

1.需給動向

1-1.世界の需給動向

ケイ素(Siliconシリコン)は、酸素に次いで2番目に多い元素で、資源量・埋蔵量は非常に多い。ケイ素はその多くが二酸化ケイ素 SiO_2 (シリカ)の形で存在し、古くから研磨剤や耐火材、ガラスの原料として使用されている。また、鋼材の添加剤として、製鉄工程では電気炉において鉄1tあたり約4kg前後のケイ素が使われる。ケイ素合金として製鉄の脱酸素剤に用いられるほか、ケイ素を混ぜた鋼板(ケイ素鋼板)は、うず電流による損失が少なくなるため変圧器などに使われている。その他に、鉛レス黄銅にも添加される。一方、重要な用途として、半導体や太陽電池などの電子材料、また種々のシリコン(Silicone)の原料でもある。

ケイ素の原料は二酸化ケイ素(シリカ)で、自然界では珪石として存在している。珪砂は石英(鉱物の名称)を成分とする砂であり、珪石(資源として扱う場合の鉱物の名称)は、石英が主体の岩石である。珪石の用途としては、建材、土木用の他に、フェロシリコン等の鉄鋼材料などがある。珪砂は鑄造用、建材用、研磨用(サンドブラスト)、流動床炉用流動媒体、耐火物原料、窯業、絶縁体、製鋼用などの用途がある。日本でも各地で珪石・珪砂が得られたが、輸入珪石に圧されて多くの珪山が閉山した。しかし、今でも愛知県、山形県などで産出されている。日本産もガラスの原料として使われているが、不純物のより少ない海外産に依存している状況となっている。

珪石に含まれるケイ素を合金材料として使うためには、珪石に炭素材、鉄源を加えて電気炉で処理し、フェロシリコンやシリコマンガンを得る必要がある。また、純度が求められる工業用原料にするために、はじめに酸化物の二酸化ケイ素 SiO_2 を還元して金属シリコン(純度4N以下)を得る必要がある。なお金属シリコンは、半導体、電子部品、太陽電池、シリコン、アルミ合金添加剤など幅広く使用されているが、金属シリコンの原料となる珪石として、カルシウムやアルミニウムなどの不純物の少ないものが求められており、限られた地域でのみ採掘されている。加えて、珪石からフェロシリコンやシリコマンガンを、また金属シリコンを得るには電気炉において大量の電力を消費すること、発生する不純物の処理なども必要であることから、現在では、ボーキサイトからのアルミの製造と同様に、電力の安価なところで還元し、フェロシリコン、シリコマンガンを、金属シリコンとして輸入している。一部は、国内で生産されている。

金属シリコンは、珪石(SiO_2)を還元、精製して、ケイ素の純度を高めたものである。純度の低い金属シリコンは、アルミ合金の添加材として使われる。半導体や太陽電池グレードのシリコンを得るには、金属シリコンと塩化水素を反応させて四塩化ケイ素を生成させて、このガスを精留して高純度金属シリコンを得る。

高純度金属シリコン(具体的には多結晶シリコン)の製造工程からガス状物質の四塩化ケイ素(Silicon tetrachloride; STC)が副生される。これを蒸留精製した高純度四塩化ケイ素は、合成石英ガラスの原料となる。合成石英ガラスは、金属不純物が少なく、光透過性が高いことから、光ファイバーや半導体製造時のフォトマスクなどに使われる。さらに、四塩化ケイ素ガスを酸水素炎中で高温加水分解させて製造(燃焼法)した微粉末が乾式シリカである。乾式シリカは、工業用材料として、ゴムの補強剤、塗料等の粘土調整剤、半導体ウエハの研磨剤(CMP、ケミカルメカニカルポリッシング)、医薬品添加剤、農薬・肥料等のフィラーなどの用途がある。乾式シリカには、燃焼法の他にアーク法でも製造されている。なお、乾式シリカとは別に湿式シリカと呼ばれるものがある。湿式シリカは、一般的にはケイ酸ナトリウムと硫酸の中和反応によって合成されるが、方法によって沈降法とゲル法がある。湿式シリカの用途は、乾式シリカに比べて表面シラノール基が多いことを特徴として、樹脂の透明性・耐水性・補強性を改良する目的で使用される。例えば、ホワイトカーボンと呼ばれるタイヤゴムの充填剤である。

一方、ケイ素を含む有機化合物であり、潤滑油、シーラント、コーティング材、食品、化粧品などの様々な用途をもつシリコンの基本的な製法は、金属シリコンを塩化メチルと加熱反応させ、その反応物を蒸留によって精製する。得られたシラン類(シロキサン: Si-O-Si 結合(シロキサン結合)を持つもので、シランの重合体)を、加水分解あるいは重合させ、また反応精製することで、様々な形態(オイル、ゴム、樹脂等)のシリコンが得

られる。

世界のシリコン(シリコンアロイ(FeSiなど)と金属シリコン(純度4N以下))生産量を表1-1、図1-1に示す。なお、世界のシリコンの需要に関する公開データはない。

2014年の生産量は前年比97%の7,680千tで僅かに減少した。生産量の微減は、世界の景気が全体的に減速してシリコンの需要が低下したためとみられる。シリコンは世界各地で生産されているが、最大の生産国は中国であり、次にロシア、ノルウェー、米国、ブラジル、フランスと続く。中国の生産量が全体の65%、ロシア9%、ノルウェーと米国が5%などとなっている。国別に生産量の増減を見ると、中国、ロシア、米国の生産量が僅かに下がり、ノルウェーなどの国ではほぼ横ばいとなっている。トップの中国ではエネルギーコスト、環境コストの低さやスケールメリットを武器とした価格競争力を打ち出しており、図1-1に示すように、世界の生産量の増加は、中国の増加であることが読み取れる。2位以下の国では価格競争力が低くなり中国に売り負けた結果、シリコン市場でのシェアが低下する。

なお、シリコン原料である珪石の鉱山資源は現時点で十分な埋蔵量を有し、当面は資源枯渇の問題は発生しないものと考えられる。

表 1-1 世界のシリコン(シリコンアロイ(FeSi など)、低純度金属シリコン(4N 以下))生産量

単位: 純分千t

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	14/13比	構成比
中国	2,360	2,900	3,300	4,000	4,310	4,920	4,780	5,050	5,200	5,000	96%	65%
ロシア	526	541	635	605	537	643	647	733	733	699	95%	9%
ノルウェー	278	150	221	235	301	303	297	339	362	369	102%	5%
米国	270	146	155	164	139	176	326	383	365	359	98%	5%
ブラジル	226	226	265	259	224	224	225	225	230	230	100%	3%
フランス	139	124	164	112	66	127	164	174	130	131	101%	2%
ウクライナ	161	84	109	99	98	127	98	78	96	89	93%	1%
南ア	131	144	149	154	116	137	142	132	84	86	102%	1%
アイスランド	78	74	74	73	81	74	78	75	75	75	100%	1%
インド	36	38	39	40	59	66	68	70	86	86	100%	1%
ブータン	-	-	-	-	-	-	61	61	54	54	100%	1%
ベネズエラ	60	60	61	61	54	50	46	53	48	49	102%	1%
カナダ	66	66	66	72	53	52	50	55	60	60	100%	1%
スペイン	55	55	78	-	-	-	-	-	-	-	-	-
カザフスタン	68	68	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-
マケドニア	-	-	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-
その他	289	297	180	288	266	394	383	349	359	389	108%	5%
合計	4,720	4,970	5,590	6,160	6,310	7,290	7,370	7,770	7,880	7,680	97%	100%

