

29.ホウ素(B)

29.1 マテリアルフロー分析

世界のホウ素(以下、「ボロン」という)の鉱石生産量は表1のとおりである。

表1 世界のボロン鉱石生産量 単位:千t-B₂O₃

2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
4,910	4,260	3,840	4,350	3,510	4,080	4,300

出典:USGS,MCS2012

国内ではボロン鉱が産出されないため原料となる鉱石及び中間製品を全量輸入している。輸入されているボロン鉱石にはコレマナイト($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)、ウレキナイト($\text{NaCaB}_5\text{O}_6(\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$)があるが、輸入通関にはこれらの鉱石が区別されておらず大部分がコレマナイトであるので、末尾掲載のマテリアルフロー図では、ボロン純分をコレマナイトのボロン純分である15.78%を用いて算定した。表2に示すとおり、我が国の主たる輸入相手国は、鉱石についてはトルコ、ロシア、ホウ酸についてはロシア、米国、ホウ砂については米国である。

表2 ボロンの品目別・国別輸入推移 単位:t

品目	国名	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
鉱石	トルコ	32,050	19,726	31,423	30,549	32,490	20,274	33,033
	ロシア	8,843	8,358	6,550	7,130	5,732	3,615	2,564
	その他	101	0	688	740	460	200	435
	計	40,994	28,084	38,661	38,419	38,682	24,089	36,032
ホウ酸	ロシア	23,006	25,144	28,769	31,208	32,518	28,389	36,482
	米国	20,578	22,518	28,477	30,590	34,530	23,146	45,268
	トルコ	3,660	5,240	8,141	5,145	6,901	4,102	16,124
	チリ	2,135	910	652	4,716	6,471	4,292	160
	その他	1,189	909	1,308	1,436	1,195	991	13,480
	計	50,568	54,721	67,347	73,094	81,616	60,919	111,514
ホウ砂(無水物)	米国	8,264	9,021	7,792	7,825	8,969	4,028	6,147
	その他	0	0	0	0	0.5	0	280
	計	8,264	9,021	7,792	7,825	8,970	4,028	6,427
ホウ砂(10水塩)	米国	25,297	24,352	25,603	26,011	26,075	19,488	25,281
	トルコ	2,741	2,480	1,840	940	1,320	360	1,300
	その他	1,239	1,388	1,284	1,625	1,040	616	497
	計	29,277	28,220	28,727	28,576	28,435	20,464	27,078

