

で製造されている石こうおよび砕石は、熱しやく減量、炭素含有量ともに、混合廃棄物処理ラインからの選別品に比べて低く、有機物の混入が少ないと考えられる。

残土は熱しやく減量値が8～10%、炭素含有量が4%前後で、いずれの施設で選別されたものも、ほぼ一定である。廃プラ単品の処理ラインから採取した廃プラについても、熱しやく減量は77.5～79.6%でほぼ一定であり、施設ごとに違いは認められない。この残土の選別に用いられている設備はいずれも振動ふるいである。

他方、手選別、破碎、磁気選別、比重差選別等を経て選別される重量物大・小、軽量選別品については、施設ごとに違いが認められた。

重量物の熱しやく減量値は5.7～14.4%、炭素含有量は2.2～7.2%であり、軽量選別品の熱しやく減量値は19.5～71.1%、炭素含有量は10～40%である。これらの選別効果の違いは、投入廃棄物の組成、処理施設、処理条件等に起因すると考えられる。重量物小で最も熱しやく減量値と炭素含有量が低かった施設の直前の選別設備は風力選別+振動ふるいであった。一方で、軽量選別品の熱しやく減量値が最も低いのも風力選別によるものであった。このことから、可燃性の軽量物を風力選別により大量に取り除くと、重量物の熱しやく減量値を減少できるものと考えられる。

次に、各選別品の化学組成を推定するために、蛍光X線による定性分析を行った。

含有量の多い元素について図3にまとめた。残土および重量物の主成分は、Ca, S, Si, Fe, Al, Tiであると推定される。廃プラや軽量選別品については、これらの元素の他にClの含有量が多く、ポリ塩化ビニル等の塩素系プラスチックの混入の可能性がある。

その他の検出率の高い元素としては、Na, Mg, P, K, Ti, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Br(15/16), Sr, Ba, Pb (Br以外は100%検出)が挙げられる。

建設混合廃棄物選別品の組成

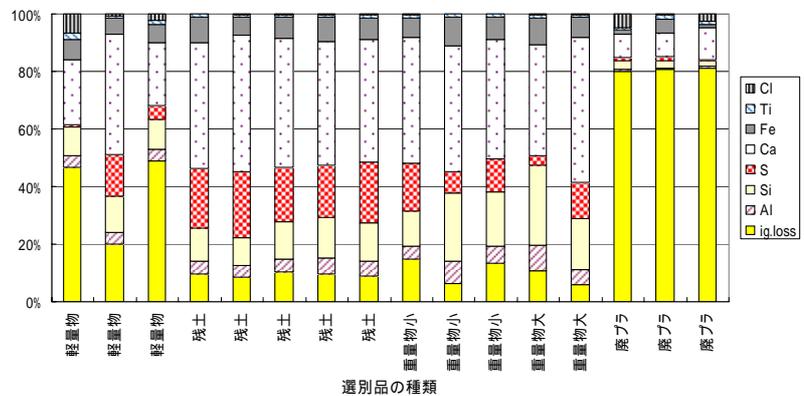


図3 建設混合廃棄物選別品の化学組成(主要成分)

(2) 選別技術の評価

現在の処理施設において行われている建設混合廃棄物の選別は一定の効果を上げているが、主な埋立廃棄物である重量選別品の問題点としては、有機物の残留、多量の硫黄分や鉛等の有害金属が含まれることなどが課題として挙げられる。重量選別品の有機物を削減しようとする、燃料化あるいは焼却している軽量選別品に無機物が多く含まれるというジレンマに陥っている。これらの成分を効率よく分離する技術の確立が埋立廃棄物の削減と質の向上につながるものと考えられる。

また、重量選別品と軽量選別品に分けて比較してみると、残土および重量物では、廃プラや軽量選別品と比較して、熱しやく減量値に対して炭素含有量が少ない傾向が認められる。このことは、残土・重量物の熱しやく減量値に炭素化合物以外の物質が寄与している可能性を示唆している。

