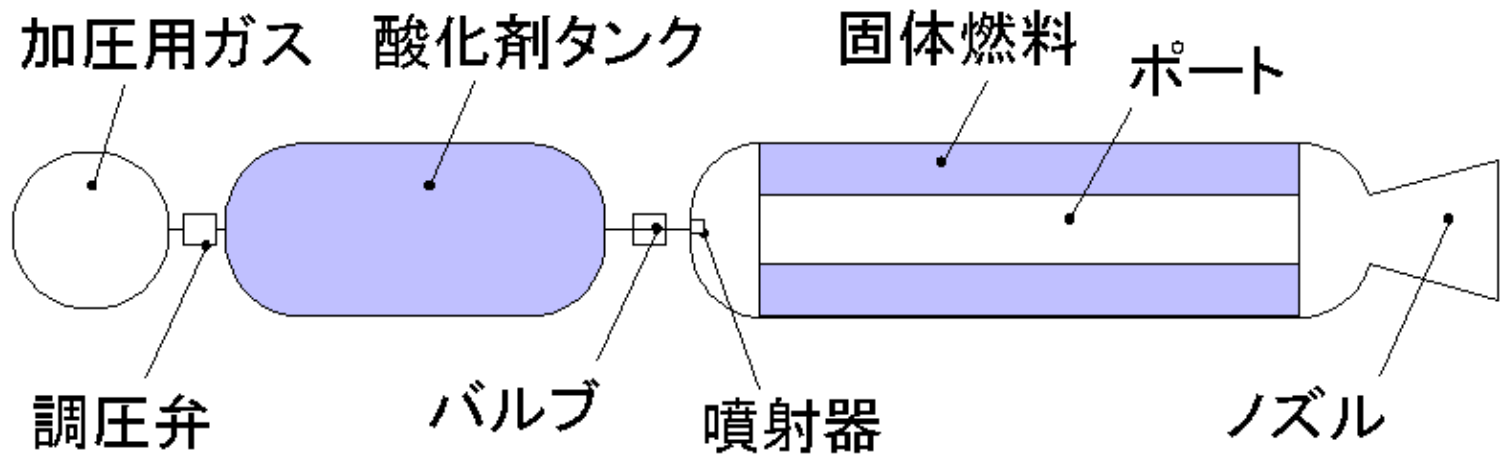


CAMUI型ハイブリッドロケットの 開発と事業化計画

北海道大学大学院工学研究院・教授
永田 晴紀

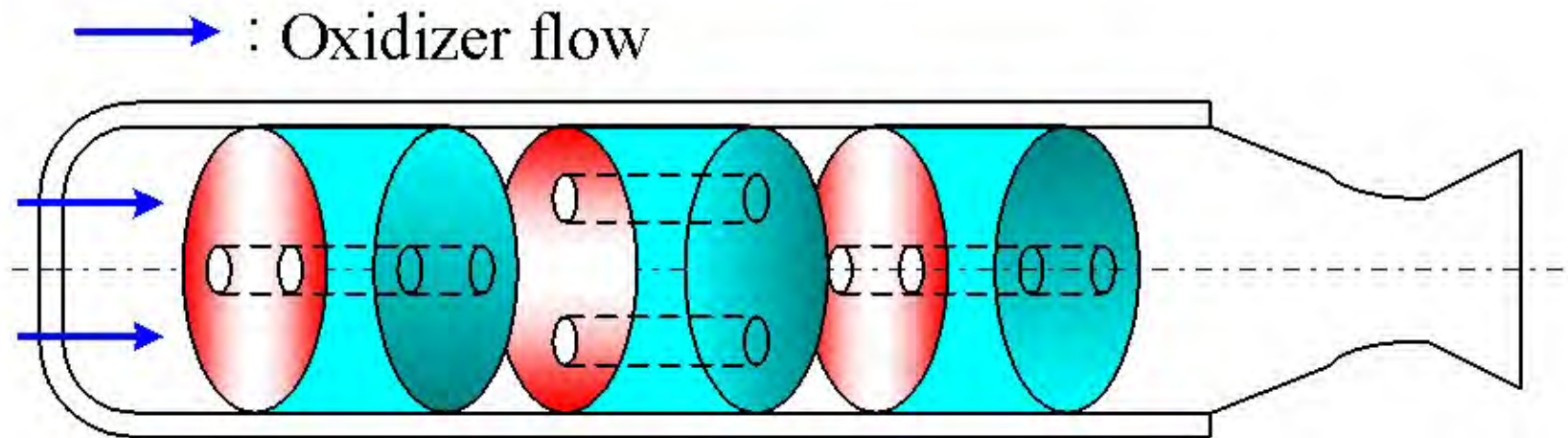
平成27年4月28日(火)
第2回宇宙法制小委員会

ハイブリッドロケットとは？



- ◆ 固体燃料（プラスチック等）+ 液体酸化剤（液体酸素等）
- ◆ 火薬類や危険物を使用しない
