

新エネルギー技術開発プログラム／次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発

「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発事業」 (中間評価)

(2007年度～2009年度 3年間)
プロジェクトの詳細説明(公開)

(5) 基盤技術開発

NEDO技術開発機構
燃料電池・水素技術開発部 蓄電技術開発室
2009年 8月7日

1. 事業の目的(基本計画の抜粋)

<研究開発の必要性>

高性能蓄電池の実用化にあたっては、**安全性を確保**するとともに**標準化**を進め、研究開発の**効率化を図る**ことが重要である。

<研究開発の目的>

加速寿命試験法の開発、**劣化要因**の解明、電池**性能向上因子**の抽出、並びに、**安全性基準**および**電池試験法基準**の策定等。

<実施内容>

現状のリチウムイオン電池における寿命診断、電池性能評価・安全性試験方法などの**基準策定**や**規格化に資する提案とデータ取得**を行う。さらに、技術開発の効率化につながる**反応メカニズムの解析手法の確立等、共通・基盤的な技術開発**を行う。

<運営方法>

- ・ 初年度に公募により実施者を選定するが、必要に応じて2年目以降も公募を行う。
- ・ 安全性試験法や安全性評価基準の策定については、研究開発項目①「要素技術開発」における安全性技術開発の進捗に応じて、内容の変更や修正を求める場合がある。

2. 事業の概要

次世代自動車(HEV、EV、FCV等)の早期実用化に資するために、高性能かつ低コストの二次電池及びその周辺機器の開発を実施。

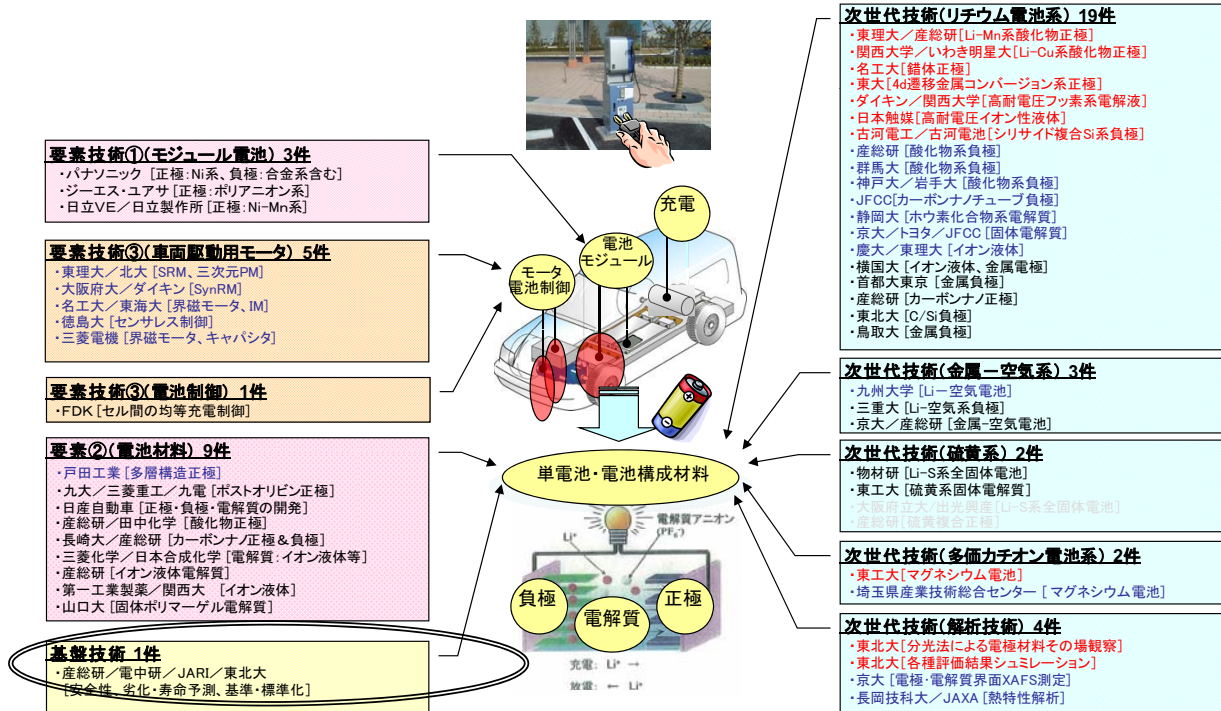


図3-81 次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発の実施内容(平成21年度)
(本研究開発項目の対象テーマは太枠で囲われている)

2. 事業の概要

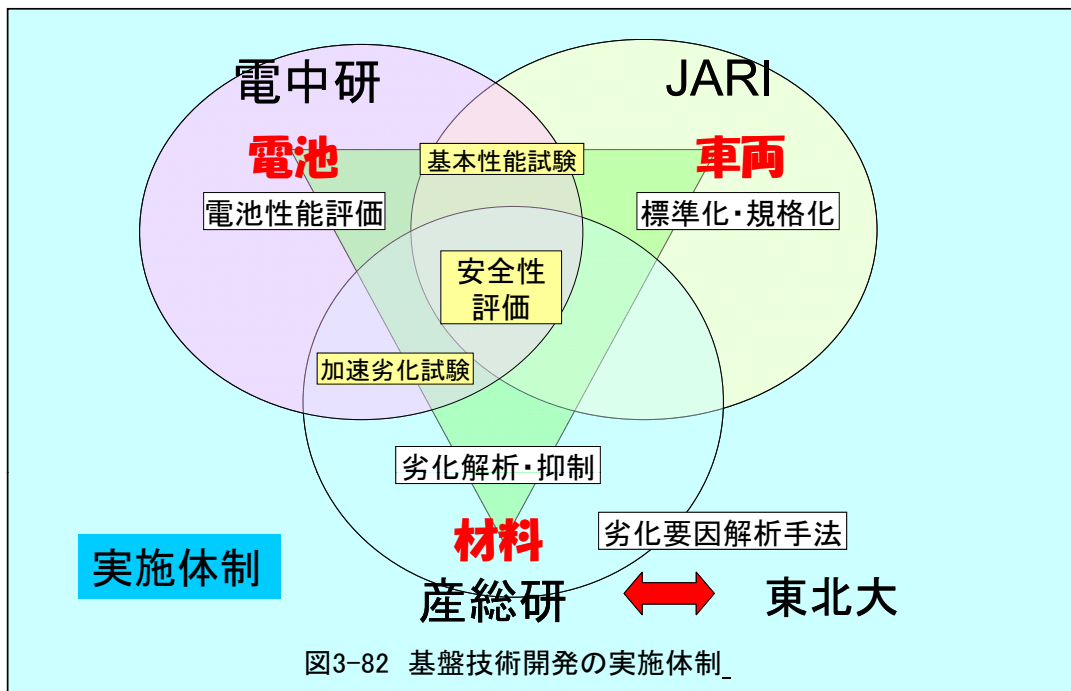


図3-82 基盤技術開発の実施体制

- ・電池の劣化メカニズムの解明
- ・電池試験方法・評価基準の提案
- ・国際標準への取り組み(標準試験法・国連輸送規制)

