

木質廃材のペレット化 (第1報)

- 成型, 流動性試験 -

野崎 兼司 佐藤 眞
吉田 兼之*¹ 遠藤 展*²

Fuel Pellets Made from Wood Residue ()

- Fluidifying and casting -

Kenji NOZAKI Makoto SATO
Kaneyuki YOSHIDA*¹ Hiromu ENDO*²

Studies were made on problems involved with casting wood meal or wood/plastic mixture into fuel pellets. The problems included changes in density, rupture loads, temperature, pressure, and relationships between the flow qualities of materials and the design of a casting dice. The results showed that the bark meal and the sawdust of Karamatsu, at 110°C and under 1.5ton/cm² and 1.8ton/cm² respectively, were successfully cast into pellets reasonably strong with a density of 1.2g/cm³. The bark containing low-density polyethylene by 10 percent needed a pressure of 0.25ton/cm², and the sawdust containing the same amount of the polyethylene required 0.35ton/cm², so that they might become pellets whose density was 0.9g/cm³. A high temperature improved the flow of the wood materials, and the addition of plastic to them made an even greater improvement on their flow. The opening ratio, the concentration angle and the depth of the casting dice had dominant effects on the density of the pellets.

木質系, 木質系・プラスチックの複合成型体の成型特性について, 成型温度, 圧力と圧密, 破壊強度, また, 押し出し成型法における原料の流動性とダイス形状の関係について検討した。その結果, 成型温度が110 °Cの場合, 粒度6.3mm以下のカラマツ樹皮は圧力1.5ton/cm², のこくずでは1.8ton/cm²程度で密度1.2g/cm³, 強度も十分な成型体が得られた。低密度ポリエチレンを10%混合した樹皮では, 0.25ton/cm², のこくずは0.35ton/cm²程度の圧力で密度0.9g/cm³の成型体が得られる。木質系は温度が高くなると流動性も増すが, プラスチックの混合によって急激に増大する。ダイス形状では, 開孔比, 孔角度, 厚さが圧密に大きく影響する。

1. はじめに

木質系エネルギーは, 古くから薪^{まき}などといった形で使われてきたが, 石油が安価に安定供給されるように

なってから次第に石油へと移った。

2度にわたる石油危機を契機に石油代替エネルギーの開発が, 各分野で積極的に進められてきた。これら

の背景の中で、各地に賦存する林地残材、工場廃材などの未利用材を、石油代替エネルギーとして活用しようという機運が高まってきた。しかし、石油を主体とする現在の生活様式や環境の中では、従来からの薪などといった形では取扱い、形状、水分、密度、燃焼方法などに種々の難点があり、石油の代替エネルギーとして受け入れ難いものがある。このため粉碎成型、あるいは他の未利用エネルギー源との複合成型などの必要性が生じてきた。

本研究は、石油代替エネルギーの一環として、地域に賦存する木質系残廃材、石炭、廃プラスチックなどと複合成型し、小規模でしかもその地域で消費可能なエネルギーとして活用することを目的に、道立三研究機関(林業試験場、工業試験場、林産試験場)の共同研究、すなわち、林地未利用材の地域賦存量の推定、粉碎成型、専用燃焼機の検討などを、各研究機関の機能別分担により実施し、現場が主として担当した木質廃材のペレット化についての報告である。

木質系、あるいは木質系・プラスチックを複合成型する場合、原料及び成型条件が、成型体(ペレット)の物性に大きく影響することが考えられる。燃料用木質ペレット(6mm、長さ10~25mm程度)は、リングダイ、または、ディスクダイ方式と呼ばれる方式で製造されているが、この方式は、加圧ローラで原料をダイスから押し出す、いわゆる押し出し成型法である。押し出し成型の場合、成型過程で、成型体に加わる成型圧は、加圧ローラによって与えられるが、原料の流動性、ダイス形状などが成型圧に大きく影響するものと考えられる。このようなことから、押し出し成型法で木質系とプラスチックを複合成型する場合の、適切な製造条件を設定するための基礎的な資料を得ることを目的に、木質系粉碎物の性状、プラスチックの種類、混合割合、成型温度・圧力と成型性、圧密、破壊強度との関係、また、原料の流動性とダイス形状の関係について検討した。

