

木材・プラスチック複合材(混練型WPC)の規格動向

誌名	木材保存 = Wood preservation
ISSN	02879255
著者名	木口,実
発行元	日本木材保存協会
巻/号	38巻3号
巻号補足	
掲載ページ	p. 94-104
発行年月	2012年5月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



木材・プラスチック複合材(混練型 WPC)の規格動向

木 口 実*

はじめに

循環型社会の構築を目指して、産業資材の多くはこれまでの大量生産・大量消費から循環利用が義務づけられ、これに伴い原料には石油などの有限な化石資源から再生産可能な資源への転換が求められている。このような中で、木粉とポリエチレン (PE) やポリプロピレン (PP) などの熱可塑性プラスチックを加熱下で混練し成形させた「木材・プラスチック複合材 (Wood-plastic Composites: 混練型 WPC)」(以下 WPC と略す) は、林地残材等の未利用木質バイオマスや廃棄物としての木粉及びプラスチックを原料にできることから、環境資材として近年注目されている¹⁾。我が国では、1990年代に工業的生産が開始され、現在ではデッキ材を中心に年間4万トン程度の生産規模となっているが²⁾、これは北米の150~300万トン³⁾、中国の20万トン⁴⁾、ヨーロッパの10万トン³⁾といった製造規模に比べて小さい。しかし、これらの数字は我が国の WPC 市場が将来的に拡大するポテンシャルを持っているとも解釈できる。WPC についての知名度は、歴史が浅く市場規模が小さいためまだまだ低く、一般には製品の性能などの認識も低いのが現状である。そのため、JIS をはじめとした標準化が進められており、本総説では国内及び海外の WPC の関連規格についてその動向を紹介する。

1. JIS の動向

1.1 WPC の材料規格 (JIS A 5741: 2012)

WPC の規格には、その材料の一般的性質を規

定、評価する「材料規格」と、製造された様々な製品についてその性能を評価する「製品規格」がある。我が国の WPC は、住宅産業における工場廃材の有効利用から出発し、現在では建築解体材と工場での再生プラスチックが主な原料となっていることから、リサイクル材料としての側面がある²⁾。また、欧米諸国に比べて歴史が浅く市場への認知度も低いため、業界では WPC をリサイクル材料として環境性能を前面に押し出して製品の認知度を高める戦略をとっているが、環境性能を打ち出したこのような規格は海外には無いことから、我が国の WPC の標準化は諸外国と異なる経緯を辿ることになった。一般社団法人日本建材・住宅設備産業協会(略称:建産協)の中に「木材・プラスチック再生複合材普及部会 (<http://www.wprc.info/index.html>)」が創設され、リサイクル原料を使用して製造された WPC 製品を「木材・プラスチック再生複合材 (Wood-Plastic Recycled Composites: WPRC)」としてその普及に力を入れている。この普及部会が中心となって、市場における WPRC の信頼性の確保を目指して JIS 化を進め、2006年4月に「JIS A 5741 木材・プラスチック再生複合材」が制定された⁵⁾。この規格の特徴は、原料のリサイクル材料の配合割合を表示し、また製品のリサイクルを容易にするため、使用されているプラスチックの種類などを製品に明記することになっている(図1)。環境特性を主としていることから、本規格は環境 JIS アクションプログラムの中で「環境関連 JIS (<http://www.jisc.go.jp/policy/environment.html>)」として位置づけられ、この結果2002年に制定された「エコセ

* 独立行政法人森林総合研究所

Corresponding author: Makoto Kiguchi (mkiguchi@ffpri.affrc.go.jp)

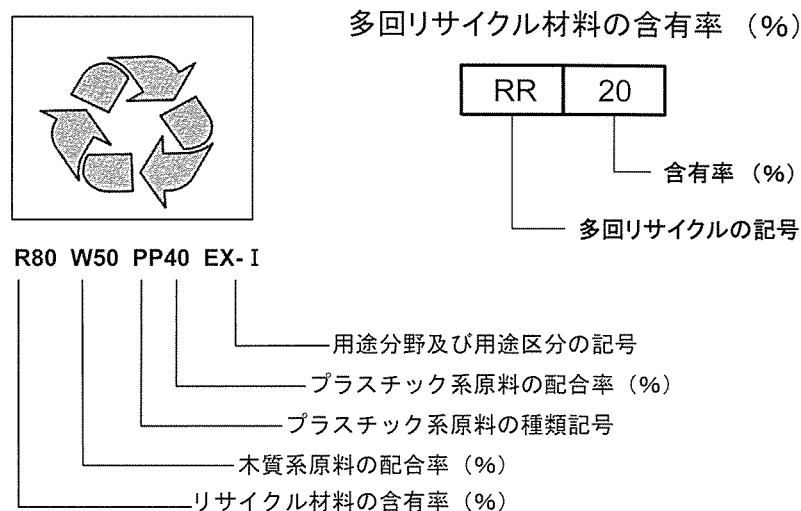


図1 JIS A5741：2012（木材・プラスチック再生複合材）による表示例

メント（JIS R 5214：2002）」に次ぐ我が国で2番目の環境 JIS となった。

本規格は制定後、持続的資源循環社会実現に向けて社会的な要請の高まりから更に環境性能に関わる既定の見直しが必要となったため、①リサイクル材料含有率の表示方法の変更と多回リサイクル材料含有率の表示（表1）、②原料のトレーサビリティ、③荷重たわみ温度試験方法にビカット軟化温度を追加（表2）、④引張試験（A法）の他に曲げ試験（B法）の追加（表2）、⑤耐候性試験にB法として試験後の曲げ試験を追加（表2）して、2012年3月に改正版が発行された。ビカット軟化温度とは、加熱浴槽の中に規定された寸法の試験片を入れ中央部に一定の断面積（JIS K7206では1mm²）の端面を押し当てた状態で浴槽の温度を上昇させ、試験片に端面が一定の深さまで食い込んだ時の温度をビカット軟化温度とする試験であり、耐熱性の指標とされる。

