

令和元年度 大分野別出願動向調査
(化学分野)

ニーズ即応型技術動向調査

—アンモニアの合成技術—

目次

1. 技術概要 P. 2
2. 市場・政策動向 P. 4
3. 検索式、検索条件及び各技術区分の説明 . . P. 5
4. 出願人国籍・地域別出願件数推移・比率 . . P. 7
5. 出願人国籍・地域別出願・登録件数収支 . . P. 8
6. 出願人別出願件数ランキング P. 9
7. 技術区分別出願件数推移・比率 P. 10
8. アンモニアの利用分野別出願件数
推移・比率 P. 11
9. 論文動向 P. 12

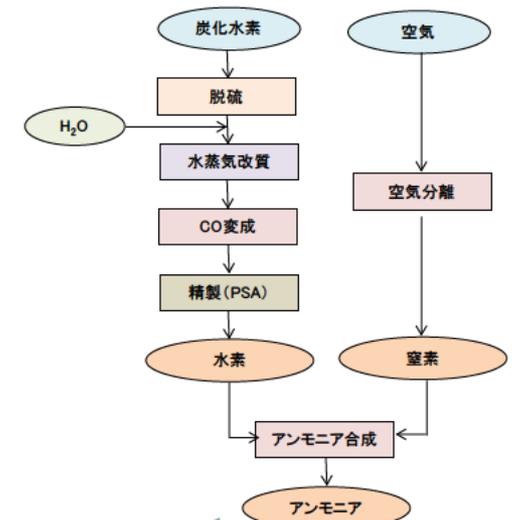
1. 技術概要 (1)

アンモニアの合成技術は、1913年にHaberとBoschにより近代肥料工業の基礎として確立され、初めて商業化された。現在においてもHaber Bosch (HB) 法による大型化プロセスの技術開発が進められている。一方で、近年、新規触媒や、再生可能エネルギーを利用した原料 (H₂ など) を用いる新しいアンモニア合成技術の開発が活発化している。

<従来と新しいアンモニア合成の比較>

	従来のアンモニア合成	新しいアンモニア合成
合成技術	<ul style="list-style-type: none"> ・ Haber Bosch (HB) 法 (鉄系触媒、14~30MPa、400~600°C条件で水素と窒素からアンモニアを合成する技術) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 新規固体触媒による熱的アンモニア合成 ・ 電気化学的還元法 ・ 光触媒 ・ 金属錯体触媒 ・ プラズマ法その他
技術の特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高温、高圧の過酷な反応条件 ・ 水素原料として炭化水素 (天然ガス) ・ 多量のCO₂排出 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 温和な反応条件 ・ 再生可能エネルギーを利用した原料利用
アンモニア用途	<ul style="list-style-type: none"> ・ 肥料 (約80%) ・ 工業製品 (アクリロニトリルなど) 	従来用途のほか、 <ul style="list-style-type: none"> ・ エネルギー源としての燃料 ・ SOFC電池 ・ 水素のエネルギーキャリア
生産の特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・ 多量生産 ・ 一極集中 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 少量生産 ・ 地産地消型「オンサイト」プロセス

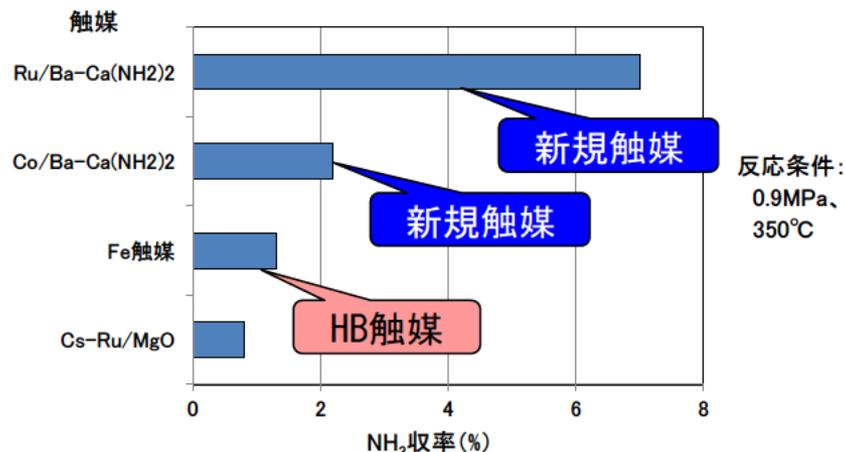
<HB法アンモニア製造ブロックフロー>



標準的な生産プラント2, 200t/d
の能力からさらなる大型化

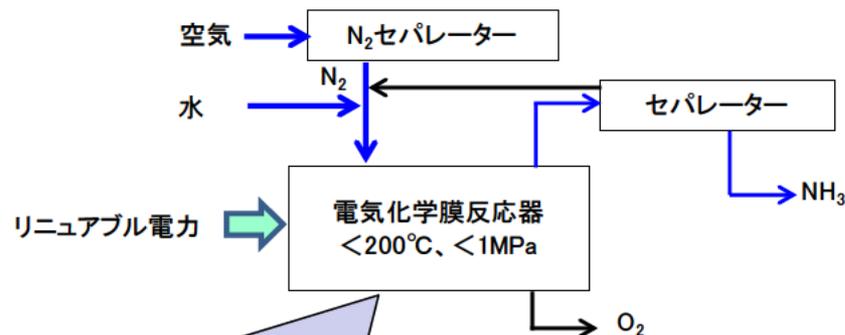
1. 技術概要 (2)

