

3.1.E6 地球システム観測・予測

3.1.E6.1 気候変動観測

領域の定義

気候変動観測データの取得、生成、蓄積、処理、活用等を扱う。大気中の温室効果ガス（GHGs）や微粒子（エアロゾル、雲）、短寿命気候強制力因子（SLCFs）、雲などその他の気候変動因子の濃度や変化の情報を得るためのリモートセンシングや地上観測ネットワークなどの観測技術を対象とする。大気・陸域、海洋観測時には物理的、生物地球化学的、生物・生態系的な側面から気候とその変動を記述する必要がある。そのために定義された必須気候変数（ECVs）を直接計測、または間接的に見積もる現場観測技術の開発や実装、データアーカイブ化、データプロダクト作成なども対象とする。大気・陸域、海洋に加え、気候変動に大きな影響を与えあう極地、森林（植生）、土地利用変化等の観測技術も含む。観測ビッグデータのアーカイブ化やデータ処理技術も含む。さらには、各種データの統合的解析や観測データアーカイブから社会利益をもたらす情報化手法についても対象とする。

ポイント

- ・ 気候変動に伴う地球環境変化の監視・観測は温室効果ガス排出削減政策の効果検証、数値モデルによる予測の検証、科学的知見の社会との共有等、多岐にわたる活用が期待される基盤的な領域として近年重要性がますます増している。2021年の論文数ならびにTop論文数では欧州・米国が首位を維持しているが中国の増加ペースが顕著である。（図3.1-E6.1-1 b）、図3.1-E6.1-2 a)- d)）
- ・ より多くの国と共著関係にあるのは米国であり英国、中国、ドイツがそれに続く。日本の共著相手国として件数が多いのは米国（25%）、中国（18%）、英国（12%）、ドイツ（11%）だった。（図3.1-E6.1-3 a)）
- ・ 論文数上位機関には公的研究機関に加えてフランスのパリ・サクレ大学のように複数の大学や研究機関で構成される組織も見られる。単独の大学としては中国科学院大学やコロラド大学が見られる。（図3.1-E6.1-3 b)）
- ・ 特許ファミリー件数シェアは中国が抜きこんでいるが、Patent Asset Indexのシェアでは中国に加えて米国も上位を維持している（図3.1-E6.1-4 b)、 d)）。

