



# GENIE-2000 운영교육

## Gamma Acquisition & Analysis





# Contents

Introduction of NEOSISKOREA



01 감마핵종 분석

02 감마핵종 분석 시스템 구성

03 GENIE-2000 프로그램 운영

04 GENIE-2000 프로그램 분석

05 기타사항

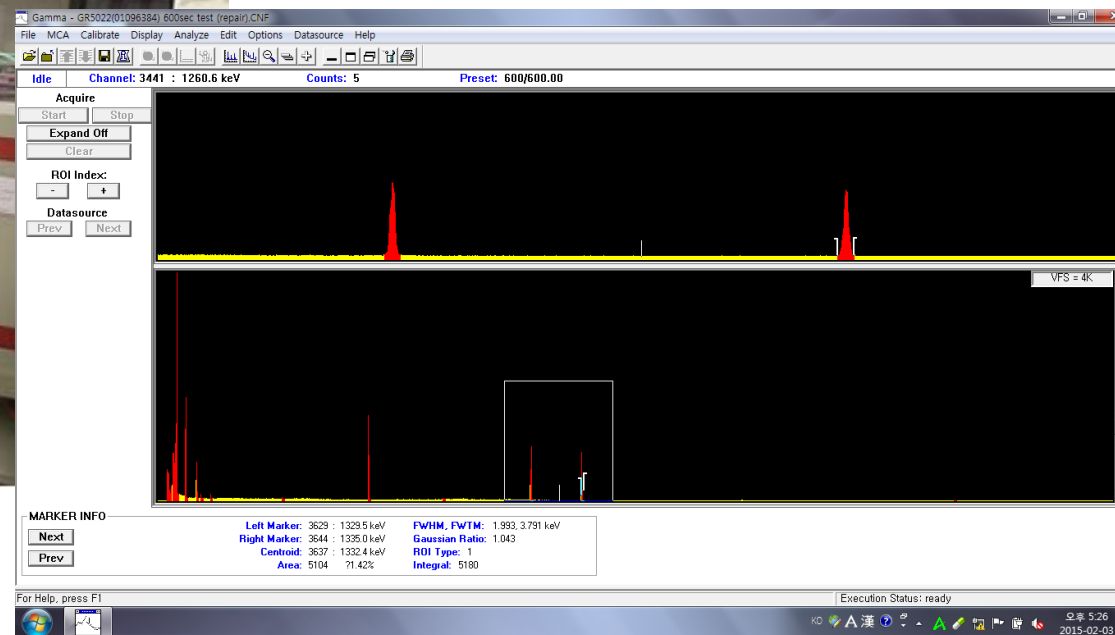


# 1

## 감마핵종 분석

---

## 감마핵종 분석이란 ?

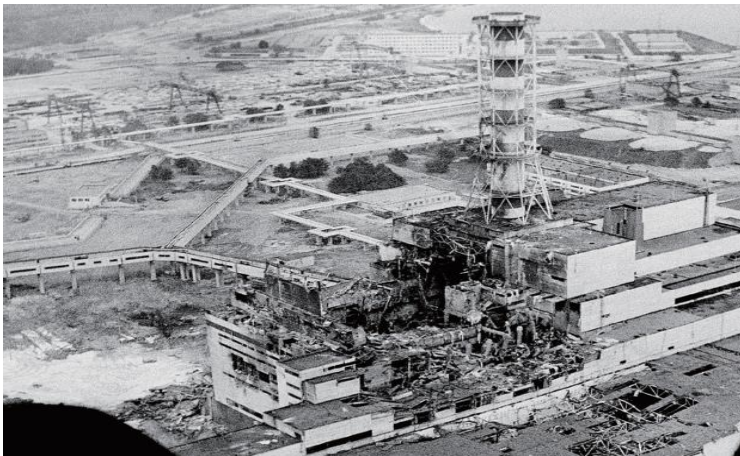


- ① 미지의 시료에서 방출되는 감마선 에너지를 분석
- ② 에너지/효율교정을 통해 시료에 함유 된 감마선 핵종을 식별하고 방사능량을 평가하는 과정  
(핵종 별로 고유 에너지를 지닌 감마선을 방출하는 원리를 이용)
- ③ 수 keV에서 10 MeV까지의 감마선 에너지를 분석(일반적으로 40 keV~3 MeV를 분석)

## 감마핵종 분석을 왜 해야하는가?



1960년 핵무기 실험

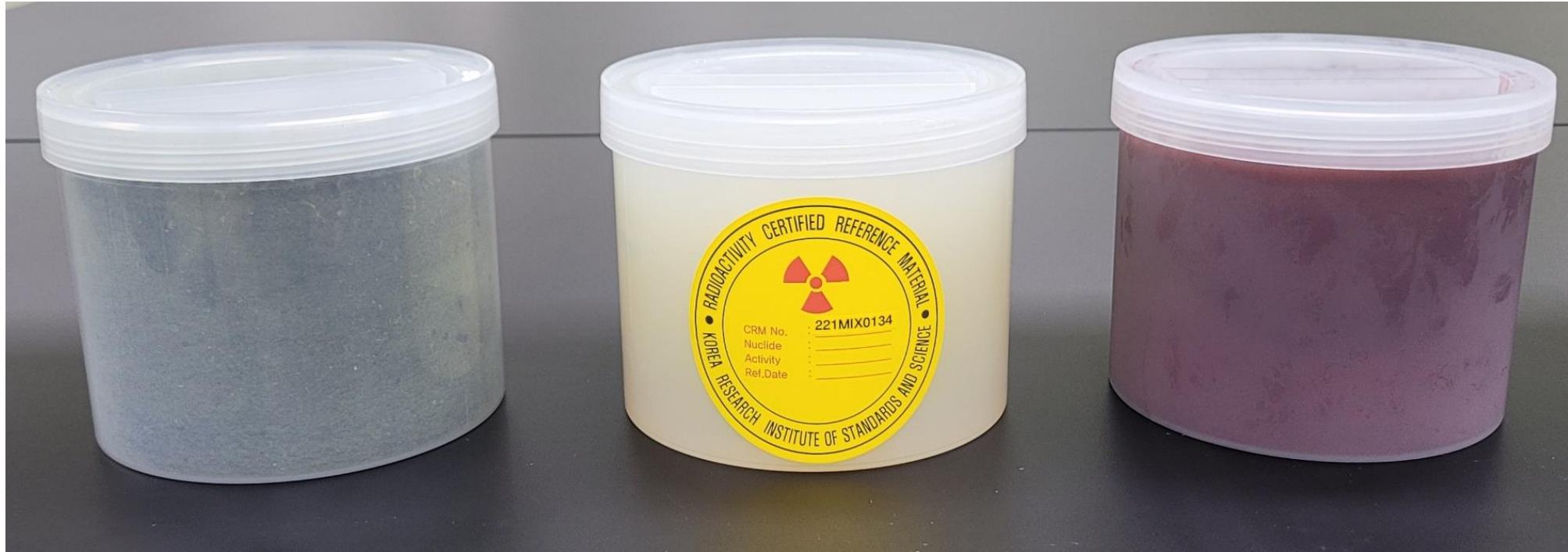


1986년 체르노빌 원전사고



2011년 후쿠시마 원전사고

## 감마핵종 분석은 왜 (Cs)과 (I)만 검사하는가?



## 감마핵종 분석은 (Cs)과 (I) 오염 여부?

핵종	대상 식품	기준(Bq/kg, L)
$^{131}\text{I}$	모든 식품	100 이하
$^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$	영아용 조제식, 성장기용 조제식, 영·유아용 이유식, 영·유아용특수조제식품, 영아용 조제유, 성장기용 조제유, 원유 및 유가공품, 아이스크림류	50 이하
	기타 식품★	100 이하

## 분석방법은?

### 시험조작

#### 1) 방사능 핵종시험

다중파고분석기(multichannel analyzer)와 고순도 게르마늄 검출기를 사용하여 다음과 같이 시험한다.

가) 측정장치의 전원을 가하고 **기저방사능을 측정한다.**

나) 검체의 최소 **측정시간은 10,000초**로 한다. 측정조건에 따라 측정시간을 증가시킬 수 있다.

다) 기저방사능을 검체측정 전후로 측정하여 평균치를 취한다.

라) 표준선원(standard radioactive source)의 에너지피크를 구하고 **측정에너지 범위가 0 ~ 2 MeV**가 되도록 증폭기의 Gain을 조정한다.

**필요한 경우 측정에너지 범위를 확대 또는 축소하여도 좋다.**

마) 각 채널에 대응하는 에너지를 **표준선원(standard radioactive source)을 이용하여 교정한다.**

바) 차폐용기(radioactivity shielding vessel) 내의 검출기에 검체를 올려놓고 일정시간 방사능을 측정하여 스펙트럼을 얻는다.

사) 나타난 피크에너지에 대응하는 동위원소를 동위원소표의 피크에너지와 대조하여 핵종을 찾는다.

#### 2) 방사능 시험

가) 마, 1)의 가) ~ 바)을 행한다.

나) 얻어진 스펙트럼을 참조하여

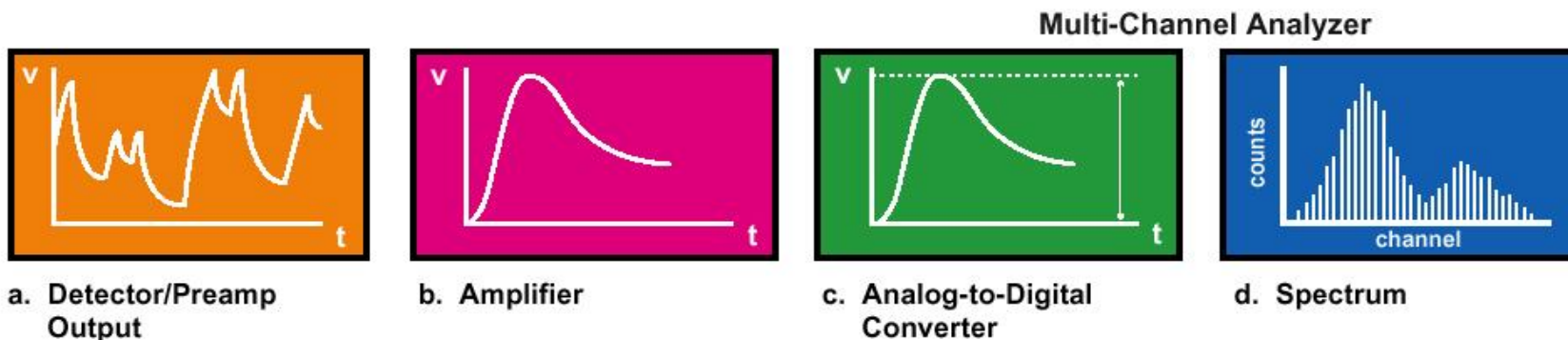
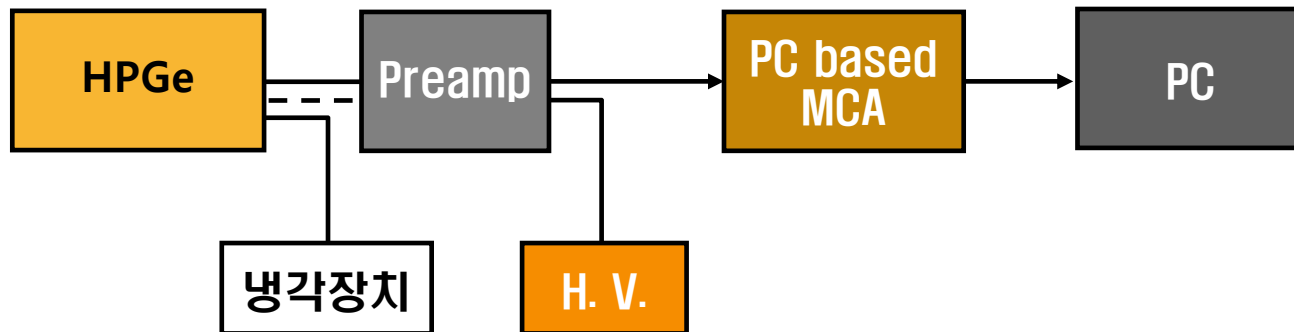
$^{131}\text{I}$  [0.0802 (2.6%), 0.284 (6.1%), 0.364 (81%), 0.637 (7.3%) MeV]

$^{134}\text{Cs}$  [0.569 (15%), 0.605 (98%), 0.796 (85%) MeV]

$^{137}\text{Cs}$  [0.662 (85%) MeV]

에서 각 **핵종에 대한 감마선 방출비율이 가장 큰 피크에너지(0.364, 0.605, 0.662 MeV)**에서의 기저방사능이 제거된 순피크면적(S)을 구한다.

## 감마선과 물질과의 상호작용에 의한 신호 처리



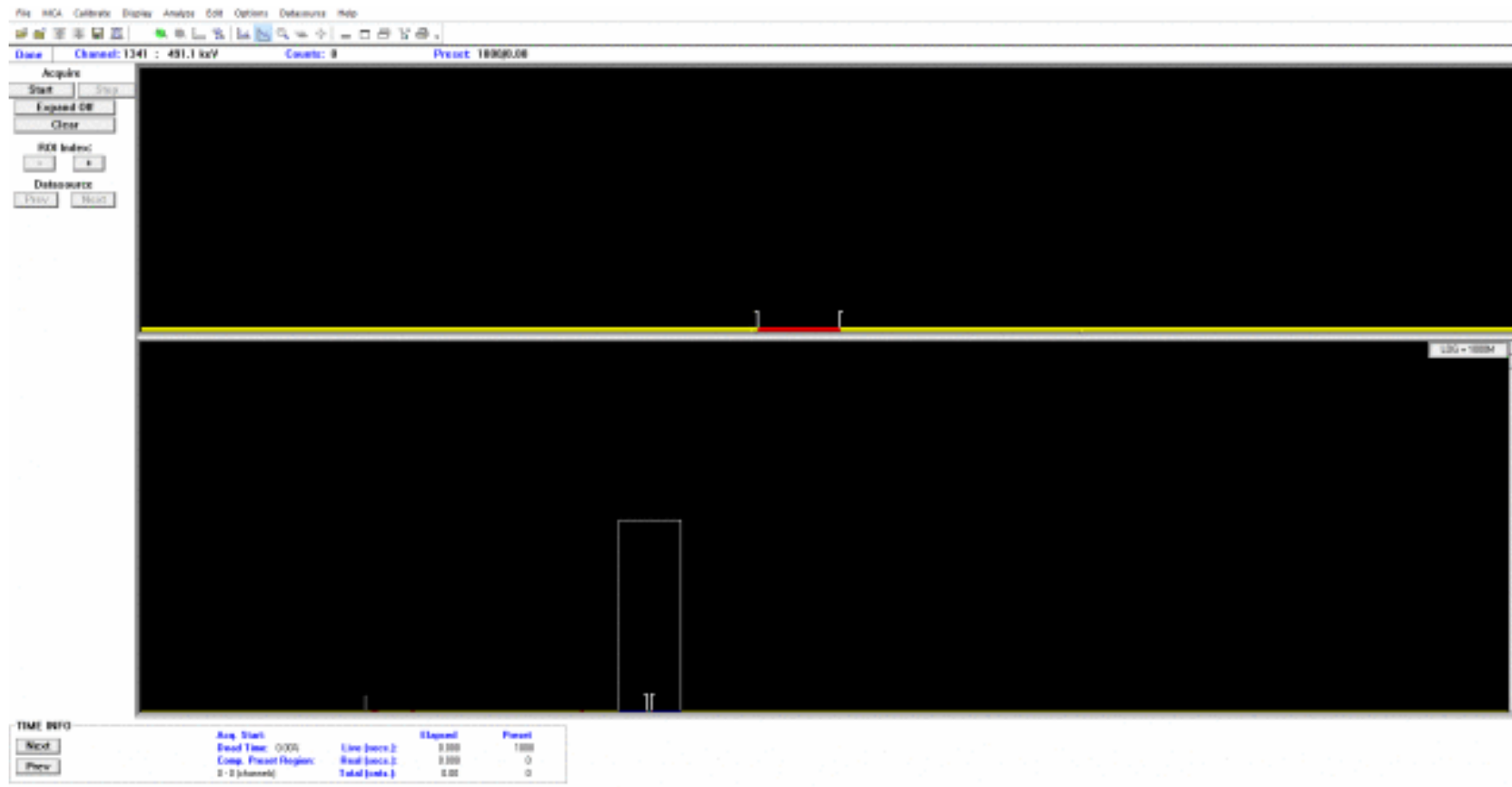
- 전치증폭기(preamp) : 펄스의 1차성형 및 약간의 증폭
- 주증폭기(amp) : 펄스의 2차성형 및 증폭
- 다중채널분석기(MCA, Multichannel Analyzer): 검출기에 흡수된 에너지에 비례하는 펄스를 크기에 따라 해당 채널에 기록·저장

## 감마선과 물질과의 상호작용에 의한 신호 처리



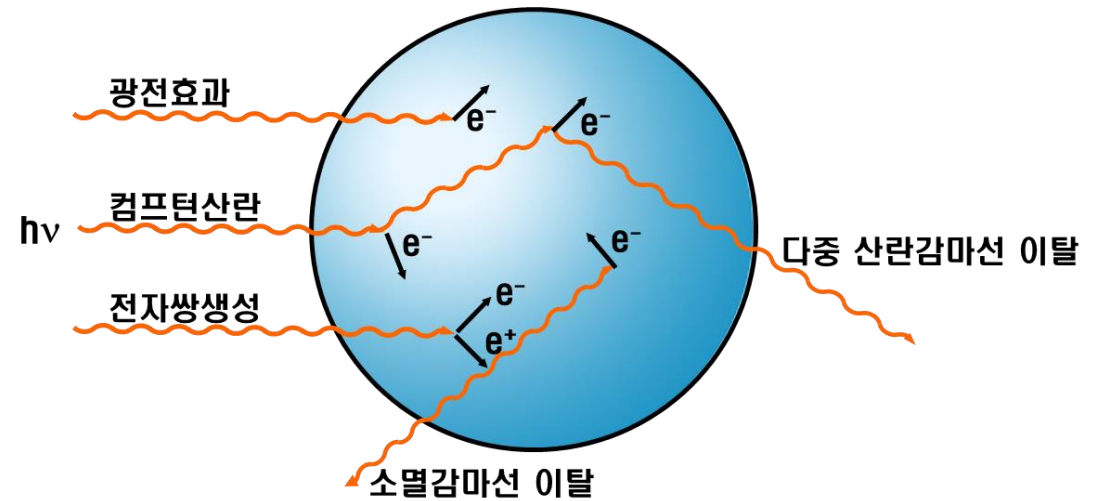
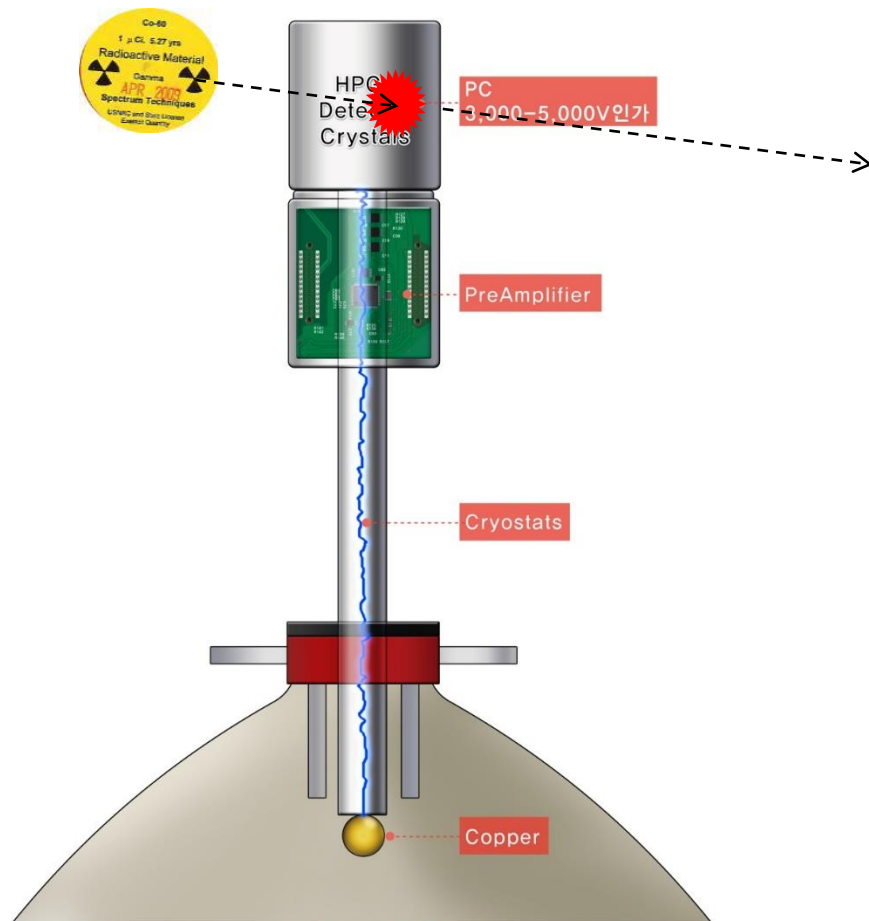
## 감마선과 물질과의 상호작용에 의한 신호 처리

- 감마선과 검출기와의 상호작용에 의한 신호 처리



## 감마선과 물질과의 상호작용

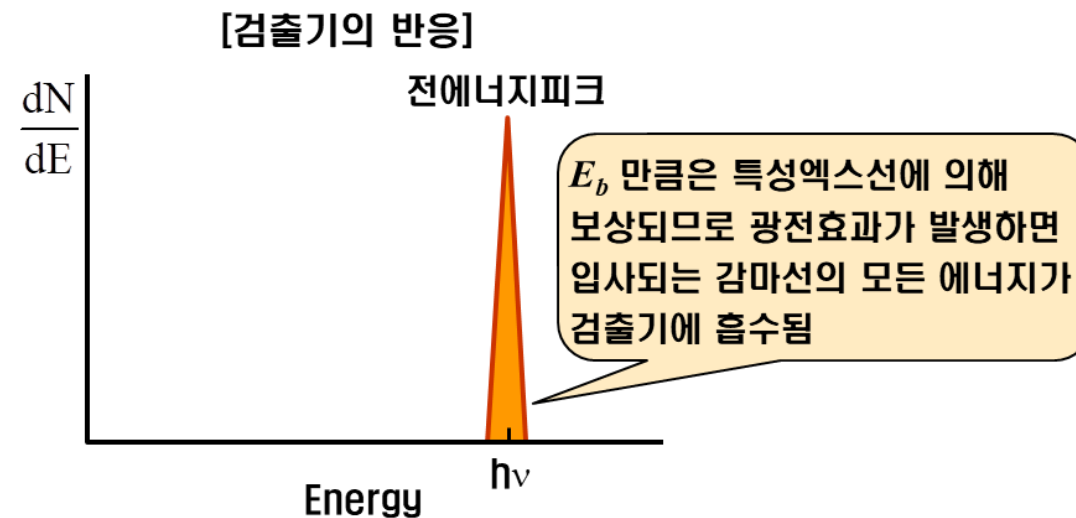
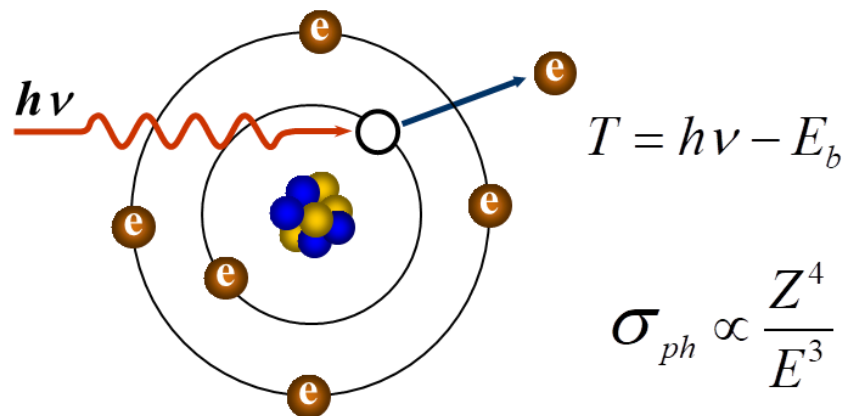
- 물질과의 상호작용에 의한 검출기와의 반응



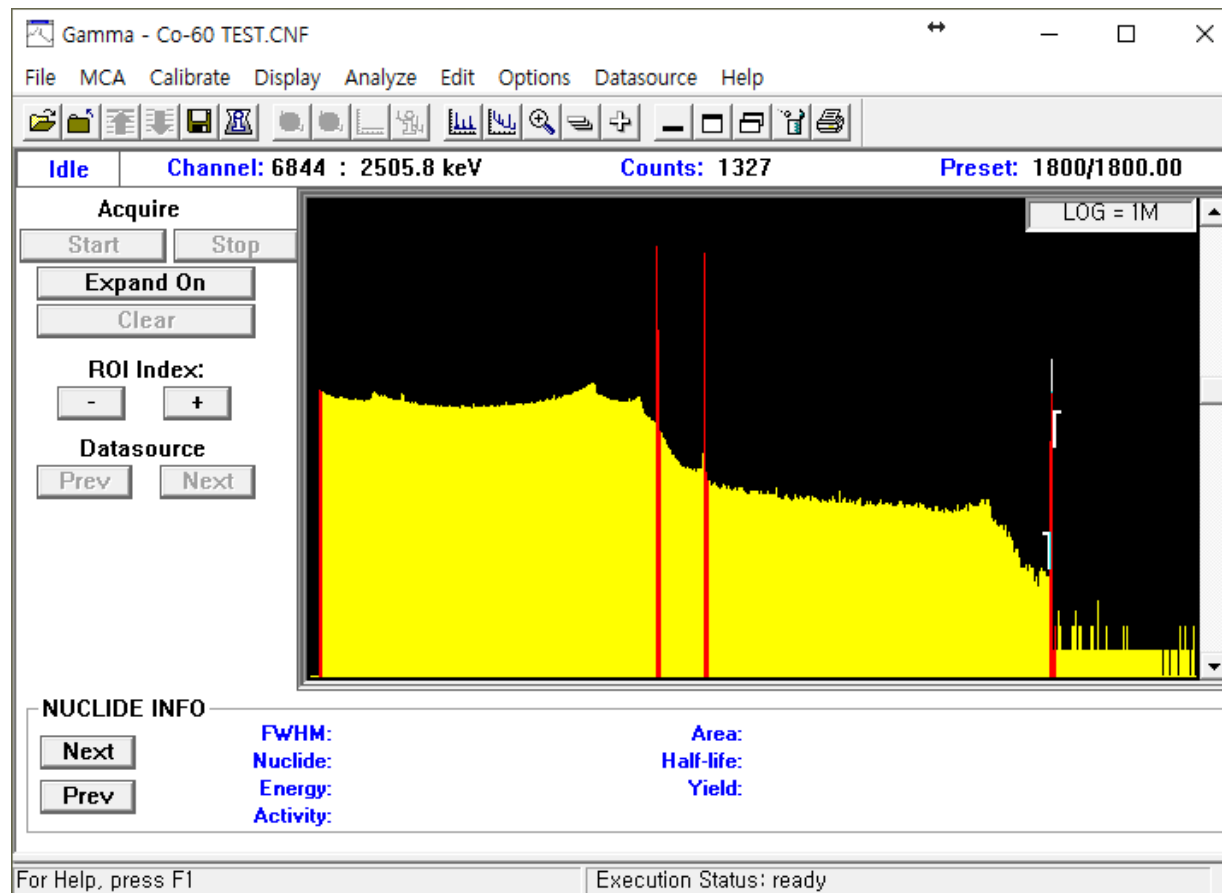
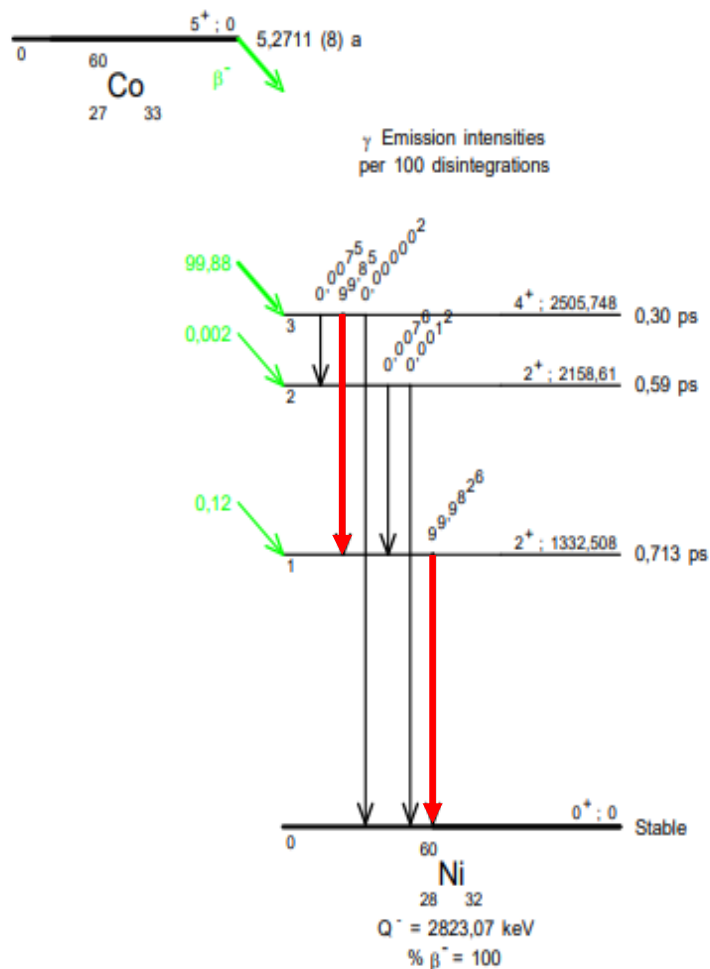
## 감마선과 물질과의 상호작용

### • 광전효과

- 입사광자가 흡수체 원자의 궤도전자에 모든 에너지를 부여하는 현상



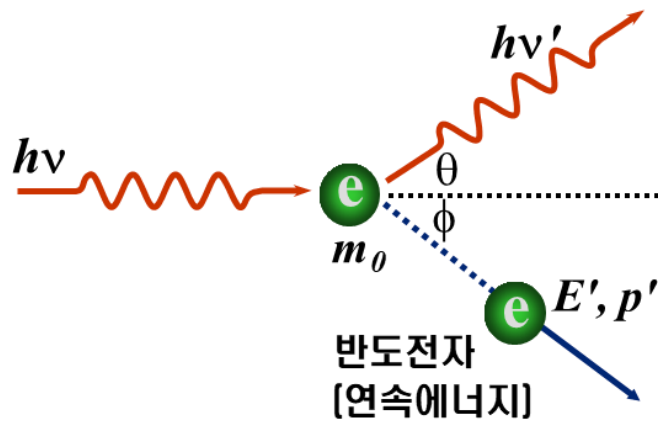
## 감마선과 물질과의 상호작용



## 감마선과 물질과의 상호작용

- **컴프턴산란**

- 입사광자가 자유전자와 반응하여 광자는 방향을 바꾸어 튕겨나가고 에너지를 전달받은 전자가 궤도를 이탈하는 현상

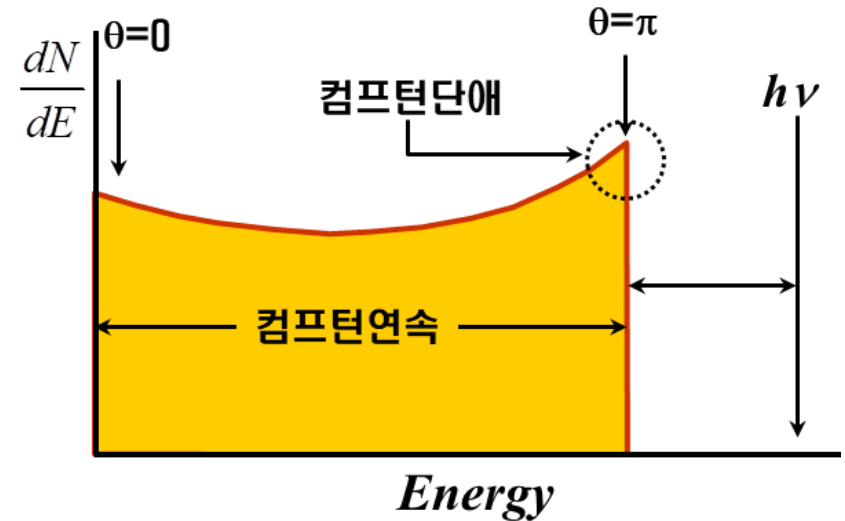


$$h\nu' = \frac{h\nu}{1 + \frac{h\nu}{m_0c^2}(1 - \cos\theta)}$$

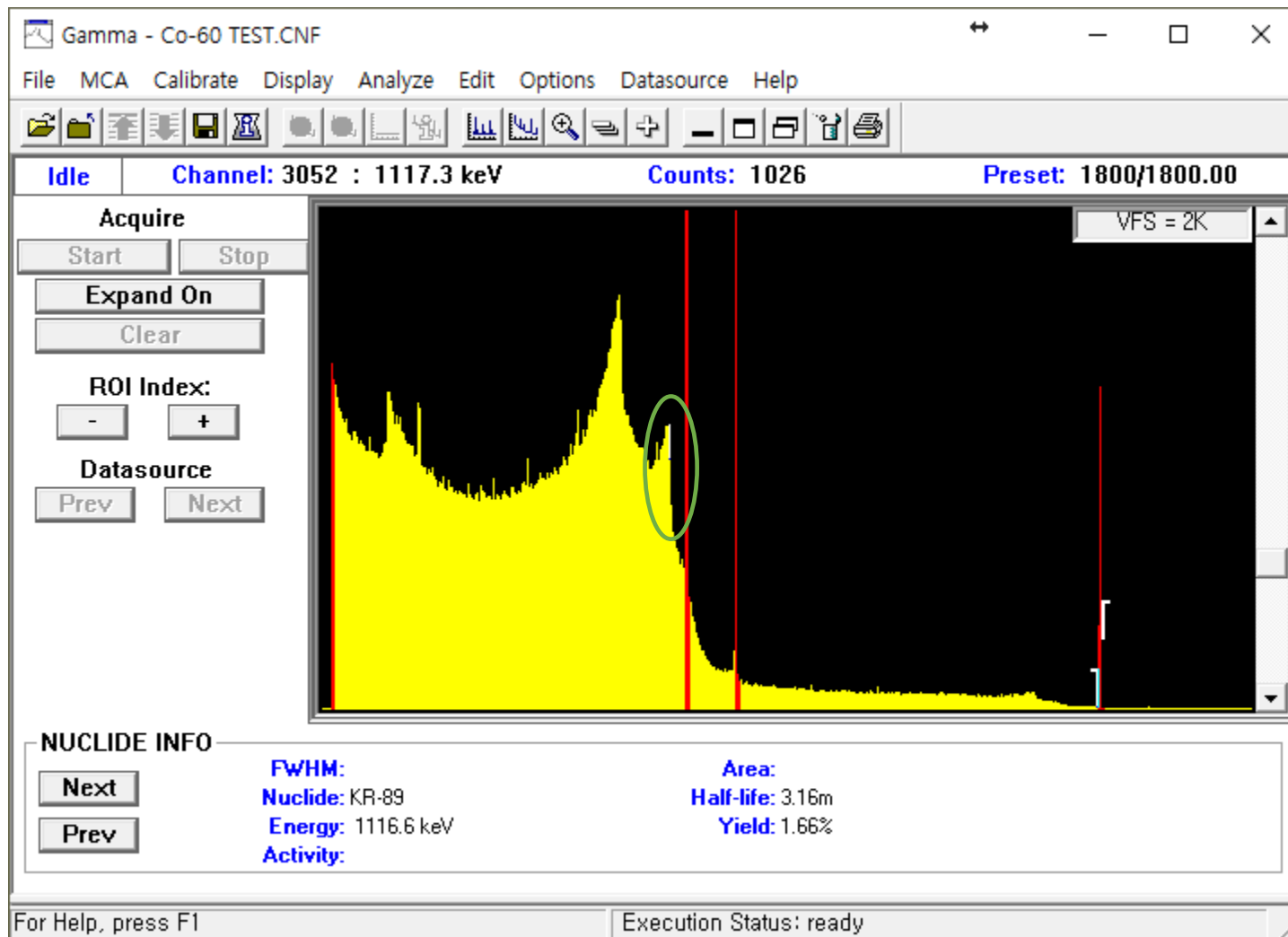
$$T = h\nu - h\nu'$$

$$\sigma_{cs} \propto \frac{Z}{E}$$

[검출기의 반응]



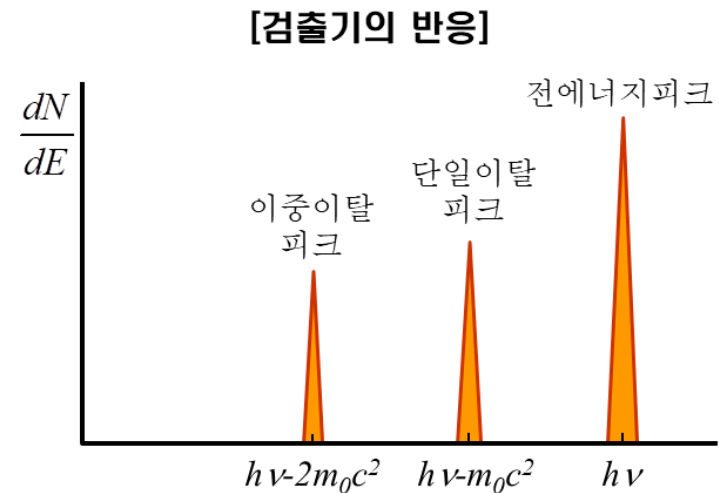
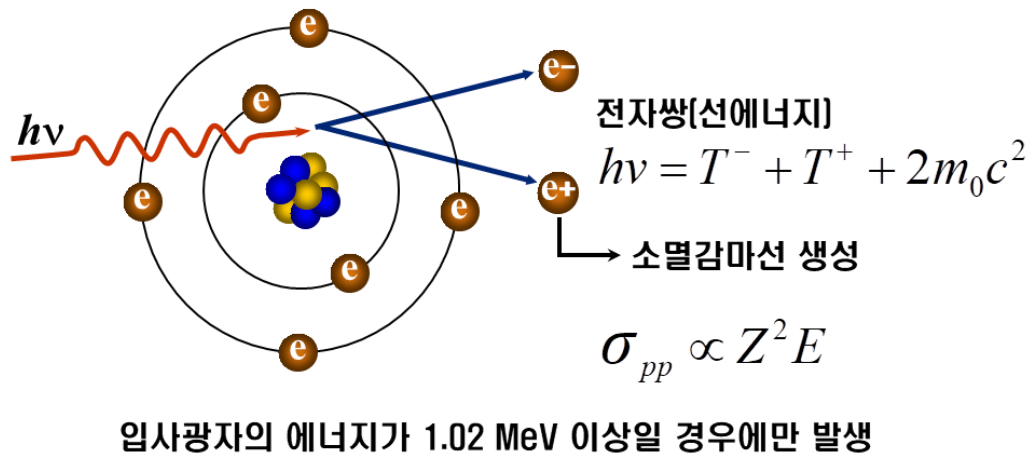
## 감마선과 물질과의 상호작용



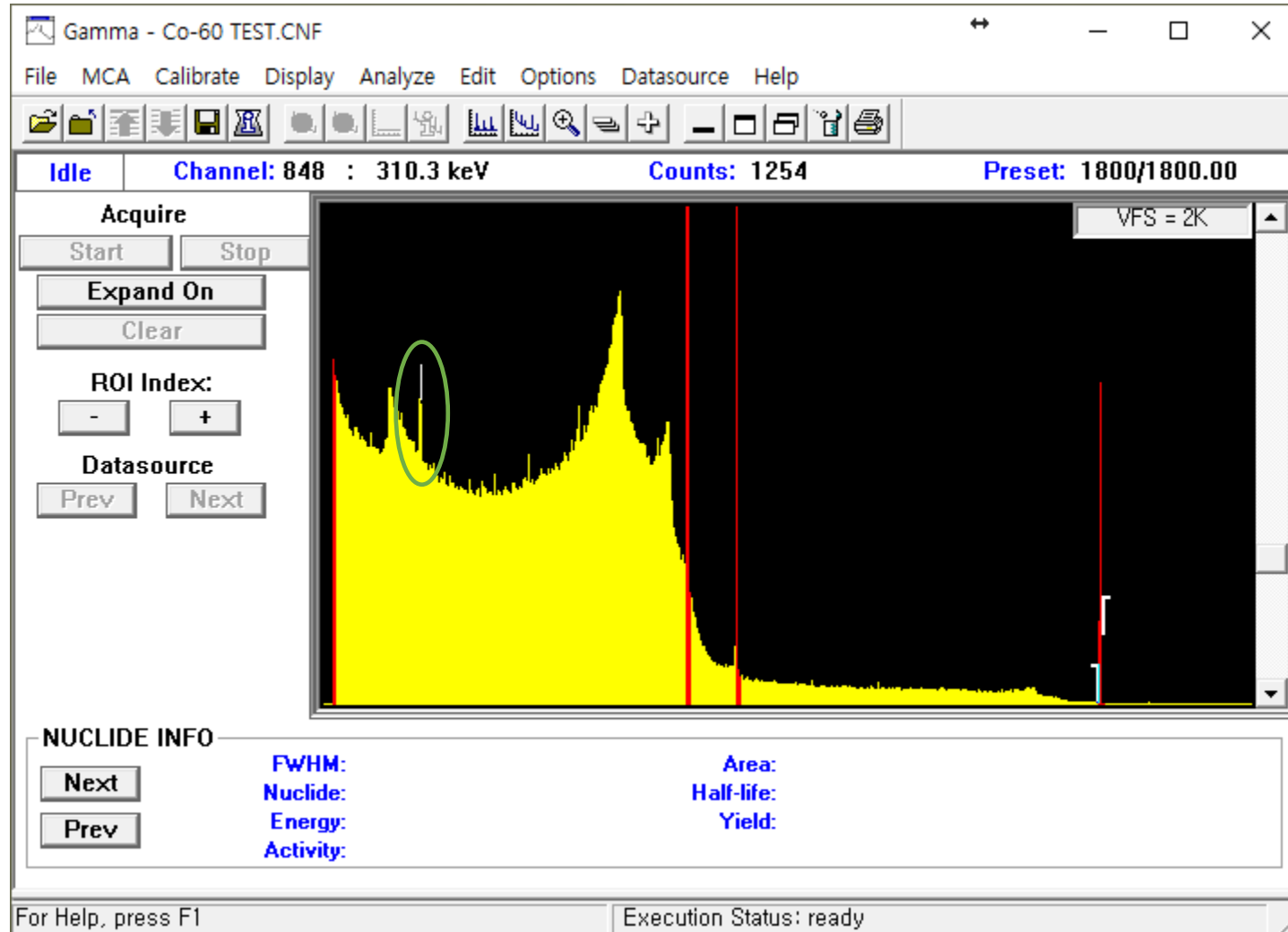
## 감마선과 물질과의 상호작용

### • 전자쌍생성

- 입사광자가 강한 전기장을 형성하는 핵 주위에서 소멸되고 음전자와 양전자를 생성하는 현상
- 생성된 음전자와 양전자가 각각 2차전리를 일으키다가 정지하게 되면 양전자는 주위의 음전자와 결합하여 소멸감마선으로 전환

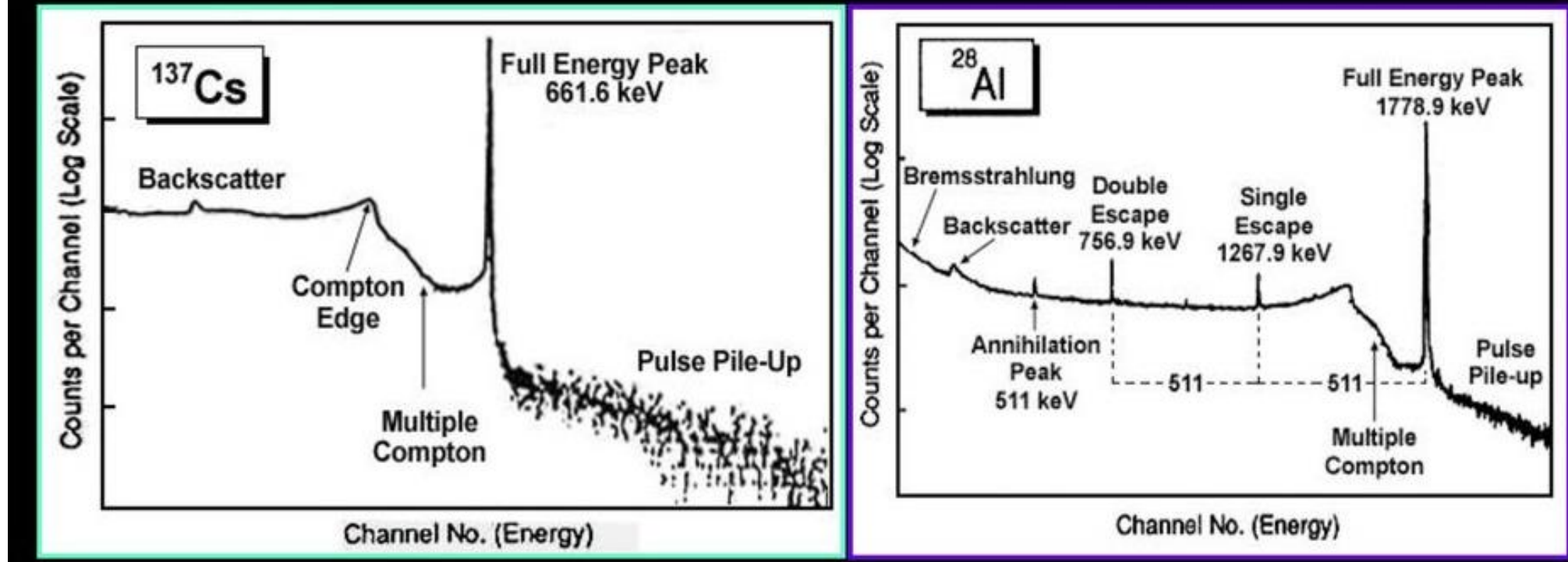


## 감마선과 물질과의 상호작용



## 감마선과 물질과의 상호작용

■  $^{137}\text{Cs}$  과  $^{28}\text{Al}$  의 감마선핵종분석 결과

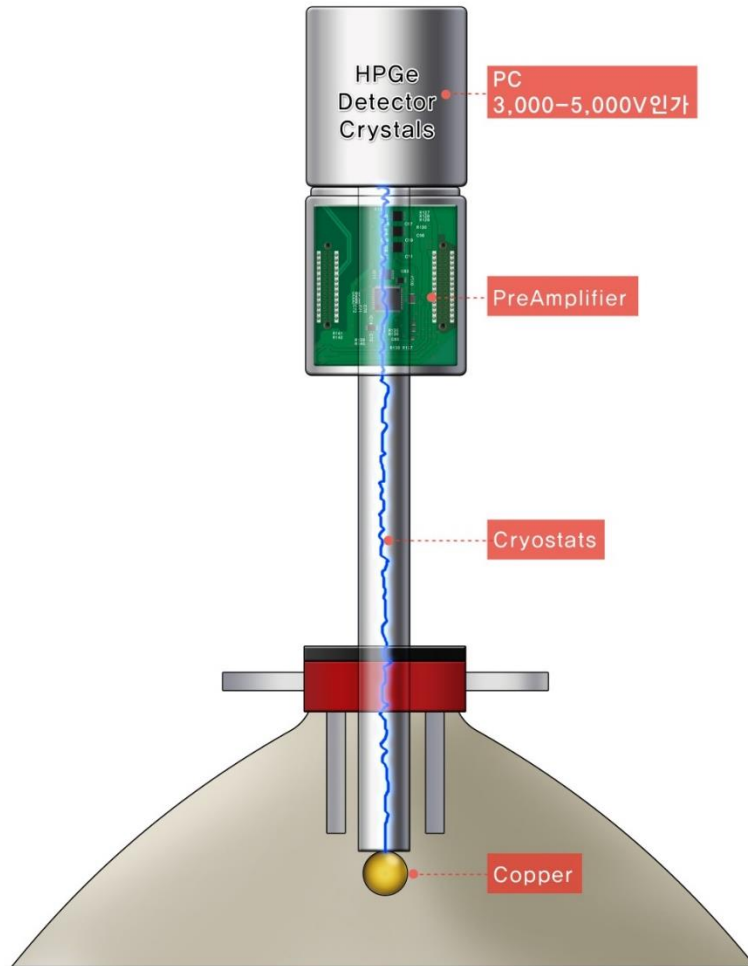


# 2

## 감마핵종 분석 시스템 구성

---

## 각 장치의 기능(검출기)



### ① HPGe (High-purity Germanium) Detector

: 고순도 반도체 검출기는 감마선의 정성 및 정량분석에 최상의 성능을 제공하며 기타의 검출기와 비교할 수 없는 분해능을 제공하므로 미지의 선원에 대한 분석에 필수적으로 사용되는 검출기

### ② Preamplifier (전치 증폭기)

: 검출기로 인가되는 High Voltage, 검출기로 부터 발생하는 Energy pulse signal을 증폭하는 장치

### ③ Cryostats (저온 유지 장치)

: 검출기로 인가되는 High Voltage로 인해 발생하는 열과 노이즈를 제거하기 위한 검출기 냉각 유지 장치

### ④ Copper (구리)

: 열전도율이 높은 구리를 이용하여 Cooling time을 최소화 하기 위함

## 각 장치의 기능(냉각 장치)



### ■ 냉각 장치(Cooling System)

: HPGe 반도체 검출기는 상온에서 발생하는 열로 인한 노이즈를 제거하기 위해 반드시 냉각 후에 사용해야 하며, 3가지 유형의 냉각 시스템이 있다.

