

資料3-1-2

研究開発局宇宙開発利用課
革新的将来宇宙輸送システム実
現に向けたロードマップ検討会
(第3回) R2.12.23

将来宇宙輸送ロードマップ検討会 資料
インターステラテクノロジズによる民間ロケット事業の現状と将来展望



誰もが宇宙に手が届く未来をつくる





企業名 インターステラテクノロジズ株式会社
本社 北海道広尾郡大樹町字芽武690-4
東京支社 千葉県浦安市当代島1-11-1-3A
従業員 50人
代表取締役 稲川貴大
事業開始 2006年



大樹町



インターステラテクノロジズ

自分たちでロケットを作り、宇宙空間への輸送を行う会社



観測ロケット
MOMO

高度100kmの宇宙空間を経て
海上着水する弾道飛行のロケット
2019年5月MOMO3号機で宇宙空間に到達

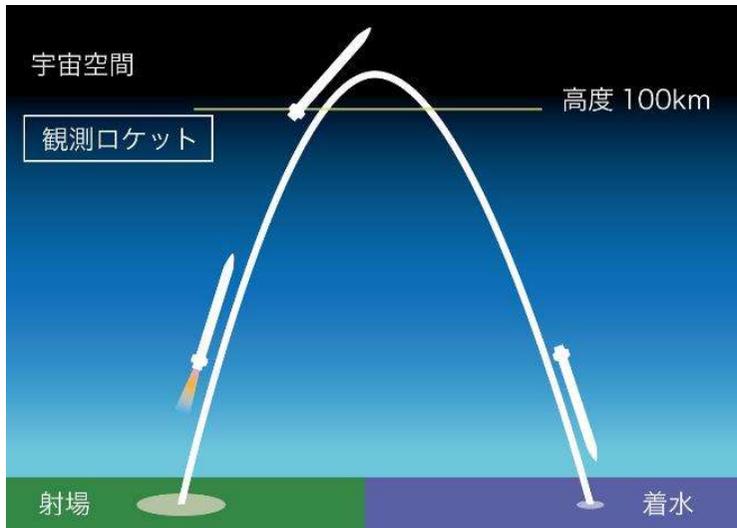


超小型衛星打上げロケット
ZERO

高度500kmの地球周回軌道の上に
100kgの超小型人工衛星を運ぶロケット
現在、開発中

弾道飛行と軌道投入

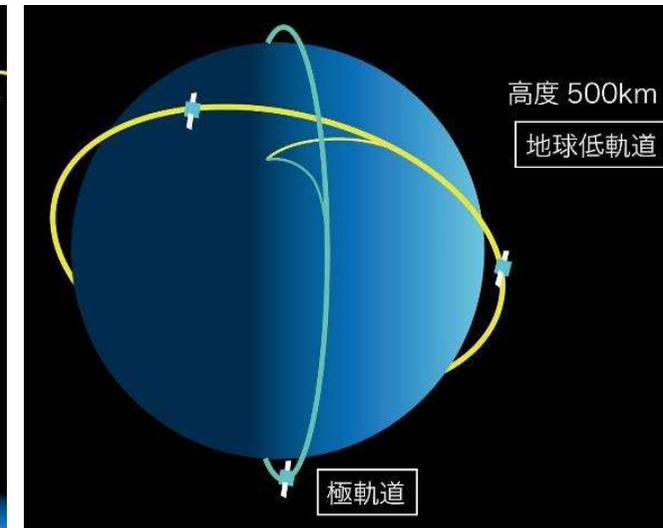
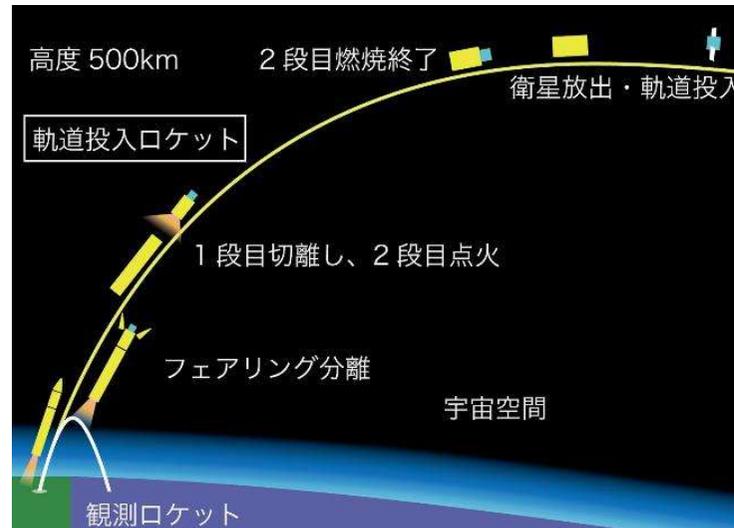
弾道飛行 MOMO



