

논문 2005-42SC-6-6

마이크로 전자빔 개별 세포 조사장치의 세포 영상 획득 및 위치 제어

(Cell Image Acquisition and Position Control of the Electron
Microbeam System for Individual Cell Irradiation)

박 승 우*, 이 동 훈**, 홍 승 홍***

(Seung Woo Park, Dong Hoon Lee, and Seung Hong Hong)

요 약

개발된 마이크로전자빔 조사장치는 100KeV 이하의 에너지를 갖는 전자를 세포의 핵에 0.2Gy 이하의 양으로 조사한 후 저준위 방사선에 대한 세포의 생물학적 영향을 해석하기 위해 고안된 시스템이다. 방사선의 생물학적 영향 평가에 유의한 통계성을 확보하기 위해서는 조사되는 세포의 수가 10,000개 이상이 되어야하고 실험 세포의 수명 및 방사선 피폭 후 영향 발현 관찰 시기 등을 고려할 때 시간당 10,000개 이상의 세포 조사가 요구된다. 10,000개 이상의 세포 조사를 위해서는 $320 \times 240 \mu\text{m}^2$ 범위 내에 20개 정도의 세포가 분포하는 프레임을 500번 이상 이동하여야 한다. 본 논문에서는 장치 운영을 위한 사용자 인터페이스와 함께 효율적인 조사 알고리즘을 이용한 세포 자동 인식과 위치 제어를 구현하고 검증하였다.

Abstract

An electron microbeam system has been developed to investigate the biological effect of cells by irradiating cell-nuclei with low-energy and low-flux electrons. It is essential to discern the cell nucleus from its cytoplasm and the culture medium and to locate it exactly onto the beam exit. The irradiation speed at more than 10,000 cells per hour is another requisite for the observations on cellular response to have good statistics. Long-time labor with patience and high concentration is needed since the frames of $320 \times 240 \mu\text{m}^2$ should be moved more than 500 times for irradiating more than 10,000 cells per an hour. This paper describes the electron microbeam system with a focus on the user interfaces concerning the process of automatically recognizing the cell nuclei and injecting electron beam into the target cell nuclei at the irradiation speed of more than 10,000 cell nuclei per hour.

Keywords : microbeam, cell irradiation, target tracking

I. 서 론

저선량 방사선 피폭 환경에서 생체의 방사선에 대한

반응은 구성 개체인 세포의 방사선 피폭 상황에 의해 결정된다. 학문적으로는 현재까지 발전소 및 방사선 종사자의 작업 환경 내에서 피폭가능한 수준의 저선량에서는 방사선으로 인한 발암 증가의 증거가 불분명하지만 최근 일본 JOC 사고, 위성 중수 누출 등으로 일반 국민은 물론 원전 종사자 중에서도 방사선에 대한 불안감이 높아지고 있으며, 이를 해소하기 위해서는 암 등 질병발생의 증가 여부에 저선량 방사선이 어떠한 관여를 하는지에 대한 증명이 필요하다. 이를 위하여 저선량 방사선과 생체영향의 관계에 대한 명확한 답변을 제시할 수 있는 연구의 필요성이 증가하고 있다.

* 학생회원, *** 정회원, 인하대학교 전자공학과
(Department of Electronic Engineering, Inha University)

** 정회원, 원자력의학원 방사선의학연구센터
(Radiation & Medical Sciences Research Center, KIRMS)

※ 본 연구는 과학기술부 원자력중장기 연구 개발 사업의 “저선량에서 미시적 선량분포 특성화” 과제의 일환으로 수행되었음.

접수일자: 2005년8월11일, 수정완료일: 2005년11월10일

1990년대 중반 이후부터 가속장치를 이용한 저준위 방사선에 대한 세포의 생물학적 영향을 해석하기 위한 연구가 진행 중이다. Texas A&M 대학^[1]과 콜롬비아 대학^[2]에서는 반테그라프에서 발생하는 양성자 마이크로빔을 이용한 연구가 진행중이고 영국의 Gray 연구소에서는 1.5KeV X-rays를 이용한 마이크로빔에 대한 연구가 진행 중이다. 본 논문에서는 100Kev이하의 전자선을 이용한 저준위 방사선에 대한 세포의 생물학적 영향을 해석하기 위한 즉, 저선량 방사선이 유해한지 유의한지를 규명하기 위한 마이크로빔시스템을 구축하였다.

