

論文と特許の技術情報分析 — 鉱山開発におけるSDGs関連技術の動向を例に —

2022/11

三井物産戦略研究所
技術・イノベーション情報部 知的財産室
石黒 隆介

Summary

- 「論文」と「特許」という異なる特徴を持つ技術情報を分析することで、論文ではさまざまな技術領域の最新の課題やニーズなどの、特許ではそれらに対応した実用化の動きなどの把握が可能となる。本稿ではこれら両方の技術情報を用い、鉱山開発におけるSDGs関連技術の動向を例に分析を行った。
- 論文と特許の国籍別の分析により、さまざまな国や立場による関心の高まりとそれらに対応する技術の実用化に向けた動きの違いを確認でき、そこから考えられる課題についての考察を得られた。
- 論文と特許のSDGsゴール別、技術別の分析からは、論文分析で特許の分析だけでは読み取ることが難しかった潜在的ニーズを把握できた。また、さらなる分析により一部でしか見られなかったそのニーズに対応する技術の実用化への動きを確認でき、そこから今後求められる技術などの考察も得られた。

1. はじめに：論文と特許、その違いと両方の技術情報分析から得られるもの

「論文情報」と「特許情報」は、ともに科学技術分野における重要な情報源であり、そこから得られる知見を共有することで新たな技術進展を促すという共通の目的を持つ。

論文は、実験や研究などから得られた結果や知見の共有を主な目的に、その成果を記した文章の技術情報で、決まった書式がない。

一方で、特許はその最新の発明内容を開示する見返りとして、独占的に発明を使用する権利（特許権）を得られる制度であるが、特許の公報には、発明のタイトルや要約文、権利範囲を記した請求項などについて、それぞれ世界共通で決められた項目が記載され、さらに、各特許には発明内容によって階層的に細分化された特許分類が付与されている。特許分類には、IPC（International Patent Classification）やCPC（Cooperative Patent Classification）などの、国際的に幅広く利用されているものもある。このように、世界共通の項目や特許分類を持つ特許は、論文と比べて整理された技術情報であるが、未公開期間（多くの場合は出願から1.5年）などの、論文にはない特徴もある。なお、特許は各国特許庁への出願や権利を得た後の維持にも費用が掛かる。そのため、複数国で特許を取得、維持するには多くの時間とコストが掛かるが、一方で特許保有者は独占的に実施できる権利とそれによる経済的利益を得られる。従って、特許は最先端技術を利用した製品やサービスの成功に重要なものであることから、より実用化に近い技術情報ともいえる。

このように論文と特許は、知見の共有により技術進展を促すという共通目的がありながら、それぞれに違う目的や特徴も有する技術情報である。あるテーマや技術領域で新しい技術開発の探索や戦略の検討を行う際には、関連する論文と特許、それぞれの違いにも着目して両方を分析することで、さまざまな国や立場による関心の高まり、それに対応する技術の実用化に向けた動きの違いを確認できる。そして、その違いから、今後の課題や課題解決に向けた示唆が得られる可能性がある。また、論文分析では、特許分析だけでは読み取ることが難しい潜在的ニーズを把握し、それに対応できる技術の示唆が得られることがある。その示唆を得た上で特許分析を行うと、今後求められる技術の実用化への動きを確認できる可能性がある。

本稿では、論文と特許の両方を用いた技術情報分析手法の紹介のための一例として、鉱山開発におけるSDGs関連技術を取り上げて分析する。

2. 鉱山開発におけるSDGs関連技術を取り上げる理由

金属鉱物資源は、世界の経済発展において大きな役割を果たしており、カーボンニュートラルの実現に向けて世界の鉱物需要はさらに増加すると予測されている。例えば、電気自動車の生産には従来の自動車に比べて6倍の鉱物資源が必要になるといわれる。銅やマンガンの1台当たりの使用量が増えるのに加えて、ニッケル、グラファイトなどの従来の自動車には使われない鉱物資源も必要になる。また、風力発電所の建設にはガス火力発電所の9倍の鉱物資源を必要とするといわれる。発電量1MW当たりの銅の使用量が大幅に増え、ガス火力発電所では使われないマンガンや亜鉛も必要になる。実際に2010年以降、再生可能エネルギーへの転換が進み、発電容量単位当たりに必要な鉱物の平均量は50%増加している¹。将来的にはクリーンエネルギー技術のさらなる拡大も要因となって、グラファイト、リチウム、コバルトといった鉱物生産が、2050年までに2018年比でそれぞれ400%以上増加するというシナリオもある²。

このような背景もあり今後も鉱山開発が進むことが想定されるが、鉱山開発では、環境問題（鉱害）が発生することがあり、操業が停止した後も周囲の環境に悪影響を与えることがある。従って、今後の鉱山開発では、増加が見込まれる世界の鉱物・金属需要を満たしながら、高いレベルでSDGs（Sustainable Development Goals；国連が2015年に採択した持続可能な開発目標）達成に向けた対応も求められることが想定される。最新のニーズ、それに対応する技術やその開発に取り組んでいる企業や研究機関、さらなる応用や用途の可能性に向けた動きなどを把握しつつ、戦略を検討することが重要であり、このことから鉱山開発におけるSDGs関連技術を本稿での分析テーマとした。

