

家屋解体現場における呈色試薬を用いた CCA 処理木材の判別

清野 新一 東 智則^{*1} 山崎 亨史 佐藤真由美^{*2}

Identification of CCA-treated Wood Using Chemical Staining Reagents in House Demolition on Site

Shin'ichi SEINO Tomonori AZUMA Michifumi YAMAZAKI Mayumi SATO

Four chemical staining reagents were evaluated for on-site identification of CCA-treated wood from untreated wood in house demolition.

Among the tested chemicals, PAN indicator, chrome azurol S, and diphenylcarbonohydrazide had good performance, and some preparations to expose fresh wood surfaces could prevent misjudgment due to contaminated wood surfaces, easily and effectively.

These three reagents also stained by the reaction of non-CCA preservatives including copper. However, CCA-treated wood is estimated to be dominant type of preservative-impregnated waste from demolished houses at present. Thus, these reagents are applicable to detect CCA-treated wood from house demolition.

Key words: CCA-treated wood, house demolition, chrome azurol S
CCA 処理木材, 家屋解体, クロムアズロール S

解体現場における呈色試薬を用いた CCA 処理木材の判別方法を検討した。用いた 4 試薬のうち 3 試薬 (PAN, クロムアズロール S, ジフェニルカルボノヒドラジド) は, CCA 処理木材に対して良好な呈色を示した。これらの試薬は無処理材の場合にも現場の汚染により呈色を示したが, この影響は部材の一部を切り欠くか表面を削ることで防ぐことができた。

また, これらの試薬は CCA 以外の銅系薬剤で処理された木材に対しても同様の呈色を示すことが知られている。しかし, 注入防腐処理木材のうち現在 CCA 処理木材が主要な廃棄木材と推定されることから, これらの試薬は解体現場における CCA 処理木材の判別に有効と考えられる。

1. はじめに

平成 14 年 5 月に建設リサイクル法が全面施行され、特定建設資材である木材・コンクリート・アスファルトの再資源化が義務付けられた。このため、木造家屋の解体等で排出される木材については、従来の埋立て・焼却処分から木質ボード・家畜敷料など再生製品の原材料としての利用や製紙工場等のボイラー燃料としての利用が進んでいる。ただし、木造家屋には、かつて土台等の部位にクロム・銅・ヒ素化合物系木材防腐剤が注入された木材（以下、「CCA 処理木材」という）が使用されていたため、建設リサイクル法に基づき再資源化の方策等について国が定めた「建設リサイクル法基本方針」¹⁾や北海道が定めた「北海道指針」²⁾において、有害物質の発生抑制の観点から、CCA 処理木材についてはそれ以外の部分と分離・分別し適正処理を行う必要があるとされている。

解体現場や産業廃棄物処理施設（以下、「処理施設」という）において、CCA 処理木材とそれ以外の木材を分別、選別する方法としては、目視による判別のほか、近赤外線³⁾、蛍光 X 線^{4,6)}、レーザー励起ブレイクダウン^{4,6)}などの分光分析法や、呈色試薬⁵⁾を用いた判別方法が報告されている。目視による判別は材面の汚れなどで判定が困難であることが多い。分光分析法はチップ化施設等における連続選別を想定したものであり、大量の廃木材を連続的に選別できる一方、高価な分析機器を必要とする。呈色試薬を用いた判別方法は、試薬の管理等に注意する必要があるが、高価な分析機器を必要とせず安価である。

Blassino ら⁵⁾は、処理施設において呈色試薬を用いて CCA 処理木材を判別する野外試験を行い、判別に要する作業量や時間を考慮すると比較的小ロットの廃木材に対象を限定すれば有効に用いることができると述べている。家屋解体現場で CCA 処理木材を判別する場合、CCA 処理されている部位は土台等の一部に限られることから、呈色試薬を用いて効果的に判別できるものと思われる。

そこで、本報告では家屋解体現場における呈色試薬を用いた CCA 処理木材の判別方法について検討した。

2. 試験

2.1 各呈色試薬の呈色反応の比較

2.1.1 試薬の調製

呈色試薬は、次のとおり調製して木材表面に塗布し、呈色状態を観察した。試薬は和光純薬製特級を用いた。

PAR (4-(2-Pyridylazo)-resorcinol): PAR 0.25g を 1mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 20mL に溶解後、蒸留水で 1,000mL に希釈した。

