

コマツキャストックス株式会社
アーク式電気炉事故
最終調査報告書

2014年12月
事故調査委員会

目次

1. 序
 1. 1. はじめに
 1. 2. 事故調査委員会
 1. 2. 1. 委員会の目的及び構成
 1. 2. 2. 委員会の開催概要
2. 事故の概要
 2. 1. 発生場所及び設備
 2. 2. 発生日時
 2. 3. 被害状況
 2. 3. 1. 人的被害
 2. 3. 2. 物的被害
 2. 4. 事故後の状況
3. 発生場所及び設備の概要
 3. 1. 発生場所の概要
 3. 2. 精錬工程の概要
 3. 3. 発生設備の概要
4. 事故の発生状況
 4. 1. 事故に至る過程
 4. 2. 被害状況
 4. 2. 1. B炉損傷状況
 4. 2. 2. 溶鋼の飛散状況について
5. 事故原因
 5. 1. 考えられる原因及び調査検証
 5. 2. 推定メカニズム
6. 考えられる要因と再発防止対策
 6. 1. 発生原因と考えられる対策
 6. 2. さらなる安全作業のための追加改善
 6. 3. 再発防止対策状況及び有効性の確認
 6. 3. 1. 対策織込み内容
 6. 3. 2. 対策織込み後の操業実績
 6. 4. さらなる安全作業のための追加改善の取組み
 6. 5. 旧B炉更新時における課題と提言

7. 安全な職場づくりへの課題と提言

7. 1. 今回の事故に関わる安全管理上の課題と提言
7. 2. コマツキャストックス全体の安全衛生レベル向上のための提言

8. おわりに

<参考>

- 添付別紙 1 コマツ社長特別安全メッセージ
- 添付別紙 2 コマツ特別安全活動
- 添付別紙 3 コマツにおける新設備導入安全評価会
- 添付別紙 4 コマツキャストックスにおける安全衛生活動
- 添付別紙 5 コマツキャストックス特別安全衛生パトロール実施報告

1. 序

1. 1. はじめに

2014年4月25日（金）18時4分頃、株式会社小松製作所（以下「コマツ」という。）の子会社であるコマツキャスト株式会社（富山県氷見市、以下「コマツキャスト」という。）の本社工場において、アーク式電気炉（以下「アーク炉」という。）¹で事故が発生し、死者1名、負傷者4名の人的被害が発生した。

コマツは、コマツグループとして、本事故の原因究明及び再発防止対策の策定を的確に行うことを目的として、5月2日、社外有識者3名の委員、及び事務局（コマツ社員3名）で構成された事故調査委員会を設置した。

当委員会は、これまでに7回の委員会を開催し、事故現場を検証し、コマツキャストより提供された記録類、各種データや解析結果、関係者の証言等について検証を行い、原因究明と再発防止対策の策定についての検討を進めてきた。その結果、本事故の原因と考えられる現象を解明し、また、再発防止対策の実施及び検証と、さらなる安全化に向けた提言をまとめるに至ったので、本調査報告書をもって最終報告を行うものとする。

1. 2. 事故調査委員会

1. 2. 1. 委員会の目的及び構成

事故調査委員会は、公正な立場から、事故に至った経緯を明らかにし、事故原因を究明し、それらに基づく再発防止対策の実施・検証等を行うことを目的として、下記社外有識者3名を委員とし、コマツ社員3名を事務局として構成された。

委員（社外有識者）（○：委員長）

○ 木口 昭二 近畿大学教授 公益社団法人日本鑄造工学会会長
松井 英憲 公益社団法人産業安全技術協会顧問
石原 安興 石原技術士事務所所長

事務局（コマツ社員）

栗山 和也 執行役員（生産本部生産技術開発センタ所長）
平野 良雄 顧問（安全衛生シニアアドバイザー）
梶川 啓司 安全・健康推進部長

1. 2. 2. 委員会の開催概要

第1回委員会 2014年5月8日（木） コマツ本社

- ・ 事故調査委員会体制の決定
- ・ 事故概要確認

第2回委員会 2014年5月16日（金） コマツキャスト本社工場

- ・ 事故現場の検証
- ・ 事故原因推定分析及び審議
- ・ 原因究明課題の審議

第3回委員会 2014年6月2日（月） コマツ本社

- ・ 原因究明課題の継続審議
- ・ 事故シナリオ及び直接原因の推定
- ・ 中間報告内容の審議

¹電気炉の一種。炉の中の鉄スクラップと電極との間にアーク（気体中での放電の一種）が発生し、このアーク熱で、鉄スクラップを溶かしている。

委員会中間報告 2014年6月12日(木) コマツ本社

第4回委員会 2014年7月7日(月) コマツ本社

- ・再発防止対策の進捗及び対策の有効性の確認
- ・B炉復旧に対する提言

第5回委員会 2014年9月9日(火) コマツ本社

- ・再発防止対策の実施状況の確認
- ・特別安全パトロール結果報告
- ・B炉復旧安全評価の確認①

第6回委員会 2014年10月7日(火) コマツ本社

- ・B炉復旧安全評価の確認②
- ・最終報告書の骨子の審議

第7回委員会 2014年11月18日(火) コマツ本社

- ・最終報告書の取りまとめ

2. 本件事故の概要

2014年4月25日（金）18時4分頃、コマツキャストクス本社工場 鋳鋼精錬センターにおいて、2基あるアーク炉の1基で、精錬作業中に突然熱風が噴出し、作業員5名が被災した。事故は、原材料である鉄スクラップ溶解後の脱炭・不純物除去のための工程（酸化期）で起きた。作業員が、昇温を目的として行っていた自動酸素吹込装置（以下「自動ランス」という。）による酸素吹精を停止した直後にアーク炉から炎が上がって、その後一気に熱風が噴き出し、溶けた鉄とそれを覆っているスラグの一部が除滓口等の開口部やアーク炉の蓋が持ち上げられてできた隙間等から飛散した。被災者は、炉の周辺にいた作業員で、主に除滓口から噴き出した熱風により受傷した。

2. 1. 発生場所及び設備

(1) 発生場所

富山県氷見市下田子1番地3 コマツキャストクス 本社工場 鋳鋼精錬センター

(2) 発生設備

直接集塵式15トンアーク炉（以下「B炉」という。）

<参考：コマツキャストクスの保有アーク炉設備について>

鋳鋼精錬センターには、A炉及びB炉と呼ばれている2機のアーク炉が設置されていた。本件事故は、このうち、B炉で発生したものである。アーク炉の設置状況その他詳細については、3. 3. に詳述する。

	A炉	B炉
設置年	1973年	2013年
溶解トン数	15 t	15 t
集塵方式	間接	直接

2. 2. 発生日時

2014年4月25日（金）18時4分頃

2. 3. 被害状況

本件事故による人的及び物的被害は、アーク炉から熱風と溶けた鉄及びそれを覆っているスラグの一部がアーク炉の除滓口や出鋼口といった開口部、電極の差込口や持ち上げられた蓋の隙間から飛散したこと等によるものである。人的及び物的被害の概要は、以下のとおりである。

2. 3. 1. 人的被害

- 5名 被災（いずれも熱風による火傷による）
 - ・死亡 1名（コマツキャストクス社員 1名）
 - ・負傷 4名（コマツキャストクス社員 4名）

2. 3. 2. 物的被害

- ・ B炉内部及び周辺の備品の破損
 - ・ B炉対面に設置してあった操作盤の破損
- ※B炉に隣接するA炉や鋳鋼精錬センターの窓ガラス、建屋それ自体には被害は生じていない。

2. 4. 事故後の状況

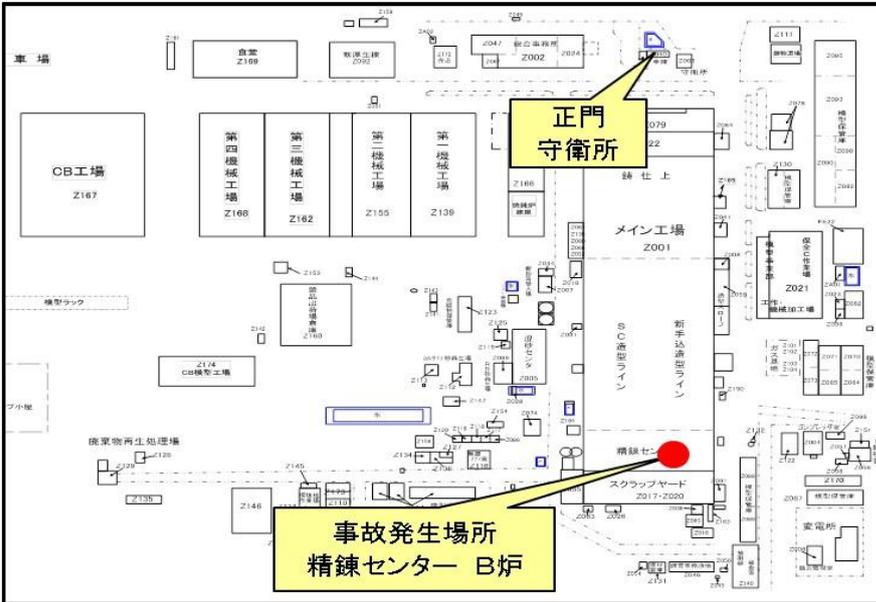
B炉は本件事故発生後から稼働停止し、現在も停止中である。A炉については安全対策を講じ、2014年5月12日から試験稼働し、同年5月19日から正式稼働した。

3. 発生場所及び設備の概要

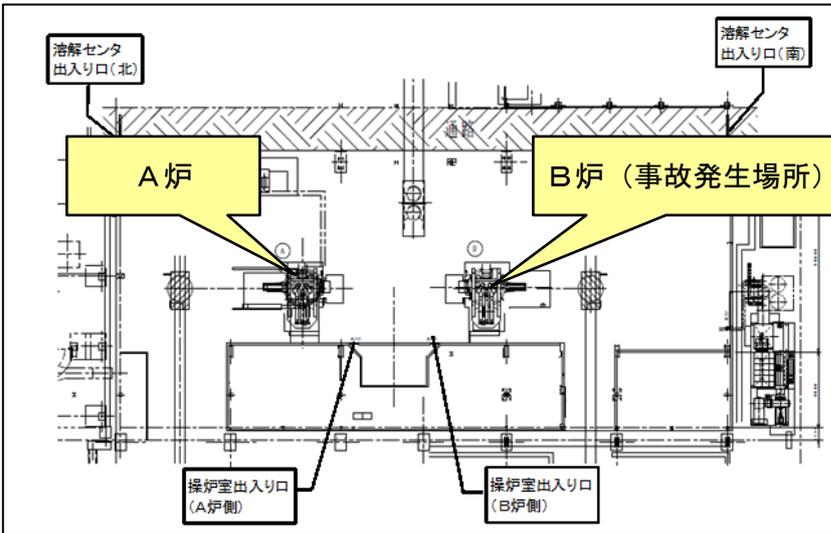
3. 1. 発生場所の概要

発生事業場であるコマツキャストは、富山県氷見市に本社及び生産工場を置き、建設・鉱山機械用鋳物、油圧部品用鋳物、シーリング、エンジン部品用鋳物を製造・販売している。

コマツキャスト本社工場配置図と事故発生場所



鋳鋼精錬センター設備配置図

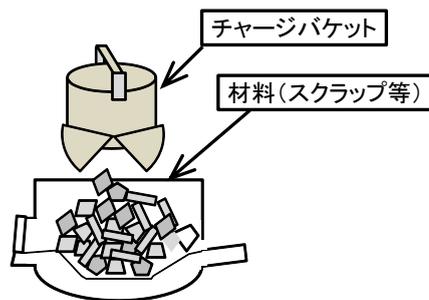


3. 2. 精錬工程の概要

① 材料投入：

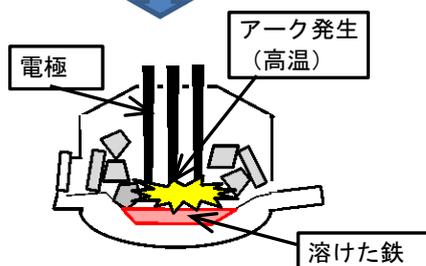
炉内に材料（鉄スクラップ等）を投入。三相交流電源に接続する人造黒鉛電極を下ろす。

