

## 화력분야 녹색기술의 연구개발 동향

### The Research and Development Trend of Green Technology in the Field of Fire Power

안 상 태\*                      강 국 정\*                      홍 석 균\*  
Sangtae Ahn                  Kuk-Jung Kang                  Suk-Kyun Hong

The necessity for harmonically growing of economy and environment has been on the rise late in the twentieth century. Green transformation is defined as efficiency enhancement of conventional guns and ammunitions. We also define green innovation as evolution of fire power systems breaking with conventional methodology. This kind of green innovation could even change a paradigm of warfare in the future. In this paper, we classify the green technology in the field of fire power into five technological groups, and the research and development trend of green technology in the field of fire power is analyzed.

Keywords : Fire Power(화력), Green Transformation(녹색변환), Green Innovation(녹색혁신), Green Growth(녹색성장), Green Technology(녹색기술)

#### 1. 서론

18세기 후반에 시작된 산업혁명은 생산 기술의 변혁과 그에 따른 사회 조직의 변화를 가져왔고, 이는 인류의 삶을 풍요롭게 하는 계기가 되었다. 20세기에 들어서 성장위주의 경제정책과 자연자원의 과소비로 인해 발생하는 지구온난화나 이상기후현상과 같은 산업화의 부작용이 발생하게 되었다. 이러한 현상이 인류의 생존을 위협할 수 있다는 것을 심각하게 되었고, 20세기 후반에 이르러 경제와 환경의 조화로운 성장에 대한 관심이 대두하였다.

녹색성장(green growth)이라 함은 에너지·자원을 절

약하고 효율적으로 사용하여 기후변화문제와 환경훼손을 줄이면서 청정에너지와 녹색기술의 연구개발을 통하여 신성장동력을 확보하고 새로운 일자리를 창출해 나가는 경제와 환경의 조화로운 성장방식을 말한다<sup>[1]</sup>. 녹색기술(green technology)은 녹색성장을 견인하기 위한 이론적 실기적인 제반 인문과학, 사회과학, 자연과학 및 공학적 요소 등의 총칭이다<sup>[2]</sup>. 본 논문에서는 자연과학 및 공학적 요소의 관점에서 화력분야 녹색기술의 연구개발 동향을 분석하였다.

화력분야 무기체계의 역사는 중국에서 발명된 흑색 화약(black powder, 질산칼륨 75%, 황 10% 및 숯가루 15%씩을 배합한 화약)이 13세기에 유럽으로 전해져 1300년경 머스켓(musket, (총열에 강선이 없는) 구식 소총)의 탄환 추진용으로 처음 사용되면서 시작되었다<sup>[3]</sup>. 이러한 머스켓과 탄환은 수세기를 거치면서 오늘날 다양한 형태의 총포 및 탄약 무기체계로 발전하

† 2010년 3월 5일 접수~2010년 5월 20일 게재승인

\* 국방과학연구소(ADD)

책임저자 : 안상태(congzai@add.re.kr)

게 되었다.

화력 분야에서 녹색성장 기술개발이 갖는 의미는 단순히 총포 및 탄약의 효율성을 증대시키는 녹색변환(green transformation)의 수준을 넘어 수세기를 이어온 화력 무기체계와 전장 환경의 패러다임(paradigm)의 근본적인 변화를 모색하는 녹색혁신(green innovation)이라고 할 수 있다. 화력 분야의 녹색기술은 에너지 활용 기술, 정밀 타격 기술, 운용 부산물 감소 기술, 비화확 추진 기술, 그리고 친환경 생산 기술 등 다섯 가지로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 정밀 타격 기술을 제외한 네 가지 분야의 연구개발 동향을 기술하였다.

## 2. 에너지 활용 기술

에너지 활용 측면에서는 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 첫째는 투입된 추진 에너지의 효율을 극대화하는 것이고 둘째는 화포나 탄약을 경량화/소형화 하거나 주퇴력을 저감함으로써 전투차량의 중량을 감소시켜 체계의 운용 에너지를 줄이는 것이다.

