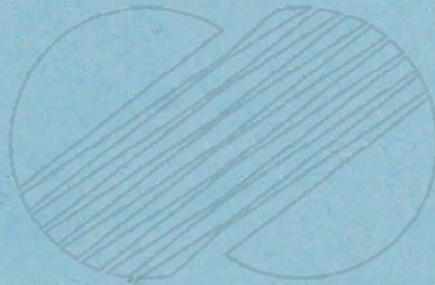
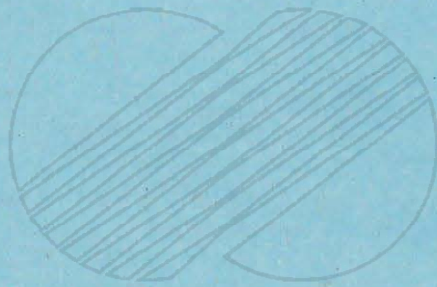


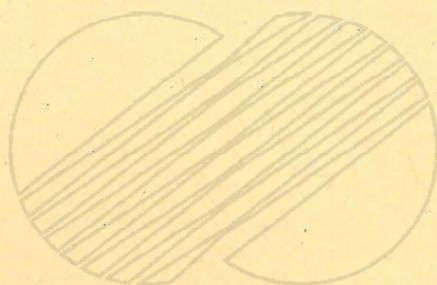
5. 發電所 稼動이 環境에 미치는 影響



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.



가. 熱發散 系統의 稼動으로 인한 影響



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

가. 熱發散 系統의 稼動으로 因한 影響

1) 물 環境에 미치는 影響

靈光原子力 發電所 3, 4 號機를 稼動하였을 경우 發電所의 冷却水 순환계통 (Circulating Cooling Water System) 排水口로부터 放出되는 溫排水가 桂馬敷地의 隣近 海域으로 擴散되는 現象을 分析하였다.

이러한 溫排水 擴散分析은 排水口 附近의 水溫, 鹽分度와 潮流의 흐름 및 流速을 豫測하기 위한 것으로 이를 위하여 미국 테네시 대학에서 開發된 컴퓨터 코드 "THERMA"를 사용하였다 [1][2].

가) 冷却水 순환계통 일반

靈光原子力 3, 4 號機의 冷却水 순환계통은 부록 그림 5. 가- 1 과 같이 靈光原子力 1, 2 號機와 取水口 및 排水口를 共有하고 있다.

따라서 영광原子力 1, 2 호기와 마찬가지로 직접순환 방식을 採擇하고 있으며, 黃海 (Yellow Sea)를 水源 (Water Source)으로 使用하고 있다.

당초 영광原子力 1, 2 호기 설계시 原子力 3, 4 호기 그리고 後續 2기 등 總 6 개 호기에 대한 冷却水量을 감안하여 取水路和 排水路를 計劃하였으며 靈光1,2 호기 建設時 取水路和 排水路의 대부분이 建設 完了되었다.

冷却水を 沿岸으로부터 取水하고, 다시 放流하는 通路인 取排水路는 開水路 (Open Channel)로 되어 있으며, 取水路는 바닥標高가 -6.5 m , 水路始點에서의 바닥幅이 110 m 이며, 排水路의 끝부분에서는 바닥 標高가 -6.5 m , 바닥幅이 60 m 이다.

排水口를 통하여 放出되는 溫排水 流量은 1 개 호기당 冷却水 순환계통 (Circulating Cooling Water System) 으로부터 $49.74\text{ m}^3/\text{sec}$, 1 차 해수냉각계통 (Essential Service Cooling Water System) 으로부터

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

3.54 m^3 / sec 그리고 터빈빌딩내 기기 냉각계통 (Turbine Building Open Cooling Water System) 으로부터 3.16 m^3 / sec 등 총 56.44 m^3 / sec 가 되며, 각각 8.79 $^{\circ}C$, 7.2 $^{\circ}C$ 그리고 8.2 $^{\circ}C$ 의 溫度 上昇을 가져오므로 排水口에서 放出되는 溫排水는 取水時보다 水溫이 8.66 $^{\circ}C$ 높게 된다.

따라서 영광原子力 1, 2 호기와 3, 4 호기 4 개 호기가 동시稼動할 경우 取排水 流量은 227.96 m^3 / sec 가 된다.

發電所 附近의 海岸에서는 약 0.3 ~ 0.4 m / sec 의 비교적 빠른 潮流가 海岸線과 平行한 方向으로 흐르고, 潮汐干滿의 差異는 2 ~ 6 m 에 달한다.

또한 水深圖에 依하면 排水口로부터 外海쪽으로 약 1 km 떨어진 地點에서 -8 m (平均 海水面 基準)의 等水深線이 나타나므로 發電所 附近 海域의 水深은 비교적 얇은 形象을 보이고 있다.

나) 發電所 附近의 熱影響 (Thermal Impact)에 대한 廣域 海域 (Far-Field) 解析

發電所 稼動時 溫排水 放出로 인한 여러가지 影響중 水溫의 變化, 鹽分度의 變化와 潮流의 方向 및 流速 등에 대한 影響을 分析하기 위하여 3 차원 모델인 "THERMA"를 사용하였다.

컴퓨터 모델 THERMA는 廣域 溫排水 擴散分析모델 (Far-Field Analysis Model)로써 流域 (Flow Region)에서의 熱的條件 (Thermal Condition)에 影響을 주는 여러가지 중요한 自然環境과 發電所의 條件이 고려될 수 있도록 만들어진 컴퓨터 프로그램이다.

THERMA 프로그램에 사용된 기본방정식은 질량보존법칙, 운동량 보존법칙, 에너지보존법칙 그리고 염분도보존법칙을 근거로 하였으며, 수치모델

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

방법으로 Discrete-Element Method 를 사용함으로써 모델의 格子形 内部要素 (Internal Element)에 대한 계산시는 有限差分法 (Finite Difference Method)의 特性이, 그리고 불규칙한 형태를 갖는 境界要素 (Boundary Element)에 대해서는 有限要素法 (Finite Element Method)의 特性이 적용될 수 있도록 되어 있다.

(1) 모델에 적용한 基本方程式

基本方程式으로 流體에 대한 연속방정식, 운동방정식, 에너지 방정식 및 염분도보존방정식 등을 사용하였으며, 이들 방정식들은 空間的으로 固定된 流體素 (Eulerian Control Volume)에 대한 流出入 概念으로부터 유도된다.

(가) 연속방정식 (Continuity Equation)

질량보존법칙으로부터 유도되는 연속방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_{V_{cv}} \rho dv + \iint_{A_{cv}} \rho \vec{V} \cdot \hat{n} dA = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

또한 流體의 密度를 溫度와 鹽分度の 함수로 나타내면 다음과 같다.

$$\rho (T, C) = \rho_w^* [1 + \alpha(T, C)] \quad \dots\dots\dots (2)$$

(2)식을 (1)식에 대입하면,

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_{V_{cv}} (1 + \alpha) dV + \iint_{A_{cv}} (1 + \alpha) \vec{V} \cdot \hat{n} dA = 0 \quad \dots\dots (3)$$

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

(나) 운동량 방정식 (Momentum Equation)

뉴턴의 제 2 법칙으로부터 유도되는 운동량 방정식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{V_{cv}} \rho \vec{V} dV + \iint_{A_{cv}} \rho \vec{V} \vec{V} \cdot \hat{n} dA \\ &= \iiint_{V_{cv}} \vec{f}_b dV + \iint_{A_{cv}} \vec{f}_s dA \quad \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

식(4)를 x, y, z 방향 성분으로 나누면 다음과 같다.

(x - 방향 성분)

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{V_{cv}} \rho V_x dV + \iint_{A_{cv}} \rho V_x \vec{V} \cdot \hat{n} dA \\ &= \iiint_{V_{cv}} f_{b,x} dV + \iint_{A_{cv}} f_{s,x} dA \quad \dots\dots\dots (5) \end{aligned}$$

(y - 방향 성분)

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{V_{cv}} \rho V_y dV + \iint_{A_{cv}} \rho V_y \vec{V} \cdot \hat{n} dA \\ &= \iiint_{V_{cv}} f_{b,y} dV + \iint_{A_{cv}} f_{s,y} dA \quad \dots\dots\dots (6) \end{aligned}$$

(z - 방향 성분)

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{V_{cv}} \rho V_z dV + \iint_{A_{cv}} \rho V_z \vec{V} \cdot \hat{n} dA \\ &= \iiint_{V_{cv}} f_{b,z} dV + \iint_{A_{cv}} f_{s,z} dA \quad \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

流體粒子에 作用하는 外力은 重力과 地球自轉으로 인한 轉向力 (Coriolis Force)으로 構成되며 또한 流體의 密度를 식(2)와 같이 溫度와 鹽分度의 함수로 나타내면 운동방정식은 다음과 같이 된다.

(x - 방향 성분)

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{V_{cv}} \rho_{\omega}^* (1 + \alpha) V_x dV + \iint_{A_{cv}} \rho_{\omega}^* (1 + \alpha) V_x \vec{V} \cdot \hat{n} dA \\ &= \iiint_{V_{cv}} g_a \cos \theta_{n,x} dV + \iiint_{V_{cv}} f_{c,x} dV + \iint_{A_{cv}} f_{s,x} dA \dots\dots\dots (8) \end{aligned}$$

(y - 방향 성분)

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{V_{cv}} \rho_{\omega}^* (1 + \alpha) V_y dV + \iint_{A_{cv}} \rho_{\omega}^* (1 + \alpha) V_y \vec{V} \cdot \hat{n} dA \\ &= \iiint_{V_{cv}} g_a \cos \theta_{n,y} dV + \iiint_{V_{cv}} f_{c,y} dV + \iint_{A_{cv}} f_{s,y} dA \dots\dots\dots (9) \end{aligned}$$

(z - 방향 성분)

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{V_{cv}} \rho_{\omega}^* (1 + \alpha) V_z dV + \iint_{A_{cv}} \rho_{\omega}^* (1 + \alpha) V_z \vec{V} \cdot \hat{n} dA \\ &= \iiint_{V_{cv}} g_a \cos \theta_{n,z} dV + \iiint_{V_{cv}} f_{c,z} dV + \iint_{A_{cv}} f_{s,z} dA \dots\dots\dots (10) \end{aligned}$$

(다) 에너지 방정식 (Energy Equation)

열역학 제 1 법칙으로부터 다음의 에너지 방정식이 유도된다.

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{V_{cv}} \rho C_{\omega}^* T dV + \iint_{A_{cv}} \rho C_{\omega}^* T \vec{V} \cdot \hat{n} dA \\ &= \iiint_{V_{cv}} q_v dV + \iint_{A_{cv}} \vec{q}_m \cdot (-\hat{n}) dA \dots\dots\dots (11) \end{aligned}$$

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

流體의 密度를 溫度와 鹽分度の 함수로 나타내면,

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{V_{cv}} (1 + \alpha) \rho_{\omega}^* C_{\omega}^* T dV + \iint_{A_{cv}} (1 + \alpha) \rho_{\omega}^* C_{\omega}^* T \vec{V} \cdot \hat{n} dA \\ & = \iiint_{V_{cv}} q_v dV + \iint_{A_{cv}} \vec{q}_m \cdot (-\hat{n}) dA \dots\dots\dots (12) \end{aligned}$$

(ㄷ) 鹽分度 保存方程式 (Salinity Concentration Equation)

鹽分度에 대한 질량보존법칙으로부터 다음의 관계식이 유도된다.

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{V_{cv}} \rho C dV + \iint_{A_{cv}} \rho C \vec{V} \cdot \hat{n} dA = \iiint_{V_{cv}} \rho C dV + \\ & \iint_{A_{cv}} \vec{g} \cdot (-\hat{n}) dA \dots\dots\dots (13) \end{aligned}$$

流體의 密度를 溫度와 鹽分度の 함수로 나타내고 양변을 ρ_{ω}^* 로 나누면,

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{V_{cv}} (1 + \alpha) C dV + \iint_{A_{cv}} (1 + \alpha) C \vec{V} \cdot \hat{n} dA \\ & = \iiint_{V_{cv}} (1 + \alpha) C dV + \frac{1}{\rho_{\omega}^*} \iint_{A_{cv}} \vec{g} \cdot (-\hat{n}) dA \dots\dots\dots (14) \end{aligned}$$

(2) 數値積分式

基本方程式은 Discrete Element 를 사용하여 數値積分式으로 나타내지며, Discrete Element 는 직각 좌표계에서 X-Y의 수평평면과 Z 방향의 수직평면상의 格子網(Grid Lines)으로 구성된다. 하나의 Discrete Element (i, j, l) 를 例示하면 부록 그림 5.가-2와 같으며 X-Z 평면에서의 格子網 구성은 부록 그림 5.가-3과 같다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

또한 基本方程式에 대해 時間平均 (Mean Time Averaging Process)을 취 함으로써 亂流로 인한 불규칙한 流速變化成分 (Random Turbulent Fluctuations)을 分離하였다.

$$\overline{V_x(t, x, y, z)} = \overline{V_x(t, x, y, z)} + \overline{V_x^*(t, x, y, z)}$$

$$\overline{V_x'(t, x, y, z)} = 0$$

$$\overline{V_y(t, x, y, z)} = \overline{V_y(t, x, y, z)} + \overline{V_y^*(t, x, y, z)}$$

$$\overline{V_y'(t, x, y, z)} = 0$$

$$\overline{V_z(t, x, y, z)} = \overline{V_z(t, x, y, z)} + \overline{V_z^*(t, x, y, z)}$$

$$\overline{V_z'(t, x, y, z)} = 0$$

$$\overline{T(t, x, y, z)} = \overline{T(t, x, y, z)} + \overline{T^*(t, x, y, z)}$$

$$\overline{T'(t, x, y, z)} = 0$$

$$\overline{C(t, x, y, z)} = \overline{C(t, x, y, z)} + \overline{C^*(t, x, y, z)}$$

$$\overline{C'(t, x, y, z)} = 0$$

$$\begin{aligned} \int_{\Delta z} \int_{\Delta y} \overline{V_x^*(t, x, y, z)} dy dz &= \int_{\Delta z} \int_{\Delta x} \overline{V_y^*(t, x, y, z)} dx dz \\ &= \int_{\Delta x} \int_{\Delta y} \overline{V_z^*(t, x, y, z)} dy dx = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \int_{\Delta z} \int_{\Delta y} \overline{T^*(t, x, y, z)} dy dz &= \int_{\Delta z} \int_{\Delta x} \overline{T^*(t, x, y, z)} dx dz \\ &= \int_{\Delta x} \int_{\Delta y} \overline{T^*(t, x, y, z)} dy dx = 0 \end{aligned}$$

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

$$\begin{aligned}\int_{\Delta z} \int_{\Delta y} \bar{C}^*(t, x, y, z) dy dz &= \int_{\Delta z} \int_{\Delta x} \bar{C}^*(t, x, y, z) dx dz \\ &= \int_{\Delta x} \int_{\Delta y} \bar{C}^*(t, x, y, z) dy dx = 0\end{aligned}$$

따라서 數値積分式인 Discrete Element Equation 은 각각의 基本方程式에 대한 時間平均 (Mean Time Averaged) 형태를 기초로 하여 유도된다.

(가) 연속방정식에 대한 數値積分式

표면층 (Surface Layer)

$$\begin{aligned}\frac{\partial \bar{H}_{i,j}}{\partial t} &= \frac{1}{\Delta x_{i,j,\ell} \Delta y_{i,j,\ell} (1 + \bar{\alpha}_{i,j,\ell})} \\ &\left\{ - \Delta x_{i,j} \Delta y_{i,j,\ell} \frac{\partial \bar{\alpha}_{i,j,\ell}}{\partial t} \frac{\bar{D}_{i,j,\ell}}{\bar{D}_{i,j,\ell}} \right. \\ &\quad + (1 + \bar{\alpha}_{i,j,\ell-\frac{1}{2}}) \bar{G}_{z;i,j,\ell-\frac{1}{2}} \\ &\quad + (1 + \bar{\alpha}_{i-\frac{1}{2},j,\ell}) \bar{G}_{x;i-\frac{1}{2},j,\ell} \\ &\quad - (1 + \bar{\alpha}_{i+\frac{1}{2},j,\ell}) \bar{G}_{x;i+\frac{1}{2},j,i} \\ &\quad + (1 + \bar{\alpha}_{i,j-\frac{1}{2},\ell}) \bar{G}_{y;i,j-\frac{1}{2},\ell} \\ &\quad \left. - (1 + \bar{\alpha}_{i,j+\frac{1}{2},\ell}) \bar{G}_{y;i,j+\frac{1}{2},\ell} \right\} \\ &\quad + \frac{(1 + \bar{\alpha}_{srf;i,j})}{(1 + \bar{\alpha}_{i,j,\ell})} \bar{g}_{srf;i,j}\end{aligned}$$

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

중간층 (Internal Layer)

$$\begin{aligned} \bar{G}_{z;i,j,\ell+\frac{1}{2}} = & \frac{1}{(1 + \bar{\alpha}_{i,j,\ell+\frac{1}{2}})} \\ & \left\{ -\Delta x_{i,j,\ell} \Delta y_{i,j,\ell} \Delta z_{i,j,\ell} \frac{\partial \bar{\alpha}}{\partial t} i,j,\ell \right. \\ & + (1 + \bar{\alpha}_{i,j,\ell-\frac{1}{2}}) \bar{G}_{z;i,j,\ell-\frac{1}{2}} \\ & + (1 + \bar{\alpha}_{i-\frac{1}{2},j,\ell}) \bar{G}_{x;i-\frac{1}{2},j,\ell} \\ & - (1 + \bar{\alpha}_{i+\frac{1}{2},j,\ell}) \bar{G}_{x;i+\frac{1}{2},j,\ell} \\ & + (1 + \bar{\alpha}_{i,j-\frac{1}{2},\ell}) \bar{G}_{y;i,j-\frac{1}{2},\ell} \\ & \left. - (1 + \bar{\alpha}_{i,j+\frac{1}{2},\ell}) \bar{G}_{y;i,j+\frac{1}{2},\ell} \right\} \end{aligned}$$

바닥층 (Bottom Layer)

$$\begin{aligned} \bar{G}_{z;i,j,\ell+\frac{1}{2}} = & \frac{1}{(1 + \bar{\alpha}_{i,j,\ell+\frac{1}{2}})} \\ & \left\{ -\Delta x_{i,j,\ell} \Delta y_{i,j,\ell} \Delta z_{i,j,\ell} \frac{\partial \bar{\alpha}}{\partial t} i,j,\ell \right. \\ & + (1 + \bar{\alpha}_{i,j,\ell-\frac{1}{2}}) \bar{G}_{z;i,j,\ell-\frac{1}{2}} \\ & + (1 + \bar{\alpha}_{i+\frac{1}{2},j,\ell}) \bar{G}_{x;i+\frac{1}{2},j,\ell} \end{aligned}$$

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

$$\begin{aligned}
 & + (1 + \bar{\alpha}_{i,j-\frac{1}{2},\ell}) \bar{G}_{x;i,j-\frac{1}{2},\ell} \\
 & - (1 + \bar{\alpha}_{i,j+\frac{1}{2},\ell}) \bar{G}_{y;i,j+\frac{1}{2},\ell} \Big\} \\
 & + \Delta x_{i,j,\ell} \Delta y_{i,j,\ell} \frac{(1 + \bar{\alpha}_{\text{bot};i,j})}{(1 + \bar{\alpha}_{i,j,\ell})} \bar{g}_{\text{bot};i,j}
 \end{aligned}$$

(나) 운동량 방정식에 대한 數値積分式

운동량 방정식에 대한 數値積分式은 Half Discrete Element 부터 유도된다.

$(i - \frac{1}{4}, j, \ell)$ 을 중심으로 한 Half Discrete Element (부록 그림 5. 가 - 2)에서의 X성분에 대한 數値積分式은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \bar{V}_x}{\partial t} \Big|_{i-\frac{1}{4},j,\ell} &= \bar{F}_{i-\frac{1}{4},j,\ell} \{ \bar{V}_x \} \\
 &= \bar{F}_{i-\frac{1}{4},j,\ell}^{(\text{con})} \{ \bar{V}_x \} + \bar{F}_{i-\frac{1}{4},j,\ell}^{(\text{for})} \{ \bar{V}_x \} + \bar{F}_{i-\frac{1}{4},j,\ell}^{(\text{trb})} \{ \bar{V}_x \} \\
 &\quad + \bar{F}_{i-\frac{1}{4},j,\ell}^{(\text{srf})} \{ \bar{V}_x \} \dots\dots\dots (18)
 \end{aligned}$$

여기서

$\bar{F}_{i-\frac{1}{4},j,\ell}^{(\text{con})} \{ \bar{V}_x \}$ = convective momentum transport function,

$\bar{F}_{i-\frac{1}{4},j,\ell}^{(\text{for})} \{ \bar{V}_x \}$ = force function

$\bar{F}_{i-\frac{1}{4},j,\ell}^{(\text{trb})} \{ \bar{V}_x \}$ = non-convective momentum transport function,

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

$$\overline{F}_{i-\frac{1}{4},j,\ell}^{(srf)} \{\overline{V}_x\} = \text{surface momentum transport function.}$$

중간층 (Internal Layers) 에 대해서는 $\overline{F}_{i-\frac{1}{4},j,\ell}^{(srf)} \{\overline{V}_x\}$ 항이 없어진다.

Convective Momentum Transport Function:

$$\begin{aligned} \overline{F}_{i-\frac{1}{4},j,\ell}^{(con)} \{\overline{V}_x\} = & \frac{1}{\Delta x_{i-\frac{1}{4},j} \Delta y_{i-\frac{1}{4},j} \Delta z_{i-\frac{1}{4},j,\ell} (1+\tilde{\alpha}_{i-\frac{1}{4},j,\ell})} \\ & \cdot \left[(1+\tilde{\alpha}_{i-\frac{1}{2},j,\ell}) \tilde{G}_{x;i-\frac{1}{2},j,\ell} (\tilde{V}_{x;i-\frac{1}{2},j,\ell} \right. \\ & - \overline{V}_{x;i-\frac{1}{4},j,\ell} - (1+\tilde{\alpha}_{i,j,\ell}) \tilde{G}_{x;i,j,\ell} (\overline{V}_{x;i-\frac{1}{2},j,\ell}) \\ & - \overline{V}_{x;i-\frac{1}{4},j,\ell}) + \left[(1+\tilde{\alpha}_{i-\frac{1}{4},j-\frac{1}{2},\ell}) \right. \\ & \tilde{G}_{y;i-\frac{1}{4},j-\frac{1}{2},\ell} (\tilde{V}_{x;i-\frac{1}{4},j-\frac{1}{2},\ell} - \overline{V}_{x;i-\frac{1}{4},j,\ell}) \\ & - (1+\tilde{\alpha}_{i-\frac{1}{4},j+\frac{1}{2},\ell}) \tilde{G}_{y;i-\frac{1}{4},j+\frac{1}{2},\ell} \\ & \left. (\tilde{V}_{x;i-\frac{1}{4},j+\frac{1}{2},\ell} - \overline{V}_{x;i-\frac{1}{4},j,\ell}) \right] \\ & + \left[(1+\tilde{\alpha}_{i-\frac{1}{4},j,\ell-\frac{1}{2}}) \tilde{G}_{z;i-\frac{1}{4},j,\ell-\frac{1}{2}} (\tilde{V}_{x;i-\frac{1}{4},j,\ell-\frac{1}{2}} \right. \\ & - \overline{V}_{x;i-\frac{1}{4},j,\ell}) - (1+\tilde{\alpha}_{i-\frac{1}{4},j,\ell+\frac{1}{2}}) \tilde{G}_{z;i-\frac{1}{4},j,\ell+\frac{1}{2}} \\ & \left. (\tilde{V}_{x;i-\frac{1}{4},j,\ell+\frac{1}{2}} - \overline{V}_{x;i-\frac{1}{4},j,\ell}) \right] \Big] \end{aligned}$$

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

Force Function:

$$\begin{aligned} \overline{F}_{i-\frac{1}{4},j,\ell}^{(for)} \{ \overline{V}_x \} = & -g_a \cos \theta_{n,x} + \Omega_{cor;n,y} \overline{V}_{z;i-\frac{1}{4},j,\ell} \\ & - \Omega_{cor;n,z} \overline{V}_{y;i-\frac{1}{4},j,\ell} \\ & + \frac{g_a}{\Delta x_{i-\frac{1}{4},j,\ell} \Delta y_{i-\frac{1}{4},j,\ell} \Delta z_{i-\frac{1}{4},j,\ell} (1 + \overline{\alpha}_{i-\frac{1}{4},j,\ell})} \\ & \cdot \Delta y_{i-\frac{1}{4},j} \Delta z_{i-\frac{1}{4},j,\ell} \left[\frac{1}{2} (\overline{P}_{h;i-\frac{1}{2},j,\ell-\frac{1}{2}} \right. \\ & \left. + \overline{P}_{h;i-\frac{1}{2},j,\ell+\frac{1}{2}}) - \frac{1}{2} (\overline{P}_{h;i,j,\ell-\frac{1}{2}} + \overline{P}_{h;i,j,\ell+\frac{1}{2}}) \right] \end{aligned}$$

Non-Convective Momentum Transport Function:

$$\begin{aligned} \overline{F}_{i-\frac{1}{4},j,\ell}^{(trb)} \{ \overline{V}_x \} = & \frac{1}{\rho_\omega^* (\Delta x_{i-\frac{1}{4},j,\ell} \Delta y_{i-\frac{1}{4},j,\ell} \Delta z_{i-\frac{1}{4},j,\ell}) (1 + \widetilde{\alpha}_{i-\frac{1}{4},j,\ell})} \\ & \cdot \left[\Delta y_{i-\frac{1}{2},j,\ell} \Delta z_{i-\frac{1}{2},j,\ell} \overline{\sigma_{xx}^{*'}; i-\frac{1}{2},j,\ell} \right. \\ & - \Delta y_{i,j,\ell} \Delta z_{i,j,\ell} \overline{\sigma_{xx}^{*'}; i,j,\ell} \\ & + \Delta x_{i-\frac{1}{4},j-\frac{1}{2},\ell} \Delta z_{i-\frac{1}{4},j-\frac{1}{2},\ell} \overline{\sigma_{yx}^{*'}; i-\frac{1}{4},j-\frac{1}{2},\ell} \\ & - \Delta x_{i-\frac{1}{4},j+\frac{1}{2},\ell} \Delta z_{i-\frac{1}{4},j+\frac{1}{2},\ell} \overline{\sigma_{yx}^{*'}; i-\frac{1}{4},j+\frac{1}{2},\ell} \\ & + \Delta x_{i-\frac{1}{4},j,\ell-\frac{1}{2}} \Delta y_{i-\frac{1}{4},j,\ell-\frac{1}{2}} \overline{\sigma_{zx}^{*'}; i-\frac{1}{4},j,\ell-\frac{1}{2}} \\ & \left. - \Delta x_{i-\frac{1}{4},j,\ell+\frac{1}{2}} \Delta y_{i-\frac{1}{4},j,\ell+\frac{1}{2}} \overline{\sigma_{zx}^{*'}; i-\frac{1}{4},j,\ell+\frac{1}{2}} \right] \end{aligned}$$

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

여기서 $\overline{\sigma_{\xi\xi}^{*'}}_{\xi}$ 는 분자응력 (Molecular Stresses), 난류응력 (Turbulent Stresses), 그리고 전단응력 (Shear Stresses)의 複合的인 效果를 나타낸다.

이들 複合的인 응력 성분들은 Blasius Power Law 形態를 갖는 일반화된 난류운동량 전달모델 (Generalized Turbulent Momentum Transport Model)에 따라 계산되며, 또한 Reynolds 수에 의해 영향을 받는다. 예를들면 $(i-\frac{1}{2}, j, \ell)$ 에서의 응력 성분 σ_{xx}^* 는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\overline{\sigma_{xx}^{*'}}_{i-\frac{1}{2}, j, \ell} = \overline{\varepsilon_{v, xx}^{*'}}_{i-\frac{1}{2}, j, \ell} \rho_{\omega}^* (1 + \bar{\alpha}_{i-\frac{1}{2}, j, \ell}) \frac{\partial \bar{V}_x}{\partial x},$$

여기서 $\overline{\varepsilon_{v, xx}^{*'}}_{i-\frac{1}{2}, j, \ell}$ 은 전체 운동량 확산 (Overall Momentum Diffusivity)를 의미하며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\overline{\varepsilon_{v, xx}^{*'}}_{i-\frac{1}{2}, j, \ell} = \bar{V}_{i-\frac{1}{2}, j, \ell} + \overline{\varepsilon_{xx}^{*'}}_{i-\frac{1}{2}, j, \ell}$$

여기서

$$\begin{aligned} \overline{\varepsilon_{xx}^{*'}}_{i-\frac{1}{2}, j, \ell} &= \overline{\varepsilon_{xy}^{*'}}_{i-\frac{1}{2}, j, \ell} = \overline{\varepsilon_{xz}^{*'}}_{i-\frac{1}{2}, j, \ell} \\ &= \bar{V}_{i-\frac{1}{2}, j, \ell} \left[\frac{n+1}{n} \right] \frac{2}{(n+1)} \beta^{\left[\frac{2n}{n+1} \right]} \left[\bar{Re}_x; i-\frac{1}{2}, j, \ell \right] \frac{n-1}{n+1} \end{aligned}$$

그리고 Reynolds 수 \bar{Re} 는 다음과 같이 정의된다.

$$\bar{Re}_x; i-\frac{1}{2}, j, \ell = \frac{\Delta x_{i-\frac{1}{2}, j, \ell} |\Delta \bar{V}|_{y, z; i-\frac{1}{2}, j, \ell}}{\bar{V}_{i-\frac{1}{2}, j, \ell}}$$

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

여기서 유속은 다음과 같이 정의한다.

$$|\Delta \bar{V}|_{y,z;i-\frac{1}{2},j,\ell} = \left[\{\bar{V}_{y,i,j,\ell} - \bar{V}_{y,i,j,\ell-1} - \bar{V}_{y,i-1,j,\ell}\}^2 + \{\bar{V}_{z,i,j,\ell} - \bar{V}_{z,i,j,\ell-1}\}^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Y 성분 운동 방정식에 대한 數値積分式은 부호가 바뀌는 것을 제외하고는 X 성분의 數値積分式과 비슷한 形態를 갖는다.

(i, j, ℓ) 을 중심으로한 Half Discrete Element 에서의 Z 성분에 대한 數値積分式의 최종 形態는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \bar{P}_{h;i,j,\ell} &= \bar{F}_{i,j,\ell} \{\bar{V}_z\} \\ &= \bar{F}_{i,j,\ell}^{(con)} \{\bar{V}_z\} + \bar{F}_{i,j,\ell}^{(for)} \{\Delta z, \bar{V}_x, \bar{V}_y\} + \bar{F}_{i,j,\ell}^{(trb)} \{\bar{V}_z\} \\ &= \bar{F}_{i,j,\ell}^{(srf)} \{\bar{V}_z\} \end{aligned}$$

$$\bar{F}_{i,j,\ell}^{(con)} \{\bar{V}_z\} = \text{convective momentum transport function,}$$

$$\bar{F}_{i,j,\ell}^{(for)} \{\Delta z, \bar{V}_x, \bar{V}_y\} = \text{force function}$$

$$\bar{F}_{i,j,\ell}^{(trb)} \{\bar{V}_y\} = \text{non-convective momentum transport function,}$$

$$\bar{F}_{i,j,\ell}^{(srf)} \{\bar{V}_z\} = \text{surface momentum transport function.}$$

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

상기 식에서 중간층 (Internal Layers)에 대해서는 $\bar{F}_{i,j,\ell}^{(srf)} \{ \bar{V}_z \}$ 항이 없어진다.

Convective Momentum Transport Function :

$$\begin{aligned} \bar{F}_{i,j,\ell}^{(con)} \{ \bar{V}_z \} = & \frac{1}{g_a \Delta X_{i,j,\ell} \Delta Y_{i,j,\ell}} \\ & \cdot \left[(1+\tilde{\alpha}_{i-\frac{1}{2},j,\ell}) \tilde{G}_{x;i-\frac{1}{2},j,\ell} (\tilde{V}_{z;i-\frac{1}{2},j,\ell} - \bar{V}_{z;i,j,\ell}) \right. \\ & - (1+\tilde{\alpha}_{i+\frac{1}{2},j,\ell}) \tilde{G}_{x;i+\frac{1}{2},j,\ell} (\tilde{V}_{z;i+\frac{1}{2},j,\ell} - \bar{V}_{z;i,j,\ell}) \\ & + (1+\tilde{\alpha}_{i,j-\frac{1}{2},\ell}) \tilde{G}_{y;i,j-\frac{1}{2},\ell} (\tilde{V}_{z;i,j-\frac{1}{2},\ell} - \bar{V}_{z;i,j,\ell}) \\ & - (1+\tilde{\alpha}_{i,j+\frac{1}{2},\ell}) \tilde{G}_{y;i,j+\frac{1}{2},\ell} (\tilde{V}_{z;i,j+\frac{1}{2},\ell} - \bar{V}_{z;i,j,\ell}) \\ & + (1+\tilde{\alpha}_{i,j,\ell-\frac{1}{2}}) \tilde{G}_{z;i,j,\ell-\frac{1}{2}} (\tilde{V}_{z;i,j,\ell-\frac{1}{2}} - \bar{V}_{z;i,j,\ell}) \\ & \left. - (1+\tilde{\alpha}_{i,j,\ell+\frac{1}{2}}) \tilde{G}_{z;i,j,\ell+\frac{1}{2}} (\tilde{V}_{z;i,j,\ell+\frac{1}{2}} - \bar{V}_{z;i,j,\ell}) \right] \end{aligned}$$

Force Function :

$$\begin{aligned} \bar{F}_{i,j,\ell}^{(for)} \{ \Delta z, \bar{V}_x, \bar{V}_y \} = & \Delta z_{i,j,\ell} (1+\tilde{\alpha}_{i,j,\ell}) \cos \theta_{n,z} \\ & + \frac{1}{g_a} \Delta z_{i,j,\ell} (1+\tilde{\alpha}_{i,j,\ell}) \end{aligned}$$

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

$$\cdot \left[\Omega_{\text{cor};n,y} v_{x;i,j,\ell} - \Omega_{\text{cor};n,x} \bar{v}_{y;i,j,\ell} \right]$$

Non-Convective Momentum Transport Function :

$$\begin{aligned} \bar{F}_{i,j,\ell}^{(\text{trb})} \{ \bar{v}_z \} = & \frac{1}{g_a \rho_w^*} \left[\sigma_{xz;i-\frac{1}{2},j,\ell}^{*'} - \sigma_{xz;i+\frac{1}{2},j,\ell}^{*'} \right. \\ & + \sigma_{yz;i,j-\frac{1}{2},\ell}^{*'} - \sigma_{yz;i,j+\frac{1}{2},\ell}^{*'} \\ & \left. + \sigma_{zz;i,j,\ell-\frac{1}{2}}^{*'} - \sigma_{zz;i,j,\ell+\frac{1}{2}}^{*'} \right] \end{aligned}$$

(다) 에너지 방정식에 대한 數值 積分式

(i, j, ℓ) 을 중심으로 하는 Full Discrete Element 에서의
방정식에 대한 數值積分式은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{T}_{i,j,\ell}}{\partial t} = & \frac{1}{\Delta x_{i,j,\ell} \Delta y_{i,j,\ell} \Delta z_{i,j,\ell} (1+\tilde{\alpha}_{i,j,\ell})} \\ & \cdot \left[(1+\tilde{\alpha}_{i-\frac{1}{2},j,\ell}) \tilde{G}_{x,i-\frac{1}{2},j,\ell} (\tilde{T}_{i-\frac{1}{2},j,\ell} - \bar{T}_{i,j,\ell}) \right. \\ & - (1+\tilde{\alpha}_{i+\frac{1}{2},j,\ell}) \tilde{G}_{x,i+\frac{1}{2},j,\ell} (\tilde{T}_{i+\frac{1}{2},j,\ell} - \bar{T}_{i,j,\ell}) \\ & + (1+\tilde{\alpha}_{i,j-\frac{1}{2},\ell}) \tilde{G}_{y,i,j-\frac{1}{2},\ell} (\tilde{T}_{i,j-\frac{1}{2},\ell} - \bar{T}_{i,j,\ell}) \\ & \left. - (1+\tilde{\alpha}_{i,j+\frac{1}{2},\ell}) \tilde{G}_{y,i,j+\frac{1}{2},\ell} (\tilde{T}_{i,j+\frac{1}{2},\ell} - \bar{T}_{i,j,\ell}) \right] \end{aligned}$$

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

$$\begin{aligned}
 & + (1 + \tilde{\alpha}_{i,j,\ell-\frac{1}{2}}) \tilde{G}_{z,i,j,\ell-\frac{1}{2}} (\tilde{T}_{i,j,\ell-\frac{1}{2}} - \bar{T}_{i,j,\ell}) \\
 & - (1 + \tilde{\alpha}_{i,j,\ell+\frac{1}{2}}) \tilde{G}_{z,i,j,\ell+\frac{1}{2}} (\tilde{T}_{i,j,\ell+\frac{1}{2}} - \tilde{T}_{i,j,\ell}) \Big] \\
 & + \frac{1}{p_{\omega}^* C_{\omega}^* (1 + \tilde{\alpha}_{i,j,\ell}) \Delta x_{i,j,\ell} \Delta y_{i,j,\ell} \Delta z_{i,j,\ell}} \\
 & \cdot \left[\overline{Q_{tx}^{*'}; i-\frac{1}{2}, j, \ell} - \overline{Q_{tx}^{*'}; i+\frac{1}{2}, j, \ell} \right. \\
 & + \overline{Q_{ty}^{*'}; i, j-\frac{1}{2}, \ell} - \overline{Q_{ty}^{*'}; i, j+\frac{1}{2}, \ell} \\
 & \left. + \overline{Q_{tz}^{*'}; i, j, \ell-\frac{1}{2}} - \overline{Q_{tz}^{*'}; i, j, \ell+\frac{1}{2}} \right] \\
 & + \frac{\bar{q}_v}{p_{\omega}^* C_{\omega}^* (1 + \tilde{\alpha}_{i,j,\ell})},
 \end{aligned}$$

여기서 $\overline{Q_{t\rho}^{*'}}$ 은 분자확산 (Molecular Diffusion) 과 난류확산 (Turbulent Diffusion) 및 전체분산현상 (Total Dispersion Phenomena) 에 대한 전단류 (Shear Flow) 로부터 유발되는 비전달성 열속 (Nonconvective Heat Flux) 을 나타낸다. 따라서 수식으로 다음과 같이 표현된다.

$$\overline{Q_{tx}^{*'}; i-\frac{1}{2}, j, \ell} = \overline{\epsilon_{th,x}^{*'}; i-\frac{1}{2}, j, \ell} p_{\omega}^* C_{\omega}^* (1 + \tilde{\alpha}_{i-\frac{1}{2}, j, \ell}) \frac{\partial \bar{T}}{\partial x}$$

여기서 전체 열확산계수 (Overall Thermal Diffusivity), $\overline{\epsilon_{th,x}^{*'}; i-\frac{1}{2}, j, \ell}$ 은 다음과 같이 나타낸다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

$$\overline{\varepsilon_{th,x;i-\frac{1}{2},j,\ell}^{*}} = \overline{\varepsilon_{th,mol;i-\frac{1}{2},j,\ell}} + \overline{\varepsilon_{xx;i-\frac{1}{2},j,\ell}^{*}}$$

여기서 $\overline{\varepsilon_{th,mol;i-\frac{1}{2},j,\ell}}$ 은 분자열확산 (Molecular Thermal Diffusivity) 을 나타낸다.