2. 事業の概要

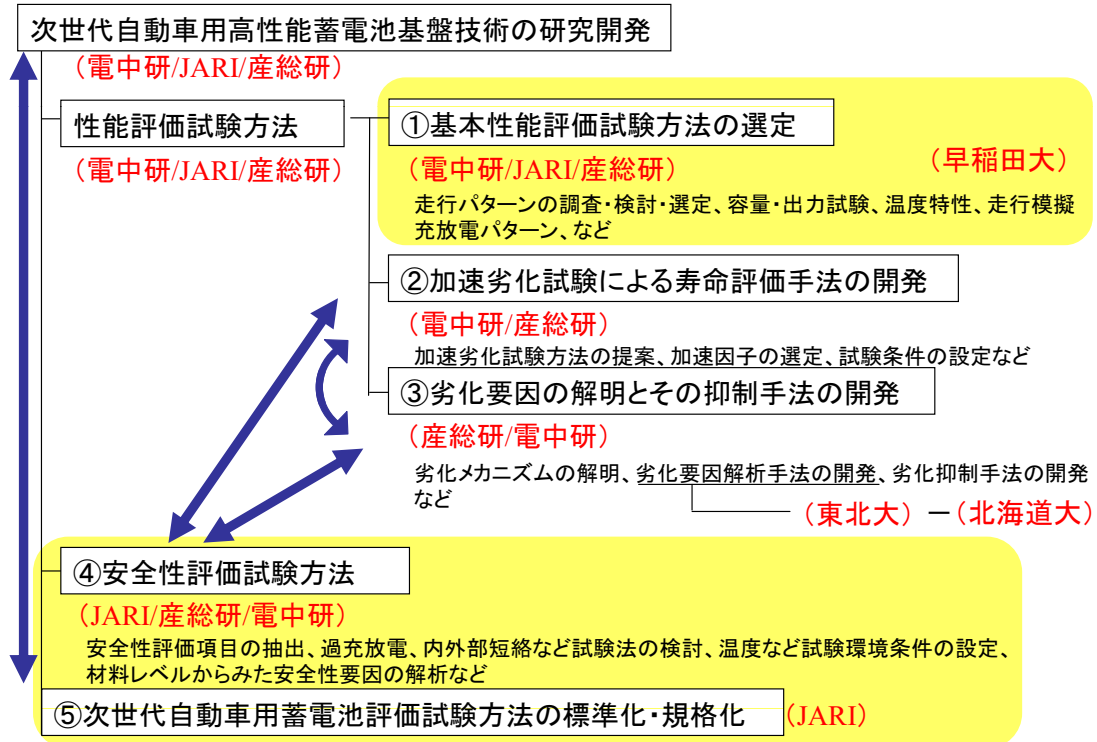


図3-83 実施計画書における研究開発スキーム

2. 事業の概要

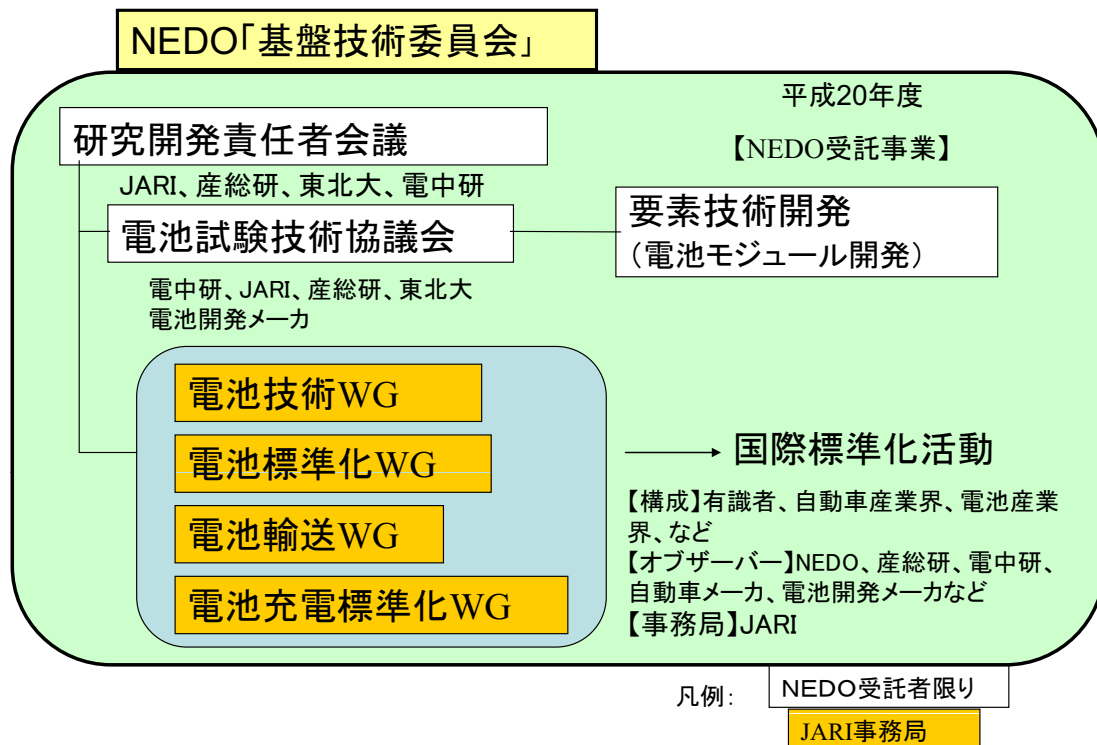


図3-84 基盤技術委員会のスキーム

2. 事業の概要(委託先間の連携)

