

日本の蓄電池製造装置産業の 可能性と課題について

～ 工作機械、半導体製造装置との比較を踏まえて～

2024年8月23日

日鉄テクノロジー株式会社
産業・資源循環技術部

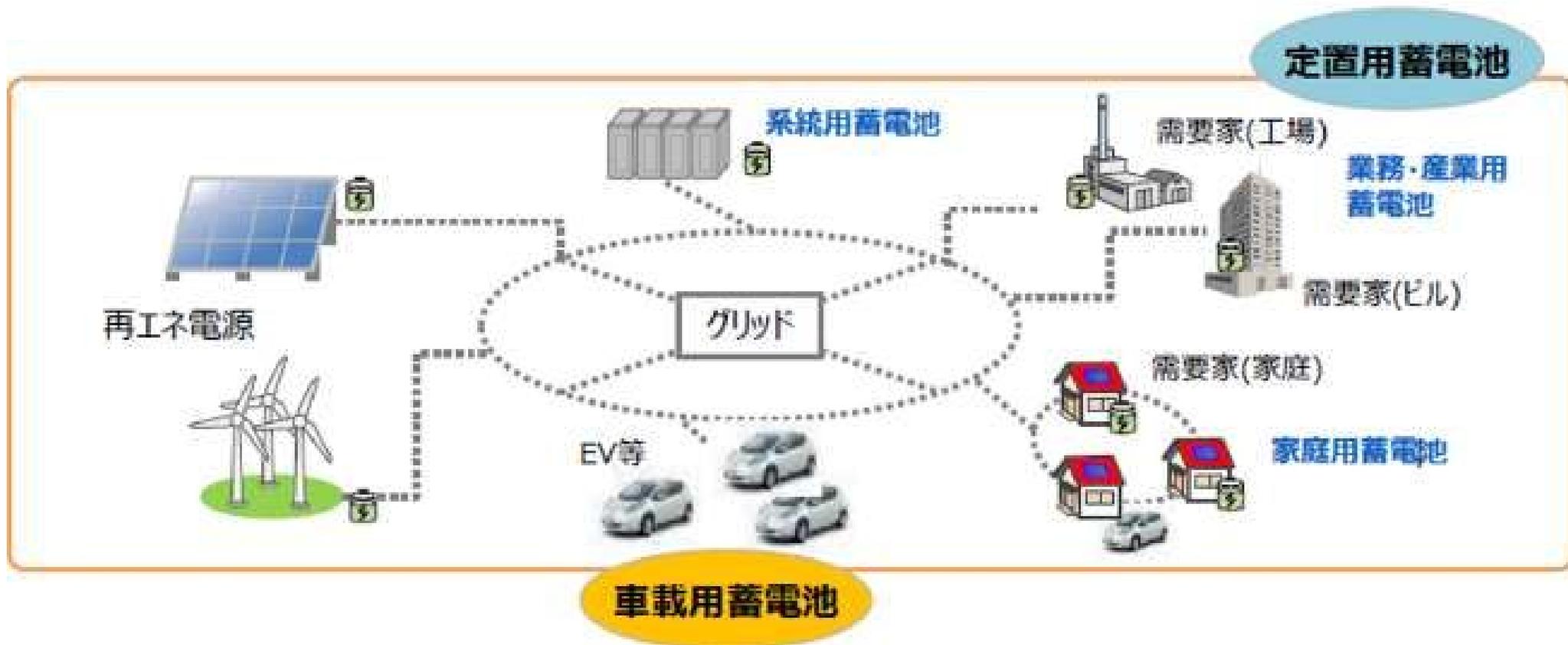
調査第一室 室長 大内邦彦

内容

- 1 . 蓄電池製造装置に対する国の問題意識
- 2 . 蓄電池製造装置とは
- 3 . 蓄電池製造装置業界の基本構造
- 4 . 中韓企業との比較
- 5 . 工作機械、半導体製造装置との比較
- 6 . 工作機械、半導体製造装置の歴史から何を学ぶか

- 1 . 蓄電池製造装置に対する国の問題意識
- 2 . 蓄電池製造装置とは
- 3 . 蓄電池製造装置業界の基本構造
- 4 . 中韓企業との比較
- 5 . 工作機械、半導体製造装置との比較
- 6 . 工作機械、半導体製造装置の歴史から何を学ぶか

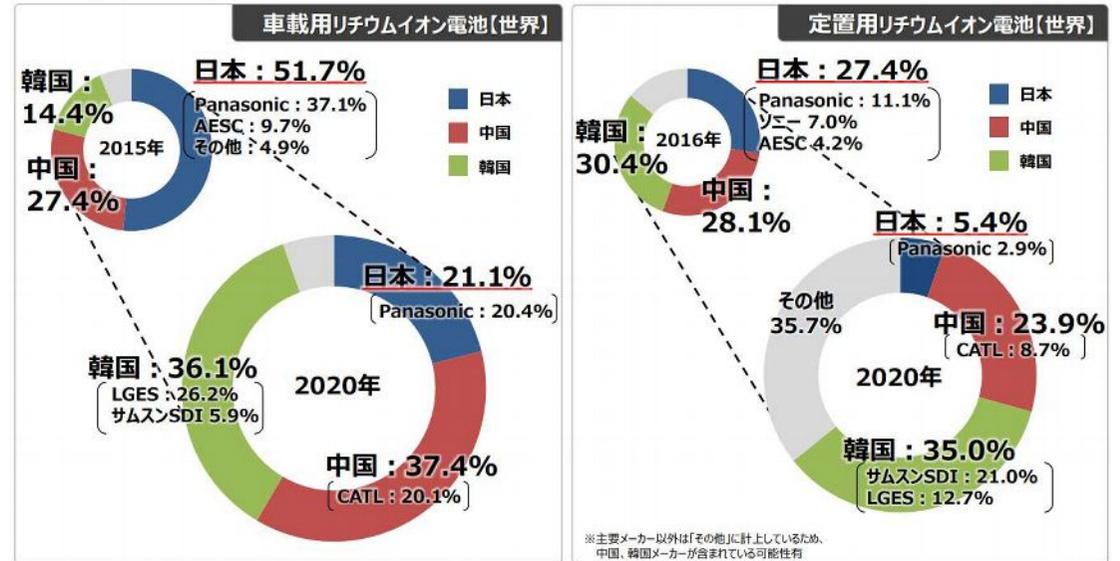
蓄電池は2050年カーボンニュートラル実現のカギ



出所: 経済産業省

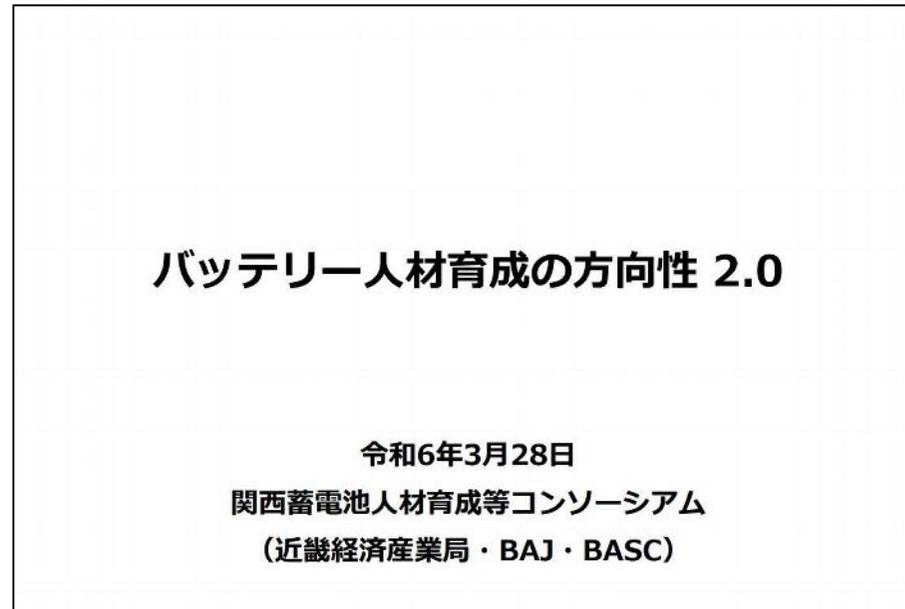
蓄電池の市場は拡大するも中韓勢がシェア拡大

蓄電池の世界市場の推移



出所: 経済産業省

経済産業省は蓄電池産業の競争力強化に向けて施策強化

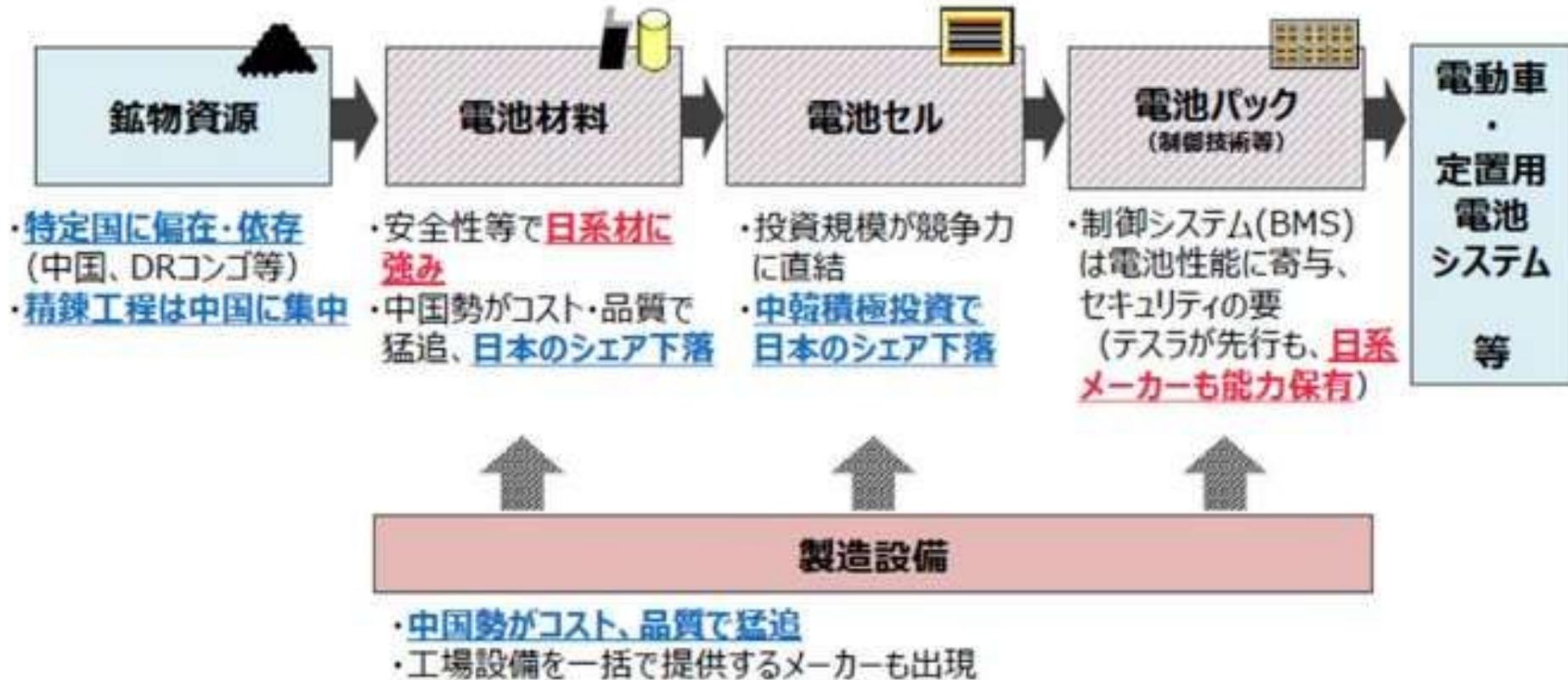


目標：2030年での製造能力確保
国内 150GWh
グローバル600GWh

**目標：サプライチェーン全体で
約3万人の人材を育成・確保**
**取組：関西蓄電池人材育成等コンソーシアム
設立**
**産官学のアクションプラン
策定**
令和6年度より活動本格化

製造設備に対する国の認識

<蓄電池サプライチェーンの例>

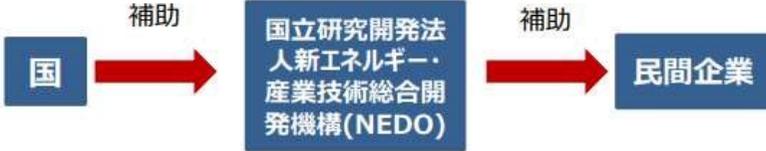


出所：経済産業省

蓄電池・部素材”等”への支援

蓄電池の製造サプライチェーン強靱化支援事業 令和5年度補正予算額 2,658億円

商務情報政策局 電池産業室
製造産業局 自動車課
素材産業課
金属課

事業の内容	事業スキーム（対象者、対象行為、補助率等）
<p>事業目的</p> <p>蓄電池は、自動車等のモビリティの電動化や、再生可能エネルギーの主力電源化に向けた電力の需給調整への活用、5G通信基地局等のバックアップ電源として、今後の電化・デジタル化社会の基盤維持に不可欠。</p> <p>このような背景を踏まえ、本事業では、蓄電池・部素材等の設備投資及び技術開発に対する支援を行うことで、国内における中小企業を含めた蓄電池の製造サプライチェーンの強靱化を進めることを目的とする。</p> <p>事業概要</p> <p>我が国において、蓄電池の製造サプライチェーンを強化し、安定供給の確保を図るため、以下の取組を行う。</p> <p>(1) 蓄電池・部素材等の設備投資支援</p> <p>蓄電池・部素材等の国内製造基盤強化に向けて、大規模な製造基盤や、現に国内で生産が限定的な部素材の製造基盤、固有の技術を用いた製造基盤等の整備を行う事業者に対して、補助を実施する。</p> <p>(2) 蓄電池・部素材等の技術開発支援</p> <p>蓄電池・部素材等について、優位性・不可欠性を確立するための技術や、製造工程の脱炭素化を図るための技術、製造工程のデータ管理や生産性向上を図るためのデジタル技術等の開発を行う事業者に対して、補助を実施する。</p>	<p>事業スキーム（対象者、対象行為、補助率等）</p>  <pre>graph LR; A[国] -- 補助 --> B[国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)]; B -- 補助 --> C[民間企業];</pre> <p>成果目標</p> <p>「蓄電池産業戦略」（2022年8月31日）に基づき、遅くとも2030年までに、蓄電池・材料の国内製造基盤150GWh/年の確立を目指す。</p>

出所：経済産業省

令和6年度から製造装置に対する支援が本格化

経済産業省「蓄電池に係る安定供給確保を図るための取組方針」（抜粋）

令和5年1月19日制定、令和6年3月26日改定

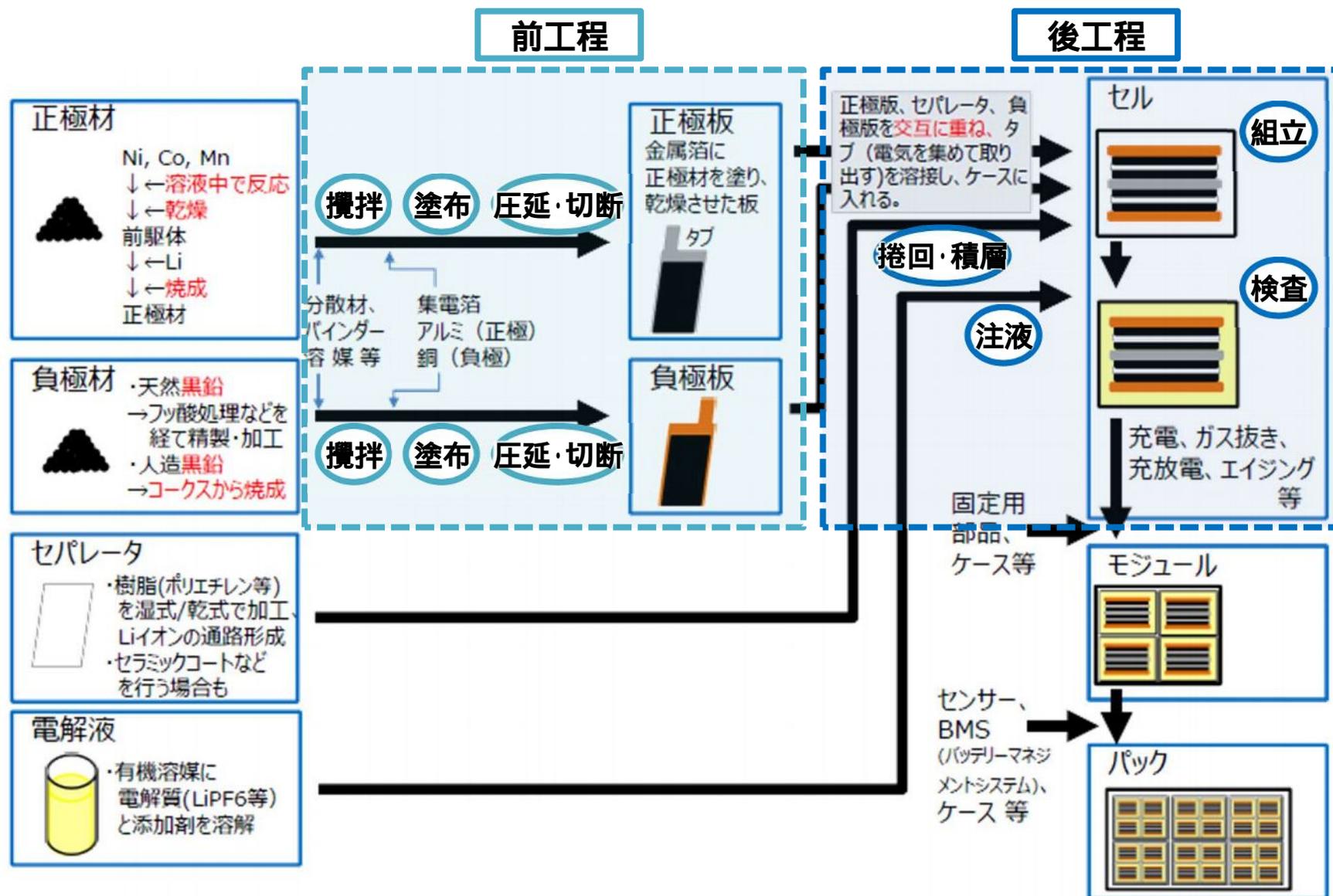
「蓄電池に係る安定供給確保を図るための取組方針」の一部改正に関する新旧対照表（下線箇所は改正部分）

○「蓄電池に係る安定供給確保を図るための取組方針」（令和5年1月19日）

改正案	現行
<p>第1章 第1節</p> <p>(1) (略)</p> <p>(2) 外部依存性</p> <p>①供給先の動向及び供給途絶の影響に関する認識</p> <p>ア (略)</p> <p>イ (略)</p> <p><u>ウ 蓄電池製造装置</u></p> <p><u>蓄電池市場の拡大に伴って、蓄電池の生産に必要な装置（以下「蓄電池製造装置」という。）の市場も拡大が続いているところ。一方で、日本の蓄電池製造装置メーカーは高い技術力を有する企業も多いが、中小企業を中心であるため、生産規模の拡大のスピードには限界がある。このため、蓄電池製造装置の生産拡大がない場合、国内の蓄電池製造基盤の拡大のボトルネックとなる可能性がある。この場合には、蓄電池製造装置を他国から調達することになるが、蓄電池製造装置を製造している国は限られているため、特定国への依存が強まり、供給途絶のおそれを抱えることになる。</u></p> <p>② (略)</p> <p>③我が国及び諸外国・地域の政府及び民間の動向</p>	<p>第1章 第1節</p> <p>(1) (略)</p> <p>(2) 外部依存性</p> <p>①供給先の動向及び供給途絶の影響に関する認識</p> <p>ア (略)</p> <p>イ (略)</p> <p>② (略)</p> <p>③我が国及び諸外国・地域の政府及び民間の動向</p>

- 1 . 蓄電池製造装置に対する国の問題意識
- 2 . **蓄電池製造装置とは**
- 3 . 蓄電池製造装置業界の基本構造
- 4 . 中韓企業との比較
- 5 . 工作機械、半導体製造装置との比較
- 6 . 工作機械、半導体製造装置の歴史から何を学ぶか

LIBの製造工程



出所：経済産業省「蓄電池産業の現状と課題について」2021年11月18日に日鉄総研加筆

製造工程の概要

前工程

攪拌	固液混合の正極や負極の合剤（正極の場合はLiなどの金属酸化物+電導材+バインダー+溶剤、負極の場合は炭素粉末+電導剤+バインダー+溶剤）をミクロンレベルで均質に混練する。
----	---

塗布	固液混合の合剤を金型の役割を担う「ダイ」に通過させることによって均一な液膜をつくり、それを基材の集電体（正極の場合はアルミ箔、負極の場合は銅箔）に接触させることで塗布する。その後、溶剤を乾燥させ、集電体に合剤を塗膜として密着させる。
----	--

圧延・切断	集電体に塗布された合剤をプレスロールを用いて一定の厚みに薄くし、かつ高密度にする。その後、シート状の長尺ロールを繰り出し、任意の幅で縦方向に切断（スリット）すると同時に、再度ロール状に巻き取る。バリの発生が電池の不良の原因に繋がるため、バリレス加工が求められる。
-------	---

捲回・積層	正極材・負極材・セパレータフィルム2枚の合計4枚を重ねて巻き取る（捲回）または交互に積み重ねる（積層）。シートのテンションムラやシワ、異物の混入が電池の性能・歩留まりに大きく影響する。
-------	--

