

발 간 등 록 번 호
11-1721000-000553-01

2020년도 예비타당성조사 보고서

차세대 AC/DC Hybrid 배전네트워크 기술개발사업

2021. 3.

제 출 문

과학기술정보통신부 장관 귀하

본 보고서를 「차세대 AC/DC Hybrid 배전네트워크 기술개발사업」의 예비타당성조사 최종보고서로 제출합니다.

2021. 3.

연구기관명 : 과학기술정책연구원(STEPI)

내부연구진 : 정장훈 STEPI 연구위원(PM)
최이중 STEPI 연구위원
안수용 STEPI 연구원

외부자문단 : 오성진 테스틴파워(주) 대표
이병국 성균관대학교 교수
장길수 고려대학교 교수
오세승 한국에너지기술연구원 책임연구원
조문석 한성대학교 교수
박상규 에너지경제연구원 부연구위원
이대호 성균관대학교 교수

검토위원 : 신흠규 포항공과대학교 교수

목 차

요 약	1
 제 1 장 사업 개요 및 조사방법	 41
제 1 절 사업 개요	41
1. 사업 추진배경 및 목적	43
2. 사업추진 경위	44
3. 사업 내용	45
제 2 절 조사방법	49
1. 사업의 특징	49
2. 항목별 조사방법	49
 제 2 장 기초자료 분석	 51
제 1 절 직류송배전 기술 개요	51
1. 직류송배전 개념	51
2. 직류송배전 기술 분류	52
제 2 절 직류송배전 관련 정책 동향	54
1. 해외 정책 동향	54
2. 국내 정책 동향	59
제 3 절 직류송배전 관련 기술 및 R&D 투자 현황	65
1. 국내외 직류송배전 기술 현황	65
2. 국내외 R&D 투자 현황	70
제 4 절 직류송배전 산업 및 동향	72
1. 에너지 산업 동향 : 기업의 재생에너지 이용 확대	72
2. 직류배전망 주요 수용가별 시장 동향	73

3. 직류배전망 국내외 시장 동향	74
제 3 장 과학기술적 타당성 분석	77
제 1 절 문제/이슈 도출의 적절성	77
1. 문제/이슈 식별 과정의 적절성	77
2. 과학기술기반 문제/이슈 해결의 필요성	89
제 2 절 사업목표의 적절성	94
1. 사업목표와 해결할 문제/이슈와의 연관성	94
2. 사업목표 및 성과지표 설정의 적절성	95
3. 수혜자 표적화의 적절성	101
제 3 절 세부활동 및 추진전략의 적절성	103
1. 세부활동과 사업목표 간 연관성	103
2. 세부활동 도출의 적절성	103
3. 세부활동별 성과지표의 적절성	136
4. 세부활동의 기간 추정과 시간적 선후관계의 적절성	138
5. 추진전략의 적절성	141
제 4 장 정책적 타당성 분석	145
제 1 절 정책의 일관성 및 추진체제	145
1. 상위 계획과의 부합성	145
2. 사업 추진체제 및 추진의지	146
제 2 절 사업 추진상의 위험요인	157
1. 재원조달의 가능성	157
2. 법·제도적 위험요인	158
제 5 장 경제적 타당성 분석	161
제 1 절 비용 추정	161
1. 동 사업 기획보고서 상 소요예산	161

2. 소요예산 도출 과정의 적절성 검토	162
제 2 절 경제성 분석(효과 추정)	175
1. 경제성 분석 개관	175
2. 경제성 분석방법론 검토	175
제 6 장 종합분석 및 결론	181
제 1 절 결론 도출을 위한 대안 마련	181
1. 사업계획서에 대한 조사결과	181
2. 대안 도출	183
3. 대안의 경제성 분석	191
제 2 절 AHP를 이용한 종합분석	193
1. AHP 기법을 활용한 종합분석의 개요	193
2. 종합평가 결과	195
제 3 절 결론 및 정책제언	202
1. 결론	202
2. 정책제언	203
참 고 문 헌	207
부록	211
1. 종합평가를 위한 AHP 설문지	211
2. 동 사업 종합평가 정책 제언서	221

표 목 차

<표 2-1> 교류/직류 송배전 개념도	51
<표 2-2> 직류송배전 기술별 특징점	53
<표 2-3> 미국 전력망 현대화 지원 주요내용	54
<표 2-4> 일본 주요 에너지원별 전원구조 목표 및 과제	55
<표 2-5> 영국 에너지 정책 주요 추진방향 및 목표	56
<표 2-6> 독일 에너지 부문별 중간 목표 및 주요 정책 내용	57
<표 2-7> 국내 직류송배전(MVDC)관련 국가 상위계획	59
<표 2-8> 「제8차 전력수급기본계획」 분산형 전원 세부 적용기준	61
<표 2-9> 「제2차 지능형전력망 기본계획」 전력시스템 부문의 주요 기술군	62
<표 2-10> 「제4차 에너지기술개발계획」의 '분산형 에너지 확산 정책방향의 추진과제'	63
<표 2-11> 「제5차 신재생에너지기본계획」 차세대 전력계통 기술개발	64
<표 2-12> 미국(좌)/일본(우) DC 마이크로그리드	66
<표 2-13> 국내 DC 배전 개발 현황	69
<표 2-14> 주요국 에너지 R&D 투자 동향	70
<표 2-15> 과제 수준 DC 배전 전압구분별 정부 투자 현황	71
<표 2-16> RE100 시기별 목표 달성 최소 기준	72
<표 2-17> DC배전 수용가별 주요 특징 및 시장동향	73
<표 2-18> DC배전망 국가별 시장 규모 및 동향	74
<표 2-19> 해외 주요 기업 매출액 및 DC 시장점유율	75
<표 2-20> DC 배전 해외 상위 3개 기업 현황	76
<표 2-21> 국내 주요 기업 현황	76
<표 3-1> 동 사업의 논리모형	78
<표 3-2> 최근 4년간 권역별 계통접속 신청 및 대기 현황	81
<표 3-3> 최근 5년간 전기자동차 보급 현황	85
<표 3-4> 최근 5년간 전기차 충전서비스 구축 현황	85

<표 3-5> 전기차 급속 충전 인프라 구축 현황	86
<표 3-6> 동 사업의 비전·목적·목표	94
<표 3-7> AC/DC 혼용 배전망 운영을 위한 핵심기능	95
<표 3-8> AC/DC 혼용 배전망 운영을 위한 핵심기능별 성과지표	97
<표 3-9> 내역사업별 세부기술 및 요소기술	104
<표 3-10> 세부기술 분류체계	107
<표 3-11> 동 사업 기획위원회 구성	109
<표 3-12> 13대 기술분류체계 확정 결과	110
<표 3-13> 13대 기술분류체계 대 최종 확정된 세부과제 간 비교 예시	111
<표 3-14> 요소기기 중점영역 세부과제 구성	112
<표 3-15> MVDC·LVDC 컨버터스테이션 간 차이점	115
<표 3-16> MV DC/DC 컨버터스테이션 개발 세부활동 내역 수정(안)	116
<표 3-17> 비정상운영 어플리케이션 연구개발 내용 수정(안)	123
<표 3-18> 실증 테스트베드 관련 세부기술 및 요소기술	124
<표 3-19> MVDC 파일럿 플랜트 구축 전원공사 원가계산서	126
<표 3-20> MVDC 파일럿 플랜트 구축 전원공사 직접재료비 세부내역서	127
<표 3-21> MVDC 파일럿 플랜트 구축 전원공사 직접재료비 세부내역서	127
<표 3-22> 통합관제시스템 구축 내부공사비 견적 세부내용	129
<표 3-23> 통합관제시스템 H/W, S/W 및 관제시스템 구축 세부내역	130
<표 3-24> 핵심기능 및 세부과제 간 성과지표 연계	136
<표 3-25> 전력분야 유사과제의 평균 과제기간	138
<표 3-26> 전력분야 대규모 기기 개발 및 실증 과제 평균 기간	138
<표 3-27> 요소기기(1내역사업) 기술로드맵	140
<표 3-28> 총괄과제 구성안	142
<표 4-1> 상위 계획과의 부합성 평점 결과	145
<표 4-2> 사업 추진주체별 역할분담	148
<표 4-3> 사업단 구성형태 비교	150
<표 4-4> 정부 유관기관 내 사업단 구축의 장단점 비교	151
<표 4-5> 동 사업 추진주체별 역할분담	153

<표 4-6> 사업단장 선정기준(안)	154
<표 4-7> 전력기금R&D 부문 예산	157
<표 5-1> 동 사업 총사업비 구성	161
<표 5-2> 스마트그리드 핵심기술개발사업 개요	162
<표 5-3> 멀티터미널 직류송배전시스템사업 개요	163
<표 5-4> 전력분야 유사과제의 평균 과제규모	164
<표 5-5> 유형별 과제규모 추정 논리	164
<표 5-6> 동 사업 총 투입인력 규모	166
<표 5-7> 전력분야 대규모 기기 개발 및 실증 투입인력 분석	167
<표 5-8> MV DC/DC 컨버터 개발 투입인력	168
<표 5-9> DC±200kV급 전압형 MMC 개발 및 운영/실증 연평균 투입인력	168
<표 5-10> 해상풍력 연계용 20MW급 전압형 HVDC 연계 기술개발 연평균 투입인력	169
<표 5-11> 해상풍력발전용 3.3kV이상 7MW급 고압전력변환장치 연평균 투입인력	169
<표 5-12> 전력분야 유사과제 인건비·직접비·간접비 비중	170
<표 5-13> 동 사업 인건비·직접비·간접비 구성	170
<표 5-14> 전력분야 유사과제 민간부담금 중 현금 비중	172
<표 5-15> 동 사업 정부출연금·민간부담금 비중	173
<표 5-16> 수행기관 및 과제유형에 따른 정부출연금 지원 비중	174
<표 5-17> 동 사업의 효과 추정 및 비용효과분석 요약	177
<표 5-18> 태양광발전 설비용량 실제치 및 예측치 비교(이중지수평활법)	179
<표 5-19> 태양광발전 설비용량 예측치(이중지수평활법)	180
<표 6-1> 1내역사업 요소기술(세부과제) 관련 주요 연구진 대안 구성(안)	184
<표 6-2> 2내역사업 요소기술(세부과제) 관련 주요 연구진 대안 구성(안)	185
<표 6-3> 3내역사업 요소기술(세부과제) 관련 주요 연구진 대안 구성(안)	186
<표 6-4> 1내역사업 요소기술(세부과제) 관련 인력투입 대안 구성(안)	187
<표 6-5> 2내역사업 요소기술(세부과제) 관련 인력투입 대안 구성(안)	187
<표 6-6> 3내역사업 요소기술(세부과제) 관련 인력투입 대안 구성(안)	187
<표 6-7> 총 요소기술(세부과제) 관련 과제규모 대안 구성(안)	188

<표 6-8> 총 내역사업 요소기술(세부과제) 정부출연금 및 민간부담금 대안 구성(안)	189
<표 6-9> 연구진 대안 총사업비 검토결과	189
<표 6-10> 연구진 대안의 정부·민간재원 검토결과	190
<표 6-11> 연구진 대안의 비용효과분석(안)	191
<표 6-12> 동 사업 비용효과분석결과	192
<표 6-13> 동 사업의 AHP 평가항목	197
<표 6-14> 동 사업 예비타당성조사 AHP 평가항목별 가중치	199
<표 6-15> 동 사업 예비타당성조사 AHP 평가결과	201
<표 6-16> 동 사업에 대한 AHP 평가결과 요약	203

그 림 목 차

[그림 1-1] 주요 문제/이슈	43
[그림 1-2] 사업의 비전 체계도	45
[그림 1-3] 사업 추진체계	46
[그림 1-4] 동 사업의 주요 요소기기 개발 분야	47
[그림 1-5] 동 사업의 주요 운영기술 개발 분야	47
[그림 2-1] MVDC 기술 개념 및 범위	52
[그림 2-2] 직류 배전 응용 분야	65
[그림 2-3] 핀란드 LVDC 실증 사이트	67
[그림 2-4] Anglesey MVDC 프로젝트	67
[그림 2-5] DC 배전 분야의 주체별 수행현황	71
[그림 3-1] 관련 공문	93
[그림 3-2] 세부기술 우선순위 선정 결과	108
[그림 3-3] 요소기기-운영기술 측면의 연계 로드맵	133
[그림 3-4] 요소기기-테스트베드 측면의 연계 로드맵	134
[그림 3-5] 운영기술-테스트베드 측면의 연계 로드맵	135
[그림 4-1] 사업 추진체계	147
[그림 4-2] 동 사업 수정 추진체계	152
[그림 5-1] 태양광발전 설비용량 실제치 및 전망치 그래프	179
[그림 6-1] 분석적 계층화법(AHP)을 이용한 평가절차	194
[그림 6-2] 동 사업의 예비타당성조사 의사결정 계층구조	196
[그림 6-3] ‘사업 시행’ 종합평점과 평가자별 의견 일치도에 따른 결론	201

약

양



요 약

제 1 장 사업 개요 및 조사방법

1. 사업 개요

가. 사업추진 배경 및 내용

- (문제/이슈) 신재생에너지/분산전원의 확대와 전력수요의 집중·증가 등으로 배전 환경이 변화하고 있으나, 현행 AC 배전망 체계로 대응하는 것에는 근본적 한계 존재
 - (배전설비 확장 한계) 배전망 용량이 포화되어 구축된 분산전원을 연결할 수 없고, 주민의 반대로 인해 새로운 배전시설의 확충 역시 어려움
 - (배전계통 제어 한계) 현재의 배전계통은 수동적 단방향 전력의 흐름으로 구성되어 전력 제어의 한계 존재
 - (전력변환 손실 증가) DC 수요 측면에서 AC/DC 변환은 전력 효율 측면에서 손실이 발생함
- 정부의 단계적 원전 감축과 재생에너지 및 분산에너지 확대정책을 뒷받침하기 위한 인프라 구축, 도심의 배전망 인프라 운영·관리가 필요
 - 재생에너지 확대는 전체 계통 안정성에 영향을 미치며, 분산형 에너지 확산은 포화된 배전망 증설 이슈와 연계되므로 계통의 안정성과 효율성 확보하기 위한 인프라 구축 필요
 - 고밀도 도시, 콤팩트 시티 확산, 분산전원, 전기차 급속충전소와 같은 도심내 전력 공급과 수요 집중 현상에 따른 배전망 인프라 운영·관리에 대한 대응이 요구되고 있음
- 주관부처는 동 사업을 통해 MVDC 기술개발 및 적용으로 배전 연계 전력수요 대응 및 안정적 전력공급 환경을 구축하고자 함

나. 사업 개요 및 내용

□ 비전 및 목표

- (사업비전) MVDC 도입을 통해 정부의 신재생에너지·분산전원 발전량 확대 목표를 달성하고 전력 수요 집중·증가 대응을 통해 경제성장의 기반 조성
- (사업목표) 2030년 AC/DC 혼용배전망 운영을 위한 MVDC 핵심기술 확보
 - (접속수요 대응) 배전선로 신재생 연계 용량 60% 향상, 배전선로 최대 허용 부하율 30% 향상
 - (운영효율 확대) 배전선로 전력변환 손실 10% 저감, 무정전 운전비율 90% 달성, 전압 변동률 3% 이내
 - (사회적 수용성) 국내 기술기준 마련, 전자기장 안전성 기준 충족, 설치면적 20% 이상 감소

□ 사업 내용

- (사업구성) AC/DC 혼용배전망 운영에 필요한 핵심기술을 개발하고, 이를 검증하는 3개 세부사업, 총 15개 세부과제로 구성됨
 - (요소기기) HVDC/LVDC 개발 경험과 기술을 연계 활용하고, MV급 DC망 구성을 위해 기술개발이 필요한 H/W 측면의 전력변환장치와 보호장치 중심 개발
 - (운영기술) 요소기기와 통합·관리·연계하여 기존 AC망 위에 신규 MVDC망이 효과적으로 운영될 수 있는 S/W 측면의 AC/DC Hybrid 운영기술 개발
 - (테스트베드) 개발된 MVDC 요소기기와 운영기술의 성능 시험을 위한 파일럿 플랜트 구축 및 기존 기반산업을 테스트베드로 활용

□ 사업 추진전략

- 산학연 컨소시엄 공모를 통해 주관기관을 선정하고, 세부사업별 총괄 주관기관과 에너지기술PD를 중심으로 사업 성과활용을 극대화 할 수 있도록 추진체계 마련
- 사업수행주체 간 역할분담은 다음과 같음
 - (산업통상자원부) 동 사업의 총괄, 사업의 추진방향과 주요 의사결정 역할 수행
 - (한국에너지기술평가원) 사업 추진계획 수립, 과제 구성, 주관기관 선정, 기획·평가 관리 등 지원업무 등 전반적인 실무 담당

- (사업심의위원회) 사업기획 결과 및 과제 선정·평가·관리 전반에 걸친 중요한 사업추진결과를 심의·조정하고 상시적인 총괄 자문 역할을 수행
- (사업실무위원회) 사업의 중장기 방향 수립 및 당해 연도 공모과제 선정을 위한 기획방향 제시 및 결과를 점검
- (총괄/주관/참여기관) 과제가 총괄과제 및 세부과제로 구분되는 경우 총괄과제 및 세부과제 관리 수행
- (운영위원회) 사업 목표달성을 위하여 총괄 과제간 상호연계 및 진도 관리 수행

□ 사업비: 3,790억 원(국비 2,655억 원, 민자 1,135억 원)

□ 사업기간: 2022~2028년(총 7년)

2. 조사방법

가. 과학기술적 타당성 분석

□ 문제/이슈 도출의 적절성

- MVDC(AC/DC Hybrid) 기술개발을 통한 동 사업 문제/이슈*의 해결 가능성 검토
 - * 배전망의 접속용량 포화, DC전원 확대, 배전계통의 복잡도 증가 등
- AC/DC Hybrid 배전망 구현을 위한 국내외 기술개발 동향 분석 및 기획보고서 상 기술개발 동향 분석결과의 적절성 검토
- 선행사업의 성과분석을 통한 이슈 발굴 및 사업기획 반영의 타당성 여부 검토
- 대학·연구기관 등 주요 연구기관의 수요 파악과 의견 수렴, 사업기획위원회 운영 등을 통한 문제/이슈 도출 과정의 적절성 여부 검토
- 문제/이슈 기반의 세부사업 도출 과정 및 근거의 타당성을 검토함

□ 사업목표의 적절성

- 배전설비 용량 한계 및 고전압 DC부하 증가 등 문제/이슈에 대하여 동 사업 추진을 통한 해결가능성을 검토함
- 성과목표와 사업목적 간 관련성 및 문제 해결정도, 성과목표 도출의 타당성 및 측정방법의 구체성과 실효성 검토 추진

- MVDC 핵심기능과 성과지표 간 연계성 및 하위 세부기술별 성과지표의 구조화 여부 검토

- 동 사업 수혜자 표적화의 적절성 여부 검토

□ 세부활동 및 추진전략의 적절성

- 이슈 해결 관점의 세부 기술분야 확정* 관련 타당성 분석

- * 기술 중점영역 도출, 기술 분류체계 구성, 우선순위 설정 등

- 실증 테스트베드의 구축 필요성* 검토

- * 기존 테스트베드의 활용 가능성 및 신규 파일럿 플랜트 설치의 타당성 등

- 과제 특성을 고려한 선정방식 및 사업 관리방안의 타당성 여부 검토

- 요소기술별 연구기관의 기술개발 추진가능성 및 명시된 세부 요소기술 선정과정의 타당성 검증

나. 정책적 타당성 분석

□ 정책의 일관성 및 추진체제

- 과학기술기본계획 등 정부 R&D정책 및 유관 계획과의 연계성 여부 분석

- 과기정통부 및 산업부 유사 사업들과의 차별성 및 별도 사업 추진의 당위성 검토

- 주관부처 및 전담기관(한국에너지기술평가원), 수요기업 등의 연계 및 협력방안 관련 적절성 검토

□ 사업 추진상의 위험요인

- 참여의향 제출기업의 R&D투자 규모 및 민간매칭 규모 간 비교 검토를 통해 민간부담금 조달가능성 검토

- 산업통상자원부 전력산업기반기금 등 정부 차원의 신규재원 조달가능성 분석

다. 경제적 타당성 분석

□ 경제적 타당성

- 내역사업별 과제 비용 산정과정의 타당성 검토

- 유사사례 추정을 통한 과제비용 도출의 타당성 및 간접비 규모의 타당성 검토, 세부과제별 정부지원 및 민간부담금 규모의 적절성 분석 등 실시
- 비용효과분석 방법론 적용 및 분석결과의 타당성 분석

제 2 장 과학기술적 타당성 분석

1. 문제/이슈 도출의 적절성

가. 문제/이슈 식별 과정의 적절성

- 동 사업 기술개발을 통해 신재생에너지 발전의 계통접속 지연 문제에 대한 대응이 가능하다는 점에서, 동 사업 일부 문제/이슈에 대해선 타당성이 인정됨
- (계통접속 지연) 일부 지역에 대한 MVDC배전망 적용을 통해 신재생에너지 발전원의 배전망 접속지연 해소가 가능할 것으로 판단됨
 - 태양광발전 등 신재생에너지 발전이 확대되고 있으나, 계통접속 지연으로 생산된 전기를 송배전하지 못하는 것은 지속적으로 제기되고 있는 문제*임을 확인함
 - * '20년 8월 기준, 전체 계통연계 신청건수 중 약 40%는 대기 중(32,285건), 전북, 전남, 경북의 경우 신청건수의 50%가 대기로 인해 미접속 중
 - 현행 주요 정책 대안은 변전소 등 전력망 인프라 보강에 초점, 다만, 전력망 인프라 추가 설치의 사회적 수용성 확보 측면에서 제약이 존재함
 - 따라서 동 사업 성과의 현장 적용에는 시차가 존재하나, 중장기적 차원에서 MVDC 배전망 적용은 계통접속 지연 문제 해결을 위한 대안으로서 필요성이 일부 인정됨
 - 다만, 동 사업의 성과물이 적용될 수 있는 지역적 범위는 신재생에너지 발전이 집중될 것으로 예상되는 특정 지역에 한정될 것으로 판단됨
- (DC기반 전력수요 증가 대응) MVDC배전망을 활용한 도심 전기차 충전소, 데이터 센터 등 대용량 고압 DC부하 대응 필요성에 대해선 구체적 근거 제시가 미흡함
 - 데이터 센터의 경우 특정 지역에 설립이 몰리고 있어 배전인프라 용량 증대만으로 한계가 존재하며, 신규 데이터센터 설립 시 모두 직류배전을 선택한다는 근거는 미흡
 - 신규 전기차의 경우 모두 급속충전기를 활용한다는 근거가 충분하지 않고, 500kW급 대형 급속충전기 설치의 경우 부지 확보 문제가 해결되어야 한다는 점을 고려할 때 미래 수요를 명확히 확인하는데 한계가 존재함

나. 문제/이슈 해결을 위한 R&D사업 추진의 적절성

- MVDC 배전망 전체 영역에 걸쳐 기술개발이 필요하다는 근거는 미흡하나, 계통접속 지연 문제의 해결을 위해 R&D추진의 필요성은 일부 인정됨
- 변전소 추가 설치 등 전력망 인프라 보강은 중요 정책 대안이나 사회적 수용성 확보 측면에서 어려움이 발생함
 - 사회적 수용성 확보의 한계를 고려할 때, 기존 AC 배전망을 MVDC 배전망으로 개조하여 접속용량을 증가시키는 것은 또 다른 정책대안으로서 필요성이 존재함
- 또한 한국전력공사가 동 사업 참여와 관련된 공식적 의사를 밝힘에 따라, 국내 송배전 사업자의 동 사업 결과물 활용 가능성은 제고되었음
- 다만, 해외 및 국내 기술개발 동향을 고려할 때, 동 사업에서 MVDC 배전망 관련 대다수 기술개발을 추진하여야 한다는 것은 충분한 논리가 부재함

2. 사업목표의 적절성

가. 사업목표와 해결할 문제/이슈와의 연관성

- '30년까지 AC/DC 혼용 배전망 운영 관련 핵심기술 개발을 통해 현행 지속되는 계통접속 지연 문제는 일부 해결이 가능
- 동 사업에서 제시된 주요 문제/이슈는 특정 지역의 배전선로 접속용량 포화에 따른 신재생에너지 발전사업자의 계통접속 지연문제를 해결하는 것임
 - AC/DC 혼용 배전망 운영을 위한 기술개발을 통해 동 사업에서 제기되고 있는 계통접속 지연 문제는 일부 해결이 가능하다고 판단됨
- 따라서 동 사업에서 제시된 문제/이슈와 사업목표 간에는 연관성이 존재함

나. 사업목표 설정의 적절성

- 동 사업 추진 시 '접속수요 대응, 운영효율 확대, 사회적 수용성 확보'라는 세 가지 목표 설정의 타당성이 인정됨
- 기획보고서 상 AC/DC 혼용 배전망 운영을 위한 구체적 정량 목표가 설정되지 않음에 따라, 목표의 구체성 및 목표 설정의 적절성이 충분히 확보되지 않음

- 다만, 주관부처의 추가소명을 통해 하위 핵심기능별 성과지표 달성 여부 검토 및 사업목표 달성을 확인하는 구조로 설계되었음을 확인함
- 주관부처는 MVDC 혼용 배전망 운영을 위한 핵심기술 확보를 달성하기 위한 하위 핵심기능으로 접속수요 대응, 운영효율 확대, 사회적 수용성이라는 세 가지 요소가 필요하다는 근거를 제시함
- 전문가 논의를 바탕으로 상기 세 가지 핵심 이슈가 설정되었음을 확인하였음

다. 사업 성과지표의 적절성

- 동 사업의 세부 성과지표 중 일부 지표의 경우 설정근거가 명확하지 않았으나, 주관부처의 소명을 통해 지표 설정의 타당성이 인정됨
- 동 사업 세부 성과지표의 경우 해외 성능 수준 및 관련 전문가 논의를 바탕으로 설정되었으나, 상세 근거 확인에 한계가 존재하였음
 - 주관부처는 동 사업 기획과정에서 성과지표의 목표치를 해외 선진연구그룹의 성능 수준을 바탕으로 설정하고, 이에 대한 정보가 없을 경우 AC 배전망의 목표치를 차용하여 전문가 논의를 바탕으로 설정하였음을 밝힘
 - 다만, 상기 논의과정에 대한 상세 근거 확인에 한계가 존재하였음
- 특히 일부 성과지표의 경우, 목표 설정과정의 타당성 판단 근거가 미흡하였음
 - 예를 들어 MVDC 기동복구 방안 시나리오의 경우 계통계획에 따라 왜 3개의 관련 시나리오가 필요한지 여부를 확인할 수 없음
- 그러나 주관부처가 제출한 소명자료를 통해 성과지표 설정의 타당성이 확인되었음

라. 수혜자 표적화의 적절성

- 국내 배전망을 통해 전력을 공급받는 국민을 동 사업의 실질 수혜자로 설정한 것은 타당성이 인정됨
- 주관부처는 전력망 이용자로서 국민을 세분화하고, 일반 가정 또는 기업 이용자, 전기차 충전사업자 및 분산전원 공급 사업자 등을 제시함
 - 그러나 계통접속 지연 관련, 수혜자 표적화 적절성에 대한 검토 필요성이 제기됨
- 태양광에너지 등 소규모 분산전원의 무분별한 계통 접속은 전력계통의 안전성을 저하시키는 원인이 됨을 확인함

- 즉 계통접속이 무분별하게 이루어질 경우, 분산전원 사업자의 부가가치는 창출될 수 있으나, 국민에게 부(-)의 편익을 발생시킬 수 있다는 점에서 동 사업의 수혜자를 국민으로 보는 것은 일부 타당성이 인정됨

3. 세부활동 및 추진전략의 적절성

가. 세부활동과 사업목표와의 연관성

- 세 가지 내역사업의 구성을 고려할 때, 사업목표 및 세부활동 간 연관성이 인정됨
 - 배전계통은 배전 관련 설비와 이를 운영하는 시스템으로 구성됨에 따라, 요소기기, 운영기술, 실증 등 세 가지 내역사업의 구성은 동 사업목표 달성을 위해 필요함
 - 단순 개발된 MVDC 요소기기와 운영기술은 운전실적 없이 실계통에 적용할 수 없다는 점에서 실증연구의 필요성 역시 인정됨

나. 세부활동 도출의 적절성

- 동 사업은 실증 중심으로 핵심 성능을 구현하기 위한 하향식 기획방식을 적용하여 설계되었음
 - 그러나 몇 가지 측면에서 타당성 확보에 한계가 존재함
- (첫째) 세부활동 도출을 위한 기획위원회 활동 수준이 미흡하였음
 - 15회의 대면회의 중 3회 이상 참여한 전문가는 32명 중 7명(21.9%)으로 분석됨
 - 다만, 주관부처는 사회적 거리두기로 인해 서면으로 진행되었던 6차례 회의참석자 명단을 제출하였고, 이를 통해 추가적인 전문가의 기획회의 참여를 확인함
 - 소명자료 확인을 통해 전체 32명 중 18명(56.3%)이 3회 이상 회의를 참석하였음을 확인하였고, 이들의 평균 회의 참여 횟수는 5.8회로 나타남
- (둘째) 중점 기술분야와 도출된 세부활동(세부과제) 간 연계성이 미흡함
 - 동 사업은 3대 내역사업, 15개 세부기술, 47개 요소기술(세부과제)로 구성됨
 - 15개 세부기술 및 47개 요소기술은 내외부 전문가 대상으로 실시된 16대 기술분야 설문조사를 통해 13대 분야로 확정되었음
 - 다만, 상기 과정에 대한 명확한 근거 확인에 한계가 존재함

- 47개 요소기술에 대한 설문조사 대신 상위 수준에서 설문조사가 진행됨에 따라 요소기술의 조정 과정에 대한 충분한 근거가 제시되지 않음

□ 세부활동의 구체성 미흡

- 각 내역사업별 일부 요소기술(세부과제)의 경우 구체성이 미흡함
- 일부 기술의 경우 주관부처의 자료 제시를 통해 구체성이 확인되었으나, 구체성 및 관련 근거가 충분히 제시되지 못한 기술 분야는 다음과 같음
- (1내역사업) 요소기기 개발
 - MV DC/DC 컨버터스테이션 개발과제에 비해 MV DC/DC 컨버터스테이션 시험평가기술 과제의 예산이 더 크게 설정된 근거가 미흡함
 - 이동형 및 고정형 MV AC/DC 컨버터 개발과제의 경우, 두 가지 형태의 컨버터를 함께 개발하여야 할 근거 제시가 미흡함
 - 수용가용 MV-LV 멀티전원 컨버터 개발 과제는 동 사업에서 연구개발이 추진되어야 할 필요성이 낮음
 - 멀티터미널 직류차단기 개발 과제의 경우 두 가지 토폴로지에 대한 비교연구를 바탕으로 하나의 방식을 선택하여 연구개발이 추진될 예정이나, 연구개발성과의 효율성 제고를 위해선 하나의 토폴로지를 결정한 후 시제품 개발과 실증을 추진하는 것이 필요함
- (2내역사업) 운영기술 개발
 - AC/DC 혼용 배전망 토폴로지 개발 과제의 경우, 자료 조사 및 분석이 1차년도에 이루어져야 할 근거가 모호함
 - 재생에너지 및 부하연계 용량산정 과제의 경우, 동 사업 추진 시 우선 수행 필요성에 대한 검토 필요성이 존재함
- (3내역사업) 실증 테스트베드
 - MVDC 체계 구축을 위한 기반기술 연구과제는 추진 필요성에 대한 재검토가 필요함

□ 세부활동 간 연계성 부족

- 기획보고서 상 세부사업 통합로드맵 제시를 통해 기술별 개발기간 및 개발목표를 제시하였으나, 이는 개별과제 수준의 로드맵으로 과제 간 어떠한 연계를 통해 핵심 성능이 발현되는지 근거 제시가 미흡하였음

- 주관부처는 자료 제출을 통해 내역사업별 연계 로드맵을 제출함에 따라 연계성은 일부 제고되었으나, 보다 면밀한 연관관계에 대한 근거 제시가 요구됨
- 예를 들어 AC/DC 혼용 배전망 토폴로지 과제가 다른 접지시스템이나 보호방식과 어떻게 연계되는지 등 핵심기능 구현을 중심으로 다른 과제 간 연관성을 확보하는 것이 필요함

다. 세부활동별 성과지표의 적절성

- 동 사업의 핵심기능별 성과지표와 연동하여 세부 성과지표의 연과성 및 구체성이 충분히 확보되었다고 판단하기 어려움
- 총괄목표와 연동된 핵심기능별 성과지표와 세부 성과지표 간 연관성이 미흡함
- 예를 들어 ‘배전설비 용량 확대’ 기능은 배전선로 신재생 연계용량 60% 향상이라는 핵심기능 성과지표가 설정되어 있음
- 배전설비 용량 확대 기능 달성과 관련하여 세부 성과지표로 컨버터용량(20MW), 차단기 정격전압(42kVdc), 보호기기 정격전압(42kVdc) 등이 설정되었으나, 동 세부 성과지표가 핵심기능 성과지표와 어떻게 연계되는지 명확하지 않음
- 주관부처는 소명자료를 통해 핵심기능별 성과지표 역시 사업의 핵심기능 달성을 위한 중요 지표임을 밝히고, 전문가 논의를 통해 도출되었음을 밝힘
- 다만, 세부 회의록 등을 통해 구체적 논의과정을 확인하기 어려움
- 또한 세부 성과지표의 구체성과 관련된 근거는 미흡함

라. 세부활동의 기간 추정과 시간적 선후관계의 적절성

- 주관부처가 제시한 사업기간 설정 근거와 연계할 때, 세부과제 기간 설정 및 과제 간 선후관계의 근거가 명확하지 않음
- 주관부처는 유사과제에 대한 분석을 통해 동 사업의 기준 연구기간을 추정함
- 원천기술형 2.7년, 혁신제품형 3.6년으로 분석
- 대규모 실증 유사과제의 경우 평균 연구기간은 4년으로 조사됨
- 주관부처는 세부 과제기간의 경우 3년을 기준으로 설정하고, 인력투입 과정에서의 난이도에 따라 개발기간을 조정하였음을 밝힘
- 다만, 실제 로드맵을 고려할 때, 이러한 주관부처의 기준과는 상이한 과제가 존재

- 상기 접근법이 난이도에 따른 조정일 경우, 난이도 평가 관련 근거 제시가 필요하나 세부적인 근거 제시는 미흡함
- 또한 내역사업별 세부과제 간 시간적 선후관계를 확인할 수 있는 연계 로드맵이 제출되었으나, 충분한 구체성을 확보하기에는 한계가 존재함

마. 추진전략의 적절성

- 내역사업별 총괄과제의 효과성에 대한 재검토가 필요함
 - 동 사업은 2개 이상 세부기술을 통합하여 총괄과제를 구성하였음
 - 내역사업별 3개 과제가 총괄과제로서 지정되어 역할을 수행하는 구조로 설계됨
 - 다만, 총괄과제의 사업기간을 검토할 경우, 특정 과제의 경우 실증이 이루어지는 시점에 종료되거나, 특정 시점의 경우 총괄과제 시작 이전 세부과제가 시작됨에 따라 총괄과제로서의 관리가 어려운 사업구조임을 확인함
 - 이에 따라 내역사업별 총괄과제가 내역사업 내 세부과제에 대한 충분한 조정을 추진할 수 있는지에 대한 명확한 근거 확인이 어려움

제 3 장 정책적 타당성 분석

1. 정책의 일관성 및 추진체제

가. 상위계획과의 부합성

- ☐ 동 사업 관련 상위 계획과의 부합성을 분석하기 위해 주관부처가 제시한 필수계획과 선택군 계획을 중심으로 부합성 분석
- ☐ 동 사업과 상위계획과의 부합성은 높은 것으로 판단되며, 이에 따라 '적절' 평점 부여

<표 2> 상위 계획과의 부합성 평점 결과

필수계획 선택군 계획	부합도 낮음	부합도 보통	부합도 높음
부합도 높음	보통	대체로 적절	적절
부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통

나. 사업 추진체제 및 추진의지

- ☐ 유사성 검토를 통해 연계·활용이 가능한 과제가 도출되었으나, 구체적 연계·활용 방식 또는 계획은 확인이 어려움
 - 동 사업은 사업단위, 과제단위 유사성 검토를 적절히 수행함
 - 주관부처는 최근 5년간 유사과제 202개에 대한 분석을 통해 동 사업과 유사한 과제를 발굴하고 연계의 필요성을 제시함
 - 다만, 이러한 연계가 구체적으로 어떻게 작동되는지에 대해선 확인이 어려움
- ☐ 또한 동 사업에 포함되는 표준·인증 과제의 경우, 주관부처 내 표준·인증 관련 유사 과제와의 중복성 검토가 추진되지 않음
- ☐ 주관부처는 최초 운영위원회 중심의 사업 추진을 계획하였으나, 추가제출자료 및 소명자료를 통해 사업단 체계로서 동 사업을 추진할 계획을 제시함

- 동 사업에서 제시된 사업단은 '전담기관 내 신설'되는 형태이며, 소명자료를 통해 이와 같은 사업단의 필요성이 일부 인정됨
 - 상기 사업단은 전문기관 직제 규정을 활용한 원장 직속의 독립적 사업단이며, 단장은 사업에 대한 총괄책임을 갖으며 기술적 전문성과 사업운영의 경험이 풍부한 자를 공모를 통해 선정할 예정임
 - 주관부처는 사업단 운영과 관련하여 사무국 구성을 통해 수행함을 제시하였으며 운영비 책정의 필요성을 제시함
- 사업단 운영의 필요성은 인정되나, 사업단의 실제 운영과 관련하여서는 몇 가지 문제점이 발견됨에 따라 조속한 해결이 필요함
 - 전문기관 직제규정을 활용하더라도, 사업단의 독립적 위상을 담보하기 어려움에 따라 조속한 사업단 운영관리지침의 제정이 요구됨
 - 사업단장의 역량과 리더십은 동 사업 추진의 효과성 제고에 있어 핵심적 요인임에 따라, 기술 역량과 사업단 운영의 경험을 가진 전문가 공모가 충실히 이루어져야 함
 - 동 사업의 기획평가관리비 규모를 고려할 때, 매년 10억 원 수준의 사무국 예산을 책정하는 것은 사업 추진의 재정적 부담이 될 가능성이 높음에 따라, 기획평가관리비 중 사무국 예산 책정은 정률(%)의 개념을 적용하여 최대 4% 수준이 합리적임

2. 사업 추진상의 위험요인

가. 재원조달 가능성

☐ 민간재원 조달의 경우 일부 위험요인이 존재함

- 기획보고서 기준 민간기업의 재원분담 규모는 약 1,134억 원 규모로, 동 사업 참여 의향 등을 고려할 때, 민간재원 조달에 일부 위험성이 존재함
 - 특히 참여의향을 밝힌 기업별 매출액 대비 R&D규모의 편차가 크다는 점을 고려할 경우, 이는 동 사업의 위험요인으로서 작용할 가능성이 있음

나. 법·제도적 위험요인

☐ 동 사업은 WTO 금지보조금에 해당할 가능성이 존재함

- 선진국 역시 MVDC 핵심기술을 확보하고 시장 진출을 추진 중이므로, 동 사업 추진으로 인해 WTO 보조금협정에 따른 제소 가능성이 존재함

- 이에 대한 주관부처, 전문기관 및 사업단 차원의 면밀한 대책 마련이 요구됨

□ 소자 수급에 대한 대책 제시 미흡

- 동 사업에서는 MVDC 관련 컨버터스테이션 연구개발이 추진될 예정이며, 컨버터스테이션에 Wide-Bandgap(SiC, GaN) 소자를 사용하는 것으로 제시되어 있음
- SiC 소자의 경우 제조사별로 900V, 1200V, 1700V, 3000V 등 다양한 제품군이 출시되어 있으나, 3,300V급 SiC 소자의 경우 전락물자로 지정되어 있음
 - 미국의 경우 3,300V급 SiC 소자의 경우 수출제한 품목에 해당
 - 물론 1,700 SiC 소자를 사용하는 것이 가능하나, 이는 보다 많은 수의 스위칭 소자를 사용하여야 한다는 점에서 컨버터스테이션의 신뢰도를 저하시킬 뿐만 아니라 복잡성을 증가시킬 우려가 존재함
- 따라서 연구개발 기획 단계에서부터 SiC 스위칭 소자 수급에 대한 대책이 마련되어야 할 필요성이 제기됨
 - 주관부처는 1,700V급 SiC를 사용할 경우, 동 사업 플랜트에 활용될 단위모듈 수가 예비 포함 36개 수준으로 예상하고 있으며, 36개 단위 파워 모듈 간 제어는 고속제어 플랫폼 기술로 구현함을 밝힘
 - 즉 SiC 적용 시 컨버터스테이션의 복잡도 증가에 따른 신뢰도 확보 문제는 고신뢰 고속제어 플랫폼 기술개발을 통해 해결할 수 있을 것이라는 의견을 제시함
 - 그러나 주관부처가 밝힌 바와 같이 고속제어 플랫폼 기술개발이 효과적으로 이루어지지 않을 경우엔 모듈 간 제어에 한계가 발생할 수밖에 없음
 - 따라서 이에 대한 주관부처 차원의 대책 마련이 요구되며, 1,700V급 이상 소자 수급 가능할 경우를 고려한 전력회로 및 제어플랫폼 추가 검토 역시 필요함

제 4 장 경제적 타당성 분석

1. 비용 추정

가. 총사업비 구성

□ 동 사업은 총사업비는 3,789.5억 원이며, 이 중 국고지원은 2,655.1억 원으로 약 70%의 비중을 차지함

○ 동 사업의 소요예산 구성은 다음과 같음

<표 3> 동 사업 총사업비 구성

(단위: 억 원)

내역사업	세부기술	사업비	정부	민간
① AC/DC Hybrid 배전망 요소기기	①-1. MV DC/DC 컨버터스테이션 핵심기술개발	674.9	403.9	271.0
	①-2. MV AC/DC, DC/AC 컨버터스테이션 핵심 기술개발	834.7	499.5	335.1
	①-3. MV 멀티터미널 직류차단 핵심기술개발	126.6	75.8	50.8
	①-4. MVDC 보호기기 핵심기술개발	110.0	65.8	44.2
	①-5. MVDC 계측진단 핵심기술개발	389.1	232.9	156.2
	소 계	2,135.3	1,277.9	857.4
② AC/DC Hybrid 배전망 운영기술	②-1. 양방향 AC/DC 복합 배전망 설계기술 개발	137.0	104.0	33.0
	②-2. MVDC 배전망 상태평가 기술개발	37.8	28.7	9.1
	②-3. AC/DC 복합 배전망 제어 및 에너지관리 기술개발	50.3	38.2	12.1
	②-4. AC/DC 복합 배전망 고장처리 기술개발	87.9	66.7	21.2
	②-5. MVDC 배전망 운영체계 개발	244.8	185.8	59.0
	②-6. AC/DC 복합 배전망 운영프로그램 개발	72.6	55.1	17.5
	②-7. MVDC 배전망 성능평가 기술개발	308.9	234.4	74.5
	소 계	939.3	712.7	226.5
③ AC/DC 배전망 테스트베드	③-1. MVDC 배전망 파일럿 플랜트 구축	492.2	492.2	-
	③-2. MVDC 핵심기기 실증 테스트베드 연계	13.1	13.1	-
	③-3. MVDC 체계 구축을 위한 기반기술 연구	209.7	159.1	50.6
	소 계	715.0	664.4	50.6
총 사업비		3,789.5 (100%)	2,655.1 (70%)	1,134.5 (30%)

자료: 기획보고서, 재인용

- 동 사업 예산 추정은 총 세 가지 단계를 거쳐 추진되었음
 - (첫째) 유사사례 추정을 통한 과제의 대략적 규모 도출
 - (둘째) 인건비·직접비·간접비를 추정하여 세부과제별 규모 산정
 - (셋째) 도출된 세부과제별 규모에 국고지원 및 민간부담 비율 적용

나. 기획보고서의 비용 검토

- 동 사업의 예산 및 비용 관련 적절성 검토 결과는 다음과 같음
 - (첫째) 유사사례 추정
 - 기획보고서 상 유사사업 중 품목지정 및 지정공모 과제만 포함한 근거가 불명확하였으나, 소명자료를 통해 자유응모 과제의 경우 단기 소규모 과제라는 점에서 제외하였음을 확인함
 - 그러나 추정을 위해 포함된 유사과제 중 사전 우선순위 설정과정에서 중요도가 낮게 평가된 기술분야 과제가 포함되어 있는 것은 타당성 확보에 한계가 존재함
 - 또한 1내역사업(요소기기)과 2내역사업(운영기술) 중 유형별 과제규모 추정 기준을 상회한 과제가 다수 발견됨에 따라, 어떠한 특성에 기인하여 과제규모가 증가하였는지 근거 확인에 한계
 - 그러나 소명자료를 통해 1내역사업과 2내역사업의 개발 성격에 차이가 존재함에 따라 차별화된 유형 적용의 필요성이 일부 인정되었음
 - 3내역사업(실증)의 경우 혁신제품형 기준을 적용한 근거는 불명확함
 - (둘째) 과제별 투입인력 산정을 통한 원가계산
 - 분과위원회 논의를 통해 성능목표 달성을 위한 인력 투입규모를 도출하였으나, 과제별 인력 투입규모의 적정성을 판단할 수 있는 근거 부족
 - 주관부처는 전력 분야 R&D사업으로서 추진된 유사과제들의 연평균 참여인력조사를 통해 동 사업 과제의 참여인력 도출을 위한 가이드라인으로 활용
 - 주관부처는 세부기술별 적용된 검토대상 과제 분석결과를 소명자료로 제출하였으며, 이를 통해 세부기술별 인력 투입이 적정 수준을 유지하였음을 확인함
 - 다만, 직접비 및 간접비 적용 과정에서 유형별 기준이 적용되지 않은 세부과제가 발견되었고, 특정 과제의 경우 타 과제 비중에 비해 직접비가 증가되어야 하는지에 대한 근거 확인이 어려움

- 그러나 소명자료를 통해 직접비 비중이 높게 설정된 'MVDC 배전망 실시간 시뮬레이션 기술개발' 과제의 경우 시뮬레이션 시스템 관련 구축비용으로 인해 비용이 증가되었음을 확인함

○ (셋째) 정부출연금 및 민간부담금 산정

- 정부출연금 및 민간부담금 비중 역시 유사과제의 비중을 적용
- 기획보고서의 기준에 따르면 3내역사업 중 3-3 세부과제의 경우 혁신제품형 비중이 적용되어야 하나, 원천기술형 비중이 적용되어 적절하지 않음
- 다만, 기반기술 연구과제의 경우, 인증 관련 기술에 초점을 맞추고 있다는 점에서 원천기술형 비중 적용이 합리적이라고 판단됨
- 이와 더불어, 내역사업별 총 민간부담금 비중의 경우, 과제의 난이도 및 기업의 참여의사 등을 고려할 때, 조정의 필요성이 제기됨

2. 편익 추정

가. 기획보고서의 편익 검토

- ☐ 동 사업은 성장형사업으로서 비용효과(E/C)분석을 실시하여, 경제적 타당성 도출
- ☐ 동 사업에 적용된 비용효과분석은 고정효과접근법*에 의거하여 추진됨
 - * 고정효과접근법 : 효과를 고정하고 이 효과를 달성하기 위해 가장 적은 비용이 들어가는 대안을 선택하는 방법
- (효과정의) 안전성과 전력 품질 요구사항을 만족시키면서 사용자에게 전력공급
- (분석기간) 효과발생은 사업종료 다음연도인 2029년부터 발생하며, 효과는 10년간 지속(기술수명주기 10년 적용)
- ☐ 동 사업의 대안 간 비교는 기존 AC망 보강과 신규 DC망 적용으로 구분
 - AC망 보강의 경우 기존 기술을 활용하여 설비 확충에 초점
 - DC망 적용의 경우 신규 DC 기술 적용을 통한 용량 증대가 대안의 핵심

나. 편익 추정 및 경제성 분석

- ☐ 동 사업은 '수혜자 표적화의 적절성'을 고려하여 비용효과분석을 실시

- 계통접속 지연 문제가 해결될 경우, 접속대기 중인 분산전원 사업자의 추가적 부가가치 창출이 예상되나, 무분별한 계통 접속으로 인해 개별 국민에게 정전 등 부(-)의 편익이 발생할 수 있음
- 분산전원 사업자의 계통 접속으로 인한 부가가치 창출의 경우 일부 화폐가치화가 가능하나, 정전사고로 인한 일반국민의 부(-)의 편익은 화폐가치화하는데 한계가 존재
- 정전사고의 피해규모 산정을 위해선 사고 발생의 가능성, 위치, 범위, 시간 등을 고려하여야 하나, 단순히 과거 자료를 기반으로 예측하는 것은 불확실성이 큼
- 또한 정전사고의 발생빈도, 위치, 범위, 시간에 따라 피해 규모 역시 급변한다는 점에서 효과 추정을 통한 대안 간 비교의 타당성이 존재함
- 주관부처는 동 사업에 대하여 배전 용량의 확대에 따른 효과를 고정하고, AC 배전망과 MVDC 혼용 배전망 간 비용 투입의 상대적 비교를 실시
- (확대 용량) 동 사업 경제성 분석에서 배전대응 예상 확대용량은 분산전원 설비 발전용량 증가 및 전기차 급속충전기 보급 증가 등 2가지임
 - '29-'38년 중 분산전원설비 용량 확대에 따른 배전용량은 38.2GW*로 도출
 - * 전체 재생에너지 발전량 중 태양광 발전설비만을 고려
 - 전기차 급속충전소 확대에 따른 배전용량을 7.5GW 도출
- (대안별 비용) 고정효과접근법에 의거, 분석이 진행됨에 따라 대안별 효과성의 비교는 비용이 상대적으로 적게 드는 대안이 선호됨
 - 대안 간 비교에 있어 주요 항목은 Feeder로서 평균길이를 25km로 가정
 - (AC망) AC망은 약 5,343개의 25km Feeder 및 전주구축비를 고려하여 앞서 제기된 확대용량에 대응하기 위해 약 26조 1,139억 원이 추정됨
 - (DC망) DC망 적용 시 가장 큰 차이는 변압기를 포함한 시스템 효율이 증가함에 따라 Feeder 및 전주구축비가 감소하게 됨, 이를 통해 구축비용은 약 5조 9,259억 원으로 추정됨
 - * DC/DC 컨버터 비용은 25.1억 원으로 가정

<표 4> 동 사업의 효과 추정 및 비용효과분석 요약

구분	주요 가정 및 분석결과
MVDC배전망의 효과	<ul style="list-style-type: none"> • 분산전원설비 발전용량 증가 + 전기차 급속충전기 확대 • 발전용량 증가 대응 배전용량(38.2GW) <ul style="list-style-type: none"> - '40년 재생에너지 발전량 비중 35% 시나리오 적용, • '30~'40년 CAGR 7.3% 근거로 '38년 112.1GW(A) 도출 <ul style="list-style-type: none"> - '28년 재생에너지 설비용량 51.7GW(B) 도출 - '29~'38년 재생에너지 확대 규모 : 60.4GW(A-B) - 60.4GW 중 태양광 비중(63.24%) 적용 : 38.2GW 도출 • 전기차 급속충전소 확대 대응 배전용량(7.5GW) <ul style="list-style-type: none"> - '28년부터 '38년까지 급속충전기 증가분 15,000대 - 충전기 1대당 용량 500kV
대안 구성	<ul style="list-style-type: none"> • (대안1) 기존 AC배전망의 확장 • (대안2) AC배전망에 MVDC기술을 적용한 혼용 배전망의 확장
분산전원 관련 비용 추정	<ul style="list-style-type: none"> • (대안1) 26조 1,139억 원(현재가치 13조 7,320억 원) • (대안2) 17조 4,554억 원(현재가치 9조 1,784억 원)
전기차 급속충전 관련 비용 추정	<ul style="list-style-type: none"> • (대안1) 4조 6,431억 원(현재가치 2조 4,722억 원) • (대안2) 3조 4,778억 원(현재가치 1조 8,517억 원)
동 사업 예산 적용	<ul style="list-style-type: none"> • 3,790억 원(대안2에만 적용)
효과발생	<ul style="list-style-type: none"> • 사업종료 다음 연도인 2029년부터 발생
효과분석기간	<ul style="list-style-type: none"> • MVDC 기술수명주기 10년
비용효과 비교	<ul style="list-style-type: none"> • (대안1) 307,570억 원(현재가치 162,042억 원) • (대안2) 213,321억 원(현재가치 113,294억 원)
결과	<ul style="list-style-type: none"> • 대안2가 대안1에 비해 적은 비용이 소요되는 효율적 대안으로 제시

자료: 기획보고서를 토대로 연구진 작성.

