

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。

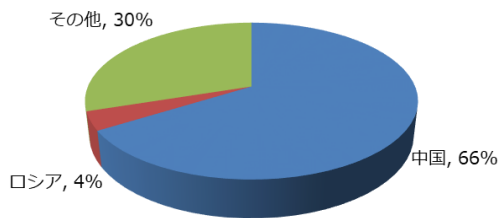
【特性】

- ・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

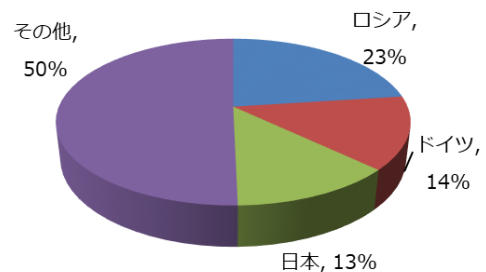
【資源国と消費国】

【国名、構成比(%)】(2020 年世界計) 出典:USGS2021、工業レアメタル No.137(2021)

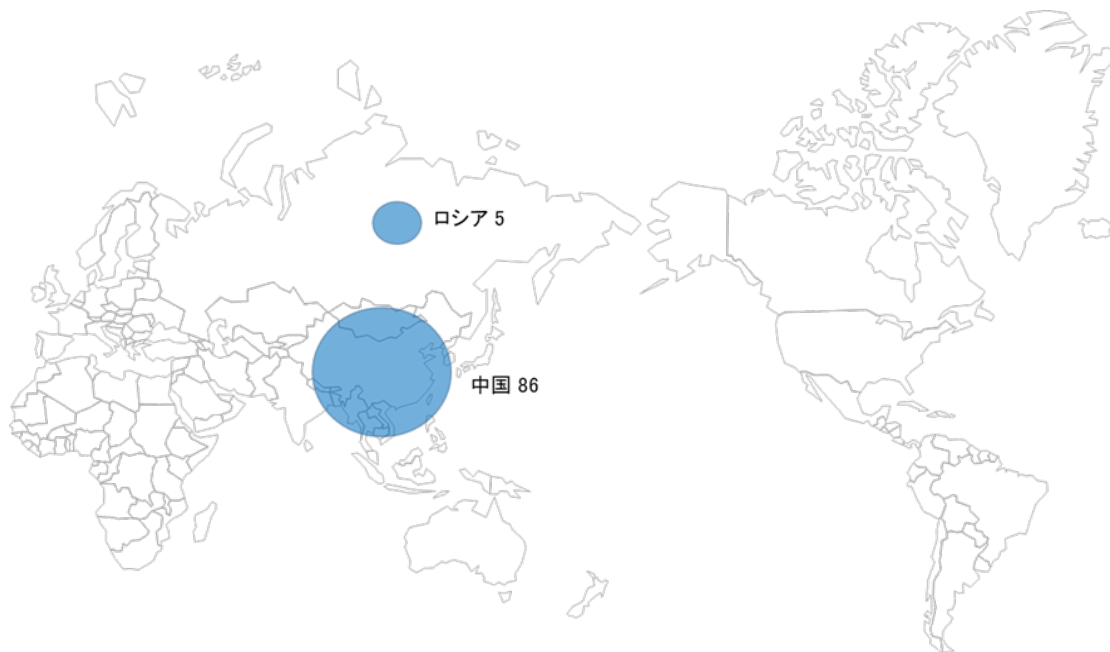
国別精製ゲルマニウム生産量
(合計 130 純分)