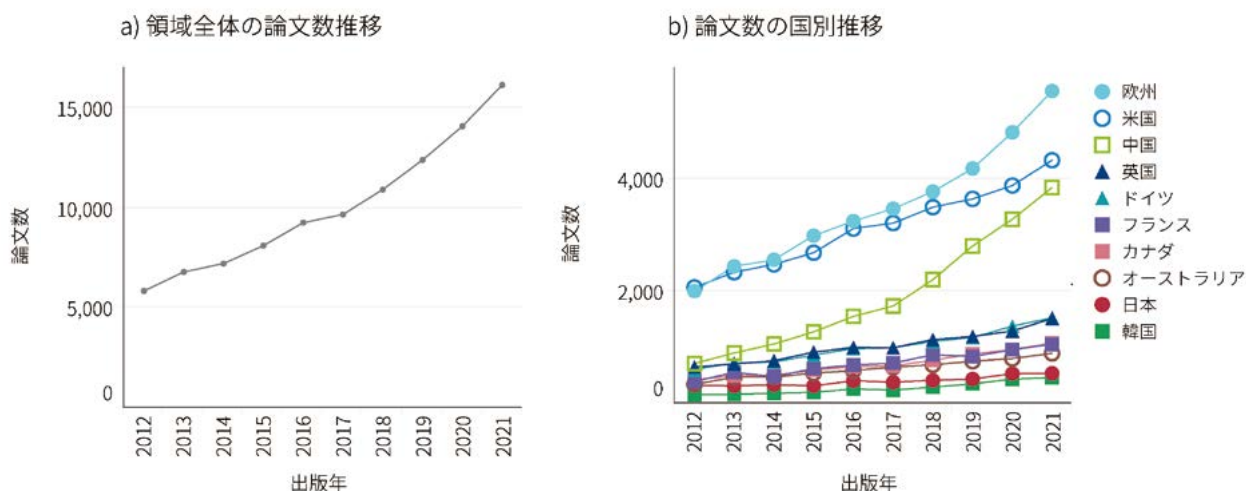


図3.1-E6.1-1 気候変動観測領域における論文数の動向①

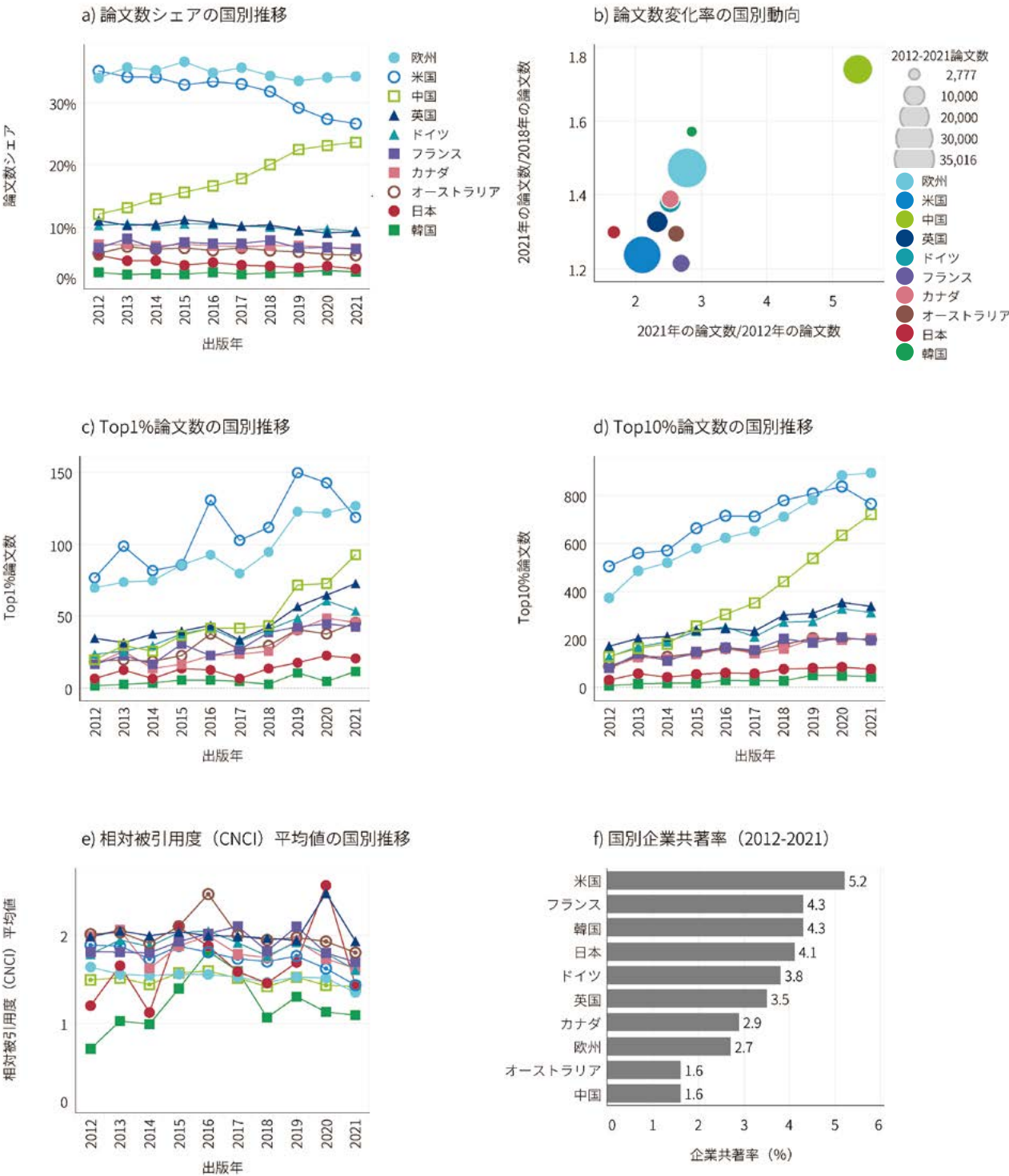


図 3.1-E6.1-2 気候変動観測領域における論文数の動向②

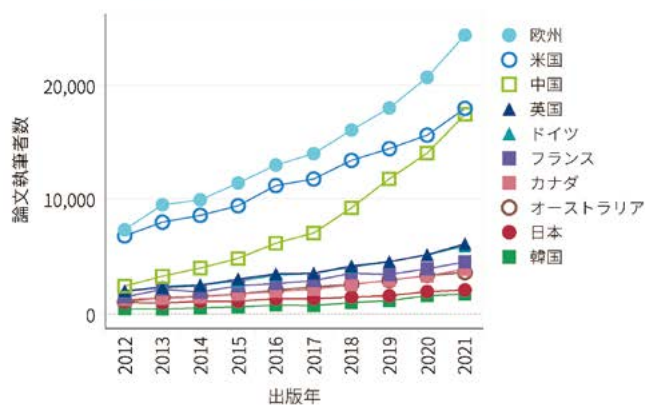
a) 各国間の共著率（2012-2021）

(%)	米国	中国	英国	ドイツ	フランス	カナダ	オーストラリア	インド	日本	韓国	論文数 (件)
米国	\	15	9.5	8.4	6.5	7.7	5.5	2.2	3.3	2.2	31,219
中国	24	\	5.9	5.8	3.4	4.7	4.8	1.4	3.6	1.5	19,822
英国	29	11	\	19	14	8.9	11	2.6	4.7	1.6	10,180
ドイツ	26	11	19	\	15	7.8	7.1	2.3	4.6	1.8	10,102
フランス	28	9.4	20	21	\	9.5	8	2.1	5	1.3	7,202
カナダ	34	13	13	11	9.7	\	7.1	1.9	3.7	1.5	7,060
オーストラリア	27	15	18	12	9.2	8	\	2.4	5.1	2.3	6,226
インド	13	5.1	4.8	4.3	2.8	2.5	2.7	\	3.2	1.6	5,442
日本	25	18	12	11	8.9	6.6	7.9	4.3	\	4.9	4,029
韓国	25	11	5.8	6.5	3.4	3.9	5.1	3.2	7.1	\	2,777

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	4,626	196	1,074
National Aeronautics & Space Administration (NASA)	米国	2	3,513	203	969
Helmholtz Association	ドイツ	3	3,145	146	803
University of Chinese Academy of Sciences, CAS	中国	4	2,887	62	546
National Oceanic Atmospheric Admin (NOAA) - USA	米国	5	2,529	146	763
NASA Goddard Space Flight Center	米国	6	1,925	143	603
University of Colorado Boulder	米国	7	1,744	99	549
Universite Paris Saclay	フランス	8	1,556	93	422
United States Department of the Interior	米国	9	1,527	71	364
Nanjing University of Information Science & Technology	中国	10	1,520	41	334
National Institute for Environmental Studies - Japan	日本	61	644	24	117

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）

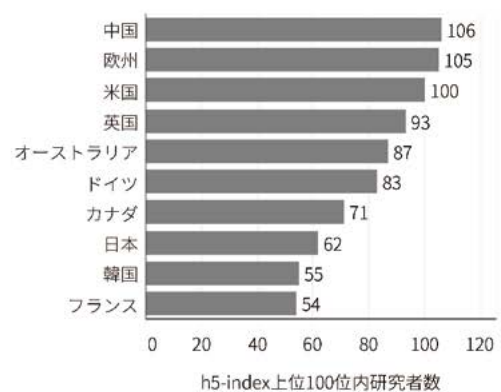
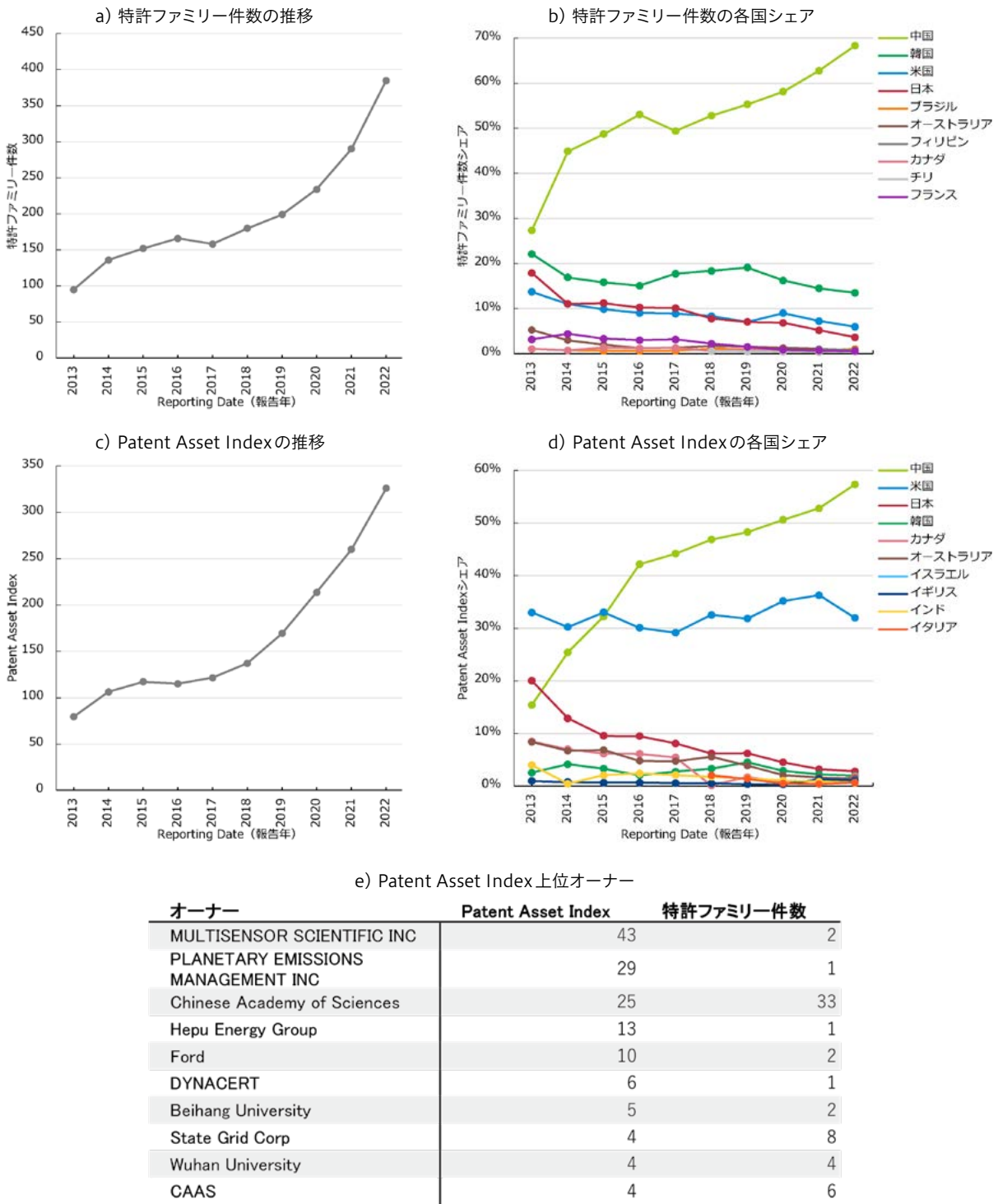


