

한국원자력학회 2017 춘계학술대회 연구부회

한수원 가동원전 형상관리체계 현황 및 향후 계획

2017. 5.17

KHNP

<http://www.khnp.co.kr>



 한국수력원자력주

한수원 엔지니어링처
차장 배 아 람

CONTENTS



I

형상관리 개요

II

가동원전 형상관리 현황

III

형상관리시스템 개요 및 구성

IV

형상관리시스템 구축 경과

V

향후 계획

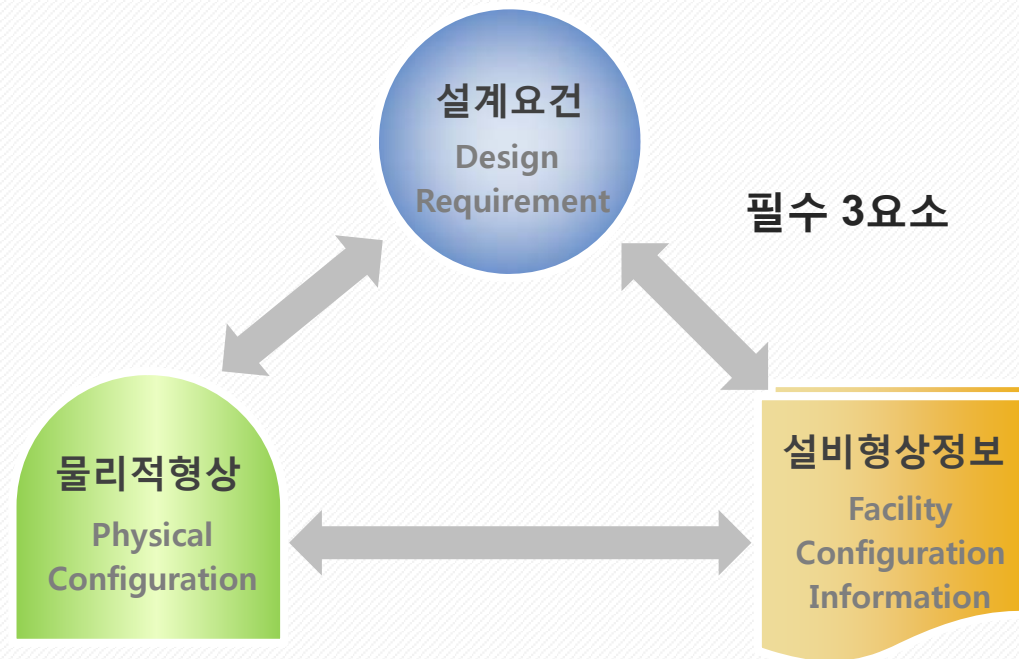
I

형상관리 개요



형상관리의 정의

설계요건, 물리적형상 및 설비형상정보들 간의 일치성을 유지하면서, 발전소의 구조물, 계통 및 기기(SSC:structures, systems and components)들의 특성을 식별, 문서화 및 변경을 수행하기 위한 체계적인 접근방법 (표준정비-9034A §7.1.1)



(ANSI/NIRMAR, IAEA-TECDOC 1335, INPO 87-006)

I

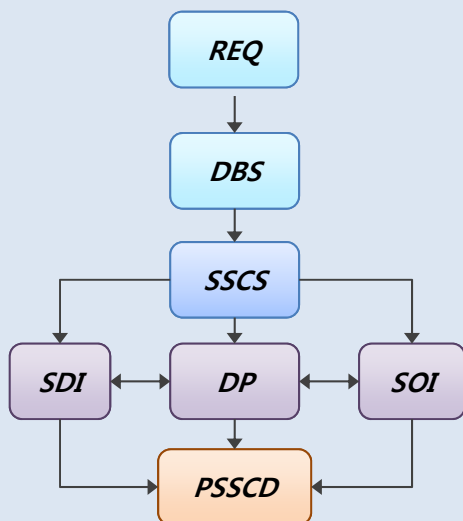
형상관리 개요



설계요건 (Design Requirement)

- 설계기준을 토대로 각 SSC 세부 설계 요건 산정
- 설계요건은 최종 설계에 반영되는 설계 프로세스에서 도출된 기술요건임

설계요건의 보기 (Sample)



설계요건 구조	문서 종류 (Sample)
REQ (Design Requirement)	법, 고시, 10CFR, RG, 규제요건
DBS (Design Bases Specification)	FSAR, GDC(DCM), SR
SSCS (SSC Spec.)	SDC, SFD, DS
DP (Design Parameter)	SSC Calculation, Seismic Analysis 안전해석, 성능해석, DBE 열수력
SDI (Supporting Design Information)	도면, 계산서, 구매규격서, CDS(제작설계문서)
SOI (Supporting Operating Information)	발전소절차서, TG/OG
PSSCD (Physical SSC Data)	설비 및 자재정보



설비형상정보 (Facility Configuration Information)

- 설비형상정보는 설계요건, 설계기준, 운전형상 또는 SSC의 속성들에 대한 데이터를 명시, 설명, 보증 및 제공하며, 종류에는 절차서, 도면, 계산서, 설계기준문서, 제작자 지침서 및 기타 문서들이 있음
- 설비형상정보는 발전소 인허가, 설계, 시공, 구매, 변경, 운전, 정비 및 발전소 해체 등에 관한 중대한 기술적 결정의 근거가 되며 종이 인쇄물, 전자매체 및 기타 정보매체 등에 수록될 수 있음

설비형상정보의 보기 (Sample)

- 설계 출력 문서 : 도면, 규격서, 계산서, DB, 시험계획
- 운전형상문서 : 계통배열점검표, 잠금&태깅 양식
- 운전, 정비, 교육 및 구매 정보 등: 고장/예방 정비, 교정절차서, 교육계획 등

