

## 銅・第四級アンモニウム化合物系木材保存剤 (ACQ) を加圧注入した杭の 25 年間の被害経過

酒井温子・矢杉瑠美・岩本頼子・増田勝則

奈良県森林技術センター明日香実験林では、JIS K 1571:2010 に準拠した野外防腐性能試験を実施している。寸法が 30 × 30 × 600mm のスギ辺材試験体に薬剤を注入し、風乾後、半分の長さまで地中に埋め込んで設置し、1年に1回引き抜き、被害度を調査してきた。銅・第四級アンモニウム化合物系木材保存剤 (ACQ) を加圧注入した杭の 25 年間の被害経過から、当実験林における耐用年数が確定した。この実験林では、スギ辺材無処理杭の耐用年数は 2 年であるのに対して、製材の日本農林規格 :2013 の性能区分 K4 相当の ACQ 処理がされると (吸収量 : 5.2kg/m<sup>3</sup> 以上)、約 26 年以上の耐用年数および約 13 以上の耐朽比が期待できることが明らかになった。

### 1. はじめに

1990 年代半ばまで我が国で最も多く使用されていた注用木材保存剤 (本報では、防腐防蟻効力を有する薬剤を木材保存剤と呼ぶ) は、クロム・銅・ヒ素化合物 (以降 CCA と称す) であった。しかし、処理木材の廃棄時の環境負荷が社会問題となり、さらに、水質汚濁防止法で 1997 年より木材防腐処理工場からのヒ素の排水基準が 0.1mg/L へと強化されたこと等を受け、事実上、我が国で CCA 処理は困難となった。

CCA に替わって我が国のみならず海外でも広く使用され始めた木材保存剤に、銅・第四級アンモニウム化合物 (以降 ACQ と称す) がある。ACQ 処理木材は、奈良県内でも木造住宅の土台や土木資材等に広く使用されている。

奈良県森林技術センター明日香実験林では、JIS K 1571:2010 「木材保存剤—性能基準及びその試験方法」に準拠して、多くの木材保存剤の野外防腐性能について試験を行い、得られた結果を報告してきた<sup>1-5)</sup>。ACQ についても 2009 年に試験開始後 15 年間の経過についてすでに報告しているが<sup>6)</sup>、それからさらに 10 年間の調査データが蓄積されたことから、ACQ の野外防腐性能について再評価を行うこととした。

### 2. 材料と方法

#### 2.1 試験地

杭試験地は、奈良県森林技術センターの明日香実験林内 (奈良県明日香村川原) の南西緩斜面に設けた。試験地の様子を図1に示す。また、奈良地方気象台 (奈良県奈良市) における月別の気温と降水量について図2に示した。この図は、1981 年から 2010 年の 30 年間の平均値であり、この間の年平均気温の平均は 14.9℃、年間総降水量の平均は 1,316.0mm であった<sup>7)</sup>。当試験地は、奈良地方気象台がある奈良市と同じ大和平野に位置し、ほぼ同様な温暖な気候となっている。

この試験地は水田や果樹園の跡地であり、土壌はれきが少なく、やや湿潤である。樹木の古株も多く、ヤマシロアリが生息している。また、1年の内、杭試験体の被害調査を実施した 4~5 月は、試験地内の草を刈ったため杭試験体の地上部は直射日光に曝されたが、調査後 1 カ月程度で再び頂部まで草に覆われた。既に報告したように<sup>8)</sup>、湿潤な土壌に埋設された杭試験体では、杭の底部は被害が遅れ地際部は被害が急速に進行する。また、草で覆われると湿度の高い状態が続きやすく、地上部分の劣化が速くなる傾向にある。本報の調査結果は、以上の特徴を有することに留意されたい。

#### 2.2 材料

JIS K 1571:2010 「木材保存剤—性能基準及びその試験方法」の 5.2 防腐性能 5.2.3 野外試験に準拠して、杭試験体は気乾状態のスギ辺材から作製し、材面をプレーナで仕上げ、木口断面 30 × 30mm、長さ 600mm とした。1 濃度あたり、試験体は 12 本を使用した。

