PBO 繊維ザイロン® の新用途展開

黒木 忠雄

有機系の繊維素材としては世界最高の強度と弾性率を有する PBO 繊維ザイロン® が商業化されて 5 年になるが、消防服などの防護衣料を中心に国内外で広く使用されている¹⁾。本稿では、航空宇宙分野における PBO 繊維の新たな可能性について最近の話題を交えて解説する。

宇宙開発では、打ち上げコストがスペースシャトルの場合で 1 kg あたり 2 万ドルと言われており、PBO 繊維の強度を活かしたロケット・人工衛星部材の軽量化が強く求められる。このため、パラアラミド繊維の約 2 倍の PBO 繊維強度がこの用途で注目されている。米国連邦宇宙局 (NASA) により 2003 年 6 月と 7 月に相次いで打ち上げられた火星探査機に、PBO 繊維からなるスリングベルトが採用された²⁾。探査機を載せた宇宙船は、火星大気圏突入後に探査機を放出するが、宇宙船本体と探査機はベルトで連結されている。ロケット噴射により減速し、地表付近でベルトから探査機が切り離される。長さ 20 m にもなるベルトの軽量化効果に加え、ロケット噴射に対する PBO 繊維の耐熱性の高さが評価された。探査機は 2004 年 1 月に火星着陸予定である。

人工衛星には、推進・制御装置に不活性ガスを充填した高圧タンクが使用されている。圧力容器とも呼ばれるタンクは従来金属製であったが、近年では炭素繊維補強プラスチック (CFRP) 製が主流である。炭素繊維並みの強度・弾性率を有する PBO 繊維は圧力容器素材としても有望である。NASA では、PBO 繊維単独あるいは炭素繊維とのハイブリッド構造からなる圧力容器を開発しており、近々人工衛星に搭載される予定である³⁾。CFRP 圧力容器は、衝撃を受けた場合の耐圧低下や破裂時の破片飛散による 2

次被害が懸念されるが、PBO 繊維と複合することにより耐衝撃性能が向上する。CFRP 圧力容器表面をガラス繊維と PBO 繊維でそれぞれ補強した容器の破裂圧力と、45 J の衝撃エネルギーを付与した後の破裂圧力をそれぞれ測定した (図 1)⁴⁾。PBO 繊維補強により破裂圧力が上がり、衝撃後の破裂圧低下も小さいことがわかる。この技術は、ロケットモーターや燃料電池自動車に使用される高圧水素タンクなどへの応用も期待されている。

日本の成層圏プラットフォーム計画⁵⁾をはじめとして、高度 20~40 km の成層圏を有効活用する開発が各国で行われており、PBO 繊維が検討されている。その中で、NASA の超長期滞空気球 (ULDB) は数回のテスト飛行を終えており実用化も近い。成層圏への観測気球の打ち上げは従来行われているが、昼夜の温度差から内部ガスが失われるためにたかだか 1 週間しか飛行できない。気球を密閉構造にすることでその問題は解決するが、温度差から生じる圧力変化に耐えうる気球素材は従来なかった。PBO 繊維からなる補強筋とポリエチレンフィルムを組み合わせることにより、2 トンものペイロードを成層圏まで打ち上げることが可能な ULDB が実現した。すでに高度 35 km への打ち上げに成功しており、地球周回に耐えうる安定性が今後の課題である。

現在の宇宙開発は、PBO 繊維をはじめとして炭素繊維、アラミド繊維などの高強度繊維がなければ成り立たない。先に述べた火星探査船にも PBO 繊維に加えアラミド繊維や全芳香族ポリエステル繊維が採用されており、また打ち上げのロケットに炭素繊維が使われていることは言うまでもない。宇宙開発では欧米に遅れをとったわが国であるが、日本の世界最先端の高強度繊維技術が宇宙開発を陰ながら支えていることはあまり知られていない。

文 献

- 1) 矢吹和之: 日本航空宇宙学会誌, 48(563), 630 (2000)
- 2) <http://mars.jpl.nasa.gov/>
- 3) SAMPE (48th ISSE) Exhibition, Long Beach, 2003
- 4) Y. Nomura, *et al.*: JISSE-8, in press
- 5) 小松ら: 日本航空宇宙学会論文集, 51(591), 158 (2003)

図 1 PBO 繊維/炭素繊維ハイブリッド圧力容器の耐衝撃性

KUROKI, Tadao 東洋紡績(株)高機能材事業本部・ザイロン事業部, 専門は高強度繊維.
PBO Fiber "ZYLON® for Space Applications—Recent and Future Developments