

技術戦略分析

特許や論文といった技術面の動向や、該当技術の導入量やコストといった市場面の動向分析を実施

分析対象とした技術一覧

目的	分析方針	分析対象	技術の概要・特長
選定した技術について日本の強み・弱みを把握し、社会実装に向けた課題・施策を整理	3～5件の技術・分野を選定し、以下の項目を中心に分析 ■ 技術面 ・ 特許動向 ・ 論文動向 ■ 市場面 ・ 技術導入量 ・ コスト	SAF	第2世代バイオ燃料（油脂・セルロース・廃棄物由来）及び第3世代バイオ燃料（微細藻類由来）の開発が初期普及段階に到達
		バイオスティミュラント	- 化学農薬に代わる防除技術。現在、レーザー光による害虫狙撃技術の開発の他、利用可能な物質候補の探索等が推進 疾病・雑草抑制用ペプチド資材を開発するスタートアップも存在
		人工衛星等による生育観測	- 衛星画像や土壌地図データ、気象情報等を統合・分析し、土壌水分を含む圃場の状態把握 機械学習技術を統合し、より正確な生育予測が可能
		ゲノミックセレクション	- ビッグデータの活用と機械学習の高度化により、ゲノム予測モデルを構築し、優良な個体を選抜（育種の効率化が期待される） - 植物育種への応用に向けた研究開発が加速

技術戦略分析

①SAF

②バイオスティミュラント

③人工衛星等による生育観測

④ゲノミックセレクション

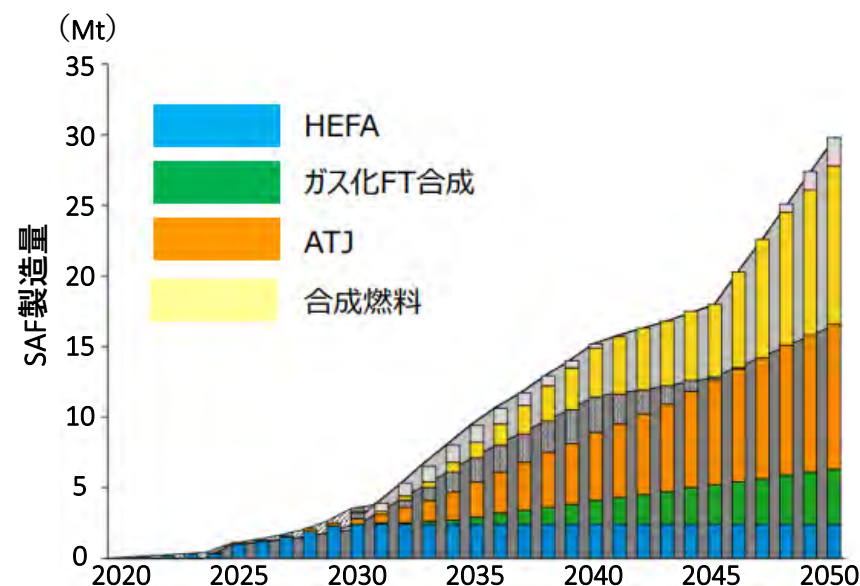
SAFの製造技術は、原料やSAFへの変換方法の違いにより、主に4種類に分類

SAFの原料と製造技術の類型

製造技術	原料	概要
HEFA※1	・ 廃食油 ・ 牛脂 ・ 微細藻類 等	廃食油等を、高压下で水素化分解及び還元し、SAFを製造
ガス化FT合成※2	・ 木くず等のバイオマス ・ 廃プラスチック等の都市ごみ等	木くずや廃プラ等をガス化し、触媒により液化することでSAFを製造
ATJ※3	・ 第一世代バイオエタノール（さとうきび、とうもろこし等） ・ 第二世代バイオエタノール（非可食植物、古紙、廃棄物等）	触媒を用いて、バイオエタノールを改質することでSAFを製造
合成燃料（PtL）	・ CO ₂ 、水素	再生可能エネルギーと水、CO ₂ からSAFを製造

- ・ 現時点で社会実装に至っているのは、「HEFA」と「ATJ」のみ

欧州における将来のSAFの製造技術予測

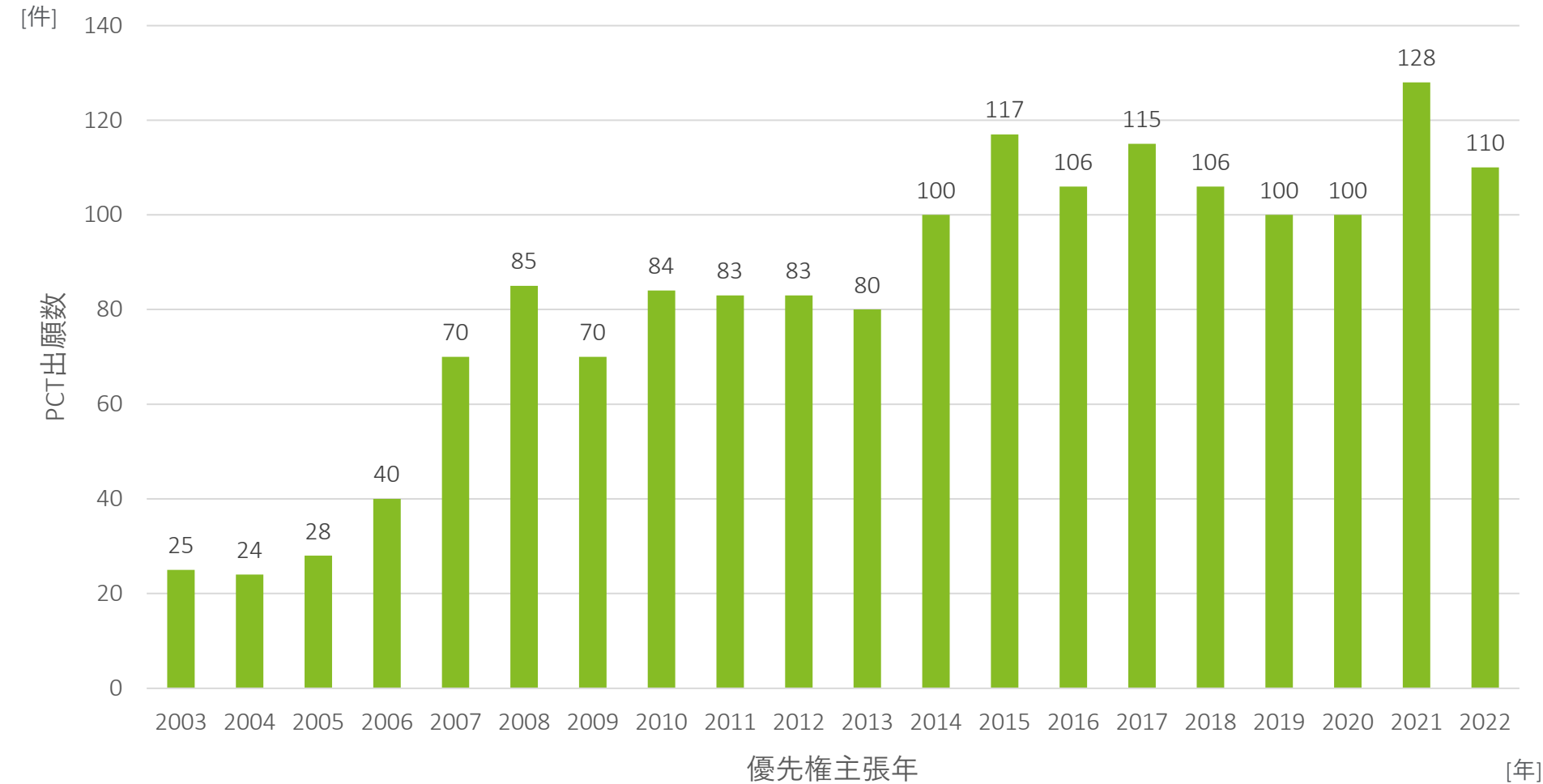


- ・ 短期的にSAF導入量を拡大するために、HEFAが不可欠とされているが、原料となる廃油の入手可能量が限られているため、2030年以降の製造量は増加しない見込み
- ・ 2030年以降は、農業残渣や林業残渣等のセルロース系原料からガス化FT合成もしくはATJにより製造されるSAFが増加する見込み

※1 HEFA: Hydroprocessed Esters and Fatty Acids、※2 FT: Fischer-Tropsch合成、※3 ATJ: Alcohol To Jet
出典：資源エネルギー庁「CO₂等を用いた燃料製造技術開発」プロジェクトに関する国内外の動向について（令和5年6月）
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/energy_structure/pdf/016_04_00.pdf

2003～2022年にかけて、SAF関連特許の出願数は増加傾向にあり、特に2014年を境に毎年100件以上の特許が出願

SAFに関する特許出願数の推移



出典：Questel

※検索条件は別ページに記載

SAF関連特許の上位特許権者はアメリカと中国に集中しており、特にアメリカではバイオディーゼルを併産するHEFAやセルロース系原料を活用するATJに係る特許が多数

SAFに関する上位特許権者リスト

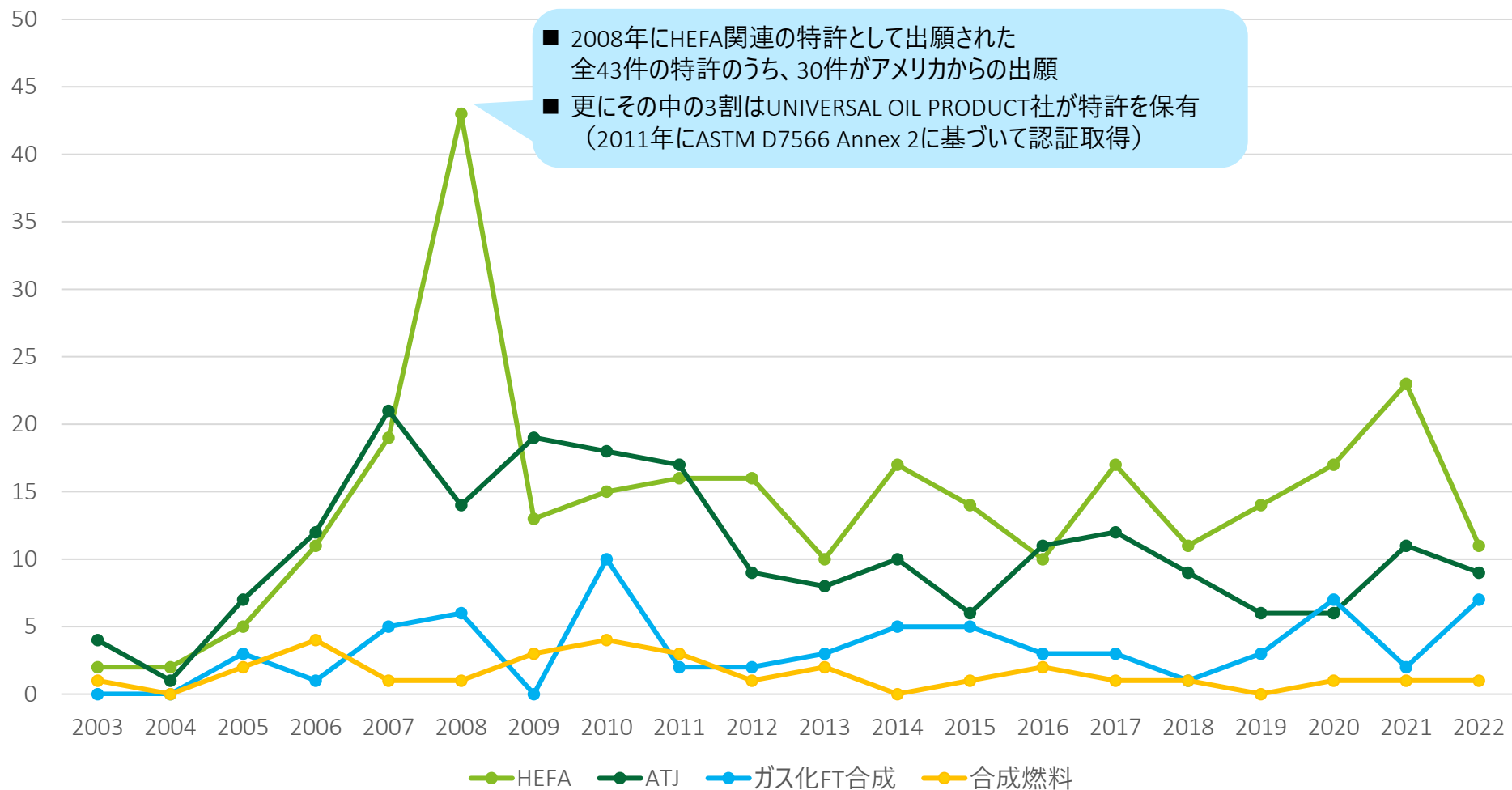
#	特許権者名（国籍）	保有数
1	UNIVERSAL OIL PRODUCT（アメリカ）	32
2	DALIAN INSTITUTE OF CHEMICAL PHYSICS CHINESE ACADEMY OF SCIENCES（中国）	30
3	XYLECO（アメリカ）	24
4	ROLLS ROYCE（イギリス）	19
5	NESTE OIL（フィンランド）	17
6	PETROBRAS - PETROLEO BRASILEIRO（ブラジル）	12
7	GEVO（アメリカ）	10
7	SHELL INTERNATIONALE RESEARCH（オランダ）	10
7	US NAVY（アメリカ）	10
7	KOREA INSTITUTE OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY （韓国）	10

出典：Questel

#	特許権者名（国籍）	保有数
11	GUANGZHOU INSTITUTE OF ENERGY CONVERSION - CHINESE ACADEMY OF SCIENCES（中国）	9
11	BEIHANG UNIVERSITY OF AERONAUTICS & ASTRONAUTICS（中国）	9
11	NUAA - NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS & ASTRONAUTICS（中国）	9
14	REG SYNTHETIC FUELS（アメリカ）	8
14	PETROCHINA（中国）	8
14	ZHEJIANG UNIVERSITY（中国）	8
17	EXXONMOBIL RESEARCH & ENGINEERING（アメリカ）	7
17	EXXONMOBIL TECHNOLOGY & ENGINEERING（アメリカ）	7
17	SOUTHEAST UNIVERSITY（中国）	7
17	NANCHANG UNIVERSITY（中国）	7
17	EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY （中国）	7
17	HELIAE DEVELOPMENT（アメリカ）	7

