

短報

## 夏季伐採アカマツ材の材質に及ぼす水中貯木の影響

片岡 寛嘉・中山 茂生・石橋 正樹\*・椿 祐司\*\*

Influence of Storing in Water on Wood Quality of Japanese Red Pine (*Pinus densiflora*)  
in Summer Felling

KATAOKA Hiroyoshi, NAKAYAMA Shigeo, ISHIBASHI Masaki and TSUBAKI Yūji

### 要 旨

伐採 2 日経過後に製材したアカマツ材と、半年間水中貯木を行った後に製材したものを高温低湿条件下で高温セット処理と中温乾燥を行い、含水率、材色および表面割れについて、乾燥後モルダールをかけてから 3 ヶ月間人工乾燥したものは養生室で、天然乾燥をしたものは風通しの良い屋根付き土場で経時変化を測定し比較した。また、水中貯木の開始時期を伐採から 2 日経過後、7 日経過後、10 日経過後として青変発生を比較した。水中貯木の有無で t-検定を行った結果、含水率および材色に有意差は認められなかったが、表面割れについては水中貯木した材の方が割れ長さおよび割れ面積ともに大きくなった。また、水中貯木の開始時期が伐採の 10 日後であっても青変は見られなかったことから、少なくとも伐採から 10 日間は水中貯木を行うと青変に対して効果があることが分かった。

キーワード：アカマツ、水中貯木、青変、材質、高温セット処理

### I はじめに

島根県大田市は県内でも数少ないアカマツ材の生産地である。一般的にアカマツは冬季の寒い時期に伐採搬出される(谷内, 2008)。これは梅雨時期に伐採搬出を行うとアカマツ材に青変が発生し、歩止まりが著しく低下してしまうためである。しかし、それでは受注が短期間に限られることから、年間を通して安定的にアカマツ材を供給する技術が求められている。青変を抑制するための技術の一つに水中貯木がある。水中貯木はこれまでも研究されており、青変抑制に一定の効果が示されている(住吉, 2008)。しかし、水中貯木後の材質、水中貯木と高温セット処理の組み合わせや水中貯木までに要した期間による青変発生の有無については、これまであまり報告されていない。そこで本研究では、水中貯木の有無と、その後の乾燥条件の違いが材質へ及ぼす影響を調査し、また水中貯木の開始時期と青変発生との関係を検証したの

で報告する。

### II 材料と方法

#### 1. 材料

夏季に伐採されてから 2 日以内の島根県大田市産の長さ 4m、末口径 30cm アカマツ丸太 11 本を用意した。各丸太の両木口 20cm を除き、1.2m×3 本に鋸断し、計 33 本の試験材を得た。また、元口、末口それぞれに 20cm の端材を計 22 本得た。

水中貯木を実施しないグループ A (8 本)、グループ B (8 本) と水中貯木を実施するグループ C (4 本)、グループ D (4 本)、グループ E (9 本) (以下 A, B, C, D, E とする。)の 5 グループに区別した。また、端材から長さ 30mm、幅 30mm、厚さ 30mm の 3cm 角に採材した計 176 個を初期材質調査に使用した(図 1)。

\* 島根県西部農林振興センター 益田事務所, \*\* 島根県西部農林振興センター 県央事務所

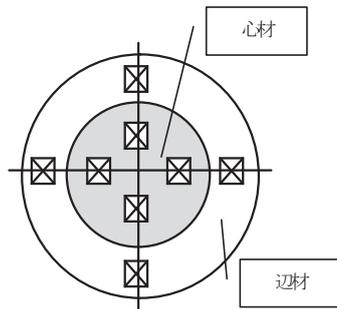


図1 試験片の採材箇所  
□は採材位置

## 2. 試験方法

人工乾燥装置には、収容能力約7.7m<sup>3</sup>の高温蒸気式乾燥装置（株）新柴設備製「SKD-045PJr」を用いた。使用した乾燥スケジュールおよび処理方法を表1に示す。人工乾燥期および天然乾燥期には1.2mに切った木材を4m等の実際に使用する長さの木材と同等の乾燥速度に近づけるため、シリコンシーリング剤を試験材の両木口に塗布し、木口からの蒸散を抑制した。水中貯木には上水を用い、2ヶ月間に1回の水交換を行った。また、供試材を完全に沈めるために材の上に薄い板を敷きその上から重石を乗せ、材が浮き上がらないようにした。