気乾状態の試験体に薬剤を加圧注入した。使用した薬剤は、(株) コシイプレザービングより提供を受けた ACQ (商品名 : マイトレック ACQ) で、JIS K 1570:2010 「木材保存剤」に記載されている ACQ 1 号である。防腐防蟻に有効な成分として、酸化銅と N-アルキルベンジルジメチルアンモニウムクロリドが含まれている。希釈には水道水を使用し、3 濃度を設定した。注入条件は、前排気を 80 ~ 150hPa で 30 ~ 60 分、加圧を 0.78 ~ 0.98MPa で 120 分、後排気を 80 ~ 150hPa で 30 分とした。木材体積あたりの ACQ 含有量、すなわち、ACQ 吸収量は、注入量 (木材体積あたりの処理液含浸量) に処理液の濃度を乗じて算出し、表 1 に記載した。注入後の試験体は、風通しの良い室内にて 20 日以上養生した。

#### 2.3 調査方法

調査は、JIS K 1571:2010 「木材保存剤—性能基準及びその試験方法」の 5.2 防腐性能 5.2.3 野外試験に準拠して実施した。すなわち、図 3 に示すように、



図1 杭試験地（奈良県森林技術センター明日香実験林）

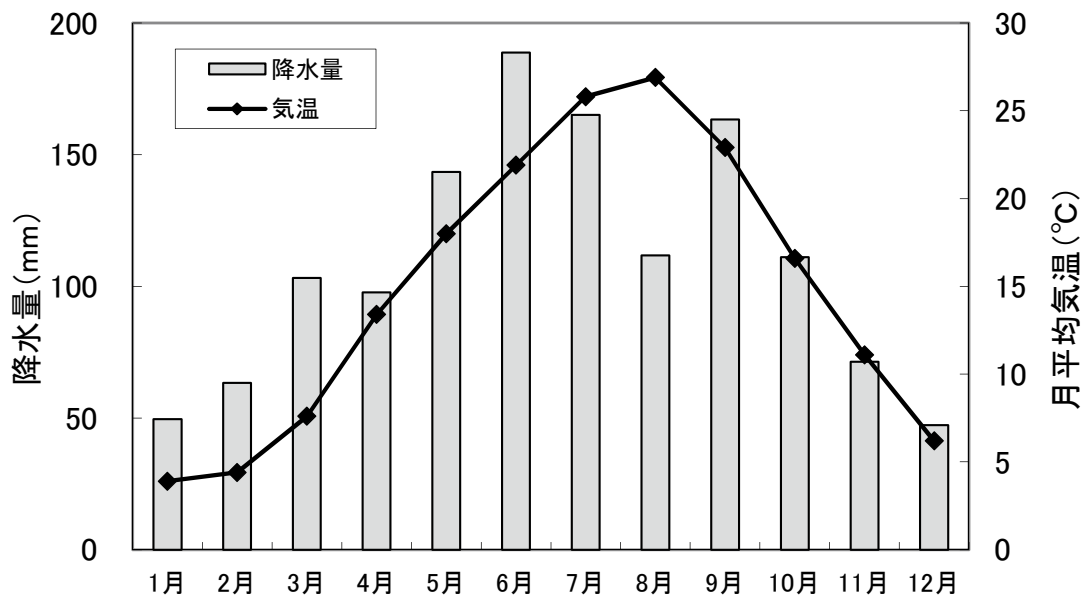


図2 奈良地方気象台（奈良市）において観測された気温と降水量<sup>7)</sup>  
（1981年～2010年の平均値）

表1 供試した杭試験体

	試験体本数 (本)	処理液中のACQの 濃度 (%)	処理液注入量* (kg/m <sup>3</sup> )	ACQ吸収量* (kg/m <sup>3</sup> )
条件1	12	0.38	730	2.8
条件2	12	0.58	658	3.8
条件3	12	0.76	592	4.5

