국가환경정보센터

해외보고서 요약서비스

2016. 08. 02 (제230호)

바이오에너지 테크놀러지스 사무국 : 다년도 프로그램 계획

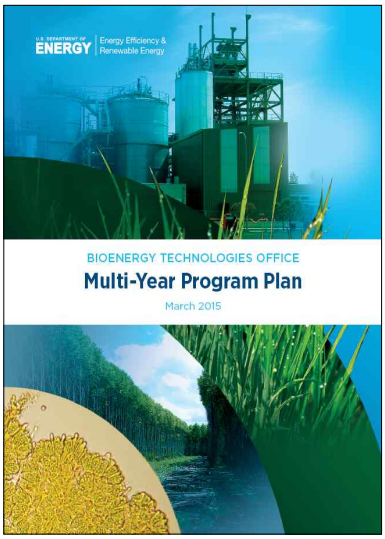
Bioenergy Technologies Office : Multi-Year Program Plan

출처 : 미국 에너지부(U.S. Department of Energy)

KEITI 한국환경산업기술원
Korea Environmental Industry & Technology Institute

Bioenergy Technologies Office : Multi-Year Program Plan
(바이오에너지 테크놀러지스 사무국 : 다년도 프로그램 계획)

<개요>



바이오에너지 테크놀로지스 사무국 (Bioenergy Technologies Office)은 미국 에너지부의 에너지 효율성 및 신재생에너지국에 속한 기술 개발 사무국 중 하나이다. 본 다년도 프로그램 계획(Multi-Year Program Plan, 이하 MYPP)에서는 바이오에너지 테크놀로지스 사무국 (이하, 사무국)의 제4차 목표 및 구조를 제시한다. 이와 더불어, 바이오에너지 기술 연구, 개발 및 실증(research, development, and demonstration, 이하 RD&D) 및 시장 전환(market transformation)과 관련된 전반적인 활동들을 밝히며, 향후 5개년 간 사무국이 이러한 활동들에 집중하는 것이 미국의 '에너지 및 지속가능성 관련 난제를 해결하는 데 있어서 왜 중요한 것인가'에 대해 설명하고자 한다.

본 MYPP은 하나의 운영 지침으로서 사무국 활동을 관리하고 조정하는 과정을 뒷받침할 수 있을 뿐만 아니라, 하나의 행정 자산으로서 기타 에너지 이해관계자 및 대중과 함께 바이오에너지 기술 관련 업무 및 목표에 관해 소통하는 데에도 도움이 될 수 있을 것이다.

<목차>

제1절 : 사무국 개요
제2절 : 사무국의 기술 연구, 개발, 실증 및 시장 전환 계획
제3절 : 사무국 포트폴리오의 관리

<내용>

제1절 : 사무국 개요

기후변화와 관련하여 점차 많은 우려가 제기되고 있을 뿐만 아니라, 새로운 바이오에너지 경제를 자극하고자 하는 의지가 강화되고 있으며, 미국 내 신재생 기술에 대한 높은 경쟁력을 유지하고 향후 좀 더 많은 환경 관련 일자리를 창출하고자 하는 요구가 증가함에 따라, 지속가능성 바이오에너지 및 관련 바이오상품을 시급히 개발해야 한다는 주장이 다시금 주목받고 있다.

미국이 수입하는 석유의 경우, 가격 및 공급 변동이 심함에도 불구하고, 미국은 이러한 수입 석유에 대해 계속해서 높은 의존성을 보이고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여, 미국은 국가 전략 계획의 핵심 부분으로서 '연료, 상품 및 전력용 바이오매스의 사용' 을 포함시켰다. 이처럼 미국이 계속해서 수입 석유에 의존할 경우, 연료 공급 체계가 심각한 수준으로 붕괴될 수 있고, 사업체뿐만 아니라 개인에 대한 경제 및 사회적 불확실성이 높아지게 되며, 미국 내부의 경제에 투자될 수 있는 수입이 외부로 향하게 된다.