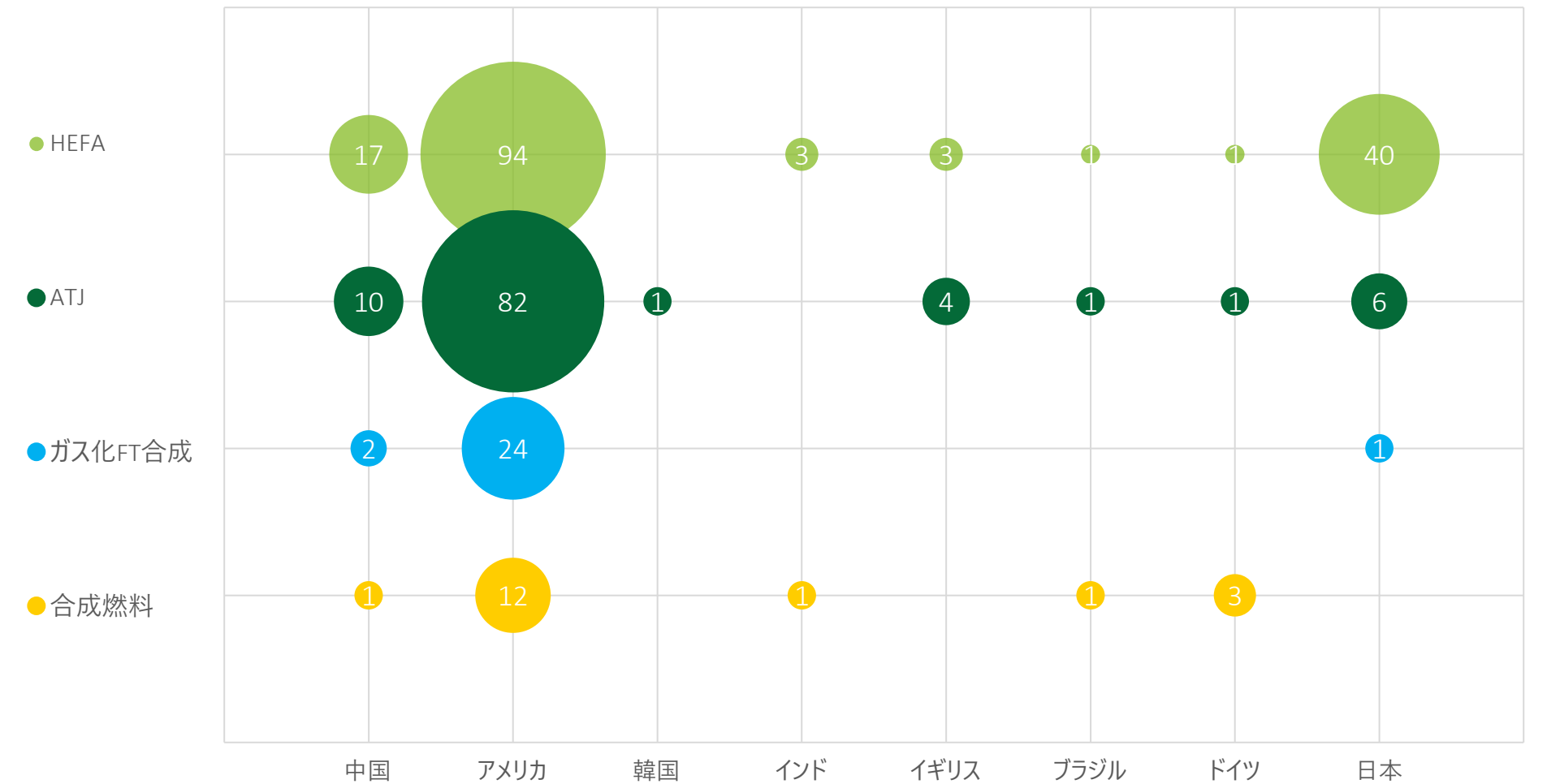
HEFAとATJ関連の特許が多く出願されており、2012年以降に関してはHEFA関連の特許出願が一定数みられる