2. 試験方法

2.1 成型及び破壊強度試験

(1) 試料

カラマツ樹皮、及びカラマツチップをハンマークラッシャーで粉碎し、目の開き6.3、10mmの篩^{ふるい}で篩分けして用いた。樹皮は粒度6.3mm以下、10~6.3mmの2種類、木質は6.3mm以下、カラマツ製材のこくずの2種類、計4種類、含水率はいずれも10~12%、また、複合成型用プラスチックとして低密度ポリエチレン(LPE)、ポリプロピレン(PP)、ポリスチロール(PS)、いずれも粉末の3種類を試料として用いた。以後、プラスチック名を記号で略記する。

(2) 成型方法

木質系成型体、木質系・プラスチックの複合成型体は、直径25mmの筒型プレス金型に試料4gを入れ、設定温度と圧力で成型体を製造した。なお、加圧時間は予備試験の結果、20秒程度必要なことから20秒に固定し、プラスチックとの複合成型温度は、プラスチックの溶融温度以上の水準のみとした。

成型温度・圧力、プラスチックの混合割合は次のとおりである。

・木質系成型

成型温度 70 110 150

成型圧力 0.5 1.0 1.5ton/cm²

・木質系・プラスチック複合成型

プラスチックの混合割合 10, 30%(重量)

成型温度 110 (LPE) 150 (LPE, PP, PS)

成型圧力 0.2 0.4 0.6 ton/cm²

なお、成型体の密度は、成型後の容積、重量から求めた。

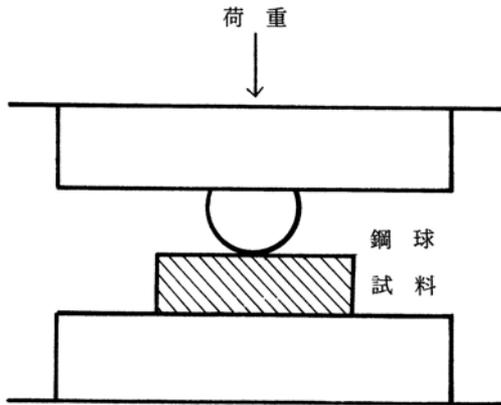
(3) 破壊強度

成型体の形が円板状であるため、第1図に示した球面圧縮の方法により、オートグラフを用いて直径20mmの鋼球を荷重速度10mm/minで加圧し、破壊強度を求めた。

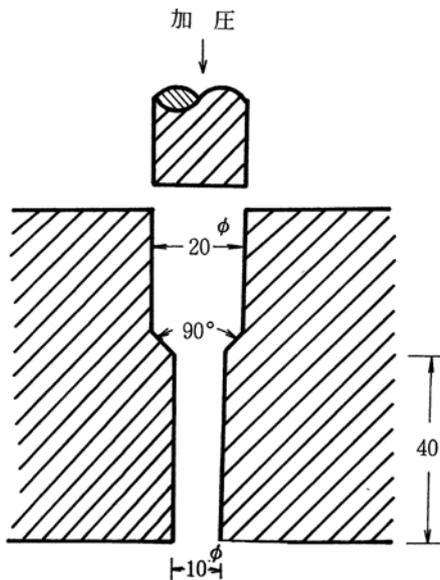
2.2 流動試験

(1) 試料

試料は、成型試験に用いた試料のうち、粒度6.3mm以下の樹皮、カラマツ製材のこくずの2種類、含水率10~12%、プラスチックはLPE, PP, PSの3種類を



第1図 破壊試験方法



第2図 押し出し成型金型治具

注) 開孔比 = $\frac{\text{出口断面積}}{\text{入口断面積}} \times 100$

成型温度，プラスチックの混合割合は次のとおりである。

・木質系成型

成型温度 70, 110, 150℃

・木質系・プラスチック複成型

プラスチックの混合割合 10, 20, 30% (重量)