#### ① 액체질소 냉각방식

: 순수하게 액체질소만을 이용하여 냉각하는 방식으로 냉각 유지를 위해 약 1주일에 한번 씩 액체질소를 공급해주어야 한다.

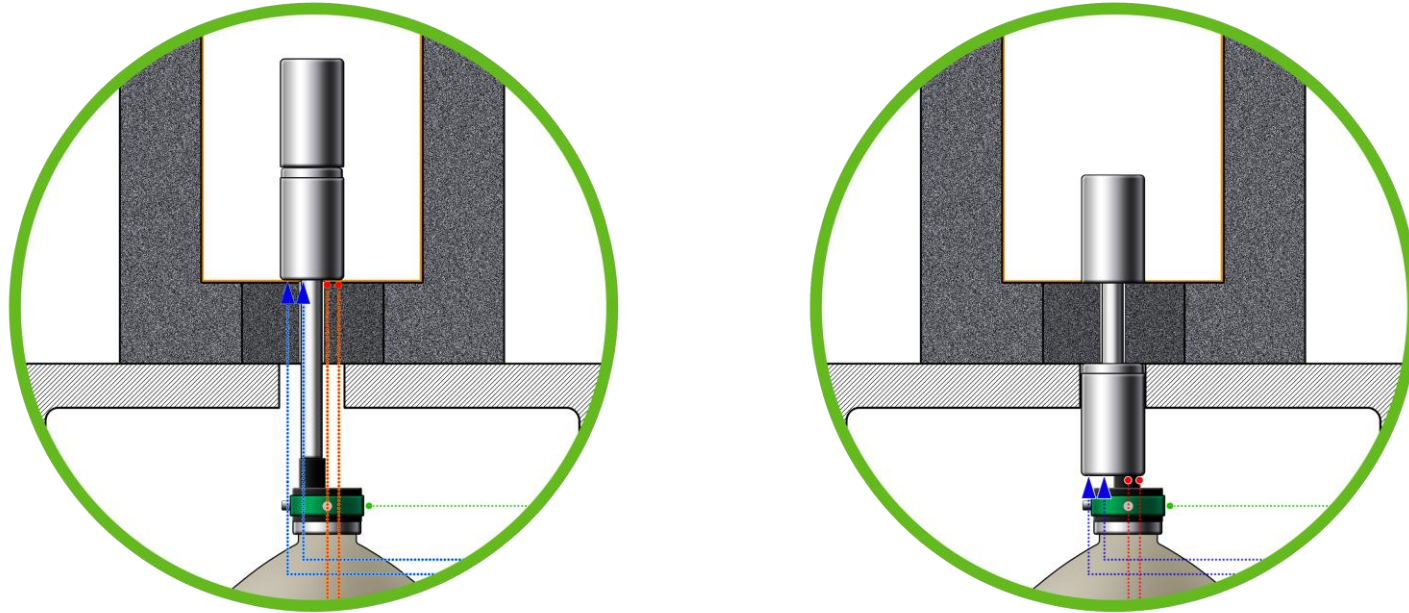
#### ② 액체질소+전기 냉각방식

: 기화되는 액체질소를 Cooler를 이용하여 환원하는 방식으로 약 1년에 한번 씩만 액체질소를 공급한다.

#### ③ 전기 냉각방식

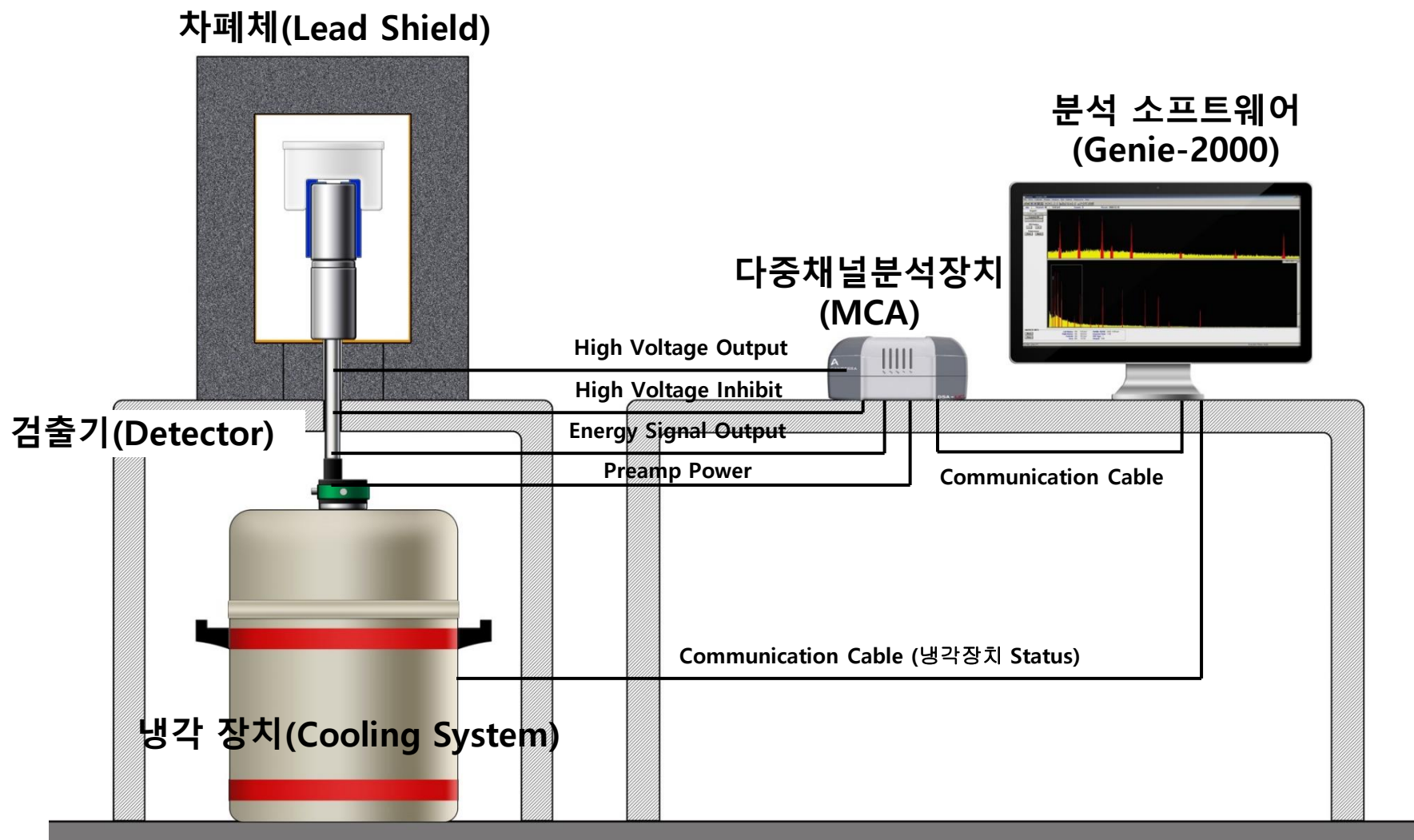
: 순수 전기만을 이용하여 냉각하는 방식이며, 항상 전기가 공급 되어야 한다.

## 일반 검출기와 극저준위 검출기의 비교

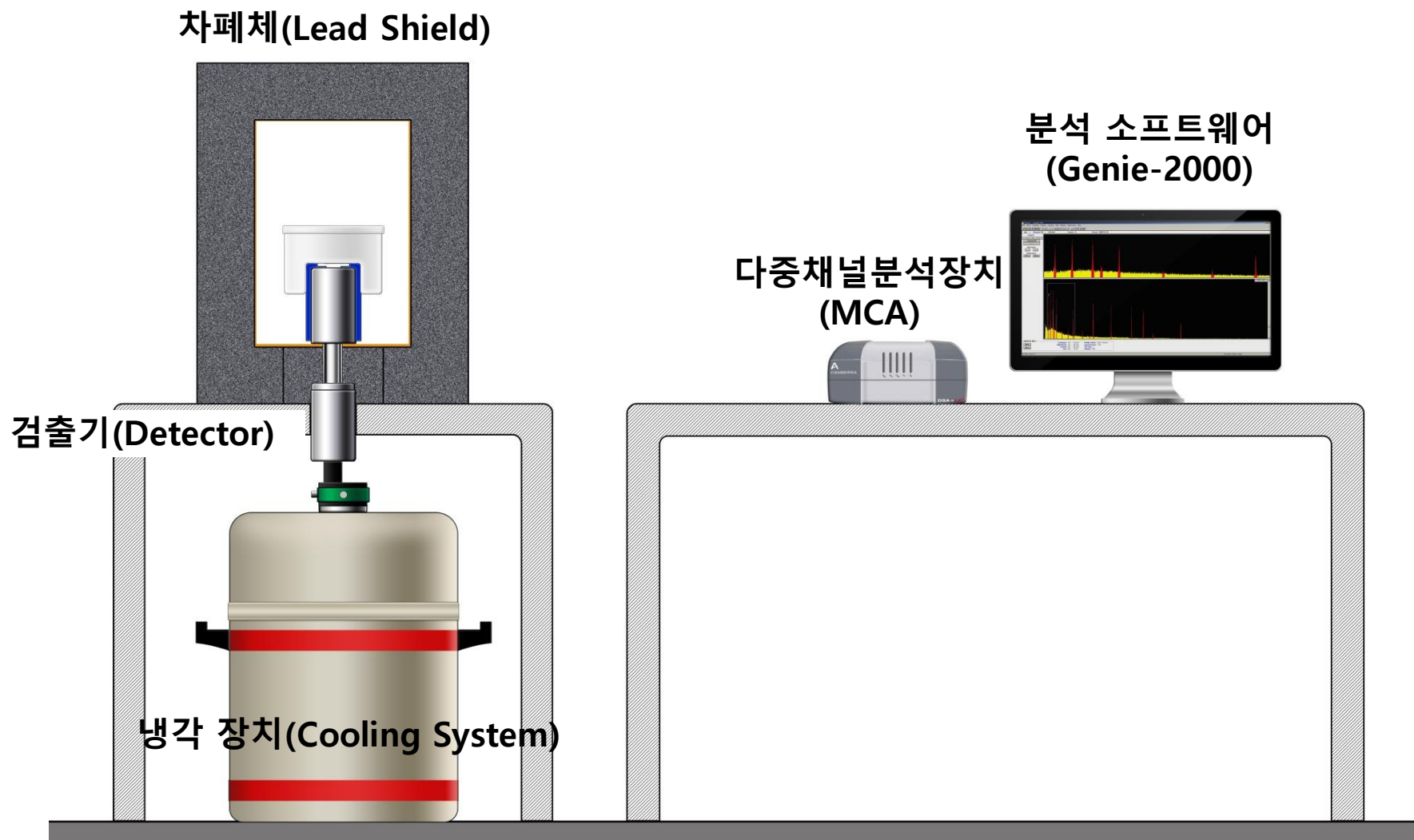


- ▶ ULB (Ultra Low Background) Cryostat를 적용으로 검출기를 포함한 물질 자체의 순도를 높임으로써 검출기에서 발생하는 백그라운드 저감 시스템 도입
- ▶ RDC (Remote Detector Chamber)를 적용함으로써 실제 샘플을 측정하는 검출기 부분만 차폐체 내부에 위치하여 Preamp 등에서 발생할 수 있는 백그라운드 저감 시스템 도입

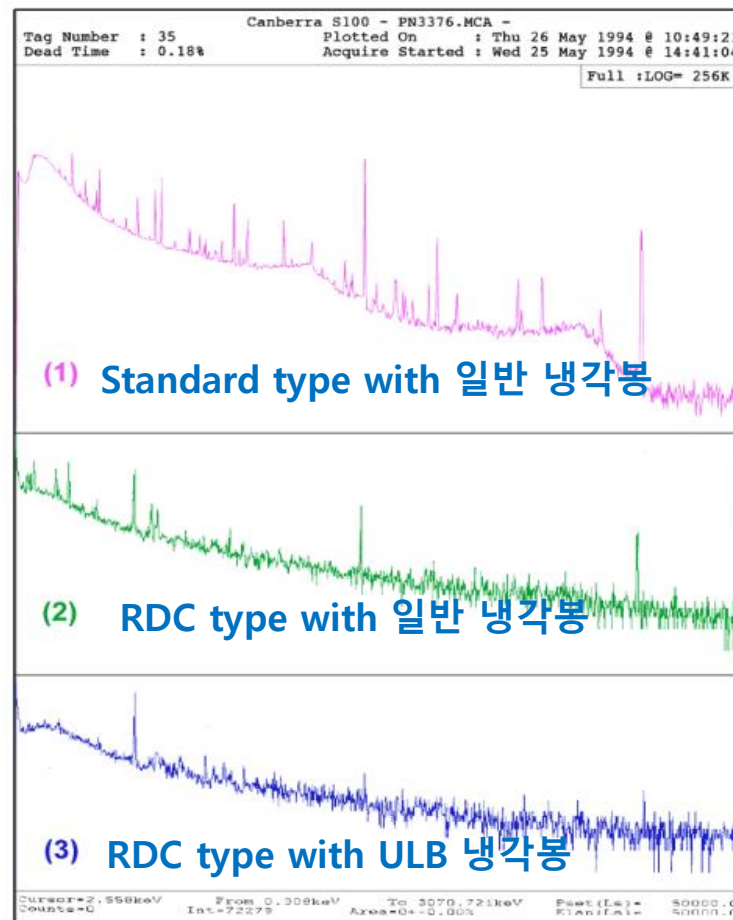
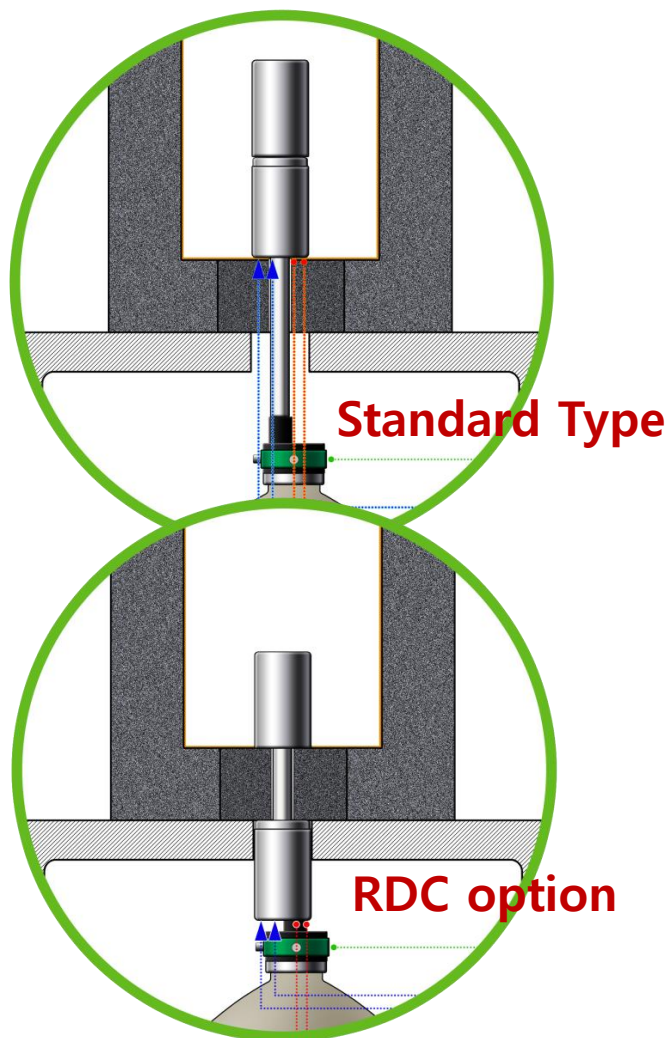
## 일반적인 시스템 구성



## ULB (RDC Option) 시스템 구성



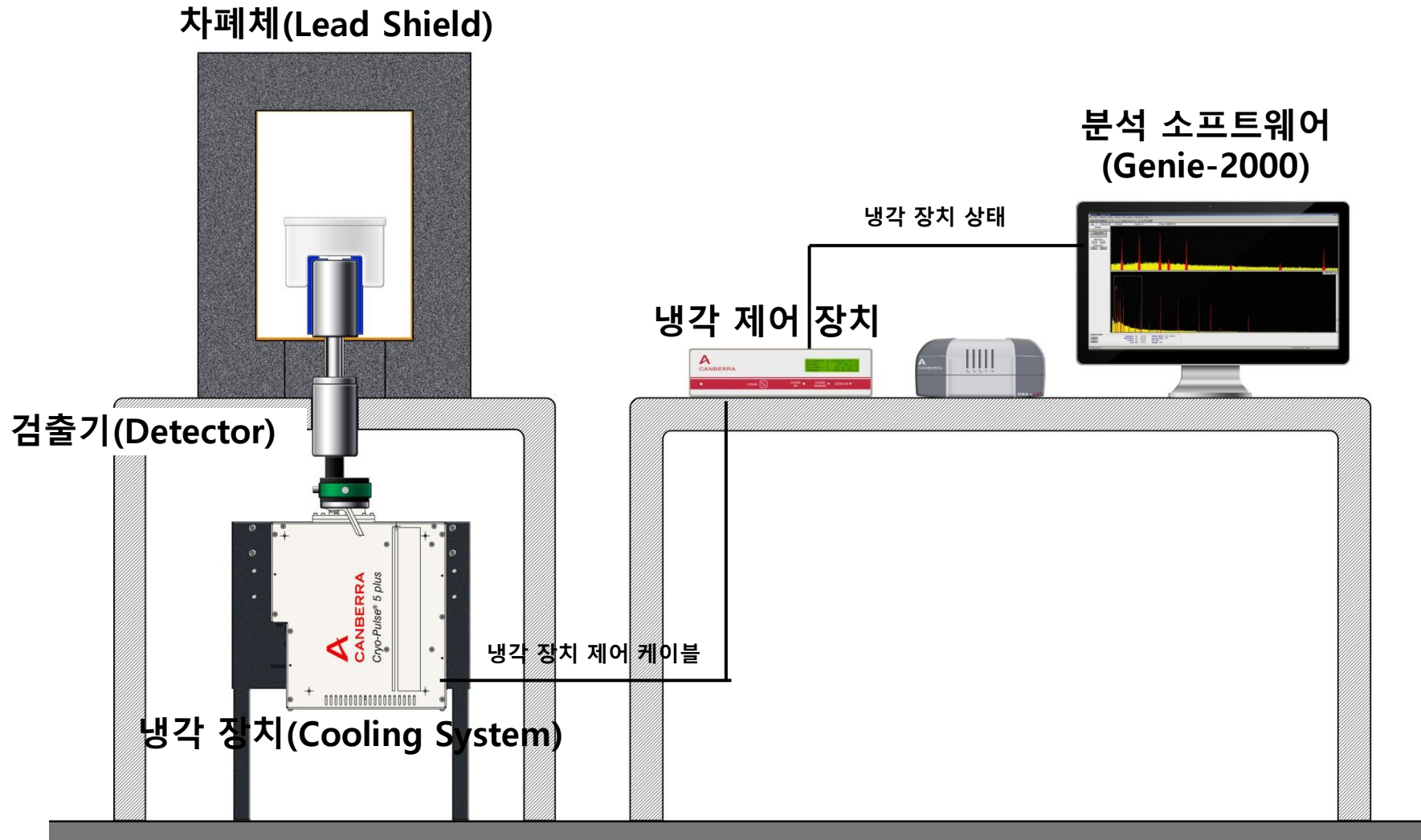
## 일반 검출기와 극저준위 검출기의 비교



### CANBERRA ULB(Ultra Low Background) cryostats Materials

- Aluminum : 99.999% pure with grant thorium and uranium less than 1 ppb.
- Copper : 99.99% pure

## 전기냉각 방식 구성



## 각 장치의 기능(차폐체)



### ▣ 납 차폐체

① 목적 : 투과력이 좋은 감마선의 특성으로 인해 공기 중, 실험실 구조물 등의 방사능을 차폐하고, Background를 낮추기 위해 납 차폐체를 사용한다.

② 재질 : 4인치(10 cm) 두께의 납과 3 mm의 카드뮴 판, 0.7 mm의 구리판으로 구성

#### 1) Model 747

: 좌측 또는 우측의 레버를 이용하여 상단에 위치한 Door Shield를 개폐하여 사용

#### 2) Model 767

: 2개의 Door로 구성되어 있으며 상단에 위치한 양쪽으로 나뉜 Door Shield를 이용하거나 앞쪽에 위치한 Door Shield를 개폐하여 사용

## 각 장치의 기능(MCA)



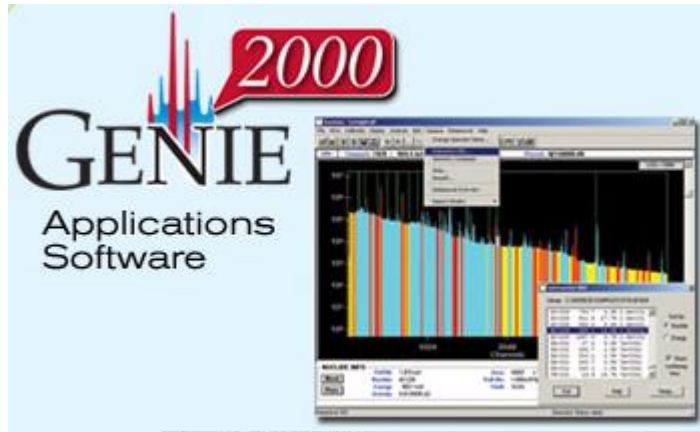
▣ 다중채널분석장치(MCA, Multichannel Analyzer)  
: 감마핵종 분석 시스템의 핵심적인 장치

① MCA의 주장치는 ADC (Analog to Digital Converter)이며, 증폭기(Amplifier)를 통해서 증폭 된 0~10 V사이의 Pulse (Analog) 신호를 디지털화하여 점(Channel)으로 변환시켜 스펙트럼 형태로 데이터를 출력

② 검출기에 흡수된 에너지에 비례하는 펄스를 크기에 따라 해당 채널에 기록/저장

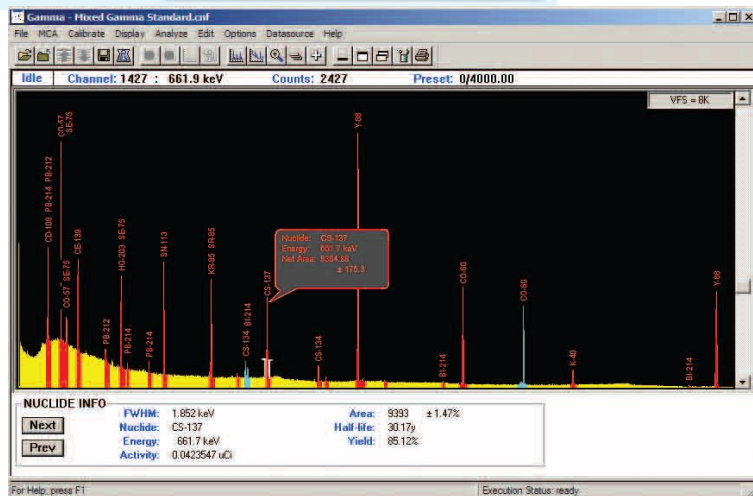
③ 전면부에 위치한 LED를 통해 시스템 사용상태 확인이 가능하고 PC로 해당 장치를 컨트롤

## 각 장치의 기능(분석 소프트웨어)



### ■ 분석 소프트웨어(GENIE-2000)

: MCA 장치로 부터 디지털 데이터를 수집하여 분석하는 소프트웨어



- ① 사용 환경 : Window 10 64 bit까지 호환 가능
- ② 최신 버전 : GENIE-2000 Ver. 3.4.1

## 각 장치의 기능(자동시료교환장치)



### ■ 자동시료교환장치(NSC-30)

- ① 최대 30개 시료 측정 가능
- ② GENIE-2000 기반의 전용 프로그램
- ③ 냉장 기능(추가)
- ④ 자동 무게 측정 기능(추가)

3

# GENIE-2000 프로그램 운영

---

## GENIE-2000

- GENIE-2000
  - Certificate File Editor
  - Gamma Acquisition & Analysis
  - Geometry Composer
  - MCA Input Definition Editor
  - MID Setup Wizard
  - Nuclide Library Editor
  - Quality Assurance Editor
  - VDM Service Manager

### ■ 분석 소프트웨어(GENIE-2000)

: GENIE-2000을 설치하면 Gamma Acquisition & Analysis를 비롯하여 다양한 관련 프로그램이 설치 된다.

### ■ 주요 사용 프로그램

분 류	내 용	확장자
VDM Service Manager	- GENIE-2000 프로그램 사용 시 항상 구동되어야 하는 가상 데이터 관리자	-
MCA Input Definition Editor	- 사용하고 있는 MCA의 정보를 기록/저장(필수)	*.MID
Nuclide Library Editor	- 감마핵종 라이브러리 파일 생성(에너지 교정 시 유용)	*.NID
Certificate File Editor	- 교정 시 사용하는 표준물질 인증서 파일 생성(효율 교정 시 유용)	*.CTF
Gamma Acquisition & Analysis	- 실시간 측정 데이터를 분석	*.CNF

## GENIE-2000의 파일 확장자

분 류	설 명	저장 폴더
.cnf	스펙트럼 파일	C:\WGENIE2K\CAMFILES
.mid	MCA의 정보 저장 DB 파일	C:\WGENIE2K\MIDFILES
.cal	교정 정보가 저장 된 파일	C:\WGENIE2K\CALFILES
.nlb	핵종 라이브러리가 저장 된 파일	C:\WGENIE2K\CAMFILES
.ctf	인증서 파일	C:\WGENIE2K\CAMFILES
.asf	Analysis Sequence가 저장 된 파일	C:\WGENIE2K\CTLFILS
.rpt	Report가 저장 된 파일	C:\WGENIE2K\REPFILS

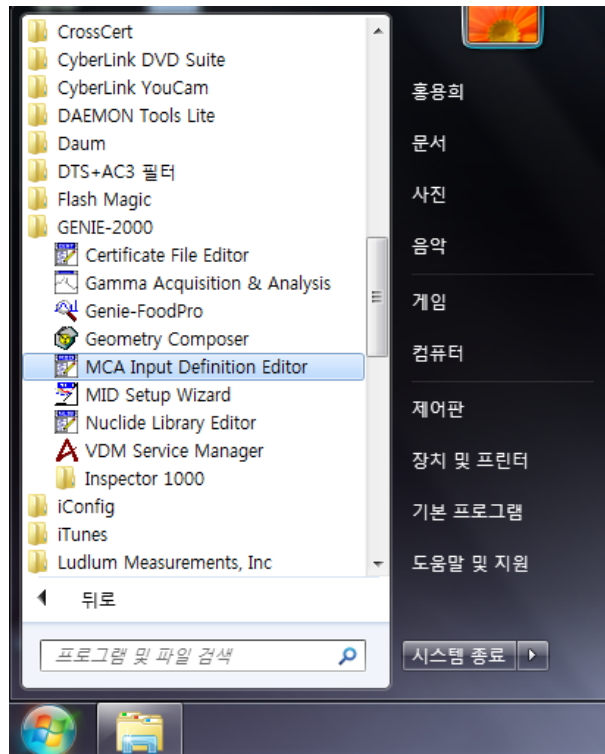
## VDM Service Manager?



- ① 모든 GENIE-2000 관련 프로그램은 사용하기 전에 항상 VDM (가상 데이터 관리자) 프로세스가 실행되어야 한다.
- ② PC 부팅 시 윈도우가 실행되면 VDM은 자동으로 시작하고 해당 아이콘은 녹색으로 표시된다.
- ③ VDM의 중단(오류)를 막기 위해 화면보호기, 절전모드 등을 설정하지 않는다.
- ④ 적색으로 표시 된 경우 Start Service를 클릭하고 Start가 되지 않는 경우 엔지니어에게 문의한다.

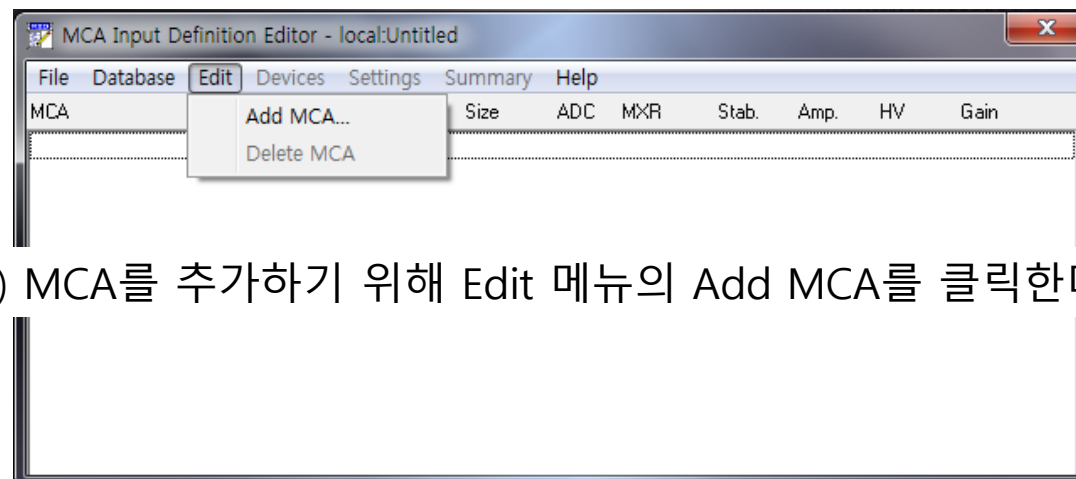
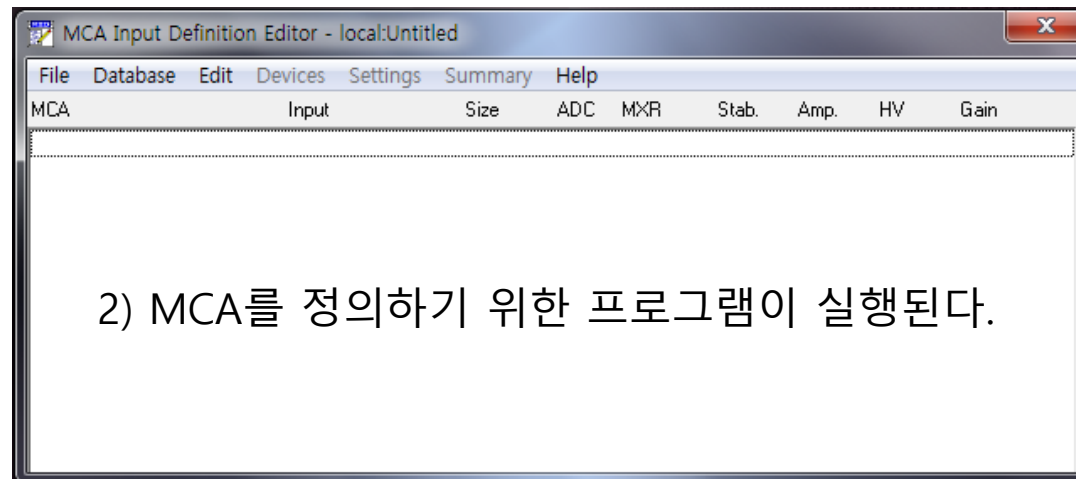
## MCA Input Definition Editor?

- ① GENIE-2000의 분석프로그램인 Gamma Acquisition & Analysis 프로그램을 사용하기 전 PC와 연결된 MCA를 정의한다.
  - ② MCA 정의는 장비 최초 설치 시 또는 MCA 및 PC 교체 시 진행 된다.
- \* 해당 교육 자료에서는 최근 많이 사용되고 있는 DSA-LX로 정의하는 방법으로 진행 됩니다.

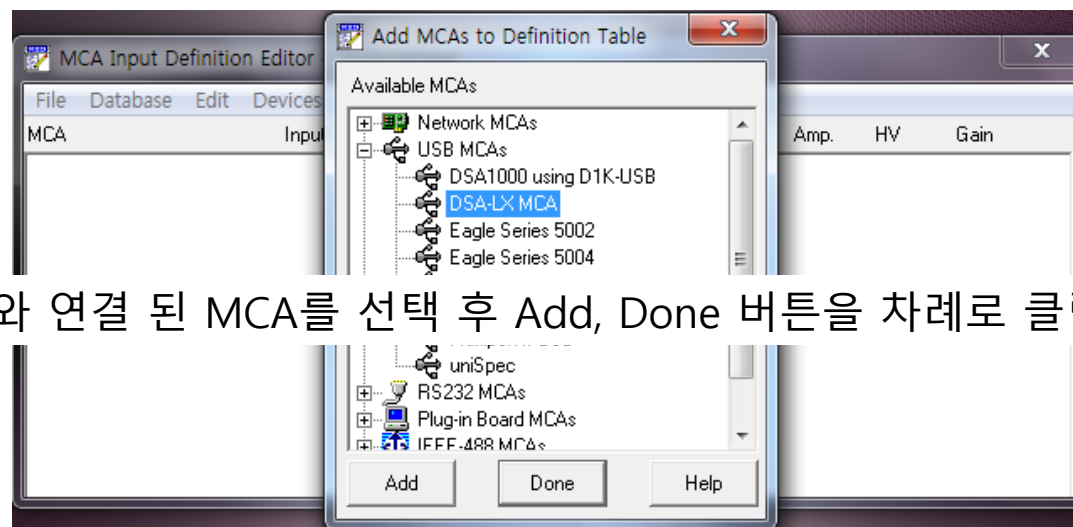
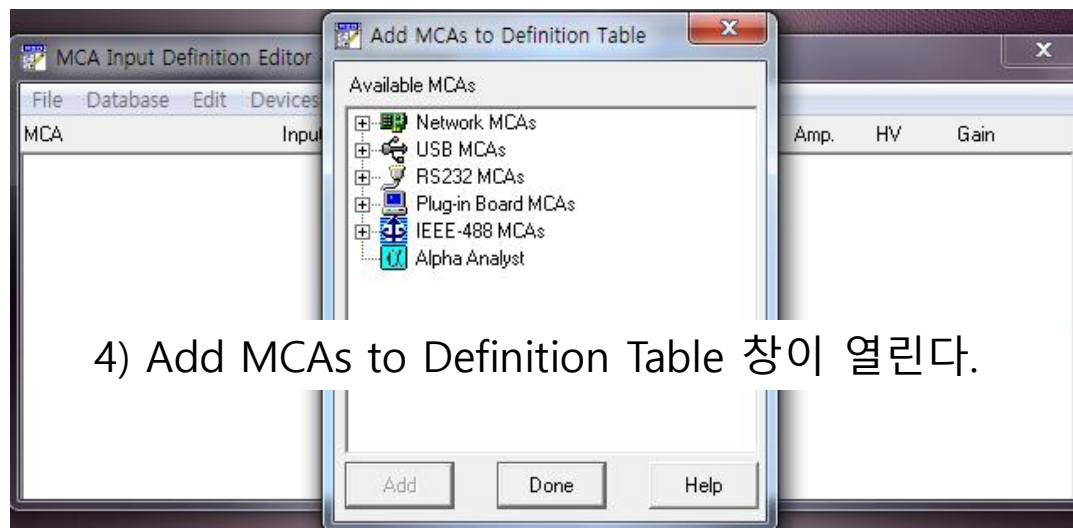


- 1) 프로그램(MCA Input Definition Editor) 실행  
: MCA를 정의하고 연결하기 위해 설치 된 경로를 찾아 MCA Input Definition Editor를 실행한다.

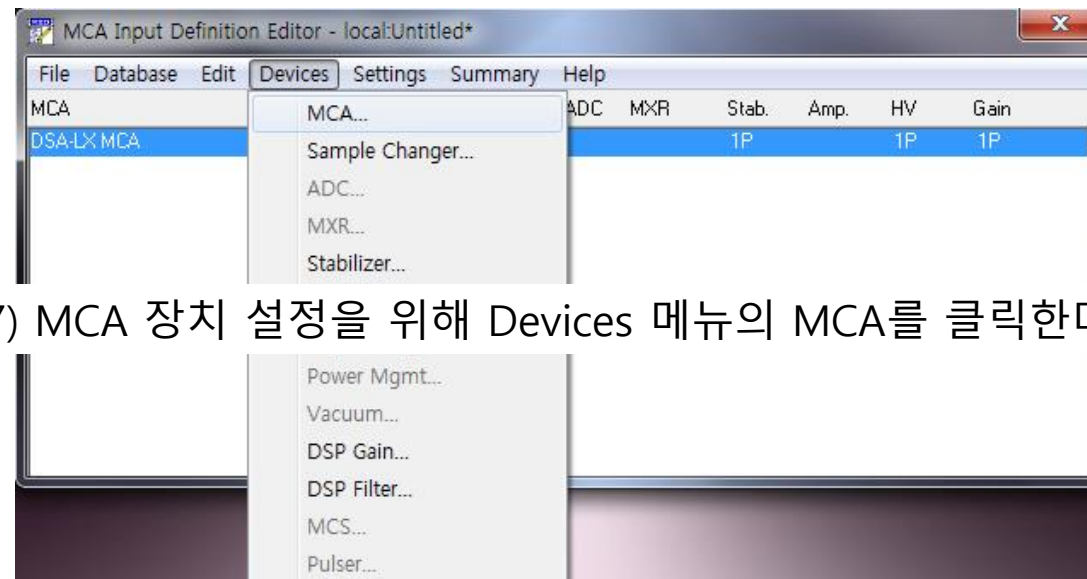
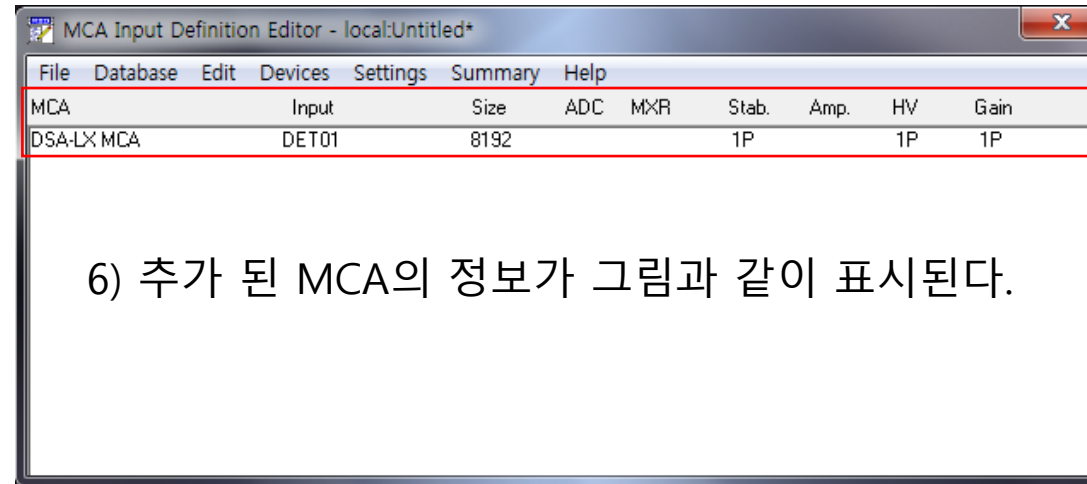
## MCA Input Definition Editor?



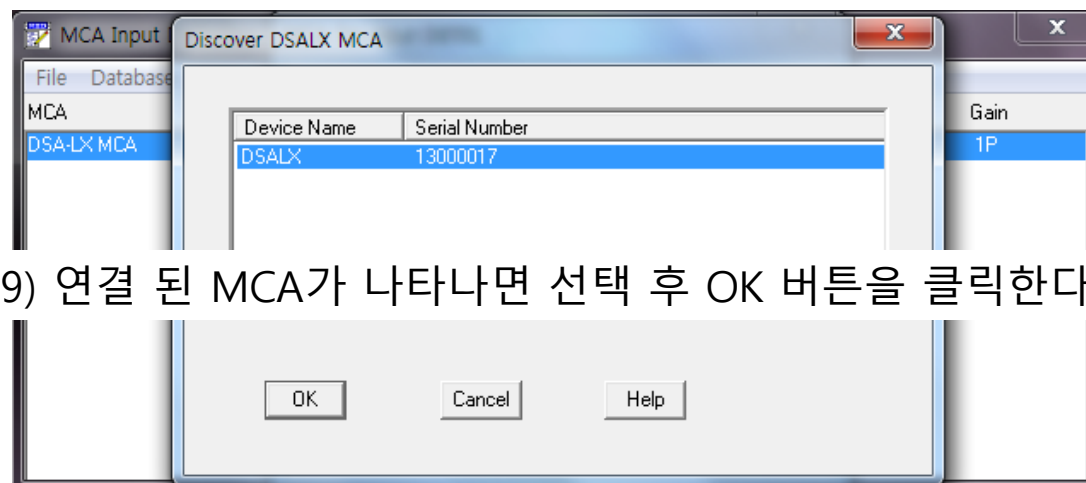
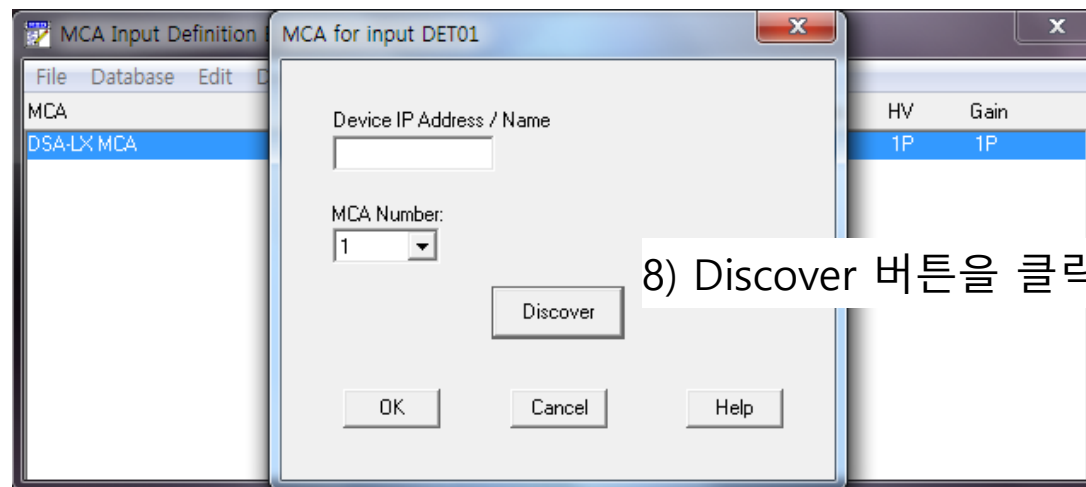
## MCA Input Definition Editor?



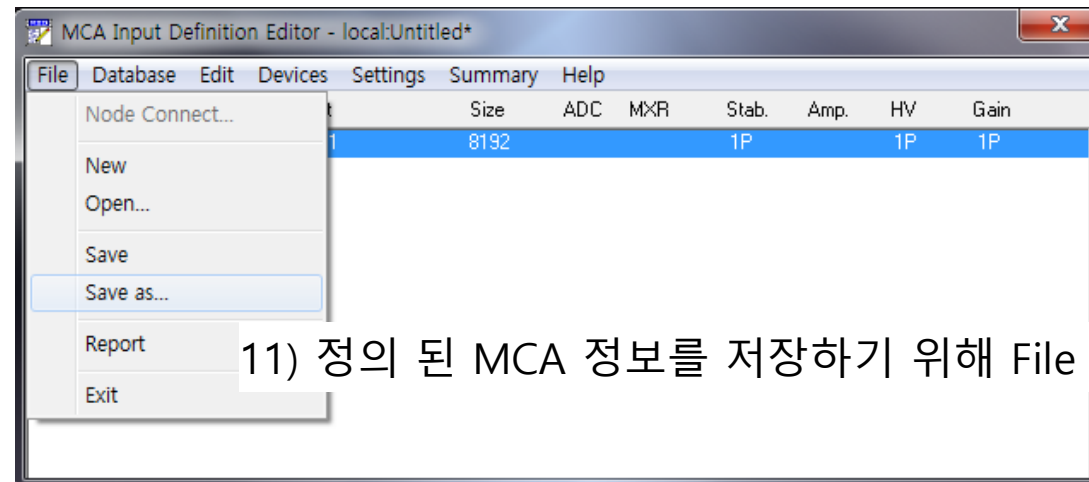
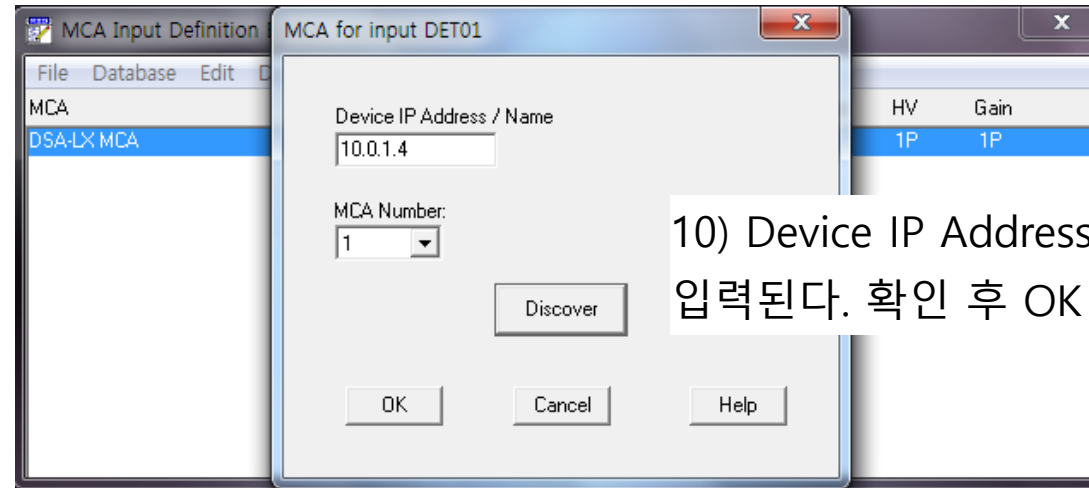
## MCA Input Definition Editor?