図 3.1-E6.1-3 気候変動観測領域における論文数の動向③



3.1.E6.2 気候変動予測

領域の定義

本領域は気候変動研究のうち予測に関する研究開発動向を含む領域である。大気や海洋の物理法則から成る全球レベルあるいは領域レベルの気候モデル、雲解像モデル、海洋モデルなどのほか、エアロゾル、植生、海洋生態系などの要素も取り入れた地球システムモデル（ESM）やそのサブモデルを用いた予測の高度化に係る研究開発動向を主な対象とする。モデル評価手法、ダウンスケーリング、データ同化などの基盤技術開発も含まれる。

ポイント

- ・ 気候変動の予測には数値モデルを用いたシミュレーションが不可欠であり、モデルの開発・高度化が大型計算機の技術の発展と並行して進められている。論文数ならびにTop論文数では欧州・米国が首位を維持しているが、中国が急速に数を伸ばしている（図3.1-E6.2-1 b）、図3.1-E6.2-2 a）- d））。
- ・ より多くの国と共著関係にあるのは米国であり英国、中国がそれに続く。日本の共著相手国として件数が多いのは米国（31%）、英国（20%）、中国（17%）、ドイツ（17%）だった（図3.1-E6.2-3 a））。
- ・ 論文数上位機関には「E6.1 気候変動観測」と同じく公的研究機関が多い。大気研究のプラットフォームであるNCAR（アメリカ大気研究センター）も上位に見られた（図3.1-E6.2-3 b））。
- ・ 特許ファミリー件数シェアならびにPatent Asset Indexシェアは中国が首位だった（図3.1-E6.2-4 b）、d））。Patent Asset Index上位オーナーでは中国科学院に加えて複数の大学、中国水利水電科学研究院（IWHR）、国家电网（State Grid Corporation of China）、三峡集団（China Three Gorges Corporation）が見られた（図3.1-E6.2-4 e））。

