

大分転炉制御装置更新

Updating of the converter control equipment at Oita



豊福 賢治

Kenji Toyofuku

エンジニアリング事業部
電計エンジ2部
鉄鋼プロセス制御グループ
大分制御グループ兼務



手嶋 靖夫

Yasuo Teshima

エンジニアリング事業部
電計エンジ2部
大分制御グループ



土谷 修司

Shuji Tsuchiya

エンジニアリング事業部
電計エンジ2部
大分制御グループ



末光 翔斗

Shuto Suemitsu

エンジニアリング事業部
電計エンジ2部
大分制御グループ
プロポーザルグループ兼務



原 光洋

Mitsuhiro Hara

エンジニアリング事業部
電計エンジ2部
鉄鋼プロセス制御グループ



鈴木 健生

Takeo Suzuki

エンジニアリング事業部
電計エンジ3部
広畑制御グループ



江崎 了達

Ryotatsu Ezaki

エンジニアリング事業部
電計エンジ4部
プロポーザルグループ
カスタマーエンジニアサービスグループ兼務



大瀧 慶一

Keiichi Otaki

大分電計センター

製鉄所の転炉制御装置更新において、①特定メーカーに依存する負荷分散と顧客投資の緩和 ②リピート効果によるソフト生産性向上 ③技術担保、技術流出防止 の目的で、全面的にソフト自製と更新に必要な提案を行い、全社で計画的に更新を進められる体制を構築する。今回、設備規模が大きく既に一部自製実績のある日本製鉄株式会社殿九州製鉄所大分地区の転炉設備を対象に自製化を果たした。本稿では自製化及び円滑立ち上げへの取り組みについて報告する。

In order to (1) diversify the load concentrated on specific manufacturers and ease customer investment, (2) improve software productivity through repeat effects, and (3) ensure technology and prevent technology outflow, we will make proposals necessary for full self-manufacturing and updating of software, and build a system that will enable the entire company to systematically update the converter control equipment at steel mills. This time, we have achieved self-manufacturing of the converter equipment in the Oita area of the Kyushu Works of Nippon Steel Corporation, which is a large facility and already has the experience of partial self-manufacturing. This paper reports on the self-manufacturing of the equipment and the efforts to ensure a smooth start-up.

1. はじめに

日本製鉄株式会社殿九州製鉄所大分地区（以下大分地区）の1～3炉（LD）からなる転炉主幹制御装置は、1991年に導入後25年が経過し予備品枯渇の危機を迎えたため、2015年度案件として更新が計画された。当社はこれまでも工事・ソフトを請け負ってきた経験から、他の大規模システムと同様に、

- (1) 更新実施が特定メーカーに集中する事によるインシヤルコストを抑制
- (2) リピート効果によるソフト生産性向上
- (3) 技術担保および技術流出防止

を目的に制御ソフトを自製化する方針とし、更新時期および設備規模から大分地区の転炉をターゲット案件とした。今後の展開を考え、ソフト開発要員は各所から選出したチームで編成した。

2. 大分転炉制御装置更新計画概要

大分地区の転炉制御装置は、総I/O点数が一万点を超える（3炉＋共通設備のAIO/DIO点数）大規模システムである。そこで更新に当たり次の方針とした。

- (1) 更新後のシステム構成は、客先と共同で検討し、既設の炉同一データウェイ上への配置方式から炉別分割方式としてデータベース等の共通部分をなくし、炉毎の更新・改造を容易にした（図1）。更新は炉別に行うが、ゲートウェイに仮設ソフトを入れて、過渡期に全炉共通設備と新制御装置との伝送を確保する工夫を行った。
 - (2) 制御装置全ソフトの当社自製を目指す中で、特にこれまで特定メーカーが製作していた上吹き酸素および排ガス回収設備（以下上吹きOG）・底吹き設備（以下OB）については日本製鉄殿の中央エンジニアリング部隊（以下PFC）と共にソフト構造の検討から行った。
 - (3) 炉前一炉裏間をつなぐ重要ルートである既設地下のカルバートの余裕の確保と既設配線近傍での施工リスク回避、各炉同一ルートでの施工の効率化、トラブル時の復旧早期化のため炉裏に電気室を設け、炉前と炉裏を別ルートでソフト伝送化にてR-I/O接続した（図2）。
 - (4) 炉修を利用するの工事/試運転になるが、稼働炉の炉況悪化により中断を余儀なくされることもあるため、事前工事で短時間に新旧切替え可能な施工をしておく。
- 図1に既設および更新後のシステム構成を、図2に今回のケーブルルートを示す。