□ 주관부처가 제시한 비용효과분석 결과는 동 사업의 주요 문제/이슈와 명확히 연계되지 않아, 동 사업의 비용효과분석 결과로 인정하기 어려움

○ 앞서 논의한 바와 같이 동 사업은 분산전원 사업자와 더불어 분산전원의 무분별한 계통 접속으로 인해 전력 품질에 문제가 생길 수 있다는 점에서 국민을 사업 성과의 수혜자로서 설정한 것의 타당성이 인정됨

○ 다만, 동 사업을 통해 발생하는 긍정적 효과는 계통접속의 지연 해소만 포함시키는 것이 타당함

○ 이에 따라 전기자동차 보급 확대에 따른 급속충전기 확대 등 DC기반 전력수요 증가 이슈는 인정하기 어려움

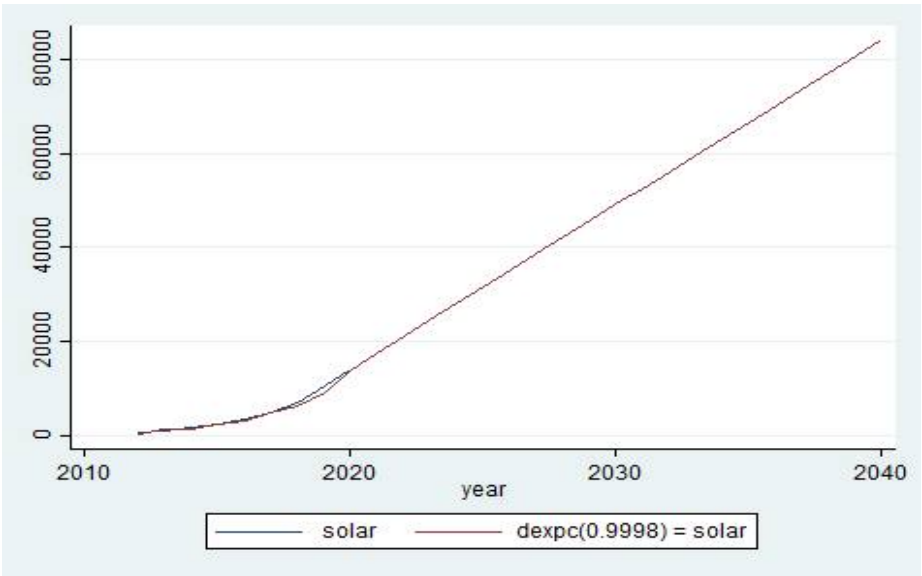
- 또한 전국의 계통접속 지연이 발생하는 것은 아니라는 점에서 향후 신재생에너지, 특히 태양광발전 증가할 것으로 예상되는 지역으로 효과를 한정하는 것이 필요
- 특히 효과 추정을 위한 배전확대 규모 산정의 경우 적절한 근거가 제시되지 않음
 - 주관부처는 동 사업 종료 이후 '29년부터 기술수명주기를 고려하여 '38년까지 비용효과분석 기간 동안 발생하는 확대 용량으로 분산전원설비 발전용량 증가, 전기차 급속충전기 보급 증가 등 두 가지 측면에서 접근
 - 특히 분산전원 설비 발전용량 증가 대응 배전용량 산정(38.2GW)의 경우 정부 정책적 목표치를 활용함에 따라 정책적 목표치와 실질적 증가 가능성 간 괴리가 존재
- 그러나 이와 같은 가정에 근거한 추정은 실제 재생에너지 발전 실적치 추세가 반영되지 않은 목표치에 입각한 추정치라는 점에서 산출된 효과가 과대 추정될 가능성이 존재함
- 최근 태양광발전 관련 설비용량 추세를 살펴볼 때, 시계열 데이터를 중심으로 그 추세를 분석하면, 주관부처의 목표치와 차이가 존재하는 것을 확인할 수 있음
 - 태양광발전 시계열 데이터에 대한 이중지수 평활법의 적합도가 상대적으로 우수한 것으로 나타남에 따라, 이를 통해 전망치를 도출하면 다음과 같음

<표 5> 태양광발전 설비용량 실제치 및 예측치 비교(이중지수평활법)

(단위: MW)

연도	실제치	예측치
2012	690	-
2013	1,080	-
2014	1,791	-
2015	2,538	-
2016	3,716	-
2017	5,062	-
2018	7,130	-
2019	10,505	-
2020	14,015	13,880

자료: 연구진 작성



[그림 1] 태양광발전 설비용량 실제치 및 전망치 그래프

자료: 연구진 작성

○ 이에 따라 태양광발전 설비용량의 '40년까지 예측하면 다음 <표 5>와 같음

<표 6> 태양광발전 설비용량 예측치(이중지수평활법)

(단위: MW)

연도	예측치	연도	예측치
2021	17,525	2031	52,625
2022	21,035	2032	56,134
2023	24,545	2033	59,644
2024	28,055	2034	63,154
2025	31,565	2035	66,664
2026	35,075	2036	70,174
2027	38,585	2037	73,684
2028	42,095	2038	77,194
2029	45,605	2039	80,704
2030	49,115	2040	84,214

자료: 연구진 작성

- 앞선 주관부처의 예측치와 비교하면, '30년의 경우 약 14.7GW의 차이가 발생하고 '40년의 경우 약 27.9GW의 차이가 존재하고 있음
- 유연탄을 활용하는 태안화력발전소 1~10호기의 설비용량이 약 6.1GW임을 고려할 때, '30년의 경우 태안화력발전소 유연탄 발전 설비용량의 약 2배 이상, '40년 기준으로는 약 4.5배의 차이가 존재함
- 즉 보수적인 접근법으로 인한 차이가 분명히 존재하나 그럼에도 불구하고 주관부처의 예측치는 효과가 과대 계상되었을 가능성이 일부 존재하며, 이를 바탕으로 한 비용효과분석 결과의 경우 인정되기 어려움

제 5 장 종합분석 및 결론

1. 결론 도출을 위한 대안 마련

가. 사업계획서에 대한 조사결과

- 사업계획 원안에 대한 조사 결과, 사업의 추진 타당성을 확보하는데 한계 존재
 - 동 사업은 다음과 같은 문제점으로 인해 사업계획 원안의 타당성을 확보하지 못함
 - 동 사업계획 상 제시된 문제/이슈는 일부를 제외하고 명확한 연계성이 제시되지 않음
 - 태양광발전 등 신재생에너지 발전원의 계통연계 지연 문제는 매년 반복적으로 발생되고 있는 문제임
 - 전력망 인프라의 보강이 주로 활용되는 대안이나, 인프라의 추가 설치에 사회적 수용성 확보에 한계가 존재
 - 다만, 데이터센터 확대 및 전기자동차 보급 확대에 따른 DC기반 전력수요의 증가는 국내 데이터 센터의 지역별 편차, 전기자동차 보급에 따른 급속충전기 보급 확대와 관련된 근거 미흡으로 인해 인정되기 어려움
 - 또한 상기 문제/이슈를 고려하여 R&D를 통한 문제해결의 필요성이 존재한다고 해서, 동 사업과 같이 요소기기 및 운영기술 전 영역에 걸쳐 국고지원의 필요성은 항상 존재하지 않음
 - 동 사업의 주요 문제/이슈가 2030년 MVDC 혼용배전망 운영임을 고려할 때, 관련된 모든 기술을 총 망라하여 개발하여야 할 필요성은 근거가 충분하지 않음
 - 세부활동 및 세부과제를 설정하는 과정에서 전문가 설문조사를 통해 확정된 13대 중점 기술분야의 타당성은 충분히 확보되지 않음
 - 설문결과를 통해 도출된 13대 기술분류를 바탕으로 동 사업계획 상 47개 세부과제로 분화되는 과정을 설명할 수 있는 명확한 근거가 부족
 - 특히 설문조사는 중분류 단위에서 실시되고, 하위기술 수준은 설문응답자에게 참고 수준으로 제공되었음

- 즉 특정 중분류 단위의 기술의 개발 필요성이 인정되었다고 하더라도, 이를 바탕으로 전체 하위기술 분야가 개발 필요성이 인정되었다고 볼 근거는 불충분함
 - 47개 요소기술(세부과제) 중 일부 과제의 경우 연구개발내용 및 기간 등에 있어 추진의 근거가 미흡함
 - 예를 들어 MV DC/DC 컨버터스테이션 개발과제에 비해 DC/DC 컨버터스테이션 시험평가 과제의 예산이 더욱 크게 설계되었으며, 이동형 및 고정형 MV DC/DC 컨버터스테이션 개발과제의 경우 두 가지 컨버터를 함께 개발해야할 근거 제시가 미흡
 - 또한 수용가용 MV-LV 멀티전원 컨버터의 경우, 동 사업에서 추진의 필요성이 인정되지 않으며, 파일럿 플랜트 관련 기반기술 연구과제의 경우에도 추진과 관련하여 충분한 근거가 제시되지 않음
 - 요소기술(세부과제) 간 구체적 연계 관계에 대한 충분한 고려 부족에 따른 세부과제 간 시간적 선후관계의 모호성 존재
 - 기존 사업과의 유사·중복성에 따른 연계·협력방안의 구체성 부족
 - 동 사업과 연계·활용이 가능한 과제가 도출된 반면, 구체적인 연계·활용 방식과 관련하여 구체적인 전략 제시가 미흡
 - 전문기관 소속 독립적 사업단 운영과 관련된 구체적 전략 및 관련 지침 제시 미흡
 - 동 사업은 배전시스템 관련 연구개발 및 실증으로 연계되는 체계 개발적 특성을 지닌 사업이라는 점에서, 전문기관 소속 사업단의 필요성은 일부 인정됨
 - 다만, 주관부처가 제시한 사업단의 개념 및 특성, 독립적 운영방식, 사업단 위상 등에 대해선 추가적인 보완이 필요
 - 또한 사업단내 사무국과 관련된 구체적 운영방안 및 운영예산 확보의 부재
 - WTO보조금협정 관련 위반 가능성이 높으며, 소자 수급과 관련된 대책 마련의 미흡
 - 일부 과제의 인건비 적용 근거 미흡 및 민간부담금 적용 상 한계
- 다만, 조사 과정 중 제출한 추가자료 및 소명자료를 통해 일부 쟁점사항들은 해소
- 계통접속 지연 문제 해결을 위한 R&D지원의 필요성 제시
 - 주관부처는 기존 전력망 보강을 통해 일정 수준의 계통접속 지연 해소가 가능하다고 할지라도, 중장기적으로 늘어날 신재생에너지 증가를 고려할 때 이를 보완하는 수단으로 MVDC 기술 활용이 필요함을 밝힘

- MVDC 혼용배전망 운영상의 핵심 이슈를 세 가지로 설정한 것에 대한 근거 제시
 - (접속수요 대응) 분산전원 확대에 따라 불필요한 투자를 최소화하고 기존 배전망 설비를 유지하면서 전송 용량을 확대하는 것이 필요
 - (운영효율 확대) DC 혼용배전망으로의 변화는 단계적 변환에 따른 손실을 감소시켜 운영 효율성을 증대시키기 위한 것이며, 단순히 운영 효율성뿐만 아니라 배전계통 복잡도 증가를 부분적으로 제어하기 위해 독립운전기능에 대한 고려가 필요
 - (사회적 수용성) 배전용량 및 운영효율의 확대는 기술적인 측면의 해결로 이는 기기, 인체, 환경 측면에서 안전성과 친화성이 반드시 확보되어야 한다는 점에서 사회적 수용성을 주요 기능으로 설정
- 동 사업을 통해 도출된 성과물의 송배전 사업자의 활용을 극대화하기 위한 한국전력의 사업참여 계획 제시
- 요소기술(세부과제) 중 일부에 대하여 추진 필요성 및 구체성 관련 근거를 제시하였고, 과제별 차별성에 대한 근거 보완
 - 파일럿 플랜트 구축 관련 원가계산서 및 통합관제시스템 구축 원가계산서 등을 구체적으로 제시

나. 대안 도출

- 동 사업계획 원안에 대한 추진 타당성은 낮으나, 계통접속 지연으로 인해 발생하는 문제/이슈를 R&D지원을 통해 해결하여야 할 당위성이 인정됨
- 사업계획 원안에 대한 주요 문제점 및 쟁점에 대한 해결가능성을 고려할 때, 일부 사업계획 조정을 통해 대안 추진의 필요성이 제기되었음
 - MVDC 혼용배전망 운영을 위한 핵심 기술 위주의 사업 추진
 - 사업안 운영방식의 고도화 및 관련 지침의 조속한 제정
 - 필수과제의 참여 인력 조정을 통한 적정 투입인력 산출
 - 과제의 난이도를 고려한 참여기관의 수준 고려 및 민간부담금 조정
 - 성과도출을 위한 사업기간 조정 및 요소기술(세부과제)별 연계를 고려한 선후관계 조정

- 상기 논리에 입각하여 적정 사업비 규모를 도출
 - 사업계획 원안에서 제시된 47개 요소기술(세부과제) 중 MVDC 혼용배전망 운영을 위한 필수 요소기술로 재구성
 - 참여인력 및 사업기간 조정
 - 이를 바탕으로 요소기술(세부과제) 중 과제 난이도를 고려한 민간부담금 비율 조정
- 동 사업의 대안으로서 추진 필요성이 인정된 요소기술(세부과제)은 다음과 같음
 - 요소기기 개발을 주된 내용으로 하고 있는 1내역사업의 경우 DC/DC 컨버터스테이션 및 AC/DC·DC/AC 컨버터스테이션 개발과제를 주로 조정함

<표 7> 1내역사업 요소기술(세부과제) 관련 주요 연구진 대안 구성(안)

세부기술	요소기술	대안 설정 방향
①-1 MV DC/DC 컨버터	①-1-1 MV DC/DC 컨버터 개발	✓ 사업기간 단축 ✓ 투입인력 조정 ✓ 과제 난이도를 고려하여 민간 부담금 조정
	①-1-2 컨버터스테이션 사이버물리시스템(CPS) 보안기술개발	✓ 원안 유지
	①-1-3 MV DC/DC 컨버터스테이션 시험평가기술	✓ 직접비 조정
①-2 MV AC/DC, AC/DC	①-2-1 이동형 MV AC/DC 컨버터 개발	✓ 제외
	①-2-2 고정형 MV AC/DC 컨버터 개발	✓ ‘고밀도 MV AC/DC 컨버터 개발로 과제명 변경 ✓ 사업기간 단축 ✓ 투입인력 조정
	①-2-3 수용가용 MV-LV 멀티전원 컨버터 개발	✓ 제외
①-3 MV 직류차단	①-3-1 멀티터미널 직류차단기 개발	✓ 투입인력 조정
	①-3-2 직류차단에너지 소호 기술개발	✓ 원안 유지
①-4 MVDC 보호기기	①-4-1 DC 개폐기 개발	✓ 원안 유지
	①-4-2 DC 단로기 개발	✓ 원안 유지
	①-4-3 DC 바리스터 개발	✓ 원안 유지
①-5 MVDC 계측진단	①-5-1 MVDC DC 전류계측 ICT기술개발	✓ 사업기간 단축 ✓ 투입인력 조정
	①-5-2 MVDC DC 전압계측 ICT기술개발	✓ 사업기간 단축 ✓ 투입인력 조정
	①-5-3 MVDC 전력기기 진단용 ICT기술개발	✓ 사업기간 단축 ✓ 투입인력 조정
	①-5-4 MVDC 변환소용 감시진단 및 자산관리 ICT 기술개발	✓ 사업기간 조정

자료: 연구진 작성

- 운영기술 개발이 주요 내용인 2내역사업은 AC/DC Hybrid 배전망 토폴로지 과제의 사업기간 단축 및 투입인력 조정을 실시하고, 관련 토폴로지 개발과 연동하여 관련 과제들의 사업기간 조정을 실시하였음

<표 8> 2내역사업 요소기술(세부과제) 관련 주요 연구진 대안 구성(안)

세부기술	요소기술	대안 설정 방향
②-1 AC/DC 복합 배전망 설계	②-1-1 AC/DC Hybrid 배전망 토폴로지	✓ 사업기간 단축 ✓ 투입인력 조정 ✓ 과제 난이도를 고려하여 민간 부담금 조정
	②-1-2 MVDC 배전망 접지시스템 설계	✓ 사업기간 조정
	②-1-3 MVDC 배전망 보호방식 설계	✓ 사업기간 조정
	②-1-4 MVDC 배전망 주요기기 역할 및 기능 정의	✓ 사업기간 조정
	②-1-5 재생에너지 및 부하 연계 용량 산정	✓ 사업기간 조정
②-2 MVDC 배전망 상태평가	②-2-1 계통(배전망) 및 요소기기 모델링	✓ 원안 유지
	②-2-2 정상/과도 상태 해석	✓ 사업기간 조정
②-3 AC/DC 복합 배전망 제어	②-3-1 AC/DC 복합 배전망 정상운영 기술개발	✓ 원안 유지
	②-3-2 AC/DC 복합 배전망 비정상운영 기술개발	✓ 원안 유지
②-4 AC/DC 복합 배전망 고장처리	②-4-1 MVDC 고장해석 기술개발	✓ 원안 유지
	②-4-2 MVDC 보호계전 요소기술개발	✓ 사업기간 단축 ✓ 투입인력 조정
	②-4-3 MVDC 보호협조 체계 개발	✓ 사업기간 조정
②-5 MVDC 배전망 운영체계	②-5-1 MVDC 운영시스템 DB	✓ 사업기간 조정
	②-5-2 MVDC 배전망 운영체계 개발데이터 플랫폼 통합정보모델	✓ 사업기간 조정
	②-5-3 통신전단처리장치 개발	✓ 사업기간 조정
	②-5-4 엣지 컴퓨팅 기술개발	✓ 사업기간 조정
	②-5-5 감시제어 및 이벤트 처리 기술개발	✓ 사업기간 조정
	②-5-6 사용자 인터페이스 개발	✓ 사업기간 조정
	②-5-7 가상물리시스템 기술개발	✓ 사업기간 조정

세부기술	요소기술	대안 설정 방향
②-6 AC/DC 복합 배전망 운영프로그램	②-6-1 정상운영 어플리케이션 개발	✓ 사업기간 조정
	②-6-2 비정상운영 어플리케이션 개발	✓ 사업기간 조정
	②-6-3 보호협조 어플리케이션 개발	✓ 사업기간 조정
②-7 MVDC 배전망 성능평가	②-7-1 MVDC 배전망 실시간 시뮬레이션 기술개발	✓ 사업기간 조정
	②-7-2 MVDC 배전망 운영기술/운영시스템 성능평가	✓ 사업기간 조정
	②-7-3 MVDC 배전망 운영기준 수립 기술개발	✓ 사업기간 조정

자료: 연구진 작성

- 실증연구가 중점인 3내역사업의 경우 파일럿 플랜트 구축비용은 원안을 유지하고, 연구인력이 투입되는 과제 중 동 사업과 면밀히 연계된 과제의 경우 조정을 실시하고 그 외 과제의 경우 제외함

<표 9> 3내역사업 요소기술(세부과제) 관련 주요 연구진 대안 구성(안)

세부기술	요소기술	대안 설정 방향
③-1 MVDC 배전망 파일럿 플랜트 구축	③-1-3 MVDC 배전망/핵심기기 성능시험 기술개발	✓ 투입인력 조정
③-2 MVDC 핵심기기 실증 테스트베드 연계	③-2-1 MVDC 핵심기기 테스트베드 연계	✓ 원안 유지
③-3 MVDC 체계 구축을 위한 기반기술 연구	③-3-1 MVDC 기기 제품 표준 및 인증 기준	✓ 제외
	③-3-2 MVDC 운영 및 감시 표준화	✓ 제외
	③-3-3 MVDC 체계 구축을 위한 기반기술 연구	✓ 사업기간 단축 ✓ 투입인력 조정

자료: 연구진 작성

- 대안에 대한 총사업비 검토 결과, 총사업비는 약 2,664.7억 원으로 도출
- 상기 논리에 따라, 동 사업의 정부출연금 1,904.9억 원, 민간부담금 759.7억 원으로 총 사업비는 2,664.7억 원으로 도출되었음
 - 연구진 대안에 따른 현재가치 기준(2019년 기준) 환산된 총비용은 약 2,125.1억 원임

<표 10> 연구진 대안 총사업비 검토결과

(단위: 억 원)

구분	사업계획서(A)	연구진 대안(B)	증감(B-A)
1내역사업(요소기기)	2,135.3	1,173.9	△961.4
2내역사업(운영기술)	939.3	939.3	-
3내역사업(실증)	715.0	551.5	△163.5
총사업비	3,789.5	2,664.7	△1,124.8

자료: 연구진 작성

다. 대안의 경제성 분석

- 연구진은 도출된 사업 대안에 대하여 비용효과분석을 실시
- 주관부처가 제시한 비용효과분석 방법론을 원용하되, 문제/이슈 도출의 적절성을 검토하면서 논의된 쟁점을 중심으로 효과를 재산정하였음

<표 11> 연구진 대안의 비용효과분석(안)

구분	주요 가정 및 분석결과
MVDC배전망의 효과	<ul style="list-style-type: none"> • 분산전원설비 발전용량 증가만을 효과로 인정(19.45GW) - 태양광발전 설비용량 실제치 활용, 이중지수 평활법을 이용하여 '40년까지 전망치 추정 - 태양광발전 전망치 중 전북·전남·경북 지역의 태양광발전 설비용량 수치만을 포함(63.9%)
대안 구성	<ul style="list-style-type: none"> • (대안1) 기존 AC배전망의 확장 • (대안2) AC배전망에 MVDC기술을 적용한 혼용 배전망의 확장
비용추정 주요 변수	<ul style="list-style-type: none"> • (대안1) <ul style="list-style-type: none"> - 평균 Feeder 길이: 25km - 10MW 기준 Feeder 25km 말단 접속가능용량: 7.15MW - AC Feeder 증설 필요량: 2,727개 - AC Feeder 구축비: 48.9억 원 • (대안2) <ul style="list-style-type: none"> - 평균 Feeder 길이: 25km - 10MW 기준 Feeder 25km 말단 접속가능용량: 16MW - AC 효율 대비 DC 효율 이득 비율: 98.69% - AC Feeder 증설 필요량: 1,207개 - MVAC/MVDC 컨버터 단가: 1.57억 원/MW - MVAC/MVDC 컨버터(16MW) 구축비용: 25.12억 원
동 사업 예산 적용	<ul style="list-style-type: none"> • 2,664.7억 원(대안2에만 적용)
효과발생	<ul style="list-style-type: none"> • 사업종료 다음 연도인 2029년부터 발생
효과분석기간	<ul style="list-style-type: none"> • MVDC 기술수명주기 8년

자료: 연구진 작성

- 비용효과분석결과, 대안1(기존 AC배전망 확장)에 비해 대안2(MVDC 혼용배전망 운영)가 보다 적은 비용이 소요되는 효율적 대안으로 판단되었음
- (대안1) 13조 3,282억 원(현재가치 7조 3,944억 원)
- (대안2) 9조 1,977억 원(현재가치 5조 1,675억 원)

<표 12> 동 사업 비용효과분석결과

(단위: 억 원)

구분		1안(AC망 확장)		2안(MVDC 혼용배전망 운영)	
		명목가치	현재가치	명목가치	현재가치
분산전원 증가 대응 (19.45GW)	배전선로 및 전주 구축비용	133,282	73,944	58,992	32,728
	추가장치 구축비용 (DC컨버터)	0	0	30,320	16,821
MVDC 연구개발예산 (동 사업 총사업비)		0	0	2,664.7	2,125.1
합계		133,282	73,944	91,976.7	51,674.7

자료: 연구진 작성

3. 결론 및 정책제언

가. 결론

□ 동 사업은 다음과 같은 문제점으로 인하여, 사업계획 원안에 대해선 추진 타당성 확보에 한계가 존재하였음

○ 동 사업계획 상 제시된 문제/이슈 간 명확한 연계성이 제시되지 않음

- 신재생에너지 발전원의 계통연계 지연 문제는 매년 반복 발생되고 있는 문제라는 점에서 동 사업 성과물을 통한 문제해결의 필요성이 인정됨
- 다만, 데이터센터 확대 및 전기자동차 보급 확대에 따른 DC기반 전력수요의 증가는 국내 데이터센터의 지역별 편차, 전기자동차 보급에 따른 급속충전기 보급 확대와 관련된 근거가 충분히 제시되지 못하여 인정되기 어려움
- 한편, 정부가 제시한 전기자동차용 급속충전기 보급 목표의 달성 시에는 MVDC를 통한 DC 수요 대응이 필요할 것으로 판단되나, 현 시점에 구축된 급속충전기 수준을

고려할 때 아직 급격한 증가를 판단하기 어려움

- 또한 상기 문제/이슈를 고려하여 R&D를 통한 문제해결의 필요성이 존재하더라도, 동 사업과 같이 기기 및 운영기술 전체 영역에 걸친 국고지원의 필요성은 충분히 제시되지 않음
 - 세부활동 및 과제를 설정하는 과정에서 전문가 설문조사를 통해 확정된 13대 중점 기술분야의 타당성은 충분히 확보되지 못함
 - 47개 요소기술(세부과제) 중 일부 과제의 경우 연구개발내용 및 기간 등에 있어 추진 근거가 미흡함
 - 기존 사업과의 유사·중복성에 따른 연계·협력방안의 구체성이 부족하고, 전문기관 소속 독립적 사업단 운영과 관련된 전략 및 관련 지침 제시가 미흡함
 - WTO보조금 협정 관련 위반가능성이 일부 존재하며, 소자 수급과 관련된 대책 마련이 미흡함
 - 일부 과제의 인건비 적용 근거가 미흡하고, 민간부담금 적용 상의 한계가 존재
- 동 사업기획 원안에 대한 추진 타당성은 낮으나, 계통접속 지연 문제 해결을 위한 R&D지원의 필요성이 인정됨
- 중장기적 차원의 신재생에너지 증가량을 고려할 때, 계통접속 지연문제 해결의 보완 수단으로서 MVDC 기술 활용의 필요성이 인정되었음
 - 동 사업 성과물 활용 극대화를 위한 한국전력의 사업 참여계획이 제시되었음
 - 일부 요소기술(세부과제)의 경우, 추진 필요성 및 구체성 관련 근거를 제시하였고, 요소기술별 차별성에 대한 근거가 보완되었음
 - 사업기획 원안에서 제기된 문제점을 사업 시행 전 또는 시행과정에 보완된다는 가정 하에, 예비타당성조사 결과를 바탕으로 MVDC 혼용배전망 운영을 위한 핵심 기술 위주의 사업계획 조정 및 대안을 마련함
 - 대안의 총사업비 규모는 2,664.7억 원이며, 비용효과분석을 통해 기존 AC배전망 확장 대안에 비해 MVDC 혼용배전망 개발·운영 대안이 적은 비용이 소요되는 효율적인 대안으로 분석되었음
 - (대안1: 기존 AC배전망 확장) 13조 3,282억 원(현재가치 7조 3,944억 원)
 - (대안2: MVDC 혼용배전망 운영) 9조 1,977억 원(현재가치 5조 1,675억 원)

- 동 사업 대안에 대한 AHP 평가 결과, 사업 시행을 최종 결론으로 도출함
- 동 사업의 계획은 과학기술적 타당성, 정책적 타당성, 경제적 타당성 측면에서 사업 시행에 대한 선호도가 높아 사업 추진이 적절하다는 결과를 도출함

<표 6-13> 동 사업에 대한 AHP 평가결과 요약

평가자	종합		과학기술적 타당성		정책적 타당성		경제적 타당성*	
	시행	미시행	시행	미시행	시행	미시행	시행	미시행
종합평점	0.740	0.260	0.785	0.215	0.680	0.320	0.745	0.255
평가자 수	10	0	10	0	9	1	8	1

* 경제적 타당성 점수를 0.5로 평가하여 중립인 평가자가 1명 존재하는 것으로 나타남

나. 정책제언

- 배전망 계통접속 지연 이슈는 동 사업 R&D추진을 통해 일부 해결이 가능하다는 점에서 차세대 AC/DC Hybrid 배전네트워크 기술개발사업 추진 필요성이 인정되나, 기획의 완결성 측면에서 일부 부족한 측면이 존재함
- 따라서 동 예비타당성조사를 통한 대안을 바탕으로 사업이 추진될 경우, 사업 시행 전 또는 시행과정에서 다음과 같은 문제점에 대한 보완이 요구됨
 - 신재생에너지 발전의 계통접속 지연 문제의 시급한 해결에 기여하기 위해 조속한 기술개발과 적용이 필요함
 - 무엇보다 기술개발 통합개발로드맵의 타당성 검토를 바탕으로 개별 과제 간 연계, 핵심 성능 발현의 효과성을 제고하는 것이 필요함
 - 또한 동 사업은 일련의 체계개발로서의 특징이 존재함에 따라, 혼용 배전망 운영을 위해 개발로드맵에 따라 MVDC 기기(H/W) 및 운영기술(S/W)의 개발이 적정 시점에 완료되어야 함
 - 효과적 실증 추진 및 2030년 배전망 실제 적용을 위해선 사업단의 효율적 운영과 사업단장 역량 확보가 핵심적임
 - '21년 내 사업단 운영 및 권한 등을 명확히 할 수 있는 운영지침의 조속한 추진이 필요함
 - 사업단장의 역량과 리더십은 동 사업 추진의 효과성 제고에 있어 핵심적 요인임에

- 따라, 기술 역량과 사업단 운영의 경험을 가진 전문가 공모가 충실히 이루어져야 함
- 동 사업의 기획평가관리비를 고려할 때, 매년 10억 원 수준의 사무국 예산을 책정하는 것은 사업 추진의 재정적 부담이 될 수 있으므로, 기획평가관리비 중 사무국 예산 책정은 정률(%)의 개념을 적용하여 최대 4% 수준이 합리적임
- 다만, 연도별 예산의 변화에 따라 동 사업 평가·관리를 위한 사무국 운영 예산이 충분히 확보되지 못할 경우에 대한 대응전략 마련이 시급함
- 동 사업에 대한 기획평가관리비는 정률의 개념을 적용함에 따라, 사무국 운영에 필요한 예산이 미확보되는 6·7차년도의 경우 관련 예산 운영에 한계가 있을 수 있음
 - 따라서 6·7차년도의 경우 이전년도의 평균 기획평가관리비 등을 고려하여, 최소 운영비용을 마련하는 것이 필요함
- 동 사업 성과물 관련하여 배전망의 적용 가능성을 제고하기 위해선 한국전력 등 송배전 사업자의 적극적인 사업 참여 및 연구개발과정의 상호 검토가 요구됨
- 동 사업 추진 시 활용가능한 유사과제 검토가 추진된 바 있으나, 구체적인 연계 및 활용 방식은 제시가 미흡하였음
- 향후 구체적 연계방식 마련을 바탕으로 성과물의 효과성 제고가 필요함
- 동 사업에서 제외된 MVDC 표준 연구개발과제는 향후 기술 도입 시 표준선점의 중요성을 고려할 때, 전력분야의 표준화 지원체계 내에서 별도 추진할 필요가 제기됨

차세대 AC/DC Hybrid 배전네트워크 기술개발사업

제 1 장 사업 개요 및 조사방법

제 2 장 기초자료 분석

제 3 장 과학기술적 타당성 분석

제 4 장 정책적 타당성 분석

제 5 장 경제적 타당성 분석

제 6 장 종합분석 및 결론

제 1 장 사업 개요 및 조사방법

제 1 절 사업 개요

총 사업비		3,790억 원 (국비 : 2,655억 원, 민자 : 1,135억 원)	사업 기간	2022년~2028년 (7년)
추진 주체	주관부처	산업통상자원부/분산에너지과		
	주관기관	한국에너지기술평가원		
사업목표		<ul style="list-style-type: none"> ○ (비전) MVDC 도입을 통해 정부의 신재생에너지·분산전원 발전량 확대 목표를 달성하고 전력 수요 집중·증가 대응을 통해 경제성장의 기반 조성 ○ (목적) 2030년 AC/DC 혼용 배전망 운영을 위한 MVDC 핵심기술 확보 		
추진체계		<ul style="list-style-type: none"> ○ 사업수행주체 <ul style="list-style-type: none"> - 산학연 컨소시엄의 공모를 통해 주관기관을 선정, 세부사업별 총괄 주관기관과 에너지기술PD를 중심으로 사업 성과활용을 극대화 할 수 있도록 추진체계 마련 <div data-bbox="502 993 1130 1352"> <pre> graph TD MOTIE[산업통상자원부 Ministry of Trade, Industry and Energy] SSC[사업심의위원회] PIC[사업실무위원회 (기획위원회, 평가위원회)] OWC[운영위원회] KETEP[한국에너지기술평가원] C1["(총괄) AC/DC Hybrid 배전망 요소기술"] C2["(총괄) AC/DC 하이브리드 배전망 운영기술"] C3["(총괄) AC/DC 배전망 테스트베드"] P1["주관기관1 ... 주관기관N"] P2["참여기관1 ... 참여기관N"] MOTIE --- SSC MOTIE --- PIC SSC --- OWC PIC --- OWC PIC --- KETEP OWC --- C1 OWC --- C2 OWC --- C3 C1 --- P1 C2 --- P1 C3 --- P1 C1 --- P2 C2 --- P2 C3 --- P2 </pre> </div> <ul style="list-style-type: none"> ○ 사업추진체계(사업수행주체 간 역할분담) <ul style="list-style-type: none"> - 산업통상자원부: 사업 추진방향 및 주요 의사결정 역할 수행 - 사업심의위원회: 사업기획 결과 및 과제 선정·평가·관리 전반에 걸친 심의·조정을 추진하고, 총괄 자문역할 수행 - 사업실무위: 사업 중장기 방향 수립 및 당해 연도 공모과제 선정을 위한 기획방향 제시 및 결과 점검 - 에너지기술평가원 : 연도별 사업추진계획 수립, 과제 구성 및 주관기관 선정, 전담기관으로서 기획·평가·관리 등 지원업무 수행 - 총괄/주관/참여기관 : 과제 수행 및 세부과제 관리 - 운영위원회 : 목표달성을 위해 과제 간 상호연계 및 진도관리 		

1. 사업 추진배경 및 목적¹⁾

- (문제/이슈) 신재생에너지/분산전원의 확대와 전력수요의 집중·증가 등으로 배전 환경이 변화하고 있으나, 현행 AC 배전망 체계로 대응하는 것에는 근본적 한계 존재
 - (배전설비 확장 한계) 배전망 용량이 포화되어 구축된 분산전원을 연결할 수 없고, 주민의 반대로 인해 새로운 배전시설의 확충 역시 어려움
 - (배전계통 제어 한계) 현재의 배전계통은 수동적 단방향 전력의 흐름으로 구성되어 전력 제어의 한계 존재
 - (전력변환 손실 증가) DC 수요 측면에서 AC/DC 변환은 전력 효율 측면에서 손실이 발생함



[그림 1-1] 주요 문제/이슈

- 정부의 단계적 원전 감축과 재생에너지 및 분산전원 확대정책을 뒷받침하기 위한 인프라 구축과 도심의 배전망 인프라 운영·관리가 필요한 상황
 - 재생에너지 확대는 전체 계통 안정성에 영향을 미치며, 분산형 에너지 확산은 포화된 배전망 증설 이슈와 연계되므로 계통의 안정성과 효율성 확보하기 위한 인프라 구축 필요
 - 고밀도 도시, 콤팩트 시티 확산, 분산전원, 전기차 급속충전소와 같은 도심내 전력 공급과 수요 집중 현상에 따른 배전망 인프라 운영·관리에 대한 대응이 요구되고 있음
- 주관부처는 동 사업을 통해 MVDC 기술개발 및 적용으로 배전 연계 전력수요 대응 및 안정적 전력공급 환경을 구축하고자 함

1) 동 사업 기획보고서를 바탕으로 작성됨

2. 사업추진 경위²⁾

☐ 착수회의

- (2019.11.26.) 기획 추진체계 및 구성, 기획 추진 전략 및 방향 논의

☐ 현황 분석 및 사업구조 설계

- (2019.12. ~ 2020.02.) 실무위원회의 (총 4회)
 - 사업 추진배경, MVDC 기술 현황 분석, 시사점, 실증범위, 기술개념도 및 논리모형 등 논의

☐ 산학연관 전문가 총괄위원회의

- (1차, 2020.01.31.) MVDC 개념 정의, 기술 특징점 논의 및 사업추진 방향 등 논의
- (2차, 2020.04.27. ~ 2020.05.04.) 사업기획 결과 최종 검토

☐ 세부 사업계획 수립 및 경제성분석

- (2020.02. ~ 2020.04.) 분과위원회(총 10회)
 - 사업논리모형, 세부설계방향, 세부과제 추진 계획, 요소기기분과 설계 사양, 세부기술 구성방향, 세부사업 내 과제 과제계획서 등 논의
 - MVDC 비용효과 분석 개념, 분석 최종 결과 검토
 - 세부 성능지표, 성과목표, 세부사업간 연계성 및 정합성 검토 등 논의

☐ MVDC 사업기획 의견수렴을 위한 서면 공청회

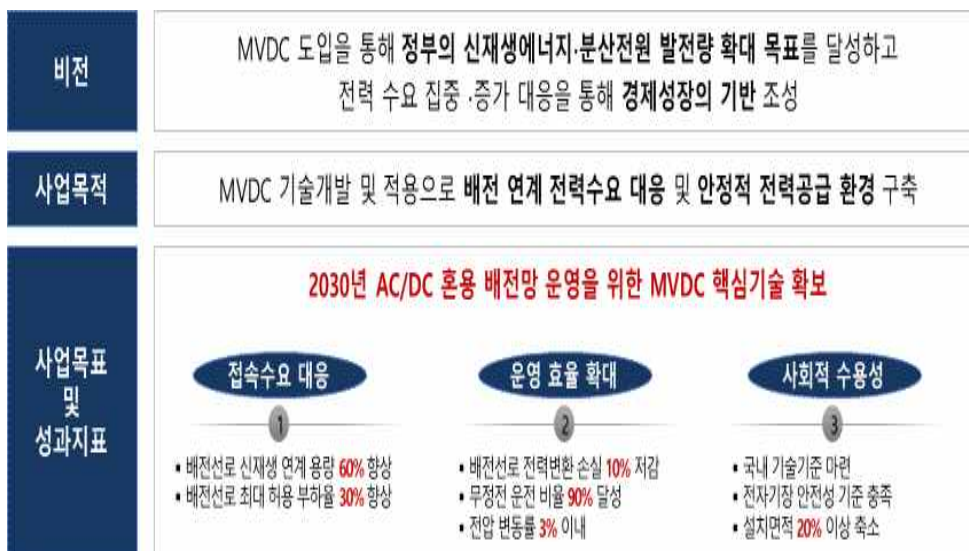
- (2020.04.23. ~ 2020.05.01.) 사업기획 결과 관련 분야 전문가 의견 수렴

2) 동 사업 기획보고서를 바탕으로 작성됨

3. 사업 내용³⁾

가. 사업 주요 내용

- (사업 유형) 성장형 사업
- (사업비전) MVDC 도입을 통해 정부의 신재생에너지·분산전원 발전량 확대 목표를 달성하고 전력 수요 집중·증가 대응을 통해 경제성장의 기반 조성
- (사업목표) 2030년 AC/DC 혼용 배전망 운영을 위한 MVDC 핵심기술 확보
 - (접속수요 대응) 배전선로 신재생 연계 용량 60% 향상, 배전선로 최대 허용 부하율 30% 향상
 - (운영효율 확대) 배전선로 전력변환 손실 10% 저감, 무정전 운전비율 90% 달성, 전압 변동률 3% 이내
 - (사회적 수용성) 국내 기술기준 마련, 전자기장 안전성 기준 충족, 설치면적 20% 이상 감소



[그림 1-2] 사업의 비전 체계도

자료: 동 사업 기획보고서

3) 동 사업 기획보고서를 바탕으로 작성됨

나. 사업 추진체계

- ☐ (산업통상자원부) 동 사업의 총괄, 사업의 추진방향과 주요 의사결정 역할 수행
- ☐ (한국에너지기술평가원) 사업 추진계획 수립, 과제 구성, 주관기관 선정, 기획·평가 관리 등 지원업무 등 전반적인 실무 담당
- ☐ (사업심의위원회) 사업기획 결과 및 과제 선정·평가·관리 전반에 걸친 중요한 사업추진결과를 심의·조정하고 상시적인 총괄 자문 역할을 수행
- ☐ (사업실무위원회) 사업의 중장기 방향 수립 및 당해연도 공모과제 선정을 위한 기획방향 제시 및 결과를 점검
- ☐ (총괄/주관/참여기관) 과제가 총괄과제 및 세부과제로 구분되는 경우 총괄과제 및 세부과제 관리 수행
- ☐ (운영위원회) 사업 목표달성을 위하여 총괄 과제간 상호연계 및 진도 관리 수행



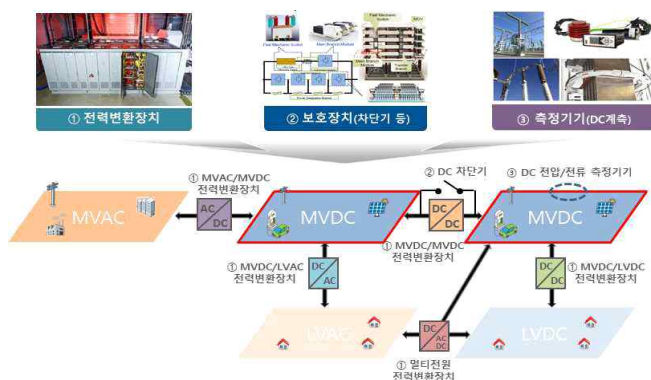
[그림 1-3] 사업 추진체계

자료: 동 사업 기획보고서

다. 사업 구성

☐ 세부사업 구성

- (요소기기) HVDC/LVDC 개발 경험과 기술은 연계 활용하고, MV급 DC망 구성을 위해 새로운 기술개발이 필요한 H/W 측면의 전력변환장치와 보호장치 등을 중심으로 개발



[그림 1-4] 동 사업의 주요 요소기기 개발 분야

자료: 동 사업 기획보고서

- (운영기술) 요소기기와 통합·관리를 연계하여 기존 AC망 위에 신규 MVDC망이 효과적으로 운영될 수 있는 S/W 측면의 AC/DC 하이브리드 운영기술 개발



[그림 1-5] 동 사업의 주요 운영기술 개발 분야

자료: 동 사업 기획보고서

- (배전망 테스트베드) 개발된 MVDC 요소기기와 운영기술의 성능 시험을 위한 파일럿 플랜트 구축 및 기존 실증형 테스트베드 활용

□ (사업기간) 2022~2028년(총 7년)

□ (총사업비) 3,790억 원(국비 2,655억 원, 민자 1,135억 원)

<표 3> 내역사업별 예산

세부사업	세부기술	사업비	정부	민간
① AC/DC Hybrid 배전망 요소기기	①-1. MV DC/DC 컨버터스테이션 핵심기술개발	674.9	403.9	271.0
	①-2. MV AC/DC, DC/AC 컨버터스테이션 핵심기술개발	834.7	499.5	335.1
	①-3. MV 멀티터미널 직류차단 핵심기술개발	126.6	75.8	50.8
	①-4. MVDC 보호기기 핵심기술개발	110.0	65.8	44.2
	①-5. MVDC 계측진단 핵심기술개발	389.1	232.9	156.2
	소 계	2,135.3	1,277.9	857.4
② AC/DC 하이브리드 배전망 운영기술	②-1. 양방향 AC/DC 복합 배전망 설계기술 개발	137.0	104.0	33.0
	②-2. MVDC 배전망 상태평가 기술개발	37.8	28.7	9.1
	②-3. AC/DC 복합 배전망 제어 및 에너지관리기술개발	50.3	38.2	12.1
	②-4. AC/DC 복합 배전망 고장처리 기술개발	87.9	66.7	21.2
	②-5. MVDC 배전망 운영체계 개발	244.8	185.8	59.0
	②-6. AC/DC 복합 배전망 운영프로그램 개발	72.6	55.1	17.5
	②-7. MVDC 배전망 성능평가 기술개발	308.9	234.4	74.5
	소 계	939.3	712.7	226.5
③ AC/DC 배전망 테스트베드	③-1. MVDC 배전망 파일럿 플랜트 구축	492.2	492.2	-
	③-2. MVDC 핵심기기 실증 테스트베드 연계	13.1	13.1	-
	③-3. MVDC 체계 구축을 위한 기반기술 연구	209.7	159.1	50.6
	소 계	715.0	664.4	50.6
총 사업비		3,789.5 (100%)	2,655.1 (70%)	1,134.5 (30%)

자료: 동 사업 기획보고서

제 2 절 조사방법

1. 과학기술적 타당성 분석

□ 문제/이슈 도출의 적절성

- MVDC(AC/DC Hybrid) 기술개발을 통해 해결하고자 하는 문제 및 이슈*의 적절성 여부를 검토

* 배전망의 접속용량 포화, DC전원 확대, 배전계통의 복잡도 증가 등

- AC/DC Hybrid 배전망 구현을 위한 국내외 기술개발 동향 분석 및 기획보고서 상 기술개발 동향 분석결과의 적절성 검토

- 선행사업의 성과분석을 통한 이슈 발굴 및 사업기획 반영의 타당성 여부 검토

- 대학·연구기관 등 주요 연구기관의 수요 파악과 의견 수렴, 사업기획위원회 운영 등을 통한 문제/이슈 도출 과정의 적절성 여부 검토

- 문제/이슈 기반의 세부사업 도출 과정 및 근거의 타당성을 검토함

□ 사업목표의 적절성

- 배전설비 용량 한계 및 고전압 DC부하 증가 등 문제/이슈에 대하여 동 사업 추진을 통한 해결가능성을 검토함

- 성과목표와 사업목적 간 관련성 및 문제 해결정도, 성과목표 도출의 타당성 및 측정방법의 구체성과 실효성 검토 추진

- MVDC 핵심기능과 성과지표 간 연계성 및 하위 세부기술별 성과지표의 구조화 여부 검토

- 동 사업 수혜자 표적화의 적절성 여부 검토

□ 세부활동 및 추진전략의 적절성

- 이슈 해결 관점의 세부 기술분야 확정* 관련 타당성 분석

* 기술 중점영역 도출, 기술 분류체계 구성, 우선순위 설정 등

- 실증 테스트베드의 구축 필요성* 검토

* 기존 테스트베드의 활용 가능성 및 신규 파일럿 플랜트 설치의 타당성 등

- 과제 특성을 고려한 선정방식 및 사업 관리방안의 타당성 여부 검토
- 요소기술별 연구기관의 기술개발 추진가능성 및 명시된 세부 요소기술 선정과정의 타당성 검증

2. 정책적 타당성 분석

☐ 정책의 일관성 및 추진체제

- 과학기술기본계획, 에너지기술개발계획 등 정부 R&D정책 및 동 사업 관련 유관 계획과의 연계성 여부 분석
- 과학기술정보통신부 및 산업통상자원부 유사 사업들과의 차별성 및 별도 사업 추진의 당위성 검토
- 주관부처 및 전담기관(한국에너지기술평가원), 수요기업 등의 연계 및 협력방안 관련 적절성 검토

☐ 사업 추진상의 위험요인

- 참여의향 제출기업의 R&D투자 규모 및 민간매칭 규모 간 비교 검토를 통해 민간부담금 조달가능성 검토
- 산업통상자원부 전력산업기반기금 등 정부 차원의 신규재원 조달가능성 분석

3. 경제적 타당성 분석

☐ 경제적 타당성

- 내역사업별 과제 비용 산정과정의 타당성 검토
- 유사사례 추정을 통한 과제비용 도출의 타당성 및 간접비 규모의 타당성 검토, 세부과제별 정부지원 및 민간부담금 규모의 적절성 분석 등 실시
- 비용효과분석 방법론 적용 및 분석결과의 타당성 분석

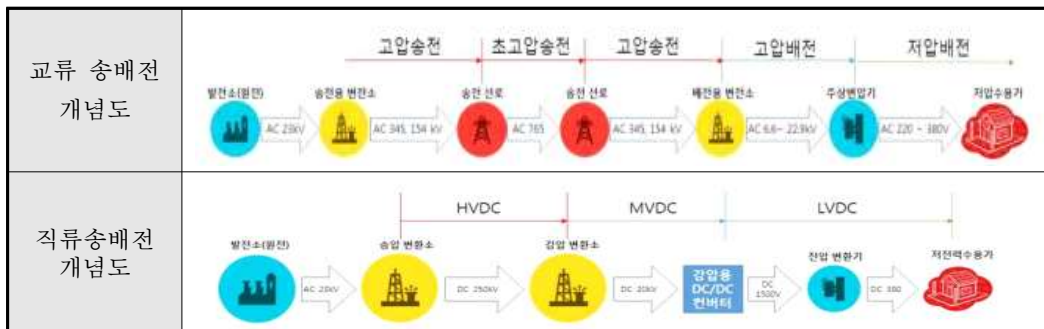
제 2 장 기초자료 분석

제 1 절 직류송배전 기술 개요

1. 직류송배전 개념⁴⁾

- 직류(DC: Direct Current)송배전은 직류기반의 배전시스템을 구성하여 직류부하에 직접 직류전원을 공급하는 동시에 변환손실(AC/DC)을 줄여 전기계통의 효율을 높이는 기술임
- (목적) 배전시스템을 교류에서 직류로 변경하여 직류부하에 공급하는 전력변환 단계를 줄이는 한편, 분산전원의 직류출력을 직류부하인 디지털 부하와 직접 연계함으로써 에너지효율 향상
 - AC 전원 공급방식에서는 각 기기에 AC로 전력을 공급한 뒤 기기마다 장착된 AC 어댑터 등의 AC-DC 컨버터를 통해 DC로 변환 과정에서 전력 손실 발생
 - 한편, DC 전원 공급방식은 AC-DC 변환(회수)을 줄이며, 고효율 변환을 통해 전력 손실 절감 가능
- (적용 분야) DC 계통은 옥내 수용가에 적용되거나, 공장, 선박, 마이크로그리드 단지 등 독립망 구성을 통해 전력 공급이 용이한 곳에 적용되는 기술을 포함

<표 2-1> 교류/직류 송배전 개념도

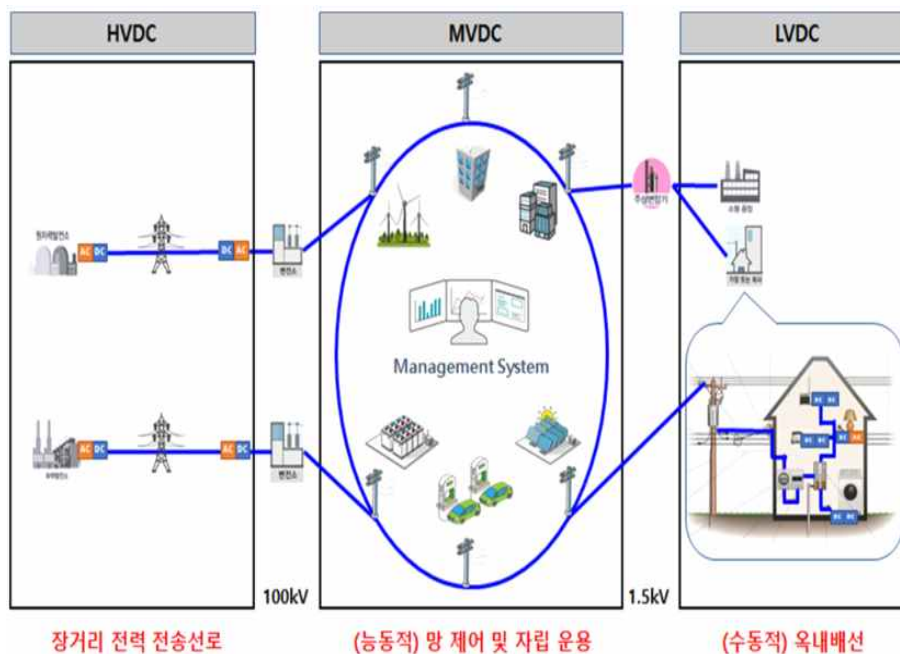


자료: 한국과학기술기획평가원(2015), 「multi-terminal 직류송배전 시스템 개발사업 예비타당성조사 보고서」

4) 동 사업 기획보고서, 조진태(2018a) 내용을 토대로 요약

2. 직류송배전 기술 분류

- 직류는 전압 범위에 따라 LVDC(Low Voltage Direct Current), MVDC(Medium Voltage Direct Current), HVDC(High Voltage Direct Current)로 분류함
- LVDC는 IEC⁵⁾에서 1.5kV($\pm 750V$)를 표준 전압으로 규정, HVDC는 CIGRE⁶⁾에서 $\pm 100kV$ 이상의 전압으로 정의
- MVDC는 기존 송전계통에 적용되는 HVDC와 수용가에서의 LVDC 사이 전압 레벨 및 전송용량을 갖는 직류 선로 활용 시스템을 의미
 - 아직 기술 초기 단계이므로 국내외로 명확하게 정의된 표준 전압은 없으며, CIGRE의 MVDC 타당성 연구를 통해 LVDC와 HVDC 사이 전압인 1.5~100kV 전압 범위에서 MVDC 활용도에 부합하는 표준 전압에 대한 논의 진행 중에 있음



[그림 2-1] MVDC 기술 개념 및 범위

자료: 동 사업 기획보고서

5) International Electrotechnical Commission : 전기전자기술 분야의 국제 표준기구

6) Conseil International des Grands Reseaux Electriques : 1921년 창립된 프랑스 파리에 본부를 두고 있는 세계 최대 전력 분야 연구 단체

<표 2-2> 직류송배전 기술별 특징점

구분	전압 범위	주목적	특장점
수동적 저압 육내배전 - LVDC	1.5kV 이하	수용가 연계	<ul style="list-style-type: none"> • DC 변환효율 향상 • DC 가전설비의 경량화 가능 • 전기품질 향상 • 인체 안전성 제고
능동적 망 제어 및 자립 운용 - MVDC	1.5kV ~100kV	중규모 계통 연계	<ul style="list-style-type: none"> • 배전망 제어/독립운전 : 망의 유연한 제어로 이용 효율성 확보 및 사고 발생 시 독립운전이 가능 • 용량증대 : 기존 AC 선로의 DC화를 통한 용량확대 효과로 분산전원 연계 시 추가 배전선로 회피 가능 • DC 변환효율 향상 : 개별 변환이 아닌 일괄 변환 및 공급에 따른 효율 향상 및 비용 절감 • 1.5kV~100kV 중규모 중장거리 전력 전송 : 중소규모 신재생에너지 단지 등은 수요지와의 먼 거리로 인해 저압 송전 시 손실이 크므로 MVDC급 전력전송 활용 • 이중 주파수 그리드 간 연계
대규모 장거리 전력 전송 - HVDC	100kV 이상	지역 간 대용량 송전	<ul style="list-style-type: none"> • 100kV 이상 대규모 장거리 전력 전송 : 전송효율 향상 및 장거리 지상/지중 전송 시 경제성 확보 • 신규 인출선로 확보 : AC 대비 설비의 소형화 및 전자기장 유해성 해소 • 조류제어 : 교류 송전선로 사이에서 HVDC 선로를 통한 제어로 선로 이용률 향상 • 사고여파 및 고장전류 차단 : 환상망 전력계통 분리 가능 • 그리드 연계 : 이중 주파수 그리드 간 연계 용이

자료: 한창희 외(2019), 「MVDC(Medium-Voltage Direct Current) 기술 동향」 및 동 사업 기획보고서 바탕 재정리

제 2 절 직류송배전 관련 정책 동향

1. 해외 정책 동향⁷⁾

- ☐ 주요 해외국가들은 재생에너지 확대와 에너지효율 향상 비중 확장 추세에 따라 석탄·원자력 발전은 환경과 안전을 이유로 축소 또는 정체
 - 재생에너지 공급확대와 효율 향상 등을 새로운 서비스 창출 및 환경보호 정책 강화 추진
- ☐ 미국 : 노후 전력망 현대화, 전력효율화
 - 노후화된 전력망 현대화를 위한 정부 주도 초기 투자 추진
 - 용자지원, 실증사업, 표준화·인증, 인력양성 등 4개 분야에 약 45억 달러를 투자하여 '16년까지 민관 공동으로 80억불 규모로 투자 추진함

<표 2-3> 미국 전력망 현대화 지원 주요내용

구분	주요내용
용자	소비자서비스, AMI, 배전망, 송전망, 장비제조 등 5개 분야에 34억불 지원
실증	16개 지역별 실증사업, 16개 에너지저장 사업에 0.6억불 지원
표준화	전력회사별 정보를 표준화하여 ①소비자가 자기정보를 확인,②동의 후 서비스사업자에게 정보를 제공하는 '그린버튼' 플랫폼 출범('12.1월)

자료: 산업통상자원부(2017a), 「제2차 지능형전력망 기본계획」

- 온실가스 및 환경보호 목적 추진하는 전통적인 에너지 산업 법안 및 규제 철폐
 - 청정발전계획(CPP, Clean Power Plan) 폐지 후, '적정 청정 에너지규정(ACE, Affordable Clean Energy Rule)' 발표
 - 수송부문 효율 정책인 평균연비기준(CAFE, Corporate Average Fuel Economy) 하향 조정
- 셰일, 가스, 원유 등 화석연료 생산 확대를 통해 OPEC, 이란 등 외국산 석유 의존도를 극복하여 완전한 에너지 독립 추진

7) 산업통상자원부(2017a), 에너지경제연구원(2018), 한국에너지공단(2019) 내용을 토대로 요약

□ 일본 : 제5차 에너지기본계획

- 일본 정부는 2018년 「제5차 에너지기본계획」을 통해 2030년까지의 주요 목표 제시
 - 온실가스를 2013년 대비 2030년 26% 감축 목표 달성을 위해 발전량 기준 전원 믹스를 신재생에너지 22~24%, 석유 3%, 가스 27%, 원자력 20~24로 제시
 - (에너지효율증진) 「에너지절약법」에 입각하여 실질 에너지효율 35% 제고를 위한 조치와 지원책을 일체 실시
 - (전원구조 개편) 태양광, 풍력 등 재생에너지를 '주력전원'으로 설정, 원전은 에너지공급 안정성에 기여하는 역할로 설정하되 의존도는 감축할 것임을 명시
- 전력계통 유연성 확보를 위해 전국 단위 수급조정시장을 2020년까지 마련 계획
 - 기존 선착순전력계통접속방식에서 계통을 최대한 활용 가능한 일본판 접속 후 운영하는 C&M(Connect and Manage) 방식으로 변경 검토
 - C&M 방식은 전력계통에 접속 가능한 여유 용량이 있을 때 발전사업자의 요청에 따라 일정 조건에서 접속 허용하는 제도

<표 2-4> 일본 주요 에너지원별 전원구조 목표 및 과제

	전원구조 목표		주요 과제
	동일본대지진 전	2030년	
재생에너지	10%	22~24%	<ul style="list-style-type: none"> • 저비용화 • 계통제약 극복
원자력	10%	22~24%	<ul style="list-style-type: none"> • 후쿠시마 복구 및 재생 • 의존도를 저감하되 안정성 제고를 통한 재가동
화석연료	65%	56%	<ul style="list-style-type: none"> • 고효율 화력발전 유효활용 • 재해 리스트 대응 강화

자료: 한국에너지공단(2019), 「2019 KEA 에너지편람」

□ 영국 : 청정성장 전략

- 영국은 2013년에 「에너지법(The Energy Act)」를 통해 ①안정적 에너지 공급, ②에너지 경쟁력 제고, ③저탄소 경제로의 전환 정책 기조를 설정
 - 해당 기조를 바탕으로 탈석탄 정책추진, 원자력·가스 역할 유지, 신재생 에너지 확대, 셰일자원 개발확대 등을 정책방향으로 설정 및 이행하고 있음
- 2017년 저탄소사회 실현과 경제성장을 동시에 추구하기 위해 '청정성장 전략 이니셔티브(Clean Growth Strategy Initiative)」를 채택하여 저탄소 성장분야 중점 지원과 석탄발전소 단계별 폐쇄 계획 제시
 - (2030년) 연료전환, 수송부문 화석에너지 축소, 가정 및 건물부문의 에너지 고효율화 등 발전부문별 추진방향을 제시
 - (2050년) 영국 에너지시스템 개편경로로서 에너지 소비의 전력화 심화, 수소 에너지 시스템 확충, 온실가스 배출원 차단 등 제시

<표 2-5> 영국 에너지 정책 주요 추진방향 및 목표

부문	전략 추진 주요 방향 및 목표
(현재~2032년)	
산업/공공	<ul style="list-style-type: none"> • 온실가스 배출량 30% 감축 • 탄소합량 최소 14% 감축
건물	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지소비 9% 감축 • 가스보일러의 저탄소 난방시스템 전환 • 온실가스배출량 19% 감축
수송	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지소비 30% 감축 • 전기자동차와 같은 저공해 차량 전환을 통한 배출 집약도 44% 개선 • CO₂ 배출 29% 감축
발전	<ul style="list-style-type: none"> • 청정연료 전원비중 80%로 확대 • 스마트 전력수급 시스템 도입을 통한 발전 효율 개선 • 발전부문 CO₂ 배출 80% 감축
(현재~2050년)	
에너지 소비의 전력화	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지소비 구조를 전력 중심체제로 개편 ('15년 대비 전력소비 80% 증대 전망) • 100% 청정전원(재생에너지 및 원자력)체제 구축 도모
수소 에너지 시스템 확충	<ul style="list-style-type: none"> • 수소에너지 시스템 및 생산공급 시스템 구축 • 천연가스 수소화 산업공정 및 CCUS 기술 적용
CO ₂ 제거 기술 개발 적용	<ul style="list-style-type: none"> • 농림업 및 바이오매스 발전부문에 CCUS 기술 개발 및 적용

자료: 에너지경제연구원(2018), 「세계 에너지시장 인사이트」; 한국에너지공단(2019), 「2019 KEA 에너지편람」 재인용

□ 프랑스 : 에너지전환법

- 1970년대 석유파동 이후, 원자력 발전 중심의 에너지 정책을 지속해 온 프랑스는 후쿠시마 원전사고 이후 탈원전을 추진하며 다양한 에너지원 확보에 주력
- 2015년 8월, 프랑스 정부는 파리기후협약을 위한 모범적 선례를 만들기 위해 기후변화대응 및 에너지전환의 내용을 담은 「에너지 전환법」을 제정
 - 원자력 발전 비중을 기존 75%에서 2025년까지 50%로 점진적으로 낮추는 목표와 온실가스 감축을 통한 기후변화에 대응하고 신재생에너지 확대하는 정책방향 제시

□ 독일 : 에너지전환(Energiewende)

- 에너지·기후변화 대응을 위해 「에너지구상 2010(Energy Concept 2010)」에 기초하여 「에너지전환(Energiewende)」 정책을 수립 및 추진
 - EU 지침 등을 기반으로 2050년까지 온실가스 감축량, 재생에너지 보급, 에너지 소비 효율성 증가의 단계적 목표 제시
 - 탈원전을 추구하되 온실가스 감축목표 달성을 위해 원전 사용 기한을 기존계획 대비 8~14년까지 연장 계획

<표 2-6> 독일 에너지 부문별 중간 목표 및 주요 정책 내용

부문	2030년 목표 감축 비율 (‘90년 대비)	주요 내용
에너지	61~62%	<ul style="list-style-type: none"> • 갈탄산업의 단계적 폐쇄와 이로 인한 영향지역의 지역자금 지원 등 구체적인 대응책 마련
산업	49~51%	<ul style="list-style-type: none"> • 신기술 및 공정 개발, 탄소 포집 및 저장을 통한 감축 목표
건물	66~67%	<ul style="list-style-type: none"> • 2020년에 화석난방 기술 지원 프로그램 중단 및 재생에너지 기반 시스템 지원 강화 • 에너지전환의 디지털화에 관한 법안 제정
수송	40~42%	<ul style="list-style-type: none"> • 바이오연료 중요성 강조 • 대중교통, 철도 운송 등 수송부문 온실가스 목표를 위한 추가적 정책 필요성 강조

자료: 한국에너지공단(2019), 「2019 KEA 에너지편람」

□ 중국 : 청정에너지 구축

- 중국은 2020년까지 에너지정책 기조를 에너지믹스 최적화, 효율 제고, 청정에너지 구축 등으로 설정에 따른 세부 정책 수립
 - 「제13차 5개년 계획(‘16~’20)」과 「에너지발전 13.5 계획」 발표
 - 과거 에너지 확보 중심 소극적인 정책에서 스마트 에너지 시스템 구축 등 현대적인 에너지시스템 구축 계획
- 2017년 ‘에너지 생산 및 소비 혁명 전략(2016~2030)’에서는 2020년 목표 반영함과 동시에 2030년까지 장기 전략 제시
 - 비화석 에너지(20%) 및 천연가스(15%) 비중 확대와 에너지 소비 주체를 석탄에서 청정에너지로 전환할 것을 제안
 - 재생에너지와 천연가스 공급역량 강화 등 에너지 생산 역량 제고뿐만 아니라 세계 에너지 협력 네트워크 구축 추진 등 협업 강화 병행 방침
- 기후변화대응 및 중국 대기환경 개선을 위한 석탄의존도 감축정책 지속 추진
 - (청정에너지 대체) 「청정에너지 소비 행동계획(2018~2020)」 바탕, 2020년까지 송전망 접속능력 부족, 전력공급 불안정성 등으로 생산된 전력 일부가 전력망에 연계되지 않아 사용되지 못하는 현상으로 나타나는 전국 평균 기풍·기광·기수율을 5% 이하로 감소 계획
 - (전력공급 인프라 확충) 삼북 지역의 상하이 마오-산둥 린이 간 약 800kV 초고압 직류 송전로 개통 등을 통해 신규 송전능력을 22GW까지 확대 계획
 - (천연가스로 대체) ‘남기북상(남북지역 가스를 북부지역으로 수송)’ 프로젝트 추진, 천연가스 파이프라인 등 관련 인프라 확대 계획