出典: United States Geological Survey「Mineral Commodity Summaries SILICON」 World Production

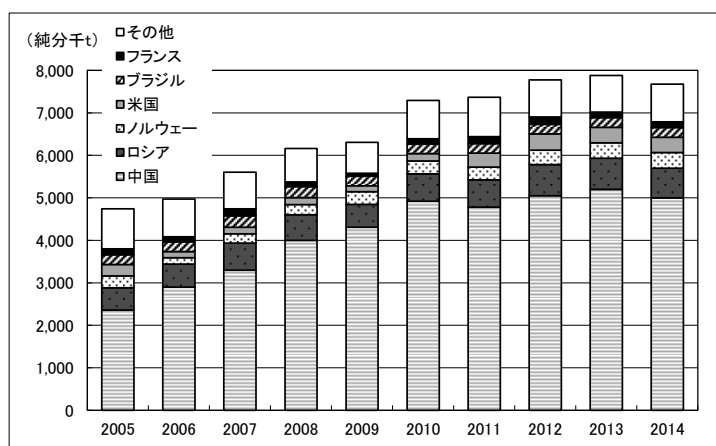


図 1-1 世界のシリコン(FeSi・低純度金属シリコン(4N 以下))生産量

1-2.国内の需給動向

ケイ素の国内需給を表 1-2 に示す。2014 年の国内供給量は前年比 111%の 746,457t であった。

国内で消費される工業用ケイ素は、合金鉄(フェロシリコン、シリコマンガ)、炭化ケイ素など一部の例を除き、ほとんどが加工された素材(金属シリコン、シリカ、FeSi、SiMn など)の形で輸入されている。特に、半導体やシリコン、アルミ合金添加剤に用いられる金属シリコン(低純度、4N 以下)は、その全量が海外から輸入されたものである。

表 1-2 ケイ素の国内需給

単位: 純分t

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	14/13比	
供給												
輸入 ¹⁾	749,432	813,634	858,442	909,060	494,948	823,896	801,744	693,086	673,051	746,457	111%	
合計	749,432	813,634	858,442	909,060	494,948	823,896	801,744	693,086	673,051	746,457	111%	
需要	金属シリコン※	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	うち高純度多結晶シリコン	6,923	6,987	7,364	7,471	8,633	6,806	12,133	10,964	8,000	7,263	91%
	うちシリコーン	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	うちアルミ添加剤	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	製鋼用FeSi消費	261,320	271,941	277,366	290,033	220,913	290,828	279,513	251,451	258,175	266,636	103%
	製鋼用シリコマンガ消費	45,727	48,239	48,741	49,900	35,534	38,609	37,799	38,116	42,885	46,616	109%
	炭化ケイ素※	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
小計	313,970	327,167	333,471	347,404	265,080	336,244	329,445	300,532	309,059	320,515	104%	
輸出 ¹⁾	37,822	40,175	46,778	47,724	42,184	55,454	52,963	43,659	52,782	46,011	87%	
合計	351,792	367,342	380,249	395,129	307,264	391,698	382,408	344,191	361,841	366,525	101%	
供給-需要	397,640	446,292	478,194	513,931	187,684	432,198	419,336	348,895	311,209	379,932		

出典: 1)財務省貿易統計

その他の統計は、経済産業省生産動態統計年報鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計、日本フェロアロイ協会資料
 なお、2014年の製鋼用FeSi消費量については、2013年の特殊鋼生産量に対するFeSi消費量割合を、2014年の特殊鋼生産量に乗じて算出している。

輸出入には、シリカ、金属シリコン(高純度金属シリコン(多結晶シリコン、単結晶シリコン)、低純度金属シリコン、合金鉄(FeSi、シリコマンガ)、炭化ケイ素が含まれる

純分換算率: 金属シリコン100%、FeSi75%、シリコマンガ15%、炭化ケイ素80%

※内需には、上記の表に示されたFeSiやシリコマンガなど鉄鋼向けの合金鉄需要以外にも、金属シリコンとしての半導体・太陽電池、樹脂、アルミ添加剤としての需要と、炭化ケイ素としての耐火・研削剤としての需要がある。しかし、金属シリコン及び炭化ケイ素における国内需要に関しては公式的な統計がないため、上記の内需にはその分が計上されていない。

製鋼用も含めたケイ素の需要量は、前年比 104%の 320,515t であった。

新金属協会によると、2014 年の多結晶シリコンの国内生産量は 7,263t(半導体向けで、太陽電池向けは除く)であり、前年比 91%とマイナスとなった。一方、単結晶シリコンの国内生産量は前年比 127%の 8,051t と 4 年ぶりに 8,000t を越えた。シリコンウエハの生産量が各サイズ(5、6、8、12 インチ)で伸びたことが反映している。なお、半導体用のシリコンウエハ(製品)については、その製品形態や使われ方からウエハになった段階で重量ではなく数量(面積)で集計されている。そのため、ウエハの生産量に対して重量ベースでどのくらいのケイ素が使用されているかを算出することは極めて難しい。

金属シリコン(低純度)はアルミ合金添加剤としても使用されている。国内のアルミニウム合金用として使われる金属シリコン(低純度)は主に中国から輸入されるものが多い。

現在、国内で使用される FeSi の全量が海外から輸入されたものである。2014 年の製鋼用 FeSi 消費量は前年比 103%の 266,636t で、製鋼用シリコマンガ消費量は前年比 109%の 46,616t であった。

2.輸出入動向

2-1.輸出入動向

ケイ素の輸出入数量を表 2-1、図 2-1、図 2-2 に示す。

2014 年のケイ素全体の輸入量は前年比 111%の 746,457t、同輸出量は前年比 87%の 46,011t であった。

輸入の内訳をみると、金属シリコンの中では単結晶シリコンが前年比 98%と微減であったものの、多結晶シリコンは前年比 127%と増加し、2011 年レベルの輸入量となった。多結晶シリコンの輸入増加の要因として、

在庫調整が進み、好調なシリコンウエハの生産に必要な多結晶シリコンを確保するためと考えられる。また、低純度金属シリコンの輸入量も前年比 112%に増加した結果、金属シリコン全体では前年比 113%を示した。

輸出では、シリカ(二酸化ケイ素)が前年比 116%、炭化ケイ素も前年比 138%と回復してきている。高純度シリコンの輸出は前年比 92%に低下しているが、このうち単結晶シリコンについては海外需要に対応して堅調である。また、低純度シリコンの輸出については国内大手メーカーの海外工場立ち上げに伴って 2013 年に大幅に伸びた関係で、2014 年は前年比 11%と急減しているが、それでも 2012 年以前のレベルよりも相当高い輸出量を示した。これは 2013 年には国内大手メーカーがマレーシアに建設した生産工場向けに、原料となる低純度シリコンを日本から輸出したものであるが、2014 年になって輸出量は急減している。

なお、高純度金属シリコンには多結晶シリコンと単結晶シリコンがあるが、輸出に関しては、財務省貿易統計上ではこれらは区別されていない。

金属シリコン以外の状況を見ると、ファインセラミックス原料や、ガラス、食品添加剤、化粧品、医薬品などに幅広く用いられているシリカ(二酸化ケイ素)の 2014 年の輸入量は前年比 106%の 46,459t で、輸出量は前年比 116%の 16,635t であった。シリカには湿式シリカと乾式シリカがある。湿式シリカは珪酸ソーダの水溶液を中和してシリカを析出したもので、ゴム補強やインクの増粘などで使用される。乾式シリカは四塩化ケイ素を高温の窯の中で反応させたもので、シリコンゴムの充填剤や半導体ウエハ研磨、医薬品添加剤などとして使用される。乾式シリカについては、多結晶シリコンの原料を造る工程で、トリクロロシランとともに四塩化ケイ素が得られるために、多結晶シリコンの生産量に影響される。