本規格の特徴は製品のリサイクル材料含有率の表示であり、表1にあるように含有率区分と記号を定めている。この中で、リサイクル材料として認められる木質原料、プラスチック原料を例示し（表3）、また原料のトレーサビリティについては原料の受け入れ時に書類等によってリサイクル材料であることを確認することとしている。製品としての性能を担保するため、表4に示されるような用途分野と用途区分を定めている。

本規格は、表5に挙げているように基本物性と安全性からなり、基本物性としては①密度・比重、

②吸水性能、③強度（曲げ、衝撃）、④熱特性（荷重たわみ温度、ビカット軟化温度）、⑤耐候性がある。屋外用重歩行用途を例にとると、24時間室温吸水試験で吸水率10%以下、押出方向長さ変化率3%以下、曲げ強さ20MPa以上、シャルピー衝撃強さ（フラットワイズ、ノッチ無し）0.5kJ/m²以上、荷重たわみ温度70℃以上、ビカット軟化温度75℃以上、小形チャンバー法によるホルムアルデヒド放散量0.005mg（m²・h）以下となっている。物性試験用の試験片は、基本的には製品表面部分から採取し、各試験に規定された寸法に加工する。

本規格は再生材料を原料とした WPRC の規格となっているが、諸外国ではWPCの定義が「バージン及びリサイクルを含む植物系材料とプラスチックとを複合、成形した材料」となっていることから、WPRCはWPCの中に位置づけられるため、我が国ではWPCの基本物性において本規格を性能規格とみなし、諸外国の規格と比較して問題ないと考えられる。

表1 リサイクル材料の含有率区分及び表示記号（JIS A 5741：2012）

含有率区分	表示記号
40%以上	R40
50%以上	R50
60%以上	R60
70%以上	R70
80%以上	R80
90%以上	R90

表2 WPCの素材性能に関する各国の規格

	JIS A 5741 : 2012 JIS A 1456 : 2010 木材・プラスチック再生複合材 木材・プラスチック再生複合材の耐久性 試験方法		ASTM D7031-04		CEN/TS 15534-2		
	性能項目		性能項目		WPC素材の性質に関する試験方法		
	標準規格		標準規格		性能項目		
					標準規格		
密度・比重	比重	JIS K 7112	比重	D2395	密度	EN ISO 1183-1	Required
				D792		EN ISO 1183-3	
吸水特性	質量変化	JIS A 5905	吸水・厚さ膨潤	D1037	吸水・膨潤	EN 317	Required
	長さ変化	JIS A 5905	含水率	D4442	含水率	ISO 16979	Option
強度	曲げ性能	JIS K 7171	曲げ性能	D4761	曲げ性能	EN ISO 178	Required
				D6109			
			引張性能	D4761	引張強さ	EN ISO 527-1	Option
			平行圧縮強さ	D4761			
			垂直圧縮強さ	D143			
			剪断強さ	D143			
	シャルピー衝撃強さ	JIS K 7111-1	耐衝撃性	D4495	曲げ衝撃強さ	EN ISO 179-1/1fU	Option
				E661			
	曲げクリープ	JIS K 7116	クリープ性能	D7031-04-5.10	クリープ挙動	EN ISO 899-2	Option
			釘、ネジ保持力	D1037			
				D1761			
熱特性			ボルト保持力	D5764			
	硬さ				ブリネル硬さ	EN 1534	
	耐疲労性（参考）	JIS K 7118					
	荷重たわみ温度	JIS K 7191-2	熱膨張	D1037	荷重たわみ温度	EN ISO 75-1	Required
熱特性						EN ISO 75-2	
	ピカット軟化温度	JIS K 7206	耐凍結融解	D7031-04-5.20	線熱膨張	ISO 11359-2	Required
	耐高温・低温性	JIS K 7368					
耐久性	耐腐朽性	JIS Z 2101	耐腐朽性	D2017	耐腐朽性	ENV 12038	Required
				D1413		CEN/TS 15534-1-Annex D	
					軟腐朽菌抵抗性	CEN/TS 15083-2	Required
						CEN/TS 15534-1-Annex E	
					変色菌抵抗性	ISO 16869	Required
					藻類抵抗性	prEN 15458	Required
	耐蟻性（参考）	JIS K 1571	耐蟻性	D3345	耐蟻性	EN 117	Option
耐候性				AWPA 法		CEN/TS 15534-1-Annex C	Option
			耐海虫	D2481			
	屋外暴露	JIS K 7219	耐紫外線性	D2565			
	促進耐候性	JIS A 1415-6.1		G154			
耐滑り性	耐変退色性	JIS A 5905					
	チョーキング	JIS K 5600-8-6					
			摩擦係数	F1679			
			滑り抵抗	D2394			
防耐火性能				D2047			
	耐摩耗性	JIS A 1451	摩耗	D2394			
				D4060			
	発熱性	JIS A 1456-附属書 A	火炎伝播	E84	限界酸素指数	EN ISO 4589-2	Option
VOC			防耐火性	E1354			
				D1929			
	ホルムアルデヒド	JIS A 1460					
耐汚染性		JIS A 1901					
	耐薬品性	JIS K 6902					
溶脱性	カドミウム	JIS K 6743	薬剤溶脱性	C1308			
	鉛	JIS K 6743					
	水銀	JIS K 6743					
	セレン	JIS K 6743					
	ヒ素	JIS K 6400-61-10					
	六価クロム	JIS K 6400-65-20					

