Deloitte.
デロイト トーマツ

経済産業省　資源エネルギー庁
資源・燃料部　鉱物資源課　御中

令和２年度鉱物資源開発の推進のための探査等事業
鉱物資源基盤整備調査事業（鉱物資源確保戦略策定に係る基礎調査）

最終報告書

デロイト トーマツ コンサルティング合同会社
2021年3月31日

Make your impact
国境を超え、信をつなぐ。

目次

はじめに	
1　調査対象鉱種の選定	6
1.1　日本における重要鉱種の特定	6
2　鉱種毎の特性に関する調査・分析	12
2.1　鉱種毎の需要と供給の市場動向	12
2.2　欧米日における鉱物資源政策	16
2.3　クリティカリティ評価の再構築と類型化	22
3　鉱種毎の政策パッケージの提言	25
Appendix	28
1　半導体の基礎資料	28
2　需要急増鉱種のリサイクルの現状について	30
3　対象13鉱種の需要予測	33

- 本報告書に記載されている情報は、公開情報に加え、本調査の分析に利用する承諾を得た上で、ヒアリング等で第三者から提供を頂いたデータも含まれています。これら情報自体の妥当性・正確性については、弊社では責任を負いません。
- 本報告書における分析手法は、多様なものがありうる中でのひとつを採用したに過ぎず、その正確性や実現可能性に関して、弊社がいかなる保証を与えるものではありません。
- 本報告書は、調査委託契約に従って貴省の政策決定の参考資料として作成されたものです。内容の採否や使用方法については、貴省自らの責任で判断を行うものとします。

はじめに

本事業では我が国産業における重要鉱種について 鉱種特性に応じたリスクを定量的に評価・類型化し 鉱物資源の安定供給の確保に向けた鉱種ごとの対策を調査した

本事業の背景

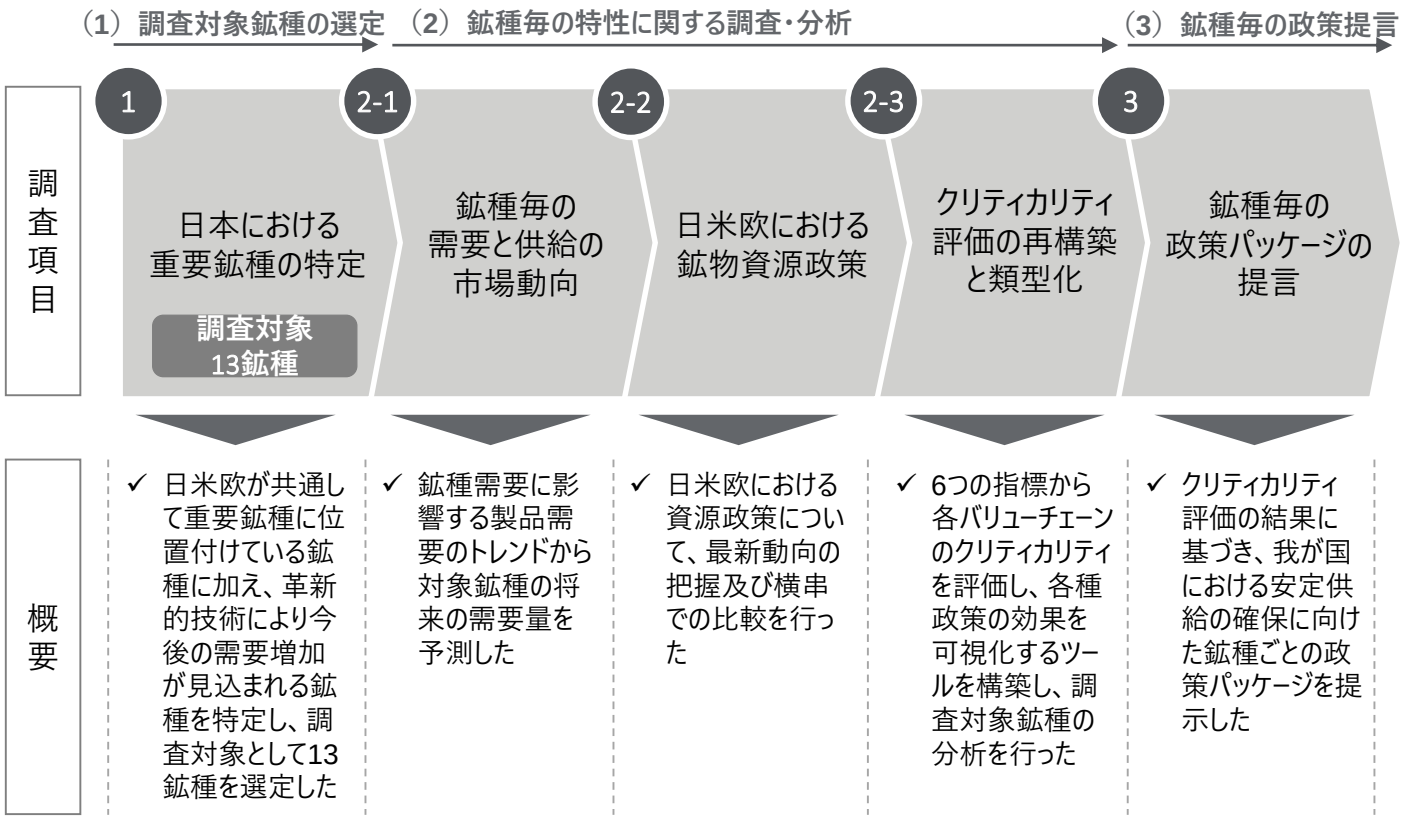
- 脱石油・省エネルギー社会の指向や地球温暖化等の環境対策等を背景に、次世代自動車等の本格普及に向けた取組が各国で進められつつあり、次世代自動車等に用いられるリチウムイオン電池や電動モーターに用いられるネオジム磁石の製造には、リチウム、コバルト、ニッケル、グラファイト、レアアース等の鉱物資源が必要不可欠である。併せて、今後のIoTや5G等の次世代通信インフラの普及に伴い、タンタル、インジウム、フッ素（蛍石）等の高機能製品に必要不可欠な鉱物資源も需要増加が見込まれており、加えて、レアアース、タングステン、アンチモン等の鉱物資源は、世界生産量の大宗を特定の国に依存している。
- これらのレアメタルは、産業競争力の維持だけでなく、安全保障上もその調達リスクを軽減することが必要とされる一方で、我が国はその大宗を輸入に依存しており、今後の需要増加に伴い供給リスクの顕在化が予想されることから、当該資源の安定供給を確保していくことが我が国にとって非常に重要な課題である。
- 鉱物資源の安定供給確保に向けては、新国際資源戦略（令和2年3月）において、レアメタルについては今後の次世代自動車や通信インフラ等の普及に伴って需要が拡大する上、安全保障上も重要であることから、その安定供給の確保を進めることが必要と指摘された。特に、こうしたレアメタルは鉱種が多岐に渡り、個々の鉱種毎に需給構造、市場動向等が異なり、それに応じた具体的な方策も異なり得ることから、個別鉱種についてリスクの洗い出しと類型化を行うこと、及び個別鉱種の特性を踏まえた適切な政策対応の検討が必要であるとされた。

本事業の目的

- 本事業においては、我が国の主要産業にとって重要度が高く、今後の我が国における大幅な需要増加が見込まれ、かつ安全保障上も重要であると考えられる鉱物資源について、世界及び日本の需要側と供給側の動向、我が国への供給構造（サプライチェーン）等といった現状について把握した上で、重要な資源国のカントリーリスク、市場規模や健全性、鉱業に関するガバナンス、各資源プロジェクトのポテンシャル等の供給リスクに対する分析を行う。併せて、米国、中国、欧州等の世界の需要国側の政策等の最新動向を念頭におき、我が国の安定供給における鉱種毎のリスクの洗い出しを行う。
- 分析結果を基に抽出された課題に対応する、鉱種毎の特性に合わせた安定供給確保政策を具体的に洗い出し、鉱種特性に合わせた課題と政策を定量的に類型化する。さらに、鉱種毎に政策対応を類型化する考え方を活用し、我が国の次期資源確保戦略の策定に資することで、今後の脱石油・省エネルギー社会に向けて、我が国の産業競争力の維持、及び安全保障上においても必要不可欠な鉱物資源の安定供給確保を図ることを目的とする。

以下の調査フローに基づき
鉱種毎のリスクを定量評価・類型化し 我が国がとるべき対策について調査した

調査のフロー



1. 調査対象鉱種の選定

1.1 日本における重要鉱種の特定

日米欧が共通で重要鉱種に位置付けているものに加え 今後の需要増加が見込まれる鉱種を 本事業における調査対象鉱種として選定した

日米欧が資源確保戦略において、共通して位置付けている重要鉱物に加え、5G、EV、再生可能エネルギーの革新的技術によって、将来的な需要の増加が見込まれる鉱種を特定し、本事業における調査対象として13鉱種を選定した。

❶ 我が国における重要鉱種の特定（調査対象鉱種）

A 日米欧における重要鉱種指定（共通鉱種）

＋

B 今後の需要増加が見込まれる鉱種

▶

C 調査対象鉱種（13鉱種）

✓ 日米欧がそれぞれ資源確保戦略において掲げる重要鉱物のうち、日米欧が共通して位置付けている鉱種

C(グラファイト,天然黒鉛), Mg, V, Co, F(蛍石), Ga, (Ge), (Nb), PGM(Pd), In, Sb, Ta, W, REE,P

※Ge, Nbに関しては、需要量に関するデータが整備されておらず、対象外とする。
Pに関しては、日本では重要鉱種指定していないが全量を輸入しているため対象とする。

