

2016 KNS 추계워크샵

디지털원전 주제어실 환경디자인 설계의 인간공학적 적합성평가

Human Factors Engineering Design and Evaluation

차우창교수

금오공과대학교

2016. 10. 26

인간공학 자문 내용 및 수행

Scope

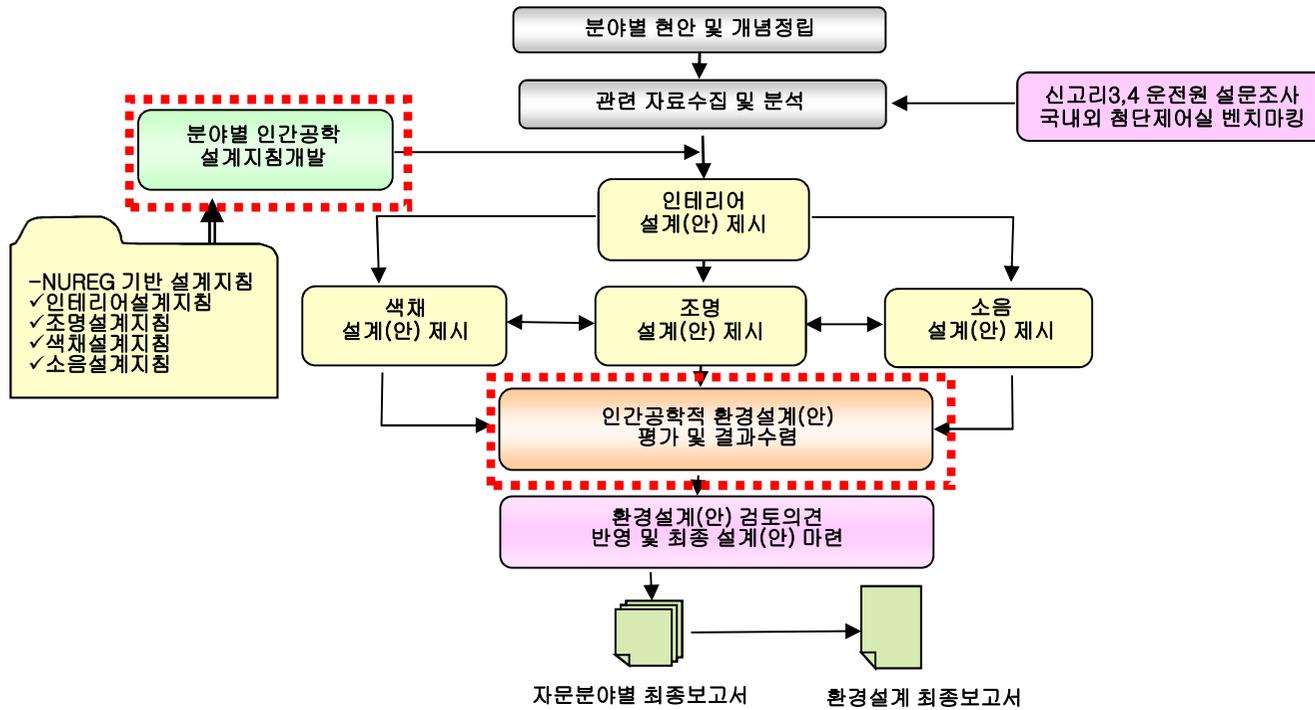
◆ 최종 목표 : 신고리 5,6호기 주제어실 환경디자인의 인간공학적 설계 종합지원

2016.8.1 현재

수행구분	자문수행내용	자문수행범위	수행도(%)
주제어실 환경 설계(안) 통합 설계지원	<ul style="list-style-type: none"> 각 분야별 인간공학적 설계 요건 검토 및 설계 지침 제시 자문분야별 연계성을 고려한 통합 설계지원 	<ul style="list-style-type: none"> 주제어실 적용색상 요건 검토 조명설계 요건 검토 소음환경 설계요건 검토 신고리 3,4 HED 검토 및 해소방안 마련 	
인간공학 지침 기반 적합성 평가	<ul style="list-style-type: none"> NUREG-0700 기준한 주제어실 환경설계 분야별 인간공학적 적합성 종합평가 	<ul style="list-style-type: none"> 조명 설계(안) 평가 인테리어 설계(안) 평가 색채 설계(안) 평가 소음 설계(안) 평가 	
인허가 현안 평가 및 종합지원	<ul style="list-style-type: none"> 환경설계(안)의 인간공학 인허가 요건 적합성 검토 및 인허가 기관과의 의견조율 	<ul style="list-style-type: none"> 신고리 3,4호기 HED 해소방안 적용 인간공학 평가지침 관련성 검토 인허가 기관과의 의견조율 	
주제어실 환경 설계(안) 인간공학 자문보고서 작성	<ul style="list-style-type: none"> 각 자문분야별 설계(안)에 대한 인간공학 적합성 보고서 작성 	<ul style="list-style-type: none"> 인간공학 적합성 보고서 작성 	

인간공학 자문 수행 체계

Process



자문 수행 방법 : 통합환경 설계 지원

Method

◆ 각 분야별 설계 요건 검토 및 통합 설계 지침 제시

- 디지털 주제어실 환경의 검토기준 설정
 - 디지털환경 인간공학 SGB(Standards, Guidelines and Bases) 선정: NUREG + 일반지침
 - 신고리 3,4호기 설계지침 검토
 - 신고리 5,6호기 개념에 적합한 **주요 요건 제시** 및 활용
 - 조명, 색채, 소음과 관련된 주제어실 일반 설계 검토
- 통합설계 지원 적용 범위
 - 조명 설계에 따른 운전성 영향 평가
 - 선정된 색상설계에 따른 주제어실 적용색상 검토
 - 건축 음향 설계 영향 검토
 - 통합설계 인간공학 요건 검토