合金鉄である FeSi の輸入量は、前年比 110%の 382,821t と伸びた。自動車を含め特殊鋼の生産の増加に対応したものと見られる。一方、輸出量も前年比 105%と後述するように自動車産業が盛んな国を中心として伸びている。シリコマンガンの輸入量も前年比 107%の 45,622t と伸びおり、製鋼用シリコマンガンの消費量(2014 年は前年比 109%の 46,616t)に応じたものである。

炭化ケイ素の輸入量は、前年比 122%の 57,068t と大幅に増大している。炭化ケイ素は、主に耐火物である炭化ケイ素煉瓦として使用され、その需要の大部分は焼却炉や製鉄炉であるため、これらが建設されるタイミングで多く出荷されるが、建設需要が無ければ販売量も少ないなど、需要には大きな波がある。

表 2-1 ケイ素の輸出入数量

単位: 純分t

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	14/13比		
素材	シリカ (二酸化ケイ素)	輸入	37,775	40,650	44,667	45,382	30,145	45,819	46,846	42,757	43,896	46,459	106%	
		輸出	17,533	21,368	24,254	22,407	17,988	19,995	18,672	16,672	14,349	16,635	116%	
	金属シリコン	高純度 (4N以上)	輸入	13,003	13,395	15,092	17,520	17,985	19,914	25,175	20,976	20,614	24,849	121%
			輸出	5,742	5,923	6,778	8,364	8,496	12,169	11,825	12,782	15,024	13,761	92%
		多結晶	輸入	8,494	8,641	9,501	11,553	12,123	15,048	19,666	17,996	16,192	20,500	127%
			輸出	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		単結晶	輸入	4,509	4,755	5,591	5,967	5,863	4,866	5,509	2,980	4,423	4,349	98%
			輸出	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	低純度 (4N以下)	輸入	222,851	238,276	252,025	240,683	146,980	214,993	228,711	182,805	169,925	189,639	112%	
		輸出	1,052	899	1,665	1,177	874	646	527	753	11,490	1,224	11%	
	小計	輸入	235,854	251,671	267,118	258,203	164,965	234,907	253,886	203,781	190,539	214,487	113%	
		輸出	6,793	6,822	8,442	9,540	9,370	12,815	12,351	13,535	26,514	14,985	57%	
	合金鉄	FeSi	輸入	365,017	407,569	418,358	459,225	239,578	417,252	379,657	361,400	349,232	382,821	110%
			輸出	5,070	3,913	5,762	6,881	5,186	8,488	7,269	6,611	6,276	6,588	105%
シリコマンガ ン		輸入	35,160	41,093	52,595	52,994	22,135	40,088	38,011	37,249	42,492	45,622	107%	
		輸出	1.8	4.7	3.6	61.7	6.5	8.1	12.0	7.5	9.9	12.5	126%	
炭化ケイ素	輸入	75,626	72,650	75,705	93,256	38,125	85,830	83,344	47,900	46,891	57,068	122%		
	輸出	8,424	8,067	8,316	8,834	9,634	14,147	14,659	6,833	5,633	7,791	138%		
合計	輸入	749,432	813,634	858,442	909,060	494,948	823,896	801,744	693,086	673,051	746,457	111%		
	輸出	37,822	40,175	46,778	47,724	42,184	55,454	52,963	43,659	52,782	46,011	87%		
	輸入-輸出	711,610	773,459	811,665	861,336	452,764	768,442	748,782	649,427	620,269	700,446	113%		

出典: 財務省貿易統計

純分換算率: シリカ(二酸化ケイ素)47%、金属シリコン100%、FeSi75%、シリコマンガ15%、炭化ケイ素80%

※素材はシリカ(二酸化ケイ素)、金属シリコン(多結晶シリコン、単結晶シリコン、低純度4N以下シリコン)、FeSi、シリコマンガ、炭化ケイ素による。

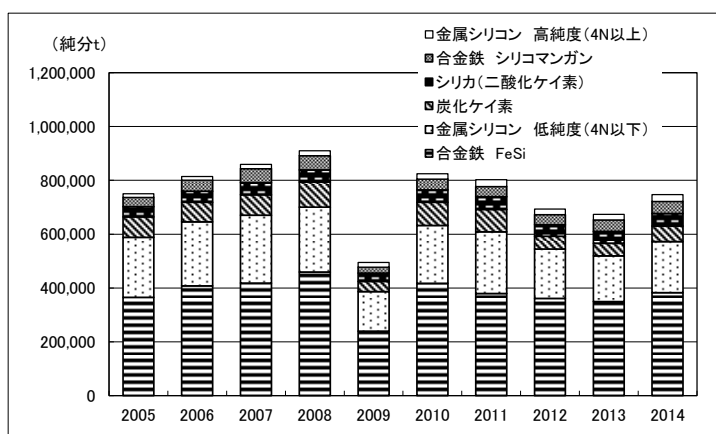


図 2-1 ケイ素の輸入数量

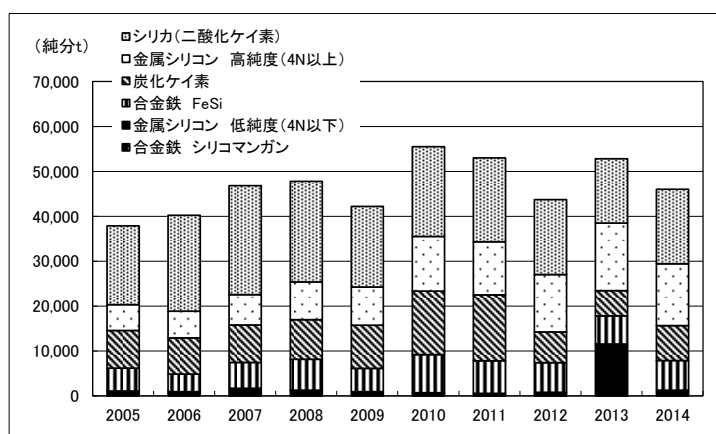


図 2-2 ケイ素の輸出数量

2-2.輸出入相手国

2-2-1.シリカ(二酸化ケイ素)

シリカ(二酸化ケイ素)の輸出入相手国を表 2-2、図 2-3、図 2-4 に示す。

2014 年の主要輸入相手国は、中国、台湾、タイで、この上位 3 ヶ国で全体の 85%を占め、最大の輸入相手国の中国からの輸入量は全体の 62%に達している。2014 年の国別の輸入量の変化をみると、中国が前年比 105%、台湾が前年比 109%、タイが前年比 104%と増加した。なお、2013 年に前年比 35%まで減少した韓国からの輸入量は、前年比 172%まで回復してきている。

これらの国からの輸入量が多い理由は、もともと中国産及び台湾産のシリカ価格が安かったことに加え、太陽電池市場が拡大した 2010~2011 年に中国、台湾の多結晶シリコンメーカーが増強した設備が、2012~2013 年に相次いで立ち上がり、この分の稼働率を確保するため多結晶シリコンを増産した結果、副産物であるシリカの生産量も拡大し、この分の需要を確保するため価格攻勢をかけたことが 2014 年にも影響している。さらに、中国産の品質が従来に比べ上昇したことで他国産との品質差がなくなり、競争力が高まった。

