

W 原子力 原子爐建物 살수계통수의 輻射熱 影響 評價

An Evaluation of Radiant Heat Effects on Dousing Water of W Nuclear Power Plant

○ 이 영 호* 김 광 우** 이 언 구***
Lee, Young-Ho Kim, Kwang-Woo Rhee, Eon-Ku

ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate the factors, mainly focused on radiant heat effects, affecting the temperature change of dousing water in the reactor building of a Nuclear Power Plant.

The main subjects of this evaluation are as follow.

- 1) Investigation of summer climatic condition at plant site.
- 2) Study on the structure and the equipment adjacent to dousing water.
- 3) Theoretical study on the effects of radiant heat and other factors affecting the temperature change of dousing water.
- 4) Development of computer simulation program to evaluate the dousing water temperature per relevant factors.
- 5) Evaluation on the alternatives to maintain the water temperature to the acceptable limit.

I. 序 論

1-1 研究의 目的

原子力 發電所의 設計 및 施工은 全 技術分野의 相互참여과정으로 理解될 수 있다. 특히 建築分野는 구조물의 安定性, 耐久性 및 技能性 등의 諸 側面에서 매우 중요한 役割을 수행한다. 本 研究는 國內에서 상업운전중인 W 원자력 발전소를 대상으로 동 발전소 原子爐 建物の 최상부에 위치한 살수계통수의 水溫變化를 建築的 側面에서 評價하고자 하였다.

살수계통수는 발전소의 非常時 사용되는 用水로서 여러 要因에 의해 수온변동이 발생되나 極端的인 조건하에서도 이의 수온은 일정온도 이내로 유지되어야 한다.

본 연구는 특히 建築的 측면에서의 接近을 시도한 바 동 계통수에 영향을 미치는 제 요인을 평가 분석 하되 輻射熱에 의한 수온변화의 영향을 中心으로 設計 및 維持管理時 고려되어야 할 사항을 살펴보는 한편 諸 요인의 변동에 따른 수온변화를 예측할 수 있는 프로그램을 개발하여 適定水溫 유지를 위한 對案들을 檢討, 評價함에 그 目的이 있다.

1-2 研究의 內容

- 1) W 원자력 발전소 지역의 하절기 氣象조건 조사
- 2) 살수계통수 주변의 構造형태 및 設備조건 조사
- 3) 輻射熱의 영향에 대한 이론적 고찰
- 4) 輻射熱 流入量과 他 要因에 의한 水溫變動의 영향평가를 위한 Simulation Program의 개발

* 正會員 韓電 技術研究院 土建研究室 先任研究員

** 正會員 崇實大學校 教授, 建築學 博士

*** 正會員 中央大學校 教授, 建築學 博士

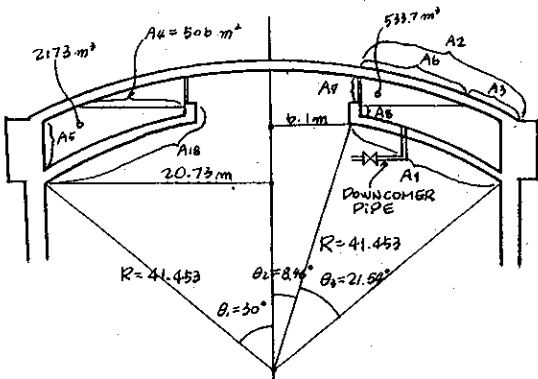
5) 適定水溫維持를 위한 對案의 검토 및 평가

II. 原子爐 建物 및 살수계통수 주변조건 分析

2-1 原子爐 DOME의 형태분석

W원자력 원자로건물 DOME의 상부구조를 개략적으로 圖解하면 [그림 1]과 같으며 주요 부위의 치수는 다음과 같다.