(라) 염분도 보존 방정식에 대한 數値積分式

염분도 보존 방정식에 대한 數値積分式은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{C}_{i,j,\ell}}{\partial t} = & \frac{1}{\Delta x_{i,j,\ell} \Delta y_{i,j,\ell} \Delta z_{i,j,\ell} (1+\tilde{\alpha}_{i,j,\ell})} \\ & \cdot \left[(1+\tilde{\alpha}_{i-\frac{1}{2},j,\ell}) \tilde{G}_{x;i-\frac{1}{2},j,\ell} (\tilde{C}_{i-\frac{1}{2},j,\ell} - \bar{C}_{i,j,\ell}) \right. \\ & - (1+\tilde{\alpha}_{i+\frac{1}{2},j,\ell}) \tilde{G}_{x;i+\frac{1}{2},j,\ell} (\tilde{C}_{i+\frac{1}{2},j,\ell} - \bar{C}_{i,j,\ell}) \\ & + (1+\tilde{\alpha}_{i,j-\frac{1}{2},\ell}) \tilde{G}_{y;i,j-\frac{1}{2},\ell} (\tilde{C}_{i,j-\frac{1}{2},\ell} - \bar{C}_{i,j,\ell}) \\ & - (1+\tilde{\alpha}_{i,j+\frac{1}{2},\ell}) \tilde{G}_{y;i,j+\frac{1}{2},\ell} (\tilde{C}_{i,j+\frac{1}{2},\ell} - \bar{C}_{i,j,\ell}) \\ & + (1+\tilde{\alpha}_{i,j,\ell-\frac{1}{2}}) \tilde{G}_{z;i,j,\ell-\frac{1}{2}} (\tilde{C}_{i,j,\ell-\frac{1}{2}} - \bar{C}_{i,j,\ell}) \\ & \left. - (1+\tilde{\alpha}_{i,j,\ell+\frac{1}{2}}) \tilde{G}_{z;i,j,\ell+\frac{1}{2}} (\tilde{C}_{i,j,\ell+\frac{1}{2}} - \bar{C}_{i,j,\ell}) \right] \end{aligned}$$

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

$$\begin{aligned}
 & + \frac{1}{(1+\tilde{\alpha}_{i,j,\ell}) p_{\omega}^* \Delta x_{i,j,\ell} \Delta y_{i,j,\ell} \Delta z_{i,j,\ell}} [\overline{Q_{sx;i-\frac{1}{2},j,\ell}^{*'}} - \overline{Q_{sx;i+\frac{1}{2},j,\ell}^{*'}} \\
 & + \overline{Q_{sy;i,j-\frac{1}{2},\ell}^{*'}} - \overline{Q_{sy;i,j+\frac{1}{2},\ell}^{*'}} \\
 & + \overline{Q_{sz;i,j,\ell-\frac{1}{2}}^{*'}} - \overline{Q_{sz;i,j,\ell+\frac{1}{2}}^{*'}}]
 \end{aligned}$$

여기서 $Q_{s\rho}^{*'}$ 는 염분의 분자질량확산 (Molecular Mass Diffusivity), 난류질량확산 (Turbulent Mass Diffusivity), 그리고 전체 분산현상 (Total Dispersion Phenomena) 에 따른 전단흐름 (Shear Flow) 으로 야기되는 비전달성 염분질량속 (Nonconvective Mass Salt Flux) 이며 다음과 같이 표현된다.

$$\overline{Q_{sx;i-\frac{1}{2},j,\ell}^{*'}} = \overline{\epsilon_{sa,x;i-\frac{1}{2},j,\ell}^{*'}} p_{\omega}^* (1+\tilde{\alpha}_{i-\frac{1}{2},j,\ell}) \frac{\partial C}{\partial x},$$

여기서 $\overline{\epsilon_{sa,x;i-\frac{1}{2},j,\ell}^{*'}}$ 은 전체질량확산계수 (Overall Mass Diffusivity) 이며, 다음과 같이 정의된다.

$$\overline{\epsilon_{sa,x;i-\frac{1}{2},j,\ell}^{*'}} = \overline{\epsilon_{sa,mol;i-\frac{1}{2},j,\ell}^{*'}} + \overline{\epsilon_{xx;i-\frac{1}{2},j,\ell}^{*'}}$$

여기서 $\overline{\epsilon_{sa,mol;i-\frac{1}{2},j,\ell}^{*'}}$ 은 분자질량확산계수 (Molecular Mass Diffusivity) 이다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

다) THERMA 모델의 構造

THERMA 모델의 각 副프로그램, Preprocessor 그리고 Post Processor 의 關係는 부록 그림 5. 가 - 4 와 같다.

라) 入力資料

溫排水 擴散分析을 위한 入力資料로는 地形的 特性, 外海側 境界條件, 氣象條件 그리고 發電所의 稼動條件 등이 있다.

(1) 地形的 特性

地形資料는 한국해양연구소(KORDI)에서 提供한 靈光地域의 海底地形圖를 利用하였다(부록 그림 5.가-5), 그리고 地形斷面圖의 形態를 모델에 適用함에 있어서 計算時間을 短縮하기 위하여 곡율이 존재하는 面에 대해서는 좌표와 좌표사이를 直線으로 연결한 斷面으로 入力시켰으며 가능한한 地形特性이 反映될 수 있도록 直線區間들을 짧게 하였다.

또한 靈光敷地 海域에서 조수간만의 차이가 매우 크므로 干潮時와 滿潮時의 두개의 모델로 나누어 分析하였다. 부록 그림 5.가-6은 滿潮時의 分析을 위한 모델이고, 부록 그림 5.가-7은 干潮時 適用된 모델이다.

모델의 延직방향에 대한 깊이는 平均海水面(Mean Water Level)으로부터 海저면을 測定한 것으로 海底地形斷面圖를 부록 그림 5.가-44 ~ 71에 수록하였다.

(2) 外海側 境界條件

부록 그림 5.가-6과 부록 그림 5.가-7에서 볼 수 있는 바와 같이 동쪽과 남쪽이 海岸線으로 둘러싸여 있으며 북쪽과 서쪽은 바다로 열린

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

狀態이다. 이들 북쪽과 서쪽 境界에서의 流速 그리고 水面高度, 水溫, 鹽分度에 대해서는 滿潮時와 干潮時를 區分 入力하였다.

(경계 조건의 초기 값)

流速 : 서쪽境界에서 南南西 方向으로 26.4 cm/sec

북쪽境界에서 南南西 方向으로 23.76 cm/sec

水面高度 : 서쪽과 북쪽境界에서 平均海水面 (M.S.L.) 로부터
 $- 2.759 \text{ m}$

水 溫 : Layer 3 ($DZ = 2.5 \text{ m}$) = $27.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Layer 2 ($DZ = 2.5 \text{ m}$) = $27.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Layer 1 ($DZ = 3.0 \text{ m}$) = $26.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$

鹽分度 : Layer 3 = 30.60 ppt (part per thousand)

Layer 2 = 30.70 ppt

Layer 1 = 30.75 ppt

滿 潮 時

流 速 : 서쪽境界에서 北北東 方向으로 26.4 cm/sec

북쪽境界에서 北北東 方向으로 23.76 cm/sec

水面高度 : 서쪽과 북쪽境界에서 平均海水面 (M.S.L.) 으로부터
 2.759 m

水 溫 : Layer 4 ($DZ = 2 \text{ m}$) = $27.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Layer 3 ($DZ = 3 \text{ m}$) = $27.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Layer 2 ($DZ = 3 \text{ m}$) = $26.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Layer 1 ($DZ = 10 \text{ m}$) = $26.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

鹽分度 : Layer 4 = 30.60 ppt

Layer 3 = 30.70 ppt

Layer 2 = 30.75 ppt

Layer 1 = 30.80 ppt

(3) 氣象條件

海水面에 影響을 주는 要素인 降雨와 바람, 전천일사량, 증발량 및 대류현상으로 인한 운동량전달에 대한 各 因子를 고려하기 위하여 다음과 같은 氣象條件을 入力하였다.

日 射 量 : 405,000 cal / hr. m^2

氣 溫 : 27.0 $^{\circ}\text{C}$

구 름 : 35 %

상대습도 : 75 %

風 速 : 2.3 m / sec

風 向 : NNE (254.5 $^{\circ}$)

(4) 發電所의 稼動條件

取排水 條件을 모델에 適用함에 있어서 가장 問題가 되는 것은 取水, 排水口의 通水斷面積과 모델에서의 取排水地點 格子網 (Grid Lines)의 크기이다.

本 調査分析에서는 實際 取排水口의 形態가 사다리꼴이므로 이와 面積이 近似하도록 直角格子座標系를 設定하여 모델에서의 取排水 流速 및 流出量이 取排水口에서의 流速, 流量과 같도록 함으로써 實際條件과 거의 같도록 하였다.

기타 發電所 稼動條件에 대한 資料는 다음과 같이 네 가지 경우로 나누어 入力하였다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

Case 1

潮水의 條件 : 滿潮時

水面高度 : 平均海水面 (MSL) 보다 3.159 m 높음.

發電所 稼動狀態 : 영광原子力 1, 2 號機, 영광原子力 3, 4 號機 4 個號
機가 同時에 稼動

排水流量 : $230.16 \text{ m}^3 / \text{sec}$

取水溫度 : $27.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$

排水溫度 : $35.29 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Case 2

潮水의 條件 : 滿潮時

水面高度 : 平均海水面 (MSL) 보다 3.159 m 높음.

發電所 稼動狀態 : 영광原子力 1, 2 號機, 영광原子力 3, 4 號機 중
3 個號機 稼動

排水流量 : $172.62 \text{ m}^3 / \text{sec}$

取水溫度 : $27.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$

排水溫度 : $35.29 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Case 3

潮水의 條件 : 干潮時

水面高度 : 平均海水面 (MSL) 보다 3.159 m 낮음.

發電所 稼動狀態 : 영광原子力 1, 2 號機, 영광原子力 3, 4 號機 4 個號
機가 同時에 稼動

排水流量 : $230.16 \text{ m}^3 / \text{sec}$

取水溫度 : $27.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$

排水溫度 : $35.50 \text{ }^{\circ}\text{C}$

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

Case 4

潮水의 條件：干潮時

水面高度：平均海水面 (MSL) 보다 3.159m 낮음.

發電所 稼動狀態：영광原子力 1, 2 號機, 영광原子力 3, 4 號機중 3 個
號機 稼動

排水流量：172.62 m^3/sec

取水溫度：27.3 °C

排水溫度：35.50 °C

위의 發電所 稼動條件別 排水流量과 排水溫度에 대한 입력자료는 海水冷却系統의 排水流量, 排水溫度가 確定되기 以前에 分析되었기 때문에 靈光 1, 2 號機의 값들을 基準으로 하였다. 現在까지 靈光 3, 4 號機 예비 설계 결과 排水流量과 溫度가 當初와 근사하게 差異가 있어 (아래 표 參照) 입력자료를 수정하여 再評價할 必要가 있는가를 檢討하면 다음과 같다.

稼動條件	모델에 입력된 資料 (靈光 1,2 號機流量, 排水溫度基準)		現在까지 確定된 값 (靈光 3,4 號機 豫備設計基準)	
	排水流量	排水溫度	排水流量	排水溫度
Case 1	230.16 m^3/sec	35.29 °C	227.96 m^3/sec	35.51 °C
Case 2	172.62 m^3/sec	35.29 °C	171.52 m^3/sec	35.51 °C
Case 3	230.16 m^3/sec	35.50 °C	227.96 m^3/sec	35.72 °C
Case 4	172.62 m^3/sec	35.50 °C	171.52 m^3/sec	35.72 °C

위의 표에서 各 稼動條件에 대해서 모델에 입력된 資料와 現在까지 確定된 값 (예비 설계 결과)를 比較할 때 排水流量이 당초 입력된

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

값보다 $1.1 \text{ m}^3 / \text{sec} \sim 2.2 \text{ m}^3 / \text{sec}$ 정도 적고, 排水溫度는 0.22°C 가 높다.

따라서 現在까지 確定된 取水條件이 당초 입력된 취수조건과 거의 같으며 또한 安全則이므로 溫排水擴散에 대한 再評價는 必要치 않은 것으로 判斷된다.

그러나 現在까지 確定된 취수조건은 豫備設計 段階이므로 추후 最終設計時 排水流量과 溫度가 당초 入力資料와 差異가 클 경우에는 溫排水 확산에 대한 再評價가 必要하다.

마) 出力結果

本 溫排水 擴散 分析에 適用된 入力資料는 夏節期の 典型的인 海洋條件을 갖는 1985年 8月 29日과 8月 30日의 海水溫度 資料를 使用하였으며 流速, 鹽分度 등에 대해서는 最近에 調査된 資料가 없으므로 1980年度에 海洋研究所에서 調査한 資料를 使用하였다.

따라서 컴퓨터 시뮬레이션 결과의 타당성을 檢討하는데 있어서 모델에서의 流速分布를 1980年度에 海洋研究所에서 測定한 資料와 比較 檢討하였다.

(1) THERMA 모델의 妥當性 檢討

測定된 資料와 比較하기 위하여 滿潮時의 海水位가 平均海面을 基準으로 3.159 m , 干潮時에는 -3.159 m 가 될때까지 計算을 遂行하였으며 그때의 各 層에 대한 計算結果와 實際測定結果와 比較分析하였다. 부록 그림 5.가-8과 10은 發電所 4個號機가 同時に 稼動되며, 冷却水가 $230.16 \text{ m}^3 / \text{sec}$ 로 排水될 경우를 시뮬레이션한 것이다.

또한 부록 그림 5.가-9와 11은 부록 그림 5.가-8과 10에서 排水口 附近을 擴大한 것으로 結果值를 細密하게 볼 수 있도록 하였다.

靈光原子力發電所에 대한 海洋調査報告書에 의하면 潮流의 흐름을 靈

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

光敷地附近의 3個 地點에서 觀測하였으며(부록 그림 5.가-5), 그 結果는 表 1.가-1과 같다. 또한 海洋調查報告書에서 敷地附近의 潮流의 流速은 平均的으로 대략 $30\text{cm/sec} \sim 40\text{cm/sec}$ 이며, 方向은 滿潮時 北北東, 干潮時 南南西 方向이라고 敘述하였다.

따라서 THERMA 모델에 의한 計算結果 이들 直接測定된 流速의 平均値가 比較的 잘 一致하였다.

水溫과 鹽分度에 대해서는 實測値가 없으므로 比較할 수 없었다.

(2) Case 1에 대한 計算結果(滿潮時 4個號機 稼動時)

부록 그림 5.가-12~15까지는 각 層(Layer)에 대한 水溫, 流速 및 鹽分度の 計算結果를 圖示한 것이다.

이중 부록 그림 5.가-12와 13은 맨 윗층(Surface Layer)의 溫度分布를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 溫排水는 排水口 附近에 머물게 되며 그 중 가장 높은 溫度上昇의 幅은 排水口 附近에서 7.39°C 程度 될 것으로 豫想된다. 그리고 排水口 放流로 熱的影響을 받는 地域(0.5°C 以上の 溫度上昇)의 面積은 맨 윗층(Layer 4, Surface Layer)에서 約 $655,000\text{m}^2$, 두번째 층(Layer 3)에서 約 $280,000\text{m}^2$ 程度일 것으로 豫測된다. 또한 海底層에서는 約 $34,000\text{m}^2$ 程度로 그 影響이 매우 적은 것으로 判斷된다.

水流의 흐름에 대한 計算結果는 부록 그림 5.가-16과 17에서와 같이 Current 벡터로 表示하였다.

鹽分度에 대한 計算結果는 부록 그림 5.가-18~20에서와 같이 등치선으로 나타냈다. 그 結果 溫排水로 인한 鹽分度の 變化는 各 層別로 一定하지 않으며 排水口 地點으로부터 海岸을 따라 북쪽으로 約 700m 가량 擴散되어 나가는 것을 알 수 있다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

(3) Case 2에 대한 計算結果(滿潮時 3個號機 稼動時)

水流의 흐름에 대한 計算結果는 부록 그림 5.가-21 ~ 24에 나타내었다. 그리고 水溫分布에 대한 結果는 부록 그림 5.가-25 ~ 28에 圖示하였다. 溫度上昇의 最大값은 溫排水 排出地點 附近에서 7°C 程度 될 것으로 豫想된다.

그리고 溫排水 放流로 熱的影響을 받는 地域(0.5°C 以上の 溫度上昇)의 面積은 맨 윗층(Layer 4, Surface Layer)에서 約 $481,000\text{ m}^2$, 두번째 층(Layer 3)에서 約 $231,000\text{ m}^2$ 程度일 것으로 豫測되며 海底層에서는 約 $34,000\text{ m}^2$ 程度로 그 影響이 매우 작다.

부록 그림 5.가-29 ~ 31은 鹽分度 分布狀態를 나타낸 것인데, 分布狀態가 各 層別로 一定하지 않으며 排水口 地點으로부터 海岸을 따라 북쪽으로 約 700 m 가량 擴散되나 그 範圍는 4個號機 稼動時보다 다소 좁다.

(4) Case 3에 대한 計算結果(干潮時 4個號機 稼動時)

가장 극심한 溫度上昇은 溫排水의 排出地點 附近에서 7.83°C 를 記錄하여 滿潮時인 Case 1의 경우보다 더욱 溫排水의 影響이 큰 것을 알 수 있다.

또한 부록 그림 5.가-32에서 알 수 있는 바와 같이 溫排水 放流로 熱的影響을 받는 地域(0.5°C 以上の 溫度上昇)의 面積이 맨 윗층(Layer 3, Surface Layer)에서 約 $950,000\text{ m}^2$ 로써 Case 1의 경우보다 溫排水의 影響을 받는 地域이 더 넓다는 것을 알 수 있다. 이와같은 傾向은 干潮時 水深이 상당히 낮아짐으로 인하여 溫排水의 影響이 더욱 극심해지기 때문인 것으로 判斷된다.

부록 그림 5.가-32와 33은 表面層의 水溫分布를 圖示한 것이며, 부록 그림 5.가-34는 流速分布를 나타낸다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

또한 부록 그림 1.가-35 ~ 36은鹽分度の分布를 나타낸 것으로,全領域에서一定치 않음을 보여준다.

(5) Case 4에 대한 計算結果(干潮時 3個號機 稼動時)

부록 그림 5.가-40과 41은 表面層에서의 溫度分布를 나타낸 것으로 가장 극심한 溫度上昇幅은 7.77°C 로써 滿潮時보다 높다. 또한 溫排水 放流로 熱的影響을 받는 地域(0.5°C 以上の 溫度上昇)의 面積이 表面層에서 約 $775,000\text{ m}^2$ 로서 滿期時보다 그 面積이 넓음을 알 수 있다. 부록 그림 5.가-37 ~ 39는 流速分布를 나타내며,鹽分度の分布는 부록 그림 5.가-42 ~ 43에 나타내었다.

바) 要約 및 結論

靈光原子力發電所 1 & 2 號機, 3 & 4 號機의 稼動時 溫排水 擴散現象을 美國 테네시大學에서 開發한 컴퓨터 모델 “THERMA”를 사용하여 分析하였다.

入力資料로는 典型的인 여름날 중 가장 海水溫度가 높았던 期間의 平均값에 해당하는 1985年 8月 29日과 8月 30日의 海水溫도와 氣象條件을 使用하였으며, 潮流, 鹽分度 等에 대해서는 1980年度の 海洋調査資料를 使用하였다.

또한 潮汐干滿의 差가 크므로 컴퓨터 모델을 干潮時와 滿潮時의 두 가지로 나누어 樹立하였다. 發電所 稼動條件을 다음 4가지로 나누어 各各 分析하였다.

Case 1 : 滿潮時 4個號機 稼動

Case 2 : 滿潮時 3個號機 稼動

Case 3 : 干潮時 4個號機 稼動

Case 4 : 干潮時 3個號機 稼動

溫排水 放出로 인한 水溫의 上昇現象을 各 Case 別로 分析한 結果

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

가장 높은 上昇溫度를 層別로 나누어 表 5. 가 - 2에 收錄하였으며, 각 Case 別 溫度上昇面積 및 距離는 表 5. 가 - 3 과 같다.

豫測된 各 層別, Case 別 最大上昇水溫은 溫排水 排出地點으로부터 모두 300 m 以內 地點에서 發生할 것으로 推定된다.

또한 1℃ 以上の 溫度上昇을 보이는 部分의 面積은 干潮時 約 695,000 m², 滿潮時 約 431,000 m² 程度이며, 干潮時에는 排水口에서 南西쪽으로 約 1,100 m 떨어진 地點까지 그리고 滿潮時에는 北北東쪽으로 約 900 m 떨어진 地點까지 1℃ 의 溫度上昇을 보인다. (表 5. 가 - 3)

鹽分度에 대해서는 全體領域을 통하여 일정치 않으며 排水口로 부터 북쪽으로 約 700 m 까지에서 鹽分度 增加를 보인다.

Notation

ρ = mass density of the fluid,

\vec{v} = velocity vector associated with fluid motion,

\hat{n} = unit normal vector (outward positive on the enclosure surface area A),

dA = infinitesimal element of surface area,

dV = infinitesimal volume element,

V_{cv} = control volume,

A_{cv} = enclosure surface of the control volume,

t = time,

ρ^*_{ω} = reference density of the fluid (constant),

α = ratio of density change and the fluid density,

T = temperature of the fluid,

C = salinity concentration in the fluid,

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

\vec{f}_b = body force vector,

\vec{f}_s = surface force vector,

V_x = X-component of velocity vector \vec{V} ,

V_y = Y-component of velocity vector \vec{V} ,

V_z = Z-component of velocity vector \vec{V} ,

$f_{b,x}$ = X-component of body force vector per unit volume,

$f_{b,y}$ = Y-component of body force vector per unit volume,

$f_{b,z}$ = Z-component of body force vector per unit volume,

$f_{s,x}$ = X-component of surface vector per unit surface area,

$f_{s,y}$ = Y-component of surface vector per unit surface area,

$f_{s,z}$ = Z-component of surface force vector per unit surface area,

g_a = gravitational force,

$f_{c,x}$ = X-component of Coriolis force caused by the rotation of earth,

$f_{c,y}$ = Z-component of Coriolis force caused by the rotation of earth,

$\theta_{n,x}$ = angle between X-direction and gravitational normal,

$\theta_{n,y}$ = angle between Y-direction and gravitational normal,

$\theta_{n,z}$ = angle between Z-direction and gravitational normal,

The mathematical variables of the discrete-element transport model which represent the flow, thermal, and saline conditions in a water body are presented in the following:

The subscripts of the mathematical variables are:

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

- a : Associated with the gravitational acceleration constant
- cor/c : Associated with the Coriolis force parameters
- h : Associated with the hydraulic pressure
- i : Index associated with the center of the discrete element along X-direction
- $i \pm 1/4$: Index associated with the half-point in the X-direction between the half-point enclosure surface and the discrete element centers
- $i \pm 1/2$: Index associated with the location of the half-point enclosure surface of the discrete element along X-direction
- j : Index associated with the center of the discrete element along Y-direction
- $j \pm 1/4$: Index associated with the half-point in the Y-direction between the half-point enclosure surfaces and the discrete element centers
- $j \pm 1/2$: Index associated with the location of the half-point enclosure surface of the discrete element normal to the Y-direction
- ℓ : Index associated with the center of the discrete element along Z-direction
- $\ell + 1/2$: Index associated with the location of the half-point enclosure surface of the discrete element normal to Z-direction
- n,x : Index identifying the angle between X-axis and gravitational normal
- n,y : Index identifying the angle between Y-axis and gravitational normal
- n,z : Index identifying the angle between Z-axis and gravitational normal

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

The mathematical variables of the discrete-element model are:
(The subscripts i, j, and l to be placed after the semicolons are omitted from the variables expression in order to avoid the repetition of explanation.)

$A_{i,j,l}$: Spatially averaged enclosure surface area
$H_{i,j,l}$: Water surface elevation (relative to mean water level)
n	: Exponent in the Blasius power law ($n=8$)
$\Delta x_{i,j,l}$: Dimension of the discrete element along X-direction
$\Delta y_{i,j,l}$: Dimension of the discrete element along Y-direction
$\Delta z_{i,j,l}$: Dimension of the discrete element along Z-direction
g_{stf}	: Rainfall per unit area on the surface
\tilde{C}	: Salinity concentration in the discrete element determined according to the upwind-differenced value
\tilde{T}	: Temperature in the discrete element determined according to the upwind-differenced value
\tilde{G}_x	: Upwind-differenced flow rate along X-direction
\tilde{G}_y	: Upwind-differenced flow rate along Y-direction
\tilde{G}_z	: Upwind-differenced flow rate along Z-direction
\tilde{V}_x	: Upwind-differenced X-component velocity
\tilde{V}_y	: Upwind-differenced Y-component velocity
\tilde{V}_z	: Upwind-differenced Z-component velocity
\bar{C}	: Salinity concentration in the discrete element
\bar{T}	: Temperature in the discrete element

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

\bar{P}_h	: Hydrostatic pressure head
\bar{V}_x	: X-component of velocity
\bar{V}_y	: Y-component of velocity
\bar{V}_z	: Z-component of velocity
$\Omega_{cor,n,x}$: Factor associated with X-component of rotational angular velocity of the earth
$\Omega_{cor,n,y}$: Factor associated with Y-component of rotational angular velocity of the earth
$\Omega_{cor,n,z}$: Factor associated with Z-component of rotational angular velocity of the earth
$\bar{F}(con)$: Convective momentum transport function
$\bar{F}(for)$: Force function
$\bar{F}(trb)$: Non-convective momentum transport function
$\bar{F}(stf)$: Surface momentum transport function
β	: Dimensionless bottom friction coefficient
ν	: Kinematic viscosity of the fluid

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

表 5. 가-1 潮流의 觀測值

Series (Station)	Velocity (cm/sec)	Vector Mean direction	Max. Flood (cm/sec)	Max. Ebb (cm/sec)	F
7907I1	34.00	0.54(NNE)	77.38	72.90	2.78
7909I2	32.84	2.13(SSW)	82.42	89.14	2.22
7911I4	30.66	2.86(SSW)	67.90	67.30	2.08
8001I6	33.96	3.58(SSW)	94.74	125.54	1.79
8003I7	35.24	1.19(S)	102.86	91.38	1.92
7909O1	44.08	3.41(SSE)	84.38	78.50	20.20
7910O2	36.01	3.09(SSE)	173.14	86.34	12.50
7911O3	34.71	2.45(ESE)	117.10	95.60	6.25
8001O4	36.99	5.56(SSW)	95.30	145.42	12.50
8003O5	35.05	2.35(SE)	113.78	93.62	10.00
7910D2	37.27	2.39(NE)	97.80	140.90	3.33
7910D3	38.05	5.25(SSE)	124.40	94.50	2.94
8002D5	33.41	0.27(NNW)	72.90	78.78	1.54
8003D6	33.90	1.24(NE)	129.18	86.62	3.57
8005D7	29.58	4.47(SSE)	90.54	67.58	3.31

※ 海洋研究所資料

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

表 5. 가- 2 豫測된 最大上昇溫度

(單位 : ℃)

C a s e	最 大 上 昇 溫 度 (△T)		
	表 面 層	中 間 層	海 底 層
C a s e 1	7.39	7.01	6.67
C a s e 2	6.99	6.39	5.77
C a s e 3	7.83		1.39
C a s e 4	7.77		0.37

表5. 가- 3 溫排水 擴散面積 및 距離

區 分 Case 別	面 積 (㎡)		距 離 (m)		主擴散方向
	0.5℃ 上昇時	1℃ 上昇時	0.5℃ 上昇時	1℃ 上昇時	
C a s e 1	695,000	431,000	1,100	900	北北東方向
C a s e 2	481,000	315,000	900	700	北北東方向
C a s e 3	950,000	695,000	1,300	1,100	南西方向
C a s e 4	775,000	560,000	1,100	900	南西方向

- * Case 1 : 滿潮時 4 個號機 稼動
Case 2 : 滿潮時 3 個號機 稼動
Case 3 : 干潮時 4 個號機 稼動
Case 4 : 干潮時 3 個號機 稼動

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

2) 生態系에 미치는 影響

가) 溫排水에 의한 影響

(1) 直接的인 影響 (溫排水 擴散 區域에서의 影響)

o 식물플랑크톤에 미치는 影響

식물플랑크톤은 個個의 種에 따라 溫度에 대한 耐性限界가 약간씩 차이가 나기 때문에 일괄하여 影響을 평가하기는 어렵다. 그러나 대부분의 식물부유생물이 대단히 큰 溫度의 變化 ($3^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$)에서도 適應할 수 있는 종들이기 때문에 (Hart and Curiea 1960) 溫排水의 影響은 이들의 基礎生産力을 증진시키는 影響을 나타낼 수도 있다. (Patrick 1974 : Raymont 1980). 이러한 現象은 國內의 경우 古里原子力(이등 1978, 허등 1979)이나 三千浦火力發電所(이 1986)에서도 관찰된 바 있다. 또한 어느정도의 溫度上昇은 發電所 周邊의 식물플랑크톤의 種組成에도 큰 影響을 미치지 못한다고 보고되고 있다.

한편 이와 상반되는 惡影響을 미친다는 報告도 상당히 있는데 (Carpenter 1973, Takesue 와 Tsuruta 1978) 日本의 Owase-Mita 發電所의 경우 주위 溫度 26°C 에서 $7-8^{\circ}\text{C}$ 의 溫度上昇에 따라 상당량의 光合成力이 저해된다는 보고도 있다. 그러나 이는 실험실내에서 長時間에 걸친 高溫試驗에 의한 것이므로 그대로 어느 條件에서나 適用할 수는 없다. 대상해역의 여름철 最高水溫은 27.4°C 이므로 溫排水의 溫度는 35°C 를 초과할 경우가 있다.

이 경우에는 식물플랑크톤의 溫度에 대한 限界値에 육박하거나 超過할 염려가 있다고 판단된다. 실지 三千浦火力發電所의 경우 溫排水가 여름철 光合成에 미치는 影響은 최대 36.8 %로 報告되고 있는데 (이 1986) 대상지역에서도 環境溫度가 27°C 이상을 초과할 때는 어느

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

정도 피해가豫想된다. 식물플랑크톤이 溫排水에 의하여 입는影響은 環境溫度, 溫排水 擴散區域에 머무르는 時間에 대한 函數인데 전체적으로 볼때 여름철을 제외하고는 별影響을 미치지 않을 것으로 판단되며 여름철 高水溫이라도 빠른 流速으로 인하여 溫排水 擴散區域에 머무르는 시간이 짧아 주변해역의 生産力에 미치는影響은 미미할 것으로 判斷된다.

○ 海藻類에 미치는影響

海藻類의 경우 運動力이 없기 때문에 溫排水의影響을 그대로 받게 된다. 따라서 溫排水 擴散區域 특히 排水區 부근과 低質이 岩盤으로 되어 있는 경우 어느정도 植生の 변화가 예상된다. 對象地域에 서식하는 種類중 개우무, 남작파래, 불등가사리 등과 같이 겨울철에 많이 번식하는 종은 시간이 지남에 따라 점차 줄어들것으로 判斷된다.

한편 우뚝가사리 같이 생존수온이 $3 - 32^{\circ}\text{C}$ 로 넓은 종들의 경우라도 適水溫이 $10 - 20^{\circ}\text{C}$ 인 것들 역시 서식이 제한될 것으로 생각된다. 그러나 對象地域中 海藻類가 서식할 수 있는 地域은 매우 제한되어 있고 또 發電所稼動에 따른 水産資源으로서의 피해를 고려할만큼 生體量이 풍부하지 못하여 相對적으로 큰 피해는 없을 것으로 判斷된다.

○ 動物플랑크톤에 미치는影響

調査地域의 動物플랑크톤은 凡世界種이 대부분이며 冷水域과 溫水域에 널리 分布하는 種들이 대부분이었다. (表 5. 가 - 4).

溫排水가 동물플랑크톤에 미치는影響에 대한 調査로는 1978年 8月 高水溫期에 麗水火力發電所에서 실시된 적이 있는데(허등 1978) 排水

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

다 水溫이 36℃인 경우에도 溫排水 擴散區域의 出現種이 거의 同時에 調査된 남해안 일대의 出現樣相과 비교하여 특별한 차이점을 발견하지 못하였다.

古里原子力(허등 1980)의 경우도 熱發散系統 통과시 影響으로 取水口에서의 現存量은 적었지만 Δt 와는 무관하였고 排水口와 인접한 곳에서는 다른 해역과 유사한 出現樣相을 나타내었다. 이러한 결과로 볼 때 溫排水 自體가 동물플랑크톤에 미치는 影響은 미미하리라고 판단된다.

o 底棲動物에 미치는 影響

潮下帶의 경우 溫排水 Plume이 上層을 따라서 흐르기 때문에 排水口 부근에서는 直接的인 影響을 받지 않을 것으로 판단된다. 또한 溫排水 Plume의 層狀分布를 보면 4개기 稼動條件에서 潮汐에 따라 차이가 있지만 水深이 낮기 때문에 排水口 基準 Plume 擴散方向으로 300 - 400 m 程度에서 階層水流가 완전히 소멸된다.

따라서 潮下帶 底棲生物이 피해를 입는 範圍는 排水口에서 300 - 400 m 떨어진 곳부터인데 이 경우 이미 溫排水의 溫度는 環境值에 가까운 水準으로 낮아지기 때문에 역시 큰 피해는 豫想되지 않는다.

그러나 排水口에 가까운 潮間帶에서는 어느정도 影響을 받으리라고 생각된다.

潮間帶에 서식하는 動物들은 대부분이 0℃ - 40℃의 넓은 溫度範圍를 가지고 있으며 특히 급격한 溫度變化(즉, 공기노출에 따른 급격한 溫度變化)에도 잘 適應할 수 있고 또한 溫排水에 의한 溫度變化는 자연환경에서 보다 變化幅이 훨씬 적기때문에 그 影響은 무시하여도 된다. 그러나 溫度上昇效果가 큰 排水口에서는 持續적으로 高溫

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

表 5. 가 - 4 靈光原子力3,4號機 周邊海域에 分布하는 重要 動物플랑크톤
의 分布範圍

Species	Distribution	
<i>Calanus sinicus</i>	Te	Co
<i>Paracalanus aculeatus</i>	To-Te	Co-Op
<i>P. crassirostris</i>	Te	Co
<i>P. parvus</i>	To-Te	Co-Op
<i>Centropages abdominalis</i>	Te-Bo	Co
<i>C. dorsispinatus</i>	ST-Te	Co
<i>C. tenuiremis</i>	ST-Te	Co
<i>Sinocalanus tenellus</i>	Te-Bo	Co
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	Te-Bo	Co
<i>Calanopia thompsoni</i>	To-Te	Co
<i>Labidocera bipinnata</i>	Te-Bo	Co
<i>L. euchaeta</i>	Te	Co
<i>Pontellopsis tenuicauda</i>	Te	Co
<i>Acartia clausi</i>	To-Te	Co
<i>A. pacifica</i>	To-ST	Co
<i>Tortanus forcipatus</i>	ST-Te	Co
<i>T. spinicaudatus</i>	ST-Te	Co
<i>Oithona nana</i>	To-Te	Co
<i>O. similis</i>	To-Te	Co
<i>Corycaeus affinis</i>	Te	Co

* Te: Temperature Species,
Bo: Boreal Species,
Co: Coastal Species,

To: Tropical Species,
Sp: Subtropical Species
Op: Open Water Species

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

表.5. 가 - 5 靈光原子力3,4號機 周邊海域에 分布하는 重要 水産動物의
出現時期 및 出現 水溫範圍

Species & Korean name	Months	Temp. (°C)
Fish		
<i>Konosirus punctatus</i> 전 어 ✓	July, Oct.	17-25
<i>Sillago shiama</i> 보리멸 ✓	July	21-25 or 25-27
<i>Argyrosomus argentatus</i> 보구치	Oct.	9-25
<i>Zoarces gillii</i> 등가시치	Jan., Apr.	1-11
<i>Platycephalus indicus</i> 양태 ✓	Apr., July, Oct.	9-25 or 19-21
<i>Cynoglossus joyneri</i> 참서대	July, Oct.	9-25
Mollusca		
<i>Neverita didyma</i> 큰구슬우렁이	Oct.	1-25
<i>Rapana venosa</i> 피빨고둥 ✓	Oct.	17-19
<i>Lunatia fortunei</i> 갯우렁이	Apr.	9-11
<i>Siliqua japonica</i> 맛조개류	Oct.	1-19
<i>Scapharca broughtonii</i> 피조개 ✓	Oct.	17-19
Crustacea		
<i>Charybdis japonica</i> 민꽃게	July	1-25
<i>Portunus trituberculatus</i> 꽃게 ✓	July	21-25
<i>Oratosquilla oratoria</i> 갯가재	Apr., July	1-25
<i>Metapenaeus joinery</i> 증하	July	9-25

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

이 유지될 경우, 보다 더 高溫에 잘 適應할 수 있는 따개비류와 담치류가 대량 發生할 가능성이 있으며 이들에 의하여 새로운 서식장소가 형성되고 또 이에 따라 附着基質에도 變化가 생겨 전체적인 群集構造의 變異를 가져올 가능성이 있다.

○ 魚類에 미치는 影響

魚類는 운동성이 높고 또 미세한 溫度變化(0.03-0.1℃)도 감지할 수 있는 능력이 있어(Houston 1982) 각각의 魚類는 溫度選好度에 따라 재분포하게 된다. 따라서 따뜻한 물을 좋아하는 숭어, 보리멸, 돔류 등은 溫排水 擴散區域으로 密集되고 까나리, 모구치, 꼬리고기, 등가시치(表5. 가-5) 등은 溫排水 擴散區域 밖에 서식하게 될 것으로 판단된다.

한편 가을철 水溫이 점차 하강하게 되면 溫排水 擴散區域에 서식하는 種類들은 보다 排水口 가까이 모이기 시작하며 겨울철에는 이들 種類가 溫排水區域을 벗어날 수 없게되어 완전히 移動回路가 차단되게 된다.

이 경우 發電所 稼動이 중지되어 溫排水 放出이 중지될 경우 따뜻한 물에 順應되었던 魚類들이 大量弊死 소위 低溫衝擊(Cold Shock or Cold Kills) 현상(Gift 1977)이 일어나며 많은 發電所에서 경험한 바 있다.(Ash et al. 1974, Albaster 1969). 찬 水溫에 露出된 魚類는 平衡을 잃게 되고, 호흡량이 증가하고, 勁直이 오게되어 심할 경우 죽게 되는데(Hoff and Westman 1966) 發電所 溫排水溫과 環境溫度와의 차이(Δt)는 대부분의 魚類를 사망하게 할 수 있는 溫度차이이다. 이와 반대로 潮汐流의 變化에 따른 溫排水 擴散區域의 주기적인 變化는 미처 도피하지 못한 魚類나 혹은 다른 이유로 인하여 갑자기

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

溫排水 區域에 들어온 魚類에 高溫衝擊을 줄 수도 있다.

이 경우 활동력이 증가되고, 平衡感覺을 잃게되며, 호흡운동의 不均衡이 이루어져 魚類 체내의 酸 - 鹽基 平衡이 깨어지며 혈액중의 헤모글로빈과 산소의 결합을 약하게 하여 酸素消費力을 증가시키게 되며 사망하게 되는 경우도 있다. 또한 對象地域을 產卵 및 成熟場으로 이용하는 魚類는 베도라치(3 - 4월), 보구치(6 - 7월), 밴댕이(6 - 7월) 등 23種인데 대부분 6 - 7월에 產卵한다. 따라서 이들 魚類에 대한 影響은 어느정도 있겠지만 全體的인 출현량이 미미하기 때문에 그다지 심각하지는 않다고 판단된다.

