

Development of Meteorological Data Acquisition and Meteorological Information Processing System for the Analysis of Radionuclide Behavior in the Atmosphere

Eun-Han Kim, Won-Tae Hwang, Kyung-Suk Suh, Moon-Hee Han*, Byung-Woo Kim †
Korea Atomic Energy Research Institute* · Sung Kyun Kwan University †

(Received 28 April 1995; Accepted 1 July 1995)

방사성물질의 대기중 거동해석을 위한 기상정보 인지 및 처리시스템 개발

김은한 · 황원태 · 서경석 · 한문희* · 김병우 †
한국원자력연구소* · 성균관대학교 †

Abstract - Meteorological Data Acquisition System (MDAS) and Meteorological Information Processing System (MIPS) have been developed for the measurement of the meteorological parameters at the Korea Atomic Energy Research Institute site. MIPS represents the measured meteorological data graphically on a computer screen. MDAS and MIPS are interfaced with real-time radiological dose assessment system (FADAS), which has been developed to rapidly assess the radiological consequences and to support decision-making under radiological emergencies.

Key words : MDAS, MIPS, meteorological data, FADAS.

요약 - 한국원자력연구소 부지에는 연구용 원자로, 원전연료, 가공시설 등 여러 원자력시설이 운영되고 있다. 이들 시설로부터 방사성물질이 누출되는 경우 방사성물질의 대기중 확산, 이동, 침적 등의 환경내 거동을 해석하기 위해 한국원자력 연구소에서는 기상정보 인지시스템 (MDAS) 및 처리시스템 (MIPS)을 개발하여 운영하고 있다. MIPS에서는 각 기상정보를 쉽게 파악할 수 있도록 컴퓨터 화면상에 그래픽으로 순간 및 시간에 따른 관측치의 변화량을 제시할 수 있게 하였다. 이러한 MDAS와 MIPS는 자체 개발된 실시간 방사선 피폭해석시스템 (FADAS)과 온라인으로 연결되어 만일의 원자력시설의 사고시 주변주민의 대피 또는 소개등 신속한 비상대응책의 결정에도 매우 유용하게 이용할 수 있다.

중심어 : 기상정보 인지시스템, 기상정보 처리시스템, 기상자료, 실시간 방사선 피폭해석시스템

서 론

원자력시설의 정상운영 및 사고에 따른 방사성물질의 환경 방출시 방사성물질의 대기중 확산, 이동, 침적 등의 환경내 거동을 정확히 해석하기 위해서는 기상감시망이 온라인으로 구성되어야 한다. 이는 1979년 TMI-2 원전 사고 이전까지 고전적으로 운영 및 관리되던 기상감시체계가 사고시 비상대응

조치에 무용지물이된 배경에서 기상관측 및 방사성물질의 감시 체제에 대한 변혁이 요구되었다. 따라서 TMI-2 사고 이후 수립해야 할 후속조치 사항의 연구용 원자로 기상감시망의 자동화와 관련된 권고 사항이 제시되었으며[1, 2], 선진 각국에서는 이를 이미 시행 중에 있다[3].

