

論 文

# Programmable Calculator에 의한 Cupola의 熱精算

姜 春 植 \* · 金 東 煥 \*\*

## The Cupola Heat Balance Using Programmable Calculator

Choon Sik KANG\* · Dong Hwan K I M \*\*

### Abstract

In this paper, the cupola heat balance has been carried out by using programmable calculator with BASIC language.

Computers tend to be used in almost every fields but for many people, computers are not handy yet because of its high equipment cost and its difficult language system. In view of this fact, a desk-top or a hand-held programmable calculator is the pertinent device in its calculation speed, accuracy, and easy programming language (BASIC), let alone its low cost. There have been some attempts to apply them to the foundry,<sup>1),2)</sup> but they are little in number.

This paper is the first attempt to apply the programmable calculator to the calculation of the cupola heat balance. After several applications in some practical cases, the program has resulted in very satisfactory results such as saving of time and accuracy.

### 抄 錄

本 論 文 에 서 는 복 잡 한 계 산 을 요 하 는 cupola 의 熱 精 算 을 BASIC language 를 사 용 하 는 programmable Calculator 에 의 하 여 시 도 하 였 다.

오늘날 computer language 를 이 해 함 에 있 어 서 많 은 사 람 들 에 게 아 직 그 적 용 에 상 당 한 제 약 이 있 는 것 으 로 보 여 진 다. 이 러 한 사 실 에 비 추 어 desk-top 또

는 hand-held programmable calculator 는 비 용 면 에 서 는 물 론 그 계 산 속 도 와 정 확 성, 그 리 고 쉬 운 programming language (BASIC) 면 에 서 매 우 유 리 하 며 실 제 로 이 것 을 주 물 산 업 에 적 용 하 려 는 시 도 가 있 어 왔 으 나 아 직 미 진 한 상 태 에 있 는 실 정 이 다.<sup>1),2)</sup>

本 論 文 은 이 러 한 관 점 에 서 熱 精 算 에 대 해 programmable calculator 를 적 용 하 려 는 최 초 의 시 도 이 며, 또 실 제 의 경 우 에 적 용 해 본 결 과 상 당 한 시 간 의 절 약 과 정 확 한 계 산 결 과 를 쉽 게 얻 을 수 있 었 다.

열 효율을 개선하는 데 지표를 제공해 주기 때문이다.

그러나 熱精算은 복잡한 계산을 요하므로 시간이 많이 걸리며 자칫 誤算을 초래하기 쉬운데 여기에서는 이러한 문제를 programmable calculator 를 써서 해결을 시도하였다.

오늘날 computer 는 거의 모든 분야에 걸쳐 사용되고 있는 추세이나 아직 많은 사람들에게 있어서 그 설치비용면으로나 computer language 면에 있어서 상

