

2023 Korean Nuclear Society Spring Meeting

화재하중 산출내역서 자동생성 프로그램 개발

[화재방호 안전현안 및 규제활동 지원용 전산프로그램 개발]

2023. 05. 18.

|주|스탠더드시험연구소

STANDARD TESTING & ENGINEERING INC.



목 차

1. 프로그램 개발 배경
2. 프로그램 요구사항
3. 프로그램 구성
4. 프로그램 시연
5. 향후 계획

1. 프로그램 개발 배경



1

프로그램 개발 배경

❖ “화재방호 안전현안 및 규제활동 지원용 전산프로그램 개발”

- 화재방호 안전현안 대응과 규제기술을 고도화하기 위한 규제업무 지원 전산프로그램
- 화재위험도분석 심사 절차 및 주기
 - 주기적안전성평가(PSR) 주기에 따라 개정된 화재위험도분석 보고서 제출
 - 수행기관마다 결과물 양식, 내용, 질적 수준 상이
 - 주기적안전성평가 주기가 비슷한 원전에서 동시에 화재위험도분석 결과 제출
⇒ 특정 시기에 규제기관 부담 가중
- 프로그램 개발 목적
 - 원전 화재방호 관련 자료 검색, 분석, 확인 등 화재방호 규제 활동에 필요한 지원용 전산프로그램
⇒ 규제업무 효율, 품질 향상
 - 원전 사업자의 화재위험도분석 내용, 양식 표준화, 보고서의 품질과 분석기관의 기술 향상 유도

1

프로그램 개발 배경 (계속)

❖ 규제 지원용 전산프로그램 개발의 필요성

- 규제 지원용 전산프로그램 도입을 통한 화재방호 규제검증 기술 향상
 - 화재위험도분석 보고서: 방화구획 정보, 화재하중 계산, 화재방호 설비의 적합성 평가, 케이블 경로 분석, 다중오동작 분석, 화재방호계획서/절차서 등의 화재방호 분석/평가 내용이 수록
 - 화재위험도분석 관련 자료/보고서

유형	자료명	용량 (GB)
절차서 등	종합운영, 계통, 비정상, 비상, 표준안전, 주기, 정기 등	10
보고서 등	최종안전성분석, 주기적안전성평가 확률론적안전성평가, 관통부 성능평가 운영기술지침서 등	50
설계 자료	설계도면(토목, 건축, 소방, 기계, 전기 등), 케이블 DB, 설계지침 및 기준 등	200
기타 자료	화재방호운영계획서, 소방계획서, 설계변경서 등	200
합계		460

FHA에 활용되는 자료



구분	자료명	분량 (Page)
보고서	본 보고서	200
공통	방화지역 평가표, 분석방법론 기술기준검토서, 방화지역도 화재진압대책, 설계변경 검토서 개선사항 내역서, 개정안 등	2,500
재해 분석	화재하중 산출 내역서 화재방호시설 적합성 평가서 화재방호시설 배치도	1,500
안전 정지 분석	안전정지 기기 목록 및 도면 MSO 시나리오 분석 내역서 안전정지 케이블 DB 및 도면 회로분석 내역서 및 도면 안전정지 영향 평가서	15,000
합계		19,200

FHA 결과물

1

프로그램 개발 배경 (계속)

❖ 화재위험도분석 보고서 목차 (예시)

제 1 장 일반 사항	1
1. 개요	1
2. 목표 및 범위	2
3. 용어 정의	3
제 2 장 기술기준 및 분석방법	10
1. 자료수집 및 검토	10
2. 적용 기술기준	11
3. 분석 방법	12
제 3 장 화재방호구역의 구분 및 설계변경서 검토	13
1. 화재방호구역 구분 기준	13
2. 화재방호구역 구분 결과	14
3. 화재방호구역 도면 작성	16
4. 설계변경서 검토	17
제 4 장 화재재해분석	35
1. 화재위험요소 확인 및 화재심각도 산출	36
1.1 화재위험요소 확인	36
1.2 화재하중 및 화재심각도 산출	36
2. 화재방호시설 적합성 평가	37
2.1 내화구조물	37
2.2 화재방호시설 적합성 평가	39
3. 화재위험성평가 및 설계기준화재 범주	54
3.1 화재위험성 평가	54
3.2 설계기준화재의 범주 및 평가	57
4. 화재방호 프로그램	59
4.1 본부소방계획서 및 화재방호운영계획서	59
4.2 절차서	60
4.3 화재방호통합관리시스템	