<新規固体触媒による熱的アンモニア合成>



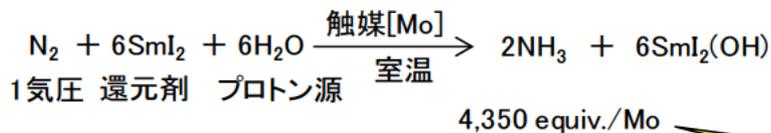
出典：触媒、61(2), p72(2019)を基に三菱ケミカルリサーチで作成

<電気化学的合成法>

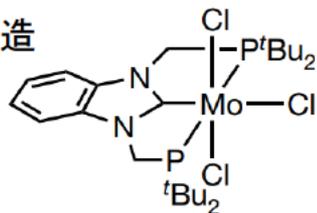


Cs₂H₂PO₄固体電解質とPd複合膜で10⁻⁹mol/s・cm²のアンモニア生成速度を示した。実用化には、あと10倍の性能向上が必要とみられる。

<金属錯体触媒>



Mo触媒の構造

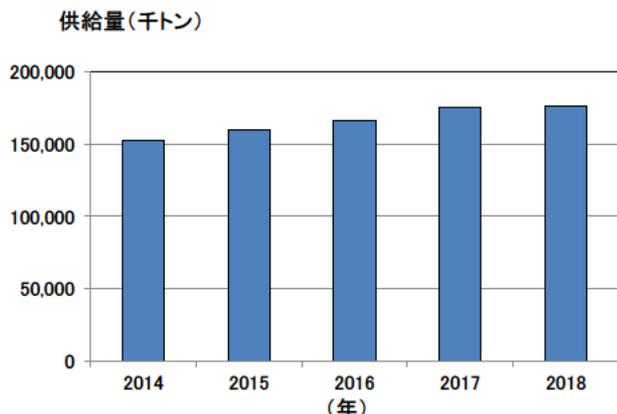


窒素と水から常温、常圧でアンモニアが合成できる画期的な錯体触媒系が最近見出された。

出典：Y. Nishibayashi et. al., Nature, 568, p536(2019)

2. 市場、政策動向

＜世界のアンモニア供給量推移＞



出典：World fertilizer trend and outlook 2018
(Food and Agriculture Organization of UN)

世界のアンモニア生産量は堅調に推移し、今後の肥料の需要により3～5%で成長すると予測されている。

＜国内外のアンモニア合成に関するプロジェクト例＞

地域	組織、スポンサー	プロジェクト名	開発メンバー	期間、補助金など
日本	内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)、エネルギーキャリア	CO ₂ フリー水素利用アンモニア合成システム開発	日揮	2014年
	JST、戦略的創造研究推進事業ACCEL	エレクトライドの物質科学と応用展開	東工大	2013～2018年
	JST,GREST	エネルギーキャリアとしてのアンモニアを合成・分解するため特殊反応場を構築に関する基盤的技術の創製	大分大	2013～2018年
	JST,GREST	電場中での低温オンデマンド省エネルギーアンモニア合成	早稲田大、日本触媒	2012～2021年、
	JST,GREST、	分子触媒を利用した革新的アンモニア合成及び関連反応の開発	東京大	2015～2020年
米国	NEDO、水素利用等先端研究開発事業	溶融塩を用いた水と窒素からのアンモニア電解合成	アイ・エムセツプ	2014～2017年
	DOE, ARPA-E	アンモニアの生物学的生産のための窒素固定化、メタン資化性能力を持つ微生物工学	Rice大	2016～2017年、\$499,989
	DOE, ARPA-E	アンモニア合成膜反応器	Colorado School of Mines	2016～2018年、\$500,000
	DOE, ARPA-E	風力エネルギーでアンモニア合成	ミネソタ大	2017～2019年、\$2,900,000
DOE, ARPA-E	水と窒素から高効率アンモニア製造	Giner	2017～2019年、\$1,499,186	
欧州	FP7	MAPSYN (Microwave, Ultrasound, Plasma assisted Syntheses)	C-Tech Innovation	2012～2016年、3,664,920ユーロ
	FP7	N2RED (Spectroscopic Studies of N2 reduction: Biological to Heterogeneous Catalysis)	Max-Planck	2014～2019年、1,989,600ユーロ
	HORIZON2020	CATALYSTNH3SYN	CATHOLIQUE DE LOUVAIN大学	2019～2021年、178,320ユーロ

3. 検索式、検索条件、及び各技術区分の説明 (1)