### 1. 序 論

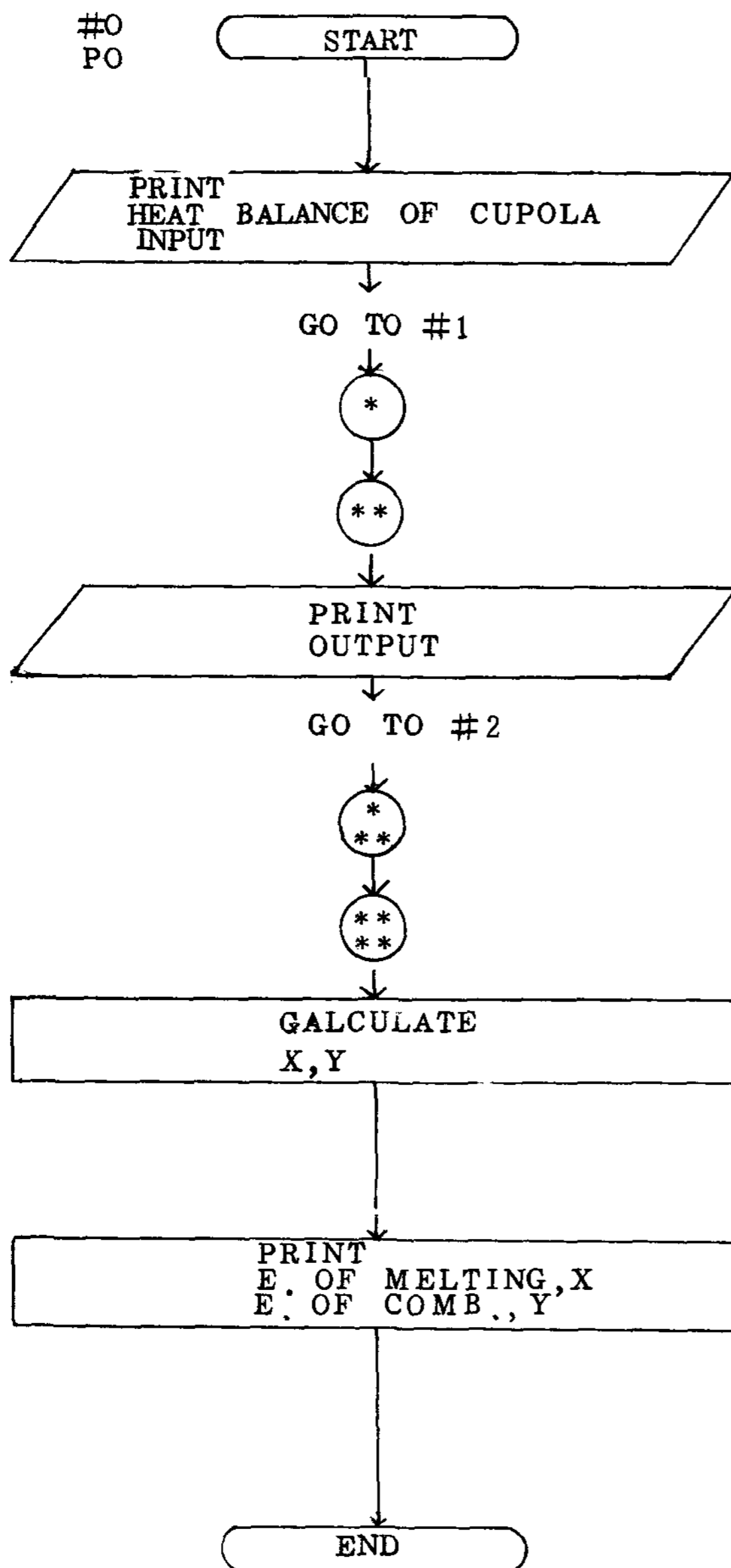
熱精算은 爐의 연소상태를 진단하는 데 있어서 매우 중요한 역할을 차지한다. 그것은 이 방법이 爐의 연소 효율은 물론 爐에 가해지는 에너지의 향방을 추적하여

\* 서울대학교 工科大學 金屬工學科 副教授

\*\* 서울대학교 大學院

당한 제약이 있는 것으로 생각된다. 이러한 사실에 비추어 desk-top 또는 hand-held programmable calculator는 비용면에서는 물론 그 계산속도와 정확성, 그리고 쉬운 programming language(BASIC) 면에서 매우 유리하며 실제로 이것을 주물공업에 적용하려는 시도가 있어 왔으나 아직 미진한 상태에 있는 실정이다. 1), 2)

本論文은 이러한 觀點에서 cupola의 熱精算에 대해 programmable calculator를 이용하려는 최초의 시도이다.



## 2. 가 정

Programming의 편의를 위하여 공기, CO<sub>2</sub> gas 및 수증기의 比熱<sup>4)</sup>들은 온도의 변화에 별로 민감하지 않으므로 Heat Regenerater를 사용한다고 가정했을 때 실제 조업상의 온도범위인 300℃에서의 비열값으로 계산하여 Constant로서 처리했으며 그 외 수치들은 reference 3으로부터 인용했다.

