

### 3.1.N4 社会インフラ・モビリティ応用

#### 3.1.N4.1 金属系構造材料

##### 領域の定義

構造用金属材料に関して、高強度、高靱性、軽量化（高比強度、高比剛性）、耐環境性（耐熱性、耐食性、耐脆化性など）、易加工性、高耐久性（高疲労強度、耐摩耗性など）、環境調和性（リサイクル性、有害物質フリー）などの材料特性の向上、および高品質、低コスト、高生産速度など製造技術の向上をめざす研究開発領域である。

金属組織設計やその具現化を行うプロセス研究、素材や部品の特性を精緻に定量化する評価研究、金属組織と特性の関係を原理的に解明する解析研究などが主なアプローチである。

##### ポイント

- ・ 領域全体および各国の論文数は増加している。2018年ごろまでは、欧州・米国・中国がほぼ同数で領域をリードしていたが、2019年以降米国の伸びが鈍化、一方中国の伸びが大きい。日本の論文数は他の調査対象国よりも相対的に少なく、論文数変化率も低い（図3.1-N4.1-1、図3.1-N4.1-2 b)）。
- ・ 日本のTop1%論文数、Top10%論文数及び相対被引用度（CNCI）は、他の調査対象国と比較して低い水準にある（図3.1-N4.1-2 c)、 d)、 e)）。
- ・ 論文の企業共著率において日本は9.2%と高く、フランス・韓国に次いで3位である。（図3.1-N4.1-2 f)）
- ・ 日本で論文数1位の研究機関は東北大学である（世界では22位）（図3.1-N4.1-3 b)）。
- ・ 日本の特許ファミリー件数およびPatent Asset Indexのシェアは、2014年までは2位であったが、2015年以降は急激な低下傾向にある。ただし、2022年においても中国、米国に次いで3位である（図3.1-N4.1-4 b)、 d)）。

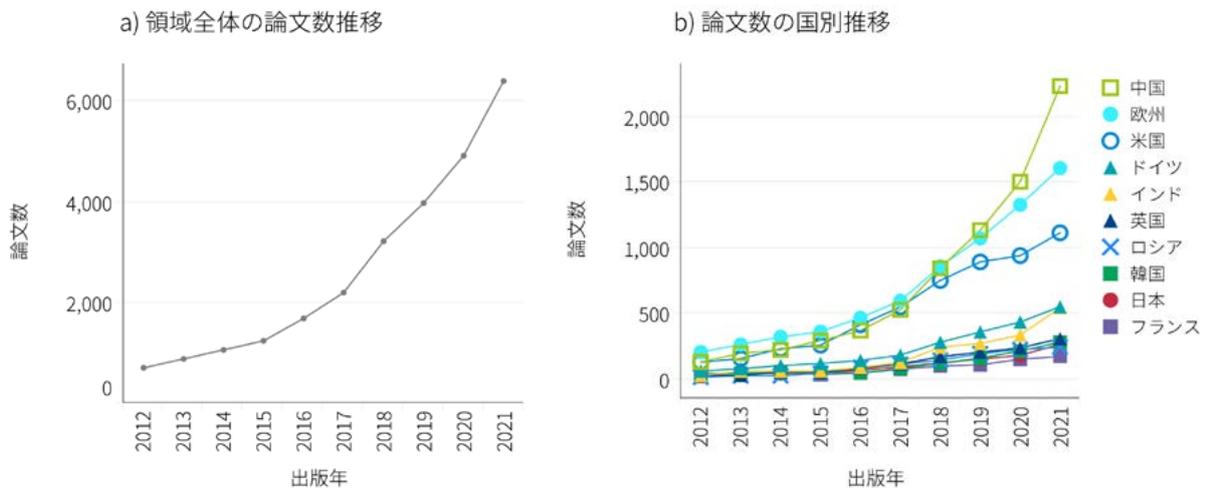


図3.1-N4.1-1 金属系構造材料領域における論文数の動向①

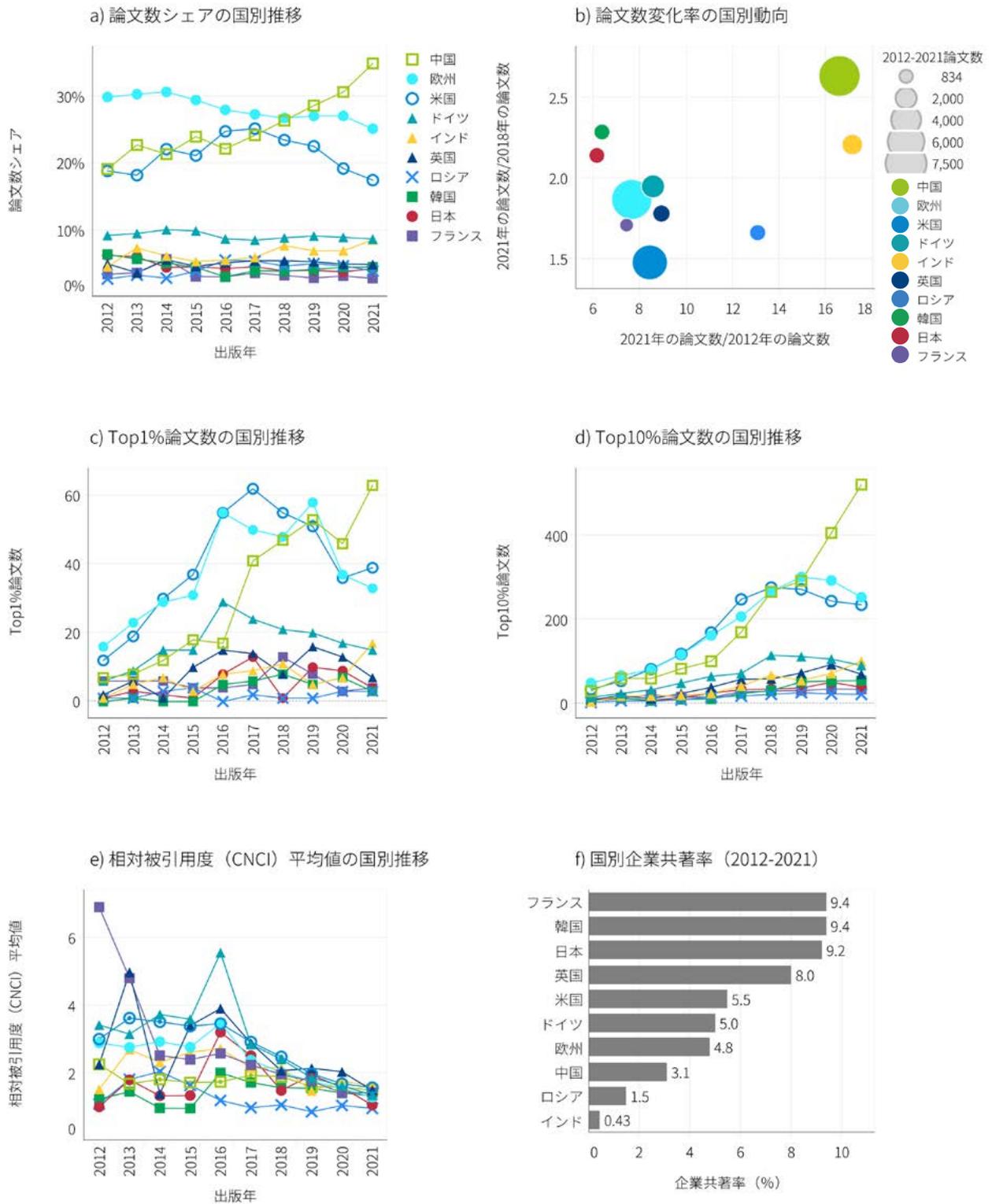


図3.1-N4.1-2 金属系構造材料領域における論文数の動向②

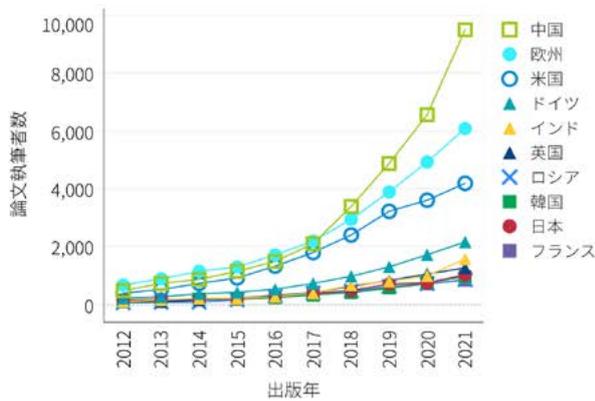
a) 各国間の共著率 (2012-2021)

(%)	中国	米国	ドイツ	インド	英国	韓国	日本	オーストラリア	フランス	カナダ	論文数 (件)
中国	\	10	2.9	0.63	3.6	0.8	2.4	3.9	1.2	0.92	7,621
米国	14	\	3.7	2	2.2	2.5	2.2	1.7	1.6	1.7	5,486
ドイツ	9.5	8.6	\	2	4.5	2.6	2.8	1.7	3.7	0.85	2,361
インド	2.6	6	2.6	\	2.3	2.3	1.6	2.2	0.48	0.7	1,863
英国	21	9	8	3.2	\	1.7	1.9	2.5	3.9	1.7	1,326
韓国	5.4	12	5.4	3.8	2	\	4.5	2	0.97	1.4	1,134
日本	17	11	5.9	2.6	2.3	4.6	\	1.3	2.6	0.9	1,110
オーストラリア	34	11	4.7	4.6	3.8	2.7	1.6	\	3.5	1.7	868
フランス	11	11	11	1.1	6.2	1.3	3.5	3.6	\	2.2	834
カナダ	10	14	3	1.9	3.3	2.4	1.5	2.2	2.7	\	673

b) 論文数上位機関 (世界上位10機関+日本1位機関、2012-2021)

