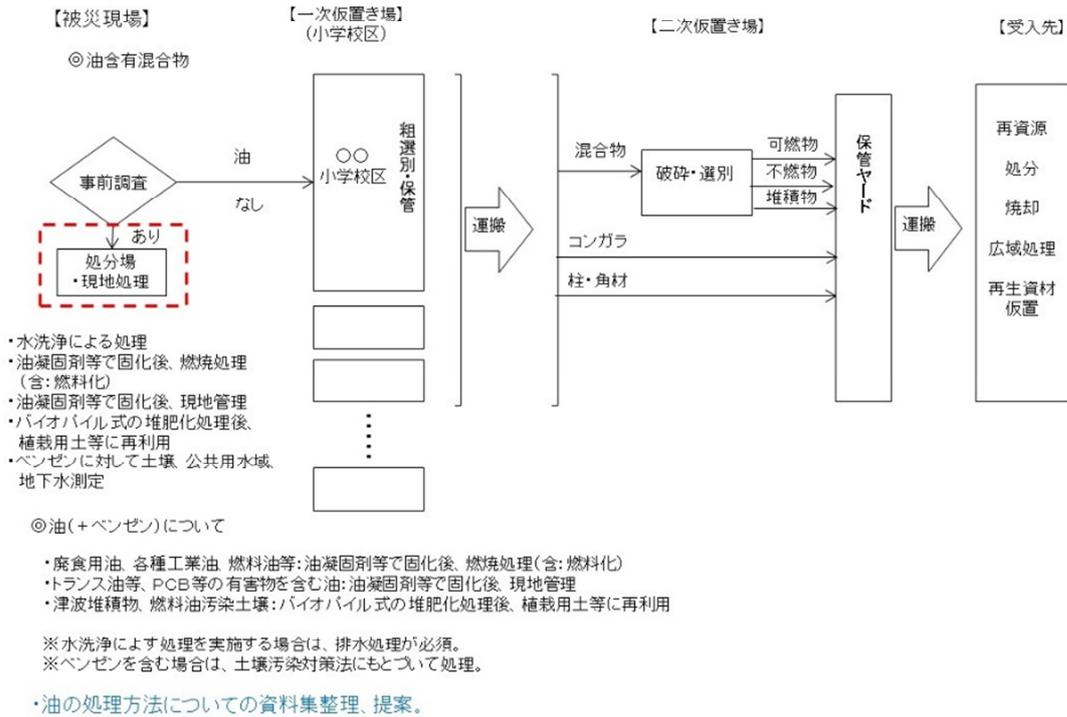


図 3.4.31 油（ベンゼン）を含んだ分別土砂の処理対策フロー

◎重金属について

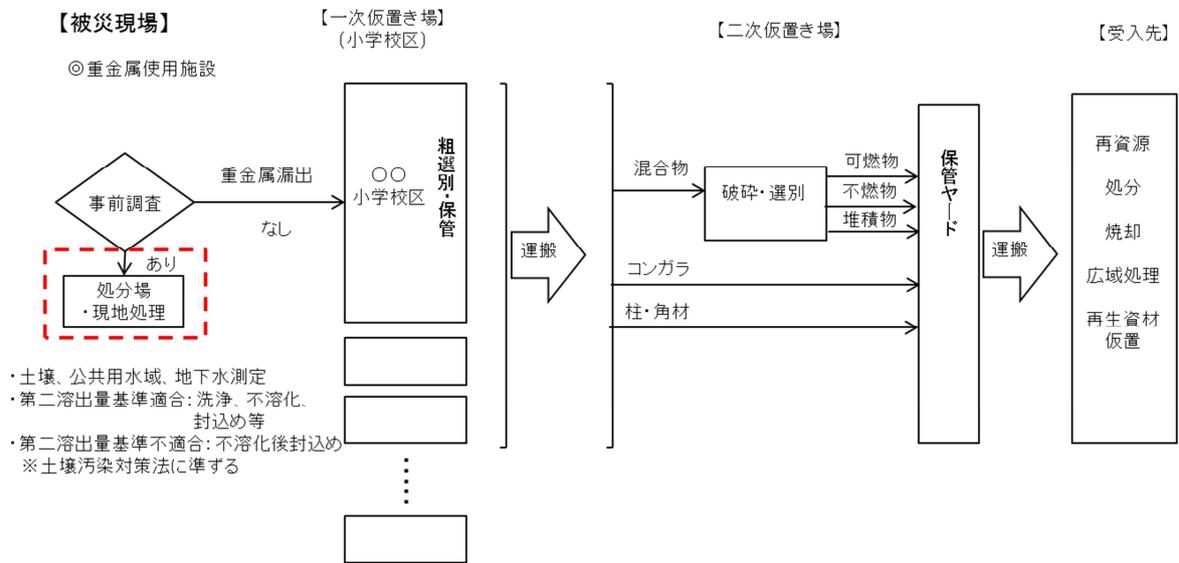


図 3.4.32 重金属を含んだ分別土砂の処理対策フロー

3.4.3.4 四日市市において想定される災害廃棄物発生量に対する仮置場面積と処理施設面積の推計

ここでは実際に想定して、一次仮置場の必要面積と、二次仮置場において高度な破砕選別処理を行うために必要な処理施設の面積の算定を行う。3.4.3.3 での処理フローでも示したように、災害廃棄物発生量、仮置場および処理施設の面積等についても L1 地震、L2 地震ともに 3つの地区（沿岸部、内陸平地部、内

陸山際部) に分けて算定する。津波堆積物が発生するか否かで分別処理方法が大きく異なるため、二次仮置場として次の3か所をピックアップした。小学校区ごとの災害廃棄物等発生予測量より、対象となる3つの地区は、沿岸部は津波堆積物が発生する場所、内陸平地部は津波堆積物がほとんど発生しない場所、内陸山際部は津波堆積物が発生しない場所とし、内陸平地部と内陸山際部は災害廃棄物等の発生量に大きな差が生じないように区分けした。L1, L2 地震を想定した地区ごとの災害廃棄物発生予測量の集計を表3.4.10, 表3.4.11に示す。

表 3.4.10 L1 地震の地区ごとの集計した災害廃棄物発生量

単位(t)

区分	災害廃棄物等発生量	災害廃棄物(がれき類)					津波堆積物
		木屑	コンクリートがら	金属くず	その他(残材)	合計	
沿岸部	945,883	31,486	101,423	5,650	29,607	168,166	777,717
内陸平地部	35,129	6,549	21,173	1,179	6,140	35,041	88
内陸山際部	21,983	3,515	15,145	811	2,512	21,983	0

表 3.4.11 L2 地震の地区ごとの集計した災害廃棄物発生量

単位(t)

区分	災害廃棄物等発生量	災害廃棄物(がれき類)					津波堆積物
		木屑	コンクリートがら	金属くず	その他(残材)	合計	
沿岸部	2,769,006	292,367	1,021,207	56,269	258,524	1,628,367	1,140,639
内陸平地部	744,154	145,969	427,515	24,156	146,087	743,727	427
