

# 개인 휴대용 군용 전원 발전 방향에 관한 연구

곽윤기  
국방과학연구소 미사일연구원

## A Study on the Development in Personal Portable Military Power Systems

Yunki Gwak  
Missile Research Institute, Agency for Defense Development

**요약** 출생율 감소로 인한 병력감축과 불안한 세계 안보 환경 속에서, 우리 군은 첨단 과학 기술군으로 도약하기 위해 초연결·초지능의 육군 건설을 목표로 하는 히말라야 프로젝트를 진행 중이다. 그러나 최첨단 장비의 신규 개발과 획득에 쏟는 노력에 비해 이를 운용하는데 필요한 미래 군용 전원에 대한 우리 군의 대비는 상대적으로 미흡하다. 특히 미래 전장 환경이 다영역·비선형적이고 광범위로 확장되면 첨단 개인 휴대용 군용 전원 시스템의 필요성은 더욱 절실해 보인다. 이에 본 연구에서는 우리 군의 개인 휴대용 군용 전원 분야가 직면한 문제점들을 되짚어 보고 다양한 과학적 근거를 바탕으로 국·내외 기술개발 동향과 민간 기술수준 등의 분석을 통해 선제적으로 검토하고 도입했으면 하는 6가지 개인용 휴대용 군용 전원 시스템의 개발 및 획득 방향을 제시하고자 한다. 제시한 방안 중 장기적인 관점에서 준비해야 하는 대책도 있지만, 우리 군용 전원 시스템이 난개발(亂開發)되는 것을 막기 위한 군용 전원(전지)의 계열화 및 표준화 사업은 지금 당장 추진할 필요성이 있다.

**Abstract** Confronted with declining birth rates and an uncertain security environment, the ROK army is currently undertaking the Himalaya Project to construct an advanced science and technology-oriented army featuring highly connected and highly intelligent capabilities. On the other hand, the readiness of the ROK army to operate this equipment with future personal portable military power systems is relatively lacking compared to the efforts to develop and acquire cutting-edge equipment. In particular, the need for advanced personal portable military power systems is becoming even more critical in multi-domain, non-linear, and extensively expanded battlefields. This study evaluates the challenges of the personal portable military power systems within the ROK army. Through a thorough examination of various scientific evidence and an analysis of domestic and international technological developments as well as civilian technology readiness levels, this paper proposes six directions for the development and acquisition of personal portable military power systems to incorporate them into the ROK army capabilities. While there are long-term projects among the presented directions, standardization and categorization projects must be implemented immediately to prevent the unregulated development of portable military power systems.

**Keywords** : Personal Military Power Systems, Warrior Platform, Military Battery, Military Battery Industry, Portable Power Systems

---

\*Corresponding Author : Yunki Gwak(Agency for Defense Development)

email: yunkigwak@gmail.com

Received January 15, 2024

Accepted February 6, 2024

Revised January 31, 2024

Published February 29, 2024

## 1. 서론

미군 보병은 2001년 시작된 미국-아프가니스탄 전쟁에서 3일간의 전투수행을 목적으로 야간투시경, 무전기 등과 같은 개인용 전자 장비를 사용하기 위해 7종 70여 개의 전지(배터리)를 휴대했다고 한다. 총 전지의 무게는 약 7kg 정도로 소총탄으로 환산 시 270여 발과 같다. 이는 우리 육군에서 규정하는 기본휴대량과 비교했을 때 결코 적은 양이 아니며, 개인병사의 전투하중을 가중했다. 전쟁 이후 미군은 전지 휴대 하중으로 인한 문제를 해결하고자 다양한 연구조직을 만들고 관련 규정 등을 새롭게 정비하였다. 예를 들면, 미 국방군수본부(DLA: Defense Logistics Agency)는 전력전문센터(PSCOE: Power-Source Center of Excellence 이하 PCSOE)를 설치하여 미 육군의 충전식 군용전지에 대한 표준화 사업을 추진했다[1]. 또한 전투능력발전사령부-C5ISR센터(CCDC-C5ISR: Center, Combat Capabilities Development Command -C5ISR Center)에서는 휴대용 전원(PS: Portable Power Source)과 전지관리시스템(BMS: Battery Management System) 성능개선을 위해 많은 예산을 편성하고 새로운 장비를 개발하기 위해 지금도 연구 중이다.

이에 반해 우리 군은 4차 산업혁명의 핵심인 초연결·초지능의 육군 건설을 위한 인공지능, 사물인터넷, 빅데이터, 5G 등에는 큰 관심이 있지만, 이를 운용하는데 반드시 필요한 전원 및 전원관리시스템에 관한 관심은 상대적으로 적다. Fig. 1에서와 같이, 미 국방부는 첨단 과학화된 군으로 혁신하기 위해 "에너지 / 전력"을 중요한 기술과제로 포함을 시켰지만, 국방기술품질원에서 제안한 「4차 산업혁명과 연계한 미래국방기술 13개 분야」에는 이러한 에너지와 전력이 포함되어 있지 않다.