1.2 WPCの耐久性評価規格(JIS A 1456:2010)

WPCは、疎水性の高いオレフィンが木粉を包

み込むように複合化している「カプセル効果」によって木粉含有率60%程度までは高い耐水性を示すため、特にデッキ材のように屋外で風雨や日射が当たる場所での使用に適していると言われている。そのため、我が国の市場におけるWPCの用途はエクステリア用部材が大部分を占めているので、耐久性の評価は非常に重要である。しかし、WPCは木材とプラスチック両方の性能に加え、WPC独自の性能を持つ新しい材料であるため、既存の規格が適用できない場合が多々あることが指摘されてきた^{6,7)}。WPCはカプセル効果により初期の耐水性が極めて高いため、木材用の試験では吸水性や耐朽性試験においてプラスチックに匹敵する高い耐久性、安定性を示すが⁸⁾、長期間の湿潤状態に置かれると徐々に吸水、吸湿が生じるた

表3 リサイクル材料として認められる木質原料 (JIS A 5741:2012)

分類系統	リサイクル材料の名称
建設系	建設・建築廃材
	剪定枝条
産業系	工場加工廃材
	植物残渣
林業系	製紙廃棄物
	製材廃材
	林地残材
	除・間伐材
農業系	農産系廃棄物
その他	家庭及び事業所廃棄物
	流木

表4 再生複合材の用途分野及び用途区分 (JIS A 5741:2012)

用途分野	記号	主な用途区分	記号	主な例
エクステリア	EX	重歩行用	I	デッキ材
		住宅または野外施設用	II	デッキ材, ベンチ, フェンス等
		その他用	III	デッキ材, ベンチ, フェンス, ルーバー, 外壁等
インテリア	IN	住宅等床用	I	フローリング材
		住宅等室内造作用	II	造作材, 化粧材
土木	CV	型枠工事用	I	型枠材
		歩道用	II	歩道用床板, 舗装材, 枕木, 擬木等

表5 WPRCの基本物性と安全性評価項目 (JIS A 5741:2012)

性 能 項 目				適用規格
基本物性	密度・比重	真比重		JIS K 7112-5.1
	吸水特性	吸水率		JIS A 5905-6.8
		長さ変化率		JIS A 5905-6.10
	強度	曲げ強さ		JIS K 7171
		衝撃強さ（シャルピー）		JIS K 7111-1
	熱特性	A 法	荷重たわみ温度	JIS K 7191-2 A 法
		B 法	ビカット軟化温度	JIS K 7206 A50法
	耐候性 （JIS K7350-2キセノン 暴露試験500時間後）	A 法	引張強さ変化率	JIS A 5721
			引張伸び変化率	
B 法		曲げ強さ変化率	JIS K 7171	
安全性	揮発性物質放散量	ホルムアルデヒド	A 法：デシケータ法	JIS A 1460
			B 法：小形チャンバー法	JIS A 1901
	有害物質溶出量	カドミウム		JIS K 6743
		鉛		
		水銀		
		セレン		
		ヒ素		JIS K 0400-61-10
		六価クロム		JIS K 0400-65-20

め、数ヶ月後、数年後には含有木材において繊維飽和点を超える含水率に達する可能性が指摘されている^{9, 10)}。土中埋設といった過酷な使用環境下では、木粉含有率による違いはあるがWPCは数年で腐朽による質量減少が生じる場合がある¹¹⁾。また、温度変化や吸水・吸湿による反りやねじれ等の変形、寸法変化も実際の使用環境では問題となる場合がある。木材のリグニンを主とした芳香核成分は紫外線を吸収し簡単に劣化分解する。更に、オレフィン系プラスチックの耐候性はそれほど高くなく、木材成分の光劣化から発生したラジカルにより劣化が促進される¹²⁾。そのため、屋外での使用による表面変色や表面成分の劣化によるチョーキングの発生など、耐候性についても問題点が指摘されている^{9, 13)}。そのため、WPCの耐久性を評価する規格に対する要望が高まり、2010年4月にJIS A 1456（木材・プラスチック再生複合材の耐久性試験方法）が制定された¹⁴⁾。

JIS A 1456の特徴的な点は、WPCの耐久性を評価するために劣化要因とその評価方法との相関マトリックスを作成したことにある。耐久性は、劣化要因が多岐に渡り、そのため評価方法も数種の試験の複合化などが必要となる。JIS A 1456で挙げられている試験項目を表6に示す。各試験項目において、例えば劣化試験であるウェザーメータによる促進劣化試験後、外観、質量減少、寸法変

化、色差、明度、チョーキング(白亜化)、曲げ強度、衝撃強度、クリープ、耐燃焼性、発熱性、滑り抵抗性、硬さ、熱伝導率などの性能を評価する。

表2において各国の規格と比較すると、我が国のWPC素材の試験方法は、JIS A 5741とJIS A 1456を合わせたものといえる。規格の問題点を例示すると、耐久性については、北米ではWPCデッキ材の腐朽現象が報告されており^{15, 16)}、腐朽試験は試験前にWPC中の木材の含水率を計算上で繊維飽和点以上にすることが重要と言われている。この場合、WPC中の水分は全て木材に吸収されたものと仮定して、みかけの含水率を計算する。繊維飽和点以上にするための前処理に関しては、試験片を70℃の温水中に1週間以上浸漬することで腐朽促進に効果的であるという報告があり¹⁷⁾、JISにおいても今後前処理条件の更なる検討が必要と思われる。またチョーキングの評価において、規定されている方法はテープをWPC表面に押し当て、テープに付着したチョーキング物質の程度を見本表と照らし合わせて数値化するものであるが、評価結果は客観性が低く試験片間の差が出にくいことから、堅牢度試験機を用いて布に付着したチョーキング物質の色差で評価する方法も提案されている^{18, 19)}。