内陸山際部	504,922	94,030	306,061	17,028	87,768	504,887	35

(1) 一次仮置場の必要面積の推計

表3.4.10, 表3.4.11で得られた地区ごとの集計量を基に、災害廃棄物等の見かけ比重(可燃系0.4 t/m³, 不燃系1.1 t/m³), 積み上げた高さ(5m), 作業スペース割合(保管スペースと同スペース)を利用し、一次仮置場の必要面積量を推定した。L1地震の時の仮置場の面積を表3.4.12, L2地震の時の仮置場の面積を表3.4.13に示す。なお、不燃系災害廃棄物においては、火災が発生する危険性が少ないため、保管高さの緩和が提案されている。緩和高さを用いれば表3.4.12, 表3.4.13で推定した必要面積より少なくなる。

表 3.4.12 L1 地震時の仮置場必要面積の推計

上段単位(m²)
下段単位(ha)

区分	必要面積計	災害廃棄物(がれき類)					津波堆積物
		木屑	コンクリートがら	金属くず	その他(残材)	合計	
沿岸部	386,430	31,486	36,881	5,650	29,607	103,624	282,806
	38.643	3.149	3.688	0.565	2.961	10.362	28.281
内陸平地部	21,599	6,549	7,699	1,179	6,140	21,567	32
	2.160	0.655	0.770	0.118	0.614	2.157	0.003
内陸山際部	12,345	3,515	5,507	811	2,512	12,345	0
	1.235	0.352	0.551	0.081	0.251	1.235	0.000

表 3.4.13 L2 地震時の仮置場必要面積推計

上段単位(m²)
下段単位(ha)

区分	必要面積 計	災害廃棄物(がれき類)					津波 堆積物
		木屑	コンクリート がら	金属くず	その他 (残材)	合計	
沿岸部	1,393,286	292,367	371,348	56,269	258,524	978,508	414,778
	139.329	29.237	37.135	5.627	25.852	97.851	41.478
内陸平地部	471,827	145,969	155,460	24,156	146,087	471,672	155
	47.183	14.597	15.546	2.416	14.609	47.167	0.016
内陸山際部	310,134	94,030	111,295	17,028	87,768	310,121	13
	31.013	9.403	11.129	1.703	8.777	31.012	0.001

