

# 「リチウムイオン電池 現在・過去・未来」

－ IT変革で起こったことと  
ET変革で起こること－

2014年7月4日

旭化成株式会社

フェロー

吉野研究室長

吉野 彰

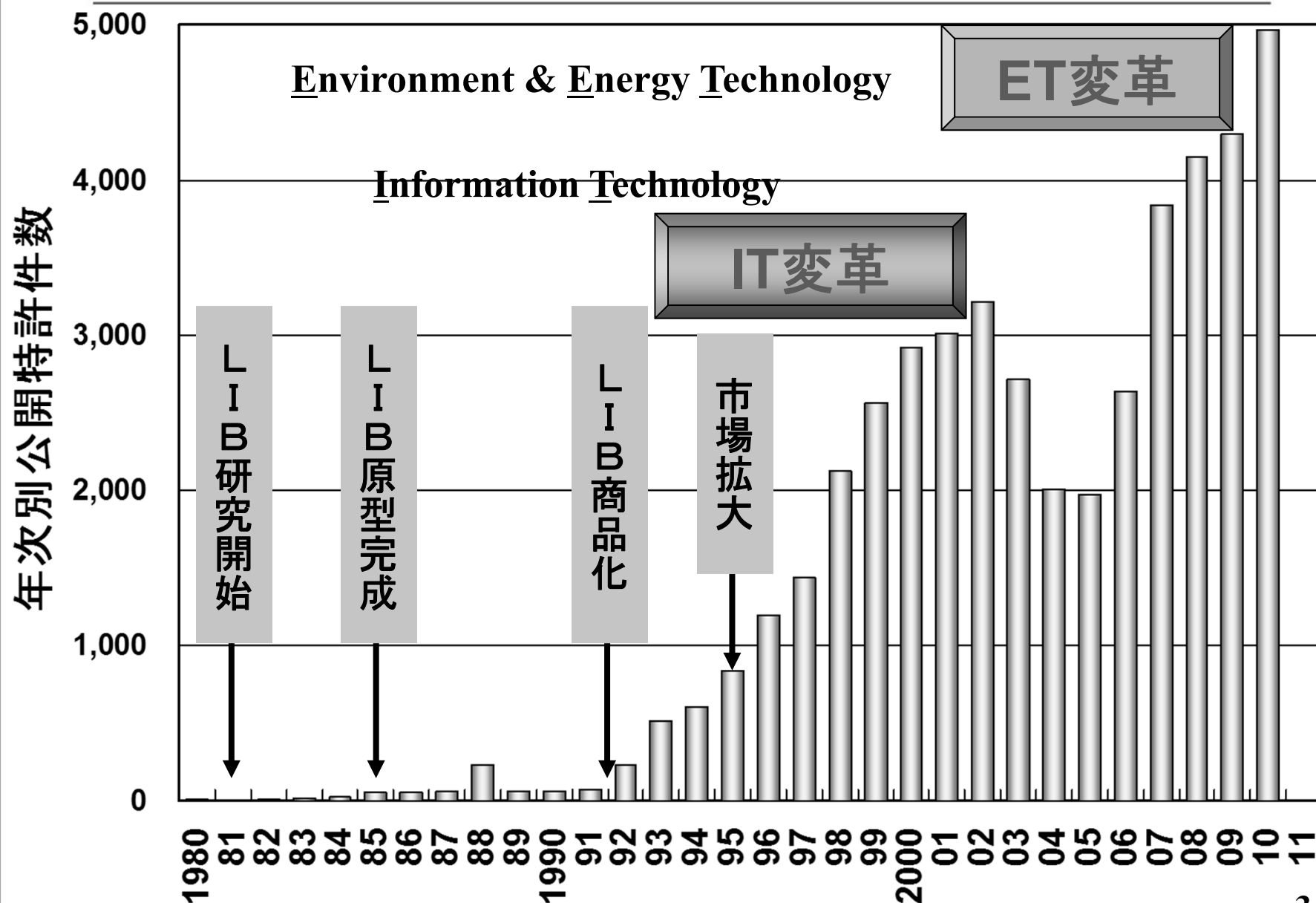
1. リチウムイオン電池の開発経緯
2. リチウムイオン電池の成長経緯
3. リチウムイオン電池から見た世界の変革

－IT変革で起こったことと

ET変革で起こること－

# LIB関連特許出願件数に見るIT変革の波と 第二の波

AsahiKASEI



1. リチウムイオン電池の開発経緯
2. リチウムイオン電池の成長経緯
3. リチウムイオン電池から見た世界の変革
  - ーIT変革で起こったことと
  - ET変革で起こることー

『炭素材料を負極に用い、  
リチウム含有金属酸化物 ( $\text{LiCoO}_2$ )を  
正極に用いた非水電解液系二次電池』

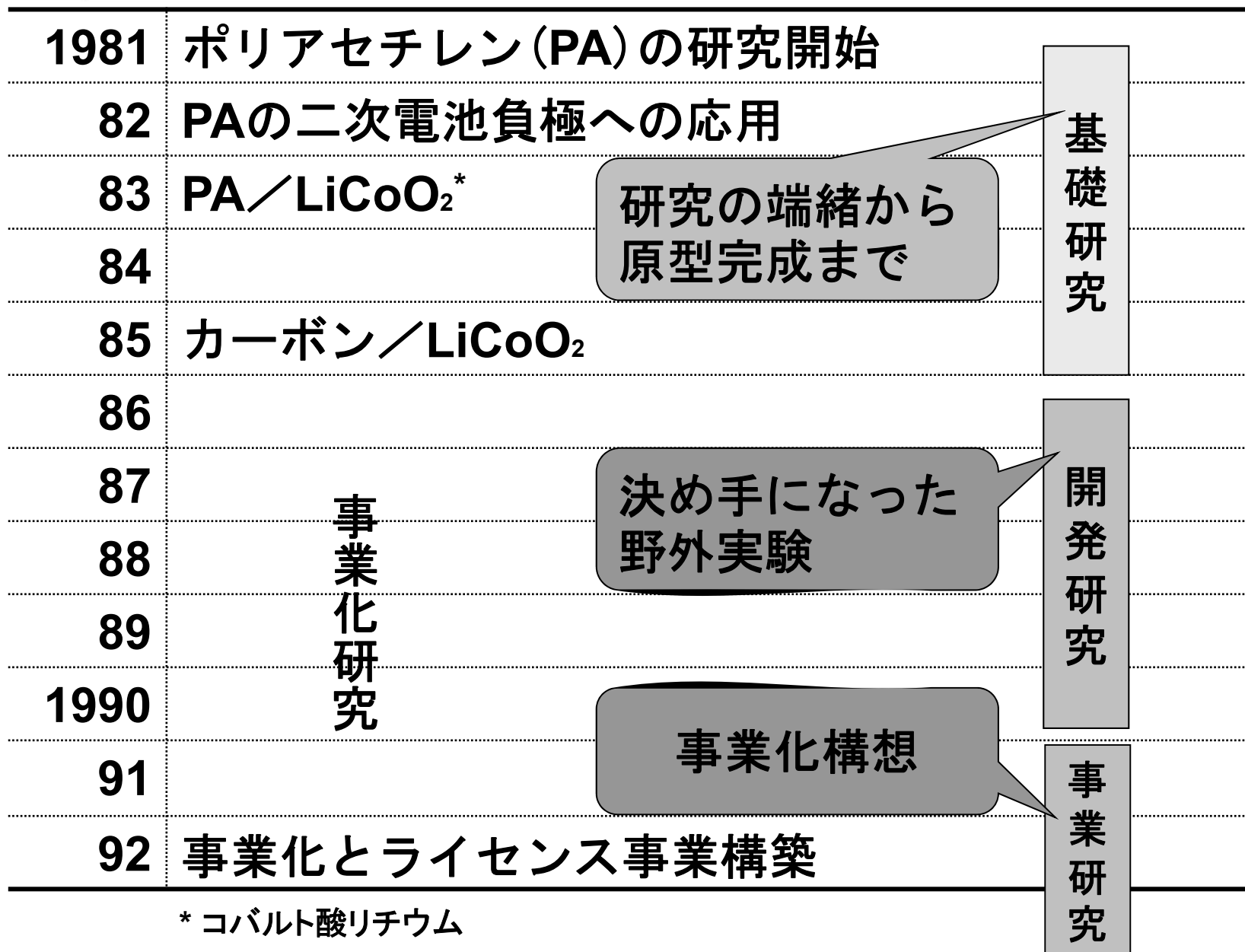
# リチウムイオン電池の技術的位置付け AsahiKASEI

	水系電解液	非水系有機電解液 (高エネルギー・高容量・高電圧)
一次電池 (再使用不可)	マンガン乾電池 アルカリ乾電池	金属リチウム一次電池
二次電池 (充電再使用)	鉛電池 ニッカド電池 ニッケル水素電池	リチウムイオン電池 (LIB*)