그러나 최근 「국방전력지원체계 소요기획서」에 전원체

계 및 동력장치와 관련하여 우리 군이 겪고 있는 현 상황 및 문제점에 대한 고찰을 담고 있으며, 이를 극복하기 위한 미래 획득전략을 제시하고 있다. 또한 2020년 새롭게 수정된 히말라야 프로젝트에 신재생에너지 관련 그룹이 새롭게 편성되었다. 이는 우리 군이 미래 군용 에너지 정책에 관한 관심이 점점 늘어나고 있음을 시사한다.

미래전장은 지상·해상·공중을 넘어 우주와 사이버를 포함한 다영역에서 비선형적이면서 광범위한 전장이 될 것이다. 이는 유인 및 무인전투체계의 작전반경과 작전 지속시간의 획기적인 증가를 의미한다. 이를 위해 우리 군도 미군과 마찬가지로 미래 첨단장비를 시간과 장소의 제약 없이 장시간 지속해서 운용할 수 있는 고용량·고효율·저중량 휴대용 전지 및 전원시스템 개발 및 획득을 위해 진지하게 고민해야 할 때이다. 이를 위해 최근 미래 병사체계를 위한 휴대형 연료전지 기술개발 동향 및 발전방안에 대해 연구된 바가 있다[2]. 그러나 본 연구는 일부 휴대용 전원체계에 국한하지 않고, 전반적인 현재 우리 군이 직면하고 있는 전지(전원)에 대한 현 상황과 문제점을 되짚어 보고, 다양한 과학적 데이터를 근거로 국내·외 기술개발 동향과 민간 기술수준 등을 분석하여 미래 우리 군이 선제적으로 검토하고 도입했으면 하는 군용 전원시스템의 개발 및 획득 방향에 대해 제시하고자 한다.

## 2. 현상황 분석 및 문제점

### 2.1 계열화와 표준화 문제

우리 군은 무기체계나 전력지원체계를 신규 체계개발할 때 해당 장비에 필요한 전지 및 전원시스템을 이미 개발된 것을 활용하는 대신 무기체계의 요구사항에 맞게 새롭게 개발하는 경우가 많다. 이에 따라 운용 및 전시상

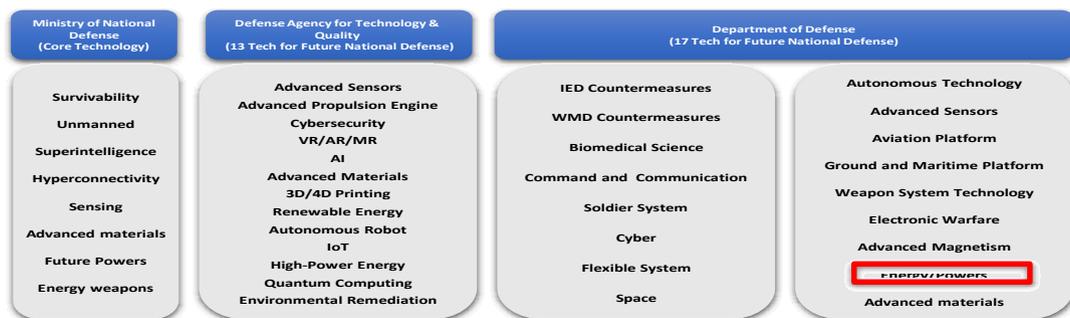


Fig. 1. Major technologies for innovating into a military centered on science and advanced technologies

황을 대비해서 저장해야 하는 군용전지의 종류가 해마다 늘고 있다. 이는 단순히 전지의 종류가 증가하는 것을 넘어 전지를 적시에 전방 부대에 공급하는 어려움을 가중하고 저장 및 관리를 위한 충수명주기 비용 또한 지속해서 증가시킨다. 현재 방위사업청의 군용전지 관련 목록을 살펴보면, 등록된 전지가 국가 재고번호를 기준으로 1,500여 종에 이르는 것을 확인할 수 있다. 이는 군용전지 목록화가 체계적으로 이루어지지 않아 중복 등록이 많이 발생한 결과이기도 하며, 전지의 표준화가 이루어지지 않아 이미 개발된 전지를 활용하는 대신 새롭게 개발한 결과이다[3]. 즉 우리가 개발한 전지는 호환성이 매우 낮아 계속해서 새로운 전지를 개발해야 하는 악순환의 고리를 만들고 있다. 미군도 예전에는 우리 군과 마찬가지로 계열화와 표준화가 되지 않아 군용전지의 종류가 매우 많았다. 그러나 지금 그들은 군용전지의 계열화와 표준화 사업을 체계적으로 진행하여 불필요한 전지는 목록에서 없애고 호환이 가능한 표준전지를 개발하여 군용전지 종류를 줄여나가고 있다.

