

## 石炭火力発電所のアッシュエロージョン対策に関する研究

株四国総合研究所 エネルギー技術部 渡邊 和芳

キーワード：  
石炭火力発電所  
アッシュエロージョン  
耐摩耗材

Key Words :  
Coal-fired power station  
Ash erosion  
Abrasion-resistant materials

### A study on countermeasures against ash erosion in coal-fired power plants

Shikoku Research Institute, Inc., Energy Engineering Department

Kazuyoshi Watanabe

#### Abstract

In coal-fired power plants, significant wall thinning caused by ash erosion has been frequently observed in components such as boiler tube protectors and flue gas duct strut pipes. In addition to repairing the damaged areas, extra costs are incurred for scaffolding during high-altitude work, which has become a factor in increasing repair expenses.

To reduce these costs, we investigated the actual damage conditions in operating equipment and conducted laboratory tests to evaluate materials with higher abrasion resistance than those currently in use. This report presents the findings of these investigations.

## 1. はじめに

石炭火力発電所のボイラ設備については、ボイラチューブのプロテクターや煙道のストラットパイプなどの部材において、アッシュエロージョンによる減肉が多数確認されており、損傷箇所の修繕のほか、高所作業では足場の設置に係る費用が別途必要となり、修繕費増の要因となっている。

そこで、上記費用の低減に向け、実機の損傷状況を調査するとともに、ラボ試験にて既設材料よりも耐摩耗性の高い材料を調査したことから、その内容を報告する。

## 2. 実機アッシュエロージョンの状況調査

石炭火力発電所においてアッシュエロージョンの状況を調査した結果、アッシュエロージョンを受けやすい箇所は表1、図1のとおりであった。

表1 アッシュエロージョンを確認できる箇所

発電所/損傷箇所		ガス平均流速 (m/s)	備考
A	①SH/RH ダンパー下部	4.3	損傷箇所はダンパー直下部
	②ボイラ後部煙道	14.2	直近の上流ダクトがU字
	③脱硝入口	13.0	直近の上流ダクトがL字
B	AH 出口	16.6	直近の上流ダクトがL字

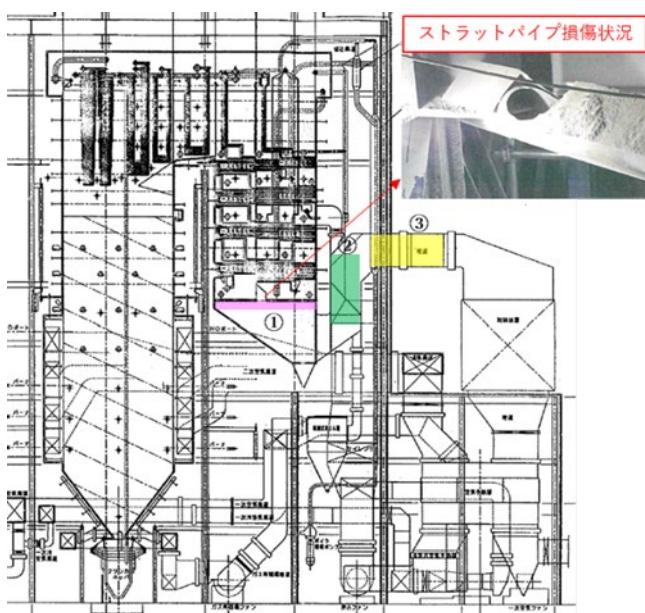


図1 アッシュエロージョン発生箇所

この結果より、アッシュエロージョンを受けやすい箇所は以下であることがわかった。

- ① 排ガス平均流速が速く、直近の上流ダクトがL字またはU字
- ② ダンパー直下部

## 3. 耐摩耗材の調査

### 3.1 市場にある耐摩耗材の選定

既設材料よりも耐摩耗性の高い材料を選定するため、実機使用材料よりも十分硬い材料を選定し（表2）、耐摩耗性評価を行うこととした。

表2 耐摩耗材サンプル

サンプル名	硬さ (HV) *	選定理由
SS400	140	既設材料
耐摩耗鋼 A	420～430	既設材料
硬化肉盛鋼	A	高硬度
	B	高硬度
	C	高硬度
	D	高硬度
溶射 A	1,000	高硬度
鋳物 A	620	高硬度