◆ 신고리 3,4호기 기존설계 인간공학적 결함 해소

- 신고리 3,4호기 HED Report 검토 및 해소방안 마련
- 신고리 3,4호기 운전원 대상 설문조사를 통한 인간공학적 결함사항의 합리적 해소방안 마련

4. 업무공간(주제어실)
 4-1. 업무공간의 환경 요소 중 가장 중요적으로 다뤄야 할 분야는 무엇이라고 생각하십니까?
 순서대로 선의하게 주십시오.
 ① 소음 ② 조명 ③ 색채(디자인계) ④ 공간배치 ⑤ 환기 ⑥ 가구

	1순위	2순위	3순위	4순위	5순위	6순위
원호	소음 14명	조명 8명	공간배치 7명	가구 7명	색채 1명	환기 1명
기립	환기 2명	소음 4명	공간배치 2명	가구 2명	색채 1명	환기 1명
합계	조명 1명	환기 4명	가구 2명	색채 2명	조명 2명	소음 1명

[업무공간의 환경요소]		중요도	비중	비율	비율
1	공기(환기)	공기의 신선도, 냄새, 환기			
2	음향(소음)	소음의 크기, 방향, 발생			
3	조명	조명의 밝기, 색채, 방향			
4	공간배치	작업대의 배치, 방향			
5	가구	작업대의 높이, 방향, 눈높이			
6	색채	색채의 조화, 색상			
7	소음	대형 시, 대형의 정도			
8	공간배치	작업대의 방향, 방향			
9	색채	색채의 조화, 색상			
10	공간배치	작업대의 방향, 방향			
11	가구	작업대의 높이, 방향			
12	조명	조명의 밝기, 색채, 방향			
13	공기(환기)	공기의 신선도, 냄새, 환기			
14	공간배치	작업대의 배치, 방향			
15	가구	작업대의 높이, 방향			
16	색채	색채의 조화, 색상			
17	소음	대형 시, 대형의 정도			
18	공간배치	작업대의 방향, 방향			
19	색채	색채의 조화, 색상			
20	공기(환기)	공기의 신선도, 냄새, 환기			
21	가구	작업대의 높이, 방향			
22	조명	조명의 밝기, 색채, 방향			
23	공간배치	작업대의 배치, 방향			
24	가구	작업대의 높이, 방향			
25	색채	색채의 조화, 색상			
26	소음	대형 시, 대형의 정도			
27	공간배치	작업대의 방향, 방향			
28	색채	색채의 조화, 색상			
29	공기(환기)	공기의 신선도, 냄새, 환기			
30	가구	작업대의 높이, 방향			
31	조명	조명의 밝기, 색채, 방향			
32	공간배치	작업대의 배치, 방향			
33	가구	작업대의 높이, 방향			
34	색채	색채의 조화, 색상			
35	소음	대형 시, 대형의 정도			
36	공간배치	작업대의 방향, 방향			
37	색채	색채의 조화, 색상			
38	공기(환기)	공기의 신선도, 냄새, 환기			
39	가구	작업대의 높이, 방향			
40	조명	조명의 밝기, 색채, 방향			
41	공간배치	작업대의 배치, 방향			
42	가구	작업대의 높이, 방향			
43	색채	색채의 조화, 색상			
44	소음	대형 시, 대형의 정도			
45	공간배치	작업대의 방향, 방향			
46	색채	색채의 조화, 색상			
47	공기(환기)	공기의 신선도, 냄새, 환기			
48	가구	작업대의 높이, 방향			
49	조명	조명의 밝기, 색채, 방향			
50	공간배치	작업대의 배치, 방향			
51	가구	작업대의 높이, 방향			
52	색채	색채의 조화, 색상			
53	소음	대형 시, 대형의 정도			
54	공간배치	작업대의 방향, 방향			
55	색채	색채의 조화, 색상			
56	공기(환기)	공기의 신선도, 냄새, 환기			
57	가구	작업대의 높이, 방향			
58	조명	조명의 밝기, 색채, 방향			
59	공간배치	작업대의 배치, 방향			
60	가구	작업대의 높이, 방향			
61	색채	색채의 조화, 색상			
62	소음	대형 시, 대형의 정도			
63	공간배치	작업대의 방향, 방향			
64	색채	색채의 조화, 색상			
65	공기(환기)	공기의 신선도, 냄새, 환기			
66	가구	작업대의 높이, 방향			
67	조명	조명의 밝기, 색채, 방향			
68	공간배치	작업대의 배치, 방향			
69	가구	작업대의 높이, 방향			
70	색채	색채의 조화, 색상			
71	소음	대형 시, 대형의 정도			
72	공간배치	작업대의 방향, 방향			
73	색채	색채의 조화, 색상			
74	공기(환기)	공기의 신선도, 냄새, 환기			
75	가구	작업대의 높이, 방향			
76	조명	조명의 밝기, 색채, 방향			
77	공간배치	작업대의 배치, 방향			
78	가구	작업대의 높이, 방향			
79	색채	색채의 조화, 색상			
80	소음	대형 시, 대형의 정도			
81	공간배치	작업대의 방향, 방향			
82	색채	색채의 조화, 색상			
83	공기(환기)	공기의 신선도, 냄새, 환기			
84	가구	작업대의 높이, 방향			
85	조명	조명의 밝기, 색채, 방향			
86	공간배치	작업대의 배치, 방향			
87	가구	작업대의 높이, 방향			
88	색채	색채의 조화, 색상			
89	소음	대형 시, 대형의 정도			
90	공간배치	작업대의 방향, 방향			
91	색채	색채의 조화, 색상			
92	공기(환기)	공기의 신선도, 냄새, 환기			
93	가구	작업대의 높이, 방향			
94	조명	조명의 밝기, 색채, 방향			
95	공간배치	작업대의 배치, 방향			
96	가구	작업대의 높이, 방향			
97	색채	색채의 조화, 색상			
98	소음	대형 시, 대형의 정도			
99	공간배치	작업대의 방향, 방향			
100	색채	색채의 조화, 색상			

위 항목 이외에 다른 이유로 업무공간 환경이 개선되어야 한다고 생각하는 항목을 주십시오.