成型温度 110℃ (LPE) 150℃ (LPE, PP, PS)

また，ダイス形状との関係では，ダイス形状としてダイス厚さ，孔角度，開孔比の3因子を取り上げ，粒度6.3mm以下の樹皮，のこくずの2種類に対し，LPEの混合割合10, 20, 30%，成型温度110, 150℃の条件で流動性試験と同様に流出圧力を求めた。

ダイス形状3因子の水準は次のとおりである。

ダイス厚さ 20, 40, 60mm

孔角度 60, 90, 120°

開孔比 (第2図参照) 16% (20→8mmφ)

25% (20→10mmφ)

3. 結果と考察

3.1 成型試験結果

(1) 成型温度，圧力と圧密

木質系試料の成型温度，圧力と圧密の関係を第3図に示す。樹皮と木質の圧密を比較すると，各成型温度とも樹皮の圧密がやや大きく，また粒度比較では粒度の大きい方が圧密も大きい傾向が見られる。

成型温度と圧密との関係では，成型温度が高くなると圧密も大きくなる傾向が認められるが，いずれも大差なく，成型温度が圧密に与える効果が比較的少ないことを示している。したがって圧密の程度は，ほぼ成型圧力に支配されると考えられる。

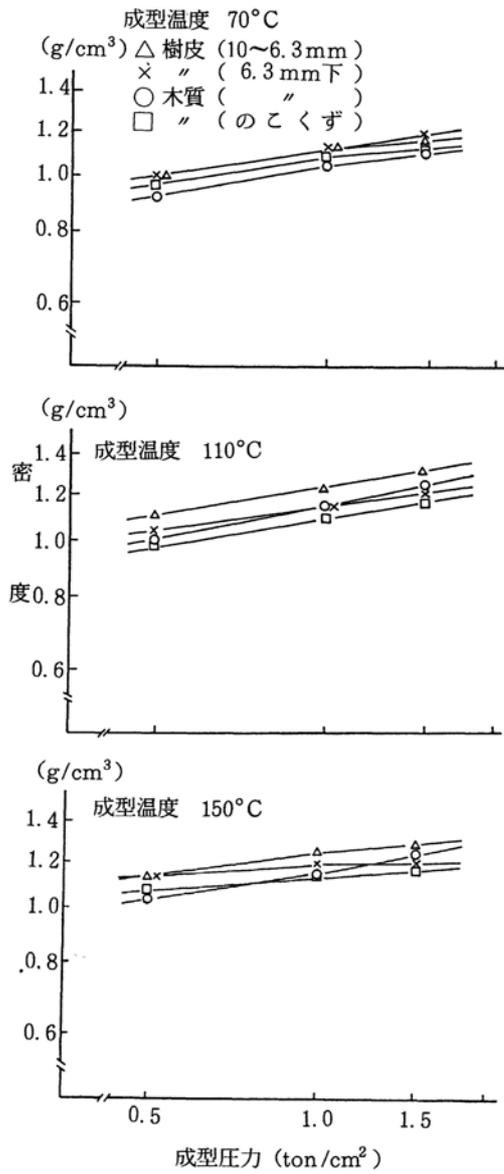
成型体の密度1.2g/cm³を想定し，成型温度110℃の場合の成型圧力と圧密の関係から成型圧力を推定すると，粒度10～6.3mmの樹皮では0.8ton/cm²，6.3mm下1.5ton/cm²，また，6.3mm下の木質1.4ton/cm²，のこくず1.8ton/cm²程度の圧力を要することとなる。