제 5 장 화재안전정지분석	87
1. 화재안전정지 기능 정의	88
2. 화재안전정지 계통 선정	89
3. 화재안전정지 기기 선정	91
3.1 원자로냉각재계통	91
3.2 원자로냉각재기체배기계통	91
3.3 안전주입/정지냉각계통	91
3.4 화학 및 체적제어계통	91
3.5 증기발생기취출계통	92
.	
.	
3.18 전력 계통	94
4. 다중오동작 시나리오 분석	95
5. 화재안전정지 기기 목록 및 고장수목 작성	95
6. 화재안전정지 케이블 분석	97
6.1 화재안전정지 케이블 선정	97
6.2 화재안전정지 케이블 경로 분석	98
7. 화재안전정지 연계회로분석	98
7.1 공통전력원	98
7.2 공통배선함	98
7.3 오동작	99
7.4 다중 고임피던스 장애	100
8. 방화지역별 화재안전정지 영향 평가	100
제 6 장 화재방호 개선사항	103
1. 임시 가연성물질 관리	103
2. 내화구조물	103
3. 기타사항	104
4. 화재방호프로그램	104
참고문헌 및 자료	144

1

프로그램 개발 배경 (계속)

❖ 화재위험도분석 보고서 부록 (예시)

부록 1. 기술기준 검토서

부록 2. 분석방법론

부록 3. 화재방호구역 도면

부록 4. 설계변경사항 검토서

부록 5. 화재방호구역 현황표

부록 5의 붙임. 화재하중산출내역서

부록 6. 화재방호시설 적합성 평가서

부록 6의 붙임. 화재방호시설 배치도

부록 7. 화재안전정지 기기 목록

부록 7의 붙임. 화재안전정지 성공경로 도면

부록 8. 화재안전정지 케이블 경로 DB

부록 8의 붙임. 케이블 선정 근거자료 (DB, 도면)

부록 9. 연계회로분석 내역서

부록 10. 다중오동작 시나리오 검토 내역서

부록 11. 화재안전정지 고장수목

부록 13. 방화구역별 화재진압대책

부록 13의 붙임. 화재진압 및 피난 계획도

부록 14. 개선사항 근거자료 (발신기, 수동식소화기, 옥내소화전, 옥외소화전)

2. 프로그램 요구사항



프로그램 요구사항

❖ 원전 방화지역 및 방화구역별 화재하중 산출내역서 작성

● 원전 방화구획 (Fire Compartment)

- 방화지역(Fire Area): 화재의 확대를 방지하기 위해 다른 지역과 내화구조물로 분리된 건물 또는 일부
- 방화구역(Fire Zone): 가연성물질의 제한, 공간적인 격리 또는 화재진압설비에 의해 화재가 전파되지 않도록 방화지역을 세분화한 부분, 화재위험도분석 단위

● 가연물 (Combustibles)

▪ 상존 가연물 (Permanent Combustibles): 23종

- 일반 (Class A): HEPA, 프리필터, 활성탄 흡착기, 플라스틱, 나무/종이 등 (11종)
- 유류 (Class B): 윤활유, 그리스, 디젤 연료유, 페인트, 신너 등 (9종)
- 전기 (Class C): 케이블 절연체 (전력/제어, 계측, 패널) (3종)

※ 화재유형 (Class A, B, C): NFPA Handbook, 20th

▪ 임시 가연물 (Temporary Combustibles)

- 케이블 절연체
- 윤활유 및 그리스
- 부수 가연물

※ 임시가연물 산정 기준: KEPIC FPN 2000 원전 화재예방, 부록 A 내화구조 평가법

2

프로그램 요구사항 (계속)

❖ 방화지역/구역별 가연물

● 방화지역/구역별 상존 가연물

- 방화구역별 해당 격실 내 가연물 종류별 합산
- 방화지역별 해당 구역 내 가연물 종류별 합산

● 방화구역별 임시 가연물

- 펌프, 밸브에 윤활유 포함 시
→ 해당 윤활유 양의 1배수 산정
- 케이블 트레이 및 전선로가 주요 가연물일 경우
→ 400,000 Btu 산정
- 이 외 부수가연물 → 400,000 Btu 산정

● 방화지역별 임시 가연물

- 방화구역별 임시 가연물 종류별 합산

※ 가연물의 연소하중: KEPIC FPN 2000, 부록 A, 표 A-1

방화지역번호 Fire Area ID

방화지역명 Fire Area Name Eng.