✓ 5G、EV、再エネ可能エネルギーの革新的技術によって、将来的な需要の増加が見込まれる鉱種

C(グラファイト), Co, Ga, REE(Nd)

✓ A及びBを踏まえ、本事業における調査対象として13鉱種を選定した

調査対象：13鉱種

C(グラファイト,天然黒鉛), F, P, Mg, V, Co, Ga, PGM(Pd), In, Sb, Ta, W, REE(Nd)

日米欧における資源確保戦略において 14鉱種が共通して重要鉱物として位置付けられている

日米欧で共通する重要鉱物のうち、Ge, Nbに関しては、国内需要量に関するデータが整備されていないことから対象外とした。
一方、Pに関しては、日本では、重要鉱種指定していないが全量を輸入しているため対象とする。

Ⓐ 日米欧における重要鉱種指定

日米欧の資源確保戦略	各国における重要鉱種
資源確保戦略（2012年6月） 30 鉱種	Al, As, Be, Bi, C, Co, Cr, Cs, Cu, F, Fe, Ga, Ge, He, Hf, In, Li, Mg, Mn, Mo, Nb, Ni, P, Pb, PGM, Rb, Re, REE, Sb, Sc, Si, Sn, Sr, Ta, Te, Ti, U, V, W, Zn, Zr, グラファイト, 炭酸カリウム, バライト, 蛍石, 天然黒鉛, 天然ゴム, 原料炭, ホウ酸塩, リン鉱石
大統領令13817（2017年） 35 鉱種	Al, As, Be, Bi, C, Co, Cr, Cs, Cu, F, Fe, Ga, Ge, He, Hf, In, Li, Mg, Mn, Mo, Nb, Ni, P, Pb, PGM, Rb, Re, REE, Sb, Sc, Si, Sn, Sr, Ta, Te, Ti, U, V, W, Zn, Zr, グラファイト, 炭酸カリウム, バライト, 蛍石, 天然黒鉛, 天然ゴム, 原料炭, ホウ酸塩, リン鉱石
Critical Raw Materials List (第三版：2017年) 27 鉱種	Al, As, Be, Bi, C, Co, Cr, Cs, Cu, F, Fe, Ga, Ge, He, Hf, In, Li, Mg, Mn, Mo, Nb, Ni, P, Pb, PGM, Rb, Re, HREE, LREE, Sb, Sc, Si, Sn, Sr, Ta, Te, Ti, U, V, W, Zn, Zr, グラファイト, 炭酸カリウム, バライト, 蛍石, 天然黒鉛, 天然ゴム, 原料炭, ホウ酸塩, リン鉱石
日米欧における共通鉱種 14 鉱種	Al, As, Be, Bi, **C**, **Co**, Cr, Cs, Cu, **F**, Fe, **Ga**, **Ge**, He, Hf, **In**, Li, **Mg**, Mn, Mo, **Nb**, Ni, P, Pb, **PGM**, Rb, Re, **REE**, **Sb**, Sc, Si, Sn, Sr, **Ta**, Te, Ti, U, **V**, **W**, Zn, Zr, グラファイト, 炭酸カリウム, バライト, **蛍石**, **天然黒鉛**, 天然ゴム, 原料炭, ホウ酸塩, リン鉱石 ※C(グラファイト,天然黒鉛)、F(蛍石)として統合して整理

（参考）元素周期表上において日米欧の重要鉱種を整理すると以下のとおり

（参考）元素周期表上での日米欧の重要鉱種の整理

レアメタル 非鉄金属のうち、流通量・使用量が少ない希少な47種類の元素の総称

レアアース レアメタルの一種で、17種類の元素（希土類）の総称

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	PGM（白金族） 44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	*	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	**	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og

	軽希土類					中重希土類									
*ランタノイド	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
**アクチノイド	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

5G通信, EV, 再エネの普及によって ガリウムをはじめとして 将来の需要の増加が見込まれる鉱種が存在

5G通信やEV、再エネの一層の普及を踏まえ、従来の鉱種需要量から大きく需要増加が見込まれる鉱種が存在する。特に半導体分野では、シリコン系から窒化ガリウム系へ技術トレンドが移り変わるなど、特定鉱種の需要が高まる見込み。

B 革新的技術により今後の需要増加が見込まれる鉱種

今後の需要増加が見込まれる鉱種　増加　減少

用途分類		対象技術	技術トレンド	ガリウム	フッ素	レアアース	コバルト	グラファイト
自動車	電動車	永久磁石	レアアース（Nd,Pr,Dy,Tb）					
		リチウムイオン電池	LiB 将来的にはコバルトフリーに転換				正極材	負極材
再エネ	風力	永久磁石	レアアース（Nd,Pr,Dy,Tb）					
電子・通信機器	通信基地局	高周波デバイス（複数周波数帯へ対応）	Si ⇨ GaN					
	半導体	次世代パワー半導体	Si ⇨ GaN					

当面はリチウムイオン電池によるコバルト需要量が増加するが、全個体電池が実用化するとコバルトフリーに転換（実用化は2030年以降を想定）

日米欧が共通で重要鉱種に位置付けているものに加え 今後の需要増加が見込まれる鉱種を 本事業における調査対象鉱種として選定した

日米欧が資源確保戦略において、共通して位置付けている重要鉱物に加え、５G、EV、再生可能エネルギーの革新的技術によって、将来的な需要の増加が見込まれる鉱種を特定し、本事業における調査対象として13鉱種を選定した。

Ⓒ 本事業における調査対象鉱種

鉱種（13鉱種）		主な用途	国内における年間需要量（JOGMEC鉱物資源マテリアルフローを参照）		需要増加見込み
P	リン	肥料（8割程度）、半導体、コンデンサ、金属表面処理 等	194,300 純分トン		
F	フッ素	冷媒、発泡剤、洗浄剤、噴射剤 等	129,700 純分トン		
C	グラファイト	電炉電極、ブレーキ材、LIB 負極材 等	60,000 純分トン		EV（LiB）
Mg	マグネシウム	合金成分添加、還元剤、鉄鋼脱硫剤、触媒、マグネシウム合金 等	35,148 純分トン		
W	タングステン	超硬工具、超硬合金 等	9,240 純分トン		
Sb	アンチモン	樹脂難燃助剤 、鉛蓄電池、特殊鋼 等	6,667 純分トン		
V	バナジウム	製鋼への添加、触媒 等	5,424 純分トン		
Co	コバルト	LIB正極材、特殊鋼（スーパーアロイ） 等	4,753 純分トン		EV（LiB）
Ta	タンタル	携帯電子機器のコンデンサー 等	868 純分トン		
In	インジウム	液晶テレビや太陽電池の透明電極製造用 ITO ターゲット材	762 純分トン		
Ga	ガリウム	半導体材料 等	150 純分トン		半導体
Pd (PGM)	パラジウム（白金族）	自動車用排ガス触媒材料 等	87 純分トン		
REE	レアアース	磁石 等	18,550 REOトン（酸化物換算）		EV,風力（モーター）

出所：JOGMECマテリアルフローを基に作成

2. 鉱種毎の特性に関する調査・分析

2.1 鉱種毎の需要と供給の市場動向

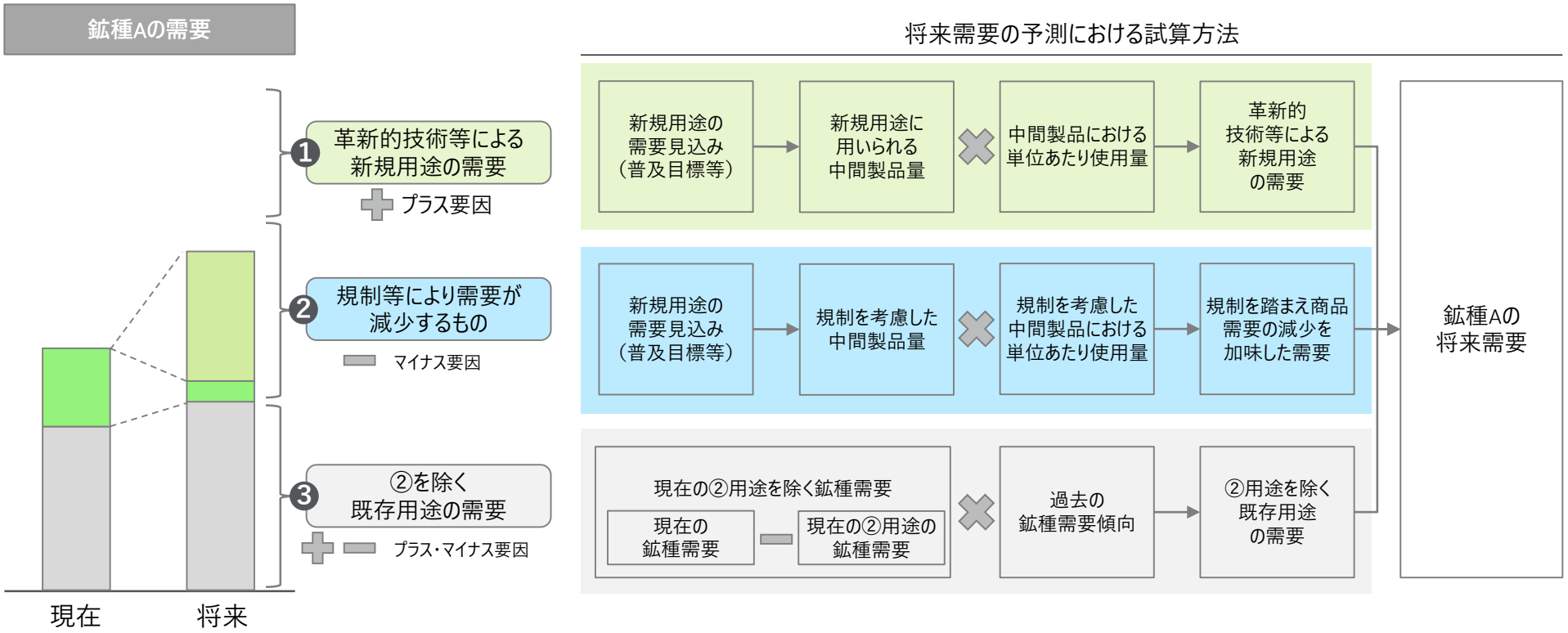
2.2 日米欧における鉱物資源政策

2.3 クリティカリティ評価の再構築と類型化

急速な電動化と再エネの普及により特定鉱種の需要が非連続的に変化する可能性がある

将来需要については、①「革新的技術等による新規用途の需要」、②「規制等により需要が減少するもの」、③「②を除く既存用途の需要」の3つに分解し、それぞれ製品需要トレンドから将来需要を予測した。

