

- 1) 爆発モデルを仮想し、もし爆発過程でクラックが出来、また、爆発高度の変更が可能なら、計算値と測定値の不一致の解決ができる、と提案した。
- 2) 長崎の被爆試料の測定を行った（爆心から約1.6 km 地点のコンクリート、Eu-152）。
- 3) 速中性子によるNi-63の反応断面積について検討した。又逆同時計数による低バックグラウンドβ線測定装置を制作し性能評価と被爆資料の測定を行った。
- 4) 低バックグラウンド装置による広島市の被爆試料の測定を行った。（爆心より382m、日本銀行屋上避雷針に使用された銅線、Ni-63、）
- 5) 環境中に含まれる中性子によるバックグラウンドの被曝試料測定への影響の評価。

#### D. 結論

DS86は、基本的には今日の科学的知見からみて最良のものであるものの、広島市中性子に関する計算値と測定値の不一致の問題を中心に不確定性が存在する。DS86の発表後14年の間に、計算能力および測定技術は再び大きく向上した。その結果、原爆被曝試料における計算値と測定値の不一致をはじめとする、

DS86について以前指摘されていた問題を解決することが可能になってきた。そこで、このDS86に関する不確定性を解消し、新しい原爆線量評価体系を作成するために、日米両国に線量再評価実務研究班を設置し、日米合同会議を開催して研究成果の検討し、日米共同歩調による将来計画について討議した。米国側は、広島原爆のソーススペクトルに関する詳細な計算とこのペクトルに基づいた放射線の空気中輸送計算を行った。さらに、測定データに合わせるための数々の計算技法も紹介しかつ必要に応じて実行することを約束した。そのためにも、遠距離の測定データについての理解を深め、その距離別分布の変動幅を減少させることの必要性が強調された。再度の日米合同会議を経て、2002年の前半には新しい線量体系（DS86の改訂版）を完成させる予定である。この体系は日米それぞれの上級委員会（今後設置の予定）により承認されるべきものと考えられている。本報告は関係する諸機関への情報提供に資するものと考えられ、また、その成果は世界の放射線防護対策にも影響を与えるものと考え

## 参考資料

日米合同線量実務研究者会議（2001年3月21-23日、広島）日本側発表スライド原稿

1. Natural  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{154}\text{Eu}$ ,  $^{155}\text{Eu}$  and  $^{60}\text{Co}$  induced by environmental neutrons and their contributions to Hiroshima and Nagasaki A-bomb exposed samples (Kazuhisa Komura)  
環境中性子により誘発された自然界 Eu-152、Eu-154、Eu-155、Co-60 およびそれらの広島・長崎原爆被爆試料への寄与 (小村 和久) …… 資料-1
2. Analysis of  $^{60}\text{Co}$  specific activities for ND-tagged A-Bomb steel samples (Satoru Endo)  
ND 標識を付けた原爆被曝鉄試料の Co-60 比放射能の解析 (遠藤 暁) …… 資料-10
3. Specific Radioactivity of Europium-152 at a Point 1.6 km from Ground Zero of Nagasaki A-Bomb: Measurement and Comparison of the Measured Value with DS86 Calculation (Takashi Nakanishi)  
長崎原爆の爆発点から約 1.6km 地点における Eu-152 比放射能: 実測値と DS86 との比較 (中西 孝) …… 資料-21
4. Measurements of Ni-63 using a low-background liquid scintillation counter (Tokushi Shibata)  
低バックグラウンド液体シンチレーション計数器を用いた Ni-63 の測定 (柴田 徳思) …… 資料-26
5.  $^{63}\text{Ni}$  measurement in copper by a Si-NaI anticoincidence spectrometer (Kiyoshi Shizuma)  
Si-NaI 反同時分光計による銅中の Ni-63 の測定 (静間 清) …… 資料-44
6. Cross section measurements of the  $^{63}\text{Cu}(n,p)^{63}\text{Ni}$  reaction (Koichi Takamiya)  
 $^{63}\text{Cu}(n,p)^{63}\text{Ni}$  反応の断面積の測定 (高宮 幸一) …… 資料-61
7. Calculation of Ni-63 yield by using the crack model (Masaharu Hoshi)  
亀裂モデルを用いた Ni-63 出力の計算 (星 正治) …… 資料-74

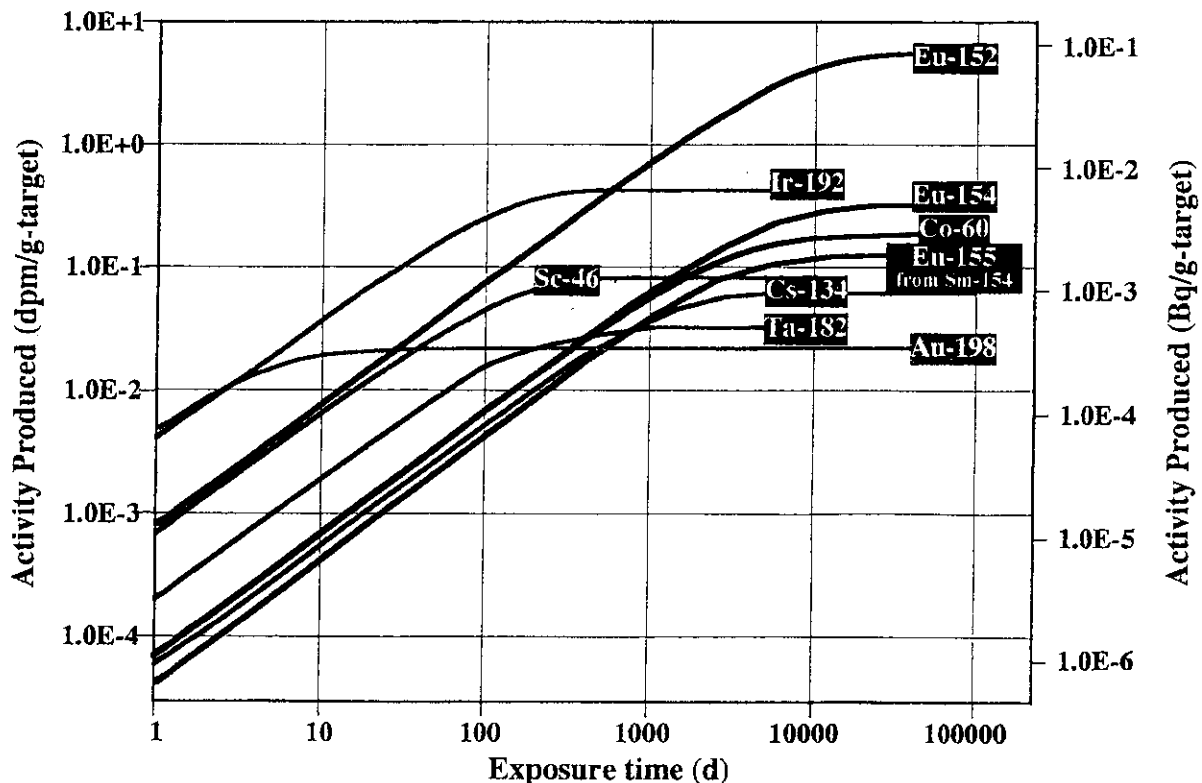
# Natural $^{152}\text{Eu}$ , $^{154}\text{Eu}$ , $^{155}\text{Eu}$ and $^{60}\text{Co}$ induced by environmental neutrons and their contributions to Hiroshima and Nagasaki A-bomb exposed samples