Fire Area Name Kor.

가. 상존가연물

번호	가연물 종류	가연물 수량	단위 열하중 (Btu/unit)	열 하중 (Btu)
1	케이블 절연체(전력 및 제어)	ft	1,612	
2	케이블 절연체(계속)	ft	907	
3	케이블 절연체(패널)	lb	10,990	
4	윤활유	gal	155,000	
5	그리스	lb	20,000	
6	변압기 오일	gal	143,000	
7	디젤 연료유	gal	146,000	
8	제2 연료유	gal	155,000	
9	축전지	lb	18,000	
10	고효율 입자여과기(HEPA)	module	16,000	
11	프리필터	module	16,000	
12	활성탄 흡착기	lb	14,000	
13	나무/종이	lb	8,000	
14	플라스틱	lb	18,000	
15	의류	lb	7,200	
16	고무	lb	8,000	
17	공업용 세정액	gal	155,000	
18	페인트	L	46,357	
19	덕트 내부라이닝(가스킷)	lb	8,000	
20	차음 불량킷류	lb	10,000	
21	플렉시블접속체(HVAC)	lb	10,000	
22	P-10	L	35	
23	신너	L	155,000	
합계				0

나. 임시가연물

1	케이블 절연체			
2	윤활유 및 그리스			
3	부수 가연물			
합계				0

다. 총 발열량 (Btu)

0

라. 바닥 면적 (ft²)

마. 화재하중 (Btu/ft²)

바. 화재심각도 (min.)