- A1 = 1340 m² Af = 13,776 m² (dousing cooler tube 표면적)
- A2 = 1340 m²
- A3 = 755 m² A18 = 1396 m² (downcomer pipe 단면적 공제)
- A4 = 506 m²
- A5 = 586 m² 상부 Dome의 conc. 두께 = 0.61 m
- A6 = 585 m² 하부 Dome의 conc. 두께 = 0.381 m
- A7 = 128 m² 축벽의 concrete 두께 = 1.91 m
- A8 = 90 m² 내부 파라렛 벽 두께 = 0.381 m



[그림 1] 원자로 DOME 上部 構造

2-2 氣象 DATA

복사열의 영향을 평가하기 위해 필요한 기상자료는 外氣溫과 일사량 Data이다. 동 발전소 자체의 태양 열 日射자료는 기록이 없는 바 본 분석에서는 最惡의 조건을 계산하기 위해 다음과 같은 기상조건을 가상하여 사용하였다. 즉, 기온은 日 平均氣溫을 27°C로 정하고 이를 시간별로 보정하였으며 (최고 32.9°C 최저 24.3°C) 일사량은 서울지방의 최대 일사량을 적용하고 水平面과 垂直面의 일사량을 시각별로 입사각에 따라 보정하였다. 한편 W원자력과 지리적으로 근접한 울산 및 포항지역의 7,8월의 수직면 일사량

을 서울지역과 비교, 보정하였는 바 서울지역 일사 자료에 보정계수 1.4를 곱하여 월성의 일사자료로 사용하였다.

<표 1> 서울, 울산의 平均 垂直面 日射量

(단위: Kcal / m² · mo.)

	7 월	8 월
서울	67,495.31	83,446.13
울산	105,458.81	116,160.63

<표 2> 서울지역의 보정된 外氣溫 - 日射量 DATA

월 일 시간 최기온 법선면직달일사 수직면일사 수직면일사 수직면일사
(C) (Kcal/m²·hr) (Kcal/m²·hr) (Kcal/m²·hr) (Kcal/m²·hr)

7 30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	27.6	26.6	25.5	24.3	24.6	24.6	25.3	26.3	26.8	28.8	31.0	32.0	32.1	32.8	32.9	32.4	32.5	32.5	31.5	30.0	29.6	29.7	28.2	28.6
							12	351	445	442	424	423	420	396	290	253	229	60	13					
								312	458	518	543	558	544	488	354	272	204	76	7					
								51	59	66	70	72	75	71	66	60	54	32						
								341	357	293	215	174	218	277	265	274	275	86						
								28	219	282	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341

주) 1. 상기 표는 서울지역 최대 일사자료 임
2. 본 연구의 적용 일사자료는 상기수치에 보정계수 1.4 곱함

2-3 살수계통수의 주변조건

살수계통수로 유입되는 열량을 계산하기 위해 필요한 주변조건들은 다음과 같다.

- * Conc. 의 밀도 = 2300 kg/m³
- Conc. 의 비열 = 0.22 Kcal/kg · °C
- Conc. 의 열전도율 = 1.7 Kcal / m · hr · °C
- * Exterior Surface film Coefficient = 19.56 Kcal / m² · hr · °C (여름)
- * 간막이판의 열관류율 = 3.56 Kcal / m² · hr · °C
- * 공기의 밀도 = 1.2 kg/m³
- 공기의 비열 = 0.24 Kcal / kg · °C
- Dousing Water 상부 공기의 용적 = 544 m³

- * Dousing Water 의 밀도 = 1000 kg/m^3
- Dousing Water 의 비열 = $1.0 \text{ Kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
- Dousing Water 의 용적 = 2173 m^3

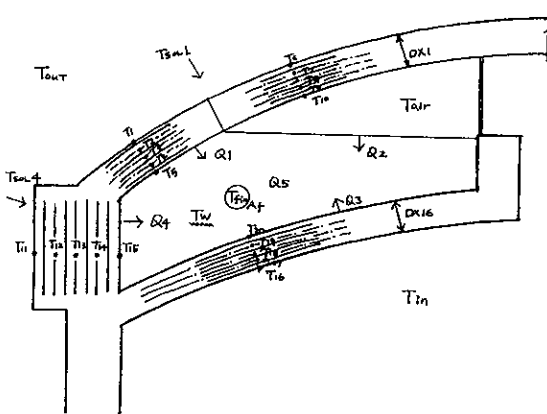
- * 냉각 Coil 의 열관류율 = $468.56 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}$
- 냉각 Coil 의 표면적 = $13.776 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}$
- 냉각 Coil 의 냉각수 유입온도 = 12°C (150 psig)
- 냉각 Coil 의 냉각수 유입량 = 2.5 L/sec