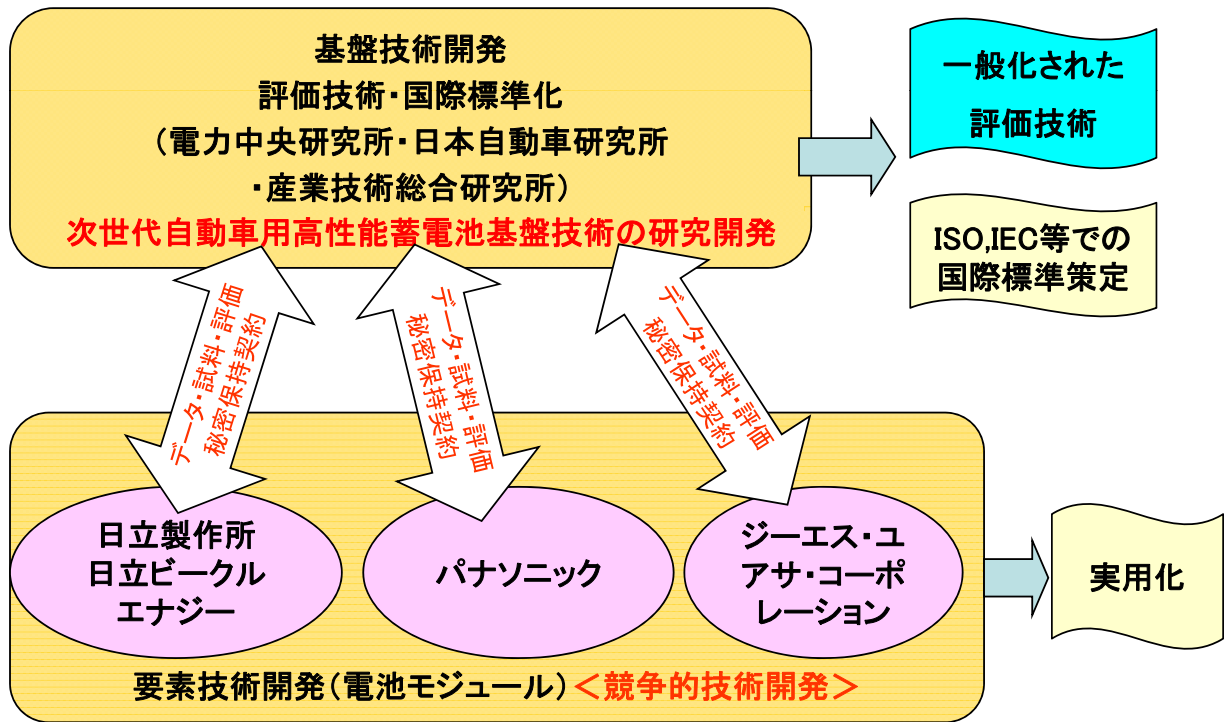


図2-5 要素技術開発(電池開発)と基盤技術開発の連携

3. 研究開発の実施スケジュールと予算

	平成19年度	平成20年度	平成21年度 (中間評価)	平成22年度	平成23年度
③基盤技術開発	公募 (1)	(1)	延長審査 (1)		

図3-86 プロジェクトの年度計画

表3-27 研究予算一覧表(基盤技術開発)

委託先	研究予算(百万円)			
	H19fy	H20fy	H21fy	総額
(財)電力中央研究所 (財)日本自動車研究所[再委託](学)早稲田大学 (独)産業技術総合研究所 (国)東北大学[再委託](国)北海道大学	386.6	693.9	537.9	1618.4

4. 研究開発目標と達成度

項目	中間目標	達成度	最終目標
① 基本性能評価試験方法の選定	<ul style="list-style-type: none"> ●電池の基本性能評価に必要な用語の定義 ●電池開発目標の評価項目・試験条件の選定と検証 ●各電動車両について、種々の走行条件における蓄電池運用条件を調査 ●各電動車両について、蓄電池試験条件二次案を作成 	○	<ul style="list-style-type: none"> ●電池の基本性能評価試験方法の提案 ●各電動車両について、車両走行時の代表的な蓄電池運用条件を抽出 ●作成した蓄電池試験条件並びに定義した用語をIEC/ISOへ反映
② 加速劣化試験による寿命評価手法	<ul style="list-style-type: none"> ●2倍以上の試験期間短縮で寿命予測が可能な加速劣化試験条件の選定・試験着手 	○	<ul style="list-style-type: none"> ●5倍以上の試験期間短縮で寿命予測が可能な加速劣化試験方法の提案
③ 劣化要因説明とその抑制手法	<ul style="list-style-type: none"> ●小容量セルを用いてPHEVを模擬した試験条件下で電池劣化の主要過程を引き起こす劣化因子(劣化要因)を選定。また、保存時の劣化反応の反応速度式を求める。 ●複数の測定手法による実電池材料における測定データと劣化挙動との相関の明確化 	○	<ul style="list-style-type: none"> ●実規模セルに小容量セルで得られた知見を適用することで、劣化要因を検証するとともに、小容量セルでの結果を実規模セルに適用するための補正係数を算出 ●複数のin situ測定手法による実電池材料における劣化挙動を検出する新しい計測技術の確立

H21年度末時点での、達成度

(○:達成済または見込み、△:達成には大幅な特性改善が必要、×:達成困難)

9

4. 研究開発目標と達成度

項目	中間目標	達成度	最終目標
④ 安全性評価試験方法	<ul style="list-style-type: none"> ●蓄電池および蓄電池の車両搭載時の安全性評価試験内容の整理 ●安全性試験(過充電、過放電、外部短絡、貫通、圧壊、振動、類焼、熱衝撃、衝撃試験等)の検証を行い、試験方法を作成 	○	<ul style="list-style-type: none"> ●材料レベル、単セルレベル、モジュールレベルからの濫用時の安全性の評価 ●代表的な電池系における安全性要因の解明 ●次世代自動車用蓄電池安全性評価試験方法を作成し、IEC/ISOへ反映
⑤ 次世代自動車用蓄電池評価試験方法の標準化・規格化	<ul style="list-style-type: none"> ●ISO12405-1 DIS ●IEC61982-4,-5 CDV ●国連輸送規制の適正化 (2009年勧告に適正化反映) ●IEC62196-2 CDV ●IEC61851 FDIS 	○	<ul style="list-style-type: none"> ●ISまたは適正化達成

国際規格制定手順

1. 提案段階: NWP (New Work Item Proposal)
2. 作成段階: WD (Working Draft)
3. 委員会段階: CD (Committee Draft)
4. 紹介段階: DIS (Draft International Standard: ISO) CVD (Committee Draft for Vote: IEC)
5. 承認段階: FDIS (Final Draft international Standard)
6. 国際規格: ISO, IEC (International Standard)

10

5. 研究成果(①基本性能評価試験方法の選定)

表3-28 基本性能評価方法 単電池(実規模セル)の性能試験項目(案)

