

エネルギーイノベーションプログラム／ 航空機・宇宙産業イノベーションプログラム

「次世代衛星基盤技術研究開発プロジェクト」 (衛星搭載用リチウムイオンバッテリー要素技術開発) (事後評価) (平成15年度～平成20年度 6年間) プロジェクトの概要(公開)

2009年6月17日

目次

I. 事業の位置づけ・必要性	ページ
1. 社会的背景	3
2. 事業の目的及び意義	5
3. イノベーションプログラムでの位置付け	7
4. NEDOが関与する意義	9
5. 国内外の主要な研究開発の動向	10
6. 実施の効果(費用対効果)	11
II. 研究開発マネジメント	
1. 事業の目標	12
2. 研究開発目標と設定理由	13
3. 事業の計画内容	14
4. 開発経費実績	15
5. 研究開発の実施体制	16
6. 研究開発の運営管理	17

目次

7. 情勢変化への対応	19
8. 加速財源投入実績	20
9. 中間評価結果への対応	21
Ⅲ. 研究開発成果	
1. 開発目標と達成度	22
2. 開発成果の意義	23
3. 成果の概要	24
4. 特許、論文等	28
Ⅳ. 実用化、事業化の見通し	
1. 実用化、事業化までのシナリオ	29
2. 成果の実用化の状況	31
3. 成果の事業化の状況	32
4. 波及効果における事業化	33

I. 事業の位置づけ・必要性

1. 社会的背景 (1/2)

エネルギーイノベーションプログラム

- (1) 我が国のエネルギー政策の重要な柱
石油代替エネルギーの探求、省エネルギーの促進
- (2) 環境問題への貢献
窒素酸化物(Nox)等環境汚染物質低減など

喫緊の課題

- ◆ 我が国の産業競争力強化及び新規産業創出
ハイブリッド車や電気自動車を中心とするクリーンエネルギー自動車の技術開発及び導入促進

次世代のバッテリーとして、高いエネルギー密度を有するリチウムイオンバッテリーの実現が期待されており、エネルギー密度向上および高信頼度・長寿命化を目指した開発を行う。

事業の位置づけ・必要性

社会的背景 (2/2)

航空機・宇宙産業イノベーションプログラム

今後の宇宙開発利用に関する取組の基本について

- ◆ 我が国宇宙産業の基幹産業への育成を図る
 - ・ 宇宙開発利用の産業化の促進
 - ・ 宇宙利用の戦略的拡大の必要性



- ◆ 4省(総務省、文部科学省、国土交通省、経済産業省)と産業界での準天頂衛星システム開発・利用推進協議会
 - ・ 準天頂衛星システムの実利用を目的とする事業企画の検討



準天頂衛星を始めとする次世代大型衛星に要求されるリチウムイオンバッテリーの基盤技術に関する研究開発を実施する。

事業の位置づけ・必要性

2. 事業の目的及び意義 (1/2)

エネルギーイノベーションプログラム

衛星搭載用リチウムイオンバッテリー要素技術開発の目的

- ◆ クリーンエネルギー自動車等の実用化に向けても期待可能
 - ・ 石油代替エネルギーの探求
 - ・ 省エネルギーの促進を目指す
 - ・ 環境保全を目指す



- ◆ 石油代替エネルギーの探求、省エネルギーの促進及び環境保全を目指すことを目的とする本プログラムの下で実施する研究開発として意義がある。

事業の位置づけ・必要性

事業の目的及び意義 (2/2)

航空機・宇宙産業イノベーションプログラム

衛星搭載用リチウムイオンバッテリー要素技術開発の目的

- ◆ 我が国における宇宙利用の産業化を促進し、宇宙産業の規模拡大を目指す。
- ◆ 産業競争力強化にも直結する衛星の軽量化、高度化等に関する基盤技術の形成が見込まれる。→ 我が国衛星メーカーの国際市場における競争力強化に繋がる。
- ◆ 衛星搭載用リチウムイオンバッテリー要素技術に関する基盤技術の開発成果は、需要増加の割合が高い運輸部門（航空機、高速車両、電気系自動車等）の輸送機器の軽量化・省エネルギー化にも繋がり、地球温暖化問題等の環境保全の面からも国際貢献が可能である。



航空機・宇宙産業イノベーションプログラムの下で実施する研究開発としても意義がある。

事業の位置づけ・必要性

3. イノベーションプログラムでの位置付け (1/2)

平成20年4月に既存のプログラムが整理統合され、7つの「イノベーションプログラム」となった。旧：新エネルギー技術開発プログラムはエネルギーイノベーションプログラムに、旧：宇宙産業高度化基盤技術プログラムは航空機・宇宙産業イノベーションプログラムに改名された。本事業は下記のように位置付けられる

エネルギーイノベーションプログラム

エネルギーイノベーションプログラムでは、蓄電技術の用途拡大を促進するために、蓄電池の中で最も高いエネルギー効率を持つ高出力・長寿命のリチウム電池の開発を行う。

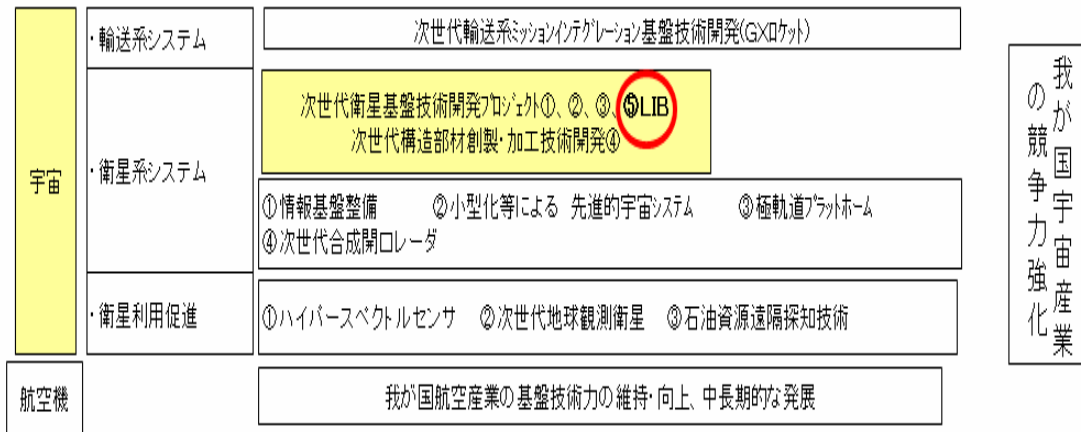
① 総合エネルギー効率の向上	① 超燃焼システム技術 ② 時空を超えたエネルギー利用技術 ③ 省エネ型情報生活空間創生技術 ④ 先進交通社会実定技術 ⑤ 次世代省エネデバイス技術 ⑥ その他(、次世代衛星構造部材創製加工技術開発次世代衛星基盤技術)
② 運輸部門の燃料多様化	① バイオマス由来燃料 ② GTL等の合成液体燃料 ③ 燃料電池自動車および水素関連技術 ④ 電気自動車
③ 新エネルギー等の開発・導入促進	① 太陽・風力 ② 電力系統制御 ③ 電力貯蔵 ④ バイオマス・廃棄物等 ⑤ 燃料電池
④ 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保	① 軽水炉・軽水炉核燃料サイクル ② 高速増殖炉サイクル ③ 放射性廃棄物処理処分 ④ 原子力利用推進に資する電力系統技術
⑤ 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用	① 石油・天然ガス・石炭の炭鉱・開発・生産技術 ② 石油・天然ガスの有効利用技術