- * Downcomer pipe Conc. 접촉단면 = 0.656 m^2
- Downcomer pipe 밸브까지 표면적 = 60.326 m^2
- Downcomer pipe 파이프 갯수 = 6 ea.
- Downcomer pipe 열관류율 = $15.73 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}$

III. Dousing Water 의 水溫評價

3-1 Dousing Water 온도계산을 위한 Algorithm

Dousing Water 로 전달되는 열량은 [그림 2] 와 같이 θ_1 (외기로 부터 Conc. Dome 을 통해 직접 Dousing Water 로 전달), θ_2 (외기로 부터 Conc. Dome 을 통하여, 또 원자로 내부공기로 부터 간막이 판을 통하여 Dousing Water 상부의 공기로 전달), θ_3 (원자로 내부에서 하부 Conc. Dome 을 통해 Dousing Water 로 전달), θ_4 (외기로 부터 측벽 Conc. 를 Dousing Water 로 전달) 와 같은 구조체를 통한 열전달과 θ_5 (Cooling Coil 로 부터 Dou-



[그림 2] Dousing Water 에 이르는 열전달 경로

sing Water 로 전달) 와 같이 냉각장치에 의한 열 전달이 있다.

이때, Dousing Water 가 일정한 온도를 유지하기 위해서는 열평형방정식 $\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5 = 0$ 를 만족해야 한다.

본 연구에서는 각 부위의 Conc. 구조체를 통해 일사와 외기온이 Dousing Water 까지 전달되는 熱流를 해석하기 위하여 有限差分法 (Finite Difference Method) 에 의한 動的解釋 방법을 이용하였다. 즉, Conc. 를 통한 1차원적인 동적열전달 (Dynamic Heat Transfer) 을 계산할 수 있게 된다.

우선 각 부분의 相當外氣溫度를 규정하면,

TsoL1 = 수평면 총 일사량에 의한 상당외기온도

TsoL2 = 수직면 천공일사량에 의한 상당외기온도

TsoL3 = 수직면 천공+직달일사에 의한 상당외기온도

TsoL4 = TsoL2 와 TsoL3 에 의한 온도

$$= \frac{2 * TsoL3 + TsoL2 (2\pi - 2)}{2\pi}$$

$$= 0.318 * TsoL3 + 0.682 * TsoL2$$

a) T1의 계산

$$(D=1/2) * \pi * \text{DENcon} * \text{SHcon} / \text{DT} * (T1(2) - T1(1)) = Q1 + Q2$$

$$Q1 = \text{Hout1} * (TsoL1 - T1(2))$$

$$Q2 = (\text{AKcon} / \text{DX1}) * (T2(2) - T1(2))$$

$$E1(T1(2) - T1(1)) = \text{Hout1}(TsoL1 - T1(2)) + (\text{AKDX1}(T2(2) - T1(2)))$$

이 식을 T1(2)에 대하여 풀면

$$E1 = T1(2) * \text{AKDX1} * T1(2) + \text{Hout1} * T1(2)$$

$$= \text{Hout1} * TsoL1 + \text{AKDX1} * T2(2) + E1 * T1(1)$$

$$\text{if } \text{AM1} = E1 + \text{AKDX1} + \text{Hout1}$$

$$T1(2) = \frac{1}{\text{AM1}} (\text{Hout1} * TsoL1 + \text{AKDX1} * T2(2) + E1 * T1(1))$$

中 略

u) Tair의 계산

$$(\text{Volair} * \text{DENair} * \text{SHair}) / \text{DT} * (Tair(2) - Tair(1)) = Q1 + Q2 + Q3$$