- ◆ 爆発しない安全なロケット
- ◆ 固体燃料の燃焼速度が小さく、低推力
- ◆ Space Ship Oneが採用（数少ない実用化例）

CAMUI型ハイブリッドロケット



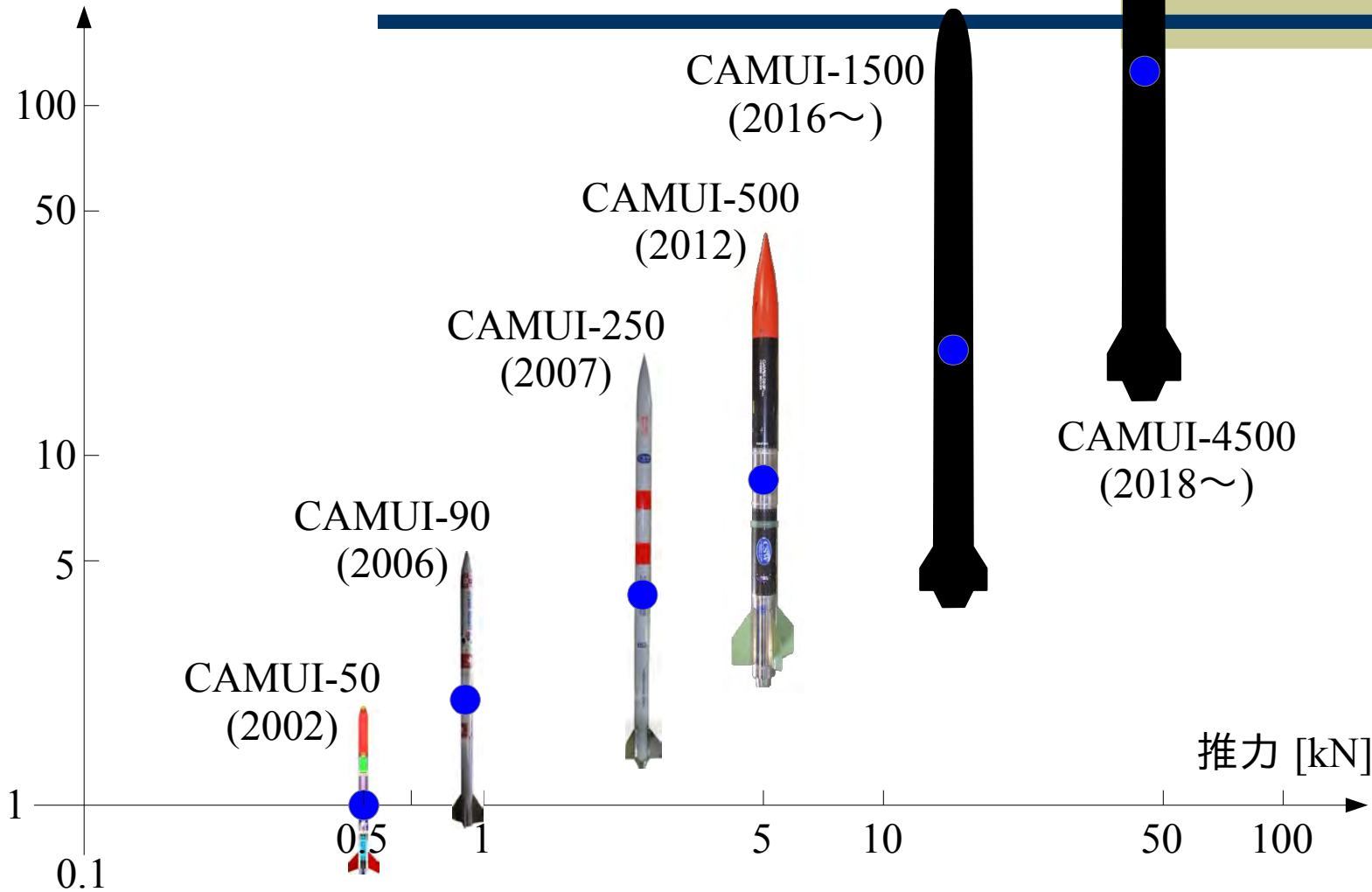
- ◆ 衝突噴流熱伝達の利用により、固体燃料のガス化を促進し、推力を増強。
- ◆ **C**ascaded **M**ultistage **I**mpinging-jet.