### 가. 추진에너지 효율 극대화 기술

추진제를 연소시키는 공간인 약실(chamber)의 체적은 각 총포별로 일정하다. 곡사포(howitzzer)는 장약의 양이나 수를 조정함으로써 탄의 사거리를 변화시켜 후방에서 화력을 지원하는 화포이다. 곡사포의 약실의 체적을 조정할 수 있게 함으로써 동일한 장약에 대하여 사거리를 선택적으로 증대시킬 수 있는 기술이 약실가변형 화포( $V^2C^2$  : Variable Volume Chamber Cannon) 기술이다<sup>[4]</sup>.

재래식 곡사포의 포열과 포미장치의 구조는 추진장약 호수(중량)의 증감에 관계없이 항상 동일한 약실체적을 제공하고 있다. 따라서 낮은 호수 추진 장약의 경우 약실 내에 빈공간이 발생하기 때문에 이로 인해 강내탄도 연소특성상 포구속도 저하가 발생하여 궁극적으로 사거리가 저하된다.

이를 극복하기 위하여 추진 장약의 호수 증감 조건에 따른 최적의 약실체적을 포미장치가 기구적으로 제공함으로써 사거리를 증대시키고자 하는 것이 본 기술의 핵심이다. 또한 사거리의 증첩효과를 증대시켜 곡사포 운용의 폭을 넓히고 유연하게 함으로써, 전장에서 곡사포 효율가치를 극대화시킬 수 있다.

소요기술은 약실체적 가변기술, 가변약실 밀폐기술

및 레이저 점화기술로 대별되는데 먼저 약실체적 가변기술은 추진장약 호수 증감에 따라 약실체적을 능동적으로 변화시키는 메커니즘 기술이고, 가변약실 밀폐기술은 사격시 발생하는 약실내 초고압을 지지/밀폐하는 기술이며, 레이저 점화기술은 증가된 화염경로를 극복하고 추진제 점화 성능을 향상시키는 기술이다. 상기 기술의 대부분은 국내에서 보유하고 있지 않은 첨단기술이다.

미국의 경우 신형 105mm 곡사포에 본 기술을 적용하면서, 동시에 군수지원의 효율성 측면을 고려하여 155mm 추진 장약을 사용할 수 있도록 155mm 약실형상을 갖는 약실가변형 화포 기술의 연구를 수행하고 있다<sup>[4]</sup>.

따라서 미래 화력체계의 포신 설계시 추진 장약 증감 조건에 따른 최적의 약실체적을 제공하여 사거리를 증대시킴으로써 기술을 선도하는 차원에서 필요한 기술이다. 또한 단위 장약당 사거리가 우수하여 추진 에너지의 효율을 증대시키는 대표적인 기술이다.

### 나. 체계 운용에너지 감소 기술

화포나 탄약을 경량화/소형화 하거나 주퇴력을 저감함으로써 전투차량의 중량을 감소시켜 무기체계의 운용 에너지를 줄일 수 있다.

첫 번째, 화포의 경량화와 탄약의 소형화를 통하여 체계 운용에너지를 감소시키는 기술이다.

화포의 경량화는 경량/고강도 소재로 일부 부품이나 부품의 일부분을 대체해 중량을 줄임으로써 체계 중량을 낮추는 것이다. 탄약의 소형화/경량화는 동일한 탄약 적재량을 유지하면서도 체계의 전투중량을 낮추거나, 체계 전투중량을 동일하게 유지하면서도 보다 많은 탄약을 적재할 수 있게 함으로써 체계의 운용 에너지를 감소시키는 것이다.

선진국에서는 화포의 경량화를 위하여 고강도 특수강의 외부를 복합재로 감싼 이중구조 포열과 고강도 합금이나 복합소재를 부분적으로 적용한 포미장치, 장치대(포가대), 로터 및 장전장치를 개발하고 있다. 미국의 국가 연구기관인 무장연구개발센터(ARDEC) 산하 무장연구실험실인 Benet Lab.의 경우 20여 년 동안 다양한 모델의 이중구조 포열의 개발뿐만 아니라 생산 공정에 대한 핵심 기술까지 함께 연구해 왔으며, 최근에는 105mm 및 120mm 화포에 적용하여 사격시험까지 성공적으로 수행하여 경량 포열 설계 기술을 가시화 하였다. 또한 포열을 제외한 포미장치, 장치대

(포가대), 로터 및 장전장치 등에도 경량/고강도 금속 소재와 복합재를 적용하는 연구를 계속하고 있다.

