

戦略物資の依存構造と日本の脆弱性

5 領域・26 財・116 工程の輸入構造・アキレス腱・波及額・シナリオ分析

安全保障を同盟ではなく輸出入の依存構造として記述する



Version 1.1 — March 24, 2026

更新履歴

Version	日付	内容
1.0	March 23, 2026	初版公開
1.1	March 24, 2026	エグゼクティブサマリー追加

目次

エグゼクティブサマリー

第1章 安全保障に関する5領域26財の日本の輸入状況

- 1.1 エネルギー（4財・21.4兆円）
- 1.2 石化（3財・約2兆円）
- 1.3 レアメタル（7財・3,650億円）
- 1.4 半導体（6財・7.1兆円）
- 1.5 軍需（6財・2.4兆円）

第2章 5領域26財の工程と隠れたアキレス腱

- 2.1 領域集計
- 2.2 5領域26財の工程とアキレス腱
- 2.3 制度的チョークポイント——物理・法制・政策

第3章 輸入額に対する下流バリューチェーン波及額

- 3.1-3.5 5領域別波及額
- 3.6 （参考）重複排除での試算

第4章 シナリオ分析：見えない接続が生む構造的リスク

- 4.1 本章の視点
- 4.2 隠れた接続：セクターを横断する7つの経路
- 4.3 パタフライ的効果
- 4.4 下流産業への波及

第5章 ソリューション

Appendix A 分析フレームワーク（試論）の概要

Appendix B インタラクティブデータマップ

Appendix C データシート

エグゼクティブサマリー

本レポートでは、エネルギー、石化、レアメタル、半導体、軍需の戦略物資5領域と、それらの領域の26財についての各バリューチェーンにおける各国との依存構造と、日本のアキレス腱を整理した。

日本はこれら5領域26財について年間約31兆円の輸入がある。以下の章で、これら26財の輸入構造、26財の全116の製造工程に関する寡占度、下流産業への波及額、およびセクター横断のシナリオ分析を行う。

5領域についての輸入額の概観

エネルギー: 21.4兆円 (全体の69%) — 原油10.65兆円+LNG6.2兆円+石炭4.5兆円。中東依存度95.9%(原油)
石化: 約2兆円 (ナフサ輸入分) — 85%輸入依存。中東73.6% (2020年53%→2024年74%に悪化)
レアメタル: 3,650億円 (輸入額は小さい) — 中国依存度63-99%。Ga98%、W86%、Ge86%、REE精製85-90%
半導体: 7.1兆円 — ロジックIC4.3兆円のうち台湾62%。EUV装置はASML (蘭) 100%
軍需: 2.4兆円 — FMS経由で米国85-100%。Tomahawk/PAC-3/SM-3/SM-6/イージス全て米国

日本の「アキレス腱」

本レポートでは、26財のバリューチェーンを116工程に分解し、各工程の寡占度を分析した。その中で寡占状態にあり日本にとって代替困難な工程を「アキレス腱」とした。分析の結果、116工程のうち60工程がアキレス腱であることがわかった。60工程のうち27工程は日本が直接輸入する工程で発生し、そのほか33工程は日本に届く前の工程で発生していた。後者の33工程は輸入の状況からだけでは見えない「隠れたアキレス腱」である。なお、防衛領域を除き、日本企業が寡占する工程は13カ所あり、これらは他国にとってのアキレス腱である。

シナリオ分析とバリューチェーンの構造的特徴

さらに各財のセクターを横断した影響や、有事の際に起こりうるシナリオ分析を試みた。その結果、これらの財の確保を考える際に注意を要する構造的特徴に以下4点があることがわかった。

- ・ **セクター横断での影響の波及**：ホルムズ海峡の危機はエネルギーにとどまらず、ナフサ経由で石化・半導体素材（フォトレジスト等）に2-3ヶ月で波及する。連産品・副産物の構造を通じて、一つの途絶が複数の産業に同時に到達する。
- ・ **非対称な輸入金額とリスクの大きさ**：ガリウム（輸入額数十億円）などレアメタルでは、少額で代替が難しい財の途絶は、下流産業に数兆円規模の影響を及ぼす。市場規模に換算すると、波及倍率は300倍超に達するものもあり（試算ベース）、通関統計の金額ではリスクを判断しにくい。
- ・ **長期にわたる代替のためのリードタイム**：レアメタル精製の代替プラント建設、Rapidus等の国内半導体製造基盤の確立、FMS依存からの部分的脱却はいずれも3-5年以上を要する。この期間が脆弱性となる。
- ・ **物理的な一極集中に加えた規制等の影響**：特定国への生産集中（中国のレアメタル精製73-99%、TSMCの先端半導体67.6%）という特定の条件下で、輸出管理法・稀土管理条例・ITAR/EARなどの法制度が発動された場合には、代替調達の道もきわめて困難になる。

本レポートの構成

第1章で5領域26財の輸入構造（国別シェア）を確認し、第2章で116の製造工程の寡占度とアキレス腱を特定する。第3章で輸入財が停止した場合の下流産業への波及額を試算し、第4章でセクター横断のシナリオ分析を行う。第5章でソリューションの方向性を企業・業界・政府の3主体別に提示する。

第1章 安全保障に関する5領域26財の日本の輸入状況

サマリー

日本はエネルギー、石化、レアメタル、半導体、軍需の戦略物資5領域と、それらの領域の26財について年間約31兆円の輸入がある。

エネルギー: **21.4兆円 (全体の69%)** — 原油 10.65兆円+LNG 6.2兆円+石炭 4.5兆円。中東依存度 95.9%(原油)
 石化: **約2兆円 (ナフサ輸入分)** — 85%輸入依存。中東 73.6% (2020年 53%→2024年 74%に悪化)
 レアメタル: **3,650億円 (輸入額は小さい)** — 中国依存度 63-99%。Ga 98%、W 86%、Ge 86%、REE 精製 85-90%
 半導体: **7.1兆円** — ロジック IC 4.3兆円のうち台湾 62%。EUV 装置は ASML (蘭) 100%
 軍需: **2.4兆円** — FMS 経由で米国 85-100%。Tomahawk/PAC-3/SM-3/SM-6/イージス全て米国

【注】データの信頼度にはばらつきがある。LNG (CY2024、UN Comtrade 確定)、石炭 (CY2024、ITC 確定)、ロジック IC (CY2023、UN Comtrade 確定)、ナフサ (CY2024、JPCA/財務省確定) は通関統計ベースで国別 100%内訳が取れた。原油は PAJ 統計で上位 4 国 94.2%が確定し、残り 6%を MEIJ 推計で補完した。レアメタルの多くは日本固有の通関データが非公開であり、USGS 世界生産シェアで代替している (信頼度★★☆)。軍需は FMS 承認額ベースで概算した。

出所: 石油連盟(PAJ), UN Comtrade/WITS, ITC Trade Map, JPCA/財務省貿易統計, USGS MCS 2024/2025, IEA GCMO 2025, DSCA, 防衛省 FY2025/FY2026 予算概要

1.1 エネルギー (4財・21.4兆円)

エネルギー 4財の合計輸入額は約 21.4 兆円で、26 財全体の 69%を占める。原油は中東 5 カ国で 94.2%を占め、ホルムズ海峡に 95%が集約する。LNG は豪州が 38%で最大だが、20 カ国に分散しておりエネルギーの中では最もリスク分散が成功している。石炭は豪州 66%の一極集中だが、米国・カナダが代替供給可能で柔軟性がある。ウランは契約情報が商業機密であり、WNA/SPF 等からの推計値にとどまる。

原油 (FY2024、数量ベース、総額 10.65 兆円)

#	国名	シェア(%)	地域	中東	備考
1	UAE	43.6	中東	○	CY2024 で首位に浮上
2	サウジアラビア	40.1	中東	○	長年の首位から 2 位へ
3	クウェート	6.4	中東	○	中立地帯含む
4	カタール	4.1	中東	○	
5	米国	2.5	北米		MEIJ CY2025 推計では 3.8%
6	エクアドル	1.0	南米		
7	オマーン	0.9	中東	○	
8	その他	1.4	—		東南アジア等
	合計	100.0		95.1%	

出所: 石油連盟(PAJ)統計(FY2024); 中東研究所(MEIJ) Kawara-ban 2024_122, 2025_118

LNG (CY2024、数量ベース、総額 6.2 兆円)

#	国名	シェア(%)	地域	備考
1	豪州	38.2	大洋州	LNG 内最大
2	マレーシア	15.6	東南アジア	
3	米国	9.6	北米	拡大傾向

4	ロシア	8.6	ロシア		サハリン2リスク
5	PNG	5.6	大洋州		
6	オマーン	5.1	中東		
7	インドネシア	4.8	東南アジア		
8	カタール	4.4	中東		長期契約満了で低下
9	ブルネイ	4.2	東南アジア		
10	その他(11カ国)	3.9	—		20カ国に分散
	合計	100.0			

出所: UN Comtrade via World Bank WITS (HS 271111, CY2024, 2026年1月更新)

LNGは20カ国から調達されており、エネルギーの中では最もリスク分散が成功している。ただし、LNGの処理過程で回収される副産物ヘリウムには別の集中構造が隠れている。ヘリウムはカタール（Ras Laffan）が世界供給の25-30%を占め、MRI・半導体ファブ・光ファイバー・宇宙防衛に不可欠だが、日本が調達するLNGの大半（豪州/マレーシア）のヘリウム含有率は高くない。主産物の分散は副産物の分散を保証しない。ヘリウムは26財の分析外だが、分散調達に潜む集中リスクの典型例だ。

石炭（CY2024、金額ベース、総額\$299億）

#	国名	シェア(%)	地域	備考
1	豪州	65.8	大洋州	一般炭+原料炭
2	インドネシア	14.4	東南アジア	一般炭主体
3	米国	8.0	北米	原料炭主体
4	カナダ	7.7	北米	原料炭主体
5	ロシア	0.6	ロシア	制裁で前年比▲76%
6	その他	3.5	—	モザンビーク/コロンビア等
	合計	100.0		

出所: ITC Trade Map via World's Top Exports (HS 2701, CY2024)

ウラン（推計、信頼度★★☆）

精鉱・濃縮サービスとも契約情報は商業機密であり、公開統計からの100%内訳は取れない。WNAによれば精鉱は豪州が約3分の1、カザフスタン25-30%、カナダ20-25%と推計される。濃縮サービスについて、SPF/IINAは「日本はウラン濃縮においてロシアに依存していない」と明記しており、Orano（仏）40-50%、Urenco（英独蘭米）30-40%が主な供給元だ。ロシア46%は世界市場シェアであり日本固有のシェアではない点に注意が必要だ。長期備蓄が2年分ある。