評価項目	開発目標*1)	試験項目	備考
質量エネルギー密度 (Wh/kg)	100	電池容量試験	定電流放電。 放電電流は、想定される負荷条件に適した値とする。 本NEDOプロ開発電池の性能評価に適用する放電電流は原則として1時間率電流とする。
体積エネルギー密度 (Wh/L)	120		
充放電効率 (%)	95		
質量出力密度 (W/kg)	2,000	電流電圧 (I-V) 特性に基づく出力特性試験	SOC50%における10秒後の出力値で代表させる。
体積出力密度 (W/L)	2,400		
寿命 (年)	10	別途「加速劣化試験による寿命評価手法の開発」で検討	実規模セルの連続PHEV充放電試験*2)、保存試験の結果から寿命を推定する。

* 1) 0.3kWhモジュールを作製し、以下の目標(性能目標は3kWh級パック電池の換算値)を満足すること、* 2) PHEV充放電パターン(別途定める)による連続充放電と充電の繰り返し

5. 研究成果(①基本性能評価試験方法の選定)

用語の共通化とIEC およびISO への反映を目的に、既存規格について用語比較表を作成し、主要な用語を抽出した(表3-29)。電動車両用リチウムイオン電池の用語(2009年7月9日版)として平成20年度果報告会で配布した(巻末の参考資料2を参照のこと)。

表3-30 電池試験方法の標準化のための用語の抽出例

- 1. 電池一般: リチウムイオン電池、駆動用電池、電気自動車用電池、ハイブリッド電気自動車用電池、プラグインハイブリッド電気自動車用電池
- 2. 電池のレベル: 単電池(単セル)、電池モジュール、電池パック(組電池)
- 3. 構成部品等: 電池管理システム
- 4. 特性・性能: 容量、定格容量、時間率、定格放電電流、定格電圧、放電終止電圧...

参考資料2

電動車両用リチウムイオン電池の用語(2009年7月9日版)

財団法人電力中央研究所
独立行政法人産業技術総合研究所
財団法人日本自動車研究所

ここに挙げる用語は、電動車両用リチウムイオン電池の性能評価等を行う場合に必要となる用語を中心に記載した。NEDOプロジェクト(LI-EAD)基盤技術開発において、要素技術開発(モジュール)で開発された電池等を試験するにあたり、共通化して使用するため用語を選択し、次の分類により整理した。

- 1. 電池一般
 - 2. 電池のレベル
 - 3. 構成部品等
 - 4. 特性・性能
- 1. 電池一般
 - 1-1 リチウムイオン電池、リチウムイオン二次電池、リチウムイオン蓄電池 (lithium-ion battery, secondary lithium-ion battery, rechargeable lithium-ion battery)
得られる電気エネルギーが、正極・負極間のリチウムイオンの授受反応に由来する二次電池。
 - 1-2 駆動用電池 (traction battery, propulsion battery)
電動車両の駆動に供する電池。
 - 1-3 電気自動車用電池 (traction battery for battery electric vehicle, propulsion battery for battery electric vehicle)
電気自動車に供する駆動用電池。
 - 1-4 ハイブリッド電気自動車用電池、ハイブリッド自動車用電池 (traction battery for hybrid electric vehicle, propulsion battery for hybrid electric vehicle)
ハイブリッド電気自動車に供する駆動用電池。
 - 1-5 プラグインハイブリッド電気自動車用電池、プラグインハイブリッド自動車用電池 (traction battery for plug-in hybrid electric vehicle, propulsion battery for plug-in hybrid electric vehicle)
プラグインハイブリッド電気自動車に供する駆動用電池。
 - 2. 電池のレベル
 - 2-1 単電池、単セル (cell)

5. 研究成果(②加速劣化試験による寿命評価手法の開発)

- ・ 寿命試験用充放電パターンの基礎データとするために、駆動方式や車両サイズの異なるHEV 3台およびPHEV 1台について、日米欧各国の認証走行パターン等を用いて台上試験を行い、電池の電流、電力、温度等の充放電データを測定。
- ・ 実車データの補間を目的として、シミュレーション計算により制御方式の異なるPHEVの充放電データを取得(早稲田大学再委託)。
- ・ 実車の充放電パターンを基に寿命試験用充放電パターンを作成するロジックを検討し、その有効性を単セル試験によって確認。



このロジックを台上試験とシミュレーションによって取得した充放電データに適用し、PHEV(図3-87)、HEVおよびBEVそれぞれについて寿命試験用充放電パターン一次案を作成。

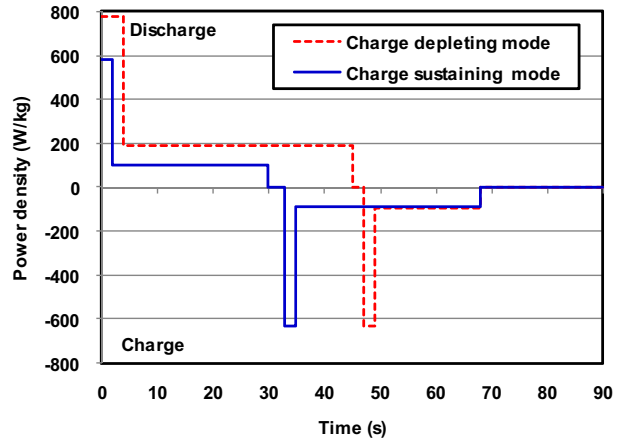


図3-87 PHEV用充放電パターン一次案

5. 研究成果(②加速劣化試験による寿命評価手法の開発)

要素技術会開発(電池開発)から提供を受けた3電池系の小容量セルを用いて、SOCと温度依存の保存寿命データ等を蓄積した(図3-88)。また、小容量セルを用いた基本充放電性能(1C充放電)は約400サイクル時点で、容量90%程度となること確認した。実規模セルを用いた試験パターンの検証するため、JARI提案の充放電パターン(Ver.4)のCD(charge depleting)モードとCS(charge sustaining)モードの切替条件などを検討した結果、動的な“充電状態30%相当電圧”による切替が妥当との見通しを得た。

