

## 希土類不足×地政学：希土類サプライチェーンのスタートアップ企業の動向

誰もが1台持っているスマートフォン、徐々に普及してきた電気自動車、風力タービン、ひいては国防軍用設備まで、これらの先進科学技術はコア材料としてリチウム、コバルト、ニッケルといった希土類に依存している。希土類元素(Rare Earth Elements, REEs)という名称に「希」という文字が含まれているのは、実際に地殻に含まれる量は少なくないが、経済的な採掘価値がある鉱床は非常に得難いものだからである。利用と需要の急拡大に伴い、供給は徐々にひっ迫し、希土類の国際的な競争は静かにブームになっている。中国は世界の85%以上の希土類原料と精錬能力を持ち、各国に新エネルギーと国防科学技術の重要原材料において「赤いサプライチェーン」に高く依存させている。地政学的なリスクが高まるにつれ、各国は資源の依存から脱却しようとして、重要原材料のサプライチェーンを分散させている。このブームは希少材料と希土類元素の供給に関わるスタートアップ企業とそのベンチャーキャピタルの動向に反映されている。

### 希土類とは？

希土類元素(REE)は化学的性質がよく似ている17の金属を含む。ランタノイド15元素であるランタン(La)、セリウム(Ce)、プラセオジム(Pr)、ネオジム(Nd)、プロメチウム(Pm)、サマリウム(Sm)、ユウロピウム(Eu)、ガドリニウム(Gd)、テルビウム(Tb)、ジスプロシウム(Dy)、ホルミウム(Ho)、エルビウム(Er)、ツリウム(Tm)、イッテルビウム(Yb)、ルテチウム(Lu)、およびその他の2元素イットリウム(Y)、スカンジウム(Sc)である。国際エネルギー機関(IEA)は次のように指摘する。希土類元素は科学技術とグリーンエネルギー製品に利用する戦略的重要性が極めて高く、太陽光発電、電気自動車モーター、風量発電ユニット、水素エネルギー技術、電力網のエネルギー貯蔵システム、原子力エネルギー、半導体部品とスマートフォンを含む。また、レーダー、ミサイル、暗視装置などの軍事科学技術にも広く使用されている。

「希」土類元素には希少という意味が隠されているものの、地殻の中には比較的豊富にあり、ただ経済的な実行可能性がある鉱床が少ないのである。

希土類の生産には採掘、分離、精錬、合金、製造の5つの主な製造過程がある。

1. **採掘**：希土類元素を取得することは、岩石の中から宝を探すようなもので、バストネサイトやモナザイトのような特定の鉱石の中から「宝探し」をしなければならない。モナザイト(Monazite)は多種の希土類元素を含む鉱物のことであり、単結晶体として岩石の中に存在し、「重希土類元素」も豊富に含まれる。モナザイトの中にはしばしばトリウムと呼ばれる放射性元素が含まれ、適切に処理しなければ土地、水源ひいては人の安全に損失をもたらす可能性がある。
2. **分離**：希土類元素を鉱石の中から1つずつ分離することは、ほぼ同じように見える岩石の鉱物を分けるようなもので、非常に難しい。この過程は「溶媒抽出」のような化学的な方法を用いなければ異なる希土類元素を分離することはできない。中国は成熟した技術と設備を有し、特に重希土類の分離において産業トップの地位にある。
3. **精錬**：分離した希土類元素はさらに純化され、混じりけのない酸化物又は金属状態に変わる。純化後の材料は高性能製品を製造する鍵となり、ネオジム、ジスプロシウム、テルビウムなどの元素のように電気自動車モーターや高性能の磁石によく使用されている。
4. **合金**：希土類金属は鉄、ホウ素、コバルトのようなその他の金属と結合し、「合金」材料を生産する。合金は強力な磁石を生成できる。最もよく見られるのはネオジウム鉄ボロン(NdFeB)であり、電気自動車モーター、風力発電機および軍用設備の重要原材料とすることができる。これらの磁石は体積が小さく、磁力が強く、多くの先進科学技術の重要な部品である。世界の90%以上の希土類合金は中国が生産し、ほぼ独占市場である。
5. **製造**：希土類合金とその他の希土類の重要な原材料は電気自動車モーター、風力発電機、電池など各種電子製品に統合されている。