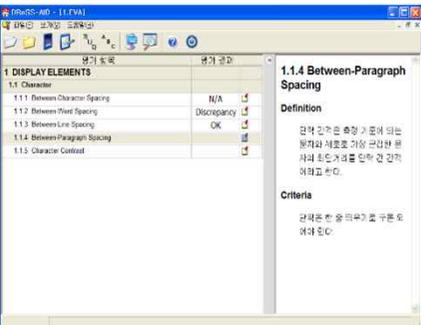
자문 수행 방법 : 인간공학 지침 적합성 평가

Method

◆ KINS 인간공학 평가지침기반 평가 및 지원

- 첨단주제어실 평가지원시스템(DRESS-AID, 2006)적용
- 신고리 5,6호기 주제어실 평가항목 선정 (3,4호기 주요 평가항목 중심으로)
- 평가항목에 대한 기준 평가방법 구체화
- 평가 체크리스트 작성

◆ 신고리 3,4호기 기존설계 인간공학적 결함 사항 및 설문조사 분석



본은 표제공간을 이용하는 우리 국가는 무엇입니까? 순서대로 선택하여 주십시오. (동작체크) 후, 표시내용을 잘 읽어보십시오. 순서대로 표시 내용 및 표시내용이 표시된 기호를 따라 기호 순서대로 기호를 표시하십시오.

본은 표제공간을 사용하는 것이 무엇입니까? 순서대로 표시 내용 및 표시내용이 표시된 기호를 따라 기호 순서대로 기호를 표시하십시오.

표제공간	표제공간	표제공간	표제공간	표제공간	표제공간	표제공간	표제공간
1.1.1 Character	1.1.2 Between Character Spacing	1.1.3 Between Line Spacing	1.1.4 Between Paragraph Spacing	1.1.5 Character Contrast	1.1.6 Between Paragraph Spacing	1.1.7 Between Paragraph Spacing	1.1.8 Between Paragraph Spacing

본은 표제공간을 사용하는 것이 무엇입니까? 순서대로 표시 내용 및 표시내용이 표시된 기호를 따라 기호 순서대로 기호를 표시하십시오.

본은 표제공간을 사용하는 것이 무엇입니까? 순서대로 표시 내용 및 표시내용이 표시된 기호를 따라 기호 순서대로 기호를 표시하십시오.

자문 수행 방법 : 인허가 업무지침

Method

- ◆ **신고리 5,6호기 KINS 인허가 심사방향 수립**
 - 신고리 3,4호기 결함 사항(HED) 해소 (운전원 설문조사)
 - 각 설계 분야별 **Plant Style Guide**안 검토
 - NUREG-0711 Rev.2 8.4.5.(1), NUREG-0711 Rev.1 8.4.(6)
 - **KINS** 평가지침(안) 활용
 - 금오공대 2003~2006 KINS 보고서
 - **KINS** 인간공학 인허가 담당자와의 의견교류

- ◆ **인간공학 안전설계 규제 기준의 엄격한 적용**
 - 인간공학 설계절차 적용 : **NUREG-0700 Rev.2 , SSAR-18장**

- ◆ **환경기술원 첨단제어실 설계 요소별 운전원 평가 및 자문 결과 활용**

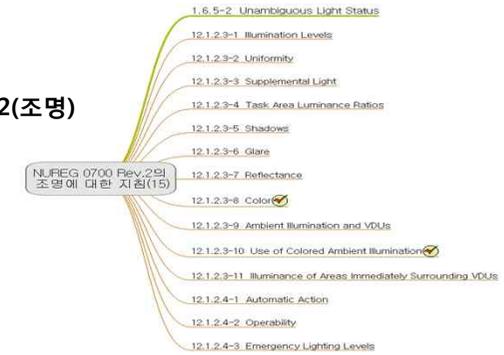
수행 결과 : 환경디자인관련 인간공학 설계 및 평가지침 분석

Results

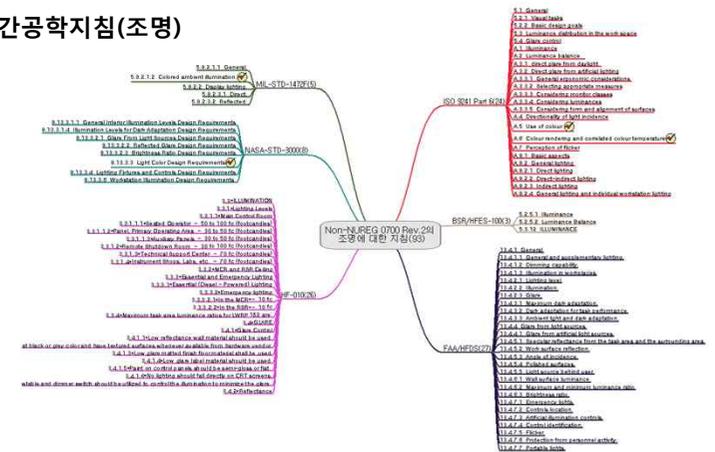
◆ 환경디자인 관련 모든 인간공학 지침 조사 및 분석

		조명	색채	인테리어 (소음포함)	총계
NUREG 0700 Rev.2		15	24	217	256
Non-NUREG	ISO 9241	24	2	28	54
	MIL-STD1472F	5	15	63	83
	BSR/HFES-100	3	8	44	55
	FAA/HFDS	27	44	179	250
	NASA-STD3000	8	9	72	89
신고리 3,4호기 설계지침		12	5	63	44
신고리 5,6호기 설계지침		26	6	65	97
총계		138	115	737	990

◆ NUREG0700 Rev.2(조명)



◆ 일반인간공학지침(조명)



수행결과 : 평가 항목 선정

Results

인간공학 평가 항목: 19 항목, 44 세부지침

◆ 주제어실 설계 일반 : 4항목 (13 세부항목)