石油依存を2030年度までに80%程度とする

イノベーションプログラムでの位置付け (2/2)

航空機・宇宙産業イノベーションプログラム

航空機・宇宙産業イノベーションプログラムでは、準天頂衛星システムを構築するとともに、次世代衛星の高度化、軽量化、長寿命化に関する基盤技術として産業競争力強化につながる、①衛星構体の高排熱型熱制御技術、②次世代イオンエンジン技術、③測位用擬似時計技術の開発を行う。更に、準天頂衛星等の次世代衛星に要求されるミッションの大型化・高度化による質量・消費電力の増大等に対処するために必要な、④異種材料を含む大型構造物用複合材料製造設計技術、⑤衛星搭載用リチウムイオンバッテリー要素技術の開発を行う。



4. NEDOが関与する意義

- (1) 石油代替エネルギーの探求、省エネルギーの促進および環境保全を目指すことを目的とする。
- (2) 適用される準天頂衛星システムが来るべき高度情報化社会におけるインフラ基盤の整備を目的の一つとしていることから公共性が高い。
- (3) 開発には高度な技術が要求されており、実用化に向けて実証するには投資規模が非常に大きくかつ長期間にわたる。

↓

産官の連携の下で効率的な研究開発を実施することが不可欠

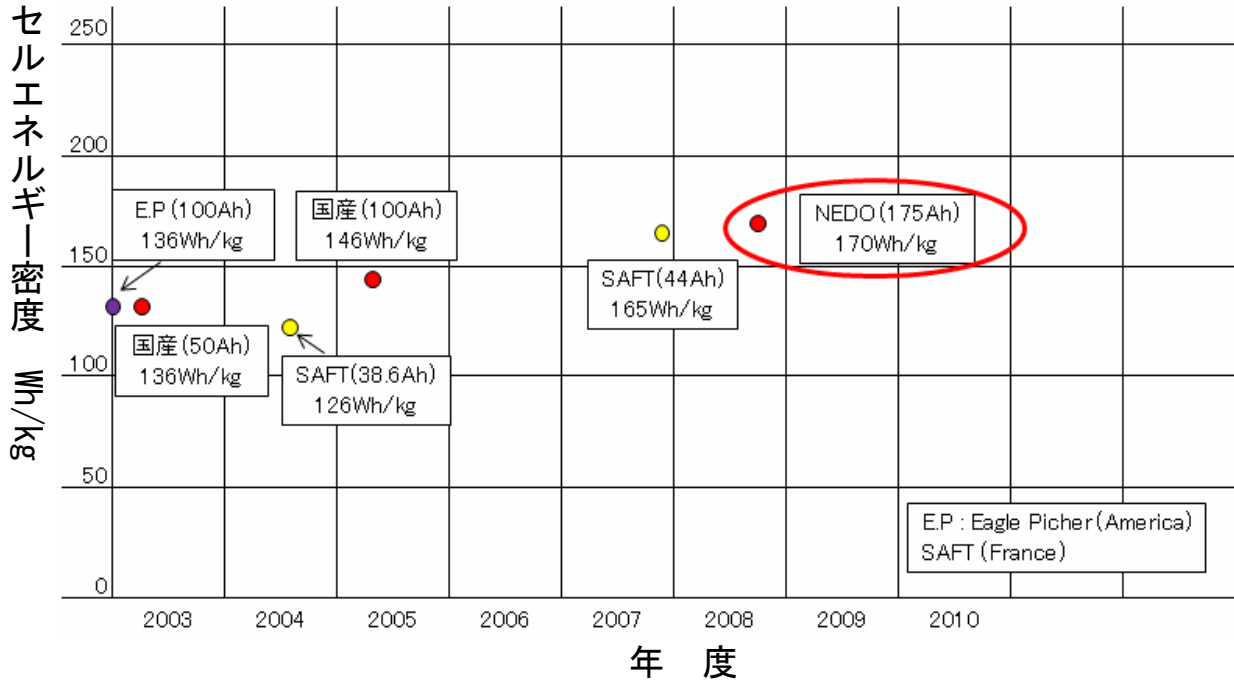
↓

NEDOが持つこれまでの知識、実績を生かして効率よく推進すべき事業

事業の位置づけ・必要性

5. 国内外の主要な研究開発の動向

リチウムイオンバッテリーエネルギー密度比較



10

事業の位置づけ・必要性

6. 実施の効果（費用対効果）

費用の総額 **3,345百万円**

市場の効果

- (1) 一般的に商用衛星市場におけるロケット打ち上げ費用は 1 kg 当り 2百万円と言われており、本研究開発における打ち上げ費用削減効果は5.6億円に達する。(SERVIS-1のバッテリーで同じ30kWhのバッテリーを製作したと仮定した場合、140kgの軽減となる。) 衛星に2台搭載すると、 $140\text{kg}/1\text{台} \times 2\text{台} = 280\text{kg}$ $280\text{kg} \times 2\text{百万円}/\text{kg} = 5.6\text{億円}$
- (2) 本研究開発による175Ahのセル容量を必要とする大型衛星(4tonクラス)の範疇ではシェア60%以上の獲得を目標としており、36億円/年の経済効果があると考えている。
- (3) 通信・放送・測位を融合した新しいビジネスはシステム構築に係わる部分のみでも2000億円、経済波及効果や社会的利便性向上効果まで含めると準天頂衛星システム全体では12年間で約30兆円になると算定している。
- (4) LIBをハイブリッド車へ適用した場合の省エネによる経済効果は、2008年～2018年のガソリン価格150円/Lとして2985億円/年と推定される。