미국의 운송 부문으로 인한 탄소 오염을 줄이고자 '대통령 기후 행동 계획(President' s Climate Action Plan)' 이 발표되었는데, 이를 이행하는 데 있어서 바이오매스의 활용은 중요한 역할을 한다. 이 계획에서는 배출량은 줄이는 반면, 차량 효율성은 개선하기 위한 새로운 연료 경제 기준(fuel economy standard)을 제시하고 있다.

중기(mid-term) 내로, 화석 기반 액체상 운송 연료를 대체할 수 있는 유일한 에너지원이 바이오매스로 간주되어지면서 미국은 지속가능성 바이오매스를 약 10억 톤 이상 생산할 수 있는 역량을 지니며, 이는 자동차, 트럭, 제트기를 대상으로 탄소 배출량이 적은 연료; 화학물질; 및 전력 그리드에 공급될 신재생 전력을 생산하는 데 쓰일 수 있다. 바이오연료, 바이오상품 및 바이오 전력의 생산을 통해 농업, 제조업 및 서비스 부문에서 새로운 국가적 경제 기회 및 일자리를 창출할 수 있을 것이고 미래 기후 영향을 저감할 수 있을 것이다. 2007년에 제정된 미국에너지독립보안법(United States Energy Independence and Security Act, EISA)에서는

2020년까지 신재생 교통 연료(renewable transportation fuel)의 공급을 360억 갤런으로 증가시켜 미 교통 부문의 온실가스 배출량 및 화석연료에 대한 국가적 의존성을 줄인다는 의욕적 목표를 제시하고 있다.

이러한 목표를 향한 과정을 지원하기 위하여, 미 에너지 부(Department of Energy, DOE)의 에너지 효율성 및 신재생에너지(Energy Efficiency and Renewable Energy, EERE)국 내 '바이오에너지 테크놀로지스 사무국(이하 사무국)'은 목질 섬유소나 조류(algal) 바이오매스에서 진일보한 바이오에너지 및 바이오상품을 생산하기 위한 기술이 필요하고, 이러한 기술들을 연구, 개발 및 실증하는 데 있어서 민간-공공 부문 내 주요 이해관계자 간 파트너십을 형성하는 것이 중요하다는 점을 강조한다. 이들 기술을 적용하는 데 산업 투자가 실질적으로 이루어질 수 있도록 바이오리파이너리(biorefinery)[1] 기술의 개발을 통해 원료 공급 및 수송에서 기술 위험을 줄이는 데 주목한다.

노력의 범위/성공을 위한 프레임워크

위에서 제시한 목표를 달성하기 위해서는 '바이오매스-바이오에너지 공급 체인(biomass-to-bioenergy supply chain)'의 전반에 걸쳐 (즉 바이오매스원에서부터 바이오에너지가 소비자에 이르기까지의 과정) 광범위한 규모에서 빠른 속도로 진전이 이루어져야 한다(그림1 참조).

그림 1 : 바이오매스-바이오에너지 공급 체인

공급 체인을 이루는 각 요소의 경우, 바이오에너지 및 바이오상품이 시장에 진입하고 시장 수용성을 확보할 수 있도록 다루어야 한다. 바이오매스에서 바이오에너지까지의 공급 체인 요소는 다음과 같다:

- **주원료(feedstock)의 공급:** 지역적으로 가용한 바이오매스 물자를 대규모의 지속가능한 방식에서 생산하고 비용 효율적인 방식에서 주원료의 수확, 수집, 저장, 선처리(preprocessing) 및 운송이 이루어질

1) 석유화학산업에서 원유를 원료물질로 정제를 통해 여러가지 제품을 생산하는 것과 같이(oil refinery), 바이오매스(biomass)를 원료로 이용해 여러 제품을 생산하고자 하는 개념

수 있도록 관련 인프라, 장비 및 시스템을 유지관리 한다.