SAF製造技術に関する特許出願件数の経年変化（2003-2022）



アメリカから特許が多く出願されている一方、HEFAに関しては日本からの出願もみられる

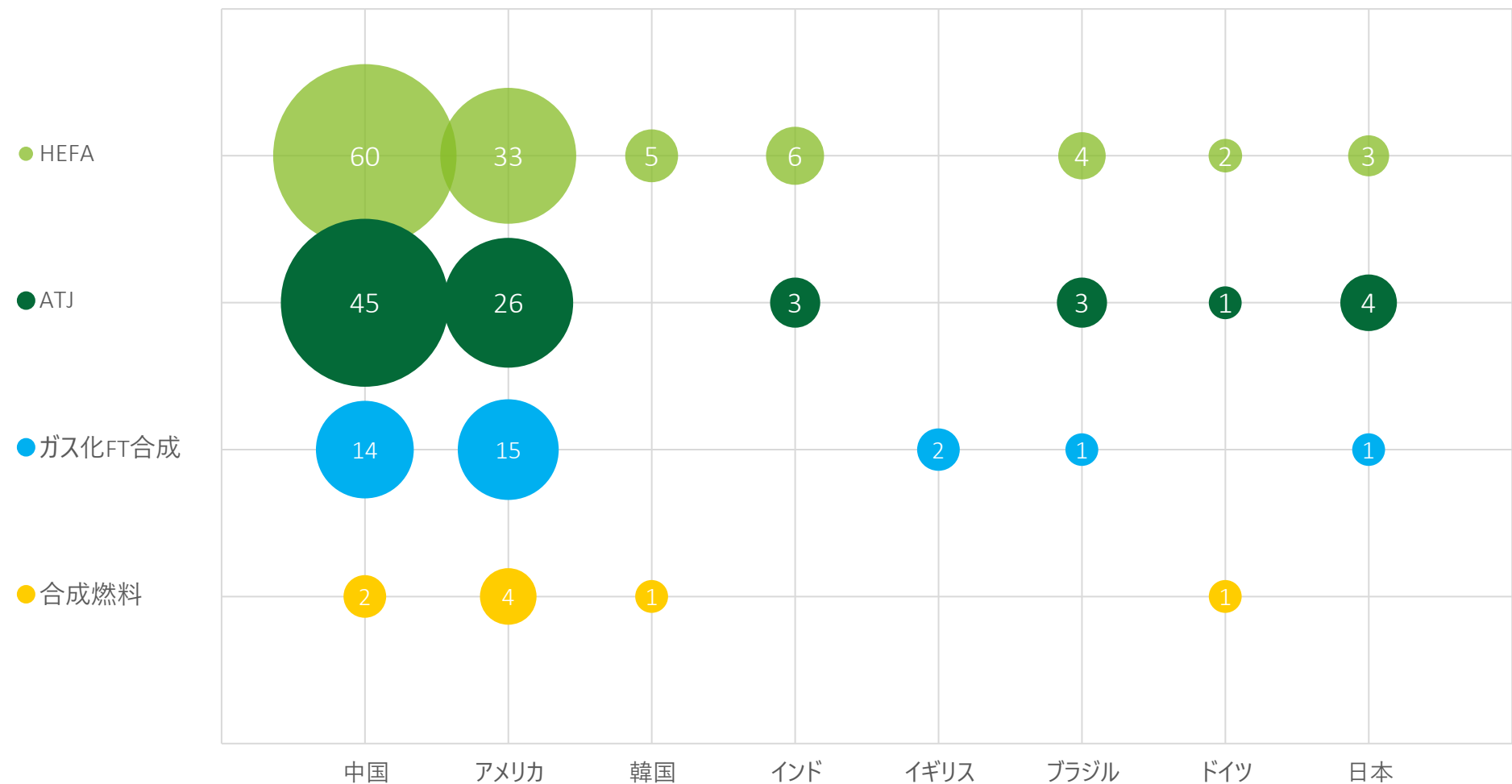
SAFに関する特許の出願国分布（2003-2012、出願数上位8カ国を抽出）



出典：Questel

2013年以降は中国からの特許出願数が増加しており、急激に技術力が向上

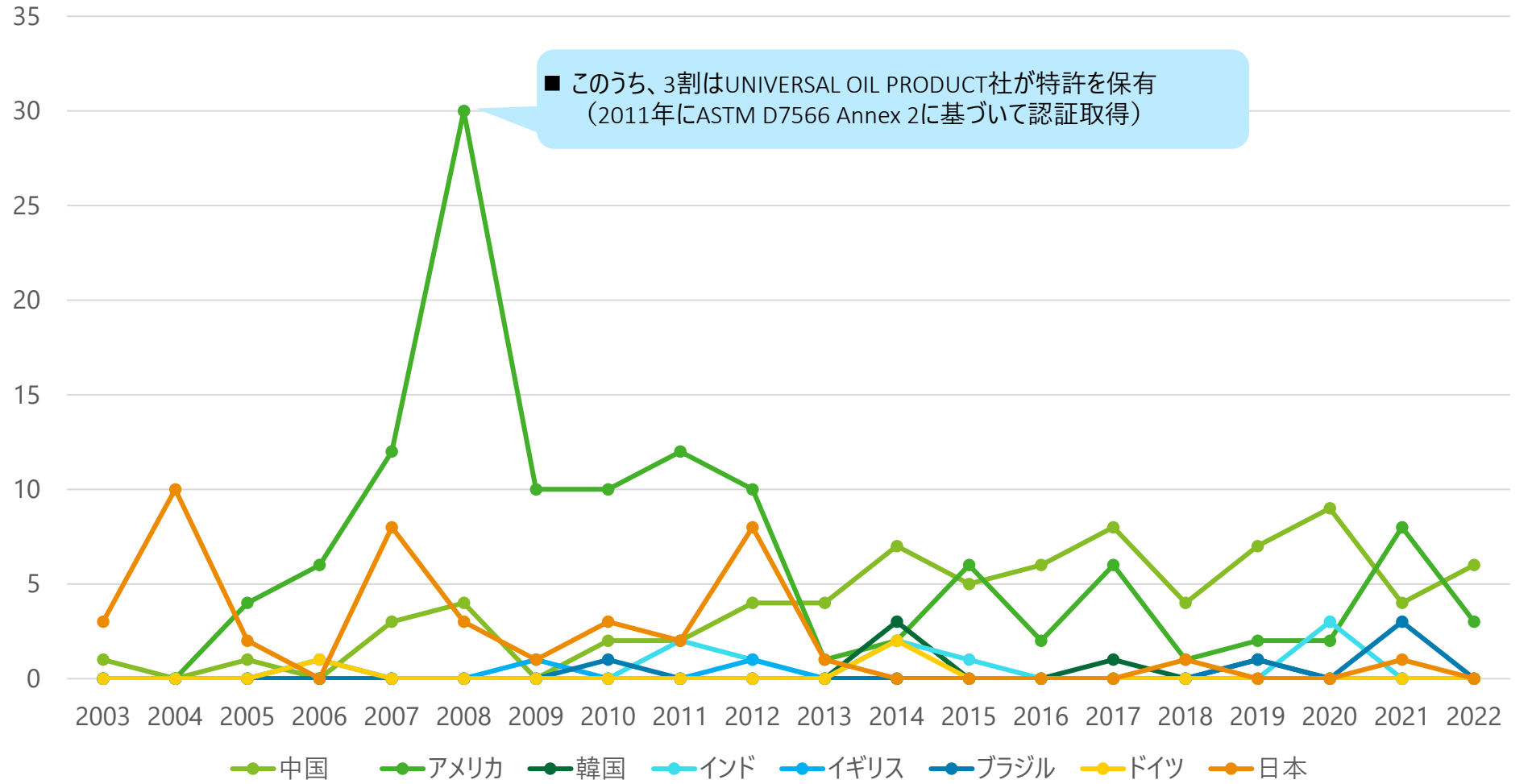
SAFに関する特許の出願国分布（2013-2022、出願数上位8カ国を抽出）



出典：Questel

HEFAに関しては2006～2012年にかけてアメリカからの特許出願が多い一方、2013年以降中国からの特許出願数が増加

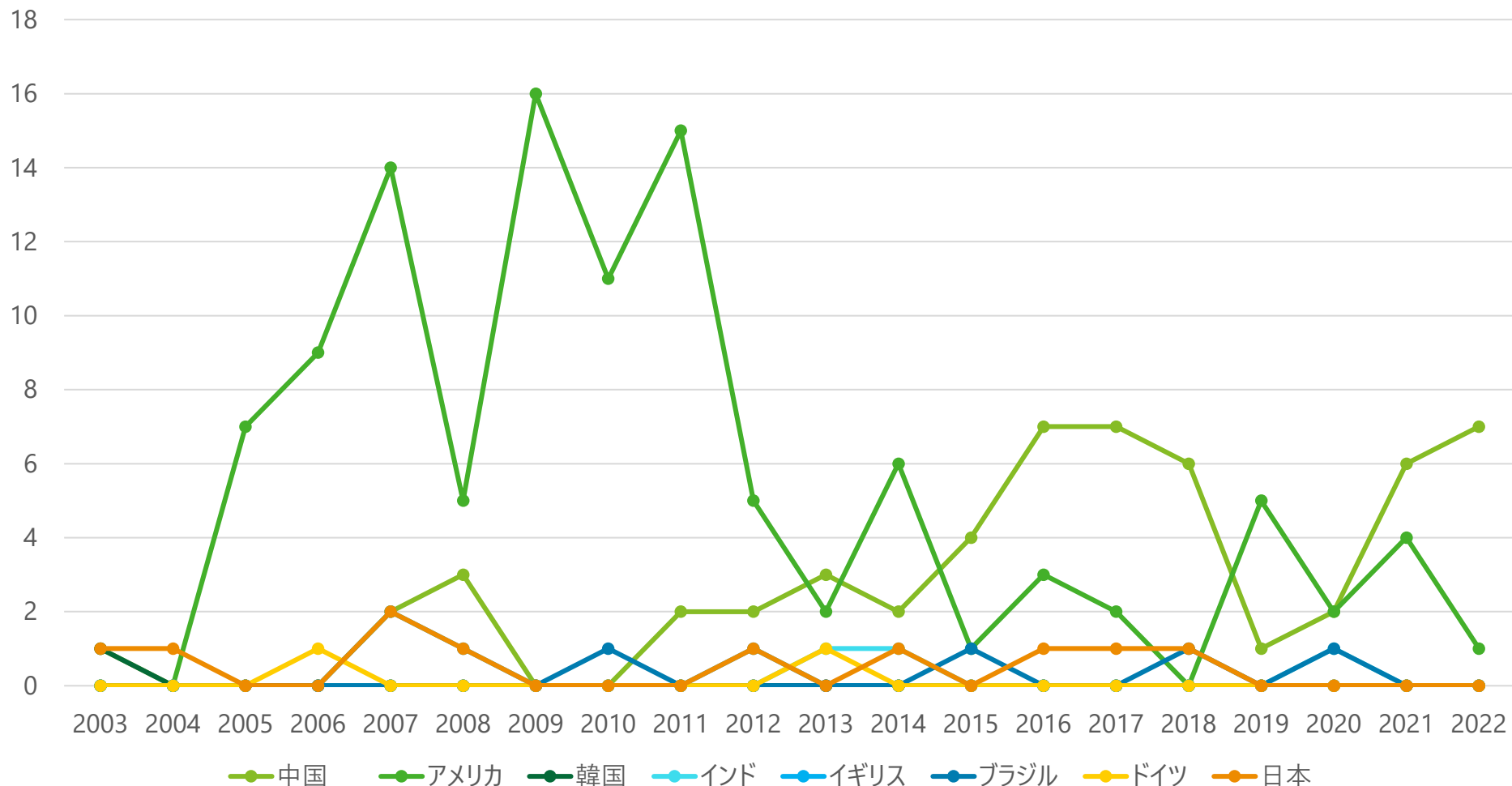
HEFAに関する特許の出願国別の経年変化（2003-2022）



出典：Questel

ATJに関しては2007～2011年にかけてアメリカからの特許出願が多数（主にASTM D7566 Annex 5 を取得しているGevo社等）

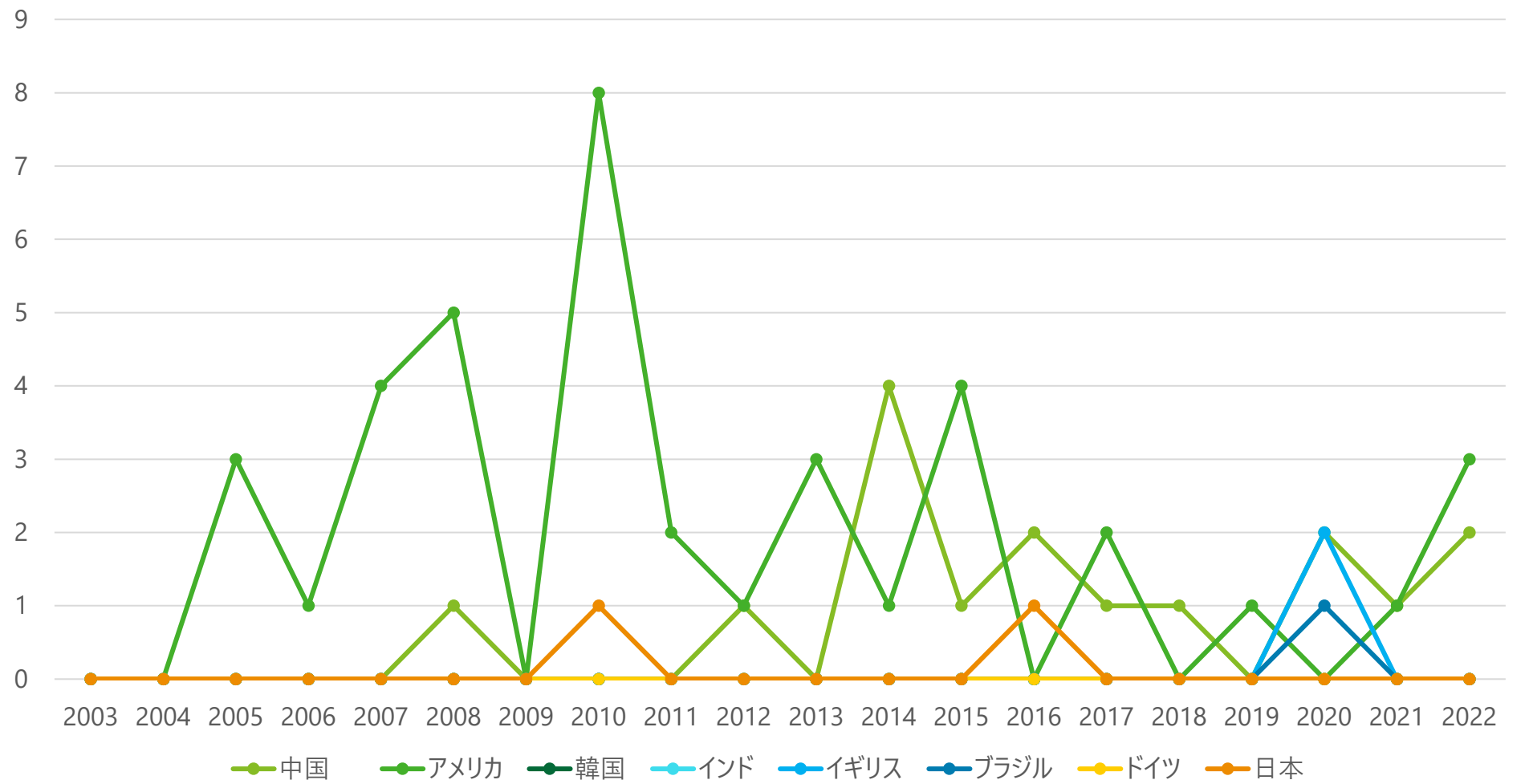
ATJに関する特許の出願国別の経年変化（2003-2022）



出典：Questel

ガス化FT合成に関して2010年頃までアメリカからの特許出願があったが、2011年以降各国からの積極的な特許出願はない

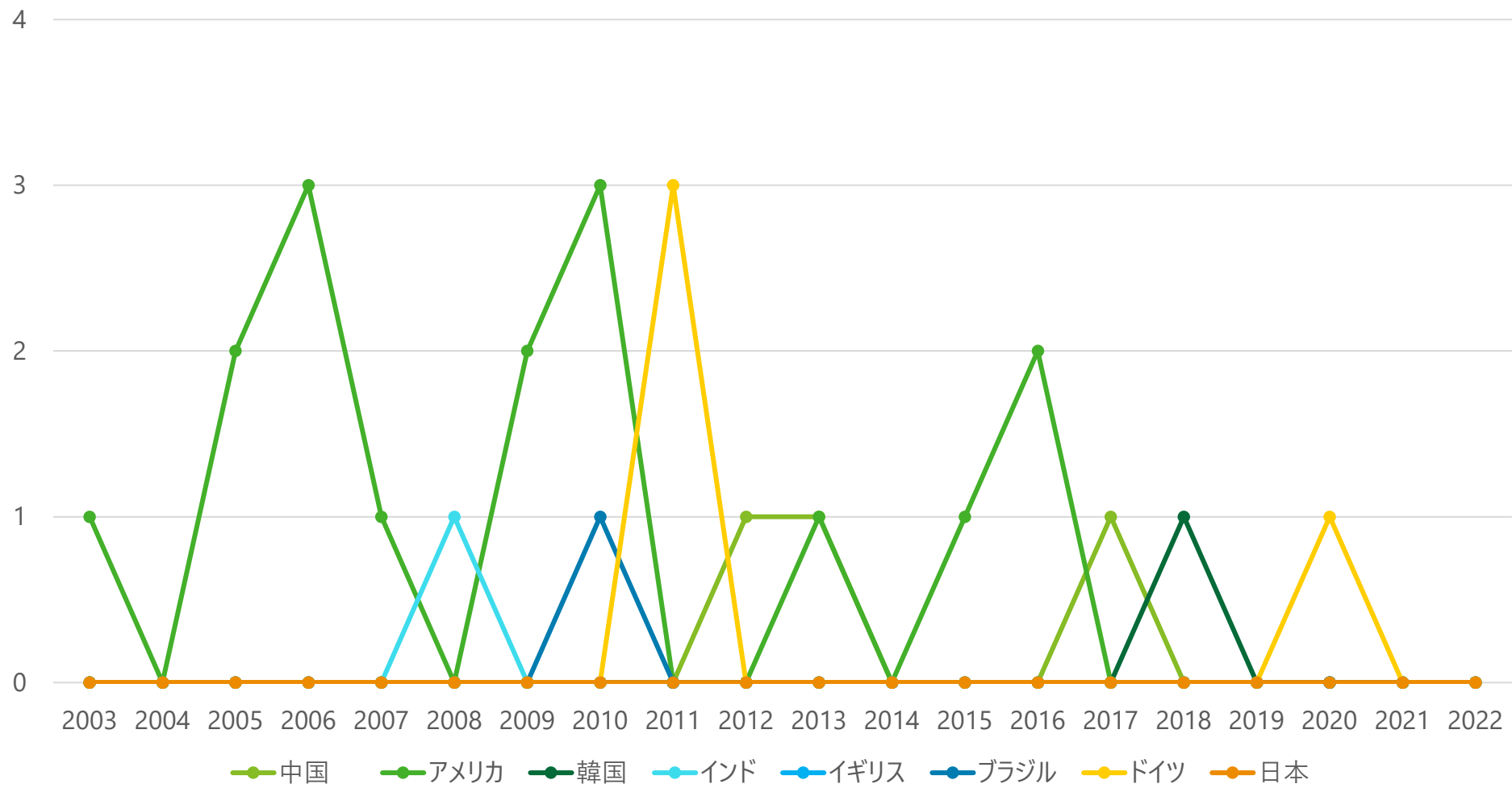
ガス化FT合成に関する特許の出願国別の経年変化（2003-2022）



出典：Questel

合成燃料に関しては毎年数件の特許が出願されている程度

合成燃料に関する特許の出願国別の経年変化（2003-2022）



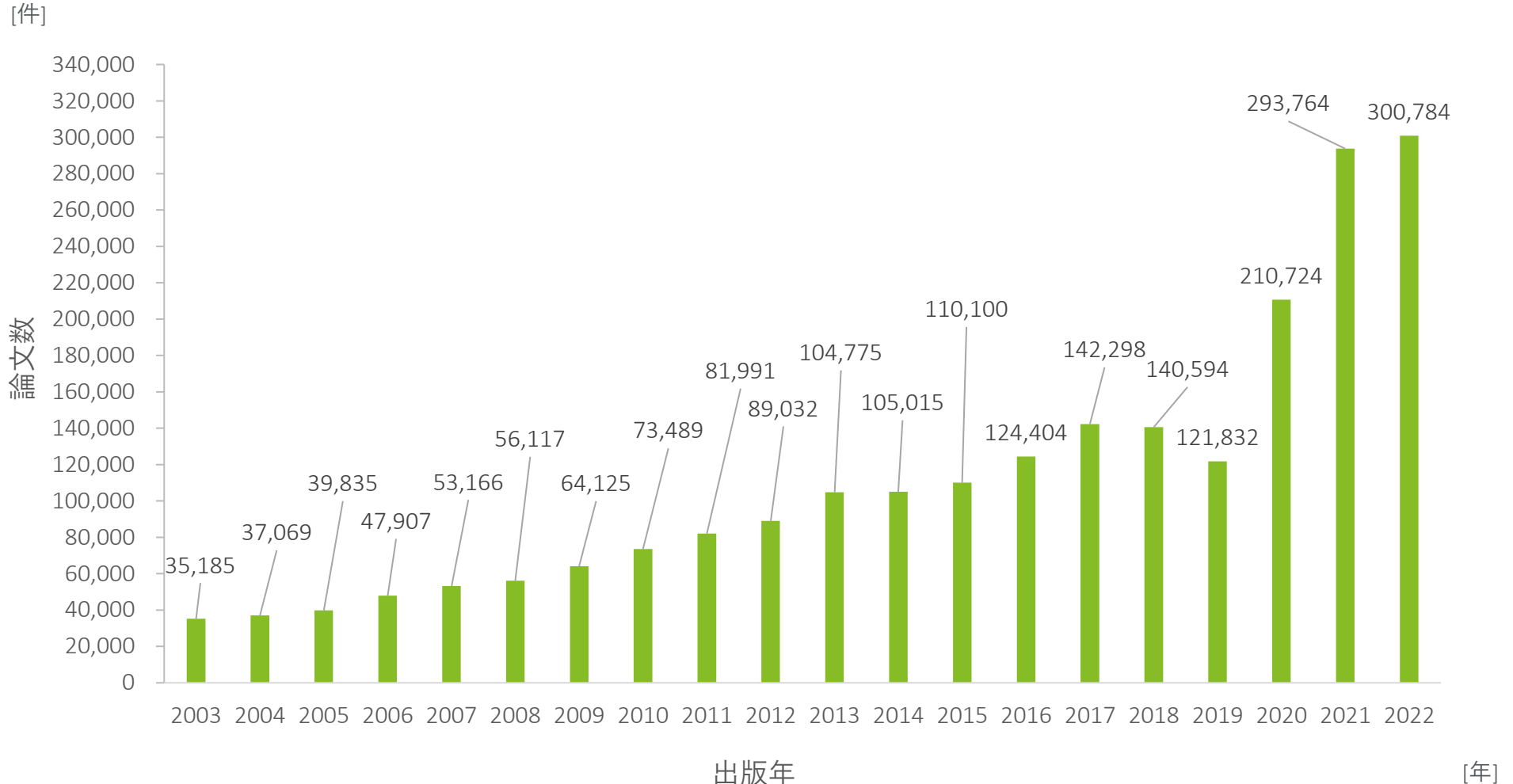
出典：Questel

SAF関連特許の調査方法の概要は以下のとおり

調査対象特許	PCT出願
調査対象年	2003～2022年（優先権主張年）
使用データベース	Questel社「Orbit Insight」
調査方法	■ 以下の検索式にて、文献の母集団を形成 ■ 母集団として整理した各文献に含まれる技術単語（キーワード）について、各製造技術（「HEFA」、「ATJ」、「ガス化FT合成」、「合成燃料」）に関連する単語が含まれる特許を抽出
検索式	('Alcohol to JET' OR 'Fischer Tropsch Synthetic Paraffinic Kerosene' OR FT-SPK OR 'Catalytic hydrothermolysis synthetic jet' OR ('Hydroprocessed Hydrocarbons, Esters' and 'Fatty Acids'))/TI/AB/CLMS/OBJ/ADB/ICLM OR (((aviation OR jet)/TI/AB/ICLM OR (B64#)/IPC) AND ((fuel* OR hydrocarbon* OR gasolin* OR (oil* NOT (boil))))/TI/AB/ICLM OR (C10G OR C10L-001/00)/IPC) AND((sustainable OR (bio* NOT (bioavailability OR biodegrad*))) OR renewable)/TI/AB/ICLM))

SAFに関連する論文数は直近20年間継続して増加傾向にあり、特に2020年から急激に増加

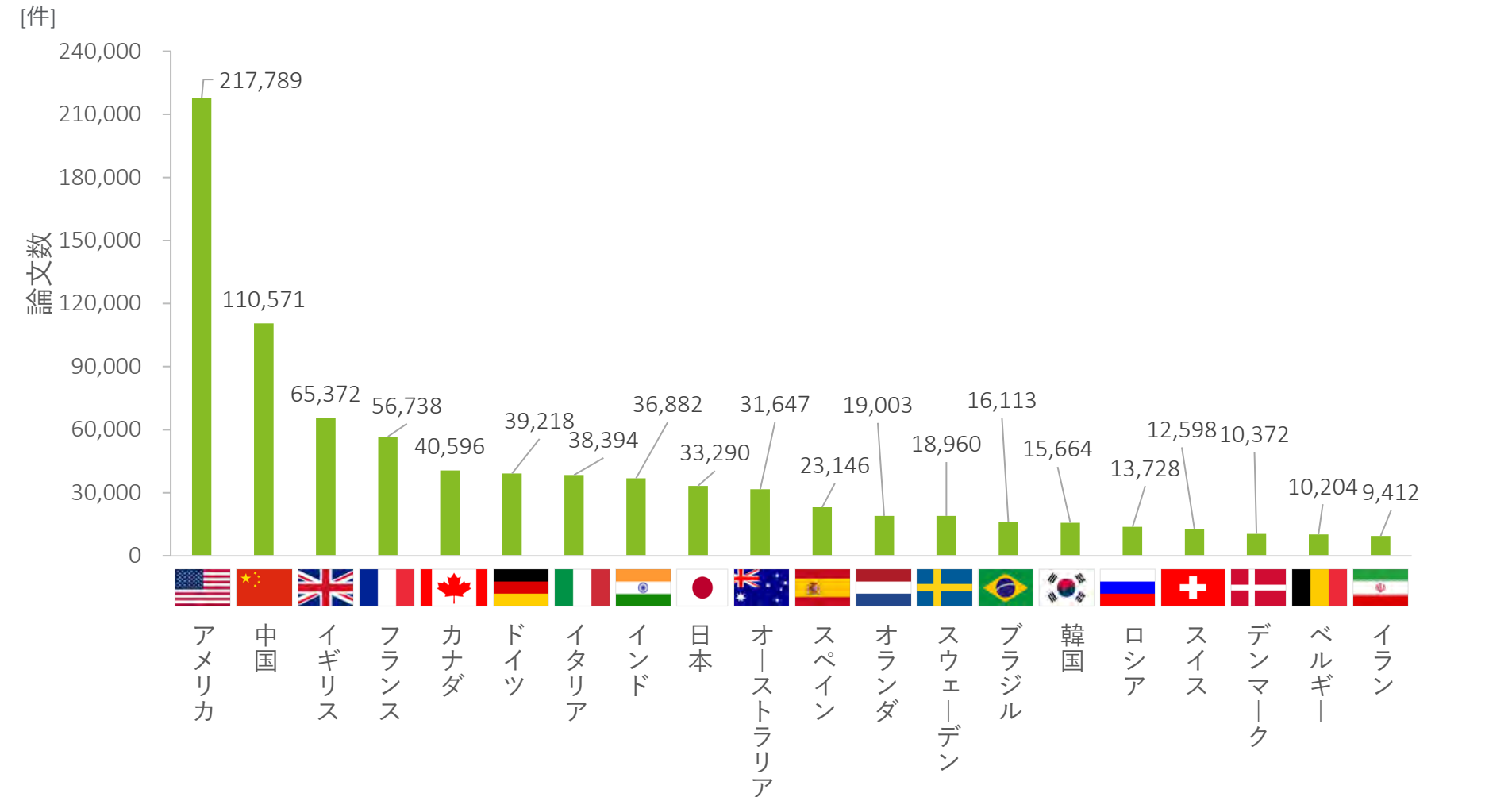
SAF関連の論文数推移（2003～2022年）



出典：Questel

論文数の上位2か国は、特許と同様にアメリカと中国となっており、続いてイギリスやフランス、カナダといった国が並んでいる

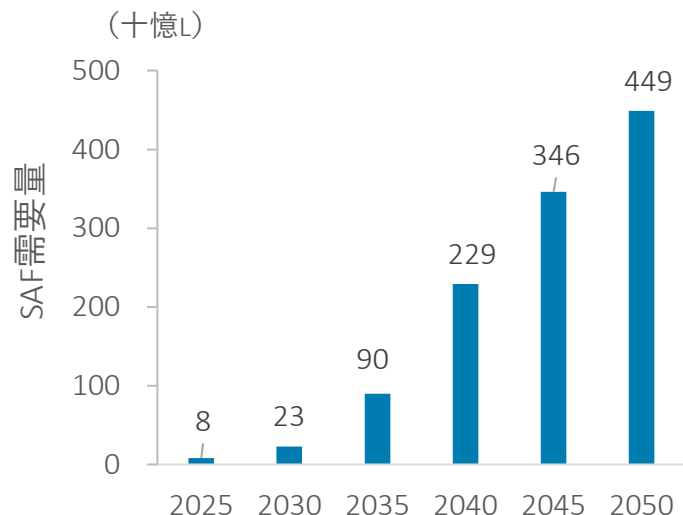
国別のSAF関連の論文数順位



出典：Questel

航空業界全体でのネットゼロ目標達成に向けた動向を踏まえ、SAFへの需要は国内外ともに急増すると見込まれており、国内では2030年時点で約171万kLに達する見込み