研究機関	国	ランク	論文数	Top1%論文数	Top10%論文数
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	フランス	1	513	36	142
Oak Ridge National Laboratory	米国	2	453	61	188
University of Science & Technology Beijing	中国	2	453	34	156
University of Tennessee Knoxville	米国	4	434	80	221
Helmholtz Association	ドイツ	5	403	28	127
Northeastern University - China	中国	6	362	12	79
Northwestern Polytechnical University	中国	7	354	16	118
Harbin Institute of Technology	中国	8	330	12	112
Max Planck Society	ドイツ	9	329	53	168
Central South University	中国	10	318	25	122
Tohoku University	日本	22	213	17	54

c) 論文執筆者数の国別推移



d) h5-index上位100位内研究者数 (2017-2021)

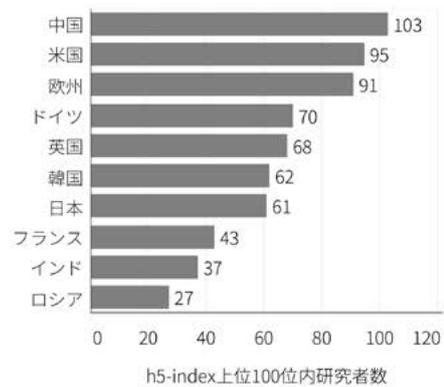


図 3.1-N4.1-3 金属系構造材料領域における論文数の動向③

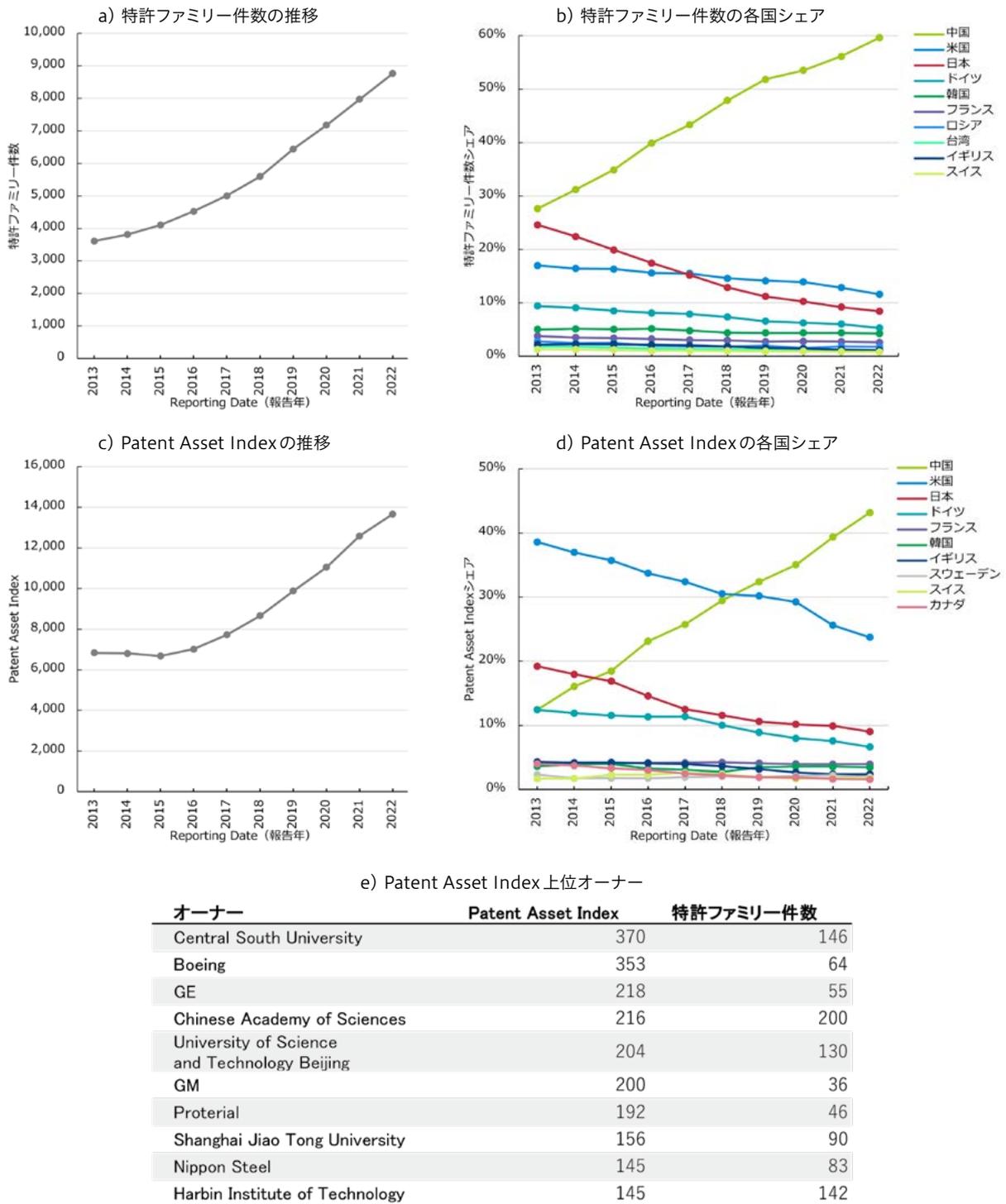


図 3.1-N4.1-4 金属系構造材料領域における特許数の動向

### 3.1.N4.2 複合材料

#### 領域の定義

金属やプラスチック、セラミックスなど2種類以上の材料を組み合わせることによって、個々の材料では持ちえない機能・性能を有する構造材料の創出をめざす研究開発領域である。特に、繊維状の強化材とマトリックス材を複合化した材料は、均質材料では達成できない高比強度（引張強さ/比重）や高比剛性（剛性/比重）、高耐熱性などの特性を発揮可能であり、代表的な材料には炭素繊維強化プラスチック（CFRP）、セラミックス基複合材料（CMC）、セルロースナノファイバー複合材料などがある。

#### ポイント

- ・ 領域全体の論文数推移は増加傾向である（図3.1-N4.2-1 a））。
- ・ 論文数の国別推移に関しては、中国の増加が顕著である。中国に次ぎ、欧州、米国、インドに関しても論文数の増加傾向が続いているが、欧州・米国は中国の勢いに押され論文数シェアは減少傾向である一方、インドは論文数シェアも増加傾向にある。日本の論文数、論文数シェアともインドに次ぐ5位を保ってはいるが、中国の勢いに大きく離されている。（図3.1-N4.2-1 b）、図3.1-N4.2-2 a）
- ・ Top1%論文数・Top10%論文数においても中国の伸びは顕著である一方、日本は他の調査対象国に比べて停滞傾向にある（図3.1-N4.2-2 c）、d））。
- ・ 国別企業共著率では、フランスが1位で日本、ドイツ、英国、米国と続く（図3.1-N4.2-2 f））。
- ・ 特許ファミリー件数の各国シェアに関しては、2022年において中国に次ぎ日本は2位である。Patent Asset Index上位オーナーには、日本企業ではTray（4位）、Toyota Motor（10位）が入っている。（図3.1-N4.2-4 b）、e））

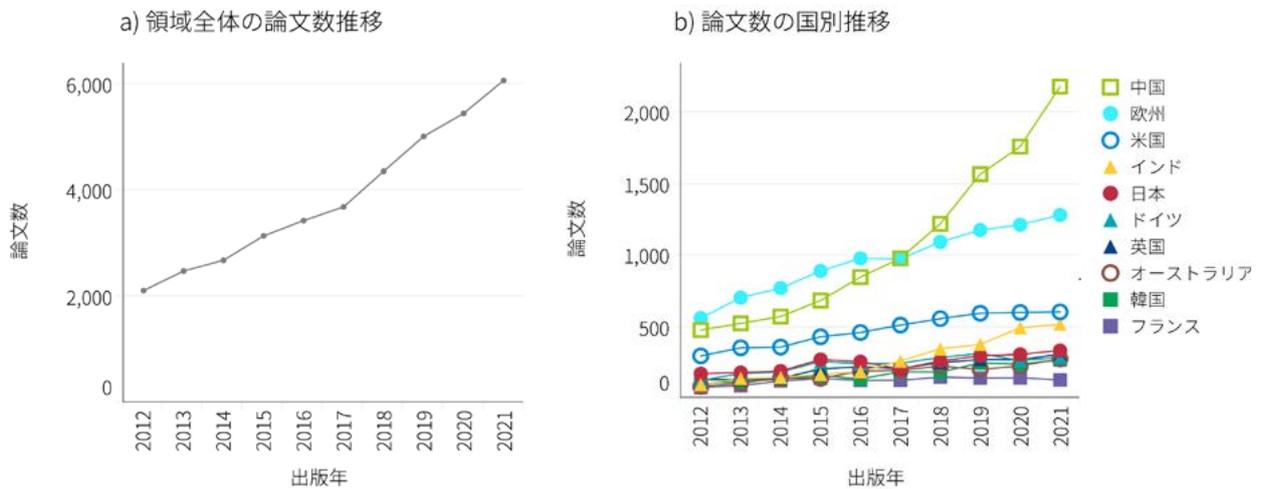
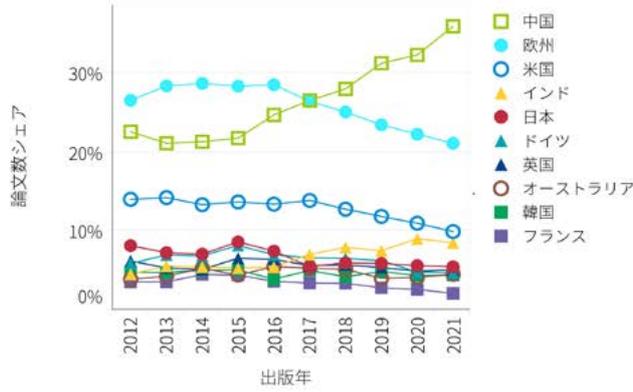
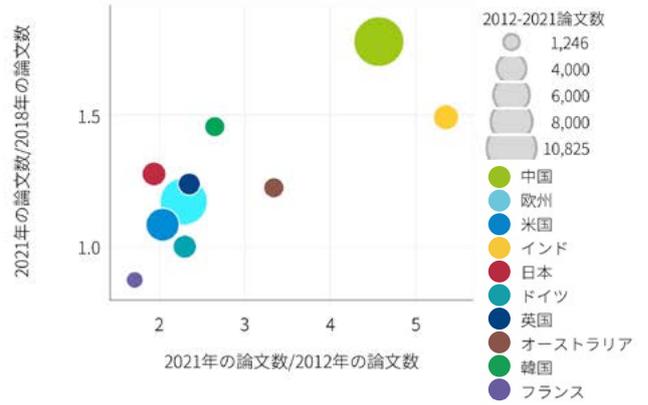