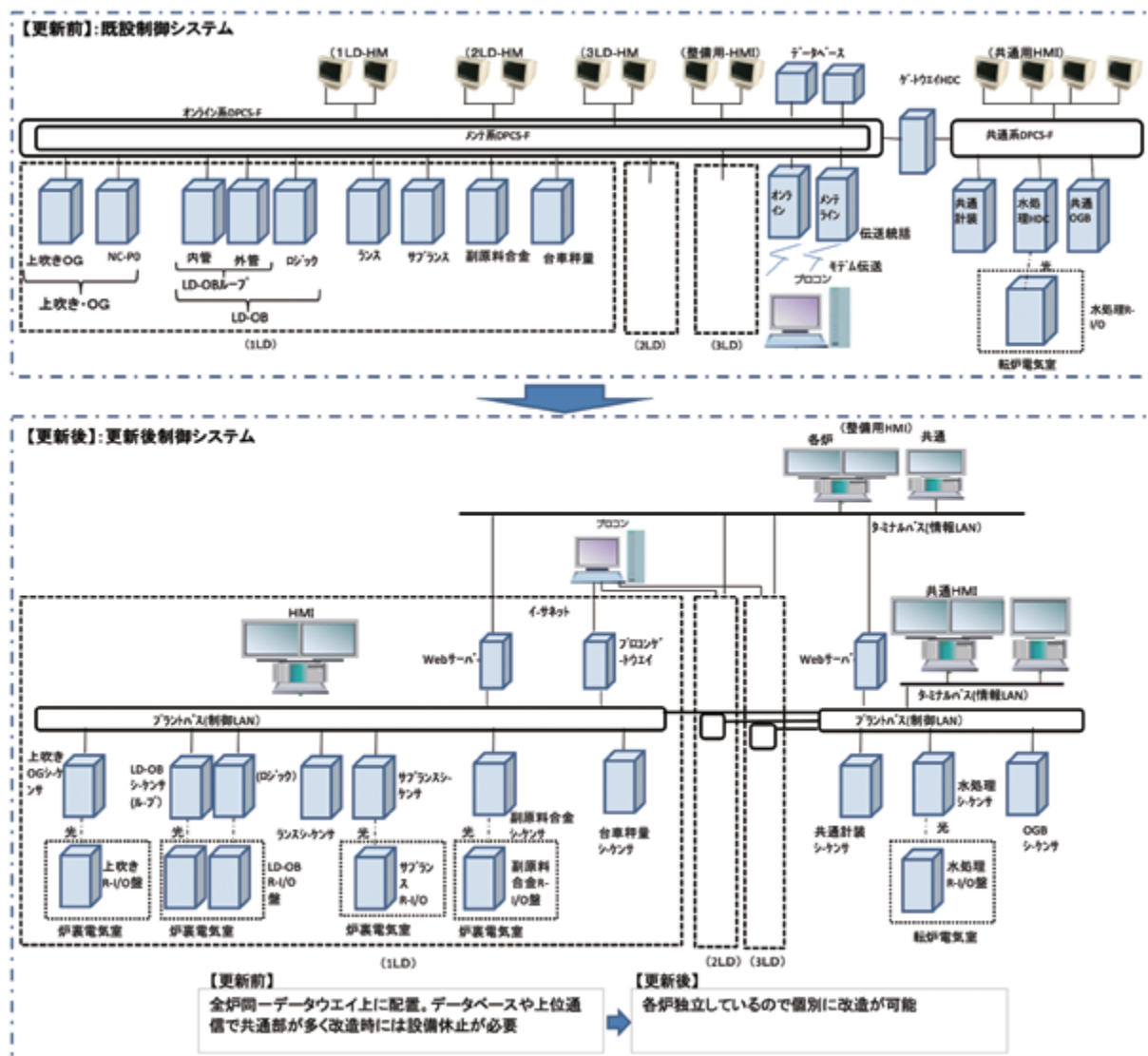


図1: 更新前後のシステム構成

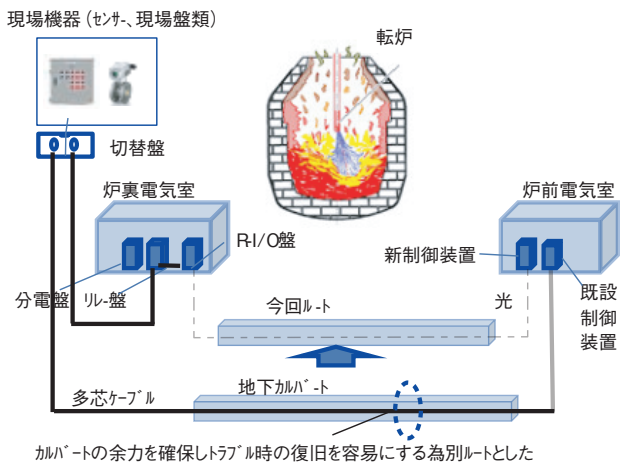
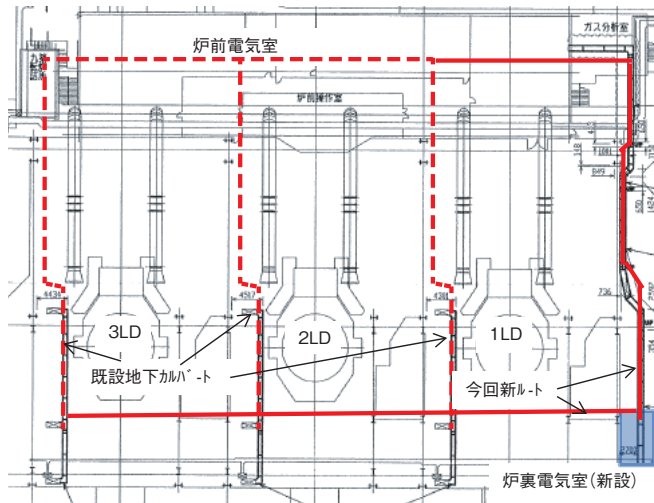


図2: 転炉地下ケーブルとケーブル対策

3. ソフト自製の課題と対策

当社では、これまで日本製鉄殿社内の中小規模のみならず、大規模システムに対してもソフト自製化の成果を上げてきたため、実績が少ない転炉についてもここで培った経験を活かし拡大していくべきと考えている。また、今後転炉主幹制御の更新案件が続くと予想される事から、大分地区を皮切りに自製を進め、将来的には日本製鉄殿社内に展開していきたい。

表1: 転炉制御ソフトのリスク評価

分類	設備	他装置への影響	ソフト難易度	既設改造実績	設備理解度	判定
計装	上吹きOG	×	△	△	△	5