\*メーカー公表値など（≠実測値）

### 3.2 耐摩耗性評価試験方法

耐摩耗性評価試験方法については、実機状況を踏まえ、試験片に珪砂入りエアを吹き付けて摩耗させる「荒田式溶射皮膜評価試験機」を用い、各サンプルの摩耗減量を評価した。試験イメージおよび試験装置外観は図2、図3、試験条件は表3のとおり。

なお、試験片を固定する台座は、噴射材の衝突角度を変更できるよう、4種類（30°、45°、60°、90°）を作製した。

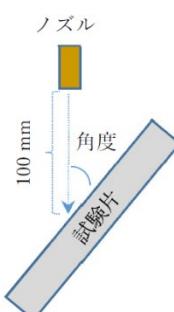


図2 耐摩耗性評価試験のイメージ



図3 試験装置外観(荒田式溶射皮膜評価試験機)

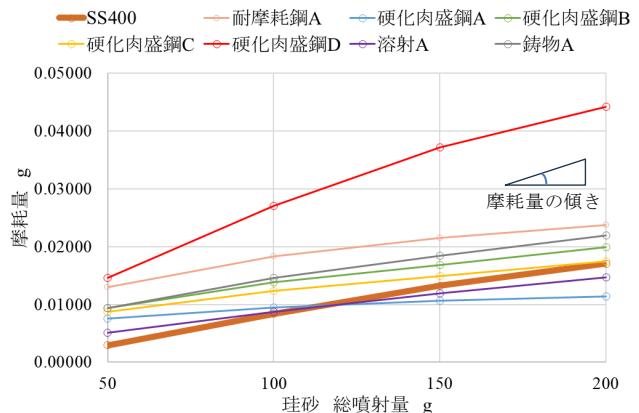


図4 ショットblast試験結果(噴射角度 45° )

表3 試験条件

項目	内容	選定理由
噴射材	珪砂 (特7号)	石炭灰には比較的硬度の高いmulliteや結晶質シリカが含まれており <sup>1)</sup> 、珪砂の硬度と比較的近く、予備試験において、どのサンプルも適度に摩耗したため
噴射量	200g (50g/shot)	予備試験で、どのサンプルも適度に摩耗したため
噴射角	30°, 45° 60°, 90°	現場ニーズ
エア流量	100L/min (流速40~50 m/s相当)	予備試験で、どのサンプルも適度に摩耗したため (加速試験として、実機よりも速い値に設定)