11

1. 事業の目標(平成16年度 中間目標、平成20年度 最終目標)

(1) 中間目標

リチウムイオンバッテリーの開発、大容量・高密度化技術の開発、高信頼性化技術の開発に関して、平成16年度までに以下の仕様を満足させる**バッテリーセル技術**を開発する。

- a) エネルギー密度 : 170Wh/kg以上
- b) 容量 : 175Ah以上

単電池 (単セル)

(2) 最終目標

リチウムイオンバッテリーの開発、大容量・高密度化技術の開発、高信頼性化技術の開発に関して、以下の仕様を満足させる**リチウムイオンバッテリー技術**を開発するとともにその実現性を地上試験で実証する。

- a) エネルギー密度 : 120Wh/kg以上
- b) 電力容量 : 30kWh以上
- c) 質量 : 250kg以下
- d) 寿命15年以上

組電池 (組セル)

2. 研究開発目標と設定理由

研究開発項目	研究開発目標	設定理由
①リチウムイオンバッテリーの開発	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー密度 : 120Wh/kg以上 ・電力容量 : 30kWh以上 ・質量 : 250kg以下 <p style="text-align: right;">組電池 (組セル)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現在商用衛星で主流となっている8kWを越える衛星 (4tonクラス) においては、ニッケル水素バッテリーからリチウムイオンバッテリーに替える潮流にあり、市場競争力を高めるため単電池で175Ahという世界に例がない大容量をはじめ、海外競合他社のスペックより上に行く左記目標を掲げた。 ・ 左記の研究開発項目を実現することにより最終目標を実現する。
②大容量・高密度化技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ エネルギー密度 : 170Wh/kg以上 ・ 容量 : 175Ah以上 <p style="text-align: right;">単電池 (単セル)</p>	
③高信頼性化技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ 充電電圧制御技術の開発 ・ 故障バッテリーセルのバイパス技術の開発 ・ 寿命15年 	
④基盤技術の開発 (今後の電池に対する基盤技術開発)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電極/固体電解質界面の抵抗値の低減と安定化 ・ 固体電解質から電極活物質を自己形成する新しい固体電池の作製法を提案する。 	

3. 事業の計画内容

開発スケジュール

研究開発項目	第1期研究開発		第2期研究開発				平成21年度	平成22年度		
	平成15年度	平成16年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度				
			▲ 中間評価				▲ 準天頂衛星 への引渡し	▲ 事後評価	▲ 準天頂衛星 打ち上げ	
① 衛星搭載用リチウムイオンバッテリー要素技術開発										
(1) リチウムイオンバッテリーの開発	<ul style="list-style-type: none"> 基本仕様の設定 バッテリー4セルモジュール製作・試験 	<ul style="list-style-type: none"> バッテリーASSY開発モデル製作・試験 	<ul style="list-style-type: none"> バッテリーASSY安全性/寿命評価モデル製作・試験 モデル性能評価装置製作・試験 バッテリーASSY認定モデル製作・試験 	<ul style="list-style-type: none"> リチウムイオンバッテリーシステム検証モデル製作試験 	<ul style="list-style-type: none"> 検証モデルの総合評価試験 					
(2) 大容量・高密度化技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> 要素技術方式トレードオフ 要素モデル(バッテリーセル)製作・試験 	<ul style="list-style-type: none"> 性能評価モデル試作(セル) 認定モデル製作・試験(セル) 	<ul style="list-style-type: none"> 構成要素寿命試験(バッテリーセル) 構成要素安全性試験(バッテリーセル) 	<ul style="list-style-type: none"> 検証モデル製作・試験(バッテリーセル、BPSW、過電圧保護回路) 【リチウムイオンバッテリーシステム検証モデルへ流用】 						
(3) 高信頼性化技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> 要素技術方式トレードオフ 要素モデル(BPSW、過電圧保護回路)製作・試験 	<ul style="list-style-type: none"> 性能評価モデル(BPSW、過電圧保護回路)試作・試験 認定モデル(BPSW、過電圧保護回路)試作・試験 	<ul style="list-style-type: none"> 構成要素安全性試験(異常時機能維持確認試験)(BPSW、保護回路) 							
(4) 基盤技術調査研究		<ul style="list-style-type: none"> 基盤技術調査研究 	<ul style="list-style-type: none"> 基盤技術調査研究 	<ul style="list-style-type: none"> 基盤技術調査研究 						

その他 リチウムイオンバッテリーの技術動向調査を行っている。

BPSW: バイパススイッチ

14

4. 開発経費実績

単位: 百万円

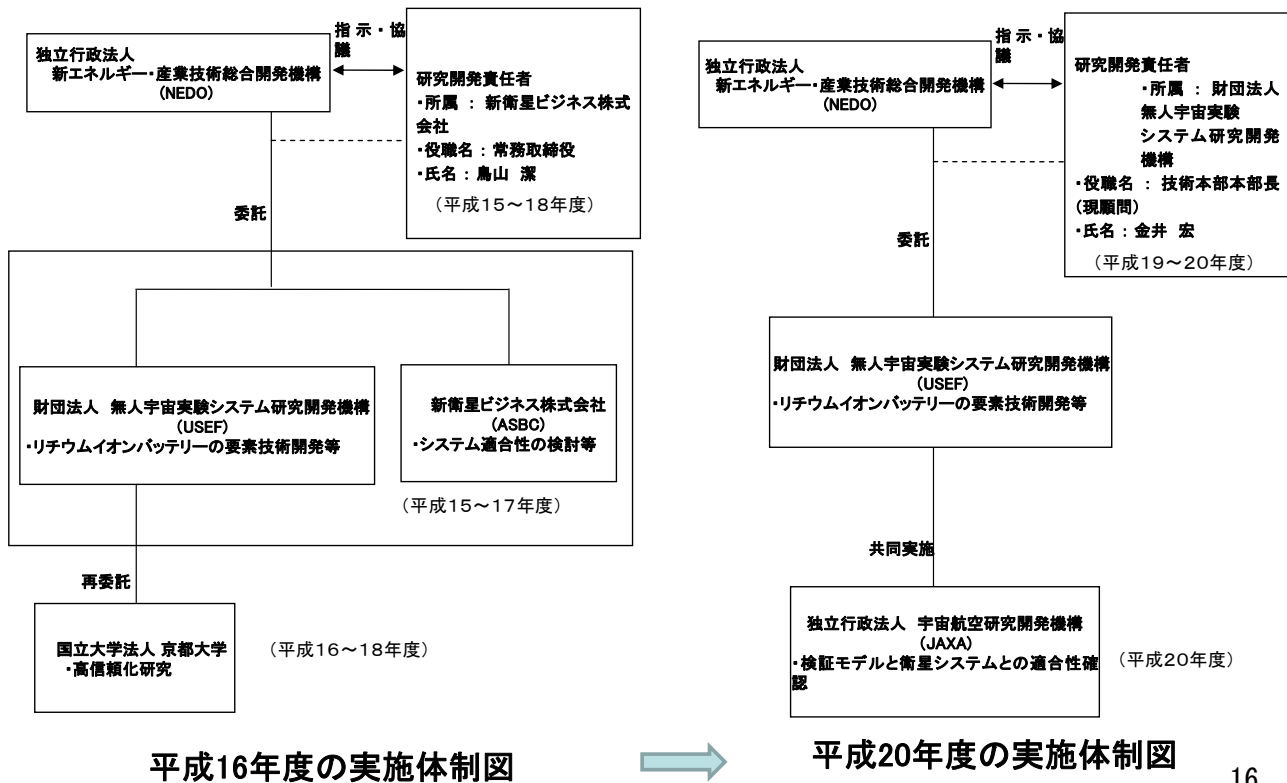
研究開発項目	15年度	16年度	17年度	18年度	19年度	20年度	計
衛星搭載用リチウムイオンバッテリー要素技術開発	649	569 (37)*	984	469	622	52	3,345

