

川崎製鉄におけるOR教育

——普及をめざした実践的OR基礎講座の紹介

瀬崎 信夫

はじめに

ORの一般化をめざして実施している当社におけるOR教育を、その経緯をふまえて紹介する。ここでは、当社の実情を十分知っていただくためにOR基礎講座のカリキュラムの紹介を中心として、実践的ORということに特に力を注いでいる実務テーマの実習、グループディスカッションなどの特徴についてくわしく説明する。

1. 当社のOR活動とOR教育の経緯

当社のOR教育の特色の1つは、導入当初から「QC、IEとならんでORは、技術者のもつべき基礎的管理技術である。」との考え方に立って、継続的に広範囲の受講者に対して行なわれてきた点である。この間今年で満25年、幾度かの内容の改訂はあったが、この教育を支えてきたニーズ、いわば当社のORに対する考え方、とりくみ方について当社のOR活動の変遷を通じて紹介する。

当社がORの組織的導入を開始したのは昭和34年である。昭和26年、戦後の日本鉄鋼業の復興と拡大の端緒となった千葉製鉄所の建設に着手し、昭和33年には第2高炉の火入れが行なわれ、いちじるしく経営規模が拡大していった。また、当時はわが国産業界が米国から近代的経営管理技術の導入を盛んに行なった時代であった。こうした情

勢のもと、当社においても経営近代化のためQC（昭和28年デミング賞受賞）につづいてIE、ORの導入を行なった。

導入初期に当たってのORは、わが国鉄鋼業の共通の形態としてIE活動の中に含めて進められてきた。したがって、適用分野は、いわゆる経営戦略面にはおよぼさず、当時のIE活動の主流であった工程改善・作業改善向けのものが大半であった。しかし活動の成果はきわめて現実的なものであり、即時実行に移され、ORの効果を容易に身近に感じさせるものであった。こうした実践活動と教育により、OR活動の基盤が整備されて、昭和38年に行なわれた千葉製鉄所第2高炉巻替え工事へPERTが適用された。多大な成果をおさめ、業界のOR活動本格化のための大きな刺激となった。それまでの活動は試行導入期の活動といえるもので、OR担当部門（能率室）のメンバー主体で進められていたが、PERTの活動を通じてOR普及へ一段の拍車がかかった。当社の教育体系が整備されたのは昭和40年であり、OR教育はIEの中に含まれて管理技術教育として社の制度の中に定着した。この時のコースは、技術系社員（入社3～5年）対象のIEコースの中でのPERT、在庫理論、シミュレーション、EEのORカリキュラム3日間であった。

一方、昭和40年代に入るとわが国鉄鋼業は高度成長期に入って新鋭製鉄所の建設があいつぎ、当社も水島製鉄所の建設に着手した。製鉄所の建設

せざき のぶお 川崎製鉄㈱ 技術管理部

は莫大な投資を必要とするため、工場建設計画には全面的にOR的な検討が必要不可欠とされるようになり、この考え方は現在も貫かれている。OR活動の中核となっている各製鉄所、製造所の能率室が、技術管理部門から製鉄所の経営計画を担当する企画部に移されたのもこの時である。設備能力の検討、物流レイアウト、要員計画等多数の建設にからむOR活動が展開された。

また、当時はコンピュータの急速な発展の時代でもあった。上記設備計画におけるLP、シミュレーションなど大型モデルを使ってのOR活動が可能になったのもこの時代である。同時にまた、コンピュータが大型化されるとともに諸管理システムの開発も活発になり、システムの解析、最適化のためORが活用されはじめ、システム開発部門のOR専門家の充実が進められるようになった。

昭和48年秋のオイルショックにより日本鉄鋼業は高度成長期を終え、以後現在に至るまで経営体質の転換と質的充実をはかる時代をむかえた。当社のOR活動もこのニーズにこたえ、一層幅広い活動を展開するに至った。会社の経営計画策定システムの中にもORはくみこまれ、長期的展望に立った重要な政策決定に貢献している。操業技術の開発も自動化・連続化を中心に急速に進み、ORはこれらの中でシステムのモデリング、解析、最適化のために大いに活用されてきた。大河内賞、石川賞等、当社が受賞した多くの技術進歩にもORは大きな役割をはたしている。