1 段式ロケット

エンジン燃焼終了後、慣性で上昇し、宇宙空間到達したあと海上に落下
微小重力環境の科学実験等に利用可能

軌道投入 ZERO

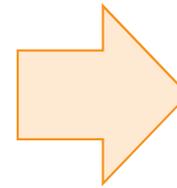
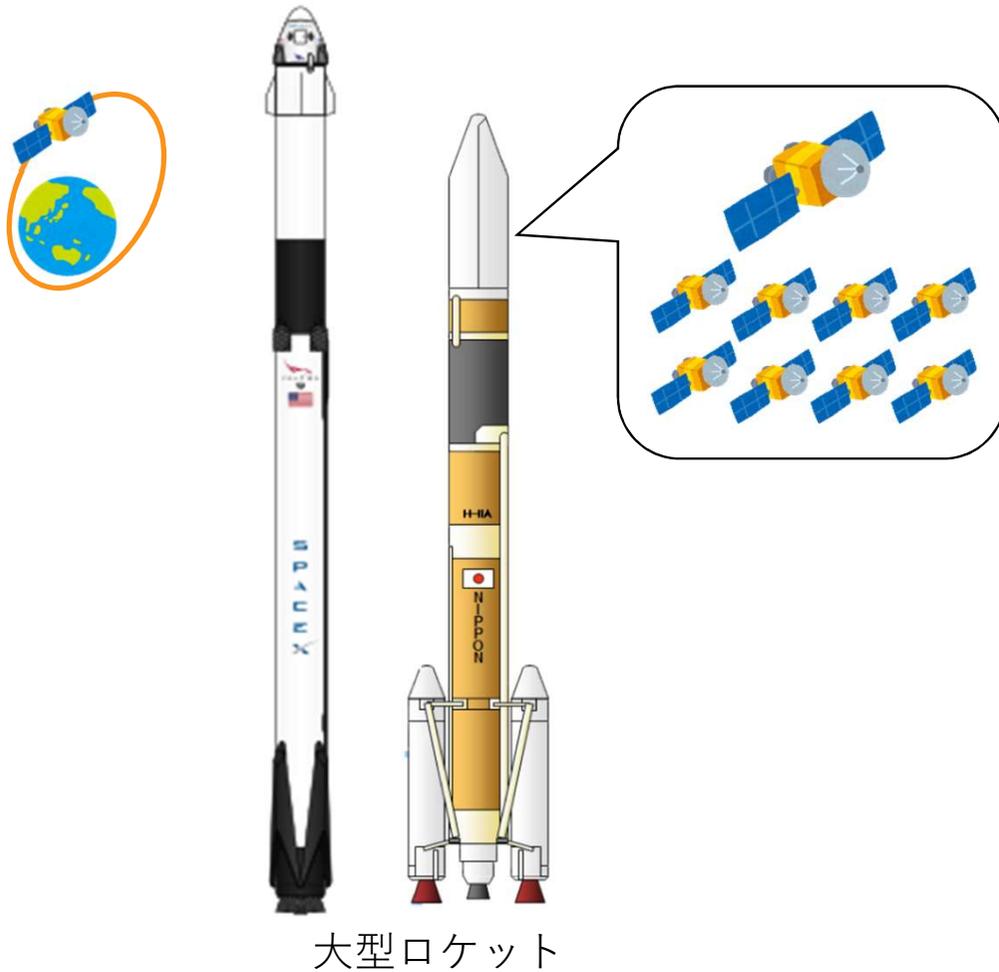


2 段式ロケット

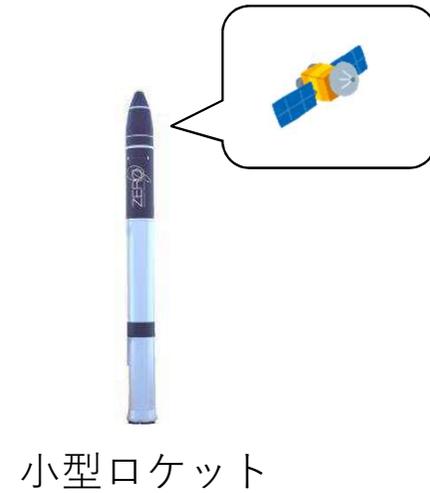
1 段目エンジン燃焼終了後、切り離し、2 段目点火
地球低軌道に超小型人工衛星を軌道投入可能
低い軌道傾斜角から極軌道まで自由な軌道が選択可能