- **변환(conversion)**: 바이오매스를 바이오에너지 및 바이오상품의 생산 목적에서 변환하기 위한 비용 효율적이고 통합적인 기술을 개발 및 적용한다.
- **바이오에너지 인프라:** 바이오연료 배분 인프라(즉, 저장, 혼합(blending) 및 운송—혼합 및 조제 전과 후 모두)를 운영하고 신재생 연료 블렌드(blend) 및 바이오 상품이 최종 사용자의 활용에 미치는 영향을 평가하며 사용자 교육을 실시한다.

이러한 공급 체인 범위의 전반에 걸쳐 다양한 수준의 공공 및 민간 부문 이해관계자가 바이오에너지 부문을 진화시키는 데 참여해야 하는데, 이들 이해관계자에는 일반 시민, 과학/연구 커뮤니티, 무역 협회, 전문가 협회, 환경 기구, 투자 및 재정 커뮤니티, 기존의 산업체, 정부 정책 및 규제 기관 등이 포함된다. 이해관계자들은 바이오에너지 및 바이오상품을 효율적으로 적용하는 데 있어서 가장 중요하게 고려해야 할 난제는 무엇인지 식별하고 관련 전략을 제시하는 데 도움이 될 값진 의견들을 갖고 있다. 성공을 위한 프레임워크에는 다양한 연방 이해관계자 기관들에 걸친 광범위한 조정 및 협력이 필요하다.

제2절 : 사무국의 기술 연구, 개발, 실증 및 시장 전환 계획

바이오에너지 테크놀로지스 사무국은 세 가지의 주요 기술 및 세 가지의 주요 핵심 요소들을 고려하여 연구, 개발 및 실증(research, development, and demonstration, RD&D)관련 업무를 조직하였다(그림2 참조). 첫 번째 두 가지의 기술 요소인 1) 주원료 공급 및 운송 R&D와 2) 변환 R&D는 일차적으로 연구 및 개발(research and development, R&D)에 주안점을 둔다. 세 번째 기술 요소인 3) 실증 및 시장 전환은 통합 바이오리파이너리 및 배분 인프라에 주안점을 둔다. 핵심 요소로는 1) 지속가능성, 2) 전략 분석 및 3) 전략 소통이 있으며, 이들 요소들은 바이오에너지 기술의 채택을 저해할 수 있는 문제들을 해결하는 데 주목한다. 이와 같이 업무를 조직함으로써 본 사무국은 상업화 이전 기술의 개발뿐만 아니라 바이오매스-바이오에너지 및 바이오상품 공급 사슬 전반에 걸쳐 기술의 실증(demonstration)을 위한 자원을 할당할 수 있을 것이다.

