

ゲルマニウム Ge

【用途】PET 樹脂重合触媒や光ファイバードープ材料が主要用途
 ゲルマニウムは、金属と非金属の中間に位置し、半導体としての特性があり、20 世紀に入ってから商業生産されるようになった。需要が一気に拡大したのは、1948 年に米国のベル・テレフォン研究所がトランジスタを発明してからで、特に電子機器向け材料として注目された。半導体としては高温で特性に勝るケイ素に置き換わっていくが、PET ボトル製造時の触媒、光ファイバー用添加剤、ダイオード、赤外線感知機器、太陽電池用の単結晶などに幅広く利用されている。

【特性】
 ・半導体元素
 ・結晶構造がダイヤモンド構造で硬い
 ・空気中では安定であるが、加熱すると酸化する

【資源国と消費国】

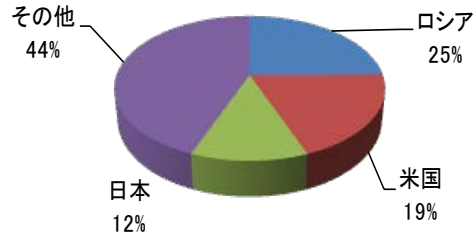
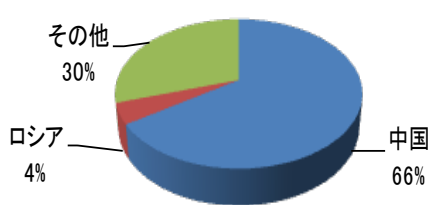
[国名、構成比(%)](2017 年世界計) 出典: USGS 2018、工業レアメタル No.134(2018)

国別精製ゲルマニウム生産量

(合計 134 純分t)

中国の金属ゲルマニウム輸出量

(合計 21.1 純分t)



【世界の主要ゲルマニウム生産国】 国名、国別生産量 (純分 t、2017 年間値)、出典: USGS 2018

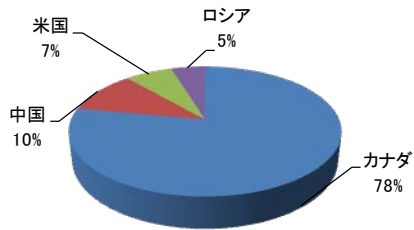
中国が世界の約 6 割を生産している



【貿易概況】 出典:財務省貿易統計

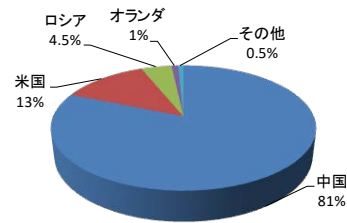
■日本 二酸化ゲルマニウム主要輸入相手国
(2017年合計 10.3 純分 t)

日本は輸入二酸化ゲルマニウムの8割以上を
カナダ、中国から輸入している。



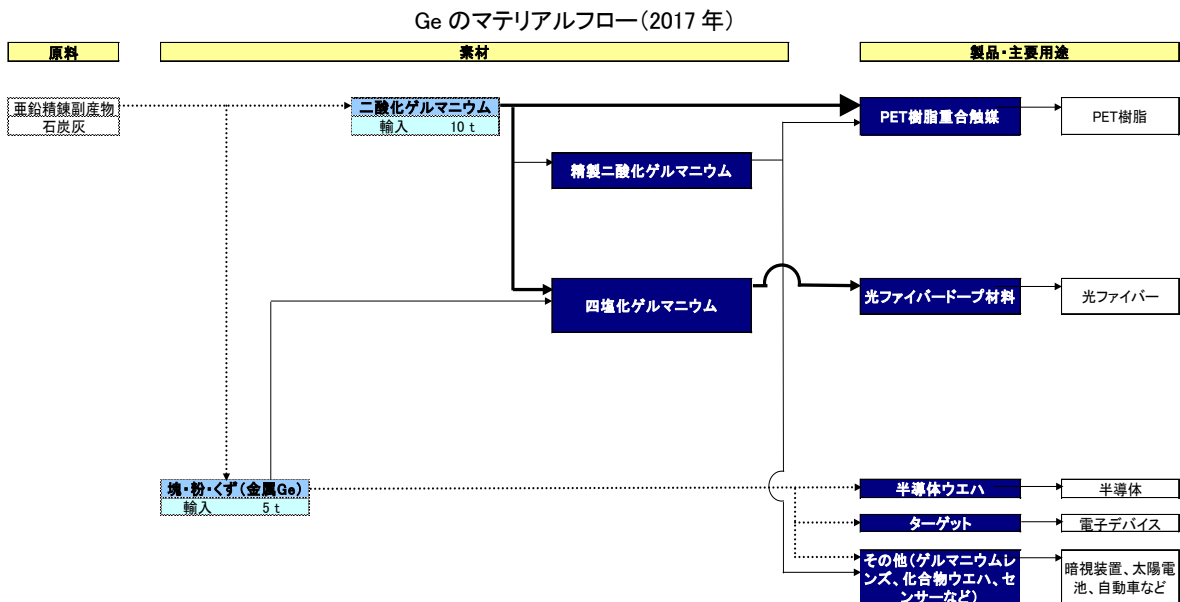
■日本 金属ゲルマニウム主要輸入相手国
(2017年合計 5.16 純分 t)