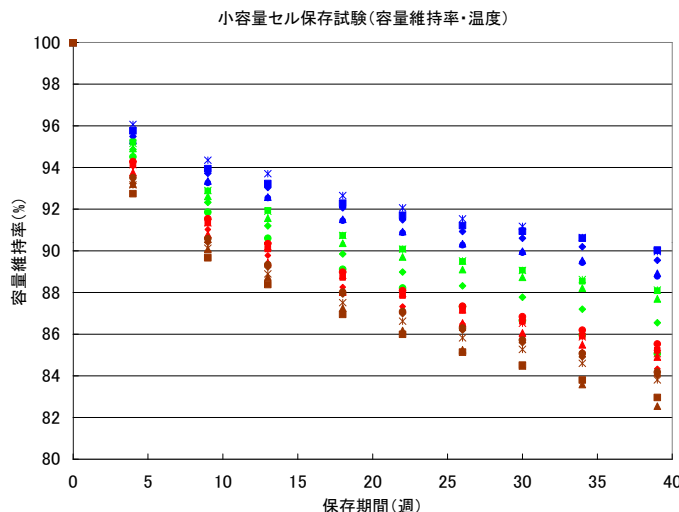


図3-88 保存試験(SOC90%)における温度の効果
(青:25°C, 緑:40°C, 赤:50°C, 茶:60°C)

5. 研究成果(③劣化要因の解明とその抑制手法の開発)

要素技術開発(電池開発)から提供を受けた小容量セルを用いた充放電試験と保存試験を実施し、電池特性(容量、出力)の変化についてデータを取得し、蓄電池運用条件での劣化を加速する因子の抽出を進めた。通常の設定電流充放電サイクルでは、明瞭な容量劣化に伴うACインピーダンス解析円弧成分の増大が認められた(図3-90)。

正極材料にLi(NiCoAl)O₂ (NCA)、負極材料にハードカーボンを用い、高出力型の小容量モデルセル(18650型)の製作し、サイクル試験による加速パターン試験終了後、セルを解体し電極の状態評価を進めた。SPring-8/BL47XUにおいて、硬X線光電子分光測定(HX-PES)で電極試料をアルゴンガス下で取り扱う手法を確立し、正極のみならず負極についても高分解能のスペクトルを取得することが可能になった(図3-91)。

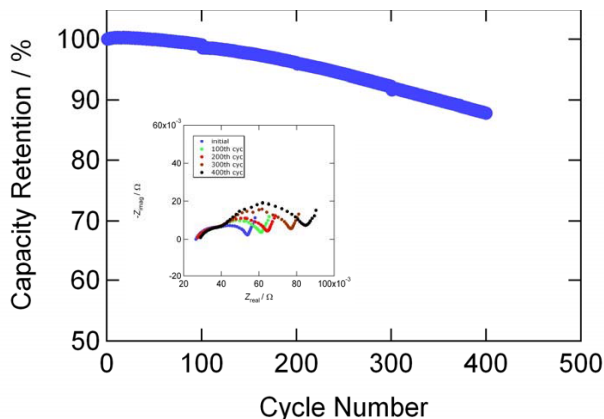


図3-90 サイクル経過とACインピーダンス測定(小容量セル)

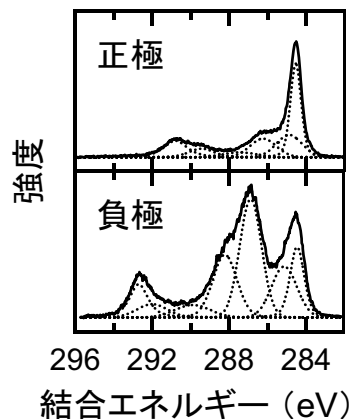


図3-91 25 °Cで保存した電池の硬X線光電子分光測定(C 1s)

5. 研究成果(③劣化要因の解明とその抑制手法の開発)

電池の安全性にも通ずる電極材料の熱的な安定性について評価を実施。

(試料最表面の情報である全電子収量法(TEY)とバルクに近い情報である蛍光法(FY)を比較)

150 °Cおよび550 °C: スペクトル形状は類似

350 °C: 明確な差異が観測

→正極材料の熱分解が、表面とバルクでは異なる挙動を示すことが明らかになった。

電極で生じている表面状態の変化を選択的に解析可能な手法の一つとしてXAFS測定が有力。

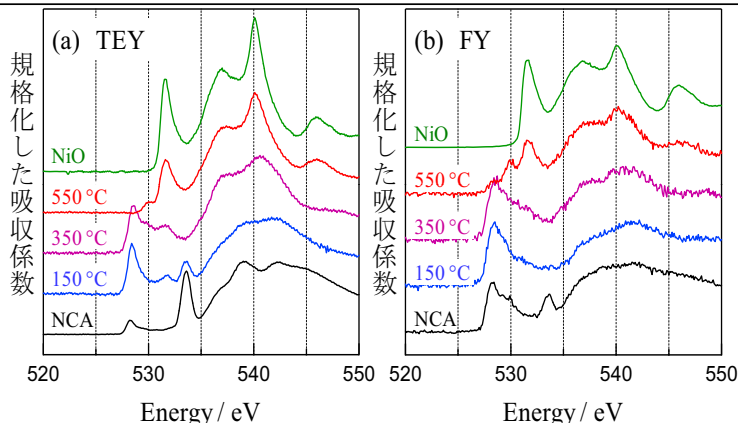


図3-92 XANES(O-K端)による正極(小容量モデルセル)の表面状態の分析: (a)TEY法 (b)FY法 SOC70%の電池から取り出した正極Li(NiCoAl)O₂ (NCA)について、150-550 °Cで熱処理後測定したO-K端XANESスペクトル。比較のためにNCAとNiOのスペクトルも示している。

5. 研究成果(③劣化要因の解明とその抑制手法の開発)

2009/7/7:

プレス発表 東北大学、NEDO
 「次世代自動車用高性能蓄電池基盤技術の研究開発
 (電中研、JARI、産総研、東北大学)」

MRI でリチウム電池の内部撮影に成功
 —リチウムイオンの分布を画像化—

平成21年7月13日
 日本経済新聞 朝刊 12面
 平成21年7月13日
 日経産業新聞 朝刊 10面
 平成21年7月13日
 電気新聞 朝刊 3面
 平成21年7月13日
 日刊工業新聞 朝刊 24面
 平成21年7月14日
 化学工業日報 朝刊 5面
 に掲載されました。

NMR装置中に設置するモデルリチウム電池を試作し、NMRマイクロイメージング法によるリチウム電池内部の画像取得に世界で初めて成功した(図3-92)。PC+LiClO₄電解液に負極として金属リチウムを用いたセルではリチウムと接触した部分からゲル化が進行する事がマイクロMRI画像と局所選択NMR法により分った。

