ルの極微量元素の分析技術開発であることを明らかにした．検出器は，従来の吸光光度法，フレーム AA，ICP に代わってフレームレス AA，ICP-MS，ETV-ICP が登場している．研究の中心は，化学的前処理における汚染防止，マトリックスや目的元素の抽出･分離･濃縮，マトリックス共存のままでの分析，簡単かつ迅速性のある手法の開発である．

発表された多くの研究成果は，新製品･新製造プロセスの開発を促進させるものと期待される．

薄板圧延におけるエッジドロップ制御

座　長　金沢工業大学工学部　川　並　高　雄
副座長　川崎製鉄(鉄)技術研究本部
鑓　田　征　雄

社会的な省資源，省力･省工程への趨勢が高まるなかで，鋼材の寸法形状に対しても高精度化の要求は年々厳しくなっている．ホットストリップやコールドストリップなどの薄板圧延では板幅方向板厚精度改善のひとつとして板幅端部での板厚偏差（エッジドロップ）の低減が重要課題として挙げられている．

最近まで，熱延･冷延においてハード，ソフトにわたる各種のエッジドロップ制御技術が開発されるとともに，スラブ法や有限要素法による理論的解析も進められるようになった．

本討論会では薄板圧延におけるエッジドロップの理論解析（討43～討48）と制御技術（討 49～討 55）の現状が報告され，今後への課題も含めて活発な討論が行なわれた．

(討43)　板圧延に対する三次元解析によるエッジドロップの予測
（名古屋大学工学部　石川孝司ほか）

(討44)　薄板圧延のエッジドロップ形成に関する理論的検討
（NKK 鉄鋼研究所　藤田文夫）

上記 2 件は圧延材料の 3 次元または 2 次元の応力解析により，得られた幅方向の線荷重分をもとにロールの変形解析を収束計算し，圧延材料の幅方向板厚分布を求めている．（討43）ではスラブ法による 3 次元解析によりエッジドロップに及ぼす圧延諸因子の影響を検討し，ロール偏平変形が板縁部に転写されるとし，板縁部近傍の圧延荷重ピークが大きく影響することを示した．さらに本解析法によりテーパ付ワークロール法，スタンド間エッジャーなどの効果を考察している．（討44）はエッジドロップ制御モデルの構築を目的としたもので，圧延材料の応力･歪み状態を板幅中央部では平面歪み，板端部付近では平面応力が成り立つものとし，塑性曲線モデルを導き出している．これとロール変形モデルから幅方向板厚分布を計算し，エッジドロップ挙動を推定している．

(討45)　圧延板のプロフィルのモデルシミュレーションへの境界要素法の応用
（東京大学工学部　木原諄二）

弾性境界要素法の加工問題への応用例として，薄板圧延におけるロールの変形を材料との面力分布を境界条件として与え解析し，板端近傍でのロール変形状態からエッジドロップの挙動を予測している．解析ではロールをケルビンの有限半径の円筒曲面で計算している．計算の結果から，特に板幅/ロール胴長の値が大きくなるとエッジドロップが顕著になることが示された．

(討46)　数値圧延機による薄板圧延加工の 3 次元変形解析
（東京大学生産技術研究所　柳本　潤ほか）

(討47)　熱延エッジドロップの数値シミュレーション
（新日本製鉄(株)プロセス技術研究所
山田健二ほか）

上記 2 件の発表は，材料変形を 3 次元の剛塑性有限要素法で解析し幅方向の線荷重分布を求め，これをもとにロール弾性変形を計算する 3 次元の連成解析モデルを紹介している．（討46）では，材料変形をラグランジェ乗数法による剛塑性有限要素法で，ロール変形（特に偏平変形）を弾性有限要素法により 3 次元の連成解析を行い，ロールクラウンによりエッジドロップ量を実験結果と比較している．本解析では板幅方向の塑性流動についても詳しく検討を加えており，解析精度に影響を及ぼすことを示している．（討47）は焼結体の降伏条件式に基づく 3 次元剛塑性有限要素法による板変形解析と分割モデルによるロール変形解析とを連成させたもので，ワークロール径，入出側張力，圧下率などの圧延条件がエッジドロップに及ぼす影響を計算し実験結果と比較して示した．

(討48)　熱延板プロフィル予測モデルの精度検討
（住友金属工業(株)鉄鋼技術研究所　佐々木保ほか）

モデル圧延テストによる板プロフィルと形状の実測から求めた塑性流れ係数（形状変化係数）を用いて，分割モデルによる板クラウンとエッジドロップの予測精度を検討した．さらに（討46）に示された剛塑性有限要素法による結果とも比較を行っている．この結果から，板プロフィルの予測誤差は特に板端近傍の圧延荷重分布誤差に起因することを示した．