\*：処理液注入量とACQ吸収量は試験体12本の平均値である。

杭試験体は長さ 600mm の半分までを地面に埋め込んで設置し、全ての杭を毎年1回4～5月に引き抜き、頭部（頂部）、地際部および地中部（底部）で被害度を目視および触覚で判定し、ただちに埋め戻した。当該試験地ではヤマトシロアリが生息しているため、判定は腐朽と蟻害による被害に注目し、JIS K 1571 の基準に準拠して表2のとおりに行った。

薬剤の性能は、部位ごとに算出した被害度の平均値を基に評価した。また、この試験地では2.1で述べたように、杭試験体の3部位の中で地際部の被害がもっとも速く進行するため、地際部の平均被害度が2.5を超えたときの経過年数を耐用年数（Y）とした。さらに、無処理杭の耐用年数（Y1）とACQ処理杭の耐用年数（Y2）から、次式により耐朽比（D）を算出した。耐朽比は、小数第1位を四捨五入して整数とした。

$$D = Y2 / Y1$$

### 3. 結果と考察

#### 3.1 明日香実験林におけるACQ処理杭の被害経過

図4に、ACQ処理杭の被害経過をACQ吸収量ごとに示した。この図は、2009年の報告<sup>6)</sup>に直近の10年間の結果を追記したものである。また、無処理杭についても再載した<sup>9)</sup>。

無処理杭の場合には、被害は急速に進行し、1年経過時には地際部の平均被害度は1.3、2年経過時には3.1となった。平均被害度が2.5を超えた時を耐用年数とすると、耐用年数は2年となる。また、4年経過後には、すべての杭の地際部が腐朽とヤマトシロアリの被害により崩壊し、地上部分が地面に倒れたため、調査を終了した。

一方、ACQ処理杭は、設置後6年経過ごろから軽度な腐朽が観察され始めた。吸収量が2.8kg/m<sup>3</sup>の杭では、15年経過時に地際部の平均被害度が2.4、16年経過時に2.7となり、耐用年数は16年と判断された。

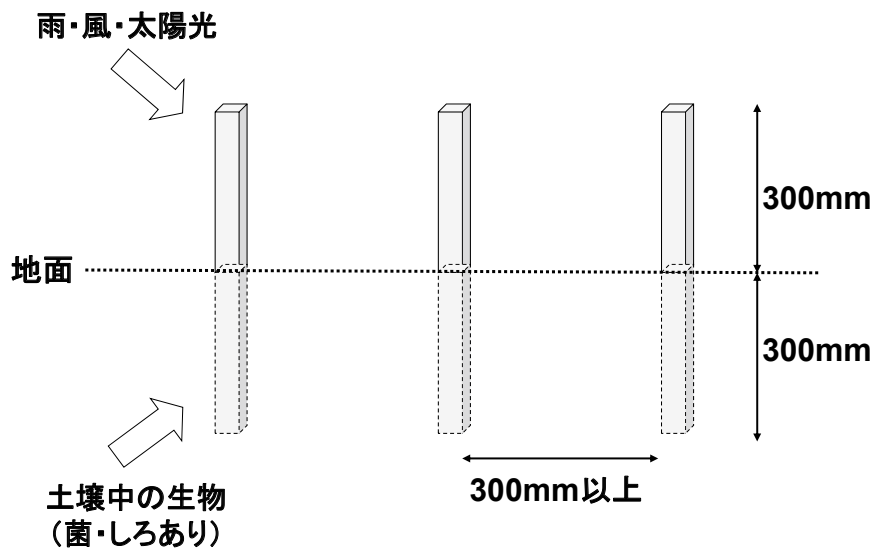


図3 試験体の設置方法

表2 被害度調査基準

被害度	観察状態
0	健全
1	部分的に軽度の腐朽または蟻害
2	全面的に軽度の腐朽または蟻害
3	2の状態のうえに部分的に激しい腐朽
4	全面的に激しい腐朽または蟻害
5	腐朽または蟻害によって形が崩れる