このようなOR活動のうち、経営計画に関するものは専門ORワーカーが主として担当することになるが、その他の多数の活動には、広範囲の分野の技術者の参画が不可欠となっている。したがってOR教育もより高度に、そしてより固有技術に密着したものが要求されることになった。昭和54年の管理技術教育体系の改訂のさいに、OR講座は、IEから独立して強化されることになったのである。

2. 現行の教育体系とOR教育

2.1 OR教育の位置づけ

当社の教育体系は技術一般職掌(作業員)と管理主務職掌(管理・事務・技術社員)に分けて、新入社員から部課長に至るまでの体系として整備されている。その中で、管理主務職掌の管理技術教育だけに絞って体系として示したものが図1である。これは全体的に整合性のとれた体系で整備されており、その中に位置づけられているOR系についても、かなり充実したカリキュラムとなっている。エンジニアは、入社後すぐに、管理技術教育体系の一環として位置づけられたIE初級コースの中で、SE、IE、QCと関連づけながら、OR概論を座学2日間で教えられる。これだけで実践活動を期待することはできないが、社内で数多く行なわれているOR活動を理解させ、後に自分も参画させようとするものである。そして2~4年経過したのち、「OR基礎講座」というORの専門コースを全員受講する建前となっている。次節以後でその講座の内容を説明するが、ここではこの他のORに関係する教育について簡単に説明しておく。

① 「IE基礎コース」…中堅掛員対象

各部門から業務上必要と考えられるものを選抜し30人/回、千葉・水島両製鉄所でそれぞれ年1回ずつ開催、他事業所のものはいずれかに参加することとしている。「OR基礎コース」も同様

② 体系に含まれている社外セミナー

- 部課長対象 「経営戦略セミナー」(日科技連)
1回/年
- 掛員対象 「OR教育セミナー」(日科技連)
2回/年
- 掛員、掛長対象 「多変量解析法セミナー」(日科技連) 1回/年