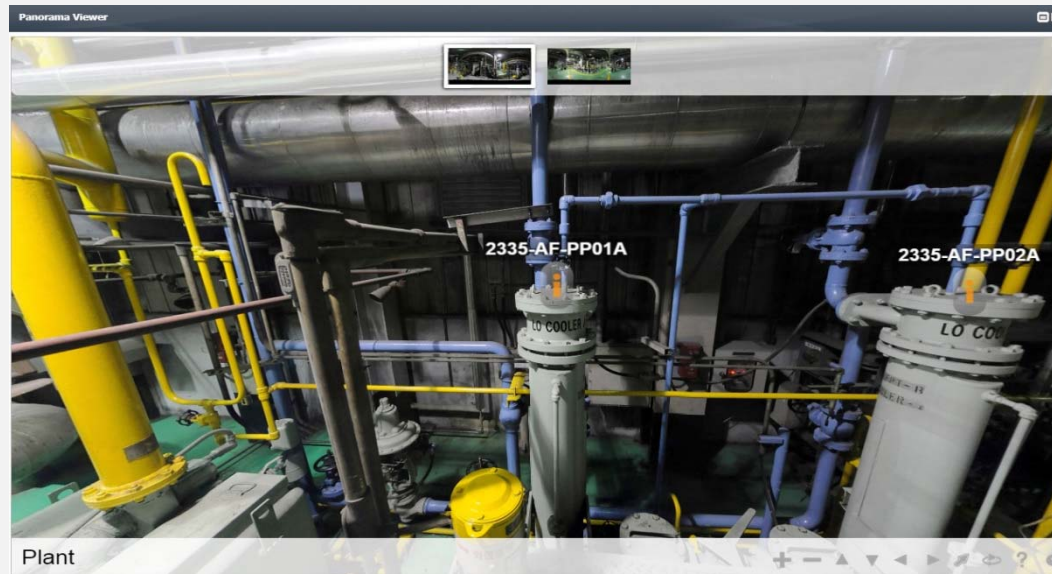
I

형상관리 개요

물리적 형상 (Physical Configuration)

- 발전소 구조물, 계통 및 기기의 실제 설치 위치, 운전배열 상태, 설비의 관리 상태
 - 설치된 SSC 상태 (Physical Location, Material Condition)
 - 기기의 운전 배열 상태 (Arrangement)

물리적형상의 보기 (Sample)



파노라마 뷰어를 이용한 발전소 물리적 형상 뷰

I

형상관리 개요



형상관리 목적

- 미국 원전 사건사고 26%, 형상관리 오류 (NUREG 1275, 2000)
- 세계 원전 사건사고 25%, 형상관리 오류 (IAEA TECDOC 1335, 2003)

“기기/부품 수명주기관리까지 포함한 **형상관리를 체계적으로 구축**할 경우 고장 정지를 **약 50% 이상 감소**시킬수 있음.”



Kent R. Freeland
(2013 CMBG Steering Committee)

II 가동원전 형상관리 현황



형상불일치 사례

	사례	문제점	조치결과
1	<ul style="list-style-type: none"> 순환수건물 침수 (설비형상정보≠물리적형상) [14.8/고리#2] 	<ul style="list-style-type: none"> 순환수건물 케이블 관통부가 설계도면과 달리 밀봉 누락 	<ul style="list-style-type: none"> 관통부 밀봉재 도포 우배수관 신설 제어패널 이설
2	<ul style="list-style-type: none"> 안전등급 인버터/충전기 시공 및 검증 미흡 (설비형상정보≠물리적형상) [14.8/고리#2] 	<ul style="list-style-type: none"> 안전등급 인버터/충전기의 앵커 설치 상태가 설치도면과 다르게 설치 내진시험 부적합 	<ul style="list-style-type: none"> 앵커볼트 추가 설치 내진시험 수행
3	<ul style="list-style-type: none"> 1차측 기기냉각해수계통 (ESW) 역지밸브 재료요건 불만족 (설계요건 불만족) [15.5/표준형] 	<ul style="list-style-type: none"> ASME 코드에 미등재된 재료 (C95800, CW-12MW)로 밸브 제작 	<ul style="list-style-type: none"> 코드케이스 등록 FSAR 개정
4	<ul style="list-style-type: none"> 1차측 기기냉각수계통(CCW) 제어논리 불일치 (설계요건≠설비형상정보 ≠물리적형상) [16.10/표준형] 	<ul style="list-style-type: none"> 설계요건인 계통기능설명서 (SFD)와 제어논리도면(CLD)간의 불일치 	<ul style="list-style-type: none"> 제어논리 변경

Ⅱ 가동원전 형상관리 현황



형상관리 정책 수립

- CEO 원전 형상관리 경영방침 공표
- 형상관리 이행 조직체계 구축
- 형상관리 이행 프로세스 수립
- 설계검증 강화
- 형상관리 Tool 개선