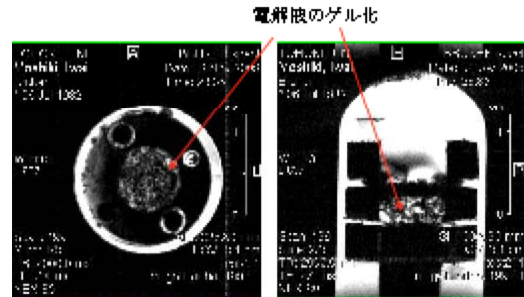


図3-93 モデル電池のNMRマイクロイメージング(Li電極, PC電解液 2月後)

4. 研究成果(③劣化要因の解明とその抑制手法の開発)

b)アコースティックエミッション法による電極破壊機構の解明

市販の18650電池と、産総研から提供された18650型電池について、充放電過程でのAE信号検出に成功した(図3-94)。市販の電池は放電末期に二段階で特徴的なAE信号を発生し、産総研の電池は比較的AEが少ない結果を得た。また、製造後エージング等の前処理を行う際にも多数のAE信号が発生する事が分った。

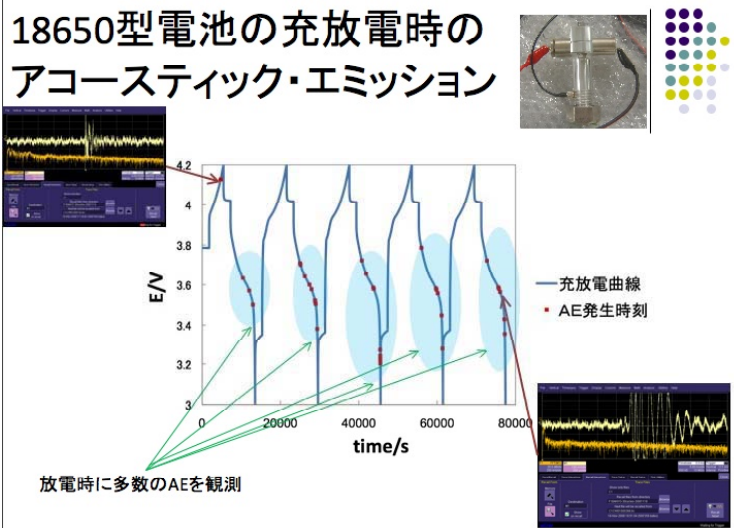


図3-94 18650型実用電池からのAE信号

5. 研究成果(④安全性評価試験方法)

- ・安全面から考慮すべき事象をリストアップした上で、想定される標準化項目を抽出。
- ・確認すべき試験項目と試験条件を整理した上で、14項目の安全性評価試験を行い、蓄電池への影響を調査。
- ・取得した試験データに基づき、過充電、過放電、外部短絡、貫通、圧壊および振動の各試験方法の作成に着手。



図3-95 安全性評価試験標準化項目の調査

5. 研究成果(⑤自動車用蓄電池評価試験方法の標準化・規格化)