WPCは初期の耐水性は高いが使用期間中に徐々に水分を吸収、吸湿する材料であるため、長

表6 耐久性評価試験項目 (JIS A 1456 : 2010)

試験項目	適用試験
屋外暴露試験	JIS K 7219 (南面45度, 1年以上)
促進劣化試験	JIS A 1415 (キセノンアーク促進試験)
耐高温性試験及び耐低温性試験	JIS K 5368
温冷繰り返し試験	-20℃, 60℃, -20℃を100回繰り返す
耐水性試験及び耐塩水性試験	JIS A 5905-6.8 (水温20℃あるいは40℃)
かび抵抗性試験	JIS Z 2911
耐腐朽性試験	JIS Z 2101-26 (オオウズラタケ, カワラタケ, 8あるいは12週間)
耐摩耗性試験	JIS A 1451 (回転数1000回転)
耐薬品性試験	JIS K 6902-15
耐変退色性試験	JIS A 5905-6.21 (照射48時間以上)
曲げクリープ試験	JIS K 7116 (500~1000時間, 常温23℃, 高温40℃, 温水40℃)
促進劣化試験後あるいは吸水後のかび抵抗性試験	吸水は40℃
促進劣化試験後あるいは吸水後の耐腐朽性試験	吸水は40℃
促進劣化試験後の温冷繰り返し試験	
防蟻試験 (参考)	JIS K 1571-4.3
耐疲労性試験及び促進劣化後の耐疲労性試験 (参考)	耐疲労性試験は JIS K 7118
促進劣化後の耐摩耗性試験 (参考)	

期耐久性を評価するにはこの水分の吸収特性を踏まえて試験を行うことが重要である。そのため、吸水試験などは更に長期間の試験期間や煮沸、温水による吸水処理などの促進試験の検討も必要であろう。

1.3 WPC の製品 JIS

諸外国の WPC 関連の規格では、前述のように WPC の基本性能を評価する「素材」規格と、実際の製品を評価する「製品」規格の二つがあることが一般的である。そのため、我が国でも2011年度から建産協が中心となって WPC(WPRC)の製品 JIS 化委員会を発足させ検討を行っている²⁰⁾。製品としては、WPC 市場で高いシェアを持つデッキ材が対象となっている。製品 JIS 化に際しては、我が国の市場における用途別の要求性能、試験方法、問題点等の把握、先行製品規格や国際規格の動向調査を行い、国際規格との整合性をとりつつ、耐久性を主とした性能及び安全性の確保が重要となっている。

2. 諸外国における WPC 関連規格

2.1 アメリカ

WPC は1980年代にアメリカで工業化された材料であり、年間150万トン以上の製品が製造されているため WPC の標準化も進んでいる。規格は、材料に関する試験法及びガイドライン等に関する標準化を規定している ASTM (American Society for Testing and Materials: アメリカ材料試験協会)で制定されている。WPC 素材の評価規格として、ASTM D7031-04 (Standard Guide for Evaluating Mechanical and Physical Properties of Wood-Plastic Composite Products: 木材-プラスチック複合材製品の機械的及び物理的性質を評価するための規格ガイド)があり²¹⁾、また、製品規格としては ASTM D7032-10 (Standard Specification for Establishing Performance Ratings for Wood-Plastic Composite Deck Boards and Guardrail System (Guards or Handrails): 木材-プラスチック複合材のデッキボード及びガードレール (柵あるいは手すり) の性能格付け確立のための標準規格)がある²²⁾。これらの規格は、木材に関する ASTM 委員会 D07のうち製材及び木製工業製品における小委員会 D07.02で検討され

てきた。

(1) 素材規格 (ASTM D7031-04)

本規格に適用する WPC は、構造用及び非構造用の両方に使用することを対象としている。対象となる WPC は、基本的に木材あるいはセルロース系材料とプラスチックからなる複合材であり、試験方法は、WPC の構造用、非構造用において重要な機械的、物理的性質を評価するものである。この規格は、WPC 製品に関する性能、性質を広い範囲で評価するための試験方法を包含している。これは、実験室的に製造されたものと実際に製造されている製品両方の評価に使われるが、挙げられた試験方法全てが必須という訳ではなく、使用者が用途に応じてどの試験方法を適用するかを決める。また、WPCの製造方法については各社、各製品様々であることから、この規格の範疇ではない。本規格での引用規格は、ASTM関係で木材、木質材料、プラスチック材料関連など36規格にのぼり、この他生物劣化関係はアメリカ木材保存協会 (AWPA) の試験方法 (イエシロアリ抵抗性と soil-block による室内試験) を引用している。

性能項目の一覧を表2に示す。この中で特徴的な項目としては、釘、ネジ、ボルトの各保持力、耐凍結融解性、耐海虫性、防耐火性、薬剤溶脱性などである。保持力や防耐火性などは WPC の建築部材としての使用を考慮しているためと思われる。また、耐海虫性は栈橋などのウォーターフロントでの使用が多いためであろう。薬剤溶脱性試験については、北米で流通しているデッキ材の多くが中空構造の無いソリッド型であり、これらは設置後4～5年後あたりから腐朽やキノコの発生が生じる危険性が報告されているため^{15, 16)}、多くの製品でホウ酸亜鉛などの防腐薬剤が配合されていることが理由として考えられる²³⁾。