(a) 공기의 평균비열

$$C_m = 0.302 + 0.000022 \times t \approx 0.309 \text{ (cal/Nm}^3, \text{ }^\circ\text{C)}$$

(b) CO<sub>2</sub> gas의 평균비열

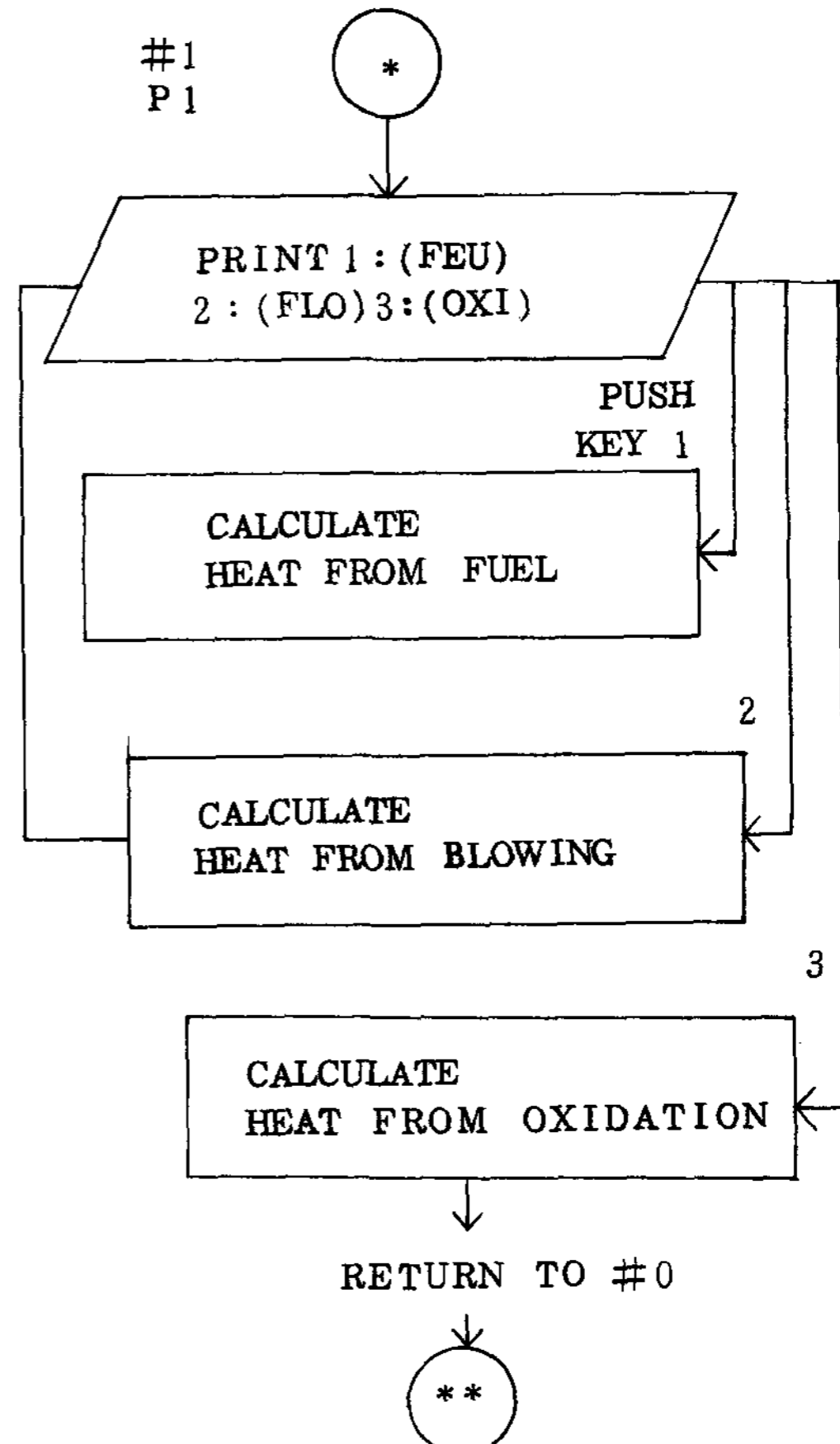
$$C_m = 0.406 + 0.000090 \times t \approx 0.433 \text{ (cal/Nm}^3, \text{ }^\circ\text{C)}$$