PAN (1-(2-Pyridylazo)-2-naphthol): PAN 0.25g をメチルアルコールに溶解後、メチルアルコールで 1,000mL に希釈した。

クロムアズロール S (2,6-Dichloro-4'-hydroxy-3',3'-dimethyl-3-sulfofuchson-5',5''-dicarboxylic Acid Trisodium Salt): JIS A 9108⁷⁾に従い、クロムアズロール S 0.5g と酢酸ナトリウム 5g とを蒸留水に溶解後、蒸留水で 500mL に希釈した。

ジフェニルカルボノヒドラジド (1,5-Diphenylcarbonohydrazide): JIS A 9108 に従い、ジフェニルカルボノヒドラジド 0.5g と 2-プロパノール 50mL とを蒸留水 50mL に溶解した。

2.1.2 CCA 処理木材の木口切断面および無処理材の汚染材面の呈色試験

CCA 等の薬剤が塗布・注入されていないトドマツ製材 1 本および処理施設から収集した廃木材のうち原子吸光度法で Cr, Cu, As が確認された CCA 処理木材 3 本について、それぞれ木口切断面に試薬を塗布後、呈色状態を観察した。また、処理施設から収集した廃木材のうち原子吸光度法で Cr, Cu, As が確認されず、埃や土砂等^{ほこり}で材面が汚れたもの数本について、汚れのある材面（以下、「汚染材面」という）に試薬を塗布し、汚染が呈色に及ぼす影響について観察した。

2.2 処理施設等で収集した注入処理木材の分析

2.2.1 注入処理木材の収集

処理施設ならびに家屋解体現場において、CCA 等の薬剤が注入処理されている木材（以下、「注入処理木材」という）を収集した。処理施設での収集は、同一家屋から排出された木材の採取を避け製造ロットの異なる CCA 処理木材を収集するため、主に解体木材を受け入れている札幌市近郊の 1 施設の木材堆積

場において、収集時期を2週間～1か月間の間隔で6回に分けて行った。解体現場での収集は、旭川市内の家屋解体現場2か所で行った。処理施設では土台材と同断面(10×10cm)の木材、解体現場では土台材をそれぞれ対象とし、CCA処理木材等に特徴的な薄緑の材色やインサイジングが認められた木材を目視選別した後、木口切断面にクロムアズロールSを塗布し青く呈色したものを注入処理木材として収集した。収集本数は処理施設34本、解体現場2本の計36本である。

2.2.2 Cr, Cu, Asの定量

収集した木材のCr, Cu, Asの定量をJAS⁸⁾に規定されている原子吸光光度法による吸収量試験に準じ、次のとおり行った。各木材の材長方向の中央部付近から丸鋸盤で厚さ約10mmの断面切片を採取し、ウイレー型粉碎機で粉碎した後、約2gを計りとして試料液を調製し、原子吸光光度計で定量した。

2.3 解体現場における判別手順の検討

呈色試薬を用いた解体現場におけるCCA処理木材の判別作業の手順を検討するため、実際の家屋解体現場において、CCA処理木材の使用有無を判別する部材の露出、試薬塗布面の汚染除去、試薬塗布後の呈色による判別について試験を行った。試験は、平成15年6月から12月の期間に旭川市およびその近郊で実施された家屋解体工場の現場12か所において実施した。

3. 結果および考察

3.1 各呈色試薬の呈色状態

CCA処理木材および無処理材(トドマツ製材)の木口切断面に各試薬を塗布し15分経過した時点の呈色状態を第1図に示す。4種類の試薬ともCCA浸透部分に対してそれぞれ特有な呈色反応を示した。PAN、クロムアズロールS、ジフェニルカルボノヒドラジドの3試薬は、CCAの浸透部分と非浸透部分との呈色の違いが目視で明瞭に識別できるが、PARでは不明瞭であった。

