

2023年2月

米国情報 2023年2月分

日脈グローバル株式会社
米山

- 米国による 半導体・EV などの自国育成と同盟国連携（CHIPS 科学法など）・対中技術管理措置を巡る動向

はじめに

半導体は原油、自動車部品、精油に次いで4番目に最も世界で取引される製品となっており、2020年には約1兆4千億個の半導体が世界中で出荷された。

その用途は多い順にスマホ、PC、サーバー・データセンター、産業電子機器、家電、自動車、無線インフラとなっている。

半導体のサプライチェーンの流れは付加価値提供の順にデザイン、フロントエンド製造、バックエンド製造（積層されパッケージされサーキットボード上に積載され試験される）そして最終製品統合となり、それをプレーヤーから見るとファブレス企業（デザインと仕様を決定）、ファウンダリー（デザインされたチップを製造）、OSAT（チップの組み上げ、パッケージ化及び試験を請け負うアウトソース）、OEM（パッケージされたチップをデバイスに組み込む）そして完成後ファブレス企業により販売となる。

サプライチェーンの物理的な距離は25,000マイルを超えるという。

本稿ではこの半導体のサプライチェーンとEVバッテリーのサプライチェーンの米国における実態と政策をパンデミックの切り口と、対中競争の切り口、そして米国の同盟関係の観点から見つつ、CHIPS 科学法その他の攻めの財政投資政策と対中輸出管理という守りの政策の影響を具体的にみる。

1. 半導体サプライチェーンの実態と政策

①米国内半導体サプライチェーン構築政策とCovidの教訓

ソース：Harvard Business Review

パンデミックに伴う半導体サプライチェーンの脆弱性が顕著となり、各国政府や企業は半導体の供給体制確保に動き出している。HBRが日本のデンソーと共同でシミュレーシ

ョンを行った結果では、台湾の半導体ファブリケーション設備が短時間でも滞ると世界のサプライチェーンが1年間滞ることになるという結果が出ている。

現在の半導体組み立て施設の殆どは台湾、中国本土及び韓国にある。その製造リードタイムは回路の複雑さに応じ20日から60日となっている。

製造されたICチップは次に組み上げ並びに試験のための設備に送られ、そこで様々なコンポーネントに組み上げられる。この設備もほとんどすべてアジアにある。このコンポーネント化に要する時間は30日乃至40日である。

最後にこれらのコンポーネントは様々な部品やモジュール、システムに組み込まれ、それらは最終部品に組み上げられていく。従い、半導体組み立て施設の滞りの影響が自動車メーカーなど最終製造者に伝わるまでにかなり時間を要する。

シミュレーションでは僅か10日の半導体組み立て施設の滞りにより影響を受けたサプライチェーン全体が在庫状況を含め完全に元に戻るのにほぼ12か月を要するという結果となった。

バイデン政権は半導体生産の海外依存を抑えるべく昨年8月にCHIPS科学法を成立させ、商務省は同9月に“半導体業界におけるアメリカのリーダーシップを再構築する”ための戦略を公表、米国内の先端半導体の生産基盤構築・拡充、従来世代の半導体の十分かつ安定した供給網の構築、そして次世代半導体技術が米国内で開発され生産されるようにするための研究開発投資を進めるとした。これらの政策により5乃至6つの新規半導体生産工場が米国内に建造されることが期待されている。

米国内での半導体サプライチェーンの構築に際し、パンデミックで得た教訓を生かすべく次の諸点に配慮すべきである。

a. 復元性（レジリエンス）の確保

2020年のパンデミック中の米国内での食肉供給不足問題は、そのサプライチェーンがすべて米国内にあったにもかかわらず発生した。理由は経費削減と効率化のために米国内の屠殺場が少数に集約されていたことから一か所の滞りが全体への悪影響を及ぼしたため。従い、米国内に半導体サプライチェーンを構築するにあたって多少非効率であってもデュアルソースを設けておくなどの冗長性を確保し、ストレステストでそのサプライチェーンの健全性を確認しておく。