衛星に合わせてロケットも小型化

大型で自由度の少ないロケットから、小型で高頻度なロケットの必要性

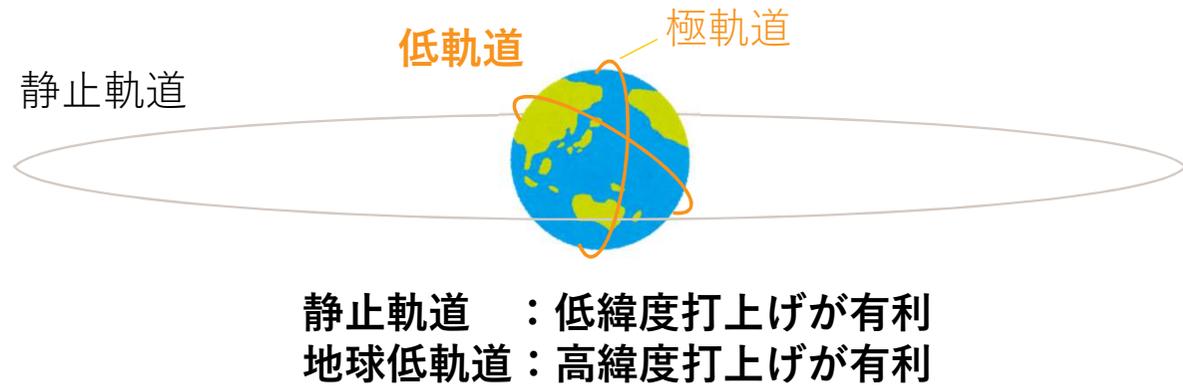


小型
安価
大量



世界有数の射場の可能性 北海道大樹町

地球低軌道コンステレーション時代の地理的条件の最適地、大樹町



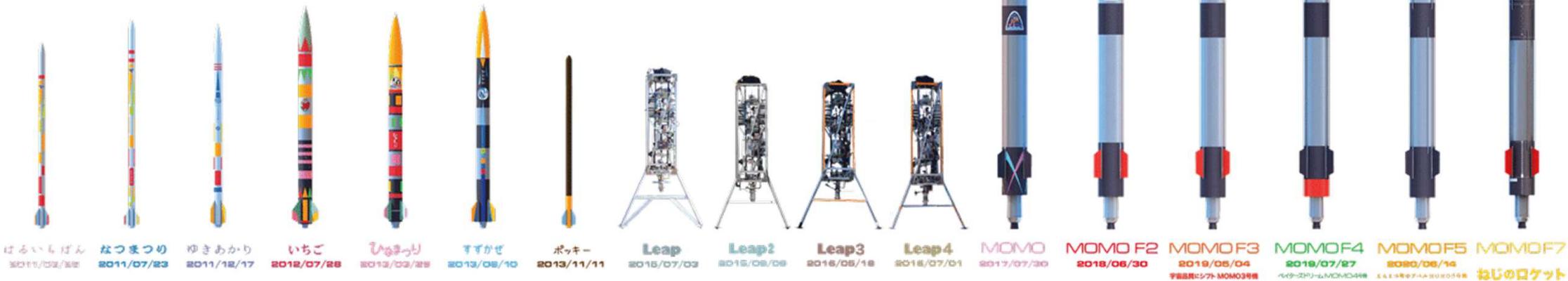
打上実績 2011年～@北海道大樹町

独自の技術開発と実証

桁違いに安価なロケット技術獲得
世界的に貴重なロケット技術を持つ企業へ

商業打上げ

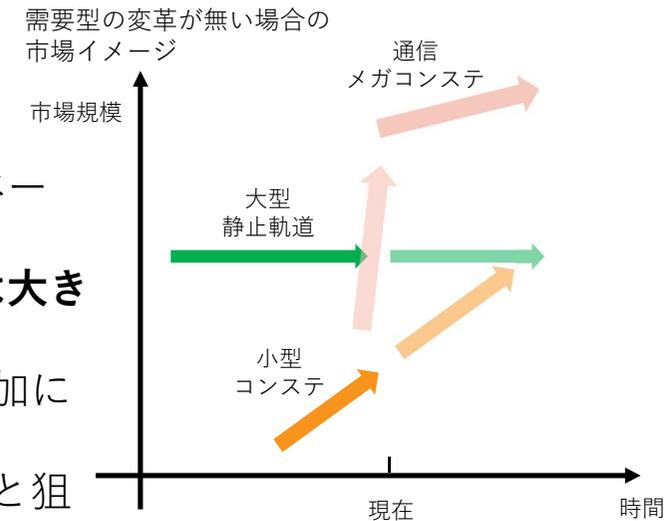
2013年の江崎グリコ様向けの「ポッキーロケット」
2017年より観測ロケットMOMOを打上げ開始



将来の可能性と官民役割

可能性の一つ：再使用ロケットでの大幅な低コスト化進行しない

- 現在世界中で開発が進んでいる再使用ロケットは実現時には大きなイノベーションであるが、**再使用による低コスト化は市場規模に依存**
- **市場規模が現状からリニアな拡大程度であれば、価格面での再使用効果は大きくない**
- 総製造数が少なくなることで**産業基盤が薄くなり**、1機あたりのコスト増加により一層の**高いリスク管理が求められる機体**になる可能性がある
- **需要側の変革無し時は使い捨てロケットが進化し競争力保有**（ISTの想定と狙い所）
- ポイント：旅行・探査・さらなるメガコンステなどの市場が立ち上がるか？



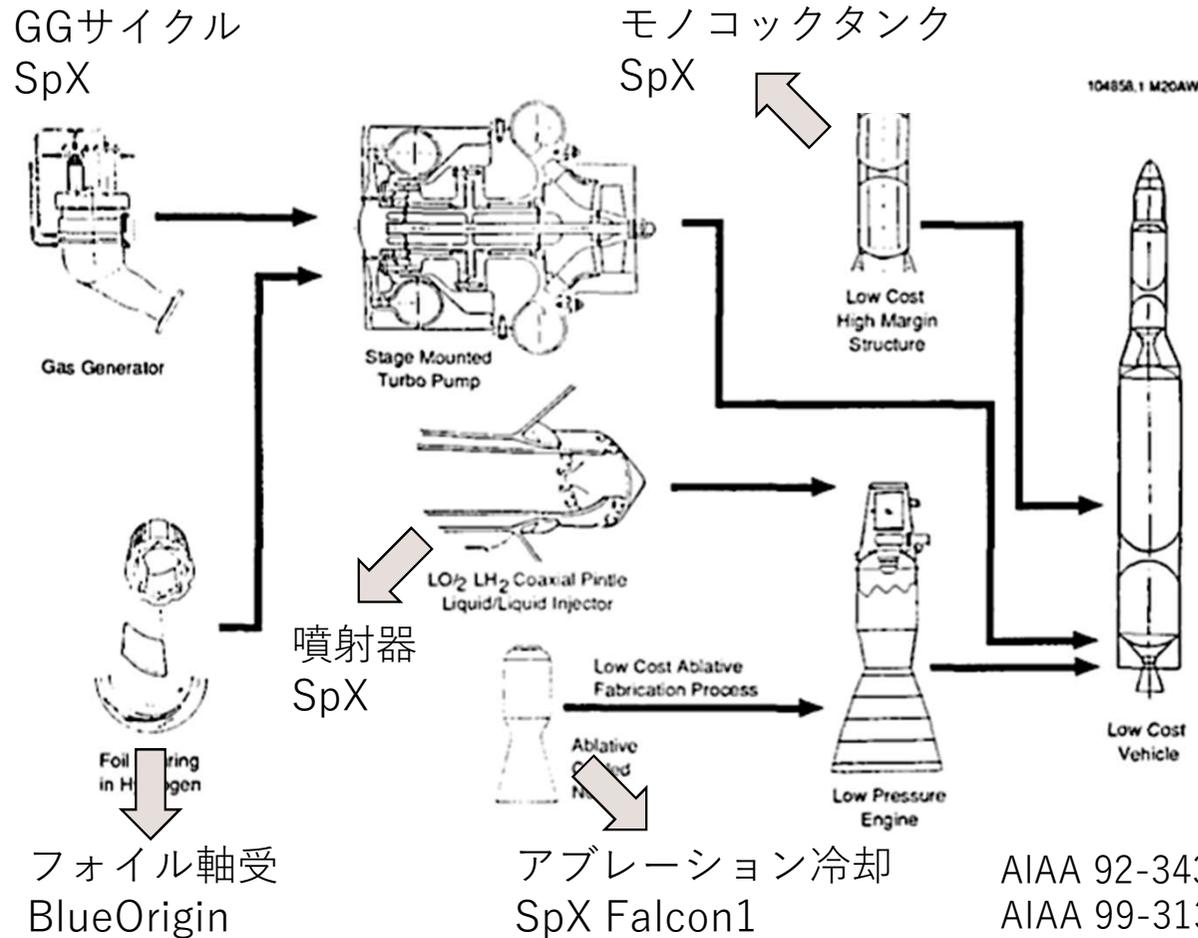
需要側でありえそうな変革
 ・宇宙旅行
 ・他天体有人探査・移住
 ・メガコンステの需要増加
 etc...