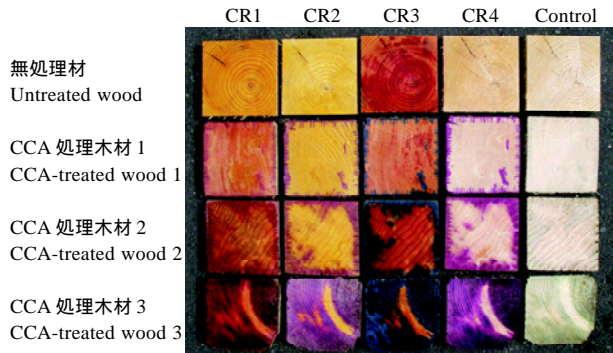
処理施設から収集した木材のうちCCA処理木材でないことが確認された木材について、汚染材面に試薬を塗布した場合、第2図に示すように4種類の試薬すべてについてCCA処理木材で生じるのと同様の

呈色反応を示す場合があった。この場合、木口面を切り出して試薬を塗布しても呈色が生じなかったことから、木材表面の汚染物質によって呈色が生じたものと考えられる。各試薬はCu以外にもZnなど種々の金属に反応して呈色する⁹⁾ことから、汚染物質中に金属が含有しており反応を示したものと推測される。第1表に各試薬による呈色の比較を示す。用いた4種類の試薬はCCA処理木材で生じるのと同色の呈色反応を汚染材面に対しても示す場合があるため、試薬を用いてCCA処理木材の判別を行うには、汚染の影響を受けないよう部材表面に付着している汚染を除去したうえで試薬を塗布することが必要となる。試薬塗布面の汚染除去を前提としたうえで試薬による判別を行う場合、PAR以外の3試薬は呈色状態が良くCCA処理木材の判別に有効と考えられる。特にクロムアズロールSは、溶液の調製が容易で、溶液の安定性が良く長期間保存できるため、現場での使用に適している。

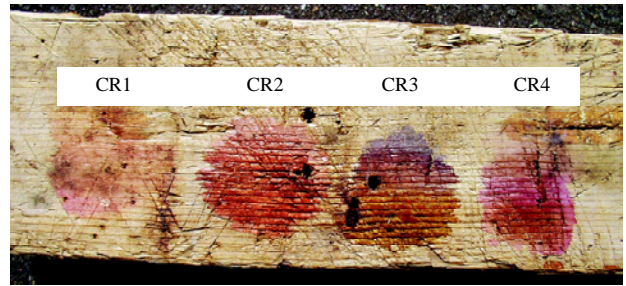
3.2 処理施設等で収集した注入処理木材の分析

第2表に収集した注入処理木材のCr, Cu, Asの濃度を示す。No.23, 26を除く34試料については、Cr, Cu, Asの3元素が検出されておりCCA処理木材と考えられる。No.23, 26の2試料については、Cuが高濃度(775 mg/kg dry以上)で含まれているものの、Cr (No.23, 26), As (No.23)が検出限界以下(<10mg/kg dry)であることから、CCA以外の銅系防腐剤で処理されたものと考えられる。CCA処理木材34試料の金属濃度は、平均でCr 1,299mg/kg dry, Cu 919 mg/kg dry, As 927 mg/kg dryであった。

ACQ(銅・アルキルアンモニウム化合物系)やCUAZ(銅・ホウ素・アゾール化合物系)などの銅系薬剤で処理された木材は、平成9年に水質汚濁防止法の改正でヒ素の排水基準が強化されことを契機にCCA処理木材の代替材として広く使用されるようになった。呈色反応の比較で用いた4種類の試薬はいずれもCuに対して反応するため、CCA処理木材と他の銅系薬剤(ACQ, CUAZ)で処理された木材とを呈色反応によって判別することはできないが、今回の分析結果から、木造家屋の解体によって現在排出されている注入処理木材については、CCA処理木材の排出割合が高く(94%), CCA以外の銅系薬剤で処



第1図 試薬塗布 15分後の木口切断面の呈色状態
 凡例) CR1 : PAR, CR2 : PAN, CR3 : クロムアズロールS, CR4 : ジフェニルカルボノヒドラジド, Control : 無塗布
 Fig. 1. Coloration of cross-cut sections 15min. after reagent spraying.
 Legend) CR1 : PAR, CR2 : PAN, CR3 : Chrome Azurol S, CR4 : Diphenylcarbonohydrazide, Control : Not sprayed



第2図 汚染材面での呈色
 凡例) CR1, CR2, CR3, CR4 : 第1図参照
 Fig. 2. Coloration on contaminated wood surface without CCA treatment.
 Legend) CR1, CR2, CR3, CR4 : See Fig.1.