木質系・プラスチック複成型の場合の成型温度・圧力と圧密の関係を第4図に示す。樹皮とのこくずで

用いた。

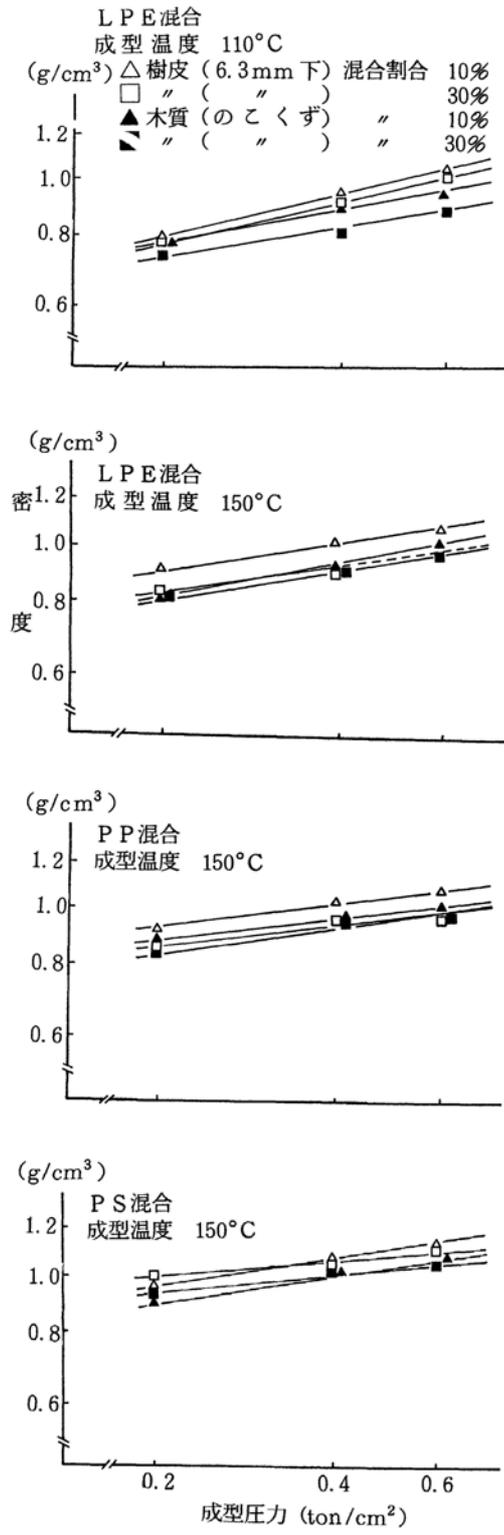
(2) 試験方法

流動性は，第2図に示した厚さ40mm，孔角度90°開孔比25% (20→10mmφ)の金型押し出し成型治具に試料2gを入れ，所定の温度と加圧速度1mm/secで加圧し，流出時のプレス圧力をX-Yレコーダに記録し，流出圧力を求めた。なお，成型体の密度は，成型体を20mm程度に切断し，その容積と重量から求めた。