出典:財務省貿易統計

一方輸出は輸入に比べて少なく、2010年の実績では中国向け325tを含め、韓国、台湾、米国などに1,070t(ホウ酸、精製ホウ砂等を含む)が輸出された。

ホウ酸の輸入価格推移を図1に示す。輸入価格は2006年以降上昇し続けていたが、2010年はホウ酸、ホウ酸塩の価格がやや抑制されている。

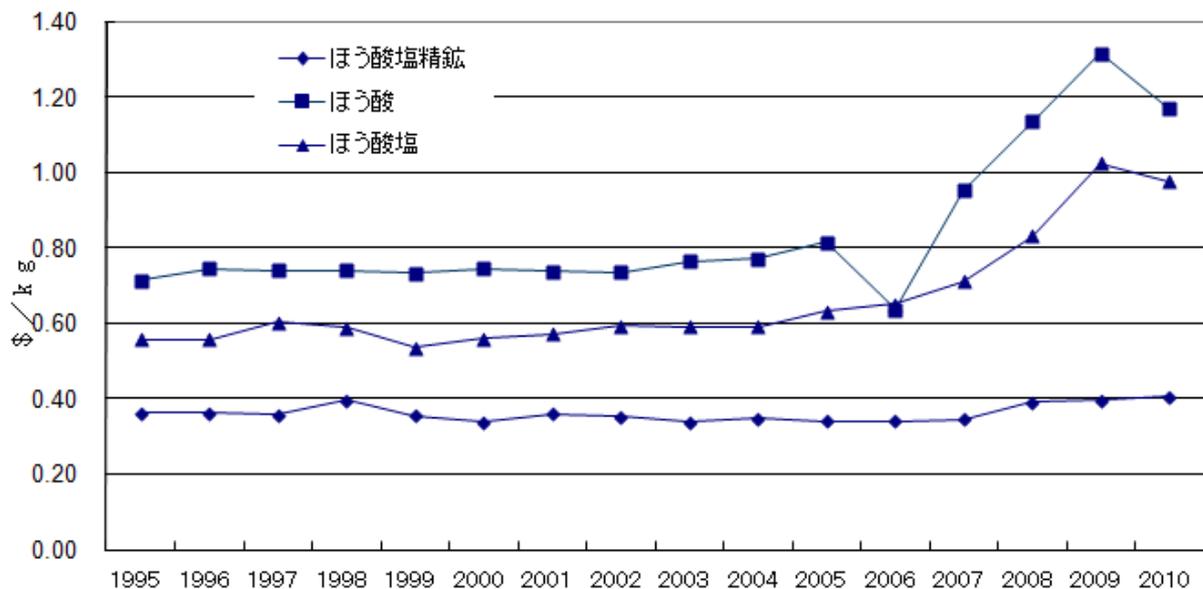


図1 ホウ酸の輸入価格推移

ボロンの主たる最終製品はガラス長繊維及びガラス短繊維で、その生産推移は表3のとおりである。ガラス長繊維は糸状、ひも状、クロス状に加工され、FRP(繊維強化プラスチック: Fiber Reinforced Plastic)等のプラスチック補強材、電気絶縁材、耐火材として船、浴槽等に使用されており、その国内生産量は2003年以降毎年数%ずつ減少している。また、ガラス短繊維はグラスウールとして断熱材、吸音材に使用されており、それらの用途としては一般建築物の天井、壁、床、冷蔵庫等である。2003年～2006年の生産量はほぼ同量で推移してきたが、2007年以降やや減少傾向にある。

表3 ガラス長繊維、短繊維の生産推移

単位: t

製品	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ガラス長繊維	459,080	434,950	527,163	354,409	336,719	192,998	289,891
ガラス短繊維	213,212	213,028	213,443	203,838	199,298	166,957	202,646

出典: 経済産業省 窯業・建材統計年報

ホウ酸はソーダと同様にシリカを溶かす原料であるが、熱膨張係数を低下させるため、ホウ珪酸ガラスはソーダガラスに比べ急冷、急加熱に強い。一般にはパイレックスや硬質ガラスと言われている。ホウ珪酸ガラスの生産は長繊維と短繊維に次いで多い。

鉄鋼生産向けに使用されるフェロボロンは他のフェロアロイと較べて量が少ないが焼き入れ性や溶接性の改善に使用される。日本では現在、日本電工のみが生産している。フェロボロンのボロン量は11%から21%までであるが、最も多いのが18%である。

ボロンは、最高級の磁力のある希土類磁石であるNd-Fe-Bに使われており、少量のボロンで材質効果が向上する典型的な例である。最近ではFe-Si-Bのアモルファス製造にも少量のボロンが有効である。このアモルファスは珪素鋼板と同様に柱上トランスに用いられ、生産量も増えているようである。

この他、釉薬として陶磁器に用いられ、また殺菌作用があることから消毒剤、目薬、ゴキブリ用防虫剤、さらに金属の表面処理用の溶融塩浴、原子炉の遮蔽壁等に用いられている。

さらに高純度ボロンとして半導体のドーパント(半導体に添加される不純物であり、不純物の種類や濃度を変えることで半導体の性質を変えることができる)に使用されている。ファインガラス、ファインセラミックの分野では様々な用途があり、光通信用ガラスファイバーやh-BN(六方晶系窒化ホウ素:hexagonal boron nitride)として潤滑材および高温における電気絶縁材料、c-BN(立方晶系窒化ホウ素:cubic boron nitride)として難削材の切削加工工具に使用されている。さらにTiB₂、ZrB₂として高級耐火物、LaB₆として熱電子放射陰極、LiB₄O₇として携帯電話、カーナビなどのフィルター、発振器用弾性表面波素子(SAW)、B₄Cとして研磨剤、原子炉制御剤に用いられている。