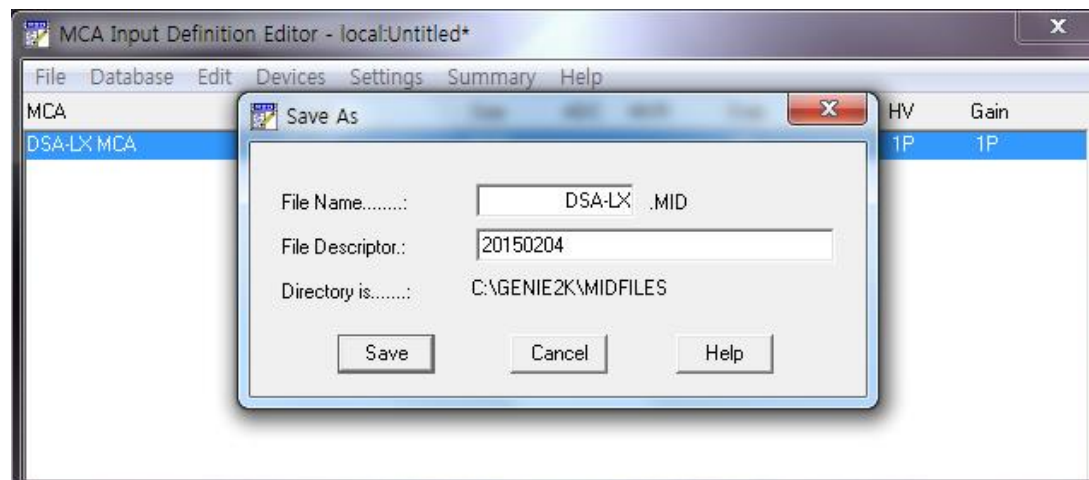
## MCA Input Definition Editor?



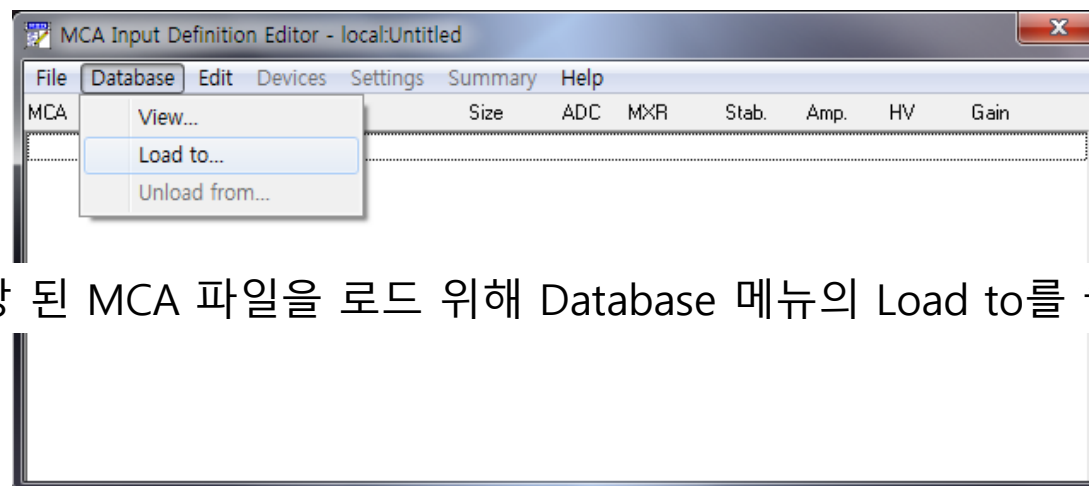
## MCA Input Definition Editor?



## MCA Input Definition Editor?

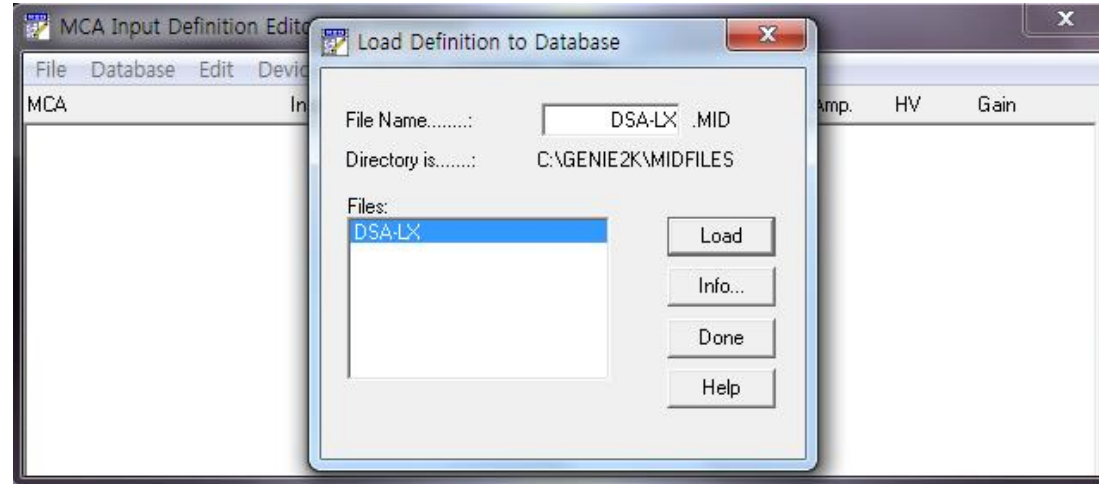


12) File Name/Descriptor를 입력 후 Save 버튼을 클릭한다.



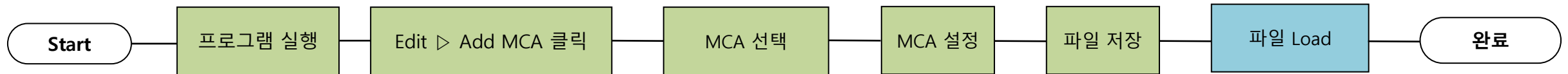
13) 저장 된 MCA 파일을 로드 위해 Database 메뉴의 Load to를 클릭한다.

## MCA Input Definition Editor?



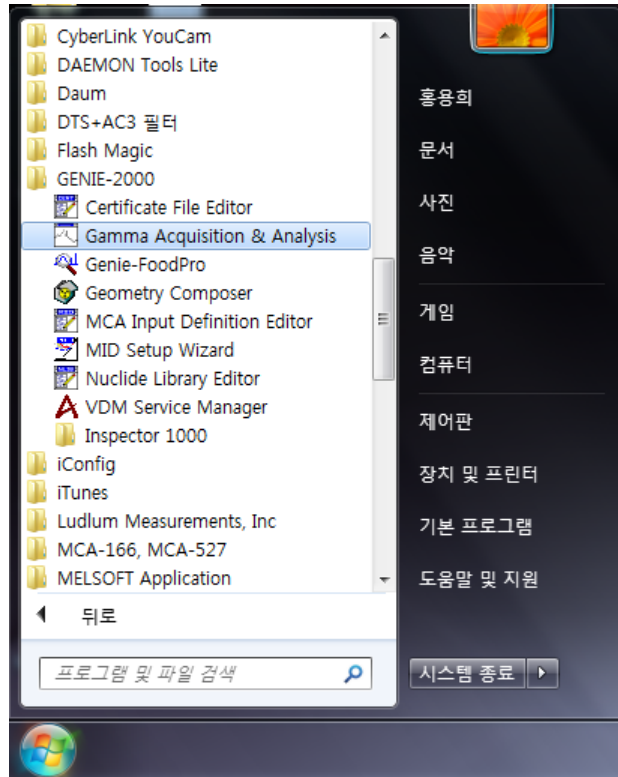
14) 저장한 파일을 선택한 뒤 Load를 클릭 후 프로그램을 종료한다.

## MCA Input Definition Editor Flow



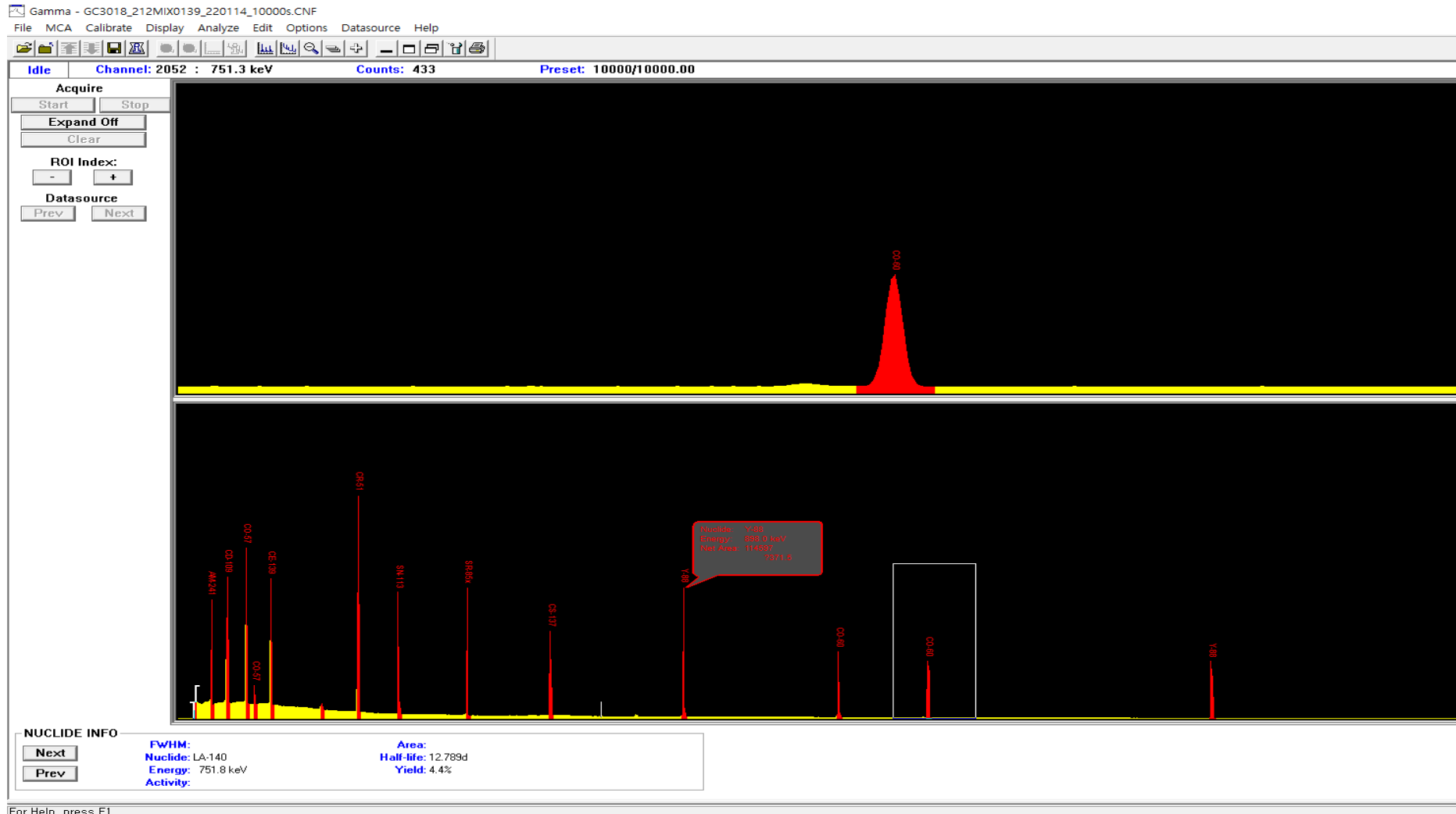
## Gamma Acquisition & Analysis?

- ① GENIE-2000에서 실제적으로 사용자가 가장 많이 사용하는 프로그램입니다.
  - ② MCA 설정, 에너지/효율 교정, 시료 측정, 결과 Report를 생성 작업에 사용합니다.
- \* 해당 교육 자료에서는 주요 기능/설정 값 변경, 에너지/효율 교정, 시료 측정, 결과 Report 생성 순으로 진행 됩니다.



- 프로그램(Gamma Acquisition & Analysis) 실행  
: 실제 분석을 진행하기 위해 설치 된 경로를 찾아 Gamma Acquisition & Analysis를 실행한다.

## Gamma Acquisition & Analysis 구성



## Gamma Acquisition & Analysis 구성

- ▶ 파일명 : 스펙트럼의 파일명이 표시



- ▶ 메뉴 탭 : 상위 메뉴를 클릭하면 하위메뉴에 다양한 기능을 나타냄

File MCA Calibrate Display Analyze Edit Options Datasource Help

- ▶ 단축 아이콘 : 사용자가 자주 사용하는 아이콘(편집 가능)  
(파일 열기, 파일 닫기, 저장 시료정보편집 등)

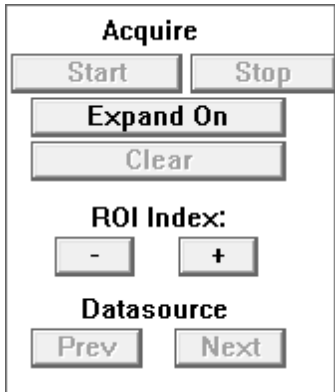


- ▶ 측정 상태 : 측정 상태 표시 및 피크 선택 시 채널, 카운트, 측정시간이 표시됨

Idle	Channel: 2052 : 751.3 keV	Counts: 433	Preset: 10000/10000.00
------	---------------------------	-------------	------------------------

## Gamma Acquisition & Analysis 구성

### ▶ 측정 제어 버튼



측정 시작/정지

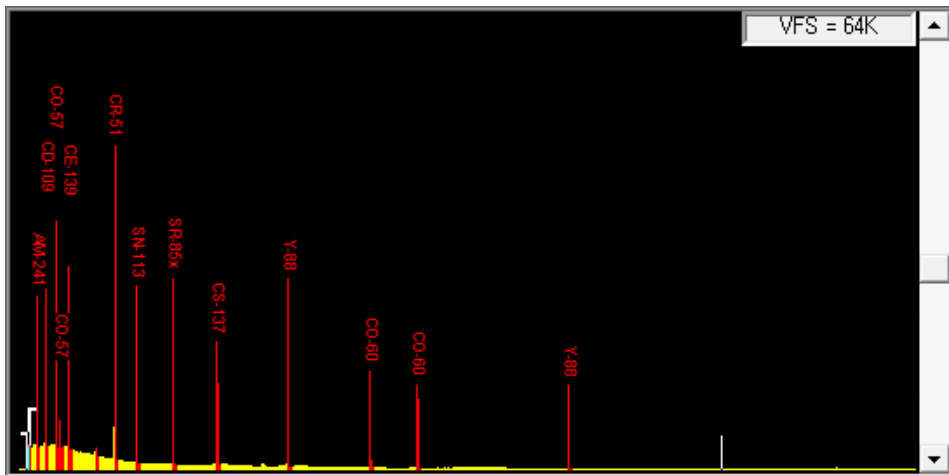
확장

측정 스펙트럼 지우기,

ROI 이동 (키보드 +, -)

데이터소스 이동

### ▶ 스펙트럼 창



측정 중 - 현재 스펙트럼 표시

저장된 파일 - 측정이 끝난 스펙트럼이 표시

오른쪽 상단에 VFS (vertical full scale)이 표시

(스크롤 막대를 이용하여 확대 축소 가능)

## Gamma Acquisition & Analysis 구성

### ▶ 상태 정보창

\* 시간 정보 : 분석 시작 시간, 데드 타임, Live time 및 Real time 설정 값이 포함

TIME INFO		Acq. Start:	Elapsed	Preset
<input type="button" value="Next"/>		2022-01-14 5:35:22 PM		
<input type="button" value="Prev"/>		Dead Time: 0.71%	Live (secs.): 10000.000	10000
		Comp. Preset Region:	Real (secs.): 10071.038	0
		0 - 0 (channels)	Total (cnts.): 0.00	382209700000000

\* 샘플 정보 : 샘플명, ID, 샘플 유형, 수량 및 단위, 샘플 지오메트리, 지오메트리 ID 및 빌드 유형

SAMPLE INFO		Title:	Sample Geometry:
<input type="button" value="Next"/>		212MIX0139	GC3018
<input type="button" value="Prev"/>		ID: CRM	Geometry ID:
		Type: 1LMB	Buildup Type: NONE
		Quantity: 1.00 Unit	

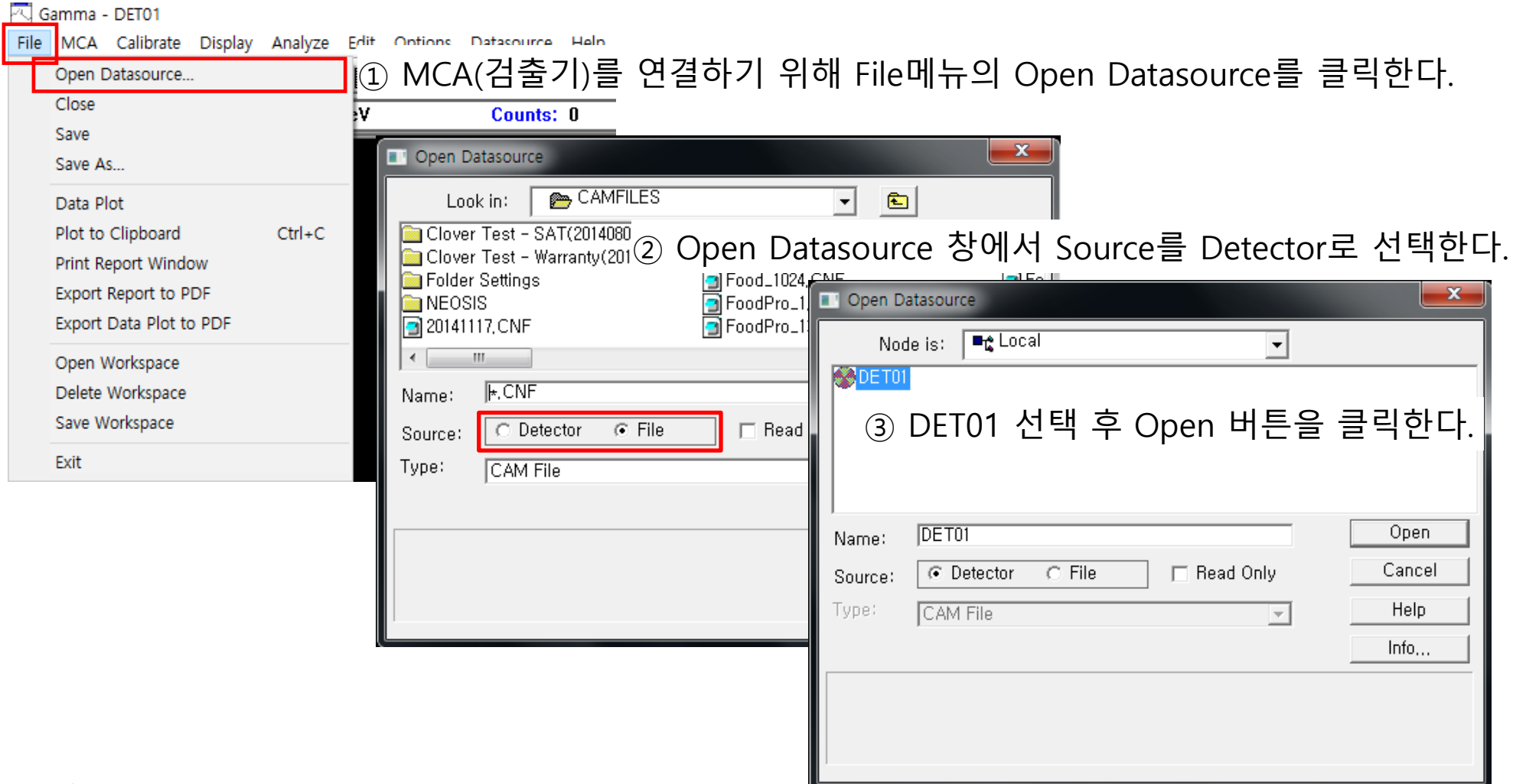
\* 핵종 정보 : 스펙트럼 커서 위치한 추정된 핵종 정보가 표시

NUCLIDE INFO		FWHM:	Area:
<input type="button" value="Next"/>		1.391 keV	70850 70.41%
<input type="button" value="Prev"/>		Nuclide: CS-137	Half-life: 30.17y
		Energy: 661.7 keV	Yield: 85.12%
		Activity: 636.59 Bq	

\* 마커 정보 : ROI 관련 데이터(좌우 마커, 중심 채널 및 에너지, 면적, FWHM 및 FWTM, 가우스 비율)

MARKER INFO		Left Marker:	FWHM, FWTM:
<input type="button" value="Next"/>		1800 : 659.0 keV	1.391, 2.455 keV
<input type="button" value="Prev"/>		Right Marker: 1814 : 664.1 keV	Gaussian Ratio: 0.968
		Centroid: 1807 : 661.7 keV	ROI Type: 1
		Area: 70850 70.41%	Integral: 80289

## MCA(검출기) 연결하기



① MCA(검출기)를 연결하기 위해 File메뉴의 Open Datasource를 클릭한다.

② Open Datasource 창에서 Source를 Detector로 선택한다.

③ DET01 선택 후 Open 버튼을 클릭한다.

## MCA(검출기) 연결화면

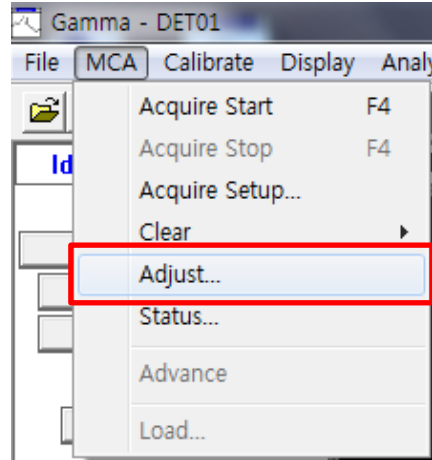
The image displays two overlapping windows from the GENIE-2000 software interface. The top window, titled "Gamma Acquisition & Analysis", is partially obscured by the bottom window, "Gamma - DET01".

**Gamma - DET01 Window Details:**

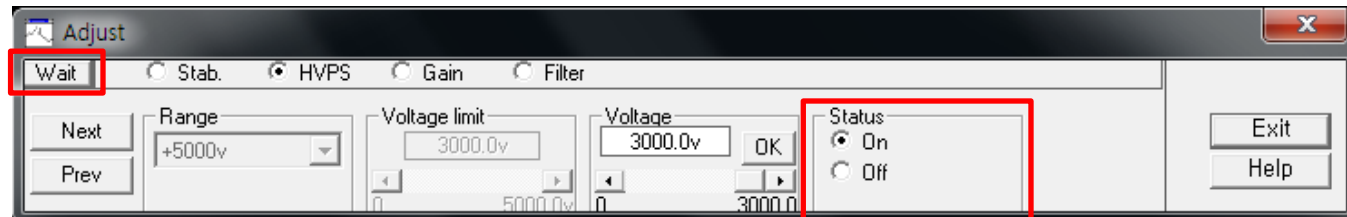
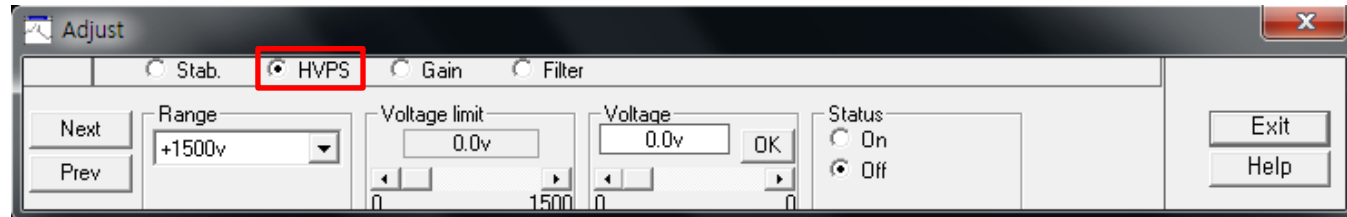
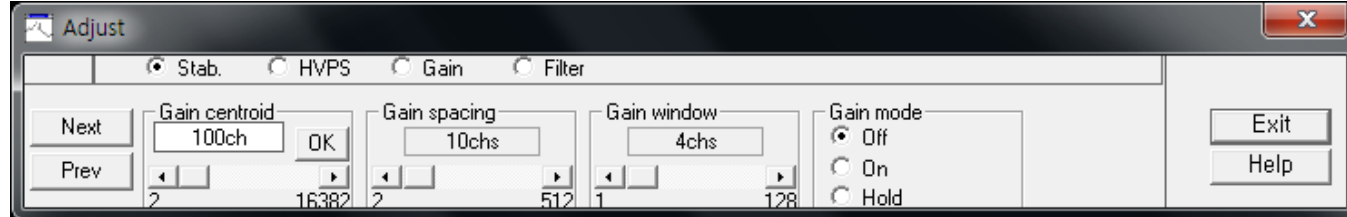
- Status:** Idle
- Channel:** 1806 : 661.1 keV
- Counts:** 0
- Preset:** 80000/0.00
- Acquire Controls:** Start, Stop, Expand On, Clear
- ROI Index:** - , +
- Datasource:** Prev, Next
- NUCLIDE INFO:**
  - FWHM: 0.000 keV
  - Nuclide: CS-137
  - Energy: 661.7 keV
  - Activity: ?
  - Area: 0 ?0.00%
  - Half-life: 30.17y
  - Yield: 85.12%
- Execution Status:** ready

The bottom window, "Gamma Acquisition & Analysis", shows similar controls but is currently inactive. Its status bar indicates "Execution Status: n/a".

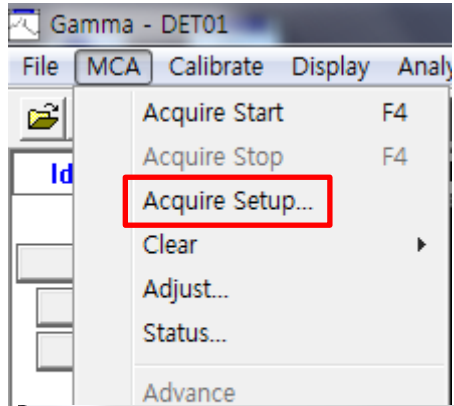
## 동작전압(H.V) On/Off



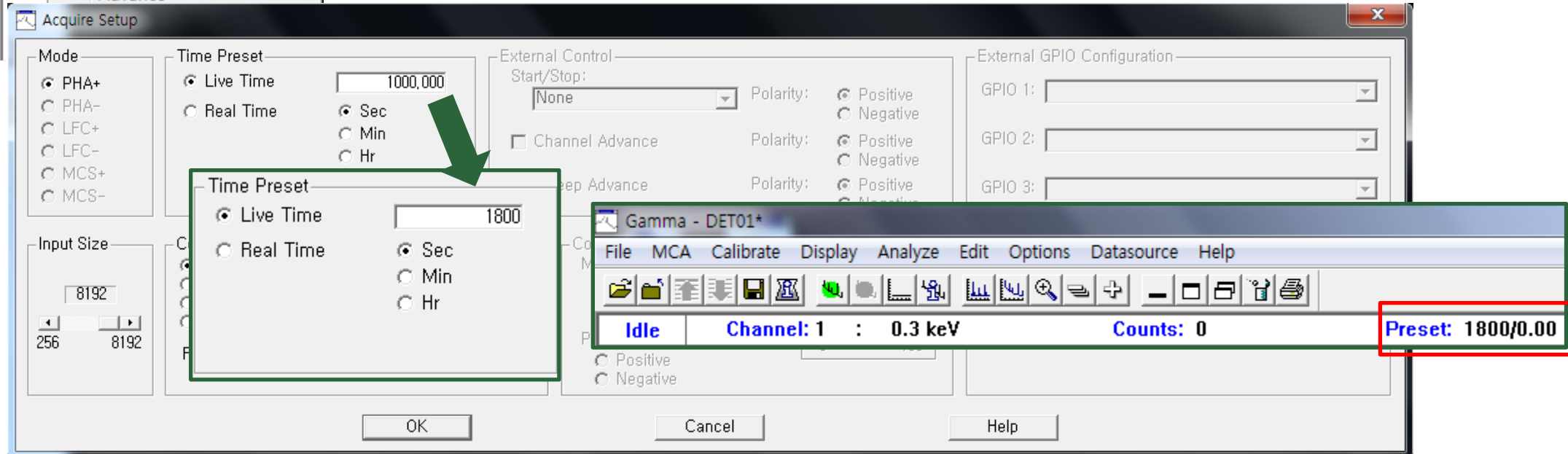
- ① MCA (검출기)에 동작전압을 인가하기 위해 MCA메뉴의 Adjust를 클릭한다.
- ② Adjust 창이 뜨면 HVPS (High Voltage Power Supply)를 클릭한다.
- ③ 설치 된 검출기에 동작전압에 맞게 Range, Voltage limit, Voltage를 설정한다.
- ④ Status를 이용하여 동작전압을 On/Off한다.
- ⑤ On/Off시 Adjust 창 왼쪽 상단에 Wait 신호가 꺼질 때까지 기다린다.



## 분석시간 설정



- ① 분석시간 설정을 위해 MCA메뉴의 Acquire Setup를 클릭한다.
- ② Acquire Setup 창이 뜨면 Time Preset에 원하는 분석시간을 입력한다.
- ③ 입력 후 OK 버튼을 누르면 Preset time이 변경 된 것을 확인 할 수 있다.



## 분석 제어(Start)

Gamma - DET01\*

File MCA Calibrate Display Analyze Edit Options Datasource Help

Busy Channel: 317 : 79.3 keV Counts: 1 Preset: 1800/3.58

Acquire

Start Stop

Expand On

Clear

ROI Index:

- +

Datasource

Prev Next

VFS = 64

1) Start 버튼을 눌러 분석을 시작한다. (설정된 Preset time시간 만큼 측정)

MARKER INFO

Next

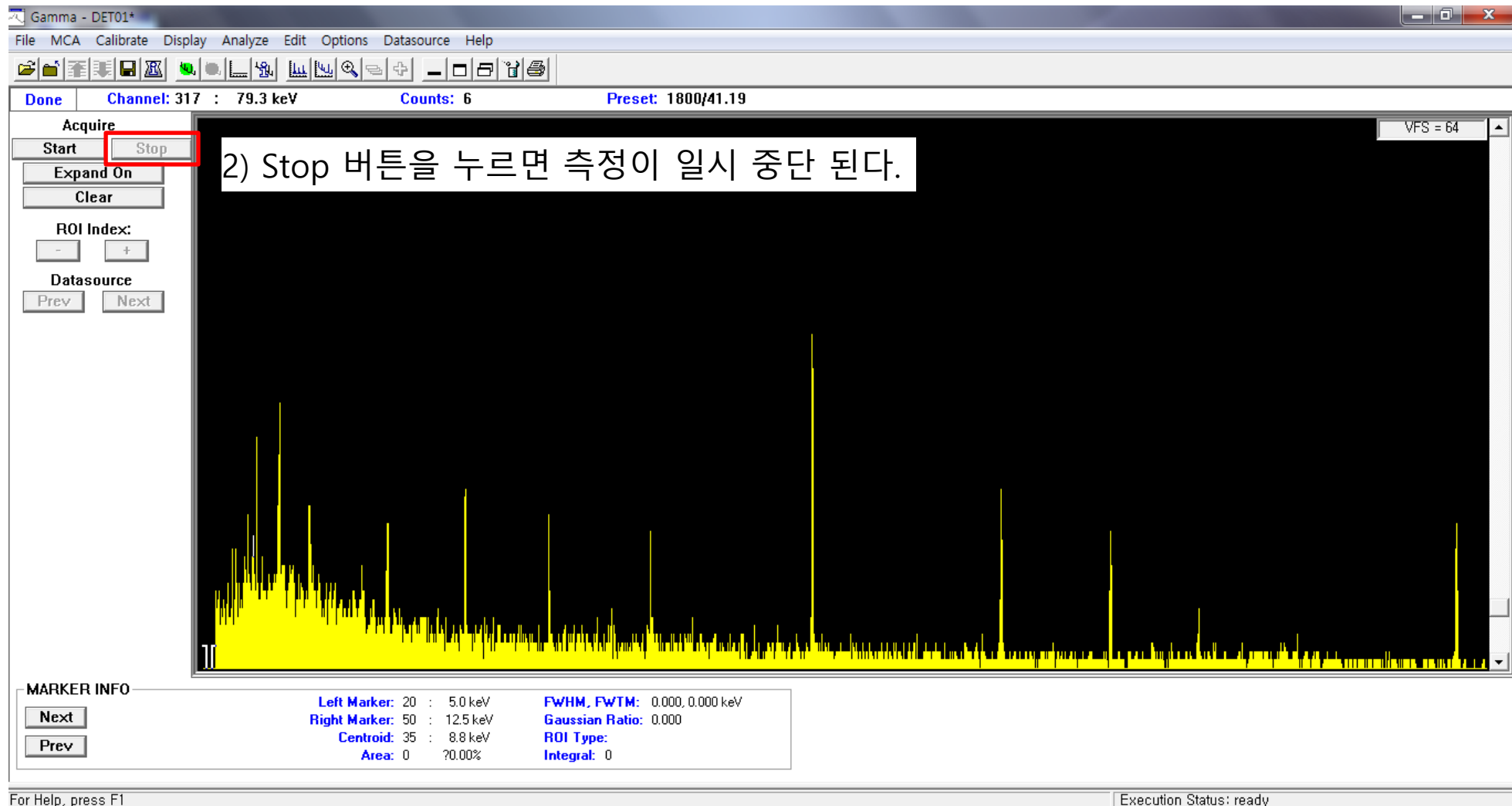
Prev

Left Marker: 20	: 5.0 keV	FWHM, FWTM:	0.000, 0.000 keV
Right Marker: 50	: 12.5 keV	Gaussian Ratio:	0.000
Centroid: 35	: 8.8 keV	ROI Type:	
Area: 0	: 70.00%	Integral:	0

For Help, press F1

Execution Status: ready

## 분석 제어(Stop)



Gamma - DET01\*

File MCA Calibrate Display Analyze Edit Options Datasource Help

Done Channel: 317 : 79.3 keV Counts: 6 Preset: 1800/41.19

Acquire

Start Stop

Expand On

Clear

ROI Index:

- +

Datasource

Prev Next

VFS = 64

2) Stop 버튼을 누르면 측정이 일시 중단 된다.

MARKER INFO

Next

Prev

Left Marker: 20 : 5.0 keV FWHM, FWTM: 0.000, 0.000 keV

Right Marker: 50 : 12.5 keV Gaussian Ratio: 0.000

Centroid: 35 : 8.8 keV ROI Type:

Area: 0 70.00% Integral: 0

For Help, press F1 Execution Status: ready

## 분석 제어(Expand On/Off)

The screenshot shows the GENIE-2000 software interface. The top menu bar includes File, MCA, Calibrate, Display, Analyze, Edit, Options, Datasource, and Help. The status bar at the top displays: Done, Channel: 317 : 79.3 keV, Counts: 6, Preset: 1800/41.19.

On the left side, there is an 'Acquire' panel with buttons for Start, Stop, Expand Off (highlighted with a red box), and Clear. Below these are ROI Index controls (-, +) and Datasource controls (Prev, Next).

The main display area is split into two windows. The top window shows a zoomed-in spectrum with a prominent peak, labeled '확대 스펙트럼 창' (Expanded Spectrum Window). The bottom window shows the full spectrum with a rectangular region of interest (ROI) marked around a peak, labeled '전체 스펙트럼 창' (Full Spectrum Window). A vertical scale indicator 'VFS = 64' is visible on the right side of the bottom window.

At the bottom left, there is a 'MARKER INFO' section with 'Next' and 'Prev' buttons. The marker data is as follows:

Left Marker:	20	: 5.0 keV	FWHM, FWTM:	0.000, 0.000 keV
Right Marker:	50	: 12.5 keV	Gaussian Ratio:	0.000
Centroid:	35	: 8.8 keV	ROI Type:	
Area:	0	: 70.00%	Integral:	0

At the bottom of the window, it says 'For Help, press F1' and 'Execution Status: ready'.

## 분석 제어(Clear)

Gamma - DET01\*

File MCA Calibrate Display Analyze Edit Options Datasource Help

Done Channel: 317 : 79.3 keV Counts: 0 Preset: 1800/0.00

Acquire

Start Stop

Expand Off

**Clear**

ROI Index:

- +

Datasource

Prev Next

4) Clear 버튼을 누르면 측정 중인 스펙트럼이 초기화 된다.

VFS = 64

MARKER INFO

Next

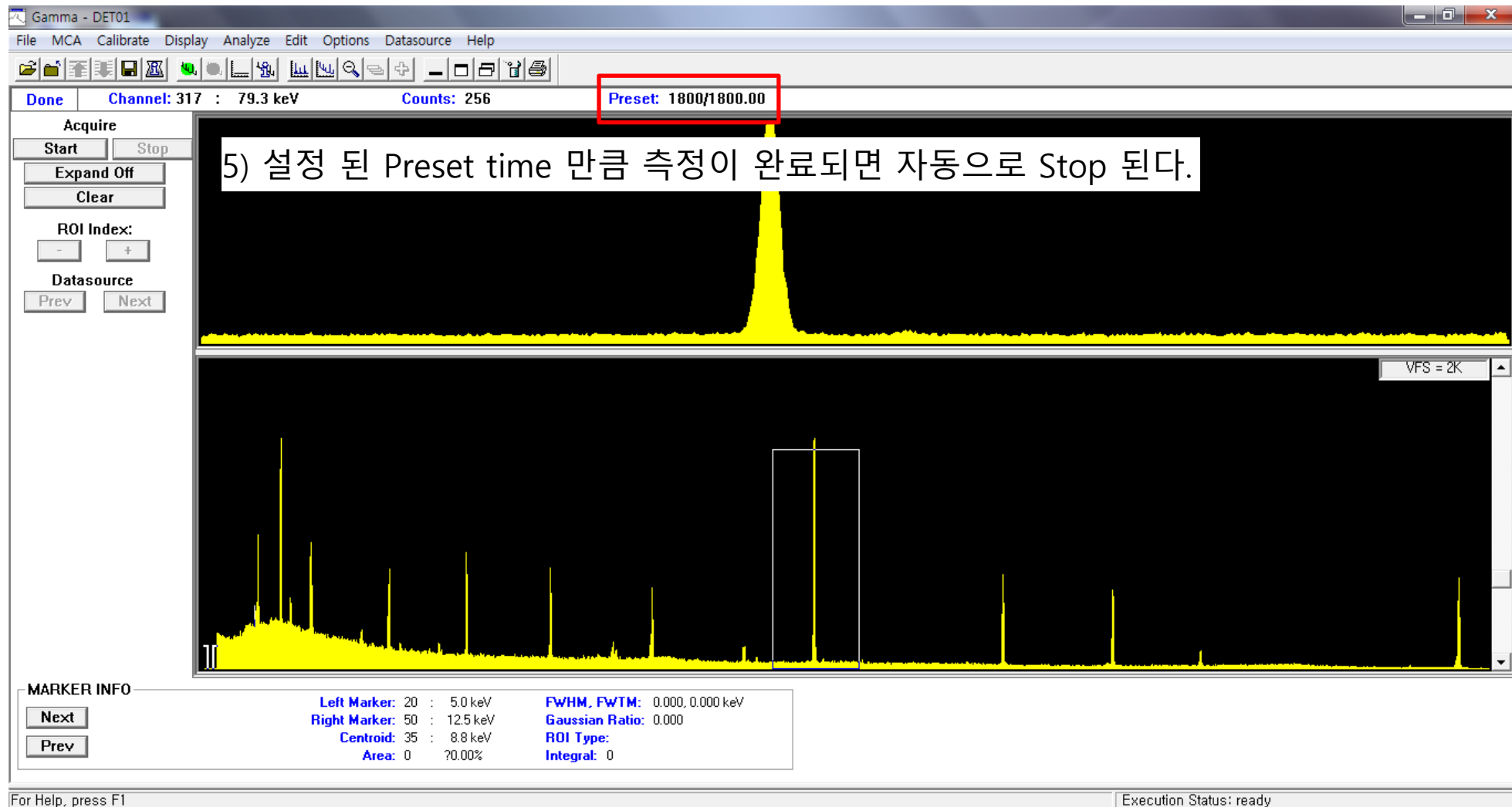
Prev

Left Marker:	20	: 5.0 keV	FWHM, FWTM:	0.000, 0.000 keV
Right Marker:	50	: 12.5 keV	Gaussian Ratio:	0.000
Centroid:	35	: 8.8 keV	ROI Type:	
Area:	0	: 70.00%	Integral:	0

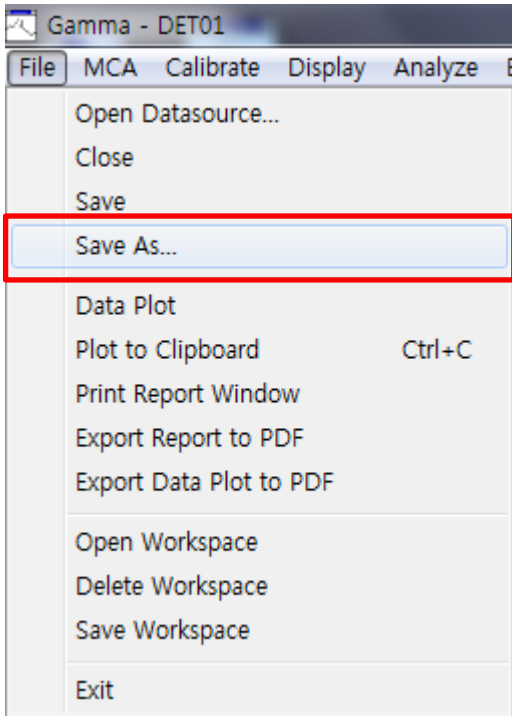
For Help, press F1

Execution Status: ready

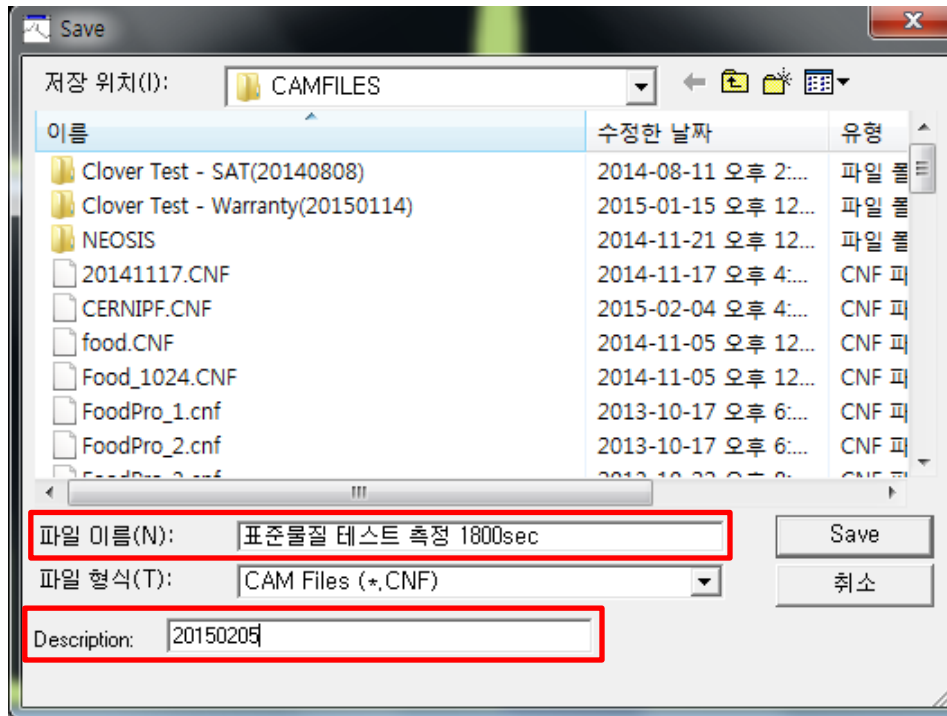
## 분석 제어(측정 완료)



## 스펙트럼 파일(\*.CNF) 저장

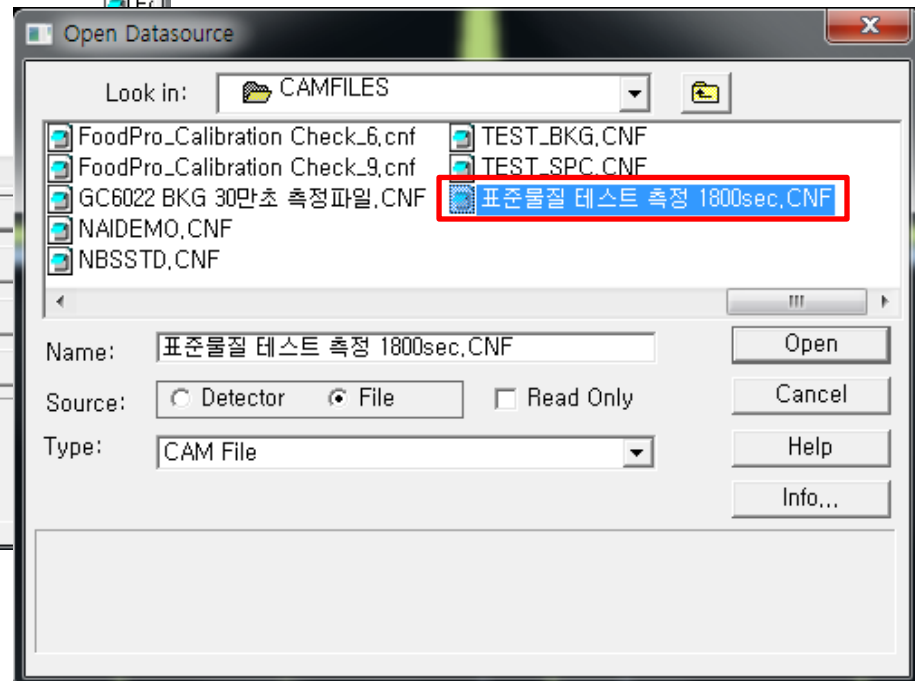
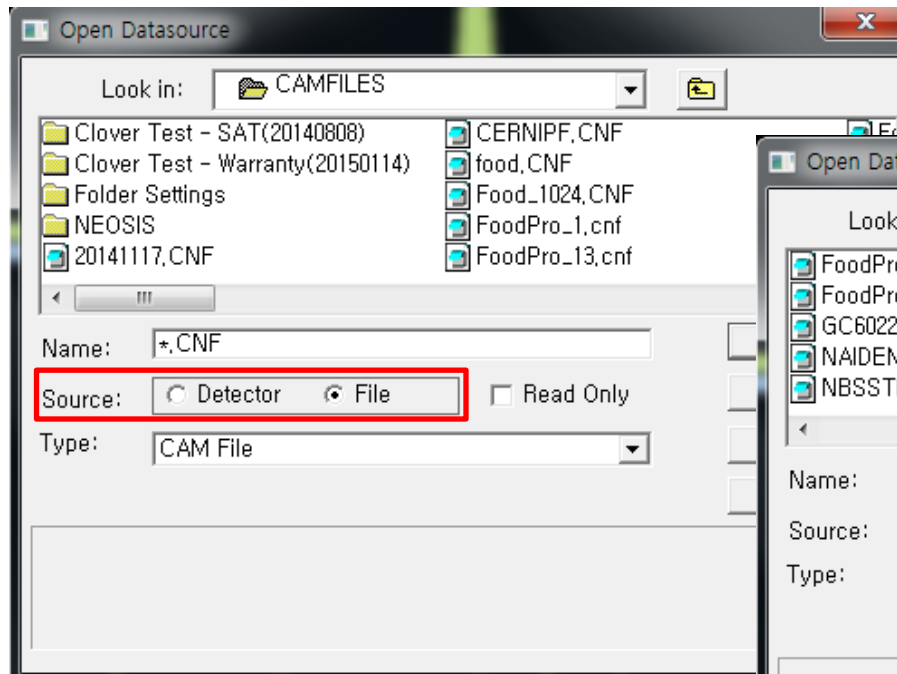
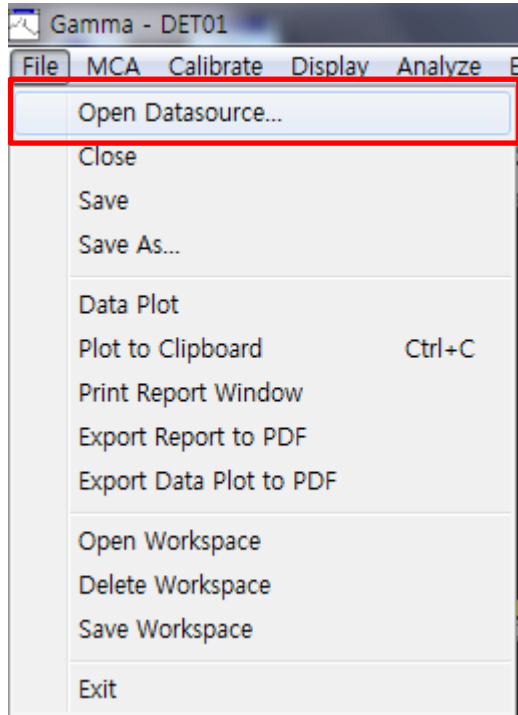


- ① 측정과 시료 정보 입력이 완료되면 스펙트럼 파일(\*.CNF)로 저장한다.
- ② 스펙트럼 파일로 저장하기 위해 File메뉴의 Save as를 클릭한다.
- ③ 원하는 파일 이름(필수)과 Description (선택 사항)을 입력 후 Save 버튼을 클릭한다.
- ④ '로컬디스크(C:) ▶ GENIE2K ▶ CAMFILES' 경로에서 저장한 파일을 확인할 수 있다.