## 2.2 군용전지 산업의 문제

누구나 알고 있듯 우리나라의 전지 산업은 생산기술과 생산능력을 바탕으로 세계 선두권이다. 그러나 소량·다품종의 군용전지 산업은 민수와 비교해 이윤이 적어 LG 에너지솔루션, 삼성SDI와 같은 대기업에서는 관심이 없다. 그래서 Table 1에서 보는 바와 같이 백셀, 비크로셀 등과 같은 중소·중견기업이 주로 소량 생산하여 군에 조달하고 있다. 이와 같은 다품종·소량 생산은 군용전지의 단가를 상승시켜 국방 조달을 위한 비용을 증가시킨다

[3]. 그리고 군용전지 조달을 중소기업에서만 전담시키면 나타나는 문제점이 몇 가지 있다. 첫 번째는 안정적인 생산과 공급의 문제이다. 평시(平時)에는 전지의 수요가 많지 않아 문제가 될 것이 없지만, 전시(戰時)가 되면 전지의 수요가 급격히 증대될 것인데 이때 중소기업은 생산능력의 한계로 군 조달에 어려움이 있을 수 있다. 즉 전지의 보급이 제때 되지 않는다면 전투력 향상을 위해 첨단장비는 무용지물이 될 것이다. 두 번째는 다품종·소량 생산이다 보니, 전지의 성능개량을 위한 노력이 쉽지 않다. 그래서 군용전지는 민간에서 사용하고 있는 전지에 비해 운용 시간이 짧고 오래 못 쓰는 한계가 있다.

## 2.3 요구되는 전력(Electric Power) 및 전력량(Electric Energy)의 증대

개인 병사가 휴대해야 하는 장비가 첨단화되고 디지털 화됨에 따라 이를 위한 전지의 종류와 수가 급격히 증가하고 있다. 즉, 필요한 전력과 전력량의 증가를 의미한다. 쉽게 설명하면 많은 양의 물을 공급하기 위해서 배관의 직경을 키워야 하며, 지속해서 공급해야 하는 물의 양 또한 늘어야 한다. 현재 병사 한 명이 전투수행을 위해 들고 다녀야 하는 장비 중 전기를 필요로 하는 것은 무전기, 야간투시경, 조준경, 표적지시기, 손전등 등 5~7개 휴대장비가 있다. 그러나 Fig. 2에서와 같이 위리어 플랫폼 1단계 완료 시점인 2023년에는 피아식별 IR, 청력 보호 헤드셋이 추가되고, 2단계 완료 시점인 2025년에는 정보처리기, 정보입력기, 생체 환경센서 등이 추가될 예정이다. 마지막 3단계인 2026년 이후에는 위리어 플랫폼이 일체형으로 진화하면서 기계식 전투원에서 전자식

Table 1. Major battery production items and companies in the domestic market

	Battery		Company	Product	Use
Commercial Battery	Primary Batter	Manganese Battery	Rocket, Bexel	Cylindrical, Cube	General-purpose
		Alkaline Battery	Rocket, Bexel	Cylindrical, Cube	General-purpose
		Lithium Battery	Vizrocell	Cylindrical	Medical, Camera
	Secondary Battery	Lead-Acid Battery	Sebang, Atlas, Woosung, Delkor 등	Automobile Battery	Car, UPS etc.
		Li-ion Battery	LGES, SamsungSDI 등	Cylindrical, Slip-type	EV, Laptop etc.
Military Battery	Primary Batter	Manganese Battery	Rocket	BA-30, BA-42 etc.	Mobile phone
		Alkaline Battery	Bexel	LR03, LR6, LR14 etc.	Landline Phone
		Lithium Battery	Vizrocell	BA-6853AK, BA-6821AK	Radio, Night Vision Equip etc.
		Silver Oxide	Sebang	Battery Cell	Torpedo
	Secondary Battery	Nickel-Cadmium Battery	Bexel, Miltech	BB-851K, BB-801K etc.	Radio, Security Equipment etc.
		Li-ion Battery	Dongsung E&C, Bexel	BB-7184K etc. BB-6853K 등	Radio, Satellite Equipment etc.



Fig. 2. Operational equipment for warrior platforms at various development stages

전투원으로 변모하게 될 것이고 이를 위해 필요한 전력 및 전력량은 비선형적으로 증가할 것이 자명하다.

우리 군의 “위리어 플랫폼(Warrior Platform)”과 유사한 미 육군의 “랜드워리어 체계(Land Warrior)”는 전투원의 전투능력 및 생존성 그리고 지휘통제 능력 향상을 위해 휴대용 컴퓨터, 무전기, 비디오 캠, 상황 인식용 디스플레이 등 14종에 달하는 전자 장비를 포함하고 있다. 이러한 장비를 운용하기 위해 필요한 전력은 Fig. 3 과 같이 56.7 W 이나 된다[4]. 위리어 플랫폼 2단계가 미국의 랜드워리어 체계와 유사하다는 것을 가정하고 72 시간 임무를 수행한다면 자는 시간을 제외하더라도 보수적으로 3,062Wh ((72-18(자는 시간))\*56.7) 정도의 전력량이 필요하다. 이 정도의 전력량은 우리가 휴대폰을 충전하기 위해 들고 다니는 외장형 배터리(38.5Wh) 80 개를 가지고 전투해야 한다는 것을 의미한다. 그러나 최근 미 RAND연구소에서 발표한 기고문[5]에 따르면, 메가시티에서 이루어지는 전투는 개인 병사에게 필요한 장비 및 물자 재보급의 어려움이 있으므로 현재 통용되고 있는 3일 작전개념이 아닌 7일 작전을 준비해야 한다고 지적하고 있다. 우리나라의 도시화율이 82%에 달하고 북한도 이미 도시화율이 60%를 넘어선 것을 고려한다면 휴대용 전자 장비의 운용성을 보장하는 고용량 전지는 가까운 시일 내에 필요할 것으로 보인다.