(2) 二次処理施設の必要面積の推計

簡易推計から詳細推計まで3つの推計方法を検討した。ここでは、災害廃棄物の処理期間を1年から3年に設定した時の1日平均処理量について述べることにする。

表 3.4.13, 表 3.4.14 に示した地区ごとに集計したL1, L2 地震時の災害廃棄物発生量をもとに、1年から3年の期間で各災害廃棄物を処理すると仮定した場合の1日平均処理量 (t/日) を求める。その時の1日平均処理量は表 3.4.15 に示すとおりとなる。

表 3.4.15 L1 およびL2 地震時の1年から3年の期間で各災害廃棄物を処理した場合の1日平均処理量
(1日平均処理量=1ヶ月あたり20日稼働として算出)

区分	L1地震時の災害廃棄物処理量(t/日)			L2地震時の災害廃棄物処理量(t/日)		
	1年	2年	3年	1年	2年	3年
沿岸部	3818	1909	1273	10460	5230	3487
内陸平地部	121	60	40	2492	1246	831
内陸山際部	81	41	27	1738	869	579

二次仮置場全体の面積を求める。東日本大震災の知見から、二次仮置場の面積と日平均処理量は比例関係にあり、面積が1ha 増えると90t/日処理能力が増大する。したがって、表 3.4.15 から二次仮置場全体(焼却施設敷地を除く)の面積が計算され、表 3.4.16 に示すとおりとなる。表 3.4.16 から、L1, L2 地震時の内陸平地部と内陸山際部の仮置場必要面積は、沿岸部と比べて小さな二次仮置場面積となることから、敷地や運搬、環境面などの制約がなれば内陸平地部と内陸山際部の二次仮置場を同じ場所に設けて効率化を図ることも考えられる。

さらに二次処理施設ヤードの面積も、東日本大震災の知見から求めることができる。その詳細はここでは示さないが、焼却施設を除く処理施設ヤード面積と日平均処理量は比例関係にあり、面積が1ha 増えると240t/日処理能力が増大するという関係より算出する。

表 3.4.16 二次仮置場全体（焼却施設敷地を除く）の面積（ha）

区分	L1地震時の二次処理施設仮置全体面積(ha)			L2地震時の二次処理施設仮置全体面積(ha)		
	1年	2年	3年	1年	2年	3年
沿岸部	42.4	21.2	14.1	116.2	58.1	38.7
内陸平地部	1.3	0.7	0.4	27.7	13.8	9.2
内陸山際部	0.9	0.5	0.3	19.3	9.7	6.4

3.4.4 災害廃棄物の発生量及び種類に基づいた発災前後から処理・処分、利活用までの自治体等の作業・計画に関する検討

3.4.4.1 災害廃棄物等の種類と発生量の予測から有効利活用を最適化するための新たな手法

3.4.2 での市町村レベルでの災害廃棄物等の種類と発生量の予測から、災害廃棄物等を建設資材として有効利活用するためには、調整・改良した分別土砂（土砂の付着した災害廃棄物や津波堆積物を破碎・選別により分別された土砂（中間処理された土砂）、使われれば建設資材となる）をどこに、どのような状態にして使うかが重要となる。発災から、一次仮置き、中間処理が行われる2次仮置き、そしてどこに利用するか、さまざまな過程を、円滑かつ迅速に処理するために、IT技術の一つであるGISを用いて処理フローの整理を行った。ここでその一部を紹介する。GISの詳細については、ここでは割愛する。

図3.4.33には、四日市市の小学校区ごとの都市公園の面積を色分けした地理情報を作成した。赤色に近いほど広い公園面積を有する。次に、図3.4.34に示すように、廃棄物処理施設を地図上にプロットした。この情報はすでに公開されている。つぎに、図3.4.35には、3.4.2で解析して得られた災害廃棄物・津波堆積物の発生量を、L1地震とL2地震に分けて示している。色の違いはL1地震での発生量を示し、濃い色ほど発生量が多い。一方、円の面積の違いは、L2地震での発生量を示し、面積が大きいほど発生量が多い。なお、小学校区ごとで地図上に様々なデータが蓄積されている。ここでは塩浜小学校区を例に挙げている。データとしては、小学校の住所、災害廃棄物の種類とその発生量、津波堆積物の発生量をL1地震、L2地震で纏めている。このほか、例えば、液状化危険度分布の情報や道路情報など、様々なデータを重ね合わせることができる。図3.4.36にはGISからの考察の例を示す。図3.4.33から3.4.35までを重ね合わせると、矢印の小学校区は、災害廃棄物等の発生量が多いが、都市公園の面積は小さいことがわかる。災害時の仮置き場の選定は非常に難しいが、事前に適切な仮置き場の選定に役立つ情報を与えることができる。