後工程

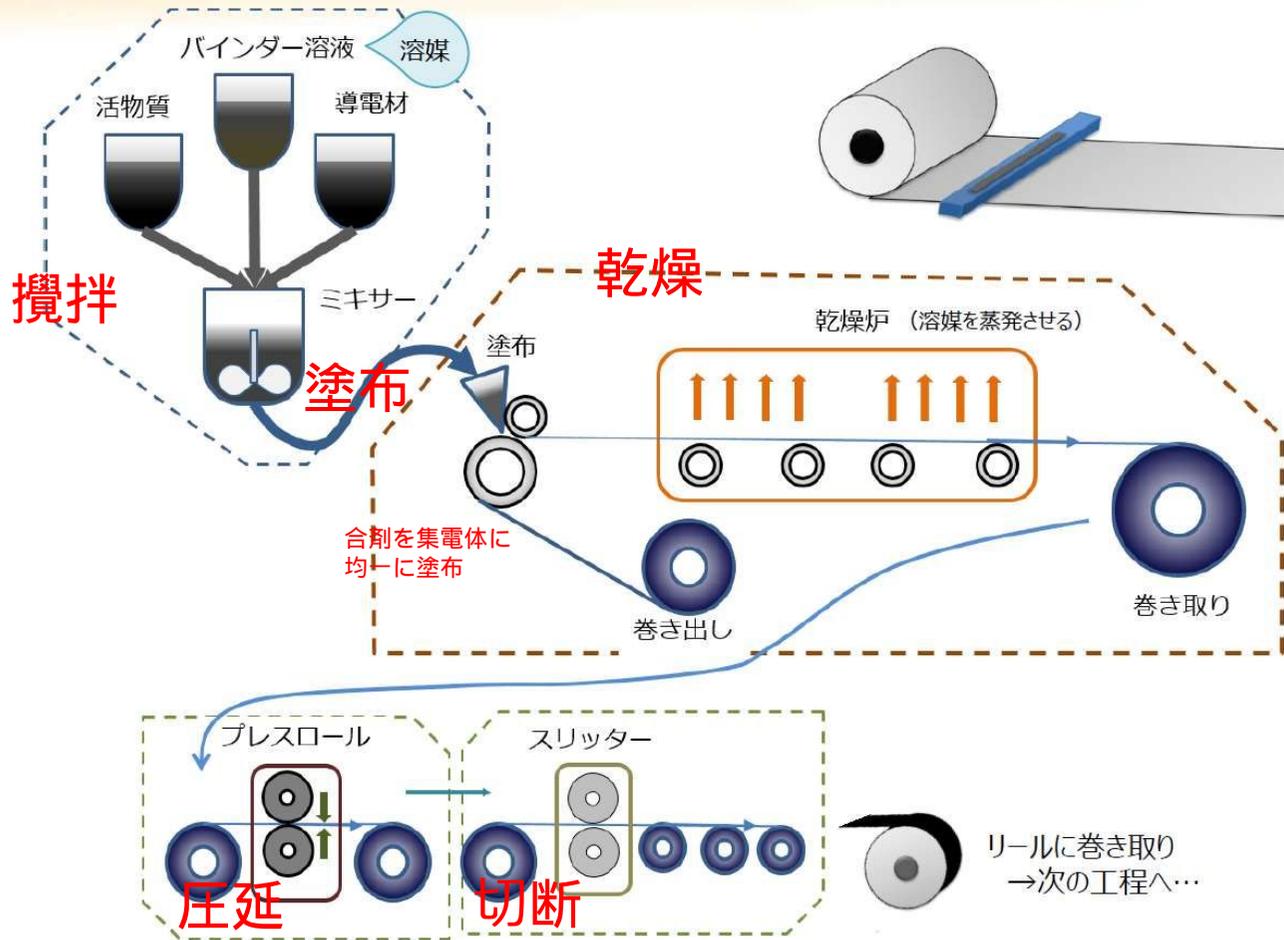
組立	集電体に集められた電気を外部に送り出す端子を溶接で取り付ける。集電体をセルケースに挿入した後に蓋を溶接する。 溶接技術に加えて、精密な位置決めを実現することなどが必要。
----	---

注液	電解液をセルに注入する。精密な位置決めのほか、真空、脱泡などに関する技術が必要。
----	--

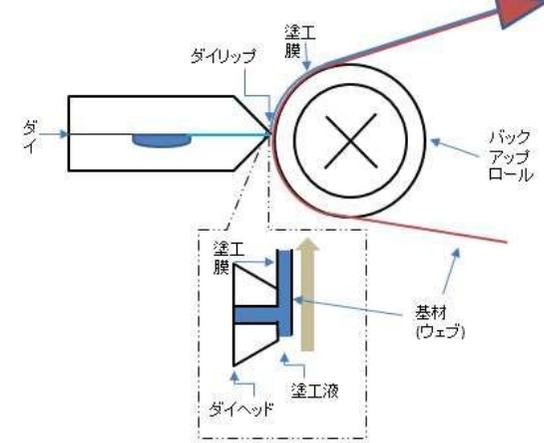
検査	電池にエネルギーを充填し活性化させた後、電池の容量や内部抵抗が規格通りか、電池内部に微小な短絡など無いか等を検査選別する。
----	---

（出所）製造装置メーカーHPなどから日鉄総研作成

前工程の装置の模式図



塗布装置 (ダイコート) の模式図



スリッターの模式図

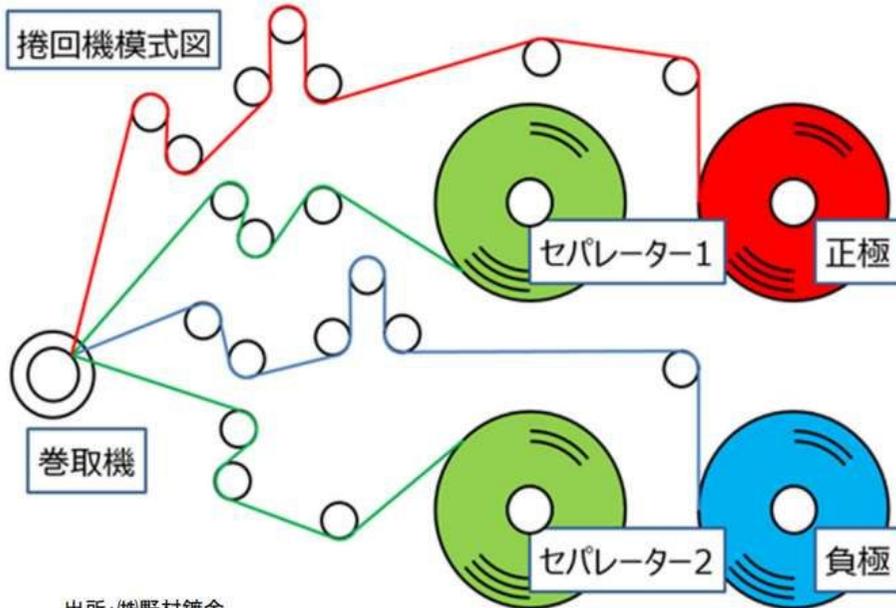


出所: 柳西村製作所
<https://www.ns-slitter.co.jp/about>

出所: (独) 製品評価技術基盤機構「リチウムイオン電池関連製品の製造と安全性」に日鉄総研加筆

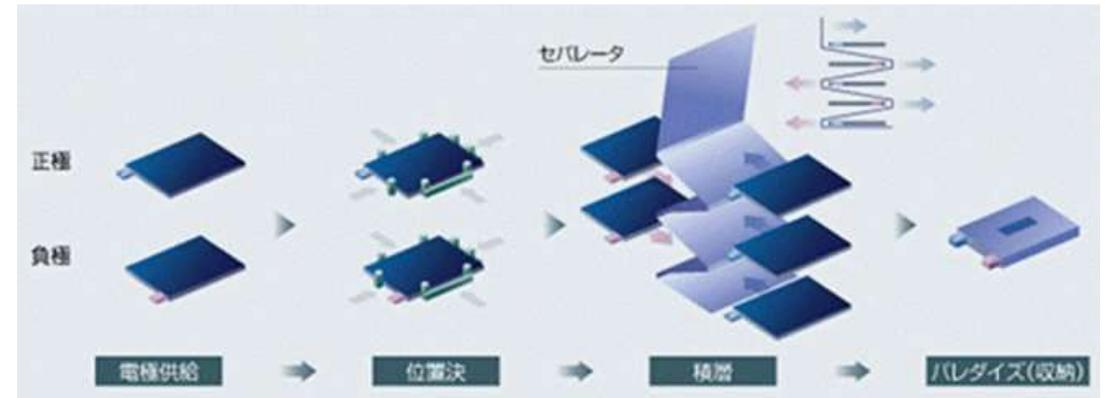
後工程の装置の模式図

捲回工程の模式図



出所: ㈱野村鍍金
<https://www.nomuraplating.com/product/%E6%8D%B2%E5%9B%9E%E6%A9%9F%E5%90%91%E3%81%91%E3%83%AD%E3%83%BC%E3%83%A9%E3%83%BC%E3%81%B8%E3%81%AE%E3%82%81%E3%81%A3%E3%81%8D/>

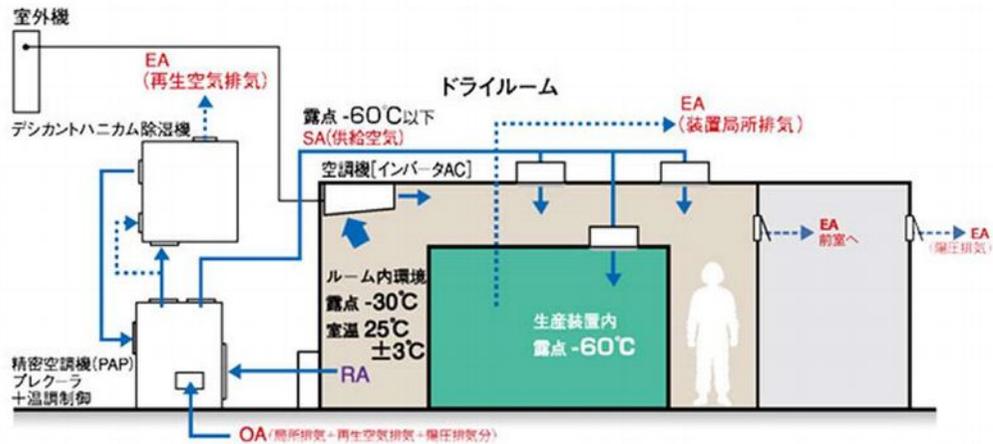
積層工程（葛折り式）の模式図



出所: 東レエンジニアリング(株)
https://www.toray-eng.co.jp/products/ecopro/eco_004.html

その他関連装置

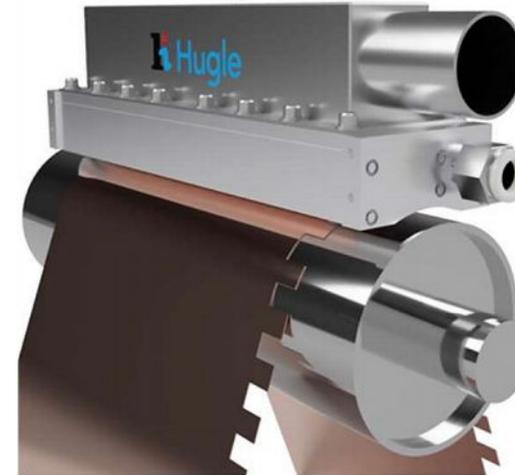
ドライルーム



出所：オリオン機械株式会社
<https://www.orionkikai.co.jp/product/pap/dryroom/>

水分はリチウムイオン電池の劣化に大きく影響するため、
製造工程には厳しい低湿環境が必要

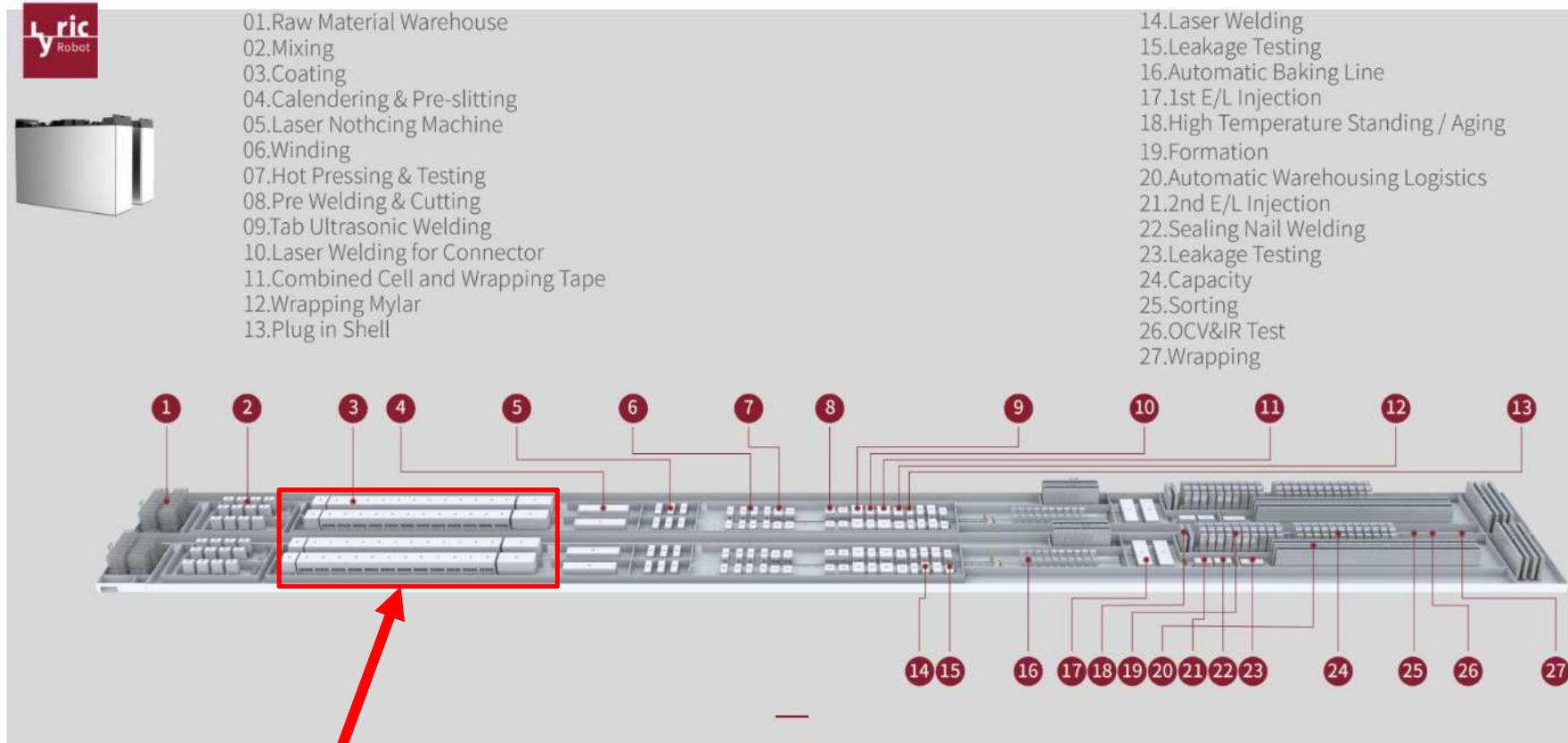
除塵装置



出所：ヒューグルエレクトロニクス株式会社
<https://hugle.co.jp/products/cleaner/electrode-cleaning>

コンタミは電池の発火事故や性能低下の要因となる
高性能で安全性の高い電池材料の量産化が急がれる中、
製作工程における異物（ダスト）付着をいかに減らす
かが重要な課題

EV用角型LIBの一貫製造ラインの例（中国利元亨/Liric Robot社カタログより）



<https://en.lyric-robot.com/solutiondetail-5-2-61-1.html>



Double-layer high-speed wide coating machine

Equipment size 89000*7000*7600 (customizable)

<https://en.lyric-robot.com/solutiondetail-5-2-55-1.html>

LIB製造装置の特徴

経済産業省「蓄電池に係る安定供給確保を図るための取組方針」(令和5年1月19日より)
現在、確立した蓄電池製造技術を有する国は、主に日本・中国・韓国である
蓄電池産業は巨額の先行投資が必要な、典型的な装置産業であり、売上高に対する先行投資額の割合が大きい。
EV等に搭載される蓄電池は、高いスペックが求められる上、製品モデルにより性能や形状等の設計が異なっており、数年にわたり蓄電池・蓄電池部素材メーカー等において摺り合わせや技術開発が必要となる。また、その製造ラインの設計等の生産技術の確立や市場投入に向けた安全性試験等にも1年以上の時間を要する。

LIB製造装置の特徴
主に日本・中国・韓国が製造
製造設備は多様な装置から構成 求められる要素技術は多様 (化学、機械、電気) 全工程に必要な投資は巨額
LIBメーカーと製造装置メーカーとの間で長期間にわたる摺り合わせや技術開発が必要 機械加工、溶接、位置決めなどの要素技術も高い精度が必要



出所：日鉄総研作成

日本のものづくり企業が得意分野としてきた領域

LIB製造装置の特性・要素技術

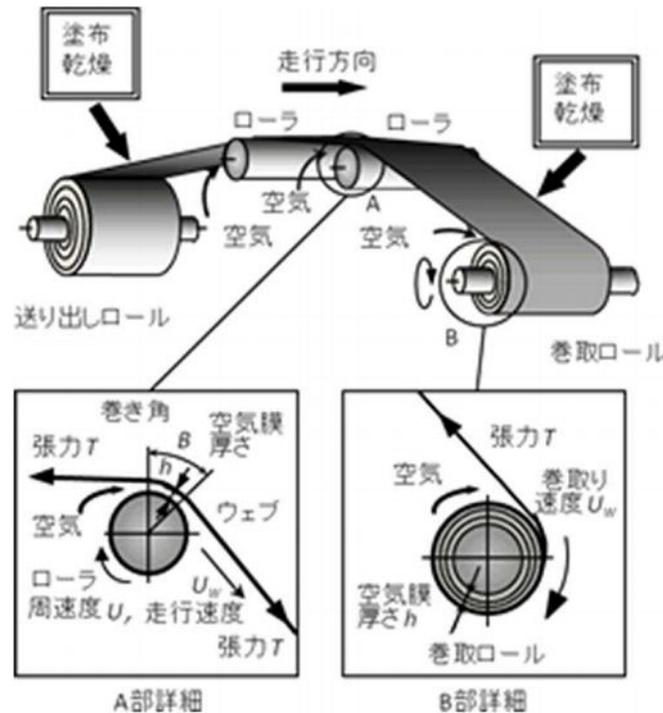
工程	特性・要素技術
攪拌	固練りによる固液攪拌、金属片コンタミ防止
塗布	スラリーの金属箔への均一塗布、高度なウェブハンドリング技術、電極の均一乾燥
圧延・切断	電極の均等圧延、シャーカットまたは押切金型による高精度な切断面の実現、高度なウェブハンドリング技術
捲回・積層	高度な設計技術、金属片コンタミ防止、高度なウェブハンドリング技術
組立	産業用ロボット等によるFA化、納品先で装置の安定稼働させるまでの調整に時間と手間が必要、レーザーによる高速溶接の実現
注液	高度な設計技術、設備を高速で作動させるカム技術
検査	高精度に電流を制御する電源技術、蓄電池の多様な規格への対応、各装置のスペック計算、機器選定、配置レイアウト作成による設備の省面積化の実現、納品先で装置を安定稼働させるまでの調整

出所：近畿経済産業局「蓄電池製造装置サプライチェーン強化に向けた調査事業」報告書より抜粋

ウェブハンドリング技術

「ウェブとは薄くて柔軟な連続媒体であり、張力を受けた状態で搬送され、印刷、乾燥、塗布、ラミネーティングなどを含む様々な工程を経て最終製品に仕上げられる。ウェブプロセスは多くの自動化された産業分野に広く導入されている。ウェブハンドリングとはウェブの破損や損失を生じることなく安定した搬送を達成するための科学技術である」 オクラホマ州立大学ウェブハンドリング研究センターの定義

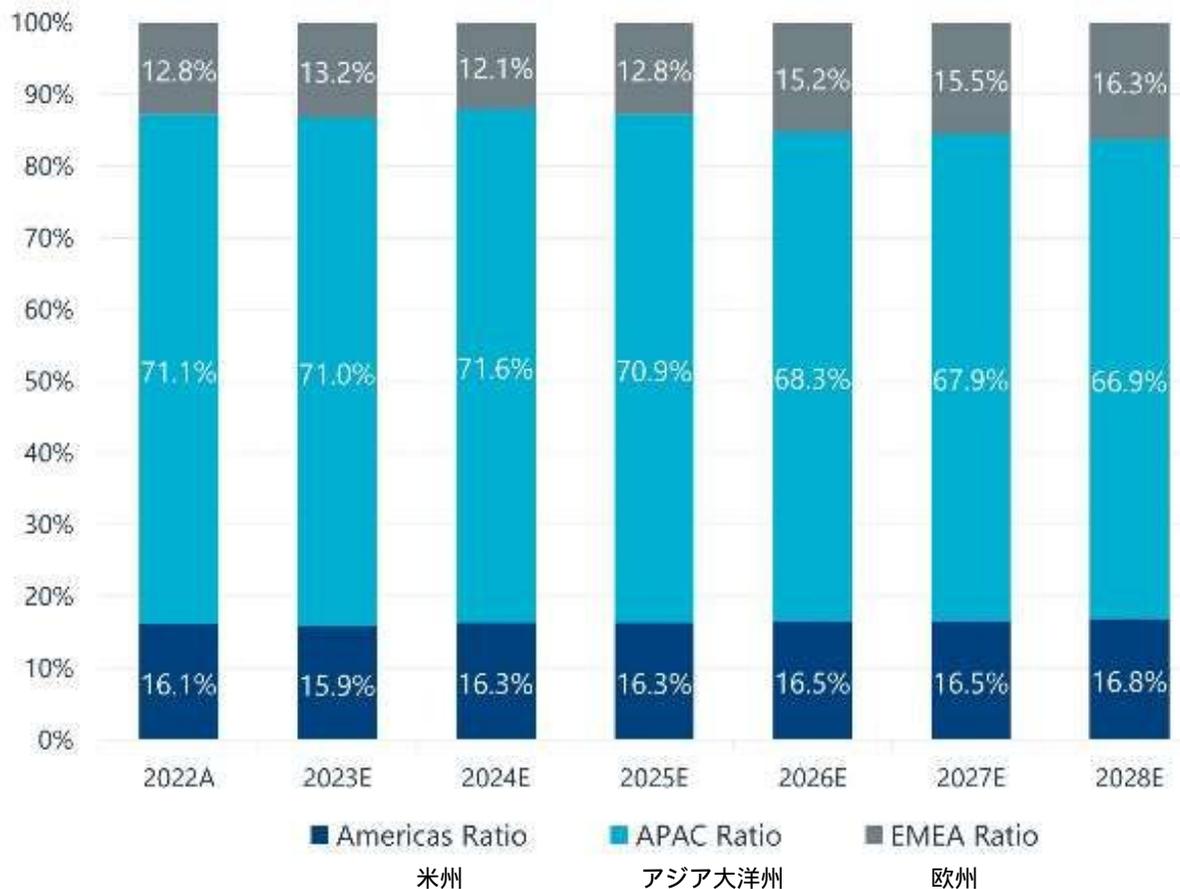
ウェブハンドリングシステムの概略



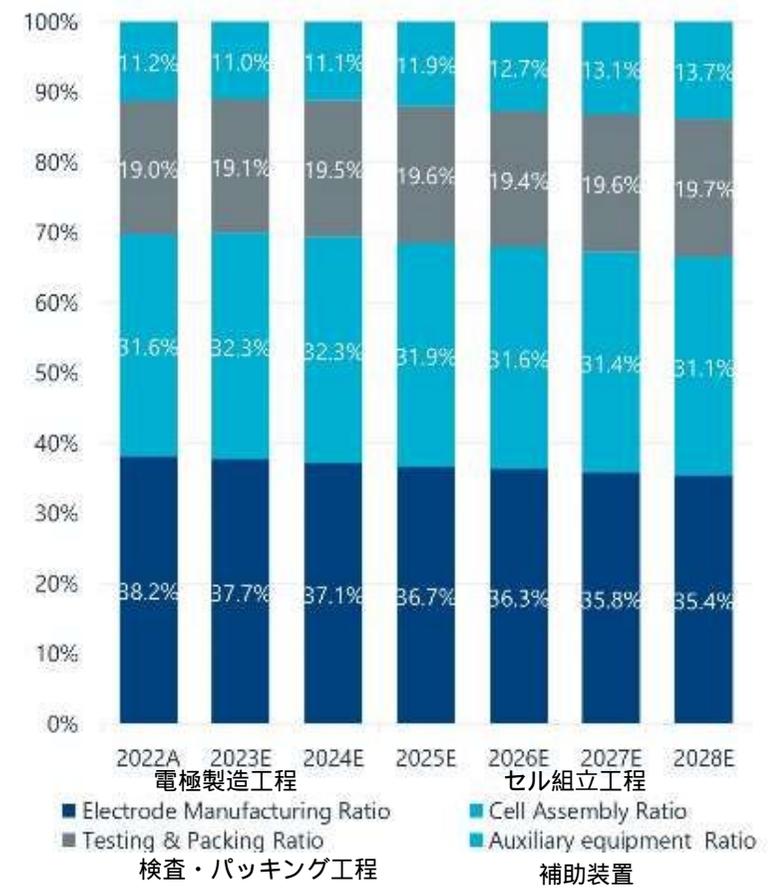
出所：橋本巨「入門ウェブハンドリング」加工技術研究会，2010

- 1 . 蓄電池製造装置に対する国の問題意識
- 2 . 蓄電池製造装置とは
- 3 . 蓄電池製造装置業界の基本構造**
- 4 . 中韓企業との比較
- 5 . 工作機械、半導体製造装置との比較
- 6 . 工作機械、半導体製造装置の歴史から何を学ぶか

