เอกสารอ้างอิง

Archer V.E., Radford E.P. and Axelson O., "Radon Daughter Cancer in Man ; Factors in Exposure Response Relation Conference Worshop on Lung Cancer Epidemiology and Industrial Applications of Spectrum Cytology", pp.324-367 , Colorado Scholl of Mines Press, Golden Colorado, January ,1979.

Bale W.F. Hazards Assoiated with Radon and Thoron, Unpublished Memorandum, March, 14, 1951.

Budnitz R.J., "Radon-222 and Its Daughter: A review of Instrumentation for Occupational and Environmental Monitoring" , Health Physics, Vol. 26 (Februry), pp.145-163 , 1974.

Encyclopaedia Britannica VIII, pp.383.

Evans R.D., The Atomic Nucleus" pp.482, 477-478, 490-493, Mc Graw-Hill Inc., 1972.

George A.C.,"Scintillation Flask for the Determination of Low Level Concentrations of Radon"; Health Physics Symposium, The Ninth Midyear, Denver, Cololado, 1976.

Griner N.R., "Radon Emanation from Coals : Effects of Moisture and Particle Size"; Health Physics, Vol. 48 , No. 3 (March), pp.283-288 , 1985.

Hartley J.H.," A Study of the Airbone Daughter Product of Radon and Thoron" Thesis, N.Y.Rensselaer Polytechnic Inst., June , 1952.

Harley J.H. (Editor), "HASL Procedure Manual", 1977.

Hartley J.N.,"Emanation Coefficients for Radon in Sized Coal Fly Ash" ; Health Physics, Vol. 48, No. 4 (April), pp.421-427, 1985.

Holaday D.A., Rushing D.E., Woolrich P.F., Kusnetz H.L. and Bale W.F.; Control of Radon and Daughter in Uranium Mines and Calculations on Biologic Effects, Public Health Service Publication, No.494, 1975.

Lederer C.M. and Shirley V.S. ,"Table of Isotope, Seventh Edition" , Wiley-Intersciences, 1978.

Roger V.C.and Overmyer R.F., "Characteristics of Uranium Tailings Cover Material for Radon Flux Reduction" U.S.Nuclear Regulatory Commission NUREG/CR-1081.

Scott J.H. and Dodd P.H., "Gamma-Only Assaying for Disequilibrium Corrections", United States Atomic Energy Commission Report RME-135 (Springfield,VA.:NTIS), pp.1-20 (April) ,1960.

UNSCEAR Report "United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Ionizing Radiation Sources and Biological Effects", 1982.

ภาคผนวก ก

ก. <u>วิธีคำนวณค่าประสิทธิภาพของซินทิลเลชันเซลล์</u>

ตัวอย่าง ซินทิลเลชันเซลล์ NUMBER A

BACKGROUND = 0.0145 CPM

COUNT(CPM)	NET COUNT(CPM)
26	25.9855
25	24.9855
23	22.9855
25	24.9855
24	23.9855
24	23.9855
MEAN =	24.8188 CPM

จากสูตรการคำนวณหัวข้อที่ 3.3.3 หน้า 41

$$E = \frac{NAe^{-\lambda t}}{SB}$$

โดย N = อัตรานับสุทธิมีค่า 24.8188 CPM

A = ค่าคงที่มีค่า 60 dpm/Bq

S = กัมมันตภาพรังสีของสารละลายมาตรฐานเรเดียมมีค่า 51.408685 dpm

B = Build-up factor มีค่า 0.88789 คำนวณได้จากสมการที่ 2.18

t = เวลาที่ทำการนับรังสีแอลฟามีค่า 60 sec

λ = ค่าคงที่ของการสลายตัวของเรดอน 2×10^{-6} sec

ดังนั้น E = 32.6198 CPM/Bq

ข. <u>วิธีคำนวณหาจำนวนเรดอนเป็นเบคเคอเรลต่อกิโลกรัมในแร่ตัวอย่าง</u>

ตัวอย่าง โมนาไซต์ความชื้น 0% ใช้เซลล์ตรวจวัดรังสีแอลฟาแบบซินทิลเลชัน NUMBER B มี ค่า BACKGROUND เป็น 0.0667 CPM