세포의 생물학적 영향 평가의 타당성을 위해서 시간당 10,000개 이상의 세포를 조사 할 수 있어야 할 것으로 사료된다. 이를 위해서 표적이 되는 세포핵을 인식하고 세포핵의 위치를 전자빔의 출구 부분으로 자동으로 이동하는 기술은 필수적이다. 그동안 세포 검사를 전체 혹은 부분적으로 자동화하는 많은 시스템이 개발되었다.^{[3][4]} 대부분의 세포 인식 시스템은 영역 분할, 분할된 영역에서의 특징 추출, 인식으로 구성되어 있다. 하지만 인식 대상인 표적 세포의 종류가 다양하므로 조사 대상이 되는 세포가 바뀌게 되면 세포 인식이 어렵다는 문제점이 있다. 더욱이 기존의 세포검사를 목적으로 개발된 세포 자동인식 시스템은 표적이 되는 세포의 이상유무 혹은 종류 판별의 용도로 개발되어 세포의 상대적 위치 값이 필요한 전자 주사장치에 적용하기에는 적합하지 않다. 또한 기존의 자동화 시스템은 이동 영역이 소수의 프레임으로 한정되어 있다. 마이크로전자빔을 이용한 실험에 있어서 생물학 연구자가 10,000개 이상의 세포에 전자빔을 주사하기 위한 좌표설정을 위해서는 $320 \times 240 \mu\text{m}^2$ 범위 내에 20개가량의 세포가 분포하는 프레임을 500번 이상 이동 하여야 함으로 오랜 작업의 지루함과 높은 집중력을 요하게 된다. 이를 해결하기 위해 하나의 프레임 내에서 세포의 자동인식 뿐만 아니라 다른 영역의 프레임으로의 이동과정 또한 자동화하였다. 또한 빠른 시간 내에 세포의 종류에 구애 받지 않고 세포의 핵만을 인식하도록 하였다.

II. 마이크로 전자빔 개별세포 조사장치

원자력의학원에서 개발하여 운영 중인 마이크로전자빔 조사장치는 100KeV 이하의 에너지를 갖는 전자를 배양 용기의 세포를 선별하여 0.2Gy 이하의 작은 양으

로 조사한 후 저준위 방사선에 대한 세포의 생물학적 영향을 해석하기 위한 시스템이다.

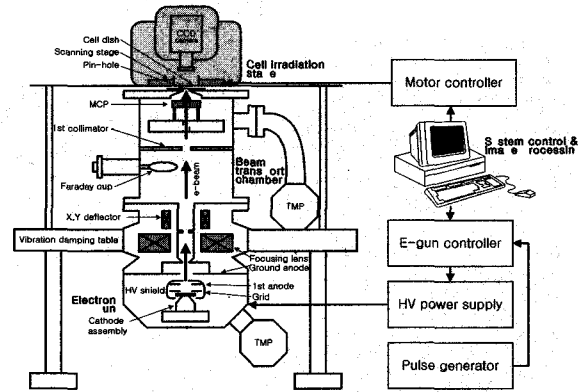


그림 1. 마이크로 전자빔 개별 세포 조사 장치의 구성

Fig. 1. Schematic diagram of the electron microbeam cell-irradiation system.

마이크로 전자빔 개별 세포 조사 장치의 개략적 구성은 그림 1과 같다. 장치의 구성 요소는 (1) 전자빔 발생 장치인 전자총(electron gun), (2) 전자빔 전송용 진공함 (beam transport chamber), (3) 세포 조사대 (cell-irradiation stage) 및 (4) 세포 영상 획득 (cell image acquisition) 및 세포 위치 제어(cell position control) 장치로 구성된다.^[5] 세포 조사대에는 바닥 물질이 마일라로 제작된 세포 배양 용기(cell dish)가 놓이고 용기 내 세포의 영상을 CCD 카메라로 획득하여 각 세포의 빔 좌표에 대한 상대 위치를 기록한다. 조사 표적 세포들을 전자빔 출구 상단에 순서대로 이동하고 일정한 크기의 빔을 조사하는 작업은 개인용 컴퓨터에 설치된 자동 제어 프로그램을 통해 이루어진다.