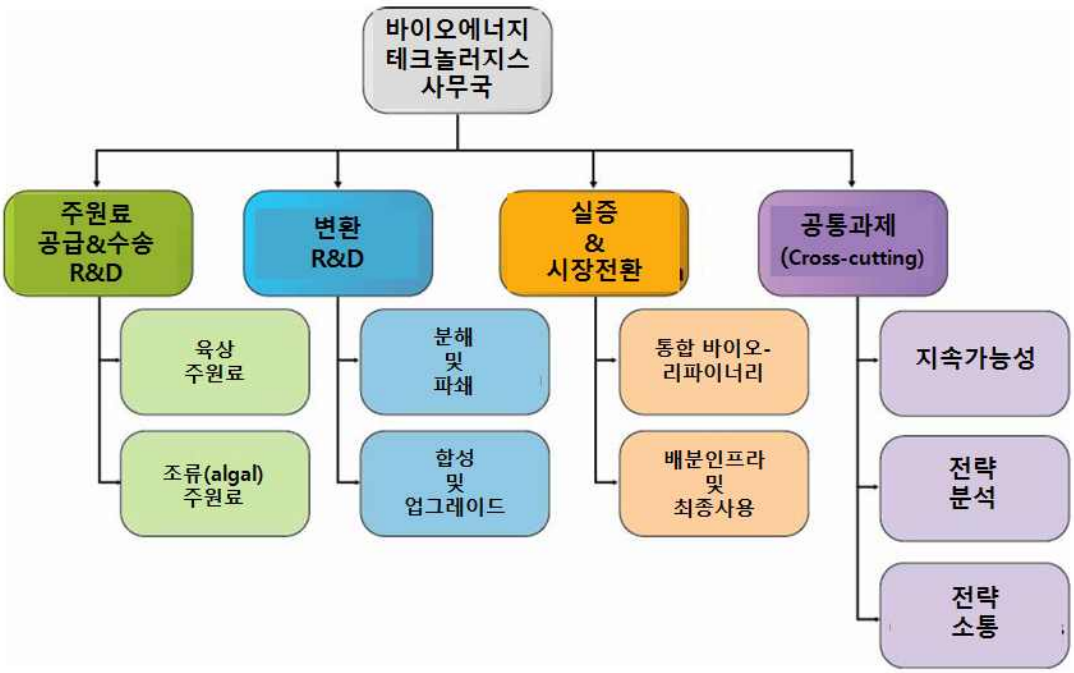


그림 2 : 바이오에너지 테크놀러지스 사무국 업무 세부 구조

사무국이 R&D 활동을 지원함으로써, 새롭게 나타나고 있는 바이오연료, 바이오상품 및 바이오 전력 산업과 관련하여 기술적 문제를 해결하고, 공학적 해결 방안을 제시하며 과학 및 공학적 기반을 개발하고자 한다. 단기 및 중기 R&D는 현재의 주원료 및 변환 기술을 개념 단계에서 파일럿 규모로 진일보시키고자 한다. 장기에 중점을 둔 R&D의 목표는 육상 및 조류 바이오매스, 주원료 공급 시스템, 생물학적 시스템 및 바이오화학과 열화학 변화 과정에 대한 지식을 심화시킴으로써 기술의 이행 과정을 가속화하는 것이다.

이러한 지식을 통해 궁극적으로 새롭고 개선된 기술을 개발하여 낮은 비용의 바이오매스 공급을 장려하고 변환 효율성을 개선하며 변환 비용은 저감하는 반면, 이산화탄소 상당 배출량 및 수자원 사용은 줄이도록 의도할 수 있을 것이다. 사무국이 예산을 지원하는 R&D 프로젝트의 경우 국가 연구소, 산업체 및 대학교가 수행한다.

사무국 R&D에는 다음과 같은 기술 요소가 포함된다.

- **주원료의 공급 및 수송에 관한 R&D:** 아직 초기의 성장 단계에 있는 바이오에너지 산업을 육성할 수 있도록 바이오에너지를 신뢰도 높고, 경제적이며 지속가능한 방식으로 공급할 기술을 개발하는 데 초점을 맞춘다. 이 R&D에서는 두 가지의 기술 영역 1)육상 주원료 및 2) 조류

주원료에 주안점을 둔다. 육상 바이오매스 주원료의 개발 및 생산에 관한 R&D는 미 농업부(Department of Agriculture, USDA)와 미 에너지부(Department of Energy, DOE) 및 기타 연방 기관들이 협력하여 주도하며, 바이오매스 R&D 위원회(2005년 에너지 정책법에 따라 설립(EPAct 2005))가 조정한다. 바이오에너지 테크놀로지스 사무국이 본 분야에서 1차적으로 주목하는 것은 주원료 자원 평가 및 주원료의 수송(즉, 주원료의 수확, 저장, 선처리 및 운송)이다. 조류 주원료 분야(algal feedstocks area)에 관한 R&D는 DOE가 주관하며, 자원 평가, 품종 개선(strain improvement), 재배 시스템 효율성 개선, 수확/건조, 지속가능한 중간물질 생산 및 안정화 등을 포함한 주제를 다룬다.