Kazuhisa Komura

Low Level Radioactivity Laboratory, Kanazawa University  
 Wake, Tasunokuchi, Ishikawa 923-1224, Japan  
 komurak@po.incl.ne.jp

Mar. 21-23, 2001 Hiroshima

## Growth curves of neutron induced nuclides exposed to environmental neutrons at sea level



Mar. 21-23, 2001 Hiroshima

## Activity level of natural Eu-152, Eu-154 and Co-60 induced by environmental neutrons

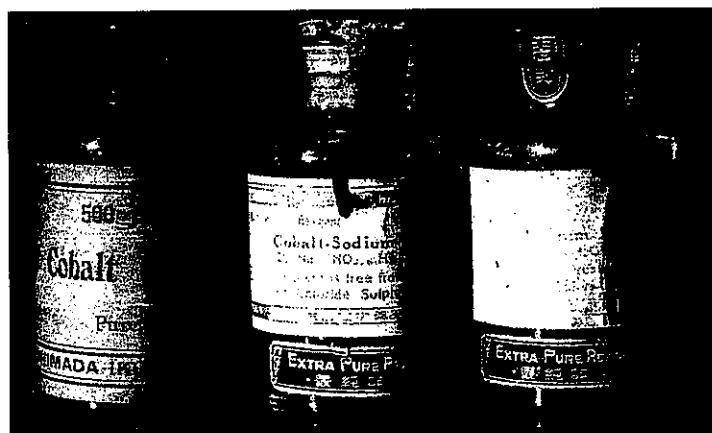
Table 1. Calculated saturation activity induced by environmental neutrons

Target nuclide	Abundance (%)	Cross section (b)	Product nuclide	Half-life	Activity (Bq g <sup>-1</sup> for 0.008n cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )
<sup>151</sup> Eu	47.77	5300	<sup>153</sup> Eu	13.33 y	8.03E-02
<sup>153</sup> Eu	52.23	320	<sup>154</sup> Eu	8.80 y	5.30E-03
<sup>59</sup> Co	100	20	<sup>60</sup> Co	5.27 y	1.63E-03
<sup>133</sup> Cs	100	28	<sup>134</sup> Cs	2.06 y	1.01E-03
<sup>181</sup> Ta	99.9877	21	<sup>182</sup> Ta	114.43 d	5.59E-04
<sup>45</sup> Sc	100	27	<sup>46</sup> Sc	83.82 d	2.89E-03
<sup>191</sup> Ir	38.5	750	<sup>192</sup> Ir	73.83 d	7.24E-03
<sup>153</sup> Eu	52.23	320	<sup>154</sup> Eu	8.80 y	5.30E-03
<sup>197</sup> Au	100	98.8	<sup>198</sup> Au	2.70 d	2.42E-03

**Assumption** Neutron flux at sea level : 0.008n cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>  
 All neutrons are effectively absorbed (over estimation)  
 Exposure time is sufficiently long (> 5 half-lives)

Mar. 21-23, 2001 Hiroshima

## Old Cobalt reagents produced more than 50 years ago used for Co-60 search



Cobalt Oxide  
Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

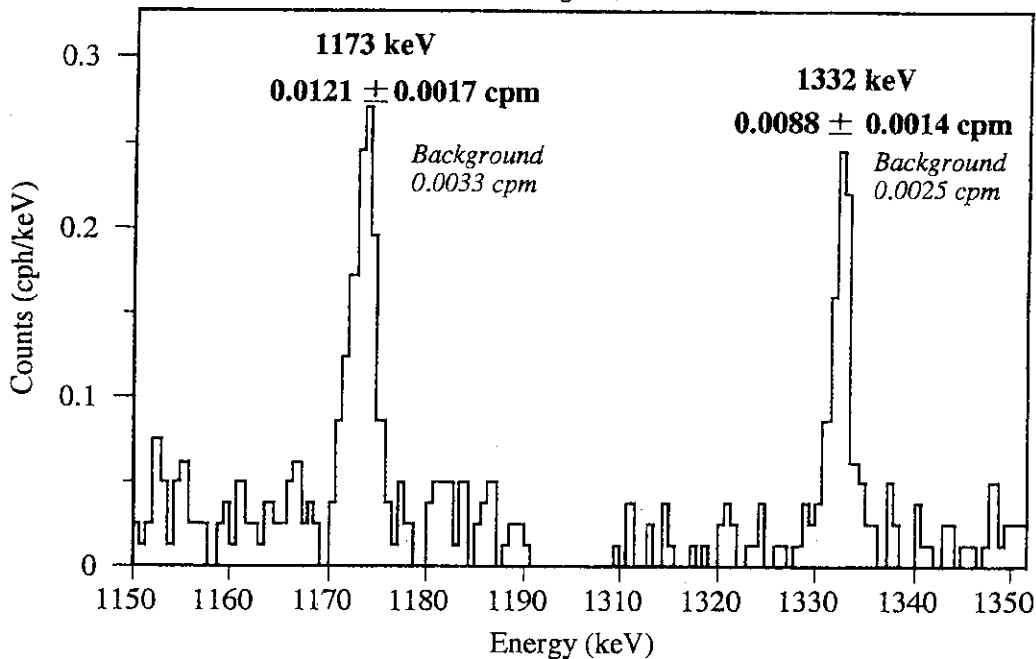
Cobalt-Sodium Nitrite  
2CoNa<sub>3</sub>(NO<sub>2</sub>)<sub>6</sub> H<sub>2</sub>O