CAMUIロケットが目指す用途

- ◆ 科研費の予算規模で利用可能なロケット実験手段
 - 1.5 tonf級モータにより、20～30 kgの実験装置に遷音速～超音速の飛行環境を提供。
 - 成層圏気球＋1.5 tonf級モータにより、80 kgの実験装置にM5の超音速飛行環境を提供（科研費基盤(A)採択テーマ）。
 - 4.5 tonf級モータ地上打上げにより、80 kgの実験装置にM3.5、高度110 km、3分間の微小重力環境を提供。
- ◆ 宇宙輸送技術の新しい芽を生み出すレイヤー
- ◆ 空中発射式超小型衛星打ち上げシステム用ブースター

CAMUIロケットのラインナップ

到達高度 [km]



開発計画

	FY2015	FY2016	FY2017	FY2018	FY2019
モータ大型化開発	1.5 tonf級モータ開発				モータクラスタ運用技術の開発
		4.5 tonf級モータ開発			
サブオービタル実験機運用		1.5 tonf級（ペイロード重量50 kg、マッハ数2、高度20 km）運用			
				4.5 tonf級（ペーロード重量150 kg、到達高度110 km）運用	
上空発射システム開発	液体酸素供給系開発 点火系開発	大気球による液体酸素供給系試験（落下時の運用特性取得）	大気球による上空発射実証（1.5 tonf級）	航空機による上空発射実証（1.5 tonf級）	航空機による上空発射実証（4.5 tonf級）

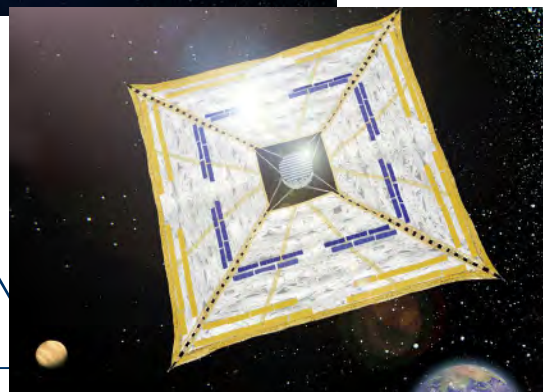
	FY2020	FY2021	FY2022	FY2023	FY2024以降
モータ大型化開発	モータクラスタ運用技術の開発				
サブオービタル実験機運用	1.5 tonf級（ペイロード重量50 kg、マッハ数2、高度20 km）運用				
	4.5 tonf級（ペーロード重量150 kg、マッハ数3.5、到達高度110 km）運用				
上空発射システム開発	上空発射による超小型衛星軌道投入機の開発			上空発射による軌道投入運用開始	

カスケード的な技術開発展開(現状)

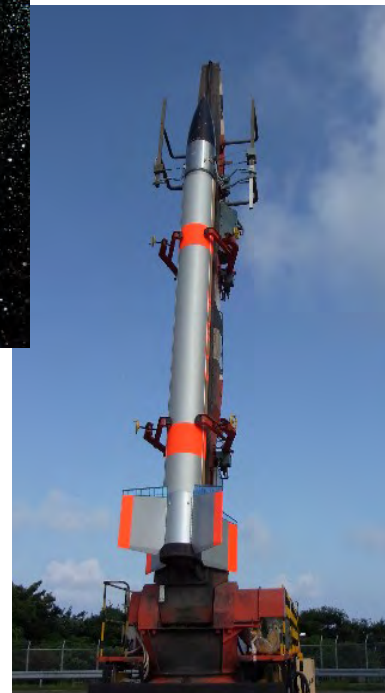
深宇宙
周回軌道
(数百億円)



小型衛星
海外ミッション参加
(数十～百億円)