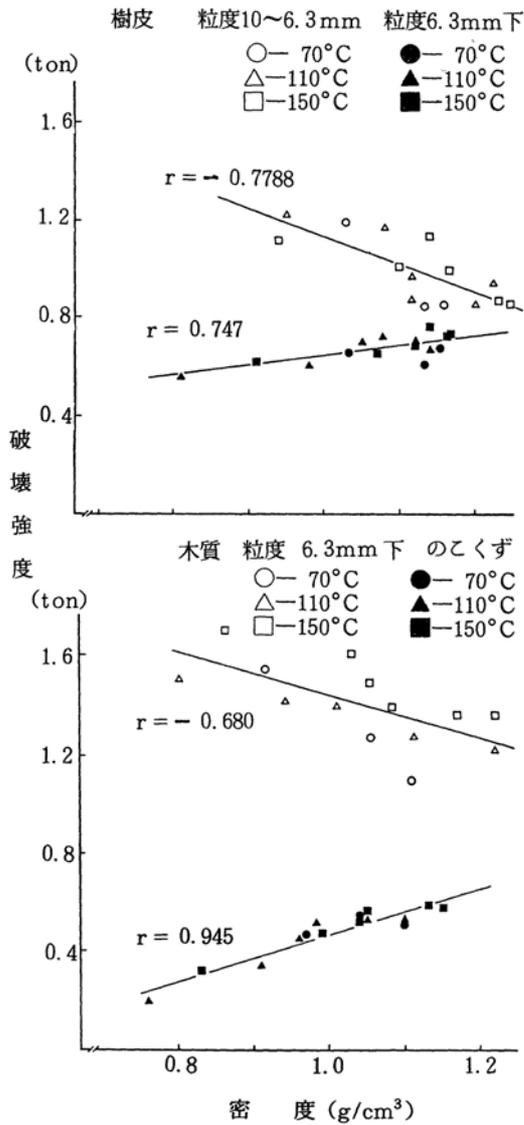


第3図 成型温度，圧力と圧密の関係

圧密を比較すると，複合成型の場合も木質系のみの場合と同様に，樹皮の圧密が大きい。成型温度と圧密の関係では，混合するプラスチックの熔融温度範囲内において成型温度が圧密に与える効果は少ない。複合成型の場合の成型体密度は，設定した成型条件における木質系の圧密と混合するプラスチックの密度，混合割合によってほぼ決まると考えられる。複合成型体の密度を 0.9g/cm^3 を想定した場合，プラスチックの混



第4図 成型圧力と圧密の関係



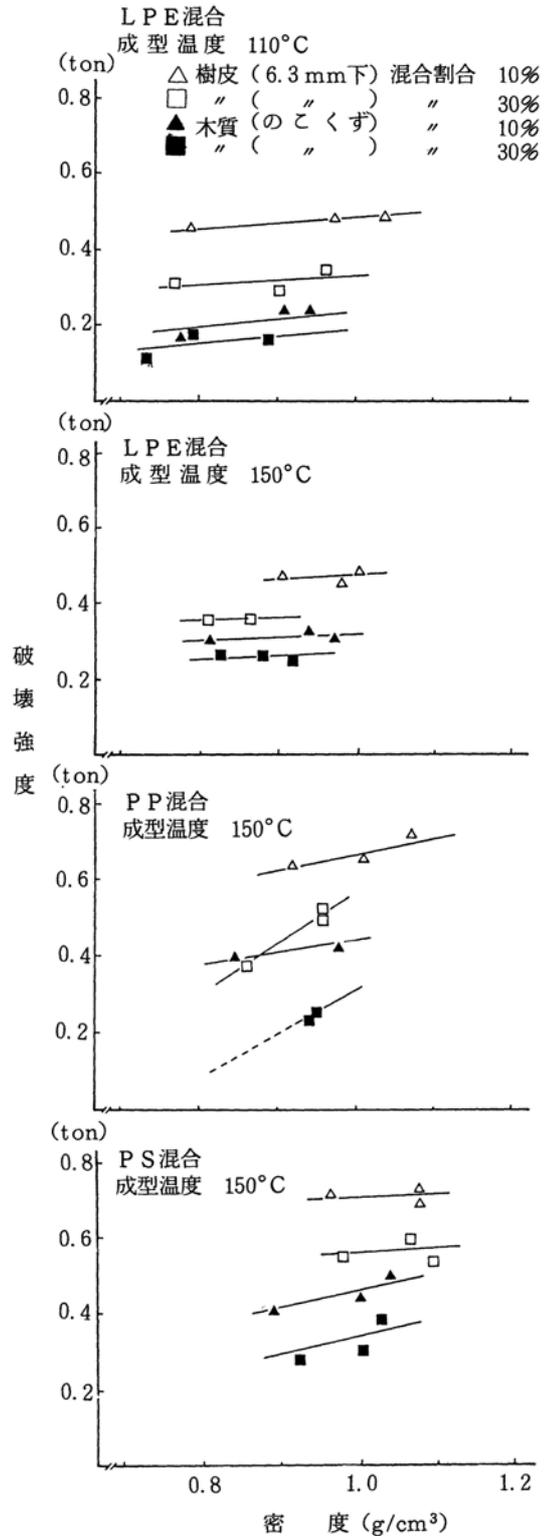
第5図 密度と破壊強度の関係

合割合10%, 成型温度150°Cの条件で成型圧力を推定すると, LPE, PPの混合では, 樹皮0.2ton/cm², のこくず0.25ton/cm², また, PSの混合では樹皮0.18ton/cm², のこくず0.25ton/cm²程度となる。