$$Q1 = \text{U} * \text{A7} * (T1n - Tair(2))$$

$$Q2 : \text{if } T10(2) > Tair(2)$$

$$Q2 = \text{Hup} * \text{A6} * (T10(2) - Tair(2))$$

ELSE

$$Q2 = \text{Hdn} * \text{A6} * (T10(2) - Tair(2))$$

$$Q3 : \text{if } Tair(2) > Tw(2)$$

$$Q3 = \text{Hup} * \text{A4} * (Tw(2) - Tair(2))$$

ELSE

$$Q3 = \text{Hdn} * \text{A4} * (Tw(2) - Tair(2))$$

```

AMair1 = Eair+Hup*A6+Hup*A4+U*A7
AMair2 = Eair+Hup*A6+Hdn*A4+U*A7
AMair3 = Eair+Hdn*A6+Hup*A4+U*A7
AMair4 = Eair+Hdn*A6+Hdn*A4+U*A7
if T10(2) > Tair(2)
  if Tair(2) > Tw(2)
    Tair(2) = 1 / (Hup*(A6*T10(2)+A4*Tw(2))+Eair*Tair(1)+U*A7*Tin)
  ELSE
    Tair(2) = 1 / (Hup*A6*T10(2)+Hdn*A4*Tw(2)+Eair*Tair(1)+U*A7*Tin)
ELSE
  if Tair(2) > Tw(2)
    Tair(2) = 1 / (Hdn*A6*T10(2)+Hup*A4*Tw(2)+Eair*Tair(1)+U*A7*Tin)
  ELSE
    Tair(2) = 1 / (Hdn*A6*T10(2)+A4*Tw(2)+Eair*Tair(1)+U*A7*Tin)
(Tw(2)-Tfmean)*Af*Uf = (Vol*DEN*SHw)/DT*(Tfout(2)-Tfin)
AUF = Af * Uf
Ef = (Vol*DEN*SHw)/DT
Ef*(Tfout(2)-Tfin) = AUF*(Tw(2)-Tfmean)
Tfout = Tfin + (AUF / Ef) * (Tw(2)-Tfmean)
Tfmean = (Tfin+Tfout)/2

```

v) Tw의 계산

```

(Vol*DEN*SHw)/DT*(Tw(2)-Tw(1))=Q1+Q2+Q3+Q4+Q5
Q1=Hw*A3*(T5(2) - Tw(2))
Q3=Hw*(A1+A8)*(T20(2) - Tw(2))
Q4=Hw*A5*(T15(2) - Tw(2))
Q5=Uf*Af*(Tfmean - Tw(2))
Q2: if Tair(2) > Tw(2)
  Q2=Hup*A4*(Tair(2) - Tw(2))
  ELSE 즉, Tw(2) > Tair(2)
  Q2=Hdn*A4*(Tair(2) - Tw(2))
AMWup = Ew+Hw*(A3+A1+A8+A5)+Auf+Hup*A4+A20*Up
AMWdn = Ew+Hw*(A3+A1+A8+A5)+Auf+Hdn*A4+A20*Up
if Tair(2) > Tw(2)
  Tw(2) = 1 / (Hw*A3*T5(2)+Hw*(A1+A8)*T20(2)+Hw*A5*T15(2)+
  AMWup AUF*Tfmean+Hup*A4*Tair(2)+Ew*Tw(1)+A20*Up*Tin)
ELSE
  Tw(2) = 1 / (Hw*A3*T5(2)+Hw*(A1+A8)*T20(2)+Hw*A5*T15(2)+
  AMWdn AUF*Tfmean+Hdn*A4*Tair(2)+Ew*Tw(1)+A20*Up*Tin)

```

3-2 Simulation Program의 개발

본 연구에서는 앞에서 제시한 Algorithm을 이용하여 Dousing Water의 온도변화를 계산하는 Simulation Program을 개발하였다. 시뮬레이션은 Test

Program의 작성을 후 일부 入力資料 및 알고리즘의 補充을 거쳐 <표 3>의 list와 같은 프로그램에 의해 수행되었다. 본 Program에 의해 Dousing Water의 온도변화를 계산함과 동시에 Dousing Water의 온도변화에 영향을 미치는 각종 요소들의 평가가 가능하며, 따라서 Dousing Water의 온도를 적정하게 유지할 수 있는 對案들의 평가가 가능한 것이다.

1) Simulation program 상의 기정치 (default)와 수행결과

입력 기정치는 앞서 언급한 수치를 채택하였으며 그 중 중요한 수치는 다음과 같다.

- R/B conc. 의 태양열 吸收率 : 0.6
- Cooling water 供給水溫 : 12℃
- R/B inside temp. (상부기준) : 54℃
- 외기온: <표 2> 기상데이터와 같으며 安定值 산정위해 20일간 적용
- Node의 초기온도 : 30℃
- Dousing 상부공기 초기온도 : 28℃
- Dousing water 초기온도 : 26.5℃

상기 既定值 상태에서의 Simulation 수행결과와는 Dousing water의 수온이 약 29.73℃에서 維持됨을 나타내었다.