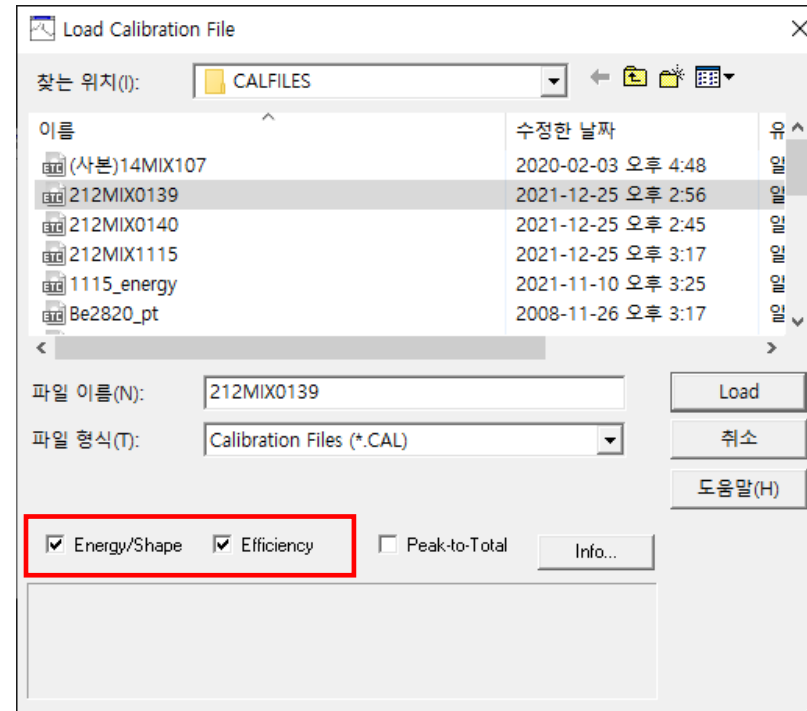
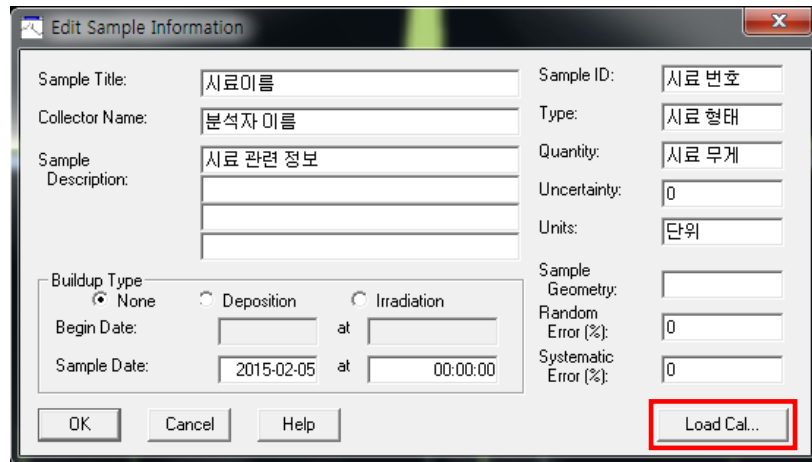
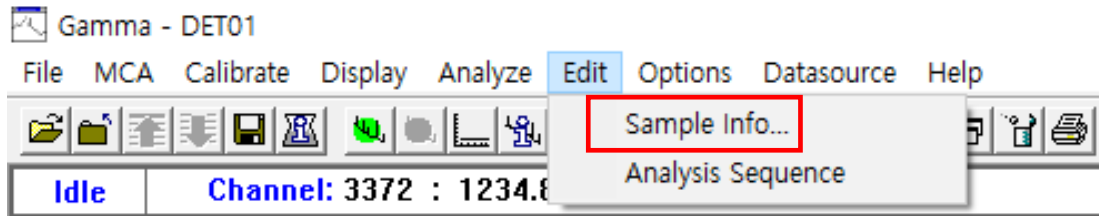


## 스펙트럼 파일(\*.CNF) 열기

- ① 저장 된 스펙트럼 파일을 열기 위해 File메뉴의 Open Datasource를 클릭한다.
- ② Open Datasource 창에서 Source를 File로 선택한다.
- ③ 저장 된 스펙트럼 파일(\*.CNF)를 찾아 선택 후 Open 버튼을 클릭한다.



## 시료 정보(Sample Info) 입력



- ① 시료정보 입력을 위해 Edit메뉴의 Sample info를 클릭한다.
- ② Edit Sample Information 창이 뜨면 시료 이름, 분석자 이름, 시료 관련 정보, 시료 번호, 시료 형태, 시료 무게, 단위, 샘플 채취일을 입력한다.
- ③ Load Cal 클릭하여 에너지/효율 교정 파일을 적용 후 OK 버튼을 클릭한다.

## 시료 정보(Sample Info) 입력

붕괴 보정 방법

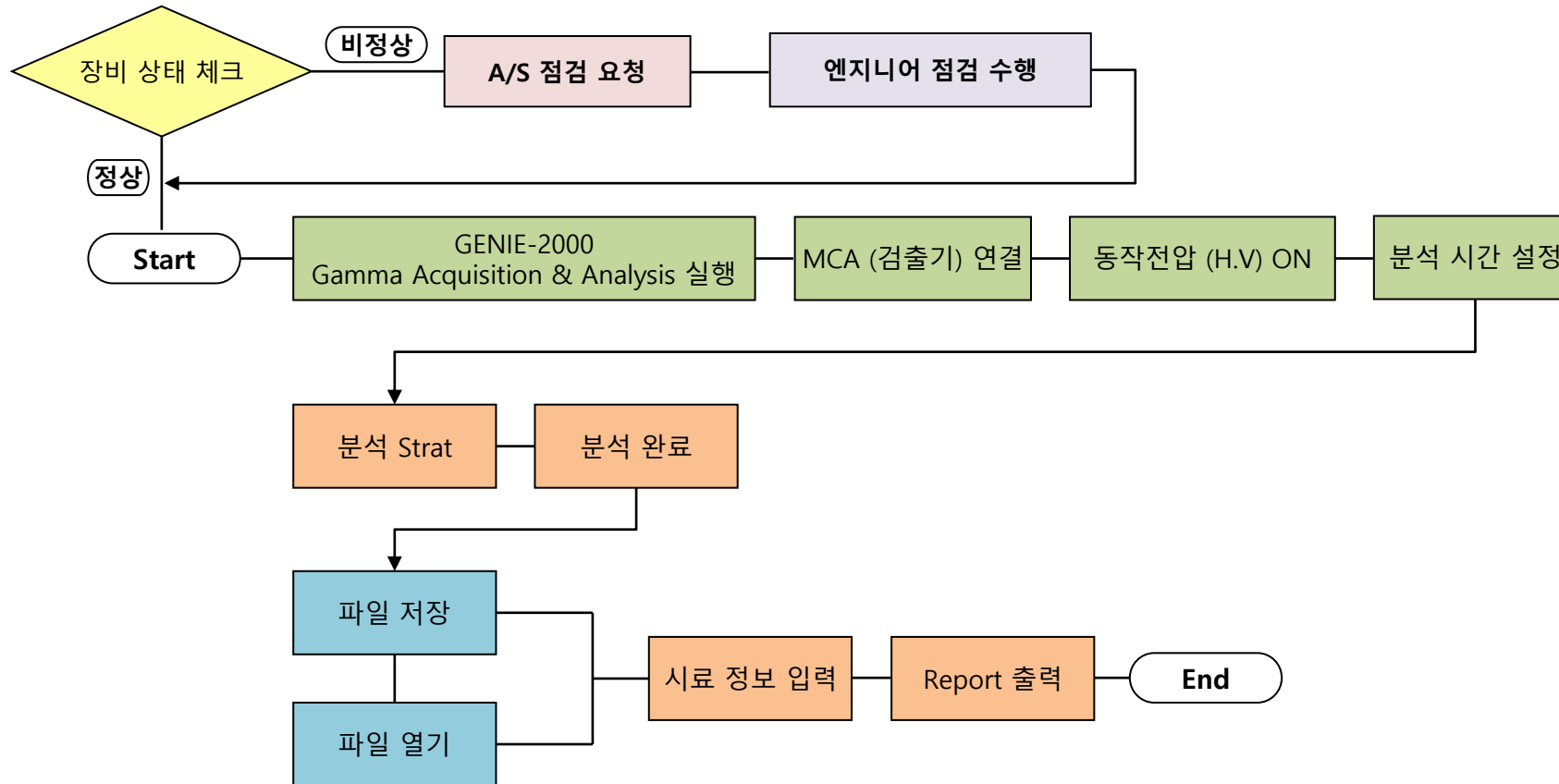
Buildup Type  
 None     Deposition     Irradiation  
 Begin Date: [ ] at [ ]  
 Sample Date: [ ] at [ ]  
 [OK] [Cancel] [Help]

① 측정 시작 시간

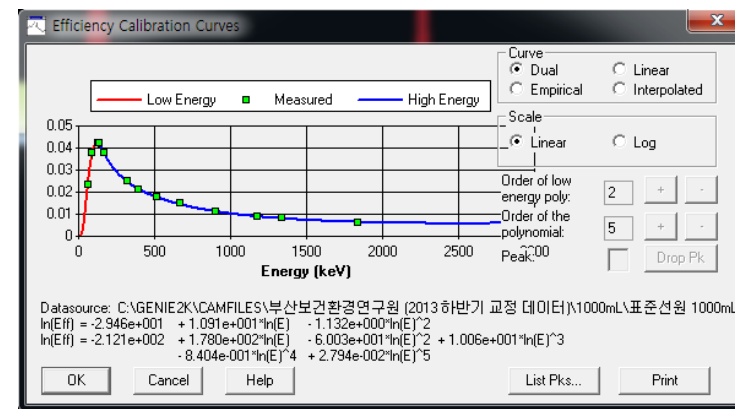
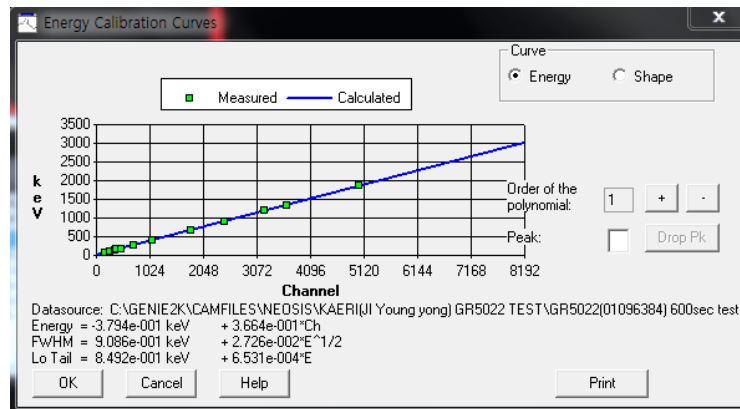
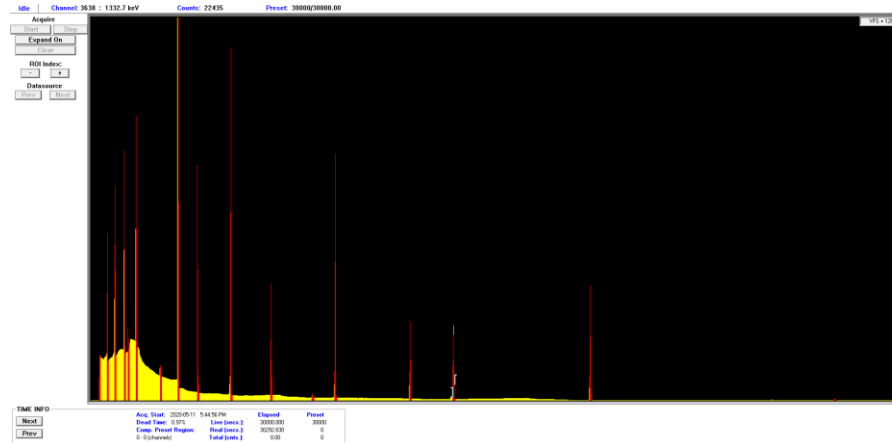
Buildup Type  
 None     Deposition     Irradiation  
 Begin Date: [ ] at [ ]  
 Sample Date: [2022-05-01] at [12:00:00 PM]  
 [OK] [Cancel] [Help]

② 임의의 시료채취 시간

## GENIE-2000 기본 분석 방법 Flow Chart



## 교정(Calibration)?

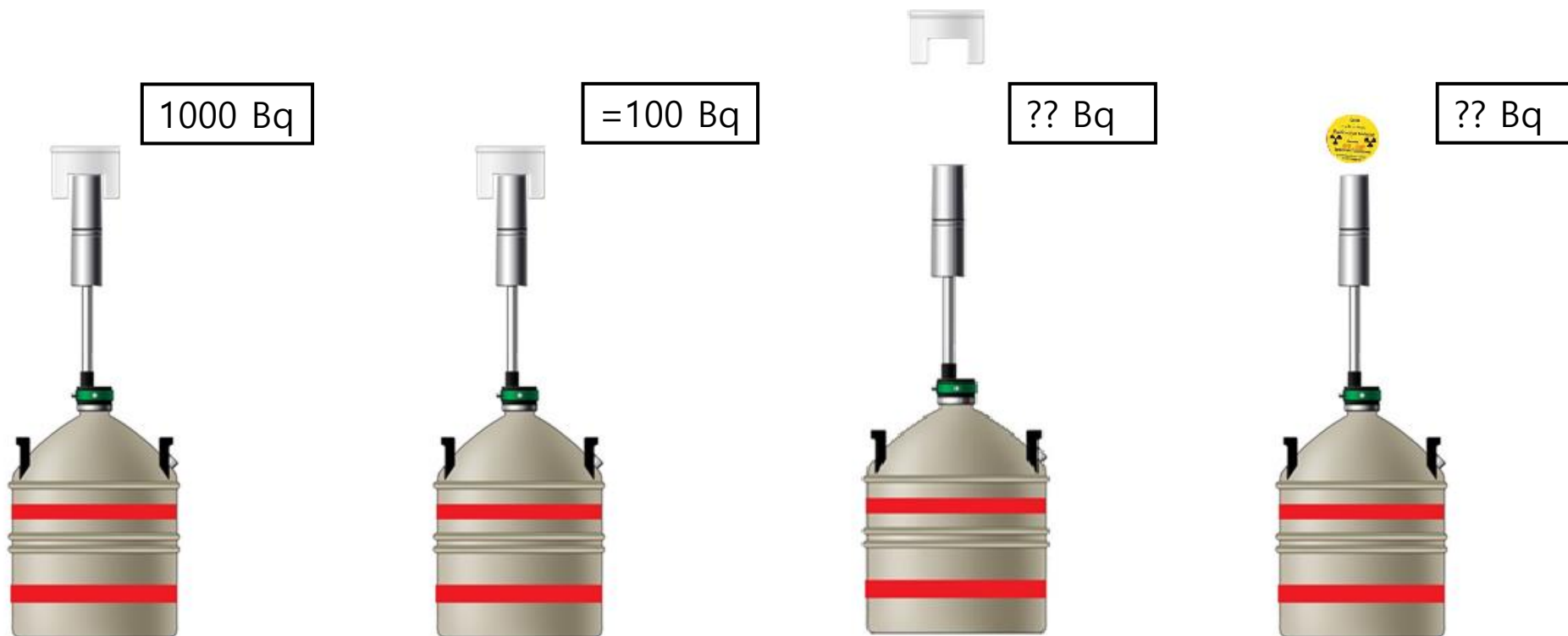


시료에 함유된 감마선 핵종과 방사능량을 평가하기 위해 에너지 교정과 효율 교정을 수행한다.

\* 해당 교육 자료에서는 1L 교정용 표준 선원(표준과학연구원 공급)을 이용한 교정 방법으로 진행 됩니다.

## 상대 측정 기본 원리

▣ 알고 있는 선원(값)으로 교정(효율 교정)을 수행하고, 교정을 수행한 선원과 동일한 형상으로 측정을 수행한다.



▣ 효율 교정된 물질과 동일한 형상과 동일한 위치에 시료를 측정하는 것이 원칙  
- 기하학적인 효율을 배제할 수 있다.

## 교정 시 수행되어야 할 절차

---

- 채널과 에너지 설정
- CRM (표준선원) 측정 데이터 (80000초 권장)
- Blank 시료 측정 데이터 (CRM 측정 데이터 시간과 일치 권장)

## 에너지 교정(Energy Calibration)?

- ① 목적 : 시료에 함유된 감마핵종을 판별(정성 분석)하기 위한 교정
- ② 내용 : 표준선원의 스펙트럼을 측정 한 후 피크가 위치해야 할 채널과 에너지를 설정

Gamma - DET01

File MCA Calibrate Display Analyze Edit Options Datasource Help

Idle Channel: 8192 : 2048.0 keV Counts: 0 Preset: 1800/0.00

Acquire

Start Stop

Expand Off

Clear

ROI Index: - +

Datasource Prev Next

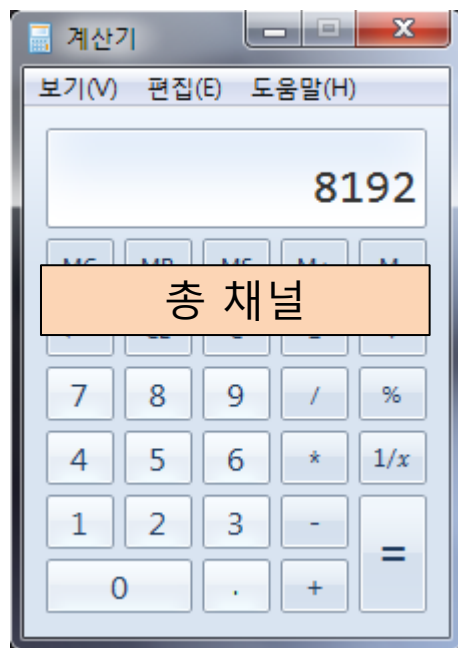
1) 스펙트럼 창의 우측 끝을 마우스 커서로 클릭하면 현재 설정된 채널 수를 확인한다.  
(MCA의 종류에 따라 16384채널까지 설정할 수 있지만 일반적으로 8192채널을 사용)

VFS = 2K

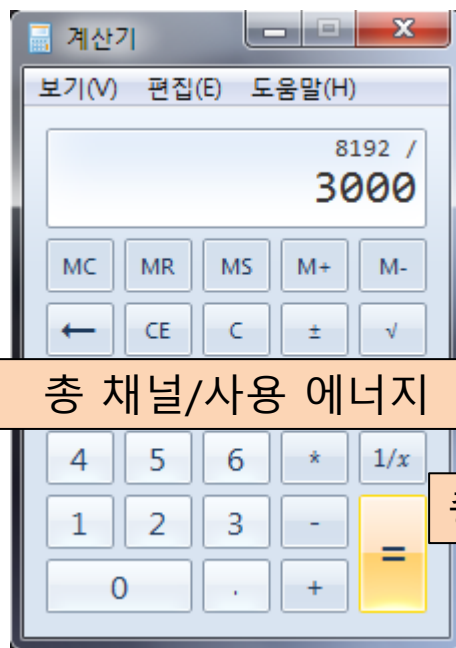
## 에너지 교정(Energy Calibration)?

2) 8192 채널을 얼마의 에너지(keV)로 분석할 것인지 정한다. (일반적으로 3000 keV)

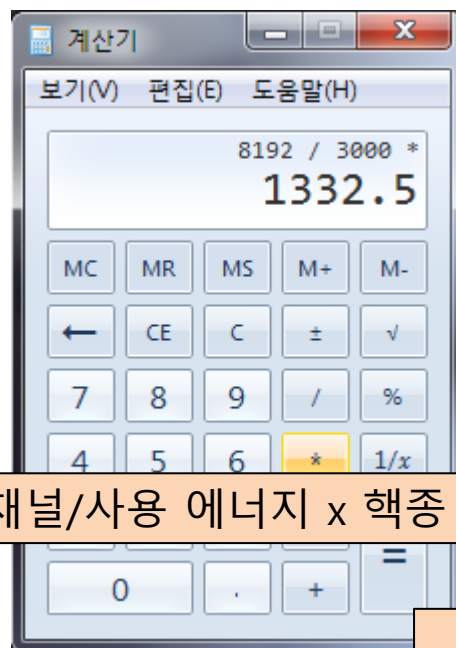
예를 들어 3000 keV (3 MeV)까지 분석할 경우



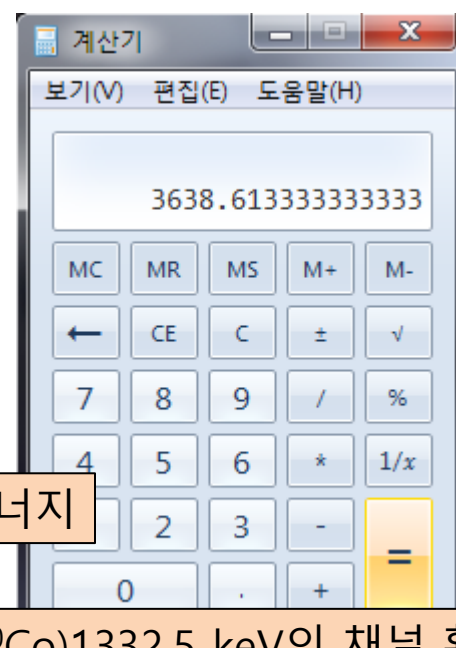
총 채널



총 채널/사용 에너지



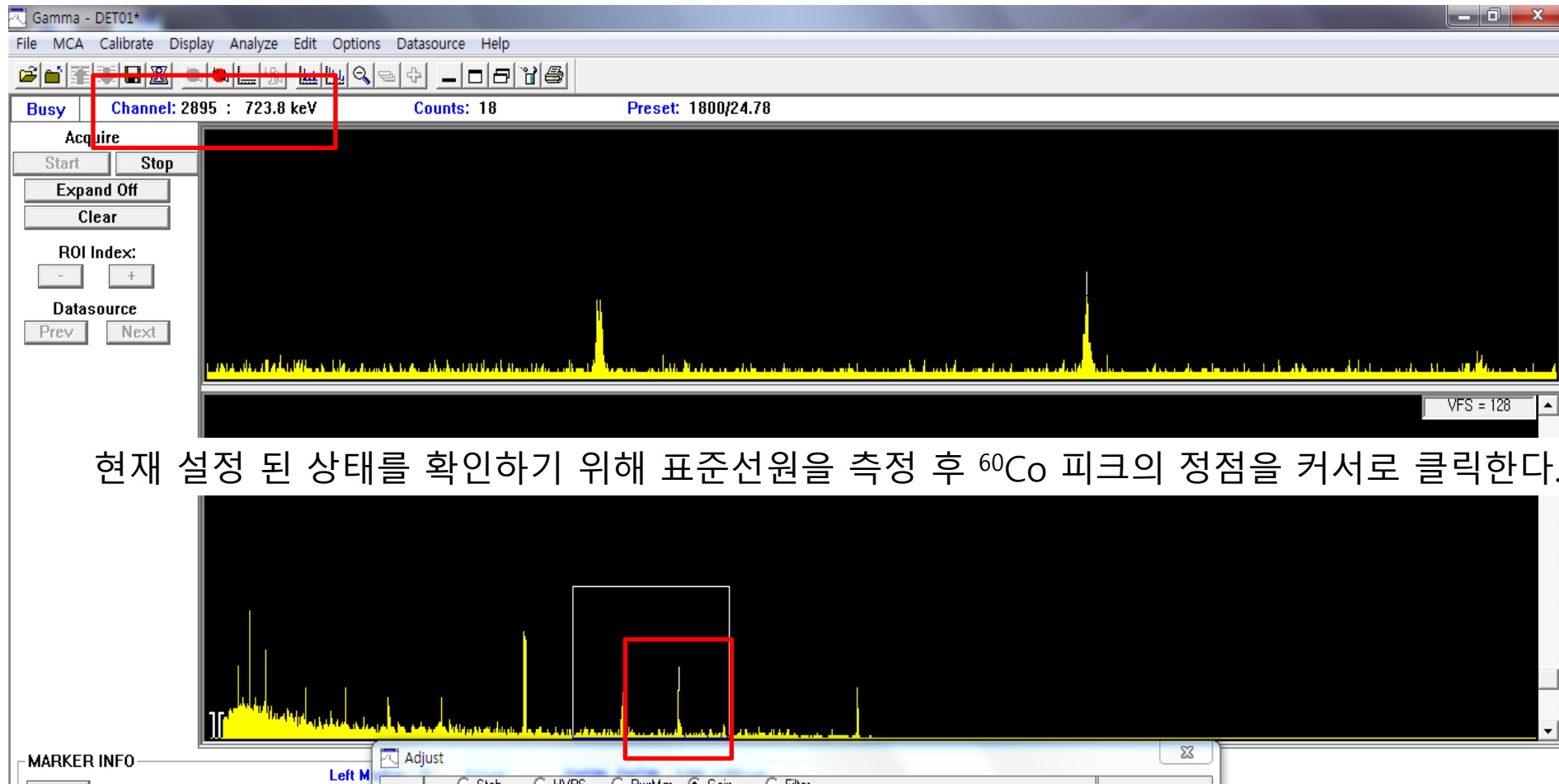
총 채널/사용 에너지 x 핵종 에너지



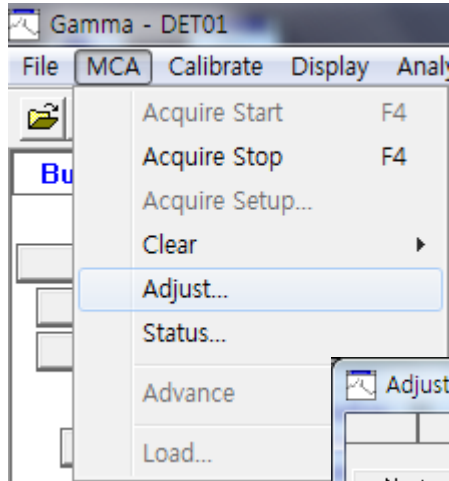
(<sup>60</sup>Co)1332.5 keV의 채널 확인

## 에너지 교정(Energy Calibration)?

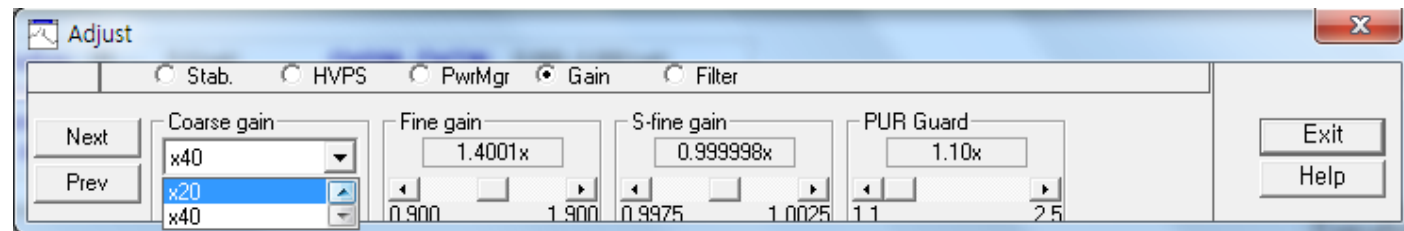
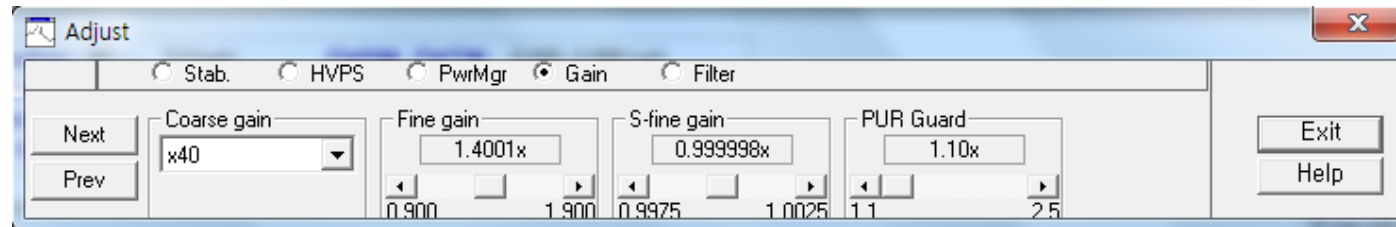
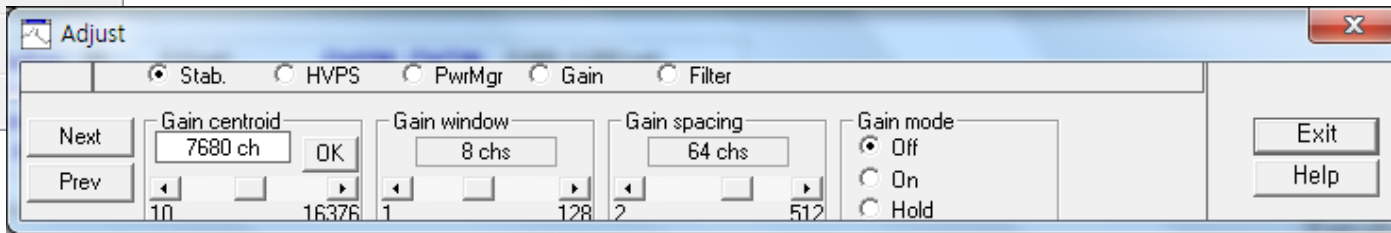
3) 확인 된  $^{60}\text{Co}$  (1332.5 keV)의 피크를 약 3638 채널로 이동한다. (Gain 조정)



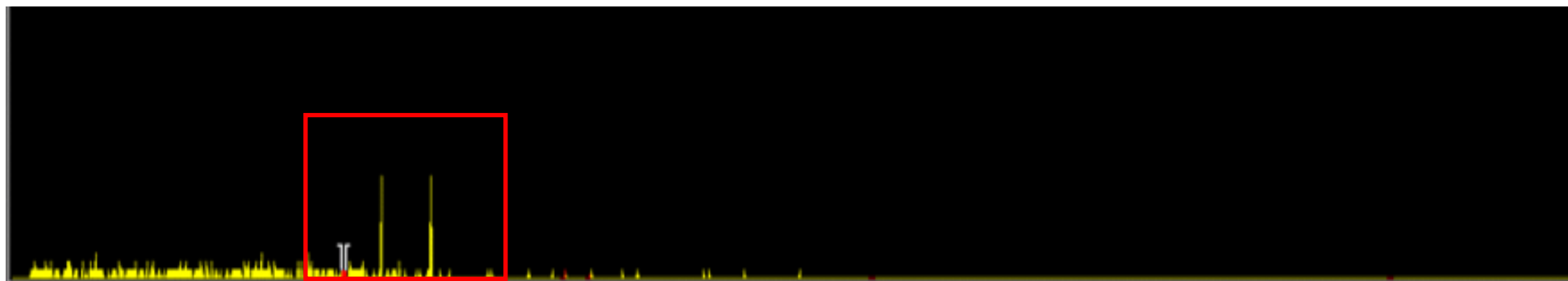
## Gain (채널) 조정?



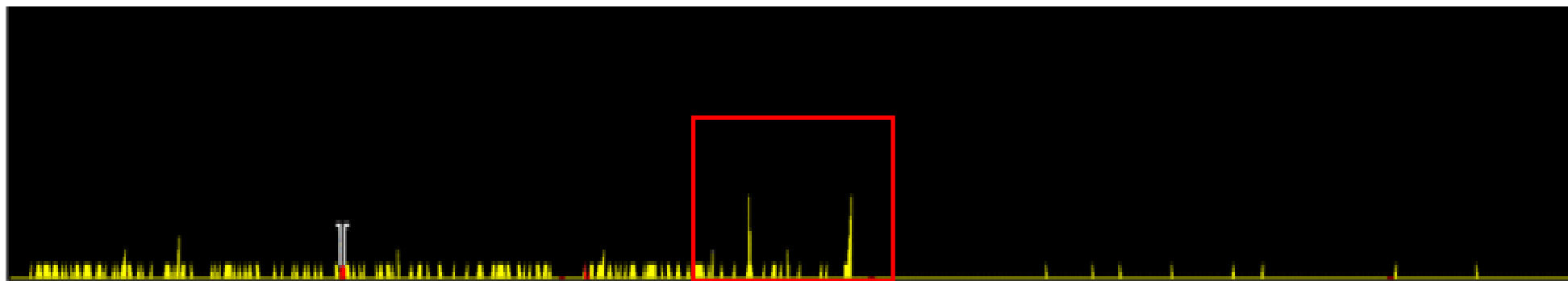
- ① Gain (채널) 조정을 위해 MCA메뉴의 Adjust를 클릭한다.
- ② Adjust 창이 뜨면 Gain을 클릭한다.
- ③ Coarse gain, Fine gain, S-fine gain 값을 변경하여 채널을 이동한다.
- ④ Coarse gain-거대 조정, Fine gain-미세 조정, S-fine gain-극 미세 조정
- ⑤ gain값의 수치가 작을 수록 피크는 왼쪽으로 클 수록 오른쪽으로 이동한다.



## Gain (채널) 조정?



Coarse Gain : X 5, Fine gain : X 1.00



Coarse Gain : X 10, Fine gain : X 1.00

- ▣ Gain 조정 : 펄스(신호)의 크기에 따라 각 채널에 할당한다.
- ▣ 에너지 교정 : 채널에 에너지 값을 정해준다.

## Gain (채널) 조정?

The screenshot shows the GENIE-2000 software interface. At the top, the status bar displays 'Channel: 2895', '723.8 keV', 'Counts: 18', and 'Preset: 1800/24.78'. The main window displays two energy spectra plots. An 'Adjust' dialog box is open in the foreground, with the 'Gain' tab selected. The 'Coarse gain' dropdown menu is highlighted with a red box and set to 'x20'. Other parameters in the dialog include 'Fine gain' (1.4001x), 'S-fine gain' (0.999998x), and 'PUR Guard' (1.10x). The 'MARKER INFO' section at the bottom left shows 'Next' and 'Prev' buttons. The status bar at the bottom right indicates 'Status: ready'.

## Gain (채널) 조정?

The screenshot displays the GENIE-2000 software interface. At the top, the status bar shows "Channel: 3638 : 1332.5keV", "Counts: 4", and "Preset: 1800/16.12". The main window shows a gamma spectrum with a prominent peak at 1332.5 keV. A red box highlights the "Channel: 3638" text in the status bar. Below the spectrum, a text box contains the Korean text: "Fine gain을 우측으로 변경 후  $^{60}\text{Co}$  (1332.5 keV)의 피크가 3638채널에 위치하도록 한다." (After changing the fine gain to the right, the peak of  $^{60}\text{Co}$  (1332.5 keV) is positioned at channel 3638.) At the bottom, the "Adjust" dialog box is open, showing the "Gain" tab. The "Fine gain" field is set to "1.7596x" and is highlighted with a red box. Other fields include "Coarse gain" (x20), "S-fine gain" (0.999998x), and "PUR Guard" (1.10x). The "Status: ready" indicator is visible at the bottom right.

## 에너지 교정(Energy Calibration)?

File MCA Calibrate Display Analyze Edit Options Datasource Help

Channel: 3638 : 1332.7 keV    Counts: 842    Preset: 600/600.00

Acquire  
 Start Stop  
 Expand Off  
 Clear  
 ROI Index: - +  
 Datasource Prev Next

Gain (채널) 설정 완료 후 교정을 위해 600 (10분)초의 스펙트럼을 측정한다.

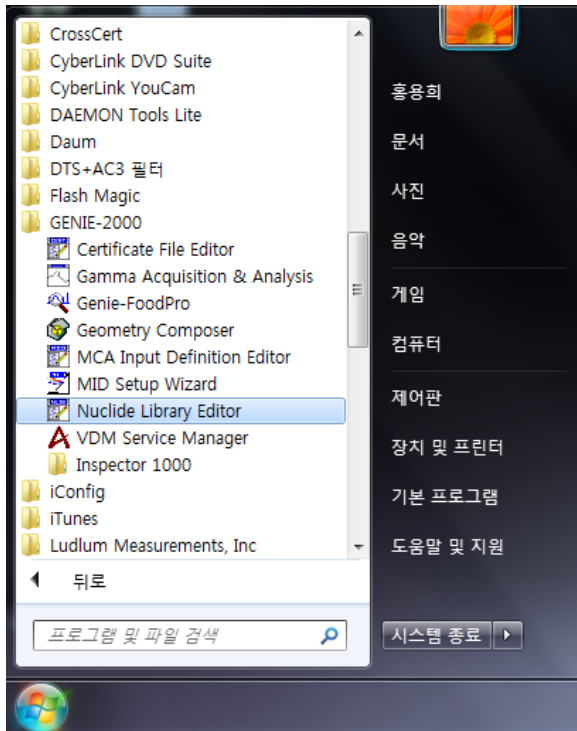
MARKER INFO

Left Marker: 80	: 28.9 keV	FWHM, FWTM:	1.489, 4.134 keV
Right Marker: 96	: 34.8 keV	Gaussian Ratio:	1.523
Centroid: 89	: 32.1 keV	ROI Type:	
Area: 2484	: 72.63%	Integral:	3655

For Help, press F1    Execution Status: ready

## Nuclide Library Editor?

- ① Nuclide Library Editor 프로그램은 사용자가 직접 원하는 감마핵종 라이브러리 파일을 생성할 수 있는 프로그램이다.
  - ② 분석용 라이브러리 파일 및 에너지 교정용 라이브러리 파일을 생성합니다.
- \* 해당 교육 자료에서는 교정용 표준 선원(표준과학연구원 공급)에 포함 된 핵종 라이브러리 파일을 생성하는 방법으로 진행 됩니다.



- 1) 프로그램(Nuclide Library Editor) 실행  
: 필요한 핵종 라이브러리 파일을 생성하기 위해 설치 된 경로를 찾아 Nuclide Library Editor를 실행한다.

## Nuclide Library Editor?

변경 전

핵종	반감기(d) <sup>1)</sup>		주요 감마선(keV) <sup>1)</sup>		
	반감기	불확도	에너지	방출 확률(%)	
Am-241	158004	219	59.54	35.92	0.17
Cd-109	461.9	0.4	88.03	3.66	0.05
Co-57	271.81	0.04	122.06	85.49	0.14
			136.47	10.71	0.15
Ce-139	137.641	0.020	165.86	79.90	0.04
Cr-51	27.704	0.004	320.08	9.89	0.02
Sn-113	115.09	0.03	391.70	64.97	0.17
Sr-85	64.850	0.007	514.00	98.5	0.4
Cs-137	10976	29	661.66	84.99	0.20
Co-60	1925.23	0.29	1173.23	99.85	0.03
			1332.49	99.9826	0.0006
Y-88	106.63	0.05	898.04	93.7	0.3
			1836.07	99.346	0.025

변경 후

핵종	반감기(d) <sup>1)</sup>		주요 감마선(keV) <sup>1)</sup>		
	반감기	불확도	에너지	방출 확률(%)	
Am-241	158004	219	59.54	35.92	0.17
Cd-109	461.9	0.4	88.03	3.66	0.05
Co-57	271.81	0.04	122.06	85.49	0.14
			136.47	10.71	0.15
Ce-139	137.641	0.020	165.86	79.90	0.04
Cr-51	27.704	0.004	320.08	9.89	0.02
Sn-113	115.09	0.03	391.70	64.97	0.17
Sr-85	64.850	0.007	514.00	98.5	0.4
Cs-137	10963.8	8.0	661.66	85.05	0.29
Co-60	1925.23	0.29	1173.23	99.85	0.03
			1332.49	99.9826	0.0006
Y-88	106.63	0.05	898.04	93.7	0.3
			1836.07	99.346	0.025

23년 상반기 BIPM (국제도량위국)에서 Cs-137 반감기 및 방출 확률 개정

## Nuclide Library Editor?

Nuclide Library Editor: (Untitled)

File Search Options Help

Nuclide

Name:  Half-Life:   Y  D

Full Name:   H  M

Type:

Uncertainty: ±   S

Energy Lines

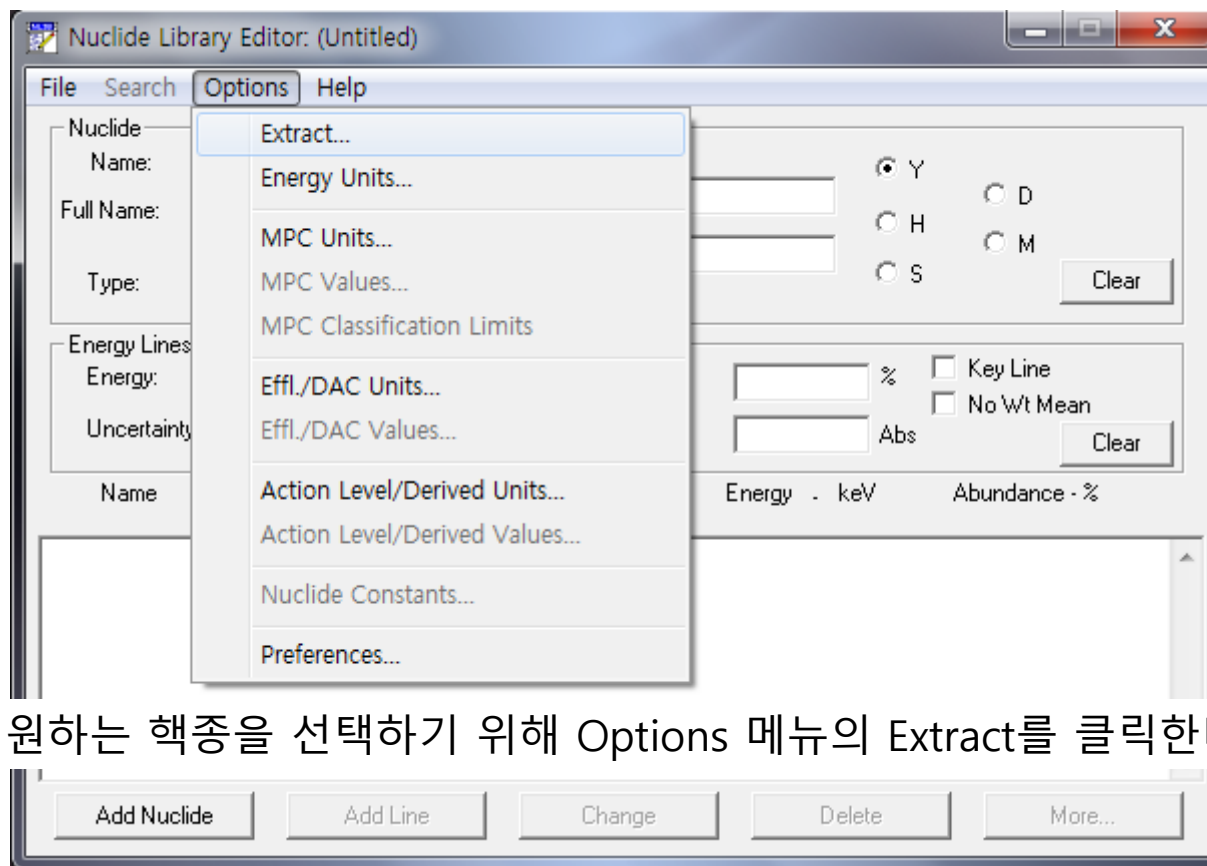
Energy:  keV Abundance:  %  Key Line

Uncertainty: ±  keV Uncertainty: ±  Abs  No Wt Mean

Name	Type	Half Life	Energy - keV	Abundance - %
------	------	-----------	--------------	---------------

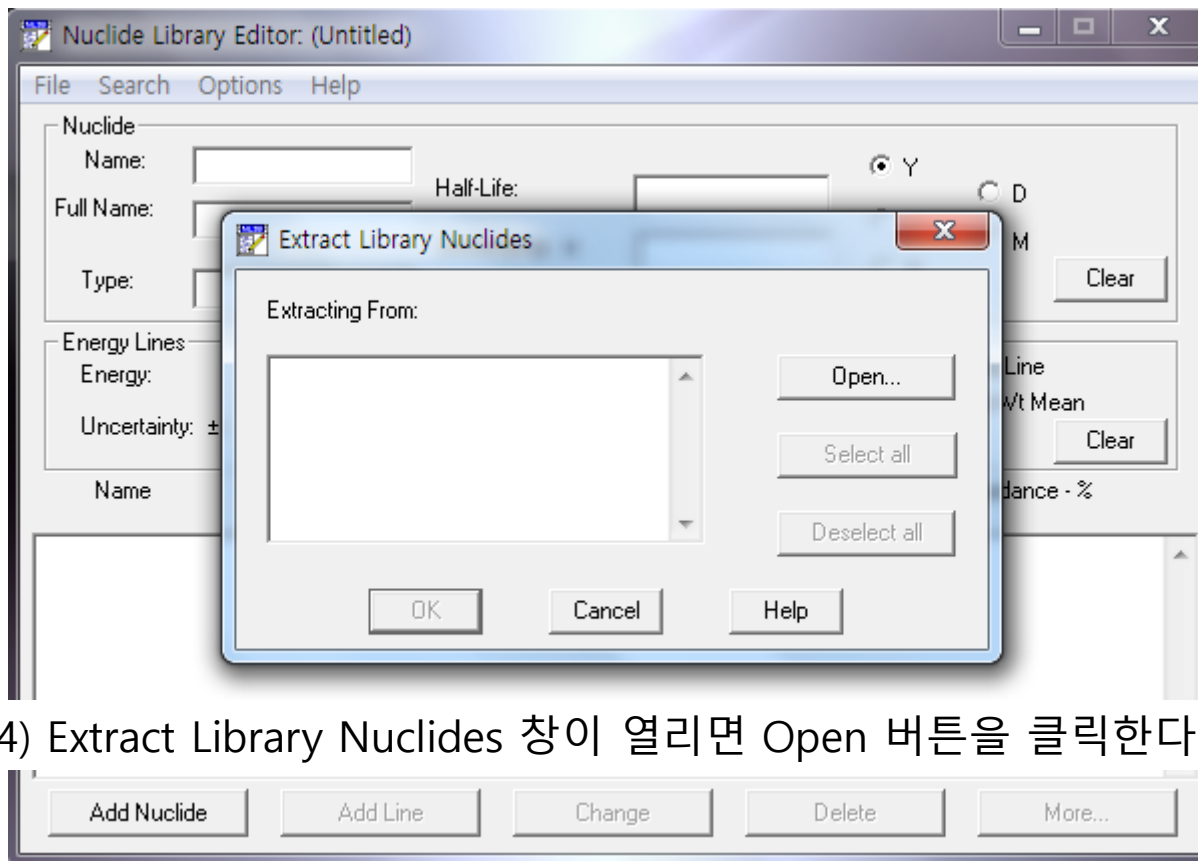
2) 핵종 라이브러리 파일을 생성하기 위한 프로그램이 실행된다.