注: ()内加速財源(内数)

加速財源により、「リチウムイオンバッテリーアセンブリ筐体評価モデル試作・試験」を実施した。

15

5. 研究開発の実施体制



6. 研究開発の運営管理(1/2)

a. 事業実施における運営方針・方法

(1) 外部環境の変化によりASBCが準天頂衛星の開発計画を見直した結果、放送・通信事業を含んだ計画から測位事業に専念した計画に変更することを表明した。

これを受けて平成18年3月31日の「測位・地理情報システム等推進会議」において、平成18年度から官主導による計画遂行が決定された。これに伴い、役割分担を以下のように変更した。

平成15～17年度における役割分担

新衛星ビジネス株式会社 (ASBC)

- ① 準天頂衛星システムの事業化検討
- ② 準天頂衛星システムと個別研究開発とのインタフェース条件設定
- ③ 個別研究開発の事業化検討

財団法人 無人宇宙実験システム研究開発機構 (USEF)

- ① 次世代衛星基盤技術の調査・検討
- ② 技術委員会の設置・運営
- ③ 個別研究開発の実施
 - ・衛星搭載用リチウムイオンバッテリー要素技術開発

平成18年度以降における役割分担

財団法人 無人宇宙実験システム研究開発機構 (USEF)

- ① 次世代衛星基盤技術の調査・検討
- ② 技術委員会の設置・運営
- ③ 個別研究開発の実施
 - ・衛星搭載用リチウムイオンバッテリー要素技術開発

(2) NEDO、実施者間で四半期毎に確認シートにより進捗状況と課題の把握に努めた。

研究開発の運営管理 (2/2)

b. 技術委員会の組織・役割

研究開発を確実に推進するために、外部有識者からなるリチウムイオンバッテリー技術委員会を設け、専門的事項を審議していただき、研究開発に反映した。

主な反映事項

- ・安全性試験、寿命評価試験に関する提言を受け、試験手順書に反映した。
- ・設計確認会に於ける審議（検証モデルの製作を開始可否についての審議）の結果、問題がないことを確認した。
- ・品質確認会における審議（検証モデルのフライト品質の確認・審議）の結果、問題がないことを確認した。

リチウムイオンバッテリー技術委員会

平成21年3月現在

氏名	機関・役職
小久見 善八	国立大学法人 京都大学 大学院工学研究科 物質エネルギー化学専攻 教授
佐藤 祐一	学校法人 神奈川大学 工学部 応用化学科 教授
田島 道夫	独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部 宇宙探査工学研究系 教授
辰巳 国昭	独立行政法人 産業技術総合研究所 ユビキタスエネルギー研究部門研究グループ長
山木 準一	国立大学法人 九州大学 先端物質化学研究所 先端素子材料部門 教授
事務局	財団法人 無人宇宙実験システム研究開発機構

18

7. 情勢変化への対応

情勢変化	対応
平成17年12月の中間評価終了後、平成18年4月に準天頂衛星システムを取りまとめが新衛星ビジネス株式会社（ASBC）から独立行政法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）へ変更になり、衛星の名称が準天頂測位衛星に変わった。	本研究開発のバッテリーと準天頂測位衛星システムとの技術的なインタフェース及び引渡し時期等を調整するため定期連絡会を開催して事前に問題点を洗い出し問題が無いよう対処した。
平成19年6月頃にバッテリー制御モジュール（BCM）に使用している長納期輸入部品であるダイオードの入荷が遅れる問題が発生した。	この問題に対し、予定どおり平成19年度に開発を終える案、準天頂測位衛星に搭載するための品質を重視する案などをトレードオフした結果、開発期間を平成20年度まで延長した。

19

8. 加速財源投入実績

件名	金額 (百万円)	目的	成果
リチウムイオンバッテリーアセンブリ筐体評価モデル試作・試験	37	衛星用のシャーシとして従来から使用されているアルミニウムよりも、軽量でかつ熱伝導性の良いCFRPによりリチウムイオンバッテリーアセンブリ(LIBA)筐体を実現する。これによりリチウムイオンバッテリーの軽量化を図る。	<p>①平成16年度に加速財源(37百万円)により左記評価モデルの試作・試験を実施し、アルミニウム筐体よりも質量2割軽減、熱伝導率2割向上の見込みを得た。</p> <p>②平成17年度に、CFRP筐体を衛星に採用すべく、CFRPシャーシ製LIBA(12セル)の認定試験を実施した。その結果電氣的・機械的性能はアルミとほぼ同等で、12セルあたり1.9kgの軽量化を実現した。衛星搭載可能かを検討したところ、CFRPシャーシ底面の平面度改善、取り付けネジ穴まわりの強度改善等の課題があり、開発日程が間に合わないため検証モデルへの採用は見送った。</p> <p>③その後継続的に上記課題解決に取り組んだ結果、他プロジェクトの35Ahバッテリーセルで構成されるLIBA用シャーシに採用された。平成21年現在は認定試験中であり、平成22年度にフライト品製作着手予定となっており、ほぼ実用化のめどが立っている。 なお、CFRPによる衛星搭載品のシャーシ実用化は世界で初めてである。</p>

