

ポリ乳酸フィルムの力学的特性に及ぼす結晶サイズの影響

Effect of Crystal Size on Mechanical Properties of Poly(lactic acid) Film

吉田拓未¹⁾

指導教員 坂口雅人¹⁾

1) サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科

キーワード：ポリ乳酸，フィルム，結晶，熱処理，引張試験

1. 緒言

近年，ポリ乳酸 (PLA) は，地球温暖化や石油資源枯渇などの環境問題に対し石油由来を代替する素材として注目されている．ポリ乳酸は廃棄後の処理によって水や二酸化炭素などに分解できるため，多くの製品に使用されている^[1]．

一方，ポリ乳酸は，結晶化しにくく，耐熱性，耐衝撃性，耐久性が低いことが知られている^[2]．そのためこれらの対策として，先行研究では，ポリ乳酸の耐熱性，成形加工の方法，結晶化による耐熱性，耐久性への影響などの研究がされてきた．本研究では，ポリ乳酸フィルムに熱処理を行い結晶化を促し，結晶の観察，引張試験を行い，ポリ乳酸の結晶サイズが力学特性に及ぼす影響について検討した．

2. 方法

2.1. 試験片の作製方法

ホットプレス(自作)にアルミ板の金型を 4 層に積層，一層ずつポリ乳酸 (NatureWorks LLC Ingeo 3001D) のペレットを 3 g 用いて，200 °C，押切荷重 5 kN で加圧した．金型の温度が PLA の結晶融点 170 °C 以下に下がるまで加圧し続け，温度が PLA のガラス転位温度 57 °C 以下になるまで徐冷した．

2.2. 試験片の熱処理手順

結晶を成長させるために，切り出した試験片をホットプレス(井本製作所，IMC-19AD 型)を用いて熱処理を行った．このとき，試験片のサンプリング箇所の偏りがないように並べ，熱処理時間を 3.5 h，7.0 h，14.0 h とし，熱処理温度 130 °C 一定で熱処理を行った，取り出す際には熱処理時間を変化させないために急冷した．

2.3. 結晶観察

熱処理した PLA フィルムをデジタルマイクロスコープ (株式会社キーエンス，VHX5000) を用いて偏光観察を行った．ここで，偏光観察とは，観察対象物に偏光を当てて観察を行い，物質の偏光や複屈折などの特性を明暗や色の違いとして捉え観察する．本研究では偏光板をクロスニコル状態でセットした．これは，上のニコルを通過する光の振動面と下のニコルを通過する光の振動面が 90° で交わるようにセットした状態のことである．

2.4. 引張試験

引張試験を行うために，熱処理時間未処理～14 h の PLA フィルムからミニシャーベンダーを用いてそれぞれ 10 mm×80 mm の短冊状に切り出した．10 mm×20 mm×1 mm の寸法のアルミのタブを PLA フィルムの両端にエポキシ系接着剤を用いて接着し，引張試験片とした．

引張試験機 (IMADA，MX-500N)，フォースゲージ (IMADA，ZP-500N) を用いて試験片を引張速度約 7.8 mm/min，環境温度 26 °C の条件下で，熱処理された試験片の引張試験を行った．

