

# 複雑한 物流SYSTEM을 가진 設備計劃문제의 SIMULATION 分析

Analysis of facility expansion plan using simulation technique

尹 相 圭\*

## Abstract

In the multi-stage and multi-process plant, it is not an easy task to describe the inter-relationships among each process and facility.

The purpose of this simulation study is to analyze the effect of additional facilities on productivity in a steel mill. The simulation was performed using SLAM Simulation Language for Alternative Modeling. The results of this study was used by the plant engineers in making decisions on the expansion of the plate mill.

The prediction of which processes would cause bottle-necks enabled the plant engineers to invest most effectively.

## 1. 設備合理化 計劃의 概要

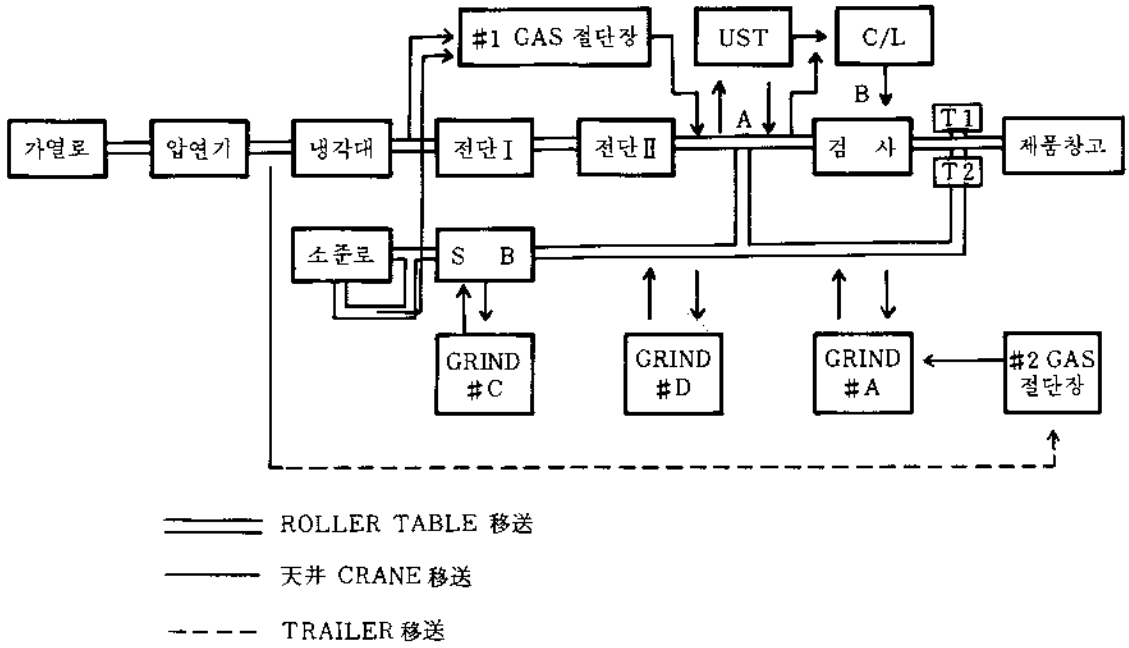
분석 대상설비인 포항제철소의 제2厚板工場은 1978년 2월 28일 준공된 설비로서 STEEL PLATE (두께 6~100mm, 폭1,200~4,500mm, 길이 1,200~25,000mm)를 연간 140만톤 정도 생산하고 있는 設備이다. 최근 철강수요, 특히 高級鋼의 수요 증대에 따라, '89년 이전에 현재의 년산 140만톤에서 180만톤 규모로 설비

를 증강시킨다는 것이 경영방침으로 결정되었다.

그러나, 이 공장은 <도1>에서 보는 바와 같이 복잡한 可逆的인 공정이면서 가공물의 이송에 ROLLER TABLE, 천정 CRANE, TRUCK등이 활용되고 있어 NECK 工程에 대하여 어느정도까지 설비를 증강하여야 할지를 판단하기가 곤란하다.