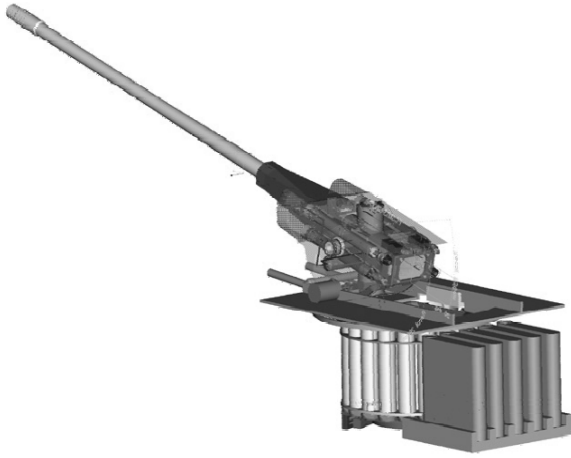


Fig. 1. FCS-MRAAS swing chamber launcher with autoloader

MRAAS(Multi-Role Armament and Ammunition System)는 미 육군의 FCS(Future Combat Systems) 프로그램의 완성을 위한 선행 핵심기술 연구과제중 하나이다. FCS의 주요 장애요소중 하나는 18톤이라고 하는 목표 중량이다. 이러한 목표를 달성하기 위해서는 모든 설계 과정에서 복합소재가 가장 중요한 역할을 할 것이다. MRAAS의 Swing Chamber Launcher는 체계 중량 감소를 위해 복합소재를 사용하는 좋은 예이다. 또한 탄두내장형 탄약(CTA : Cased Telescoped Ammunition)을 사용하기 때문에 탄약의 소형화의 좋은 예이기도 하다. 본 105mm 포에 요구된 성능을 유지하면서도 할당된 중량 목표를 달성하기 위해서는 기존의 소재를 적용한 경우보다 25%를 감량해야 했다. 이러한 목표 중량을 달성하기 위하여, 포미환의 일부분에 복합소재를 적용하였고, 포열의 외부를 복합재로 감쌌으며, 포열 지지부에는 복합소재와 티타늄 등을 적용하여 경량화 하였다. 2000년대 초반에 사격 시험을 성공적으로 수행하여 기술 구현을 입증하였다. 국가 연구기관인 Benet Lab.은 복합재 관련 설계, 해석, 시험뿐만 아니라 업체에서 할 수 없는 맞춤형 특수 복합재 공정도 직접 개발하였다. 특히 수년에서 수십 년간의 다양한 시행착오와 시험을 거쳐야 하는 맞춤형 특수 복합재 공정은 공정 기술 자체의 위험도와 긴 개발기간 때문에 업체가 투자/개발하지 못하여 국가 연구기관인

Benet Lab.에서 직접 개발한 것이다<sup>[5]</sup>.

두 번째, 주퇴력을 저감함으로써 체계 운용에너지를 감소시키는 기술이다. 주퇴력을 저감하는 방법은 여러 가지가 있지만 현재 미국 육군연구소 산하의 무장개발 센터에서 개발중인 연식주퇴 기술과 Rarefaction Wave Gun 기술이 대표적이다.