III. 세포 영상 획득 및 세포 위치 제어 장치

1. 세포 영상 획득 및 위치 제어 장치

세포 영상 획득을 위해 칼자이스사의 Axiotech100 현미경, CCD 카메라 및 영상 그래픽을 이용하였다. 세포를 μm 단위 정확도로 전자빔 출구로 자동 위치시키기 위해서 MCU-28 DC 모터 컨트롤러 및 XY 스테이지를 구성하였다. 방사선의 생물학적 영향 평가에 유의한 통계성을 확보하기 위해서는 조사되는 세포의 수가 10,000개 이상이 되어야하고 실험 세포의 수명 및 방사선 피폭 후 영향 발현 관찰 시기 등을 고려할 때 시간

당 10,000개 이상의 세포 조사가 요구된다. 10,000개 이상의 세포 조사를 위해서는 200배 확대영상의 실제크기 환산범위인 $320 \times 240 \mu\text{m}^2$ 범위 내에 20개 정도 분포하는 프레임을 500번 이상 이동하여야 한다. 따라서 효율적인 조사 알고리즘을 이용한 세포 자동 인식과 위치 제어를 구현하여야 한다. 세포핵 인식 및 조사 과정은 그림 2와 같다.

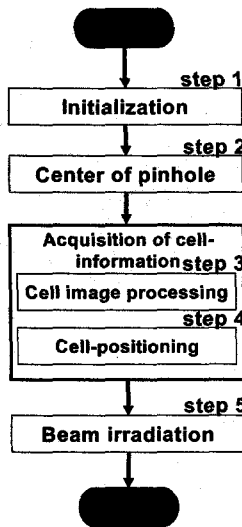


그림 2. 세포 조사과정에 대한 순서도
Fig. 2. A flow chart of the system operation process.

실험을 위한 주변 장비들이 갖추어지고 실험내용이 설정되면 마이크로전자빔 운영프로그램을 실행한다. 첫 번째 단계인 INITIALIZATION 과정에서는 스테이지의 위치점을 영점으로 설정하고 스테이지의 이동 범위를 제한하는 리미트 값을 설정한다. 두 번째 단계인 CENTER OF PINHOLE 과정에서는 실제 전자빔이 나오게 되는 핀홀의 중심점을 설정하게 된다. 그다음 단계로 전자빔을 주사 하게 될 실제 세포핵을 검출하고 좌표점을 검출해내는 과정이다. 이 단계의 정확한 결과를 위해서 세 번째 단계에서는 대상 세포에 적합한 영상처리를 행하게 되고 세 번째 단계에서 설정한 영상처리 기법을 바탕으로 일정범위를 이동하면서 대상영역에 위치한 세포핵을 검출하고 각각의 좌표값을 설정한다. 네 번째 과정에서 검출한 각각의 좌표값을 바탕으로 세포핵은 두 번째 단계에서 설정한 빔출구의 중심점으로 이동된 후 일정량의 전자빔이 주사된다. 이 과정에서 목표로 한 모든 세포핵으로의 전자 주사가 끝나면 본 과정은 종료된다.

그림 3은 앞서 설명한 세포핵 인식 및 조사 과정을

LabVIEW 프로그램으로 구현한 소프트웨어이다.

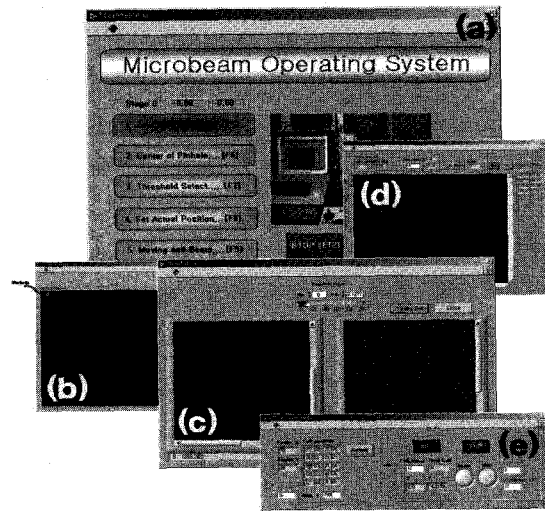


그림 3. LabVIEW 프로그램으로 구현한 세포핵 인식 및 조사 소프트웨어 (a) 메인화면, (b)전자 빔의 출구부를 찾는 과정, (c) 영상처리과정, (d) 세포핵 검출과정, (e) 세포이동 후 빔 조사과정