◇ 主なスクラップ：銑鉄、鋼屑、ダライ粉、スチール缶など



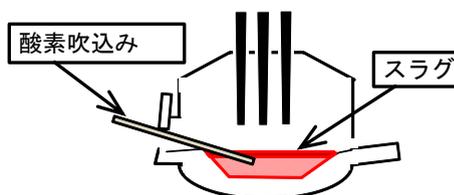
② 溶解期：

通電して材料と電極との間にアーク（放電）を発生させ、その熱エネルギーによって材料を溶解。



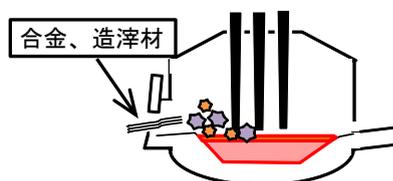
③ 酸化期：

溶解した材料（以下「溶鋼」という。）に酸素を吹き込み（酸素吹精）²、化学反応で炭素及び不純物をCO等のガスあるいはスラグとして除去。



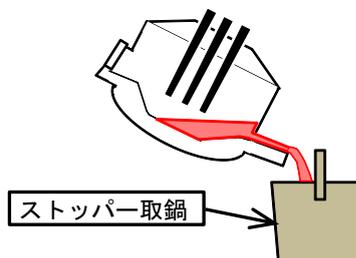
④ 還元期：

脱硫及び成分調整を行い、出来上がった溶鋼を所定の温度に調整。



⑤ 出鋼：

溶鋼を取鍋に出鋼。



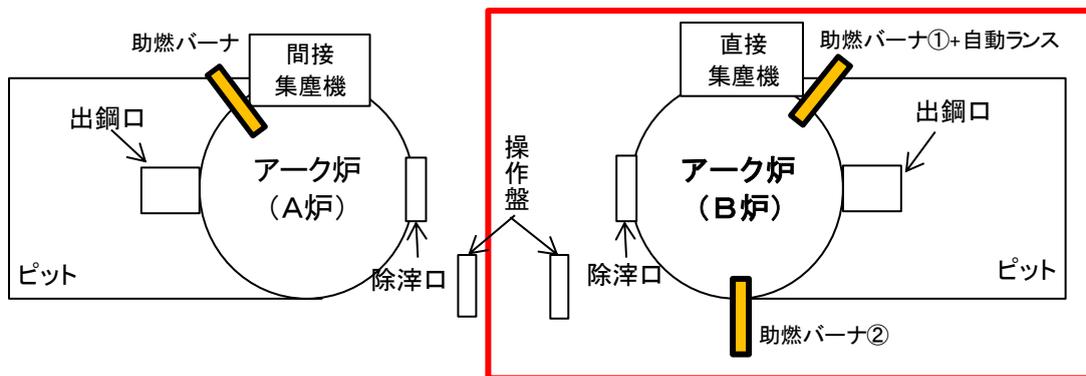
² この報告書の中では、酸素吹精に関して、鋼製パイプ(ランスパイプ)で高圧の酸素を手動で送り込む作業及びその装置を手動ランス、酸素吹き込み装置により自動で酸素を送り込む作業及びその装置を自動ランスという。

3. 3. 発生設備の概要

事故発生設備であるB炉は、老朽化した旧B炉（1975年導入）に代わるものとして、省電力・省エネルギー対策、作業環境改善、作業性・安全性向上、品質向上、生産性向上等を目的として、2013年9月に新規設置された。

(1) 鋳鋼精錬センターのアーケ炉のレイアウト

A炉（1973年導入）とB炉（2013年9月更新導入：当該機）が向かい合って設置されている。



(2) B炉の仕様

<B炉全景>

炉蓋を閉めた状態



炉蓋を開けた状態



B炉には、A炉および旧B炉にはない下記機能を付加・導入した。

- ① 自動ランス
作業者の炉前での高負荷作業の軽減、作業時間の短縮を目的とする。
- ② 直接集塵方式
作業環境の改善、省エネを目的とする。
- ③ 炉底アルゴン攪拌³
作業時間の短縮を目的とする。

³ アーク炉内の炉底から、不活性のアルゴンガスを吐出することで、溶鋼の攪拌を行う設備。

1) A炉とB炉の比較

項目		単位	A炉	B炉
炉体	外径	mm	3,403	3,550
	内径	mm	3,353	3,500
	炉全高	mm	2,895	2,975
	湯だまり深さ	mm	725	700
	トランス容量	KVA	12,000	12,000
	電極支持アーム	-	鉄	アルミ
付帯	炉底攪拌(Ar)	(NL/min)	無	有 (MAX49)
	(最大Ar流量)	(NL/min)	—	50
	助燃バーナ	本	1	2
	自動ランス	本	—	1
	手動ランス	-	有	有
集塵	集塵システム	-	間接	直接
	集塵能力	m ³ /分	2,600	700

2) 自動ランスと手動ランスの比較

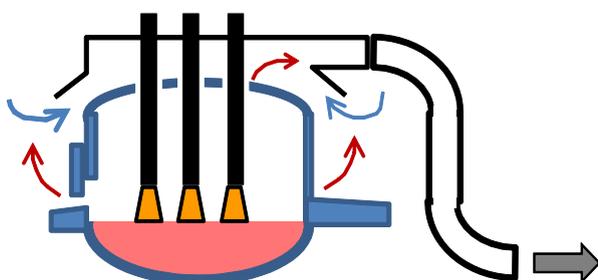
	酸素流量 N m ³ /hr	酸素圧力 MPa	流量比較 (指数)
自動モード3 (MAX)	1,075	0.63	340
手動ランス	318	0.70	100

3) 直接集塵方式について

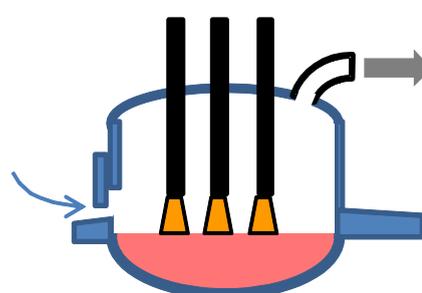
間接集塵方式：集塵を炉の上部から間接的に行うため、集塵効率が悪い
(炉に関係のない部分からの出入りが多い)
直接集塵方式：集塵を炉に直接設けた吸引口から行うため、集塵効率が良い

※イメージ図

間接集塵方式(A炉)



直接集塵方式(B炉)



※日本の小型鑄鉄電気炉（20t以下）の約40%が直接集塵方式を採用。⁴

直接集塵：18基

間接集塵：29基

⁴ 出典：「鉄鋼生産設備の現況」(社団法人日本鉄鋼連盟、平成16年)

4. 事故の発生状況

4. 1. 事故に至る過程

(1) 2014年4月25日(金) 操業実績

ヒート※	使用炉	スタート	出鋼
第1ヒート	A炉	7:37	9:45
第2ヒート	B炉	9:40	10:51
第3ヒート	A炉	11:21	12:33
第4ヒート	B炉	12:29	13:44
第5ヒート	A炉	13:41	14:47
第6ヒート	B炉	14:46	15:49
第7ヒート	A炉	15:44	17:06
第8ヒート	B炉	17:01	

※ヒート：一回の精錬工程（材料投入から出鋼に至るまでの一連の工程）をいう。
数字は同日の作業の順番を指す。

(2) B炉操業での通常ヒートと事故ヒート（第8ヒート）の操業内容比較

時刻	工程	第8ヒート作業内容	通常ヒート
17:01	溶解期	1) 通電開始	40分
17:21		2) 電極伸ばし⇒通電開始(オートアーク※1) 自動ランス ON	
17:32		自動ランス OFF	
17:37		3) 通電停止⇒オートアークから手動に切り替え⇒通電開始	
17:38		炉体ストップ※2解除(傾動※3可能)	
17:39		4) 通電停止⇒サンプリング※4、生石灰投入 ⇒通電開始	
17:40	第一酸化期	5) 酸素カッティング※5(手動ランスによる溶鋼内溶け残り除去)	
17:43		6) 成分分析※6値確認	
17:46		7) 通電停止⇒サンプリング⇒通電再開、防熱板設置	
17:47	①	8) 溶鋼温度確認 (自動ランス ON)	
17:50		9) 炉内溶鋼昇温(1600℃以上) (自動ランス OFF)	20分
17:52		10) 成分分析値確認	
17:55		11) 通電停止⇒防熱板の除去	
17:56	②	12) 炉壁バリ※7落とし(酸素量が少ないバルブ操作での手動ランスによる) 事故時 6分間のバリ落としを実施(炉内温度低下が大きくなった)	
18:02		13) 通電開始	
18:03		14) 溶鋼温度確認(1,570℃(▲30℃)と不足なので、再度昇温させる)	10分
18:04	③、④、⑤	14)-2 アーク+酸素吹精(自動ランス ON: 約 30 秒)	
		14)-3 ボイル※8発生 14)-4 急速燃焼発生	
		第二酸化期	
		還元期	10分
		出鋼	

(用語補足)

- ※1 オートアーク： 電流・電圧を自動調整(電極自動昇降)すること
- ※2 炉体ストップ： 炉体が必要以上に傾かないためのメカニカルストッパー
- ※3 傾動： 炉体を出鋼口(出鋼時)または除滓口(除滓時)に傾けること
- ※4 サンプリング： スクラップが溶けた状態での成分確認用の試料を採取すること
- ※5 酸素カッティング 手動ランスを使用した炉内擁壁への付着物の除去(バリ落としや側切りを含む)や溶鋼内溶け残りの除去
- ※6 成分分析： サンプリングした溶鋼の成分確認のための作業
- ※7 炉壁バリ、バリ： 炉の炉壁に付着したスパッタなどの酸化鉄が固まったもの
- ※8 ボイル： 酸素吹精で一酸化炭素が生成され、その上昇気流で溶鋼が盛り上がる現象

【補足説明(通常ヒートと事故ヒートとの相違点)

- 1) 第一酸化期のバリ落とし時間が通常より多くかかっていた。
通常：2分～3分 ⇒ 事故時：6分間
- 2) バリ落としが長い時間温度低下が発生し、再昇温のために自動ランスを使用した。
 - ① 通常はバリ落としを実施し、通電(昇温)の後、第二酸化期へ移行する。
 - ② 今回は温度低下が発生(▲30℃)したため、第一酸化期(昇温期)を延長した。(B炉導入後再昇温で自動ランスを使用した実績は有る。)

4. 2. 被害状況

4. 2. 1. B炉損傷状況



① 電極アーム
電極アームに溶鋼がかかりホース類
及び絶縁物劣化

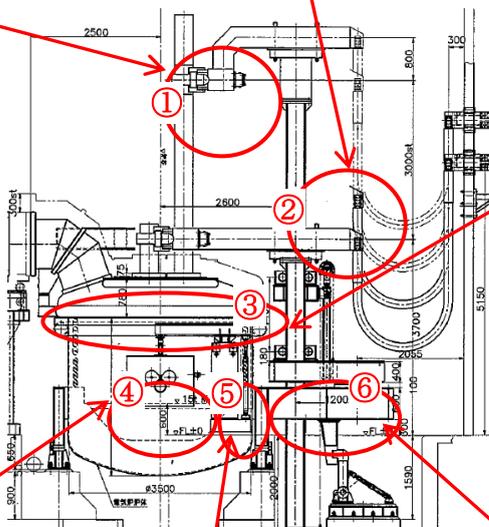


② 炉体給水ホース等
炉蓋が持ち上がり熱風でホース類が
損傷



③ 小天井
炉内圧が上昇し天井が持ち上がり
電極も折損

B炉正面図



④ 除滓口扉
炉内圧の上昇で、除滓口扉が跳ね
上がり破損



⑤ 炉体周りの配管
炉周辺に飛散した溶鋼で冷却水、ホ
ース配管等が焼損



⑥ リフトフレーム旋回部
⑤の焼損により、旋回部BRGが破
損してφ340mmの軸曲がる



炉前
炉前に高温スラグが飛散し、周辺機
器が焼損



操作盤
飛散したスラグで炉前の操作盤が焼
損

4. 2. 2. 溶鋼の飛散状況について

溶鋼重量調査箇所		こぼれた溶鋼重量		
①	炉内に残った溶鋼(実測)	11.4	t	
②	ノロバックにこぼれた溶鋼(実測)	0.0	t	
③	出鋼ピットにこぼれた溶鋼(実測)	2.0	t	
④	炉外に噴き出した溶鋼(推定)	1.2	t	8.2%
合計		14.6	t	

1) 炉外への溶鋼の飛散量は約 1.2 t(8.2%)と推定される。
2) 炉内溶鋼の%C 成分値は、0.55%に近いと推定される。

推定溶鋼重量=スクラップチャージ量16.2 t × 歩留り0.9=14.6 t



溶湯成分について(炉内に残った物から分析)

	C	Si	Mn	P	S
No. 1	0.533	0.005	0.060	0.009	0.013
No. 2	0.565	0.005	0.062	0.010	0.011
平均	0.549				

