

工場内操業データ収集支援システムの開発

— 応用課程開発課題を通じた地域企業支援の一事例 —

北海道ポリテクカレッジ
(北海道職業能力開発大学校)

恩田 邦夫・遠藤 和芳

1. はじめに

北海道職業能力開発大学校（以下、本校と略す）応用課程での教育訓練の特徴の1つとして開発課題がある。従来、この開発課題のテーマ設定は、まず教員・学生がテーマを出し合い、社会的ニーズ、製造性、費用、教育訓練効果などを考慮しながら決めてきたが¹⁾、特に最近になって本校の地場企業への貢献が強く求められるようになってきていることもあって、他校が行うように²⁾ 企業からの技術相談内容を開発課題のテーマに盛り込むことも試行され始めている。

本稿では、本校でのこのような事例の1つとして、近隣の銭函工業団地内の製鋼会社（以下、S社と略す）からの技術相談を契機に、S社社員2名と、応用課程・生産システム技術系の教員2名、学生7名が取り組んだ工場内操業データ収集支援システムの開発について報告する。

2. システム開発の背景と目的

S社は、鉄スクラップを原料として、鉄筋コンクリート用棒鋼、一般構造用圧延鋼材等を製造している、従業員約80名の会社である。敷地内には、本社は社屋に隣接して、原料となるスクラップ材を電気炉で熔解して粗鋼を製造する製鋼工場と、粗鋼を圧延して棒鋼に成型する圧延工場がある。

両工場では、操業時各種の操業データが得られる

が、現在、そのほとんどのデータが、計器・メータ類の目視による読取り、紙ベースの操業シートへの手書き入力、Excelをベースとする「操業日報作成システム」のフォームへの手入力という形で行われている。そのため、データ取得のリアルタイム性に欠け、読み取りや書き込み時の人的ミスによるデータの信頼性低下などの問題を抱えていた。

2004年度末に、こうした諸問題に関してS社からの技術相談を受け、タイミングよく2005年度の開発課題のテーマ設定を行っていた時期でもあったため、開発課題の1テーマとして、この問題に対する技術支援が行えないかと提案したところ、経営者側から快諾を得ることができた。

開発しようとするシステムは、手始めとして製鋼工場電気炉操作室内で得られる各種の操業データを自動的に取得し、事務管理棟内のパソコン(PC)へLAN経由で送信し、このPC上で操業日報および月報を作成するまでの作業工程を自動化しようとするものである。これにより、操業データをリアルタイムに計測できるとともに、データ読取りや入力に要する作業の省力化が図れ、集計データを生産管理、品質管理、原価管理へ利用することなどが可能となると考えられた。

S社では、それまでこうしたシステム開発にかかわる社員は1名しかいなかったが、この開発プロジェクトのために、さらに入社2年目の若手社員を配置転換し、専任担当者を2名体制にしてくれるなど協力していただいた。

一方、本校からは筆者ら2名の教員と、応用課程

生産システム技術系生産電子システム技術科（以下、生産電子と略す）学生4名、生産情報システム技術科（以下、生産情報と略す）学生3名の計9名でシステム開発を行うこととした。

5月に、本校教員とS社社長を含む担当者との打ち合わせが行われ、S社側のシステム要求の概要がわかったところで、本校では、その確認を含め概要設計書を作成し、具体的なシステム構成や分担、責任などを明確にしていった。打ち合わせの中で、S社側から今後のシステムの拡張や保守のために若手社員の技術教育についても要請されたため、本校で実施している企業人スクールや能力開発セミナーを中心とした教育訓練カリキュラムの提案も行った。

3. 開発システムの概要

3.1 S社の現状業務形態

S社における製造工程は、前述のように大きく、製鋼工場における粗鋼の製造と、圧延工場での最終製品である棒鋼への成型の2工程に分かれる。

開発するシステムは、前者の製鋼工場に対するものであるが、以下の説明のためにこの製鋼工場での業務の流れや用語などを説明しておく。

製鋼工場での操業の流れを図1に示す。

製鋼工場では、まず、電気炉の余熱を行い、その後原料となる鉄スクラップを炉に投入して熔解を開始する（本装）。次いで、溶けた鉄にさらにスクラップ材を投入して溶かす（追I、追II）。この間、酸化還元や成分調整のため、生石灰（CaO）、炭素（C）、アルミニウム（AL）、その他の金属などを炉に投入する（これを「吹き込み」と呼んでいる）。