b. 旧来型半導体サプライチェーンにも投資

政策としてはトランジスター要素が7ナノメートル以下の先端技術にばかり目が向きがちだが45乃至60ナノメートルの旧来型チップの国内供給も確実にすることで自動車、航空宇宙及び防衛産業の安定操業に寄与すべき。

c. 組み上げ及び試験設備

現在のように製造されたチップの組み上げや試験の殆どをアジアで行っているのはサプライチェーン上のリスクが残るので、米国内にこれらの機能を設けるべき。

d. 短期対応策

上述のサプライチェーンを新たに米国内に設けるには少なくとも2年以上かかる。その間の対応策として、①戦略的石油備蓄のような国家備蓄を半導体にも設ける、②陳腐化した製品に使用されている半導体の再利用の促進、③どこにどれだけの半導体の在庫があって供給可能かという情報が一目でわかるITツールを国として設けることを検討すべき。

以上の対応策は政権が目指すEVの国内サプライチェーン化にも適用できる。

② CHIPS 科学法を通じた国内サプライチェーンの理想と課題

ソース：カーネギー財団

CHIPS 科学法で半導体製造の自国育成に5,270億ドル（内訳は別紙1の通り）を注ぎ込む狙いは次の3つである。

a. 海外での出来事で半導体のサプライチェーンが影響を受け、米国への供給が滞る可能性を減らす

アメリカには先端ロジックチップ（5nm以下）の生産工場は皆無で、その生産能力の67%は台湾に、31%は韓国にある。すべての種類のロジックチップの生産能力の73%が東アジアにある（別紙2参照）。地政学リスクはもとより自然災害によりこれらの半導体の供給が滞るリスクは高い。

b. アメリカの国際的な経済競争力を向上させ、雇用を創出する

c. 製造過程において用いられる半導体を通じた破壊行為を防ぐ

中国などによる半導体へのデータ書き換えなどの破壊工作を想定。

これらの目標を達成するためにはCHIPS科学法を以下のように運用を通じ実効を上げる必要がある。

- 同法の390億ドルもの助成金を製造、組み上げ、試験及びパッケージ化の分野に効果的に分配する
- 官民が協力してサプライチェーンのボトルネックがどこにあるのか具体的に把握する
- ホワイトハウスと商務省は専門家とともに会合を持ち、国内労働力のどこにテコ入れすべきかを判断する
- 商務省のCHIPSプログラムオフィスは同法の研究開発投資が米企業をして半導体技術のパラダイムシフトに確実に備えられるようにする

- 商務省、国防省及び国家情報局は製造工程において遠隔からあるいはインサイダーによる破壊行為に対し安全で信頼のおけるマイクロエレクトロニクスの組み込みを担保するための組み込み手法の基準を設ける
- アメリカ国立標準技術研究所は海外の主たる半導体生産者や需要家とともに半導体の安全基準をオープンに定めていく話し合いをファシリテートする

また、半導体政策を効果的に立案、運用していくために、世界の半導体サプライチェーンの統計データを収集し、状況把握を深めたうえで、米国としてのしっかりした定量目標値を定めることや、将来の半導体危機に対応する危機対応組織の編成も課題である。

③ 半導体確保のための同盟国との連携

2021年2月の大統領令でバイデン大統領は中国に依存しない半導体のサプライチェーンの構築のための戦略を台湾や日本、韓国と組んで、またレアアースについてはオーストラリアを含め策定することを命じている。

CHIPS 科学法での調達へのバイアメリカン条項の適用は商務省の判断

ソース： JDSUPRA

2021年のインフラ投資並びに雇用法に含まれる Build America, Buy America 法の CHIPS 科学法における財政支出へ適用されるかどうかについては商務省の独自の判断に基づく。

したが、半導体製造施設建設に用いられる CHIPS 科学法の支出がバイアメリカン法の適用を受けると商務省に判断されたなら、当該設備に用いられる鉄鋼や鉄製品、建設資材には米国製のものが使用されなければならない。