	Functional Operating Power (W)	Integrated Helmet and Sight Subsystem (IHAS)
<b>Computer/Radio Subsystem</b>		
Computer	11,800	Laser Detectors 0.600
Hand-Held Flat Panel Display	6,400	Helmet-Mounted Display 4.900
Soldier Radio		Imager 0.100
Receive	1,400	Subtotal 5.600
Transmit	6,000	
Squad Radio		<b>Weapon Subsystem</b>
Receive	2,000	Laser Rangefinder 0.050
Transmit	12,000	Laser Aiming Light 0.075
Global Positioning System	1,500	Digital Compass 0.350
Video Capture	1,000	Thermal Weapon Sighting 5.525
Subtotal	45,100	Subtotal 6,000
		TOTAL 56.7

Fig. 3. Power requirements for the land warrior system

## 2.4 군용전지 구매비용 증대

매년 군용전지의 구매비용은 늘어나고 있는데, 이는 한번 쓰고 버리는 일차전지의 사용이 늘어난 이유와 전지를 사용하는 장비와 장치가 증가했기 때문이다. 여러 번 충전해서 재사용이 가능한 이차전지의 구매비용 또한 같이 늘어났는데 그 이유는 충전과 방전을 하면서 전지의 성능이 급격히 저하되어 다시 구매해야 하는 소요가 늘었기 때문이다. 군용 이차전지의 성능저하는 운용되는 환경이 민간에 비해 혹독하다 보니 성능저하가 쉽게 일어나는 이유와 군용전지 규격에 충전·방전 횟수로 인한 성능저하 정도를 요구하는 성능규격(Life Cycle)이 제대로 반영되어 있지 않다 보니 민수용 전지에 비해 상대적으로 성능저하가 심하다.

다른 군용 장비 및 물자에 비해 군용전지의 날개 단가가 비싸지 않기 때문에 획득 예산이 크지 않다고 생각할 수 있지만, 소모성인 전지의 특성을 고려한다면 실제 전시상황에서는 그 비용은 급격히 증가될 수 있음을 간과해서는 안 된다.

## 2.5 군용전지 발화사고

우리 군에 관심이 있는 사람이라면, 다양한 매체를 통해 군에서 일어나고 있는 전지 발화사고 기사를 접해 봤을 것이다. 2020년을 기준으로 최근 10년 동안육군에서 모두 95건의 전지 폭발사고가 발생했다고 한다. 이러한 발화사고가 계속해서 발생하는 근본적인 이유는 전지의 발화에 관한 우리 군의 관심과 개선 의지가 크지 않기 때문이라고 생각된다. 반면, 삼성전자는 2016년 갤럭시 노트 7 발화사고가 났을 때 원인식별을 위해 큰 비용과 많은 노력을 과감하게 투자했다. 예를 들어, 갤럭시 노트 7 은 리콜 이후에도 문제가 해결되지 않아 단종처리와 함께 환불 절차도 진행하였으며 대규모의 테스트 환경을

구축하여 발화 원인을 밝혀 재발하는 일이 일어나지 않도록 노력했다. 이처럼 우리 군도 군용전지의 발화 원인을 제대로 진단하고 명확한 대책을 내놓아야 군용전지 발화사고를 멈출 수 있다고 생각한다.

### 3. 선제적인 해결방안

#### 3.1 군용전지 표준화

전지의 표준화가 어려운 이유는 무기체계 개발 프로세스를 보면 쉽게 알 수 있다. 일반적으로 전지는 무기체계 운용을 위한 에너지원으로 사용되는데 만약 군용전지 표준화가 잘 되어 있다면 Fig. 4와 같이 전원특성 분석을 통해 전원을 최종결정하는 과정에서 표준전원(전지)을 적용하면 된다.