EFFICIENCY = 28.53946 CPM/Bq

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CPM	NET CPM	Bq/kg
17	16.9333	90.14027
19	18.9333	100.78678
20	19.9333	106.11003
19	18.9333	100.78678
18	17.9333	95.46352
19	18.9333	100.78678

MEAN$\pm$S.D. = 99.01236$\pm$5.01881 Bq/kg

จากสูตร ปริมาณเรดอน = $\frac{Ne^{-\lambda t}}{EMB}$

โดย N คืออัตรานับสุทธิมีค่า 16.9333 cpm

X คือค่าคงที่ของการสลายตัวมีค่า 2×10^{-6} sec^{-1}

t คือเวลาที่ทำการนับรังสีแอลฟามีค่า 60 sec

E คือประสิทธิภาพของเซลล์ตรวจวัดมีค่า 28.53946 cpm/Bq

M คือน้ำหนักของตัวอย่างมีค่า 0.01 Kg

B คือค่า Build-up factor เมื่อทิ้งตัวอย่างไว้ให้เกิดสมดุลของเรเดียมกับเรดอนเป็นเวลา 142 ชั่วโมง มีค่า 0.65815

ดังนั้น ปริมาณเรดอน = $16.9333 \times e^{-(0.000002 \times 60)}$

$28.53946 \times 0.01 \times 0.65815$

= 90.14027 Bq/Kg

ค. <u>วิธีคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยเรดอน</u>

จากการคำนวณหาค่าจำนวนเรดอนเป็นเบคเคอเรลต่อกิโลกรัมในหัวข้อ ข. จะสามารถนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยเรดอนได้โดย

ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยเรดอน = $\frac{\text{จำนวนเรดอนที่ได้จากการทดลอง}}{\text{จำนวนเรเดียมที่มีอยู่ในตัวอย่าง}}$

จากแร่โมนาไซต์ในตอน ข. หาค่าจำนวนเรดอนได้ 99.01236 Bq/Kg

ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิการปล่อยเรดอน = $\frac{99.01236}{96.86 \times 10^{3}}$

= 0.001022

ง. <u>วิธีคำนวณหาค่าเรดอนฟลักซ์</u>

ตัวอย่าง โมนาไซต์ # 2 ที่ความสูง 30 เซนติเมตร

ใช้เซลล์ตรวจวัดรังสีแอลฟาแบบซินทิเลชัน NUMBER B

มี ค่า BLACKGROUND = 0.0667 CPM

EFFICIENCY = 28.53946 CPM/Bq

CPM	NET COUNT	RADON FLUX
1183	1182.9787	0.08866
1125	1124.9787	0.08432
1123	1122.9787	0.08417
1215	1214.9787	0.09106
1199	1198.9787	0.08986
1132	1131.9787	0.08484

MEAN$\pm$S.D. = 0.08715$\pm$0.00280

จากสูตรการหาเรดอนฟลักซ์ในหัวข้อ 3.3.4 (หน้า 42)

$$\text{เรดอนฟลักซ์(J)} = \frac{C\lambda}{EA(e^{-\lambda t_2})(1-e^{-\lambda t_1})}$$

(Bq/m^2-sec)

โดย C คืออัตรานับสุทธิมีค่า 1182.9787 cpm

A คือพื้นที่หน้าตัดของท่อ พีวีซี ที่บรรจุตัวอย่าง โดยคำนวณจาก

$\pi r^2 = 3.1416 \times 0.04 = 2.5664 \times 10^{-4}$ m^2

t_1 คือเวลาตั้งแต่เริ่มต้นปิดผนึกตัวอย่างจนถึงเวลาก่อนการ EMANATE มีค่า 681600 sec

t_2 คือเวลาที่ทำการวัดรังสีแอลฟามีค่า 60 sec

ดังนั้น เรดอนฟลักซ์(J) = 0.08866 Bq/m^2-sec

จ. ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยที่คำนวณในการทดลองทั้งหมดหาได้จาก

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N}}{N-1}}$$

$$MEAN = \frac{SUM\ OF\ X}{N}$$

เมื่อ X = ข้อมูลแต่ละตัว

N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ภาคผนวก ข.

