

時分割光伝送方式による新通信網の開発

— 新日本製鐵株式会社大分製鐵所への適用 —

Introduction of the Optical Fiber Loopnetwork for Nippon Steel Corporation Oita Works

Σネットワークをベースとして幾つかの機能を強化し、製鐵所などの過酷な製造現場で適用拡大が可能な時分割光伝送方式によるLANを開発した。

本ネットワークは、新日本製鐵株式会社大分製鐵所の新通信網として構築され、既に本格稼動に入っている。本通信網は、計算機センタの円滑な移転を実現するとともに、従来の構内通信網に対し回線容量の増強、通信品質の向上を図り、更に今後の情報化拡大への対応を図ることをねらいとしている。製鐵所の24時間稼動に対応し、従来のΣネットワークに光送受信回路部への遠隔給電機構の付加など、RAS機能の強化を図り、また、運用の容易化、センタ移転の容易化のために、回線の一括切替機能の開発を行った。この結果、センタ移転を支障なく実現し、また製鐵所の過酷な環境の中で安定稼動を保障できる高信頼度の新通信網を実現することができた。また、今後基幹通信網としての役割が期待されている。

中村 威* Takeshi Nakamura
 米本正壽* Masatoshi Yonemoto
 檜山邦夫** Kunio Hiyama
 山川 寿*** Hisashi Yamakawa
 高野正彦*** Masahiko Takano

1 緒 言

新日本製鐵株式会社大分製鐵所では、世界最大級の大型溶鋳炉を中心とし、製鋼、厚板、熱間圧延コイルまでの連続一貫生産を行っている。その総合的な管理を大型計算機を中心に各種プロセスコントローラなどとオンライン接続し、高品質、高効率な生産を実現している。また、溶鋳炉は昼夜連続して操業しており、そのために計算機システムには24時間連続運転に耐えられる高い信頼性を必要としている。更に、より高い生産性の向上をねらったシステムの改良拡充もたびたび行われ、オンライン操業中での円滑な対応を必要としている。一方、接続端末、機器数もそれらに伴い増加し、そのた

めに製鐵所の東西約4 km、南北約2 kmの広大な敷地の中で、中央計算機室から各所へ張り巡らされた多数の通信回線ケーブルの増設も必要となってきた。

このような状況のもとで、従来の計算機室を防災対策の強化のために製鐵所構内に移転するとともに、各種機器の更新を図ることとなった。この移転を円滑に実現するとともに、光ファイバケーブルを用いた新しい通信網を導入し、合わせて通信回線の容量増強、品質向上及び今後の情報化拡大への対応を図ることをねらいとした。

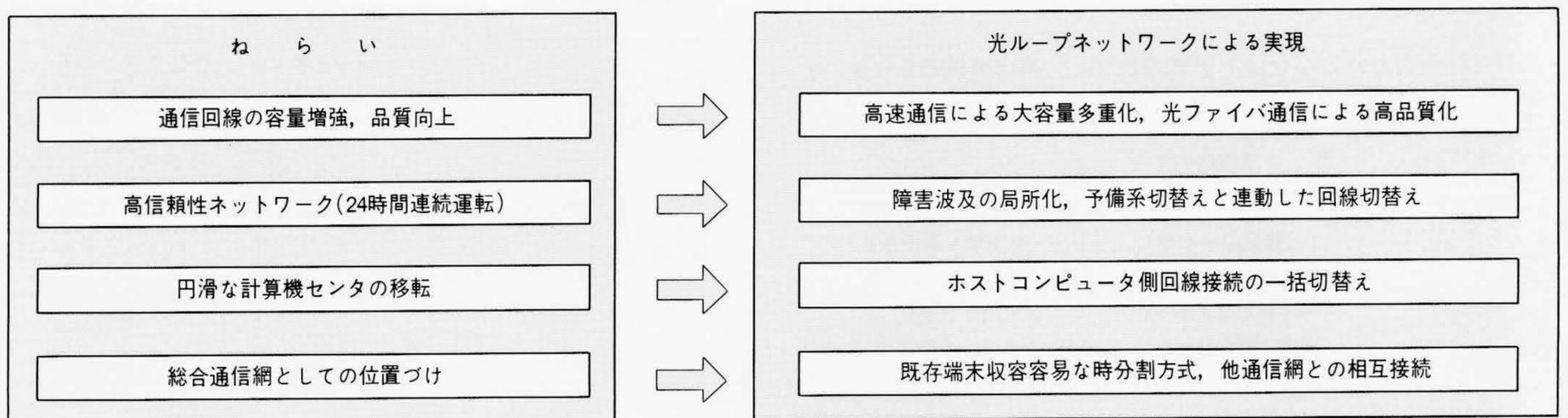


図1 光ループネットワークの導入 光ループネットワークの導入により、従来の問題点の解決、計算機センタの円滑な移転などの実現を図る。

* 新日本製鐵株式会社大分製鐵所システム部 ** 日立製作所神奈川工場 *** 日立製作所大森ソフトウェア工場

2 光ループネットワークの導入のねらい

新通信網のねらいは、図1に示すような4点がある。これらの実現のためには以下のように光ループネットワークが必要であり、その導入を図ることとした。

(1) 通信回線の容量拡大と品質向上

従来は中央計算機室から50対あるいは100対のメタルペアケーブルを各方面に布設し、要所要所に設けた中継端子盤で各所に分岐させていた。しかし、毎年20~30台以上の端末機器の増設が必要となり、そのつど追加配線を行っていたが回線数不足を生じてケーブル増設をせざるを得なくなることも多く、多額な投資を毎年必要としていた。また、通信回線に起因する障害も少なくなく、端子盤での接触不良など、原因追求に長時間を要する不具合も多々あり、そのために緊急処置として別回線への振替をせざるを得ず、ケーブル不足を増長させる要因ともなっていた。

