
非接触式通板方向転換装置を用いた冷間圧延ラインの連続化・自動化技術

New Technologies for Connecting Process Lines by Means of Non-touch Helical Turners

山下 陽俊(Yoshun Yamashita) 八角 忠明(Tadaaki Yasumi) 伊理 正人(Masato Iri)

要旨：

千葉製鉄所第 1 冷間圧延工場において、ライン芯が異なる連続焼鈍設備 No. 2 CAL と既設スキnpassミルを、2 基の非接触式通板方向転換装置（ヘリカルターナ）を用いて連続化し、さらに精整設備を新設した。ヘリカルターナとしては世界初の空気浮上方式（フロータ）を採用した。非接触・均一浮上を達成する上で、従来のフロータにはみられないさまざまな課題が生じたが、ノズル構造最適化、浮上姿勢制御機構などの技術で解決した。また薄物の高速通板対応として、焼鈍炉ヘルパーロールのインバータを更新し、張力制御の高精度化を図った。さらに、品質面では溶接部スキnpass技術をレベルアップし、ワークロール疵入を防止した。

Synopsis：

A new integration facilities consisting of helical turners have been successfully developed to connect two existing lines, i.e. No. 2 continuous annealing line and a skinpass mill which are located in parallel, at No. 1 cold rolling mill in Chiba Works. The helical turners were designed to support strip with pressurized air, discharged through arrays of small holes. A stable operation was established by means of the developments of a pressure distribution control system and so forth, thus leading to the world's first-industrialized non-touch direction converter. In order to achieve stable processing of light gauge strip in the furnace, inverters of helper rolls were replaced, by which an improvement of tension control was attained. To avoid defects on work rolls and to maintain superior strip surface quality, a new technology to reduce superimposed length at weld line was also developed.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

非接触式通板方向転換装置を用いた 冷間圧延ラインの連続化・自動化技術*

川崎製鉄技報
31 (1999) 4, 263-267

New Technologies for Connecting Process Lines by Means of Non-touch Helical Turners



山下 陽俊

Yoshun Yamashita

千葉製鉄所 第1冷間
圧延部冷間圧延課 統
括チーフラインマネー
ジャー(主席掛長)



八角 忠明

Tadaaki Yasumi

千葉製鉄所 第1冷間
圧延部冷間圧延課長



伊理 正人

Masato Iri

千葉製鉄所 設備技術
部設備技術室 主査
(主席掛長)

要旨

千葉製鉄所第1冷間圧延工場において、ライン芯が異なる連続焼鈍設備 No. 2 CAL と既設スキンパスミルを、2基の非接触式通板方向転換装置(ヘリカルターナ)を用いて連続化し、さらに精整設備を新設した。ヘリカルターナとしては世界初の空気浮上方式(フロータ)を採用した。非接触・均一浮上を達成する上で、従来のフロータにはみられないさまざまな課題が生じたが、ノズル構造最適化、浮上姿勢制御機構などの技術で解決した。また薄物の高速通板対応として、焼鈍ヘルパーロールのインバータを更新し、張力制御の高精度化を図った。さらに、品質面では溶接部スキンパス技術レベルアップし、ワークロール疵入を防止した。

Synopsis:

A new integration facilities consisting of helical turners have been successfully developed to connect two existing lines, i.e. No. 2 continuous annealing line and a skinpass mill which are located in parallel, at No. 1 cold rolling mill in Chiba Works. The helical turners were designed to support strip with pressurized air, discharged through arrays of small holes. A stable operation was established by means of the developments of a pressure distribution control system and so forth, thus leading to the world's first-industrialized non-touch direction converter. In order to achieve stable processing of light gauge strip in the furnace, inverters of helper rolls were replaced, by which an improvement of tension control was attained. To avoid defects on work rolls and to maintain superior strip surface quality, a new technology to reduce superimposed length at weld line was also developed.