③ 体系外のOR教育

当社の場合、体系教育とは会社の教育として

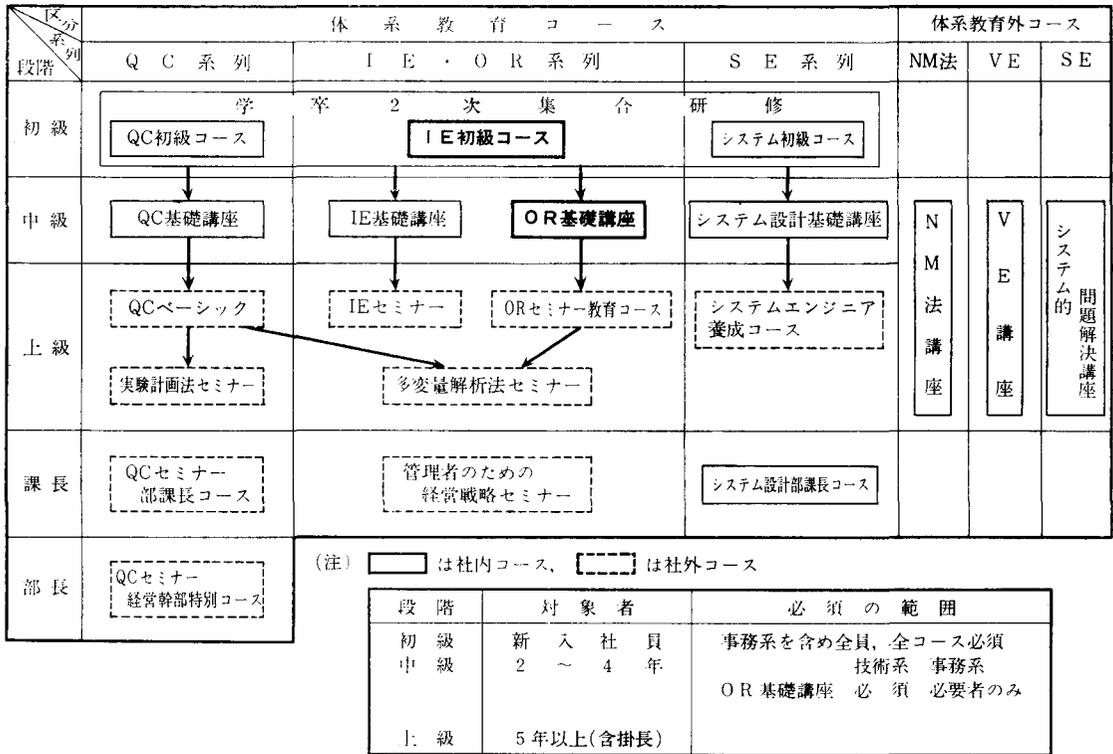


図 1 管理技術教育体系

毎年定期的に開催するものとしており、部門の専門家の育成のための教育や、その時々的重要性から行なうスポット教育は別途実施することになっている。たとえば、昭和39年に当時の建設ラッシュに対処するためのPERT教育をはじめとして、多変量解析(奥野忠一氏)、時系列解析(富士通)等を実施し、活用度の広いものは逐次体系教育へくみ入れることにしている。

OR専門家の育成には、日科技連のOR教育セミナーのほか、多変量解析・信頼性・実験計画法等のセミナーを活用、定期的に参加させている。

④ 技術一般職に対してのOR教育

- 班長対象 「専門コース管理科目」 3回/年
実習を含めた3カ月コースである。IE教育の中に簡単なPERT、シミュレーションを含め、現場の作業改善の推進をはかっている。
- 一般職掌対象 「上級技術科目オペレーションズ・リサーチ」 1回/年

演習を中心とした10日(2H/日)の教育、LP、待ち行列、在庫理論、PERT、EEを教えている。

● 「鉄鋼のためのOR講習会」(鉄鋼連盟)

実務テーマの実習を含む社外セミナー。(ただし、当社の中でも掛員を対象としているところがある) 1回/年

2.2 OR教育の考え方

当社のOR活動の推進および普及の母体となっているのは本社技術管理部、各製鉄所・製造所の企画部能率室である。その在籍者数を表1に示す。

企業内にORワーカーが豊富に、しかもあらゆる分野に配属されており、そのORワーカーが常時的確な先見性・予測能力をもち、問題を発掘し提起し、解決していくことができるならば他セクションに対するOR教育はそれほど徹底しなくともよいであろう。しかし現実にはORワーカーの固有技術に対する理解レベル、ORセクションの規模・陣容等からみずかしい。したがって、OR

以外のセクションにおいても、それぞれ、専門の研究開発を行ないながら、ORテーマを正しく発掘し、提起し、解を求めていく姿でなければならない。さらにその後のモデルの更新を考えると、みずから解決できる姿にあることが望ましい。この考え方にもとづき、当社ではすべてのエンジニアをOR教育の対象として考えている。

表 1 能率室在籍者数(58年12月現在)

	本社	阪神	知多	千葉	水島	合計
課長以上	5名	1名	2名	2名	2名	12名
掛長		2	2	4	4	12
掛員		4	4	14	7	29
技能系		3	4	11	19	37
計	5	10	12	31	32	90

他に応援
5名

他に応援
10名

1. OR基礎講座のねらい

考え方の前提

- a. 固有技術のバックアップ・レベルアップのため
- b. 問題解決に総合力とスペシャルな力
- c. モデルの価値
 - 一般解可能
 - 検討のスピードアップ

当講座のねらい

その部門で有効なる手法について、理論事例、実習研究

「使える手法」としてマスター

ORマインド体得

2. 講座の主構成と実行カリキュラム

- 教 育…講義・演習
- 訓 練…適用事例とコンピュータ使用
- 方法の紹介、テーマ実習
- 効果測定…論文提出・発表会・アンケート
- 能力開発…関係書紹介

3. 演習のねらい

理論の理解度評価

手法の完全マスター

4. 適用事例紹介、コンピュータ使用法

事例紹介を!

ORのPRを!