図3.1-N4.2-1 複合材料領域における論文数の動向①

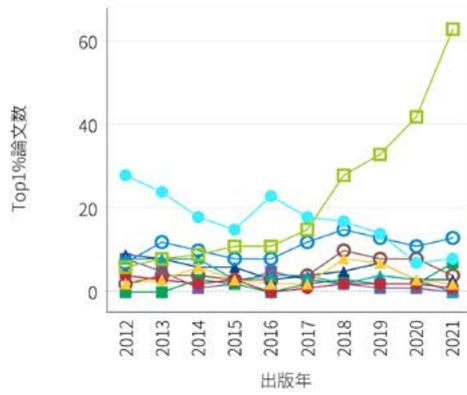
a) 論文数シェアの国別推移



b) 論文数変化率の国別動向



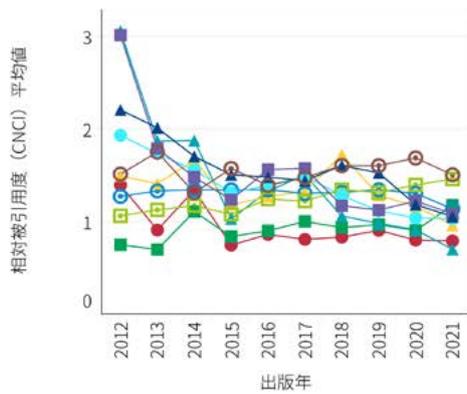
c) Top1%論文数の国別推移



d) Top10%論文数の国別推移



e) 相対被引用度 (CNCI) 平均値の国別推移



f) 国別企業共著率 (2012-2021)

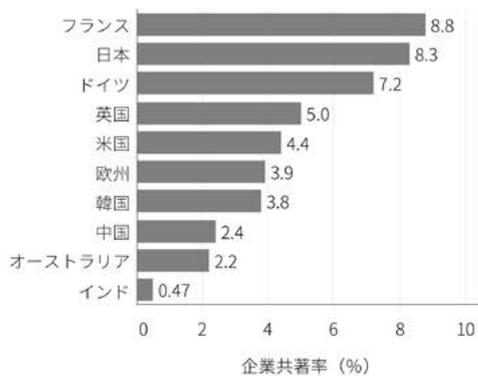


図3.1-N4.2-2 複合材料領域における論文数の動向②

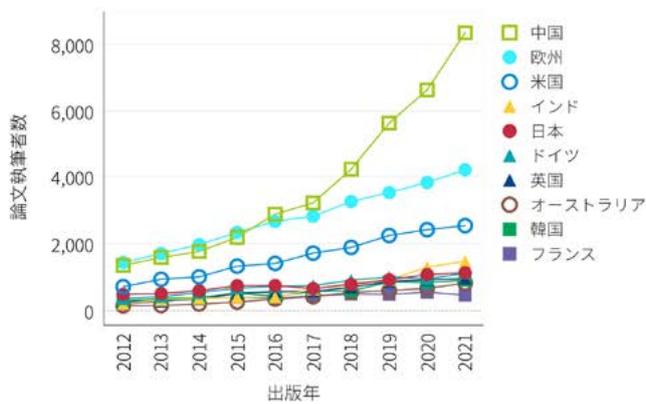
a) 各国間の共著率 (2012-2021)

(%)	中国	米国	インド	日本	ドイツ	英国	オーストラリア	韓国	カナダ	フランス	論文数 (件)
中国	\	7.8	0.25	2.2	1	3.6	4.8	0.79	1.5	0.7	11,009
米国	18	\	1.5	2.5	1.7	2.9	1.9	3.8	3.1	1.3	4,775
インド	1	2.7	\	1.2	0.91	2.2	1	1.4	0.91	1.4	2,738
日本	9.8	4.7	1.4	\	1.1	1.4	1	2.1	0.44	0.72	2,482
ドイツ	4.8	3.3	1.1	1.1	\	4.1	1.1	0.63	1.1	3.1	2,381
英国	19	6.5	2.9	1.6	4.6	\	4.4	0.42	1.5	2.6	2,143
オーストラリア	29	5	1.6	1.4	1.4	5.2	\	0.95	1.9	1.2	1,793
韓国	4.9	10	2.1	2.9	0.84	0.51	0.95	\	0.28	0.39	1,780
カナダ	12	10	1.8	0.78	1.9	2.3	2.4	0.35	\	3.4	1,420
フランス	6.2	5.1	3.1	1.4	5.9	4.5	1.7	0.56	3.9	\	1,247

b) 論文数上位機関 (世界上位10機関+日本1位機関、2012-2021)

研究機関	国	ランク	論文数	Top1%論文数	Top10%論文数
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	フランス	1	619	7	141
Nanjing University of Aeronautics & Astronautics	中国	2	501	1	33
Harbin Institute of Technology	中国	3	498	7	85
Northwestern Polytechnical University	中国	4	474	4	71
Helmholtz Association	ドイツ	5	420	3	49
Southeast University - China	中国	6	411	5	62
Nanjing Forestry University	中国	7	335	22	125
University of Tokyo	日本	8	327	2	45
South China University of Technology	中国	9	315	8	75
Tongji University	中国	10	301	4	45

c) 論文執筆者数の国別推移



d) h5-index上位100位内研究者数 (2017-2021)