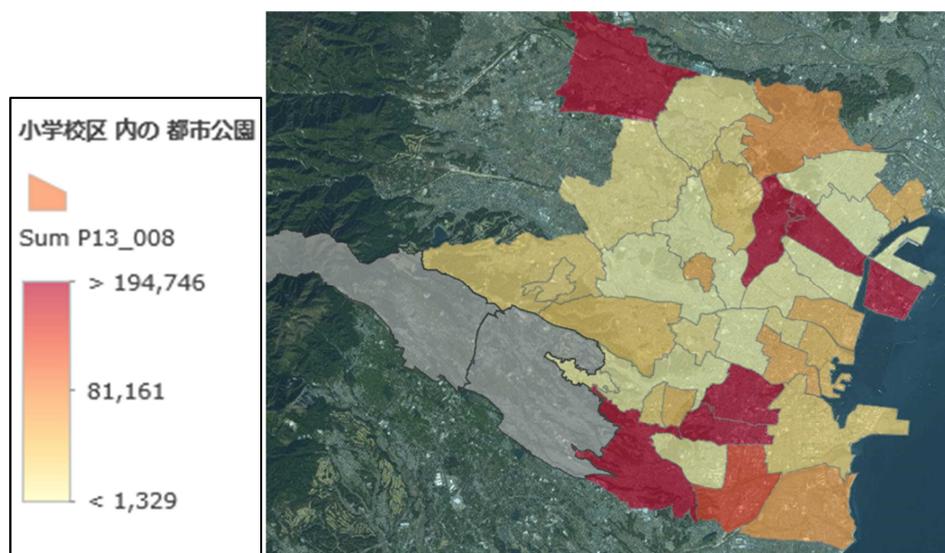


図 3.4.33 都市公園の面積

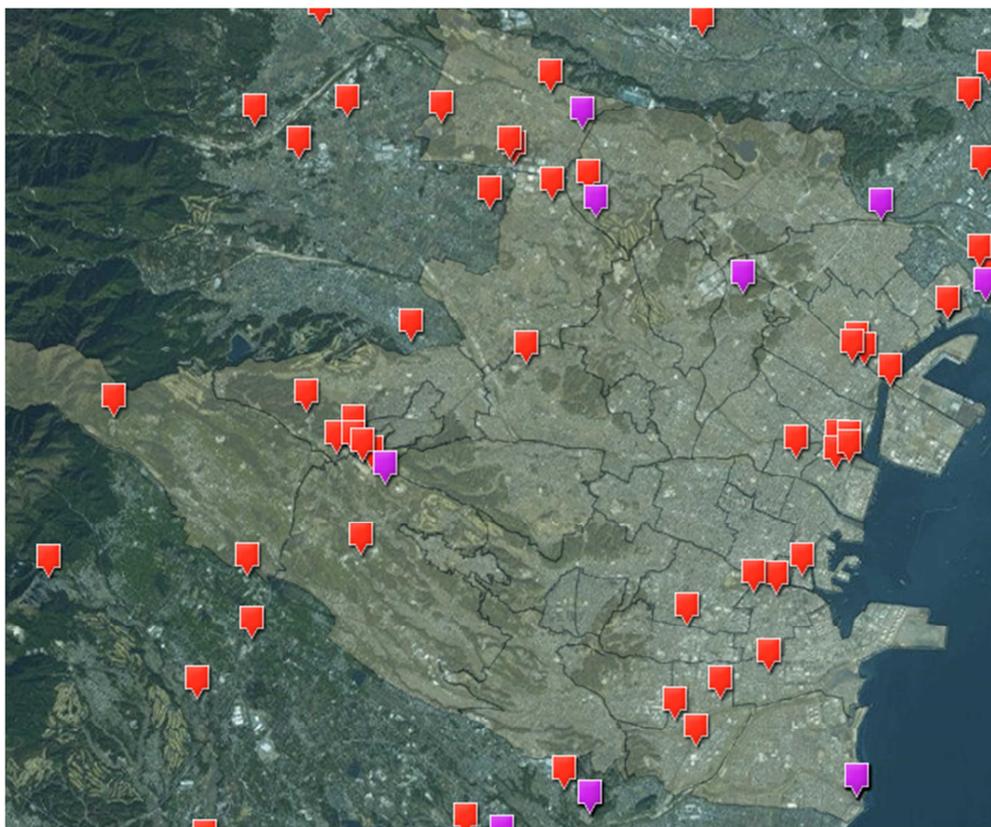