\* 浦項綜合製鐵株式會社 IE室長

<도1> 2 후판공장의 MATERIAL FLOW (概略圖)



설비계획의 기본골자는 ① 제품증산과 직결되는 加熱炉 1基, 粗壓延機 및 EDGER ROLL 各 1基, COOLING BED 등을 증설하고, ② 전단 LINE의 SPEED UP을 위해 COLD LEVELLING MACHINE, 전단기, ROLLER TABLE등을 보강하는 것이다.

이것을 전제로 하여 계획된 제품을 생산할 경우 생산과정에서 惹起되는 공정과 설비상의 문제점을 파악하고자 하는 것이 SIMULATION의 목적이다. 이번 SIMULATION에는 SLAM (SIMULATION LANGUAGE FOR ALTERNATIVE MODELING) 언어를 이용하였고 사용된 COMPUTER는 VAX 8600이다.

**2. SIMULATION 範圍 및 資料 調査**

SIMULATION에서는 상기와 같은 설비계획에 대하여 다음의 문제점을 검토하기로 하였다.

- 剪斷 및 精整設備 (UST, COLD LEVELLER

GRINDING MACHINE, GAS 절단장 등)의 負荷分析

- 정정 CRANE 4대 負荷分析
- T1 TRANSFER의 作業 負荷分析
- 정정 대기장 및 GRINDING YARD 規模의 적정 여부

또한 검토결과와 상호 비교를 위하여 ① 현실 비로 생산할 경우, ② 전단 LINE만 보강할 경우, ③ 전단 및 정정 LINE (UST, #1, #2, #3 GAS 절단장, 작업 FLOW 일부 변경) 보강시의 3 CASE로 大別하여 SIMULATION 분석하였다.

여기에 사용되는 DATA는 현장에서의 TIME STUDY결과 또는 설비 사양서에 따라 다음과 같이 적용하였다. 물론 현장작업을 TIME STUDY하여 적용 DATA를 수집할 때는 그 DATA의 신뢰도를 높이기 위하여 평균치와 표준 편차, 그리고 그 DATA의 분포등이 그대로 적용되었다.