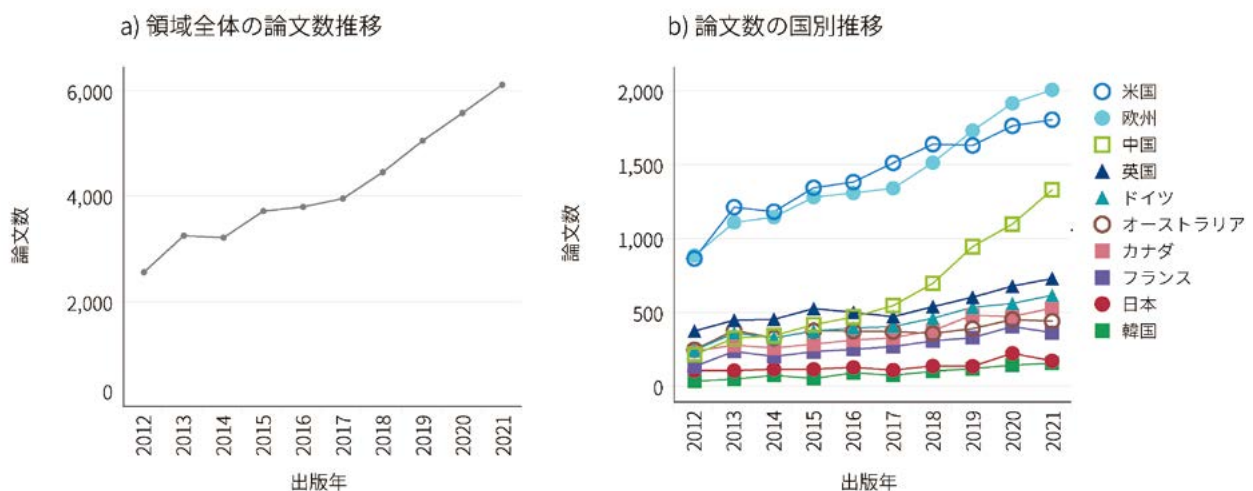


図3.1-E6.2-1 気候変動予測領域における論文数の動向①

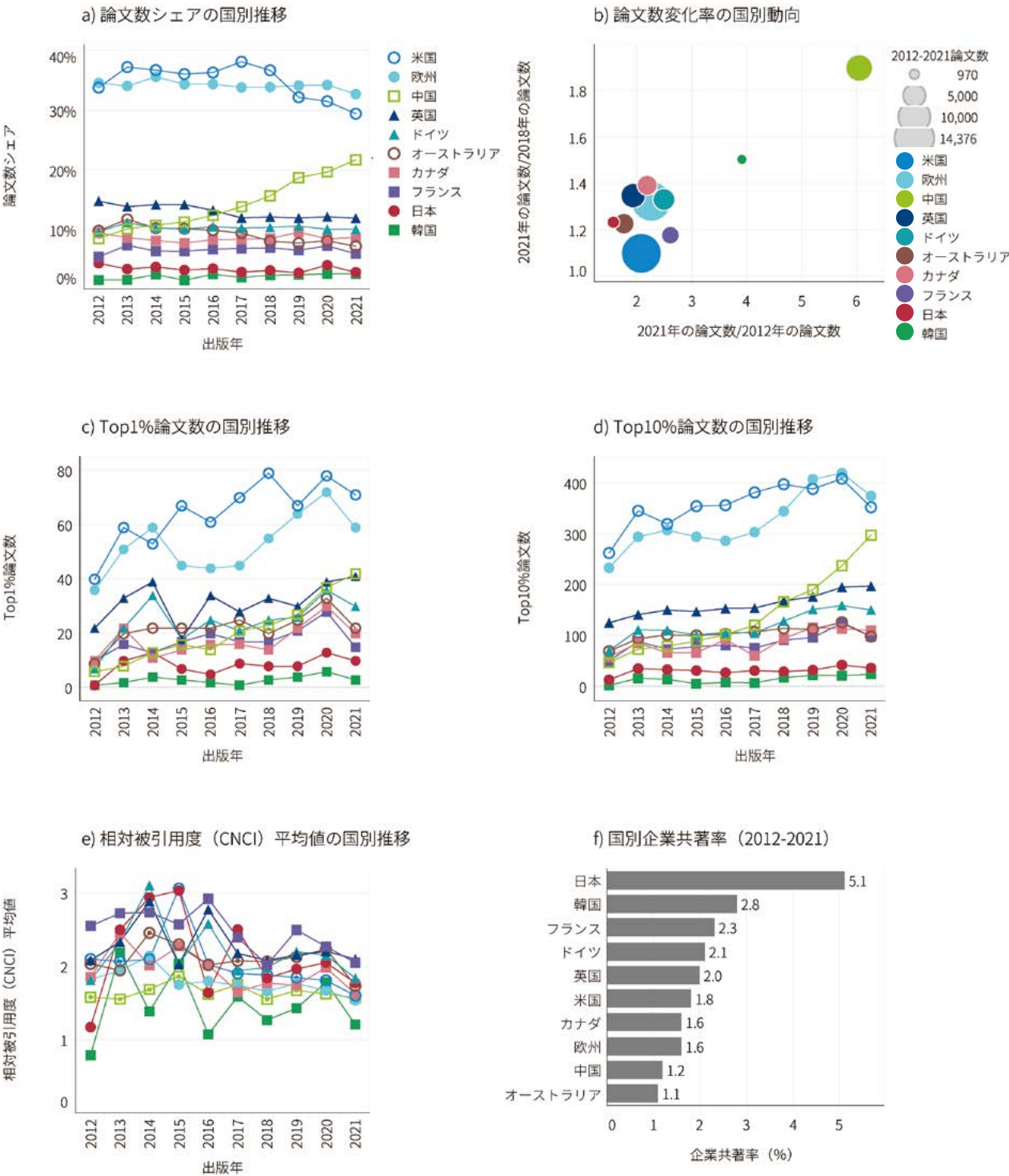


図 3.1-E6.2-2 気候変動予測領域における論文数の動向②

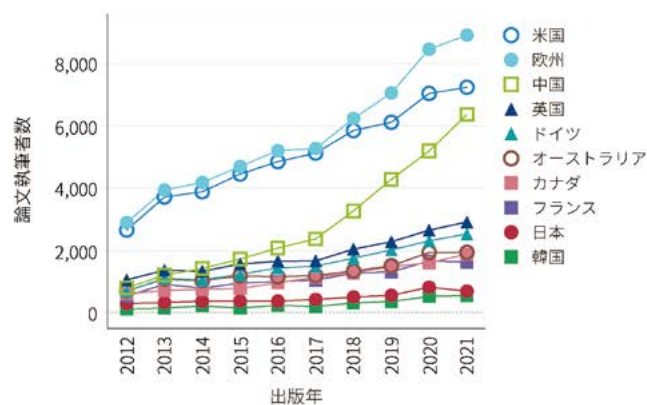
a) 各国間の共著率（2012-2021）

(%)	米国	中国	英国	ドイツ	オーストラリア	カナダ	フランス	インド	日本	韓国	論文数 (件)
米国	\	13	11	7.8	7	8.1	6.1	1.8	3.1	1.9	14,376
中国	27	\	8	6.7	8.1	7.2	4.8	1.4	3.7	1.6	6,593
英国	28	9.8	\	18	12	9.2	13	2	5.2	1.5	5,385
ドイツ	26	10	23	\	9.3	8	15	2	5.6	1.6	4,341
オーストラリア	27	14	17	11	\	7.7	8.8	2.4	4.3	2	3,778
カナダ	32	13	14	9.6	8	\	9.8	1.8	3.8	1.6	3,629
フランス	31	11	26	23	12	13	\	2	7.1	1.5	2,799
インド	18	6.5	7.4	6.1	6.2	4.5	3.8	\	3.3	1.5	1,439
日本	31	17	20	17	11	9.6	14	3.3	\	6.2	1,422
韓国	29	11	8.1	7.3	7.9	6.1	4.4	2.3	9.1	\	970

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	1,797	112	573
Helmholtz Association	ドイツ	2	1,176	95	391
University of Chinese Academy of Sciences, CAS	中国	3	1,014	24	203
United States Department of Agriculture (USDA)	米国	4	1,009	37	244
Commonwealth Scientific & Industrial Research Organisation (CSIRO)	オーストラリア	5	951	73	304
United States Department of the Interior	米国	6	910	38	205
National Oceanic Atmospheric Admin (NOAA) - USA	米国	7	891	82	323
National Center Atmospheric Research (NCAR) - USA	米国	8	842	90	372
United States Geological Survey	米国	9	818	36	196
Universite Paris Saclay	フランス	10	722	61	268
National Institute for Environmental Studies - Japan	日本	70	279	37	100

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）

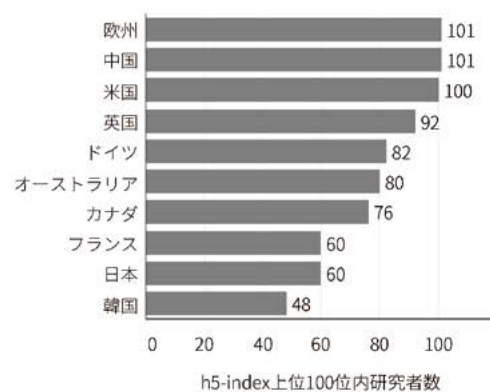


図 3.1-E6.2-3 気候変動予測領域における論文数の動向③

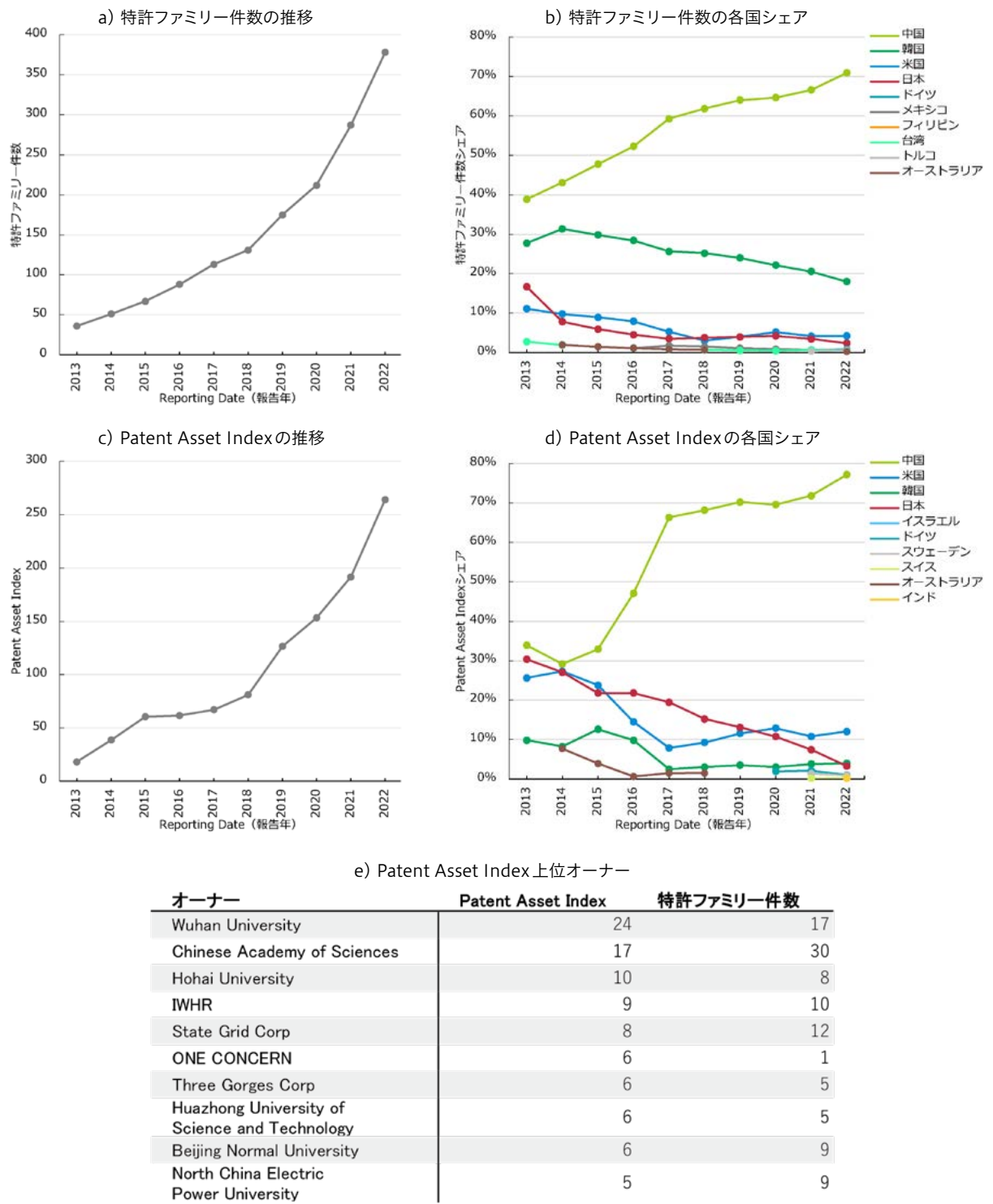


図 3.1-E6.2-4 気候変動予測領域における特許数の動向

3.1.E6.3 水循環（水資源・水防災）

領域の定義

水循環の観測・監視や解析・評価、予測に係る研究開発の領域である。水の時間・空間的な分布の動的な偏りから生まれる水資源としての側面と、集中による洪水災害としての側面をともに含める。空間として平面方向は全球から流域圏まで、鉛直方向は対流圏の降水から表層水、地下水までとする。観測・監視は衛星や地上観測、センサネットワーク、同位体分析等を扱う。解析・評価は水循環の自然変動に加え、気候変動に伴う変化、産業化や人口動態などの人間社会の変化が与える水循環への影響も含める。予測は、様々なスケールの水循環モデルや統合モデルの開発を扱う。応用として、ダム洪水調節操作、観測データ連携活用などの水防災への活用についても扱う。基盤的研究を元にした、水資源の持続可能な利用と管理として河川管理支援やデータ配信、デジタル化等の具体的取り組みに加え、ウォーターフットプリント等の概念の提示も含める。