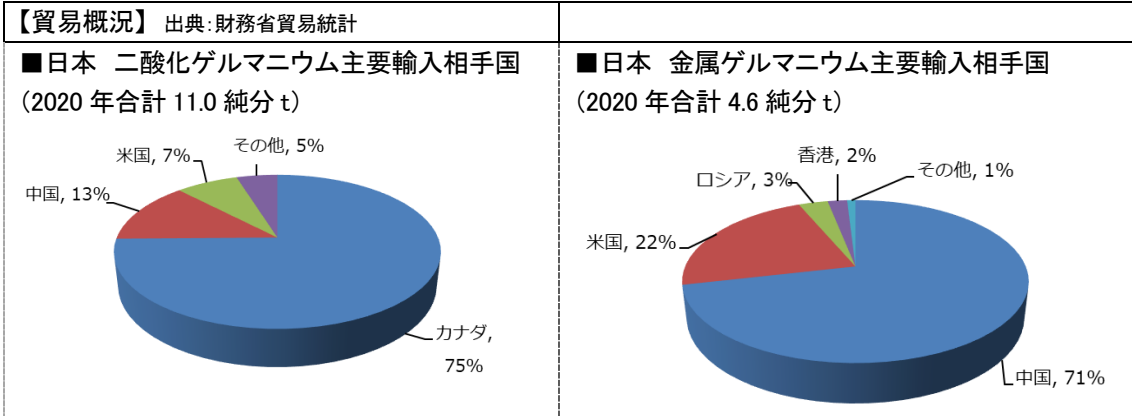


中国の金属ゲルマニウム輸出量
(合計 29 純分)



【世界の主要ゲルマニウム生産国】 国名、国別生産量 (純分 t、2020 年間値)、出典:USGS2021
中国が世界の約 6 割を生産している





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、亜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。また、これら金属ゲルマニウムまたはゲルマニウムの化合物は、副産物からの精製以外に、リサイクルも一定量ある。

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なるので、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、太陽光発電(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関係である。

2.需給動向

2-1.世界の需給動向

表 2-1 世界の精製ゲルマニウムの生産量

単位：純分t

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	20/19比	構成比
中国	80	105	110	120	115	80	88	95	86	86	100%	66%
ロシア	5	5	5	5	5	6	6	6	5	5	100%	4%
米国	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
その他	30	40	40	40	40	40	40	29	40	39	98%	30%
合計	118	150	155	165	160	126	134	130	131	130	99%	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。

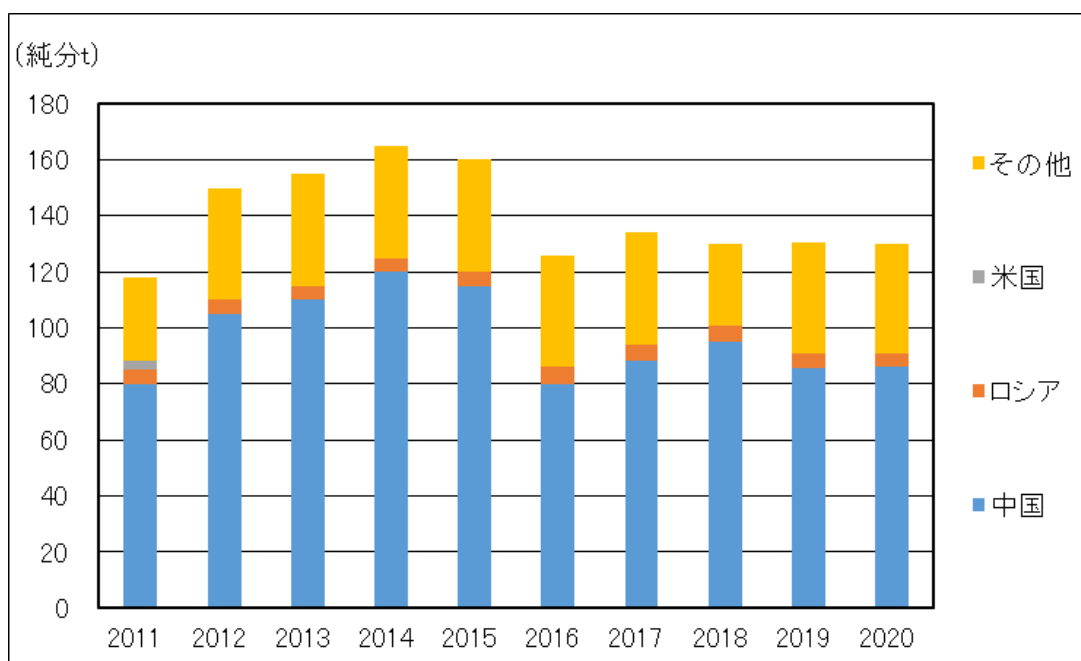


図 2-1 世界の精製ゲルマニウムの生産量

2-2.国内の需給動向

表 2-2-1 ボトル用PET樹脂需要量及びゲルマニウム触媒需要量(推計値)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	20/19比
ボトル用PET樹脂需要量(千t) ¹⁾	583	610	654	653	677	679	701	742	757	709	94%
ゲルマニウム触媒需要(t) ²⁾	30	31	34	34	35	35	36	38	39	37	94%
ゲルマニウム触媒需要(純分t) ³⁾	21	22	23	23	24	24	25	27	27	25	94%