次世代自動車用蓄電池(Li-ion電池)評価試験方法の標準化・規格化を推進するため、Li-ion電池性能評価法の研究開発および安全性評価の研究開発を行う。

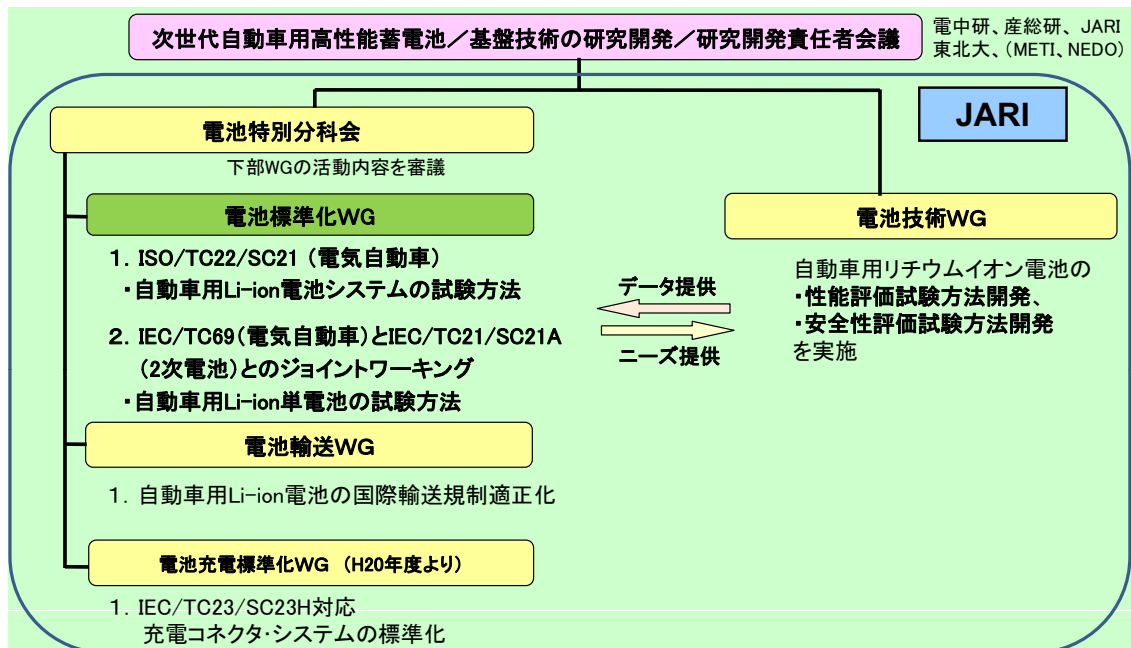


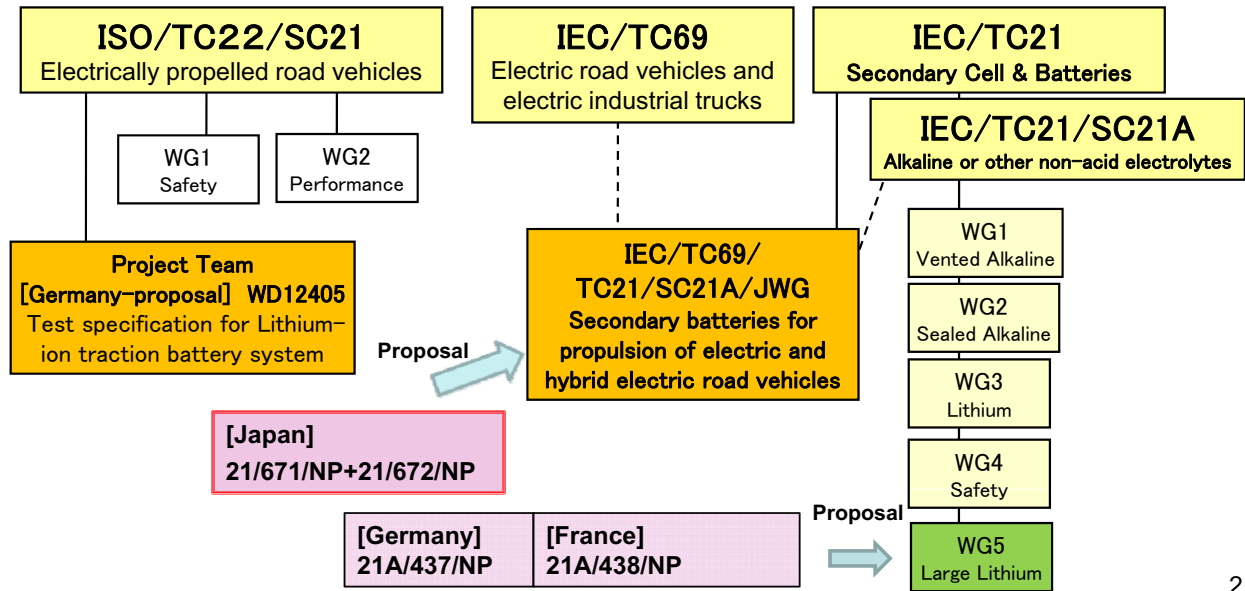
図3-85 国際標準化活動の体制図

5. 研究成果 (⑤自動車用蓄電池評価試験方法の標準化・規格化)

リチウムイオン二次電池についての国際標準化活動

ISO TC22 SC21: Electrically propelled road vehicles / WG1
 IEC TC69/TC21/SC21A/JWG: Secondary batteries for propulsion of electric and hybrid-electric road vehicles

IEC: International Electrotechnical Commission; ISO: International Organization for Standardization



5. 研究成果 (⑤自動車用蓄電池評価試験方法の標準化・規格化)

<現状>

- 独、仏からIEC/TC21/SC21A/WG5に提案されていた自動車用及び定置用リチウムイオン電池の新規提案と日本(JARI)の新規提案の取扱いに対する調整会議(11/6,7開催)の結果は下記の通り。
 - IEC/TC21/SC21A/TC69/JWGにて自動車用リチウムイオン電池セルの標準化活動を日本の案をベースに行う。(JWG主査を日本が担当)
 - なお、ISO/TC22/SC21/PTLIB(自動車用リチウムイオン電池システム)と協力して行うことも確認された。
 - IEC/TC21/SC21A/WG5にて自動車用以外の大型リチウムイオン電池標準化活動を独、仏の案をベースに行う。
- 独案をベースにしたISO/TC22/SC21/PTLIBに於いて、下記内容を展開中。
 - 認証行為を含む試験手順と、これに合格したものを電池メーカーが供給するという内容を削除。
 - 各種Abuse Testは電池セルにて実施する。
 - 規格内容についての独との溝は埋まらず。

実施内容	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度
ISO/TC22/SC21		調査・検討	修正案提案		(IS発行: 仮)
ドイツ案に対し修正案を提案	ドイツ: NWIP提案 ◎	★	★		★
	日本: 単電池を分離提案 ◇	★	ドイツ提案承認		
IEC/TC21/SC21A/TC69/JWG	調査・検討	単電池の試験標準NWIP提案 ◎	日本提案承認		(IS発行: 仮)
日本から新規提案		★			★

5. 研究成果 (⑤自動車用蓄電池評価試験方法の標準化・規格化)

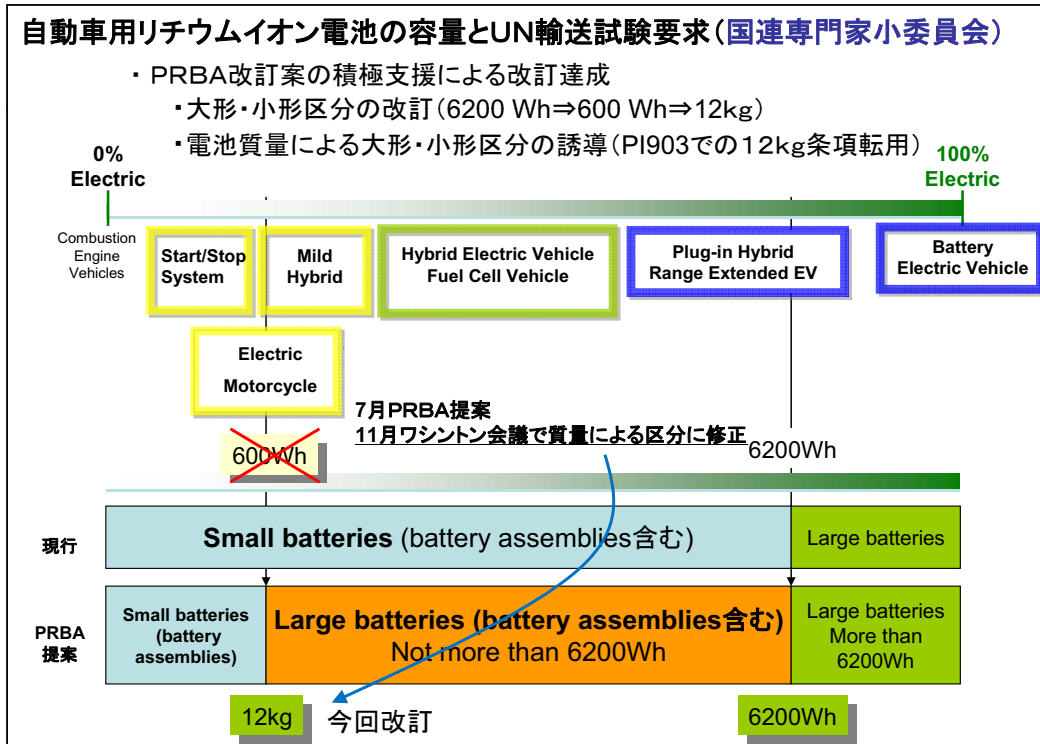


図3-95 自動車用リチウムイオン電池の容量とUN輸送試験要求

6. 成果の普及

表3-31 外部発表の実績(平成21年4月末時点での成果)

研究テーマ名	実施者	特許出願	論文発表	講演発表
次世代自動車用高性能蓄電池基盤技術の研究開発	電力中央研究所 日本自動車研究所 産業技術総合研究所 東北大学	1	3	39

自動車研究 (発行: 日本自動車研究所)

「自動車関連企業への情報発信」(ホームページ上からも閲覧可能)