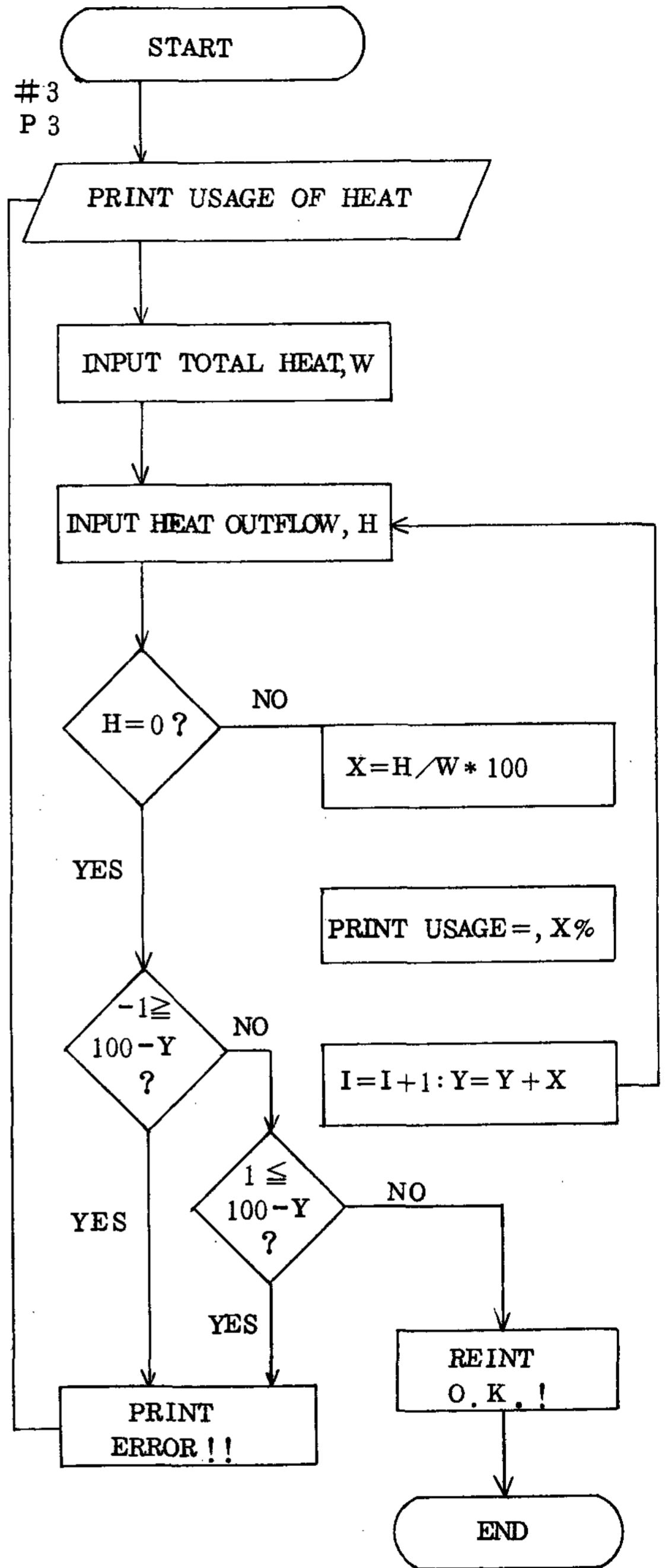
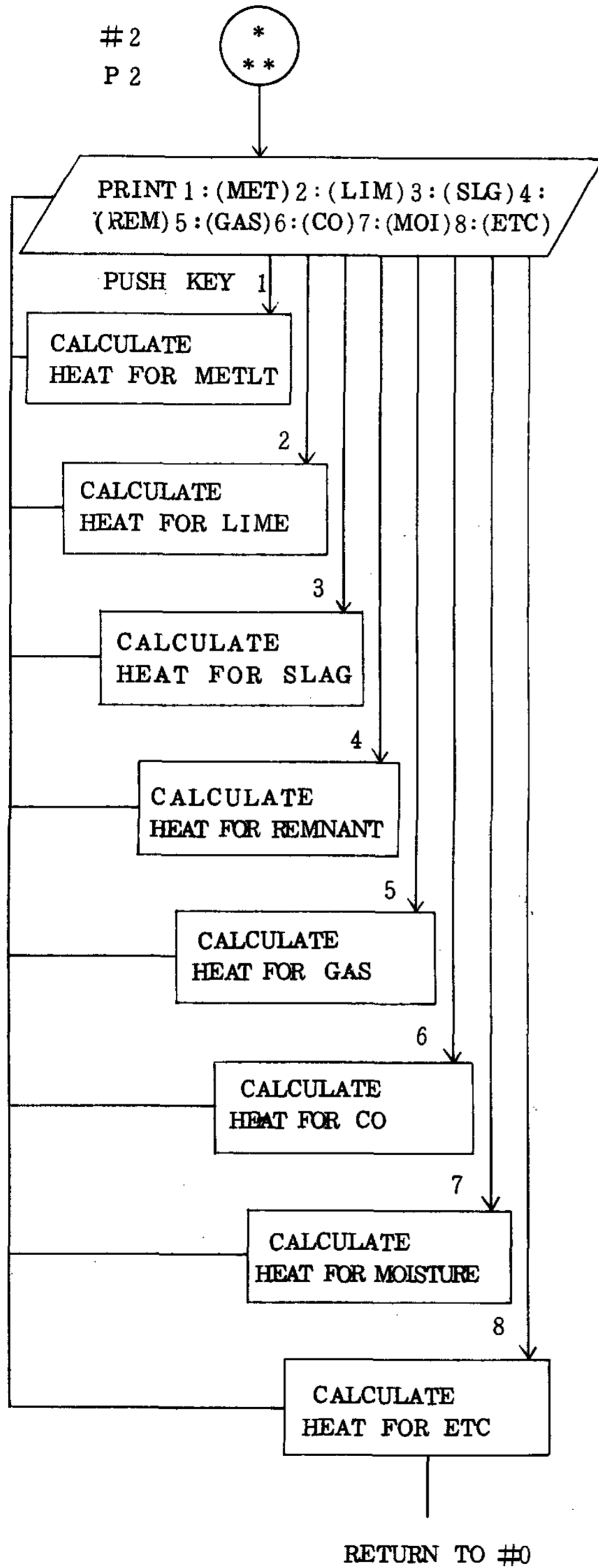
(c) 수증기의 평균비열