図 3.4.34 廃棄物処理施設

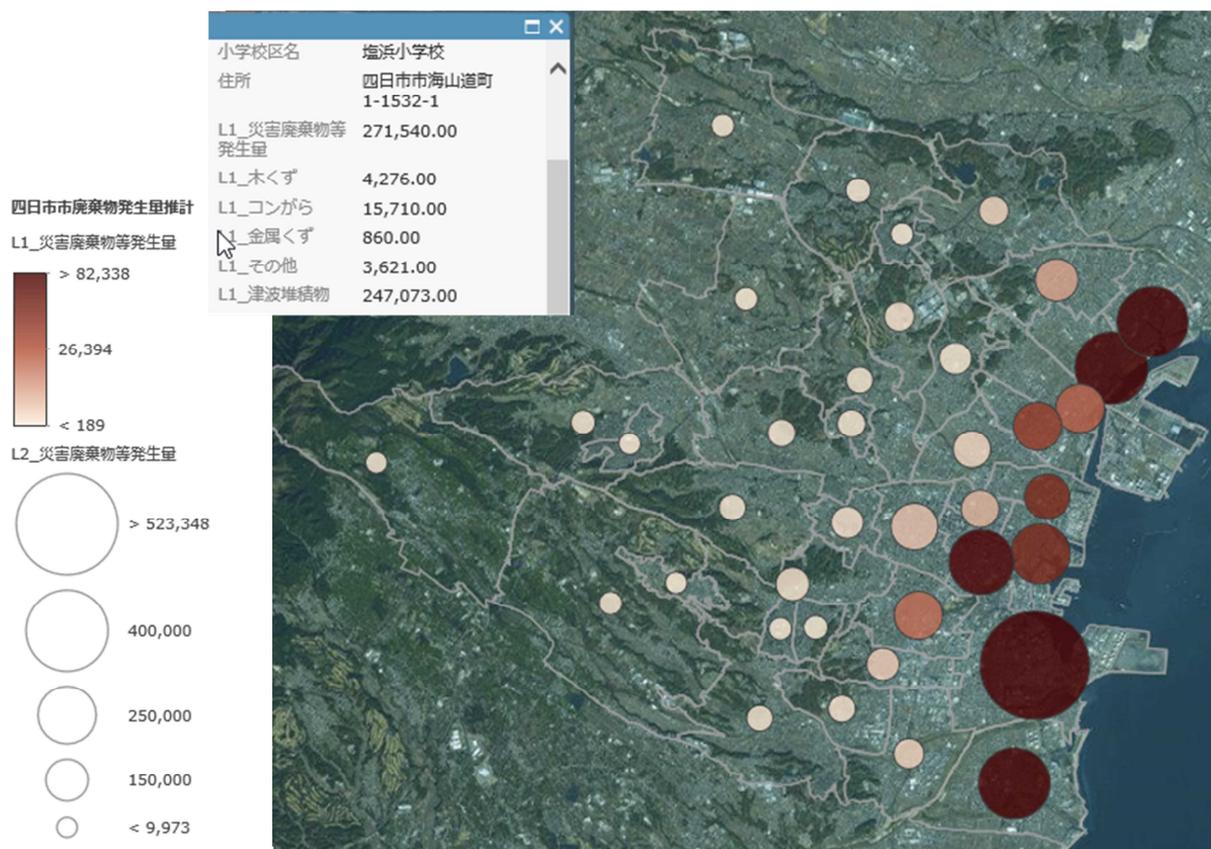
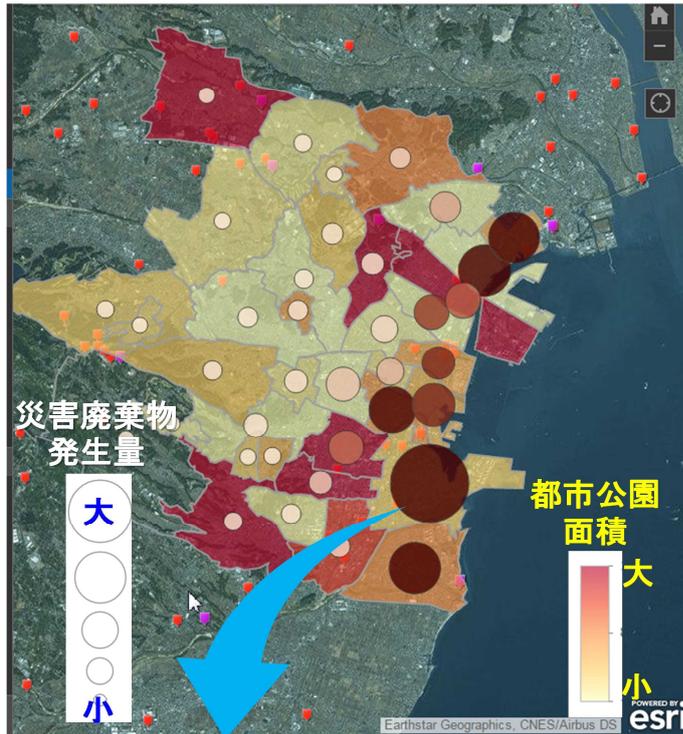


