

川崎製鉄技報

KAWASAKI STEEL GIHO

Vol.33 (2001) No.1

機械設備の保全技術特集号

21 世紀の鉄鋼生産を支える機械設備の保全技術「保全革命」

"Maintenance Revolution", Developed Machinery Maintenance Technology in Steelmaking Plant Pointing at the 21st Century

瀧本 高史(Takafumi Takimoto) 小笠原 信夫(Nobuo Ogasawara) 法領田 宏(Hiroshi Horyoda)

要旨：

巨大装置産業である鉄鋼業において、設備保全技術は、その性能発揮を左右する重要な基礎技術である。ここでは、まず、川崎製鉄の設備保全技術について、近年の動向を概括する。さらに、最近の経営環境のもと、鉄鋼事業の確固たる高収益性確保の基盤を築くべく、機械設備の保全技術の飛躍的發展を目指した「保全革命」を開始している。「保全革命」活動は、機械要素、機械材料、設備診断などを鉄鋼業の使用環境に応じた個別技術として自社開発することにより、従来より、効率的な設備保全技術の構築を目指した活動である。本稿では、その開発事例を紹介するとともに、今後の設備保全技術の展望について述べる。

Synopsis：

In iron and steel industry, which is composed of equipment in large scale, equipment maintenance technology is a significant fundamental technology of exerting an influence upon the operation efficiency of the equipment. This report firstly summarizes the trend of the equipment maintenance technology developed by Kawasaki Steel. And herein subsequently described is "maintenance revolution" of aiming at significant developments in maintenance technology for mechanical equipment, which has been initiated for the purpose of constructing a basis for securing unshakable high profits for the iron and steel industry under the recent business management environment. The "maintenance revolution" is an activity with the intention of establishing a new equipment maintenance technology, which is more efficient than the conventional ones, by developing and organizing in-company individual technologies comprising arts in search for appropriate machine elements, machine materials and equipment diagnosis applicable to respective equipment condition in use in the iron and steel industry. In this paper, developments and the perspective of equipment maintenance technology in the future are also discussed by citing examples.

本文は次のページから閲覧できます。

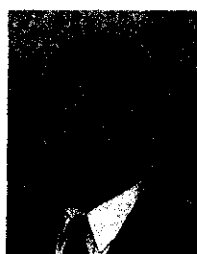
21 世紀の鉄鋼生産を支える機械設備の保全技術 「保全革命」*

川崎製鉄技報
33 (2001) 1, 1-5

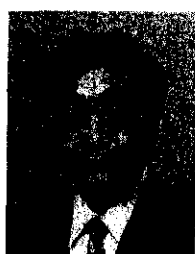
“Maintenance Revolution”, Developed Machinery Maintenance Technology in Steelmaking Plant Pointing at the 21st Century



瀧本 高史
Takafumi Takimoto
千葉製鉄所 設備技術
部長



小笠原 信夫
Nobuo Ogasawara
水島製鉄所 設備技術
部長



法領田 宏
Hiroshi Horyoda
技術総括部 主査(部
長)

要旨

巨大装置産業である鉄鋼業において、設備保全技術は、その性能発揮を左右する重要な基礎技術である。ここでは、まず、川崎製鉄の設備保全技術について、近年の動向を概括する。さらに、最近の経営環境のもと、鉄鋼事業の確固たる高収益性確保の基盤を築くべく、機械設備の保全技術の飛躍的發展を目指した「保全革命」を開始している。「保全革命」活動は、機械要素、機械材料、設備診断などを鉄鋼業の使用環境に応じた個別技術として自社開発することにより、従来より、効率的な設備保全技術の構築を目指した活動である。本稿では、その開発事例を紹介するとともに、今後の設備保全技術の展望について述べる。

Synopsis:

In iron and steel industry, which is composed of equipment in large scale, equipment maintenance technology is a significant fundamental technology of exerting an influence upon the operation efficiency of the equipment. This report firstly summarizes the trend of the equipment maintenance technology developed by Kawasaki Steel. And herein subsequently described is “maintenance revolution” of aiming at significant developments in maintenance technology for mechanical equipment, which has been initiated for the purpose of constructing a basis for securing unshakable high profits for the iron and steel industry under the recent business management environment. The “maintenance revolution” is an activity with the intention of establishing a new equipment maintenance technology, which is more efficient than the conventional ones, by developing and organizing in-company individual technologies comprising arts in search for appropriate machine elements, machine materials and equipment diagnosis applicable to respective equipment condition in use in the iron and steel industry. In this paper, developments and the perspective of equipment maintenance technology in the future are also discussed by citing examples.