日本は輸入金属ゲルマニウムの約8割を中国から輸
入している。



【鉱石から製品まで】 出典:財務省貿易統計

ゲルマニウムは、PET樹脂重合触媒や光ファイバードープ材料が主要用途。



【概要】

- ・2017年の世界の精製ゲルマニウム生産量は、前年比106%であり、構成比の約6割以上を占める中国の影響が大きい。中国の生産量は、Fanya(中国希少金属取引所)の破たんにより2014年と比較すると減少し、また近年の環境規制強化や長期に渡る相場低迷等による影響が大きい。
- ・国内のゲルマニウムの主要用途はPET用重合触媒と光ファイバードープ材で、前年比は各々103%、107%であった。特に最近の日本の光ファイバー製品は、長距離でも光が減衰せず、品質が良く長距離用光ファイバー等に使用され、市場で優位に立ち需要が向上し2017年は最高値であった。

1. 特性・用途

ゲルマニウムは原子番号32の元素。炭素族に属し、ケイ素より狭いバンドギャップ(約0.7 eV)を持つ半導体で、灰白色、結晶構造は金剛石構造(ダイヤモンド型構造)の硬い金属として知られており、ゲルマナイト、レニエライトといったゲルマニウム鉱石も存在するが、垂鉛製錬や石炭灰の副産物から、化学処理を経て、四塩化ゲルマニウム、酸化ゲルマニウム、金属ゲルマニウムが精製されている。

初期のトランジスタにはゲルマニウムが使われ、安定性に優れるケイ素(シリコン)が登場するまでは主流だった。電圧降下が小さいことからダイオードや、バンドギャップが比較的狭いことから光検出器に用いられる。また、ガンマ線の放射線検出器(半導体検出器)にも用いられる。素子を液体窒素等で冷却する必要があるという欠点もあるが、エネルギー分解能に優れることから利用されている

赤外線に対して透明で、赤外域で高い屈折率(約 $n = 4$)を示す材料として有用である。この性質を利用して石英を用いたレンズにゲルマニウムを添加すると屈折率が上がり、また赤外線を透過するようにするので、光学用途にも利用されている。

現在の主な用途には、次の3用途である。

- ① PET樹脂の重合触媒(酸化ゲルマニウム)
国内におけるゲルマニウム関連の最大用途。
- ② 光ファイバーの屈折調整剤(四塩化ゲルマニウム)
光通信用石英ファイバー(光ファイバー)のコアの光屈折率を高めるために、四塩化ゲルマニウムがドープ剤として使用されている。
- ③ 電子材料(金属ゲルマニウム)
赤外線検知素子用、半導体用エピタキシャル材料、太陽電池(人工衛星)、医療等の用途があり、電子材料分野で需要が伸びているのが赤外線フィルター関係である。