<特許文献検索式 (使用DB : DWPI、検索日 : 2019/06/14) >

全体集合

	件数	検索式	技術範囲
L1	1,386	IC=(C01C000104 OR C01C000108) AND DPRY>=(2003) AND DPRY<=(2017) :	アンモニア製造①
L2	492	IC=(C01C000102) AND ALLD=((ammonia OR NH3) NEAR5 (synthes* OR produc* OR generat* OR manuf*)) AND DPRY>=(2003) AND DPRY<=(2017) :	アンモニア製造②
L3	89	IC=(C25B000100) AND ALLD=((ammonia OR NH3) NEAR5 (synthes* OR produc* OR generat* OR manuf*)) AND DPRY>=(2003) AND DPRY<=(2017) :	アンモニアの電解製造
L4	35	IC=(C12P000300) AND ALLD=((ammonia OR NH3) NEAR5 (synthes* OR produc* OR generat* OR manuf*)) AND DPRY>=(2003) AND DPRY<=(2017) :	微生物または酵素を使用したアンモニア製造
L5	1,887	1 OR 2 OR 3 OR 4 :	合計
L6	4,516,524	CKF=(JP same (A or B or B2 or B1 or X or W) AND DPRY>=(2003) AND DPRY<=(2017) :	出願先国 : 日本
L7	4,610,263	CC=(US) AND DPRY>=(2003) AND DPRY<=(2017) :	出願先国 : 米国
L8	2,079,612	CC=(EP OR BE OR CH OR CZ OR DK OR F1 OR GB OR HU OR IE OR IT OR LU OR NL OR NO OR PT OR RO OR SE OR SK) AND DPRY>=(2003) AND DPRY<=(2017) :	出願先国 : 欧州
L9	895,301	CKF=(DE same (A or A1 or A5 or A8 or A9 or B or B3 or B4 or B8 or B9 or C or C1 or C2 or C5 or C8 or C9 or T or T5 or T2 or T8 or T9 or T0 or E or G) and DPRY>=(2003) and DPRY<=(2017) :	出願先国 : 欧州
L10	476,053	CKF=((FR same (A or A1 or A2 or B1 or B2 or E or M) OR (AT same (A or A1 or A2 or A4 or B or B1 or B2)) OR (ES same (A or A1 or A2 or A6 or B or B1 or B2 or T1 or T3 or T4 or T5 or T7 or T8 or T9)) OR (PL same (A1 or A3 or B1 or B3)) OR (TR same (A or T3 or T4))) and DPRY>=(2003) and DPRY<=(2017) :	出願先国 : 欧州
L11	2,815,395	8 OR 9 OR 10 :	出願先国 : 欧州
L12	7,782,635	CKF=(CN same (A or B or C)) AND DPRY>=(2003) AND DPRY<=(2017) :	出願先国 : 中国
L13	2,276,424	CKF=(KR same (A or B1 or B)) AND DPRY>=(2003) AND DPRY<=(2017) :	出願先国 : 韓国
L14	2,626,511	CC=(WO) AND DPRY>=(2003) AND DPRY<=(2017) :	出願先国 : PCT
L15	16,520,077	6 OR 7 OR 8 OR 9 OR 10 OR 11 OR 12 OR 13 :	日米欧中韓
L16	1,394	5 AND 15 :	母集合

技術区分

	件数	検索式	技術範囲
L17	103,986	IC=(B01J0021 OR B01J0023 OR B01J0025 OR B01J0027 OR B01J0029 OR B01J0031 OR B01J0032 OR B01J0033 OR B01J0035 OR B01J0037 OR B01J0038) AND DPRY>=(2003) AND DPRY<=(2017) :	①アンモニア製造用触媒
L18	225	16 AND 17 :	①アンモニア製造用触媒
L19	89	IC=(G25B000100) AND ALLD=((ammonia OR NH3) NEAR5 (synthes* OR produc* OR generat* OR manuf*)) AND DPRY>=(2003) AND DPRY<=(2017) :	②アンモニアの電気化学的合成法
L20	82	16 AND 19 :	②アンモニアの電気化学的合成法
L21	605,442	ALLD=((renewable OR sunlight OR sun OR solar OR wind) NEAR10 (energy OR resource*)) OR (free NEAR3 (CO2 OR (carbon ADJ dioxide))) OR green OR biomass OR biofuel OR (bio* adj fuel) OR biorefinery OR (bio* adj refinery)) AND DPRY>=(2003) AND DPRY<=(2017) :	③再生可能エネルギーを利用したアンモニア合成法
L22	97	16 AND 21 :	③再生可能エネルギーを利用したアンモニア合成法
L23	35	IC=(G12P000300) AND ALLD=((ammonia OR NH3) NEAR5 (synthes* OR produc* OR generat* OR manuf*)) AND DPRY>=(2003) AND DPRY<=(2017) :	④アンモニアのバイオ合成法
L24	35	16 AND 23 :	④アンモニアのバイオ合成法
L25	652	IC=(C01C000102 OR C01C000104 OR C01C000108 OR C01C000110 OR C01C000112 OR C01C000114) AND (IC=(F01N0003) OR IC=(B01D0053)) AND DPRY>=(2003) AND DPRY<=(2017) :	⑤アンモニア利用排ガス浄化
L26	464	15 AND 25 :	⑤アンモニア利用排ガス浄化(日米欧中韓)
L27	517	IC=(C01B000304) AND ALLD=(ammonia or NH3) AND DPRY>=(2003) AND DPRY<=(2017) :	⑥アンモニア利用水素キャリア
L28	437	15 AND 27 :	⑥アンモニア利用水素キャリア(日米欧中韓)
L29	920	IC=(H01M0008) AND ALLD=(ammonia or NH3) NOT ALLD=((remov* or impurit*) NEAR5 (ammonia OR NH3)) AND DPRY>=(2003) AND DPRY<=(2017) :	⑦アンモニア利用燃料電池
L30	873	15 AND 29 :	⑦アンモニア利用燃料電池(日米欧中韓)
L31	139	IC=(F02B OR F02C) AND ALLD=((ammonia OR NH3) NEAR5 (fuel* OR source* OR combust* OR (flaming ADJ gas*))) AND DPRY>=(2003) AND DPRY<=(2017) :	⑧アンモニア利用タービン・内燃機関
L32	132	15 AND 31 :	⑧アンモニア利用タービン・内燃機関(日米欧中韓)
L33	1,386	IC=(C01C000104 OR C01C000108) AND DPRY>=(2003) AND DPRY<=(2017) :	アンモニア製造①