世界全体でのSAF需要量見込み



- IATA（国際航空運送協会）は、航空輸送分野における2050年のCO2総排出量をネットゼロとする目標を発表
- 上記目標の達成に必要なSAFの量について、2050年には約4.5億kLと推計
- 一方、2023年時点でのSAF生産量は約60万kL（世界全体のジェット燃料消費量の約0.2%）に留まると推計

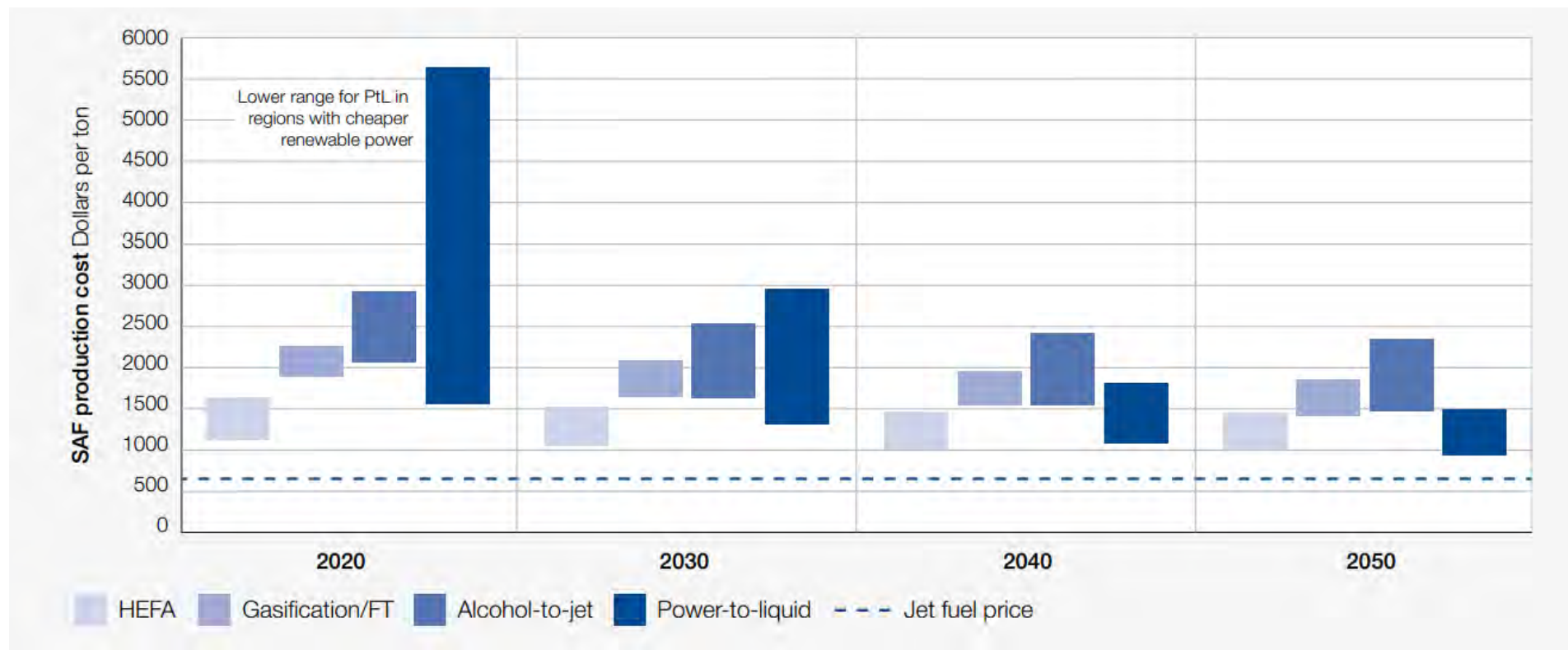
国内でのSAF需要量見込み



- 資源エネルギー庁では、2030年における国内でのSAF需要量が国内のジェット燃料使用量の10%に相当する約171万kLと見込んでいる
- 2030年における国内でのSAF供給見込み量は、石油元売り等のSAF製造・供給事業者における公表情報等から積み上げると、約192万kLであり、需給バランスは保たれる想定（ただし、原料確保や技術開発等の不確実性あり）

現状では、HEFAが最も安価であるものの、原料コストの変化や設備投資額の低減に伴い、2050年にはどの手法もSAF1トンあたり約1,000～2,000米ドルに達する見込み

製造技術別のSAF製造コスト予測（全体像）



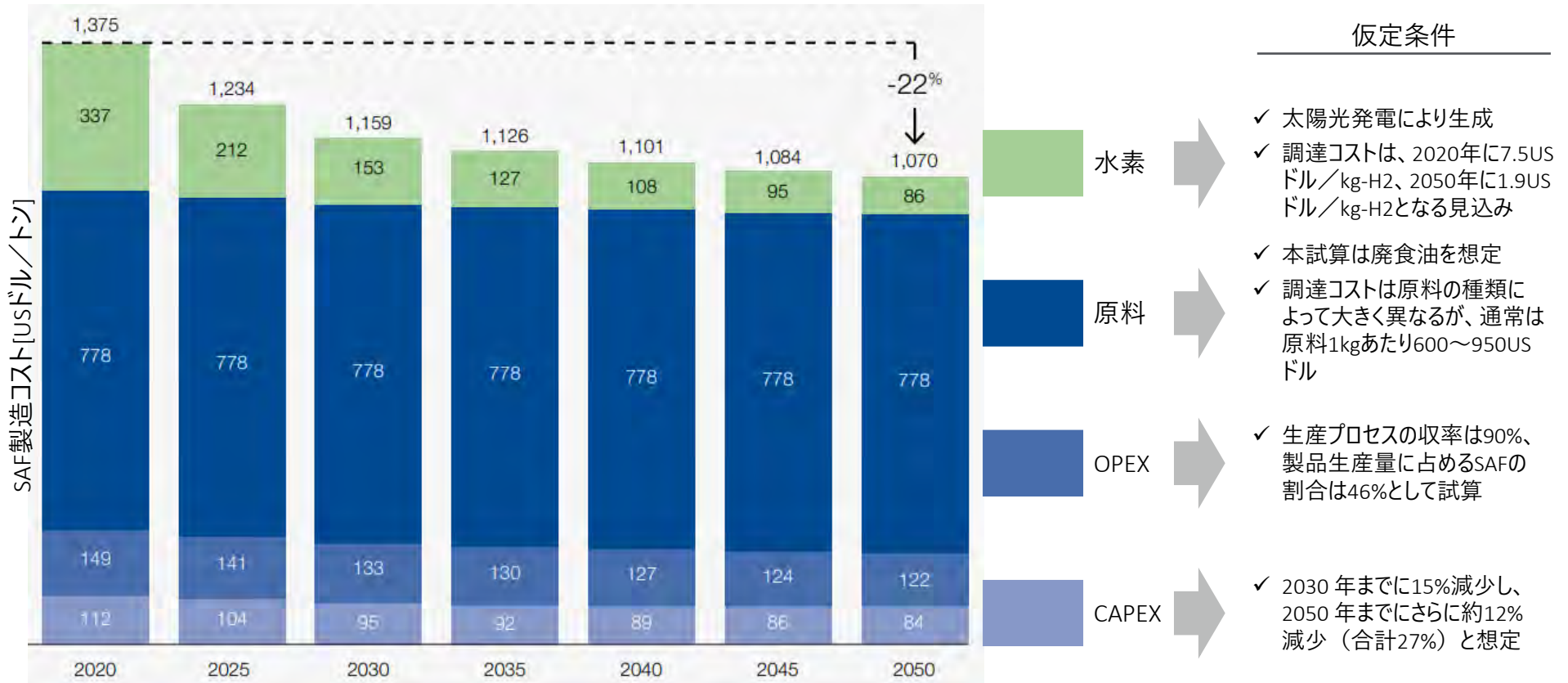
- 世界経済フォーラム（WEF）内のイニシアチブ「Clean Skies for Tomorrow」には80以上の関連団体が所属し、航空分野の脱炭素化に向けて、SAFの実現可能性等を調査・検討
- 製造技術別にSAF製造コストの将来予測結果を取りまとめており、最も安価な製造方法としてはHEFAを挙げ、そのコストはSAF1トンあたり約1,000～1,500ドルであるものの、従来の航空燃料の価格（約620ドル）と比較すると、約2倍程度

出典：WEF “Clean Skies for Tomorrow: Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation”（2020年11月）

https://www3.weforum.org/docs/WEF_Clean_Skies_Tomorrow_SAF_Analytics_2020.pdf

HEFAの製造コストは、主に水素の調達コスト低減により減少すると見込まれ、2050年には現状の製造コストから約2割低減する想定

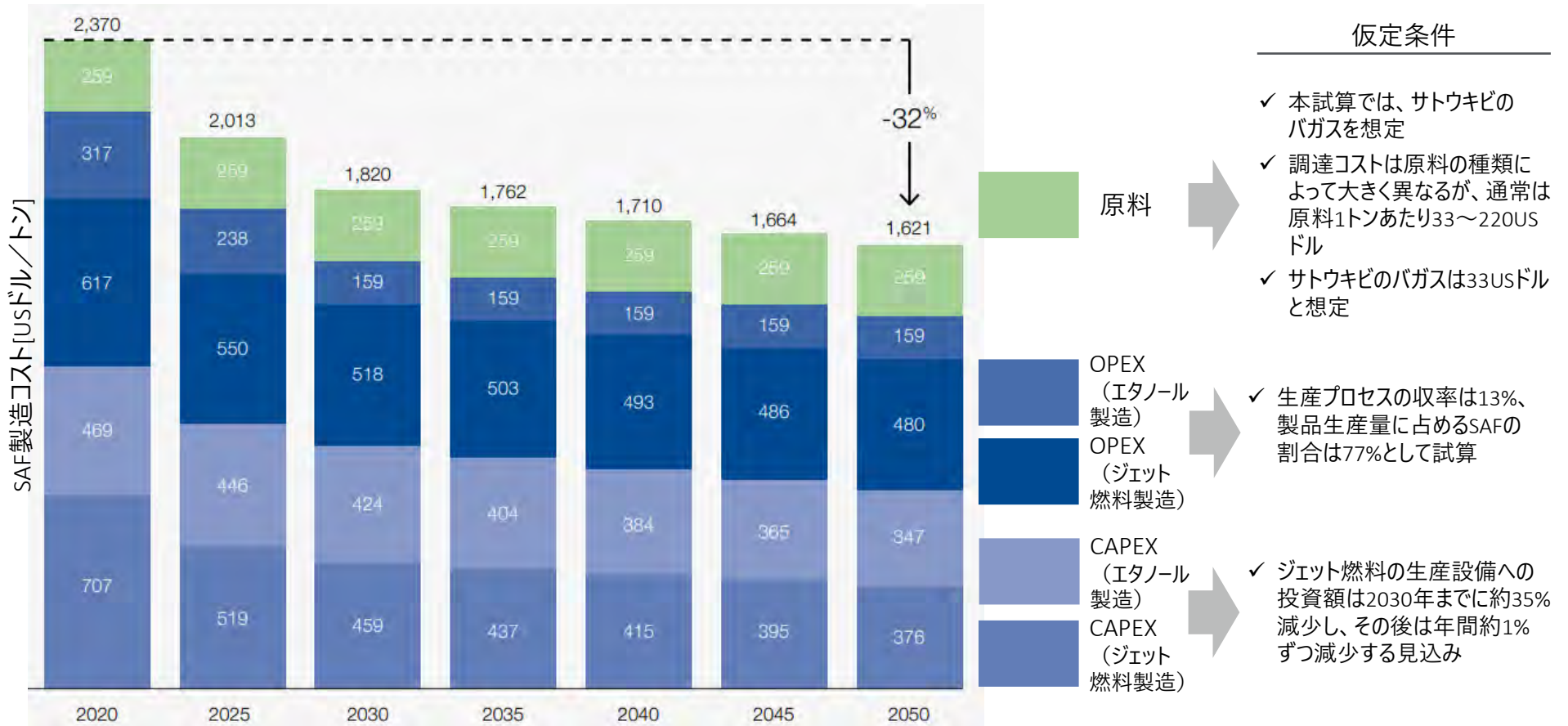
製造技術別のSAF製造コスト予測（HEFA）



- HEFAによるSAF1トンあたりの製造コストは、2020年時点で約1,400ドルであり、2050年までには約22%低減し、約1,100ドルに達する見込み
- 製造コストの低下と原料の入手可能性が担保されることで、2030年までには世界中でHEFAによるSAF製造が可能になる見込み