Development Process for Weapon System Batteries

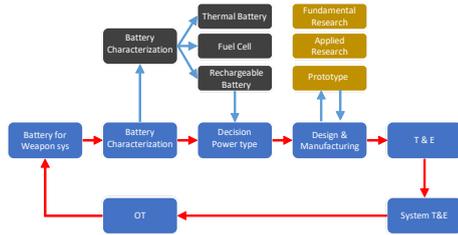


Fig. 4. Battery and power development process

그러나 앞서 설명했듯이 전지의 계열화 및 표준화가 체계적이지 않아, 개발할 때마다 각기 다른 전지 및 전원 시스템이 개발되고 있는 것이 문제이다. 그래서 지금부터라도 전지의 계열화 및 표준화 작업을 체계적이고 공학적으로 해 나가고, 범용성을 지닌 전지를 선정 또는 신규 개발해야 한다. 표준화를 위한 방법으로는 가장 먼저 현재 운용 중인 모든 전지를 전압과 크기에 따라 그룹화(Grouping)하고 일차전지와 이차전지의 권장목록을 제시해야 한다. 그리고 그룹화한 전지 중 가장 많은 체계에서 사용되고 있는 전지를 표준전지로 선정하는 것이다. 만약 국방부가 여력이 된다면 미군의 전력전문센터(PSCOE)와 같은 군용전지 및 에너지를 총괄적으로 연구 개발하고 운용관리 할 수 있는 전담 조직을 신설하여 단계적으로 군용전지를 표준화시킬 필요성이 있다.

#### 3.2 전력과 전력량 증가에 대한 분석

Fig. 5는 미군 소총병 한 명이 하루 동안 사용하고 있

는 전자 장비의 전력과 전력량을 분석한 것이다[6]. 병사 개인별로 임무 및 휴대장비에 따라 차이가 있지만, 작전 시간 중에 약 15 W에서 25 W 전력이 필요하다는 것을 알 수 있다. 하루 동안 사용하는 전력량은 240 Wh가 넘는다.

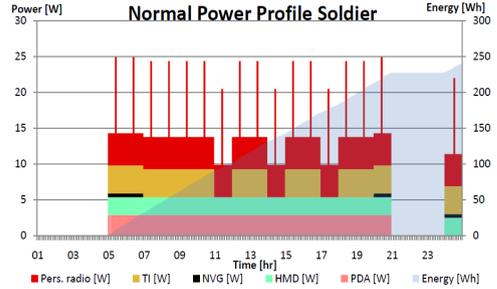


Fig. 5. The daily power consumption and energy usage of a U.S. infantry rifleman

이처럼 우리 군도 미래 개인 전투원의 전력 및 전력량 증가를 선제적으로 대응하기 위해서는 필요한 전력과 전력량이 어느 정도인지 그리고 추가적인 전기에너지 보급이 없이 몇 시간 동안 작전이 가능한지에 대한 근거 데이터(Supporting Data)의 확보가 필요하다. 이를 위해 각 개 병사가 필요로 하는 전력량을 일반화시키기보다는 Table 2와 같이 각개 병사의 임무별(적지중심, 주방어, 후방지역 등), 직책별(소총수, 통신병, 운전병 등), 부대별로(상비부대, 동원부대, 특전사, 해병대 등) 필요한 전력과 전력량을 산출하여 최적화된 결과를 제시할 필요가 있다. 이러한 개인 휴대용 전지로 인한 각개 병사의 전투 하중 최적화가 가능하다. 좀 더 나아가면 운용환경(계절별, 기온별, 날씨별 등)에 따른 요구 전력량 변화도 분석할 필요가 있다. 이는 전지의 특성상 운용온도에 따른 가용 전력량의 차이가 크게 발생하기 때문이다.

Table 2. Electric power and energy analysis category

	Analysis Target
Mission	Deep Strike Op, Defense Op, , Rear Area Op etc.
Position	Rifleman, Radioman , Driver etc.
Division	Reserve Force, Strike Force, Special Force, Marine etc.
Operating Environ	Season, Temperature , Weather etc.

### 3.3 리튬이온-이차전지 사용증대

미군의 군용전지 사용정책은 리튬-이차전지는 훈련과 평시 작전에 사용하고, 전력량이 상대적으로 높은 리튬-일차전지는 전시에 사용하는 것을 원칙으로 했었다. 그러나 이라크 전쟁 초기 리튬 일차전지 비축량 부족과 추가 생산 및 공급의 어려움을 겪으면서 미군의 군용전지 사용정책은 전시에 리튬-이차전지를 활용하는 것으로 변경했다[7]. 이러한 정책변화와 맞물려 최근 미군에서는 유연한 착용형 전지(CWB: Comformable Wearable Battery, 이하 CWB)라는 개인 휴대용 이차전지를 개발하였다. CWB는 Fig. 6에서 보이는 것처럼 얇고, 가벼우며, 형상이 유연한 특성이 있어 전투원의 행동에 제약을 적게 준다. 그리고 Table 3과 같이 극저온에서도 잘 구동되는 장점이 있는 것으로 알려져 있다.



Fig. 6. CWB configuration and deformability

Table 3. CWB Principal Performance

Specification			
Dimension	194(W)×221(H)×18(T)mm	Operation Temp	-30℃ ~ 60℃
Weight	1179g	Charging Temp	-20℃ ~ 55℃
Nominal Voltage	14.8V	Water Immersion	1m for 2Hrs
NormalCap acity	10Ah, C/5, 23℃	Cycle Life	500+Cycle, 80%
Energy	148Wh		

더 나아가 미군은 군용전지의 성능개선뿐만 아니라 전지의 수명연장, 과충전에 따른 보호, 운용효율 향상 그리고 열 방지 등 다양한 연구를 진행 중이다.