また、近年、論文や特許などを検索する技術情報データベース（DB）が高機能化するなかで、一部の論

¹ The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions, IEA

² Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition, World Bank Group

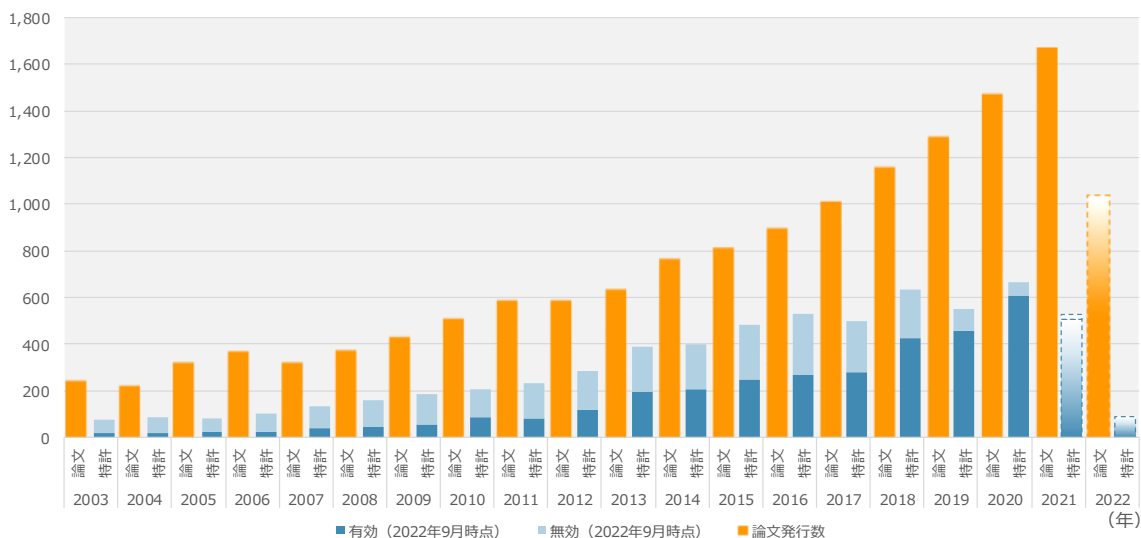
文や特許の技術情報DBでは、SDGsとの関連性のひも付けを効率的に行うことが可能となった。技術情報DBによって手法は異なるが、SDGsの17のゴールや各ゴールのターゲットに関連するキーワードや技術を特定し、論文や特許の文献内に含まれているキーワードとの、また特許DBではキーワードに加えて、上述の特許分類と、各SDGsのゴールとのひも付けをしている。このような技術情報DBの機能も利用することで、さまざまな領域におけるSDGs達成に向けたニーズ、それに関連する研究や技術への注目度や進展状況を把握することが可能となった。本稿でもその機能を利用し分析を行う。

3. 鉱山開発におけるSDGs関連技術の技術情報分析

3-1. 国籍別、企業・機関別分析から分かる資源保有国と開発当事者の意識の違い

論文と特許を用いた技術情報分析を行うに当たり、まずは分析対象期間を考える。特許権利期間が出願から20年間であることから、ここでは発行年（論文）、または出願年（特許）が2003年以降の20年間の論文と特許を対象とした。それらの中で、鉱山に関連するキーワードを含み³、さらに前章で説明した技術情報DBのSDGsとの関連性ひも付けの機能を利用して検索した結果、2022年9月時点で該当する論文発行数は14,813件、特許出願数は6,328件となった。それぞれの年別推移を示した図表1を見ると、論文発行数と特許出願数が共に増加傾向のなか、2010年代半ば以降は論文発行数が大きく伸びている。なお、2022年の論

図表1 論文発行数、特許出願数の推移



注：本稿の図表は、本文脚注3の検索条件による検索結果（論文：Scopus、特許：PatentSight）をもとに作成している
出所：Scopus、PatentSightのデータから三井物産戦略研究所作成

³ 検索条件（キーワード検索式）：

（論文、Scopusを使用）

TITLE-ABS-KEY(("mine" OR "mining") W/30 (aluminum OR bauxite OR chromium OR cobalt OR copper OR gold OR graphite OR indium OR iron OR lead OR lithium OR manganese OR molybdenum OR metal OR neodymium OR nickel OR "ore" OR platinum OR rare_earth OR rare_metal OR silver OR titanium OR vanadium OR zinc))

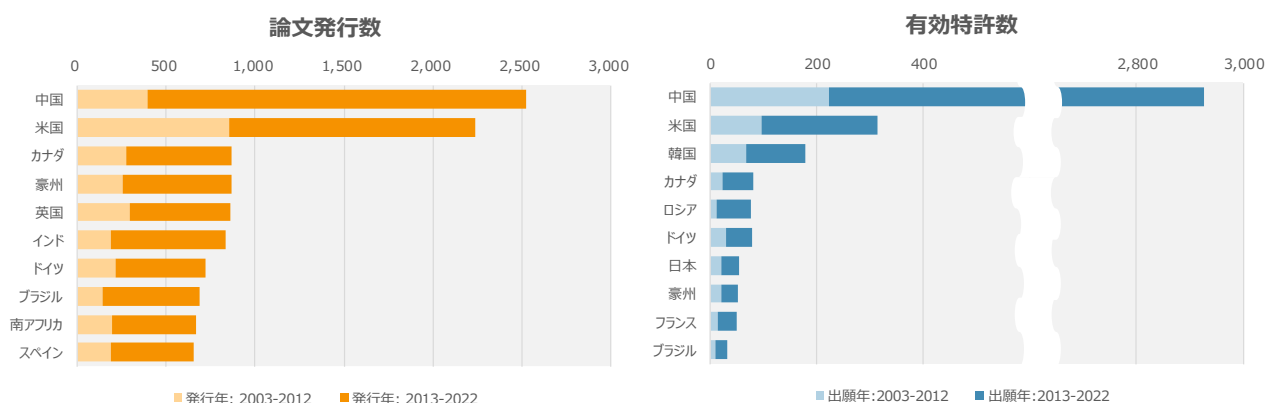
（特許、PatentSightを使用）

TitleAbstractClaims=(("mine" OR "mining") NEAR30 (aluminum OR bauxite OR chromium OR cobalt OR copper OR gold OR graphite OR indium OR iron OR lead OR lithium OR manganese OR molybdenum OR metal OR neodymium OR nickel OR "ore" OR platinum OR rare_earth OR rare_metal OR silver OR titanium OR vanadium OR zinc))

文発行数は調査を実施した9月時点までの数字で、それ以降の数字は反映できていない。また特許出願数に関しては1章で述べた未公開期間などの理由で2021年と2022年は全てを反映できていないことや、出願後に権利化に至らなかった、または権利化後に権利が放棄されたなどの理由ですでに無効となっている特許も含んでいることにも留意する必要がある。2003年以降に出願された特許のうち、9月時点で有効な特許は3,781件となった。これ以降では、特許に関して2022年9月時点で有効なもののみを対象として分析を実施した。