1 緒 言

ぶりき・ティンフリースチールなどの汎用鋼板製造を主体とした千葉製鉄所第1冷間圧延工場(1冷工場)においては、連続焼鈍設備として No. 2 および No. 4 CAL (continuous annealing line) が稼働している。2基の CAL のうち、No. 4 CAL はスキンパス・精整機能をインライン化しているが、No. 2 CAL は連続焼鈍機能のみのラインであったので、下工程として単独のスキンパスミル、精整ラインが多数稼働していた。

プロセス合理化を推進する目的で、ライン芯の異なる No. 2 CAL と既設スキンパスミルを非接触式通板方向転換装置を用いて連続化した。本稿では新設した設備の概要、エアフロート式ヘリカルターナの開発経緯および連続化後の No. 2 CAL の稼働状況について述べる。

2 設備レイアウトの検討

スキンパス・精整設備をインライン化するにあたり、Fig. 1 に示す通り、No. 2 CAL 出側直線上に新設する案と、2基のヘリカルターナを用いて、No. 2 CAL と隣接するヤードに平行に配置された既設ミルを連続化する案を検討した。

後者は後述する非接触方式のヘリカルターナの設置を前提としており、前者に対して開発要素は大きい。工期および投資コストの点で優れていた。そこで非接触式ヘリカルターナの開発を行った上

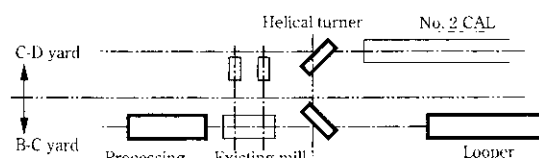


Fig. 1 Layout examination

*平成11年9月8日原稿受付

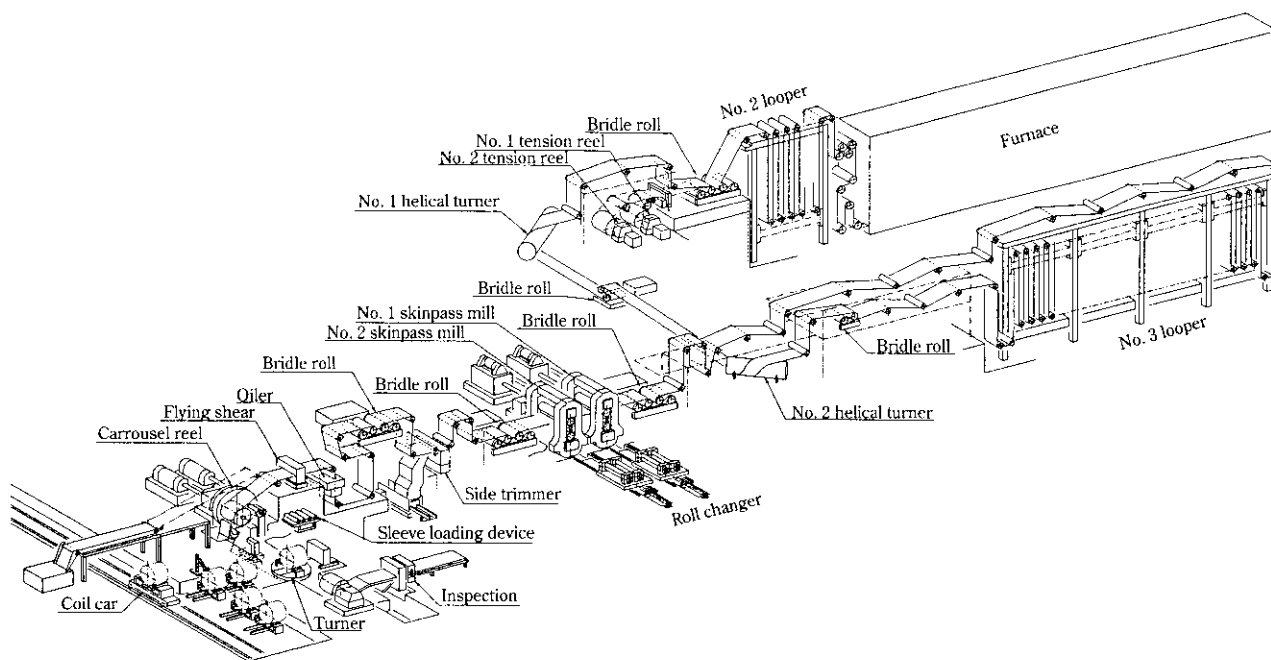


Fig. 2 Bird's eye view of new equipment

Table 1 Basic specification

Thickness	(mm)	0.15~0.60
Width	(mm)	600~1 300
Maximum coil weight	Entry (t)	21
	Delivery (t)	21
Inner diameter	Entry (mm)	419, 508, 660
	Delivery (mm)	406, 419, 508
Maximum line speed	Furness (m/min)	720
	Delivery (m/min)	940