군용전지에서 이차 전지의 사용을 늘려야 하는 이유는 Table 4에 나와 있는 일차전지와 이차전지의 특성을 보면 알 수 있다. 일차전지의 장점은 낮은 자가 방전율과 부피와 무게 대비 전력량이 크다는 것이다. 그리고 혹한의 환경에서도 사용할 수 있는 저온 특성이 매우 우수하다. 그러나 보급의 지원 수요가 많고 폐기 비용 또한 높은 단점이 있다.

Table 4. Comparison of Characteristics between Primary and Secondary Batteries

Primary Battery	Secondary Battery
Not reusable	reusable
Low Self-discharge Rate	High Self-discharge Rate
Large Specific Capacity	Small Specific Capacity *Gettign better and better
Strong Resistant to low temperatures(-55℃ ~ )	Weak Resistant to low temperatures (-20℃ ~ )
Regular Provision	Not Regular Provision
Disposable	Weightiness
High Disposal Costs	Low Disposal Costs

반면, 이차전지는 재사용이 가능하다는 큰 장점이 있다. 기본적으로 수백 회 충전과 방전을 해도 그 성능저하가 20% 미만으로 크지 않다. 단점으로는 일차전지보다 저온 특성이 나쁘고 전력량이 작다. 그러나 이러한 단점은 민간에서 연구개발 투자가 활발히 이루어지면서 빠르게 개선되고 있다. 저온 특성은 추운 지역에도 전기차를 팔기 위해 개발 중인 민수용 상용전지 기술을 군용전지로 스핀 온(Spin-on) 하면 된다. 그리고 낮은 전력량은 새로운 전극 물질이 개발되면서 해가 거듭될수록 크게 개선되고 있다. Fig. 7과 같이 가장 많이 쓰고 있는 리튬이온(Li-ion) 이차전지의 에너지 밀도는 단위 부피당 200 (Wh/L) ~ 700 (Wh/L)이 되고, 단위 질량당 200 (Wh/kg) ~ 600 (Wh/kg)인데 이는 일차전지의 성능과 큰 차이가 없다는 것을 알 수 있다.

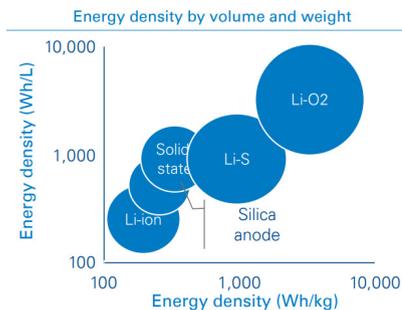


Fig. 7. Theoretical Electric Capacity of Lithium-ion Secondary Batteries

만약, 그림과 같이 TRL 레벨 4 ~ 6인 리튬/황, 리튬/공기-이차전지가 상용화되면 전력량은 더욱 획기적으로 증가할 수 있다. 그리고 리튬이온-이차전지의 가격은 지속해서 하락하고 있어 국방예산 절감에 도움이 되는 이점을 가지고 있다.

### 3.4 휴대용 연료전지 개발 및 전력화

미래에는 연료전지가 차지하는 비중이 늘어날 것이다. 이는 연료전지의 장점 때문인데 Fig. 8과 같이 연료전지는 단위 질량당과 단위 부피당 전력량이 다른 휴대용 전원 시스템에 비해 가장 크다.

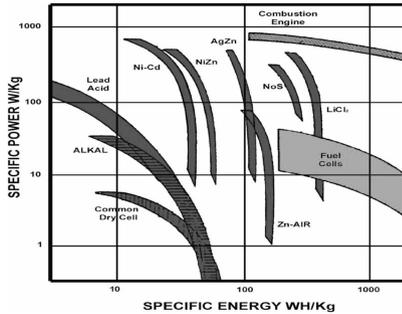


Fig. 8. specific capacity and specific power of Portable power systems[8]

Table 5를 보면, 전력량 1800 Wh 를 기준으로 개발된 연료전지의 총 중량이 4 kg 인데 비해 일차전지는 10 kg, 이차전지는 11.9 kg 이나 된다[9]. 그리고 차지하는 부피면에서도 이점이 확실히 있다.