これに対し、近年の光通信技術の進歩により、構内光ループネットワークの導入が可能となってきている。これにより、光ファイバ通信の特徴から通信の高品質化、高速通信による回線容量の増強を図ることが実現できよう。

(2) 高い信頼性を持つ通信網の構築

24時間オンライン運転を維持するためには十分な高信頼性を持つ必要がある。そのためにネットワーク自体が障害を発生しにくいこととともに、障害発生時には全体停止を回避し障害の波及範囲を局所化することが必要である。

また、ホスト計算機も高信頼度化のために予備機を持っているが、ホスト側の予備切替えに伴い対応する回線も予備側に一斉に切り替える機能も併せ持たせ、システム運用の容易化を図る。

光ループネットワークは、インテリジェントな機能を持っており、これら高信頼度化、運用の容易化に対応することができよう。

(3) 計算センタの円滑な移転

センタ移転のために計算機システムを停止できる時間は、製鉄所の操業上1シフト分の時間(8時間)に限られる。その間に移転を完遂させるには、あらかじめ新通信網に全回線を

表1 時分割方式とパケット方式の比較 現状の技術レベル、既存端末からの移行性及びコスト面から判断して時分割方式を採用する。

項目	時分割方式	パケット方式
1. 伝送制御上の特徴	(指定席予約制) ◎ 伝送待ち時間なし ○ 利用効率は落ちる。 ◎ 伝送手順に非依存	(先着順・論理多重) ○ 伝送待ち時間発生 ◎ 利用効率は高い。 ○ 伝送手順の認識要
2. 接続端末	◎ 従来形端末	○ X.25端末のみ
3. サービス性	○ 同一手順、速度機器間接続のみ	◎ 異速度端末接続可 ◎ 回線集約可
4. コスト	◎ 回線あたりはモデム並み	○ 高価

収容しておき、センタ側の回線の一括切替えだけで対応する必要がある。光ループネットワークのインテリジェントな機能を活用し、このような一括切替え機能を実現する必要がある。

(4) 総合通信網としての位置づけ

製鉄所内の通信網には、コンピュータ通信網以外に既存の電話網があり、更に今後OA(Office Automation)通信網が考えられる。これらの通信網全体の統合化は、アプリケーションまで含めるとまだ不透明な部分が多いため、当面は目的別の通信網として構築することとし、将来、必要に応じて相互の通信網を接続できるように配慮しておく必要がある。

一方、通信方式として時分割方式とパケット方式があるが、既存端末をそのまま収容することにより、センタ移転の負担を軽減することと、プロトコル標準化が不透明な現在の技術レベル、及びコスト面からみて時分割方式を用いることとした。両方式の比較を表1に示す。

3 ネットワークの特徴

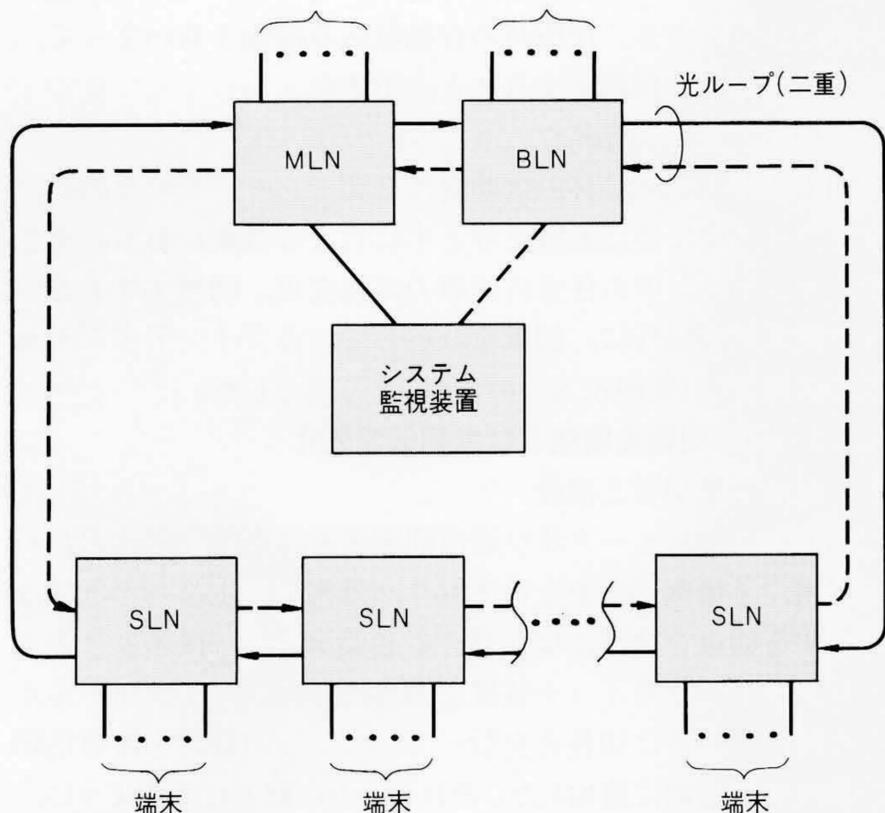
3.1 Σネットワーク方式

以上のねらいを実現するために、時分割方式の光ループネットワークとしてΣネットワークが導入の候補となったが、製鉄所のような大規模で過酷な環境と使用条件に対し装備が不十分であり、大幅に機能エンハンスを行うこととした。表2に新通信網としての基本仕様を、図2にΣネットワークとして