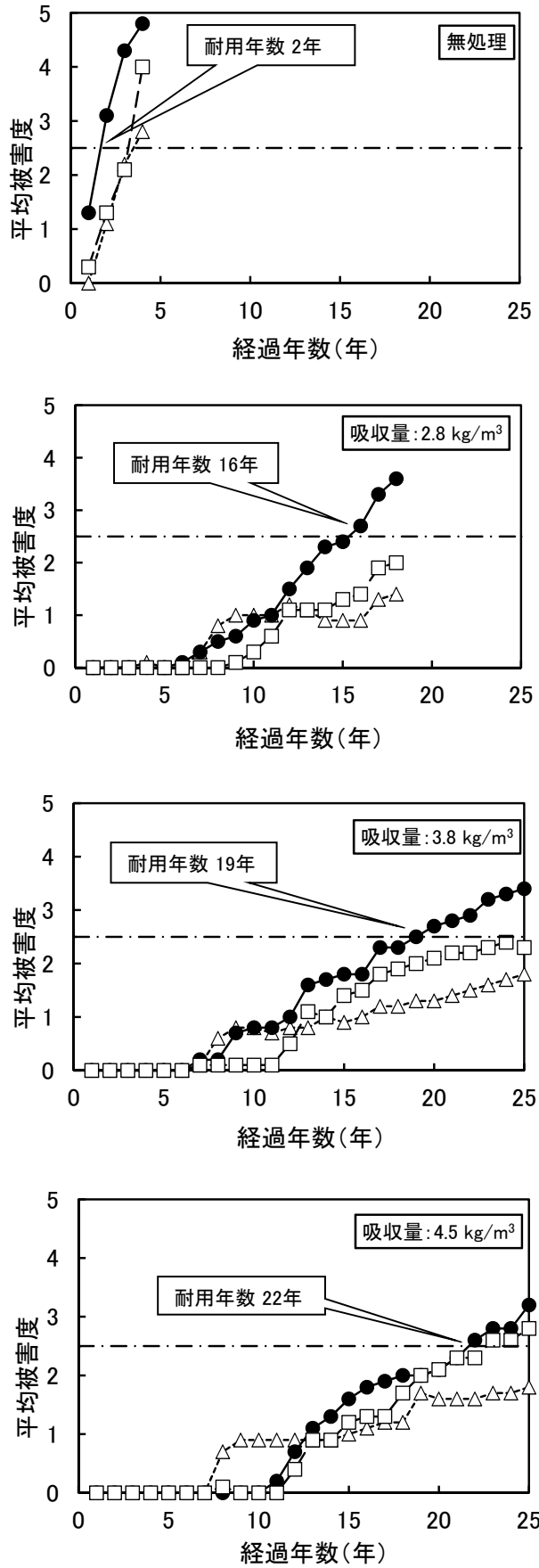


図4 ACQ 処理杭の被害経過  
 △：頂部、●：地際部、□：底部

18年経過時に地際部の平均被害度が3.6となり、設置した12体の杭の内、3体が地際部で腐朽により折れたため調査を終了とした。

吸収量が3.8および4.5kg/m<sup>3</sup>の杭は、19年および22年経過時点で地際部の平均被害度が2.5を超えた。なお、この25年間、ACQ処理杭にはヤマトシロアリの食害は観察されなかった。生物被害はいずれも腐朽であった。

### 3.2 明日香実験林におけるACQ処理杭の耐用年数

図5にACQ吸収量(X)と耐用年数(Y)の関係を示した。

4点の測定点はほぼ直線上に位置しており、吸収量0～4.5kg/m<sup>3</sup>までの範囲は近似式  $Y=4.5568X+2$  ( $R^2=0.9919$ ) で表された。製材の日本農林規格(以降JASと呼ぶ):2013における性能区分K3では、ACQについては吸収量2.6kg/m<sup>3</sup>以上が要求されるので、この近似式より耐用年数は14年以上となる。JIS K 1571:2010では、木材保存剤の性能基準、すなわち木材保存剤として認められる性能として、本報のような野外試験については耐朽比3以上と定めている。当試験地では無処理杭の耐用年数が2年であることから、耐用年数14年は耐朽比7となり、基準の3以上を大きく上回っている。無処理杭に比べて耐用年数が7倍延長されたことを意味する。