5. 事故原因

5. 1. 考えられる原因及び調査検証

(1) 事故原因の推定

1) 考えられる原因

① 水蒸気爆発	水が非常に温度の高い物質と接触することにより気化した際の急激な体積膨張により起こる現象
② 粉塵爆発	大気などの気体中にある一定濃度の可燃性の粉塵が浮遊した状態で、火花などにより引火して爆発を起こす現象
③ 溶鋼の突沸	溶鋼が何らかの刺激により急に爆発的に沸騰し炉から飛び出す現象
④ 燃料等の爆発	燃料等の可燃物の爆発により起こる現象
⑤ CO ガスの急速燃焼	炉内の CO ガスが何らかの原因で急速燃焼、膨張し、内圧が外気圧より高くなることによって高温のガスが外に噴出する現象

以上の考えられる原因について検証した。

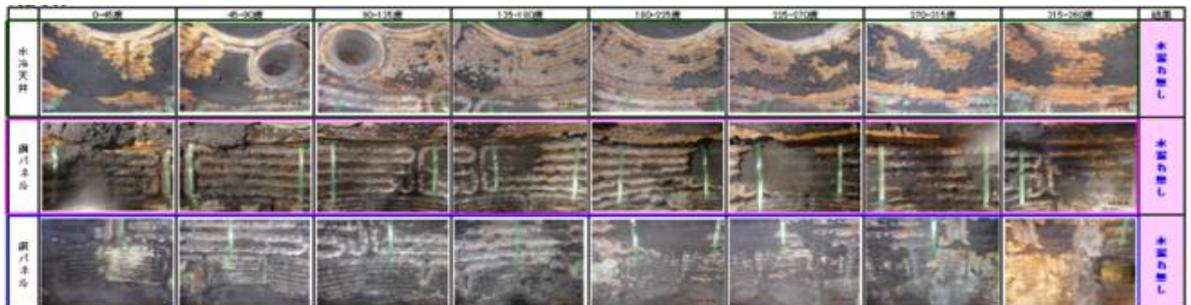
参考として、過去の国内事故事例等を調べたが、今回の事故に似た事例はなかった。

2) 推定原因に対する調査検証

①水蒸気爆発⇒可能性は極めて低いと考えられる。

- ・過去の日本のアーク炉の爆発で一番多い現象であるが、本件事故時には水蒸気爆発において一般的にみられる水漏れがなかった（事故後、コマツキャストテックスによる調査及びB炉製造会社による調査においても水漏れは確認できなかった。）。
- ・水蒸気爆発の場合、炎は出ないが、本件事故時に除滓口や天井隙間から炎が発生していたことが確認されている。
- ・水蒸気爆発の場合、大きな爆発音を伴うが、本件事故発生時には爆発音が確認されていない。
- ・水蒸気爆発の場合、溶鋼が大量に飛散するが、本件事故による溶鋼飛散量は1.2 t（8.2%）と少量であった。
- ・本件事故が発生したのは酸化期中盤以降であり、溶け残りスクラップ内の残存水が炉内に残っていた可能性は極めて低いと考えられる。

<炉内水冷パネル写真>



②粉塵爆発⇒可能性は極めて低いと考えられる。

- ・粉塵爆発は、大気中に可燃性の粉塵が舞っている状態で着火した場合に発生するが、溶鋼表面にあるスラグや鉄は酸化物であり反応しない。
- ・過去の粉塵爆発の事例においても鉄による粉塵爆発は極めてまれであり、粉塵爆発の可能性は極めて低い。

③溶鋼の突沸⇒可能性は極めて低いと考えられる。

- ・溶解中は炉底の攪拌を実施しているため溶鋼の突沸が起こる可能性は低い。
- ・突沸の場合、炉床が何らかの損傷を受けると考えられるが、炉内残留物を撤去し炉底の確認を行ったところ、炉床の損傷はなかった。
- ・突沸の場合、炉外に大量の溶鋼が飛散するはずであるが、炉外に飛散した溶鋼量は全体湯量の8.2%と少なかった。

④燃料等の爆発⇒可能性は極めて低いと考えられる。

- ・B炉は灯油使用だが、少量であり、かつ、燃料漏れ等はなかった。

⑤COガスの急速燃焼⇒可能性がある。

- ・可燃性ガス（COガス）の急速燃焼（ $CO + 1/2O_2 \rightarrow CO_2 + 5630\text{Mcal/t}$ ）が考えられる。事故が発生した第8ヒートでは通常よりも溶鋼内の炭素濃度が高く、さらにバリが落下したため、大量のCOガスが発生していたと考えられる。これと炉外から流入した大気中の酸素とが反応して、急速に燃焼し、大量の熱風がスラグを伴って噴出した可能性がある。（詳細は「5.2. 推定メカニズム」参照）

5. 2. 推定メカニズム

これまでの調査で得られた知見に基づき、⑤の事象の発生の流れを推定すると以下の通りとなる。

1) 本件事故直前、炉内には、下記表1記載のとおり、C、O₂、CO、CO₂及びN₂の5種類のガスが発生していたと考えられる。

表1 炉内のガス要因と全体量

材料	発生源	全体量	
C 溶鋼中に固溶	鉄スクラップ	207kg	※ 溶鋼中のC量を分析成分(C:1.38)より推計 ※ 溶鋼中のC(1.38%)がすべてガス化(CO)した場合の体積
		378m ³	
O ₂	自動ランス(酸素吹込み)	17.9m ³ /min	
	手動ランス(〃)	5.3m ³ /min	
	集塵機(開口部、隙間より外気吸引)	設備能力:700m ³ /min 作業時 :500m ³ /min	
CO	バリ落とし $FeO + C \rightarrow Fe + CO \uparrow$	378m ³	※ 溶鋼中のC(1.38%)がすべてガス化(CO)した場合の体積
	脱炭反応 $C + 1/2O_2 \rightarrow CO \uparrow$		
CO ₂	$CO + 1/2O_2 \rightarrow CO_2 + 5630\text{Mcal/t}$ (燃焼により熱生成)	378m ³	※ 溶鋼中のC(1.38%)がすべてガス化(CO)した場合の体積
N ₂	集塵機(開口部、隙間より外気吸引)		

※炉内のイメージ図

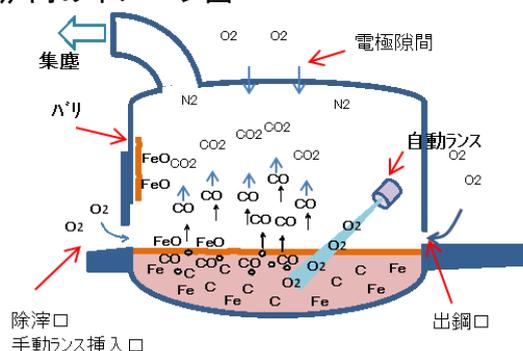


図1 炉内挙動

- 2) 本件事故が発生した酸化期においては、溶鋼中に固溶しているCと、自動ランス等で吹き込まれるO₂を反応させて、脱炭・昇温を実施する。自動ランス使用時の脱炭速度実績(Δ0.1%C/min)から炉内の気体分布(図2:通常操業時における炉内ガス状況参照)を推測すると、炉内には、COを全量燃焼させるに十分なO₂があったと考えられる。

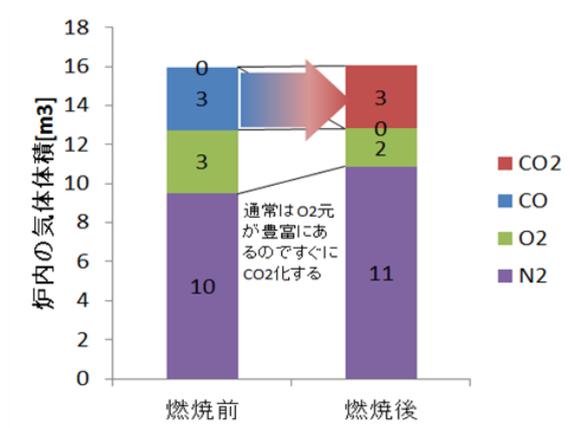


図2 通常操業時における炉内ガス状況

- 3) そこで、本件では、COガスが予想外に大量に発生し、かかる大量のCOガスがO₂と急速燃焼反応を起こすことにより、大量の熱風が炉外へ噴出し、本件事故に至ったと推定される。詳細は以下のとおりである。

COガスの大量発生

- ① 脱炭反応によるCO発生
 $O_2 + 2C \rightarrow CO + 4400\text{Mcal/t}$
- ② バリ(FeO)落下によるCO発生
 $1/2O_2 + Fe \rightarrow FeO$
 $FeO + C \rightarrow Fe + CO$
- ③ ボイルにより出鋼口、除滓口が密閉され、炉内に大量のCOが充満

COガスの急速燃焼

- ④ スラグが流れ出た後、除滓口に隙間が発生し、COが充満した炉内に大量の外気が一気に流入
- ⑤ 外気中のO₂と炉内のCOが燃焼反応し、大量の熱風がスラグを伴って噴出し、作業員被災
 $CO + 1/2O_2 \rightarrow CO_2 + 5630\text{Mcal/t}$

※本件事故ヒート時の時系列における事故発生機序の推定

17:46 通電停止⇒加炭サンプリング⇒通電再開

17:47 溶湯温度確認(自動ランスON)

⇒自動ランスによるO₂吹込みを4分間実施

①:自動ランスによりO₂が供給され、溶湯内のCと脱炭反応を起こしCOを生成。この際、O₂の2/3がCOと反応し、残り1/3は炉内へ拡散する

一方、集塵装置により8.4m³/s(炉内空間16m³)の炉内の気体が吸引されるため、上記の発生COに加えて、開口部から外気を取り込むことで、上記COを全てCO₂に燃焼させられるO₂が供給され、安定状態となる(図3-①)(図7-①)

17:56 炉壁ハリ落とし(手動ランス)6分間実施

②:自動ランス+アークによる脱炭・昇温時に炉壁に張り付いたハリ(FeO)を酸素カッティングで溶湯内へ切り落とす(図3-②)

18:02通電開始

18:04アーク+酸素吹精(自動ランスON)⇒OFF

<炉内挙動の詳細(仮説)>

③:自動ランスによるO₂及びハリによるFeOが溶湯内のCと反応し、予期せぬ大規模なホィリングが起こりCOが大量に発生。その結果スラグが流れ出て除滓口および出鋼口を閉塞。吸気口の9割以上が塞がれ、炉内ではO₂不足でCOが燃焼できず、上記のCO大量発生によりCOが炉内に充満した。

(図4-③)(図7-③)

④:スラグが流出した結果、上記③でCOが充満されているところへ除滓口に隙間が発生し大量の外気が一気に流入

(図5-④)(図7-④)

⑤:流入した外気中のO₂と炉内の大量のCOが急速な燃焼反応を引き起こし、発生した熱風がスラグを伴って炉外へ急速に噴出し、その熱風で作業者が被災に至った(図6-⑤)(図7-⑤)