	LD-OB	×	△	△	△	5
電気	ランス・サブランス	○	○	△	△	2
	副原料	△	○	△	△	3
	傾動・受鋼台車	○	○	△	△	2
共通	-	-	○	○	○	0

リスク評価: ○: 0点、△: 1点、×: 2点で評価

表1に示すように、当社の大分地区における技術レベルの現状把握としてリスク評価を行った。この中で、計装設備である上吹きOG・OBは、ステータスと呼ばれる操作状態を管理するモードを持っており、これがランス・傾動他電気装置の動作条件にかかわる影響が非常に大きい。そのため、メーカーと共同

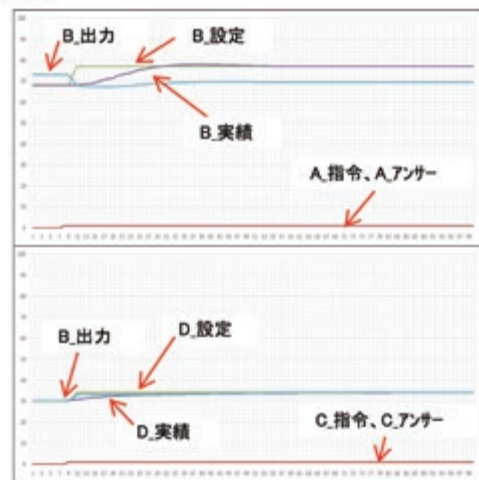
開発してきた歴史を背景に特命発注してきた為、現状では機能の把握が不十分であったりリスクが高い事に対策が必要であった。そこでPFCと共同で、制御の基本から吟味し直した。一方、電気および前回更新時にも自製している共通設備は、当社単独での製作とした(表2)。