(2) 破壊強度

木質系成型体の密度と破壊強度の関係を第5図, 木質系・プラスチック複合成型体の密度と破壊強度の関係を第6図に示す。

木質系成型体の密度と破壊強度の関係では, いずれ

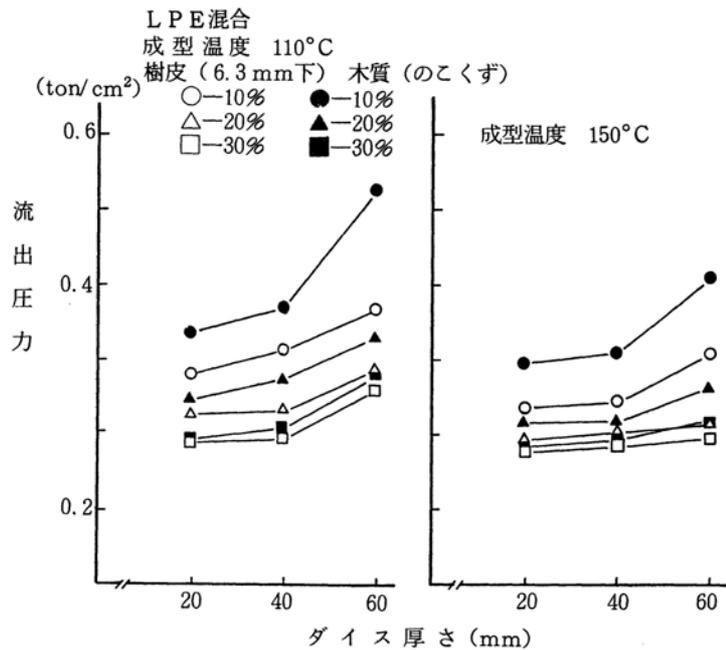


第6図 密度と破壊強度の関係

第1表 流出圧力と圧密の関係

プラスチックの種類	成型温度 (°C)	混合割合 (%)	樹皮 (6.3mm下)		木質 (のこくず)	
			流出圧力 (kg/cm ²)	密度 (g/cm ³)	流出圧力 (kg/cm ²)	密度 (g/cm ³)
	70		1,750	1.17	2,360	1.26
	110		1,490	1.18	1,930	1.28
	150		1,290	1.20	1,720	1.19
L P E	110	10	310	0.93	365	0.93
		20	230	0.82	275	0.86
		30	190	0.76	206	0.83
	150	10	245	0.96	310	0.95
		20	200	0.78	223	0.84
		30	184	0.76	188	0.80
P P	150	10	335	1.00	482	0.96
		20	270	0.92	334	0.84
		30	224	0.88	269	0.82
P S	150	10	381	0.99	498	0.95
		20	375	1.03	537	1.02
		30	353	1.04	379	1.02

も成型温度が破壊強度に与える効果は、ほとんど認められない。しかし粒度6.3mm以下の樹皮、のこくずでは、密度が高くなるに伴って破壊強度も高くなる傾向であるのに対し、粒度10~6.3mmの樹皮、6.3mm以下の木質では、前者に比べ高い破壊強度を示しているが、密度が高くなるに伴って強度が低下する傾向が認められている。これは、試料の粉碎、篩分けで粒度の大きい樹皮は、小さいものに比べて内皮の比率が高く、また、6.3mm以下の木質は、のこくずより繊維長が長い。このため繊維が互



第7図 ダイス厚さと流出圧力の関係

値を示すものと考えられる。また、高密度での強度低下は、密度が高くなるに伴って原料である樹皮、木質

粒子内でのキレツ，又は破壊が生じるためではないかと考えられる。密度 $1.2\text{g}/\text{cm}^3$ の場合の破壊強度は最も低いのかくずで 0.6ton 以上得られ，強度として十分と考えられる。