$$C_m = 0.463 + 0.000062 \times t \approx 0.482 \text{ (cal/Nm}^3, \text{ }^\circ\text{C)}$$

## 3. PROGRAMMING

(i) FLOW CHART





(ii) REGISTER

Heat Quantity

\* input field(#1)

\* represented by  
FUEL

A0: 코크스의 연소열

A1: 무연탄의 "

A2: 송풍의 현열

GAS

A : Fe의 산화열	
B : Si의 산화열	
C : 全金屬의 산화열	OXIDATION
A3: 총입열	TOTAL
* output field(# 2)	
A4: 용탕이 가져가는 열	MELT
A5: 석회석 분해에 요하는 열	LIME
A6: Slag가 가져가는 열	SLG
A7: 잔류 Scrap, Cokes의 현열	REMNANT
A8: 全 탄소량	
A9: CO와 CO <sub>2</sub> gas의 量	
B0: CO gas의 量	
B1: CO <sub>2</sub> gas의 量	
B2: 노정 건가스의 현열	GAS
B3: 노정가스 CO의 연소열	CO
B4: 노정가스中 수분의 현열	MOI.
B5: 방사전열, 노체축열, 조재 기타	ETC
Variables	
* field 0 (# 0)	
X : 용해효율	E.OF MELTING
Y : 연소효율	E.OF COMB.
* field 1 (# 1)	
D : Coke의 중량	COK
E : 잔류 Cokes	R.COK
F : 무연피탄	ANT
W : 出銑量	W
G : 風量	BLO
H : 작업시간	HOUR
T : 송풍온도	TEMP
I : Slag 量	SLAG
J : Slag中 FeO(%)	FEO
K : 용탕中 Si(%)	SI.M
L : " Mn(%)	MN.M
M : 장입되는 鐵의 種類別 量	IRON
N : " 鐵中の Si(%)	SI.I
O : " " Mn(%)	MN.I
* field 2 (# 2)	
A4: 용탕kg당의 열량	H.MELT
R : 石灰石의 量	LIME
P : " 순도(%)	PURI
S : Slag의 온도	SLG.T
U : 잔류 Scrap	RET.SC
V : discharging 時의 온도	T
B6: 무연탄의 탄소함량	C.ANT