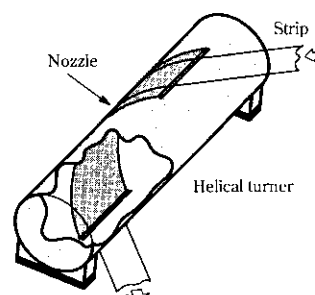


Fig. 3 Helical turner

で、後者に基づき建設工事に着手した。

新設した設備の基本仕様を Table 1 に、鳥瞰図を Fig. 2 に示す。

3 エアフロート式ヘリカルターナの開発

前述したように、No. 2 CAL と既設ミルを連続化する上でのキー技術となるのが非接触式のヘリカルターナである。本章ではヘリカルターナの開発経緯について述べる。

3.1 開発の背景

鋼板の通板方向転換装置としては、従来よりさまざまな形式のものが考案されており、特に酸洗工程と冷間圧延工程の連続化用として小径ローラを多数使用するタイプが実用化されている^{1,2)}。しかし、焼鈍後で板厚が小さく、かつ表面品質が重要視される缶用鋼板では、ローラでの点支持による押し疵、微小スリップ時のすり疵の発生、ローラの高速回転による潤滑油の飛散などが重大欠陥につながるため、その適用は困難であった。そこで、空気による非接触浮上支持式の通板方向転換装置、通称ヘリカルターナを開発し、適用することとなった³⁾。

3.2 エアフロート式ヘリカルターナの概要

ヘリカルターナ本体は Fig. 3 に示す円筒型のヘッドで、鋼板を

45° のらせん角で巻付け、表面に配置した多数のノズルから空気を噴出することにより鋼板を非接触で浮上させながら、その通板方向を 90° 転換するものである。鋼板に噴出させる空気は、大気を使用している。

空気で鋼板を非接触浮上支持するフロータの技術は、表面品質が重視される筒所での水平バスの支持、デフロールの代替として従来から使用されていた。今回開発したエアフロート式ヘリカルターナでは、従来のフロータにはない現象が数多く発生したために、要素実験、実機規模実験などを実施した。これらの課題と解決策の例を示す。

3.3 エアフロート式ヘリカルターナにおける課題と開発技術

ヘリカルターナで支持される鋼板には Fig. 4 に示す種々の非対称力が作用するので、円筒面に平行に浮上させるための工夫が必要になる。

- (1) 重力
- (2) ターナ本体と鋼板間の空間の形状の違い (Fig. 4 (b) 中に示す A、B 部) による、空気が鋼板を支持する力
- (3) 鋼板の剛性 (円筒に平行ならせん面から、より曲率が大きく