## 世界の希土類サプライチェーンの概況

中国は採掘、分離、精錬などの希土類サプライチェーンにおいて主導的地位を占めている。2022年、中国は世界の希土類鉱物の生産量の75%、約19万トンの希土類酸化物を占め、北米（主に米国）は15%である。オーストラ

リアは世界市場の 5%を占め、主に Lynas 社が運営している。ミャンマーの採掘規模は小さく、主に高価値の重希土類を採掘し、世界の 3%を供給している。インドの生産量はさらに少なく、割合は 1%、なお開発の余地がある。

中国は世界の約 90%の分離能力を持つ。マレーシアが中国以外で世界最大の加工国であるのは、オーストラリア企業 Lynas Rare Earths が現地で希土類分離工場を設置しているためである。欧州のエストニアは希土類分離施設を有するが、規模は比較的小さい。インド、タイおよびベトナムも小規模の分離工場を有するが、生産能力はわずかである。全体的には、世界の希土類加工能力の大部分は東アジア地域に集中している。その他の国はハイテクおよびエネルギーの発展においてサプライチェーンの影響を受けやすい。

2024 年現在、世界の希土類埋蔵量と生産量のトップ 5 の国は次の通りである。

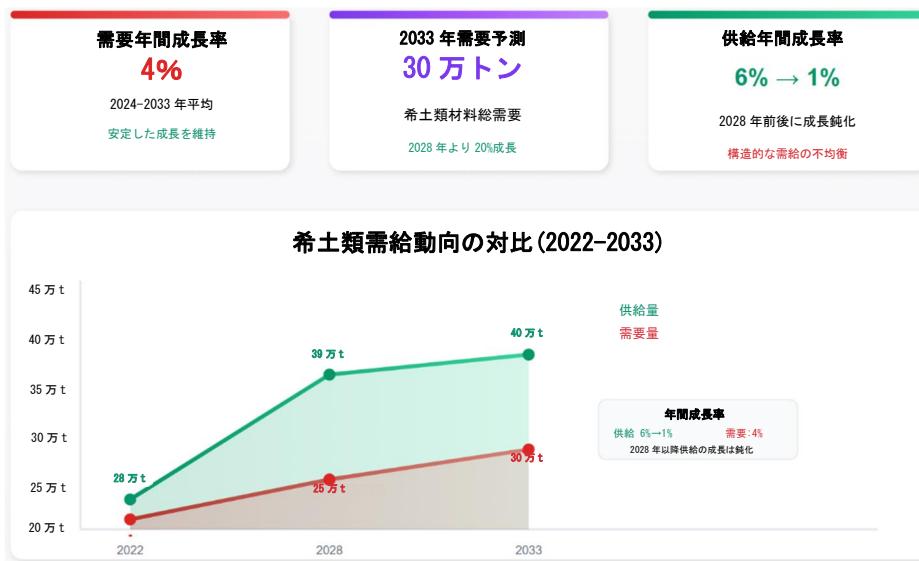
1. **中国**：約 4,400 万トンの希土類埋蔵量を有し、2024 年の生産量は 27 万トンに達し、世界最大の希土類生産国である。中国は世界の約 60%の希土類採掘量、85%超の希土類精錬加工を支配し、世界の希土類サプライチェーンにおいて主導的地位を備える。
2. **ブラジル**：約 2,100 万トンの希土類埋蔵量を有するが、2024 年の生産量はわずか 20 トンで、非常に少ない。このため、ブラジル政府は Serra Verde プロジェクトを推進し、2026 年には年間 5,000 トンを生産し、希土類生産量を大幅に増加させる計画である。
3. **オーストラリア**：約 570 万トンの希土類埋蔵量を有し、2024 年には 1.3 万トンを生産した。オーストラリアの Lynas 社は中国以外で最大の希土類生産企業であり、Mount Weld と Yangibana の鉱山の生産能力を積極的に拡大しているところで、希土類供給のさらなる増加が見込まれる。
4. **インド**：世界第 3 位の希土類元素埋蔵量、約 690 万トンを有し、2024 年の生産量は 2,900 トンであった。アーンスト・アンド・ヤング (EY) の報告によると、インドの砂金鉱床は世界の約 35%を占める。しかし、EY パルテノンの共同経営者 Abhijit Kulkarni 氏によると、インドは先進的な分離および精錬技術と採掘区のインフラが不足している。このため、インド政府は 2025 年に国家重要鉱物計画を始動し、重要鉱物産業の自主性と競争力を推進している。