出所: WNA Japan Nuclear Fuel Cycle; SPF/IINA; JAIF; ANS Nuclear Newswire 2025/10

1.2 石化（3財・約2兆円）

石化3財（ナフサ、エチレン、プロピレン/BTX）は国内生産が主体であり、輸入額として直接計上されるのはナフサの約2兆円のみだ。ただしナフサの85%が輸入依存であり、JPCA/財務省貿易統計（CY2024確定）で中東への集中度は73.6%に達する。2020年の53.1%から4年間で20ポイント悪化しており、ホルムズ海峡への依存がむしろ深まっている。

ナフサ（CY2024、数量ベース、輸入量20,560千kl）

#	国名	シェア(%)	地域	数量(千kl)	備考
1	UAE	30.4	中東	6,248	2020年16%→2024年30%に急拡大

2	クウェート	21.6	中東	4,447	2020年7.6%→2024年21.6%に急拡大
3	カタール	15.4	中東	3,160	2020年20.5%→2024年15.4%に縮小
4	韓国	12.2	東アジア	2,509	精製品スポット取引
5	サウジアラビア	3.0	中東	623	2020年5.1%→3.0%に縮小
6	その他中東	3.1	中東	643	オマーン/バーレーン等
7	インド	1.2	南アジア	246	
8	その他	13.0	—	2,684	ロシア(制裁後激減)/欧州/タイ等
	合計	100.0		20,560	中東計73.6%

出所: 石油化学工業協会(JPCA)「石油化学用原料ナフサ」; 財務省「貿易統計」CY2024

エチレン/プロピレン・BTX

エチレンは国内12基のクラッカーで640万t/年を生産しており、直接輸入は少量だ。プロピレン/BTXも国内クラッカーの副産物が主体だ。いずれも原料ナフサ経由でエネルギー領域と連鎖依存している。国内クラッカーの稼働率は70%以下に低下し、中国の大増産（世界の35%）が競争圧力だ。

1.3 レアメタル（7財・3,650億円）

レアメタル7財の直接輸入額は合計3,650億円に過ぎないが、中国への依存度が構造的に高い。特にガリウム（98%）、ゲルマニウム（86%）、タングステン精製（86%）、REE精製（85-90%）、コバルト精製（73%）は極端な一国集中だ。中国は2023年8月にGa/Ge、2024年10月にREE管理法、2025年2月にW/Mo/In/Te/Biの輸出規制を順次発動している。

データの信頼度は財ごとに異なる。リチウム（炭酸リチウム）はIndexBox 2024で国別内訳が取れた（チリ43%、アルゼンチン37%、中国16%）。レアアースはJRIFE 2024で中国63-72%が推計されているが、製品種別によりばらつきが大きい。ガリウム・ゲルマニウムは日本固有の通関データが秘匿されるケースが多く、USGS世界生産シェアで代替した（信頼度★★☆）。コバルト・ニッケルはUSGS Minerals Yearbook 2020-2021が最新であり、データが古い。

出所: USGS MCS 2024/2025; IEA GCMO 2025; JRIFE 2024; IndexBox 2024; JOGMEC マテリアルフロー

レアアース（500億円、中国63-72%）

#	国名	シェア(推計)	備考
1	中国	63-72%	採掘60%。精製85-90%独占
2	ベトナム	10-32%	フクリー鉱山等
3	タイ	5-9%	豊田通商JV
	その他	数%	Lynas(豪/マレーシア)等

出所: JRIFE 2024; 岡三証券; JOGMEC

リチウム（300億円、チリ43%）

#	国名	シェア(推計)	備考
1	チリ	~43%	炭酸リチウム。SQM/Albemarle
2	アルゼンチン	~37%	鹵水。前年比急増
3	中国	~16%	精製56%は中国
	その他	~4%	

出所: IndexBox Japan Lithium Report 2024; USGS MCS 2024

コバルト（300億円） / ニッケル（2,000億円）

#	国名/鉱物	Co 輸入シェア	Ni 輸入シェア	備考
---	-------	----------	----------	----

1	フィリピン	~35%	~26%	Ni/Co 兼産。住友金属鉱山 Taganito
2	インドネシア	~5%	~28%	Ni 世界首位 55%。中国資本支配
3	中国	~50%(精製品)	~15%(精製)	DRC63%→中国 73%の二重集中(Co)
4	ニューカレドニア		~15%	Ni 地金
5	豪州		~10%	

出所: USGS Minerals Yearbook 2020-2021; JETRO; INSG 2024; Trading Economics

ガリウム (30 億円) / ゲルマニウム (20 億円) / タングステン (500 億円)

#	鉱物	最大供給国	世界シェア	備考
1	ガリウム	中国	~98%(610t 中 600t)	2023/8 規制。波及倍率 300 倍超
2	ゲルマニウム	中国	~86%(210t 中 180t)	2024/12 規制。光ファイバ/暗視装置
3	タングステン	中国	81.5%採掘/86%精製	2025/2 規制。超硬工具/半導体配線

いずれも日本固有の通関データが非公開であり、USGS 世界生産シェアで代替している。ガリウムは輸入額 30 億円に対し化合物半導体・LED・5G・防衛レーダーに波及する。ゲルマニウムは光ファイバーと赤外線光学（暗視装置）に直結する。タングステンは超硬工具（4,000 億円市場）と半導体配線材に波及し、製造業の基盤ツール材料だ。

出所: USGS MCS 2024/2025; MOFCOM 輸出規制通知

1.4 半導体 (6 財・7.1 兆円)

半導体領域は日本が供給側に立つ財（シリコンウェハ 53%、フォトレジスト 87-90%、コーター/デベロッパ 88%）と、完全に依存する財（ロジック IC の台湾 62%、EUV 装置の ASML 100%）が混在する。

ロジック IC (CY2023、金額ベース、\$286 億)

#	国名	シェア(%)	金額	備考
1	台湾	62.0	\$177 億	TSMC 支配。先端 7nm 以下≈90%
2	米国	7.5	\$21 億	
3	中国	6.1	\$17 億	SMIC 等
4	韓国	5.5	\$16 億	Samsung Foundry
5	マレーシア	4.1	\$12 億	OSAT 拠点
6	タイ	3.7	\$11 億	OSAT 拠点
7	その他	11.1	\$32 億	フィリピン/シンガポール等
	合計	100.0	\$286 億	

出所: UN Comtrade HS 8542, CY2023。AMRO 2024 は「台湾が日本の半導体輸入の約 60%」と確認

メモリ (推計 1.5 兆円) / EUV 装置 (3,000 億円、ASML100%) / 製造装置 (輸入分 1 兆円)

メモリは韓国 50-55% (Samsung/SK Hynix) が最大で、キオクシアの国内 NAND 生産と Micron 広島の DRAM 工場が存在するためリスクは中程度だ。EUV リソグラフィは ASML (蘭) の 100%独占であり、光源は Trumpf (独)、光学系は Zeiss (独) が各 100%独占で代替不可。装置 1 台の価格は Low-NA で約\$1.8 億、High-NA で \$3.5-3.8 億。Rapidus が 2024 年 12 月に NXE:3800E の据付式典を実施した。半導体製造装置は日本が輸出大国 (コーター 88%、テスター 52%) であると同時に、KLA (検査 55%) や Applied Materials (成膜 40%) を米国から輸入する構造だ。

日本が供給側に立つ財

財	日本のシェア	主要企業
シリコンウェハ	53% (信越+SUMCO)	世界\$14B 市場。日独 4 社で 87%
フォトレジスト	87-90%	JSR/東京応化/信越/住友。ppq 管理
コーター/デベロッパ	88% (TEL+SCREEN)	世界\$3B 市場
テスター(ATE)	52% (Advantest)	2 社で 90%
ペリクル/マスクブランクス	独占的供給	AGC/HOYA

出所: SEMI SMG 2024; Brookings 2024; TechInsights 2024; Advantest IR

1.5 軍需 (6 財・2.4 兆円)

軍需領域は FMS (対外有償軍事援助) 経由の米国依存が圧倒的だ。F-35A/B の総調達計画は 147 機で、FY2026 予算では 11 機\$15.1 億を計上した。ミサイル・迎撃体は Tomahawk 400 発 (\$23.5 億)、SM-3 Block IIA 最大 73 発 (\$32.95 億)、AIM-120 AMRAAM 1,200 発 (\$36.4 億) が DSCA 承認済みだ。いずれも米国 Lockheed Martin または Raytheon/RTX の 100% 独占であり、補給速度は米国の生産能力と FMS 優先順位に完全に依存する。

主要装備の輸入構造

装備	輸入額	供給元	米国依存度	備考
戦闘機(F-35)	1 兆円/年	LM(米)100%	100%	147 機調達計画
統合防空(IAMD)	8,780 億円	LM/RTX(米)100%	100%	SPY-7/PAC-3/SM-6
艦艇(輸入分)	5,000 億円	LM/BAE/RTX	85-90%	ASEV2 隻のイージス/VLS
ミサイル	数千億円	RTX/LM(米)90-95%	90-95%	Tomahawk/JASSM/SM-3
		Kongsberg(ノルウェー)5-10%		JSM ~268 発
弾薬/火薬	少額	日本 90-95%国産	5-10%	備蓄量不足(防衛白書 2024)
無人機(UAV)	数百億円	米国/トルコ/イスラエル	—	国産開発遅延

出所: DSCA 各通知; 防衛省 FY2025/FY2026 予算概要; Kongsberg; Naval News; 防衛白書 2024

ノルウェーの Kongsberg が JSM (Joint Strike Missile) で唯一の非米国サプライヤーだ。国産では 12 式地对艦誘導弾改が MHI/ATLA で開発中であり、射程 1,000km 超の数少ない国産スタンドオフ兵器となる。艦艇は船体が国内設計・建造 (JMU/MHI/KHI) だが、ASEV2 隻の総事業費 7,839 億円のうち SPY-7 レーダー (3,500 億円) とイージス武器システム (1,382 億円) が米国 LM からの調達で、輸入比率は 63-67%に達する。

第2章 5領域26財の工程と隠れたアキレス腱

第1章では「何を、どこから輸入しているか」を分析した。本章ではさらに深く、各財がどのような製造工程を経て日本に届くかを分析する。116の製造工程それぞれの寡占度を調べ、日本が直接見えていない「隠れた集中点」——アキレス腱——を特定する。

寡占度の指標としてHHI（ハーフィンダール・ハーシュマン指数）を用いる。HHIは各プレイヤーの市場シェアの二乗和であり、10,000が完全独占、2,500以上が高度寡占とされる。本レポートでは公開データから推計し、EH（極高、>5,000）・H（高、2,500-5,000）・M（中、1,500-2,500）・L（低、<1,500）の4段階に分類した。