(2) 間接的인 影響

水中의 모든 物理・化學的 反應速度와 反應結果는 溫度에 따라 左右된다. 즉, 물자체의 경우 密度, 粘度, 氣化壓, 表面張力, 溶解度 등 모든 성질이 溫度에 따라 變化하는데 (Nakatani 1969, IAEA 1974) 이중 기화압, 氣體溶解度 등이 많은 影響을 미치게 된다. 化學的反應도 많은 影響을 미치고 있는데 水產生物에 해로운 비이온화 - 암모니아의 양은 수온 1℃ 증가에 따라 8%씩 증가 (pH 7.20℃) 하며 (Trusell 1972), 질산염의 代謝는 6 - 9% 증가한다. (Stratton & McCarty 1967). 溫度가 4℃ 증가할 경우 암모니아의 酸化率은 약 50%가 아질산염의 酸化는 약 12%가 증가한다. 기체중 水棲生物에 중요한 酸素는 20℃에서 水溫이 5℃ 증가할 경우 溶解도가 9.2 mg/l에서 8.4 mg/l로 減少하는데 이러한 용존산소의 감소는 상대적으로 化學的 酸素要求量을 증가시키는 결과를 초래하기도 하며 따라서 水棲生物이 必要한 酸素를 결핍시키는 원인이 되기도 한다. (IAEA 1974). 또한 溫度의 증가는 미생물의 代謝를 促進시켜 저층원소의 無機質化 作用 (Mineralization)을

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

促進시키게 되어 상대적으로 인산염과 질산염이 더 增加하게 되는 結果를 낳기도 한다.(Dickson 1975, Hillbricht-Ilkowska and Zdanowski 1978).

對象海域에서 溫度增加에 따른 2次的인 影響을 받는 海域은 對象海域의 水質指數가 環境廳 고시기준 1級 또는 2級에 해당되므로 1-2℃의 溫度上昇은 그 影響이 거의 없으리라 보여지지만 2℃이상인 경우에는 어느정도 影響을 미치리라고 본다. 이 경우 排水口를 基準으로 1 km 周邊海域이 2次的인 영향권에 든다고 할 수 있으며 이 地域內에 서는 水溫에 따라 다소간 차이가 있겠지만 溶存酸素量은 環境値보다 약 10 % 낮게 되며 水棲動物에 해로운 비이온화 암모니아의 양은 약 20 % 정도 增加하리라고 본다. 그러나 對象海域의 질산염의 농도가 낮기 때문에 생성되는 암모니아의 絕對量은 水棲生物에 해로운 水準은 아닐 것으로 판단되며, 또한 化學的 酸素要求量의 증가도 미미할 것으로 판단된다. 그러나 고수온기인 여름철의 경우 環境水溫이 27℃ 以上일때는 溫排水 溫度가 35℃ 以上이 될 경우가 있다. 이때는 高溫에 의하여 약해진 水棲生物이 2次的인 影響에 增加함에 따라 피해를 입을 可能性을 완전히 배제할 수는 없다. 이러한 高水溫期の 被害가 周邊海域의 資源量에 비하여 상대적으로 적은 양이라 할지라도 長期的인 안목에서 볼때 바람직하지 못하기 때문에 적절한 대책이 요구된다.

나) 冷却水 取·排水 設備에 의한 影響

冷却水 取·排水 設備에 의한 影響은 海洋生物이 取水口 Screen 에 충돌하여 입은 피해를 말한다. 對象發電所 取水口に 設置된 Traveling Screen 의 망목크기는 10 mm × 10 mm 인데 이보다 큰 海洋生物(주로 魚類)는 取水口의 강한 유속에 따라 Screen 에 충돌하게

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

된다. 대부분의 成魚들은 游泳能力이 크기 때문에 冷却水流를 이기지 못하고 Screen에 충돌할 염려는 적으나 稚・仔魚의 경우 충돌할 가능성이 크며 야간에는 成魚일지라도 水流에 역행하여 수영하는 능력이 나 장애물을 피하는 능력이 저하되므로 충돌할 가능성이 높다.(Haddingh 1978, 1979). 國內에서는 이에 대한 調査가 實施되지 못하였기 때문에 直接 비교하기는 困難하지만 美國 Oconee Nuclear Station의 경우 1일 최대 9,425마리, Marshall Steam Station에서는 1일 최대 24,090마리가 충돌하여 그 사망률은 95%에 달한 적이 있다.(Edwards et al. 1976). 魚類는 그 種類와 出現량이 계절에 따라 많은 차이가 있고 또 地域에 따라 많은 차이가 있기 때문에 외국의 예를 그대로 調査地域에 適用할 수가 없다. 對象地域에서 서식하는 魚類의 種類는 淸水중에 불과하며, 그 資源量은 그다지 많지 않기 때문에 중요하지는 않다고 보여진다. 그러나 보다 정확한 피해를 알아내기 위한 調査와 이에 따른 影響을 減少시킬수 있는 方案이 講構되어야 할 것이다.

다) 복수기 통과에 의한 影響

取水口 Traveling Screen의 망목보다 體長 혹은 體幅이 작거나 柔軟性이 있는 種類들은 Screen을 통과하여 복수기내로 유입되어 또 다른 피해를 입을 수 있다. 식물플랑크톤과 동물플랑크톤(해양동물의 幼生, 魚卵) 및 稚魚와 體型이 작은 魚類들은 淸사리 Screen을 통과하거나 혹은 Screen에 충돌 후 통과하게 된다. Yoshida(1980)은 Screen을 통과하는 海洋生物의 範圍를 海洋生物의 體型에 따라 나누어 關係式을 구했는데

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

즉, $\mu = 0.04 \times (L - 3.43) \times F$ 단, $5.0 \leq F \leq 6.5$

$\mu = 0.03 \times (L - 2.16) \times F$ 단, $6.5 \leq F \leq 8.0$

단: μ : 망목크기, L: 체장, D: 체폭, F(체장계수): $\frac{L}{D}$

이 식에 의하면 망목크기가 1 cm인 Screen의 경우 體長係數가 6인 海洋生物은 體長 3.4 cm 크기까지 冷却系統내에 유입될 수 있다는 것을 의미한다. 이 경우 해파리류 또는 갯지렁이류와 같이 柔軟性이 큰 종류는 더 큰것까지도 유입될 수 있다.

(1) 基礎生産力 및 식물플랑크톤에 미치는 影響

식물플랑크톤은 크기가 작기 때문에 冷却系統內에 유입되어도 機械的인 被害는 없고 다만 급격한 溫度變化에 따른 影響을 받는다. 식물플랑크톤은 水溫變化가 耐性限界以內 일때는 水溫이 上昇함에 따라 基礎生産力이 增加한다.(Mount 1970). 허등(1981)은 古里1號機의 取·排水口의 基礎生産力이나 現存量은 ΔT 와 거의 무관하며 오히려 계절적인 要因이 더 크다고 하였다. 한편 Briand(1975)는 Alamitos와 Haynes Power Plant에서 42%의 식물플랑크톤의 死亡率을, Flemmer(1971)는 13%의 機械的 피해가 있다고 보고하였다. Takesue와 Tsuruta(1978)은 30 - 76%의 同化率 減少를 관찰하였다. 三千浦火力發電所의 경우 取·排水口間의 基礎生産力(Light and Dark Bottle Method) 비교시 여름철 高水溫期(排水口溫度 34℃)에서 純生産力이 음의 값을 나타내었는데 이는 높은 水溫에 의하여 全生産力(Gross Production)이 減少한데다 더우기 호흡량이 增加하였기 때문이다(이, 1986). 그러나 가을철에는 오히려 純生産力이 排水口쪽이 더 높은 것을 볼때 실질적인 影響은 여름철에만 국한된다고 할 수 있겠다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

이 (1986) 는 三千浦火力發電所의 경우 冷却系統에 의한 被害를 6.2-36.8 % 로 報告하였으며 이 被害中 46 % 는 機械的인 影響 54 % 는 溫度上昇에 의한 影響이라고 報告하였다.

김 등 (1985) 은 같은 지역에서 10 % 정도의 연행사망률을 報告하였다. 한편 Fox and Mayer (1972) 는 연행에 의한 光合成 減少를 26%, 鹽素 주입과 연행에 의한 減少를 66 % 로 報告하였다. 이와같은 사실을 綜合할 때 정상가동시 熱發散系統에 연행되는 식물플랑크톤의 數는 약 초당 4.4×10^{10} Cells 이므로 식물플랑크톤의 체적을 $10,000\mu^3$, 炭素含量 3 % (Vollenweider 1969) 로 가정할 경우 연행사망률 (화학 물질에 의한 被害 除外) 은 최대 40 % 以下일 것으로 推定되므로 연간 약 334 t 의 식물성 炭素의 被害가 豫想된다.

(2) 동물플랑크톤 및 稚·仔魚에 미치는 影響

發電所 稼動에 의한 동물플랑크톤의 被害는 크게 두가지로 구분할 수 있겠는데 급격한 溫度變化에 따른 熱 衝擊과 冷却系統 통과 중 받을 수 있는 機械的 衝擊이다.

우리나라에서 稼動中인 發電所에서 동물플랑크톤의 被害에 대하여 직접 調査된 麗水火力發電所와 古里原子力發電所에서의 調査結果 (허등 1978b, 1979) 를 고찰해 보면 다음과 같다. 麗水火力의 경우를 보면 1978 年 8 月 15 日에 取水口水溫 28.6°C , 排水口水溫 36.0°C 로서 ΔT 7.4°C 인때 4 회에 걸쳐 調査한 結果 全體 동물플랑크톤의 致死率이 27.1-55.9 %, 平均 43.1 % 이었으며, Copepoda 만의 경우 26.0 - 88.5 % 平均 59.6 % 로 나타났다. (표 5. 가- 6)

이 경우 황산철이나 鹽素의 주입 등이 동물플랑크톤의 致死率에는 別 影響을 미치지 못한 것으로 나타났다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

古里原子力發電所의 경우 1978年 8月 17日 부터 1979年 8月 24日 까지 11회에 걸친 調査가 실시되었다. 調査期間中 取水口의 水溫은 최저 12.0℃ ('79年 1, 2月)에서 22.8℃ ('78年 8月) 사이였으며 排水口의 水溫은 13.0℃ ('79年 3月)에서 32.5℃ ('78年 8月)이었고, ΔT 는 0℃ ('79年 3月) -7.8℃ ('78年 8月) 이었다.

調査結果 發電所 冷却機를 통과한 동물플랑크톤의 初期 致死率은 21.1%에서 최고 76.6%의 範圍로 나타났는데 ΔT 나 주변 水溫과의 관계는 찾아볼 수 없었다. 發電所 冷却機를 통과한 동물플랑크톤을 주변 水溫의 海水에서 培養하였을 경우 대체로 致死率은 初期 致死率에 비하여 減少하는 경우가 많았으나 오히려 增加한 경우도 나타났다.

한편 發電所가 정지하였던 1979年 1月の 경우 初期의 致死率은 36.8%로 나타났고 培養함에 따른 致死率의 변화가 거의 없었던 점에 비추어 보아 古里原子力發電所의 경우 機械的 衝擊에 의한 致死率은 36% 정도인 것으로 생각되며 또한 이와같은 機械的인 衝擊에 의한 동물플랑크톤의 損傷은 회복되지 않는 것으로 나타났다.(표5.가 7)

取·排水口의 동물플랑크톤의 構成 및 量과 주변해역의 그것과 비교하면 排水口에서는 대부분의 경우 取水口나 주변해역에 비하여 매우 單純하고 월등히 적은 量의 플랑크톤 分布를 보였다. 그러나 排水口와 隣接한 調査 定點들에서의 동물플랑크톤의 構成이나 個體數의 分布는 周邊海域의 그것과 特別한 차이점을 나타내지는 않았다. 따라서 古里原子力發電所의 경우도 麗水火力發電所의 경우와 같이 發電所 冷却系統에 의한 동물플랑크톤의 被害率은 상당하였으나 그것이 周邊의 동물플랑크톤의 分布에 미치는 影響은 나타나지 않았다. 이상의 두 예로 보아 계마리 해역의 諸般 環境條件이 麗水火力이나 古里原子力發電所 부근과

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

는 다르지만 發電所의 稼動이 周邊 海域의 동물플랑크톤에 미치는 影響은 위의 두 예의 範圍를 벗어나지 않을 것으로 推定된다.

이런 사실을 종합해 볼때 熱發散系統에 연행되는 動物플랑크톤의 個體數는 약 1.8×10^5 / 초 이므로 動物플랑크톤의 平均 乾重量을 0.05mg, 炭素含量을 40 % 로 가정할 경우 (Omori and Ikeda 1984) 連行死亡率을 50 %로 豫想하더라도 그 被害는 연간 약 142 t의 동물성 탄소가 減少하는 정도이다.

稚・仔魚의 경우도 動物플랑크톤과 비슷한 類型의 被害를 받는데 실지 稚・仔魚의 크기가 더 크므로 복수기에 連行되어 입는 피해는 더 크다. 대체적으로 稚・仔魚의 連行死亡率은 92 - 100 % (Marcy 1971, 1973, Profitt 1969, Flemer 1971, USEPA 1972)로 대부분의 連行되는 개체가 死亡하는 것으로 알려져있다. 이 地域에서 產卵하거나 稚・仔魚期를 보내는 種類는 밴댕이, 모구치, 멸치가 있는데 이들의 피해는 어느정도 豫想되지만 全體의 資源量과 비교해 볼때 그다지 많은 量은 아니라고 보여진다.

라) 非正常狀態의 稼動 및 一時的인 稼動停止에 의한 影響
비정상 狀態의 稼動 즉 事故 또는 原子爐의 運轉停止로 인한 影響은 溫排水 擴散區域內에 分布하는 魚類에 국한된다고 보아도 좋다. 물론 비정상상태가 溫排水의 ΔT 의 上昇을 유발한다고 할때는 여름철의 경우 溫排水에 의하여 一部 조간대생물과 플랑크톤을 제외하고는 限界溫度에 가깝기 때문에 국부적이기는 하지만 生態系의 破壞가 일어날 수 있다.

또한 여름철을 제외한 다른 계절에서도 豫想되었던 影響 以上の 被害는 豫想될 수 있다. 또한 비정상상태에 의한 ΔT 의 급속한 增加는 溫排水 區域內의 魚類에 가) - d) 項에 記術한 影響을 미치며, 이미

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

어느정도 정상적인 溫度上昇 影響을 입고 있기때문에 미처 逃避하지 못한 種들의 被害가 가중될 수 있다. 또한 정도의 차이 (增加溫도의 정도, 시간)는 있지만 溫排水 擴散區域의 範圍가 넓어질 것이다.

비 정상가동이 發電所 稼動의 중지를 초래할 경우 (燃料交替 및 정상적인 補修作業 포함) 前術한 바와 같이 Cold Kills 를 유발하게 된다. 그러나 이 경우 全體的으로 影響 減少를 위한 作業이 不可能 하기 때문에 그 위험부담은 감수하여야 한다.

表 5. 가 - 6 麗水火力發電所 복수기 통과에 따른 동물플랑크톤의 死亡率, 1978. 8.

Date	Intake Temp. (°C)	Discharge Temp. (°C)	$\Delta T(^{\circ}\text{C})$	Mortality (Copepoda) (%)	Remark
78. 8. 15	28.6	36.0	7.4	55.9(88.5)	3hr Incubation Ferriculfate and Chlorination
78. 8. 15	28.6	36.0	7.4	49.4(57.5)	
78. 8. 15	28.6	36.0	7.4	27.1(26.0)	
78. 8. 15	28.6	36.0	7.4	39.9(68.5)	
Mean				43.1(59.6)	

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

表 5. 가 - 7 古里原子力 1 號機 통과에 따른 동물플랑크톤의 死亡率
(1978.8 ~ 1979.9)

Date	Intake Temp. (℃)	Discharge Temp. (℃)	ΔT	Mortality (%)	Incubation
1978. 8.17	22.8	28.2	5.4	76.6 73.1 57.7	1 hr.
8.31	24.7	32.5	7.8	38.8 21.1	3 hr.
9.26	22.5	27.2	4.7	45.3	
9.27	21.6	25.2	3.6	60.3 42.7 40.7	2 hr. 4 hr.
1979. 1.17	12.0	18.2	6.2	61.6 67.9 66.7 59.3	1 hr. 2 hr. 3 hr.
2.11	12.0	18.0	6.0	40.0 32.4 32.1	1 hr. 2 hr.
3.28	13.0	13.0	0	36.8 36.3 36.8 41.5 36.6	1 hr. 2 hr. 3 hr. 4 hr.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

(繼 續)

Date	Intake Temp. (°C)	Discharge Temp. (°C)	ΔT	Mortality (%)	Incubation
1979. 4.23	14.2	19.6	5.4	44.0	
				33.3	1 hr.
				30.2	2 hr.
				32.0	3 hr.
6.19	16.5	23.0	6.5	36.5	
				22.7	1 hr.
				43.2	2 hr.
				29.7	4 hr.
7.15	15.8	22.0	6.2	26.5	
				28.6	1 hr.
				26.7	2 hr.
				29.4	4 hr.
				26.0	24 hr.
8.24	22.7	28.3	5.6	40.1	
				34.1	1 hr.
				32.7	2 hr.
				27.5	4 hr.
				21.6	24 hr.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

3) 其他 影響

가) 陸上生態系

生態系에 미치는 影響을 보면 原子力發電所가 定常적으로 稼動될 때 氣體로서 放出되는 放射性同位元素는 陸上生態系에 影響을 미칠 가능성이 있다.(표 5.가-8,9) 原子力發電所에서 放出되는 氣體는 活性炭濾過裝置와 이온 交換樹脂를 充填한 크로마토그래프筒을 거쳐서 吸着시키기 때문에 生態系에 放出되는 量은 거의 무시할 정도이다. 실제로 ^{14}CO 나 $^{14}\text{CO}_2$ 는 活性炭濾過器로, 希가스인 Krypton(Kr) 과 Xenon(Xe) 은 低溫床系 (Low Temperature bed System) 와 이온 交換樹脂筒에서 吸着되고 있다.

한편 原子力發電所에서 核燃料 (U^{238}) 의 崩壞過程에는 腐蝕性 產物 (Corrosion Products) 로서 Mn-54, Mn-56, Co-58, Fe-59, Co-60 등이 있고, 崩壞產物 (Fission Products) 로서 Br-84, Rb-88, Rb-89, Sr-90, Y-90, Y-91, Sr-92, Y-92, Zr-95, Nb-95, Mo-99, Te-132, Te-134, Cs-134, Cs-136, Cs-137, Cs-138, Ce-144, Pr-144 등이 있다. 이들 同位元素가 만일 放出될 경우 生態系の 構成員에 致命的인 被害를 입히는 것은 既知의 사실이지만 定常稼動 中에서 絶대로 그러한 危險度는 없다고 보아야 한다.

放射線이 生物에 미치는 影響은 低準位放射線 被曝에 의한 慢性被害와 高準位放射線에 의한 急性被害로 區分된다. 低準位放射線은 發電所의 定常稼動時는 檢査技術의 開發과 철저한 그 施行에 의하여 放出을 豫防할 수 있다. 여기서는 天變地異에 의한 不可抗力의 急性被害의 경우를 考察하기로 한다. 실험적으로 高準位の 放射線에 生物을 被曝

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

시키면 哺乳動物이 낮은 線量에서 致死되고 다음에 昆虫과 細菌의 順으로 抵抗力이 커진다.(그림 5.가-1). 그림 5.가-1에서 화살표시의 先端은 幼組織이나 胚와 같은 敏感한 部位가 죽거나 障害를 받는 線量이고, 네모꼴의 左편 줄은 生殖器官이 障害를 받는 線量이며, 右편 줄은 成體의 50% 또는 그 이상이 죽는 線量を 표시한다.

種子植物과 下等の 脊椎動物은 그림 5.가-1의 哺乳動物과 昆虫의 중간에 삽입시킬 수 있다. 한편 高等植物은 細胞內 染色體의 파괴가 큰 植物일수록 放射能에 致死되기 쉽다.(그림 5.가-2) 그래서 致死放射線量(Y)과 染色體의 파괴(X) 사이에는 다음의 指數式이 成立한다.

$$\text{Log}_{10} Y = 1.69422 - (0.93025) \text{Log}_{10} (X)$$

예를 들면, 染色體가 큰 百合科의 비자루屬植物(Trillium Grandiflorum)은 1,000 Rads에서 죽지만 染色體가 작은 평의 비름과의 돌나물속식물(Sedum Rupifragum)은 50,000 Rads의 높은 線量에서 죽는다.(Sparrow 등, 1963). 이처럼 同一量의 放射線에 被曝되었을 때 生物의 種類에 따라 被害程度가 제각기 다를 수 있다.

生態系 水準에서 放射線을 照射한 실험결과는 다음과 같다. 즉 森林生態系의 中央에 1日 20時間씩 10,000 Ci의 Cs-137을 定置한 후 放射線源으로 부터의 거리에 따른 生物의 被害를 조사하고 있다. (그림 5.가-3 Woodwell, 1962, 1965). 이 研究結果를 要約하면 放射線源을 中心으로 하여 同心圓的으로 5層이 區別되었는데, (1) 15 m 이내 (中心層)에서는 모든 高等植物이 致死되고, (2) 15 - 23 m 사이는 사초科植物만 生存하고(그밖의 植物은 致死), (3) 23 - 33 m 사이는 灌木을 포함한 사초科植物이 生存하며, (4) 33 - 51 m 사이는 참나무類(灌木과 사초科植物 포함)가 生存하며, (5) 51 - 115 m 사이는 소나무類(참나무,

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

灌木 및 사초科 포함)가 生存하였고, 115 m 以上에서는 모든 植物이 生存하였다. 이 실험에서 線量의 變化는 放射線源의 10 m 거리에서 1,000 Rads 가 測定되었지만 거리가 멀어짐에 따라 指數적으로 減少되어 140 m 거리에서는 線量이 測定되지 않았다. 소나무類가 참나무類보다 放射線에 약한 이유는 前者의 染色體가 크고 어린 頂芽가 한번 被害를 받아 죽으면 再生되지 않는데서 찾아볼 수 있다.

140 m (2-5 Rads / 日) 이내에서는 生存하는 植物이라도 生長이 抑制되었지만 放射線이 檢出되지 않은 150 m 以上 거리에서는 定常的 生長을 나타냈다. 이 실험장소에서 昆虫은 放射線源에서 가까운 곳에서는 數種만 生存하였지만 거리가 멀어짐에 따라 種多樣性 指數가 增加하였다. 또 腐生性菌類와 腐食性昆虫은 33 m 거리 以上에서 生存하고, 草食性昆虫과 그들의 補食昆虫과 寄生虫은 70 m 以上에서 生存하였다 (그림 5.1. 다-3). 이러한 Cs-137 照射實驗을 한 2 年後에는 喬木이 죽은 곳에 1 年生 草本이 出現하고 죽은 참나무類의 그루터기와 줄기에서 새싹이 돋아서 回復되기 시작하여 덤불숲이 우거졌다. 그런데 特記할 일은 2 年後 새로 돋아난 참나무類의 잎에 진디물 (Aphid) 이 大發生하여 정상 참나무숲의 200 배 이상 密度가 높아졌다. 이상의 결과는 自然森林生態系에 放射線이 照射되어 急性被害가 나타날 때 (1)放射線源으로 부터의 거리에 反比例하여 被害가 크고, (2)草本, 灌木 및 喬木 (참나무, 소나무) 의 順으로 被害가 크지만 時間이 경과하면 回復이 可能하고, (3) 가까운 거리에서 種多樣性이 극적으로 減少됨을 알 수 있다.

高準位 放射性物質이 生態系에 放出되면, (1) 分散 (Dispersion) 되므로 거리가 멀어짐에 따라 稀釋되고, (2) 生物濃縮 (Biological Magnifi-

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

cation)이 일어나므로 營養段階가 높은 生物일수록 蓄積量이 增加되고, (3)特定組織에 特定 放射性物質이 濃縮되는 生態蓄積(Ecological Concentration, 예: I는 갑상선, Sr은 뼈, Cs는 근육에 특히 다량으로 蓄積됨)이 일어난다. 放射性物質은 生態系の 모든 構成員, 예컨대 植物, 動物, 微生物, 물, 土壤, 堆積物, 공기등에 蓄積되는데 崩壊보다 吸收(吸着)가 빠를때는 蓄積量이 많아진다. 生物體内の 蓄積量은 Concentration Factor (生物體內 濃度 / 無機 環境內 濃度)로 표시된다. 실험적으로 淡水生態系에 Sr-90을 添加시킨 후 食物網(Food Web)에 따른 Concentration Factor를 測定한 例를 그림 5.가-4에 표시한다.(Ophel, 1963).

湖水の 放射線量を 1로 간주하였을 때 水草에는 300, 草食性魚類인 송사리(Minnows)에는 1,000, 肉食性魚類인 농어(Perch)의 뼈 속에는 3,000으로 濃縮되고 있다. 原子力發電所の 稼動中에 突發事故가 일어나서 放射性物質이 周邊의 淡水生態系에 放出된다면 이상에 論及한 生物濃縮이 일어날 可能性을 排除할 수 없다. 一般的으로 放射性物質은 陸上生態系보다 淡水生態系에 더 많이 濃縮되는 傾向이 있는데 그 이유는 前者의 물의 量이 적은데 비하여 後者の 土壤은 두꺼워서 同一量의 物質이 순환될 경우 前者에 많이 濃縮되기 때문이다. 따라서 同一量의 放射性物質이 放出될 경우 陸上보다 水中生物이 더 큰 被害를 받을 수 있는 것이다.

만일 不加抗力的 突然事故가 發生하여 放射性物質이 漏出되면 陸上和 淡水生態系에 막심한 急性被害가 야기될 것이 분명하다. 漏出되는 放射能 單位에 따라 急性被害 距離와 程度가 다르겠지만 高準位の 放射性物質이 漏出되면 土壤, 大氣, 陸上植物中の 喬木, 脊椎動物中の 哺乳類

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

가 相對的으로 큰 被害를 받고, 물의 汚染과 魚類의 被害가 다음으로 클 것이며 水中堆積物, 喬木, 附着藻類와 플랑크톤, 兩棲類, 爬虫類, 鳥類의 被害는 다소 적을 것이며, 草本과 昆蟲類의 被害는 抵抗力이 크기 때문에 輕微할 것으로 豫想된다.

定常稼動中에 發電所의 높은 建物에 昆蟲이 부딪쳐서 죽으며 鳥類의 飛翔方向을 廻轉시키는 現象이 일어날 것이다. 한편, 原子力發電所의 運轉稼動中에 반드시 核燃料의 運搬과 核廢棄物의 保管이 뒤따르기 마련인데 그 運搬과 保管은 原子力法 第8章(第76條-第90條)에 嚴格히 規定되어 있어 取扱者가 法에 따라 施行하면 生態系에는 運搬과 保管 過程에서 影響을 끼치지 않을 것으로 豫想된다.

表 5.가 - 8 原子力發電所 運轉・稼動中 自然生態系에 미치는
主要行爲 및 影響要素

主 要 行 爲	影 響 要 素	生態系에 미치는 影響
1. 核燃料 運搬	原子力法 第87條에 따름	影響 없음
2. 交 通 量	騒音, 振動, 가스 減少	影響 輕微
3. 定 常 稼 動	氣體狀 放射性物質 微量 排出	影響 없음
4. 突 發 事 故	高準位 放射性物質 放出	影響 極甚
5. 核 廢棄物 保管	原子力法 第78-85條에 따름	影響 없음

表 5.가-9 原子力發電所의 運轉 및 稼動中の 生態系에 미치는 主要行爲와 影響行列

生態系構成員 主要行爲	非生物要素				生物要素			生 物			要 素				
	土 壤	水 中 堆 積 物 (淡水)	大 氣	土 壤	高 等 植 物			附 着 藻 類 · 클랑크톤	昆 蟲 類	脊 椎 動 物				哺 乳 類	
					草 木	灌 木	喬 木			魚 類	兩 棲 類	爬 虫 類	鳥 類		
定常運轉 및稼動	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	
突發事故	2	3	2	2	2	3	5	3	2	4	3	3	3	5	
核燃料運搬	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	
核廢棄物保管	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

影響階級 : 0 : 無影響

2 : 輕微한 慢性被害

4 : 약간의 慢性被害

1 : 放射線 이외의 物理的 被害

3 : 다소 큰 慢性被害

5 : 큰 慢性被害

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

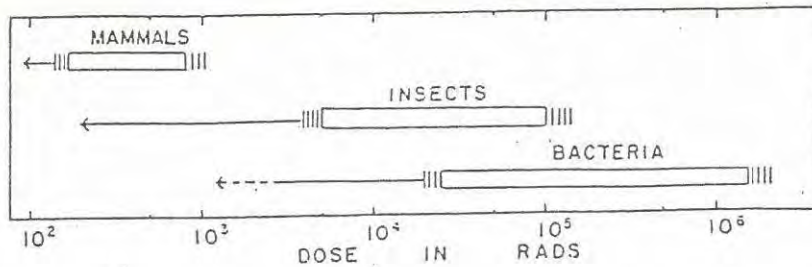


그림 5.가-1 3 군 생물에 대한 방사선 (X선 또는 γ 선)의 예민도

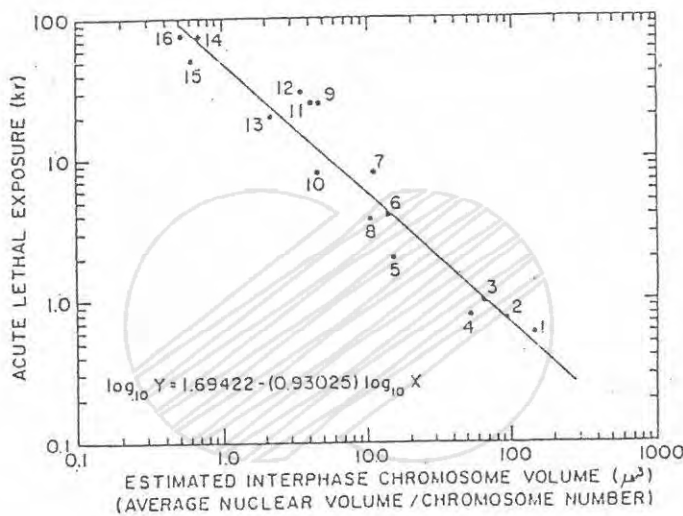


그림 5.가-2 종자식물의 간기염색체부피 (μ^3)와 급성치사선량 (kiloroentgen)과의 관계. 핵부피가 큰 (1)은 낮은 선량에서 죽고, 부피가 작은 (16)은 높은 선량에서 죽는다.

그림속의 번호는 다음 식물을 표시한다.

- (1) *Trillium grandiflorum*, (2) *Podophyllum peltatum*, (3) *Hyacinthus h.v. Innocence*, (4) *Lilium logiflorum*, (5) *Chlorophytum elatum*, (6) *Zea mays*, (7) *Aphanostephus skirrobasis*, (8) *Crepis capillaris*, (9) *Sedum ternatum*, (10) *Lycopersicum esculentum*, (11) *Gladiolus h.v. Friendship*, (12) *Mentha spicata*, (13) *Sedum oryzifolium*, (14) *Sedum tricarpum*, (15) *Sedum alfredi* var. *nagasakianum*, (16) *Sedum rupifragum*.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

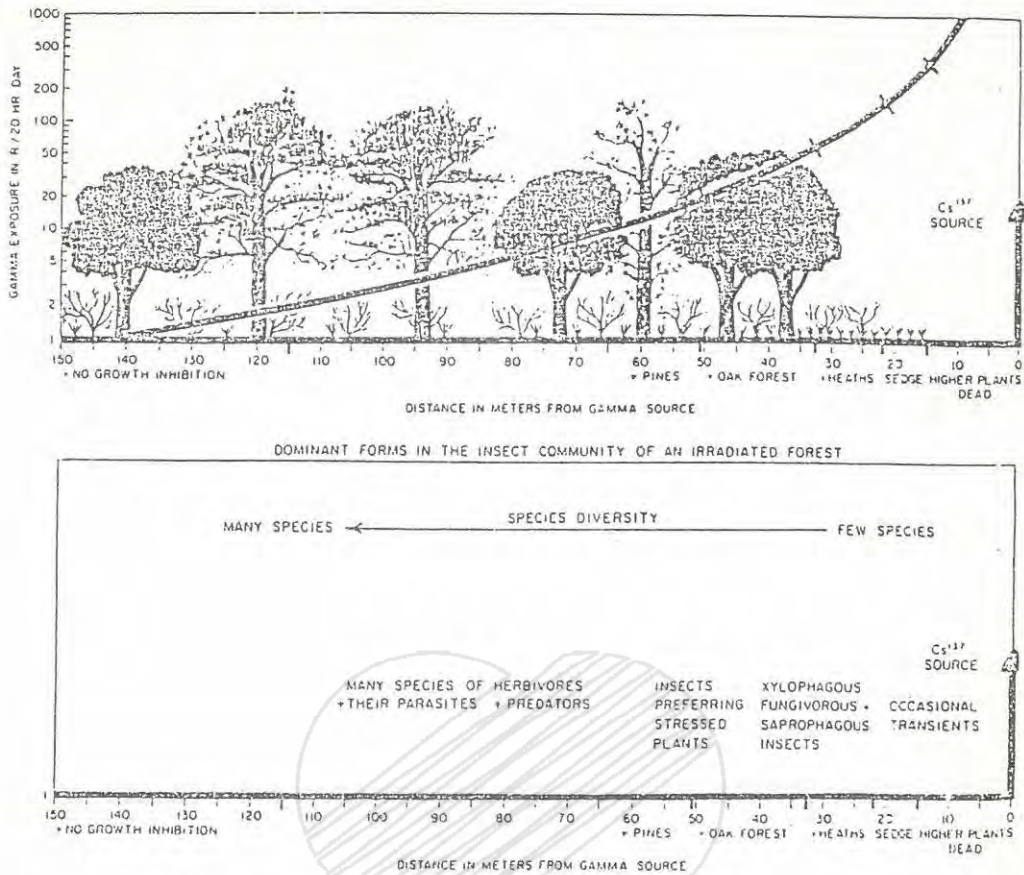


그림 5. 가 - 3 Cs-137 조사 (γ -선)에 의한 참나무-소나무림의 반응.
이 실험은 삼림생태계에 Cs-137을 1일 20시간씩 조사하여 식생, 곤충, 미생물의 반응을 2년간 조사한 내용이다.

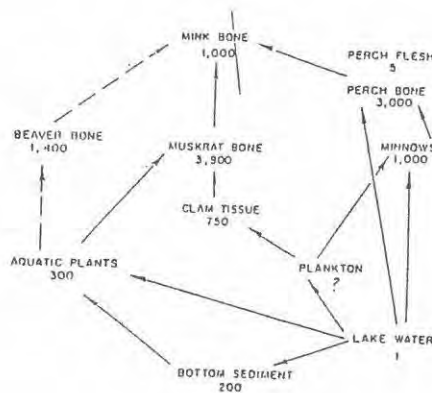


그림 5. 가 - 4 수중 생태계에 Sr-90을 투여한 후 식물망에 나타난 방사선량을 물을 1로 하여 상대값으로 표시하였다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

나) 氣 象

發電所建設을 위해 敷地の 地形을 약간 변형시키거나, 發電所建物 및 附帶施設의 建設로 원래의 地形이 다소 복잡해지겠지만 이러한 미세 규모 (Microscale) 의 變化가 敷地地域의 氣象에는 거의 影響을 미치지 않을 것이다.

복잡한 地形으로의 變化는 바람에 의한 역학적 亂流現象을 증가시켜, 大氣의 稀釋能力을 促進시키지만 原子爐 建物로부터 風下距離가 増加됨에 따라 급격히 影響力이 減少되어, 원거리에서는 거의 影響을 주지 않는다.

本 發電所와 같이 Once-through Cooling System을 利用하는 發電所로부터의 熱에너지는 光範圍한 地域으로 排出되어 大氣로 放出된다. 따라서 發電所 稼動時 溫排水의 放流로 연안수의 溫度가 어느정도 上昇되지만, 이는 排水口 주위에 국한되며, 이것이 氣溫 및 大氣中の 水蒸氣 含量에 미치는 影響은 지극히 적을 것이다. 그러나 溫排水 放流로 인한 排水口 주위 수면의 水溫上昇은 미약하게나마 大氣의 不安定도를 増加시켜서, 그 地域의 大氣의 수직혼합 및 확산을 促進시키고, 結果적으로 大氣中の 氣體上 汚染物이 보다 용이하게 擴散될 수 있도록 할 것이다.

다) 水 質

發電所 稼動이 水質에 미치는 影響으로는 冷却系統 稼動으로 인한 영향, 産業廢水 및 生活下水의 放流로 인한 영향등을 들 수 있다. 이들은 대부분 排水口를 통해 放流되므로 排水路 주변 海域의 水質과 生態系에 影響을 미칠 수 있다. 海水冷却系統 稼動으로 인한 영향으로

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

나. 放射能 影響

3 章 마. 節에서 論議된 바와같이 靈光 3, 4 號機는 設計目的上 正常稼動時 10 CFR 50 App.I 의 住民被曝線量 制限値를 超過하지 않는 範圍에서 放射性物質의 放出을 許容하고 있다. 本節에서는 이로 因하여 隣近住民 및 動・植物이 받게되는 放射能影響을 定量的으로 評價한다.

1) 被曝經路

大氣 및 海洋을 통하여 敷地境界線 外部로 擴散된 放射性 物質로 부터 敷地周邊 住民 및 動・植物이 받는 被曝은 크게 汚染된 大氣, 土壤 및 海洋에 露出됨으로써 받게되는 外部 被曝과 呼吸 및 飲食物 攝取로 體內에 蓄積되는 放射性物質에 의한 內部被曝으로 區分할 수 있다. 以外에 發電所 시설로 부터의 直接 被曝이 있으며 이는 4) 의다) 항에서 별도로 記述한다.

가) 生物相에 對한 放射性 被曝經路

人間 以外の 生物에 대한 被曝經路는 상이한 居住環境과 生活習慣 때문에 海洋生物과 陸上生物로 區分한다.

海洋生物은 汚染된 海水 및 沈澱物에 의한 外部被曝과 汚染된 海水 및 먹이의 攝取로 體內에 蓄積되는 放射性物質에 의한 內部被曝을 받게되며, 陸上生物은 汚染된 海水, 海邊, 大氣로 부터의 外部被曝과 먹이의 攝取로 인한 內部被曝을 받게된다. 生物에 있어 重要な 被曝經路는 液體放流物에 기인하며, 氣體放出物에 의한 被曝經路中 考慮할 만한 것은 放射能雲에 의한 外部被曝經路 뿐이다.(參考文獻 WASH-1258 參照)

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

海洋生物은 海藻類, 無脊椎動物(甲殼類 및 軟體類) 및 魚類로 區分하여 評價하며, 陸上生物은 代表的으로 갈매기, 죽제비 및 도요새에 대하여 計算한다. 이들 陸上生物은 海邊에서 生活하며 水中生物을 먹이로 하는 動物로써 2章라 節에 記述된 敷地周邊의 다른 動物보다 많은 被曝을 받는다. 이들 生物에 대한 被曝經路를 圖示하면 그림 5. 나-1 과 같다.