講義・演習
と実習との橋渡し

5. 実習のねらいと進め方

ORマインドはOR的アプローチを経験してはじめて体得される

アプローチの一段階として手法あり

本実習のねらい

- a. ORマインドの理解
- b. 正しいアプローチ訓練
- c. 全体アプローチと個々の手法との結びつき認識

実習のアウトプット

- テーマに応じてアプローチ
- 解

進め方

題意の理解・アプローチ粗案・採取データ確認
制約条件範囲・データ採取・アプローチ修正・解法

報告会

6. 発表会のねらい

所属長

ORへの認識を深め
操業に役立てる

受講生

a. b. c

図 2 当社のOR教育の概要

表 2 OR基礎講座における教育訓練方法

		教 育	訓 練	効 果 測 定	能 力 開 発
		ORワーカーに必要な知識を学ぶ	学んだ知識を使いこなせるようにする	教育訓練成果の確認と評価を行なう	さらに知識を拡充する
本講座	方 法	○講義 ○演習	○事例紹介 ○コンピュータ使用法 ○実 習	○論 文 ○アンケート ○終了発表会	○関係書紹介
	型 式	OFF. J. T	OFF. J. T	O. J. T	O. J. T
長期教育訓練管理		—	O. J. Tで計画的指導・フォロー		

3. OR基礎講座の内容

当社のOR教育の概要を示すと図2のようになる。

3.1 講座のねらい

固有技術の進歩をバックアップする管理技術として、IE, QC, OR, SE, 発想技法等がある。この水平的見方に対し、垂直的にみると、問題解決のステップがあり、そこではさまざまな局面でさまざまな技法が適用される。1つの問題解決のためには、固有技術についての知識と総合力、および管理技術独自のマインドと技法とが必要不可欠である。

この講座では中堅技術者に、ORテーマの発掘ができ、正しくアプローチできる力を身につけさせることを主目的としている。

ORの基礎ともいえるモデル化は、問題解決にあたって、いったんモデル化されると、これにより一般解が得られ、感度分析もでき、その後の検討のスピードアップをもたらすものである。そのため教育ではモデル化の価値と方法を体験的に十分に認識させる必要がある。

それぞれの部門で有効と考えられる手法の修得には、その手法の理論を理解し、適用事例を知り、さらにその手法によるその時点での懸案あるいは重要課題となっている問題へのアプローチを実習することにしていく。これらのステップを踏むことにより技法を使える手法として体得し、同時にORマインドを身につけるのがねらいである。また、実習課題は課題提供部門でフォローさ

表 3 セッション別コース内容

セッション	コース内容
オペレーションズ・リサーチ(OR)	在庫理論, シミュレーション, 待ち行列 EE, LP, MIP, IP, PERT
多変量解析(MA)	重回帰分析, 主成分分析, クラスタ分析, 数量化理論

れ、完結されて実効もあがるよう考えられている。

3.2 講座の構成とカリキュラム

昭和54年のIE講座からの独立にさいし、日科技連ORセミナー受講者等のORに関係したエンジニアと課長クラスにORに関するアンケートを実施した。このアンケート結果からORの教育訓練方法として表2に示すような構成とすることがOR基礎講座のねらいどおりの効果を最大限にあげる道であるとの確信を得た。また、過去の適用事例の分析結果も考慮してコース設定と講義内容を決定した。なお、OR基礎講座のキックオフとして東京工業大学森村英典教授に「オペレーションズ・リサーチと鉄鋼業における事例」と題する講演をお願いした。そしてOR講座に関して適切な助言もいただいた。コース設定については部門によって有益な手法が異なるので表3に示すようにORセッションと多変量解析セッションの2コースで運営している。それぞれのカリキュラムは表4、表5に示すとおりである。

これらを見てももらえばわかるように講義→演習→適用事例紹介→コンピュータ使用法と同演習→テーマ実習→発表会を通して、生きた・使える

表 4 OR基礎講座(ORセッション)カリキュラム

日/曜日	午 前	午 後
5(月) 6(火)	数理計画法 経済性分析	ケーススタディー 当社事例紹介Ⅰ
9(金) 10(土)	シミュレーション, 在庫理論, 信頼性工学 待ち行列理論, PERT	ケーススタディー 当社事例紹介Ⅱ
13(火)	ディスカッション・テーマ1 —ORテーマの発掘—	ディスカッション・テーマ2 —ORをいかに普及させるか—
14(水)	プログラムパッケージ使用法 (GPS S, MPS, TRACE II)	実習テーマ・アプローチ
15(木) 16(金)	[データ採取・分析]……自習	
19(月)	アプローチ案発表・検討	
21(水) 22(木) 23(金) 24(土) 26(月) 27(火)	[コンピュータ・ランニング および 解 析]……自習	
28(水)	実習テーマ中間報告	討議・指導
29(木) 30(金)	追加検討	
31(土)	実習まとめ	発表会