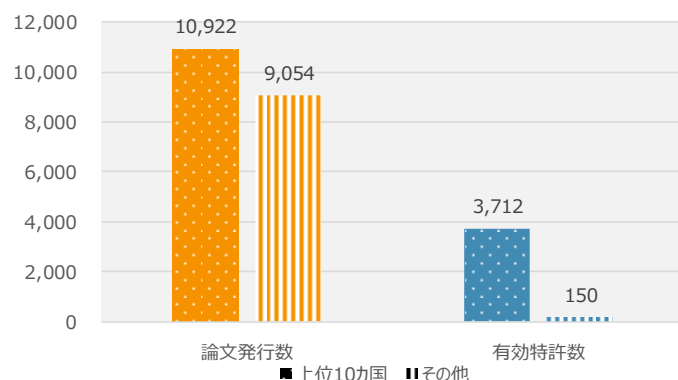
図表2は、論文発行数と有効特許数の国籍別上位10を示したもので、さらに2003-2022年の20年間を2003-2012年の前半期間、2013-2022年の後半期間の2つに分け、それぞれの内訳も示している。その結果から、中国が論文と特許の両方で近年大きく数字を伸ばしてトップとなっており、特に特許は2位以下を大きく引き離して圧倒している。そのほかは共に先進国が上位の多くを占めるが、論文については、インド、ブラジル、南アフリカなどの鉱物資源を産出する国からの発行も目立っている。また、論文発行数と有効特許数それぞれを上位10の国の合計とそれ以外の国の合計に整理した図表3が示すように、論文は上位以外の国から発行されている割合が多く、さまざまな国でSDGsに関連する課題意識が高まっている様子が分かるが、それと比べて特許は先進国を中心とした上位の国からの出願に大きく偏っている。

図表2 論文発行数と有効特許数（上位国籍別）



注：図表2以降の「特許」については本文脚注3の検索条件による検索結果のうち、2022年9月時点で有効な特許を対象としている
出所：Scopusのデータから三井物産戦略研究所作成

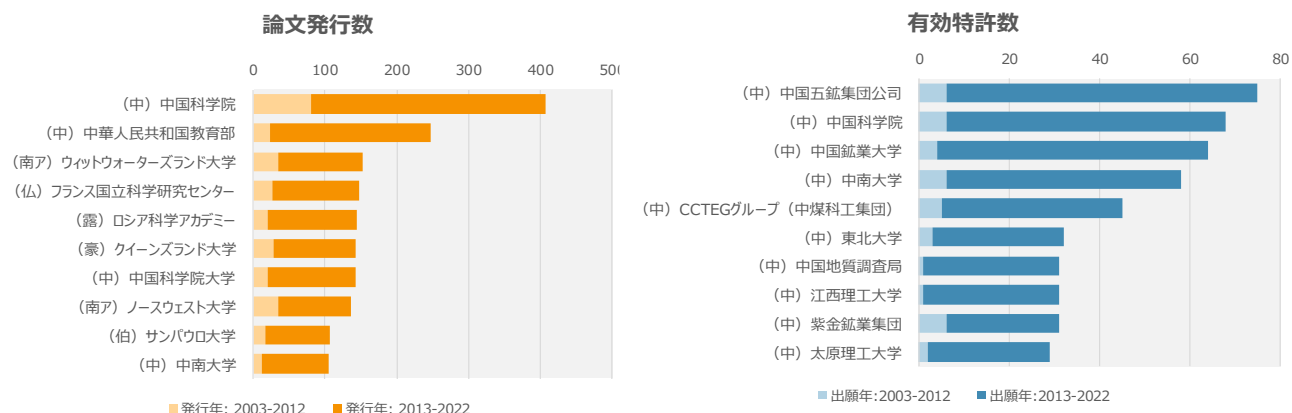
図表3 論文発行数、有効特許数（国籍別上位10カ国合計対その他合計）



出所：Scopus、PatentSightのデータから三井物産戦略研究所作成

図表4は、論文発行数と有効特許数を、それぞれ発行、取得した企業・機関別に上位10を示したものである。論文と特許の両方で中国勢が目立ち、特に特許では上位10の全てを中国の企業や研究機関が占めている。論文のその他の上位陣については、研究機関が全てを占めるが、フランス、豪州の先進国の研究機関に加え、南アフリカ、ロシア、ブラジルなどの資源産出国の研究機関も上位に入る。

図表4 論文発行数と有効特許数（企業・機関別）



出所：Scopusのデータから三井物産戦略研究所作成

図表5では有効特許数について、国籍をさらに企業、政府機関、研究機関に分け（縦軸）、国・地域ごとの有効特許の保有状況を整理（横軸）したが、有効特許数で他国に大きく差を付けている中国勢の特許の多くは自国内のみでの保有であることが分かる。また、横軸の有効特許の保有国には、先進国を中心とする上位の国だけでなく、鉱物資源の主な産出国を加えた。赤字で示しているのは、鉱物資源の世界生産シェアで20%以上を有する国であり、それらの国でも有効特許数がかなり限定的であることが分かる。複数国で特許の権利行使をするには、それぞれの国や地域で特許権を保有する必要があるため、このように鉱物資源の産出国で、まだ有効特許数が少ないことは、金属鉱物資源の開発当事者にとってはSDGsに関連する取り組みの優先度が高くなかったことの表れといえる。ただし、図表5に挙げた鉱物産出国の中には、特許などの知財保護を担当する部署が組織化されていない国や、全技術分野でほとんど出願が確認できない国もあり、先進国のように特許制度が整っていないことも理由と考えられる。今後、鉱山開発の当事者はSDGsに対して高いレベルでの対応が求められることが想定されるが、SDGsへの対応を加速するためには、資源を保有する国々においても特許制度を含めた周辺環境の整備が求められるであろう。