LIB製造装置の地域別・分野別市場シェア



地域別市場シェアの今後の予測



分野別市場シェアの今後の予測

(注) Aは実測値、Eは推計値

出所：Interact Analysis社・グローバルインフォメーション共催セミナー「世界の電池製造業界動向の分析」
 (2024/1/23開催)

プレゼンテーション資料「Navigating the Present and Shaping the Future of Battery Production」より転載

LIB製造装置の出荷額と対前年伸び率の推移と今後の予測



LIB製造装置の出荷額と対前年伸び率の推移と今後の予測

(注) Aは実測値、Eは推計値

出所：Interact Analysis社・グローバルインフォメーション共催セミナー「世界の電池製造業界動向の分析」
(2024/1/23開催)

プレゼンテーション資料「Navigating the Present and Shaping the Future of Battery Production」より転載

中韓勢のシェアが高い

LIB製造装置の企業別市場シェア

会社名		本社所在地	市場シェア
Lead Intelligent	(無錫先導智能裝備股份有限公司)	中国	13.4
Yinghe Technology	(深圳市贏合科技股份有限公司)	中国	11.0
Hangke Technology	(浙江杭可科技股份有限公司)	中国	4.6
Lyric Robot	(廣東利元亨智能裝備股份有限公司)	中国	4.6
Hymson	(海目星激光科技集团股份有限公司)	中国	4.5
United Winner	(深圳市聯贏激光股份有限公司)	中国	3.7
Han's Laser	(大族激光科技産業集团股份有限公司)	中国	3.4
NAURA	(北方華創科技集团股份有限公司)	中国	3.3
Katop	(嘉拓智能())	中国	3.2
SK		韓国	2.4
PNT		韓国	2.2
Others			43.9

上海璞泰来新能源科技股份有限公司の子会社

出所：Interact Analysis社・グローバルインフォメーション共催セミナー「世界の電池製造業界動向の分析」

(2024/1/23開催)

プレゼンテーション資料「Navigating the Present and Shaping the Future of Battery Production」より転載

- 1 . 蓄電池製造装置に対する国の問題意識
- 2 . 蓄電池製造装置とは
- 3 . 蓄電池製造装置業界の基本構造
- 4 . 中韓企業との比較**
- 5 . 工作機械、半導体製造装置との比較
- 6 . 工作機械、半導体製造装置の歴史から何を学ぶか

日本の蓄電池製造装置メーカー

前工程

攪拌

メーカー	装置	LIB製造装置以外の事業内容の例	本社所在地	工場所在地	従業員数 /人	設立年 /年	資本金 /百万円
プライミクス(株)	多目的多用途型分散・混練機	乳化・分散機、真空乳化機、多目的多用途型分散・混練機、連続式乳化・分散機、ナノ粒子の微粒化・粒子設計ミキサー、その他 (化学品、化粧品、医薬品、食品、IT分野向け)	兵庫県淡路市	兵庫県淡路市	221	1949	80
浅田鉄工(株)	分散機・ビーズミル、攪拌機、混練機	左に同じ (塗料・インキ、電子部品、ディスプレイ、化粧品・医薬品、機能性材料向け)	大阪府高槻市	大阪府高槻市	120	1905	99
(株)井上製作所	ビーズミル、混練機、混合機、攪拌機など	左に同じ (医薬品・薬品、化粧品、色料、食品、シリコン関連材料、新素材複合材料、接着剤・シーリング材、セラミック関連、電子材料、塗料・インキ、文具向け)	神奈川県伊勢原市	神奈川県伊勢原市 大阪府大阪市	200	1916	98
澁谷工業(株)	電池用スラリー 連続分散システム	ボトリングシステム、包装システム、製薬設備システム、再生医療システム、食品加工システム、生産管理システム、工作加工システム、半導体製造システム、医療・医用機器、洗浄/環境設備システム、農業設備システム	石川県金沢市	石川県金沢市 群馬県高崎市 石川県能美市 石川県河北郡	3,635	1949	11,392

(出所) 各社HPなどから日鉄総研作成 (注) 「工場所在地」は蓄電池製造装置を製造する工場に限らない
以下同じ

メーカー	装置	LIB製造装置以外の事業内容の例	本社所在地	工場所在地	従業員数 /人	設立年 /年	資本金 /百万円
(株)テクノスマート	電極用塗工乾燥装置、セパレータ用塗工乾燥装置、セルパウチ用塗工乾燥装置	光学系機能性フィルム塗工装置、OCA用塗工乾燥装置、保護フィルム用塗工乾燥装置、フレキシブルプリント基板用塗工乾燥機、フレキシブルプリント基板用硬化炉、高速シリコン塗工乾燥装置、PIフィルム製膜用スチールベルト装置、PIフィルム製膜用延伸装置、PIフィルム製膜用熱処理装置、熱融着不織布化工装置、縦型含浸乾燥装置、研究開発用パイロットコーター	大阪府大阪市	滋賀県野洲市	232	1912	1,954
アカツキ・マキナ(株)	ナイフロールコーター スロットダイコーター バックアッププレス・スロットダイコーター グラビアコーター / グラビアチャンパー リバースロールコーター 枚葉(単板)コーター	半導体関連の製造装置	大阪府大阪市	和歌山県和歌山市 大阪府堺市	40	1948	8
(株)小松原	ロールプレス装置・ロール成形機 巻取り・巻きだし装置	加熱乾燥装置・加硫機(HAV)、シート・フィルム洗浄抽出装置、冷却装置、大物製缶、大物タンク・槽の製作(大型製缶)	和歌山県和歌山市	和歌山県和歌山市	40	1956	20
(株)SCREENファインテックソリューションズ	ロールtoロール塗工乾燥装置	TFT液晶ディスプレイ製造装置(コータ・デベロッパ、コータシステム、洗浄装置、ウェットエッチング装置、レジスト剥離装置、レジスト現像装置)、真空成膜装置、実験ラボ向け装置(手動式ホットプレート焼成装置、減圧乾燥装置、露光装置)	京都府京都市	滋賀県彦根市	5,422	2014	100
東レエンジニアリング(株)	極板用スリットダイコーター、プレス装置	プラントエンジニアリング、ファクトリーオートメーション、半導体関連装置、FPD関連装置、フィルム関連装置、ソフトウェア、計測機器	東京都中央区	滋賀県大津市	1,998	1960	1,500
(株)康井精機	コーティングマシン(マイクログラビア方式、スロットダイ方式、ナイフ方式、その他)	左に同じ (MLCC、LTCC、電子基板、液晶、タッチパネル、太陽電池、光学フィルム、保護フィルム、特殊紙、包装材、一般消費財、記録媒体、ヘルスケア商品用など)	東京都目黒区	神奈川県海老名市 長崎県大村市	120	1979	20
(株)小林製作所	コータ	製紙機械(抄合抄紙機、長網抄紙機) 産業機械(コータ、スリッタ、カッタ、ワインダ等) 各種産業機械の開発、設計、製造、販売 その他技術サービス	静岡県富士市	静岡県富士市	268	1947	100
富士機械工業(株)	コータ	グラビア印刷機、ラミネーター、金属印刷機・塗装機、周辺機器(粘度コントローラ、静止画像装置)	広島県東広島市	広島県東広島市 広島県安芸郡府中町	263	1951	450

メーカー	装置	LIB製造装置以外の事業内容の例	本社所在地	工場所在地	従業員数 /人	設立年 /年	資本金 /百万円
(株)松岡機械製作所	グラビアコーター 小径グラビアコーター スロットダイコーター ナイフコーター ナイフリバースコーター ファウンテンリバースコーター ディップコーター	OA関連のフィルムや紙製品などの加工機械	京都府京都市	京都府京都市	15	1974	10
(株)ヒラノテクシード	電池電極塗工ライン	光学機能性フィルム塗工ライン、フレキシブル基板塗工ライン、ドライフィルム塗工ライン、各種電子部材塗工ライン、粘着塗工ライン、離型フィルム塗工ライン、離型紙塗工ライン、不織布乾燥機、セラミックシート成形ライン、フィルム延伸ライン、炭素繊維プリプレグ用ライン、合成皮革ライン、ホットメルトコーターライン、ガラスクロス製造ライン	奈良県北葛城郡	奈良県北葛城郡 京都府木津川市	388	1935	1,847

前工程

圧延・切断

メーカー	装置	LIB製造装置以外の事業内容の例	本社所在地	工場所在地	従業員数 /人	設立年 /年	資本金 /百万円
(株)西村製作所	スリッター	スリッター（フィルム用、紙用、金属箔用、不織布用）、その他	京都府京都市	京都府京都市 京都府宇治市 京都府亀岡市 滋賀県栗東市	133	1957	100
大野ロール(株)	リチウムイオン電池用ロールプレス スリッター	直接圧延機、双ロール鋳造機、連続鋳造機、各種圧延機、伸線機、スエージング、その他圧延機周辺機器（自動車、電子部品・半導体、研究開発向け等）	茨城県常陸大宮市	茨城県常陸大宮市	41	1927	24
長野オートメーション(株)	ロールプレス、電極切断機	専用生産機械、専用加工機械、フィルム貼り合わせ装置、検査装置（プリンター、自動車、半導体等向け）	長野県上田市	長野県上田市	171	1982	135
(株)不二鉄工所	巻取機（セパレータ（電池部材）用）	巻取機（食品容器用、食品ラップ用、光学用、太陽電池用、自動車ガラス中間膜用、建材用、工業用、農業用、衛生材用） スリッター（広幅全自動型、広幅高速型、上下段型、フリクション型、独立アーム型、サーフェイス型） 包装機（食品用、太陽電池用、自動車部品用など）	大阪府交野市	大阪府交野市 大阪府寝屋川市	136	1954	100
(株)ゴードーキコー	スリッター	スリッター、小型巻替機	京都府久世郡	京都府久世郡	71	1979	46
(株)東伸	スリッター	スリッター（軟包装用、光学系用、不織布用、OA事務用品用、粘着材用、電子材用、紙用、金属箔用）リワインダー、その他	岐阜県大垣市	滋賀県大垣市	88	1962	98
萩原工業(株)	スリッター	合成樹脂製品 スリッター（TV用、菓子用、ペットボトルラベル用、オムツ用、レシート用、ティーバッグ用など） ワインダー（合繊糸、マルチフィラメント等用） 再生ペレット製造装置	岡山県倉敷市	岡山県倉敷市 岡山県加賀郡 岡山県浅口郡	1,299	1962	1,778
白山工業(株)	スリッター	計測機器（地震・火山観測用ロガー、構造探査用ロガー、微動計などの各種計測器およびシステム） スリッター（金属用、複合材・フィルム用、マテハン装置、周辺装置） 計測地震防災システム、地震動シミュレーター、時刻同期関連、地震関連アプリ	東京都府中市	東京都府中市	80	1986	80
東レエンジニアリング(株)	スリッター	前出	前出	前出	前出	前出	前出
(株)小林製作所	スリッタ、カッタ、ワインダ	前出	前出	前出	前出	前出	前出

メーカー	装置	LIB製造装置以外の事業内容の例	本社所在地	工場所在地	従業員数 /人	設立年 /年	資本金 /百万円
(株)皆藤製作所	各種電池向け自動巻取機	電解コンデンサ向け自動巻取機、フィルムコンデンサ向け自動巻取機	滋賀県草津市	滋賀県草津市 滋賀県瀬田市	112	1959	30
(株)京都製作所	積層装置	カートニングマシン、段ボールケーサー、フィルム包装機、パレタイザー、捺印検査装置、非接触式鋳剤印刷機、プラスチックケーサー、クレートケーサー	京都府京都市	京都府京都市	957	1948	1,892
長野オートメーション(株)	積層機	前出	前出	前出	前出	前出	前出
アカツキ・マキナ(株)	電極向け巻替機 電極向けロールプレス装置	前出	前出	前出	前出	前出	前出
(株)小松原	前出	前出	前出	前出	前出	前出	前出
(株)不二鉄工所	前出	前出	前出	前出	前出	前出	前出
CKD(株)	捲回機	自動機械装置、駆動機器、空気圧制御機器、空気圧関連機器、流体制御機器など機能機器 (半導体、自動車、家電、薬品向けなど)	愛知県小牧市	愛知県小牧市 愛知県春日井市 愛知県丹波郡 三重県四日市市 宮城県黒川郡	4,660	1943	11,016
ルピコンエンジニアリング(株)	捲回機	コンデンサ製造設備、光学製造設備、その他各種自動化設備	長野県伊那市	長野県伊那市	140	1963	96
(株)日立パワーソリューションズ	ロールプレス設備、電極積層装置、自動組立システム	風力・太陽光発電、自家発電システム	茨城県日立市	前出	3,087	1960	4,000
東レエンジニアリング(株)	葛折式スタッピング装置、ワインディングスタッピング装置、袋詰スタッピング装置	前出	前出	前出	前出	前出	前出
ハイメカ(株)	電極積層機	半導体製造設備、コンデンサ製造設備、樹脂組立機、溶接電源	山形県米沢市	山形県米沢市	140	1972	100

後工程

組立

メーカー	装置	LIB製造装置以外の事業内容の例	本社所在地	工場所在地	従業員数 /人	設立年 /年	資本金 /百万円
智頭電機(株)	電池組立装置(多品種少量の生産をロボットアームの活用で実現)	FA設備、電子部品製造装置、産業用ロボット、システムインテグレーション	大阪府門真市	大阪府門真市 岡山県勝田郡奈義町	100	1964	40
(株)片岡製作所	電池缶溶接装置、二次電池検査システム(充放電、エージング、電圧検査、抵抗検査、選別)、搬送装置	レーザ加工システム(超精密穴あけ装置、青色レーザ溶接装置、レーザスクライブ装置、レーザ精密切断装置、レーザパターニング装置、ビーム成形技術、光学系システム)、細胞プロセッシング装置	京都市南区	京都府京都市南区	220	1968	485.7
(株)京都製作所	溶接装置・注液装置・封止装置	前出	前出	前出	前出	前出	前出
長野オートメーション(株)	タブ(TAB)超音波溶接装置、ラミネート成形装置、ラミネート三方ヒートシール装置、ジェリーロールJ R挿入装置、スウェーピング装置、負極溶接・C P挿入・T I挿入装置、溝入れ装置、封口体レーザ溶接装置、封口体かしめ装置	前出	前出	前出	前出	前出	前出
(株)ケイエスエス	搬送・外観検査・蓋溶接の装置	産業用機械、部品設計・製造・販売・メンテナンス、輸出入事業	兵庫県神戸市	兵庫県神戸市	237	1975	80
(株)FDKエンジニアリング	連続ピッチ広げ機構、連続注液工程、連続抵抗溶接工程、車載用二次電池ワーク組付機、Li負極缶外観検査装置、二次電池用角缶外観検査装置	自動車関連設備、電気電子関連設備、医療関連設備、画像検査設備	静岡県浜松市	静岡県浜松市	68	1990	490
コマツNTC(株)	タブ成型装置および電池極板検査装置、無地ウェブ検査装置、フレキシブル画像チェッカー、各種搬送装置 捲回機(開発中)、積層機(開発中)	ウエハーカット用ワイヤソー装置・平面研削盤・各種検査装置・その他装置 スマート・FTL・トランスファーマシン・専用機	富山県南砺市	富山県南砺市	1,755	1945	6,015
平田機工(株)	車載バッテリーパック自動組み立て一貫ライン(ハウジング供給装置、熱伝導ペースト塗布装置、モジュールねじ締め機、バスターねじ締め機、シール塗布装置、カバーねじ締め装置、リークテスト装置、EOL装置)	自動車生産設備、パネル製造装置、産業用ロボット、パワーモジュール関連、搬送設備・自動倉庫など、医療・理化学機器	熊本県熊本市	熊本県熊本市 熊本県菊池市 栃木県宇都宮市 滋賀県野洲市	2,234	1951	2,633
(株)日立パワーソリューションズ	自動組立システム	前出	前出	前出	前出	前出	前出
丸井産業(株)	リチウムイオン電池組立ライン	電子部品組立設備の製造	徳島県阿南市	徳島県阿南市	65	2004	20

後工程

注液

メーカー	装置	LIB製造装置以外の事業内容の例	本社所在地	工場所在地	従業員数 /人	設立年 /年	資本金 /百万円
長野オートメーション(株)	電解液注液装置	前出	前出	前出	前出	前出	前出
ミツテック(株)	自動化装置(二次電池組み立て装置、遠心注液装置、箱詰め装置など) 画像検査装置(外観検査装置、セパレータの寸法計測など)	自動化装置(自動車、電子・電機、医薬、その他、計測器・試験機) 画像検査装置(自動車、医薬、その他)	兵庫県淡路市	兵庫県淡路市	96	1987	50

後工程

検査

メーカー	装置	LIB製造装置以外の事業内容の例	本社所在地	工場所在地	従業員数 /人	設立年 /年	資本金 /百万円
(株)片岡製作所	前出	前出	前出	前出	前出	前出	前出
日鉄テックスエンジ(株)	二次電池検査ソリューション(充放電電源、電極コンタクト、充放電検査ステージ、電池搬送システム)	土木建築工事の設計・施工、空調及び冷凍設備の製造	東京都千代田区	福岡県北九州市 大分県大分市 兵庫県姫路市 広島県呉市	12,840	1946	5,470
(株)ソフトエナジーコントロールズ	2次電池製造設備(充放電検査装置、極板連続製造ライン、アルミラミネートセル組み立てライン、フォーメーションライン)	EVインフラ関連システム開発(バッテリー交換ステーション、BMS(Battery Management System)、充放電電源)	福岡県北九州市	福岡県北九州市 埼玉県熊谷市	80	2009	100

日中韓の技術比較

中国、韓国のLIB製造装置の技術力に関する認識

国	技術力に関する認識
中国	「技術レベルは急速に向上しており、一部の企業は関連設備技術で日本と韓国を上回っている。」(中商産業研究院)
韓国	「二次電池製造装置および測定装置は日本が最高の技術水準にあると評価され、韓国の技術は日本に比して84.4%の水準であり、技術格差は1.1年」(韓国中小企業技術情報振興院) 「韓国の中小企業の技術競争力は日本に比して73.1%、技術格差は1.9年」(同) 「韓国メーカーは日本メーカーと技術的な違いはない。中国メーカーはまだ長幅コーターのノウハウが蓄積されていない。」(未来資産証券)

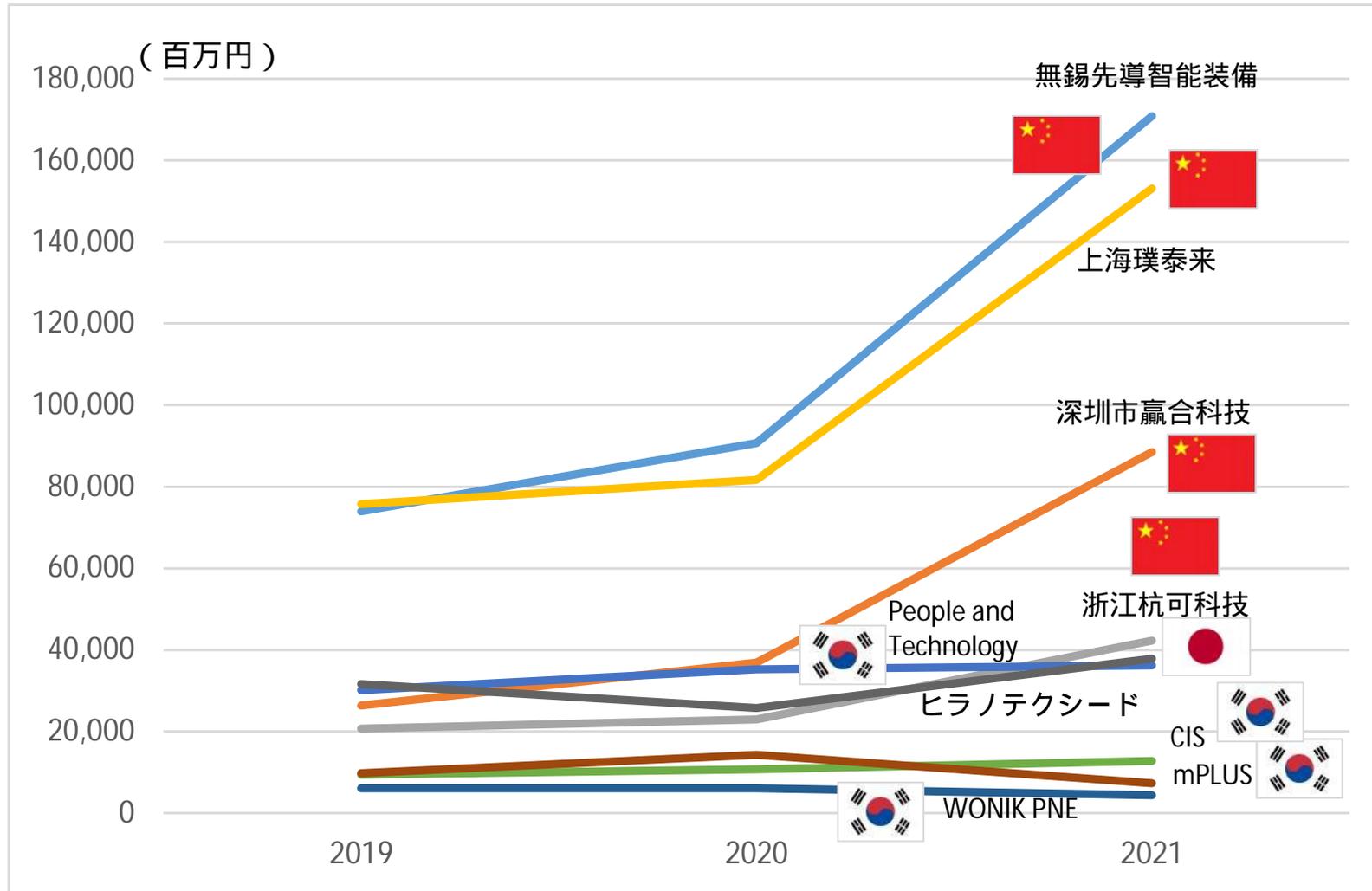
中国のLIB製造工程における設備の国産化率に関する認識

出所	国産化率に関するコメント
中商产业研究院 2023/1/9	「リチウムイオン電池設備の国産化率は85%を超えており、一部の工程は98%に達している」
信达证券股份有限公司 2021/9/18	「混錬装置の現地化率は98%を超えており、基本的には現地化を実現している」 「2020年に中国の電池メーカーが発注した大型塗工機のうち国内機器のシェアは86%以上、輸入機器は14%未満。ただし東レやテクノスマート、PNTなどの海外メーカーの機器は依然としてハイエンド市場を支配」
信达证券股份有限公司 2021/9/25	「巻き線機のハイエンド市場では、韓国のKOEMと日本のCKDが比較的競争力があり、国内の上位3社が国内のハイエンド市場で50%のシェアを占めている」 「注液装置の技術は比較的成熟しており、現地化の程度は比較的高い」 「現在国内企業は注液装置市場を支配しており、日本と韓国の国内市場でのシェアは低い」 「電池パッケージング機器の技術は比較的単純であるため国産化率は非常に高い」