ATJの製造コストは、エタノール製造の営業費用（OPEX）と生産設備投資額（CAPEX）が低減することで、2050年には現状の製造コストから約3割低減する想定

製造技術別のSAF製造コスト予測（ATJ）

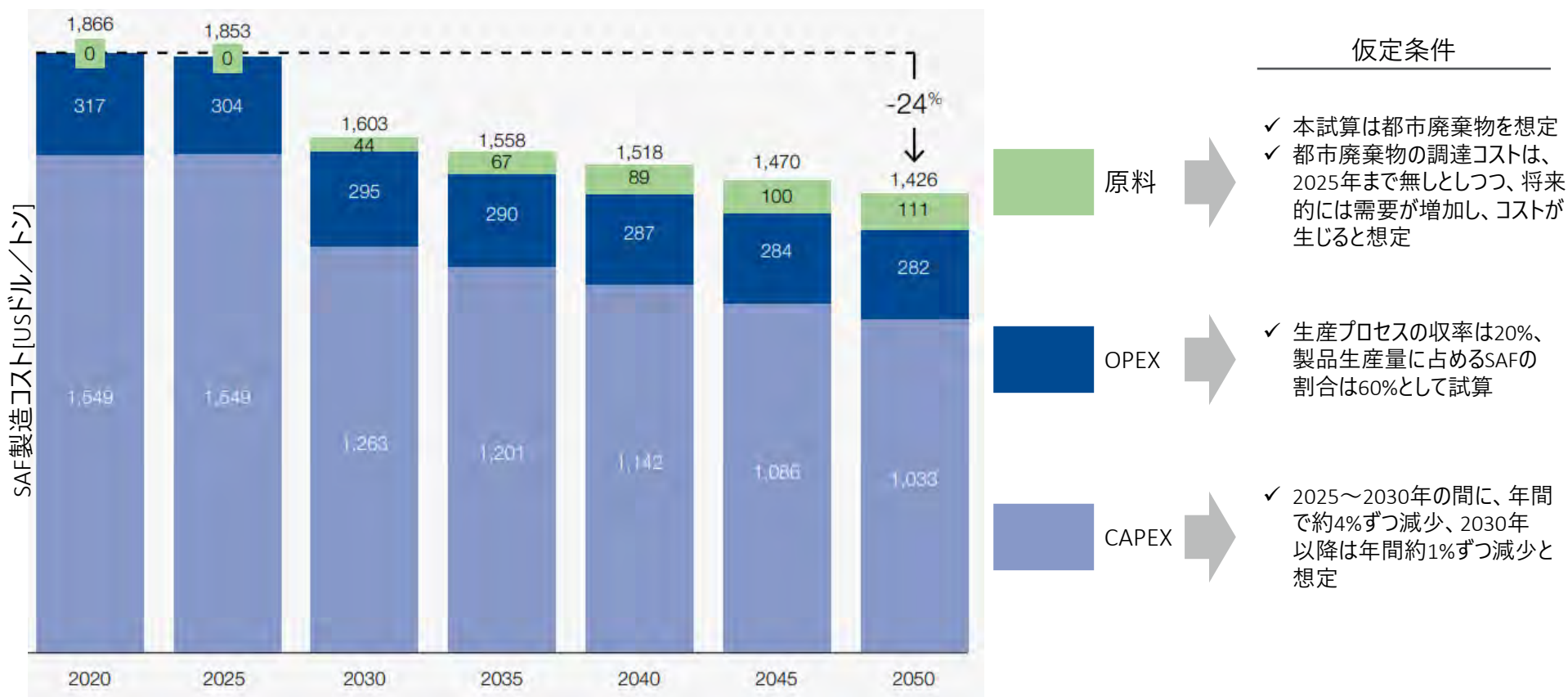


- ATJによるSAF1トンあたりの製造コストは、2020年時点で約2,400ドルであり、2050年までには約32%低減し、約1,600ドルに達する見込み
- なお、将来的に最も安価で調達可能な原料としては都市廃棄物の生ごみも想定

出典：WEF “Clean Skies for Tomorrow: Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation”（2020年11月）
https://www3.weforum.org/docs/WEF_Clean_Skies_Tomorrow_SAF_Analytics_2020.pdf

ガス化FT合成の製造コストは、生産設備投資額（CAPEX）が約8割を占めるが、原料コストが他の製造技術よりも安いという点が特徴

製造技術別のSAF製造コスト予測（ガス化FT合成）



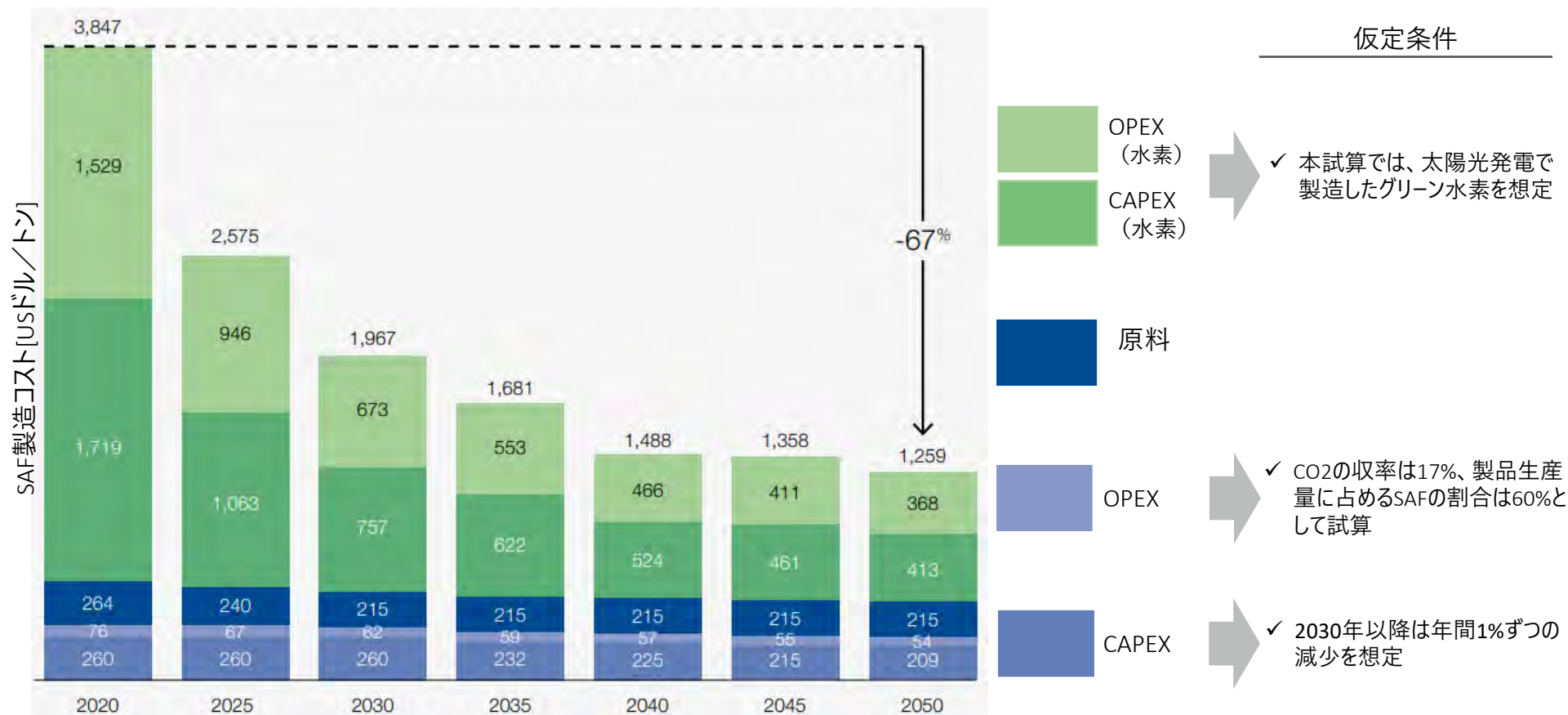
- ガス化FT合成によるSAF1トンあたりの製造コストは、2020年時点で約1,900ドルであり、2050年までには約24%低減し、約1,400ドルに達する見込み
- ガス化FT合成では、都市廃棄物以外にも、林業残材やその他のセルロース系原料を活用することが可能であるものの、調達コストは1トンあたり33～220ドルと見込まれ、SAF1トンあたりの製造コストは、2030年に約1,800ドル、2050年に1,550ドルに留まる見込み

出典：WEF “Clean Skies for Tomorrow: Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation”（2020年11月）

https://www3.weforum.org/docs/WEF_Clean_Skies_Tomorrow_SAF_Analytics_2020.pdf

合成燃料の製造コストは、水素の調達コストによって大きく変動すると見込まれ、2050年までに約70%減少する可能性

製造技術別のSAF製造コスト予測（合成燃料）



- 合成燃料1トンあたりの製造コストは、2020年時点で約3,800ドルであり、2050年までには約67%低減し、約1,300ドル以下に達する見込み
- その要因としては原料コストの低減が挙げられ、太陽光による発電コストは、現状の59ドル/MWhから2050年には18ドル/MWh、太陽光発電で製造される水素のコストは現状7.3ドル/kgから2050年には1.7ドル/kg、CO₂の調達コストは現状約81ドル/tCO₂から2030年には約66ドル/tCO₂に低下すると仮定

技術戦略分析

①SAF

②バイオスティミュラント

③人工衛星等による生育観測

④ゲノミックセレクション

資材ごとに植物保護の機能が異なり、主要な資材は7種類に分類

バイオスティミュラントの概要

定義

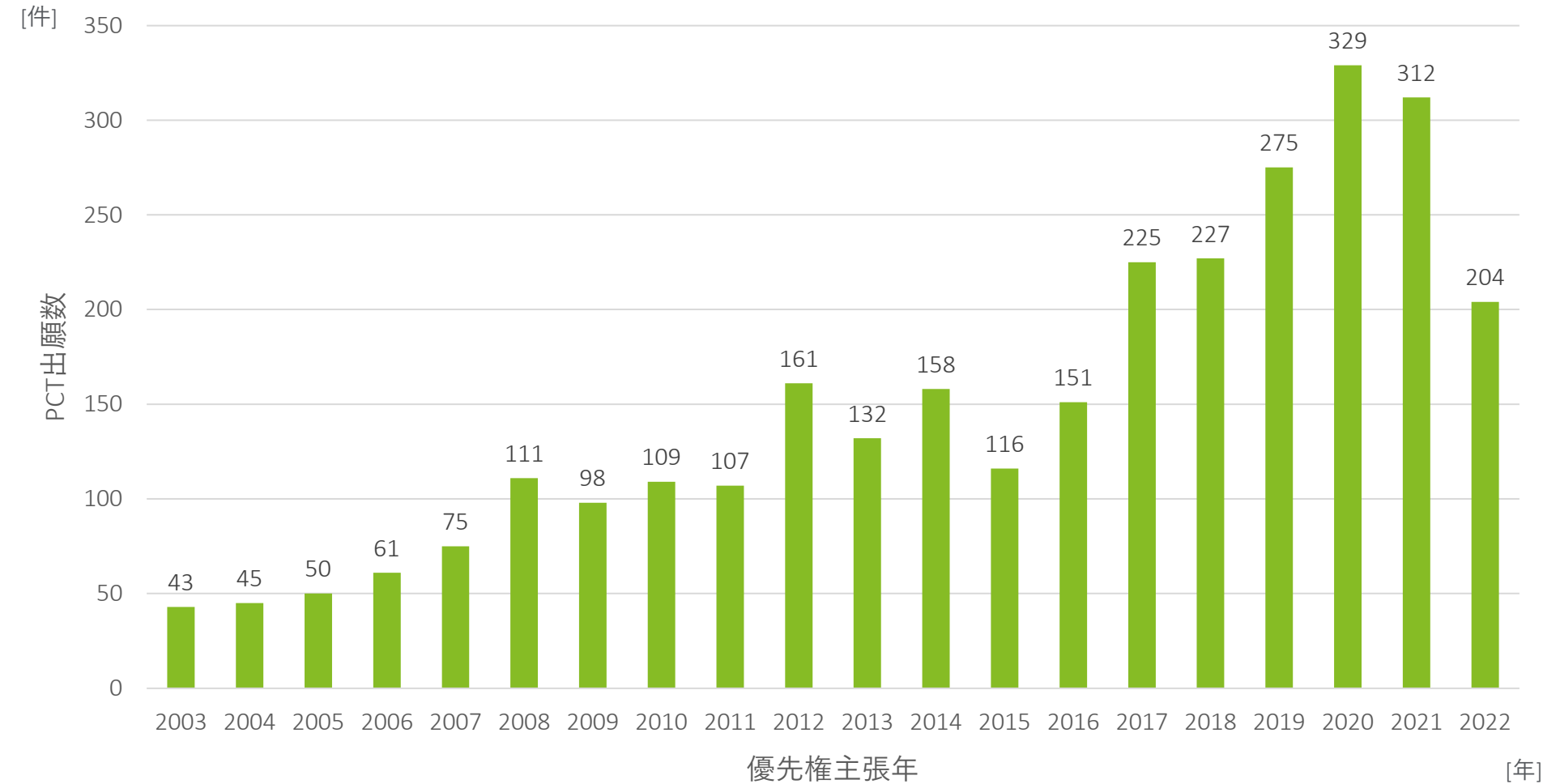
- 植物のストレス耐性等を高める資材のこと（例：腐植質、海藻、微生物資材等）
- バイオスティミュラントによる具体的な効果の例は以下のとおり
 - 活性酸素の抑制
 - 光合成の活性化
 - 開花・着果の促進
 - 蒸散のコントロール
 - 浸透圧の調節
 - 根圏環境の改善
 - 根量の増加・根の活性向上

資材ごとの植物保護機能の概要

資材	植物保護機能の概要
海藻類	海藻抽出物や海藻由来のβ-1,3-グルカンのオリゴ糖であるラミナリンにより、 <u>病害抵抗性</u> を誘導
多糖類	
キチン・キトサン	カニやエビ等の甲殻類の殻及び真菌類の細胞壁の主成分であるキチン及びキチンの脱アセチル化物であるキトサンは <u>土壌改良剤</u> として利用
腐植酸	- 保肥力の改善が主な用途 - 土壌のリン酸固定を抑制して、可給態リン酸を増加
アミノ酸・ペプチド	グルタミン酸の葉面散布による <u>塩ストレス</u> に対する耐性の付与や、 <u>病害抵抗性</u> の誘導効果
ビタミン・ミネラル	- ビタミンCの施用により、植物の<u>乾燥及び塩害等の非生物ストレスに対する耐性</u>が向上 - ビタミンB1は植物の<u>病害抵抗性</u>を活性化
菌類	- トリコデルマ菌（Trichoderma）は、植物に<u>病害抵抗性</u>を誘導するとともに、植物に非生物的ストレスに対する抵抗性を付与 - 酵母抽出物及びビール酵母細胞壁による植物の<u>生育促進効果</u>