3. 検索式、検索条件、及び各技術区分の説明 (2)

IPC

C01C 1/02	・アンモニアの製造または分離
C01C 1/04	・・合成によるアンモニアの製造
C01C 1/08	・・含窒素有機物質からアンモニアの調製
C12P 3/00	二酸化炭素を除く無機化合物または元素の製造
C25B 1/00	無機化合物または非金属の電解製造
B01J 21/00	マグネシウム, ほう素, アルミニウム, 炭素, けい素, チタン, ジルコニウムまたはハフニウム, その酸化物または水酸化物からなる触媒 炭素; その化合物
F01N 3/00	排気の清浄, 無害化または他の処理をする手段をもつ排気もしくは消音装置
B01D 53/00	ガスまたは蒸気分離; ガスからの揮発性溶剤蒸気の回収; 廃ガスの化学的または生物学的浄化, 例. エンジン排気ガス, 煙, 煙霧, 煙道ガスまたはエアロゾル
C01B 3/04	・・無機化合物, 例. アンモニア, の分解によるもの
H01M 8/00	燃料電池; その製造
F02B	内燃式ピストン機関; 燃焼機関一般
F02C	ガスタービン設備; ジェット推進設備のための空気の取り入れ; 空気吸込ジェット推進設備における燃料供給制御

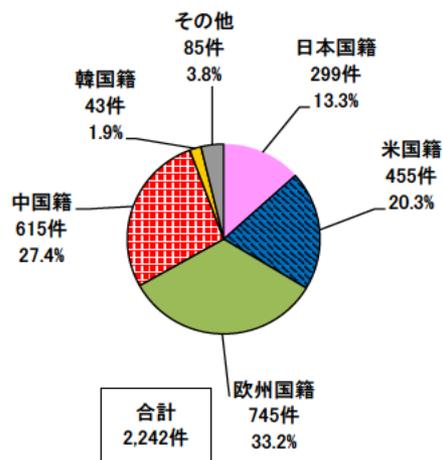
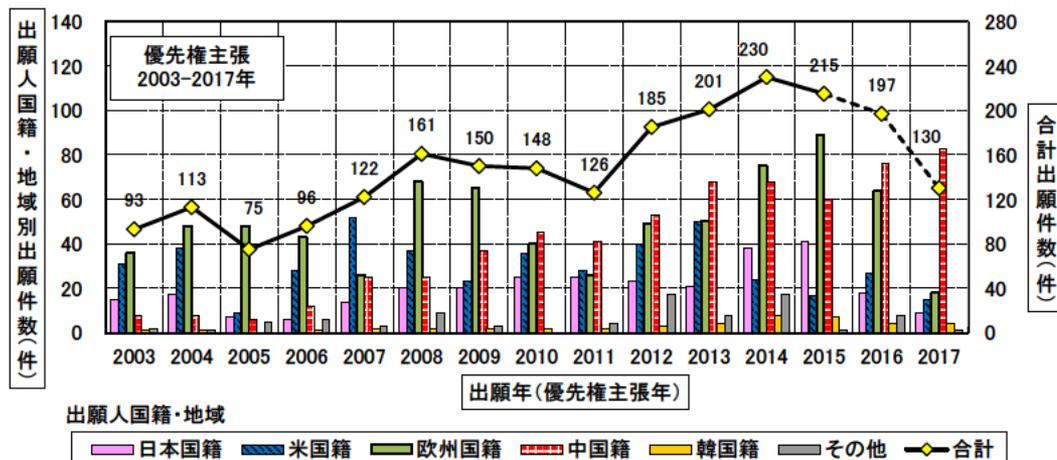
<論文検索式 (使用DB : Scopus、検索日 : 2019/06/19) >

	件数	検索式	技術範囲
L1	4,524	TITLE-ABS-KEY((ammonia OR NH3) W/3 (synthes* OR produc* OR generat* OR manuf*)) AND PUBYEAR > 2002 AND PUBYEAR < 2019	出版年: 2002-2019

<技術区分>

① アンモニア製造用触媒
② アンモニアの電気化学的合成法
③ 再生可能エネルギーを利用したアンモニア合成法
④ アンモニアのバイオ合成法
⑤ アンモニア利用排ガス浄化
⑥ アンモニア利用水素キャリア
⑦ アンモニア利用燃料電池
⑧ アンモニア利用タービン・内燃機関