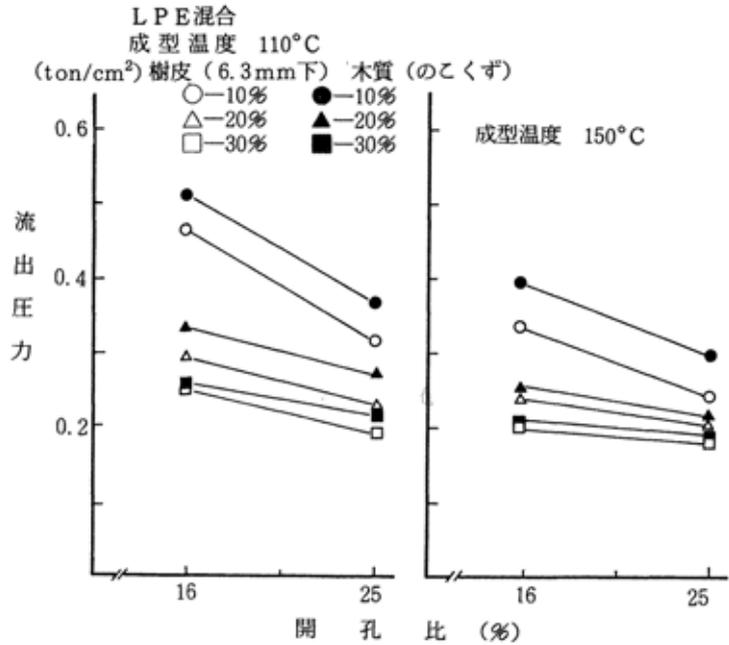
複合成型体の密度と破壊強度の関係（第6図）から成型温度と破壊強度の関係を見ると，のかくずにLPEを混合した場合，成型温度が高くなると強度もやや増大する傾向が認められる。樹皮とのかくずの比較では，LPE，PP，PSのいずれを混合した場合についても樹皮の破壊強度が大きく，プラスチックを混合しない場合と類似した傾向が認められる。また，混合するプラスチックの種類により強度は大きな影響を受ける。

プラスチックの混合割合と破壊強度の関係では，LPE，PP，PSとも混合割合が増すと強度は明らかに低下する。

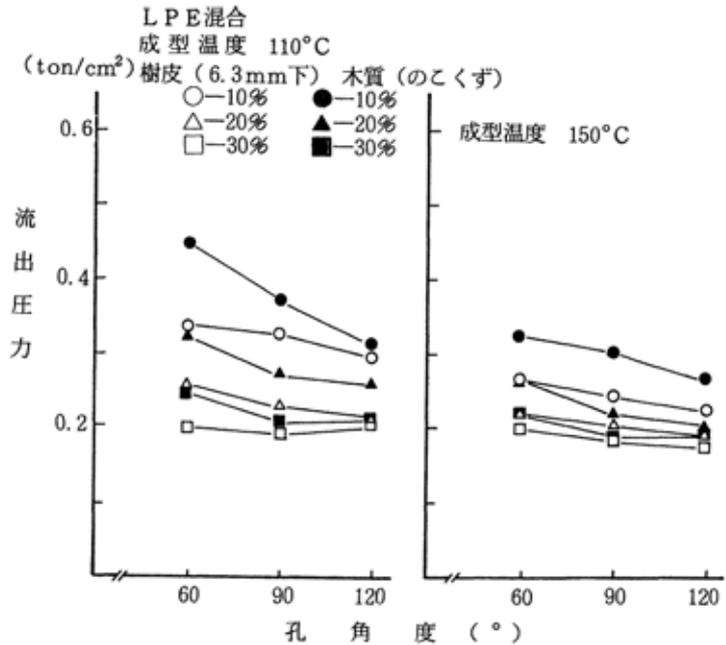
3.2 流動性

開孔比25%，孔角度 90° ，厚さ 40mm の一定条件下での流出圧力と圧密の関係を第1表に示す。木質系は，成型温度が高くなると，流出圧力が低下することが認められる。また，樹皮のかくずに比べ流出圧力が低く，流動性が高いことを示している。

