

A study on design for animal X-ray detector using CFRP CNT panel

Suk-Hyun Lee, Hyun-Sung Kim[†] and Seung-Min Kang

General Graduate School, Hanseo University, Seosan 31962, Korea

(Received November 12, 2020)

(Revised December 1, 2020)

(Accepted December 2, 2020)

Abstract Design was developed through user-oriented service design methodology and survey was conducted on material selection criteria for prototype production to select CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics) CNT (Carbon Nano Tube), which was applied to animal X-ray detector panel to design product and develop prototype. Completed prototype with the application of CFRP CNT panel was tested in drop test, frontal external pressure test, and dustproof/waterproof performance to confirm that it can be utilized as a portable animal X-ray detector used in outdoor environment.

Key words CFRP, Carbon, X-ray detector, Product design, Service design

CFRP CNT 패널을 적용한 동물용 X-ray 디텍터 디자인에 관한 연구

이석현, 김현성[†], 강승민

한서대학교 일반대학원, 서산, 31962

(2020년 11월 12일 접수)

(2020년 12월 1일 심사완료)

(2020년 12월 2일 게재확정)

요 약 사용자 중심의 서비스디자인 방법론을 통한 디자인개발을 진행하고 시제품 제작 시 소재 선정 기준에 대해 조사분석하여 선정된 소재인 CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastics) CNT(Carbon Nano Tube)를 동물용 X-ray 디텍터 패널부에 적용하여 제품디자인 및 시제품 개발을 진행하고 CFRP CNT 패널을 적용하여 완성된 시제품을 Drop 테스트, 전면 외압 강도 시험, 방진/방수 성능 시험을 진행하여 야외환경에서 사용하는 휴대가능한 동물용 X-ray 디텍터로 활용이 가능한 제품임을 확인하였다.

1. 서 론

현재 경제성장과 주 40시간 근무제로 인한 여가시간의 증가로 건강에 대한 관심과 스포츠 서비스 산업이 발전하고 있다. 국내의 대표적인 관람스포츠 형태로는 야구, 축구, 농구등이 있지만, 연간 입장객 수에 있어서는 경마, 경륜 등 경주스포츠가 압도적으로 많다[1]. 그중 경마는 사람과 함께 경주마가 중요한 부분을 차지하고 있다. 경주마의 경우 부상을 당하는 경우가 많아 정기적인 진단과 치료가 필요하다. 하지만 말은 무게와 스트레스를 관리해줘야하는 특성상 부상 또는 부상 의심이 있을때마다 동물병원까지 이동하는 것이 쉽지 않아 경주마

를 현장에서 진단하기 위한 동물용 현장진단기기 대한 요구가 증가하고 있고 동물을 진단하기 위해서는 동물용 X-ray 디텍터라는 특수한 장비가 필요하다. 본 논고에서 연구하는 방식은 DR(Digital Radiography-이하 DR) 방식으로 Fig. 1과 같고, DR 디텍터는 X-ray 촬영시 X 선을 투과한 대상의 결과물을 디지털 영상화 하는장치로 X-ray 촬영을 위한 필수 장치이다[2].

최근 제품개발에 있어 견고하고 경량화된 소재에 관한 연구가 활발히 이루어 지고 있고[3,4] 이동형 무선X-ray 디텍터 시장 또한 견고하고 경량화된 소재가 적용된 제품이 주를 이루고 있다[5]. 본 연구에서는 동물용 DR디텍터 사용자의 니즈를 파악 하고 디자인개발과 소재선정을 위한 핵심키워드를 도출하여 이를 적용한 제품을 제작후 제품테스트를 통해 동물용 X-ray 디텍터로써 활용성을 알아보고 이를 보고하고자 한다.