表 5 OR基礎講座(MAセッション)カリキュラム

	午 前	午 後
11(金)	講義・演習	
14(月)	〃	
15(火)	講義・演習	実習テーマ説明・アプローチ討議
17(木)	アプローチ発表・討論指導	適用事例紹介・コンピュータ使用法説明
18(金) 23(火)	コンピュータ・ランニング……3日分相当	
24(木)	中間報告およびアプローチ討論・指導	
25(金) 29(火)	コンピュータ・ランニングおよび報告書作成……3日分相当	
30(水)	報告書作成および発表準備	発表会

(注)

- 1) 講義内容
数量化の考え方について
重回帰分析・主成分分析・判別関数・因子分析
・クラスター分析(正準相関分析)
- 2) テキスト
多変量解析法(日科技連)使用

- 3) 適用事例紹介
多変量解析の適用例
- 4) コンピュータ使用法概説
 - a. BMDP共通事項
 - b. 各手法とインプットパラメータの切り方
 - c. アウトプットの見方
 - d. パラメータの切り方の演習

ORが身につくようにしている。それから、講師については、短期間に教育効果を上げられる、講義内容が陳腐化しない等々の理由から、実習指導まで含めて、ORセッションを神戸商科大学青沼龍雄教授、真鍋龍太郎教授、また、多変量解析(MA)セッションを岡山大学田中豊教授にご指導をいただいている。

4. 当社のOR教育の特徴

今まで述べてきたOR教育の内容を、さらに理解していただくために、特徴というタイトルで補足説明したい。

4.1 必修科目としてのOR基礎講座

まずあげられるのは、実践的ORの普及をねらいにOR基礎講座をオーガナイズしていることである。しかもこれは、エンジニア全員を対象に必修科目としてオーソライズされている。

4.2 多変量解析セッションを含んでいる

このセッションは指名を受けた者だけが受講するが、OR講座の中に、固有技術へのアプローチをめざした多変量解析(MA)を含んでいることが第2の特徴である。実習テーマ名を見てもわかるとおり、ねらいどおりすばらしい成果をおさめている。

4.3 適用事例紹介

昭和42年から現在に至るまで能率室が参画したテーマのうち、OR的なテーマを161件ピックアップして事例リストとして紹介している。紹介する項目は、テーマ名、手法区分、問題タイプと対象だけであるが、その表から適用地区、適用分野、適用手法の関連を知り、OR的テーマのイメージをつかんでもらうようにしている。(事例リストを集約したものが、図3の適用分類である。)個々のテーマの内容紹介としては、適用事例集サブテキ