出所：各種公開資料より日鉄総研作成

中国、韓国が急速に日本の技術にキャッチアップ

日中韓主要企業の概況 売上高



出所：各社資料より日鉄総研作成

規模が大きく成長率が高い中国企業が目立つ

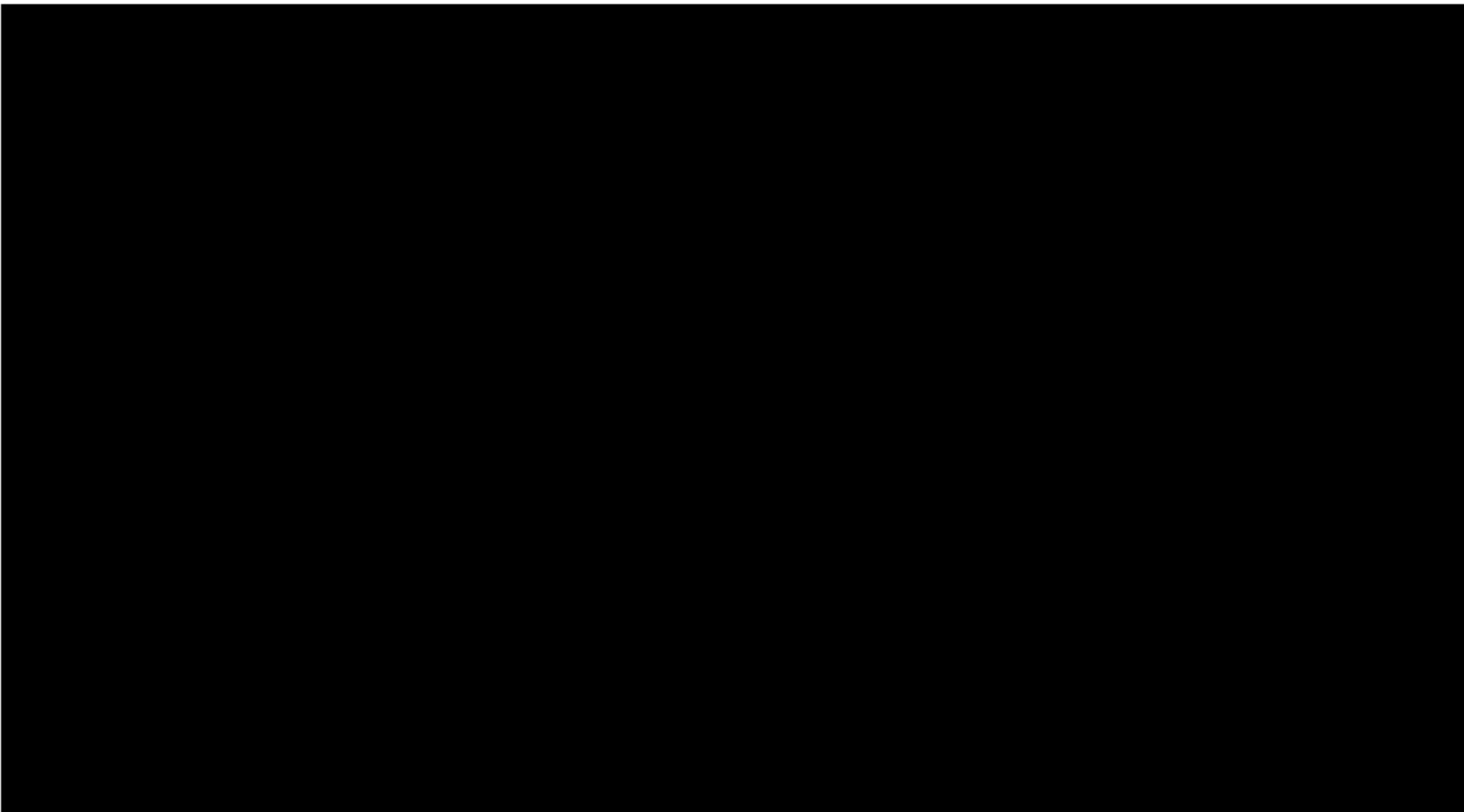
日中韓主要企業の概況 生産品目

		電極製造工程				セル組立工程				検査工程	
		計量・混錬	塗工・乾燥	圧延	スリット	捲回/積層	タブ取付	ケース挿入	注液・封止	充放電・エージング	検査・スクリーニング
	無錫先導智能装備										
	深圳市贏合科技										
	浙江杭可科技										
	上海璞泰来新能源科技										
	People and Technology										
	CIS										
	WONIK PNE										
	mPLUS										
	株式会社ヒラノテクシード										
	株式会社皆藤製作所										

出所：各社資料より日鉄総研作成

日本企業は特定の工程の装置製造に特化
中国企業、韓国企業は複数の工程にわたって装置を製造

PNT（韓国）会社紹介ビデオ

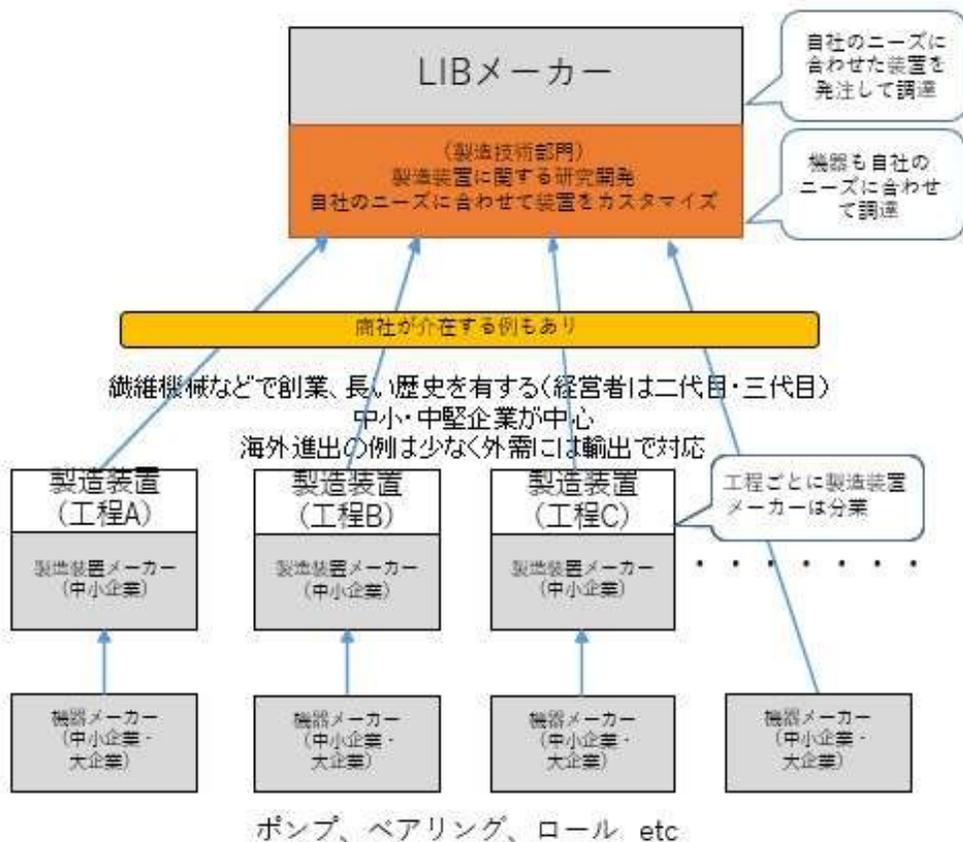


<https://www.youtube.com/watch?v=NRJYhLWqJ7I&t=2s>

日中韓のLIB製造装置産業の比較

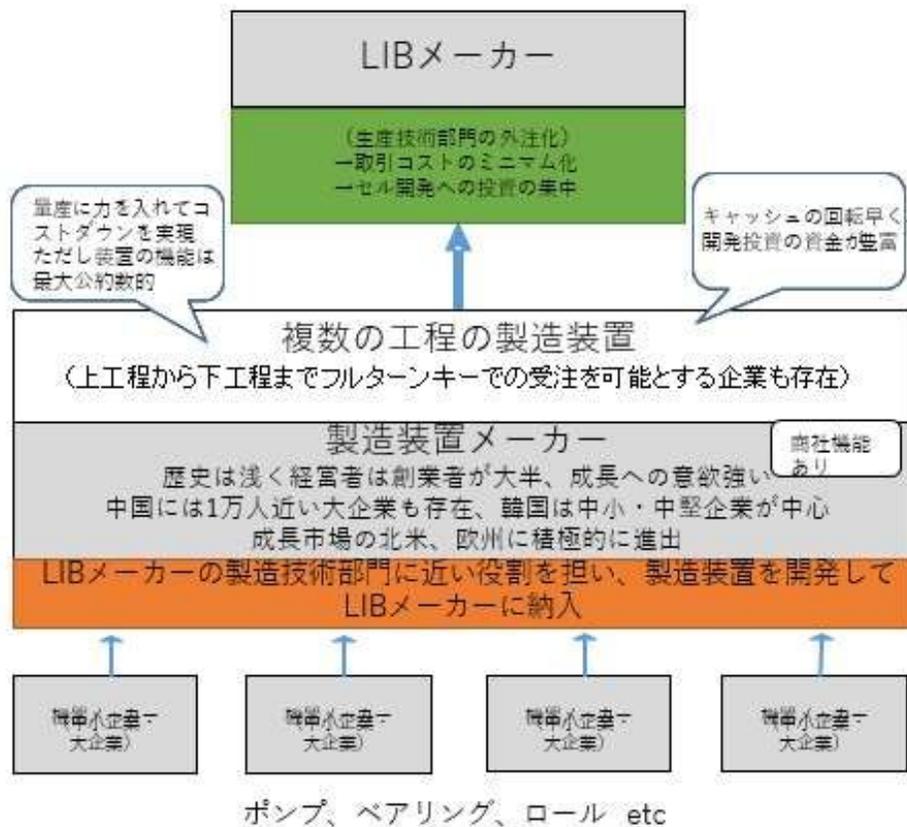
LIBメーカーと製造装置メーカーの関係

日本



大企業のLIBメーカーが主体的に製造装置の開発を行い、中小企業の製造装置メーカーに発注

中国・韓国



大規模な製造装置メーカーがLIBメーカーの製造技術部門に近い役割を担い、製造装置を開発してLIBメーカーに納入

経営者の経歴・業界への参入パターン

- **中韓企業**は社歴が短いこともあって**現経営者には創業者が多い**。
- 中国企業の経営者の経歴をみると、電子部品や材料そして自動化設備の事業を最初に手掛け、その延長線上で蓄電池製造装置に参入した例が多いことがうかがえる。
- 韓国企業も中国企業と類似した参入パターンが認められるが、勤務していた電池メーカーが経営不振に陥り、独立して蓄電池製造装置メーカーを立ち上げた例も見られる。
- 一方、**日本には創業者から数えて二代目、三代目以降の人物が経営者を務めている企業が多い**。
- 彼らの多くは、**繊維や製紙、フィルムなどの製造機械などを祖業とし、蓄電池の需要の高まりに伴い、祖業で培ったウェブハンドリング技術などをもとに、製造装置を開発し参入したという例が多くみられる**。

日中韓主要企業の設立年

	～ 1944	1945 ～ 1960	1961 ～ 1980	1981 ～ 1990	1991 ～ 2000	2001 ～ 2010	2011 ～
中国				浙江杭可 科技 (1984)	無錫先導 智能裝備 (1999) 大族激光 科技 (1999) 江門市 科恒實業 (2000)	北方華創 科技集團 (2001) 福建星雲 電子 (2005) 深圳市 贏合科技 (2006) 蘇州富強 科技 (2007)	上海璞泰來 (2012) 廣東利元亨 智能裝備 (2014)
韓国					Cowin Tech (1998) DA Technology (2000)	CIS (2002) PNT (2003) mPLUS (2003)	
日本	淺田鉄工 (1905) テクノスマート (1912) 野村鍍金 (1916) 澁谷工業 (1931) ヒラノテクシード (1935) CKD (1943) 三橋製作所 (1944)	小林製作所 (1947) 日鉄工材 (1947) 京都製作所 (1948) プライミクス (1949) 東伸 (1950) 西村製作所 (1957) 皆藤製作所 (1959)	兵神裝備 (1968) 片岡製作所 (1968)	長野 オートメーション (1982)		丸井産業 (2005) ソフトエナジー コントロールズ (2009)	

出所：各社資料より日鉄総研作成
印は部材企業であることを示す

代表的な中韓企業の創業者の経歴

無錫先導（中国） 王燕清（1966年生まれ）

常州無線電工業学校卒業、錫山市無線電第二工場設備エンジニア

1996年無錫先導コンデンサー設備工場を設立、2002年無錫先導 自動化設備有限公司を設立
2015年には創業版上場を行い、2022年には江蘇省総商会の副会長に当選。第13次中国工商業連合会 全国大会の代表

PNT（韓国） キム・ジュンソプ（1964年生まれ）

国立金烏工科大学校（慶尚北道亀尾市）卒業（機械工学）

フィルム、乾電池、テープを生産するソトンテクノロジー社にてエンジニアとして13年間勤務

2003年にソトンテクノロジー社が倒産、失業者となったキム氏は4人でPNTを創業

2007年、韓国初の特殊箔めっき機技術とLCD研磨装置技術の国産化に成功、2008年に延性銅箔積層板（FCCL）生産設備を国産化

2012年と2017年に世界で初めて幅広電極コーティング装置と高速コーティング装置（速度80m/min）を開発、ノッチング機などの量産にも成功し、韓国有数の電極工程を担う装置メーカーに

出所：報道資料より日鉄総研作成

中国・韓国における蓄電池製造装置に関する支援政策

中国

- 中国ではハイテク産業の振興を目的とした「**ハイテク企業**」の**認定制度**があり、今回調査した10社はこの制度の対象となっていることを確認した。
- 「ハイテク企業」は、一般企業も対象としたソフト製品を扱う企業に対する**増値税還付、研究開発の加算控除の制度も併せて活用**することにより、大きなメリットを得ている。
- 「ハイテク企業」を対象とした各種補助金の金額は地域、種類、プロジェクトによって異なる。
- 今回の調査対象企業はほぼ補助金を得ており、北方華創科技のように2022年度で補助金額が全売上高の4.6%に達するところも見られる。

韓国

- 中小・ベンチャー企業の支援制度には特に**輸出促進に力点**が置かれているものが見られる。
- 「**素材・部品・装備産業競争力強化及びサプライチェーン安定化のための特別措置法**」（略称：**素材部品装備産業法**）[施行2023.12.21.]に基づき、**素材（ソジェ）・部品（ブポン）・装備（ジャンビ）企業（素部装（ソブジャン）企業）**を対象とした支援策を講じている。
- **素材部品装備産業法は、2019年日本が韓国向けの輸出規制を強化したことに対する対応策として、金大中政権時代に制定された「部品・材料専門事業者の振興に関する特別措置法」[2001.4.1施行]の内容を改正した法律。（素材、部品に加えて「装備産業」を支援の対象とした）**

蓄電池製造装置産業のSWOT分析（中国・韓国）

プラス要因

マイナス要因

内部環境

強み (Strength)

- 創業社長による迅速で大胆な経営判断
- 後発の優位性(デジタル化、自動化への対応が迅速)
- 株式市場からの資金調達
- 政府からの税制優遇、補助金(中国)
- 需要に対応した生産能力の拡張、一気通貫で受注可能な生産体制
- 標準品の量産によるコストダウンの実現
- 成長市場(北米、欧州)への積極的な展開

弱み (Weakness)

- 日本に比してやや劣る基礎研究
- セパレータなど一部の製造装置は日本製に依存
- ユーザーニーズへのきめ細かい対応にやや難あり

外部環境

機会 (Opportunity)

- 国内の大規模なBEV需要(中国)
- 北米、欧州などでの大型BEV工場の建設ラッシュ
- 日系セルメーカーの増産
- 政府による支援策(税制優遇、補助金)
- セルメーカーと対等なパートナーに近い関係
- 安価な電気料金、土地代

脅威 (Threat)

- IRAでグローバル企業が中国製品を忌避(中国)
- 中国のLIBの過剰生産能力の問題

出所：日鉄総研作成

蓄電池製造装置産業のSWOT分析（日本）

プラス要因

マイナス要因

内部環境

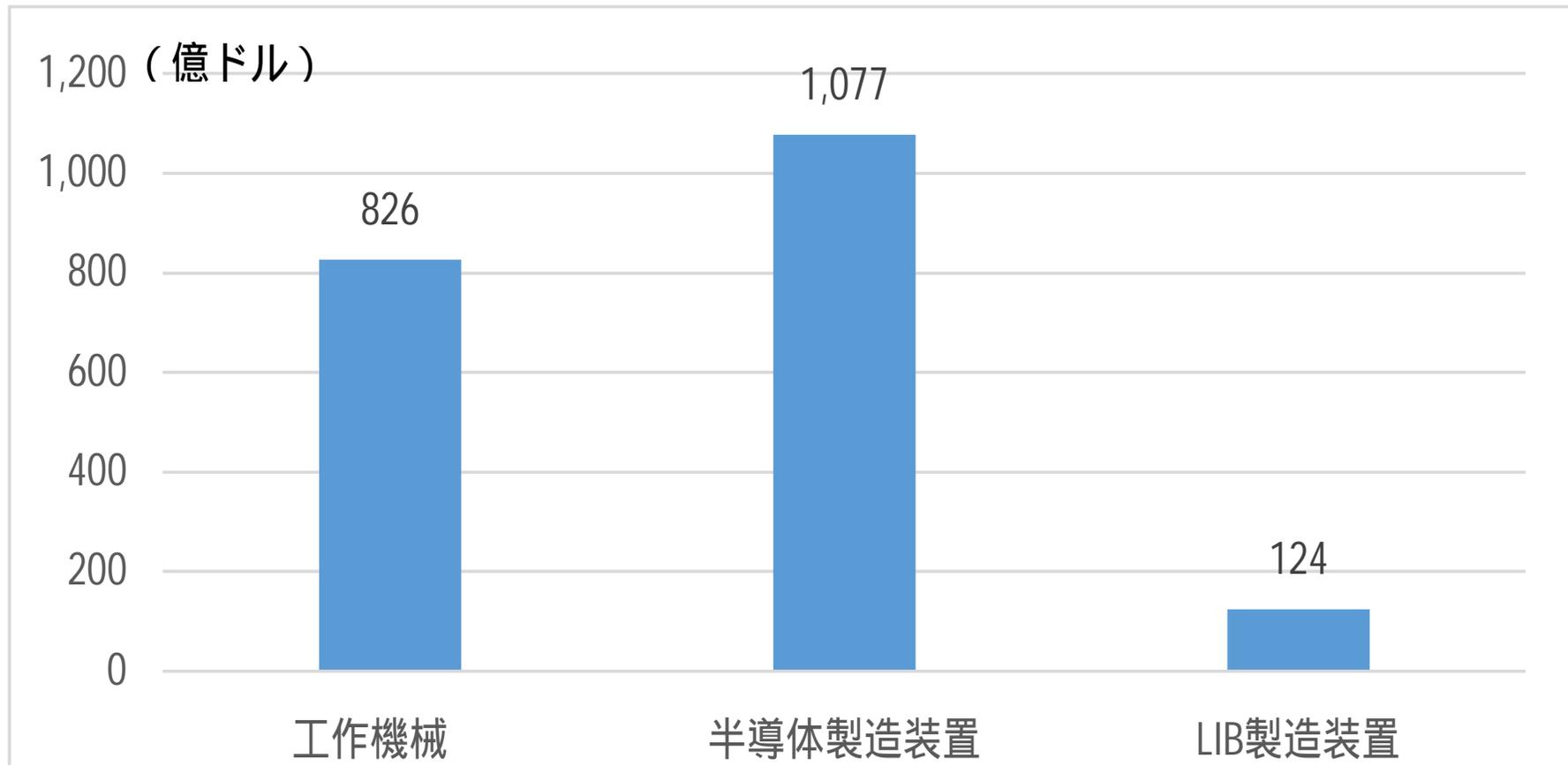
外部環境

強み (Strength)		弱み (Weakness)	
内部環境	<ul style="list-style-type: none"> 関連技術の基礎研究、応用研究の水準は世界一 祖業から培った経験とノウハウに基づく高度なものづくり技術 長期安定的な取引関係を通じた、ユーザーニーズへのきめ細かい対応 有力な本業とその技術力により経営が安定 	外部環境	<ul style="list-style-type: none"> アナログで成功してきたがゆえに、デジタル化、自動化への対応に遅れ 未上場ゆえに資金調達に限界あり グローバルでの需要増で引き合いは増えているものの、経営資源に限りがあり生産能力の大胆な拡大には踏み切れず（二代目～三代目社長の安定志向もあり） 多品種少量生産ゆえに高コスト
	機会 (Opportunity)		脅威 (Threat)
内部環境	<ul style="list-style-type: none"> 中国の大規模なBEV需要 北米、欧州などでの大型BEV工場の建設ラッシュ 日系セルメーカーの増産 IRAでグローバル企業が中国製品を忌避 	外部環境	<ul style="list-style-type: none"> 中国のLIBの過剰生産能力の問題 日系セルメーカーの中韓製の設備導入の動き 日系セルメーカーとの関係が元請け - 下請けであり、閉鎖的でオープンイノベーションがなく、支援機関も蓄電池製造工程のニーズ情報得られず 高額な電気代、土地代 人材の育成・確保が困難