Ⅱ 가동원전 형상관리 현황

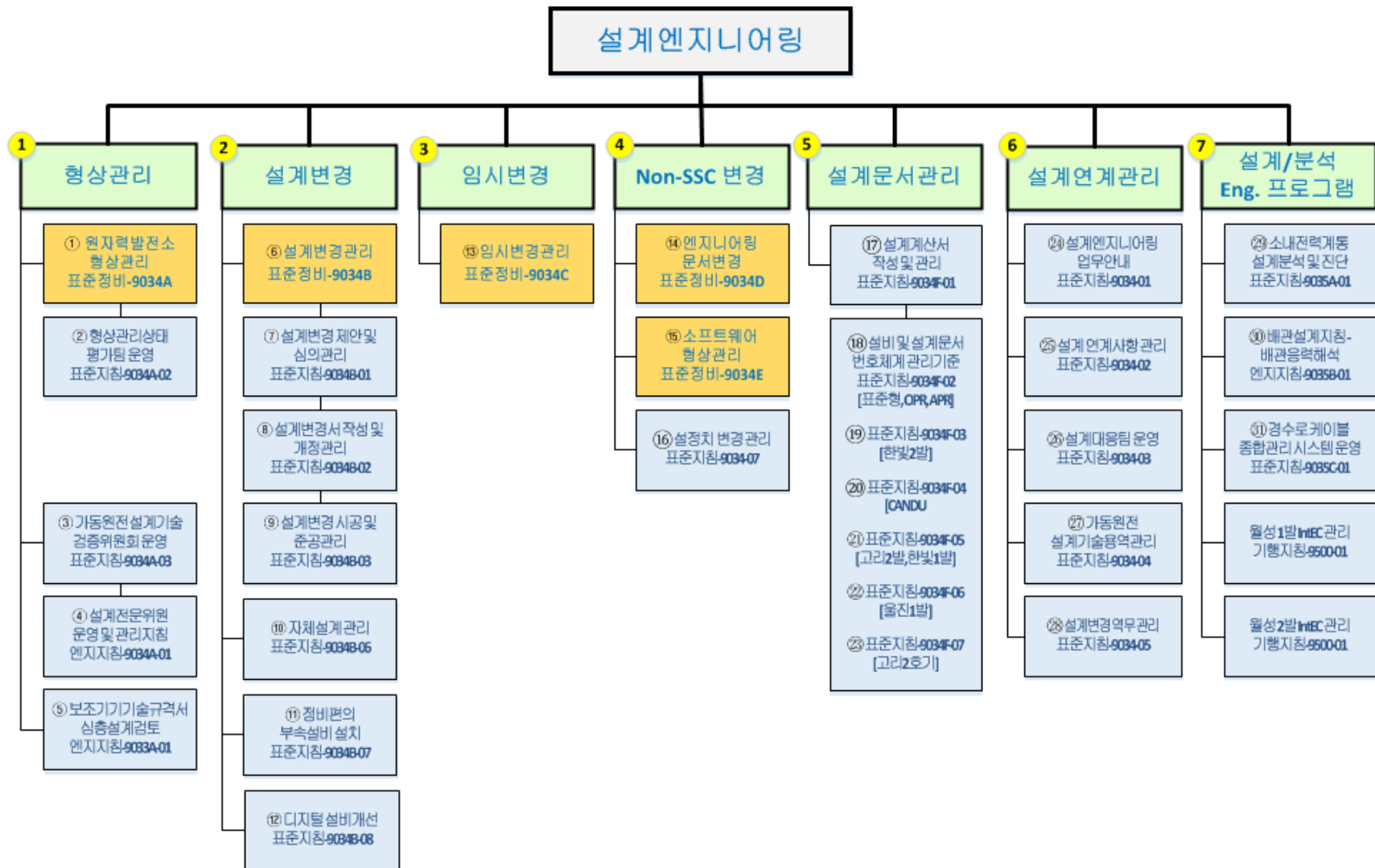


형상관리 이행 조직체계 구축

- 기술본부 엔지니어링처 내 형상관리 담당 부서 지정
- 사업소 엔지니어링센터 내 형상관리 전담인력 확보
- 발전소 플랜트기술팀 신설하여 형상관리 업무 수행
- 설계오류 방지를 위한 본사 가동원전 설계기술검증위원회 운영