※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 2-2-2 光ファイバー製品生産量とゲルマニウムドープ材需要量(推計値)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	20/19比
光ファイバー製品生産(百万km) ¹⁾	34.5	44.3	38.0	40.3	44.7	47.1	47.6	48.7	40.3	40.3	100%
ゲルマニウムドープ材(t) ²⁾	19.0	24.4	20.9	22.2	24.6	25.9	26.2	26.8	22.2	22.2	100%
ゲルマニウムドープ材(純分t) ³⁾	6.4	8.3	7.1	7.5	8.3	8.8	8.9	9.1	7.5	7.5	100%

※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 ゲルマニウムの供給(輸入量)

単位:純分t

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	20/19比
素材	塊・粉・くず(金属ゲルマニウム)	5.4	4.5	5.4	3.8	3.7	4.8	5.2	6.9	4.7	4.6	98%
	二酸化ゲルマニウム	17.1	19.8	12.9	10.2	8.5	9.2	10.3	10.9	11.4	11.0	96%
	小計	22.5	24.3	18.3	14.0	12.1	14.0	15.5	17.8	16.1	15.7	97%
製品	製品、その他	0.9	0.5	1.3	0.5	1.1	1.1	2.1	2.7	2.0	2.7	137%
	合計	23.4	24.8	19.5	14.4	13.2	15.1	17.6	20.5	18.1	18.4	101%

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。

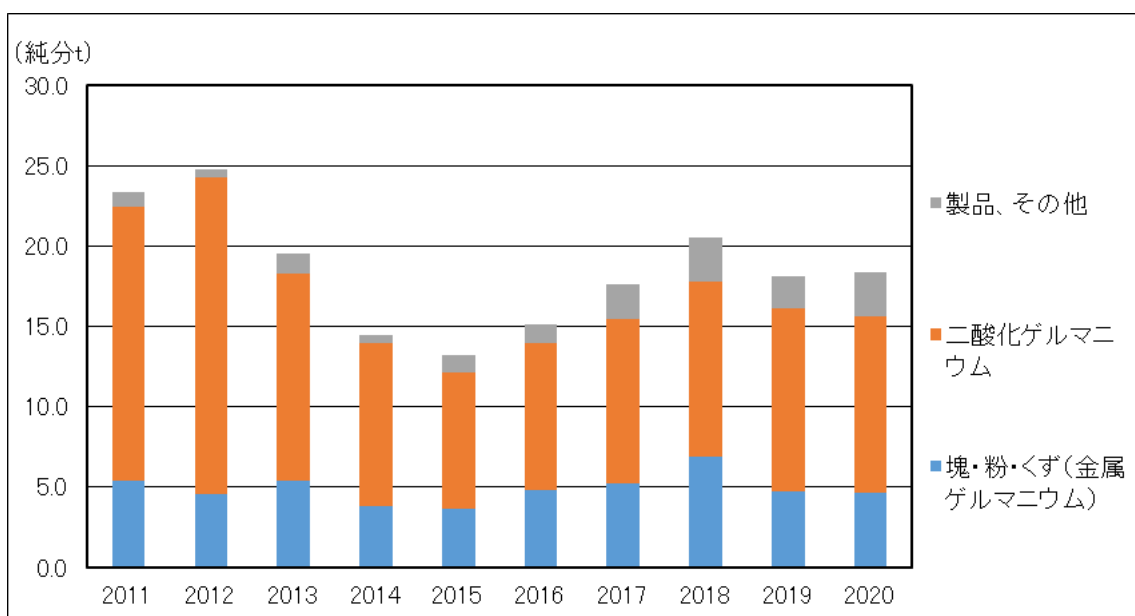


図 3-1 ゲルマニウムの供給(輸入量)