Fig. 3. Operating software for microbeam system. (a) is main window, (b) process to initialize the system and find the beam-exit, (c) process to set the threshold value for the segmentation of the cell nucleus from the background, (d) process to acquire the cell positions and register to buffer and (e) process to move the targeted cells onto the beam exit and irradiate.

2. 세포핵 자동 인식

세포핵 자동 인식을 위하여 우선 세포 배양 용기 내의 영역을 수 백 개의 $320 \times 240 \mu\text{m}^2$ (200배 확대영상의 실제크기 환산범위)크기의 프레임으로 분할하였다.

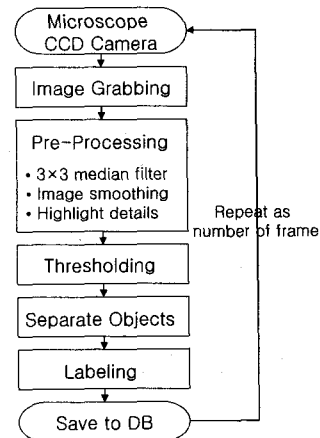


그림 4. 세포의 좌표점 검출 과정에 대한 순서도
Fig. 4. A flow chart of the set actual positioning process.

CCD 카메라 등의 이미지 획득 장치를 이용하여 각 프레임에서 세포의 흑백 영상을 얻었다. 획득한 영상은 3×3 메디안 필터(median filter)를 사용하여 이미지 평활화(image smoothing)와 하이라이트 디테일(highlight details)을 사용한 컨볼루션(convolution)의 전처리를 한 후 역치 기법(thresholding technique)을 적용하여 세포 핵의 최종 이미지를 추출 하였다. 역치 기법은 일정 임계값에 의해 영상을 이진화하는 방법으로, 간단하고 처리 속도가 빠르지만 복잡한 영상에 대해 정확한 영역 분할이 어렵다. 하지만 세포 영상의 명암 히스토그램이 세포핵과 배경의 두 부분으로 나타나므로 역치 기법에 의해 세포핵 영역을 쉽게 추출할 수 있었다.

본 장치에서는 등고선 이미지의 명암에 역치 값을 설정하여 세포핵(때로는 원형질까지 확장됨)과 백그라운드의 두 부분으로 구분하였다. 그림 5는 역치 값을 결정하는 예이다. 역치 값은 자동으로 설정되며, 사용자의 의한 수동 설정도 가능하도록 하였다. 역치 값은 이미지의 잡음을 고려한 최소값 a, 최대값 d 값 대신에, 각각 b, c 변수에 할당하였다. 세포핵 주변의 불필요한 잡음을 제거한 후에 구획된 이미지는 이진화 이미지로 변환하였다. 인접한 세포핵들은 대상 분할 기법(separate objects technique)을 이용하여 개별 세포로 구별한 뒤 세포핵 지점을 표시(labeling) 한 후 추출된 세포핵의 중심 좌표와 넓이를 찾았다. 이렇게 추출된 세포핵의 좌표값과 넓이는 스테이지 구동을 위한 데이터베이스에 저장하였다.

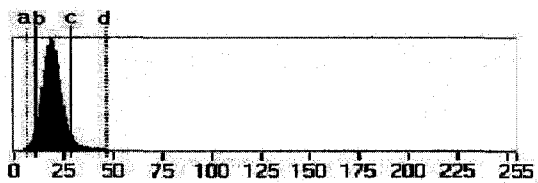


그림 5. 세포 영상에 대한 히스토그램
 a.최소값, b.잡음을 고려한 최소값,
 c.잡음을 고려한 최대값, d.최대값
 Fig. 5. Intensity histogram of cell image. a. min value, b. min value with a noise considered, c. max value with a noise considered, d. max value.