官民役割：国には先行・基盤となる技術開発、アンカーテナントを期待

- 現在ISTではJ-SPARCでJAXA殿とエンジン等の技術開発を共創
- **JAXA殿の経験をもとにした知見は極めて重要**（ないと事業成立性に関わるレベル）
- 民間ベンチャーで持ちきれない設備や試験項目について**知見共有**は大きなメリット
- ただし、**設備の老朽化、資金含むリソースは大幅に不足な点は課題**
- エンジン以外にも**各システム要素や射場周辺技術での共創を期待**
- **アンカーテナントは国際競争の観点では前提になってきている**
- アンカーテナントは米国以外でも欧州の小型ロケット向けでも始まっている

過去の安価な使い捨てロケットプロジェクトの例

米国90年代の大型ロケット計画（研究段階）にトン単価2.5億円のものがある



米国90年代（NASA, Space Launch Initiative） 徹底的にシンプルな液体ロケットの研究

LEO10トン輸送ロケット検討
 打上げ費用：25M \$
 内訳：製造：9.5M
 打上げ：9.5M
 開発費償却：6M

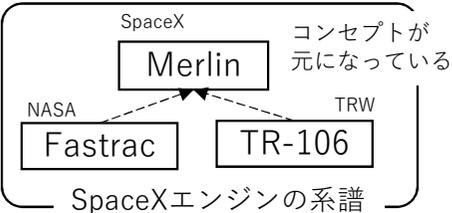
要素研究は実施され、現在に活きている

研究は米国TRW社
 解散後、開発チームはSpaceXとNorthropに移籍

SpaceXが安い理由は再使用（だけ）ではない

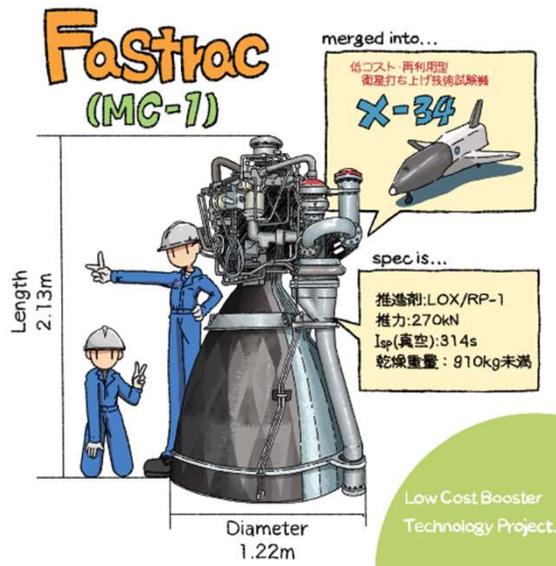
EVERYDAY
ASTRONAUT

SpaceX, Falcon9の
メインエンジンのMerlinは
1基あたり1億円未満と
予測されている（10基使用）
これが競争力の源泉



	Merlin	RD-180	F-1	Raptor	BE-4	RS-25
Price (2019 dollars)	< \$1M	\$25M	\$30M	~ \$2M	~ \$8M	> \$50M