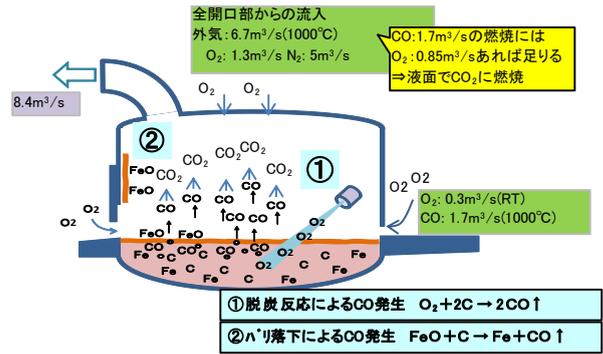


図3 自動ランス吹き込み時

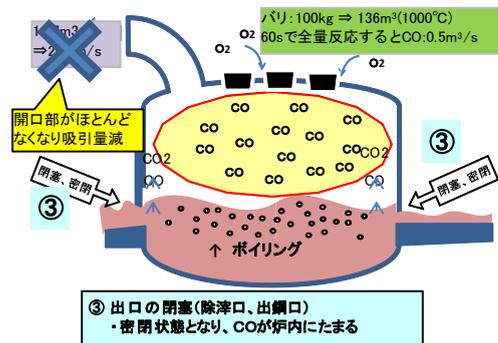


図4 ホィリング発生時

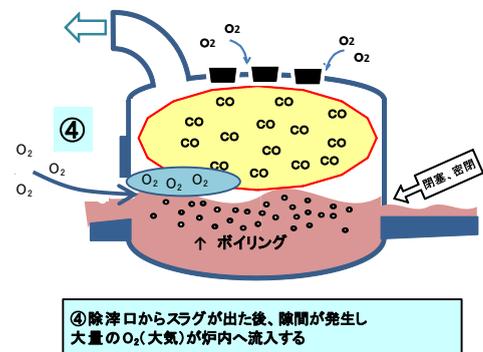


図5 除滓口開放時

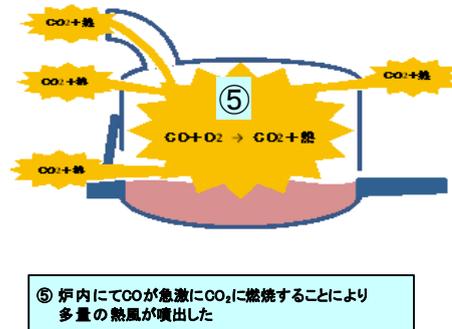


図6 事故発生時

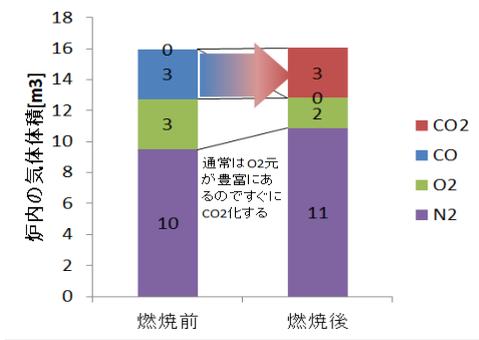


図2 (前出) 通常操作における炉内ガス状況

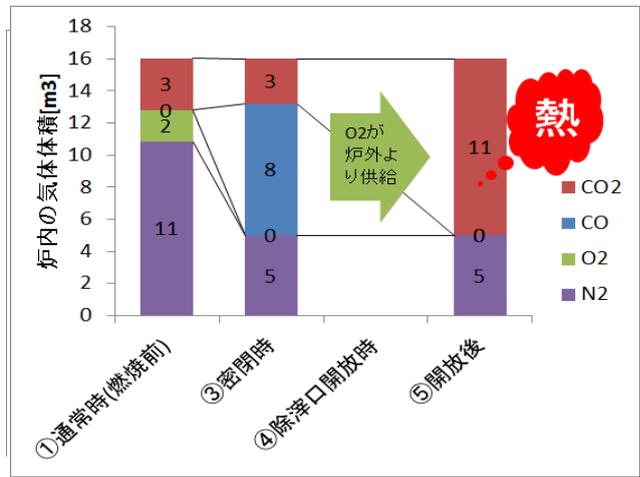
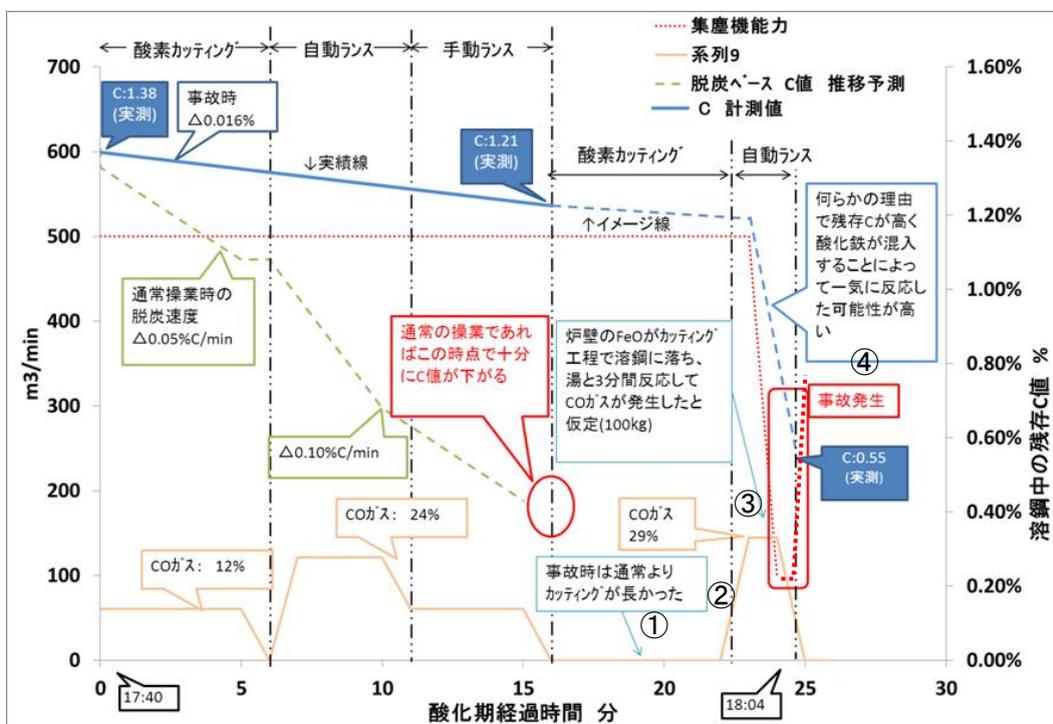


図7 事故時における炉内ガス状況

まとめると、

- ・ 下図 8-①において、炉壁に付着しているバリ (FeO) が落下したために溶鋼へ固体酸素源が供給された。
- ・ 下図 8-②において、自動ランスを使用したためランスからのO₂とバリからのO₂の双方が同時に供給された結果、一気にCOガスが発生し、予期せぬボイリングに至った。
- ・ 上記の大規模なボイリングが発生したため除滓口及び出鋼口が塞がれ、集塵能力が低下し外気が供給されなくなったため、O₂不足となり、炉内が急速にCOリッチとなった (下図 8-③)。
- ・ その後、除滓口が開放されたと同時に集塵が回復したために空気中のO₂が炉内に流入してCOとの急速燃焼を引き起こし、炉内のスラグを伴った多量の熱風が炉外へ伝播し、本件事故に至った可能性がある (図 8-④)。

図8 炉内ガス成分の時系列変化



6. 考えられる要因と再発防止対策

6. 1. 発生原因と考えられる対策

上記推定原因に対する、考えられる再発防止対策は下記の通りである。

推定原因	考えられる要因	考えられる対策の内容
1 CO大量発生	1) バリ(FeO)が倒れた	1) 大きなバリが落下しない方法を確立 (1) バリのカッティング時間・方法の標準化 2) バリを発生させない方法を確立 (1) アーク通電方法等の標準化 (2) 電極間PCD(中心円直径)の見直し 3) バリが倒れてもCOの発生を抑制する (1) Al塊の投入等 ⁵⁾ の検討と標準化
	2) 材料が溶解した時点での溶鋼内の炭素量(「溶落C%」)が高かった	1) 溶落C%の高いヒートを作らない (1) スクラップヤード区画の見直し(錆び発生防止) (2) スクラップの先入れ先出し(錆び発生防止) (3) 溶落C%の安定化研究 2) 溶落C%の高い場合、脱炭を急がない溶落C%の範囲によって作業ポイントを個別に作業標準に明記する (1) 連続脱炭時間の規制を設ける
	3) 脱炭速度が速かった	1) 集塵方式を直接⇒間接へ変更する 脱炭速度を適正な値とする (1) 自動ランスは使用しない (2) 手動ランスでの最適脱炭速度を決める (3) 酸素吹精とアーク通電を同時に行わない (4) CO濃度を監視して限界を超えた場合停止 2)危険予知(センサーの設置) (1) ポイルを予知するセンサーの設置(CO濃度測定等) (2) 炉内状況の見える化(溶鋼温度、%C量、スラグ酸化鉄量等) (3) 炉内雰囲気の見える化(空気流入量、ガス温度、炉内圧等)
2 COが炉内に充満した	1) 密閉度が高い集塵方式/開口部がふさがれて集塵能力が低下した	1) 集塵方式の改善 (1) COを溜めないで常にCO ₂ へ少しずつ燃焼する方式化 2) 除滓口や出鋼口、電極の挿入口隙間を大きくする
	2) ポイルで湯面の盛り上がり	1) CO大量発生の抑制 ◇ 上記CO大量発生の対策と同じ

6. 2. さらに安全作業のための追加改善

(万が一同様の事故が発生しても被害を最小限にするための方策等)

項目	改善内容	対策状況
1)設備改善 (炉前作業無人化)	(1) 酸素吹込みマニプレーター化の検討(炉前作業無人化)	15/3 見込
	(2) 測温、サンプリングの自動化(炉前作業無人化)	15/3 見込
	(3) 合金鉄投入装置の設備化(炉前作業無人化)	15/3 見込
2)保護具、防熱板、熱風から身を守る (高温から1~2秒身体を守れることが重要)	(1) 保護具変更(保護具用の生地を選定テストを実施し前掛けを製作)	14/12 見込
	(2) 酸素吹精用専用防熱板製作使用	済
	(3) 作業者の配置位置に防熱板を設置(操作盤、測温・サンプル位置、合金投入場、取鍋作業場)	済
	(4) 溶解作業場への関係者以外の立入禁止の徹底とエリア区画に飛散防止板を設置	済
3)その他	(1) 冷却用シャワーの設置 (2) 緊急時の対応マニュアルの整備 (3) 労使で安全確認パトロールの強化	済

⁵⁾ バリ(FeO)中のOとCが結びつく前にAlを投入してAl₂O₃にすることでCOの発生を抑制する。

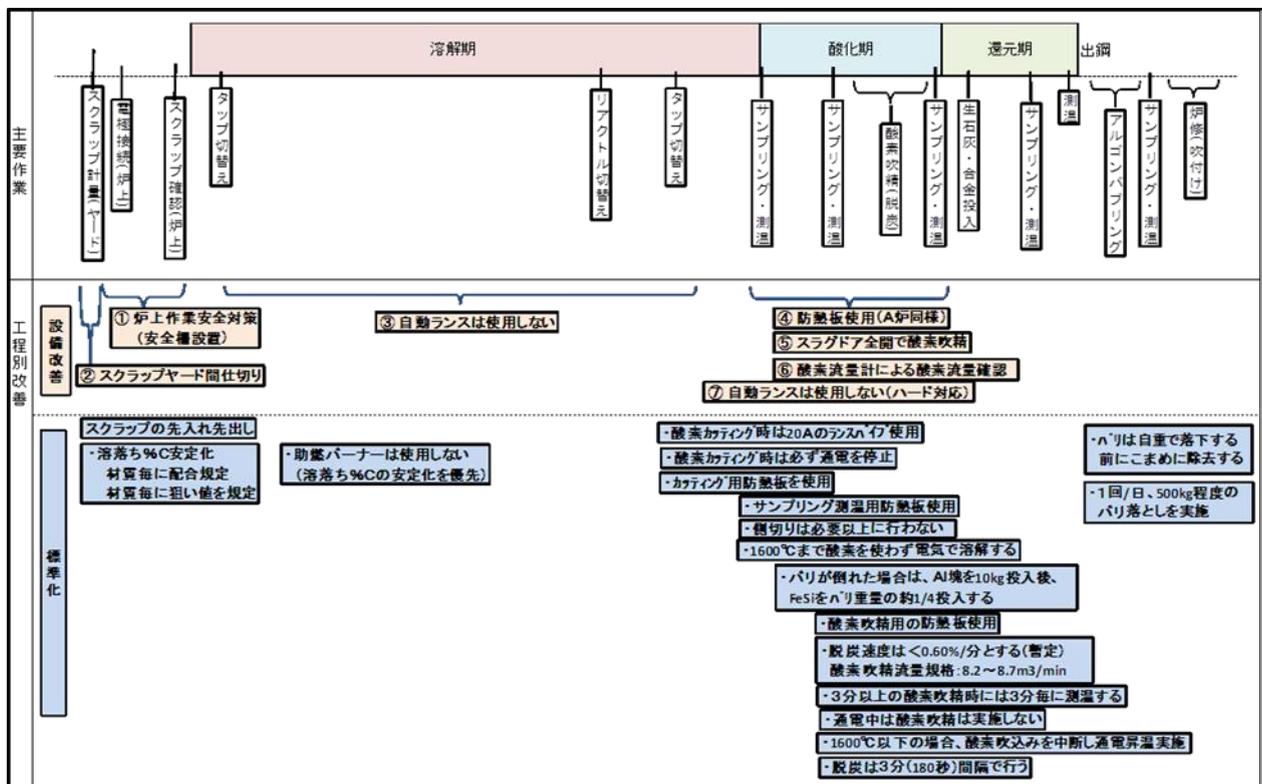
6. 3 再発防止対策状況及び有効性の確認

6. 3. 1. 対策織込み内容

A炉の稼働にあたり、事故調査委員会の提言を受け、下記の通り対策が織り込まれた。

・大きなバリが落下しない方法を確立	⇒	・バリのカッティング時間・方法の標準化
・バリを発生させない方法を確立	⇒	・アーク通電方法等の標準化
・バリが倒れてもCOの発生を抑制する	⇒	・Al塊の投入方法の標準化
・溶落C%の高いヒートを作らない (溶落C%の高い場合脱炭を急がない)	⇒	・スクラップヤード区画の見直し(錆び発生防止) ・スクラップの先入れ先出し(錆び発生防止) ・溶落C%の安定化 材料ごとに配合、狙い値規定 連続脱炭時間の制限
・脱炭速度の適正化	⇒	・自動ランスは使用しない ・手動ランスでの最適脱炭速度を決める ・酸素吹精とアーク通電を同時に行わない
・万が一発生しても被害を最小限にする方策	⇒	・保護具変更 ・防熱板の製作・使用 ・作業者の配置位置に防熱板を設置 (酸素吹精用、操作盤、测温・サンプル位置、 合金投入場、取鍋作業場) ・溶解作業場への関係者以外の立入禁止の徹底 ・エリア区画に飛散防止板を設置 ・冷却用シャワーの設置 ・緊急時の対応マニュアルの整備 ・緊急避難訓練の実施