Table 5. Specification comparison between fuel cells and military batteries (at 1,800Wh)

	Fuel Cell (DMFC)	BA-5590 A/U (Li-SO2) Primary	BA-2590 (Li-ion) Secondary
Generated Power (Wh), (25W, 72h)	1,800	1,800 (180×10EA)	1,800 (216×8.33 EA)
Weight (kg)	4.0	10.0 (1.0×10EA)	11.9 (1.44×8.33 EA)
Volume (L)	4.975	8.83 (0.883×10EA)	7.497 (0.9×8.33 EA)

그래서 연료전지를 개인용 전원시스템으로 도입하게 되면, 전투하중을 현저히 감소시킬 수 있는 장점이 있고, 작전지속시간을 획기적으로 늘릴 수 있다. 즉, 연료전지를 적지중심 작전부대의 전기에너지 공급원으로 적용하거나 일체형 위리어 플랫폼에 적합하다. 최근 미국과 독일에서는 Table 6에 있는 휴대용 연료전지를 개발하여 군 작전 운용 가능성을 검토하기 위해 필드 테스트를 진행하고 있다. 그리고 더 나아가 소형 지상 무인 감시체계의 전원(Electric Source)으로써 연료전지가 전투실용적이다.

Table 6. Specifications of military fuel cells developed overseas

	JENNY600S (Germany)	JENNY1200 (Germany)	XX55(USA)
Shape			
Type	DMFC	DMFC	RMFC
Power(W)	25	50	50
Output Volt(V)	10~30	10~30	12~33
Capacity(Wh/day)	600	1200	1200
Volume(L)	3.43	5.44	5.55
Weight(kg)	1.7	3.3	3
Operation Temp(°C)	-32~50	-20~49	-20~50
Fuel	0.37kg, Methanol	2.2kg, Methanol	3.6kg, Methanol +Water
Weight Lose Compared to Battery(%), for 72H	80	80	70

그러나 연료전지도 장점만 있는 것은 아니다. 소모품이 아닌 전기화학 장비로 고장에 따른 정비지원 수요가 발생할 수 있고 연료를 공급해야 전기를 생산하기 때문에 화석연료와 같은 연료 보급체계에 대한 고민도 사전에 해야 한다. 그러므로 연료전지가 무조건 미래의 휴대용 군용 전원 정책의 방향이라고 말하기보다는 작전 형태와 임무에 따라 적합성을 판단하고 적용을 고려해야 한다. 이를 위해서 우리 군도 빠른 시일 내에 휴대용 군용전지를 자체 개발해서 전투실용하고 군 작전운용성능에 대한 기준을 정의했으면 한다.

### 3.5 하이브리드 군용 전원 개발

하이브리드형 전원의 개발은 선택이 아니라 필수이다. 민간에서도 전기차를 본격적으로 판매·보급하기에 앞서 하이브리드 차량이 먼저 시판했다. 이는 전기차 개발을 위한 시간이 필요했던 이유와 전기차를 위한 인프라(충전소, 정비소, 법적 규제 등)가 아직 제대로 갖춰져 있지 않았기 때문이다. 즉, 군용 전원도 군사적 요구성능을 만족하는 완벽한 이차전지 또는 연료전지를 개발할 시간이 필요하고 연료전지의 연료를 보급하기 위한 인프라를 구축할 시간이 필요하므로 이런 공백을 하이브리드 전원 체계가 보완할 수 있다. 그리고 하이브리드형 군용 전원은 앞서 설명한 다양한 군용 전원의 장단점을 상호보완

해 줄 수 있다. 예를 들면 Fig. 9와 같이 일차전지와 이차 전지를 결합하면 저온 환경의 극복과 재사용의 이점을 가질 수 있고, 화학전지와 연료전지를 결합함으로써 연료공급의 제한상황이 발생했을 때 백업 전원의 역할을 화학전지가 대신할 수 있을 것이다.

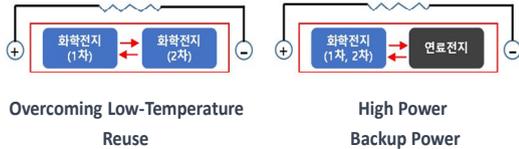


Fig. 9. Concept and advantages of hybrid batteries

### 3.6 통합된 전원사용과 BMS

Fig. 10은 통합된 전원 시스템을 보여준다. 이는 하나의 전원을 사용하는 대신 전원관리시스템(BMS: Battery Management System)이 개별적인 전자장비의 요구 전압과 전력에 맞게 전기를 공급하는 시스템이다.

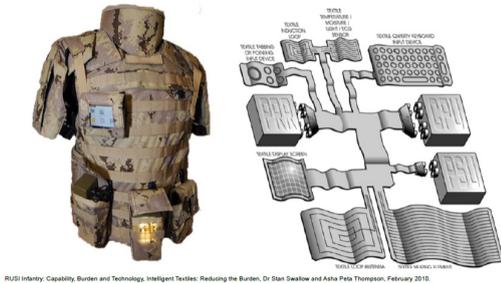


Fig. 10. Integrated Power System

통합된 전원 시스템의 이점은 전자 장비에 따라 각각의 전기를 들고 다녀야 하는 불편함을 없애주고 다양한 전지를 보급해야 하는 문제점도 해결해 준다. 즉, 작전반응 시간을 줄여 전투준비태세에 기여하고 전투하중 증가를 방지한다. Table 7은 미군에서 분석한 것으로 병사가 가져 다녀야 하는 전지의 종류와 전지의 수를 보여준다. 이 표에서 중요한 의미는 전지의 수와 종류가 많다는 것이 아니고, 가지고 다니는 전지의 전체 가용 전기용량(전력량) 중 실제 사용되는 것은 48%밖에 되지 않는다는 것이 핵심이다. 즉 통합된 전원을 사용하면 불필요한 전지로 인한 총중량을 절반 가까이 줄일 수 있다.