미래 지상 유무인 전투체계의 경우 체계 중량을 낮추면서도, 화력 성능은 증대하기 위하여 높은 포구에너지를 요구하고 있다. 실제 미국의 Benet Lab.은 FCS LOS/BLOS 무장의 사격 임펄스가 M1A2 전차에서 M829A2탄 사격시 대비 증가된 수준으로 예측하고 있다. 또한 미국 FCS의 체계 중량은 M1A2 전차보다 현저히 낮은 수준으로 예측하고 있다. 이와 같이 상반되는 목표인 포구에너지 증대 및 경량화를 동시에 충족시키기 위해서는 신개념의 연식주퇴제어 기술의 개발이 필요하다. 연식주퇴 방식은 기존의 후방주퇴 방식과는 달리, 사격전 주퇴운동부를 전방으로 가속시켜 전방운동량을 확보한 상태에서 사격이 이루어지도록 함으로써 사격충격량을 상쇄시켜 주퇴력을 1/2 이하 수준으로 감소시킬 수 있는 획기적인 신개념 기술이다<sup>[6]</sup>. 연식주퇴 기술은 105mm 직사포 시제<sup>[7]</sup>와 155mm 곡사포(howitzer) 시제<sup>[8]</sup>를 제작하여 시험을 수행하였다<sup>[9]</sup>.

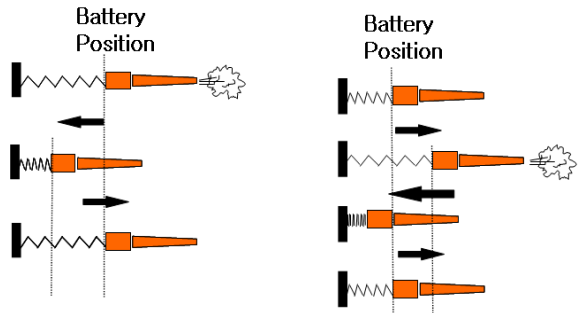


Fig. 2. 후방주퇴와 연식주퇴

이보다 더 최근의 신개념 화포체계 연구는 미육군 무장연구개발센터 산하의 Benet Lab.에서 수행하고 있는 Rarefaction Wave Gun 기술이다. 기존의 화포는 추진제가 연소하고 탄자가 포구를 이탈할 때까지 포미장치를 폐쇄한 상태로 유지한다. 그러나 Rarefaction Wave Gun 기술은, 추진제가 점화되고 탄자가 포구를 이탈하기 전의 특정시간에 폐쇄기를 열어 연소가스를 배출시키는 개념이며 추진 성능을 떨어뜨리지 않고 그

대로 유지할 수 있도록 연소가스의 배출을 제어하는 것이 핵심이다. 연소가스의 조기 배출은 전달되는 전체 주퇴력을 상당히 감소시킬 뿐만 아니라 포열이 받는 열충격을 최소화시키기 때문에 포열에 신소재의 적용을 고려하는 것도 가능하게 된다<sup>[10]</sup>.

### 3. 운용 부산물 감소 기술

탄피나 뇌관과 같이 무기체계 운용중에 남겨지는 부산물을 감소시킬 수 있는 무탄피, 무뇌관 기술의 개발도 자원의 소모를 줄이고 전장 환경의 오염을 최소화할 수 있는 녹색기술이다.

무탄피 탄약(caseless ammunition or caseless telescoped ammunition)은 탄두내장형 탄약(CTA : Cased Telescoped Ammunition) 및 기존 탄약과 비교될 수 있다. 5.56mm 탄약을 예로 들면, 기존 탄약의 중량을 기준으로 탄두내장형 탄약은 2/3, 무탄피 탄약은 1/2 수준이다. 탄두내장형 탄약과 무탄피 탄약의 길이를 기존탄약을 기준으로 모두 70%로 줄이면, 지름은 탄두내장형 탄약의 경우 더 커지지만 무탄피 탄약은 기존 탄약보다 지름이 작아진다. 이상과 같이 무탄피 탄약은 기존 탄약과 비교하여 중량은 50% 감소하고 체적은 40% 감소하는 큰 장점을 가지고 있다<sup>[11]</sup>.

뇌관을 사용하지 않는 무뇌관 기술의 대표적인 사례는 레이저 점화 기술이다. 레이저 점화 기술은 총포탄약 분야의 역사에 큰 획을 긋는 기술이라 할 수 있다. 레이저 점화 기술은 포미장치에 위치한 레이저 점화 장치에서 레이저를 발사하여 긴 화염경로를 극복하고 장약을 점화하는 신개념 점화 기술이다.