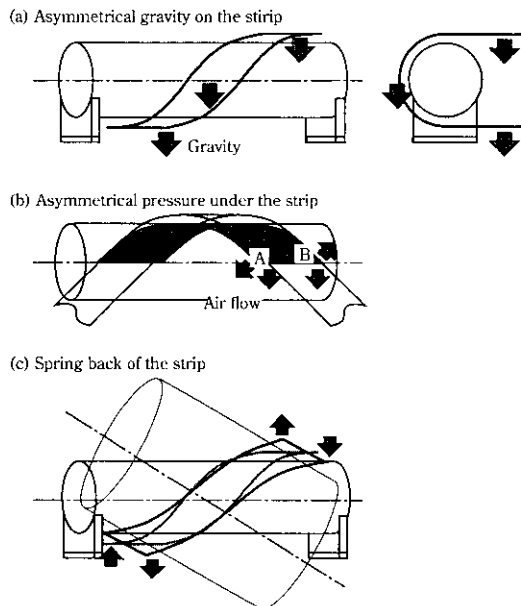


Fig. 4 Asymmetrical forces on the strip

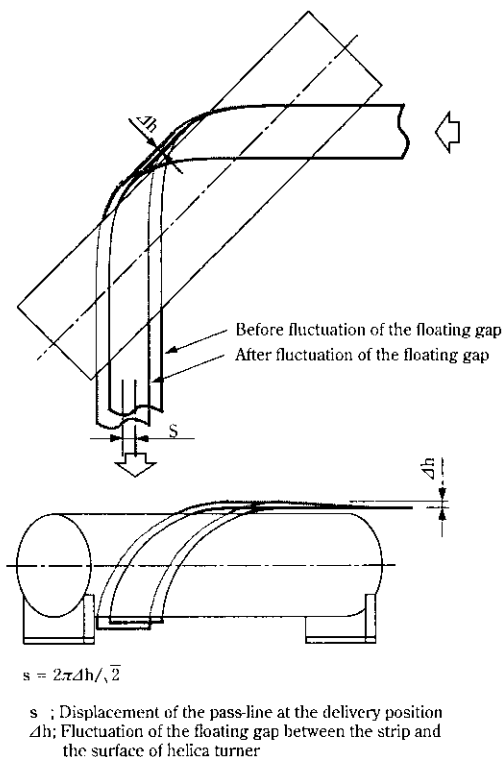


Fig. 5 Influence on the floating gap on the pass-line

曲げ歪みエネルギーの小さい安定な形状に移行する)にともなう力

また、浮上している鋼板がらせんをなしており、その浮上量とターナ出側での鋼板の幅方向位置が、Fig. 5に示すように相互に影響を及ぼし合う。したがって、鋼板を蛇行や片寄りなく安定して通板すること、すなわち均一浮上が極めて重要な課題である。

この課題に対して、次に述べる技術を開発した。ヘッダの構造を円孔ノズルとスリットノズルを組み合わせた方式とし、また鋼板の張力およびノズルへの供給風量の最適化を実施した。次に、鋼板の幅方向の浮上量をモニターし、浮上量に合わせてノズルの一部を覆

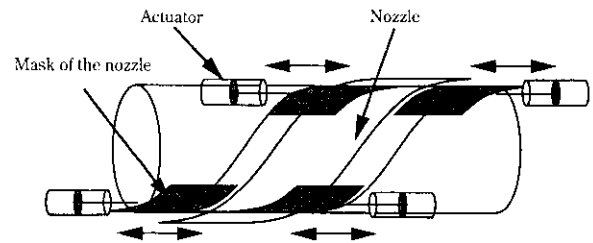
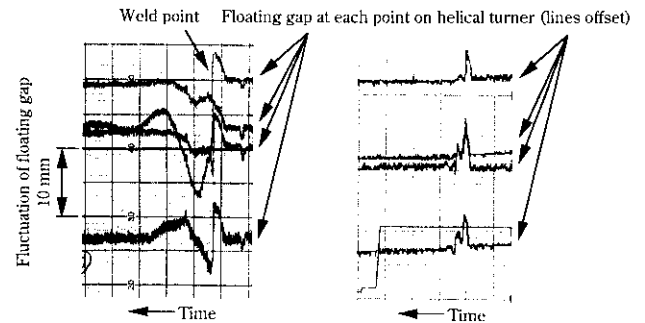


Fig. 6 An example of pressure distribution control system



(a) Before developed techniques applied (0.216 t × 898 W → 0.225 t × 802 W) (b) After developed techniques applied (0.255 t × 903 W → 0.323 t × 958 W)

Fig. 7 An example of chart of floating gap during the welding point pass

うマスク機構で鋼板の幅方向の供給風量を調節して、浮上姿勢制御を実施した (Fig. 6)。さらに、入側の鋼板に斜行、蛇行などが生じると、逆にターナにおける浮上状態に影響を受ける場合もある。これに対しては本体技術の開発を積み重ねる一方で、ロールなどの周辺設備および全体を統括する制御についても技術開発を行い、通板方向転換設備として完成させた。

3.4 開発技術の効果

幅変更部通過時のヘッダ表面からの鋼板の距離 (浮上量) を測定した一例を Fig. 7 に示す。溶接点通過処理を含む各開発技術の適用により、極めて安定した非接触浮上を実現したことが分かる。