- **변환(Conversion)에 관한 R&D:** 육상 및 조류 주원료(terrestrial and algal feedstock)를 액상형의 연료뿐만 아니라 바이오상품 및 바이오전력으로 변환시키기 위한 실질적 기술을 상업적으로 활용 가능한 수준에서 개발하는 데 초점을 맞춘다. 사무국이 주관하는 변환에 관한 R&D 기술 영역에서는 원료를 분해하여 중간 산물(설탕, 중간 단계의 화학물질 구성요소, 바이오오일(bio-oil), 가스형 혼합체)을 얻고, 이어서 이러한 중간산물을 연료 및 화학물질로 업그레이드(upgrade)하는 기술에 대해 주목한다.

실증 및 시장 전환에 관한 R&D는 사무국과 산업체 및 기타 주요 이해관계자들 간의 파트너십을 통해 이루어진다.

- **지속가능성** 활동에서는 자연 자원을 보호하고 환경, 경제 및 사회적 이익을 장려하는 바이오에너지 산업을 육성하는 데 필요한 자원, 기술 및 시스템들을 개발하는 데 주목한다. 기존뿐만 아니라 새로운 바이오에너지 산업(농업, 폐기물 관리, 자동차 제조업, 연료 배분과 같은 다양한 부문을 포함)에서는 경제적 변동성 및 시장 수요뿐만 아니라 환경 및 사회적 측면(자원 가용성 및 대중의 수용 여부)을 바탕으로 관련 시스템에 투자하는 것이 필요하다. 따라서 사무국은 진보한 바이오에너지 시스템의 장기적 실효성 및 대중의 수용성과 대규모 잠재성에 영향을 주는 사항을 우선 식별하고 이를 다루기 위해 관련 분석과 연구 및 협력적 파트너십을 지원해야 할 것이다.

- **전략 분석**에는 바이오에너지 관련 계획적 의사결정을 지원하고 목표 달성 과정을 파악하며 연구 활동을 지도하기 위한 광범위한 수준의

중요한 분석들이 포함된다. 계획적 분석(programmatic analysis)을 통해 사무국의 전반적 목표 및 우선순위를 파악하는 데 일조할 수 있으며 바이오에너지 및 바이오제품에서 기인한 이산화탄소 상당 배출량의 라이프사이클 평가(life-cycle assessment, LCA)를 포함하여 모든 기술 영역에 영향을 주는 문제들을 다룰 수 있다. 또한 이러한 분석 결과를 DOE와 에너지효율성 및 신재생에너지 전략 계획뿐만 아니라 대통령 기후 행동 계획에도 반영할 수 있으며 운송 부문에서 바이오에너지가 석유 관련 사업들에 미치는 영향을 파악하는 데 도움을 줄 수 있을 것이다. 또한 기술 영역 분석을 통해 각 기술 영역에 대한 사무국의 성과를 모니터할 수 있을 것이다. 바이오에너지 과학 커뮤니티와 공공-민간 부문 간 파트너십을 유지하고 여러 연구소 간 협력을 장려함으로써 사무국이 제시하는 모델 가정 및 분석 결과의 투명성과 신뢰도, 활용성을 확보하는 데 도움이 될 수 있을 것이다.

- **전략 소통(Strategic Communication)**에서는 완전한 규모에서 시장 진입을 장려하려는 노력에 있어서, 바이오에너지의 채택과 사용에 대한 기술 외(non-technical) 및 시장 관련 장벽을 식별하고 해결하는 데 초점을 맞춘다. 전략을 소통함으로써 사무국 전략을 추진하기 위한 값진 협력에 다양한 이해관계자들의 참여를 높여 광범위한 수준에서 관련 인식을 제고하고 바이오에너지 기술에 대한 소비자 수용력을 높일 수 있다. 전략 소통 활동에는 이해관계자들에 관련 정보를 전달하고 사무국 주요 목표, 우선순위 사항, 활동 및 성과 등을 알리는 것이 포함된다.