輸出相手国は中国、韓国、台湾、米国が中心。日本から輸出するのはコロイダルシリカなど特殊な高付加価値品であり、相手国が自国内での調達ที่ 難しいものを中心となる。輸出シリカの多くは、金属シリコンより製造した乾式シリカであると考えられる。日本で生産している乾式シリカは、高い特性を有しており、競争力がある。中国向けには湿式シリカを供給するというケースも増えていると推定されている。

表 2-2 シリカ(二酸化ケイ素)の輸入相手国

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	14/13比	構成比
輸入	中国	10,562	13,056	19,105	20,988	12,669	21,273	23,915	24,224	27,644	29,012	105%	62%
	台湾	8,146	6,854	4,873	4,254	3,077	4,598	5,190	4,803	5,600	6,088	109%	13%
	タイ	4,376	4,706	5,607	5,444	4,070	4,741	4,873	4,857	4,502	4,672	104%	10%
	韓国	6,719	7,597	8,152	7,655	5,449	7,660	6,765	3,998	1,390	2,385	172%	5%
	米国	3,456	3,200	3,084	817	1,867	2,353	2,123	1,946	1,908	1,693	89%	4%
	その他	4,516	5,238	3,845	6,224	3,013	5,193	3,980	2,928	2,853	2,609	91%	6%
	合計	37,775	40,650	44,667	45,382	30,145	45,819	46,846	42,757	43,896	46,459	106%	100%
輸出	中国	3,668	4,677	7,012	6,167	6,026	6,366	6,008	5,348	4,620	5,539	120%	33%
	台湾	2,792	3,020	2,842	2,151	1,913	2,378	2,973	2,422	2,201	3,101	141%	19%
	韓国	3,555	4,504	5,463	6,323	4,664	4,693	3,472	3,017	2,664	2,650	99%	16%
	米国	640	796	793	817	798	1,101	1,038	1,111	1,101	1,145	104%	7%
	シンガポール	1,664	1,982	2,000	1,433	839	980	858	817	737	882	120%	5%
	トルコ	194	418	522	508	472	525	533	375	463	730	158%	4%
	タイ	859	872	1,504	1,571	570	630	691	783	636	710	112%	4%
	マレーシア	2,971	3,640	2,365	1,953	1,638	2,073	1,476	1,272	864	706	82%	4%
	その他	1,189	1,459	1,754	1,485	1,067	1,249	1,623	1,528	1,063	1,171	110%	7%
		合計	17,533	21,368	24,254	22,407	17,988	19,995	18,672	16,672	14,349	16,635	116%

出典：財務省貿易統計

純分換算率：シリカ(二酸化ケイ素)47%

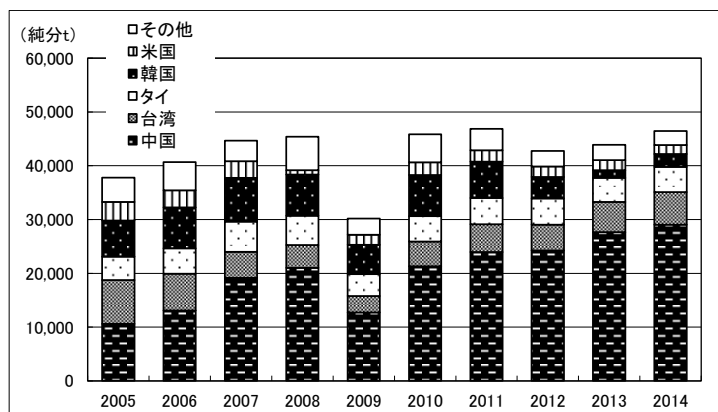


図 2-3 シリカ(二酸化ケイ素)の輸入相手国

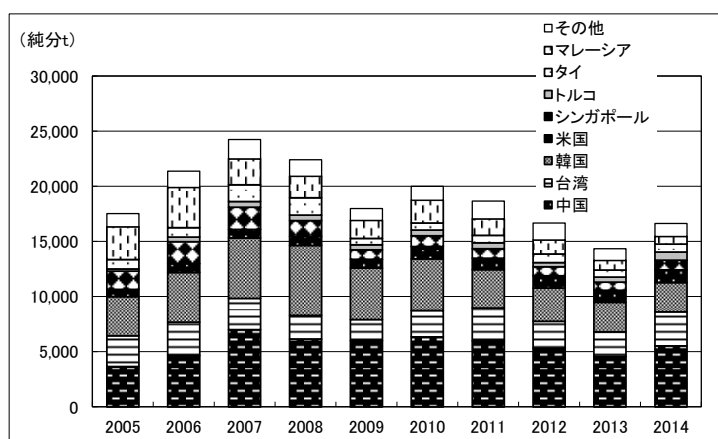


図 2-4 シリカ(二酸化ケイ素)の輸出相手国

2-2-2 多結晶シリコン

多結晶シリコンの輸入相手国を表 2-3、図 2-5 に示す。

2014 年の主な輸入相手国は、米国、ドイツ、台湾、英国などである。全体の 65%を米国が、18%をドイツが

占める。国別の増減状況を見ると、米国が前年比123%、ドイツが同115%、台湾が同153%、英国が同220%となっており、英国からの輸入量がここ2年ほど落ち込んでいたものが回復したことを示し、上位3ヶ国はいずれもこの10年で最高を記録している。米国からの輸入量の増大の理由としては、国内メーカーが国内工場でのトラブルでの生産の代替として、米国工場から輸入した点も挙げられる。米国、ドイツ、台湾、英国などからの多結晶シリコンは、太陽電池向けも含まれているが、多くは半導体向けの単結晶シリコン原料となる。

また、台湾からの輸入量は、2012年30t、2013年1,469t、さらに2014年2,241tと急拡大している。もともと台湾の多結晶シリコンは太陽電池向けが中心で価格競争力が高く、日本国内の太陽電池市場拡大の恩恵を受けた影響が大きい。なお、中国からの輸入量のほぼ全量が太陽電池向けである。

表 2-3 多結晶シリコンの輸入相手国

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	14/13比	構成比
輸入	米国	4,764	4,825	5,108	6,869	6,961	9,360	12,131	12,515	10,891	13,345	123%	65%
	ドイツ	1,649	1,735	2,098	2,518	2,933	2,716	3,076	3,361	3,121	3,591	115%	18%
	台湾	48	257	506	325	564	688	244	30	1,469	2,241	153%	11%
	英国	1,873	1,457	1,284	1,502	1,384	1,726	1,992	682	449	985	220%	5%
	韓国	45	6	10	91	32	298	1,915	1,369	14	180	1304%	1%
	中国	54	160	173	35	15	143	232	4	242	93	38%	0%
	その他	62	199	322	213	234	117	76	34	6	65	1042%	0%
	合計	8,494	8,641	9,501	11,553	12,123	15,048	19,666	17,996	16,192	20,500	127%	100%