한국원자력연구소가 위치한 부지에는 연구용 원자로, 원전연료 가공시설 등 여러 원자력시설이 운

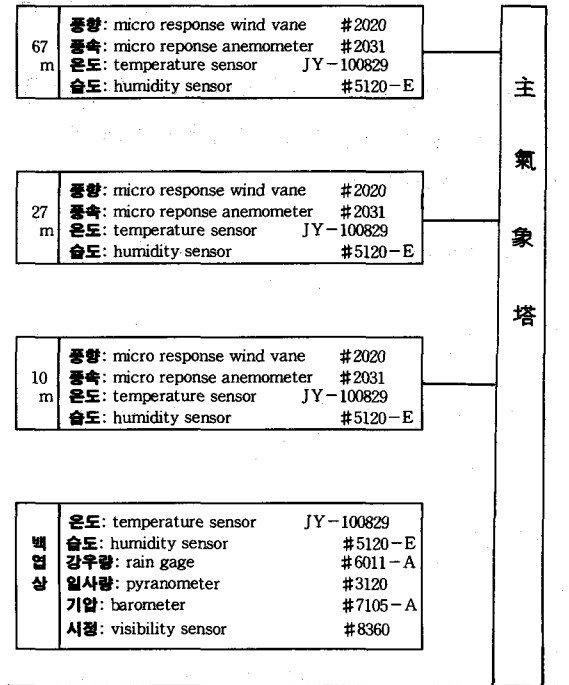


Figure 1. Schematic configuration of measurement equipments in the meteorological tower.

영 되고 있다. 이들 시설의 정상 운영에 따른 방사성물질에 의한 환경영향평가뿐만 아니라 사고시 신속한 비상대응체계 수립을 위해 1992년에 기상관측탑이 완공되었고, 기상정보 인지시스템 (Meteorological Data Acquisition System : MDAS)과 기상정보 처리시스템 (Meteorological Information ProcessingSystem : MIPS)을 개발하여 운영하고 있다.

본 론

기상자료와 지형자료는 원자력시설로부터 누출된 방사성물질에 의한 주변주민의 피폭영향을 평가하기 위한 중요한 입력자료이다. 복잡한 지형에서 방사능운의 이동과 확산효과는 지형자료를 이용하여 물리적 모델링에 의해 고려하는 직접적인 방법과 여러지점에서 측정된 기상자료를 이용함으로써 질량보존을 만족시키는 풍속장을 계산해서 고려하는 간접적인 방법이 있다. 이와 같이 기상자료는 지형효과가 반영된 방사능운의 이동 및 확산 예측에도 이용될 수 있어 정확한 기상자료의 측정은 매우

Table 1. Items and relevant properties of meteorological parameters.

이름	위치[m]	출력전압[V]	범위	단위
풍향	67	0.0~1.2	0.0~360.0	degree
풍향	27	0.0~1.2	0.0~360.0	degree
풍향	10	0.0~1.2	0.0~360.0	degree
풍속	67	0.0~0.775	0.0~44.70	m/sec
풍속	27	0.0~0.775	0.0~44.70	m/sec
풍속	10	0.0~0.775	0.0~44.70	m/sec
온도	67	4.47~1.604	-50.0~+50.0	℃
온도	27	4.47~1.604	-50.0~+50.0	℃
온도	10	4.47~1.604	-50.0~+50.0	℃
온도	1.5	4.47~1.604	-50.0~+50.0	℃
습도	67	0.0~0.100	0.0~100.0	%
습도	27	0.0~0.100	0.0~100.0	%
습도	10	0.0~0.100	0.0~100.0	%
습도	1.5	0.0~0.100	0.0~100.0	%
강수량	지표	0~1	0.0~0.25	mm
일사량	1.5	0~0.01103	0.0~1500	W/m ²
기압	1.5	2.714~4.9755	600~1100	hPa
시정	3.0	-	400~3218	m

중요한 일이다.

한국원자력연구소 부지에 위치한 여러 원자력시설로부터 누출되는 방사성물질의 이동 및 확산을 평가하기 위해 75m 높이의 기상관측탑이 설치되었다. 그림 1에 나타난 바와 같이 기상관측탑은 3 지점의 높이 (10m, 27m, 67m)에서 풍향, 풍속, 온도, 습도와 지면으로부터 1.5m 높이에서 기압, 일사량, 온도, 습도, 강수량, 시정거리(visibility)등의 기상자료를 연속 측정하고 온라인으로 연결하여 MDAS를 통해 자료를 수집·저장한다. 기상관측탑에서 측정되는 기상정보 및 관련특성을 표 1에 나타냈다. MDAS는 자료를 수집하여 처리하는 데이터 로거 (data logger), 자료를 감시, 저장, 분석 및 검색하기 위한 보조컴퓨터, 아날로그 기록장치 그리고 수집된 자료를 무선방식으로 MIPS로 전송하기 위한 무선모뎀으로 구성되어 있다. 자료기록장치는 전산장에 대비하여 1개의 디지털 기록장치와 1개의 보조 아날로그 기록장치의 이중방식으로 구성하였다. 기상 관측기로부터 측정된 기상자료는 무선모뎀에 의해 수신되어 MIPS로 전송된다. MIPS는 MDAS로부터 전송된 자료를 수신하기 위한 무선모뎀과 자료를 감시, 기록, 검색하기 위한 주컴퓨터