자동 인식 과정을 통하여, 20개의 프레임으로 구획된 1×1mm² 영역의 경우에 실제 세포의 98.02%를 성공적으로 인식하였다. 그림 7의 결과에서 나타난 336개의 프레임이 할당된 5×5mm² 영역의 경우는 인식률이 약 91.71%정도로 나타났다. 1344개의 프레임으로 분할된

10×10mm² 영역에 있어서는 인식률이 75%정도로 낮게 나타났다. 이는 프레임 간 이동 과정 중에 발생한 현미경 초점이 흐릿해지는 현상과 관계된 것으로 이에 대한 대안으로 세포조사영역의 범위를 인식률이 90%이상을 유지하는 5×5 mm² 영역으로 제한하여 이후의 영역에 대해서는 현미경의 초점을 보정한 후 스테이지의 위치를 초기화하고 5×5 mm² 영역으로 분할하여 실험을 하였다. 실험 결과 세포의 개수가 10,000개를 넘어서는 500프레임의 이동 후에도 90.12%의 안정된 인식률을 나타내었다.

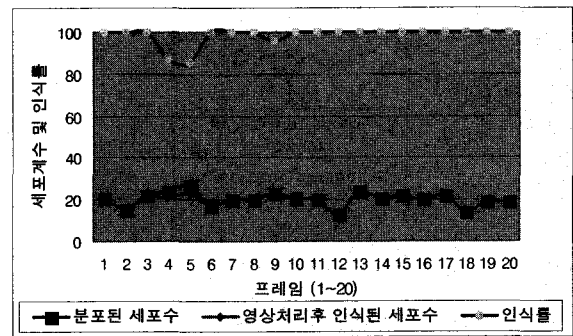


그림 6. 영상처리에 의한 프레임별 세포의 인식률 (영역:1×1mm², 프레임수: 20개)

Fig. 6. The frame cellular recognition rate by image processing. (field:1×1mm², frame: 20)

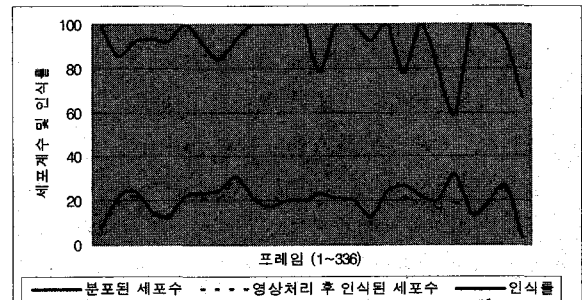


그림 7. 영상처리에 의한 프레임별 세포의 인식률 (영역:5×5mm², 프레임수: 336개)

Fig. 7. The frame cellular recognition rate by image processing. (field:5×5mm², frame: 336)

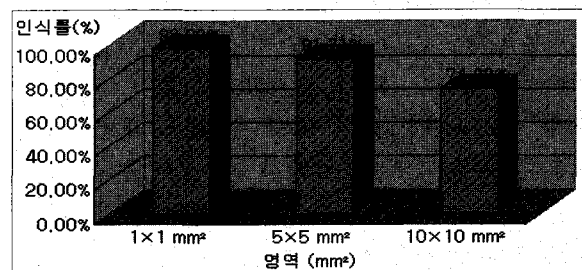


그림 8. 분포영역별 세포의 인식률

Fig. 8. The distribution area cellular recognition rate.

3. 세포 조사단 제어

세포조사단 구동에는 쉬프트 인코더와 백리시(backlash)없는 하모닉 감속기가 일체형으로 되어진 DC 서보모터로 구성된 스테이지를 사용하였다. 이렇게 구성되어진 스테이지의 사양은 표 1과 같다.

표 1. 세포조사단에 사용된 스테이지 사양
Table 1. Stage specification using the cell irradiation.

