

I-123 핵종생산장치 시스템 설계

정현우** · 유재준** · 김병일* · 전권수* · 이지섭* · 박현*

최준용* · 오세영* · 방상권* · 이동훈**

*한국원자력의학원, **동명대학교

Design of I-123 Nuclide production system

Hyun-Woo Jung** · Jae-Jun You** · Byung Il Kim* · KwonSoo Chun* · Ji-Seub Lee* ·

Hyun Park* · JunYong Choi* · Se-Young Oh* · Sang-Kwon Bang* · Dong Hoon Lee**

*Korea Institute of Radiological & Medical Sciences, **TongMyung University

E-mail : ldh5522@tu.ac.kr

요 약

30MeV Cyclotron의 양성자가 Xe-124 기체 표적 시스템에 조사될 때 가능한 핵반응을 적용하여 Xe Gas를 GPM으로부터 Target으로 까지 전송하는 시스템을 설계하고 제작하였다 시스템 설계는 크게 4파트로 나누어 설계하였다. 각각의 하드웨어 부분은 솔리드웍스를 이용하여 설계하였다. Target은 헬륨으로 Havor Foil을 쿨링시키게 설계했고 물은 타겟에 들어간 Xe Gas를 조사 시 높아 지는 온도를 식혀주는 역할을 하게 제작하였고 온도센서와 압력센서를 장착하여 눈으로 확인할 수 있게 제작하였다. GPM(Gas Process Manifold)은 Xe Gas를 운반하도록 준비하는 부분이며 Xe Gas를 담고있는 부분과 불순물을 제거하는 부분이 있다 HCS(Helium Circulation System)은 헬륨을 이용하여 각파트를 클리닝 하고 냉각시켜 준다. 이러한 각 부분들을 PLC로 제어하게 하여 유지보수시의 편리성을 추구하였고 PC Vue를 사용하여 SIEMENS PLC를 더욱더 안전하게 인터페이스하게 하였다.

ABSTRACT

Xe Gas is moved to Target from GPM. It is Used to feasible nuclear reaction from proton of 30MeV Cyclotron being investigated by the Xe-124 Gas target System. This system is divided into four parts. Hardware was constructed by solidworks and Helium Supply is to cool the Havor Foil. Water has the job of cooling down the temperature when Xe Gas is being investigated in the target. Temperature and pressure gauges are attached to be checked easily. GPM(Gas Process Manifold) has the part that prepares to transport Xe Gas. There are Storage Vessel that stores Xe Gas, the cold trap that filters humidity and impurity and lastly storage vessel that temporarily stores Xe Gas. HCS(Helium Circulation System) using the Helium to cleaning and cooling. these parts are used to SIEMENS PLC and Pcvue Program. Because It is more comfortable and easy maintenance.

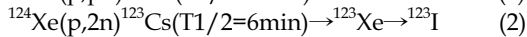
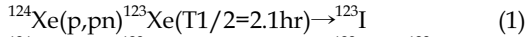
키워드

I-123, Xe Target, PC Vue, Radiopharmaceuticals, radiation, production system

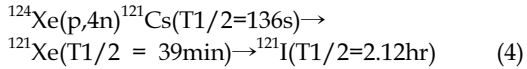
1. 서 론

I-123 생산장치는 I-123을 만들 때 종사자의 피폭량을 줄이고 일정한수율과 고순도의 방사성의 약품을 만들기 위하여 제작된 시스템이다

30MeV Cyclotron의 양성자가 Xe-124 기체표적에 조사될 때 가능한 핵반응은 다음과 같다.



I-123의 주된 생성은 핵반응 (1)과 (2)에 의하며 (3)의 핵반응 단면적은 무시할 수 있을 정도로 작다. 방사학적 순도는 High Purity Germanium 검출기와 multichannel analyzer를 이용하여 I-121 ($\gamma = 212\text{KeV}$)과 I-123($\gamma = 159\text{KeV}$)을 확인할 수 있다. 예상되는 주 불순핵종은 I-121과 I-125이다.