図表5 有効特許数（国籍別 X 国・地域）

国籍

有効特許保有数上位10カ国

主な鉱物の産出国

		中国 (企業2720件以上・大学161件以上)	米国 (企業2720件以上・大学161件以上)	韓国	カナダ	豪州 (企業2720件以上・大学161件以上)	日本	ドイツ	ロシア	南アフリカ (企業2720件以上・大学161件以上)	フランス	ブラジル	チリ (企業2720件以上・大学161件以上)	ペルー (企業2720件以上・大学161件以上)	フィリピン	インドネシア (企業2720件以上・大学161件以上)	コロンビア (企業2720件以上・大学161件以上)	セネガル (企業2720件以上・大学161件以上)	モザンビーク	ジンバブエ
中国	企業	1625	31	12	14	18	17	12	10	10	9	9	3	2	2					
	政府機関	34				1				1										
	研究機関	1023	26	1	6	7	5	1	5	6	1	1								
米国	企業	78	219	49	96	68	50	42	27	34	34	40	20	11	6					
	政府機関	2	3	1	2	2	1		2			1								
	研究機関	9	27	3	9	6	9	3	1	1	2	2	1	1	1					
韓国	企業	8	12	75	2	1	6	4	2	2	4	1		1	1					
	政府機関																			
	研究機関	2	6	76	1	3	1													
カナダ	企業	15	47	5	49	16	9	5	3	9	6	6	5	3	1					
	政府機関	1	2	1	2		2	1			1									
	研究機関	2	6	2	7	2	3				2	1								
ロシア	企業	3	4		4	3	1	1	31	2			1	1						
	政府機関								1											
	研究機関								22											
ドイツ	企業	28	39	29	19	13	14	29	11	20	12	11	7	3	5					
	政府機関							1												
	研究機関	1	1	1	1			2			1									
日本	企業	13	16	9	8	8	40	7	5	2	7	1			2					
	政府機関		1							1					1					
	研究機関			1	1	4						1								
豪州	企業	17	33	6	27	33	7	12	5	15	11	15	7	7	4					
	政府機関																			
	研究機関	3	4		5	5	1	4		2	3									
フランス	企業	21	26	15	18	11	11	17	5	14	24	12	8	3	1					
	政府機関		1	1			1	3			3		2							
	研究機関	2	4		2		1	3			5	1	2							
ブラジル	企業	4	8	2	6	5	4	5	3	2	3	10	2	1						
	政府機関																			
	研究機関					2						10								

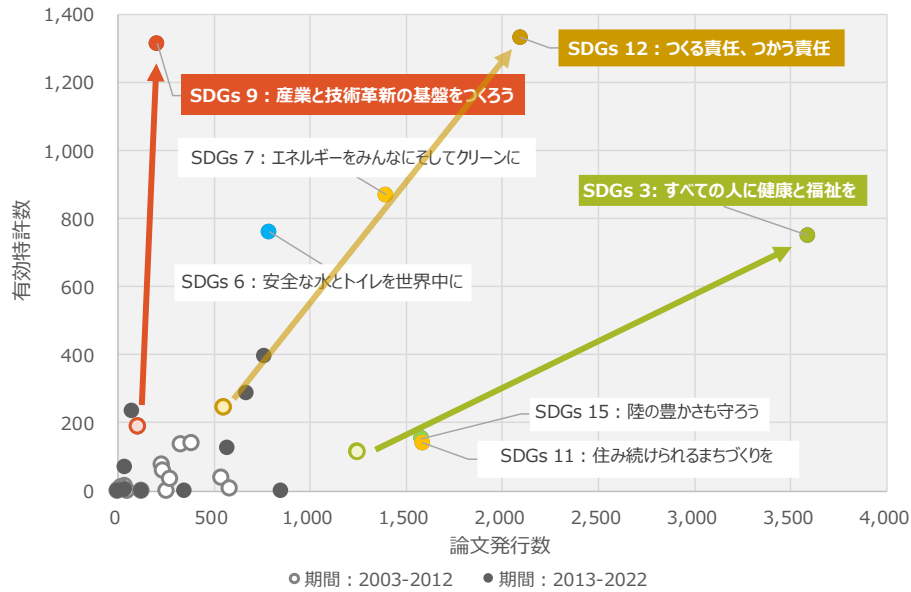
出所：The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions（国際エネルギー機関）、PatentSightのデータから三井物産戦略研究所作成

3-2. SDGsゴール別、技術別の分析から分かる課題とその解決に向けた技術実用化の動き

3-2-1. 作業や資源の効率化、廃棄物処理などの管理責任を是正する技術実用化の動きの高まり

続いて、論文と特許をSDGsゴール別に分析し、鉱山開発におけるSDGs意識の高まりやそれに伴って実用化への動きが見られる技術、今後実用化が期待される技術などについて考察する。まずは論文と特許をSDGsゴール別に整理し、さらに前項での分析と同じように、2003-2022年の20年間を前半（2003-2012年）と後半（2013-2022年）の2つの期間に分けた。図表6は、それら2つの期間に発行または出願された各SDGsゴールの論文数と有効特許数を示している。ここから、論文の多いテーマが「SDGs 3：すべての人に健康と福祉を」であり、特許の多いテーマが「SDGs 9：産業と技術革新の基盤をつくろう」、「SDGs 12：つくる責任、つかう責任」であることが見て取れる。それらのうち、SDGs 9に関連する技術は、さまざまな資源の効率的利用によって回復力の高いインフラ構築や持続可能な工業化へ貢献し、SDGs 12に関連する技術は廃棄物の処理や再利用などを含む持続可能な消費や生産に貢献する。鉱物の生産現場に直接的に関連あるこれらのテーマの特許数の伸びが大きいことから、鉱山における作業や資源の効率化、また、廃棄物処理方法など、鉱物開発企業やユーザー企業における管理責任を是正する技術の実用化に向けた動きが高まりつつあることが分かる。