20

9. 中間評価結果への対応

「概ね現行通り実施して良い」との評価
下記は主な指摘事項

件名	指摘	対応
1 波及効果	他用途への応用に関してはやや不明確であること。	平成18年度の実施計画書に「他産業への適用の検討」を明記して対応することとした。上記実施計画書に従い、平成18年度に電気自動車業界、航空業界などの分野の適合性を検討した。その結果、電気自動車や航空機への搭載に向けての改良点を見出し、本研究開発のバッテリーの適用の可能性があることが分かった。
2 目標設定	目標設定は妥当であるが、詳細な目標値等は今後とも検討することが必要である。	国内外の衛星分野、自動車分野、リチウムイオンバッテリーの技術動向に詳しい調査会社と共同で技術動向を把握した。その結果、本研究開発の目標は世界の最高水準であること(単一セル容量175Ahでかつエネルギー密度が170Wh、これに匹敵するバッテリーは現在見当たらない)、かつ準天頂測位衛星はセル数を減らすことで技術要求を満たすため、目標の変更は不要と判断した。
3 今後の課題に対する努力	例えばバッテリーセルアセンブリ時の性能低下への対処等、今後の課題に対する努力は必要である。	バイパススイッチ、過電圧保護回路、バッテリーアセンブリのシャーシについて、各々の性能要求を満たしつつ重量軽減化を行い、質量250kg以下の目標に対し、247.8kgを達成した。
4 寿命評価	加速試験に加え、他の条件による寿命評価も実施し、予測検証していくことも望まれる。	静止軌道、準天頂衛星軌道等の衛星軌道を模擬した試験や、一定充電終止電圧(EOCV)サイクル試験、一定放電終止電圧(EODV)サイクル試験、温度を変えての保管試験などを実施し、寿命予測に必要なデータを取得し予測検証を実施した結果、寿命15年(静止衛星)を確認した。
5 故障モード	電子回路の技術については、バッテリーの故障モードとの相関性が見極めによる改善が期待されると共に、現在迄に明示されている故障モードでバッテリーシステム全体の故障を制御可能なかの疑問も残る。	平成17年度に、発生確率が極めて低いバッテリーセルの故障モードを作りだしてバイパススイッチや過電圧保護回路の動作を確認する安全性評価試験を実施した。その結果問題なく動作することを確認した。

21

Ⅲ. 研究開発成果

1. 開発目標と達成度

エネルギー密度120Wh/kg以上、寿命15年以上の
世界最高のバッテリーシステムが完成

最終目標値	成果	達成度
エネルギー密度 120 Wh/kg以上	中間目標で達成したセル単体レベルでの高エネルギー密度化技術を基に、20セル直列構成のバッテリーアセンブリでの質量軽減化策により、128.5Wh/kgを確認した。	○
バッテリー 電力容量 30 kWh以上	16セル直列構成のバッテリーアセンブリ（検証モデル）で12.7 kWhのバッテリー電力容量が得られ、この結果に基づき、20セル直列構成のバッテリーアセンブリ2台で31.9 kWhのバッテリー電力容量を達成できることが確認できた。	○
質量 250 kg以下	バイパススイッチ、過電圧保護回路、バッテリーアセンブリのシャーシについて、各々の性能要求を満たしつつ質量軽減化を行い、バッテリー電力容量30 kWh以上に相当する20セル直列構成のバッテリーアセンブリ2台換算で247.8kgとなることを確認した。	○
寿命 15年 以上	セル単体及びバッテリーアセンブリの寿命試験（充放電サイクル試験及び保管試験）の結果、寿命15年に対して、バッテリー容量の保持率要求（試験開始時の70%以上）を満たす79%を達成していることを確認した。	○