5. ロシア：約 380 万トンの希土類埋蔵量を有し、2024 年の生産量は約 2,500 トン、世界の 1.3% の生産量であった。ロシア政府は 15 億米ドルの資金を投入し、2030 年には世界の希土類市場の 10% まで増産し、堂々第 2 位の希土類生産国になる見通しである。ウクライナ・ロシア戦争により各国がロシアの希土類に対する依存を減少させてそのほかの供給源を探そうとしている。

米国、ミャンマー、カナダ、グリーンランド、マダガスカル、マレーシア、ナイジェリア、南アフリカ、タンザニア、タイおよびベトナムなどその他の国もそれぞれの希土類埋蔵量と生産量を有する。

## 希土類原料の需要の成長

利用は主に永久磁石と電池の 2 大産業がけん引する。例えば、電気自動車モーター、風力発電機、リチウム電池などの需要は安定的に成長している。世界の希土類酸化物、永久磁石など希土類材料は年間 4% 成長し、2028 年には約 25 万トンに達する。2028 年から 2033 年まで成長の勢いを維持し、2033 年には 30 万トン前後に達する見込みである。



## 希土類原料市場の成長予測

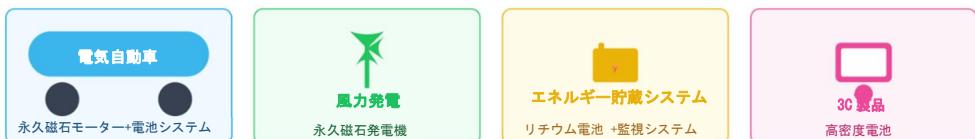
資料出典 : Fortune Business Insights、Claude 製図

供給面からみると、世界の希土類供給は 2022 年の 28 万トンから毎年約 6% の割合で成長し、2028 年までに 39 万トン弱に達する見込みである。その後、成長は鈍化し、年間成長率は約 1% となり、2033 年までに 40 万トンを突破する。2033 年、約 20% の希土類供給が新開発の鉱区と生産計画に由来す

る。こうした新たに増加した供給の多くはセリウム(Ce)やランタン(La)など比較的容易に取得できるものに集中し、需要の少ない元素においては供給過剰を招く。永久磁石の生産に極めて重要なネオジム(Nd)、プラセオジム(Pr)、ジスプロシウム(Dy)、テルビウム(Tb)などの重要な希土類元素の供給はわずかであり、今後、供給不足のリスクに直面する可能性がある。

リチウム電池市場の成長は希土類関連材料の需要を促進した。電池管理システムを製造し、又はエネルギー密度を向上させる合金と添加剤のうち、ネオジム(Nd)、ランタン(La)などの希土類元素を使用することができる。電気自動車、エネルギー貯蔵システムおよび3C製品の電池市場の急速な成長に伴い、こうした希土類関連材料の需要も同時に拡大し、今後数年でより多くの競争と供給圧力に直面するに違いない。