鉱種毎の将来の需要の予測



急速な電動化と再エネの普及により特定鉱種の需要が非連続的に変化する可能性がある

革新的技術により今後の需要増加・減少が見込まれる鉱種

非連続的な需要増加　非連続的な需要減少

用途分類		対象技術		非連続的な需要増加				影響なし	非連続的な減少	非連続的な増減なし						
				レアアース	コバルト	グラファイト	ガリウム	フッ素	パラジウム	リン	インジウム	マグネシウム	バナジウム	タンタル	タングステン	アンチモン
A 自動車	電動車	モーター（ネオジム磁石）	非連続増加													
		リチウムイオン電池			正極材	負極材										
	内燃機関	自動車用排ガス触媒	非連続減少													
B 再エネ	風力	永久磁石	トレンド増加													
電子・通信機器	通信基地局	高周波デバイス（複数周波数帯へ対応）	トレンド増加													
	C 半導体	次世代パワー半導体	非連続増加													
		洗浄用途	トレンド増加													
	D 空調	冷媒規制	トレンド減少													

グラファイト・コバルト・レアアース・ガリウムの4鉱種は非連続的に需要が増加すると見込まれる

鉱種毎の需要動向

トレンド増加　新用途による増加/規制等による減少

鉱種（13鉱種）		主な用途	現在の需要（2017/18年）	将来の需要 2030	将来の需要 2050	CAGR 2019~50	需要増加見込み
P	リン	肥料（8割程度）、半導体、コンデンサ、金属表面処理 等	24,100 純分千t			2.9%	
F	フッ素	冷媒、発泡剤、洗浄剤、噴射剤 等	2,920 純分千t			0.6%	
C	グラファイト	電炉電極、ブレーキ材、LIB負極材 等	1,200 純分千t			5.4%	EV（LiB）
Mg	マグネシウム	合金成分添加、還元剤、鉄鋼脱硫剤、触媒、等	970 純分千t			2.3%	
Co	コバルト	LIB正極材、特殊鋼（スーパーアロイ） 等	136 純分千t			6.9%	EV（LiB）
REE	レアアース	磁石 等	170 REO千t			3.1%	EV,風力（モーター）
Sb	アンチモン	樹脂難燃助剤、鉛蓄電池、特殊鋼 等	127 純分千t			3.0%	
W	タングステン	超硬工具、超硬合金 等	96 純分千t			0.4%	
V	バナジウム	製鋼への添加、触媒 等	73 純分千t			2.3%	
Ta	タンタル	携帯電子機器のコンデンサー 等	1,800 純千t			1.4%	
In	インジウム	液晶テレビやITO ターゲット材	720 純分t			2.6%	
Ga	ガリウム	半導体材料 等	320 純分t			3.7%	半導体
Pd	パラジウム（白金族）	自動車用排ガス触媒 等	318 純分t			-2.0%	

出所：JOGMECマテリアルフローの各鉱種の生産量を基に作成

2. 鉱種毎の特性に関する調査・分析

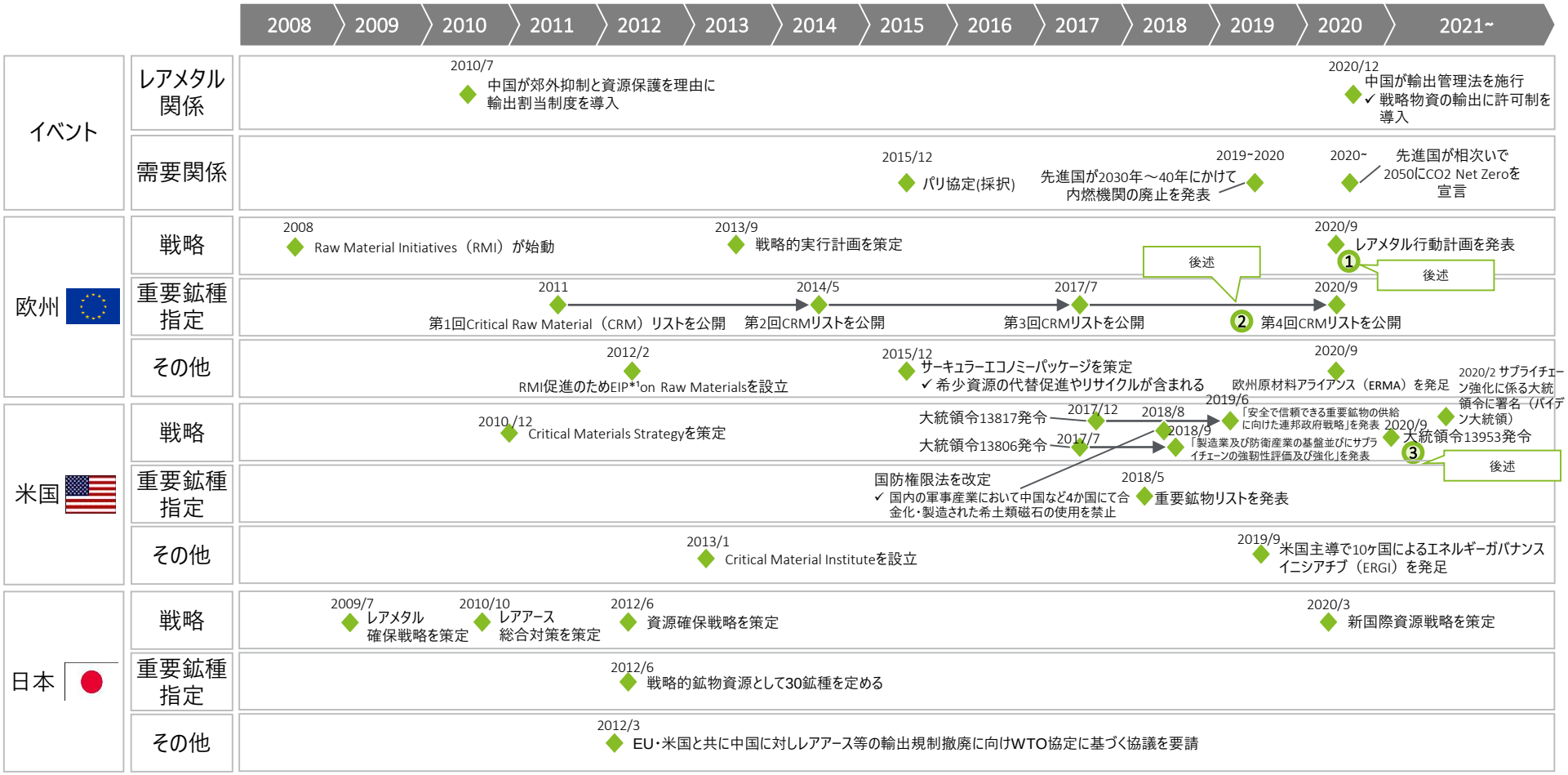
2.1 鉱種毎の需要と供給の市場動向

2.2 欧米日における鉱物資源政策

2.3 クリティカリティ評価の再構築と類型化

欧米日の鉱物に係る政策動向の変遷は以下のとおり

欧米日の政策動向



*1： The European innovationの略式、バリューチェーンの上流から下流のステークホルダーのプラットフォームで資源確保戦略の実行を担っている。

EUは 需要の増加が見込まれるリチウムなどのレアメタルやレアアースを中心とした重要鉱物資源供給先の多角化やEU域外依存度の低減に向けた行動計画を発表した

欧州連合（EU）のレアメタル行動計画について

レポートタイトル	「COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS」 Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards greater Security and Sustainability
発表年月	2020年9月3日
発行元	欧州連合（EU）欧州委員会
行動計画概要	• アライアンスを通じたEU域内での生産・製錬を主とするバリューチェーンの強化 • 重要鉱物資源のリサイクル、代替材の開発促進 • 重要鉱物資源のEU域内での供給力強化 • EU域外の重要鉱物資源供給先の多角化
今後の需要見通し	• 電気自動車のバッテリーやエネルギー貯蔵の拡大により、2050年に向けてコバルトやリチウム・等の需要が大幅に増加するとみられる • また、電気自動車の駆動用モーター、風力発電機などに用いられる永久磁石に不可欠な希土類（レアアース）の需要も2050年に向けて大幅に増加するとみられる