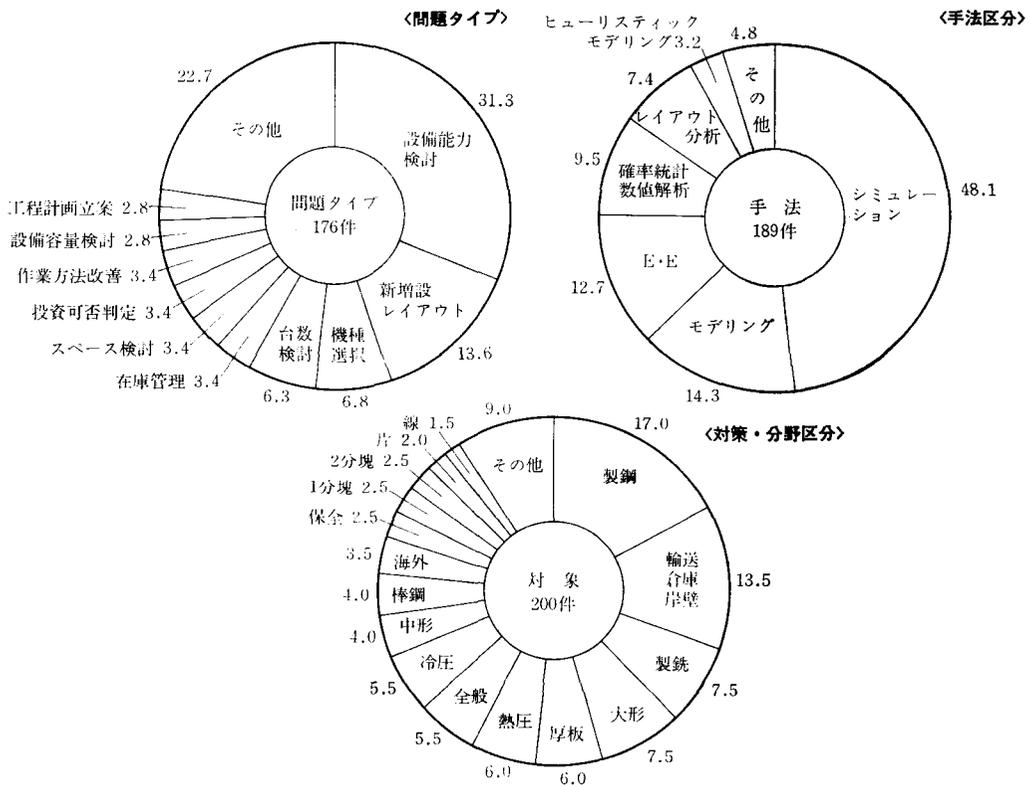


図3 適用分類

ストとしてまとめてあるので、それによりくわしく解説している。これは、講義・演習と実務テーマでの実習との橋渡しの役割をはたす。この紹介はORスタッフが行なう。

4.4 グループ・ディスカッション

OR的考え方を生産活動の中でいかに適用していくかの動機づけを行なうために、ORセッションにおいて「ORテーマの発掘」「ORをいか

に普及させるか」といったテーマについて、各グループで討議させその結果を発表させている。これには、ORスタッフとしての能率室の課長以下が参画することになっているが、OR的テーマが数多く発掘できる、あるいは、普及活動が効率的に行なえるようになるといった実利以外に、生の問題をもつ受講者とORスタッフとのコミュニケーションがはかれるところに大きなメリットがあると考えている。

4.5 コンピュータ使用法紹介

実際の問題解決 および 大部分の実習テーマには、コンピュータ・パッケージを使うので、やはりこの講座用に作成した実例つきコンピュータ使用法サブテキストで、パラメータの切り方を演習する。システム室の技術計算担当者と能率室掛員とが、GPSS, TRACE II, MPS, BMDPなどのパッケージを解説する。これは、実践的ORをめざす教育には必要不可欠のものである。講座終了時点では、それまでTSS端末にふれたことのない者でも、操作ができるようになっている。また、最近では、コンピュータ・パッケージの使用頻度がふえ、教育効果がかなり浸透してきている。

4.6 実務テーマの実習

テーマは受講生募集と同時に募った各所属の重点あるいは懸案テーマの中から、主催者側で選定し決定する。実習は、2～4名のグループ実習を原則としており、アプローチ案作成にウェイトを

表 6 OR基礎講座ORセッションの実習テーマ名(一例)

	テ ー マ	適用手法
1	厚板素材の加熱炉装入順位決定アルゴリズム	Branch & Bound
2	4高炉の炉体組立工程の工期短縮	PERT
3	条鋼製品に関するプロダクトミックス	LP
4	夜間電力活用を考えた操業・休工計画の適正化	MIP
5	車両の最適代替時期	EE
6	厚板4号熱処理炉の炉修時期見直し	信頼性理論
7	機械工場工程計画の最適化	GPSS
8	回収部門におけるエネルギー使用の最適化	LP
9	ジーゼル運行のモデル化	GPSS