최근 I-121은 (4) 식의 핵반응으로 생성되며 최종적으로 Te-121로 붕괴되고 반감기가 2.1시간임으로 그 양은 calibration date(2일 후)를 기준으로 $1 \times 10^{-7}\%$ 이다.

I-125는 $^{126}\text{Xe}(p,2n)^{125}\text{I}$ 핵반응으로 생성되고 반감기가 59.9일이므로 농축표적 기체의 Xe-126의 함량은 0.02% 이하여야 한다. 또한 원자력의학원에서는 빔을 집중하거나 수평이동 할 수 있는 조 절요소와 빔의 모양과 전류를 측정할 수 있는 빔은 switching-magnet의 중앙을 향하도록 포일의 방위각을 조절한다. 스위칭 마그넷은 빔을 수평방향으로 경로를 변화시켜 두 개의 빔 라인 중 원하는 빔 라인에 정열이 되도록 한다. 콜리메이터는 빔의 가장자리를 잘라 빔의 크기를 조절하여 표적외의 다른 부분에 조사되어 방사화되는 것을 방지한다. 이러한 반응을 바탕으로 전체적인 시스템을 설계하여 PLC로 각각의 파트에 있는 밸브들과 센서들을 제어 하고 테스트 했다.

II. SolidWorks를 이용한 하드웨어 설계

SolidWorks는 직선이나 곡면이 혼합된 복잡한 입체도 간단하게 설계 할 수 있는 프로그램이다. AutoCAD가 2D도면작업에 편리한 장점이 있다면 SolidWorks는 2D와 3D 두 가지 모두 편리하게 작업 할 수 있는 장점이 있다. 또한 Simulation기능이 SolidWorks자체에 내장되어 있어 3D로 작업 한 도면이 실제 제작 되었을 때 문제점 같은 부분들이 어떻게 작용할지 미리 알 수 있다. 설계는 크게 4파트로 나누었다. 각각 GPM, WPM, Target, HCS 부분으로 나누었으며 각각의 부분들은 모두 SolidWorks로 설계하여 3D로 나타내었다. 따라서 각 부분의 문제점들을 손쉽게 볼 수 있었고, SolidWorks에 있는 자체 Simulation기능을 이용하여 열해석, 유체해석, 응력 등을 분석하여 제작 시 실패율을 줄였다.

III. Target과 GPM, WPM설계

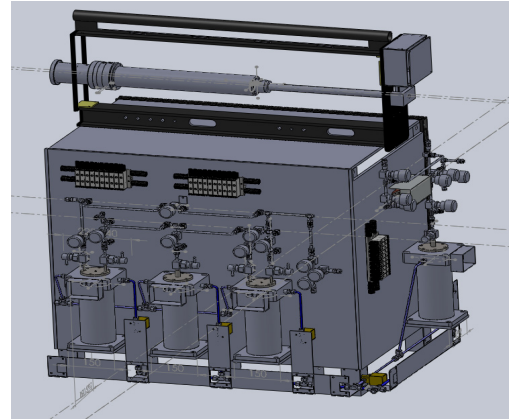


그림 1. Target & GPM

1. Target

Target은 소모품인 Havor Foil을 주기적으로 교체해 주어야 한다. 그러나 Target Room에는 높은 방사선이 나온다. 따라서 Target을 Target room에서 빠르게 분리하려면 탈부착이 매우 용이해야 한다. 그러므로 Target Cradle을 이용하여 탈부착을 쉽게 하고 각 부분의 Signal들을 체크하기 쉽게 설계하였다. Target Cradle은 Target을 빔 조사 시 지탱해주고 각각의 신호들을 PLC로 보내는 역할을 한다. Target에는 Thermocouple Signal Cable과 Heater Signal Cable, Bellows Valve Signal Cable등 많은 신호선들이 PLC에 전달되어야 한다. 이로인해 Target Cradle은 탈부착이 용이하게 제작하고 각각의 Signal들은 Control Box를 두어 관리하게 설계하였다.