2.1 領域集計

領域	財	工程	EH	H	M	L	他	アキレス腱合計	アキレス腱直接	アキレス腱間接
エネルギー	4	20	1	5	6	8	0	6	2	4
石化	3	12	1	0	2	8	1	1	1	0
レアメタル	7	28	17	6	5	0	0	22	5	17
半導体	6	27	13	12	1	0	1	14	8	6
軍需	6	29	15	7	0	0	7	17	11	6
	合計	116	47	30	14	16	9	60	27	33

116の製造工程のうち、寡占度がEH（極高）またはH（高）に該当する工程は77（66%）。このうち日本が供給側・国内実施・開発中の工程を除いた60工程がアキレス腱だ。アキレス腱は「直接依存」（27件:日本が直接購入する寡占工程）と「間接依存」（33件:完成品に組込まれた形で間接的に依存する工程）に分類される。間接依存は通関統計に現れないため、製造工程を分解しなければ発見できない。

2.2 5領域26財の工程とアキレス腱

アキレス腱60件の集中先を見ると、最大は中国の22件で、レアメタル精製の73-99%独占に起因する。次いで米国の17件はFMS経由の防衛技術依存だ。ホルムズ海峡を通過する経路に紐づく7件はエネルギーとナフサにまたがる。台湾の2件はTSMCファウンドリ（世界シェア67.6%）への一極集中だ。

以下、5領域ごとに全116工程の寡占度とアキレス腱を一覧する。表中のHHI欄でEH/Hの工程が寡占構造にあり、アキレス腱がついた工程がアキレス腱だ。

エネルギー

20工程中6工程（30%）がアキレス腱。原油のFCC触媒技術（間接、UOP/Axens/KBR）とウランの採掘→精錬→転換→濃縮→燃料加工の5工程（カザフスタン/仏Orano/英独蘭Urenco）。LNGと石炭にはアキレス腱がない。

#	財	工程	寡占度	上位プレイヤー	アキレス腱	類型/入口
1	原油	探鉱・掘削	L	Saudi Aramco(13%),Rosneft(6%),		
2		パイプライン/タンカー輸送	L	Frontline,Euronav,DHT Holdings		
3		常圧蒸留(CDU)	L	Sinopec(5.9Mbpd),Aramco(4.1M),		
4		接触分解(FCC)/水素化分解	H	設備:Honeywell UOP,Axens(仏),KBR	間接	間接:精製済み石油製品(触媒技術を海外3社に依存)
5		脱硫・ブレンド・出荷	L	各精製会社が統合実施		
6	LNG	ガス田採掘・集荷	M	Gazprom,QatarEnergy,ExxonMobil		

7		前処理(酸ガス除去/脱水)	M	Air Liquide,Linde,Honeywell UO		
8		液化(LNG Train)	M	QatarEnergy(22%容量),Shell,Total		
9		LNG 船輸送	M	MOL(97隻首位),NYK,Nakilat(カター ル),S		
10		受入・再ガス化	L	日本(37基地),韓国,中国,欧州(FSRU 増加)		
11	石炭	露天/坑内採掘	L	Coal India(8%),Glencore(4%),BH		
12		選炭・品位調整	L	産炭国で実施(各種機器メーカー)		
13		バルク輸送	L	Star Bulk,Golden Ocean,日本郵船, 商船		
14		火力発電/コークス炉	M	JERA,J-POWER,日本製鉄,JFE		
15	ウラン	採掘(露天/ISL)	H	Kazatomprom(カザフ 43%),Cameco(加15)	直接	直接:ウラン精鉱(イエロー ケーキ)として直接調達
16		精錬(イエローケーキ U ₃ O ₈)	H	産出国で実施	間接	間接:濃縮ウラン→燃料加 工品経由
17		転換(UF ₆)	H	Cameco,Orano,ConverDyn(米),Ros a	間接	間接:濃縮ウラン(UF ₆)→燃 料加工品経由
18		濃縮(遠心分離)	EH	Rosatom/TVEL(46%),Urenco(29%),	間接	間接:濃縮ウラン →Orano/Urenco 経由で原 子力発電
19		燃料加工(ペレット/集合体)	H	Framatome(仏),Westinghouse(米/ スウ)	直接	直接:燃料加工品(ペレット/ 集合体)として直接調達
20		原子力発電運転	M	関電,九電,四電,東電等		

石化

12 工程中 1 工程 (8%) がアキレス腱。ナフサの輸送・調達 (EH 直接、中東 73.6%がホルムズ通過)。工程上の寡占度は全般的に低い (プレイヤー分散) が、ナフサの 85%輸入依存が構造的ボトルネック。

#	財	工程	寡占度	上位プレイヤー	アキレス腱	類型/入口
21	ナフサ	原油蒸留からの留出	L	中東精製所,ロシア精製所,国内精製所		
22		輸送・調達	EH	UAE30.4%/クウェート 21.6%/カタール 15.4%/	直接	直接:ナフサとして直接輸入(85%輸入依存,中東 73.6%がホルムズ)
23		前処理(脱硫)	—	石化コンビナート内		
24		スチームクラッキング	L	Sinopec,SABIC,Dow,三井化学		
25	エチレン	スチームクラッキング(分解)	L	Sinopec,SABIC,Dow,ExxonMobil		
26		急冷・深冷分離	M	クラッカー統合(分離装置:Linde,Air Liquide)		
27		重合(PE 製造)	L	Dow(14%),ExxonMobil(10%),SABIC		
28		誘導品(EG/VCM/SM)	L	SABIC,Sinopec,Shell,BASF		
29	プロピレン/BT	クラッカー副産物/FCC 由来	L	LyondellBasell(12%),Sinopec(10)		
30		分離精製(蒸留/抽出蒸留)	M	UOP/Axens 技術ライセンス		
31		PP 重合	L	LyondellBasell,Sinopec,Braskem		
32		芳香族(BTX)抽出・誘導品	L	ExxonMobil,BP,Sinopec,三菱ケミカル		

レアメタル

28 工程中 22 工程（79%）がアキレス腱。全 7 財にわたり中国の精製独占（73-99%）が支配的。REE は 6 工程全て、コバルト・ゲルマニウムは 3 工程全てがアキレス腱。ガリウム副産物抽出（中国 98%）が最も極端な一国集中。

#	財	工程	寡占度	上位プレイヤー	アキレス腱	類型/入口
33	レアアース	採掘	EH	中国(60%),ミャンマー(12%),豪(6%),米 MP M	間接	間接: REE 酸化物/磁石として工程経由で輸入
34		選鉱(磁選/浮選)	EH	採掘国で実施	間接	間接: 同上(選鉱は採掘国で実施)
35		酸/アルカリ分解	EH	中国(85-90%),Lynas/マレーシア(5%)	間接	間接: REE 酸化物(HS2846)として直接輸入
36		溶媒抽出分離	EH	中国(85-90%),Lynas(豪/マレーシア唯一の大規模)	間接	間接: 分離済み REE 酸化物(HS2846)
37		金属還元(フッ化物→金属)	EH	中国主体。少量:Less Common Metals(英)	間接	間接: 希土類金属として磁石原料向けに輸入
38		NdFeB 磁石製造	EH	中国(94%生産),信越化学,TDK,日立金属	直接	直接: NdFeB 磁石として直接輸入(中国 94%)
39	リチウム	硬岩鉱採掘(スポジュメン)	M	Pilbara(豪),Greenbushes/Tianqi-		
40		鹵水採取(塩湖蒸発)	M	SQM(チリ),Albemarle(チリ),Livent(ア)		
41		精製(Li ₂ CO ₃ /LiOH)	H	中国(56%精製),チリ(25%),豪(新規)	間接	間接: Li ₂ CO ₃ /LiOH(HS2836.91)として直接輸入
42		正極材前駆体(pCAM)	EH	中国(85%前駆体),住友金属鉱山,BASF,Umicore	間接	間接: LiB セル→搭載製品として間接輸入
43		LiB セル製造	H	CATL(37%),BYD(17%),LG(13%),Samsung	直接	直接: LiB セルとして直接調達(Panasonic 国内あり)
44	コバルト	銅/Ni 副産物採掘	EH	DRC(63%),インドネシア(5%),ロシア(4%)	間接	間接: Co 精製品→電池材料として間接輸入
45		湿式製錬/精製	EH	中国(73%精製),Freeport Cobalt(フィンラ)	間接	間接: Co 中間品(HS8105)/電池に組込済み
46		電池材料/超合金	H	Umicore,BASF,住友金属鉱山	直接	直接: 電池材料/超合金として直接調達
47	ニッケル	採掘(硫化鉱/ラテライト)	EH	インドネシア(55%生産),フィリピン(10%),ロシア/N	間接	間接: Ni 地金(HS7502)として工程 48 経由
48		製錬(HPAL/電解)	EH	インドネシア(71%精製 Ni),中国(15%),日本(4%)	間接	間接: フェロニッケル/Ni 地金(HS7502)として直接輸入
49		最終製品(SUS/電池用 NiSO ₄)	M	Tsingshan(中),Vale,住友金属鉱山		
50	ガリウム	ボーキサイト/亜鉛副産物抽出	EH	中国(約 98%精製:610t 中 600t),日本(<1%),口	間接	間接: Ga 金属(HS8112.92)として直接輸入
51		精製(4N-7N 高純度化)	EH	中国主体	間接	間接: 高純度 Ga(HS8112.92)
52		化合物半導体(GaAs/GaN)	H	Wolfspeed(米 SiC),住友電工(GaAs),Qor	直接	直接: 化合物半導体(GaAs/GaN 基板)として直接調達
53		デバイス(LED/5G/レーザー)	H	日亜化学(LED),Skyworks/Qorvo(RF),三		
54	ゲルマニウム	亜鉛精錬副産物	EH	中国(約 86%:210t 中 180t),Umicore(ベルギ)	間接	間接: Ge 金属(HS8112.99)として直接輸入
55		GeCl ₄ 蒸留→Ge 金属精製	EH	中国,Umicore	間接	間接: Ge 金属(HS8112.99)

56		光学/半導体応用(IR/光ファイバ)	H	Coherent(米),Umicore,古河電工	直接	直接: 赤外線光学/光ファイバ製品として直接調達
57	タングステン	採掘	EH	中国(81.5%),ロシア(4%),ベトナム(3%)	間接	間接: APT/W 中間品(HS8101)として直接輸入
58		精錬(APT→WO ₃ →W 金属)	EH	中国(86%精製),H.C.Starck(独),Global	間接	間接: W 金属/WO ₃ (HS8101)
59		炭化タングステン(WC)焼結	M	Sandvik(15%),Kennametal(8%),三菱		
60		最終製品(工具/半導体/軍需)	M	同上+東京タングステン		

