

話 題 (I)

米国原子力学会の Professional
Excellence Award を受賞して

(東京工業大学原子炉工学研究所) 播磨 良子

昨年6月19日ANS (American Nuclear Society) のRP&S (Radiation Protection and Shielding) Division の chairman の W. C. Hopkins より1991年の Professional Excellence Award の受賞者に私が決まったという通知をいただいた。突然のことでびっくりしたが数日後ANS Standard Committee-6 の chairman D. K. Trubey より、お祝いの手紙と私を推薦して下さったこと、また、この賞についての資料を送って下さったので、やっと本物であることがわかった。RP&S Division は次の2つの賞を出している。

- (a) Service Recognition Award. This award may be presented to one or more persons in the Division on an annual basis. The award is in recognition of out-standing past or current service to the Society and/or Division by a member of the Division. This award may be characterized as a distinguished service award or outstanding service award.
- (b) Professional Excellence Award. This award may be given to one or more individuals in the Division each year on the basis of outstanding past or current professional contribution. The basis for this award would usually be a major contribution to the state of the art, an important publication, a major technical achievement, or a sustained record of significant accomplishment and technical excellence.

また、今までの受賞者のリストを紹介する。

1975	Marshall Grotenhuis and Betty F. Maskewitz
1976	Norman M. Schaeffer and Keran O'Brien
1977	Herbert Goldstein and A. Edward Profio
1978	R. L. Ashley and David E. Bartine
1979	F. R. Mynatt and W. W. Engle, Jr.

1980	R. J. LaBauve and F. J. Muckenthaler
1981	M. A. Capo and W. A. Rhoades
1982	J. C. Courtney and B. A. Engholm
1983	G. L. Simmons and D. K. Trubey
1984	W. Bunch and G. Lahti
1985	T. A. Gabriel and R. K. Disney
1986	L. Spenser and R. E. Faw
1987	Radiation Shielding Information Center (RSIC)
1988	C. Eisenhower and R. Johnson
1989	J. Hubbell
1990	K. Shure and R. Roussin

1975年の Grotenhuis は R. L. Walker と共に種々の組成のコンクリートの中性子及びガンマ線の遮蔽に必要な定数を出す方法を提案し、データを作成した。我々は今度の仕事で混合物のビルドアップ係数を実効原子番号を使って算出する方法の問題点を指摘し、新しい方法を提案した。

1977年の Goldstein は J. E. Wilkins とともに約30年間 Standard のように使われたビルドアップ係数を moments 法で計算した(1954)。また、彼は“Fundamental Aspects of Reactor Shielding”(1959)という本を書いた。遮蔽研究をしている人には古典の教科書であるが、私にとっては師のような本であった。当時の計算機は今に比べれば非常に小さいものであったが、放射線と物質の相互作用の断面積を用いて現象を解析し予想を述べている。今日大量のビルドアップ係数のデータが計算できるようになったが、彼の予想の正しかったことが多々あった。それでこそ新しく開発された計算コードの計算値、実験値の比較に長い間使われてきたのである。

1981年の Capo は Goldstein のビルドアップ係数をエネルギーと透過距離で展開した式で20のパラメータを使って10%以内にフィットした。これらのパラメータは点減衰核コードのQADに組み込まれ、長らく遮蔽計算に利用されてきた。しかし、新しいデータは低エネルギーまで拡張され、透過距離が厚くなったので使えなくなった。

1983年の Trubey は Standard Committee のANS-6及びANS-6.4.3の chairman である。また、RSIC (Radiation Shielding Information Center) の創始者であり、初期の Director を勤めた。私の Geometric Progression (G-P) の初期の式の評価をしていただいて(1971)、京大で工学博士の学位をいただいた。彼の中性子及びガンマ線、特にビルドアップ係数に対する研究は数多くある。

同じく1983年の Simmons と1988年の Eisenhauer は moments 法を改良して、ANS-6.4.3のBe~Cuのビルドアップ係数を計算した人々である。

1989年の Hubbell は長らく光子断面積を収集し評価して断面積のテーブルを出している。最新のPHOTX dataがANS-6.4.3の減衰係数に採用されている。

1990年の Shure はガンマ線及び中性子の遮蔽デザインとその解析で数多くの改良をしている。今回のビルドアップ係数に対し利用者から多数要望があり、Taylor の式のパラメータを過小評価限度5%としたパラメータ決定をしている。

以上リストを眺めるとビルドアップ係数の歴史を語っているように思える。

授賞式はサンフランシスコのヒルトンホテルで、11月10日から14日まで開催された Winter Meeting 中に行なわれた。高エネルギー研の平山氏と私の付添人の妹と3人で出かけた。平山氏はEGS4コードで今度のビルドアップ係数を作成するのに長年ご協力いただいていた。恰度スタンホード大学のSLACへ打ち合せに出かけられるとのことで授賞式にも同席して下さった。妹は私の膝の調子がよくないので同行を頼んだ。ヒルトンホテルでは1990年3月12日~16日水戸で開催された The First International Conference on Super Computing in Nuclear Applications で講演されたORNL/RISIC (Oak Ridge National Laboratory, Radiation Shielding Information Center) の B. L. Kirk がお世話して下さった。彼女は10日夜の Reception でANS President の R. L. Long, RP&Sの chairman Hopkins, 前 President の E. Gail de Planque 等, とても名前が憶えられない程大勢の方々に紹介して下さった。RISICの前の Director の B. F. Maskewitz の昔と変わらぬお元気で美しい姿にもお会いした。Reception は日本の学会と違い会社の製品が華やかに展示されている大きい部屋で行なわれ、コーナーに飲物や食べ物が用意されていた。