出所：日鉄総研作成

- 1 . 蓄電池製造装置に対する国の問題意識
- 2 . 蓄電池製造装置とは
- 3 . 蓄電池製造装置業界の基本構造
- 4 . 中韓企業との比較
- 5 . 工作機械、半導体製造装置との比較**
- 6 . 工作機械、半導体製造装置の歴史から何を学ぶか

工作機械・半導体製造装置・蓄電池製造装置の比較



工作機械、半導体製造装置、LIB製造装置の世界市場規模（2022年）
工作機械は切削型 + 成形型のデータ

出所：以下のデータより日鉄総研作成

（工作機械）日本工作機械工業会「工作機械統計要覧2023」

（半導体製造装置）日本半導体製造装置協会「半導体・FPD製造装置販売統計 2022年版」

（LIB製造装置）Interact Analysis社・グローバルインフォメーション共催セミナー

「世界の電池製造業界動向の分析」（2024/1/23開催）プレゼンテーション資料より

工作機械とは

数多くの分類がされているが、それぞれの製品（機種，品目）の生産機能は、ほぼ「主に金属の除去加工」

工作機械の品目分類（経済産業省「生産動態統計」より）

旋盤	数値制御旋盤	立て形
		横形
	その他の旋盤	
研削盤	数値制御研削盤	円筒研削盤
		平面研削盤
		その他の数値制御研削盤
	その他の研削盤	
歯切り盤及び歯車仕上げ装置	数値制御歯切り盤及び歯車仕上げ機械	
	その他の歯切り盤及び歯車仕上げ機械	
専用機	数値制御専用機	
	その他の専用機	
マシニングセンタ	立形	前後ストローク500mm未満
		前後ストローク500mm以上
	横形	テーブルサイズ500mm未満
		テーブルサイズ500mm以上
	その他のマシニングセンタ（立て・横兼用形、門形）	
その他の金属工作機械	数値制御ボール盤	
	数値制御中ぐり盤	
	数値制御フライス盤	
	数値制御放電加工機	形彫り放電加工機
		ワイヤ放電加工機
	その他の数値制御工作機械	
他に分類されない工作機械		

半導体製造装置とは

工程ごとに異なる生産機能を備える製造装置群を構成
生産機能は様々な先端技術の融合

半導体製造装置の品目分類（日本半導体製造装置協会の分類より）

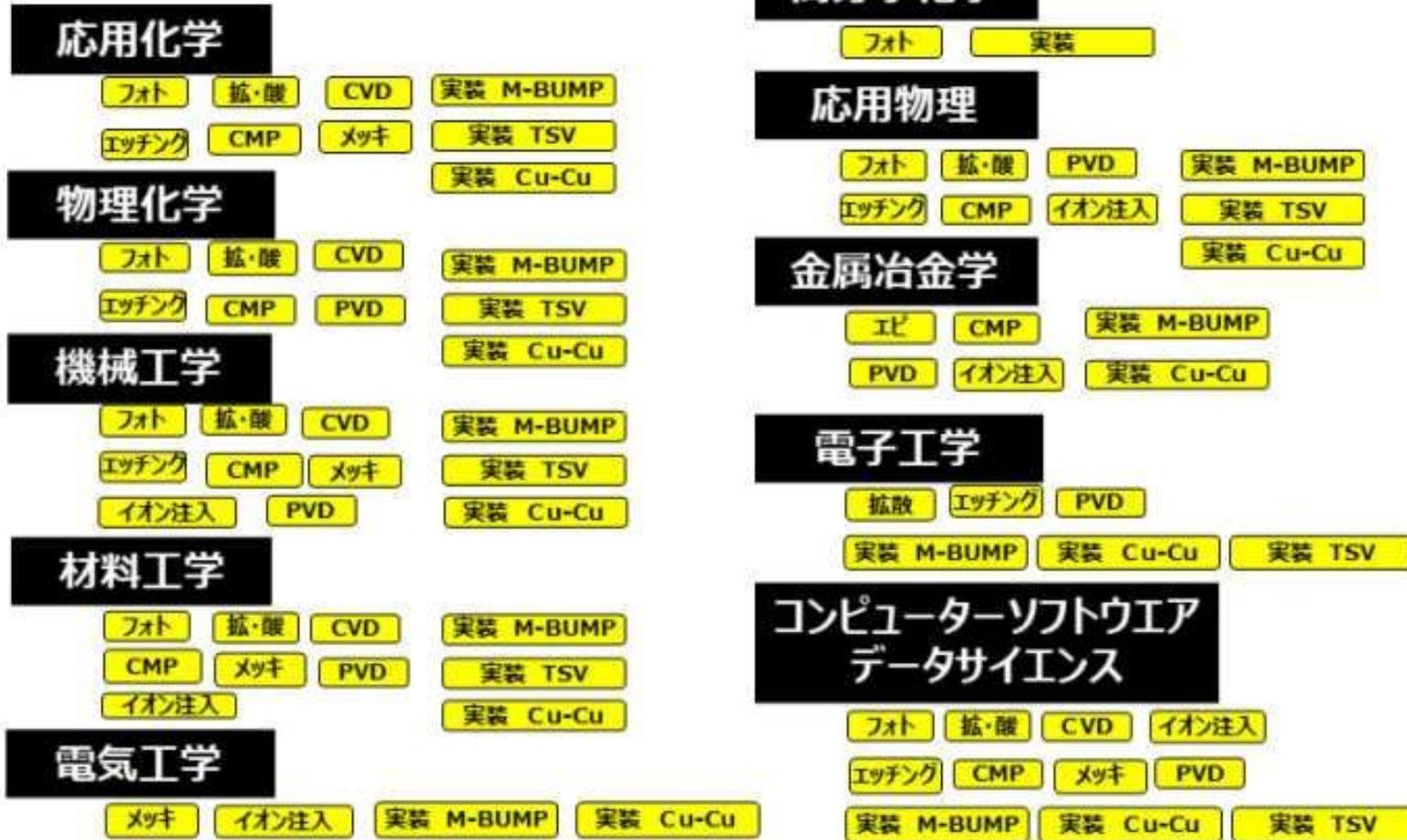
大分類		小分類・細分類	
A	半導体設計用装置	1	
B	マスク・レチクル製造用装置 *マスク・レチクル製造用に限る。	1	フォトリソ工程装置
		2	薄膜形成・エッチング・洗浄乾燥装置
		3	検査評価装置・その他製造装置
C	ウェーハ製造用装置 *複数の装置を1つの装置にまとめた	1	単結晶製造装置
		2	ウェーハ加工装置
		3	検査評価装置・その他製造装置
D	ウェーハプロセス用 処理装置	1	露光・描画装置
		2	レジスト処理装置
		3	エッチング装置
		4	洗浄・乾燥装置
		5	熱処理装置
		6	イオン注入装置
		7	薄膜形成装置
		7-1.	CVD装置
		7-2.	スパッタリング装置
		7-3.	その他薄膜形成装置
		8	検査評価装置
		9	CMP装置
		10	その他処理装置

大分類		小分類・細分類	
E	組立用装置	1	ダイシング装置
		2	ボンディング装置
		3	パッケージング装置
		4	検査評価装置・その他組立装置
F	検査用装置 *複合するテストの場合は、主となる テストの項目に入れる。	1	テスト装置
		1-1.	SOC&Logicテスト装置
		(1-3.	リニアテスト装置)(旧)
		(1-4.	その他テスト装置)(旧)
		1-2.	メモリテスト装置
		2	プロービング装置
		3	ハンドラ
		4	エージング装置
		5	その他検査装置
G	半導体製造装置用関連装置	1	各種搬送装置
		2	純水・薬液装置
		3	各種ガス装置
		4	クリーンルーム装置
		5	その他製造関連装置

半導体製造装置とは（２）

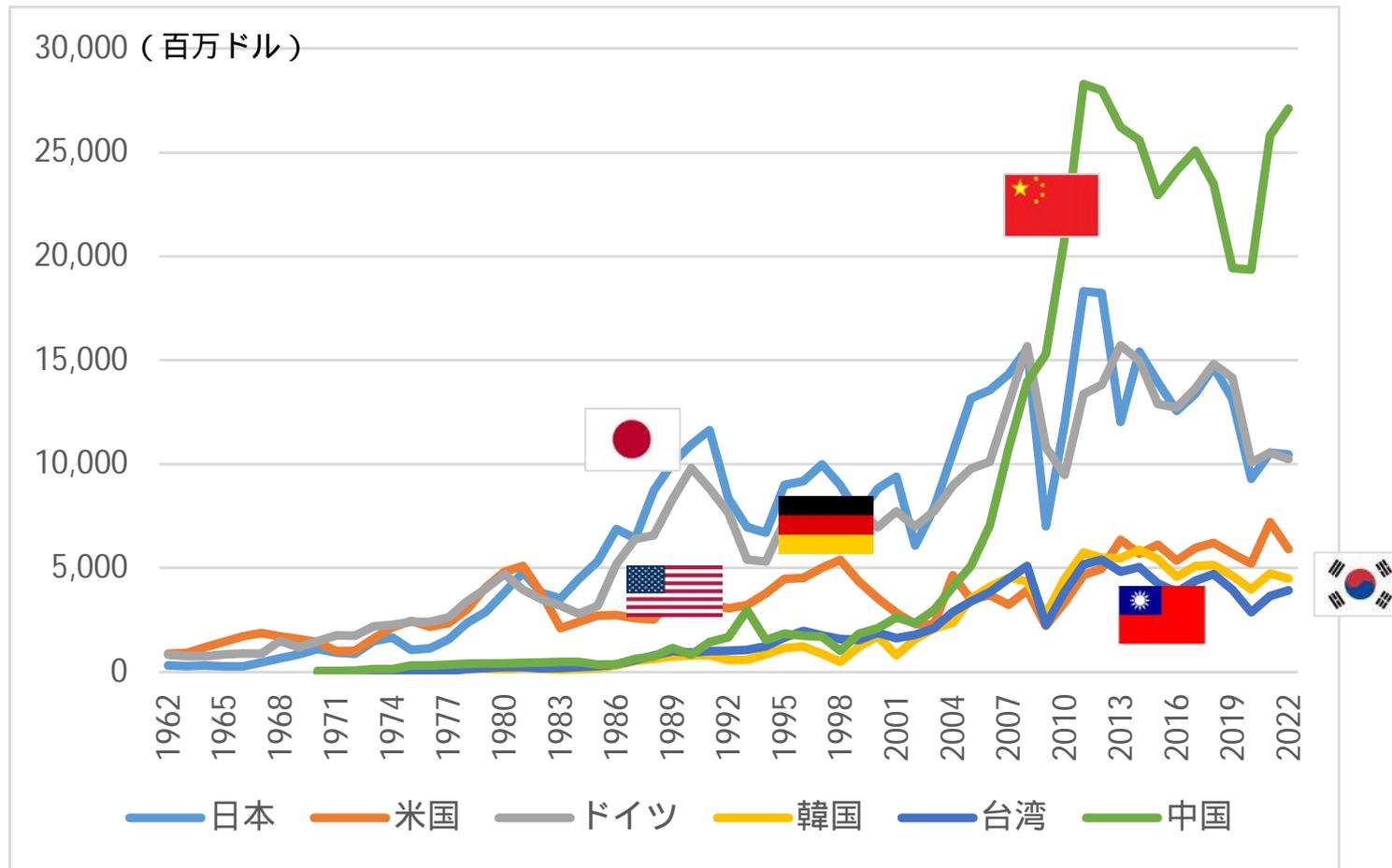
半導体製造技術は様々な先端技術の融合

(例)



出所：一般社団法人日本半導体製造装置協会

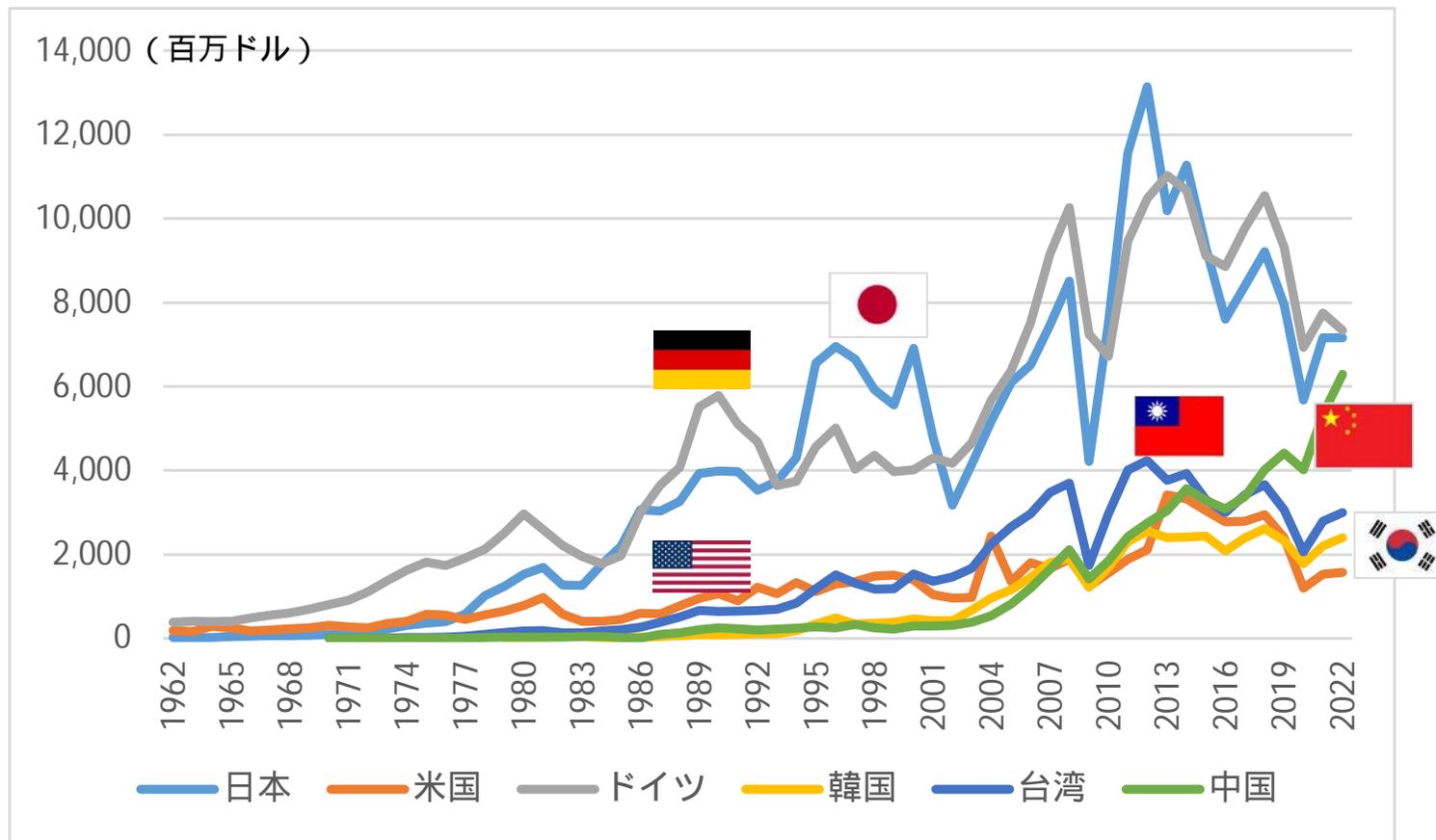
競争力が高い日本の工作機械



主要国の工作機械生産額（1962年～2022年）

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

競争力が高い日本の工作機械（２）



主要国の工作機械輸出額（1962年～2022年）

出所：日本工作機械工業会データより日鉄総研作成

競争力が高い日本の半導体製造装置

世界半導体製造装置企業上位10社の売上高

1979年

(単位: 100万ドル)

順位	企業名	売上高
1	フェアチャイルド・テスト・システムズG (米)	111
2	パーキンエルマー (米)	101
3	AMAT (米)	54
4	GCA (米)	54
5	テラダイン (米)	53
6	バリアン (米)	51
7	テクトロニクス (米)	39
8	イートン (米)	38
9	K&S (米)	37
10	バルザース (西独)	34

1989年

(単位: 100万ドル)

順位	企業名	売上高
1	東京エレクトロン (日)	634
2	ニコン (日)	587
3	AMAT (米)	523
4	アドバンテスト (日)	399
5	キヤノン (日)	384
6	GS (米)	354
7	バリアン (米)	335
8	日立製作所 (日)	210
9	テラダイン (米)	200
10	ASM (米)	187

1999年

(単位: 100万ドル)

順位	企業名	売上高
1	AMAT (米)	5,457
2	東京エレクトロン (日)	2,634
3	ニコン (日)	1,430
4	ASM (米)	1,276
5	テラダイン (米)	1,210
6	KLA (米)	1,049
7	アドバンテスト (日)	955
8	ラム・リサーチ (米)	894
9	キヤノン (日)	751
10	日立製作所 (日)	743

2009年

(単位: 100万ドル)

順位	企業名	売上高
1	AMAT (米)	3,146
2	ASML (蘭)	2,248
3	東京エレクトロン (日)	2,243
4	ラム・リサーチ (米)	1,512
5	KLA-Tencor (米)	1,152
6	大日本スクリーン製造 (日)	863
7	ASMI (蘭)	832
8	日立ハイテクノロジーズ (日)	716
9	ニコン (日)	701
10	ノベラス・システムズ (米)	569

2022年

(単位: 100万ドル)

順位	企業名	売上高
1	AMAT (北米)	24,854
2	ASML (欧)	21,342
3	ラム・リサーチ (北米)	19,048
4	東京エレクトロン (日)	16,439
5	KLA (北米)	10,448
6	アドバンテスト (日)	3,549
7	SCREEN (日)	2,769
8	ASMI (欧)	2,535
9	KOKUSAI ELECTRIC (日)	2,199
10	テラダイン (北米)	2,112

2021年

半導体製造装置のシェア

米国40.8%、日本25.5%、欧州
22.8%、韓国3.3%、中国0.4%

出所: 各種資料より日鉄総研作成

工作機械・半導体製造装置・蓄電池製造装置の比較

工作機械、半導体製造装置、蓄電池製造装置の特徴

	工作機械	半導体製造装置	蓄電池製造装置
ユーザー産業との取引構造	ユーザーは不特定多数 (機械産業を構成する様々な産業分野の部品生産に関わる膨大な数の製造業がユーザー) 代替機種のパイプラインあり	ユーザーは特定企業 (半導体メーカー) 代替機種のパイプライン低い	ユーザーは特定企業 (電池セルメーカー) 代替機種のパイプライン低い
産業内の競争環境	業界は過当競争 内需依存から外需依存に転換	業界は寡占状態 内需依存から外需依存に転換	国内は日本企業の寡占状態 内需は堅調だが外需も増加 海外は中韓が強い
製品特性	製品の生産機能はほぼ「主に金属の除去加工」	それぞれ求められる要素技術が異なる多種多様な装置群から構成	それぞれ求められる要素技術が異なる多種多様な装置群から構成(半導体製造装置ほどではない)
技術革新とユーザー企業との関連性	技術革新の主役は工作機械メーカー	ユーザーと装置メーカーが共同開発 半導体の微細化と大容量化の進展と共に開発投資が巨額化	技術革新は電池セルメーカーが主導

出所：加藤秀雄「外需時代の日本産業と中小企業：半導体製造装置産業と工作機械産業」
(新評論、2015年)を参考として、日鉄総研作成

工作機械・半導体製造装置・蓄電池製造装置の比較（2）

工作機械・半導体製造装置・蓄電池製造装置の業界構造

	工作機械	半導体製造装置	蓄電池製造装置
主要生産国	中国、ドイツ、日本、 ... 韓国、台湾、米国 (2020年)	米国50%、日本23%、欧州 21%、中国および韓国がそれ ぞれ3%	日本、韓国、中国
日本企業の特徴	性能、サービスで世界最高水準 中位機から上位機種までカ バー 高い外需比率	1980年代に急成長 国内の半導体産業の衰退に伴 い外需に大きくシフト	中小・中堅企業が中心 特定の工程の装置製造に特化 高い内需比率（推測）
中韓台企業の特徴	世界最大の生産国だが世界的 メーカーを生み出せない中国 低～中機種で力を付けるも、 重要部品を日本に頼る韓国、 台湾	日米欧の装置を輸入し半導体 製造は急増するも、国産化で きた装置はわずかにとどまる	中国には全工程の装置を一貫 して担う大企業が登場 韓国は中国ほどではないが複 数工程の装置を製造する企業 あり
欧米企業の特徴	特定分野に強みを持つ中堅企 業が多いドイツ 世界最大だったが凋落した米 国	最先端のEUVリソグラフィ装 置を製造出来るのはASML (蘭)のみ サプライチェーンは米国およ びその同盟国がほぼ独占	欧米企業の関与は少ない

出所：各種資料より日鉄総研作成

- 1 . 蓄電池製造装置に対する国の問題意識
- 2 . 蓄電池製造装置とは
- 3 . 蓄電池製造装置業界の基本構造
- 4 . 中韓企業との比較
- 5 . 工作機械、半導体製造装置との比較
- 6 . 工作機械、半導体製造装置の歴史から何を学ぶか

機械振興協会経済研究所委託（令和5年度）

「わが国における蓄電池製造装置産業の形成条件 - 既存産業の時系列的PEST分析を踏まえて - 」概要

- 我が国の工作機械と半導体製造装置の産業の歴史を辿り、直面した課題と解決策等について整理した。
- その際には当時の外部環境を政策・制度（Politics）、経済（Economy）、社会（Society）、技術（Technology）の4つの要因に分類し、これらの要因が当該産業に与えた影響を読み解いた。
- 調査結果をもとに蓄電池製造装置産業の支援策の方向性を提示した。

調査のきっかけとなった疑問

工作機械、半導体製造装置では中韓に比して競争優位にある日本が、なぜ蓄電池製造装置では中韓にキャッチアップを許してしまったのか？

工作機械と半導体製造装置の成功要因

急成長するユーザーマーケットと
技術革新へのキャッチアップ

海外市場の開拓

海外の先行事例に学ぶ

先進技術へのいち早い対応

政府による支援制度

業界団体の設立

デジタル技術の活用

装置の標準化

中国、韓国の事情

工作機械と半導体製造装置の成功要因 急成長するユーザーマーケットと技術革新への キャッチアップ

工作機械

戦後復興期から高度経済成長期における市場の拡大と、NCという技術革新に挑み、世界市場において成功を収めた

日本の工作機械産業と外部環境の動向

	1期	2期	3期	4期
	戦後復興から高度経済成長期まで	高度経済成長期からバブル景気まで	バブル景気からリーマン・ショックまで	リーマン・ショックから現在まで
	欧米からの技術導入とNC開発による躍進	生産額世界一 日米貿易摩擦の試練	生産額・輸出額世界一を維持 需要は外需にシフト	中国の台頭 自動車の「百年に一度の変革」への対応
概要	通産省による機械工業全体の近代化を促す施策が功を奏し、日本の工作機械産業は欧米からの技術導入とNC開発に成功し、NC工作機械の生産は軌道に乗り始めた。自動車をはじめとする旺盛な内需に支えられて業界は急成長し、生産額は米国に迫るようになった。	二度のオイルショックは燃費に優れた日本車の需要拡大につながった。躍進を続けた日本の自動車メーカーの需要に対応する形で工作機械業界も急成長し、生産額はドイツを抜いて世界一となった。 好況が続く中、人材確保が難しくなったことから、製造業は自動化への志向を強め、NC工作機械の需要が増大した。 ニクソンショック以降の円高の進展にもかかわらず、安価な日本製のNC工作機械は海外市場でも人気を博した。しかしながら対米輸出の増大は米国との貿易摩擦を招き、対米輸出自主規制を強いられた。	日本車メーカーは海外需要に対しては現地生産で対応するようになり、バブル崩壊後にはその勢いは加速した。工作機械も外需が内需を上回るようになった。工作機械メーカーも海外での現地生産を行うところが現れるようになった。 生産額、輸出額はドイツを抜いて世界一の地位を維持した。	生産額、輸出額の首位をドイツと争う状況が続いたが、両国の伸びは陰りを見せるようになった。こうした状況の中、中国は急激に生産額を伸ばし、2008年以降は中国が生産額首位となっている。また輸出額も中国は日独に迫る勢いを見せている。 また自動車はCASEという「百年に一度の変革」の波を迎え、EVは中国主導で生産台数が急増中。