半導体

27 工程中 14 工程 (52%) がアキレス腱。ただし日本が供給側に立つ工程 (ウェハ CZ 法/エピ、レジスト合成/配合/EUV 用、コーター、テスター、ペリクル等) は除外済み。残る脆弱点は台湾 TSMC (ファウンドリ/CoWoS)、ASML/Trumpf/Zeiss (EUV3 工程)、韓国 Samsung/SK (メモリ)、米国 KLA/AMAT/Lam (装置)。

#	財	工程	寡占度	上位プレイヤー	アキレス腱	類型/入口
61	シリコンウェハ	多結晶 Si 精製	H	Wacker(独 25%),通威(中 20%),GCL(中 15%)	間接	間接: 多結晶 Si(Wacker 独/通威中)から間接依存
62		単結晶引上(CZ 法)	H	信越化学(30%),SUMCO(23%),Siltronic		
63		切断・研磨(CMP)	H	同上+CMP 装置:荏原(日),Applied Matera	間接	間接: CMP 装置は荏原/AMAT だが原材料加工に海外依存
64		エピタキシャル成長	H	信越,SUMCO,IQE(英:化合物エピ)		
65	フォトレジスト	樹脂/PAG 合成	H	JSR(28%),東京応化(22%),信越化学(15%),住		
66		配合・精密濾過(ppq 管理)	H	同上+Fujifilm Electronics Materi		
67		EUV 用レジスト開発	EH	JSR/INPRIA,東京応化,信越化学		
68		ファブへ供給・品質認定	—	TSMC/Samsung/Intel へ直接供給		
69	半導体製造装置	コーター/デベロッパ	EH	TEL(70%),SCREEN(18%)		
70		エッチング装置	H	Lam Research(45%),TEL(25%),AMA	直接	直接: エッチング装置として直接購入(Lam45%/TEL25%/A
71		成膜装置(CVD/PVD/ALD)	H	AMAT(40%),TEL(20%),Lam(15%)	直接	直接: 成膜装置として直接購入(AMAT40%/TEL20%/Lam
72		洗浄装置	H	SCREEN(35%),TEL(30%),Lam(15%)		
73		検査/計測	EH	KLA(55%),AMAT(15%),日立ハイテク(10%)	直接	直接: 検査/計測装置として直接購入(KLA55%)
74		テスター(ATE)	EH	Advantest(52%),Teradyne(38%)		
75	ロジック IC	EDA(設計ソフト)	H	Synopsys(32%),Cadence(28%),Sie	直接	直接: EDA ライセンスとして直接購入(Synopsys32%/Ca
76		マスク(レティクル)製造	H	大日本印刷(DNP),凸版,Photronics(米)		
77		ファウンドリ(前工程)	EH	TSMC(67.6%:全体),Samsung(7.7%),S	間接	間接: ロジック IC(HS8542)として台湾から輸入
78		OSAT(後工程)	M	ASE(27%),Amkor(15%),JCET(10%)		

79		先端パッケージング(CoWoS)	EH	TSMC(60%+),Samsung,Intel	間接	間接: CoWoS 済み AI 半導体として台湾から輸入
80	メモリ	NAND Flash 製造	H	Samsung(33%),SK Hynix/Solidigm	直接	直接: NAND Flash として直接購入(Samsung33%/S
81		DRAM 製造	EH	Samsung(40%),SK Hynix(35%),Mic	直接	直接: DRAM として直接購入(Samsung40%/SK35%/M
82		HBM(高帯域メモリ)	EH	SK Hynix(53%),Samsung(40%),Mic	直接	直接: HBM として直接購入(SK Hynix53%/Samsung
83		メモリテスト	EH	Advantest(60%+),Teradyne		
84	EUV リソグラフィ	EUV 光源(Sn プラズマ)	EH	Trumpf(独:CO ₂ レーザー独占)	間接	間接: ASML 装置に組込 →EUV 露光装置統合工程で 購入
85		反射光学系(Mo/Si ミラー)	EH	Zeiss(独:100%独占)	間接	間接: ASML 装置に組込 →EUV 露光装置統合工程で 購入
86		EUV 露光装置統合	EH	ASML(100%)	直接	直接: EUV 露光装置として 直接購入(ASML100%)
87		EUV ペリクル/マスクブランクス	EH	AGC(日:ペリクル),HOYA(日:マスク ブランクス)		

軍需

29 工程中 17 工程 (59%) がアキレス腱。全て米国企業 (LM/RTX/NG/P&W/Aerojet/BAE) に帰属。F-35 は 5 工程中 4 工程、統合防空は 5 工程中 3 工程がアキレス腱。直接依存 11 件 (FMS 経由で日本が直接購入) + 間接依存 6 件 (完成品に組込まれたエンジン/レーダー/ソフト/キルビークル等)。

#	財	工程	寡占度	上位プレイヤー	アキレス腱	類型/入口
88	戦闘機(F-35)	機体設計・主要構造	EH	Lockheed Martin(F-35 独占),BAE(後部)	直接	直接: F-35 完成機として FMS 購入
89		エンジン(F135)	EH	Pratt & Whitney(100%独占)	間接	間接: F-35 完成機に組込。FMS で輸入/FACO 組立
90		AESA レーダー	EH	Northrop Grumman(AN/APG-81),Ra	間接	間接: F-35 完成機に組込。FMS で輸入
91		ミッションシステム/ソフトウェア	EH	Lockheed Martin(F-35 ソフト 800 万行)	間接	間接: F-35 に組込。ソフトウェア更新も米国管理
92		FACO 組立/MRO&U	—	MHI(名古屋),IHI(エンジン MRO)		
93	SM-3 Blo	1 段目ブースター	EH	Aerojet Rocketdyne(米:独占)	間接	間接: SM-3 完成弾に組込。FMS 購入
94		2/3 段目モーター	—	三菱重工(日:主担当)		
95		ノーズコーン	—	三菱重工(日:主担当)		
96		操舵制御/ステージング	—	三菱重工(日)		
97		キルビークル(シーカー+DACs)	EH	Raytheon/RTX(米:独占)	間接	間接: SM-3 完成弾に組込。核心技術アクセスなし
98		全弾統合・量産	EH	Raytheon(Tucson/Huntsville)	間接	間接: 日本製部品→米国統合。FMS 購入
99	ミサイル(Tom)	Tomahawk Block V 設計/製造	EH	Raytheon/RTX(100%)	直接	直接: Tomahawk 完成弾として FMS 購入
100		JASSM-ER 設計/製造	EH	Lockheed Martin(Troy, AL)(100%)	直接	直接: JASSM-ER 完成弾として FMS 購入
101		JSM(Joint Strike Missile)	EH	Kongsberg(ノルウェー)(100%)	直接	直接: JSM 完成弾として直接購入(Kongsberg)

10 2		12 式地对艦改(国産)	—	三菱重工/ATLA(100%国産)		
10 3	護衛艦(イージス)	船体設計	H	JMU,MHI(長崎),KHI(神戸:潜水艦)		
10 4		船体建造	H	JMU(横浜/磯子),MHI(長崎)		
10 5		推進系(ガスタービン)	H	GE(LM2500),Rolls-Royce(MT30),I	直接	直接: ガスタービン(LM2500/MT30)として直接/ライセンス
10 6		イージス戦闘システム	EH	Lockheed Martin(100%)	直接	直接: イージス戦闘システムとして FMS 購入
10 7		Mk 41 VLS	EH	BAE Systems/LM(100%)	直接	直接: Mk 41 VLS として FMS 購入
10 8		ソナー/対潜装備(国産)	H	NEC,沖電気		
10 9	弾薬/火薬	火薬原料(HMX/RDX 等)	H	BAE Systems,Rheinmetall,Genera	直接	直接: 火薬原料(HMX/RDX 等)の一部を輸入
11 0		弾体/信管製造	H	Rheinmetall,Nexter(仏),ダイキン,日本工		
11 1		備蓄/管理	—	防衛省/自衛隊		
11 2	統合防空(IAM)	BMD レーダー(SPY-1/SPY-7)	EH	Lockheed Martin(SPY-7),Raytheo	直接	直接: SPY-7 レーダーとして FMS 購入
11 3		PAC-3 MSE(終末段階)	EH	Lockheed Martin(100%)	直接	直接: PAC-3 MSE として FMS 購入
11 4		SM-6(多用途迎撃)	EH	Raytheon/RTX(100%)	直接	直接: SM-6 として FMS 購入
11 5		GPI(滑空段階迎撃:開発中)	—	MDA+ATLA(日米共同開発)		
11 6		JADGE(指揮統制)	H	NEC,三菱電機		

出所: 全工程の詳細 (市場規模・寡占度メモ・日本の位置・出所) は別紙「hhi_116_complete.xlsx」全工程 HHI 一覧(116 行)およびアキレス腱サマリー(60 行)を参照。

2.3 制度的チョークポイント —— 物理・法制・政策

2.2 で特定した 60 件のアキレス腱は、物理的な集中（鉱床・海峡・工場立地）に加え、各国の輸出管理制度・調達制度・知的財産保護といった制度的（システミック）な層によって固定されている。本節では、物理的制約と法制度、政策的な制約の両面から構造を整理する。

中国の輸出管理体制（レアメタル 22 件の制度的根拠）

中国がレアメタル精製の 73-99% を支配する構造は、鉱床の賦存だけでなく、1990 年代以降の国家戦略的な精製能力投資と環境規制の差異によって形成された。この物理的な集中に、以下の法制が重畳する。

- ・輸出管理法（2020 年 12 月施行）：国家安全・利益に関わる物資の輸出を許可制とする包括法。Ga/Ge/W 等の規制根拠。
- ・稀土管理条例（2024 年 10 月施行）：REE の採掘・製錬・流通・輸出入を一体管理。磁石を含む加工品も対象となり、NdFeB 磁石の輸出が許可制に。
- ・具体的な規制タイムライン: 2023 年 8 月 Ga/Ge 輸出許可制、2024 年 12 月 Ge 追加規制、2025 年 2 月 W/Mo/In/Te/Bi 追加。段階的にクリティカルミネラル全体をカバーする方向だ。
- ・反外国制裁法（2021 年 6 月）：外国の制裁に対する報復措置を合法化。米国の Entity List 指定に対する対抗措置として Ga/Ge の輸出規制が発動された経緯がある。

精製代替には新規プラント建設に3-5年を要する。Lynas（豪/マレーシア）、MP Materials（米）、Energy Fuels（米）、Iluka（豪）が増産を進めるが、中国の精製能力は年間20万tを超え、代替勢力の合計はその10-15%にとどまる。