各グループの調査項目を表2に示す。端材から採材した3cm角材は生材密度、平均年輪幅、材色を測定後、全乾法により含水率を測定した。

表1 各グループの処理方法

グループ	試験材本数	水中貯木	乾燥スケジュール		
			蒸煮	高温セット	中温乾燥
A	8	—	—	—	DBT/WBT 60~85°C/57~85°C 672h
B	8	—	DBT/WBT 95°C/95°C 12h	DBT/WBT 120°C/90°C 24h	DBT/WBT 90°C/60°C 288h
C	4	実施	DBT/WBT 95°C/95°C 12h	DBT/WBT 120°C/90°C 24h	DBT/WBT 90°C/60°C 288h
D	4	実施	天然乾燥		
E	9	実施	天然乾燥(目視による青変発生の経過観察)		

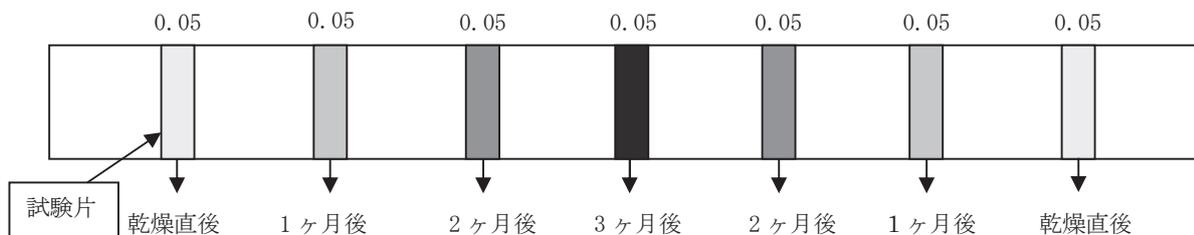


図2 材色・含水率試験片の採材箇所（単位はm）

表2 各グループの調査項目

グループ	試験材本数	測定項目							
		平均年輪幅	含水率 (含水率計)	含水率計 (全乾法)	材色	重量	寸法	表面割れ	青変発生
端材	176	○	-	○	○	○	○	-	-
A	4	-	○	-	-	○	○	○	-
	4	-	-	○	○	-	-	-	-
B	4	-	○	-	-	○	○	○	-
	4	-	-	○	○	-	-	-	-
C	2	-	○	-	-	○	○	○	-
	2	-	-	○	○	-	-	-	-
D	2	-	○	-	-	○	○	○	-
	2	-	-	○	○	-	-	-	-
E	9	-	-	-	-	-	-	-	○

AからDに関しては各グループ内の試験材を半数にし、測定項目を分けた。一方はモルダー加工直後の重量、寸法、木材水分計((有)エーデス機械産業製「DELTA-200XL」)による含水率、木口割れ、材面割れを測定した。なお、試験材の材面割れと木口割れの測定は、4材面に発生した肉眼で確認できた全ての割れについて、その最大幅と割れ長さを鋼尺(測定精度は最大幅で0.5mm、割れ長さについては1mm)で測定した。また、割れ面積は割れ幅×割れ長さ×1/2によって算出した。以上の操作を1ヶ月おきに3ヶ月間測定した。

もう一方の試験材についてはモルダー加工直後に試験材の両端から10cm間隔で材長5cmの試験片を切り出し、材色および全乾法で含水率を測定した(図2)。材色は分光式色差計((株)日本電色工業製のSE-2000)を用いてL\*(明度)、a\*(赤み)、b\*(黄色み)を測定した。以上の操作を1ヶ月おきに3ヶ月間測定した。

Eについては伐採から2日後、伐採から7日後、伐採から10日後に3本ずつ分けて半年間の水中貯木を行った。半年後製材を行い、天然乾燥開始から1か月毎に半年間目視による青変を観察した。