出所： European Commission “COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS”, “Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU”

EUは日米の重要鉱種となっているストロンチウム・チタン・リチウムとアルミニウムの原料であるボーキサイトを新たに重要鉱物に追加した

次世代車の増加に伴うバッテリー・燃料電池需要の拡大が、ストロンチウム・チタン・リチウムを新たに重要鉱種として指定した背景と考えられる。

EUの最新重要鉱種

重要鉱種
新たに重要鉱種リストに追加された鉱種
重要鉱種リストから対象外となった鉱種

欧米日の資源確保戦略 | 各国における重要鉱種

Critical Raw Materials List (第三版：2017年) — 27 鉱種

Al	As	Be	Bi	C	Co	Cr	Cs	Cu	F	Fe	Ga	Ge	He	Hf	In	Li	Mg	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	PGM	Rb
Re	HREE	LREE	Sb	Sc	Si	Sn	Sr	Ta	Te	Ti	U	V	W	Zn	Zr	グラファイト	炭酸カリウム	バライト	蛍石	天然黒鉛	天然ゴム	原料炭	ホウ酸塩	リン鉱石	ボーキサイト

Critical Raw Materials List (第四版：2020年) — 30鉱種

バッテリー・燃料電池

経済的重要性が低下したためリスト対象外となる

Al	As	Be	Bi	C	Co	Cr	Cs	Cu	F	Fe	Ga	Ge	He	Hf	In	Li	Mg	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	PGM	Rb
Re	HREE	LREE	Sb	Sc	Si	Sn	Sr	Ta	Te	Ti	U	V	W	Zn	Zr	グラファイト	炭酸カリウム	バライト	蛍石	天然黒鉛	天然ゴム	原料炭	ホウ酸塩	リン鉱石	ボーキサイト

大統領令13817 (2017年) — 35 鉱種

Al	As	Be	Bi	C	Co	Cr	Cs	Cu	F	Fe	Ga	Ge	He	Hf	In	Li	Mg	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	PGM	Rb
Re	REE		Sb	Sc	Si	Sn	Sr	Ta	Te	Ti	U	V	W	Zn	Zr	グラファイト	炭酸カリウム	バライト	蛍石	天然黒鉛	天然ゴム	原料炭	ホウ酸塩	リン鉱石	ボーキサイト

資源確保戦略 (2012年6月) — 30 鉱種

Al	As	Be	Bi	C	Co	Cr	Cs	Cu	F	Fe	Ga	Ge	He	Hf	In	Li	Mg	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	PGM	Rb
Re	REE		Sb	Sc	Si	Sn	Sr	Ta	Te	Ti	U	V	W	Zn	Zr	グラファイト	炭酸カリウム	バライト	蛍石	天然黒鉛	天然ゴム	原料炭	ホウ酸塩	リン鉱石	ボーキサイト

米国の鉱物資源確保に係る最新の大統領令は2020年9月 トランプ政権時代に発令され同年12月に大統領令に対して内務庁から調査報告書が発表されている

大統領令及び要請に対する報告書及びその概要

大統領令	発令年月	主な要請内容	報告書	発表年月	概要
大統領令 13806	2017年7月	✓ 国防長官による国家安全保障や軍事産業における製造能力、防衛産業基盤、サプライチェーンのレジリエンスに関する評価報告書の提出	国防総省が「米国の製造業及び防衛産業の基盤並びにサプライチェーンの強靭性評価及び強化」を発表	2018年8月	✓ 以下の提言等 • 国家安全保障の取組を支援する産業政策の策定 • 産業基盤の下流への直接投資の拡大 • 米国との関係を遮断する恐れのある政治的不安定国に依存している供給源の分散化 • 産業基盤の課題解決に向けた同盟国との協働 • 自律的な産業基盤の更新 • 労働力開発の取組加速化 • 次世代技術探索の取組強化
大統領令 13817	2017年12月	✓ 内務長官による重要鉱種の指定 ✓ 商務長官による下記に関する報告書の提出 • 戦略重要鉱物のリサイクル技術の開発等の進捗評価 • 同盟国及びパートナーとの投資や貿易を通じた重要鉱物にアクセス • 民間による重要鉱物の資源探査を支援するための地質等に関する電子データへの整備 • 鉱山開発、重要鉱物資源へのアクセスの促進、国内精製の拡大に寄与する許認可及び評価プロセスの合理化等に関する提言	内務庁が重要鉱物リストを発表	2018年5月	✓ 計35種の鉱種を指定 ※詳細は前ページを参照
			商務庁が「安全で信頼できる重要鉱物の供給に向けた連邦政府戦略」を発表	2019年6月	✓ 以下の対策の実施等 • 米国の重要鉱物サプライチェーン及び防衛産業基盤の強化 • 重要鉱物に関する国際的な貿易及び協力の強化 • 国内の重要鉱物資源に対する理解の向上 • 連邦所有地における重要鉱物資源開発の許認可取短縮 • 米国の重要鉱物に関わる人材の育成
大統領令 13953	2020年9月	✓ 内務長官による重要鉱物の外国への依存度の調査 ✓ 調査結果から推奨される行動の提案（敵対国に対する関税、輸入数量割り当てやその他の輸入制限措置を含む行政措置等）に関する報告書の提出	内務庁が「重要鉱物毎の外国依存度調査-米国大統領命令に応じた地質調査文書」を発表	2020年12月	✓ 鉱種毎の外国への輸入依存度及び以下の対策の提言等 • 国内の一次および二次（リサイクル）生産の増加 • 代替品の開発及び省資源化の促進 • 信頼できる第三国のサプライヤー開拓等による供給先の多様化 • 3Dプリントやニアネットシェイプ鍛造プロセスなどの高度な製造技術を採用することで、発生する廃棄物量の削減

出所：FEDERAL REGISTER, The daily Journal of the United States Government “Executive order 13086, 13817,13953”, U.S. Department of Commerce “A Federal Strategy to Ensure Secure and Reliable Supplies of Critical Minerals”, U.S. Department of Defense “Assessing and Strengthening the Manufacturing and Defense Industrial Base and Supply Chain Resiliency of the United States” , U.S. Department of the Interior “ Investigation of U.S. Foreign Reliance on Critical Minerals—U.S. Geological Survey Technical Input Document in Response to Executive Order No. 13953 Signed September 30, 2020” , JOGMEC “米国における重要鉱物対策“ から作成

欧州はリサイクルの義務化などに特色があり
我が国においてもリサイクルの促進や義務化は検討の余地がある

欧米日の政策比較

政策実施/実施予定

地域	特色	省資源化・代替材		リサイクル			国内調達	国外調達	
		省資源・代替材開発	廃棄物の少ない製造プロセス	リサイクル促進	回収義務	再利用品の利用義務	国内供給増加	供給源多角化	同盟国からの調達義務化
EU	✓官民で欧州原材料アライアンス（ERMA）を発足させ、EU域内でのレアアースの開発 ✓コバルト、リチウム、ニッケル等を含む蓄電池材料に関して次の点などを義務化（欧州電池指令2006/66/EC の改正案） 1.再利用原材料の使用量の開示（2027年から）。 2.各々の再利用原材料の最低使用割合の導入（2030年から） 3.循環型経済の推進策に向けた、蓄電池の回収義務などの製造者責任を追加				※2027年開始予定	※2030年開始予定			
米国	✓ 2018年に国防権限法を改定し、4か国（中国・イラン・ロシア・北朝鮮）において合金化・製造された希土類磁石等を、米国内の軍事産業に使用することを禁止 ✓ 2020年2月、バイデン大統領は日本やアジア各国等と連携し半導体や電池など重要部材のサプライチェーン構築を命ずる大統領令に署名		※大統領令13593に対する内務庁のレポートで提言						
日本	✓ EV や再エネ機器等の普及、脱炭素化の中で需要が増えるレアメタルやレアアースについて、以下の観点による安定供給の強化 1. 供給源多角化の促進 2. 備蓄制度の見直し等によるセキュリティ強化 3. サプライチェーン強化に向けた国際協力の推進						我が国では国内の開発ポテンシャルはほぼ無し		民生品は調達先国の指定は困難ではないか