4 その他の設備の特徴

本論文に記載した連続化設備に関連して、ヘリカルターナ以外にも数多くの新規技術開発を行った。本章ではいくつかの例について述べる。

4.1 既設ミルの CAL 連続化技術

連続化したスキンパスミルの仕様を Table 2 に示す。ハウジングおよび電動圧下装置は既設設備をそのまま使用しているが、連続化により必須となる溶接部スキンパスに関して、次のことを考慮する必要がある。溶接部通過時にはロールへの嵌り、形状不良およびスリップを防止するために、大幅な荷重変更を高速かつ再現性良く実施しなければならないが、電動圧下装置の場合、バックラッシュのヒステリシスのために圧延荷重の制御性が充分とはいえない状況にあった。この課題を解決するために、バックラッシュを補償した圧下制御方式として、Fig. 8 に示すように、目標荷重と実績荷重の偏差から電動圧下装置の圧下速度を算出する制御回路を組んだ。その結果、Fig. 9 に示す通り、10 s 以内に ±5 t 以内の精度で圧延荷

Table 2 Principal specification of skinpass mill

Item		Specification
Mill type		2 stand tandem (4-Hi)
Rolling mode		Dry skinpass
Work roll diameter (mm)		510~580
Backup roll diameter (mm)		1 300~1 420
Motor power (kW)	No. 1 stand	600
	No. 2 stand	900
Work roll bearing type		Tapered roller bearing
Backup roll bearing type		Roller bearing
Type of screw down		Electric drive screw down
Bending force (tf/chock)		+60 (Inc.)

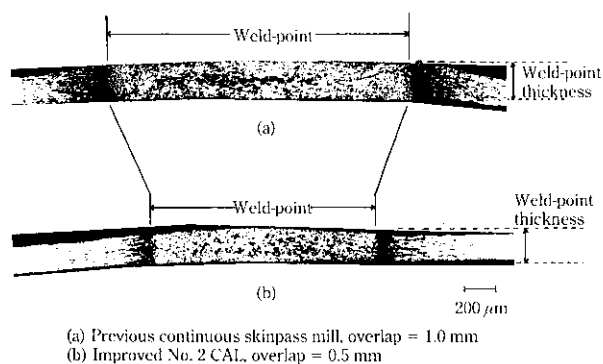


Photo 1 Comparison of weld line length (cross section view)

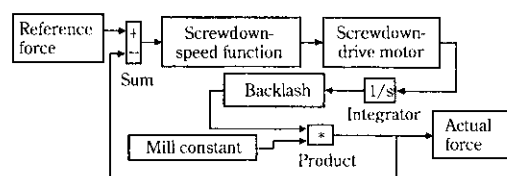


Fig. 8 Developed screwdown control system

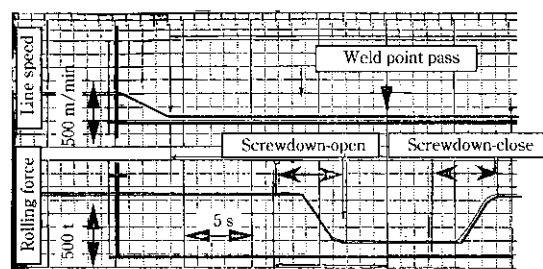


Fig. 9 Line speed and No. 1 stand rolling force

重を変更することが可能となった。

4.2 溶接重ね合せ量の低減

4.1 節で述べたロールへの疵入防止対応策として、ウェルダ側ではブラニッシュロール付直流ウェルダを設置し、溶接部の板厚を低減させるのが一般的である。また溶接部の板厚は、重ね合せ量

と密接な関係を持っていることが知られている。今回ウェルダを上記タイプに更新するにあたり下記の2点を実施して、重ね合せ量を従来レベルの1.0 mm から0.5 mm まで低減した。

- (1) 入出クランプ間隔の短縮
- (2) 電極加工機構の摺動抵抗低減化

上記対策後の溶接部断面写真を **Photo 1** に示す。熱影響部の長さおよびその板厚の低減を達成し、4.1 節で述べた技術とあわせて疵入りの防止が可能になった。

4.3 自動化設備

缶用鋼板の CAL-FINAL を考慮し、有用と考えられる内径変更装置、溶接点表示器、梱包ラインへの自動搬送装置などの自動化機器を織り込んだ。

4.4 電気設備の概要

近年さらに進行している薄ゲージ化の要求に対応するには、焼鈍炉内の安定通板対応として高精度の張力制御が不可欠である。このため、炉内ヘルパーロールについてインバータ (INV) の更新を行った。また新設設備については、基本的には当社 CAL でほぼ確立された制御方法を踏襲しつつ、コストミニマム化のための電気品の最適配置化、スリム化を積極的に図った。