\* Lithium Ion Battery

# 開発経緯と事業化構想

AsahiKASEI



研究の端緒から  
原型完成まで

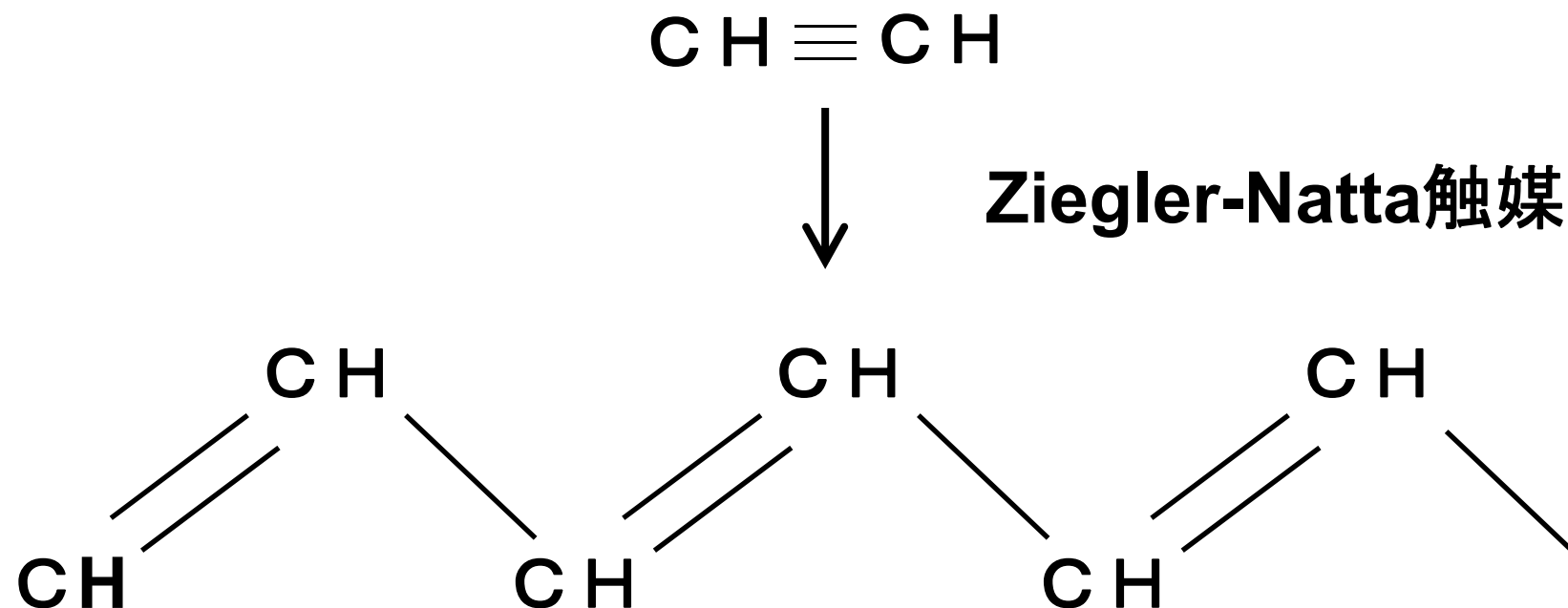
決め手になった  
野外実験

事業化構想

事業化研究

# 基礎研究の端緒はポリアセチレン (PA)

AsahiKASEI



Discovered by

A.G. MacDiarmid, A.J. Heeger, H. Shirakawa

2000 Nobel Prize in chemistry laureates



# PAを負極に応用しようとした理由

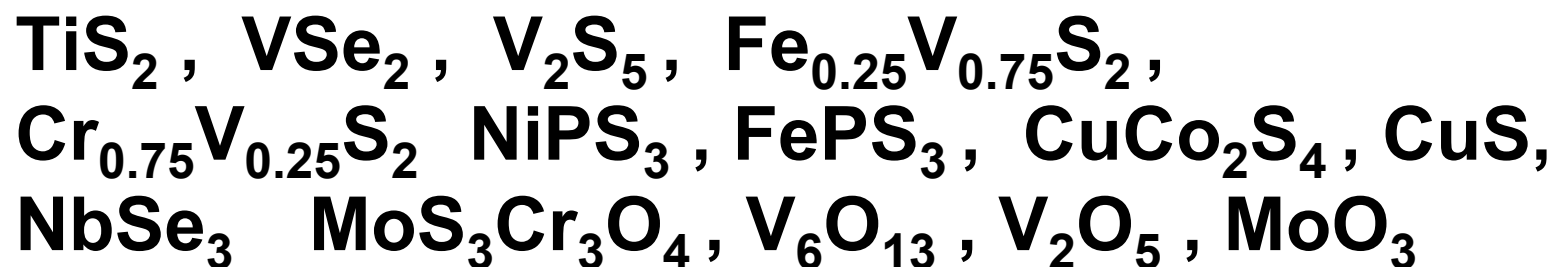
AsahiKASEI

	水系電解液	非水系有機電解液 (高エネルギー・高容量・高電圧)
一次電池 (再使用不可)	マンガン乾電池 アルカリ乾電池	金属リチウム一次電池
二次電池 (充電再使用)	鉛電池 ニッカド電池 ニッケル水素電池	金属リチウムに代わる新しい負極材料が不可欠

# 次の課題は正極材料の選択

AsahiKASEI

リチウムイオンを含んだ正極材料は当時なかった



負極が金属Liの場合  
電池になる



負極がPAの場合  
電池にならない



# LiCoO<sub>2</sub>との出会い

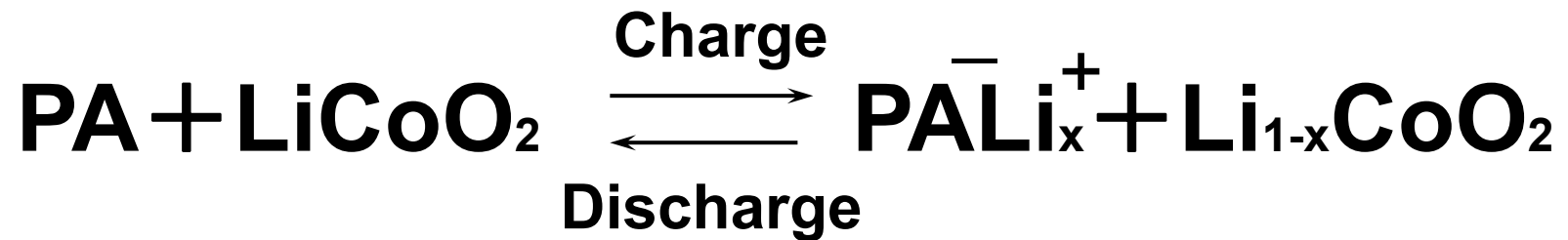
AsahiKASEI

**J. B. Goodenough et al.,  
*Material Research Bulletin*, 15 (1980) 783**

同時期に新正極材料「LiCoO<sub>2</sub>」が初めて報告

**Prof. J. B. Goodenough  
University of Texas**





リチウムイオン二次電池の原型は  
PA/LiCoO<sub>2</sub> 二次電池であった  
1983年

## PA負極を断念した理由

- 意外な盲点：真密度の低さ  $\rho = 1.2\text{g/cm}^3$   
(軽量化にはなるが小型化にはならない)
- 化学的な不安定性

## カーボン負極へのきっかけ

- VGCF (Vapor Phase Grown Carbon Fiber) の  
サンプル入手 (旭化成 繊維開発研究所 延岡)
- 当時市販のカーボンに比べ遥かに優れた特性

カーボン／ $\text{LiCoO}_2$ 系新型二次電池の完成



リチウムイオン二次電池の誕生 1985年

<各国での特許番号>

JP 1,989,293    USP 4,668,595    EP 205,856B2

JP 2,668,678

# 開発経緯と事業化構想

AsahiKASEI

1981	ポリアセチレン(PA)の研究開始			
82	PAの二次電池負極への応用		基礎研究	
83	PA/LiCoO <sub>2</sub>	研究の端緒から 原型完成まで		
84				
85	カーボン/LiCoO <sub>2</sub>			
86			開発研究	
87		決め手になった 野外実験		
88				
89				
1990		事業化研究		
91			事業研究	
92	事業化とライセンス事業構築			

# 非水系二次電池の商品化が困難だった理由

AsahiKASEI

	水系電解液	非水系有機電解液 (高エネルギー・高容量・高電圧)
一次電池 (再使用不可)	マンガン乾電池 アルカリ乾電池	金属リチウム一次電池
二次電池 (充電再使用)	鉛電池 ニッカド電池 ニッケル水素電池	安全性の確保