나) 人間에 대한 放射性 被曝經路

放射線에 대한 敏感度와 그 중요성을 고려하여 人間에 대한 被曝은 可能한限 詳細하게 評價하였다.

液體放流物에 기인하는 被曝經路에는 水泳, 海邊活動 및 海上活動時 汚染된 海水 및 海邊으로 부터 받는 外部被曝經路和 汚染된 水産物의 攝取로 인한 内部被曝經路가 있다. 실제 線量평가시에는 生體蓄積因子 및 流通構造의 차이를 반영하기 위하여 攝取被曝經路를 魚類, 無脊椎動物 및 海藻類로 區分하고, 다시 이들 各各을 現地自給과 水協을 통한 委託販買로 細分하여 計算한다. 液體 放射性物質의 放流地域은 바다이므로 食水 및 農作物 灌溉用水로 使用되지 않으므로 이에 따른 被曝經路는 무시된다.

氣體放出物에 기인하는 放射線被曝에는 汚染된 大氣, 土壤으로 부터의 外部被曝과 汚染된 農·畜産物의 攝取로 인한 内部被曝이 있다. 이중 農·畜産物의 攝取被曝經路는 大氣-牧草-젖소-우유-人間の 經路和 大氣-牧草-肉牛-肉類-人間の 經路, 그리고 大氣-農作物-人間の 經路로 區分된다.

以外에 放射性物質이 빗물과 함께 地下로 스며들어 汚染된 地下水를 住民이 攝取함으로써 被曝의 原因이 될수도 있지만, 敷地에서의 地下水

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

는 南쪽의 금정산과 北쪽의 언덕에서 始作하는 地層의 경사구조로 因하여 단순히 海洋으로 流入되며, 流入되는 量은 液體放流物과 比較할때 무시할 수 있는 값이다. 또한 敷地內에서 地下水는 利用되지 않아 直接 攝取될 可能性이 없으므로 이 經路는 無視된다.

以上の 被曝經路는 그림 5. 나 - 2 와 같이 圖示할 수 있다.

2) 放射能

發電所 稼動時 放出되는 氣體 및 液體放射性物質은 大氣 및 海洋을 통하여 所外로 擴散된 後 1) 項에서 記述한 被曝經路를 따라 周邊 生物體에 放射線 被害를 주게된다. 本 項에서는 敷地周邊의 大氣, 地表面, 海洋에서의 放射能濃度を 算出하기 위하여 大氣擴散因子(X/Q , sec/m^3), 地表面沈積因子(D/Q , m^{-2}) 및 稀釋因子(DF)를 計算한다.

가) 氣體放出物의 擴散

氣體放出物은 바람을 타고 이동하면서 空氣의 난류로 인하여 擴散된다. 擴散程度를 나타내는 X/Q , D/Q 값의 計算에는 美規制指針書 1.111에 기술된 Gaussian Plume 모델을 修正한 Sagendorf 식과 건식침적모델을 電算化한 프로그램 'XOQDOQ'를 使用한다.

3 章마節에서 記述한 바와 같이 氣體放射性物質은 敷地境界線으로부터 700 m 이상 떨어져 있는 各 建物の 排氣口를 통하여 放出된다. 여기에서는 計算의 便宜를 위하여 保守的으로 다음과 같이 假定한다.

- 氣體放射性物質은 敷地內 한 地點의 地表面에서 放出된다.
- 이 假想 放出地點에서 敷地境界線까지의 距離는 어느 方向으로도 700 m이다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

- 放出建物の 높이를 50 m로 하여 建物渦流効果を 고려한다.

本 計算에는 靈光 1, 2 號機 原子力發電所の 氣象觀測所에서 15 分 單位로 地上 10 m에서 測定한 '82 年 12 月부터 '85 年 11 月까지의 氣象資料를 使用한다. 大氣擴散中 放射能 崩壊와 沈積에 의한 減少 効果を 考慮하기 위하여 X/Q 는 두가지 모두 무시한 경우, 放射能 崩壊만을 考慮한 경우, 두가지 모두 考慮한 경우로 區分하여 計算한다. 所外에서 最大의 X/Q , D/Q 값을 갖는 지점은 南南東 方向의 敷地境界線으로 X/Q 값은 上記 3 경우에 대하여 各各 4.49×10^{-6} , 4.48×10^{-6} , $4.13 \times 10^{-6} \text{sec}/m^2$ 이고 D/Q 값은 $3.76 \times 10^{-8} m^{-2}$ 이다. 80 km 以內 各 小區域에 대한 X/Q , D/Q 값은 表 5. 나 - 1에서 表 5. 나 - 4 까지와 같다.

나) 液體放流物の 流動

正常稼動時 生成되는 液體放射性物質은 液體廢棄物處理系統에서 處理된 後 排水口로 放流되어 循環冷却水에 섞여 黃海로 流入된다. 이때 發生하는 渦流에 의해 冷却水는 짧은 時間 동안에 海水와 混合이 되고, 다시 海流를 따라 海岸에 平行하게 移動하면서 擴散되어간다. 發電所로 부터 80 km 內 海岸線에서의 稀釋因子 (DF: Dilution Factor)는 다음식으로 計算된다.

$$DF = 2 \frac{1}{(X/W) Q_p} \dots\dots\dots (1)$$

$$(X/W) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_y U dY} \int_{-Y}^Y \exp\left(-\frac{y_s^2}{2\sigma_y^2}\right) dy_s \dots\dots (2)$$

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{2 \varepsilon_y x}{U}} \dots\dots\dots (3)$$

여기서, W = 放射性物質의 放出率, Ci/sec

X = 計算地點에서의 放射能濃度, Ci/m³

Q_p = 循環冷却水の 流量, m³ / sec

U = 海流의 速度 (0.35 m/sec)

d = 바다의 平均깊이 (간조시 5.5 m, 만조시 8.5 m)

σ_y = 海岸線에 垂直인 方向으로 放射能濃度の 標準偏差, m

ε_y = 난류확산계수, m²/sec

x = 計算地點까지의 거리, m

2 = 간조시와 만조시 조류방향이 반대가 되는 것을 고려하기 위한 인자

윗식은 미규제지침서 1.113의 Gaussian分布를 가정한 연속점선원 (Continuous Point Source) 모델을 면선원 (Plane Source) 모델로 수정한 것으로, 초기 면선원의 크기는 연직방향의 길이가 바다의 깊이와 동일하다고 가정하고 바다쪽으로 海岸線에 垂直인 方向의 길이 Y는 다음 식으로 計算한다.

$$Y = \frac{Q_p}{dU} \dots\dots\dots (4)$$

여기서 d는 바다의 깊이 (m)를 의미한다.

海洋研究所가 실시한 染料實驗에서 난류확산계수 ε_y는 간조시 100에서 6,500cm²/sec, 만조시 930에서 4,200 cm²/sec로 測定되었다.

本 計算에는 이의 중간값인 간조시 3,300 cm²/sec, 만조시 2,500cm²/sec를

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

使用한다.

黃海에서 조류의 속도는 30cm/sec 에서 40cm/sec 程度이며, 方向은 만조시 北北東, 간조시 南南西로 海岸線과 平行하다. 간만의 차이는 約 6m 程度로 간조시 平均 水深은 約 5.5m , 만조시 平均 水深은 約 8.5m 이다. 간만의 차이가 크고 潮流의 方向이 반대이므로 北쪽海岸과 南쪽海岸에 대하여 獨立的으로 計算한다. 靈光 1,2 및 3,4의 4個 號機를 同時 稼動할 때 敷地로 부터 80km 內 主要 海水욕장, 漁場에서의 稀釋因子는 表 5.나-5와 같다. 稀釋因子는 海水의 溫度를 測定함으로써 다음과 같이 計算할 수도 있다.

$$DF = 2 \cdot \frac{\Delta T_o}{\Delta T_p} \dots\dots\dots (5)$$

여기서, ΔT_o = 海水와 循環冷却水의 溫度差 (8.2°C)

ΔT_p = 循環冷却水에 의한 海水의 溫度上昇

“가”節에 記述된 溫排水 影響分析 結果에 따르면 만조시 排水口로 부터 北쪽 海岸으로 900m 地點에서, 간조시 南쪽 海岸으로 $1,100\text{m}$ 地點에서 1°C 의 溫度上昇이 發生한다. 즉, 이 地點에서 稀釋因子값을 式으로 計算하면 16.4가 된다. 面선원모델로 計算한 값은 北東쪽 900m 에서 4.2, 南西쪽 $1,100\text{m}$ 에서 4.1로, 面선원모델이 約 4배정도 보수적임을 알 수 있다.

沈澱物內의 放射能濃도와 이의 침적으로 인한 海邊, 海저에서의 표면 放射能濃度는 미규제지침서 1.109의 모델을 그대로 적용하여 계산한다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

다) 放射性 核種別 濃度 分布

本 項에서는 가) 項과 나) 項에서 計算된 大氣擴散因子, 地表面 침적인자, 稀釋因子를 利用하여 4 개 號機를 同時に 稼動할때 氣體放出物에 의한 大氣, 地表面, 農作物內의 放射能濃도와 液體 流出物에 의한 海洋에서의 放射能濃도를 算出한다. 또한, 算出된 大氣 및 水中 放射能濃도를 과기처 고시 제 84-2 號 最大許容濃도와 比較한다.

大氣, 地表面 및 農作物內의 放射能濃도는 X/Q 및 D/Q 값이 가장 큰 南南東 方向의 敷地境界線에 대하여 計算한다. 大氣中 放射能濃도의 計算式은 다음과 같다.

$$CA_i = 3.17 \times 10^4 (X/Q) Q_i \exp(-\lambda_i t_p) \dots\dots\dots (6)$$

여기서, CA_i = 放射性核種 i 의 大氣中 放射能濃度 (pCi/m^3)

(X/Q) = 大氣擴散因子 (sec/m^2)

Q_i = 放射性核種 i 의 年間放出量 ($Ci/year$)

λ_i = 放射性核種 i 의 崩壞常數 (hr^{-1})

t_p = 放出地點에서 計算地點까지의 도달시간 (hr)

3.17×10^4 = 單位換산인자 ($(pCi/Ci)/(sec/year)$)

X/Q 는 불활성기체, 炭素, 水素, 비원소형 오오드일 경우 地表面 침적을 고려하지 않은 값을, 이외의 경우에는 침적을 고려한 값을 使用한다.

地表面에서의 放射能濃度は 다음 式을 利用한다.

$$CG_i = 1.14 \times 10^8 (D/Q) Q_i \frac{1 - \exp(-\lambda_i t_b)}{\lambda_i} \exp(-\lambda_i t_b) \dots\dots\dots (7)$$

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

여기서, CG_i = 放射性核種 i 의 地表面 放射能濃度 (pCi/m^2)

D/Q = 地表面 침적인자 (m^{-2})

t_b = 發電所 壽命의 切半 (hr)

1.14×10^8 = 단위 환산인자 ($(pCi/Ci)/(hr/year)$)

發電所 壽命은 30 年으로 가정한다. 불활성기체, 炭素, 水素, 비원소형 오염도는 여기서 고려되지 않는다.

農作物內에서의 放射能濃度는 다음과 같이 計算한다.

$$CV_i = 1.14 \times 10^8 \left[\frac{r \{1 - \exp(-(\lambda_w + \lambda_i) t_e)\}}{Y_v (\lambda_w + \lambda_i)} + \frac{B_{iv} \{1 - \exp(-\lambda_i t_b)\}}{p \lambda_i} \right]$$

$$\cdot (D/Q) Q_i \exp(-\lambda_i t_p) \dots\dots\dots (8)$$

여기서, CV_i = 放射性核種 i 의 農作物內 濃度 (pCi/kg)

r = 放射性物質이 植物위로 침적되는 比率

Y_v = 單位面積當 農作物 生産量 (kg/m^2)

λ_w = 氣象에 의한 除去常數 (hr^{-1})

t_e = 農作物의 성장기간 (hr)

B_{iv} = 土壤과 植物內의 放射能濃度 比

p = 土壤의 表面密度 (kg/m^2)

r , λ_w , p , B_{iv} 의 값은 미규제지침서 1.109의 값을 그대로 使用하였으며 Y_v 와 t_e 는 부지주변의 벼에 대한 값인 $2.55 kg/m^2$ 과 90일로 가정하였다. 炭素와 水素의 경우에는 윗식을 사용하지 않고 다음과 같이 計算한다.

$$CV_c = 3.17 \times 10^7 (0.11/0.16) (X/Q) Q_c \dots\dots\dots (9)$$

$$CV_H = 3.17 \times 10^7 (0.75) (0.5/H) (X/Q) Q_H \dots\dots\dots (10)$$

여기서, CV_c = C-14의 農作物內 濃度 (pCi/kg)

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

$CV_H = H - 3$ 의 農作物內 濃度 (pCi/kg)

H = 農作物 成長期間동안 大氣중 절대습도 (g/m^3)

0.11 = 農作物內에서 炭素가 차지하는 比率

0.16 = 大氣中 炭素의 質量濃度 (g/m^3)

0.75 = 農作物內에서 水分이 차지하는 比率

0.5 = 大氣中 $H - 3$ 의 濃도와 農作物內 水分에 함유된
 $H - 3$ 濃度の 比

3.17×10^7 = 단위 환산인자 ($(pCi/Ci) (g/kg) / (sec/year)$)

불활성기체와 비원소형 放射性 요오드는 植物內의 放射能濃度 計算에
 包含되지 않는다.

3 章마節의 선원평가시에는 요오드를 원소형과 비원소형으로 區分하
 지 않고 있지만 여기서는 미규제지침서 1.109 의 가정대로 各 50 %
 씩 放出되는 것으로 하여 計算한다.

靈光에 建設될 3, 4 號機를 포함한 4 個號機의 氣體放出物에 의한 周
 邊環境에서의 最大 放射能濃度は 表 5. 나- 6 과 같다.

水中 放射能濃度は 循環冷却水가 海洋으로 流入되는 地點에 대하여
 다음과 같이 計算한다.

$$X_i = 3.17 \times 10^4 \frac{W_i R_i}{DF_o Q_p} \exp(-\lambda_i t_p) \dots\dots\dots (11)$$

$$R_i = \left[1 - \frac{\exp(-\lambda_i t_c)}{DF_i} \right]^{-1} \dots\dots\dots (12)$$

여기서, X_i = 放射性核種 i 의 水中 放射能濃度 (pCi/m^3)

W_i = 放射性核種 i 의 年間 放流量 ($Ci/year$)

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

Q_p = 循環冷却水 放出率 (m^3/sec)

R_i = 再蓄積因子 (Reconcentration factor)

DF_o = 循環冷却水가 海洋에 流入되는 地點에서의 稀釋因子

DF_I = 循環冷却水 取水地點에서의 稀釋因子

t_p = 液體放流物이 海洋에 流入될때까지 걸리는 時間

t_c = 放流된 放射能物質이 다시 海水와 함께 取水되어
冷却수로 使用된 後 再放流될 때까지 걸리는 時間
(4.5 hour)

DF_o 는 보수적으로 2.0으로 가정하였으며 DF_I 는 나)項에서 計算된 값 6.56을 使用한다. 윗식으로 計算된 放射性核種別 再蓄積因子, 水中 放射能濃度 그리고 最大許容濃度와의 比率은 表 5. 나 - 7과 같다.

3) 生物相에 대한 被曝 放射線量率 計算

1) 項에 記述된 生物에 대한 被曝經路中 液體放流物에 關聯된 經路를 통한 被曝은 WASH-1258, Vol.2 App.F의 모델을 電算化한 電算프로그램 'LADTAP-II'를 使用하여 計算한다. 各 生物들의 生活習慣, 먹이, 生活반경 등 計算에 必要한 數値는 WASH-1258의 추천값들을 그대로 適用한다. 氣體放出物에 의한 被曝經路中 유일하게 고려되는 放射能雲經路를 통한 被曝은 人間的 경우와 같다. 計算 結果는 表 5. 나 - 8과 같다. 가장 많은 被曝을 받는 生物인 軟體類와 甲殼類에 있어서도 外部被曝이 0.32 mrad/year , 内部被曝이 1.31 mrad/year 로써 무시할 만하다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

4) 人間에 對한 被曝 放射線量率 計算

人間에 對한 放射線量은 미규제 지침서 1.109의 모델을 電算化한 프로그램 'LADTAP-II'와 'GASPAR'를 使用하여 計算한다. 이 모델의 基本式은 다음과 같다.

$$R_{ipj} = C_{ip} U_p DF_{ipj} \dots\dots\dots (13)$$

여기서, R_{ipj} = 放射性核種 i 가 被曝經路 p 를 통하여 장기 j 에 미치는 연간 放射線量

C_{ip} = 被曝經路 p 에 해당하는 매체내의 放射性核種 i 의 濃度

U_p = 被曝經路 p 에 해당하는 매체의 利用率

DF_{ipj} = 線量因子 (單位濃度の 매체를 單位量 利用하였을때 받는 放射線量)

C_{ip} 는 周邊環境의 放射能濃度나 飲食物內의 放射能濃度を 의미하는 것으로 2)의다)項에서 記述한 方法으로 計算된다. U_p 는 海邊活動, 海水浴, 海上活動과 같이 汚染된 環境에 露出되는 時間, 또는 飲食物 攝取量을 의미하는 것으로 表 5. 나-9과 表 5. 나-10에 各各 靈光敷地에서 住民들의 平均값과 最大값이 提示되어 있다. 放射線量の 計算은 敷地 周邊住民중 生活習慣, 飲食物攝取量, 居住地點등 여러條件이 放射能 被曝을 가장 많이 받도록 가정된 가상개인 (최대개인)에 對한 個人 被曝線量과 80 km以內의 全體 住民이 받는 大衆집단선량으로 구분하여 遂行한다.

個人被曝線量은 C_{ip} 가 가장 큰 地點에서 最大個人的 U_p 값을 使用하여 計算하며, 大衆집적선량은 80 km以內의 地域을 여러 小區域으로 분할하여 各 小區域別 C_{ip} 를 計算한 後 平均 U_p 값을 使用하여 算出한다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

U_p 와 DF_{ipj} 는 年齡에 따라 變하는 값으로 이를 고려하기 위하여 住民을 幼兒(1歲未滿), 小兒(11歲未滿), 十代(17歲未滿), 成人(17歲以上)으로 區分한다. 本 計算에 고려되는 장기는 靚心, 소화기, 골수, 간장, 신장, 갑상선, 폐, 피부로 外部被曝에 의해 靚心선량을 받을 경우 靚心뿐 아니라 其他 장기의 선량값에도 동일하게 합산된다.

本 計算에 使用된 敷地 特性資料는 表 5. 나 - 11에 提示되어 있으며, 선량인자를 비롯하여 其他 計算因子들은 美 規制指針書 1.109의 추천값을 따른다.

가) 氣體經路를 통한 被曝線量率

氣體經路를 통한 個人被曝線량은 放射線濃도가 最大가 되는 南南東 方向 敷地境界線에 最大個人이 居住하고 있다는 가정하에 計算된다. 이 地點에서의 靚마선에 의한 年間 공기선량은 0.59 mard, 베타선에 의한 것은 1.32 mrad이며 靈光 3, 4號機中 1個號機 가동시 年齡群別 最大個人에 對한 장기별, 被曝經路別 年間 被曝線량은 表 5. 나 - 12와 같다.

대중집 단선량의 計算을 위하여 80 km內的 地域을 10個의 거리별 (1.6, 3.2, 4.8, 6.4, 8.0, 16, 32, 48, 64, 80 km) 동심원과 16個의 방위별 (N, NNE, NE,) 직선을 利用하여 160個의 小區域으로 區分하고, 2) 의가) 項에서 計算한 各 小區域別 大氣擴散因子 및 地表面 침적인자를 利用 各 小區域別 放射能濃度 C_{ip}^d 를 計算한다.

放射能雲, 地表面, 呼吸 被曝經路의 경우에는 다음과 같이 대중집 단선량 D_{pj} 를 구한다.

$$D_{pj} = \sum_d p_d \sum_i C_{ip}^d U_p DF_{ipj} \dots\dots\dots (14)$$

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

또한, 農作物, 우유, 肉類 被曝經路의 경우는 各 小區域別 生産量을 加重値로 하여 C_{ip}^d 를 平均함으로써 80 km 內 總 生産物의 平均 放射能濃度 \bar{C}_{ip} 를 구한 후 다음과 같이 計算한다.

$$D_{pj} = P_{80} \bar{C}_{ip} U_p DF_{ipj} \dots\dots\dots (15)$$

여기서 P_d 는 各 小區域別 住民數를, P_{80} 은 80 km 內 住民數와 80 km 內 總 生産物의 消費에 必要한 最小人口數中 작은 값을 의미 한다. 各 小區域別 人口分布와 우유, 肉類, 農作物의 生産量은 2章에서 計算한 값을 使用한다. 이상과 같이 算出된 대중집단선량은 表 5. 나 - 13 과 같다.

나) 液體經路를 통한 被曝線量率

液體經路를 통하여 最大의 被曝을 받을 것으로 豫想되는 사람은 液體流出物 放流地點에서 南쪽으로 約 4 km 떨어진 가마미에서 漁業에 종사하는 住民이다. 그러나 보수적으로 魚類, 無脊椎動物, 海藻類의 攝取被曝經路에 있어서는 冷却水 放流地點에서의 放射能濃度を 適用하고 海上活動, 海邊活動, 海水浴 被曝經路의 경우에만 가마미 海岸에서의 放射能濃度を 使用하여 個人被曝線量を 計算한다. 計算된 個人被曝線量を 被曝經路別 장기별로 區分하여 表 5. 나 - 14 에 提示하였다.

氣體經路와는 달리 液體經路에 있어서 대중집단선량 計算을 위한 小區域의 分割은 被曝經路別로 다르다. 水産物攝取와 海上活動의 經路에 있어서는 各 漁場別로 區分하고 海邊活動의 經路에 대해서는 各 海水浴場과 鹽田別로, 海水浴 經路에 대해서는 各 海水浴場別로 區分한다.

2) 의 나) 項에서 計算한 稀釋因子를 使用하여 被曝經路別로 區分된 小區域에서의 매체내 放射能濃度 C_{ip}^d 를 구하고, 海上活動, 海邊活動, 海水浴

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

에 의한 외부被曝經路인 경우에는 各 小區域別로 住民들의 總 消費時間을 利用率 U_p^d 로 하여 다음과 같이 대중집단선량을 計算한다.

$$D_{pj} = \sum_d C_{ip}^d U_p^d DF_{ipj} \dots\dots\dots (16)$$

魚類, 無脊椎動物, 海藻類의 攝取被曝經路인 경우에는 流通時間 및 流通過程의 차이를 反映하기 위하여 各 現地自給과 委託販買로 區分하여 計算한다. 現地自給은 現地에서 消費되는 것이며 委託販買는 水協을 통하여 全國적으로 流通되는 것을 말한다. 現地自給인 경우 氣體經路의 飲食物 攝取經路和 마찬가지로 各 小區域別 生産量を 가중치로 하여 水産物內의 放射能 平均濃度 \bar{C}_{ip} 를 計算하여 다음식에 의해 計算한다.

$$D_{pj} = \bar{C}_{ip} \cdot U_p \cdot DF_{ipj} \dots\dots\dots (17)$$

여기서 U_p 는 80 km內에서 生産되어 現地 消費되는 水産物の 總量을 의미한다.

委託販買의 경우 平均濃度 C_{ip} 를 國內 總 委託販買量에 대하여 구한 다음 다음과 같이 계산한다.

$$D_{pj} = P_{80} \cdot C_{ip} U_p DF_{ipj} \dots\dots\dots (18)$$

여기서 U_p 는 平均個人的 攝取量이고 P_{80} 은 80 km內의 總 住民數를 뜻한다. 表 5. 나 - 5에 稀釋因子와 함께 제시된 各 小區域別 水産物 生産량과 年間 住民生活時間으로 計算된 대중집단선량은 表 5. 나 - 15와 같다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

다) 發電所 施設로부터의 直接被曝 線量

發電所 施設로부터 放射되는 감마선이 隣近住民 被曝의 原因이 될 수 있다. 그러나, 靈光敷地는 야산으로 둘러 싸여 發電所施設로 부터 直接 被曝되는 地域은 極히 制限되어 있으므로, 여기서는 敷地境界線에서의 最大個人線量만을 計算하고 80 km 內的 住民直接線량은 무시한다.

發電所는 建物外部에서의 最大線量率이 0.5mrem/hr 이하가 되도록 設計되어 있다. 本 計算에서는 發電所施設로 부터 放射되는 감마선의 에너지를 1 MeV 로 가정한다. 또한 敷地境界線은 發電所 施設로부터 충분히 이격되어 있으므로 등방 점선원을 가정하여 다음과 같이 計算한다.

$$D = 0.5 \times 8,760 \times S_F \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right)^2 \left(\frac{B(\mu(R_1 + R_2))}{B(\mu R_1)} \right) e^{-\mu R_2} \dots\dots (19)$$

여기서, S_F = 建物에 의한 방호인자 (0.7)

R_1 = 發電所施設의 반경 (100 m)

R_2 = 建物外部에서 敷地境界線까지의 거리 (700 m)

μ = 감쇄계수 (attenuation factor, m^{-1})

8760 = 단위 환산인자 (hr/yr)

B 는 누적계수 (Buildup factor)로써 Berger 식을 利用, 다음과 같이 計算한다.

$$B(\mu r) = 1 + C\mu r \exp(D\mu r) \dots\dots\dots (20)$$

여기서, C 와 D 는 에너지의 함수로써 1 MeV 일 경우 각각 1.1571,

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

0.05749 의 값을 갖는다. 1 Mev 감마선의 공기중 감쇄계수 μ 는 0.00847 m^{-1} 이다.

위와같이 計算하면 發電所建物로 부터 700 m 떨어진 敷地境界線에서의 線量率은 0.2 mrem/yr 가 된다.

5) 年間被曝線量の 要約

가) 個人被曝線量の 要約

10 CFR 50, 부록 I 의 합리적 최소도달(ALARA)被曝線量 制限値와 靈光 3,4 號機中 1 個號機 稼動으로 인한 個人被曝線量を 비교하면 表 5. 나 - 16 과 같다. 이 表에서 보는 바와 같이 氣體放出物에 의한 被曝은 制限値의 5 %에서 78 %, 液體放流物에 의한 被曝은 0.1 % 에서 0.4 % 以內에서 規制値를 만족하고 있음을 알 수 있다.

本 評價에서 氣體放出物에서 가장 큰 影響을 미치는 核種은 I-131 으로 農作物 攝取 被曝經路를 통하여 小兒의 감상선이 가장 많은 被曝을 받는 것으로 드러났다. 또한 液體放流物에서 가장 큰 影響을 미치는 核種도 I - 131 로써 海藻類 攝取 被曝經路를 통하여 小兒의 감상선이 가장 많은 被曝을 받는 것으로 나타났다. 그리고 靈光 1,2 및 3,4 號機의 同時 稼動으로 인하여 發電所 주변 個人이 年間 받는 總被曝線量은 表 5. 나 - 17 에 要約되어 있으며, 同一敷地내의 모든 原子力施設로부터 施設 주변의 個人이 받는 年間 總 被曝線量에 대한 美 規制法인 40 CFR 190 에서 제시하고 있는 線量制限値와 計算結果는 比較가치로 表 5. 나 - 17 에서 比較되어진다. 이 表에서 알 수 있듯이 計算 結果値는 制限値의 22 %에서 86 % 以內에서 規制値를 만족하고 있다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

한편, 靈光 1,2 號機는 현재稼動中이며 1986 年 靈光 1 號機의 실제放射線廢棄物 放出量으로부터 計算된 年間 住民全身線量은 放射性氣體에 대하여 0.0075 mrem, 放射性 液體에 대하여는 0.0039 mrem으로 評價되었으며 (1986 년도 원자력발전소 방사선관리 년보, 한국전력공사), 最終安全性 分析報告書에 記述된 年間 豫想 放出量으로부터 計算된 住民線量은 表 5. 나 - 17 에 이미 제시되었다. 두 計算結果를 比較하면 放射性氣體의 경우 實際 放出量에 의한 計算 結果値는 豫想 放出量에 의한 結果値의 0.54 %, 放射性 液體의 경우는 13.2 %에 불과함을 알 수 있다.

나) 大衆集團線量の 要約

靈光 3, 4 號機中 1 個號機 稼動으로 인한 大衆集團線量은 表 5. 나 - 13 과 表 5. 나 - 15 에서 알 수 있듯이 氣體放出物의 경우 全身線量이 5.73 man-rem/yr, 갑상선線量이 5.67 thyroid-rem/yr 이며 液體放出流의 경우에는 全身에 대하여 1.58 man-rem/yr, 갑상선에 대해서는 46.6 thyroid-rem/yr 이다.

그리고, 靈光 1, 2 및 3, 4 號機의 同時 稼動으로 인한 大衆集團線量은 氣體放出物의 경우 全身線量이 11.61 man-rem/yr (靈光 1, 2 號機 4.87, 靈光 3, 4 號機 6.74), 갑상선線量이 17.26 thyroid-rem/yr (영광 1, 2 號機 5.76, 靈光 3, 4 號機 11.50)이며 液體放流物의 경우에는 全身에 대하여 7.03 man-rem/yr (靈光 1, 2 號機 3.87, 靈光 3, 4 號機 3.16), 갑상선에 대해서는 449.2 thyroid-rem/yr (靈光 1, 2 號機 356.0, 靈光 3, 4 號機 93.2)이다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

大衆集團線量에 대한 規定된 制限値가 없으므로, 여기서는 自然放射能에 의한 선량과 비교함으로써 상대적으로 評價하기로 한다. 靈光敷地 周邊에서 自然放射能에 의한 平均 全身線量은 約 142.3 mrem/yr 로써 80 km 內 全體 住民(2035 年 추정인구 4,645,840 명)이 받는 全身集團線量은 $6.61 \times 10^5 \text{ man-rem/yr}$ 로 發電所 稼動으로 인한 線量과는 比較할 수 없을 만큼 큰 값이다.

結論적으로 靈光 1, 2 및 3, 4 號機의 同時 稼動으로 인한 放射能影響은 計算結果와 計算모델의 保守性を 고려할 때 전혀 問題가 되지 않을 것으로 判斷된다.



表 5. 나 - 1 방사능崩壊 및 沈積을 무시한 $X/Q(\text{sec}/m^2)$

방향	거리 (km)	0.7 - 1.6	1.6 - 3.2	3.2 - 4.8	4.8 - 6.4	6.4 - 8.0	8.0 - 16	16 - 32	32 - 48	48 - 64	64 - 80						
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
		4.839E-07	1.681E-07	7.820E-08	4.825E-08	3.380E-08	1.699E-08	6.640E-09	3.347E-09	2.158E-09	1.561E-09						
		1.109E-06	3.903E-07	1.818E-07	1.119E-07	7.825E-08	3.912E-08	1.513E-08	7.548E-09	4.833E-09	3.477E-09						
		1.255E-06	4.422E-07	2.507E-07	1.264E-07	8.826E-08	4.401E-08	1.695E-08	8.436E-09	5.393E-09	3.875E-09						
		5.913E-07	2.063E-07	9.543E-08	5.856E-08	4.084E-08	2.035E-08	7.841E-09	3.912E-09	2.507E-09	1.805E-09						
		4.842E-07	1.673E-07	7.684E-08	4.691E-08	3.261E-08	1.618E-08	6.208E-09	3.098E-09	1.987E-09	1.432E-09						
		7.518E-07	2.616E-07	1.195E-07	7.252E-08	5.017E-08	2.467E-08	9.531E-09	4.604E-09	2.932E-09	2.102E-09						
		1.984E-06	6.985E-07	3.201E-07	1.942E-07	1.343E-07	6.584E-08	2.471E-08	1.205E-08	7.614E-09	5.425E-09						
		2.059E-06	7.288E-07	3.320E-07	2.000E-07	1.375E-07	6.660E-08	2.448E-08	1.174E-08	7.334E-09	5.182E-09						
		1.027E-06	3.558E-07	1.612E-07	9.720E-08	6.692E-08	3.262E-08	1.218E-08	5.948E-09	3.765E-09	2.688E-09						
		1.297E-06	4.511E-07	2.035E-07	1.220E-07	8.369E-08	4.047E-08	1.492E-08	7.223E-09	4.548E-09	3.233E-09						
		1.862E-06	6.462E-07	2.964E-07	1.806E-07	1.253E-07	6.203E-08	2.370E-08	1.178E-08	7.531E-09	5.415E-09						
		1.865E-06	6.633E-07	3.127E-07	1.940E-07	1.563E-07	6.869E-08	2.683E-08	1.347E-08	8.653E-09	6.239E-09						
		1.477E-06	5.196E-07	2.476E-07	1.554E-07	1.102E-07	5.641E-08	2.257E-08	1.153E-08	7.488E-09	5.441E-09						
		1.904E-06	6.738E-07	3.190E-07	1.986E-07	1.400E-07	7.092E-08	2.796E-08	1.415E-08	9.129E-09	6.605E-09						
		1.325E-06	4.545E-07	2.080E-07	1.267E-07	8.803E-08	4.370E-08	1.682E-08	8.429E-09	5.423E-09	3.917E-09						
		6.056E-07	2.097E-07	9.628E-08	5.872E-08	4.031E-08	2.024E-08	7.759E-09	3.867E-09	2.478E-09	1.784E-09						

表 5. 나 - 2 放射能崩壊 (반감기 2.26 일) 만을 고려한 X/Q (sec/ m^3)

방향 거리 (km)	0.7 - 1.6	1.6 - 3.2	3.2 - 4.8	4.8 - 6.4	6.4 - 8.0	8.0 - 16	16 - 32	32 - 48	48 - 64	64 - 80
N	4.797E-07	1.652E-07	7.592E-08	4.628E-08	3.204E-08	1.561E-08	5.668E-09	2.618E-09	1.572E-09	1.071E-09
NNE	1.099E-06	3.835E-07	1.765E-07	1.074E-07	7.420E-08	3.599E-08	1.296E-08	5.942E-09	3.553E-09	2.413E-09
NE	1.244E-06	4.347E-07	1.998E-07	1.213E-07	8.374E-08	4.052E-08	1.454E-08	6.642E-09	3.962E-09	2.685E-09
ENE	5.845E-07	2.016E-07	9.174E-08	5.539E-08	3.802E-08	1.817E-08	6.333E-09	2.803E-09	1.630E-09	1.081E-09
E	4.780E-07	1.630E-07	7.347E-08	4.403E-08	3.005E-08	1.420E-08	4.853E-09	2.104E-09	1.204E-09	7.883E-10
ESE	7.431E-07	2.556E-07	1.148E-07	6.851E-08	4.662E-08	2.196E-08	7.493E-09	3.268E-09	1.884E-09	1.242E-09
SE	1.968E-06	6.877E-07	3.117E-07	1.871E-07	1.279E-07	6.088E-08	2.138E-08	9.602E-09	5.668E-09	3.812E-09
SSE	2.047E-06	7.203E-07	3.255E-07	1.944E-07	1.326E-07	6.289E-08	2.199E-08	9.917E-09	5.889E-09	3.984E-09
S	1.020E-06	3.505E-07	1.571E-07	9.368E-08	6.380E-08	3.021E-08	1.051E-08	4.712E-09	2.780E-09	1.869E-09
SSW	1.287E-06	4.439E-07	1.979E-07	1.174E-07	7.963E-08	5.743E-08	1.289E-08	5.749E-09	3.387E-09	2.274E-09
SW	1.846E-06	6.350E-07	2.877E-07	1.732E-07	1.188E-07	5.700E-08	2.024E-08	9.207E-09	5.479E-09	3.706E-09
WSW	1.848E-06	6.510E-07	3.029E-07	1.856E-07	1.288E-07	6.284E-08	2.276E-08	1.045E-08	6.239E-09	4.229E-09
W	1.463E-06	5.099E-07	2.599E-07	1.487E-07	1.041E-07	5.157E-08	1.912E-08	8.924E-09	5.386E-09	3.680E-09
WNW	1.885E-06	6.604E-07	3.084E-07	1.894E-07	1.317E-07	6.447E-08	2.346E-08	1.080E-08	6.459E-09	4.384E-09
NW	1.312E-06	4.461E-07	2.013E-07	1.211E-07	8.300E-08	3.980E-08	1.412E-08	6.423E-09	3.824E-09	2.588E-09
NNW	6.000E-07	2.058E-07	9.320E-08	5.614E-08	3.852E-08	1.849E-08	6.560E-09	2.983E-09	1.776E-09	1.202E-09

表 5. 나 - 3 放射能崩壊(반감기 8 일) 및 沈積을 모두 고려한 $X/Q(\text{sec}/\text{ml})$

거리 방향 (km)	0.7 - 1.6	1.6 - 3.2	3.2 - 4.8	4.8 - 6.4	6.4 - 8.0	8.0 - 16	16 - 32	32 - 48	48 - 64	64-80
N	4.524E-07	1.428E-07	6.294E-08	3.724E-08	2.518E-08	1.177E-08	3.972E-09	1.709E-09	9.718E-10	6.303E-10
NNE	9.905E-07	3.315E-07	1.464E-07	8.640E-08	5.829E-08	2.712E-08	9.063E-09	3.864E-09	2.184E-09	1.410E-09
NE	1.121E-06	3.756E-07	1.656E-07	9.760E-08	6.576E-08	3.052E-08	1.016E-08	4.319E-09	2.436E-09	1.571E-09
ENE	5.279E-07	1.749E-07	7.659E-08	4.502E-08	3.027E-08	1.588E-08	4.613E-09	1.941E-09	1.084E-09	6.923E-10
E	4.322E-07	1.417E-07	6.158E-08	3.599E-08	2.410E-08	1.106E-08	3.616E-09	1.511E-09	8.391E-10	5.329E-10
ESE	6.711E-07	2.219E-07	9.592E-08	5.573E-08	3.716E-08	1.694E-08	5.481E-09	2.277E-09	1.263E-09	8.020E-10
SE	1.773E-06	5.936E-07	2.579E-07	1.501E-07	1.002E-07	4.575E-08	1.486E-08	6.197E-09	3.457E-09	2.211E-09
SSE	1.841E-06	6.201E-07	2.680E-07	1.550E-07	1.029E-07	4.657E-08	1.491E-08	6.162E-09	3.426E-09	2.190E-09
S	9.182E-07	3.024E-07	1.299E-07	7.514E-08	4.983E-08	2.267E-08	7.319E-09	3.052E-09	1.704E-09	1.091E-09
SSW	1.159E-06	3.834E-07	1.639E-07	9.429E-08	6.242E-08	2.813E-08	8.973E-09	3.716E-09	2.068E-09	1.322E-09
SW	1.664E-06	5.489E-07	2.386E-07	1.394E-07	9.537E-08	4.500E-08	1.419E-08	6.018E-09	3.594E-09	2.189E-09
WSW	1.666E-06	5.631E-07	2.515E-07	1.496E-07	1.015E-07	4.752E-08	1.603E-8	6.863E-09	3.885E-09	2.511E-09
W	1.520E-06	4.411E-07	1.992E-07	1.199E-07	8.200E-08	3.900E-08	1.347E-08	5.869E-09	3.556E-09	2.185E-09
WNW	1.701E-06	5.717E-07	2.564E-07	1.530E-07	1.040E-07	4.897E-08	1.664E-08	7.166E-09	4.069E-09	2.635E-09
NW	1.184E-06	3.859E-07	1.673E-07	9.771E-08	6.547E-08	3.020E-08	1.001E-08	4.267E-09	2.413E-09	1.559E-09
NNW	5.410E-07	1.781E-07	7.741E-08	4.528E-08	3.036E-08	1.400E-08	4.630E-09	1.966E-09	1.110E-09	7.157E-10