(2) 製品規格 (ASTM D 7032-10)

製品の適用規格は素材規格とほぼ同様である。対象となる製品は、デッキボード、柵、手すりである。本製品規格で特徴的なことは、「性能格付け (standard specification)」のための指標が提示されていることである。これには、単位面積あたりの最大荷重 (lbf/ft² (kN/m²)) で示されるスパンレーティング (span rating) が用いられる。スパンレーティングは、例えば「16/100」という

ように心-心間の最長スパンと最大許容荷重で表示される。この例では、デッキボードの心-心間の最大スパンが16インチ(406mm)であり、この時の単位面積当たりの荷重が100ポンド(100lbf/ft²(4.79kN/m²))を超えてはいけないということになる。このインデックスは、実際の現場での設計を考慮したものである。試験片のサンプリングは、製品の性能を示すために可能な限り多種多様なものについて行われ、また製品の選択は工場において第三者機関によって行われる。

一般的な製品(デッキ、柵、手すり)に対する基準値は、いくつかの負荷試験を行い負荷後の試験値(曲げ強度等)について、負荷をかけていないコントロール試片の強度値に対する割合で示す。負荷試験には、低温あるいは高温(-29℃あるいは+52℃)状態、凍結融解試験(-29℃~室温を2サイクル以上)、吸水試験、紫外線照射試験(2000時間以上の促進耐候性試験)、耐腐朽試験(例えばAWPA E10)、耐蟻性試験(AWPA E1)、表面燃焼試験(火炎伝播試験)がある。判定基準は負荷後の数値がコントロールに対して10%以上低下しないことであり、10%を超えた場合はスパンレーティングのスパン値あるいは許容荷重値を10%以上低下した値を元に低減する。腐朽試験については、表面の美観と質量減少率で判定し、著しい表面劣化と質量減少がなければ市販の防腐処理デッキ材あるいは高耐朽性樹種デッキ材と同等の耐朽性があると判定する。しかし、コントロールと比較して明らかな表面劣化の発生や5%以上の質量減少が生じた場合は耐朽性に問題があるとする。耐蟻性は表面の目視評価で判断する。表面火炎伝搬試験では、火炎伝搬指数で200以下としている。

その他、デッキ材では許容荷重が定まっていないうもの、階段で使用されるものなどについて曲げ試験では別に規定があり、他にクリープ回復試験、ボルトや木ネジなどによる保持力試験、滑り抵抗試験が規定されている。特に、実際の製品の試験方法として2スパン試験法があり、これは一方のスパンに集中荷重する方法とそれぞれのスパンに均一荷重する方法が附属書規定A1で規定されている。

2.2 ヨーロッパ

ヨーロッパでは、1961年に欧州18ヶ国の標準化機関が参加して創設した欧州標準化委員会(CEN: European Committee for Standardization (Comite Europeen de Normalisation))が欧州規格(EN: European Norm)を制定している。欧州各国は原則としてENそのものを自国規格として採用することになっている。また、予備規格としてprENや暫定規格のENVなどがあり、これらは立案段階の素案あるいは暫定案であり最終規格ではない。欧州規格が発行された場合、EC加盟国内では同様の内容の国内規格は自動的に廃止されることになっている。

ヨーロッパのWPC関連規格ではENはまだなく、規格として早期に合意に至らない場合や技術が十分に成熟していない場合に発行される技術仕様書(TS: Technical specification)の段階である。2007年にCEN/TS 15534-1~3: 2007が発行された^{24~26)}。これはPart 1から3まであり、Part 1は「WPC素材及び製品の評価試験方法」、Part 2が「WPC素材の特性」、Part 3が「WPC製品の特性」となっている。尚、TSにはENのステイタスがないので、メンバー各国は国の規格として採用する義務はない。

(1) 素材規格(CEN/TS 15534-2: 2007)

CEN/TSにおける木材・プラスチック複合材(WPC)の定義は、「プラスチック成形技術を用いて一つあるいは数種の熱可塑性プラスチックと一つあるいは数種のセルロース系材料との複合化により製造された材料あるいは製品」としている。各試験は、Part 1の評価試験方法に従って行われる。表2に性能項目と準拠規格を示す。各性能項目は、屋外用あるいは内装用について義務づけられるもの(Required)とオプション(Optional)となっているものに分けられる。例えば、屋外用WPC素材で必須の項目は、密度、荷重たわみ温度(HDT)、曲げ強度、吸水・膨潤、耐腐朽性(担子菌及び軟腐朽)、変色菌抵抗性、藻類抵抗性、線膨張であり、オプションは含水率、シャルピー衝撃強さ、引張強度、クリープ特性、ブリネル硬さ、耐蟻性、限界酸素指数(LOI)である(表2)。

(2) 製品規格(CEN/TS 15534-3: 2007)

試験片は、特別な事項がなければ最終的な寸法

は50mm×50mm×4mmとし、中空構造のWPC製品については、試験片の厚さは調製された試片の実際の厚さとして試験報告書に明記するものとする。試験項目としては、表7に示すように多岐に渡り、素材規格と同様に必須項目とオプション項目に分けられる。特徴的な試験項目として、衝撃強さにおいて通常のシャルピー衝撃強さ試験の他に、実際の使用状態を考慮した荷重載荷試験がある。これは一定荷重を載荷するものであるが、ソリッドタイプのWPCに適用され、中空タイプにはEN477に規定されている垂直落下衝撃試験機を用いる。この試験では、断面が中空のため試験片のサンプリングに注意を要する。