#### 需要駆動力：永久磁石と電池産業が共にけん引



#### 希土類元素の需給構造の分析



#### 希土類原料の需給の分析と予測

資料出典：筆者による整理、Claude 製図

### 地政学圧力と資源民族主義

中国は世界の希土類サプライチェーンにおいて戦略的支配権を有する。世界の約70%の希土類精鉱、87%の加工および91%の精錬などの川上、川中の供給の重要な部分は中国が掌握している。94%の永久磁石は中国で生産され、電気自動車モーターと風力タービン製造のコア材料である。欧州が58%の風力発電機と23%の電気自動車を生産しても、依然として中国の重要原材料の供給に依存する必要がある。中国が希土類の供給を制限すれば、世界のグリーンエネルギー、科学技術および国防産業は阻害される可能性がある。サブ

ライチェーンにおいて「首根っこを押さえる」能力により中国は貿易、外交又は衝突時の交渉手段を有する。例えば、中日間の領有権紛争において、中国は日本に対する希土類の輸出を制限し、政治圧力の手段としたことがある。

資源民族主義は一国の政府が国の天然資源の利益を保護するため、外資による採掘を制限し、輸出関税を増加させ、又は資源の輸出を直接禁止する政策傾向である。希土類、リチウム、ニッケルなどの重要鉱物の新エネルギー、電気自動車などのハイテク産業における重要性が徐々に高まるにつれ、資源民族主義と輸出禁止令は世界のサプライチェーンにおける一大地政学圧力源となった。インドネシアがニッケルの輸出を禁止し、メキシコがリチウムの支配権を取り戻し、中国が希土類輸出を管理していることは、資源民族主義の具体的な例である。

- **インドネシアのニッケル輸出禁止令**：インドネシアは世界最大のニッケル生産国であり、ニッケルは電気自動車の電池製造に不可欠な重要原材料である。インドネシア政府は国の金属加工産業を発展させ、付加価値を高めるため、2020年にニッケルの輸出を全面的に禁止した。こうした政策はもともとインドネシアが輸出する原料に依存していた国と企業に不意打ちをかけ、世界のニッケル供給が衝撃を受け、価格が大幅に変動し、電気自動車産業とステンレス生産に影響を及ぼした。これに対し、EUは2022年に世界貿易機関（WTO）にインドネシアの輸出禁止令は国際貿易規範に違反し、自由市場の運営を制限するとして、正式に異議を申し立てた。
- **中国の希土類輸出管理**：2010年、中日領有権紛争を背景として、中国は日本に対する希土類の輸出を非公式に2か月間暫定的に停止し、日本の産業に衝撃を与え、世界に中国の希土類サプライチェーンにおける「首根っこを押さえる」潜在的リスクを警戒させた。米中の競争が過熱するにつれ、希土類輸出を政治手段とする状況が再度浮上した。2023年、中国はガリウム、ゲルマニウムなど一部の重要な鉱物生産について、輸出許可制度を実施した。同年、中国は米国国防請負業者に対し一部の重希土類材料の輸出を制限したことで、西側諸国は供給に対して憂慮するようになった。2025年、中国は重希土類と磁石製品に対し輸出許可基準を強化し、市場は再度の供給リスクの警鐘とみなした。

- チリとメキシコのリチウム国有化： 2022 年、メキシコはリチウムの探査、採掘および生産を国が行うことを定めた。外国企業はメキシコ国営企業との提携を通じ、又は技術と資金の提供に転じることでリチウム開発権を取得しなければならない。チリは 2023 年に「国家リチウム戦略」を発表し、類似のやや開放的なモデルを採用した。当該政策はすべてのリチウム開発計画は国が主導、管理して官民連携によって行い、企業は技術と運営の補助的役割を果たさなければならないと求めている。

各国は地政学圧力を緩和させるため、次の課題を解決する必要がある。希土類原料を一つの供給源に高く依存すること、資源民族主義の出現および需給の不均衡、サプライチェーンの脆弱性、環境と管理監督の課題である。