表5. 나-4 地表面 沈積因子 ($D/Q, m^{-2}$)

방향 거리 (km)	0.7 - 1.6	1.6 - 3.2	3.2 - 4.8	4.8 - 6.4	6.4 - 8.0	8.0 - 16	16 - 32	32 - 48	48 - 64	64 - 80
N	2.780E-09	8.590E-10	3.418E-10	1.868E-10	1.187E-10	5.099E-11	1.581E-11	6.267E-12	3.347E-12	2.072E-12
NNE	6.184E-09	1.910E-09	7.602E-10	4.154E-10	2.640E-10	1.134E-10	3.517E-11	1.394E-11	7.444E-12	4.607E-12
NE	6.662E-09	2.058E-09	8.190E-10	4.476E-10	2.845E-10	1.222E-10	3.789E-11	1.502E-11	8.019E-12	4.964E-12
ENE	2.258E-09	6.976E-09	2.776E-10	1.517E-10	9.541E-11	4.141E-11	1.284E-11	5.090E-12	2.718E-12	1.682E-12
E	1.596E-09	4.931E-10	1.962E-10	1.072E-10	6.815E-11	2.927E-11	9.077E-12	3.598E-12	1.921E-12	1.189E-12
ESE	3.277E-09	1.012E-09	4.028E-10	2.201E-10	1.399E-10	6.010E-11	1.864E-11	7.386E-12	3.944E-12	2.441E-12
SE	1.214E-08	3.749E-09	1.492E-09	8.513E-10	5.182E-10	2.226E-10	6.902E-11	2.736E-11	1.461E-11	9.042E-12
SSE	1.602E-08	4.949E-09	1.969E-09	1.076E-09	6.839E-10	2.938E-10	9.110E-11	3.611E-11	1.928E-11	1.193E-11
S	7.000E-09	2.163E-09	8.606E-10	4.703E-10	2.989E-10	1.284E-10	3.981E-11	1.578E-11	8.426E-12	5.215E-12
SSW	7.012E-09	2.166E-09	8.621E-10	4.711E-10	2.994E-10	1.286E-10	3.988E-11	1.581E-11	8.441E-12	5.224E-12
SW	8.453E-09	2.611E-09	1.039E-09	5.679E-10	3.609E-10	1.550E-10	4.807E-11	1.905E-11	1.017E-11	6.298E-12
WSW	6.893E-09	2.130E-09	8.474E-10	4.631E-10	2.943E-10	1.264E-10	3.920E-11	1.554E-11	8.297E-12	5.136E-12
W	5.243E-09	1.620E-09	6.445E-10	3.522E-10	2.239E-10	9.616E-11	2.982E-11	1.182E-11	6.311E-12	3.906E-12
WNW	7.339E-09	2.267E-09	9.022E-10	4.930E-10	3.134E-10	1.346E-10	4.174E-11	1.654E-11	8.834E-12	5.468E-12
NW	8.223E-09	2.540E-09	1.011E-09	5.524E-10	3.511E-10	1.508E-10	4.677E-11	1.854E-11	9.898E-12	6.127E-12
NNW	3.383E-09	1.045E-09	4.159E-10	2.273E-10	1.445E-10	6.205E-11	1.924E-11	7.626E-12	4.073E-12	2.521E-12

表 5. 나 - 5 80 km 內 小區域別 稀釋因子, 水產物生産量 및 住民活動時間

小區域 名 稱	距 離 (km)	稀釋 因 子	魚 類 生 産 量		각각류및연체류(kg)		해조류生産量(kg)		住 民 活 動 時 間(hr)		
			現地自給	委託販賣	現地自給	委託販賣	現地自給	委託販賣	海水浴	海邊活動	海上活動
해 남	77	18.25	7.41E+05	6.21E+04	9.05E+03	5.03E+03	5.46E+06	7.53E+06	-	-	6.40E+05
군 산	69	23.12	4.10E+06	3.92E+07	2.81E+07	1.71E+07	9.10E+04	3.89E+05	7.00E+04	9.11E+05	8.75E+06
김 제	58	21.23	1.54E+05	5.17E+04	1.08E+07	2.17E+05	-	-	-	1.28E+04	6.84E+05
목 포	69	17.30	1.31E+06	4.22E+07	7.93E+06	1.76E+07	2.88E+05	9.85E+05	1.02E+05	2.07E+06	7.58E+06
부 안	31	15.65	1.10E+06	3.41E+06	5.41E+06	2.66E+06	7.00E+04	1.08E+06	3.06E+06	5.24E+06	5.04E+06
신 안	48	14.52	6.06E+06	2.90E+05	3.12E+06	1.01E+06	3.59E+06	2.76E+06	1.40E+05	5.54E+05	6.90E+06
영 광	4	5.14	1.23E+06	7.16E+05	4.95E+05	9.99E+05	3.30E+05	4.69E+05	1.50E+05	2.76E+05	3.73E+06
장 향	70	23.28	1.36E+06	6.80E+06	5.24E+05	2.62E+06	1.08E+05	5.41E+05	-	5.60E+04	1.74E+06
합 평	35	12.49	-	-	-	-	-	-	8.10E+04	1.22E+05	1.22E+06

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

表 5. 나 - 6 氣體放出物에 의한 周邊環境에서의 最大 放射能濃度*

核 種	放 出 量 (Ci/year)	大 氣 中 放射能濃度 ($\mu\text{Ci}/\text{m}^3$)	最 大 許 容 濃 度 ($\mu\text{Ci}/\text{cc}$)	最大許容 濃도와 大氣 中 放射能 濃 度 比	地 表 面 放射能濃度 (PCi/m^2)	農 作 物 放射能濃度 (PCi/kg)
1H 3	1.06E+03	1.51E+02	2.00E-07	7.55E-04	0.	4.21E+03
6C 14	3.06E+01	4.36E+00	1.00E-07	4.36E-05	0.	3.02E+03
18AR 41	8.53E+01	1.09E+01	4.00E-08	2.73E-04	0.	0.
36KR 83M	6.69E+00	8.58E-01	3.00E-08	2.86E-05	0.	0.
36KR 85M	1.45E+02	1.98E+01	1.00E-07	1.98E-04	0.	0.
36KR 85	3.08E+03	4.38E+02	3.00E-07	1.46E-03	0.	0.
36KR 87	5.00E+01	6.12E+00	2.00E-08	3.06E-04	0.	0.
36KR 88	1.98E+02	2.63E+01	2.00E-08	1.32E-03	0.	0.
36KR 89	4.61E-01	1.74E-03	3.00E-08	5.80E-08	0.	0.
54XE131M	2.05E+03	2.92E+02	4.00E-07	7.29E-04	0.	0.
54XE133M	2.33E+02	3.31E+01	3.00E-07	1.10E-04	0.	0.
54XE133	1.01E+04	1.44E+03	3.00E-07	4.79E-03	0.	0.
54XE135M	1.37E+01	9.26E-01	3.00E-08	3.09E-05	0.	0.
54XE135	1.29E+03	1.80E+02	1.00E-07	1.80E-03	0.	0.
54XE137	8.80E-01	6.39E-03	3.00E-08	2.13E-07	0.	0.
54XE138	1.06E+02	6.65E+00	3.00E-08	2.22E-04	0.	0.
35BR 83	1.72E-03	2.08E-04	1.00E-10	2.08E-06	2.35E-02	1.90E-03
35BR 84	9.97E-04	9.07E-05	3.00E-08	3.02E-09	2.27E-03	1.85E-04
35BR 85	1.15E-04	2.62E-07	3.00E-08	8.74E-12	5.91E-07	4.82E-08
53I 130	6.92E-04	9.31E-05	1.00E-10	9.31E-07	2.60E-02	9.84E-03
53I 131	3.77E-01	5.15E-02	1.00E-10	5.15E-04	2.25E+02	5.60E+01
53I 132	3.56E-02	4.47E-03	3.00E-09	1.49E-06	2.33E-01	9.08E-02

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

(繼 續)

核 種	放 出 量 (Ci/year)	大 氣 中 放射能濃度 ($\mu\text{Ci}/\text{m}^3$)	最 大 許容濃度 ($\mu\text{Ci}/\text{cc}$)	最大許容 濃度와 大氣 中 放射能 濃度 比	地 表 面 放射能濃度 (PCi/m^2)	濃 作 物 放射能濃度 (Pci/kg)
53I 133	1.08 E-01	1.46 E-01	4.00 E-10	3.66 E-04	6.89 E+01	2.55 E+01
53I 134	1.78 E-02	1.95 E-03	6.00 E-09	3.25 E-07	3.86 E-02	1.51 E-02
53I 135	6.56 E-02	8.71 E-03	1.00 E-09	8.71 E-06	1.30 E+00	5.00 E-01
24CR 51	4.20 E-04	5.50 E-05	8.00 E-08	6.88 E-10	1.73 E+00	4.54 E-02
25MN 54	1.04 E-03	1.36 E-04	1.00 E-09	1.36 E-07	4.82 E+01	1.67 E-01
26FE 59	3.91 E-04	5.12 E-05	2.00 E-09	2.56 E-08	2.59 E+00	4.84 E-02
27CO 57	3.60 E-05	4.72 E-06	6.00 E-09	7.86 E-10	1.45 E+00	5.59 E-03
27CO 58	4.27 E-03	5.60 E-04	2.00 E-09	2.80 E-07	4.50 E+01	5.81 E-01
27CO 60	1.50 E-03	1.97 E-04	3.00 E-10	6.55 E-07	3.68 E+02	2.55 E-01
38SR 89	6.80 E-04	8.91 E-05	3.00 E-10	2.97 E-07	5.10 E+00	8.69 E-02
38SR 90	2.50 E-04	3.28 E-05	3.00 E-11	1.09 E-06	1.18 E+02	4.86 E-02
40ZR 95	2.00 E-05	2.62 E-06	1.00 E-09	2.62 E-09	1.91 E-01	2.67 E-03
41NB 95	1.26 E-04	1.65 E-05	3.00 E-09	5.50 E-09	6.58 E-01	1.47 E-02
44RU103	7.20 E-05	9.44 E-06	3.00 E-09	3.15 E-09	4.20 E-01	8.73 E-03
44RU106	1.56 E-06	2.04 E-07	2.00 E-10	1.02 E-09	8.53 E-02	2.60 E-04
51SB125	1.22 E-06	1.60 E-07	9.00 E-10	1.78 E-10	1.79 E-01	2.02 E-04
55CS134	9.59 E-04	1.26 E-04	4.00 E-10	3.14 E-07	1.06 E+02	1.56 E-01
55CS136	1.42 E-04	1.86 E-05	6.00 E-09	3.10 E-09	2.76 E-01	1.12 E-02
55CS137	1.66 E-03	2.18 E-04	5.00 E-10	4.35 E-07	7.91 E+02	3.00 E-01
56BA140	8.40 E-06	1.10 E-06	1.00 E-09	1.10 E-09	1.60 E-02	6.54 E-04
58CF141	5.60 E-05	7.34 E-06	5.00 E-09	1.47 E-09	2.70 E-01	6.37 E-03
TOTAL	1.85 E+04	2.61 E+03	-	1.09 E-02	1.79 E+03	7.12 E+03

* 靈光 1,2,3 및 4 號機 同時 稼動時.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

表 5. 나- 7 再蓄積因子 및 液體放流物 流入地點에서의 水中 放射線濃度*

核 種	放 流 量 (Ci / year)	再蓄積因子	水中放射能 濃 度 (PCi / m ³)	最大許容濃度 (μCi / cc)	最大許容濃度 와 水中濃度 의 比
35 BR 83	2.14 E - 04	1.09 E+00	1.35 E - 02	3.00 E - 06	4.50 E - 00
35 BR 84	4.74 E - 04	1.00 E+00	9.97 E - 03	0.	0.
35 BR 85	6.36 E - 08	1.00 E+00	2.47 E - 12	0.	0.
53 I 130	5.55 E - 04	1.25 E+00	5.09 E - 02	3.00 E - 06	1.70 E - 08
53 I 131	1.54 E+00	1.33 E+00	1.58 E+02	3.00 E - 07	5.27 E - 04
53 I 132	5.40 E - 02	1.08 E+00	3.35 E+00	8.00 E - 06	4.19 E - 07
53 I 133	5.34 E - 01	1.28 E+00	5.13 E+01	1.00 E - 06	5.13 E - 05
53 I 134	2.01 E - 02	1.01 E+00	7.14 E - 01	2.00 E - 05	3.57 E - 08
53 I 135	2.15 E - 01	1.20 E+00	1.80 E+01	4.00 E - 06	4.49 E - 06
37 RB 86	4.18 E - 05	1.33 E+00	4.31 E+03	2.00 E - 05	2.16 E - 01
37 RB 88	1.24 E - 03	1.00 E+00	9.37 E - 03	0.	0.
55 CS134	2.19 E - 01	1.33 E+00	2.27 E+01	9.00 E - 06	2.52 E - 06
55 CS136	3.48 E - 02	1.33 E+00	3.58 E - 00	6.00 E - 05	5.97 E - 08
55 CS137	2.64 E - 01	1.33 E+00	2.73 E+11	2.00 E - 05	1.37 E - 06
1 H 3	3.53 E+03	1.33 E+00	3.65 E+05	3.00 E - 03	1.22 E - 04
11 NA 24	5.20 E - 02	1.26 E+00	4.87 E+00	3.00 E - 05	1.62 E - 07
15 P 32	3.60 E - 04	1.33 E+00	3.71 E - 02	2.00 E - 05	1.25 E - 09
24 CR 51	3.24 E - 02	1.33 E+00	3.35 E+00	2.00 E - 03	1.67 E - 09
25 MN 54	2.05 E - 02	1.33 E+00	2.12 E+00	1.00 E - 04	2.12 E - 08
26 FE 55	2.63 E - 02	1.33 E+00	2.72 E+00	8.00 E - 04	3.40 E - 09
26 FE 59	8.66 E - 03	1.33 E+00	8.95 E - 01	5.00 E - 05	1.79 E - 08

* 靈光 1,2,3 및 4 號機 同時 稼動時

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

(繼 續)

核 種	放 流 量 (Ci / year)	再 蓄 積 因 子	水 中 放 射 能 度 (PCi / m ³)	最大許容濃度 (μCi / cc)	最大許容濃度 와 水中濃度 의 比
27 CO 58	9.18 E - 02	1.33E+00	9.49 E+00	9.00 E - 05	1.05 E - 07
27 CO 60	5.56 E - 02	1.33E+00	5.76 E+00	3.00 E - 05	1.92 E - 07
28 NI 63	3.40 E - 03	1.33E+00	3.52 E - 01	3.00 E - 05	1.17 E - 08
30 ZN 65	3.20 E - 03	1.33E+00	3.31 E - 01	1.00 E - 04	3.31 E - 09
38 SR 89	1.89 E - 03	1.33E+00	1.95 E - 01	3.00 E - 06	6.51 E - 08
38 SR 90	1.30 E - 04	1.33E+00	1.35 E - 02	3.00 E - 07	4.49 E - 08
38 SR 91	6.82 E - 04	1.23E+00	6.06 E - 02	5.00 E - 05	1.21 E - 09
39 Y 90	3.29 E - 05	1.31E+00	3.32 E - 03	2.00 E - 05	1.66 E - 10
39 Y 91M	4.00 E - 04	1.01E+00	1.35 E - 02	3.00 E - 03	4.51 E - 12
39 Y 91	4.48 E - 04	1.33E+00	4.63 E - 02	3.00 E - 05	1.54 E - 09
39 Y 93	3.00 E - 03	1.23E+00	2.68 E - 01	3.00 E - 05	8.95 E - 09
40 ZR 95	7.55 E - 03	1.33E+00	7.81 E - 01	6.00 E - 05	1.30 E - 08
41 NB 95	9.72 E - 03	1.33E+00	1.00 E+00	1.00 E - 04	1.00 E - 08
42 MO 99	9.02 E - 02	1.32E+00	9.11 E+00	4.00 E - 05	2.28 E - 07
43 TC 99M	2.28 E - 02	1.19E+00	1.87 E+00	3.00 E - 03	6.24 E - 10
44 RU 103	4.64 E - 02	1.33E+00	4.80 E+00	8.00 E - 05	5.99 E - 08
44 RN 106	5.85 E - 01	1.33E+00	6.05 E+01	1.00 E - 05	6.05 E - 06
47 AG 110M	1.04 E - 02	1.33E+00	1.08 E+00	3.00 E - 05	3.59 E - 08
51 SB 124	8.60 E - 04	1.33E+00	8.89 E - 02	2.00 E - 05	4.45 E - 09
52 TE 125M	7.29 E - 05	1.33E+00	7.54 E - 03	1.00 E - 04	7.54 E - 11
52 TE 127M	7.29 E - 04	1.33E+00	7.54 E - 02	5.00 E - 05	1.51 E - 09
52 TE 127	2.27 E - 04	1.23 E + 00	2.01 E - 02	2.00 E - 04	1.00 E - 10

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

核 種	放 流 量 (Ci / year)	再 蓄 積 因 子	水 中 放 射 能 濃 度 (PCi / m ³)	最大許容濃度 (μCi / cc)	最大許容濃度 와 水中濃度 의 比
52 TE 129M	4.56 E - 03	1.33 E+00	4.71 E - 01	2.00 E - 05	2.36 E - 08
52 TE 129	1.84 E - 03	1.02 E+00	8.04 E - 02	8.00 E - 04	1.01 E - 10
52 TE 131M	3.98 E - 03	1.30 E+00	3.91 E - 01	4.00 E - 05	9.78 E - 09
52 TE 131	6.40 E - 04	1.00 E+00	9.45 E - 03	0.	0.
52 TE 132	3.15 E - 02	1.32 E+00	3.20 E+00	2.00 E - 05	1.60 E - 07
56 BA 140	7.24 E - 02	1.33 E+00	7.46 E+00	2.00 E - 05	3.73 E - 07
57 LA 140	1.08 E - 01	1.30 E+00	1.08 E+01	2.00 E - 05	5.38 E - 07
58 CE 141	1.53 E - 03	1.33 E+00	1.58 E - 01	9.00 E - 05	1.76 E - 09
58 CE 143	6.41 E - 03	1.30 E+00	6.33 E - 01	4.00 E - 05	1.58 E - 08
58 CE 144	4.20 E - 02	1.33 E+00	4.35 E - 00	1.00 E - 05	4.35 E - 07
59 PR 143	1.06 E - 03	1.33 E+00	1.09 E - 01	5.00 E - 05	2.18 E - 09
59 PR 144	2.40 E - 02	1.00 E+00	1.68 E - 01	0.	0.
74 W 187	4.40 E - 03	1.29 E+00	4.27 E - 01	6.00 E - 05	7.11 E - 09
93 NP 239	8.18 E - 03	1.31 E+00	8.23 E - 01	1.00 E - 04	8.23 E - 09
合 計	3.53 E+03		3.66E+05		7.18 E - 04

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

表 5. 나 - 8 生物相에 대한 被曝線量率* (mrad / yr)

種 類	液體 放流物에 의한 被曝線量		氣體 放出物에 의한 被曝線量
	內 部 被 曝	外 部 被 曝	
어 류	3.78 E - 02	1.58 E - 01	-
연체류및갑각류	1.31 E + 00	3.16 E - 01	-
해 조 류	1.99 E + 00	7.01 E - 04	-
죽 제 비	4.73 E - 02	7.89 E - 02	3.06 E - 01
갈 매 기	1.27 E - 01	1.05 E - 01	3.06 E - 01
도 요 새	2.17 E - 01	1.58 E - 01	3.06 E - 01

* 靈光 3 , 4 號機中 1 個號機 稼動時.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

表 5 . 나 - 9 年齡群別 平均人의 年間飲食物 攝取量

種 類	單 位	幼兒 小兒	十 代	成 人
호흡량	m^3/yr	2,900	6,200	6,200
농작물	kg/yr	220	360	330
우 유	l/yr	4.2	4.9	2.7
육 류	kg/yr	3.3	5.4	4.9
어 류	kg/yr	13	22	20
연체류 및 갑각류	kg/yr	3	5	5
해조류	kg/yr	0.5	1	1

表 5 . 나 - 10 年齡群別 最大個人의 年間飲食物 攝取量 및 活動時間

種 類	單 位	幼兒 (0-1)	小兒 (1-11)	十代 (11-17)	成人 (17-)
호흡량	m^3/yr	1,400	2,900	6,200	6,200
농작물 (곡류, 과일류)	kg/yr	-	390	650	690
농작물 (채소류)	kg/yr	-	100	160	170
우 유	l/yr	12	12	10	5
육 류	kg/yr	-	10	17	18
어 류	kg/yr	-	44	72	77
연체류 및 갑각류	kg/yr	-	7	13	13
해조류	kg/yr	-	1.2	2.1	2.2
해변활동	hr/yr	-	120	180	1,600
해수욕	hr/yr	-	18.4	88.2	15.8
해상활동	hr/yr	-	-	-	2,000

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

表 5. 나 - 11 敷地 特性資料

내 용	부 제 특 성 값
대한민국 총 인구수	4.0×10^7
인구구성비	유아 소아 : 0.24 십대 : 0.17 성인 : 0.59
농작물의 성장기간	90 일
목초의 성장기간	30 일
저장사료의 성장기간	90 일
단위면적당 농작물 생산량	$2.55 \text{ kg}/\text{m}^2$
단위면적당 목초의 생산량	$0.75 \text{ kg}/\text{m}^2$
단위면적당 저장사료의 생산량	$2.55 \text{ kg}/\text{m}^2$
저장사료의 저장기간	90 일
채소류의 수확에서 소비까지의 소요시간(개인선량)	100 시간
채소류 이외 농작물(곡류, 과일)의 수확에서 소비까지의 소요시간(개인선량)	60 일
농작물의 수확에서 소비까지의 유통시간(대중선량)	74 일
육우의 도축에서 소비까지의 유통시간(개인, 대중선량)	3 일
농작물 성장기간중 평균 절대습도	$13.58 \text{ g}/\text{m}^3$
국내 어류의 전체 위탁판매량	$1.188 \times 10^9 \text{ kg}/\text{year}$
국내연체류 및 갑각류의 전체 위탁판매량	$4.458 \times 10^8 \text{ kg}/\text{year}$
국내 해조류의 전체 위탁판매량	$2.122 \times 10^8 \text{ kg}/\text{year}$
현지자급 수산물의 수확에서 소비까지의 소요시간(대중, 개인선량)	24 시간
위탁판매 수산물의 수확에서 소비까지의 유통시간(대중선량)	72 시간

表 5. 나-12 氣體放出物에 의한 被曝線量* (mrem/yr)

피폭경로	연령군	전 신	소 화 기	골 수	간 장	신 장	갑 상 선	폐	피 부
방사능운	-	3.06E-01	3.06E-01	3.06E-01	3.06E-01	3.06E-01	3.06E-01	3.18E-01	1.01E+00
지 표 면	-	8.90E-03	8.90E-03	8.90E-03	8.90E-03	8.90E-03	8.90E-03	8.90E-03	1.05E-02
능 작 물	성 인	5.17E+01	4.79E-01	1.93E+00	4.88E-01	4.97E-01	5.82E-00	4.76E-01	4.67E-01
	십 대	6.36E+01	5.95E-01	2.55E+00	6.10E-01	6.22E-01	6.76E-00	5.84E-01	5.83E-01
	소 아	1.05E+00	9.88E-01	4.52E+00	1.02E-00	1.03E-00	1.02E-01	9.82E-01	9.82E-01
육 류	성 인	1.32E-02	1.32E-02	5.77E-02	1.34E-02	1.37E-02	1.61E-01	1.29E-02	1.29E-02
	십 대	1.72E-02	1.71E-02	7.78E-02	1.74E-02	1.78E-02	1.88E-01	1.68E-02	1.68E-02
	소 아	2.91E-02	2.88E-02	1.36E-01	2.94E-02	2.98E-02	2.71E-01	2.86E-02	2.86E-02
우 유	성 인	1.76E-03	1.65E-03	6.43E-03	1.88E-03	2.08E-03	9.54E-02	1.57E-03	1.56E-03
	십 대	4.67E-03	4.38E-03	1.83E-02	5.07E-03	5.61E-03	2.35E-01	4.20E-03	4.19E-03
	소 아	1.54E-03	1.43E-02	6.54E-02	1.63E-02	1.75E-02	6.79E-01	1.41E-02	1.41E-02
호	유 아	3.09E-02	2.88E-02	1.28E-01	3.40E-02	3.46E-02	1.64E+00	2.87E-02	2.86E-02
	성 인	4.53E-02	4.52E-02	2.07E-03	4.60E-02	4.69E-02	3.42E-01	4.50E-02	4.46E-02
	십 대	4.57E-02	4.56E-02	2.52E-03	4.67E-02	4.81E-02	4.25E-01	4.55E-02	4.49E-02
	소 아	4.11E-02	4.05E-02	2.90E-03	4.20E-02	4.32E-02	4.97E-01	4.06E-02	4.02E-02
	유 아	3.03E-02	2.96E-02	2.31E-03	3.16E-02	3.20E-02	5.65E-01	2.99E-02	2.95E-02

* 靈光 3, 4 號機中 1 個號機 稼動時.

表 5. 나 - 13 氣體放出物에 의한 被曝經路別 中等집단선량* (man-rem/yr)

피폭경로	전 신	소화기	갈 수	간 장	신 장	갑상선	폐	피 부
방사능운	8.29E-01	8.29E-01	8.29E-01	8.29E-01	8.29E-01	8.29E-01	9.05E-01	4.89E+00
지 표 면	1.60E-02	1.60E-02	1.60E-02	1.60E-02	1.60E-02	1.60E-02	1.60E-02	1.89E-02
호 흡	3.32E-01	3.31E-01	1.19E-02	3.36E-01	3.42E-01	2.18E+00	3.31E-01	3.29E-01
농 작 물	2.10E+00	2.06E+00	8.52E+00	2.06E+00	2.05E+00	2.13E+00	2.05E+00	2.05E+00
우 유	1.65E-02	1.62E-02	6.95E-02	1.67E-02	1.71E-02	2.05E-01	1.61E-02	1.61E-02
육 류	7.66E-02	7.63E-02	3.50E-01	7.69E-02	7.76E-02	3.92E-01	7.59E+02	7.59E-02
합 계	3.37E-00	3.33E+00	9.80E+01	3.33E+00	3.34E+00	5.75E+00	3.40E+00	7.38E+00

* 靈光 3, 4 號機中 1 個號機 稼動時.

表 5. 나-14 液體放流物에 의한 被曝線量* (mrem/yr) 個人被曝線量*

피폭경로	연령군	전 신	소화기	골 수	간 장	신 장	갑상선	폐	피 부
어 류	성 인	4.47E-03	2.28E-02	9.33E-03	6.65E-03	2.35E-03	2.13E-02	1.32E-03	-
	십 대	3.71E-03	2.00E-02	1.23E-02	8.26E-03	2.78E-03	2.44E-02	1.68E-03	-
	소 아	3.45E-03	1.06E-02	2.22E-02	1.02E-02	3.29E-03	3.62E-02	1.93E-03	-
연체류및 갑각류	성 인	2.19E-03	9.45E-02	4.99E-03	3.78E-03	1.04E-02	1.85E-02	5.44E-04	-
	십 대	2.75E-03	9.65E-02	6.92E-03	5.05E-03	1.43E-02	2.28E-02	8.05E-04	-
	소 아	3.59E-03	4.73E-02	1.09E-02	5.43E-03	1.54E-02	3.01E-02	8.32E-04	-
해 조 류	성 인	3.05E-04	2.15E-02	5.93E-04	4.29E-04	9.66E-04	5.95E-02	3.40E-05	-
	십 대	3.20E-04	2.16E-02	7.99E-04	5.51E-04	1.29E-03	6.99E-02	4.30E-05	-
	소 아	3.74E-04	1.20E-02	1.35E-03	6.44E-04	1.51E-03	9.72E-02	4.58E-05	-
해변활동	성 인	5.61E-03	5.61E-03	5.61E-03	5.61E-03	5.61E-03	5.61E-03	5.61E-03	6.39E-03
	십 대	6.31E-04	6.31E-04	6.31E-04	6.31E-04	6.31E-04	6.31E-04	6.31E-04	7.19E-04
	소 아	4.20E-04	4.20E-04	4.20E-04	4.20E-04	4.20E-04	4.20E-04	4.20E-04	4.80E-04
해수욕	성 인	4.50E-07	4.50E-07	4.50E-07	4.50E-07	4.50E-07	4.50E-07	4.50E-07	-
	십 대	2.51E-06	2.51E-06	2.51E-06	2.51E-06	2.51E-06	2.51E-06	2.51E-06	-
	소 아	5.24E-07	5.24E-07	5.24E-07	5.24E-07	5.24E-07	5.24E-07	5.24E-07	-
해상활동	성 인	2.85E-05	2.85E-05	2.85E-05	2.85E-05	2.85E-05	2.85E-05	2.85E-05	-
	성 인	1.26E-02	1.44E-01	2.06E-02	1.65E-02	1.94E-02	1.05E-01	7.54E-03	6.39E-03
	소 아	7.83E-03	7.03E-02	3.49E-02	1.67E-02	2.06E-02	1.64E-01	3.23E-03	4.80E-04

* 靈光3, 4號機中 1個號機 稼動時

表 5. 나 - 15 液體放流物에 대한 被曝經路別 大衆集團線量* (man-rem/yr)

피폭경로	전신	소화기	골수	간장	신장	갑상선	폐	피부
어류	현지자급	1.27E-01	5.87E-01	3.99E-01	2.46E-01	8.32E-02	6.88E-01	4.86E-02
	위탁판매	3.94E-02	1.77E-01	1.16E-01	7.65E-02	2.58E-02	1.67E-01	1.52E-02
연체류 및 갑각류	현지자급	1.17E+00	3.47E+01	3.06E+00	2.03E+00	4.92E+00	8.68E+00	3.23E-01
	위탁판매	4.04E-02	1.17E+00	1.05E-01	7.16E-02	1.54E-01	2.64E-01	1.19E-02
해조류	현지자급	1.90E-01	1.15E+01	4.79E-01	2.83E-01	6.68E-01	3.60E+01	2.45E-02
	위탁판매	4.48E-03	2.78E-01	1.15E-02	6.54E-03	1.58E-02	7.47E-01	6.17E-04
해변활동	1.08E-02	1.08E-02	1.08E-02	1.08E-02	1.08E-02	1.08E-02	1.08E-02	1.23E-02
해수욕	2.92E-05	2.92E-05	2.92E-05	2.92E-05	2.92E-05	2.92E-05	2.92E-05	-
해상활동	1.48E-04	1.48E-04	1.48E-04	1.48E-04	1.48E-04	1.48E-04	1.48E-04	-
합계	1.58E+00	4.84E+01	4.18E+00	2.72E+00	5.88E+00	4.66E+01	4.35E-01	1.23E-02

* 靈光 3, 4 號機中 1 個號機 稼動時.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

表 5 . 나 - 16 個人被曝線量 計算結果와 10 CFR 50 부록 I 의 比較
(1 個號機 基準)

구 분		10 CFR 50, 부록 I 피폭제한치	영광 3,4 호기중 1 개호기 가동 시의 被曝量
액체 방류물	모든 피폭경로를 통한 전신 선량 (mrem/year)	3	0.0126
	모든 피폭경로를 통한 내부 선량 (mrem/year)	10	0.164 a)
기체 방출물	감마선에 의한 공기선량 (mrad/year)	10	0.487
	베타선에 의한 공기선량 (mrad/year)	20	1.22
	외부피폭에 의한 전신선량 (mrem/year)	5	0.306
	외부피폭에 의한 피부선량 (mrem/year)	15	1.01
	요오드, 입자성 방사성 물질에 의한 내부장기선량 (mrem/year)	15	11.66 a)
발전소 시설로부터의 직접 피폭 (mrem/yr)			0.2

a) 소아의 갑상선에 대한 피폭선량

表 5. 나 - 17 個人 被曝線量 計算結果와 40 CFR 190 과의 比較 (4 個號機 同時稼動時)

장 기	被 曝 線 量 (mrem/yr) *							40 CFR 190 線量規制値 (mrem/yr)
	靈 光 1 , 2 號 機 **			靈 光 3 , 4 號 機				
	液體放流物	氣體放出物	小 計	液體放流物	氣體放出物	小 計	合 計	
전 신	2.96 E-02	2.80 E+00	2.83 E+00	2.52 E-02	2.90 E+00	2.93 E+00	5.76	25
갑상선	1.65 E+00	8.12 E+00	9.77 E+00	3.28 E-01	2.39 E+01	2.42 E+01	34.0	75
소 화 기	3.54 E-01	2.78 E+00	3.13 E+00	2.88 E-01	2.78 E+00	3.07 E+00	6.20	25
골 수	5.90 E-02	1.11 E+01	1.12 E+01	7.80 E-02	1.01 E+01	1.02 E+01	21.4	
간 장	4.28 E-02	2.85 E+00	2.89 E+00	3.34 E-02	2.85 E+00	2.88 E+00	5.77	
신 장	1.42 E-01	2.82 E+00	2.96 E+00	4.12 E-02	2.87 E+00	2.91 E+00	5.87	
폐	1.34 E-02	2.72 E+00	2.73 E+00	1.51 E-02	2.78 E+00	2.80 E+00	5.53	
피 부	1.08 E-02	3.34 E+00	3.35 E+00	1.28 E-02	4.17 E+00	4.18 E+00	7.53	

* 각 장기에 대한 線量은 最大被曝을 받는 年齡群에 대한 값임.

** 最終安全性 分析報告書上의 年間 豫想 放出量 資料로부터 計算된 값임.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

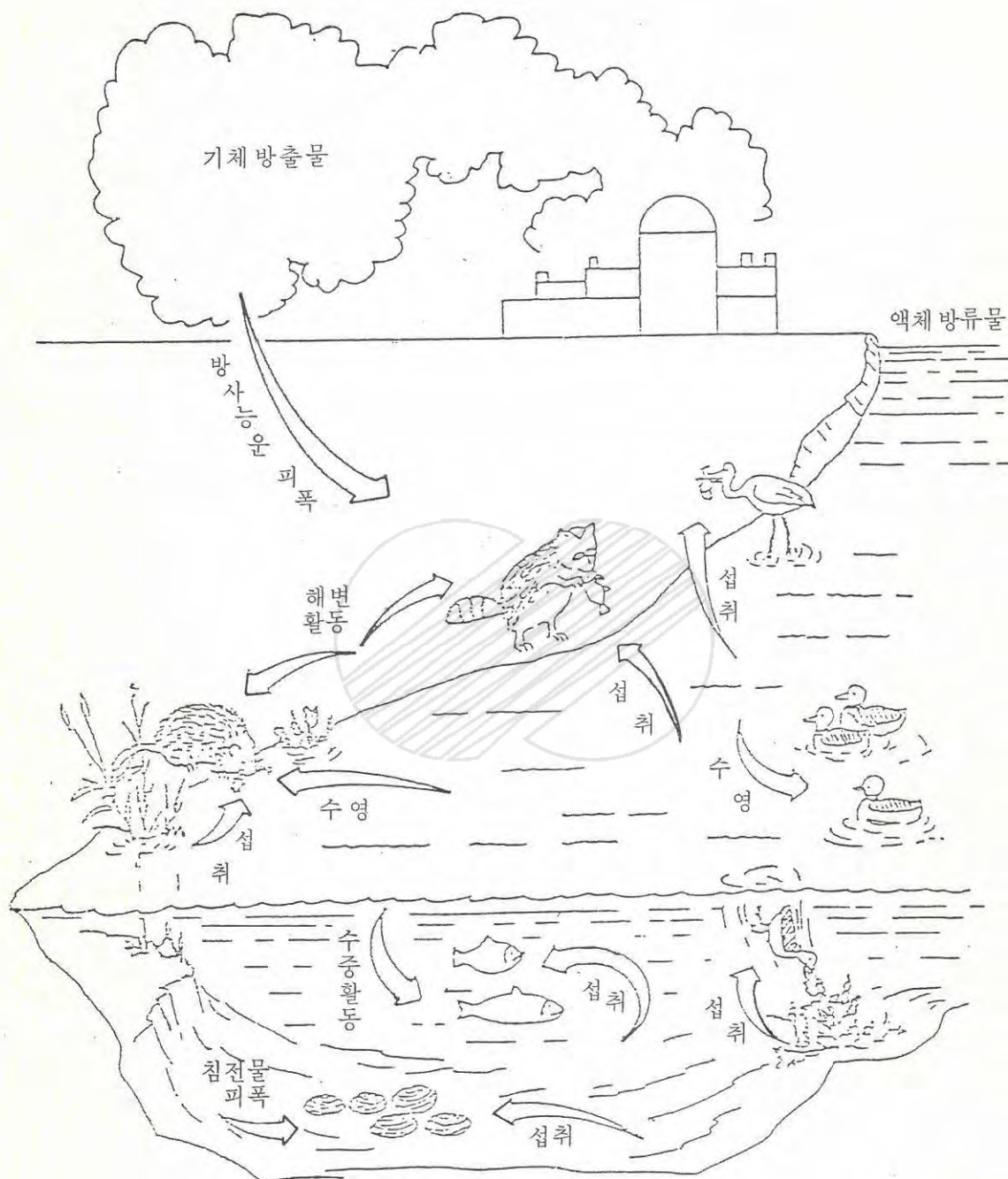


그림 5. 나-1 生物에 대한 被曝經路

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

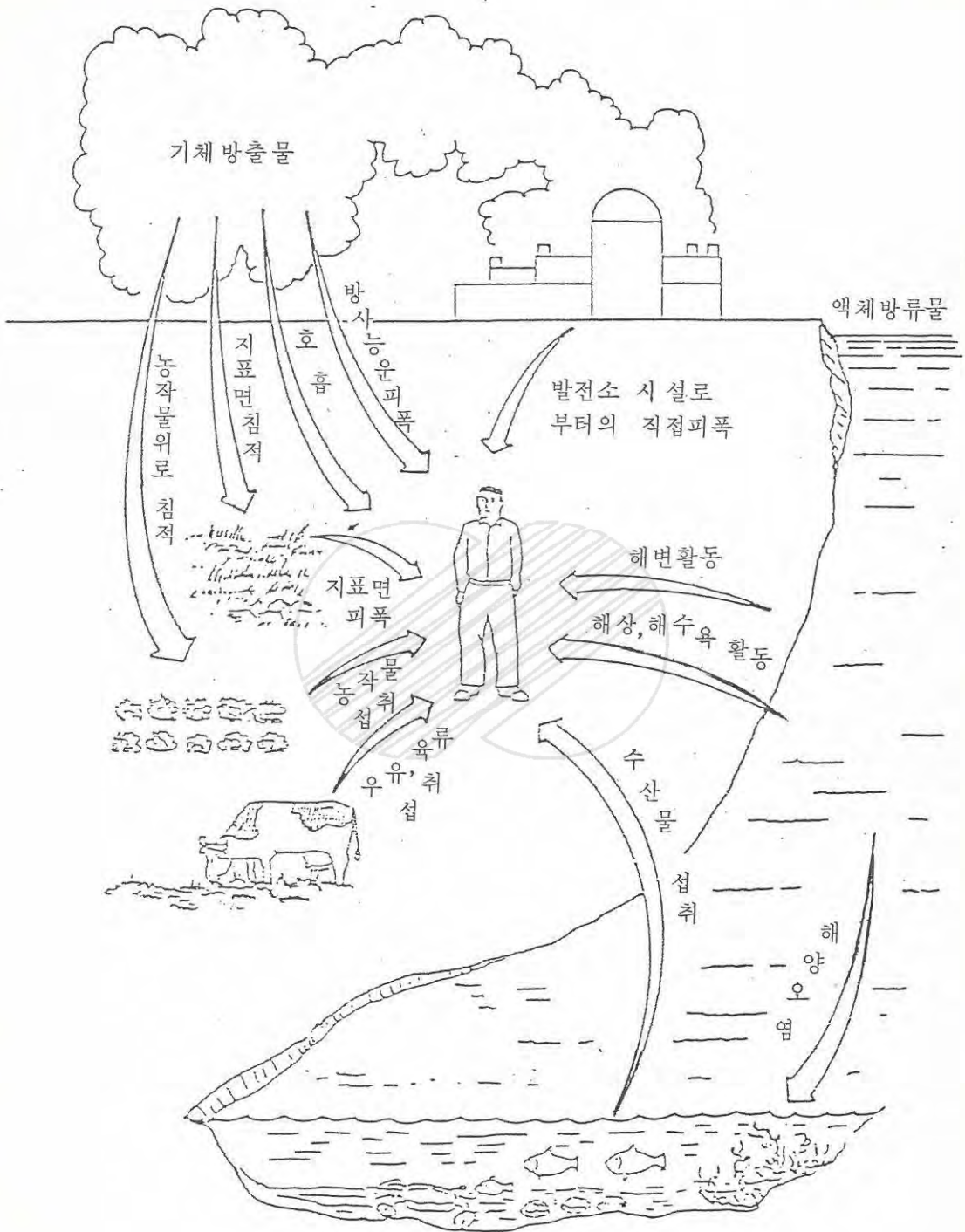
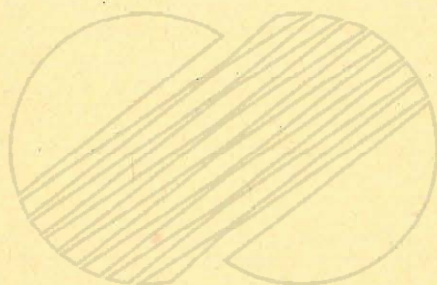


그림 5. 나-2 人間에 대한 被曝經路

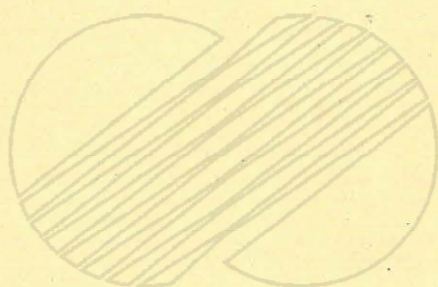
본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.