2) Simulation치와 實測值의 비교

Simulation의 기정치에 의한 기준수온은 29.73℃로 유지되었으며 이는 기준실측치의 최고 수준인 30℃와 매우 유사하게 나타난다. 본 Simulation은 실제 조건을 거의 정확하게 반영하였으며 특히 유한차분법에 의한 동적 열전달 계산은 본 경우와 같이 넓은 벽체나 슬라브로 구성된 구조체의 해석에 비교적 정확성이 높은 특성을 지니고 있는 바 본 Simulation Model의 신뢰도는 매우 높을 것으로 판단된다. 다만 W발전소의 직접적인 일사량 자료를 이용할 수 없었던 점과 실측에 의한 사후 검증을 수행치 못한 점이 본 연구의 限界임을 밝혀둔다.

3) Program의 구성

본 프로그램은 Microsoft Quickbasic Version 4.0으로 구성되었으며 주요 常數들은 프로그램 전반부에 선언되어 있는 바 대안 평가를 위한 parametric study시에 필요한 수치만을 대입시키도록 하였다. 프

로그를 수행시 앞서 언급한 바와 같이 20 일간의 Run을 거쳐 평형상태 온도를 구하게 된다.

< 표 3 > Dousing Water Temperature Simulation Program (발췌)

```

Rnf = 1.4      * radiation multiplying factor
Conv = .001    * convergence factor
Tfin = 12     * supplying cooling water temperature
Absorp = .6   * radiation absorptivity of concrete
Tin = 54      * reactor interior temperature
NN = 6        * number of calculation per hour
DT = 1 / NN   * calculation time interval
DX1 = .61 / 4 * thickness of the node 1
DENcon = 2300 * density of concrete
Silcon = .22  * specific heat of concrete
ARcon = 1.7   * conductivity of concrete
Hout1 = 18.56 * exterior wall surface conductance
DX16 = .381 / 4 * thickness of the node 16
U = 3.56     * U-value of the divider above the dousing water
UF = 468.56  * U-value of the dousing water cooling pipe
Hw = 100     * surface conductance between dousing water and concrete
Hup = 8       * upward surface conductance
Hdn = 5.3     * downward surface conductance
DX11 = 1.91 / 4 * thickness of the node 11
Up = 15.73   * U-value of the downcomer pipe under the dousing water

Area
A1 = 1340
A2 = 1340
A3 = 755
A4 = 506
A5 = 586
A6 = 585
A7 = 128
A8 = 90
A1 = 13.776 * surface area of dousing cooler tube
A16 = 1400 * .556 * 6
A20 = 69.326 * surface area of downcomer pipe (up to valve)

VOLair = 544 * volume of air above the dousing water
DENair = 1.2 * density of air
SHair = .24 * specific heat of air
VOLw = 2173 * volume of dousing water
DEWw = 1000 * density of air
SHw = 1 * specific heat of air
VOLf = 2.5 / 1000 * 3600 * flow rate of dousing water cooling fluid

Definitions
E1 = ((DX1 / 2) * DENcon * Silcon) / DT
AKDX1 = ARcon / DX1
AM1 = E1 + ARDX1 * Hout1
AM2 = 2 * E1 + 2 * ARDX1