by the courtesy of Prof. K. Ueda, Kanazawa University

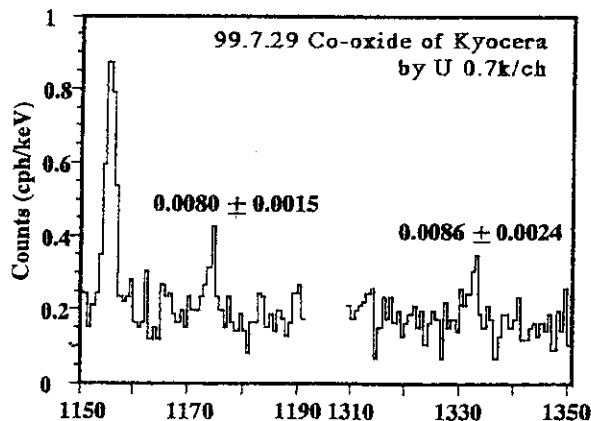
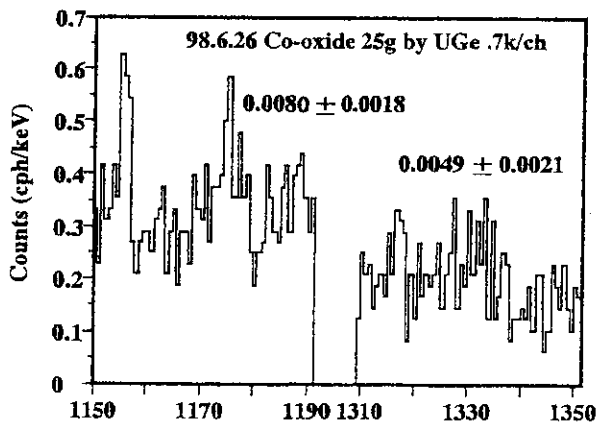
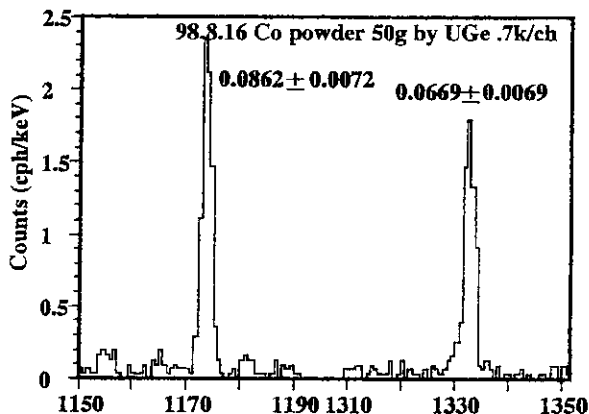
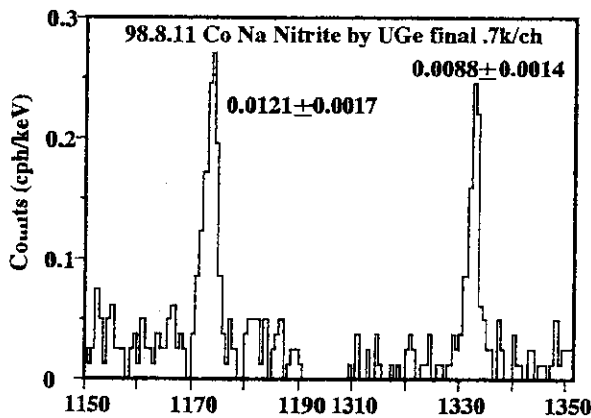
Mar. 21-23, 2001 Hiroshima

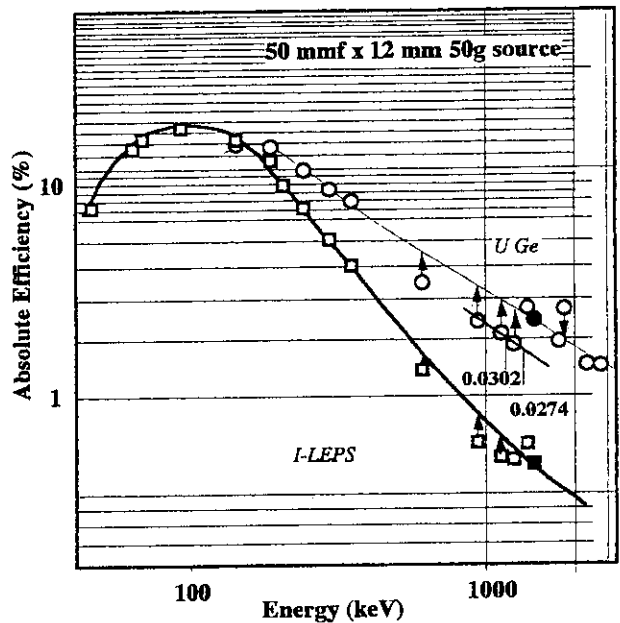
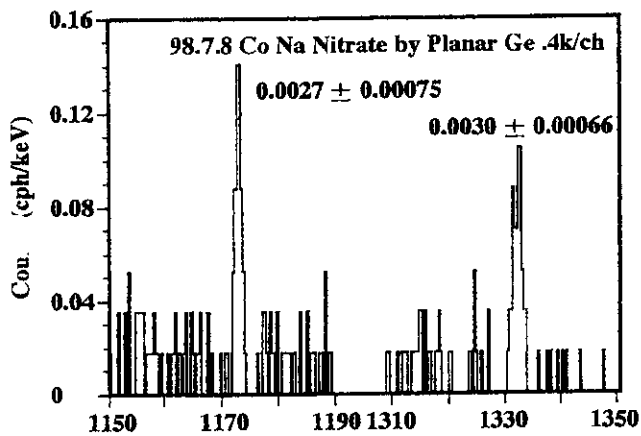
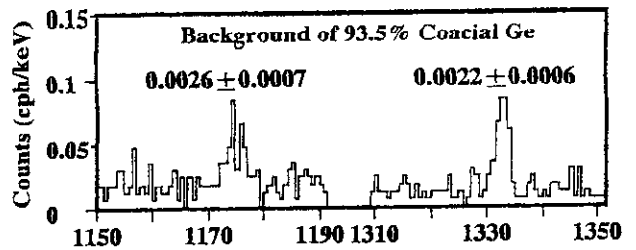
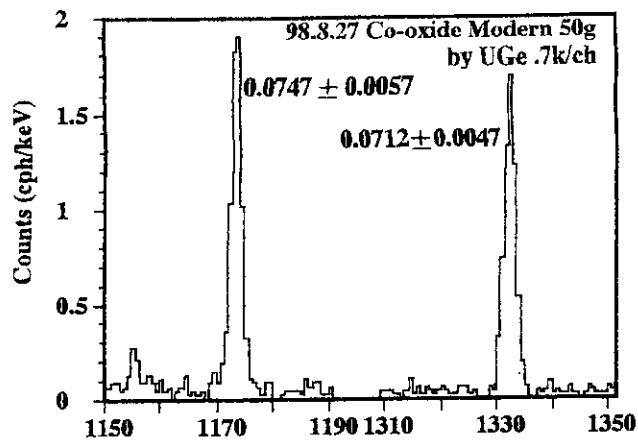
# Discovery of natural Co-60 induced by environmental neutrons

Detector : 93.5% Ge  
 Sample : Co Sodium Nitrite  
 Date : Aug. 11, 1998



*Mar. 21-23, 2001 Hiroshima*





**Concentration level of Co-60 in reagents induced by environmental neutrons at S.L.**

	Sample	Age	Weight (g-Co)	Meas. Date	<sup>60</sup> Co/ <sup>59</sup> Co ratio (x10 <sup>-19</sup> )	Activity (dpm/g-Co)	Activity (mBq/g-Co)	Remarks
1	Co-oxide	Old	17.4	26-Jun-98	21 ± 8	0.007 ± 0.002	0.11 ± 0.04	Shielded
2	Co-Nitrite	Old	3.78	11-Aug-98	287 ± 43	0.083 ± 0.016	1.39 ± 0.27	Saturated
3	Co-oxide	Modern	35.5	28-Aug-98	270 ± 14	0.067 ± 0.005	1.12 ± 0.09	Saturated
4	Co-metal	Modern	50.0	16-Aug-98	200 ± 14	0.055 ± 0.005	0.92 ± 0.08	Saturated
5	Co-oxide	Modern	35.5	29-Jul-99	24 ± 6	0.005 ± 0.002	0.08 ± 0.03	Unsaturated
6	Co-nitrate	Modern	7.34	24-Dec-00	33 ± 15	0.011 ± 0.006	0.18 ± 0.18	Unsaturated