### Ⅲ 結果と考察

#### 1. 素材の材質特性

表3に端材から得た3cm角を用いて測定した材質特性結果を示す。L\*は変動係数が小さかったのに対し、それ以外の測定項目においては変動係数が大きかった。

表3 素材の材質特性

	生材密度 (g/cm <sup>3</sup> )	平均年輪幅 (mm)	含水率 (%)	材色		
				L*	a*	b*
平均値	0.83	3.5	95.8	78.66	4.66	17.95
最大値	1.12	7.3	188.6	84.24	8.77	24.13
最小値	0.47	1.0	32.2	70.60	1.72	13.35
標準偏差	0.23	1.5	54.9	3.31	1.40	2.51
変動係数(%)	27.39	42.0	57.2	4.21	30.11	13.97

表4 材面割れの推移

グループ	供試材本数	乾燥直後	1ヶ月目	2ヶ月目	3ヶ月目	
割れ数 (個)	A	4	5	7	9	8
	B	4	70	75	101	104
	C	2	220	194	141	118
	D	2	69	65	55	41
割れ総長さ (mm)	A	4	1075	1128	1226	1235
	B	4	3183	3260	3662	3679
	C	2	8200	7693	6796	6166
	D	2	5798	7405	6491	6388
割れ総面積 (mm <sup>2</sup> )	A	4	5291	5907	6687	7238
	B	4	2867	2561	4293	4080
	C	2	7473	6379	5808	5449
	D	2	7223	14382	8468	9638

#### 2. 材面割れの経時変化

表4に材面割れの総長さおよび総面積の推移を示す。また、図3、図4はBとCを比較し、水中貯木の有無による割れ総長さおよび割れ総面積への影響を示した図である。BとCにおいて一対のt-検定を行った結果、割れ長さおよび割れ面積について95%および99%有意水準において有意な差が認められた。

