

(6) 鉄道レールの組成から見た製鉄の歴史

日鉄環境エンジニアリング(株)
大石 徹

1. はじめに

福岡県北九州市からの依頼により、産業技術博物館構想支援事業の一環として、官営八幡製鉄所の操業直後に生産された鉄道レールの分析調査等により、製鉄の歴史についての考察をおこなった。

2. 製鉄所の状況

当時の製鉄所の状況について、写真を図1～8に示す。

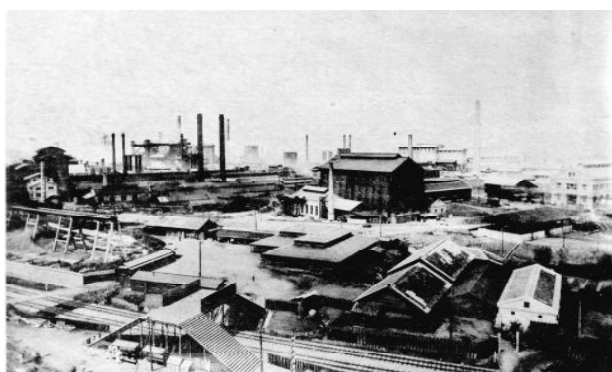


図1. 製鉄所全景

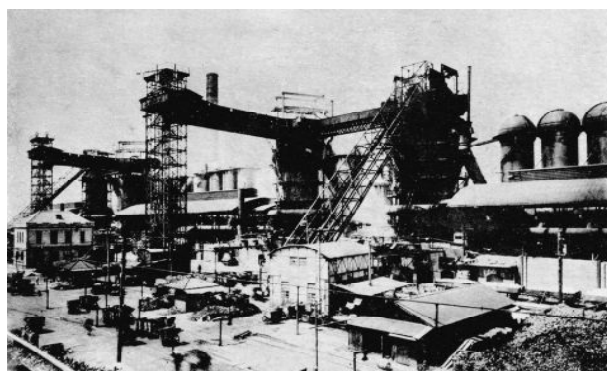


図2. 溶鉱炉

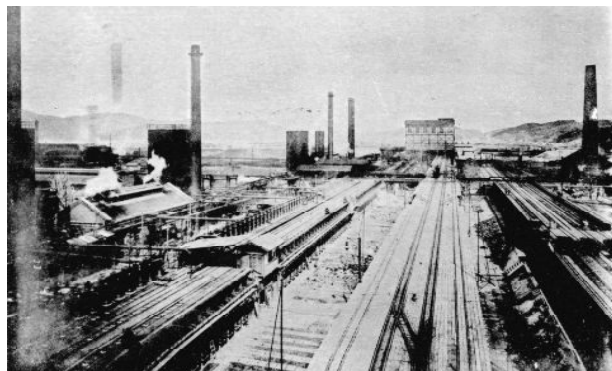


図3. 骸炭工場

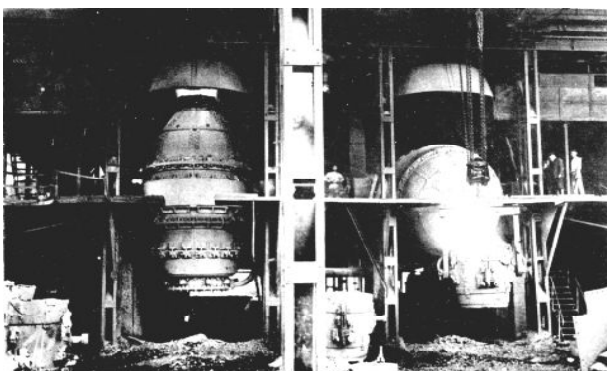


図4. 第一製鋼工場10 t ベッセマー転炉



図5. 第二製鋼工場50 t 塩基性平炉

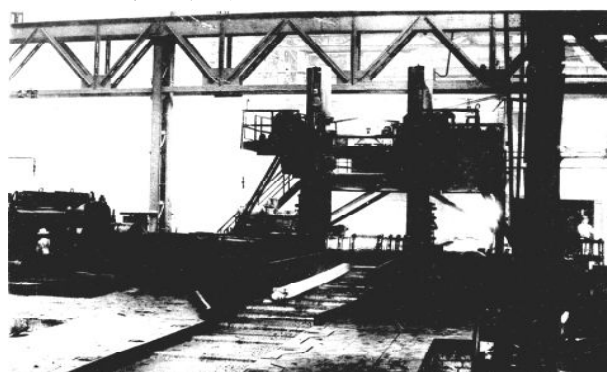


図6. 第三分塊工場

本写真は、絵葉書として1916年の製鉄所の生産設備増強（高炉4基体制と、第二製鋼工場の鉱石法による50 t 平炉立ち上げ）後のもので、1918年12月入手のメモが残されていたため、その間に撮影されたものである。