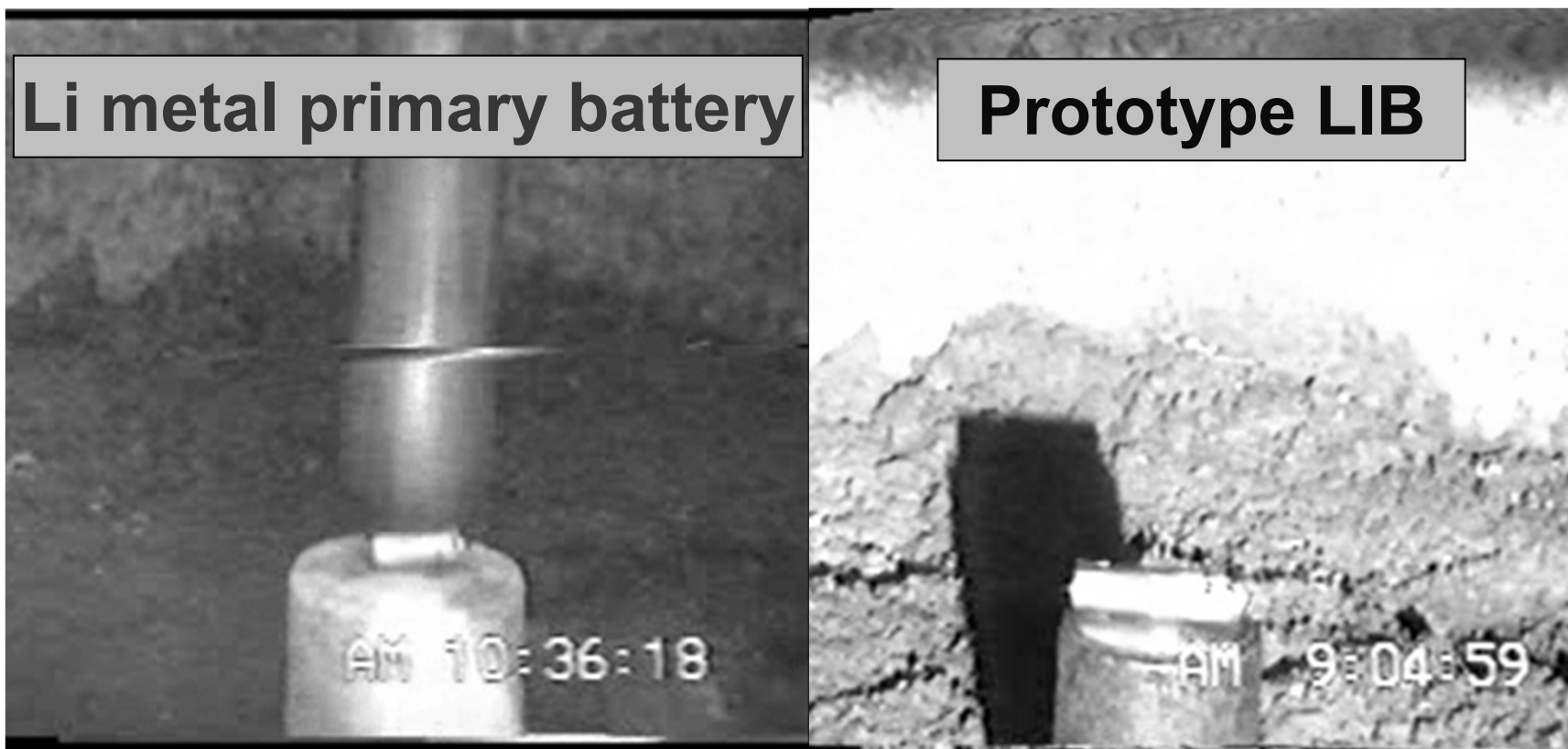


# 決め手になった野外実験（安全性）

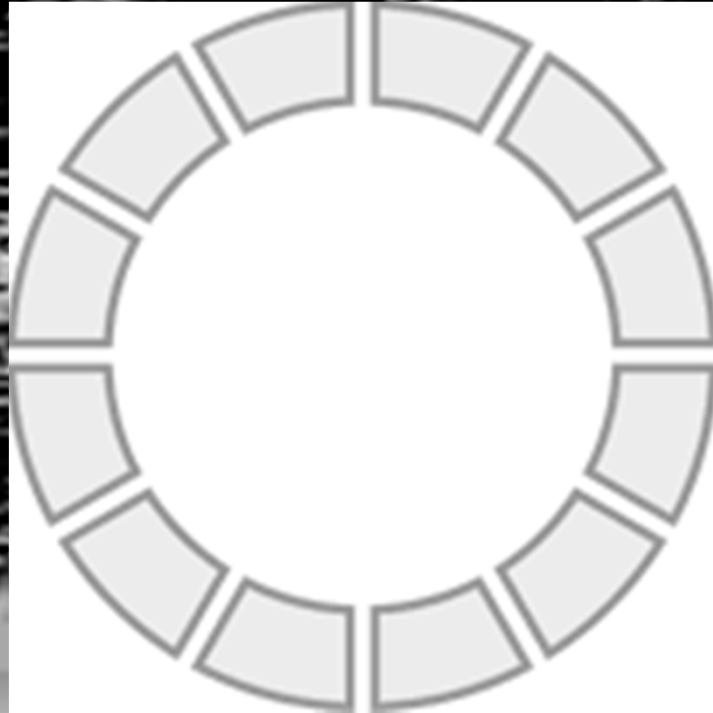
AsahiKASEI

1986年夏 宮崎県延岡市（化薬工場）

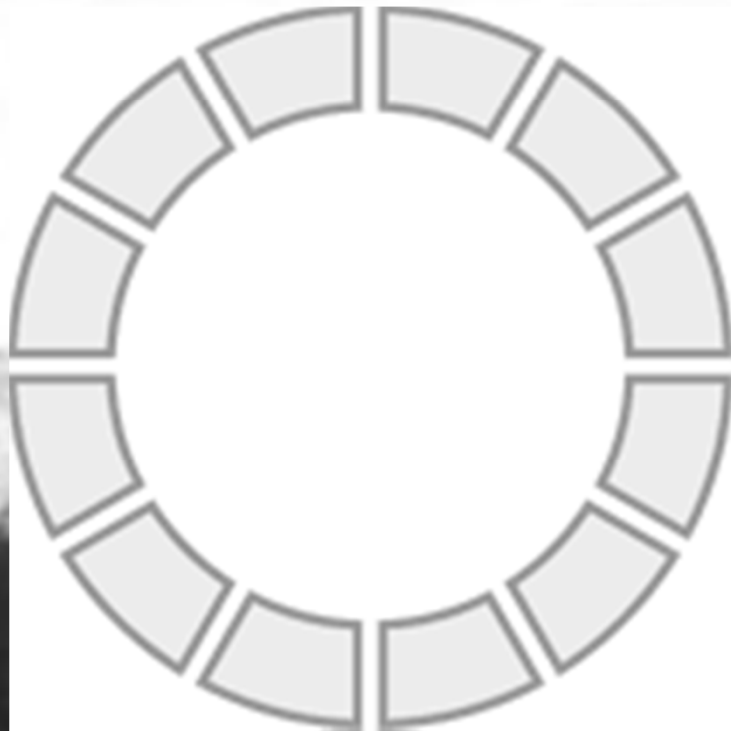
○ならば開発促進 ×ならば開発中止



# Li metal primary battery



# Prototype LIB



AM 9:04:59

1. リチウムイオン電池の開発経緯
2. リチウムイオン電池の成長経緯
3. リチウムイオン電池から見た世界の変革  
ーIT変革で起こったことと  
ET変革で起こることー