- 가구 및 설비배치, 문서의 보관, 장비보관 및 공급, 쾌적한 환경

◆ 조명 설계 분야 : 6항목 (8 세부항목)

- 주제어실 전체: 조도수준(illumination), 작업표면 반사율(reflectance), 마감재 반사율, 작업장 휘도비, 배광분포(uniformity), 반사 눈부심, 색상조명(colored ambient illumination), 조명기구(luminaires)
- VDT 조명 : 조명수준, 작업휘도비, 스크린반사 (필요시 추가검토)

◆ 색채 설계 분야 : 3항목 (5 세부항목)

- 색상 코딩, 표면색상, 색상 조명의 적정성

◆ 소음 설계 분야 : 3항목 (6 세부항목)

- 배경잡음, 의사소통, 반향시간

◆ 인테리어 설계 분야 : 3항목 (12 세부항목)

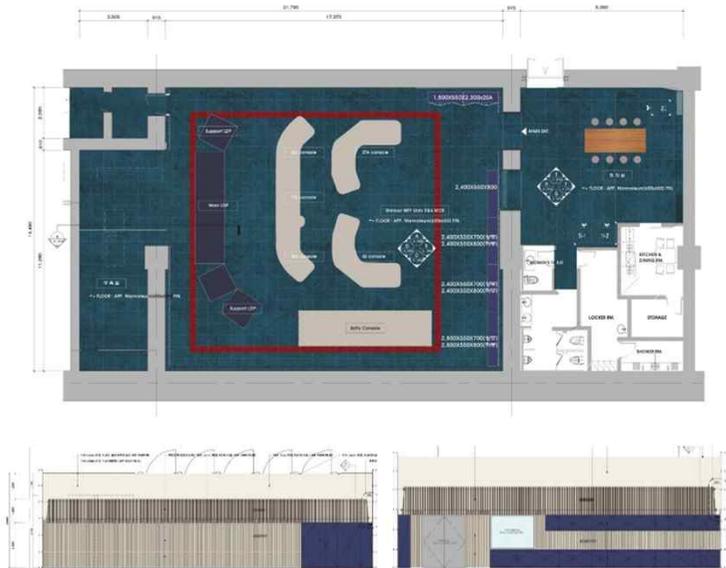
- 인체공학 설계기준 :, 가구, 인테리어디자인, 공기조화
- 콘솔관련: 운전원콘솔, VDU 배치 (필요시 추가검토)

인간공학적 설계 평가 결과 : 색채 설계(안)

Results

◆ 색채 설계 분야 : 3항목 (5 세부항목)

- 색상 코딩, 표면색상, 색상 조명의 적정성



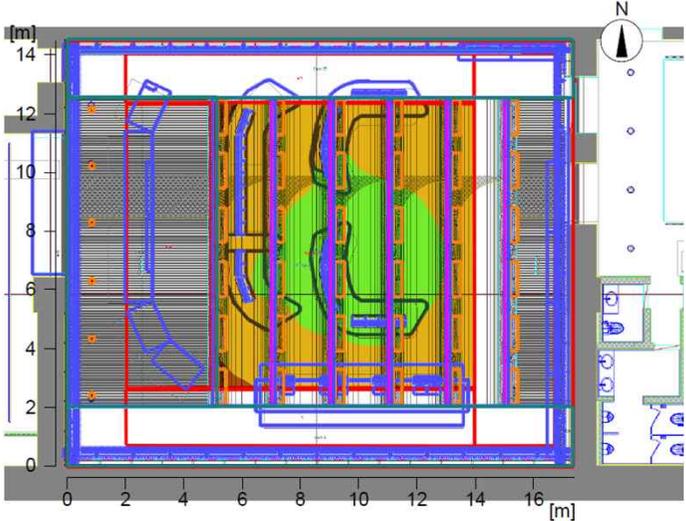
항목	평가지침	지침내용	적합	부적합	N / A
색상 코딩	NUREG-0700 12.1.1.10-1	제어실 안을 쾌적한 환경으로 만들기 위해 색상설계 혹은 조명이 고려된 색상설계를 고려해야 한다.			
	NUREG-0700 12.1.1.4-2	일반 인간공학 지침에서 기술된 color coding과 크게 혼동되지 않는 색상을 사용해야한다. Panel 이나 Display element에서 사용되는 color scheme 은 다음과 같다.			
표면 색상	NUREG-0700 12.1.2.3-8	작업대나 바닥 등 표면의 색상은 정상운전이나 비정상운전의 모든 조명하에서 정확히 인식될 수 있어야한다.			
	NUREG-0700 12.1.2	표면색상에 대한 색을 선정할 때 색상에 따른 반사율을 고려해야한다			
색상 조명	NUREG-0700 12.1.2.3-10	색상이 있는 주변 조명은 색상코딩이 사용된 작업공간에 사용되어서는 안된다			

인간공학적 설계 평가 결과 : 조명 설계(안)

Results

◆ 조명 설계 분야 : 6항목 (8 세부항목)

- 주제어실 전체 조도수준(illumination), 작업표면 반사율(reflectance), 마감재 반사율, 작업장 휘도비 배광분포(uniformity), 반사눈부심, 색상조명(colored ambient illumination), 조명기구(luminaires)
- VDT 조명 : 조명수준, 작업휘도비, 스크린반사 (필요시 검토)



ZONE 2 simulation result

General		
Calculation algorithm used		Average indirect fraction
Maintenance factor		0.80
Total luminous flux of all lamps		375439 lm
Total power		2547 W
Total power per area (251.54 m ²)		10.13 W/m ²
Illuminance		
Average illuminance	Eav	707 lx
Minimum illuminance	Emin	488 lx
Maximum illuminance	Emax	874 lx
Uniformity Uo	Emin/Em	1:1.45 (0.69)
Diversity Ud	Emin/Emax	1:1.79 (0.56)