図表6 論文発行数と有効特許数（SDGsゴール別）



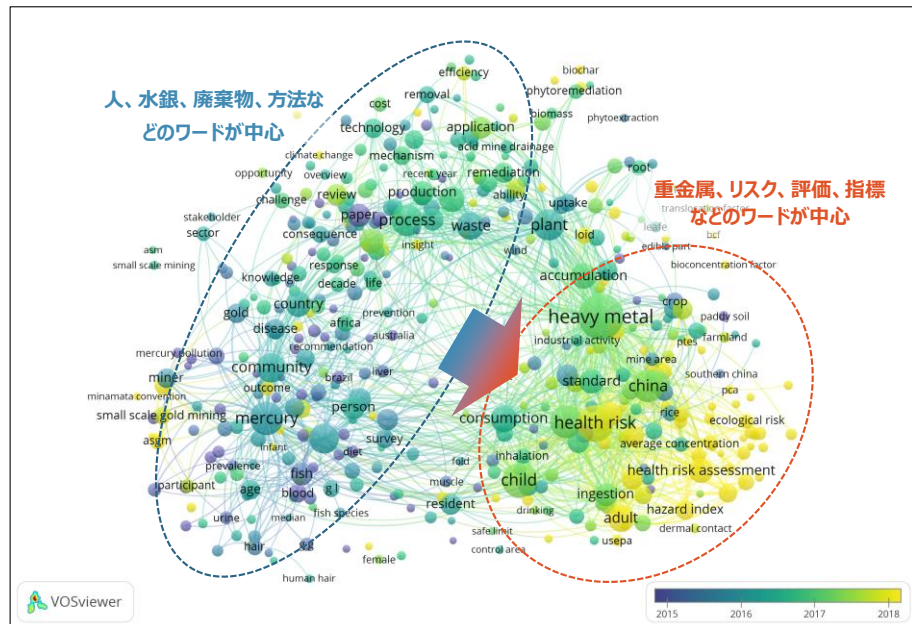
出所：Scopus、PatentSightのデータから三井物産戦略研究所作成

3-2-2. ICT技術を活用した特許が目立ち、実用化に向けた開発競争が活発化

SDGs 3（すべての人に健康と福祉を）は、特許数の伸びでは、SDGs 9（産業と技術革新の基盤をつくろう）やSDGs 12（つくる責任、つかう責任）と比べると小さいが、論文発行数の伸びが顕著である。この動きは、鉱物の生産現場に直接的には関連のない、鉱山周辺の汚染や健康問題などにも関心が非常に高まっていることを表している。ここでは、SDGs 3に関連する論文と特許について、さらに分析を進め、その達成に向けた現状の技術の実用化への動きや、今後のニーズが高い技術について考察する。

図表7は、SDGs 3に関連する論文に頻出するキーワードを、それぞれの平均発行年別に示したものである。

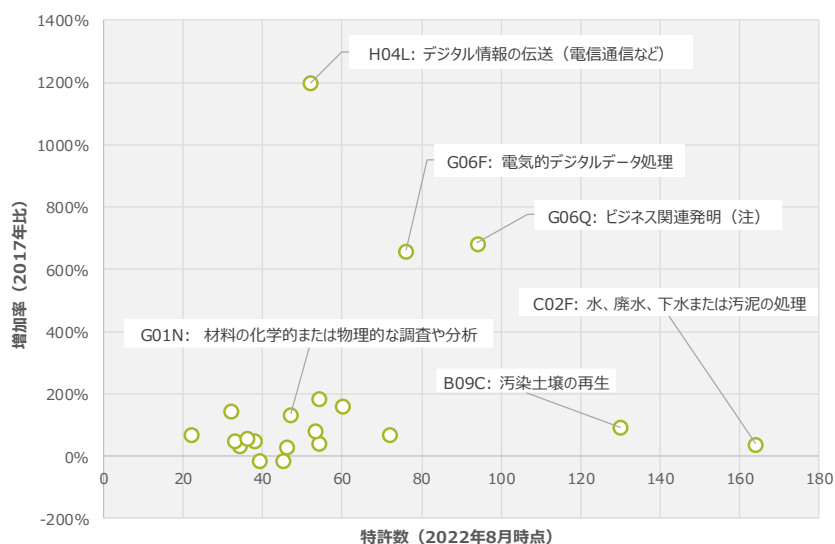
図表7 SDGs 3（すべての人に健康と福祉を）に関連する論文の頻出キーワード（平均発行年別）



出所：Scopus、VOSviewerのデータから三井物産戦略研究所作成

この結果から、近年は「重金属」、「リスク」の「評価」や「指標」に関する記載が論文で増えていることが分かる。また、図表8では、SDGs 3に関連する特許を、1-1項で述べたIPCと呼ばれる特許分類を用いて技術ごとに分け、2022年8月時点の有効特許数と、その2017年比増加率でプロットした。このように整理して分析することで、開発競争が激しくなっている技術や、開発競争が始まりつつある技術などの兆候を捉えることができる。

図表8 SDGs 3（すべての人に健康と福祉を）に関連する有効特許数と増加率（技術分類別）



注：ビジネス関連発明：ビジネス上の課題をICT（情報通信技術、Information and Communication Technology）によって解決する発明

出所：PatentSightのデータから三井物産戦略研究所作成

ただし、論文や特許の検索では、用いられるキーワードによって分析テーマとは関連性の低い文献も一部含まれてしまうことがある。例えば、鉱山に関連するキーワードの中には「Mine（鉱山）」や「Mining（採掘）」などが含まれるが、これらはブロックチェーン関連でも用いられるワードである。そのため、ここで特定されたデジタルデータ処理（G06F）、ビジネス関連発明（G06Q）、電気通信（H04L）などのICT技術に関連の高い特許分類が付与されている特許の中には、ブロックチェーン関連の特許も一定割合含まれている。

このような点に留意する必要があるが、図表8からは、鉱山関係者や周辺住民の健康に影響を与える鉱山周辺の環境関連データの収集やそれに基づく予測など、ICTを活用した技術開発が活発になりつつあることが推察できる。