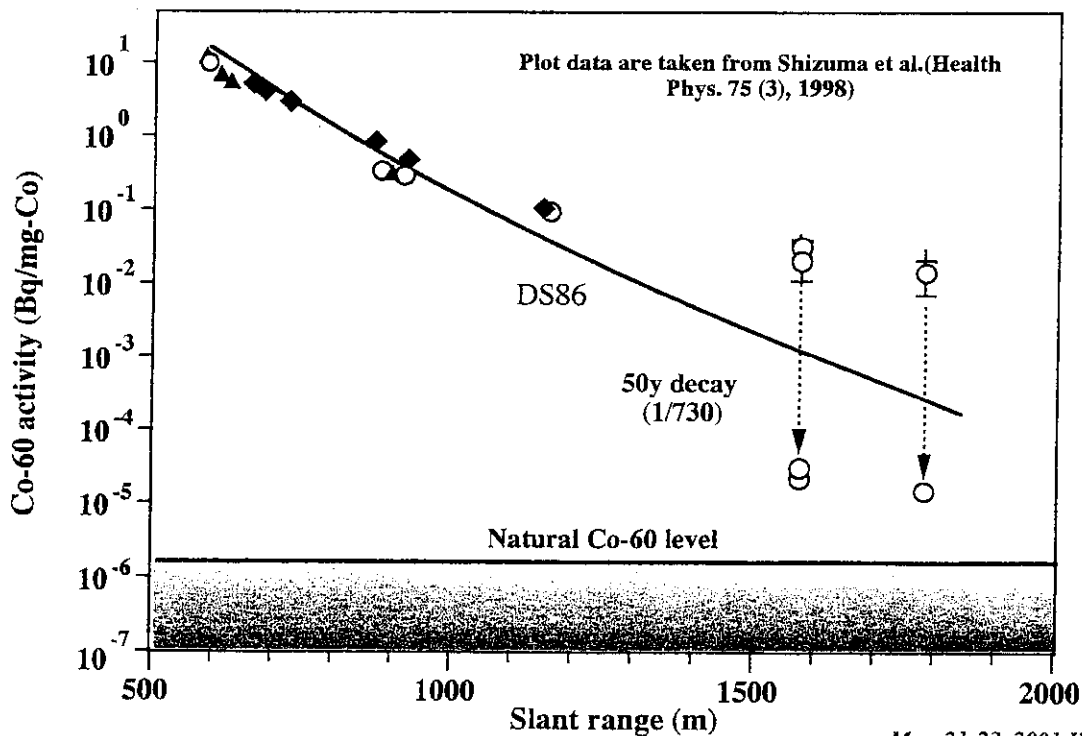
Mar. 21-23, 2001 Hiroshima

## Concentration of Co-60 in Hiroshima sample and saturation activity of Co-60 induced by environmental neutrons at S.L.

Sample	Weight of Co (mg)	Date of meas.	<sup>60</sup> Co/ <sup>59</sup> Co ratio (x10 <sup>19</sup> )	Activity (mBq/g-Co)	Relative activity
Nisseki	11	18-Sep-99	670 ± 270	26 ± 15	1
Dome	70	16-Sep-99	95700 ± 3700	2180 ± 220	83
Maximum activity observed in cobalt reagents				1.39 ± 0.27	0.053
Calculated saturation activity				1.63	0.062

*Mar. 21-23, 2001 Hiroshima*

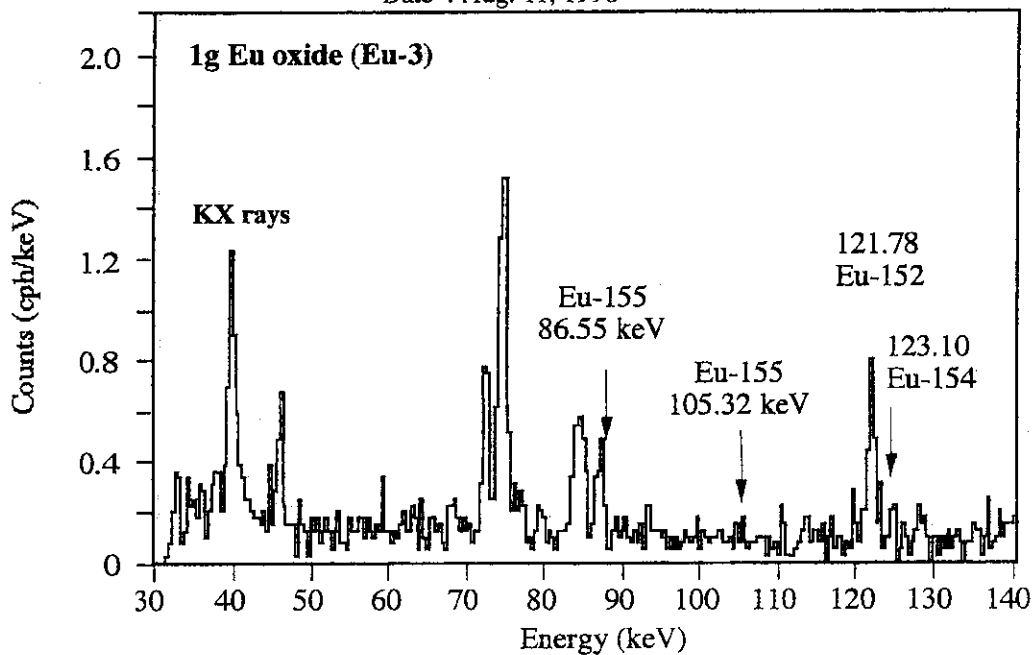
## Contribution of natural Co-60 in the case of Hiroshima



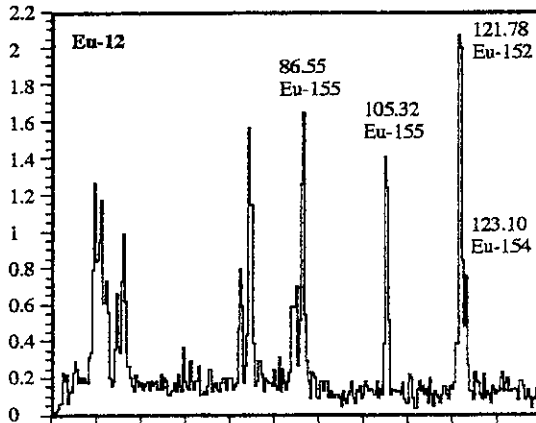
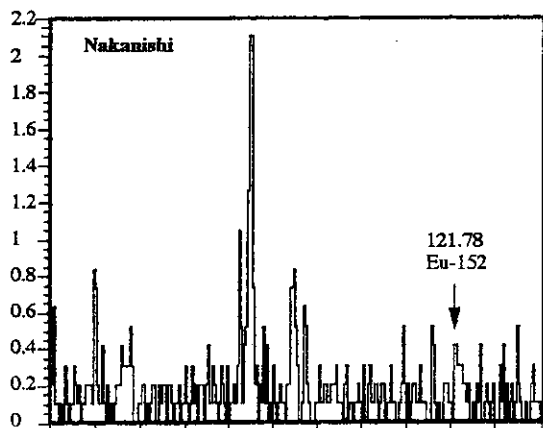
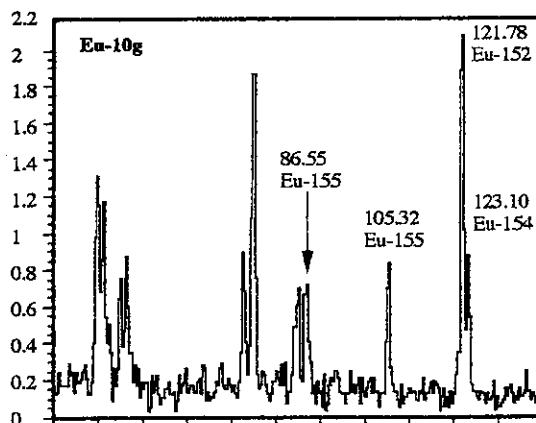
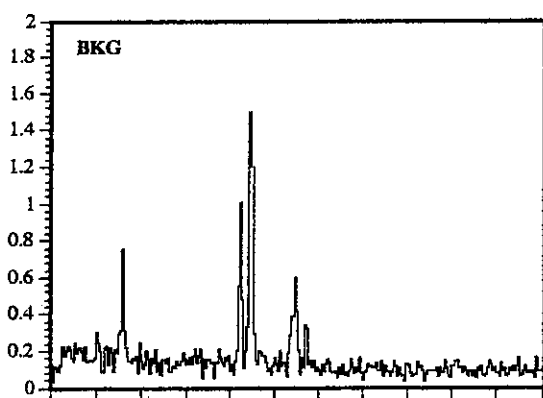
*Mar. 21-23, 2001 Hiroshima*