2. 국내 정책 동향⁸⁾

□ 국내의 분산형 전원의 지속적 확대와 직류배전망 및 계통체계 정비 내용을 담은 정책과 정책목표 달성을 위한 직류송배전(MVDC) 관련 R&D 계획을 살펴봄

<표 2-7> 국내 직류송배전(MVDC)관련 국가 상위계획

구분	상위계획 명	유관 주요내용	담당부처
정책	제3차 에너지기본계획 (2019~2040)	<ul style="list-style-type: none"> 2040년 재생에너지 발전비중 30~35%로 확대, 분산형·참여형 에너지 시스템 확대 및 계통체계 정비 수요지 인근 분산형 전원 발전량 비중을 '40년 30%로 확대('17년도 12%) 분산형 전원 확대, 계통체계 정비 	산업부
	제8차 전력수급기본계획 (2017~2031)	<ul style="list-style-type: none"> 분산형 전원의 지속적 확대와 재생에너지 확대에 필요한 인프라 보강 신재생 확대에 따라 분산형 비중은 '30년 총 발전량의 18.4% 전망 재생에너지의 전력망 접속 지연을 해소하기 위해 계통 인프라를 신속히 보강하고, 재생에너지 유망 지역에는 선제적 투자 추진 	산업부
	제2차 지능형 전력망 기본계획 (2018~2022)	<ul style="list-style-type: none"> DC 배전시스템 R&D를 통하여 국가 전력시스템 고도화 5년간 국가 전력시스템 고도화에 약 2조 5,000억원 투자 스마트그리드 확산 기반 조성을 위해 향후 5대 부문별 기술개발에 4,000억 원 투자 계획, 주요 세부기술에 DC 배전시스템이 포함 	산업부
R&D	제4차 과학기술기본계획 (2018~2022)	<ul style="list-style-type: none"> 120개 중점과학기술 중 “고효율 전력수송기술”은 전력 시스템의 효율성과 신뢰성을 획기적으로 증가시키는 차세대 전력수송기술로 직류 송배전 기술을 포함 	과기부
	제4차 에너지기술개발계획 (2019~2028)	<ul style="list-style-type: none"> ‘지능형 전력망 분야에서 재생에너지 확대에 따른 안정성 확보 및 분산형 에너지 확산을 위한 직류 송배전 (HVDC, MVDC) 시스템 개발 분산에너지 확산에 따른 신재생 수용성 확보를 위해 2030년까지 MVDC 직류배전운영 시스템 기술을 확보하여 AC-DC 혼용 운전 	산업부
	제5차 신재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획 (2020~2034)	<ul style="list-style-type: none"> 기존 신재생에너지 보급방식·기술 계통 등의 한계 극복을 위한 정책 과제 제시 기술한계 돌파 및 에너지 안보 강화 도전과제를 위한 대응방향으로 차세대 전력계통 기술개발 계획 AC/DC 하이브리드형 전력망으로 전환 투자 계획 	산업부

자료: 동 기획보고서 및 산업통상자원부(2020), 「제5차 신재생에너지기본계획」 토대로 연구진 요약

8) 산업통상자원부(2017a, 2017b, 2019a, 2019b, 2020), 과학기술정보통신부(2019), 동 사업 기획서 내용을 토대로 요약

- 「제3차 에너지기본계획」은 2040년 재생에너지 발전 비중 30~35%로 확대, 분산형·참여형 에너지 시스템 확대 및 계통체계 정비 등을 계획을 담아 수립(산업통상자원부, 2019a)
- 5대 중점 추진과제 중 ‘분산형 참여형 에너지 시스템 확대’를 통해 분산전원 연계를 위한 직류 계통체계 MVDC 구축과 전력계통 유연성 증대를 위한 계획 제시
- (직류 계통체계 구축) 재생에너지 계통수율 제고, 전력배전용량 증대 등을 위해 MVDC 적용 마이크로그리드 전력망 구축* 계획 제시
 - * 신재생에너지단지·도서 연계 등 대용량 분산형 전원연계, 전기차 충전장치 연계 직류 배전망 등 전력설비 고밀도 지역의 집중화 해소를 위한 기술개발 및 실증
 - 직류 공급(재생에너지, 연료전지, ESS), 직류 부하(전기차 충전, 데이터센터, IT기기) 확산에 대응하여 변환손실 저감을 통해 전력망 효율을 향상
 - 세계시장의 확대*에 대비, 직류 송배전시스템 산업(컨버터·제어플랫폼 제작 및 설치, 컨설팅, 시스템 유지보수) 육성을 위한 지원체계** 마련
- * MVDC 시장규모는 '18년 5.8억불에서 '30년 16억불로 성장 예상(Navigant Research)
- ** (예시) ① DC 에너지신산업 창업성장기업 지원, ② DC기기 시험인증센터, ③ 트랙레코드 확보 및 상용화를 위한 DC 그리드 테스트베드 구축
- (전력망 관리체계 고도화) 국가 전력망의 안정적, 효율적 운영을 위해 전력망 ICT 인프라 확충 등 국가 전력시스템 고도화 추진
- (계통 연계 R&D 추진) 스마트 배전, 전력 저장 기술, 전력계통 안정화 및 효율 개선 등 대규모 전력계통 연계기술 개발 추진

- 「제8차 전력수급기본계획」은 분산형 전원의 지속적 확대와 재생에너지 확대에 필요한 인프라 보장 등 2031년까지의 전원설비 구성을 담아 수립(산업통상자원부, 2017b)
- 제7차 전력수급기본계획 마련된 분산형 전원 구체적 정의와 기준을 기반으로 분산형 전원 보급 확대(2030년 기준, 총 발전량의 18.4%)를 통한 신재생에너지 발전량 확대 방안 제시
 - 분산형 전원 적용기준
 - (정의) 송전선로 건설을 최소화 할 수 있는 ①소규모 발전설비와 ②적정 규모의 수요지 발전설비를 분산형으로 정의
 - (세부기준) 송·배전용전기설비이용규정의 ‘발전소 계통연계기준’을 준용하여 분산형 전원의 설비규모 한계 설정

<표 2-8> 「제8차 전력수급기본계획」 분산형 전원 세부 적용기준

구분	기준설정 사유	송전건설 영향
40MW 이하의 소규모 발전설비	40MW는 22.9kV 배전선로(2회선 기준)에 연결할 수 있는 최대 전력용량	추가적인 송전선로 건설 불필요
500MW 이하의 수요지 인근 발전설비*	500MW는 154kV 송전선로(2회선 기준)에 연결할 수 있는 최대 전력용량	

* 단, ①열공급 병행하는 집단에너지 발전설비, ②구역전기사업자의 발전설비, ③자가용 발전설비(추가적인 송전선로 건설이 불필요) 중에 하나이어야 함

자료: 산업통상자원부(2017b), 「제8차 전력수급기본계획」

- 재생에너지 발전확대를 수용할 수 있는 계통 수용능력 제고를 위한 단기·중장기 계획 발표
 - (단기) 통합 관제센터 구축, 계통 안정성 강화를 위한 최신 기술 도입 등을 통해 재생에너지 접속 대기 해소 조기 완료
 - (중장기) 재생에너지 밀집 예상 지역에 재생에너지 계획입지제도 및 대규모 재생에너지 프로젝트 예정 입지 등에 송·변전설비 적기 보장

- 「제2차 지능형전력망 기본계획」은 국가 전력시스템 고도화 및 스마트그리드 인프라 설비 확충을 위한 R&D 투자 계획 수립(산업통상자원부, 2017a)
- 스마트그리드 인프라 및 설비확충 과제 일환으로 신재생·ESS 등 DC기반 전력설비 확대에 대응하여 전력효율 우수한 DC배전망 기술 실증 계획
 - 스마트그리드 확산 기반 조성을 위해 5대 부문별 기술개발에 4,000억 원 투자 계획이며 전력시스템 부문 주요 세부기술로서 DC 배전시스템 명시
 - ‘스마트그리드 R&D 전문위원회’ 구성, 정부·공공기관 정보공유와 역할분담을 통해 선행과제 및 기관 간 중복지원을 방지하고 국가 R&D 투자 효율화 강화 계획임

<표 2-9> 「제2차 지능형전력망 기본계획」 전력시스템 부문의 주요 기술군

부문	기술군	주요 세부기술	비고
③ 전 력 시 스 템	차세대 전력시스템	• ADMS	공기업 협력/ 직접 수행
		• 디지털 변전소(IEC 61850 기반 full)	
		• DC 배전시스템	
	슈퍼 그리드	• 전압형 HVDC 송배전시스템	
		• 광역계통 고장 사전예측 및 제어기술(WAMAC)	
	실시간 기반 차세대 전력시장	• 신재생 제어 발전기동정지계획시스템	
		• 시장가격 결정·정산시스템	
		• 보조서비스 시장 운영시스템	

자료: 산업통상자원부(2017a), 「제2차 지능형전력망 기본계획」

□ 「제4차 과학기술기본계획」은 120개 중점과학기술 중 ‘고효율 전력수송기술’은 전력시스템의 효율성과 신뢰성을 획기적으로 증가시키는 차세대 전력수송기술로서 직류 송배전 기술 계획을 포함하여 수립(과학기술정보통신부, 2019)

○ 중점과제에서 직류배전망 연관된 추진과제 명시

- (신기술·신비즈니스의 제도적·실증적 생태계 구축) 스마트그리드, 신재생에너지, ESS 등 주요 에너지산업 분야의 실증연구 투자 확대*

* 에너지 R&D 중 실증연구 예산비중 확대 : ('16) 11% → ('23) 20%

- (기후변화 및 신기후체제 대응으로 지속가능성 확보) 신재생에너지 발전 실증 추진
- (편리하고 살기 좋은 스마트시티 구축) 효율적 에너지 관리가 가능한 지능형 건물관리기술 및 스마트홈 기술 개발

□ 「제4차 에너지기술개발계획」에서는 ‘지능형 전력망’ 분야에서 재생에너지 확대에 따른 안정성 확보 및 분산형 에너지 확산을 위한 직류 송배전(HVDC, MVDC) 시스템 개발 명시(산업통상자원부, 2019b)

○ (전략1) 에너지 전환을 뒷받침할 R&D 투자 강화

- 16대 중점기술 분야 90% 이상 집중 지원 제시, 중점기술분야 중 ‘지능형전력망’ 분야에 차세대 직류 송배전 시스템 포함되어 있음
- ‘지능형전력망’ 추진과제 중 신재생 수용성 확대 직류 송배전 시스템에서는 MVDC 직류배전 운영시스템('30) AC/DC 배전망 혼용 운전을 목표로 제시

○ (전략2) 국가적 역량결집을 위한 R&D 체계 구축

○ (전략3) 新산업 창출을 위한 R&D 기반 강화

○ (전략4) 미래 지향적 에너지 R&D 저변 확대

<표 2-10> 「제4차 에너지기술개발계획」의 ‘분산형 에너지 확산’ 정책방향의 추진과제

정책방향	기술분야	추진과제	R&D 목표
분산형 에너지 확산	지능형 전력망	① 전력망 안정성 확보 지능형 운영 플랫폼 (실증)	• 재생에너지발전량 예측 오차 ('19) 10% → ('30) 5%
		② 신재생 수용성 확대 직류 송배전 시스템 (플래그쉽)	• MVDC 직류배전 운영 시스템 ('30) AC/DC 배전망 혼용 운전
		③ 에너지커뮤니티 기반 프로슈머·서비스 확대	• 에너지 커뮤니티 기반 분산자원 ('19) MW급 → ('30) 1GW 이상

자료: 산업통상자원부(2019b), 「제4차 에너지기술개발계획('19~'28)(안)」

□ 「제5차 신재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획」에서는 2050년 탄소중립 실현을 위해 기존 신재생에너지 보급방식·기술·계통 등의 한계 극복을 위한 정책 과제 제시(산업통상자원부, 2020)

- 기술한계 돌파 및 에너지 안보 강화 도전과제를 위한 대응방향으로 차세대 전력계통 기술개발 계획
 - 생산 전력의 전환효율은 높이고 소모전력은 낮추는 차세대 AC/DC 하이브리드 송·배전 시스템 기술 확보 및 DC 적용분야 다양화
 - ESS 수명 연장 및 용량 확대, P2X 등 에너지저장 기술 고도화

<표 2-11> 「제5차 신재생에너지기본계획」 차세대 전력계통 기술개발

중점 투자분야	R&D 목표(예시)
<ul style="list-style-type: none"> • 차세대 직류 송배전 시스템 • DC 전원용 전기기기 	<ul style="list-style-type: none"> - HVDC Multi-Terminal 직류 송전 시스템 : (현재)200MW → ('50) 3GW급 - MVDC 직류배전 운영시스템('50): AC/DC 배전망 혼용 운전
<ul style="list-style-type: none"> • 송변전 통합과제 • 에너지저장(ESS, 양수, P2G) 	<ul style="list-style-type: none"> - 재생에너지 발전량 예측 오차: (현재)10% → ('50) 1% 미만 - ESS 수명 : (현재)3천 cycle → ('50) 5만 cycle

자료: 산업통상자원부(2020), 「제5차 신재생에너지기본계획」

- 재생e의 주력 원전화를 위한 전력계통 대전환 도전과제를 위한 대응방향으로 AC/DC 하이브리드형 전력망으로 전환 투자 계획
 - AC기간망과 DC 배전망을 융합한 하이브리드형 전력망으로 전환하는 한편, 배전망 중심 계통투자 촉진 및 연계범위 확대
 - (DC적용) 재생e 배전 접속, 해상풍력단지 접속설비 등 DC 적용이 유리한 송·배전망에 부분적으로 적용 검토
 - (배전망 투자) 사회적 수용성이 낮은 대규모 송전망 투자는 최소화하며 배전망 중심의 선제적 투자를 통해 견고한 분산에너지 인프라 구축
 - (계통연계) 에너지 수급 리스크가 불가피한 계통섬의 한계를 극복하기 위해 동북아 수퍼그리드 지속 추진 및 확대 검토

제 3 절 직류송배전 관련 기술 및 R&D 투자 현황

1. 국내외 직류송배전 기술 현황⁹⁾

- 직류배전은 전 세계적으로 신 기후체제에 대응하여 이산화탄소 절감, 에너지 효율 향상 및 신재생원 확대를 위한 기술로 부각되면서 다양한 분야에서 연구되고 있음
 - 전압변환이 어려웠던 직류 시스템의 단점은 디지털 제어기술과 전력반도체의 기술개발과 함께 전력변환기를 통해 해결 가능함에 따라 전기차, 신재생에너지, ESS 및 디지털 가전기기의 보급으로 연구가 이루어짐
 - 국내외적으로 직류 기반 신재생에너지 관심과 직류 부하 증가 추세에 따라 HVDC 중심 기술개발에서 LVDC 및 MVDC 직류 배전으로 기술개발 범위 확장 추진
 - HVDC 분야는 1954년 스웨덴에서 최초로 전류형 HVDC에 대해 상용화한 이후 최근에는 전압형 HVDC 시스템까지 상용화 단계 진입
 - LVDC 분야는 세계적으로 신재생에너지 단지 및 IDC 센터*를 중심으로 실증 단계를 거쳐 상용화를 위한 표준화 단계 진행 중에 있음
- * IDC(Internet Data Center) : 인터넷 연결 핵심 서버를 한 곳에 집중, 관리하는 서비스 제공 사업
- 광역배전망에 사용되는 MVDC 급의 연구는 몇 곳에서만 실증 연구 추진이며 다른 분야에 비해 낮은 단계 연구개발 이루어짐



[그림 2-2] 직류 배전 응용 분야

자료: 백주원(2016), 「직류 배전 신기술 동향」

9) 백주원(2016), 동 사업 기획보고서 내용을 토대로 요약

□ 해외

○ 미국

- EPRI(Electric Power Research Institute)는 디지털 부하 급증에 대비, 마이크로그리드 구성방식 교류와 직류계통을 동시 선정하였으며, 다양한 전압의 직류공급 가능한 지능형 다기능 변압기 시제품 제작
- E-Merge Alliance는 새로운 전력, 디바이스 차원 기술표준화를 위한 개발 추진

○ 독일

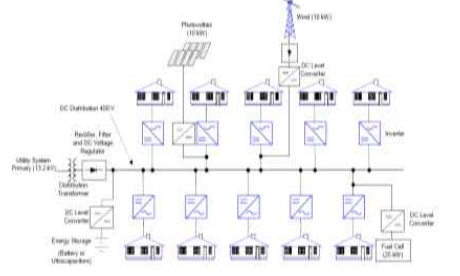
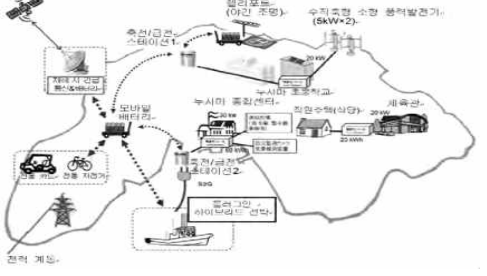
- 전력회사 E.ON에서는 RWTH Aachen대학과 공동으로 MVDC급 기술개발을 추진하고 있으며 전력용 반도체 응용 변압기, 고효율 전력변환기, DC 케이블 및 MVDC급 기술을 개발해 10MW 용량의 MVDC 배전 실증선로 건설을 추진
- 전기공업회사 SIEMENS는 HVDC 개발 기술력을 토대로 MVDC 시장에 진출하였으며, Back-to-Back* 응용을 위한 제품 개발 중에 있음

* BTB 방식은 하나의 직류 전압링크를 공유하는 두 개의 AC/DC 전압형 컨버터가 마주 보는 형태로 변동하는 부하율에 따른 능동적인 조류제어 수행 가능

○ 일본

- 통신회사 NTT에서는 400V DC배전을 위한 플러그와 소켓 등을 개발하여 실증시험을 마친 상태이며 2개의 스마트시티 실증 프로젝트 추진
- 고베 대학교에서는 지구온난화 대책 기술개발 실증연구사업의 일환으로 정부의 지원을 받아 누시마섬에 DC 마이크로그리드를 구축하여 직류전원의 효율성 연구 추진

<표 2-12> 미국(좌)/일본(우) DC 마이크로그리드

미국 EPRI DC 마이크로그리드 개념도	일본 누시마섬 DC 마이크로그리드
 <p>자료: 동 사업 기획보고서</p>	 <p>자료: 이승윤(2015), 「직류 배전 신기술 동향」</p>

□ 국내

- 산업계에서는 IDC(Internet Data Center) 빌딩 구내를 DC화하여 전기에너지 효율향상 검증 추진
 - 태양광으로 발전된 직류전원을 주택 내 DC설비에서 소비하는 제로에너지 하우스 실증 완료
 - DC배전을 건물 에너지 관리시스템에 적용하여 신재생에너지 및 에너지저장장치 직류배전 통합기술 개발하였으며, DC배전 그린빌딩 구조시스템의 설계기준을 마련하여 DC배전 건축물의 시장성 확보에 노력
 - 기자재 제조사 중심으로 직류변환기, 차단기 등 하드웨어 개발을 통한 기술완성도에 주력
 - (KT) 2008년 남수원 IDC에 실증 사이트를 구축하여 48V 직류배전을 적용하여 소프트웨어 인프라 개선 연구 수행, 공조 설비 개선을 통해 13.2% 효율향상 실증
 - (효성) 제주도 행원 풍력발전단지와 한전계통을 연계하는 MMC(Modular Multilevel Converter) 방식 전압형 HVDC 실증센터에서 핵심기술을 자체기술로 개발 및 실증하여 세계시장에서의 기술경쟁력 확보
 - 학계에서는 DC배전 기술의 경제성 및 타당성에 관한 연구를 진행하였으며, 전력변환기 및 차단기의 설계, DC기반 전력시스템의 운영 및 보호기술에 대한 연구를 추진하는 한편, MVDC-LVDC의 계통연계 가능성과 저압 DC 기술의 상용화에 대해서도 연구 추진
 - (K-MEG) Korea Micro Energy Grid 과제를 통해 건물에너지 효율 향상을 위한 토탈 에너지 솔루션 도출을 목적으로 서울대학교 K동을 DC 배전 실증사이트로 구축하여 에너지 효율 검증* 수행
- * 신재생에너지에 직류배전 시스템을 적용하여 전력변환 감소, 에너지 효율 약 10% 절감

- 연구기관에서는 DC홈 테스트베드를 구축, AC대비 DC전원 공급의 타당성 연구를 통해 에너지 효율 향상 입증 및 고효율·고신뢰성 확보된 IDC 실증 테스트 플랫폼 구축을 통해 IDC 소비전력 저감 및 국내 DC배전 표준화 연구 진행
 - (전자부품연구원) 홈 테스트베드(DC HOME)를 구축 DC 도입 타당성 검증* 수행
 - * 현재 옥내의 600V 전선으로 400Vdc 공급이 가능하며 DC 공급 시 41%의 용량 증대 효과가 있어 태양광 발전 및 전기자동차가 연계될 경우 5~6% 에너지 효율 상승이 가능한 것으로 확인
 - (한국전력연구원) 2015년부터 직류배전망 확대와 직류 마이크로그리드 사업화를 위한 ‘저압 직류배전망 독립섬 실증 연구’ 착수하였으며, 2016년~2020년 기간을 ‘저압DC배전 실증 및 상용화단계’로 설정하여 DC 배전 보호, DC 배전기기 개발 및 표준화, 저압 DC 배전망 설계·구축·실증·상용화 등 추진
 - * 서거차도에 LVDC ± 750 의 직류 배전선로를 구축하여 신재생전원을 직류로 배전 선로와 연계, 직류 전력을 수용가에 공급하는 DC 독립섬 비즈니스 모델 개발 준비
 - * 태양광 100kW, 풍력 100kW, ESS 1MWh가 연계된 DC독립 계통 실증 사이트를 구축하여 DC홈 구축과 저압 직류 배전망 운영 시스템을 실증하였으며 이를 통해 섬 전체 전기 소비량의 75% 이상을 신재생에너지로 공급
 - * 고창 전력시험 센터에 저압 직류배전 장거리 실계통 적용을 위한 저압 직류배전 안전성 및 신뢰성 검증 시험 수행

<표 2-13> 국내 DC 배전 개발 현황

연도	DC 배전 개발 내용
2008년	KT남수원 IDC에 직류배전 적용(효율 13.2% 향상)
2010년	KETI DC Home 구축을 통한 옥내 가전기기의 DC 도입 타당성 검증 (시스템 효율 5% 향상)
2011년	K-MEG(Korea Micro Energy Grid) 사업의 일환으로 서울대학교 K동을 DC 배전 실증사이트로 구축(하이브리드)
2013년	삼성물산 중심을 Active House 모델에 직류 배전을 적용한 프로젝트 수행
2015년	한국전력 고창 신재생에너지원 연계 DC 배전 실증인프라 및 거치도 독립성 DC 마이크로그리드 구축 중
2016년	서거차도 직류배전망 구축, 저압 직류배전망 독립섬 실증사업 진행
	KT목동 IDC 센터에 DC 전원 공급방식 채용, 20%의 에너지 절감 달성
2019년	발전원과 배전망 모두 100% 직류 사용하는 DC Island(직류 아일랜드) 실증 완료

자료: 송성근·김용구(2018) 「직류(DC)배전 시스템의 기술동향」 및 동 사업 기획보고서

2. 국내외 R&D 투자 현황

☐ 해외

- 재생에너지에 대한 투자 확대 정책에 따라 국가별 중점 기술 분야에 R&D 투자를 확대 추진

<표 2-14> 주요국 에너지 R&D 투자 동향

구분	내용
미국	<ul style="list-style-type: none"> • 효율 향상 및 재생에너지 중심의 R&D 투자 확대, 전통 에너지 투자 비율 감소 ※ 투자비중(2013~2017) : 효율 향상 21% > 재생에너지 15% > 화석연료 7%
유럽	<ul style="list-style-type: none"> • 재생에너지·효율 향상 R&D 투자는 공통적으로 확대되고 있으나, 원자력·청정화력 기술 투자 증감은 국가별로 상이 ※ 중점분야(2013~2017): (독일·덴마크) 재생E, 효율향상 (영국·프랑스) 원자력, 효율 향상
일본	<ul style="list-style-type: none"> • 원자력에서 재생에너지·효율 향상 중심으로 투자 방향 전환 ※ 투자변화(2010~2016): 신재생·효율 향상 17.1% → 39.6%, 원자력 69.9% → 40.5%
중국	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지기술 강국 진입을 목표로 선도국과 기술 추격이 필요한 중점 기술혁신 분야 선정 및 R&D 투자 확대 ※ 재생에너지, 원자력, ESS송배전, 에너지 효율화, 화석연료 등

자료: 산업통상자원부(2019b), 「제4차 에너지기술개발계획(’19~’28)(안)」

☐ 국내

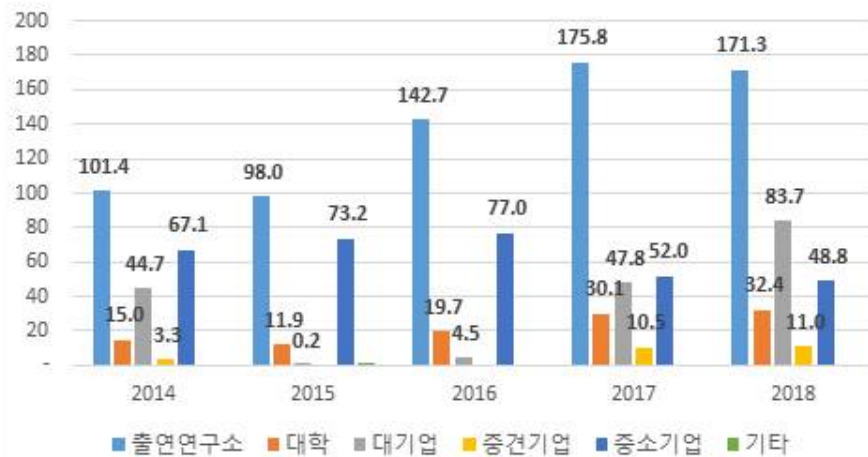
- DC 배전 분야 정부 R&D 과제 투자 현황을 살펴보면, 최근 5년(2014~2018) 동안 수행된 과제 수는 202개이며, 1,338억 원의 규모가 투입됨
- HVDC 분야는 과제 수는 LVDC 분야보다 적으나, 동 기간 투입된 정부연구비 합계는 총 556억 원으로 규모가 제일 큼
 - 최근 실증과제들이 수행되면서 2017년부터 R&D 투자가 증가하는 추세임
- LVDC 분야는 과제 수는 증가하는 추세인 한편, 정부연구비 규모는 2017년부터 감소하기 시작
- MVDC는 다른 분야들에 비해 R&D 지원 규모가 상대적으로 작으나, 정부연구비 규모는 꾸준히 증가하는 것으로 나타남
 - 최근 전기차충전, 선박 등 MVDC 분야 수요 관련 기술개발 과제 수행에 따라 정부 R&D 투자 규모가 증가하였으며 2018년에는 LVDC 투자 규모를 추월함

<표 2-15> 과제 수준 DC 배전 전압구분별 정부 투자 현황

구분		2014	2015	2016	2017	2018	합계
과제 수 (개)	LVDC	12	15	23	28	27	105
	MVDC	6	5	3	6	8	28
	HVDC	11	11	13	18	16	69
	계	29	31	39	52	51	202
정부 연구비 (억 원)	LVDC	65.9	94.2	124.8	91.0	70.4	446
	MVDC	38.3	34.4	63.5	86.3	112.7	335
	HVDC	127.1	70.8	55.6	138.9	164.1	556
	합계	231	199	244	316	347	1,338

자료: 동 사업 기획보고서 내용 토대로 연구진 일부 요약

- 연구수행주체별 정부연구비 총 규모를 살펴보면(2014~2018 기준), 출연연구소(678억 원), 중소기업(318억 원), 대기업(197억 원) 순으로 크게 나타나며, 대기업과 중견기업의 연구비 수행이 증가하는 것으로 파악됨



[그림 2-5] DC 배전 분야의 주체별 수행현황(연구비, 억 원)

자료: 동 사업 기획보고서

제 4 절 직류송배전 산업 및 동향¹⁰⁾

1. 에너지 산업 동향 : 기업의 재생에너지 이용 확대

□ 선진국에서는 정부가 아닌 기업 중심 재생에너지 이용 확산에 따라 기존 화석연료 추출, 원자력에너지 기술에 집중하였던 기업들이 RE100(Renewable Energy 100%)*에 합류 확산

* RE100은 2050년까지 전력 사용의 100%를 재생에너지전력으로 달성하겠다는 자발적 글로벌 캠페인으로 2014년에 처음 시작됨

○ 2018년 11월 155개¹¹⁾ 기업에서 2021년 3월 기준 291로¹²⁾ 참여기업 증가하는 추세

- RE100에는 구글, 페이스북, 애플, 씨티그룹, AXA, 이케아, 월마트, 코카콜라, 스타벅스, 나이키, GM 등 IT, 금융, 식품, 유통을 비롯한 제조업까지 다양한 업종의 기업들이 참여

- 국내 기업 중에서는 SK그룹 계열사 8곳 가입

○ RE100 참여기업의 증가는 재생에너지 부문 투자 확대와 성장동력으로 이어질 것으로 전망

- 참여기업*이 늘어나고 각 기업이 달성해야 하는 목표**도 증가하면 이를 달성하기 위해서는 재생에너지 부문에 더 많은 투자가 수반되어야 하기 때문임

* 참여기업은 세계 또는 인지도 높은 기업, 다국적 기업, 전력 100GWH 이상 소비하는 다소비 기업으로 가입 조건 한정

** RE100은 재생에너지 전력 조달 방식 한정과 전력사용의 100% 재생에너지 전력 달성을 위한 기업별 제출한 계획 바탕으로 매년 이행상황 점검

<표 2-16> RE100 시기별 목표 달성 최소 기준

구분	2030	2040	2050
최소기준	60%	90%	100%

자료: <https://www.there100.org/technical-guidance>(최종방문일 2021.03.10)

10) 에너지경제연구원(2018), 동 사업 기획보고서 내용을 토대로 요약

11) <https://www.there100.org/re100-members>(최종방문일 2018.11.25); 에너지경제연구원(2018) 재인용

12) <https://www.there100.org/re100-members>(최종방문일 2021.03.09)

2. 직류배전망 주요 수용가별 시장 동향

- 최근 직류 기반 신재생에너지와 직류 부하 증가에 따라 기존 HVDC 중심 기술개발에서 MVDC 및 LVDC 직류 배전 기술 개발이 추진되며 DC배전 시장규모 꾸준히 증가할 것으로 예상
- DC배전 시장규모는 3,918.1백 만 달러(2019년 기준)이며, 연평균 5.2%(CAGR 2015~2019) 성장세와 함께 2025년에 5,316백 만 달러 규모로 전망
- 시장규모는 상업빌딩과 통신망 관련 배전망 시장 높은 시장점유율을 차지하며, 전기차급속충전은 수요 증가에 따라 CAGR이 8.1%로 상대적으로 높게 예상

<표 2-17> DC배전 수용가별 주요 특징 및 시장동향

(단위: USD Million)

구분	주요 특징	시장규모(비율)		CAGR (‘19~’25)
		2019	2025	
DC 데이터센터 마이크로 그리드 (DC Data Center Micro Grid)	• DC 마이크로 그리드는 PV 소스, DC/DC 컨버터, 배터리 에너지 저장장치, 메인그리드에 연결되는 양방향 DC/DC 및 DC/AC로 구성	551.7 (14.1%)	729.3 (13.7%)	4.8%
상업용 빌딩 그리드 (Commercial Building Grid)	• 해당 장소에서 생성된 전력을 빌딩부하에 직접 공급, 지능형 시스템을 통한 관리로 에너지를 효율적 사용 가능 솔루션	755 (19.3%)	1,027.6 (19.3%)	5.3%
통신타워 분야 (Telecommunication Tower)	• 고속의 데이터 송수신, 전화 및 통신서비스 등에 대한 전 세계 수요 증가하면서 안정적인 무선통신배터리 백업 장치 필요성이 증대	892.1 (22.8%)	1,156.2 (21.7%)	4.4%
LED 조명 앵커 (LED Lighting Anchor)	• DC그리드에서의 직접 구동은 실내, 건물 효율 높이는 데 도움이 되는 효율적이고 안정적인 LED 조명	551.3 (14.1%)	763.9 (14.4%)	5.6%
군용 분야 (Military Application)	• 안정적이며 우수한 성능의 군용 전원공급 장치 필요, 상용/상업용보다 MTBF(평균 고장 간격)이 더 높게 설계	325.2 (8.3%)	415.7 (7.8%)	4.2%
전기차급속충전 (Electric Vehicle Charging)	• CO2 배출에 대한 각국 정부의 엄격한 규제 로 인해 전기차 사용이 증대되고 빠른 충전 인프라의 보급이 필요해지면서 시장이 확대	487 (12.4%)	778.8 (14.7%)	8.1%
기타		355.8 (9.1%)	444.4 (8.4%)	3.8%
Total		3,918.1 (100%)	5,316.0 (100%)	5.2%

자료: MRS(2019a), 「DC Distribution Network Market, 2013~2025」; 동 사업 기획보고서 재인용 및 요약

3. 직류배전망 국내외 시장 동향

□ 해외

- 전 세계 DC배전 시장 규모는 꾸준히 증가추세를 보이며 특히 아시아, 태평양 지역의 DC 배전 시장규모가 확대될 것으로 보임
- 중국의 시장은 인구증가와 에너지 수요 증가에 따라 향후 몇 년 동안 두드러지게 성장할 것으로 전망

<표 2-18> DC배전망 국가별 시장 규모 및 동향

(단위: USD Million)

구분	주요 특징	시장규모(비율)		CAGR (‘19~’25)
		2019	2025	
미국	<ul style="list-style-type: none"> 스마트그리드 개발, 건물 DC 배전 기술 및 호용 가치 검증에 집중 미국-중국 공동 R&D 플랫폼 구축, 통신 및 제어를 통한 DC 건물 에너지 효율 개선 연구 수행 	733.5 (3.1%)	934.5 (4.9%)	4.1%
유럽	<ul style="list-style-type: none"> IEEE EPPI* DC전력공급 효율 향상을 위한 대안 마련을 제안 IEE PES**는 안정적이고 효율적인 DC 전력을 가정과 기업에 사용할 수 있도록 ‘DC@Home’ 전략 실행 <p>* EPPI(European Public Policy Initiative): 유럽 공공정책 이니셔티브 ** PES(Power % Energy Society) IEE 소속 전력 및 에너지 협회</p>	830.6 (2.8%)	1,037.7 (4.5%)	3.8%
중국	<ul style="list-style-type: none"> 시장수요 충족을 위해 마이크로그리드와 같은 전력전자 기술, DC배전 네트워크 기술 등의 개발에 집중 China Southern Power Grid는 대학과 연계, DC 배전망의 이점에 대한 연구 수행 	813.4 (6.5%)	1,247.1 (8.1%)	7.4%
일본	<ul style="list-style-type: none"> 동일본 대지진 이후 데이터센터 및 클라우드 서비스와 태양광 발전 시스템의 중요성 높아지면서 재생에너지와 전력저장장치를 결합한 직류 배전 시스템에 관심 Mitsubishi Electric은 2016년 8월 1.5kV 이하의 (MV/LV DC) 배전 시스템인 ‘스마트 MVDC 배전네트워크 시스템’을 출시 	590.1 (3.2%)	752.7 (4.9%)	4.1%
기타 아시아 국가 (APAC)	<ul style="list-style-type: none"> (주요동향)DC 부하 및 인프라 수요 증가, 재생에너지원과 수요위치의 불일치 	604.6 (5.5%)	880.9 (7.2%)	6.5%

자료: MRS(2019b), 「Market Analysis」; 동 사업 기획보고서에서 재인용 및 요약

- DC배전 전 세계 기업별 시장점유율 현황을 살펴보면, 상위 3개 기업의 시장점유율은 23% 내외이며 상승 추세인 반면, 나머지 기업들의 기업별 점유율은 1% 미만임
- 매출규모는 독일 Siemens AG, 스위스-스웨덴 ABB, 미국의 Vertiv Critical Power 순으로 높게 나타남
- 2013년~2018년 주요 3대 기업의 시장점유율은 점진적으로 상승 추세인 한편, 나머지 기업의 점유율 변화는 미미함

<표 2-19> 해외 주요 기업 매출액 및 DC 시장점유율

(단위: USD Million)

구분	2013	2014	2015	2016	2017	2018
ABB	215.3 (6.77%)	222.7 (6.81%)	231.9 (6.87%)	243.9 (7.00%)	257.7 (7.13%)	273.3 (7.27%)
Siemens AG	389.3 (12.25%)	402.6 (12.30%)	421.5 (12.49%)	442.2 (12.68%)	466.1 (12.89%)	492.6 (13.10%)
Vertiv Critical Power(Emerson)	119.0 (3.74%)	123.6 (3.78%)	132.6 (3.93%)	139.4 (4.00%)	148.0 (4.09%)	157.2 (4.18%)
Mobisol Group (ENGIE)	19.2 (0.60%)	19.8 (0.60%)	20.4 (0.61%)	21.3 (0.61%)	22.3 (0.62%)	23.2 (0.62%)
Pareto Energy	4.2 (0.13%)	4.3 (0.13%)	4.5 (0.13%)	4.7 (0.14%)	5.0 (0.14%)	5.2 (0.14%)
Pika Energy	3.1 (0.10%)	3.2 (0.10%)	3.3 (0.10%)	3.5 (0.10%)	3.6 (0.10%)	3.8 (0.10%)
Nextek Power Systems	3.9 (0.12%)	4.0 (0.12%)	4.2 (0.12%)	4.3 (0.12%)	4.6 (0.13%)	4.8 (0.13%)
EnSync Energy Systems	7.2 (0.23%)	7.5 (0.23%)	7.9 (0.23%)	8.3 (0.24%)	8.8 (0.24%)	9.3 (0.25%)
Others	2,427.9 (76.40%)	2,495.9 (76.28%)	2,560.0 (75.87%)	2,631.8 (75.48%)	2,713.5 (75.04%)	2,805.2 (74.60%)
Total	3,178.0 (100%)	3,272.1 (100%)	3,374.2 (100%)	3,486.9 (100%)	3,616.2 (100%)	3,760.5 (100%)

자료: MRS(2019a), 「DC Distribution Network Market, 2013~2025」; 동 사업 기획보고서 재인용 및 요약

<표 2-20> DC 배전 해외 상위 3개 기업 현황

기업명	주요 특징	2018 매출규모 (시장점유 %)
ABB (스위스-스웨덴)	<ul style="list-style-type: none"> 전력, 중전기 장비 및 자동화 기술 분야 HVDC, FACTS를 포함한 전력시스템에서 세계 최고 수준의 기술력을 보유하고 있음 HVDC와 구분하지 않지만 DC와 관련한 다양한 프로젝트를 진행하고 있음(HVDC : 세계 약 70%점유) MVDC-LVDC 연계를 통한 DC 비즈니스 모델 검증, 스마트 에너지와 DC기술을 접목한 DC 캠퍼스 구축 	273.3 M\$ (7.3%)
Siemens AG (독일)	<ul style="list-style-type: none"> 신재생에너지, 전력 및 자동화 기술 분야 HVDC, 재생에너지와 관련된 기술 분야에서 세계 최고 수준의 기술력을 보유하고 있음 MVDC Plus라는 명칭을 가지고 MVDC관련 다양한 프로젝트를 진행하고 있음(미국 유럽 등 다수의 HVDC 프로젝트 진행 중) 	492.6 M\$ (13.1%)
Vertiv Critical Power (미국)	<ul style="list-style-type: none"> UPS(무정전 전원 공급장치), DC 전원 시스템, 배전, 태양광 발전, 열차단 등 광범위한 제품군으로 구성 그리드에서 부하까지 최대 시스템효율(69.2%)을 실현하여 정류기 출력에서 배전 출력까지 캐비닛효율 99.7% 이상 달성 15kW 단위로 확장 가능하며 갈바니 절연으로 97% 변환 효율 구현 	157.2 M\$ (4.2%)

자료: 동 사업 기획보고서 내용 토대로 연구진 일부 요약

□ 국내

- 국내는 HVDC, LVDC 기술을 기반으로 MVDC 배전 연구 및 시장형성 위해 노력
 - 국내의 주요 기업들은 HVDC 중점 두어 실증을 진행하나 MVDC에 대한 민간 출시제품은 전무함

<표 2-21> 국내 주요 기업 현황

기업명	주요 특징	매출규모
효성중공업	<ul style="list-style-type: none"> 신재생에너지, 전력 설비 및 중전기 분야 변압기, 차단기 및 중전기 분야에서 세계 최고 수준의 기술력 보유 제주도 25MVA의 HVDC 실증사업 진행 중 현재 200MVA급 HVDC 개발을 진행 중 	2조 1,350억 원 (2018)
LS산전	<ul style="list-style-type: none"> 신재생에너지와 전력설비 및 자동화 기술 분야 국내 배전 분야 및 자동화 분야에서 최고 수준의 기술력 보유 제주도에 변전소 pilot plant(80kV 60MW) 구축 	2조 4,850억 원 (2018)

자료: 동 사업 기획보고서 내용 토대로 연구진 일부 요약

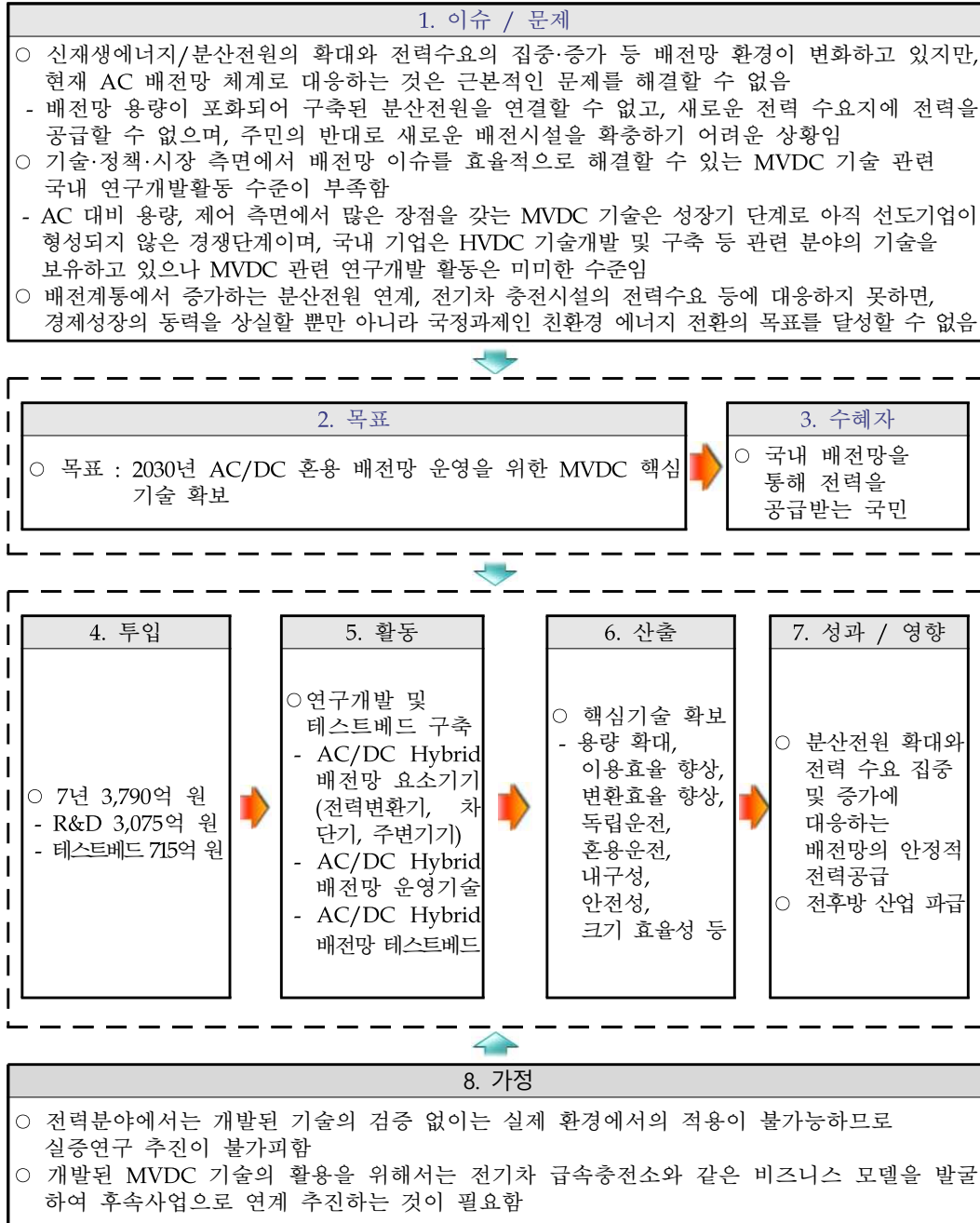
제 3 장 과학기술적 타당성 분석

제 1 절 문제/이슈 도출의 적절성

1. 문제/이슈 식별 과정의 적절성

- 동 사업은 DC 기반의 전력수요가 증가하고 분산전원이 확대됨에 따라 MVDC 기술개발을 통해 기존 배전망의 한계를 극복하고자 기획 추진
- 주관부처는 논리모형을 통해 크게 세 가지의 문제/이슈를 제시
 - (신재생에너지 확대와 배전망 포화) 신재생에너지 전원이 확대되고 전력수요가 증가하고 있으나 배전망 용량이 포화되어 구축된 전원을 연결할 수 없고, 주민의 반대로 새로운 배전시설을 확충하기 어려운 상황
 - (MVDC 기술개발 미흡) AC 대비 용량·제어 측면에 장점을 가지고 있는 MVDC 기술 관련 국내 연구개발 활동 수준 미흡
 - (국정목표 달성 불가) 증가하는 분산전원의 연계, 전기차 충전시설의 전력수요 등에 대응하지 못할 경우, 경제성장 동력의 상실뿐만 아니라 에너지전환 국정목표 달성 불가
- 동 사업이 직면하고 있는 실질적인 문제/이슈는 현행 배전망 용량이 포화됨에 따라, 확대되고 있는 신재생에너지 전원의 연계가 지연되는 문제가 발생한다는 점임
 - 태양광 등 분산전원의 급속한 보급 확대에 수용 한계에 이른 배전선로나 변전소가 나타나고, 이로 인해 접속 대기 및 지연의 문제점이 발생
 - 주관부처는 2019년 11월 기준, 국내 접속 대기 중인 1MW 이하 재생에너지 설비는 7.8GW 수준으로, 현재 대기물량과 향후 신규물량의 지속적인 접속 지연이 예상됨을 강조하였음
 - 특히 양적인 측면에서 신규 송배전 선로나 변전소의 증설은 환경문제 및 주민 수용성, 경제적 측면에서 큰 부담을 발생시킬 수 있어, 기존 설비의 용량 활용성을 적극 활용할 수 있는 MVDC 기술개발 및 적용의 필요성을 제시
 - 이와 관련하여 동 사업의 논리모형은 다음 <표 3-1>과 같음

<표 3-1> 동 사업의 논리모형



자료: 기획보고서, 재인용

□ 논리모형에서 제시된 동 사업의 문제/이슈가 실제 해결이 필요한 것이며, 타당성을 담보하였는지에 대해 분석을 실시함

○ 동 사업의 핵심적 문제/이슈는 'DC기반의 전력수요가 증가하고 신재생에너지 등 분산전원이 확대됨에 따라 MVDC 기술개발을 통해 기존 배전망의 한계를 극복하는 것임

- 즉 동 사업에서 해결하고자 하는 핵심 문제는 분산전원 확대에 따른 계통접속 지연을 해소하고, 향후 증가하게 될 DC기반의 전력수요를 안정적으로 해결하는 것임
- 이와 같은 문제해결방식에 있어 주요 전제는 기존 전체 AC배전망을 DC배전망으로 전환하는 것이 아니라, 일부 지역에 한정하여 AC배전망을 MVDC배전망으로 개조하고 기존 AC배전망 대비 접속용량을 증가시키는 것임

가. (문제/이슈 1) 신재생에너지 발전 계통접속 지연 대응

□ 태양광발전 등 신재생에너지 발전이 확대되고 있으나 계통접속 지연으로 생산된 전기를 송배전하지 못하는 것은 지속적으로 제기되고 있는 문제임을 확인함

○ 현행 대다수 한국의 재생에너지 설비는 배전망에 직접 접속하는 형태로 주관부처인 산업통상자원부와 송배전사업자인 한국전력은 계통접속 지연 문제를 해결하기 위하여 다양한 수단을 활용하여 왔음

- '15년에는 저압 전력계통 연계범위를 기존 100kW 미만에서 500kW 미만까지 확대하여 소규모 사업자의 접속비용 부담을 완화(산업통상자원부, 2015. 3. 31)
- '16년에는 1MW 이하 소규모 사업자의 접속 요청 시 한전 부담으로 공용전력망을 보장하여 망접속을 보장하는 계획 발표(산업통상자원부, 2016. 10. 20)

○ 그러나 소규모 사업자의 계통접속 신청 대비 상당수가 장기간 대기하는 현상이 발생

○ '20년 국정감사에서도 동일한 문제점이 지적된 바 있음

- 1MW 이하 소규모 태양광 발전소의 경우 평균 61%의 신청 대비 접속완료, '16년 10월 이후 '20년 8월까지 계통연계 신청건수는 83,745건, 접속 완료는 51,460건으로 분석되었음(이성만 의원 보도자료, 2020. 10. 13)
- 또한 전체 계통연계 신청건수 중 약 60%가 전북·전남·경북으로 나타났고, 이중 약 50%가 미접속 상태인 것으로 나타남

○ 다만, 동 사업에서 제시된 문제점은 몇 가지 측면에서 타당성 확보에 한계가 존재

- 계통접속이 지연되고 있는 발전량은 지속적으로 변화하고 있으며, 이를 해결하기 위한 송배전설비 보강이 추진되고 있다는 점임
 - 동 사업 기획보고서 상 제시된 1MW 이하 계통접속 지연 발전량은 '19년 11월 기준 7.8GW이며, '16년 10월부터 '19년 11월까지 신청건수 대비 34% 수준에서 접속이 완료되었음
 - 다만, '20년 8월 기준으로 살펴보면, 1MW 접속 대기설비는 약 4.2GW 수준으로 나타남(추가제출자료)
 - '19년 11월 기준과 비교할 때, 접속대기 중인 발전량은 7.8GW에서 '20년 8월 기준 4.2GW 수준으로 감소하였음
 - 이와 같이 접속대기 물량이 감소한 배경에는 송배전사업자인 한국전력이 관련 설비를 보강하고 있기 때문인 것으로 판단됨
 - 한국전력은 '21년 3월까지 1MW 이하 재생에너지 계통접속설비를 2,794MW 보강하는 계획을 발표^{*)}하였으며, 이를 완료할 경우 1.2GW가 접속가능 범위에 들어올 것으로 예상 중임(전자신문, '20. 4. 21)
- * 배전선로 1,510MW, 변압기 1,284MW 신설
 - 뿐만 아니라 한국전력은 3020계획 이행을 위한 전력계통 접속용량 증설을 위하여 '27년까지 송전급 345kV 변전소 7개소 및 500kV HVDC 변환소 8개소 등 관련 설비 증설계획을 수립하였음
- 즉 계통접속 지연의 문제는 기존 변전소 활용을 위한 배전선로 설치, 변전소 증설, 추가 전압 신설 등 인프라 보강 차원의 대안이 현재 고려되고 있으며, 이를 통해 접속 지연의 문제가 일정 수준 해소 가능함을 예상할 수 있음
- 따라서 동 사업 이외의 대안을 통해 접속 지연 문제점이 상당수 해결될 경우, 관련 문제해결을 위한 동 사업의 기여도는 크지 않을 수 있음

□ 계통접속의 지연 문제는 현재도 지속되고 있으나, 동 사업의 실질적 성과 도출과 현장 적용 간에는 시차가 존재할 수밖에 없음

○ 동 사업은 '22년부터 '28년까지 기술개발 및 실증을 통해 '30년 AC/DC 혼용(hybrid) 배전망 운영을 목표로 하고 있음

- 다만, 앞서 지적한 바와 같이 계통접속 지연의 문제는 지속적으로 제기되고 있음

○ 즉 동 사업의 성과를 바탕으로 '30년 혼용 배전망 운영이 가능하더라도, 이 시점까지 실질적인 문제해결은 설비 보강과 같은 다른 대안을 통해 해결할 수밖에 없음

- 주관부처 역시 추가제출자료를 통해 당분간 재생전원 계통접속 문제는 현행 조치인 접속용량 제한 완화와 기존 전력망 보강을 통해 어느 정도 해소가 가능하다고 밝힘

□ 동 사업에서 제기되고 있는 계통접속 지연 문제는 전국적인 문제이기보다, 특정 지역에 발생하고 있는 문제라는 점에서 동 사업의 성과물이 적용될 수 있는 범위는 제한적일 것으로 판단됨

○ 특히 최근 4년간 호남권이 약 3.3GW로 전체 접속 대기 물량의 46%, 영남권이 약 0.6GW로 대기 물량의 23%를 차지하는 것으로 나타남

<표 3-2> 최근 4년간 권역별 계통접속 신청 및 대기 현황

(단위: MW, %)

연도	강원권		수도권		영남권		호남권		충청권		제주권		합계	
	신청	대기	신청	대기	신청	대기	신청	대기	신청	대기	신청	대기	신청	대기
2017년	139	-	108	-	413	11 (2.7)	1,503	174 (11.6)	236	-	37	-	2,436	185 (7.6)
2018년	335	21 (6.3)	272	-	1,064	256 (24.1)	3,695	1,966 (53.2)	707	23 (3.9)	185	18 (9.7)	6,258	2,284 (36.5)
2019년	299	32 (10.7)	234	2 (0.9)	827	221 (26.7)	1,300	776 (59.7)	654	59 (13.1)	121	36 (29.8)	3,435	1,126 (32.8)
2020년 8월 기준	165	24 (14.5)	151	-	456	158 (34.6)	586	335 (57.2)	389	36 (32.7)	142	38 (26.8)	1,889	591 (31.3)
합계	938	77 (8.2)	765	2 (0.3)	2,760	646 (23.4)	7,084	3,251 (45.9)	1,986	118 (5.9)	485	92 (19.0)	14,018	4,186 (29.9)

자료: 추가제출자료, 재인용

- 이러한 경향은 지속될 가능성이 존재, 한국전력 역시 '31년까지 설치될 재생에너지 전원의 약 60%는 영·호남 지역에 편중될 것이라는 전망을 내놓음(이투뉴스, 2020. 3. 26)
 - 한국전력에서는 재생에너지가 단기간 일부 특정지역에 집중되면서 기존 전력망 인프라 수용능력이 부족해 접속지연이 발생하고 있다는 의견 제시
 - 영·호남 지역의 경우 상대적으로 땅값이 저렴하다는 점에서 소규모 발전소 설립 및 계통접속 신청이 증가 중
 - 이러한 측면을 고려할 때, 재생에너지 발전설비의 지역편중 해소를 위한 정책적 대안 마련이 더욱 시급할 수 있음
- 지역별 신재생에너지 발전량이 기존 AC배전망의 접속용량을 크게 초과할 경우, MVDC배전망으로의 개조를 통한 배전용량 증대만으로는 한계가 존재함
- 특정 지역을 대상으로 향후 보급될 신재생에너지 발전량이 MVDC배전망 개조를 통해 확보 가능한 용량과 같거나 낮을 경우, MVDC를 통해 계통접속의 문제해결 가능
 - 다만, AC배전망 개조를 통해 확보할 수 있는 용량을 초과할 경우 추가적인 선로와 설비 신설은 필수적일 수밖에 없음
 - 제3차 에너지기본계획에서는 '40년 재생에너지 발전비중을 30~35%로 설정, 이를 달성하기 위한 소요 설비용량은 누적 기준 103~129GW로 예상(제3차 에너지기본계획)
 - 전력거래소의 '19년 발전설비현황 통계에 따르면 '19년 기준 신재생에너지 설비용량은 약 16GW로 나타남에 따라, 정책적 목표에 따라 신재생에너지 발전량이 증가할 경우 AC배전망의 MVDC 기술 적용 시 확보 가능한 접속용량을 크게 초과할 것으로 예상됨
 - 즉 MVDC기술 적용을 통해 대응할 수 있는 접속용량을 초과할 경우, 문제/이슈로 제시된 전력제어나 용량 증대를 통한 계통접속 지연 등의 문제해결은 한계가 존재
- 주관부처는 중장기적 수요 대응을 위해 MVDC 기술개발의 필요성 제시
- 주관부처는 기존 전력망 보강을 통해 일정 수준의 계통접속 지연 해소가 가능하다고 할지라도, 중장기적으로 늘어날 신재생에너지 증가를 고려할 때 이를 보완하는 수단으로 MVDC 활용이 필요함을 강조(추가제출자료)
 - 정부계획을 고려할 때, 소규모 재생전원 접속신청은 향후 급증할 전망으로 사업계획서 상 종료시점인 '28년 이후 '40년까지 추가될 발전량은 56.3~82.3GW로 예상*
- * 산식: '40년 누적목표(103~129GW) - '28년 누적설치 예상용량(46.7GW) = 56.3~82.3GW

- '28년 이후 변전소 신설 및 송배전 선로증설에 필요한 부지 및 경과지 확보에 어려움이 크고, 재생에너지의 변동성과 지역별 편재에 따라 안정적 전력계통 운영을 위해 MVDC 기술개발이 시급함을 강조
- 고밀도 도심지 적용 시 접속용량 증대, 전기품질 유지, 변환효율 제고 등 장점이 있고, 계통 수용성 확대 측면에서 접속용량 증대에 따른 접속대기 물량의 해소 및 변전소 증설 회피 등의 측면에서 유리
- 또한 주관부처는 기존 AC배전망의 MVDC배전 전환만으로는 추후 예상되는 재생에너지원 접속신청 물량을 해소할 수 없으므로, DC배전선로의 신설도 함께 고려함을 밝힘

□ 앞서 논의한 바와 같이, 태양광발전소 등 신재생에너지 발전원의 계통연계 문제는 매년 반복적으로 발생되고 있는 문제임

- 정부가 접속 수요에 적절히 대응하지 못해 소규모 발전사업자들이 계속 피해를 보고 있다는 지적이 되풀이되고 있음
- 당분간 신재생에너지 발전원의 계통접속 지연 문제는 기존 전력망 인프라 보강을 중심으로 문제해결이 진행될 것으로 예상됨
- 그러나 전력망 인프라 추가 설치 문제는 사회적 수용성 확보에 한계가 존재함
 - 동해안~신가평 500kV 직류 장거리 송전망(HVDC) 건설사업은 지역의 강한 반대가 있었고, 밀양 송전탑 건설 역시 대표적인 지역적 반대 사례임
 - 송전탑 설치뿐만 아니라 변전소 추가 설치 역시 지역의 반대가 항상 발생하고 있음
 - '20년도에 예산군, 장성군 등에서 변전소 및 관련 시설 설치계획이 논의된 바 있으나, 지역 내 강한 반대가 발생하였음
- 즉 전력망 인프라 보강을 통한 계통접속 지연 문제 해결 역시 사회적 수용성 확보라는 측면에서 한계가 존재함

□ 이를 고려할 때, 기존 전체 AC배전망을 MVDC배전망으로 개조하여 기존 AC배전망 대비 접속용량을 증가시키는 것은 또 다른 대안으로서 필요성이 일부 인정됨

- 신재생에너지 발전 확대라는 정책 기조를 고려할 때, 향후 신재생에너지 발전량은 지속적으로 증가할 것으로 예상됨
- 이에 맞추어 전력망 인프라 보강도 함께 이루어져야 하나, 사회적 수용성 확보 측면에서 한계가 존재함

- 특히 19년 10월 기준 태양광 발전 용량기준 분포를 살펴보면 1MW 이하 중소형이 78%를 차지*함에 따라 MVDC배전은 일부 배전망 접속한계 해소를 위한 대안으로서 고려할 필요성이 존재함

* 태양광 발전 총 설치용량 9,090MW 중 1MW 이하 중소형 설치용량 7,068MW

- 다만, 동 사업의 성과물이 적용될 수 있는 지역적 범위는 신재생에너지 발전이 집중될 것으로 예상되는 특정 지역에 한정될 것으로 판단됨
- '20년 8월 기준 전북·전남·경북·제주를 제외한 나머지 지방자치단체의 신청 대비 접속 완료율은 평균 86.3%에 달함

나. (문제/이슈 2) DC기반 전력수요 증가 대응

□ 주관부처는 DC기반 전력수요 대응이 필요하다는 원인으로 전기차 급속충전부하 등 고전압 DC부하가 지속적으로 증가하고 있다는 것을 제시

- 도심의 전기차 충전소, IDC(Internet Data Center) 등 대용량 고압 DC부하 증가 중
- 전기차 급속충전부하는 변동성이 커 주변 부하의 전기품질에 악영향을 주며 고출력이 요구되어 배전선로 용량 증대 및 제어를 통한 안정성 확보가 필요함을 제시
- 지중선로로 구성된 도심지역의 경우 배전선로 확장이 어렵고 전력부하가 밀집되어 주변 부하특성에 민감하므로, MVDC배전을 통해 접속용량 증대와 변환효율 제고가 필요함을 강조하였음

□ 다만, DC기반 전력수요 대응 필요성에 대한 구체적 근거 제시는 미흡

- 주관부처가 제시한 전력수요의 주요 증가 원인 중 하나는 바로 데이터센터임
- 대규모 데이터센터 설립에 따라 전력 소비 폭증이 예상되었음
- 다만, 주관부처는 국내 설립된 데이터센터로 인한 전력소비에 대한 구체적 현황을 제시하지 않음에 따라, 향후 DC기반 전력수요가 필요하다는 근거를 확인하기 어려움
- 물론 해외 데이터센터들이 국내로 이전하는 사례가 증가하고 있음
- 국내 데이터센터 설비용량은 '00년 35.8MW에서 2016년 248.5MW로 증가하였으며, '21년 420.1MW가 될 것으로 예상됨(이투뉴스, 2019. 7. 8)
- 이와 같은 현상은 한국의 상대적으로 저렴한 전기요금과 안정적인 전력인프라 등이 주요 원인이 된 것으로 분석됨

- 다만, 데이터센터 설립에 따른 전력수요 증가가 실제 전력소비로 이어질 가능성에 대해선 추가적 근거 제시가 필요함
- 이와 함께 주관부처가 제시하고 있는 또 다른 DC기반 전력수요는 바로 전기자동차 급속충전이 증가한다는 이슈임
 - 앞선 데이터센터의 전력소비량보다 주관부처가 더욱 강조하고 있는 것은 바로 전기자동차 급속 충전에 따른 DC전원 부하 증가임
 - 경제성분석에서도 언급될 내용이나, 주관부처는 전기자동차 급속충전소 확대에 의해 7.5GW의 추가 전력이 필요함을 제시하였음
 - 이러한 근거로서 제8차 전력수급기본계획에서는 '30년 100만 대의 전력수요를 반영하였고, 환경부의 친환경차 및 충전인프라 보급목표(안)에서는 전기차 보급을 '30년까지 300만 대까지 늘리는 계획 등이 인용됨
 - 이를 바탕으로 주관부처는 '30년 108만 대, '40년 293만 대 전기차가 보급될 것으로 예측
 - 전기차 보급의 증가 추세에 따라 국내 전기차 급속충전기는 '28년 19,500대에서 '38년 34,500대로 증가를 예측함
 - 급속충전기 1대당 500kW가 필요하다는 가정 하에 총 7.5GW의 전력량 산출
- 다만, 이러한 주관부처의 예측치에 대해선 면밀한 검토가 필요함
 - 국토교통부 자동차 등록자료에 따르면 전기차는 '20년 8월 기준 118,034대임

<표 3-3> 최근 5년간 전기자동차 보급 현황

연도	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년 8월
보급현황(대)	10,855	25,108	55,756	89,918	118,034

자료: 국토교통부, 전기차 보급 현황, 각 연도.