## ＜一般的特徴＞

1. 小型・軽量
2. 高起電力(4V以上)
3. 大電流放電可能
4. Cd、鉛等の有害物非含有

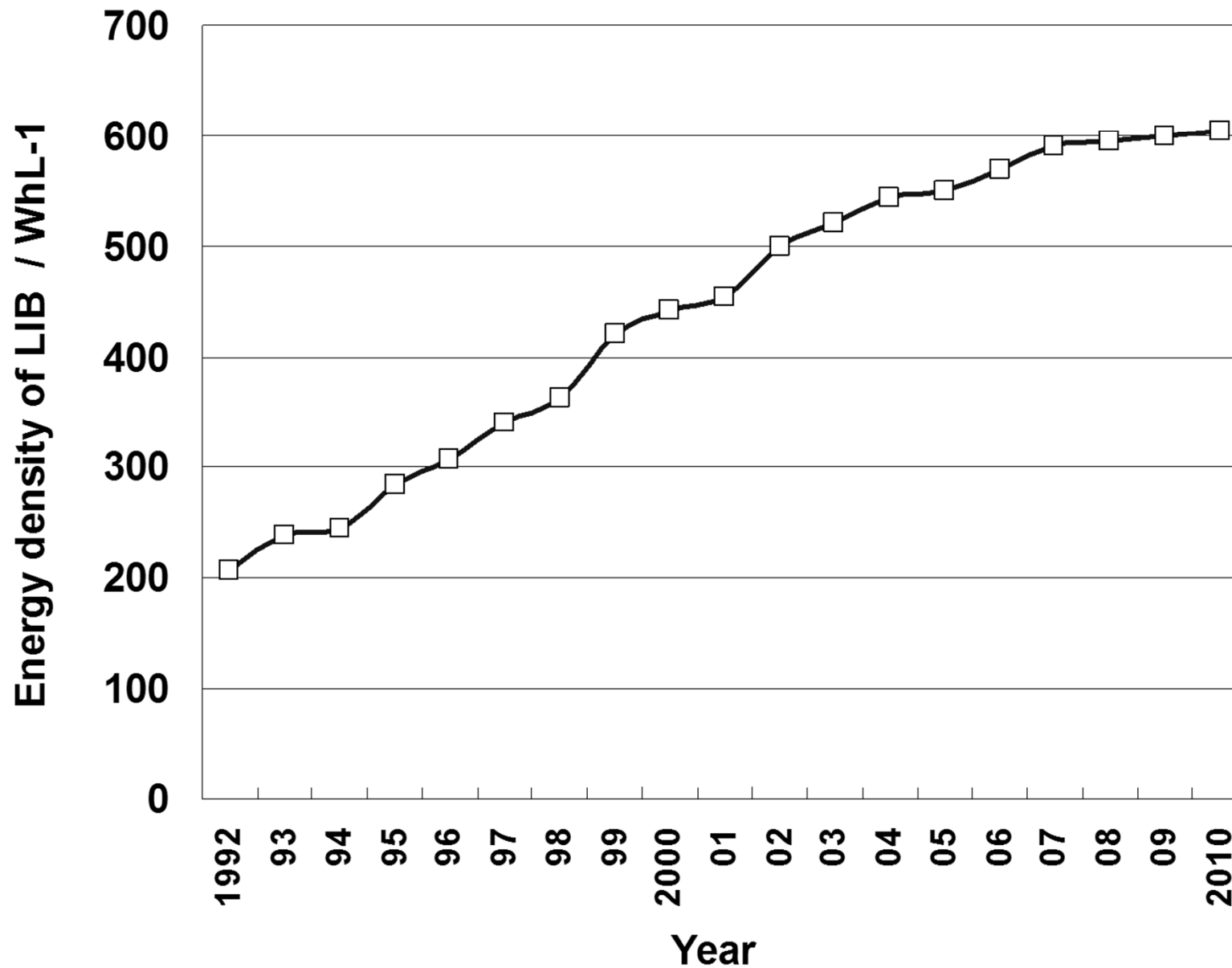


## ＜新エネルギーシステムから見た特徴＞

1. 高充放電効率 電流効率 100% 電力効率 ~95%
2. 低自己放電率 室温 1ヶ月放置 7-8%

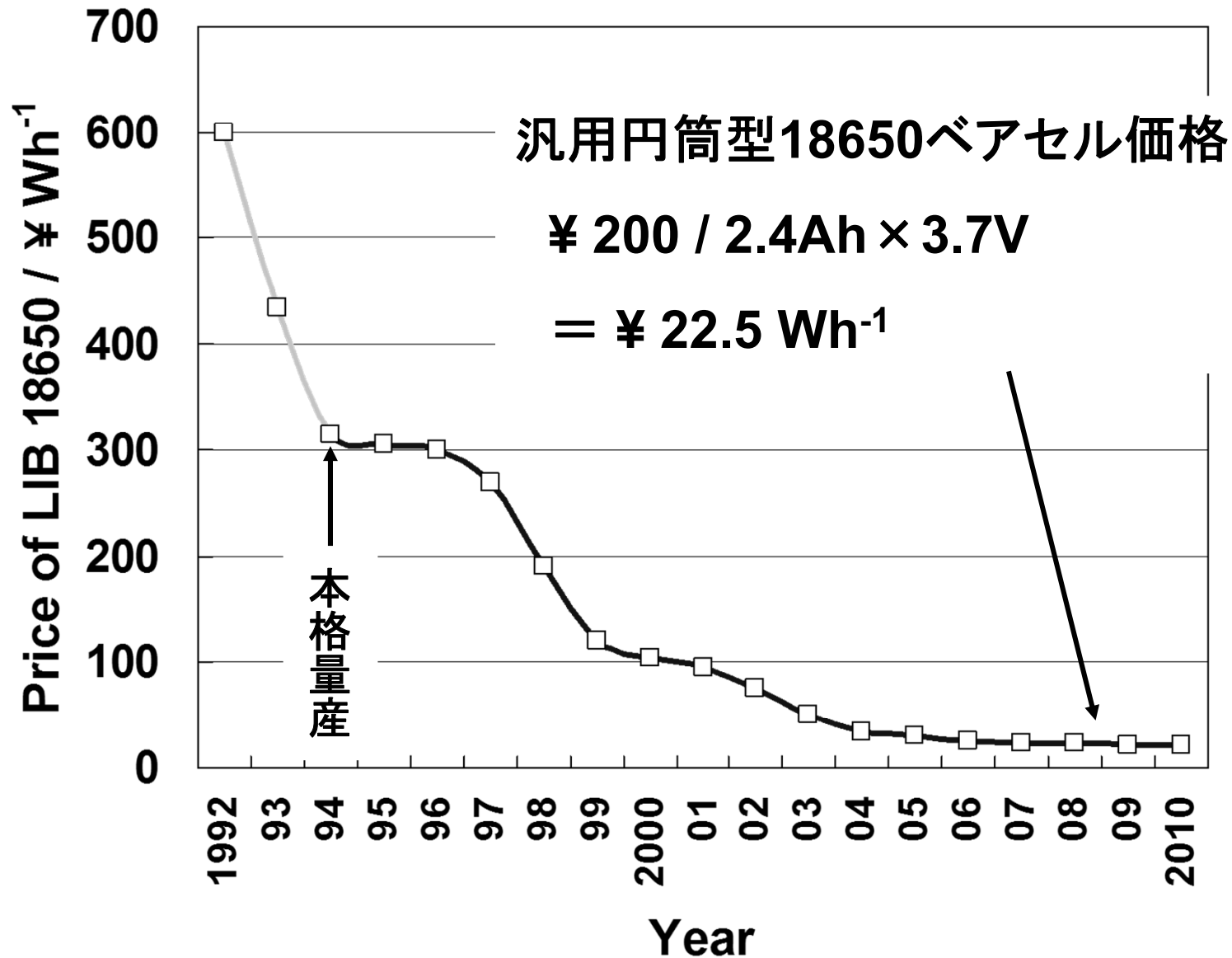
# エネルギー密度向上の推移 (円筒型 18650 サイズ)

AsahiKASEI



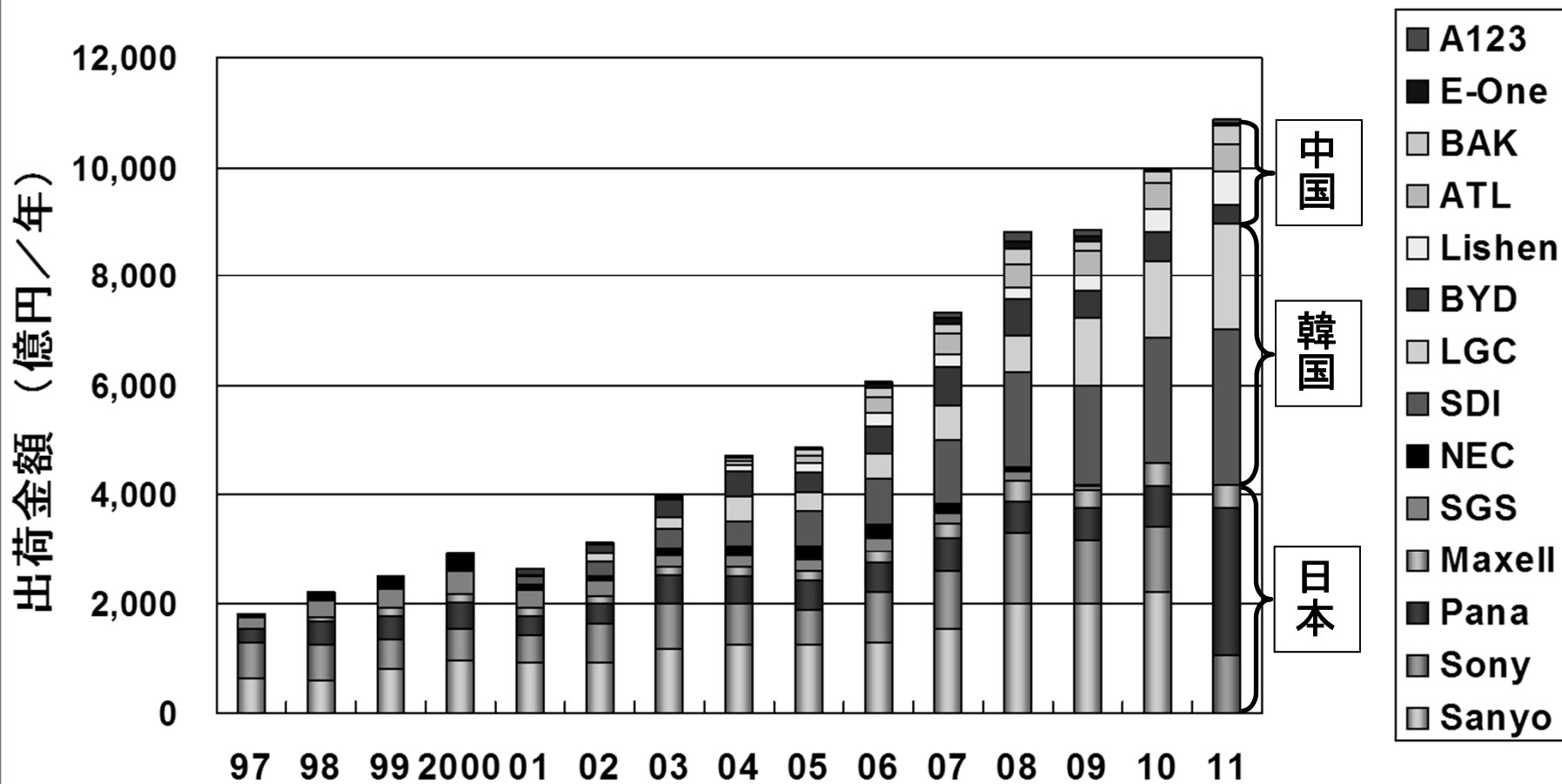
# コストダウンの推移 (¥ Wh<sup>-1</sup> 円筒型 18650 サイズ)