第1表 各試薬による呈色反応の比較
 Table 1. Comparison of coloration by reagents.

	PAR	PAN	クロムアズロールS Chrome Azurol S	ジフェニルカルボノヒドラジド Diphenylcarbonohydrazide
CCA 浸透部分の呈色 Color of CCA penetrated part	赤色 Red	紫色 Purple	青色 Blue	紫色 Purple
CCA 非注入部の呈色 Color of CCA non-penetrated part	黄色 Yellow	黄色 Yellow	オレンジ色 Orange	無色 Colorless
CCA 浸透部分と非浸透部分の判別 Identification between CCA penetrated part and non-penetrated part	不明瞭 Not clear	明瞭 Clear	明瞭 Clear	明瞭 Clear
汚染材面の呈色 Coloration on contaminated wood surface without CCA treatment	反応 Positive	反応 Positive	反応 Positive	反応 Positive

理されたものの排出割合は少ない(6%)ことが確認された。

3.3 解体現場における判別手順

3.3.1 判別部材の露出

一般の木造家屋において、CCA 処理木材の使用有無を確認すべき部位は、床回りの土台、大引き、根太である¹⁰⁾。解体現場において試薬による判別を行うためには、まずこれらの部位について部材の一部を露出する必要がある。解体現場でこれらの部材の露出作業を行った結果、土台については、建物の外部からバールやハンマーを用いて外壁のサイディング、モルタルを撤去することで比較的容易に露出できた(第3図)。大引き、根太については、建物内部の床板等を撤去することで露出可能であった(第4図)。

3.3.2 試薬塗布面の汚染除去

露出した判別部材を水で洗浄するなどの方法では確実に汚染を除去することができず、また材面が濡れた状態で試薬溶液を塗布すると乾燥した材面と比

べて呈色安定するまでの時間が長くなることが分かった。このため、切削工具で物理的に汚染除去することを試みた結果、土台、大引きについては手鋸により材の一部を切り欠くかまたは市販のドライバードリルに装着可能な座ぐりカッターで材表面を削り取る(第5図)、根太については手鋸で木口面を切り出すのが現場で簡易に行える方法と考えられた。また、汚染除去した試薬塗布面の周囲をテープでマスキングすることにより、汚染材面に塗布された試薬溶液が汚染除去した材面に流れ込むのを防止できた。

3.3.3 試薬塗布および呈色による判別

クロムアズロールSを用いた場合、汚染除去した材面にスプレーで試薬を塗布後、15分程度で呈色安定し判別が可能であった(第6図)。

3.3.4 判別精度

第7図に示すように処理施設等で収集した注入処理木材の各断面の呈色面積は試料により異なり、大

第2表 処理施設等で収集した注入処理木材の分析結果

Table 2. Analytical results of preservative-impregnated wood collected at industrial waste disposal facility and at demolition.