中間生産物に係る我が国の主要生産者並びに生産品目は次のとおりである。

表4 中間生産物に関する主要生産者及び生産品目

主要生産者	生産品目
日本電工	ホウ酸、フェロボロン
電気化学工業	炭化ホウ素(粉末、成型)窒化ホウ素(粉末、成型)
共立マテリアル	炭化ホウ素(粉末)
昭和電工	窒化ホウ素(粉末、成型)
水島合金鉄	窒化ホウ素(粉末)
三井化学	窒化ホウ素(粉末)
信越化学工業	窒化ホウ素(パイロテック)
ヤマナカ EP コーポレーション	高純度金属ボロン

出典:各社ウェブサイト

29.2 リサイクルの現状及び評価

使用済み FRP 廃棄物は、他の異種材質との複合体として成型されているため分解、リサイクルが困難で、かつ不純物で汚染されている場合が多いため再資源化が困難である。そのためFRPの補強材として添加されたガラス長繊維は漁船やボートなどの廃船とともに産業廃棄物として主として埋立て処分されている。その際大型であるため処理が問題となっている。

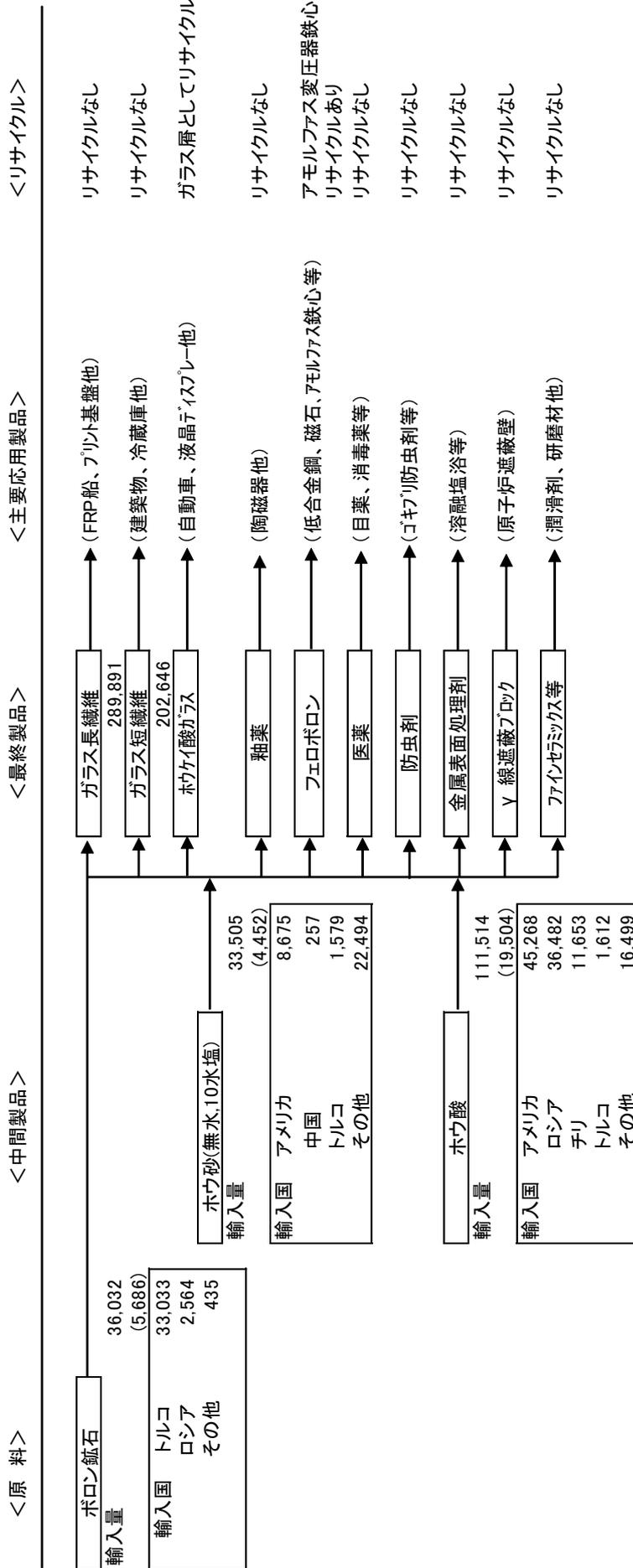
ガラスの短繊維についても建築廃材として地中に埋められている。ホウ珪酸ガラスについても多くはガラス屑として埋立て処分される。なお、FRP に使用されたガラス長繊維の一部については自動車工場からの廃棄物として粉碎、自動車部品として再利用されている例もある。