操業工程別には下記の通り対策が織り込まれた。



6. 3. 2. 対策織込み後の操業実績

(1) バリ倒れ・ボイルの発生について

①酸素と電気の併用廃止

従来は、電気（アーク熱）と酸素（酸化反応熱）を併用していたが、併用を禁止し、電気（アーク熱）のみとした。その結果、炉壁へのスプラッシュ（湯玉）付着が減り、バリが大幅に減少し、ボイルは発生していない。

②バリがある際の操業規制⇒標準化

側切り（バリ落とし）時の炉内温度低下を監視するために、5分毎に温度測定することを標準化した。同改善を実施した結果、2014年5月26日の量産開始以降バリ倒れ及びボイルは発生していない。

時期	期間	溶解 ヒート数	異常発生状況		
			バリ倒れ	ボイル発生	その他(トラブルコメント)
5月4週	5/26-30	41	無	無	
6月1週	6/2-6	45	無	無	出鋼時、出鋼口上レンガ倒れ
6月2週	6/9-13	53	無	無	
6月3週	6/16-21	63	無	無	
6月4週	6/23-28	66	無	無	ストップトラブル焼き直し
7月1週	6/30-7/5	64	無	無	
7月2週	7/7-12	66	無	無	
7月3週	7/14-19	66	無	無	
7月4週	7/21-26	63	無	無	
7月5週	7/28-8/2	65	無	無	
8月1週	8/4-9	64	無	無	
8月3週	8/18-22	55	無	無	
8月4週	8/25-29	58	無	無	
9月1週	9/1-6	64	無	無	
9月2週	9/8-13	55	無	無	
9月3週	9/15-20	66	無	無	
9月4週	9/22-27	63	無	無	

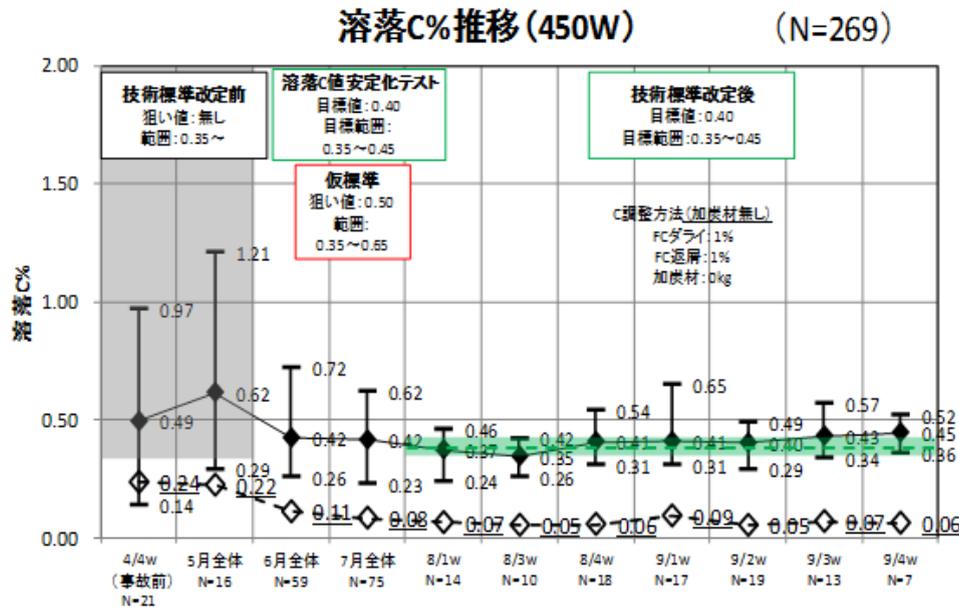
(2) 溶落C%の安定化について

従来は、溶落C%は出鋼C% +0.2%以上という一律の標準で作業を行っていたが、材質毎の溶落C%狙い値を設定し、材質別でスクラップ配合を統一した。

具体的には、特別材質(1H)以外は加炭材の使用を中止、特別材質のみ溶落成分のリン(P)上昇防止のため、加炭材を使用することとした。

①溶落C%推移 (材質 : SC450W)

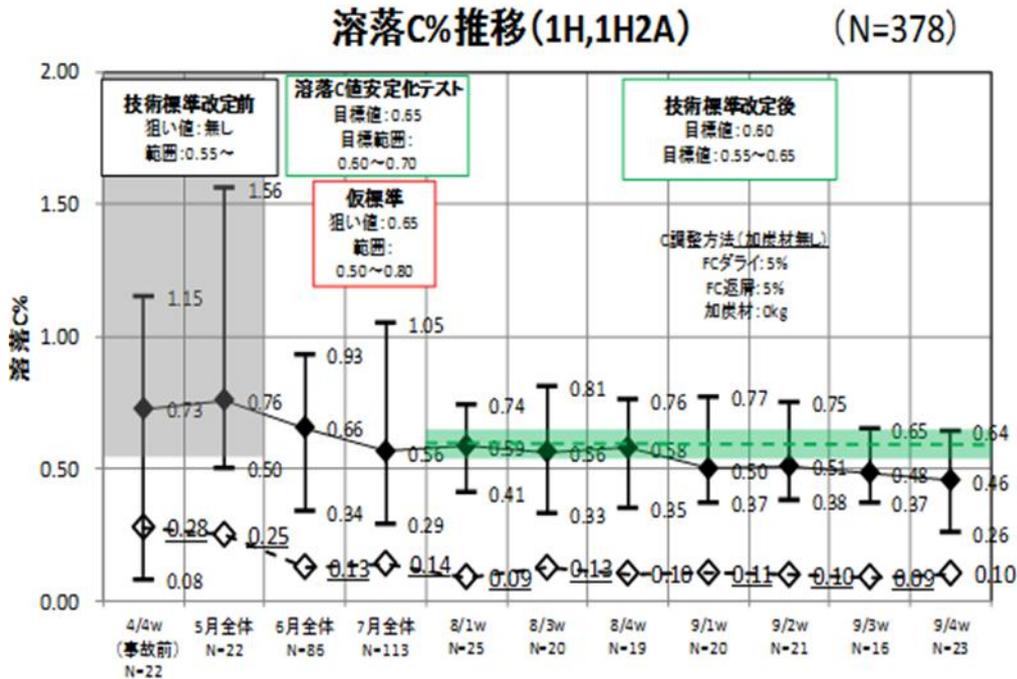
SC450W 材質においては、下図のように、事故前、及び5月(対策前)と比較して、溶落C%の平均値で対策前に0.49~0.62%あったものが、対策後は目標値(0.40%)に対して±0.05%の範囲内となった。また、バラツキ(\sqrt{v})も対策前に最大0.30あったものが、対策後は0.05~0.09となり、6月以降低値での安定を継続出来ている。



時期	ヒート数	Ave. (C%)	Max (C%)	Min (C%)	R		\sqrt{v}
					R	指数	
4月4週	21	0.49	× 0.97	0.14	0.83	100	0.24
5月2週	1	0.73					
5月3週	6	0.64	× 1.21	0.35	0.86	104	0.30
5月4週	9	0.58	× 0.82	0.29	0.53	64	0.18
6月1週	19	0.46	× 0.72	0.27	0.45	54	0.13
6月2週	13	0.37	○ 0.54	0.26	0.28	34	0.08
6月3週	13	0.33	○ 0.45	0.26	0.19	23	0.05
6月4週	14	0.40	○ 0.55	0.27	0.28	34	0.11
7月1週	13	0.45	○ 0.61	0.23	0.38	46	0.09
7月2週	18	0.39	○ 0.62	0.27	0.35	42	0.10
7月3週	18	0.43	○ 0.58	0.33	0.25	30	0.07
7月4週	13	0.42	○ 0.57	0.33	0.24	29	0.06
7月5週	13	0.36	○ 0.47	0.26	0.21	25	0.06
8月1週	14	0.37	○ 0.46	0.24	0.22	27	0.07
8月3週	10	0.35	○ 0.42	0.26	0.16	19	0.05
8月4週	18	0.41	○ 0.54	0.31	0.23	28	0.06
9月1週	17	0.41	○ 0.65	0.31	0.34	41	0.09
9月2週	19	0.40	○ 0.49	0.29	0.20	24	0.05
9月3週	13	0.43	○ 0.57	0.34	0.23	28	0.07
9月4週	7	0.45	○ 0.52	0.36	0.16	19	0.06

②溶落C%推移 (材質: 1H)

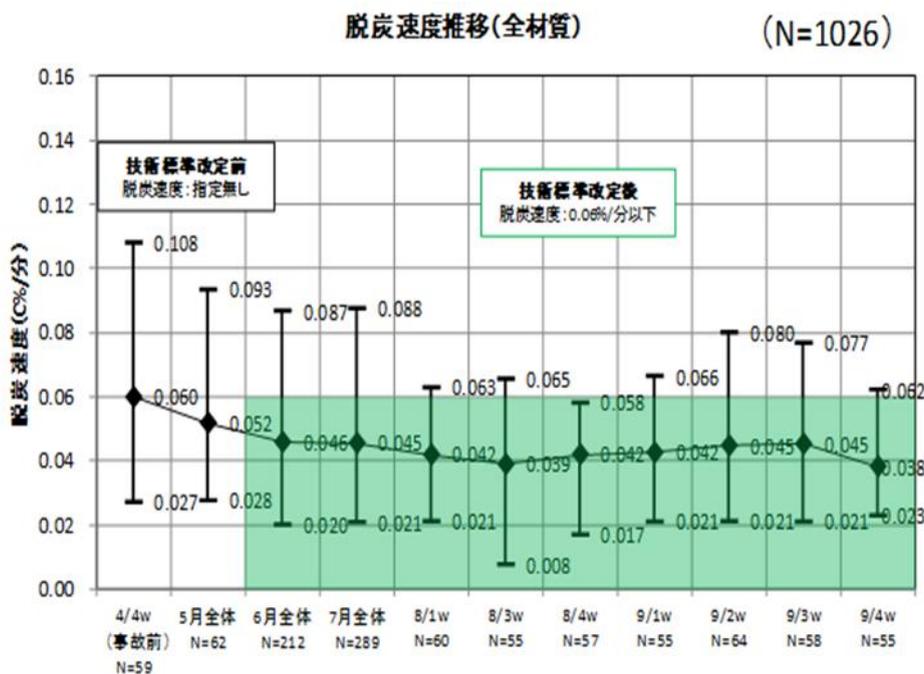
1H材質についても、SG450Wと同様に、溶落C%の値は対策を実施した2014年6月以降低い値での安定を継続できている。目標値0.50%に対して、対策前の平均値は0.66~0.76%であったが、対策後は0.50%±0.10%と低値で安定し、バラつき(√v)についても、対策前に0.25~0.28であったのに対して、対策後は0.09~0.12と少なくなっている。



時期	ヒート数	Ave. (C%)	Max (C%)	Min (C%)	R		√v
					指数		
4月4週	22	0.73	× 1.15	0.08	1.07	100	0.28
5月2週	3	1.08	× 1.56	0.58	0.98	92	0.49
5月3週	8	0.81	× 1.10	0.56	0.54	50	0.19
5月4週	11	0.63	○ 0.80	0.50	0.30	28	0.10
6月1週	13	0.66	× 0.83	0.40	0.43	40	0.14
6月2週	21	0.64	× 0.91	0.49	0.42	39	0.12
6月3週	28	0.65	× 0.93	0.34	0.59	55	0.15
6月4週	24	0.61	△ 0.87	0.46	0.41	38	0.11
7月1週	19	0.51	○ 0.72	0.29	0.43	40	0.10
7月2週	19	0.69	× 1.05	0.49	0.56	52	0.13
7月3週	26	0.63	× 1.03	0.43	0.60	56	0.15
7月4週	28	0.59	× 1.05	0.41	0.64	60	0.14
7月5週	21	0.54	○ 0.79	0.35	0.44	41	0.12
8月1週	25	0.59	○ 0.74	0.41	0.33	31	0.09
8月3週	20	0.56	○ 0.81	0.33	0.48	45	0.13
8月4週	19	0.58	○ 0.76	0.35	0.41	38	0.10
9月1週	20	0.50	○ 0.77	0.37	0.40	48	0.11
9月2週	21	0.51	○ 0.75	0.38	0.37	45	0.10
9月3週	16	0.48	○ 0.65	0.37	0.28	34	0.09
9月4週	23	0.46	○ 0.64	0.26	0.38	46	0.10