II 가동원전 형상관리 현황

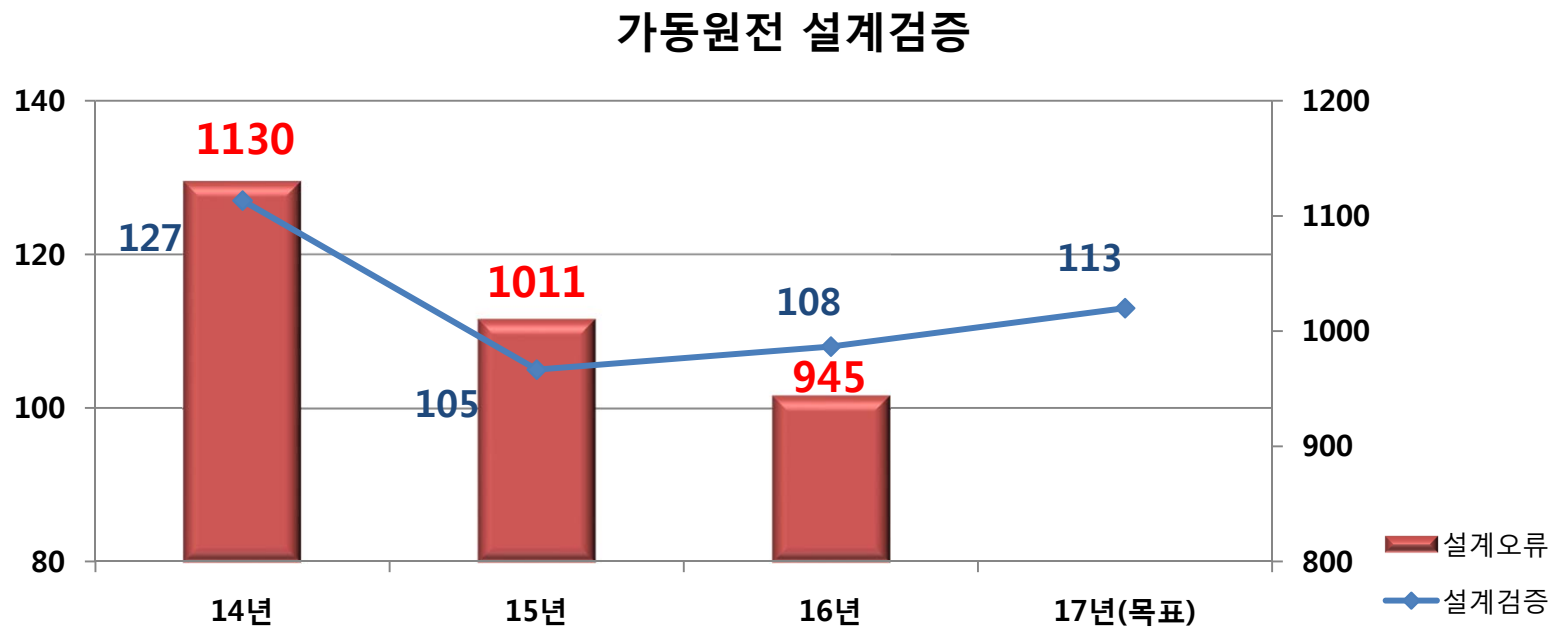
형상관리 이행 프로세스 수립



Ⅱ 가동원전 형상관리 현황

설계검증 강화

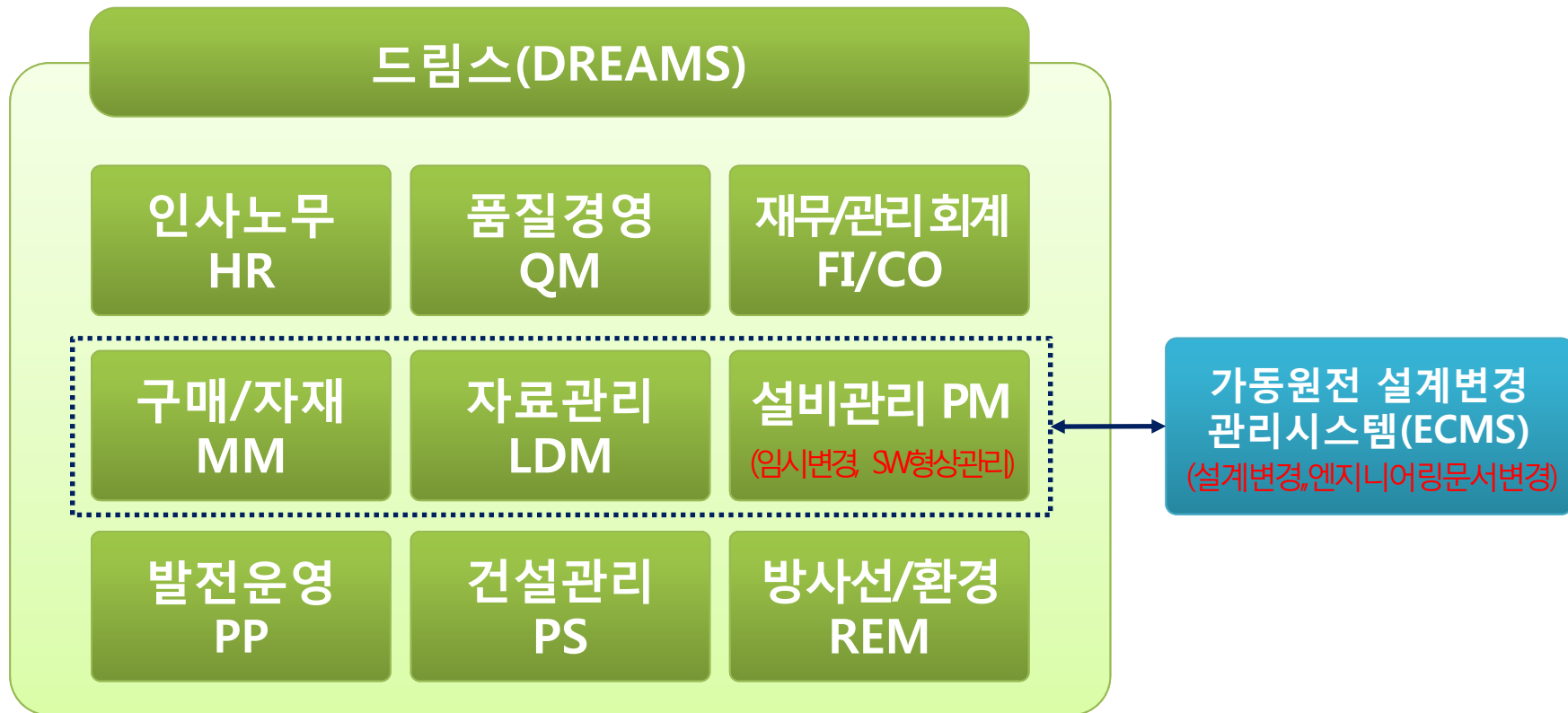
- 안전성, 품질등급Q, 발전정지 영향, LOV, EQ, SQ 대상에 대해 설계검증 수행