## 希土類原料関連のスタートアップ企業による大量資金獲得

地政学圧力と政府補助のけん引の下、希土類と電池材料の不足問題の解決に特化したスタートアップ企業がベンチャーキャピタルの支援する注目点となりつつある。データベースの Crunchbase によると、関連のスタートアップ企業は累積数十億米ドルの資金を調達し、大型投資を引き付け続けている。

リチウム、コバルト、ニッケルおよび各種希土類元素は電気自動車、半導体および軍事装備品などのハイテク産業に不可欠な材料であり、企業と政府は積極的に安定供給源を探している。スタートアップ企業グループはチャンスをつかみ、電池と磁石の回収、希土類採掘から宇宙採掘などの分野にまでイノベーションを展開する。2025 年下半期始まったばかりで、米国で 1 件あたり 1 億米ドルを超える大型ベンチャーキャピタル取引(mega round)が 4 件も出現したことは、地政学による希少原料のサプライチェーンリスクに伴い、ベンチャーキャピタル市場が引き続き過熱することを示している。

スタートアップ企業	説明	場所	資金調達額(米ドル)
<b>Redwood Materials</b>	Redwood Materials は電池回収スタートアップ企業であり、サプライチェーンを循環させるために電気自動車と持続可能な材料を生産する。	米国 ネバダ州	\$1,817,000,000
<b>Ascend Elements</b>	Ascend Elements は廃棄リチウム電池の中の元素を利用して持続可能な電池材料を製造する。	米国 マサチューセッツ州	\$1,126,000,000
<b>Lohum</b>	Lohum はリチウム電池ユニットを生産し、また回収を通じて廃棄リチウム電池の中の重要原材料を利用する。	インド ノイダ	\$84,361,950
<b>Cyclic Materials</b>	Cyclic Materials は磁石製品の中から希土類元素を回収することで、持続可能な発展を実現する。	カナダ オンタリオ州	\$82,555,233
<b>Phoenix Tailings</b>	Phoenix Tailings は新たな希土類供給源を切り開くことを通じて、採掘業に持続可能性と効率をもたらす。	米国 マサチューセッツ州	\$76,385,714

	す。		
<b>Cylib</b>	Cylib は電池全体の回収に特化したスタートアップ企業である。	ドイツ アーヘン	\$71,939,011
<b>Princeton NuEnergy</b>	Princeton NuEnergy はリチウム電池の直接回収技術に特化したクリーン技術スタートアップ企業である。	米国 ニュージャージー州	\$64,200,000
<b>Torngat Metals</b>	Torngat Metals は鉱山原料と回収原料(廃棄磁石やモーターなど)に基づき分離した希土類酸化物を提供する。	カナダ モント利一 オール	\$50,000,000
<b>Li Industries</b>	Li Industries はリチウム電池回収技術を開発し、電池処理の持続可能性と効率を高める。	米国 ノースカロライナ州	\$49,000,000
<b>Karman+</b>	Karman+は宇宙採掘、小惑星および希土類材料を研究するスタートアップ企業である。	米国 デンバー	\$21,000,000
<b>Tozero</b>	Tozero はリチウム電池を回収するスタートアップ企業である。	ドイツ ミュンヘン	\$15,142,250
<b>RarEarth</b>	RarEarth は希土類を回収するスタートアップ企業である。	イタリア ミラノ	\$3,123,766