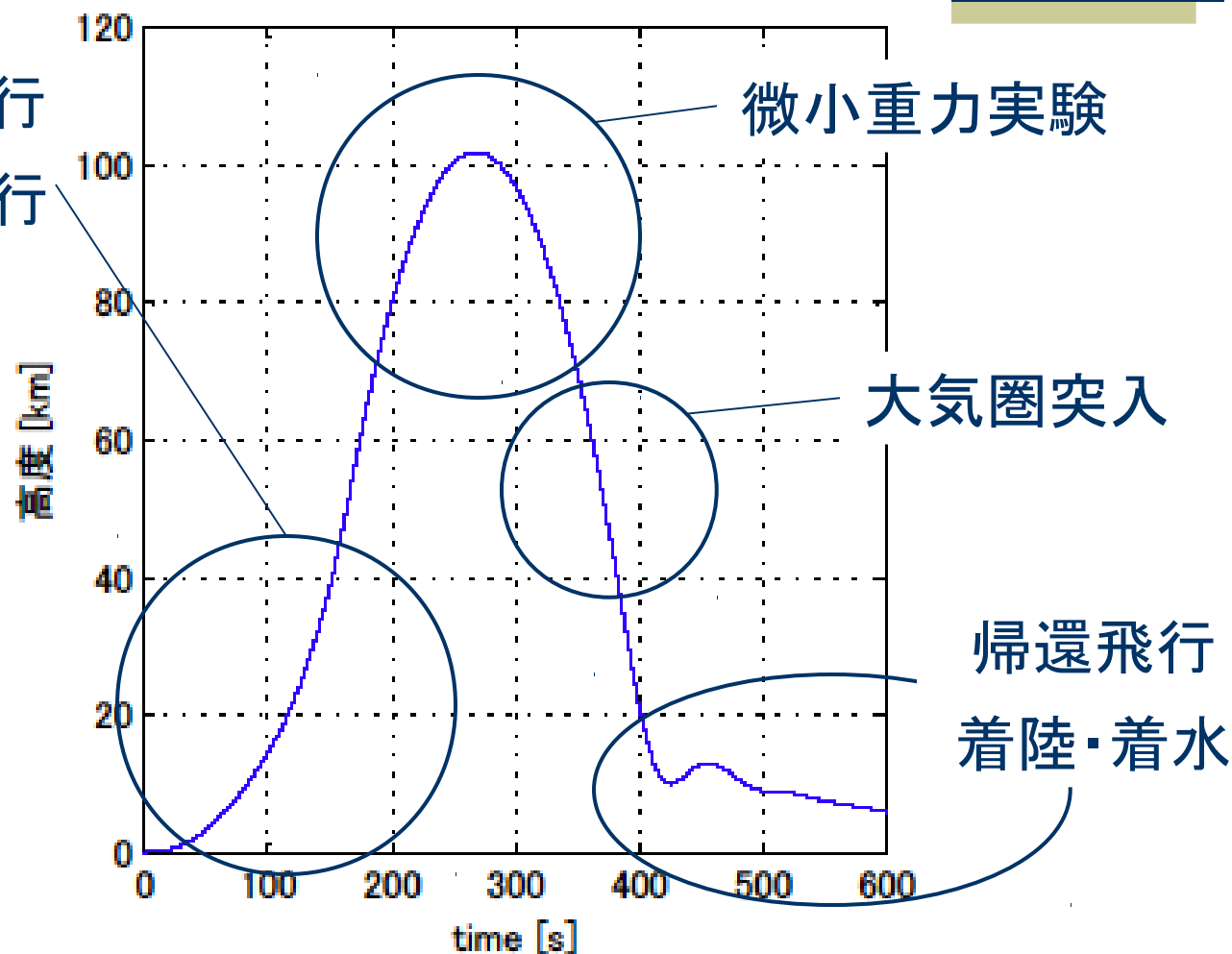


サブオービタル
超小型衛星
海外ミッション参加
(0.7億～10億円)