ポイント

- ・風水害は主要な自然災害であり気候変動の影響による強度や発生頻度の増加も懸念されているため、水循環の理解と予測、防災への活用の重要性が以前にも増して高まっている。
- ・論文数やTop論文数の推移を見ると米国、欧州、中国が抜きん出ている。数は少ないがインドの増加も目立つ。（図3.1-E6.3-1 b）、図3.1-E6.3-2 a）- d）
- ・より多くの国と共著関係にあるのは米国であり英国、中国がそれに続く。日本の共著相手国として件数が多いのは米国（15%）、中国（12%）だった。（図3.1-E6.3-3 a）
- ・論文数上位機関には公的研究機関が多く見られる。中国からは中国科学院に加えて大学（北京師範大、河海大）が上位に見られた。（図3.1-E6.3-3 b）
- ・特許ファミリー件数シェア、Patent Asset Indexシェアともに中国が首位だった（図3.1-E6.3-4 b）、d）。Patent Asset Index上位オーナーの中では中国科学院、複数の大学、中国水利水電科学研究所（IWHR）、国家电网（State Grid Corporation of China）が見られた（図3.1-E6.3-4 e）。

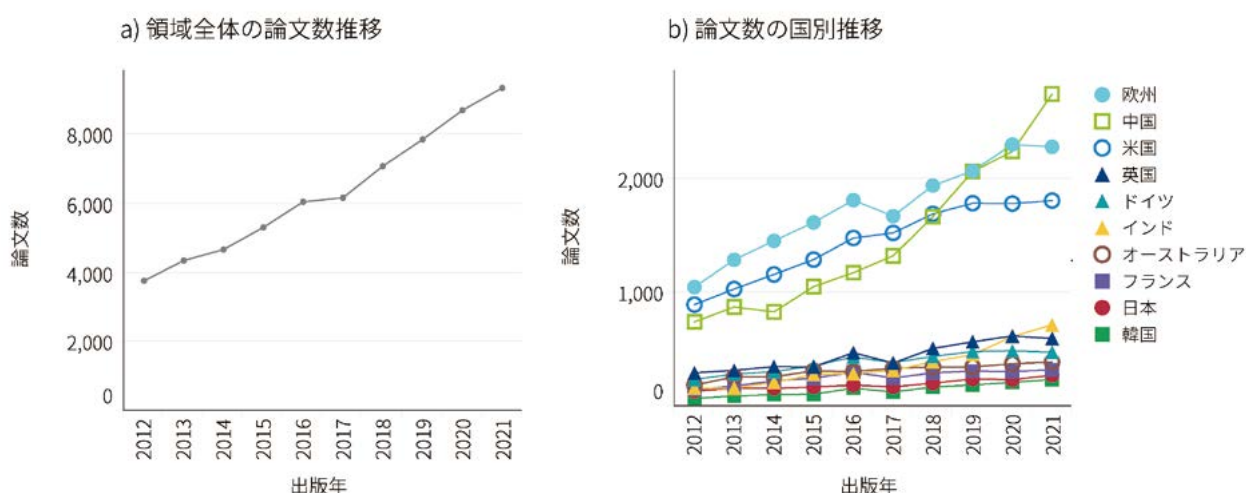


図3.1-E6.3-1 水循環（水資源・水防災）領域における論文数の動向①

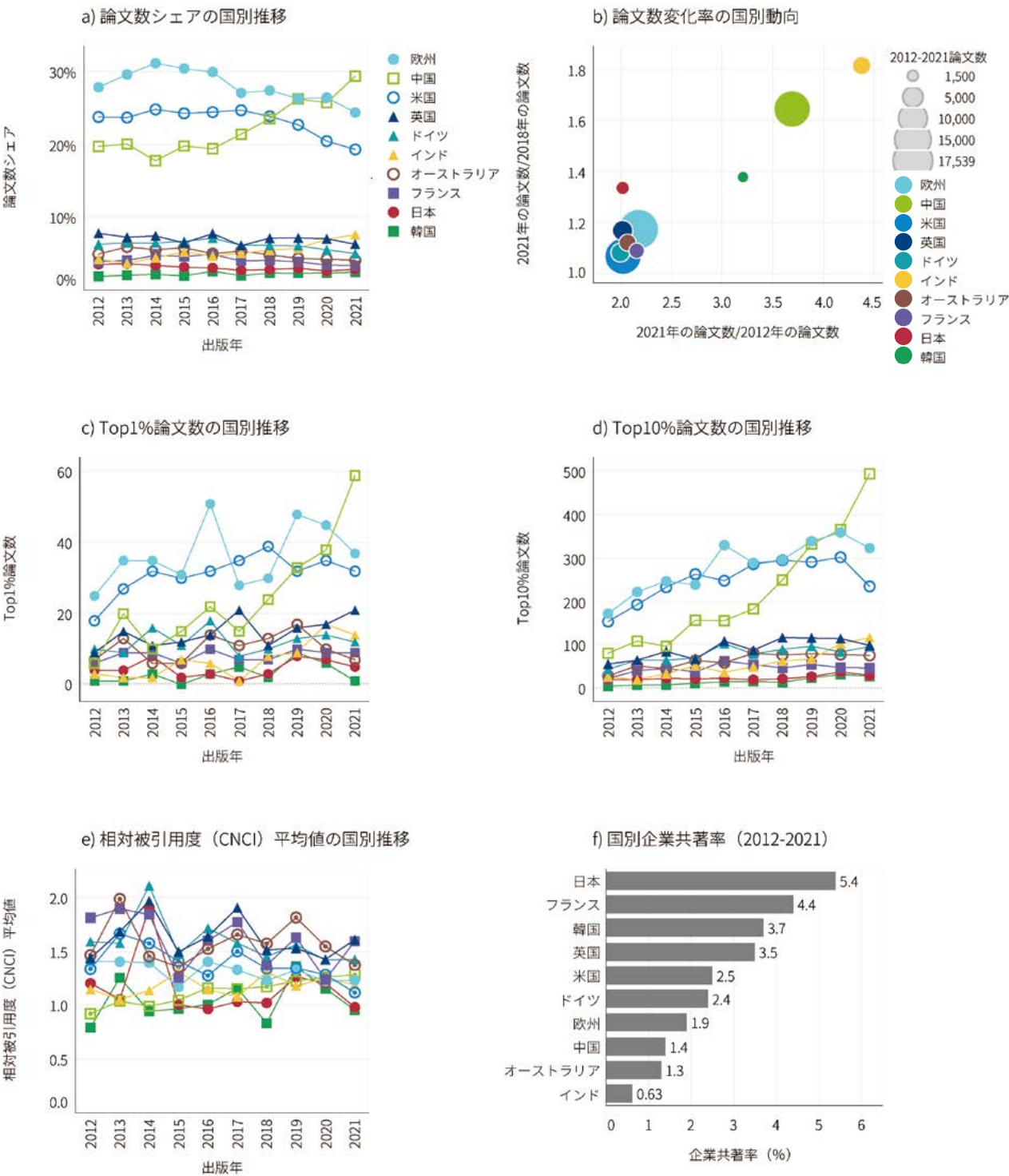


図 3.1-E6.3-2 水循環（水資源・水防災）領域における論文数の動向②

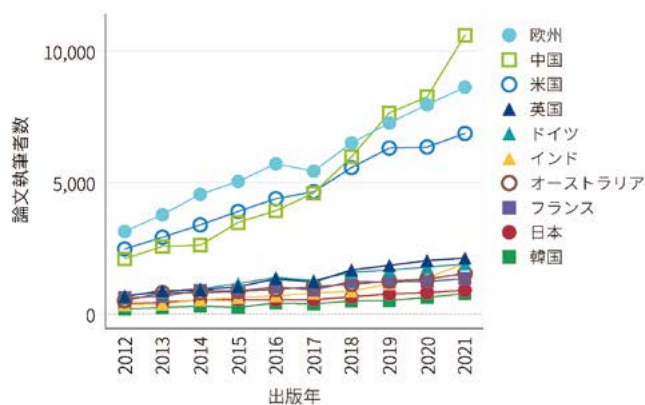
a) 各国間の共著率（2012-2021）

(%)	中国	米国	英国	ドイツ	インド	オーストラリア	カナダ	フランス	日本	韓国	論文数 (件)
中国	\	15	3.8	2.5	0.86	3.9	3.7	1.1	1.6	0.62	14,925
米国	16	\	6	4	2.3	3.5	4.1	3	2.1	2	14,499
英国	13	19	\	10	3.1	6.8	4.8	7	2.3	0.51	4,489
ドイツ	9.3	15	12	\	2.4	4.2	4.2	7.9	2.8	0.79	3,926
インド	3.5	9.2	3.9	2.6	\	2.4	2.3	1.5	1.8	1.1	3,635