3-2.輸出入相手国

3-2-1.二酸化ゲルマニウム

表 3-2-1 二酸化ゲルマニウムの輸入相手国

単位:純分t

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	20/19比	構成比
輸入	カナダ	9.0	11.6	8.1	6.5	5.9	6.1	8.1	5.6	7.4	8.3	112%	75%
	中国	6.1	5.6	2.7	1.2	1.4	2.0	1.1	3.2	2.1	1.4	68%	13%
	米国	1.0	1.5	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7	1.0	1.1	0.8	75%	7%
	ロシア	0.8	0.8	1.1	0.6	0.3	0.4	0.5	1.0	0.9	0.5	61%	5%
	ラオス	0.1	0.3	-	1.1	0.2	-	-	-	-	-	-	-
	その他	-	-	0.1	-	-	0.0	-	0.0	0.0	0.0	-	-
	合計	17.1	19.8	12.9	10.2	8.5	9.2	10.3	10.9	11.4	11.0	96%	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%

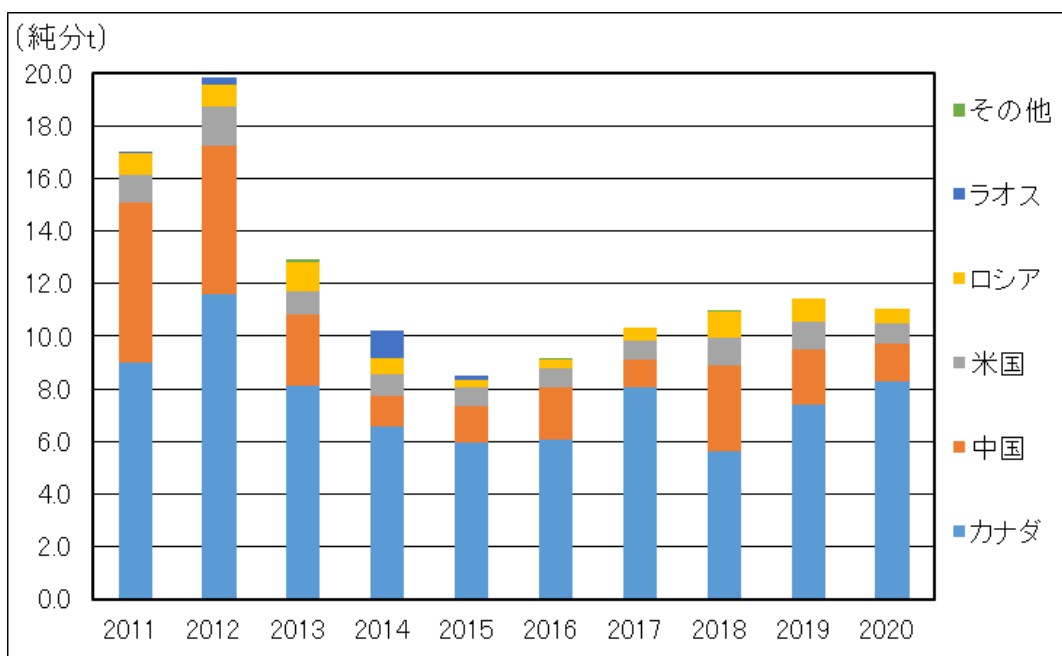


図 3-2-1 二酸化ゲルマニウムの輸入相手国

3-2-2.塊・粉・くず(金属ゲルマニウム)

表 3-2-2 塊・粉・くず(金属ゲルマニウム)の輸入相手国

単位:純分t

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	20/19比	構成比
輸入	中国	3.10	2.49	3.06	2.29	2.79	3.91	4.20	4.54	4.12	3.30	80%	71%
	米国	0.58	0.95	0.81	0.67	0.46	0.52	0.65	0.43	0.33	1.03	314%	22%
	ロシア	0.17	0.29	0.15	0.26	0.40	0.38	0.23	1.39	0.26	0.15	59%	3%
	ドイツ	0.27	0.04	0.14	0.04	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	260%	0%
	オランダ	-	-	-	-	-	-	0.05	-	-	-	-	-
	タイ	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-	-	-	-
	ベルギー	0.56	0.36	0.05	0.14	-	-	0.01	-	-	-	-	-
	その他	0.70	0.40	1.18	0.43	0.01	0.00	0.01	0.5	0.0	0.1	-	3%
	合計	5.38	4.53	5.40	3.82	3.66	4.83	5.16	6.86	4.71	4.62	98%	100.0%