米国内での調達が困難な場合には例外的に外部調達も検討されるが、あくまで最後の手段である。

2. バイデン政権の EV 国内サプライチェーン構築政策と実態とのギャップ

ソース： FDI Intelligence

バイデン大統領は昨年インフレ削減法に署名、3,650 億ドルもの財政出動を行い、気候変動対策の一環として EV 化推進のための EV 購入者への 7,500 ドルもの税額控除を行うこととした。但し、対象となる EV は最終組み立てがカナダとメキシコを含む北米内でなされなければならない、加えて、自動車メーカーは EV 用の重要素材やバッテリー部品を中国でなく、米国からか、米国の貿易パートナー諸国から調達することも条件となっている。ただ、すべての重要素材とバッテリー部品を中国以外から調達することは至難の業で、自動車メーカー各社はこの条件に懸念を示している。

アメリカの EV 化に備えてジョージア州に 55 億ドルを投じ、EV とバッテリー工場を建設中で 2025 年に稼働を始める予定の韓国「現代」のスポークスパーソンは失望を隠さない。

専門家も、EV のサプライチェーンにおける中国の存在の大きさからして、今回の中国排除要件はバイデン政権が望む米国内の EV 化の動きに弾みをつけるどころか冷水をかけることになりかねないと警鐘を鳴らす。

この 7,500 ドルの税額控除は 2 つの条件を持つ。1 つ目は当該 EV のバッテリーの部品の調達が今年までであれば 50%、2028 年までであれば 100%北米で製造乃至組み立てられたものである必要がある。

もう 1 つはそのバッテリーに用いられる重要素材の 40%が米国内か若しくは米国と自由貿易協定を交わしている国々（現在 20 カ国）で抽出乃至処理されたものであること（今年調達の場合）。2026 年までの調達であればその割合が 80%となる。

そして 2025 年には新たな税法において中国、イラン、北朝鮮並びにロシアからのバッテリー部品や重要素材の使用を禁止することになる。

米国内の EV 販売は急増中であり、2030 年までに 10 倍以上に増えると見られている。そのため 2022 年の上半期だけで米国内での EV 関連製造投資は 156 億ドルと過去の如何なる年の通年での投資額を既に上回っている。

そしてインフレ削減法成立を受け EV 製造関係のさらなる FDI が北米に向かっている。昨年 8 月 23 日、メルセデスベンツとフォルクスワーゲンがバッテリーのバリューチェーンと原材料の保全に関する合意をカナダ政府と取り交わした。この意図は米国市場を睨んでの北米でのバッテリーのバリューチェーンとリチウム、ニッケル、コバルトといった重要素材のカナダでの確保にあるという。

8 月 29 日にはホンダと LG エナジーソリューションが共同で 44 億ドルを投じ EV バッテリー製造工場を米国内に立ち上げると発表。

トヨタは 8 月 31 日、既にノースカロライナ州で建築中のバッテリー工場のキャパを拡大するためにさらに 3,250 億円を投じると発表。

一方、EV とバッテリーのサプライチェーンから中国を排除しようとするのはこれらの自動車メーカーに多大な負担を強いることになる。というのも中国は現在世界のレアアースの 87%を精製している。また、2019 年時点で世界のコバルトの 65%、リチウムの 59%、銅の 40%、ニッケルの 35%を精製しているからである。

オーストラリアとチリの鉱山がリチウム産出では世界をリードしているものの、その殆どが中国で精製されている。

鉱山を新たに開くだけでも 10 年以上かかり、ましてや鉱物の精製工場を開設することは（環境面からも）非常に困難と見られている。

また、2020 年の分析で、バッテリーの陽極の 61%、陰極の 86%が中国で製造されている。さらに天然グラファイト製陰極は 100%中国製となっている。

世界第 2 位のバッテリーメーカーである LG ケミカルは昨年 5 月中国の Huayou Cobalt 社と合弁を設立、中国製の原材料と陽極材料の確保に走った。同時に LG ケミカルは GM と米国内に合弁を設け陽極の素材を供給する長期契約に合意している。