Table 2. Annual joint frequency distribution of wind speed, wind direction and atmospheric stability in 1994.

METSTAT VERSION 2.0		ANNUAL REPORT															
DATA PERIOD : 94/1 - 94/12		WIND DATA LEVEL : 67 M FROM SURFACE															
JOINT FREQUENCY DISTRIBUTION OF WIND SPEED AND DIRECTION IN FRACTIONS : ATMOSPHERIC STABILITY CLASS ALL		U(M/S)															
CALM	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	TOTAL
0.22~0.50	0.26	0.36	0.43	0.52	0.57	0.45	0.37	0.32	0.33	0.49	0.71	0.55	0.21	0.19	0.15	0.21	6.12
0.51~0.75	0.24	0.23	0.33	0.37	0.43	0.32	0.30	0.25	0.21	0.36	0.62	0.50	0.18	0.11	0.14	0.18	4.76
0.76~1.00	0.25	0.29	0.28	0.27	0.32	0.29	0.24	0.20	0.21	0.30	0.71	0.61	0.18	0.09	0.10	0.24	4.57
1.01~1.50	0.79	0.59	0.59	0.75	0.59	0.52	0.38	0.29	0.22	0.68	1.80	1.69	0.39	0.35	0.27	0.64	10.55
1.51~2.00	1.13	0.58	0.45	0.66	0.61	0.40	0.27	0.24	0.27	0.56	2.85	2.67	0.53	0.47	0.52	0.93	11.13
2.01~3.00	2.66	1.04	0.61	1.13	1.00	0.66	0.28	0.30	0.24	0.91	2.71	2.16	1.42	1.15	1.04	2.31	19.62
3.01~5.00	2.75	0.91	0.38	0.83	1.72	1.33	0.29	0.14	0.06	0.74	2.53	1.62	2.42	1.44	1.20	2.65	21.00
5.01~7.00	0.41	0.21	0.04	0.17	0.47	0.53	0.11	0.00	0.00	0.22	1.83	0.86	0.96	0.17	0.21	0.64	6.82
7.01~10.00	0.05	0.05	0.00	0.00	0.06	0.09	0.02	0.01	0.00	0.03	0.79	0.26	0.17	0.02	0.03	0.16	1.75
10.01~13.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.11
13.01~18.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
18.00<	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	8.55	4.25	3.10	4.70	5.77	4.60	2.27	1.74	1.55	4.30	13.59	9.95	6.47	3.99	3.66	7.96	100.00