出典：財務省貿易統計
純分換算率：金属シリコン100%

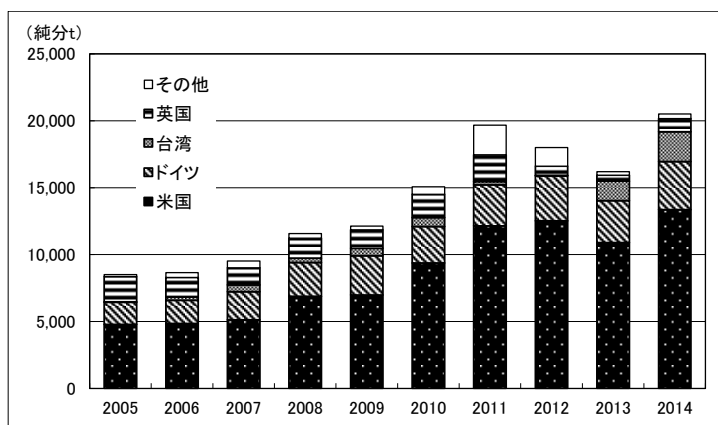


図 2-5 多結晶シリコンの輸入相手国

2-2-3.単結晶シリコン

単結晶シリコンの輸入相手国を表 2-4、図 2-6 に示す。

輸入の主要相手国は、米国、中国、ドイツ、台湾などであり、国別の構成比は米国が40%、中国が20%、ドイツが19%、台湾が10%となった。シリカや多結晶シリコンと同じように、特定国への集中度合いは高くない。2014年の国別輸入量の増減をみると、米国が前年比104%、中国が同91%、ドイツが同107%、台湾が同比65%となっている。米国については国内の大手シリコンメーカーが、2013年に引き続いて米国の関連会社からの原料調達を増やしたことが表れている。ドイツは太陽電池向けの輸入が拡大した。

表 2-4 単結晶シリコンの輸入相手国

		単位:純分t										14/13比	構成比
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014		
輸入	米国	2,867	3,092	3,858	3,887	3,878	2,437	2,546	899	1,668	1,727	104%	40%
	中国	1,106	906	828	620	317	489	1,046	819	946	860	91%	20%
	ドイツ	39	52	76	87	184	37	31	120	763	820	107%	19%
	台湾	124	262	434	612	228	529	448	667	666	430	65%	10%
	韓国	64	59	103	448	664	766	1,146	286	182	227	125%	5%
	ノルウェー	48	132	97	114	377	265	48	4	10	150	1447%	3%
	その他	260	252	195	199	215	343	244	186	186	134	72%	3%
	合計	4,509	4,755	5,591	5,967	5,863	4,866	5,509	2,980	4,423	4,349	98%	100%

出典:財務省貿易統計
純分換算率:金属シリコン100%

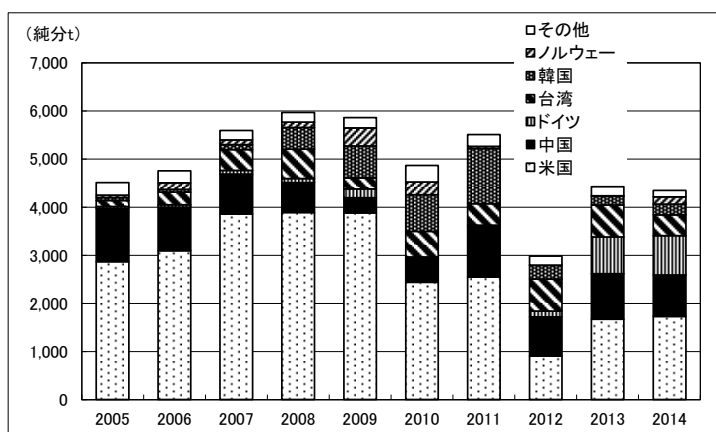


図 2-6 単結晶シリコンの輸入相手国

2-2-4.低純度金属シリコン

低純度金属シリコンの輸出入相手国を表 2-5、図 2-7、図 2-8 に示す。

輸入では中国への依存度が非常に高く、2014年では全体の95%を占め、前年の89%よりもさらに上昇した。一方、2位のノルウェーからの輸入量は前年比83%、3位のブラジルからの輸入量も前年比40%、4位の南アからの輸入量も前年比42%と、いずれも2年続けて大きく減少している。これは価格競争力に勝る中国にシェアを奪われた結果と考えられる。

この他に目立った動きとしては、カザフスタンの輸入が前年の1,000tから2014年にはゼロになったことがあげられる。旧ソ連地域はシリコン、タンタル、レアアースなどの埋蔵量が多く、ソ連時代の大規模製錬工場が残っている。カザフスタン政府が新たな国の基幹産業育成のため、これまで放置されていた鉱山や製錬所を再開するという動きが始まっていたが、日本への輸入がゼロになった理由は不明である。豪州からの輸入も211tと前年比34%と2年続きで大きく縮小している。

2014年の輸出を見るとポーランド向け、台湾向けなどが増加している。

表 2-5 低純度金属シリコンの輸出入相手国

単位: 純分t

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	14/13比	構成比	
輸入	中国	191,223	212,506	230,614	216,149	122,659	196,444	196,470	147,857	151,294	180,535	119%	95%
	ノルウェー	13,513	13,514	9,855	10,280	-	7,825	10,354	9,392	5,061	4,175	83%	2%
	ブラジル	5,225	4,575	6,479	9,870	10,218	6,729	10,567	11,476	4,940	1,980	40%	1%
	南ア	3,900	1,402	1,900	2,800	2,162	1,720	4,440	4,504	3,360	1,400	42%	1%
	フランス	620	580	480	320	341	600	760	800	881	964	109%	1%
	豪州	6,744	4,363	1,301	211	1,757	340	1,719	1,794	612	211	34%	0%
	ラオス	-	-	-	160	-	120	120	260	140	100	71%	0%
	韓国	50	100	61	0	5	37	2	206	1	83	6,366%	0%
	ドイツ	40	40	41	40	30	54	75	98	88	66	75%	0%
	スウェーデン	51	95	70	80	6	33	83	22	43	60	139%	0%
	台湾	22	0	354	90	0	0	1	61	100	60	60%	0%
	タイ	-	-	-	-	-	44	521	3,241	2,300	4	0%	0%
	カザフスタン	-	-	-	-	-	-	132	40	1,000	0	0%	0%
	その他	1,464	1,102	872	683	9,802	1,047	3,467	3,055	104	0	0%	0%
合計	222,851	238,276	252,025	240,683	146,980	214,993	228,711	182,805	169,925	189,639	112%	100%	
輸出	ポーランド	0	0	0	0	0	16	0	2	144	648	449%	53%
	台湾	116	234	944	145	173	133	15	90	91	128	140%	10%
	オランダ	-	30	30	80	1	81	22	41	7	104	1,504%	9%
	イタリア	-	-	-	-	-	1	-	158	281	98	35%	8%
	韓国	218	248	254	186	240	87	120	47	26	78	297%	6%
	米国	7	3	57	46	10	34	60	174	148	45	30%	4%
	タイ	11	28	41	45	27	37	44	18	37	43	118%	4%
	ドイツ	7	-	-	30	-	20	25	-	10	35	350%	3%
	香港	0	0	1	25	30	83	13	0	74	22	31%	2%
	中国	641	338	281	585	366	117	184	197	417	11	3%	1%
	マレーシア	0	0	3	3	0	20	2	20	10,238	4	0%	0%
	その他	52	17	54	31	27	17	41	5	17	168	992%	14%
	合計	1,052	899	1,665	1,177	874	646	527	753	11,490	1,224	11%	100%