表2 新通信網の基本仕様 Σネットワークをベースとした新通信網の基本仕様を示す。小括弧内は今後の拡張を示す。

項目	仕様
光波長	1.3μm
光ファイバ	50/125μm GI形
ノード間距離	最大3.5km
伝送速度	30.72M bps
ノード数	最大64ノード以上
回線収容数	9.6k bpsで1,000回線以上 ノード当たり~32回線
通信形態	1:1, 1:N(マルチドロップ) (N:N交換)
回線速度	V.24非同期~4.8k bps 同期~19.2k bps (V.11同期~48 k bps) (X.20 ~1.2k bps) (X.21 ~9.6k bps) (電話 0.3~3.4kHz)
RAS機能	主要部二重化 ループ交替, ループバック, バイパス ヘルスチェック ネットワーク管理

注: 略語説明 RAS(Reliability, Availability, Serviceability)



注：略語説明 MLN(マスタリンクノード)
BLN(バックアップマスタリンクノード)
SLN(スレーブリンクノード)

図2 Σネットワーク基本構成図 MLNはループ全体の制御を行っており、障害時はBLNがその機能を代行する。光ループは互いに逆方向の二重ループ構成である。

の基本構成を示す。ベースとするΣネットワークの特徴は以下に述べるとおりである。

- (1) ノード装置のほとんどの論理回路は汎用のLSIあるいは専用のCMOSマスタスライスVLSI化されており、低消費電力化及び高信頼度化されている。また、主要論理部は二重化可能となっており、高い稼働率が得られる。
- (2) ループ全体の制御を行っているマスタリンクノードが障

害になったとき、自動的にその代行機能をバックアップマスタリンクノードが行い、システム停止を防止している。

(3) ループ伝送路あるいはノード装置に障害が発生したときには、自動的に二重化されたループ伝送路の交替あるいはバイパス、ループバックにより、障害箇所の切離しを行い、障害波及範囲の局所化を図っている。

(4) 光伝送回路は $1.3\mu\text{m}$ の長波長帯域を用い、伝送距離の延長を図っているが、発光素子はLED(発光ダイオード)、受光素子はピン形ホトダイオードを用い、高信頼度化を図っている。

(5) 低速回線の収容数の増加をマルチフレーム方式の導入により行っている。1チャンネル当たり64k bpsでは1回線収容のところ、9.6k bpsでは4回線、4.8k bpsでは8回線まで収容できるようにしている。

(6) 回線交換機能を内蔵しており、X.20、X.21のデータ回線交換を行うことができる。

(7) ネットワークの構成定義の登録、変更、表示などをシステム監視装置からオンライン中に行うことができる。また、これらの情報はマスタリンクノードのフロッピーディスクに格納され、そのコピーも可能とし、構成管理の容易化を図っている。

3.2 機能エンハンス

製鉄所での環境に合わせるために、今回特に行ったエンハンス機能を以下に示す。

3.2.1 RAS機能の強化

(1) 光伝送回路部へのリモート給電

製鉄所では各工場ごとに定期修理を行うとき電源停止を伴うこともある。そのとき、たまたまあるノードの両側の工場が電源停止すると、両隣のノードの光伝送回路も動作停止するために光伝送路が途絶し、運用中にもかかわらず孤立してしまう。それを防止するために、各ノードから隣接する両側の合計4ノード分の光伝送回路に図3に示すように相互に給