[†]Corresponding author
E-mail: khs102402@naver.com

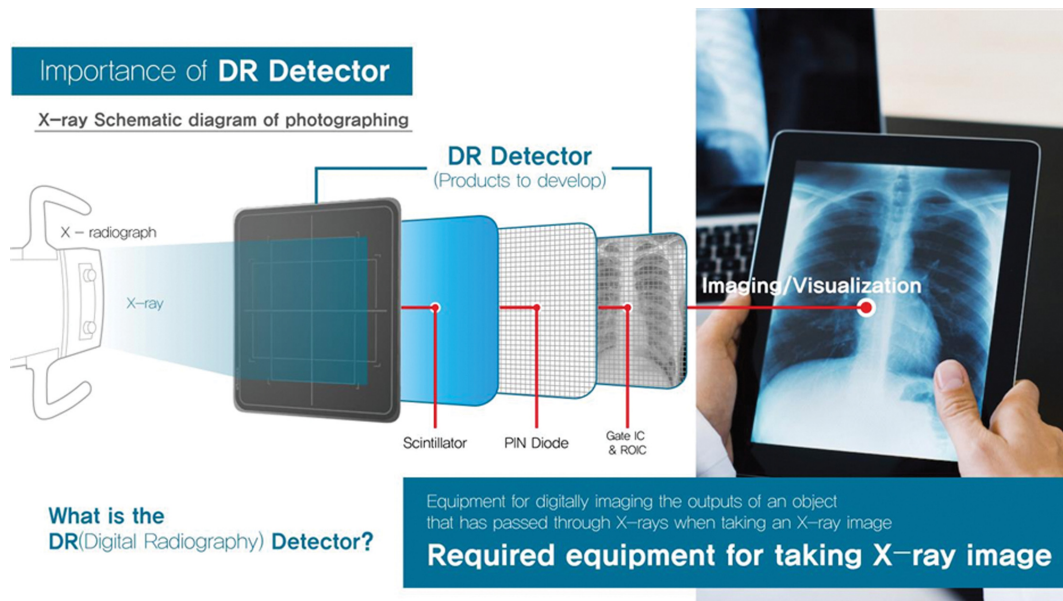


Fig. 1. Importance of DR detector [2].

2. 디자인개발 및 실험

2.1. 핵심키워드 도출

동물용 DR 디텍터를 개발 연구하기 위해 서비스디자인 프로세스인 영국 디자인 카운슬의 더블 다이아몬드 프로세스를 적용하여 Fig. 2와 같이 ‘발견-정의-발전-전달’하기로 핵심키워드를 도출 정의하여 연구 목적을 달성한다.

데스크 리서치를 통해 국내외 X-ray 디텍터 시장상황을 조사분석하여 빠른 성장속도와 필요성을 확인하고 심층인터뷰를 진행하였다. 조사 인원은 13명(수의사10명, 수의간호사3명)으로 경주마용 DR 디텍터의 특성상 사용자는 경주마 진단 전문가로 한정되어 있어 소수로 진행하였다. 심층인터뷰를 통한 결과로 핵심키워드를 단어구름 기법을 통해 키워드를 Fig. 3과 같이 나타내 보았다.

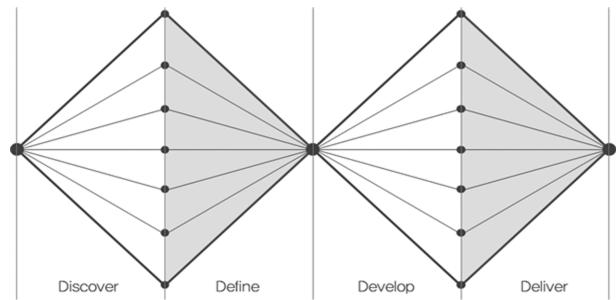


Fig. 2. Double diamond design process [6].

이와 동시에 이해관계자 맵을 통해 제조사, 디자이너, 사용자간의 이해관계를 Fig. 4과 같이 도식화하여 분석하였다. 제조사는 기술/디자인을 통해 매출성장을 필요하였고, 사용자는 방수/방진, 견고함, 경량화등 현재 DR디텍터 사용시 문제요소가 해결되는 방향을 원하고 있었다.



Fig. 3. Service design in wordcloud _ Interview Keyword.