제3절 : 사무국 포트폴리오 관리

바이오에너지 테크놀로지스 사무국은 광범위한 수준의 RD&D 전반에 걸쳐 다양한 기술 포트폴리오를 관리하고 있다. 사무국의 기술 포트폴리오의 관리는 매우 중요하고 필요성 높은 활동이지만, 연방 예산이 고정적이지 않고 행정적 우선순위 또한 변하는 역동적인 맥락에서 포트폴리오를 관리해야 하기 때문에 쉽지 않은 업무이다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 사무국은 RD&D 프로젝트의 포트폴리오 관리를 위한 프레임워크를 조정 및 개발하였다. 이 프레임워크는 광범위하고 다양하게 존재하는 새로운 기술 및 기술의 준비 수준(technology readiness leve, TRL) 전반에 걸쳐 가장 장래유망성이 높은 기회들에 투자하고, 이를 평가하며 선발하는 체계적인 과정을 기반으로 한 것이다. 본

접근법은 응용 연구 및 개발(applied research and development, R&D)에 있어서 다양한 기술 기반을 지원하기 위해 의도된 것으로서 후속의 산업 규모 입증을 위한 가장 전도유망한 목표들을 식별한다.

바이오에너지 테크놀로지스 사무국은 에너지 효율성 및 신재생에너지(Energy Efficiency and Renewable Energy, EERE) 프로그램 관리 이니셔티브 사무국 하에서 권장된 접근법을 기반으로 포트폴리오를 관리하며, 기술적으로 복잡한 계획들을 관리하기 위한 고전적인 엔지니어링 기법을 통해 얻은 과정으로 동 관리를 보완한다.

1단계: 사무국 미션 및 목표와 맞춘 사무국 전략 및 계획을 개발한다.
1단계에서는 조직의 임무와 목적을 구체화한다(제1조 참조). 조직의 임무와 목적은 조직의 전략적 목표 체계에서 일련의 조화를 통해 구체화된다. 여기서 조직의 전략적 목표 체계란 국가적 목표, 행정 및 제도적 우선 과제, DOE 및 EERE 전략적 목표와 우선 과제를 기반으로 한 개념을 의미한다. 조직의 임무와 목적은 조직의 형태와 원리를 따르며, 조직의 기획 및 예산 구조에 맞게 구체화된다. 또한 조직의 형태와 원리가 시장 수요 및 기술적 시나리오와 조화를 이룰 경우, 정부 목적과 상통하는 조직의 목표 개념이 정립된다. 이후 해당 목표는 조직의 목표와 관련한 연구의 관리 및 자금을 지원하는 조직 내 기술 부서에서 처리한다.

전략적 수준의 포트폴리오 결정은 다음 세가지 주요 조건을 전제로 한다.

1. 포트폴리오에는 조직 목표에 필요한 기술 및/또는 시장 목표를 달성하는 데 있어서 다양한 RD&D활동을 아우르는 적정 요건을 갖추고 있는가?
2. 포트폴리오 지원 업체는 바이오 에너지 가격 리스크를 낮출 수 있는 다양한 기술을 보유하고 있는가?
3. 포트폴리오는 미국의 바이오 에너지 산업 육성에 도움이 되는가?

2단계: 목표를 달성하기 위해 필요한 활동이 포함된 계획을 개발한다.
2단계에서는 이전 단계에서 정의한 기술 및 시장 목표의 달성에 필요한 다년간 계획의 수립 방안을 소개한다.