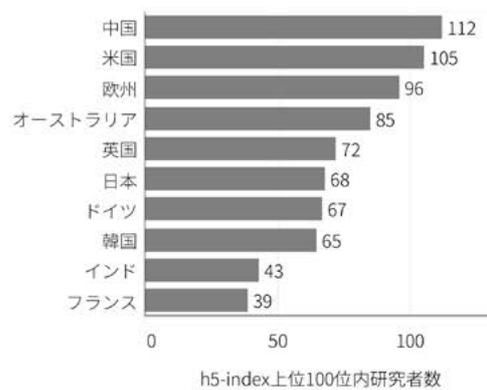


図3.1-N4.2-3 複合材料領域における論文数の動向③

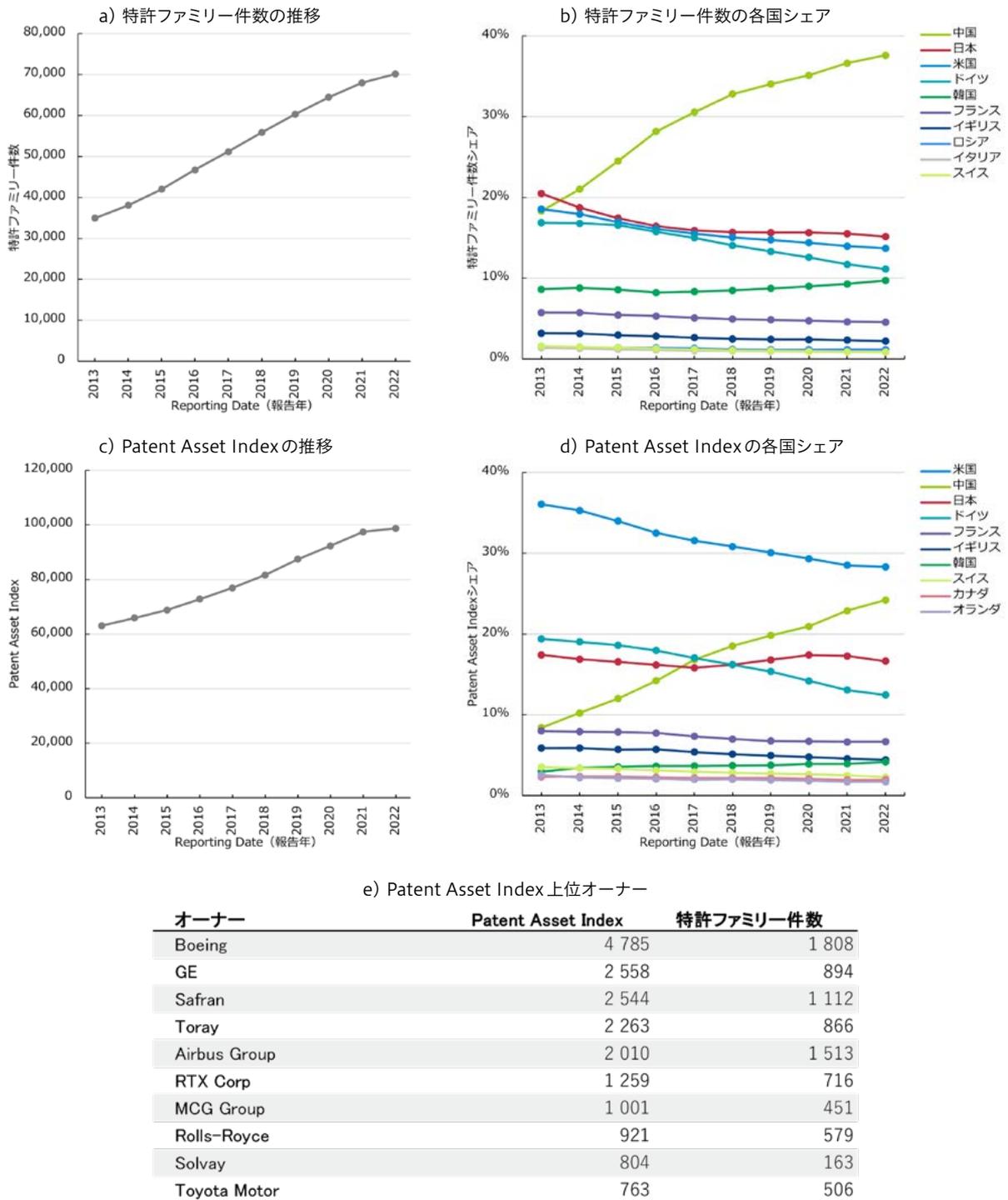


図3.1-N4.2-4 複合材料領域における特許数の動向

### 3.1.N4.3 ナノ力学制御技術

#### 領域の定義

ナノ力学制御技術とは、材料の力学特性発現機構をナノスケールまで立ち戻って理解し制御することを目的とした研究開発領域である。材料が本来持つ力学機能を最大限まで引き出し、これまで実現できなかった高性能・高機能・高耐久な材料の開発および新しい材料設計技術を構築するために重要な技術である。本領域では、マクロな材料力学特性に関して社会的要請が強い応用技術領域を代表するものとして、「接着」「摩擦・摩耗」「自己修復」の3つを主に取り上げる。

#### ポイント

- ・ 領域全体の論文数は増加しているが、中国以外はほぼ横ばいである。論文数変化率は、日本は米国と並んで低い一方、中国およびインドが群を抜いて高い。(図3.1-N4.3-1、図3.1-N4.3-2 b))
- ・ Top1%論文数・Top10%論文数では中国、米国が上位であり、日本はその他の国々と同等の水準にある(図3.1-N4.3-2 c)、d))。
- ・ 相対被引用度(CNCI)は、値の変動が激しく、毎年調査対象各国の順位も大幅に変動している。(図3.1-N4.3-2e))
- ・ 日本の企業共著率は6.8%と調査対象国中で2位である(図3.1-N4.3-2 f))。
- ・ 日本で論文数1位の研究機関は東京大学である(世界では32位)(図3.1-N4.3-3 b))。
- ・ 特許ファミリー件数およびPatent Asset Indexは年々増加している。中国の急増に伴い、各国のシェアは低下傾向にある。Patent Asset Indexにおいて、中国が2019年に1位になっているが、それ以外の順位は米国-ドイツ-日本と大きな変化はない。(図3.1-N4.3-4 b)、d))

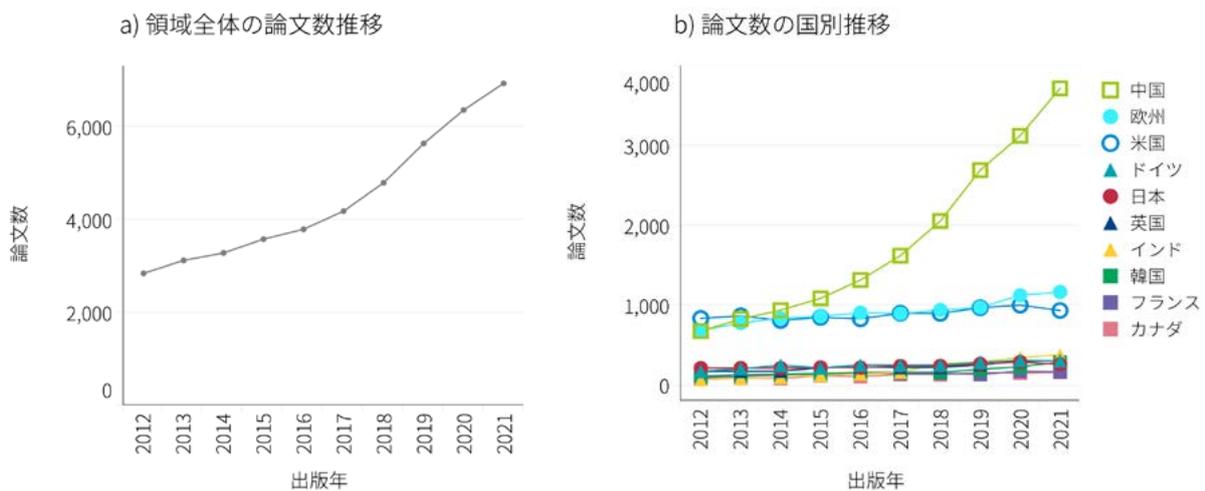


図3.1-N4.3-1 ナノ力学制御技術領域における論文数の動向①

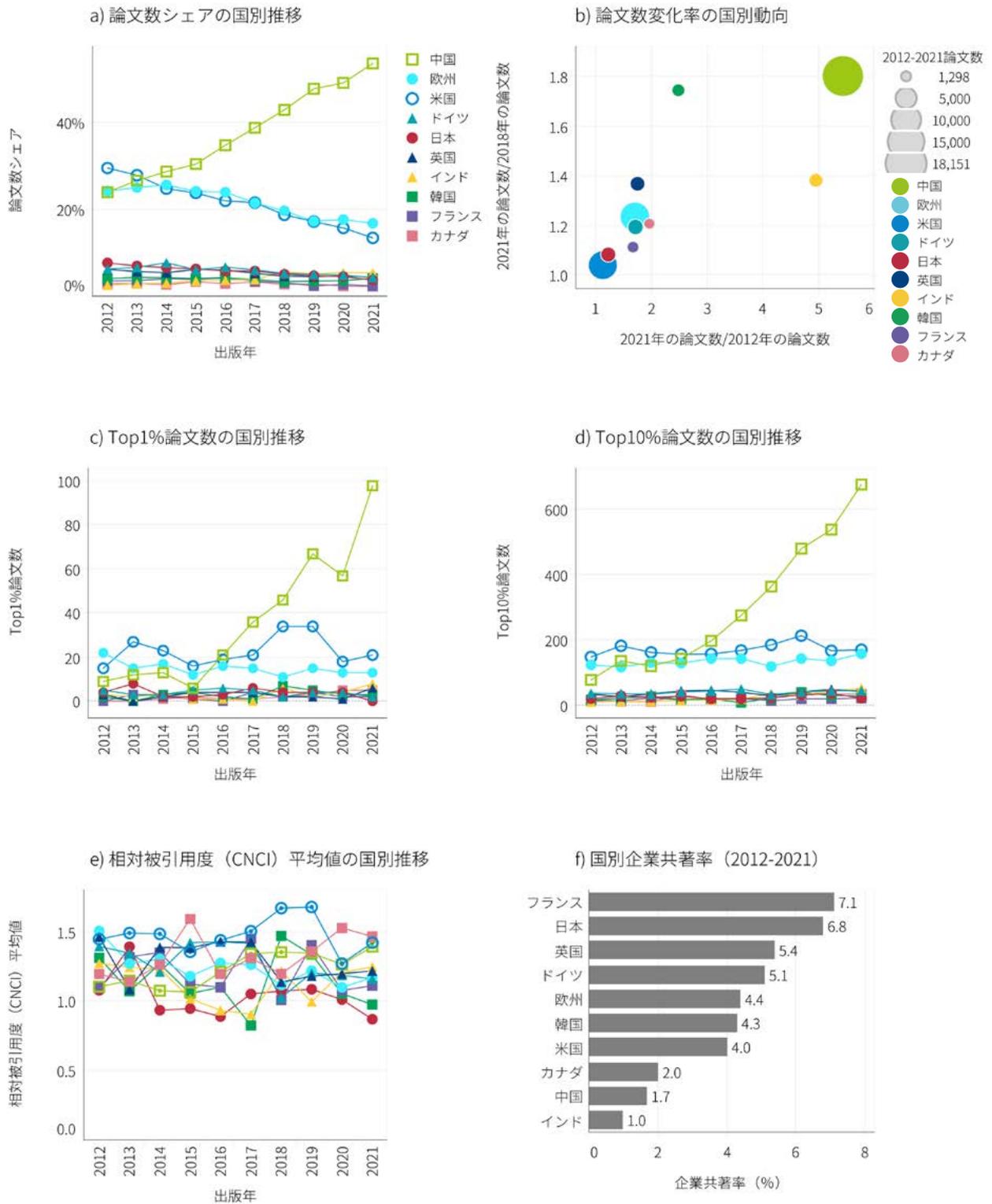


図 3.1-N4.3-2 ナノ工学制御技術領域における論文数の動向②

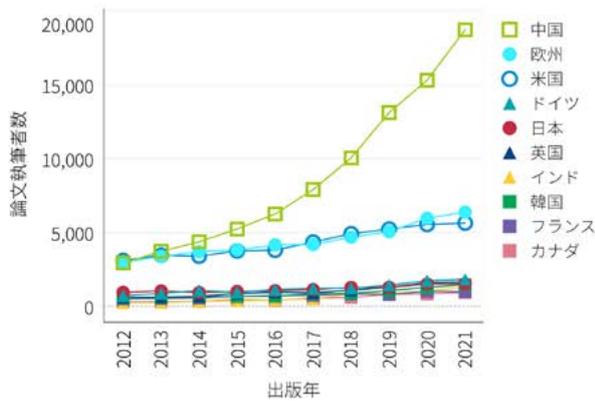
a) 各国間の共著率 (2012-2021)