図 3.4.35 小学校区ごと災害廃棄物等の情報（地図情報）



都市公園面積は小さいのに、
大量の災害廃棄物が発生

適切な仮置場の選定



図 3.4.36 地図情報の活用

3.4.4.2 自治体等の発災前後から処理・処分，利活用までの作業・計画の検討

南海トラフ巨大地震に対し，発災前，発災直後，その後の復旧・復興まで，国，県，自治体，さらには産業，民間など，何をどのように対処してゆくのか，一連の作業・計画の流れを検討することは，早期復旧に対し非常に重要である。そこで，まず被災が起きてからの時系列の整理および，災害廃棄物の処理・処分における国や自治体の役割・位置づけの確認を行った。そして，環境省対策指針を参考にして，本WGでは，災害前，発災後の初動期間から復旧まで，復興段階，災害廃棄物の処理以外の雑務の4つに分けて，災害発生時の国や自治体に対応すべき項目を整理した。さらに，東日本大震災において，災害廃棄物の処理に参加した自治体の職員（岩手県，三重県，名古屋市）の意見を付け加えた。また，国や自治体の役割位置づけについては，災害廃棄物対策指針情報ウェブサイトを参考としている。

本WGで，現時点で作成した自治体の動きのフロー（案）を表3.4.17，3.4.18に示す。今後議論を重ね，修正してゆく予定である。

表 3.4.17 時系列に沿った自治体の動き

発災前		発災～1週間	1か月	半年	1年	2年	3年	
被害想定	震度分布	震度分布						
	津波（到達時間、範囲、速度）	津波（到達時間、範囲、速度）						
	浸水（範囲、滞水期間）	浸水（範囲、滞水期間）						
	延焼（範囲）	延焼（範囲）						
	全壊・半壊棟数	全壊・半壊棟数						
	全焼・半焼棟数	全焼・半焼棟数						
	床下・床上浸水棟数	床下・床上浸水棟数						
	廃棄物処理施設の被害（中間処理施設、最終処分場）	廃棄物処理施設の被害（中間処理施設、最終処分場）						
	上下水道・道路の被災状況	上下水道・道路の被災状況						
	避難所・避難者の数	避難所・避難者の数						
死者の数	死者の数							
その他	位置情報関係の整理							
組織体制	災害廃棄物に特化した組織体制の確立（順次見直しを行う）	災害廃棄物処理対策本部設置（組織体制は順次見直ししていく）						
	許可可（必要な手続きの精査）							
協力・支援体制	国、他の自治体との事前調整	国、他の自治体との支援体制確立とその調整						
	事業者との事前調整	事業者との支援体制の確立とその調整						
	重要な情報収集	ごみ収集体制情報収集						
		処理施設状況						
		有害物質の情報						
		運搬能力・人的資源の把握						
発災前		発災～1週間	1か月	半年	1年	2年	3年	
災害廃棄物処理計画	道路啓開計画	道路啓開						
	幹路啓開計画	幹路啓開						
	排水計画	排水						
	有害物質所在の明確化	有害物質・腐敗物除去						
	地域防災計画							
	ハザードマップ							
	処理スケジュールの作成	災害対策基本方針の作成		災害廃棄物処理実行計画の見直し				
	処理フローの作成	処理スケジュールの見直し		処理フローの見直し				
	災害廃棄物発生量・処理可能量の推計	災害廃棄物発生量・処理可能量・処理見込み量の把握	発災直後の状況	一次仮置き場搬入以降の推計	二次仮置き場搬入以降の推計			
	災害廃棄物の種類の推定	災害廃棄物の種類の把握						
	収集運搬計画	収集運搬計画の見直し	収集運搬実行					
	一次仮置場	必要面積の算定	一次仮置場	必要面積の算定	仮置き場の設置、運営管理			土地の復旧片付返却
		仮置場の確保、候補地の選定		仮置場の確保、候補地の選定				
		設置・管理・運営（重機・人員手配など）		設置・管理・運営（重機・人員手配など）				
	一次から二次への移動	地質確認	一次から二次への移動	地質確認	災害廃棄物移動量の管理			
環境対策		環境対策						
予定地の周知		予定地の周知						
二次仮置場	最速ルートの予測	二次仮置場	最速ルートの予測	仮置き場の設置、運営管理			施設の解体 土地の復旧片付返却	
	災害廃棄物の移動量の予測		車両・人員・担当会社の手配					
	レイアウト		レイアウト					
一次仮置場or二次仮置場一既存中間処理施設の移動	災害廃棄物の移動量の予測	一次仮置場or二次仮置場一既存中間処理施設の移動	最速ルートの予測	災害廃棄物移動量の管理				
		車両・船舶・鉄道・人員・担当会社の手配						