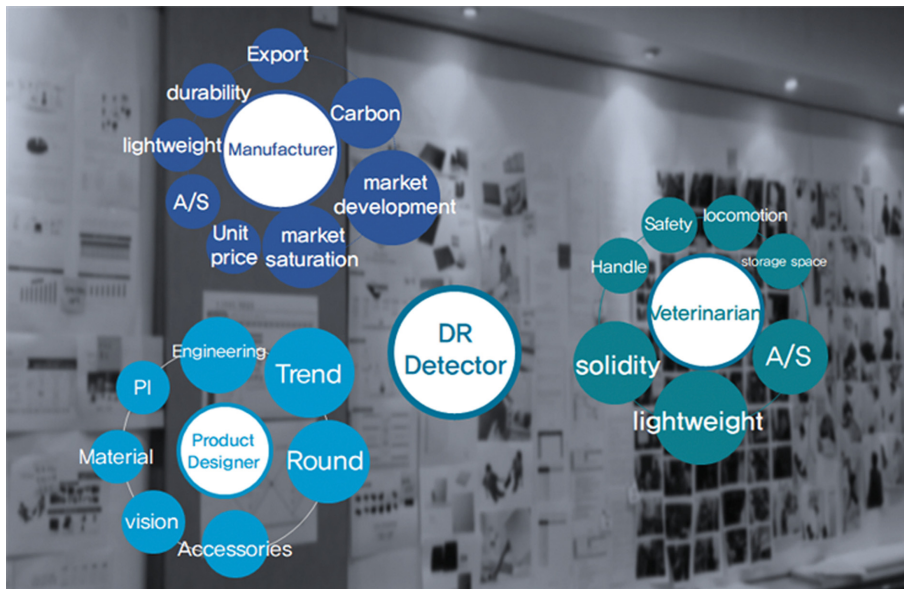


Fig. 4. Interested person map.

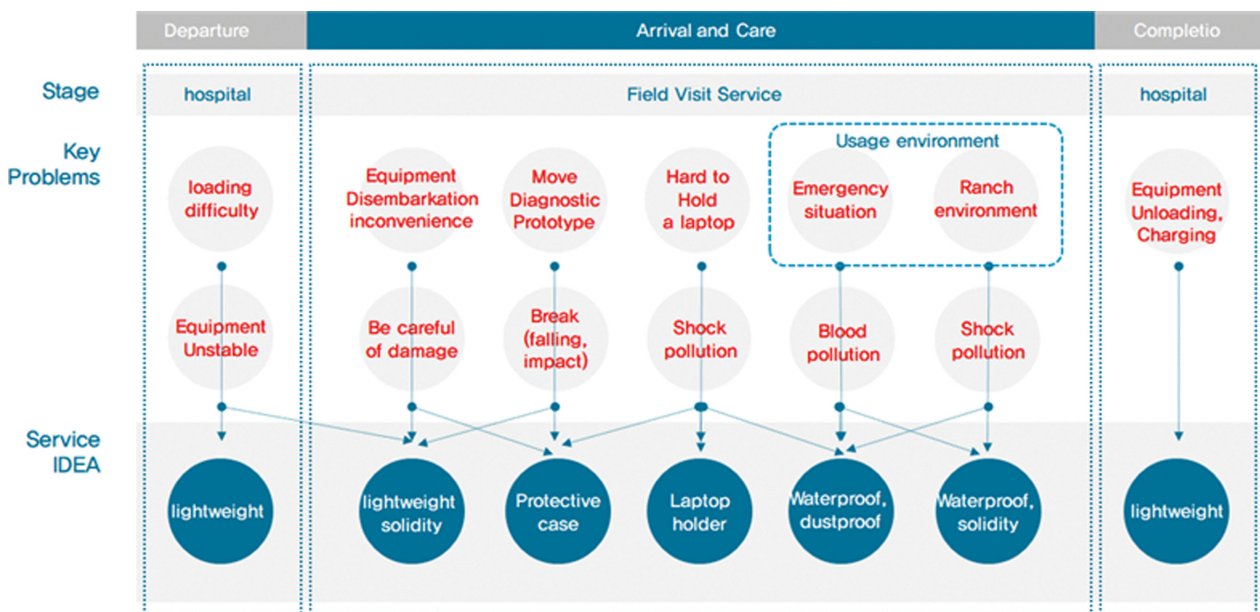


Fig. 5. User journey map.