表2: ソフト製作担当

		既設	今回
炉別	上吹きOG	メーカー	PFC/当社
	LD-OB	メーカー+当社	PFC/当社
	ランス	メーカー	当社
	サブランス	メーカー	当社
	副原料・合金	メーカー	当社
	台車秤量	メーカー	当社
共通	共通計装	当社	当社
	水処理	当社	当社
	OG-B共通	メーカー	当社

計装制御ソフト解析に当たり、今後全社展開していくことも視野に入れて大分地区のみならず他所との比較を行い、上吹きOG・OBの約30%は標準化可能であることを確認した。そのうち制御が設備トラブルに直結するOBの問題として、大分地区の転炉で8000パターンに及ぶ膨大なガス切替がある。これまでは図3上図の様にチャートから変化点を読み取って機能確認をして

(従来)



(今回)

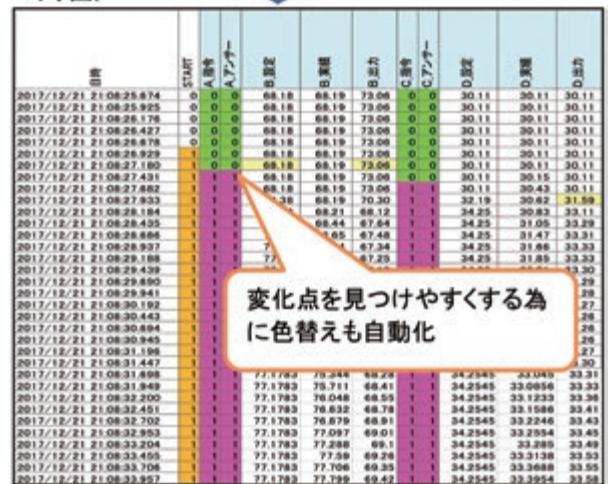


図3: 機能検証の容易化

いたが、今回下図の様にそれぞれの操業状態に応じたガス種類の自動遷移化およびガス切替結果を表によって数値化するツールを開発し、試運転の効率化と信頼性向上を図った。

その中でも炉圧制御は、転炉操業の中で「安全(防爆)、コスト」を大きく左右する制御であるが、外乱影響因子が多く現地調整も困難な状態だった。そこで従来は図4左の様に演算による設定値結果のみだった表示に対し、図4中央の様にソフト構造を可視化すると共に、操業が制御に影響を及ぼす状況が分かるようにした。これによりソフト製作のみならず、立ち上げ後の制御機能調整が容易になり、性能の評価・維持にも役立つ。