オーストラリア	19	16	9.7	5.3	2.8	\	4.4	3.6	2.1	2.3	3,157
カナダ	19	21	7.4	5.6	2.8	4.8	\	5	1.8	1.5	2,898
フランス	6.3	17	12	12	2.1	4.3	5.6	\	2.5	0.54	2,619
日本	12	15	5.3	5.6	3.4	3.4	2.6	3.4	\	2.7	1,973
韓国	6.2	20	1.5	2.1	2.7	4.9	2.9	0.93	3.6	\	1,500

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
University of Chinese Academy of Sciences, CAS	中国	1	1,531	24	283
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	フランス	2	1,394	44	289
Hohai University	中国	3	1,082	23	164
Beijing Normal University	中国	4	1,065	15	181
Helmholtz Association	ドイツ	5	1,010	45	247
National Aeronautics & Space Administration (NASA)	米国	6	938	39	219
Institute of Geographic Sciences & Natural Resources Research, CAS	中国	7	867	21	182
National Oceanic Atmospheric Admin (NOAA) - USA	米国	8	757	23	143
China Institute of Water Resources & Hydropower Research	中国	9	743	17	93
United States Department of Agriculture (USDA)	米国	10	726	22	142
University of Tokyo	日本	40	349	13	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）

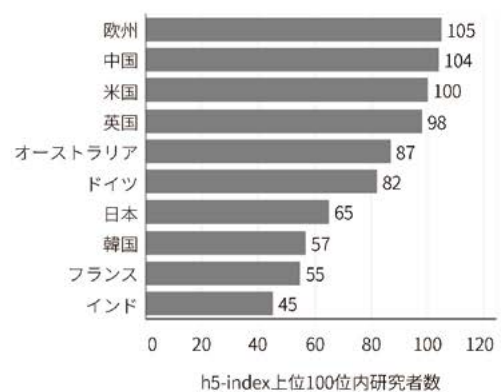
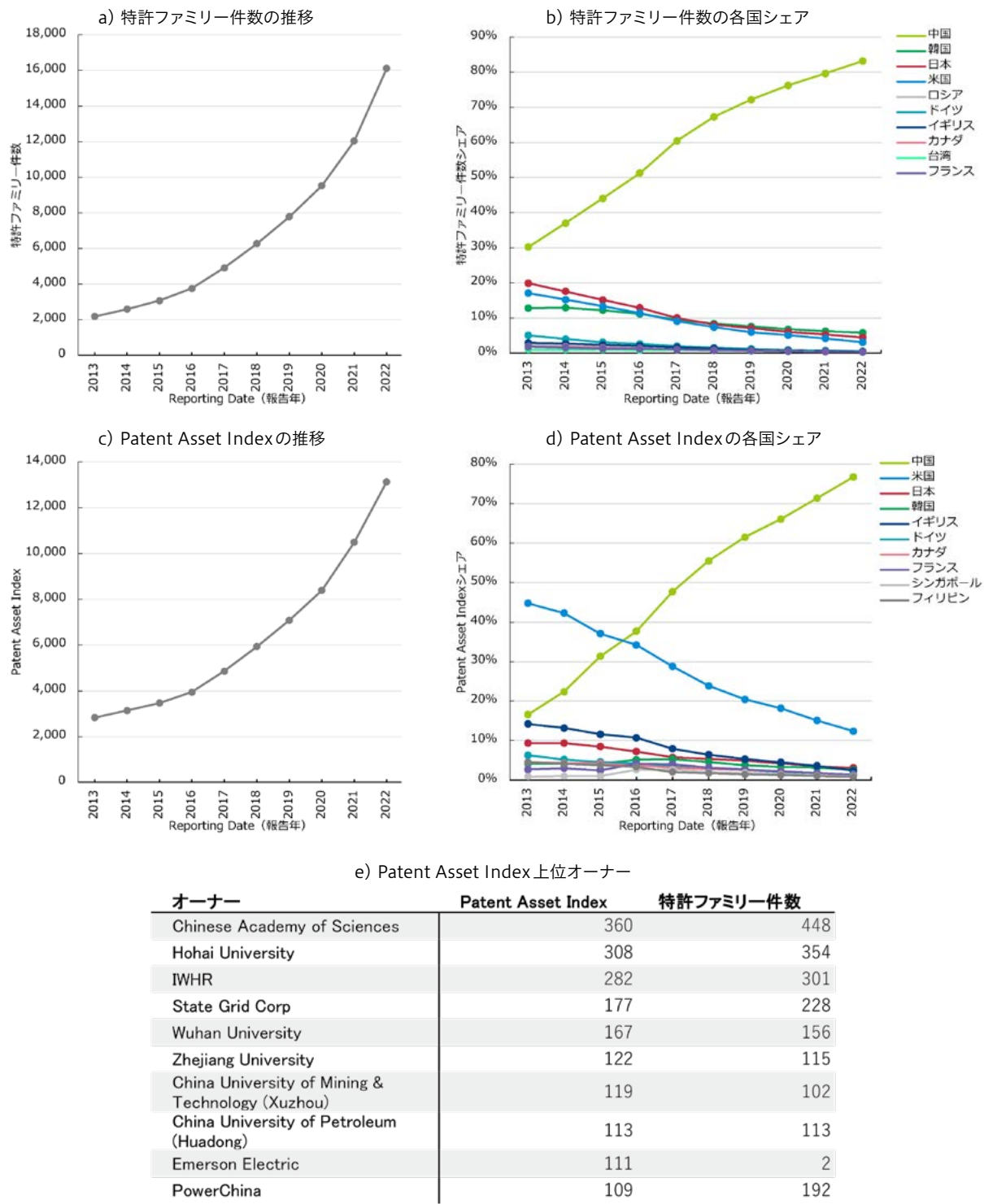


