

## 29 ホウ素 (B)

## 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。)の鉱石の生産量は表1のとおりである。

表1 世界のボロン鉱石生産量(千t)

2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年
4,730	4,560	4,750	4,410	4,910	4,750

(出典:USGS・MCS 2007)

国内ではボロンの原料となる資源が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、ボロンの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、ほう酸についてはロシア、米国、ほう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(t)

品目	国名	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年
鉱石	トルコ	40,300	29,930	24,686	32,050	19,726	31,423
	ロシア	4,341	4,530	7,028	8,843	8,358	6,550
	その他	38	20	61	101	0	688
	計	44,679	34,480	31,775	40,994	28,084	38,661
ほう酸	ロシア	9,596	13,158	14,604	23,006	25,144	28,769
	米国	17,799	21,798	22,124	20,578	22,518	28,477
	トルコ	360	2,000	2,060	3,660	5,240	8,141
	チリ	4,420	3,354	2,226	2,135	910	652
	その他	5,390	2,312	547	1,189	909	1,308
	計	37,565	42,622	41,561	50,568	54,721	67,347
ほう砂(無水物)	米国	9,053	8,747	7,674	8,264	9,021	7,792
	その他	101	40	121	0	0	0
	計	9,154	8,787	7,795	8,264	9,021	7,792
ほう砂(10水塩)	米国	23,327	27,812	22,540	25,297	24,352	25,603
	トルコ	2,761	1,219	1,361	2,741	2,480	1,840
	その他	3,243	707	815	1,239	1,388	1,284
	計	29,331	29,738	24,716	29,277	28,220	28,727

(出典:財務省貿易統計)

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%ずつ減少してきている。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。2004年以降の生産量は、ほぼ同量で推移している。

表3 ガラス長繊維、短繊維製品の生産推移(t)

製品	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年
ガラス長繊維	438,879	437,911	481,222	459,080	434,950	427,163
ガラス短繊維	207,262	197,832	211,141	213,212	213,028	213,443

(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較べ急冷、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。

その他、釉薬として陶磁器に用いられたり殺菌作用があることから消毒剤、目薬、ゴキブリ用防虫剤、金属の表面処理用の熔融塩浴、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に使用されている。ファインガラス、ファインセラミックス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TiB<sub>2</sub>、ZrB<sub>2</sub>として高級耐火物、LaB<sub>6</sub>として熱電子放射陰極、LiB<sub>4</sub>O<sub>7</sub>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)、B<sub>4</sub>Cとして研磨剤、原子炉制御剤にもちいられている。

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
堺化学工業	ホウ酸化合物
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)
エヌエヌ・ケミカル	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)
岩谷瓦斯	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: 新金属データブック 2002、金属時評、国内各社ウェブサイト)

## 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処分されているが、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られている。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砕、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。

ファインセラミックスとして $h$ -BN、 $c$ -BN、 $TiB_2$ 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。

**ボロン(B)**

2006年ベース

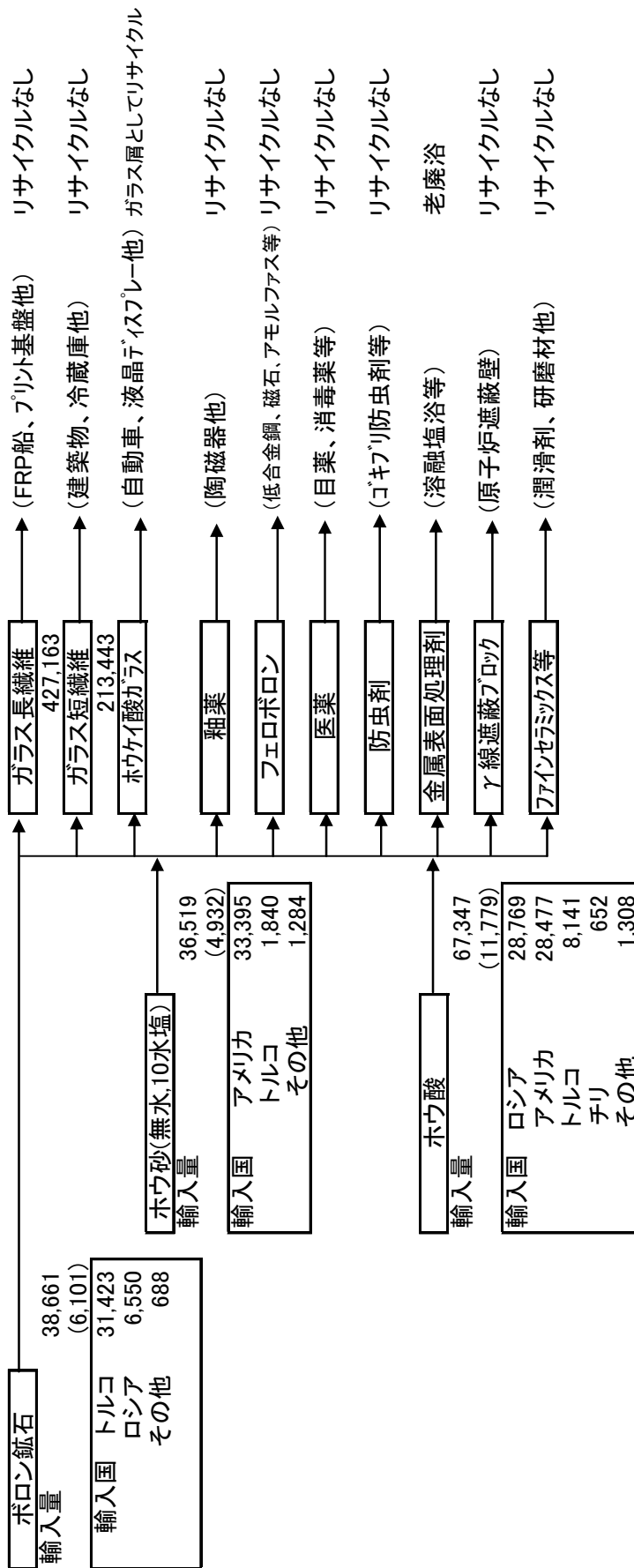
量の単位:( )内はB純分  
 その他はマテリアル量t

<原料>

<中間製品>

<最終製品>

<リサイクル>



1. 鉱石埋蔵量(Reserves): 170百万t(USGS: MCS 2007)

2. 純分換算比率: 硼ナイト鉱石 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

ポロン(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		(427,163)			2~20年	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)		(213,443)			20~30年		
自動車、液晶 ディスプレイ	硬質ガラス	ガラス屑		ガラス屑としてリサイ クル		2~10年		
陶磁器	釉薬	陶磁器屑		リサイクルなし		1~10年	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	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	A,B,E	
表面処理の溶融 塩浴	表面処理 溶融塩	老廃浴				~1年		
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	ファイナセラミックス 等	耐火物屑		リサイクルなし		~1年	A	

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