2003～2022年にかけて、バイオスティミュラント関連特許の出願数は増加傾向にあり、特に2017年を境に毎年200件以上の特許が出願

バイオスティミュラントに関する特許出願数の推移



出典：Questel

※検索条件は別ページに記載

バイオスティミュラント関連特許の上位特許権者はドイツやアメリカ、中国に集中

バイオスティミュラントに関する上位特許権者リスト

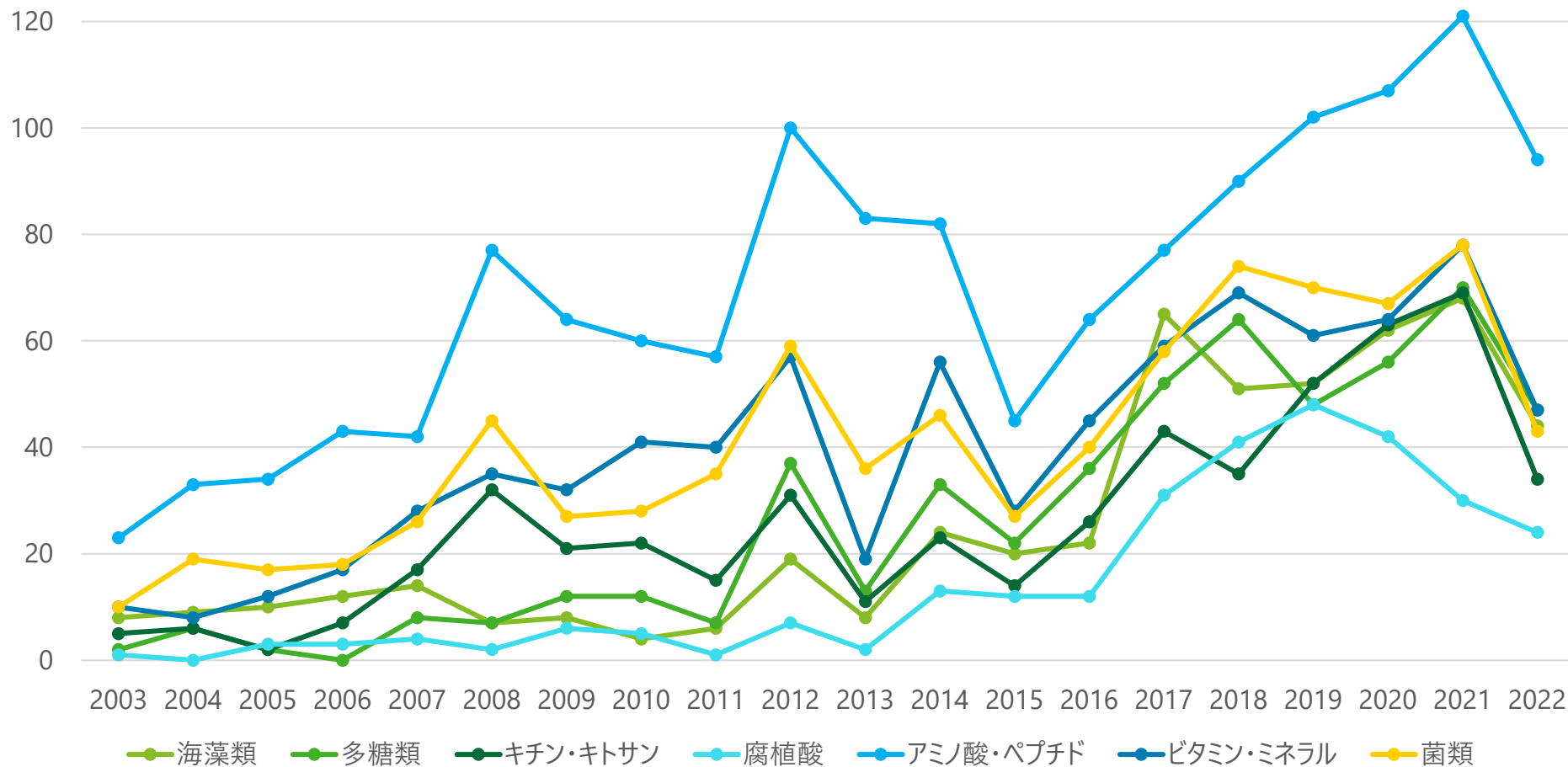
#	特許権者名（国籍）	保有数
1	EVOGENE（イスラエル）	164
2	BASF（ドイツ）※1	93
3	HM CLAUSE（アメリカ）	89
4	BASF PLANT SCIENCE（ドイツ）※1	69
5	BAYER CROPS SCIENCE（ドイツ）	55
6	SYNGENTA PARTICIPATIONS（スイス）	39
7	BAYER INTELLECTUAL PROPERTY（ドイツ）	37
8	BIOCENTURY（アメリカ）	34
9	MENDEL BIOTECHNOLOGY（アメリカ）	30
10	HUAZHONG AGRICULTURAL UNIVERSITY（中国）	26

#	特許権者名（国籍）	保有数
11	PIONEER HI BRED INTERNATIONAL（アメリカ）	12
12	MONSANTO TECHNOLOGY（アメリカ）	13
12	CROPDESIGN（ベルギー）	13
12	CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY（中国）	13
15	SYNGENTA CROP PROTECTION（スイス）	16
15	SHANDONG AGRICULTURAL UNIVERSITY（中国）	16
17	INSTITUTUL NATIONAL DE CERCETARE DEZVOLTARE PENTRU CHIMIE SI PETROCHIMIE ICECHIM（ルーマニア）	18
17	NANJING AGRICULTURAL UNIVERSITY（中国）	18
19	REPUBLIC OF KOREA NATIONAL FISHERIES RESEARCH & DEVELOPMENT INSTITUTE（韓国）	20
19	INSTITUTE OF CROP SCIENCES CHINESE ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES（中国）	20

※1 BASFグループ全体で198件のバイオスティミュラント関連特許を保有
出典：Questel

アミノ酸・ペプチドを資材とする特許が最も多く、次いでビタミン・ミネラルや菌類が続く

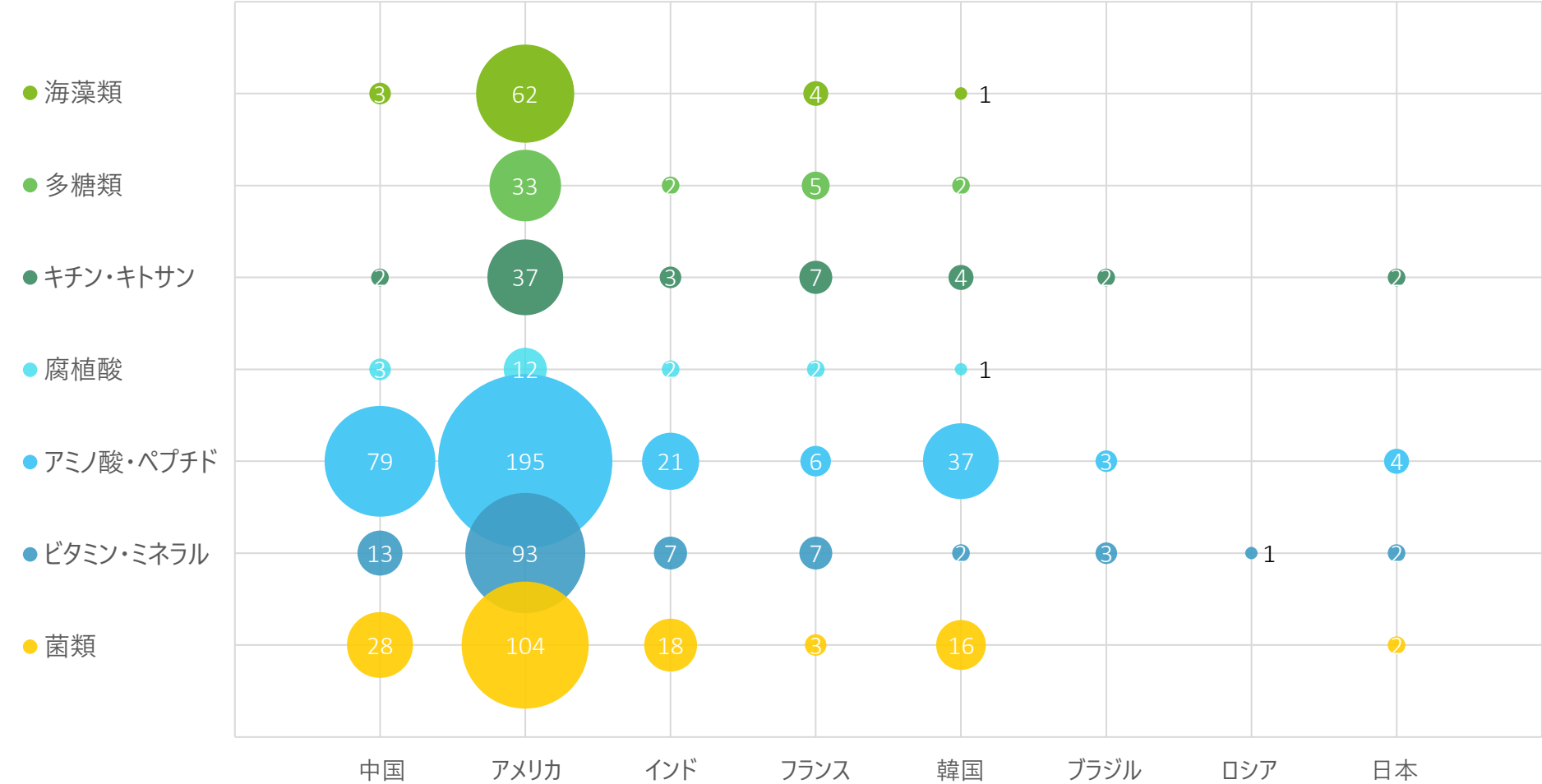
バイオスティミュラントに関する特許出願件数の経年変化（2003-2022）



出典：Questel

2003～2012年にかけては、中国とアメリカを中心としてアミノ酸・ペプチドやビタミン・ミネラル、菌類に関する特許が多く出願

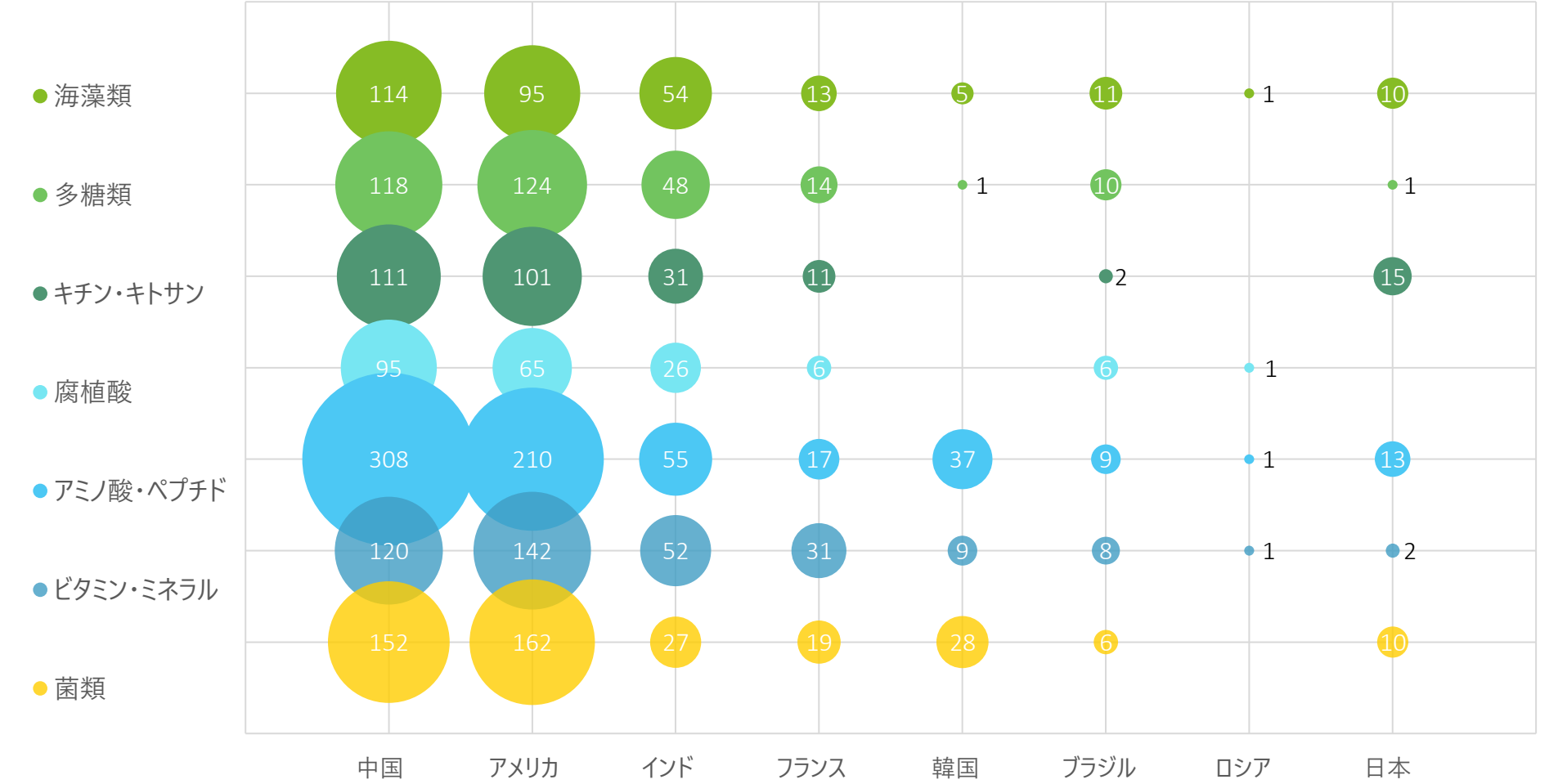
バイオスティミュラントに関する特許の出願国分布（2003-2012、出願数上位7カ国及び日本を抽出）



出典：Questel

2013年以降中国とアメリカ、インドを中心に、様々な資材を活用したバイオスティミュラント技術に関する特許が出願

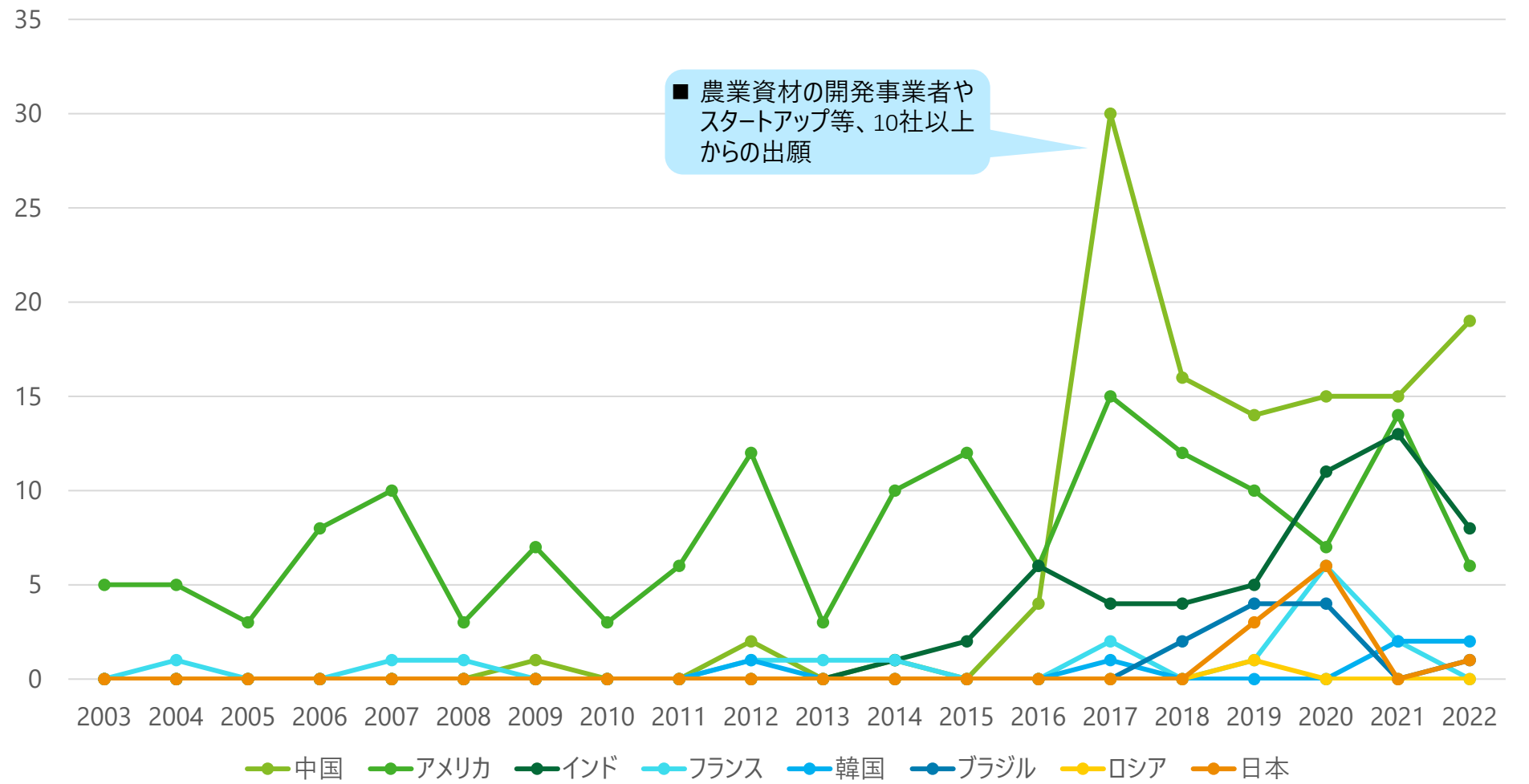
バイオスティミュラントに関する特許の出願国分布（2013-2022、出願数上位7カ国及び日本を抽出）