# Discovery of natural Eu-152, Eu-154 and Eu-155 induced by environmental neutrons

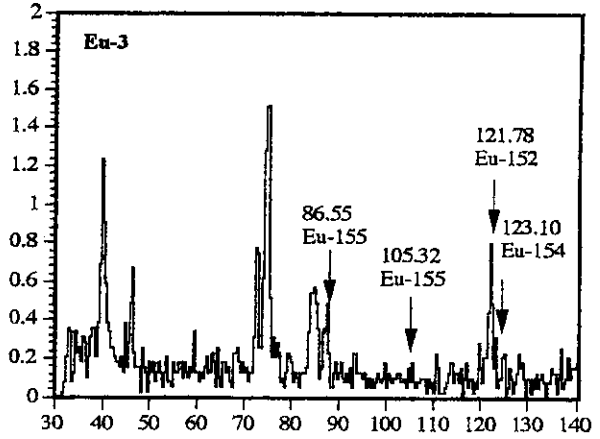
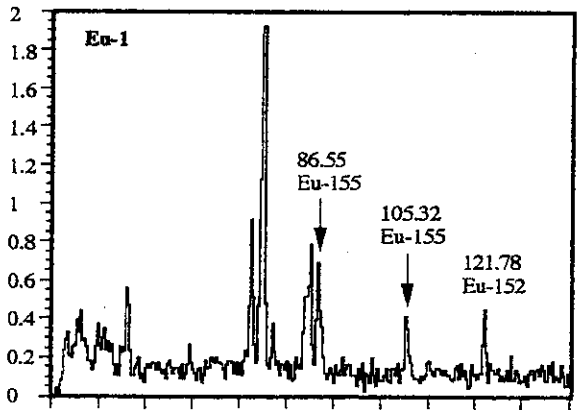
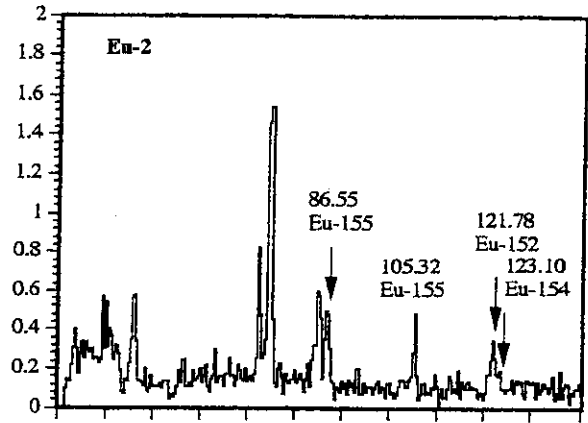
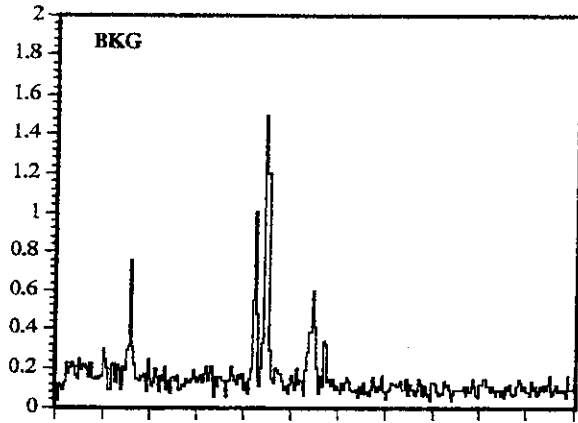
Detector : 28 cm<sup>2</sup> semiplanar Ge  
 Sample : Europium oxide (1g)  
 Date : Aug. 11, 1998