Ⅱ 가동원전 형상관리 현황

형상관리 Tool 개선

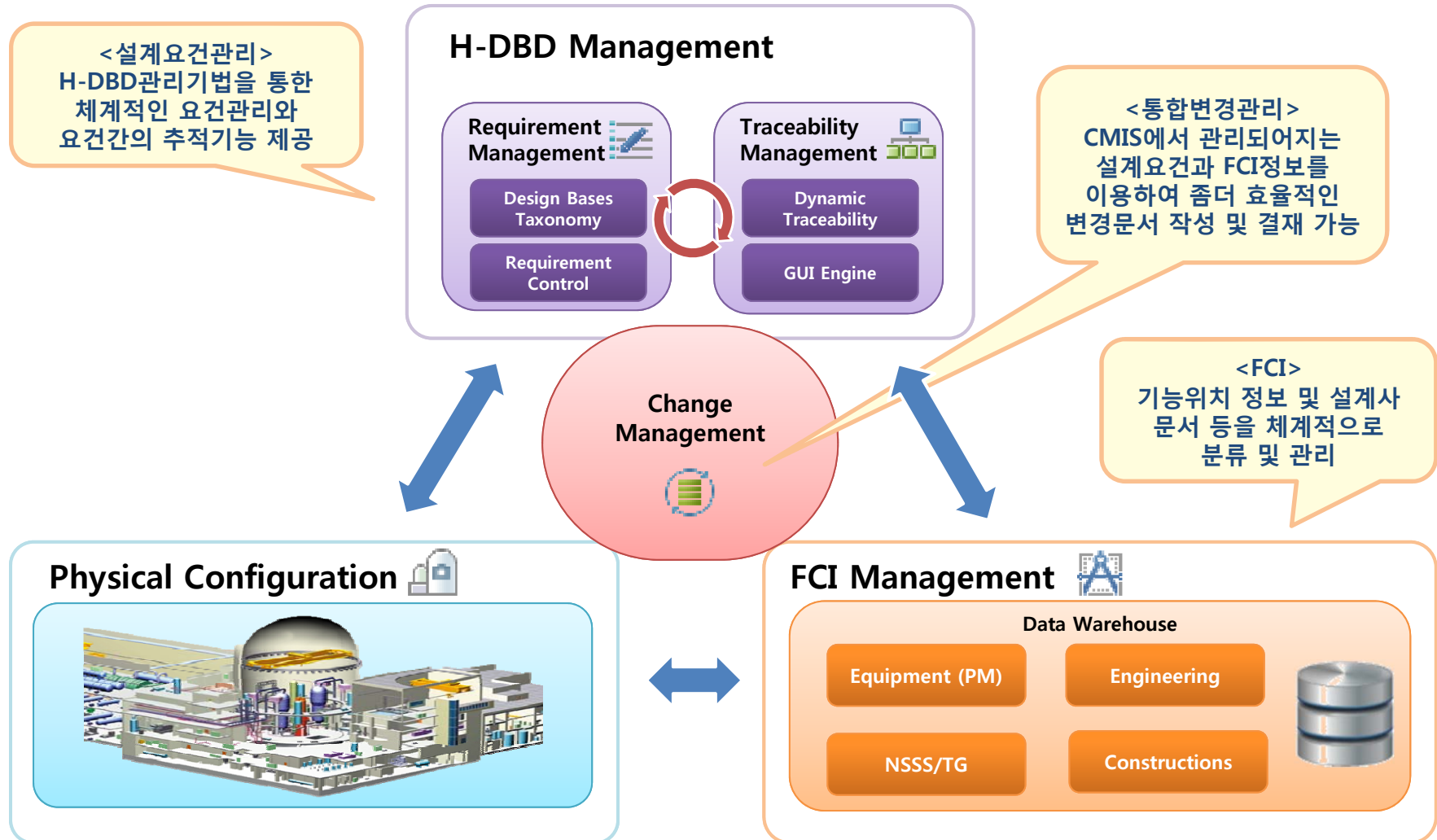
기존 형상관리시스템



II 가동원전 형상관리 현황

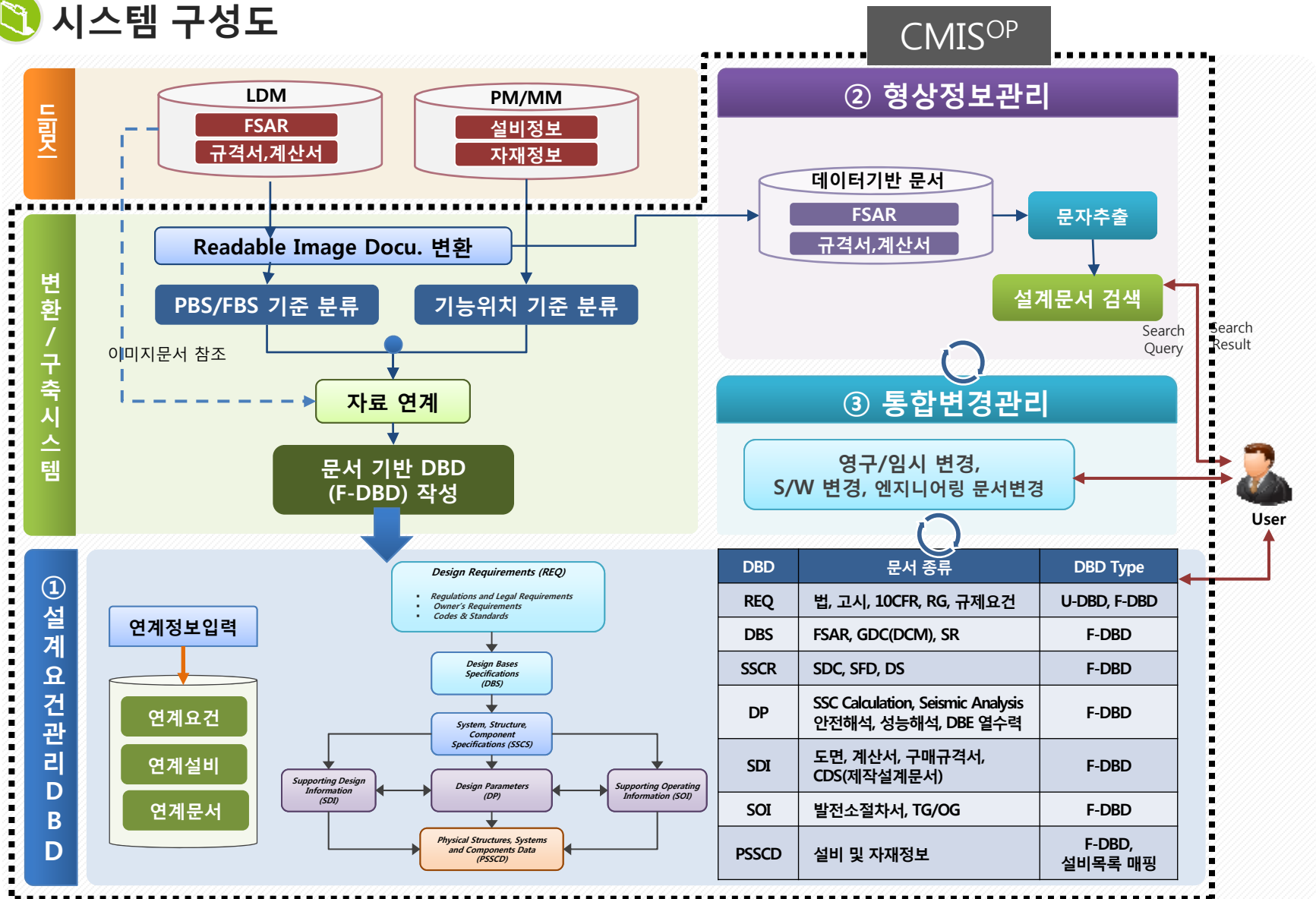
형상관리 Tool 개선

개선 형상관리시스템



Ⅲ 형상관리 시스템 개요 및 구성

시스템 구성도



Ⅲ 형상관리 시스템 개요 및 구성

주요 기능

① 설계요건관리(+ 요건추적관리 기능)

- “주급수 펌프”로 검색하면 최상위 요건부터 현장설비의 기능위치까지 관련 요건(규격서, 도면, 매뉴얼 등)이 하이라이트 되어 보여짐

- 구조물·계통·기기(SSC)에 대한 체계적인 설계요건 검색 가능

② 설비형상정보관리

- 설계변경 후속조치결과 추적성 확보 (절차서, 설계문서, 시험결과, 도면 등 연계)
- 특정 단어(제작사, 모델 등)가 포함된 설계도면 검색

- 설계도면에 대해 과거 및 동시 진행중인 설계변경정보를 모두 확인 가능함으로 최신 설계정보 반영 가능
- 문자인식 가능한 설비형상정보(설계/제작사 도면, 규격서, 매뉴얼 등) 제공으로 변경관리에 필요한 설계정보 신속 확인 가능

③ 통합설계변경관리

- 실시간 형상관리 현황자료(설계변경, 임시변경 등 진행현황) 제공으로 형상관리 강화
- 주요 단계별 검토/승인 시스템화로 형상오류 예방

- 단일 시스템으로 4개 변경관리를 통합운영함으로 변경에 의한 설비 종합감시 강화 및 사용자 편의성 제고
- 설계변경제안부터 원도반영까지 전 과정을 일괄적으로 모니터링함으로써 프로세스 성과 관리

Ⅲ 형상관리 시스템 개요 및 구성



① 설계요건관리

CMIS^{op} Test 유저2

신규 1발 | 설계요건관리 | 설계요건추적관리 | 설비형상관리 | 물리형상정보관리 | 통합변경관리 | 설계변경질차서

H-DBD 탐색 | H-DBD 템플릿 | 그리드뷰

계통 H-DBD

- AB: Boric Acid Processing(N/A)
- AF: Auxiliary Feedwater(542)
 - INTRODUCTION
 - DESIGN BASES DOCUMENT
 - REFERENCES
 - AN: Plant Annunciator(723)
 - AL: Acoustic Leak Monitoring(N/A)
 - AP: Auxiliary Power System(820)
 - AR: Area Radiation Monitoring(N/A)
 - AS: Auxiliary Steam(571)
 - AT: Auxiliary Feedwater Pump Turbin(527)
 - AX: Auxiliary Feedwater Storage and Transfer(543)
 - BI: Bypassed and Inoperable Status Indication(725)
 - CA: Condenser Vacuum(535)
 - CB: Containment Filtered Vent(496)
 - CC: Component Cooling Water(461)
 - CD: Condensate, Condenser(531)
 - CE: CEDM Control(741)