図 3.1-E6.3-3 水循環（水資源・水防災）領域における論文数の動向③



3.1.E6.4 生態系・生物多様性の観測・評価・予測

領域の定義

本研究開発領域では、陸域、陸水域、海域における生態系や生物多様性の地理的・空間的な分布、時間的な変動を複合的なスケールから観測、評価、予測するための研究開発を対象とする。具体的には衛星観測や航空機観測等から得られた画像データの解析、データロガーや音声データ等を使った行動追跡、環境DNAを用いた分子生物学的分析等が含まれる。また実地での大規模・長期観測や、データ蓄積・配信システムとしてのデータベース構築等の動向も扱う。さらにそれらを駆使しての生態系や生物多様性の形成・維持機構の解明や将来予測モデルの開発、気候変動や土地改変による影響の予測・評価も対象に含む。

ポイント

- ・ 国際的な2030年目標としてのネイチャーポジティブ、自然関連財務情報開示タスクフォース（TNFD）による情報開示枠組みの策定、自然を活用した解決策（Nature-based Solutions）の国内外での推進などを背景にして生態系・生物多様性の科学的理解や定量化への関心が高まっている。
- ・ 論文数ならびにTop論文数では米国、欧州が首位を維持しているが中国が急速に数を伸ばしている（図3.1-E6.4-1 b）、図3.1-E6.4-2 a）- d））。
- ・ より多くの国と共著関係にあるのは米国であり英国、ドイツがそれに続く。日本の共著相手国として件数が多いのは米国（26%）、中国（16%）、英国（14%）だった。（図3.1-E6.4-3 a））
- ・ 論文数上位機関にはフランス国立開発研究所（IRD）、アメリカ地質調査所（USGS）、CNRS生態学・環境科学研究所（INEE）など自然環境の観測や研究に従事する機関が見られた（図3.1-E6.4-3 b））。
- ・ 特許ファミリー件数シェアならびにPatent Asset Indexシェアは中国が首位だった（図3.1-E6.4-4 b）、d））。Patent Asset Index上位オーナーには中国科学院に加えて複数の大学、中国水利水电科学研究院（IWHR）、三峡集団（China Three Gorges Corporation）、中国電力建設（Powerchina）、国家电网（State Grid Corporation of China）が見られた（図3.1-E6.4-4 e））。