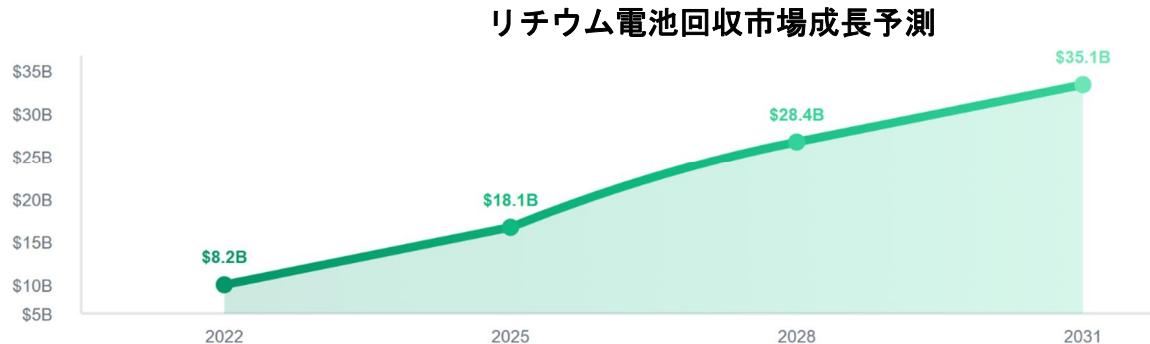
資料出典：crunchbase

ベンチャーキャピタルの資金を獲得したスタートアップ企業の題材に基づき、希土類スタートアップ企業の3つの方向性を収集、整理した。

### 電池と磁石の回収 (Recycling/Urban Mining)

- **Ascend Elements** および **Redwood Materials** : 廃棄電池からニッケル、コバルト、希土類などの材料を取り出すことに特化し、現在、資金の集中度が最も高い材料回収スタートアップ企業である。
- **Cyclic Materials** : 2025年6月に2,500万米ドルの資金を調達し、EVモーターと風力タービンから希土類磁石を回収することを目標とし、現在回収率1%未満の現状に挑戦する。
- **Cylib** : 2024年シリーズAの6,400万米ドルを獲得、廃棄電池から希土類と重要金属を抽出することに技術を注入する。

- **Tozero** : 2024 年シードラウンド 1,200 万米ドルを獲得し、回収工場設立を計画する。



リチウム電池回収市場成長予測

資料出典 : Mordor Intelligence, Claude 製図

## 採掘技術と原鉱開発 (Mining)

- **MP Materials** : MP Materials は 2024 年から 2025 年 7 月の期間のみで米国国防総省の 4 億米ドルの投資を含む 13 億 850 万米ドルの投資を次々と獲得し、長期採掘合意書に署名した。同社は政府だけでなく、ゼネラルモーターズの長期受注も獲得した。またアップルは 5 億米ドルを超える投資を承諾し、同社の希土類回収計画を支持した。アップルは 2027 年までに同社の磁石製品を導入して iPhone、MacBook などのデバイスに用いる計画である。しかし、同社が運営する Mountain Pass 鉱区は主に中・軽度希土類を産出し、重希土類は依然として大部分を中国からの輸入に依存している。このほか、中国の生産はコスト面においてもかなり競争力があり、中国以外で製造する磁石は約 50% コストが高く、端末価格に顕著に反映される。
- **Torngat Metals** : 2025 年に 1.2 億米ドルの融資を獲得し、北極 Strange Lake 希土類鉱区開発計画を推進した。また「トナカイ妨害回避」の環境戦略を強調する。
- **Phoenix Tailings** : 2025 年に 7,640 万米ドルを獲得し、採掘した尾鉱から希土類と金属を抽出する新製造過程を開発した。

## 宇宙採掘と新たな採集

地球の資源は有限であり、希土類とプラチナの供給はひつ迫し、企業と国は新たな採掘源を探している。採掘市場は 2023 年には約 17 億米ドルであつ

たとみられるが、2028 年には約 35.6 億米ドルまで倍増し、複合年間成長率は 16%に達する見込みである。宇宙採掘は技術と資金の投入の早期段階にあり、AstroForge から TransAstra、iSpace などのスタートアップ企業までそれぞれが探査・採掘ロボットと精錬技術について努力している。