出典: 財務省貿易統計
純分換算率: 金属シリコン100%

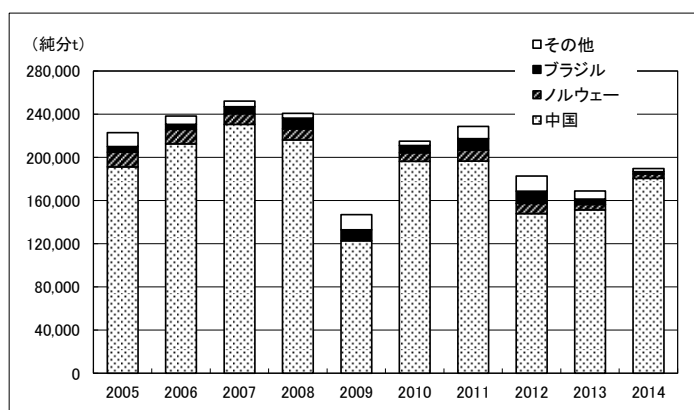


図 2-7 低純度金属シリコンの輸入相手国

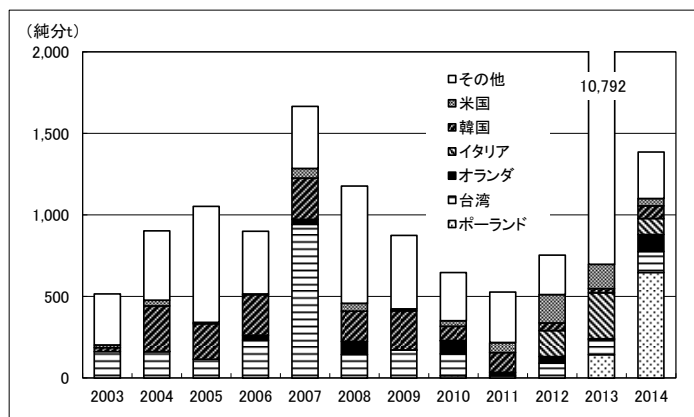


図 2-8 低純度金属シリコンの輸出相手国

2-2-5.炭化ケイ素

2014年の炭化ケイ素の輸出入相手国を表2-6、図2-9、図2-10に示す。

輸入については中国が全体の96%を占め、2位以下にスペイン、ブラジル、ドイツ、ノルウェー等があるが、いずれも構成比は1%以下である。中国は日本と近く物流期間も一週間程度であるが、欧州、南米などの相手国は距離が遠く、例えばブラジルから輸入する場合は物流期間が2か月かかるといった地理的な問題がある。また、急な注文に対する対応力という点でも中国は優位性があり、現時点では中国からの輸入に頼らざるを得ない。

2014年の主な輸出相手国はハンガリー、ポーランド、韓国などで、輸出量に占める構成比はハンガリー向けが38%、ポーランド向けが22%、韓国向けが18%と、上位3ヶ国で全体の78%を占めるが、輸入ほどの一国集中は見られない。

表2-6 炭化ケイ素の輸出入相手国

単位: 純分t

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	14/13比	構成比	
輸入	中国	71,153	67,973	72,514	89,798	37,187	83,710	79,557	45,295	45,153	54,692	121%	96%
	スペイン	448	608	272	272	144	336	433	397	405	475	117%	1%
	ブラジル	1,338	1,148	998	1,194	228	562	399	377	318	424	134%	1%
	ドイツ	577	663	517	557	251	336	456	243	269	363	135%	1%
	ノルウェー	1,580	1,591	1,097	980	31	133	553	162	225	352	156%	1%
	米国	205	191	280	352	102	200	199	206	138	298	215%	1%
	チェコ	-	-	-	-	-	-	512	368	128	186	145%	0%
	インド	-	-	-	-	-	65	187	116	67	148	221%	0%
	台湾	1	0	16	64	149	228	368	122	52	64	123%	0%
	その他	324	476	10	39	33	259	681	615	137	67	49%	0%
合計	75,626	72,650	75,705	93,256	38,125	85,830	83,344	47,900	46,891	57,068	122%	100%	
輸出	ハンガリー	639	814	954	784	269	1,137	1,672	1,595	1,732	2,926	169%	38%
	ポーランド	188	250	243	383	1,310	1,416	1,549	1,063	1,220	1,694	139%	22%
	韓国	2,393	1,030	1,165	1,623	2,671	3,021	4,013	1,913	966	1,401	145%	18%
	米国	1,106	1,572	1,482	1,336	879	1,472	1,626	767	457	450	98%	6%
	台湾	1,370	1,258	1,854	1,634	901	1,126	724	229	240	416	174%	5%
	マレーシア	771	629	609	652	384	777	960	414	246	226	92%	3%
	中国	378	526	469	375	287	253	152	210	282	147	52%	2%
	その他	1,579	1,986	1,540	2,048	2,933	4,946	3,963	641	490	529	108%	7%
合計	8,424	8,067	8,316	8,834	9,634	14,147	14,659	6,833	5,633	7,791	138%	100%	

出典: 財務省貿易統計
純分換算率: 炭化ケイ素80%

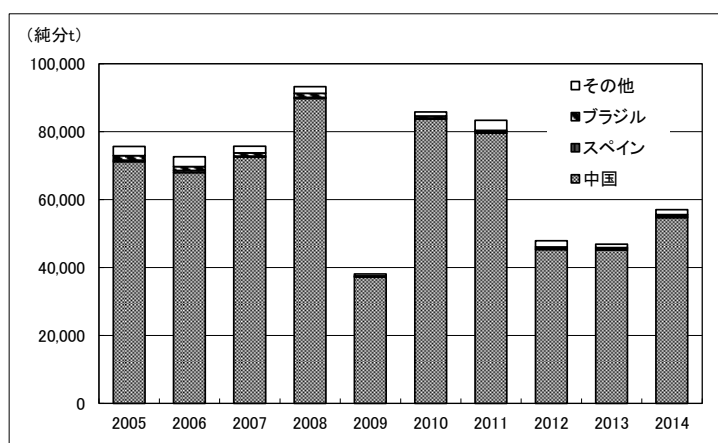


図2-9 炭化ケイ素の輸入相手国

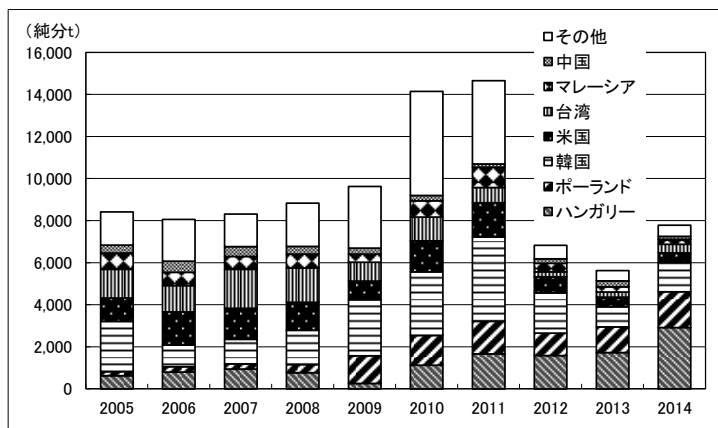


図 2-10 炭化ケイ素の輸出相手国

2-2-6 フェロシリコン(FeSi)

フェロシリコンの輸出入相手国を表 2-7、図 2-11、図 2-12 に示す。

2014 年の主要輸入相手国は、中国、ロシア、ブラジルで、構成比は中国が 58%、ロシアが 21%、ブラジルが 12%であり、上位 3ヶ国で全体の 91%を占める。中国の依存度が依然として高いが、ロシア、ブラジルに加えてベトナム、アイスランド、ノルウェー、韓国などからの輸入量も総じて増加傾向にあり、中国以外に輸入ソースを求める動きが見て取れる。

2014 年の主要輸出相手国は、タイ、インドネシア、台湾、韓国など、アジア地域向けが中心である。主要国の構成比は、タイ 55%、インドネシア 18%、台湾 10%、韓国 8%、シンガポール 6%となっている。