2.2 一般廃棄物破碎施設

(1) 調査結果

埼玉県内の11施設から排出された埋立廃棄物(一般廃棄物の破碎処理物)を採取し、分析するとともに、各施設の処理方法、ごみの分別方法等について調査を行った。

各施設において使用されている技術、投入廃棄物の種類、選別残渣の処理方法等について表1に示す。

多くの破碎選別処理施設における主な工程は、手選別 粉碎 磁気選別 トロンメル(回転ふるい)であり、不燃残渣が埋立廃棄物となる。

11 施設から排出された破碎選別残渣を埋立地において採取し、含有量分析及び溶出試験（環境庁告示第13号）を行った。

ごみの分別方法の違いと残渣の処理方法による埋立物の質の違いは目視によっても明らかであり、プラスチックを含めて焼却処理主体で処理している施設の破碎選別残渣はガラス・陶磁器の破碎物が主体となり（写真右）埋立中心にしている施設の残渣はプラスチックや木くずの破碎物を多量に含む（写真左）。焼却処理されるごみの比率と破碎選別残渣の熱しゃく減量値、炭素含有量の間には負の相関が認められた（図4）。

破碎処理後にその全てを埋立処分している施設Kの試料と比較することで、破碎選別施設における選別方法の有効性を検討した。

全量埋立処分している施設と比較するといずれの処理方法で選別した不燃残渣も溶出する有機物が大幅に低減されている。不燃物と可燃物の選別をした場合の不燃残渣溶出液のCODの平均値は、全量埋立処分した場合の溶出液のCOD値の約8分の1であり、特にトロンメル+比重差選別で処理した残渣では100分の1以下である。

有害金属等に関しては、粗大ゴミを投入していない施設Bの不燃残渣はCu、Cd、Ni、Pbの濃度が他の施設より極めて低いことから、これらの金属に対する粗大ゴミの負荷が高いことが示唆されたが、選別処理による明確な削減効果は認められなかった。

(2) 評価

破碎物を全量埋め立てる場合と比べて、現状の選別方法はいずれも有機汚濁成分の溶出量削減には有効であると考えられる。ただし、金属類については、選別処理による明確な削減効果は認められなかった。

2.3 建設廃木材破碎チップ化施設

建設廃木材の発生量の大部分を占める建築物の解体木くずには、土台部分や水回りの防腐剤として使用されていたCCA処理木材等が混入している。CCA処理木材は、現在ではほとんど使用されていないが、現在解体されている建築物が建設された20~30年前には主要な木材防腐剤であった。このCCA処理木材は高濃度の砒素、クロム、銅を含んでおり、リサイクル資材としての安全性確保のため、選別除去する必要がある。同様に、塗料顔料等にも鉛、クロム等が高濃度に含まれている。

表1 各施設の処理方法

施設No.	残渣の処理方法	投入廃棄物組成		処理方法	
		種類	特徴	不燃、可燃選別装置	
A	埋立中心	不燃、粗大		トロンメル	
B	埋立、焼却	びん、缶、不燃		振動スクリーン	
C	埋立、焼却	不燃、粗大			
D	埋立、焼却	不燃、粗大	プラは可燃	トロンメル+比重差選別	
E	焼却中心	不燃、粗大	プラは不燃	不明	
F	焼却中心	粗大		トロンメル	
G	焼却中心	不燃、粗大、資源		サイクロン	
H	埋立、焼却	不燃、粗大			
I	埋立、焼却	不燃、粗大		トロンメル	
J	埋立、焼却	不燃、粗大	プラは可燃	トロンメル	
K	埋立中心	不燃、粗大	プラは不燃	全量埋立	