(a) 耐候性

耐候性については、促進耐候性試験時間は温和な環境（最暖月平均最高気温22℃未満）での使用では1年間相当の試験時間を800時間、より過酷

な環境（最暖月平均最高気温22℃以上）では1200時間を規定している。促進耐候性試験後にシャルピー衝撃強さ、色差、チョーキング、光沢変化などを評価する。また、塗装したWPC製品では促進耐候性試験機にキセノン灯ではなく紫外線蛍光灯を用いる（EN927-6）。屋外暴露試験では、試験後に衝撃強さ、色差、チョーキング、光沢変化の他に滑り抵抗性の評価も行う。

(b) 生物劣化抵抗性

生物劣化抵抗性に関して、CEN/TSでは日米の規格に比べてより細分化されている。WPC材料の場合、その高い密度構造、カプセル効果により劣化を防止しているため、前述のように生物劣化評価試験の前に使用中に生じる構造変化を想定した劣化を生じさせてから試験することが理想であるが²⁷⁾、これについての研究実績が少ないため、未だ具体的な提案はされていない。

表7 CEN/TSによるWPCの製品規格（CEN/TS 15534-3：2007）

評価項目	準拠規格	デッキ材	壁材	
			屋外用	内装用
摩擦係数	EN 13893	R	—	—
落下衝撃強度（ソリッドタイプ）	EN 477	R	R	R
落下衝撃強度（中空タイプ）	CEN/TS 15534-1附属書 A	R	R	R
穿刺衝撃強度	EN ISO 6603-2	O	O	O
曲げ性能（非耐力製品）	EN 310	R	—	—
曲げ性能（耐力製品）	EN789	R	—	—
クリーブ特性	ENV 1156	R	—	—
釘・ネジ保持力	EN 13446	O	O	O
引き抜き抵抗	EN 1383	O	O	O
促進耐候性（無塗装製品）	EN ISO 4892-2	R	R	—
促進耐候性（塗装製品）	EN 927-6	R	R	—
屋外暴露試験	EN ISO 877	R	R	—
膨潤・吸水	EN 317	R	R	R
寸法変化（相対湿度変化）	EN 318	O	O	O
耐水性（繰り返し試験）	EN 321：2001	R	R	R
耐水性（チャンバー内昇温試験）	EN ISO 9142	O	O	O
熱応答性（断面）	EN 479	R	R	—
発熱（建築用材）	CEN/TS 15534-1附属書 F	R	O	—
火炎反応（単一火炎源試験）	EN ISO 11925-2	—	O	O
火炎反応（単一SBI試験）	EN 13823	—	O	O
火炎伝搬（放射熱源-床材）	EN ISO 9239-1	O	—	—
チョーキング（白亜化度）	EN ISO 4628-6	O	O	O
光沢変化	EN ISO 2813	O	O	O
剥離抵抗	CEN/TS 15534-1附属書 G	O	O	O

R：Required

O：Option

耐蟻性については、ヨーロッパのシロアリ (*Reticulitermes* 種) に対する木材用保存剤の評価に使われる EN 117 が用いられる。試験は、供試する試験片をシロアリの唯一の餌として用いるものであり、防蟻剤、防腐剤が含まれている WPC についても適用でき、試験後の質量減少率とシロアリが試験片をかじった痕跡の目視評価により評価される。

微生物に対する抵抗性試験は、担子菌に対する抵抗性試験として純粋培養で成長させた木材腐朽菌 (担子菌) により耐朽性を決定する ENV 12038 が使われる。試験後の質量減少率が 3 % 以下で試験片の含水率が 25 % 以下の場合に耐朽性があると評価される。また、土壤中に生息する軟腐朽菌に対する抵抗性試験として、製材品の試験である CEN/TS 15083-2 : 2005 が用いられる。試験は、滅菌していない土壤中に WPC 試験片を埋めて試験する土中埋設試験であり、評価は担子菌試験と同様である。微生物により引き起こされる変色に対する抵抗性試験として、プラスチック材料の微生物に対する影響を決定するための試験である ISO 16869 が使われる。方法は、カビ類による攻撃をプラスチック部分で保護できるか否かを評価するもので、カビを繁殖させた培地の上に試片を置くかカビ胞子を振りかけてカビによる影響を判定する。他国の規格にない試験では、藻類に対する抵抗性試験がある。塗装塗膜の藻類による影響を決定するために prEN 15458 が使われる。方法は、塗膜の代わりに WPC 試験片を用い、厚さの影響を考慮して WPC 試片を藻類が生長した培地中に埋め込み表面の変色を評価する。

(c) 熱的性質

熱的性質では、線熱膨張試験の他に熱復帰試験 (Heat reversion) がある。この試験は、温度上昇時における断面の線形収縮の割合をみるもので、加熱前後の長さの差を初期長さを基準にしたパーセントで示す。この時の寸法安定性は押し出し成形工程時の断面あるいは内部における残留応力の指標となる。これにより、WPC の使用中における断面の変形が予測できる。WPC 断面の 100 °C における熱復帰は EN 479 を用いて測定する。これは 100 °C で 1 時間乾燥した時の長さを測定する。一方、太陽エネルギーの吸収によって引き起