- 한국전력의 전기차 충전서비스 통계를 살펴보면, 구축된 전기차 충전서비스는 '19년 23,012대로 파악되었음

<표 3-4> 최근 5년간 전기차 충전서비스 구축 현황

연도	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년
충전기(대)	1,532	2,480	3,427	15,389	23,012

자료: 한국전력, 전기차 충전서비스 현황, 각 연도.

주: 충전기별 용량은 파악할 수 없음

- 전기차 충전 인프라의 경우, 완속인지 급속인지 여부가 동 사업 문제/이슈에 직접적으로 연계됨
- 완속 충전인프라의 경우 교류를 기반으로 작동되고, 동 사업에서 강조되는 DC기반의 전력 수요는 급속 충전인프라에만 해당함
- 환경부 통계를 통해 급속 충전시설 구축 현황을 살펴보면, '18년 기준 누적 1,699대로 나타남

<표 3-5> 전기차 급속 충전 인프라 구축 현황

연도	2015년	2016년	2017년	2018년	누적
충전기(대)	100	154	442	766	1,699

자료: 환경부, 전기자동차 보급 및 충전인프라 구축 현황(2018. 12)

주: 충전기별 용량은 파악할 수 없음

- 정부계획에 따른 전기차 보급 목표치와 별개로 기존 실적을 중심으로 '30년 전기차 보급 수준을 추정하면 주관부처의 예측치와는 차이가 존재함
 - 또한 제8차 전력수급기본계획에서는 전기차 확산에 따른 필요 전력량을 0.8GW로 예측하고, 전력수요에 대한 영향은 제한적일 것으로 분석한 바 있음
 - 상기 내용을 종합할 때, DC기반 전력 수요가 급증함에 따라 MVDC 혼용배전망을 통해 전력 수요에 대응이 필요하다는 주관부처의 논리와는 상반되고 있음
 - 이에 따라 DC기반 전력수요에 대응하여야 한다는 동 사업의 문제/이슈는 타당성을 확보하는데 한계가 있으며, 추가적인 근거 제시가 요구됨
- ☐ (소명자료) 주관부처는 DC기반 전력수요 증가 역시 동 사업을 통해 대응이 필요하다는 소명자료를 제출하였음
- ☐ 데이터센터 관련 DC기반 전력수요 소명
- 국내 데이터센터 수는 '19년 기준 158개소로 매년 5.9%의 연평균 성장률을 나타내고 있으며, '20~'23년까지 국내 데이터센터 성장률은 연평균 20.1%로 가속화될 전망임을 제시
 - 데이터센터는 IT서비스 제공에 필요한 장비를 하나로 모아 통합관리하는 시설로 '20년 7월 기준 158개의 데이터센터가 운영되고 있으며, '15년 기준 국내산업 전체 소비량 중 약 1%가 국내 데이터센터에서 소비(전기신문, 2020. 7. 3)

* '19년 기준 서울시내 최대 전력사용량 건물은 KT목동 IDC임

- 한국데이터센터연합회('19. 1)에 따르면 '21년부터 '23년까지 신규 구축 예정인 데이터 센터는 약 13개소로 제시되었음
- 데이터센터는 서버시스템이 집적된 고밀도 디지털부하로 구성되므로, 직류배전시스템을 도입할 경우 전력변환체계의 단순화로 효율이 향상됨을 강조하였음
 - 주관부처는 교류배전방식을 전용한 KT분당 IDC와 직류배전방식을 적용한 KT남수원 IDC의 전력효율 분석결과 직류배전 방식의 효율이 약 13~25% 향상되었음을 밝힘
 - 한국전력, 한국전기연구원 등에서도 데이터센터 직류배전 관련 기술개발을 이미 진행한 바 있음
- 직류배전을 통해 데이터센터의 전력효율 향상이 가능하다는 점은 일부 인정되나, 다음의 문제점으로 인해 동 사업과 밀접히 연계된 문제/이슈로 보는 것에는 한계가 존재
 - 첫째, 국내 데이터 센터의 약 60%가 서울·경기 등 수도권에 집중됨에 따라 송전손실 증대, 지역 간 수급 불균형, 적정전압의 유지곤란 등의 문제가 존재
 - 앞서 논의한 바와 같이 특정 데이터센터의 필요 전력량이 MVDC배전망 개조를 통해 확보 가능한 용량과 같거나 낮을 경우, MVDC를 통해 계통접속의 문제해결 가능
 - 세빌스 코리아('20. 3)는 데이터센터의 수도권 집중 현상은 지속될 것으로 예측, 이는 수도권 접근성과 통신인프라, 인력수급 측면에서 장점이 존재하기 때문임
 - 국내 전력수요의 절반 정도가 수도권에 집중되나 대단위 기저발전단지는 중부 및 남부 해안에 편재되어 있음을 고려할 때, 수도권 지역의 데이터센터 집중 관련 문제해결을 위해선 궁극적으로 송전인프라 확충이 필수적일 것으로 예상됨
 - 즉 MVDC 기술 적용만으로 앞서 제시된 문제해결이 가능하다는 근거는 충분하지 않음
 - 둘째, 향후 신규 설립될 데이터센터의 필요전력 문제를 MVDC 혼용배전망을 통해 해결가능하다고 가정하더라도, 실제 설립된 데이터센터가 모두 직류배전을 선택한다는 가정은 제시된 근거만으로 확인하기 어려움
 - 현재 운영 중인 데이터센터 역시 직류배전방식과 교류배전방식이 혼재되어 있음
 - 직류배전방식을 통해 전력효율 향상이 가능하더라도 실제 사업자가 직류배전방식을 선택하지 않을 경우, 동 사업 성과물을 통한 문제해결에는 한계가 존재

□ 전기차 관련 DC기반 전력수요 소명

- '30년 전기차 보급 수준을 추정하면 주관부처의 예측치와는 차이가 존재한다는 점에 대해 주관부처는 정책적 목표를 고려한 향후 시장 예측이 필요함을 지적
 - 정부는 저탄소 경제 구현을 위한 전기차 보급의 정책 목표를 확대 중임을 강조*
 - * '25년 113만대, '30년 300만대 보급을 정책적 목표로 제시
 - 이와 더불어 전기차 보급을 위한 핵심 인프라인 전기차 급속충전기의 경우 '25년까지 15,000개 확충할 목표를 제시(기획재정부, 2020)
 - 전기차 급속충전기의 단위 용량도 과거 50kW 수준에서 최근 400~500kW 이상으로 단위 기기 당 전력 소비가 10배 이상 확대될 것으로 예상
- 주관부처는 보수적인 예측을 통해 '30년까지 우리나라 전기차 판매를 5%로 가정하고, 2030년 누적 전기차 보급을 약 100만대로 예상하였음
 - '19년 기준 누적 전기차 판매량은 8.5만대로, 신차 중 약 1.8%가 전기자동차로 분석
 - '20~'30년까지 연간 181.6만대 자동차 판매량 중 5%를 전기차로 가정하면, 연간 약 9만대, 총 11년 동안 누적 100만대를 달성할 것으로 예상
 - 특히 주관부처는 전기차 보급 확대에 따라 전기차 급속충전기 보급 역시 증가되어야 함을 강조하였음
- 전기차 급속충전기 보급과 관련하여 MVDC 기술의 적용 가능성은 인정됨
- 다만, 전기자동차 보급이 확대됨에 따라 급속충전기 역시 확대될 것이라는 가정은 관련 근거가 미흡함
 - IEA의 주요 국가 전기차 1대당 공공형 충전기 수 현황을 살펴보면, 여전히 완속충전기 비율이 압도적으로 높음
 - 또한 전기차가 확대된다고 해서 전기차 충전인프라*가 급속충전기로 급격히 변화하게 된다는 가정 역시 관련 근거가 충분하지 않음
 - * 현행 충전인프라는 주택용 충전기, 완속충전기, 급속충전기로 구분
- 김재경 외(2017)에 따르면, '30년 100만대의 전기차가 보급될 경우, 홈충전기 13만 기, 완속충전기 60만 기, 급속 충전기 4,000기가 필요하며, 전체 충전기는 약 74만 기가 될 것으로 예측(김재경 외, 2017: 52-56)
 - 전체 전기차 충전기에서 완속 충전기가 차지하는 비중이 여전히 높을 것으로 예측

- 특히 전기차의 주행 가능거리가 현재보다 증가될 것으로 예측됨에 따라, 현재와 비교하여 전기차 1대당 급속 충전기 수의 필요성은 높지 않다고 평가되었음
- 특히 동 사업에서 제시한 급속충전기의 경우 500kW급으로 이는 동 시점에 다수 차량이 충전가능한 대용량 급속충전기임
 - 즉 일련의 주유소와 같은 형태로 운영이 필요할 것으로 예측되며, 단순히 급속충전기 설치부지만만 아니라 다수 차량이 주정차할 수 있는 주차부지가 확충되어야 함
 - 따라서 전기자동차 증대에 따라 급속충전기의 수요가 급격히 증가할 것으로 예측하기 어렵고, 동 사업에서 제시한 급속충전기의 경우 급속충전기 설치 부지 외, 주차부지가 추가적으로 필요하다는 점에서 현 시점에서 충분한 수요를 예측하는데 한계 존재
- 따라서 상기 분석내용을 종합할 때, DC기반 전력 수요가 급증하고 있다는 충분한 근거를 확인하기 어려움
 - 즉 DC기반 전력수요 급증에 따라, MVDC 혼용배전망을 통해 빠른 대응이 필요하다는 주관부처의 주장은 수요를 명확히 확인할 수 있는 근거가 제시되지 않음

2. 과학기술기반 문제/이슈 해결의 필요성

- 신재생 분산전원의 계통접속 지연 문제 해결을 위한 R&D 추진의 필요성은 일부 인정됨
 - 문제/이슈 식별 과정의 적절성에서 논의하였듯이, 동 사업의 주요 문제/이슈는 신재생에너지 등 분산전원이 확대됨에 따라 MVDC 기술개발을 통해 기존 배전망의 한계를 극복¹³⁾하는 것임
 - 동 사업의 필요성은 기존 계통 인프라의 부족 현상을 MVDC기술을 통해 증가시키기 위함에 있음
 - 즉 분산전원 확대에 따른 계통접속 지연을 해소하고, 향후 증가하게 될 DC기반의 전력수요를 안정적으로 해결하는 것임
 - 동 사업에서 지속적으로 제기되고 있는 것은 바로 계통접속 지연의 문제임
 - 이러한 문제점의 발생은 다양하나, 핵심적인 원인을 중심으로 정리하면 다음과 같음¹³⁾
 - 대표적인 문제점은 보수적으로 운영되는 연계기준과 계통 인프라 확충에 장기간의 시간이 소요된다는 것임

13) 사단법인 기후솔루션(2020), 2020 대한민국 재생에너지 현황과 문제점 중 내용 정리

- 먼저 한국전력은 분산형전원 배전계통 연계 기술기준을 바탕으로 재생에너지의 실제 이용률을 고려하지 않고 발전 최대치를 기준으로 하여 변압기·변전소별 누적연계 용량기준을 운영하고 있음
- 이는 현재 한국전력이 배전망 운영자로서 재생에너지를 제어하는 역할을 하지 못하고 있기 때문에 엄격한 연계기준을 적용한 결과임
- 즉 한국전력의 배전 부문이 중립적 운영자 지위를 획득하지 못하는 한국 전력산업의 특수한 제도적 문제에서 기인
- 또 다른 원인으로는 배전설비 자체의 확충이 부족하다는 점임
- 배전설비 자체는 혐오시설로 인식되어 인허가와 주민 의견수렴에 상당한 시간 소요
- 뿐만 아니라 재생에너지는 사전에 발전소 위치, 용량, 연계시점 등을 확정하기 어려워 송변전 설비계획의 오차로 매몰비용이 발생할 우려가 크다는 점도 주요 원인으로 지적되고 있음
- 이는 제도적 문제와 인프라 확충의 한계, 신규 투자재원 부족 등으로 요약 가능
- 이러한 측면에서 볼 때, 도출 가능한 대안 역시 제도적 측면에서의 대안, 인프라 확충을 위한 신규재원 투자 및 사회적 수용성 확보 등 다양하게 제시 가능
- 국가연구개발사업 예비타당성조사에서 식별된 문제/이슈 해결에서 R&D사업이 실제 필요한지 여부를 검토하는 것은 대안의 효율성을 검토하는 과정임
- 문제/이슈 해결을 위한 수단 중 과학기술적 수단의 적절성을 검토하는 것으로, 다른 대안이 적절히 탐색되었는지를 분석하여야 함
- (제3장의 1) 문제/이슈 식별 과정의 적절성에서 논의한 바와 같이 신재생에너지 발전원의 계통연계 문제는 매년 반복적으로 발생되고 있는 문제임
- 현재 신재생에너지 발전원의 계통접속 지연 문제에 대해 정부는 기존 전력망 인프라 보강을 중심으로 대안을 마련 중임
- 기술개발의 성공가능성을 고려할 때, 기존 전력망 인프라 보강이 보다 현실적인 대안일 수 있음
- 그러나 전력망 인프라 보강은 궁극적으로 사회적 수용성의 확보 여부가 무엇보다 중요하나, 실제 지역주민의 수용성 확보 과정에 다양한 한계가 발생하고 있음
- 사회적 수용성 확보의 한계를 고려할 경우, 기존 AC배전망을 MVDC배전망으로 개조하여 접속용량을 증가시키는 것은 또 다른 정책적 대안으로서 필요성이 존재한다고 판단됨

- 다만, 이와 같은 R&D의 필요성이 일부 존재한다고 해서, 요소기기 및 운영기술 개발 전 영역에 걸쳐 국고지원의 필요성이 항상 존재한다고 볼 근거는 미흡
- 이는 한국전력의 자체 R&D를 통한 추진 또는 한국전력의 활용계획 발표에 따른 민간기업의 자체 개발 등의 대안이 존재하기 때문임
 - 이러한 쟁점에 대해 주관부처는 추가제출자료를 통해 한국전력의 자체 R&D와 민간의 자체 R&D만으로는 한계가 있음을 밝힘
 - 한국전력은 송배전 운영 사업자이므로 배전망 구성에 필요한 모든 기술을 자체적으로 개발하는데 한계가 존재함
 - 하나의 예로 송전망 관련 HVDC기술 역시 한국전력이 자체 개발하기보다, 해외 제품을 구매하여 운영하고 있음
 - 민간기업의 자체 MVDC개발 역시 하나의 대안으로 검토 가능하나, 주관부처는 MVDC기술의 경우 실증테스트베드를 통해 성능 검증이 필수적이지만 경제적 측면에서 기업이 부담하기에는 한계가 존재함을 밝힘
 - 한국전력은 운영기술을 중심으로 R&D를 추진하는 경향이 크고, 민간기업의 경우 실증연구에 기술적·경제적 위험성이 존재한다는 주관부처의 의견은 일부 타당성이 인정됨
 - 주관부처는 HVDC와 LVDC와 비교를 통해 MVDC 기술개발의 필요성에 대한 추가제출자료를 제시하였음
 - HVDC는 장거리 전송을 위한 기술로 국내에서는 망 운영 기술보다는 컨버터 위주의 기술 개발이 주로 이루어짐
 - LVDC는 1.5kV 미만 수용가 측면에서 에너지효율 향상을 위한 기술을 중심으로 개발
 - 동 사업의 MVDC는 능동적 배전망 운영에 관한 기술이며, 다양한 배전망 형태를 위한 기술과 신재생에너지 수용률 향상을 위해 기획되었음을 밝힘
 - 해외 및 국내의 기술개발 동향을 고려할 때, 동 사업에서 MVDC 배전망 관련 대다수의 기술이 망라되어 있으며 이에 대한 기술개발이 필요하다는 점은 추가 검토가 필요함
 - 기획보고서에 명시된 국외 기술개발 동향을 살펴보면, 해외 ABB, Siemens 등과 같은 선진사의 경우 HVDC에 적용 가능한 센서를 개발하여 상용화하고 있으며, ABB의 경우 광섬유 패러데이 효과를 이용하여 DC형 전류센서를 상용화하여 HVDC, MVDC 시스템 전류를 측정할 수 있는 제품군을 보유하고 있는 것으로 나타남

- 또한 MVDC는 기존 HVDC에 비해 전압 레벨이 훨씬 낮다는 특징이 고려할 때, 이미 HVDC에서 이미 사용되고 있는 기술을 수정·보완하는 것 역시 대안이 될 수 있음
- 효성중공업은 세계 3번째 및 국내 최초 전압형 HVDC 모듈형 멀티레벨 컨버터 기술을 적용한 설비(STATCOM, Static Synchronous Compensator)의 상용화에 성공하였으며, 20MW급 전압형 HVDC 컨버터 등 관련 기술을 보유¹⁴⁾
- 또한 효성중공업은 20MW급 HVDC 실증사이트 구축 및 실증 시험을 2018년 완료한 경험을 보유하고 있다는 점을 고려할 때¹⁵⁾, 20MW급 MVDC에 적용 가능한 요소기기 기술을 일부 확보하고 있음을 확인함
- MVDC 배전망 관련 기술의 종합적 개발은 국내기술의 축적이나 기술종속 탈피 등을 위한 목표로 판단되나, 동 사업에서 해결하고자 하는 문제/이슈인 MVDC 혼용배전망 운영을 고려할 때, MVDC 관련 모든 기술에 대한 연구개발의 필요성에 대해선 추가 근거 제시가 필요함
- (소명자료) 주관부처는 MVDC 시스템 개발을 위해서는 HVDC 선행 기술로 개발된 DC센서의 한계를 극복하고, MVDC에 부합하는 국산화 기술이 필요함을 제시
 - 현재 추진 중인 전압형 HVDC 컨버터스테이션 개발 과제에서는 일부 부품을 제외하고 해외 선진사의 센서 부품이 적용 중
 - 주관부처는 동 사업을 통해 DC관련 주요 핵심 부품 및 제어용 센서류의 국산화 및 기술 고도화를 목표하고 있음을 밝힘
- 그러나 동 사업의 핵심 목표/이슈는 2030년의 MVDC 혼용배전망 운영임을 고려할 때, ‘부품 국산화’를 MVDC 혼용배전망 운영을 위한 핵심적 이슈 또는 필요성으로 볼 근거는 명확하지 않음
- 개별적인 MVDC기술의 개발과 맞물려 고려하여야 할 점은 R&D를 통해 도출된 성과물을 실제 사업자가 활용가능한지 여부임
 - 주관부처는 한국전력이 ‘2030 중장기 전략기술’로 MVDC를 선정함에 따라 MVDC기술의 적극 활용이 가능함을 제시
 - 한국전력은 MVDC 기술기준 마련과 AC/DC 혼용배전망 도입 시 배전망 운영자로서 필요한 기술개발과 실증계획을 수립

14) 효성 중공업연구소 홈페이지, http://www.hyosung.co.kr/kr/about/rnd/hi_laboratory.do

15) 효성 중공업연구소 홈페이지, http://www.hyosung.co.kr/kr/about/rnd/hi_laboratory.do

제 2 절 사업목표의 적절성

1. 사업목표와 해결할 문제/이슈와의 연관성

☐ 동 사업의 주요 목표는 MVDC 핵심기술을 확보하는 것임

- 동 사업은 '19년 12월 발표된 제4차 에너지기술개발계획 상 목표를 계승하여 설정되었음
- 제4차 에너지기술개발계획 상 MVDC 기술은 재생에너지 확대에 따른 계통운영 안전성 확보, 분산형·참여형 에너지시스템 서비스 확산을 위해 제시되었음
- 동 사업의 비전·사업목적·사업목표는 다음과 같음

<표 3-6> 동 사업의 비전·목적·목표

비전	MVDC 도입을 통해 정부의 신재생에너지·분산전원 확대 목표를 달성하고 전력수요 집중·증가 대응을 통해 경제성장 기반 조성
목적	MVDC 기술개발 및 적용으로 배전 연계 전력수요 대응 및 안정적 전력공급 기반 구축
목표	2030년 AC/DC 혼용 배전망 운영을 위한 MVDC 핵심기술 확보

자료: 기획보고서, 재구성

- 앞서 논의한 바와 같이 동 사업 주요 문제/이슈는 특정 지역의 배전선로 접속용량 포화에 따른 신재생에너지 발전사업자의 계통접속 지연을 해소하는 것임
- 즉 기존 AC배전망 중 일부를 MVDC배전망으로 개조하여 기존 망 대비 접속용량을 증가시키기 위해 MVDC 기술개발을 추진하는 것이 주요 내용임
- ☐ 2030년 AC/DC 혼용 배전망 운영을 위한 기술개발을 통해 지속적으로 제기되고 있는 계통접속 지연의 문제는 일부 해결이 가능하다고 판단됨
- 다만, 이러한 문제해결은 2030년 이후 생산될 신재생에너지 발전원의 계통접속에 국한
- 신재생에너지 발전원의 지역 편중 문제의 해소, DC배전선로 추가 설치 등 기존 전력망 인프라 보강 등이 동반되어야만, 실질적인 문제해결이 가능함

2. 사업목표 및 성과지표 설정의 적절성

- 동 사업의 총괄목표는 그 달성 수준을 구체적으로 확인하는데 한계가 존재
- 주관부처는 2030년 혼용 배전망 운전을 실현하기 위해, DC배전 핵심기술의 기반을 2028년까지 확보하는 것을 직접적인 목표로 설정하였음을 밝힘
- 다만, '핵심기술의 확보'라는 목표는 실제 어느 수준이 되어야만 달성되었는지 명확히 확인하는데 한계가 존재함
 - 주관부처는 이러한 문제점에 대한 대안으로서 혼용 배전망 운영을 위한 세 가지 핵심기능*을 제시하고, 핵심기능별 성과지표 달성을 통해 확인이 가능함을 제시
- * 접속수요 대응, 운영효율 확대, 사회적 수용성
- 혼용 배전망 운영을 위해 제시된 세 가지 핵심기능별 주요 내용은 다음과 같음

<표 3-7> AC/DC 혼용 배전망 운영을 위한 핵심기능

구분		의미
접속수요 대응	배전설비 용량 확대	추가건설 회피 (전기차 충전소 등 도심수요 대응, 분산전원 연계)
	전력흐름 제어	배전선로 이용 효율 향상
운영효율 확대	전력변환 손실 최소화	AC/DC 및 전압레벨 변환 손실 최소화
	부분적 독립 운전	독립운전 및 재난 복원
	배전망 혼용 운전	AC-DC Hybrid 운영
사회적 수용성	기기 안전성	단위 기기별 내구성 및 사고 대응
	인체 안전성	배전망 추가 시설 등에 대한 인체 안전성
	환경 친화성	배전시설의 환경적 수용성

자료: 추가제출자료, 재인용

- 주관부처는 세 가지 핵심기능에 대해 주관부처는 하위 기능으로 분류하고, 하위 기능별 성과지표를 별도로 제시하였음
 - (접속수요 대응) 변전소 용량한계로 인한 신재생에너지 발전의 대기수요를 해소하기 위해 설비 용량과 배전선로 이용 효율 향상의 중요성 강조
 - (운영효율 확대) 혼용운전 시 전력변환 손실을 최소화하고 안정적인 독립운전기능을 위한 세부 기능 포함
 - (사회적 수용성) 안정적 전력공급을 위한 배전설비의 안전성 기준을 마련하고 설비를 배전망에 적용 시 필요한 운전 관련 안정성 기준을 마련하는데 초점
 - 단순 AC/DC 혼용 배전망 운영과 관련된 기능 이외, 설비용량·제어·안전성 등의 기능이 포함되었다는 점에서 의의가 있음
- 다만, 상기 세 가지 핵심기능이 MVDC배전망 운영을 위해 필수적인 요소임을 확인할 수 있는 근거 제시는 미흡
 - 이는 세 가지 핵심기능이 동 사업 목표달성에 있어 왜 핵심적인 요소임을 확인할 수 있는 근거가 부족함을 의미함
 - 주관부처는 사업 설계과정에서 목표 달성을 위한 핵심기능을 전문가 논의를 거쳐 설정하였다는 의견을 밝혔으나, 회의록 등에서 이러한 과정을 명확히 확인하는데 한계가 존재
- (소명자료) 주관부처는 전문가 논의를 거쳐 MVDC 혼용배전망 운영상의 핵심 이슈를 세 가지로 설정하였음을 밝힘에 따라, 이슈 설정 과정의 타당성은 일부 인정됨
 - (접속수요 대응) 분산전원 확대에 따라 불필요한 투자를 최소화하고 기존 배전망 설비를 유지하면서 전송 용량을 확대하는 것이 필요
 - (운영효율 확대) DC 혼용배전망으로의 변화는 단계적 변환에 따른 손실을 감소시켜 운영 효율성을 증대시키기 위한 것이며, 단순히 운영 효율성뿐만 아니라 배전계통 복잡도 증가를 부분적으로 제어하기 위해 독립운전기능에 대한 고려가 필요
 - (사회적 수용성) 배전용량 및 운영효율의 확대는 기술적인 측면의 해결로 이는 기기, 인체, 환경 측면에서 안전성과 친화성이 반드시 확보되어야 한다는 점에서 사회적 수용성을 주요 기능으로 설정

- 또한 동 사업에서 이러한 핵심기능은 기능별 세부 성과지표로 연계되며, 세부 성과지표는 내역사업별 세부과제의 성과지표와 연계되는 형태로 설계되었음
- 핵심기능별 성과지표와 지표설정의 근거는 다음과 같음

<표 3-8> AC/DC 혼용 배전망 운영을 위한 핵심기능별 성과지표

사업 핵심 기능		성과지표	세부 성과지표 구성
접속 수요 대응	배전설비 용량 확대	배전선로 신재생 연계용량 60% 향상	해외 실증연구(영국 Angle DC 프로젝트) 결과를 바탕으로 이론적 용량 확대 계산값 대비 실증으로 구현된 용량 확대 결과값 비율 적용
	전력흐름 제어 (배전선로 이용률 향상)	배전선로 최대 허용 부하율 30% 향상	한국전력공사의 배전선로 교체를 위한 AC 기준 평균 허용부하(10MW 기준 7MW) 대 비 DC 적용 시의 최대 허용 부하(10MW 기준 10MW)의 용량 증가분 고려
운영 효율 확대	전력변환 손실 최소화	전력변환 손실 10% 저감	현 AC 시스템 및 기기 손실률인 약 5% 고려
	고장 시 정전 회피	고장발생시 직류배전망 주요부하의 무정전 운전 비율 90% 달성	AC 무정전 운전 기준 적용
		계통계획에 따른 MVDC 기동복구 방안 시나리오 3개 이상	기존 사례 부족에 따른 현실적 목표치 설정
	배전망 혼용 운전	MVDC 배전망 전압 변동률 3% 이내 운영	기존 사례 부족에 따른 현실적 목표치 설정
		MVDC 배전망 최적화 알고리즘 수렴속도 3분 이내	AC 관련 유사기준 참고
사회적 수용성	기기 안전성	DC 배전설비 국내기술기준 마련	기존 사례 부족에 따른 현실적 목표치 설정
	인체 안전성	국내 송·배전망 적용 안전성 기준 이상	기존 AC 안전기준 적용
	환경 친화성	배전설비 설치면적 20% 이상 축소	기존 사례 부족에 따른 현실적 목표치 설정

자료: 기획보고서, 재인용

- 이와 같이 제시된 동 사업의 목표 ‘2030년 AC/DC 혼용 배전망 운영을 위한 MVDC 핵심기술 확보’는 관련 목표 및 지표 설정 과정에 몇 가지 문제점이 존재함
- AC/DC 혼용 배전망 운영을 통해 계통접속 지연 문제를 해결하기 위해선 핵심기술의 확보 수준이 객관적으로 측정되어야 하나, 구체적 목표가 제시되지 않음
 - 이는 ‘핵심기술 확보’ 수준의 구체적으로 제시되지 않았기 때문임
 - 또한 핵심기술 확보가 위에 제시되었던 10가지 세부 성과지표의 달성으로 판단되는 경우에도, 개별 지표가 어느 정도 달성되어야만 총괄 사업목표를 달성하였다고 판단하는데 한계가 존재함
 - (주관부처) 주관부처는 추가제출자료를 통해, 성과지표는 실제 배전망 운영에 필요한 최소의 성능 조건으로 설정하였다는 점에서 100% 달성 시 동 사업의 목표가 달성된 것으로 판단한다는 것을 밝힘
- 현행 제시된 목표는 실제 배전망에서 측정 가능한 지표인지, 실증 테스트베드를 통해 측정 가능한 지표인지 명확하지 않음
 - 추가제출자료를 통해 동 사업에서 제시된 핵심기능별 성과지표는 실증 테스트베드를 통해 측정되는 지표임을 확인함
 - (주관부처) 주관부처는 추가제출자료를 통해, 실제 배전망에서 측정이 필요하나 검증되지 않은 기술을 실제 계통에 적용할 경우 발생할 수 있는 위험요인이 있다는 점을 제시
 - 실계통에서 독립적 구성을 통해 영향을 최소화할 수 있는 송전망과 달리 배전망은 수용가와 연계되어 있다는 점에서 수용가에 미치는 위험요인을 제거할 수 없다는 점을 고려할 때, 실증 테스트베드를 활용한 성과 측정의 불가피성은 일부 인정됨
- 세부 성과지표 중 일부 지표는 설정 근거가 명확하지 않음
 - 주관부처는 성과지표의 목표치 설정은 해외 선진연구 그룹의 성능 수준을 바탕으로 설정하였음을 제시
 - 실증연구에 대한 정보가 없을 경우 관련 논문 등 이론적 계산 및 연구결과를 참고하고, 일부 성과표의 경우 AC배전망에서의 성능 목표치를 차용하여 목표 설정
 - 주관부처는 모든 성과지표는 기초자료를 바탕으로 전문가 논의를 거쳐 설정되었다고 밝혔으나, 이를 확인할 수 있는 충분한 자료는 제시되지 않음

- 이로 인해 일부 성과지표의 경우 목표 설정의 타당성을 판단하는데 한계가 존재함
 - 예를 들어 ‘계통계획에 따른 MVDC 기동복구 방안 시나리오’의 경우 2내역사업 중 AC/DC 복합 배전망 비정상운영 기술개발과제에서 HIL기반의 자체기동복구방안과 연계되는 것으로 판단되나, 계통계획에 따라 3개의 시나리오가 필요한 근거는 제시되지 않음
 - 또한 ‘MVDC 배전망 최적화 알고리즘 수렴속도 3분 이내’의 경우, AC 관련 유사기준을 참고하였다고 밝혔으나, AC배전망은 개폐 구간을 변경하는 방식(on/off)을 활용한다는 점을 고려할 때 동 성과지표의 설정 근거는 명확하지 않음
 - 이와 더불어 ‘사회적 수용성’ 성과지표의 경우 현재 제시되니 성과지표를 통해 사회적 수용성이 어떻게 확보될 수 있는지에 대한 추가 논리가 요구됨
 - 앞서 논의한 바와 같이 송전탑 반대의 대표적 사건인 밀양사태(2008) 이후, 초고압 송변전설비 신규 증설은 주민의 반대가 심각하게 나타나고 있음
 - 이와 같은 지역주민의 집단반발사태는 단순히 기술적 안전성의 측면만으로 해결되기 어려운 부분임
 - 그럼에도 불구하고, 동 사업에서는 DC 배전설비 국내표준을 제안하고, 설치면적을 축소하는 등의 지표를 통해 사회적 수용성이 담보될 수 있음을 제시한 바 있음
 - 다만, 동 사업의 사회적 수용성 관련 지표가 실제 어떠한 과정을 거쳐 지역주민의 사회적 수용성을 담보할 수 있는지에 대해선 적절성을 확인하는데 한계가 존재함
- (소명자료) 주관부처는 소명자료를 통해 성과지표 설정 관련 추가 근거를 제시함에 따라, 이를 바탕으로 성과지표 설정의 타당성이 일부 인정됨
- (기동복구 시나리오) 세 가지 기동복구 시나리오가 제시된 것은 가장 MVDC 혼용배전망 관련 가장 대표적인 기동복구 시나리오로 구성됨을 밝힘
- 세 가지 시나리오는 다음과 같이 구성되며, 이를 바탕으로 추가적인 복합 시나리오가 개발 가능함을 제시
- ※ 시나리오1: AC망이 DC망보다 부하가 더 큰 상태에서의 AC/DC 복합배전망
 - ※ 시나리오2: AC망과 DC망이 비슷한 비율로 구성된 AC/DC 복합배전망
 - ※ 시나리오3: MVDC망으로만 구성된 배전망

- (알고리즘 수렴속도) 주관부처는 MVDC 혼용배전망을 최적으로 운전하기 위해선 AC 배전망 운영시스템과 유사한 성능을 가져야 함을 강조
 - MVDC 배전망은 기존 AC 배전망과 다른 구성으로 운영되나, 알고리즘 수렴속도는 최소 AC 배전망 수준으로 운영되어야 함
 - 또한 기존 AC 배전망뿐만 아니라 DC 배전망에서도 개폐구간을 변경하는 방식(on/off)을 통해 계통 운영 성능을 향상시키는 것이 가능함을 밝힘
 - 배전망 최적화 알고리즘은 조류 제어, 전압 제어뿐만 아니라 개폐구간을 변경하여 선로 손실을 줄이거나 신재생에너지 수용률을 향상시키기 위한 계통 구성을 포함할 수 있음*
- * Altun(2020), Montoya(2020), Ahmen(2019), Babaei(2018)의 연구 등
- 이를 바탕으로 구성 기기를 통해 데이터를 주기적으로 받는 시간을 포함한 최적화 알고리즘 수렴속도는 3분 이내가 적절함을 제시
- (사회적 수용성) 주관부처는 송전탑 및 변전소 건설에 대한 지역 주민의 반대 원인은 인체 및 환경 유해성, 화재 등 사고발생 위험성, 미관을 해치는 외형, 지원 보상금 규모 등 다양한 요인이 존재하고 있음을 밝힘
 - 특히 동 사업의 최종 단계인 실증 플랜트의 경우 실제 주민들의 생활공간에 설치되는 실계통 시험시설이 아닌 실제 환경과 유사한 수준의 시험시설이므로 수용성 여부를 직접적으로 확인하는 것에는 한계가 존재
 - 따라서 동 사업의 성과지표 중에는 연구개발사업으로 확인할 수 없는 지원 보상금 등을 차치하고, MVDC 기술개발을 통해 기존 AC 환경 대비 향상된 기능을 확인할 수 있는 지표를 설정하였음을 강조
 - 인체 및 환경 유해성은 송전탑·변전소에서 발생하는 전자기장에 의한 것이므로, 구축된 DC 시설의 전계와 자계에 대한 측정결과를 기준값 및 AC망 수준과 비교
 - 화재 등 사고발생의 위험성은 구성된 기기들의 동작 오류나 이상 동작에 기인하는 것이므로, 신규 DC기기에 대한 안전성 기준을 제정
 - 미관을 해치는 외형의 경우 설치되는 시설의 크기나 모습에 의한 것이므로, AC 대비 크기를 축소하여 환경적 부담을 최소화하는 것으로 계획

3. 수혜자 표적화의 적절성

□ 동 사업은 주요 수혜자로 국내 배전망을 통해 전력을 공급받는 국민을 제시

○ 주관부처는 추가제출자료를 통해 동 사업의 직접적 수혜자가 국민으로 설정된 것에 대한 추가적 근거를 제시하였음

- 배전망 관련 수혜자는 크게 전력망 개발자(중전기 업체), 전력망 운영자(한국전력), 전력망 이용자(국민) 등으로 구분할 수 있으며, 동 사업은 전력망 이용자인 국민을 직접적인 수혜자로 기획하였음을 밝힘

○ 다만, 주관부처는 전력망 이용자 역시 세분화될 수 있음을 제시함

- 전력망 이용자는 일반 가정 또는 기업의 이용자, 전기차 충전사업자 및 이용자, 분산전원 공급 사업자 등으로 세분화 가능

- 이들 이용자는 배전설비 확장과 망 제어한계, 직류변환 손실증가 등의 문제로 직접적인 영향을 받는 주체이므로, 해당 수혜자 측면의 핵심 이슈를 해결하기 위해 동 사업을 기획하였음을 제시

○ 이러한 전력망 이용자 중 실제 누가 수혜자가 될 것인지에 대해선 면밀한 검토가 필요

- 앞서 제시된 문제/이슈를 고려하면, 동 사업의 실질적인 수혜자는 전기차 충전사업자 및 이용자, 분산전원 공급 사업자 등으로 보는 것이 타당함

- 이들을 직접 수혜자로 보는 것은 현재 신재생에너지 등 분산전원을 송배전망에 접속하는 것이 동 사업에서 천착하고 있는 문제/이슈이기 때문임

- 동 사업의 중요한 문제/이슈인 분산전원 사업자가 실제 배전망에 접속하는 것이 지연되어 전력판매를 할 수 없다는 점에서 동 사업을 통해 계통접속이 이루어질 경우, 분산전원 사업자는 수혜자로 보는 것이 타당함

○ 다만, 이러한 과정에서 주관부처가 제시하고 있는 의견 역시 검토할 필요성이 존재

- 이는 왜 현행 분산전원 사업자의 계통접속이 지연되고 있는가에 있음

- 태양광 등 소규모 분산전원의 무분별한 계통접속은 전력계통의 안전성을 저하시키는 주요 원인이 됨

- 실제 '20년 미국 캘리포니아에서는 폭염 속에 순환정전으로 전력공급이 끊겨, 주민의 열사병 발생이 증가한 사례가 있었음

- 기상이변으로 인해 전력수요가 증가하였으나, 태양광과 풍력발전량이 급격히 줄어들었을 뿐만 아니라 예비력 자원인 가스발전소가 가동을 멈추면서 전력부족 현상이 발생하였기 때문임
- 분산전원의 계통접속은 변동성과 간헐성의 문제로 인해 전력계통(송배전망)에 큰 부하를 발생시킨다는 점에서 송배전 사업자인 한국전력이 소규모 분산전원의 배전망 접속을 보수적으로 결정하게 만드는 주요 원인이 됨
- 즉 계통접속 지연 문제가 해결될 경우, 분명 접속 대기 중이었던 분산전원 사업자의 추가적인 부가가치가 창출될 수 있으나, 무분별한 계통 접속 시 정전 등으로 인해 부(-)의 편익이 국민에게 발생할 수 있다는 점 역시 함께 고려되는 것이 필요함
- '20년 2월 중 대정전(블랙아웃) 사고가 발생할 수 있는 사건이 존재한 바 있음(한겨레, 2020. 7. 21)
- '20년 2월 23일 오전 9시를 기점으로 전국 전력망의 수요가 예측보다 급감하였으나, 태양광 발전 공급량이 일사량 상승으로 급증하여 공급 과다 현상이 발생
- 전력거래소 중앙전력관제센터에서는 일부 발전기를 정지시키거나 출력을 낮춰 발전량을 줄이고, 양수발전소 상부댐으로 물을 퍼 올려 전력소비를 늘려 대응한 바 있음
- 더욱 큰 문제는 추가로 줄일 수 있는 발전량이 100MW 수준까지 떨어졌다는 점임, 즉 하향 예비력이 100MW에 불과해 대정전 사고로 이어질 수 있었음, 향후 태양광 같은 재생에너지 설비가 늘 경우 출력변동으로 인한 문제는 더욱 커질 수밖에 없음
- 따라서 신재생에너지 출력 변동으로 인해 계통 접속의 지연문제가 발생하고 있다는 점을 고려할 때, 동 사업 성과물의 수혜자를 국민으로 설정한 것은 타당성이 일부 인정됨

제 3 절 세부활동 및 추진전략의 적절성

1. 세부활동과 사업목표 간 연관성

□ 동 사업의 세부활동은 크게 세 가지로 구성

- AC/DC Hybrid 배전망 요소기기(1내역사업), AC/DC Hybrid 배전망 운영기술(2내역사업), AC/DC Hybrid 배전망 테스트베드(3내역사업) 등 3개 내역사업으로 구성
 - 요소기기 내역사업의 경우 MVDC망 구성을 위해 H/W 측면의 전력변환장치와 보호장치 등을 중심으로 개발
 - 운영기술 내역사업은 기존 AC망과 함께 신규 MVDC망이 효과적으로 운영될 수 있는 S/W 측면의 운영기술 개발
 - 테스트베드 내역사업의 경우 요소기기와 운영기술의 성능시험을 위한 파일럿 플랜트 구축·활용을 중심으로 구성

□ 2030년 AC/DC 혼용 배전망 운영 달성을 위해 '기기-운영기술-실증' 등 세 가지 내역사업을 구성한 것을 고려할 때, 목표 및 활동 간 연관성이 인정됨

- 배전계통은 배전 관련 설비와 이를 운영하는 시스템으로 구성
 - 단순히 개발된 AC/DC 요소기기와 운영기술은 운전실적 없이 실계통에 적용하는 것에 한계 존재
- 따라서 실제 배전환경과 유사한 테스트베드 구축과 이를 통한 요소기기 및 운영기술 관련 실증연구는 필요성이 인정됨
 - 독일, 영국 등에서도 실증연구를 통해 개발기술의 검증 및 신뢰성 확보를 추진하고 있음을 확인함

2. 세부활동 도출의 적절성

□ 동 사업의 세부활동은 MVDC 핵심기술 확보를 위해 3개 내역사업을 중심으로 15개 세부기술 및 47개 요소기술로 구성

- 동 사업은 MVDC 기술의 실증을 중심으로 내역사업 및 요소기술을 구성
 - 내역사업별 세부기술 및 요소기술은 다음과 같음

<표 3-9> 내역사업별 세부기술 및 요소기술

1내역사업 : AC/DC Hybrid 배전망 요소기술	
세부기술	요소기술
①-1 MV DC/DC 컨버터스테이션 핵심기술개발	①-1-1. MV DC/DC 컨버터 개발
	①-1-2. 컨버터스테이션 사이버물리시스템(CPS) 보안기술개발
	①-1-3. MV DC/DC 컨버터스테이션 시험평가 기술
①-2 MV AC/DC, DC/AC 컨버터스테이션 핵심기술개발	①-2-1. 이동형 MV AC/DC 컨버터 개발
	①-2-2. 고정형 MV AC/DC 컨버터 개발
	①-2-3. 수용가용 MV-LV 멀티전원 컨버터 개발
①-3 MV 멀티터미널 직류차단 핵심기술개발	①-3-1. 멀티터미널 직류차단기 개발
	①-3-2. 직류차단에너지 소호 기술개발
①-4 MVDC 보호기기 핵심기술개발	①-4-1. DC 개폐기 개발
	①-4-2. DC 단로기 개발
	①-4-3. DC 바리스터 개발
①-5 MVDC 계측진단 핵심기술개발	①-5-1. MVDC DC 전류계측 ICT 기술개발
	①-5-2. MVDC DC 전압계측 ICT 기술개발
	①-5-3. MVDC 전력기기 진단용 ICT 기술개발
	①-5-4. MVDC 변환소용 감시진단 및 자산관리 ICT 기술개발

2내역사업 : AC/DC Hybrid 배전망 운영기술	
세부기술	요소기술
②-1 양방향 AC/DC 복합 배전망 설계기술 개발	②-1-1. AC/DC Hybrid 배전망 토폴로지
	②-1-2. MVDC 배전망 접지시스템 설계
	②-1-3. MVDC 배전망 보호방식 설계
	②-1-4. MVDC 배전망 주요기기 역할 및 기능 정의
	②-1-5. 재생E 및 부하 연계 용량 산정
②-2 MVDC 배전망 상태평가 기술개발	②-2-1. 계통(배전망) 및 요소기기 모델링
	②-2-2. 정상/과도 상태 해석
②-3 AC/DC 복합 배전망 제어 및 에너지관리기술개발	②-3-1. AC/DC 복합 배전망 정상운영 기술개발
	②-3-2. AC/DC 복합 배전망 비정상운영 기술개발

2내역사업 : AC/DC Hybrid 배전망 운영기술	
②-4 AC/DC 복합 배전망 고장처리 기술개발	②-4-1. MVDC 고장해석 기술개발
	②-4-2. MVDC 보호계전 요소기술개발
	②-4-3. MVDC 보호협조 체계 개발
②-5 MVDC 배전망 운영체계 개발	②-5-1. MVDC 운영 시스템 DB 기술개발
	②-5-2. MVDC 배전망 운영체계 개발데이터 플랫폼 통합정보모델 개발
	②-5-3. 통신전단처리장치 개발
	②-5-4. 엣지 컴퓨팅 기술개발
	②-5-5. 감시제어 및 이벤트 처리 기술개발
	②-5-6. 사용자 인터페이스 개발
	②-5-7. 가상물리시스템 기술개발
②-6 AC/DC 복합 배전망 운영프로그램 개발	②-6-1. 정상운영 어플리케이션 개발
	②-6-2. 비정상운영 어플리케이션 개발
	②-6-3. 보호협조 어플리케이션 개발
②-7 MVDC 배전망 성능평가 기술개발	②-7-1. MVDC 배전망 실시간 시뮬레이션 기술개발
	②-7-2. MVDC 배전망 운영기술/운영시스템 성능평가
	②-7-3. MVDC 배전망 운영기준 수립 기술개발

3내역사업 : AC/DC Hybrid 배전망 테스트베드	
세부기술	요소기술
③-1 MVDC 배전망 파일럿 플랜트 구축	③-1-1. MVDC 배전망 파일럿 플랜트 구축
	③-1-2. 파일럿 플랜트 통합 관제 시스템(TOC) 구축
	③-1-3. MVDC 배전망/핵심기기 성능시험 기술개발
③-2 MVDC 핵심기기 실증 테스트베드 연계	③-2-1. MVDC 핵심기기 테스트베드 연계
③-3 MVDC 체계 구축을 위한 기반기술 연구	③-3-1. MVDC 기기 제품 표준 및 인증 기준
	③-3-2. MVDC 운영 및 감시 표준화
	③-3-3. MVDC 체계 구축을 위한 기반기술 연구

자료: 기획보고서, 재인용

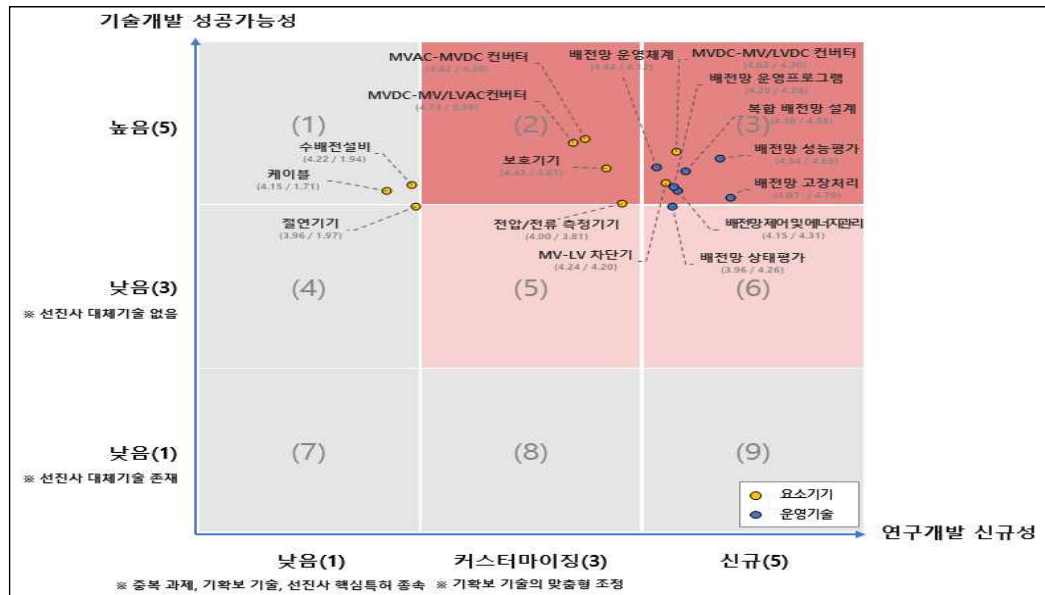
- 동 사업 세부활동은 실증을 중심으로 핵심 성능을 구현하기 위한 하향식 기획방식을 적용하여 설계되었음
 - 주관부처는 하향식 기획방식을 적용하여야 하는 필요성에 대해 다음과 같이 제시
 - 사업기획 초기 기술수요조사를 바탕으로 상향식 기획을 준비하였으나, 기존 AC배전망 구성을 참고할 때, 핵심 기능 확보를 위해 구성할 수 있는 세부기술이 제한적임을 확인함
 - 이에 AC배전망 구성을 기준으로 하향식으로 정리하여 세부기술분류를 정의하였음을 밝힘
 - 전력망 구성은 일련의 체계개발과 같이 실증을 통해 핵심 성능을 구현하여야 한다는 점에서 하향식 기획의 필요성은 일부 인정됨
 - 동 사업의 기술분류는 기존 배전시스템 관점에서 필수적으로 갖추어야 할 기기(H/W)와 운영(S/W) 측면의 세부기술로 구성되었음
 - 이를 바탕으로 주파수 제어와 같은 DC배전망에서 불필요한 기술은 제외하고, AC망과 달리 필요한 DC/DC 변환, 차단 기술 등이 포함되었음
- 동 사업 세부활동 도출 과정은 다음과 같음
 - (중점영역 도출) 사업목표인 AC/DC 혼용망 도입을 위한 실증에 필요한 요소기기와 운영기술 구분
 - 동 사업 세부활동 도출을 위한 중점영역은 '요소기기·운영기술·실증'으로 확정
 - (세부기술 분류) 과제도출을 위한 세부기술분류는 요소기기와 운영기술에 대해 AC망 구성을 기준으로 하향식으로 정리
 - 이 과정에서 AC와 특성이 다른 DC망 구성을 위한 기술은 제외, 새롭게 필요한 기술은 추가하였음
 - 주관부처가 작성하였던 세부기술 분류체계는 요소기기와 운영기술이라는 대분류 하에 전력변환장치, 보호 및 절연장치 등 7개의 중분류로 구분되고, 최종 16개의 세부기술분야로 구분됨
 - 세부적인 내용은 다음과 같음

<표 3-10> 세부기술 분류체계

구분1	구분2	구분3
AC/DC Hybrid 배전망 요소기기		
	전력변환장치	
		MVDC-MV/LVDC 컨버터
		MVAC-MVDC 컨버터
		MVDC-MV/LVAC 컨버터
	보호 및 절연장치	
		MV-LV 차단기
		절연기기
		보호기기
	기타설비	
		MVDC용 전압/전류 측정기기
		케이블
		MVDC용 수배전 설비
AC/DC Hybrid 배전망 운영기술		
	AC/DC Hybrid 배전망 설계	
		양방향 AC/DC 복합 배전망설계 기술개발
	AC/DC Hybrid 배전망 해석/운영기술	
		MVDC 배전망 상태평가 기술개발
		AC/DC 복합 배전망 제어 및 에너지관리 기술개발
		AC/DC 복합 배전망 고장처리 기술개발
	AC/DC 배전망 운영시스템	
		MVDC 배전망 운영체계개발
		AC/DC 복합 배전망 운영프로그램개발
	MVDC 배전망 운영 성능시험	
		MVDC 배전망 성능평가 기술개발

자료: 추가제출자료, 재인용

- (세부기술 확정) 세부기술 분류체계에 대하여 기획위원회 위원 및 외부 전문가 설문조사를 통해 중점 추진분야를 확정하였음
- 설문조사*는 기획위원 17명, 외부 전문가 25명 등 총 42명에 대해 실시됨
- * 연구개발 신규성과 기술개발의 성공가능성 측면에서 조사 실시, 79명중 42명 응답(응답률 53%)
- MVDC 요소기기 내 '절연기기, 케이블, MVDC용 수배전 설비' 등 3개 세부기술이 제외되고 총 13개 세부기술분야 선정
- 세부기술분야 우선순위 선정 결과는 다음과 같음



[그림 3-2] 세부기술 우선순위 선정 결과

자료: 추가제출자료, 재인용

- (성과지표 정의) 도출된 중점 추진과제별로 이슈 해결을 위한 핵심기능과 연계된 세부성과지표를 기획위원회에서 설정
- (기술개요서 작성) 중점 추진과제별로 세부성과지표를 달성하기 위한 세부기술개요서를 분과위원회를 구성하여 작성
- 다만, 상기 과정에서 과제 도출의 적절성을 판단할 수 있는 근거가 미흡함
- ① 세부활동 도출을 위한 기획위원회의 활동 수준
 - 동 사업은 배전망 구성이라는 특징으로 인해 하향적 기획방식이 적용되었음
 - 이 경우 기획위원회의 활동은 사업기획의 질을 좌우하는 중요 요소이며, 동 사업에서 중점영역 및 기술분야, 세부과제 도출 과정의 핵심 역시 기획위원회임
 - 기획회의는 총 21회가 진행되었으며, 대면회의는 15회, 서면대체 회의는 총 6회* 실시되었음
 - 최초 회의는 '19년 11월 26일 착수회의이며, 산학연 전문가 총괄회의는 2회 진행되었고, 10회의 실무위원회, 8회의 분과위원회의가 진행되었음
 - * 총 21회 회의 중 12~17회 회의는 서면으로 대체함

- 동 사업과 관련된 기획·실무위원으로 활동한 전문가는 총 32명으로 확인됨
- 참여 전문가를 산학연으로 나누어 보면, 학은 5명(15.6%), 산은 14명(43.8%), 연은 13명(40.6%)로 나타나 산업계와 연구계의 참여 비중이 높음

<표 3-11> 동 사업 기획위원회 구성

구분	산/학/연	위원회 활동
A	학	기획위
B	연	기획위
C	산	기획위
D	산	기획위
E	산	기획위
F	연	기획위
G	산	기획위
H	산	기획위
I	산	기획위
J	학	기획위
K	학	기획위
L	학	기획위
M	연	기획위
N	산	기획위
O	학	기획위/실무위
P	연	기획위
Q	산	기획위/실무위
R	연	기획위/실무위
S	연	기획위
T	연	기획위
U	산	기획위
V	산	기획위/실무위
W	연	기획위
X	연	기획위
Y	연	기획위/실무위
Z	연	실무위
AA	연	총괄위
AB	연	총괄위
AC	산	총괄위
AD	산	총괄위
AE	산	총괄위
AF	산	총괄위
합계	32명*(기획위 25명, 실무위 6명, 총괄위 6명)	