AsahiKASEI



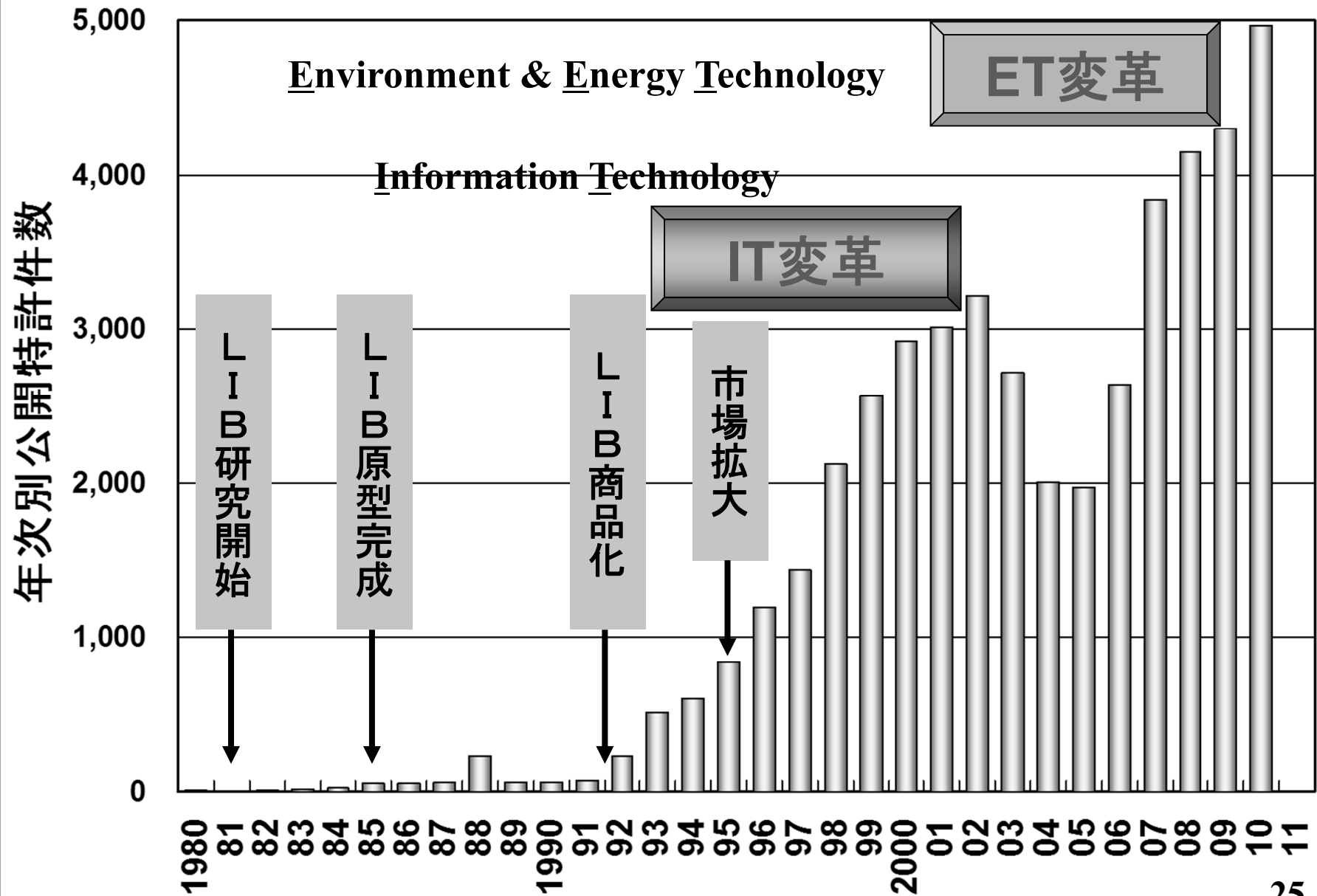
# LIB市場の推移（世界市場）

AsahiKASEI





# IT変革で起こったこととET変革で起こること



1. リチウムイオン電池の開発経緯
2. リチウムイオン電池の成長経緯
3. リチウムイオン電池から見た世界の変革

ーIT変革で起こったことと

ET変革で起こることー

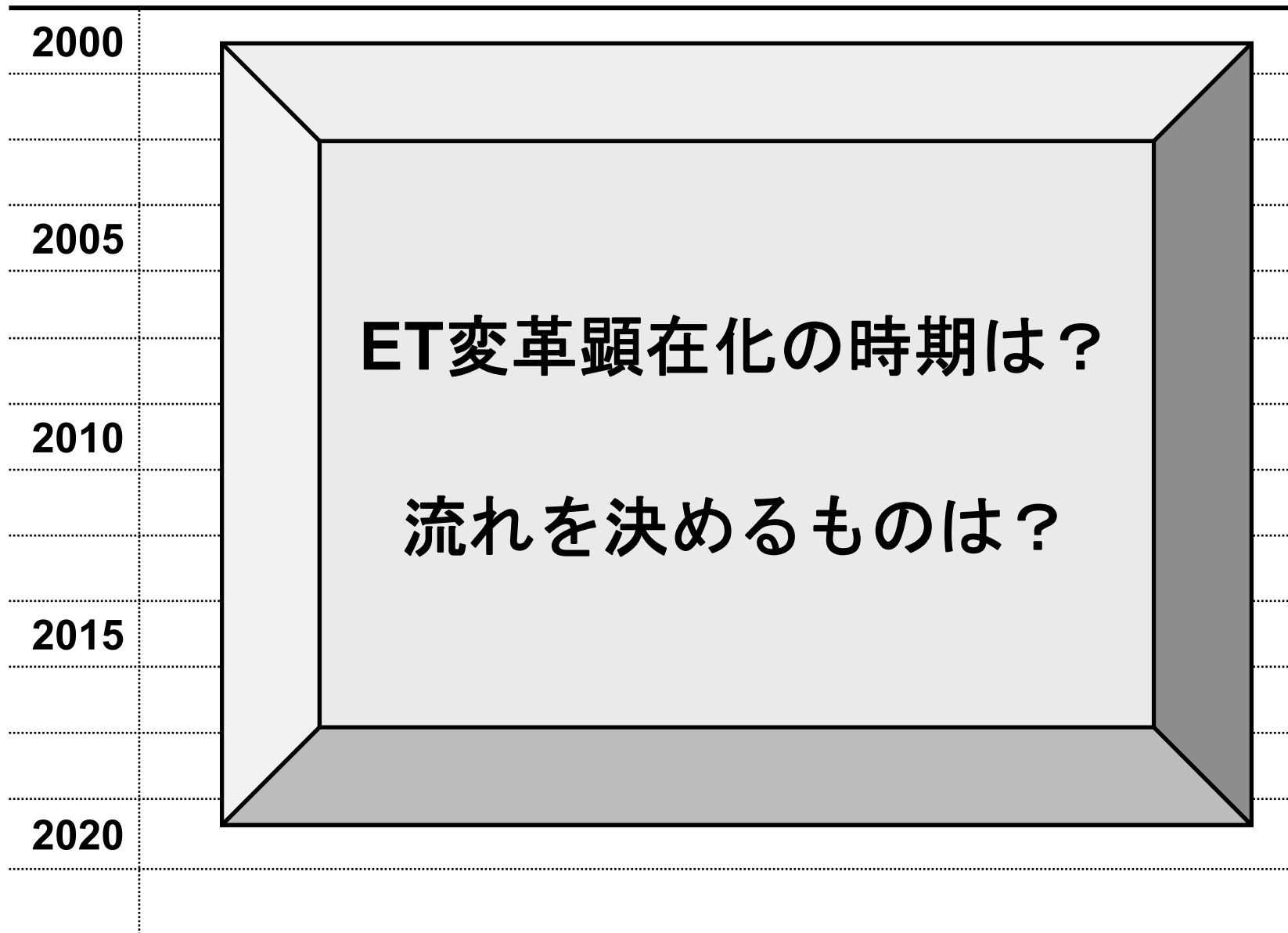
# LIB市場とIT変革の系譜

AsahiKASEI

1981	研究開始	悪魔の川 (Devil' River)
1985	LIB原型完成	死の谷 (Valley of Death)
1991-92	上市 (船出)	ダーウィンの海 (Darwinian Sea)
1995	LIB市場始動 (IT変革の始動)	
2000		LIB市場 (IT変革) 顕在化の時期は？ 流れを決めたものは？

# これから起こるET変革の系譜は？

AsahiKASEI



# LIB市場とIT変革の系譜

AsahiKASEI

1981	研究開始	悪魔の川 (River of Devil)
1985	LIB原型完成	死の谷 (Valley of Death)
1991-92	上市 (船出)	ダーウィンの海 (Darwinian Sea)
1995	LIB市場始動 (IT変革の始動)	流れを決めたものは?
2000	LIB市場顕在化=IT市場顕在化	