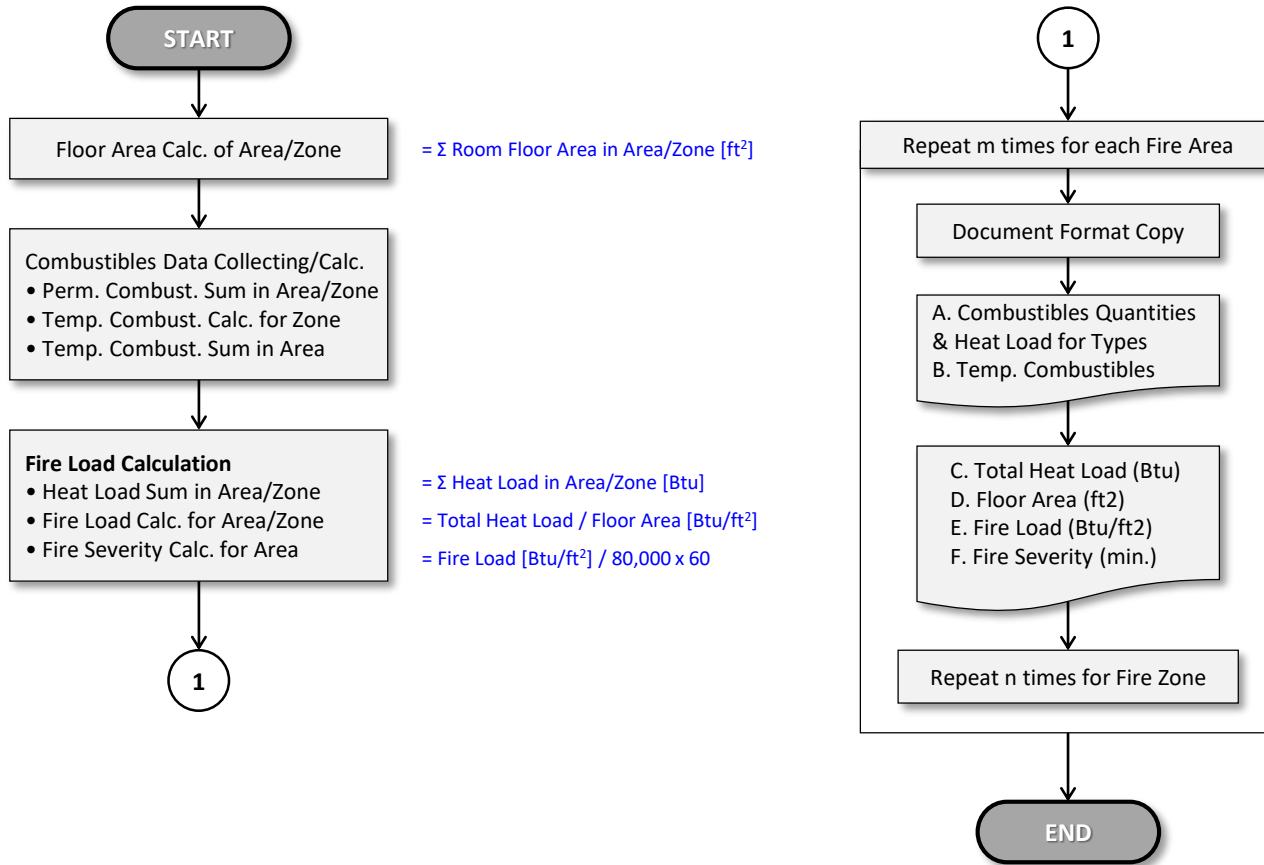
3. 프로그램 구성



3

프로그램 구성