주: 위원회 중복 참여에 따라 세부 위원회별 위원수의 합은 32명을 초과함

자료: 연구진 작성

- 산업계는 관련 대기업·중견기업 등 중전기기 업체의 참여 비중이 높았고, 연구계의 경우 한국전기연구원 및 한국전력의 전력연구원의 참여가 중심이 되었음
- 다만, 참여 현황을 살펴보면, 대면회의에 3회 이상 참여한 전문가는 전체 32명 중 7명(21.9%)인 것으로 분석되었고, 나머지 전문가의 경우 최대 2회 수준에서 참여함을 확인
- 따라서 제한적인 전문가 위주의 기획이 추진되었을 가능성이 존재함
- 물론 서면대체 회의가 6회 진행됨에 따라, 추가적인 전문가 참여가 있었을 것으로 예상되나, 서면대체 회의 참석자 명단이 제출되지 않아 확인이 불가함
- (소명자료) 주관부처는 서면으로 진행되었던 6차례의 회의참석자 명단을 제출하였고, 이를 통해 추가적인 전문가의 기획회의 참여를 확인함
- 소명자료 확인을 통해 전체 32명 중 18명(56.3%)이 3회 이상 회의에 참석하였음을 확인하였고, 이들의 기획회의 참여 횟수는 평균 5.8회로 분석되었음
- ② 중점 기술분야와 도출된 세부활동(세부과제) 간 연계성
- 앞서 논의한 바와 같이, 내외부 전문가 설문조사를 통해 확정된 13대 중점 기술분야 현황은 다음과 같음

<표 3-12> 13대 기술분류체계 확정 결과

구분1	구분2	구분3	선정여부
요소 기기	전력변환장치	MVDC-MV/LVDC 컨버터	○
		MVAC-MVDC 컨버터	○
		MVDC-MV/LVAC 컨버터	○
	보호 및 절연장치	MV-LV 차단기	○
		절연기기	탈락
		보호기기	○
	기타설비	MVDC용 전압/전류 측정기기	○
		케이블	탈락
운영 기술	AC/DC Hybrid 배전망 설계	MVDC용 수배전 설비	탈락
	AC/DC Hybrid 배전망 해석/운영기술	양방향 AC/DC 복합 배전망설계 기술개발	○
		MVDC 배전망 상태평가 기술개발	○
		AC/DC 복합 배전망 제어 및 에너지관리 기술개발	○
		AC/DC 복합 배전망 고장처리 기술개발	○
	AC/DC 배전망 운영시스템	MVDC 배전망 운영체계개발	○
		AC/DC 복합 배전망 운영프로그램개발	○
	MVDC 배전망 운영 성능시험	MVDC 배전망 성능평가 기술개발	○

자료: 추가제출자료, 재수정

- 주목하여야 할 점은, 상기 선정된 결과로부터 3대 내역사업, 15개 세부기술, 47개 요소기술로 어떻게 분화되는지 여부임
- 하나의 예로, 13대 기술분류체계 확정 결과 상 전압별, 교류·직류별 전력변환장치의 중요성은 높게 평가되었으나, 실제 세부과제를 살펴보면 전력변환장치가 이동형과 고정형으로 분리되었으며, 사이버보안기술이 추가되었음을 확인할 수 있음

<표 3-13> 13대 기술분류체계 대 최종 확정된 세부과제 간 비교 예시

세부기술	요소기술	13대 구분
①-1 MV DC/DC 컨버터스테이션 핵심기술개발	①-1-1. MV DC/DC 컨버터 개발	MVDC-MV/LVDC 컨버터
	①-1-2. 컨버터스테이션 사이버물리시스템(CPS) 보안기술개발	
	①-1-3. MV DC/DC 컨버터스테이션 시험평가 기술	MVAC-MVDC 컨버터
①-2 MV AC/DC, DC/AC 컨버터스테이션 핵심기술개발	①-2-1. 이동형 MV AC/DC 컨버터 개발	MVDC-MV/LVA C 컨버터
	①-2-2. 고정형 MV AC/DC 컨버터 개발	
	①-2-3. 수용가용 MV-LV 멀티전원 컨버터 개발	

자료: 추가제출자료, 재수정

- 즉 실제 세부과제(요소기술)가 설문결과를 통해 도출된 13대 기술분류를 바탕으로 47개 세부과제로 어떻게 구성되었는지에 대한 추가적인 검토가 필요함
- 다만, 이러한 연관성에 대한 구체적 근거는 제시되지 않음에 따라 1내역사업(요소기기) 및 2내역사업(운영기술) 관련 세부활동 도출의 적절성 확인에 한계가 존재함
- 이러한 문제점에 대해 추가제출자료를 통해, 주관부처는 세부기술 도출을 위한 우선순위 설정은 앞선 16대 분야를 단위로 실시하였으며, 하위기술은 확정되지 않은 상태에서 참고 수준의 정보를 제공하였음을 밝힘

<표 3-14> 요소기기 중점영역 세부과제 구성

구분1	구분2	구분3 (설문조사 단위)	하위기술
요소 기기	전력 변환 장치	MVDC-MV/LV DC 컨버터	DC/DC Converter Station 핵심 H/W 설계 기술
			HILs 기반 멀티터미널 Converter Station 고신뢰 C&P 및 사이버 보안 기술
			MVDC DC/DC Converter Station 시험 평가 기술
		MVAC-MVDC 컨버터	MMC 기반 이동형 컨버터 개발
			MMC 기반 고정형 컨버터 개발
			MVDC 변환소용 감시진단 및 자산관리 최적화 기술 개발
		MVDC-MV/LV AC 컨버터	컨버터 시스템 기본설계
			컨버터 통합 제어 플랫폼 및 제어 알고리즘 개발
			컨버터 전력회로 상세설계 및 서브모듈 제작/시험
			(HW) Small Scale 컨버터 제작 및 시험
			(HW) Full Scale 컨버터 제작 및 시험
			HIL 실시간 시뮬레이터 구축 및 제어 검증
			Full Scale 컨버터 시험설비 구축 및 신뢰성 평가
	보호 및 절연 장치	MV-LV 차단기	반도체/커패시터 복합형 직류차단 기술개발
			절연형 역전류 직류차단 기술개발
			차단에너지 소호기술 개발
		절연기기	DC 절연 설계
			컨버터 절연 애자 설계
			스페이서 설계 제작
		보호기기	개폐기
			단로기
			보호계전기
			바리스터
	기타 설비	MVDC용 측정기기	MVDC DC 전압 계측기술 개발
			MVDC DC 전류 계측기술 개발
			MVDC용 전력기기 자가진단 기반 계측기술 개발
		케이블	MVDC XLPE 케이블 고장점 표정
			절연
		MVDC용 수배전 설비	전력변환장치
			보호장치
			EMS

구분1	구분2	구분3 (설문조사 단위)	하위기술
운영 기술	AC/DC Hybrid 배전망 설계	양방향 AC/DC 복합 배전망설계기술 개발	AC/DC Hybrid 배전망 토폴로지
			접지시스템 설계
			보호방식 설계
			주요기기 역할 및 기능 정의
			재생E 및 부하 연계 용량 산정
	AC/DC Hybrid 배전망 해석/운 영기술	MVDC 배전망 상태평가기술개 발	계통 및 요소기기 모델링
			정상/과도 상태 해석
		AC/DC 복합 배전망 제어 및 에너지관리기술 개발	정상 운영
			비정상 운영
		AC/DC 복합 배전망 고장처리기술개 발	MVDC 고장해석
			MVDC 보호계전 요소기술개발
			MVDC 보호협조 체계개발
	AC/DC 배전망 운영시 스템	MVDC 배전망 운영체계개발	하드웨어, 미들웨어, 및 DB
			통합정보 모델
			통신전단 처리장치
			Edge computing
			감시제어 및 이벤트 처리
			사용자 인터페이스
		AC/DC 복합 배전망 운영프로그램개 발	가상물리 시스템
			정상운영 어플리케이션
			비정상운영 어플리케이션
			에너지관리 어플리케이션
			보호협조 어플리케이션
	MVDC 배전망 운영 성능시 험	MVDC 배전망 성능평가기술개 발	실시간 시뮬레이션
			운영기술/운영시스템 성능평가
			배전망 운영 기준 수립

자료: 추가제출자료, 재수정

- 그러나 참고 수준의 하위기술을 도출하는 것이 가능하였음에도 불구하고, 왜 상위 수준에서 설문을 실시하여 중요도와 성공가능성을 판단하였는지에 대해선 충분한 근거가 제시되지 않음
- 하나의 예로, 전력변환장치 중 MVAC-MVDC 컨버터의 중요도가 높다고 하더라도, 꼭 MMC 기반의 이동형 컨버터와 고정형 컨버터의 중요도가 함께 높다고 볼 수 있는 근거는 없음
- 즉 MVAC-MVDC 컨버터에 대한 중요도만으로 하위기술이 모두 중요하다고 판단하는 것은 한계가 존재함

- 이와 더불어, 최종 47개 세부과제(요소기술)가 확정되는 과정 역시 그 적절성을 판단할 수 있는 충분한 근거가 부족함
 - 1내역사업(요소기술)은 5대 세부기술, 15대 요소기술로 구성, 2내역사업(운영기술)의 경우 7대 세부기술, 25대 요소기술로 확정되었으나, 실제 선행되었던 13대 기술분류와 면밀히 연계되지 않음을 확인함
- 이에 대해 주관부처는 추가제출자료를 통해, 既 선정된 13대 기술 단위에 대해 전문가를 구성하여 하위 세부과제(요소기술)를 확정하는 과정에서 일부 기술의 추가·삭제·통합 등 조정이 추진되었음을 밝힘
 - 이 과정에서 13개 세부기술 중 MVDC-MV/LVAC 컨버터가 DC-AC 컨버터 측면에서 MVAC-MVDC 컨버터의 하위 요소기술로 변경되어, 12개 세부기술로 정리됨
 - 세부기술 개발을 위해 필요한 '요소기술'의 구성은 전문가 논의 과정을 통해 일부 조정되었으며, 이는 세부기술 단위의 역할과 기능 확보를 최적화하기 위한 논의 과정에서 이루어졌음을 제시함
 - 예를 들어, 'MV-LV 차단기' 세부기술의 '반도체/커패시터 복합형 직류차단 기술개발' 및 '절연형 역전류 직류차단 기술개발' 요소기술이 '멀티터미널 직류차단기 개발' 요소기술로 통합
 - 이와 같은 접근법의 필요성에 대해 주관부처는 세부기술 및 요소기술별 특성 차이로 인해 기술 단위로 접근하는지 또는 하위 제품 및 시스템 단위로 접근하는지 여부에 따라 구성 특성이 달라지기 부분이 존재함을 제시하였음
- 다만, 요소기술의 구성과 관련된 전문가 논의과정을 확인할 수 있는 구체적인 회의록·녹취록 등의 근거가 제시되지 않음에 따라 적절성을 확인하는데 한계가 존재

③ 도출된 세부활동의 적절성 및 구체성 검토

□ 요소기기(1내역사업) 세부활동

- 첫째, MV DC/DC 컨버터스테이션 핵심기술개발 과제인 경우 MVDC와 LVDC 간 혼용되어 기술된 내용의 구분이 모호
 - 현행 기획보고서 상에서는 MVDC/DC와 MVDC/LVDC에 대해 혼용되어 기술, 그러나 두 형태의 컨버터는 용량, 역할 및 기술이 다르다는 점에서 두 컨버터의 개발내용을 동일하게 제시하는 것은 타당성이 미흡함
 - 또한 35kV 동일 전압의 배전망과 각 피더의 인입구에 AC/DC 컨버터의 능동형 전력변환기기가 있는 구조에서 어떤 역할이 하는지에 대한 설명이 모호
 - 고압 고주파 절연변압기 설계 시 부분방전(Partial Discharge, PD) 60kV 이상으로 명시되어 있으나, 동 과제에서의 전압레벨을 고려하면 고주파 절연 변압기의 PD전압은 이보다 더 커야 할 필요성이 존재함에 따라 이에 대한 근거 제시 역시 요구됨
- (소명자료) 주관부처는 DC 컨버터스테이션의 구분 필요성, AC/DC 컨버터의 역할, 절연변압기 설계 등과 관련하여 다음과 같이 소명을 실시하였으며, 일부 필요성이 인정됨
 - 첫째, DC/DC 컨버터스테이션의 경우 마이크로그리드 간 연계를 위해 'to MVDC', LVDC를 사용하는 대규모 수용가와 LVDC망에 접속하는 분산전원의 발전을 MVDC로 송전하는 'to LVDC' 컨버터스테이션의 필요성을 제시

<표 3-15> MVDC·LVDC 컨버터스테이션 간 차이점

구분	MVDC/MVDC 컨버터스테이션	MVDC/LVDC 컨버터스테이션
토폴로지	MMC타입	DAB타입
용량	20MW	1MW급 이하
역할	→ DC망 내에서 조류제어 및 운영에 필요한 장치로서의 역할 → Bi-directional이고 전력을 융통하거나 DC망내 안정도 향상을 위한 적극적 역할 수행	→ LV급 부하에 공급하거나 신재생전원의 발전 전력을 DC망에 전달하는 역할 → Bi-directional이지만, DC망 운영에서 단방향 역할을 주로 수행

자료: 소명자료, 재인용

- 또한 이를 바탕으로 컨버터스테이션 간 역할과 기술 차이를 고려하여 연차별 개발 계획을 수정하여 제출

<표 3-16> MV DC/DC 컨버터스테이션 개발 세부활동 내역 수정(안)

구분	기술개발내용	성과목표
1차 년도	<p><MV/MVDC></p> <ul style="list-style-type: none"> MV/MVDC, 컨버터스테이션 개념 설계 및 기반 기술 연구 MV/MVDC용 전력회로 Topology 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 고밀도 제어 플랫폼 개념 설계 및 실시간 시뮬레이터 환경 구축
	<p><MV/LVDC></p> <ul style="list-style-type: none"> MV/LVDC용 컨버터스테이션 개념 설계 및 기반 기술 연구 WBG용 고신뢰 게이트 구동회로 개발 MV/LVDC용 전력회로 Topology 개발 고전압 절연변압기 설계 기술 연구 MV/LVDC용 제어 기법 연구 제어기법 및 제어 플랫폼 최적 구조 연구 실시간 디지털 시뮬레이터 기반 환경 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 컨버터 단위모듈 최적 토폴로지 선정 컨버터 단위모듈 최적 용량 선정
2차 년도	<p><MV/MVDC></p> <ul style="list-style-type: none"> MV/MVDC용 컨버터 단위모듈 제작 및 검증 	<ul style="list-style-type: none"> MV/MVDC 컨버터스테이션 단위모듈 제작
	<p><MV/LVDC></p> <ul style="list-style-type: none"> 컨버터스테이션 단위 모듈 시작품 설계 및 제작 MV/LVDC용 컨버터 단위모듈 제작 및 검증 고압 절연변압기 1차 시작품 제작 컨버터용 WBG 게이트 드라이버 시작품 제작 및 성능 시험 고밀도 제어 플랫폼 단위모듈 시제품 개발 실시간 시뮬레이터 기반 컨버터 모델링 	<ul style="list-style-type: none"> MV/LVDC 컨버터스테이션 단위모듈, 주요 부품 제작
3차 년도	<p><MV/MVDC></p> <ul style="list-style-type: none"> MV/MVDC용 축소형 컨버터스테이션 시작품 제작 및 기본 성능 시험 	<ul style="list-style-type: none"> 축소형 컨버터스테이션 시작품 제작
	<p><MV/LVDC></p> <ul style="list-style-type: none"> 축소형 컨버터스테이션 시작품 설계 및 제작 MV/LVDC용 축소형 컨버터스테이션 시작품 제작 및 기본 성능 시험 고압 절연변압기 2차 시제품 제작 및 설계 엔지니어링 기법 개발 컨버터용 WBG 스마트 게이트 드라이버 시제품 제작 및 성능 시험 실시간 시뮬레이터기반 MV/MVDC용 컨버터스테이션 계통 영향성 성능 평가 	<ul style="list-style-type: none"> 축소형 컨버터스테이션 시작품 제작
4차 년도	<p><MV/MVDC></p> <ul style="list-style-type: none"> MV/MVDC용 양방향 컨버터스테이션 시제품 제작 및 기본성능 시험 	<ul style="list-style-type: none"> MV/MVDC용 양방향 컨버터스테이션 시제품 제작 및 기본성능 시험
	<p><MV/LVDC></p> <ul style="list-style-type: none"> MV/LVDC용 양방향 컨버터스테이션 시제품 제작 및 기본성능 시험 실시간 시뮬레이터기반 테스트 플랜트 컨버터스테이션 성능 평가 	<ul style="list-style-type: none"> MV/LVDC용 양방향 컨버터스테이션 시제품 제작 및 기본성능 시험
5차 년도	<ul style="list-style-type: none"> MV/MVDC, MV/LVDC용 컨버터스테이션 테스트베드 설치 및 운용 	<ul style="list-style-type: none"> MV/MVDC, MV/LVDC용 컨버터스테이션 테스트베드 구축

자료: 소명자료, 재인용

- 둘째, 배전망과 개별 피더 인입구에 AC/DC 컨버터의 능동형 전력변환기기 설치와 관련하여, 주관부처는 HVDC처럼 직선의 개념이 아닌, 복잡계 구조를 가지는 MVDC의 경우 신뢰도 향상을 위해 각 피더 인입구에 컨버터를 설치하는 구조가 필요함을 밝힘
 - 셋째, 고주파 절연 변압기 PD 전압 적절성과 관련하여, 파일럿 플랜트 전압 레벨을 고려할 때 적합한 수준임을 밝힘
 - MVDC 배전망 파일럿 플랜트 세부 구성요소는 다음과 같음
 - ※ EV급속 충전기용 MVAC to MVDC 파일럿 플랜트: $\pm 18.7\text{kV}$, 20MW로 구성
 - ※ EV급속 충전기용 MVDC to MVDC 파일럿 플랜트: $\pm 18.7\text{kV}$, 20MW로 구성
 - ※ AC부하 및 선로용 MVDC to LVDC 파일럿 플랜트: $\pm 750\text{V}$, 1MW로 구성
 - DC/DC 컨버터 파워 모듈에 핵심 부품으로 적용될 고주파 변압기의 PD 전압 60kV 이상의 사양은 파일럿 플랜트 전압 레벨을 기준으로 할 때, 적절한 수준임을 확인함
 - 다만, MVDC 전압 레벨 증대가 이루어질 경우, PD 전압 역시 증대될 수밖에 없다는 점에서 이에 대한 추후 보완이 요구됨
- 둘째, 컨버터스테이션 사이버물리시스템(CPS) 보안기술개발과제는 성과물이 컨버터에 공동 사용되는 제어기인지 여부가 기획보고서 상 명확하지 않음
- 이에 대해서, 주관부처는 컨버터스테이션별 공동 사용되는 제어기임을 밝힘
 - 그러나 동 사업 5~8년차 실증테스트베드와 명확한 관련성을 확인하기 어렵다는 점에서 추가적 근거 제시가 필요함
 - 또한 동 사업을 통해 개발되는 MVDC배전망이 한국전력의 AC배전망에 추가되어 운용되는 경우 폐쇄망으로 운용되는 한국전력의 사이버보안기술을 적용할 것으로 예상됨
 - 이 경우 한국전력이 운용 중인 사이버보안기술과 동 사업에서 개발하는 사이버보안기술 간 차이점에 대한 근거 확인이 요구됨
- (소명자료) 추가자료를 통해 실증연구와의 연계를 확인하였으며, 폐쇄망 내 운영이 아닌 일부 열린 망의 형태로 운영됨이 예상됨에 따라 기술개발의 필요성이 인정됨
- 5차년도에 보안기술이 적용된 컨버터가 파일럿 플랜트에 설치되고, 6·7차년도에 신뢰성 검증이 추진되는 것으로 계획 설정
 - 또한 주관부처는 MVDC의 경우 폐쇄망이 아닌 권한이 부여된 접근권을 통해 시스템이 운영될 것으로 예상

- MVDC 배전망을 통한 변동자원 연계, DC 부하, AC 계통과의 전력교환 등 다수 전력설비 운영자에 의한 접근이 필수적임에 따라 사이버 공격에 대한 취약점 역시 존재
- 셋째, MV DC/DC 컨버터스테이션 개발과제에 비해 MV DC/DC 컨버터스테이션 시험평가 기술 과제의 예산이 더 크게 설계된 것에 대한 근거 제시가 필요
 - MV DC/DC 컨버터스테이션 개발과제의 경우 7년 281억 원 규모임에 반해, 시험평가기술과제의 경우 주요 기술개발내용이 MVDC급 단위 파워모듈 성능평가장치 제작이나 컨버터 개발과제에 비해 대규모로 책정되었음(4년, 308억 원)
 - 요소기기 개발과제에 비해 시험평가기술의 소요예산이 더 크게 책정된 것에 대한 근거 확인이 필요
- 넷째, 이동형 및 고정형 MV AC/DC 컨버터 개발과제의 경우, 이 두 가지 형태의 컨버터를 함께 개발하여야 할 근거 제시가 미흡함
 - 주관부처는 이동형 전력변환기에 대해 컨테이너 내부에 전력변환기를 구성하여, 중소용량의 신재생 발전원이 설치되어 있는 지역에 상대적으로 쉽게 시스템 구축이 가능하다는 장점을 강조한 바 있음
 - 다만, 컨테이너 안에 전력변환기를 구성하여야 하므로 전력변환기를 구성하는 기기의 절연과 냉각에 대한 컴팩트(compact) 설계가 중요함
 - 이러한 측면에서 고정형 MV AC/DC 컨버터 기술보다 고난도일뿐만 아니라, 중복된 투자의 가능성이 존재함
 - 고정형 컨버터의 경우, 이동형 컨버터에 비해 용량이 2배라는 점에서, 고정형의 경우 새롭게 개발하는 것보다 이동형 10MW 컨버터를 병렬 연결하는 것도 대안이 될 수 있음
 - 또한 기술개발의 난이도를 고려하는 경우, 고정형 컨버터 개발 이후 시장상황에 따라 이동형 컨버터를 개발하는 것도 또 다른 대안이 될 수 있음
 - 특히 현재 기획보고서 상 이동형 컨버터의 경우 실증테스트베드 상 실증계획에 포함되어 있지 않다는 점을 고려할 경우, 이동형 컨버터 개발과제의 시급성은 확보되지 않았다고 판단됨

- 다섯째, 수용가용 MV-LV 멀티전원 컨버터 개발 과제의 경우, 동 사업에서 연구개발이 추진되어야 할 필요성에 대한 추가 근거가 필요함
 - 동 사업에서 MVDC-LVDC 컨버터와 MVDC-MVAC 컨버터는 동일하게 DAB(Dual Active Bridge)와 FB(Full Bridge)의 서브모듈 파워 토폴로지로 구성될 예정
 - 다만 DAB기반의 토폴로지는 기존 LVDC 관련 사업에서 지속적으로 추진되어 왔고, 한국전기연구원이 주관으로 수행 중인 'SiC 디바이스를 이용한 전기차용 1MVA급 멀티채널 충전기 개발' 과제와 유사성이 존재하는 것으로 분석됨
 - 이에 따라 수용가용 MV-LV 멀티전원 컨버터 개발 과제가 동 사업에서 추진되어야 할 필요성은 높지 않다고 판단됨
- 여섯째, 멀티터미널 직류차단기 개발 과제의 경우 두 가지 토폴로지에 대한 비교연구를 바탕으로 하나의 방식을 선택하여 연구개발이 추진될 예정이나, 연구개발성과의 효율성 제고를 위해선 하나의 토폴로지를 결정한 후 시제품 개발과 실증을 추진하는 것이 필요
- 일곱째, DC단로기 개발 과제의 경우 멀티터미널 직류차단기와 DC개폐기에 비해 상대적으로 단순한 구조임을 고려할 때, 총 연구기간이 4년으로 설정된 것에 대한 추가 근거 제시 필요
- (소명자료) 주관부처는 4년이라는 연구기간 구성에 대해 1·2차년도에 경우 구조설계 및 시제품 제작 및 시험이며, 3·4차년도의 경우 실증 테스트베드에서의 설치와 시운전으로 구분됨을 밝힘
- 여덟째, MVDC 계측진단 과제의 경우, 사용기기에 대한 명시와 더불어 연구개발 기간에 대한 추가적인 근거 제시가 필요
 - MVDC 전압, 전류, 계측 및 전력기기 진단에 사용되는 기기에 대한 명시가 필요
 - 또한 동 사업의 기기 개발 및 제작 일정을 고려할 때, 개발기기에 탑재되거나, 이를 통한 성능검증에는 한계가 있을 것으로 판단됨
- (소명자료) 주관부처는 동 과제에 대해 고전압 직류 전압 및 직류 계측 시스템, 진단용 센서, MVDC 배전망 진단 및 자산관리를 위한 시스템 개발 등으로 내용이 구성됨을 밝힘

□ 운영기술(2내역사업) 세부활동

- 첫째, MVDC 배전망 접지시스템 설계와 배전망 보호방식 설계 과제의 연구기간에 대한 검토가 필요함
 - 접지시스템과 보호방식을 설계하는데 있어 효과성 제고를 위해선 AC/DC 혼용배전망 토폴로지 결과에 기반을 두는 것이 필요함
 - 그러나 요소기술별 연차별 연구개발내용이 거의 동시에 이루어짐에 따라 이에 대한 재검토가 요구됨
- (소명자료) 주관부처는 AC/DC 혼용 배전망 토폴로지와 접지시스템/보호방식은 상호 관련성이 매우 높다는 점에서 동시 연구의 필요성을 소명하였음
 - 기존 Mesh망인 송전계통과 Radial(수지상) 방식의 배전계통은 보호방식과 접지방식이 다름에 따라 토폴로지 연구와 접지 및 보호방식 설계 연구는 동시 수행의 필요성이 인정됨
- 둘째, AC/DC 혼용배전망 토폴로지 개발 과제의 경우 ‘자료조사 및 분석’이 1차년도에 이루어져야 할 필요성에 대한 근거 제시 필요
 - MVDC 관련 조사와 분석은 필수적이나, 이미 한국전력에서 기술도입을 위한 타당성조사 등이 이루어졌음을 고려할 때, 어느 수준의 기초연구는 이루어졌다고 판단됨
 - 이에 따라 자료조사 및 분석이 1년간 수행되어야 할 필요성에 대해 추가 검토가 필요
- 셋째, AC/DC 혼용배전망 토폴로지 개발 과제의 2차년도 내용인 ‘배전망 구성방식 검토 및 시나리오 구성’의 경우 개발내용에 대한 구체성이 부족함
- (소명자료) 2차년도 개발내용에 대한 주관부처의 소명자료를 확인함
 - 국내외 배전계통 현황 및 MVDC 도입사례 분석
 - 기존 AC 배전망의 한계 개소 분석 및 DC 배전망 구성 방안
 - 구성방식에 따른 혼용 배전망 시나리오 도출
 - 분산전원 연계용량 확대 및 변환효율 개선 방안
 - 기존 배전선로의 DC 전환 방안 및 다중 배전선로의 DC 연계 방안
 - 배전선로 선종 검토 등

- 넷째, 재생에너지 및 부하 연계 용량 산정 과제의 경우 우선 수행 필요성에 대한 검토가 요구됨
 - 재생에너지 수용 확대 및 효율 향상은 MVDC기술 도입에 있어 중요한 원인임
 - 다만, 현재 사업기획에서는 동 과제가 2차년도부터 시작되는 것으로 설계됨
 - 영향평가 지표, 연계용량 평가기법 등은 다른 요소기술 개발에 있어 충분히 활용가능하다는 점에서 시급한 추진이 필요하다고 판단됨
- 다섯째, 계통(배전망) 및 요소기기 모델링 과제의 경우 MVDC 시스템에 대한 정확한 해석이 가능한 모델링 기술과 해석 알고리즘 개발에 집중할 필요가 있음
 - 요소기기에 대한 기존 유사 모델이나 상용툴(tool)의 해석모델보다 개선된 결과의 도출이 필요함
- (소명자료) 주관부처 역시 정확한 해석을 위한 모델 개발의 필요성을 제시
 - 기존 DC 해석 특성이 강한 Electro-Magnetic Transients(EMT) Program 기반 해석 툴이 주로 사용되나, 정확한 해석을 위해선 시뮬레이션 해석툴 내 MVDC 배전계통 및 요소기기에 대한 모델링이 필요
 - 따라서 동 과제는 MVDC 배전망 해석을 위한 배전계통 및 요소기기의 오프라인 및 실시간 시뮬레이션 모델을 개발하고, 이론적 해석과 실증적 결과 차이에 대한 해석 방법을 검증하는 것에 초점을 맞추는 것임을 확인함
- 여섯째, 정상/과도 상태 해석 과제는 보다 구체적인 개발내용 제시가 필요
 - 기술개발내용을 살펴보면, 시나리오별 시뮬레이션, 절차서, 리포트 등이 핵심으로 되어 있다는 점에서 이를 수행함에 있어 기존의 상용 해석툴(tool)을 사용한 단순 모의 및 결과 분석은 지양되어야 함
 - 또한 정상상태, 과도상태 전압 및 조류 제어 알고리즘의 경우 'AC/DC 복합 배전망 제어 및 에너지관리기술개발' 및 AC/DC 복합 배전망 정상운영 기술개발 과제의 기술개발 내용과 유사성이 존재함에 따라 이에 대한 추가적 근거 제시 필요
- (소명자료) 주관부처는 운영/제어 관련 정확한 목표치를 제시하는 것이 실제 요구되나, MVDC 운영시스템 개발과정 중에 실질적인 제시가 가능한 시간적 한계가 존재함을 밝힘
 - 정확도/해석 기간 측면에서 목표가 명확히 제시되기 위해선, MVDC 운영/제어 관련 목표(정확도/연산시간)와 부합하여야 함을 제시
 - 즉 정확한 목표치를 제시하기에는 시간적·물리적으로 한계가 존재함을 소명

- 일곱째, MVDC 배전망 상태평가 기술개발 과제는 ‘정상/과도 상태 해석’ 과제에서 정상상태 시뮬레이션 결과 분석을 통한 제어 알고리즘 보완, 과도상태 시뮬레이션 결과 분석을 통한 제어 알고리즘 보완 관련 기술개발내용과 유사성이 존재
 - 이에 대한 추가적 근거 제시가 필요함
- (소명자료) 주관부처는 과제 간 차이에 대한 다음과 같은 소명자료를 제출
 - 정상 상태 해석 결과는 MVDC 운영시스템의 전압 제어 및 조류 제어 알고리즘 분석, 보완에 활용
 - 과도 상태 해석 결과는 MVDC 운영시스템의 보호 협조 시퀀스 알고리즘 분석, 보완에 활용함을 밝힘
 - 즉 정상/과도 상태 해석의 성과물을 바탕으로 알고리즘 분석에 활용함으로써 실질적 상태평가가 가능함을 제시하였으며, 이에 필요성이 일부 인정됨
- 여덟째, MVDC 보호협조 체계 개발 과제의 경우 구체적인 연구개발내용의 제시가 요구됨
 - 동 과제의 경우 AC/DC 혼용배전망 토폴로지의 결과를 기반으로 수행되는 것이 필요
 - 또한 ‘MVDC 배전망 보호방식 설계’ 과제의 세부 연구내용과 유사성이 존재함에 따라, 동 사업의 차별점에 대한 추가 근거 제시 필요
- (소명자료) 주관부처는 보호협조 체계와 보호방식 설계 과제 간 차별성을 다음과 같이 제시하였으며, 별도 개발의 필요성이 일부 인정됨
 - 배전망 보호방식 설계는 현황분석의 핵심 요구사항 도출에 기반한 기본 설계이며, 보호협조 체계 개발의 경우 요소기술 상호간 또는 상하위 연계계통과의 보호협조 기술을 개발하는 차별성을 지님
 - 설계방식 역시 배전망 보호방식의 경우 사례분석 및 요구사항 도출을 중심으로 진행되나, 보호협조 체계 개발의 경우 구체적인 대상계통에 대한 고장해석기술, 보호계전 기술 개발과 이를 기반으로 한 보호협조 체계개발이라는 점에서의 차별성도 존재함을 제시함
- 아홉째, 정상/비정상운영 어플리케이션 개발 과제의 경우 세부기술개요서 상 작성내용에 오류가 존재하며, 구체성 관련 근거 제시가 요구됨
 - 세부기술개요서 상 비정상운영 어플리케이션 개발 내용이 모두 정상운영 어플리케이션으로 기술되어 있음

- MVDC 배전망의 안정적 운영을 위한 정상운영 어플리케이션, 비정상운영 어플리케이션, 보호협조 어플리케이션 개발을 목표로 하고 있으나, 세부적인 기술 내용을 살펴보면 ‘AC/DC 복합 배전망 제어 및 에너지관리기술개발’의 기술 개발 내용과 유사성 존재
 - 정상운영 어플리케이션 개발은 전압 및 조류 제어 알고리즘을 기반으로 하고 있으며 비정상운영 어플리케이션은 고장 시 제어 알고리즘, 보호협조 어플리케이션 개발은 보호 협조 알고리즘을 기반으로 하고 있어 다른 요소기술과 유사한 내용으로 판단됨
- (소명자료) 주관부처는 비정상운영 어플리케이션 개발내용과 관련하여 보고서 상 오류가 존재하였음을 밝히고, 수정 연구개발내용을 제출하였음

<표 3-17> 비정상운영 어플리케이션 연구개발 내용 수정(안)

구분	기술개발내용	성과목표
1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> • MVDC 배전망 정상 운영 시퀀스 및 알고리즘 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 전압 제어 알고리즘 분석 - 조류 제어 알고리즘 분석 - 제어 시퀀스 및 알고리즘 입출력 정의 • MVDC 배전망 정상 운영 어플리케이션 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 제어 시스템 기술 요구사항 분석 - 알고리즘 탑재를 위한 제어 시스템 설계 - 유저 인터페이스 및 HMI 설계 	<ul style="list-style-type: none"> • 비정상 운영 어플리케이션 소프트웨어 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 비정상 운영 어플리케이션 알고리즘 분석 결과 - 비정상 운영 어플리케이션 검증을 위한 MVDC 배전망 모델링
2차 년도	<ul style="list-style-type: none"> • MVDC 배전망 정상 운영 어플리케이션 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 정상 운영 어플리케이션 구현 및 탑재 - 유저 인터페이스 및 HMI 구현 • HILS를 통한 정상 운영 어플리케이션 검증 <ul style="list-style-type: none"> - HILS를 위한 MVDC 배전망 모델링 - HILS용 인터페이스 구현 - 검증 시나리오 개발 - 어플리케이션 검증 및 알고리즘 보완 	<ul style="list-style-type: none"> • 비정상 운영 어플리케이션 개발 및 HILS 성능 검증 <ul style="list-style-type: none"> - AC 고장 시, MVDC 배전단의 부하 정격의 90% 이상 15분 이상 운전 및 운영조건 개발 - 독립운전 시, 부하율 95% 유지 - 재생에너지원 비중 100%에 따른 MVDC 기동 복구 방안

자료: 소명자료, 재인용

□ 실증 테스트베드(3내역사업) 관련 세부활동의 도출

- 앞서 논의한 바와 같이, 1내역사업(요소기기)과 2내역사업(운영기술)은 기획위원회의 기술분류체계를 바탕으로 전문가 설문조사를 통한 우선순위 설정 등의 과정을 거쳐 최종 세부기술개요서가 마련됨
- 이에 반해 3내역사업(실증 테스트베드)의 경우 별도의 우선순위에 대한 고려 없이 기획위원회의 논의를 통해 설계되었음을 확인
- 동 사업의 실증 관련 내역사업의 구성은 다음과 같음

<표 3-18> 실증 테스트베드 관련 세부기술 및 요소기술

3내역사업 : AC/DC Hybrid 배전망 테스트베드	
세부기술	요소기술
[3]-1 MVDC 배전망 파일럿 플랜트 구축	[3]-1-1. MVDC 배전망 파일럿 플랜트 구축
	[3]-1-2. 파일럿 플랜트 통합 관제 시스템(TOC) 구축
	[3]-1-3. MVDC 배전망/핵심기기 성능시험 기술개발
[3]-2 MVDC 핵심기기 실증 테스트베드 연계	[3]-2-1. MVDC 핵심기기 테스트베드 연계
[3]-3 MVDC 체계 구축을 위한 기반기술 연구	[3]-3-1. MVDC 기기 제품 표준 및 인증 기준
	[3]-3-2. MVDC 운영 및 감시 표준화
	[3]-3-3. MVDC 체계 구축을 위한 기반기술 연구

자료: 기획보고서, 재인용

- 동 사업 기획 관련 제2차 실무위원회 회의록을 살펴보면, 이 회의를 통해 현재 제시된 실증 방식이 확정되었음을 확인할 수 있음
- 회의에서는 실증 방식과 관련하여 실 계통에서의 실증, 스마트산단 등 수용가에서의 실증, 테스트베드 방식 등이 논의되었으나, 계통적용 이전 기기나 운영시스템에 대한 시험이 반드시 필요하다는 점에서 테스트베드 활용이 가장 현실적인 것으로 논의됨
- Full-scale(35kV, 30MW)의 경우 나주 규제자유특구에서 실증을 실시하고, 동 사업 테스트베드에서는 Down-scale(18.7kV, 10MW)로 추진

- 제1차 실무위원회에서 인증 및 표준화 개념이 제시된 이후 제4차 실무위원회에서는 표준·시험·인증과 관련된 논의가 진행되었음
 - 표준·시험·인증의 경우 기술이 사업화될 수 있도록 보조해주는 기능이라는 점에서 R&D와 병행되어야 함이 논의됨
 - 또한 테스트베드에서 DC배전 관련 트랙레코드를 확보하고, 이를 활용하여 병행표준 활동이 수행되어야 할 필요성 역시 논의되었음
- 다만, 상기 논의를 고려하더라도 실증 테스트베드 내역사업 관련 세부활동의 경우 몇 가지 측면에서 근거가 부족함
- (첫째) 파일럿 플랜트 구축에 소요되는 비용과 관련하여 제출된 근거의 구체성이 낮음
 - 특히 목록별 예상단가와 수량만 제시되어, 도출 과정이 적절한지 여부에 대한 확인에 한계가 존재함
- (소명자료) 주관부처는 기획보고서 상 제출된 MVDC 파일럿 플랜트 구축비용 세부내역에 대하여 추가적인 근거를 제출함에 따라 산출근거의 세부 단위를 확인함
 - 예를 들어 기획보고서 상 20MW 전원공사의 경우 예상 단가를 12억 원으로 제시되어 구체적인 근거를 확인하는데 한계가 존재하였음
 - 주관부처는 소명자료를 통해 전원공사 구축비에 대한 원가계산서를 제출함

<표 3-19> MVDC 파일럿 플랜트 구축 전원공사 원가계산서

비 목			금 액	구 성 비
순공사 원가	재료비	직접재료비	830,661,478	
		간접재료비	-	
		[소계]	830,661,478	
	노무비	직접노무비	109,831,748	
		간접노무비	8,786,539	직접노무비*8.0%
		[소계]	118,618,287	
	경 비	운반비	-	
		기계경비	-	
		산재보험료	4,424,462	노무비의 3.73%
		고용보험료	1,031,979	노무비의 0.87%
		건강보험료	3,662,888	직접노무비의 3.335%
		연금보험료	4,942,428	직접노무비의 4.50%
		노인장기요양보험료	375,446	건강보험료의 10.25%
		퇴직공제부금비	2,526,130	직접노무비의 2.3%
		산업안전보건관리비	20,878,950	(재료비+직접노무비)*1.85%*1.2
		기타경비	53,159,666	(재료비+노무비)*5.6%
		환경보전비	-	
		[소계]	91,001,949	
	계		1,040,281,714	
	일반관리비		62,416,902	계의 6.0%
	이윤		40,805,570	(노무비+경비+일반관리비)*15.0%
	공급가액		1,143,504,186	
	부가가치세		114,350,419	공급가액의 10%
	도급금액		1,257,854,605	
	관급자재비(도급자설치)		-	
	공사비		1,257,854,605	
	관급자재비(관급자설치)		-	
	한전불입금		-	
	사용전검사수수료		-	
	총공사비		1,257,854,605	-

자료: 소명자료, 재인용

<표 3-20> MVDC 파일럿 플랜트 구축 전원공사 직접재료비 세부내역서

명 칭	규 격	단 위	수 량	재료비	
				단가	금액
덕트형 케이블트레이	DUCT, W 300 x H 100	M	52	19,650	1,021,800
덕트형 케이블트레이 부속	COVER, W 300	개	50	11,890	594,500
케이블트레이 부속품	COVER CLAMP, H100 용	개	67	1,650	110,550
덕트형 케이블트레이부속	CONNECTOR, W 300 x H 100	개	17	3,480	59,160
케이블트레이 부속품	BRACKET, W300	개	33	50,000	1,650,000
케이블트레이 부속품	SHANK BOLT & NUT, 아연도	개	340	200	68,000
케이블트레이 부속품	BONDING JUMPER, 35mm ²	개	34	3,610	122,740
케이블트레이 부속품	찬넬스프링 너트, 아연도	개	67	450	30,150
23KV동심중성선난연케이블	22.9kV,F-CN/CO-W,일반,1x600mm ²	M	189	112,778	21,315,042
케이블 단말접속자재	자기수축,23kV 1Cx600 mm ²	조	6	876,000	5,256,000
전력배전 변압기	3P 20MVA,154kV/22.9kV	식	1	500,000,000	500,000,000
CUBICLE	MOF반	면	1	30,000,000	30,000,000
CUBICLE	VCB반	면	5	50,000,000	250,000,000
CUBICLE	분배반	면	1	20,000,000	20,000,000
6각볼트	3/8,M10	개	67	61	4,087
와사	M15	EA	67	34	2,278
스프링와사	D10	EA	67	13	871
[소모 잡자재]	전선, 전선관의 2 %	식	1	426,300	426,300
합 계		-	-	-	830,661,478

자료: 소명자료, 재인용

<표 3-21> MVDC 파일럿 플랜트 구축 전원공사 직접재료비 세부내역서

명 칭	규 격	단 위	수 량	노무비	
				단가	금액
노 무 비	내선전공	인	30	239,171	7,175,130
노 무 비	특고압케이블전공	인	83	367,852	30,531,716
노 무 비	변전전공	인	95	348,736	33,129,920
노 무 비	보통인부	인	30	138,989	4,169,670
노 무 비	비계공	인	64	236,858	15,158,912
노 무 비	인력운반공	인	77	151,659	11,677,743
노 무 비	기계설비공	인	25	191,587	4,789,675
[공 구 손 료]	노무비의 3 %	식	1	3,198,982	3,198,982
합 계		-	-	-	109,831,748

자료: 소명자료, 재인용

- (둘째) 파일럿 플랜트 구축에 소요되는 구매기기의 세부내역 관련 근거가 미흡함에 따라 주관부처가 제출한 소명자료를 바탕으로 기기 구매의 타당성을 검토함
 - 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침에 따라 대상사업 중 연구장비 구축을 포함하는 경우 주관부처는 연구장비 구축계획서를 제출하여야 하며, 단가 1억 원 이상 연구장비의 경우 장비구축 타당성, 기구축장비와의 유사도 검토 등이 필수임
 - 동 사업 파일럿 플랜트에 구축될 구매기기는 EV급속충전기(100kW급, 400kW급), AC부하(수동부하설비), 선로모의장치, 고장모의장치, 에너지저장시스템, 연료전지 등임
- 100kW급 EV급속충전기의 경우 공사비 포함* 50kW급 급속충전기 설치비 3,600만원에 근거하여, 100kW급 EV 급속충전기 1개당 0.5억 원으로 책정
 - * 공사비는 전기공사비와 설치공사비로 구성, 전기공사비는 한국전력 2020년 표준공사비 단가 적용
- 400kW급 EV급속충전기의 경우 50kW급 급속충전기 설치비에 기반, 급속충전기 자체 가격은 개당 0.4억 원을 적용하여 총 1개 급속충전기 설치에 1억 원 소요 책정
- AC부하의 경우 22.9kV, 1MW, 역률 0.9를 적용하여, 변압기, 개별 부하, 외함 설치 등을 고려하여 MW별 1.5억 원으로 책정
- 선로모의장치의 경우, 선로모의장치의 견적서 세부내역에 따라 개당 5억 원으로 설정
 - 선로모의장치의 경우 유사 장비*가 경상남도 창원 한국전기연구원 신뢰성 평가동에 존재하는 것을 확인(등록번호 NFEC-2013-05-179015)
 - * 취득일자(2013-02-28), 취득금액(558,121,427원)
 - 다만, 동 장치의 경우 단독활용만 가능한 특수목적용 장비로서 자체 특화된 연구에만 전용되어야 하는 장비임을 확인함에 따라 추가 구매의 필요성이 인정됨
- 고장모의장치의 경우, 제작기업의 견적서 세부내역에 따라 개당 2억 원으로 설정
 - 22.9kV 3상, 사고전류 10kA, 원격제어 형태로 설계
- 독립운전을 위한 에너지저장시스템 및 연료전지의 경우에도 설치비용 및 구성 단가, 연구개발과제의 시제품 구매발주 내역 역시 소명자료를 바탕으로 확인함
- (셋째) '파일럿 플랜트 통합관제시스템 구축' 과제의 경우 관제시스템 구축비용에 대한 구체적 근거가 제시되지 않음
 - 파일럿 플랜트 통합관제시스템 구축 과제의 경우 실증 플랜트의 통합 관제 시스템을 구축하는데 초점을 맞추고 있음

- 주관부처는 통합관제시스템을 통해 복합 배전망 및 요소 기기의 주요 기능 항목을 위한 절차에 따라 프로그램 및 요소기기를 제어하고 그 결과를 수집·분석·평가하는 역할을 수행함을 밝힘
 - 주관부처는 통합관제시스템 구축과 관련하여, 구축 공사비로 3억 원, 통합관제시스템 설치비로 10억 원, 데이터 관리 플랫폼 구축에 17억 원 등을 제시하였음
 - 그러나 구체적인 세부 내역이 제시되지 않음에 따라 동 과제 추진을 위한 비용이 적절하게 구성되었는지 여부는 판단할 수 없음
- (소명자료) 주관부처는 기획보고서 상 제출된 MVDC 파일럿 플랜트 통합관제시스템 구축비용 세부내역에 대하여 추가적인 근거를 제시함에 따라 세부 근거를 확인하였음
- 공사비용의 경우 인허가 완료된 면적 40평 건물을 기준으로 산정하였으며, 내부 공사 관련 세부 예산 내역은 다음과 같음

<표 3-22> 통합관제시스템 구축 내부공사비 건적 세부내용

품명	규격	수량	단위	단가	금액
천정공사	경량, 텍스	1	식	8,270,000	8,270,000
벽체공사 (창문포함)	판넬, 100T	1	식	16,170,000	16,170,000
바닥공사	악세스플로어	1	식	11,880,000	11,880,000
냉난방기	시스템(항온항습 포함)	1	식	37,370,000	37,370,000
환기다트 공사	다트, 디퓨저, 송풍기	1	식	6,280,000	6,280,000
방화문설치		2	개소	1,100,000	2,200,000
관제센터 구축비	멀티비전, 라우터, 제어기, pc등	1	식	125,000,000	125,000,000
멀티비전		1	식	85,000,000	85,000,000
라우터 및 4K 구축비		1	식	23,000,000	23,000,000
벽체 구조보강		1	식	7,000,000	7,000,000
잡자재비		1	식	10,000,000	10,000,000
내부마감	인테리어	1	식	8,000,000	8,000,000
사무집기		1	식	33,000,000	33,000,000
전기배선공사	등기구, 스위치 포함	1	식	44,000,000	44,000,000
보안공사	CCTV, 통신	1	식	2,500,000	2,500,000
소방공사		1	식	3,300,000	3,300,000
소계				296,870,000	297,970,000
구조안전확인 검사비		1	식	6,000,000	6,000,000
총계		-	-	-	303,970,000

자료: 소명자료, 재인용

<표 3-23> 통합관제시스템 H/W, S/W 및 관제시스템 구축 세부내역

목록		규격	단위	예산 단가 (천원)	수량	합계 (천원)
하드웨어 및 운영 소프트웨어	통합관제/운영/연계서버	CPU 2.6Ghz 10Core이상, 32GB이상 Memory, 1TB * 4ea 이상 HDD 내장	식	3,500	1	3,500
	통합 DB 서버	CPU 2.6Ghz 10Core이상, 32GB이상 Memory, 1TB * 4ea 이상 HDD 내장	식	3,500	1	3,500
	연계서비스 지원 서버	CPU 2.6Ghz 10Core이상, 32GB이상 Memory, 1TB * 4ea 이상 HDD 내장	식	3,500	1	3,500
	웹서버	CPU 2.6Ghz 10Core이상, 32GB이상 Memory, 1TB * 4ea 이상 HDD 내장	식	3,500	1	3,500
	서버 백신	Windows Server 용 백신	식	400	4	1,600
	운영용 Desktop	CPU : i7-6700, 메모리 8GB, HDD 1TB, 그래픽카드 1G 이상, OS 포함	식	1,500	4	6,000
	모니터(RACK용)	Rack 마운트용 모니터	식	300	4	1,200
	모니터	LED모니터 : 24인치, 1920*1080 이상	식	300	8	2,400
	대형 TV	통합 관제용 TV (65인치 이상)	식	1,500	4	6,000
	스토리지	6TB*10EA 7.2K SAS 2.5 inch HDD, 8Gb FC Adapter Pair	식	1,000	4	4,000
	웹 운영엔진	HTTP 1.1, 가상호스트지원, Multi threading, SSL, HTTPS	식	400	1	400
	HUB	10/100/1000Mbps 8포트 이상, 전원 이중화	식	400	4	1,600
	시리얼컨버터	10/100m Ethernet, RS=232/422/485 DB9 Isolation, 12-48VDC, -40-70C	식	1,500	4	6,000
	Rack	2200이상, 19인치 표준랙	식	1,000	4	4,000
	UPS	RACK 마운트용 300Va/2700W 이상	식	1,000	8	8,000
	Database 보안솔루션	Database 보안 솔루션	식	2,000	4	8,000
	원격 소프트웨어	원격대응을 위한 소프트웨어	식	2,000	4	8,000
통합 관제 시스템	통합 모니터링 SW 개발	웹 접속방식의 시스템	식	200,000	1	200,000
	실시간 데이터 수집 서비스 개발	실시간 데이터 수집을 위한 SCADA 시스템	식	140,000	1	140,000
	통합 관리시스템 개발	통합 관제, 업무 운영 관리	식	300,000	1	300,000
	스마트서비스 연계 개발	CCTV(방법, 방재, 교통) 등 기능 연계 시스템 개발	식	200,000	1	200,000
	모바일 앱 개발	모바일 환경에서의 관리 및 모니터링 앱 (Android, IOS)	식	85,000	1	85,000
기타	기타재료비	설비 운반, 운송비	식	3,800	1	3,800
총 합계						928,800

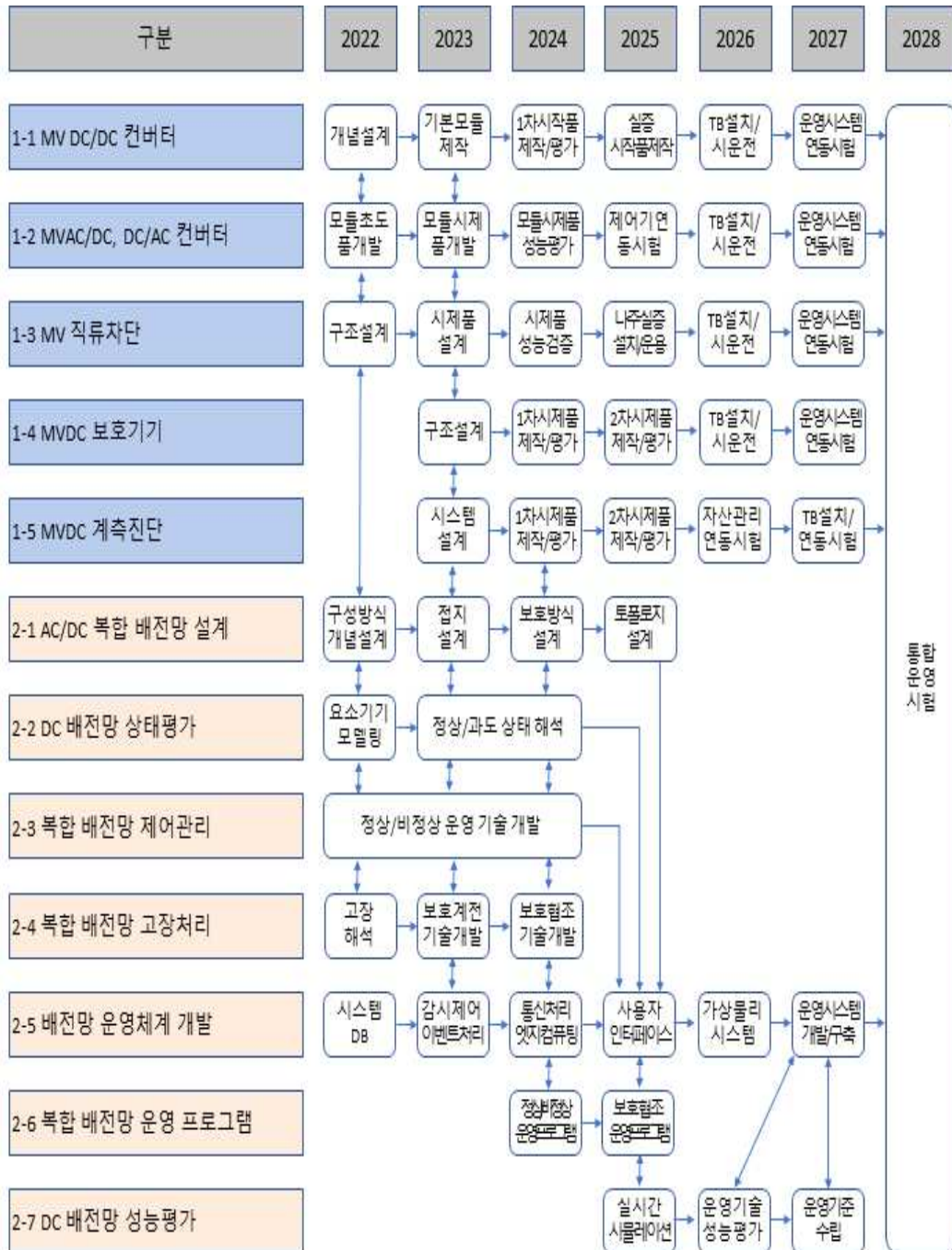
자료: 소명자료, 재인용

- 셋째, 실증테스트베드 내역사업 중 MVDC 배전망/핵심기기 성능시험 개발과제의 경우, 동 과제의 필요성에 대한 추가 근거 제시가 필요함
 - 특히 1차년도 핵심 요소기기 성능시험 항목 도출 및 시험절차서 개발은 해당 기기 개발일정에 포함하거나, 기기 개발 인력이 수립하는 것이 일반적임
 - 이러한 측면을 고려할 때, 별도의 과제로서 동 사업이 추진되어야 할 필요성에 대한 추가 근거 제시가 요구됨
- (소명자료) 주관부처는 단위기기 개발과 전체 MVDC 배전 시스템의 개발 과정 간 차이를 고려할 필요성이 있음을 제시
 - 단위 기기개발 측면에서의 테스트는 대상 기기가 주어진 환경에서 기기 자체의 사양(Specification)을 만족시키는데 대한 시험이며, 이를 일반적으로 F.A.T(Factory Acceptance Test)라고 함
 - 전체 시스템 측면에서는 실증 테스트베드에 개발된 모든 기기들을 적용하여 전체 MVDC 시스템의 신뢰성/안정성을 검증해야 실제 계통에 적용이 가능하며, 이를 S.A.T(Site Acceptance Test)라고 함
 - MVDC 배전 시스템은 운영 시스템, 제어 시스템, 기기 등 다양한 종류의 요소기기를 포함하며 이 모두가 본 사업에서 처음 개발됨
 - MVDC는 우리나라 최초로 개발되는 시스템으로 모든 기기를 사양에 부합하게 개발하여 F.A.T를 통과했다고 해도 이를 실제 배전 시스템에 바로 적용하는 것은 불가능하며 다른 기기와의 상호 연동 및 간섭 등의 확인이 필요함
 - 이에 따라 파일럿 플랜트에서 전체 시스템의 정상 동작을 실제 확인하는 이른바 S.A.T 시험의 필요성은 일부 인정됨
- 넷째, MVDC 체계 구축을 위한 기반기술 연구과제는 추진 필요성에 대한 재검토 필요
 - 주관부처는 동 과제에 대한 실증테스트베드에서의 실증 과정에서 인증을 위한 표준안 등이 제시될 수 있다는 점에서 필요성을 제시하였음
 - 주관부처가 제시한 바와 같이 인증은 표준안이 선행되고 그 절차에 따라 시험기관에서 시험장비를 가지고 시험을 진행하여 제품에 대한 인증을 부여하는 절차로 진행됨
 - 즉 동 사업의 실증테스트베드에서 제품 인증은 절차상 불가능하며, 일부 표준(안)의 제시 정도가 가능할 것으로 판단됨
 - 이러한 측면을 고려할 때, 동 사업에서 표준안 및 인증 기준 관련 기반기술 연구과제가 포함되어야 할 필요성은 명확하지 않음

- 또한 전력 분야의 표준 제·개정을 지원하는 ‘에너지신기술표준화 및 인증지원사업’ 내 ‘차세대 표준화 체계지원사업’이 존재한다는 점을 고려하며, 동 사업의 기반기술 연구과제는 중복 가능성이 존재함
- 뿐만 아니라 주관부처는 동 사업 표준화 개발 과제의 경우 앞서 제시한 ‘차세대 표준화 체계지원사업’의 평균 지원금액 당 표준건수를 참고하여 과제비 규모를 선정하였음
- 다만, 동 사업과 ‘차세대 표준화 체계지원사업’이 동일하게 10억 원 당 0.7건이라는 표준 관련 성과를 낼 것이라는 가정에서 연구비 규모를 산정한 점은 구체적 근거가 제시되지 않음에 따라 인정되기 어려움