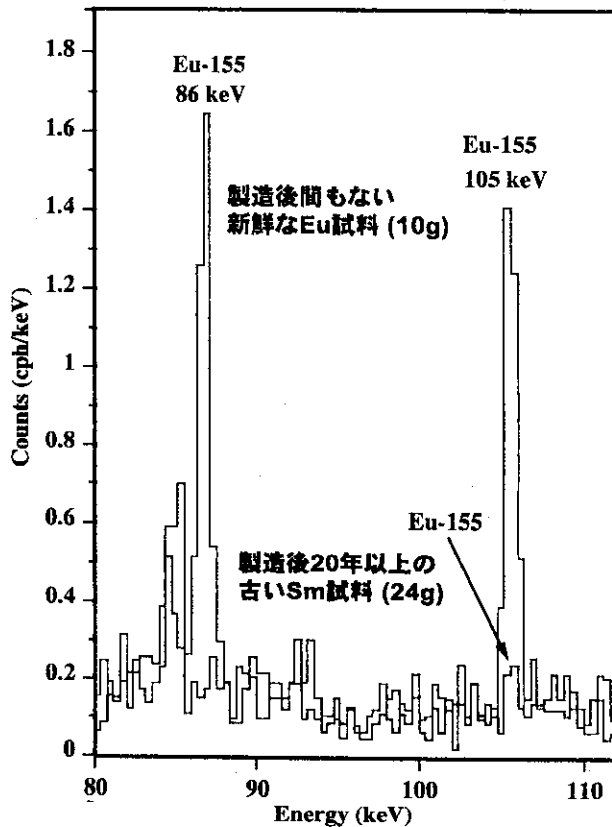
*Mar. 21-23, 2001 Hiroshima*







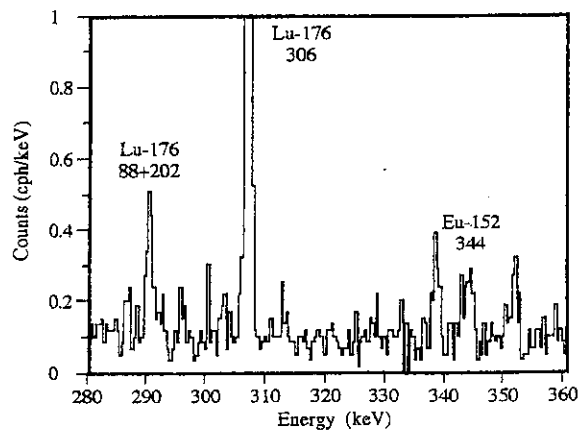
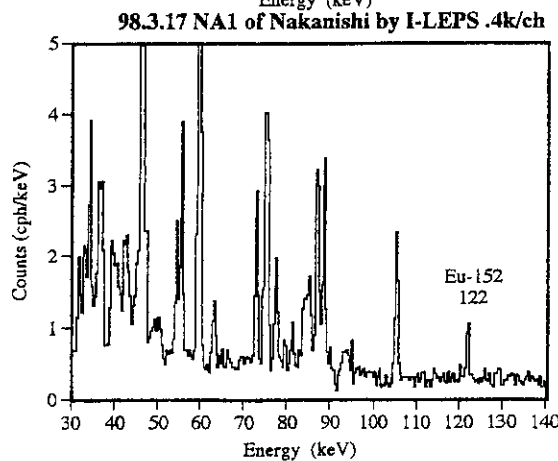
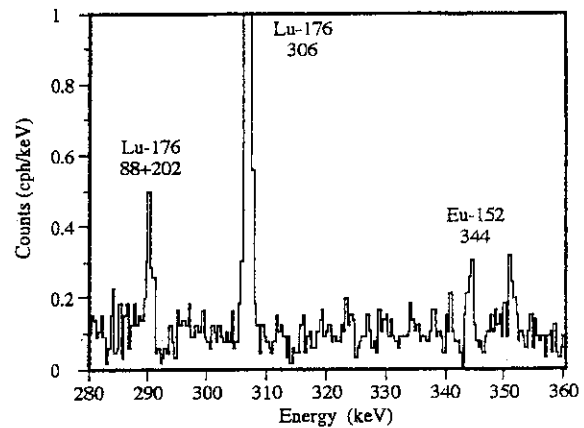
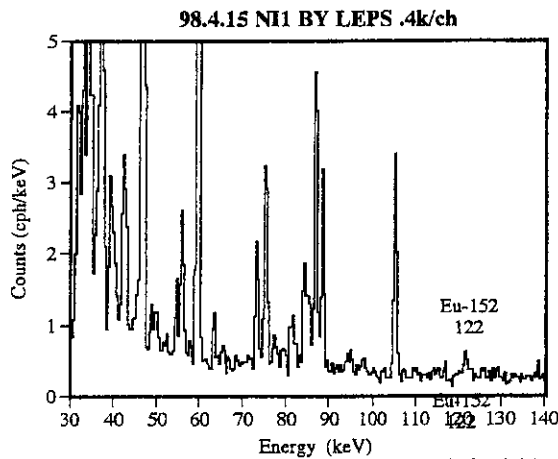
**製造後の経過時間による  
Eu-155存在量の違い  
(古いSm中のEu-155存在)**



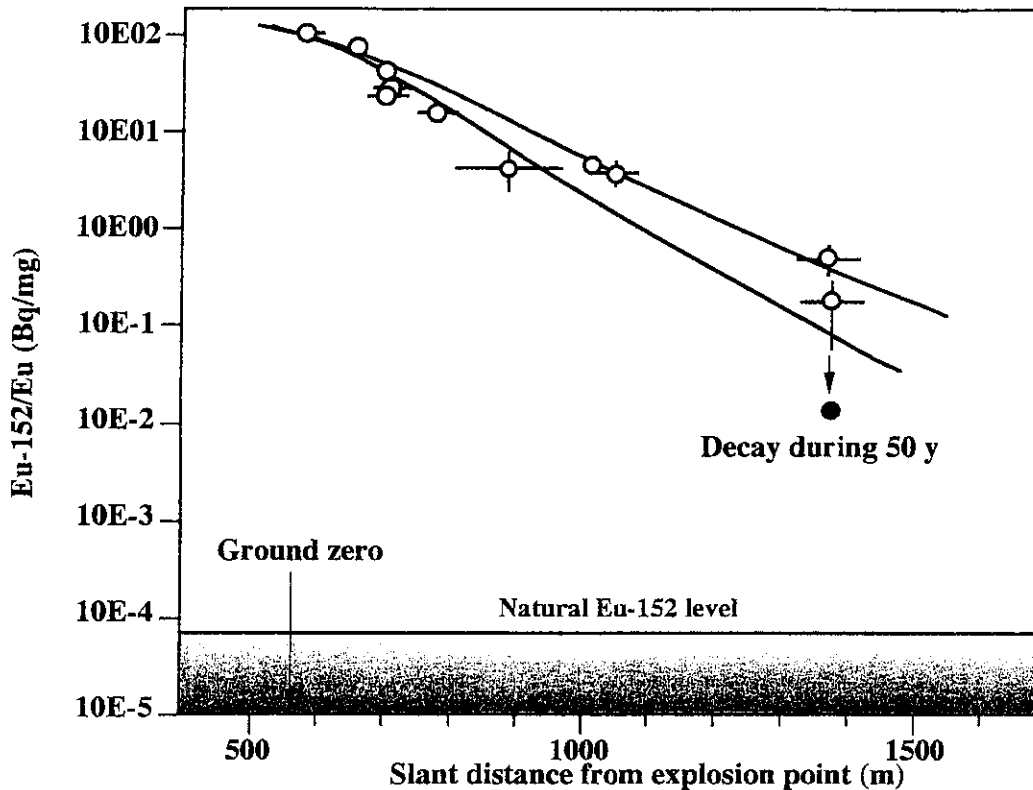
# Concentration levels of neutron induced Eu-152, Eu-154 and Eu-155 in chemical reagents at Sea -Level

No.	Sample	wt(g)	Eu-152 (mBq/g-Eu)	Eu-154 (mBq/g-Eu)	Eu-155 (mBq/g-Eu)
1	Eu Oxide	1	1.62 ± 0.33	0.20 ± 0.12	2.63 ± 0.50
2	Eu Oxide	1	1.65 ± 0.25	0.40 ± 0.08	1.85 ± 0.35
3	Eu Nitrate	1	8.65 ± 1.12	1.12 ± 0.33	1.40 ± 0.53
4	Eu Oxide	10	2.47 ± 0.18	0.52 ± 0.05	1.20 ± 0.12
5	Eu Oxide	10	2.38 ± 0.20 2.87 ± 1.33	0.65 ± 0.08 0.58 ± 0.10	1.53 ± 0.20 1.62 ± 0.22
6	Eu Oxide	12.4	2.18 ± 0.17 2.40 ± 0.10	0.33 ± 0.05 0.41 ± 0.07	1.67 ± 0.15 2.26 ± 0.20
7	Eu Oxide > 20 y	10	0.97 ± 0.07	0.11 ± 0.03	0.09 ± 0.06 decay
Saturation Activity (0.008n/cm <sup>2</sup> /s)			80.3	5.30	from Sm-154

Mar. 21-23, 2001 Hiroshima



## Contribution of natural Eu-152 in the case of Hiroshima



## Conclusion

- Contribution of natural Co-60 at >1.5km is less than 10% of observed activity
- Background activity in Ge detector should be considered in the measurement of extremely low-level Co-60 (2-3 counts/day)
- Contribution of natural Eu-152 at > 1.5 km is less than 1 %
- Purification of europium is very important in Eu-152 measurement
- Removal of La (La-138), Lu (Lu-176), Ac-227 and Ra isotopes are essential

Mar. 21-23, 2001 Hiroshima

# Analysis of $^{60}\text{Co}$ specific activities for ND-tagged A-Bomb steel samples



S. Endo  
Faculty of Engineering,  
Hiroshima University

# Discrepancy at the long range

Fast neutron estimation :  $^{63}\text{Cu}(n,p)^{63}\text{Ni}$  by AMS

- Environmental neutron background:

Reported by Drs Komura, Shizuma, Ishikawa

1/10-1/100 at 1500m SR

- Checking previous measured data

Same samples were measured in

Hiroshima University and Kanazawa University

-> Identical measured activities obtained.