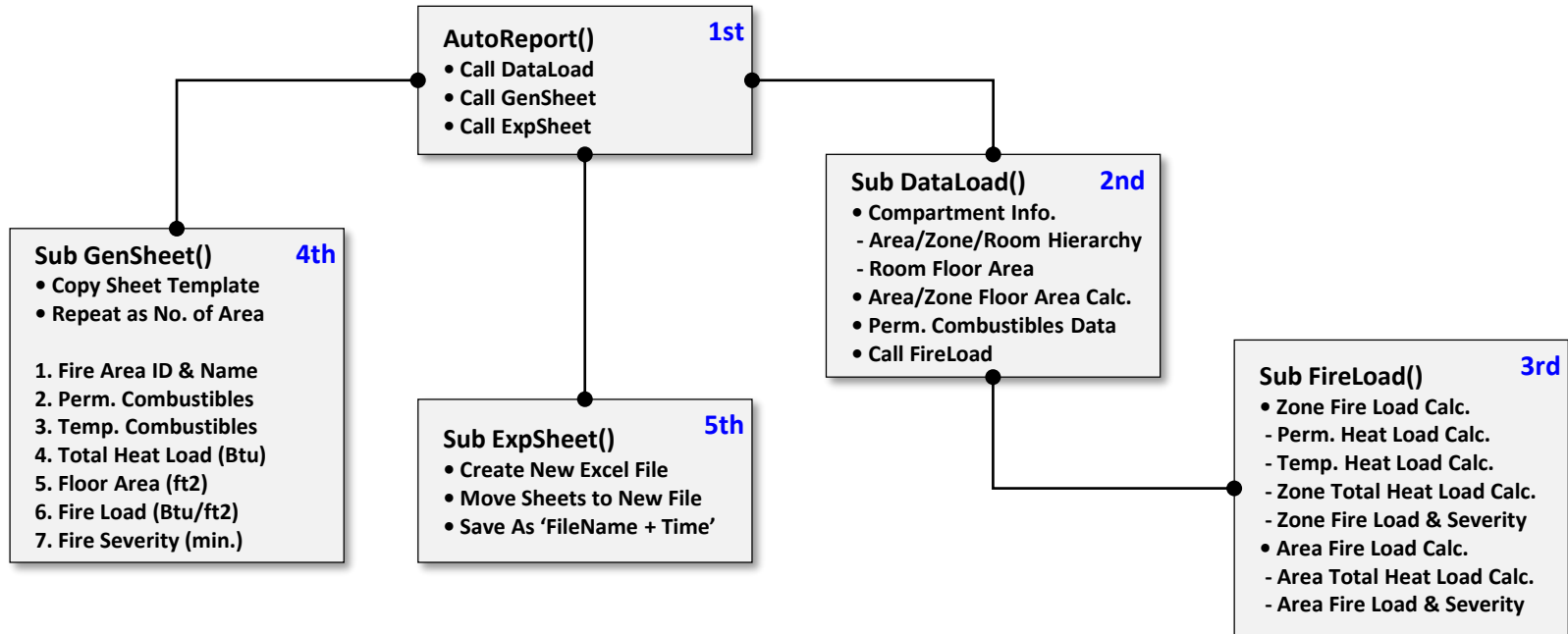
❖ 업무 흐름 (work-flow)