（討49）から（討53）は実験によるエッジドロップの形成機構とこれを基にして実機ミル圧延において制御技術を検討し，実用化した結果を示している．

(討49)　熱間仕上げスタンド間エッジャーによるエッジドロップの制御

（石川島播磨重工業(株)産業機械開発部
田添信広ほか）

熱延仕上げミルF6スタンドとF7（最終）スタンドとの間に設置したエッジャーにより，ストリップ張力下で幅圧下することにより，板端部に過厚部を形成させ，F7スタンドを水平圧下しエッジドロップを制御することが可能であることを示している．薄物では座屈を防止するために押えロールが必要であること，またこの押えロールにより幅圧下量を拡大できエッジドロップが大幅に改善できることが示された．

（討50）　片テーパワークロールシフトミルによる冷延鋼板のエッジドロップ制御の基礎実験
（川崎製鉄(株)技術研究本部　北村邦雄ほか）

（討51）　片テーパワークロールシフトミルによる冷間タンデムミルのエッジドロップ制御
（川崎製鉄(株)水島製鉄所　小野智睦ほか）

（討53）　テーパ付きワークロールによる冷延エッジドロップの低減
（新日本製鉄(株)広畑製鉄所　青木浩司ほか）

上記3件はいずれも片片テーパワークロールシフトによる冷間圧延でのエッジドロップ制御技術に関する発表である．（討50）では実機ミルによる実験から，冷間圧延における圧延材料の幅方向のメタルフローや板クラウン，エッジドロップを調査し，冷延鋼板のボディラウンは母板クラウンにより第一義的に決定されるが，エッジドロップは冷間圧延時に制御できることを示し，片テーパワークロールシフトミルを前段から後段まで使用することによりエッジドロップを大きく改善できることを実験ミルで検証した．（討51）は片テーパワークロールシフトミルを冷間タンデムミルの全スタンドに適用し，前記(討50)で述べられた基本特性にしたがい，ワークロールのテーパ位置を前段では大きくとり広範囲にプロフィルの改善を行い，後段では前段で改善したプロフィルの維持または最端部のさら改善を行うようプリセット制御した成果を示した．（討53）では冷間タンデムミルのNo. 1スタンドにテーパ付きテーパワークロールシフトミルを適用し，エッジドロップを大幅に改善している．本技術の特徴は板端部への張力集中を緩和するためロール中央部にインカーブを付与している点である．No. 1スタンドのワークロールテーパは（討51）では1/300で有効テーパ長さが45 mm，（討53）では1/1 000，有効テーパ長さが，100 mmの値を使用している．

（討52）　冷延板のエッジドロップにおよぼす熱延板断面プロフィルおよび冷延での板幅方向張力分布の影響
（(株)神戸製鋼所加古川製鉄所　池田昌則ほか）

実機ミルにより熱延板と冷延板の断面プロフィルの関係を調査し，テストミルを用いた冷間圧延実験とペナルティ法による剛塑性有限要素法と分割モデルによる数値解析を行いエッジドロップの生成挙動を調べている．この結果から，（討50）と同様に，冷延板のプロフィルは板端から75 mm位置で熱延板プロフィルによってほぼ決まり，板端に近いほど冷間圧延条件の影響が大きくなることを示した．冷延板のエッジドロップの低減には熱延板をエッジアップさせることや，冷延にて板中央部の張力を大きくすることが有効であることを報告している．

（討54）　冷間圧延における6段機のエッジドロップ低減能力
（(株)日立製作所機械研究所　安田健一ほか）

6段圧延機（HCミル，UCミル）におけるエッジドロップの低減効果はワークロールのせん断たわみによることを見出し，適正な中間ロール位置によりエッジドロップを減少できることを示した．また，小径ワークロールを使用するUCミルでは，ロール小径化の効果とワークロールベンダーによるエッジドロップ低減効果を期待できることが報告された．

（討55）　ペアクロスミルのエッジドロップ制御特性
（三菱重工業(株)広島研究所　古元秀昭ほか）

パイロットミルによる冷間圧延実験から，ロールクロス圧延がエッジプロフィルをエッジドロップからエッジアップまで制御するのに有効であることを確認した．エッジドロップの領域は板端から20～30 mm程度であるのに対し，エッジアップの領域は50～80 mmと広いこと，さらにタンデム圧延の場合，前段スタンドでロールクロス圧延を行いエッジアップを形成すると後段スタンドにもその効果が残り，エッジドロップが低減されることを示している．

今回の討論会で薄板圧延（特に冷間圧延）でのエッジドロップの形成機構がかなり明らかにされ，その結果をもとに種々の制御技術が実用化されていることが示された．理論解析についても剛塑性有限要素法などによる3次元変形解析とロール変形解析との連成計算が可能になってきたことが判明した．これらの発表･討論の終わりに座長より，板端部のメタラジー面からの影響が今ひとつ不明確であるとの指摘もなされている．

最後に本討論会に多くの方が参加され，活発な討論と本会成功へご協力をいただいたことに深く感謝いたします．また，会場の都合で出席不可能となった方々にお詫びいたします．