(3) 脱炭速度について

通電と自動ランスを同時に行うことを廃止し、溶落C%を安定化させることにより、溶鋼を安定化させ、脱炭速度を安定させることとした。また、過去のボイル発生データより、暫定の脱炭速度の上限値を0.06%/分とし、その範囲に抑えることを目標に操業を行った結果、下図のように、対策前の平均値が0.06%/分であるのに対して、対策後の平均値は0.038~0.045%/分となり、0.06%/分を超える回数も数回/週となった。検証の結果、脱炭速度が0.06%/分を超えるヒートは、①出鋼量が少ないとき、②溶落Si%が低いときに発生することが明らかとなり、これらの場合には酸素吹精流量を落とすことで対策可能であることが判明したため、現在同対策の試行を実施中である。



時期	ヒート数	Ave. (▲C%/min)	Max (▲C%/min)	>0.06回数	Min (▲C%/min)	R		\sqrt{v}	
						指数	指数	指数	指数
4月4週	59	0.060	× 0.108	27	0.027	0.081	100	0.018	100
5月2週	10	0.063	△ 0.080	9	0.031	0.049	60	0.013	72
5月3週	15	0.054	△ 0.068	3	0.032	0.036	44	0.009	50
5月4週	37	0.048	× 0.093	2	0.028	0.065	80	0.019	106
6月1週	44	0.045	△ 0.064	2	0.022	0.042	52	0.010	56
6月2週	49	0.045	△ 0.077	2	0.020	0.057	70	0.010	56
6月3週	49	0.044	△ 0.078	3	0.020	0.058	72	0.012	67
6月4週	58	0.049	△ 0.087	8	0.028	0.059	73	0.011	61
7月1週	60	0.053	△ 0.088	9	0.028	0.060	74	0.011	61
7月2週	64	0.043	△ 0.069	5	0.022	0.047	58	0.012	67
7月3週	59	0.047	△ 0.071	2	0.021	0.050	62	0.012	67
7月4週	57	0.044	△ 0.073	4	0.023	0.050	62	0.012	67
7月5週	49	0.041	△ 0.071	3	0.022	0.049	60	0.011	61
8月1週	60	0.042	△ 0.063	2	0.021	0.042	52	0.009	50
8月3週	55	0.039	△ 0.065	1	0.008	0.057	70	0.014	78
8月4週	57	0.042	○ 0.058	0	0.017	0.041	51	0.011	61
9月1週	55	0.042	△ 0.066	4	0.021	0.045	56	0.011	61
9月2週	64	0.045	△ 0.080	6	0.021	0.059	73	0.011	61
9月3週	58	0.045	△ 0.077	6	0.021	0.056	69	0.012	67
9月4週	55	0.038	△ 0.062	1	0.023	0.039	48	0.009	50

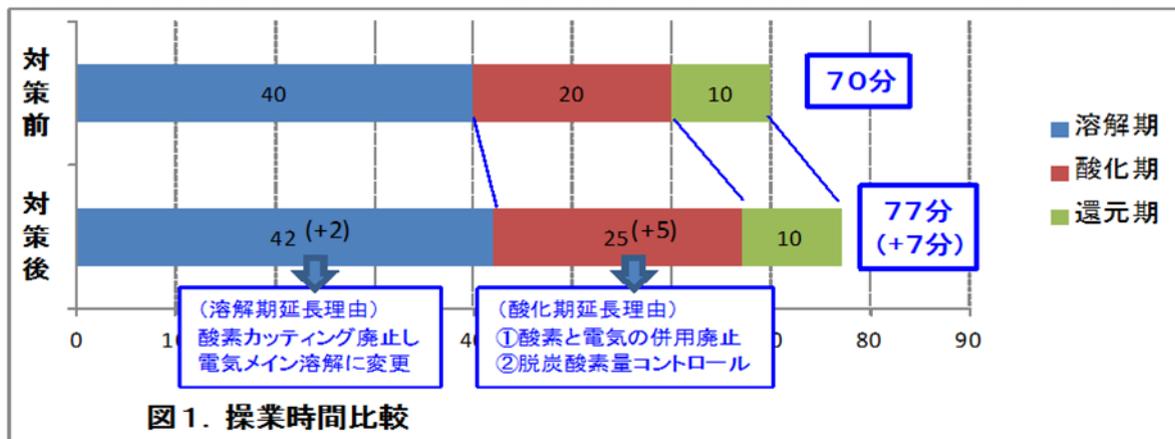
凡例: × (>0.09) △ (>0.06) ○ (≤0.06)

(4) 対策織込み後の作業時間について

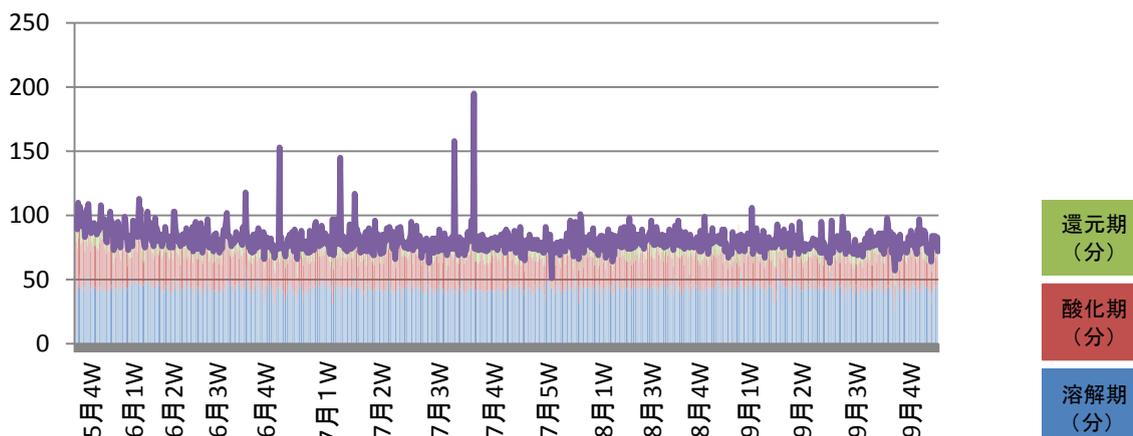
作業変更点

- <溶解期> 酸素カッティング(手動ランスによる溶け残り除去)を止めて、電気メイン溶解に変更
- <酸化期> 昇温の際、通電と自動ランス装置使用を同時に行うことを廃止(酸素と電気の併用禁止)
脱炭酸素量コントロールによる脱炭速度制御
- <還元期> 変更点無し

上記作業の変更を実施したことによる作業時間の基準(目標値)を77分と設定した。



(5) 対策織込み後の作業時間 (通電開始 (On) ~ 出鋼 (Tap))



時期	期間	溶解 ヒート数	時間(分)				
			溶解期	酸化期	還元期	On~Tap	指数
基準			42	25	10	77	
5月4週	5/26-30	41	44.1	35.3	14.2	93.6	100
6月1週	6/2-6	45	45.4	29.4	12.3	87.1	93
6月2週	6/9-13	53	44.2	28.7	11.5	84.4	90
6月3週	6/16-21	63	43.5	27.6	10.7	81.9	87
6月4週	6/23-28	66	43.0	24.7	11.7	79.5	85
7月1週	6/30-7/5	64	43.8	26.6	10.9	81.3	87
7月2週	7/7-12	66	43.2	27.0	10.6	80.8	86
7月3週	7/14-19	66	42.4	26.2	10.4	79.0	84
7月4週	7/21-26	63	42.6	25.9	12.2	80.7	86
7月5週	7/28-8/2	65	43.0	24.6	9.6	77.2	82
8月1週	8/4-9	64	43.6	25.8	9.9	79.3	85
8月3週	8/18-22	55	44.0	25.9	16.3	86.2	92
8月4週	8/25-29	58	43.3	25.9	11.4	80.6	86
9月1週	9/1-6	64	44.0	23.8	11.2	79.0	84
9月2週	9/8-13	55	44.6	23.9	10.1	78.7	84
9月3週	9/15-20	66	42.8	24.8	10.4	78.0	83
9月4週	9/22-27	63	42.9	25.4	11.4	79.7	85

←対策後

操業再開以降の全ヒートの操業時間推移は、上記グラフ及び表に示すように 5、6 月度にはまだ平均値で 85 分前後であったが、7 月以降は 80 分前後で安定してきており、基準値の 77 分に近い値になってきている。

操業時間が短縮できたのは下記の理由が考えられる。

<ON~TAP 減少（短縮）の要因>

- ①溶解を連続操業にしたことで、炉体が保温され、溶解期時間が短縮
- ②溶落C%が安定したことで、酸化期の加炭（炭素の追加）や、過剰な脱炭の必要性が無くなり、酸化期の時間が短縮
- ③電気メイン溶解に変更したことで、炉壁のバリ付着が大幅に減り、側切り作業廃止

以上の対策で、安定的な操業が図られており、対策は有効であると確認した。

6. 4. さらなる安全作業のための追加改善の取組み

（万が一事故が発生しても被害を最小限にするための方策等を含む）

- 1) 設備改善（炉前作業無人化）については、現在検討がなされている。
- 2) 保護具、防熱板 熱風から身を守る（高温から 1～2 秒身体を守れることが重要）ための対策として下記の取組みが実施された。
 - ① 保護具の変更（保護具用の生地を選定テスト実施し前掛けを製作）（写真①）
 - ② 酸素吹精用専用防熱板の製作・使用（写真②）
 - ③ 作業者の配置位置に防熱板を設置（操作盤、测温・サンプル位置、合金投入場、取鍋作業場）（写真③）
 - ④ 溶解作業場への関係者以外の立入禁止の徹底とエリア区画（写真④）
- 3) 事故発生や従業員の受傷に備えて以下が実施された。
 - ① 冷却用シャワーの設置（写真⑤）
 - ② 緊急時の対応マニュアルの整備（写真⑥）

①



②



③



③



③



③



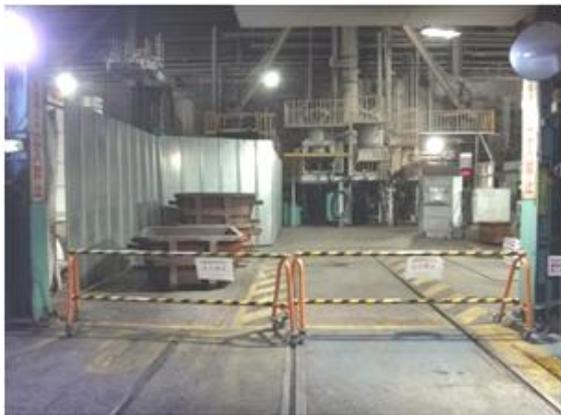
③



③



④



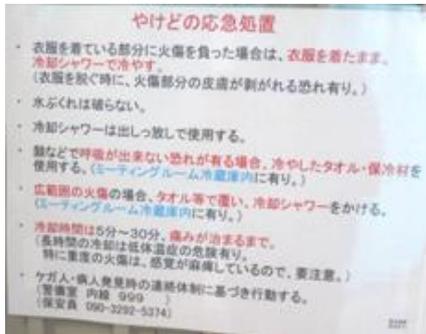
④



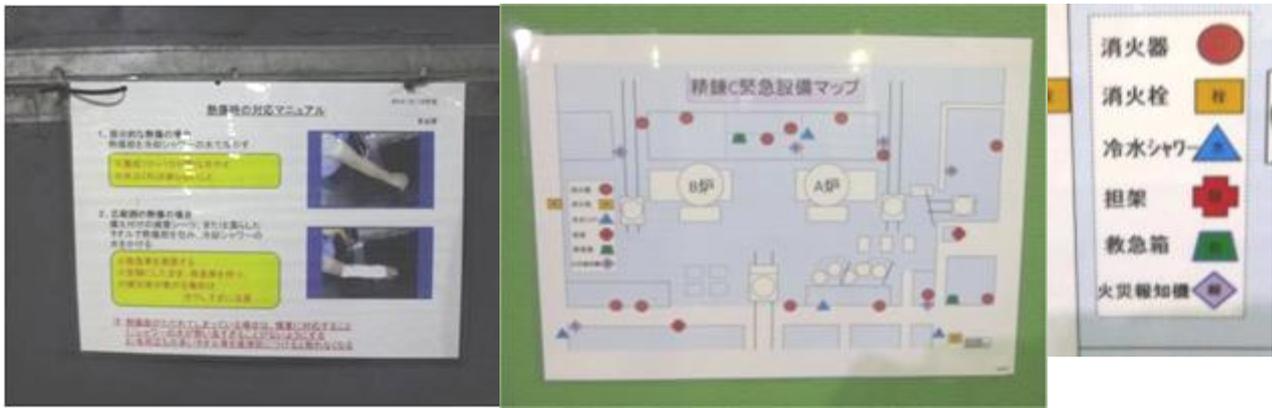
⑤



⑤



⑥



6. 5. 旧B炉更新時における課題と提言

旧B炉は炉体全体の鉄板が減肉し、変形・亀裂が入っているということで、更新する必要があり、更新のための調査・検討は2011年9月からスタートした。更新に際しては、省エネ・省電力、作業環境（粉じん）・安全（スクラップ投入時の転落防止等）等の観点から検討された。