Table 7. Analysis of Power and Electricity Usage for Individual Soldiers

Equipment	Battery Type	Battery Qty	Weight (kg)	Avg Power (W)	Energy		
					Available (Wh)	Used (72h) (Wh)	Used (%)
AN/PVS 14	AA	2	0.048	0.04	8.55	2.88	34
Mark VII (Laser Targer Locator)	Lithium 3.9V	1	0.116	0.167	21.46	12.024	56
MBITR (Team Radio)	BB 521	8	2.902	0.533	92.16	38.376	42
Light (Rifle)	CR-123A	6	0.100	0.219	27	15.768	58
Light	AA	2	0.048	0.019	8.55	1.368	16
GPS	AA+½AA	24	0.589	0.729	102.6	52.488	51
Head Set	AA	2	0.048	0.019	8.55	1.368	16
PEQ-2A	AA	2	0.048	0.011	8.55	0.792	9
Night rifle scope	AA Li-FeS	12	0.174	0.68	54	48.96	91
Day rifle scope	DL ½N	1	0.003	0.00006	0.48	0.00432	1
Land Mobile Radio	3600 NiMH	8	2.902	1.15	207.36	82.8	40
P-Beacon	9V	1	0.045	0.049	5.085	3.528	69
Total		69	7.023	3.62	544.3	260.3	48

## 4. 결론

이에 본 연구에서는 우리 군의 개인 휴대용 군용 전원 분야가 직면한 문제점들을 되짚어 보고 다양한 과학적 근거를 바탕으로 국·내외 기술개발 동향과 민간 기술 수준 등의 분석을 통해 선제적으로 검토하고 도입했으면 하는 6가지 개발 및 획득 방향을 제시하였다. 제시한 방안 중 장기적인 관점에서 준비해야 하는 대책도 있지만, 우리 군용 전원 시스템이 난개발(亂開發)되는 것을 막기 위한 군용 전원(전지)의 계열화 및 표준화 사업은 지금 당장 추진할 필요성이 있다. 그 다음으로는 빠른 시일 내에 리튬-이차전지 사용의 확대를 검토할 필요가 있다. 앞서 말했듯 이차전지의 활용은 미군 사례를 보더라도 선택이 아니라 필수요소가 되고 있으며, 민수용 이차 전지 산업의 발전에 힘입어 군용에 맞는 목표성능을 갖춘 이차 전지 개발이 어렵지 않기 때문이다.

끝으로 휴대용 군용 전원의 고성능·소형화·경량화는 단시간에 이루어지는 것이 아니라는 것을 명심하고 앞서 제시한 해결방안들을 구체적으로 실현 가능한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## References

- [1] Korean Standardization Association, Status and Implications of Standardization Activities among Small and Medium- sized Enterprises in the United States, Technical Report, Korea, pp.41-43, 2018.
- [2] Y. H. Lee, "R&D Trends and Technology Development Plan on Portable Fuel Cell for Future Soldier System", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 21, No. 6 pp.618-624, 2020.
- [3] S. H. Cha, Study on Standardization for Batteries and Generators, Technical Report, Defense Agency for Technology and Quality, Korea, pp.33, 2010.
- [4] Committee on Electric Power for the Dismounted Soldier Board on Army Science and Technology Commission on Engineering and Technical Systems, Energy-Efficient Technologies for the Dismounted Soldier, The National Academies Press, United States, 1997.
- [5] Jeremiah Rozman, Urbanization and Megacities : Implications for the U.S. Army, Institute of Land Warfare, The Institute of Land Warfare, U.S.A., 2019.
- [6] Chris Ford, Manwearable Power Sources For Dismounted Applications, UK Overview for NDIA <http://Qinetiq.com>, 2014.
- [7] T. S. Lee, Lithium Primary Battery Industry and Development Trends, Technical Report, Defense Agency for Technology and Quality, Korea, pp.33, 2010.
- [8] National Research Council Committee of Soldier Power / Energy Systems, Meeting the Energy Needs of Future Warriors, National Academies Press, United States, 2004
- [9] D. H. Baek, Development of an Integrated Power System with Long-duration Fuel Cell (DMFC) for Prolonged Power Supply in Personal Portable Devices, Korea Institute of Energy Research, Korea, 2019.

---

곽 윤 기(Yunki Gwak)

[정회원]



- 2009년 8월 : 미. Texas A&M 기계공학과 (공학석사)
- 2017년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부 (공학박사)
- 2019년 4월 ~ 2022년 2월 : 국방기술진흥연구소 현역연구원
- 2022년 3월 ~ 현재 : 국방과학연구소 현역연구원

<관심분야>

방위산업, 이차전지, 전력지원체계, 무기체계