熔鋼完了をMD（Melting Down）と略し、溶けた鉄を溶鉱炉から別釜に移し、除熱をする。

この1回の熔鋼工程をチャージと呼び、Chと表す。Chは1回に溶かす量（約50t）も表している。電気炉の操業は、夜間電力を使用するため、午後10時から翌日午前6時ころまで行われ、曜日にもよるが1操業日につき3チャージ程度行われている。

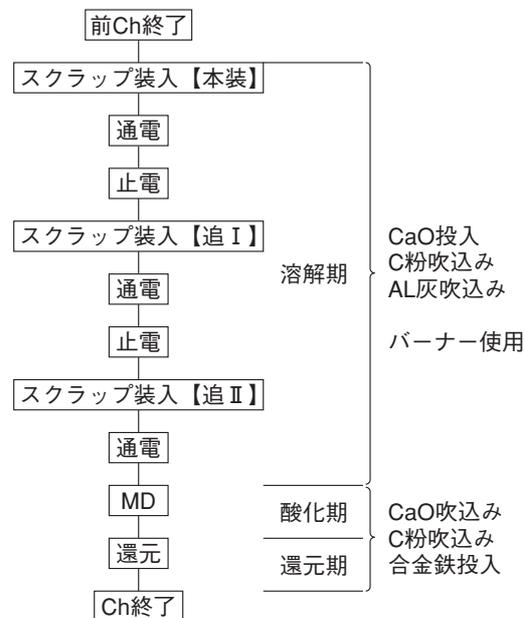


図1 製鋼工場での操業の流れ

3.2 電気炉操業記録の役割

電気炉操業記録は、電気炉操作室内で行われている作業内容および主原料・副原料の使用量を表示・記録するもので、後に生産管理、品質管理データとして利用されている。その主な記録内容は、以下のようである。

- ① 電力使用量
- ② 作業時刻（MD時刻、還元時刻、CaO投入時刻、合金鉄投入時刻、O₂カット開始/終了時刻等）
- ③ 作業時間（通電時間、止電時間、溶解期、酸化期、還元期など）
- ④ その他情報（操業日、各作業担当者など）

ここで、操業日は暦日とは異なり、S社での操業開始時刻は22:00を起点とし、日付をまたがって同一の記録として扱う必要がある。

図2は、本システムでの操業記録のPC画面表示例であり、上述した各種の計器類の読取りデータなどが集約されたものになっている。

本システムでは、このデータの一部を自動取得して、この操業記録へと反映させることが目的となる。自動取得できないデータはこれまでどおり手入力となるが、本システムによって大半の操業データが自動取得できるようになる。

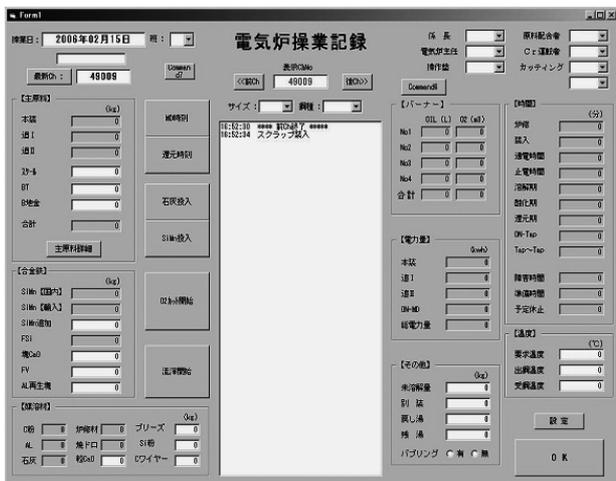


図2 PC画面上下での操作記録の表示例

3.3 システム開発に当たっての会社側の要望

前述したように、本開発課題テーマの開始当初に、S社側の技術担当者として、本校教員との間で打ち合わせを行い、現状の業務確認を行った後、開発しようとするシステムに対する要求仕様を以下のように定め、概要設計書として本校からS社に提出した。