各炉メーカーからのプレゼンテーション・情報提供や、同業他社への視察・調査（ランスバーナー、直接集塵、炉底アルゴン攪拌、合金鉄投入装置⁶等の情報入手）により、仕様を固めていった。

導入された新技術は、直接集塵方式、自動ランス、炉底アルゴン攪拌等であり、その導入目的は下記の通りである。

導入新技術	設備化状況			導入目的			
	A炉	旧B炉	新B炉	生産性	環境	品質	省電力
直接集塵方式	×	×	○	-	○	-	○
助燃バーナー	○	×	○	○	-	-	○
自動ランス	×	×	○	○	-	-	○
操業管理システム ⁷	×	×	○	○	-	-	○
AL電極支持アーム ⁸	×	×	○	-	-	-	○
炉底Ar攪拌	×	×	○	○	-	○	○

更新にあたって他社情報・技術の収集がなされたものの、今回の事故の原因となったと考えられる脱炭速度、材料の品質管理、ボイルをできるだけ発生させないようにすること等についての検討が十分でなかった面も否定できないと思われる。

今後の設備導入にあたっては、外部の技術情報を収集し、さらに新技術を取り込んでいくことは大切であるが、安全性の観点も含め、多面的な調査、検討、確認を確実に実施していくことを提言する。

その際、自部門、コマツキャストックス自社内の関係者だけでなく、外部（コマツグループ会社内及びコマツグループ会社外）有識者も参画させ、ディスカッション、意見聴取することが必要である。

なお、B炉の復旧については、6. 1. 及び6. 2. で示した対策が検討され、復旧ための方針に織り込まれており、安全上問題ないことを確認した。コマツにおいても、外部有識者等も入った「安全性評価会」（添付別紙3参照）が立ち上がり、審議が進められている。

6 合金鉄を炉内に自動で投入する装置。
 7 操業に関するデータ（電力使用量・酸素使用量及び時間・アルゴン使用量等）を一元管理するシステム。
 8 電極（炭素棒）をクランプして、支えているアルミ製の支持部。

7. 安全な職場づくりへの課題と提言

7. 1. 今回の事故に関わる安全管理上の課題と提言

今回の、COガスの急速燃焼という事故は、コマツキャストックスはもとより、国内においても前例がない事故であり、想定しえない災害であった。そのため、当該事故に対するリスクアセスメント、作業標準書への安全作業の織り込み、また、万が一の事故に備えた、緊急避難訓練、設備（防護壁、冷却シャワー等）の設置及び保護具の着用に関して、十分な評価がされておらず、万が一の事故を防ぐ手立てを講じていなかったきらいがある。

ただ、過去には工場内において火炎やガスの吹き出しにより軽い火傷をしたという事例があったことや、一般にアーク炉では水蒸気爆発といったリスクが全くないわけではないことから、適正なリスクアセスメントの実施、それらの結果の作業標準書への織り込み及び作業員への教育を実施する必要がある。

また、万が一の事故に備えた、防護壁、冷却シャワー等の設置や適正な保護具の着用等の作業環境を整備し、定期的に、救命救急に関する教育及び緊急避難訓練を確実に実施することが必要である。

7. 2. コマツキャストックス全体の安全衛生レベル向上のための提言

コマツキャストックスはコマツグループ会社として、コマツ社長が安全衛生最優先をうたった「安全衛生に関する社長メッセージ」（コマツ社長「安全衛生に関する社長メッセージ」は添付別紙4参照。コマツキャストックスではコマツキャストックス社長の署名を追加し連名で社内に発出、掲示。なお、本件事故を受けて発出されたコマツ社長特別安全メッセージ及びコマツ特別安全活動は、添付別紙1・2のとおり）のもと、毎年度示されるコマツキャストックス社長の「安全衛生方針」（添付別紙4参照）を受け、「安全衛生活動計画」（添付別紙4参照）を策定の上、各部門に展開し、活動している。

また、JISHA⁹方式 OSHMS¹⁰認定事業所として、労働安全衛生マネジメントシステムのPDCAサイクルをまわしながら、労働安全衛生活動を実施している。

事故調査委員会は、コマツキャストックスに対するヒアリング、また、コマツの本社安全推進部門、他事業所安全管理部門及び全コマツ労働組合連合会が協働して実施した特別安全衛生パトロールの報告（添付別紙5参照）をもとに下記の通り提言する。

(1) 安全衛生活動のPDCAサイクル再点検

次の通り提言する。：労働安全衛生マネジメントシステムの本質がPDCAサイクルをきちんとまわしながら安全衛生活動を行うことであることを踏まえ、事業場の安全衛生活動のPDCAサイクルがきちんとまわっているか改めて再点検を行うこと。

(2) 日常の安全衛生活動の更なる活性化

① リスクアセスメント

作業員からのHHK（ヒヤリ・ハット・きがかり）提案、安全改善提案等に対し、ゼロ災サークルにおいてリスクアセスメントが実施され、その評価によって改善がなされている。ただ、リスクの評価、特に万が一事故が発生した場合における受傷の有無及び程度について、十分な評価がなされておらず、重大なリスクとして把握されていなかったきらいがある。一方で、リスクレベルを低減することにこだわりすぎている面もみられた。

そこで、次のとおり提言する。：職場全体の作業について、体系的にリスクアセスメントを実施することを徹底すること。改善策については、作業標準書に織り込み、作業員への教育等により定着させ、また、この一連の流れが適正に進められているかチェックするしくみを再構築していくこと。

⁹ Japan Industrial Safety and Health Association（中央労働災害防止協会）の略。

¹⁰ Occupational Safety and Health Management System（労働安全衛生マネジメントシステム）の略。

②安全パトロール

社長以下トップの全社職場パトロールや製造部内ごとのパトロール等は定期的実施され、その中で指摘された事項については都度対応、改善がなされている。ただ、各生産部を横断した安全衛生活動については、有効事例の展開等の面で課題がある。

そこで、次のとおり提言する。：パトロール者の拡大、さまざまな階層の管理監督者が部門間をクロスしてパトロールするなど、安全パトロールのやり方を見直し、また、パトロールにおける指摘や改善の水平展開、フォローを徹底して行うこと。

③安全衛生教育

安全衛生教育について、安全道場を活用した擬似体感教育やKY訓練や、経験3年未満作業者のOJT教育、資格取得・リフレッシュ教育が実施されている。ただ、管理監督者のリフレッシュ・レベルアップ教育等の体系的、計画的な実施という点で不十分な点がみられる。

そこで、次のとおり提言する。：安全衛生教育について、内容、対象者（階層）等を再点検し、下記事項を織り込んだカリキュラムを整備し、安全衛生教育体系を再構築すること。その上で、社内の優先順位を決め、計画的に教育を実施していくこと。

- ・取扱物質に関する化学的な知識やプロセス、作業標準等に関する事項
- ・過去に発生した事故事例や他社で発生した事故事例
- ・熟練作業者の経験・技能の伝承に関する事項
- ・危険に対する感性を向上させ、緊急時対応能力の強化に関する事項

(3) 管理監督者の更なる安全意識・管理能力の向上

管理監督者は、安全衛生日誌や安全パトロール等により日常の活動で現場とのコミュニケーションを図り、職場の安全性向上に向けた活動を行っている。ただ、一部においてそれらがツールとして十分に活用されていなかったり、安全パトロール等の際に改善すべきところが十分に指摘されず、改善に結びついていないという面もみられた。

そこで次のとおり提言する。：管理監督者に対し、リスクアセスメントを含めた、安全意識向上、安全活動内容の理解を深めるための再教育を行うとともに、職場改善の参考となる情報の提供（例えば、社内外の安全衛生優良事例の紹介、人的交流）を図ること。

(4) 安全管理部門の強化・充実

コマツキャストックスには、同社を統括して、本社部門として、生産部門の安全衛生活動を支援・指導・管理する専任の安全衛生担当部門が設置され、精力的に活動している。しかしながら、コマツキャストックスでは、工場が分散し、生産部門・工程が多岐にわたることもあり、同安全衛生担当部門は人的パワー不足の感がある。

そこで、次のとおり提言する。：この本社安全衛生担当部門を人的・質的に強化することにより、より一層のリーダーシップをもって、各部門を支援・指導・管理する体制にしていくこと。また、各部門の安全衛生活動の推進役となる「安全推進員」についても、情報の共有化や必要な教育を実施することにより活性化を図ること。

(5) コマツ及び外部等との連携による安全基盤の強化

次のとおり提言する。：コマツの製造・生産技術部門、さらには、同業他社及び外部有識者との連携をより一層図ることにより、安全基盤の強化のための情報収集・ベンチマークを行うこと。また、こうした取り組みを通じて、事業所全体のプロセスを掌握し、講ずべき安全対策について各部門に適切に指示を行うことができる人材を育成すること。さらに、定期的に外部機関の評価を受ける等により、“外の風”を取り入れる仕組みを構築し、安全が従業員の意識に着実に根付き、安全文化として醸成するよう継続的に改善を進めること。

以上、このような痛ましい事故を二度と起こさないためにも、今回の事故のあった4月25日を「安全を誓う日」として風化させない取り組みも行ってほしい。

8. おわりに

コマツキャストックスには重大な人的被害を発生させた本件事故を真摯に受け止め、二度とこのような重大な事故を発生させないという決意を忘れずに、事故は従業員が発生させるものではなく、会社が発生させるものであるということを改めてかみ締めて、トップ及び経営層が先頭に立って、本事故調査委員会が提言した再発防止対策を確実に実施するとともに、実効性のある安全管理体制の構築に向けて、原点に立ち返って『人の命を大切にする』安全衛生活動を着実に進めていただくことを強く望むものである。

また、本事故調査委員会が提言した再発防止対策には、コマツキャストックスのみならずコマツの各工場及びグループ各社においても参考にすべきものもあろう。是非、他部門に水平展開され、コマツグループ全体の安全管理体制のブラッシュアップにつなげていただきたい。

さらに、本事故調査報告書が鑄造関連産業分野における類似プロセスの事故防止のために活用され、日本の鑄造産業の安全の向上のために多少なりとも貢献できれば幸いである。

最後に、本事故の調査を進めるに当たり、貴重なご意見をいただいた事故調査委員会の方々、精力的な調査を実施していただいた関係者の方々に心から感謝申し上げます。

コマツ事故調査委員会 委員長 木 口 昭 二

2014 年 4 月 30 日
コマツ社長 兼 CEO

特別安全メッセージ

4 月 25 日 18 時、グループ会社のコマツキャストックスで、溶解炉の爆発事故が発生し、社員 5 名が被災し、27 日 8 時、重体だった社員 1 名の尊い命が奪われる痛ましい労働災害が発生しました。

亡くなられた方のご冥福をお祈りし、ご遺族に対し衷心よりお悔やみ申し上げますとともに、負傷された方々の一日も早いご回復をお祈り申し上げます。

今われわれが行うべきことは、原因究明を徹底的に行い、再発防止対策を確実に実行し、コマツグループの社員及びパートナーの方々が安全で安心して働くことができる職場を作り上げ、社会からの信頼を取り戻すことです。

安全・衛生については、かねてより「安全衛生に関する社長メッセージ」で、安全衛生関係者はじめ社員の皆さんに最優先課題として取り組むことをお願いしておりますが、この様な悲しい事故を二度と起こすことがないように、今一度原点に立ち返り、今まで以上に積極的に安全衛生活動に取り組んでいくことを要望します。

特に生産系の事業所においては、今回の事故をコマツキャストックスだけの問題とやりすごすのではなく、コマツグループ全体の課題としてとらえ、全国安全週間（7 月 1 日～7 日）の準備期間（6 月 1 ヶ月）の活動を、本年は 1 ヶ月前倒しをして、5 月から 2 ヶ月間の「特別安全活動」を実施します。

- (1) TOP は、「安全最優先」の信念を社員全員へ真摯に伝え、全社員がこれまで以上に主体的に安全衛生活動に取り組む風土を醸成すること。
- (2) 管理監督者は、これまで以上に現場に入り込み、毎日の部下とのコミュニケーションや現場パトロールを通じて、危険要因を洗い出し、この 2 ヶ月の特別安全活動期間に抽出された危険要因を最優先で即時改善すること。
- (3) 社員は、安全重視の作業指示、設備・工具等の始業前点検、作業前 KY(危険予知)等の日常的な安全活動の充実・活性化及び過去の事故事例、繰り返し事故に対する横にらみを、他部門での改善事例も取入れ、従来にも増して徹底的に取り組むこと。