분류체계

```

    graph TD
      REQ[REQ Requirements] --> DBS[DBS Design Bases System]
      DBS --> SSCS[SSCS System Structure & Component]
      SSCS --> SDI[SDI Supporting Design Information]
      SDI --> DP[DP Design Parameter]
      DP --> SOI[SOI Supporting Design Information]
      SOI --> PSSCD[PSSCD Physical S&D Data]
  
```

그리드뷰

DBD 정보

OBS | FBS | 문서유형 | 검색키워드

요건 식별자 | 제목

레벨명 - REQ

REQ-AF-001	REQ001제목
REQ-AF-002	REQ002
REQ-AF-003	10 CFR Part 50
REQ-AF-004	표준정비-9034B(본문-설계변경관리)-R1
REQ-AF-005	

레벨명 - DBS

DBS-AF-001	9-542-M416-001
DBS-AF-002	9-542-M410-000
DBS-AF-003	9-542-M410-002
DBS-AF-004	U-DBD 기록

레벨명 - SSCS

SSCS-AF-001	SSCS 요건제목 01
SSCS-AF-002	9-542-M777-000
SSCS-AF-003	9-542-M777-001

레벨명 - SDI

SDI-AF-001	SDI 제목
SDI-AF-002	9-542-M413-002
SDI-AF-003	9-542-M413-003

레벨명 - DP

DP-AF-001	발브 요건
DP-AF-002	펌프 요건
DP-AF-003	9-542-M413-008

레벨명 - SOI

SOI-AF-001	SOI 제목입력
SOI-AF-002	9-542-M105-001
SOI-AF-003	9-542-M170-003

레벨명 - PSSCD

PSSCD-AF-001	2511-542-E-SQ01C: nse test
PSSCD-AF-002	2511-542-E-SQ01D: CLASS 1E 125V DC LOCAL STARTER

REQ-AF-003

요건 식별자 REQ-AF-003 | 요건명 10 CFR Part 50

일반사항 | 관련정보 | 영향도분석

10 CFR.pdf

페이지: 1 of 26 | 자동 확대

NUCLEAR REGULATORY COMMISSION

10 CFR Part 50

RIN: 3150-AD00

[1990-01]

Monitoring the Effectiveness of Maintenance at Nuclear Power Plants

Statements of Consideration

Table of Contents:

- Summary
- Background
- Need for a Rule
- Description of Rule
- Scope of Maintenance
- Feasibility and Availability of SSCs
- Derivation of the Final Rule
- Establishment of Goals and Monitoring
- Corrective Actions
- Preventive Maintenance
- Scope of Rule Followed to Maintenance
- Industry Programs
- Implementation and Compliance
- Summary of Public Comments

1. Is it appropriate for the nuclear power industry to develop a Maintenance Standard? and, if so, would the industry develop such a Maintenance Standard?
2. What level of detail should be included in the Maintenance Standard?
3. Is there a reasonable time to develop and implement a standard?
4. Is it appropriate for a designated third party to certify plant maintenance programs to comply with the Maintenance Standard, if so, would no organization be willing to perform such certification?
5. An industry commitment to develop a maintenance standard, consistent with the Commission's schedule to issue a final regulatory guide by November 1989, would be necessary during this public comment period.
6. The Commission requests public comment concerning the need for a benefit analysis for this rulemaking.
7. The Commission believes that the inclusion of balance of plant (BOP) equipment in the proposed maintenance rule is necessary and proper.

Copyright(C) 2014-2016 NSE. ALL RIGHTS RESERVED. Release Version 1.0.0

Ⅲ 형상관리 시스템 개요 및 구성

② 설비형상정보관리

기능위치 조회

The screenshot displays the CMIS system interface for equipment management. The interface is divided into several sections:

- Left Panel (System Equipment List):** A tree view showing the hierarchy of equipment. A callout box labeled "계통별 기기목록" (System Equipment List) points to this panel.
- Center Panel (Equipment Details):** Displays detailed information for a selected equipment item (2511-542-J-FE-0013). It includes a table of related information and a callout box labeled "기기설비정보 (관련정보/영향도분석)" (Equipment Information (Related Information/Impact Analysis)).
- Right Panel (Equipment Search):** A form for searching equipment by location and name. A callout box labeled "기기설비정보 (기능위치정보)" (Equipment Information (Function Location Information)) points to this panel.
- Bottom Panel (Formal Link Information):** A section for formal link information, with a callout box labeled "형상연계정보" (Formal Link Information).

A dashed blue arrow indicates the flow of information from the equipment list to the detailed view and then to the formal link information.

Callout Box Content (Bottom Right):

- PBS 분류에 따른 설비 정보 조회
 - ▶ LDM과 연결된 형상연계자료 조회
 - ▶ 설비 기능위치 정보 조회

Ⅲ 형상관리 시스템 개요 및 구성

② 형상정보관리

문서 조회

기능별 기기목록

문서상세정보

문서(파일)정보

문서 조회 (문서/도면 통합뷰어)

기술검토보고서

제 목 : 345KV 변전소 화재위험도분석

문서번호 : 9-037-N405-002

- ▶ FBS 분류에 따른 문서 정보 조회
- ▶ 문서 상세정보 조회
- ▶ LDM과 연결된 형상연계자료 조회
- ▶ 문서 다운로드
- ▶ 문서/도면 조회((문서/도면 통합뷰어))
- ▶ 관련 도면 조회

Ⅲ 형상관리 시스템 개요 및 구성

② 형상정보관리

도면 조회

The screenshot displays the CMIS (Computerized Maintenance Information System) interface. The main window is divided into several sections:

- Left Panel (Document List):** A table listing documents with columns for document number, revision, and description. The list includes various 'INSTRUMENT LOCATION DRAWING' entries.
- Center Panel (Document Details):** A form for viewing document details, including fields for document number (1-326-J159-320), revision (07), and title ('INSTRUMENT LOCATION DRAWING AUX BLDG EL.161'). It also shows a list of revisions.
- Right Panel (Drawing View):** A large area displaying a technical drawing (1-326-J159-320-001-07N.dgn) with annotations and a search bar.