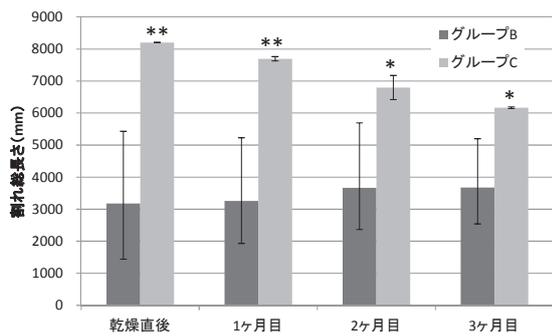


図3 材面割れ総長さの推移

注：\*\*は  $p < 0.01\%$ ，\*は  $p < 0.05\%$

下上は最大値，最小値を示す

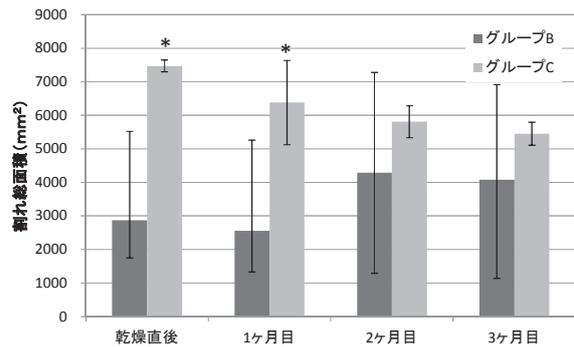


図4 材面割れ総面積の推移

注：\*は  $p < 0.05\%$

下上は最大値，最小値を示す

表5 寸法の経時変化

グループ	測定時期	幅 (mm)	せい (mm)	長さ (mm)	重量 (kg)	含水率 (%)		密度 (g/cm³)
						表	裏	
A	仕上げ直後	120.04	209.98	1200	16.68	13.0	12.7	0.55
		120.11	210.05	1201	15.51	11.4	11.2	0.51
		120.16	210.11	1200	14.80	10.4	11.9	0.49
		120.90	209.91	1200	14.94	10.9	13.2	0.49
	1ヶ月後	119.71	209.64	1201	16.54	10.6	10.6	0.55
		120.03	209.50	1202	15.37	10.9	9.9	0.51
		119.54	209.74	1203	14.72	9.1	10.9	0.49
		119.85	209.47	1200	14.89	9.9	11.9	0.49
		119.55	209.72	1201	16.32	10.1	10.0	0.54
	2ヶ月後	119.48	209.12	1201	15.14	8.0	8.3	0.50
		119.58	209.68	1201	14.56	8.0	9.3	0.48
		119.28	208.70	1200	14.66	8.8	10.4	0.49
		118.57	208.81	1200	16.04	8.8	9.6	0.54
	3ヶ月後	118.79	208.01	1201	14.88	9.3	8.0	0.50
		119.03	209.34	1200	14.35	7.5	8.8	0.48
		118.56	207.37	1199	14.43	8.3	9.1	0.49
	収縮率 (%)	1.3	0.8	0.0				
B	仕上げ直後	120.91	210.06	1200	15.89	18.6	19.3	0.57
		120.92	210.94	1200	14.78	18.6	17.4	0.49
		120.20	210.09	1200	14.26	17.4	17.8	0.47
		120.37	210.20	1200	14.52	19.3	20.1	0.48
	1ヶ月後	120.11	210.15	1200	15.94	7.8	9.1	0.53
		120.22	210.18	1200	14.84	7.5	6.7	0.49
		119.99	209.95	1200	14.30	7.0	7.5	0.47
		120.34	210.01	1200	14.56	8.8	8.3	0.48
		120.37	210.13	1201	15.96	7.8	8.5	0.53
	2ヶ月後	120.85	211.00	1200	14.86	6.7	6.5	0.49
		120.87	210.03	1201	14.33	10.5	7.5	0.47
		120.53	210.12	1201	14.59	8.3	7.0	0.48
		120.42	209.96	1200	15.90	8.0	8.3	0.52
	3ヶ月後	120.72	210.25	1200	14.84	7.0	7.0	0.49
		120.10	209.82	1200	14.32	7.8	7.5	0.47
		120.31	210.05	1200	14.56	7.5	6.7	0.48
	収縮率 (%)	0.2	0.1	0.0				
C	仕上げ直後	120.58	210.30	1200	17.11	8.8	7.8	0.57
		120.88	210.92	1200	14.50	7.5	7.2	0.48
	1ヶ月後	119.97	209.54	1200	17.28	9.3	9.1	0.57
		120.27	210.25	1200	14.66	6.7	7.5	0.48
		119.96	209.77	1200	17.32	9.1	8.3	0.57
	2ヶ月後	120.26	210.32	1200	14.70	7.8	7.2	0.48
		120.22	210.30	1200	17.36	10.1	8.5	0.57
	3ヶ月後	120.48	210.15	1200	14.73	8.3	8.0	0.48
	収縮率 (%)	0.3	0.2	0.0				
	D	天然乾燥開始	147.77	239.05	1229	23.41	14.8	23.4
149.84			239.22	1223	24.02	19.2	26.5	0.55
1ヶ月後		148.96	238.39	1222	22.19	14.3	17.7	0.51
		147.10	237.85	1227	21.85	12.2	13.0	0.51
2ヶ月後		147.27	239.89	1228	22.61	20.3	20.8	0.52
		147.93	237.93	1223	22.09	13.0	20.3	0.51
3ヶ月後		146.85	238.32	1228	21.62	16.4	18.7	0.50
		149.42	238.85	1223	21.72	16.4	16.6	0.50
収縮率 (%)	0.5	0.2	0.0					

### 3. 寸法・重量の経時変化

表5に寸法、重量および含水率計を用いた含水率の経時変化を示す。高温セット処理を行ったBとCは中温乾燥のみで乾燥したAと比較して収縮率が小さかった。高温セット処理をすることで仕上げ加工後の収縮を抑える効果があると考えられる。