台湾海峡リスクの制度的構造（半導体2件）

TSMCへの一極集中は市場競争の結果であり、法制による規制ではない。しかし台湾海峡をめぐるリスクには複数の制度的要因が絡む。

- ・米国 CHIPS and Science Act（2022年）：TSMCのアリゾナ工場建設に対し直接補助金（Direct Funding）最大\$66億および最大\$50億の融資を供与。TSMC自身の総投資額は当初\$400億から段階的に拡大し\$650億超に達した。ただし先端ノード（N4/N3）の量産能力は2025年時点で台湾本島がほぼ独占。
- ・先端半導体製造装置の対中輸出規制（2022年10月～）：米国のEAR強化とオランダ政府の輸出規制の連動により、ASML EUV装置の対中出荷が制限された。米国技術を含むためFDPR（外国直接製品規則）の網もかかるが、EUV輸出規制の主体はオランダ政府の独自輸出管理法制に基づく。結果としてTSMCの先端ファウンドリ独占がさらに強化された。
- ・台湾の「シリコンの盾」論：台湾の半導体産業が抑止力の一部として機能するという議論があるが、有事の際にはTSMC工場の物理的破壊・封鎖リスクが残る。日本のRapidus（2nm挑戦）とJASM（TSMC熊本、28/12-16nm）は部分緩和だが先端ノードの代替には2027年以降を要する。

米国 FMS 制度と防衛技術のブラックボックス（軍需17件）

FMS（Foreign Military Sales）は米国政府が仲介する有償軍事援助制度であり、単なる商取引ではなく政府間合意だ。この制度構造がアキレス腱を固定する。

- ・ITAR（国際武器取引規制）：米国原産の防衛品目・技術データの移転には国務省の事前許可が必要。F-35のソースコード、SM-3のキルビークル技術、イージスシステムのソフトウェアはいずれもITAR管理下にあり、日本による独自改修・リバースエンジニアリングは法的に不可能だ。
- ・EAR（輸出管理規則）：商務省管轄のデュアルユース品目規制。半導体製造装置のKLA/AMAT/Lamからの調達もEAR対象であり、エンドユーザー制限がかかる場合がある。
- ・FMS調達のリードタイムと優先順位：FMS装備の納期は米国の生産能力と優先順位に依存する。ウクライナへの軍事援助が優先された結果、SM-3/PAC-3の生産ラインが逼迫し、同盟国向け納期が延伸した事例がある。
- ・GCAP（次期戦闘機）の共同開発：日英伊3カ国による共同開発はF-35依存からの部分的離脱だが、エンジン（Rolls-Royce/IHI）以外の電子戦・センサー融合で米国技術への依存が残る可能性がある。

ホルムズ海峡の物理的・制度的チョークポイント（エネルギー6件+石化1件）

ホルムズ海峡（幅33km）は物理的なチョークポイントだが、制度的な背景も重要だ。

- ・長期供給契約の構造：日本の原油輸入の大半はサウジアラムコ/ADNOC等との長期契約であり、代替調達先への切替は契約上の制約を受ける。スポット調達の割合は低い。
- ・石油備蓄法と国家備蓄：日本の石油備蓄は国家備蓄90日+民間備蓄90日+産油国共同備蓄で約200日分。ただしナフサは石油備蓄とは別計算であり、2-3ヶ月で石化チェーンに影響が顕在化する。
- ・イラン制裁体制：米国の対イラン包括制裁（JCPOA離脱後）により、ホルムズ海峡の緊張は構造的に高止まりしている。2026年2-3月のイラン危機ではホルムズ海峡通過の保険料が急騰した。
- ・ナフサ中東依存の悪化：2020年の53.1%から2024年の73.6%へ20ポイント悪化した。UAE/クウェートへの集中が急拡大しており、ホルムズリスクはむしろ深化している。

第3章 輸入額に対する下流バリューチェーン波及額

第1章と第2章で確認した直接輸入額約28兆円に対し、これらの輸入財が停止した場合に影響を受ける下流産業の規模はどの程度か。本章ではまず「重複を含む波及額」（ある財が停止した場合に影響を受ける産業の市場規模の合計）を算出し、次に「重複を排除した案分額」を参考値として提示する。

サマリー（重複ありの全体効果）

エネルギー: 直接 20 兆円 → 波及 80 兆円+ — 電力+物流+鉄鋼+石化の基盤
石化（ナフサ経由）: 直接 2 兆円 → 波及 30 兆円+ — プラスチック/自動車部品/医薬品が同時停止
レアメタル: 直接 0.4 兆円 → 波及 20 兆円+ — 波及倍率 50 倍。EV/磁石/電池/ロボット/防衛
半導体: 直接 3.5 兆円 → 波及 40 兆円+ — 台湾有事で自動車 22.5 兆円+電子 10.7 兆円が同時停止
軍需装備: 直接 2 兆円 → 波及: 安全保障の根幹 — 金額換算に意味が薄い。国家存立基盤

「波及額」とは、ある輸入財が停止した場合に影響を受ける下流産業の市場規模（出荷額ベース）の合計だ。当該輸入財への寄与度 100%ではなく、「影響を受ける産業の外縁」を示す数字であり、複数の領域から同一産業に波及するため重複を含む。構造的発見は「波及倍率の非対称性」だ。レアメタルは直接輸入額 4,000 億円に対し波及 20 兆円+（50 倍）。ガリウムに至っては直接 30 億円→波及 1 兆円+で倍率 300 倍を超える。金額の小さい財こそ安全保障上のレバレッジが最大であり、通関統計の金額だけでは構造的リスクを見落とす。

3.1 エネルギーの下流波及（80 兆円+）

財	直接輸入額	下流産業	産業規模	出所
原油	10.65 兆円	石油精製業	12 兆円	経産省工業統計
		石油化学(ナフサ経由)	10 兆円+	JPCA
		輸送(ガソリン/軽油)	21.4 兆円	国交省運輸統計
		電力(石油火力 3%)	0.5 兆円	METI
LNG	6.2 兆円	LNG 火力発電(電力 34%)	5 兆円	METI「エネルギー 2024」
		都市ガス供給	3 兆円	日本ガス協会
石炭	約 3 兆円	石炭火力発電(電力 30%)	4 兆円	METI
		製鉄(コークス用)	20 兆円	日本鉄鋼連盟
ウラン	数百億円	原子力発電(電力 8%)	1 兆円	JAIF

原油が停止した場合の波及は 40 兆円+に達する。石油備蓄は 200 日分あるが、ナフサ向けの在庫は別計算で 2-3 ヶ月で石化チェーンに影響が顕在化する。LNG 停止時は電力の 34%が影響を受ける。石炭停止時は鉄鋼業（20 兆円、自動車・建設の上流）に直撃する。

3.2 石化の下流波及（30 兆円+）

財	直接輸入額	下流産業	産業規模	出所
ナフサ	約 2 兆円	エチレン系製品	12 兆円	JPCA
		プラスチック成形加工	10 兆円	プラスチック工業連盟
		自動車樹脂部品	3 兆円	JAMA 推計
		医薬品原料(中間体)	2 兆円	厚労省薬事統計
エチレン	少量	ポリエチレン(包装材)	3 兆円	JPCA

		PVC(建材)	1兆円	塩ビ協会
プロピレン/BTX	少量	PP(自動車/容器)	2兆円	JPCA
		合成繊維	1兆円	化学繊維協会

ナフサ断絶はプラスチック・自動車部品・医薬品を同時に停止させる。中東 73.6%がホルムズ海峡を通過するため、ホルムズ封鎖シナリオではエネルギーと石化のダブルショックとなる。

3.3 レアメタルの下流波及 (20兆円+)

財	輸入額	下流産業	産業規模	波及倍率	出所
レアアース	500億円	NdFeB 永久磁石	5,000億円		矢野経済研究所
		EV 駆動モーター	2兆円		IEA EV Outlook
		風力発電機	数千億円		GWEC
		ロボット/FA	1兆円	100倍	IFR
リチウム	300億円	LiB(車載+蓄電)	2兆円		矢野経済研究所
		EV 完成車	22.5兆円		JAMA
ニッケル	2,000億円	ステンレス鋼	3兆円		日本ステンレス協会
ガリウム	30億円	化合物半導体	3,000億円		Yole
		LED 照明	5,000億円		JEITA
		5G 基地局 RF	2,000億円	300倍超	総務省
タングステン	500億円	超硬工具	4,000億円		日本工具工業会
ゲルマニウム	20億円	光ファイバー	3,000億円		矢野経済研究所

レアメタルの波及構造の特徴は、直接輸入額と波及規模の非対称性だ。ガリウムは30億円の輸入で1兆円+の下流産業を支えている。この非対称性は通関統計を金額で見ただけでは発見できない。

3.4 半導体の下流波及 (40兆円+)

財	輸入額	下流産業	産業規模	出所
ロジック IC	3兆円(台湾 60%)	自動車(ADAS/ECU)	22.5兆円	JAMA
		電子機器(スマホ/PC)	10.7兆円	JEITA
		データセンター/AI	2兆円	IDC Japan
		産業機器/FA	3兆円	NEDO
EUV 装置	3,000億円	先端チップ製造(2nm 以下)	次世代産業基盤	ASML IR
★ウエハ	-(日本 53%供給)	→世界の半導体製造	\$628B 市場の基盤	SIA/WSTS
★レジスト	-(日本 90%供給)	→世界のリソグラフィ	全ファブ不可欠	Brookings

台湾有事の場合、ロジック IC の停止で自動車・電子・AI・産業機器の40兆円+が数週間以内に影響を受ける。Rapidus (2nm) と JASM (TSMC 熊本) が部分緩和するが量産は2027年以降だ。一方、日本はシリコンウエハ (53%)、フォトリソ (87-90%)、コーター (88%) で世界の半導体製造基盤を握っており、「強みと弱みが共存する」領域だ。

3.5 軍需の下流波及

軍需の波及は金額換算に意味が薄い。戦闘機・ミサイル・迎撃体・イージスシステムの停止は「国家の防衛能力の消失」であり、何兆円という数字で表現する性質のものではない。航空防衛産業（MHI等1.5兆円）、造船産業（5,000億円）が直接影響を受けるが、本質的なリスクは金額ではなく抑止力と弾道ミサイル防衛の存続だ。

3.6 （参考）重複排除での試算

上記の波及額は領域間で同一産業を重複計上している。産業連関表の投入構造を参考に、8つの最終産業の付加価値額を5つの投入財カテゴリの寄与率で案分し、重複を排除した参考値を以下に示す。寄与率は著者推計であり、精緻な産業連関分析ではない。

