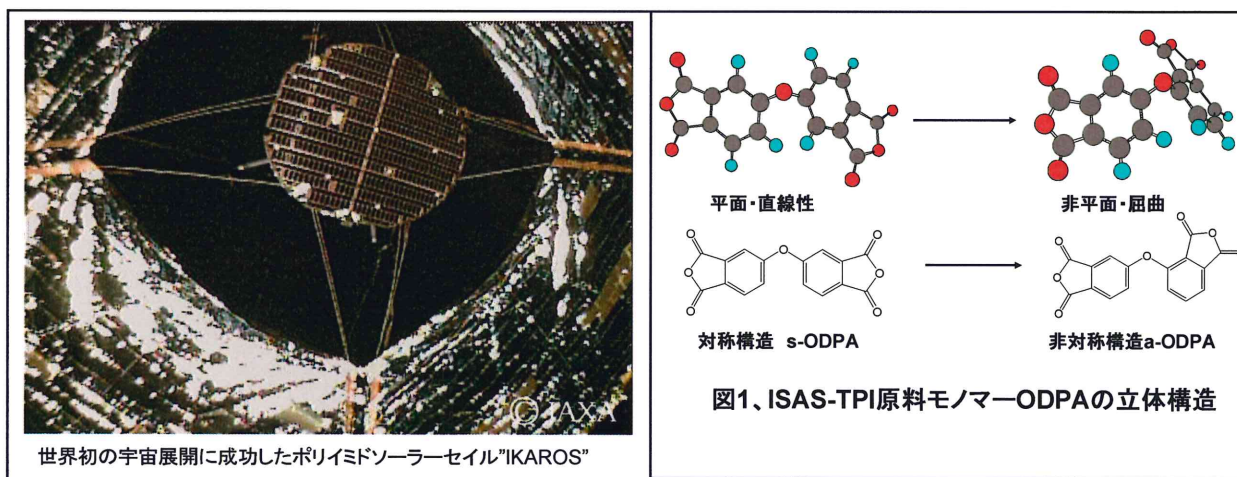


立体構造制御によるポリイミド・IKAROSソーラーセイル膜として宇宙へ

非対称熱可塑性ポリイミドa-ODPA-PIの宇宙材料への展開

宇宙機構宇宙研¹ ○横田 力男、鈴木 基妥、安藤 あゆみ、風間 健一、伊藤 信平、高久 大地、宇宙機構総研 石田 雄一、石澤 淳一郎、カネカ(株)宮内 雅彦、大城 伸明 相模原市中央区由野台3-1-1, 宇宙機構宇宙科学研究 050-3362-5710 [1PD094]

宇宙機構(JAXA)宇宙科学研究所有機材料Gと協力企業は、宇宙用高分子膜材として唯一、宇宙機に利用されてきたポリイミドに新たな特性として加熱融着性を付与することに成功した。この熱可塑・熱融着性ポリイミド(ISAS-TPI)の開発により容易に大面積薄膜が製作可能となり、2010年には高分子関係数社と協力して厚さ7.5 μm のロールフィルムを開発して世界初の太陽光推進による宇宙機・ソーラーセイル IKAROS の宇宙展開・航行を成し遂げた。この IKAROS の成功により日本の宇宙技術は念願の20mクラス宇宙薄膜構造物の製造・収納・展開技術を取得したことはもとより、IKAROS 搭載ポリイミド・シリコン薄膜太陽電池やポリイミド液晶・薄膜操舵デバイスと併せてポリイミドの優れた宇宙環境耐久性を改めて実証した。このことは近未来の太陽発電衛星・宇宙大型薄膜構造物等の開発に必須の高分子材料となるものと期待される。



ISAS-TPI はポリイミド高性能化の通念に反した非対称構造導入により開発

この材料開発の特徴は、すでに半世紀も前から卓越した高温・環境耐性をもつ高分子フィルムとして知られる KAPTON-H ポリイミド (デュポン社) に特徴的な「棒状で平面性の高い分子形態をとる対称構造芳香族ポリイミド」にとって大きな課題であった易加熱成形・加工性の付与を常識に反した非平面・非対称構造を導入することで打ち破ったことである。具体的には図1のように大きく曲った分子構造に加えて立体(回転)障害のために平面構造をとることができない“非対称構造”原料に着目したことにある。そのため新たに原料モノマーa-ODPAを依頼合成し、それを用いて実験室で少量のポリイミドを試作したことに始まる。得られた ISAS-TPI a-ODPA/4,4'-ODA(TPI; Thermo-plastics)PI は、対称構造PIよりTgが高く、宇宙環境耐性も具えた易成形・熱融着性に優れた特性を有し、表1のように有機溶剤に高濃度に溶解する。このこと

は宇宙用薄膜や接着材への展開が容易な事に加えて地上の耐熱成形（複合）材料や高機能熱可塑性材料としても有望である¹⁻²⁾。

表 1、IKAROS ソーラーセイル膜に用いられたポリイミドの物理的性質

ポリイミド 薄膜	Tg (DMA) (°C)	溶解度 (NMP) (wt%)	宇宙環境耐久性；破断伸び (%保持率) / 実破断伸び (%)					
			陽子線 (MGy)		電子線 (MGy)		太陽光紫外線 (ESD)	
			0	100	0	20	0	150
ISAS-TPI 8-9um ISAS/藤森工業	265	>20	100	28	100	93	100	87
			78	22	81	76	81	71
Apical AH 7.5um カネカ	>360	non	100	36	100	87	100	100
			61	22	62	54	62	62

非対称熱可塑性ポリイミド a-ODPA-PI の宇宙材料への展開

次期大型セイル膜・宇宙材料開発要件には 1) 強度特性の向上、中でも RIP-STOP (引裂耐性) の付与、2) 長期に宇宙環境使用可能な接着・融着材への展開、3) 太陽光紫外線・UV 耐性の改善・透明な表面薄膜デバイス保護膜への展開、4) 接着、加工の容易な易加工性 ISAS-TPI-2 の開発等である。非対称構造 a-ODPA-PI はその有力なツールとして期待される。

参考文献 1) 横田、第 60 回高分子討論会 (招待講演)、2) 横田、新訂「ポリイミド 基礎と応用」応用編 第 2 章、NTS 出版、2010

IKAROS 膜開発に協力いただいた各社；マナック (株)、和歌山精化 (株)、(株) カネカ、藤森工業 (株)、東レ KP フィルム (株) 東レダウコーニング (株)、藤倉航装 (株)、上海合成樹脂研究所、東洋紡 (株)、Power Film 社、日本板硝子 (株)、沖電線 (株)、(株) クレハに篤くお礼申し上げます