- **AstroForge**：元 SpaceX、Virgin Galactic の技術者が 5,500 万米ドル超の資金を集めて起業し、今後、小惑星から白金族の金属を採掘することに特化する。同社は原料の蒸発、電離、分類回収を計画し、2025 年には初の商業化を展開する見込みである。
- **TransAstra**：「Mini Bee」および「Honey Bee」太陽光エネルギー駆動宇宙採掘装置を開発し、今後、周期表のすべての元素を網羅することを目標とし、また宇宙交通管理の利益獲得などの派生サービスを通じて、技術開発を支援する。
- **iSpace**（日本）：月面探査と水資源探査に特化し、長期目標は今後の宇宙タスクを支援するために月面から水資源を採掘することを含む。
- **Asteroid Mining Corporation**（英国）：六足 SCAR-E 採査ロボットを開発し、2026 年に月面で土壤分析を行う計画で、地球ではまず有料の測定を利用してから、宇宙任務に転向させる。

## 希土類サプライチェーンのスタートアップ企業の動向

近年、ベンチャーキャピタルの資金の流れは回収技術、現地のサプライチェーン、環境ガバナンスに向かい、希土類と電池材料の起業の三大方向性となつた。

## 回収の持続可能性が長期的な主力

大量の資金は回収技術とリサイクルのスタートアップ企業に向かい、投資家が回収を新たな採掘に代わるグリーンモデルとみなしていることを示している。電池回収、磁石解体であれ、材料のリメイクであれ、こうしたソリューションはリサイクルの持続可能性を兼ね備え、世界的に希土類供給に対する依存を低下させることもできる。

## 地政学が現地採掘を促進

中国の希土類に対する世界的な依存が高まるにつれ、ベンチャーキャピタルは迅速に米国、カナダ、北欧、北極などの地の新たな鉱区開発計画に投入している。こうしたプロジェクトは「現地化」、「中国以外に依存」する希土

類サプライチェーンを構築し、より安全な資源網を再構築する見込みである。

## 資源効率と ESG 起業

投資家は廃棄物採掘いわゆる尾鉱の再利用を重視するようになりつつある。鉱区の採掘は環境に重大な影響を及ぼし、資源管理全体の透明化と運営効率が企業の持続可能性責任の重要な一環となった。ESG とグリーンガバナンスに関わるスタートアップ企業がベンチャーキャピタルの新たな注目点となる。

## 主要技術の注目点



### 技術のブレークスルーのポイント :

- ・95%+材料回収率
- ・低エネルギー消費処理工程
- ・自動化分離技術

希土類サプライチェーンスタートアップ企業の技術の注目点

資料出典：筆者整理、Claude 製図

## 結論

地政学のリスクが高まり、世界の希土類と電池材料のサプライチェーンの安全性に対する重視が急速に高まっている。この資源再編成の波は、政府の政策と資金の介入を促進し、イノベーションと起業の新たな競争が始まつた。市場の投資動向はかなりはっきりしている。回収、採掘から材料の再利用まで、希土類サプライチェーンが起業とベンチャーキャピタルの注目点となった。起業家は技術能力に基づき、電池の回収、磁石解体、尾鉱再利用、新たな鉱区開発などさまざまな分野まで選択して切り込んでいる。希土類採掘と電池材料製造は技術のハードル、開発周期の長さが伴い、技術力と資金力についても課題がある。このため、政府機関、産業大手との戦略的協力を選択し、政策支援と資源統合を取得することが成功の重要な要素である。

台湾は年間約 3,000 トンの希土類元素を必要とし、その中には最も重要なネオジム（Nd）とジスプロシウム（Dy）が含まれ、半導体製造、スマート機器、医療技術などハイテク産業に広範に利用されている。しかし、台湾の希土類は 100% 輸入に依存しており、過度の依存はサプライチェーンの潜在リスクをもたらす。リスクを低減するため、希土類回収、製造過程のイノベーションはスタートアップ企業の重要な発展に努力可能であり、希土類回収と再利用、電子廃棄物リサイクル計画、台湾積体電路製造（TSMC）、米国半導体企業の国際協力を含む。また、台湾希土類・希少資源産業連盟（TRERRIA）、学術研究機関、スタートアップ企業を通じて、台湾国内の希土類技術能力を共に強化する。