2. 需給動向

2-1.世界の需給動向

世界の精製ゲルマニウムの生産量を表2-1、図2-1に示す。2017年の生産量は前年比106%の134tで前年と比較すると8t増加があったが、2014年のピーク時よりは少ない。これは中国生産の影響が大きく、中国は前年比110%の88tで増加したが、2014年の120tから大幅に縮小している。これは、中国の生産量は投機目的でFanyaに買い取られる分が実需よりも多く、実需に対し過剰な生産を続けてきた中で、2015年Fanyaの破たんにより引き取り先がなくなった分、その後の生産量が減少気味で推移したことの影響や近年の中国における環境規制の強化及び長期に渡る相場低迷により中小企業が生産停止をした等の影響によるとみられる。

中国では、品質保証及び供給の安定性に強みを持つ大手2社への資源集約が進んでおり、中国でゲルマニウム生産が一番多い地域は雲南省で全体の約60%を占めるとされている。

上記統計値には含まれていないが、中国に次ぐ生産量があるのはカナダで、数量は世界生産量の30%程度とされている。

表 2-1 世界の精製ゲルマニウムの生産量

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	17/16比	構成比
中国	100	80	80	80	90	110	120	115	80	88	110%	66%
ロシア	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	120%	4%
米国	5	5	3	3	3	—	—	—	—	—	—	—
その他	30	30	30	30	30	40	40	40	40	40	100%	30%
合計	140	120	118	118	128	155	165	160	126	134	106%	100%

出典：United States Geological Survey「Mineral Commodity Summaries Germanium」World Refinery Production
 ※数値は亜鉛精鉱、石炭灰、リサイクル材から回収されたゲルマニウムを含む金属・化合物ゲルマニウム量
 ※2013年以降の合計値に米国の生産量は含まれていない。
 ※2007年以前の中国、ロシアの生産量はその他に一括されており、詳細は不明。

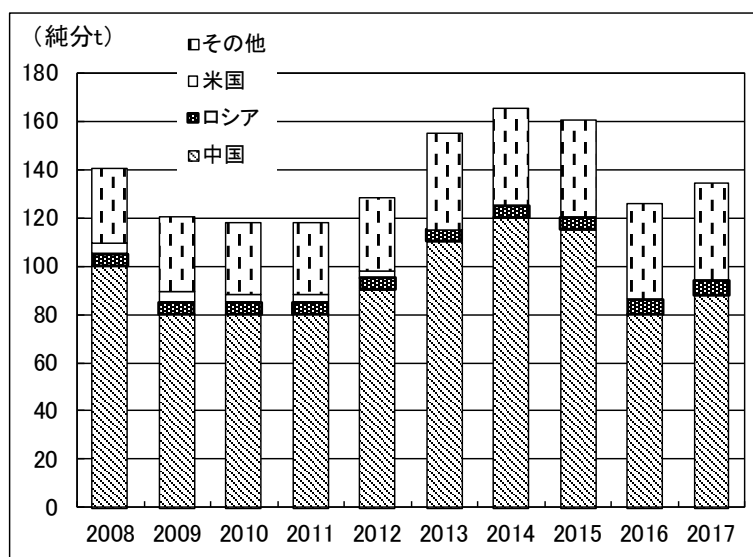


図 2-1 世界の精製ゲルマニウムの生産量

2-2.国内の需給動向

ゲルマニウムの国内生産量は統計が存在しないため不明であるが、国内のゲルマニウムの主要用途は PET 用重合触媒と光ファイバードープ材の 2 つである。

表 2-2 にボトル用 PET 樹脂及びゲルマニウム触媒需要量を、表 2-3 に光ファイバークーブルの生産量及びゲルマニウムドープ材需要量を示す。PET 用重合触媒には二酸化ゲルマニウムが、光ファイバードープ材には四塩化ゲルマニウムが使用されている。少量の四塩化ゲルマニウムを純シリカガラスに加えると屈折率が上がるので、光吸収とシグナルロスを防ぐことができる。