각 기술 부서는 내부 평가와 민관협력 회의를 통해 성과 목표와 범위를 결정한다. 나아가 조직의 성과 목표 달성과 범위 설정을 위해, 각 기술 부서는 다년간 재원조달계획을 수립하여 필요한 전략적 활동과 재원조달을

구체화한다. 정부 활동과 상통하는 범위 내에서 시장 수요와 첨단 산업의 동인(動因) 간 균형을 맞추는 과정을 통해 성과 범위를 설정하는 기술 부서의 우선순위가 결정된다.

해당 기술 부서의 재원조달계획이 수립되면 보다 광범위한 수준의 계획과 통합된다. 여기서 격차와 연관성을 평가하게 된다. 그러나 계획 간 격차의 해소와 연관성을 통해 조직의 모든 공급망이 시간이 경과함에 따라 더욱 완숙한 수준에 도달하게 되며 니이기 다년간 계획에 필요한 기본 활동을 구성한다. 이는 기술 진보, 전사에 걸친 학습, 조직의 방향과 우선 순위 변화를 위해 정기적으로 평가 받고 갱신 된다.

3단계: 목표 달성 방안을 조사하고 평가하기 위한 프로젝트 계획을 개발하고 이행한다.
프로젝트 개발 및 분석은 조직의 목표를 가장 효과적으로 달성할 수 있는 프로젝트의 조합, 즉 포트폴리오를 구성하기 위해 필요하다. 프로젝트 수준에서 필요한 요건은 조직 수준(2단계)에서 필요한 요건과 유사하며, 구체적으로 잠재적 혜택, 범위, 비용, 일정, 위험 요건이 이에 포함된다. 또한 2단계와 마찬가지로 비용과 위험에 대비하여 효용이 얼마나 되는지 반복적으로 산출하는 과정이기도 하다. 그러나 특이한 점은 개별 프로젝트를 고려하고, 프로젝트간의 비교 분석을 실시하며 나아가 조직과의 연관성을 알아본다는 데 있다. 프로젝트 초기에는 전체 프로젝트 기간을 정하기 위해 계획을 수립한다. 특히 일 년 계획 활동을 중심으로 수립한다.

4단계: 성과 및 과정을 평가하고 검증한다.
4단계는 다양한 수준에서 성과 및 과정을 감시하고 평가하는 성과평가체계를 포함한다. 조직은 기존 일정, 범위, 비용을 기준으로 현재 진행 상황을 비교하며 프로젝트의 성과를 분기별로 평가한다. 분기별 평가는 해당 기술 분야의 수평 평가로 이뤄지며, 연간 평가는 전 직원의 수평 평가로 이뤄지는데 이는 조직의 예산 및 방향을 결정하는 데 중요하기 때문이다. 개별 프로젝트는 기술, 경제, 환경, 시장 잠재력 나아가 위험성 등을 고려하여 단계별로 심도 있게 평가한다.

민관협력, 객관적인 전문가 분석, 단계별 의사 결정, 조직 평가를 포함하는 대규모 시범 프로젝트나 변환 시설의 경우, 이러한 평가가 프로젝트의 위험성을 평가하는 데 도움을 줄 뿐만 아니라, 프로젝트의 지속 여부를 결정하는 데에도 영향을 준다.

5단계: 사무국 라이프사이클 전반에 걸쳐 업무를 계획하고 통합한다.
5단계는 기술 및 통합 노력을 의미하며, 이러한 노력을 통해 프로그램과 프로젝트 관리자는 R&D 분야의 노력까지 이끌어 오게 하며 나아가 보다 통합된 방식으로 기술을 이용할 수 있도록 그들만의 관리 방법을 더욱 강화시킬 수 있다. 각각의 공급 과정마다 다양한 기술이 존재하고, 개발에서부터 실제 적용에 이르기까지 다양한 응용과학 기술이 존재한다는 사실은 오히려 의사 결정에 큰 과제일 수 있다.

※ 동 보고서는 요약 및 번역본입니다. 상세 내용은 원문을 참조하십시오. 원문은 http://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/03/f20/mypp_beto_march2015.pdf 에 있습니다.