凡例 達成度： ○：達成、△：概ね達成、×：課題有り

22

研究開発成果

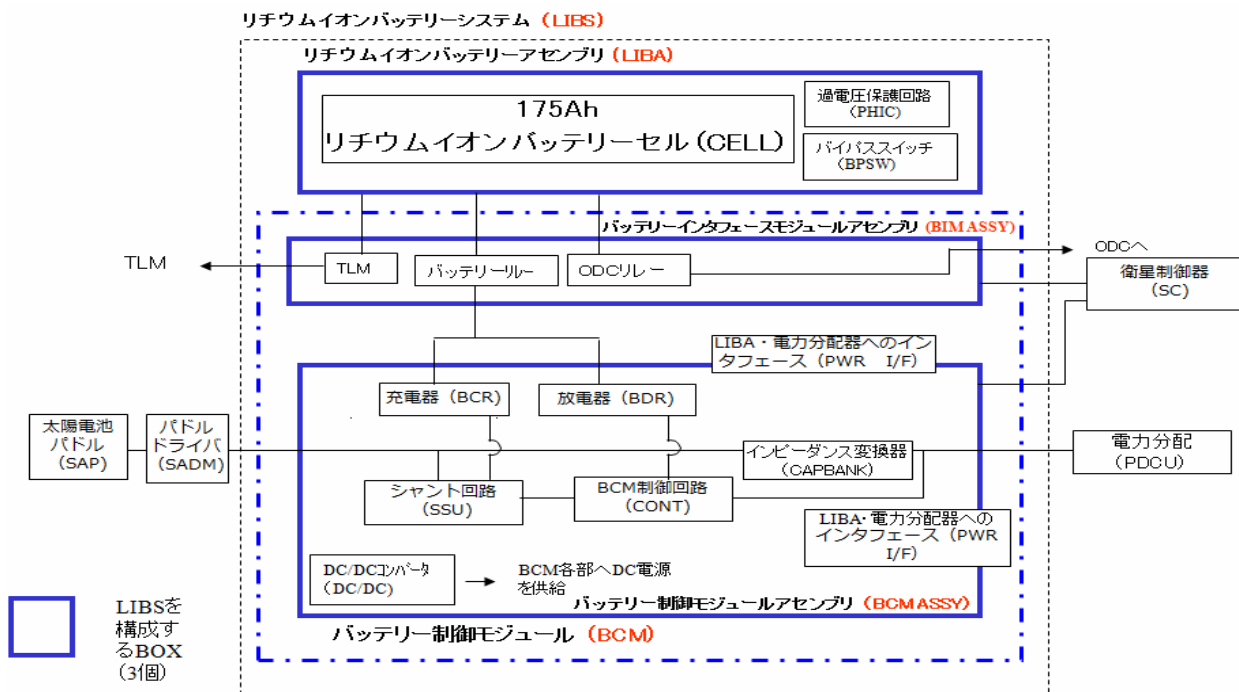
2. 開発成果の意義

- (1) 世界でトップのエネルギー密度（174Wh/kg）を有するバッテリーセルが開発された。
- (2) 世界でトップのエネルギー密度（128.5Wh/kg）を有するバッテリー（組電池）が開発された。
- (3) 最近では商用静止衛星の寿命として15年以上が要求されるようになり、寿命10年程度とされるニッケル水素バッテリーに代わって採用される可能性が増してきた。
- (4) 2セルモジュール／4セルモジュール構成のバッテリー（組電池）とすることにより構成の柔軟性を持たせた。
- (5) 過電圧保護回路、新方式のバイパススイッチの開発により、バッテリーシステムの高信頼度・長寿命化が期待できる。
- (6) ハイブリッド車、電気自動車、航空機（課題、運用を考慮し改修を実施）分野等への波及が期待できる。

23

3. 成果の概要 (1/4)

リチウムイオンバッテリーの設計を実施し、バッテリー要素として3モジュールを製作。(青の太枠)



リチウムイオンバッテリーシステム構成図

成果の概要 (2/4)

- 開発項目
- ②大容量・高密度化技術の開発
 - ③高信頼性化技術の開発



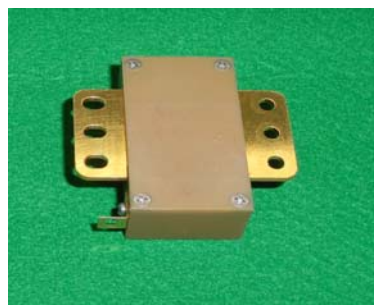
175Ahバッテリーセル

衛星用単電池で世界でNo. 1の大容量とエネルギー密度



過電圧保護回路

電気自動車業界も注目した小型・軽量・高性能



バイパススイッチ

小型・軽量ながら満充電の左記175Ahセルを短絡しても問題ない堅牢さと高信頼性

研究開発成果

NEDO 事業原簿 82、
112 頁

成果の概要 (3/4)

開発項目
①リチウムイオンバッテリーの開発

2セル/4セルのモジュール構造の採用により、衛星の電力要求に応じて12セル～24セルまで容易に変更される。



2セルモジュール



4セルモジュール



過電圧保護回路

バイパススイッチ

バッテリーセル

バッテリーセルモジュール

リチウムイオンバッテリー
検証モデル(16セル)

26

研究開発成果

NEDO 事業原簿 132、
133 頁

成果の概要 (4/4)

開発項目
①リチウムイオンバッテリーの開発

リチウムイオンバッテリーを効率よく充放電し、安全に作業するためのモジュール



バッテリー制御モジュールアセンブリ
検証モデル

負荷要求に応じてスライスの数を増減でき、対応が容易



バッテリーインタフェースモジュールアセンブリ
検証モデル

リチウムイオンバッテリーの高電圧をスイッチで0n/Offし、安全に作業するためのモジュール

27

4. 特許・論文等

1. 特許 3件（申請中、うち国際特許1件）

2. 投稿論文 「査読付き」 21件 「その他」 58件

3. プレス発表

No.	発表年月日	展示品	発表先	著者(機関)
1	平成16年10月6日～ 平成16年10月10日	リチウムイオンバッテリー セル・パネル展示	2004年国際宇宙展(ジャパンエア ロスペース2004/JA2004)	NEDO/ USEF
2	平成17年10月16日～ 平成17年10月21日	リチウムイオン バッテリーセル	第56回国際宇宙会議福岡大会 56th International Astronautical Congress,2005,Fukuoka	NEDO
3	平成20年10月1日～ 平成20年10月5日	リチウムイオン バッテリーアセンブリ	2008年国際宇宙展(ジャパンエア ロスペース2008/JA2008)	NEDO/ USEF

4. 受賞実績

- ・ 社団法人電気化学会 電池技術委員会から「電池技術委員会賞」を受賞した。
(平成18年度 国立大学法人京都大学 入山 恭寿)
- ・ 社団法人電気化学会 佐野進歩賞受賞。
(平成19年度 国立大学法人京都大学 入山 恭寿)

28

IV. 実用化、事業化の見通し

1. 実用化、事業化までのシナリオ(1/2)

実用化：本研究開発のリチウムイオンバッテリーが準天頂測位衛星に搭載され、軌道上における性能が確認され、実用に供する事が証明できた時点で完了。
事業化：実用化完了後、衛星（実用衛星、静止衛星、低軌道衛星）、宇宙機、ハイブリッド車、電気自動車、燃料電池自動車、航空機等、無停電電源などに採用されること。