Overlaid on the interface are three callout boxes with arrows pointing to specific areas:

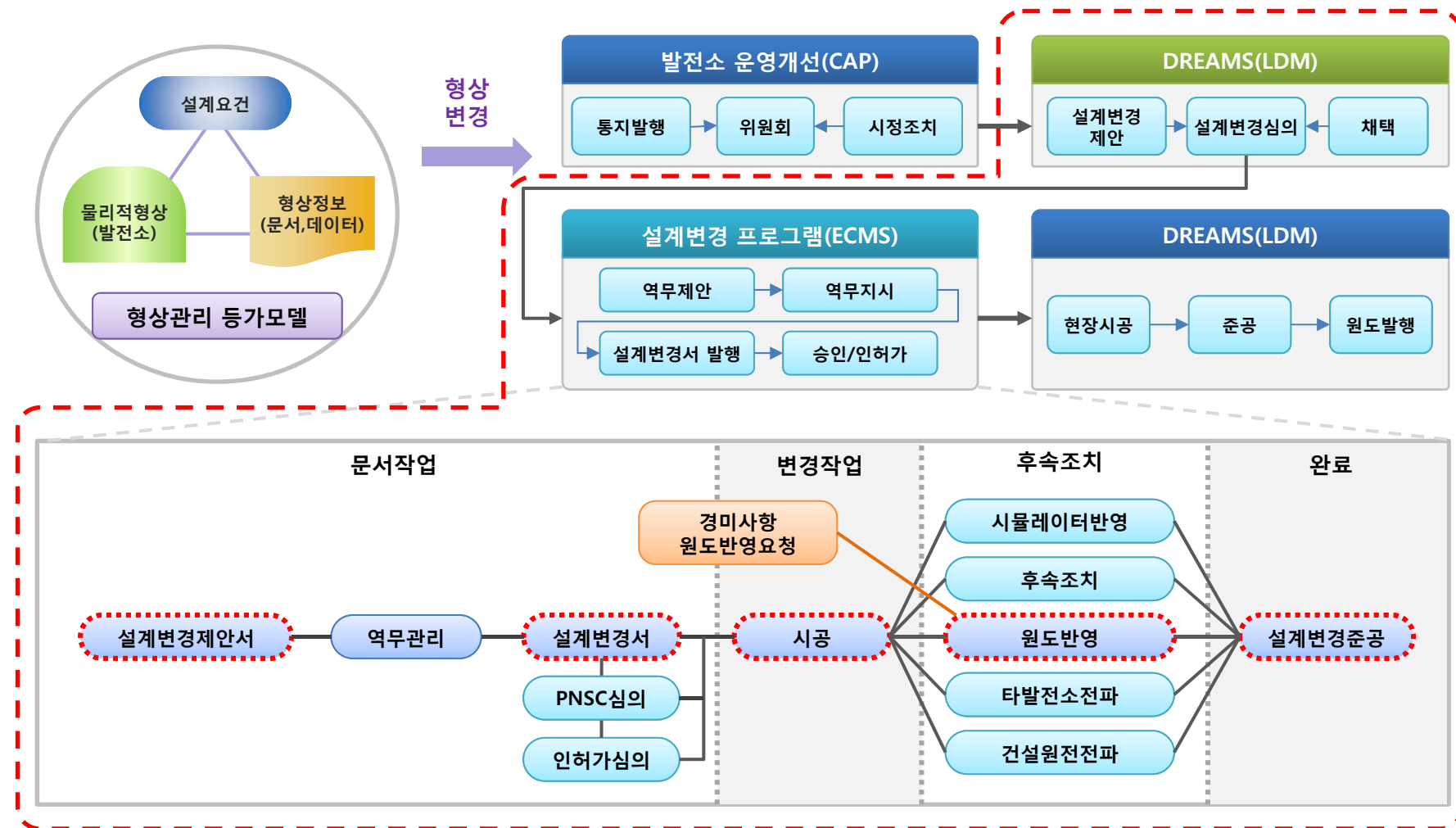
- 도면상세정보 (Drawing Detail Information):** Points to the document details form in the center panel.
- 도면(파일)정보 (Drawing (File) Information):** Points to the document list in the left panel.
- 도면 조회 (문서/도면 통합뷰어) (Drawing Search (Document/Drawing Integrated Viewer)):** Points to the drawing view in the right panel.

A list of features is shown in the bottom right corner:

- FBS 분류에 따른 문서 정보 조회
 - ▶ 도면 상세정보 조회
 - ▶ LDM과 연결된 형상연계자료 조회
 - ▶ 도면 다운로드
 - ▶ 문서/도면 조회((문서/도면 통합뷰어))
 - ▶ 관련도면 조회