この様にして外乱の影響を事前に予測し、軽減することで図4右の様に制御性を向上できると考えられる。

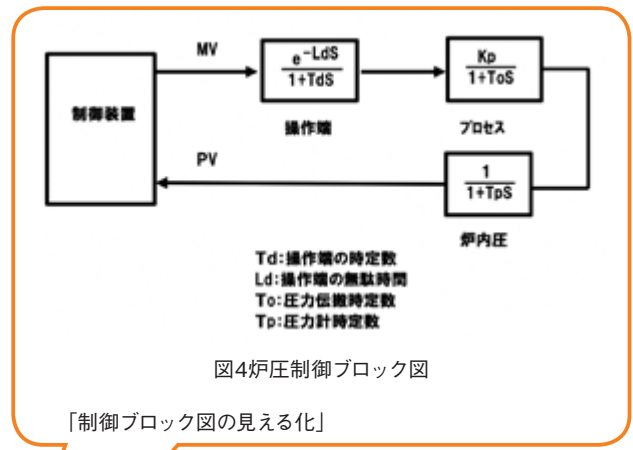


図4炉圧制御ブロック図

「制御ブロック図の見える化」

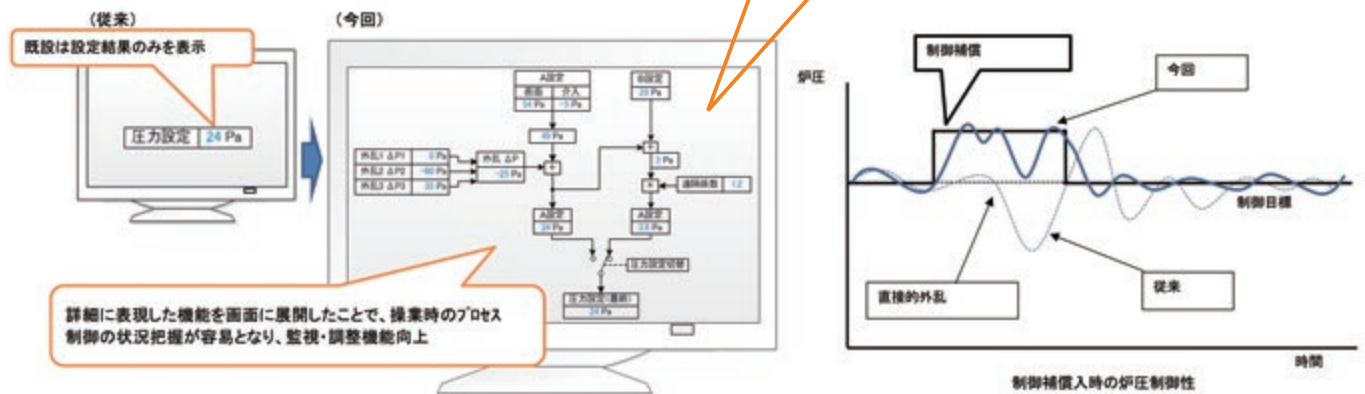


図4：炉圧制御動作の可視化と制御性向上のイメージ

4. 確実な立ち上げのための工夫

ソフト全面自製による初めてのケースであるため、確実な立ち上げを期して下記の施策を実施した。

- (1) 本工事/試運転は長期の炉修を利用して行うことになるが、事前に短期定期休止を数回繰り返して迅速な新旧切替え可能な施工をして置く事で、本切替え作業を最小として試運転時間を確保すると共に、不測の事態による既設への復旧に備えた。これは図5に示す様に、切替盤の着脱式端子台を繋ぎ変えることにより、現場からの信号が新あるいは旧制御装置に切替る様になっている。
- (2) 操業と一体となったチームを構成し、プロジェクトルームでソフト製作・デバッグを行う事で意思疎通を密に行い、仕様の抜けやミスを防止した。
- (3) 事前に複数回の立会検査をすることで、指摘事項を極小化した。
- (4) 現地では本試運転に先立ち、現場からの信号をシーケンサーで模擬するシミュレータ（現場機器シミュレータ）を

接続する事で 現場機器⇄リレー盤⇄I/O⇄制御装置 とシステム全体の機能確認を行い、本試運転での試運転時間をミニマムにした（図5）。

特に（2）（3）は製鉄所構内で事業展開を行っている当社の利点を生かすもので、構内施設にソフト開発環境を構築し、操業も入れたチームで仕様の認識違いを早い段階で無くすことが出来た。「検査→バグ抽出→修正→再検査・・・」のサイクルを短い周期で多く実施出来たことが、ソフト品質の向上につながったと考えている。

また、本環境を用いてオペレータ計28人に対し1人当たり5Hrの操作教育を事前に行うことで、更新後の操業に慣れて頂くことが出来た事も構内で製作した利点であった。

これらの工夫により試運転時の指摘事項は少なく抑えられ、円滑な立ち上げを実現できた。主機能に関する不具合はほとんどなく、あっても短時間で修正できるレベルのものであった。