引用：Everyday astronaut による予測
信憑性不明だがコミュニティ
からのリサーチによる

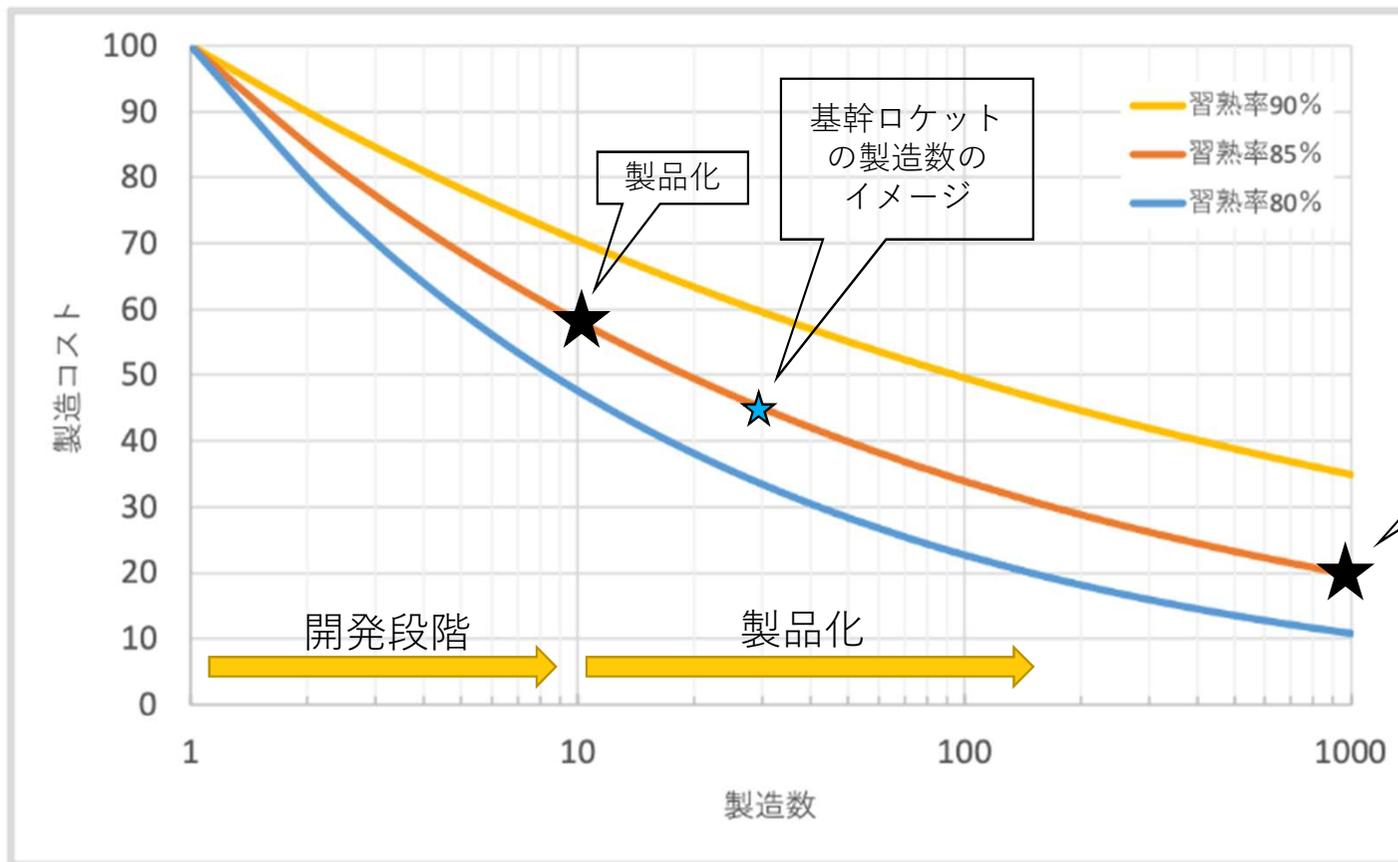


1996年NASAのマーシャル宇宙飛行センターが開発した
Fastracエンジン（Low Cost Booster Technology Project）

開発時1基\$1.2M、量産出来れば\$350kまで下がる計画
エンジン開発はうまくいくが、搭載するX-34が開発中止
MerlinエンジンはFastracの経験を受け継ぎ
安いエンジンになっていると思われる

経験曲線（数を作ると安くなる）

1936年航空機メーカーCurtiss-Wright社のT.P.Wrightの論文より
航空機などの製造で使われる累積生産数による製造コスト（**工数部分**）変化の関係

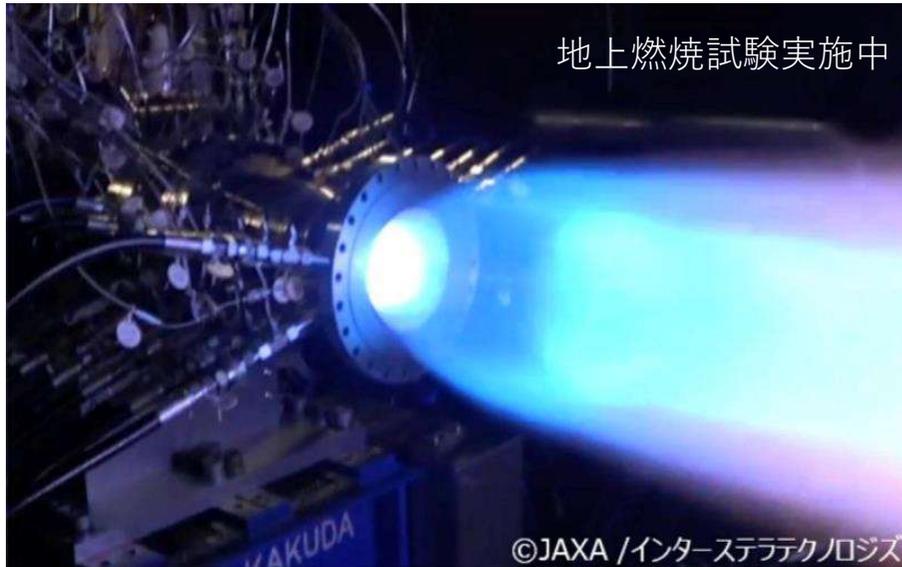


機械作業	手作業	習熟率
100%	0%	100%
75%	25%	90%
50%	50%	85%
25%	75%	80%

数を出していく戦略だと
製品化段階コストから
1/3に

ZEROの推進剤 次世代ロケット燃料メタン（LNG）

多くのメリットのあるメタン燃料を採用
JAXA殿と共創しながら開発



- 性能が良い
 - 周辺環境に良い
 - 燃料が安い
 - ロケットが小さくなる
 - 調達性
 - 宇宙空間での保存性
 - 無毒
 - バイオガスで地産地消
- △ 極低温
 - △ 可燃性ガス
 - △ 実用例が少ない