다. 化學 物質 放流로 인한 影響



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

다. 化學物質 放流로 인한 影響

發電所 稼動時 化學物質 放流源은 크게 두가지로 區別되며 다음과 같다.

- 純水製造設備 및 응축수 脫鹽設備의 再生廢水
- 發電所 복수기 및 기기 冷却海水

순수제조설비 및 응축수탈염설비의 재생폐수는 중화처리장치 및 응집침전장치에서 각각 처리되며, 表 5.다-1 과 같은 處理水質로 發電所 冷却海水의 방수로를 통하여 海域으로 稀釋, 混合되어 방류되므로, 이들 배수로 인해 海域에 미치는 影響은 거의 없다.

表 5.다-1 純水製造設備 및 응축수 脫鹽器 再生廢棄物 處理系統의 水質現況

項 目	單 位	순수제조설비 및 응축수 탈염설비의 재생폐수		備 考
		入 口 水	出 口 水	
수 소 이 온 농 도 (pH)	-	4 ~ 11	5.8 ~ 8.6	
화학적산소요구량 (COD)	mg / ℓ	10 ~ 30	150 以下	
부 유 물 질 량(SS)	mg / ℓ	10 ~ 400	150 以下	
노말핵 산추출물질 함유량	mg / ℓ	1 ~ 5	5 以下	* 광유류

주) 출구수 수질은 폐수배출허용기준중 “나” 지역에 해당하는 수치임.

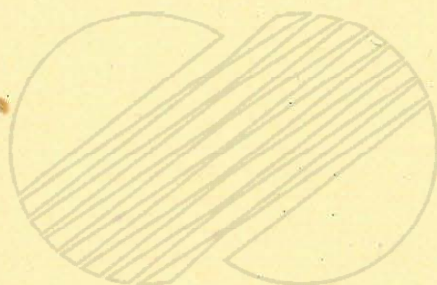
한편, 發電所 稼動時 發電所의 器機 및 熱交換器의 冷却을 위해서는 冷却海水 도수로를 통하여 유입된 해수를 取水하며, 이때 기기의 파이프, 복수기, 필터 등에 附着棲息하는 海棲生物의 成長을 抑制하기 위하여, 해수전해장치로서 차아염소산소를 海水取水口에 적정량 주입하고 4 기 稼動時 방수로에서 잔류염소가 0.2 ppm 以下를 維持하게 된다. 이들 海水冷却

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

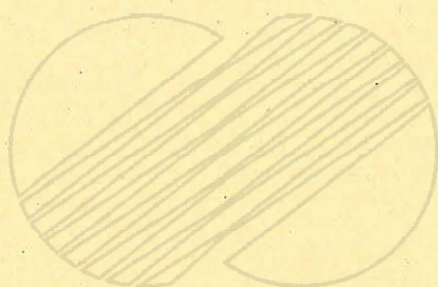
水는 大容量으로 稀釋, 混合되면서, 海域으로 유입되는 過程에서 시간이 경과됨에 따라 잔류염소농도는 점차로 소멸하게 된다. 이때, 잔류염소 약 0.1 ppm의 농도에서 노출시간이 5분일 경우 식물성 부유생물에서 약간의 광합성이 감소할 가능성은 있으나, 그외의 생물들에게는 거의 피해가 없을 것이다.



라. 衛生 廢棄物 放流로 인한 影響



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

라. 衛生廢棄物 放流로 인한 影響

發電所 稼動時 事務室 등에서 發生되는 生活廢水는 汚穢폐기물처리계통인 汚수정화설비에서 처리된 후 表 5.라-1와 같이 해역으로 放流된다.

表 5.라-1 衛生廢棄物 處理系統의 水質現況

항 목	단 위	주방 ; 세탁배수 및 사무실 등의 생활폐수		비 고
		입 구 수	출 구 수	
수 소 이 온 농 도 (pH)	-	5 ~ 9	5.8 ~ 8.6	
화학적산소요구량(COD)	mg / ℓ	100 ~ 300	150 以下	
부 유 물 질 량 (SS)	mg / ℓ	80 ~ 200	150 以下	
노말핵산추출물질함유량	mg / ℓ	-	30 以下	* 동식물 유지류
대 장 균 군 수	MPN / 100ml	-	3,000 以下	

주) 출구수 수질은 폐수배출허용기준중 “나”지역에 해당하는 수치임.

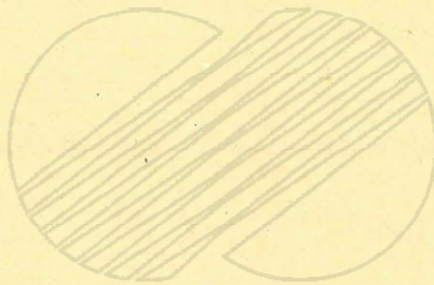
한편, 發電所 汚穢폐기물은 그림 3.아-1에서와 같이, 汚수정화설비에서 處理되는 過程中 침전오니는 汚穢폐기물 처리업자에 의하여 위탁처분되고, 처리계통의 상등수만을 방류하게 된다.

이들 방류수는 표 5.라-1의 출구수 수질과 동일하게 처리되어 해역으로 방류되므로 이들로 인한 海域環境에 미치는 影響은 무시할 수 있다.

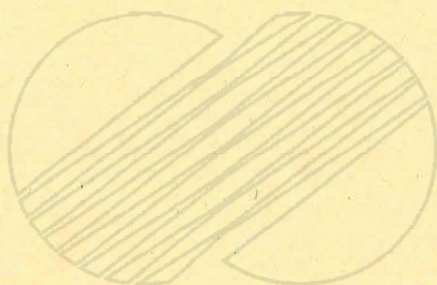
본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.



마. 其 他 影 響



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

마. 其他影響

發電所 稼動을 위하여, 當該事業의 敷地內에서 地下水는 使用하지 않는다. 그러므로, 發電所 隣接地域의 地下水 資源에 미치는 影響은 考慮되지 않고 있다.

또한, 發電所 稼動時 化學物質 방출이 大氣質에 미치는 影響으로 考慮되는 事項은 없다. 그러나 發電所의 기동·정지시 보조증기의 공급을 위하여 보조보일러가 運轉되고 있지만, 이 보조보일러는 년중 1~2 회 使用되고 있고, 使用燃料로서 경유(유황분: 0.4%)를 연소시킨다. 이 보조보일러의 運轉時 發生하는 대기오염물질은 表 5. 마 - 1 과 같이 방출할 것으로 예상되나, 그 運轉時間이 매우 단시간이기 때문에 배출되는 오염물질의 量이 극히 소량이고, 환경배출허용기준이하이므로 發電所 隣近 大氣環境에 거의 影響을 주지 않을 것으로 判斷되어진다.

表 5. 마 - 1 보조보일러의 大氣汚染物質 排出係數

(單位: kg/kℓ)

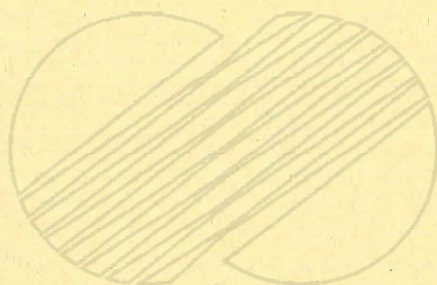
항 목	분 진	SO _x (SO ₂ 로서)	NO _x (NO ₂ 로서)	비 고
배출계수	0.25	17 S	2.8	

주) S는 연료중의 유황함유량(%)임.

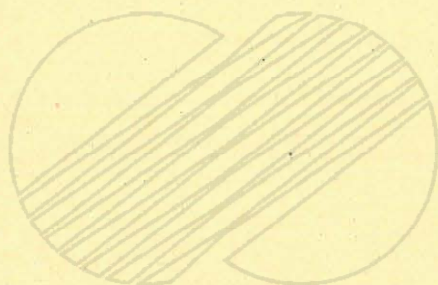
본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.



바. 稼動으로 인한 惡影響의
最小化 計劃



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

바. 稼動으로 因한 惡影響의 最小化 計劃

1) 生態系

영광原子力 3,4 號機의 冷却수로 利用될 海水의 量은 正常稼動時 約 112.88 m^3 /초의 막대한 量이며 이에 負荷되는 廢熱量은 1日, 約 1 천억 Kcal 에 달한다. 이러한 막대한 量의 廢熱을 海洋生態系에 미치는 影響에 關係없이 가능한한 生産的인 側面에서 再利用되어야 한다. 또한 廢熱의 再利用이 이루어질 境遇 海洋生態系에 負荷되는 廢熱量도 相對적으로 減少되기 때문에 부족한 에너지원의 最大活用과 海洋生態系에 미치는 影響 저감을 同時に 實現할 수 있다.

가) 水産生物 養殖

發電所의 廢熱을 利用할 境遇 季節에 關係없이 항상 最適溫度의 維持가 可能하여 飼育期間을 短縮할 수가 있고 產卵, 부화는 물론 稚貝・稚魚의 大量生産이 可能하므로 現在 日本에서는 20 餘 發電所에서 溫排水 養殖施設을 갖추고 도미, 가자미, 뱀장어, 전복, 대합, 진주패, 새우, 방어, 잉어, 미꾸리 등을 飼育하고 있다(表 5. 바-1). 예를 들면 시즈오카현의 溫排水利用 센타에서 年間 3,200 톤의 전복 및 새우를 生産하고 있으며 東北發電所에서는 180 萬個의 전복 稚貝를 生産하고 있다.

美國의 境遇에서 주로 火力發電所에서 溫水養殖을 하고 있는데 멀리 않은 將來에 全 美國魚貝類 消費量의 50 %를 溫排水를 利用한 養殖으로 充當할 수 있게 될 것으로 展望하고 있다. 現在 텍사스 電力會社(100 kW)에서 메기(Catfish) 養殖으로 年間 約 7 億원의 收益을 얻고 있으며 뉴욕주의 Northport 火力發電所에서는 굴을 養殖하여 전

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

뉴욕주 消費量の 約 90 %를 供給하고 있다. 또 더운지방인 플로리다 주의 플로리다電力會社에서도 1,200 坪의 養殖場에서 年間 12 톤의 새우를 養殖하고 있다(表 5.바-2).

영광原子力 3, 4 號機의 溫排水를 利用한 水產生物養殖의 境遇 對象海域이 水深이 얇은 곳이기 때문에 淺海養殖種中 溫水性生物 즉 피조개, 새꼬막, 반지락 등의 養殖에 利用할 수 있다. 그러나 魚類의 境遇 해상가두리 施設을 하기에는 未洽한 地形的 條件을 가지고 있다고 보여진다. 따라서 영광原子力 3, 4 號機의 경우 陸上施設을 設置하여 高級魚種 또는 진주조개등 生産성이 큰 魚種의 集約的 養成 또는 種苗 生産施設에 活用할 境遇 그 效果가 크리라 여겨진다.

溫排水를 水產生物의 養殖에 利用할 境遇 前述한 바와 같이 溫排水가 海洋生態系에 미치는 影響을 반감시키며, 더 나아가 溫排水를 利用하여 高度의 生産性を 올림으로서 國民經濟에 이바지할 뿐만 아니라 溫排水에 의하여 잃어버린 것을 溫排水에 의하여 다시 찾을 수 있기 때문에 地域 住民에 대한 弘報效果도 클 것이다.

나) 農作物 栽培

發電所의 溫排水를 特殊 農作物 栽培를 위한 溫室用으로 利用하는 방법이 美國에서 相當한 效果를 거두고 있다. 文獻資料에 의하면 100 kW의 發電所의 境遇 約 25 萬坪의 溫室溫度를 約 34°C (-18° 에서 $+16^{\circ}$ 까지) 높일 수 있는 것으로 報告되어 있다. 콜로라도電力會社에서는 100 kW의 火力發電所 溫排水를 利用하여 約 60 萬톤의 도마도를 生産하고 있다.

美國의 例를 들면 溫排水를 利用한 溫室은 1.5 - 2 年の 燃料費(在

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

來式 暖房用)로서 建設이 可能하며 1에이커(約 1,200 坪)當 \$5,000 -6,000 (1974 年 基準)을 올릴 수 있어 오히려 水産物 養殖보다 經濟性이 더 나은 것으로 報告되어 있다. 따라서 發電所 周邊에 비닐하우스 團地를 造成하여 特用作物을 栽培하는 것은 商業的으로 充分히 可能하다고 하겠다.

表 5. 바-1 日本의 溫水養殖施設一覽表

事 業 機 關	養魚地面積 (㎡)	主 要 魚 種
A. 原 子 力 發 電 所		
溫 水 養 魚 開 發 協 會 (東 海 發 電 所)	2,300	도미, 뱀장어, 농어, 망상어, 틸라피아, 가자미 보리새우, 전복, 진주, 반지락
靜岡縣溫水利用研究센터 (濱 岡 發 電 所)	250	도미, 은어, 넙치, 전복, 보리새우, 미역, 김-종묘 도미, 뱀장어, 전복, 대하-치어
福井縣水産試驗場, 敦 賀市漁協(敦賀發電所)	975 720	도미, 방어, 넙치, 은어, 보리새우 가두리
關西電力(株)高濱發電所	210	보리새우, 전복
佐 賀 縣 (計 劃 中) (玄 海 發 電 所)		진주, 전복, 성게, 가두리
B. 火 力 發 電 所		
北海道電力(株)江別發電所	58	잉어, 뱀장어, 미꾸라지
秋田縣東北電力(株)共同	670	전복, 도미
東 北 發 電 工 業 (株) (仙 臺 火 力 發 電 所)	476	전복

表 5. 바- 1 (繼 續)

事 業 機 關	養魚地面積 (㎡)	主 要 魚 種
中部電力(株) 總 合 技 術 研 究 所 (武 農 發 電 所)	150	김종묘
關 西 電 力 (株) 多 奈 川 發 電 所	270	방어, 도미, 새우
關 西 電 力 (株) 姬 路 第 二 發 電 所	4	보리새우
中部電力(株) 尾 鷲 三 田 火 力 發 電 所	480	도미, 가자미 - 種 苗 도미, 전갱이, 틸라피아, 보리, 새우, 성게 새우 - 親 魚
北 陸 電 力 (株) 富 山 共 同 火 力 發 電 所		넙치, 보리새우
中 國 電 力 (株) 下 松 火 力 發 電 所	7,330	은어, (종묘), 보리새우
九 州 林 産 (株) (大 材 火 力 發 電 所)	7,300	보리새우, 은어
玄 海 漁 連 (唐 津 火 力 發 電 所)	9,180	보리새우
四 國 電 力 (株) (松 山 火 力 發 電 所)	9,180	보리새우
大 阪 府 水 産 試 驗 場 (多 奈 川 火 力 發 電 所)	250	보리

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

表 5. 바- 2 美國內의 溫排水를 利用한 水産物 養殖 프로젝트

Organization	Location	Culture System	Organisms
Long Island Oyster Farms ^{1,2}	Long Island Lighting Co., Northport, NY	Seed hatchery	Oysters, clams, scallops
International Shellfish Enterprises ^{1,2}	Pacific Gas and Electric Co., Moss Landing, CA	Seed hatchery	Oysters, clams
University of Maine	Maine Yankee Nuclear Power Co., Wiscasset, ME	Rafts	Oysters, mussels
University of California	Pacific Gas and Electric Co., Hombolt Bay, CA	Rafts	Oysters
Northeast Utilities ¹	Northeast Utilities New London, CT	Rafts, seed hatchery	Oysters, scallops
Texas A & M University, Department of Wildlife and Fisheries Science	Houston Light and Power Co., Baytown, TX	Ponds, tanks, cages, hatchery	Oysters, shrimp, marine finfishes
University of Connecticut	Connecticut Light and Power Co., Norwalk, CT	Cages	Oysters
Maine Department of Marine Resources	Central Maine Power Co., Wiscasset, ME	Rafts	Oysters, mussels
San Diego State University ¹	San Diego Gas and Electric Co., Encina, CA: Southern California Edison Co., Redono Beach and Ormond Beach,	Tanks, hatchery and rearing	Lobster, striped-bass

表 5. 바- 2 (繼 續)

Organization	Location	Culture System	Organisms
Ralston Purina Company ¹	CA; Scripps Institute of Oceanography Florida Power Corporation, Crystal River, FL	Ponds	Shrimp
Texas A & M University Agriculture Extension Service ¹	Central Power and Light Co., Corpus Christi, TX	Ponds	Shrimp
University of Miami ¹	Florida Power and Light Co., Miami, FL	Ponds, tanks	Shrimp pompono
Maine Salmon Farm ²	Central Maine Power Co., Wiscasset, ME	Pens	Salmon, trout
Weyerhaeuser Company ^{1,2}	Weyerhaeuser Co, Springfield, OR	Hatchery	Salmon
Alaska Department of Fish and Game ¹	Fort Richardson and Elmdorf Air Force Base, AL	Hatchery	Salmon
University of New Hampshire ¹	New Hampshire Public Service Co., Newington, NH	Tanks	Flounder
Public Service Electric and Gas Co., Trenton State College Rutgers University	Public Service Electric and Gas Co., Trenton, NJ	Tanks, raceways, ponds	Freshwater prawns, eels, striped bass trout

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

表 5.바- 2 (繼 續)

Organization	Location	Culture System	Organisms
Tampa Electric Company	Tampa Electric Co., FL	Tanks	Marine finfishes
Farm Fresh Shrimp Company ¹	Florida Power and Light Co., Miami, FL	Tanks	Freshwater prawns
Texas Electric Company ¹	Texas Electric Co., Monahans, TX	Tanks	Freshwater prawns
University of Nevada-Reno ¹	Sierra Pacific Power Co., Xerington, NE	Ponds	Freshwater prawns
Tennessee Valley Authority Cal-Maine, Inc.	Tennessee Valley Authority, Callatin, TN	Raceways	Catfish
Kansas Gas and Electric Company	Kansas Gas and Electric Co., Colwich, KS	Ponds	Catfish
Kansas Power and Light Company, Kansas State University	Kansas Power and Light Co., Hutchinson, KS	Ponds	Catfish
Aquarium Farms Incorporated	Fremont, NE	Raceways	Catfish, tilapia
Kraft Incorporated, Franklin Institute	Pennsylvania Power and Light Co., Harrisburg, PA	Raceways	
Cultured Catfish Incorporated ^{1,2}	Texas Electric Service, Co., Colorado City TX	Cages, raceways	Catfish

表 5. 바- 2 (繼 續)

Organization	Location	Culture System	Organisms
Texas A & M University, Department of Wildlife and Fisheries Science	Texas Power and Light Co., Trinidad, TX	Cages	Catfish
Mississippi Power and Light Company	Mississippi Power and Light Co., Jackson, MS	Cages	Catfish
Clemson University	Oconee Nuclear Station, SC	Cages	Catfish

¹Currently in operation.

²Commercial scale.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

2) 水 文

原子力發電所에 있어서의 廢水는 環境영향편에서 기술한 바와 같이 COD, SS 등의 高濃度 汚染 物質을 排出하고 있고 또한 敷地 周邊은 環境保全法 施行規則 第12條 廢水 排出 許容基準“나”地域 (表 5. 바-3 參照)에 該當되므로 排出 許容 基準을 만족시키기 위해서는 綜合的인 廢水 處理 方式을 設置 하여야 할 것이다.

또한 事務室 및 職員 아파트의 排水 對策을 위해 오물 청소법에 의한 糞尿 淨化槽 또는 오수 淨化 施設을 設置 運營하여야 할 것이다.



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

3) 廢水處理

가) 廢水の 發生源 및 性状

原子力發電所 稼動時에 發生되는 冷却水 以外の 一般廢水는 배출원에 따라서 發生頻度와 性状이 다르며, 발생빈도별로는 크게 常時廢水와 一時廢水로 나눌 수 있다. 주로 發生하는 常時 廢水로서는
첫째 : 用水 前處理 設備廢水, 發電用 純水製造設備 再生廢水, 發電系統內 復水脫鹽設備 再生廢水 등의 酸, 알카리 및 Sludge 함유 廢水
둘째 : 燃料油 貯藏區域, 補助보일러 設置區域, 터빈 Room과 各種 回轉機器 設置區域 및 變壓器 周邊에서 배출되는 Oil 함유 廢水
셋째 : 發電所內 勤務者의 生活廢水로 區分할 수 있다.

또한 一時 廢水로서는

첫째, 發電所 起動停止時 순환계통내에 있는 물을 一時에 放出하는 起動停止 廢水
둘째 : 蒸氣發生機管에 부착된 이물질과 Scale을 除去하기 위하여 實施하는 化學洗淨廢水を 들 수 있다.

이중 發電所 起動停止時에 排出되는 廢水는 증기순환계통내에 들어있던 發電用水가 排出되는 것으로서 pH 9 程度の 약알카리성을 띤 高溫水로서 廢水の 發生頻度는 發電所의 起動停止에 關係되므로 年間 約 5 回('86 年度 原子力發電所의 平均 起動停止回數)의 排出頻度を 갖고 있다.

그리고 蒸氣發生機管 系統의 化學洗淨廢水는 發電所 建設直後 配管內에 있는 이물질 除去와 長期間 稼動으로 인하여 形成된 Scale을 除去하기 위하여 有機산등의 化學藥品 溶液으로 洗淨할 때 發生하는 高濃도의 Sludge 함유폐수이나, 이의 發生頻度는 極히 적을 것으로 예상된다.

以上 發電所 稼動時에 發生되는 一般廢水の 배출원과 그 性状을 綜合하면 表 5. 바 - 4 와 같다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

表 5 . 바 - 4 廢水排出源別 水質

區 分	排 出 源	排出地點	廢水形態	廢水의 一般的인 水質			
				pH	COD mg/ℓ	SS mg/ℓ	Oil mg/ℓ
일 상 폐 수	전처리설비폐수	응집침전조	침전슬러지	6.8 - 7.5	50	5,000	-
		여과기	역세부유물수	6.8 - 7.5	10 - 20	300 - 1,000	-
	순수설비재생폐수	이온교환수지탑	산성 및 알칼리성	3 - 12	2 - 80	20 - 50	-
	복수탈염설비 재생폐수	이온교환수지재생	"	3 - 12	-	30 - 50	-
일 시 폐 수	기동시 폐수	증기발생통	부유물폐수	9	-	1,000	-
	화학세정폐수	"	산알칼리 부유물폐수	0 - 10.5	500 - 30,000	2,000	-
함	연료유저장구역	탱크주변	연료유함유	7.5	-	소량	10,000
유 폐	보조보일러설치 구역	펌프설비	"	7.5	-	"	-
		쓰비스구역	"	6 - 8	-	"	-
수	터빈회전기기설치 구역, 변압기 주변	Floor Drain	윤활유 유출함	6 - 8	-	-	-

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

나) 廢水處理方法 및 處理場의 位置

發電所 稼動時 發生되는 廢水는 發生頻度를 기준으로 볼 때 일상폐수와 일시폐수로 구분되고 폐수의 성상별로는 산, 알칼리 폐수, Sludge 함유폐수, Oil 함유폐수 및 기타 發電所內 勤務者의 분뇨등 생활오수로 구분할 수 있다.

發電所 稼動時 發生되는 모든 廢水는 그 성상에 따라서 1차처리 (分離蒐集, 중화, Oil 분리)를 실시한 후 한곳에 모아 단일 工程으로 연속적으로 處理하는 綜合廢水處理方法으로 處理함이 바람직하다.

이와같은 綜合廢水處理方法은 既存 發電所에서 이미 設置運營되고 있으며 發電所에서 나오는 廢水가 處理된 후 단일 排出口를 통해서 방류하게 되므로 放流水質管理에 만전을 기할 수 있게 되는 것이다.

綜合廢水處理設備에 의한 處理工程의 일례로서 그림 5. 바 - 1에서 볼 수 있는 바와같이 Oil 분을 함유한 일상폐수, 산알칼리와 Sludge를 함유한 일상폐수 및 일시폐수를 분리수집하여 1차로 유수분리와 중화처리를 실시한 후 단일공정을 통하여 Sludge의 응집, 침전, 여과, 농축, 탈수등의 과정을 거친 후 청정수는 放流되고 탈수기에서 나오는 Cake 상의 廢棄物은 산업폐기물 처리업체에 委託處理하게 되는 것이다.

한편 本 發電所에 대한 廢水處理對策으로는 상기 綜合廢水處理 工程 또는 이에 준하는 處理設備를 설치하여 環境保全法 施行規則 第15條의 규정에 의한 배출허용기준에 적합하게 처리한후 배출토록하며, 처리장의 위치는 향후 증설되는 모든 호기의 폐수를 종합할 경우 그림 5 바 - 2에 표시한 바와같이 최종호기 건설지점 인근에 배치함이 좋을 것이다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

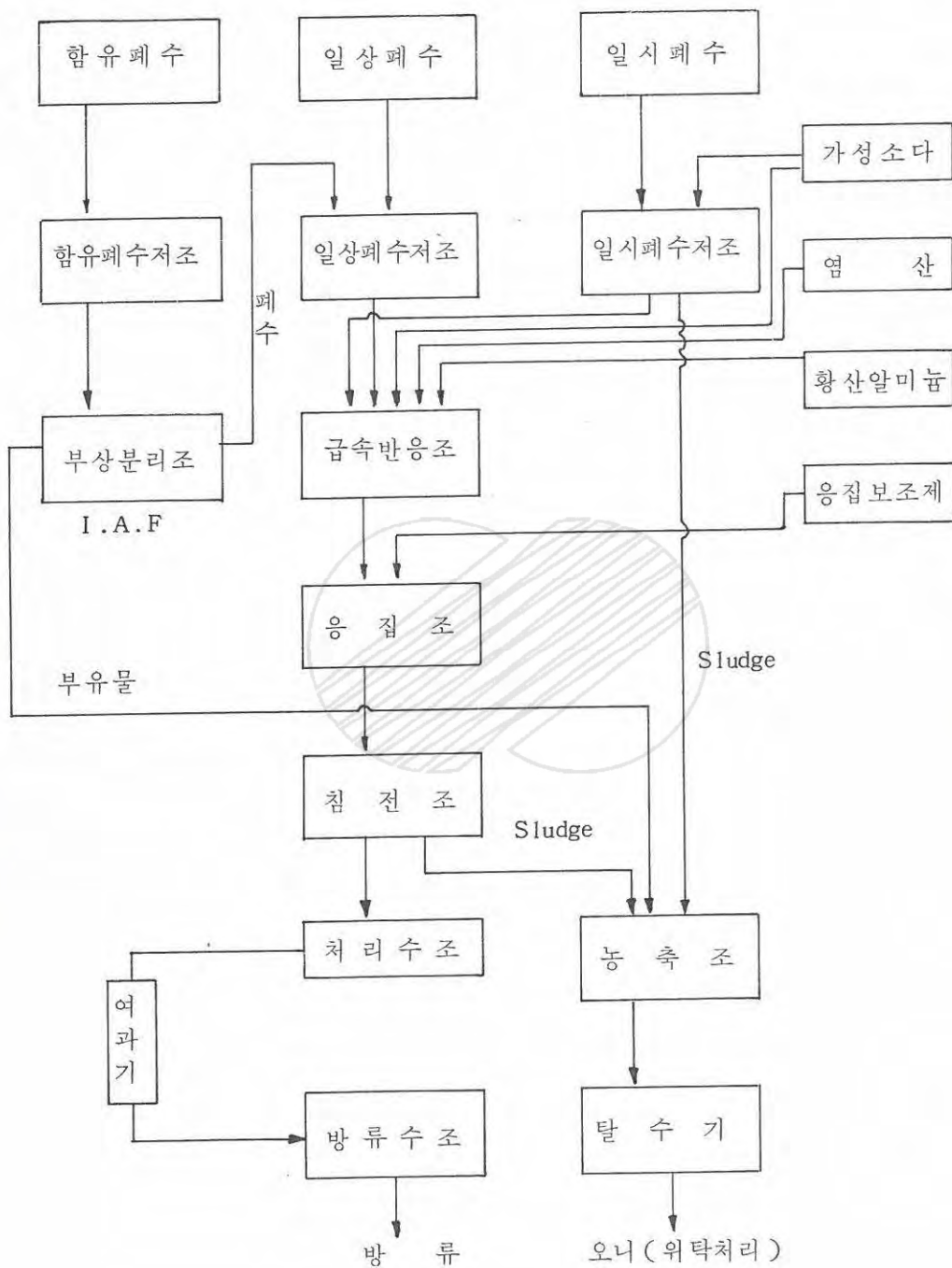


그림 5.바-1 종합폐수처리 공정도(예)

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

靈光原子力發電所 3, 4 號機 建設事業
環境影響評價書 對外秘 參照

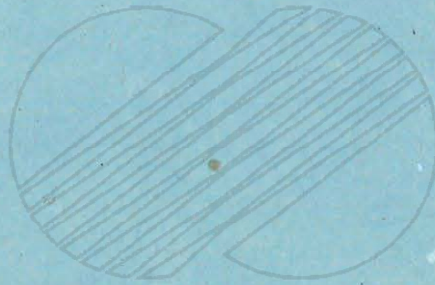


그림 5. 바 - 2 綜合廢水處理場 豫定地

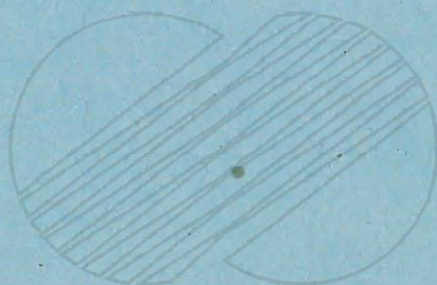
본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.



6. 環境 監視 計劃



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.



6. 環境監視計劃

原子力發電所等の 原子力施設에 대한 環境監視는 周邊住民의 건강과 安全을 도모하기 위한 觀點에서 原子力施設에 기인하는 放射線 및 放射性物質로부터 周邊住民이 받는 被曝線量이 許容 被曝線量を 충분히 하회하고 있고 또한 溫排水 및 取排水構造物로부터 周邊環境 및 생태계가 받는 影響이 심각하지 않음을 確認하는 일이다.

따라서 原子力發電所の 環境監視는 크게 2가지로 區分될 수 있다. 즉 放射線 및 放射性物質에 대한 監視와 海洋환경 및 생태계에 대한 監視이다. 전자는 原子力發電所の 周邊住民이 실제로 받는 被曝線量を 추정, 評價하고 原子力發電所の 周邊環境에 있어서의 放射性物質의 축적경향을 把握하며 原子力發電所로부터 예기치 못한 放射性物質의 방출에 의한 周邊環境에의 影響을 判斷하는 일이다. 또한 후자는 原子力發電所の 排水口로부터 排出되는 溫排水의 擴散을 調査, 分析하여, 생태계에 미치는 影響을 評價하고 取排水構造物에 의한 海洋環境의 變化를 조사하며 取水構造物에 海洋생물이 유입 또는 충돌로 인하여 받는 影響 및 화학물질에 의한 影響을 監視하는 일이다.

이와같은 原子力發電所에 대한 環境監視는 稼動前 조사와 稼動中 조사로 區分할 수 있는데 稼動前 環境調査는 시간과 지역에 따라 變化하는 環境放射線의 特性和 敷地周邊의 자연방사능준위를 밝혀 장차 原子力發電所가 稼動된 이후의 環境監視結果와 비교하여 原子力發電所の 안전성을 確信하거나 또는 미비점을 수정, 보완하는데 이용할 수 있다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

가. 가동전 環境監視計劃

原子力發電所의 環境調査는 과학기술처 고시 第 85-5 號('85. 7. 20) “ 原子力發電所 周邊環境調査 指針 ”에 따라 실시한다.

그런데 靈光原子力發電所 3, 4 號機의 稼動前 環境監視는 靈光原子力發電所 3, 4 號機가 상업가동중에 있는 靈光原子力發電所 1, 2 號機와 동일부지내에 위치하기 때문에 靈光原子力發電所 1, 2 號機의 稼動中 環境監視로써 대체할 수 있다.

1) 環境放射能 監視

靈光原子力發電所 敷地周邊의 環境放射能 監視는 1979 년부터 1986 年 1/4 分期까지 韓國에너지연구소의 협조로 시행되었으며 1986 年 1 月부터 靈光原子力發電所 環境放射能實驗室이 稼動되어 자체 분석을 실시하고 있다. 그러나 자체 분석결과에 대한 검증목적으로 環境試料의 일부를 韓國 에너지연구소에서 주기적으로 分析하고 있다.

環境放射能 측정을 위한 試料採取地點의 位置는 그림 6 - 1 과 表 6 - 1 에 나타내었으며 環境試料別 分析項目 및 分析週期는 과학기술처 고시 제 85-5 號와 자체計劃에 의거 敷地周邊의 人口分布, 放射能 着地豫想 최대농도, 해상조건, 지형, 방위, 기상조건, 대기확산인자 등을 고려하여 表 6 - 2 와 같이 수행하고 있다.

2) 放射能以外的 環境監視

靈光原子力發電所 敷地周邊의 非放射能 環境調査는 1979 年 7 月부터 1980 年 6 月까지 KORDI 에 의하여 靈光原子力發電所 1, 2 號機의 取排水構造 決定을 위한 기초자료를 제공할 목적으로 수행된 해양 조사와 본 環境影響評價書 作成을 위해 수행된 海洋조사(2. 4 해황편

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

參照) 및 1986년부터 각 原子力發電所 敷地周邊에 대하여 계속되고 있는 비방사능 환경조사가 있다.

1986年 靈光原子力發電所 敷地周邊에 대하여 수행된 비방사능 環境 조사의 대상항목은 해수유동특성, 해양의 일반수질, 동식물성 플랑크톤, 해조류, 해양무척추동물 및 어류, 육상 동식물등이며 시료의 수집은 매 계절별로 1회씩 수행되었다. 試料採集 및 조사지점은 그림 6-2와 같다.

나. 가동중 環境監視計劃

原子力發電所가稼動된 후 처음 2~3年間은 정밀하고 빈번히 조사하여 發電所의 影響이 效果的으로 평가되고 예측수준과 비교된다. 또 조사결과에 근거하여 특히 放射線量과 방출물 확산등에 관한 環境要素의 연속기록을 제공하는 계속감시計劃이 樹立될 수 있다.

正常稼動中の 環境監視計劃은 최적의 効率性으로 資料를 수집할 수 있도록 설계되고 반면에 긴급시 또는 예기치 못한 비상사태에 對應할 수 있는 유연성도 지녀야 한다.

靈光原子力發電所 3, 4號機의 稼動中 環境監視計劃은 同一敷地內에 位置하고 있으며 현재 商業稼動中에 있는 靈光原子力發電所 1, 2號機의 環境監視計劃에 包含되어 수행될 것이며 조사결과的 分析, 評價結果에 따라 미비점이 발견되면 수정, 보완이 이루어질 것이다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

표 6.가-1 환경방사능 시료 채취지점

지 점	방 위	거 리	행 정 구 역
기 상 관 측 소			
취 수 구			
배 수 구 1			
배 수 구 2			
주 사 무 소			
계 동			
청 경 사 택			
가 마 미			
양 지			
홍 농 서 국 교			
월 안			
홍 농 사 택			
몽 냉 기			
왕 재			
자 갈 금			
동 명 국 교			
범 성 출 장 소			
용 대			
장 원 목 장			
동 호 해 수 욕 장			
영 광 변 전 소			
선 운 사			
백 화 양 조 목 장			
위 도			
고 참 변 전 소			
송 이 도			

* T.L.D 설치지점은 일부 제외함.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

표 6.가-2 시료별 분석항목 및 주기

시 료	분 석 항 목	분석주기
공 기 중 미 립 자	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전 β 방사능 ○ γ 동위원소 ○ Sr-90[*] 	주 1 회 분 기 1 회 분 기 1 회
공기중방사성옥소	<ul style="list-style-type: none"> ○ I-131 	주 1 회
토 양	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전 β 방사능 ○ γ 동위원소 ○ Sr-90[*] 	월 1 회 년 2 회 년 2 회
솔 잎	<ul style="list-style-type: none"> ○ γ 동위원소 ○ Sr-90[*] 	년 2 회 년 2 회
해 수	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전 β 방사능 ○ γ 동위원소 ○ H - 3 ○ Sr-90[*] 	월 1 회 월 1 회 분 기 1 회 분 기 1 회
지 하 수	<ul style="list-style-type: none"> ○ γ 동위원소 ○ H - 3 	분 기 1 회 분 기 1 회
빗 물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전 β 방사능 ○ H - 3 	월 1 회 월 1 회
해 저 토	<ul style="list-style-type: none"> ○ γ 동위원소 ○ Sr-90[*] 	년 2 회 년 2 회
저 생 지 표 동 식물	<ul style="list-style-type: none"> ○ γ 동위원소 ○ Sr-90[*] 	년 2 회 년 2 회

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

(계속)

시 료	분 석 항 목	분석 주기
우 유	<ul style="list-style-type: none"> ○ I - 131 ○ γ 동위원소 ○ Sr-90* 	월 1 회 월 1 회 월 1 회
어 류	○ γ 동위원소	년 2 회
패 류	○ γ 동위원소	년 2 회
곡 류	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전 β 방사능 ○ γ 동위원소 	년 2 회 년 1 회
채 소 류	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전 β 방사능 ○ γ 동위원소 ○ I - 131 	년 2 회 년 1 회 년 1 회
가 금 류	○ γ 동위원소	년 2 회
해 조 류	<ul style="list-style-type: none"> ○ γ 동위원소 ○ I - 131 	년 2 회 년 2 회
공 간 선 량 율 (M . P)**	○ γ 공간선량율	연 속
공 간 집 적 선 량 (T . L . D)***	○ 공간집적석량	분기 1 회

* Sr-90 의 분석은 Cs-137 이 존재할 경우 행함.