3

프로그램 구성 (계속)

❖ 프로그램의 Block Diagram



4. 프로그램 시연



4

프로그램 시연

Room ID	Room Name	Floor Area (m2)	Floor Area (ft2)	Building Name	Fire Zone ID	Fire Zone Name (Eng.)	Fire Area ID	Fire Area Name (Eng.)
00001	Diesel Fuel Oil Storage Tank Room	34.7	374.0	AAC DG BLDG	00001-2	el Fuel Oil Storage Tank & Pump R	00001	el Fuel Oil Storage Tank & Pump Room
00002	Diesel Fuel Oil Transfer Pump Room	28.9	311.4	AAC DG BLDG	00001-2	el Fuel Oil Storage Tank & Pump R	00001	el Fuel Oil Storage Tank & Pump Room
00003	CO2 Storage Tank Room	30.8	331.7	AAC DG BLDG	00003-2	CO2 Storage Tank Room	00003	CO2 Storage Tank Room
00005	Cable Spreading Room	77.8	837.1	AAC DG BLDG	00005-2	Cable Spreading Room	00005	Cable Spreading Room
00006	Stair	13.1	140.6	AAC DG BLDG	00006-2	Stair (East)	00006	Stair (East)
00007	Stair	9.9	106.8	AAC DG BLDG	00007-2	Stair (Underground)	00007	Stair (Underground)
00009	General Access Area	8.1	87.5	AAC DG BLDG	00009-2	General Access Area	00009	General Access Area
00010	Stair	11.8	127.0	AAC DG BLDG	00010-2	Stair (West)	00010	Stair (West)
00013	Diesel Fuel Oil Day Tank Room	18.1	194.4	AAC DG BLDG	00013-2	Diesel Fuel Oil Day Tank Room	00013	Diesel Fuel Oil Day Tank Room
00015	Battery Room	34.2	368.3	AAC DG BLDG	00015-2	Battery Room	00015	Battery Room
00021	Valve Room	2.5	26.7	AAC DG BLDG	00021-2	AAC DGB General Area - 100ft	00020	AAC DGB General Area
00022	Clean Agent Storage Room	42.7	459.5	AAC DG BLDG	00022-2	Clean Agent Storage Room	00020	AAC DGB General Area
00008	Diesel Generator Room	295.9	3,185.3	AAC DG BLDG	00008-2100	AAC DGB General Area - 100ft	00020	AAC DGB General Area
00011	Control Room	153.3	1,649.7	AAC DG BLDG	00008-2100	AAC DGB General Area - 100ft	00020	AAC DGB General Area
00012	Switchgear Room	85.7	922.6	AAC DG BLDG	00008-2100	AAC DGB General Area - 100ft	00020	AAC DGB General Area
00014	Access Aisle					AAC DGB General Area - 120ft	00020	AAC DGB General Area
00016	HVAC Equipment Room					AAC DGB General Area - 120ft	00020	AAC DGB General Area
00017	D/G Air Supply Fan Room					AAC DGB General Area - 135ft	00020	AAC DGB General Area
00018	Air Intake Silencers Room					AAC DGB General Area - 135ft	00020	AAC DGB General Area
00019	D/G Exhaust Silencer Room					AAC DGB General Area - 135ft	00020	AAC DGB General Area
00020	Water Expansion Tank Room					AAC DGB General Area - 153ft	00020	AAC DGB General Area
00023	General Access Area	5.1	55.4	AAC DG BLDG		AAC DGB General Area - 153ft	00020	AAC DGB General Area
00004	General Access Area	21.4	230.9	AAC DG BLDG	00008-280	AAC DGB General Area - 88ft	00020	AAC DGB General Area
00101	Diesel Fuel Oil Storage Tank Room	49.7	534.6	AAC DG BLDG(EXT)	00101-2	Diesel Fuel Oil Storage Tank Area	00101	Diesel Fuel Oil Storage Tank Area
00104	Venting Chase	1.5	15.6	AAC DG BLDG(EXT)	00101-2	Diesel Fuel Oil Storage Tank Area	00101	Diesel Fuel Oil Storage Tank Area
00102	HVAC Room	14.1	151.7	AAC DG BLDG(EXT)	00102-2	/AC & Clean Agent Gas Storage Roc	00102	/AC & Clean Agent Gas Storage Room
00103	Clean Agent Gas Storage Room	14.1	151.7	AAC DG BLDG(EXT)	00102-2	/AC & Clean Agent Gas Storage Roc	00102	/AC & Clean Agent Gas Storage Room
00007	Access Area	113.5	1,221.5	Compound BLDG	00008-2100(Rad)	CPB General Area (Rad) - 100ft	00020	CPB General Area (Rad)
00008	Corridor	31.2	336.1	Compound BLDG	00008-2100(Rad)	CPB General Area (Rad) - 100ft	00020	CPB General Area (Rad)
00009	Corridor	30.6	329.3	Compound BLDG	00008-2100(Rad)	CPB General Area (Rad) - 100ft	00020	CPB General Area (Rad)
00110	Corridor	27.7	298.5	Compound BLDG	00008-2100(Rad)	CPB General Area (Rad) - 100ft	00020	CPB General Area (Rad)
00116	Vestibule	12.7	136.6	Compound BLDG	00008-2100(Rad)	CPB General Area (Rad) - 100ft	00020	CPB General Area (Rad)
00117	Vestibule	7.6	81.5	Compound BLDG	00008-2100(Rad)	CPB General Area (Rad) - 100ft	00020	CPB General Area (Rad)
00120	Future Room	8.6	92.4	Compound BLDG	00008-2100(Rad)	CPB General Area (Rad) - 100ft	00020	CPB General Area (Rad)
00151	Chemical Tank & Pump Room	57.4	617.4	Compound BLDG	00008-2100(Rad)	CPB General Area (Rad) - 100ft	00020	CPB General Area (Rad)
00152	Waste Shredder Room	14.5	156.1	Compound BLDG	00008-2100(Rad)	CPB General Area (Rad) - 100ft	00020	CPB General Area (Rad)
00153	Bag Monitor Room	24.4	262.8	Compound BLDG	00008-2100(Rad)	CPB General Area (Rad) - 100ft	00020	CPB General Area (Rad)
00154	Sorting Table Room	23.9	256.9	Compound BLDG	00008-2100(Rad)	CPB General Area (Rad) - 100ft	00020	CPB General Area (Rad)
00155	Sorting Desk Room	18.2	195.4	Compound BLDG	00008-2100(Rad)	CPB General Area (Rad) - 100ft	00020	CPB General Area (Rad)
00156	Clean Waste Storage Room	14.8	159.7	Compound BLDG	00008-2100(Rad)	CPB General Area (Rad) - 100ft	00020	CPB General Area (Rad)