出典：Questel

海藻類に係るバイオスティミュラント関連特許に関して、2016年までアメリカからの出願数が最も多かったものの、2017年以降中国からの出願が急激に増加

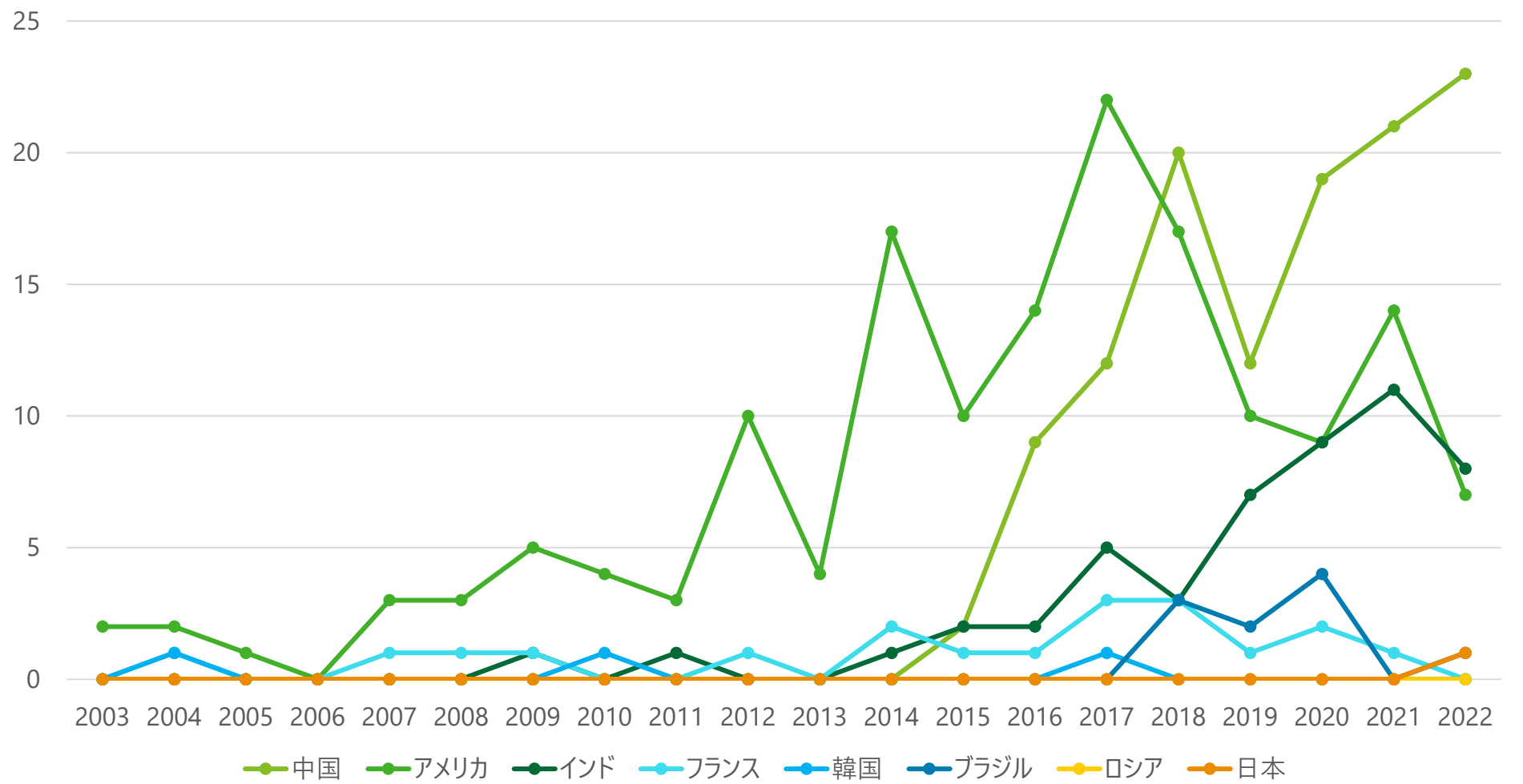
バイオスティミュラント（海藻類）に関する特許の出願国別の経年変化（2003-2022）



出典：Questel

多糖類に係るバイオスティミュラント関連特許に関しては、2014年頃から中国やアメリカ、インドからの出願が増加しており、既に一定の技術力を保有

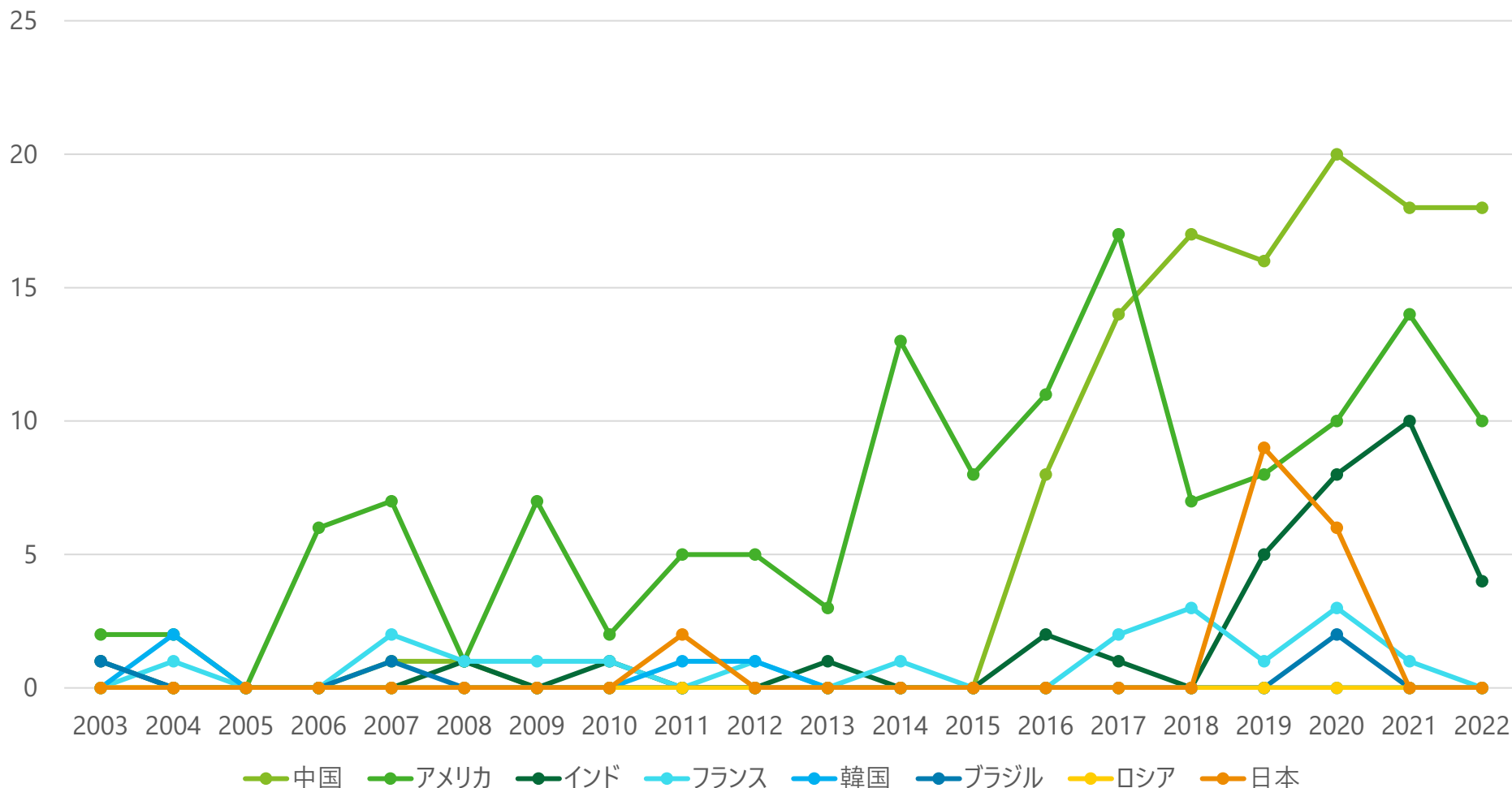
バイオスティミュラント（多糖類）に関する特許の出願国別の経年変化（2003-2022）



出典：Questel

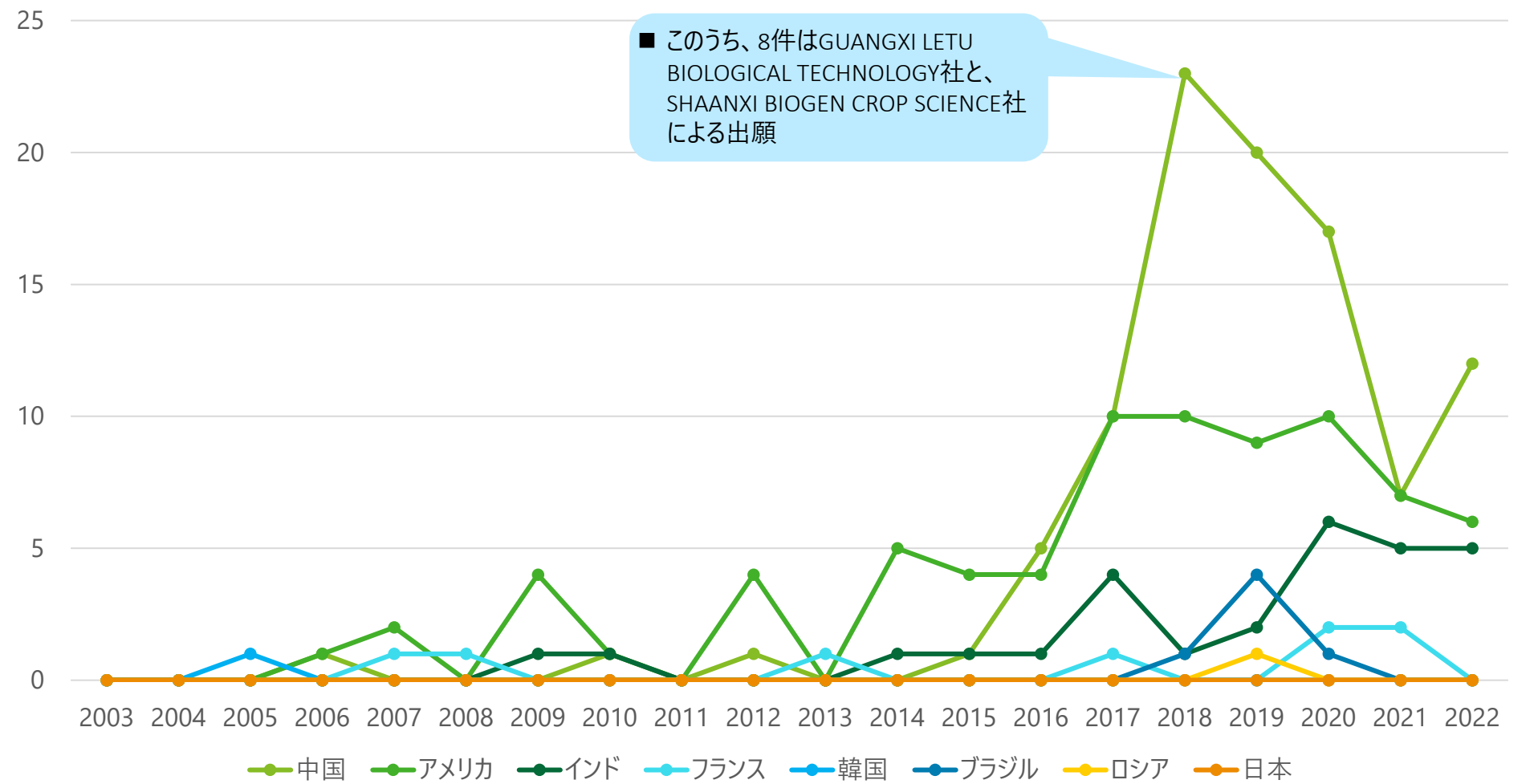
キッチン・キトサンに係るバイオスティミュラント関連特許に関しては、アメリカからの出願数が徐々に増加している一方、2015年より中国からの出願が急激に増加

バイオスティミュラント（キッチン・キトサン）に関する特許の出願国別の経年変化（2003-2022）



2016年～2020年にかけてアメリカや中国から腐植酸に係るバイオスティミュラント関連特許の出願数が増加したものの、直近では減少傾向

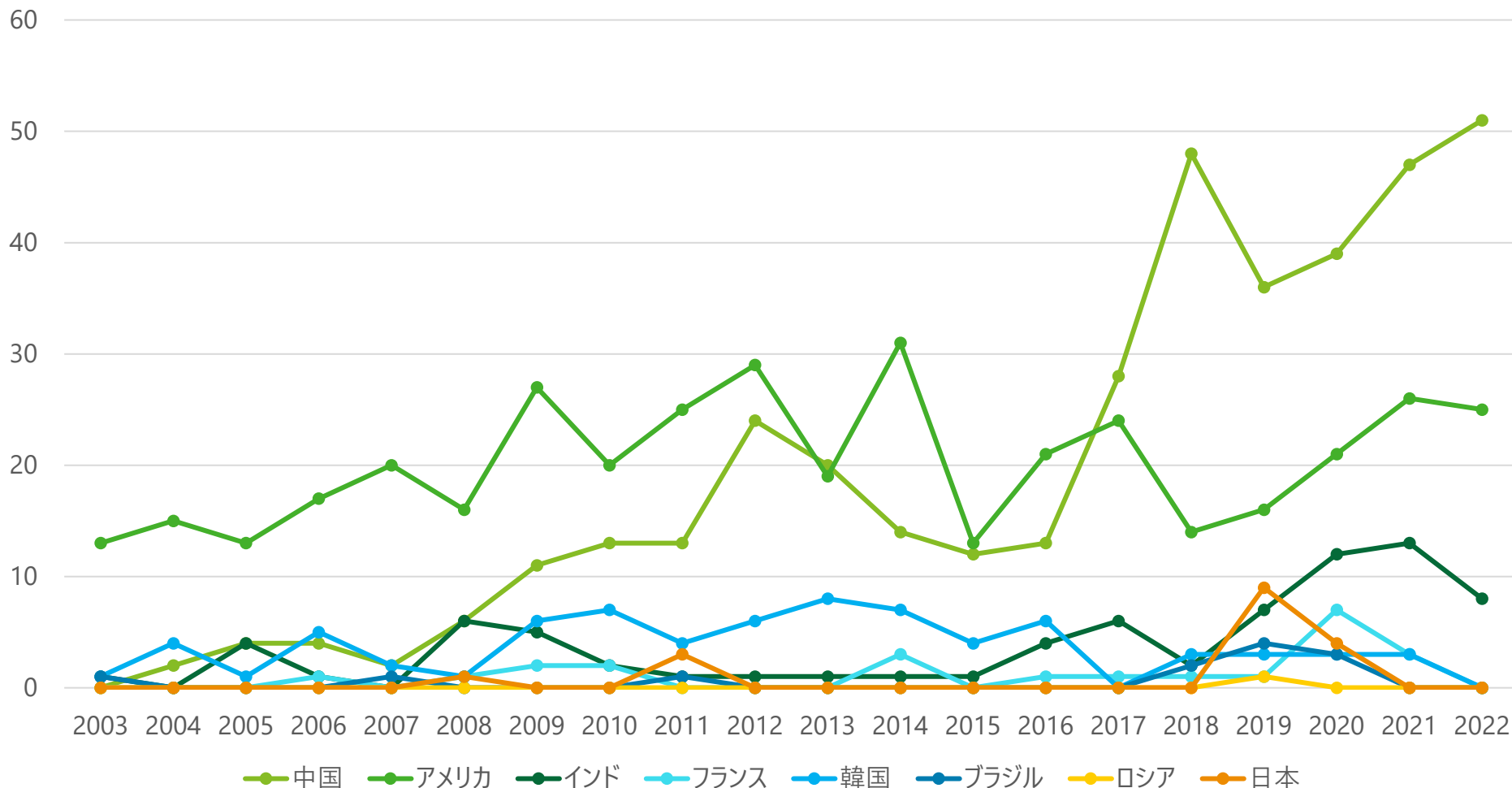
バイオスティミュラント（腐植酸）に関する特許の出願国別の経年変化（2003-2022）