# LIBがIT用電源の主流製品になった決定的理由

AsahiKASEI

- ・ 小型・軽量化の実現？
- ・ コストダウンの実現？
- ・ 信頼性？
- ・ 供給安定性？
- ・ 市場実績？
- ・ 外的要因？

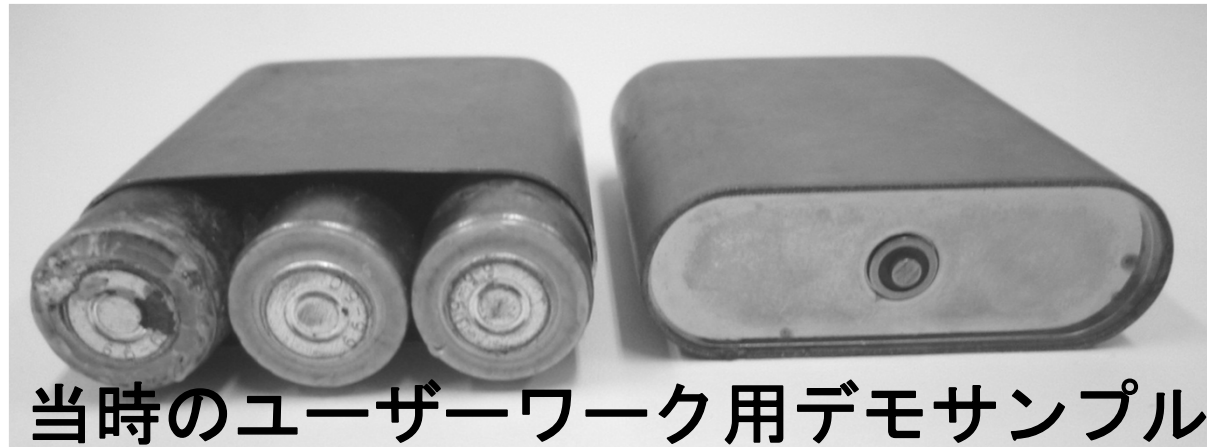
No...  
それは  
結果です

Yes 外的要因とは？

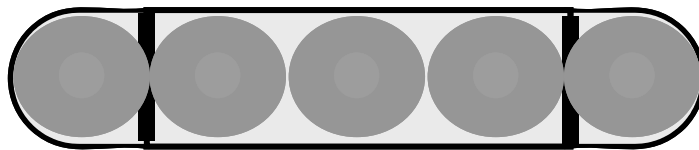
# (Ni-Cd), Ni-MHからLIBに流れを決めた 外的要因

AsahiKASEI

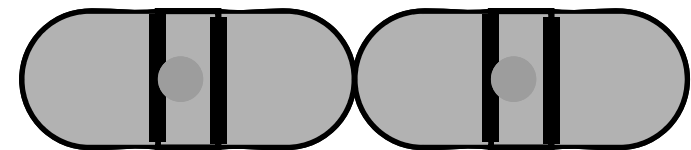
## 1990年- 第1世代携帯電話 (アナログ)