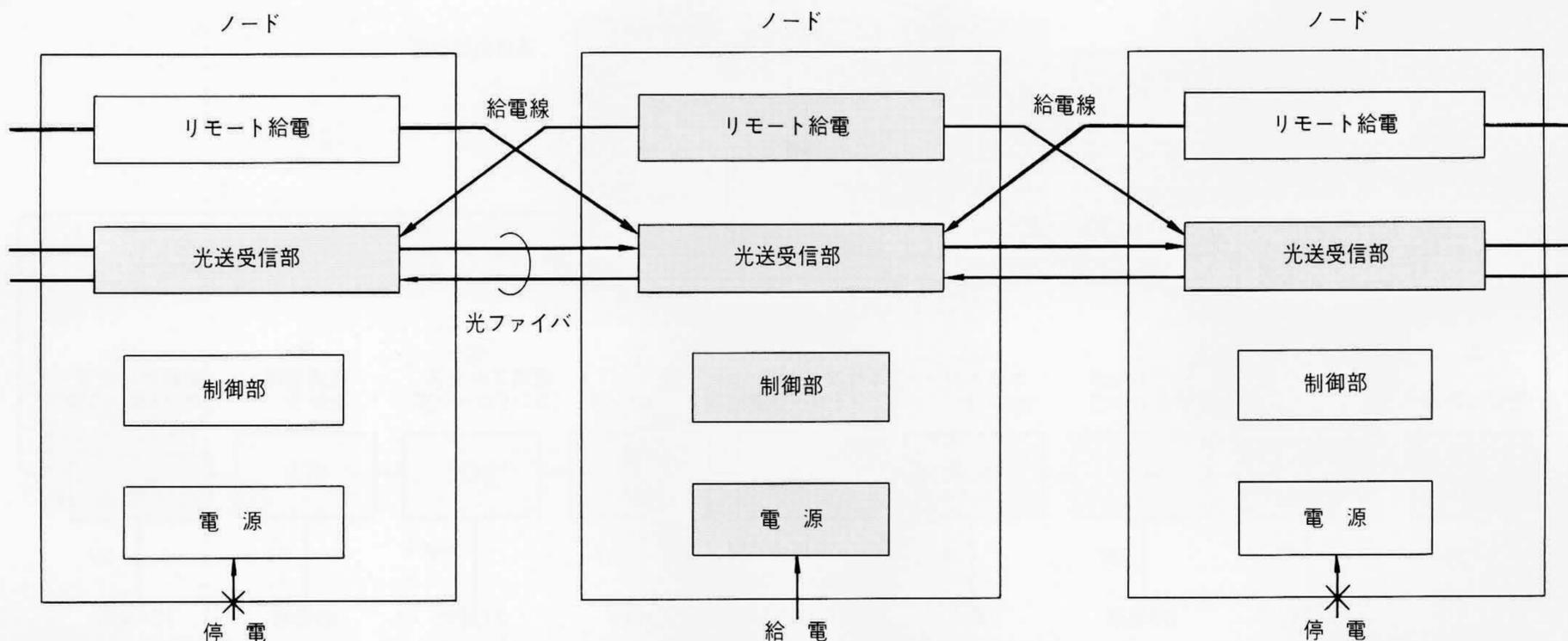
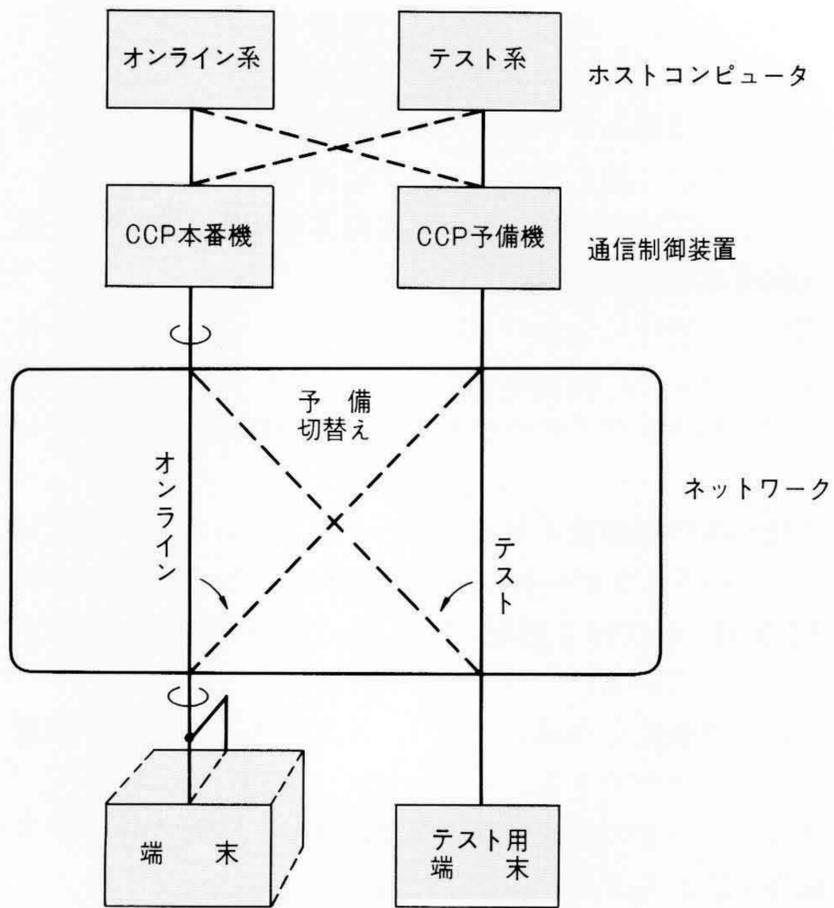


図3 光送受信部へのリモート給電 あるノードの電源が停電しても、光送受信部の給電が隣接ノードから行われる。したがって、両側が停電しても伝送路を確保できる。



注：略語説明 CCP(通信制御装置)

図4 回線一括切替え機能 CCP(通信制御装置)の障害切替え時に、回線一括切替え機能を持たせ、かつ予備テスト系回線も反対側への切替えを実現する。

機能強化により、電源停止に対してシステムに対する影響を大幅に少なくでき、復旧時の自動組込み機能とあいまって、運用の容易な通信網とすることができた。

(2) 増設、保守の容易化

端末機器の増設、移設は頻繁に必要であり、そのために、オンライン中に他に影響を与えずに行える必要がある。そこで、オンライン中の任意の回線の定義変更、回線テストといった従来機能以外に、回線を収容しているラインアダプタ基板の活線挿抜(電源投入中の着脱)を可能とした。