試料No. Sample No.	収集年月日 Sampling date	収集場所 Sampling site	断面における濃度 (mg/kg dry) Concentrations in cross section			備考 Note
			Cr	Cu	As	
1	2003/6/22	解体現場 Demolition	654	874	864	
2	2003/8/6	解体現場 Demolition	1,299	938	922	
3	2003/5/8	処理施設 Industrial waste disposal facility	751	267	165	
4			881	389	216	
5			5,602	3,103	1,224	
6			1,034	793	668	
7			315	291	481	
8	2003/6/3	処理施設 Industrial waste disposal facility	1,134	1,521	1,420	
9			4,395	4,052	5,268	
10			1,486	1,450	1,557	
11			1,168	687	690	
12			270	149	193	
13			2003/6/28	処理施設 Industrial waste disposal facility	486	481
14	1,435	927			342	
15	656	387			324	
16	839	499			313	
17	592	627			756	
18	2003/7/14	処理施設 Industrial waste disposal facility	1,179	724	866	
19			210	183	88	
20			391	441	515	
21			2,326	2,320	4,119	
22			65	37	40	
23			2003/8/1	処理施設 Industrial waste disposal facility	<10	775
24	338	290			329	
25	1,143	1,251			1,886	
26	<10	1,597			14	CCA以外の銅系薬剤 Copper-based preservatives except for CCA
27	3,388	2,179			3,450	
28	394	360			637	
29	2003/8/21	処理施設 Industrial waste disposal facility			384	192
30			6,315	3,172	1,240	
31			652	250	318	
32			450	245	151	
33			2,031	902	654	
34			610	355	191	
35			986	646	260	
36			307	281	611	
平均値 Average			1,299*	919*	927*	
最小値 Min.			65*	37*	40*	
最大値 Max.			6,315*	4,052*	5,268*	

注) * No.23, 26を除く

Note) * Except for Nos. 23 and 26



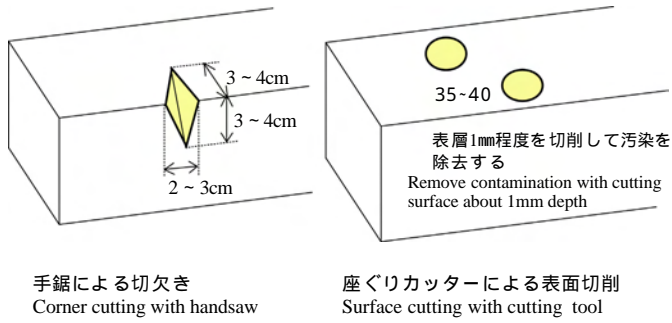
第3図 露出した土台

Fig. 3. Exposure of wood sill on foundation.