4. 出願人国籍・地域別出願推移・比率



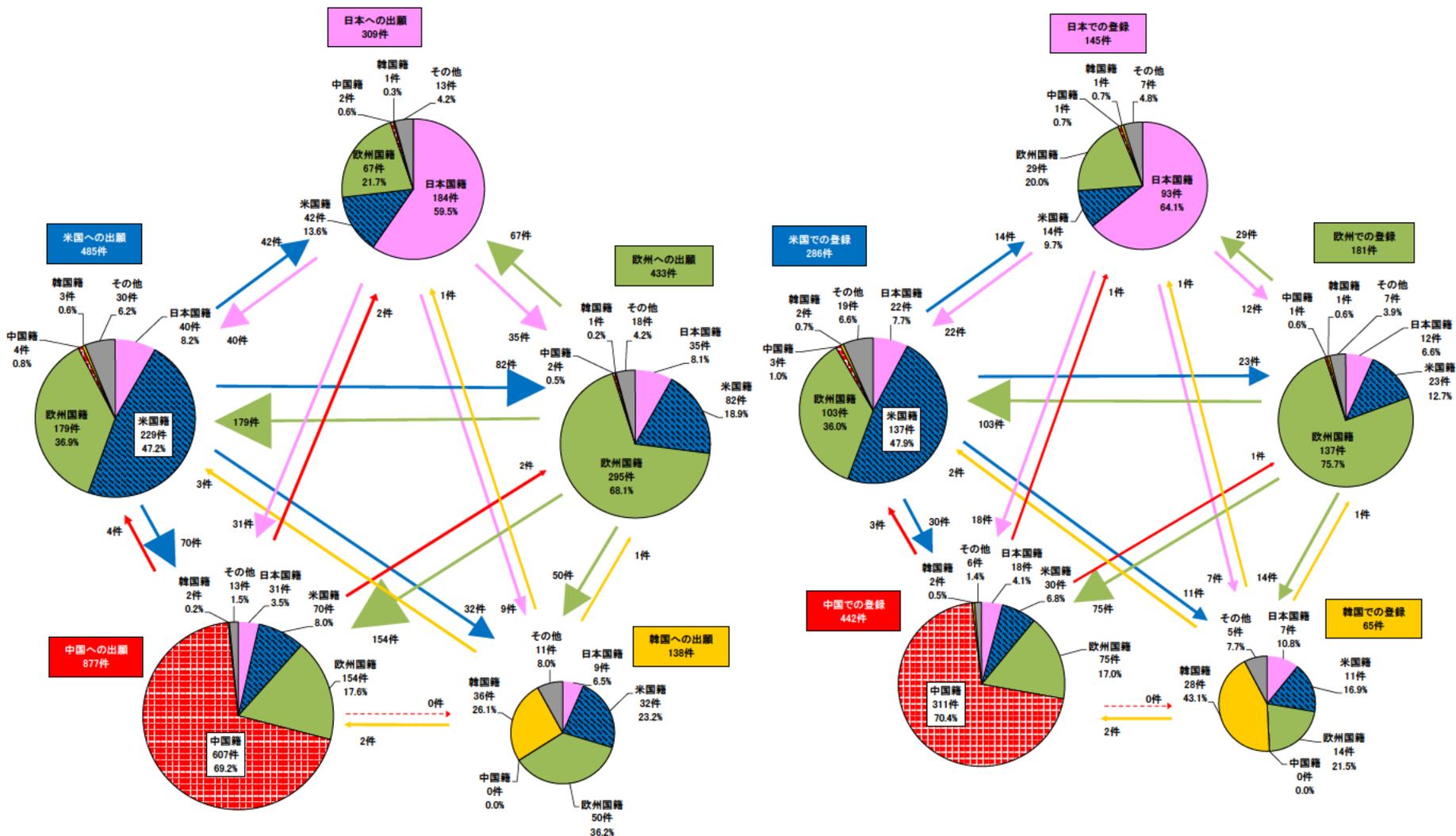
全体として出願件数は増加傾向にある。世界のアンモニアライセンサーの多くを擁し、環境問題に意識の高い欧州からの出願件数が1位である。日本国籍による出願件数は、米国に次いで第4位であるが、近年増加傾向にある。

注) 2016年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で全出願データを反映していない可能性がある。

5. 出願人国籍・地域別出願・登録収支

＜特許出願件数収支＞

＜特許登録件数収支＞



6. 出願人別出願件数ランキング

<出願人別出願件数上位ランキング>

順位	出願人	出願件数
1	カサレ(スイス)	55
2	福州大学(中国)	34
3	ティッセンクルップ(ドイツ)	32
3	シノペック(中国)	21
5	ハルダートプソー(デンマーク)	20
6	三菱重工業	19
7	トヨタ自動車	16
7	ジョンソン・マッセイ(イギリス)	16
9	ケロッグ・ブラウン・アンド・ルート(KBR)(米国)	15
10	東京工業大学	13
10	日本触媒	13
10	ジーメンス(ドイツ)	13

注)ここでは、ファミリー単位でカウントしている。

<出願先国(地域)別一出願人別出願件数上位ランキング>

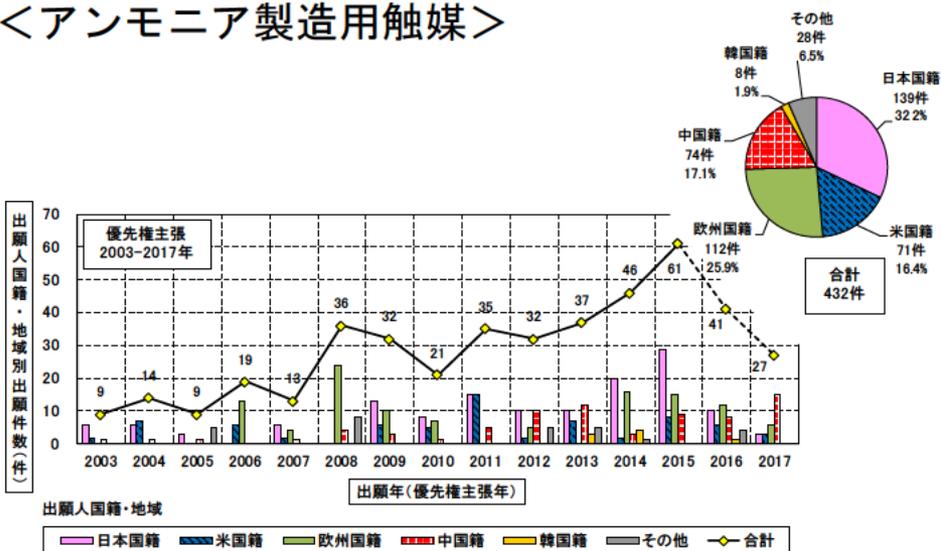
日本への出願			米国への出願			欧州への出願		
順位	出願人	出願件数	順位	出願人	出願件数	順位	出願人	出願件数
1	三菱重工業	18	1	カサレ(スイス)	46	1	カサレ(スイス)	53
2	トヨタ自動車	13	2	ハルダートプソー(デンマーク)	17	2	ティッセンクルップ(ドイツ)	31
2	東京工業大学	13	3	ケロッグ・ブラウン・アンド・ルート(KBR)(米国)	15	3	ハルダートプソー(デンマーク)	17
2	日本触媒	13	4	ジョンソン・マッセイ(イギリス)	13	4	ジョンソン・マッセイ(イギリス)	16
5	本田技研工業	11	5	カンタムスフィア(米国)	12	5	ジーメンス(ドイツ)	13