さらに、屋外で長期間使用する部材に対しては、性能区分K4に該当する処理を行う必要がある。ACQの場合、吸収量は5.2kg/m<sup>3</sup>以上が要求されるが、この近似式に代入すると耐用年数は26年以上となる。耐朽比13以上となり、無処理杭よりも13倍以上の寿命延長となった。ただし、吸収量の増加に伴う耐用年数の増加割合は徐々に減ることが多く、この近似式が

有効な範囲は今回の試験からは明らかではない。

製材のJAS:2013に認定されている木材保存剤の中で、性能区分K4に適用できる薬剤はACQの他に9系統あるが、ジデシルジメチルアンモニウムクロリド剤(AAC-1)やナフテン酸亜鉛乳剤(NZN-E)、第三級カルボン酸亜鉛・ペルメトリン乳剤(VZN-E)については、明日香実験林での同様の野外杭試験の結果、K4に該当する処理を行った場合、耐用年数は10年程度と推定されており<sup>1,2,4</sup>、ACQはこれらよりもはるかに長い耐用年数を付与できる。また、ナフテン酸銅乳剤(NCU-E)では、K4に該当する処理を行った場合、耐用年数は約20年以上であり<sup>5</sup>、ACQはNCU-Eよりもやや長い耐用年数を付与できる。

なお、本報で示す耐用年数とはJIS K 1571の試験規格で定められた定義、すなわち断面が30×30mmのスギ辺材を使用し、均一に薬剤が注入された材料を地面に埋め込んだ時に、平均被害度が2.5を超える年数である。したがって、材料の大きさや樹種が異なると<sup>10</sup>、耐用年数も異なる結果となる。さらに、杭試験体ではなく建造物の耐用年数については、用途によって要求される性能が異なり、構造によって劣化しやすい部位が異なること等から、建造物ごとに耐用年数を検討する必要がある。

### 3.3 他の試験地における被害経過との比較

日本木材防腐工業組合では、2011年秋に、森林総合研究所第2樹木園(つくば市)、富山県農林水産総合技術センター木材研究所(射水市)および奈良県森林技術センター明日香実験林において、同一産地のスギ辺材杭に同一薬剤で同時に処理をしたACQ処理杭について、同時期に試験を開始し、試験地による被害

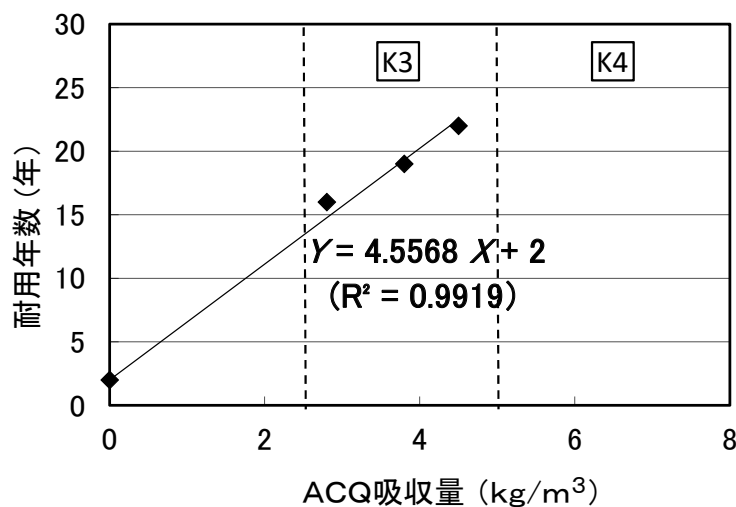


図5 ACQ吸収量と耐用年数の関係  
K3、K4は、製材の日本農林規格における性能区分を示す。

表3 試験開始後6年経過時の杭地際部の被害度\*

試験地 試験体	森林総合研究所 第2樹木園 (つくば市)	富山県農林水産総合技術 センター 木材研究所 (射水市)	奈良県森林技術セン ター 明日香実験林 (明日香村)
ACQ K 3 処理杭	0	0	1.6
ACQ K 4 処理杭	0.3	0.3	0.8