2017 年の PET 樹脂生産量は前年比 103%、701 千 t であった。ボトル用 PET 樹脂の需要は、2013 年以降 650 千 t を超える量で伸びている。表 2-2 のゲルマニウム触媒需要量は PET 樹脂生産量に対してゲルマニウム触媒を 0.00516% 添加した場合の推計値となっており、ゲルマニウム触媒需要量も 36t 前後で推移している。ただし、実際は PET 樹脂用の二酸化ゲルマニウム系触媒は、PET ボトルの薄肉化による使用量減少や、相場高騰で需要が減少傾向にある。日本では今までホット飲料用に安全とされるゲルマニウム系触媒を使用していたが、最近では非ゲルマニウム、非アンチモン系次世代触媒としてチタン系やアルミニウム系に替わりつつある。

もう一つのゲルマニウムの主要需要先である光ファイバードープ材向けには四塩化ゲルマニウムが使用される。2017 年の光ファイバー製品の国内生産量は前年比 107% の 48.1 百万 km であった。これを元にゲルマニウムドープ材の需要量を前年比 107% の 26.3t と推計した。光ファイバー製品とそのドープ材としてのゲルマニウムの需要量は、2012 年のピーク後 2013 年に一旦下落したが、最近の日本製品は、長

距離でも光が減衰せず、品質が良いので長距離用光ファイバー等にも使用され、市場の中では優位に立っているため需要の上昇傾向が続いており、2017年は最高値を続伸した。

金属ゲルマニウムは100%が輸入品であり、単結晶、多結晶で使用され、主要用途は赤外線検知素子、赤外線用レンズ、半導体エピタキシャル材料(ターゲット材料)、太陽電池(人工衛星)、医療等などに使用され、電子材料分野では、赤外線フィルター関係に利用されている。また、民生用の暗視カメラ関係にも利用されている。

表 2-2 ボトル用 PET 樹脂及びゲルマニウム触媒需要量(推計値)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	17/16比
ボトル用PET樹脂需要量(千t) ¹⁾	602	593	601	583	610	654	653	677	679	701	103%
ゲルマニウム触媒需要(t) ²⁾	31	31	31	30	31	34	34	35	35	36	103%
ゲルマニウム触媒需要(純分t) ³⁾	22	21	21	21	22	23	23	24	24	25	103%

※出典:1)PETボトルリサイクル推進協議会「ボトル用PET樹脂需要実績推移」、2)推計値
3)触媒を二酸化ゲルマニウムと仮定し純分換算率69.4%で計算

表 2-3 光ファイバー製品生産量と Ge ドープ材需要量(推計値)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	17/16比
光ファイバー製品生産(百万km) ¹⁾	34.4	34.4	34.5	34.8	44.6	38.4	40.2	45.0	47.2	48.1	102%
ゲルマニウムドープ材(t) ²⁾	18.8	18.9	18.9	19.1	24.5	21.0	22.0	24.6	25.9	26.3	102%
ゲルマニウムドープ材(純分t) ³⁾	6.4	6.4	6.4	6.5	8.3	7.1	7.5	8.4	8.8	8.9	102%

※出典:1)経済産業省「鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計」、2)推計
3)ドープ材を四塩化ゲルマニウムと仮定し純分換算率33.9%で計算

3.輸出入動向

3-1.輸出入動向

表 3-1、図 3-1 にゲルマニウムの輸入力を示す。ゲルマニウムの輸出コード「塊・粉・くず(金属ゲルマニウム)」及び「製品その他」がバナジウム、ガリウム、 hafnium、インジウム、ニオブ、レニウムとの合計であり、二酸化ゲルマニウムも二酸化ジルコニウムとの合計であることから、輸入量のみで図表を作成した。

2017年のゲルマニウム輸入量は前年比117%の17.6tと増加し、二酸化ゲルマニウムの輸入量は前年比113%の10.3tであった。二酸化ゲルマニウムは3Nレベルのものが輸入されている。

表 3-1 ゲルマニウムの供給(輸入量)

		単位:純分t										
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	17/16比
素材	塊・粉・くず(金属ゲルマニウム)	6.4	8.1	8.1	5.4	4.5	5.4	3.8	3.7	4.8	5.2	108%
	二酸化ゲルマニウム	21.6	16.0	11.7	17.1	19.8	12.9	10.2	8.5	9.2	10.3	112%
	小計	28.0	24.1	19.8	22.5	24.3	18.3	14.0	12.1	14.0	15.5	111%
製品	製品、その他	5.6	2.0	3.0	0.9	0.5	1.3	0.5	1.1	1.1	2.1	191%
	合計	33.6	26.0	22.8	23.4	24.8	19.5	14.4	13.2	15.1	17.6	117%