- (1) 現在、S社では、作業日報を作成するため、各種計器の表示部の数値を目視にて読み取り、PC上のEXCELをベースとする現「作業日報作成システム」のフォームへ手入力している。
- (2) 本システムでは、この目視、手入力部分を自動化し、計測機器から直接PCへ作業データを入力できるようにする。ただし、自動入力するデータは、製鋼工場・電気炉操作室内の電気炉の計器データ（以下、EFデータと略す）であり、2カ所の配電盤から取得されたデータのみとする。
- (3) 自動入力されたEFデータをもとに、電気炉作業記録シートをPC上に表示および印刷可能とする。電気炉作業記録シートの中で自動入力対象外のデータは、現状よりも簡便な方法で手入力可能とする。
- (4) 自動取得されたEFデータは、テキスト形式ファイルにいったん保存し、現状の目視による読取り値と相違がないことを確かめるために使用する。
- (5) 電気炉作業記録シートの全データは、EXCELで読み取り可能なCSV形式ファイルで保存する。

電気炉作業シートは溶鋼番号（Ch番号）ごとに一ファイルとする。

- (6) 複数の電気炉作業記録シートをもとに作業日報、作業月報を表示、印刷できるようにする。
- (7) PCは、データの自動取得を行う電気炉操作室内または事務所に設置する。
- (8) 本システムの稼働（完成）は、平成18年3月末を目標とする。
- (9) 開発システムは、稼働後長期間の安定した運用に耐えうるものとする。
- (10) 開発システムが稼働後安定に動作するまで、現状のデータ測定法と並行して運用する。そのため、現状の計器類に対する機械的・電気的変更は、極力行わないこととする。

3.4 開発システムの構成概要

図2に示した電気炉作業記録作成のためのデータのうち、自動的に取得しようとするのは大きく2つの配電盤の計器の値である。これを、

- ① 作業データ表示配電盤1（図3）
- ② 作業データ表示配電盤2（図4）

と呼ぶ。



図3 配電盤1



図4 配電盤2

配電盤1の表示器は5種類の吹き込み材料の使用量と残量の計10種類があり、おのおのが7セグメントLEDの4桁数値で表示され、データはBCDコード（16bit）が出力されている。そのため、読取り信号線数は160本+接地（GND）にもなる。

一方、配電盤2は、軽油量および酸素量の積算値など10項目の計器の値がメータに表示されている。

予備調査の結果、メータ値を直接読み取ることはできず、これらのメータを駆動させているパルス信号を読み取ることは可能であることがわかった。

このパルス信号は、商用電圧AC100Vが0.125Hz程度でオンオフされている信号と、DC+12V、3Hz程度のパルス信号の2種類あり、マイコン内に仮想的なメータ（変数）を用意し、パルス信号の入力でこの積算を行うことで対応することとした。

これら2つの配電盤は位置も離れており、また出力信号の電氣的仕様がそれぞれ異なることから、2台のマイコンシステムは配電盤ごとに配置し、取得する信号にあわせたインターフェース回路を製作して、マイコン内に取り込み、ここで所定の統一した送信データ形式に変換して、LAN経由でPCへ送信することとした。

一方、PC（DOS/V機）では、マイコンから受信したデータを、いったんテキストファイルに保存し、その後このファイルからデータを読み出して操業記録を作成する。

本システムの機器構成を図5に示す。ここで、本システムが現在稼働中の工場内基幹LANと相互に影響を及ぼさないよう、PCには2枚のネットワークカードを入れてネットワークを分離し、工場内の他のPCからマイコン1、2との通信はできないようにした。