置いているのが特徴である。つまり討論→発表→アプローチ修正をくりかえし、モデルのレベルアップをした後、解決し、発表する方式をとっている。この実習が本講座の最も重要な部分であることはいままでもない。それゆえ実習指導をするため、講師のほかにORスタッフを各グループに1名つけるようにしている。実習のスケジュールもハードなものだが、コンピュータを使いこなし結果はかなりの解レベルまで到達している。実務テーマを扱っているだけに、着実に実効が上がり、トップにも実際の課題解決に貢献していると評価されている。参考までにOR・MAセッションの実習テーマと適用手法等を表6, 7に示す。

さいごに

当社におけるOR教育については、本誌1981年6月号「企業内におけるOR教育」ですでに紹介した。今回割愛した部分については、それを参照していただきたい。

最後に、OR教育受講者実績を示してしめくりたい。表8が、昭和58年時点で本社関係を除く、製鉄所、製造所在籍技術者に対する実績であるが、まだまだ受講率が低いので、今後もひきつづきORの普及に努力していきたいと考えている。また管理主務職掌の機能の変化にともない、現在の管理技術教育を見直す作業が進められており、ますます充実したOR教育へ発展できるものと期待している。

表 7 OR基礎講座MAセッションの実習テーマ名(一例)

	テ ー マ	概 要	適 用 手 法
1	銑中〔Si〕の変動におよぼす操業因子の効果	銑中〔Si〕への高炉操業因子の影響の評価を、炉況を30分ごとに追跡し検討している。特に静圧モデルにより推定された融着帯指数と炉内物質分布を制御するさいの重要な諸元である、シャフトガンサンプラーの測定値を中心とした解析になっている。 そして〔Si〕の動きに対しては融着帯指数の寄与は小さく、炉底溶銑・ノロ間の熱力学的平衡条件が大きいとしている。	重回帰分析 主成分分析 正準相関分析
2	高炉炉況の定量化	〔Si〕の変化と、他の変数との関係を議論している。そして〔Si〕レベルは熱流比・炉頂ガス成分で分類できることを示した。	重回帰分析 判別分析 因子分析
3	転炉サブランスダイナミックモデルの解析	転炉サブランスダイナミックコントロールは、53年に開発されたが、LD-KG採用等により操業環境が変化してきている。そこで、LDとLD-KGの区分の必要性を検証して、分けるべしとの結論に至っている。また、脱炭理論式は修正の必要があるとしている。	クラスター分析 重回帰分析 主成分分析 判別分析
4	K-BOP転炉操業における取鍋ライニング寿命への影響	K-BOPにおける〔TFe〕変化量に対する取鍋寿命への重回帰分析を行なったものである。その結果、ろう石鍋においては説明変数としての〔TFe〕はなく、影響は考えられない。ジルコン鍋については係数が負となり〔TFe〕の減少が取鍋寿命の延長に寄与することが明らかとなった。	クラスター分析 重回帰分析 主成分分析
5	KTR法によるYP36(kgf/mm ²)造船材の靱性におよぼす要因の検討	KTR法による製造初期に、シャルビーエネルギーのバラツキが大きかった。その要因を調査したものであり、バラツキ傾向としては十分説明がされた。また、今後異常値は前もって予測できるとしている。	重回帰分析 主成分分析 判別分析
6	厚板圧延中“反り”発生メカニズムの解明	厚板圧延中の“反り”発生に対する判別分析を行なった結果、“反り”はメタルイン時のロールインパクトドロップによりほぼ説明できることが明らかとなった。インパクトドロップは圧延トルク・ロール速度によりほぼ決定され、インパクトドロップの予測モデルが作成できた。	重回帰分析 主成分分析 判別分析

表 8 製鉄所・製造所在籍者のOR教育受講実績(58.12)

		水 島 製鉄所	千 葉 製鉄所	知 多 製造所	阪 神 製造所	合 計
I E ・ O R コ ー ス	(社内) IE基礎講座	232	391	125	106	854
	OR基礎講座	73	(約50) *	7	7	87
	(社外) 鉄鋼OR講習会			4	4	8
	OR教育コース	22	30	4	5	61
	多変量解析セミナー	2	8	2	3	15
	経営戦略セミナー OR部課長コース	11	6	4	1	22
在籍技術者数		784	731	203	166	1887

*社内多変量解析セミナー(スポット教育)