出所：各種資料より日鉄総研作成

工作機械（２）

日本の工作機械産業と外部環境の動向

	1期	2期	3期	4期
	戦後復興から高度経済成長期まで	高度経済成長期からバブル景気まで	バブル景気からリーマン・ショックまで	リーマン・ショックから現在まで
	欧米からの技術導入とNC開発による躍進	生産額世界一 日米貿易摩擦の試練	生産額・輸出額世界一を維持 需要は外需にシフト	中国の台頭 自動車の「百年に一度の変革」への対応
経済情勢	経済白書「もはや「戦後」ではない」 (1956) 神武景気～岩戸景気～いざなぎ景気	ニクソンショック～第一次石油危機～第二 次石油危機～プラザ合意	バブル景気～アジア通貨危機	リーマンショック～東日本大震災～コロナ 禍
社会情勢	国民経済白書「国民の9割が中流意識を持 つ」(1967) 大量消費時代の到来	第二次ベビーブーム(1971～1974)	高齢化が急速に進展、2002年以降はOECD 諸国で1位の高齢化率に 携帯電話、インターネットの急速な普及 COP3開催、京都議定書締結	人口の減少が始まる(2010～) スマホが急速に普及、端末は外国製 COP21開催、パリ協定締結
ユーザー産業 (自動車)の動向	急成長するユーザーマーケット 年産500万台を超える(1970)	年産1,000万台を超える(1980)	1990年をピークに国内生産は減少傾向 海外生産が国内生産を上回る(2006) 車体の軽量化志向により、特殊鋼、非鉄、 非金属の使用比率が高まる	中国の自動車生産台数が急増、世界のシェ ア3割に(2022) 自動車の電子化の進展 中国主導でEV生産台数急増
工作機械に係る 技術動向	MIT(米)が世界初のNC開発(1952) 富士通が日本初のNC開発(1956)	ファナック、インテルのMPUを採用 (1975) 技術革新	生産効率向上に向けた高速加工、複合加工 への対応、難削材加工への対応が進展	WEBによる遠隔保守サービスなどが普及 積層造形との複合機も登場 EVの生産増で精密加工の需要が増大 地球環境問題への対応の必要性が向上
競合国・企業の 動向	アメリカは航空・宇宙の高級機を志向 中国は文化大革命で混乱	米国でMPU搭載のCNC装置開発(日本に遅 れ)(1980) 中国、改革開放政策(1976)	老舗企業の経営破綻 Ingasoll Milling Machine(米)(2003) 中国経済の伸長、「世界の工場」に	中国の工作機械は生産世界一に(2009 ～)、輸出額も急増
政策・制度の動 向	「国民車育成要綱案」(1955) 「機械工業振興臨時措置法」(1956)	マスキー法(米)(1970) 通産省、機械情報産業局設置(1973) 日米貿易摩擦	「前川レポート」(1987) 日米構造協議(1989)	米中対立の深まり IRA成立(米)(2022)
工作機械産業の 状況	日本工作機械工業会設立(1951) NC化率7.8%(1970) 輸出比率8.2%(1970)	富士通からファナック独立(1972) NC化率49.8%(1980) 輸出比率41.1%(1985)	老舗企業の経営破綻 池貝(1991)、日立精機(1992) 輸出比率75.7%(1996)	輸出比率68.5%(2013)

出所：各種資料より日鉄総研作成

半導体製造装置

家電やPC、情報通信機器向けの半導体市場の拡大と、「ムーアの法則」に沿った半導体の集積度の飛躍的な発展に対し、技術革新のキャッチアップを怠らなかった

日本の半導体製造装置産業と外部環境の動向

	1期	2期	3期～4期
		戦後復興から高度経済成長期まで	高度経済成長期からバブル景気まで
	米国へのキャッチアップに向けた努力	世界一になった日本の半導体産業 内需中心で製造装置産業成長	構造変化に対応できなかった日本の半導体産業 外需に大きくシフトした半導体製造装置
概要	戦前から半導体の研究を進めていた米国は、ICの商業生産を開始、圧倒的なシェアを誇った。 一方、日本では半導体の重要性に気付いていた官民が米国に約10年遅れて半導体研究に専念。組立工程の製造装置の国産化を実現し、ウェーハ処理工程の製造装置の国産化も進めた。	通商産業省による「超LSI技術研究組合」は半導体製造装置の開発に大きく寄与した。また半導体産業には開銀による多額の融資がなされた。大手電機メーカーは半導体部門を強化し、日本の半導体生産は急増した結果、生産額は米国を抜いて世界一となった。これに伴い製造装置は内需中心で成長を続けた。 しかし日本の台頭に米国は反発を強め、日本は対米輸出を規制する日米半導体協定の締結を余儀なくされた。	携帯電話、インターネットの急速な普及、自動車の電子化などにより、半導体の需要は急増した。 こうした中、半導体のビジネスは垂直統合型からファブレス企業/ファウンダリ企業の水平分離型に移行した。しかしながら、半導体製造部門の切り出し・統合が難航した日本の半導体産業は低迷し続けた。 一方、半導体製造装置は、成長著しいアジア市場に活路を見出し、高い市場シェアを占めている。

出所：各種資料より日鉄総研作成

半導体製造装置

日本の半導体製造装置産業と外部環境の動向

	1期	2期	3期～4期
	戦後復興から高度経済成長期まで 米国へのキャッチアップに向けた努力	高度経済成長期からバブル景気まで 世界一になった日本の半導体産業 内需中心で製造装置産業成長	バブル景気～リーマン・ショック～現在 構造変化に対応できなかった日本の半導体産業 外需に大きくシフトした半導体製造装置
経済情勢	神武景気～岩戸景気～いざなぎ景気～ニクソンショック～ 第一次石油危機	第二次石油危機～プラザ合意	バブル景気～アジア通貨危機～リーマンショック～東日本 大震災～コロナ禍
社会情勢	国民経済白書「国民の9割が中流意識を持つ」(1967) 大量消費時代の到来 第二次ベビーブーム(1971～1974) カシオ計算機がLSIを使用した電卓を販売開始(1972)	アップル(米)最初のPC発売(1977) カラオケ、ゲーム機、日本語ワープロの登場(1978)	Windows95発売、PCの普及を促進(1995) 人口の減少が始まる(2010～) スマホが急速に普及(2007～) COP21開催、パリ協定締結(2015)
ユーザー産業 (半導体)の動向	フェアチャイルド(米)がICの商業生産開始(1963) インテル(米)が世界初のマイクロプロセッサIntel4004 を発表(1971) 米国主導で業界団体SEMI設立(1970) 後に国際的な団体に	急成長するユーザーマーケット 日本の半導体生産は急増、生産額は米国を抜いて世界一に (1985) 日本の電子産業、1970～1985年の15年間で生産は5倍、内 需は3倍、輸出は11倍に	中韓台の半導体生産急増 TSMC(台)創業(1987)、新たな半導体ビジネスの潮流に 乗ることができなかった日本の半導体産業は低迷 携帯電話、インターネットの急速な普及 自動車の電子化の進展、車載向けの半導体需要急増
半導体・製造装置 に係る技術動向	TIのジャック・キルビーがICを発明(1958) インテル、世界初のMPU開発(1971) チップの最小線幅 10 μ m=10 ⁻⁵ m(1970)	ウェーハサイズ150mm(1980)、200mm(1991) チップの最小線幅 0.8 μ m(1991) 技術革新	SEMI、300mm世代の製造装置等を標準化(1994～1998) ニコンとキヤノンは次世代の露光装置EUVの開発を断念、 ASML(蘭)が世界で唯一のメーカーに(1996) ウェーハサイズ300mm時代に(2002) チップの最小線幅 100nm=10 ⁻⁷ m(2000)、 14nm(2014)、7nm(2019)
競合国・企業の 動向	アメリカが研究開発と生産をリード	インテル、DRAM事業から撤退してMPUに転換(1985) 中国、改革開放政策(1976)	製造装置産業は日米蘭の寡占状態が続く 中韓台の製造装置への参入は難航
政策・制度の動 向	文部省により「トランジスタ研究連絡会」発足(1949) 「特定電子工業及び特定機械工業臨時措置法」(1971) 通産省、機械情報産業局設置(1973)	通商産業省「超LSI技術研究組合」設立(1976) 「特定機械情報産業振興臨時措置法」(1978) 第一次日米半導体協定(1986～1991)	「前川レポート」(1987) 日米構造協議(1989) 米中対立の深まり IRA成立(米)(2022) 「経済安全保障推進法」(2022)
半導体製造装置 産業の状況	量産型の組立装置の国産化(1958～1963頃) ウェーハ処理工程の量産型製造装置の国産化(1965～)	日本勢がステッパーを市場投入(ニコン1978、キヤノン 1984)高いシェアを獲得 日本半導体製造装置協会設立(1985)	輸出率19.1%(1990) 85.5%(2002) 日本勢の世界シェアが近年低下

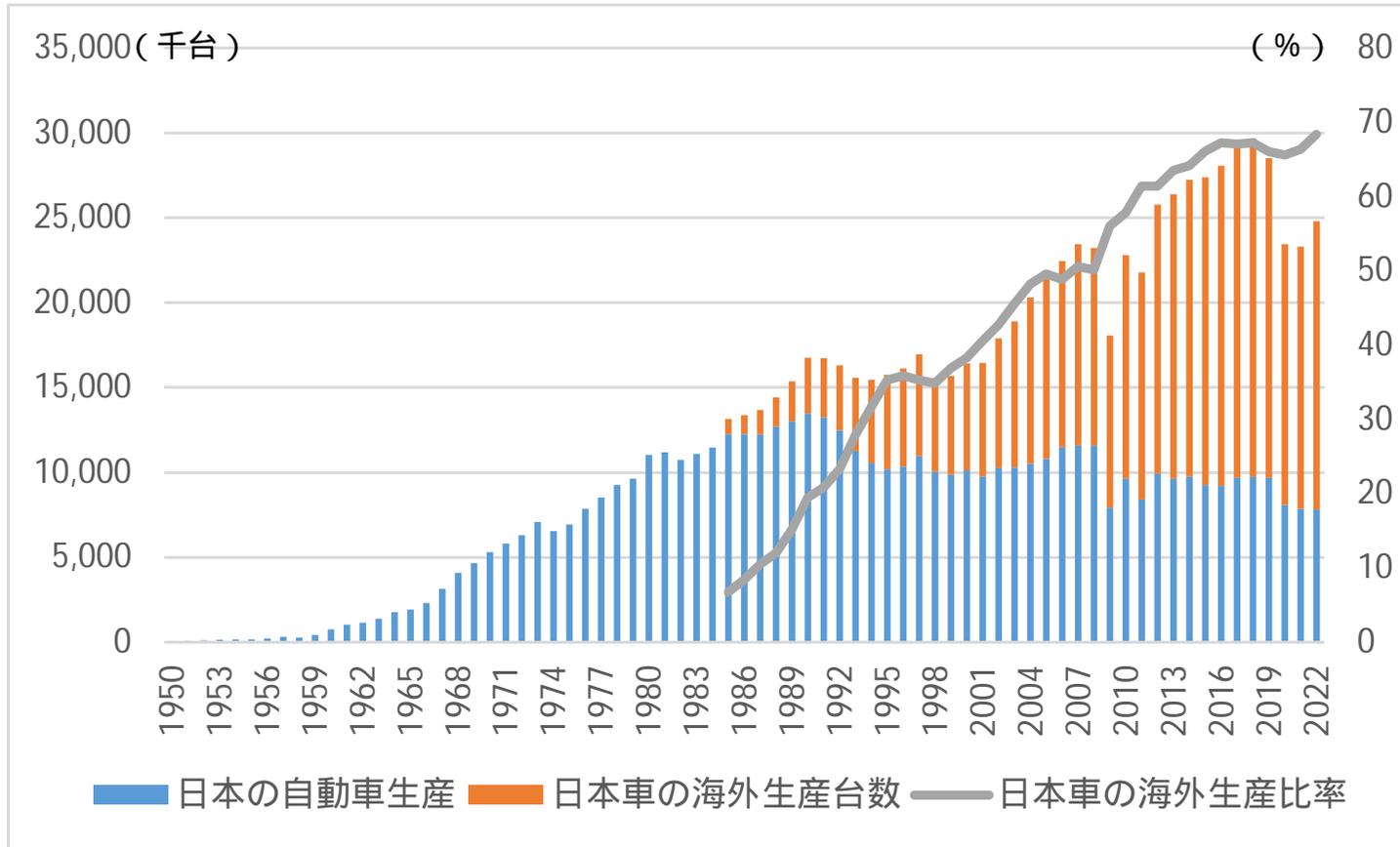
出所：各種資料より日鉄総研作成

蓄電池製造装置業界に対する示唆

- 急成長するLIB市場の拡大と技術革新にキャッチアップしていくことが必要
- そのためには生産能力の拡充や研究開発、マーケティングの強化のために十分な資金と人材の確保が重要