出典:財務省 貿易統計

純分換算率(2011年以前):塊・粉・くず(金属ゲルマニウム)100%、二酸化ゲルマニウム68%、製品100%

純分換算率(2012年以降):塊・粉・くず(金属ゲルマニウム)100%、二酸化ゲルマニウム69.4%、製品100%

※素材は塊・粉・くず(金属Ge)、二酸化ゲルマニウム、製品は製品、その他による。

※ゲルマニウムは輸出コードが他の鉱種と混在しており判別不可であるため、輸入のみで図表作成。

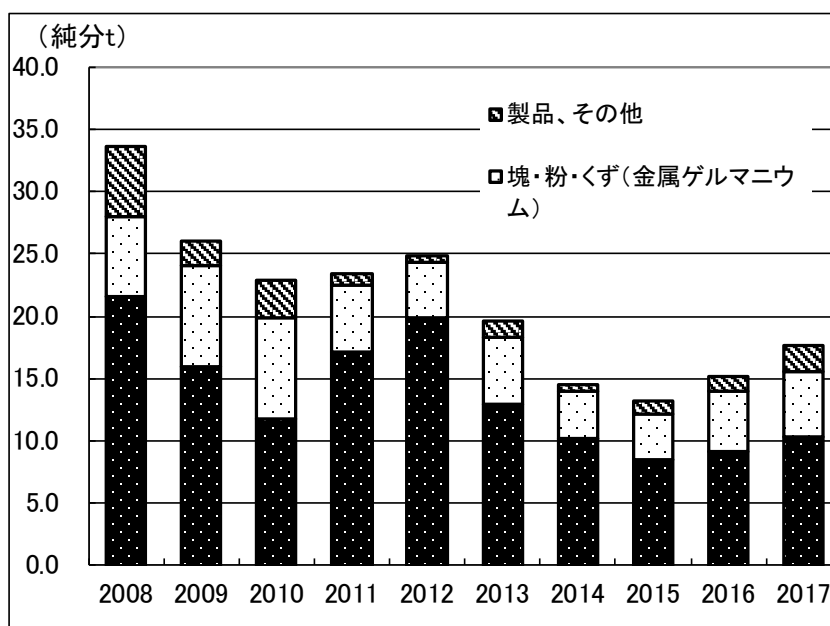


図 3-1 ゲルマニウムの供給(輸入量)

3-2.輸出入相手国

3-2-1.二酸化ゲルマニウム

二酸化ゲルマニウムの輸入相手国を表 3-2、図 3-2 に示す。2017 年はカナダ、中国の上位 2 か国からの輸入量が全体の 88%を占める。輸入量は、前年比 113%、10.3t で 2 年連続増加した。中国の輸入量は、前年比 53%と大幅に減少したが、カナダの輸入量が前年比 133%、8.1t と増えその分補填した。

2018 年、Teck 社カナダ工場(Elkview 鉱山)で事故が発生した。現在は復旧している。

表 3-2 二酸化ゲルマニウムの輸入相手国

		単位:純分t											
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	17/16比	構成比
輸入	カナダ	14.5	13.0	7.7	9.0	11.6	8.1	6.5	5.9	6.1	8.1	133%	78%
	中国	4.9	1.9	3.5	6.1	5.6	2.7	1.2	1.4	2.0	1.1	53%	10%
	米国	0.5	—	0.1	1.0	0.8	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7	99%	7%
	ロシア	1.6	1.1	0.3	0.8	1.5	1.1	0.6	0.3	0.4	0.5	137%	5%
	ラオス	—	—	—	0.1	0.3	—	1.1	0.2	—	—	—	—
	その他	0.0	0.0	0.0	—	—	0.1	—	—	0.0	—	—	—
	合計	21.6	16.0	11.7	17.1	19.8	12.9	10.2	8.5	9.2	10.3	113%	100%