以下、ご参考資料

強み① 国内唯一の技術保有

民間企業単独開発ロケットで、国内初の宇宙到達

ISTは、日本国内にて、民間企業の単独開発で初めて宇宙まで行くロケットを製造

液体ロケットの宇宙到達は世界で4番目

民間開発の液体ロケットで宇宙に到達したのは、Space X（米国）、Blue Origin（米国）、Rocket Lab（米国）に次いでISTが4社目

炭化水素燃料ロケットは、国内唯一の実績保有会社

炭化水素燃料ロケットは世界の主流でありながら、国内で開発し打上げた実績を保有しているのはISTのみ。技術系譜の新しい選択肢を日本国内に提示



強み② 低価格で高品質な開発・製造

高い内製率で価格を低く抑えることが可能

ロケットエンジン開発だけでも多くの例は数十億円が相場
ISTはMOMO3号機まで開発費・人件費・射場整備全てで10億円

民生品活用の設計「良いものは使う」

電子機器等ロケットを構成する部品を一つ一つ見直し
宇宙専用部品と極力減らし、一般流通品を活用し低価格を実現

民間企業だからこそ実現できるスピード感

設計チームと製造チームが隣り合わせで開発しているため、
設計・製造・試験のサイクルを高速化



強み③ 恵まれた開発環境

プライベートの射場を所持

世界のロケット射場は20ヶ所程度
専用で使っている射場があるのは貴重

工場と射場が近い

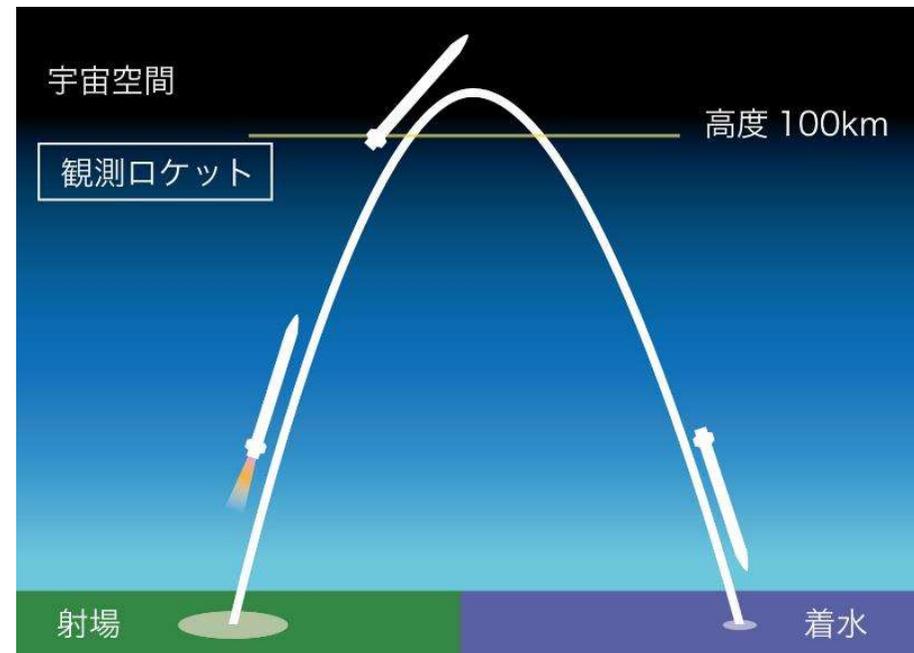
10kmもない近さのため開発と実験のサイクルを
早められ、スピーディーな開発が可能



MOMO諸元

表：MOMO諸元

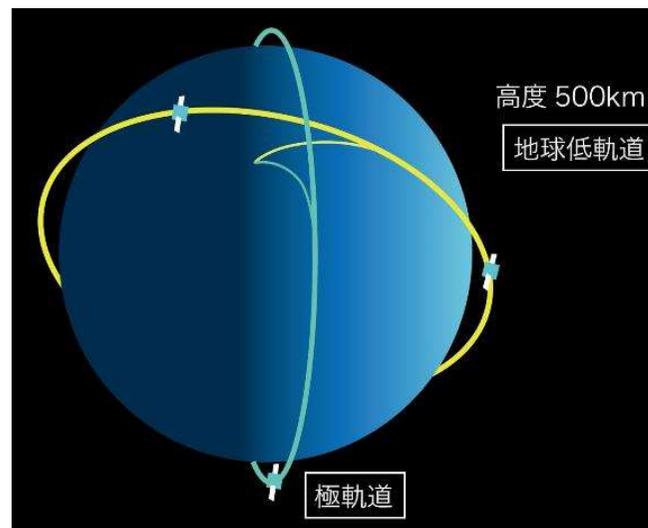
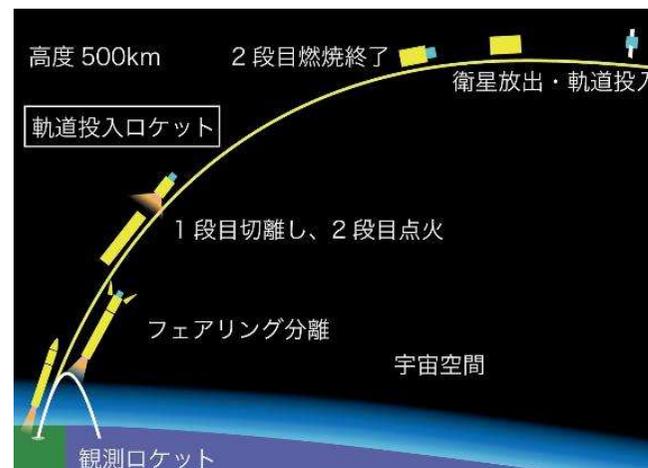
推進剤	エタノール／液体酸素
姿勢制御	エンジンジンバル ホットガスジェット
推力	12 kN
燃焼時間	120 秒
重量	1150 kg (全備) 350 kg (ドライ)
大きさ	9.9 m、 ϕ 0.5 m
到達高度	100 km
上昇最大G	5 G
微小重力時間	4 分間