레이저 점화 기술은 기존의 점화기술과 대별되는 큰 특징이 있다. 원격에서 연속적으로 높은 발사속도로 자동 발사가 가능하면서도 보다 안전하며 기존의 뇌관을 사용하지 않는다는 것이다. 이는 군수보급 측면에서 추가 공급 항목이 줄어든다는 것을 의미하고, 자동화 측면에서는 뇌관의 자동 급송 장치가 불필요하다는 것을 의미한다. 안전 운용 측면에서는 불발 발생 시 자동으로 재점화만 하면 되기 때문에 화포의 운용이 매우 안전해진다. 레이저 점화 기술은 미래 화포 개발의 폭을 넓히고 화포 개발의 유연성을 가져올 수 있는 기술이다.

### 4. 비화학 추진 기술

화학추진제를 연소시켜 탄자를 발사하는 기존의 총포 및 탄약 무기체계는 최근에 대두되고 있는 전기포(electric gun)와 같이 비화학 추진 기술에 의한 화포 체계에 큰 도전을 받고 있다. 이러한 비화학 추진 기술은 총포 및 탄약 무기체계의 패러다임(paradigm)의 근본적인 변화를 모색할 수 있는 녹색기술이다.

전기포는 크게 전자포(또는 전자력포)와 전열포로 나뉜다. 전자력포(EM gun : Electro-Magnetic gun)는 레일건(rail gun)과 코일건(coil gun)으로, 전열포(ET gun : Electro-Thermal gun)는 전열화학포(ETC gun : Electro-Thermal-Chemical gun)와 순수 전열포(pure ET gun)로 나뉜다.

레일건을 예로 들면, 기존의 총포가 화학추진제를 점화시켜 폭발하듯 급격하게 팽창하는 연소가스에 의해 추진력을 발생시키는데 반해 레일건은 전자기력이 탄자를 가속시키는 역할을 하기 때문에 근본적으로 다른 시스템이다.

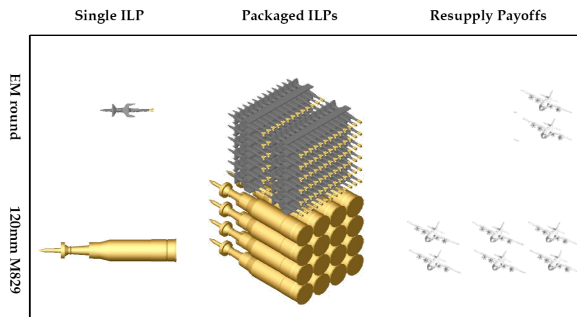


Fig. 3. 군수지원 측면에서의 탄약 비교

레일건은 살상효율과 발전가능성 측면에서 매우 획기적인 신개념 무기체계이다. 레일건은 초고속도(hypervelocity) 발사가 가능한데 초고속도는 다음의 두 가지 이유로 인해 그 중요성이 부각된다. 에너지 증가 측면에서는  $E=mv^2/2$ 에 의해 에너지가 속도의 제곱에 비례하고, 관통 효율 측면에서는 주어진 에너지에 대하여 속도가 증가하면 관통 효율도 증가하기 때문이다. 또한 레일건의 피발사체인 ILP(Integrated Launch Package)는 기존 철갑탄에 비해 부피는 1/8, 중량은 1/10 수준이고, 156개의 ILP는 16개의 M829 탄약과 동일한 공간을 차지하기 때문에 피발사체의 추가 공급 측면에서도 유리하다. 발사시 발생하는 포구 화염

은 1,000배 감소하고 소음은 10배 감소하기 때문에 생 존성 측면에서도 우수하다.

전기포는 지상무기뿐만 아니라 함정이나 잠수정에 도 적용될 수 있는 신개념 무장이고 비화학 추진을 적용하는 화력체계의 미래 핵심기술이다.

### 5. 친환경 생산 기술

지금까지는 무기체계의 운용과 관련하여 적용될 수 있는 친환경 녹색기술을 알아보았다. 그러나 무기체계의 생산 과정에도 친환경적인 녹색기술이 적용될 분 야가 있다. 그중에 대표적인 과정이 도금 공정이다.