JOINT FREQUENCY DISTRIBUTION OF STABILITY AND DIRECTION IN FRACTION																		
STAB	CALM	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	TOTAL
A	1.45	3.54	1.94	1.14	1.84	2.54	2.10	1.21	0.79	0.46	1.31	4.84	3.48	2.61	1.46	1.74	3.60	36.07
B	0.25	0.18	0.10	0.05	0.07	0.12	0.08	0.05	0.06	0.04	0.12	0.39	0.16	0.09	0.10	0.08	0.17	2.11
C	0.20	0.21	0.13	0.05	0.07	0.09	0.08	0.04	0.03	0.03	0.12	0.33	0.13	0.11	0.06	0.08	0.20	1.96
D	1.13	1.12	0.48	0.37	0.56	0.85	0.73	0.24	0.27	0.22	0.62	1.81	0.86	0.83	0.36	0.37	0.93	11.86
E	3.17	1.75	0.66	0.61	0.97	1.20	0.87	0.38	0.34	0.45	1.11	2.85	2.15	1.71	1.32	0.93	1.76	22.24
F	3.66	1.19	0.58	0.49	0.66	0.68	0.50	0.24	0.20	0.26	0.74	2.24	2.10	0.84	0.48	0.28	0.94	16.06
G	3.71	0.45	0.36	0.39	0.52	0.29	0.24	0.09	0.05	0.08	0.28	1.14	1.07	0.27	0.21	0.18	0.36	9.70
TOTAL	13.56	8.55	4.25	3.10	4.70	5.77	4.60	2.27	1.74	1.55	4.30	13.59	9.95	6.47	3.99	3.66	7.96	100.00

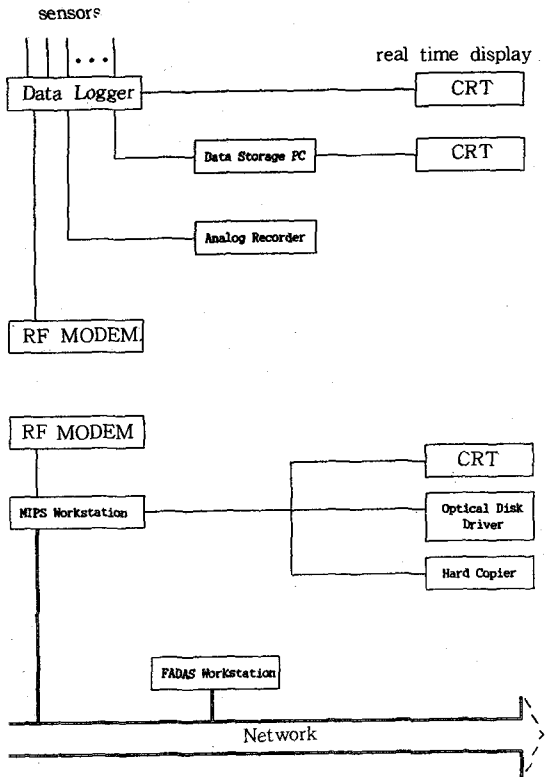


Figure 2. On-line configuration of MDAS and MIPS.

(workstation TEK.4301), 결과를 출력하기 위한 프린터와 자료를 저장하기 위한 광디스크 드라이브로 구성되어 있다. 이들 시스템은 실시간 방사선 피폭해석시스템(FADAS)과 온라인으로 연결되어 원자력시설의 사고시에는 신속한 피폭선량평가 및 적절한 비상대응책 결정에 이용할 수 있다. 그림 2는 MDAS와 MIPS의 구성도를 나타냈다.

기상관측자료의 분석

원자력시설에서 대기로 방출된 방사성물질에 의한 환경영향평가를 위해서는 시간당 또는 15분 평균 기상자료가 요구된다. 기상정보 신호는 5초마다 한번씩 전송되어 15분 평균값으로 저장되는데 이때 강수량은 시간당 적산(cumulative) 값이다. 이들 자료는 전산 프로그램에 의해 월별, 분기별, 년간으로 각 측정고도에 대해 7개 대기안정도별, 16개 풍향별, 12개 풍속등급별 기상군의 발현빈도 및 바람장미(wind rose)가 분석된다. 표 2는 67m에서 1년간 (1994년 1월 1일 - 1994년 12월 31일) 측정된