DR 디렉터를 사용하기까지 여러 가지의 단계를 나타낼 수 있는 사용자 여정맵을 통해 사용자의 경험을 시각화 하여(Fig. 5) 출발-도착-완료로 나누어 사용환경에 따른 사용자의 불편사항과 제품개발 아이디어를 도출하였다.

2.2. 소재선정

사용자 심층인터뷰, 이해관계자맵, 사용자 여정맵을 통해 경량화, 내구성, 방진/방수, 견고함이라는 핵심키워드를 도출했다. 도출된 결과를 토대로 사용자의 요구에 맞추어 DR 디렉터의 가장 큰부분을 차지하는 전면패널부

분의 소재를 CFRP CNT로 선정하였다. 동물용 DR 디렉터는 현장으로 직접 이동하여 진단하는 기기로 이동에 용이하도록 경량화와 이동시 파손위험으로 인한 견고함

Table 1 Durability test result by material (% of success)

Al	75.0 %
Carbon	100.0 %
Mg	8.0 %
Steel	62.5 %
Ti	0.0 %
Sum	48.8 %

을 갖추기위해 제품 소재로 알루미늄, 마그네슘, 스틸, 카본복합재가 사용되고 있다[2]. 기존 연구중 알루미늄, 마그네슘, 스틸, 카본복합재 내구성 시험에 대한 보고를 활용하여, 각 소재의 결과를 활용하고자 하였다(Table 1).

Table 1은 내구성 시험 최종결과를 나타내고 있다[7]. 전체내구성은 48.8 %로 절반 이하의 수준으로 마그네슘 합금 재질은 프레임 합격률이 8.0 %인 반면, 카본복합재의 경우에는 합격률이 100 %에 달해 큰 대조를 보이고 있다. 카본복합재는 금속재질에 비해 조형하기가 쉬워 다양한 디자인이 가능하고, 부식에 강하며 가볍다는 장점을 가지고 있지만 지속적인 충격이나 순간적인 충격에 취약하여 잘 깨지기 쉽다는 단점이 있지만 이단점을 보완한 CFRP로 개발된 CNT 소재가 개발되어 사용되고 있다. 기존 CNT와 CFRP CNT 인장 강도 시험한 연구 결과 보고 데이터 시험결과를 Fig. 6에 첨부하였다[8].

기존 CNT 프레임은 741.2kg에서 파괴되는 반면 CFRP

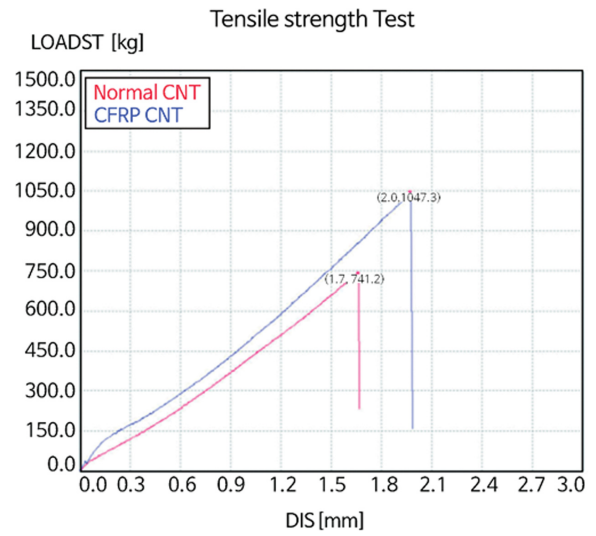
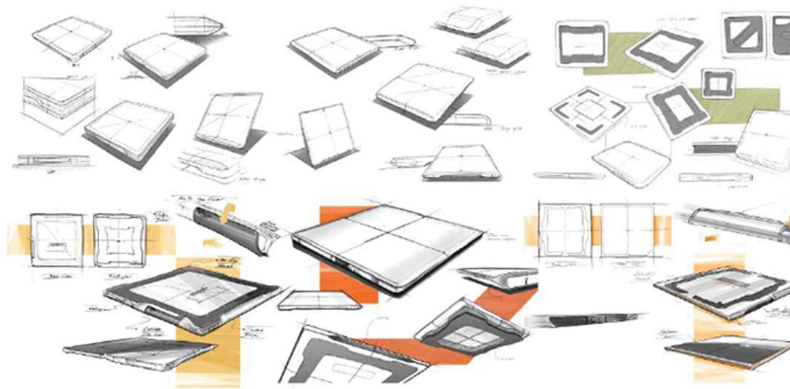