なお、本研究で用いた鉄道レールは、第一製鋼工場内の2基の10 t 酸性（ベッセマー）転炉と、同じく第一製鋼工場内の3基のスクラップ法による25 t 塩基性平炉のいずれかによって生産された鋼塊を第一分塊工場に送り、分塊圧延後、熱間のまま軌条工場に直送されてレールが圧延されたものである。

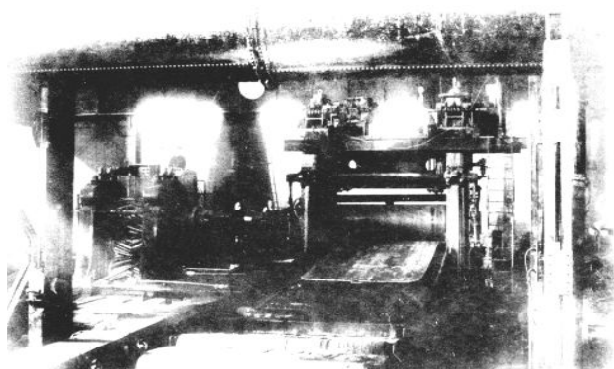


図7. 厚板工場

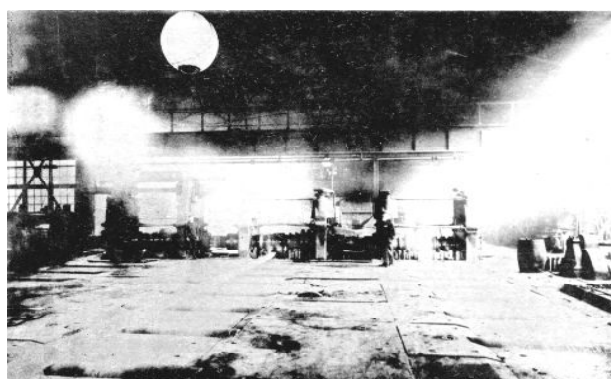


図8. 軌条工場

当時は、工場内の照明器具として提灯が使用されていることが確認できる。

3. 操業直後に生産された鉄道レールの分析調査

3. 1 調査試料

今回、調査した鉄道レールは、東日本旅客鉄道(株)及び(株)長谷工コーポレーションから提供いただいた60ポンド/ヤードの平底タイプのレールで、官営鉄道線用として生産されたものである。

参考までに同所他から発見された、19世紀末頃に海外で生産され輸入された、錬鉄製及び鋼製レールについても調査した。

また、20世紀以降の鋼製レールについては、松永ら2005年の調査報告を参照した。（表1および表2参照）

表1. 調査試料

試料名	ロールマーク	採取場所
1902 A	丸Sマーク No 6 OB 1902 裏面 工マーク	JR東日本、鶯谷駅上家（2002年撤去）
1902 B	丸Sマーク No 6 OB 1902 裏面 工マーク	JR東日本、松本駅上家（2005年撤去）
1902 C	丸Sマーク No 6 OB 1902 裏面 工マーク	
1902 D	丸Sマーク No 6 OB 1902 裏面 工マーク	
1903	丸Sマーク No 6 OB 1903 裏面 工マーク	旧大阪三越コンクリート基礎（2006年発掘）

表 2. 参考試料

製造メーカー等	製造年	備考
英国製 20 ポンド橋状レール	1869?	錬鉄
英国製 35 ポンド双頭レール	1870?	錬鉄
英国DARLINGTON IRON 双頭, 平底	1870~74	錬鉄
英国BLAENAVON IRON Works	1875	錬鉄
米国BETHLEHEM IRON	1875	鋼
米国CAMBRIA STEEL	1875	鋼
英国CHARLES CAMELL	1878~90	鋼
米国SCRANTON STEEL	1879	鋼
米国ALBANY & RENSSELAER I. & S.	1880	鋼
英国MOSS BAY STEEL	1881	鋼
英国 BARROW HEMATITE STEEL	1881~93	鋼
英国WILLSON & CAMELL STEEL	1882	鋼
独逸UNION A. G. fur Bergbau u. Stahi Industrie zu Dortmund	1887	鋼
米国 CARNEGIE STEEL	1898	鋼
米国 ILLINOIS STEEL	1900	鋼
英国DORMAN LONG & Co. ?	1910?	鋼
白耳義? M. C. P.	1903	鋼
独逸PHOENIX-Rheinrohr AG Vereinigte Hutte	1904~10	鋼
独逸GEWERKSCH DEUTCHER KAISER	1910	鋼