인간공학적 설계 평가 결과 : 조명 설계(안)

Results

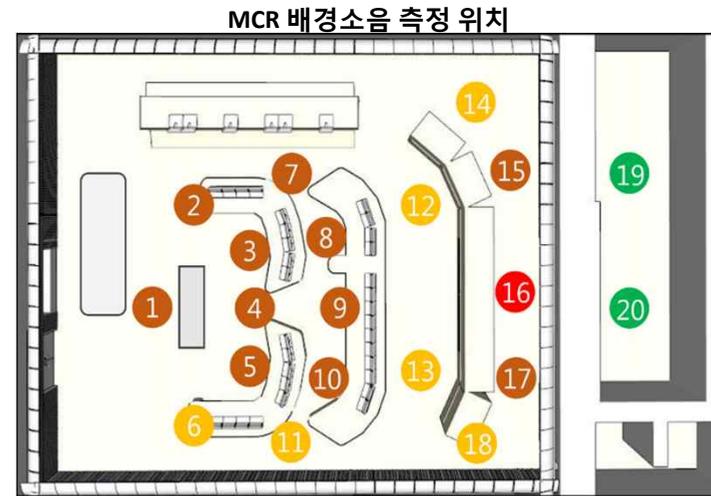
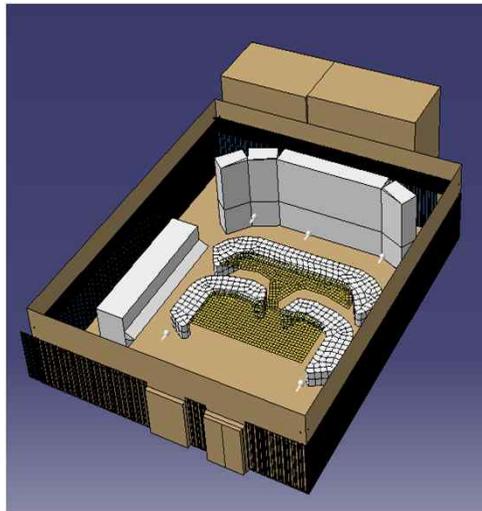
항목	평가지침	지침내용	적합	부적합	N/A
주제어실 조도 수준	NUREG-0700 12.1.2.3-1	조명 밝기 수준은 일관성 있게 제공해야 한다.			
	NUREG-0700 12.1.2.3-2	주어진 작업영역의 조명수준은 가급적 균일하게(uniformity) 분포되어야 한다.			
작업장 휘도비	NUREG-0700 12.1.2.3-4	효과적인 시각적 작업효율을 유지하기 위해서 표 2.4에 작업지역의 휘도 비율을 초과하면 안 된다.			
마감재 반사율	NUREG-0700 12.1.2.3-7	주제어실 작업환경에 대한 glare 효과를 줄이기 위해 전체 마감재 반사율은 표2.5에 권고치를 따른다.			
반사 눈부심	NUREG-0700 12.1.2.3-6	눈이 부셔 정보표시장치와 라벨, 지시사항이나 계기를 읽을 수 없어서는 안된다.			
표면 색상	NUREG-0700 12.1.2.3-8	표면의 색상은 정상운전이나 비정상운전 모두에서 정확히 인식되어야 하므로 색상을 구분하지 못하게 하는 램프는 사용하지는 안된다.			
조명 기구	NUREG-0700 12.1.2.4-1	제어실 비상조명시스템은 자동으로 작동되어야 하고 정상조명시스템이 정지되면 즉시 이용할 수 있어야 한다. 제어실의 비상조명 시스템은 다른 조명 시스템과 독립적으로 제공해야 한다.			
	NUREG-0700 12.1.2.4-3	제어실의 비상조명 시스템은 주 제어실 모든 워크스테이션에 최소 10 footcandle 수준의 조명이 제공되도록 설계되어야 한다. 제어실의 벽면이 반사력이 낮거나, 제어실에 있는 작업자가 40세 이상이면, 조명의 높은 수준을 권장.			

인간공학적 설계 평가 결과 : 소음 설계(안)

Results

◆ 소음 설계 분야 : 9항목

- 소음 기준, 음성 표시, 언어 표시, 경보 통제, 신호 응답, 언어 기반 통신, 확성기



- | | |
|---------------|------------|
| ● : 59 dBA 이하 | ● 9~61 dBA |
| ● : 61~62 dBA | ● 2 dBA 이상 |

인간공학적 설계 평가 결과 : 소음 설계(안)

Results

◆ 소음 설계 평가항목: 시뮬레이션 결과

항목	평가지침	지침내용	적합	부적합	N/A
소음 기준	NUREG-0700 12.1.2.5-1	제어실의 음향 설계는 운전원들 사이에 구두(口頭)상 의사소통을 방해하지 않아야 한다. 청각신호는 쉽게 알 수 있어야 하고, 청각 주의(auditory distraction), 산만, 피로는 최소화 되어야 한다.	[Blue Box]		
	NUREG-0700 12.1.2.5-2	배경 잡음은 주 운영실에서 어떠한 두 지점 사이에 구두상의 의사소통을 방해해서는 안 된다.			
	NUREG-0700 12.1.2.5-3	배경잡음 수준은 65 dB를 초과해서는 안 된다.			
	NUREG-0700 12.1.2.5-4	주 운영실과 다른 제어실 위치 사이에 의사소통은 필수적이고, 음성 전달 시스템이 제공되지 않는 곳, 배후 잡음이 있을 때 추가적 소음 감소가 있어야한다.			
	NUREG-0700 12.1.2.5-5	소음으로 인한 주의산만은 제어실 내부와 외부에서 최소화 되어야 한다			
	NUREG-0700 12.1.2.5-6	제어실의 청각처리 수준은 1초이하의 반향시간으로 제한해야 한다.			