## Nuclide Library Editor?



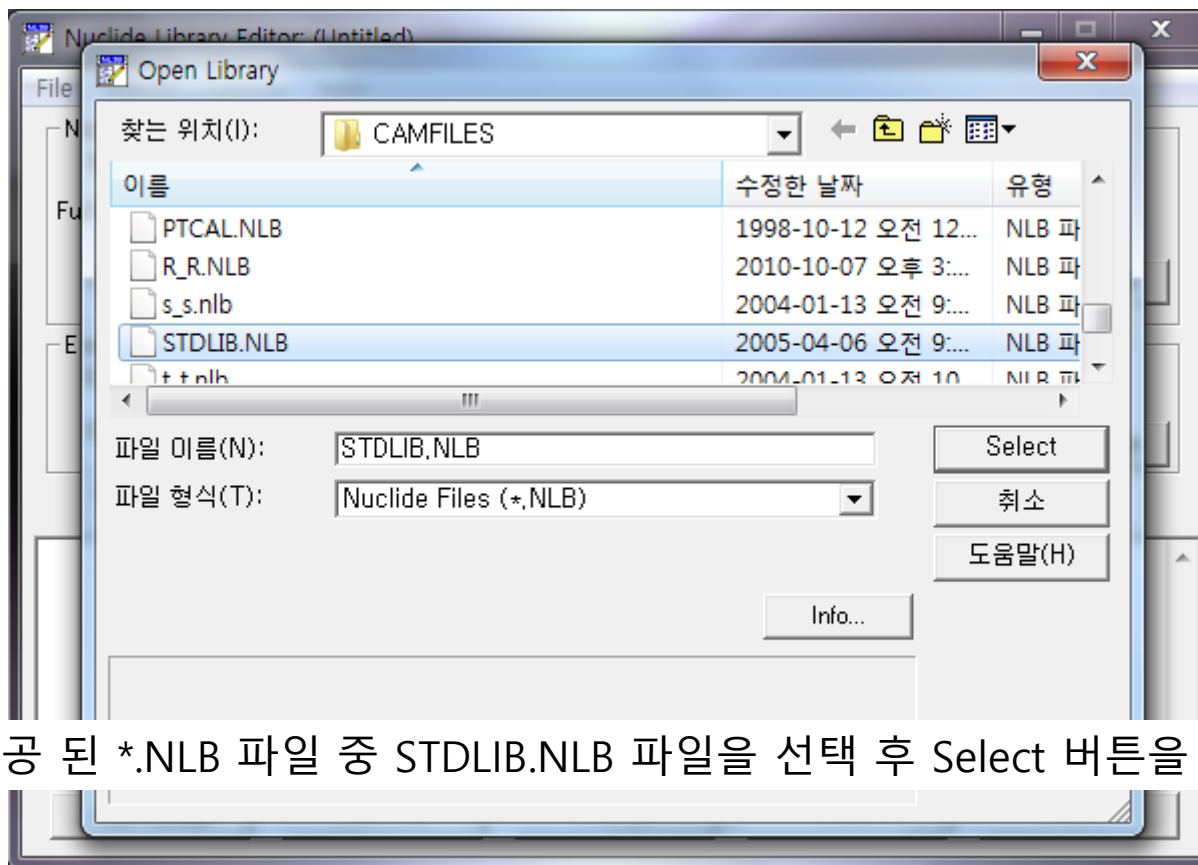
3) 원하는 핵종을 선택하기 위해 Options 메뉴의 Extract를 클릭한다.

## Nuclide Library Editor?



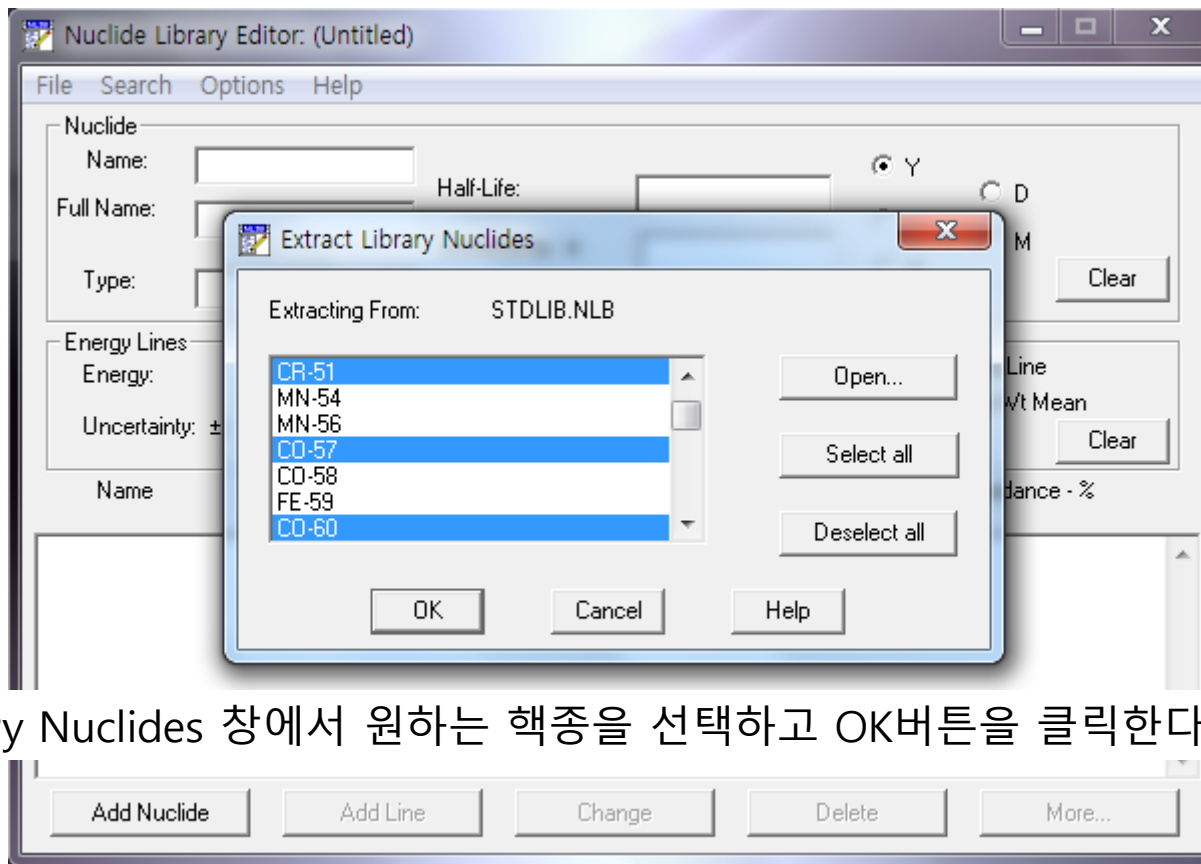
4) Extract Library Nuclides 창이 열리면 Open 버튼을 클릭한다.

## Nuclide Library Editor?



5) 미리 제공된 \*.NLB 파일 중 STDLIB.NLB 파일을 선택 후 Select 버튼을 클릭한다.

## Nuclide Library Editor?



6) Extract Library Nuclides 창에서 원하는 핵종을 선택하고 OK버튼을 클릭한다. (다중선택 가능)

Cr-51

Co-57

Co-60

Sr-85

Y-88

Cd-109

Sn-113

Cs-137

Ce-139

Am-241

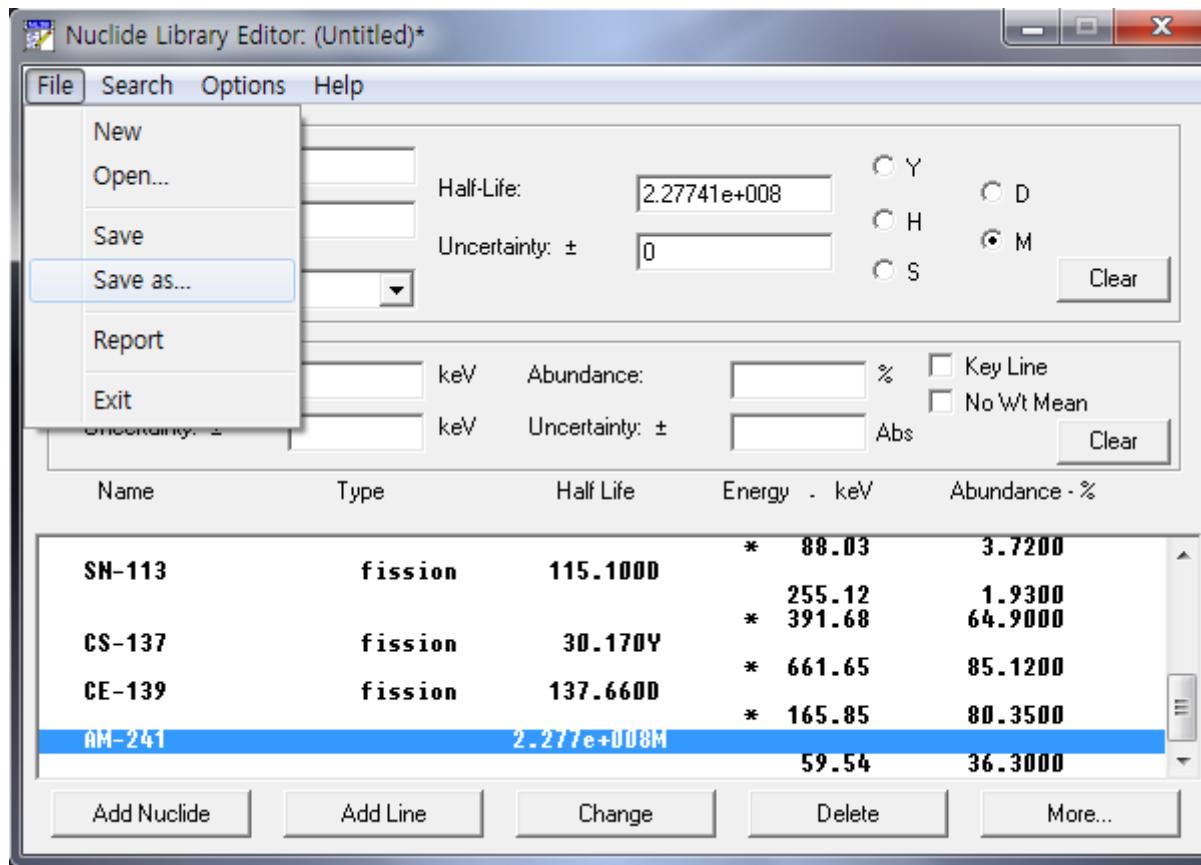
## Nuclide Library Editor?

### 5. 인증값 및 불확도:

핵종	반감기(d) <sup>1)</sup>		주요 감마선(keV) <sup>1)</sup>		
	반감기	불확도	에너지	방출확률(%)	
Am-241	158004	219	59.54	35.92	0.17
Cd-109	461.9	0.4	88.03	3.66	0.05
Co-57	271.81	0.04	122.06	85.49	0.14
			136.47	10.71	0.15
Ce-139	137.641	0.020	165.86	79.90	0.04
Cr-51	27.704	0.004	320.08	9.89	0.02
Sn-113	115.09	0.03	391.70	64.97	0.17
Sr-85	64.850	0.007	514.00	98.5	0.4
Cs-137	10963.8	8.0	661.66	85.05	0.29
Co-60	1925.23	0.29	1173.23	99.85	0.03
			1332.49	99.9826	0.0006
Y-88	106.63	0.05	898.04	93.7	0.3
			1836.07	99.346	0.025

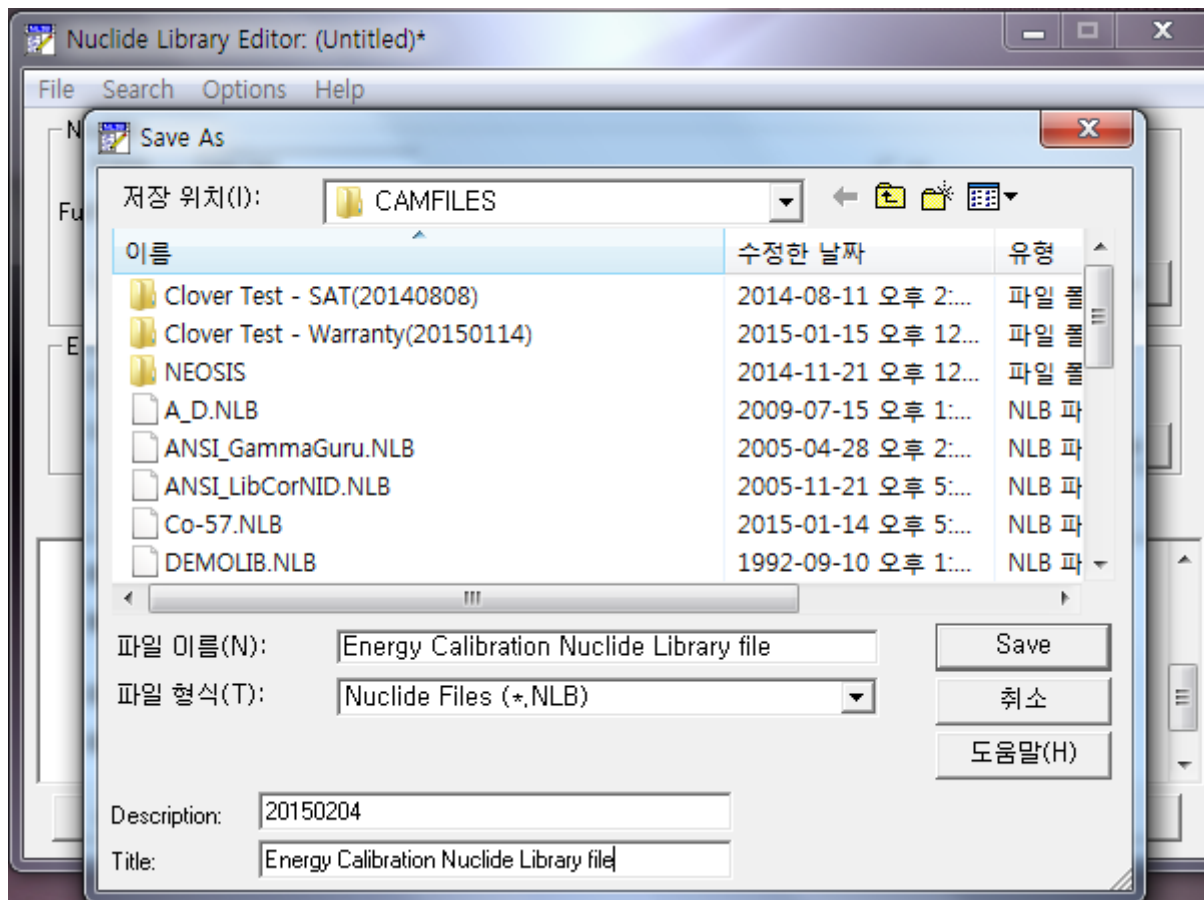
7) 선택한 핵종들이 프로그램 하단의 리스트 창에 모두 첨부되었는지 확인한 후 인증서에 나와있는 반감기와 에너지, 방출확률을 변경한다.

## Nuclide Library Editor?



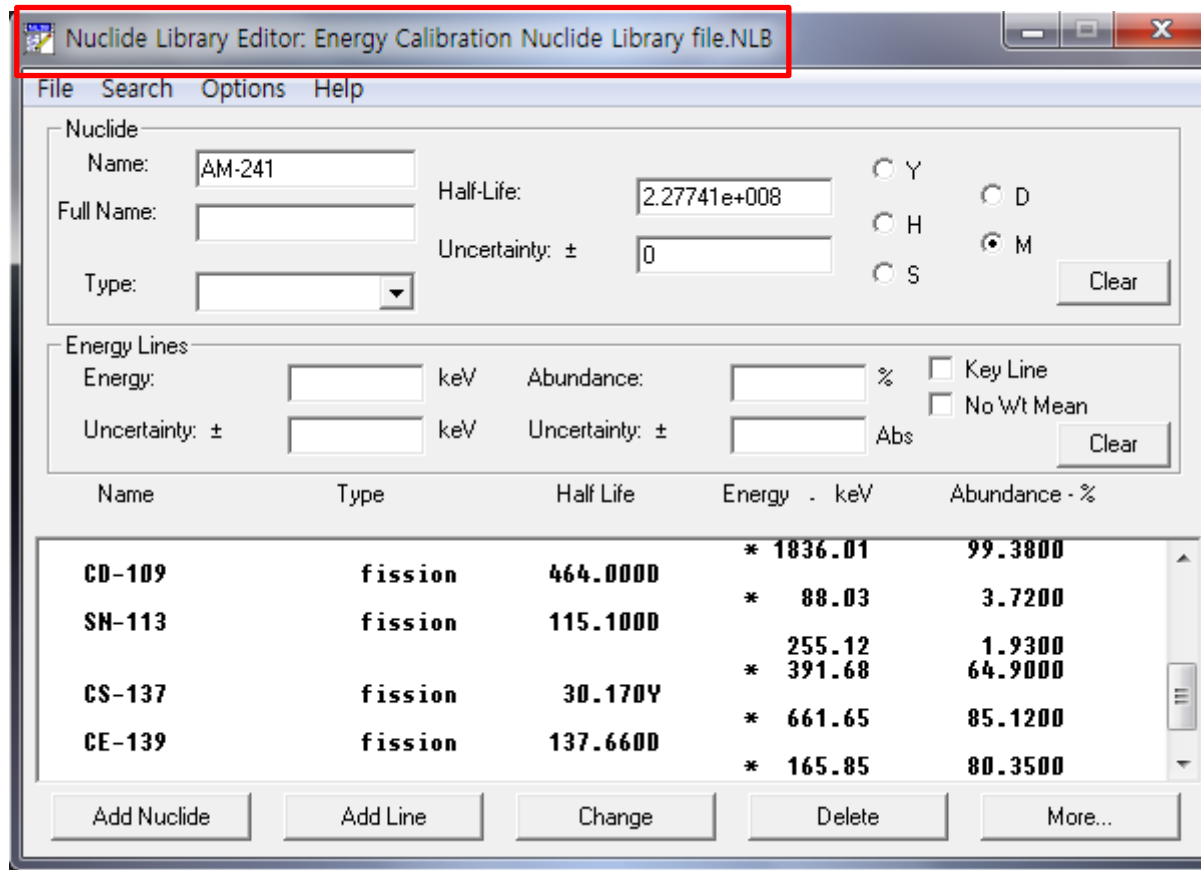
8) 해당 리스트를 라이브러리 파일로 저장하기 위해 File 메뉴의 Save as를 클릭한다.

## Nuclide Library Editor?



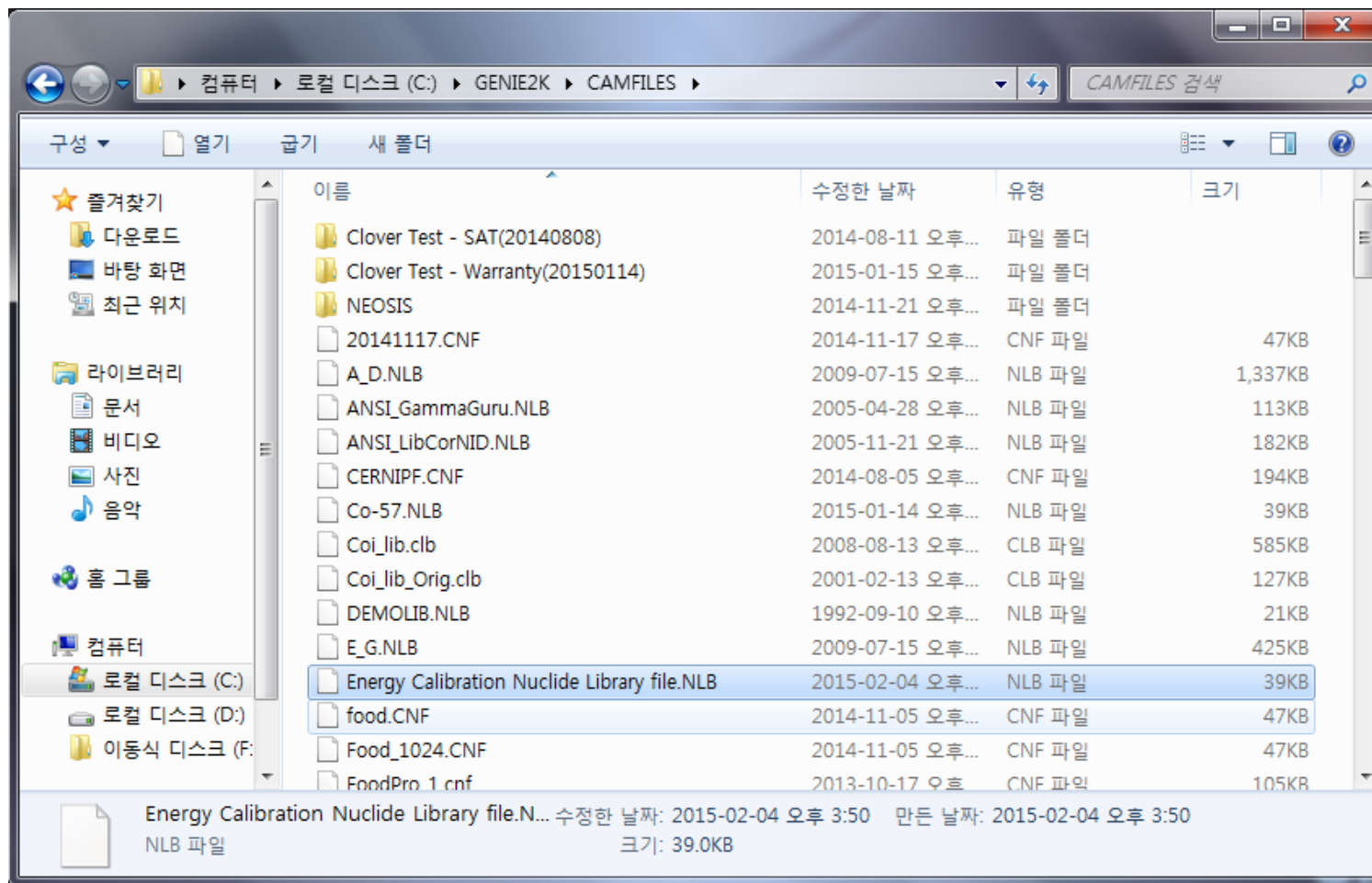
9) 파일 이름(필수) 및 Description, Title (선택 사항)을 입력 후 Save 버튼을 눌러 저장한다.

## Nuclide Library Editor?



10) 파일 저장이 완료되면 프로그램 상단에 저장된 파일명을 확인할 수 있다.

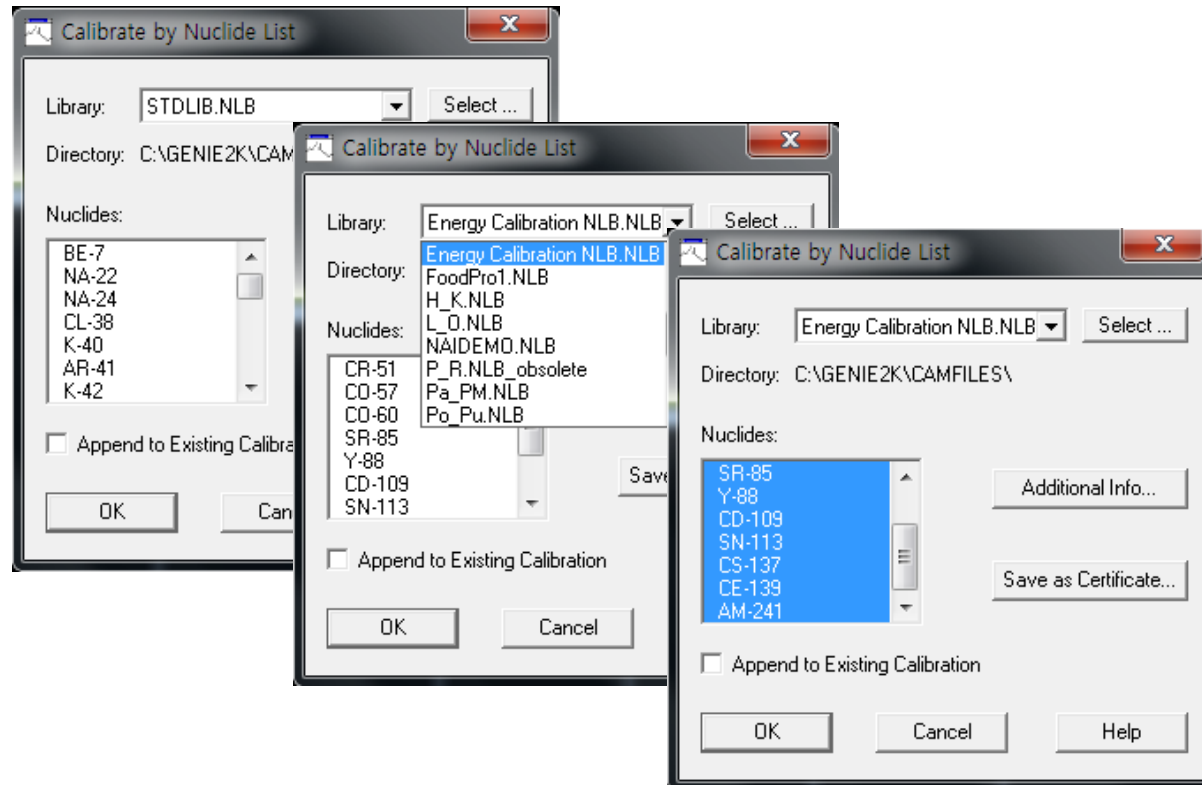
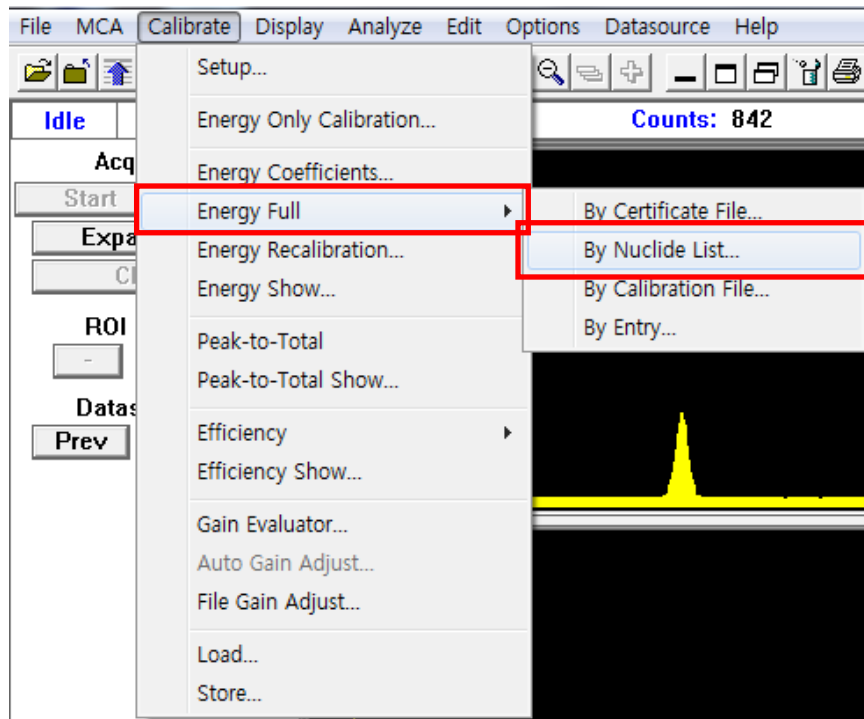
## Nuclide Library Editor?



11) '로컬디스크 (C:) > GENIE2K > CAMFILES' 해당 경로에서 생성한 파일을 확인할 수 있다.

## 에너지 교정(Energy Calibration)?

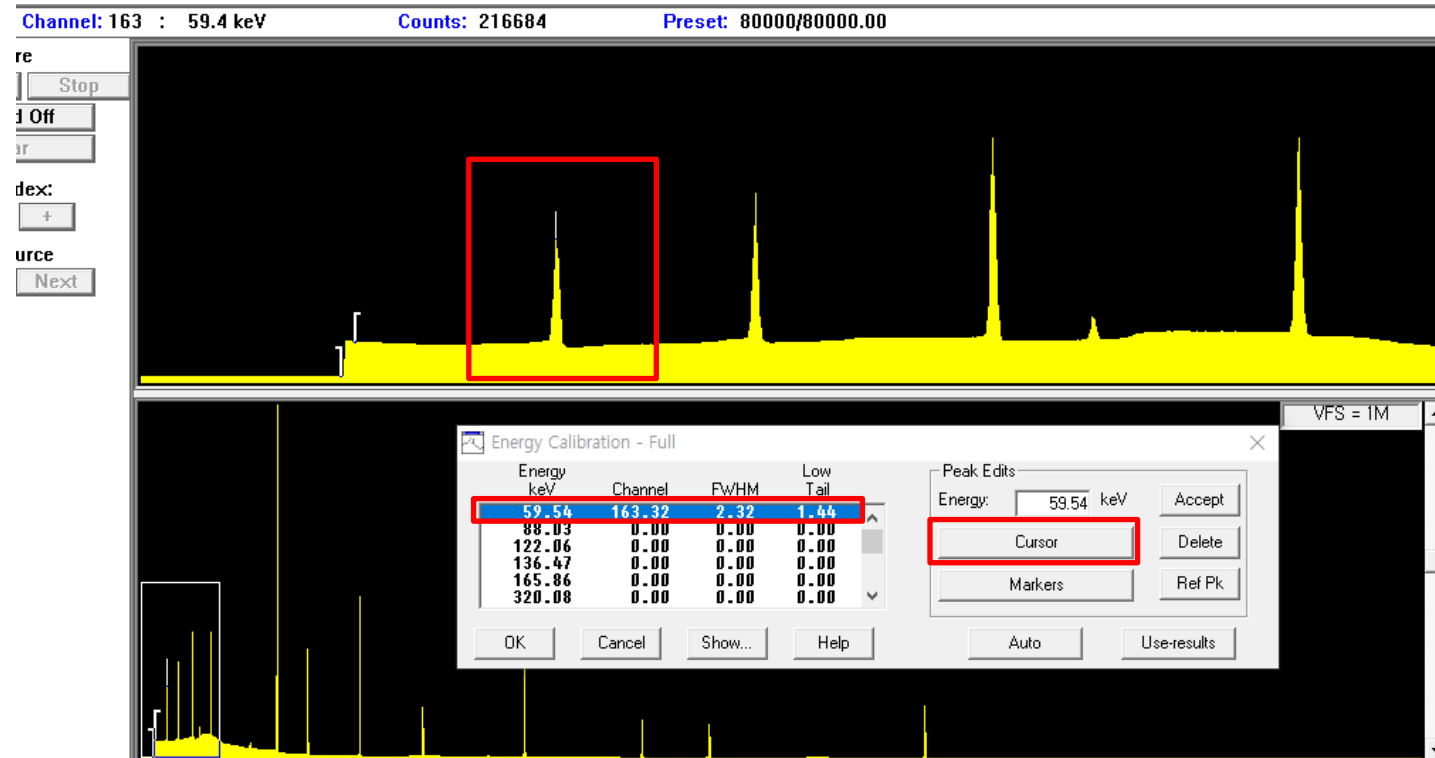
- ① 에너지교정을 위해 File메뉴의 Energy full ▶ By Nuclide List...를 클릭한다.
- ② Calibrate by Nuclide List 창에서 Library의 ▼ 버튼을 눌러 미리 만들어 놓은 교정용 라이브러리(\*.NLB) 파일을 선택한다.
- ③ 마우스를 이용하여 모든 Nuclides를 선택한 후 OK 버튼을 클릭한다.



## 에너지 교정(Energy Calibration)?

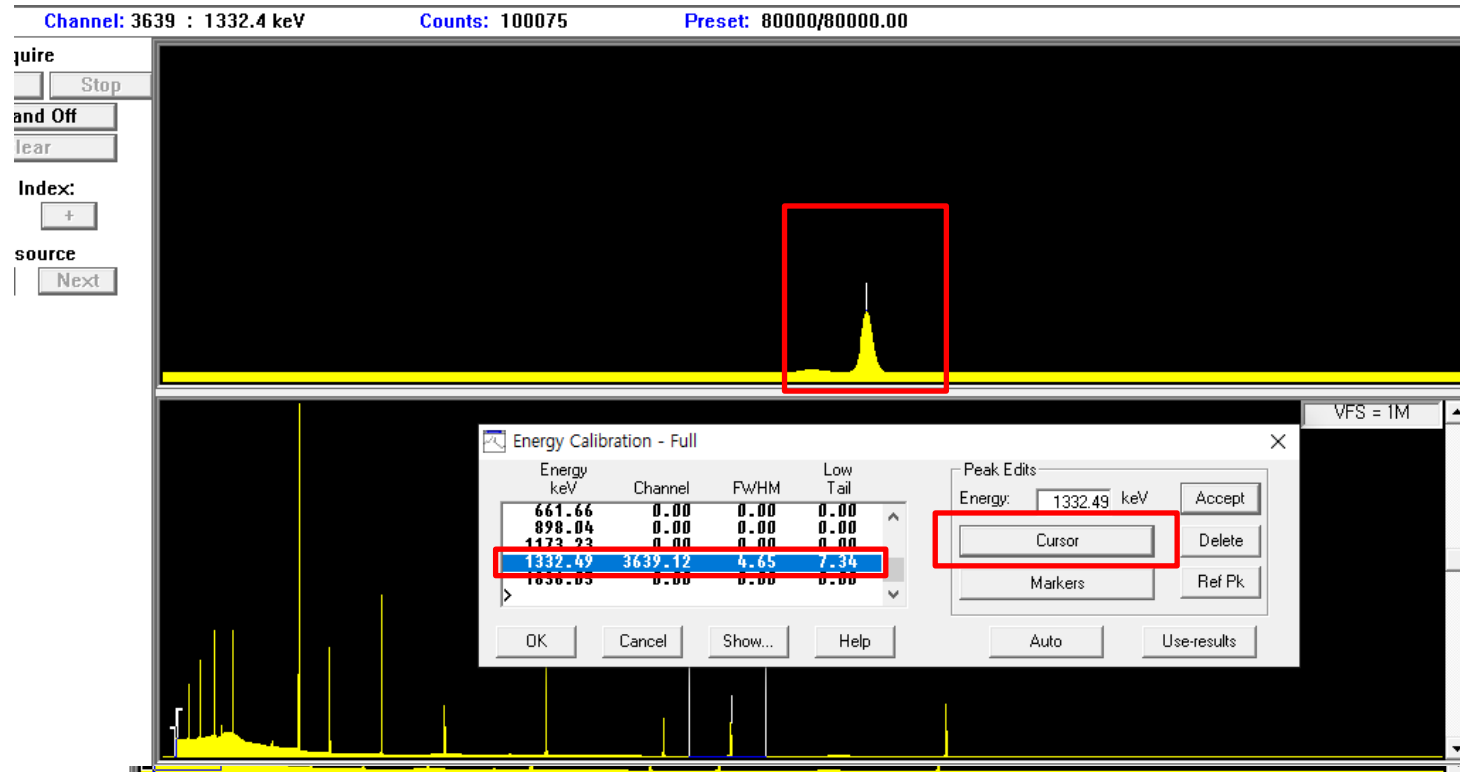
- ④ 스펙트럼 중 가장 앞쪽에 위치한 피크의 정점을 마우스로 클릭하면 커서가 위치한다.
- ⑤ Energy Calibration – Full 창에서 Energy keV 59.54를 클릭하고 Cursor 버튼을 누른다.
- ⑥ 59.54 keV에 해당하는 커서의 채널 값이 대입된 것을 확인한다.

\* 59.54 keV(<sup>241</sup>Am)의 경우 '8192 채널/3000 keV'일 때 약163 채널에 해당된다.



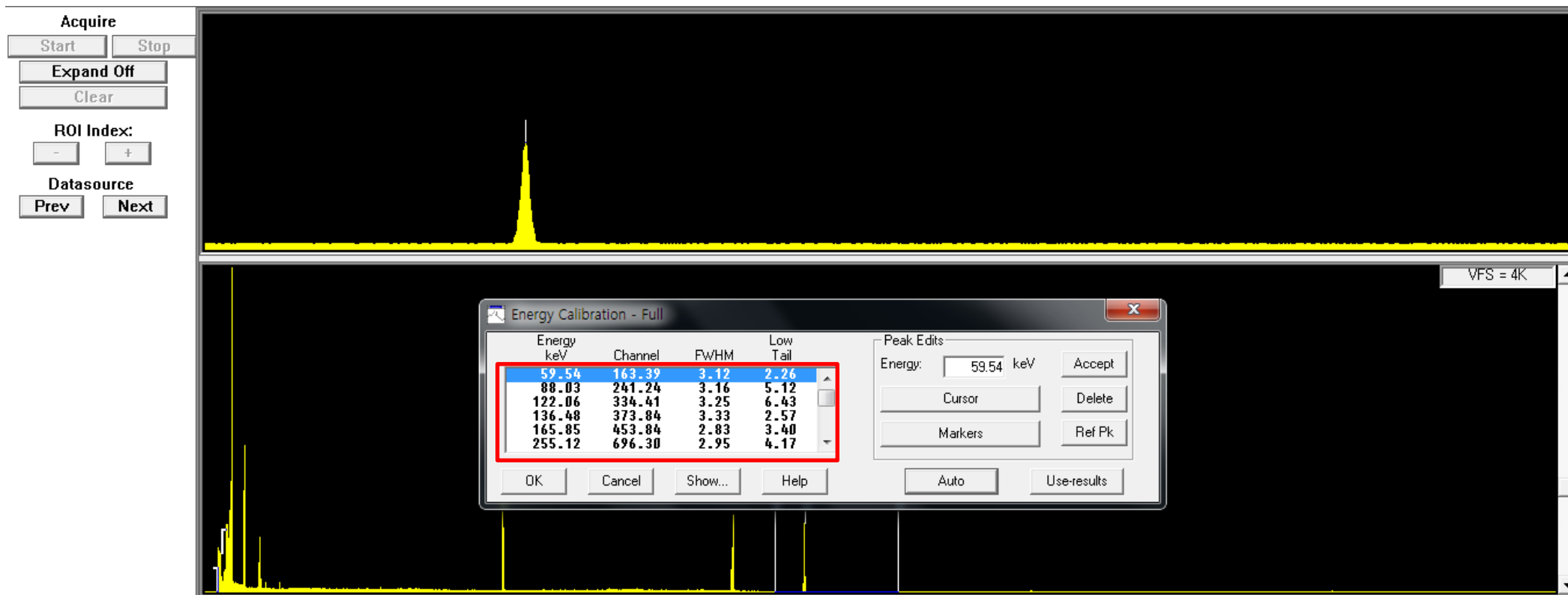
## 에너지 교정(Energy Calibration)?

- ⑦ 그 후 같은 방법으로  $^{60}\text{Co}$  (1332.5 keV) 피크의 정점을 마우스로 클릭한다.
- ⑧ Energy Calibration – Full 창에서 Energy keV 1332.49를 클릭하고 Cursor 버튼을 누른다.
- ⑨ 1332.49 keV에 해당하는 커서의 채널 값이 대입된 것을 확인한다.



## 에너지 교정(Energy Calibration)?

- ⑩ 나머지 에너지에 대한 채널 값을 대입하기 위해 Auto 버튼을 클릭한다. (수동으로 진행해도 무관)
- ⑪ Energy Calibration – Full 창에서 모든 에너지 해당되는 채널 값이 대입 된 것을 확인한다.



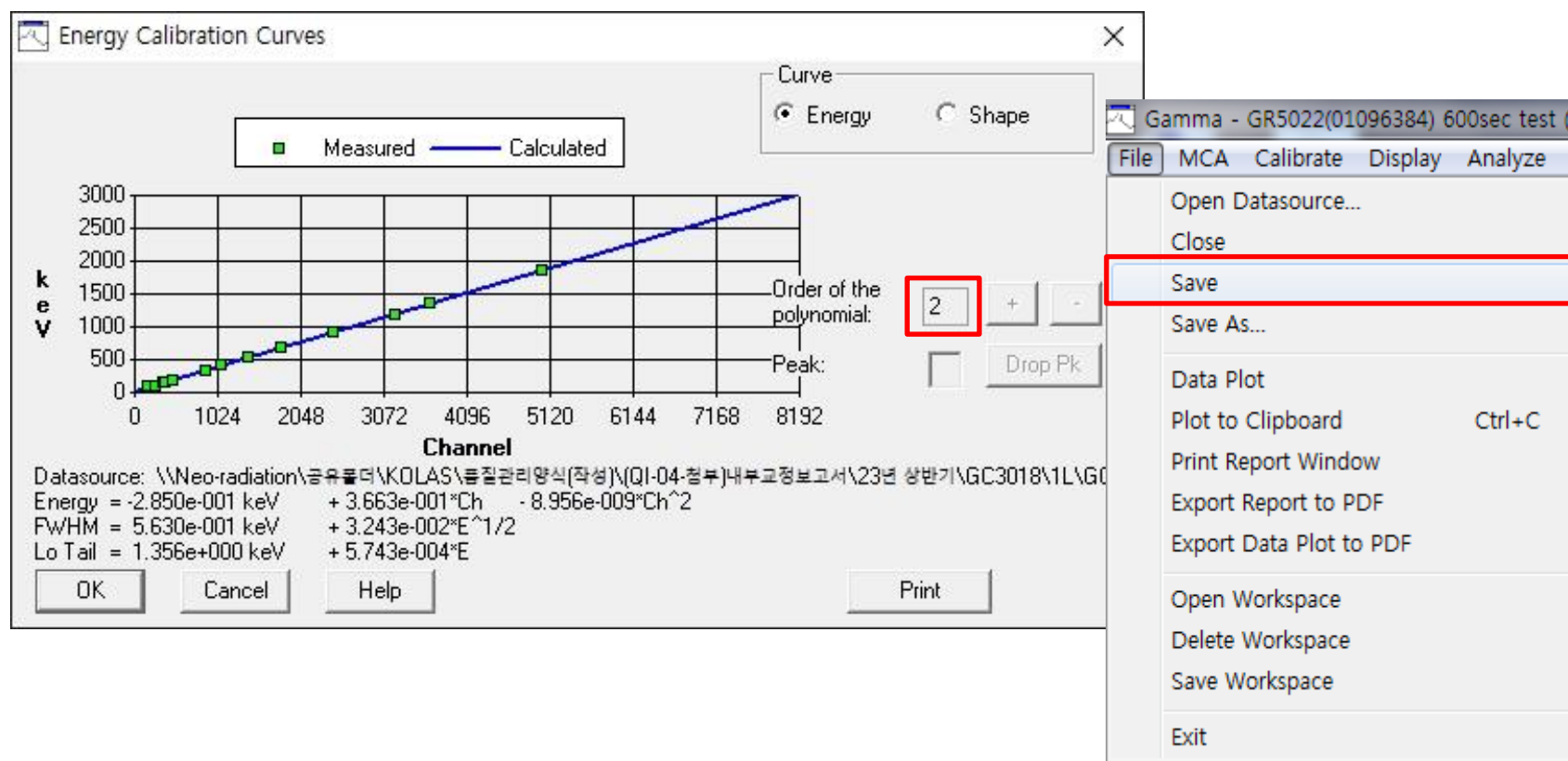
The screenshot shows the GENIE-2000 software interface. On the left, there is a control panel with buttons for 'Acquire', 'Start', 'Stop', 'Expand Off', 'Clear', 'ROI Index' (with '-' and '+' buttons), and 'Datasource' (with 'Prev' and 'Next' buttons). The main display area shows a spectrum plot with a prominent peak. A dialog box titled 'Energy Calibration - Full' is open in the foreground. It contains a table with the following data:

Energy keV	Channel	FWHM	Low Tail
59.54	163.39	3.12	2.26
88.03	241.24	3.16	5.12
122.06	334.41	3.25	6.43
136.48	373.84	3.33	2.57
165.85	453.84	2.83	3.40
255.12	696.30	2.95	4.17

Below the table, there are buttons for 'OK', 'Cancel', 'Show...', and 'Help'. To the right of the table is a 'Peak Edits' section with a text field for 'Energy: 59.54 keV' and buttons for 'Accept', 'Cursor', 'Delete', 'Markers', 'Ref Pk', 'Auto', and 'Use-results'. The background spectrum plot shows a peak at approximately 59.54 keV, which is highlighted in the table.