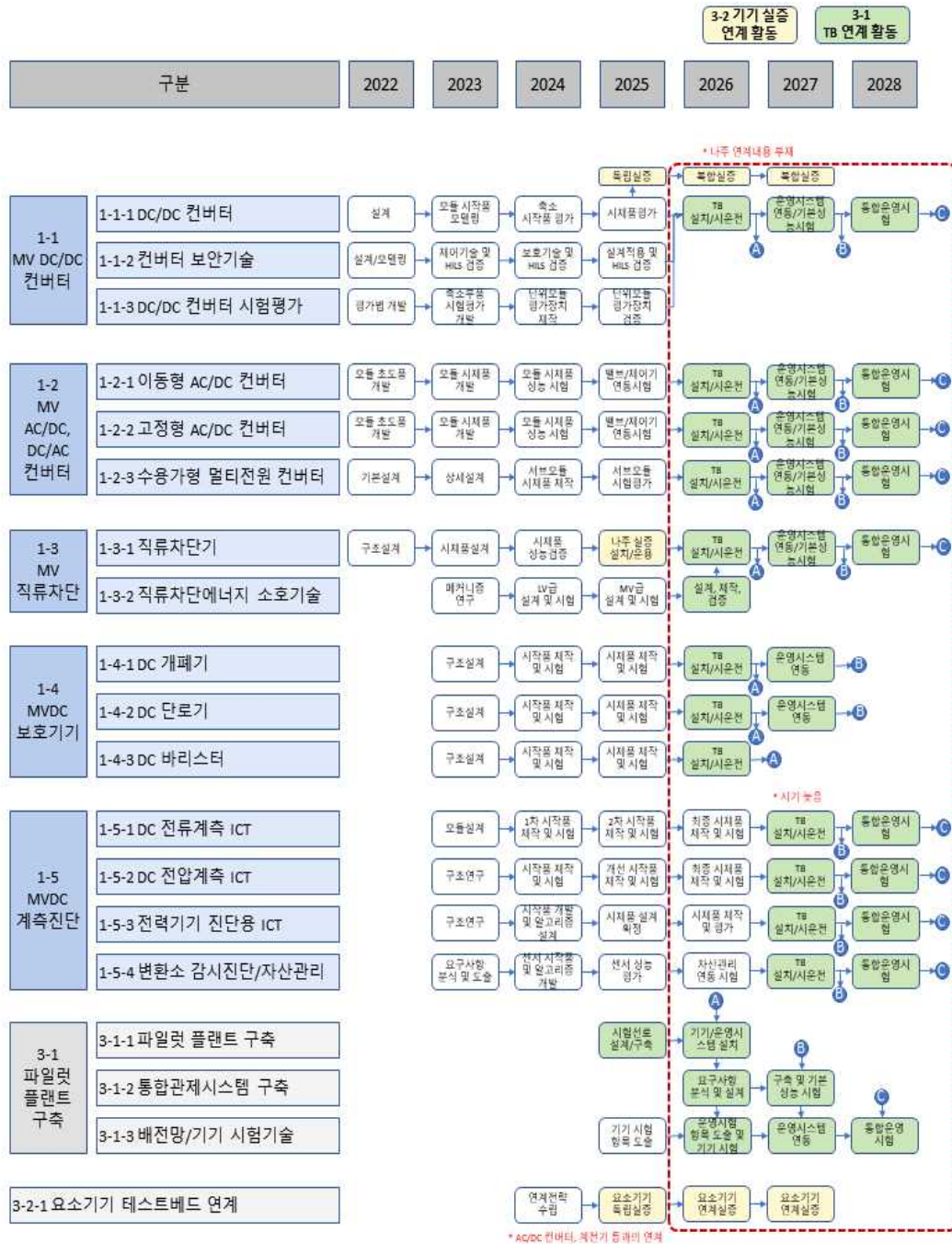
④ 세부활동 간 연계성

- 동 사업은 ‘실증-요소기기-운영기술’ 등 3개 내역사업이 충실히 연계되어야만 사업의 완성도 제고 및 사업의 성과 제고가 가능
 - 이는 전력망 구성은 일련의 체계로서 작동되어야 한다는 점에서 개발된 요소기기와 운영기술은 실증을 통해 핵심 성능이 반드시 구현되어야 함
- 주관부처는 세부사업 통합로드맵을 통해 세부과제(요소기술)별 사업기간 및 개발목표를 제시하였으나 이는 개별 과제에 대한 로드맵일 뿐, 개별 과제 간 어떠한 연계를 통해 핵심 성능이 발현되는지에 대한 근거가 제시되지 못함
- 이에 따라 주관부처는 추가제출자료를 통해 내역사업별 연계 로드맵을 제출
 - 연계 로드맵은 다음과 같음
- 주관부처의 추가제출자료에 따라 일부 세부활동 간 연계성은 제고된 부분이 존재하나, 이와 같은 세부활동 간 연관관계에 대해 추가적으로 근거 제시 필요
 - 예를 들어 운영기술(2내역사업)의 핵심은 AC/DC 혼용배전망 토폴로지로 볼 수 있음
 - 앞서 세부활동의 구체성에서 언급한 바와 같이 혼용배전망 토폴로지 개발 과제는 접지시스템 설계나 보호방식을 설계하는데 있어 큰 영향을 미침
 - 그러나 제시된 연계 로드맵을 살펴보면, 단순히 혼용 배전망 토폴로지는 접지시스템 및 보호방식과 함께 ‘요소기기 필요사항 검토’에 영향을 미치는 것으로 적시되어 있음
 - 즉 이러한 측면을 고려할 때, 여전히 세부과제(요소기술) 간 연계 관계에 대한 논의는 충분히 제시되었다고 보기 어려움



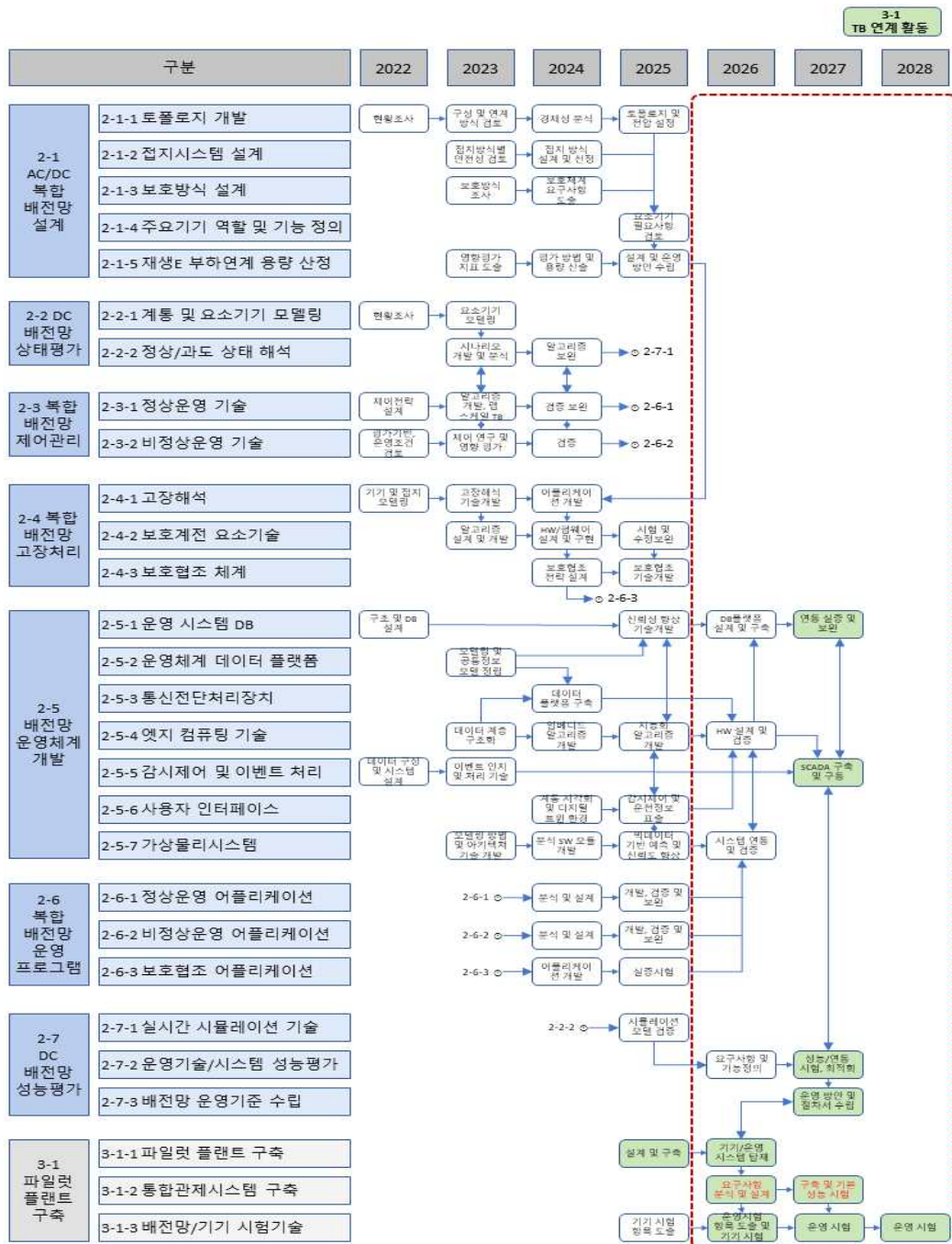
[그림 3-3] 요소기기-운영기술 측면의 연계 로드맵

자료: 추가제출자료, 재인용



[그림 3-4] 요소기기-테스트베드 측면의 연계 로드맵

자료: 추가제출자료, 재인용



[그림 3-5] 운영기술-테스트베드 측면의 연계 로드맵

자료: 추가제출자료, 재인용

3. 세부활동별 성과지표의 적절성

□ 세부활동별 성과지표는 사업 핵심기능 및 관련 성과지표와 연계됨

○ 세부과제(요소기술별)별 성과지표와 사업핵심기능 간 성과지표 간 연계는 다음과 같음

<표 3-24> 핵심기능 및 세부과제 간 성과지표 연계

사업 핵심 기능		성과지표	세부 성과지표 구성	
접속 수요 대응	배전설비 용량 확대	배전선로 신재생 연계용량 60% 향상	①-1	컨버터 용량(20MW)
			①-3	차단기 정격전압(42kVdc)
			①-4	보호기기 정격전압(42kVdc)
	전력흐름 제어 (배전선로 이용률 향상)	배전선로 최대 허용 부하율 30% 향상	①-1	컨버터 양방향 제어기능 구성 여부
			②-1	AC/DC 배전망 구성 시나리오 구성 여부
			②-3	정상상태 배전망 최적화 알고리즘 정확도(90%)
			③-1	AC/DC 배전망 구성 시나리오 충족 여부
운영 효율 확대	전력변환 손실 최소화	전력변환 손실 10% 저감	①-1	DC/DC 컨버터 효율(98.2%)
			①-2	AC/DC 컨버터 효율(99%)
	고장 시 정전 회피	고장발생시 직류배전망 주요부하의 무정전 운전 비율 90% 달성	①-1	컨버터의 독립운전 기능 구현 여부 고장검출시간(100 μ s 이내) 독립운전으로 전환되는 동작시간(4ms)
			①-2	컨버터의 독립운전 기능 구현 여부 고장검출시간(100 μ s 이내) 독립운전으로 전환되는 동작시간(4ms)
			②-3	비정상운영상태에서 주요 부하의 무정전 운전비율(90%)
			③-1	고장발생시 직류배전망 무정전 운전 시험 가능 여부
	배전망 혼용 운전	계통계획에 따른 MVDC 기동복구 방안 시나리오 3개 이상	②-3	계통계획에 따른 MVDC 기동복구 방안 시나리오(3개 이상)
		MVDC 배전망 전압 변동률 3% 이내 운영	②-3	20km 1선로 기준 전압 변동률(3% 이내)
		MVDC 배전망 최적화 알고리즘 수렴속도 3분 이내	②-3	MVDC 배전망 최적화 알고리즘 수렴속도(3분 이내)
사회 적 수용 성	기기 안전성	DC 배전설비 국내기술기준 마련	③-3	DC 배전설비 국내표준제안
	인체 안전성	국내 송·배전망 적용 안전성 기준 이상	③-1	지표상 1m에서 전계(3.5kV/m 이하), 자계 (83.3 μ T 이하)
			③-2	지표상 1m에서 전계(3.5kV/m 이하), 자계 (83.3 μ T 이하)
	환경 친화성	배전설비 설치면적 20% 이상 축소	③-1	AC 배전설비 대비 설치면적 축소 (20%)

자료: 기획보고서, 재인용

- 다만, 핵심기능별 성과지표는 지표별로 규정된 평가방법이 존재함에 따라 앞서 제시된 세부 성과지표 간 연관성에 대해선 추가적 검토가 필요
 - 예를 들어 ‘배전설비 용량 확대’는 배전선로 신재생 연계용량 60% 향상이라는 지표가 설정되어 있음
 - 이는 동일선로에 대하여 AC 대비 DC로 전송 시 60% 추가용량 확보가 가능한지를 평가하는 것으로, 파일럿 환경에서 동일 선종, 길이를 갖는 AC와 DC 피더를 구성하여 송전용량을 측정하여 평가됨
 - 이러한 평가내용을 고려할 때, 컨버터 용량(20MW), 차단기 정격전압(42kVdc), 보호기기 정격전압(42kVdc) 등 세부과제의 성과지표가 어떻게 연계되는지에 대해선 명확하지 않음
- (소명자료) 주관부처는 핵심기능별 성과지표 역시 사업의 핵심기능 및 목표 달성을 위한 중요 지표임을 밝힘
 - 예를 들어 배전선로 연계용량이 60% 향상되기 위해선 무엇보다 20MW급의 컨버터와 42kVdc 차단기, 42kVdc 보호기기가 효과적으로 작동되는 것이 필요함을 제시
 - 20MW급 컨버터를 통해 해외 실증 사례에서 제시한 최고 비율을 달성하기 위해선 선로 전류 인가 능력이 확보되어야 하며, 전압관리성능 역시 성과지표로서 평가되는 것이 필요함
 - 위의 논의는 기획위원회 등을 통해 전문가 논의를 바탕으로 도출되었으며 이와 같은 접근법 역시 그 필요성이 일부 인정되나, 세부 회의록 등을 통해 구체적 논의 과정을 확인하는 것에는 한계가 존재함
- 또한 ‘세부활동의 적절성’에서도 논의되었듯이, 세부과제별 성과지표의 구체성에 대해서 추가 검토가 요구됨
 - 하나의 예로 이동형 컨버터의 경우, 크기의 축소가 필요함을 제시하였으나 크기와 면적 등에 대한 성과지표는 제시된 바 없음
 - 핵심기능과 관련된 성과지표와 비교할 때, 세부과제별 성과지표는 구체성을 제고하는 것이 필요함
 - ‘계통(배전망) 및 요소기기 모델링’ 과제의 경우 기존 유사 모델 대비 해석에 있어 개선된 결과가 도출될 수 있는지 등에 대한 평가지표 제시가 필요

4. 세부활동의 기간 추정과 시간적 선후관계의 적절성

□ 동 사업 세부활동의 기간 추정은 유사과제 추정방식을 활용하여 설계됨

○ 동 사업 원가계산에서 활용한 방식과 동일하게, 동 사업은 유사 既추진 과제들의 분석을 통해 기준 연구기간을 추정하고, 성능목표의 난이도를 고려하여 구성되었음

- 주관부처는 산업통상자원부 스마트그리드 핵심기술개발사업 및 멀티터미널 직류송배전 시스템 사업의 최근 7년간 74개 과제를 분석대상으로 선정
- 자유공모방식이 적용된 비기획형 공모형 과제 52개는 분석대상에서 제외
- 전력 분야 유사과제의 평균 과제기간은 다음과 같이 분석됨

<표 3-25> 전력분야 유사과제의 평균 과제기간

구분	과제수	평균 과제기간
원천기술형	10개	2.7년
혁신제품형	64개	3.6년

자료: 기획보고서, 재수정

- 유사과제 과제기간 평균은 원천기술형 과제의 경우 2.7년, 혁신제품형 과제의 경우 3.6년으로 조사되었음
- 이와 함께 실증테스트베드의 경우, 전력 분야의 대규모 기기 개발 및 실증사업의 평균 과제기간을 분석하여 실증테스트베드 구축 기간의 기준을 마련함
- 대규모 실증 관련 유사과제 기간의 평균은 4년으로 조사되었으며, 현황은 다음과 같음

<표 3-26> 전력분야 대규모 기기 개발 및 실증 과제 평균 기간

과제명	과제 기간(년)	참여기관 수(개)	연평균 참여 인력(명)		
			박사	석사	학사
DC±200kV급 전압형 MMC 개발 및 운영/실증	5	10	40	39	31
송전급 초전도 케이블 시스템 실계통 적용기술 개발	3	3	25	27	23
마이크로 그리드용 공통 플랫폼 기술 개발	4	6	21	7	30
스마트그리드 무선통신 인프라 및 응용기술 개발	3	6	11	32	34
전압형 HVDC용 전력기기 감시진단 기술개발	5	11	17	10	25
전압형 HVDC MMC용 서브모듈 시험장치 및 고압절연 전원장치 개발	4	10	29	14	29
송전급 초전도 전력기기 적용 계통해석 및 실계통 운영 기술 개발	3	3	25	12	37
HVDC 200kV급 Converter Valve 절연물 개발(실증)	5	3	3	3	9
저압 직류 배전용 대용량 차단 보호 장치 개발(500A, 65kA)	4	3	2	4	21

자료: 기획보고서, 재수정

□ 과제기간 설정의 경우 충분한 근거가 제시되지 않음

- 주관부처는 세부과제(요소기술)의 개발기간을 3년을 기준으로 접근하였음을 밝힘
 - 기준 기간인 3년을 중심으로 각 요소기술별 확보하여야 할 성능목표를 고려한 연구개발 세부활동을 도출하고, 이의 개발을 위한 인력투입 과정에서 난이도에 따라 개발기간을 조정하였음을 밝힘
 - 요소기기(1내역사업)의 경우 전력변환기를 제외하고 모두 3년 수준으로 설정하였음을 제시함
 - 운영기술(2내역사업)은 평균 2~3년 수준으로 개발기간을 설정하였음
 - 마지막으로 실증테스트베드(3내역사업)는 설계·구축에 1~2년, 시험·실증에 2~3년 수준의 기간을 설정함
- 다만, 이러한 주관부처의 설명에도 불구하고 내역사업 및 세부과제(요소기술)별 기간을 살펴보면 최초 기준 설정과 차이가 발생함에 따라 이에 대한 추가 근거 제시가 필요함
 - 운영기기(1내역사업)의 경우 3년을 기준으로 설정되었으나, 실제 로드맵을 확인하면 최소 개발기간은 4년으로 분석되었음
 - 주관부처는 난이도에 따라 사업기간이 조정되었음을 밝힌 바 있음
 - 그렇다면, 요소기기 관련 세부과제들의 난이도 수준과 수준에 따른 개발기간 조정의 근거가 제시되어야 하나, 이에 대한 세부적인 근거는 확인하는데 한계가 존재함
 - 이와 같은 문제점은 운영기술(2내역사업) 및 실증테스트베드(3내역사업)에서도 동일하게 발생하고 있음

<표 3-27> 요소기기(1내역사업) 기술로드맵

세부기술	요소기술	사업기간						
		2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
①-1 MV DC/DC 컨버터스테이션 핵심기술개발	MV DC/DC 컨버터 개발							
	컨버터스테이션 사이버 물리시스템(CPS) 보안기술개발							
	MV DC/DC 컨버터스테이션 시험평가 기술							
①-2 MV AC/DC, DC/AC 컨버터스테이션 핵심기술개발	이동형 MV AC/DC 컨버터 개발							
	고정형 MV AC/DC 컨버터 개발							
	수용가용 MV-LV 멀티전원 컨버터 개발							
①-3 MV 멀티터미널 직류차단 핵심기술개발	멀티터미널 직류차단기 개발							
	직류차단에너지 소호 기술개발							
①-4 MVDC 보호기기 핵심기술개발	DC 개폐기 개발							
	DC 단로기 개발							
	DC 바리스터 개발							
①-5 MVDC 계측진단 핵심기술개발	MVDC DC 전류계측 ICT 기술개발							
	MVDC DC 전압계측 ICT 기술개발							
	MVDC 전력기기 진단용 ICT 기술개발							
	MVDC 변환소용 감시진단 및 자산관리 ICT 기술개발							

자료: 기획보고서, 재수정

□ 동 사업 세부활동의 시간적 선후관계 추정의 경우 추가적 검토 필요

- 최초 동 사업 세부활동 간 시간적 선후관계는 명확히 확인하는데 한계가 존재하였음
 - 연구개발과 실증 간의 시간적 선후관계는 명확히 제시된 반면, 내역사업별 세부과제 간 시간적 선후관계를 확인할 수 있는 구체적 자료는 제시되지 않음
- 다만, 주관부처는 추가제출자료를 통해 내역사업별 연계 로드맵을 제출하였음
 - [그림 3-3], [그림 3-4], [그림 3-5] 참고
 - 시간적 선후관계에 대한 일부 개선이 이루어졌으나, 여전히 세부과제별 연계·협력에 대한 구체성은 충분하지 않음

5. 추진전략의 적절성

- 동 사업 추진체계와 연계되어 나타나는 주요 특징은 내역사업별 총괄과제의 지정임
- 동 사업은 2개 이상의 세부기술을 통합하여 총괄과제를 구성하여 추진됨을 밝힘
 - 주관부처는 추가제출자료를 통해, 총괄과제의 구성은 '기술의 통합'이 아닌 사업 중점 영역 내에서 세부 추진방향이 유사한 요소기술을 통합하여 과제 단위에서 총괄과제를 구성하는 것을 제시함
 - 이는 내역사업 또는 내역사업별 세부기술(중분류)의 차원을 넘는 수준의 총괄과제 구성이 아닌, 세부기술(중분류)별 세부과제(요소기술) 중 총괄과제를 지정하는 형태임
 - 예를 들어 세부기술(중분류)인 MV DC/DC 컨버터스테이션 핵심기술개발과제(1-1)는 3개의 세부과제(요소기술)로 구성됨, 이 중 MV DC/DC 컨버터 개발 과제(1-1-1)에 총괄 역할이 부여됨을 의미
 - 내역사업별 세부기술은 개별 총괄과제로 구성되며(총 13개), 내역사업 단위에서는 총 3개 과제가 총괄의 역할을 수행하게 되는 형태임
 - 총괄과제 구성안은 다음과 같음(◎은 내역사업의 총괄과제를 의미)

<표 3-28> 총괄과제 구성안

세부기술	요소기술	총괄과제 여부(안)
1-1 MV DC/DC 컨버터스테이션 핵심기술개발	1-1-1. MV DC/DC 컨버터 개발	○
	1-1-2. 컨버터스테이션 사이버물리시스템(CPS) 보안기술개발	
	1-1-3. MV DC/DC 컨버터스테이션 시험평가 기술	
1-2 MV AC/DC, DC/AC 컨버터스테이션 핵심기술개발	1-2-1. 이동형 MV AC/DC 컨버터 개발	
	1-2-2. 고정형 MV AC/DC 컨버터 개발	◎
	1-2-3. 수용가용 MV-LV 멀티전원 컨버터 개발	
1-3 MV 멀티터미널 직류차단 핵심기술개발	1-3-1. 멀티터미널 직류차단기 개발	○
	1-3-2. 직류차단에너지 소호 기술개발	
1-4 MVDC 보호기기 핵심기술개발	1-4-1. DC 개폐기 개발	○
	1-4-2. DC 단로기 개발	
	1-4-3. DC 바리스터 개발	
1-5 MVDC 계측진단 핵심기술개발	1-5-1. MVDC DC 전류계측 ICT 기술개발	
	1-5-2. MVDC DC 전압계측 ICT 기술개발	
	1-5-3. MVDC 전력기기 진단용 ICT 기술개발	
	1-5-4. MVDC 변환소용 감시진단 및 자산관리 ICT 기술개발	○

세부기술	요소기술	총괄과제 여부(안)
②-1 양방향 AC/DC 복합 배전망 설계기술 개발	②-1-1. AC/DC Hybrid 배전망 토폴로지	◎
	②-1-2. MVDC 배전망 접지시스템 설계	
	②-1-3. MVDC 배전망 보호방식 설계	
	②-1-4. MVDC 배전망 주요기기 역할 및 기능 정의	
	②-1-5. 재생E 및 부하 연계 용량 산정	
②-2 MVDC 배전망 상태평가 기술개발	②-2-1. 계통(배전망) 및 요소기기 모델링	
	②-2-2. 정상/과도 상태 해석	○
②-3 AC/DC 복합 배전망 제어 및 에너지관리기술개발	②-3-1. AC/DC 복합 배전망 정상운영 기술개발	○
	②-3-2. AC/DC 복합 배전망 비정상운영 기술개발	
②-4 AC/DC 복합 배전망 고장처리 기술개발	②-4-1. MVDC 고장해석 기술개발	
	②-4-2. MVDC 보호계전 요소기술개발	○
	②-4-3. MVDC 보호협조 체계 개발	
②-5 MVDC 배전망 운영체계 개발	②-5-1. MVDC 운영 시스템 DB 기술개발	○
	②-5-2. MVDC 배전망 운영체계 개발데이터 플랫폼 통합정보모델 개발	
	②-5-3. 통신전단처리장치 개발	
	②-5-4. 엣지 컴퓨팅 기술개발	
	②-5-5. 감시제어 및 이벤트 처리 기술개발	
	②-5-6. 사용자 인터페이스 개발	
	②-5-7. 가상물리시스템 기술개발	
②-6 AC/DC 복합 배전망 운영프로그램 개발	②-6-1. 정상운영 어플리케이션 개발	○
	②-6-2. 비정상운영 어플리케이션 개발	
	②-6-3. 보호협조 어플리케이션 개발	
②-7 MVDC 배전망 성능평가 기술개발	②-7-1. MVDC 배전망 실시간 시뮬레이션 기술개발	○
	②-7-2. MVDC 배전망 운영기술/운영시스템 성능평가	
	②-7-3. MVDC 배전망 운영기준 수립 기술개발	
③-1 MVDC 배전망 파일럿 플랜트 구축	③-1-1. MVDC 배전망 파일럿 플랜트 구축	
	③-1-2. 파일럿 플랜트 통합 관제 시스템(TOC) 구축	
	③-1-3. MVDC 배전망/핵심기기 성능시험 기술개발	◎
③-2 MVDC 핵심기기 실증 테스트베드 연계	③-2-1. MVDC 핵심기기 테스트베드 연계	-
③-3 MVDC 체계 구축을 위한 기반기술 연구	③-3-1. MVDC 기기 제품 표준 및 인증 기준	-
	③-3-2. MVDC 운영 및 감시 표준화	-
	③-3-3. MVDC 체계 구축을 위한 기반기술 연구	-

자료: 추가제출자료, 재인용.

- 주관부처는 총괄과제 선정의 필요성에 대해 효율적 성과목표 관리가 가능한 과제라는 점에서 총괄 역할을 부여하였음을 제시하였음
 - 다만, 과제의 효율적 성과목표 관리가 가능하다는 것이 내역사업별 세부기술의 성공을 담보할 수 있다는 점은 그 근거가 충분하지 않음
 - 이에 대해 주관부처는 추가제출자료를 통해 총괄과제는 타 기술과의 연계도, 기술간 대표성, 기간 등을 고려하여 지정하였음을 밝힘
 - 요소기기(1내역사업)의 총괄과제는 핵심기기 간 가장 많은 연계되어, 제품사양 및 규격 등이 맞춰져야 되는 AC/DC 컨버터 기술을 지정
 - 운영기술(2내역사업)은 운영시스템 로직을 개발하고 이를 실행하는 프로그램을 개발할 수 있는 혼용배전망 토폴로지 개발 과제로 지정
 - 실증테스트베드(3내역사업)는 성능시험과 시험항목을 도출하는 MVDC 배전망/핵심기기 성능시험기술 과제로 지정
- 상기 제시된 내역사업별 총괄과제의 사업기간을 살펴보면 다음과 같음
 - 1내역 총괄과제 : AC/DC 컨버터 개발('22~'28년, 7년)
 - 2내역 총괄과제 : 혼용배전망 토폴로지 개발('22~'25년, 4년)
 - 3내역 총괄과제 : MVDC 배전망/핵심기기 성능시험 기술개발('25~'28년, 4년)
- 총괄과제의 사업기간을 고려할 때, 특정 과제의 경우 실증이 이루어지는 시점에 사업이 종료되거나, 다른 과제는 운영되고 있으나 총괄과제는 실제 시작을 하지 못하는 구조로 되어 있음
 - 이 경우 총괄과제가 세부과제별 조정을 충분히 할 수 있을지에 대해선 근거가 미흡함
 - 또한 상기 총괄과제의 책임자는 한국에너지기술평가원의 기술PD와 함께 동 사업 운영위원회의 당연직으로 활동하는 구조임
 - 즉 기술PD를 제외하고 동 사업 기간 내 세 명의 총괄과제 책임자가 운영위원회에 모두 참석 가능한 시점은 '25년 이외에는 없음에 따라 운영위원회의 운영이 효과적으로 운영될 수 있다는 명확한 근거를 확인하기 어려움
- 또한 한국전력이 운영기술(2내역사업)의 참여가 계획됨에 따라, 한국전력 전력연구원은 2내역 총괄과제인 '혼용배전망 토폴로지 개발'에 참여가 예상됨
 - 한국전력이 '22~'25년, 총 4년간만 참여하는 것으로 동 사업의 성과가 충분히 발현될 수 있는지에 대해서도 추가 검토가 필요함

제 4 장 정책적 타당성 분석

제 1 절 정책의 일관성 및 추진체제

1. 상위 계획과의 부합성

□ 동 사업 관련 상위 계획과의 부합성을 분석하기 위해 주관부처가 제시한 필수계획과 선택군 계획을 중심으로 부합성 분석

○ 주관부처는 동 사업과 관련하여 상위계획과의 부합 여부를 제시하기 위해 제4차 과학기술기본계획을 포함하여 총 5개 법정계획을 제시

- 상기 제시된 계획은 제4차 과학기술기본계획, 제8차 전력수급기본계획, 제3차 에너지기본계획, 제4차 에너지기술개발계획, 제2차 지능형전력망 기본계획 등임

○ 예타 수행세부지침 상 상위 계획과의 부합성은 '법정계획'을 기본 분석대상으로 규정

- 주관부처가 제시한 5개 계획의 경우 저탄소녹색성장기본법, 전기사업법 등 관련 법령을 근거로 수립된다는 점에서 법정계획에 해당함

○ 따라서 앞서 제시된 5개 법정계획을 동 사업의 부합성을 분석하기 위한 대상으로 선정

- 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침에 의거, 제4차 과학기술기본계획을 필수계획으로 분류하고, 나머지 4개 계획을 선택군 계획으로 분류하여 분석을 실시하였음

□ 동 사업과 상위계획과의 부합성은 높은 것으로 판단되며, 이에 따라 '적절' 평점 부여

<표 4-1> 상위 계획과의 부합성 평점 결과

필수계획 선택군 계획	부합도 낮음	부합도 보통	부합도 높음
부합도 높음	보통	대체로 적절	적절
부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통

2. 사업 추진체제 및 추진의지

가. 기존 사업과의 중복성에 따른 연계·협력방안의 적절성

□ 동 사업은 기존 사업과의 중복성 검토를 위해 전력 분야 유사사업 비교 실시

○ 동 사업은 크게 세 가지 사업과 연관성 및 차별성을 검토함

- 주요 분석대상은 산업통상자원부의 멀티터미널 직류송배전시스템 개발사업, 지능형 LVDC 기술개발 사업, 스마트그리드 핵심기술개발사업임
- 상기 사업을 대상으로 동 사업에서 해결하고자 하는 세 가지 핵심기능을 중심으로 검토 실시
- 이를 바탕으로 MVDC배전망 운영상의 문제를 종합적으로 해결하기 위한 R&D사업은 없다는 점을 강조하였음
- 또한 멀티터미널 직류송배전기술개발사업은 '20년 종료, 스마트그리드 핵심기술개발사업의 경우 '20년 일몰이라는 점에서 기존 연 구성과를 연계하기 위해서도 동 사업의 필요성을 제시함

○ 또한 주관부처는 세부과제 단위에서도 유사과제를 분석하였음

- 직류 배전 관련 최근 5년간 수행된 정부지원과제 202개를 도출하고, 동 사업의 47개 세부과제(요소기술)별로 유사과제와의 차별성 및 연계 가능성 등을 제시

○ 상기 주관부처의 사업단위·과제단위 유사성을 검토한 접근방식은 적절성이 인정됨

○ 다만, 연계·활용이 가능한 과제는 도출한 반면, 보다 구체적인 연계·활용 방식에 대해선 구체적인 내용 제시가 미흡함

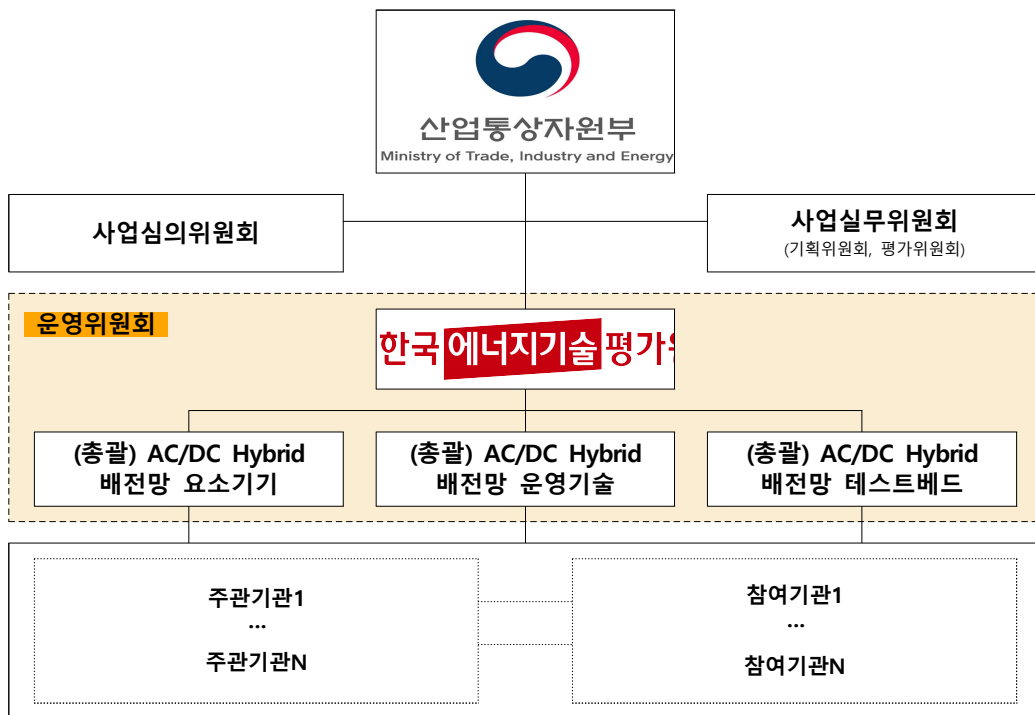
- 예를 들어 MV DC/DC 컨버터 개발 과제의 경우, 유사 과제로 11개 과제가 제시된 바 있음
- '대용량 해상풍력발전기용 VSC-MVDC 시스템 기술개발' 과제는 DC/DC 컨버터 개발 중 파워스택 소형화에 연계한다는 것을 밝혔고, '높은 입출력 전압 비율의 커패시터 구동 양방향 DC-DC 컨버터 개발' 과제는 토폴로지 연구에 참조하는 등 다양한 연계방식을 제시하였음
- 그러나 이와 같은 주관부처의 연계의사가 실제 기술개발과정에 어떻게 작동되는지에 대해선 확인이 어려움

○ 또한 동 사업에는 표준·인증 관련 세부과제가 포함됨에 따라 표준·인증 관련 사업과의 유사성 역시 검토가 필요하나, 이러한 사업들에 대한 검토는 실시되지 않음

- 표준·인증 지원사업의 경우, 과제 간 중복성뿐만 아니라 동 사업의 성과를 활용하여 표준·인증과 어떻게 연계할 수 있는지에 대한 연계방식 제시 역시 필요함

나. 사업 추진체계 구성의 적절성

- 최초 기획보고서 상 동 사업은 전문기관과 총괄과제 연구책임자를 중심으로 구성된 운영위원회를 통해 추진되는 것으로 설계
- 당초 동 사업 기획보고서 상 사업 추진체계는 다음과 같음
- 동 사업의 총괄은 산업통상자원부가 담당하며, 전문기관인 한국에너지기술평가원에서 사업을 전담하여 관리하고, 전담기관 내 사업관리부서와 한국에너지기술평가원 내 에너지기술PD단의 담당PD가 전반적인 실무를 담당하여 사업 운영
 - 한국에너지기술평가원을 중심으로 운영위원회를 구성, 운영위원회의 경우 세부사업별 소위원회와 담당PD로 구성되며 소위원회는 각 분야 총괄과제의 책임자로 구성



[그림 4-1] 사업 추진체계

자료: 기획보고서, 재인용

○ 사업 추진주체별 역할은 다음과 같음

<표 4-2> 사업 추진주체별 역할분담

사업 추진주체	역할	비고
산업통상 자원부	<ul style="list-style-type: none"> • 사업의 추진방향과 주요 의사결정 역할을 수행 • 부처 업무수행 계획 수립 시 사업의 기본방향을 제시하고, 전담기관에서 수립한 사업 추진계획을 심의·확정 • 전담기관의 과제 선정평가를 확인 및 관련 지원 수행 	주관 부처
한국에너지 기술평가원	<ul style="list-style-type: none"> • 매년 사업의 추진계획을 수립하며, 확정된 추진계획에 따라 과제를 구성, 주관기관을 선정하고, 이를 지원하기 위한 기획·평가·관리 등의 지원업무 수행 	전담 기관
평가위원회	<ul style="list-style-type: none"> • 과제선정 및 연차 진도점검 최종점검 수행 	-
총괄/주관/ 참여기관	<ul style="list-style-type: none"> • (총괄) 총괄과제 및 세부과제로 과제가 구분되는 경우에 총괄과제의 관리를 수행 • (주관기관) 과제가 총괄과제 및 세부과제로 구분되는 경우에 세부과제를 주도적으로 수행 • (참여기관) 과제에 참여하여 주관기관과 공동으로 과제 수행 	수행 기관
운영위원회	<ul style="list-style-type: none"> • 사업 목표달성을 위하여 총괄 과제간 상호연계 및 진도 관리를 수행 	-

자료: 기획보고서, 재인용

- 주관부처는 동 사업 추진체계와 관련하여 협력체계의 구축과 의사결정구조의 단순화를 고려한 운영위원회 중심의 운영이 사업성과 제고를 위한 가장 큰 특징임을 밝힘
- 운영위원회는 내역사업별 총괄과제의 책임자로 구성되고, 총괄과제 하부에 세부과제(요소기술) 과제를 추진체계를 마련
- 그러나 한국에너지기술평가원과 총괄과제 책임자를 중심으로 구성된 운영위원회를 통해 동 사업의 성과가 제고될 것이라는 것은 타당성 확인에 한계가 존재함
- 동 사업은 MVDC 배전망 구성이라는 일련의 체계적 목표 달성이 이루어져야 하며, 총괄사업목표를 이루는 세부사업목표가 모두 100% 달성되는 것이 무엇보다 중요한 사업임

- 이에 대해 주관부처는 추가제출자료를 통해 ‘유사 사업단’ 체계로서 동 사업을 추진할 의사를 밝힘
 - 주관부처는 세부과제 간 긴밀한 협력체계 구축과 성능목표 달성을 위한 효율적 의사결정체계 구축을 위해 별도의 사업단을 구성하는 체계 적용
 - 다만, 이는 민법 등에 의해 설립되는 사업단이 아니라, 전담기관(한국에너지기술평가원) 내에 사업단을 신설하는 형태임
 - 사업단장은 한국에너지기술평가원의 PD가 맡으며, 연구기획 외 과제 수행점검, 개발내용 변경 등 사업 수행을 관리하고, 결과물의 성과확산을 수행
 - 임기는 3년을 원칙으로 하고, 횟수 제한 없이 연임할 수 있으며, 연임 여부는 근무성과평가 및 연임심사 결과를 고려하여 결정
 - 사업단의 구성은 전담기관 내 관련 분야의 직원 및 파견직으로 구성
 - 운영비는 에너지 분야 기획평가관리비 평균 비율을 적용하여, 기술개발 사업비의 3.6% 수준으로 구성할 계획을 밝힘
- 다만, 이러한 ‘유사 사업단’ 체계로의 전환 역시 동 사업 효과성 제고와 관련하여 명확한 근거 제시는 미흡
 - 주관부처는 한국에너지기술평가원의 PD가 사업단장의 역할을 수행하는 것을 전제
 - 다만 ‘PD운영규칙’에 따르면 기술PD는 분야별 에너지기술개발사업 전반의 사업기획과 관리를 수행하도록 규정하고 있음
 - 즉 동 사업에서 사업단장 역할을 수행할 PD는 단순히 MVDC기술개발뿐만 아니라, 원래 본인이 맡고 있던 분야의 사업기획과 관리를 함께 수행하여야 함
 - 이 경우 사업단장으로서 PD가 동 사업의 총괄조정과 관련된 역할을 효과적으로 수행할 수 있을지에 대해선 타당성을 확인하기 어려움
 - 동 사업 추진체계에서 문제점으로 지적된 것은 사업단 체제 유무 여부가 아니었음
 - 주요 쟁점은 동 사업의 총괄목표를 고려할 때, 2030년 MVDC 혼용배전망 운영이 가능하도록 핵심적인 기술을 확보하는 것에 있음
 - 즉 동 사업의 추진체계는 혼용배전망의 실질적 운영을 위해 세부과제 간 조율·관리를 어떠한 권한과 방식에 의해 진행하고, 성과가 미흡할 때 어떠한 관리방식을 적용할 수 있는지, 긴밀한 협력체계를 어떻게 구현할 수 있는지 등에 대한 구체적인 근거가 제시될 필요가 있음
 - 그러나 현재 제시된 사업단 형태가 이를 위한 효과적 대안인지 여부는 확인하기 어려움

- 또한 주관부처는 동 사업의 체계적 성과관리를 위하여 사업기간 전반에 걸쳐 마일스톤을 관리하는 ‘총괄관리과제’를 신설하겠다는 의사를 밝힘
 - 총괄관리과제는 로드맵에 따른 과제별 추진내용 및 성과와 일정 등을 모니터링하고, 전체 사업 진행에서 발생하는 이슈사항을 관리할 수 있도록 운영위원회를 주관하는 역할을 수행하는 형태로서 제시됨
 - 그러나 이와 같은 총괄관리과제가 추가되는 것이 실제 동 사업의 성과를 제고시킬 수 있다는 근거는 제시되지 않음에 따라, 타당성을 인정하기 어려움
 - 또한 기존 운영위원회가 사업단장으로서 PD 산하 개별 내역사업별 총괄과제 책임자가 위치하는 구조(2계층)에서, PD-총괄관리과제-내역사업별 총괄과제 책임자 등 3계층 구조로 분화하는 것인지 아니며 사업단을 총괄하는 것인지 여부도 명확하지 않음
 - 만약 기존 2계층에서 3계층 구조로 관리방식이 분화하는 것이라면, 의사결정구조 단순화라는 주관부처의 최초 추진체계 설계논리와도 상반되는 결과임

□ (소명자료) 주관부처는 소명자료를 통해, 전문기관 내부에 설치되는 사업단 체계의 필요성을 제시함

- 주관부처는 독립적 사업단과 정부 유관기관 내 사업단 형태의 장단점에 대해 다음과 같이 제시

<표 4-3> 사업단 구성형태 비교

사업단 형태	개별 독립 사업단	정부 유관기관 내 사업단
개념	→ 정부기관이 아닌 외부에 독립적으로 설립된 사업단 → 부처로부터 출연금 형태로 예산을 지원 받고, 정부연구개발 관리기관에 의해 평가·관리를 받음	→ 출연(연), 관리기관 등 정부 유관기관을 전담기관으로 지정하고 그 내부에 사업단을 법인 또는 독립적 조직 형태로 구축
특징	→ 대규모·장기간 여러 부처가 연관된 다부처 사업에 적용	→ 사업 관련 전문성을 갖춘 기관을 사업 총괄기관으로 지정하여 사업단 구축
장점	→ 이해관계에 대한 중립성 및 독립성 확보 용이 → 명확한 목표 부여로 사업의 추진력 및 집중도 높음 → 사업단 특성에 따른 자율적·창의적 연구 가능	→ 소속된 정부 유관기관의 사업 평가·관리 노하우와 시스템 활용이 용이하고 지속적인 사후관리 가능 → 빠른 시간 내 사업단 안착을 통해 효율적 사업 추진 가능
단점	→ 평가·관리 체계 구축 등 사업단 안착까지 시간·비용 소요 → 사업 종료 후 불분명한 책임 소재 및 사후 관리의 부실 우려	→ 기관 하부 조직 특성 상 독립성 약화 및 외부환경 변화에 취약

자료: 소명자료, 재인용

- 이를 바탕으로 주관부처는 동 사업의 사업단 구성 방향을 ‘정부 유관기관 내 사업단 구축으로 설정하였음을 밝힘
- 신속한 사업단 체계의 안착·운영과 지속적 사후관리의 필요성을 고려
- 다만, 정부 유관기관 내 사업단 구축 역시 전문관리기관 소속인지 또는 출연(연) 소속인지 여부에 따라 특성이 달라질 수 있음
- 주관부처는 특히 다양한 과제 간 연계·협력체계 구축이 필수적임에 따라 사업관리의 전문성을 고려하여 전문기관(한국에너지평가기술원) 내 사업단을 구축하는 것으로 계획을 제시함

<표 4-4> 정부 유관기관 내 사업단 구축의 장단점 비교

사업단 형태	전문관리기관 소속 사업단	출연(연) 소속 사업단
장점	<ul style="list-style-type: none"> → 기술적 이해관계로부터 독립적인 사업단 운영 가능 → 다양한 과제의 체계적 관리 기능 강화 가능 	<ul style="list-style-type: none"> → 기술적 전문성 확보 가능
단점	<ul style="list-style-type: none"> → 기술적 전문성 또는 인프라 약화 	<ul style="list-style-type: none"> → 기술분야와 연계된 특정기관 중심의 사업 수행 우려 → 관리기능의 약화 우려

자료: 소명자료, 재인용

- 다만, 주관부처가 제시한 장단점에서 확인할 수 있듯이, 전문기관 소속의 사업단을 구성할 경우 기술적 전문성이 취약할 수 있다는 문제점이 존재함
- 이에 대해 주관부처는 사업단의 기술적 전문성 보강을 위해 요소기기, 운영기술 등 MVDC 관련 전문인력을 수요기업* 등으로부터 파견받아 구성할 예정임을 밝힘
- * 한국전력 등
- 동 사업은 배전시스템 관련 연구개발 및 실증으로 연계되는 일련의 체계 개발적 특성을 가지고 있다는 점에서, 주관부처가 제시한 바와 같이 사업단 형태로서 추진되는 것이 타당하다고 판단됨
- 다만, 주관부처가 제시한 사업단 개념 및 특성, 운영방식에 대해서는 추가적인 검토가 요구됨

- (사업단 위상) 주관부처는 동 사업단을 전문기관 내 기관장 직속의 독립적 사업단으로 운영할 계획임을 밝힘
- 주관부처는 전문기관의 직제규정을 활용하여 원장 직속의 독립적 사업단 구성*이 가능함을 밝힘
- * 한국에너지기술평가원 직제규정 제3조(조직)에 따라 원장은 임시조직 또는 주요 조직의 하부조직을 구성할 수 있음
- 또한 전문기관의 기획 및 평가·관리기능을 통합할 계획을 밝히고, 동 사업단은 기존 에너지기술PD단과 독립적인 형태로 추진됨을 제시



[그림 4-2] 동 사업 수정 추진체계

자료: 소명자료, 재인용

<표 4-5> 동 사업 추진주체별 역할분담

사업추진 주체	역할	비고
산업통상 자원부	<ul style="list-style-type: none"> 사업심의위원회를 운영하며, 사업의 추진방향과 주요 의사결정 역할 수행 부처 업무수행 계획 수립 시 사업의 기본방향을 제시하고, 사업단에서 수립한 사업 추진계획을 심의·확정 	주관 부처
사업심의 위원회	<ul style="list-style-type: none"> 에너지산업 현황 및 정책적 수요 등을 종합적으로 고려하여 사업기획 결과 및 과제 선정·평가·관리 전반에 걸친 중요한 의사결정사항에 대한 검토 산업부 담당국장이 위원장을 맡고 에너지기술·산업 및 정책 분야의 전문가로 구성하여, 사업단 사무국 및 운영위원회 구성, 사업단 전반에 대한 관리 	-
운영위원회	<ul style="list-style-type: none"> 산학연관 외부전문가 및 총괄세부사업과제책임자 등 10인 이내로 구성하여 사업단장의 운영사항 전반에 대해 의사결정 자문 수행(사업의 중장기 방향 수립, 당해연도 공모과제 선정을 위한 기획방향 제시 등) 	한국 전력 공사 등
사무국	<ul style="list-style-type: none"> 사업의 추진계획에 따라 기획·선정·평가·진도관리 등 전 과정에서 행정적인 전문 지원업무 수행 	

자료: 소명자료, 재인용

- 그러나 전문기관의 직제규정을 활용한다고 해서 독립적 형태의 사업단으로서 위상을 담보할 수 있다고 판단하긴 어려움
 - 즉 동 사업단 운영 및 권한 등과 관련된 명확한 지침 마련이 무엇보다 선행되어야 함을 의미
- 주관부처는 소명자료를 통해 사업단 운영관리지침의 조속한 제정을 추진 중임을 밝힘
 - 운영관리지침은 기본적으로 ‘산업기술혁신사업 공통 운영요령’ 및 ‘국가연구개발사업 관리 등에 관한 법률’의 범위를 벗어나지 않는 범위 내에서 한국에너지기술평가원의 기술개발 및 실증연구 운영관리지침에 따름
 - 향후 제정될 지침은 기획추진위원회의 구성 및 운영, 사업단장 선임 및 권한, 사업단 조직의 구성 및 운영, 운영위원회 구성 및 운영, 사업단과제 기획 및 관리, 사업단 평가제도, 성과관리, 단계평가 등을 포함할 예정임을 제시
 - 또한 제정 시점은 '21년 하반기 중에 추진하는 것으로 확정함

- 관련 지침은 포괄적이고 구체적으로 제정되는 것이 요구됨
 - 특히 사업단 추진과 관련하여 전문기관의 장이 수행하는 업무의 범위와 사업단장 선임 및 권한 범위 간 명확한 구분, 사업단장 공모 및 선정평가, 과제선정 등의 내용
 - 또한 전문기관 내 파견직원으로 구성될 지원조직의 특성 및 평가, 실증테스트베드의 사후관리, 연구개발성과의 소유 등에 대해서도 구체적인 지침 작성이 필요함
- 주관부처는 사업단장에 대해 동 사업에 대한 총괄 책임을 갖고, 기술적인 전문성과 사업 운영의 경험이 풍부한 전문가를 공모로 선정할 것임을 밝힘
 - 앞서 논의한 바와 같이 동 사업은 일련의 체계 개발로서 주어진 기간 내에 성능목표를 달성하여야 한다는 점에서 사업단장의 역량과 리더십이 무엇보다 필수적임
 - 이를 위해 주관부처는 서류평가(50%)와 발표평가(50%)를 통해 사업단장을 선정할 계획을 제시함

<표 4-6> 사업단장 선정기준(안)

구분	주요항목	세부평가항목(안)
I. 서류평가 (100점)	자기소개서 및 지원동기 (20)	<ul style="list-style-type: none"> • 주요 경력과 MVDC 분야 간 연관성 • 대형 국가연구개발사업 책임자로서의 성취 및 추진의지
	전문성 및 직무 역량 (30)	<ul style="list-style-type: none"> • 연구 경험 및 사업화 성과의 우수성 • 사업 기획 및 관리 경험 및 실적 • 전문가 활용을 위한 네트워크 역량
	업무 수행계획 (50)	<ul style="list-style-type: none"> • MVDC 기술·산업 현황 분석의 구체성 및 적절성 • 과제간 유기적 연계를 위한 평가, 조정 및 성과관리방안 • MVDC 기술의 국내 배전망 적용 전략의 구체성 • 성과확산 및 산업 생태계 발전전략의 적절성
II. 발표평가 (100점)	전문성 및 직무 역량 (40)	<ul style="list-style-type: none"> • 연구 경험 및 사업화 성과의 우수성 • MVDC 분야 전문성 및 전문가 활용 역량 • MVDC 상용화를 위한 비즈니스 역량 • 사업 기획 및 관리 경험 및 실적
	업무계획의 적정성 (40)	<ul style="list-style-type: none"> • MVDC 기술·산업 현황 분석의 구체성 및 적절성 • 과제 간 유기적 연계를 위한 평가, 조정 및 성과관리방안 • 사업단 운영 계획의 구체성 및 실현가능성 • 성과확산 및 산업 생태계 발전전략의 적절성
	업무 추진 의지 (10)	<ul style="list-style-type: none"> • 국가연구개발사업단 책임자로서의 성취 및 추진의지
	성품 (10)	<ul style="list-style-type: none"> • 국가연구개발사업단 책임자로서의 성실성 및 책임성

자료: 소명자료, 재인용

- 임기는 3년을 원칙으로 하고, 횟수 제한 없이 연임할 수 있으며, 연임 여부는 근무성과평가 및 연임심사 결과를 고려하여 결정
- 사업단장은 소속된 기관으로부터 독립적인 업무와 책임 하에 사업단 운영 및 관리에 전념하고, 소속기관의 장은 전문기관의 장과 협약을 통해 이를 보장할 예정임을 밝힘
- 또한 주관부처는 과제 간 협력체계 구축을 위해 정보공유 활성화 계획을 제시하였음
 - 정보공유의 장 활성화를 위해 분기별 내역사업별 단위 워크숍, 분기별 총괄세부사업과제 책임자급 워크숍, 반기별 사업단 컨퍼런스 등을 추진하고, 이를 통해 연계된 과제 간 기술적 이해도 제고를 도모할 예정임
- 주관부처는 사업단 운영과 관련하여 사무국 구성이 필요함을 제시
 - 사무국의 경우 전문기관인 한국에너지기술평가원에서 기획 전문인력 1명, 평가관리본부에서 평가·관리 전문인력 1명, 사무보조원 1명 등 총 3명으로 구성
 - 운영위원회의 경우 MVDC 수요기업을 포함한 외부기관으로부터 요소기술 및 운영기술 관련 전문인력을 1명씩 총 2명 파견을 통해 운영위원회 구성 및 운영 실시
 - 사업단장을 포함하여 사무국은 파견인력 2명*, 기획 전문인력 1명, 평가·관리 전문인력 1명, 사무보조원 1명 등 총 6명으로 구성될 예정임
- * 외부기관에서 파견된 전문인력 2명의 인건비는 소속기관에서 충당함을 원칙으로 함
- 이와 같이 사무국을 운영할 경우, 운영비 책정이 필요함
 - 주관부처는 사업단 운영비의 경우 기획평가관리비 내에서 예산을 책정하여 운영할 계획을 밝힘
 - 사업단장 및 관리기관 전문인력 총 4명에 대한 인건비 약 4억 원, 인건비 규모와 유사 수준의 직접비 및 간접비를 고려하여 매년 약 10억 원의 사업단 운영비용을 제시
- 다만, 상기 주관부처가 제시한 사무국 운영비 계획의 경우 충분한 근거 제시가 미흡함
- 첫째, 4명의 인건비를 약 4억 원 규모로 책정한 근거가 제시되지 않음
 - 현행 한국에너지기술평가원의 PD운영규칙을 참고하면, 상근계약직 기술PD의 연봉은 1억 2천만 원 수준으로 나타나고 있음
 - 전문기관의 실제 연봉 수준은 정확한 통계가 제시되지 않음에 따라 '20년 기획재정부 학술연구용역단가를 적용*할 시 4명의 연봉 총액은 3억 원을 넘지 않음
- * 참여율 100% 적용

- 둘째, 인건비와 유사한 규모의 직접비 및 1/2 수준의 간접비가 필요한 근거는 확인할 수 없음
 - 앞서 산정한 바와 같이 인건비 총액을 3억 원 수준으로 책정할 시, 직접비 및 간접비를 합산한 예산은 7.5억 원 수준임
- 셋째, 기획평가관리비 규모를 고려할 때, 매년 10억 원의 사무국 예산을 책정하는 것은 동 사업 추진에 있어 재정적 부담이 될 수 있음
 - 기획평가관리비 관련 정확한 규정은 존재하지 않으나, 평균적으로 총사업비의 3~4%를 책정하는 것이 일반적임
 - 주관부처가 제시한 바와 같이 사무국 예산을 기획평가관리비 중에서 책정하기 위해선 최소한 기획평가관리비가 10억 원 이상이 되어야 함
 - 예를 들어 사무국 예산을 전액 기획평가관리비라고 가정할 경우(기획평가관리비를 총 10억 원으로 설정 시) 이를 총사업비의 4% 수준으로 책정하면, 총사업비는 최소 250억 원 수준이 되어야 함
 - 즉 연도별 사업예산이 250억 원 미만일 경우 사무국 예산을 10억 원으로 책정한다면, 총사업비 중 인건비와 직접비 예산 등이 감소될 수밖에 없음
 - 따라서 기획평가관리비 중 사무국 예산의 책정은 연도별 예산을 고려하여 정률(%)의 개념으로 적용하는 것이 타당함, 이를 고려하면 동 사업의 경우 연도별 예산의 3~4% 수준에서 적용*하는 것이 합리적이라고 판단됨
 - * 예타 대상사업의 평균 기획평가관리비는 3~4% 수준에서 설정
 - 또한 연도별 예산의 변화에 따라, 사무국 운영 예산이 충분히 확보되지 못할 경우를 고려한 주관부처 차원의 대책 마련 요구됨

제 2 절 사업 추진상의 위험요인

1. 재원조달의 가능성

□ 정부재원 확보의 위험요인은 낮은 것으로 판단됨

○ 기존 예산투입과 현행 투자계획 등을 고려할 때 정부재원의 조달에는 큰 문제가 없을 것으로 판단됨

- '19년 기준 산업통상자원부의 전력기금R&D 예산은 다음과 같음

<표 4-7> 전력기금R&D 부문 예산

(단위: 억 원)

R&D사업	2019	2020	2021	2022	2023	연평균
전력산업기반기금	19,251	20,414	26,601	27,980	26,268	24,103
에너지기술개발	1,400	1,402	1,397	1,369	1,356	1,385
전력수요기술	903	783	797	781	773	807

자료: 기획보고서, 재인용

- '20년 일몰되는 스마트그리드 핵심기술개발사업의 최근 6년간 평균 예산규모는 374억 원이며, 동 사업의 연평균 정부 필요예산은 379억 원 수준임

- 기존 투입규모를 고려할 때, 동 사업 추진 과정에서 정부재원의 조달은 큰 문제가 없을 것으로 판단됨

□ 다만, 민간재원 조달 가능성의 경우 위험요인이 존재

○ 사업기획서 기준, 동 사업에서 민간기업의 재원분담 규모는 약 1,134억 원 규모로 동 사업에 대한 참여의향을 고려할 때 민간재원 조달은 일부 위험성이 존재함

- 먼저, 동 사업에 참여의향을 밝힌 기업은 총 20개 기업으로 분석됨, 다만 47개 세부과제(요소기술)가 진행됨을 고려할 때 20개 수준의 기업 참여가 충분한 수준이라고 판단할 근거는 부족함

- 주관부처는 동 사업의 연평균 매칭규모는 약 162억 원이며, 그 중 현금매칭은 약 36% 수준(약 58억 원)으로 예측

- 추가질의를 통해 민간재원 조달 가능성에 대해 주관부처는 과제 단위의 연평균 현금매칭 규모는 13억 원 수준이므로 큰 문제가 발생하지 않을 것으로 예상하고 있음
- 다만, 이러한 주관부처의 논리에 대해선 추가적 검토가 필요, 이는 현금매칭 이외 현물매칭의 경우 문제가 발생하지 않을 것이라는 가정에 근거하기 때문임
- 또한 현금매칭의 금액이 크기 않다는 것을 감안하더라도, 참여의향을 밝힌 기업별 R&D규모의 편차가 크며, 기업 R&D자금이 모두 동 사업을 위해서 투자되는 것을 가정하는 것은 과도한 가정일 수 있음

2. 법·제도적 위험요인

□ 동 사업은 WTO 금지보조금에 해당할 가능성이 존재

- 동 사업을 통해 도출된 성과를 바탕으로 세계시장에 진출하는 경우 WTO 금지보조금에 해당할 가능성이 높음
 - 동 사업은 선진국도 개발 중인 MVDC 핵심기술을 확보하여 기술개발 및 실증을 통한 국내 도입을 목적으로 한다는 점에서, WTO보조금협정에 따른 제소 가능성이 존재함
- 주관부처는 동 사업 추진과 관련하여 향후 WTO 보조금협정 관련 분쟁이 발생할 경우를 대비하여 사업 내용이나 성과의 대외 홍보 시 특별히 주의의 필요성이 있음을 밝힘
 - 이에 대한 주관부처, 전문기관 및 사업단 차원의 면밀한 대책 마련이 요구됨