3.2.2 回線切替え機能及び制御機能強化

(1) 回線一括切替え機能

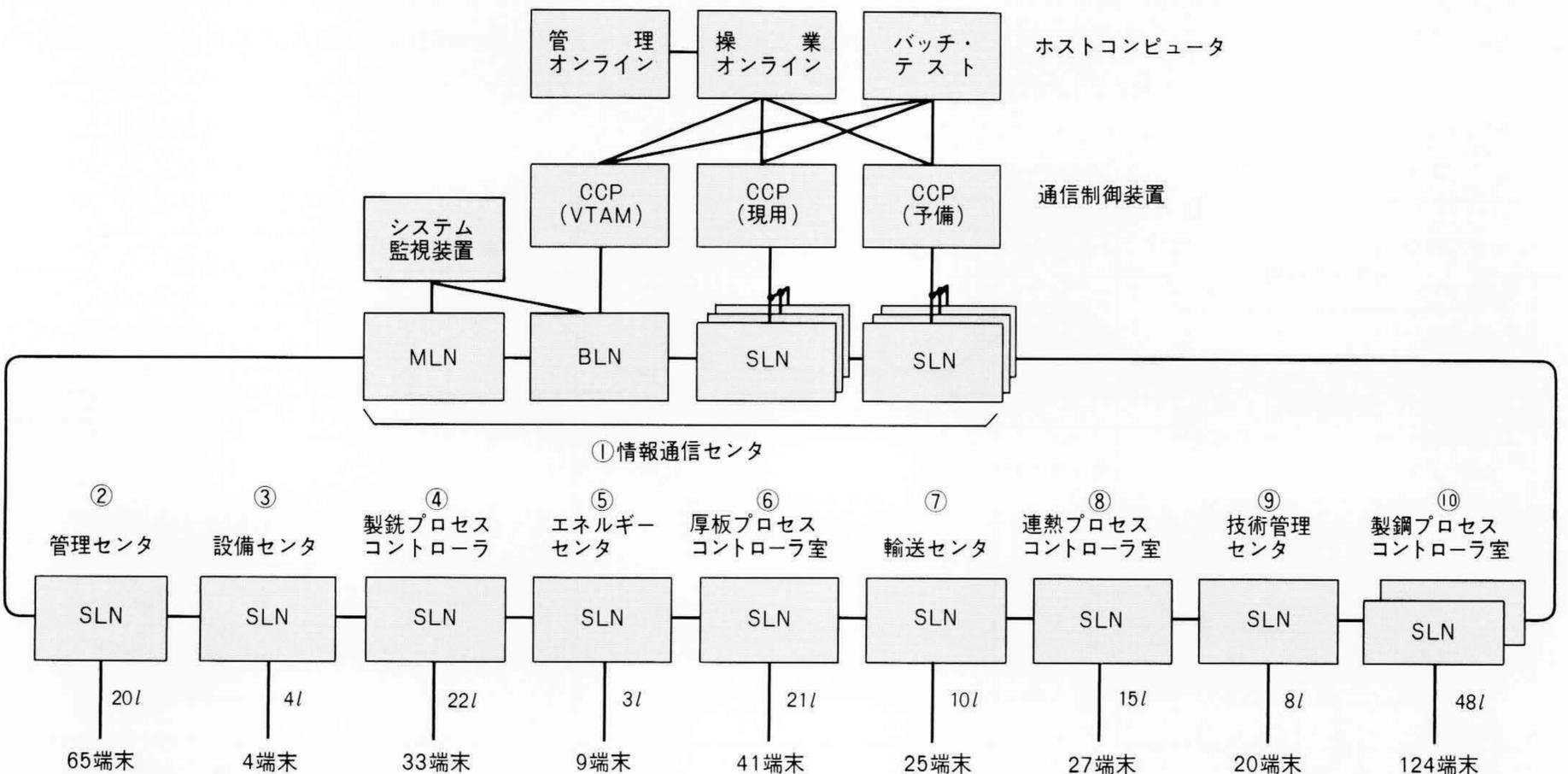
ホストコンピュータ及び通信制御装置は高信頼度化のために現用、予備機構成をとっており、障害が発生したときには対応する回線を一齐に切り替える必要がある。従来はモデムインタフェーススイッチ装置を設け、システムコンソールからの指示で一齐に切替えを行っていた。この機能を新通信網の構成制御機能に追加した。それとともに図4に示すように、予備系を用いた開発中のシステムのテスト用回線接続がされている場合には、同時に反対側に切り替えることにより本番中システムへのテストデータ誤入力の防止を図れるようにした。

(2) コマンド群実行機能による操作性の容易化

マスタリンクノードのシステム監視装置への各種のコマンド入力により構成制御が可能であるが、複数のコマンドから成る実行手順をあらかじめ登録できるようにすることで、複雑な定義、構成変更も事前確認ができ、かつ1回のコマンド指示で実行可能となった。

このようなコマンドプロシジャ機能を実現することで、操作の容易化、ミスの防止を図っている。

電可能な機能を設け、光ループ伝送路を停電時にも動作可能とさせ、孤立を防止する。また、電源停止時に各ノード内のメモリ内容が壊れると、復旧時にマスタノードから自動的にダウンロードされるが、瞬時停電時の立上げ時間の短縮のために、メモリのバッテリーバックアップを行った。これらの



注：略語説明 l(回線数)