1 はじめに

1950 年川崎製鉄発足以来 50 年の月日が流れ、現在、日本の鉄鋼業は正に歴史的な転換点の渦中にある。鉄鋼業は、代表的な装置産業であり、この 50 年間の進歩は製品開発技術、操業技術、設備技術のさまざまな技術開発の融合した結果であった。最近の鉄鋼業を取り巻く環境では急速なグローバル化、金融システムの改変が進んでおり、その中で当社も新たな事業戦略を展開し始めている。

本報では、当社における最近までの設備保全技術の変遷を概括するとともに、21 世紀への確固たる鉄鋼事業の基盤となるべく設備管理技術について最近の開発技術の事例を示しながら展望する。

2 鉄鋼事業を取り巻く環境変化と設備保全技術の変遷

Fig. 1 に、日本における 1 人あたりの粗鋼みかけ消費量と経済環境変化を示す。鉄鋼業は、1973 の石油危機、1985 のプラザ合意(円高の進行)といった経済変化の中で量的拡大もなしえない環境のもと、鉄鋼製品の高付加価値化、雇用の縮小、設備集約、コストダウンなどさまざまな技術開発と企業努力、リストラクチャリングにより国際競争力を維持する努力を継続してきた。¹⁾

この一連の企業活動の中で、持てる資産を最大限有効に活用しコスト競争力のある鉄鋼業の構築に寄与すべく当社においては、Fig. 2 に示す理念で設備管理活動を展開してきた。すなわち、総操業可能時間の最大化、保全コストの最小化、高効率・高品質鉄鋼製造プ

* 平成12年11月6日原稿受付

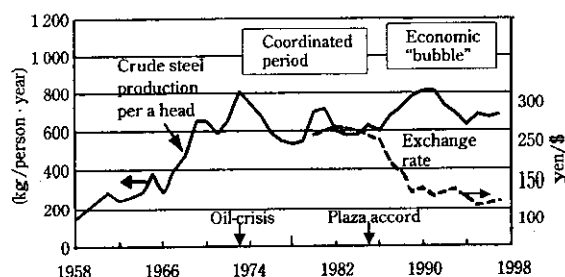


Fig. 1 Trend of economy and crude steel production

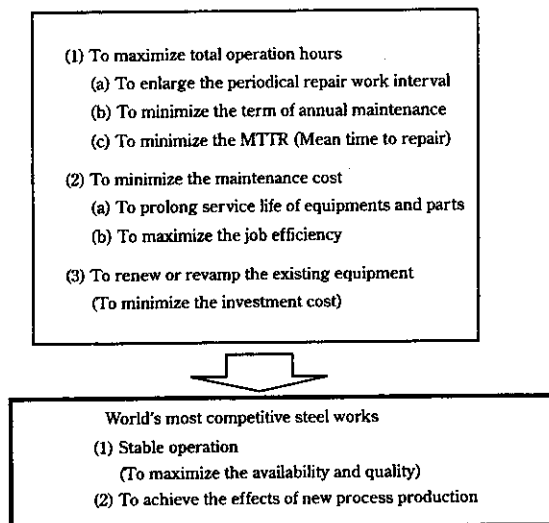


Fig. 2 Philosophy of maintenance in Kawasaki Steel

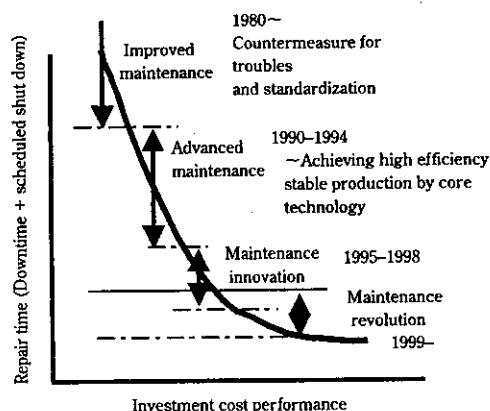


Fig. 3 Progress of equipment technology

ロセスの実現である。

また、Fig. 3 は当社における設備保全技術の発展の歴史を示す。

上記の設備管理思想のもとに、1980 年代は顕在化したトラブルを使用環境に応じた最適な強靱化技術を適用し設備安定化を図るとともに保全標準化の時代、1990 年代にはいと機器の使用条件に応じた最適な構造設計、材料開発、独自の効率的工事道具・工法の開発など保全全般にわたる個別技術を開発適用し、高効率安定製造体制へ寄与した。そして、1990 年代中頃以降は、保全計画手法や管理診断技術を融合させ高度な設備管理体制により、最小の保全コストで設備の最大能力を発揮する体制を構築した。²⁾