### 4. 材色の経時変化

表6に $L^*$ 、 $a^*$ および $b^*$ の経時変化を示す。また、図5、

表6 材色の経時変化

		乾燥前		仕上げ加工直後		1ヶ月後		2ヶ月後		3ヶ月後	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
A	$L^*$	78.66	3.31	71.52	1.02	75.87	0.85	75.20	0.99	69.03	2.17
	$a^*$	4.66	1.40	5.98	0.55	6.34	0.60	6.29	0.27	9.53	1.09
	$b^*$	17.95	2.51	18.03	0.49	21.28	0.58	21.34	0.50	28.08	0.99
B	$L^*$	78.66	3.31	76.87	0.74	75.88	0.84	74.14	0.88	74.05	0.74
	$a^*$	4.66	1.40	5.52	0.35	6.13	0.28	6.28	0.34	6.48	0.43
	$b^*$	17.95	2.51	23.19	0.60	22.50	0.56	21.91	0.50	21.96	0.31
C	$L^*$	78.66	3.31	34.16	0.88	69.73	2.75	70.78	1.76	68.80	3.78
	$a^*$	4.66	1.40	5.13	0.38	8.59	1.36	8.49	0.58	9.00	1.70
	$b^*$	17.95	2.51	16.71	0.39	29.20	1.11	30.32	0.28	30.09	0.59
D	$L^*$	78.66	3.31	29.14	0.35	60.12	6.37	58.57	3.90	60.46	10.54
	$a^*$	4.66	1.40	4.00	1.00	6.70	1.91	7.28	2.46	7.28	2.00
	$b^*$	17.95	2.51	14.27	0.12	23.73	3.12	23.84	4.54	25.56	7.40

注：Dの仕上げ加工直後は天然乾燥開始直後を示す、以後は天然乾燥期間中に経時変化を測定

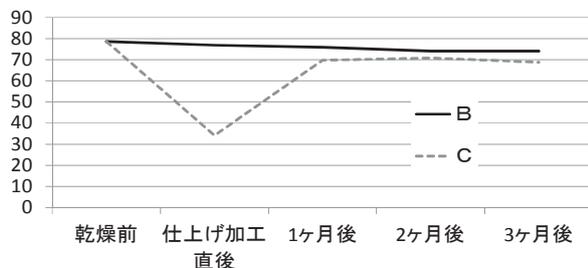


図5  $L^*$ の推移

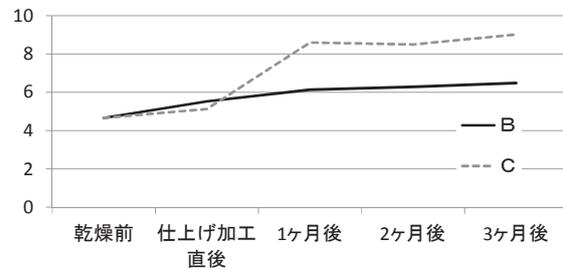


図6  $a^*$ の推移

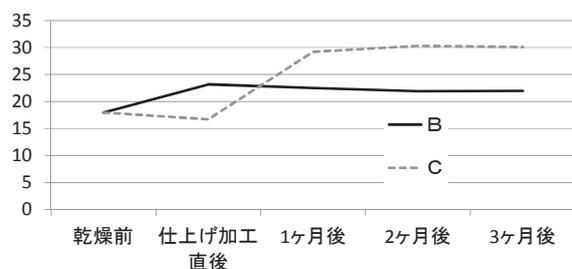


図7  $b^*$ の推移

図6、図7はBとCの結果を比較し水中貯木の有無が $L^*$ 、 $a^*$ および $b^*$ へ及ぼす影響を示した図である。 $a^*$ と $b^*$ はBよりもCが高い値を示したが、 $L^*$ はBがわずかに高くなった。水中貯木後、高温セット処理を行うと色が濃くなり、明度が低くなる傾向がみられた。また、CおよびDの仕上げ加工直後の $L^*$ の数値が低かったが、1か月以降は概ね60~70の範囲で推移したことから、測定誤差が疑われるため再調査が必要と考える。

### 5. 含水率の経時変化

表7にA, B各4本, C, D各2本の含水率を示す。A, B, C, Dそれぞれ3ヶ月後の含水率平均は11.6% (標準偏差0.7), 11.2% (標準偏差1.8), 10.9% (標準偏差1.2), 21.0% (標準偏差0.8)であった。含水率は人工乾燥したものは全て15%以下であり、JAS基準値の20%を下回った。また、Dについても3ヶ月後で21%となっており、JAS基準値の30%を下回った。