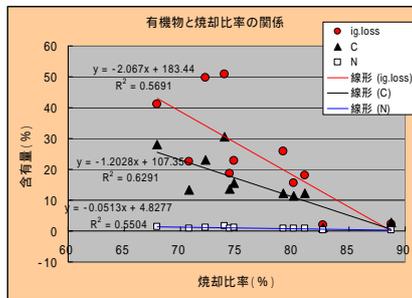


図4 焼却比率と有機物含有量の関係

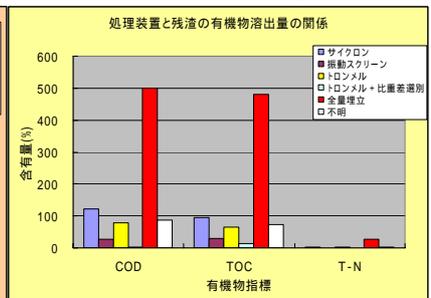
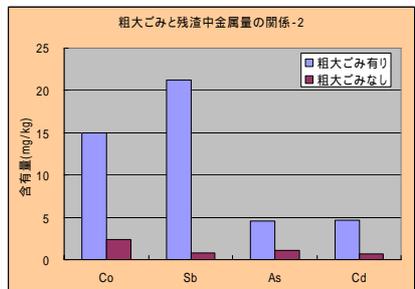
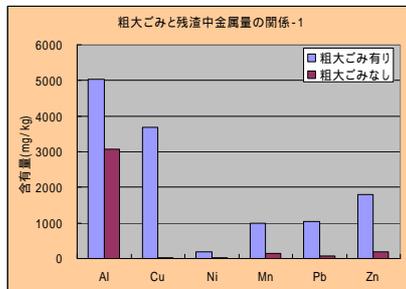


図5 処理方法と残渣から有機物溶出量の関係



当センターで 2001-2002 年度に調査した埼玉県内の建設木くず破砕施設における物質収支は図 8 のとおりである。図中の数値は調査した事業所の合計量を表している（調査事業所は処理能力ベースで埼玉県内の建設木くず再生チップ製造事業所の 85%）。

建築物解体木くずが大部分を占めており、破砕施設において再生チップの用途ごとに選別されてチップが製造されている。この用途ごとの選別は、有害金属等を考慮したものではなく、再生製品の製造に妨害となる合板等の選別が主である。「合板や汚れの著しいもの」が燃料用として選別され、製紙用にはきれいな角材、パーティクルボード原料用には板材と角材が使用される。

これらの用途別に金属の含有量を分析し、発生量データ等から埼玉県内の木くず破砕施設全体としての年間の金属の収支を推定した。

その結果、

- ・再生チップ中に有害金属等が含有されるが、燃料用として選別される廃木材中に多くの有害金属類含まれること。
 - ・製品チップにならないダスト（規格外小）中に特に有害金属の含有量が多いこと。
- などが判明し、破砕前の選別の有用性とダストへの金属の濃縮が確認された¹⁾。

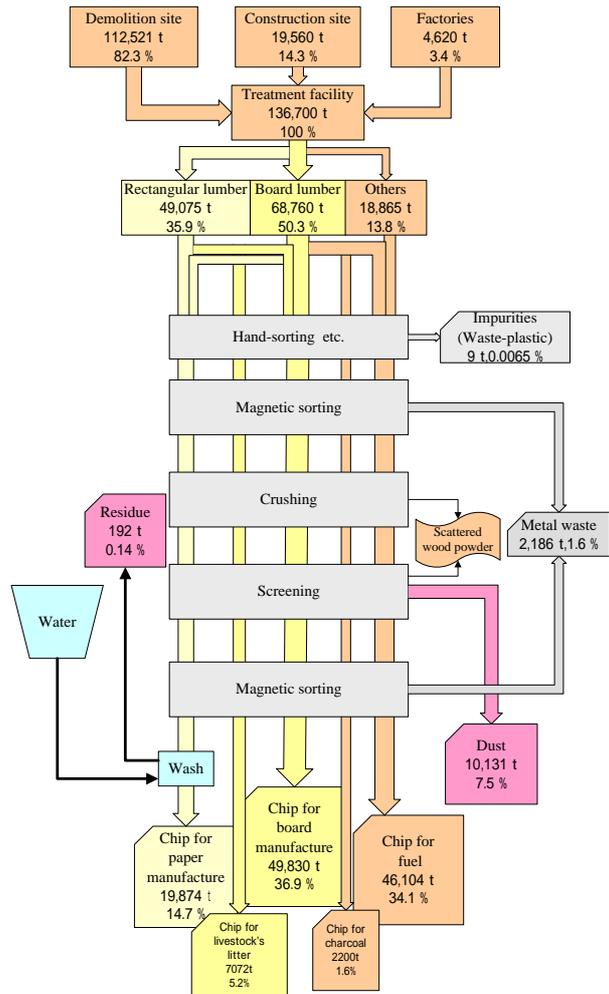


図 8 埼玉県内の建設木くず破砕施設における物質収支

3. 前処理技術による埋立廃棄物の品質改善

3.1 建設混合廃棄物破砕選別残渣

現在一般的に使用されている技術を用いて、破砕選別残渣の品質向上を図るため、ふるい分けと風力選別を併用した実験（図 9）を行い、有機物と金属類の選別可能性について検討した。