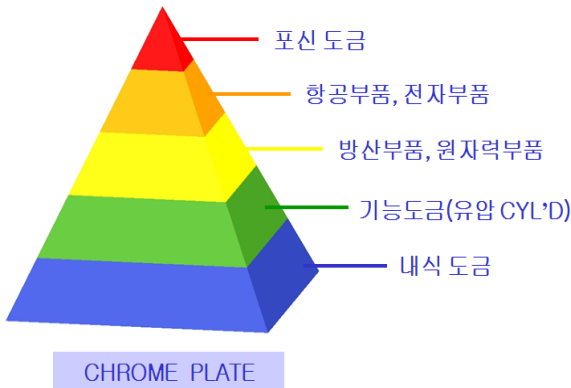


Fig. 4. 포신 도금 수준

화포의 개발에 있어 사거리 연장 및 관통력 증대를 위하여 고에너지 탄약의 사용이 포신의 심각한 마모 수명 감소를 초래시키고 있다. 포신 수명의 연장은, 탄약 측면에서는 추진제의 성능 개선을 통해, 그리고 화포 측면에서는 포열 내경의 도금 적용을 통해 달성 될 수 있다. 포열은 추진제 연소/폭발시 발생하는 수 천 ℃에 달하는 온도 조건과 작게는 수만 psi에서 십 여 만 psi 수준의 압력 조건인 극한 환경에서 사용되는 특수성으로 인해 항공기부품이나 전자부품보다 우 위의 품질이 요구된다. 현재 세계적으로 포열 내경은 내열성, 내마모성 및 내식성이 우수한 물질 중 하나인 크롬으로 도금되고 있다.

포열 내부에 도금된 금속상태의 크롬은 환경에 무 해하다. 예를 들어 광물 상태의 크롬이나 일상생활에 서의 손가락 표면 등에 처리된 크롬이 인체에 무해한 것 과 동일하다. 환경 유해성을 불러일으키는 것은 6가

크롬 화합물로서 EU(European Union, 유럽 연합)에서 는 2007년부터 규제를 강화하였다.

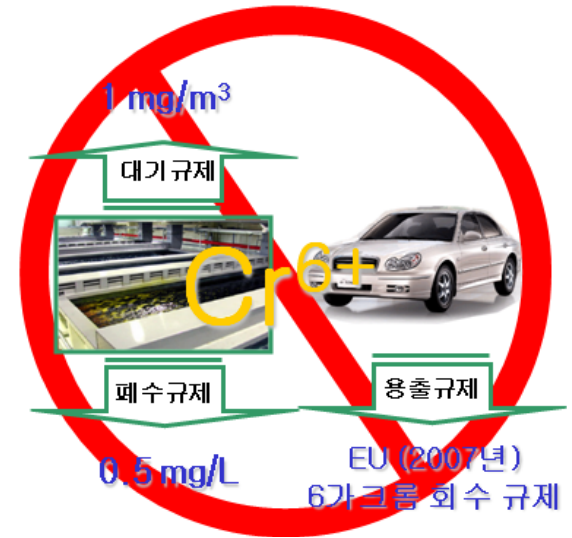


Fig. 5. EU의 6가 크롬 규제 현황

현재 포신 크롬도금의 경우, 도금공정에서 6가 크롬 이 존재하지만 6가 크롬의 공정상 사용은 규제 대상 이 아니며 도금 용액의 무방류 시스템을 채택하고 대 기로 증발하는 분무 상태의 도금 용액을 집진 설비로 철저히 회수함으로써 안전하게 처리할 수 있다<sup>[12]</sup>.

그러나 이러한 규제 수준이 상향 조정되거나 경우 에 따라서는 크롬도금 자체가 금지될 경우 또한 배 제할 수 없다. 만약 크롬도금을 대체할 도금 기술이 개발된다면 환경을 위해서가 아니라 블루 오션(blue ocean)인 크롬도금 대체 도금과 관련된 세계시장의 독 점적 지위 확보를 위하여 친환경을 빌미로 규제 수준 상향 조정이나 크롬도금 금지의 카드를 들고 나올 수 있기 때문이다.