成果の実用化の状況

準天頂測位衛星搭載に於ける実用化

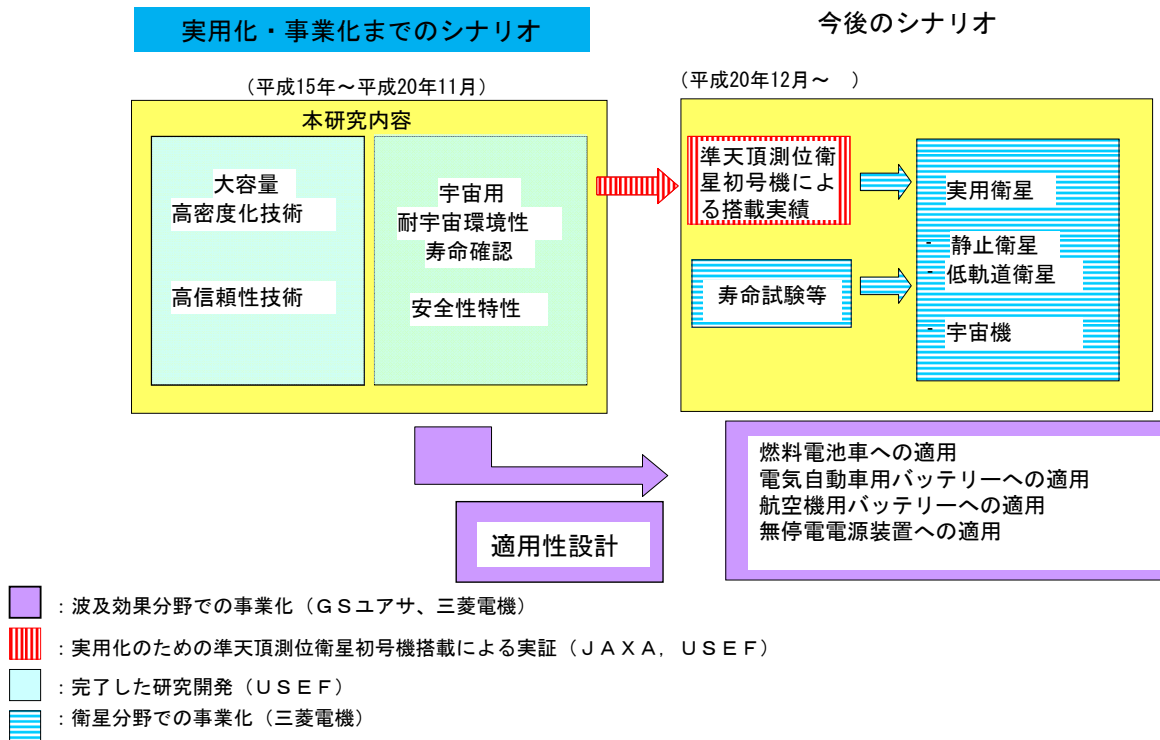
次世代衛星を目指して開発した16セル構成のリチウムイオンバッテリー検証モデルを準天頂測位衛星初号機用バッテリーとして平成20年11月末にJAXAへ引き渡した。現在衛星はインテグレーション作業を実施中であり、平成22年度夏期打ち上げに向け順調に進捗している。また2台目のリチウムイオンバッテリーシステム(LIBS#2)は本研究開発の成果を基に製作された。

事業化の状況

バッテリーとして第1号の受注を果たし、製造を開始している。

- * 50～175Ahのセル容量のラインナップを揃えて、衛星全体でシェア40%以上獲得が目標。（大型衛星の範疇ではシェア60%以上の獲得を目標）

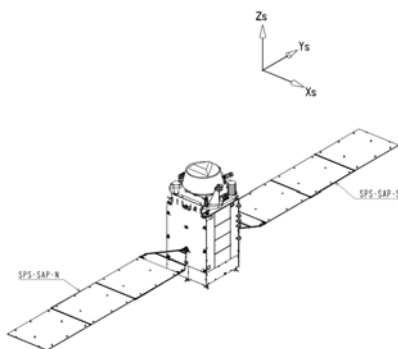
実用化、事業化までのシナリオ (2/2)



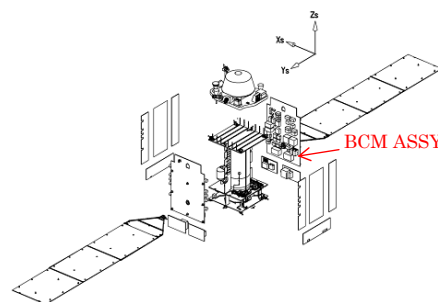
実用化、事業化の見通し

2. 成果の実用化の状況

準天頂測位衛星搭載に於ける実用化



準天頂測位衛星外観図



BCM ASSYの取り付け位置



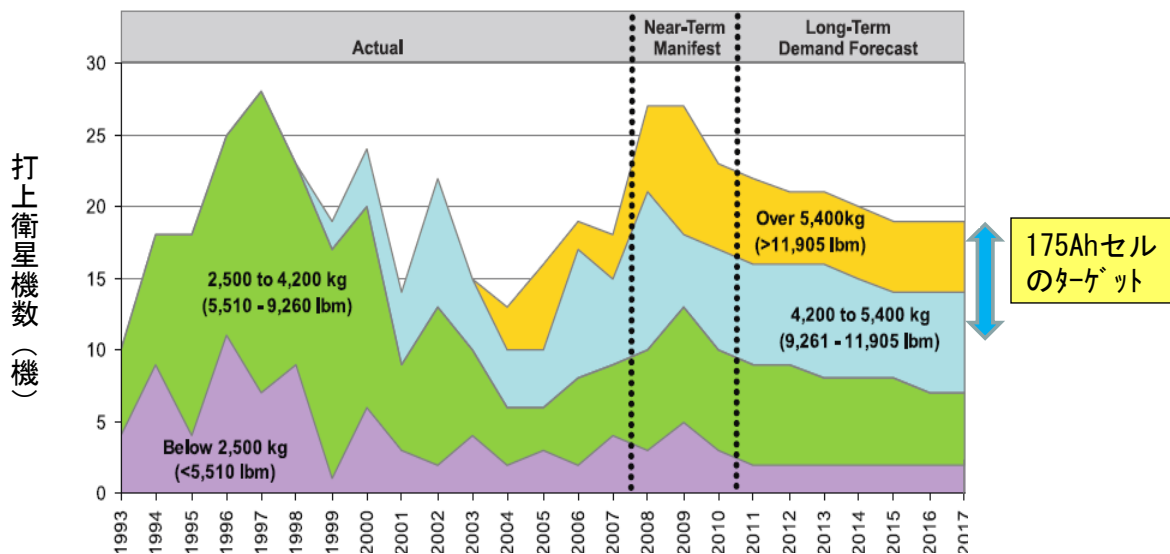
BCM ASSYの衛星システムパネルの搭載写真

(図、写真はJAXA提供)

3. 成果の事業化の状況

静止衛星の打ち上げ実績・予測

(出典：COMSTAC, 2008)