Huayou Cobalt は中国最大のコバルト精製業者であるが、最近ではインドネシアでニッケルの精製工場を立ち上げている。

もう 1 つの韓国のバッテリー素材企業のポスコケミカルは昨年 3 月、GM との合弁設立を公表、カナダのケベック州に陽極の工場を設置する。

ポスコは Huayou と 2021 年に合弁を設けており陽極とその前駆物質の供給を確保している。

2030 年までに EV の国内シェアを 50%にするというバイデン政権の目標を中国に全く依存せずに実現することにはかなり無理がある状況と言える。

3. バイデン政権の輸出管理 ソース：米商務省産業安全保障局（BIS）

昨年 10 月 7 日、新たな対中輸出規制を発表。

中国が最新の演算チップを取得したりスーパーコンピューターを開発・整備したり最新の半導体を生産する能力を取得することを制限する。

これら規制対象製品や技術は中国が大量破壊兵器を含む最新兵器を製造したり、軍事的意思決定や計画立案、及び兵站のスピードや精度を改善したり、軍事システムの自動化を進めたりすることに用いられ、また同国での人権侵害行為にも利用され得る。

また第三国政府が当局（BIS）による本規制実施の妨げとなる行為を行った場合には、同国の企業をエンティティリストに載せることでアメリカの技術へのアクセスを制限することにする。具体的には BIS による最終需要家に関する確認要求に対し当該国の返事が 60 日以上遅れた場合、関係組織をまず未確認リスト（Unverified List）に載せ、遅れがさらに 60 日を超えた場合エンティティリストに載せる。

今回の具体的な追加規制内容は下記の通り。

- ① ある特定の最新で高性能な演算チップとそのチップを含むコンピュータ製品を商務省規制リスト(CCL)に載せる。
- ② 最終的に中国でのスーパーコンピューターや半導体開発あるいは量産に用いられる輸出品には新たな輸出承認要件を設ける。
- ③ 現在の輸出管理規制(EAR)の範囲を拡大し、海外で生産された最新の演算機器やスーパーコンピューターに最終的に使用される海外製品も規制対象とする。
- ④ 海外製の製品で許可取得を条件とする対象のエンティティリストに在中国の 28 の組織を加える。
- ⑤ ある特定の半導体製造装置と関連製品を CCL に追加する。
- ⑥ ある特定の仕様を満たす IC を製造する在中国のファブリケーション施設に納品される製品への新たな許可要件を加える。中国の組織に所有されている施設向けのライセンスは“前提非承認”であり、多国籍企業により所有される施設向けはケースバイケースで判断される。承認か否認の判断基準は以下の通り。
 - (ア) 16nm か 14nm かそれ以下の非平面型トランジスター構造（即ち FinFET か GAAFET）を持つロジックチップかどうか
 - (イ) ハーフピッチが 18nm かそれ以下の DRAM メモリーチップかどうか
 - (ウ) 128 層以上の NAND フラッシュメモリーかどうか
- ⑦ アメリカ市民やアメリカ居住者が中国において許可なく特定の半導体製造施設で IC の開発や生産を支援することを制限する。
- ⑧ 半導体の開発や製造のための装置と関連製品の輸出に関し新たな許可要件を追加する。

- ⑨ 最終的に中国以外で用いられる製品に関する特定で限定的な活動を許可する暫定的包括許可（TGL）を設けることで半導体のサプライチェーンへの短期的な悪影響を最小限に留める。

上記の追加規制は 10 月 21 日の時点で全て有効となっている。

未確認リストやエンティティリストへの追加、削除、修正は引き続き最終需要家検討委員会（End-User Review Committee）¹にて行われる。

尚、上記追加規制に先立ち、7 月以降、以下の規制や取り締まり行為が実行されている。

- ① 高性能な AI への適用を目的とした特定の最新型 IC の取引や関連役務を提供する特定企業への規制
- ② 最新半導体とガスタービンエンジン技術に関する新たな多面的規制の実施
- ③ 米国の国家安全保障と外交政策を推進するためにエンティティリストを積極的に活用すべく、宇宙やエアロスペースとその関連技術分野における 7 つの中国組織を同リストに追加。
- ④ 中国への違法な軍事技術輸出に対応すべく行政並びに犯罪取締当局による活動