HRS.	BUILD-UP FACTOR	HRS.	BUILD-UP FACTOR	HRS.	BUILD-UP FACTOR
1	0.007530	27	0.184611	53	0.330097
2	0.015004	28	0.190752	54	0.335142
3	0.022422	29	0.196846	55	0.340148
4	0.029783	30	0.202894	56	0.345117
5	0.037089	31	0.208896	57	0.350049
6	0.044340	32	0.214854	58	0.354943
7	0.051537	33	0.220766	59	0.359801
8	0.058679	34	0.226634	60	0.364622
9	0.065768	35	0.232458	61	0.369406
10	0.072803	36	0.238238	62	0.374155
11	0.079785	37	0.243974	63	0.378868
12	0.086715	38	0.249667	64	0.383545
13	0.093592	39	0.255318	65	0.388188
14	0.100418	40	0.260925	66	0.392795
15	0.107192	41	0.266491	67	0.397367
16	0.113915	42	0.272015	68	0.401905
17	0.120588	43	0.277497	69	0.406409
18	0.127210	44	0.282937	70	0.410879
19	0.133782	45	0.288337	71	0.415316
20	0.140305	46	0.293696	72	0.419719
21	0.146779	47	0.299015	73	0.424088
22	0.153204	48	0.304294	74	0.428425
23	0.159581	49	0.309533	75	0.432729
24	0.165910	50	0.314732	76	0.437001
25	0.172191	51	0.319893	77	0.441241
26	0.178425	52	0.325014	78	0.445449

HRS.	BUILD-UP FACTOR	HRS.	BUILD-UP FACTOR	HRS.	BUILD-UP FACTOR
79	0.449625	105	0.547826	131	0.628505
80	0.453769	106	0.551231	132	0.631303
81	0.457882	107	0.554610	183	0.634079
82	0.461965	108	0.557964	134	0.636835
83	0.466017	109	0.561293	135	0.639570
84	0.470038	110	0.564597	136	0.642284
85	0.474028	111	0.567875	137	0.644978
86	0.477989	112	0.571129	138	0.647651
87	0.481920	113	0.574359	139	0.650304
88	0.485822	114	0.577564	140	0.652938
89	0.489694	115	0.580745	141	0.655551
90	0.493536	116	0.583903	142	0.658145
91	0.497350	117	0.587036	143	0.660720
92	0.501136	118	0.590146	144	0.663275
93	0.504892	119	0.593232	145	0.665810
94	0.508621	120	0.596295	146	0.668327
95	0.512321	121	0.599335	147	0.670825
96	0.515993	122	0.602353	148	0.673303
97	0.519638	123	0.605347	149	0.675764
98	0.523256	124	0.608319	150	0.678205
99	0.526846	125	0.611269	151	0.680629
100	0.530409	126	0.614196	152	0.683034
101	0.533945	127	0.617101	153	0.685421
102	0.537455	128	0.619985	154	0.687789
103	0.540938	129	0.622846	155	0.690141
104	0.544395	130	0.625686	156	0.692474

HRS.	BUILD-UP FACTOR	HRS.	BUILD-UP FACTOR	HRS.	BUILD-UP FACTOR
157	0.694790	183	0.749248	209	0.793989
158	0.697088	184	0.751136	210	0.795540
159	0.699369	185	0.753010	211	0.797080
160	0.701633	186	0.754870	212	0.798608
161	0.703880	187	0.756716	213	0.800125
162	0.706110	188	0.758548	214	0.801630
163	0.708323	189	0.760366	215	0.803124
164	0.710520	190	0.762171	216	0.804606
165	0.712700	191	0.763962	217	0.806078
166	0.714863	192	0.765739	218	0.807538
167	0.717010	193	0.767503	219	0.808987
168	0.719141	194	0.769254	220	0.810426
169	0.721256	195	0.770992	221	0.811853
170	0.723355	196	0.772716	222	0.813270
171	0.725439	197	0.774428	223	0.814677
172	0.727506	198	0.776127	224	0.816072
173	0.729558	199	0.777813	225	0.817457
174	0.731595	200	0.779486	226	0.818832
175	0.733616	201	0.781146	227	0.820196
176	0.735622	202	0.782795	228	0.821550
177	0.737613	203	0.784430	229	0.822894
178	0.739589	204	0.786054	230	0.824228
179	0.741550	205	0.787665	231	0.825551
180	0.743496	206	0.789264	232	0.826865
181	0.745428	207	0.790851	233	0.828169
182	0.747345	208	0.792426	234	0.829463