(%)	中国	米国	ドイツ	日本	英国	インド	韓国	フランス	カナダ	オーストラリア	論文数 (件)
中国	\	8.8	1.4	1.2	1.9	0.19	0.61	0.48	1.2	1.8	18,317
米国	18	\	4.2	2.7	3.4	1.3	3.5	2.4	2.6	1.6	8,989
ドイツ	9.7	14	\	2.2	7.2	1.7	1.1	4.7	2	2.4	2,589
日本	9	9.7	2.3	\	2.9	0.69	2.4	2.4	0.97	1.3	2,470
英国	15	13	7.9	3.1	\	2.3	0.38	4.8	2.6	3.3	2,356
インド	1.7	5.9	2.1	0.83	2.6	\	2.5	1.1	0.63	1.8	2,050
韓国	6.1	17	1.6	3.3	0.5	2.8	\	0.61	1.7	0.72	1,810
フランス	5.9	15	8.1	4	7.7	1.6	0.74	\	4.4	1.3	1,487
カナダ	17	18	4	1.9	4.8	1	2.3	5	\	1.1	1,299
オーストラリア	29	13	5.5	2.8	6.8	3.2	1.2	1.8	1.2	\	1,126

b) 論文数上位機関 (世界上位10機関+日本1位機関、2012-2021)

研究機関	国	ランク	論文数	Top1%論文数	Top10%論文数
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	フランス	1	913	14	120
University of Chinese Academy of Sciences, CAS	中国	2	734	11	154
Tsinghua University	中国	3	690	12	141
Shanghai Jiao Tong University	中国	4	634	16	112
Sichuan University	中国	5	559	20	143
Xi'an Jiaotong University	中国	6	486	20	82
Lanzhou Institute of Chemical Physics, CAS	中国	7	471	4	72
South China University of Technology	中国	8	458	16	142
Zhejiang University	中国	9	434	12	99
Harbin Institute of Technology	中国	10	429	6	63
University of Tokyo	日本	32	231	9	40

c) 論文執筆者数の国別推移



d) h5-index上位100位内研究者数 (2017-2021)

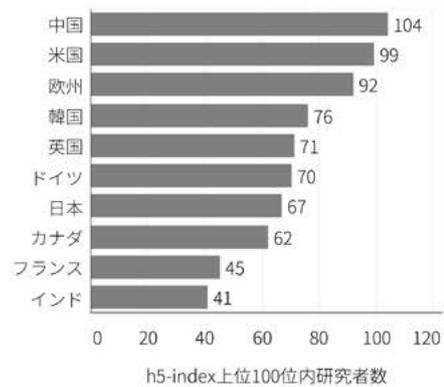


図3.1-N4.3-3 ナノ力学制御技術領域における論文数の動向③

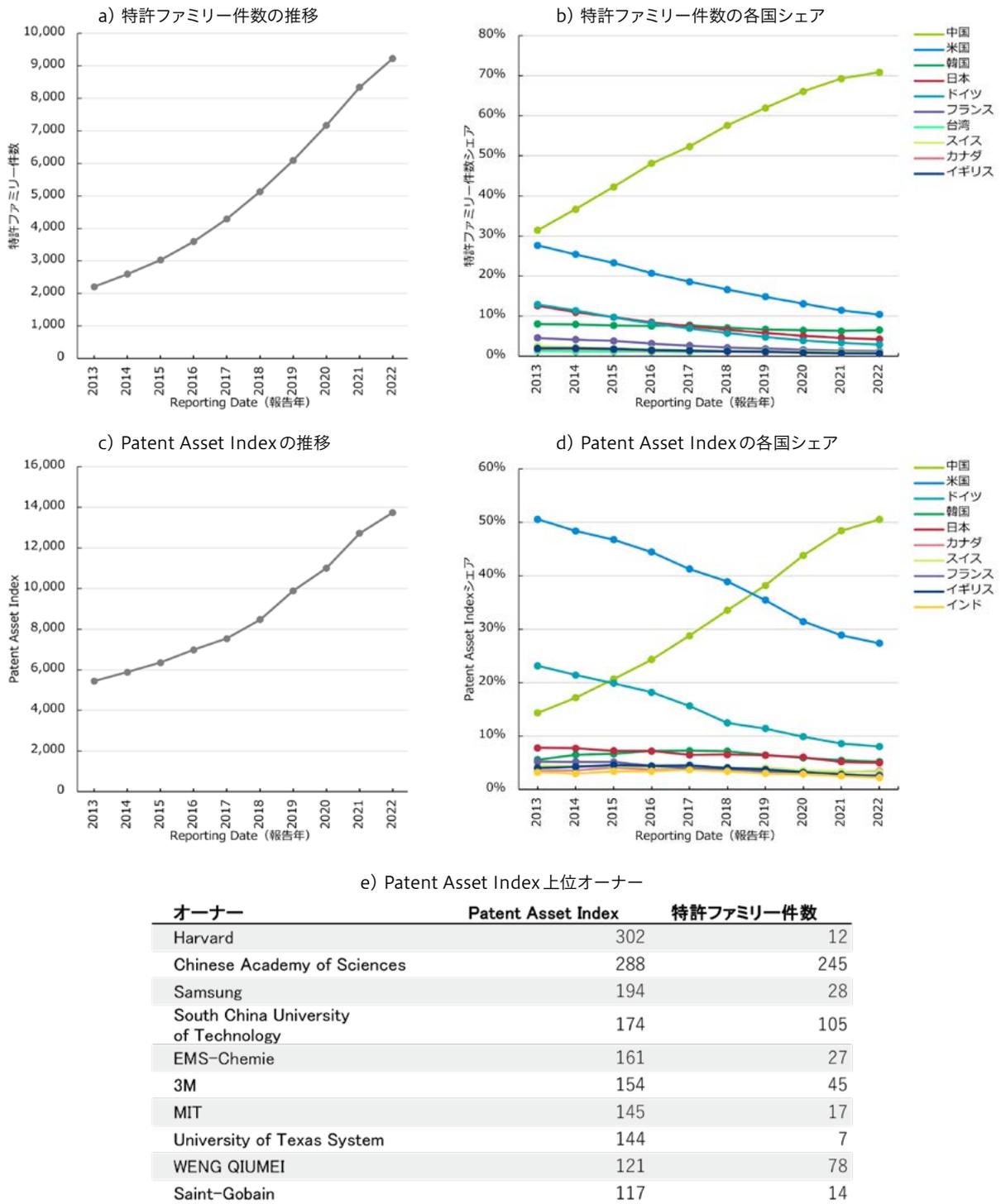


図3.1-N4.3-4 ナノ力学制御技術領域における特許数の動向

### 3.1.N4.4 パワー半導体材料・デバイス

#### 領域の定義

高効率の電力変換を可能にする電力制御用半導体素子（パワーデバイス）を、その応用技術とともに研究開発する領域である。現在主流のSiパワーデバイスの性能向上に加え、SiC、GaN、Ga2O3、ダイヤモンドなどワイドギャップ半導体の結晶品質向上、ウェハの大口径化、物性制御、デバイス構造、作製プロセスなど、材料・デバイス技術に関する研究開発課題がある。さらに、受動部品や制御技術、実装技術、応用技術など、システム化に関する研究開発課題もある。

#### ポイント

- ・ 領域全体の論文数は2018年頃まで5年で2倍のペースで増加していたが、その後は飽和傾向にある。2018年にトップになった中国、米国、欧州、日本も最近4年間の論文数はほぼ一定である。(図3.1-N4.4-1)
- ・ 中国の論文数が大幅に増加したことで日米欧の論文数シェアは減少しており、近年中国と欧米の論文数シェアは同程度になっている(図3.1-N4.4-2 a)。
- ・ 中国のTop1%論文数・Top10%論文数は年々増加し、欧州を抜いてトップの米国に近づいている(図3.1-N4.4-2 c)、d)。
- ・ 論文の企業共著率は欧州(スイス、ドイツ、フランス)、日本が多い(図3.1-N4.4-2 f)。
- ・ 多くの国で共著率のトップは米国だが、中国との共著率が多い国(英国、カナダ、オーストラリア)もある(図3.1-N4.4-3 a)。
- ・ 論文執筆者数は各国とも年々増加しているが、中国の増加割合が大きく、2016年頃からトップになっており、h5-index上位100位の研究者数も欧米と同程度になっている(図3.1-N4.4-3 c)、d)。
- ・ 領域全体の特許ファミリー件数は単調に増加している。日本のシェアが急速に低下して2021年に中国に逆転されたが、Patent Asset Indexではまだトップを保持している。(図3.1-N4.4-4 b)、d)。
- ・ Patent Assent Indexトップ3のオーナーは欧州(infineon:パワー半導体)、日本(三菱電機:パワー半導体)、韓国(サムソン:半導体)の企業であり、シリコンパワー半導体のトップメーカーが占めている(図3.1-N4.4-4 e)。