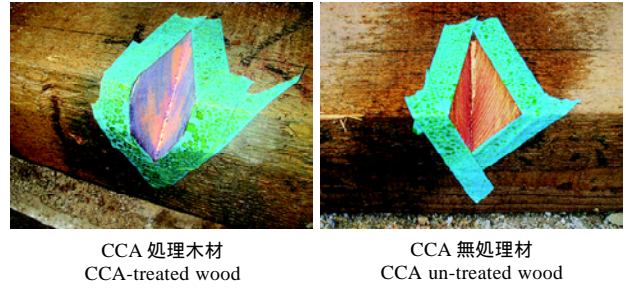


第4図 露出した大引き

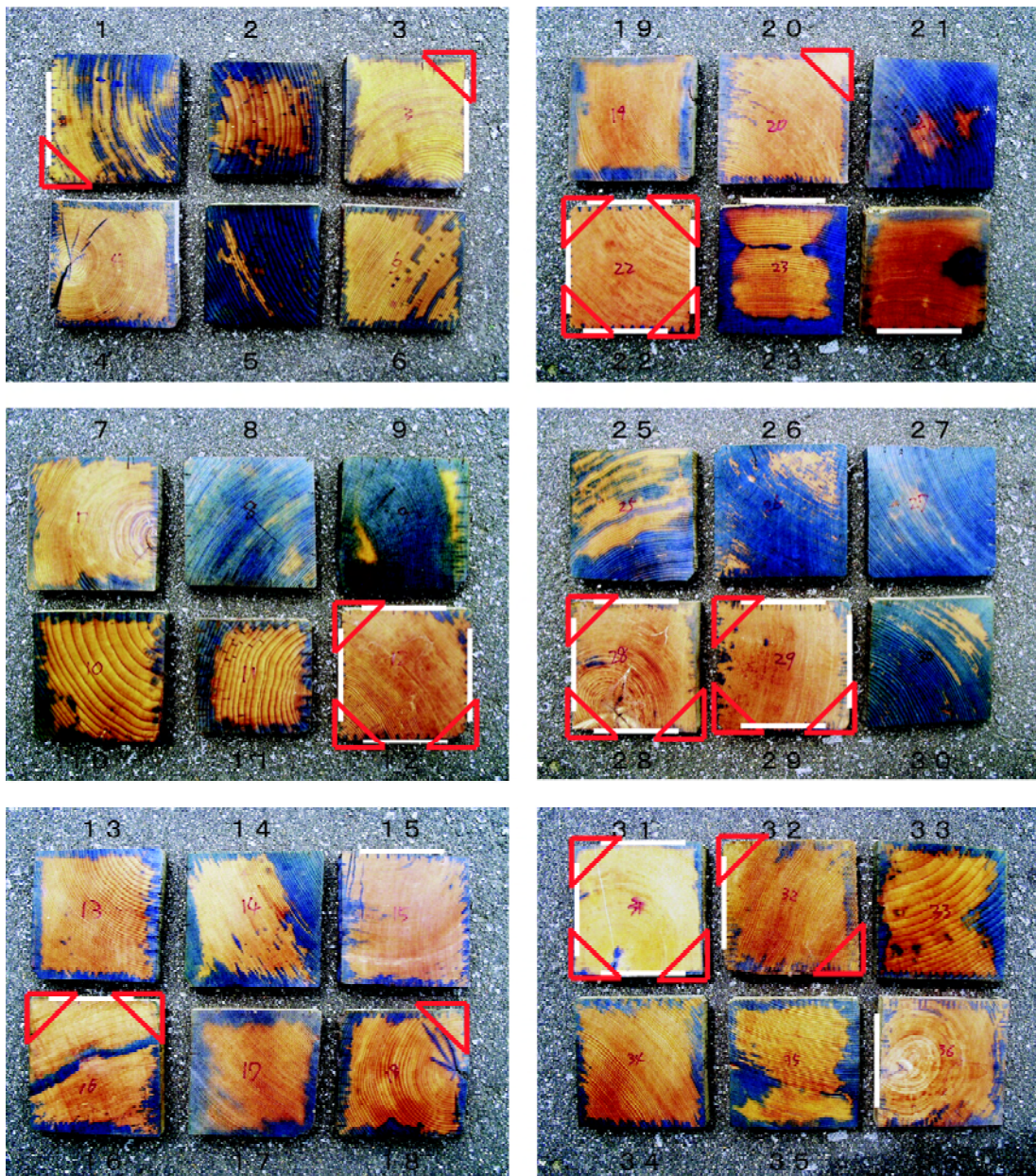
Fig. 4. Exposure of floor joist.



第5図 切削工具による汚染除去
Fig. 5. Removal of contamination with cutting tools.



第6図 呈色反応による CCA 処理木材の判別事例
Fig. 6. A case of distinction between CCA-treated wood and untreated wood by color reaction.



第7図 注入処理木材の木口切断面の呈色状態
注) 赤枠、白線はそれぞれ切欠き、表面切削を行った場合、CCA 処理木材として判別可能な呈色反応が生じない部分を示す。
Fig. 7. Coloring of cross cutting sections of preservative-impregnated wood.
Note) Red triangles and white lines indicate the parts that can't be identified as CCA-treated wood by color reaction when corner cutting and surface cutting was done respectively.

第3表 抽出部材数，汚染除去箇所数と誤判別の確率

Table 3. Number of test wood, number of contamination-removal places and probability of misjudgment.

抽出部材数 Number of test wood	1部材あたりの汚染除去箇所数(角, 材面) Number of contamination-removal places per wood (corner, surface)	CCA処理木材を誤判別する確率(%) Misjudged probability of CCA-treated wood	
		切欠き Corner cutting	表面切削 Surface cutting
1	1	16.7	17.4
	2*	9.0	9.7
2	1	2.5	2.8
	2*	0.7	0.8
3	1	0.4	0.4
4	1	0.04	0.05

注) * 2箇所(角または材面)が隣接する場合
Note) * In case of two places neighboring

きなばらつきが認められた。土台や大引きで判別部材の一部を切り欠くか材面の一部を削って試薬による判別を行う場合(第5図), 呈色反応を確認できるのは判別部材の断面(もしくは材面)のうちの一部に限られる。