HRS.	BUILD-UP FACTOR	HRS.	BUILD-UP FACTOR	HRS.	BUILD-UP FACTOR
235	0.830747	261	0.860947	287	0.885759
236	0.832022	262	0.861994	288	0.886619
237	0.833287	263	0.863034	289	0.887473
238	0.834542	264	0.864065	290	0.888320
239	0.835788	265	0.865089	291	0.889161
240	0.837025	266	0.866105	292	0.889996
241	0.838252	267	0.867113	293	0.890824
242	0.839470	268	0.868114	294	0.891646
243	0.840679	269	0.869107	295	0.892462
244	0.841879	270	0.870093	296	0.893272
245	0.843070	271	0.871071	297	0.894076
246	0.844252	272	0.872042	298	0.894874
247	0.845424	273	0.873005	299	0.895665
248	0.846588	274	0.873962	300	0.896451
249	0.847744	275	0.874911	301	0.897231
250	0.848890	276	0.875853	302	0.898005
251	0.850028	277	0.876788	303	0.898773
252	0.851158	278	0.877716	304	0.899535
253	0.852279	279	0.878637	305	0.900292
254	0.853391	280	0.879551	306	0.901043
255	0.854495	281	0.880458	307	0.901788
256	0.855591	282	0.881358	308	0.902528
257	0.856678	283	0.882251	309	0.903262
258	0.857758	284	0.883138	310	0.903990
259	0.858829	285	0.884018	311	0.904713
260	0.859892	286	0.884892	312	0.905431

HRS.	BUILD-UP FACTOR	HRS.	BUILD-UP FACTOR	HRS.	BUILD-UP FACTOR
313	0.906143	339	0.922890	365	0.936650
314	0.906850	340	0.923471	366	0.937127
315	0.907551	341	0.924048	367	0.937600
316	0.908248	342	0.924620	368	0.938070
317	0.908939	343	0.925187	369	0.938537
318	0.909624	344	0.925751	370	0.939000
319	0.910305	345	0.926310	371	0.939459
320	0.910980	346	0.926865	372	0.939915
321	0.911651	347	0.927416	373	0.940367
322	0.912316	348	0.927962	374	0.940817
323	0.912977	349	0.928505	375	0.941262
324	0.913632	350	0.929043	376	0.941705
325	0.914282	351	0.929578	377	0.942144
326	0.914928	352	0.930108	378	0.942579
327	0.915569	353	0.930634	379	0.943012
328	0.916204	354	0.931157	380	0.943441
329	0.916835	355	0.931675	381	0.943867
330	0.917462	356	0.932190	382	0.944290
331	0.918083	357	0.932700	383	0.944709
332	0.918700	358	0.933207	384	0.945126
333	0.919313	359	0.933710	385	0.945539
334	0.919920	360	0.934209	386	0.945949
335	0.920523	361	0.934705	387	0.946356
336	0.921122	362	0.935197	388	0.946760
337	0.921716	363	0.935685	389	0.947161
338	0.922305	364	0.936169	390	0.947559

HRS.	BUILD-UP FACTOR	HRS.	BUILD-UP FACTOR	HRS.	BUILD-UP FACTOR
391	0.947954	417	0.957241	443	0.964872
392	0.948346	418	0.957564	444	0.965136
393	0.948735	419	0.957883	445	0.965399
394	0.949121	420	0.958200	446	0.965660
395	0.949504	421	0.958515	447	0.965918
396	0.949885	422	0.958828	448	0.966175
397	0.950262	423	0.959138	449	0.966430
398	0.950637	424	0.959445	450	0.966683
399	0.951008	425	0.959751	451	0.966933
400	0.951377	426	0.960054	452	0.967182
401	0.951744	427	0.960355	453	0.967430
402	0.952107	428	0.960653	454	0.967675
403	0.952468	429	0.960950	455	0.967918
404	0.952826	430	0.961244	456	0.968160
405	0.953181	431	0.961536	457	0.968400
406	0.953534	432	0.961826	458	0.968638
407	0.953884	433	0.962113	459	0.968874
408	0.954231	434	0.962398	460	0.969109
409	0.954576	435	0.962682	461	0.969341
410	0.954918	436	0.962963	462	0.969572
411	0.955257	437	0.963242	463	0.969801
412	0.955594	438	0.963518	464	0.970029
413	0.955929	439	0.963793	465	0.970255
414	0.956261	440	0.964066	466	0.970479
415	0.956590	441	0.964337	467	0.970701
416	0.956917	442	0.964605	468	0.970922