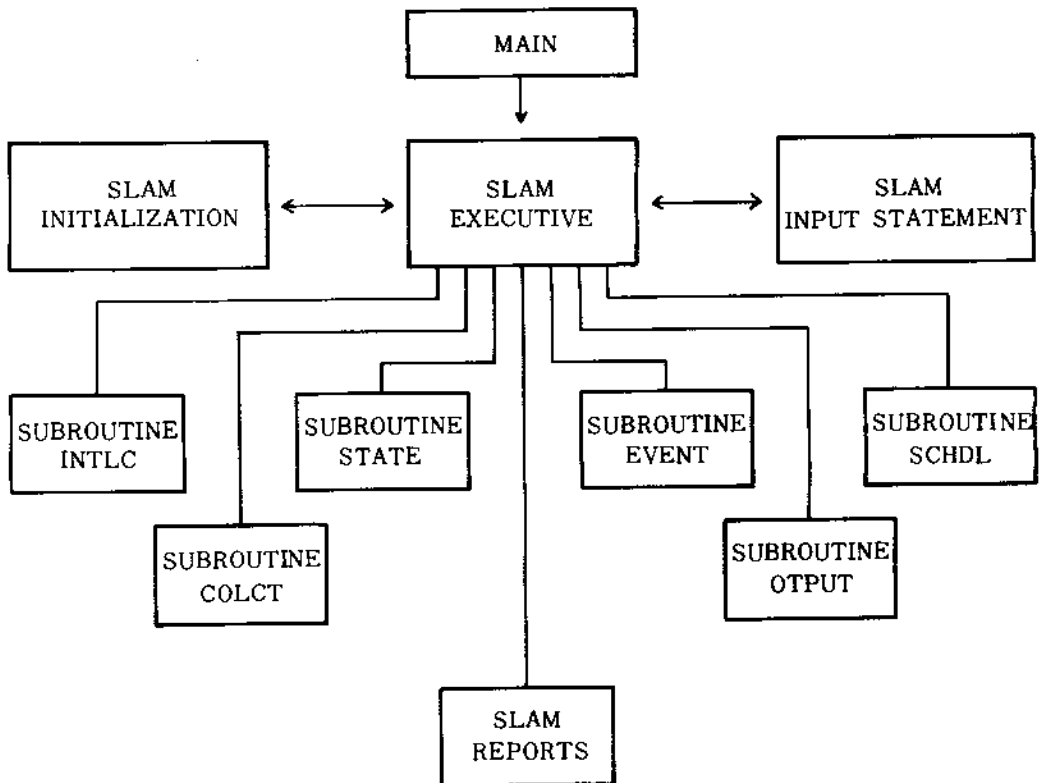
〈표1〉 SIMULATION 적용 DATA

구 분	DATA 적용 근거	대상설비 또는 적용 목적
1. 설비별 생산(처리) 능력 및 단위당 처리 시간	제안된 설비사양서(MEP)	가열로, 압연기, 냉각대, 연마보수장 전단기(4종), UST, 소준로, 냉간교정기
2. 공정별 작업비율	'86실적 DATA 및 생산 계획서	전단기별 작업율, 열처리비율, 연마보수 비율, UST비율, 냉간교정비율
3. 이상작업	실측 및 자료조사 결과	품질이상재 발생비율, CRANE 고장발생 율 및 시간, 설비이상시간
4. 이동시간	실측결과	CRANE(5), ROLLER TABLE(3), TRAILER
5. 제품생산형태	'86년 실적 DATA	소재 1 매당 생산제품수, 공장 수리주기 및 시간

3. SIMULATION MODELING & PROGRAMMING

SIMULATION MODEL의 구조는 ENTITY의 흐름을 기준으로 할 때 〈도2〉와 같이 표현된다.

