

令和 3 年 6 月 18 日現在

機関番号：99999
研究種目：奨励研究
研究期間：2020～2020
課題番号：20H01105
研究課題名 融点が46 の熱可塑性樹脂の常温における強度評価

研究代表者

青山 貴洋 (Aoyama, Takahiro)

愛知県がんセンター(病院)・・・診療放射線技師

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 480,000円

研究成果の概要：本研究では、放射線治療患者の負担を軽減するために低融点の熱可塑性樹脂を開発した。開発した樹脂は、特性の異なる2種類の熱可塑性樹脂を混合することで作成した。樹脂の性能を評価するために、示差走査熱量測定による融点の測定と融点以上に加熱したときの引張試験(伸び性能試験)、常温での引張試験(強度試験)を実施した。開発した樹脂と市販の樹脂の性能を比較したところ、開発した樹脂は融点が10以上低かったにもかかわらず、伸び性能と強度は同等であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

市販の樹脂の融点は55以上であり、高温の樹脂を顔や体に押し当てられる恐怖から鎮静剤の投与が必要になる場合がある。さらに、皮膚の表面温度が50以上に達するとやけどが生じる可能性があるため、樹脂の融点は低い方が望ましい。開発した樹脂の融点は46と従来よりも10以上低く、さらに、伸び性能試験と強度試験においても同等の性能を有していた。以上より、開発した樹脂を放射線治療用の固定具として使用することで、熱による患者の負担を軽減することが可能となり、従来よりも安全な放射線治療を提供することが期待される。

研究分野：医学物理学

キーワード：放射線治療 固定具 熱可塑性樹脂 融点

1. 研究の目的

放射線治療では、治療時の患者の体動を抑制する目的で熱可塑性樹脂製の固定具を作成する。市販の樹脂の融点は 55 以上であり、高温の樹脂を顔や体に押し当てられる恐怖から特に小児の場合鎮静剤の投与が必要になることがある。さらに、皮膚の表面温度が 50 以上に達するとやけどが生じる可能性があるため、樹脂の融点は低い方が望ましい。本研究では、放射線治療患者の負担を軽減するために低融点の熱可塑性樹脂を開発することを目的とした。上記目的を達成するために、具体的に以下の4点に着手する。

(1) 新しい熱可塑性樹脂の作成

テトラメチレングリコールと ϵ -カプロラクトンを開環重合させることで熱可塑性ポリマー (PCL) を作成した。分岐数 4、分子量 50 の PCL (4b50) と分岐数 2、分子量 20 の PCL (2b20) と、両者を 1:2 の割合で混合した PCL (4b50/2b20) を、BPO とキシレンの混合溶液中で架橋させることで化学架橋を施し、3 種類の熱可塑性樹脂を作成した。熱可塑性樹脂の作成手順の詳細を図 1 に示す。

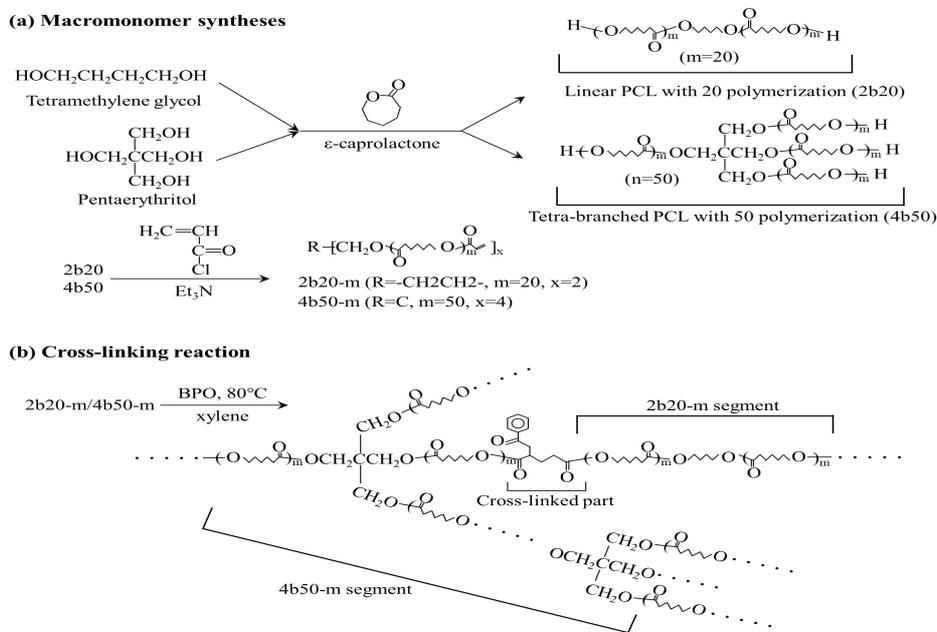


図 1. (a) カプロラクTONの開環重合とマクロモノマー化の手順、(b) マクロモノマーの化学架橋の手順

(2) 熱可塑性樹脂の融点と結晶化温度の測定

熱可塑性樹脂の融点と結晶化温度を調べるために、示差走査熱量測定を実施した。測定をした樹脂は今回作成した 3 種類の樹脂 (4b50、2b20、4b50/2b20) と市販の 3 種類の樹脂 (Type-S (CIVCO 社製) Portrait (Qfix 社製) Create (Shenzhen Tengfei Yu Technology 社製)) の合計 6 種類とした。示差走査熱量測定において、5 °C/min で加温したときの吸熱ピークを融点、-10 °C/min で冷却したときの発熱ピークを結晶化温度と定義した。

(3) 熱可塑性樹脂の加温時の引張試験 (伸び性能評価)