B7: Cokes의 탄소함량	C.COK
B8: 爐頂gas中 CO함량(%)	CO
B9: " CO <sub>2</sub> 함량(%)	CO2
Q : 爐頂溫度	GAS.T
R : Cokes中 수분함량	MOI.COK
S : 무연탄中 "	MOI.ANT
* field 3 (# 3)	
W : 총입열	TOTAL
H : 出熱항목별 熱量	HEAT OUTFLOW
X : " Percentage	USAGE
Y : X의 총합	

(iii) 熱精算 PROGRAM

다음의 program은 computer의 용량이 제한되어 있는 관계로 #3(P3)는 다른 Section으로 처리하여 Cassette tape에 SAVE하였다가 #0~#2까지의 계산이 끝난 후에 Computer에 LOAD하여 계산하도록 했다.

일반적으로 programmable calculator는 변수의 범위에 따라 Step(byte와 비슷함)數가 제한되어 있다. 따라서 computer의 처리능력을 최대로 하기 위하여 사용하는 변수의 범위를 최소로 할 필요가 있다. 여기에서는 변수를 A~Z, A0~A9, B0~B9까지의 46개를 사용하였다.

#1의 Statement 30에서 S\$는 Character Variable로서 이것에 대하여 computer는 그때에 누른 Key의 값을 읽는다. 즉 1을 누르면 Statement 40에 의하여 Statement 100으로 명령이 실행된다. 2 또는 3을 눌러도 같은 방법으로 각각 Statement 200, 300으로 실행된다. 그리고 1, 2, 3이 각각 무엇을 계산하는 것인가 하는 information은 Statement 20에 의해 나타내진다.

Statement 320은 loop를 나타내는데 Statement 335에 의해 "IRON", M에 零을 input하면 이 loop로부터 벗어나 Program execution은 계속 진행된다. #3의 Statement 30도 loop인데 이것도 마찬가지로 "HEAT OUTFLOW", H에 零을 input하면 이 loop로부터 벗어나게 된다.