It's Working, Please Wait ...

Calculating Area Fire Load: 71.5%

.....

5. 향후 계획



향후 계획

❖ 화재방호 안전현안 및 규제활동 지원용 전산프로그램 설계

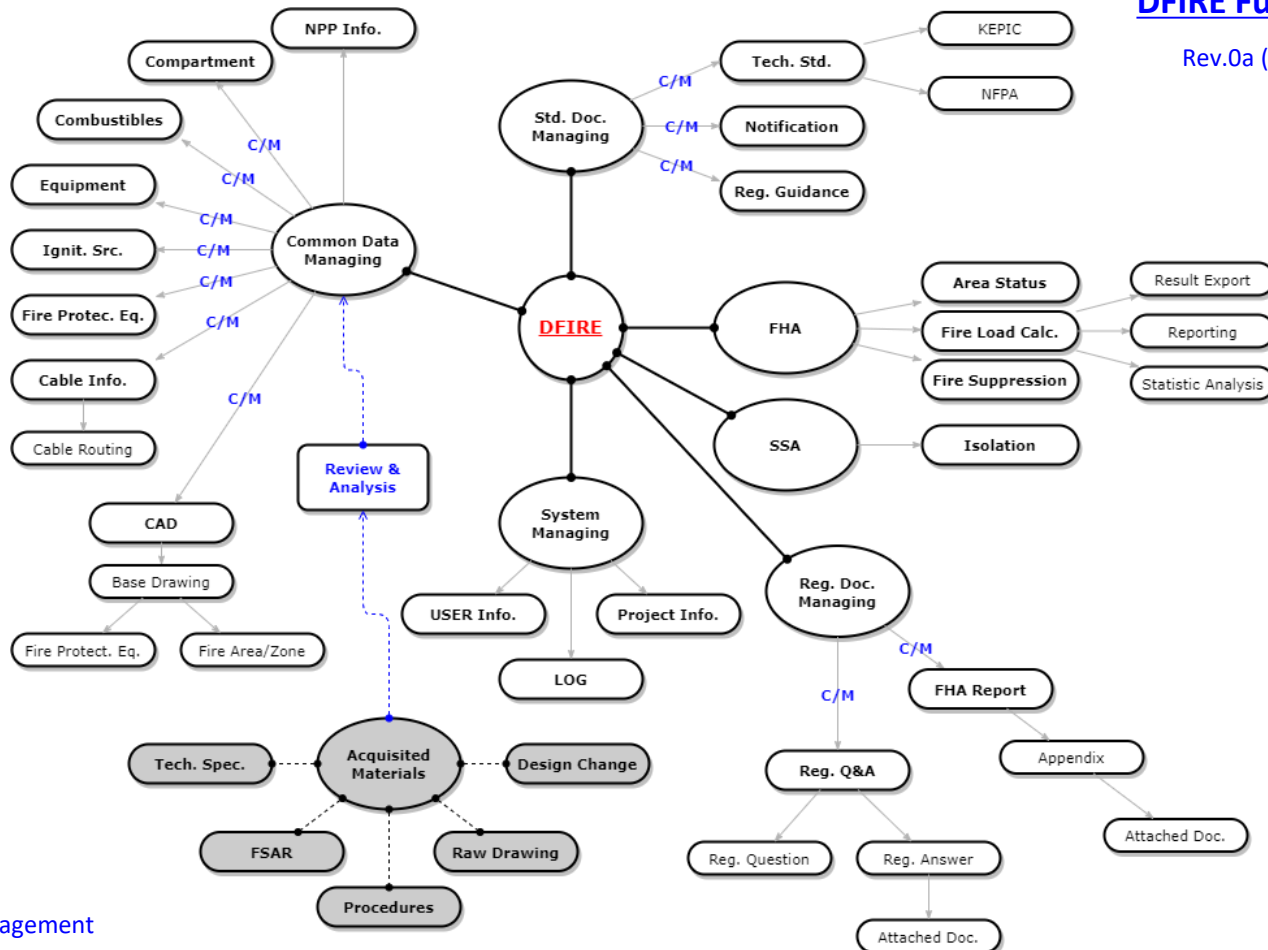
- 자료구조를 데이터베이스 설계에 반영
 - 방호구획 정보 (Compartment Info.)
 - 가연물 자료 (Combustibles Data; Type & Quantity)
 - 변경 이력 관리 (Change History Management) → 평가시점 기준 최신자료 적용
- 안전현안 및 규제활동 지원용 전산프로그램 기능 도출
 - 화재방호 엔지니어링 관련 전산화 용이, 효과 고려
 - 규제 심사 지원용 문서 형상관리 및 추적관리
- 안전현안 및 규제활동 지원용 전산프로그램 & 데이터베이스 설계 (~ 2023.12)
- 안전현안 및 규제활동 지원용 데이터베이스 구축 & 프로그램 구현 (~ 2024.12)

5

향후 계획

❖ 화재방호 안전현안 및 규제활동 지원용 전산프로그램 설계

- 안전현안 및 규제활동 지원용 전산프로그램 기능 도출



DFIRE Function Tree

Rev.0a (2023-05-11)

감사합니다

이 논문은 2022년도 대한민국 정부(원자력안전위원회)의 재원으로 한국원자력안전재단의 지원을 받아 수행된 연구인 “화재방호 안전현안 및 규제활동 지원용 전산프로그램 개발” (과제 고유번호 1075001519, 세부과제번호 2204016-0122-SB110) 과제의 성과임을 밝힙니다.

|주|스탠더드시험연구소

STANDARD TESTING & ENGINEERING INC.