以上のような設備管理技術の発展により、たとえば定期修理周期は Table 1 に示すように 10 数年の間に約 2 倍に延長している。

Table 1 Periodical plant shut down interval

	BF Iron- making	LD Steel- making	HOT Hot rolling	TCM Cold rolling
Improvement maintenance (~1990)	3 months	4 weeks	2 weeks	2 weeks
Advanced maintenance (1990~1994)	3 months	6 weeks	2 weeks	4 weeks
Maintenance innovation (1995~1998)	6 months	8 weeks	3 weeks	8 weeks

- ・ Saturated demand in steel product
- ・ Moving up of NIES
- ・ Appreciation of yen
- ・ Japan's economic "Bubble"
- ・ Classification by customers

An age of mega-competition or survival

- ・ Acceleration of restructuring
; Minimization of employee, assets
- Cost-down
- ・ The most effective use of stock
; Selection and concentration of assets
- ・ Technological development

- ・ Customer loyalty
- ・ Steel industry with high revenue,
- Development in the Pan Pacific region
- ・ Corporate culture improvement

Fig. 4 Circumstances of administration around steel-making companies in Japan

一方、21 世紀を迎える日本鉄鋼業を取り巻く経営環境は、Fig. 4 に示すように、円高、東南アジア中進国の発展、量的な飽和の中で従来の均衡協調路線の中での国際競争力の維持だけでは不十分で、大競争時代の生き残りをかけて、当社は資産の最大活用と高い技術力を背景に価値のある企業として株主・従業員・需要家の満足を得るために高収益性の鉄鋼事業を基盤に、環境事業や半導体事業へ積極的に展開し、特に鉄鋼事業は、アジア各国の鉄鋼企業と強い連携を取った中心的企業として存続していこうとしている。

3 21 世紀に向けた保全課題

2 章で述べた鉄鋼業を取り巻く環境と当社の企業方針の下、設備管理技術に要求される目標を整理すると、基盤となるべき鉄鋼業において高品質な製品を高効率で提供できる製造設備のより効率的な保全体制を構築するために設備状態の定量的把握、機械の高精度管理・高信頼性・高保守性を達成することである。同時に開発技術を提携企業への展開を含め当社グループ全体の生産設備強化を達成することである。Fig. 5 に 21 世紀への設備保全目標を示す。

機械設備の保全技術に関して、上記設備保全の目標を達成するために当社では、従来の各種改善・開発活動の延長では現在の変化の速い時代に対応しきれないとの認識のもとに当社設備エンジニアの

- (1) Quantitative monitoring on machine conditions
(Vibration, temperature, torque, etc.)
- (2) Severe control of machine accuracy
- (3) High reliability
· Mechanical parts
- (4) High maintainability

Extension above established technology
to group companies world-wide

Fig. 5 Aim of maintenance to the 21st century

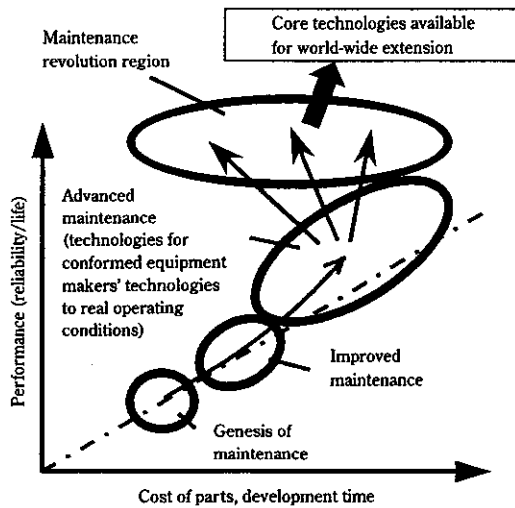


Fig. 6 A concept of maintenance revolution activities

技術を結集し機械メーカーの技術力だけに頼らず自社で使用環境に応じた個別技術の開発に取り組み飛躍的な設備保全技術の発展を目指して活動を始めた。この一連の活動を「保全革命」と命名しその概念を Fig. 6 に示す。