인간공학적 설계 평가 결과 : 소음 설계(안)

Results

◆ 소음 설계 평가항목: 실자료 제공시 평가 항목

항목	평가지침	지침내용	적합	부적합	N/A
신호 응답	NUREG-0700 4.2.6.3-5	미확인 알람 표시하는 어떠한 트의 청각 신호가 일정시간 제공된 후 운전원이 그 알람을 확인하지 않았을 때 현재 미확인된 알람이 있음을 암시하는 트의 신호가 제공되어야 한다.			
	NUREG-0700 4.3.4-1	리셋 기능은 청각 신호를 제거할 수 있고 비활성 상태의 알람으로 발광 상태를 되돌릴 수 있다. 운전원이 특별히 리셋상태를 알 필요가 없는 알람은 자동으로 리셋 될 수 있다.			
	NUREG-0700 4.3.4-2	비경상 상태가 처리를 명확하게 운전원이 아는 것이 중요할 때 수동 리셋 과정을 사용할 수 있다.			
언어 표시	NUREG-0700 1.2.12-9	음성 신호는 작업장소의 예상되는 소음수준에서 명확하게 들을 수 있는 세기로 제공되어야 한다.			
	NUREG-0700 1.2.12-6	음성 메시지는 짧고 알기 쉽고 적절하게 정보를 전달할 수 있는 단어를 선택해야 한다.			
	NUREG-0700 1.2.12-1	몇 개의 메시지를 전달할 목적으로 음성을 사용하는 것은 제한해야 한다.			
경보 통제	NUREG-0700 4.3.5-1	알람 시스템의 작업 설정을 운전원이 선택할 수 있다면 현재 설정을 표시도 함께 제공해야 한다.			
	NUREG-0700 4.3.5-2	알람 시스템 주요 설정을 운전원의 선택으로 변경했을 때 이를 확인하는 과정이 있어야 한다.			
음성 표시	NUREG-0700 1.3.11-18	304.8m이상의 높이에서 청각신호를 전달할 때 청각신호의 주파수는 1000Hz 미만으로 제공해야 한다.			
	NUREG-0700 1.3.11-26	신호의 주파수를 변화하여 정보를 표시할 때 중심 주파수는 500~1000Hz로 제공해야 한다.			
	NUREG-0700 1.3.11-27	청각 신호에 불연속 주파수 코딩을 사용할 때 주파수 범위는 200~5000Hz로 넓게 제공해야 한다.(500~3000Hz 범위를 일반적으로 사용함)			
	NUREG-0700 4.2.6.3-14	신호를 좁은밴드의 음높이(예: 트)로 정보를 코딩할 때 주파수는 3 수준 이하로 사용해야 한다.			
	NUREG-0700 4.2.6.3-15	중심 주파수대는 500~3,000hz의 범위에 넓게 제공할 수 있는데 200~5,000H를 권장한다.			

인간공학적 설계 평가 결과 : 주제어실 일반 설계

Results

- ◆ 주제어실 설계 일반 : 4항목 (13 세부항목)
 - 조명, 색상, 인테리어, 소음설계와 관련된 주제어실 일반설계 인간공학 평가 항목
 - 쾌적한 환경, 가구 및 설비배치, 문서의 보관, 장비보관 및 공급



인간공학적 설계 평가 결과 : 주제어실 일반 설계

Results

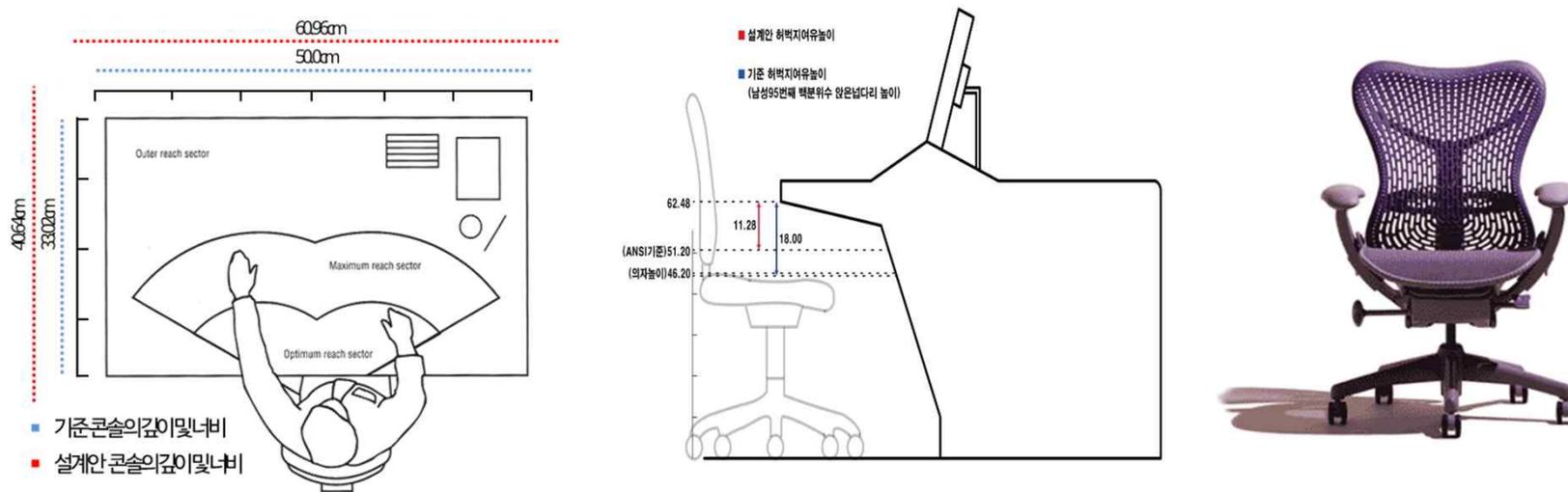
항목	평가지침	지침내용	적합	부적합	N/A
쾌적한 작업환경	NUREG-0700 12.1.1.10	제어실의 작업환경은 인테리어디자인, 간이식당, 화장실, 휴게실과 같은 시설을 제공함으로써 운전원의 편안함, 건강, 직무수행도를 높이도록 쾌적하게 설계되어야 한다.			
가구 및 설비 공간 배치	NUREG-0700 12.1.1.3-1	주제어실에서 모든 제어장치와 정보표시패널(alarm 정보표시장치 포함) 전체를 볼 수 있도록 책상과 콘솔을 운전원이 사용할 수 있게 해야 한다.			
	NUREG-0700 12.1.1.3-2	책상과 콘솔의 배치는 주요 조작 공간에서 워크스테이션에 앉은 상태의 운전원이 어떤 장소이든지 목소리로 의사소통이 되어 편리해야 한다.			
	NUREG-0700 12.1.1.3-4	제어실의 배열은 능률적이고, 움직임과 의사소통에 방해 받지 않도록 편리하게 해야 한다.			
문서의 보관	NUREG-0700 12.1.1.4-1	모든 절차서와 참고문서는 제어실에서 운전원이 찾아보기 쉬운 위치에 비치(備置)하고 있어야 한다.			
	NUREG-0700 12.1.1.4-2	특정 문서를 구별하기 위해 명확한 제목 라벨을 제공해야 하며 라벨은 가능한 많은 문서를 구별할 수 있어야 한다.			
	NUREG-0700 12.1.1.4-3	문서는 선반에 고정되어서는 안 된다. 문서 사용시 문서를 제거하는 것이 가능해야 한다.			
	NUREG-0700 12.1.1.4-4	문서는 전체를 열어서 볼 수 있도록 묶여져 있어야 하고, 고정장치 없이 원하는 내용을 펼쳐서 볼 수 있어야 한다.			
장비보관 및 공급	NUREG-0700 12.1.1.5-1	소모품과 예비 품목(퓨즈, 전구, 잉크와 펜, 기록차트, 인쇄용지)의 공급이 적절해야 한다.			
	NUREG-0700 12.1.1.5-2	소모품과 예비품목(예비물품)은 쉽게 사용할 수 있도록 준비되어 있어야 한다.			
	NUREG-0700 12.1.1.5-3	소모품과 예비품목을 설치하기 위해 필요한 모든 필수품이나 특정 대체용 도구를 이용할 수 있어야 한다.			
	NUREG-0700 12.1.1.5-4	소모품과 예비품목에 대한 적절한 보관 장소가 있어야 한다.			
	NUREG-0700 12.1.1.5-5	소모품과 예비 품목의 다른 유형, 크기나 형태가 요구될 때 오용을 피하기 위하여 명확하고 구별할 수 있도록 표시해 두어야 한다.			