木質系・プラスチック複合成型では，混合するプラ



第8図 開孔比と流出圧力の関係



第9図 孔角度と流出圧力の関係

スチックの種類の影響が認められるが，プラスチックを10%混合すると，流出圧力は混合しないときの $1/3\sim 1/5$ 程度に低下し，流動性が急激に増大することを示している。また，混合割合が増すと，流出圧力が低下す

る傾向が認められている。押し出し成型における、成型温度、流出圧力と圧密の関係を、成型試験の場合と比較すると木質系、木質系・プラスチック複成型とも、流出圧力と成型圧力がほぼ一致することが認められる。これらのことから、押し出し成型体の密度から成型に必要な成型圧を、近似的に推定することができる。開孔比25%、孔角度90°の一定条件下での、ダイス厚さと流出圧力との関係を第7図に示した。

ダイス厚さが厚くなると、流出圧力、すなわち圧密も増大する傾向を示しているが、その程度は、原料の流動性に大きく影響を受け、流動性が高くなるとダイス厚さに対する流出圧力は明らかに低下する。押し出し成型法で成型体を製造する場合のダイス厚さは、成型体に圧密を与えるとともに、ダイス内で成型に必要な加圧時間に相当する滞留時間を与えるために重要である。

ダイスの開孔比が流出圧力に与える影響（第8図）では、開孔比が小さくなると流出圧力は増大し、圧密も大きくなる傾向を示している。開孔比の減少に伴う流出圧力の増加は、樹皮とのこくずでほとんど差は認められないが、プラスチックの混合割合、成型温度の影響による差は明らかである。また、孔角度と流出圧力との関係（第9図）では、孔角度が鋭角になると流出圧力は大きくなる。これは、孔角度が鋭角になると孔角度にそって、周囲から中心方向に向かって働く側圧が鈍角の場合よりも大きく作用するためと考えられる。この傾向は、樹皮よりのこくずの方が、また、プラスチック混合割合の少ない方がやや大きい。

4. まとめ

木質系及び、木質系・プラスチック複成型体の成

型特性を、成型温度、圧力と圧密、破壊強度、また、押し出し成型法における原料の流動性、ダイス形状の関係から検討した。結果を要約すると、

1) 木質系及び木質系・プラスチック複成型で、木質系は、成型温度が圧密に与える効果は比較的少なく、成型体の密度は、ほぼ成型圧力に支配される。また、複成型においてもプラスチックの溶融温度範囲ではほぼ同様である。成型温度が110°Cの場合、粒度6.3mm下のカラマツ樹皮で1.5ton/cm²、のこくずでは1.8ton/cm²程度の成型圧力で密度1.2g/cm³、強度も十分な成型体が得られる。また複成型では、低密度ポリエチレンの混合割合10%で、カラマツ樹皮0.25ton/cm²、のこくず0.35ton/cm²程度の圧力で密度0.9g/cm³の成型体が得られる。

2) 押し出し成型法では、樹皮、のこくずとも成型温度が高くなると流動性は大きくなる。また、プラスチックの混合によっても流動性は急激に増大し、混合割合10%で流出圧力は、ほぼ1/3~1/5程度に低下する。ダイス厚さは小→大、開孔比では大→小、また、孔角度は大→小に伴って流出圧力が増大し、圧密も大きくなるが、プラスチックの混合割合が多くなり、流動性が高くなるとその効果は低下する。

—試験部 林産機械科—

—*1試験部 繊維板試験科—
(兼 林産化学部 繊維化学科)

—*2試験部 繊維板試験科—

(原稿受理 昭61. 10. 15)

林産試験場報 第1巻 第3号 (林産試験場月報からの通巻第421号)

(略号 林産試験場報)

編集人 北海道立林産試験場編集委員会

昭和62年3月20日発行

発行人 北海道立林産試験場

印刷所 植平印刷株式会社

郵便番号071-01 旭川市西神楽1線10号

電話 0166-75-4233番(代)

郵便番号 070 旭川市9条通7丁目

FAX 0166-75-3621

電話 0166-26-0161番(代)