3-2-3. 論文分析で明らかとなった重金属を含む廃水処理と、それを解決する重要特許

もう一度前項図表8を見ると、廃水処理（C02F）が、有効特許の増加率においてはICT技術の特許のように大きな伸びは見られないものの、数において他と比べて多いことが分かる。鉱山開発の現場では、金属鉱山の坑道や廃石の集積場から雨水などにより金属が溶出して河川や地下水の水質汚染の発生源となり得る。さらにそれが鉱山関係者や周辺住民の健康にも影響を与える可能性もあることから、廃水処理（C02F）

に関連する特許は、そのような課題を解決するための重要な技術と考えられる。

図表9では、廃水処理（C02F）が付与された特許を、さらに細分化された特許分類で示した。汚染物質としての重金属の処理（C02F 101/20）に関連する特許数は2012年から堅調に増加している。これは図表7の論文分析で明らかとなった近年の重金属への関心の高まりに合致し、それに対応して実用化に向けた動きがすでに始まっていることが分かる。

図表9 SDGs 3（すべての人に健康と福祉を）、かつ廃水処理（C02F）に関連する有効特許数と増加率（技術分類別）

技術分類（IPC）				有効特許数（出願中を含む）			
				2012年 時点	2017年 時点	2022年7月 時点	増加率 (2017-2022)
水、廃水または下水の処理							
水、廃水または下水の処理	C02F 1/00			3	11	15	36%
収着によるもの	C02F 1/28			12	27	33	22%
イオン交換によるもの	C02F 1/42			2	7	11	57%
透析、浸透または逆浸透によるもの	C02F 1/44			5	11	15	36%
懸濁不純物の凝集または沈殿によるもの	C02F 1/52			15	22	31	41%
重金属化合物	C02F 1/62			10	15	11	-27%
中和によるもの、pH調整	C02F 1/66			7	11	16	45%
酸化によるもの	C02F 1/72			4	11	16	45%
水、廃水または下水の生物学的処理							
使用された動物または植物によって特徴づけられるもの	C02F 3/32			4	11	14	27%
使用された微生物によって特徴づけられるもの	C02F 3/34			5	13	14	8%
水、廃水または下水の多段階処理							
水、廃水または下水の多段階処理	C02F 9/00			1	4	10	150%
少なくとも一つのステップが化学的処理であるもの	C02F 9/04			2	18	21	17%
少なくとも一つのステップが生物学的処理であるもの	C02F 9/14			1	6	16	167%
汚染物質の性質							
無機化合物	C02F 101/10			2	11	28	155%
窒素化合物、例、アンモニア	C02F 101/16			1	6	14	133%
重金属、または重金属化合物	C02F 101/20			6	29	49	69%
クロム、またはクロム化合物、例、クロム酸塩	C02F 101/22			2	5	9	80%
有機化合物	C02F 101/30			2	7	15	114%
処理される水、廃水、下水または汚泥の性質							
汚染された地下水または浸出水	C02F 103/06			4	10	14	40%
採石場、または採鉱活動から出る水	C02F 103/10			11	41	73	78%

出所：PatentSightのデータから三井物産戦略研究所作成

実用化に向けた動きがすでに見られる、汚染物質としての重金属の処理（C02F 101/20）に関連する特許のうち、被引用数の多い特許を示したのが図表10である。被引用数は、他の企業や機関等からのその技術への関心の高さを示す指標ともなる。廃水に含まれる重金属物質を取り除くための組成物とその製造方法に関する（米）University of Arkansas Systemの特許（図表10内の#1）は、その中でも被引用数が多く注目を集めている特許といえる。当該特許は、鉱業由来の廃水だけでなく、石油およびガス、農業、都市廃水、産業廃水などの多くの分野で使用できるとしており、さまざまな場面での活用が期待できる技術でもある。その他の特許も、重金属などの廃水に含まれる汚染物質の分解や除去を目的とした発明であるが、権利を有する国が中国のみのものが多く、その他の鉱山開発が行われている国でもこれらの応用技術が展開されることを期待したい。

図表10 特許リスト（SDGs 3（すべての人に健康と福祉を）、かつ廃水処理（C02F）に関連）（一部抜粋、被引用数順、2022年9月時点）

#	特許番号（代表特許）	出願年	権利人	タイトル	権利を有する 国・地域	ステータス	被引用数
1	US2020002193.A1	2018	(米) University of Arkansas System	Water purification compositions and the method of producing the same	米、中	権利化済	9
2	CN110317760.A	2019	(中) Zhaoqing University	PAHs-heavy metal compound pollution degrading/adsorbing bacterium and application thereof to environmental pollution repairing	日、中	権利化済	4
3	CN109264920.A	2018	(中) Central South University、(中) Science Environmental Co., Ltd	Method for treating beneficiation wastewater without discharge	中	出願中	3
4	CN110092475.A	2019	(中) South China University of Technology	Iron-carbon microelectrolysis coupled submerged plant module and application thereof	中	出願中	2
5	CN111204902.A	2020	(中) Guangxi Bossco Environmental Protection Technology Co., Ltd.	Ecological system for tailing pond closing and pollution prevention and control, and control method thereof	中	出願中	2

出所：PatentSightのデータから三井物産戦略研究所作成

3-3. SDGs 3達成に向けた潜在的ニーズ

3-3-1. 論文分析で分かる鉱山周辺の環境リスクの評価や指標などへのさまざまな国での関心の高まり

前述のSDGs 3（すべての人に健康と福祉を）に関連する論文の頻出キーワードの分析（図表7）では、鉱山周辺の環境リスクの評価や指標などへの関心の高まりが見られた。ここでは、その結果を踏まえ、関連する論文のさらなる分析を通して、鉱山開発におけるSDGs 3達成に向けた潜在的なニーズと関連技術、その実用化に向けた動きについて考察する。

まず、SDGs 3に関連する論文のうち、図表7の論文分析結果から明らかとなった、リスクの評価や指標などの近年の関心の高まりを反映するための条件を加えて⁴絞り込みをし、800件の論文を特定した。図表11は、それらのうち、被引用数の多い論文であり、主なテーマは、鉱山から出る重金属などによる土壌や水の汚染状況、それらを原因とする健康リスクに関する調査結果や評価方法などとなっている。また、これらの論文は、中国、トルコ、マレーシア、カメルーン、アルメニアなどの研究機関から発行されている。これらから、鉱山周辺の環境リスクの評価や指標などへの関心がさまざまな国で高まっていることが分かる。