樹脂の加温時における伸び性能を評価するために、加温条件における引張試験を実施した。測定をした樹脂は 4b50/2b20 と Type-S の 2 種類とし、測定条件は JIS K7161-2、60 における引張試験の弾性率と破断点を樹脂の伸び性能と定義した。

(4) 熱可塑性樹脂の常温時の引張試験 (強度評価)

樹脂の常温時における伸び性能を評価するために、23 における引張試験を実施した。測定をした樹脂は 4b50/2b20 と Type-S の 2 種類とし、測定条件は JIS K7161-2、23 における引張試験の弾性率を樹脂の伸び性能と定義した。

2. 研究成果

(1) 熱可塑性樹脂の融点と結晶化温度

示差走査熱量測定の結果を図 2 に示す。本研究で作成した熱可塑性樹脂である 4b50/2b20 の融点は 46.0 であり、市販の樹脂よりも 10 以上融点が低減した。また、結晶化温度は 22.1 であり、市販の樹脂よりも低い放射線治療用固定具として使用することを想定した場合には臨床的に問題ない温度であることが確認できた。

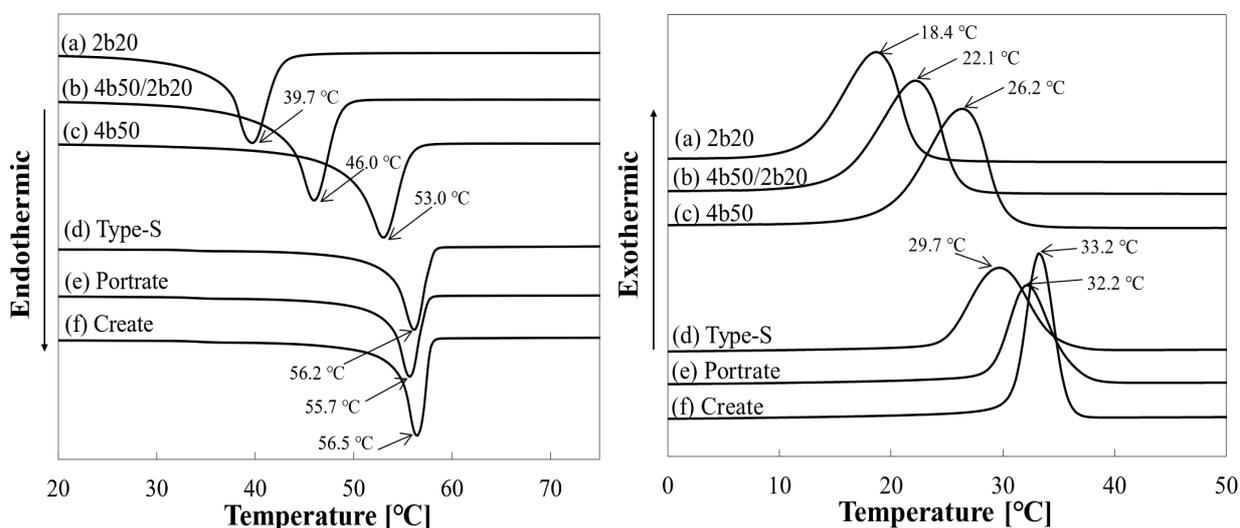


図 2. 吸熱ピークから算出した融点 (左) と発熱ピークから算出した結晶化温度 (右) の結果

(2) 熱可塑性樹脂の加温時と常温時の引張試験

引張試験における応力ひずみ曲線から、60 における引張試験の弾性率と破断点、23 における引張試験の弾性率を算出した。4b50/2b20 は市販の樹脂よりも、60 における弾性率は低く、破断点は同等であった。また、23 における弾性率も同等であった (表 1)。以上より、開発した樹脂は市販の樹脂よりも伸び性能が同等以上、強度も同等であることが確認できた。

表 1. 60 における引張試験の弾性率と破断点と 23 における弾性率の結果

Type of PCL	Elastic modulus [MPa]		Elongation at break at heating [%]
	60°C	23°C	60°C
4b50/2b20	1.1 ± 0.3	253.7 ± 24.5	275.2 ± 25.0
Type-S	46.3 ± 5.4	282.0 ± 44.3	216.0 ± 15.2

以上(1)と(2)より、従来よりも 10 以上融点を低減させた融点 46 の熱可塑性樹脂を開発し、樹脂の伸び性能と強度が市販の樹脂と同等であることを確認した。開発した樹脂を放射線治療用の頭頸部固定具の素材に使用することで、患者の熱による負担を低減することが可能となり、従来よりも安全な放射線治療を患者に提供することが期待される。

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Aoyama Takahiro, Uto Koichiro, Shimizu Hidetoshi, Ebara Mitsuhiro, Kitagawa Tomoki, Tachibana Hiroyuki, Suzuki Kojiro, Kodaira Takeshi	4. 巻 47
2. 論文標題 Physical and dosimetric characterization of thermoset shape memory bolus developed for radiotherapy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Medical Physics	6. 最初と最後の頁 6103 ~ 6112
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/mp.14516	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 青山 貴洋、清水 秀年、宇都 甲一郎、荏原 充宏、北川 智基、鈴木 耕次郎、古平 毅
2. 発表標題 放射線治療用固定具のための融点が46 の熱可塑性シートの開発
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会第33回学術大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

研究組織（研究協力者）

氏名	ローマ字氏名
宇都 甲一郎	(Uto Koichiro)
清水 秀年	(Shimizu Hidetoshi)
荏原 充宏	(Ebara Mitsuhiro)