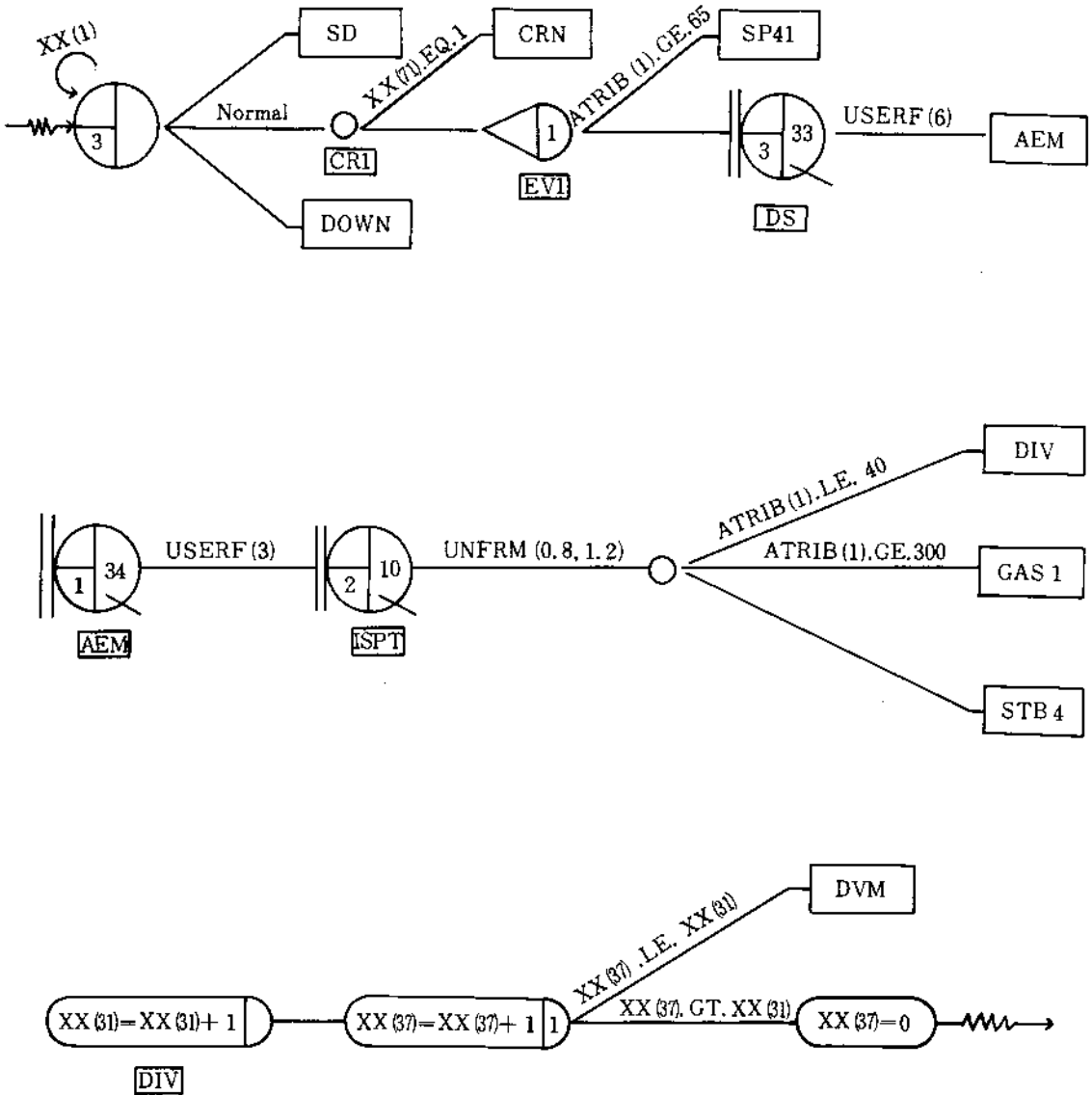
〈도2〉 SIMULATION MODEL의 구조



〈도 3〉은 SIMULATION을 위한 NETWORK 작성사례이다. 이것은 SLAM에서 사용되는 독특한 기호로써 표시되고 SLAM 규약에 의거

FORTRAN PROGRAM으로 자동적으로 CODING 된다.

〈도 3〉 SIMULATION NETWORK DIAGRAM (例)



ATRIB(1) : Thickness of A plate

USERF : Process Time

〈표 2〉는 〈도 3〉으로 표시되는 SLAM NETWORK을 SLAM언어로서 CODING한 부분적인 예이다. 이것은 〈표 2〉에서와 같이 ㉠ HEAD PREPERATION部, ㉡ NETWORK部, ㉢ END PREPERATION & CONDITION 部로

구성된다. 여기에서는 SIMULATION 기간을 3개월로 하였으며 정상적이라 할 수 없는 초기 DATA가 포함되지 않도록 하기 위하여 처음 1개월간의 통계 DATA는 삭제하도록 하였다. (MONTR, CLEAR, 43200)

〈표 2〉 SLAM NETWORK의 CODING 例

```
*****
*      NETWORK (PROGRAM)      *
*****
```

```
GEN, LEE KWANG-MOO, # 2 PLATE MILL SIM. , 08 / 12 / 87, 1, Y, N;
```

```
; -----
; THIS NETWORK IS TO STUDY ABOUT # 2 PLATE MILL REFRESH PLAN.
; THIS PROGRAM IS MODELIZED, SIMULATED AND ANALIZED BY LEE KWANGMOO
; WHO IS OPERATION RESERSCH ENGINEER ENGAGED IN I.E SEC.
; DATE OF SIMULATION : 1987. 8. 11.
; -----
```

```
LIMITS, 34, 3, 4850;
```

```
NETWORK;
```

```
RESOURCE / B34R, 20, 25, 24, 19;
RESOURCE / C12R, 15, 27, 21, 22, 28;
RESOURCE / SP1CR, 17, 16, 18, 14;
RESOURCE / SP2CR, 26, 23;
RESOURCE / SP3CR, 11, 12;
```

```
; -----
CREATE XX(1), , 1, 3;
EVI EVENT, 1, 1;
    ACT, 60. , ATRIB(1).GE. 65. , SP41;
    ACT;
DS QUEUE(3), , 3, BLOCK;
    ACT/6, USERF(2);
; .....S. D SCHEDULE (B34R, C12R).....
R34 ALTER, B34R, - 1 ;
    ACT, EXPON (450. , 2);
    ALTER, B34R, + 1 ;
    ACT, 30240. , R34;
```