この実験の目的は、軽量物と微細粒子をダストとして重量物から取り除くことによる有機物と有害金属の削減である。選別効果に影響を与える操作因子として、試料の水分含量、および風力選別における風速が挙げられる。この手法による有機物の削減についてはすでに実験を行っており、残土と重量物小については水分含量を約 10% 未満にすると篩い効率が安定し、風力選別の効率も向上する。また、風力選別の風速を上げると重量物からの有機物削減効果が上がることが明らかとなっている⁴⁾。

さらに、試料を追加して、有機物の分離について確認するとともに、金属類の分離についても検討した。

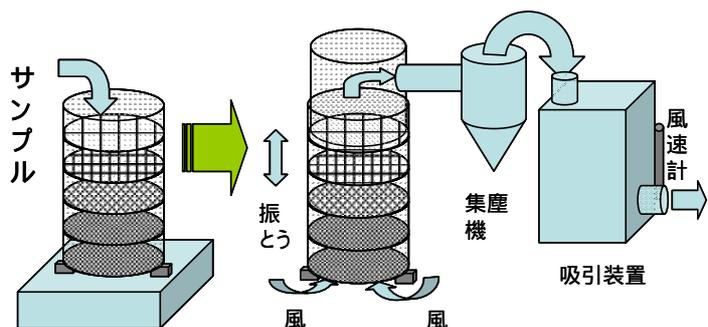


図 9 実験装置

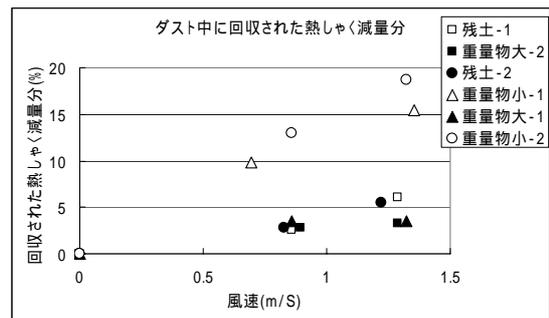


図 10 熱しゃく減量成分のダストへの回収

有機物については、選別品の種類によって風速の増加とともに削減効果が上がるものと効果が変わらないものがあることが確認された（図 10）。残土と重量物小では、風速の増加とともにダストへの回収量が增加するが、重量物大については、風速を挙げても効果は変わらない。

有害金属類のうち鉛、ヒ素、ホウ素の実験前後の粒径ごとの含有量を図 11 に示す。ダストを回収することにより、微細粒径分の含有量が減少し、全体として濃度が低下した（表 2）。