表 2-7 フェロシリコンの輸出入相手国

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	14/13比	構成比
輸入	中国	274,602	323,430	330,784	366,547	138,089	288,237	233,029	212,478	200,144	223,373	112%	58%
	ロシア	23,944	17,237	24,780	36,482	41,664	65,916	65,007	68,818	83,142	80,992	97%	21%
	ブラジル	48,745	55,825	53,768	44,078	46,895	41,997	47,062	46,884	37,778	45,330	120%	12%
	ベトナム	0	0	0	0	0	180	3,246	7,886	7,524	10,874	145%	3%
	アイスランド	1,467	2,925	3,655	3,231	2,417	5,919	8,041	4,821	7,531	7,813	104%	2%
	ノルウェー	5,481	2,181	1,818	4,061	5,299	4,200	8,095	4,955	3,951	5,616	142%	1%
	韓国	811	45	30	515	0	179	748	1,488	1,871	2,345	125%	1%
	その他	9,966	5,926	3,523	4,312	5,213	10,625	14,429	14,070	7,290	6,477	89%	2%
	合計	365,017	407,569	418,358	459,225	239,578	417,252	379,657	361,400	349,232	382,821	110%	100%
輸出	タイ	587	410	967	1,483	1,815	3,270	3,540	3,604	3,512	3,625	103%	55%
	インドネシア	1,563	1,173	1,767	2,271	1,499	2,003	1,107	1,157	844	1,187	141%	18%
	台湾	437	99	222	388	394	799	462	430	558	662	119%	10%
	韓国	1,458	1,394	1,530	1,649	903	1,508	1,187	619	731	534	73%	8%
	シンガポール	339	380	430	439	375	420	450	390	450	390	87%	6%
	メキシコ	45	15	4	4	-	8	23	42	29	66	231%	1%
	ベトナム	-	3	18	67	17	72	98	57	43	54	124%	1%
	その他	640	440	823	581	184	408	403	312	110	70	64%	1%
	合計	5,070	3,913	5,762	6,881	5,186	8,488	7,269	6,611	6,276	6,588	105%	100%

出典：財務省貿易統計

純分換算率：フェロシリコン75%

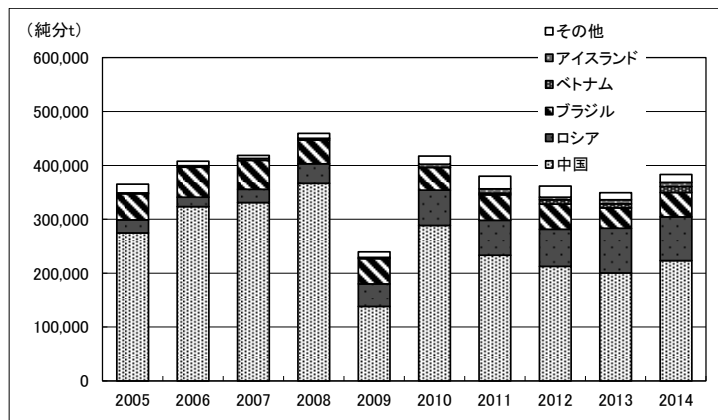


図 2-11 フェロシリコンの輸入相手国

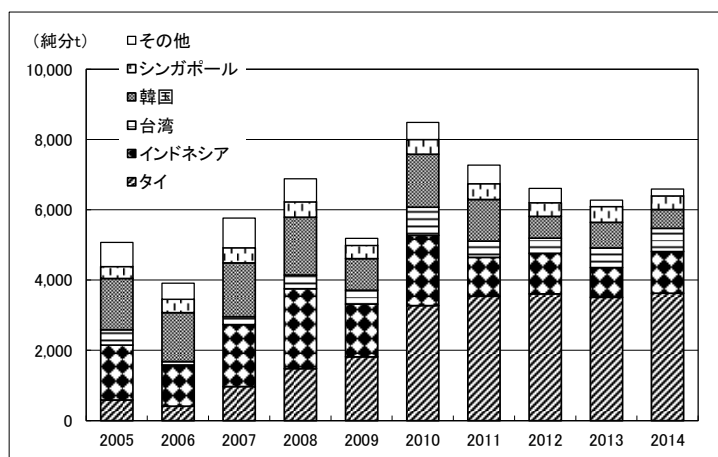


図 2-12 フェロシリコンの輸出相手国

2-2-7.シリコマンガン(SiMn)

シリコマンガンの輸出入相手国を表 2-8、図 2-13 に示す。

2005～2008 年までは中国からの輸入が最も多く、輸入量全体の約 60～80%を占めていた。中国での自国消費の増加や、輸出関税引き上げにより、中国からの輸入が2009 年以降激減している。2010 年以降、中国に代わってインドからの輸入量が急増した。2014 年の全輸入量に占めるインドの比率は 54%である。また、最近になって輸入量が増加しているのは、ベトナムからで前年比 143%、インドネシアからも前年比 131%となっている。

表 2-8 シリコマンガンの輸出入相手国

単位: 純分t

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	14/13比	構成比	
輸入	インド	1,431	1,014	2,415	4,335	5,824	18,265	19,309	21,265	24,893	24,683	99%	54%
	ベトナム	1,922	878	198	575	2,620	2,509	1,722	2,394	4,520	6,441	143%	14%
	カザフスタン	1,675	2,980	3,668	2,851	1,557	5,364	6,474	6,283	6,711	6,256	93%	14%
	ウクライナ	6,223	4,197	1,941	4,548	1,980	3,857	3,198	1,236	1,587	2,902	183%	6%
	インドネシア	-	-	-	-	-	303	438	807	1,558	2,035	131%	4%
	韓国	-	-	-	-	-	2,145	3,225	3,194	1,919	1,078	56%	2%
	豪州	1,862	1,749	-	-	220	290	532	292	123	730	594%	2%
	南ア	1,189	126	108	331	674	944	629	83	66	541	818%	1%
	フランス	-	-	-	-	-	105	332	302	227	302	133%	1%
	中国	20,112	29,735	43,778	39,716	8,159	4,452	924	263	36	0	0%	0%
	その他	745	414	487	638	1,100	1,856	1,229	1,129	853	653	77%	1%
	合計	35,160	41,093	52,595	52,994	22,135	40,088	38,011	37,249	42,492	45,622	107%	100%
	輸出	台湾	1	4	3	8	6	8	11	7	9	12	133%
タイ		-	0	0	3	0	0	1	0	1	1	57%	4%
その他		0	0	0	51	-	-	-	-	-	-	-	-
合計		2	5	4	62	6	8	12	8	10	13	126%	100%

出典: 財務省貿易統計
純分換算率: シリコマンガンの15%

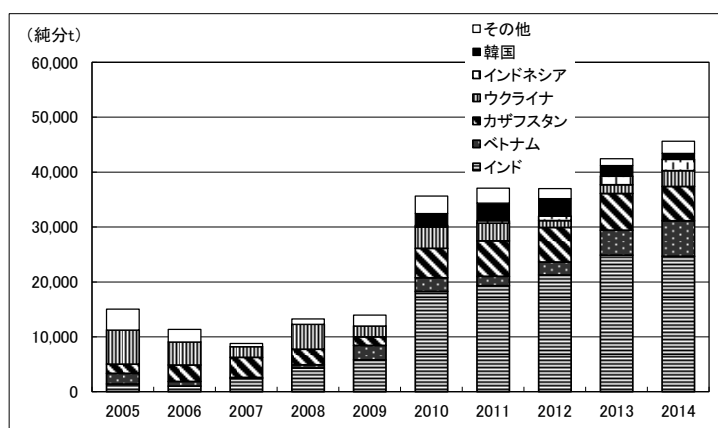


図 2-13 シリコマンガンの輸入相手国

2-3.輸出入価格

ケイ素の輸出入価格を表 2-9、図 2-14、図 2-15 に示す。

2014 年は、単結晶シリコンと低純度シリコンを除くと総じて輸入価格、輸出価格ともに前年より価格が下落した。シリカ、多結晶シリコン、フェロシリコン及びシリコマンガンの炭化ケイ素においては、いずれも輸入価格よりも輸出価格が高く、前年との価格変動を見ると、輸出価格の下落が大きい。単結晶シリコンの主要用途は半導体ウエハや太陽電池である。価格決定においては、特に半導体ウエハ向けで、ユーザーであるデバイスメーカーの発言権が強いため、材料メーカーが価格を下げざるを得ず、輸出価格、輸入価格ともに下がってきているという状況であった。需給バランスから見ると、主要生産者側の供給に過剰感があるために、このような状況が続いてきた。2014 年になるとようやく半導体市場では回復傾向が見られ、世界的には太陽光発電向けも上向ってきていることもあり、値を戻してきている。