ENDNET;

INTLC, XX(1)=2.3, XX(11)=0.069, XX(12)=0.033, XX(14)=0.12, XX(2)=2.3;

INIT, 0, 129600;

MONTR, CLEAR, 43200;

SIMULATE;

FIN;

#### 4. SIMULATION 結果의 檢討

##### 가. SIMULATION 結果의 分析

이렇게 ①MODEL 구성 및 DATA조사 ② NETWORK작성 ③ CODING 및 DEBUGGING ④ RUN의 순으로 SIMULATION을 추진하면 SLAM에서 제공하는 REPORTS와 USER가 별도로 지시한 REPORT가 출력된다.

SIMULATION TIME은 PROGRAM의 형태, 단위시간, SIMULATION 기간 및 RUN 회수에 따라 다르지만 VAX 8600에서 SIMULATION하는 경우 본 SIMULATION에서는 1회에 약 4시간 정도 소요되었다.

〈표3〉은 SLAM에서 제공하는 SUMMARY REPORTS의 부분적인 예이다.

〈표3〉 SLAM SUMMARY REPORTS의 例

\*\*\*\*\*  
\* SLAM SUMMARY REPORT \*  
\*\*\*\*\*

SIMULATION PROJECT # 2 PLATE MILL SIM.  
DATE 8/ 7/1987

BY LEE KWANG-MOO  
RUN NUMBER 1 OF 1

CURRFNT TIME 0.1296E+06  
STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME 0.4320E+05

#### \*\* STATISTICS FOR VARIABLES BASED ON OBSERVATION \*\*

	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE
PLATES IN C. B.	0.1675E+02	0.3381E+01	0.0000E+00	0.2800E+02
PLATES IN #1 GAS	0.2773E+02	0.5204E+01	0.1000E+02	0.4200E+02
TAB TIME IN B38R	0.7606E+00	0.3700E+01	0.2969E+00	0.7265E+03
PLATES IN D YARD	0.1377E+03	0.1011E+03	0.1000E+01	0.5070E+03
PLATES IN #2 GAS	0.7583E+01	0.2449E+01	0.2000E+01	0.1500E+02

\*\*FILE STATISTICS\*\*

FILE NUMBER	ASSOCIATED NODE TYPE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	AVERAGE WAITING TIME
1	QUEUE	0.4157	0.8400	6	8.0619
2	QUEUE	0.0264	0.1785	3	4.2867
3	QUEUE	101.8680	70.6563	263	1619.0203
34	QUEUE	0.0229	0.1497	1	0.0527

\*\*REGULAR ACTIVITY STATISTICS\*\*

ACTIVITY INDEX	AVERAGE UTILIZATION	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM UTILIZATION	CURRENT UTILIZATION	ENTITY COUNT
22	2.952	1.9462	9	2	204
34	15.972	3.9432	28	20	1101
35	8.768	3.3314	18	11	605
19	78.277	52.1789	265	52	5410

\*\*SERVICE ACTIVITY STATISTICS\*\*

START NODE LABEL/TYPE	SERVER CAPACITY	AVERAGE UTILIZATION	STANDARD DEVIATION	AVERAGE BLOCKAGE	MAXIMUM BUSY TIME/SERVERS
COOL QUEUE	29	15.6072	4.5670	0.0190	29.0000
PRNT QUEUE	1	0.3991	0.4897	0.0006	14.2187
CS QUEUE	1	0.3507	0.4772	0.0004	6.2891
RST QUEUE	1	0.4054	0.4910	0.0035	22.0469
DSS QUEUE	1	0.1982	0.3986	0.0147	7.8750

\*\*RESOURCE STATISTICS\*\*

RESOURCE LABEL	CURRENT CAPACITY	AVERAGE UTILIZATION	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM UTILIZATION	CURRENT UTILIZATION
B34R	1	0.7808	0.4137	1	1
C12R	1	0.5348	0.4988	1	1
SP1CR	1	0.5376	0.9254	1	0
SP2CR	1	0.5888	0.4920	1	0
SP3CR	1	0.2918	0.4546	1	0

\*\* HISTOGRAM NUMBER 6 \*\*

PLATES IN C. B.