내용	사양
Travel in X and Y	25×23mm
Speed	0~250m/second
Resolution	0.2 micrometer
Dimensions	265×200×27mm

스테이지 구동장치는 RS232 회로와 속도 및 위치지령 발생을 위한 DAC회로, I/O 입출력 제어회로를 통하여 제어용 컴퓨터에 분석결과를 전송하고 지시 명령을 받아 행하게 된다. 세포 배양 용기의 밑부분이 두께 2 mm이하의 마일라로 구성되어 용기의 크기가 한정되어있고 세포와 현미경과의 근접정도가 5mm 이내이기 때문에 예상치 못한 실험과정중의 실험 조건 유지 및 장치 보호를 위하여 그림9 처럼 리미트를 설정하였다. 리미트 기능은 장치구동을 위한 프로그램에서 설정 하도록 하여 실험자가 세포배양용기의 크기와 현미경렌즈의 반경을 고려하여 스테이지의 이동영역을 한정 지을 수 있게 구현 하였다.

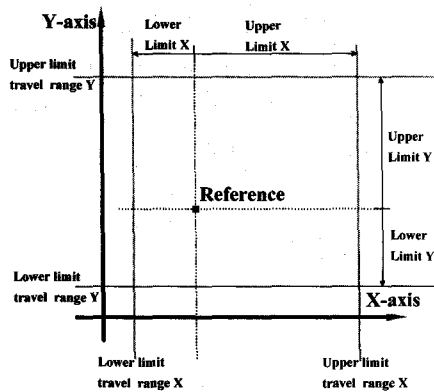


그림 9. 스테이지의 리미트 지정
Fig. 9. Limit set of stage.

세포 위치 제어를 위한 소프트웨어는 LabVIEW 7.1로 작성하였다. 10 mm를 이동하면서 누적되는 위치의 오차는 프레임 간 이동시 발생하는 좌표 차이에 대한 보정과 세포 조사단 이동의 정밀도 향상을 통하여 5 μm 이내로 구현하였다. 그림 10은 스테이지의 정확도 검증을 위하여 50μm단위로 이동 후 획득한 스케일 바의 영

상이다.

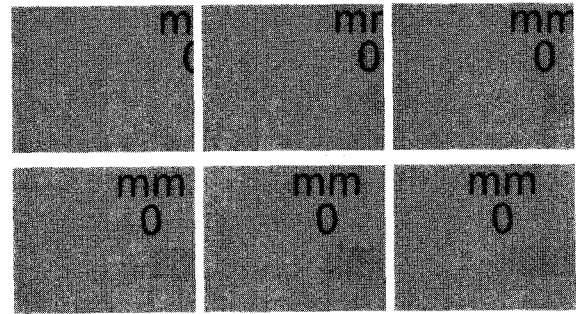


그림 10. 50μm 단위로 이동하여 획득한 스케일 바의 영상
Fig. 10. A movement experiment of 50μm unit to verify accuracy of stage.

IV. 세포 실험

폐암 세포(lung cancer)를 이용하여 장치 구현에 대한 세포 실험을 하였다. 세포 이미지 획득을 위하여 hoechst 염색약을 이용하여 세포핵을 염색하였다. Hoechst 염색약은 50 와트 수은 램프에서 방출되는 UV 스펙트럼 중 351~364 nm 파장 영역의 UV에 의해 여기되어, 465 nm 파장의 청색으로 발광한다. 이를 위하여 UV 조사 및 이미지 획득을 위하여 Zeiss filter set 02(excitation: G365, beamsplitter: FT 395, emission: LP 420)을 사용하였다. 이미지 처리 과정을 통하여 선택적으로 몇몇 세포핵에 전자빔을 조사하였다. 전자에 의한 세포핵의 발광 유무를 명확히 확인하기 위하여 전자빔은 다소 높은 양인 약 2 Gy 정도에 해당하는 1,000 여개의 70 keV 전자를 선별 세포핵에 조사하였다. 그 결과 그림10과 같이 전자에 의해 조사된 세포핵은 발광하는 것을 확인함을 통하여 세포 조사의 정확도를 확인할 수 있었다.