フェロボロンについては鋼に添加され、スクラップとして回収される。その他の電気部品に使用されたものの多くは家電屑となる。鋼スクラップとして回収後、他のボロンを含まない鋼と共に溶解され鋼の原料としてリサイクルされるが、ボロン含有量が微量であるためボロン成分としてはリサイクルされない。なお、変圧器のアモルファス鉄心に使用されるボロンはリサイクルされている。2010年にアモルファス合金メーカーにより、廃アモルファス鉄心からアモルファス合金を製造するリサイクル技術が確立された。今後はアモルファスシリコン変圧器鉄心の廃棄量増加が予想されるため、同社敷地内にリサイクルプラントが設置される。

ファインセラミックスとして h-BN、c-BN、TiB₂等の化合物が少量生産され、潤滑材や研磨材に使用されているが、リサイクルはされていない。

ポロン(B)のマテリアルフロー(2010)

量の単位: ()内はB純分量
その他はマテリアル量t



1. 鉱石埋蔵量(Reserves): 210百万t(USGS:MCS 2012)

2. 純分換算比率: コルマナイト鉱石 B 15.78%

: 無水ホウ砂 B 21.49%

: 10水塩ホウ砂 B 11.34%

: ホウ酸 B 17.49%

3. 出典: 経済産業省 窯業・建材統計年報、財務省 貿易統計

ボロン(B)

リサイクルの現状

主な応用製品	利用形態	使用済みの存在形態		リサイクル形態			リサイクルの現状 評価(A～G)(注③)	備考 (注④)
		形態	量(注①) (t)	リサイクルの実態	リサイクルの サイクル(注②)	リサイクル率		
漁船、ボート、 プリント基板等	FRPの芯材		(289,891)		2～20年	0%	A,B	
建築物の天井、壁 床、冷蔵庫、炊飯 器等	グラスウール (断熱材、吸音材)		(202,646)		20～30年	0%		
自動車、液晶 ディスプレイ	硬質ガラス	ガラス屑		リサイクルなし	2～10年	0%		
陶磁器	釉薬	陶磁器屑		リサイクルなし	1～10年	0%	A,D,E	表面の薄膜のみ で回収困難
自動車等の部品	低合金鋼、磁石等	鋼スクラップ		リサイクルなし	5～10年	0%	A,B,E	
消毒剤、目薬 ゴキブリ防虫剤等	ホウ酸	廃水、家庭ごみ		リサイクルなし	～1年	0%	A,B,E	
表面処理の溶融 塩浴	表面処理 溶融塩	老廃浴(表面処理剤)		リサイクルなし	～1年	0%		
原子炉遮蔽壁	γ 閃遮蔽ブロック	原子炉廃材			(20年)			
潤滑剤、研磨剤 等	ファイバーセラミックス 等	耐火物屑		リサイクルなし	～1年	0%	A	
変圧器	鉄心	アモルファス鉄心			20～30年	不明		

注)①①の量の単位:

()は使用量t

②サイクル:

()内は推定耐用年数
その他は実リサイクル
年数

③現状評価

A.応用製品が消耗品である
B.添加物として使用されている
C.リサイクルの流通システムがない
D.効果的なリサイクル技術がない

E.経済性がない
F.需要開発が十分にされていない
G.その他

④リサイクルのボトルネック

と、解決の難易度
毒性、保管の危険性の有無
等