⁴ 追加絞り込み条件（追加検索式）：

（論文、Scopusを使用）TITLE-ABS-KEY((risk OR hazard OR pollut*) W/20 (assess* OR index)) AND PUBYEAR > 2017 AND PUBYEAR < 2017

図表11 論文リスト（SDGs 3（すべての人に健康と福祉を）、かつ関連キーワードを含む）（一部抜粋、被引用数順、2022年9月時点）

#	タイトル	著者所属機関	著者名	出版物名	出版年	被引用数
1	A review of soil heavy metal pollution from industrial and agricultural regions in China: Pollution and risk assessment	(中) Nanjing University、(香) The Hong Kong University of Science and Technologyなど	Yang Q., Li Z., Lu X., Duan Q., Huang L., Bi J.	Science of the Total Environment	2018	736
2	Heavy metal pollution and health risk assessment of agricultural soils in a typical peri-urban area in southeast China	(中) Zhejiang University、(米) University of Florida	Huang Y., Chen Q., Deng M., Japenga J., Li T., Yang X., He Z.	Journal of Environmental Management	2018	280
3	Lead toxicity: Health hazards, influence on food chain, and sustainable remediation approaches	(中) Nanjing University of Information Science and Technology、(印) Central Muga Eri Research and Training Institute、(ポルトガル) University of Aveiro、(イスラエル) Agricultural Research Organizationなど	Kumar A., Kumar A., Cabral-Pinto M., Chaturvedi A.K., Shabnam A.A., Subrahmanyam G., Mondal R., Gupta D.K., Malyan S.K., Kumar S.S., Khan S.A., Yadav K.K.	International Journal of Environmental Research and Public Health	2020	169
4	Occurrence of trace metals in foodstuffs and their health impact	(エジプト) National Research Centre	El-Kady A.A., Abdel-Wahhab M.A.	Trends in Food Science and Technology	2018	114
5	Mercury pollution in modern times and its socio-medical consequences	(独) University Medical Center Hamburg-Eppendorf、(ベルギー) University of Leuven	Budnik L.T., Casteleyn L.	Science of the Total Environment	2019	105
6	Water quality assessment in the Bétaré-Oya gold mining area (East-Cameroon): Multivariate Statistical Analysis approach	(カメルーン) University of Yaoundé 1、(マダガスカル) University of Antananarivo、(カメルーン) Institute of Geological and Mining Research	Rakotondrabe F., Ndam Ngoupayou J.R., Mfonka Z., Rasolomanana E.H., Nyangono Abolo A.J., Ako Ako A.	Science of the Total Environment	2018	104
7	Distribution of heavy metals and metalloid in surface sediments of heavily-mined area for bauxite ore in Pengerang, Malaysia and associated risk assessment	(マレーシア) Universiti Putra Malaysia	Kusin F.M., Azani N.N.M., Hasan S.N.M.S., Sulong N.A.	Catena	2018	100
8	Continuous impact of mining activities on soil heavy metals levels and human health	(アルメニア) National Academy of Sciences	Tepanosyan G., Sahakyan L., Belyaeva O., Asmaryan S., Saghatelian A.	Science of the Total Environment	2018	99
9	A comparative outline for quantifying risk ratings in occupational health and safety risk assessment	(トルコ) Munzur University、(トルコ) Antalya Bilim University	Gul M., Ak M.F.	Journal of Cleaner Production	2018	93
10	Origin and spatial distribution of heavy metals and carcinogenic risk assessment in mining areas at You'xi County southeast China	(中) Fujian Agriculture and Forestry University、(中) Xiamen University、(中) Yunnan University、(中) Jimei Universityなど	Lü J., Jiao W.-B., Qiu H.-Y., Chen B., Huang X.-X., Kang B.	Geoderma	2018	90

注：本文脚注3の検索条件に、本文脚注4の絞り込み条件を加えた検索結果によって得られた論文を対象としている

出所：Scopusのデータから三井物産戦略研究所作成

3-3-2. 論文分析で明らかとなった潜在的ニーズに対応する技術の実用化に向けた動き

前項の論文分析で、SDGs 3（すべての人に健康と福祉を）の達成に向けて、鉱山周辺の環境リスクの評価や指標などへの関心がさまざまな国で高まっていることが明らかとなったことから、今後は鉱山の汚染状況を効率的に調査・分析する技術のニーズが高まることが想定される。図表8の特許分析結果では、材料の調査や分析（G01N）に関する特許は、数においても、増加率においても目立たないが、論文分析の結果から考えると、今後の実用化への動きが期待される技術といえる。材料の調査や分析（G01N）が付与されている特許のさらなる分析を通して、今後求められる技術の実用化に向けた動きについて考察する。SDGs 3（すべての人に健康と福祉を）に関連し、材料の調査や分析（G01N）が付与された特許を、さらに2018年以降の出願などの追加条件⁵によって絞り込んだところ、論文分析の結果から想定される最近の潜在的ニ

⁵ 追加絞り込み条件：

（特許、PatentSightを使用）

IPC=(G01N) AND FilingDate=(>=2018-01-01)

ズ、つまり鉱山の汚染状況を効率的に調査・分析する技術のニーズと関連性の高い30件の特許が特定された。図表12は、その被引用数上位を挙げたものであるが、内容は主に汚染された土壌の採取やその分析を行う装置や、重金属を含む汚染物質を分別することを目的とした装置や方法についての特許となっている。例えば、（中）Hangzhou Lvnong Environmental Engineeringの特許（図表11内の#4）は、審査中でまだ権利化には至っていないが、土壌採取機能、太陽光パネル、蓄電池を備えた箱型の重金属の監視装置で、鉱山周辺の土壌再生に向けたものとしている。このような効率的な汚染状況の調査や分析技術の実用化に向けた動きは、中国を中心にまだ一部でしか見られない。これらの特許の多くは現時点で中国以外の国や地域では権利を有していない。今後多くの鉱山で必要とされることが想定される汚染状態の効率的な調査・分析に関連する技術のさらなる応用や他国・地域での発展が期待される。