工作機械と半導体製造装置の成功要因 海外市場の開拓

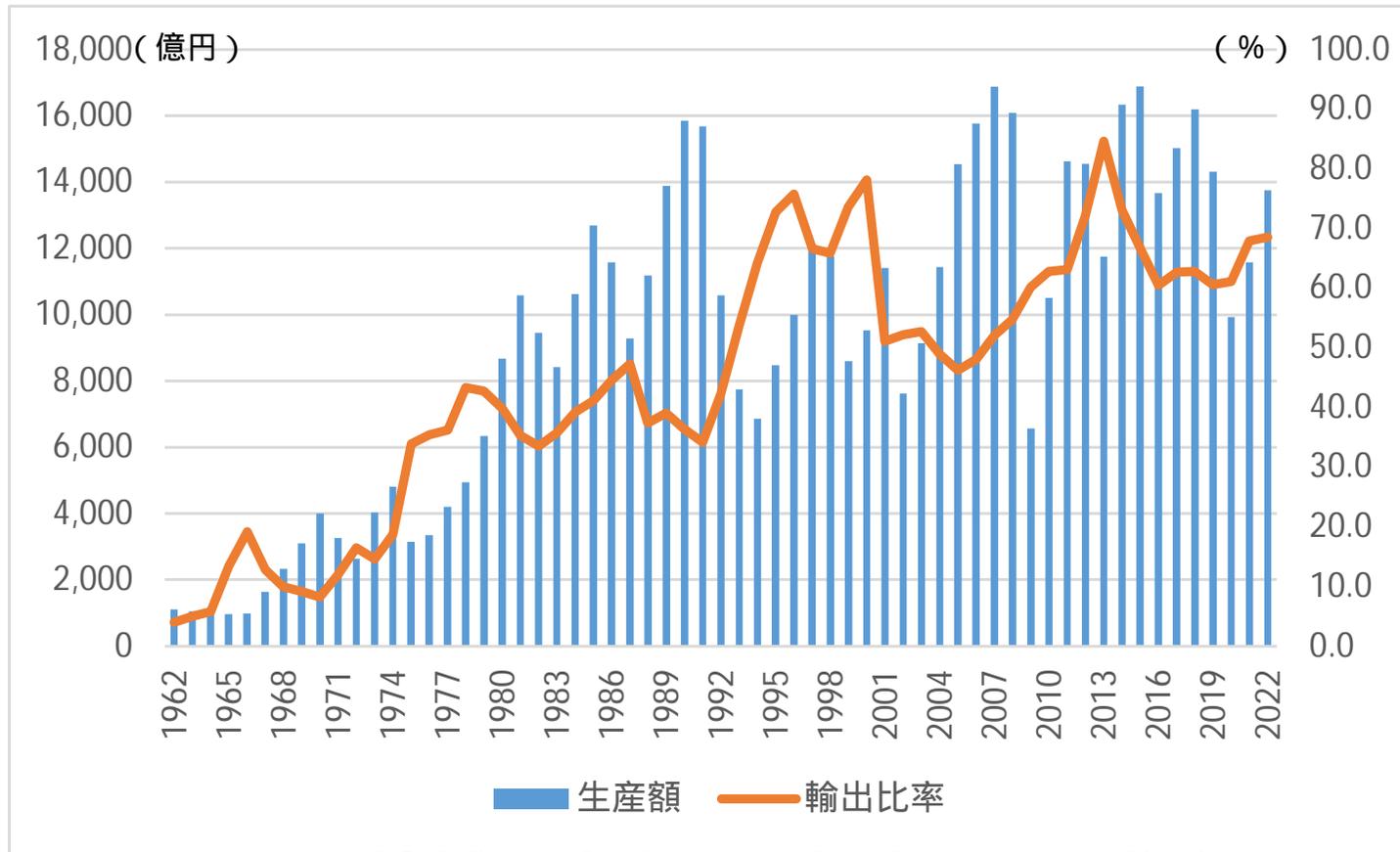
工作機械



日本車の海外生産台数・海外生産比率の推移

出所：日本自動車工業会データより日鉄総研作成

工作機械



工作機械の生産額と輸出比率の推移

出所：一般社団法人日本工作機械工業会の統計データより日鉄総研作成
ドルベースのデータを、IMFの為替データで円換算した

輸出比率はここ10年は60～80%を推移

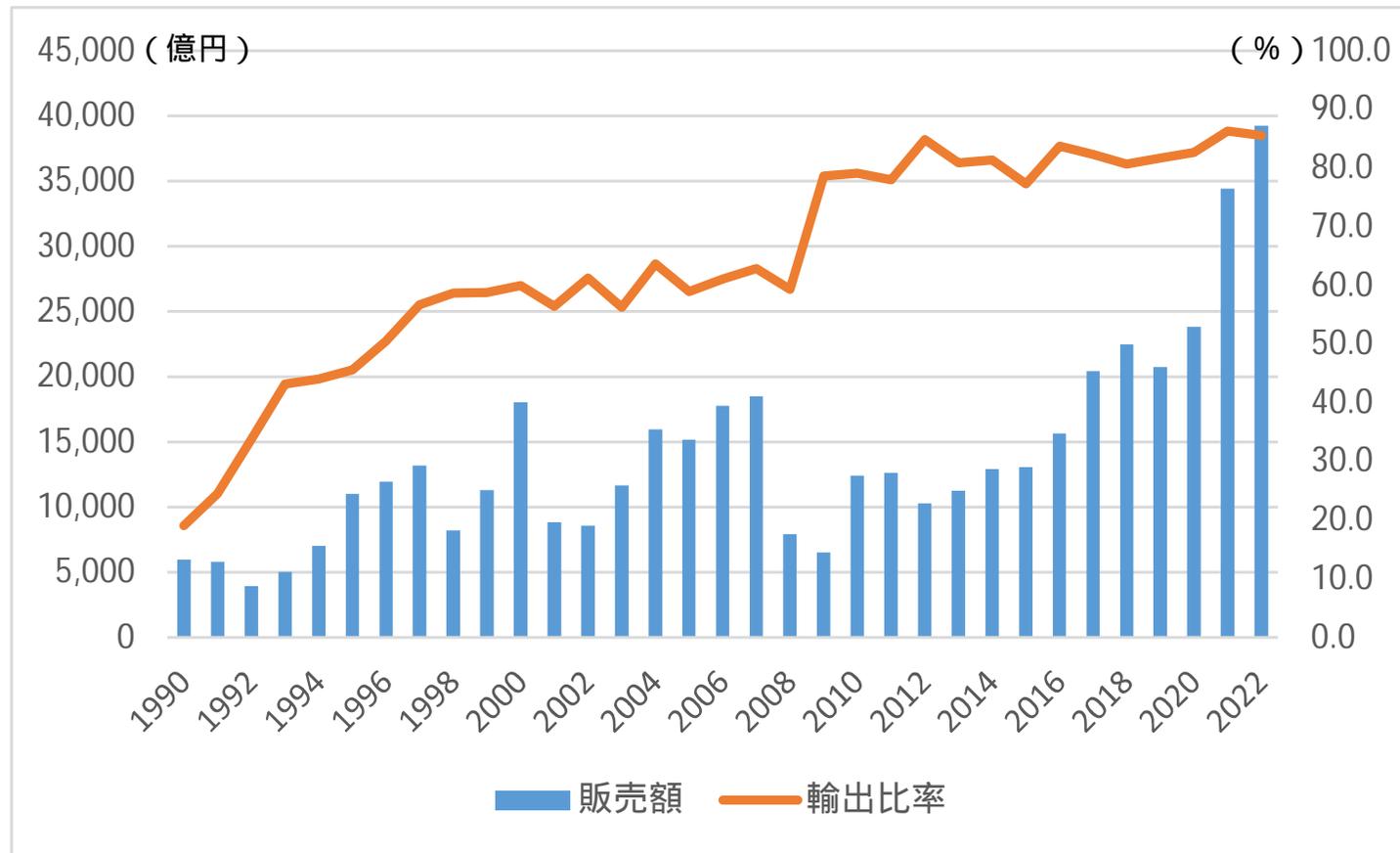
半導体製造装置



(出所) 経済産業省「第1回半導体・デジタル産業戦略検討会議 (2021. 3. 24)」資料

半導体生産と日本企業のシェアの推移

半導体製造装置

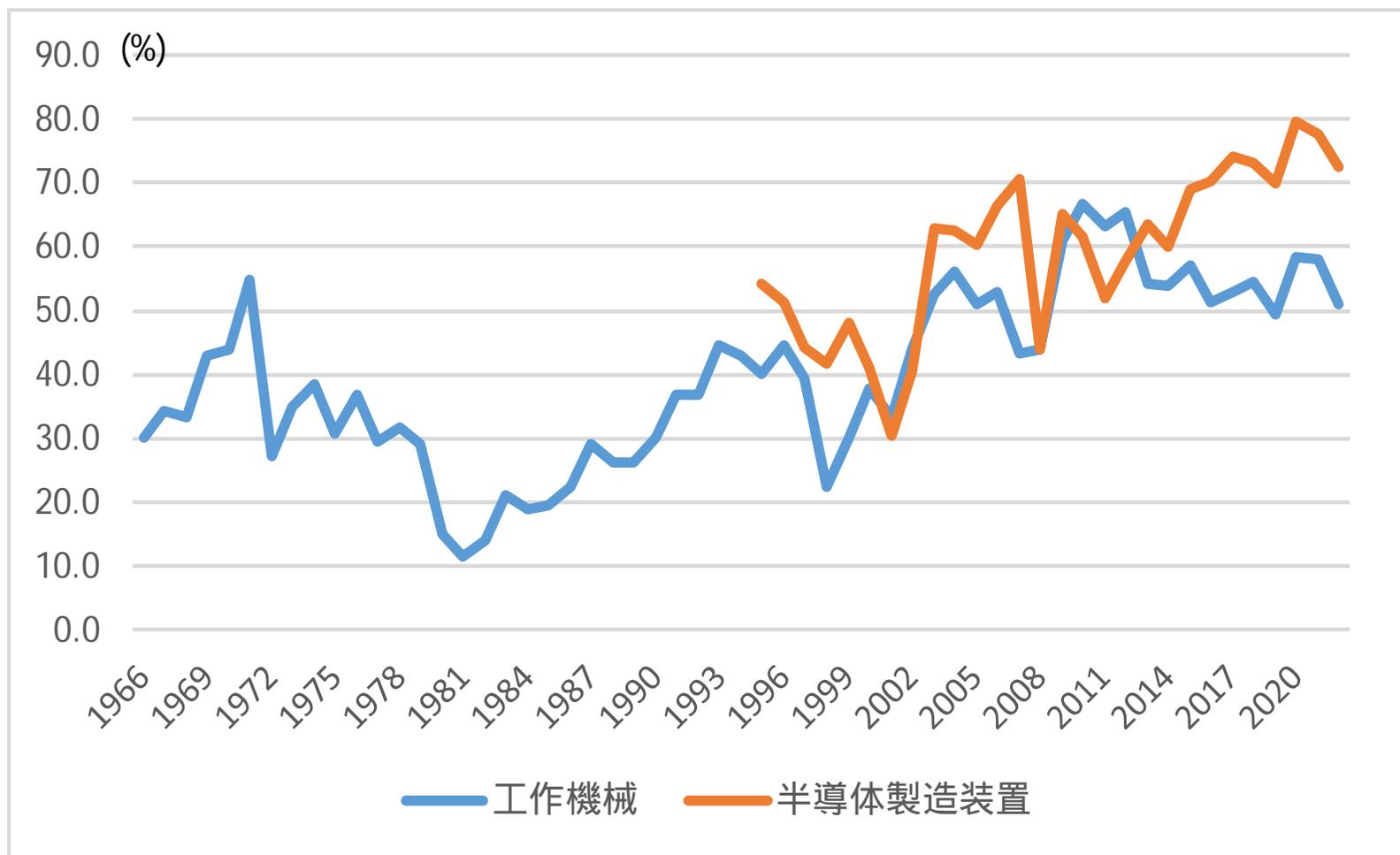


半導体製造装置の販売額と輸出比率の推移

出所：一般社団法人日本半導体製造装置協会の統計データより日鉄総研作成

90年は20%程度だった輸出比率は約90%に

工作機械・半導体製造装置



日本の工作機械、半導体製造地の輸出先に占めるアジア比率

(注) データの関係上、「アジア」の定義は以下の通り

工作機械：韓国、中国、台湾、東南アジア、半導体製造装置：韓国、中国、台湾
 出所：日本工作機械工業会、日本半導体製造装置協会の資料より日鉄総研作成

主要メーカーの海外拠点設立状況

	森精機 (工作機械)	東京エレクトロン (半導体製造装置)
～ 2000年	<ul style="list-style-type: none"> 米国に営業サービス拠点→現地商社との取引や直販を推進(1983年) 	<ul style="list-style-type: none"> 初の海外開発・製造拠点Tokyo Electron Oregon, Inc. 設立(1995年)
2001年～	<ul style="list-style-type: none"> スイス・DIXI社買収、大手工作機械販売会社エリソン、三井物産と共同で買収(2007年) 森精機とDMGの間で資本・業務提携 両社の提携により、ブランドロゴマークをDMG MORIに統一(2009年) イタリアの販売店10社買収 直販化(2012年) 単独で海外初の北米加州に工場立ち上げ、工作機械の部品加工と組立(2012年) 米国販売店、イタリアの販売店それぞれ買収 製販連携強化(2013年) 中国天津工場稼働、鋳物部品の加工と工作機械の組立(2013年) 	<ul style="list-style-type: none"> Tokyo Electron Korea Solution Ltd. 設立、米, TEL Venture Capital, Inc. 設立、米, TEL Epion Inc. 買収(2006年) Tokyo Electron India Private Ltd. 設立(2008年) Tokyo Electron (Kunshan) Ltd. 設立(2011年) Tokyo Electron Singapore PTE Ltd. 設立、NEXX, Inc. 買収、FSI, Inc. 買収、Magnetic Solutions Ltd. を買収(2012年) 蘭に持ち株会社、拠点統廃合も(2013年) TEL Manufacturing and Engineering of America, Inc. (グループ会社合併)(2019年) Tokyo Electron (Malaysia) Sdn. Bhd 設立(TEL, HP)(2020年)

出所：各社資料より日鉄総研作成

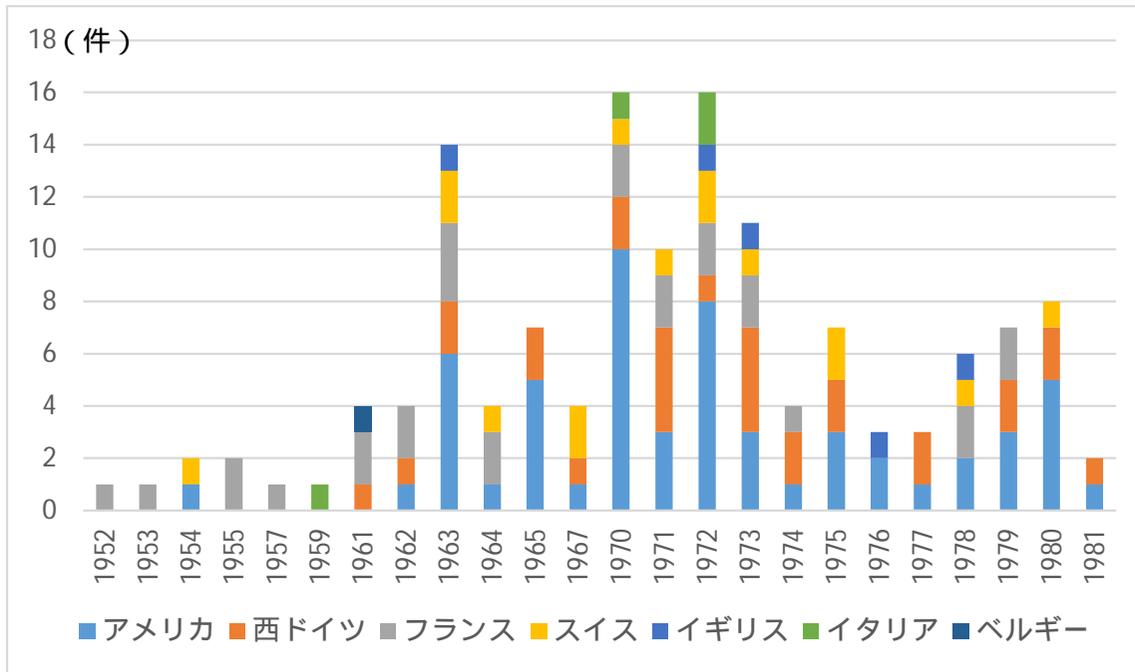
「日本の工作機械の輸出の急増の背景は、日本がNC工作機械の製品化で競争相手の欧米よりも先行していたこと、トラブル時に迅速に対応するなど充実したサービスをユーザーに提供していたこと」(日本工作機械工業会ヒアリングより)

蓄電池製造装置業界に対する示唆

- 海外市場の開拓に向けて、品質の高さに加えてユーザーニーズに対するきめ細かい対応という日本メーカーならではの優位性を活かして営業展開していくことが有効では

工作機械と半導体製造装置の成功要因 海外の先行事例に学ぶ

工作機械



日本の工作機械メーカーの相手国別・海外メーカーとの技術提携の動向

年代	技術提携の内容
昭和20年代後半～30年代 (1950年代～1964年代)	<ul style="list-style-type: none"> フランスを中心とするヨーロッパ各国が中心 旋盤、フライス盤、研削盤といった、いわゆるコンベンショナルな機械が対象
昭和40年代 (1965年～74年)	<ul style="list-style-type: none"> 技術の導入先としてアメリカが急激に伸び、ヨーロッパ勢では西ドイツの増加が目立つ アメリカが大きく伸びた理由の一つは、国内業界におけるNC 工作機械の技術提携が始まったため
昭和50年代 (1975年以降)	<ul style="list-style-type: none"> 技術提携は昭和40年代後半をピークにして急速に減少(戦後続いてきた欧米技術への依存体制が終了) 昭和50年代に入ってから技術提携は航空機分野など、ごく特殊な工作機械や従来の技術提携のフォロー的意味合いのものが中心

欧米に比べて技術的に劣っていた日本の工作機械メーカー
(1950年代～1970年代)

欧米メーカーとの技術提携を通じて各社は基礎技術のレベルアップを実現

半導体製造装置

年代	日本の半導体製造装置に係る状況
1950年代～60年代	米国からの輸入製品に大きく後れ
1958年	初めて量産型の製造装置の国産化
1965年	ウェハ処理工程の量産型製造装置の国産化 東京エレクトロン、日電アネルバ、日本真空技術は米国企業との合併で技術導入
1970年	「半導体製造装置の国産化元年」 しかしながら、半導体製造装置全体で見るとまだ当時の日本の電機メーカーは米国からの輸入装置に大きく頼っているという状況
1976年	通商産業省、超LSI技術研究組合を設立 ここでの研究開発は日本の半導体製造装置の技術力の向上に大きく貢献
1980年代	日本の半導体産業は急成長し、1986年には米国を抜いて世界一の生産国に 半導体製造装置の技術開発も発展し、日本企業の技術力は半導体製造装置の多くの分野で米国企業と同等かそれを上回ると評価されるように

圧倒的に米国がリードしていた半導体技術（1950年代～1970年代）

国の強力な後押しでキャッチアップ
メーカーの技術者も貪欲に米国から技術を吸収

(参考) 米国から貪欲に半導体技術を吸収した日本の技術者たちのエピソード



相田洋「電子立国日本の自叙伝 中」
日本放送出版協会, 1991年
第6章 宇宙開発競争と集積回路
- 技術公開に押し寄せる日本人
(P347 ~ P353)より引用

国家的支援を受けて発達したシリコン技術と集積回路技術は、当然のことながら重大な企業機密であり、軍事機密であった。しかし、それらの技術の概要が公開される場があった。アメリカで開催された幾つかの学会である。(略)

ゲルマニウムからシリコンへの転換に出遅れた日本の技術者たちは、この学会を利用して技術情報の収集に励んだ。その時代、学会にやってきた日本人技術者の行動をつぶさに目撃し、その実態を本に書いた人がいる。現在はシリコンバレーに住む、ジエームス・カニンガムさんである。(略)

カニンガム 六十年代後半になると、急に日本人の出席者が大変多くなってきていることに気づきました。(略)

カニンガム 日本人の論文発表はいかがでしたか。
学会といいますが、通常は何百という論文が発表されます。日本のエレクトロニクス会社も一つか二つくらいは寄稿していたかもしれません。だとしても、ほとんど意味のない論文ばかりでした。それよりも閉口したのは、発表する人の英語が下手すぎて、何を言っているのか理解できないことでした。

カニンガム 内容がなくて英語が下手で。
ええ。でも彼らにはそんなことは一つも問題ではなかったのです。といいますのも、彼らは論文を発表しに来たのではなくて、人の論文を聞きに来たのですから。自分の発表内容が無意味だろうと、英語が下手だろうとまったく問題ではなかったのです。聞きに来るといふより、写真を撮りに来るといったほうが正確かもしれません。

カニンガム 何を撮影するんですか？
英語が下手というのは、しゃべるのが下手で、聞くのも下手なわけですから、何でも写真に撮って帰って、あとで読むんでしょうね。発表者がスライドをチェンジするたびに、カメラのシャッターを押したのです。最初はその行動の意味を理解できなかったので、不思議に思ったものです。

カニンガム なるほど
やがて、日本人は発表するために来ていたのではなく、聞き、かつ写真を撮るためにだけにやって来ているのだと気がついて、りつ然としました。(略)

蓄電池製造装置業界に対する示唆

- 技術的にはまだ日本は中国、韓国よりも優勢
- 彼らの経営姿勢やビジネスモデルは日本企業にとっては異質
- しかし世界市場において優勢な地位にある中韓企業についてベンチマーキングすることは重要では

工作機械と半導体製造装置の成功要因 先進技術へのいち早い対応

工作機械

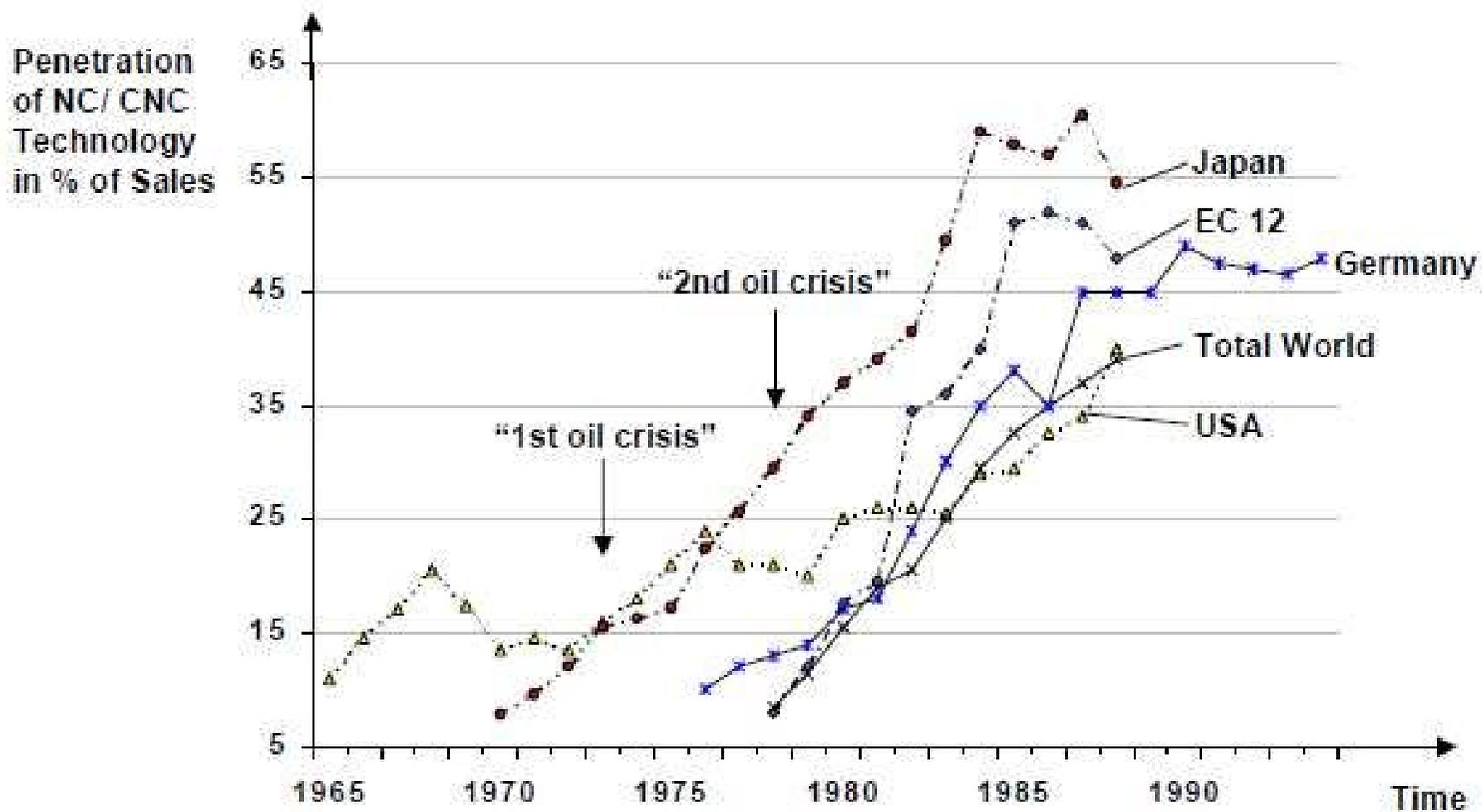
日本はNC装置の開発に早期に対応して成功

- NC : Numerical Control (数値制御)
- NC加工 : プログラムにより工作機械の動きや切削条件をコンピュータで制御して加工
- 複雑な形状やデザインの部品も一貫して高い精度で加工を行えるのが大きな利点
- コンピュータの性能の飛躍的な向上に伴いプログラミングは容易となり、さらなる自動化が可能となるなど、NC工作機械の価格性能比は大幅に向上
- 自動車産業を中心に日本がものづくりのデジタル化を先導したことも、日本の工作機械産業の発展に寄与

工作機械

年代	主な出来事
1951年	米国で世界初のNC工作機械の試作機が完成
1952年	米国で世界初のNCフライス盤が完成
1955年	シンシナチ・ミラクロン社(米国)がNC装置を備えたフライス盤を開発 以後多くの米国工作機械メーカーがNC工作機械の製造に参入
1956年	富士通が日本初のNC装置開発(その後独立、富士通ファナック→ファナック)
1962年	富士通のNC部門、NC装置に初めてトランジスタを採用
1970年	日本の工作機械のNC化率7.8%
1975年	ファナック、インテル(米)のMPUをCNC装置に採用(IBMよりも6年先行して採用) 日本の工作機械のNC化率17.3%
1985年	日本の工作機械のNC化率67.7%
1980年代	日本の中小企業の間でCAD/CAMに対する関心が高まる
1980年代終わり	ファナックのNC装置のシェアは世界の50%、日本国内の80%
1990年	日本の工作機械のNC化率75.7%
1990年代	3次元CADが急速に普及→工作機械はさらにソフトウェアに対応 PCベースのNC装置が登場→より安価でオペレーターにとって操作性が容易に
1990年代末	インターネットを利用した遠隔保守などのサービスが普及

工作機械



主要国におけるNC化率の推移

出所 : Heinrich Arnold, The recent history of the machine tool industry and the effects of technological change, November 2001, University of Munich, Institute for Innovation Research and Technology Managementより引用

半導体製造装置

先進的な露光装置の開発にいち早く取り組み成功

年代	主な出来事
1950年代～ 1970年代	<ul style="list-style-type: none">半導体関連技術は米国主導で発展
1976年	<ul style="list-style-type: none">通商産業省、超LSI技術研究組合設立➤ 半導体製造装置の競争力強化に大きく貢献➤ 設立前の国内半導体メーカーの製造装置の国産化比率は20%、プロジェクトが終了する80年初めには70%以上を国産化
1978年	<ul style="list-style-type: none">ニコン、国産初のステッパーを開発、超LSI技術研究組合に納入
1979年	<ul style="list-style-type: none">キャノン、反射型投影露光装置発売超LSI技術研究組合、二種の電子ビーム装置を発表
1980年	<ul style="list-style-type: none">超LSI技術研究組合、10項目の成果を発表ニコン、ステッパ市場に参入
1984年	<ul style="list-style-type: none">キャノン、ステッパ市場に参入
1980年代後半	<ul style="list-style-type: none">ニコン(約60%)、キャノン(約30%)で全世界のステッパー市場の90%近くのシェア、この状態が1990年代後半まで続く
1996年	<ul style="list-style-type: none">ニコンとキャノンは独自のEUVリソグラフィ装置を開発断念、ASML(蘭)が世界で唯一のメーカーに

半導体製造装置

装置メーカー別・半導体露光装置の製造状況

露光技術	波長	製造プロセス世代(nm)	量産開始年	ASML (蘭)	ニコン (日)	キャノン (日)	SVGL (米)	ウルトラ テック (米)	パーキン・ エルマー (米)
i線	365nm	800	1990						
		600	1994						
KrF	248nm	350	1995						
		250	1997						
		180	1999						
		130	2001						
ArF	193nm	90	2004						
		65	2006						
ArF液浸		45/40	2009						
		32/28	2011						
		22/20	2014						
		16/14	2015						
		10	2017						
		7	2018						
EUV		13.5nm	5	2020					

(注) 網掛け箇所は装置を製造している、網掛けなしの箇所は装置を製造していないことを意味する

出所：CSET(Center for Security and Emerging Tecnology). China's Progress in Semiconductor Manufacturing Equipment, Georgetown University's Walsh School of Foreign Service, 2021より日鉄総研作成

蓄電池製造装置業界に対する示唆

- NC装置の開発に早期に対応して成功した工作機械、先進的な露光装置の開発にいち早く取り組み成功した半導体製造装置に見習うことは多い
- 実用化が期待されている次世代型の全固体LIBについて、世界に先駆けて量産装置を開発してシェアを確保するために、研究開発に積極的に参加して必要な技術に係る情報を入手することが必要では

工作機械と半導体製造装置の成功要因 政府による支援制度

工作機械

工作機械産業の育成に影響を与えた主な政策・制度

政策・制度	時期	概要
工作機械等試作補助金制度	1953年	<ul style="list-style-type: none">国産化未開発機械機種の高精度工作機械の試作に対する補助金53年から55年までの3年間で2億8千万円を主な工作機械メーカー28社に対して交付
国民車育成要綱案	1955年	<ul style="list-style-type: none">国内自動車産業興隆の端緒を開いた自動車産業の振興策(工作機械の需要増)
機械工業振興臨時措置法	1956年 ～1970年	<ul style="list-style-type: none">目標年度を設け、生産技術の向上、製品の性能・品質の改善、生産コストの軽減、老朽設備の層化などの計画・実施を指示過当競争による個々の企業の経営体力の減衰を防止するために、特に「特定機械工業」の共同行為(カルテル)を容認戦後復興期からの産業政策が鉄鋼や電力など大企業を対象としていたのに対し、同法は基礎機械と言われた工作機械等を製造する中小企業の育成を目的とする施策であったことも大きな特徴
金属工作機械製造合理化基本計画	1957年	1960年度末における合理化目標を決定。 主な内容は、政府が企業活動の細部まで指導する統制色の強いもの

半導体製造装置

半導体製造装置産業の発展に影響を与えた主な政策・制度

政策・制度	時期	概要
超LSI技術研究組合	1976年～ 1979年	<ul style="list-style-type: none">76年から79年度までの間、組合に対して開発費の50%を補助通産省の外郭団体である工業技術院の下に富士通、日立製作所、三菱電機、日本電気、東芝といった半導体メーカーが参画、各社が資材や優秀な人材を投入して研究開発を推進日本の半導体製造装置の技術力の向上に大きく貢献中でも半導体製造において最も重要な工程を担っている露光装置を、ニコンが初めて国産化したことは大きな研究成果