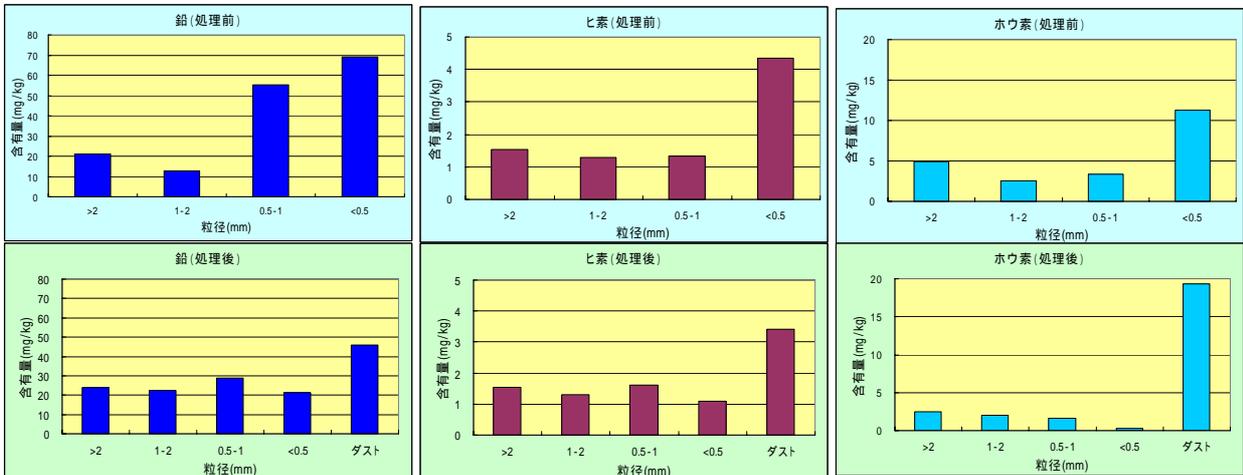


図 11 風力選別実験による鉛、ヒ素、ホウ素の粒径別含有量の変化

しかし、風力選別において風速を上げ過ぎると軽量選別品に微細な砂等の無機物が混入しやすくなり、軽量選別品の熱しゃく減量の低下と量の増大を招くため、用途や処理方法に応じて操作条件を設定する必要がある。

表 2 風力選別による有害金属等の削減

	鉛	クロム	砒素	セレン	ホウ素	カドミウム	銅	亜鉛	ニッケル
風力選別なし(n=5)	160	36	8.5	<0.5	22	<0.5	58	430	56
ダスト除去後(n=5)	96	25	5.6	<0.5	6.4	<0.5	35	190	37
土壌汚染対策法含有量基準	150	250	150	150	4000	150	-	-	-

単位: mg/kg

3.2 一般廃棄物破碎施設

一般廃棄物破碎選別残渣に含まれる有害金属類の由来の推定と選別可能性の検討を行うため、粒径別の金属類含有量を調査した。2.2の調査で採取した試料をふるい分けして、金属類の分析を行った。粒径別に含有濃度を比較すると、Al, Mn, Zn, Pb, Co, Cd, Hg については 2mm 未満の細かい粒分で濃度が高く（ただし、例外施設もある）Sb では 2mm 以上の粒分で濃度が高い傾向があった。Cu, Ni, As については施設により濃度の高い粒分が異なった。Hg 濃度は粒径が小さくなるに従い高く、粒径別の Hg 量を比較すると、0.5mm 未満の粒径画分にほとんどの施設で 70~80%が含まれることが分かった。ゆえに、0.5mm 未満の粒径画分を除くことができるならば、埋立地に対する Hg 負荷を著しく低減することが可能であることが分かった（図 12）。

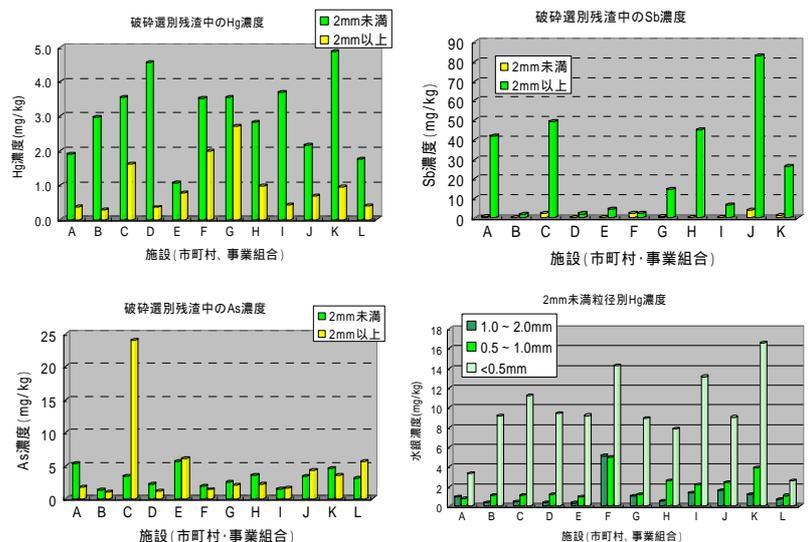


図 12 粒径別金属含有量(Hg, Sb, As)

2mm 未満の濃度と 2mm 以上の濃度の比率を表 3 に示す。Sb は 2mm 以上の粒径に存在が偏っている傾向があるが、使用用途が樹脂や繊維の助燃剤やプラスチックの添加剤であるため、破碎による小径化が難しいためと考えられる。

表 3 粒径による金属濃度の比較

(2mm 未満の濃度 / 2mm 以上の濃度)