投入財カテゴリ	直接輸入額	案分済み波及	波及倍率	主な構成
エネルギー	20.0兆円	19.5兆円	1.0x	電力60%+鉄鋼35%+物流30%
石化	2.0兆円	10.9兆円	5.5x	化学工業50%+自動車15%
レアメタル	0.4兆円	5.0兆円	12.5x	機械10%+自動車8%+電子10%+防衛10%
半導体	3.5兆円	10.5兆円	3.0x	電子45%+自動車12%+防衛15%
軍需装備	2.0兆円	2.7兆円	1.4x	防衛30%
	合計	48.6兆円	1.7x	

出所: 方法論: 各産業の付加価値額×投入財カテゴリ寄与率(著者推計)で案分。出所: 経産省工業統計2022, JCIA, JEITA, 内閣府GDP統計, JAMA, 防衛省FY2026。
精緻な産業連関分析ではなく概算。

案分済みでもレアメタルの波及倍率12.5倍が最高だ。金額ベースではエネルギーが圧倒的だが、レバレッジの観点ではレアメタルと半導体がリスクの核心だ。

第4章 シナリオ分析：見えない接続が生む構造的リスク

4.1 本章の視点

第3章までで、26財×116工程の寡占構造と、そのうち60工程が日本にとってのアキレス腱であることを確認した。本章では、これらの静的な依存構造を横断的に接続し、動的なリスクシナリオに変換する。

分析の切り口は3つある。

隠れた接続。セクター別の分析では独立して見える財が、特定の結節点で交差し、単一のトリガーが複数セクターに同時に波及する経路が存在する。

バタフライ的効果。セクター横断の接続を延伸すると、微小なトリガーが何段階もの産業を経て、当事者が認識していない場所に到達する経路がある。

サイズと影響の逆相関。エネルギーと比較して、輸入額が非常に小さいレアメタルは、断絶時の波及が桁違いに大きい。ガリウムの輸入額30億円に対し、波及額は1兆円と333倍のレバレッジがかかる。

4.2 隠れた接続：セクターを横断する7つの経路

① ホルムズ海峡封鎖は半導体危機でもある

ホルムズ海峡の封鎖は通常「エネルギー危機」として語られる。石油備蓄200日分があるため、短期的には対処可能とされる。

見落とされているのはナフサ経由の半導体カスケードだ。

原油 → ナフサ（石化用の85%が輸入、うち73.6%が中東＝全てホルムズ通過〔アキレス腱#7〕） → エチレン → 高純度溶剤 → フォトレジスト原料

日本の4社が世界のフォトレジストの87-90%を供給している。フォトレジストは半導体製造の全工程で20-40回使用され、1種類が欠けただけで製造ライン全体が停止する。ナフサ供給が途絶すれば、TSMCを含む世界中のファブに影響が及ぶ。

ナフサの供給構造にはさらに増幅要因がある。ナフサクラッカーは連続プロセス設備であり、現在すでに稼働率70%以下で採算限界にある。ナフサ供給がさらに減少すれば、採算割れまたは最低稼働率（設計能力の30-50%）を割り込む運転停止に至る。停止した場合、再起動には数週間を要する。停止すればエチレンだけでなくプロピレン、ブタジエン、BTXも同時に消失する（連産品ロック）。

ホルムズ封鎖は「原油価格の高騰」にとどまらない。石化チェーン全体の閾値崩壊を経由した、日本発の世界的半導体危機になり得る。この接続はどの省庁の管轄にも収まらず、どの業界団体のカバレッジからも漏れている。

TSMC熊本工場（JASM）は日本のレジスト供給安定性を前提に誘致された。その前提がホルムズリスクに晒されている。

推定波及額：85兆円

② 中国輸出規制が広い産業を一網打尽にする可能性

中国の7鉱物に対する支配は個別には周知の事実だ。レアアース精製85-90%、ガリウム精製98%、ゲルマニウム精製86%、タングステン精製86%。

問題は、これら15のアキレス腱工程〔#8-13, #22-23, #25-26, #28-29等〕が単一の行政判断で同時に規制対象となることだ。MOFCOMの輸出管理体制のもとでは、それが可能であり、実際にガリウム/ゲルマニウムの対米禁輸は2024年12月に、タングステンの輸出規制は2025年2月に発動済みである。

15工程の同時断絶が波及する最終産業は19セグメントに及ぶ。EV（NdFeB磁石+LiB前駆体）、5G（GaN増幅器）、防衛4系統（GaNレーダー、Ge暗視装置、W徹甲弾、RE精密誘導）、半導体製造（CMP研磨剤+W配線ターゲット）、洋上風力、産業ロボット、MRI。

これらのレアメタルの市場規模は極めて小さい。ガリウムの世界市場は\$300M、ゲルマニウムは\$200M。代替精製への投資を正当化できる市場規模ではなく、この「市場の失敗」が脆弱性を恒久化している。

推定波及額：20兆円（防衛4系統は金額化困難）。発生確率：高（一部発動済み）

③ 自動車産業は様々なシナリオの交差点

自動車産業は日本の就業者の8.3%（559万人）を雇用し、輸出額は22.5兆円に上る。この産業が5つの異なるサプライチェーンに同時に依存しており、それぞれが異なる地政学的トリガーに紐づいている。

サプライチェーン	トリガー	影響	関連アキレス腱
原油	ホルムズ封鎖	工場動力+物流燃料	#1
ナフサ→樹脂	ホルムズ封鎖	車両重量の15-20%	#7
レアアース→NdFeB磁石	中国鉱物規制	EV/HVモーター	#13
Li/Co/Ni→LiB電池	中国+インドネシア	EV/HVバッテリー	#15-16
ロジックIC→ECU/ADAS	台湾有事	1台あたり\$500-3,000	#36-37

2021年の半導体不足は1つの波だけで世界の自動車生産を1,000万台以上減産させた。5つが同時に到来すれば、月間60-70万台が停止する。企業の対応チームは有限であり、5つの代替策を同時に実行する能力はない。

3ヶ月を超えれば雇用調整が始まる。自動車輸出22.5兆円の停止は貿易赤字を急拡大させ、円安がさらに輸入コストを押し上げる。

④ 防衛装備の二段階ロック

民生品であれば部品の切替で対処できる。防衛装備では「認証された部品のみ使用可」の制約が、これを許さない。

第一段階：素材が止まる。中国のガリウム/ゲルマニウム対米禁輸（2024年12月発動済み）とタングステン輸出規制（2025年2月発動済み）により、以下の防衛4系統が同時に影響を受ける。

鉱物	中国シェア	影響を受ける防衛システム	アキレス腱
ガリウム	精製98%	GaN AESAレーダー（イージスSPY-7）	#22-24
ゲルマニウム	精製86%	赤外線光学（暗視装置、SM-3 IRシーカー窓）	#25-27
タングステン	精製86%	超硬工具（弾体加工）+徹甲弾芯	#28-29
レアアース	精製85-90%	精密誘導ミサイルのジンバル機構	#8-13

第二段階：認証が代替を閉ざす。MIL-SPEC認証/QPLの再認定には数年を要する。品質を保証する制度が、有事には代替経路を制度的に閉鎖する。

台湾有事が重なれば、誘導制御用FPGA（TSMC [#36-37]）も断絶し、5系統全てが同時に停止する。

これは将来のリスクではない。既に発動された規制のもとで、防衛産業の在庫が尽きる時期が転換点となる。

⑤ 日本は世界の半導体製造のアキレス腱

日本は半導体上流で圧倒的な地位を持つ。シリコンウェハ53%（信越化学+SUMCO）、フォトレジスト87-90%（JSR/東京応化/信越/住友）、コーター/デベロッパ 88%（TEL+SCREEN [#34]）。

この製造力自体が、電力（LNG 火力 34%→ホルムズ）、超純水（電力依存）、レアアース（CMP 用酸化セリウム→中国 85-90%〔#10-11〕）、タングステン（W 配線ターゲット→中国 86%〔#28-29〕）に依存している。

日本の「強み」は、裏返せば「世界にとっての単一障害点」である。日本を止める要因は日本の外にあり、日本が止まれば世界の半導体製造が止まる。

日本の半導体材料は事実上の戦略的資産であり、中国のレアアース支配と同型のレバレッジを持つ。その資産が外部リスクに依存しているという構造は、十分に認識されていない。

⑥ 電力→超純水→半導体

半導体ファブは1日に数千トンの超純水を消費する。超純水の品質は電力供給の安定性に直結する。

日本の電力の72%が3つの独立した地政学リスクに同時に曝露されている。

電源	シェア	地政学リスク
LNG 火力	34%	ホルムズ海峡
石炭火力	30%	インドネシアの資源ナショナリズム
原子力	8%	精鉱のカザフスタン依存 25-30%、燃料加工の炉型固有性〔#2, #4-6〕

Rapidus 千歳は泊原発停止中であり、LNG 火力に依存している。ファブ1棟の消費電力は約20MW。電力供給が5%減少しただけでもファブ稼働率に影響する。

TSMC 熊本は地下水に超純水を依存している。電力コスト上昇は製造コストに直結し、日本への投資判断を左右する。

⑦ LNG の分散調達に潜むヘリウムの集中

LNG は20カ国から調達されており、エネルギー安全保障上の供給源分散は比較的達成されている。しかしLNG の処理過程で回収される副産物に、別の集中構造が隠れている。

ヘリウムは天然ガスに微量含まれる希ガスで、ヘリウム含有率の高い特定のガス田でのみ経済的に回収される。現在、カタール（Ras Laffan）が世界供給の約25-30%を占め、米国連邦備蓄（BLM）の段階的枯渇に伴いそのシェアはさらに拡大する見通しだ。

ヘリウムが不可欠な産業は広い。MRI 装置の超電導磁石の冷却（液体ヘリウムの沸点4.2Kを代替できる冷媒はない）、半導体ファブのキャリアガスおよびリーク検出、光ファイバー製造、ロケット燃料の加圧、基礎物理学研究。

ここで問題となるのは、LNG の調達先が分散していても、ヘリウムの回収拠点が分散しているとは限らないことだ。日本が調達するLNG の大半は豪州やマレーシアからだが、これらのガス田のヘリウム含有率は必ずしも高くない。ヘリウムの安定供給はカタールを含む少数のガス田に依存しており、主産物（LNG）の分散は副産物（ヘリウム）の分散を保証しない。

この構造は、4.3で後述するガリウム（ボーキサイト精製の副産物）とも類似している。主産物のサプライチェーンが健全に見える中に、副産物の集中という見えな脆弱性が潜む。

2022年にはロシアのアムール工場の稼働遅延と米BLM 備蓄の計画的縮小が重なり、世界的なヘリウム不足（Helium Shortage 4.0）が発生した。半導体メーカーや医療機関がスポット市場で争奪する事態となり、価格は2倍以上に高騰した。次のショートが起きた場合、MRI の稼働制限と半導体ファブの操業影響が同時に発生する。