中国への出願			韓国への出願		
順位	出願人	出願件数	順位	出願人	出願件数
1	カサレ(スイス)	42	1	ハルダートプソー(デンマーク)	11
2	福州大学(中国)	34	2	韓国エネルギー技術研究院(韓国)	10
3	シノペック(中国)	21	3	ティッセンクルップ(ドイツ)	7
4	ハルダートプソー(デンマーク)	18	4	エミテック(ドイツ)	5
5	ジョンソン・マッセイ(イギリス)	13	5	BASF(ドイツ)	4
			5	ジーメンス(ドイツ)	4
			5	ジョンソン・マッセイ(イギリス)	4

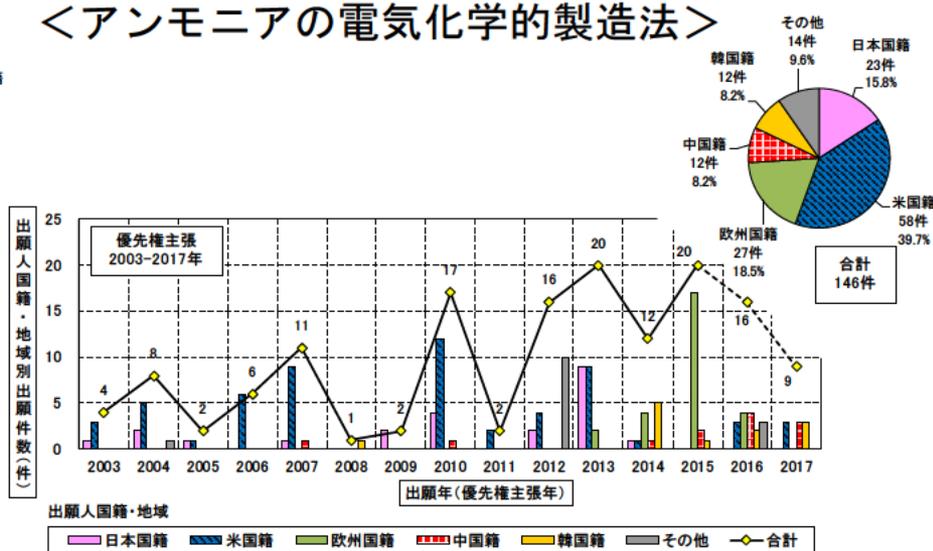
注)ここでは、ファミリー単位で抽出した特許を出願先国・地域別にカウントしている。9