このため, これらの汚染除去部分が写真に示した赤枠や白線に該当する場合には, CCA処理木材であっても呈色反応が不明瞭なため, CCA処理木材として判別できない可能性が大きい。判別する部材が実際にはCCA処理木材であるにもかかわらずCCA処理木材でないとして誤って判別されてしまう確率は次のとおり算出される。

例えば, 判別を行う抽出部材が1本で4隅のうち1箇所を切り欠く場合に誤判別する確率は, 第7図に示す36本の各4隅から任意に選択した1箇所が赤枠に該当する確率となるので, $24 / (36 \times 4) = 0.167$ となる。抽出部材数, 汚染除去箇所と誤判別の確率について第7図から試算した結果を第3表に示す。現場で実際に判別を行う場合には, 要求される判別精度と判別の作業性とを勘案して抽出部材数等を決める必要がある。また, インサイジング処理の有無やCCA処理木材であることを示すJAS表示の有無を指標とした目視判別と本報告で示した試薬による判別とを組み合わせることで, 比較的簡易な作業で判別精度を向上させることが期待できる。

4. おわりに

本報告では, 解体現場で呈色試薬を用いてCCA処理木材を判別する方法について検討し, 以下の結果を得た。

1) 呈色試薬のうちPAN, クロムアズロールS, ジ

フェニルカルボノヒドラジドの3試薬は, CCA処理木材に対する呈色が良好であった。

- 2) 呈色試薬を用いて解体現場でCCA処理木材の判別を行う場合, これらの試薬は土壌や埃などに含まれる金属に反応する可能性があるため, 判別部材の汚染除去が必要である。汚染除去方法として, 土台や大引きの場合は, 手鋸による部材の切欠きもしくは座ぐりカッターによる表面切削が, 根太では木口面の切出しが作業性に優れていた。
- 3) これらの呈色試薬は, CCA処理木材以外にもACQ, CUAZなどの銅系薬剤で処理された木材に対しても同様の呈色反応を示す。しかし, 現在木造家屋の解体で排出されている注入処理木材の多くはCCA処理木材であると推定され, CCA処理木材である可能性が高い木材を現場で簡易に判別できる手法として有効である。
- 4) 試薬による判別部材の抽出本数等は, 判別精度と作業性とを勘案して決める必要がある。

文 献

- 1) 農林水産省・経済産業省・国土交通省・環境省：“特定建設資材に係る分別解体等及び特定建設資材廃棄物の再資源化等の促進等に関する基本方針”, 平成13年1月17日農林水産省・経済産業省・国土交通省・環境省告示第1号, 2001.
- 2) 北海道：“北海道における特定建設資材に係る分別解体等及び特定建設資材廃棄物の再資源化等の促進等の実施に関する指針”, 2002.
- 3) 佐藤敏幸, 高橋義行, 叶内剛広, 安藤則男, 小

- 林正男：山形県工業技術センター報告 No.34 , 33-34(2002) .
- 4) 安田憲二 , 田中勝 , 出口祥啓 : 第16回廃棄物学会研究発表会講演論文集 , 仙台 , 2005 pp.575-577 .
- 5) Blassino M., Solo-Gabriele H., Townsend T. : *Waste Management and Research* **20** (3), 290-301 (2002).
- 6) Solo-Gabriele H. M. , Townsend T. G, Hahn D. W. , Moskal T. M. , Hosein N. , Jambeck J. , Jacobi G. : *Waste Magement* **24** (4), 413-424 (2004).
- 7) (財)日本工業規格協会 : “ 土台用加圧式防腐処理木材(JIS A 9108) ” , 1997 .
- 8) (社)日本農林規格協会 : “ 針葉樹の構造用製材の日本農林規格(平成3年1月31日農林水産省告示第143号) ” , 1991 .
- 9) 金子恵美子 , 磯江準一 : ふんせき 2002年7号 , 360-365(2002) .
- 10) 北海道立林産試験場 : “ 家屋解体工事におけるCCA処理木材分別の手引き ” , 2004 pp.1-17 .
- 利用部 再生利用科 -
- *1 : 利用部 化学加工科 -
- *2 : 利用部 材質科 -
(原稿受理 : 05.12.6)