\*\*\* PRG LIST

```

VAR:46 PRG:1520
P0:154 STEPS
10 WAIT 100:PRT "HEAT BALANCE OF CUPO-
LA", "INPUT"
20 GSB #1
30 PRT "OUTPUT"
    
```

```

40 GSB #2
50 X=A4/(A0+A1)*100
60 Y=(A0+A1-B3)/(A0+A1)*100
70 PRT "E. OF MELTING="; X, "E. OF COMB
    .="; Y
80 END
P1:526 STEPS
10 VAC
20 PRT "1:(FUE) 2:(BLO) 3:(OXI) "
30 S$=KEY: IF S$="" THEN 30
40 IF S$="1" THEN 100
50 IF S$="2" THEN 200
60 IF S$="3" THEN 300
100 INP "COK",D, "R.COK",E, "ANT", F, "W
    ",W
110 A0=(D-E)/W*7524
120 A1=F/W*6570
130 PRT "FUEL=";A0+A1
140 GOTO 20
200 INP "BLO",G, "HOUR",H, "TEMP.",T
210 Z=0.302+2.2E-05*T
220 A2=G*60*H*Z*(T-20)/W
230 PRT "GAS=";A2
240 GOTO 20
300 INP "SLAG",I, "FEO",J, "SI.M", K,
    "MN.M",L
310 A=I/W*J/100*898
320 B=0:C=0:FOR J=0 TO 50
330 INP "IRON",M, "SI.I",N, "MN.I",O
335 IF M=0 THEN 370
340 B=B+M*N/100:C=C+M*O/100
350 J=J+1
360 NEXT J
370 B=(B-W*K/100)/W*7406
380 C=A+B+(C-W*L/100)/W*1760
390 A3=A0+A1+A2+C
400 PRT "OXIDATION=";C, "TOTAL=";A3
410 RET
P2:837 STEPS
10 PRT "1:(MET) 2:(LIM) 3:(SLG) 4:(REM)
    ";
20 PRT "5:(GAS) 6:(CO) 7:(MOI) 8:(ETC)"
30 S$=KEY: IF S$="" THEN 30
35 IF S$="1" THEN 100
40 IF S$="2" THEN 200
45 IF S$="3" THEN 300
50 IF S$="4" THEN 400
55 IF S$="5" THEN 500
60 IF S$="6" THEN 600
65 IF S$="7" THEN 700
70 IF S$="8" THEN 800
100 INP "H.MELT",A4
110 PRT "MELT=";A4
120 GOTO 10
200 INP "LIME",R, "PURI",P
210 A5=R/W*P/100*426
220 PRT "LIME=";A5
230 GOTO 10
300 INP "SLG.T",S
310 A6=I/W*0.325*(S-20)
320 PRT "SLG=";A6
330 GOTO 10
400 INP "RET.SC.",U, "T",V
410 A7=(V-20)/W*(U*0.171+E*0.24)
420 PRT "REMNANT=";A7
430 GOTO 10
500 INP "C.ANT",B6, "C.COK",B7, "CO",B8,
    "CO2",B9, "GAS.T",Q
510 A8=F/W*B6/100:A8=A8+(D-E)/W*B7
    /100
520 A8=A8+R/W*P/100*0.12:A9=A8*22.4
    /12
530 B0=A9*B8/(B8+B9):B1=A9*B9/(B8+B9)
540 B2=A9*(100-(B8+B9))/(B8+B9)
550 B2=(B0*0.309+B1*0.433+B2*0.309)*
    (Q-20)
560 PRT "GAS=";B2
570 GOTO 20
600 B3=B0*3098
610 PRT "CO=";B3
620 GOTO 20
700 INP "MOI.COK",R, "MOI.ANT",S
710 B4=(D*R/100+F*S/100)/W*0.482*(Q
    -20)
720 PRT "MOI.=";B4
730 GOTO 20
800 B5=A3-(A4+A5+A6+A7+B2+B3+B4)
810 PRT "ETC=";B5

```

```

900 RET
*** PRG LIST
VAR:26 PRG:1680
P3:205 STEPS
10 WAIT 100:PRT "USAGE OF HEAT"
20 INP "TOTAL",W
30 Y=0:FOR I=0 TO 50
40 INP "HEAT OUTFLOW",H
50 IF H=0 THEN 100
60 X=H/W*100
70 PRT "USAGE=";X;" "; "PERCENT"
80 I=I+1:Y=Y+X
90 NEXT I
100 IF -1 ≥ 100-Y THEN 140
110 IF 1 ≤ 100-Y THEN 140
120 PRT "O.K!"
130 END
140 PRT "ERROR!!"
150 GOTO 10

```

#### 4. 結 論

以上에서 살펴 본 바와 같이 복잡한 熱精算의 계산

과정은 BASIC language 를 쓰는 Programmable Calculator 를 사용하여 간단하고 신속 정확히 처리 될 수 있으며, 또한 실제의 경우에 적용하여<sup>(5)</sup> 계산하여 본 결과 만족스런 결과를 얻어낼 수 있었다.

#### 참고문헌

1. Robert I. Mueller, Michael S. Mckean, "Programming Riser Calculations", AFS Transactions 79-01.
2. J. L. Hunt, "Application of Programmable Desktop Calculators for Processing Casting Quotations", AFS Transactions 79-88
3. 日本鑄物協會編(新版); キュボラハントブシワ P.8, 60, 61, 64, 67, 70, 36, 301~5
4. Chemical Rubber Publishing Co. 38th Edition, 40th Edition Handbook of Chemistry and Physics.
5. 康熙澤, 姜春植, 金屬學會誌 Vol. 9 No. 1 (1971), 18