出典:財務省 貿易統計
純分換算率:塊・粉・くず100%

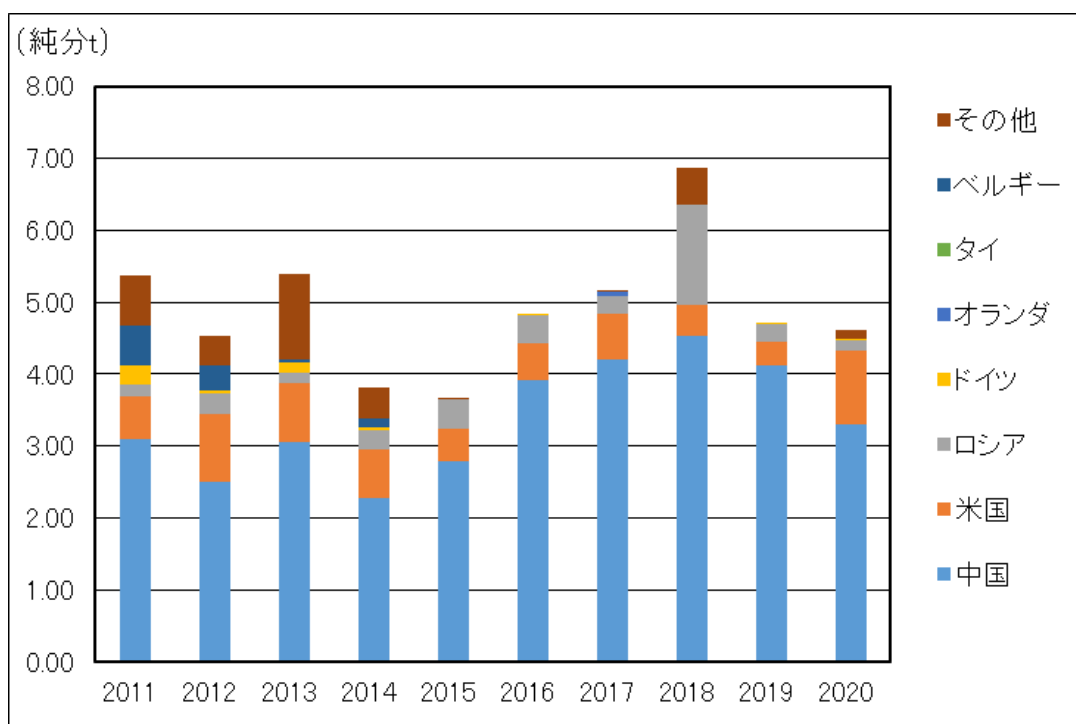


図 3-2-2 塊・粉・くず(金属ゲルマニウム)の輸入相手国

3-2-3.ゲルマニウム製品

表 3-2-3 ゲルマニウム製品(単結晶レンズ含む)の輸入相手国

単位:純分t

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	20/19比	構成比
輸入	中国	0.67	0.21	0.73	0.17	0.74	1.06	2.00	2.56	1.94	2.63	136%	96%
	ドイツ	0.00	0.02	0.01	0.03	0.04	0.02	0.09	0.07	0.03	0.03	122%	1%
	ベルギー	0.18	0.05	0.02	0.07	0.03	0.03	0.01	0.00	0.01	0.04	633%	1%
	ロシア	0.04	0.07	0.17	0.05	0.09	0.00	0.04	0.01	0.00	0.01	-	0%
	その他	0.06	0.12	0.33	0.15	0.17	0.02	0.01	0.07	0.01	0.02	175%	1%
	合計	0.95	0.47	1.26	0.46	1.06	1.14	2.14	2.71	1.98	2.72	137%	100.0%