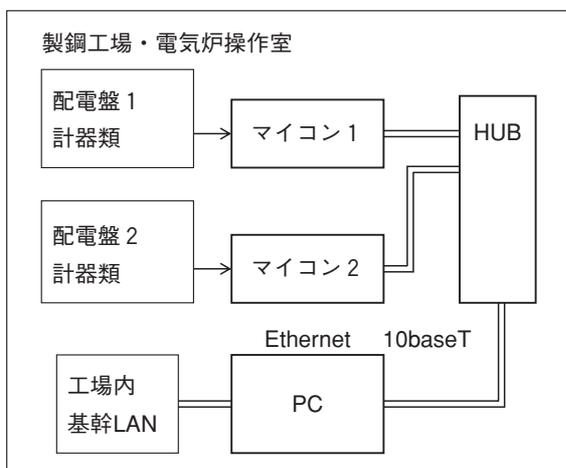


図5 システム全体構成

3.5 マイコンシステム

マイコン1および2は、H8/3069FをCPUとし、LANインターフェースを搭載したマイコンカードを中核とし、これに取得信号にあわせたインターフェース回路を付加したものである。図6および図7に製作した基板を示す。この基板の設計、製作は生産

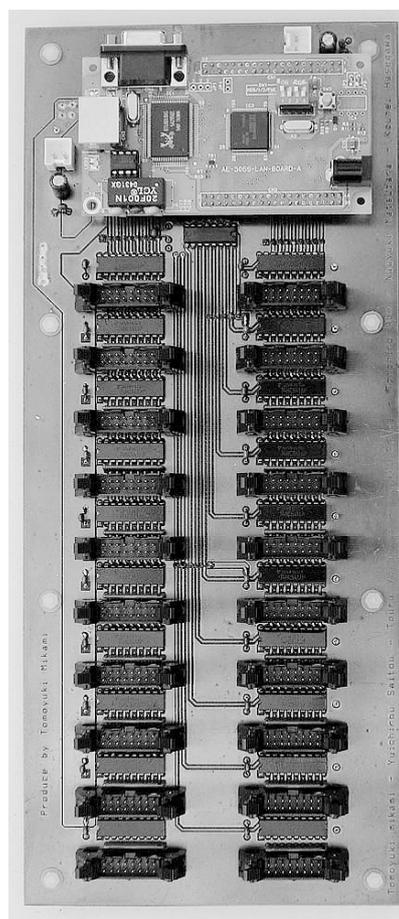


図6 マイコン基板1

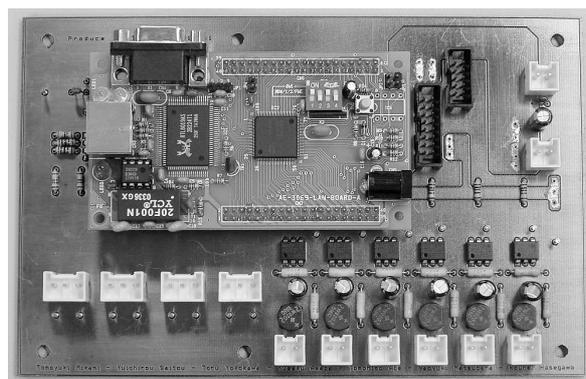


図7 マイコン基板2

電子学生が分担して担当した。

マイコン-配電盤間の信号線が多いため、これらの基板は配電盤の内部に設置した（図8）。

3.6 ソフトウェア構成

ソフトウェアは大きくマイコン上で動作するものと、PC上で動作するものがある。

マイコンの動作は、基本的にはPCからのLAN経由

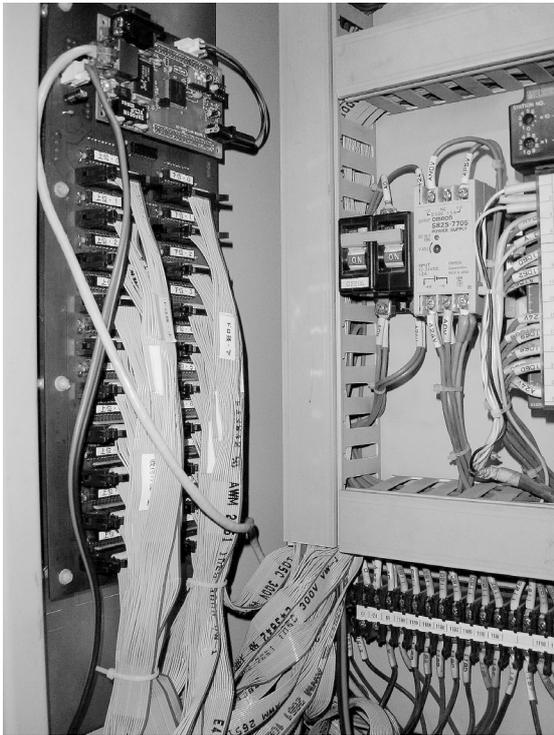


図8 配電盤1内に設置されたマイコン基板1

によるデータ要求コマンドにより行われる。つまり、各マイコンはデータロガー用のサーバ機器として動作し、次の2つの機能を持つ。

(1) PC間通信

PCからのコマンドを受信し、コマンドの解釈後、計器データを取得してPCへ送信する。PCとの通信方式はUDPプロトコルを採用した。

(2) データ取得

PC間通信モジュールから呼び出される処理で、マイコンの入出力ポートから計器データを入力し、数値データへ変換する。マイコン1と2で処理は異なる。

開発には、マイコンボードの販売会社から提供されている開発キットを使用し、プログラムにはC言語を用いた。