当時のユーザーワーク用デモサンプル



Ni-MH5本



LIB2本

第1世代携帯電話 (アナログ) IC駆動電圧=5.5V

1990年-

第1世代携帯電話（アナログ）

IC駆動電圧 5.5V → Ni-MH 5本 or LIB2本

1995年- IT用LIB市場の始動

第2世代携帯電話（デジタル化）

IC駆動電圧 3V → Ni-MH 3本 or LIB1本

「3V駆動化がLIBの1本使いを実現

これが決定打」

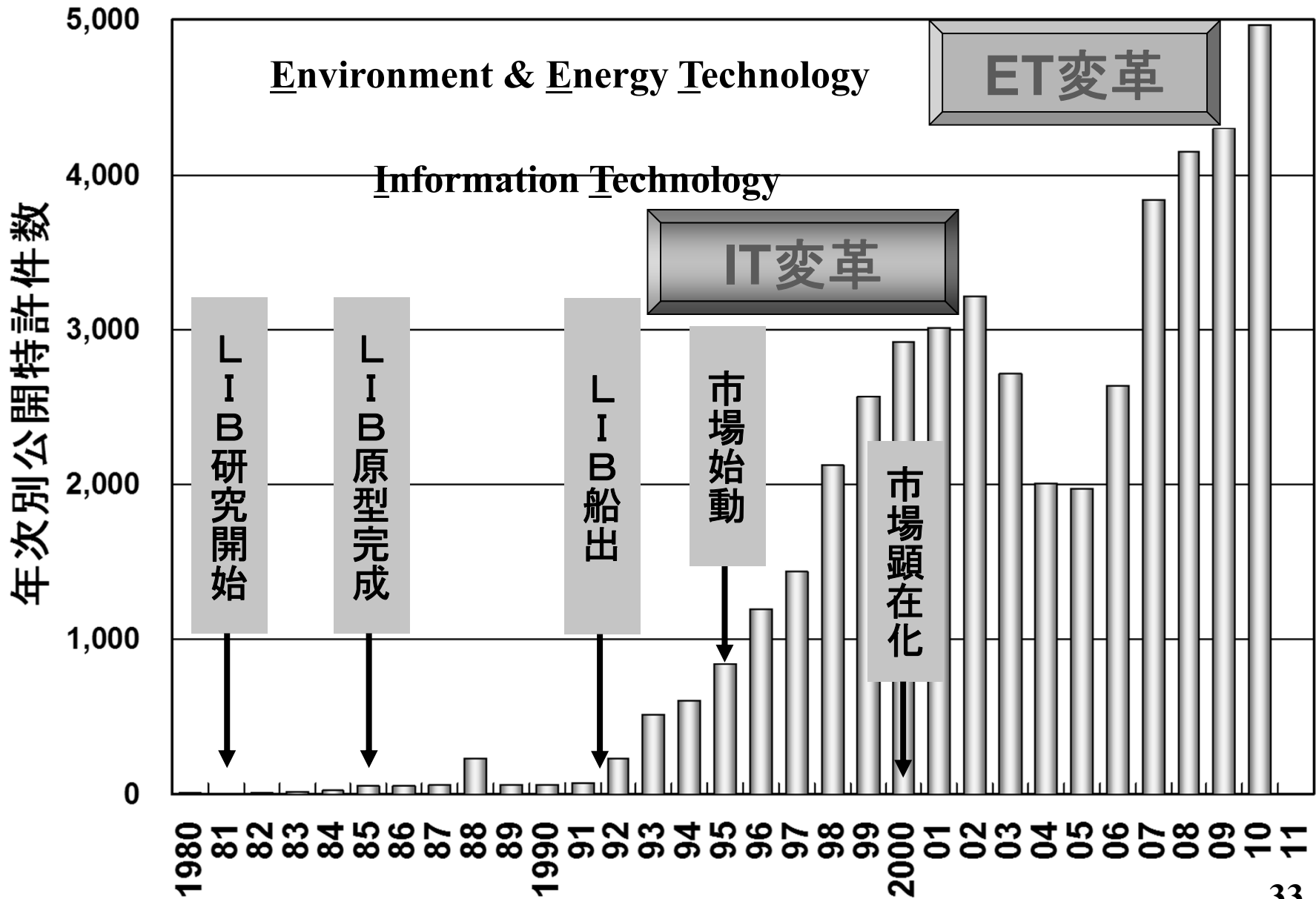
2000年- IT用LIB市場の顕在化

第3世代携帯電話（IMT-2000）



# LIB市場とIT変革の系譜のまとめ

AsahiKASEI



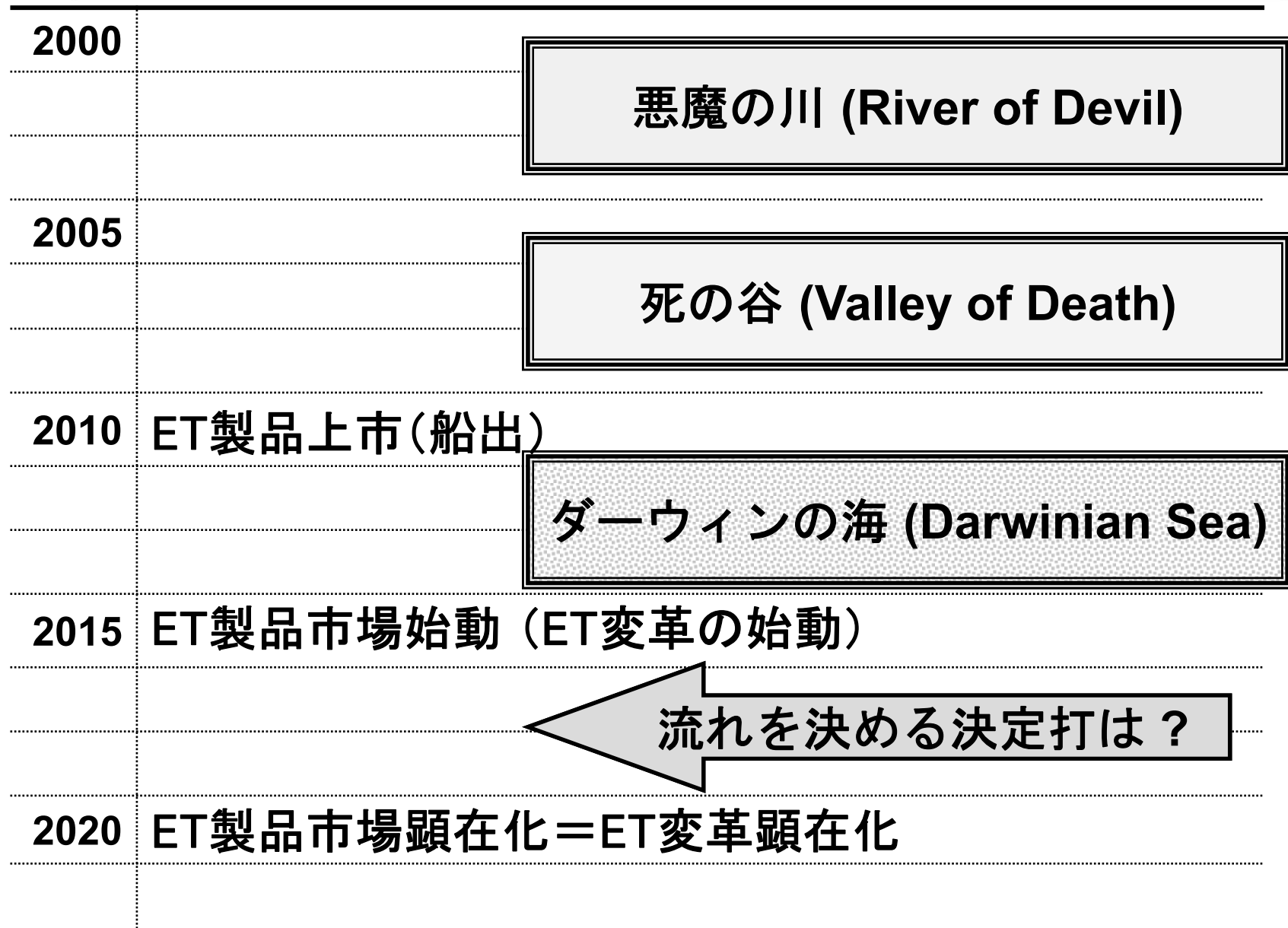
# LIB市場とIT変革の系譜

AsahiKASEI

1981	研究開始	悪魔の川 (River of Devil)
1985	LIB原型完成	死の谷 (Valley of Death)
1991-92	上市 (船出)	ダーウィンの海 (Darwinian Sea)
1995	LIB市場始動 (IT変革の始動)	決定打はLIB1本使い
2000	LIB市場顕在化=IT市場顕在化	

# これから起こるET変革の系譜は？

AsahiKASEI



## ET製品の流れを決める外的決定打は？ AsahiKASEI

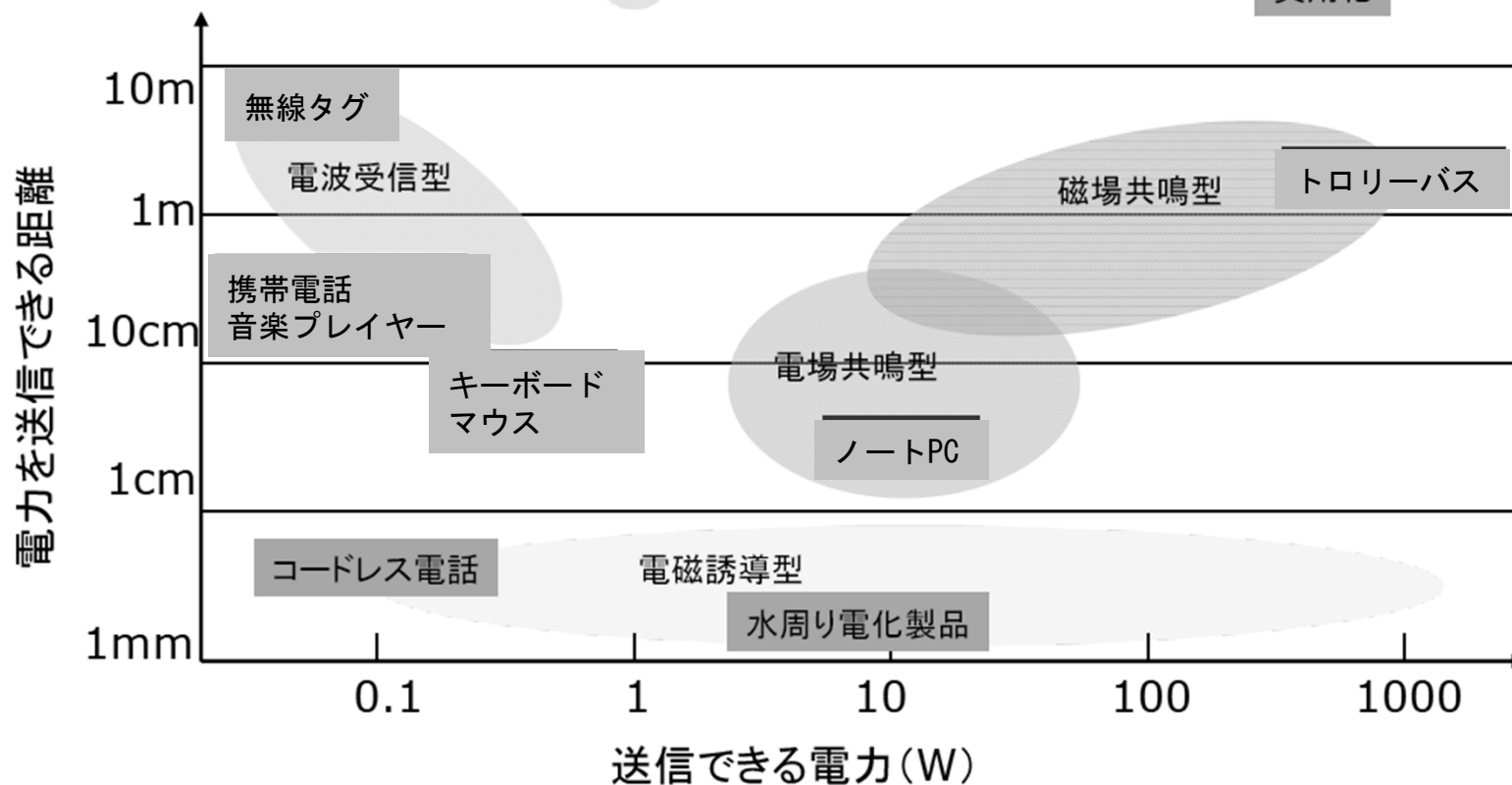
- 起電力が数百Vの電池？
  - バイポーラ電極技術
- 移動体ワイヤレス給電技術？
  - 電磁誘導型、電場・磁場共鳴型、電波受信型
- その他多数

# ワイヤレス給電技術、特に移動体ワイヤレス給電

AsahiKASEI

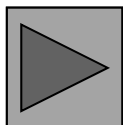
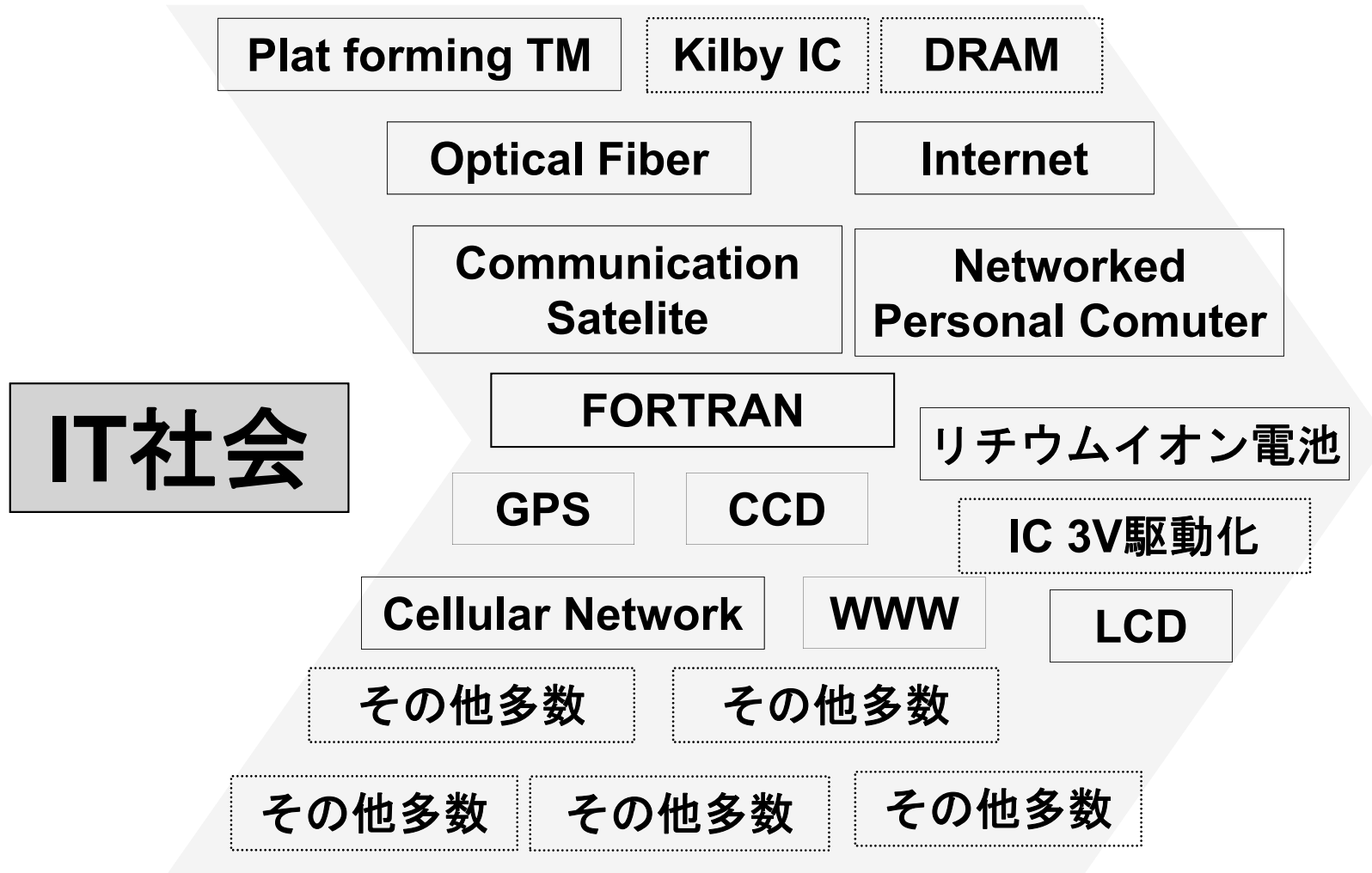
## 3種類のワイヤレス給電方法の比較