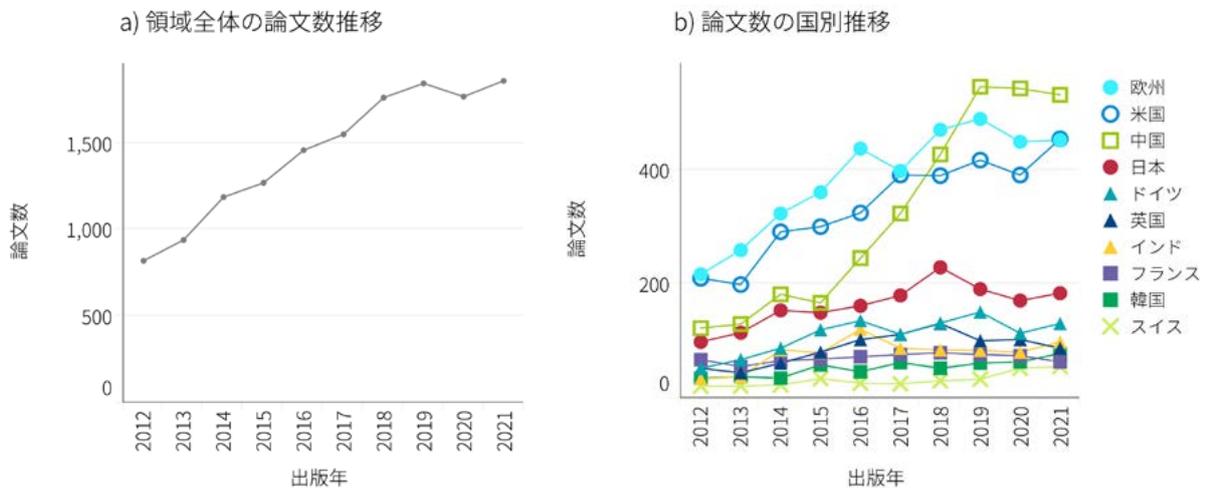


図3.1-N4.4-1 パワー半導体材料・デバイス領域における論文数の動向①

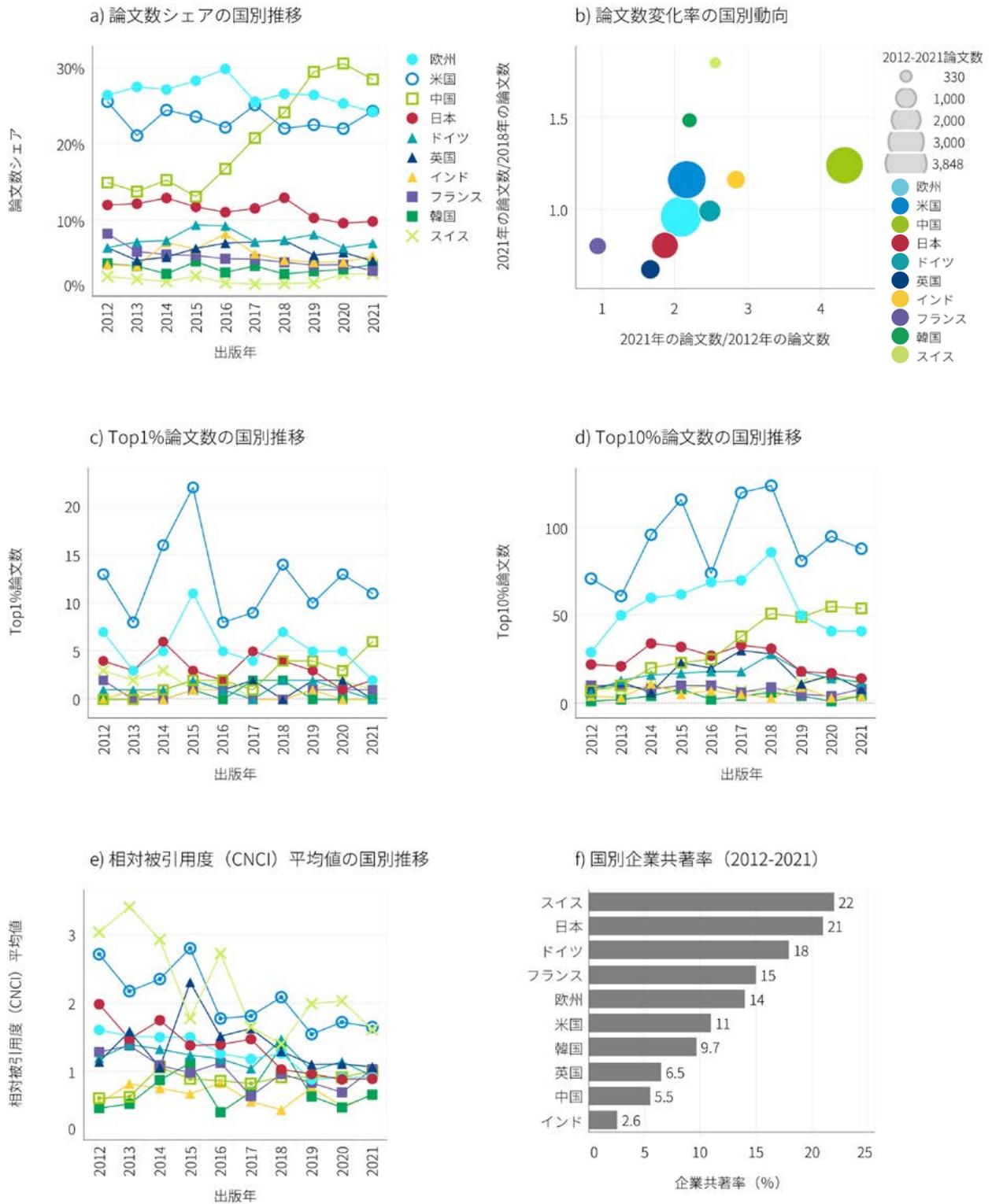


図 3.1-N4.4-2 パワー半導体材料・デバイス領域における論文数の動向②

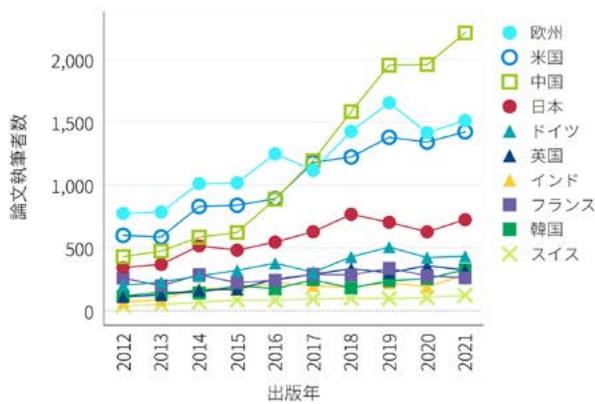
a) 各国間の共著率 (2012-2021)

(%)	米国	中国	日本	ドイツ	英国	インド	フランス	韓国	カナダ	オーストラリア	論文数 (件)
米国	\	8.1	3.6	2.1	2.2	1.7	1.3	1.6	1.2	0.27	3,362
中国	8.3	\	1.9	0.61	4.8	0.28	0.82	0.58	1.5	0.76	3,274
日本	7.3	3.7	\	2.3	1.7	0.49	1.4	1.1	0.43	0.31	1,635
ドイツ	6.5	1.8	3.4	\	3.5	0.27	2.8	0.27	0.27	0.72	1,105
英国	8.5	18	3.2	4.4	\	2.4	3.6	1	0.91	0.46	879
インド	7	1.1	1	0.38	2.6	\	0.75	0.75	0.12	1	797
フランス	6	3.8	3.1	4.4	4.5	0.85	\	0.99	0.85	0.43	705
韓国	9.9	3.5	3.4	0.56	1.7	1.1	1.3	\	0.56	0	537
カナダ	14	18	2.6	1.1	3	0.37	2.2	1.1	\	0.37	271
オーストラリア	7.8	22	4.3	6.9	3.5	6.9	2.6	0	0.86	\	116

b) 論文数上位機関 (世界上位10機関+日本1位機関、2012-2021)

研究機関	国	ランク	論文数	Top1%論文数	Top10%論文数
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	フランス	1	417	5	45
University of Electronic Science & Technology of China	中国	2	276	0	19
North Carolina State University	米国	3	260	19	101
Virginia Polytechnic Institute & State University	米国	4	244	13	103
Infineon Technologies	ドイツ	5	225	3	38
United States Department of Defense	米国	6	203	11	48
Zhejiang University	中国	7	195	0	42
ABB	スイス	8	174	5	43
University of Nottingham	英国	9	160	2	36
National Institute of Advanced Industrial Science & Technology (AIST)	日本	10	153	4	22

c) 論文執筆者数の国別推移



d) h5-index上位100位内研究者数 (2017-2021)