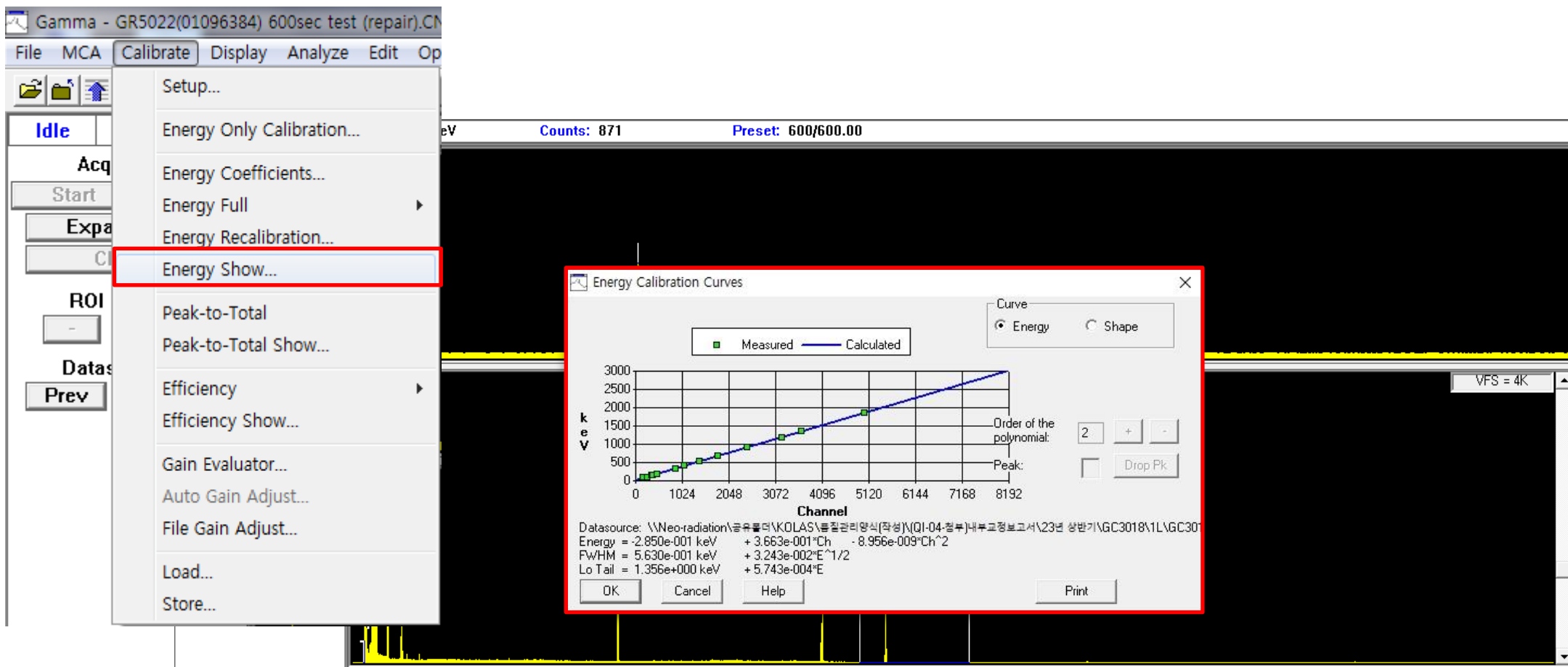
## 에너지 교정(Energy Calibration)?

- ⑫ Show 버튼을 누르면 Energy Calibration Curves를 확인할 수 있다.
- ⑬ Measured 포인트들이 Calculated 선에 잘 대입되면 만족스런 에너지 교정이 되었다고 판단할 수 있다.
- ⑭ OK버튼을 클릭한 후 에너지 교정 데이터를 저장하기 위해 File 메뉴의 Save를 클릭한다.



## 에너지 교정(Energy Calibration)?

⑮ 가장 마지막으로 저장 된 교정 데이터는 Calibrate 메뉴의 Energy Show를 클릭하여 확인 할 수 있다.

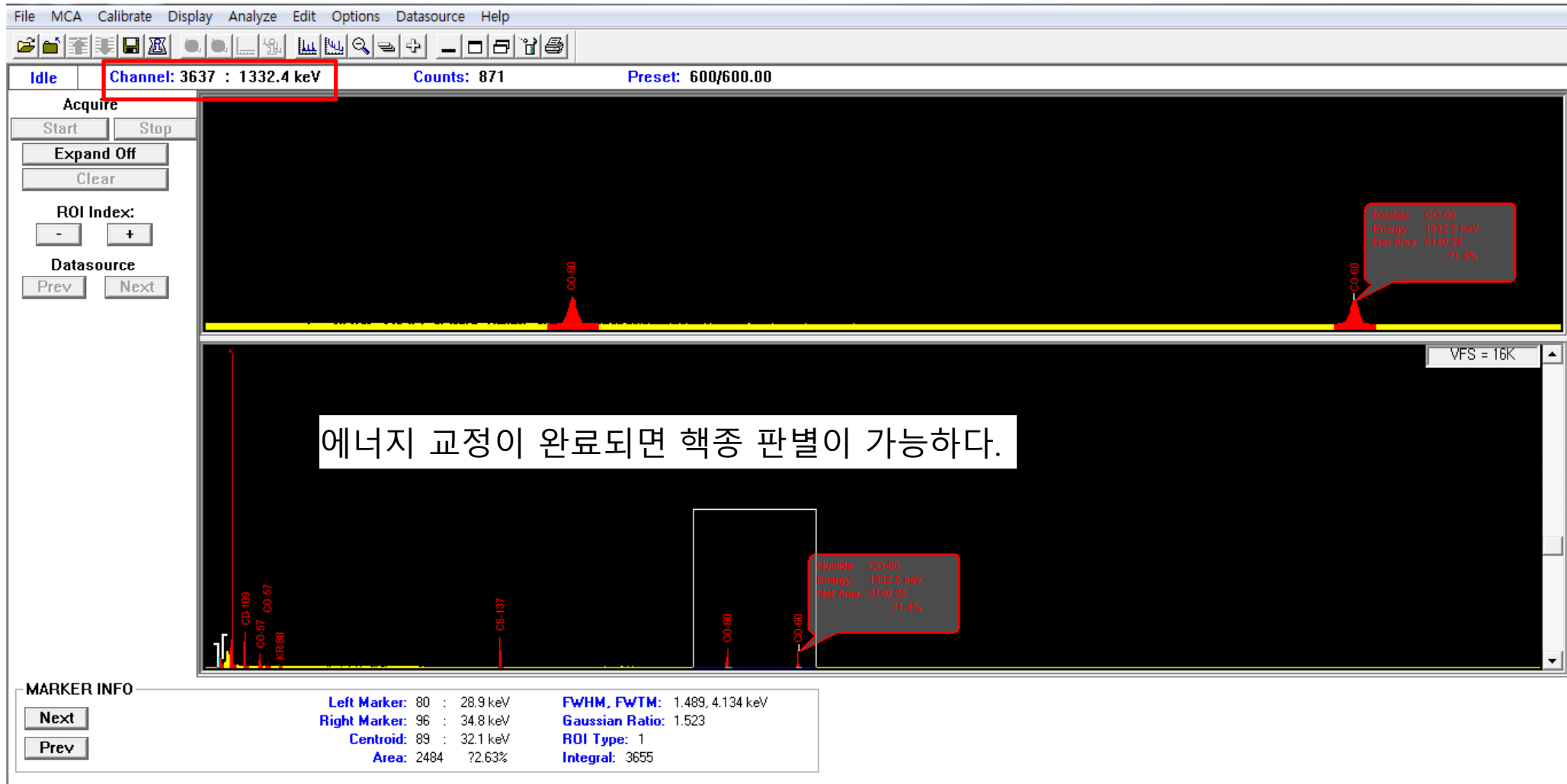


The screenshot displays the GENIE-2000 software interface. The 'Calibrate' menu is open, and the 'Energy Show...' option is highlighted with a red box. The background shows a spectrum plot with 'Counts: 871' and 'Preset: 600/600.00'. The 'Energy Calibration Curves' dialog box is overlaid, showing a graph of 'keV' vs 'Channel' with 'Measured' data points (green squares) and a 'Calculated' fit line (blue line). The graph shows a linear relationship between channel number and energy.

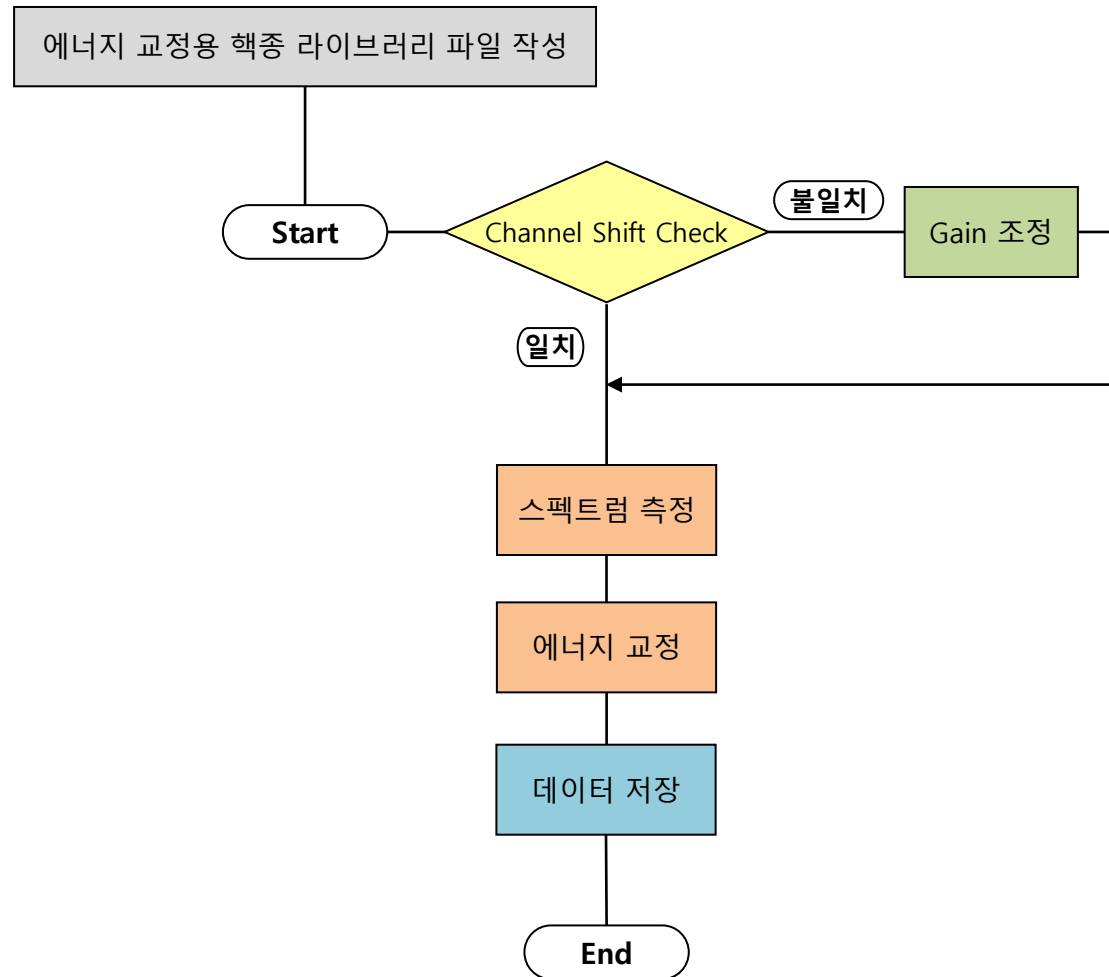
**Energy Calibration Curves Dialog Box Data:**

- Curve:  Energy  Shape
- Order of the polynomial: 2
- Peak:  Drop Pk
- Datasource: \\Neo-radiation\공유물\KOLAS\품질관리양식(작성)\QI-04-첨부\내부교정보고서\23년 상반기\GC3018\1\GC3018
- Energy =  $-2.850 \times 10^{-1} \text{ keV} + 3.663 \times 10^{-1} \text{ Ch} - 8.956 \times 10^{-9} \text{ Ch}^2$
- FWHM =  $5.630 \times 10^{-1} \text{ keV} + 3.243 \times 10^{-2} \text{ E}^{1/2}$
- Lo Tail =  $1.356 \times 10^{+0} \text{ keV} + 5.743 \times 10^{-4} \text{ E}$

## 에너지 교정(Energy Calibration)?



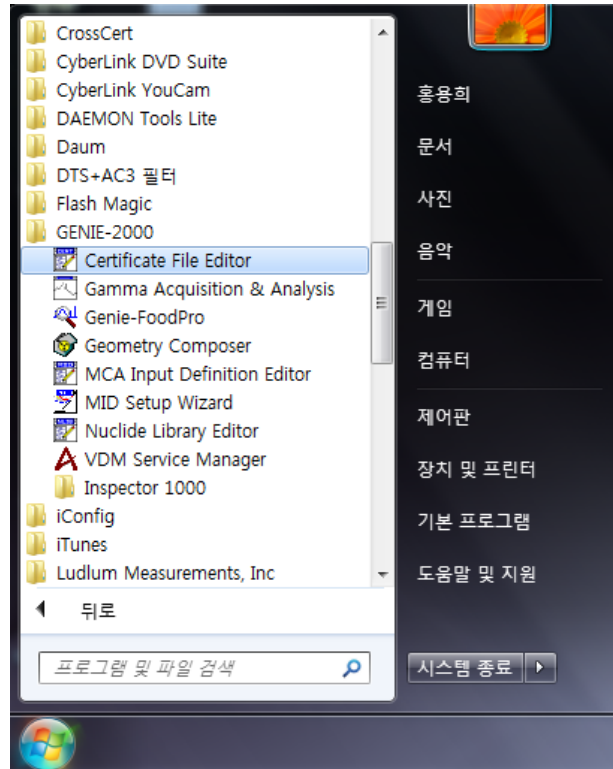
## 에너지 교정(Energy Calibration) Flow Chart



## Certificate File Editor?

- ① Certificate file Editor 프로그램은 교정 시 사용하는 표준물질 인증서 파일을 생성하는데 사용됩니다.
- ② 핵종 라이브러리 파일을 이용하고 효율 교정 시 반드시 해당 작업이 필요합니다.

\* 해당 교육 자료에서는 교정용 표준 선원(표준과학연구원 공급) 인증서를 이용한 인증서 파일 생성 방법으로 진행 됩니다.



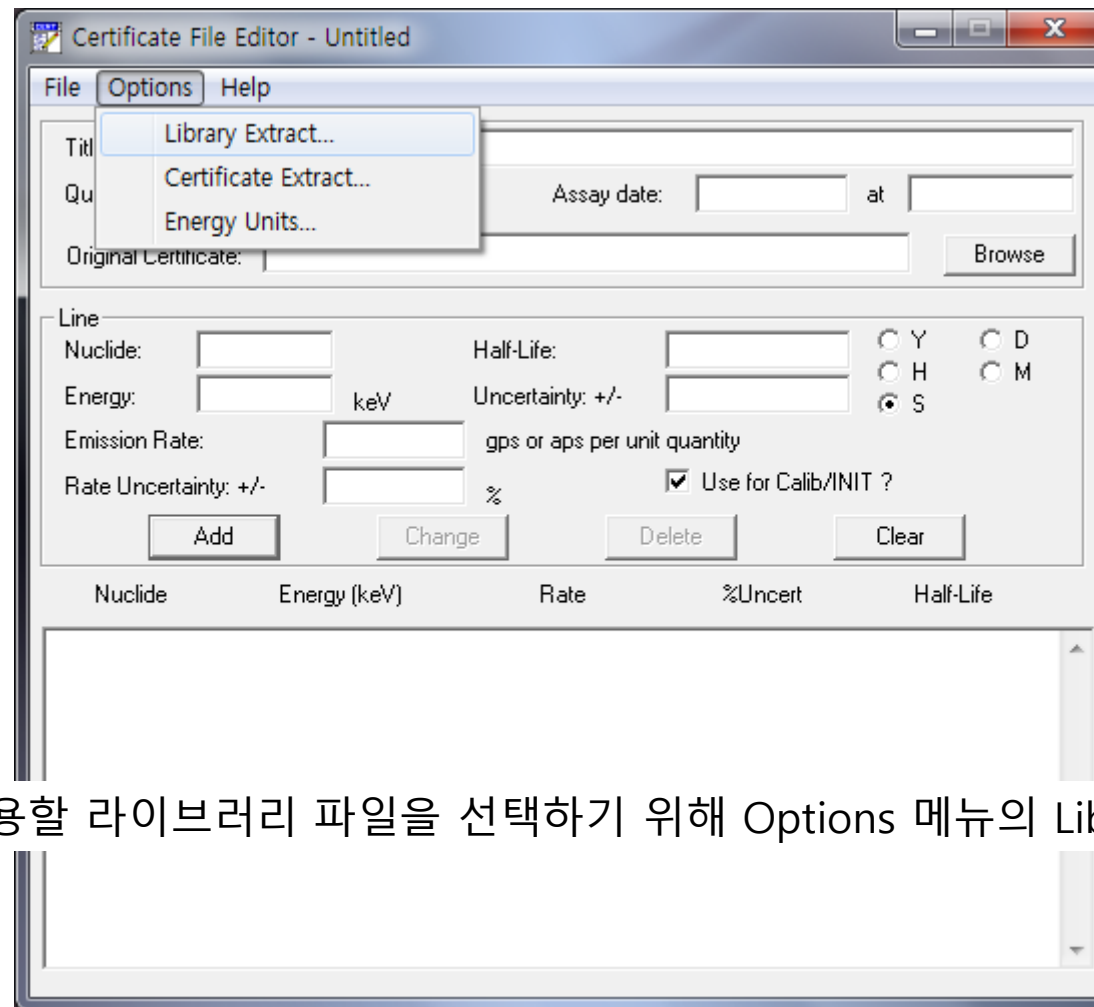
### 1) 프로그램(Certificate File Editor) 실행

: 필요한 인증서 파일을 생성하기 위해 설치 된 경로를 찾아 Certificate File Editor를 실행한다.

## Certificate File Editor?

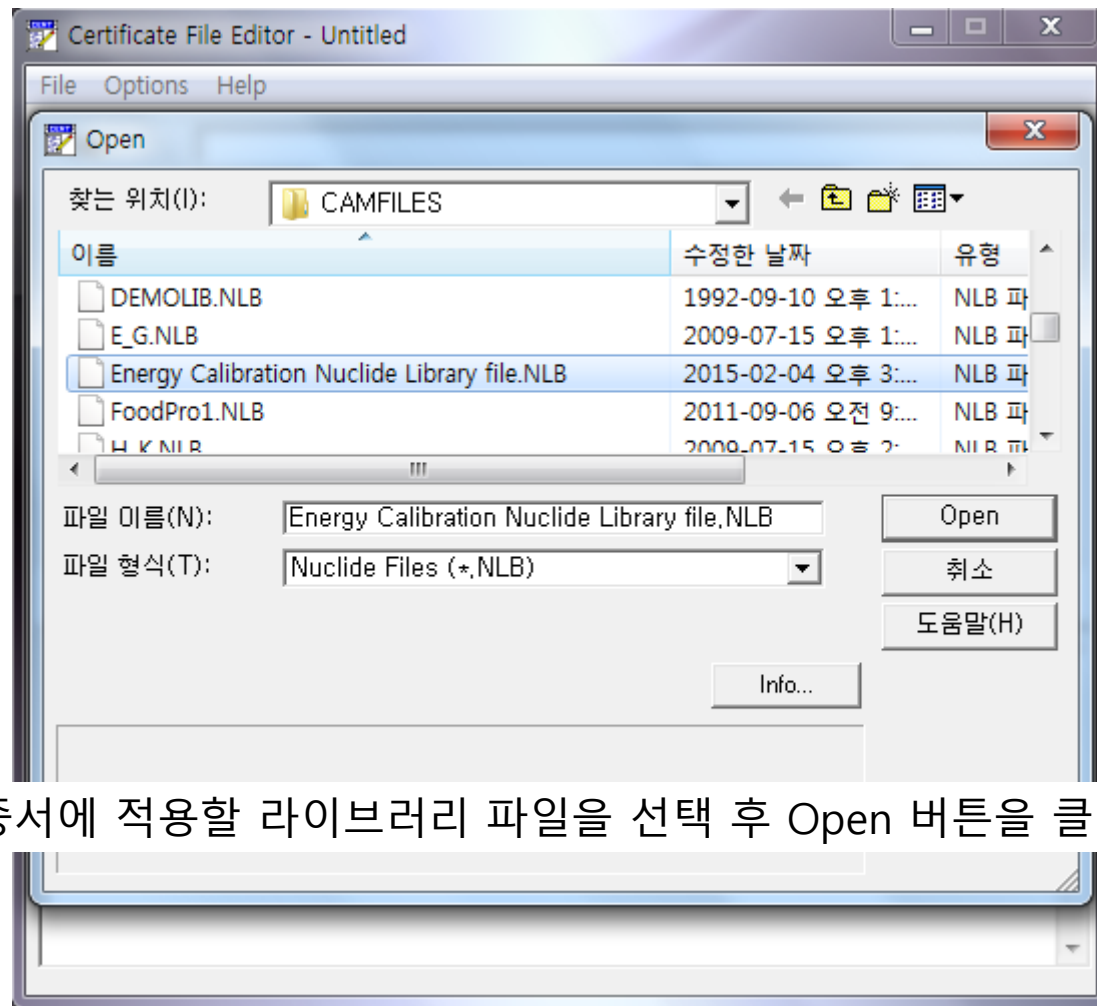
2) 인증서 파일을 생성하기 위한 프로그램이 실행된다.

## Certificate File Editor?



3) 인증서에 파일에 적용할 라이브러리 파일을 선택하기 위해 Options 메뉴의 Library Extract를 클릭한다.

## Certificate File Editor?



4) 인증서에 적용할 라이브러리 파일을 선택 후 Open 버튼을 클릭한다.

## Certificate File Editor?

**인증결과**  
CERTIFICATION RESULTS

1. 의뢰기관: (주)네오시스코리아

2. 표준물질(Reference Material)

종명(Description)	감마선 방출 혼합 핵종(10개) 방사능 인증표준물질
규격(Specification)	KRISS 1 L 마리넬리 비커에 담은 고상 선원
표준물질 고유번호(RM No.)	205-05- 601
일련번호(Serial No.)	212MIX0139
용도(Intended Use)	Ge-검출기 교정 및 점검
유통기 재질(Container Material)	폴리에틸렌
선원 크기(Source Size)	(1000 ± 10) mL
선원 매질(Source material)	우무(agar)
선원 밀도(Source Density)	1.001 g/cm <sup>3</sup>
기준일(Reference Date)	2021-11-01 00:00
불순핵종(Impure radionuclides)	0.01% 이하 (기준일 기준)

3. 인증방법(Methods of Certification)  
한국표준과학연구원 이 감마선 방출 동위원소의 국가 방사능 측정표준을 유지하기 위해 사용하고 있는 감마선 이온컴버로 동위원소별 방사능을 인증한 결과를 기준으로 함. (R-205-0008-2005)

4. 주의사항(Notices)  
1) 본 방사능인증표준물질은 밀봉된 선원으로 개봉하여 사용하지 마십시오.  
2) 유효기간이 지난 후에는 방사성 폐기물 처리규정에 의거 폐기하십시오.

5. 인증값(Certified Values) 및 불확도(Uncertainties)

핵종	반감기(d) <sup>1)</sup>		주요 감마선(keV) <sup>1)</sup>			방사능(Bq)		불확도 <sup>2)</sup>
	반감기	불확도	에너지	방출확률(%)	방사능	불확도		
Am-241	158004	219	59.541	35.92	0.17	1,200	91	4.0%
Cd-109	461.9	0.4	88.034	3.66	0.05	6,930	280	4.0%
Co-57	271.81	0.04	122.061	85.49	0.14	330	14	4.2%
			136.474	10.71	0.15			
Ce-139	137.641	0.020	165.858	79.90	0.04	397	16	4.0%
Cr-51	27.704	0.004	320.084	9.89	0.02	41,663	1,700	4.1%
Sn-113	115.09	0.03	391.698	64.97	0.17	1,037	42	4.0%
Sr-85	64.850	0.007	514.005	98.5	0.4	1,357	55	4.1%
Cs-137	10976	29	661.657	84.99	0.20	633	26	4.1%
Co-60	1925.23	0.29	1173.228	99.85	0.03	866	35	4.0%
			1332.492	99.9826	0.0006			
Y-88	106.63	0.05	898.036	93.7	0.3	2,041	82	4.0%
			1836.052	99.346	0.025			

1) M. -M. Be et al., Monographie BIPM-5 ([http://www.nucleide.org/DDEP\\_WG/DDEPdata.htm](http://www.nucleide.org/DDEP_WG/DDEPdata.htm)), 각 핵종의 반감기 및 방출확률 자료는 참고용이며 표기된 불확도는 표준불확도임.  
2) 신뢰의 수준 약 95 %, k = 2

5) 인증서에 기재 된 단위(Bq)를 선택한다.

## Certificate File Editor?

**인증결과**  
CERTIFICATION RESULTS

1. 의뢰기관: (주)네오시스코리아

2. 표준물질(Reference Material)

종명(Description)	감마선 방출 혼합 핵종(10개) 방사능 인증표준물질
규격(Specification)	KRISS 1 L 마리넬리 비커에 담은 고상 선원
표준물질 고유번호(RM No.)	205-05- 601
일련번호(Serial No.)	212MIX0139
용도(Intended Use)	Ge-검출기 교정 및 점검
용기 재질(Container Material)	플리에틸렌
선원 크기 (Source Size)	(1000 ± 10) mL
선원 매질(Source material)	우무(agar)
선원 밀도(Source Density)	1.001 g/cm <sup>3</sup>
기준일(Reference Date)	2021-11-01 00:00
불순핵종(Impure radionuclides)	0.01% 이하 (기준일 기준)

3. 인증방법(Methods of Certification)  
한국표준과학연구원 이 감마선 방출 동위원소의 국가 방사능 측정표준을 유지하기 위해 사용하고 있는 감마선 이온캠버로 동위원소별 방사능을 인증한 결과를 기준으로 함. (R-205-0008-2005)

4. 주의사항(Notices)  
1) 본 방사능인증표준물질은 밀봉된 선원으로 개봉하여 사용하지 마십시오.  
2) 유효기간이 지난 후에는 방사성 폐기물 처리규정에 의거 폐기하십시오.

5. 인증값(Certified Values) 및 불확도(Uncertainties)

핵종	반감기(d) <sup>1)</sup>		주요 감마선(keV) <sup>1)</sup>			방사능(Bq)		
	반감기	불확도	에너지	방출확률(%)	방사능	불확도 <sup>2)</sup>	불확도 <sup>2)</sup>	불확도 <sup>2)</sup>
Am-241	158004	219	59.541	35.92	0.17	1,263	51	4.0%
Cd-109	461.9	0.4	88.034	3.66	0.05	6,930	280	4.0%
Co-57	271.81	0.04	122.061	85.49	0.14	330	14	4.2%
			136.474	10.71	0.15			
Ce-139	137.641	0.020	165.858	79.90	0.04	397	16	4.0%
Cr-51	27.704	0.004	320.084	9.89	0.02	41,663	1,700	4.1%
Sn-113	115.09	0.03	391.698	64.97	0.17	1,037	42	4.0%
Sr-85	64.850	0.007	514.005	98.5	0.4	1,357	55	4.1%
Cs-137	10976	29	661.657	84.99	0.20	633	26	4.1%
Co-60	1925.23	0.29	1173.228	99.85	0.03	866	35	4.0%
			1332.492	99.9826	0.0006			
Y-88	106.63	0.05	898.036	93.7	0.3	2,041	82	4.0%
			1836.052	99.346	0.025			

1) M. -M. Be et al., Monographie BIPM-5 ([http://www.nucleide.org/DDEP\\_WG/DDEPdata.htm](http://www.nucleide.org/DDEP_WG/DDEPdata.htm)), 각 핵종의 반감기 및 방출확률 자료는 참고용이며 표기된 불확도는 표준불확도임.  
2) 신뢰의 수준 약 95%, k = 2

Certificate File Editor - Untitled

File Options Help

Title: Extract Library Nuclides

Activity Units: Bq Conversion Factor: 1

Nuclide: AM-241 Activity: 2157

% Uncertainty: 2

Change

Nuclide Name	Activity	% Uncertainty in Activity
CO-60	1092.000	2.00
SR-85	602.000	2.00
Y-88	1474.000	2.00
CD-109	9983.000	2.00
SN-113	633.000	2.05
CS-137	695.000	2.00
CE-139	313.000	2.05
AM-241	2157.000	2.00

OK Cancel Help

6) 인증서에 기재 방사능 값(Activity)과 불확도(%Uncertainty)를 1/2 한뒤 입력 Change 버튼을 눌러 적용한다.

## Certificate File Editor?

Certificate File Editor - Untitled\*

File Options Help

Title:

Quantity:  unit(s) Assay date:  at

Original Certificate:

---

Line

Nuclide:  Half-Life:   Y  D  
 H  M

Energy:  keV Uncertainty: +/-

Emission Rate:  gps or aps per unit quantity

Rate Uncertainty: +/-  %  Use for Calib/INIT ?

Nuclide	Energy (keV)	Rate	%Uncert	Half-Life
AM-241	59.540	782.9910	2.0000	2.28e+008 M
CD-109	88.032	371.3676	3.5698	464.00 D
CO-57	122.063	277.0524	2.0110	270.90 D
CO-57	136.476	34.3440	2.6237	270.90 D
CE-139	165.850	251.4955	2.0524	137.66 D
CR-51	320.076	469.3825	2.5374	27.70 D
SN-113	391.688	410.8170	2.3164	115.10 D
SR-85x	514.007	577.9200	4.6218	64.84 D
CS-137	661.650	591.5840	2.0182	30.17 Y
Y-88	898.021	1376.7161	2.0453	106.60 D
CO-60	1173.216	1092.0000	2.0000	5.27 Y
CO-60	1332.486	1092.0000	2.0000	5.27 Y
Y-88	1836.010	1464.8612	2.0001	106.60 D

7) 적용한 모든 핵종 라이브러리 파일이 리스트 창에 모두 첨부되었는지 확인한다.

## Certificate File Editor?

Korea Research Institute of Standards and Science  
 대전광역시 유성구 가정로 267 (우) 34113  
 Phone 042-868-5555, Fax 042-868-5556

인증서 번호: 2307-00340-001 Page 2 / 2 Pages

### 상세 정보

1. 의뢰기관: (주)네오시스코리아
2. 표준물질:
 

표준물질 품명:	감마선 방출 혼합 핵종(10개) 방사능 인증표준물질
규격:	KRISs 1L 마티넬리 비커에 담은 고상 선원
표준물질 고유번호:	205-05- 601
일련번호:	231MIX0156
용도:	Ge-검출기 교정 및 점검
용기 재질:	폴리에틸렌
선원 크기:	(1000 ± 10) mL
선원 매질:	우무(agar)
선원 밀도:	1.001 g/cm <sup>3</sup>
방사능 기준일:	2023-05-01 00:00
불순 핵종:	< 0.01 %
3. 인증방법: 한국표준과학연구원 이 감마선 방출 동위원소의 국가 방사능 측정표준을 유지하기 위해 사용하고 있는 감마선 기준이온캡버로 동위원소별 방사능을 인증한 결과를 기준으로 함. (R-205-008)
4. 주의사항:
  - 1) 본 방사능인증표준물질은 밀봉된 선원으로 개봉하여 사용하지 마십시오.
  - 2) 유효기간이 지난 후에는 방사성 폐기물 처리규정에 의거 폐기하십시오.
5. 인증값 및 불확도:
 

핵종	반감기(d) <sup>1)</sup>		주요 감마선(keV) <sup>1)</sup>		방사능(Bq)			
	반감기	불확도	에너지	방출확률(%)	방사능	불확도 <sup>2)</sup>		
Am-241	158004	219	59.54	35.92	0.17	1,531	62	4.1%
Cd-109	461.9	0.4	88.03	3.66	0.05	7,408	300	4.0%
Co-57	271.81	0.04	122.06	85.49	0.14	444	18	4.1%
			136.47	10.71	0.15			
Ce-139	137.641	0.020	165.86	79.90	0.04	430	18	4.2%
Cr-51	27.704	0.004	320.08	9.89	0.02	44,619	1,800	4.0%
Sn-113	115.09	0.03	391.70	64.97	0.17	1,092	44	4.0%
Sr-85	64.850	0.007	514.00	98.5	0.4	1,467	59	4.0%
Cs-137	10963.8	8.0	661.66	85.05	0.29	659	27	4.1%
Co-60	1925.23	0.29	1173.23	99.85	0.03	1,047	42	4.0%
			1332.49	99.9826	0.0006			
Y-88	106.63	0.05	898.04	93.7	0.3	1,897	76	4.0%
			1836.07	99.346	0.025			

1) M. -M. Bé et al., Monographie BIPM-5 (<http://www.lnhb.fr/nuclear-data/nuclear-data-table/>), 각 핵종의 반감기 및 방출확률 자료는 참고용이며 표기된 불확도는 표준불확도임.  
2) 신뢰의 수준 약 95%, k = 2

유의사항:  
 - 본 인증표준물질을 본래의 용도 외의 목적으로 사용하여 법적 문제가 발생할 경우, 한국표준과학연구원은 책임을 지지 않습니다.

Certificate File Editor - 231MIX0156.CTF
↔ - □ ×

File Options Help

Title:

Quantity:  unit(s)

Assay date:  at

Original Certificate:  Browse

Line

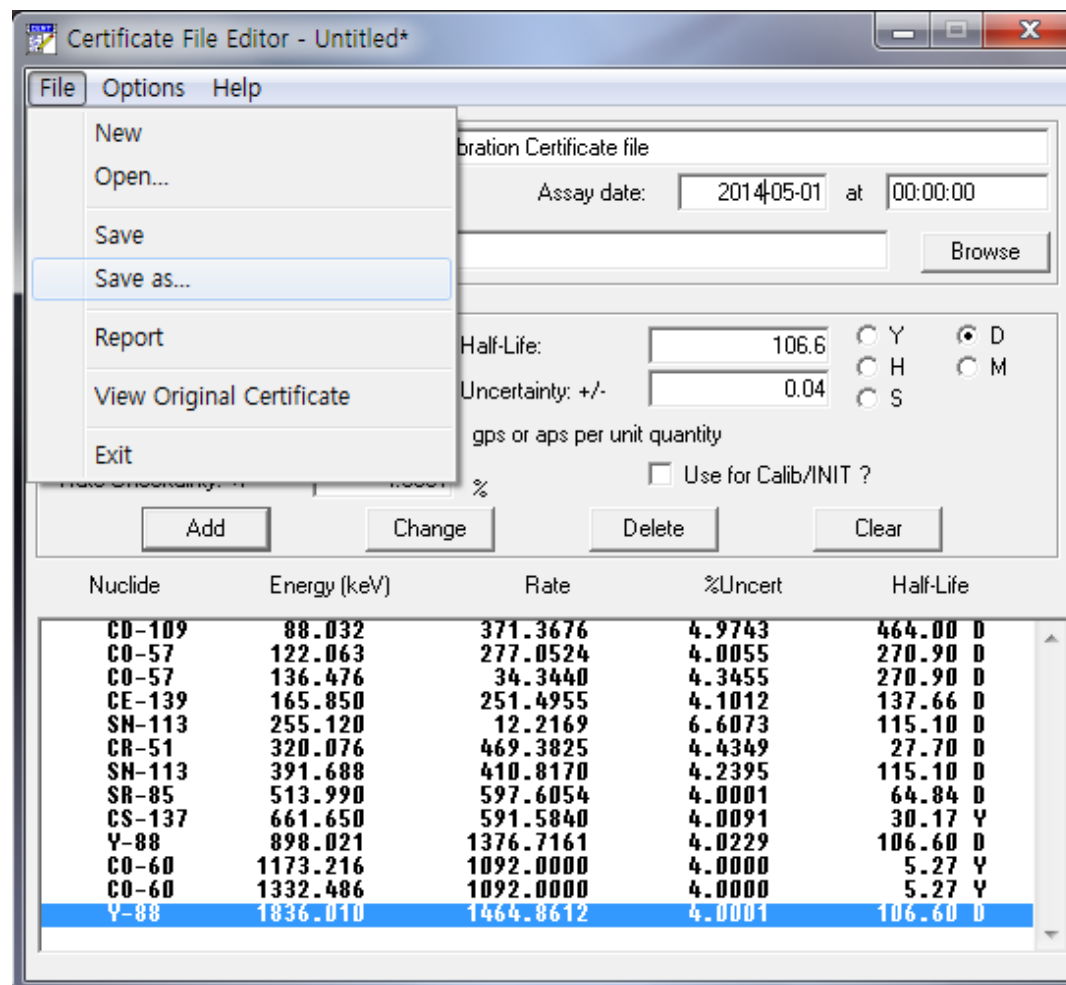
Nuclide:	<input type="text" value="AM-241"/>	Half-Life:	<input type="text" value="158004"/>	<input type="radio"/> Y <input checked="" type="radio"/> D
Energy:	<input type="text" value="59.541"/> keV	Uncertainty: +/-	<input type="text" value="219"/>	<input type="radio"/> H <input type="radio"/> M
Emission Rate:	<input type="text" value="549.9352"/> gps or aps per unit quantity			<input type="radio"/> S
Rate Uncertainty: +/-	<input type="text" value="2.1039"/> %			<input type="checkbox"/> Use for Calib/INIT ?

Add
Change
Delete
Clear

Nuclide	Energy (keV)	Rate	%Uncert	Half-Life
AM-241	59.541	549.9352	2.1039	158004.00 D
CD-109	88.034	271.1328	2.4220	461.90 D
CO-57	122.061	379.5756	2.0565	271.81 D
CO-57	136.474	47.5524	2.4828	271.81 D
CE-139	165.858	343.5700	2.1006	137.64 D
CR-51	320.084	4412.8193	2.0102	27.70 D
SN-113	391.698	709.4724	2.0170	115.09 D
SR-85	514.005	1444.9950	2.0408	64.85 D
CS-137	661.655	560.4795	2.0782	10963.80 D
Y-88	898.042	1777.4889	2.0255	106.63 D
CO-60	1173.228	1045.4294	2.0002	1925.23 D
CO-60	1332.492	1046.8177	2.0000	1925.23 D
Y-88	1836.070	1884.5936	2.0002	106.63 D

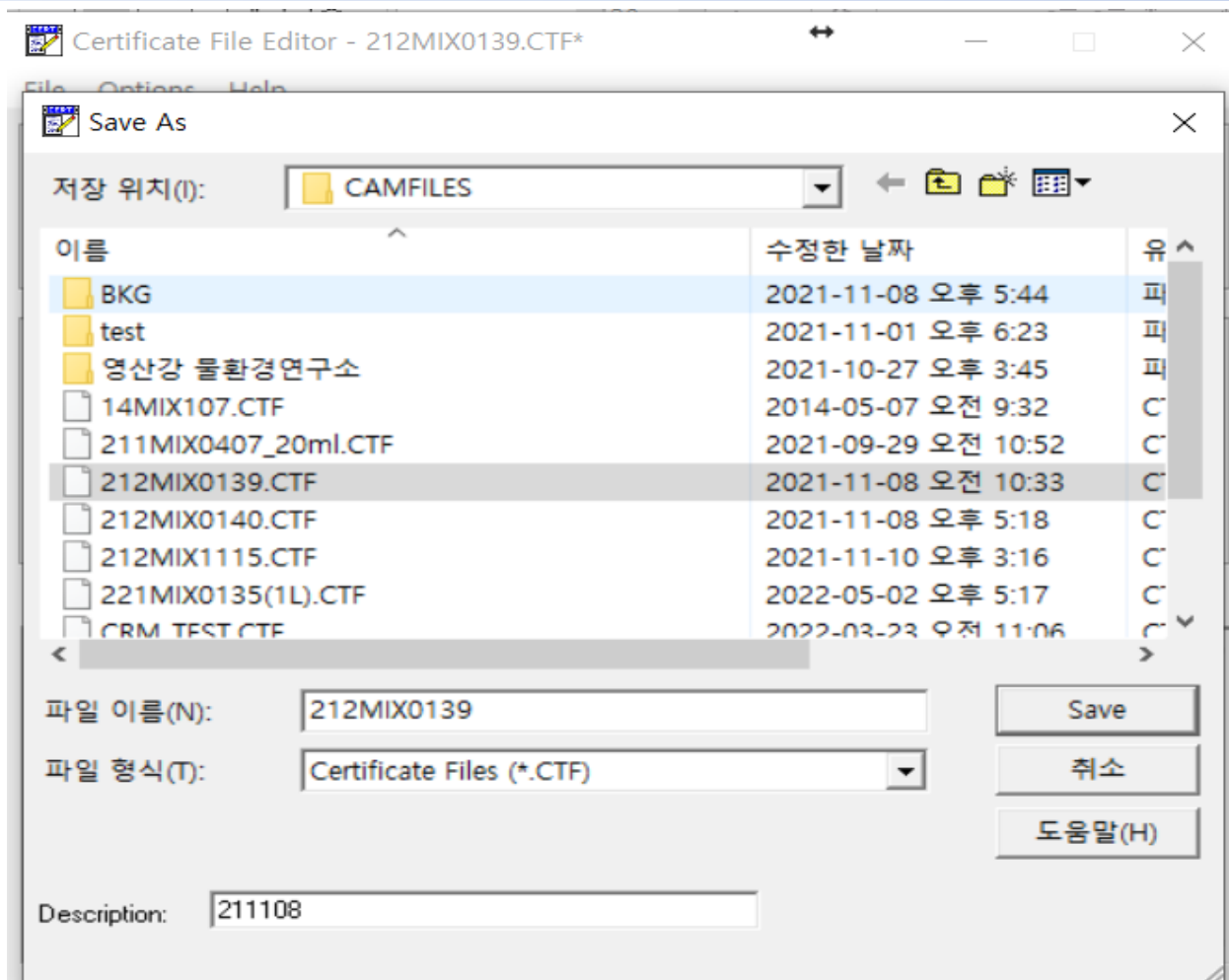
8) 상단에 있는 Title (제목), Quantity (밀도), Assay date (기준일)를 입력한다.

## Certificate File Editor?



9) 모든 사항에 대한 기입이 완료되면 인증서 파일로 저장하기 위해 File 메뉴의 Save as를 클릭한다.

## Certificate File Editor?



10) 파일 이름(필수, 구분하기 쉽게), Description (선택 사항)을 입력 후 Save 버튼을 눌러 저장한다.

## Certificate File Editor?

Certificate File Editor - 231MIX0156.CTF

File Options Help

Title: 231MIX0156

Quantity: 1 unit(s) Assay date: 2023-05-01 at 12:00:00 AM

Original Certificate:  Browse

Line

Nuclide: AM-241 Half-Life: 158004  Y  D  
 H  M

Energy: 59.541 keV Uncertainty: +/- 219  S

Emission Rate: 549.9352 gps or aps per unit quantity

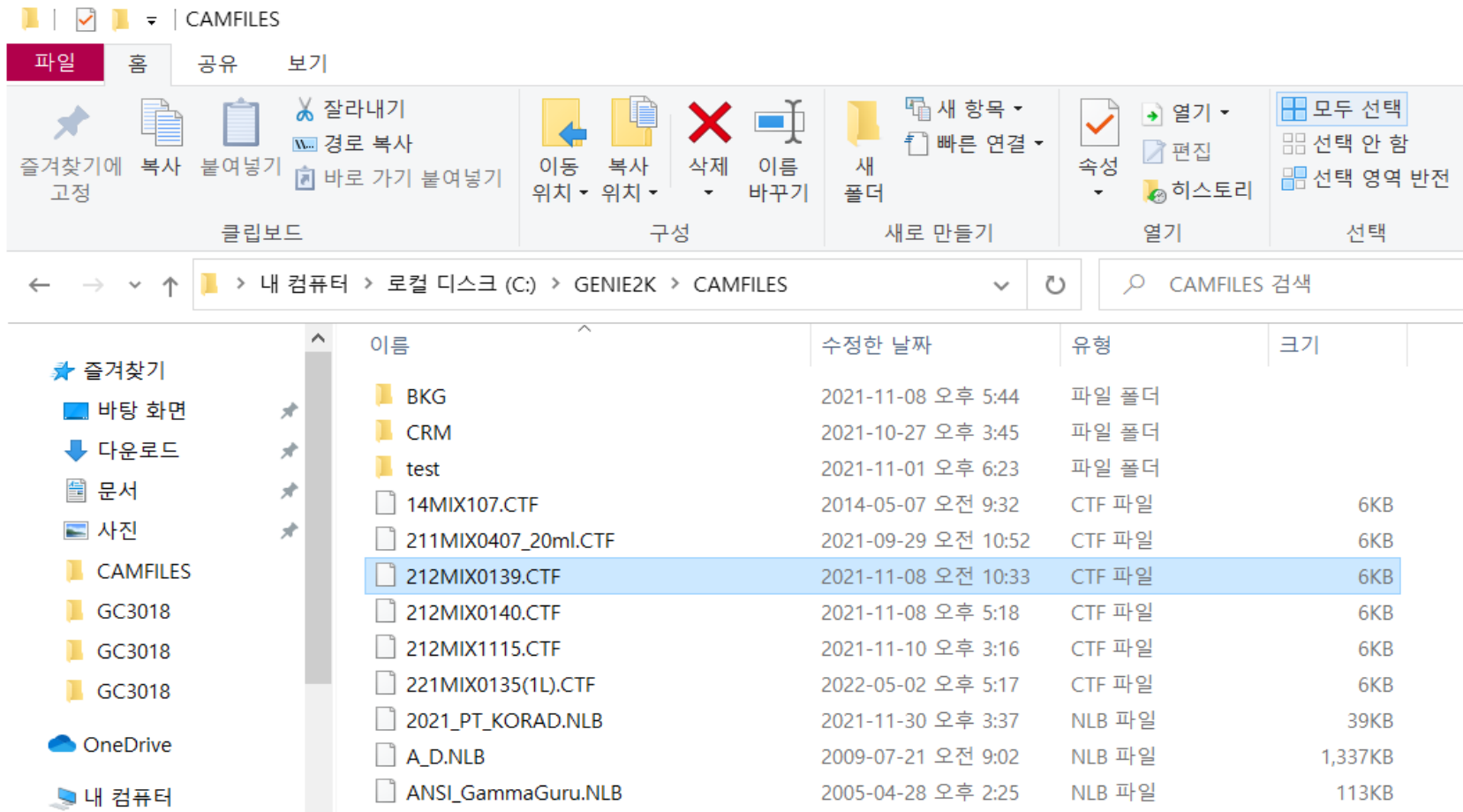
Rate Uncertainty: +/- 2.1039 %  Use for Calib/INIT ?

Add Change Delete Clear

Nuclide	Energy (keV)	Rate	%Uncert	Half-Life
AM-241	59.541	549.9352	2.1039	158004.00 D
CO-109	88.034	271.1328	2.4220	461.90 D
CO-57	122.061	379.5756	2.0565	271.81 D
CO-57	136.474	47.5524	2.4828	271.81 D
CE-139	165.858	343.5700	2.1006	137.64 D
CR-51	320.084	4412.8193	2.0102	27.70 D
SN-113	391.698	709.4724	2.0170	115.09 D
SR-85	514.005	1444.9950	2.0408	64.85 D
CS-137	661.655	560.4795	2.0782	10963.80 D
Y-88	898.042	1777.4889	2.0255	106.63 D
CO-60	1173.228	1045.4294	2.0002	1925.23 D
CO-60	1332.492	1046.8177	2.0000	1925.23 D
Y-88	1836.070	1884.5936	2.0002	106.63 D

11) 파일 저장이 완료되면 프로그램 상단에 저장된 파일명을 확인할 수 있다.