- 電磁誘導型 (誘)
- 電場・磁場共鳴型 (電) (磁)
- 電波受信型 (波)



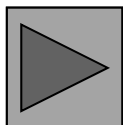
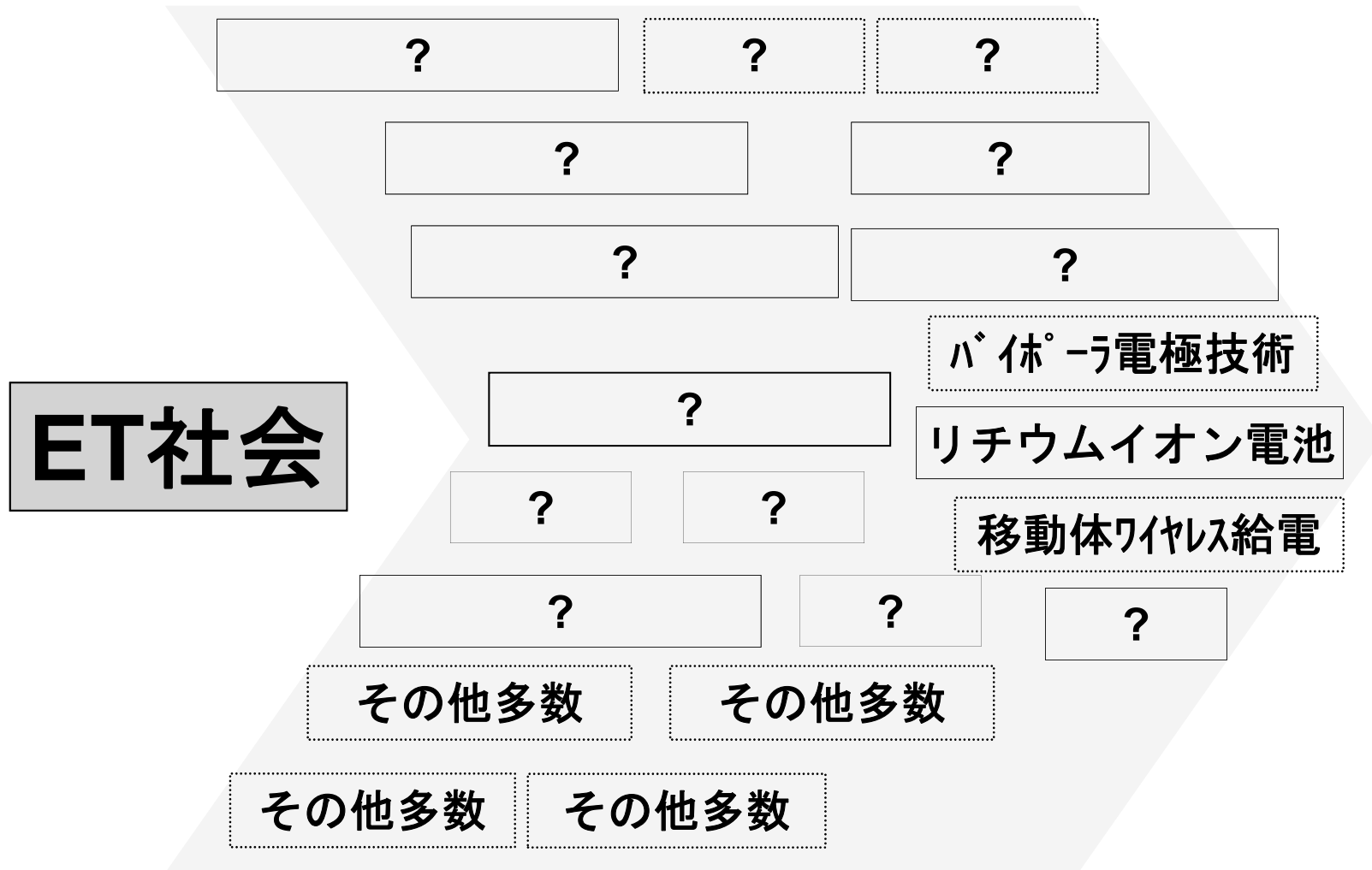
# IT変革を起こした要素技術

AsahiKASEI



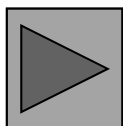
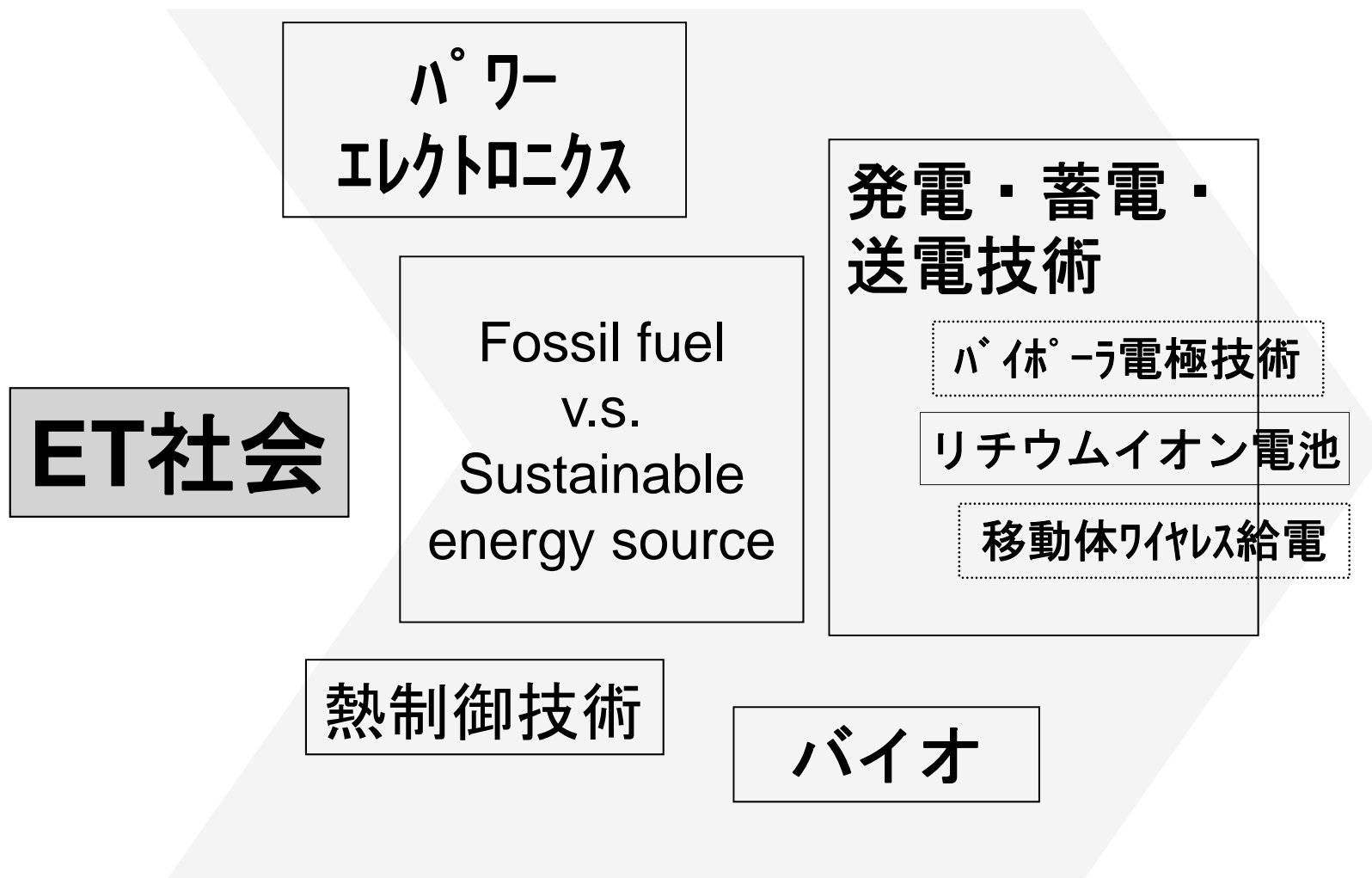
<http://www.nae.edu/Projects/Awards/DraperPrize/DraperWinners.aspx>

# ET変革を起こすであろう要素技術（2020年-） AsahiKASEI



<http://www.nae.edu/Projects/Awards/DraperPrize/DraperWinners.aspx>

# ET変革を起こすであろう技術分野（2020年-） AsahiKASEI





- LIBの研究は導電性高分子ポリアセチレンから始まった
- 非水系二次電池の商品化を妨げていた安全性をクリアしたことでLIBの商品化成功
- 1995年に始まったIT変革によりLIBの市場が始動
- 2000年にLIB市場が顕在化し、LIBを使うことが当たり前になった
- 流れを決めた決定打はIC駆動電圧3Vに伴うLIB1本使い
- LIBの業界にET変革という第二の波が押し寄せている
- 2010年がET製品の船出の時に、現在ダーウィンの海に漂っている
- ET製品市場の始動は2015年、ET製品を当たり前のように使う市場顕在化の時期は2020年