AMS = E1 + ARDX1 * Hw
AM10 = E1 + ARDX1 * Hup
AM101 = E1 + ARDX1 * Hdn

E14 = ((DX11 / 2) * DENcon * Silcon) / DT
ARDX11 = ARcon / DX11
AM11 = E11 + ARDX11 * Hout1
AM12 = 2 * E11 + 2 * ARDX11
AM15 = E11 + ARDX11 * Hw

E16 = ((DX16 / 2) * DENcon * Silcon) / DT
ARDX16 = ARcon / DX16
AM16 = E16 + ARDX16 * Hup
AM17 = 2 * E16 + 2 * ARDX16
AM20 = E16 + ARDX16 * Hw

Eair = (VOLair * DENair * SHair) / DT
AMair1 = Eair * Hup * A6 + Hup * A4 * U * A7
AMair2 = Eair * Hup * A6 + Hdn * A4 * U * A7
AMair3 = Eair * Hdn * A6 + Hup * A4 * U * A7
AMair4 = Eair * Hdn * A6 + Hdn * A4 * U * A7

AUF = Af * UF
Ef = (VOLf * DENw * SHw) / DT
Ew = (VOLw * DENw * SHw) / DT
AMwup = Ew * Hw * (A3 + A18 + A5) + AUF * Hup * A4 + A20 * Hp
AMwdn = Ew * Hw * (A3 + A18 + A5) + AUF * Hdn * A4 + A20 * Hp

Tout(4) = 23.3; RAD(4, 1) = 0; RAD(4, 2) = 0; RAD(4, 3) = 0
Tout(5) = 23.1; RAD(5, 1) = 0; RAD(5, 2) = 0; RAD(5, 3) = 0
Tout(6) = 23.1; RAD(6, 1) = 26; RAD(6, 2) = 16; RAD(6, 3) = 28
Tout(7) = 23.3; RAD(7, 1) = 156; RAD(7, 2) = 44; RAD(7, 3) = 210
Tout(8) = 24.2; RAD(8, 1) = 312; RAD(8, 2) = 61; RAD(8, 3) = 341
Tout(9) = 25.5; RAD(9, 1) = 459; RAD(9, 2) = 71; RAD(9, 3) = 357
Tout(10) = 27; RAD(10, 1) = 518; RAD(10, 2) = 78; RAD(10, 3) = 293
Tout(11) = 28.5; RAD(11, 1) = 543; RAD(11, 2) = 84; RAD(11, 3) = 215
Tout(12) = 29.8; RAD(12, 1) = 559; RAD(12, 2) = 86; RAD(12, 3) = 174
Tout(13) = 30.7; RAD(13, 1) = 544; RAD(13, 2) = 89; RAD(13, 3) = 218
Tout(14) = 31.1; RAD(14, 1) = 488; RAD(14, 2) = 85; RAD(14, 3) = 277
Tout(15) = 30.8; RAD(15, 1) = 354; RAD(15, 2) = 79; RAD(15, 3) = 265
Tout(16) = 30.7; RAD(16, 1) = 272; RAD(16, 2) = 72; RAD(16, 3) = 274
Tout(17) = 30.3; RAD(17, 1) = 204; RAD(17, 2) = 65; RAD(17, 3) = 273
Tout(18) = 29.8; RAD(18, 1) = 78; RAD(18, 2) = 38; RAD(18, 3) = 86
Tout(19) = 29.2; RAD(19, 1) = 13; RAD(19, 2) = 8; RAD(19, 3) = 0
Tout(20) = 28.5; RAD(20, 1) = 0; RAD(20, 2) = 0; RAD(20, 3) = 0
Tout(21) = 27.8; RAD(21, 1) = 0; RAD(21, 2) = 0; RAD(21, 3) = 0
Tout(22) = 27.1; RAD(22, 1) = 0; RAD(22, 2) = 0; RAD(22, 3) = 0
Tout(23) = 26.2; RAD(23, 1) = 0; RAD(23, 2) = 0; RAD(23, 3) = 0
Tout(24) = 25.5; RAD(24, 1) = 0; RAD(24, 2) = 0; RAD(24, 3) = 0
Tout(25) = 24.8