포신에 요구되는 코팅은 열전도 차단 특성과 함께 μm 수준의 두께를 갖고 있어야 하며, 또한 용융점이 높을 뿐만 아니라 모재와의 밀착성도 우수해야 한다. 이러한 요구 특성을 갖는 코팅으로 초내열재를 이용 한 Cylindrical Magnetron Sputtering 코팅을 들 수 있 으나 국내에서는 본 코팅에 대한 기술개발 혹은 연구사 례가 전무한 상황이다.

미국은 1990년대 중반부터 전차포를 비롯한 곡사포 포신의 수명 증대를 위해 초내열 코팅을 연구하여 왔 으며, 2000년대 중반에 이르러서는 탄탈륨을 이용한

Cylindrical Magnetron Sputtering 코팅용 관련 설비를 미육군연구소의 무장연구개발센터 산하의 Benet Lab.에 설치하여 미국정부 통제 하에 국가연구기관이 코팅 기술을 직접 개발하고 있는 중이다.

본 코팅의 원리는 다음과 같다. 진공 중에 표면처리를 하고자 하는 접착기면(포열)과 타깃(초내열재)을 위치시키고 아르곤(Ar) 기체를 채운다. 플라즈마 전원장치를 이용하여 전압을 걸어주고 전자선을 집속시키면 전자와 충돌한 아르곤 기체의 양이온(Ar+)이 타깃에 부딪혀 초내열재 원소를 이탈시키고 이것이 포열내벽에 증착된다. Benet Lab.에 건설하여 운영되고 있는 코팅 실험 설비는 코팅 플랫폼, 플랫폼 상하부의 진공장치, 정류장치와 이를 제어하는 컨트롤 시스템으로 구성되어 있다<sup>9)</sup>.

친환경 포열 도금 기술 및 설비의 개발은 단지 포열 수명 연장을 위한 대체 도금 기술의 확보에 그치지 않는다. 선진국에 의한 크롬관련 규제의 상향 조정이나 크롬도금 금지 정책에 대비해 국방 분야의 블루오션을 선점하고 독과점하기 위하여 국가적인 차원에서 친환경 포열 도금 기술 및 설비의 개발이 강력히 요구된다. 이러한 기술의 중요성을 반영하듯 미국의 경우 정부 통제 하에 국가연구기관이 직접 본 기술을 개발하고 있다.

친환경 포열 도금 기술은 포신의 전술적 내구수명을 획기적으로 향상시킴으로써 핵심 기반 기술의 선진국 기술중속을 탈피하고 국가경쟁력을 제고할 수 있다. 또한 우주선 및 초음속항공기의 연소노즐 표면 특성 향상을 위한 설계 및 제작 기술로 활용 가능하다. 그러나 무엇보다도 경제적 측면에서, 본 기술은 미국이 정부 관리 하에 전략적으로 개발 중인 기술로서 도입가(경제성)의 판단이 불가능한 핵심기술이기 때문에, 독자 개발을 통해 원천기술을 확보하면 민수분야의 기술 활용 촉진 및 외화 유출 차단 효과를 기대할 수 있다.

## 6. 결론

화력 분야에서는 다양한 방법으로 녹색기술(green technology)이 적용될 수 있다. 에너지 활용 기술은 총 에너지 개념에서 사용되는 에너지의 효율을 높이는 녹색변환(green transformation)과 관련된 기술이다. 운용 부산물 감소 기술, 비화학 추진 기술, 그리고 친환경

생산 기술은 기존의 화력 무기체계와 전장 환경의 패러다임(paradigm)의 근본적 변화를 모색할 수 있는 녹색혁신(green innovation)으로 분류할 수 있는 기술이다.