表 2-9 ケイ素の平均輸出入価格

			単位:\$/kg											
			2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	14/13比	
素材	シリカ (二酸化ケイ素)	輸入	1.30	1.36	1.31	1.46	1.56	1.60	1.66	1.75	1.72	1.7	96%	
		輸出	5.1	4.9	4.2	4.9	5.2	5.8	6.8	7.5	7.1	6.0	85%	
	金属シリコン	高純度 (4N以上)	輸入	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
			輸出	56.6	75.2	94.9	156.2	82.6	70.1	72.0	48.4	37.9	38.0	100%
		多結晶	輸入	42.3	56.1	75.2	80.2	73.4	63.2	59.5	48.2	49.4	47.2	96%
			輸出	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		単結晶	輸入	105.5	130.0	158.8	151.8	108.0	115.4	111.1	115.4	83.9	92.2	110%
			輸出	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	低純度 (4N以下)	輸入	1.2	1.2	1.6	2.6	2.2	2.5	3.0	2.7	2.2	2.4	107%	
		輸出	42.9	39.5	23.8	87.8	64.4	47.3	52.2	57.5	5.0	19.0	377%	
	合金鉄	FeSi	輸入	0.74	0.79	0.96	1.65	1.44	1.51	1.74	1.59	1.48	1.5	99%
			輸出	1.4	1.4	1.4	2.2	2.2	2.3	3.1	3.0	2.5	2.4	94%
		シリコマンガ	輸入	0.8	0.7	1.0	2.1	1.2	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	99%
	炭化ケイ素	輸入	1.2	1.3	1.4	2.1	2.1	2.3	2.6	2.0	1.7	1.7	99%	
輸出		3.5	4.9	4.9	4.9	5.1	5.5	6.1	6.5	5.5	5.1	92%		

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。

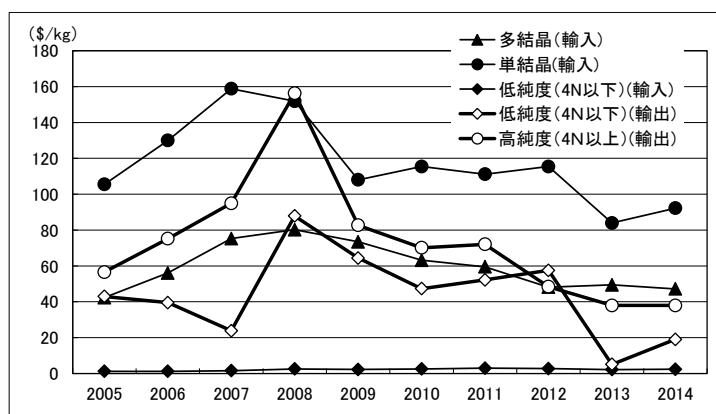


図 2-14 ケイ素(金属シリコン)の平均輸出入価格

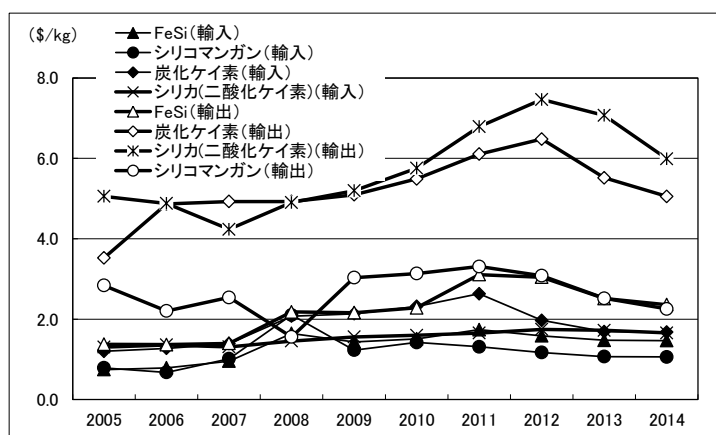


図 2-15 ケイ素(シリカ、合金鉄、炭化ケイ素)の平均輸出入価格

3.リサイクル

ケイ素のリサイクル率を以下のように定義し、表3に示す。

2014年のケイ素のリサイクル率は0%であった。国内のケイ素のリサイクル量は限定的であり、そのほとんどが工程内リサイクルである。例えば、太陽電池シリコンウエハの場合、加工工程で発生したスクラップは基本的に全量シリコンウエハの製造工程で再利用されている。また、半導体メーカーの製造工程で発生するシリコンウエハのスクラップは、太陽光発電用の原料またはアルミ合金添加剤としてごく少量がリサイクルされている。また、一部セメント原料として利用されている部分がある。

一方、ケイ素は最終製品からケイ素成分を回収し再利用するシステムはまだ確立されていない。例えば、半導体や太陽電池、シリコン樹脂などにおいては、技術的な問題ではなく、コスト的に合わないため最終製品からのリサイクルは行われていない。アルミ地金、鉄鋼用に使われたケイ素は基本的に屑(鉄、アルミスクラップ)として回収されているが、この回収スクラップに含まれるケイ素成分は普通鋼材の製造では不純物としてみなされるため、リサイクルには至っていない。さらに、炭化ケイ素から作られる炉材・機械部品等の使用済製品からの回収も、その効率性の問題からリサイクルはほとんど行われていない。

例外的に回収・リサイクルが行われているのが、半導体ウエハを生産する際の位置決めで使用されるダミーウエハである。ダミーウエハの生産量・回収量は統計数字などがなく、詳細は不明である。半導体工場ではウエハサイズを変更するタイミングで全てのラインで位置決めをやり直すため、大量のダミーウエハが使用されるが、サイズ変更が無ければダミーウエハの使用は少量である。ダミーウエハの需要はウエハサイズの変化に合わせて波がある。

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	$= (\text{国内生産}) + (\text{素材の輸入}) - (\text{素材の輸出})$

※素材はシリカ(二酸化ケイ素)、金属シリコン(単結晶シリコン、多結晶シリコン、低純度4N以下シリコン)、フェロシリコン、シリコマンガ、炭化ケイ素の合計値

※国内生産には使用済製品のリサイクル(マテリアルリサイクル)を含む

表3 ケイ素のリサイクル率

		2010	2011	2012	2013	2014
見掛消費	国内生産					
	生産	0	0	0	0	0
	回収	0	0	0	0	0
	輸入(素材)-輸出(素材)	768,442	748,782	649,427	620,269	700,446
	合計①	768,442	748,782	649,427	620,269	700,446
リサイクル量	回収②	0	0	0	0	0
リサイクル率	②/①	0%	0%	0%	0%	0%

出典:財務省貿易統計

4.マテリアルフロー

ケイ素のマテリアルフロー(2014)