欧州電池指令2006/66/EC の改正案（2020/12/10公表）
✓ サーキュラーエコノミーの中で回収義務やリサイクル原料の利用義務を課すのは特徴的

国防関係では資源の調達先国を指定

廃棄物の少ない製造プロセスの開発やリサイクル義務、再利用品の利用義務などの欧米の政策は我が国でも有効であると考えられる

2. 鉱種毎の特性に関する調査・分析

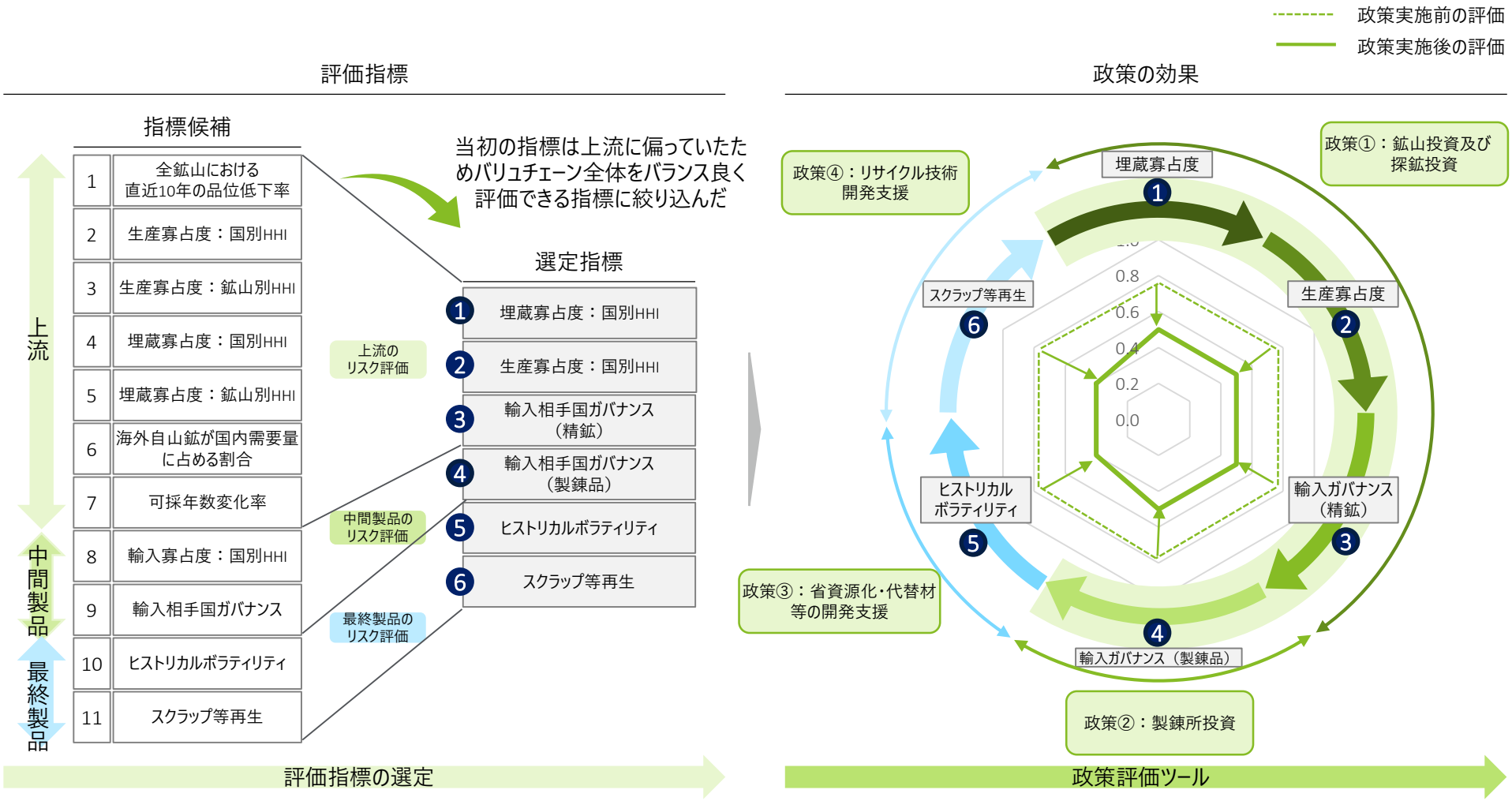
2.1 鉱種毎の需要と供給の市場動向

2.2 日米欧における鉱物資源政策

2.3 クリティカリティ評価の再構築と類型化

6つの指標から各バリューチェーンのクリティカリティを評価し各種政策の効果を可視化するツールを作成した

レーダーチャートを用いた政策評価



クリティカリティ指標に対する政策の関係性は以下のとおり

クリティカリティ指標と対策の関係性

	指標	政策	政策の選定理由
1	埋蔵寡占度：国別HHI	鉱山投資及び探鉱投資	✓ 埋蔵・生産寡占度が高い場合、鉱石等の原料生産を特定の国に依存していることを意味しており、リスクを低減する政策としては、鉱山出資や探鉱により生産国を多角化することが求められるため
2	生産寡占度：国別HHI		
3	輸入ガバナンス（精鉱）		✓ 輸入ガバナンス（精鉱）が高い場合、精鉱の輸入をガバナンスリスクの高い国に依存していることを意味しており、鉱山出資や探鉱により供給国を多角化し、低リスク国の供給割合を増やすことが求められるため
4	輸入ガバナンス（製錬）	製錬所投資	✓ 輸入ガバナンス（製錬品）が高い場合、製錬品の輸入をガバナンスリスクの高い国に依存していることを意味しており、製錬所出資により製錬品の供給国を多角化し、低リスク国の供給割合を増やすことが求められるため
5	ヒストリカルボラティリティ	省資源化・代替材等の開発支援	✓ ヒストリカルボラティリティが高い場合、当該鉱種を原料として調達する場合の価格変動が大きいことを意味している。省資源化による需要抑制や、代替材の開発は、価格高騰や変動に対するけん制に繋がることから、需要国側が主体的に取れる価格変動対策として有効であることに加えて、最終製品コストに対する原料価格変動の影響を受けにくくする対策としても有効であるため
6	スクラップ等再生	リサイクル技術の開発支援	✓ スクラップ等再生が高い場合、該当鉱種の回収・リサイクルを推進する余地があることを意味している。リサイクルは資源枯渇リスクの低減や需給バランスの緩和に資することから、リサイクル技術の開発支援が求められるため