なお、ヘリウムは本レポートの26財の分析対象には含まれていないが、LNG の「隠れた水脈」として、分散調達の中に潜む集中リスクの典型例であるため本節で取り上げた。

4.3 バタフライ的効果

前節の接続をさらに延伸すると、微小なトリガーが何段階もの産業を経て、全く予想外の場所に到達する経路がある。

タングステンの自己増幅ループ

タングステンの日本の輸入額は500億円。タングステンカーバイド（WC）が超硬工具の原料であり、半導体のW配線ターゲット〔#28-29〕にも不可欠であることは第3章で確認した。

本分析で新たに特定されたのは、タングステンの断絶がタングステン以外の全鉱物の採掘を制約する構造だ。

鉱山の掘削ドリルビットにはWCチップが不可欠である。タングステンが止まればドリルビットが製造できず、リチウム、コバルト、ニッケル、銅、ウランの採掘効率が低下する。そして採掘効率の低下はタングステン自体の供給をさらに逼迫させる。外部から追加のトリガーなしに被害が拡大し続ける自己増幅ループだ。

タングステンは「道具を作るための道具」の原料である。この再帰的な依存構造は、26財の中でタングステンだけが持つ。

ポーキサイト輸出禁止がイージス艦を盲目に

インドネシアは2020年にニッケル鉱石の輸出を禁止した。同じ論理がポーキサイトに及ぶ可能性がある。鉱業政策の問題であり、安全保障の文脈で語られることはない。

この政策は5段階のセクター横断カスケードを通じて日本の防衛能力に到達する。

インドネシアがポーキサイト輸出を禁止 → 非中国でのアルミナ精製のコスト構造が変化 → ガリウムはアルミナ精製の副産物として回収されるため、非中国でのガリウム増産経路が経済的に成立しなくなる → 中国の98%独占が構造的に不可逆化 → ガリウム枯渇時に GaN 化合物半導体が製造不能 → イージス艦 SPY-7 レーダー〔#58〕の保守部品が調達不能になり、BMD システムの「目」が失われる。

鉱業 → 精錬 → レアメタル → 化合物半導体 → 兵器システム。各段階が異なるセクターに属し、各段階の専門家は隣接段階のリスクを認識していない。防衛省のBMD担当者がインドネシアのポーキサイト政策を監視しているとは考えにくい。

ガリウムの世界市場は\$300M。代替精製施設への投資を正当化できない規模であり、市場メカニズムによる自律的な解決は期待できない。

4.4 下流産業への波及

ここでは、あるトリガーが下流産業へ波及する内容を以下の観点を中心に分析する。

① 一つの財が多くの下流の産業で使用され、その欠落が大きな影響を生む。たとえばレアアースはEVから医療まで多くの産業で使用される。このように一つの財の輸入額に対して、それが使用される下流の産業規模の倍率を、波及倍率とした。

>

② 同じトリガーが複数の産業に同時に到達する。ホルムズ封鎖は電力会社にとっては「LNG問題」、化学メーカーには「ナフサ問題」、半導体メーカーには「レジスト原料問題」だが、これらは同時に起きる。

>

③ 複合シナリオでは、回復のための代替策が、同時に発生する他のトリガーによってふさがれることがあり、影響が非線形に大きくなるケースがある。たとえばホルムズ+中国同時で100兆円超の影響。

4.4.1 波及倍率

財	輸入額	波及額	倍率	備蓄
ガリウム	30億円	1兆円	333倍	1-3ヶ月
フォトレジスト	200億円相当	5兆円	250倍	1-3ヶ月

ゲルマニウム	20 億円	4,000 億円	200 倍	1-3 ヶ月
リチウム	300 億円	5 兆円	167 倍	3-6 ヶ月
レアアース	500 億円	5 兆円	100 倍	3-6 ヶ月
コバルト	300 億円	2 兆円	67 倍	3-6 ヶ月
タングステン	500 億円	2 兆円	40 倍	3-6 ヶ月
EUV リソグラフィ	3,000 億円	10 兆円	33 倍	なし
ナフサ	約 2 兆	30 兆円	15 倍	1-2 ヶ月
ロジック IC	約 3 兆	40 兆円	13 倍	1-3 ヶ月
石炭	約 3 兆	25 兆円	8 倍	数ヶ月
原油	10.65 兆円	40 兆円	4 倍	200 日
LNG	6.2 兆円	15 兆円	2 倍	2-3 週間

ガリウムの輸入額は原油の 3 万分の 1 だが、波及倍率は 80 倍以上高い。この逆相関は、輸入額が小さい財ほどスポット市場が薄く、備蓄が薄く、代替技術が存在しないことによる。

調達部門が「金額の小さい品目」としてリスク評価の対象外にしている品目が、最もレバレッジの高い脆弱点である可能性がある。

4.4.2 産業別影響

ガリウム (30 億円→1 兆円、333 倍) 世界市場\$300M。止まれば通信・防衛・EV が同時に停止。

影響産業	影響経路	影響
通信	GaN 増幅器→5G 基地局	ドコモ/KDDI/SB の 5G 展開が停滞
防衛	GaN AESA→SPY-7	BMD レーダー保守部品枯渇
EV	GaN パワーデバイス	350kW 級急速充電器の供給遅延
照明	GaN LED	日亜化学の生産に影響

レアアース (500 億円→5 兆円、100 倍) 採掘から磁石まで 6 工程全てがアキレス腱。止まれば「回るもの」が全て止まる。

影響産業	影響経路	影響
EV	NdFeB 磁石→駆動モーター	EV 生産停止。モーター再設計に数年
GX	NdFeB 磁石→洋上風力	2030 年目標の達成が困難に
FA	NdFeB 磁石→サーボモーター	ファナック/安川のロボット生産停滞
家電	NdFeB 磁石→コンプレッサー	エアコン不足。猛暑時の熱中症リスク
半導体	酸化 Ce→CMP 研磨剤	ウェハ平坦化不能→世界のファブに波及
医療	NdFeB 磁石→MRI	装置の新規導入・交換が困難に

タングステン (500 億円→2 兆円、40 倍) 「道具の道具」。止まれば全製造業が減速し、他鉱物の採掘にも波及。

影響産業	影響経路	影響
全製造業	WC 超硬工具→金属加工	精密部品製造が全面減速
半導体	W 配線ターゲット	全チップの配線工程が停止
防衛	W 合金→徹甲弾芯	対装甲能力の低下
医療	W ターゲット→X 線管/CT	装置のターゲット交換不能
採掘	WC チップ→ドリルビット	他鉱物の採掘効率が低下 (自己増幅)

フォトレジスト (200 億円相当→5 兆円、250 倍) 日本シェア 87-90%。止まれば全ファブ停止。

影響産業	影響経路	影響
半導体全般	レジスト→全ファブ	1 種類欠けてもライン全停止
AI/HPC	EUV 用 MOR→先端プロセス	次世代 AI チップ出荷遅延

自動車	車載半導体→ADAS	安全規格を満たせず出荷不能
-----	------------	---------------

EUV リソグラフィ（3,000 億円→10 兆円、33 倍）ASML/Zeiss/Trumpf の三社チェーン。代替技術なし。

影響産業	影響経路	影響
先端半導体	7nm 以下の唯一の製造手段	三社チェーンに代替が完全に存在しない
AI/DC	先端 GPU/TPU	NVIDIA/AMD/Google の製造制約
スマートフォン	先端 SoC	Apple/Qualcomm の次世代チップに影響

LNG（6.2 兆円→15 兆円、2 倍）波及倍率は低い、備蓄 2-3 週間が本質的な問題。

影響産業	影響経路	影響
電力	LNG 火力 34%	計画停電
都市ガス	調理・給湯・暖房	首都圏 1,400 万世帯
化学	ボイラー熱源	コンビナート安全停止→再起動に数週間
医療	病院電力	非常用発電は数日分
IT	DC 電力	非常用電源 72 時間
交通	鉄道電力	大幅間引き運転

4.4.3 シナリオ別波及額

シナリオ	波及額	確率	区分
ホルムズ海峡封鎖	85 兆円	中	物理
台湾有事	56 兆円	低-中	物理
中国鉱物全面規制	20 兆円	高（一部発動済）	物理
保険市場の連鎖的凍結	40 兆円	高（紅海で部分発生）	制度
SWIFT/金融制裁拡大	30 兆円	低-中	制度
EU 環境規制複合	15 兆円	中-高	制度
対口制裁段階的強化	8 兆円	中	制度
ホルムズ+中国同時	100 兆円超	低-中	複合
台湾+中国同時	68 兆円	中	複合
サイバー攻撃（断続）	10 兆円	中	複合

複合シナリオでは、ある問題を解決しようとした方法が、別のトリガーによって実現できず、影響が拡大するケースを想定している。

たとえばホルムズ封鎖で LNG 火力が制約された場合、再エネの増強で電力を補おうとする。しかし同時に中国の鉱物規制が発動されれば、洋上風力タービンに必要な NdFeB 磁石〔#8-13〕が調達できず、その代替策自体が行えない。

また、企業や政府が同時に対処できる危機の数には限りがある。複数の断絶に対して複数の代替策を同時に立案・実行できる組織は存在せず、対策の優先順位づけ自体が新たなボトルネックとなる。

第5章 ソリューション

第4章までの分析で明らかになったのは、日本のサプライチェーンの脆弱性が「依存度の高さ」だけでなく、「依存構造が見えていないこと」に起因するという点だ。ホルムズ→ナフサ→フォトレジスト→半導体のカスケード、ヘリウムやガリウムの副産物集中、タングステンの自己増幅ループ——いずれも、セグメント横断でチェーンを把握し、その影響度合いを測らなければならない。

そのような認識のもと、本章では、企業・業界・政府の3つの主体別に、実行可能な対策の方向性の議論を試みる。

企業レベル

サプライチェーンの可視化範囲をTier3以深に拡張する。第3章で特定した60のアキレス腱工程のうち、自社製品に関連するものを棚卸しし、Tier1の直接取引先だけでなく、その先の原材料調達構造を継続的に把握する。半導体メーカーがCMP研磨剤（酸化セリウム）の原産国を把握していない（→4.2③）、自動車メーカーが車載ICのファウンドリ集中度を認識していない（→4.2④）といった盲点は、可視化の範囲を広げるだけで解消できる。

In-Transit在庫をリアルタイムで把握する。LNGの固定備蓄は2-3週間、ナフサは1-2ヶ月とされるが、発注済み・輸送中の在庫（In-Transit在庫）を加えれば実効的なバッファは厚くなる。ただしそれは、どの船にどれだけの貨物が載り、どの海域を通過中かが把握されていなければ使えない。有事の初動では、この洋上在庫の可視性が対応速度を決定的に分ける。