2. WPM

Target 아래쪽에 있는 GPM은 Gas Process Manifold의 약자로서 Xe가스를 Target에 손실 없이 안전하게 보내주는 역할을 한다. GPM에는 각각의 밸브들과 Cold trap, Storage vessel이 있다. Storage vessel은 사용하지 않을 때 Xe 가스를 잡아둔다. GPM에서 Storage vessel은 총 2개가 있는데, 그 이유는 Xe 가스가 각 부분을 거쳐 Target으로 들어갈 때 손실을 막기위해 Target 바로 밑에 Storage vessel을 하나 더 두어 Xe 가스가 Target까지 최대한 많은 양이 손실 없이 가기 위해 하였다. 또한 Storage vessel에는 LN2(액체 질소)가 들어가고 Heater로 열을 가열하므로 Thermocouple과 Pressure gauge가 각각 달려있다.

WPM은 Wash Process Manifold의 약자로 Hot Cell에 있다. Target에서 생산된 I-123을 회수하여 최종적으로 I-123을 생산하는 장치이다. WPM에

는 2개의 Vessel이 있고 이 Vessel들은 각각 탈산 소화된 세척용수(세척용수는 약한 암모니아)와 Target에서 돌아오는 세척용수(I-123이 섞여있는 용수)를 임시로 받아두는 곳이며 I-123이 섞여있는 용수는 알루미늄아 쿨럼을 통하여 농축된다. 알루미늄아 쿨럼은 I-123의 수집을 수월하게 하기위해 고정되어 있다. WPM에는 3-way Valve가 있다. 3-way Valve를 통하여 세척수가 vessel에 채워지고, 추출액을 통과시키며 케타이온쿨럼을 통해 최종 Product Vial로 이동한다. WPM은 Hot Cell에 있는데 Hot Cell에서 다른 방사성의약품을 생산해야 하므로 크기를 최소화하여 설계하였다.

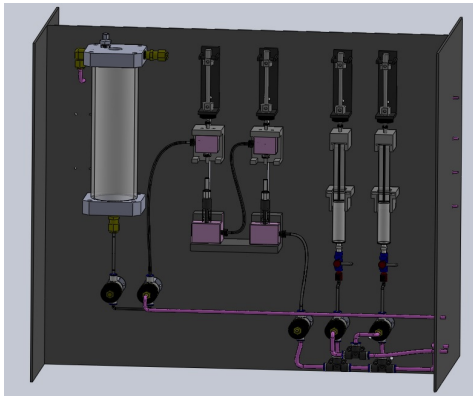


그림 2. WPM

IV. UI 설계 제작

UI의 메인화면은 생산에 필요한 모든 것들이 스며들어 있어야 한다. PC Vue로 제작한 UI화면은 그림 3.과 같고, Target Room과 Hot Cell로 나뉘어져 있다. 조사 시 필요한 타겟 내부의 압력과 온도, 밸브, 펌프등과 같은 전기적 신호로 작동하는 것들은 대부분 UI에 있다. HCS는 대부분 레귤레이터같은 눈으로 보고 확인하는 부분이 많아서 간단하고 그림 3.에서 보는것과 같이 간단하게 표현되었다. GPM파트에는 THERMOCOUPLE이 3개가 있다. 따라서 이 3개의 THERMOCOUPLE값을 이용하여 UI에서 한눈에 볼 수 있게 제작하였다. 또한 각각 온도, 유량, 레벨, 커런트 들을 모아서 한눈에 바라볼 수 있는 팝업창과 압력게이지를 볼 수 있는 팝업창 Dewar Bottle에서 나오는 온도들을 체크할수 있는 팝업창으로 나누어 메인 화면에서 나타나 있는 값들을 파트별로 나누어 쉽게 볼 수 있게 제작 하였다. PLC에서 들어오는 각각의 시그널들을 PC Vue 화면상에서의 아이콘들에 각각 주소값을 부여하고 통신하였다. 통신방식은 PC Vue에서 가장 흔히 쓰이는 XBUS-IP-MASTER를 사용하였고 time out은 1초로 지정하였다. Node 설정은 네트워크 파라미터 설정에서 ETHERNET의