Ⅲ 형상관리 시스템 개요 및 구성

③ 통합변경관리

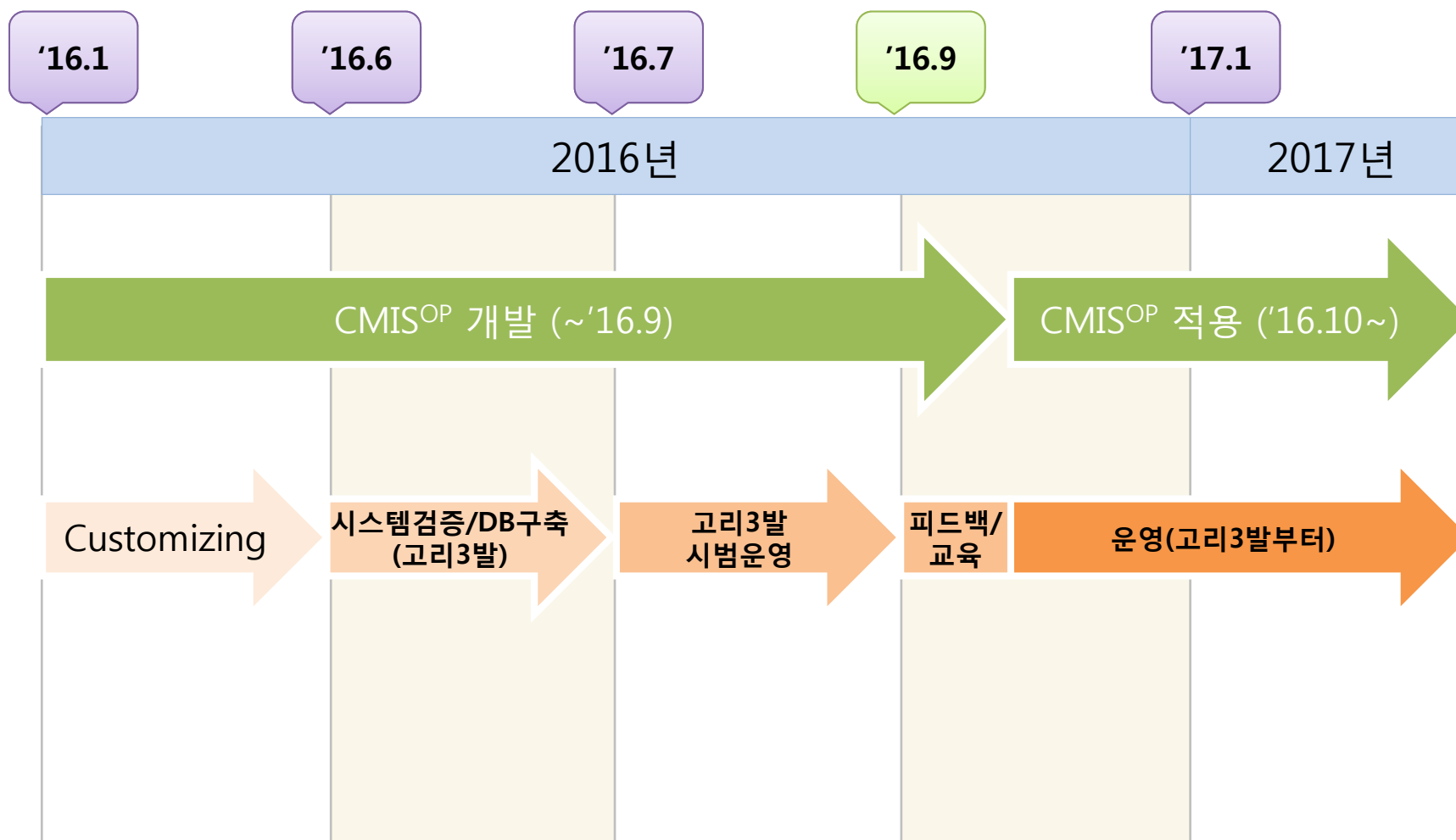


IV

형상관리 시스템 구축 경과



시스템 구축 경과



IV

형상관리 시스템 구축 경과



시범운영 및 주요 개선사항

시범운용 개요

- 시범운용 기간 : 2016.07.28 ~ 2016.09.30
- 대상 발전소 : 고리 3발

주요 개선사항

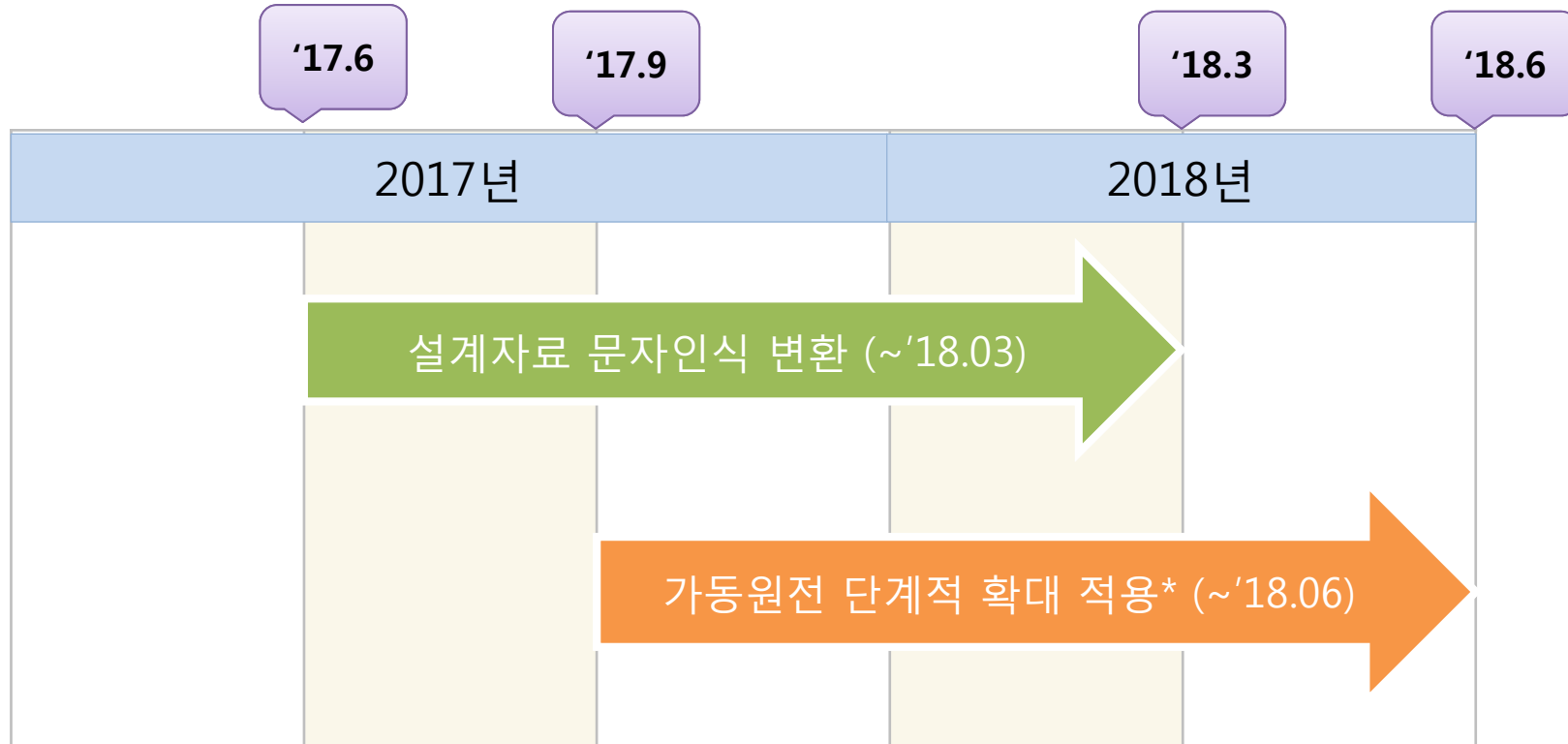
- 통합변경관리 : 문서생성시 기존문서 자동연계 기능 등
- 설계요건관리 : 계통요건 검색시 해당 계통 범위 내 정보표시 등
- 형상정보관리 : 자료검색 필터 다양화 등

V

향후 계획



향후계획



※ (표준형) 한빛2,3발, 한울2,3발, 월성3발, 고리3발, 새울1발 : ~'17.12, (비표준형) : ~'18.06

전 원전 확대 적용 전, 편의성 제고항목 지속 발굴을 통해 사용자 활용성 극대화



향후 계획



CMIS^{OP} 기대효과



설계요건 불일치 예방을 통한 원전 안전성 증진



최신 설계정보(도면, 문서 등) 제공으로 형상불일치 발생 차단



변경관리 통합화로 종합적인 변경관리 가능 및 사용자 편의성 향상



**THANK
YOU**