### 3.3 試験結果

耐摩耗性評価試験結果を図4に、図4で得られる摩耗量の傾き(摩耗量/珪砂噴射量)をサンプル毎に整理したものを図5に示す。

図5より、各サンプルにおける摩耗量の傾きは以下の順番となった。

硬化肉盛鋼A < 耐摩耗鋼A (既設材料)、硬化肉盛鋼B、C、< 溶射A < SS400 (既設材料)、鑄物A < 硬化肉盛鋼D

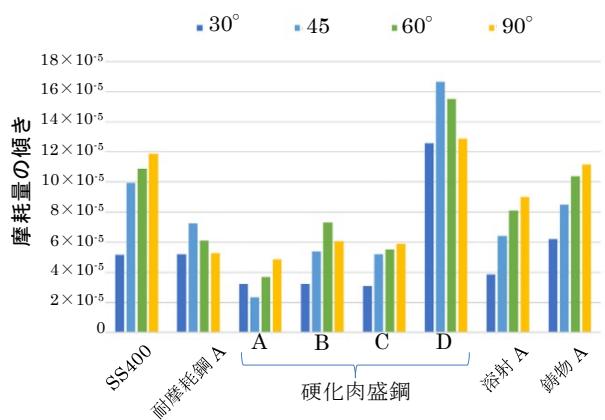


図5 各サンプルの摩耗状況

### 3.4 耐摩耗性の差異分析

図5より、各サンプルにおいて、摩耗量の傾きに差異が生じたため、その要因分析(摩耗箇所のミクロ観察・成分分析など)を行った。

分析結果を図6~10に示す。

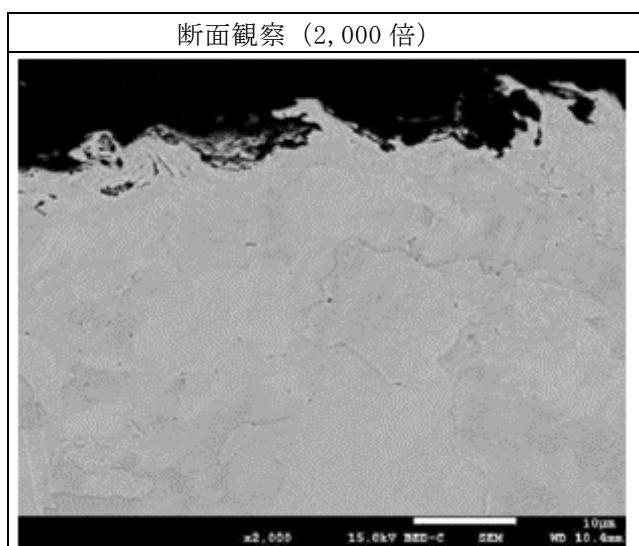


図6 断面観察 (SS400)

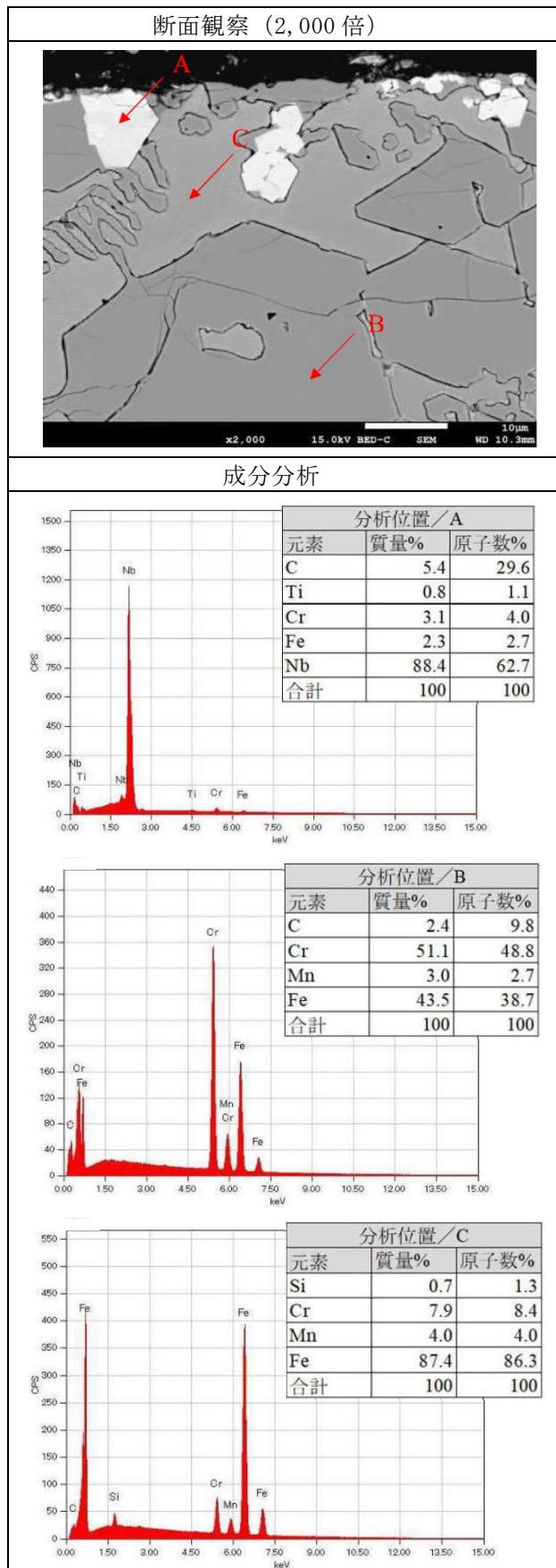


図 7 断面観察・成分分析 (硬化肉盛鋼 A)