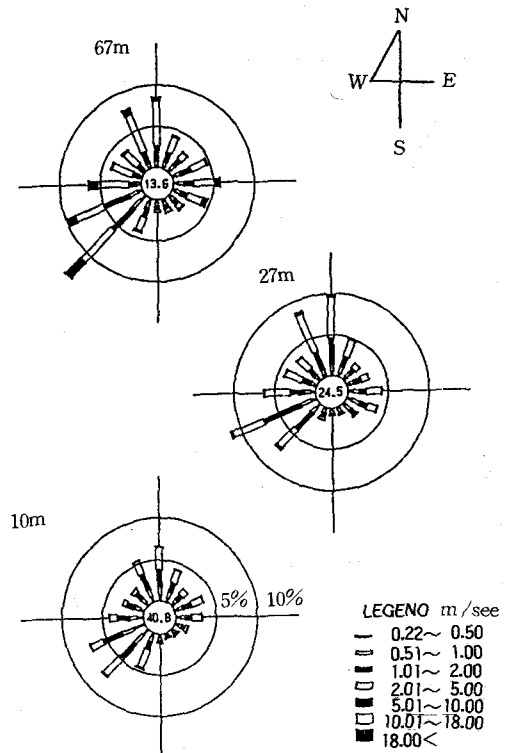


Figure 3. Annual wind rose in 1994.

자료를 사용하여 분석한 기상군의 발현빈도를, 그림 3은 각 측정 높이에서의 연간 바람장미를 보여 준다.

평균값 및 대기안정도 계산

풍향자료는 5초 간격으로 관측·수집되어 15분 평균값으로 저장된다. 풍향은 통계적으로 합성풍과 최빈값이 많이 이용된다. 합성풍은 순간 바람의 벡터를 x, y성분으로 분류하여 평균을 구한 후 다음 식을 이용하여 얻어진다[4].

$$\bar{u} = \frac{u_1 + u_2 + \dots + u_n}{n} \tag{1}$$

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2 + \dots + v_n}{n} \tag{2}$$

$$\bar{U} = \sqrt{\bar{u}^2 + \bar{v}^2} \tag{3}$$

Table 3. Classification of atmospheric stability with the standard deviation of wind direction [5].

Stability Classification	Pasquill Categories	σ_θ (degree)
Extremely unstable	A	$\sigma_\theta \geq 22.5$
Moderately unstable	B	$22.5 > \sigma_\theta \geq 17.5$
Slightly unstable	C	$17.5 > \sigma_\theta \geq 12.5$
Neutral	D	$7.5 > \sigma_\theta \geq 3.8$
Slightly stable	E	$3.8 > \sigma_\theta \geq 2.1$
Moderately stable	F	
Extremely stable	G	$2.1 > \sigma_\theta$

Table 4. Classification of atmospheric stability with the difference of vertical temperature [5].

Stability Classification	Pasquill Categories	$\Delta T/\Delta z$ ($^{\circ}\text{C}/100\text{m}$)
Extremely unstable	A	$\Delta T/\Delta z \geq -1.9$
Moderately unstable	B	$-1.9 > \Delta T/\Delta z \geq -1.7$
Slightly unstable	C	$-1.7 > \Delta T/\Delta z \geq -1.5$
Neutral	D	$-1.5 > \Delta T/\Delta z \geq -0.5$
Slightly stable	E	$-0.5 > \Delta T/\Delta z \geq 1.5$
Moderately stable	F	$1.5 > \Delta T/\Delta z \geq 4.0$
Extremely stable	G	$4.0 > \Delta T/\Delta z$

여기서,

u : 풍향의 x 성분

v : 풍향의 y 성분

n : 수집된 자료의 갯수

\bar{u} : 풍향의 x 성분의 평균값

\bar{v} : 풍향의 y 성분의 평균값

\bar{U} : 평균 합성풍

최빈값은 15분 동안 가장 많은 빈도를 갖는 주풍향(prevaling wind direction)을 택하는 방법인데 여기서는 합성풍을 구하여 표준편차를 계산하는데 이용하였다.