□ 소자 수급에 대한 대책 제시 미흡

- 동 사업에서는 MVDC 관련 컨버터스테이션 연구개발이 추진될 예정이며, 컨버터스테이션에 Wide-Bandgap(SiC, GaN) 소자를 사용하는 것으로 제시되어 있음
 - 최근 SiC, GaN 등 소재를 활용한 전력반도체 기술의 발전으로 인해 MVDC 핵심 소자 기능이 향상되었음
- SiC 소자의 경우 제조사별로 900V, 1200V, 1700V, 3000V 등 다양한 제품군이 출시되어 있으나, 3,300V급 SiC 소자의 경우 전략물자로 지정되어 있음
 - 미국의 경우 3,300V급 SiC 소자의 경우 수출제한 품목에 해당
 - 물론 1,700 SiC 소자를 사용하는 것이 가능하나, 이는 보다 많은 수의 스위칭 소자를 사용하여야 한다는 점에서 컨버터스테이션의 신뢰도를 저하시킬 뿐만 아니라 복잡성을 증가시킬 우려가 존재함
 - 따라서 연구개발 기획 단계에서부터 SiC 스위칭 소자 수급에 대한 대책이 마련되어야 할 필요성이 제기됨

- (소명자료) 주관부처는 동 사업 추진을 위해 해외 WBD 전력반도체 수급이 필수적임을 밝힘
 - 특히 미국의 경우 국가 전략물자로 고압 SiC를 설정하여, 현재 국내에서 수급 가능한 범위는 1,700V급임
 - 주관부처는 1,700V급 SiC를 사용할 경우, 동 사업 플랜트에 활용될 단위모듈 수가 예비 포함 36개 수준으로 예상하고 있으며, 36개 단위 파워 모듈 간 제어는 고속제어 플랫폼 기술로 구현함을 밝힘
 - 즉 SiC 적용 시 컨버터스테이션의 복잡도 증가에 따른 신뢰도 확보 문제는 고신뢰 고속제어 플랫폼 기술개발을 통해 해결할 수 있을 것이라는 의견 제시
 - HVDC 연구과제 역시 300개 수준의 모듈을 활용하고 있으며, 제어 플랫폼 기술을 통해 제어 중임을 밝힘
 - 그러나 주관부처가 밝힌 바와 같이 고속제어 플랫폼 기술개발이 효과적으로 이루어지지 않을 경우엔 모듈 간 제어에 한계가 발생할 수밖에 없음
 - 따라서 이에 대한 주관부처 차원의 대책 마련이 요구되며, 1,700V급 이상 소자 수급 가능할 경우를 고려한 전력회로 및 제어플랫폼 추가 검토 역시 필요함

제 5 장 경제적 타당성 분석

제 1 절 비용 추정

1. 동 사업 기획보고서 상 소요예산

□ 동 사업은 총사업비는 3,789.5억 원이며, 이 중 국고지원은 2,655.1억 원으로 약 70%의 비중을 차지함

○ 동 사업의 소요예산 구성은 다음과 같음

<표 5-1> 동 사업 총사업비 구성

(단위: 억 원)

내역사업	세부기술	사업비	정부	민간
① AC/DC Hybrid 배전망 요소기기	①-1. MV DC/DC 컨버터스테이션 핵심기술개발	674.9	403.9	271.0
	①-2. MV AC/DC, DC/AC 컨버터스테이션 핵심 기술개발	834.7	499.5	335.1
	①-3. MV 멀티터미널 직류차단 핵심기술개발	126.6	75.8	50.8
	①-4. MVDC 보호기기 핵심기술개발	110.0	65.8	44.2
	①-5. MVDC 계측진단 핵심기술개발	389.1	232.9	156.2
	소 계	2,135.3	1,277.9	857.4
② AC/DC Hybrid 배전망 운영기술	②-1. 양방향 AC/DC 복합 배전망 설계기술 개발	137.0	104.0	33.0
	②-2. MVDC 배전망 상태평가 기술개발	37.8	28.7	9.1
	②-3. AC/DC 복합 배전망 제어 및 에너지관리 기술개발	50.3	38.2	12.1
	②-4. AC/DC 복합 배전망 고장처리 기술개발	87.9	66.7	21.2
	②-5. MVDC 배전망 운영체계 개발	244.8	185.8	59.0
	②-6. AC/DC 복합 배전망 운영프로그램 개발	72.6	55.1	17.5
	②-7. MVDC 배전망 성능평가 기술개발	308.9	234.4	74.5
	소 계	939.3	712.7	226.5
③ AC/DC 배전망 테스트베드	③-1. MVDC 배전망 파일럿 플랜트 구축	492.2	492.2	-
	③-2. MVDC 핵심기기 실증 테스트베드 연계	13.1	13.1	-
	③-3. MVDC 체계 구축을 위한 기반기술 연구	209.7	159.1	50.6
	소 계	715.0	664.4	50.6
총 사업비		3,789.5 (100%)	2,655.1 (70%)	1,134.5 (30%)

자료: 기획보고서, 재인용

- 동 사업 예산 추정은 총 세 가지 단계를 거쳐 추진되었음
 - (첫째) 유사사례 추정을 통한 과제의 대략적 규모 도출
 - (둘째) 인건비·직접비·간접비를 추정하여 세부과제별 규모 산정
 - (셋째) 도출된 세부과제별 규모에 국고지원 및 민간부담 비율 적용

2. 소요예산 도출 과정의 적절성 검토

가. 유사사례 추정의 타당성

- 동 사업은 유사 旣추진 과제들의 분석을 통해 대략적인 예산규모를 분석하고, 과제별 인력투입을 기준으로 연평균 과제규모를 산정
 - 주관부처는 산업통상자원부 스마트그리드 핵심기술개발사업 및 멀티터미널 직류송배전시스템 사업의 최근 7년간 74개 과제를 분석대상으로 선정
 - 자유공모방식이 적용된 비기획형 공모형 과제 52개는 분석대상에서 제외하였음을 밝힘

<표 5-2> 스마트그리드 핵심기술개발사업 개요

사업명	스마트그리드 핵심기술개발사업
주관부처	산업통상자원부
기간	2009년~2020년(일몰사업)
규모	'18년까지 정부 투자액 : 9,354억 원 (2018년 425억 원, 2019년 약 359억 원)
목적	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 전력망에 지능정보기술(AICBM)*을 융합한 스마트그리드 기술개발을 통해 분산전원(신재생) 공급 예측, 수요감축, 에너지효율향상 및 전력분야 융합 新산업 창출 * AICBM: 4차 산업혁명 핵심기술로 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), 클라우드(Cloud), 빅데이터(Big Data), 모바일(Mobile)
내용	<ul style="list-style-type: none"> • (지능형송배전) 100대 국정과제에 포함된 “저탄소·고효율 에너지 구조 전환”을 대응을 위한 핵심기술로, 에너지전환 정책에 따른 분산발전 및 EV 확대와 같은 전력계통의 혁신적인 변화에 대비한 차세대 전력계통* 기술 개발 * 신재생 보급 확대에 따른 빅데이터 활용 공급 예측 기술 및 직류(DC) 배전 기술, EV 보급확대 대응 V2G(Vehicle to Grid) 인터페이스 기술, HVDC 활용 기술 등 • (지능형소비자) 4차 산업혁명 기술을 적용하여 전력 수용가 영역 패러다임 변화(프로슈머, DR 등)*를 수용할 수 있는 소비자 영역의 지능화 및 전력신산업 창출을 위한 기술개발 * 에너지프로슈머육성, DR, 전력 빅데이터 활용, 마이크로 그리드 등 에너지분야 신규 산업 창출을 위한 스마트그리드 비즈니스 모델 개발 및 실증 • (전기기기혁신) 전기기기 산업 육성, 중소기업 지원 및 일자리 창출을 위해 전기기기 7대 품목* 기술개발 * 7대 품목 : 변압기, 개폐기 및 보호장치, 전선(케이블), 발전기, 전력변환기 및 DC배전기기, 절연(애자), 기타

자료: 기획보고서, 재인용

<표 5-3> 멀티터미널 직류송배전시스템사업 개요

사업명	멀티터미널 직류송배전시스템사업
주관부처	산업통상자원부
기간	2017년~2020년
규모	'18년까지 정부 투자액 : 221.58억 원
목적	<ul style="list-style-type: none"> 발전소에서 생산한 교류전력을 직류로 변환시켜 송전한 후 수용가 인근에서 교류로 재변환시켜 전력을 공급하는 시스템을 통해 전력수급 안정화 및 송전선로 증설 문제 해결 * HVDC는 장거리 대전력 송전, 손실 감소, 계통신뢰도 향상 등 장점과 특히, 철탑 크기를 줄일 수 있어 대규모 송전망 건설의 대안이 될 수 있음
내용	<ul style="list-style-type: none"> HVDC 200kV급 Converter Valve 절연물 개발(실증) 전압형 HVDC용 전력기기 감시진단 기술개발 DC±200kV급 전압형 MMC 개발 및 운영/실증

자료: 기획보고서, 재인용

- 상기 두 사업에서 품목지정 및 지정공모 형태의 유사과제만 검토대상으로 포함시키고 자유공모형 과제의 경우 제외한 것에 대한 명확한 근거는 제시되지 않았음
- 다만, 주관부처는 추가제출자료를 통해 전체 126개 과제 중 자유공모로 진행된 52개 과제는 연평균 5억 원 수준의 단기 소규모 과제라는 점에서 동 사업 기획과 관련된 분석에서는 제외하였음을 밝힘
 - 혼용 배전망 구성을 위한 시스템적 접근이 필요하다는 점에서 자유공모형 단기 소규모 과제를 제외한 필요성은 일부 인정됨
 - 그러나 이러한 접근방식에도 한계점이 존재함, 이는 현재 분류기준이 과제 공모방식의 유사성을 기준으로 하였다는 것임
 - 분석대상으로 포함된 74개 과제 중 동 사업 내용과 비교할 때 과제 내용 간 유사성 역시 담보되었다고 볼 수 있는 근거는 부재함
 - 예를 들어, 기술분류 우선순위 설정 과정에서 중요도가 낮게 평가되었던 '케이블 개발 과제, 소비자 전기사용 패턴 분석과제, 전력 빅데이터를 활용한 신산업 BM 개발 과제' 등이 분석대상에 포함된 것은 추가적인 근거 제시가 필요함

- 주관부처는 분석대상으로 포함된 74개 과제를 대상으로 평균 과제규모를 도출하였음
- 이 과정에서 주관부처는 '산업기술혁신사업 공통 운영요령'에 의거하여 원천기술형* 과제와 혁신제품형** 과제로 과제의 성격을 구분
- * 원천기술형: 제품에 적용 가능한 독창적·창의적 원천기술을 개발하는 과제
- ** 혁신제품형: 산업원천기술을 접목한 제품을 개발하는 과제
- 74개 과제 대상 원천기술형 과제의 규모는 평균 21억 원, 혁신제품형 과제는 평균 92억 원 수준으로 분석되었음

<표 5-4> 전력분야 유사과제의 평균 과제규모

구분	과제수	연평균 과제규모 (정부+민간)	평균 과제기간	평균 과제규모	표준편차
원천기술형	10개	8.1억 원	2.7년	21.1억 원	16.2억 원
혁신제품형	64개	25.6억 원	3.6년	91.9억 원	118.2억 원

자료: 기획보고서, 재인용

- 이를 바탕으로 주관부처는 내역사업별 과제 유형을 구분하고, 유형별로 적용되는 과제 규모를 설정하였음
- 요소기기를 개발하는 1내역사업 및 실증 관련 3내역사업을 혁신제품형 과제 규모를 적용하고, 운영기술 관련 2내역사업은 원천기술형 과제 규모를 적용하였음을 밝힘

<표 5-5> 유형별 과제규모 추정 논리

내역사업	규모 분석결과	비고
요소기기	✓ 혁신제품형 과제 분석결과 적용 ✓ 총 40억~100억 원 수준 고려	✓ 대형기기의 개발 및 실증을 위한 과제는 별도의 특성 고려
운영기술	✓ 원천기술형 과제 분석결과 적용 ✓ 총 20억 원 수준 고려	✓ 하드웨어가 포함되거나 개발된 S/W를 통합 검증하는 과제는 별도의 특성 고려
실증연구	✓ 혁신제품형 과제 분석결과 적용 ✓ 총 40~100억 원 수준 고려	✓ 테스트베드 구축을 위한 기기의 구성은 별도 고려

자료: 추가제출자료, 재인용

- 주관부처는 이러한 구분법의 필요성에 대해 H/W 개발특성을 지닌 요소기기 과제와 S/W 개발특성을 나타내는 운영기술 과제의 특성 차이가 비용 규모에 영향을 미칠 것으로 판단하여 유형을 구분하였음을 제시
- 1내역사업(요소기기)과 2내역사업(운영기술)의 경우 기기 개발과 운영체계 개발이라는 점에서 상기 주관부처의 논리는 일부 타당성이 존재함

□ 다만, 3내역사업(실증테스트베드)의 경우, 이러한 논리 적용에 한계가 존재함

- ‘파일럿 플랜트 구축’과 ‘핵심기기 실증 테스트베드 연계’ 과제의 경우 전액 국고지원으로 구성
- ‘MVDC 체계구축 기반기술 연구’ 과제에 대해서만 혁신제품형 유형 적용
- 그러나 ‘MVDC 체계구축 기반기술 연구’ 과제의 경우 표준화 및 인증체계와 관련된 연구로서 이를 제품개발적 특성이 강한 혁신제품형 유형으로 볼 근거는 미흡함

나. 과제별 투입인력 산정을 통한 원가계산의 타당성

□ 동 사업은 과제당 원가계산을 과제별 인건비 투입 규모를 기준으로 설정하였음

- 주관부처는 유사과제의 규모를 고려한 상태에서, 성능목표 달성을 위한 인력 투입의 규모를 도출하고, 이를 바탕으로 과제의 최종 원가규모를 산정하는 방식을 선택함
- 투입 인력 규모는 관련 분과위원회를 중심으로 전문가 논의를 통해 확정하였음을 밝힘
- 이에 따른 동 사업 총 투입인력은 다음과 같음

<표 5-6> 동 사업 총 투입인력 규모

(단위: 명)

내역사업	구분	'22년	'23년	'24년	'25년	'26년	'27년	'28년	합계
AC/DC Hybrid 배전망 요소기기	박사급	59	80	83	83	31	10	6	352
	석사급	63	107	107	108	58	21	11	475
	학사급	46	69	74	76	24	9	0	298
	소계	168	256	264	267	113	40	17	1,125
AC/DC Hybrid 배전망 운영기술	박사급	14	29	35	35	21	24		158
	석사급	17	35	46	46	34	38		216
	학사급	16	33	45	45	31	38		208
	소계	47	97	126	126	86	100		582
AC/DC Hybrid 배전망 테스트베드	박사급	3	4	7.5	12	14	10.5	6	57
	석사급	4	4	9	14.5	21.5	18	13	84
	학사급	4	4	8	10.5	13.5	8	4	52
	소계	11	12	24.5	37	49	36.5	23	193
총계	박사급	76	113	125.5	130	66	44.5	12	567
	석사급	84	146	162	168.5	113.5	77	24	775
	학사급	66	106	127	131.5	68.5	55	4	558
	소계	226	365	414.5	430	248	176.5	40	1,900

자료: 기획보고서, 재인용

☐ 그러나 상기 인력규모가 충분한 근거를 바탕으로 도출되었는지를 판단할 수 있는 구체적 근거가 제출되지 않음에 따라, 인력 투입의 적정성을 판단하는데 한계가 존재함

○ 주관부처로부터 제출된 분과위원회 회의록에는 관련된 구체적 내용이 적시되지 않음

☐ (소명자료) 주관부처는 소명자료를 통해 인력투입의 산출근거를 제시함에 따라 일부 타당성이 인정됨

○ 주관부처는 전력 분야 국가연구개발사업으로 추진된 유사과제들의 연평균 참여인력 조사를 통해 동 사업 개발에 필요한 참여인력의 가이드라인을 마련하였음을 밝힘

○ 요소기기의 경우 연평균 43명(컨버터, 컨버터 시험장치, 차단기, 보호기기 등), 운영기술의 경우 연평균 48명의 인력이 투입됨을 제시

<표 5-7> 전력분야 대규모 기기 개발 및 실증 투입인력 분석

유사 요소 기술	과제명	과제 기간 (년)	연평균 참여 인력 (명)			
			박사	석사	학사	계
컨버터	주상(100kVA급), 지상(500kVA급) 소형 고효율 배전용 변압기 개발	4	3	7	34	44
컨버터 시험	전압형 HVDC MMC용 서브모듈 시험장치 및 고압절연 전원장치 개발	4	29	14	29	72
차단기	저압 직류 배전용 대용량 차단 보호 장치 개발(5000A,65kA)	4	2	4	21	27
	SF6 Free 72.5kV 31.5kA 친환경 스위치기어 개발	4	2	5	13	20
	IoT 기반 1cycle 차단성능을 갖는 지중배전시스템용 Dry air 절연 RMU 개발	4	2	12	16	30
보호 기기	170kV급 GIS용 친환경 가스절연 피뢰기 개발	4	2	3	11	16
운영 기술	마이크로 그리드용 공통 플랫폼 기술 개발	4	21	7	30	58
	마이크로그리드 내의 효율적 전력수급을 위한 직류 자율배전 제어장치의 개발	4	3	1	31	37
DC 시스템 (HV)	DC±200kV급 전압형 MMC 개발 및 운영/실증	5	40	39	31	110
	HVDC 200kV급 Converter Valve 절연물 개발(실증)	5	3	3	9	15
	전압형 HVDC용 전력기기 감시진단 기술개발	5	17	10	25	52
DC 시스템 (LV)	수용가용 저압직류 핵심기술 실증 인프라 구축 및 표준기술 개발	5	37	41	59	137
기타	스마트그리드 무선통신 인프라 및 응용기술 개발	3	11	32	0	77
	송전급 초전도 케이블 시스템 설계통 적용기술 개발	3	25	27	34	75
	송전급 초전도 전력기기 적용 계통해석 및 설계통 운영 기술 개발	3	25	12	23	74
	±500kV HVDC XLPE 해저 케이블 개발(육상포함)	4	22	42	37	85

자료: 소명자료, 재수정

□ (소명자료) 또한 주관부처는 상기 가이드라인으로 제시된 결과와 더불어 세부기술별로 적용된 검토대상 과제 등을 추가적으로 제시하였음

○ 이를 바탕으로 세부기술별 인력 투입이 적정 수준을 유지하고 있음을 확인함

○ 예를 들어 MV DC/DC 컨버터스테이션 개발과제의 경우, 연도별 최대 투입인력이 37명으로 제시된 바 있음

<표 5-8> MV DC/DC 컨버터 개발 투입인력

(단위: 명)

구분	'22년	'23년	'24년	'25년	'26년	'27년	'28년	합계
박사급	15	15	16	16	2	2	2	68
석사급	9	10	11	11	3	3	3	50
학사급	8	8	10	10	-	-	-	36
소계	32	33	37	37	5	5	5	154

자료: 기획보고서, 재수정

○ 주관부처는 산업통상자원부내 3개 과제* 간 비교를 통해 동 사업 인력 투입의 적정성을 소명함

* DC±200kV급 전압형 MMC 개발 및 운영/실증, 해상풍력 연계용 20MW급 전압형 HVDC 연계기술 개발, 해상풍력발전용 3.3kV 이상 7MW급 고압전력변환장치 개발 등

○ (산업부) DC±200kV급 전압형 MMC 개발 및 운영/실증 과제의 연평균 투입인력은 총 51명으로 분석

<표 5-9> DC±200kV급 전압형 MMC 개발 및 운영/실증 연평균 투입인력

(단위: 명)

구분	박사	석사	학사	총합
참여연구원	41	45	32	118
실제 투입 (참여율 적용)	18	20	14	51

주: 평균 참여율 약 43% 적용

자료: 소명자료, 재인용

- (산업부) 해상풍력 연계용 20MW급 전압형 HVDC 연계 기술개발 과제의 연평균 투입인력은 총 32명으로 분석

<표 5-10> 해상풍력 연계용 20MW급 전압형 HVDC 연계 기술개발 연평균 투입인력

(단위: 명)

구분	박사	석사	학사	총합
참여연구원	14	29	32	75
실제 투입 (참여율 적용)	6	13	14	32

주: 평균 참여율 약 43% 적용

자료: 소명자료, 재인용

- (산업부) 해상풍력발전용 3.3kV이상 7MW급 고압전력변환장치 개발과제의 연평균 투입인력은 총 57명으로 분석

<표 5-11> 해상풍력발전용 3.3kV이상 7MW급 고압전력변환장치 연평균 투입인력

(단위: 명)

구분	박사	석사	학사	총합
참여연구원	11	44	78	133
실제 투입 (참여율 적용)	5	19	33	57

주: 평균 참여율 약 43% 적용

자료: 소명자료, 재인용

- 주관부처는 상기 도출된 인력 투입규모를 바탕으로 인건비를 산정하고, 유형별 직접비·간접비 비중을 비례식으로 적용되어 최종 과제규모를 결정하였음
- 과제 규모 분석방식과 동일하게, 인건비·직접비·간접비 비중을 도출하기 위하여 산업통상자원부 스마트그리드 핵심기술개발사업 및 멀티터미널 직류송배전시스템 사업의 최근 7년간 74개 과제에 대하여 분석 실시
- 공모형 과제를 제외한 74개 과제의 유형별 비중 및 동 사업 세부과제별 원가 비중은 다음과 같음

<표 5-12> 전력분야 유사과제 인건비·직접비·간접비 비중

구분	과제수	인건비(%)	직접비(%)	간접비(%)
원천기술형	10	37.4	51.5	11.1
혁신제품형	64	34.5	61.2	4.4

자료: 기획보고서, 재인용

<표 5-13> 동 사업 인건비·직접비·간접비 구성

(단위: %)

내역사업	세부기술	인건비	직접비	간접비
AC/DC Hybrid 배전망 요소기기	①-1. MV DC/DC 컨버터스테이션 핵심기술개발	26.8	69.8	3.4
	①-2. MV AC/DC, DC/AC 컨버터스테이션 핵심기술개발	33.2	62.6	4.2
	①-3. MV 멀티터미널 직류차단 핵심기술개발	34.5	61.2	4.4
	①-4. MVDC 보호기기 핵심기술개발	34.5	61.2	4.4
	①-5. MVDC 계측진단 핵심기술개발	34.5	61.2	4.4
	소 계	31.5	64.5	4.0
AC/DC Hybrid 배전망 운영기술	②-1. 양방향 AC/DC 복합 배전망 설계기술 개발	37.4	51.5	11.1
	②-2. MVDC 배전망 상태평가 기술개발	37.4	51.5	11.1
	②-3. AC/DC 복합 배전망 제어 및 에너지관리기술개발	37.4	51.5	11.1
	②-4. AC/DC 복합 배전망 고장처리 기술개발	37.4	51.5	11.1
	②-5. MVDC 배전망 운영체계 개발	37.4	51.5	11.1
	②-6. AC/DC 복합 배전망 운영프로그램 개발	37.4	51.5	11.1
	②-7. MVDC 배전망 성능평가 기술개발	31.6	59.0	9.4
	소 계	35.5	53.9	10.5
AC/DC 배전망 테스트베드	③-1. MVDC 배전망 파일럿 플랜트 구축*	6.4	11.4	0.8
	③-2. MVDC 핵심기기 실증 테스트베드 연계	34.5	61.2	4.4
	③-3. MVDC 체계 구축을 위한 기반기술 연구	37.4	51.5	11.1
	소 계**	16.0	24.0	3.9

*: 나머지 81.3%는 시설장비비의 비중임

**: 나머지 56.0%는 시설장비비의 비중임

자료: 추가제출자료, 재인용

- 다만, 직접비·간접비 적용 과정에서 유형별 기준이 적용되지 않은 세부과제가 발견됨
 - 시설장비비가 포함되지 않은 1내역 및 2내역사업의 경우 원천기술형 또는 혁신제품형 과제 비중이 적용되었다면, 내역사업의 총예산 비중 역시 동일한 비중이 되어야 함
 - 그러나 <표 5-13>에서 볼 수 있듯이, 세부과제에 따라 인건비 등의 비중이 다름
- 이 과정에서 특정 세부과제의 직접비 비중이 왜 증가되어야 하는지에 대해선 구체적 근거를 확인하기 어려움
 - ‘MV DC/DC 컨버터 개발’ 과제의 혁신제품형 과제의 비중이 적용되었으나, ‘MV DC/DC 컨버터 시험평가기술개발’ 과제의 경우 혁신제품형 과제 비중에 비해 높은 비중이 적용되었으나(80.1%), 이러한 필요성에 대해선 근거가 제시되지 않음
- 이러한 문제점은 ‘고정형 MV AC/DC 컨버터 개발’ 및 ‘수용가용 MV-LV 멀티전원 컨버터 개발’ 과제에서도 동일하게 발생함
 - 2내역사업 중 ‘MVDC 배전망 실시간 시뮬레이션 기술개발’ 과제 역시 다른 과제에 비해 높은 직접비 비중이 적용되었으나(77.0%), 구체적 산출 근거는 확인할 수 없음
 - 즉 동 사업은 구체적인 직접비 적용의 한계로 인해 유사과제의 비중을 적용하였다는 점을 고려할 때, 직접비 비중 적용에 대한 추후 조정이 필요함
- (소명자료) 주관부처는 ‘MVDC 배전망 실시간 시뮬레이션 기술개발’ 과제의 경우, MVDC 배전망 실시간 시뮬레이션 시스템 관련 구축비용이 포함되어 있음을 소명
 - 장비구축 관련 견적서를 확인하였으며, 배전망 실시간 시뮬레이터 역시 단독활용만 가능한 특수목적용 장비라는 점에서 추가 구매의 필요성이 인정됨

다. 과제별 정부출연금 및 민간부담금 산정의 타당성

- ☐ 앞선 산출논리에 따라 주관부처는 내역사업별 과제유형에 따라 민간부담금 적용 비중을 적용하였음
- 주관부처는 창의적 기술개발 특성이 높은 원천기술형 과제와 제품개발의 성격이 강한 혁신제품형 과제의 경우 정부와 민간 매칭 비율이 달라져야 함을 강조함
- 민간부담금 비중 분석은 산업통상자원부 스마트그리드 핵심기술개발사업 및 멀티터미널 직류송배전시스템 사업의 최근 7년간 유사과제인 126개 과제를 대상으로 실시됨
- 분석결과 도출된 정부출연금 및 민간부담금 비중은 다음과 같음

<표 5-14> 전력분야 유사과제 민간부담금 중 현금 비중

구분	과제수	민간현금 비중(%)	민간현물 비중(%)
원천기술형	14	75.9	24.1
혁신제품형	112	59.8	40.2

자료: 기획보고서, 재인용

- 이를 바탕으로 도출된 세부과제별 정부출연금 및 민간부담금 비중을 살펴보면 다음 <표 5-15>와 같음
- (3-3) MVDC 체계 구축을 기반기술 연구는 주관부처에 따르면 당초 ‘혁신제품형’ 기준이 적용되어야 하나, ‘원천기술형’ 민간부담금 비중이 적용됨에 따라 실증 테스트베드의 경우 과제유형 적용이 명확히 이루어졌다고 보기 어려움
- 다만, 기반기술 연구의 경우, 표준·인증 개발 등에 초점을 맞추고 있다는 점에서 원천기술형 비중 적용이 합리적이라고 판단됨

<표 5-15> 동 사업 정부출연금·민간부담금 비중

(단위: 억 원, %)

세부사업	세부기술	사업비	국고비중	민간비중
AC/DC Hybrid 배전망 요소기기	①-1. MV DC/DC 컨버터스테이션 핵심기술개발	674.9	403.9	271.0
	①-2. MV AC/DC, DC/AC 컨버터스테이션 핵심기술개발	834.7	499.5	335.1
	①-3. MV 멀티터미널 직류차단 핵심기술개발	126.6	75.8	50.8
	①-4. MVDC 보호기기 핵심기술개발	110.0	65.8	44.2
	①-5. MVDC 계측진단 핵심기술개발	389.1	232.9	156.2
	소 계	2,135.3	1,277.9	857.4
AC/DC Hybrid 배전망 운영기술	②-1. 양방향 AC/DC 복합 배전망 설계기술 개발	137.0	104.0	33.0
	②-2. MVDC 배전망 상태평가 기술개발	37.8	28.7	9.1
	②-3. AC/DC 복합 배전망 제어 및 에너지관리기술개발	50.3	38.2	12.1
	②-4. AC/DC 복합 배전망 고장처리 기술개발	87.9	66.7	21.2
	②-5. MVDC 배전망 운영체계 개발	244.8	185.8	59.0
	②-6. AC/DC 복합 배전망 운영프로그램 개발	72.6	55.1	17.5
	②-7. MVDC 배전망 성능평가 기술개발	308.9	234.4	74.5
	소 계	939.3	712.7	226.5
AC/DC 배전망 테스트베드	③-1. MVDC 배전망 파일럿 플랜트 구축	492.2	492.2	-
	③-2. MVDC 핵심기기 실증 테스트베드 연계	13.1	13.1	-
	③-3. MVDC 체계 구축을 위한 기반기술 연구	209.7	159.1	50.6
	소 계	715.0	664.4	50.6
총 사업비		3,789.5 (100%)	2,655.1 (70%)	1,134.5 (30%)

자료: 기획보고서, 재인용

- ☐ 상기 제시된 국고지원 대 민간부담금 비중을 고려할 때, 과제 주관기관으로 기업 참여 시 일부 문제점이 발생할 가능성이 존재함
- 주관부처가 제시한 바와 같이 민간현금 및 민간현물 비중은 유사과제의 비중에 따라 산정되었음을 확인함
- 다만, 내역사업별 총 민간부담금 비중이 적절한지에 대해선 추가적 검토가 필요함
- ☐ 산업통상자원부 ‘산업기술혁신사업 공통 운영요령’에 따르면 사업비 일부를 정부 출연금으로 지원할 경우, 수행기관 유형 및 과제 유형에 따라 출연금을 차등 지원하여야 함
- 원천기술형 과제의 경우, 비기업의 출연금은 100%까지 지원이 가능하나, 중소기업이 과제에 참여할 경우 최대 출연금 비중은 사업비의 75% 이하가 되어야 함
- 이는 원천기술형 과제에 해당하는 것으로 혁신제품형 과제의 경우 중소기업 참여 시 출연금의 비중은 사업비의 67% 이하로 계상되어야 함

<표 5-16> 수행기관 및 과제유형에 따른 정부출연금 지원 비중

수행기관 유형	과제 유형	
	원천기술형	혁신제품형
대기업	해당 수행기관 사업비의 50% 이하	해당 수행기관 사업비의 33% 이하
중견기업	해당 수행기관 사업비의 70% 이하	해당 수행기관 사업비의 50% 이하
중소기업	해당 수행기관 사업비의 75% 이하	해당 수행기관 사업비의 67% 이하
그 외	해당 수행기관 사업비의 100% 이하	해당 수행기관 사업비의 100% 이하

자료: 기획보고서, 재인용

- 동 사업 기획보고서 상 참여의사를 밝힌 기업은 5개 대기업, 1개 중견기업, 14개 중소기업으로 조사된 바 있음
 - 특히 정부출연금 비중이 75.9%로 나타나고 있는 2내역사업에 별도 참여의사를 밝힌 중소기업이 존재하나, 이 기업이 참여할 경우 현행 정부출연금 비중은 조정되어야 할 필요성이 존재함
 - 또한 1내역사업의 경우 3개 대기업 및 1개 중견기업이 참여의사를 밝힘에 따라, 이 기업들의 참여를 위해선 정부출연금 비중이 조정되어야 함
 - 뿐만 아니라 한국전력이 주관기관으로서 특정 과제 참여가 예상됨에 따라 해당 과제에 대해선 정부출연금 비중 조정이 필요함
- (소명자료) 주관부처는 정밀한 출연금 비중 조정이 필요함을 인정하나, 컨소시엄 구성까지 고려할 경우 과제별 참여기관 유형을 사전 예측하는데 한계가 있음을 소명
- 참여의향서는 단일 기업의 입장에서 관심 분야와 참여의지를 제시한 것으로, 실제 공고 시에는 단일 기업 외에도 다양한 전략적 구성이 형성될 수 있음
 - 세부기술의 연구내용과 비용규모 등이 참여 기업의 구성에 영향을 줄 것으로 예상되나, 실제 공고 시점에 컨소시엄의 구성 형태까지 예측하기 어려움을 밝힘
 - 예를 들어 과제에 따라 대기업의 참여 가능성이 높은 과제가 존재하나, 필요 핵심부품 개발을 위해선 중소기업 외 대학 및 출연연 등의 컨소시엄이 예상되며 기관별 사업비 배분까지 예측이 어려움을 제시하였음
- 상기 주관부처의 소명은 그 필요성이 일부 인정되나, 실제 대기업 또는 중견기업 수준의 참여가 명확히 예상되는 과제의 경우 출연금 비중의 조정이 요구됨

제 2 절 경제성 분석(효과 추정)

1. 경제성 분석 개관

- ☐ 동 사업은 성장형사업으로서 비용효과(E/C)분석을 실시하여, 경제적 타당성 도출
- ☐ 동 사업에 적용된 비용효과분석은 고정효과접근법*에 의거하여 추진됨
 - * 고정효과접근법 : 효과를 고정하고 이 효과를 달성하기 위해 가장 적은 비용이 들어가는 대안을 선택하는 방법
- (효과정의) 안전성과 전력 품질 요구사항을 만족시키면서 모든 사용자에게 전력공급
- (분석기간) 효과발생은 사업종료 다음연도인 2029년부터 발생하며, 효과는 10년간 지속(기술수명주기 10년 적용)
- ☐ 동 사업의 대안 간 비교는 기존 AC망 보강과 신규 DC망 적용으로 구분
 - AC망 보강의 경우 기존 기술을 활용하여 설비 확충에 초점
 - DC망 적용의 경우 신규 DC 기술 적용을 통한 용량 증대가 대안의 핵심

2. 경제성 분석방법론 검토

- ☐ 동 사업은 '수혜자 표적화의 적절성'을 고려하여 비용효과분석을 실시
 - 계통접속 지연 문제가 해결될 경우, 접속대기 중인 분산전원 사업자의 추가적 부가가치 창출이 예상되나, 무분별한 계통 접속으로 인해 개별 국민에게 정전 등 부(-)의 편익이 발생할 수 있음
 - 분산전원 사업자의 계통 접속으로 인한 부가가치 창출의 경우 일부 화폐가치화가 가능하나, 정전사고로 인한 일반국민의 부(-)의 편익은 화폐가치화하는데 한계가 존재
 - 정전사고의 피해규모 산정을 위해선 사고 발생의 가능성, 위치, 범위, 시간 등을 고려하여야 하나, 단순히 과거 자료를 기반으로 예측하는 것은 불확실성이 큼
 - 또한 정전사고의 발생빈도, 위치, 범위, 시간에 따라 피해 규모 역시 급변한다는 점에서 효과 추정을 통한 대안 간 비교의 타당성이 존재함

- ☐ 주관부처는 동 사업에 대하여 배전 용량의 확대에 따른 효과를 고정하고, AC 배전망과 MVDC 혼용 배전망 간 비용 투입의 상대적 비교를 실시
- ☐ (확대 용량) 동 사업 경제성 분석에서 배전대응 예상 확대용량은 분산전원 설비 발전용량 증가 및 전기차 급속충전기 보급 증가 등 2가지임
 - '29-'38년 중 분산전원설비 용량 확대에 따른 배전용량은 38.2GW*로 도출
 - * 전체 재생에너지 발전량 중 태양광 발전설비만을 고려
 - 전기차 급속충전소 확대에 따른 배전용량을 7.5GW 도출
- ☐ (대안별 비용) 고정효과접근법에 의거, 분석이 진행됨에 따라 대안별 효과성의 비교는 비용이 상대적으로 적게 드는 대안이 선호됨
 - 대안 간 비교에 있어 주요 항목은 Feeder로서 평균길이를 25km로 가정
 - (AC망) AC망은 약 5,343개의 25km Feeder 및 전주구축비를 고려하여 앞서 제기된 확대용량에 대응하기 위해 약 26조 1,139억 원이 추정됨
 - (DC망) DC망 적용 시 가장 큰 차이는 변압기를 포함한 시스템 효율이 증가함에 따라 Feeder 및 전주구축비가 감소하게 됨, 이를 통해 구축비용은 약 5조 9,259억 원으로 추정됨
 - ※ DC/DC 컨버터 비용은 25.1억 원으로 가정

<표 5-17> 동 사업의 효과 추정 및 비용효과분석 요약

구분	주요 가정 및 분석결과
MVDC배전망의 효과	<ul style="list-style-type: none"> • 분산전원설비 발전용량 증가 + 전기차 급속충전기 확대 • 발전용량 증가 대응 배전용량(38.2GW) <ul style="list-style-type: none"> - '40년 재생에너지 발전량 비중 35% 시나리오 적용, • '30~'40년 CAGR 7.3% 근거로 '38년 112.1GW(A) 도출 <ul style="list-style-type: none"> - '28년 재생에너지 설비용량 51.7GW(B) 도출 - '29~'38년 재생에너지 확대 규모 : 60.4GW(A-B) - 60.4GW 중 태양광 비중(63.24%) 적용 : 38.2GW 도출 • 전기차 급속충전소 확대 대응 배전용량(7.5GW) <ul style="list-style-type: none"> - '28년부터 '38년까지 급속충전기 증가분 15,000대 - 충전기 1대당 용량 500kV
대안 구성	<ul style="list-style-type: none"> • (대안1) 기존 AC배전망의 확장 • (대안2) AC배전망에 MVDC기술을 적용한 혼용 배전망의 확장
분산전원 관련 비용 추정	<ul style="list-style-type: none"> • (대안1) 26조 1,139억 원(현재가치 13조 7,320억 원) • (대안2) 17조 4,554억 원(현재가치 9조 1,784억 원)
전기차 급속충전 관련 비용 추정	<ul style="list-style-type: none"> • (대안1) 4조 6,431억 원(현재가치 2조 4,722억 원) • (대안2) 3조 4,778억 원(현재가치 1조 8,517억 원)
동 사업 예산 적용	• 3,790억 원(대안2에만 적용)
효과발생	• 사업종료 다음 연도인 2029년부터 발생
효과분석기간	• MVDC 기술수명주기 10년
비용효과 비교	<ul style="list-style-type: none"> • (대안1) 307,570억 원(현재가치 162,042억 원) • (대안2) 213,321억 원(현재가치 113,294억 원)
결과	• 대안2가 대안1에 비해 적은 비용이 소요되는 효율적 대안으로 제시

자료: 기획보고서를 토대로 연구진 작성.

□ 주관부처가 제시한 비용효과분석 결과는 동 사업의 주요 문제/이슈와 명확히 연계되지 않아, 동 사업의 비용효과분석 결과로 인정하기 어려움

○ 앞서 논의한 바와 같이 동 사업은 분산전원 사업자와 더불어 분산전원의 무분별한 계통 접속으로 인해 전력 품질에 문제가 생길 수 있다는 점에서 국민을 사업 성과의 수혜자로서 설정한 것의 타당성이 인정됨

○ 다만, 동 사업을 통해 발생하는 긍정적 효과는 계통접속의 지연 해소만 포함시키는 것이 타당함

○ 이에 따라 전기자동차 보급 확대에 따른 급속충전기 확대 등 DC기반 전력수요 증가 이슈는 인정하기 어려움

○ 또한 전국의 계통접속 지연이 발생하는 것은 아니라는 점에서 향후 신재생에너지, 특히 태양광발전 증가할 것으로 예상되는 지역으로 효과를 한정하는 것이 필요

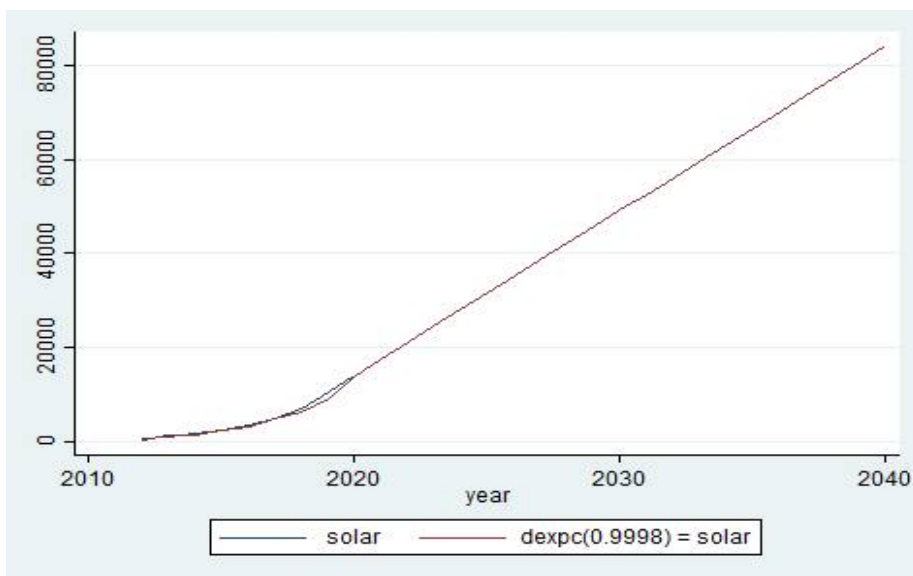
- 특히 효과 추정을 위한 배전확대 규모 산정의 경우 적절한 근거가 제시되지 않음
 - 주관부처는 동 사업 종료 이후 '29년부터 기술수명주기를 고려하여 '38년까지 비용효과분석 기간 동안 발생하는 확대 용량으로 분산전원설비 발전용량 증가, 전기차 급속충전기 보급 증가 등 두 가지 측면에서 접근
 - 특히 분산전원 설비 발전용량 증가 대응 배전용량 산정(38.2GW)의 경우 정부 정책적 목표치를 활용함에 따라 정책적 목표치와 실질적 증가 가능성 간 괴리가 존재
 - 주관부처는 몇 가지 목표치와 연도별 증가율을 활용하여 재생에너지 설비용량을 도출
 - 첫째, 사업종료 시점의 재생에너지 설비용량을 산출하기 위해, '30년 재생에너지 설비용량 목표치인 63.8GW에 '22~'30년 CAGR 11.1%를 적용하여 '28년 재생에너지 설비용량으로 51.7GW 도출
 - 둘째, 동 사업 기술수명주기를 고려한 '38년 재생에너지 설비용량 산출을 위해, '40년 재생에너지 발전량 비중 35% 시나리오를 바탕으로 '30~'40년 CAGR 7.3%를 적용하여 '38년 재생에너지 설비용량으로 112.1GW 도출
 - 셋째, '38년 재생에너지 설비용량으로부터 '28년 재생에너지 설비용량을 차감하고 이에 재생에너지 설비 중 태양광 발전설비 설치 비율을 63.24%로 적용하여, 최종 38.2GW의 추가 설비용량을 배전확대가 필요한 전력 규모로 산정
- 그러나 이와 같은 가정에 근거한 추정은 실제 재생에너지 발전 실적치 추세가 반영되지 않은 목표치에 입각한 추정치라는 점에서 산출된 효과가 과대 추정될 가능성이 존재함
- 최근 태양광발전 관련 설비용량 추세를 살펴볼 때, 시계열 데이터를 중심으로 그 추세를 분석하면, 주관부처의 목표치와 차이가 존재하는 것을 확인할 수 있음
 - 그간의 추세를 고려할 때, 비선형모형 등을 이용할 당위성은 존재하지 않음
 - 시계열 데이터의 네 가지 평활법을 활용하는 것이 가능하나 전반적인 추세는 증가하고 있다는 점을 고려할 때, 이중지수 평활법과 HW 평활법 등의 이용이 합리적임
 - 태양광발전 시계열 데이터에 대한 이중지수 평활법의 적합도가 상대적으로 우수한 것으로 나타남에 따라, 이를 통해 전망치를 도출하면 다음과 같음

<표 5-18> 태양광발전 설비용량 실제치 및 예측치 비교(이중지수평활법)

(단위: MW)

연도	실제치	예측치
2012	690	-
2013	1,080	-
2014	1,791	-
2015	2,538	-
2016	3,716	-
2017	5,062	-
2018	7,130	-
2019	10,505	-
2020	14,015	13,880

자료: 연구진 작성



[그림 5-1] 태양광발전 설비용량 실제치 및 전망치 그래프

자료: 연구진 작성

○ 이에 따라 태양광발전 설비용량의 '40년까지 예측하면 다음 <표 5-19>와 같음

<표 5-19> 태양광발전 설비용량 예측치(이중지수평활법)

(단위: MW)

연도	예측치	연도	예측치
2021	17,525	2031	52,625
2022	21,035	2032	56,134
2023	24,545	2033	59,644
2024	28,055	2034	63,154
2025	31,565	2035	66,664
2026	35,075	2036	70,174
2027	38,585	2037	73,684
2028	42,095	2038	77,194
2029	45,605	2039	80,704
2030	49,115	2040	84,214

자료: 연구진 작성

- 앞선 주관부처의 예측치와 비교하면, '30년의 경우 약 14.7GW의 차이가 발생하고 '40년의 경우 약 27.9GW의 차이가 존재하고 있음
- 유연탄을 활용하는 태안화력발전소 1~10호기의 설비용량이 약 6.1GW임을 고려할 때, '30년의 경우 태안화력발전소 유연탄 발전 설비용량의 약 2배 이상, '40년 기준으로는 약 4.5배의 차이가 존재함
- 즉 보수적인 접근법으로 인한 차이가 분명히 존재하나 그럼에도 불구하고 주관부처의 예측치는 효과가 과대 계상되었을 가능성이 일부 존재하며, 이를 바탕으로 한 비용효과분석 결과의 경우 인정되기 어려움

제 6 장 종합분석 및 결론

제 1 절 결론 도출을 위한 대안 마련

1. 사업계획서에 대한 조사결과

- 사업계획 원안에 대한 조사 결과, 사업의 추진 타당성을 확보하는데 한계 존재
 - 동 사업은 다음과 같은 문제점으로 인해 사업계획 원안의 타당성을 확보하지 못함
 - 동 사업계획 상 제시된 문제/이슈는 일부를 제외하고 명확한 연계성이 제시되지 않음
 - 태양광발전 등 신재생에너지 발전원의 계통연계 지연 문제는 매년 반복적으로 발생되고 있는 문제임
 - 전력망 인프라의 보강이 주로 활용되는 대안이나, 인프라의 추가 설치에 사회적 수용성 확보에 한계가 존재
 - 다만, 데이터센터 확대 및 전기자동차 보급 확대에 따른 DC기반 전력수요의 증가는 국내 데이터 센터의 지역별 편차, 전기자동차 보급에 따른 급속충전기 보급 확대와 관련된 근거 미흡으로 인해 인정되기 어려움
 - 또한 상기 문제/이슈를 고려하여 R&D를 통한 문제해결의 필요성이 존재한다고 해서, 동 사업과 같이 요소기기 및 운영기술 전 영역에 걸쳐 국고지원의 필요성은 항상 존재하지 않음
 - 동 사업의 주요 문제/이슈를 2030년 MVDC 혼용배전망 운영임을 고려할 때, 관련된 모든 기술을 총 망라하여 개발하여야 할 필요성은 근거가 충분하지 않음
 - 세부활동 및 세부과제를 설정하는 과정에서 전문가 설문조사를 통해 확정된 13대 중점 기술분야의 타당성은 충분히 확보되지 않음
 - 설문결과를 통해 도출된 13대 기술분류를 바탕으로 동 사업계획 상 47개 세부과제로 분화되는 과정을 설명할 수 있는 명확한 근거가 부족
 - 특히 설문조사는 중분류 단위에서 실시되고, 하위기술 수준은 설문응답자에게 참고 수준으로 제공되었음

- 즉 특정 중분류 단위의 기술의 개발 필요성이 인정되었다고 하더라도, 이를 바탕으로 전체 하위기술 분야가 개발 필요성이 인정되었다고 볼 근거는 불충분함
 - 47개 요소기술(세부과제) 중 일부 과제의 경우 연구개발내용 및 기간 등에 있어 추진의 근거가 미흡함
 - 예를 들어 MV DC/DC 컨버터스테이션 개발과제에 비해 DC/DC 컨버터스테이션 시험평가 과제의 예산이 더욱 크게 설계되었으며, 이동형 및 고정형 MV DC/DC 컨버터스테이션 개발과제의 경우 두 가지 컨버터를 함께 개발해야할 근거 제시가 미흡
 - 또한 수용가용 MV-LV 멀티전원 컨버터의 경우, 동 사업에서 추진의 필요성이 인정되지 않으며, 파일럿 플랜트 관련 기반기술 연구과제의 경우에도 추진과 관련하여 충분한 근거가 제시되지 않음
 - 요소기술(세부과제) 간 구체적 연계 관계에 대한 충분한 고려 부족에 따른 세부과제 간 시간적 선후관계의 모호성 존재
 - 기존 사업과의 유사·중복성에 따른 연계·협력방안의 구체성 부족
 - 동 사업과 연계·활용이 가능한 과제가 도출된 반면, 구체적인 연계·활용 방식과 관련하여 구체적인 전략 제시가 미흡
 - 전문기관 소속 독립적 사업단 운영과 관련된 구체적 전략 및 관련 지침 제시 미흡
 - 동 사업은 배전시스템 관련 연구개발 및 실증으로 연계되는 체계 개발적 특성을 지닌 사업이라는 점에서, 전문기관 소속 사업단의 필요성은 일부 인정됨
 - 다만, 주관부처가 제시한 사업단의 개념 및 특성, 독립적 운영방식, 사업단 위상 등에 대해선 추가적인 보완이 필요
 - 또한 사업단내 사무국과 관련된 구체적 운영방안 및 운영예산 확보의 부재
 - WTO보조금협정 관련 위반 가능성이 높으며, 소자 수급과 관련된 대책 마련의 미흡
 - 일부 과제의 인건비 적용 근거 미흡 및 민간부담금 적용 상 한계
- 다만, 조사 과정 중 제출한 추가자료 및 소명자료를 통해 일부 쟁점사항들은 해소
- 계통접속 지연 문제 해결을 위한 R&D지원의 필요성 제시
 - 주관부처는 기존 전력망 보강을 통해 일정 수준의 계통접속 지연 해소가 가능하다고 할지라도, 중장기적으로 늘어날 신재생에너지 증가를 고려할 때 이를 보완하는 수단으로 MVDC 기술 활용이 필요함을 밝힘

- MVDC 혼용배전망 운영상의 핵심 이슈를 세 가지로 설정한 것에 대한 근거 제시
 - (접속수요 대응) 분산전원 확대에 따라 불필요한 투자를 최소화하고 기존 배전망 설비를 유지하면서 전송 용량을 확대하는 것이 필요
 - (운영효율 확대) DC 혼용배전망으로의 변화는 단계적 변환에 따른 손실을 감소시켜 운영 효율성을 증대시키기 위한 것이며, 단순히 운영 효율성뿐만 아니라 배전계통 복잡도 증가를 부분적으로 제어하기 위해 독립운전기능에 대한 고려가 필요
 - (사회적 수용성) 배전용량 및 운영효율의 확대는 기술적인 측면의 해결로 이는 기기, 인체, 환경 측면에서 안전성과 친화성이 반드시 확보되어야 한다는 점에서 사회적 수용성을 주요 기능으로 설정
- 동 사업을 통해 도출된 성과물의 송배전 사업자의 활용을 극대화하기 위한 한국전력의 사업참여 계획 제시
- 요소기술(세부과제) 중 일부에 대하여 추진 필요성 및 구체성 관련 근거를 제시하였고, 과제별 차별성에 대한 근거 보완
 - 파일럿 플랜트 구축 관련 원가계산서 및 통합관제시스템 구축 원가계산서 등을 구체적으로 제시

2. 대안 도출

- 동 사업계획 원안에 대한 추진 타당성은 낮으나, 계통접속 지연으로 인해 발생하는 문제/이슈를 R&D지원을 통해 해결하여야 할 당위성이 인정됨
- 사업계획 원안에 대한 주요 문제점 및 쟁점에 대한 해결가능성을 고려할 때, 일부 사업계획 조정을 통해 대안 추진의 필요성이 제기되었음
 - MVDC 혼용배전망 운영을 위한 핵심 기술 위주의 사업 추진
 - 사업안 운영방식의 고도화 및 관련 지침의 조속한 제정
 - 필수과제의 참여 인력 조정을 통한 적정 투입인력 산출
 - 과제의 난이도를 고려한 참여기관의 수준 고려 및 민간부담금 조정
 - 성과도출을 위한 사업기간 조정 및 요소기술(세부과제)별 연계를 고려한 선후관계 조정

- 상기 논리에 입각하여 적정 사업비 규모를 도출
 - 사업계획 원안에서 제시된 47개 요소기술(세부과제) 중 MVDC 혼용배전망 운영을 위한 필수 요소기술로 재구성
 - 참여인력 및 사업기간 조정
 - 이를 바탕으로 요소기술(세부과제) 중 과제 난이도를 고려한 민간부담금 비율 조정
- 동 사업의 대안으로서 추진 필요성이 인정된 요소기술(세부과제)은 다음과 같음
 - 요소기기 개발을 주된 내용으로 하고 있는 1내역사업의 경우 DC/DC 컨버터스테이션 및 AC/DC·DC/AC 컨버터스테이션 개발과제를 주로 조정함

<표 6-1> 1내역사업 요소기술(세부과제) 관련 주요 연구진 대안 구성(안)

세부기술	요소기술	대안 설정 방향
①-1 MV DC/DC 컨버터	①-1-1 MV DC/DC 컨버터 개발	✓ 사업기간 단축 ✓ 투입인력 조정 ✓ 과제 난이도를 고려하여 민간 부담금 조정
	①-1-2 컨버터스테이션 사이버물리시스템(CPS) 보안기술개발	✓ 원안 유지
	①-1-3 MV DC/DC 컨버터스테이션 시험평가기술	✓ 직접비 조정
①-2 MV AC/DC, AC/DC	①-2-1 이동형 MV AC/DC 컨버터 개발	✓ 제외
	①-2-2 고정형 MV AC/DC 컨버터 개발	✓ '고밀도 MV AC/DC 컨버터 개발로 과제명 변경 ✓ 사업기간 단축 ✓ 투입인력 조정
	①-2-3 수용가용 MV-LV 멀티전원 컨버터 개발	✓ 제외
①-3 MV 직류차단	①-3-1 멀티터미널 직류차단기 개발	✓ 투입인력 조정
	①-3-2 직류차단에너지 소호 기술개발	✓ 원안 유지
①-4 MVDC 보호기기	①-4-1 DC 개폐기 개발	✓ 원안 유지
	①-4-2 DC 단로기 개발	✓ 원안 유지
	①-4-3 DC 바리스터 개발	✓ 원안 유지
①-5 MVDC 계측진단	①-5-1 MVDC DC 전류계측 ICT기술개발	✓ 사업기간 단축 ✓ 투입인력 조정
	①-5-2 MVDC DC 전압계측 ICT기술개발	✓ 사업기간 단축 ✓ 투입인력 조정
	①-5-3 MVDC 전력기기 진단용 ICT기술개발	✓ 사업기간 단축 ✓ 투입인력 조정
	①-5-4 MVDC 변환소용 감시진단 및 자산관리 ICT 기술개발	✓ 사업기간 조정

자료: 연구진 작성

- 운영기술 개발이 주요 내용인 2내역사업은 AC/DC Hybrid 배전망 토폴로지 과제의 사업기간 단축 및 투입인력 조정을 실시하고, 관련 토폴로지 개발과 연동하여 관련 과제들의 사업기간 조정을 실시하였음

<표 6-2> 2내역사업 요소기술(세부과제) 관련 주요 연구진 대안 구성(안)

세부기술	요소기술	대안 설정 방향
②-1 AC/DC 복합 배전망 설계	②-1-1 AC/DC Hybrid 배전망 토폴로지	✓ 사업기간 단축 ✓ 투입인력 조정 ✓ 과제 난이도를 고려하여 민간 부담금 조정
	②-1-2 MVDC 배전망 접지시스템 설계	✓ 사업기간 조정
	②-1-3 MVDC 배전망 보호방식 설계	✓ 사업기간 조정
	②-1-4 MVDC 배전망 주요기기 역할 및 기능 정의	✓ 사업기간 조정
	②-1-5 재생에너지 및 부하 연계 용량 산정	✓ 사업기간 조정
②-2 MVDC 배전망 상태평가	②-2-1 계통(배전망) 및 요소기기 모델링	✓ 원안 유지
	②-2-2 정상/과도 상태 해석	✓ 사업기간 조정
②-3 AC/DC 복합 배전망 제어	②-3-1 AC/DC 복합 배전망 정상운영 기술개발	✓ 원안 유지
	②-3-2 AC/DC 복합 배전망 비정상운영 기술개발	✓ 원안 유지
②-4 AC/DC 복합 배전망 고장처리	②-4-1 MVDC 고장해석 기술개발	✓ 원안 유지
	②-4-2 MVDC 보호계전 요소기술개발	✓ 사업기간 단축 ✓ 투입인력 조정
	②-4-3 MVDC 보호협조 체계 개발	✓ 사업기간 조정
②-5 MVDC 배전망 운영체계	②-5-1 MVDC 운영시스템 DB	✓ 사업기간 조정
	②-5-2 MVDC 배전망 운영체계 개발데이터 플랫폼 통합정보모델	✓ 사업기간 조정
	②-5-3 통신전단처리장치 개발	✓ 사업기간 조정
	②-5-4 엣지 컴퓨팅 기술개발	✓ 사업기간 조정
	②-5-5 감시제어 및 이벤트 처리 기술개발	✓ 사업기간 조정
	②-5-6 사용자 인터페이스 개발	✓ 사업기간 조정
	②-5-7 가상물리시스템 기술개발	✓ 사업기간 조정

세부기술	요소기술	대안 설정 방향
②-6 AC/DC 복합 배전망 운영프로그램	②-6-1 정상운영 어플리케이션 개발	✓ 사업기간 조정
	②-6-2 비정상운영 어플리케이션 개발	✓ 사업기간 조정
	②-6-3 보호협조 어플리케이션 개발	✓ 사업기간 조정
②-7 MVDC 배전망 성능평가	②-7-1 MVDC 배전망 실시간 시뮬레이션 기술개발	✓ 사업기간 조정
	②-7-2 MVDC 배전망 운영기술/운영시스템 성능평가	✓ 사업기간 조정
	②-7-3 MVDC 배전망 운영기준 수립 기술개발	✓ 사업기간 조정

자료: 연구진 작성

- 실증연구가 중점인 3내역사업의 경우 파일럿 플랜트 구축비용은 원안을 유지하고, 연구인력이 투입되는 과제 중 동 사업과 면밀히 연계된 과제의 경우 조정을 실시하고 그 외 과제의 경우 제외함

<표 6-3> 3내역사업 요소기술(세부과제) 관련 주요 연구진 대안 구성(안)