一方、PC側のソフトは、大きく「電気炉操業記録作成ソフト」と「操業日報作票用ソフト」の2つである。

「電炉操業記録作成ソフト」は、各マイコンからEFデータを収集してファイル化するとともに、図2で示した画面を表示するものである。

この開発にはVisual Basic 6.0を使用した。

操業中、PCからはタイマ割り込みを用いて30秒間隔でマイコン1,2に対してデータを要求し、マイコンから送信されたEFデータをファイルに保存する。マイコンとの送受信はすべてテキスト形式で行っており、ファイルに保存されたデータも図9に示すようにすべて文字列であり、ファイルを別のアプリケーションで開いて確認することができる。これは、現在の手入力で記録されているデータと比較し、本システムの稼働状況を検証するためでもある。

また、マイコンから取得したEFデータは再加工して、操業記録画面にリアルタイムで操業状況を表示する。

このほか、画面上のフォームに手入力された作業情報（作業担当者など）の情報もファイル化する。こうしたファイルは6種類あり、これらのデータは、次の「操業日報作票用ソフト」の中で利用する。

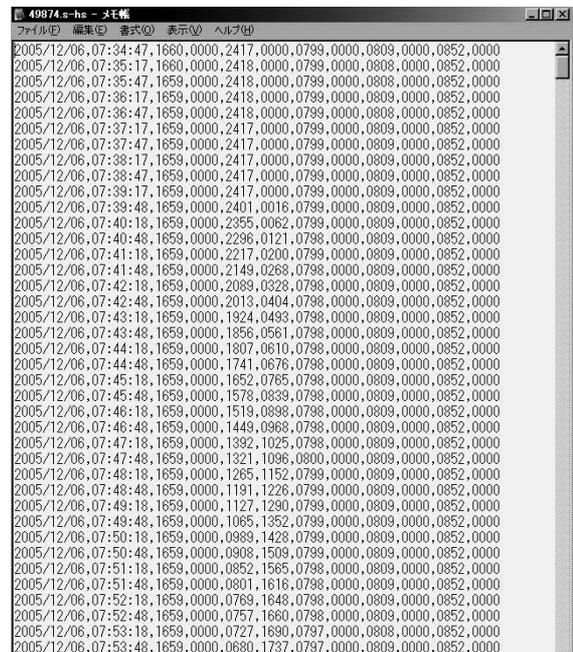


図9 マイコン1から送信された操業データファイルの一例

「操業日報作票用ソフト」は、操業データや作業記録のファイルをもとに、作業日報票を作成するものである。現在の「操業日報」がEXCELをベースとして作成されており、これがさらに月報や年間集計をするためにも使われていることから、現状業務形態の大幅な変更を避け、本ソフトもEXCELとVBAを使って、各種作業のコマンドボタンによる自動化