	AVG	MAX	MIN
Al	2.7	7.1	0.3
Cu	2.2	5.4	0.1
Co	7.9	66.2	0.6
Ni	1.3	5.8	0.2
Mn	5.6	20.1	1.8
Pb	2.9	8.9	0.3
Sb	0.1	1.0	0.0
As	1.3	3.1	0.1
Zn	3.4	8.0	0.9
Cd	3.3	10.9	0.5

3.3 建設廃木材破碎チップ化施設

現状の建築物解体現場、あるいは建設廃木材破碎チップ化施設において適用可能な有害金属含有廃木材の判定方法として、目視による判定、簡易分析キットを用いた判定法について検討した。目視による判定法として、廃木材表面の色相を標準色票と比較して有害金属含有廃木材の色相を特定し、表面処理の有無と併せて評価する方法について検討した。市販の水質分析用キットを CCA 処理木材に適用する方法についても検討を行った。

その結果、目視による木くず表面の色相等による判定と市販簡易分析キットによる判定法を建築物解体現場、あるいは建設木くず破碎施設で破碎前に適用することにより、有害金属を高濃度で含有する木くずを選別することが可能であり^{2),3)}、選別された木くずについて適した利用法、処理・処分法を選択できる可能性が示唆された(図 13)。

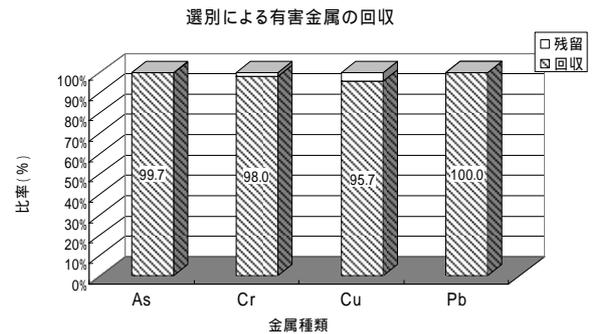


図 13 目視による有害金属含有廃木材の判定

実際の建設木くず破碎施設において、簡易色票を用いて有害金属含有廃木材の目視判定実験を行ったところ、木材と類似した色相の塗料の塗布された廃木材(鉛含有)について誤判定されたが、その他の有害金属含有廃木材は正しく判定することができた。

表 4 建設廃木材の種類別溶出試験結果

廃木材の溶出試験 (表面から10mmまでの部分)														mg/L	
	Be	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	V	As	Se		
防腐処理(Cu)	0	0	0	0	0	71	5	0	0	0	0	0	0		
CCA	0	0	0	0	10	16	2	0	0	0	0	14	0		
Brown coated	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Green colored	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0		
Red colored	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
Painted	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0		
cement	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Particle board	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
Plywood	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
natural	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
Painted	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0		

廃木材の溶出試験 (表面から中心に向かって10mm~20mmの部分)														mg/L	
	Be	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	V	As	Se		
防腐処理(Cu)	0	0	0	0	0	12	2	0	0	0	0	0	0		
CCA	0	0	0	0	2	4	4	0	0	0	0	6	0		
Green colored	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Red colored	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
natural	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
Painted	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

廃木材の溶出試験を行ったところ、CCA 処理木材から高濃度のヒ素、クロム、銅が溶出し、塗装廃木材の一部から鉛、クロムが溶出した。また、溶出濃度は木材の表面部分の方が高いことが判明した(表 4)。

本研究の一部は、平成 16~19 年度環境省地球環境保全等試験研究費(公害防止等試験研究費)で行われた。

参考文献

- 1) 渡辺洋一, 倉田泰人, 小野雄策, 細見正明, 建設廃木材破碎施設における有害金属等の収支, 廃棄物学会論文誌, 14(6), 343-352(2003)
- 2) 渡辺洋一, 倉田泰人, 小野雄策, 細見正明, 建設廃木材中の金属 - 外観によるスクリーニング及び表面と内部の濃度分布 -, 環境科学会誌, 投稿中
- 3) 渡辺洋一, 倉田泰人, 小野雄策, 細見正明, 市販簡易分析キットによる廃木材中の砒素, クロム, 銅のスクリーニング法, 環境化学, 14(3), 661-669 (2004)
- 4) 渡辺洋一, 倉田泰人, 小野雄策, 河村清史, 細見正明, 破碎選別施設から排出される残土中有機物の削減(第 2 報), 第 14 回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 470-472(2003)