3. 鉱種毎の政策提言

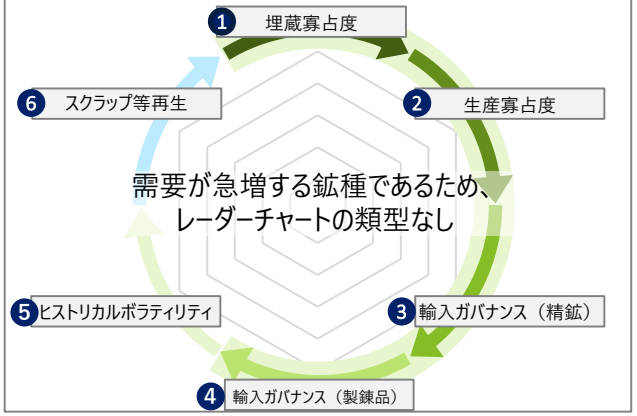
3.1 鉱種毎の政策パッケージの提言

各鉱種のリスクと我が国がとるべき対策に基づき 6パターンに分類した

各鉱種のリスクと対策による分類分け（1/2）

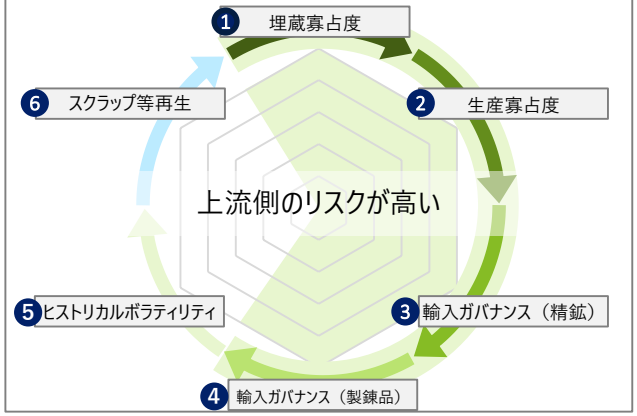
需要急増型

（需要が急増するため全方位での対策が必要）



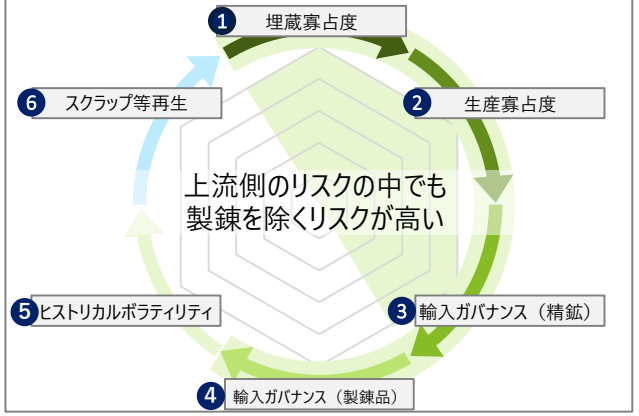
鉱山＋製錬寡占型

（埋蔵・生産及び製錬の寡占度を下げるための対策が必要）



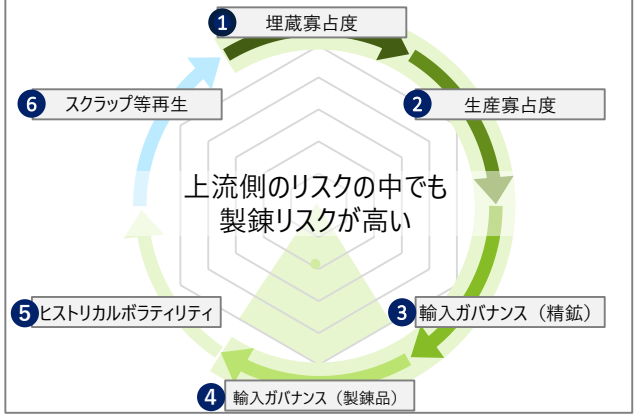
鉱山寡占型

（埋蔵・生産の寡占度を下げるための対策が必要）



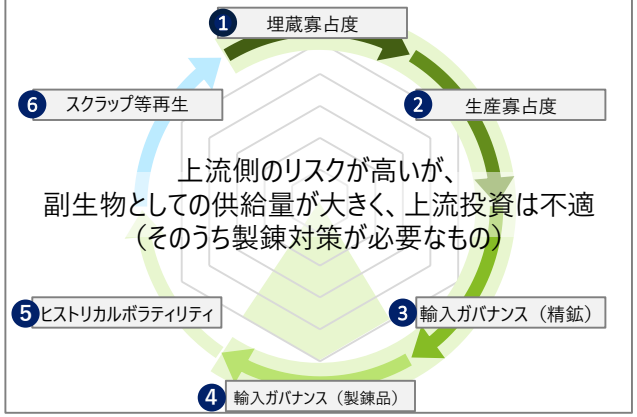
製錬寡占型

（製錬の寡占度を下げるための対策が必要）



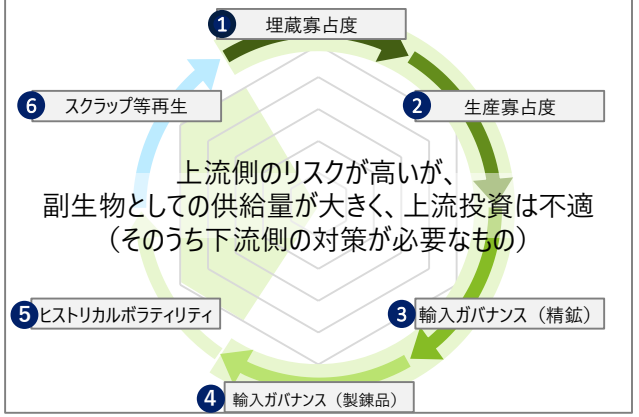
バイプロ型（製錬）

（上流投資が難しいため製錬の対策に注力）



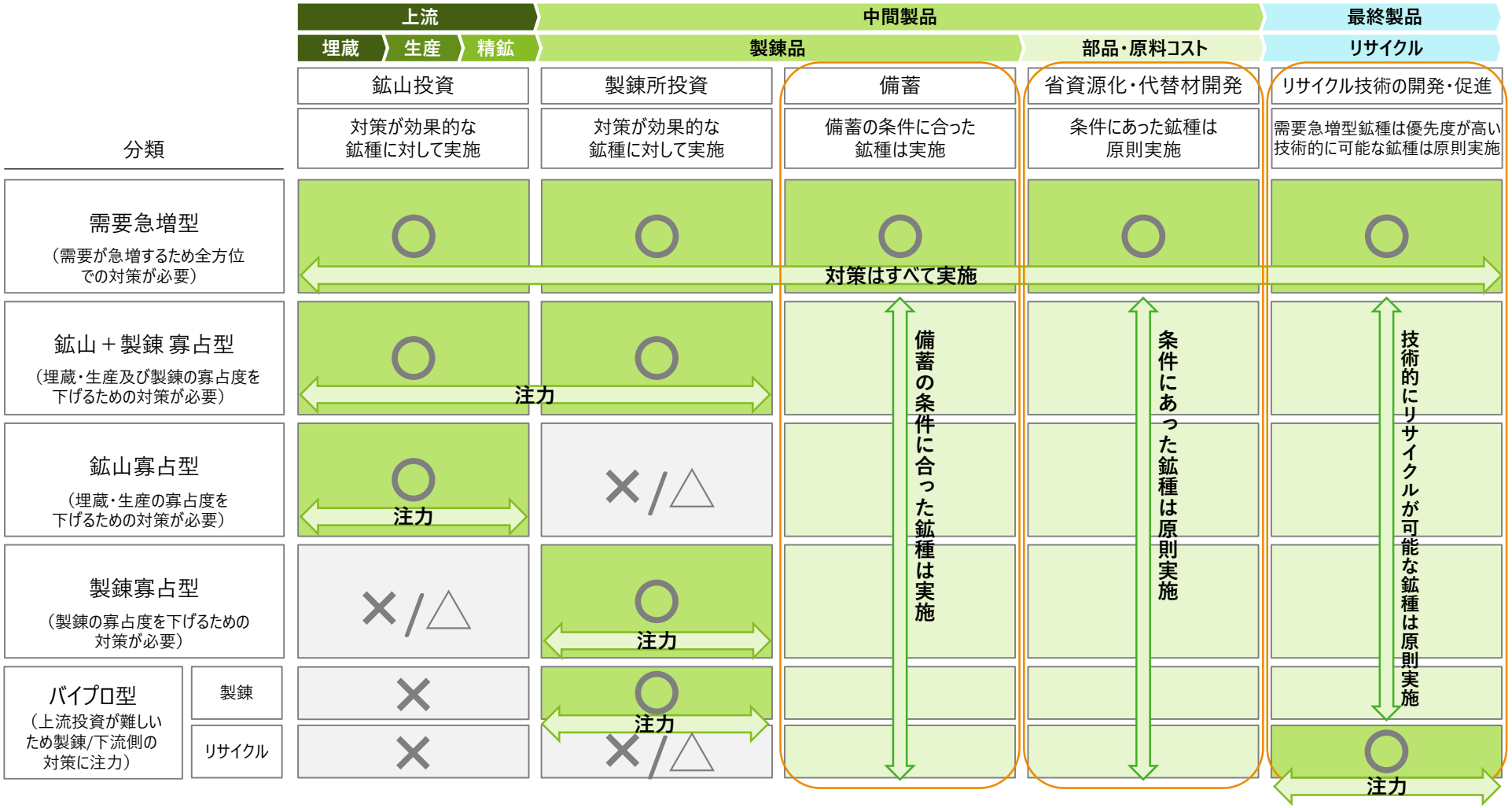
バイプロ型（リサイクル）

（上流投資が難しいため下流側の対策に注力）



各鉱種のリスクに基づく分類ごとに上流から下流に至る対策を的確に使い分けるべきである

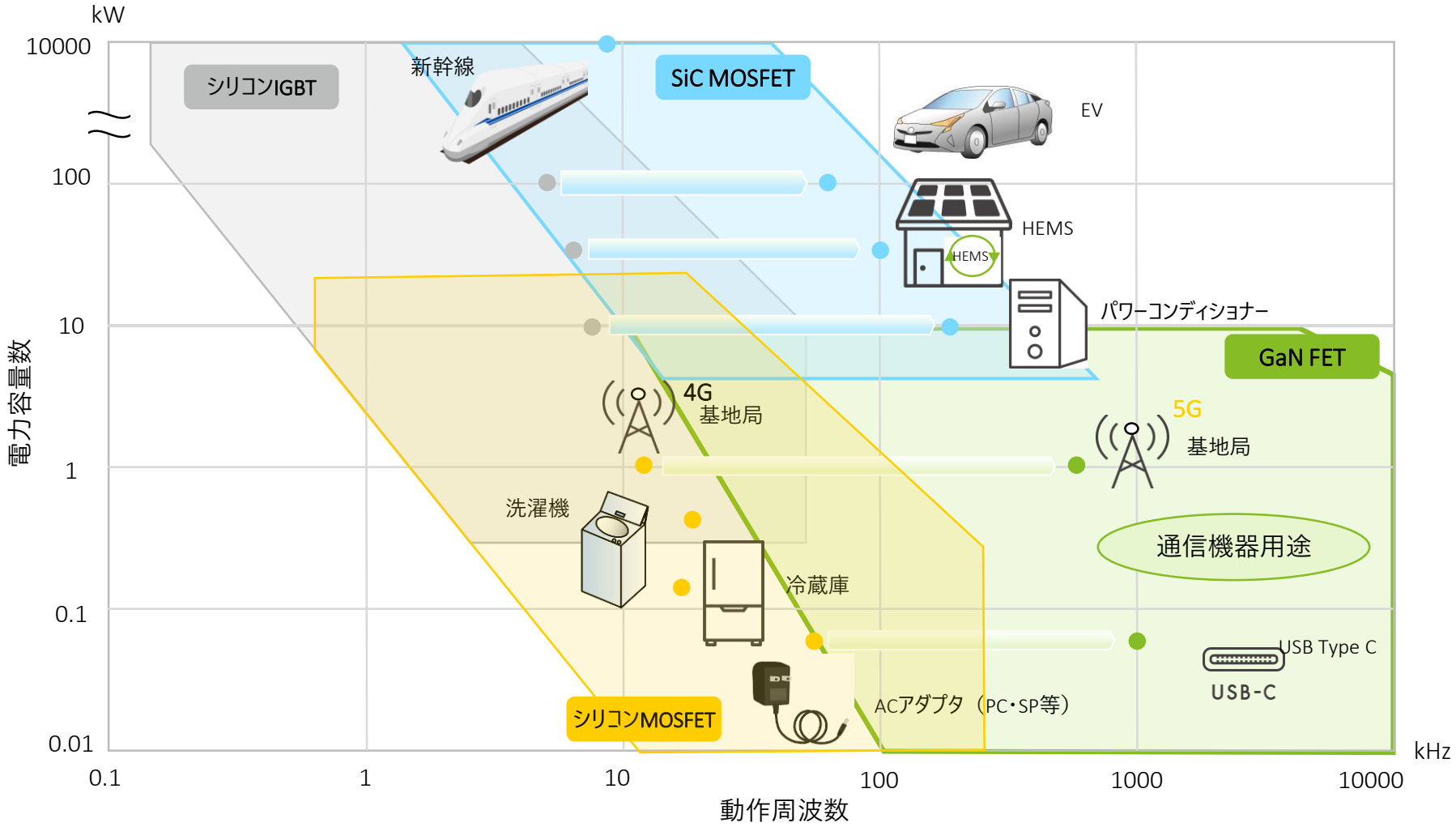
各鉱種のリスクと対策による分類分け（2/2）



Appendix 1 半導体の基礎資料

パワー半導体においては電力容量数が大きいものにはSiCが使用され動作周波数が高いものにはGaNが使用される傾向にある

電力容量数・動作周波数によるパワー半導体の区分



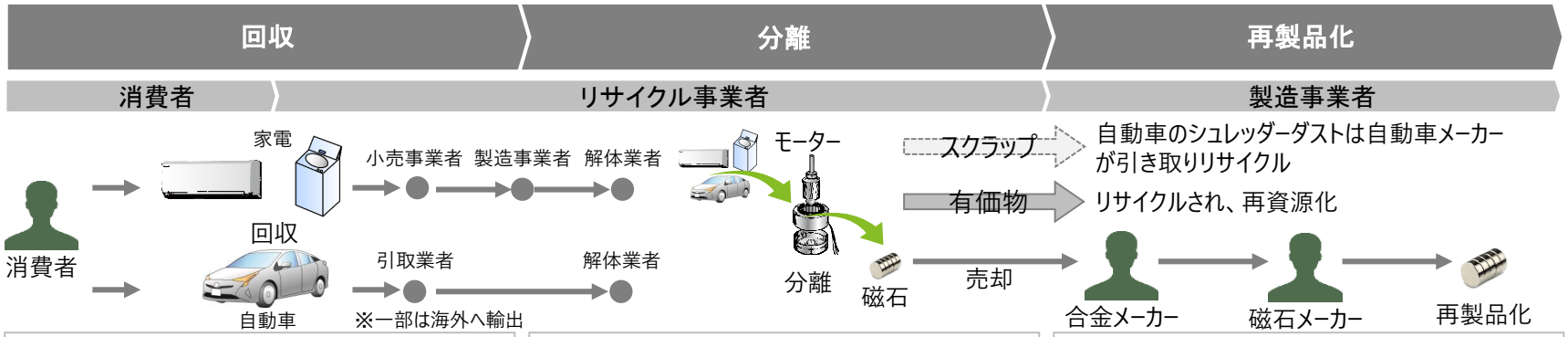
出所：NEDO nano tech 2017エレクトロニクス分野事業紹介資料やその他各種資料を基に作成

Appendix 2 需要急増鉱種のリサイクルの現状について

家電や自動車は回収義務があるものの 分離作業には手間とコストがかかる

ネオジム磁石のリサイクルにおける課題

ネオジム磁石のリサイクルフロー



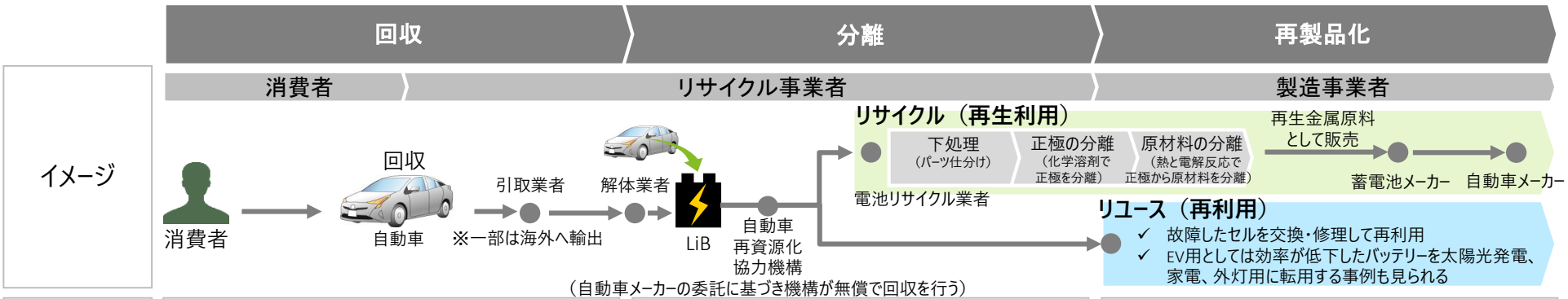
取組概要			