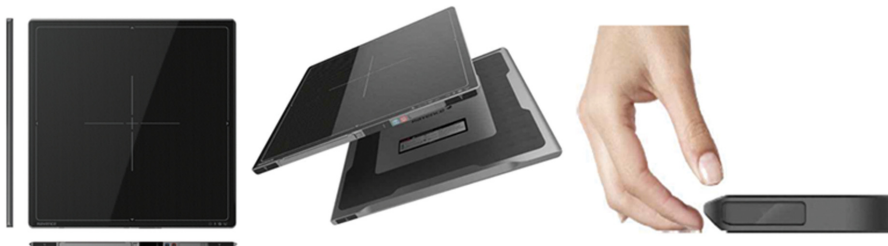
Fig. 6. Tensile strength test result of normal CNT and CFRP CNT [8].



(a) Idea sketch based on draft



(b) Development of front panel design using CFRP CNT (3D rendering)



(c) Final design draft (3D rendering)

Fig. 7. Design development of animal DR detector through idea sketch and 3D rendering.

CNT 프레임은 1047.3 kg에서 파괴되는 것을 보여주며 인장강도가 높게 나온 것을 볼 수 있다. 위의 서비스디자인 리서치 통해 도출된 핵심키워드에서 보듯이 내구성과 견고함이 중요한 키워드로 도출되어 위와 같은 특성을 가지고 있는 CFRP CNT 소재를 DR 디텍터 패널소재로 적용이 적합한 소재로 선정하였다.

2.3. 디자인개발

CFRP CNT 소재를 적용하여 디자인개발을 Fig. 7과 같이 진행하였다.

도출된 핵심키워드와 사용성 및 제작 가능성을 고려하여 평판 형태로 아이디어 스케치를 전개(Fig. 7(a))하고 3D 모델링 및 렌더링을 통해 시안 디자인을 전개하였다. (Fig. 7(b), (c)) 평면제품인 DR 디텍터가 평면의 바닥에 있을시 제품을 쉽게 들어 올리고 제품 낙하 및 충격분산에

용이하도록 Fig. 7(c)에서 보는 바와 같이 옆면을 Curve 형태로 디자인하여 전면패널을 CFRP CNT를 적용하여 시제품을 개발하고 Fig. 4에서 도출된 문제요소 테스트를 위해 방수/방진성능 시험, 전면 외압 강도시험, Drop 테스트를 진행하였다.

2.4. 물성 실험

Drop Test는 SEJONG FA사의 SJ-DROP-T1를 활용하여 (23 ± 1) °C, (41 ± 2) % R.H. 환경조건에서 Table 2와 같이 6회 테스트를 진행하였다.

전면 외압 강도 시험은 MTS사의 27Kn 모델을 활용하여 (26 ± 1) °C, (37 ± 1) % R.H. 환경조건에서 Table 3과 같이 10회 실시하였다.

방진/방수 성능시험은 각각 Daekyung Engineering의 DOC-300DSEM와 Blancett사의 110-875를 활용하여 Table

Table 2
Drop test

- 1) Product to test : 1012WCC/WGC
Test Location : Ansan SGS Laboratory
- 2) Test conditions
 - A) Weight: 1.68 kg
 - B) Drop height: 1.2 m
 - C) Sides to drop: 6 sides
 - D) Number of drops: 6 times