4.5 システム概要

制御システム構成を **Fig. 10** に示す。連続化工事により、P/C 以

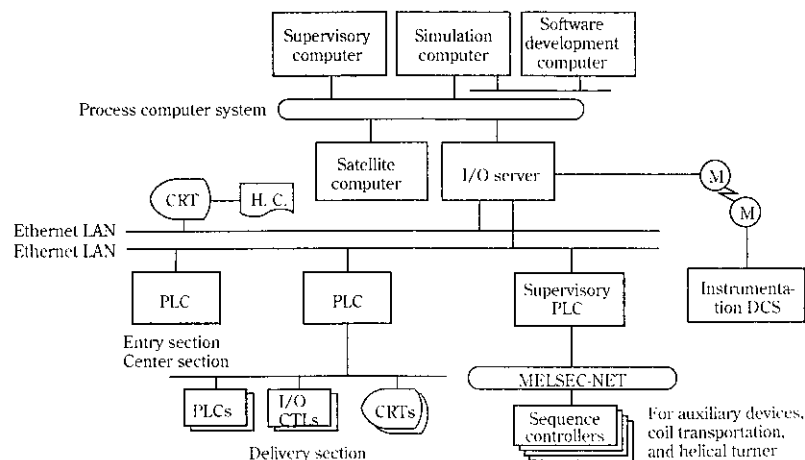


Fig. 10 System configuration of No. 2 CAL

下のレベルは入側を除きほぼ全面的に更新した。

本システムでは、主要装置 (P/C、電気 PLC) 間の情報授受のために汎用 LAN (Ethernet) を用い、さらに機器間の伝送手順も MELSEC プロトコルに統一し、オープン化を指向した。また従来、P/C、PLC と個別に I/F を行ってきた溶接点表示器、コイル自動搬送装置などの単体自動化設備は伝送を用いて結合し、P/C、PLC との I/F 用に NET 統括 PLC を設置して、LAN 上の負荷上昇を防止した。電気 PLC については、新設セクションである出側 PLC を主幹制御やトラッキング処理などを担当するメイン PLC と、装置単位ごとのドライブ制御やフィールド機器との I/F 処理を担当する小型 PLC に分散化を図った。

5 連続化工事と稼働後の操業状況

No. 2 CAL と既設ミルの停止期間を最短にするために、連続化工事は下記の順序で実施された。

- (1) 第 1 ステップとして既設ミルの制御系を更新し、一旦単独ミルとして稼働させた。
- (2) 上記の間に増設ローパーおよび精整設備を据付けた。
- (3) 工事の最終段階で 2 CAL と既設ミルを停止し、ヘリカルターナおよびその前後設備を据付けた。

工事完了後、No. 2 CAL は 1998 年 5 月より順調に営業運転を継続

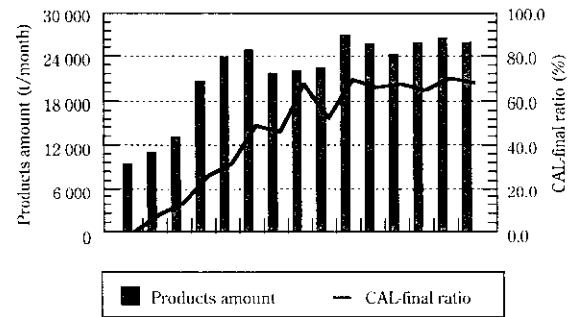


Fig. 11 Trend of products amount and CAL-final ratio

している。稼働後の操業成績も Fig. 11 に示す通り順調にレイティングアップしている。

6 結 言

エアフロート式ヘリカルターナをはじめとする数多くの技術開発に成功し、No. 2 CAL と既設スキンパスミルの連続化を実現した。ヘリカルターナに関しては、今後の薄板高速プロセスラインの連続化に際しても、設備配置の自由度を向上する汎用技術としてその適用が期待される。

参 考 文 献

- 1) たとえば、新日本製鐵(株)：特開昭 61-46381
- 2) たとえば、三菱重工業(株)：特開昭 58-135049
- 3) 宮川和也、三本竹一光、伊理正人、山下陽俊、土岐雅哉：「非接触式通板方向変換装置の開発」、材料とプロセス、12(1999)2、317