XBUS-IP-MASTER의 세부 설정사항이다. 우리는 MODBUS의 10진수로 값을 받아서 좀더 편하게 이 값들을 UI에서 처리했다.

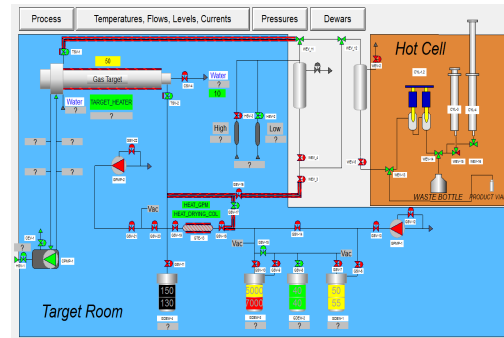


그림 3. UI

V. 결 론

감상선암과 알츠하이머 환자가 몇 년 사이 엄청난 숫자로 늘어나고 있는 요즘 I-123의 필요는 절실하다. 본 연구는 방사성의약품인 I-123을 생산하는 장치를 설계하였다. 기능에 따라 4파트로 나누어진 I-123핵종 생산장치는 테스트를 토대로 잘 설계 되었고, PLC로의 하드웨어 제어 또한 잘 되었다. 제작된 하드웨어는 충분한 Leak Test를 거쳐 안정성을 확인하였다. Target부분은 Simulation을 통하여 안정성과 성능이 검증되었다. 생산된 I-123은 FP-CIT와 MIBG합성용으로 쓰인다. 해외에서도 I-123핵종생산장치 기술을 가진 국가는 많이 없다. 보통 우리나라는 I-123의 반감기를 고려하여 일본에서 주로 수입해온다. 일본에서 들여오는 I-123 상당부분이 국내시장을 점유하고 있다. 국내의 기술력이 없는 현재 해외에 의존하던 이 기술력을 I-123 자동화 System으로 인해 낮은 가격대의 I-123을 대량으로 국내 업체에 안정적으로 보급할 수 있을 것이다. 한국형 장비로 해외시장 진출을 희망해 본다.

참고문헌

- [1] Lindner L, Brinkman G, Suer THG, Schimmel A, Veenboer CJ, Karten FHS, Visser J, Leurs CJ, "Radiopharmaceuticals and Labeled Compounds, IAEA, 1: 308-316, 1973
- [2] Firouzbakht ML, Schyler DJ, Wolf AP, Effect of foil material on the apparent yield of the 124Xe (p,x) 123I reaction Appl Radiat Isotopes, 741-745, 1992
- [3] F. Helus, S.A. McQuarrie, T.J. Ruth, Proceedings of the 2nd Workshop on

- Targetry and Target Chemistry, DKFZ
press Dept, 22-25 September, 1987
- [4] Fateh B, Investigation of hydro dynamical
behavior of gaseous material which put
in front of the high proton beam and
designing gas target for producing ^{123}I
radioisotope, Ph.D. thesis, Amir-Kabir
University, 2000
- [5] V. Bechtold, Proceedings of the 13th Int.
Conf. on Cyclotrons and their Applications,
p. 110, July 6-10 1992
- [6] 김재홍, 전권수, 이동훈, 사이클로트론을 이
용한 의료용 동위원소의 생산 및 응용, 물
리학과 첨단기술의 세계, 2004