こされる温度の上昇 (発熱性) が WPC 製品の寸法安定性に重大な影響を及ぼすので、この影響を評価する発熱性試験がある。

(d) 燃焼性

燃焼挙動は限界酸素指数 (LOI) により評価される。これは、窒素との混合状態における酸素の最低限濃度を決定する試験方法であり、試験片の燃焼を継続させるのに必要な最低限の酸素濃度を酸素指数値とする。火炎への反応では、単一火炎源試験が建築材料の着火性の評価に使われる。また、単一燃焼 (SBI) 試験は、直角のコーナーを形作る二つの大型の垂直翼からなる試験片をバーナーの火炎に曝す試験で、熱発生、横方向火炎伝播、煙発生、落下火炎液滴、落下火炎片などが評価される。放射熱源試験 (床用) は、試験槽内での熱流放射に曝された水平に設置した WPC 床材の火炎伝播と燃焼挙動を評価する方法である。

(3) CEN/TS 15534 : 2007 の改正の動き

現在、CEN/TC 249/WG 13 において、欧州における WPC 規格である CEN/TS 15534 の改定が進められている²⁸⁾。これは、現行の 3 部構成から以下のように素材 (コンパウンド) 及び WPC の製品ごとにより細分化するものである。

Part 1 : コンパウンド及び製品の評価のための試験方法

養生 (23 °C / 50 % RH または 20 °C / 65 % RH)、物理的・機械的性能、クリープ特性、耐キズ性、釘・ネジ保持力、引き抜き抵抗、耐久性、生物劣化抵抗性、熱的性質、燃焼挙動、その他 (チョーキング、光沢、剥離強度)

Part 2 : 荷重負荷用途 (建材用途) - 曲げ性能に関する改良要素の決定 (未着手)

現在はデッキなどの非建材用途が主だが、将来的には建材として使用が期待される。

Part 3 : コンパウンドの性質

屋外用での要求性能として、密度、加熱たわみ温度、曲げ性能、膨潤・吸水、担子菌・軟腐朽・変色菌、藻類に対する抵抗性、線熱膨張

屋外用のオプション性能として、含水率、シャルピー衝撃強さ、引張性能、クリープ特性、耐キズ性 (ブリネル硬さ)、耐蟻性、酸素指数、これに内部使用での性能を加える。

Part 4 : デッキでの使用に関する製品の仕様書

製造者によるベースポリマー及びセルロース系原料の配合の明示，リサイクル原料の利用，製造者による必須項目の決定，物理的・機械的性能，耐久性，その他の性能は使用者からの要請で検討（これらは JIS A 5741 の内容に類似したものと思われる。）

必須項目：物理的性能，滑り抵抗，3 方向寸法，変形，落下荷重抵抗性，曲げ性能（最大荷重，500N 荷重時），クリープ挙動，使用時のスパン長，耐久性，促進耐候性，屋外暴露，繰返し条件下での耐水性，煮沸試験，線膨張係数 Part 5：壁材での使用に関する製品の仕様書

製造者によるベースポリマー及びセルロース系原料の配合の明示，リサイクル原料の利用，製造者により提供される必須及び付加的性能が決定している。

Part 6, 7, . . . : フェンス，家具

Part 4 及び 5 については証明規定が検討されている。これは，将来的に欧州市場で多くの製品に付けられている CE (Conformité Européenne (European Conformity) : 欧州適合) マークを製品に表示する予定である²⁹⁾。

3. 国際標準化 (ISO 化) の動き

国際標準化は ISO (International Standard Organization : 国際標準化機構) により制定されており，WPC についても国際標準化に向けて ISO TC61 SC11 において基準化案の提出が予定されている。TC61 SC11 は，日本では日本プラスチック工業連盟が国内事務局をしている。2011 年 9 月に開催された TC61 SC11 の総会において，韓国から新規ワーキング課題として WPC の規格化 (Test Methods for Wood Plastic Composite (WPC) Deck Boards (WPC デッキボードの試験方法)) が提案された。この提案には，フランス，インド，イタリア，日本，タイの 5 ヶ国が加わり，投票の結果，規格化のプログラムに追加することの同意を得た。これを受けて韓国からドラフトの提示が予定されており，近いうちにワーキンググループ (WG) が発足するであろう。しかし，アメリカ及びヨーロッパでは既に ASTM あるいは CEN/TC が規格化されているため，特にドイツとフランスからは，「CEN/TC249/WG13 の中の WPC

の標準化の改訂作業が既に進められているので，ISO と CEN の間で同様内容の規格の検討を進めるのは妥当ではなく，ISO が CEN/TC249/WG13 の結果を採用するか，あるいは CEN のリードのもとウィーン合意に基づいて ISO/TC61/SC と CEN/TC249/WG13 との共同作業として行うべきである」との発言を行っている。

アメリカは ASTM に関連規格があるが，今回の総会では資料や意見の提出が無かったので，今回の提案には消極的あるいは未だ検討されていないと考えられる。また，中国からも特別のアクションはなかった。これらの結果から，ISO 化はヨーロッパとアジア諸国において CEN/TS を基本に進めていくことが考えられるが，具体的な内容の検討の場面においてアメリカや中国の参画があるかもしれない。今後，デッキ，フェンス，壁材など製品毎のより詳細な規格化及び WPC 製品の認証制度が検討されていることから，WPC の製品 JIS 化において我が国としては ISO 化の動きを見ながら検討を進める必要がある。

おわりに

WPC の規格化は，製品の開発において不可欠なものであり，消費者に WPC の性能や知識を具体的に伝えることができる。また，他材料との比較や製品に欠陥が生じた場合の対処にも素早く応えることができるツールとなるものである。現在，JIS では WPC 製品の規格化が進んでおり，国際的には ISO 化の検討が始まった。製品の JIS 化では市場での現状，問題点を反映させることが重要であり，また海外の規格，規格化の動向，ロビー活動にも注意していく必要がある。