7. 技術区分別出願件数推移・比率

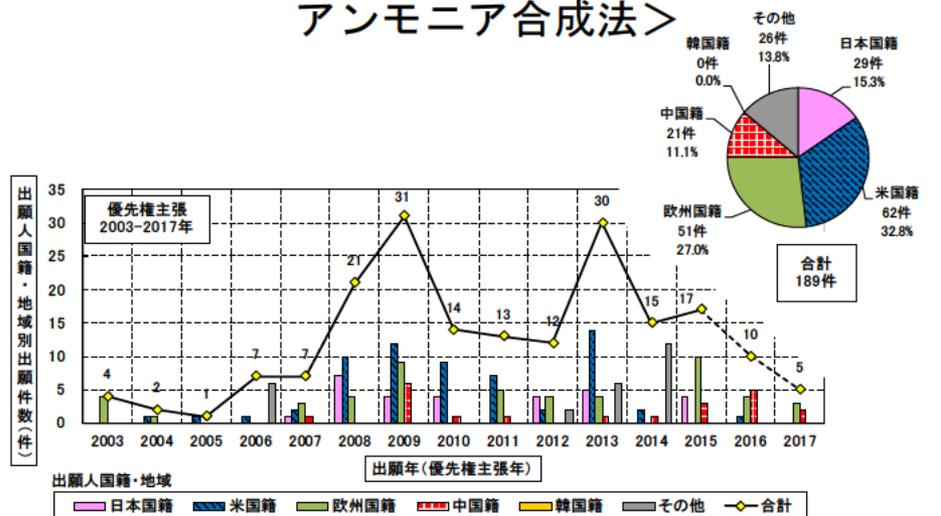
<アンモニア製造用触媒>



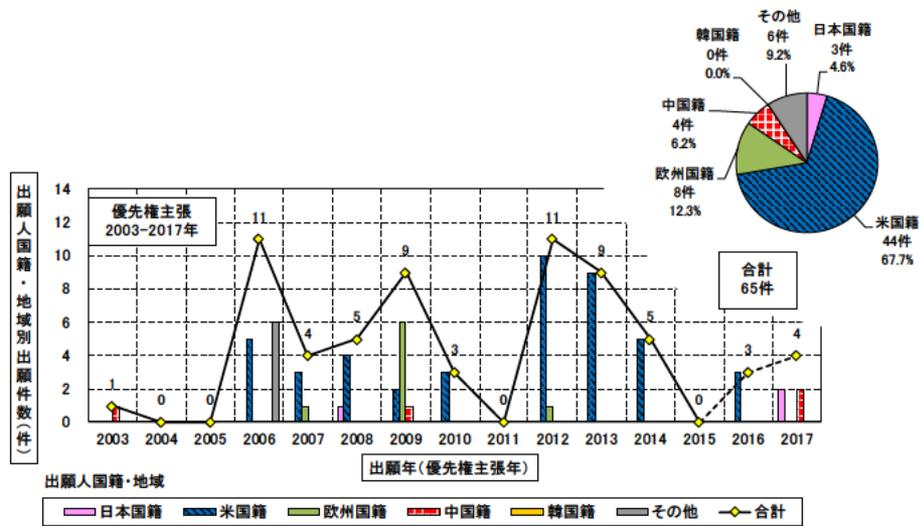
<アンモニアの電気化学的製造法>



<再生可能エネルギーを利用したアンモニア合成法>



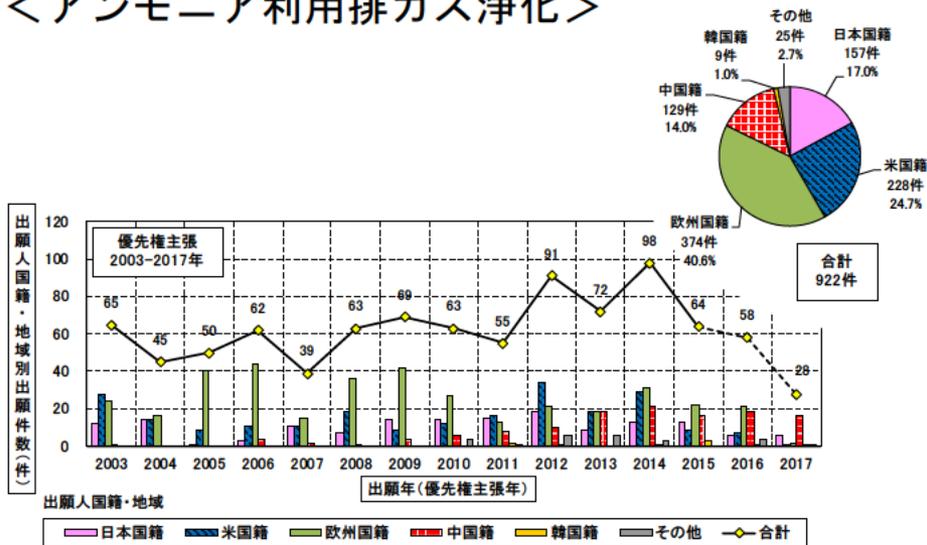
<アンモニアのバイオ合成法>



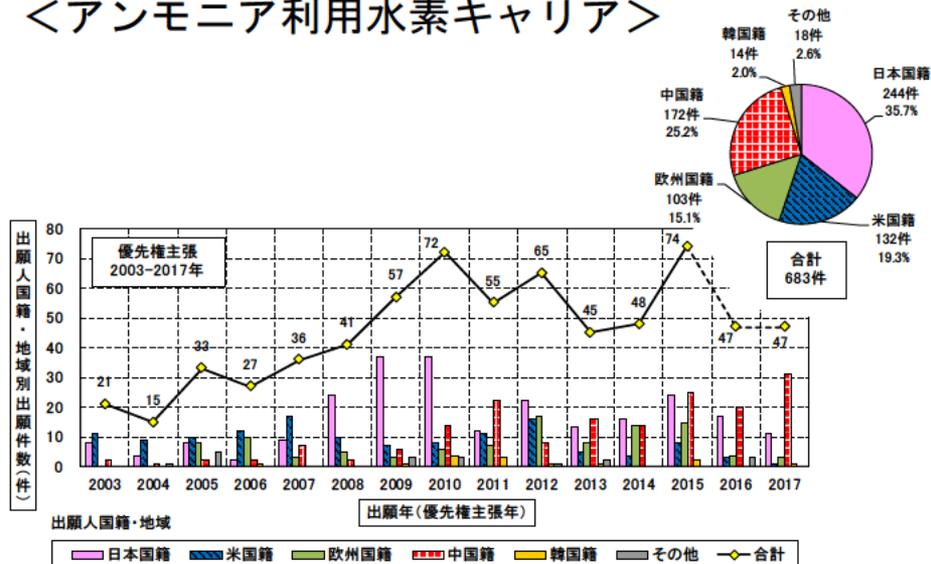
注) 2016年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で全出願データを反映していない可能性がある。