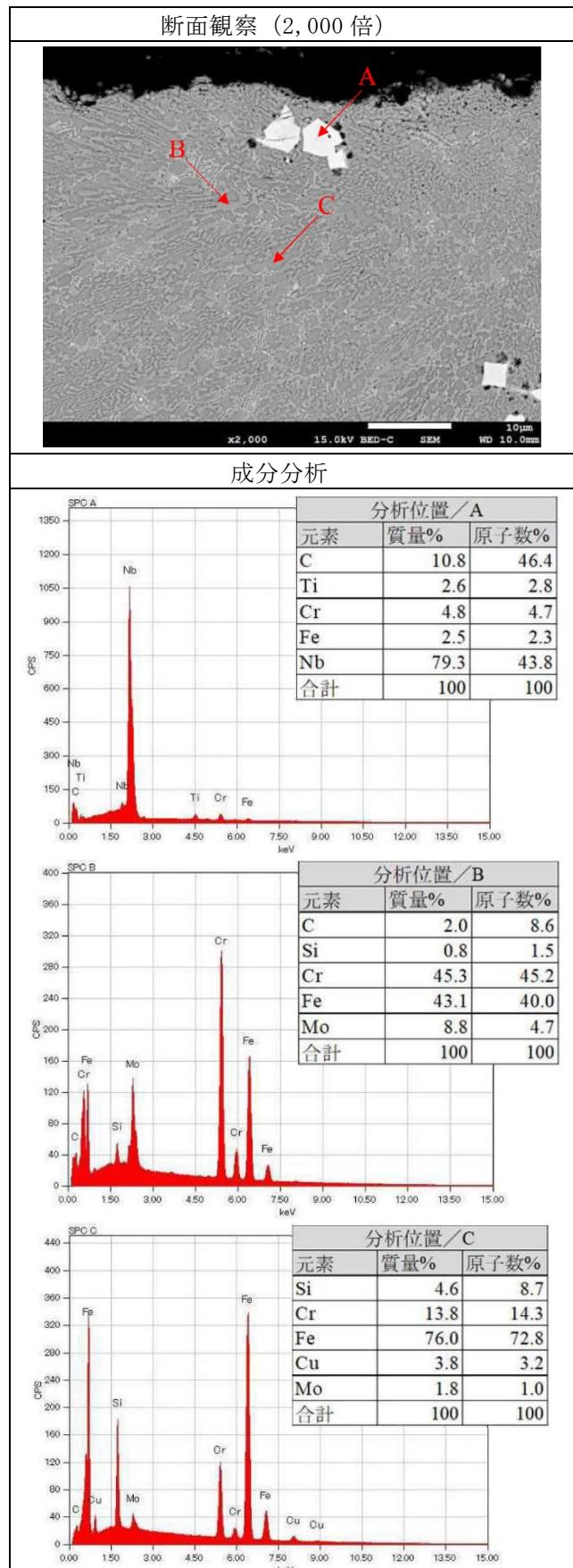


図 8 断面観察・成分分析 (硬化肉盛鋼 C)