	家電（家電リサイクル法） ✓ エアコン、テレビ、冷蔵庫・冷凍庫、洗濯機の４品目の回収・リサイクルが義務化 自動車（自動車リサイクル法） ✓ 使用済自動車からフロン類、エアバッグ、シュレッダーダストの回収・リサイクルが義務化	✓ 回収した使用済み製品を解体 ✓ 脱磁装置にて、磁力を取り除いた上で、使用済みの磁石を分離 使用済みの家電・自動車からのレアアース回収に係る技術開発をこれまでNEDO事業等で実施	✓ 分離された使用済みの磁石は、リサイクル事業者から合金／磁石メーカーに売却 ✓ その後、分離精製、合金化を経て、磁石に再製品化

出所：各種公開資料を基に作成

使用済みLiBのリサイクルは経済合理性が低いことが課題

車載用リチウムイオン電池のリサイクルにおける課題

車載用リチウムイオン電池のリサイクルフロー



取組概要	自動車リサイクル法 ✓ 解体事業者は、使用済み自動車からLiBを回収し、再資源化を行う事業者への引き渡しが義務付けられる（自動車リサイクル法施行規則）	✓ 解体事業者が車体から分離されたLiBは、電池リサイクル業者によって、正極材、原材料へと分離される ✓ なお、自動車メーカーは解体事業者向けに、車種別のLiBの取り外しマニュアル公表している	✓ 再生金属原料としてリサイクルされるものに加え、EV用としては効率が低下したリユースバッテリーを需給バランスの調整やバックアップ電源等に活用する取組も始まる

出所：各種公開資料を基に作成

Appendix 3 対象13鉱種の需要予測

Appendix 3

急速な電動化と再エネの普及により特定鉱種の需要が非連続的に変化する可能性がある

革新的技術により今後の需要増加・減少が見込まれる鉱種

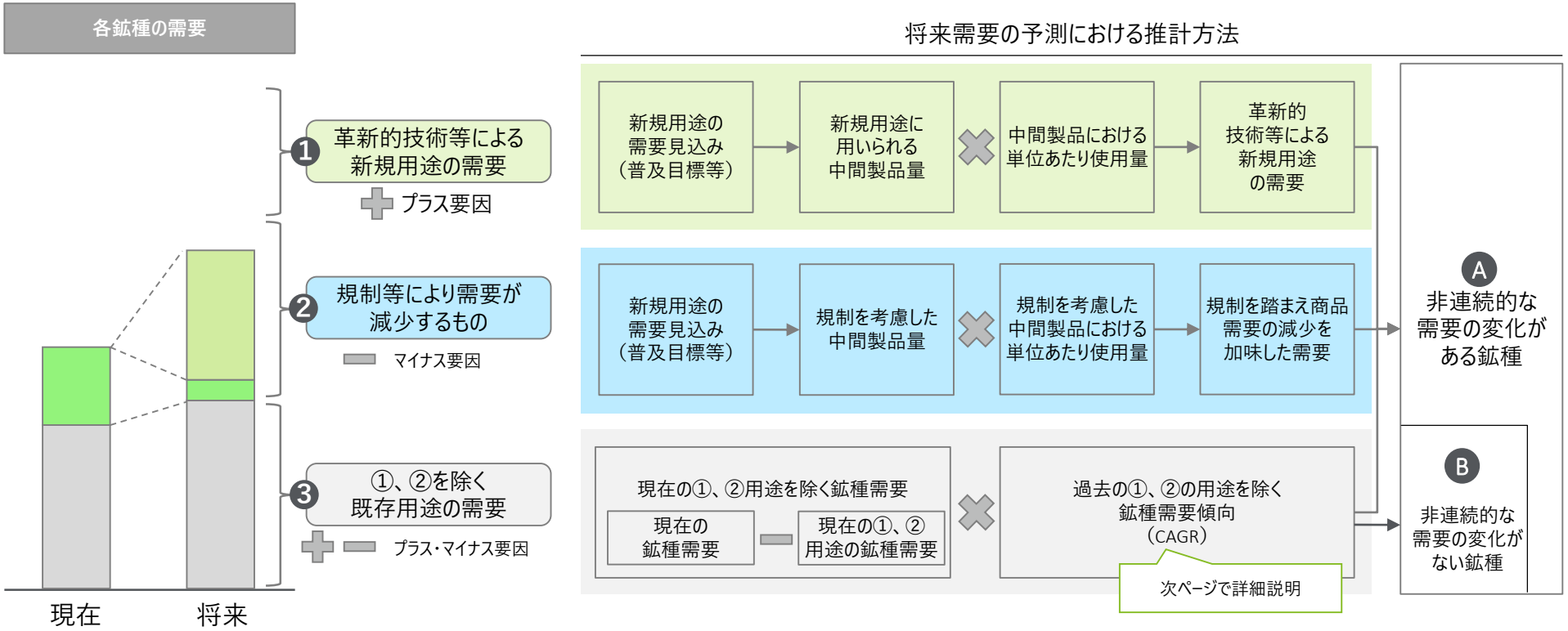
非連続的な需要増加　非連続的な需要減少

用途分類		対象技術		非連続的な需要増加				影響なし	非連続的な減少	非連続的な増減なし						
				レアアース	コバルト	グラファイト	ガリウム	フッ素	パラジウム	リン	インジウム	マグネシウム	バナジウム	タンタル	タングステン	アンチモン
A 自動車	電動車	モーター（ネオジム磁石）	非連続増加													
		リチウムイオン電池			正極材	負極材										
	内燃機関	自動車用排ガス触媒	非連続減少													
B 再エネ	風力	永久磁石	トレンド増加													
電子・通信機器	通信基地局	高周波デバイス（複数周波数帯へ対応）	トレンド増加													
	C 半導体	次世代パワー半導体	非連続増加													
		洗浄用途	トレンド増加													
	D 空調	冷媒規制	トレンド減少													