『 S (安全=生命) -L-Q-D-C 』

コマツグループの社員一人ひとりが改めて「安全最優先」の意義を肝に銘じ、より一段と高い意識と志を持ち、安全で安心して働くことのできる職場を作り上げていきましょう。

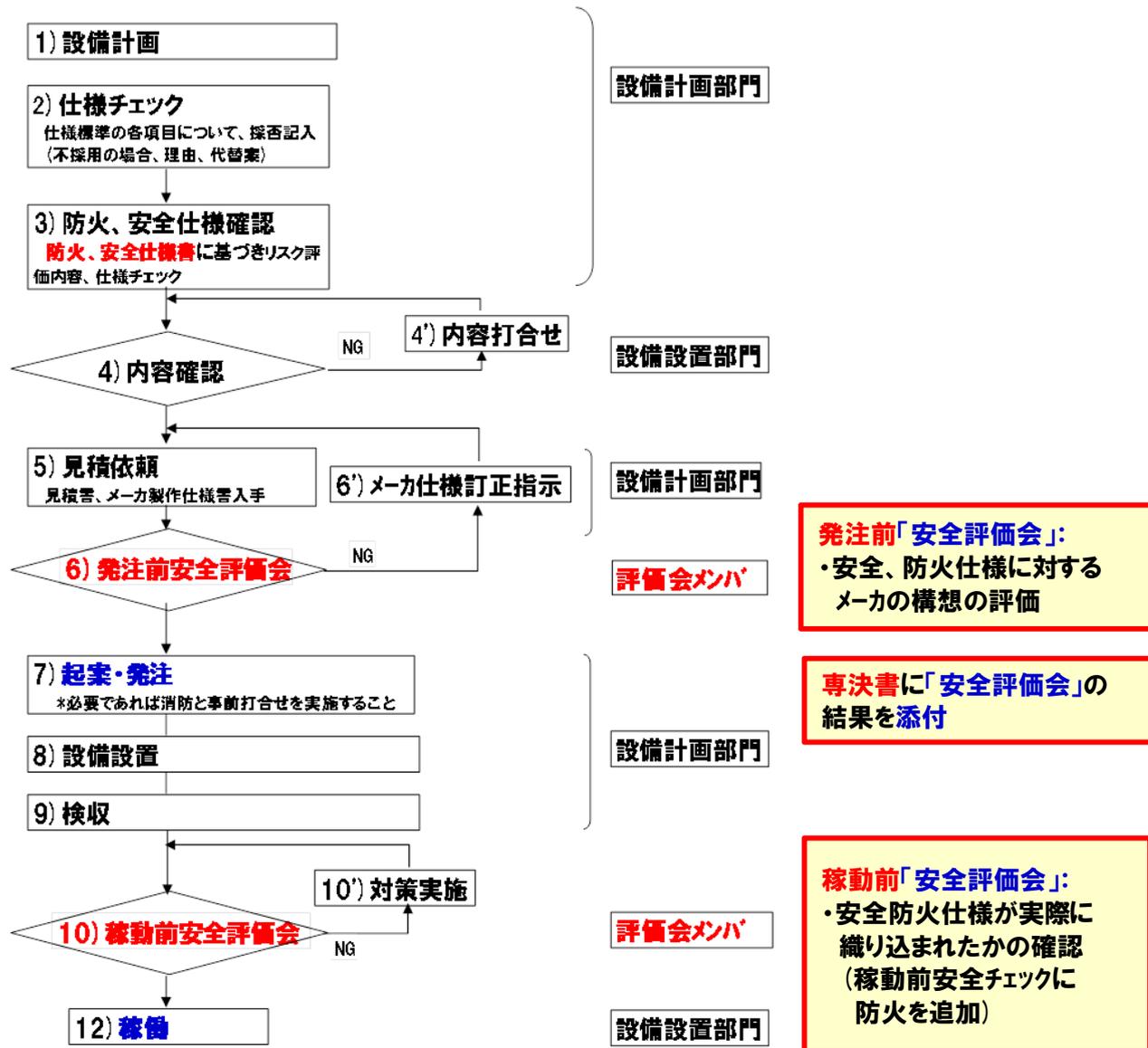
以上

高橋生産本部長 緊急「特別安全活動」 示達（2014年4月30日）

下記の事項について、2014年度「(各部門)安全衛生活動計画」の確実な実行をベースとしながら、現場作業者との緊密なコミュニケーションを第一として行うものとする。

- ①緊急ミーティング 工場長「非常事態宣言」 （安全なくして生産なし）
実施日：2014年5月7日（水）
出席者：現場管理監督者（班長以上）、管理職全員
実施事項：「安全最優先」の原則を社員全員へ再徹底する
- ②爆発事故のリスクが高いと考えられる設備総点検（～2014年5月9日）
 - ・溶解炉、熱処理炉、乾燥炉、ショットブラスト、塗装ブース、ピット、ガス、油配管等
 - ・特殊設備（高所、業者実施等）を除き、全ての上記設備について点検を実施する。
その上で、要改善箇所については早急に対策を実施する。
 - ・海外チャイルド工場、協力企業も総点検を実施する。
- ③現場パトロール : トップ、管理監督者の指導
- ④ゼロ災サークルへの参画 : 管理職、技術スタッフが参加して指導、情報吸い上げ
- ⑤安全日誌の点検 : 「ヒヤリハット気がかり」項目を再点検する。
- ⑥昼食会の実施 : 作業者からヒアリング、コミュニケーション

コマツグループでは、2014年度より設備導入時(発注前・稼働前)に安全評価員による「安全評価会」を導入・実施することとする(2014年5月に本社生産技術部に設備安全担当事務局を設置した。)。安全評価会には、コマツグループの工場の生産部門のみならず、安全担当部門や、他事業所の専門家が参加しており、新設備導入にあたっては、下記フロー図のとおり、安全評価会の評価や結果を要するものとする。



(1) 労働安全衛生マネジメントシステム認証事業場

2010年9月21日 JISHA 方式適格 OSHMS (労働安全衛生マネジメントシステム) の認定 (TS10-16-7) を受け、安全衛生活動の PDCA サイクル「計画 (Plan) - 実施 (Do) - 評価 (Check) - 改善 (Act)」をまわしている。

(2) 安全衛生方針～安全衛生活動計画への展開

コマツキャストックスはコマツグループ会社として、コマツ社長による「安全衛生に関する社長メッセージ」のもと、毎年度示されるコマツキャストックス社長の「安全衛生方針」を受け、「安全衛生活動計画」を策定し、各部門に展開し、活動している。

<コマツ社長「安全衛生に関する社長メッセージ」>

安全衛生に関する社長メッセージ

1. コマツは、まず第一に「社員が安全で安心して働くことのできる職場環境を確保する」とともに、「社員の健康の維持・増進」に努める。

2. コマツは、その実現に向けて、全員が一致協力して、「積極的な安全衛生・健康管理活動」を推進する。

3. コマツの各部門責任者は、上記を最優先課題として認識し、率先垂範して活動する。

安全衛生関係者をはじめ社員の皆さんは、この「社長メッセージ」に基づき、
具体的には下記行動方針で進めて下さい。

- (1) 安全衛生関係法令および社内規程を理解し、順守するとともに、問題点があれば迅速に対応する。
- (2) 労使が協力して取り組み、全員参加の下、ファクツファインディングで問題点を明らかにし、対策を図る。このため、各種コミュニケーションの一層の円滑化に努める。
- (3) 災害、火災を絶対に起こさないよう、現場におけるリスクを排除する。自然災害についても、被害を最小限に抑えるよう、最大限の努力をしていく。
- (4) 心も身体も健康で明るくいきいきと働ける職場づくりを目指す。
- (5) グループのみならず、パートナー(お客様・代理店・協力企業 等)の安全衛生の強化にも積極的に取り組む。

2013年4月1日
株式会社小松製作所
代表取締役社長(兼)CEO
コマツキャストックス
代表取締役社長

大橋 徹 =
佐々木 一郎

※コマツグループ各社においては各社代表者署名を連記して各職場・会議室等にポスターを掲示

<2014年度コマツキャストックス安全衛生方針>

KCX安全衛生方針

- 1. 労使協調の下、安全衛生活動と健康作りを確実に実施し、安全で安心して働ける快適な職場作りを推進します。
- 2. 安全衛生関係法令並びに社内規程等を遵守し、安全衛生管理レベルの向上を図ります。
- 3. 労働安全衛生マネジメントシステムを適切に運用・管理し、従業員と協力して安全衛生レベルの継続的な維持・向上を目指します。
- 4. 全員参加の安全改善とリスクアセスメントで、労働災害の未然防止を図ります。
- 5. 鑄造特有の火災対策や作業環境上の問題に積極的に取り組むとともに、5Sを徹底し快適な作業環境の実現に努めます。

<安全スローガン>

「危険ゼロ職場を確立し災害ゼロの達成」
KCX 安全べからず5箇条の徹底

“KCX べからず 5箇条”

- 1、吊荷の下へ身体を入れるべからず
- 2、切粉、バリを素手で触るべからず
- 3、安全帯を着用せずに高所へ登るべからず
- 4、全電源停止せずに修理作業をするべからず
- 5、後方確認をせずにフォークリフトを運転するべからず

<2014年度安全衛生活動計画>

- 1 労働安全衛生における管理体制の維持向上
- 2 リスクアセスメント及び危険予知に基づく処置の実施
- 3 全員参加による日常活動の推進
- 4 安全衛生教育の充実
- 5 グループワイドな安全活動の支援
- 6 コンプライアンスとリスク管理

重点活動項目

- ・「リスクの洗い出し強化」（設備・玉掛け・手扱い作業） ⇒ 重点パトロール実施

1. 安全衛生活動状況パトロール実施概要

(1) 日時 2014年8月22日(金) 7:50~15:30

(2) 部門

- ①本社工場・鋳鋼生産部精錬部門
- ②本社工場・鋳鋼生産部精錬以外部門
- ③本社工場・CB(シリンダーブロック)生産部
- ④第一工場・鋳鉄生産部

(3) 実施者

- ・コマツ平野顧問
- ・コマツ工場安全衛生担当部長、粟津工場工師長
- ・コマツユニオン本部・支部 安全担当部長
- ・コマツ安全・健康推進部

(4) 実施方法

朝礼から参加し、各センタの安全衛生活動(活動計画書、安全日誌、安全衛生教育、リスクアセスメント、個人面談、作業標準書、新規導入設備、等)及び現場パトロールによりその実施状況を確認、指摘・指導した。

2. 報告内容

コマツキャストックス全体として、トップの「安全衛生方針」に基づき、「安全衛生活動計画」を立案し、積極的に安全衛生活動を実施していることが確認できた。ただ、一部の職場においては次のような課題もみられた。

- (1)部門のそれぞれにおいて、多岐の項目にわたり、安全衛生活動が行われているが、より効果的、効率的な活動運営には改善の余地がある。また、日常の安全衛生活動が形骸化していないか注視していく必要がある。
- (2)各職場の日常的な安全衛生活動、改善活動はそれぞれの部門ごとに取り組まれているが、部門横断的な取り組みが必要な改善について十分にフォローされていない。
- (3)作業員からのHHK(ヒヤリ・ハット・きがかかり)提案、安全改善提案等に対し、ゼロ災サークルにおいて、リスクアセスメントが実施され、その評価によって改善がなされている。ただ、リスクの評価、特に万が一事故が発生した場合における受傷の有無及び程度について、十分な評価がなされておらず、重大なリスクとして把握されていなかったきらいがある。一方で、リスクレベルを低減することにこだわりすぎている面もみられた。
- (4)管理監督者は、安全衛生日誌や安全パトロール等で現場とのコミュニケーションを図っている。ただ、一部において十分にツールとして活用されていないところもあった。また、上記の事項について、安全パトロール等の際に十分に指摘されず、改善に結びついていないという面もみられた。
- (5)コマツキャストックス全社を統括して、生産部門の安全衛生活動を支援、指導する専任の安全衛生担当部門が設置されているが、事業場全体の安全活動に関してのリーダーシップの発揮、チェックという点で不十分な面がみられる。
- (6)全社的な安全衛生パトロールも実施されているが、各生産部を横断した安全衛生活動については、有効事例の展開等の面で課題がある。

(7)安全衛生教育について、安全道場を活用した擬似体感教育やKY訓練、経験3年未満作業者のOJT教育、資格取得・リフレッシュ教育が実施されている。ただ、管理監督者のリフレッシュ・レベルアップ教育等の体系的、計画的な実施という点で不十分な点がみられる。

以上