4 機械設備の保全技術の革命「保全革命」

生産設備の最大能力を発揮させるために既存の各設備の状態を的確に把握し、最適な補修を実行する必要がある。当社では、「保全革命」の思想を実践展開するための具体的課題として、Table 2 に示す7項目を設定し活動を展開している。すなわち、

- (1) 高信頼性機械要素の開発
- (2) 設備使用環境による強制劣化要因への対処技術
- (3) 新材料開発
- (4) 劣化抑止技術
- (5) 余寿命診断技術
- (6) メンテナンス技能のフリー化技術
- (7) 修理時間短縮技術

である。以下、各活動の開発事例について概括する。

4.1 高信頼性機械要素の開発

製鉄所には概略470'万ユニットを超える機械要素が存在し、各機械要素は基本的には標準仕様の部品が使用されている。しかもそれらの機械要素は、航空機や列車のように複数系統からなる冗長性をもつ設備構成となっており、生産設備の高信頼性を達成するには各機械要素自体の信頼性を高める必要がある。Fig. 7 は、当社製鉄所における機械要素起因のメンテナンスコストや故障比率の分析結

Table 2 Theme of maintenance revolution

Maximize total operation hours	(1) Reinforce of mechanical parts
-1: Minimize the periodical repair	(2) Counter-measure to severe condition
-2: Minimize the MTTR	(3) Development of material
	(4) Prevention from deterioration
	(5) Diagnosis and estimation of service life
	(6) Free from maintenance skill
	(7) Shortening time of repair work

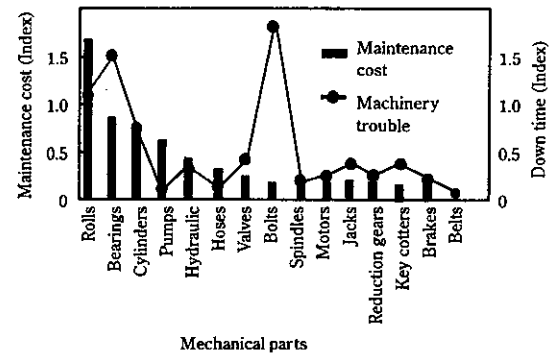


Fig. 7 Needs for maintenance revolution in mechanical parts

Table 3 Technology to prolong mechanical parts' service-life

Theme	Function and effect
Non-loosening nut	Effect of non-loosening = Above 50 times (compared with JIS nut)
Non-rotating profile wire rope	Fatigue life = Above 2 times
Double row tapered roller bearing with spherical sheet	Service life = Above 2 times

果である。これらの機械要素起因の比率は全故障の85%を占めており、機械要素まで踏込んだ信頼性向上技術の開発の必要性が明らかである。Table 3 には、この故障分析結果から当社が独自に開発した事例として、故障ワーストのボルトナットの高信頼化（弛み防止ナット）³⁾、低速高荷重用軸受の開発（調心機能付円錐コロ軸受）⁴⁾、ワイヤーロープの長寿命化技術（非自転異形線ワイヤー）⁵⁾を示す。

4.2 長寿命化技術

生産設備の長寿命化を図っていくには、前述の設備使用環境による強制劣化要因の抑制技術、材料開発、診断技術を高度に融合させた技術が必要となる。設備寿命決定要因の因果関係の概念を Fig. 8 に示す。

製鉄各プロセスにおける生産設備の強制劣化要因は、Fig. 9 に示

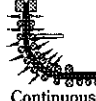
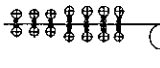
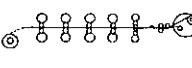
					
	Blast furnace	Converter	Continuous caster	Hot strip mill	Cold strip mill
	Ironmaking	Converter	Continuous caster	Hot strip mill	Cold strip mill
Temperature (°C)	1 500	1 500	1 200	1 000	200
Speed (m/min)			2.5	1 680	2 800
Environment	Dust	Dust, moisture	Dust, scale, water	Scale, water	Oil, water
Damage mode	Heat, wear corrosion	Heat	Heat, corrosion	Heat, impact seizure	Slip, seizure wear

Fig. 9 Factors to restrict equipment service life

Table 4 Developed technologies to prolong service life

Process	Ironmaking	Steelmaking	Hot strip, plate, shapes	Cold strip
Deterioration				
Vibration	Non-loosening nut			
Fatigue	Seal valve		In-company developed UJ spindle	
Water				Blister resistant rubber lining
Heat		Heat crack resistant, corrosion resistant, and wear resistant material	Functionally graded multi layered overlay	
Corrosion	Strong-and-tough seal	Molten scale reactivity resistant material		MnO build-up resistant material
Friction wear				Corrosion resistant, and wear resistant rubber