図5 新通信網の構成 センタ移転後の構成を示す。10箇所18ノード、150回線、348端末を収容し、ホスト側はCCPの予備回線も収容する。

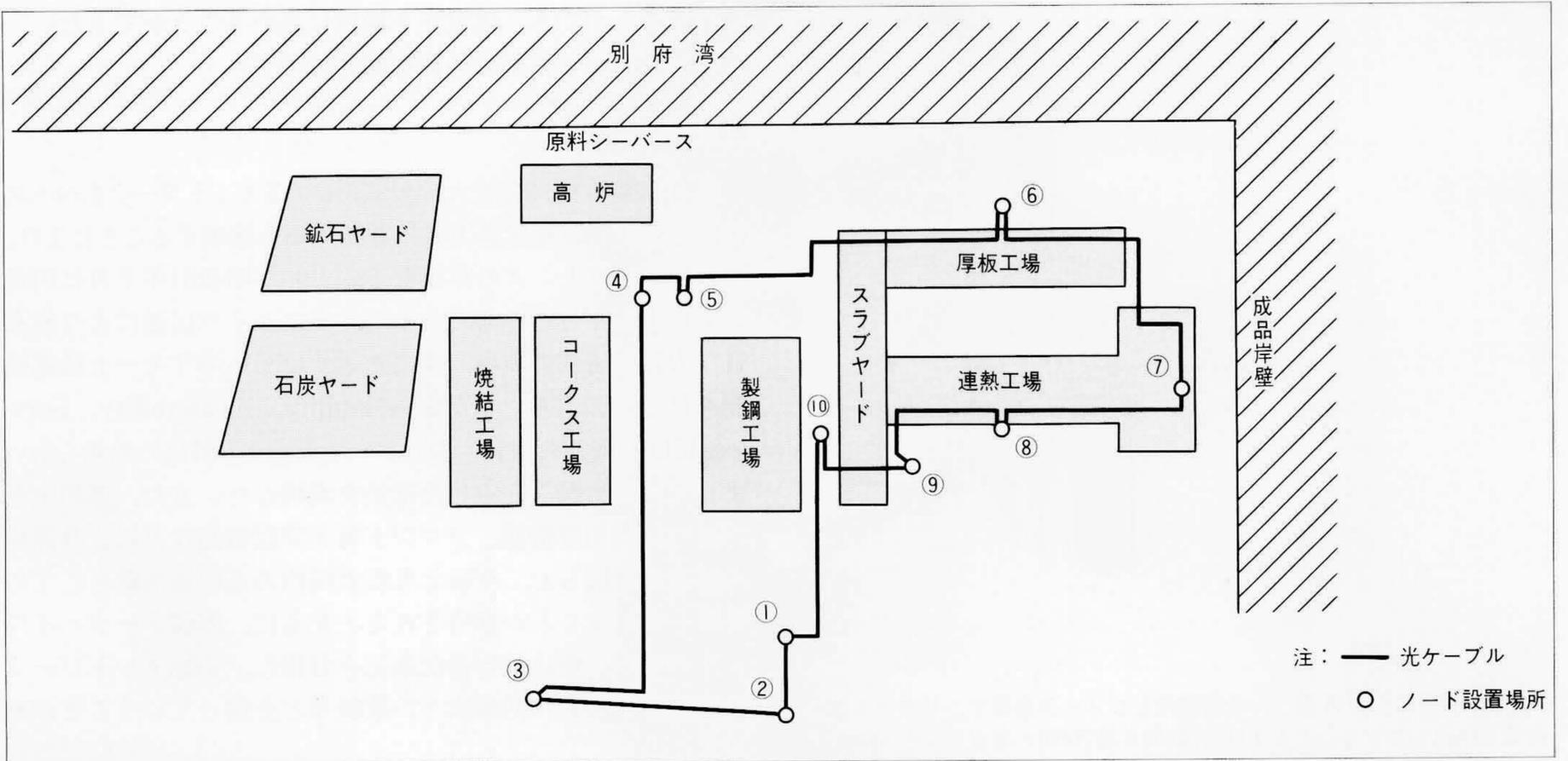


図6 新日本製鐵株式会社大分製鐵所での布設ルート 光ファイバケーブルの全長は約14kmに達し、10箇所の間を接続している。なお図中の番号は図5での番号と対応している。

4 構成と運用

4.1 新通信網の構成

新日本製鐵株式会社大分製鐵所でのセンタ移転後の新通信網の構成は、図5に示すように150回線により348台の各種端末、プロセスコントローラなどと接続し、現用、予備の2系統の操業オンライン系専用の通信制御装置及びバッチ系と共用のVTAM(Virtual Telecommunication Access Method)用通信制御装置とを接続している。全体は18ノードで構成している。

また、光ファイバケーブルの布設を図6に示す。10箇所の間を総延長約14kmのケーブルで接続している。布設したケーブルは、今後の多目的使用をねらい、10心の光ファイバ及びリモート給電用電線、通信用対ケーブルを持つ複合ケーブルを用いた。また、布設ルート上の主要箇所に分岐ボックスを設置し、今後の拡張に備えている。

4.2 センタ移転の手順

従来の管理センタから新しい情報通信センタにホストコンピュータを円滑に移転させるために、図7に示すような手順をとった。

- (1) 最終構成の18ノード以外に、ホストコンピュータ側一式の8ノード分を一時的に管理センタ側に設置し、全体を26ノード構成とする。
- (2) 各端末はセンタ移転前に新通信網に順次収容し、管理センタ側ホストコンピュータと接続し本番運用を行う。一方、情報通信センタ側の8ノードは、ノード番号を仮番号として本番系とは異ならせ、接続テストを別途行っておく。
- (3) センタ移転時には、管理センタ側での確認済みの構成定義の格納してあるフロッピーディスク媒体を情報通信センタ