図表12： 特許リスト（SDGs 3（すべての人に健康と福祉を）、かつ材料の調査や分析（G01N）に関連）（一部抜粋、被引用数順、2022年9月時点）

#	特許番号 (代表特許)	出願年	権利人	タイトル	権利を有する 国・地域	ステータス	被引用数
1	CN109696325.A	2019	(中) Anhui University of Science and Technology	Plug-in sampling device based on heavy metal soil remediation in mining area	中	権利化済	6
2	EP3866947.A1	2018	(蘭) Smart Material Printing	Particle filter with ultrasound device	米、中、日、欧など、9の国・地域	出願中	5
3	US2021215646.A1	2020	(中) Tsinghua University	Material and its method for rapid eluting in an ionic rare earth ore leaching site	米、中	出願中	4
4	CN110068669.A	2019	(中) Hangzhou Lvnong Environmental Engineering	Heavy metal ion real-time monitoring device for mine soil remolding	中	出願中	3
5	CN111751513.A	2020	(中) Chinese Academy of Agricultural Sciences	Analysis method for heavy metal accumulation and morphological characteristic analysis of heavy metal main pollution source of rice field profile soil	中	出願中	3

注：本文脚注3の検索条件に、本文脚注5の絞り込み条件を加えた検索結果によって得られた特許を対象としている

出所：PatentSightのデータから三井物産戦略研究所作成

3-4. 論文分析と特許分析から見える鉱山開発とSDGs関連技術の今後の展望

ここまで見てきて、鉱山に関連するキーワードを含み、SDGsと関連する論文と特許が共に増加傾向であること、それらの国籍別の分析により、論文は先進国ではない鉱物資源の産出国からの発行も目立ち、多くの国でSDGsに関連する課題意識が高まっていることが分かった。しかし、特許は先進国からの出願の割合が非常に大きく、鉱物資源産出国における特許数がかなり限定的であることは、先進国を含む鉱山開発当事者と鉱物資源の産出国における意識の違いを示している。今後、鉱山開発の当事者のSDGsへの高レベルでの対応が求められるのはもちろんのこと、資源産出国においても特許制度などの周辺環境整備が求められるだろう。

また、SDGsゴール別に行った分析と、その後にさらに実施した論文分析から、さまざまな国でリスクや汚染、評価や指標などに対する関心の高まりが見られ、それに対応した技術は、今後多くの鉱山で必要とされることが考えられる。しかし、その実用化に向けた動きとしては、汚染土壌の採取とその分析や、重金属などの汚染物質の分別などの特許出願が見られるものの、まだ一部の国や地域に限られている。例えば、本稿の特許分析から

鉱山開発においてICTを活用した作業や資源の効率化に関する技術開発が活発になっていることが分かったが、鉱山周辺の汚染状況の調査や分析においてもICTとの融合によるさらなる効率化や発展が期待される。

4. まとめ

論文と特許は、知見を共有することで技術進展を促すという目的や膨大で貴重な技術情報であるという意味で共通している。そして、それらを検索する技術情報データベース（DB）は高機能化しており、膨大な技術情報と、SDGsとの関連性のひも付けを効率的に行うことも可能となった。論文と特許のそれぞれの特徴や違いを理解し、技術情報DBの機能も活用しながら分析をすることで、論文ではさまざまな技術領域の最新の課題やニーズの、特許ではそれらに対応した実用化の動きなどの把握が可能となる。

本稿で一例として取り上げた鉱山開発におけるSDGsというテーマでは、論文と特許の国籍別の分析により、鉱物資源の産出国や先進国などの鉱山開発当事者といったさまざまな国や立場による関心の高まりとそれらに対応する技術の実用化に向けた動きを確認でき、そこから見えてきた課題についての考察を得られた。

論文と特許のSDGsゴール別、技術別の分析では、まずは論文の分析により、特許分析だけでは読み取ることが難しかった潜在的ニーズを把握できた。また、その潜在的ニーズに対応する技術を理解した上でさらに特許を分析することで、その技術の実用化への動きを確認でき、そこから今後求められる技術などの考察も得られた。

本稿で取り上げたテーマのように、取り組みがまだあまり進展していない領域では、論文と特許の両方を分析することで、新しいニーズ探索とそれに対応する技術開発の状況が把握できる可能性がある。また、今後はさまざまな事業領域で高いレベルでのSDGsへの取り組みが求められることも考えられる。例えば、今後も世界で消費量が大幅に伸びると考えられているプラスチックで今回と同様の分析をすることも考えられるだろう。世界ではリサイクルされていないプラスチック廃棄物がいまだ多くを占める。また、新興国の経済発展や人口増加によって世界のプラスチック消費量が今後も大きく増えることが想定される⁶ことから、これから世界中でプラスチックに関連するSDGsの取り組みが、より重要視されると考えられる。プラスチック製品はさまざまな事業領域の企業活動のなかで利用される場面も多いため、プラスチックのSDGsをテーマとして今回と同様の分析を行い、その潜在的ニーズや技術の実用化に向けた動きを把握することは多くの企業にとって重要だろう。科学技術分野における重要な情報源である論文情報と特許情報の分析の取り組みのさらなる拡大、それらの結果としてさまざまな領域でのSDGsへの取り組みのさらなる拡大への貢献に期待したい。

⁶ Global Plastics Outlook: Policy Scenarios to 2060, OECD

当レポートに掲載されているあらゆる内容は無断転載・複製を禁じます。当レポートは信頼できると思われる情報ソースから入手した情報・データに基づき作成していますが、当社はその正確性、完全性、信頼性等を保証するものではありません。当レポートは執筆者の見解に基づき作成されたものであり、当社及び三井物産グループの統一した見解を示すものではありません。また、当レポートのご利用により、直接的あるいは間接的な不利益・損害が発生したとしても、当社及び三井物産グループは一切責任を負いません。レポートに掲載された内容は予告なしに変更することがあります。