OBSV	UPPER										
FREQ	CELL LIMIT	0	+	20	40	60	80	100			
		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
208	0.8000E+01	+*									+
100	0.1000E+02	+C									+
294	0.1200E+02	+*C									+
1855	0.1400E+02	+*****C									+
4941	0.1600E+02	+*****C									+
3566	0.1800E+02	+*****						C			+
776	0.2000E+02	+***						C			+
653	0.2200E+02	+**							C		+
579	0.2400E+02	+**								C	+
452	0.2600E+02	+**									C
84	0.2800E+02	+									C
0	INF	+									C
		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
13508		0		20	40	60	80	100			

\*\* HISTOGRAM NUMBER 9 \*\*

PLATES AT NORMZR

OBSV	UPPER										
FREQ	CELL LIMIT	0	20	40	60	80	100				
		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
0	0.0000E+00	+									+
27	0.2000E+02	+*									+
166	0.4000E+02	+*****C									+
182	0.6000E+02	+*****C									+
140	0.8000E+02	+*****		C							+
164	0.1000E+03	+*****			C						+
155	0.1200E+03	+*****				C					+
232	0.1400E+03	+*****					C				+
199	0.1600E+03	+*****						C			+
185	0.1800E+03	+*****							C		+
196	0.2000E+03	+*****								C	+
181	0.2200E+03	+*****								C	+
82	0.2400E+03	+**									+
86	INF	+**									C
-----		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1995		0	20	40	60	80	100				



다음은 SIMULATION REPORTS를 분석한 결과이다.

1) 剪斷 설비의 負荷

	DIVIDING SHEAR	自動打刻機	γ-Ray  및 検査台
A	* 83.1%	*99.4%	55.9%
B	57.0%	34.4%	42.0%

\*A : 剪斷LINE만 보강할 경우(1次 SIMULATION 결과)

B : 剪斷 및 精整設備 보강시(今回 SIMULATION 결과)

가) 設備의 剪斷能力 향상 및 MATERIAL FLOW의 일부보완(40-50T는 #3 GAS 場에서 切斷)으로 剪斷設備 負荷 해소됨

2) 精整 設備의 負荷

	熱處理 炉	UST	冷間 矯正機	보 수 장			
				A	C	D	E
A	59.5%	95.4%	37.8%	57.7%	50.0%	52.4%	-
B	*81.2%	*73.6%	*77.4%	*82.1%	68.2%	62.9%	37.8%

가) 열처리, UST, 冷間矯正機등은 열처리량의 증가로 負荷도 증가함.

나) 보수장은 작업인원의 增員(4~7名)이 필요하며 下面補修材는 A보수장이 아닌 D보수

장에서 작업하여야 함.

(B 결과는上記와 같이 SIMULATION한 결과임)

3) GAS 절단장

	#1 GAS장	#2 GAS장	*#3 GAS장
A	*79.4%	32.9%	-
B	38.3%	62.6%	66.0%

\*B CASE에서는 目級外材 처리 포함함

가) #1 GAS 절단장의 작업물량 분산으로 負荷 해소

4) 제품 입고 TABLE

Table위치	B 34	B 35	B 38	B 39	C 2	C 1	CB	CA
A	79.2%		79.2%		54.4%		54.4%	
B	*95.0%	68.3%	70.5%	*81.0%	23.6%	62.9%	64.6%	*71.0%

가) "C" LINE에서도 입고토록 함으로써 "C" LINE의 ROLLER TABLE 負荷는 감소하나 B34, B39, CA의 負荷 많음

5) 주요 CRANE의 負荷

(%)

	UST CRANE	D 보수 CRANE	冷延鑄定 CRANE	A 補修 CRANE	#3 GAS CRANE
A	99.4	63.0	未檢討	57.1	-
B	41.0	* 81.0	61.3	* 72.7	36.6

가) D보수 및 A보수 CRANE은 현행 운반방법으로는 全物量 消化不可(작업을 100%, 상기 결과는 운반시간 25% 단축의 경우임)