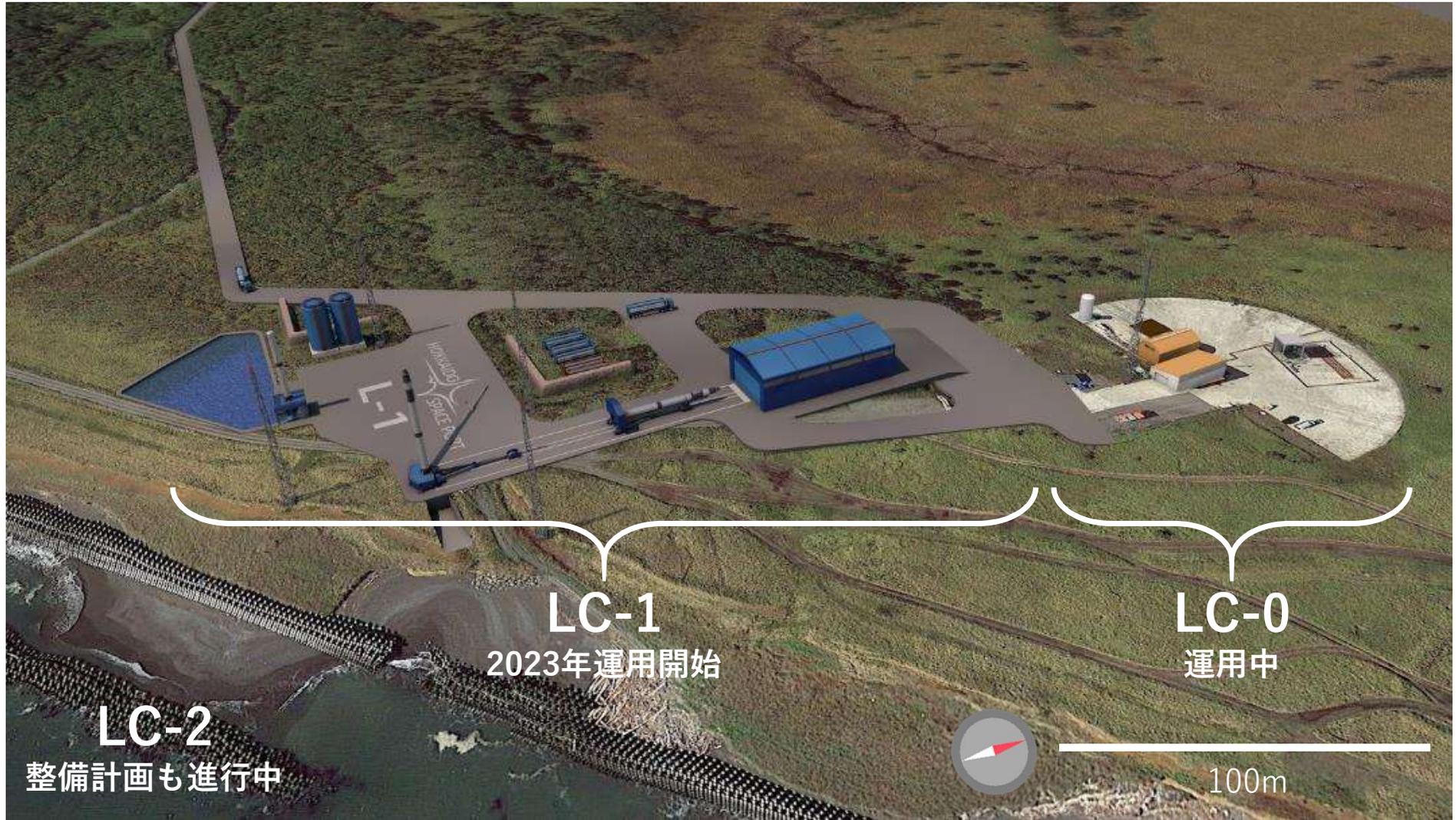
ZERO諸元

表：ZERO諸元

形式	液体2段式ロケット
ペイロード能力	100 kg超 @SSO
推進剤	LNG／液体酸素
エンジン	1段目：9基 2段目：1基（真空用）
エンジンサイクル	ガス発生器サイクル



ロケット射場整備計画 LC-0, 1, 2



ロケット射場整備計画 現状



設備

本社 事務所・組立棟

2020年12月竣工

100人規模の設計・製造事務所
MOMO,ZERO組立



本社 第1工場・第2工場



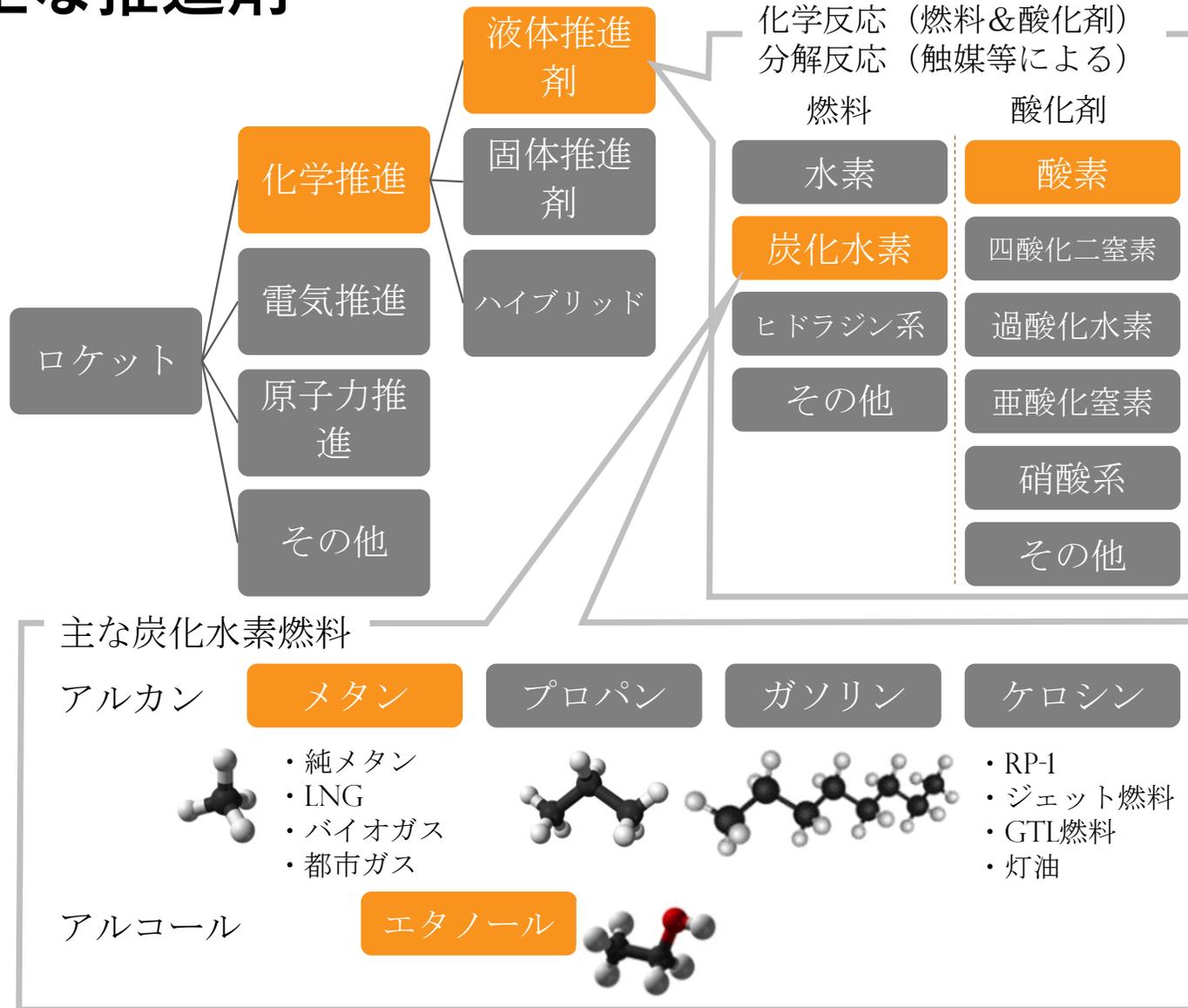
LC-0 (射場・実験場)