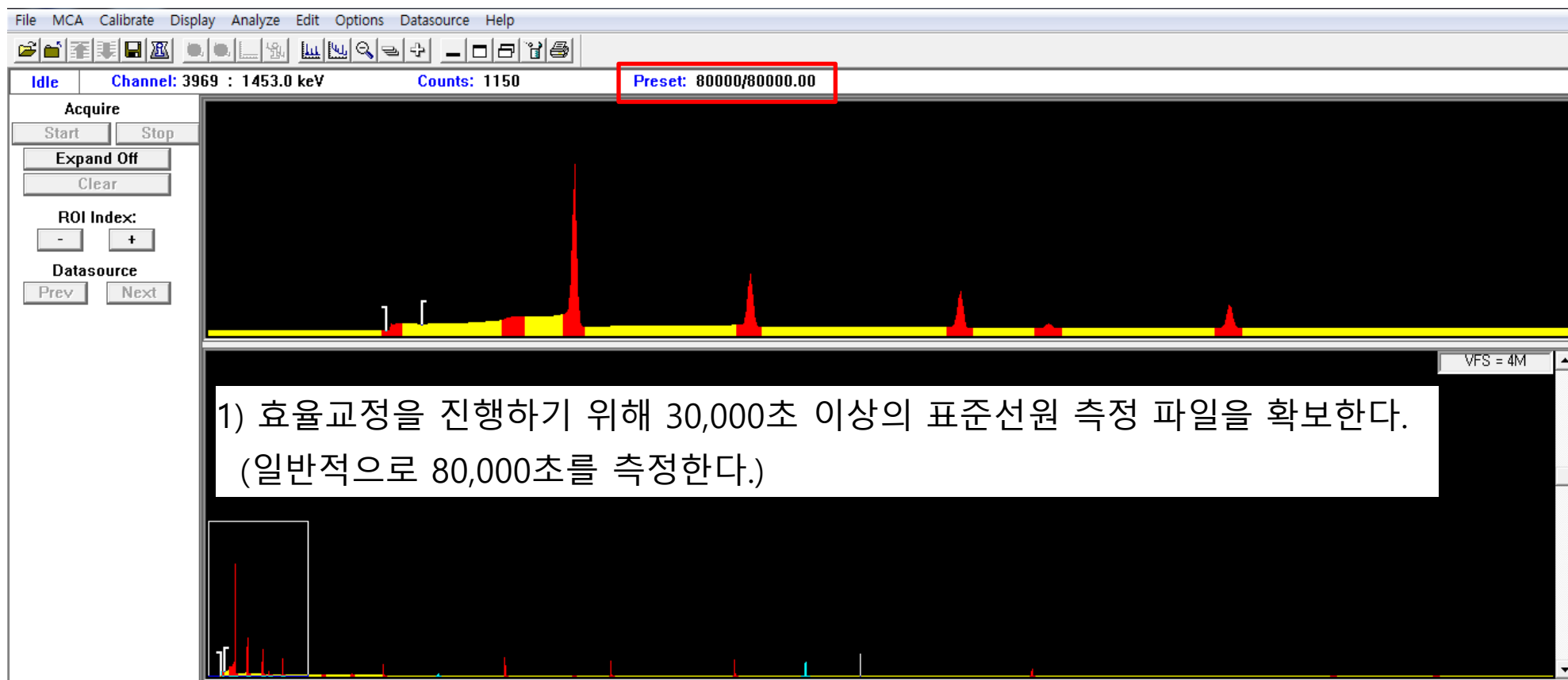
## Certificate File Editor?



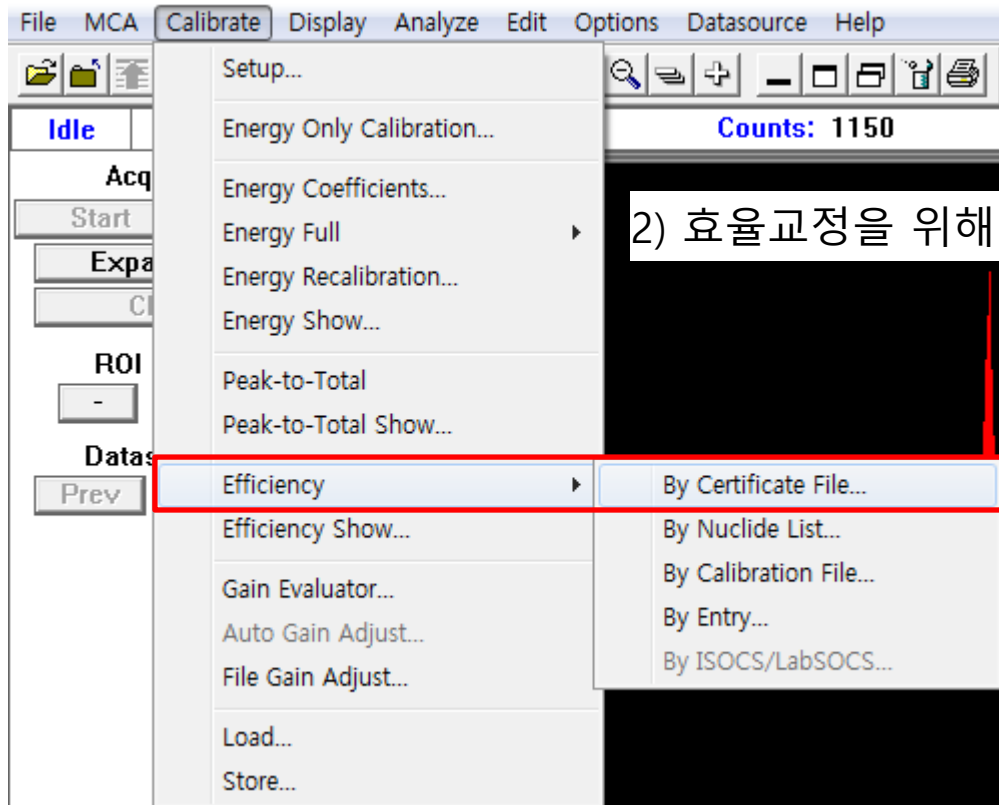
12) '로컬디스크 (C:) ▶ GENIE2K ▶ CAMFILES' 해당 경로에서 생성한 파일을 확인할 수 있다.

## 효율 교정(Efficiency Calibration)?

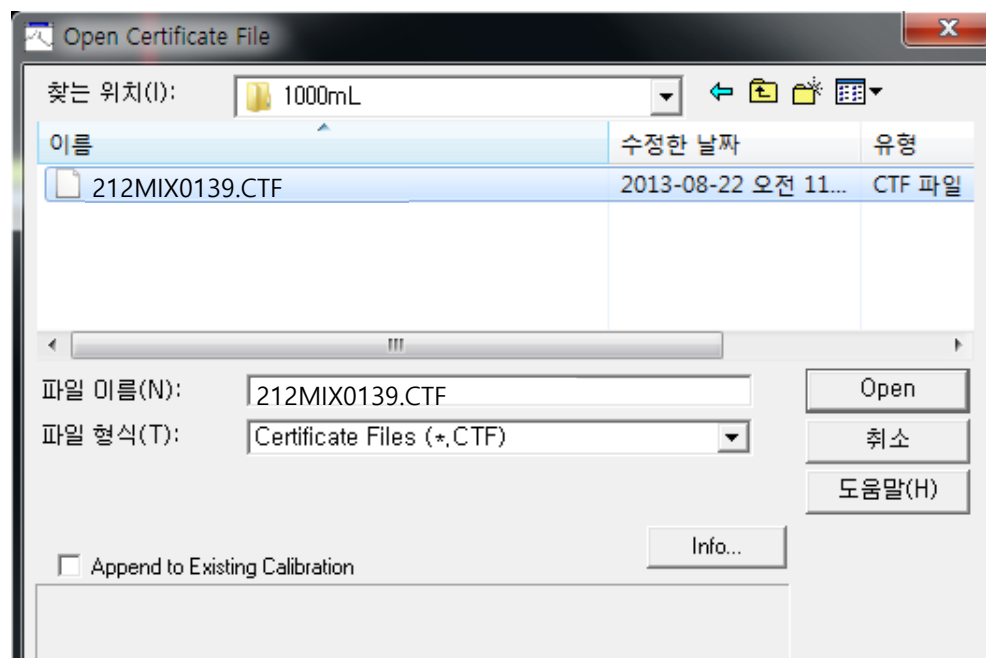
- ① 목적 : 시료에 함유된 감마선 핵종의 방사능량을 판별(정량 분석)하기 위한 교정
- ② 내용 : 표준선원의 스펙트럼을 측정 한 후 인증서에 기재된 방사능량과 비교



## 효율 교정(Efficiency Calibration)?



2) 효율교정을 위해 Calibrate메뉴의 Efficiency ▶ By Certificate file을 클릭한다.



3) Open Certificate File 창에서 미리 만들어 놓은 효율 교정용 인증서(\*.CNF) 파일을 선택 후 Open 한다.

## 효율 교정(Efficiency Calibration)?

4) Efficiency Calibration 창의 리스트에 교정 Energy (keV)가 모두 있는지 확인한다.

5) 저에너지와 고에너지 영역을 나누어 교정하기 위해 136.48 keV를 선택 후 Cross Over 버튼을 클릭한다.

6) Auto 버튼을 클릭하면 모든 에너지에 대한 Efficiency와 Error(%)값이 입력 된다.

Energy (keV)	Efficiency	Error (%)
59.54	0.00000	0.00
88.03	0.00000	0.00
122.06	0.00000	0.00
136.47	0.00000	0.00
165.86	0.00000	0.00
320.08	0.00000	0.00
391.70	0.00000	0.00
514.01	0.00000	0.00
661.66	0.00000	0.00
898.04	0.00000	0.00
1173.23	0.00000	0.00
1332.49	0.00000	0.00
1836.07	0.00000	0.00

Energy (keV)	Efficiency	Error (%)
59.54	0.01210	2.07
88.03	0.02949	2.43
122.06	0.03706	2.11
136.47	0.03583	2.82 %
165.86	0.03623	2.01
320.08	0.02278	2.06
391.70	0.01960	2.02
514.01	0.01588	2.09
661.66	0.01326	2.07
898.04	0.00968	2.03
1173.23	0.00783	2.01
1332.49	0.00708	2.01
1836.07	0.00551	2.00

## 효율 교정(Efficiency Calibration)?

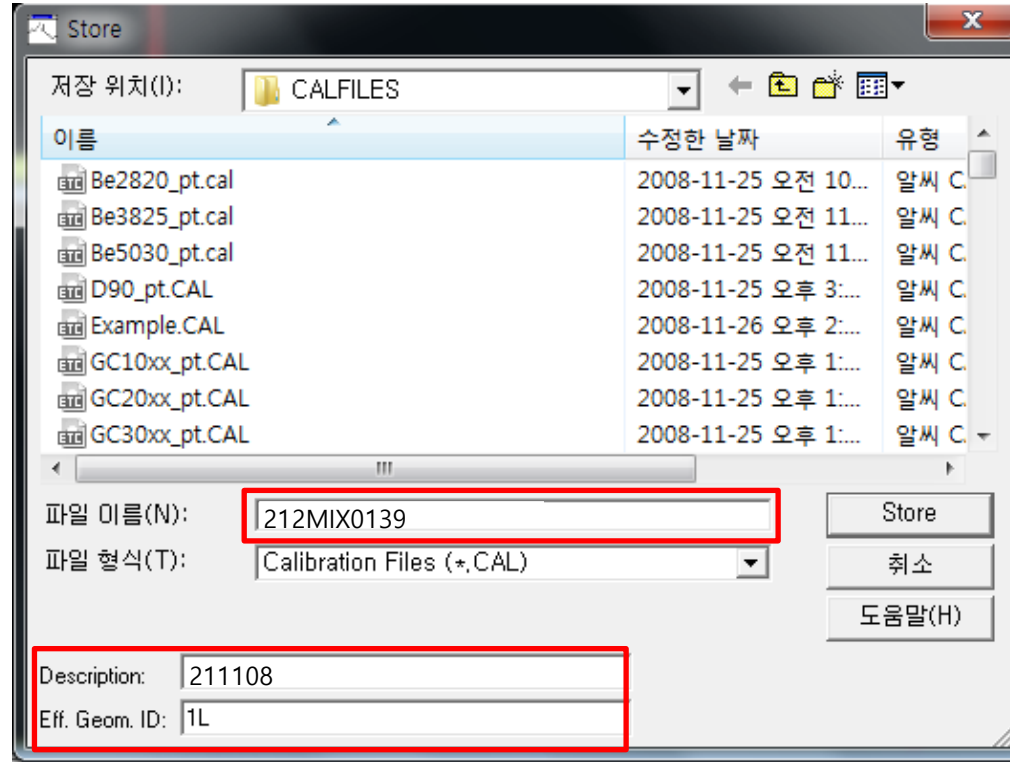
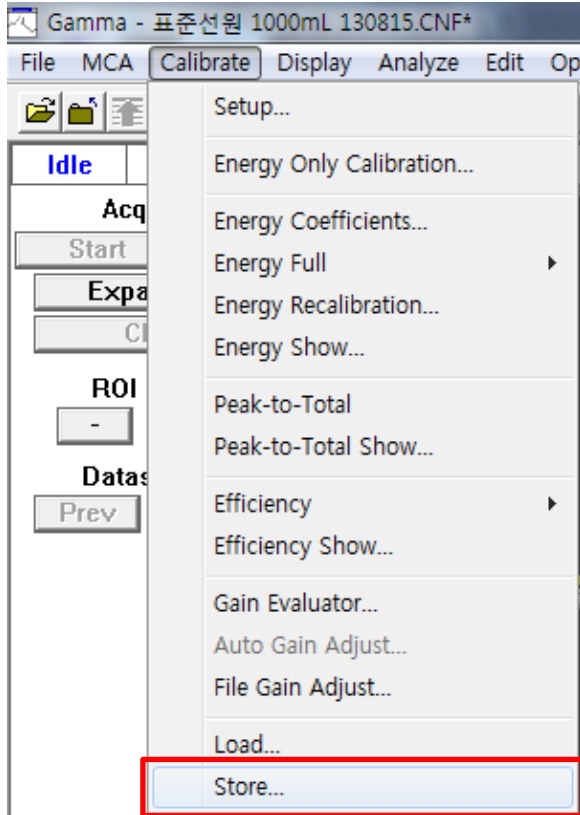
The screenshot displays two 'Efficiency Calibration Curves' windows. The top window shows a linear scale plot of efficiency vs. energy (keV) with 'Low Energy' (red), 'Measured' (green squares), and 'High Energy' (blue) curves. The bottom window shows a log-log scale plot of the same data. A 'List Peaks' window is overlaid at the bottom, showing a table of peak data with a red box highlighting the 'Deviation (%)' column.

Pk/Index	X-Value (keV)	Calculated Efficiency	Measured Efficiency	Measured Error (%)	Deviation (%)
4	136.47	0.03717	0.03583	2.82	3.73
5	165.86	0.03507	0.03623	2.01	-3.19
6	320.08	0.02335	0.02278	2.06	2.46
7	391.70	0.01985	0.01960	2.02	1.30

7) Efficiency Calibration의 Show버튼을 클릭하여 Efficiency Calibration Curve를 확인한다.

8) List Pks 버튼을 클릭하여 Deviation(%)값을 확인한다. 이 때, Deviation(%)값이 ±5% 범위 내에 들어오면 만족한 값으로 인정한다.

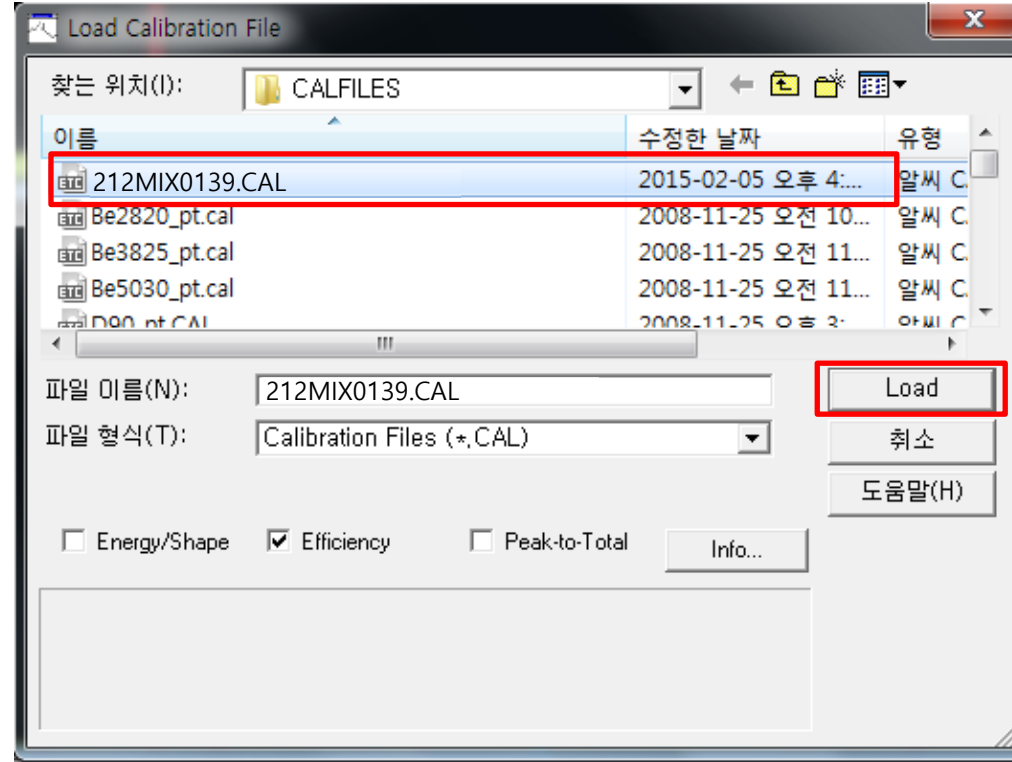
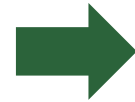
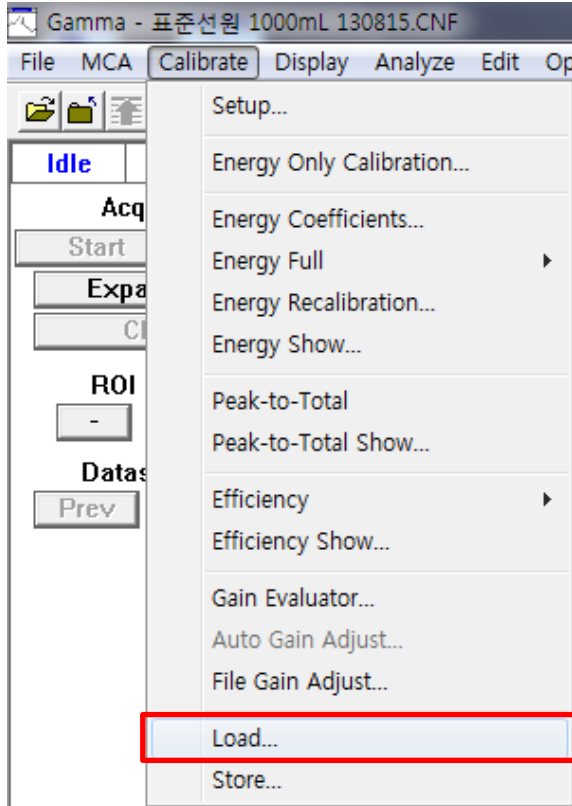
## 효율 교정(Efficiency Calibration)?



9) 효율교정 데이터를 파일(\*.CAL)로 저장하기 위해 Calibrate메뉴의 Store를 클릭한다.

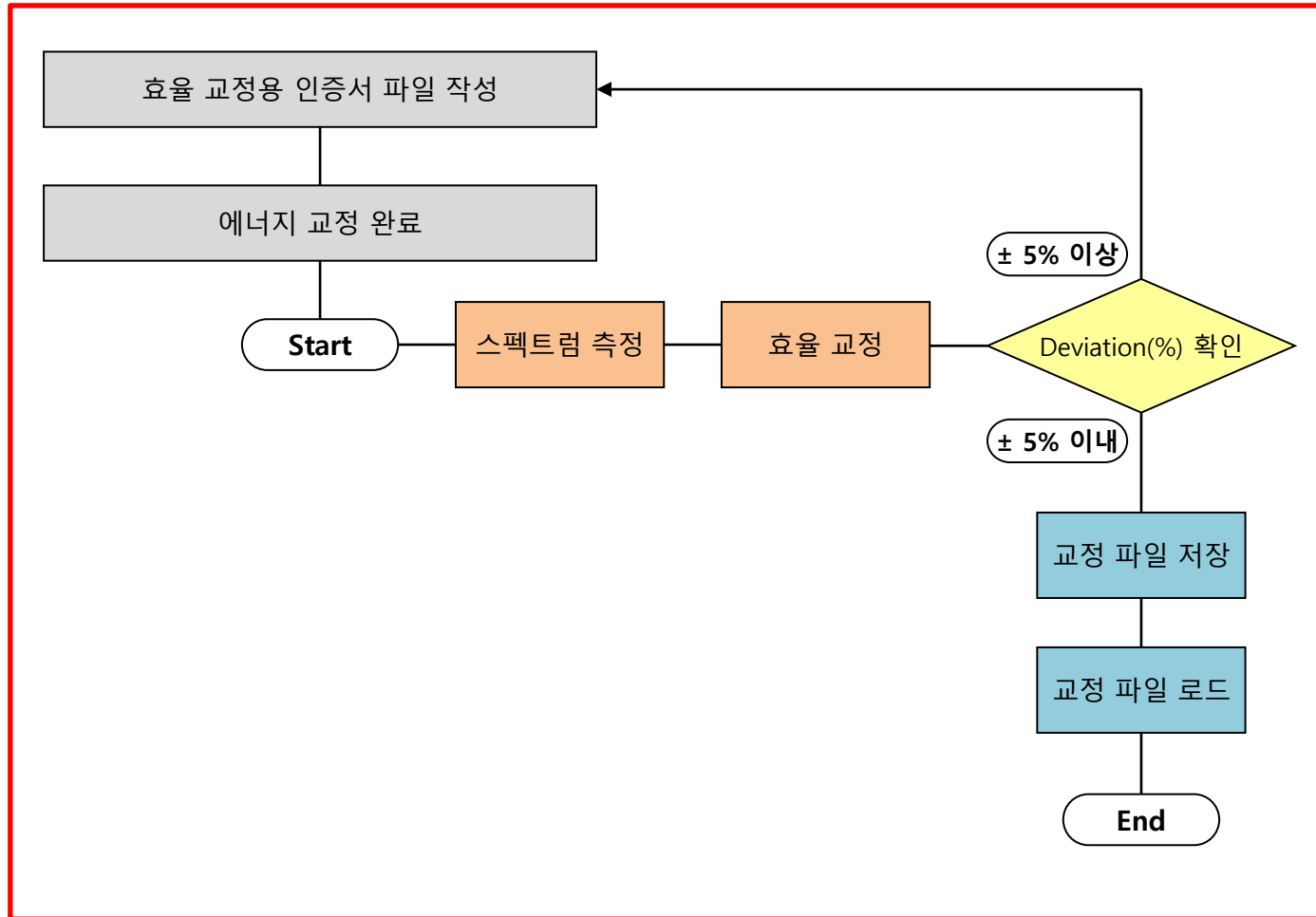
10) Store 창에서 파일 이름(필수 입력), Description, Eff. Geom. ID (선택 입력)을 입력 후 Store 버튼을 클릭한다.

## 효율 교정 파일(\*CAL) 적용



- 11) 저장 된 효율 교정 파일을 적용하기 위해 Calibrate메뉴의 Load를 클릭한다.
- 12) 적용하고자 하는 \*.CAL 파일을 선택 후 Load 버튼을 눌러 교정 파일을 적용한다.

## 효율 교정(Efficiency Calibration) Flow Chart



6개월에 한번

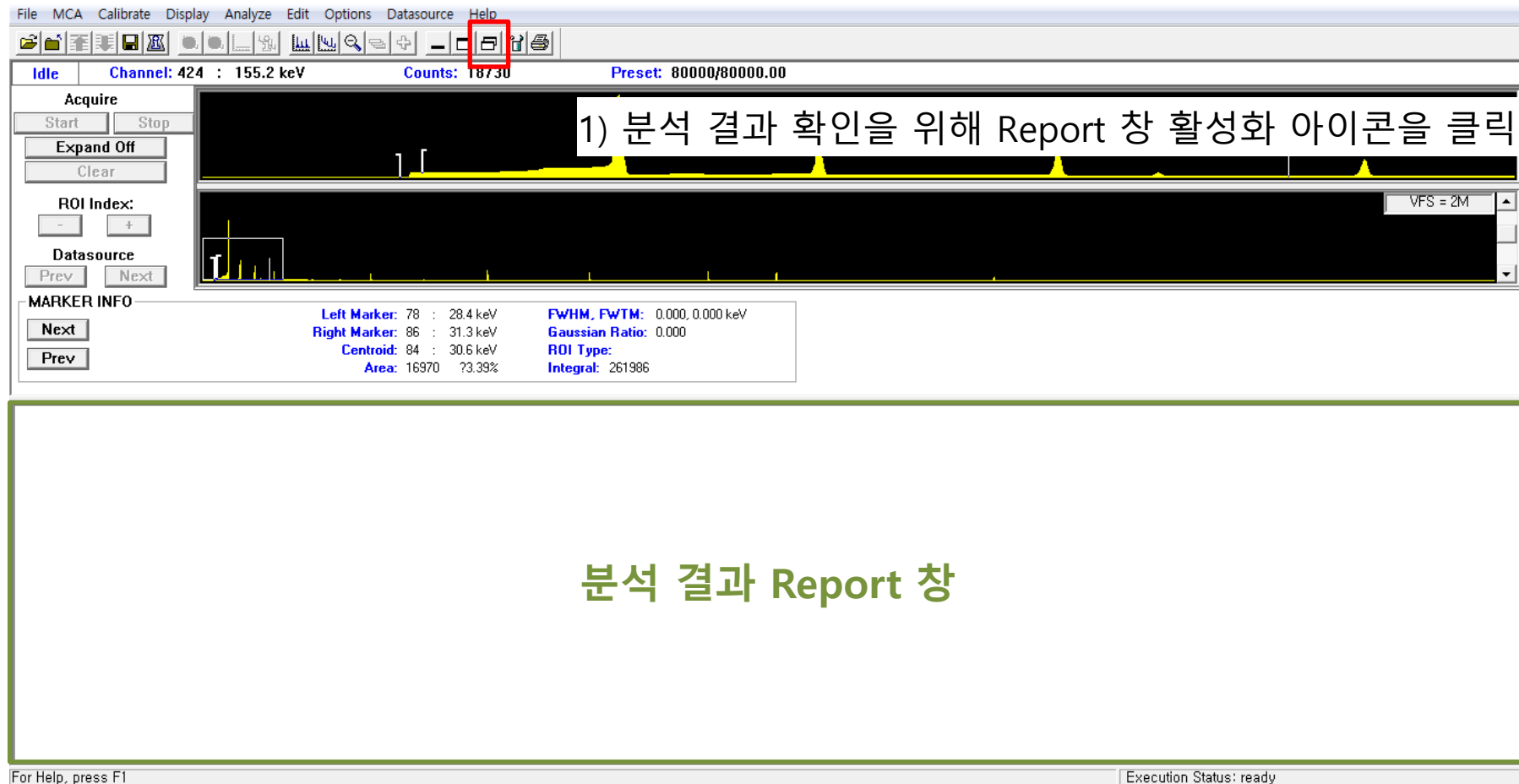
# 4

## GENIE-2000 프로그램 분석

---

## 분석 결과 확인(Analyze)

측정 된 스펙트럼 파일을 분석하고 결과를 Report 한다.

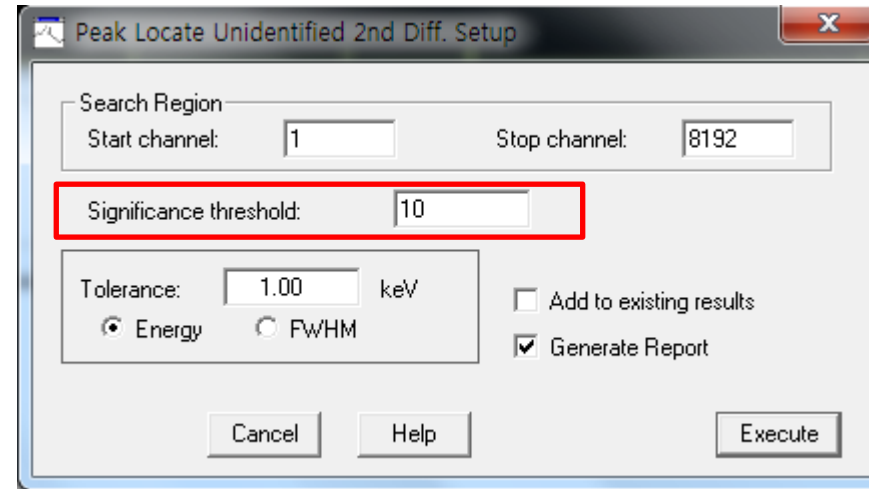
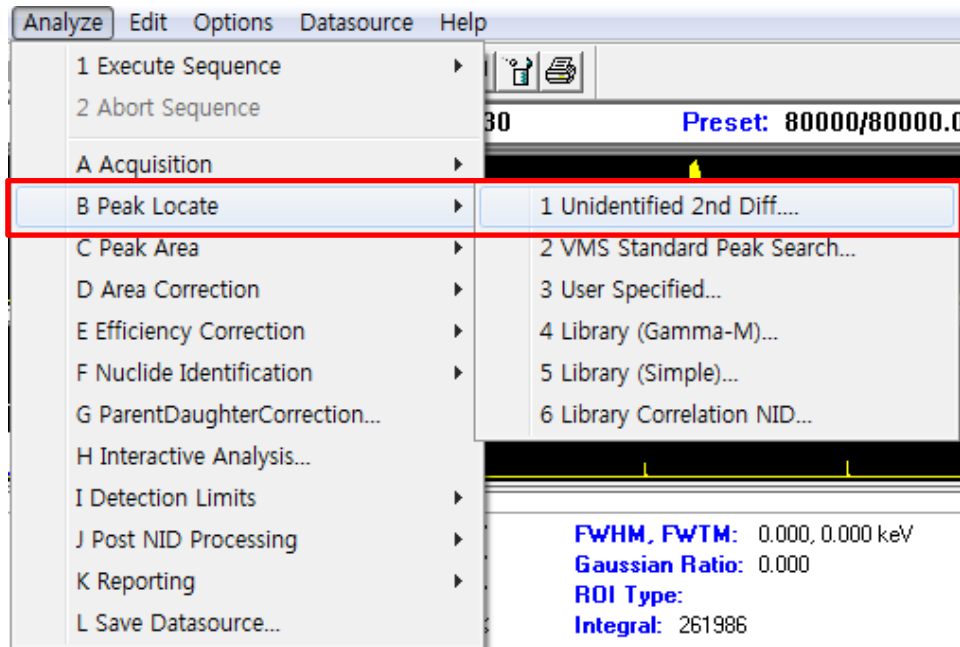


1) 분석 결과 확인을 위해 Report 창 활성화 아이콘을 클릭한다.

분석 결과 Report 창

Parameter	Value
Left Marker	78 : 28.4 keV
Right Marker	86 : 31.3 keV
Centroid	84 : 30.6 keV
Area	16970 : 73.39%
FWHM, FWTM	0.000, 0.000 keV
Gaussian Ratio	0.000
ROI Type	
Integral	261986

## 피크 존재 여부 확인(Peak Locate)



2) 측정 된 스펙트럼에서 피크를 찾기 위해 Analyze메뉴의 Peak Locate ▶ Unidentified 2<sup>nd</sup> Difference를 클릭한다.

- ① Search Region (검색 영역) : 설정 된 채널 범위내의 피크에 대해 적용된다.
- ② Significance threshold : 피크의 존재여부를 결정 (교정선원의 경우 10~20, 환경시료 분석 시 3~5)

\* 피크의 Continuum이 10,000 Counts일 때 threshold를 5로 설정한 경우 Net Counts가 500 counts 이상 되어야 피크로 인정

- ③ Tolerance : 피크의 허용오차 ± 입력 값으로 적용

## 분석 결과 확인(Peak Locate Report)

```
*****
*****          P E A K    L O C A T E    R E P O R T          *****
*****
```

```
Detector Name:  DET01
Sample Title:   212MIX0139
Peak Locate Performed on:  2022-05-10  8:34:16 PM
Peak Locate From Channel:    50
Peak Locate To Channel:     8192
Peak Search Sensitivity:    20.00
```

Peak No.	Centroid Channel	Centroid Uncertainty	Energy (keV)	Peak Significance
1	81.22	0.0835	29.46	111.43
2	163.42	0.0508	59.57	225.09
3	241.11	0.0412	88.02	324.20
4	333.99	0.0351	122.05	420.30
5	373.40	0.0775	136.48	87.34
6	453.62	0.0345	165.86	414.21
7	697.28	0.0874	255.10	62.45
8	874.77	0.0171	320.11	1479.85
9	1070.19	0.0269	391.69	568.71
10	1404.20	0.0226	514.02	751.00
11	1807.38	0.0287	661.68	417.93
12	2223.48	0.0709	814.07	64.98
13	2452.74	0.0214	898.03	691.63
14	3204.15	0.0263	1173.21	417.25
15	3618.67	0.0737	1325.00	36.62
16	3639.08	0.0266	1332.48	393.74
17	5014.32	0.0215	1836.06	524.07
18	6843.05	0.0737	2505.65	39.81
19	7466.86	0.0567	2734.03	64.32

? = Adjacent peak noted

Errors quoted at 1.000 sigma

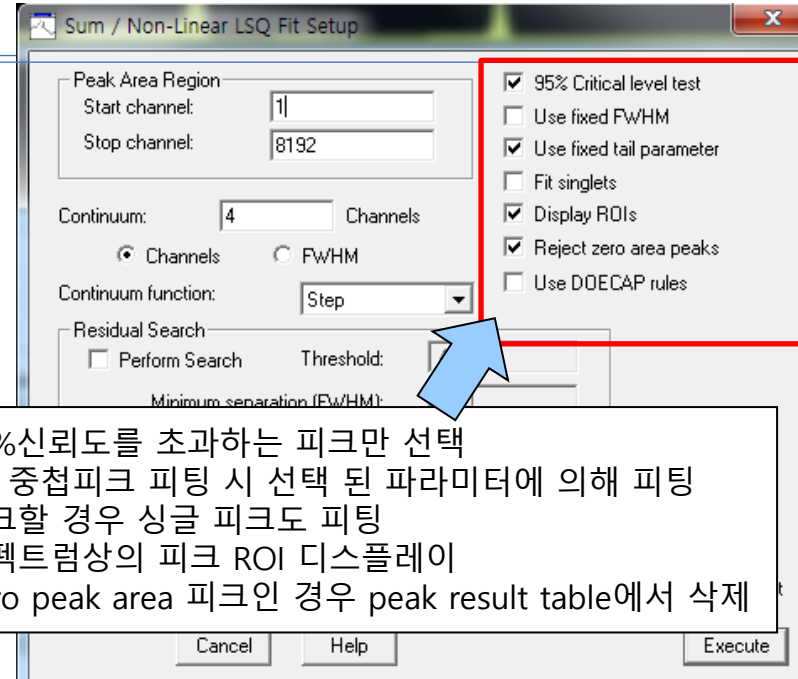
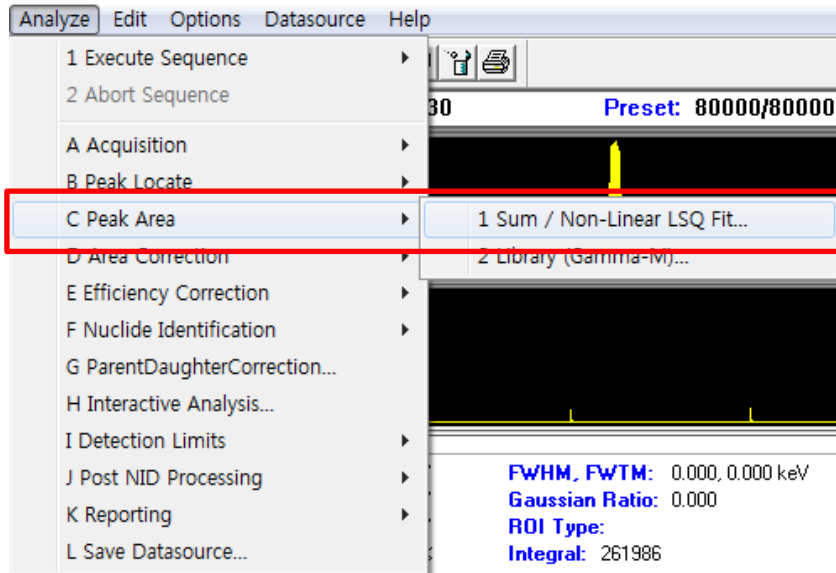
Report 제목/시간

Peak Locate 설정 정보

분석 결과 값

설명/기타 정보

## 피크 면적 결정(Peak Area)



- ① 95%신뢰도를 초과하는 피크만 선택
- ②~③ 중첩피크 피팅 시 선택 된 파라미터에 의해 피팅
- ④ 체크할 경우 싱글 피크도 피팅
- ⑤ 스펙트럼상의 피크 ROI 디스플레이
- ⑥ Zero peak area 피크인 경우 peak result table에서 삭제

3) Locate된 피크의 면적을 결정하기 위해 Analyze메뉴의 Peak Area ▶ Sum/Non-Linear LSQ Fit Setup을 클릭한다.

- ① Continuum : 피크의 연속부분을 정의하기 위해 양쪽 끝의 채널 수를 정한다.
- ② Continuum function : 스펙트럼의 연속부분을 선형 또는 계단 함수로 선택가능
  - \* 연속 부분이 상대적으로 평평하면 Linear, 피크의 오른쪽보다 왼쪽이 높은 경우는 Step을 선택한다.
- ③ ROI (Region Of Interest) Limits Determination : 입력 된 값에 의해 ROI내에 중첩피크를 구분한다.
  - \* Max. Num. FWHMs between peaks에 입력되는 값 내에 피크가 있으면 중첩피크로 인식.
  - \* Left/Right에 입력되는 값에 의해 ROI의 좌우 크기가 결정 된다.

## 분석 결과 확인(Peak Analysis Report)

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\* PEAK ANALYSIS REPORT \*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*

Detector Name: DET01  
 Sample Title: 212MIX0139  
 Peak Analysis Performed on: 2022-05-10 8:36:56 PM  
 Peak Analysis From Channel: 50  
 Peak Analysis To Channel: 8192

Peak No.	ROI start	ROI end	Peak centroid	Energy (keV)	FWHM (keV)	Net Peak Area	Net Area Uncert.	Continuum Counts
1	79-	84	81.22	29.46	0.74	8.53E+004	655.72	1.38E+005
2	159-	167	163.42	59.57	0.89	4.39E+005	1183.21	4.51E+005
3	236-	245	241.11	88.02	0.91	5.98E+005	1364.36	5.61E+005
4	329-	338	333.99	122.05	0.94	8.36E+005	1473.55	5.93E+005
5	368-	378	373.40	136.48	0.95	1.01E+005	1276.17	6.40E+005
6	448-	458	453.62	165.86	0.99	9.17E+005	1629.23	7.31E+005
7	692-	702	697.28	255.10	1.05	4.96E+004	907.40	3.25E+005
8	868-	880	874.77	320.11	1.11	7.44E+006	2857.21	2.76E+005
9	1063-	1076	1070.19	391.69	1.15	1.05E+006	1202.66	1.43E+005
10	1397-	1410	1404.20	514.02	1.23	1.68E+006	1417.75	1.21E+005
11	1800-	1814	1807.38	661.68	1.36	5.71E+005	936.92	1.07E+005
12	2215-	2231	2223.48	814.07	1.44	2.50E+004	468.06	6.20E+004
13	2444-	2460	2452.74	898.03	1.48	1.48E+006	1295.95	6.47E+004
14	3195-	3213	3204.15	1173.21	1.65	5.41E+005	822.39	4.00E+004
M 15	3609-	3648	3618.70	1325.01	1.71	2.37E+004	196.64	2.53E+004
m 16	3609-	3648	3639.12	1332.49	1.72	4.90E+005	711.04	2.62E+004
17	5003-	5024	5014.32	1836.06	1.97	8.91E+005	961.23	8.62E+003
18	6832-	6854	6843.05	2505.65	2.10	5.67E+003	113.55	1.87E+003
19	7454-	7479	7466.86	2734.03	2.37	1.45E+004	123.98	1.95E+002

M = First peak in a multiplet region  
 m = Other peak in a multiplet region  
 F = Fitted singlet

Errors quoted at 1.000 sigma

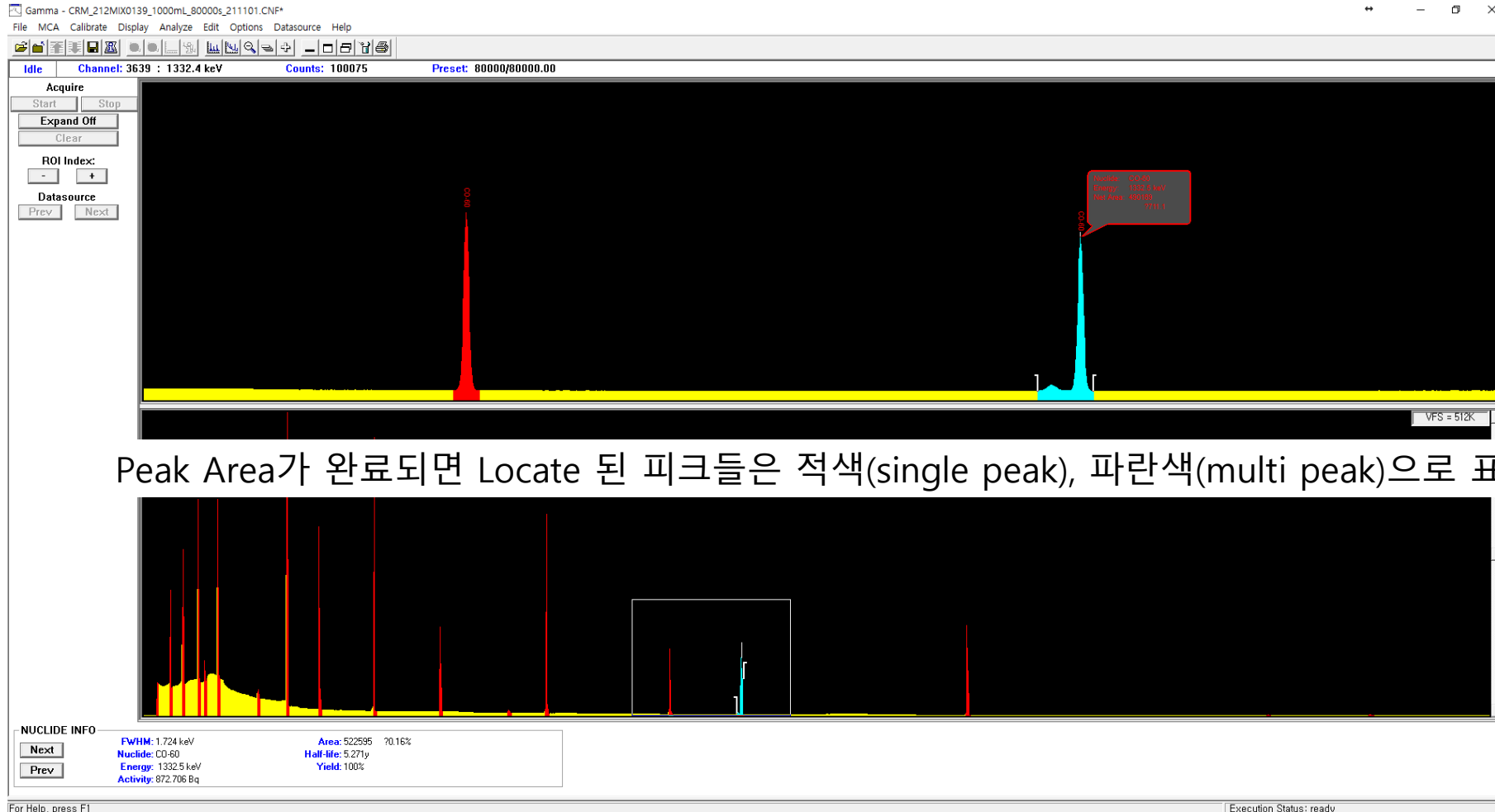
Report 제목 / 시간

Peak Area 설정 정보

분석 결과 값

설명 / 기타 정보

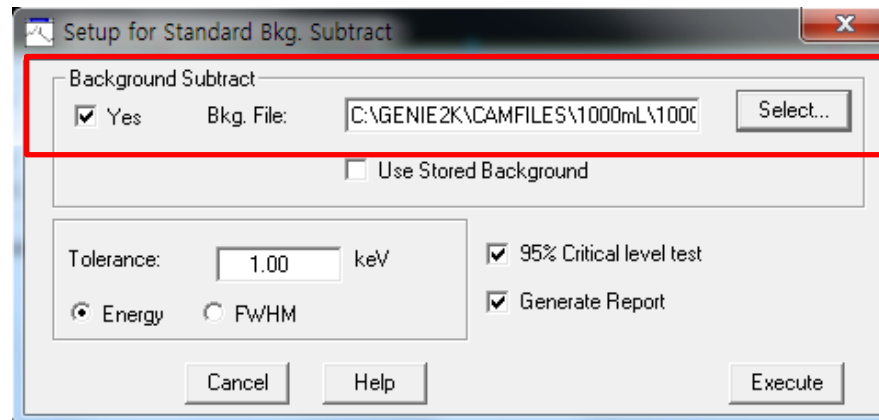
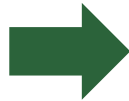
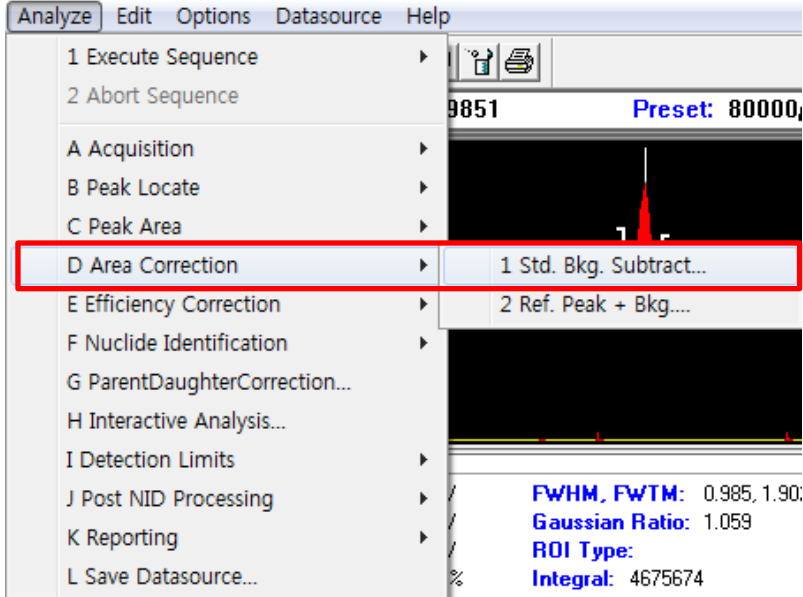
## ROI (관심) 영역



Peak Area가 완료되면 Locate 된 피크들은 적색(single peak), 파란색(multi peak)으로 표시 된다.

## 백그라운드 보정(BKG Subtract)

방사능 정량분석을 위해서는 시료분석 시와 동일한 조건하에서 백그라운드를 빼주어야 시료 자체의 방사능 값을 계산할 수 있다.



4) 방사능 분석 시 시료 Geometry와 동일한 BKG 파일을 선택한다.