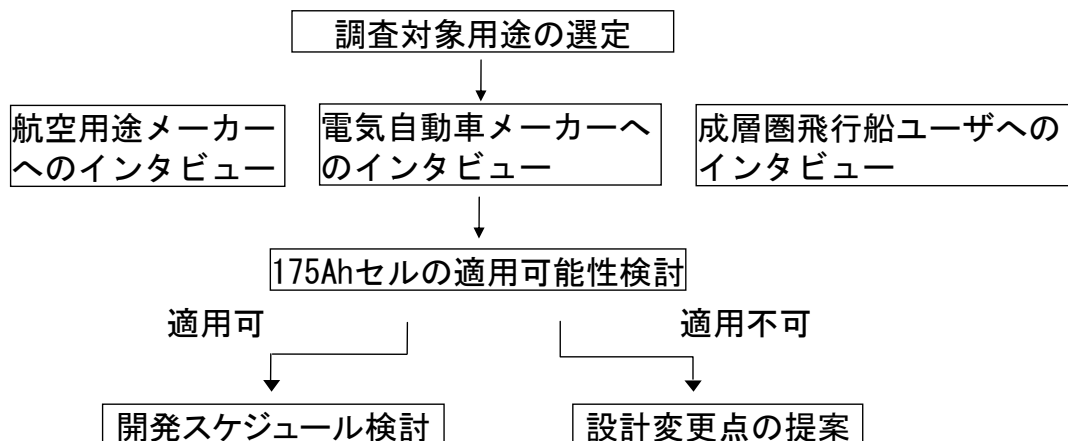
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total 2008 to 2017	Avg 2008 to 2017	% of Total	
Below 2,500 kg (<5,510 lbm)	4	9	4	11	7	9	1	6	3	2	4	2	3	2	4	3	5	3	2	2	2	2	2	2	2	2	25	2.5	11%
2,500 to 4,200 kg (5,510 - 9,260 lbm)	6	9	14	14	21	14	16	14	6	11	6	4	3	6	5	7	8	7	7	7	6	6	6	5	5	64	6.4	29%	
4,200 to 5,400 kg (9,260 - 11,905 lbm)	0	0	0	0	0	0	2	4	5	9	5	4	4	9	6	11	5	7	7	7	8	7	6	7	7	72	7.2	33%	
Over 5,400 kg (>11,905 lbm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	2	3	6	9	6	6	5	5	5	5	5	5	57	5.7	26%	
Total	10	18	18	25	28	23	19	24	14	22	15	13	16	19	18	27	27	23	22	21	21	20	19	19	19	218	21.8	100%	

実用化、事業化の見通し

4. 波及効果における事業化

平成17年度に実施された中間評価に於いてハイブリッド車や電気自動車、航空機等の衛星分野以外に適用できないか具体的に検討するよう委員から提言を受け、本電池で新たに開発された技術を活かして他用途への展開を図ることを目的に波及効果調査を実施した。

調査のフローを以下に示す。



実用化、事業化の見通し

NEDO 事業原簿 255 頁

波及効果における事業化

波及効果の調査検討結果

衛星用リチウムイオン電池の適用可能性が考えられる用途

用途	市場要求	製造責任	コスト	容量帯	総合評価
航空機	○	△	○	○	11
飛行船	△	△	○	○	10
電気自動車	○	△	△	○	10
バイク	○	△	△	△	9
鉄道車両	△	△	△	△	8
HEV(ハイブリッド自動車)	△	△	△	△	8
AGV(無人搬送車)	△	△	×	○	8
太陽光発電バックアップ	△	△	×	○	8
船舶	△	△	×	○	8
自動販売機	△	△	×	○	8
UPS(無停電電源装置)	○	△	×	△	8
工場バックアップ	○	△	×	△	8
フォークリフト	△	△	×	○	8
自転車	○	△	×	△	8
エレベーター	○	△	×	△	8
携帯AV機器	○	△	×	×	7
冷蔵庫	△	△	×	△	7
産業用ロボット	△	△	×	△	7
シルバーカー	△	△	×	△	7
非常用電源	○	△	×	×	7
病院バックアップ	○	×	×	△	7
産業用ロボット	△	△	×	△	7
乗用車	△	△	×	△	7
天井照明	△	△	×	×	6
非常灯	△	△	×	×	6
サービス系ロボット	×	△	△	○	8
埋め込み型医療機器	△	×	○	×	7

注) ○=3点、△=2点、×=1点との換算の基総合評価を算出した。

34

実用化、事業化の見通し

NEDO 事業原簿 254、255 頁

波及効果における事業化

波及効果の調査検討結果の○、△、×選定条件

・市場要求

既にリチウムイオン電池を搭載した例がある応用分野は○、リチウムイオン電池の搭載が研究されている分野には△、リチウムイオン電池の搭載の必要性が5～10年後になる場合には×とした。

・製造責任

製造物責任が強いかどうかについては、電池の不具合が人の生命に関わる場合を×、それ以外を△とした。

・コスト

○、△、×は電池専門メーカーの判断に依った。

・容量帯

容量については、今回検討した衛星用リチウムイオン電池は1セル当りの容量が175Ah、電圧が3.7Vあるので650Whが適切な電力容量となる。適用されている電池の電力容量が650Wh以上の製品については○、10Wh～650Whの製品は技術的な改善により適用が可能として△、10Wh以下の電力容量は×とした。

以上の各観点について、形式的に一律に点数付けをしたのちに各機器の総合点数を比較し調査対象用途を航空機(固定翼機、回転翼機、無人機)、電気自動車、飛行船に絞り込んだ。

35

実用化、事業化の見通し

波及効果における事業化

人工衛星以外のバッテリーを使用する産業への波及効果は以下のようなものが候補としてあげられる。

用途	メリット	課題	適用可能性	適用するための改良提案
中・大型航空機	<ul style="list-style-type: none"> 軽量 メンテナンス容易 自己放電が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> 要求容量50Ahに対し、容量が過大(約4倍) 要求電流1,000Aに対し、実力は約500A 	右記の改良を行えば、適用可能	<ul style="list-style-type: none"> 中容量化する(約1/4へ) 高出力化のために極板を超薄型化する 大電流を許容する集電構造へ改良する
回転翼航空機	<ul style="list-style-type: none"> 軽量 大容量(将来要求に対応できる) 			
UAV(無人航空機)	<ul style="list-style-type: none"> 軽量 適切な容量帯 	特になし	そのまま適用可能	(耐宇宙環境のために装備しているセラミックシール端子を低コストな樹脂シール端子に改良するとより好ましい)
電気自動車	軽量	<ul style="list-style-type: none"> 要求容量50Ahに対し、容量が過大(約4倍) 充電速度要求20Cに対し、実力は約0.5Cと低い 低コスト要求(80円/Wh)に対し、現状は数桁高コスト 	右記の改良を行えば、適用可能	<ul style="list-style-type: none"> 中容量化する(約1/4へ) 高入力化のために極板を超薄型化する 大電流を許容する集電構造へ改良する 負極材料を変更する(ハードカーボン) 正極活物質を変更する(Mn系等の低コスト品) 樹脂シール端子へ変更する(低コスト) 鉄系ケースへ変更する(低コスト)
成層圏プラットフォーム用飛行船	高い充電効率	高エネルギー密度要求(350Wh/kg)に対し、現状は170Wh/kg	困難	要求エネルギー密度は、最高レベルのリチウムイオン電池の理論値に近く、既存の系での達成は不可能である。材料系および構造の変更による適用は困難と判断する