出典:財務省 貿易統計

純分換算率(2011年以前):二酸化ゲルマニウム68%

純分換算率(2012年以降):二酸化ゲルマニウム69.4%

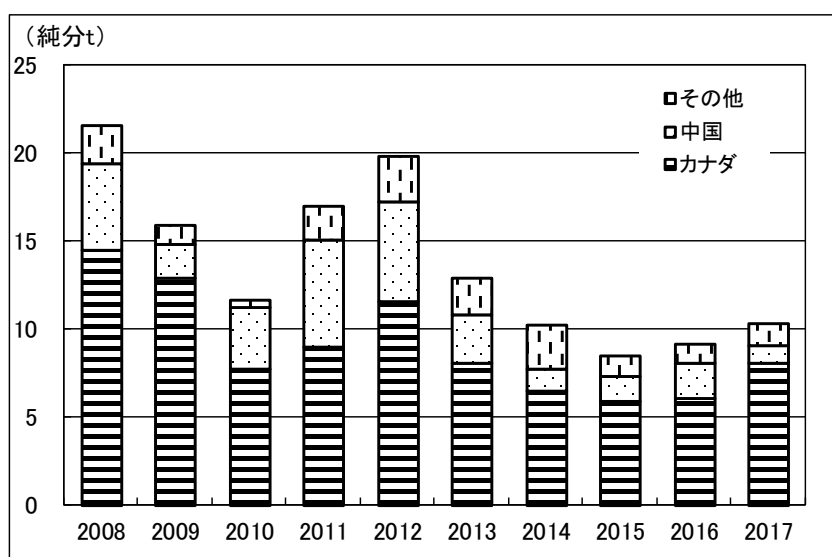


図 3-2 二酸化ゲルマニウムの輸入相手国

3-2-2.塊・粉・くず(金属ゲルマニウム)

塊・粉・くず(金属ゲルマニウム)の輸入相手国を表 3-3、図 3-3 に示す。主要な輸入相手国は中国であり、前年比 107%、4.2t で 3 年連続増加し、また全輸入量の 81%を占めている。中国からの輸入は、2008 年～2010 年にはもっと高い割合(約 9 割)であったが、輸入国多角化推進により以前より減少した。

金属ゲルマニウムは主にレンズメーカーがゲルマニウムレンズの原料として輸入している。

表 3-3 塊・粉・くず(金属ゲルマニウム)の輸入相手国

		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	17/16比	構成比
輸入	中国	5.76	7.36	7.73	3.10	2.49	3.06	2.29	2.79	3.91	4.20	107%	81%
	米国	0.54	0.12	0.15	0.58	0.95	0.81	0.67	0.46	0.52	0.65	125%	13%
	ロシア	-	-	0.01	0.17	0.29	0.15	0.26	0.40	0.38	0.23	61%	5%
	オランダ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	-	1%
	タイ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	-	0%
	ベルギー	0.06	0.07	0.10	0.56	0.36	0.05	0.14	-	-	0.01	-	0%
	ドイツ	0.01	0.00	0.10	0.27	0.04	0.14	0.04	0.00	0.02	0.01	-	0%
	その他	0.04	0.55	0.03	0.70	0.40	1.18	0.43	0.01	0.00	0.01	-	0%
	合計	6.41	8.10	8.12	5.38	4.53	5.40	3.82	3.66	4.83	5.16	107%	100%