< Drop Test >

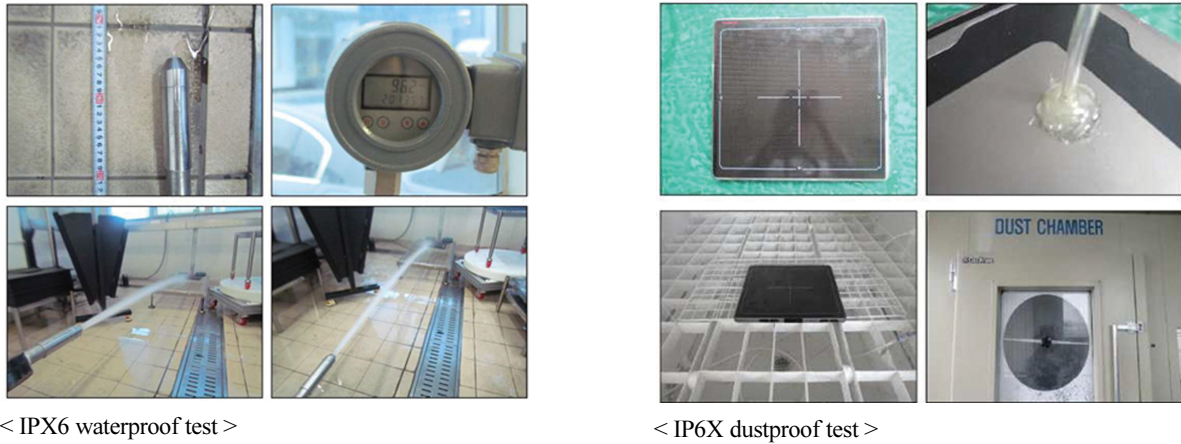
Table 3
Frontal external pressure intensity test

- Test Location : Ansan SGS Laboratory
- Product to test : 1012WCC/WGC
- Test result
 - A) Apply pressure to the front of Detector Active Area with 300 kgf load (Acquire Dark Image before/during/after pressurization)
 - B) Pressing time: 1 minute, Test performed 10 times.



Table 4
Dustproof/waterproof performance test

- Test conditions
- A) IP code : IPX6 / IP6X
- B) Delivery rate : 100 L/min ± 5 %
- C) Spray angle : Spray ± 180° from vertical
- D) Displacement : From the nozzle to sample's surface (2.5~3) m
- E) Test time : 3 min
- F) Test point : 4 point
- G) Status of product : Unpackage / Non operation



4와 같이 테스트를 진행하였다.

3. 결과 및 고찰

서비스디자인 방법론을 통해 핵심키워드를 도출 핵심 키워드를 바탕으로 CFRP CNT 소재를 선정하여 DR 디텍터 디자인개발을 완료하고 Fig. 8(a)와 같이 시제품 제작 설계를 진행 후 시제품을 제작하였다(Fig. 8(b)).

Table 1의 내구성 시험 결과와 Fig. 8의 인장강도 시험 결과에서 볼수 있듯이 CFRP CNT는 기존 CNT보다 높은 인장강도와 내구성을 보이는 특성을 가지고 있어 위와 같이 CFRP CNT 소재 패널이 적용되어 제작된 DR 디텍터 시제품을 Drop Test에서 Table 2와 같이 사용자가 손에 휴대하고 이동을 하다가 제품이 낙하하여 파손

될 수 있는 높이(1.2 m)로 6회 진행되었으며 이상조건 없음을 나타내었다.

전면 외압 강도 시험의 기준은 DR 디텍터 시장의 선진기술을 보유하고 있는 일본의 FUJI FILM 디텍터의 기준인 300 kgf를 기준으로 1분간 총10회 실시하여 디텍터 외관, Panel, Dark Image 이상 없음(Table 3) 결과를 도출하였다.

CNT의 함량 증가에 따른 방수특성을 시험한 기존 연구결과 보고에 따르면 입자의 크기가 작고 소수성인 CNT의 특성이 물과 먼지의 침투를 막아버리고 물과의 접촉 면적을 줄이는 특성을 나타내고 있는[9] CFRP CNT를 적용한 DR 디텍터의 방진/방수 성능 테스트(Table 4)의 경우 외부 사용환경(먼지 및 날씨 등)을 고려하여 IP66을 기준으로 테스트가 진행되었다. IP66 등급은 먼지로부터 완벽하게 보호되고 모든 방향의 높은 압력의 분사