引用文献

- 1) 木口実，小林正彦：木材プラスチック複合材（混練型 WPC）の性能と技術動向，木材工業，**67** (2)，50-55 (2012)。
- 2) 梅村啓志郎：混練型 WPC の最新動向，木材工業，**65** (8)，367-370 (2010)。
- 3) 菊池武恭：WPC 海外事情，木材・プラスチック複合材部会第 9 回定期講演会資料 (2010)。
- 4) Liu, J. : Development of the Chinese Wood Plastic Composites Industry, Presentation files of 3rd German WPC Congress (Cologne)

- (2009).
- 5) JIS A 5741 : 2012「木材・プラスチック再生複合材」(2012).
 - 6) 木口実 : 木材・プラスチック複合材 (WPC) の現状 - 第2回木材・プラスチック複合材国際シンポジウム (ボルドー) から -, 木材保存, **31**, 192-198 (2005).
 - 7) 木口実 : 木材・プラスチック複合材 (WPC) の現状と問題点, 接着の技術, **27** (1), 49-55 (2007).
 - 8) 大島明, 古田裕三 : 木材・プラスチック再生複合材の耐久性に関する研究 (耐腐朽性についての検討), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州), 511-512 (2007).
 - 9) 木口実 : 木材・プラスチック複合材 (混練型 WPC) の耐久性と耐候性, 塗装工学, **45** (6), 223-230 (2010).
 - 10) 木口実, 片岡厚, 松永浩史, 桃原郁夫, 川元スミレ, 大友祐晋 : 木粉・プラスチック複合材 (混練型 WPC) の耐久性(1)耐水性に及ぼす木粉含有率の影響, 木材保存, **36**(2), 52-58(2010).
 - 11) 木口実, 片岡厚, 松永浩史, 桃原郁夫, 川元スミレ, 小林正彦, 大友祐晋 : 木粉・プラスチック複合材 (混練型 WPC) の耐久性(2)土中埋設試験による耐朽性評価, 木材保存, **36** (4), 150-157 (2010).
 - 12) Stark, N. M., Matuana, L. M. : Characterization of weathered wood-plastic composite surfaces using FTIR spectroscopy, contact angle, and XPS, *Polymer Degradation and Stability*, **92**, 1883-1890 (2007).
 - 13) Kiguchi, M., Kataoka, Y., Matsunaga H., Yamamoto, K., Evans, P. D. : Surface deterioration of wood-flour polypropylene composites by weathering trials, *Journal of Wood Science*, **53**, 234-238 (2007).
 - 14) JIS A 1456 : 2010「木材・プラスチック再生複合材の耐久性試験方法」(2010).
 - 15) Morris, P. I., Cooper, P. : Recycled Plastic/Wood Composite Lumber Attacked by Fungi, *Forest Products Journal*, **48** (1), 86-88(1998).
 - 16) Verhey, S. A., Laks, P. E. : Richter, D. L., Keranen, E. D., Larkin, G. M. : Use of field stakes to evaluate the decay resistance of woodfiber-thermoplastic composites, *Forest Products Journal*, **53** (5), 67-74 (2003).
 - 17) Defoirdt, N., Gardin, S., Van Buicke, J.V., Acker, J.V. : Moisture dynamics of WPC and the impact on fungal testing, *International Biodeterioration & Biodegradation*, **64**, 65-72 (2010).
 - 18) Kiguchi, M., Kataoka, Y., Kobayashi, M., Kawamoto, S., Matsunaga, H., Ohtomo, Y. : Decreasing the incident of chalking of weathered wood flour polypropylene composites by UVA and HALS, *Proceedings of 5th International Wood Fibre Polymer Composites Symposium (Biarritz)* (2011).
 - 19) 木口実 : 木質バイオマスを原料とする木材・プラスチック複合材の高性能化技術, 生物資源, **5** (4), 12-23 (2012).
 - 20) 河上榮忠 : 木質・プラスチック再生複合材～資源循環を目指した取り組み～, 建材試験情報, **47** (1), 35-40 (2011).
 - 21) ASTM D7031-04 "Standard Guide for Evaluating Mechanical and Physical Properties of Wood-Plastic Composite Products" (2004).
 - 22) ASTM D7032-10 "Standard Specification for Establishing Performance Ratings for Wood-Plastic Composite Deck Boards and Guardrail System (Guards or Handrails)" (2010).
 - 23) Mankowski, M. E., Ascherl, F. M., Manning, M. J. : Durability of Wood Plastic Composites Relative to Natural Weathering and Preservative Treatment With Zinc Borate, IRG Document IRG/WP 05-40316 (2005).
 - 24) CEN/TS 15534-1 : 2007 "Wood-plastics composites (WPC) -Part 1 : Test methods for characterization of WPC materials and products" (2007).
 - 25) CEN/TS 15534-1 : 2007 "Wood-plastics composites (WPC) -Part 2 : Characterization of WPC materials" (2007).
 - 26) CEN/TS 15534-1 : 2007 "Wood-plastics composites (WPC) -Part 3 : Characterization of WPC products" (2007).
 - 27) Clemons, C. M., Ibach, B. : Effect of processing method and moisture and moisture history on laboratory fungal resistance of wood - HDPE composites, *Forest Products Journal*, **45** (4), 50-57 (2004).
 - 28) Schirp, A., Schmidt, A., Bloyaert, C. : From Natural Fibre Composites to Building Products : New EN Standards contributing to the Green Growth, 5th International Wood Fibre Polymer Composites Symposium (Biarritz) (2011).
 - 29) Deval, C. : Voluntary Certification: an initiative to enhance the WPC Development for the Market, 5th International Wood Fibre Polymer Composites Symposium (Biarritz) (2011).

(2012.5.9 受付)