```

```

(1)
Temp = (1 / AM1) * (Hout1 * TSOL1 + AKDX1 * T(2, 2) + E1 * T(1, 1))
DIFF = DIFF + ABS(Temp - T(1, 2)); T(1, 2) = Temp
(2)
Temp = (1 / AM2) * (ARDX1 * (T(1, 2) + T(3, 2)) + 2 * E1 * T(2, 1))
DIFF = DIFF + ABS(Temp - T(2, 2)); T(2, 2) = Temp
(3)
Temp = (1 / AM2) * (ARDX1 * (T(2, 2) + T(4, 2)) + 2 * E1 * T(3, 1))
DIFF = DIFF + ABS(Temp - T(3, 2)); T(3, 2) = Temp
(4)
Temp = (1 / AM2) * (ARDX1 * (T(3, 2) + T(5, 2)) + 2 * E1 * T(4, 1))
DIFF = DIFF + ABS(Temp - T(4, 2)); T(4, 2) = Temp
(5)
Temp = (1 / AM5) * (ARDX1 * T(4, 2) + Hw * Tw(2) + E1 * T(5, 1))
DIFF = DIFF + ABS(Temp - T(5, 2)); T(5, 2) = Temp
(8)
Temp = (1 / AM2) * (ARDX1 * (T(7, 2) + T(9, 2)) + 2 * E1 * T(8, 1))
DIFF = DIFF + ABS(Temp - T(8, 2)); T(8, 2) = Temp
(9)
Temp = (1 / AM2) * (ARDX1 * (T(8, 2) + T(10, 2)) + 2 * E1 * T(9, 1))
DIFF = DIFF + ABS(Temp - T(9, 2)); T(9, 2) = Temp
(10)
IF T(10, 2) > Tair(2) THEN
Temp = (1 / AM10) * (ARDX1 * T(9, 2) + Hup * Tair(2) + E1 * T(10, 1))
ELSE
Temp = (1 / AM10) * (ARDX1 * T(9, 2) + Hdn * Tair(2) + E1 * T(10, 1))
END IF
DIFF = DIFF + ABS(Temp - T(10, 2)); T(10, 2) = Temp
(11)
Temp = (1 / AM11) * (Hout1 * TSOLA + ARDX1 * T(12, 2) + E11 * T(11, 1))
DIFF = DIFF + ABS(Temp - T(11, 2)); T(11, 2) = Temp
(12)
Temp = (1 / AM12) * (ARDX11 * (T(11, 2) + T(13, 2)) + 2 * E11 * T(12, 1))
DIFF = DIFF + ABS(Temp - T(12, 2)); T(12, 2) = Temp
(13)
Temp = (1 / AM12) * (ARDX11 * (T(12, 2) + T(14, 2)) + 2 * E11 * T(13, 1))
DIFF = DIFF + ABS(Temp - T(13, 2)); T(13, 2) = Temp
(14)
Temp = (1 / AM12) * (ARDX11 * (T(13, 2) + T(15, 2)) + 2 * E11 * T(14, 1))
DIFF = DIFF + ABS(Temp - T(14, 2)); T(14, 2) = Temp
(15)
Temp = (1 / AM15) * (ARDX11 * T(14, 2) + Hw * Tw(2) + E11 * T(15, 1))
DIFF = DIFF + ABS(Temp - T(15, 2)); T(15, 2) = Temp
(16)
Temp = (1 / AM16) * (Hup * Tin + ARDX16 * T(17, 2) + E16 * T(16, 1))
DIFF = DIFF + ABS(Temp - T(16, 2)); T(16, 2) = Temp
(17)
Temp = (1 / AM17) * (ARDX16 * (T(16, 2) + T(18, 2)) + 2 * E16 * T(17, 1))
DIFF = DIFF + ABS(Temp - T(17, 2)); T(17, 2) = Temp
(18)
Temp = (1 / AM17) * (ARDX16 * (T(17, 2) + T(19, 2)) + 2 * E16 * T(18, 1))
DIFF = DIFF + ABS(Temp - T(18, 2)); T(18, 2) = Temp
(19)
Temp = (1 / AM17) * (ARDX16 * (T(18, 2) + T(20, 2)) + 2 * E16 * T(19, 1))
DIFF = DIFF + ABS(Temp - T(19, 2)); T(19, 2) = Temp
(20)
Temp = (1 / AM20) * (ARDX16 * T(19, 2) + Hw * Tw(2) + E16 * T(20, 1))
DIFF = DIFF + ABS(Temp - T(20, 2)); T(20, 2) = Temp
(water)
FOR JJ = 1 TO 10
Tfout = Tfin + (AUF / Ef) * (Tw(2) - Tmean)
Tmean = (Tfin + Tfout) / 2
NEXT JJ
IF Tair(2) > Tw(2) THEN
SUM = Hw * A3 * T(5, 2) + Hw * (A18) * T(20, 2) + Hw * A5 * T(15, 2) + A1
Temp = (1 / AMwup) * (SUM + Hup * A4 * Tair(2) + Ew * Tw(1) + A20 * Hp)
ELSE
SUM = Hw * A3 * T(5, 2) + Hw * (A18) * T(20, 2) + Hw * A5 * T(15, 2) + A1
Temp = (1 / AMwdn) * (SUM + Hdn * A4 * Tair(2) + Ew * Tw(1) + A20 * Hp)
END IF
DIFF = DIFF + ABS(Temp - Tw(2)); Tw(2) = Temp
IF DIFF > Conv THEN GOTO Again1
FOR II = 1 TO 20
T(1, 1) = T(1, 2)
NEXT II
Tair(1) = Tair(2)
Tw(1) = Tw(2)
NEXT J
PRINT USING '###.##': Iday; 1; TSOL1; TSOLA; Tair(2); Tfout; Tw(2)
PRINT #1, USING '###.##': Iday; 1; TSOL1; TSOLA; Tair(2); Tfout; Tw(2)
NEXT I
NEXT Iday
CLOSE
END