인간공학적 설계 평가 결과 : 인테리어 설계(안)

Results

◆ 인테리어 설계 분야 : 3항목 (12 세부항목)

- 인체공학 설계기준 : 가구, 인테리어디자인, 공기조화
- 콘솔관련 : VDU 배치, 운전원콘솔 (자문범위외, 추후설계평가반영)



인간공학적 설계 평가 결과 : 인테리어 설계(안)

Results

항목	평가지침	지침내용	적합	부적합	N/A
가구	NUREG-0700 11.1.6-4	앉는 면은 너비가 최소 45.79 cm(18 inch)이어야 하고 깊이는 38.10 cm(15 inch)에서 43.18 cm(17 inch)이어야 한다. 허벅다리 와 오금이 눌려져서 피로나 신체순환 상의 문제를 유발하지 않아야 한다.			
	NUREG-0700 11.1.5-4	데스크 치수는 앉은 자세 작업의 데스크는 바닥에서 66.04 cm(26 inch) ~ 78.74 cm(31 inch) 로 제공			
	NUREG-0700 11.1.5-4	작업면의 너비는 읽기 기록작업의 경우 최소 60.96 cm이고, 이외의 추가 작업이 필요한 경우의 최소 작업면 너비는 76.20 cm(30 inch)이다.			
	NUREG-0700 11.1.5-4	무릎 여유공간의 높이는 바닥에서 데스크 아랫면까지 약 63.50cm(25 inch). 이 값은 앉은 자세로 남성 5번째 백분위수와 여성 95번째 백분위수에 충분한 여유공간값임.			
	NUREG-0700 11.1.5-4	데스크 무릎 여유공간의 깊이는 최소 45.75 cm(18 inch), 무릎 여유공간의 너비는 최소 50.80 cm(20 inch)이다.			
	NUREG-0700 11.1.6-1	의자는 적절한 자세에 맞게 조절할 수 있어야 하며 이동가능 하도록 바퀴(casters) 장착을 권장한다.			
	NUREG-0700 11.1.6-5	좌식 작업에 사용하는 앉는 면 높이는 40.64 cm(16 inch)에서 52.07 cm(20.50 inch)로 조절할 수 있어야 한다.			
제어실 장식 디자인	NUREG-0700 12.1.1.10-1	인테리어 장식은 색상, 조명, 안락감을 주는 시각적 배치, 편안한 좌석, 보행이나 작업시 피로를 줄이는 카펫사용 등을 고려하여 제어실 안에 쾌적한 환경을 만들어야 한다.			
	NUREG-0700 12.1.1.10-1	화장실과 부엌이나 먹는 장소는 제어실 내부에 있거나 제어실 분리 한계 가까이 제공되어야 한다. 대부분의 제어실에서 공식적인 휴식이 없기 때문에 운전원이 방해없이 이러한 시설에 접근하는 것은 중요하다.			
	NUREG-0700 12.1.1.10-1	특히 교대시간이 길어 질 경우에는 휴식 공간(가능하다면 다과 공간과 함께)은 휴식과 재충전에 도움이 되어야 한다.			
공기 조화	NUREG-0700 12.1.2.2-1	환기 시스템은 존재하는 사람 명당 분 당 적어도 20 입방 피트의 비율로 제어실로 신선한 공기 유입이 가능해야 한다.			
	NUREG-0700 12.1.2.2-1	주 운영실에서의 공기속도는 머리높이에서 분 당 45피트를 초과하지 않아야 하고, 외풍이 없어야 한다.			