打上指令所



ロケットの主な推進剤



主な炭化水素燃料

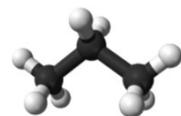
アルカン

メタン

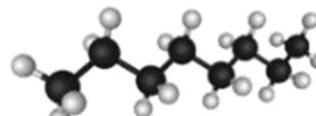


- 純メタン
- LNG
- バイオガス
- 都市ガス

プロパン



ガソリン

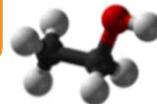


ケロシン

- RP-1
- ジェット燃料
- GTL燃料
- 灯油

アルコール

エタノール



世界のメタン燃料ロケットエンジン開発状況



アメリカ
SpaceX
Raptor



アメリカ
Blue Origin
BE-4



NASA
Morphes



EU
Prometheus



中国
LandSpace



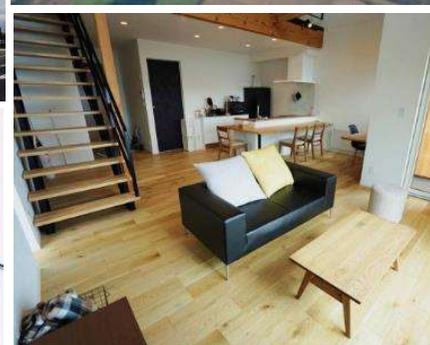
伊・露
LM10-MIRA

北海道大樹町

たいき

人口 5,500 人
面積 815 km²
人口密度 6.7 人/km²

道内では降雪量：少
高い晴天率（十勝晴れ）



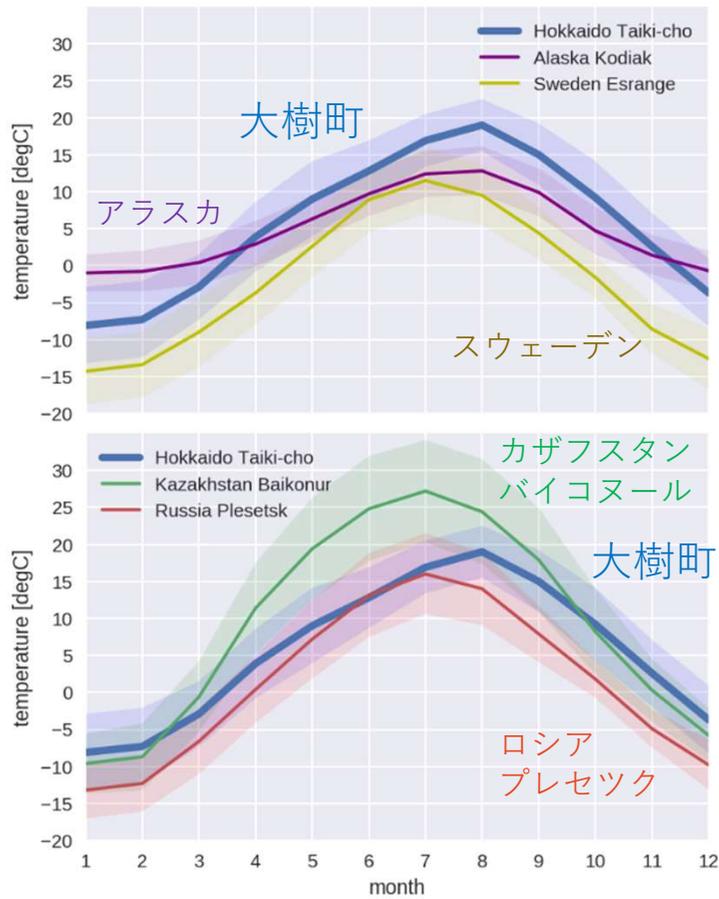
北海道大樹町 会社所在地



北海道大樹町の気候

高緯度ロケット射場の中では最低気温は高め、冬季の晴天率は東京並

年間平均気温



冬季の日照時間