Discrepancy is not caused by the detector bias.



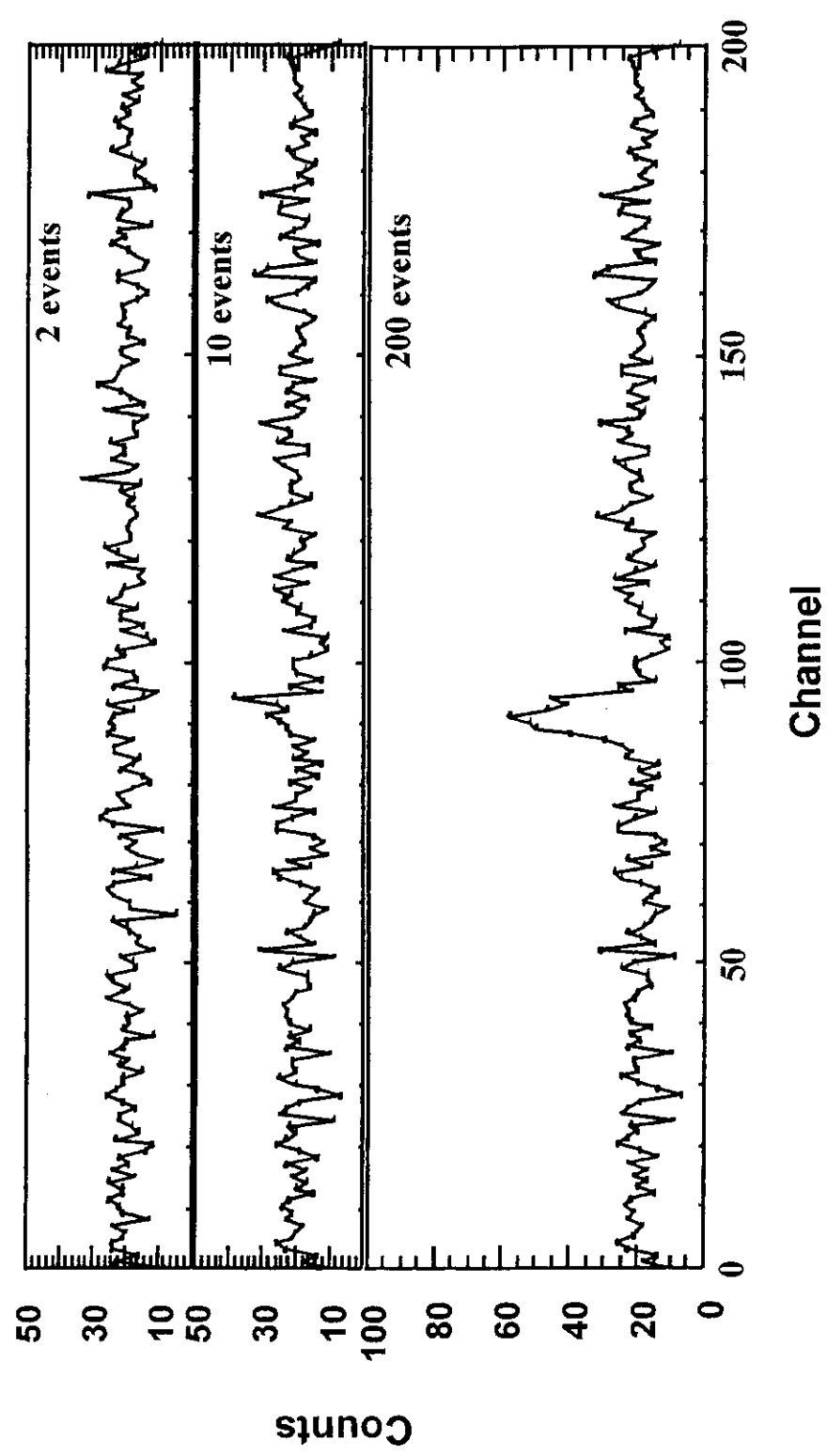
# This study

---

- ND-data analysis
  - \*Numerical simulation
  - \*Fitting procedure
  - \*ND-samples
  - \* Result