弾道飛行環境を利用した技術開発が重要

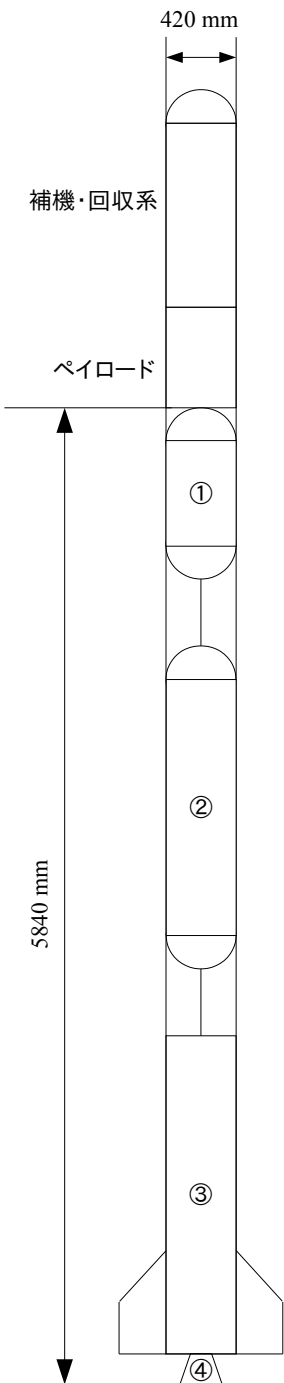
アボート飛行
エンジン飛行
環境試験



カスケード的な技術開発展開(目標)



このレイヤーで
サブオービタルまで
やりたい！



ペイロード	150 kg (ミッション80 kg + 補機・構造70 kg)
推進剤	液体酸素234 kg + ポリエチレン117 kg (燃料燃え残り10.5 kgを含まず)
比推力	266.9秒
構造係数	0.35 (推進剤351 kg、イナータ189 kg)
推力	4.5 tonf
燃焼時間	21秒
獲得速度	1850 m/s (空力損失185 m/sと重力損失204 m/sを含む)
到達高度	110 km
機体外径	420 mm
全備重量	689 kg (うちイナータ189 kg)
①～④+燃え残り10.5 kg + 機体構造14.5 kg = 162 kg 残り27 kgは回収系および予備	

① ヘリウムボンベ

材料:	CFRP
耐圧:	38.0 MPa
内径:	400 mm
高さ:	1030 mm
容積:	0.113 m ³
重量:	45.9 kg

② 液体酸素タンク

材料:	ジュラルミン
耐圧:	6.84 MPa
内径:	400 mm
高さ:	1930 mm
容積:	0.225 m ³
重量:	62.9 kg

③ 燃焼室

材料:	フェノール (t 4.2 mm) +CFRP外郭 (t 0.7 mm)
耐圧:	4.56 MPa
内径:	400 mm
高さ:	1930 mm
重量:	16.1 kg

④ ノズル

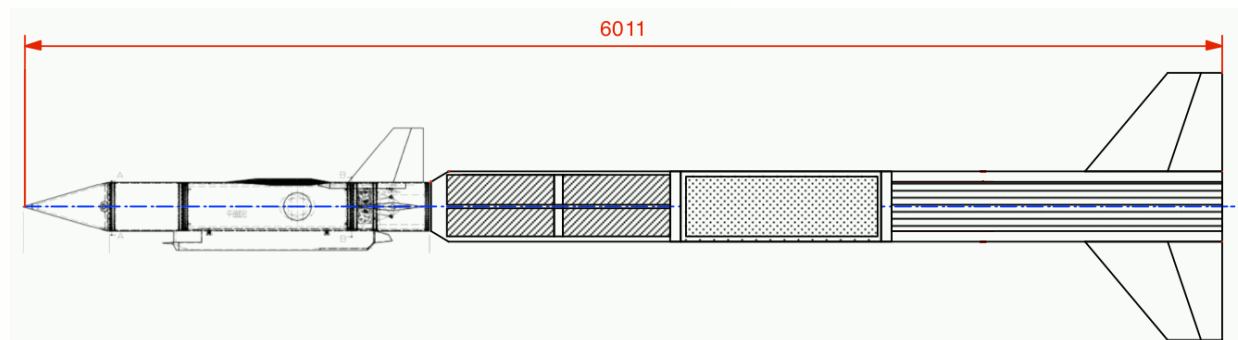
材料:	フェノール
形状:	ベル型
スロート径:	111 mm
出口径:	257 mm
高さ:	184 mm
重量:	11.7 kg

CAMUI-4500 のイメージ

- ◆ 全備重量 689 kg、全長～8 m、外径 420 mm
- ◆ 推力 4.5 tonf、燃焼時間 21 秒
- ◆ 搭載重量 150 kg
- ◆ 到達高度 110 km

成層圏気球と組合わせた超音速飛行テストベッド

(科研費 基盤(A)、「スペースプレーン技術の極超音速飛行実証システムの開発研究」)



ブースター燃焼終了
ブースター切り離し
最大マッハ数到達～M5
滑空飛行



This section describes the phase after the booster has finished burning and been separated. The test bed reaches its maximum Mach number of approximately M5 and enters a glide phase. The text 'ブースター燃焼終了' (Booster combustion ended), 'ブースター切り離し' (Booster separation), '最大マッハ数到達～M5' (Maximum Mach number reached ~M5), and '滑空飛行' (Glide flight) describes this stage. An illustration shows the test bed in a glide position.