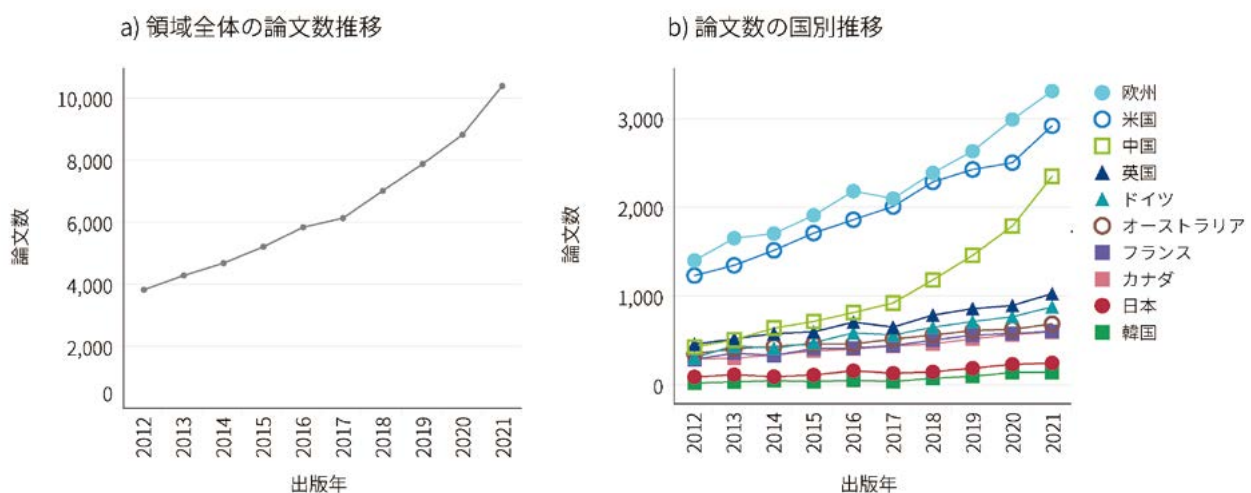


図3.1-E6.4-1 生態系・生物多様性の観測・評価・予測領域における論文数の動向①

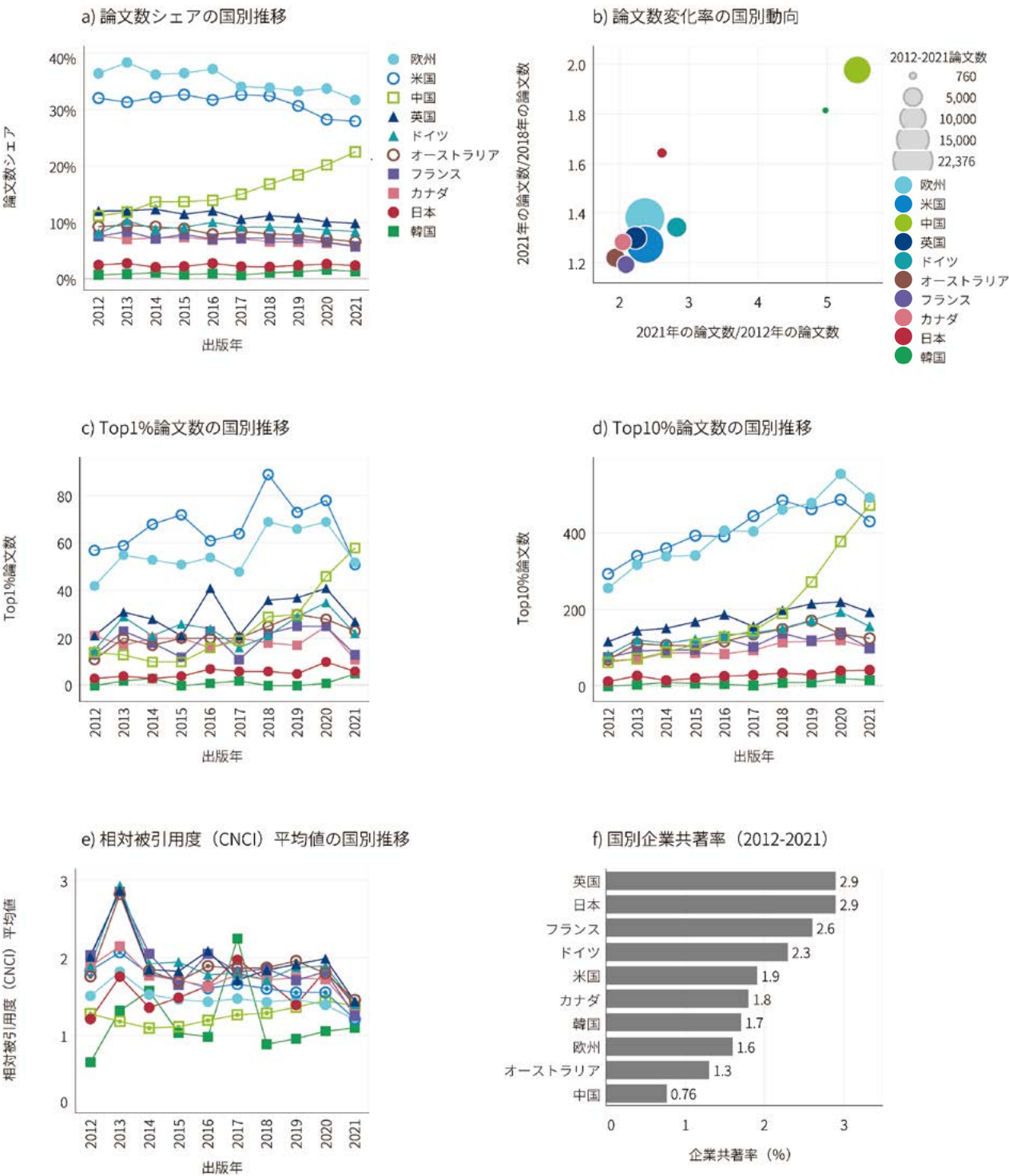


図 3.1-E6.4-2 生態系・生物多様性の観測・評価・予測領域における論文数の動向②

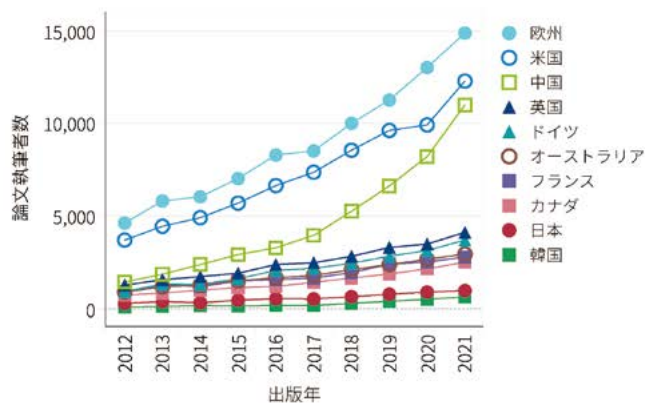
a) 各国間の共著率（2012-2021）

(%)	米国	中国	英国	ドイツ	オーストラリア	フランス	カナダ	日本	インド	韓国	論文数 (件)
米国	\	8.8	10	7.3	7	5.7	7.6	2.1	0.98	0.91	19,912
中国	16	\	4.7	3.5	4.4	2.7	4.5	2.3	0.75	0.93	11,121
英国	28	7.3	\	17	14	14	8.8	3.1	1.8	0.52	7,164
ドイツ	25	6.7	21	\	9.2	14	7.5	3.4	1.5	0.56	5,880
オーストラリア	27	9.5	19	10	\	9.2	8.2	3.2	1.4	0.61	5,204
フランス	25	6.6	21	19	10	\	9.3	4.2	1.7	0.59	4,570
カナダ	35	11	14	10	9.7	9.7	\	3	1.3	0.78	4,380
日本	26	16	14	13	10	12	8.3	\	2.4	3.4	1,596
インド	12	5.3	8	5.5	4.7	5	3.6	2.5	\	1.7	1,571
韓国	24	14	4.9	4.3	4.2	3.6	4.5	7.1	3.6	\	760

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	2,794	131	714
Helmholtz Association	ドイツ	2	1,321	79	373
University of Chinese Academy of Sciences, CAS	中国	3	1,257	26	242
United States Department of the Interior	米国	4	1,179	45	223
Institut de Recherche pour le Développement (IRD)	フランス	5	1,171	51	275
United States Geological Survey	米国	6	1,014	38	201
United States Department of Agriculture (USDA)	米国	7	897	34	193
CNRS - Institute of Ecology & Environment (INEE)	フランス	8	845	35	187
Commonwealth Scientific & Industrial Research Organisation (CSIRO)	オーストラリア	9	834	58	253
Universite de Montpellier	フランス	10	749	39	190
University of Tokyo	日本	132	230	6	33

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）

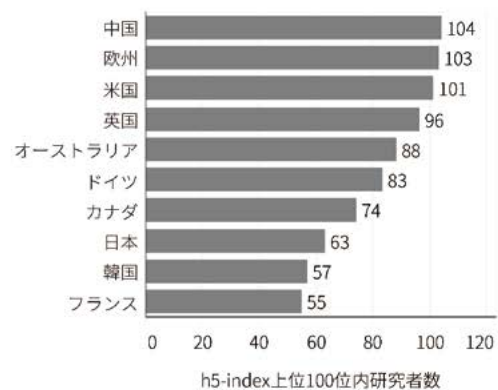


図 3.1-E6.4-3 生態系・生物多様性の観測・評価・予測領域における論文数の動向③

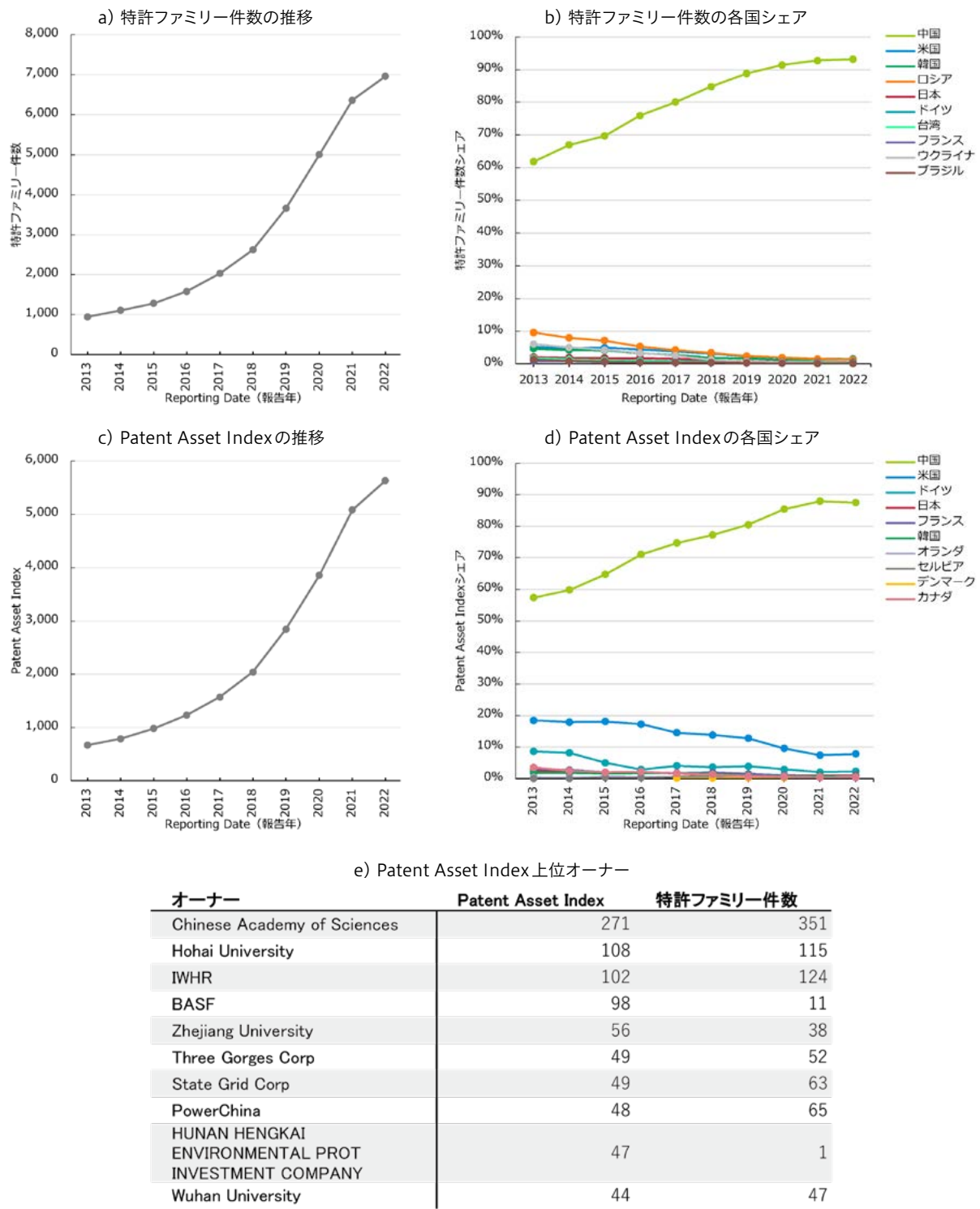


図3.1-E6.4-4 生態系・生物多様性の観測・評価・予測領域における特許数の動向
(注) 領域との直接の関連性が見いだせないPatent Asset Index 上位オーナーはノイズと判断し除外した。