鉱種需要に影響する製品の需要トレンドから対象鉱種の将来需要を予測した

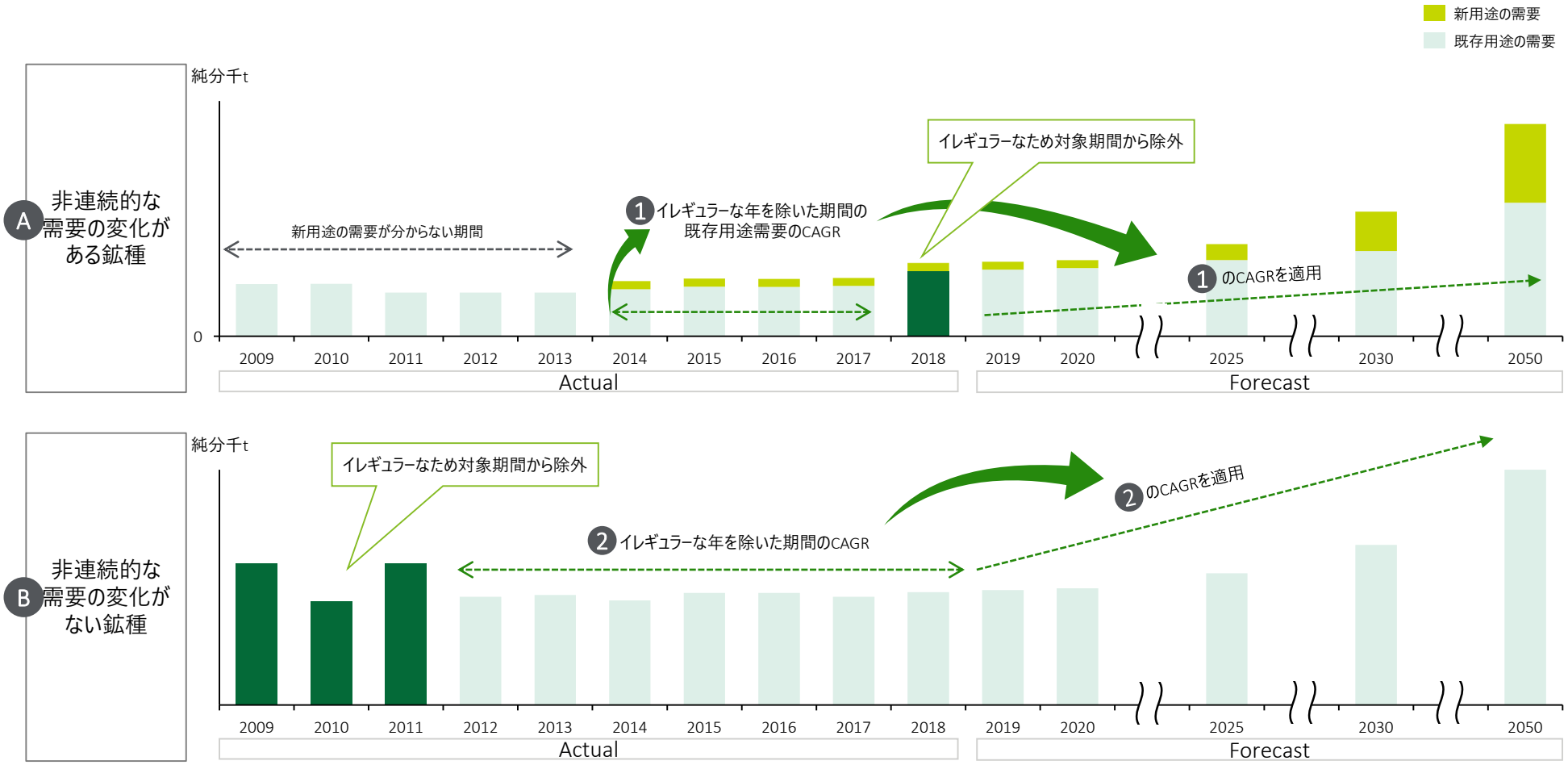
非連続的な需要の変化がある鉱種については、①「革新的技術等による新規用途の需要」、②「規制等により需要が減少するもの」、③「②を除く既存用途の需要」の3つに分解し、それぞれ製品需要トレンドから将来需要を予測した。

鉱種毎の将来需要の予測における推計方法



非連続的な需要の変化がある鉱種については 過去の新規用途の需要が判明している期間の中からイレギュラーな年を除いた期間のCAGRを採用している

CAGRの取り方



Make your impact

国境を超え、信をつなぐ。

本件に関するお問い合わせ先

Deloitte.

デロイト トーマツ コンサルティング合同会社
エネルギーユニット

海外事業戦略・公共政策チーム　リード
シニアマネジャー
榎本 哲也

Email：teenomoto@tohmatsu.co.jp

〒100-6390 東京都千代田区丸の内 3-2-3 丸の内二重橋ビルディング
www.deloitte.com/jp/dtc

Deloitte.
デロイト トーマツ

デロイト トーマツ グループは、日本におけるデロイト アジア パシフィック リミテッドおよびデロイトネットワークのメンバーであるデロイト トーマツ合同会社ならびにそのグループ法人（有限責任監査法人トーマツ、デロイト トーマツ コンサルティング合同会社、デロイト トーマツ ファイナンシャルアドバイザリー合同会社、デロイト トーマツ税理士法人、DT弁護士法人およびデロイト トーマツ コーポレート ソリューション合同会社を含む）の総称です。デロイト トーマツ グループは、日本で最大級のビジネスプロフェッショナルグループのひとつであり、各法人がそれぞれの適用法令に従い、監査・保証業務、リスクアドバイザリー、コンサルティング、ファイナンシャルアドバイザリー、税務、法務等を提供しています。また、国内約30都市以上に1万名を超える専門家を擁し、多国籍企業や主要な日本企業をクライアントとしています。詳細はデロイト トーマツ グループWebサイト（www.deloitte.com/jp）をご覧ください。

Deloitte（デロイト）とは、デロイト トウシュ トーマツ リミテッド（“DTTL”）、そのグローバルネットワーク組織を構成するメンバーファームおよびそれらの関係法人のひとつまたは複数を指します。DTTL（または“Deloitte Global”）ならびに各メンバーファームおよびそれらの関係法人はそれぞれ法的に独立した別個の組織体です。DTTLはクライアントへのサービス提供を行いません。詳細はwww.deloitte.com/jp/aboutをご覧ください。
デロイト アジア パシフィック リミテッドはDTTLのメンバーファームであり、保証有限責任会社です。デロイト アジア パシフィック リミテッドのメンバーおよびそれらの関係法人は、それぞれ法的に独立した別個の組織体であり、アジア パシフィックにおける100を超える都市（オークランド、バンコク、北京、ハノイ、香港、ジャカルタ、クアラルンプール、マニラ、メルボルン、大阪、ソウル、上海、シンガポール、シドニー、台北、東京を含む）にてサービスを提供しています。

Deloitte（デロイト）は、監査・保証業務、コンサルティング、ファイナンシャルアドバイザリー、リスクアドバイザリー、税務およびこれらに関連するプロフェッショナルサービスの分野で世界最大級の規模を有し、150を超える国・地域にわたるメンバーファームや関係法人のグローバルネットワーク（総称して“デロイトネットワーク”）を通じFortune Global 500®の8割の企業に対してサービスを提供しています。“Making an impact that matters”を自らの使命とするデロイトの約312,000名の専門家については、（www.deloitte.com）をご覧ください。

本資料は皆様への情報提供として一般的な情報を掲載するのみであり、その性質上、特定の個人や事業体に具体的に適用される個別の事情に対応するものではありません。また、本資料の作成または発行後に、関連する制度その他の適用の前提となる状況について、変動を生じる可能性もあります。個別の事案に適用するためには、当該時点で有効とされる内容により結論等を異にする可能性があることをご留意いただき、本資料の記載のみに依拠して意思決定・行動をされることなく、適用に関する具体的事案をもとに適切な専門家にご相談ください。

IS 669126 / ISO 27001

Member of
Deloitte Touche Tohmatsu Limited

二次利用不可リスト

報告書の題名　令和２年度鉱物資源開発の推進のための探査等事業（鉱物資源基盤整備調査事業（鉱物資源確保戦略策定に係る基礎調査））

委託事業名　令和２年度鉱物資源開発の推進のための探査等事業（鉱物資源基盤整備調査事業（鉱物資源確保戦略策定に係る基礎調査））

受注事業者名　デロイトトーマツコンサルティング合同会社

頁	図表番号	タイトル
10	図表1	革新的技術により今後の需要増加が見込まれる鉱種
11	図表2	本事業における調査対象鉱種
13	図表3	鉱種毎の将来の需要の予測
14	図表4	革新的技術により今後の需要増加・減少が見込まれる鉱種
15	図表5	鉱種毎の需要動向
17	図表6	欧米日の政策動向
18	図表7	欧州連合（EU）のレアメタル行動計画について
20	図表8	大統領令及び要請に対する報告書及びその概要
21	図表9	欧米日の政策比較
23	図表10	レーダーチャートを用いた政策評価
24	図表11	クリティカリティ指標と対策の関係性
26,27	図表12,13	各鉱種のリスクと対策による分類分け
29	図表14	電力容量数・動作周波数によるパワー半導体の区分
31	図表15	ネオジム磁石のリサイクルにおける課題
32	図表16	車載用リチウムイオン電池のリサイクルにおける課題
34	図表17	革新的技術により今後の需要増加・減少が見込まれる鉱種
35	図表18	鉱種毎の将来需要の予測における推計方法