3. 2 調査方法

- (1) 外観観察 (ロールマーク、形状、寸法、重量)
- (2) 化学組成 (鋼中CS、鋼中ガス、発光分光分析、ICP)
- (3) サルファプリント試験 (JIS法)
- (4) レールの履歴調査 (文献調査等)

4. 結果

4. 1 化学組成

調査試料の化学組成を表3に示す。

試料1902A～C、1903は、リンと窒素の含有量が低く、塩基性平炉を用いてスクラップ法により生産されたものとみられる。試料1902Dは、リンと窒素の含有量がいずれも高く、酸性転炉（ベッセマー法）で製造されたものとみられる。

表3. 化学組成

試料名	1902 A	1902 B	1902 C	1902 D	1903
C (%)	0.38	0.47	0.47	0.31	0.28
Si (%)	0.017	0.025	0.025	0.058	0.013
Mn (%)	0.86	0.91	0.92	0.66	0.81
P (%)	0.044	0.036	0.037	0.091	0.044
S (%)	0.058	0.056	0.055	0.029	0.058
Cu (%)	0.26	0.27	0.27	0.28	0.26
Ni (%)	0.017	0.016	0.016	0.014	0.022
V (%)	0.002	0.002	0.002	0.025	0.002
N (ppm)	30	30	32	152	32
材質	平炉鋼	平炉鋼	平炉鋼	転炉鋼	平炉鋼

4. 2 サルファプリント試験結果

サルファプリント試験の作業条件及び判定結果を表4、サルファプリントを図9～13に示す。

平炉鋼を用いて生産された試料1902A～Cは、偏析が少なく高品質であるが、転炉鋼を用いて生産された試料1902Dは品質が劣る。また、試料1903は平炉鋼を用いて生産されたものであるが、試料1902A～Cよりもやや劣る。

表4. サルファプリント試験の作業条件及び判定結果

試料名	判定	S-P作業条件
1902 A	線状偏析 (S_L)	0.5%硫酸溶液-2分間プリント
1902 B	線状偏析 (S_L)	1.0%硫酸溶液-3分間プリント
1902 C	点状偏析 (S_D)	1.0%硫酸溶液-3分間プリント
1902 D	点状偏析 (S_D)	0.5%硫酸溶液-2分間プリント
1903	点状偏析・線状偏析 ($S_D - S_L$)	1.0%硫酸溶液-2分間プリント

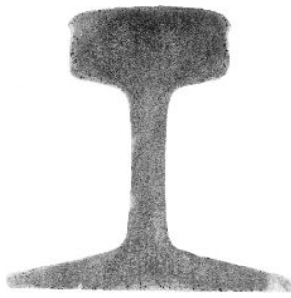


図9. 1902A



図10. 1902B



図11. 1902C



図12. 1902D

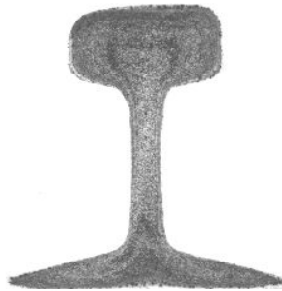


図13. 1903

5. 操業直後に生産された鉄道レールの位置付け

操業直後の1902～1903年に八幡製鉄所で生産された鉄道レールについて、その性能上の位置付けを、19世紀末から20世紀初頭に海外で生産され、輸入使用された鉄道レール及びその後八幡製鉄所で生産された鉄道レール（松永ら2005年による）と化学組成の面から比較をおこなった。結果を図14～23に示す。