¹ 商務省、国務省、国防省、エネルギー省の代表にて構成される

4. 同盟国との連携と課題

ソース： NBR ほか

今回 10 月に公表された対中規制は AI 分野での中国の進展を遅らせる効果はあるが、バイドゥは、ある程度の影響はあるものの、特に重大な影響を及ぼすほどではないと語る。むしろ時間とともに抜け道が見つかり元に戻せると見ている。

この点で同盟国との連携を通じた規制の網の目が重要になる。

アメリカの Foreign Direct Product Rule (FDPR)²はその対中規制の網の目を他国の製品にも及ぼすもの。

これに対しオランダは独自に判断すると言い、日本は恭順の意を示しているが、韓国は中国とのサプライチェーンのかかわりが深く、難しい立場に追いやられている。

米国政府は中国で半導体を生産し、中国の外に輸出している韓国のサムソンと SK Hynix に 1 年の猶予を与え、この米国の対中規制に沿う形に対応を促している。

今回の対中規制も米国の一方的判断で、同盟国の置かれた状況や環境への配慮、斟酌が足りず、それが同盟国との亀裂の懸念をもたらしている。

オランダの ASML 社は超紫外線写真平板法による半導体製造装置をつくっているが、同機械への中国のアクセスを拒むことで効果的に中国の進歩を抑えている。今後どこまでの性能の機械は輸出でき、どこからはダメかという区分けを同盟国との間で合意しておくことが課題として残る。

同盟国にとっての懸念は、アメリカの輸出規制に従うことで、中国からその報復措置としてレアアースなど中国のシェアが高いものの供給を抑えられることがある。

AI のように様々な分野にまたがる技術においては中国との相互依存が残る分野も含まれ得るため、国家安全保障上のこまめなチェックも課題となる。

同盟国との協力において対中規制を効果的に進めるには FDPR を振りかざすのではなく、根回しを含めた同盟国との相談を事前に行うべき。

輸出規制という守りと CHIPS 科学法という攻めのカードを同盟国と協調して中国に対して切っていくモデルが打ち立てられれば、そのモデルを EV 用バッテリーや再生可能エネルギー製品のサプライチェーンにも応用できる可能性はある。

【所感】

90 年初頭の冷戦構造崩壊のお陰もあり、その後を引き継いだクリントン政権時代は中国の WTO 加盟を支援、結果としてアメリカから中国やアジアへのオフショアリングが進み、米国のサプライチェーンも遠距離にストレッチしてきた。

その後のアジア通貨危機や 21 世紀に入ってから東日本大震災などの大災害でそのサ

² トランプ政権で初めて Huawei に適用され、サプライチェーンに米国の技術が含まれるハードウェアやソフトウェアを米国企業や外国企業が中国企業に供給することを禁ずるもの

サプライチェーンが影響を受けたもののファクトリーチェーンは厳然としており、SARS（2003年）や四川大地震（2008年）でもインパクトはあったもののサプライチェーンの問題を強くは取り上げてこなかった。

今回背景として異なるのはまず中国の習近平が従来の国家主席と異なる対米姿勢にあり、強い脅威であるとの認識が米側の底流にある。

トランプ前政権において対中貿易制裁とともに、FDPRのような米国外にも対中規制の網の目を張り始めた。

そこに2020年パンデミックが発生し、様々な製品、商品のサプライチェーンの問題が大きく浮き彫りとなり、その中で衛生製品を含めた中国への過剰依存問題が意識されると共に、車や耐久消費財など様々な製品への半導体サプライチェーンの滞りの問題が顕著となってバイデン大統領は国家安全保障の切り口からも半導体サプライチェーンの自国育成と同盟国連携を政権発足から意識して進めてきた。

そして2021年にはパンデミック中抑制されていたペントアップデマンドが爆発し、大規模なインフレへとつながり、2022年の中間選挙に向け、石油を含め様々な製品・商品のサプライの確保が最大の政治問題化した。