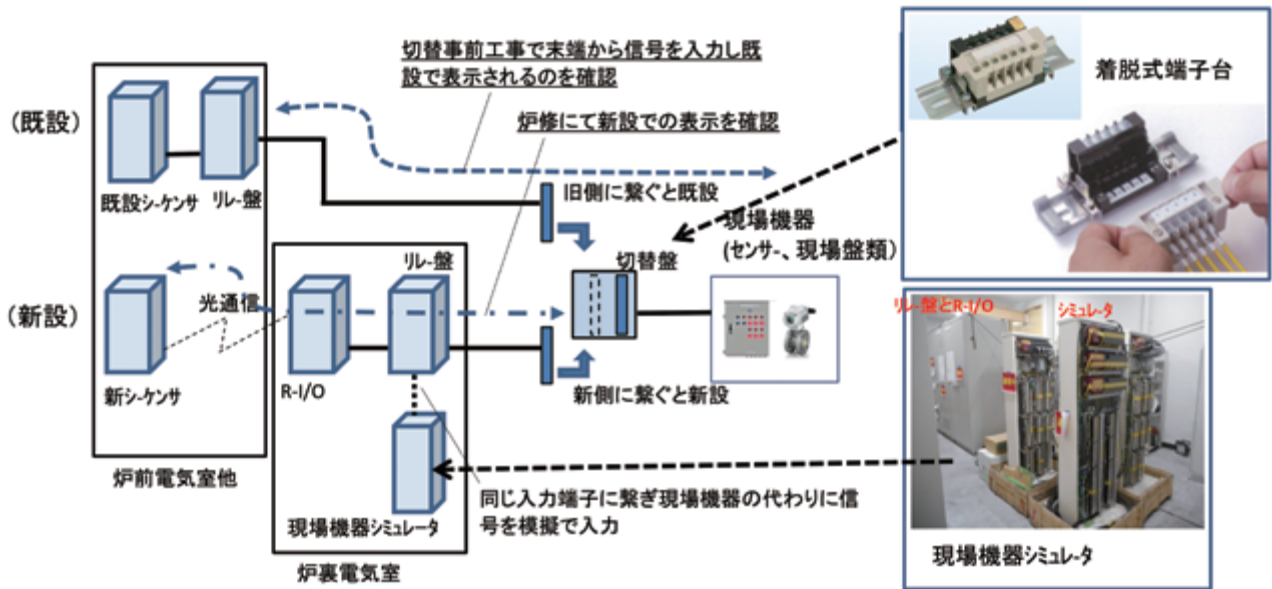


図5：新旧切替えとシミュレータによるテスト環境

5. 試運転および立ち上げ状況

図6に2号転炉の試運転工程を示す。

炉修入りから配線切替&I/Oチェック迄は築炉や整備作業と並行して行い、単体試運転以降が設備を動作させての確認となる。試運転期間の途中で、稼働中の他炉の予期せぬ炉況悪化および試運転進行状況によっては、更新前の制御装置に戻さなければならないケースも有り得る。復旧に要する時間も考慮して、更新続行の可否を判断の限界タイミングを決めている。既設への復旧には工事による数十日の戻し作業が必要であるが、着脱式端子台により新旧切替え戻しを8日間で実現し、客先の操業遅延・停止リスクに備えた(図6中の更新継続可否判断時点)。また、前項(4)の工夫により、配線切替&I/Oチェックと単体・連動試運転(6+14day)からの20日のうち実質12日目で機能を確認し、普通なら炉修日数追加が必要となる新制御装置立ち上げを通常の炉修工程内に収めた。

この様な時間的制約があったものの、入念な事前準備および高いソフト品質が功を奏し、最終円滑に推移して試運転を完了した。そして立ち上げ翌日には通常操業に組み込むという文字通りの垂直立ち上げも実現出来た。

2019年5月に2号転炉、同年12月に3号転炉を立ち上げ円滑に操業中である。現在は炉共通設備および残る1号転炉更新に向け準備中である。

6. おわりに

これまで転炉吹錬制御は技術レベル、規模、工事条件・期間共にハードルが高く、自製経験での取り組みは行われていなかった。しかし、社内エンジニアリング部門と客先の技術・操業部門との連携により、ソフト自製のみならず、ハードへの提案も含め、大分地区の転炉制御装置を円滑に更新すると共に、安定稼働に対しても寄与できた。これにより改造の容易化・安価化およびノウハウの保護体制の構築が図れた。今後は日本製鉄殿社内他転炉への更新を中心に、広く展開を図っていきたい。

お問い合わせ先

電計事業本部 営業部

TEL 03-6860-6625

制御装置	▼炉修入り	単体試運転(6day)	連動試運転(14day)	操業開始
上吹きOG		●	●	●
OB		●	●	●
ランス		●	●	●
サブランス		●	●	●
副原料・合金		●	●	●
台車秤量		●	●	●

▲更新継続可否判断(操業開始8日前)

図6：2号転炉制御装置更新 試運転工程