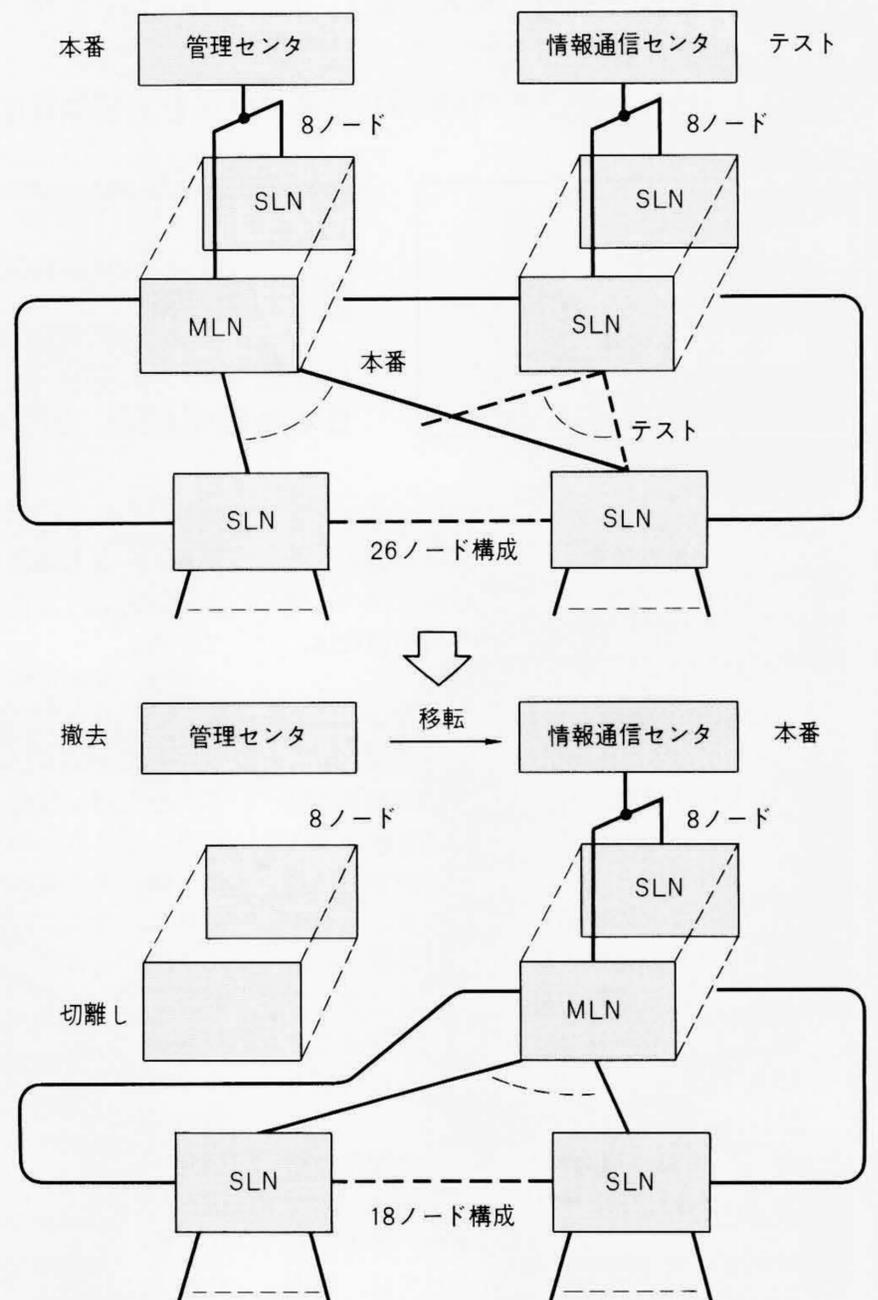


図7 センタ移転の手順 移転前にホスト側を二式用意し、事前に回線収容をすることにより、移転時は光ループ接続替え、ノード番号変更などで容易に移行する。

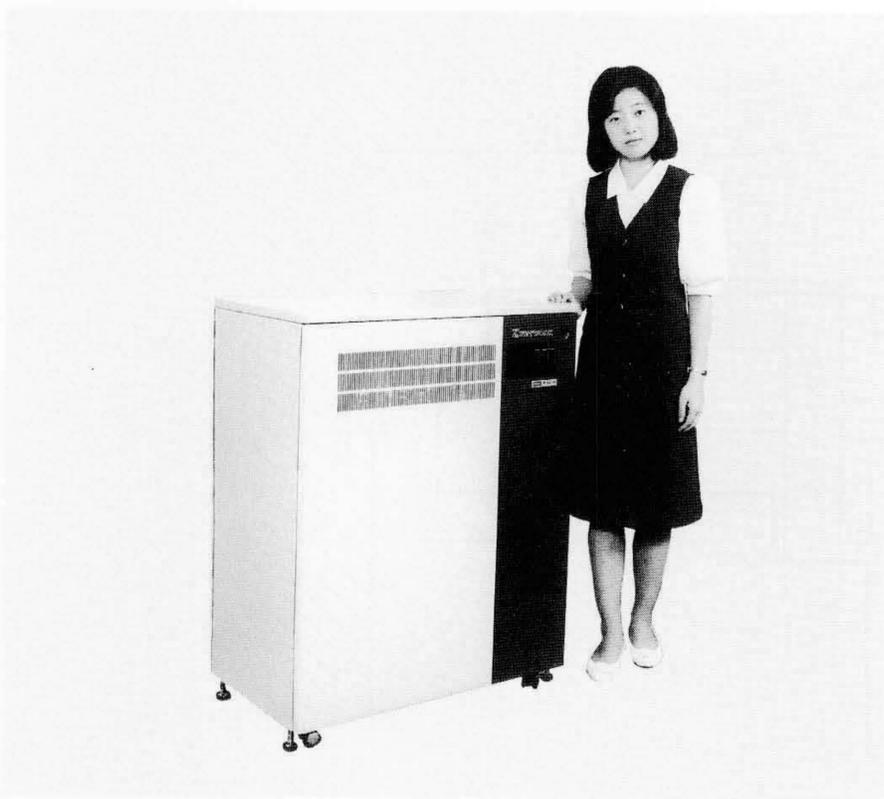


図8 ノード装置外観 今回開発したノード装置で、リモート給電機構を内蔵しており、大きさは約幅800×奥行450×高さ1,000(mm)である。

に行うことができ、确实性を格段に高めることができた。
なお、ノード装置の外観を図8に示す。

5 結 言

新日本製鐵株式会社大分製鐵所に、 Σ ネットワークをベースに機能強化した光伝送方式の新通信網を構築することにより、コンピュータセンタの移転を予定どおり昭和61年7月に円滑に実現することができた。また、光ファイバ伝送により高品質な大容量通信の実現、更に光送受信部へのリモート給電機能をはじめ、各種のRAS(Reliability, Availability, Serviceability)機能の強化、及びノード装置のLSI化の効果もあいまって、高信頼な安定した稼動を実現した。また、運用上も回線の一括切替機能、コマンド群の実行機能などにより操作の容易性を図った。今後とも製鐵所内の基幹通信網としての重責を果たすことが期待されるとともに、既設データハイウェイの吸収、更に総合通信網化を目指し、全社ネットワークの高速デジタル回線網との接続などを図っていくことが期待される。

参考文献

- 1) 桧山, 外: 多元情報光ループ統合ネットワーク「 Σ ネットワーク」, 日立評論, 65, 11, 757~760(昭58-11)

側に移す。また、情報通信センタ側のノード番号をそれまでの管理センタ側と同じ本番時の番号に変え、更に管理センタの8ノードへの光ファイバ接続を変え、ループから外した後、新センタ側から立ち上げる。

この手順により、センタ移転時には回線接続を一切触れず

論文抄録

銅-炭素短繊維複合材料の熱膨脹挙動

日立製作所 国谷啓一・荒川英夫・他1名

日本金属学会誌 49-12, 1137~1141 (昭60-12)

アルミニウム-炭素繊維複合材料に代表される軽量高強度、耐熱性などをねらった構造材料としての繊維複合材料に比べ、電気的用途を目標とした複合材料の研究は、ほとんど行われていない。