인간공학적 설계 평가 결과 : 인테리어 설계(안)

Results

항목	평가지침	지침내용	적합	부적합	N/A
운전원 콘솔	NUREG-0700	운전원 콘솔 설계 시 운전원의 신체치수가 반영되어야 한다.	[Blue Box]		
	NUREG-0700 11.1.2-1	좌식콘솔(SS,RO,TO,EO,STA 콘솔)의 작업대 높이는 운전원이 앉은 자세에서 콘솔을 너머를 보아야 할 경우 성인 여성의 5 번째 백분위수에 맞게 68.58 cm(27 inch)이하로 설계되어야 한다.			
	NUREG-0700 11.1.1-2	입식 혹은 좌식 콘솔 제어장치의 최상단 높이는 손을 더 뻗거나 의자 또는 사다리를 이용하지 않고 제어장치를 사용할 수 있도록 여성 표준 팔길이의 5번째 백분위수 이하로 제공해야 한다.			
	NUREG-0700 11.1.1-2	제어장치의 최하단 높이는 신체를 구부리거나 접지않고 제어할 수 있도록 남성 표준 팔길이의 95번째 백분위수 이상으로 제공해야 한다.			
	NUREG-0700 11.1.1-10	좌식 콘솔에서 앉은 상태의 운전원은 불편한 자세를 취하지 않도록 다리와 발의 충분한 여유공간이 제공되어야 한다.			
	NUREG-0700 11.1.2-9	입식콘솔 단일 사용자 워크스테이션(single-user workstation)에 장치를 배치할 수 있는 최대수평 길이는 182.88cm(72 inch)이다.			
	NUREG-0700 11.1.2-11	좌식 콘솔에 기록할 수 있는 공간은 운전원의 팔의 동작범위를 고려하여 깊이는 40.64 cm(16 inch)로 너비는 60.96 cm(24 inch)로 제공한다.			
	NUREG-0700 11.1.2-11	제어실 콘솔에서 기록 작업의 빈도나 기간 등을 고려하여 보다 좁은 공간을 제공 가능, 콘솔에 기록 공간은 제어장치 및 정보표시 장치의 조작과 감시를 방해하지 않도록 제공			
VDU 배치	NUREG-0700 11.1.2-5	입식 혹은 좌식 콘솔에서 알람 지시계를 포함한 모든 정보표시 장치는 여성의 시야 측정값의 5번째 백분위수 이내(수평 시선에서 75°)에 제공되어야 하며 시선과 정보표시장치가 이루는 내각이 45° 이상이 되도록 위치해야 한다.	[Blue Box]		
	NUREG-0700 11.1.2-6	좌식 콘솔에서 주요 정보표시 장치(예: alarm 등)를 배치할 때 수평 배치 범위는 운전원 기준시선(LOS)을 중심으로 좌우측 각각 35°도 이내이고, 수직 배치 범위는 LOS를 중심으로 위쪽은 20° 이내에 아래쪽은 40°도 이다.			
	NUREG-0700 11.1.2-8	좌식콘솔에서 VDU 시거리는 최소한 33-80 cm(13~30 inch)이아야 하며 최적 시거리는 46-61 cm(18-24 inch)이다.			

인간공학적 설계 비교표

Discussions

	신고리3,4	BNPP1,2	신고리5,6
제목	신고리3,4호기 주 제어실 환경디자인 및 인간공학적 설계를 위한 기술자문	BNPP1&2 주 제어실 환경 디자인 국내기술자문	신고리5,6호기 주 제어실 통합환경디자인을 위한 국내기술자문
설계개념	인간공학중심의 디지털환경 디자인	산고리3,4 + vernacular design	환경설계중심의 전문화된 통합환경 디자인
자문기간	2006.11~2007.10 (4개월 연장)	2011.4~2011.7	2016.1~2017.1
자문범위	인간공학, 색상, 조명, 인테리어, VDU 화면	인테리어, 조명, 인간공학, ENEC 승인	환경, 색채, 조명, 음향, 인간공학
자문단 구성	인테리어, 조명, VDU(홍익대) 색상(상명대) 인간공학(금오공대, 총괄)	인테리어, 조명(홍익대) 인간공학(금오공대, 총괄)	환경, 조명, 색상(이화여대, 총괄) 소음(서울대) 인간공학(금오공대)
평가항목	39항목, 90세부항목	20항목, 45세부항목	19항목, 44세부항목
부족사항	소음	콘솔높이	
특이사항	잡은 설계변경으로 4개월 연장	UAE 인체측정	소음전문가 설계활용

신고리 5,6 인간공학적 설계 SWOT 분석

Discussions

강점(strength)	약점(weakness)
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 신고리3,4 현장 검토를 통한 평가결과 피드백 ✓ 신고리3,4 HED 반영된 설계개선안 마련 ✓ 부족사항에 근거한 인간공학 집중 평가 ✓ 설계 초기에 소음전문가 활용하여 소음개선안 마련 ✓ 조명과 연계된 색상 설계의 디지털환경 적합성 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 인간공학 설계지침의 구체적 방법론 부재 ✓ 인간공학 평가지침(NUREG0700)의 디지털환경 평가 부적합성 ✓ 새로 도입된 기술 및 재료들의 (LED, 소음마감재) 원전 평가가 정립되지 않아 승인절차 어려움 예상.
기회(opportunity)	위협(threat)
<ul style="list-style-type: none"> ✓ LED 조명 사용에 따른 환경 개선 ✓ Day light effect에 따른 감성조명 활용 ✓ 주제어실 소음 평가기술 정립 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 소음원 차단을 위한 구조변경이 어려워 근본적인 소음평가가 어려움 ✓ 기 평가된 콘솔 및 VDU 배치에 대한 재평가 부재

감 사 합 니 다