- 第30巻第4号(平成20年4月1日)
NEDO次世代自動車用高性能蓄電池基盤技術の研究開発プロジェクトへのFC・EVセンターの取り組み
- 第30巻第7号(平成20年7月1日)
次世代自動車用電池性能試験方法の開発(第1報)
－プラグインハイブリッド電気自動車用電池充放電パターンの検討－
自動車用リチウムイオン電池の安全性について－安全性評価試験(類焼試験)の実施－
- 第31巻第6号(平成21年6月1日)
自動車用リチウムイオン電池の安全性評価規格について
自動車用リチウムイオン電池の安全性評価試験－機械的試験法の調査－
自動車用リチウムイオン電池の安全性評価試験－電気的試験法の調査－
- 第31巻第7号(平成21年7月1日)
次世代自動車用電池性能試験方法の開発(第2報)
－簡易サイクル寿命試験プロファイル作成方法の検討－

7. 最終目標達成の見込み

①基本性能評価試験方法の選定

電池の基本性能評価試験方法並びに各電動車両の車両走行時の代表的な蓄電池運用条件をIEC/ISOへ提案していくことで、日本主導による標準化が可能となる。

②加速劣化試験による寿命評価手法の開発

内部抵抗変化など非破壊計測や電池解体・分析に基づく材料劣化情報を、加速劣化試験条件との対応で寿命推定精度を向上させていくことで、期間短縮5倍以上となる加速寿命診断等の最終目標を達成できる見込みである。また、寿命に関しては、開発目標の10年間に対して、5倍の加速劣化試験が可能になったとしても2年間の試験期間を要することとなり、プロジェクト全期間からしても、開発途中段階(例えば、平成21年度末)の供試セルの試験から、「要素技術開発(電池モジュール)」担当法人の電池製造ポテンシャルを推定し、短期間での寿命推定が求められる最終開発電池との隙間を埋めることが必要である。

7. 最終目標達成の見込み

③劣化要因の解明とその抑制手法の開発

今後、実規模セルに小容量セルで得られた知見を適用することで、劣化要因を検証するとともに、小容量セルでの結果を実規模セルに適用するための補正係数を算出する。また、複数のin situ測定手法による実電池材料における劣化挙動を検出する新しい計測技術の確立する。中間目標をほぼ達成できており、最終目標達成についても見通しがついたと考えている。

④安全性評価試験方法

中間目標はほぼ達成しており、今後は電池系を増やしてデータを蓄積、解析を行う段階となる。材料レベル、単セルレベル、モジュール電池レベルでの安全性評価試験結果を比較検討することにより安全性要因の解明が可能になること、また、実際の試験データに基づいた合理的かつ標準的な試験方法をIEC/ISOへ提案するとことで、最終目標の達成が期待できる。

⑤次世代自動車用蓄電池評価試験方法の標準化・規格化

自動車用リチウムイオン電池パック/システム試験方法、単セルの性能、安全性試験方法、さらに車両カプラかん合部形状の寸法互換性などについてISO、IEC、SAE(米国自動車技術会)会議で各国と協調しながら日本の意見、考え方を主張し日本の主導による国際標準を作成する。また国連危険物輸送専門家小委員会において関係団体と意見調整し輸送関連の規制条件を適正化し、自動車リチウムイオン電池輸送の普及を図る。以上の活動の実施により、最終目標の達成が期待できる。

8. 実用化の見通し(基盤技術開発)

【電池材料または電池セル、モジュールに対して、標準的に適用可能な各種評価・解析方法を確立すること、さらには、確立された評価法を国際標準・規格に反映することが実用化イメージ】

■標準化へのシナリオ

国際標準・規格化への成果の反映のため、試験方法・手順を公開し、実データに基づくパラメータ設定の影響を明らかにしていく。最近電動車両用のリチウムイオン電池に係わるISO/IECの動きも活発化しており、日本主導により、国際標準化できる見通しである。非常に高度な機能を有する充放電装置などを必要とする高価な設備投資や、長期の充放電設備占有を避ける実用的な視点から、基本性能評価試験方法・加速劣化寿命評価試験方法等を適宜、改良し見直し、国際規格・標準との整合性を図る必要がある。表4-5に自動車用リチウムイオン二次電池評価試験方法の標準化への年度展開例を示す。

表4-5 自動車用リチウムイオン二次電池評価試験方法の標準化への年度展開例

実施内容	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度
ISO/TC22/SC21 ドイツ案に対し 修正案を提案	調査・検討 ドイツ: NWIP 提案◎ 日本: 単電池を分離提案◇	修正案提案 ドイツ提案承認			(IS発行: 仮)
IEC/TC21/SC21A/ TC69 /JWG 日本から新規提案	調査・検討	単電池の試験 標準NWIP 提案◎	日本提案承認		(IS発行: 仮)

1

27

8. 実用化の見通し(基盤技術開発)

【電池材料または電池セル、モジュールに対して、標準的に適用可能な各種評価・解析方法を確立すること、さらには、確立された評価法を国際標準・規格に反映することが実用化イメージ】

■実用化へのイメージ

現在までに、おおむね中間目標が達成されてきており、最終目標の達成も十分に見込める。一方、ISO/IECにおいて2011年度のIS発行を現段階では目指しているが、今後のISO/IEC会議等での議論の展開によっては調整に時間がかかることも予想され、プロジェクト終了後にずれ込む可能性もある。また、図4-6に実用化へのイメージ図を示す。

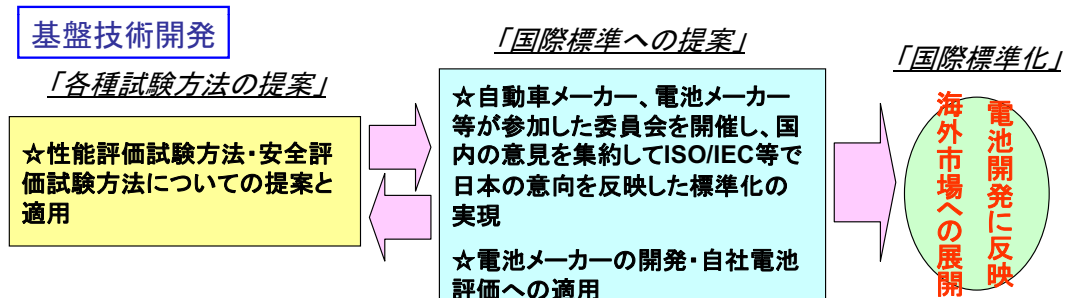


図4-6 実用化へのイメージ図－基盤技術開発－

28