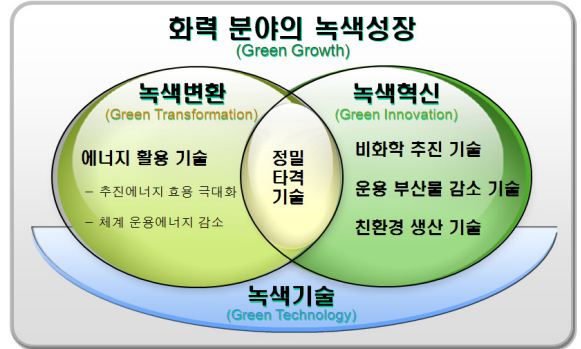


Fig. 6. 화력 분야의 녹색성장 패러다임

녹색변환(green transformation)에 해당되는 녹색기술군(群)은 지금 당장 도전이 가능한 기술이거나 일부 기술이 성숙되면 수년 내에 도전이 가능한 기술들이다. 녹색혁신(green innovation)에 해당되는 녹색기술군(群)은 몇몇 주요 요소기술들이 성숙되면 도전 가능한 미래의 친환경 첨단 핵심기술로서, 우리나라의 강점 분야인 IT·BT·NT 등을 활용한 융합녹색기술 개발로 기존 기술의 한계를 극복하고 신규 기술영역을 개척하여 새로운 시장을 창출할 수 있는 녹색기술이다. 이러한 녹색기술들은 신규 기술영역 개척을 통한 새로운 시장을 창출할 수 있기 때문에 기존산업에 비해 높은 일자리 창출 효과를 나타내므로 ‘고용 없는 성장’ 문제의 해결이 기대되고, 저탄소화와 녹색산업화에 기여하여 환경보호와 경제성장이 선순환되는 녹색성장의 전략적 구심점이라 할 수 있다. 특히 무기체계를 생산하는 공정 단계에서부터 환경적 요소를 고려하여 친환경 생산 기술을 개발하면, 무기체계의 생산으로부터 무기체계의 운용에 이르기까지 전 과정에 걸쳐 친환경 루프가 형성되어 정부의 녹색성장(green growth) 정책에 부응할 수 있을 것이다.

## Reference

- [1] 국무총리실 녹색성장위원회 설립준비팀, 저탄소 녹색성장기본법(안) 입법예고(2009.1.15).
- [2] 과학기술정책연구원 ISSUES & POLICY 2008-07



- (통권 제27호).
- [3] Handbook of Weaponry, Rheinmetall GmbH, Dusseldorf Germany, p. 1, 1982.
- [4] United Defense, “Variable Volume Chamber Cannon (V<sup>2</sup>C<sup>2</sup>)”, NDIA International Armaments Technology Symposium & Exhibition, 2004.
- [5] A. Littlefield, and E. Hyland, “Use of Composites on the FCS-MARAAS Swing Chamber Launcher for Reduced System Weight”, 23rd Army Science Conference, Orlando, FL, CD-ROM, CP-08, 2002.
- [6] 강국정, 홍석균, 안상태, 한태호, “주퇴력 저감 및 포열 경량화 설계 기술 분석,” 제16회 지상무기학술대회, 2008.
- [7] E. L. Kathe, and R. Gast, A Fire Out-of-Battery Tank Gun : Theory and Simulation, ARCCB-TR-02007, Benet Laboratories, US Army Armament Research, Development, and Engineering Center, Picatinny Arsenal, NJ, September 2003.
- [8] J. K. Boyd, J. M. Wall, and T. Murchison, Precision Investigation of the 155-mm Future Direct Support Weapon System : Test Bed 1, ARL-TR-2509, US Army Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground, MD, August 2001.
- [9] L. Burton, R. Carter, V. Champagne, R. Emerson, M. Audino, and E. Troiano, “Army Targets Age Old Problems with New Gun Barrel Materials”, The AMPTIAC Quarterly, Vol. 8, No. 4, pp. 49~56, 2004.
- [10] E. L. Kathe, Rarefaction Wave Gun Propulsion, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy NY, May 2002.
- [11] K. Spiegel, and P. Shipley, “Lightweight Small Arms Technologies”, NDIA JSSAS Annual Symposium, May 2007.
- [12] 한태호, 강국정, 안상태, 홍석균, “포열 크롬도금 설비 및 기술 개발”, 국방과학연구소, GSDC-519-051258, p. 4, 2005.