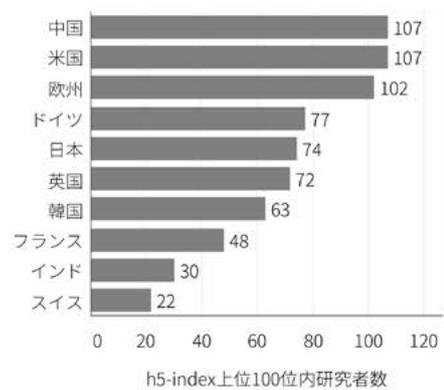


図3.1-N4.4-3 パワー半導体材料・デバイス領域における論文数の動向③

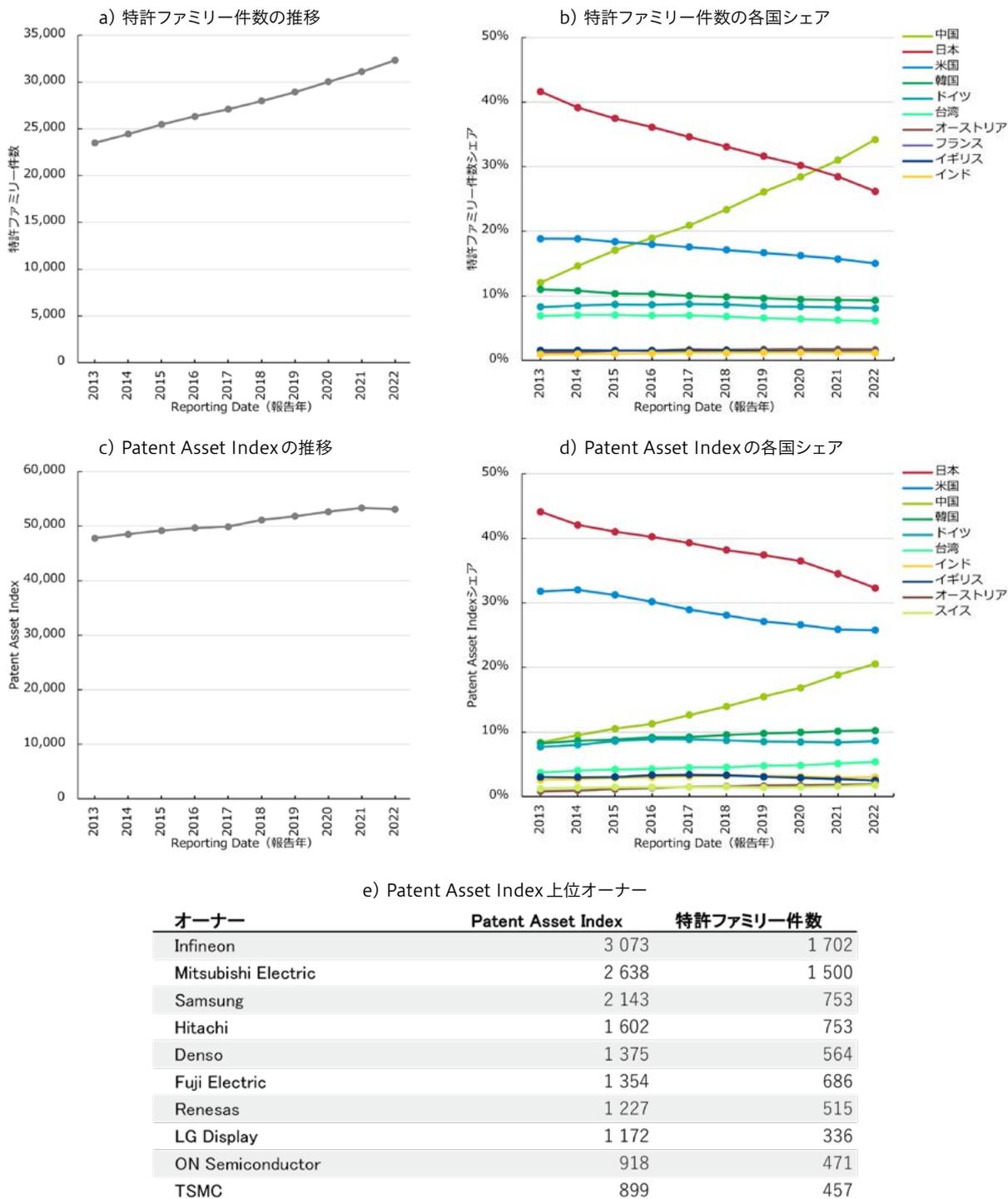


図 3.1-N4.4-4 パワー半導体材料・デバイス領域における特許数の動向

### 3.1.N4.5 磁石・磁性材料

#### 領域の定義

材料物性としての磁性には様々な種類があるが、ここでは、モータや大電力用途などのパワーエレクトロニクスに関係の深い強磁性材料を取り上げる。強磁性材料には保磁力の高い永久磁石材料と、保磁力がゼロに近い軟磁性材料がある。

モータの高性能化の鍵を握る永久磁石用の強磁性材料には、高い保磁力および飽和磁束密度と、-50°Cから200°Cといった環境温度での動作安定性が求められるのに加え、資源制約にかからない元素からなることが望まれる。さらに、機械強度、電気抵抗といった機械的・電気的性能も重要な物性であり、特に後者はモータの高速回転時には界磁の時間変化により誘導される渦電流損および磁石の発熱の抑制に重要である。一方、インバータ用コイル、変圧器磁心、モータの磁路、電磁波シールドなどに用いられる軟磁性材料は、強磁性体（フェロ磁性体、フェリ磁性体）の中で、比較的簡単に磁極が消えたり反転したりする材料であり、保磁力（抗磁力）が低く高い透磁率を有し、高い飽和磁束密度と高周波での低い損失といった特性が望まれている。磁性材料の性質は組成だけでなく材料組織にも大きく影響されるため、ナノからメソに至るまでの材料構造制御技術や製造プロセス技術上の開発課題がある。

#### ポイント

- ・ 領域全体の論文数はこの10年で緩やかな増加傾向にある。国別では、中国、インドの増加が目立つ。（図3.1-N4.5-1 a）、図3.1-N4.5-2 a）、b）
- ・ 論文の企業共著率は日本が最も高い（図3.1-N4.5-2 f））。
- ・ 論文数上位機関5位以内に、日本から2機関（東北大学（3位）、東京大学（5位））が入っている（図3.1-N4.5-3 b））。
- ・ 領域全体の特許ファミリー件数は10年で2倍のペースで増加している（図3.1-N4.5-4 a））。
- ・ 特許ファミリー件数シェアは中国の増大が目立つ。日本は2019年に中国に首位を奪われた。一方 Patent Asset Index のシェアでは、2022年時点で日本は首位を維持している。（図3.1-N4.5-4 b）、d）
- ・ Patent Asset Index オーナー上位5機関のうち4機関が日本企業である（図3.1-N4.5-4 f））。