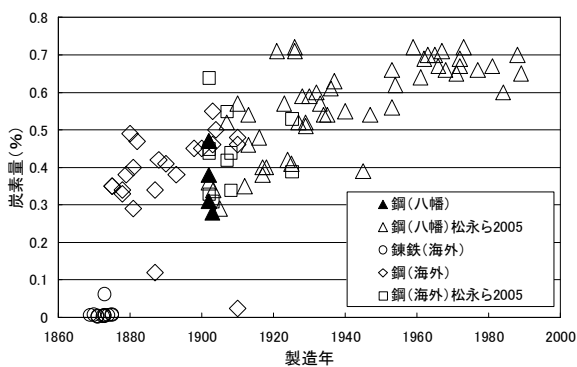


図14. 製造年と炭素量との関係

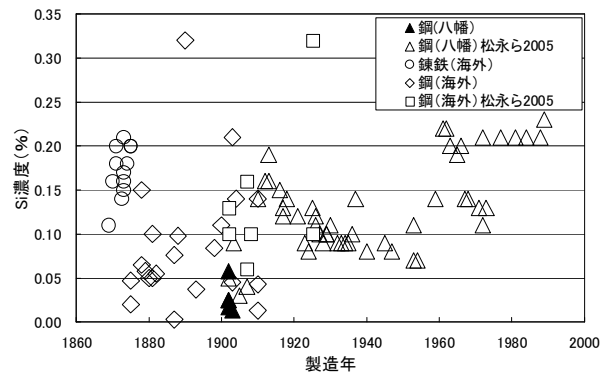


図15. 製造年と珪素濃度との関係

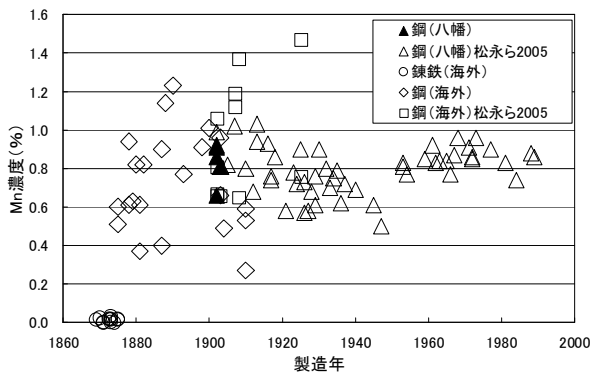


図16. 製造年とマンガン濃度との関係

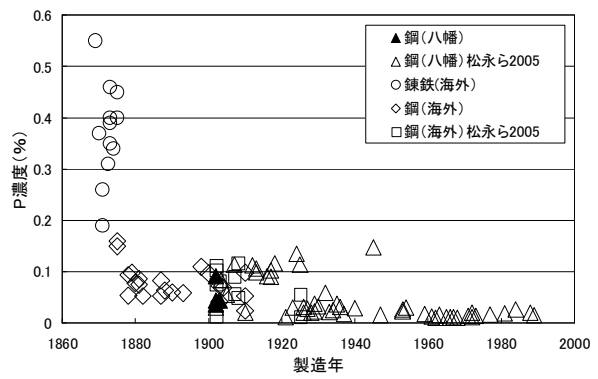


図17. 製造年とリン濃度との関係

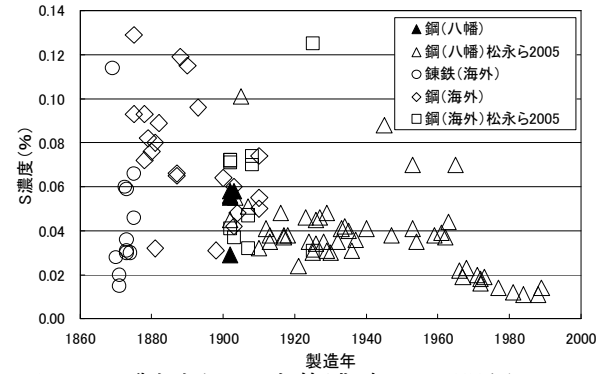


図18. 製造年と硫黄濃度との関係

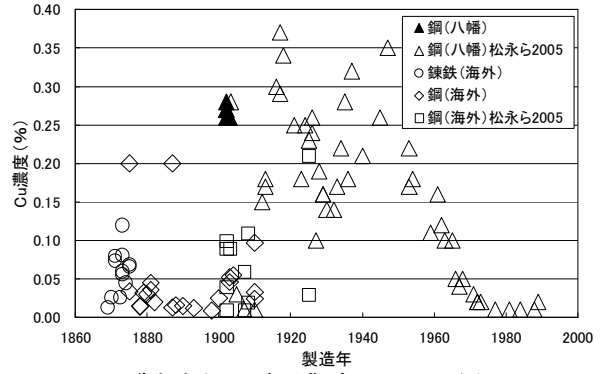


図19. 製造年と銅濃度との関係

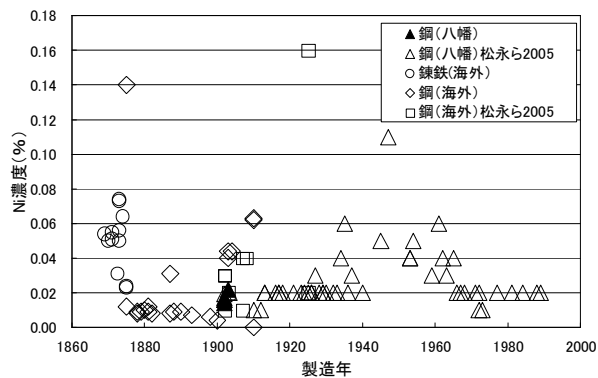


図20. 製造年とニッケル濃度との関係

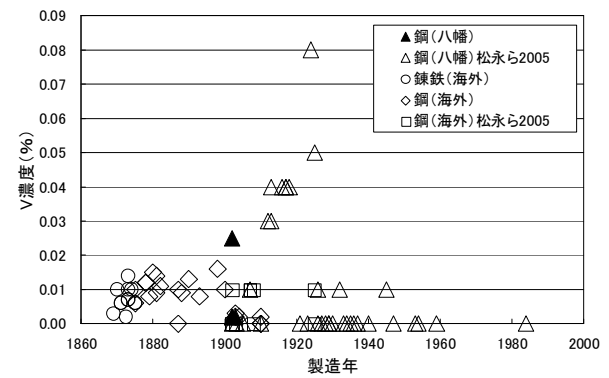


図21. 製造年とバナジウム濃度との関係

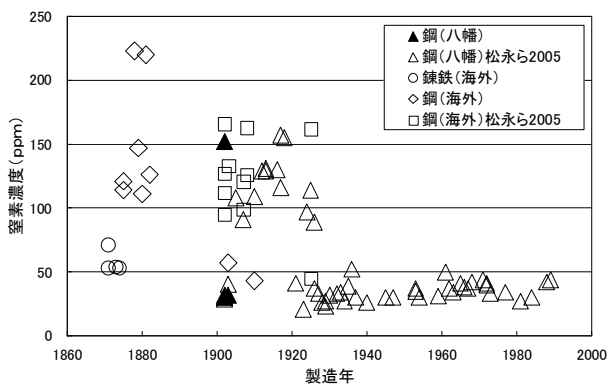


図22. 製造年と窒素濃度との関係

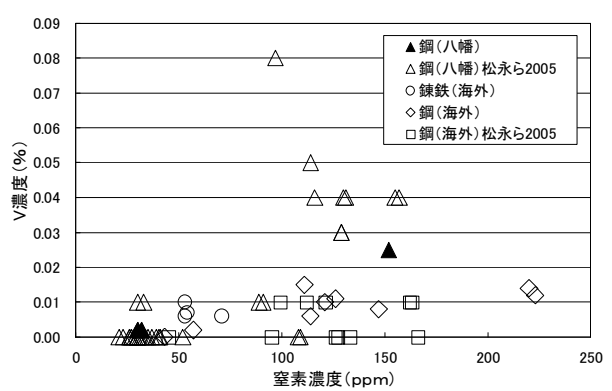


図23. 窒素濃度とバナジウム濃度との関係

6. まとめ