の範囲にとどめた。

主な機能としては、①EFデータファイルの読出しと、セルへの自動入力、②「製鋼生産日報票」の作成、③その画面表示と印刷、④EXCELファイルの管理などで、従来、手入力していた作業の多くが自動化された。

マイコンおよびPC上のソフトウェアの作成は、生産情報学生とS社担当社員が分担して行った。

4. まとめ

開発したシステムは、2005年末から実際に工場で試験運用を開始し、実際の操業環境の中で発生する不具合などを改善しながら、S社との取り決めどおり年度内に当初の目的を達成することができた。

最後に、地域企業支援としてのこの取り組みのまとめを行う。

本校では今年度から、企業との連携を意識し、共同研究や受託研究といった本校教員だけが参画する開発プロジェクトのほかに、学生をメンバーに加えた企業参画型の開発課題が、このテーマのほかにも設定されている。本稿で報告したシステム開発は、以下のような点で特に開発に携わった本校教員や学生への教育的な意義が大きかった。

(1) 実用的なシステム開発にかかわれたこと

本システムは、今後数年間安定して稼働することが要求され、製作側の責任は非常に重いものだった。一方で、本校での実習課題や開発課題では、これまで数年間安定して稼働するようなシステムの開発実績がなかったし、求められてもこなかった。実際に工場内での稼働試験が始まると、校内での実験では想像できなかったようなシステム障害が発生し、その対応に追われることになったが、学生達にとっては就職後の実際のシステム開発で少なからず遭遇するであろう貴重な体験であったといえる。

(2) モチベーションの維持

これも申し合わせの時点で年度内の稼働を約束していたことが大きな拘束力となった。約1年間に及ぶ開発課題は、ややもすると中だるみから当初の意気込みを継続するのが難しいことが、毎年反省点と

して出されてきた。しかし、本システム開発では、この大きな拘束から、「なんとかして完成させる」という意識を最後まで維持できた。

(3) 社員との交流

本システム開発では、S社からも2名の担当者が参画し、月の半分以上を学校に出向いていただき、システム開発や時には学生への指導も行ってもらった。特に、業務に関する細かな動作仕様は、利用者の立場でもあるS社担当者の協力なしには実現できなかったであろう。また、本校では、先輩後輩といった交流が少なく、上司的、時には兄貴的な社員との交流は、授業という枠組みでは決して得られない貴重な体験になったのではないかと思われる。

一方、会社側のメリットとしては、システムの導入のほか、自社システムの自力開発を担える社員が育成できたことがあげられる。今後も、S社では他の部門の自動化、省力化や、収集したデータを生産管理、品質管理、原価管理などへどう生かしていくかという課題を抱えており、本校との連携がより深まることを期待している。

また、本校とS社との取り組みは、工業団地内の経営者間の会合などを通して、近隣企業にも広まっており、本校と銭函工業団地内の各企業との連携が深まっていくことにも期待している。

最後に、システム開発を本業とする企業が、本腰で同じシステムを開発していれば、数ヶ月で完成していたかもしれないが、学生教育・社員教育という視点から1年間という大きな猶予をいただいたS社の関係各位に感謝申し上げる。また本開発にかかわった阿部丈洋、長谷川康平、三上智之、横川徹（以上、生産電子）、浅田優作、齋藤優一良、松原直之（以上、生産情報）の学生諸君の名をここに記し、その労をねぎらいたい。

<参考文献>

- 1) 恩田, 上村, 仁部, 柴田: 「自律型二足歩行ロボットの開発～応用課程 開発課題の一事例～」, 『技能と技術』, 2/2003.
- 2) 西田, 植平, 人見: 「ハイブリッド換気システムの製品開発－応用課程開発課題での取り組み－」, 『技能と技術』, 4/2003.