表 7 含水率の経時変化

	乾燥前		仕上げ加工直後		1ヶ月後		2ヶ月後		3ヶ月後	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
A	95.8	54.9	16.4	1.3	15.9	1.3	14.3	1.2	11.6	0.7
B	95.8	54.9	8.9	1.9	11.2	2.4	12.0	2.4	11.2	1.8
C	95.8	54.9	7.5	0.4	10.0	3.1	10.1	0.8	10.9	1.2
D	95.8	54.9	29.6	2.3	21.3	2.0	19.9	2.0	21.0	0.8

注：Dの仕上げ加工直後は天然乾燥開始直後を示す、以後は天然乾燥期間中に経時変化を測定

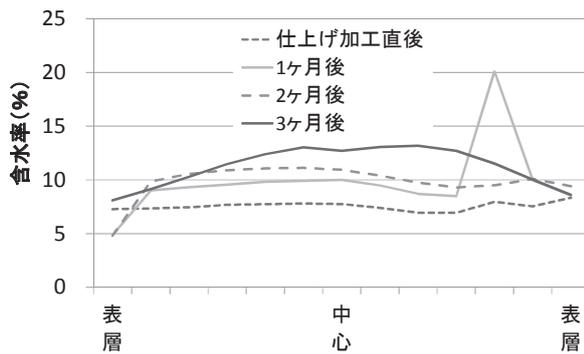


図 8 水分傾斜の推移

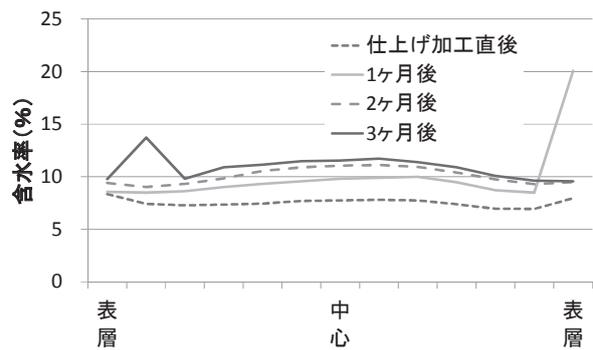


図 9 水分傾斜の推移

## 6. 水分傾斜の経時変化

図 8, 図 9 は B と C の水分傾斜を比較した図である。B, C ともに表層から材内部まで乾燥直後や 3 か月後 15% 以下であったことから、水中貯木の有無に関わらず高温セット処理と中温乾燥の組み合わせは JAS の含水率基準値以下にする効果があると考えられる。

## 7. 水中貯木に至るまでの時間による青変発生有無

E を水中貯木から半年後に取り出し、直ちに製材した結果、伐採 2 日後、伐採 7 日後、伐採 10 日後ともに青変の発生を認めなかった。また、製材後半年間目視による調査を続けたが青変を認めなかった。このことから、少なくとも伐採後 10 日までに水中貯木すれば青変の発生が防げると考えられる。

## IV おわりに

今回の試験結果から伐採後 10 日までのアカマツを水中貯木することで青変を防ぐことが可能であることが分かった。材色は水中貯木することで赤みと黄色みがやや増加し、明度がやや減少する結果となった。また、割れに関しては、割れ数、割れ総長さ、割れ総面積ともに水中貯木した材が増加傾向にあったが、表層の高温セット

部分を仕上げ加工時に削ったことが理由の一つと考えられる。含水率に関しては、水中貯木の有無に関わらず人工乾燥したものと天然乾燥したものともに JAS の基準値を下回った。

以上の結果から、水中貯木を活用することで、アカマツ材を通年で伐採搬出することが可能であると考えられる。今後、伐採から水中貯木までの期間を長くしても青変が発生しないことや、実際に自然の川や池を利用した場合でも本試験と同様の効果が得られることを確認することで、より実用的な技術としたい。

## 謝 辞

この研究を実施するにあたり、当センター嘱託職員福島亮氏、八幡優子氏には多大なご協力をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

## 引用文献

- 谷内博規 (2008) 岩手県産アカマツ材の青変防止と建築用内装材としての利用技術. 岩手県林技セ研報 16 : 2-3.
- 住吉博和 (2008) リュウキュウマツの青変防止対策について. 鹿児島県林業技術研究成果集 11 : 3-4.