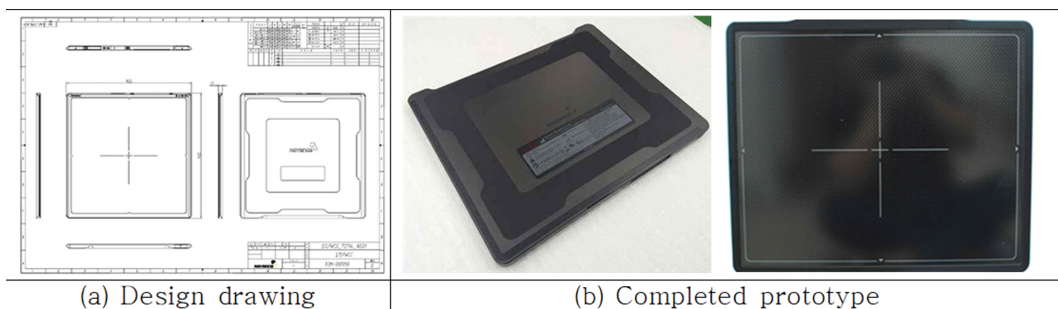


Fig. 8. Animal DR detector prototype production.

되는 물로부터 보호됨을 말하고[10] 테스트 결과 IP66 등급을 획득하여 외부의 사용환경에서 사용이 가능하다는 것을 보여주었다.

위와 같이 3가지 테스트를 진행하여 완성된 CFRP CNT 소재 패널이 적용된 동물용 DR 디텍터의 종합적인 결과는 야외환경에서 활용이 가능한 제품임을 볼수 있다.

4. 결 론

서비스디자인 방법론을 통해 핵심 키워드를 도출하여 사용자의 니즈를 정확히 파악적용하여 동물용 DR 디텍터의 외형 디자인과 적합한 소재인 CFRP CNT를 전면 패널에 적용하여 시제품을 제작하였으며, 완성된 동물용 DR 디텍터 시제품을 사용자의 사용환경을 고려하여 제품 테스트를 진행하였다. 종합적인 테스트 결과 야외환경에서 적용이 가능한 제품이라는 결과를 얻었다. 본 연구가 기존의 공급자 중심이 아닌 사용자 중심에서 제품을 개발 진행함으로써 새로운 소재를 선정하고 적용하여 기능적 측면에서 우수한 결과를 보여줌으로써 DR 디텍터 시장에서 상대적으로 선진국에 비해 제품디자인개발이 저조하여 국산품 이미지 저하로 이어지던 DR 디텍터 시장에 새로운 방향을 제시할수 있을 것을 기대된다.

References

- [1] T.-Y. Ahn, "The direction of recognition and improvement of racing industry problems", A thesis on domestic master's degrees, Sogang University Graduate School of Education (2013) 1.
- [2] S.-I. Song, "A Study on the development of 'Radio X-ray Detector' design for the field diagnosis service market", J. Korean Cryst. Growth Cryst. Technol. 27 (2017) 196.
- [3] <http://www.kidd.co.kr/news/204636>.
- [4] D.W. Kim, G. Jeong, J.H. Lim, J.W. Lim, B.M. Yu and K.S. Lee, "A lightweight design of the spar cap of wind turbine blades with carbon fiber composite and ply reduction ratio", JASE 12 (2018) 66.
- [5] http://kr.aving.net/news/view.php?articleId=1245126&Branch_ID=kr&rssid=naver&mn_name=news.
- [6] <https://www.designcouncil.org.uk/news-opinion/design-process-what-dou Bloom-Bloom>.
- [7] K.B. Kwon and S.K. Cheong, "Fatigue characteristics of bicycle frames depending on types and materials", J. Korean Soc. Saf. 32 (2017) 8.
- [8] S.-H. Park, S.-I. Song and S.-M. Kang, "A study on the suitability of CFRP CNT and bicycle analyzed through service design methodology", J. Korean Cryst. Growth Cryst. Technol. 28 (2018) 271.
- [9] J.-H. Kim, D.-J. Kwon, P.-S. Shin, Y.-M. Baek, H.-S. Park, S.-O. Moon and J.-M. Park, "Improvement on interfacial, thermal, and water resistance properties of wood sandwich composites for stone bed using CNT-animal glue adhesive", Composites Research 30 (2017) 235.
- [10] <https://ko.wikipedia.org/wiki/IP>.