3.4.5 おわりに

本WGでは、東日本大震災を教訓にして、南海トラフ巨大地震で予想される災害廃棄物等をいかに処理処分・有効利用するのかについて、学術的（学）、技術的（産）、行政的（官）に検討・研究、議論し、中部版「災害廃棄物の処理・利用のマニュアル・シナリオ案」の作成を最終目標とした。そしてマニュアル・シナリオを作る上で何が重要であるかを抽出し、基礎データを整理することを目的とした。なお対象地域の特定については、市町村レベルの地域でかつ南海トラフ巨大地震の被災特徴が表れる地域として三重県四日市市とした。マニュアル・シナリオの作成にまでは至らなかったが、本WG活動で得られた結果を以下に示す。

- (1) 南海トラフ巨大地震の震源モデルとしてL1地震とL2地震の2種類を想定し、地震（震度）に関するハザード評価、地震（液状化）に関するハザード評価、津波に関するハザード評価を実施した。その結果、
 - ①震度分布：L2では市内のおよそ東半分が震度6強以上と推定され、L1はL2よりランクが1下がる（L1地震：震度5強から6弱/L2地震：震度6弱から6強）。
 - ②液状化危険度分布図：震度分布に対応し、沿岸域に向かい液状化被害が大きくなり、L1、L2地震ともに、ほぼ同じ液状化危険度分布。L2地震では、沿岸域に「きわめて高い」危険度を示す。
 - ③地殻変動量：北西から南東方向に向かって傾斜する。沈降量は、L1地震：0.15～0.55m、L2地震：0.25～0.75m
 - ④津波：最大水位が3mで、内湾なので、周期1時間程度である。また、沿岸域では長期湛水地域が現れる。
- (2) 災害廃棄物等の種類および発生量の予測については、内閣府方式を用いて小学校区ごと災害廃棄物等の発生量の推定を行った。その結果、L1地震においては、災害廃棄物は約23万トン、津波堆積物は約78万トンと推定され、津波堆積物の割合が高くなった。そのほとんどが沿岸域に集中している。L2地震においては、災害廃棄物は約288万トン、津波堆積物は約114万トンと推定され、L1地震と比べて災害廃棄物は約10倍、津波堆積物は約1.5倍の増加となり、災害廃棄物の割合が高くなった。津波堆積物は沿岸に集中し、内陸平地部では災害廃棄物の割合が多くなる。内陸山際部では災害廃棄物のみが発生する。
- (3) 災害時処理困難物（特定有害物質）については、PRTR制度に基づき144事業所から第一種指定化学物質の届出（平成25年度実績）がされており、化学物質を取り扱う事業所を抽出した。浸水域図に注目すると、L1地震においては10事業所で浸水被害を受ける。そのうち床上浸水（浸水深50cm以上）被害は0事業所であるが、L2地震になると24事業所で浸水被害を受ける。そのうち床上浸水（浸水深50cm以上）被害は9事業所となる。沿岸域にその大部分が含まれる。
- (4) 四日市港内にて採取された河口堆積物2種類、すなわち粗粒分が卓越した粒度と細粒分が卓越した粒度を持つ試料（前者を砂、後者を粘土と呼ぶ）を用い、津波堆積物想定5種類の砂・粘土混合土砂を作製し、力学試験、化学試験を実施した。その結果、力学試験については、①津波堆積土の強度は、粒度と含水比に応じて変化する。最適な含水比に調整することにより、どの粒度の津波堆積土でも建設発生土利用基準以上の強度を得た。②津波堆積物の改良工法は、最適な含水比まで乾燥させることや、分別の際に最適な粒度に調整することなどが挙げられる。乾燥が困難な場合は、セメントなどの固化材添加が有効である。化学試験については、有害物質（ここでは重金属類を対象）を含んだ分別土砂において、有害物質の元素種類、土砂の粒度によって有害物質の吸着挙動が異なる。環境安全性には、発生する堆積物の粒径と有害物質の種類との関係が重要となる。
- (5) 四日市の災害特性を考慮した破碎・選別処理フローの提案を行った。災害特性としては、①災害廃棄物等発生量として災害廃棄物（がれき類）と比べて津波堆積物が多い、②処理困難物（特定有害物質）