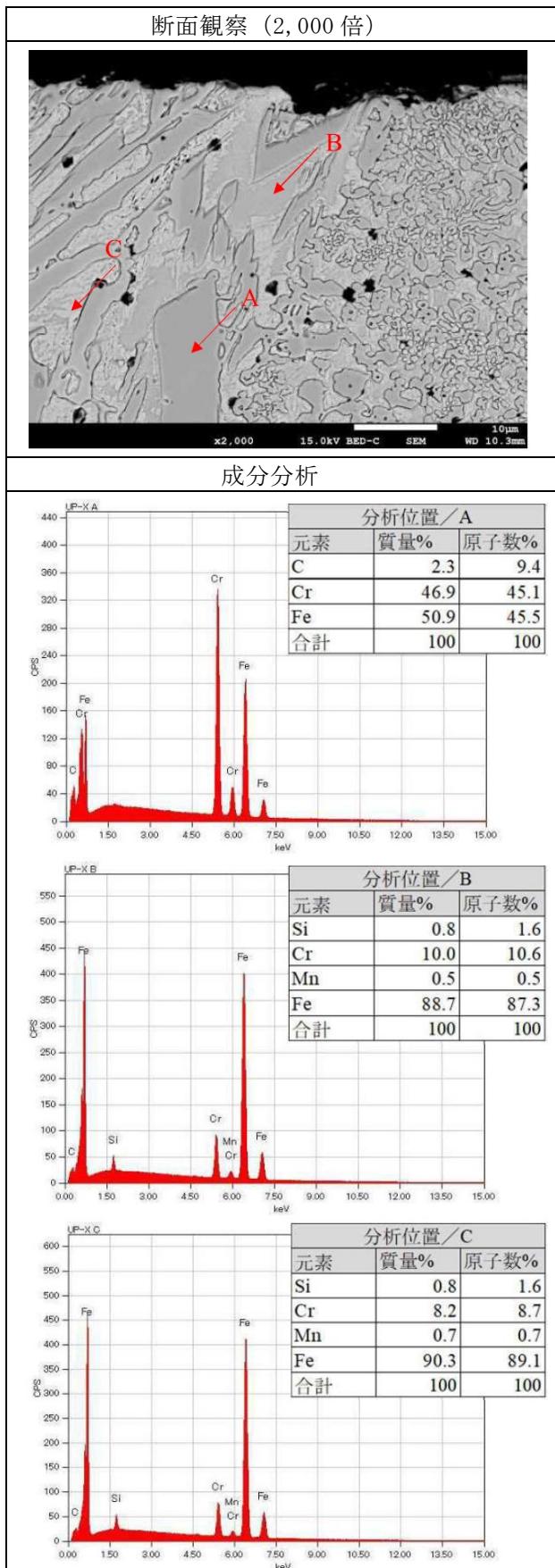


図9 断面観察・成分分析（硬化肉盛鋼D）

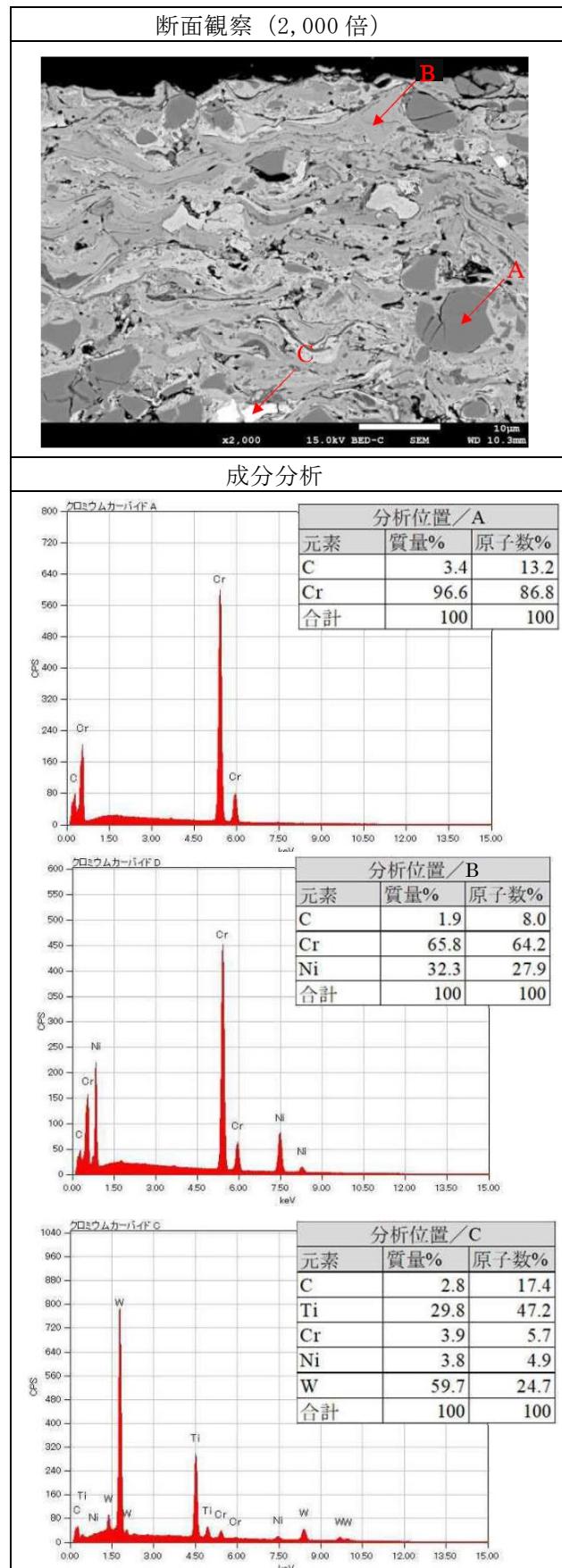


図10 断面観察・成分分析（溶射A）

図 6～図 10 より、各サンプルには、以下の特徴があることがわかった。

- ・硬化肉盛鋼 A、C、D および溶射 A については、Cr を多く含む結晶物が存在
- ・特に硬化肉盛鋼 A、C には Nb の結晶物が存在
- ・硬化肉盛鋼 C には Nb 結晶物周辺、硬化肉盛鋼 D、溶射 A には組織全体にボイドが存在