「金額の小さい品目」のリスクを再評価する。第4章で示した通り、輸入額と波及倍率は逆相関する（→4.4.1）。調達部門が金額基準でリスク評価の対象外としている品目（ガリウム、ゲルマニウム、タングステン等）が、実は最もレバレッジの高い脆弱点である可能性がある。アキレス腱の直接/間接の分類（第3章）を用いて、自社サプライチェーンの中の「安くて危険な」品目を特定すべきだ。

業界レベル

セクター横断の情報共有体制を構築する。第4章で示したホルムズ→石化→半導体のカスケード（→4.2②）は、エネルギー業界と半導体業界が別々に状況を把握しては検知できない。ナフサクラッカーの稼働率がどこまで低下すればフォトレジスト原料に影響が及ぶかは、石化業界の操業データと半導体材料メーカーの在庫データを突き合わせて初めてわかる。

このためには、サプライチェーンの状況がデータとして一元的に可視化され、セクターを超えた関係者が同じ情報を見ながら迅速に判断・連携できる基盤が必要となる。有事に各社が個別に情報を収集し、個別に対応策を立てる従来のモデルでは、セクター横断のリスクには対処できない。

副産物経済学の産業横断的な棚卸し。ガリウム（アルミナ精製の副産物→4.3）とヘリウム（天然ガス処理の副産物→4.2①）の事例は、主産物のサプライチェーンが健全に見える中に副産物の集中が隠れるという一般的なパターンを示している。「他にも同様の副産物集中がないか」を産業横断で棚卸しする取り組みが求められる。

政府レベル

チョークポイント集中度の評価を制度化する。現行のHHI（企業集中度）ベースの評価では、ナフサのように「企業は分散しているが地理的に集中している」リスクを捕捉できない（→4.2②）。輸入量のうち特定の物理的チョークポイント（ホルムズ、マラッカ、台湾海峡）を通過する割合を定期的に評価し、公表する仕組みが必要だ。

戦略備蓄の対象を拡大する。石油は200日分の備蓄があるが、LNG（2-3週間）、ナフサ（石化用の固定備蓄は1-2ヶ月）、レアメタル（3-6ヶ月）には同等の制度的備蓄がない。特にガリウム、ゲルマニウム、タングステン

のような「市場規模が小さすぎて民間備蓄のインセンティブが働かない」財（→4.2③）は、政府備蓄または官民共同備蓄の対象として検討すべきだ。備蓄の量は、限界影響閾値（何%の供給減で影響が非線形に拡大するか）を基準に設計する。

認証制度の有事特例を整備する。防衛装備の二段階ロック（→4.2⑤）は、MIL-SPEC/QPL 認証が有事の代替調達を制度的に閉鎖する構造だ。車載の AEC-Q100 認証にも同様の問題がある。有事を想定した認証の迅速化手続き（緊急認定制度）を平時から整備しておくことで、第二段階のロックを部分的に緩和できる。

国内精製・加工能力の戦略的維持。ナフサクラッカーの統廃合（現在稼働率 70%以下）は平時の経済合理性に基づくが、有事の転換能力を縮小させる。レアメタルの精製能力についても同様だ。平時の効率性と有事のレジリエンスのトレードオフを明示的に評価し、一定の国内能力を政策的に維持する枠組みが必要となる。

Appendix A 分析フレームワーク（試論）の概要

本レポートの第4章では、地政学的事象のサプライチェーンでの伝播・増幅のメカニズムを記述するフレームワークを試作し分析を試みた。本付録はそのフレームワークの概要である。

A.1 基礎構造：4層×6媒質

フレームワークは、サプライチェーン上の事象を4つの層と6つの媒質の直交する2軸で記述する。

4層（何が起きているか）

サプライチェーン上の事象は、性質の異なる4つの層に分解される。

層	定義	問い	例
物理層	物理的に存在するもの。動くもの、壊れるもの	何が物理的に起きたか	海峡封鎖、鉱山停止、ファブの歩留まり低下
制度層	人間が作ったルール、契約、規制、認証	どのルールが作用しているか	P&I引受拒否、MIL-SPEC認証、L/C不開設
情報層	観測可能なデータ、シグナル	何が見えているか／見えていないか	在庫水準の不透明さ、Tier 3以深の盲点
意味層	情報の解釈、意味づけ	それは何を意味するか	「一時的な混乱」か「構造的な断絶」かの判断の分裂

同一の事象が複数の層にまたがる。たとえばホルムズ封鎖は、物理層では海上輸送の遮断、制度層ではP&Iクラブの引受拒否とL/C不開設、情報層では在庫水準の不透明化、意味層では「短期的混乱か長期的危機か」の解釈の分裂として、同時に異なる作用を及ぼす。

6媒質（どのように伝わるか）

地政学的ショックはサプライチェーン上を波動として伝播する。その伝播チャンネルを6つの媒質として定義する。

媒質	伝播メカニズム	伝播速度
市場価格	価格シグナルの需給伝播	秒～日
物理的フロー	モノの物理的移動	日～月
リスク評価	保険・信用格付けの伝播	日～週
法的・規制	規制の発動・解釈・執行	月～年
技術代替	代替技術の開発・認証・量産	年～十年
政治的意思決定	外交・同盟・制裁の意思決定	年～十年

4層と6媒質は独立した次元であり、同じ物理層の事象でも市場価格媒質では秒単位で、物理的フロー媒質では日～月単位で伝播する。この速度差が干渉と共振の原因となる。

A.2 3つの力学

径路への集約密度

単一の経路に多くの供給が集約するほど、その経路の断絶の影響が大きくなる。中国の鉱物クラスター（15工程が同一の政治判断で断絶）、ホルムズ海峡（原油95%、ナフサ73.6%が通過）がこれに該当する。

制度による増幅（3モード）

モード	増幅の源泉	閾値の性質	典型例
能動的増幅	人間の意思決定	政治的判断	中国 MOFCOM 規制、対口制裁
受動的増幅	制度が「設計通りに」作動	制度的閾値	P&I引受拒否、L/C不開設

			設、Basel 貸出抑制
工程増幅	産業プロセスの物理的設計	物理的閾値（最低稼働率等）	ナフサクラッカー停止、ファブ歩留まり崩壊

受動的増幅は、制度が変わらないまま防御壁から延焼経路に転化する。P&I クラブが有事に保険引受を拒否するのは通常の業務手順であり、覆す対象が存在しない。一度転化した制度は容易に元に戻らない（ヒステリシス）。

工程増幅は、連続プロセスの最低稼働率制約により、供給の 15-20%減少が安全停止（出力の完全崩壊）に転じる現象。ナフサクラッキングではエチレン・プロピレン・BTX が同時に消失する連産品ロックが加わり、影響が扇状に拡大する。

不確定性による混濁

情報の不完全性や解釈の分裂が意思決定を歪める。在庫水準が見えない（情報層の問題）場合はパニック備蓄を引き起こし、「何が起きているか」の解釈が分裂する（意味層の問題）場合はアクター間の行動が発散する。

A.3 共振条件

物理的備蓄の枯渇速度と制度的回復の速度のギャップが大きい場合、「対応が間に合わない」構造が生じ、被害が累積的に増幅される。

条件	物理的備蓄	制度的回復	ギャップ
弾薬 vs FMS 調達	数日-数週間	2-3 年	50 倍
LNG vs 保険市場回復	2-3 週間	数ヶ月	10 倍
ガリウム vs 代替精製	1-3 ヶ月	1-2 年	10 倍
レアアース vs 鉱山開発	3-6 ヶ月	5-10 年	20 倍

A.4 インピーダンス特性

各財の下流バリューチェーンへの影響の波及効果を考える上で、「衝撃に対する抵抗力」を想定し、3つの属性で評価を試みた。

属性	定義	高い例	低い例
弾力性	スポット市場の厚さ、代替調達先、バッファの深さ	原油（備蓄 200 日、市場が厚い）	ガリウム（備蓄 1-3 ヶ月、市場なし）
硬直性	プロセスの非可逆性、固定費、切替コスト	LNG（-162℃、再液化不可）	石炭（常温保存、汎用輸送）
結合度	物理的性質が制度的硬直を規定する強さ	フォトレジスト（ppq 精度→個別認証）	原油（汎用品、規格標準化）

総合スコア = (5-弾力性) + 硬直性 + 結合度（最大 15）。26 財の評価の結果、24 財が「高」以上であり、衝撃を吸収できる弾力性を持つのは原油と石炭のみだった。

極高インピーダンス（12-15）の財は 3つの類型に分かれる。

- 類型 A（物理→制度結合型）：LNG、ウラン、ナフサ、フォトレジスト。物理法則が制度構造を規定する。技術革新以外に根本解がない。
- 類型 B（市場不在型）：ガリウム、ゲルマニウム、コバルト、レアアース。市場が小さすぎて代替投資が成立しない。
- 類型 C（制度ロックイン型）：軍需全般、ロジック IC、EUV リソグラフィ。認証制度が代替を閉鎖する。

A.5 （補足）個別ケースにおける評価

本レポートの分析過程で、従来のHHI（企業集中度）では捕捉できないリスクが特定された。これを補完するため、以下の2つの評価軸を導入している。

チョークポイント集中度。各財の輸入量のうち、特定の物理的チョークポイント（ホルムズ、マラッカ、台湾海峡等）を通過する割合。国別HHIが分散していてもチョークポイントが共通であれば、実質的なリスクは集中している。ナフサが典型例（企業HHI=低、チョークポイント集中度=73.6%）。

限界影響閾値。何%の供給減少で影響が非線形に拡大するかの臨界点。連続プロセス（ナフサクラッカーは稼働率70%以下で採算限界、さらなる供給減で最低稼働率30-50%を割り込み停止）や代替不能財（EUV1台）では、この閾値が低い。備蓄量はこの閾値を基準に設計すべきであり、単純な「何ヶ月分」では不十分である。

Appendix B インタラクティブデータマップ

本レポートの分析結果を、領域別・工程別にインタラクティブに探索できるデータマップとして公開している。

<https://fumi002.github.io/supply-chain-dependency/>

Appendix C データシート

本レポートの分析に使用した全データセットを以下で公開している。

- ・ 5 領域 26 財 輸入サマリー（国別内訳・信頼度・出所）

https://fumi002.github.io/supply-chain-dependency/appendix_c1_import_summary.xlsx

- ・ 全 116 工程 HHI 一覧（寡占度・プレイヤー・アキレス腱分類）

https://fumi002.github.io/supply-chain-dependency/appendix_c2_hhi_116processes.xlsx