出典：財務省 貿易統計

純分換算率：塊・粉・くず100%

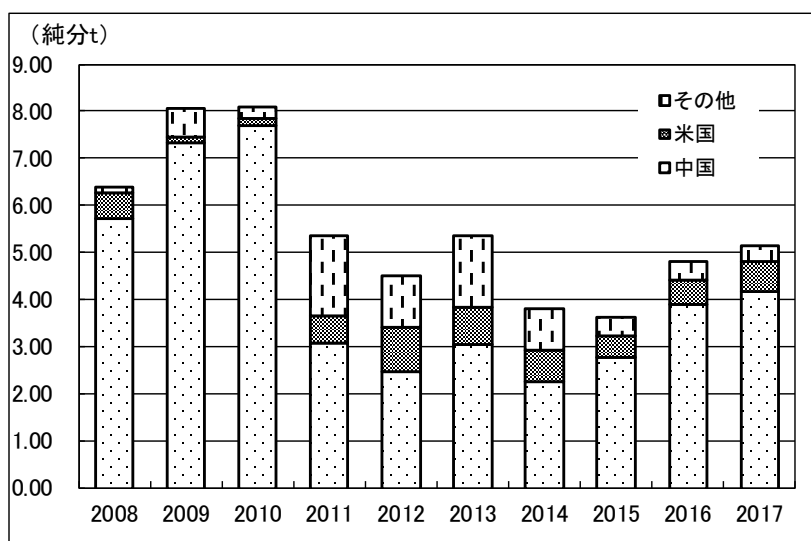


図 3-3 塊・粉・くず(金属ゲルマニウム)の輸入相手国

3-3.輸出入価格

ゲルマニウムの輸入価格を表 3-4、図 3-4 に示す。2010 年～2011 年にかけて、二酸化ゲルマニウム、塊・くず・粉ともに輸入価格が大幅に上昇している。2012 年は一旦低下しているが、2013 年は再び上昇となっている。これは、中国による買い占めや国家備蓄が影響していたとみられる。

2014 年は塊・粉・くずは若干上昇したが、2015 年は低下傾向である。また、二酸化ゲルマニウムは若干低下したが、大きな価格変動はなかったが、2016 年には両者ともに大幅に下落した。2017 年は、塊・粉・くずが前年比 107%、1,007\$/kg で増加に転じ、二酸化ゲルマニウムは前年比 83%、567\$/kg で前年同様下落し 2013 年の半額以下となった。

表 3-4 ゲルマニウムの平均輸入価格

		単位: \$/kg										
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	17/16比
素材	塊・粉・くず(金属ゲルマニウム)	1,254	946	778	1,637	1,460	1,845	1,940	1,528	937	1,007	107%
	二酸化ゲルマニウム	985	743	583	1,201	1,149	1,313	1,255	1,172	681	567	83%