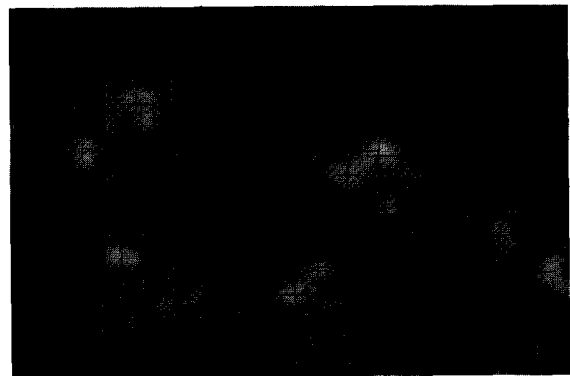


그림 10. 전자의 조사 유무에 따라 발광하는 세포핵
Fig. 10. The fluorescent image by UV after cell-irradiation.

표 2에서는 쥐의 섬유아세포(L929 mouse fibroblast cell)를 대상으로 기 실험한 세포조사에 소요되는 시간을 단계별로 나타내었다. 마이크로전자빔의 동작을 위한 준비시간, 전자빔 전송용 진공함의 진공유지에 소요되는 시간, 대상세포의 배양등에 소요되는 시간 등 실험환경 구성에 필요한 부가적인 시간은 제외하였다. 대상 세포의 좌표점 검출을 위한 프레임별 영상처리에 소요되는 시간은 NI사에서 제공하는 프로그램 실행계측기(performance meter)를 이용하여 측정된 결과 프레임당 325.7ms 정도로 나타났다. 대표적인 조사 영역을 제반되는 사항을 포함하여 4가지로 분류하였고 그에 소요되는 시간을 초시계를 이용하여 측정하였다. 세포의 계수가 10,000개가 넘는 672개의 프레임으로 분할된 5×10mm² 영역에 대한 측정결과 41분이 소요되는 결과를 얻었다. 이는 생물학적 영향 평가에 유의한 통계성을 확보하기 위한 조건인 시간당 10,000개이상의 세포를 조사하는데 적합한 속도라 할 수 있다.

표 2. 마이크로 전자빔 시스템 운영의 주요 과정별 소요 시간

Table 2. Timing of the various steps in the microbeam irradiation protocol.

과정		소요시간
과정1. 대상 세포 좌표점 검출을 위한 프레임별 영상처리	Image Grabbing: 20ms Smoothing-Medial: 9.0ms Highlight Details: 16.7ms Auto Threshold: 4.3ms Invert Binary Image: 1.7ms Remove small objects: 3.0ms Separate objects: 165.3ms Label objects: 5.7ms Save to DB: 100ms	325.7ms
과정2 대상 세포 좌표점 검출을 위한 프레임별 이동		300ms
(A) 조사 영역에 따른 과정1, 과정2에 대한 소요시간	A1. 조사 영역:1×1mm ² , 분할된 프레임수:20개	12,214ms (12s)
	A2. 조사 영역:5×5mm ² , 분할된 프레임수:336개	209,935.2ms (210s)
	A3. 조사 영역:5×10mm ² , 분할된 프레임수:672개	420,170.4ms (420s)
	A4. 조사 영역:10×10mm ² , 분할된 프레임수:1,344개	840,640.8ms (840s)
과정3. 대상 세포 이동 후 전자빔 주사	스테이지 이동: 평균 150ms 전자빔 주사: < 30ms	200ms이하

과정		소요시간
(B) 조사 영역에 따른 과정3에 대한 소요시간	B1. 조사 영역:1×1mm ² , 분포된 세포수: 300개	60,000ms (1m)
	B2. 조사 영역:5×5mm ² , 분포된 세포수: 5,040개	1,008,000ms (17m)
	B3. 조사 영역:5×10mm ² , 분포된 세포수: 10,080개	2,016,000ms (34m)
	B4. 조사 영역:10×10mm ² , 분포된 세포수: 20,160개	4,032,000ms (67m)
총 소요시간	과정A1+과정B1 (300개의 세포 조사)	1.2m
	과정A2+과정B2 (5,040개의 세포 조사)	20.5m
	과정A3+과정B3 (10,080개의 세포 조사)	41.0m
	과정A4+과정B4 (20,160개의 세포 조사)	81.0m