が沿岸域に発生することから、中間処理フローを①四日市の沿岸部（コンビナート）、②内陸平地部、③内陸山際部の3地域に分類した。

- (6) 有害物質等を考慮した標準的な破碎・選別処理フローを構築するため、対象とすべき有害物質を以下に抽出した。アスベスト、PCB、ベンゼン（油）、ダイオキシン類、重金属類を有害物質として、ベンゼン、エチレンオキシド、ホルムアルデヒドを処理作業の環境安全性確保の物質として抽出した。そして対応する有害物質の処理対策フローの検討事例を示した。
- (7) 四日市市において想定される災害廃棄物発生量に対する仮置場面積と処理施設面積の推計を行った。その結果、二次仮置場全体（焼却施設敷地を除く）の面積（ha）を、①四日市の沿岸部（コンビナート）、②内陸平地部、③内陸山際部の3地域に対して、処理期間を1～3年間として整理した。
- (8) 災害廃棄物等の種類と発生量の予測から有効利活用を最適化するための新たな手法として、発災から、一次仮置き、中間処理が行われる2次仮置き、そしてどこに利用するか、さまざまな過程を、円滑かつ迅速に処理するために、IT技術の一つであるGISを用いて処理フローの一部について整理を行った。
- (9) 自治体等の発災前後から処理・処分、利活用までの作業・計画の検討として、環境省対策指針を参考にして、本WGでは、災害前、発災後の初動期間から復旧まで、復興段階、災害廃棄物の処理以外の雑務の4つに分けて、災害発生時の国や自治体が対応すべき項目を整理した。

WG3では、平成27年度から3年間の活動において、全体会議12回、コアメンバー会議6回、サブグループ13回以上の他、講演会を2回、四日市視察を2回行った。WGメンバーの多大なるご協力、ご支援に感謝したい。また本研究は、京都大学防災研究所の「地域防災実践型共同研究（26R01）」、また環境省の環境研究総合推進費（3K163011）の研究助成により実施されたことをここに記す。

なお、平成29年度より、地盤工学会中部支部に新たに研究委員会「南海トラフ巨大地震を念頭とした災害廃棄物等の処理技術・管理システム研究委員会」を立ち上げ、今までの研究を継続させるとともに、中部版「災害廃棄物の処理・利用マニュアル・シナリオ」を考える上での重要点を整理することを目標に活動する。

【参考・引用文献】

- 1) 環境省(2014)：災害廃棄物の進捗管理
(http://kouikishori.env.go.jp/archive/h23_shinsai/implementation/progress_management/)
- 2) 環境省巨大地震発生時における災害廃棄物対策検討委員会(2014)：巨大災害発生時における災害廃棄物対策のランドデザインについて中間とりまとめ、
(http://kouikishori.env.go.jp/action/investigative_commission/grand_design/pdf/h2603report.pdf)
- 3) 環境省中部地方「平成27年度大規模災害時における処理困難物適正処理モデル事業報告書」（平成28年3月）
- 4) 南海トラフの巨大地震モデル検討会(2012)：南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について（第一次報告）(http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/1st_report.pdf)
- 5) 三重県(2014)：地震被害想定調査結果 (<http://www.pref.mie.lg.jp/D1BOUSA1/84544007861.htm>)
- 6) 高月紘、酒井伸一、水谷聡(1995)：災害と廃棄物性状－災害廃棄物の発生原単位と一般廃棄物組成の変化－、廃棄物学会誌 Vol.6, No.5, pp.351-359.
- 7) 厚生省生活衛生局（1998）：平成9年度大都市圏の震災時における廃棄物の広域処理体制に係わる調査報告書
- 8) 一般社団法人廃棄物資源循環学会(2011)：津波堆積物処理指針（案）
(<http://eprc.kyoto-u.ac.jp/saigai/archives/files/SedimentManagementGL%20by%20JSMCWM.pdf>)

- 9) 池上浩樹, 中野正樹, 酒井崇之, 神野琢真(2017) : 災害で発生する津波堆積物を想定した砂・粘土混合土砂の物性把握, 第 52 回地盤工学会研究発表会, 投稿中.
- 10) 高井敦史, 保高徹生, 遠藤和人, 勝見武(2013) : 東日本大震災における津波堆積物の分布特性と物理化学特性, 地盤工学ジャーナル, vol.8, No.3, pp.391-402.
- 11) 高井敦史, 川島光博, 勝見武, 乾徹, 岩下信一, 大河原 正文(2016) : 東日本大震災で発生した岩手県の災害廃棄物分別土砂の品質とその変化, 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol.72, No.3, 252-264.
- 12) 国土交通省(2006) : 発生土利用基準, <https://www.mlit.go.jp/tec/kankyou/hasseido/060810kijyun.pdf>
- 13) 谷川元治, 加藤雅彦(2017) : 模擬津波堆積物への鉛吸着特性評価に基づく危険鉛保有量の推定, 第 52 回地盤工学研究発表会, 投稿中
- 14) 鴫田稔, 野口真一, 中村吉男, 中野正樹, 加藤雅彦(2017) : 東日本大震災で発生した津波堆積物の分別土砂中の夾雑物混入率に関する文献調査, 第 12 回環境地盤工学シンポジウム, 投稿中.