出典: 財務省 貿易統計

※輸出入価格は貿易統計の貿易額を財務省による年間平均為替レートにより米ドルベースに換算し、年間平均価格を示した。

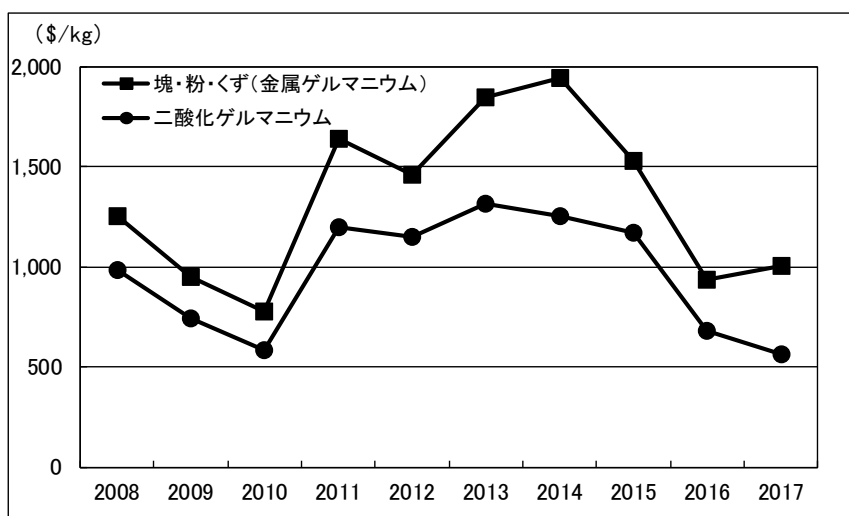


図 3-4 ゲルマニウムの平均輸入価格

4.リサイクル

ゲルマニウムのリサイクル率は以下の定義により推計すると、0%である。ただし、レンズ等の製造工程中に出るくずは再利用されている。

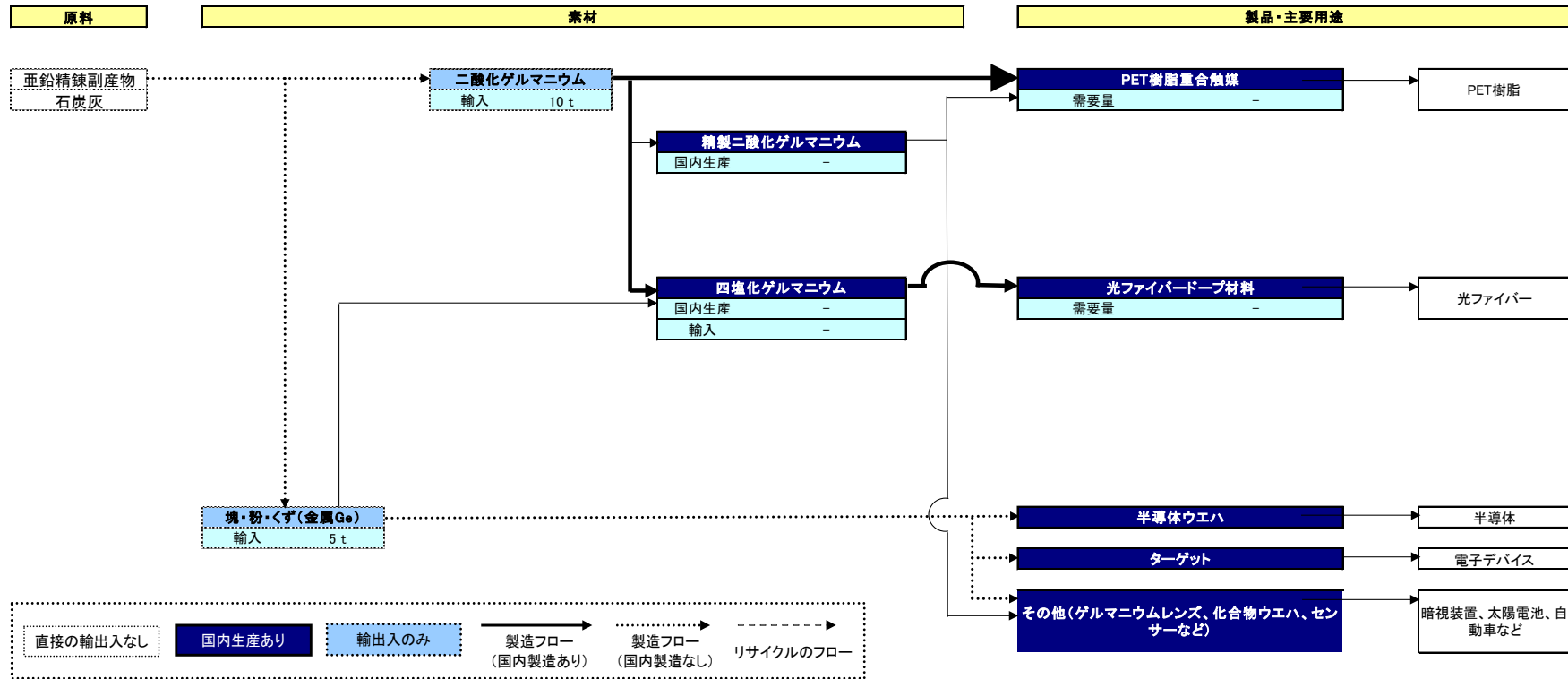
リサイクル率	$= (\text{使用済み製品からのリサイクル量}) / (\text{見掛消費})$
見掛消費量	$= (\text{国内発生量}) + (\text{素材・製品の輸入量}) - (\text{素材・製品の輸出量})$

※素材は塊・粉・くず(金属 Ge)、二酸化 Ge、製品は製品・その他の合計値。

※ゲルマニウムの輸出数量を把握できないため、輸入数量のみ使用。

5.マテリアルフロー

ゲルマニウムのマテリアルフロー(2017年)



純分換算率: 二酸化ゲルマニウム69.4%、四塩化ゲルマニウム33.9%、塊・粉・くず100%
 ※製品の需要量=国内で生産、または国内に輸入された原料、素材の需要量であり、製品の輸出入量は考慮していない。
 ※「-」:生産・需要量が不明。輸出入量の記載がない。「0(ゼロ)」:四捨五入して表の最小単位未満である。
 出典: 財務省貿易統計