8. アンモニアの利用分野別出願件数推移・比率

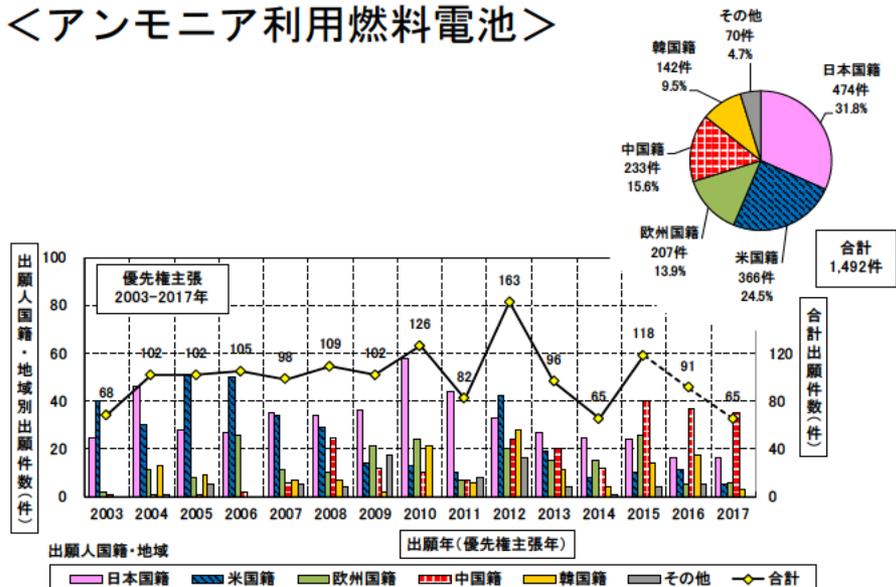
<アンモニア利用排ガス浄化>



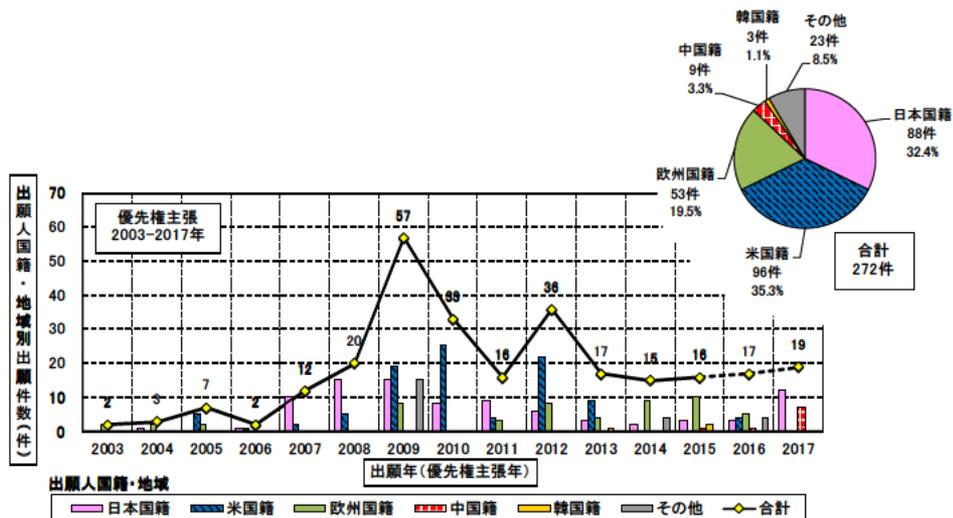
<アンモニア利用水素キャリア>



<アンモニア利用燃料電池>



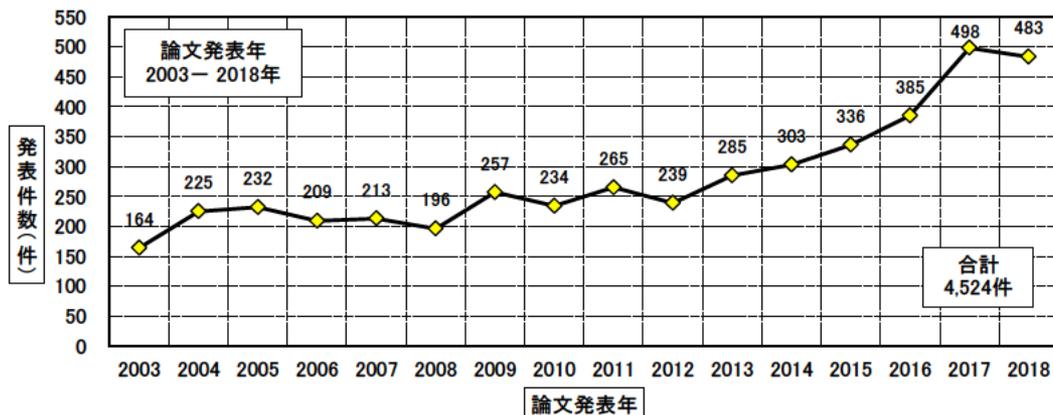
<アンモニア利用タービン・内燃機関>



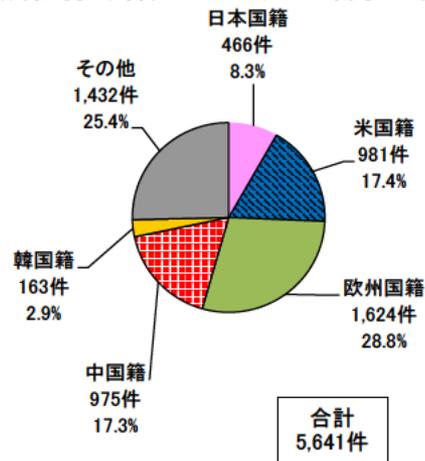
注) 2016年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で全出願データを反映していない可能性がある。

9. 論文動向

<論文発表件数推移>



<研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数比率>



2010年代以降論文発表件数の増加が目立っており、新規なアンモニア合成法の開拓研究は、学术界でのホットトピックといえる。

注)一つの論文に所属機関国籍(地域)が二つ以上あるとき、それぞれでカウントしているため、合計件数は論文発表件数推移の合計より多くなっている。