今回の調査試料は、現存する官営八幡製鉄所の製品としては最古のもので、スクラップ鋼材を再生した平炉鋼と高炉銑鉄から製鋼した転炉鋼の2種類が認められた。

製鉄所の記録によれば、転炉の操業不調と7月以降の高炉休止に伴い、1902年製レールの約85%が平炉鋼で生産され（1～7月の約75%、8～12月の100%）、高炉休止中の1903年製は100%が平炉で生産されており、原料としては、主に転炉鋼の不良品と輸入鋼材を使用している。

今回確認された転炉鋼は1902年の1～7月に生産されたもので、中国大冶鉱山の鉄鉱石を原料としたため、輸入鋼材と比較して銅とバナジウムの含有量が高い特長が認められる。

なお、塩基性炉を用いて製鋼した場合にはスラグとの反応でバナジウムの含有量が低下するため、窒素含有量との比較により、酸性（ベッセマー）転炉と塩基性（トーマス）転炉及び酸性平炉と塩基性平炉による製鋼方法の区別ができる可能性が示された。

参考文献

- (1) 日本製鉄株式会社史編集委員会編，1959，日本製鉄株式会社史，日本製鉄株式会社史編集委員会.
- (2) 八幡製鉄所所史編さん実行委員会編，1980，八幡製鉄所八十年史，新日本製鉄株式会社八幡製鉄所.
- (3) 松永守央，西尾一政，山口富子，榎本弘毅，相原正，2004，平成15年度地域貢献特別支援事業産業技術博物館構想支援事業実施報告書，八幡製鉄所において製造された鉄鋼材料の材料学的調査，九州工業大学.
- (4) 同，2005，平成16年度報告書，八幡製鉄所において製造された鉄鋼材料の材料学的調査，九州工業大学.