引き起こし完了後、
ロケットブースターに点火、
加速



This section describes the final phase of the test bed's flight. After the recovery maneuver is completed, the rocket booster is ignited, and the test bed accelerates. The text '引き起こし完了後、' (After recovery maneuver completion), 'ロケットブースターに点火、' (Ignite rocket booster), and '加速' (Acceleration) describes this stage. An illustration shows the test bed accelerating upwards with its booster.

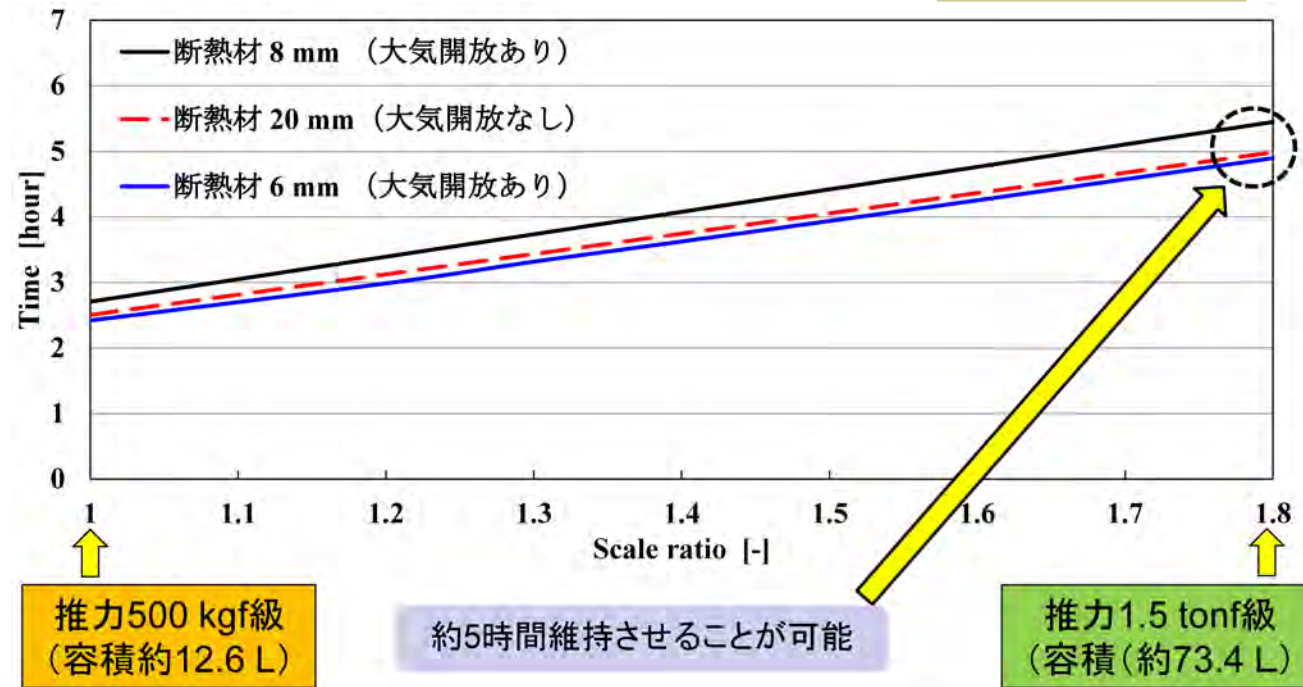
空中発射方式のための技術開発要素

- ◆ 極低温液体（液体酸素）の保持技術
 - 断熱寿命（極低温液体を保持できる時間）の見積り
 - 微小重力、逆加速度時の熱伝達特性取得
- ◆ 上空点火技術
 - 極低温液体（液体酸素）の液面静定
- ◆ モータの大型化

断熱寿命の見積り



実験装置



簡便な断熱でも液体酸素を5時間前後
保持出来ることを確認。