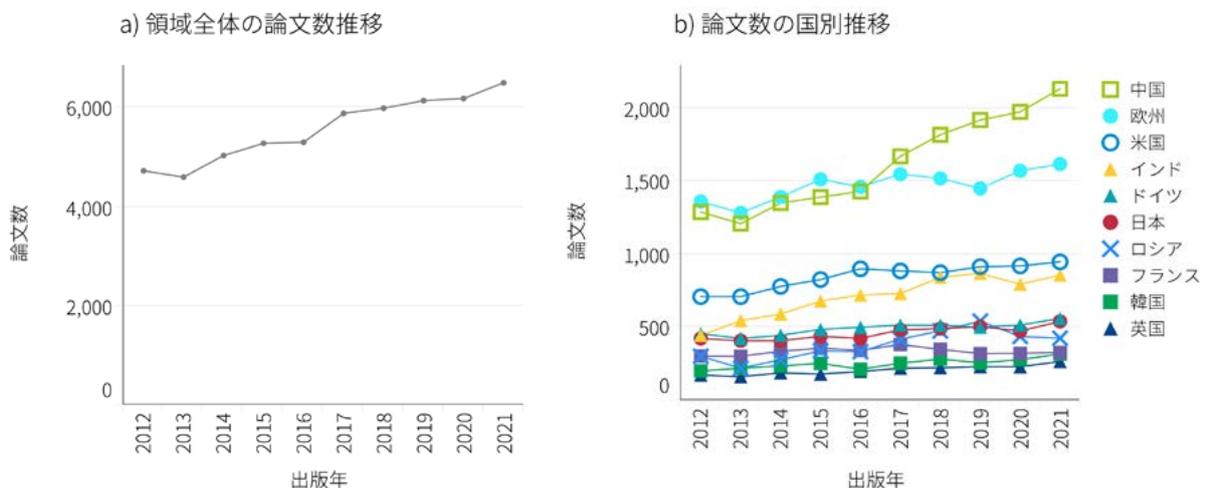


図3.1-N4.5-1 磁石・磁性材料領域における論文数の動向①

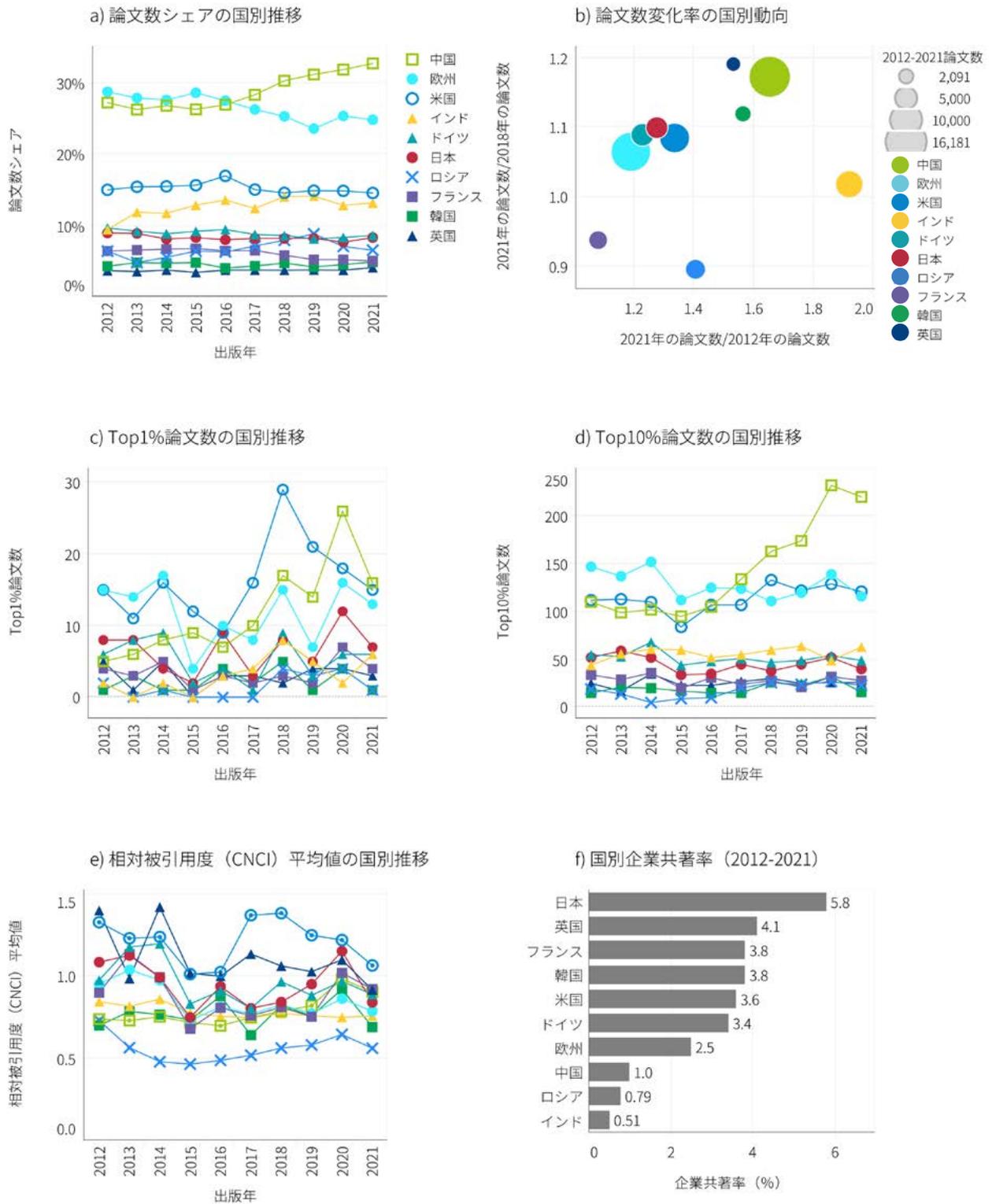


図3.1-N4.5-2 磁石・磁性材料領域における論文数の動向②

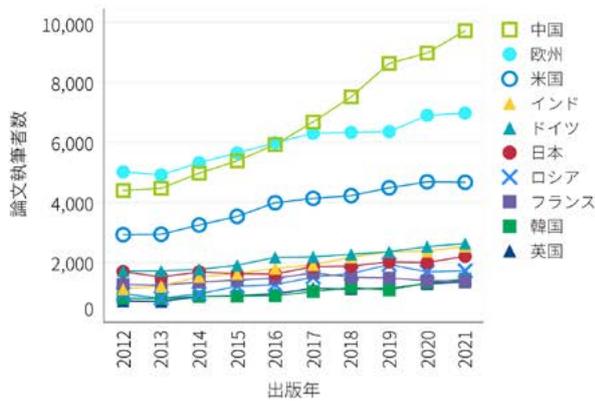
a) 各国間の共著率 (2012-2021)

(%)	中国	米国	インド	ドイツ	日本	フランス	韓国	英国	カナダ	オーストラリア	論文数 (件)
中国	\	10	0.87	2.7	3.1	1.5	1.2	1.9	1.1	2	16,302
米国	19	\	4.6	8.8	5	4.2	4.7	4.7	2.4	1.1	8,481
インド	2	5.5	\	3.9	3.1	2.4	3.6	2.3	0.41	0.83	7,088
ドイツ	8.9	15	5.6	\	6.2	11	2.2	7.1	1.7	1.5	4,935
日本	11	9.2	4.7	6.7	\	5.3	3	4.3	0.61	1.6	4,612
フランス	7.2	10	5	17	7.3	\	1.2	7.9	1.3	1.2	3,359
韓国	7.9	16	9.9	4.3	5.5	1.6	\	1.5	1.2	0.95	2,534
英国	15	19	7.8	17	9.6	13	1.8	\	1.8	2.8	2,091
カナダ	21	24	3.4	9.7	3.3	5.2	3.5	4.5	\	2	853
オーストラリア	40	12	7.2	9	9	5	2.9	7.1	2.1	\	819

b) 論文数上位機関 (世界上位10機関+日本1位機関、2012-2021)

研究機関	国	ランク	論文数	Top1%論文数	Top10%論文数
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	フランス	1	2,464	30	230
Helmholtz Association	ドイツ	2	1,323	12	130
Tohoku University	日本	3	972	10	104
Max Planck Society	ドイツ	4	904	20	128
University of Tokyo	日本	5	843	8	96
Universite Grenoble Alpes (UGA)	フランス	6	822	13	92
Consejo Superior de Investigaciones Cientificas (CSIC)	スペイン	7	744	7	75
Nanjing University	中国	8	739	5	80
Institute of Physics, CAS	中国	9	700	11	84
University of Science & Technology of China, CAS	中国	10	660	9	92

c) 論文執筆者数の国別推移



d) h5-index上位100位内研究者数 (2017-2021)

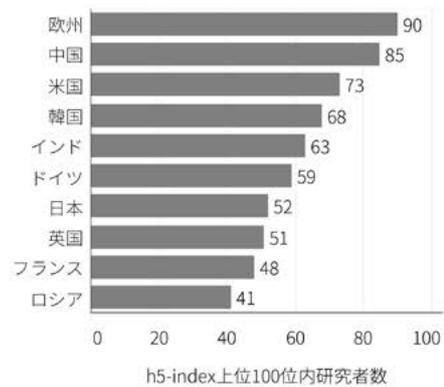


図 3.1-N4.5-3 磁石・磁性材料領域における論文数の動向③

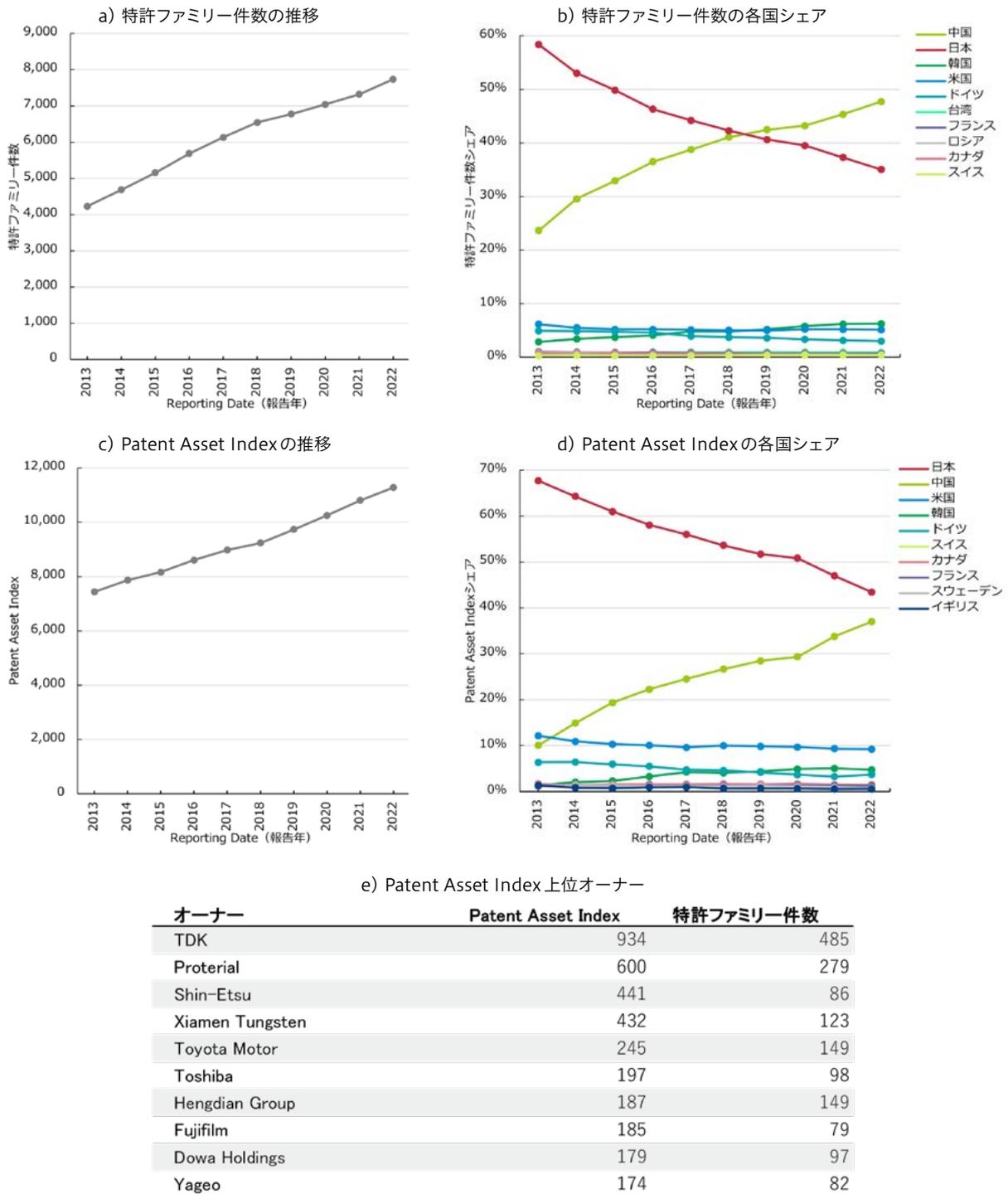


図 3.1-N4.5-4 磁石・磁性材料領域における特許数の動向