세부기술	요소기술	대안 설정 방향
③-1 MVDC 배전망 파일럿 플랜트 구축	③-1-3 MVDC 배전망/핵심기기 성능시험 기술개발	✓ 투입인력 조정
③-2 MVDC 핵심기기 실증 테스트베드 연계	③-2-1 MVDC 핵심기기 테스트베드 연계	✓ 원안 유지
③-3 MVDC 체계 구축을 위한 기반기술 연구	③-3-1 MVDC 기기 제품 표준 및 인증 기준	✓ 제외
	③-3-2 MVDC 운영 및 감시 표준화	✓ 제외
	③-3-3 MVDC 체계 구축을 위한 기반기술 연구	✓ 사업기간 단축 ✓ 투입인력 조정

자료: 연구진 작성

□ 대안에 대한 총사업비 검토 결과, 총사업비는 약 2,664.7억 원으로 도출

- 동 사업의 총사업비 산출은 인력투입에 따른 인건비가 중심이 된다는 점에서 다음과 같이 인력투입규모를 조정하여 총사업비를 도출하였음
- 요소기기 개발 중심의 1내역사업의 경우 다음과 같이 인력투입 규모를 조정

<표 6-4> 1내역사업 요소기술(세부과제) 관련 인력투입 대안 구성(안)

요소기술	구분	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	합계
요소기기 1내역사업 합계	박사급	14	17	15	11	1			58
	석사급	26	33	25	16	3			103
	학사급	16	21	15	8	3			63
	소계	56	71	55	35	7			224

자료: 연구진 작성

- 운영기술 개발 중심으로 구성된 2내역사업의 경우 다음과 같이 인력투입 규모를 조정하여 대안을 구성하였음

<표 6-5> 2내역사업 요소기술(세부과제) 관련 인력투입 대안 구성(안)

요소기술	구분	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	합계
운영기술 2내역사업 합계	박사급	30	40	43	21	24			158
	석사급	36	50	58	34	38			216
	학사급	34	50	55	31	38			208
	소계	100	140	156	86	100			582

자료: 연구진 작성

- 실증 테스트베드 관련 3내역사업의 경우 다음과 같이 조정됨

<표 6-6> 3내역사업 요소기술(세부과제) 관련 인력투입 대안 구성(안)

요소기술	구분	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	합계
실증테스트베드 3내역사업 합계	박사급			0.5	5	7	8.5	7	28
	석사급			1	6.5	9.5	13	12	42
	학사급				2.5	5.5	4	4	16
	소계			1.5	14	22	25.5	23	86

자료: 연구진 작성

- 상기 도출된 인력투입 규모에 대하여 혁신제품형 유형 및 원천기술형 유형으로 구분하여 직접비 및 간접비 비율을 적용하여 과제별 예산규모를 도출하면 다음과 같음

<표 6-7> 총 요소기술(세부과제) 관련 과제규모 대안 구성(안)

요소기술	구분	과제규모(원)
요소기기 1내역사업 합계	인건비	40,479,220,032
	직접비	71,801,778,056
	간접비	5,112,659,390
	소계	117,393,657,478
운영기술 2내역사업 합계	인건비	33,349,471,008
	직접비	50,668,089,173
	간접비	9,908,797,304
	소계	93,926,357,485
실증 테스트베드 3내역사업 합계	인건비	5,302,403,616
	직접비	9,004,619,849
	간접비	841,527,962
	시설장비비	40,000,000,000
	소계	55,148,551,427
총사업비	인건비	79,131,094,656
	직접비	131,474,487,078
	간접비	15,862,984,656
	시설장비비	40,000,000,000
	소계	266,468,566,390

자료: 연구진 작성

- 상기 도출된 총 사업비에 대하여 내역사업 유형별 민간부담금 비중을 적용하여, 총사업비 중 국고지원 규모 및 민간부담 규모를 도출하면 다음과 같음
- 1내역사업 및 2내역사업의 경우 총괄과제의 기술개발 난이도 및 참여기관의 역량 등을 고려, 두 과제에 대하여 수행기관을 중견기업 및 대기업 수준의 지원이 가능하도록 설계*
 - * ①-1-1 MV DC/DC 컨버터 개발과제 및 ②-1-1 AC/DC Hybrid 배전망 토폴로지와제
 - 1내역사업의 MV DC/DC 컨버터 개발 과제는 혁신제품형 유형의 과제로서, 대기업이 참여할 경우 산업통상자원부 규정에 따라 정부출연금은 해당 사업비의 33% 이하, 중견기업의 경우 해당 사업비의 50% 이하로 지원하도록 규정

- 이를 원용하여 평균 42% 이하 수준에서 정부출연금 비중 적용
- 2내역사업의 경우 AC/DC Hybrid 배전망 토폴로지 과제의 경우 원천기술형 유형이 적용된 과제로 관련 규정에 따르면, 대기업 참여 시 사업비의 50% 이하, 중견기업 참여 시 해당 사업비의 70% 이하로 지원 가능함
- 이에 따라 정부출연금 상한을 60% 수준으로 적용
- 3내역사업 과제 중 MVDC 체계 구축을 위한 기반기술 연구는 MVDC에 따른 기준 등을 마련하는 과제라는 점에서 원천기술형 민간부담금 비중을 적용

<표 6-8> 총 요소기술(세부과제) 정부출연금 및 민간부담금 대안 구성(안)

요소기술	정부출연금(원)	민간부담금(원)
요소기기 1내역사업 합계	65,595,721,495	51,797,935,983
운영기술 2내역사업 합계	70,398,299,474	23,528,058,010
실증 테스트베드 3내역사업 합계	54,500,243,190	648,308,237

자료: 연구진 작성

- 상기 조건을 바탕으로 총사업비를 추정하면, 정부출연금 1,904.9억 원, 민간부담금 759.7억 원으로 총 사업비는 2,664.7억 원으로 도출되었음
- 연구진 대안에 따른 현재가치 기준(2019년 기준) 환산된 총비용은 약 2,125.1억 원임

<표 6-9> 연구진 대안 총사업비 검토결과

(단위: 억 원)

구분	사업계획서(A)	연구진 대안(B)	증감(B-A)
1내역사업(요소기기)	2,135.3	1,173.9	△ 961.4
2내역사업(운영기술)	939.3	939.3	-
3내역사업(실증)	715.0	551.5	△ 163.5
총사업비	3,789.5	2,664.7	△ 1,124.8

자료: 연구진 작성

○ 연구진 대안의 연도별 총사업비 및 정부·민간재원의 검토결과는 다음 <표 6-10>과 같음

<표 6-10> 연구진 대안의 정부·민간재원 검토결과

(단위: 억 원)

연도	총사업비	정부재원	민간재원
2022	400.2	250.8	149.4
2023	540.7	344.2	196.5
2024	576.9	378.3	198.7
2025	599.5	456.3	143.2
2026	443.0	375.3	67.7
2027	64.1	61.9	2.2
2028	40.3	38.1	2.2
합계	2,664.7	1,904.9	759.7

자료: 연구진 작성

3. 대안의 경제성 분석

□ 연구진은 도출된 사업 대안에 대하여 비용효과분석을 실시

- 주관부처가 제시한 비용효과분석 방법론을 원용하되, 문제/이슈 도출의 적절성을 검토하면서 논의된 쟁점을 중심으로 효과를 재산정하였음

<표 6-11> 연구진 대안의 비용효과분석(안)

구분	주요 가정 및 분석결과
MVDC배전망의 효과	<ul style="list-style-type: none"> • 분산전원설비 발전용량 증가만을 효과로 인정(19.45GW) - 태양광발전 설비용량 실제치 활용, 이중지수 평활법을 이용하여 '40년까지 전망치 추정 - 태양광발전 전망치 중 전북·전남·경북 지역의 태양광발전 설비용량 수치만을 포함(63.9%)
대안 구성	<ul style="list-style-type: none"> • (대안1) 기존 AC배전망의 확장 • (대안2) AC배전망에 MVDC기술을 적용한 혼용 배전망의 확장
비용추정 주요 변수	<ul style="list-style-type: none"> • (대안1) <ul style="list-style-type: none"> - 평균 Feeder 길이: 25km - 10MW 기준 Feeder 25km 말단 접속가능용량: 7.15MW - AC Feeder 증설 필요량: 2,727개 - AC Feeder 구축비: 48.9억 원 • (대안2) <ul style="list-style-type: none"> - 평균 Feeder 길이: 25km - 10MW 기준 Feeder 25km 말단 접속가능용량: 16MW - AC 효율 대비 DC 효율 이득 비율: 98.69% - AC Feeder 증설 필요량: 1,207개 - MVAC/MVDC 컨버터 단가: 1.57억 원/MW - MVAC/MVDC 컨버터(16MW) 구축비용: 25.12억 원
동 사업 예산 적용	<ul style="list-style-type: none"> • 2,664.7억 원(대안2에만 적용)
효과발생	<ul style="list-style-type: none"> • 사업종료 다음 연도인 2029년부터 발생
효과분석기간	<ul style="list-style-type: none"> • MVDC 기술수명주기 8년

자료: 연구진 작성

○ 비용효과분석결과, 대안1(기존 AC배전망 확장)에 비해 대안2(MVDC 혼용배전망 운영)가 보다 적은 비용이 소요되는 효율적 대안으로 판단되었음

- (대안1) 13조 3,282억 원(현재가치 7조 3,944억 원)

- (대안2) 9조 1,977억 원(현재가치 5조 1,675억 원)

<표 6-12> 동 사업 비용효과분석결과

(단위: 억 원)

구분		1안(AC망 확장)		2안(MVDC 혼용배전망 운영)	
		명목가치	현재가치	명목가치	현재가치
분산전원 증가 대응 (19.45GW)	배전선로 및 전주 구축비용	133,282	73,944	58,992	32,728
	추가장치 구축비용 (DC컨버터)	0	0	30,320	16,821
MVDC 연구개발예산 (동 사업 총사업비)		0	0	2,664.7	2,125.1
합계		133,282	73,944	91,976.7	51,674.7

자료: 연구진 작성

제 2 절 AHP를 이용한 종합분석

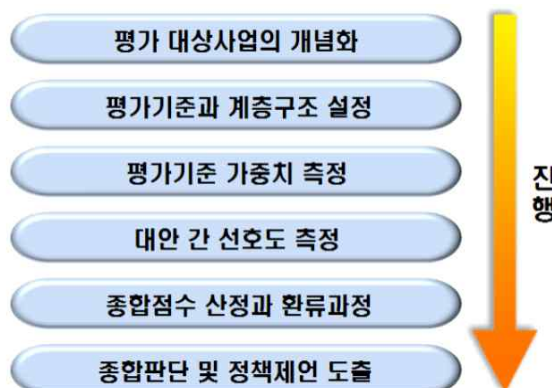
1. AHP 기법을 활용한 종합분석의 개요

가. 다기준 분석의 필요성

- 국가연구개발사업 예비타당성조사의 최종 단계는 과학기술적·정책적·경제적 타당성의 분석 결과를 종합하여 사업 시행의 타당성 정도를 종합적으로 판단함
 - 각각의 타당성 분석 결과를 종합하는 과정에 여러 어려움이 존재
 - 평가항목의 중요도를 합리적으로 결정하고 정량적·정성적 분석 결과를 통합하고, 평가의 일관성 및 사업의 특수성을 동시 반영해야 하는 어려움이 존재함
 - 평가에 참여하는 다수의 의견을 통합하는 과정에서 상반된 견해를 고려하여 대표성을 가진 최종적인 결론에 도달하기까지의 난제 등이 존재함
 - 이를 극복하고자 사업종합 판단에 있어서 다수의 속성(multi-attributes)들을 고려하고 다수의 목적(multi-objectives)들을 포함하는 의사결정을 최적화하는 기법인 다기준 분석기법(multi-criteria analysis)을 활용함
 - 다기준 분석기법은 사용하는 자료의 특성에 따라 확장적, 통계적, 퍼지 방법 등이 있고, 정보 처리 과정에 따라 가중합, 가중곱, 분석적 계층화법(AHP) 등이 있음
- 동 예비타당성조사에서는 대표적인 다기준 분석기법인 분석적 계층화법(AHP, Analytic Hierarchy Process)을 활용하여 종합분석을 수행함
 - 「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 총괄지침」에서는 분석적 계층화법(AHP)을 사용하여 사업의 타당성 여부를 판단함을 원칙으로 함

나. AHP 기법의 개요¹⁶⁾

- AHP는 의사결정의 목표 또는 평가기준이 다수이며, 개별 평가기준에 대해 서로 다른 선호도를 가진 대안들을 체계적으로 평가할 수 있도록 지원하는 의사결정기법임
 - 1970년대 초 Thomas Saaty에 의해 개발된 방법으로 평가요소들을 동질적인 집합으로 군집화하고 다수의 수준으로 계층화한 후, 각 수준별로 분석·종합함으로써 최종적인 의사결정에 이르는 과정을 지원함
 - AHP의 가장 큰 특징은 문제를 구성하는 다양한 평가요소들을 주요 요소와 세부 요소들로 나누어 계층화하고, 계층별 요소들에 대한 쌍대비교(pairwise comparison)를 통해 요소들의 상대적 중요도를 도출한다는 점임
 - 이는 인간의 사고와 유사한 방법으로 문제를 분해하고 구조화 한다는 점, 평가요소 사이의 상대적 중요도와 대안들의 선호도를 비율척도로 측정하여 정량적인 형태로 결과를 도출한다는 점에서 그 유용성을 인정받고 있음
 - 또한 간결한 적용절차에도 척도 선정, 가중치 산정절차, 민감도 분석 등에 사용되는 각종 기법은 실증분석과 엄밀한 수리적 검증과정을 거쳐 채택된 방법임
- 예비타당성조사에서 사용되는 AHP의 절차는 평가대상사업의 개념화, 평가기준과 계층구조 설정, 평가기준 가중치 측정, 대안 간 선호도 측정, 종합점수 산정과 환류과정, 환류 과정 등으로 이루어짐



[그림 6-1] 분석적 계층화법(AHP)을 이용한 평가절차

자료: 한국과학기술기획평가원(2020), 「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침」

16) 한국과학기술기획평가원(2020), 「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침」

2. 종합평가 결과

가. 조사 대상 집단

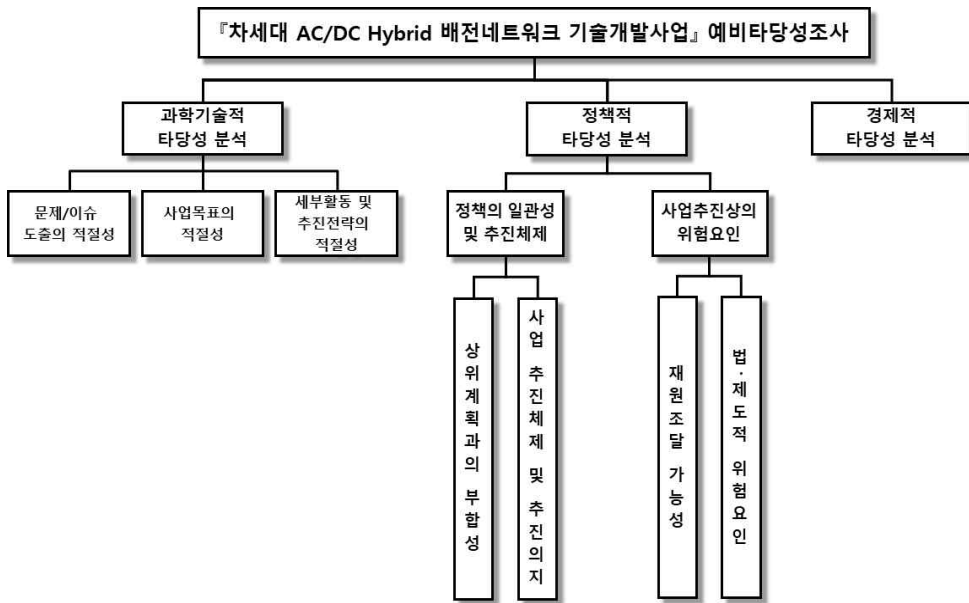
- 과학기술적·정책적·경제적 관점에서 동 사업에 대한 종합 타당성의 결론을 내리고자 「국가연구개발사업 예비타당성조사 운용지침」¹⁷⁾ 제9조 ‘종합평가위원회’에 의거한 12인의 평가자를 대상으로 AHP 설문을 실시함
- 종합평가위원 12인은 분과위원회 등에서 위촉된 위원 8인(분과위원장 포함)과 동 사업 조사에 참여한 자문위원 3인 및 연구 수행기관인 과학기술정책연구원 PM 1인으로 구성됨
- 최댓값과 최솟값을 부여한 평가자를 제외하여 최종적으로 총 10인의 응답을 종합하여 평가결과를 도출함
- 전체 평가자의 개별 응답을 검토한 결과 모두 일관성을 지닌 것으로 확인¹⁸⁾되었으며, 평가자의 개인별 선호를 가능한 배제하고 객관성을 유지하기 위한 목적으로 평가자 12인 중 최댓값을 제시한 1인, 최솟값을 제시한 1인의 결과를 제외함

17) 과학기술정보통신부훈령 제123호, 2020.08.03., 일부개정

18) 「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 총괄지침」에서는 비일관성 비율의 최대 허용치를 0.15로 설정하고 있으며, 비일관성 비율이 0.15를 초과하는 응답자에 대해서는 환류(feedback)과정을 통하여 응답 일관성을 높이도록 하는데, 동 사업의 비일관성 비율은 모두 0.15이하인 것으로 확인됨

나. AHP 구조 및 평가항목

- 본 AHP 분석의 최종목표는 세부 평가항목별 분석결과들을 종합하여 과학기술적, 정책적, 경제적 타당성 분석별로 각각의 종합결론을 도출하고자 함
- 동 사업의 의사결정을 위한 AHP 계층구조는 3단계로 구성되며 [그림 6-2]와 같이 크게 과학기술적·정책적·경제적 타당성 분석과 같이 세 개의 대항목으로 분류되며, 그 하위에 2계층, 3계층 평가항목으로 구성됨
- 평가항목별 세부 평가내용, 평가기준은 <표 6-13>과 같음



[그림 6-2] 동 사업의 예비타당성조사 의사결정 계층구조

<표 6-13> 동 사업의 AHP 평가항목

평가항목 (1계층)	평가항목 (2계층)	평가항목 (3계층)	평가내용	비고
과학기술적 타당성 분석	문제/이슈 도출의 적절성	-	· 문제/이슈 식별 과정 및 결과의 적절성	· 식별과정이 합리적이고, 도출된 문제/이슈가 국가적 차원에서 대응이 시급하고 필요성이 높을수록 사업시행 점수가 높음
	사업목표의 적절성	-	· 목표 설정의 적절성	· 설정된 목표가 식별된 문제/이슈의 해결과 연관성이 높을수록 사업 시행 점수가 높음
	세부활동 및 추진전략의 적절성	-	· 세부활동 구성 및 내용의 구체성과 연계성 · 추진체계 및 추진전략을 통한 세부활동 간 연계성의 구체화 정도	· 세부활동이 사업목표와 연계성이 높고, 추진체계 및 전략을 통해 세부활동의 유기적 관계를 구체화할수록 사업 시행 점수가 높음
정책적 타당성 분석	정책의 일관성 및 추진체계	상위계획과의 부합성	· 정부에서 공식적으로 발표한 중·장기계획과의 부합 정도	· 정부 계획과의 부합성이 높을수록 사업 시행 점수가 높음
		사업 추진체계 및 추진의지	· 선택군 계획과 관련된 사업들 간의 차별성 및 연계방안 · 사업 거버넌스	· 사업의 임무·역할이 분명히 차별화되어 있으며, 관련 사업들과의 연계방안이 구체적일수록 사업 시행 점수가 높음 · 사업 거버넌스 구축방안이 적절할수록 사업 시행 점수가 높음
	사업 추진상의 위험요인	재원조달 가능성	· 사업의 원활한 추진을 위한 재원 부담주체의 재원조달 가능성 여부	· 재원조달 위험요인이 낮을수록 사업 시행 점수가 높음 (시행과 미시행의 중립이 최대 평점)
		법·제도적 위험요인	· 사업추진을 위한 법·제도적 제한여부 · WTO 보조금협정 상의 위험요인 및 대응 방안	· 법·제도적 위험 정도가 낮고 구체적인 대응방안이 마련될 경우 사업 시행 점수가 높음 (시행과 미시행의 중립이 최대 평점)
경제적 타당성 분석	경제성	-	· 사업비 및 비용 추정 · 비용효과 분석	· 연차별 투입계획 및 총사업비 규모 추정이 구체적이고, 비용 대비 효과의 값이 비교 대안에 비해 클수록 사업 시행 점수가 높음

다. AHP 항목별 가중치 산정

- AHP 평가항목별 가중치는 평가항목 간 상대적 중요도 또는 선호도를 나타내는 쌍대비교를 수행하여 설정되며, 동 사업의 AHP평가 항목에 따른 평가자별 및 종합 가중치 결과는 <표 6-19>와 같음
 - 최상위 계층인 과학기술적·정책적·경제적 타당성 항목의 가중치는 쌍대비교가 아니라 평가자가 직접 비중을 부여하며, 하위 항목의 가중치는 쌍대비교를 통해 설정함
 - 쌍대비교 질의시의 척도(Scale)로는 Saaty가 제안한 9점 척도를 적용하였으며, 실제 분석에는 Decision Science사(社)가 개발한 'I Make It' 소프트웨어를 사용함
- 분석결과, 평가항목의 1계층인 과학기술적, 정책적, 경제적 타당성의 가중치는 각각 0.423, 0.302, 0.275로 나타남
 - 평가자들은 과학기술적 타당성 항목을 상대적으로 가장 중요하게 생각하고 있는 것으로 나타남
 - 정책적 타당성 항목이 그 다음으로 높게 나타났고 경제적 타당성의 가중치가 제일 낮은 것으로 나타남
 - 과학기술적, 정책적, 경제적 타당성 가중치의 총합은 1로 나타나 타당성을 확보함
- 과학기술적 타당성 항목의 2계층인 '문제/이슈 도출의 적절성', '사업목표의 적절성', '세부활동 및 추진전략의 적절성'은 각각 0.191, 0.120, 0.112로 나타남
 - 평가자들은 과학기술적 타당성의 하위 항목 중에서 '사업목표의 적절성' 항목을 가장 중요한 것으로 판단함
 - '문제/이슈 도출의 적절성' 및 '세부활동 및 추진전략의 적절성' 항목 중에서는 '문제/이슈 도출의 적절성' 항목의 중요성이 보다 높은 것으로 나타함
- 정책적 타당성 항목의 2계층인 '정책의 일관성 및 추진체제', '사업추진상의 위험요인' 항목은 각각 0.237, 0.065로 나타남
 - 평가자들은 '정책의 일관성 및 추진체제'를 보다 중요한 것으로 판단함
 - 2계층 '정책의 일관성 및 추진체제' 평가항목의 3계층인 '상위계획과의 부합성', '사업 추진체제 및 추진의지' 항목의 가중치는 각각 0.099, 0.139로 나타남

- 평가자들은 '상위계획과의 부합성'보다 '사업 추진체제 및 추진의지'를 보다 중요하다고 판단함
- 2계층 '사업추진상의 위험요인' 평가항목의 3계층인 '재원조달 가능성', '법·제도적 위험요인'의 가중치는 각각 0.034, 0.030으로 나타남
- 평가자들은 '재원조달 가능성'이 '법·제도적 위험요인'보다 중요하다고 판단함

<표 6-14> 동 사업 예비타당성조사 AHP 평가항목별 가중치

평가항목		세부 종합	평가자										종합
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
과학 기술적 타당성	문제/이슈도출의 적절성	0.191	0.229	0.288	0.057	0.046	0.031	0.229	0.256	0.272	0.256	0.326	0.423
	사업목표의 적절성	0.120	0.114	0.116	0.171	0.116	0.123	0.114	0.103	0.089	0.041	0.047	
	세부활동 및 추진전략의 적절성	0.112	0.057	0.046	0.171	0.288	0.246	0.057	0.041	0.039	0.103	0.107	
정책적 타당성	정책의 일관성 및 추진체제	0.237	0.167	0.150	0.300	0.333	0.250	0.263	0.225	0.225	0.240	0.224	0.302
	상위계획과의 부합성	0.099	0.028	0.038	0.075	0.111	0.208	0.219	0.113	0.187	0.030	0.032	
	사업 추진체제 및 추진의지	0.139	0.139	0.113	0.225	0.222	0.042	0.044	0.113	0.038	0.210	0.192	
	사업 추진상의 위험요인	0.065	0.083	0.050	0.100	0.067	0.050	0.038	0.075	0.075	0.060	0.056	
	재원조달 가능성	0.034	0.069	0.013	0.025	0.050	0.042	0.028	0.056	0.019	0.020	0.011	
	법·제도적 위험요인	0.030	0.014	0.038	0.075	0.017	0.008	0.009	0.019	0.056	0.040	0.045	
	법·제도적 위험요인	0.030	0.014	0.038	0.075	0.017	0.008	0.009	0.019	0.056	0.040	0.045	
경제적 타당성	경제성	0.275	0.350	0.350	0.200	0.150	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.240	0.275

* I Make It 기준 AHP 평가항목별 가중치 분석 결과임

라. 사업계획에 대한 AHP 평가 결과

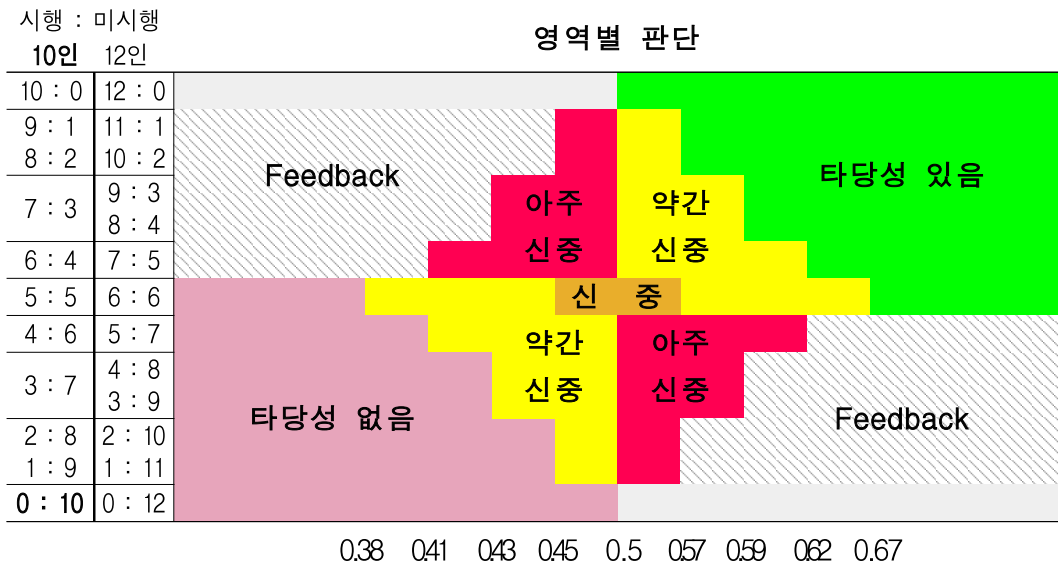
- 동 사업의 계획에 대한 시행·미시행 점수를 예비타당성조사 평가항목별로 분석한 결과, AHP 종합평점은 ‘사업 시행’이 0.740, ‘사업 미시행’이 0.260으로 도출되어 사업 시행에 대한 선호도가 높은 것으로 평가됨
 - <표 6-15>는 10명의 평가자별로 과학기술적·정책적·경제적 타당성 측면에서 동 사업의 시행 및 미시행 점수를 요약한 것으로, 종합결론에서 평가자 10명 전원 ‘시행’으로 평가함
- 세부항목별로 살펴보면, 동 사업은 과학기술적·정책적·경제적 타당성 등 전반적인 측면에서 사업 시행에 대한 선호도가 높은 것으로 나타남
 - 과학기술적 타당성은 사업 시행에 대한 종합평점이 0.785로 나타났으며, 평가자 10명 중 10명이 시행으로 결론을 도출함
 - 정책적 타당성의 경우 사업의 시행에 대한 종합평점이 0.680으로 나타났으며, 평가자 10명 중 9명이 시행 결론을 도출함
 - 경제적 타당성의 경우 사업의 시행에 대한 종합평점이 0.745로 나타났으며, 평가자 10명 중 중립 1명을 제외한 8명은 시행, 1명은 미시행으로 결론을 도출하여 시행에 대한 선호도가 높은 것으로 나타남

<표 6-15> 동 사업 예비타당성조사 AHP 평가결과

평가자	종합		과학기술적 타당성		정책적 타당성		경제적 타당성	
	시행	미시행	시행	미시행	시행	미시행	시행	미시행
1	0.671	0.329	0.689	0.311	0.649	0.351	0.667	0.333
2	0.562	0.438	0.718	0.282	0.644	0.356	0.333	0.667
3	0.775	0.225	0.828	0.172	0.686	0.314	0.857	0.143
4	0.799	0.201	0.857	0.143	0.757	0.243	0.750	0.250
5	0.758	0.242	0.732	0.268	0.727	0.273	0.833	0.167
6	0.841	0.159	0.869	0.131	0.789	0.211	0.857	0.143
7	0.642	0.358	0.692	0.308	0.564	0.436	0.667	0.333
8	0.788	0.212	0.805	0.195	0.711	0.289	0.857	0.143
9	0.827	0.173	0.866	0.134	0.741	0.259	0.875	0.125
10	0.571	0.429	0.752	0.248	0.376	0.624	0.500	0.500
종합평점	0.740	0.260	0.785	0.215	0.680	0.320	0.745	0.255
평가자 수	10	0	10	0	9	1	8	1

* I Make It 기준 AHP 분석 결과임

** 평가자 10의 경제적 타당성 평가결과는 중립(0.5)으로 나타남



[그림 6-3] '사업 시행' 종합평점과 평가자별 의견 일치도에 따른 결론

자료: 한국과학기술기획평가원(2019), 「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침」.

제 3 절 결론 및 정책제언

1. 결론

- ☐ 동 사업은 다음과 같은 문제점으로 인하여, 사업계획 원안에 대해선 추진 타당성 확보에 한계가 존재하였음
 - 동 사업계획 상 제시된 문제/이슈 간 명확한 연계성이 제시되지 않음
 - 신재생에너지 발전원의 계통연계 지연 문제는 매년 반복 발생되고 있는 문제라는 점에서 동 사업 성과물을 통한 문제해결의 필요성이 인정됨
 - 다만, 데이터센터 확대 및 전기자동차 보급 확대에 따른 DC기반 전력수요의 증가는 국내 데이터센터의 지역별 편차, 전기자동차 보급에 따른 급속충전기 보급 확대와 관련된 근거가 충분히 제시되지 못하여 인정되기 어려움
 - 한편, 정부가 제시한 전기자동차용 급속충전기 보급 목표의 달성 시에는 MVDC를 통한 DC 수요 대응이 필요할 것으로 판단되나, 현 시점에 구축된 급속충전기 수준을 고려할 때 아직 급격한 증가를 판단하기 어려움
 - 또한 상기 문제/이슈를 고려하여 R&D를 통한 문제해결의 필요성이 존재하더라도, 동 사업과 같이 기기 및 운영기술 전체 영역에 걸친 국고지원의 필요성은 충분히 제시되지 않음
 - 세부활동 및 과제를 설정하는 과정에서 전문가 설문조사를 통해 확정된 13대 중점 기술분야의 타당성은 충분히 확보되지 못함
 - 47개 요소기술(세부과제) 중 일부 과제의 경우 연구개발내용 및 기간 등에 있어 추진 근거가 미흡함
 - 기존 사업과의 유사·중복성에 따른 연계·협력방안의 구체성이 부족하고, 전문기관 소속 독립적 사업단 운영과 관련된 전략 및 관련 지침 제시가 미흡함
 - WTO보조금 협정 관련 위반가능성이 일부 존재하며, 소자 수급과 관련된 대책 마련이 미흡함
 - 일부 과제의 인건비 적용 근거가 미흡하고, 민간부담금 적용 상의 한계가 존재
- ☐ 동 사업기획 원안에 대한 추진 타당성은 낮으나, 계통접속 지연 문제 해결을 위한 R&D지원의 필요성이 인정됨

- 중장기적 차원의 신재생에너지 증가량을 고려할 때, 계통접속 지연문제 해결의 보완 수단으로서 MVDC 기술 활용의 필요성이 인정되었음
- 동 사업 성과물 활용 극대화를 위한 한국전력의 사업 참여계획이 제시되었음
- 일부 요소기술(세부과제)의 경우, 추진 필요성 및 구체성 관련 근거를 제시하였고, 요소기술별 차별성에 대한 근거가 보완되었음
- 사업기획 원안에서 제기된 문제점을 사업 시행 전 또는 시행과정에 보완된다는 가정 하에, 예비타당성조사 결과를 바탕으로 MVDC 혼용배전망 운영을 위한 핵심 기술 위주의 사업계획 조정 및 대안을 마련함
- 대안의 총사업비 규모는 2,664.7억 원이며, 비용효과분석을 통해 기존 AC배전망 확장 대안에 비해 MVDC 혼용배전망 개발·운영 대안이 적은 비용이 소요되는 효율적인 대안으로 분석되었음
 - (대안1: 기존 AC배전망 확장) 13조 3,282억 원(현재가치 7조 3,944억 원)
 - (대안2: MVDC 혼용배전망 운영) 9조 1,977억 원(현재가치 5조 1,675억 원)

□ 동 사업 대안에 대한 AHP 평가 결과, 사업 시행을 최종 결론으로 도출함

- 동 사업의 계획은 과학기술적 타당성, 정책적 타당성, 경제적 타당성 측면에서 사업 시행에 대한 선호도가 높아 사업 추진이 적절하다는 결과를 도출함

<표 6-16> 동 사업에 대한 AHP 평가결과 요약

평가자	종합		과학기술적 타당성		정책적 타당성		경제적 타당성*	
	시행	미시행	시행	미시행	시행	미시행	시행	미시행
종합평점	0.740	0.260	0.785	0.215	0.680	0.320	0.745	0.255
평가자 수	10	0	10	0	9	1	8	1

* 경제적 타당성 점수를 0.5로 평가하여 중립인 평가자가 1명 존재하는 것으로 나타남

2. 정책제언

- 배전망 계통접속 지연 이슈는 동 사업 R&D추진을 통해 일부 해결이 가능하다는 점에서 차세대 AC/DC Hybrid 배전네트워크 기술개발사업 추진 필요성이 인정되나, 기획의 완결성 측면에서 일부 부족한 측면이 존재함

- 따라서 동 예비타당성조사를 통한 대안을 바탕으로 사업이 추진될 경우, 사업 시행 전 또는 시행과정에서 다음과 같은 문제점에 대한 보완이 요구됨
 - 신재생에너지 발전의 계통접속 지연 문제의 시급한 해결에 기여하기 위해 조속한 기술개발과 적용이 필요함
 - 무엇보다 기술개발 통합개발로드맵의 타당성 검토를 바탕으로 개별 과제 간 연계, 핵심 성능 발전의 효과성을 제고하는 것이 필요함
 - 또한 동 사업은 일련의 체계개발로서의 특징이 존재함에 따라, 혼용 배전망 운영을 위해 개발로드맵에 따라 MVDC 기기(H/W) 및 운영기술(S/W)의 개발이 적정 시점에 완료되어야 함
 - 효과적 실증 추진 및 2030년 배전망 실제 적용을 위해선 사업단의 효율적 운영과 사업단장 역량 확보가 핵심적임
 - '21년 내 사업단 운영 및 권한 등을 명확히 할 수 있는 운영지침의 조속한 추진이 필요함
 - 사업단장의 역량과 리더십은 동 사업 추진의 효과성 제고에 있어 핵심적 요인임에 따라, 기술 역량과 사업단 운영의 경험을 가진 전문가 공모가 충실히 이루어져야 함
 - 동 사업의 기획평가관리비를 고려할 때, 매년 10억 원 수준의 사무국 예산을 책정하는 것은 사업 추진의 재정적 부담이 될 수 있으므로, 기획평가관리비 중 사무국 예산 책정은 정률(%)의 개념을 적용하여 최대 4% 수준이 합리적임
 - 다만, 연도별 예산의 변화에 따라 동 사업 평가·관리를 위한 사무국 운영 예산이 충분히 확보되지 못할 경우에 대한 대응전략 마련이 시급함
 - 동 사업에 대한 기획평가관리비는 정률의 개념을 적용함에 따라, 사무국 운영에 필요한 예산이 미확보되는 6·7차년도의 경우 관련 예산 운영에 한계가 있을 수 있음
 - 따라서 6·7차년도의 경우 이전년도의 평균 기획평가관리비 등을 고려하여, 최소 운영비용을 마련하는 것이 필요함
 - 동 사업 성과물 관련하여 배전망의 적용 가능성을 제고하기 위해선 한국전력 등 송배전 사업자의 적극적인 사업 참여 및 연구개발과정의 상호 검토가 요구됨
 - 동 사업 추진 시 활용가능한 유사과제 검토가 추진된 바 있으나, 구체적인 연계 및 활용 방식은 제시가 미흡하였음
 - 향후 구체적 연계방식 마련을 바탕으로 성과물의 효과성 제고가 필요함

- 동 사업에서 제외된 MVDC 표준 연구개발과제는 향후 기술 도입 시 표준선점의 중요성을 고려할 때, 전력분야의 표준화 지원체계 내에서 별도 추진할 필요가 제기됨

참 고 문 헌

- 과학기술정보통신부, 「제4차 과학기술기본계획」, 2019.
- 국토교통부, 「전기차 보급 현황」, 각 연도.
- 기획재정부, 「한국판 뉴딜 정책」, 2020.
- 김재경 외, 「자동차의 전력화 확산에 대비한 수송용 에너지 가격 및 세제 개편 방향 연구」, 에너지경제연구원 기본연구보고서, 2017.
- 백주원, 「직류 배전 신기술 동향」, 「계장기술」, 2016.
- 사단법인 기후솔루션, 「2020 대한민국 재생에너지 현황과 문제점」, 2020.
- 산업통상자원부, 「축산농가 등 신재생발전사업자의 접속비용 대폭감소로 사업활성화 박차: 신재생발전 저압 계통접속 용량 100kW에서 500kW로 확대, 보도자료, 2015. 3. 31.
- 산업통상자원부, 「1MW 이하 소규모 신재생발전 전력망 접속보장: 한전 공용전력망 보강으로 전력망 접속애로 해소」, 보도자료, 2016. 10. 20.
- 산업통상자원부, 「제2차 지능형전력망 기본계획」, 2017a
- 산업통상자원부, 「제8차 전력수급기본계획」, 2017b
- 산업통상자원부, 「제3차 에너지기본계획」, 2019a
- 산업통상자원부, 「제4차 에너지기술개발계획(‘19~’28)(안)」, 2019b
- 산업통상자원부, 「제5차 신재생에너지기본계획」, 2020.
- 송성근·김용구, 「직류(DC)배전 시스템의 기술동향」, 「전기의 세계」 65(8), 2018.
- 에너지경제연구원, 「국제 신재생에너지 정책 변화 및 시장 분석」, 2018.
- 이성만 의원, 「태양광 송배전 계통연계 지역 격차 심각」, 보도자료, 2020. 10. 13.
- 이승윤, 「전력산업 신시장 개척을 위한 한전의 DC배전 추진노력」, 「전기저널」 463, 2015.
- 이투뉴스, 「전기료 싸서...해외 데이터센터 앞다퉈 한국행」, 2019. 7. 8.
- 이투뉴스, 「한전, 재생에너지 60% 영·호남에 편중될 것」, 2020. 3. 26.
- 전기신문, 「전력 잡아먹는 데이터센터, 에너지효율 주목」, 2020. 7. 3.
- 전자신문, 「한전, 계통연계 설비 2794MW 1년내 보강...신재생 접속 비율 끌어올린다」, 2020. 4. 21.

조진태, 「한전의 직류배전 기술개발 동향」, 2018a.

조진태, 「한전의 직류배전 개발동향」, 2018b.

한겨레, '울초 전력망 과부화 위기 올 뻔한 순간 있었다', 2020. 7. 21.

한국과학기술기획평가원, 「multi-terminal 직류송배전 시스템 개발사업 예비타당성조사 보고서」, 2015.

한국데이터센터연합회, 「KRCDC 2019 발표자료」, 2019. 1.

한국에너지공단, 「2019 KEA 에너지편람」, 2019.

한국전력, 「전기차 충전서비스 현황」, 각 연도.

한창희·장길수·이한상, 'MVDC(Medium-Voltage Direct Current) 기술 동향', 「전기의 세계」 68(1), 2019.

환경부, 「전기자동차 보급 및 충전인프라 구축 현황」, 2018. 12.

MRS, *DC Distriution Network Market 2013~2015*, 2019a.

MRS, *Market Analysis*, 2019b.

효성중공업, <http://www.hyosung.co.kr/>

RE100(Renewabe Energy 100), <https://www.there100.org/>

부 록

1. 종합평가를 위한 AHP 설문지
2. 동 사업 종합평가 정책 제언서

부록 1. 종합평가를 위한 AHP 설문지

「차세대 AC/DC Hybrid 배전네트워크 기술개발사업」의 AHP 평가를 위한 전문가 설문

[전문가 설문 개요]

본 설문은 「차세대 AC/DC Hybrid 배전네트워크 기술개발사업」의 타당성을 종합적으로 평가하기 위한 것입니다. 설문은 평가항목 간 상대적 중요도를 결정하는 것과 평가항목별로 사업시행의 타당성 정도 (사업 추진, 사업 미추진)를 결정하는 것으로 구성되어 있습니다. 응답의 일관성이 낮은 경우 환류과정을 거치게 되오니 전문가의 관점에서 공정하고, 신중하게 응답하여 주시기 바랍니다.

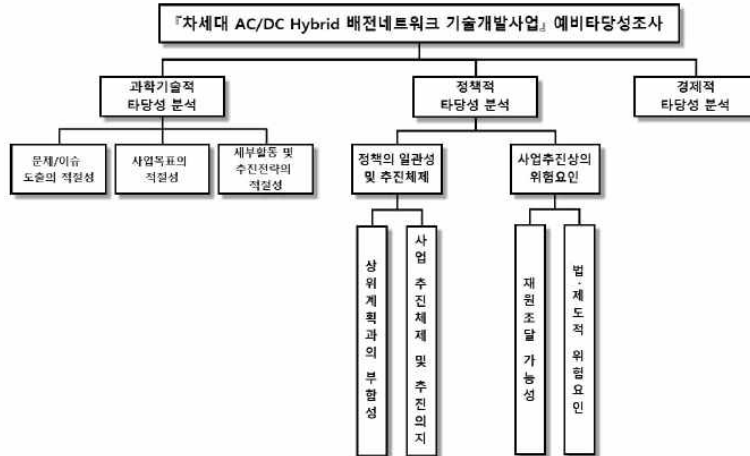
※ AHP(Analytic Hierarchy Process : 계층화 분석법)는 의사결정시 고려할 평가 항목들을 계층화하여 의사결정 기준이 되는 항목의 중요성과 의사결정 대상이 되는 대안 간 비교를 종합적으로 수행하는 의사결정 기법입니다.

☐ 응답자 정보

성명	(서명)	연락처	
소속		전화	
직위		E-mail	

□ 설문지 작성안내

- 「차세대 AC/DC Hybrid 배전네트워크 기술개발사업」의 타당성 평가를 위한 의사결정 계층구조와 평가항목별 평가내용, 평가기준은 각각 [그림 1], <표 1>과 같습니다.
- 「차세대 AC/DC Hybrid 배전네트워크 기술개발사업」의 과학기술적, 정책적, 경제적 측면에서의 타당성조사 세부내용은 회의자료를 참고하시기 바랍니다.



[그림 1] 「차세대 AC/DC Hybrid 배전네트워크 기술개발사업」의 예비타당성조사 의사결정 계층구조

<표 1> 「차세대 AC/DC Hybrid 배전네트워크 기술개발사업」의 AHP 평가항목

평가항목 (1계층)	평가항목 (2계층)	평가항목 (3계층)	평가내용	비고
과학기술적 타당성 분석	문제/이슈 도출의 적절성	-	• 문제/이슈의 식별 과정·결과 의 적절성	• 식별과정이 합리적이고, 도출된 문제/이슈가 국가적 차원에서 대응이 시급하고 필요성이 높을수록 사업 시행 점수가 높음
	사업목표의 적절성	-	• 목표 설정의 적절성	• 설정된 목표가 식별된 문제/이슈의 해결과 연관성이 높을수록 사업 시행 점수가 높음
	세부활동 및 추진전략 의 적절성	-	• 세부활동 구성 및 내용의 구체성과 연계성 • 추진체계 및 추진전략을 통한 세부활동 간의 연계성을 구체화 정도	• 세부활동이 사업목표와 연계성이 높고, 추진체계 및 전략을 통해 세부활동의 유기적 관계를 구체화할수록 사업 시행 점수가 높음
정책적 타당성 분석	정책의 일관성 및 추진체계 추진의지	상위계획과의 부합성	• 정부에서 공식적으로 발표한 중·장기 계획과의 부합 정도	• 정부 계획과의 부합성이 높을수록 사업 시행 점수가 높음
		사업 추진체계 및 추진의지	• 선택된 계획과 관련된 사업들 간의 차별성 및 연계방안 • 사업 거버넌스	• 사업의 임무·역할이 분명히 차별화되어 있으며, 관련 사업들과의 연계방안이 구체적일수록 사업 시행 점수가 높음 • 사업 거버넌스 구축방안이 적절할수록 사업 시행 점수가 높음
	사업 추진상의 위험요인	재원조달 가능성	• 사업의 원활한 추진을 위한 재원 부담주체의 재원조달 가능성 여부	• 재원조달 위험요인이 낮을수록 사업 시행 점수가 높음 (시행과 미시행의 중립이 최대 평점)
		법·제도적 위험요인	• 사업 추진을 위한 법·제도적 제한 여부 • WTO 보조금협정 상의 위험요인 및 대응 방안	• 법·제도적 위험 정도가 낮고 구체적인 대응방안이 마련될 경우 사업 시행 점수가 높음 (시행과 미시행의 중립이 최대 평점)
경제적 타당성 분석	경제성	-	• 사업비 및 비용 추정 • 비용효과 분석	• 연차별 투입계획 및 총사업비 규모 추정이 구체적이고, 비용 대비 효과의 값이 비교 대안에 비해 클수록 사업 시행 점수가 높음

□ 설문지 작성 및 유의사항

1. 설문지 작성 예

- 예를 들어, 두 가지 평가요소 '항목 A'와 '항목 B'를 비교할 때, '항목 B'가 '항목 A'에 비해 매우 중요하다고 판단하시는 경우 아래 표에서 보시는 바와 같이 척도 '7' 란에 V 표시를 하시면 됩니다.

평가 항목	절대 중요 (9)	(8)	매우 중요 (7)	(6)	중요 (5)	(4)	약간 중요 (3)	(2)	동등 (1)	(2)	약간 중요 (3)	(4)	중요 (5)	(6)	매우 중요 (7)	(8)	절대 중요 (9)	평가 항목
항목 A															V			항목 B

<설문에서 사용되는 상대적 중요도에 대한 평가척도>

척도	1	3	5	7	9
용어	'동등'	'약간 중요'	'중요'	'매우 중요'	'절대 중요'
설명	동등하게 중요 (equal)	약간 더 중요 (weak)	더욱 더 중요 (strong)	대단히 더 중요 (very strong)	절대적으로 중요 (absolute)

(주) 2, 4, 6, 8은 근접해 있는 두개의 척도들 사이의 중간정도의 중요도를 나타냄

2. 응답 일관도

- AHP 분석에서는 분석의 자료로 비일관성지수가 생성되며 응답결과의 신뢰성 판단에 대한 기준으로 적용됩니다. 비일관성 지수가 0.15이상일 경우에 응답 결과를 신뢰할 수 없다고 판단하므로 재설문을 수행하게 됩니다.
- 평가항목이 3개 이상인 경우, 아래와 같은 일관성 결여가 발생하면 비일관성 지수가 높게 나오므로 설문시 유의하시기 바랍니다.
1. 우선순위 일관성 결여
 - A가 B보다 중요하고 C가 A보다 중요하다고 응답하였으나, B가 C보다 중요하다고 응답하였을 경우
 - ※ $A > B$ 이고 $C > A$ 라고 한다면, $C > B$ 라고 응답하여야 함
 2. 쌍대비교 일관성 결여
 - A가 B보다 2배 중요하고 C가 A보다 4배 중요하다고 응답하였으나, C가 B보다 8배 중요함에도 불구하고 2배 중요하다고 응답하였을 경우

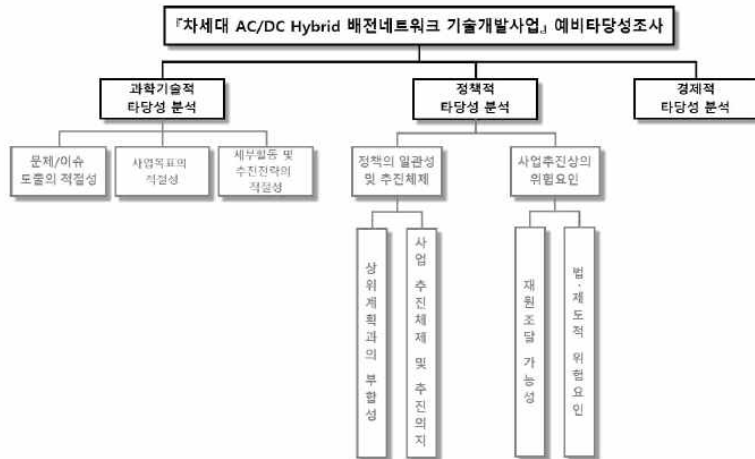
[설문 1] 평가항목 간 상대적 중요도 설정

[설문 1.1과 1.2]는 「차세대 AC/DC Hybrid 배전네트워크 기술개발사업」의 타당성을 평가하는데 있어 과학기술적, 정책적, 경제적 타당성 분석의 상대적 중요도와 평가항목별 상대적 중요도를 판단하기 위한 것입니다. 「차세대 AC/DC Hybrid 배전네트워크 기술개발사업」의 경우, 어느 평가항목이 상대적으로 얼마만큼 더 중요하다고 생각하시는지 신중히 판단하여 응답해 주십시오.

1.1 사업에 대한 의사결정에 있어서 과학기술적 타당성 분석, 정책적 타당성 분석, 경제적 타당성 분석 간의 상대적 중요도가 어느 정도라고 생각하십니까?

※ 100점 만점으로 응답하여 주십시오. 사업유형별로 각 항목별 기중치 제시범위는 아래와 같습니다.
- 성장형 (과학기술성 : 정책성 : 경제성 = 40~50% : 20~40% : 10~40%)

과학기술적 : 정책적 : 경제적 타당성 = () : () : ()

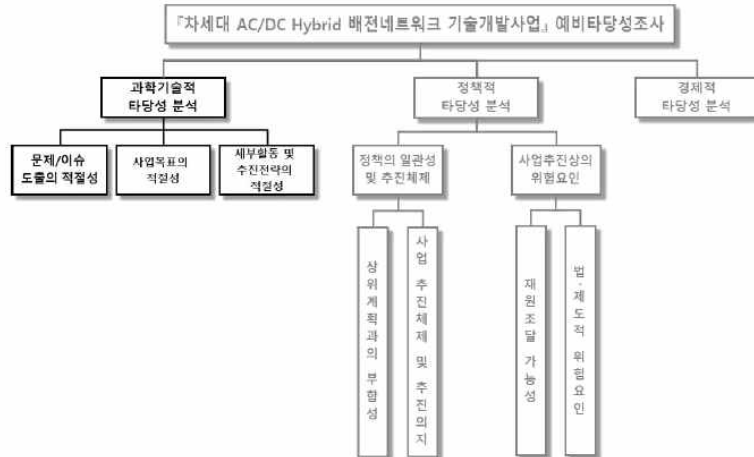


[그림 2] 제1계층 중요도 평가

1.2 과학기술적 타당성 분석, 정책적 타당성 분석, 그리고 경제적 타당성 분석의 세부 평가항목별로 좌측에 기재된 평가항목이 우측에 기재된 평가항목에 비해 상대적으로 얼마나 중요한지를 해당하는 숫자에 V표 하십시오.

1.2.1 과학기술적 타당성 분석의 제2계층

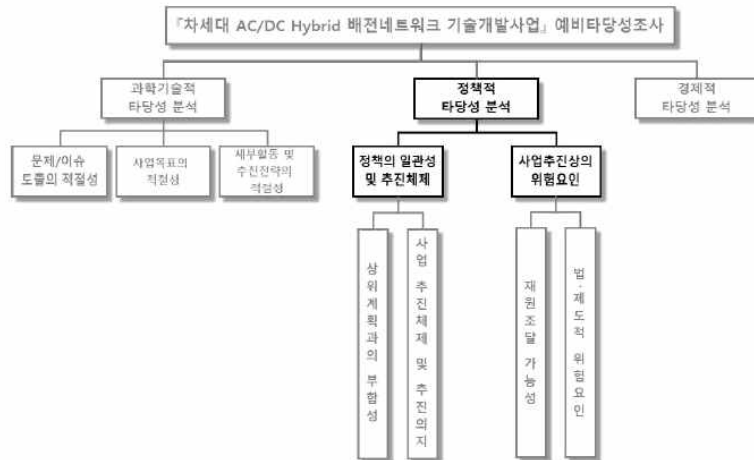
세부 평가항목	절대 중요 (9)	(8)	매우 중요 (7)	(6)	중요 (5)	(4)	약간 중요 (3)	(2)	중 (1)	(2)	약간 중요 (3)	(4)	중요 (5)	(6)	매우 중요 (7)	(8)	절대 중요 (9)	세부 평가항목
문제/이슈 도출의 적절성																		사업목표의 적절성
문제/이슈 도출의 적절성																		세부활동 및 추진전략의 적절성
사업목표의 적절성																		세부활동 및 추진전략의 적절성



[그림 3] 과학기술적 타당성 제2계층 중요도 평가

1.2.2 정책적 타당성 분석의 제2계층

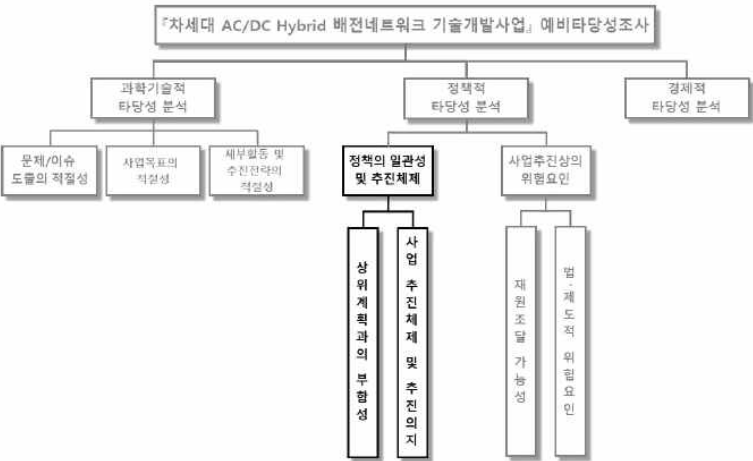
세부 평가항목	절대중요 (9)	(8)	매우중요 (7)	(6)	중요 (5)	(4)	약간중요 (3)	(2)	중 (1)	(2)	약간중요 (3)	(4)	중요 (5)	(6)	매우중요 (7)	(8)	절대중요 (9)	세부 평가항목
정책의 일관성 및 추진체계																		사업추진상의 위험요인



[그림 4] 정책적 타당성 제2계층 중요도 평가

1.2.3 정책적 타당성 분석의 제3계층 : 정책의 일관성 및 추진체제 하위항목

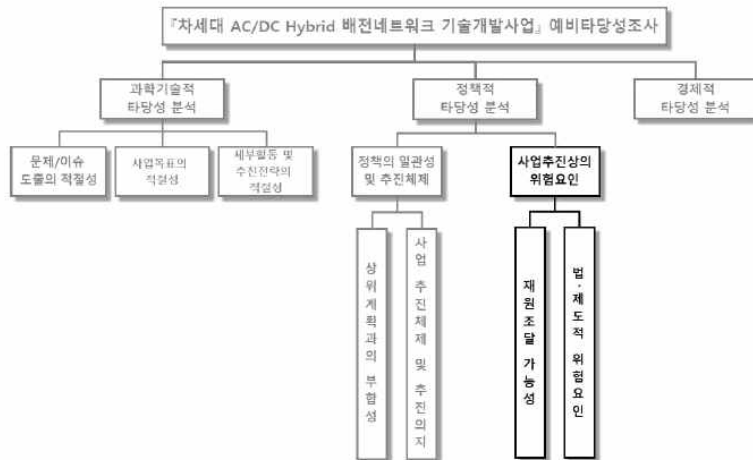
세부 평가항목	절대중요 (9)	(8)	매우중요 (7)	(6)	중요 (5)	(4)	약간중요 (3)	(2)	중 (1)	(2)	약간중요 (3)	(4)	중요 (5)	(6)	매우중요 (7)	(8)	절대중요 (9)	세부 평가항목
상위 계획과의 부합성																		사업 추진체제 및 추진의지



[그림 5] 정책적 타당성 제3계층의 중요도 평가 : 정책의 일관성 및 추진체제 하위 항목

1.24 정책적 타당성 분석의 제3계층 : 사업 추진상의 위험요인 하위 항목

세부 평가항목	절대중요 (9)	(8)	매우중요 (7)	(6)	중요 (5)	(4)	약간중요 (3)	(2)	중 (1)	(2)	약간중요 (3)	(4)	중요 (5)	(6)	매우중요 (7)	(8)	절대중요 (9)	세부 평가항목
채원조달 가능성																		법·제도적 위험요인



[그림 6] 정책적 타당성 제3계층의 중요도 평가 : 사업 추진상의 위험요인 하위 항목

[설문 2] 평가항목별 시행/미시행 대안의 평점 부여

[설문 2]는 「차세대 AC/DC Hybrid 배전네트워크 기술개발사업」의 시행과 미시행 여부를 판단하기 위한 것입니다. 조사 결과를 참고하시어 사업을 시행하는 대안(사업 시행)과 시행하지 않는 대안(사업 미시행) 중 어느 대안이 상대적으로 더 적절하다고 생각하시는지 평가항목을 기준으로 해당하는 숫자에 V표 하십시오.

평가항목	대안	←									→								대안
		절대적점 (9)	(8)	배우적점 (7)	(6)	적 점 (5)	(4)	약간적점 (3)	(2)	중 립 (1)	(2)	약간적점 (3)	(4)	적 점 (5)	(6)	배우적점 (7)	(8)	절대적점 (9)	
문제/이슈 도출의 적절성	사업 시행																		사업 미시행
사업목표의 적절성	사업 시행																		사업 미시행
세부활동 및 추진전략의 적절성	사업 시행																		사업 미시행
상위계획과의 부합성	사업 시행																		사업 미시행
사업 추진체제 및 추진의지	사업 시행																		사업 미시행
자원조달 가능성	사업 시행	위험요인이 없을 경우 중립, 문제가 있을 경우는 미시행 방향으로 평점 부여																	사업 미시행
법·제도적 위험요인	사업 시행																		
경제성	사업 시행																		사업 미시행

부록 2. 동 사업 종합평가 정책 제언서

붙임7 정책 제언서 [제언 의사가 있는 경우]「차세대 AC/DC 하이브리드 배전네트워크 기술개발사업」의
종합평가(AHP) 정책제언☐ 작성자

성명	(서명)	연락처	
소속		전화	
직위		E-mail	

☐ 정책 제언

○ 동 사업에 대한 정책제언