# Numerical simulation for peak-count estimation

Generate Gaussian and Uniform Randomized Number

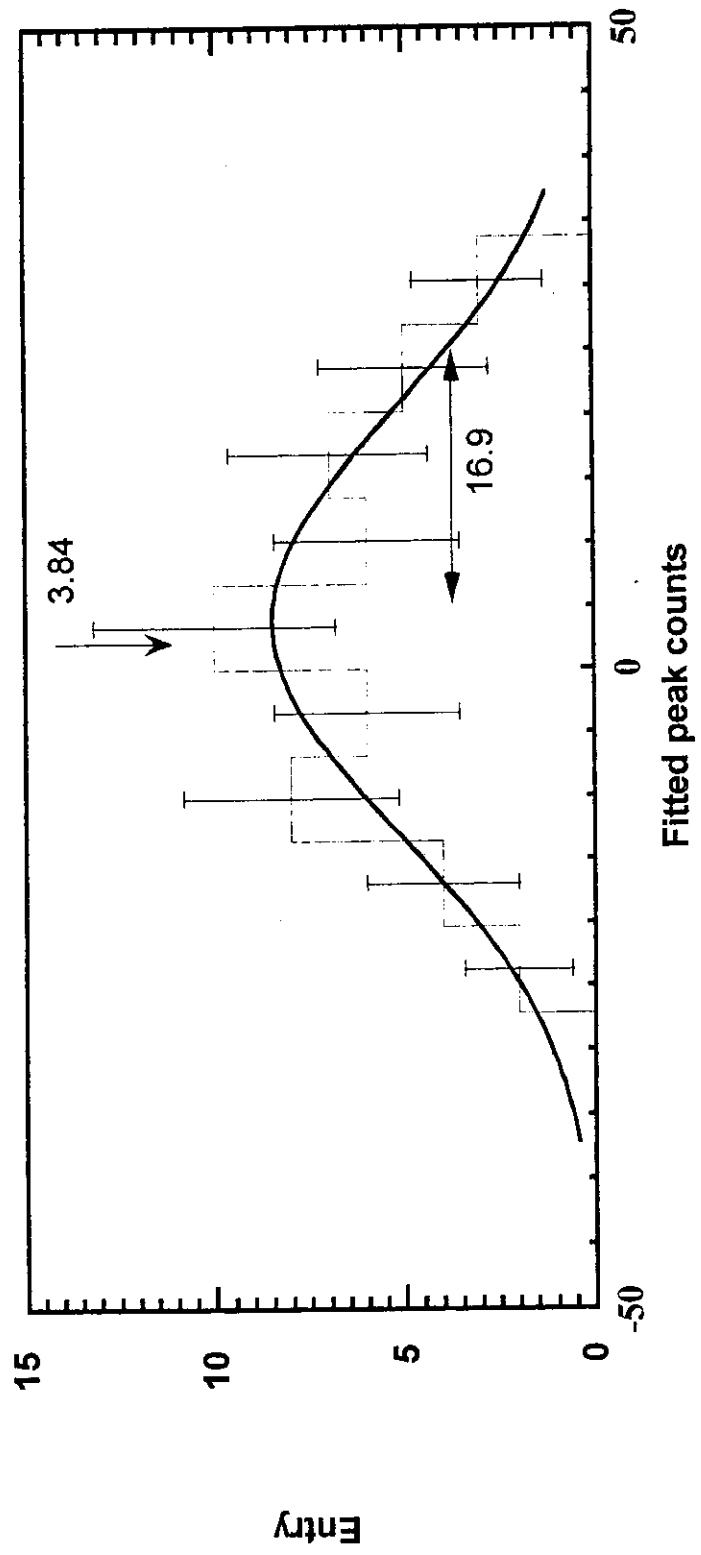


Constrain-maximized fitting

$$n(ch) = A \exp\{-(ch - peak) / 2\sigma^2\} + n_b$$

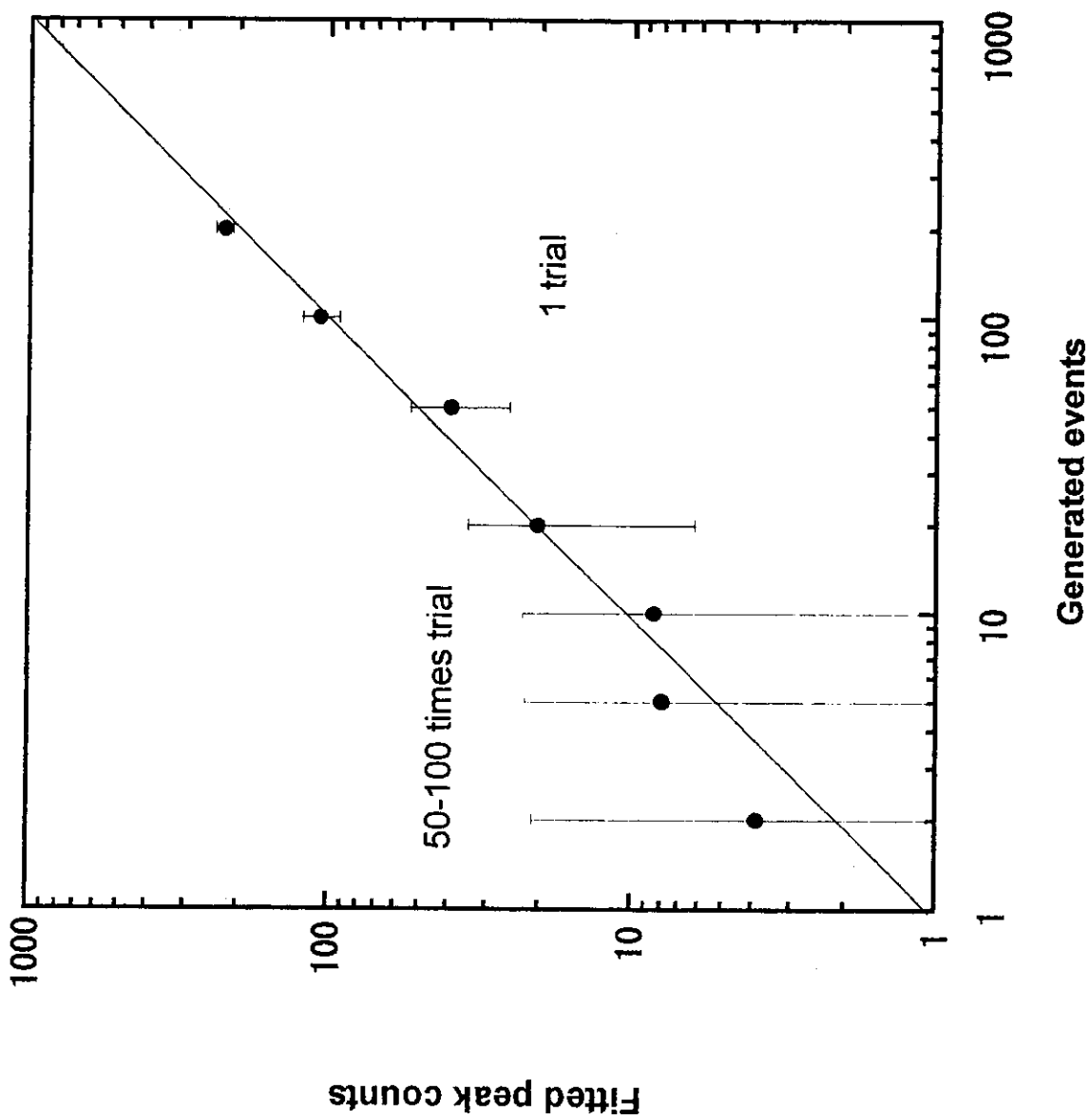
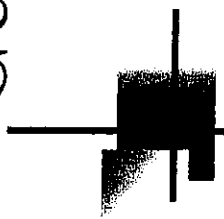
Fitted peak counts are unstable

-> Accumulated histogram of fitted mean





# Generated vs. Fitted peak counts



# *ND -tagged sample*

\$ SR: Slant Range, # SW: Sample weight, \*Co-C: Co content

Sample	Place	Material	SR\$(m)	SW# (g)	Co-C* (mg g <sup>-1</sup> )
N1	Hiroshima Bank Credit	steel pipe	1684	1.26	3.9
N2	Seifu-ryo, Hiroshima Univ.	steel pipe	1525	1.05	3.5
N3	Animal building, Hiroshima Univ.	steel pipe	1525	1.01	5.7
N4	Red Cross Hospital	steel pipe	1618	1.01	4.0
N5	Ujina	steel pipe	4608	1.00	1.5

Fitting function : ND-data

$$n(ch) = A \left[ \exp\left\{-\frac{(ch-2475.4)^2}{(2.191)^2}\right\} + 0.854 \exp\left\{-\frac{(ch-2811.1)^2}{(2.191)^2}\right\} \right] + Bch + C$$

Peak channel: 1.17MeV-> 2475.4ch, 1.33MeV-> 2811.1ch

Resolution : 1.91ch

Peak amp. ratio : 0.854

These parameter obtained by A-Bomb dome samples.

# Result

§ SR: Slant Range

Sample	Place	SR (m)	$^{60}\text{Co}/\text{Co}$ (Bq/mg)
N1	Hiroshima Bank Credit	1684	$0.038 \pm 0.017$
N2	Seifur-ryo, Hiroshima Univ.	1525	$-0.031 \pm 0.058$
N3	Animal building, Hiroshima Univ.	1525	$0.054 \pm 0.031$
N4	Red Cross Hospital	1816	$-0.0016 \pm 0.050$
N5	Ujina	4608	$-0.0021 \pm 0.116$