出典：Questel

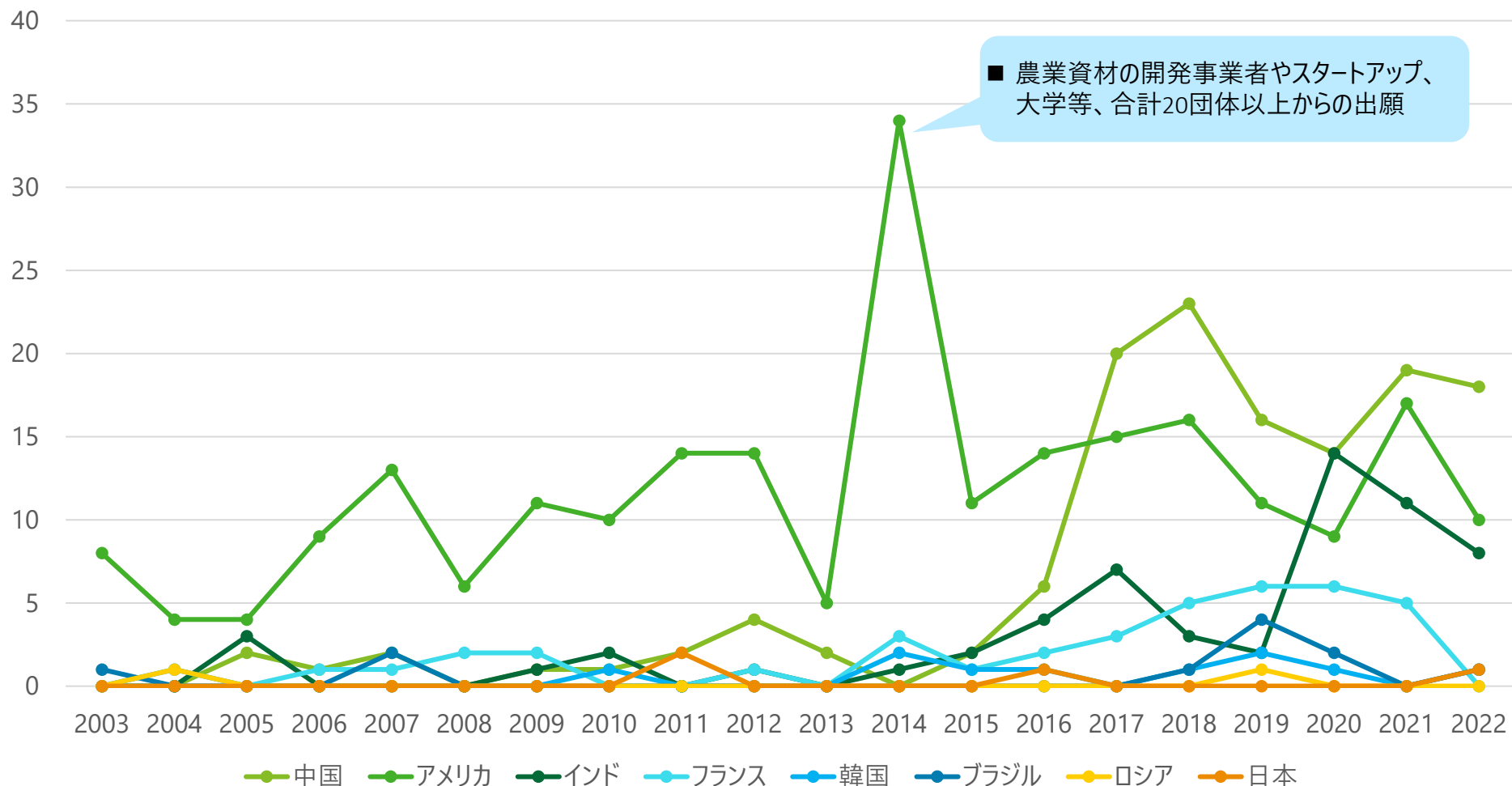
アミノ酸・ペプチドに係るバイオスティミュラント関連特許については、アメリカからの出願数が一定数みられる一方、2017年より中国からの出願が急激に増加

バイオスティミュラント（アミノ酸・ペプチド）に関する特許の出願国別の経年変化（2003-2022）



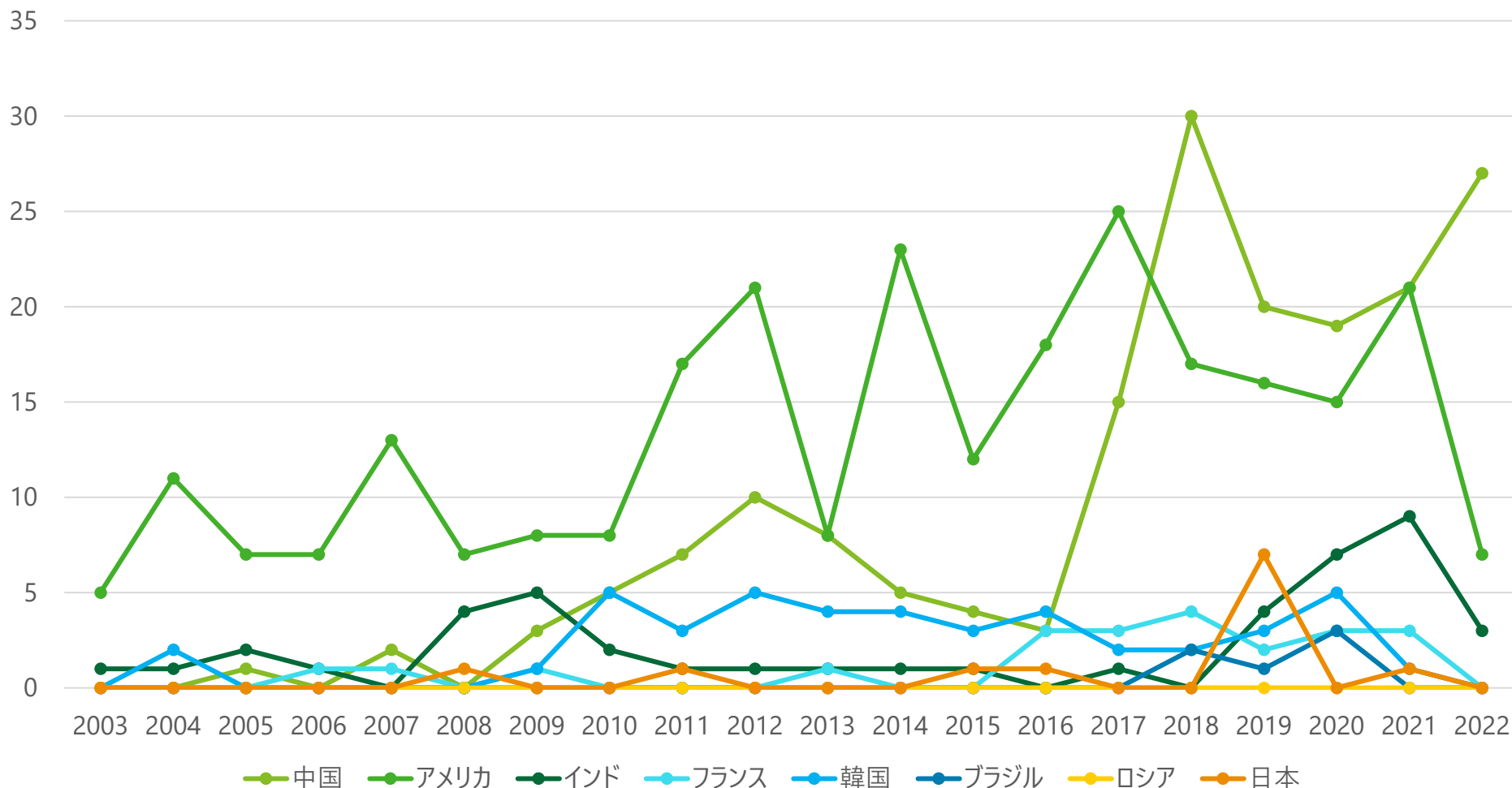
ビタミン・ミネラルに係るバイオスティミュラント関連特許については、アメリカからの出願が一定数存在しつつ、2017年以降中国からの出願数も増加

バイオスティミュラント（ビタミン・ミネラル）に関する特許の出願国別の経年変化（2003-2022）



菌類に係るバイオスティミュラント関連特許については、アメリカからの出願数が徐々に増加している一方、2017年以降中国からの出願が急激に増加

バイオスティミュラント（菌類）に関する特許の出願国別の経年変化（2003-2022）



バイオスティミュラント関連特許の調査方法の概要は以下のとおり

調査対象特許	PCT出願
調査対象年	2003～2022年（優先権主張年）
使用データベース	Questel社「Orbit Insight」
調査方法	■ 以下の検索式にて、文献の母集団を形成 ■ 母集団として整理した各文献に含まれる技術単語（キーワード）について、各資材（例：海藻、多糖類、キチン、キトサン）に関連する単語が含まれる特許を抽出
検索式	(((Biostimula+ OR Bio-stimula+)/TI/AB/CLMS/OBJ/ADB/ICLM AND (agri+ OR crop OR crops OR plant OR plants)/TI/AB/CLMS/OBJ/ADB/ICLM) Not (A61# OR C01#)/IPC/CPC)) OR (((Biostimula+ OR Bio-stimula+)/TI/AB/CLMS/OBJ/ADB/ICLM AND (agri+ OR crop OR crops OR plant OR plants)/TI/AB/CLMS/OBJ/ADB/ICLM) AND (Seaweed OR algae OR alginate OR algnic OR fucoidan OR carrageenan OR chitin OR chitosan OR corrosive acid OR humic OR fluvic OR amino scid OR peptide OR protein hydrolysate OR vitamin OR mineral OR microorganism OR bacteria OR rhizobia OR mycorrhizal fungi OR yeast OR Bacillus subtilis)/TI/AB/CLMS)) OR (((abiotic stress)/TI/OBJ/ADB Not (A61# OR C01#)/IPC/CPC)) OR (((abiotic stress)/TI/OBJ/ADB AND (Seaweed OR algae OR alginate OR algnic OR fucoidan OR carrageenan OR chitin OR chitosan OR corrosive acid OR humic OR fluvic OR amino scid OR peptide OR protein hydrolysate OR vitamin OR mineral OR microorganism OR bacteria OR rhizobia OR mycorrhizal fungi OR yeast OR Bacillus subtilis)/TI/AB/CLMS))

バイオスティミュラントに関連する論文数は直近約20年間継続して増加傾向にあり、特に2020年を境に急激に増加

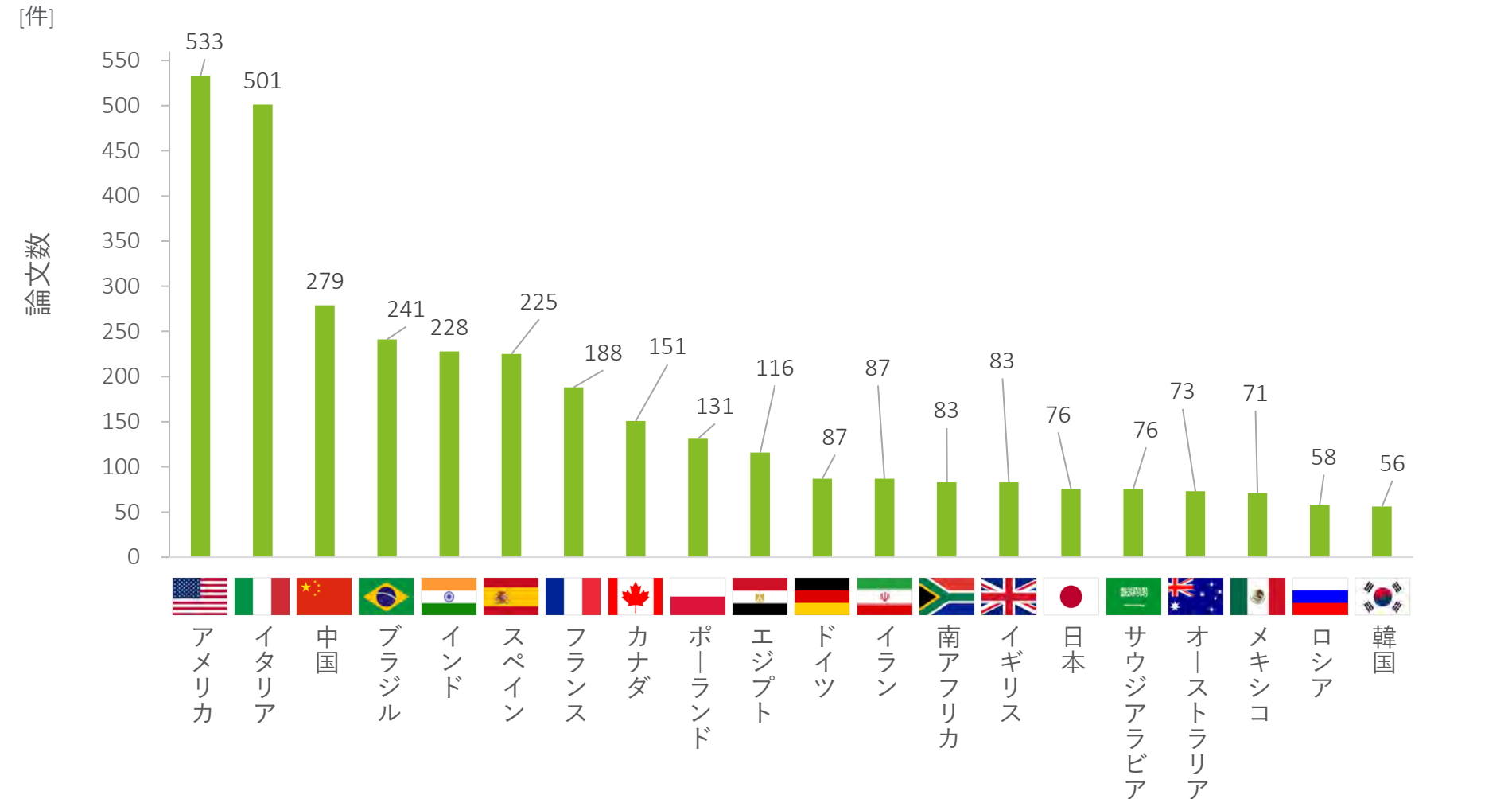
バイオスティミュラント関連の論文数推移（2004～2022年）



出典：Questel

論文数の上位3か国には、特許と同様にアメリカと中国が入っており、その他にはイタリア、ブラジル、インド等の国が並ぶ

国別のバイオスティミュラント関連の論文数順位



出典：Questel