- \* 시료 용기와 동일한 빈용기를 시료 측정과 같은 조건에서 측정한다.
- \* 측정된 백그라운드 파일은 피크 면적 결정 작업 적용 후 파일로 저장한다.
- \* 효율 교정 시(6개월 단위) 백그라운드 파일도 확보하는 것이 좋다. (권장 사항)

## 분석 결과 확인(BKG Subtract Report)

```

*****
*****      BACKGROUND SUBTRACT REPORT      *****
*****
Detector Name:  DET01
Sample Title:   212MIX0139
Peak Analysis Performed on: 2022-05-10  8:34:16 PM

Env. Background File:      C:\GENIE2K\CAMFILES\Neosiskorea_BKG_CRM
    
```

Peak No.	Energy (keV)	Original Area	Orig. Area Uncert.	Ambient Background	Backgr. Uncert.	Subtracted Area	Subtracted Uncert.
1	29.46	8.53E+004	655.72			8.53E+004	6.56E+002
2	59.57	4.39E+005	1183.21	5.21E+002	2.28E+001	4.39E+005	1.18E+003
3	88.02	5.98E+005	1364.36	6.71E+002	2.59E+001	5.97E+005	1.36E+003
4	122.05	8.36E+005	1473.55	3.71E+002	1.93E+001	8.35E+005	1.47E+003
5	136.48	1.01E+005	1276.17	4.36E+002	2.09E+001	1.01E+005	1.28E+003
6	165.86	9.17E+005	1629.23	4.30E+002	2.07E+001	9.17E+005	1.63E+003
7	255.10	4.96E+004	907.40			4.96E+004	9.07E+002
8	320.11	7.44E+006	2857.21	2.51E+002	1.58E+001	7.43E+006	2.86E+003
9	391.69	1.05E+006	1202.66	2.39E+002	1.55E+001	1.05E+006	1.20E+003
10	514.02	1.68E+006	1417.75	8.09E+002	2.84E+001	1.68E+006	1.42E+003
11	661.68	5.71E+005	936.92	7.80E+001	8.83E+000	5.71E+005	9.37E+002
12	814.07	2.50E+004	468.06			2.50E+004	4.68E+002
13	898.03	1.48E+006	1295.95	9.70E+001	9.85E+000	1.48E+006	1.30E+003
14	1173.21	5.41E+005	822.39	8.20E+001	9.06E+000	5.41E+005	8.22E+002
M 15	1325.01	2.37E+004	196.64			2.37E+004	1.97E+002
m 16	1332.49	4.90E+005	711.04	3.80E+001	6.16E+000	4.90E+005	7.11E+002
17	1836.06	8.91E+005	961.23	2.70E+001	5.20E+000	8.91E+005	9.61E+002
18	2505.65	5.67E+003	113.55			5.67E+003	1.14E+002
19	2734.03	1.45E+004	123.98			1.45E+004	1.24E+002

```

M = First peak in a multiplet region
m = Other peak in a multiplet region
F = Fitted singlet

Errors quoted at 1.000 sigma
    
```

Report 제목 / 시간

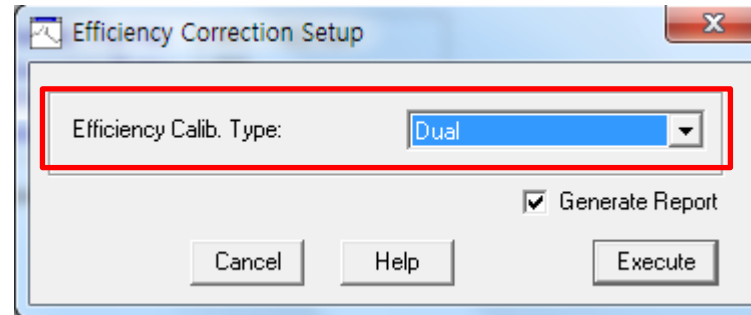
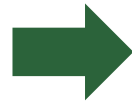
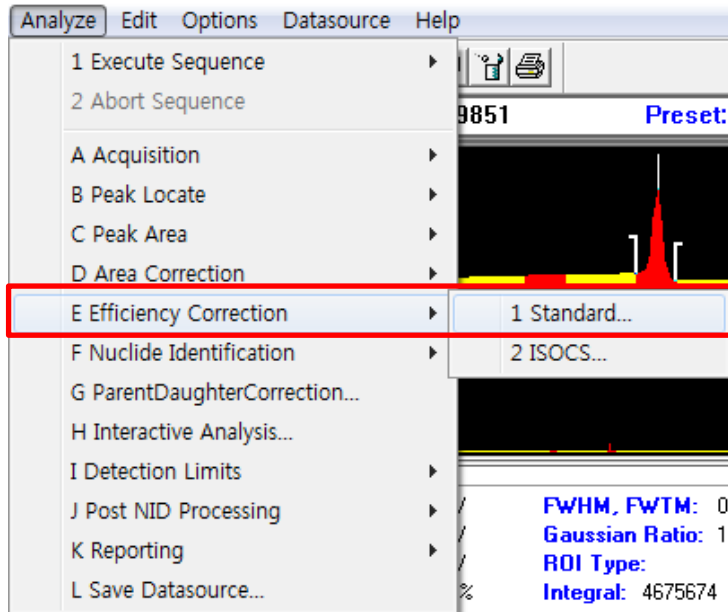
BKG 파일 경로 정보

분석 결과 값

설명 / 기타 정보

## 효율 보정(Efficiency Correction)

실제 면적이 계산된 각 피크의 효율을 보정하는 작업



5) 효율 보정을 위해 Analyze메뉴의 Efficiency Correction ▶ Standard를 클릭한다.

- \* **Dual** : 이중 효율 보정 계산이 수행된다.
- \* **Linear** : 선형의 효율 보정 계산이 수행된다.
- \* **Empirical** : 실험의 효율 보정 계산이 수행된다.

## 분석 결과 확인(Efficiency Report)

```

*****
*****      P E A K      E F F I C I E N C Y      R E P O R T      *****
*****
Detector Name:  DET01
Sample Title:   212MIX0139
Peak Analysis Performed on:  2022-05-10  8:36:56 PM
    
```

Peak No.	Energy (keV)	Net Peak Area	Net Area Uncertainty	Peak Efficiency	Efficiency Uncertainty
1	29.46	8.53E+004	655.72	1.10E-004	6.80E-005
2	59.57	4.39E+005	1183.21	1.21E-002	2.51E-004
3	88.02	5.98E+005	1364.36	2.96E-002	7.12E-004
4	122.05	8.36E+005	1473.55	3.65E-002	6.27E-004
5	136.48	1.01E+005	1276.17	3.68E-002	6.37E-004
6	165.86	9.17E+005	1629.23	3.63E-002	7.28E-004
7	255.10	4.96E+004	907.40	2.68E-002	6.23E-004
8	320.11	7.44E+006	2857.21	2.27E-002	3.88E-004
9	391.69	1.05E+006	1202.66	1.96E-002	2.36E-004
10	514.02	1.68E+006	1417.75	1.59E-002	2.03E-004
11	661.68	5.71E+005	936.92	1.31E-002	1.78E-004
12	814.07	2.50E+004	468.06	1.11E-002	1.36E-004
13	898.03	1.48E+006	1295.95	1.03E-002	1.21E-004
14	1173.21	5.41E+005	822.39	8.28E-003	1.10E-004
M 15	1325.01	2.37E+004	196.64	7.52E-003	1.05E-004
m 16	1332.49	4.90E+005	711.04	7.49E-003	1.05E-004
17	1836.06	8.91E+005	961.23	5.83E-003	1.20E-004
18	2505.65	5.67E+003	113.55	4.63E-003	4.02E-004
19	2734.03	1.45E+004	123.98	4.36E-003	5.26E-004

M = First peak in a multiplet region  
m = Other peak in a multiplet region  
F = Fitted singlet  
Errors quoted at 1.000 sigma

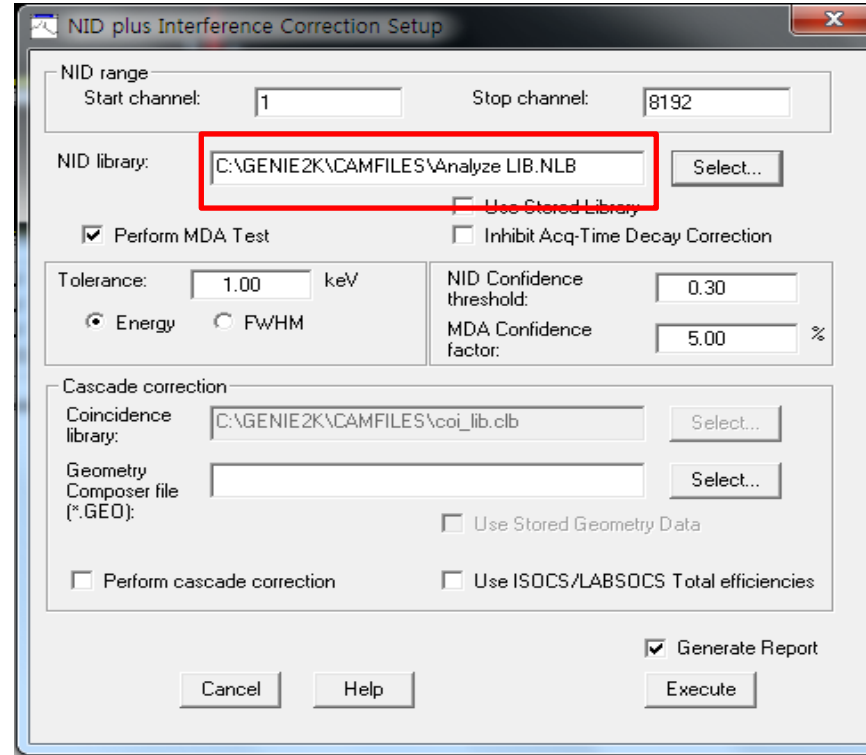
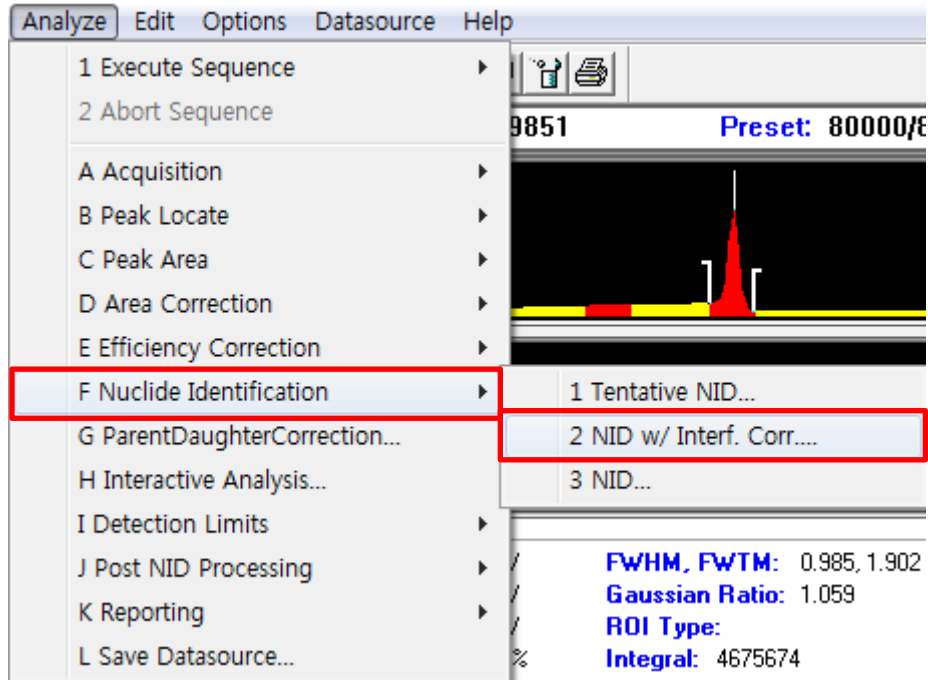
Report 제목 / 시간

검출기/샘플 정보

분석 결과 값

설명 / 기타 정보

## 핵종 구별/간섭 보정(NID plus interference Correction Set up)



- 6) 핵종 구별/간섭피크 보정을 위해 Analyze메뉴의 Nuclide Identification ▶ NID w/Interf. Corr...을 클릭한다.  
- NID library : 분석용 library 파일을 선택한다.

## 분석 결과 확인(Nuclide Identification Report)

```

*****
*****  N U C L I D E  I D E N T I F I C A T I O N  R E P O R T  *****
*****
Sample Title:      212MIX0139
Nuclide Library Used: C:\GENIE2K\CAMFILES\CRM.NLB
.....
          IDENTIFIED NUCLIDES
.....
Nuclide      Id      Energy      Yield      Activity      Activity
Name         Confidence (keV)      (%)      (Bq /kg )      Uncertainty
CR-51        1.000    320.08*      9.89      4.22273E+004  7.25768E+002
CO-57        1.000    122.06*      85.49      3.35178E+002  5.81145E+000
              136.47*      10.71      3.20283E+002  8.20553E+000
CO-60        1.000    1173.23*     99.85      8.18205E+002  1.09433E+001
              1332.49*     99.98      8.18680E+002  1.15208E+001
SR-85x       1.000    514.01*      98.50      1.34850E+003  1.81177E+001
Y-88         1.000    898.04*      93.70      1.93162E+003  2.35826E+001
              1836.05*     99.35      1.93465E+003  3.97448E+001
CD-109       1.000    88.03*       3.66      6.89250E+003  1.91297E+002
SN-113       1.000    391.70*      64.97      1.04039E+003  1.29012E+001
CS-137       1.000    661.66*      84.99      6.41840E+002  8.93408E+000
CE-139       1.000    165.86*      79.90      3.97494E+002  8.01087E+000
AM-241       1.000    59.54*       35.92      1.26003E+003  2.69439E+001

* = Energy line found in the spectrum.
@ = Energy line not used for Weighted Mean Activity
Energy Tolerance :      1.000 keV
Nuclide confidence index threshold =      0.30
Errors quoted at 1.000 sigma
    
```

Report 제목/시간

검출기/샘플 정보

분석 결과 값

설명/기타 정보

### ■ 각 요소의 의미

- ① \* : 스펙트럼 상에서 해당 에너지 라인을 발견했다는 표시
- ② @ : NID 분석에는 사용되었지만, 가중 평균 분석에서는 제외되었을 경우 @ 기호로 표시 (library 파일 생성 시 No Wt Mean 체크 박스 관련)
- ③ Energy Tolerance : NID 분석 시 허용 오차
- ④ Nuclide confidence index threshold : 분석 된 핵종의 신뢰 지수
- ⑤ Errors quoted at 1.000 sigma : 불확도 계산에 사용되는 인자로서 불확도는 항상 1sigma 인자로 계산 (수정 가능)

## 분석 결과 확인(Nuclide Corrected Report)

```
*****
***** INTERFERENCE CORRECTION *****
***** 5. 인증값(Certified Values) 및 불확도(Uncertainties) *****
```

Nuclide Name	Nuclide Id Confidence	Wt mean Activity (Bq / kg )
CR-51	1.000	4.222733E+004
CO-57	1.000	3.302024E+002
CO-60	1.000	8.184305E+002
SR-85x	1.000	1.348500E+003
Y-88	1.000	1.932405E+003
CD-109	1.000	6.892505E+003
SN-113	1.000	1.040391E+003
CS-137	1.000	6.418403E+002
CE-139	1.000	3.974941E+002
AM-241	1.000	1.260033E+003

? = Nuclide is part of an undetermined  
 X = Nuclide rejected by the interference  
 @ = Nuclide contains energy lines not  
 Errors quoted at 1.000 sigma

핵종	반감기(d) <sup>1)</sup>		주요 감마선(keV) <sup>1)</sup>			방사능(Bq)		
	반감기	불확도	에너지	방출확률(%)	방사능	불확도 <sup>2)</sup>		
Am-241	158004	219	59.541	35.92	0.17	1,263	51	4.0%
Cd-109	461.9	0.4	88.034	3.66	0.05	6,930	280	4.0%
Co-57	271.81	0.04	122.061	85.49	0.14	330	14	4.2%
			136.474	10.71	0.15			
Ce-139	137.641	0.020	165.858	79.90	0.04	397	16	4.0%
Cr-51	27.704	0.004	320.084	9.89	0.02	41,663	1,700	4.1%
Sn-113	115.09	0.03	391.698	64.97	0.17	1,037	42	4.0%
Sr-85	64,850	0.007	514.005	98.5	0.4	1,357	55	4.1%
Cs-137	10976	29	661.657	84.99	0.20	633	26	4.1%
Co-60	1925.23	0.29	1173.228	99.85	0.03	866	35	4.0%
			1332.492	99.9826	0.0006			
Y-88	106.63	0.05	898.036	93.7	0.3	2,041	82	4.0%
			1836.052	99.346	0.025			

1) M. -M. Be et al., Monographie BIPM-5 ([http://www.nucleide.org/DDEP\\_WG/DDEPdata.htm](http://www.nucleide.org/DDEP_WG/DDEPdata.htm)), 각 핵종의 반감기 및 방출확률 자료는 참고용이며 표기된 불확도는 표준불확도임.  
 2) 신뢰의 수준 약 95 %, k = 2

### ■ 각 요소의 의미

- ① ? : 해당 분석에서 간섭 효과 보정 중 미정계수법에 사용 된 핵종이 있을 경우 표시(미분 방정식 풀이 방법 중 하나)
- ② X : 간섭 효과 보정에 의해 분석에서 피크로 인정되지 않은 핵종이 있는 경우 표시
- ③ @ : 해당 핵종이 가중 평균 분석에 사용되지 않은 에너지 라인을 포함하고 있는 경우 표시

# 4. GENIE-2000 프로그램 분석



대전 본사 : (34122) 대전광역시 유성구 엑스포로 339번길 10-11 (한지동)  
 TEL. 042-489-6541 ~2(대) / FAX. 042-489-6534  
 서울 사무소 : (02604) 서울특별시 동대문구 천호대로 295 (답십리동 494-2, 우정프라자 904호)

사용 인증표준물질 정보  
 일련번호 : 212MIX0139 (1L)  
 기준일 : 2021-11-01

Activity Test(결과파일 첨부) - 교정 값 확인			
핵 종	인증서 방사능값 [Bq]	측정 방사능값 [Bq]	오차율(%)
Am-241	1,263		-100.00
Cd-109	6,930		-100.00
Co-57	330		-100.00
Ce-139	397		-100.00
Cr-51	41,663		-100.00
Sn-113	1,037		-100.00
Sr-85	1,357		-100.00
Cs-137	633		-100.00
Co-60	866		-100.00
Y-88	2,041		-100.00

## 분석 결과 확인(Unidentified Peaks)

\*\*\*\*\* UNIDENTIFIED PEAKS \*\*\*\*\*

Peak Locate Performed on: 2022-05-10 8:34:16 PM  
 Peak Locate From Channel: 50  
 Peak Locate To Channel: 8192

Report 제목/시간

Peak No.	Energy (keV)	Peak Size in Counts per Second	Peak CPS % Uncertainty	Peak Type	Tol. Nuclide
1	29.46	1.0662E+000	0.77		
7	255.10	6.1952E-001	1.83		
12	814.07	3.1212E-001	1.87	D-Esc.	
M 15	1325.01	2.9654E-001	0.83	S-Esc.	
18	2505.65	7.0848E-002	2.00	Sum	
19	2734.03	1.8186E-001	0.85	Sum	

분석 결과 값

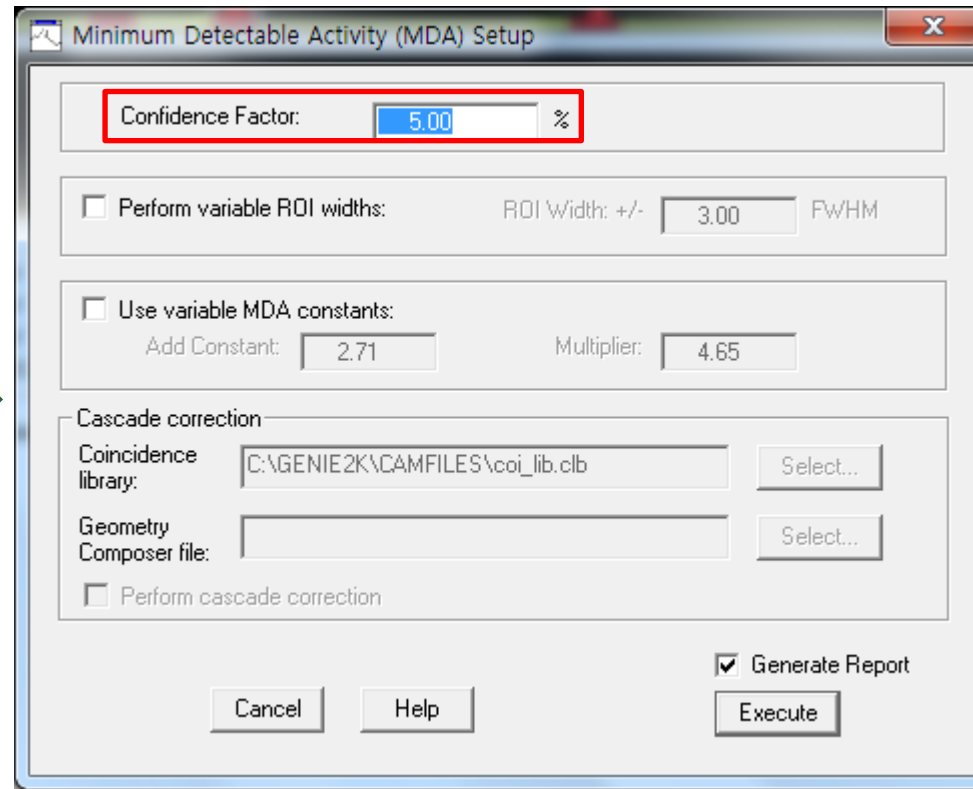
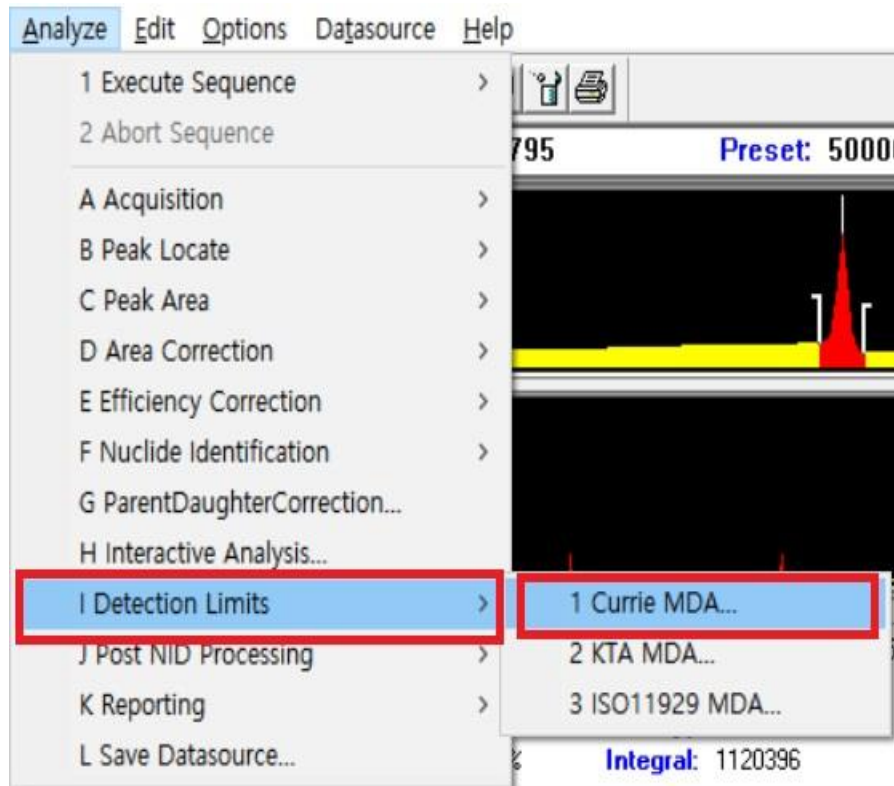
M = First peak in a multiplet region  
 m = Other peak in a multiplet region  
 F = Fitted singlet

설명/기타 정보

Errors quoted at 1.000 sigma

NID 분석은 사용되는 library 파일을 기준으로 분석이 이루어지기 때문에 해당 library에 존재하지 않지만 분석 된 피크는 Unidentified peaks report를 통해 확인 할 수 있다.

## 검출 한계(MDA) 확인



7) 검출 한계(MDA) 확인을 위해 Analyze메뉴의 Detection Limits ▶ Currie MDA...를 클릭한다.

- Perform variable ROI widths : MDA ROI의 폭을 좌우로 확장 (미설정 시 1.25 적용)
- Use variable MDA constants : MDA 계산 시 사용되는 상수 값과 배수 값을 설정

## 분석 결과 확인(Nuclide MDA Report)

```

*****
*****          N U C L I D E  M D A  R E P O R T          *****
*****
Detector Name:      DET01
Sample Geometry:    GC3018
Sample Title:       212MIX0139
Nuclide Library Used: C:\GENIE2K\CAMFILES\CRM.NLB
    
```

	Nuclide Name	Energy (keV)	Yield (%)	Line MDA (Bq /kg )	Nuclide MDA (Bq /kg )	Activity (Bq /kg )
+	CR-51	320.08*	9.89	1.5970E+001	1.60E+001	4.2227E+004
+	CO-57	122.06*	85.49	1.5276E+000	1.53E+000	3.3518E+002
		136.47*	10.71	1.2935E+001		3.2028E+002
+	CO-60	1173.23*	99.85	1.8314E+000	1.26E+000	8.1821E+002
		1332.49*	99.98	1.2623E+000		8.1868E+002
+	SR-85x	514.01*	98.50	1.5330E+000	1.53E+000	1.3485E+003
+	Y-88	898.04*	93.70	1.9411E+000	1.29E+000	1.9316E+003
		1836.05*	99.35	1.2938E+000		1.9346E+003
+	CD-109	88.03*	3.66	4.2720E+001	4.27E+001	6.8925E+003
+	SN-113	391.70*	64.97	2.0403E+000	2.04E+000	1.0404E+003
+	CS-137	661.66*	84.99	2.0547E+000	2.05E+000	6.4184E+002
+	CE-139	165.86*	79.90	1.8810E+000	1.88E+000	3.9749E+002
+	AM-241	59.54*	35.92	9.2732E+000	9.27E+000	1.2600E+003

```

+ = Nuclide identified during the nuclide identification
* = Energy line found in the spectrum
> = Calculated MDA is zero due to zero counts in the region, or
    the region is outside the spectrum, or has not been calculated
@ = Half-life too short to be able to perform the decay correction
    
```

Report 제목/시간

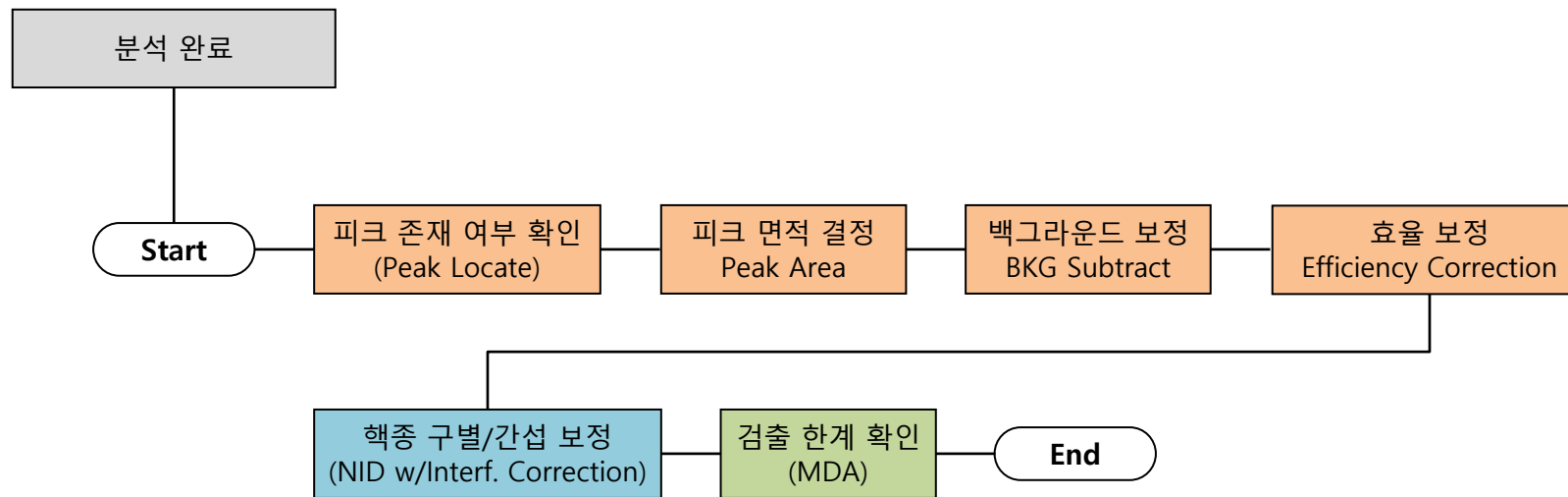
분석 결과 값

설명/기타 정보

### ■ 각 요소의 의미

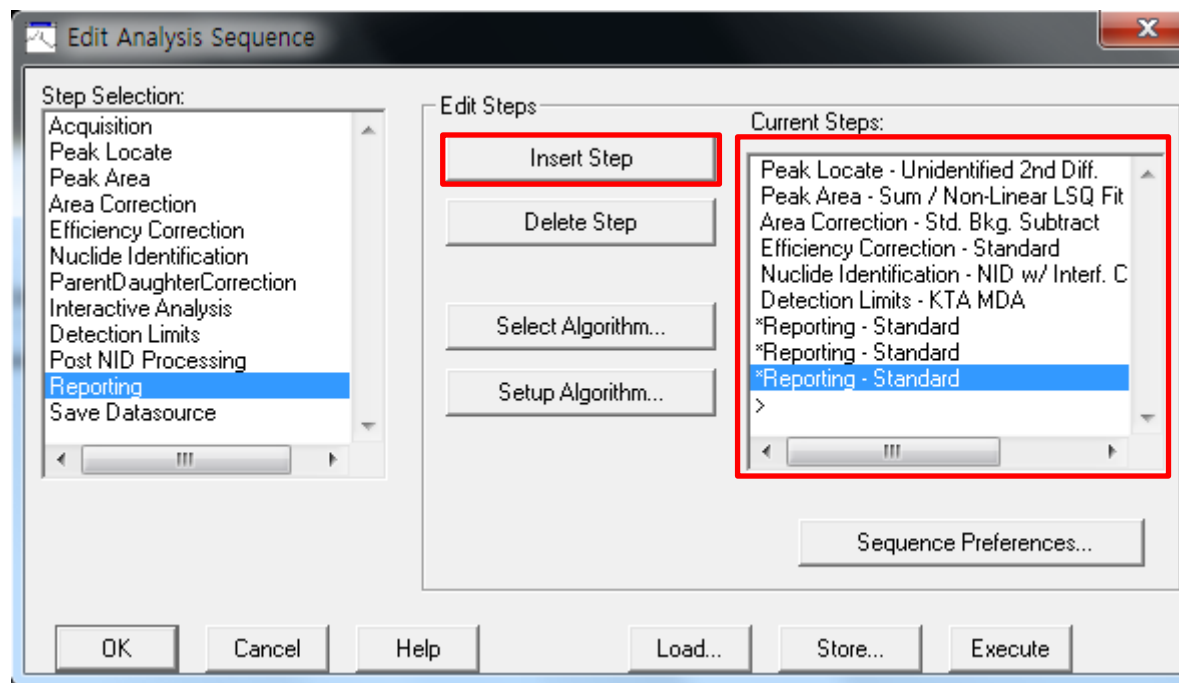
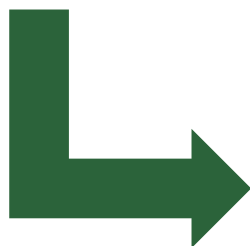
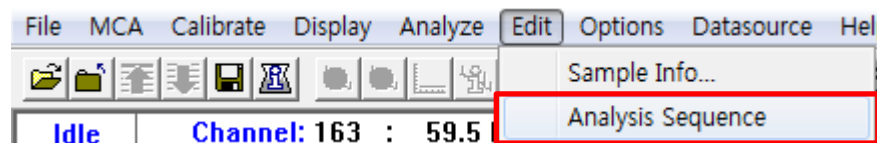
- ① + : NID report에 확인 된 핵종 표시
- ② > : 에너지 라인의 MDA 값이 '0'으로 계산되었다는 표시 (해당 영역의 계수 값이 0이거나, 해당 영역이 스펙트럼 내에 존재하지 않는 경우)
- ③ @ : 시료 정보 입력 창에 시료 채취일을 입력해주면 자동으로 반감기 보정이 이루어지게 된다. (반감기가 너무 짧아 보정을 수행할 수 없는 경우)

## 분석 결과 확인(Report) Flow Chart



## 분석 결과 확인(Execute Sequence)

저장 된 Sequence로 측정 된 스펙트럼 파일을 분석하고 결과를 Report 한다.



1) Auto Sequence를 만들기 위해 Edit 메뉴의 Analysis Sequence를 클릭한다.

- Step Selection에서 Insert Step 버튼을 이용하여 원하는 Selection을 Current Steps로 이동한다.

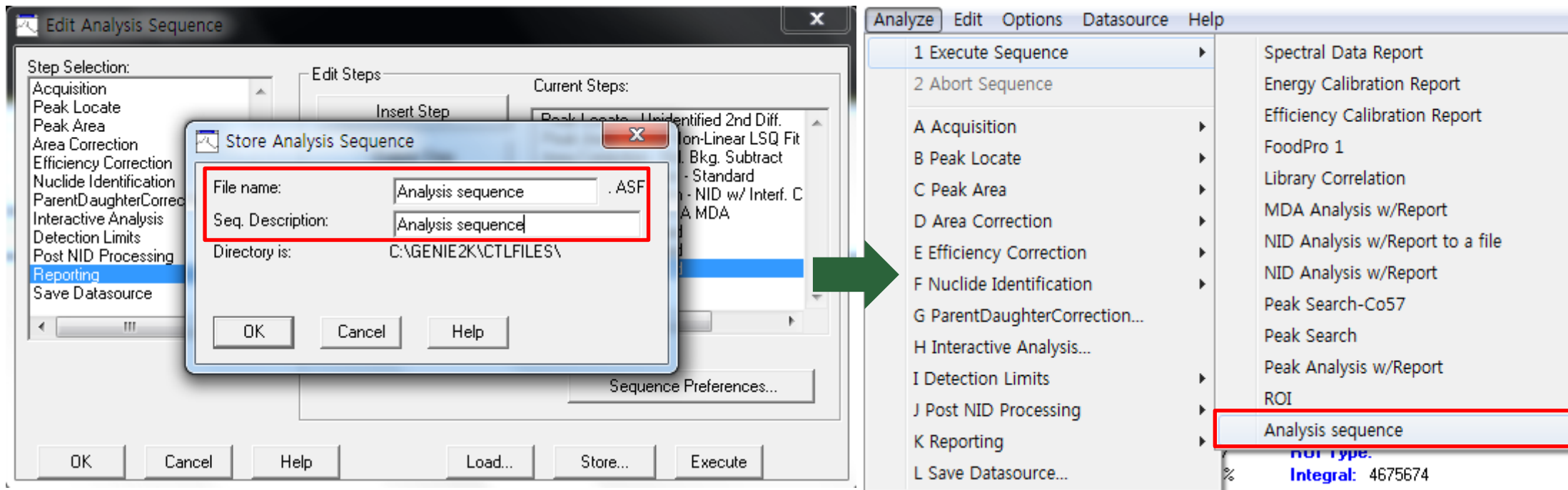
## 분석 결과 확인(Execute Sequence)

① 첫 번째 Reporting을 클릭하여 ANALYSIS.TPL, Header를 선택한다.

② 두 번째 Reporting을 클릭하여 ANALYSIS.TPL, NID\_Intf를 선택한다.

③ 세 번째 Reporting을 클릭하여 ANALYSIS.TPL, MDA를 선택한다.

## 분석 결과 확인(Execute Sequence)



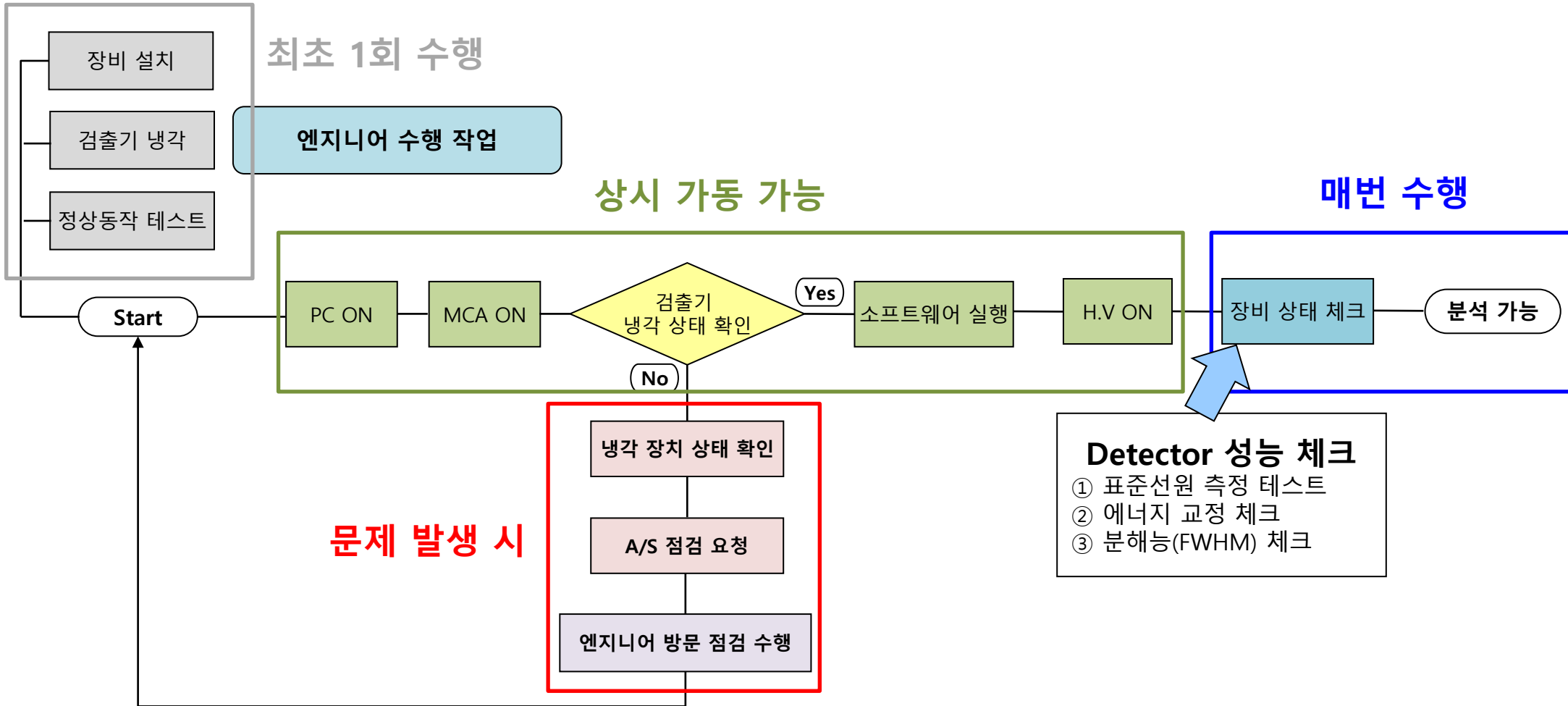
2) Store 버튼을 눌러 원하는 파일 이름 입력 후 OK 버튼을 눌러서 Sequence로 저장한다.

3) Analyze 메뉴의 Execute Sequence ▶ Analysis Sequence를 눌러서 Report를 한다.

# 5

## 기타사항

## 감마핵종 분석 시스템 운영(Flow Chart)



## 검출기(Detector) 상태 점검

CRM 측정을 통한 분해능(성능) 점검

- CRM 측정 후 Peak Search를 수행하면 MARKER INFO에서 해당 피크의 정보 확인 가능

MARKER INFO <input type="button" value="Next"/> <input type="button" value="Prev"/>	Left Marker: 158 : 57.7 keV Right Marker: 167 : 61.0 keV <b>Centroid: 163 : 59.4 keV</b> Area: 3900340 70.06%	<b>FWHM, FWTM: 0.985, 1.902 keV</b> Gaussian Ratio: 1.059 ROI Type: 1 Integral: 4675674
MARKER INFO <input type="button" value="Next"/> <input type="button" value="Prev"/>	Left Marker: 1788 : 654.8 keV Right Marker: 1815 : 664.7 keV <b>Centroid: 1806 : 661.5 keV</b> Area: 971174 70.12%	<b>FWHM, FWTM: 1.396, 2.592 keV</b> Gaussian Ratio: 1.018 ROI Type: 2 Integral: 1131911
MARKER INFO <input type="button" value="Next"/> <input type="button" value="Prev"/>	Left Marker: 3610 : 1321.6 keV Right Marker: 3650 : 1336.3 keV <b>Centroid: 3640 : 1332.5 keV</b> Area: 938156 70.11%	<b>FWHM, FWTM: 1.763, 3.245 keV</b> Gaussian Ratio: 1.010 ROI Type: 2 Integral: 983625

Am-241 (1.2 이하)

Cs-137 (1.6 이하)

Co-60 (2.1 이하)

## 검출기(Detector) 상태 점검

2017년 이전의 검출기(2002CSL 프리앰프 타입)

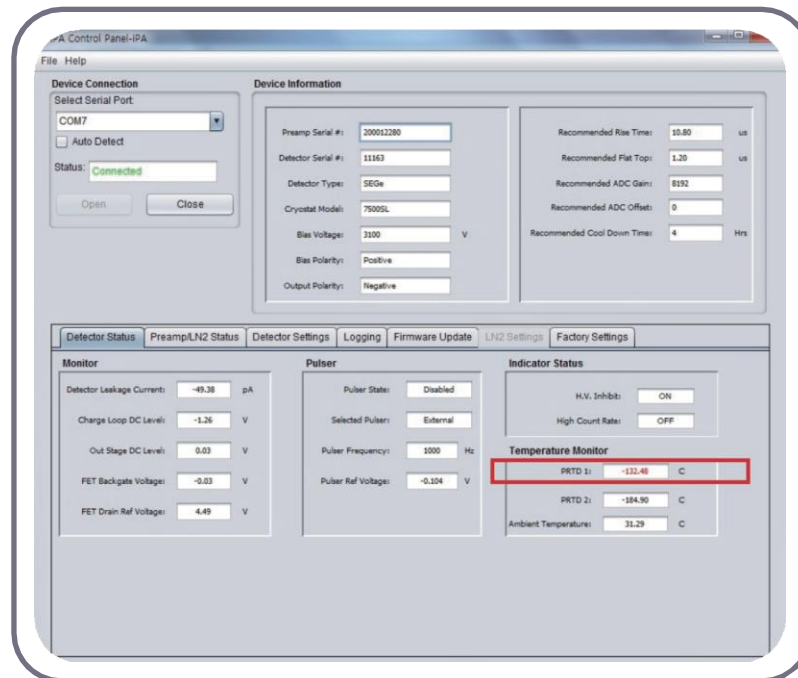
- COLD : 정상 냉각 및 정상 사용 가능한 상태
- RATE : 검출기 과부하 상태(극심한 노이즈, 프리앰프 손상, 검출기 내부 소자 손상)
- WARM : 검출기 냉각 풀림 또는 냉각 센서 오류



## 검출기(Detector) 상태 점검

2017년 이후의 검출기(IPA 프리앰프 타입)

- RATE, HV INH (GREEN) : 검출기 정상 냉각 및 정상 사용 가능한 상태
- RATE (RED) : 검출기 과부하 상태(극심한 노이즈, 프리앰프 손상, 검출기 내부 소자(FET) 손상)
- HV INH (RED) : 검출기 냉각 풀림 또는 냉각 센서 오류(동작 전압 자동 OFF)
- INT (Internal Test) PULSER : 프리앰프 테스트용 PULSER 동작 시 RED LED (평상시 OFF)



## 검출기(Detector) 상태 점검



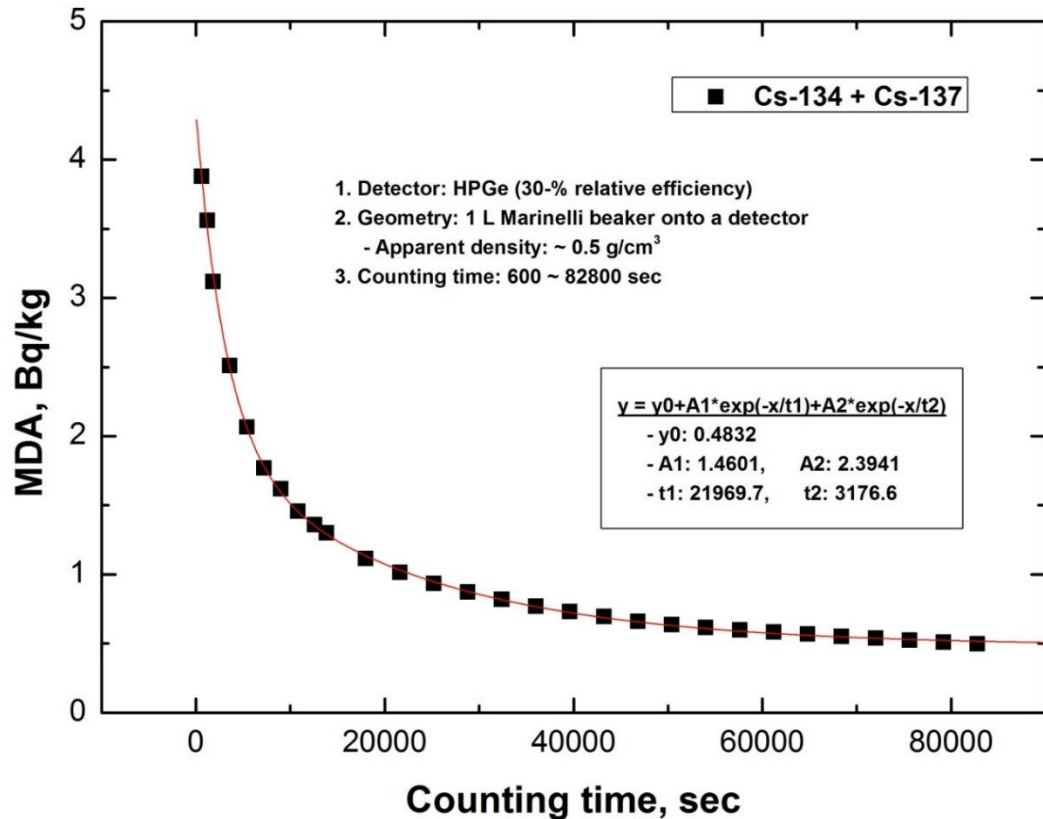
## 검출기 진공 손상

- 검출기의 진공이 손상되는 경우,  
검출기 하우징 외부와 내부에 습기가 생김
- 습기 발생시 프리앰프 손상 및 부식 유발
- 빠른 질소 소진 및 성능 저하

최소검출가능방사능(MDA, minimum detectable activity)

❖ MDA를 낮추려면? → 시간 및 사회적 비용

❖ 계측시간에 따른 MDA 변화



백그라운드 계수율 ↓



계측시간 ↑



용기 내 시료양 ↑



계측기 효율 ↑



Radiation Measurement System Total Solution

# THANK YOU

NEOSISKOREA