```

3-3 Simulation 에 의한 수온변화 영향검토

기타의 조건은 초기 기정치와 동일한 상태에서 주요 변수들을 변화시키면서 이들이 Dousing water 수온변화에 미치는 영향을 검토한 결과는 다음과 같다.

1) Dome conc 의 日射 吸收率 (solar absorptivity)

과 水溫變化

- 흡수율 0.6 : 수온 29.73°C (기정치)
- 흡수율 0.4 : 수온 29.66°C
- 흡수율 0.2 : 수온 29.58°C
- 흡수율 0.0 : 수온 29.51°C (차양설치 : 가상치)

2) Cooling water temp 와 水溫變化

- 냉각수온 12°C : 29.73°C (기정치)
- 냉각수온 10°C : 28.95°C
- 냉각수온 8°C : 28.16°C
- 냉각수온 6°C : 27.37°C

3) R/B internal temp 와 水溫變化

- 실내온 54°C : 29.73°C (기정치)
- 실내온 51°C : 28.73°C (측정 최대치)
- 실내온 47°C : 27.40°C (측정 평균치)
- 실내온 42°C : 25.73°C

4) R/B internal temp + Cooling water temp 와 수온변화

- 실내온 54°C / 냉각수온 12°C : 29.73°C (기정치)
- 실내온 51°C / 냉각수온 8°C : 27.16°C
- 실내온 51°C / 냉각수온 6°C : 26.37°C
- 실내온 47°C / 냉각수온 6°C : 25.04°C

5) R/B internal temp + Dome 흡수율과 수온변화

- 실내온 54°C / Dome 흡수율 0.6 : 29.73°C (기정치)
- 실내온 51°C / Dome 흡수율 0.2 : 28.58°C
- 실내온 47°C / Dome 흡수율 0.2 : 27.25°C

6) Cooling water temp + Dome 흡수율과 수온변화

- 냉각수온 12°C / 흡수율 0.6 : 29.73°C (기정치)
- 냉각수온 8°C / 흡수율 0.2 : 28.00°C
- 냉각수온 6°C / 흡수율 0.2 : 27.22°C

7) Cooling water + R/B internal + Dome 흡수율과 수온변화

- 냉각수온 12°C / 실내온 54°C / 흡수율 0.6 : 29.73°C (기정치)
- 냉각수온 8°C / 실내온 47°C / 흡수율 0.2 : 25.67°C
- 냉각수온 6°C / 실내온 47°C / 흡수율 0.2 : 24.88°C

IV. 結 論

본 연구의 Simulation 결과를 요약하면 다음과 같다.

- Dome Conc. 의 日射吸收率은 수온변화에 미치는 영향이 매우 작은 것으로 나타났으며 이는 대상 구조물의 conc. 가 heavy structure로서 日射에 의한 蓄熱의 변동이 크지 않은데 기인하는 것으로 판단된다.
- 原子爐 건물 内部溫度의 변화는 수온변화와 밀접한 관계를 지니는바 이는 원자로 건물 내부의 平均溫度가 여름철 외기 최대온도를 上廻하기 때문으로 판단된다.
- Cooling water 의 供給水溫을 낮추는 것은 dousing water 水溫을 規定值 이하로 유지하는 매우 효율적인 방법으로 나타났다.
- 결론적으로 규정 dousing water 수온을 유지하기 위해서는 가장 크게 영향을 미치는 냉각수 온도와 원자로 건물 내부온도를 동시에 調節하는 한편 外氣의 영향을 最小化할 수 있는 방법을 複合的으로 채택하는 것이 効果的인 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. ASHRAE HANDBOOK
1985 FUNDAMENTALS
2. Microsoft Quickbasic Manual,
Ver. 4.0