出典:財務省 貿易統計

純分換算率::ゲルマニウム製品100%

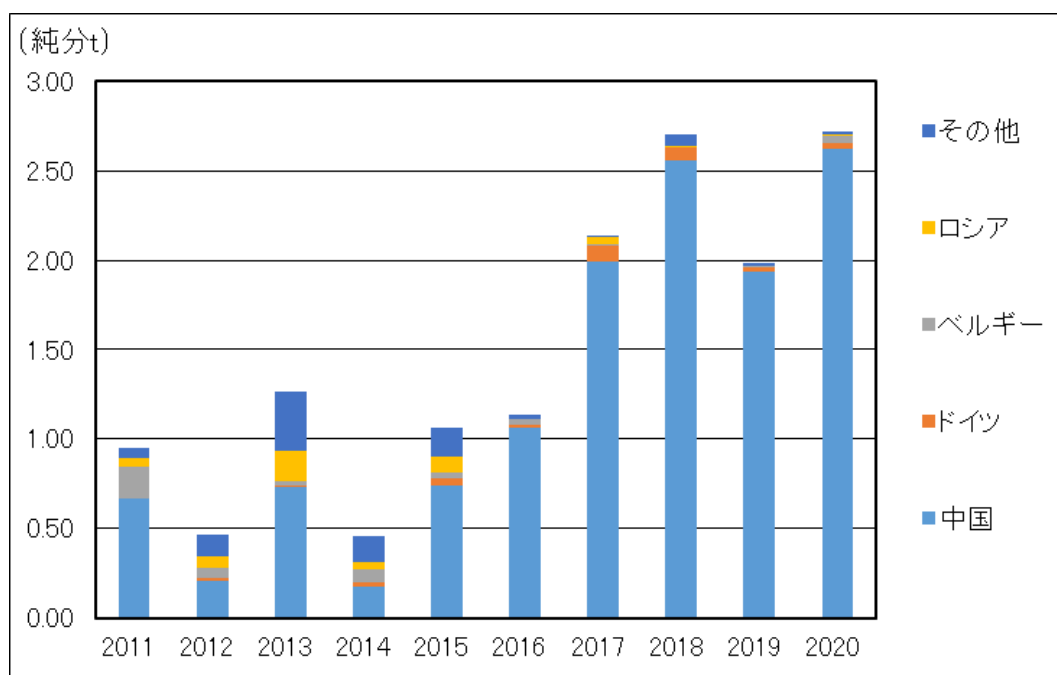


図 3-2-3 ゲルマニウム製品(単結晶レンズ含む)の輸入相手国

3-3.輸出入価格

表 3-3 ゲルマニウムの平均輸入価格

		単位:\$/kg										
素材		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	20/19比
		塊・粉・くず(金属ゲルマニウム)	1,637	1,460	1,845	1,940	1,528	937	1,007	1,380	1,058	975
	二酸化ゲルマニウム	1,201	1,149	1,313	1,255	1,172	681	567	894	822	663	81%