\* : 平成 29 年度 保存処理木材の耐久性調査報告書<sup>11)</sup>より作成

状況の違い等を観察している。

表3に、ACQ 処理杭について6年経過時の2017年の調査結果を示す<sup>11)</sup>。

同時に設置したスギ無処理杭では、被害が急速に進行し、6年経過時にはいずれの試験地においても調査を終了している。スギ無処理杭の耐用年数は、森林総合研究所第2樹木園と当明日香実験林で2年、富山県農林水産総合技術センター木材研究所では4年であった。

表3より、3試験地の中で当明日香実験林において、ACQ 処理杭の地際部の腐朽の進行が速いことがわかる。被害経過は気候や土壌条件等に影響を受けると考えられ、たとえば、当明日香実験林では土壌中に銅耐性菌が生息していることも<sup>12)</sup>、ACQ 処理杭の腐朽を速めている可能性がある。

したがって、試験地によってACQ 処理杭の耐用年数および耐朽比は異なることも予想される。今後の日本木材防腐工業組合の調査結果に注目する必要がある。

## 謝辞

薬剤の提供および結果の公表に際し、(株) コシイプレザービングよりご快諾をいただきました。心より感謝いたします。

## 引用文献

- 1) 酒井温子, 岩本頼子, 中村嘉明: 日本農林規格認定の木材保存薬剤を加圧注入した杭の被害経過. 木材工業. 56, 17-22 (2001)
- 2) 酒井温子, 岩本頼子, 中村嘉明: 銅あるいは亜鉛を含有する木材保存薬剤を加圧注入した杭の被害経過. 木材保存. 27(3), 114-120 (2001)
- 3) 酒井温子, 岩本頼子, 中村嘉明: 重金属を含まない木材保存薬剤を加圧注入した杭の被害経過. 木材保存. 27(4), 165-169 (2001)

- 4) 酒井温子, 岩本頼子, 中村嘉明: IPBC あるいは DDAC を加圧注入した杭の被害経過と耐用年数. 木材保存. 34(3), 112-118 (2008)
- 5) 酒井温子, 岩本頼子, 中村嘉明, 小林智紀: 銅系木材保存剤を加圧注入した杭の耐朽性 (1) 銅の吸収量と耐用年数の関係. 木材保存. 36(1), 17-22 (2010)
- 6) 酒井温子, 岩本頼子, 中村嘉明: 銅・第四級アンモニウム化合物系木材保存剤 (ACQ) を加圧注入した杭の野外耐用年数の推定. 奈良県森技セ研報. 38, 57-60 (2009)
- 7) 気象庁ホームページ: 過去の気象データ検索, 奈良平年値 (年・月ごとの値). [https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/nml\\_sfc\\_ym.php?prec\\_no=64&block\\_no=47780&year=2007&month=03&day=05&view=pl](https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/nml_sfc_ym.php?prec_no=64&block_no=47780&year=2007&month=03&day=05&view=pl)
- 8) 酒井温子: 明日香実験林、野外杭試験報告 (第7報) 試験地、樹種および防腐処理による被害状況の違い. 奈良県森技セ研報. 30, 27-38 (2000)
- 9) 中村嘉明: 野外杭試験と室内耐朽性試験の関係. 木材保存. 17(1), 17-25 (1991)
- 10) 酒井温子, 岩本頼子, 中村嘉明: 樹種による防腐処理杭の被害経過の違い. 木材保存. 27 (5), 216-224 (2001)
- 11) 日本木材防腐工業組合: 平成 29 年度 保存処理木材の耐久性調査報告書 (経年変化 データ集). 平成 30 年 3 月 (2018)
- 12) 酒井温子, 喜友名朝彦, 二宮真也: 銅系木材保存剤を加圧注入した杭の耐朽性 (2) 地際部で分離された担子菌の木材腐朽力と銅耐性. 木材保存. 43(3), 131-138 (2017)

(2019年3月20日 受理)