蓄電池製造装置業界に対する示唆

- 経済産業省は令和6年に「蓄電池に係る安定供給確保を図るための取組方針」を改定、蓄電池製造装置メーカーを対象とした支援を明示
- かつての通商産業省の工作機械、半導体製造装置に係る支援策がもたらした成果を考慮すると、全固体LIBの研究開発など、国のさらなる支援の強化が期待される

工作機械と半導体製造装置の成功要因 業界団体の設立

工作機械

一般社団法人日本工作機械工業会の概要

	活動内容等
創立	1951年
会員数	111社 2001年にはCAD/CAMなどのソフトウェア事業者、周辺装置メーカーに、2017年には三次元積層造形装置(AM)メーカーに対しても門戸を開放
組織	<ul style="list-style-type: none">理事会の下に8つの常設委員会(総合企画、技術、経営、市場調査、国際、環境安全、見本市、輸出管理)と加工システム研究開発機構、人材確保・周知研究会で構成
創立時点の活動内容	<ul style="list-style-type: none">来日した米国工作機械調査団の受け入れ海外需要調査・輸出促進活動 (海外視察団の派遣や貿易商社との連携、海外に常設のショールーム設置等)政府への働きかけ (設備近代化助成策、工作機械試作助成策の実現に向けた要望活動等)組織内に技術委員会を設け、JIS制定に関する審議に参加
現在の活動内容	<ul style="list-style-type: none">業界に共通する有益な情報の収集と提供(市場調査と統計データ整理、デジタル化や環境問題等の動向把握 等)産学官連携による技術開発の体制構築と開発促進規格化・標準化戦略の検討と推進政府や関係業界団体との連絡・調整業界の将来ビジョンや政府に対する要望事項の取りまとめと折衝見本市(JIMTOF)やメカトロテックジャパン(MECT)を通じた人材確保の支援 等

半導体製造装置

一般社団法人日本工作機械工業会の概要

	活動内容等
創立	1985年
会員数	237社(正会員34社、賛助会員203社)
組織	<ul style="list-style-type: none">理事会・運営委員会の下に3つの部会(技術、安全・サポート、環境)と、部会に属さない5つの専門委員会(半導体調査統計、FPD調査統計、広報、貿易、人財開発)で構成
現在の活動内容	<ul style="list-style-type: none">半導体製造装置産業並びに、関連産業の健全な発展を図るため、統計調査、及び業界の課題や新技術に関する調査、各種セミナー、講演会の開催、標準化の推進等、幅広い活動を展開

工作機械、半導体製造装置とともに、業界団体が情報収集・分析や、政策提言も含めた政府との情報共有の機能を果たし、業界の発展に貢献してきたのみならず、業界の地位向上において大きな役割を果たしてきた

蓄電池製造装置業界に対する示唆

- ~ の課題の解決策を講じていく上では、蓄電池製造装置産業の企業の声を集約することに加え、需要動向などに関する情報収集・分析や、政策提言も含めた政府との情報共有の機能を、蓄電池製造装置業界として保有することが有効
- 製造装置メーカーが参加する業界団体としては、一般社団法人電池サプライチェーン協議会（BASC）（2021年設立）があるが、参加している製造装置メーカーは一部に限定
- 製造装置メーカーによる業界団体の設立が必要では

一般社団法人電池サプライチェーン協議会 (BASC)

会員企業



工作機械と半導体製造装置の成功要因 デジタル技術の活用

工作機械

日本はNC装置の開発に早期に対応して成功（再掲）

- NC : Numerical Control (数値制御)
- NC加工 : プログラムにより工作機械の動きや切削条件をコンピュータで制御して加工
- 複雑な形状やデザインの部品も一貫して高い精度で加工を行えるのが大きな利点
- コンピュータの性能の飛躍的な向上に伴いプログラミングは容易となり、さらなる自動化が可能となるなど、NC工作機械の価格性能比は大幅に向上
- 自動車産業を中心に日本がものづくりのデジタル化を先導したことも、日本の工作機械産業の発展に寄与

半導体製造装置

- 現在の半導体製造装置には何百ものセンサーがついており、センサーデータを解析して半導体プロセスの精度向上や生産性向上に応用
- 半導体製造装置におけるデータ活用の歴史は古く、1980年代半ばの時点ですでに装置から取得したデータを活用するため計算機（コンピュータ）を多用

DXの先駆け的な存在

半導体製造プロセスと計算機利用技術との関係（1980年代半ば）

装置の例	計算機の用途	期待される効果など
露光装置	人手では困難な高精度な制御 ・ ウェーハを固定したステージの移動 ・ 露光光量、焦点深度その他の露光条件を決定するパラメーターの制御	計算機なくしては装置もしくはそのプロセス技術の存在価値さえもなくなる
CVD、RIEなどの装置	装置を稼働させたりプロセスの終点を検出したりするための自動化制御	人的な装置操作のミスの排除 プロセス中に生ずる各種のばらつきの低減 無人化による異物混入の防止など
-	デバイスやプロセスのシミュレーション予測	複雑化するプロセスの最適化に要する時間と労力の削減

CVD:化学的気相成長法
RIE:反応性イオンエッチング

出所：遠藤伸裕「最近の半導体製造プロセス技術概要」（電気學會雑誌 1986年106巻3号収録）より日鉄総研作成

蓄電池製造装置業界に対する示唆

- デジタル技術の活用は、工作機械、半導体製造装置に比して見劣り
- 例えば重要な要素技術である「ウェブハンドリング技術」の制御は勘と経験に頼る部分が多く、デジタル技術を活用することで取得したデータを搬送条件等の最適化に繋げることが課題
- 日本の蓄電池製造装置業界にとって強力な競合相手となっている中国の蓄電池製造装置メーカーの中には、デジタル技術の積極的な活用をホームページ上で強調しているところも
- 工作機械、半導体製造装置の成功に倣い、デジタル技術の活用に挑んでいくことが重要ではないか。
- 業界団体を設立し、デジタル技術の活用について会員間での情報交換や共同研究を行う「技術部会」を団体内に設けることも有効では

工作機械と半導体製造装置の成功要因 装置の標準化

工作機械

標準化の歴史は古く、日本でも戦前から規格が定められている

豎ミリング盤標準精度

検 査 事 項		許容誤差 (300 mm = 寸 mm)	
		第 一 種	第 二 種
(1) 主軸中心線ト主軸 テーバー 孔ノ中心線トノ偏寄程度		0.02	0.04
(2) テーブル 上面ノ真直程度	前後	0.025	0.05
	左右	0.025	0.05
(3) 主軸中心線ト テーブル 上面トノ直角程度	前後	0.025	0.06
	左右	0.025	0.06
(4) テーブル 上面ト ニー ノ運動トノ直角程度	前後	0.025	0.06
	左右	0.025	0.06
(5) 主軸 ヘッド ノ運動ト テーブル 上面トノ直角程度	前後	0.025	0.06
	左右	0.025	0.06
(6) テーブル ノ運動ト其ノ上面トノ平行程度	前後	0.02	0.05
	左右	0.02	0.05
(7) テーブル ノ左右運動ト テーブル ノ溝トノ平行程度		0.025	0.05
(8) テーブル ノ前後運動ト テーブル ノ溝トノ直角程度		0.025	0.05
(9) テーブル ノ送り螺桿 ねぢ ピッチ ノ誤差		0.035	0.06
(10) 圓 テーブル 上面ノ真直程度		0.025	0.05
(11) 圓 テーブル 上面ト其ノ回轉軸トノ直角程度		0.02	0.04
(12) 圓 テーブル 上面ト主軸中心線トノ直角程度		0.025	0.06

- 備考 1. 精度検査=於テ 0.005 mm 未滿ハ之ヲ零ト見做ス
 2. 精度検査=使用スル試験桿ハ主軸ノ心孔ニ合致スル テーバー ヲ備ヘタル支端ヲ有シ、之ニ近キ屑部ニ始マリ他端マデ 300 mm ノ長ヲ有スル圓筒形ノモノトス

日本機械学会 工作機械規格制定委員会が昭和6年（1931年）に定めた「豎ミリング盤標準精度」

出所：日本機械学会「工作機械規格制定委員会第3回報告」より転載

半導体製造装置

業界自主的な国際基準であるSEMI規格

年代	製造装置の規格化に至る動き
1970年代～1980年代	<ul style="list-style-type: none">• 広範な要素技術の統合は投資戦略に応じて各社がばらばらに実施
1990年代	<ul style="list-style-type: none">• 半導体デバイスを作成する工程・装置が複雑多岐であり1社だけで全てのプロセスの統合を行うことが困難になり、半導体製造の標準化が求められるように
1994年	<ul style="list-style-type: none">• 次の技術世代(300mm世代=12インチ世代)が議論されるように• 半導体製造装置企業のコンソーシアムのSEMIが中心となって、ウェーハ口径や製造装置間でやりとりするパラメータなどについて300mmラインの標準化が進展
1998年	<ul style="list-style-type: none">• 業界自主的な国際基準であるSEMI規格が完成<ul style="list-style-type: none">➤ エレクトロニクス製造技術の標準化が加速し、製造の自動化が進み、基準に適合する製品が安全性の目安となり、品質も保たれるように➤ 半導体工場のオペレーションノウハウを十分に持っていない新興国の半導体企業が成長する契機となったとの指摘も

出所：各種資料より日鉄総研作成

蓄電池製造装置業界に対する示唆

- 蓄電池を含む電池の製造装置は規格が定められていない
- 例えば、塗布、圧延、捲回といった工程で多く用いられる、ローラーの幅や直径は装置によって仕様がすべて異なる
- 標準化は、日本企業の競争相手である中韓企業が日本市場に参入するための門戸を広げる可能性も
- しかしながら、中小企業によって支えられている日本の蓄電池製造装置業界の生産性の向上を図るうえでは、装置を構成する部素材や精度、試験方法などの規格化も検討する必要あり
- 上記に先立って、製造工程に関して秘匿性が高いセルメーカーの姿勢を見直していく必要がないか（製造装置業界の技術開発、新規参入を難しくしている要因でもある）

工作機械と半導体製造装置の成功要因 中国、韓国の事情

中国、韓国の事情

1950年代～1960年代、中国、韓国は政治的な混乱などにより
技術力で日本にキャッチアップする余裕に乏しかった。

現在の工作機械、半導体製造装置の技術格差の要因の1つでは
中国 **韓国**

大躍進政策 (1957～1959)

毛沢東が主導した農作物と鉄鋼製品の増産政策。非科学的な増産方法の実施などにより、大飢饉(推定1500万～5500万人が死亡)の発生、産業・インフラ・環境の大破壊を招いた。

文化大革命 (1966～1976)

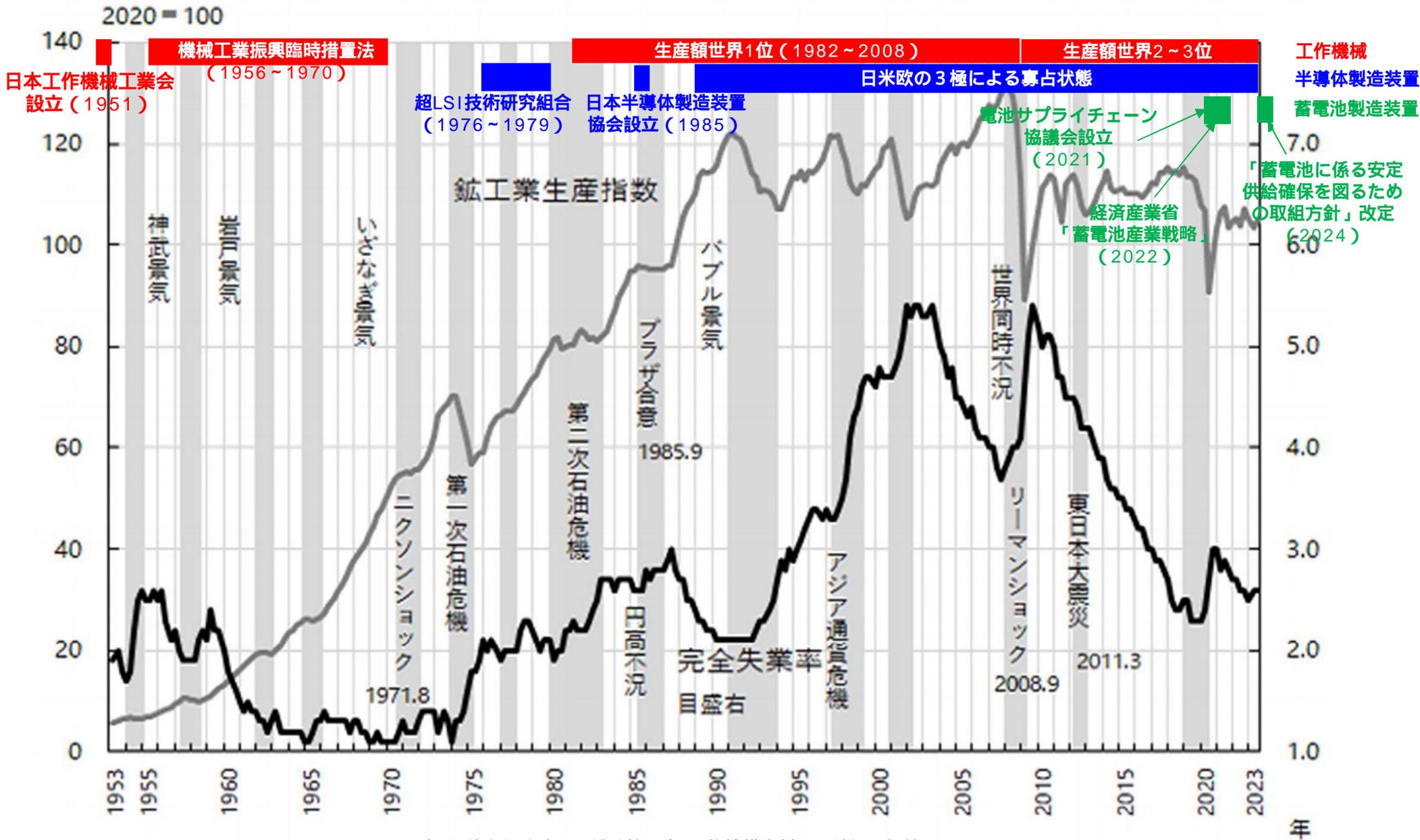
中国共産党の幹部、知識人、旧地主の子孫など、反革命分子と定義された層はすべて熱狂した紅衛兵の攻撃と迫害の対象となり、国内の大混乱と経済の深刻な停滞をもたらした。死者2,000万人とも。

朝鮮戦争 (1950～1953)

3年間に及ぶ戦争により朝鮮半島全土を戦場と化して荒廃。経済は壊滅的打撃を受け、1人当たりの国民所得は世界最貧国レベルに。戦後も不安定な政治情勢が続いた(1960年 四月革命、1961年 軍事クーデター)。
韓国経済が「漢江の奇跡」と呼ばれる急成長を遂げるのは、1960年代半ばからのベトナム戦争特需と1965年の日韓基本条約を契機とした日本からの援助により社会インフラを構築してから。

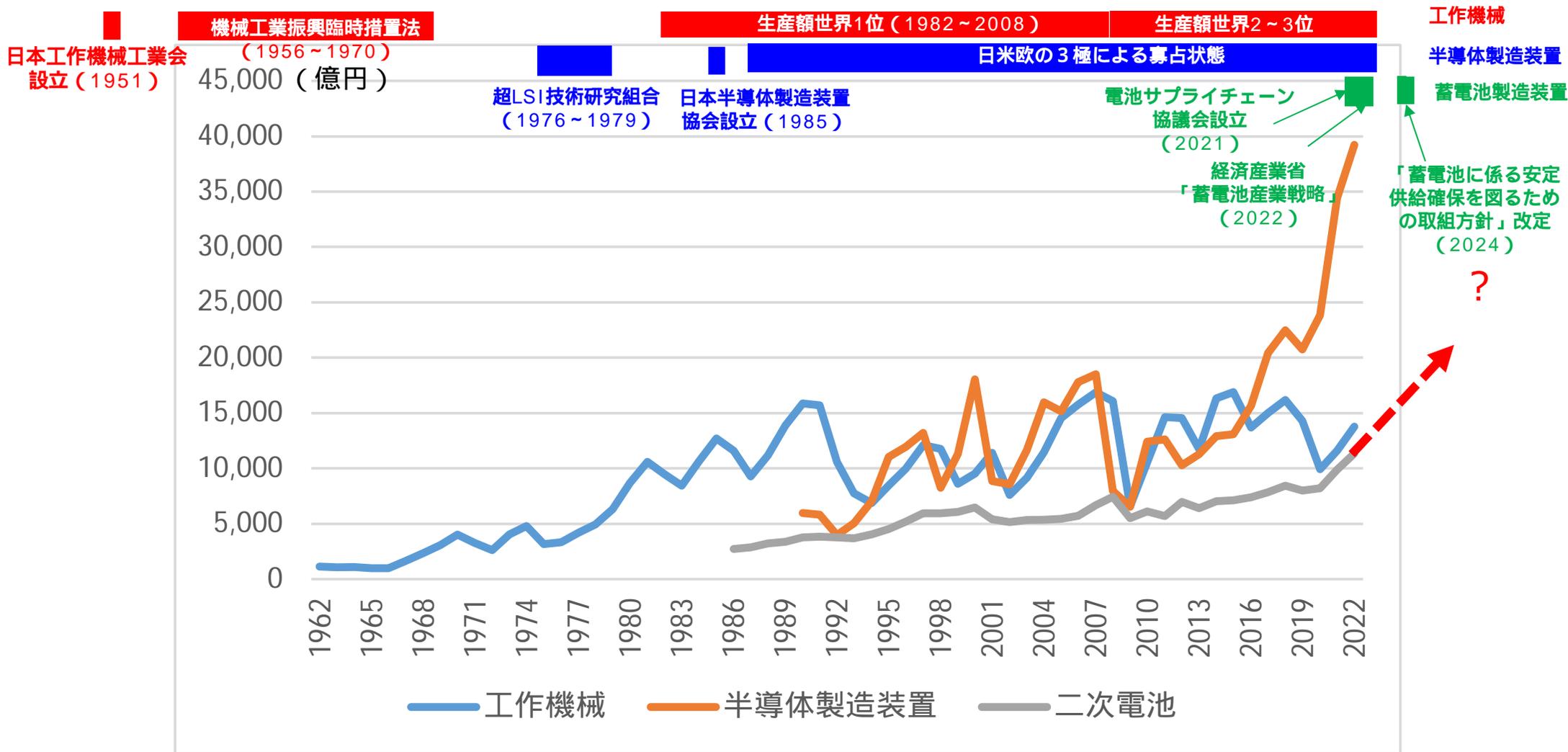
一方、二次電池がエレクトロニクス製品のキーデバイスとして重要性を増した1990年代、両国は工業化を成し遂げており、日本へのキャッチアップは容易な環境となっていた

工作機械、半導体製造装置の歴史から何を学ぶか



出所: 独立行政法人労働政策研究・研修機構資料に日鉄総研加筆

工作機械、半導体製造装置の歴史から何を学ぶか



日本の工作機械の生産額、半導体製造装置と二次電池の販売額の推移

出所：日本工作機械工業会、日本半導体製造装置協会、日本電池工業会資料より日鉄総研作成

日鉄テクノロジー株式会社 会社概要

会社名 日鉄テクノロジー株式会社
英字表示 NIPPON STEEL TECHNOLOGY Co., Ltd.
本社所在地 〒100-0004
東京都千代田区大手町1-6-1
大手町ビル3階
設立年月 2013年4月
資本金 1億円
社員数 約3,700人(2024年4月1日時点)
株主 日本製鉄株式会社 100%

<https://www.nstec.nipponsteel.com/index.html>

業務内容

- 1.鉄鋼業等における品質保証に関する業務
- 2.鉄鋼業等における研究開発支援に関する業務
- 3.材料および製品の調査・解析・評価および研究開発に関する業務
- 4.環境関連の分析・測定に関する業務
- 5.公害物質・廃棄物の測定・分析・浄化等に関する業務
- 6.食品、農薬、微生物・細菌類、植物、遺伝子(バイオテクノロジー)の検査等に関する業務
- 7.非破壊検査業務
- 8.計測機器・検査機器・燃焼機器等の製造・販売
- 9.労働者派遣事業に基づく労働者の派遣業務
- 10.ソフトウェアの販売
- 11.設備の保守・点検・診断等の業務
- 12.科学技術及び工業技術に関する研究調査の受託
- 13.経済・産業・地域開発・市場に関する調査の受託
- 14.情報の収集・処理・解析・管理の受託
- 15.特許、実用新案、意匠等の知的財産権に関する調査・解析・教育・研修の受託
- 16.特許、実用新案、意匠等の知的財産権に関する取引の仲介・斡旋
- 17.データベースの作成・維持管理の受託
- 18.情報ネットワークシステムの構築・維持管理の受託
- 19.各種図書・刊行物等の編集・制作・出版・翻訳・通訳及びこれらの受託
- 20.営業広報に関する企画・運營業務及び営業広報活動における情報機器の活用に関する企画・運營業務の受託
- 21.各種学会・国際会議・展示会・セミナー・研修会等の企画・運営の受託
- 22.前各号に関するコンサルティング・教育・ノウハウ提供
- 23.前各号に係る物品の製造・販売
- 24.前各号に付随する業務

日鉄テクノロジーの強み

Advantages of Nippon Steel Technology

当社は、多彩な技術力と提案力で課題に向き合う、国内最大規模の試験分析会社です。さまざまな分野に強みを持つ専門家集団が、お客様の課題に寄り添い、あらゆるニーズにお応えします。長年の経験で得たスキルやノウハウを駆使し、社会の発展に貢献しています。

01



幅広く対応できる事業分野

材料評価・分析を主体にし、計測検査事業、環境測定・分析事業、省エネルギー事業を複合的に活用することで、お客様の幅広いニーズに向き合い、原因分析から課題解決に最適なソリューションを提供しています。

02



全国に広がる事業拠点

全国に18の事業拠点を有し、各事業拠点が持つ特徴のある技術を活用することで、お客様が抱える様々な課題を解決します。また、全国8箇所の営業拠点とのネットワークを活かしてお客様をサポートします。

03



専門家集団が伴走

材料、機械、化学、環境、システムなど多様な分野で専門性を有した技術者が課題発掘から解決まで伴走します。

二次電池（LiB、全固体）全般に関する評価を受託可能

解体調査、試作評価
電池材料分析、構造解析
安全性評価

二次電池

リチウムイオン電池など電池解体調査 >

リチウムイオン電池の電池試作評価 >

リチウムイオン電池など電池材料の… >

X線回折による電池材料の構造解析 >

リチウムイオン電池など電池の安全… >

<https://www.nstec.nipponsteel.com/technology/index.html>

ご清聴ありがとうございました

日鉄テクノロジー株式会社
産業・資源循環技術部

調査第一室 室長 大内邦彦

E-mail: kunihiko.ouchi.8fy@nstec.nipponsteel.com