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。

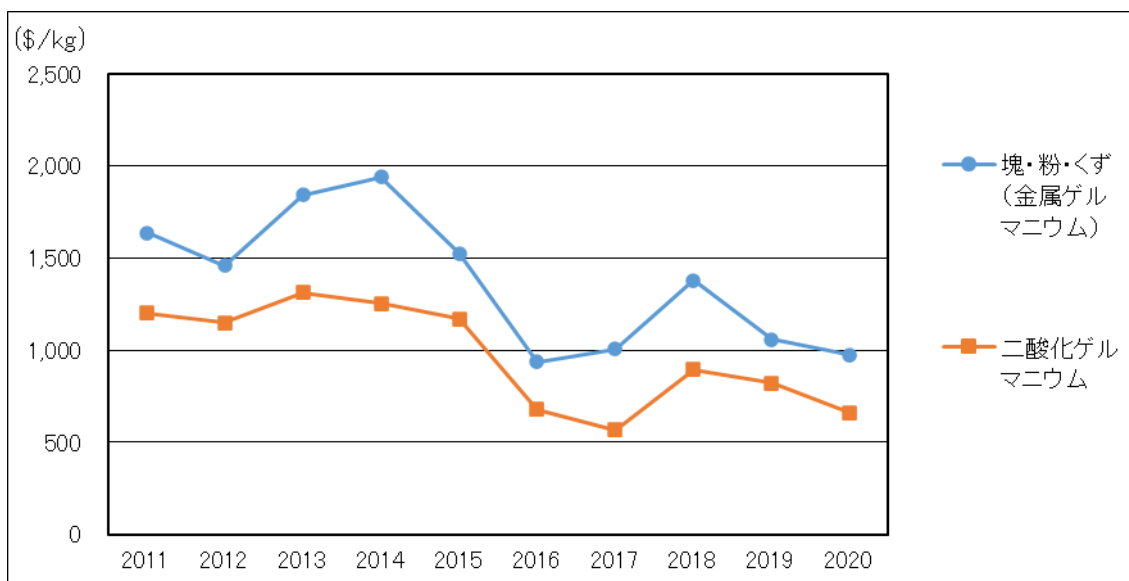
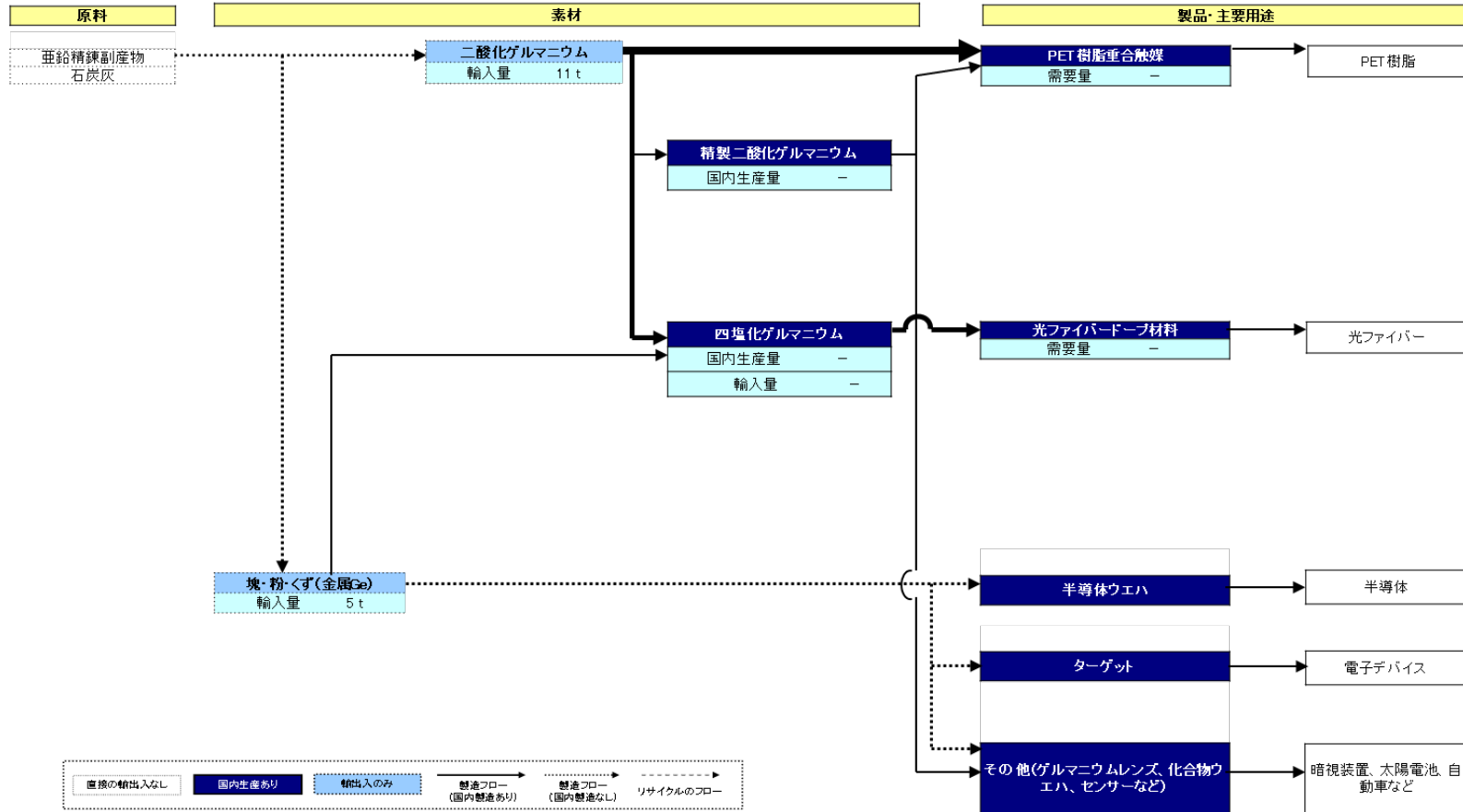


図 3-3 ゲルマニウムの平均輸入価格

4.リサイクル データなし

ゲルマニウムのマテリアルフロー(2020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 = 国内で生産又は国内に輸入された素材の輸入量であり、製品の輸出入量は考慮していない。
 注) 「-」: 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
 原材料として四塩化ゲルマニウムを日本に輸入する事例もあるが、ここでは割愛する
 出典: 財務省貿易統計