** M . P (Monitoring Post) : 환경방사능 감시기

*** T . L . D (Thermoluminescent Dosimeter) : 열형광선량계

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.



그림 6. 가-1 環境放射能 試料採取地點 位置圖

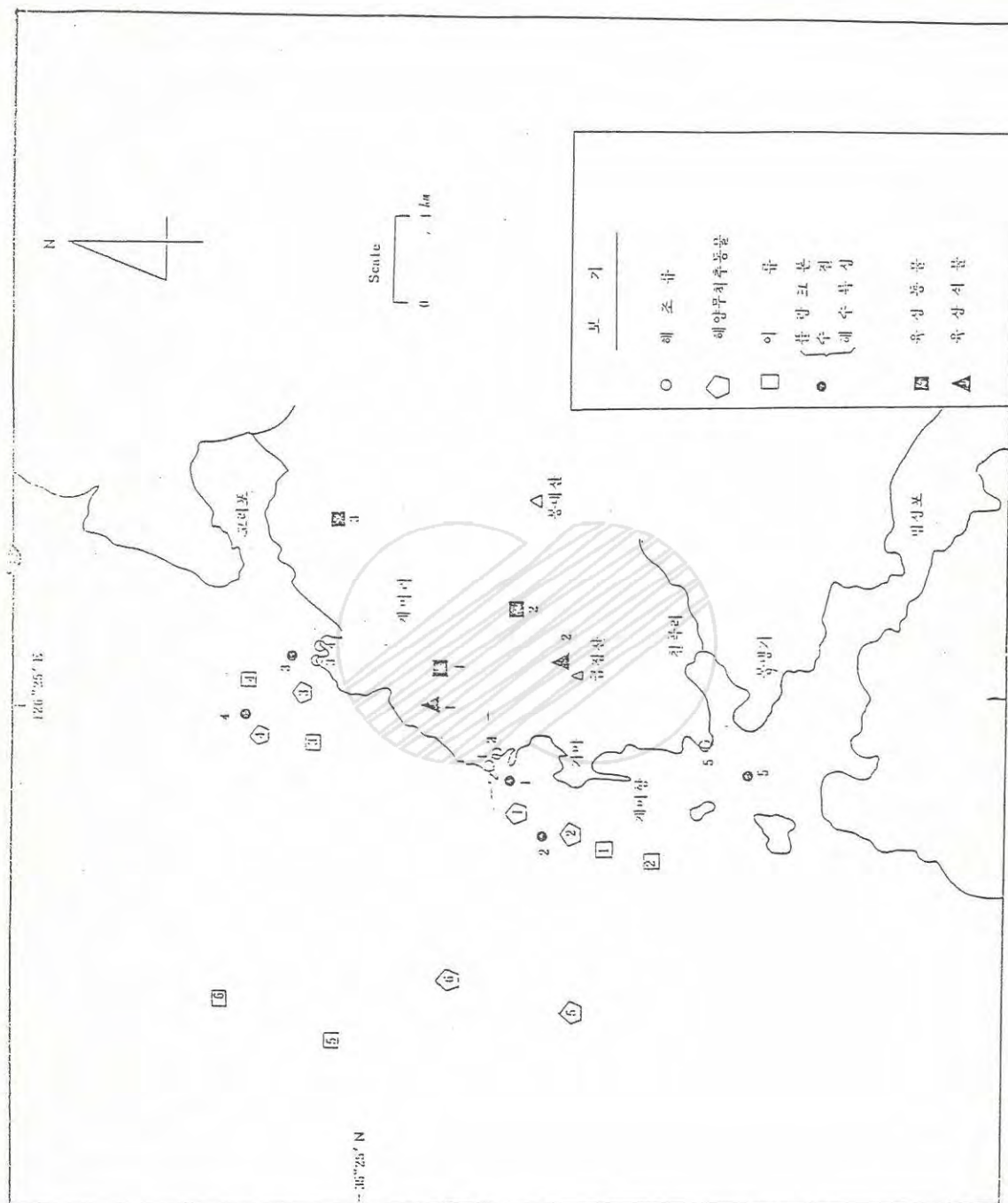
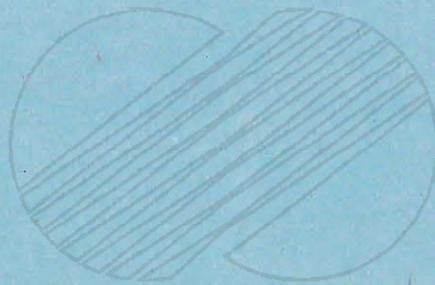
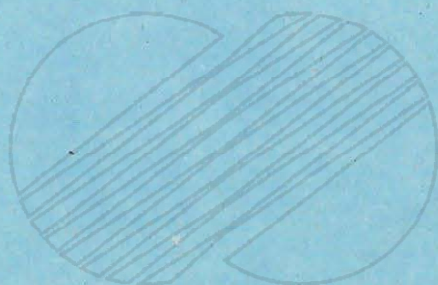


그림 6. 가 - 2 敷地周邊의 試料採集 및 調査地點

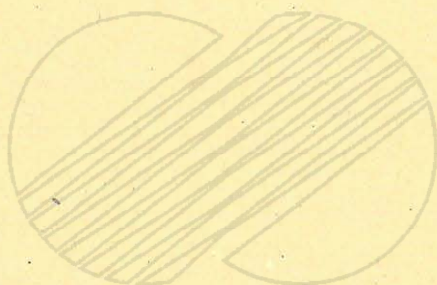
7. 事故로 인한 影響



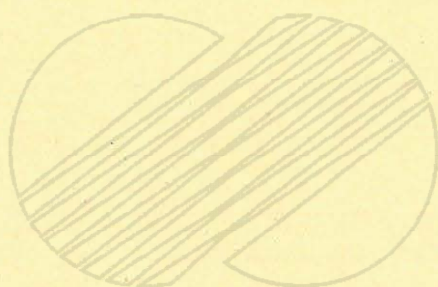
본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.



가. 放射能을 수반하는 發電所
事故로 인한 影響



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

全 地域을 16 個 方向으로 나누고 다시 각 方向을 24 個의 거리 區間으로 나누어 總 384 個의 區域 (Sector)으로 區分하여 各 區域에 居住하는 住民數를 入力시킨 모델이다.

表 7. 가- 2 는 靈光 3 , 4 號機 敷地 周邊半徑 80 km 內 住民 分布로써 1984年 調查統計를 根據로 1995 年, 2005 年, 2015 年, 2025 年, 2035 年 度 住民分布를 推定한 資料이다. 住民分布資料로는 發電所 運轉期間 中 人口數가 最大가 되는 해의 住民分布資料를 利用하여야 하나 본 報告書에서는 利用 가능한 資料중 人口數가 最大가 되는 2035 年의 住民 分布 資料를 使用하여 16 個 方向別, 24 個 거리區間別로 總 384 個 區域別 人口모델을 作成하여 住民全身集團線量計算에 利用하였다.

나) 線量計算모델

(1) 個人線量

個人全身線量은 個人이 地表面 위에 無限하게 퍼져있는 放射能雲의 中心에 있다는 假定하에 計算된다. 즉 無限 半球形의 放射能雲을 放射線源으로 한다. 또한 放射能雲의 濃度는 일정하며 線量を 計算하는 位置에서의 放射能濃度는 放射能雲 擴散 中心線上的 最大 地表面濃度로 假定한다. 非居住區域境界 (700 m)에서의 X/Q 값은 美 規制指針書 1.4 에 依據하여 計算된 값의 1/10 인 $5.78 \times 10^{-5} \text{ sec/m}^3$ 을 使用한다. 事故發生後 2 時間동안의 非居住區域境界에서의 감마線에 의한 個人全身線量은 다음 式으로 計算된다.

$$Dwb = X/Q \times \sum_i (DCFwbi \times Qi)$$

여기서,

Dwb : 個人全身線量

X/Q : 주어진 時間동안의 大氣擴散因子 (sec/m^3)

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

DCFwbi : 半無限 放射線源에 대한 同位元素 i 의 個人全身
線量 換算因子 ($\text{rem-m}^3/\text{Ci-sec}$)

Qi : 2 시간동안 漏出된 同位元素 i 의 放射能量 (Ci)

그리고, 事故發生 後 2 시간동안의 非居住區域境界에서의 呼吸에 의한 甲狀
腺線量은 다음 式으로 計算되며 X/Q 값은 個人全身線量計算時 使用한 값
과 같은 5.78×10^{-5} 을 呼吸率로는 美 規制指針書 1.4 에서 提示한 값
으로 事故時 個人呼吸率인 $3.47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$ 를 使用한다.

$$D = X/Q \times B \times \sum_i (Q_i \times \text{DCF}_i)$$

D : 甲狀腺線量

X/Q : 2 시간동안의 非居住區域境界에서의 大氣擴散因子 (sec/m^3)

B : 呼吸率 (m^3/sec)

Qi : 2時間동안 漏出된 同位元素 i 의 放射能量 (Ci)

DCFi : 同位元素 i 의 線量換算因子 (rem/Ci)

本 分析에서는 上記 線量計算모델을 適用한 ‘XDOSE’ 전산코드를 使用하여
個人全身線量과 甲狀腺線量を 計算하였다.

(2) 住民全身集團線量

靈光 3, 4 號機 敷地の 周邊 半徑 80 km이내에 居住하는 住
民의 全身集團線量を 計算하기 위하여 ‘CRAC-2’코드를 使用하였으며 事
故時 非常對應策인 疎開 (Evacuation)은 考慮하지 않았다. 住民全身集團
線量計算에서 考慮하는 被曝經路는 다음과 같다.

- 放射能雲에 의한 體外被曝
- 放射能雲內 放射性物質의 呼吸에 의한 體內被曝
- 地表面에 침적된 放射性物質에 의한 體外被曝

(가) 放射能雲에 의한 體外被曝

放射能雲에 의한 體外被曝線量은 放射能雲을 有限 放射線源

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

으로 考慮하여 計算한다. 實際 計算에서는 放射能雲을 半無限 放射能雲으로 近似하여 計算한 다음 그 結果에 補正因子를 곱하여 有限 放射能雲을 計算한다. 먼저 計算된 空氣中 放射能 濃度에 被曝時間을 곱하여 時間에 對해 積分한 空氣中 放射能濃度 $Ac (Ci\text{-sec}/m^3)$ 를 計算하고 이 값에 半無限 放射能雲에 對한 線量換算因子 $DC_{\infty} (rem/Ci\text{-sec}/m^3)$ 을 곱하여 各 核種別, 各 身體臟器別 體外被曝線量, $E_c(rem)$ 를 計算한다. 즉,

$$E_c = Ac \times DC_{\infty}$$

이 結果에 無限 放射能雲에 對한 補正因子 (DC/DC_{∞}) 를 곱하여 有限 放射能雲에 의한 體外被曝線量を 計算하며, 또한 遮蔽效果를 考慮하기 위하여 별도의 遮蔽因子를 使用한다.

(나) 呼吸에 의한 體內被曝

放射能雲內 放射性物質의 呼吸에 의한 體內被曝線량은 11 個 時間間隔에 對해 計算된다. 11 個 時間間隔은 初期被曝時間間隔 0 - 1 年, 1-10 年, 11-20 年, 21-30 年, 31-40 年, 41-50 年, 51-60 年, 61-70 年, 71-80 年, 80 年以上 等이다. 各 核種의 空氣中 濃度 ($Ac, Ci\text{-sec}/m^3$) 에 呼吸率 ($Br, m^3/sec$) 을 곱하여 呼吸에 의해 吸入되어 身體 各 臟器에 集積되는 放射性物質의 量を 計算하고 이 結果에 線量換算因子 ($Di, Rem/Ci$) 를 곱하여 體內 被曝線量 (E_i, rem) 을 計算한다. 즉,

$$E_i = Ac \times Br \times Di$$

呼吸率은 美 規制指針書 1.4 의 事故시 個人呼吸率인 $3.47 \times 10^{-4} m^3/sec$ 를 使用한다.

(다) 침적된 放射性物質에 의한 體外被曝

地表面에 침적된 放射性物質에 의한 體外被曝線량 (E_g, rem) 은 各 核種別 地表面 汚染濃度 ($Gc, Ci/m^2$) 에 遮蔽因子 (SF_g)

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

와 線量換算因子 ($Dg, \text{rem/Ci/m}^2$)를 곱하여 計算한다. 卽,

$$Eg = Gc \times Dg \times SFg$$

地表面 汚染에 의한 體外被曝線量은 8時間까지의 被曝量과 7日까지의 被曝量を 計算하여 被曝時間이 8時間以上 7日 이내일 경우에는 이들 두가지 被曝線量を 內插하여 計算하며 被曝時間이 8時間보다 작을 경우에는 8時間까지의 被曝量を 外插하여 計算한다.

4) 事故類型別 被曝影響

가) 事故類型 1 : 輕微한 事故

本 類型의 事故는 事故結果가 輕微하므로 評價하지 않았다.

나) 事故類型 2 : 格納建物밖으로의 小量漏出事故

放射性 液體 및 氣體를 包含하는 系統의 配管, 밸브, 플랜지는 正常運轉中 있을 수 있는 漏出을 最小化하도록 設計 및 設置되어 있다. 그러나 小量の 漏出은 있을 수 있지만 이러한 漏出은 평상시 漏出에 該當하며 그 影響은 稼動中 放射能影響評價에서 다룬바 있다.

다) 事故類型 3 : 放射性廢棄物系統 破損事故

本 類型의 事故는 機器破損이나 運轉員의 失手에 의해 放射性物質이 廢棄物處理建物로 漏出되는 事故이며 氣體遲延탱크의 誤動作 및 機器漏出, 液體廢棄物貯藏탱크의 誤動作 및 機器漏出, 氣體遲延탱크破損, 液體廢棄物貯藏탱크破損등이 있다. 그러나 이러한 類型의 事故는 事故結果로 漏出된 放射性物質의 環境에 미치는 影響이 다른 事故類型의 것보다 輕微하므로 評價하지 않았다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

라) 事故類型 4 : 1 次 및 2 次系統에서 核分裂生成物漏出事故

(沸騰輕水爐)

事項 없음.

마) 事故類型 5 : 1 次 및 2 次系統에서 核分裂生成物漏出事故

(加壓輕水爐)

(1) 序 論

放射能濃도가 높은 流體를 包含하는 系統의 配管, 밸브, 플랜지는 正常運轉시 일어날 수 있는 漏出을 最小로 줄이도록 設計 및 製作되어 있다. 이와같이 漏出이 最小化되도록 設計되어 있으나 蒸氣發生器튜브가 破損될 경우, 1 次側에서 2 次側으로 冷却材가 漏出될 수 있으며 이에 따라 2 次側도 放射能으로 汚染될 수 있고 環境을 汚染시킬 수 있다.

本 類型의 事故로는 核燃料가 豫想 以上으로 破損되고 蒸氣發生器에서 漏出이 일어나는 過渡事故, 蒸氣發生器튜브破損事故 등이 包含된다. 本 報告書에서는 蒸氣發生器튜브破損事故를 評價하였다.

(2) 蒸氣發生器튜브破損事故

(가) 事故 概要

蒸氣發生器튜브破損은 原子爐冷却材系統과 主蒸氣系統 사이의 防壁이 무너지는 事故이다. 蒸氣發生器튜브의 健全성은 放射能에 의한 汚染擴散 防止側面에서 重要하다. 蒸氣發生器既튜브가 破斷부위를 통해 2 次側으로 漏出되는 原子爐冷却材가 2 次側의 冷却水와 混合되어 터빈을 통해 復水器에 도달한 原子爐冷却材내 비응축성 放射性物質은 復水器 乾井에서 復水器 진공펌프에 의해 環境으로 漏出된다.

事故發生 30 分後 運轉員이 蒸氣發生器 취출 配管상의 放射能 計測器

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

를 통해 事故發生을 認識하여 破斷된 蒸氣發生器의 隔離밸브를 作動시켜 同 蒸氣發生器를 隔離시킨다. 原子爐는 損傷되지 않은 蒸氣發生器를 使用하여 冷却시킬 수 있으며, 運轉員은 正常停止시의 冷却方式에 따라 冷却을 始作하여 原子爐冷却材 溫度가 충분히 낮아지면 損傷되지 않은 蒸氣發生器를 隔離시킨다. 蒸氣發生器 튜브 破損事故 發生後 2次系統내 放射能은 튜브破損後 30分 동안 1次系統에서 2次系統으로 原子爐冷却材가 漏出되는 것으로 假定하여 計算한다.

(나) 計算假定

1. 蒸氣發生器 튜브破損後 30分 동안 原子爐冷却材의 15%가 2次側으로 漏出되며 原子爐冷却材의 總 質量은 5.752×10^5 lbm 이다.
2. 事故前 原子爐冷却材내 放射能濃度は 0.5% 核燃料破損에 根據하여 計算한다.
3. 事故前 2次側 平衡放射能濃度は 無視한다.
4. 復水器에 도달한 不活性氣體 全部와 할로겐의 0.1%가 復水器 진공펌프에 의해 環境으로 漏出된다.
5. 蒸氣發生器에서의 요오드의 分割因子 (Partition Factor) 는 0.01 이다.

이상과 같은 假定事項에 依據 計算된 放射線源은 表 7. 가 - 3 과 같다.

(다) 事故發生確率

蒸氣發生器內 튜브 破損을 초래하는 壓力은 正常運轉條件보다 훨씬 크므로 튜브가 破損될 確率は 극히 작다. 發生 可能的한 경우란 壓力 境界의 작은 破損이다. 이와같은 작은 破損에 의한 漏出結果는 移動中 放射能影響評價에서 다루었다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

(라) 計算結果

	全 身	甲 狀 腺
非居住區域境界에서의 個人線量 (rem)	2.28×10^{-3}	2.44×10^{-5}
住民集團線量 (man-rem)	1.12	

바) 事故類型 6 : 核燃料 再裝填事故

(1) 序 論

本 類型의 事故는 格納建物에서 核燃料 再裝填作業時 發生할 수 있는 事故로써 核燃料集合體나 重荷物の 爐心上部に 墜落하는 事故이며 本 報告書에서는 爐心내 核燃料에 重荷물이 墜落하는 事故를 評價하였다.

(2) 爐心내 重荷物 墜落事故

(가) 事故 概要

이 事故는 核燃料再裝填作業時 作業機器 故障이나 誤動作으로 인해 重荷물이 爐心 上部에 墜落하는 事故이다. 이 事故로 인해 核燃料集合體가 完全 破損되어 核燃料 艙内の 平衡放射能이 再裝填水를 通過하여 格納建物 大氣로 漏出된다. 再裝填 作業期間중 格納建物 淨化는 格納建物大容量 淨化系統에 의해 이루어지며 同 事故가 發生하면 小容量淨化系統으로 轉換한다.

(나) 計算假定

1. 事故는 運轉停止 100 時間 經과후 發生한다.
2. 事故後 格納建物 隔離 遲延時間, 즉 大容量 淨化系統에서 小容量 淨化系統으로 轉換하는데 所要되는 時間은 33.18 초이다.
3. 한개 核燃料集合體 (236 個 核燃料棒)가 破損되어

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

核燃料棒內 平衡값 放射能(不活性氣體와 할로젠)이 재장전 水槽內로 漏出된다. 平衡값 放射能은 核燃料棒內 總 放射能의 1%이다.

4. 재장전 수조內에서의 요오드 제염계수는 500이다.

5. 木炭吸着帶 効率は 99%이다.

6. 格納建物 體積은 $2.727 \times 10^6 \text{ ft}^3$ 이며 大容量 淨化 系統의 容量은 45,450 cfm이고 小容量 淨化系統의 容量은 1,136 cfm이다.

이상과 같은 假定事項에 依據 計算된 放射線源은 表 7.가-4와 같다.

(3) 事故發生 確率

爐心 위에서 重荷物を 取扱할 경우는 核燃料集合體를 取扱할 경우와 比較하여 회수가 작고 核燃料 取扱機器나 重荷物 取扱機器의 破損確率は 같으므로 重荷물이 爐心上部에 墜落할 確率は 核燃料 取扱事故보다 훨씬 작다.

(4) 計算結果

	全 身	甲狀腺
非居住區域境界에서의 個人線量(rem)	2.09×10^{-4}	2.12×10^{-3}
住民集團線量(man-rem)	0.364	

사) 事故類型 7 : 使用後核燃料 取扱事故

(1) 序 論

本 類型의 事故는 核燃料建物內에서 使用後 核燃料 取扱時 發生할 수 있는 事故로서 使用後 核燃料 貯藏水槽內로 核燃料集合體가 墜落되는 事故, 核燃料 貯藏臺에 重荷물이 墜落하는 事故, 使用後核燃料 수송캐스크가 墜落하는 事故등이 包含된다.

本 報告書에서는 核燃料 貯藏水槽內로 核燃料集合體가 墜落되는 事故를 評價하였다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

(2) 核燃料集合體墜落事故

(가) 事故 概要

이 事故는 核燃料建物내에서 使用後核燃料 取扱作業時에 發生할 수 있는 事故로써 使用後核燃料集合體가 核燃料 貯藏水槽내로 墜落하는 假想事故이다. 移動作業중이던 한개의 核燃料集合體가 일정 높이에서 貯藏臺 위로 떨어져 한列의 核燃料棒이 破損되고 該 放射能 이 貯藏水槽내로 漏出된다. 漏出된 放射性 氣體의 一部는 貯藏水에 녹고 一部는 核燃料建物 大氣로 漏出된다. 事故에 의해 高放射能 信號가 發生하며 正常換氣系統의 隔離 댐퍼가 닫히고 核燃料建物 非常換氣系統이 作動한다.

(나) 計算假定

1. 使用後核燃料集合體가 運轉停止 1 週日 (168 時間) 후 移動作業중 使用後核燃料 貯藏水槽내에서 墜落하여 한列 (16 個) 의 核燃料棒이 破損되어 該 放射能 이 貯藏水내로 全量漏出된다.

2. 各 核燃料棒 該 放射能은 核燃料棒내 放射能의 1 % 이며 事故시 모두 漏出된다.

3. 使用後 核燃料 貯藏水槽내에서의 요오드 제염계수는 500 이다. 核燃料建物 大氣중 放射能은 環境으로 漏出되기전 99 % 効率의 木炭吸着帶를 거친다.

4. 核燃料建物 正常換氣系統의 排出率은 22,900 cfm , 核燃料建物 非常換氣系統의 排出率은 5,500 cfm 이며 事故發生後 非常換氣系統으로의 轉換에 所要되는 時間은 60 초이고 2 時間만에 核燃料建物 大氣중 放射能은 전부 環境으로 放出된다.

이상과 같은 假定事項에 依據 計算된 放射線源은 表 7. 가 - 5 와 같다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

(다) 事故確率

事故類型 5 의 재장전 事故確率が 同 事故確率에도 使用될 수 있다.

(라) 計算結果

	全 身	甲狀腺
非居住區域境界에서의 個人線量 (rem)	1.69×10^{-4}	4.97×10^{-4}
住民集團線量 (man-rem)	0.345	

아) 事故類型 8 : 安全性分析報告書에서 設計基準評價시 考慮된 事故

(1) 序 論

本 類型의 事故는 安全性分析報告書 第 15 章에서 다루고 있는 設計基準事故들이며 安全性分析報告書는 工學的安全設備 (ESF) 의 기능요건을 樹立하기 위해서 保守的인 假定을 使用하여 이들 事故를 評價하고 있다. 이러한 保守的인 假定은 危險度を 비현실적으로 과도하게 評價하므로 事故에 의한 危險度を 現實적으로 評價한다는 環境影響評價의 취지상 不適合하다. 本 類型에 속하는 事故로는 小型冷却材喪失事故, 制御棒引出事故, 制御棒落下事故, 計器管 破斷事故, 小型 및 大型 主蒸氣管 破斷事故 등이 있으며, 本 報告書에서는 大型冷却材喪失事故를 評價하였다.

(2) 大型冷却材 喪失事故

(가) 事故 概要

이 事故는 原子爐冷却材 配管이 크게 破斷되어 (破斷부위 6 인치 以上) 原子爐冷却材 放射能과 爐心內 核分裂生成物の 一部가 漏出되는 事故로 事故期間동안 損傷을 입은 核燃料棒에서 爐心內 放射能량의 一部가 格納建物 大氣로 漏出된다. 이 漏出量중 할로겐의 一部와

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

不活性氣體의 全部가 格納建物내에서 氣體狀態로 環境으로 漏出된다. 이 事故는 格納建物漏出量, 요오드 除染計數, 大氣換算因子에서 現實的인 값을 使用하여 分析하였다.

(나) 計算假定

1. 0.5 % 核燃料 損傷을 根據로 한 原子爐冷却材내 平均 放射能과 爐心내 核分裂生成物 總量중 2 %가 格納建物로 漏出된다.

2. 事故期間동안 格納建物 放出量を 0.06 v/o/日로 假定한다.

3. 침적, 撤水, 水槽에 의한 除染效果는 撤水에 化學製를 添加한 것으로 假定하여 0.05 의 감소인자를 適用한다.

4. 住民全身集團線量計算을 위하여 事故後 30 日間 (720 時間) 格納建物에서 環境으로 漏出되는 放射線源을 計算한다.

以上과 같은 假定事項에 依據 計算된 放射線源은 表 7. 가 - 6 과 같다. 表 7. 가 - 6 에 나타나 있는 2 時間 漏出放射能은 個人線量計算에, 30 日間 漏出放射能은 住民全身集團線量 計算에 使用하였다.

(다) 事故確率

모든 原子爐冷却材系統 機器는 ASME Code, Section III 에 따라 設計 및 製作된다. 格納建物내 原子爐冷却材系統은 非常運轉停止 및 非常爐心冷却에 必要한 기능의 喪失없이 設計基準 冷却材喪失事故 및 設計基準 地震에 의한 負荷를 견딜 수 있도록 設計된다. 주요 原子爐冷却材系統機器는 運轉壽命을 40 年으로 假定하여 設計되었으며 冷却材의 化學的 特性에 견딜 수 있는 材質로 製作되고 疲勞度分析을 遂行하여 適用規格과 일치하는지 與否를 評價한다. 工學的 安全設備는 어떠한 크기의 配管破斷事故에 대해서도 冷却材喪失事故의 結果를 緩和하고 制御할 수 있도록 作動한다. 原子爐冷却材系統은 設置 이후에도 水壓試驗과 漏出試驗등 여러 試驗을 시행한다. 發電所 運轉條件은 技術指

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

針書, 運轉節次, 其他 行政的인 統制를 통해 이미 設定된 制限値 内に 있도록 한다. 또한 運轉중에는 廣範圍한 稼動檢査計劃에 의해 週期的인 監視와 安全性 關聯機器의 檢査가 遂行된다. 이러한 要件을 考慮할 때 본 事故의 確率은 극히 작은 것으로 判斷된다.

(라) 計算結果

	全 身	甲狀腺
非居住區域境界에서의 個人線量 (rem)	2.34×10^{-3}	1.87×10^{-1}
住民集團線量 (man-rem)	6.38×10^1	

5) 評價結果

以上과 같은 네 가지 事故類型別 事故發生後 2時間동안 非居住區域境界에서의 個人 全身 및 甲狀腺線량과 發電所 敷地 半徑 80 km 내 住民全身集團線량을 要約하여 表 7. 가 - 7 에 수록하였다. 이 表에서 보듯이 네 가지 事故類型別 個人全身線량과 甲狀腺線량은 10 CFR 100 에 規定된 制限置인 事故發生後 2時間동안 非居住區域境界에서의 個人全身線量 25rem, 甲狀腺線量 300 rem보다 훨씬 작은 값이다. 住民全身集團線량에 대하여는 規定된 制限値가 없으므로 여기서는 自然放射能에 의한 集團線량과 比較함으로써 상대적으로 評價하고자 한다. 靈光 3, 4 號機 豫想敷地周邊의 自然放射能에 의한 年間平均 住民全身線량이 142.3mrem 으로 測定되었기 때문에 發電所 周邊 半徑 80 km 내의 總住民(2035 年 豫想置: 4,645,841 名)이 받는 住民全身集團線량은 6.611×10^5 man -

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

rem/yr 이 된다. 그러므로 네 가지 事故類型別로 計算된 住民全身集團線
량은 自然放射能에 의한 住民集團線量보다 훨씬 작은 값을 알 수
있다. 결론적으로 靈光 3, 4 號機가 建設되어 正常 稼動되더라도 事故시
放出된 放射性物質로 인한 周邊住民의 피해는 無視될 수 있을 정도로
작을 것으로 判斷된다.



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

表 7. 가 - 1 事故類型과 類型別로 評價된 事故

	事 故 類 型	評 價 된 事 故
1	輕微한 事故	-
2	格納建物밖으로의 小量の 漏出事故	-
3	放射性廢棄物系統 漏出事故	-
4	1次 및 2次系統內 核分裂 生成物 漏出事故 (BWR)	-
5	1次 및 2次系統內 核分裂 生成物 漏出事故 (PWR)	蒸氣發生器 튜브破損事故
6	核燃料 再裝填 事故	爐心내 重荷物 墜落事故
7	使用後核燃料 取扱事故	核燃料 貯藏水槽內로 核燃料 集合體 墜落事故
8	安全性分析報告書에서 設計基準 評價時 考慮된 事故	大型冷却材喪失事故

表 7. 가-2 發電所 敷地周邊 半徑 80 km 內 住民分布

(單位 : 人)

距離 (km) 年	0-1.6	1.6-3.2	3.2-4.8	4.8-6.4	6.4-8.0	8.0-16.0	16.0- 32.0	32.0- 48.0	48.0- 64.0	64.0- 80.0	合 計
1984	930	9,192	7,367	11,337	7,578	60,041	221,056	579,262	1,483,008	1,325,970	3,705,741
1995	1,202	11,886	9,409	10,568	7,041	57,525	202,097	584,509	1,691,943	1,476,138	4,052,258
2005	1,268	12,545	9,888	9,531	6,363	53,008	180,955	548,460	1,689,646	1,454,790	3,965,454
2015	1,372	13,562	10,690	10,304	6,879	53,308	195,635	592,952	1,826,714	1,573,233	4,288,649
2025	1,450	14,328	11,294	10,887	7,268	60,549	206,607	626,470	1,929,999	1,662,124	4,531,135
2035	1,488	14,690	11,580	11,163	7,452	62,082	211,927	642,337	1,978,858	1,704,264	4,645,841

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

表7.가-3 蒸氣發生器 튜브 破損事故時 放射線源

核 種	復水器內 放射能 (Ci)	環境으로 放出된 放射能 (Ci)
I-131	6.66×10^{-4}	6.66×10^{-4}
I-132	1.33×10^{-4}	1.30×10^{-4}
I-133	7.26×10^{-4}	7.24×10^{-4}
I-134	1.10×10^{-4}	1.03×10^{-4}
I-135	4.91×10^{-4}	4.86×10^{-4}
Kr-83 <i>m</i>	0	0
Kr-85 <i>m</i>	3.33×10^{-1}	3.29×10^{-1}
Kr-85	7.26×10^{-1}	7.26×10^{-1}
Kr-87	1.77×10^1	1.70×10^1
Kr-88	5.10×10^1	5.00×10^1
Kr-89	0	0
Xe-131 <i>m</i>	4.52	4.51
Xe-133 <i>m</i>	0	0
Xe-133	4.71×10^2	4.71×10^2
Xe-135 <i>m</i>	0	0
Xe-135	80.4	77.89
Xe-137	0	0
Xe-138	12.15	10.09

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

表7. 가-4 爐心內 重荷物墜落事故時 放射線源

核 種	核燃料建物內 放射能 (Ci)	環境으로 放出된 放射能 (Ci)
I-131	7.234	3.47×10^{-3}
I-132	1.87×10^{-3}	6.71×10^{-7}
I-133	7.04×10^{-1}	3.28×10^{-4}
I-135	5.33×10^{-4}	3.32×10^{-7}
Kr-85	8.46×10^{-1}	8.92×10^{-3}
Kr-85 <i>m</i>	1.49×10^{-4}	6.14×10^{-6}
Kr-88	0	0
Xe-131 <i>m</i>	5.26×10^1	2.525
Xe-133 <i>m</i>	1.24×10^2	5.866
Xe-133	6.59×10^3	3.15×10^2
Xe-135	11.15	4.98

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

表7. 가-5 核燃料集合體 墜落事故時 放射線源 (核燃料建物內)

核 種	核燃料建物內 放射能 (Ci)	環境으로 放出된 放射能 (Ci)
I- 131	3.84	3.71×10^{-3}
I- 132	2.07×10^{-13}	1.88×10^{-15}
I- 133	5.02×10^{-3}	4.82×10^{-5}
I- 135	3.28×10^{-8}	3.11×10^{-10}
Kr-85	6.28	6.07
Xe-131 <i>m</i>	3.03	2.93
Xe-133 <i>m</i>	3.57	3.44
Xe-133	3.08×10^2	2.99×10^2
Xe-135 <i>m</i>	0	
Xe-135	4.32×10^{-3}	4.11×10^{-3}

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

表7. 가-6 大型冷却材喪失事故時 放射線源

核 種	格納建物內 放射能 (Ci)	環境으로의 漏出放射能 (Ci) (2 時間)	環境으로의 漏出放射能 (Ci) (30 日間)
I-131	1.79×10^6	4.458	5.74×10^2
I-132	2.50×10^6	4.710	1.05×10^1
I-133	3.36×10^6	8.126	1.27×10^2
I-134	3.66×10^6	4.590	5.78
I-135	3.18×10^6	7.183	3.86×10
Kr-85	3.21×10^4	1.62	5.76×10^2
Kr-87	5.48×10^5	16.85	2.57×10^1
Kr-88	7.62×10^5	29.97	7.61×10^1
Kr-89	8.78×10^5	1.679	1.68
Xe-131 m	1.99×10^4	9.92×10^{-1}	1.69×10^2
Xe-133	3.38×10^6	1.68×10^2	1.51×10^4
Xe-135 m	7.06×10^5	6.59	6.62
Xe-135	1.07×10^6	4.96×10^1	3.52×10^2
Xe-138	2.60×10^6	2.64×10^1	2.66×10^1
Cs-134	1.44×10^1	7.20×10^{-4}	2.53×10^{-1}
Cs-136	7.97	3.98×10^{-4}	7.14×10^{-2}
Cs-137	3.79×10^1	1.90×10^{-3}	6.75×10^{-1}
Te-129	1.31	3.82×10^{-5}	5.48×10^{-5}

表7. 가-6 (계 속)

核 種	格納建物內 放射能 (Ci)	環境으로의 漏出放射能 (Ci) (2時間)	環境으로의 漏出放射能 (Ci) (30日間)
Te-132	2.75×10^1	1.36×10^{-3}	7.72×10^{-2}
Sr-89	5.75×10^{-1}	2.87×10^{-5}	8.41×10^{-3}
Sr-90	1.83×10^{-2}	9.15×10^{-7}	3.26×10^{-4}
Sr-91	8.50×10^{-1}	3.96×10^{-5}	2.96×10^{-4}
Ba-140	7.19×10^{-1}	3.59×10^{-5}	6.35×10^{-3}
Co-58	5.14×10^{-1}	2.57×10^{-5}	7.95×10^{-3}
Co-60	5.91×10^{-2}	2.95×10^{-6}	1.05×10^{-3}
Ru-103	6.93×10^{-2}	3.46×10^{-6}	9.61×10^{-4}
Ru-106	2.48×10^{-2}	1.24×10^{-6}	4.30×10^{-4}
Y- 90	5.49×10^{-3}	2.72×10^{-7}	1.27×10^{-5}
Y- 91	8.24×10^{-2}	4.12×10^{-6}	1.24×10^{-3}
Zr-95	1.01×10^{-1}	5.05×10^{-6}	1.54×10^{-3}
La-140	2.48×10^{-1}	1.22×10^{-5}	3.59×10^{-4}
Ce-144	6.01×10^{-2}	3.00×10^{-6}	1.03×10^{-3}
Pr-143	9.28×10^{-2}	4.63×10^{-6}	8.50×10^{-4}

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

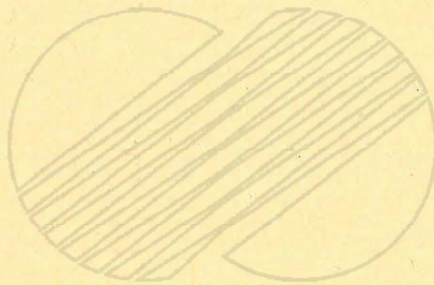
表7. 가-7 事故類型別 線量 要約

事 故 類 型	個人線量 (rem)		住民全身集團 線量 (man-rem)
	全 身	甲 狀 腺	
事故類型 5 : 蒸氣發生器 튜브破損事故	2.28×10^{-3}	2.44×10^{-5}	1.120
事故類型 6 : 爐心내重荷物 墜落事故	2.09×10^{-4}	2.12×10^{-3}	0.364
事故類型 7 : 使用後核燃料 集合體 墜落事故	1.69×10^{-4}	4.97×10^{-4}	0.345
事故類型 8 : 大型冷却材 喪失事故	2.34×10^{-3}	1.87×10^{-1}	6.38×10^1

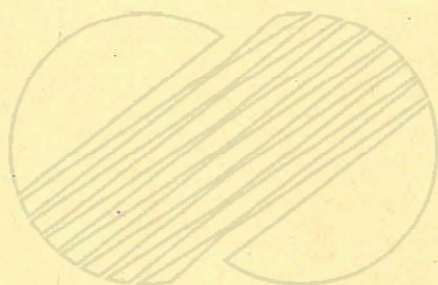
본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.



나. 其他 事故로 인한 影響



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

나. 其他 事故로 인한 影響

이미 言及한 放射能 漏出事故 外에, 放射性 物質을 수반하지 않더라도 敷地周圍의 環境에 影響을 미칠 수 있는 事故가 發生할 수 있다.

이런 事故로는 化學物質의 폭발, 화재, 보조보일러의 破損, 油類 및 독성물질을 貯藏하는 용기의 破損으로 인한 漏泄 등이 있다.

敷地周圍에서의 化學物質의 폭발이나 화재로 인한 影響은 화재 방호 계통설비 또는 폭발이나 화재가 가능한 물질을 격리하여 配置함으로써 減少시킬 수 있다. 또한 폭발이나 화재발생에 동반하여 아황산가스, 일산화탄소, 탄화수소, 질소산화물, 분진 등의 배출이 敷地周圍環境에 影響을 미칠 수도 있으나, 최악의 경우라도 이런 事故로 인한 影響은 단기 발생적이며, 단기 措置로 處理가 가능하다. 이와 마찬가지로 보조보일러의 破損으로 인한 事故로 一次的으로는 敷地上에 影響을 미칠 수 있으나 敷地周圍 環境에는 그 影響이 극미하다.