半導体サプライチェーンの文脈には従って対中覇権競争、それも単に半導体供給力のみならずAIなど先端技術を支えていく高度な研究開発能力と台湾問題（安全保障プラスTSMC的OEMの奪い合い）、BCP的経済安全保障（自然災害その他様々なリスク）、国内景気・雇用そしてインフレ対応が含まれている。

もちろん台湾や韓国といったメジャープレーヤーの存在も有之で、米国一国で全てのサプライチェーンを賄えるはずもなく、そこに同盟国連携が求められている。

外交的には同盟国との半導体やハイテクデュアルソース技術の供給連携を求めつつ、上述のFDPRや昨年10月の対中半導体規制のような一方的な規制で同盟国の中国とのヒトモノカネの流れを直接制約しようとしている。一方で、巨額の国内財政投資についてはバイアメリカン条件などでアメリカファーストの姿勢を取ることは同盟国の神経を逆なでし、不協和音を生じるリスクといえる。

EV・バッテリー分野でも米国は全く同様の背景に伴う自国産業育成と同盟国連携の方針が示されているが、こちらは半導体と異なり、中国が先行しておりかつサプライチェーン上流の希少金属やその精製において独占的地位にあることから、資源開発、精製プラントの確保、環境問題対応など同盟国との連携の次元を超えたグローバルな対応が求められるであろうが、そこもまだ自国優先の補助金などとのバッティングが予想される。

かつて石油確保で中東関与が強かった米国がフラッキング技術などのイノベーションで世界最大の産油国となってからはアメリカの関心がアジア・太平洋にシフトしたように、将来、半導体分野での自国生産が確実になった場合の台湾を含めたアメリカのアジアへの関与の仕方も注目される。

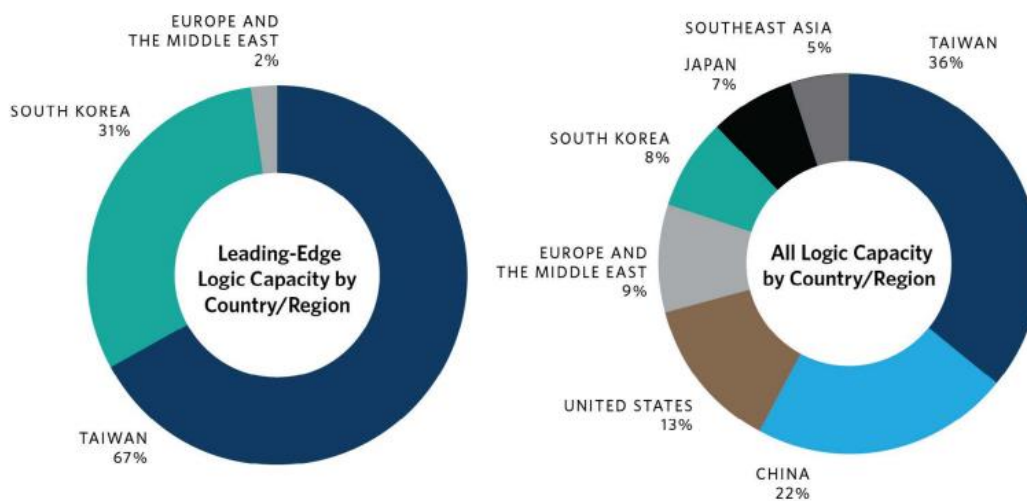
以上

Table 1: Appropriations in the CHIPS and Science Act

	Program	Appropriation
CHIPS for America Fund	Manufacturing Incentives	\$39 billion
	R&D	\$11 billion
	Other	\$2.7 billion
	Total	\$52.7 billion
Public Wireless Supply Chain Innovation Fund		\$1.5 billion

別紙2 先端半導体と全ての半導体の国・地域別組み上げ能力
ソース：カーネギー財団

Figure 1: Semiconductor Logic Fabrication Capacity by Country (2021)



Source: Will Hunt, "Sustaining U.S. Competitiveness in Semiconductor Manufacturing Priorities for CHIPS Act Incentives," Center for Security and Emerging Technology, January 2022, <https://cset.georgetown.edu/publication/sustaining-u-s-competitiveness-in-semiconductor-manufacturing/>.