3. 結果と考察

3.1. 結晶サイズと熱処理時間の関係

成形した PLA フィルムの結晶サイズと熱処理時間の関係を図 1 に示す，熱処理時間の増加とともに結晶サイズはあまり変化しない傾向が見られた．

また，結晶サイズの算出は，結晶写真内の 100 μm×100 μm の範囲内で計測し，次の①と②より求めた．

$$A = (100 \times 100) / n \dots \textcircled{1}$$

$$d = \sqrt{4A/\pi} \dots \textcircled{2}$$

ここで、 n ：球晶の数、 A ：平均の面積(μm^2)、 d ：平均の直径(μm)である。

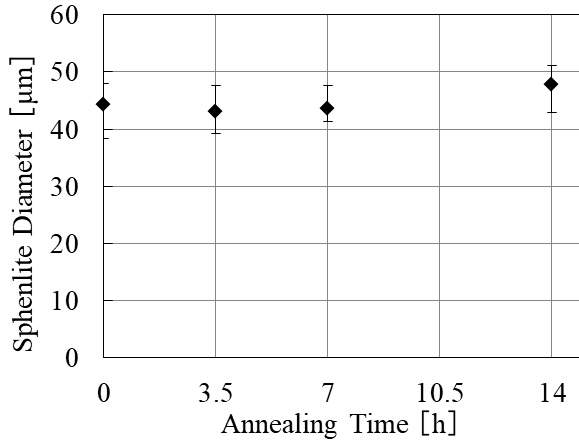


図 1 結晶直径と熱処理時間

3.2. 結晶観察

図 2 に PLA フィルムを偏光観察した結果を示す。結晶の大きさはあまり変化しないことが示された。

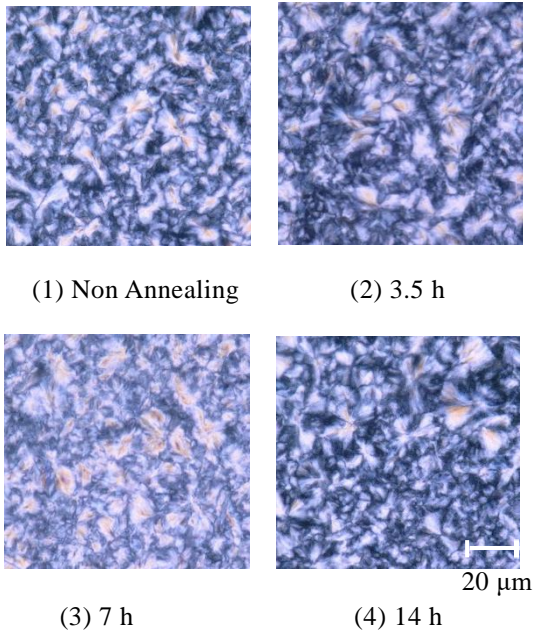


図 2 PLA フィルムの偏光観察

3.3. 引張試験

引張試験結果として図 3 に引張応力-試験時間曲線を示す。図 3 より、熱処理時間が未処理の試験片は引張強度が最も高く、熱処理時間とともに引張強度が下がることが示された。一方で 7 h の

み 3.5 h よりも強度が高い結果となった。これは、結晶の観察より、3.5 h の結晶化が 7 h よりも進んでいて、7 h の試験片よりも結晶化が進んだことにより脆化して強度が下がったと考える。

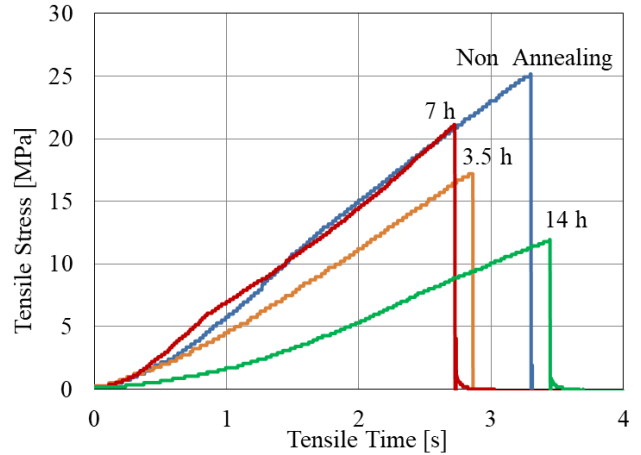


図 3 引張試験

4. 結言

- (1)熱処理時間が増加しても、結晶直径は変化しない。
- (2)熱処理時間の増加に伴い、強度は低下した。130 °C・未処理試験片が一番高い強度を示した。
- (3)3.5 h と 7 h の結晶化による強度への影響から、結晶の大きさは関係しないが、結晶化度が強度に関係すると考えられる。

以上より、結晶直径と熱処理時間の関係性はないが、熱処理の増加に伴い強度は低下するとわかった。

5. 今後の展望

今回の結果より、結晶直径と熱処理時間、強度の関係について結晶直径と熱処理時間は関係性がなく、強度は低下することがわかったため、今後は結晶化度と熱処理時間、強度の関係について調査する。また、熱処理温度を変化させたときの強度への影響も検討していく。

6. 文献

- [1] 武藤守男, “植物由来プラスチックの現状と課題について”, PIONEER R&D Vol.16 No.1(2006), pp.33-39.
- [2] 上野晃, “ハイサイクル・高耐衝撃性のポリ乳酸樹脂成形材料”, パナソニック電工技報 Vol.59 No.1(2011), pp.55-59.