銅-炭素繊維複合材料は、銅をマトリックスとしているため熱伝導性と導電性に優れ、また熱膨脹係数が負で小さい炭素繊維で強化されているため、繊維含有量を変えることにより目的とする熱膨脹係数が容易に得られる、などの特徴をもっている。したがって、高熱伝導性と高導電性を必要とし、かつ構成する材料の組合せにより必要とする熱膨脹係数が異なってくる電気部品などには、銅-炭素繊維複合材料は適した材料と思われる。

銅-炭素繊維複合材料は、繊維の配向方法により複合材料特有の異方性が出てくるが、各種電気部品に適用される場合、等方的な性質が要求される。等方性としては、面内等方性すなわち2次元等方性と3次元等方

性がある。2次元等方性として、長繊維を渦巻状、2方向状及び網状に配向した構造が挙げられ、これらについては既に報告してきた。

他方、3次元等方性を得る方法としては、短く切断した繊維をランダムに配向するのが一般的である。しかし、このようなランダム配向材は著者らの実験によると、高温にさらされると繊維・マトリックス界面のはく離による異常膨脹が生じる傾向が認められた。そこで本報告では、短繊維を銅中にランダムに配向した銅-炭素短繊維複合材料を試作し、熱膨脹挙動と炭素繊維量及び繊維長さの関係について調べるとともに、チタン、ジルコニウムなどの炭化物生成元素の添加による繊維・マトリックス界面の強化について検討した。その結果、以下に述べるような知見が得られた。

(1) 銅-炭素短繊維複合材料は、573K以上の高温にさらされると、繊維と銅マトリックスがはく離して空洞が生じ、ふくれてし

まう。銅-炭素短繊維複合材料は、炭素繊維と銅マトリックス間のぬれ性がなく、繊維表面に物理的あるいは機械的に付着しているにすぎない。したがって、繊維とマトリックスの結合力が小さい。異常膨脹は、このようにマトリックスに内在する短繊維スケルトンの弾性応力が繊維・マトリックス界面の接着強度より大きくなること为主原因となり、更にこれに銅マトリックスと炭素繊維の熱膨脹差から生じる熱応力が付加され、繊維量が20vol%以上、あるいは繊維長さが0.5mm以上になると発生する。

(2) 上記異常膨脹現象は、チタン、ジルコニウム、ニオブなどの炭化物生成元素を銅マトリックス中に添加することによって阻止できる。これは炭素繊維表面にチタンなどの炭化物層が形成され、炭素繊維・銅マトリックス界面強度が向上するためと推察された。