6) 제품 입고 PITCH TIME

A	0.76枚 / 分 (B35 Roller에서 측정)
B	0.74枚 / 分 (B39 Roller에서 측정)

7) 수리장 및 GAS 절단장의 날관수(재공품수)  
(枚)

	보 수 장				GAS 절단장	
	A	C	D	E	# 2	# 3
A	1	34	93	-	7	-
B	94	128	125	40	15	10

\* A, C 및 D보수장에서는 작업대기시간이 4시간이내가 되도록 관리 필요  
(最少와 最大 날관수의 편차가 심하고 Yard능력 Over 현상이 발생함)

나. 分析結果 結論

이러한 SIMULATION을 CASE별로 6회 실시한 결과에서 얻어진 結論을 要約하면 다음과 같다.

- 1) 剪斷 LINE 설비 過負荷 없음.
- 2) 精整設備는 전체적으로 FULL 가동이 예상되며 A보수장은 현행과 같이 D보수재 중 下面 보수작업까지 하기가 곤란하다.  
(D보수장에서 상·하 보수 모두 하되, GRINDER 3台 추가 필요)
- 3) GAS 절단장 過負荷 없음.
- 4) 제품 입고 TABLE은 B34, B39, CA

TABLE에서 負荷 예상되어 엄격한 작업관리 및 TABLE上에서의 정체시간 극소화 조치 강구 필요

5) CRANE은 D보수장 및 A보수장 CRANE에 過負荷 예상되어 다음 조치 필요

- CRANE 준비 및 非 작업시간의 최소화
- CRANE의 1回당 운반 LOT 증대 방안 강구
- A, C 및 D보수장의 보수작업관리 강화 필요(가동율 극대화 조치)

5. EPILOGUE

이 사례에서는 紙面관계상 適用 DATA 산출 및 SIMULATION 분석에 있어서의 통계처리 분석 등 중간과정에 대한 설명은 생략하였다.

예를 들어 <표 2>의 NETWORK에서 통계DATA를 43200 TIME에 CLEAR 하도록 한 것은 數次的 실험결과후에 적용한 것이다.

이 사례는 포항종합제철(주) IE실 업무중에서 설비계획문제를 SIMULATION 검토한 一例로서, SIMULATION 결과 나타난 문제점과 설비보완방향은 설비계획에 반영되어 투자의 규모를 최소한으로 하면서 공정효율을 높일 수 있게 되었다.

이러한 문제를 COMPUTER에 의하여 SIMULATION 분석할 경우에는 ① 적정한 DATA의 적용 ② MODEL의 구성 및 PROGRAM의 事實化 ③ 결과에 대한 정확한 해석등의 3

가지가 무엇보다도 중요하다.

이는 물론 SIMULATION 또는 MODELING 을 하는 사람의 능력의 문제이기도 하다. 또한 SIMULATION을 훌륭히 수행하고, 결과분석을 명확히 하기 위해서는 우선 SIMULATION 대상업무를 정확히 파악 분석하고 있어야 한다.

SIMULATION 추진시에는 ①항의 “적정한 DATA의 적용”을 위하여 대부분의 MODELER

가 많은 시간을 소비하게 마련인데 최대한 현실 작업에 近似한 DATA를 수집하고, 가능한 한 DATA의 분포를 그대로 SIMULATION에 적용하는 것이 좋다.

SLAM에서는 10개의 DATA분포를 나타내는 FUNCTION이 있어 이를 유효 적절히 사용할 경우 SIMULATION결과의 신뢰도를 높일 수 있다.

### Reference

1. Industrial Engineering (October, 1987, Vol. 9, #10, p. 40~p. 46)
2. 鐵鋼의 IE (1985/11, #6, p. 19~p. 24)
3. 鐵鋼의 IE (1982/5, #3, p. 20~p. 27)
4. Introduction to simulation and SLAM (A. B. Pritsker & C. Dennis Pegden)
5. 2후관 합리화 기본계획서(POSCO)
6. 2후관 조업실적 조사서(POSCO IE실)