HRS.	BUILD-UP FACTOR	HRS.	BUILD-UP FACTOR	HRS.	BUILD-UP FACTOR
469	0.971141	495	0.976291	521	0.980522
470	0.971358	496	0.976470	522	0.980669
471	0.971574	497	0.976647	523	0.980815
472	0.971788	498	0.976823	524	0.980959
473	0.972000	499	0.976997	525	0.981103
474	0.972211	500	0.977171	526	0.981245
475	0.972421	501	0.977343	527	0.981386
476	0.972628	502	0.977513	528	0.981527
477	0.972834	503	0.977683	529	0.981666
478	0.973039	504	0.977851	530	0.981804
479	0.973242	505	0.978018	531	0.981941
480	0.973444	506	0.978183	532	0.982077
481	0.973644	507	0.978347	533	0.982212
482	0.973842	508	0.978511	534	0.982346
483	0.974039	509	0.978672	535	0.982479
484	0.974235	510	0.978833	536	0.982611
485	0.974429	511	0.978993	537	0.982742
486	0.974621	512	0.979151	538	0.982872
487	0.974813	513	0.979308	539	0.983001
488	0.975002	514	0.979464	540	0.983129
489	0.975191	515	0.979618	541	0.983256
490	0.975378	516	0.979772	542	0.983382
491	0.975563	517	0.979924	543	0.983507
492	0.975747	518	0.980078	544	0.983632
493	0.975930	519	0.980226	545	0.983755
494	0.976111	520	0.980375	546	0.983877

HRS.	BUILD-UP FACTOR	HRS.	BUILD-UP FACTOR	HRS.	BUILD-UP FACTOR
547	0.983909	573	0.986855	599	0.989202
548	0.984119	574	0.986954	600	0.989283
549	0.984239	575	0.987052	601	0.989364
550	0.984358	576	0.987150	602	0.989444
551	0.984476	577	0.987247	603	0.989523
552	0.984593	578	0.987343	604	0.989602
553	0.984709	579	0.987438	605	0.989681
554	0.984824	580	0.987533	606	0.989758
555	0.984938	581	0.987627	607	0.989836
556	0.985052	582	0.987720	608	0.989912
557	0.985164	583	0.987812	609	0.989988
558	0.985276	584	0.987904	610	0.990064
559	0.985387	585	0.987995	611	0.990138
560	0.985497	586	0.988086	612	0.990213
561	0.985606	587	0.988176	613	0.990287
562	0.985715	588	0.988265	614	0.990360
563	0.985822	589	0.988353	615	0.990432
564	0.985929	590	0.988441	616	0.990504
565	0.986035	591	0.988528	617	0.990576
566	0.986140	592	0.988614	618	0.990647
567	0.986245	593	0.988700	619	0.990718
568	0.986348	594	0.988785	620	0.990787
569	0.986451	595	0.988870	621	0.990857
570	0.986553	596	0.988954	622	0.990926
571	0.986655	597	0.989037	623	0.990994
572	0.986755	598	0.989120	624	0.991062

ประวัติผู้เขียน

นางสาว จินตนา รัตนชัยเจริญ จบการศึกษาขั้นปริญญาตรีจากมหาวิทยาลัยรามคำแหง คณะวิทยาศาสตร์ เอกฟิสิกส์ โทคณิตศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา 2528 และก็ได้เข้าเรียนต่อที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะวิศวกรรมศาตร์ สาขานิวเคลียร์เทคโนโลยี ในปีการศึกษา 2529