各サンプルにおける特徴と耐摩耗性を整理したものを見ると表 4 に示す。

表 4 各サンプルの組織の特徴と耐摩耗性

サンプル	添加物 <sup>※1</sup>		ボイドの有無	耐摩耗性 <sup>※2</sup>
	Cr	Nb		
SS400	×	×	○ (ほぼなし)	1
硬化肉盛鋼	A	○	○ (ほぼなし)	4.2
	C	○	△ (Nb 結晶物周辺に 点在)	1.9
	D	○	× (全般的に点在)	0.6
溶射 A	○	×	× (全般的に点在)	1.6

※1：サンドエロージョンにおいては、Cr 量によって変化すること<sup>2)</sup>、高 Cr に Nb を添加することで高硬度の結晶物が生成し、耐摩耗性が向上することが報告されている<sup>3)</sup>。

※2：SS400 の耐摩耗性 ( $\equiv 1/\text{摩耗量}$ ) を 1 とした場合 (噴射角度 45° ケースで試算)

表 4 より、Cr と Nb の添加物が含まれ、ボイドがほぼない組織の耐摩耗性は高く、ボイドが多く存在する組織の耐摩耗性は低くなることがわかった。

### 3.5 硬さと耐摩耗性の関係

次に、各サンプルの硬さ試験を行い、各サンプルの耐摩耗性との関係性を調査した。その結果を図 11 に示す。

図 11 より、ビッカース硬さと耐摩耗性の相関性はほぼないことがわかった。

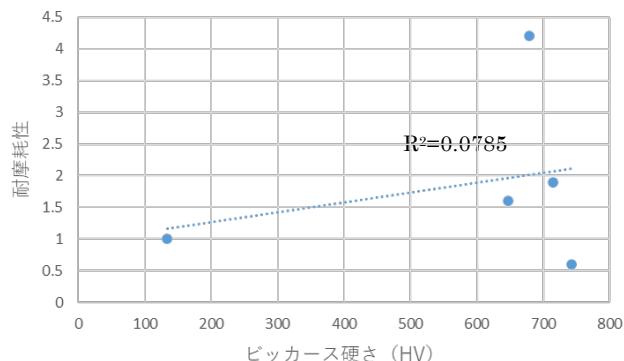


図 11 各サンプルの硬さと耐摩耗性の関係

### 4. まとめ

石炭火力発電所のアッシュエロージョン対策として、調査の結果、

- ・石炭火力発電所のアッシュエロージョンは排ガス流速およびダクトの形状に影響を受ける
- ・耐摩耗性は、Cr と Nb の添加物にて向上するものの、ボイドの多さによって低下することを確認した。

今後は、新たな耐摩耗材の調査を継続するとともに、調査した耐摩耗材の実機試験を行っていきたい。

### 【謝辞】

本研究は、四国電力㈱火力部殿より委託を受け実施したもので、ご協力いただいた関係各位に深く感謝いたします。

### 【参考文献】

- 1) (株)関電パワーテック HP  
([https://www.kanden-pt.co.jp/Portals/0/images/product/pdf/sale\\_sheet01.pdf](https://www.kanden-pt.co.jp/Portals/0/images/product/pdf/sale_sheet01.pdf))
- 2) 佐藤隆志、保坂信義、清水貞一、宮崎勢四郎、「高炭素高クロム鉄鉄物の耐サンドエロージョン性に及ぼす化学組成の影響」、  
鉄物, Vol. 40, No. 6, pp.509-519
- 3) 星山康洋、北川真也、平野健太郎、三宅秀和、「ニオブ炭化物が分散した高 Cr-Ni 鉄鉄の耐摩耗性と耐食性」、  
铸造工学, Vol.83, No.2, pp.73-78