기름이나 다른 비핵연료는 지하방벽에 貯藏되므로 누설 또는 敷地밖으로 擴散되지 않을 것이고, 이런 類型의 事故로는 어떤 주목할만한 環境被害는 발생치 않을 것이다.

敷地内の 지하방벽에 貯藏되는 황산과 같은 物質이 事故로 인하여 누설될 수도 있다. 그러나 어떠한 비정상적, 불규칙적인 누설도 일단 검출기로 감지가 되며, 이런 稀釋이나 중화처리로 그 影響을 극소화시킬 수 있다. 이와같은 제반 대비로 敷地周圍의 環境에 미치는 影響을 극미하게 줄일 수 있다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

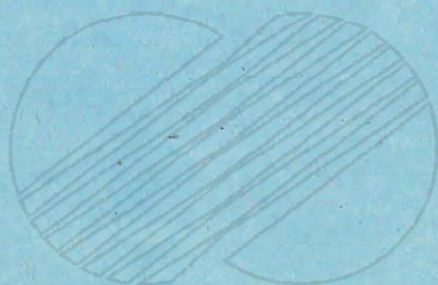


본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

8. 綜 合 評 價



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.



8. 綜 合 評 價

가. 불가피한 環境에의 惡影響

1) 建設豫定인 靈光原子力 3,4 號機는 各各 2,815Mwt 의 施設容量을 갖도록 計劃되어 있어 두대가 모두 稼動時 5,630 Mwt 의 電力을 生産할 것이다.

따라서 5,630 Mwt 의 電力을 生産하기 위하여 發生하는 廢열은 施設 容量의 約 64 %인 3,603.2Mwt 의 電力量에 해당하게 된다. 이 廢열은 대부분 熱發散系統을 통하여 放出되며 約 10 %만이 복사열로서 放出된다.

熱發散系統의 運營에는 초당 約 113 t 의 冷却水가 소요되기 때문에 生態系에 미치는 影響에서 論한 바와 같은 惡影響은 불가피하다고 보여진다.

2) 發電所 建物에 昆虫類와 鳥類가 衝突하거나 飛翔方向을 廻轉한다.

3) 發電所 建設中の 騒音, 惡臭, 交通量 增加로 인한 振動, 排氣가스에 의한 일시적 環境攪亂이 야기되지만 稼動後에는 安定狀態로 돌아간다.

4) 送電鐵塔의 建設中 材料 運搬路와 敷地工事로 植生이 부분적으로 破壞되지만 完工後에는 곧 復元된다.

나. 自然의 毀損

敷地造成時 약간의 海洋環境이 陸上環境으로 變化 됨에 따라 이부분에 대한 自然의 毀損은 불가피하다. 또한 가.項에서 記述한 바와 같이 불가피한 惡影響에 의한 海洋 生態系의 부분적인 被害가豫想된다.

- 發電所 周邊에 棲息하는 生物중 굴, 조무래기따개비, 검은큰따개비, 석회관갯지렁이, 갈색꽃해변말미잘 등은 장차 海洋構造物 (取, 排水施設)에 被害를 입힐 可能性이 있는 附着生物이다.
- 原子力 發電所 周邊의 生物相은 1979-1980年 調査時에 비하여 정도의 차이는 약간씩 있으나 큰 變化는 없었다.
- 發電所 稼動으로 인하여 熱發散 系統에 연行되어 海洋生物이 입는 被害는 植物플랑크톤인 경우 炭素量으로 年間 約 688 t, 動物플랑크톤의 경우 約 284 t으로 추정되나 주위의 자원량으로 볼때 그다지 크다고는 할 수 없다.
- 溫排水 擴散 區域內에서는 溫度 增加에 따라 이에 適應할 수 있는 生物群으로 群集構造가 變化할 것으로 豫想되며 그 範圍는 排水口基準으로 300 m以內의 海域에 국한 될 것이다.
- 發電所 海洋構造物 (호안, 접안시설, 방파제, 취매수구)에 따른 海況의 變化는 국지적인 것을 除外하고는 變化가 없을 것으로 사료되나 다만 排水口에서 放出되는 빠른 溫排水 (2.6 m/초, 113t/초)에 의하여 젯트수류 및 階層水流가 形成될 것이며, 이 수류는 점차 속도가 느려지고 溫度가 낮아져서 4개호기가 모두 稼動時의

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

경우에는 2 km 이내에 국한될 것으로 判斷된다.

- 長期的인 안목에서 볼 때는 溫排水流와 海上構造物에 의한 토사 移動의 變化가 어느정도 豫想된다.
- [REDACTED] 發電所에서 나오는 溫排水는 적절한 施設만 갖출 경우 아열대성 水産動物(참돔, 방어, 광어, 전복 등)의 양식에 使用할 수 있으며, 이를 통하여 溫排水에 의한 環境 影響을 節減시키고 아울러 에너지 자원의 效率的인 使用을 期待할 수 있을 것이다.

다. 綜合評價

韓國電力公社가 長期電源開發計劃의 일환으로 建設을 推進하고 있는 靈光原子力發電所 3, 4 號機는 그 후보지를 靈光原子力發電所 1, 2 號機 建設敷地인 [REDACTED]로 計劃하고 있다.

發電容量은 號機當 1,049MW로서 總 2,098 MW이며 竣工時期는 1995 年과 1996 年이 될것이다. 이들을 建設하는 總豫算 規模는 약 3,261,111 백만원인바 大規模의 事業이라 할 수 있다.

本 發電所 建設의 目的은 未來의 電力需要에 對備함은 물론 脫石油에너지 定策과 併行한 에너지 다변화 정책, 地域 發展의 均衡維持 등을 들수 있는바 本 事業이 장차 國內 關聯産業에 미치는 直接, 間接的인 效果는 지대하리라 기대된다. 本 事業의 規模가 대단하여 工事 期間은 물론 建設後 發電過程에서도 周邊環境에 미치는 影響이 지대할것으로 豫想된다. 그러나 本 報告書가 말해주듯이 실제적인 環境變化 要因은 豫想보다 적어 環境에 미칠 惡影響 또한 적을뿐 아니라 적절한

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

對策을 세우면 훨씬 경감될 수 있기 때문에 發電所의 建設로부터 오는 각종 부의 影響을 勘案하면 득실 면에서 득이 많을것으로 본다.

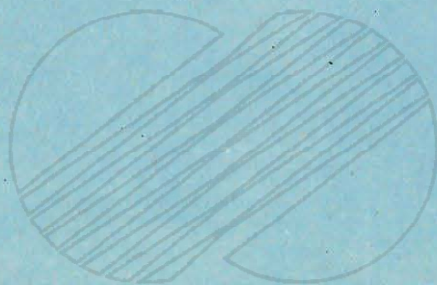
本 報告書는 環境의 現況把握은 물론 未來의 環境變化에 對備키 위하여 環境管理計劃 樹立등에 좋은 參考資料가 되리라 믿어지며 本 發電所 建設計劃에 적의 活用하면 좋은 結果를 얻으리라 確信한다.

한편 本 發電所 建設 以前에 靈光原子力 1, 2 號機가 建設되었으므로 사실 環境의 모든 變化는 靈光原子力發電所 1, 2 號機 建設時 이미 선행되어 本 事業인 靈光原子力發電所 3, 4 號機 建設時에는 環境變化率이 훨씬 경감되고 있다.

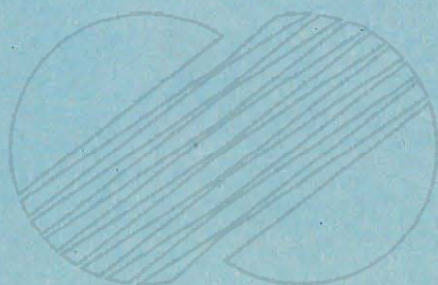
結論的으로 말해서 本 事業의 遂行은 國家의 百年大計를 위하여 부득이한 事業이며 本 事業遂行으로 인한 環境에 미치는 影響이 경미할 뿐만 아니라 環境의 적절한 管理計劃으로 부터 効果を 크게 높일 수 있으므로 本 事業遂行은 環境의 側面에서도 그 妥當性を 인정할 수 있다고 結論지을 수 있다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

9. 参 考 文 獻



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.



參 考 文 獻

I. 自然環境

1. 中央氣象臺, 1982. 韓國의 氣候表 제 1 권 氣候豫年값 (1951 ~ 1980), 中央氣象臺.
2. 中央氣象臺, 1983. 韓國의 氣候表 제 2 권 기후예년값 (1951 ~ 1980), 中央氣象臺.
3. 中央氣象臺, 1977. 韓國의 氣候表 氣候 標準 평년값 (1931 ~ 1960), 中央氣象臺.
4. 中央氣象臺, 1950., 1984. 氣象年報 (1950 ~ 1984), 中央氣象臺.
5. 中央氣象臺, 1968. 韓國의 異常記錄 제 1 편 降水編 (1904 ~ 1967), 中央氣象臺.
6. 中央氣象臺, 1971. 韓國의 異常記錄 제 2 편 氣溫, 氣壓, 濕度, 바람, 積雪 (1904 ~ 1967), 中央氣象臺.
7. 中央氣象臺, 1983. 異常氣象의 年度別 發生時期의 統計的 調査 제 1 권, 제 2 권, 中央氣象臺.
8. 中央氣象臺, 1984. 異常氣象의 年度別 發生時期의 統計的 調査 (장마, 우박, 雷電, 地震) 제 3 권, 中央氣象臺.
9. 韓國電力公社, 1984. 原子力 7, 8 號機 最終安全性 分析 報告書 中 부지특성 부문 敷地特性報告書 제 1 권, 韓國電力公社.
10. 韓國電力公社, 1984. 原子力 7, 8 號機 最終安全性 分析 報告書 中 부지특성 부문 敷地特性報告書 제 2 권, 韓國電力公社.
11. 韓國電力公社, 1985. 靈光原子力 後續 1, 2 號機 基礎 精密 地質 調査 豫備 安全性 分析 報告書 2.5 項 추가 지질공학 조사, 한국전력공사.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

12. 朴萬奎·朴弘眞, 1974. 內藏山 一帶의 羊齒植物相, 내장산 국립공원 일대 종합 학술조사보고서 : 45-49.
13. 科學技術處, 1980. 원자력발전소의 安全性 對策에 관한 연구, 과학기술처 : 779.
14. 科學技術處, 1984. 원자력발전소의 信賴性 評價, 과학기술처 :
15. 한국에너지연구소, 1984. 原子爐 稼動前·稼動中 檢査 技術開發, 과학기술처 : 591
16. 金昌煥·金鎮一, 1974. 內藏山 一帶의 (인시류를 제외한) 夏季 昆蟲相, 내장산 국립공원 일대 종합학술 조사보고서 : 95-126.
17. 金鎮一, 1981. 韓國產 海岸砂丘性 昆蟲에 관한 研究中 西海岸의 砂丘性 昆蟲相, 研究報告(8) : 61-72.
18. 李昌福·李文豪, 1974. 內藏山 一帶의 植物資源 내장산 국립공원 일대 종합학술조사 보고서 : 51-70.
19. 李偵錫, 1962. 笠岩山 一帶의 森林植物 調查研究 全南大 論文集 (7): 181-212.
20. 李偵錫, 1983. 호랑가시나무의 天然分布와 群落 生態에 관한 研究, 韓林會誌 (62) : 24-42.
21. 李永魯·吳容子, 1974. 內藏山 일대의 單子葉植物, 내장산 국립공원 일대 綜合 學術調查報告書 : 71-82
22. 盧在植, 1979. 原子力發電과 環境汚染, 환경과 공해(2): 322-328.
23. 申裕恒·貝太會, 1974. 內藏山 一帶의 나비目 昆蟲相 내장산 국립공원일대 종합 학술조사보고서 : 127-147.
24. 元炳午·尹茂末, 1974. 內藏山 一帶의 鳥類 調查, 내장산 국립공원 일대 종합학술 조사보고서 : 149-178.
25. 鈴木兵二·伊藤季三·豊原太郎, 1985. 植生調査法Ⅱ (植物 社會學的 研究法), 共立出版, 東京 : 190.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

26. 김용관·장동석, 1981. 부산시내 해수욕장 해수의 세균학적 수질에 관한 연구, 한수지 14:148-157.
27. 김은하등, 1985. 보령, 삼천포 T/P 냉각수가 연안 양식수산물에 미치는 영향조사(I). KRC-84C-J01. 서울, 761pp.
28. 송원오, 1985. 광양제철소 부지조성 오타관측보고서, 포항제철 주식회사, 410pp.
29. 수산진흥원, 1983. 사업보고 58호, 한국연안 어장보전을 위한 환경오염 조사연구, 국립수산진흥원.
30. 유성규, 1979. 천해양식, 새로출판사, 부산, 605pp.
31. 유종생, 1979. 원색한국패류도감, 일지사, 서울, 196pp.
32. 이광우·곽희상·이수형·이동수, 1979. 여름철 한국 연안해수중의 중금속 함량, 한국해양학회지, 14:1-5.
33. 이수형·김은수·오재룡·이광우, 1984. 진해만 표층해수중의 중금속 함량, 해양연구소 소보, 6:7-12.
34. 이광우·이수형·이동수, 1986. 한국연안 퇴적물의 오염역사에 관한 연구, 해양연구소보고서 BSPE 00059-105-4, 서울, 489pp.
35. 이광우·이수형·양동범 등, 1985. 광양제철소 부지조성 오타관측 보고서중 해양수질조사편, 포항종합제철주식회사.
36. 이광우·이수형·홍기훈·오재룡, 1981. 한국 4개연안 공업단지 주변 해역 해수중의 중금속 함량, 해양연구소 소보, 3:87-96.
37. 이순길, 1986. 대단위 발전소 온배수가 고착성 저서동물 군집의 천이 과정에 미치는 영향에 관한 연구, 해양연구소 보고서, BSPE 00061-100-3, 서울, 66pp.
38. 이희영·장성열·최영길, 1985. 부산항의 미생물 분포에 관한 연구 한양대학교 환경과학연구소 보, 6:91-103.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

39. 최 상·김전태, 1970. 분변성 오염세균류의 담수 및 해수에 대한 저항성, 한국해양학회지, 5:62-72.
40. 하영철등, 1981. 진해만 해양기초조사보고서, 서울대 자연대 미생물학과.
41. 환경청, 1984. 울산. 울산공단 공해피해주민 이주대책을 위한 조사연구 최종보고서.
42. 환경청, 1984. 낙동강유역 환경보전 종합계획사업 해양부문보고서, 서울, 366pp.
43. 한국전력공사, 1984. 원자력 7, 8 호기 최종안전성 분석보고서 부지특성 부문 부지특성보고서, 제 3 권, 서울, 311pp.
44. 허형택 등, 1978. a. 고정리 화력발전소 건설지점 부근해역에 대한 해양 생태학적 기초조사연구, 해양개발연구소 보고서, BSPE 00025-44-3
45. 허형택 등, 1978. b. 남해안일대 발전소 건설후 보지역에 대한 해양생태학적 조사, 해양연구소 보고서 BSPI 00013-15-3, 서울, 455pp.
46. 허형택 등, 가로림만의 유용 및 미이용 생물자원개발에 관한 연구, 해양연구소 보고서 BSPE 00025-44-3
47. 허형택 등, 1981. 발전소 온배수에 의한 수산자원예의 영향 및 대책에 관한 연구, 해양연구소 보고서 BSPI 00025-49-3, 서울, 359pp.
48. 菊池泰二, 1979. 環境指標としての底生生物(1), 環境と生物指標み共立出版株式會社, 東京: 254-264.
49. 北森良之介, 1979. 環境指標としての底生生物(2), 環境と生物指標み共立出版株式會社, 東京: 265-273.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

50. 吉田良一, 1973. 底質生産における 生物生産の變化. 水産學ラリーズ,
恒星社厚生閣, 日本.
51. Slade, D.H., 1968. Meteorology and Atomic Energy. U.S.
Atomic Energy Commission, Washington D.C.
52. USEPA, 1975. Air Pollution Meteorology: Air Pollution Training
Institute Course 411, USEPA.
53. Hungate, F.P. (ed.), (1966). Radiation and Terrestrial Eco-
systems Proc. Hanford Sym. May. 3-5, 1965. Pergamon, New
York, 1675 pp.
54. International Atomic Energy Agency, (1963). Radioisotopes in
Hydrology: Proceedings of Sym. Appl. Rad. Hydr. Tokyo. 3.
5-9. p.457.
55. McCormick, N.J., (1981). Reliability and Risk Analysis.
Methods and Nuclear Power Application. Academic Press. p.446.
56. Nelson, D.J. and F.C. Evans(eds), (1969). Symposium on
Radioecology. Proc. 2nd. Natl. Sym., Clearing-house Fed. Sci.
Tech. Info. LI. S, Dept. Commerce, Springfield, Va. 774 PP.
57. Odum, E.P., (1983). Fundamentals of Ecology, 3rd ed.
Saunders. p.574.
58. Ophel, I.L., (1963). The fate of Radiostronitum in a Fresh-
water Community. In: Radioecology (V. Schultz and W. Klement,
eds). Reinhold Publ. New York. pp.213-216.
59. Schultz, Vincent, and A.W. Klement. (eds), (1963). Radio-
ecology. Proc. 1st. Nat. Symposium. Reinhold Publish Co.
N.Y. 746 PP.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

60. Sparrow, A.H., L.A. Schairer and R.C. Sparrow, (1963).
Relationship Between Nuclear Volumes, Chromosome Numbers
and Relative Radiosensitivities. Science, 141:163-166.
61. WHO, (1978). Health Implications of Nuclear Power Production,
WHO Regional Pub. European Ser. 3:60-61.
62. Witherspoon, J.P. (1969). Radiosensitivity of Forest Tree
Species to Acute Fast Neutron Radiation. In Proc. 2nd. Natl.
Sym. Radioecology (D. Nelson and F. Evans. eds.). Clearing-
house Fed. Sci. Tech. Info., U.S. Dept. Commerce, Springfield,
Va. pp.120-126.
63. Woodwell, G.M. (1962). Effects of Ionizing Radiation on
Terrestrial Ecosystems. Science, 138:572-577.
64. Woodwell, G.M. (1965). Ecological Effects of Nuclear War.
Brookhaven Natl. Lab. Pub. No. 197, pp.2.
65. Wymer, R.G. and B.L. Vondra, (1981). Light Water Reactor
Nuclear Fuel Cycle. CRC Press, p.261.
66. Albaster, J.A. 1969. Effects of Heated Discharges on Fresh-
water Fish in Britain. Pages 354-381 in P.A. Krenkal and F.
Parker ed. Biological Aspects of Thermal Pollution. Pro.
Nat. Symp. Ther. Poll. June 3-5. 1968. Portland, Oregon,
Vandertilt Univ. Press.
67. Ash, G.R., N.R. Chymko, and D.N. Gallup, 1974. Fish Kill
due to Cold Shock in Lake Wabamun, Alberta. Ibid., 31:1822-
1824.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

68. Briand, F.J. 1975. Effects of Power Plant Cooling Systems on Marine Phytoplankton. *Mar. Biol.*, 33:135-146.
69. Carpenter, E.J. 1973. Brackish-Water Phytoplankton Response to Temperature Elevation. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 1:37-44.
70. Carver, R.E. 1971. Procedures in Sedimentary Petrology. Wiley-Interscience, New York, U.S.A.
71. Cox, R.A., M.J. McCartney and F. Culkin. 1970. The Specific Gravity/Salinity/Temperature Relationship in Natural Seawater. *Deep-Sea Res.*, 17:679-689.
72. Dickson, D.R. 1975. Waste Heat in the Aquatic Environment. *Nat. Res. Coun. Cana. Publ. No. NRCC-14109*, Ottawa.
73. Edwards, T.J., W.H. Hunt, L.E. Miller, and J.J. Sevic. 1976. An Evaluation of the Impingement of Fishes at Four Duke Power Company Steamgenerating Facilities. Pages 373-380 in G.W. Esch, and R.W. McFarlane ed. *Thermal Ecology II. Pro. Symp. Augusta, Georgia, April 2-5, 1975. ERDA Symp. Ser. 40 TIC.*
74. Folk, R.L. and W.C. Ward. 1966. A Review of Grain-Size Parameters. *Sedimentology*, 6:73-93.
75. Fergusson, J.E. 1982. *Inorganic Chemistry and the Earth* Pergamon Press., Oxford, U.K.
76. Flemer, D.A. 1971. Preliminary Report on the Effects of Steam Electric Station Operations on Entrained Organisms. Sited by Mihursky, J.A., and A.J. McErlean. Post Operative

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

Assessment of the Effects of Estuarine Power Plants.

Chesapeake Bay Lab., Ref. No., 71-74a.

77. Gift, J.J. 1977. Application of Temperature Preference Studies to Environmental Impact Assessment. J. Fish. Res. Bd. Can., 34:746-749.
78. Hadderingh, R.H. 1979. Fish Intake Mortality at Power Stations, the Problem and its Remedy. Hydrobiological Bull., 13:83-93.
79. Hadderingh, R.H. 1978. Mortality of Young Fish in the Cooling Water System of Bergum Power Station. Pro. Inter. Asso. Theor. App.. Limnol., 20:347-352.
80. Hart, T.J. and R.I. Currie. 1960. The Benguela Current. Discovery Rep. 31:123-298.
81. Hillbricht-Ilkowska, A., and B. Zdanowski. 1978. Effect of Thermal Effluents and Retention Time on Lake Functioning and Ecological Efficiencies in Plankton Communities. Int. Revue. Ges. Hydrobiol., 63:609-617.
82. Hoff, J.F., and J.R. Westman. 1966. The temperature Tolerancer of three Species of Marine Fishes. J. Mar. Res., 24:131-140.
83. Hong, J.S. 1982. On the Distribution Pattern of Intertidal Organisms in Deogjeog Islands, Western Coast of Korea. Rep. on Surv. Nat. Environ. Korea, 1:309-324.
84. Hong, S.W. et al. 1968. Microbial Populations in Han River Estuary. Kor. Jour. Microbiol., 6:107-112.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

85. Huh, H.T. et al. 1979. Effects of Thermal Effluents on Marine Biota. p.447-520. In Oceanographic Studies for Kori Nuclear Power Plants. KORDE Report, BSPI 00015-24-1.
86. IAEA. 1974. Thermal Discharges at Nuclear Power Station. Their management and Environmental Impacts. IAEA Tech. Rep. Ser. 155, Vienna.
87. Kim, H.S., and K.S. Lee. 1978. Reports on a Collection of Marine Animals from Dongyeogri Yeolbi I. Seogdo I. and Gungsi I. Rep. KACN., 12:97-101.
88. Kim, Y.H. 1983. An Ecological Study of Algal Communities in Intertidal Zone of Korea, PHD Thesis, SNU, pp.175.
89. Lee, D.S., S.H. Lee, H.S. Kwak, and K.W. Lee. 1980. Determination of Dissolved Trace Metals in Seawater by Atomic Absorption Spectrophotometry after Concentration by Fe(III) - APDC Coprecipitation. J. Oceanol. Soc. Korea. 15:66-70.
90. Lee, J.H., and Y.H. Kim. 1979. Marine Ecosystem Analysis for the Kori Nuclear Power Plant, 1978(in Korean). KAERI Rep. 223-RR-92-79, Seoul.
91. Marcy, B.D. Jr. 1971. Survival of Young Fish in the Discharge Canal of a Nuclear Power Plant. J. Fish. Res. Bd. Canada, 28:1057-1060.
92. Marcy, B.D. Jr. 1973. Vulnerability and Survival of Young Connecticut River Fish Entrained at a Nuclear Power Plant. Ibid. 30:191-1203.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

93. Mount, D.I. 1970. Environmental Effects of thermal Discharge, Ecological Element. Pages 7-9 in ASME ed. Environmental Effects of Thermal Discharges. Am. Soc. Mech. Eng., NY.
94. Nakatani, R.E. 1969. Effects of Heated Discharges on Anadromous Fishes. Pages 294-319 in P.K. Krenkel, and P.L. Parker ed. Biological Aspects of Thermal Pollution. Pro. Nat. Sump. Ther. Poll. June 3-5, 1968. Portland, Oregon, Vanderbilt Univ. Press, Nashville, Tenn.
95. Nam, et al. 1980. Oceanographic Studies for Yeong Gwang Nuclear Power Plant. KORDI Report. BSPI 00019-1-35-1.
96. Omori, M., and T. Ikeda. 1984. Methods in Marine Zooplankton Ecology. John Wiley & Sons. New York, pp.332.
97. Patrick, R. 1974. Effects of Abnormal Temperatures on Algal Communities. Pages 335-359 in J.W. Gibbons and R.R. Sharitz ed. Thermal Ecology. Proceedings of a Symposium Held at Augusta, Georgia. May 3-5, 1973.
98. Profitt, M.A. 1969. Effects of Heated Discharge upon Aquatic Resources of the White River at Petersburg, Indiana. Indiana Univ. Water Res. Cent., Rep. Invest. No. 3.
99. Rayment, J.E.G. 1980. Phytoplankton and Productivity in the Oceans. 2nd ed. Vol. 1. Phytoplankton, Pergamon Press, pp.489.
100. Saito, Y. and Atobe. 1970. Phytosociological Study of Intertidal Marine Algae, 1. Usujiri Benthic-Jima Hokkaido, Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 21:37-69.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

101. Shannon, C.E. and W. Weaver. 1963. The Mathematical Theory of Communication, University of Illionis Press, Urbana, pp.125.
102. Shepard, F.P. 1954. Nomenclature Based on Sand-Silt-Clay Ratios. J. Sed. Petrol. 24:151-158.
103. Stephenson, T.A. and Stephenson, A. 1972. Life between Tidemarks on Rocky Shores. Freeman, San Francisco. pp.42-45.
104. Stratton, F.E., and P.L. McCarty. 1967. Production of Nitrification Effects on the Dissolved Oxygen Balance of Streams. Env. Sic. & Tech., 1:405-410.
105. Tait, R.V. 1981. Elements of Marine Ecology (3rd.). Butterworths. London. p.356.
106. Takesue, K. and A. Tsuruta. 1978. The thermal Effects of Cooling System of a Thermal Power Plant on Photosynthesis of Marine Phytoplankton. Journal of the Oceanographical Society of Japan, 34:295-302.
107. Tanaka M. and T. Kikuchi 1978. Ecological Studies on Benthic Macrofauna in Tomoe Cove. Amakusa, II. Production of Musculista Senhousia (Biralvia, Mytilidae). Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab., Vol.4(3):215-233.
108. Throdsen, J. 1978. Preservation and Storage. Pages 69-74 in A. Sournia ed. Phytoplankton Manual, UNESCO.
109. Trusell, R.P. 1972. The Percent un-ionized Ammonia in Aqueous Solution at Different PH Levels and Temperature. J. Fish. Bd. Canda, 29:1505-1507.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

110. USEPA. 1972. Proceedings in the Matter of Pollution of Mount Hope Bay and its Tributaries. USEPA, Washington, D.C.
111. Vollenweider R.A. 1969. Primary Production in Aquatic Environment. Blackwell Sci. Publ. Oxford, pp.225.
112. Weiss, R.F. 1970. The Solubility of Nitrogen, Oxygen, and Argon in Water and Seawater. Deep-Sea Res. 17:721-735.
113. Wetzel, R.G. and D.F. Westlake. 1974. Periphyton. Pages 42-50. in R.A. Vollenweider ed., A Manual on Methods for Measuring Primary Production in Aquatic Environments. 2nd ed., INP Handbook, No. 12, pp.225.
114. Wu, B.L., Sun R. and D.J. Yang 1985. The Nereidae (Polychaetous Annelids) of the Chinese Coast. China Ocean Press, Beijing. pp.233.
115. Yoshida, T. 1980. On the Evaluation of Adverse Environmental Impacts Caused by the Intake and Discharge of Cooling Water (in Japanese). J. Env. Poll. Control., 17:10-15.
116. Yi, S.K. 1975. Studies on the Intertidal Macrofauna Community at Yong-ho Bay, Busan, Korea. Bull. Korean Fish. Soc., 8:133-149.
117. Yi, S.K., J.S. Hong, and J.H. Lee. 1982. A Study on the Sub-tidal Benthic Community in Ulsan Bay, Korea. Bull. KORDI, 4:17-26.
118. Zimmermann, C., M. Price and J. Montgomery. 1977. Operation, Methods and Quality Control of Technicon Autoanalyzer II

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

Systems for Nutrient Determinations in Seawater. Harbor
Branch Foundation Ind., Technical Report No. 11.

119. Zirino, A. and S. Yamamoto. 1972. A PH Dependent Model for
the Chemical Speciation of Cu, An, Cd, and Pb in Seawater.
Limnol. Oceanog., 17:661-671.

II. 生活環境

1. 李學喆, 1984. 4. 肉午學, 先進文化社.
2. 農村振興廳, 1985. 9. 韓國 標準家畜飼料 給與基準, 농촌진흥청.
3. 畜産業 協同組合中央會, 1985. 3. 酪農技術, 축산업협동조합 중앙회
4. 植物環境研究所, 1970. 概略土壤圖(全北, 全南)
5. 農業技術研究所, 1983.11. 韓國土壤總說
6. 植物環境研究所, 1971. 土壤統說明書(第1卷~第5卷)
7. 農業技術研究所, 1973. 土壤調查便覽1卷(現地調査 및 分類)
8. 靈光郡 및 高敞 統計年報, 1985.
9. 도갑수·김준호, 1985. 4. 廢 Plastic film 의 再活用을 위한
前處理에 關한 研究, 韓國廢棄物學會誌 第3卷第1號, pp.38-40.
10. 現代 環境管理所, 1981.12. 農耕地土壤汚染度 精密調査報告書,
서울特別市.
11. 嶺南大學校 環境問題研究所, 1982.12. 금호강水系の 水質汚染現況과
水質保全 對策에 關한 研究, 大邱직할시.
12. 김시평, 1985. 3. 土壤汚染의 現況과 對策, 환경과 공해 Vol.8,
No.2.
13. 권숙표, 1985. 5. 環境對策과 自然保護, 연세대 環境公害研新所.
14. 김성조·양항승, 1985.12. 제련소 인근地域의 土壤 및 水稻體중
重金屬 含量에 關한 研究, 韓國肥料學會誌一第18卷, 第4號, p338.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

15. 한국전력 공사, 1978. 原子力 7, 8 호기 用水源 調査 報告書.
16. 中央氣象臺, 1968-1984. 氣象年報.
17. 建設部, 1971. 港灣設計基準.
18. 韓國電力公社, 1980. 원자력 7, 8 號機 海上 構造物 基本計劃 報告書
19. 韓國電力公社, 1983. 원자력 7, 8 호기 冷却水 排水路 基本計劃 報告書.
20. 최영박, 1980. 港灣.
21. 최영박, 1975. 수문
22. 한국중앙기상대, 1951-1983. 韓國氣候表, Vol.2.
23. 김소구, 1978. 한반도의 지진, 한국동력자원연구소.
24. 환경관계법규, 1983. 한국공해 관리연수원.
25. 환경오염 공정시험법, 1983. 환경청.
26. 원자력 7, 8 호기 發電所 上水道 設備設計 基本計劃報告書, 현대종합기술개발(주)
27. 全國 主要河川 流域基礎 調査 (1 차년도) 綜合報告書 (III) 1981. 환경청.
28. 금호강 수계의 수질오염 현황과 수질 보전대책에 관한 연구, 1982. 대구직할시.
29. KEPCO, D'applonia, 1978. KNU 7 & 8 Addendum Report PSAR Section 2.5.
30. W.H. Lee, Aug. 1980. The Report of Civil Society, Vol.29, No.4, KSCE.
31. S.H. Ann, 1981. Change of Design Method for Breakwaters, Vol.29, No.5, KSCE.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

32. Robert, M. Sorensen, 1978. Basic Coastal Engineering.
33. Imamura. A., 1949. A Classification of Tsunamis in Japan.
34. Iida. K., 1958. Magnitude and Energy of Earthquakes Accompanied by Tsunami and Tsunami Energy.
35. IAEA, 1983. Design Basis Flood for Nuclear Power Plants on Coastal Sites, a Safety Guide.
36. SCS. U.S. Department of Agriculture, Hydrology; PART 1 Watershed Planning.
37. U.S. Army Coastal Engineering Research Center, Shore Protection Manual.
38. KORDI, 1980.8. Oceanographic Studies of Yongkwang Nuclear Power Plant, KORDI.
39. Hydrographic Office, R.O.K., 1978-1985. Technical Reports.
40. KEPCO, 1984. Korea Nuclear Units 7 & 8 F.S.A.R. Chapter 2, Site Characteristics.
41. KEPCO, 1979-1984. Yongkwang Meteorological Office, Monthly Meteorological Table.

Ⅲ. 社會 . 經濟環境

1. 강진군, 1983. 강진군 통계연보, 강진군.
2. 經濟企劃院 調査統計局, 1977.12. 1975 年 人口 및 住宅센서스 보고 제 1 권, 12-1, 12-7, 12-8, 12-9.
3. 經濟企劃院 調査統計局, 1982.12. 1980 年 人口 및 住宅센서스 제 1 권, 12-1, 12-7, 12-8, 12-9.
4. 고창군, 1984. 고창군 통계연보, 고창군.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

5. 고창군 교육청, 1984. 고창군 교육행정 요람.
6. 곡성군, 1984. 곡성군 통계연보.
7. 광산군, 1984. 광산군 통계연보.
8. 광주시, 1984. 광주시 통계연보.
9. 國土開發研究院, 1980.12. 생활권 개발 구상에 관한 연구.
10. 국토개발연구원, 1981. 제 2 차 국토개발계획 - 요약.
11. 국토개발연구원, 1981. 9. 제 2 차 국토종합개발계획 자료.
12. 국토개발연구원, 1980.12. 지방 공업개발 입지 계획 조사.
13. 군산시, 1984. 군산시 통계연보.
14. 금성시, 1984. 금성시 통계연보.
15. 김제군, 1984. 김제군 통계연보.
16. 나주군, 1984. 나주군 통계연보.
17. 남원군, 1984. 남원군 통계연보.
18. 담양군, 1984. 담양군 통계연보.
19. 목포시, 1984. 목포시 통계연보.
20. 무안군, 1984. 무안군 통계연보.
21. 미국 원자력 규제 위원회, 1978. 규정집 (Regulatory Guide)
제 2 장.
22. 부안군, 1984. 부안군 통계연보.
23. 서천군, 1984. 서천군 통계연보.
24. 순창군, 1984. 순창군 통계연보.
25. 승주군, 1984. 승주군 통계연보.
26. 신안군, 1984. 신안통계연보.
27. 영광군, 1984. 영광군 통계연보.
28. 영광군, 교육청, 1983. 영광교육 행정 요람.
29. 영암군, 1984. 영암군 통계연보.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

30. 옥구군, 1984. 옥구군 통계연보.
31. 완주군, 1984. 완주군 통계연보.
32. 이리시, 1984. 이리시 통계연보.
33. 익산군, 1984. 익산군 통계연보.
34. 임실군, 1984. 임실군 통계연보.
35. 장성군, 1984. 장성군 통계연보.
36. 장흥군, 1984. 장흥군 통계연보.
37. 전라남도, 1982. 1983. 1984. 常任人口調査結果 報告書
38. 전라남도, 1984. 전남 통계연보.
39. 전라북도, 1983. 1984. 常任人口調査結果 報告書.
40. 전라북도, 1984. 전북 통계연보.
41. 전주시, 1984. 전주시 통계연보.
42. 정읍군, 1984. 정읍군 통계연보.
43. 정주시, 1984. 정주시 통계연보.
44. 충청남도, 1982. 1983. 1984. 常任人口 調査結果報告書
45. 충청남도, 1984. 충남 통계연보.
46. 韓國電力(株), 1980. 7. 원자력 7, 8 호기 豫備 安全性 分析 報告
書中 敷地環境 調査報告書.
47. 함평군, 1984. 함평군 통계연보
48. 해남군, 1984. 해남군 통계연보
49. 화순군, 1984. 화순군 통계연보
50. 고창군, 1986. 고창군 통계연보
51. 영광군, 1986. 영광군 통계연보

IV. 放射能

1. “原子力業務 편람”, 韓國電力公社, 1985. 9.
2. "Calculation of Annual Doses to Man from Routine Release of Reactor Effluents for the Purpose of Evaluating Compliance with 10 CFR PART 50, Appendix I", U.S. NRC, Regulatory Guide 1.109, Rev.1, 1977.
3. "Methods for Estimating Atmospheric Transport and Dispersion of Gaseous Effluents in Routine Release from Light-Water-Cooled Reactors", U.S. NRC, Regulatory Guide 1.111, Rev.1, 1977.
4. "Estimating Aquatic Dispersion of Effluents from Accidental and Routine Reactor Release for the Purpose of Implementing Appendix I", U.S. NRC, Regulatory Guide 1.113, Rev.1, 1977.
5. "A Collection of Mathematical Modes for Dispersion in Surface Water and Groundwater", U.S. NRC, NUREG-0868, 1982.
6. "Final Environmental Statement Concerning Proposed Rule Making Action", U.S. AEC, WASH-1258, Vol.2, App. F "Computational Model for Calculating Doses from Radionuclides in the Environment", 1973.
7. "Environmental Standard Review Plans for the Environmental Review of Construction Permit Applications for Nuclear Power Plants", U.S. NRC, NUREG-0555, 1979.
8. "XOQDOQ: Computer Program for the Meteorological Evaluation of Routine Effluent Releases at Nuclear Power Stations", U.S. NRC, NUREG/CR-2919, 1982.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

9. "LADTAP II - A Computer Program for Calculating Radiation Exposure to Man from Routine Release of Nuclear Reactor Liquid Effluents", U.S. NRC, NUREG/CR-1276, 1980.
10. GASPAR Computer Program, Eckerman, K., U.S. NRC, 1976.
11. "Environmental Standard Review Plans for the Environmental Review of Construction Permit Applications for Nuclear Power Plants", U.S. NRC, NUREG-0555, 1979.
12. KNU 5 & 6 Calculation No. N-701, "Construction Worker Dose" M.S. Kai, 1978.
13. KNU 7 & 8 Calculation No. N-C-701, "Construction Worker Dose", W.H., 1980.
14. KNU 7 & 8 PSAR, Section 12.4, "Dose Assessment".

V. 其 他

1. 영광원자력 기상관측소, 기상월표 ('85. 8)
2. 한국전력공사, 원자력 7 , 8 호기 최종안전성분석보고서 부지특성부문, 부지특성보고서, 제 3 권, 1984. 7.
3. Kim, K.H., THERMA: A Computer Code for Simulating Fast-Transient, Three-Dimensional Temperature and Salinity Conditions in Aquatic Environments for the Assessment of the Water Quality Impact of Power Plant Operations, U.S. Department of the Interior Reports FWS/OBS-82/40.1, /40.2, and /40.3, September, 1982.
4. Kim, K.H., A Step-by-Step Implementation on the Application of the HYDROL, THERMA, and AQUABIO Computer Codes, U.S. Depart-

- ment of the Interior Reports, FWS/OBS-82/43, September, 1982.
5. Korea Ocean Research and Development Institute, Oceanographic Studies for Yonggwang Nuclear Power Plant, August, 1980.
 6. Korea Ocean Research and Development Institute, Presentation of Current Data at Kyema Site for the Period July, 1979 - June, 1980, August, 1980.
 7. Kim, K.H., Assessment of the Thermal Impact of Kori Nuclear Power Plant Operations, March, 1983.
 8. Korea Ocean Research and Development Institute, Oceanographic Studies for Yonggwang Nuclear Power Plant, 1986.
- 