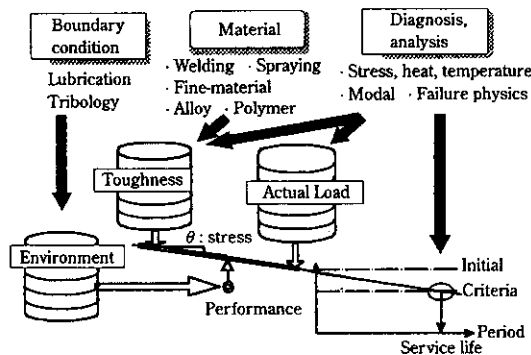


Fig. 8 Decision factors for mechanical service life

すように、熱、腐食、摩耗、焼き付き、衝撃など多岐にわたり、Table 4 に示すようにプロセスごと劣化モードごとに長寿命化テーマを設定し技術開発に取り組んでいる。

Fig. 10 には、自社開発長寿命化材料開発の事例として連続鋳造ロール用の耐食・耐ヒートクラック・耐摩耗性に優れた肉盛材料の性能比較を示す。⁶⁾

4.3 超短期工法の開発

設備の可稼働時間を最大化するには、前述の各設備の長寿命化技

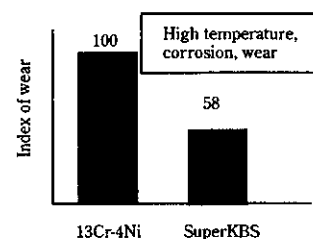


Fig. 10 An example of mechanical life prolongation technology attained by developed material

術のほかに、修理工事時間を短縮することも有効な手段である。当社では、Table 5 に示すような種々の工事時間短縮技術の開発にも取り組み、最近では高炉の超短期改修工事などへ反映させ、成果を出している。⁷⁾

5 今後の展望

当社における機械設備保全技術の変遷と最近の「保全革命」活動について概括した。一連の活動の成果は Fig. 11 に示す設備故障率の推移にも現れているように、生産設備の安定稼働に貢献している。

今後 21 世紀へ向けて現在の「保全革命」活動の積極展開により、

Table 5 Technology aiming at shortening maintenance time

Quick change method	- Enlarged block change method free from centering ↓ - Revamping of blast furnace
Automatic measurement of equipment accuracy	Centering device using 3 dimensional gyroscope sensor
Efficient mechanical tools	- Pneumatic, hydraulic connecting device - Automatic handling-device

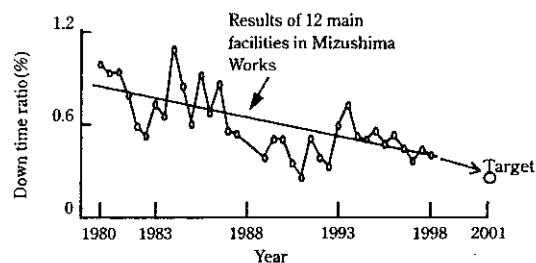


Fig. 11 Target of maintenance performance

高性能機械要素、新材料開発などの長寿命化技術、高効率施工技術の高度化、設備診断技術、評価解析技術など、個々の技術の高度化を推進するとともに、それらを設備管理体制へ反映させ鉄鋼事業の

基盤強化へ貢献していきたい。同時に、開発技術と情報技術を組み合わせ、遠隔保全や在宅保全の実現や、ワールドワイドな保全技術の展開へ結びつけたい。

参考文献

- 1) 数土文夫, 藤井徹也: 川崎製鉄技報, 32(2000)3, 155
- 2) 松田恵嗣, 増野豊彦: 川崎製鉄技報, 32(2000)3, 191
- 3) 小野力生, 池田栄治: 川崎製鉄技報, 33(2001)1, 53
- 4) 植島好紀, 伊崎健太, 岡本 謙: 川崎製鉄技報, 33(2001)1, 10
- 5) 横山康雄: 川崎製鉄技報, 33(2001)1, 26
- 6) 佐藤裕二, 山村 恭: 川崎製鉄技報, 33(2001)1, 31
- 7) M. Fujita, H. Kojima, H. Marushima, and T. Kawai: *Iron and Steel Engineer*, (1999), 38