대기안정도를 구하는 방법에는 여러가지가 있는데 가장 많이 사용되는 방법은 풍향의 표준편차를 이용하는 것이다. 표 3에 풍향의 표준편차와 대기안정도와의 관계를 나타내었다[5]. 만일 기상탑의 운용으로 상하층의 온도차이가 쉽게 구해질 경우, 이를 기온감율($^{\circ}\text{C}/100\text{m}$)로 환산하여 구할 수도 있는데 표 4에 기온감율에 따른 대기안정도를 나타 [5]

내었다[5].

풍속, 온도, 습도, 일사, 시정, 기압등은 단순히 순간값을 15분동안 산술평균하여 사용한다.

기상탑 유지관리 및 관측기기의 검·교정

기상관측탑은 1년에 1회 볼트의 조임새나 지선의 장력등을 전문업체에 의뢰하여 점검받고 있다. 승강기는 주기적인 안전점검을 받아야 되는데 짐을 신지않는 상태에서 6개월마다, 짐을 실은 상태에서 1년마다 낙하시험을 하고, 오일, 부품의 점검 및 교환을 하는 정기점검은 2개월간격으로 실시하고 있다. 습도계는 매 3개월에서 6개월간격으로, 그의 관측기기는 수시로 검·교정을 행하고 있다.



Figure 4 Graphic display of instantaneous meteorological observation data on a computer screen.



Figure 5. Graphic display of meteorological observation data with time on a computer screen.

결과 및 고찰

한국원자력연구소 부지내에 위치한 원자력시설의 정상 운영에 따른 방사성물질에 의한 환경영향과 사고시 주변주민의 신속한 비상대응을 위해 기상관측탑이 운영되고 있다. 기상관측탑에서 측정된 자료는 무선모뎀을 통해 MIPS에 전송되어 순간값, 15분 평균값, 시간에 따른 변화량을 컴퓨터 화면상에 그래픽 처리하였다. 기상자료 저장 컴퓨터의 호출시에도 관측자료를 송·수신하고 자체내에 7일분의 관측값을 저장하고 있어 만약에 있을지도 모르는 통신장애에 대비하도록 설계하였다. 그림 4는 전송된 기상자료의 순간값, 그림 5는 시간에 따른 관측값의 변화를 그래픽 처리된 결과를 보여준다.

결 론

원자력연구소 부지에는 연구용 원자로, 원전연료 가공시설 등 여러 원자력시설이 운영되고 있다. 이들 시설로부터 누출되는 방사성물질의 환경내 거동을 해석하기 위하여 MDAS 및 MIPS를 개발하였다. 기상관측탑으로부터 측정된 기상정보는 온라인으로 MDAS에 전송되고 동시에 무선방식으로 MIPS에 전송된다. MIPS는 각 기상정보를 쉽게 파악할 수 있도록 실시간으로 컴퓨터 화면상에 패픽 처리되어 제시되도록 하였다. MDAS 및

MIPS는 자체 개발된 실시간 방사선 피폭해석시스템 (FADAS)과 온라인으로 연결되어 만일의 사고시 주변주민의 신속한 비상대응조치에도 매우 유용하게 이용할 수 있다.

참고문헌

1. U. S. NRC, Criteria for Preparation and Evaluation of Radiological Emergency Response Plans and Preparedness in Support of Nuclear Power Plants, NUREG-0654, Rev. 2, 1980.
2. U. S. NRC, Classification of TMI Action Plan Requirements, NUREG-0737, Supplement 1-Generic Letter NO. 82-33, 1983.
3. F. Sus and P. Thomas, On-line Datenerfassung und Datenaufbereitung in einer Kopplung Meteorologischer Turm - PDP-8/I - CALAS System, KfK-1934, Kernforschungszentrum Karlsruhe, Karlsruhe, Germany, 1974.
4. H. A. Panofsky and G. W. Brier, Some Applications of Statistics to Meteorology, The Pennsylvania State Univ., Pennsylvania 23, 1958.
5. F. A. Gifford, "Turbulent diffusion-typing schemes : A review", *Nuclear Safety*, 17(1), 68-86, 1976.