V. 결 론

저준위 방사선에 대한 세포의 생물학적 영향을 해석하기 위한 개별 세포 조사장치의 세포 영상 획득 및 위치 제어 장치를 구현 하였다. 영상처리에 의한 프레임별 세포의 인식을 실험에 있어서 5×5mm² 영역이내의 경우는 약 91.71%이상의 세포 인식률을 나타내는 결과를 얻었다. 쥐의 섬유아세포를 대상으로 10,000개 이상의 세포에 전자빔을 주사하는 세포실험에서 41분 정도의 시간이 소요되었고 이는 방사선의 생물학적 영향 평가에 유의한 통계성을 확보하기 위한 적합한 속도라 사료된다. 향후 세포 이미지 획득 및 위치 제어의 정확도와 정밀도 향상 연구를 계획하고 있으며, 생물학자들과의 학제 간 연구를 통하여 전자 조사에 의해 세포에서 발현하는 다양한 방사선 효과를 밝히는 연구를 진행해 나갈 계획이다.

참 고 문 헌

[1] L. A. Braby, L.A. Brooks and N.F. Metting, "Cellular effects on individual high-linear energy transfer particles and implications for tissue response at low does," Radiat. Res. 148 (1997) S-108

[2] G. Randers-Pehrson, C.R. Geard, G. Johnson, C.D. Elliston and D.J. Brenner, "The Columbia university single-ion microbeam," Radiat. Res., 156 (2001) 210

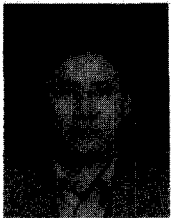
- [3] Hugo Banda-Gamboa, Ian Ricketts, Alistair Cairns, Kudair Hussein, James H. Tucker and Nasseem Husain, "Automation in cervical cytology : an overview," *Analytical Cellular Pathology*, 4, pp. 25-48, 1992.
- [4] Mark R. Rutenberg, "Neural Network Based Automated Cytological Specimen Classification System and Method," United States Patent, Patent No. 4965725, 1990.
- [5] 박승우, "마이크로전자빔 시스템의 세포영상 획득과 표적설정에 관한 연구," 공학석사학위논문, 인하대학교, 2003.
- [6] Myoung-Cheol Choi, Eun-Hee Kim, Ki-Baek Song, Dong-Hoon Lee and Seung-Woo Park, "Design and operation specification of an electron microbeam system for investigating cellular radiation effect," *Journal of Nuclear Science and Technology*, Supplement 4, pp. 227-230, March 2004.
- [7] S.W. Park, D.H. Lee, M.C. Choi, E.H. Kim, S.H. Hong, "A Study of the Cell Image Acquisition and Target Tracking of Microbeam System for Microdosimetric Aspects of Low-Dose Radiation," *IEEE EMBS Asian-Pacific conference on biomedical engineering*, 2003.

저 자 소 개



박 승 우(학생회원)
 2002년 호남대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 2004년 인하대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 2004년~현재 인하대학교
 전자공학과 박사 과정.

2002년~현재 원자력의학원 방사선의학연구센터
 연구원
 <주관심분야 : 생체신호처리, 의료영상, 방사선의
 료기기>



이 동 훈(정회원)
 1987년 인하대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1993년 인하대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 2001년 인하대학교 전자공학과
 박사 졸업.

1988년~현재 원자력의학원 방사선의학연구센터 책임
 연구원
 <주관심분야 : 방사선신호처리, 방사선영상, 방사
 선치료 및 연구기기>



홍 승 홍(정회원)
 1963년 인하대학교 전기공학과
 학사 졸업.
 1966년 인하대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 1975년 일본 동경대학교
 의용생체공학과 박사 졸업.

1981년~1994년 대한전자공학회 이사, 회장
 1992년~1999년 대한전기전자학회 이사, 부회장,
 회장
 1983년~1997년 IEEE SeoulSection 이사, 부회장,
 회장
 1978년~현재 인하대학교 전자전기공학부 교수
 2001년~현재 한국장애인재활협회 이사
 2002년~현재 부천 경실련 고문
 2003년~현재 인천과학기술혁신학회 회장
 <주관심분야 : 생체신호처리, 재활공학, 의용화상
 처리>