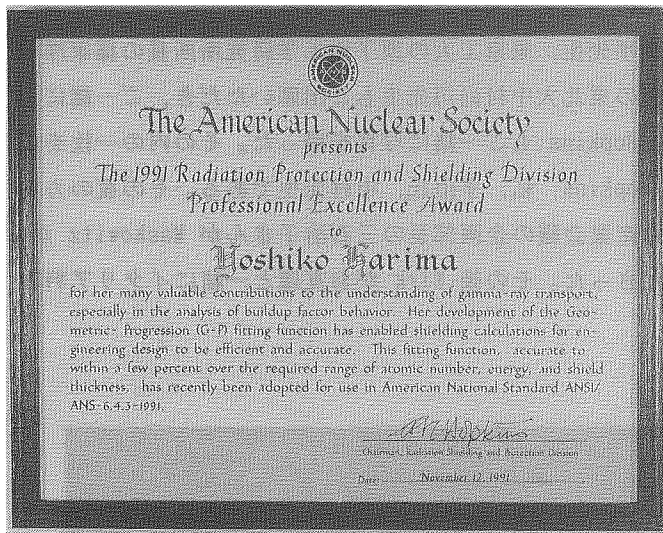
11日は7時半から Professional Women in ANS Committee に出席した。渡米の2週間程前に chair の Donna M. D'Aquila からこの会合で受賞の仕事について話して欲しいというお手紙をいただいていた。大勢の前で英語で話すのは初めてだったので、原稿を準備して行き、私の自己紹介と受賞内容について5分程のスピーチをした。続いて第1回の Women's Achievement Award を受けられる Bernice E. Paige が彼女の教育、専門、男性と仕事をしていく上での経験について話をされた。彼女はFellowでもある。出かける前に、日本のハラスメントについて聞かれるのではないかと冗談をいった人がいたが、話題はもっぱら原子力に対する理解を深めるための活動についてであった。会員は600名であるが、出席者は役員も含めて25名であった。Westinghouse Hanford Company の Wanda Munn が "My husband is Japanese" といわれた

とき、周囲の人々も知らなかったらしくびっくりした様子であったが、私はホットした。彼女が横に座ってわかりやすい英語でいろいろ教えてくださった。男性が2人座っておられたので不思議に感じていたら、その人々は Headquarter からこの委員会の支援にきておられるとのことだった。活動としては A N S の teacher のためのワークショップの仕事の分担。“Women in Nuclear”の出版物の配布。今年3つの student conference が開かれる。そこで、原子力分野に進む女子学生に scholarship が贈られるとのこと。U S A の Girl Scoute に “Nuclear Science and Technology Interesting Project” パッチを配ること等・・・会議は9時20分まで続いた。

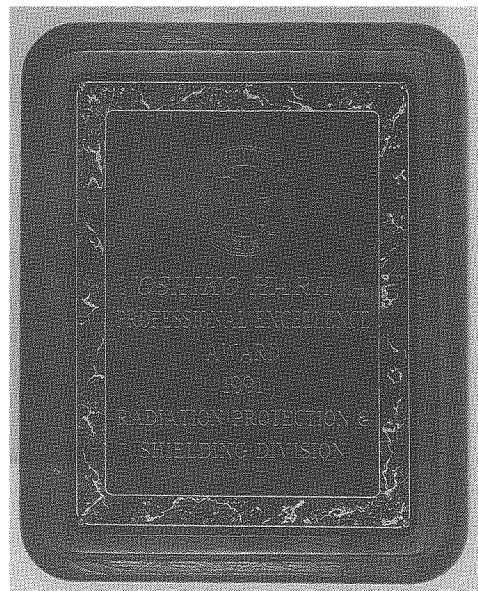
午後4時から R P & S の committee に出席した。この Division の会員は1800人位で出席者は30名程。Chair の Hopkins の前には報告書が山程積まれ、次々と報告されていく。Women Committee で話題の出た Girl Scoute へ配られる Nuclear Science and Technology Interest Project のパンフレットは、身の回りの放射線とその量についての簡単な説明があり、疑問や新たな情報が得られる機関の住所と電話番号が記されていた。日本と違って学会会員が率先して原子力への理解を広めるためボランティア活動をしているところは見習うべきでなかろうか。ここでも、Student Conference についての支援が議論されていた。会議は7時までということで、Kirk が声をかけてくださったので途中で失礼して Dinner with the Dolphins に出かけた。Golden Gate Park 内にある水族館を借りきった buffet dinner であった。暗い部屋に浮かび上がる美しい色の魚の泳ぐ姿は幻想的であった。シーフードや中華料理、メキシコ料理等を美味しくいただいた。かなり多くの女性が来ておられたが、日本人にはとても着られないきれいな赤い服が中年の女性によく似合うのは羨ましいことであった。

12日は授賞式ということで、朝、ホテルの美容室に行くと早速 Are you Japanese? と聞かれ yes と答えると日本語で注文を聞かれた。長崎から来ておられるというピチピチした中年女性だった。しかし実際にセットしてくださったのは金髪美容師でモデルのようにきれいな人だった。

11時半から Award Luncheon のある部屋に行くと、私の席はステージの前で A N S President の Long, R P & S Chair の Hopkins, R S I C の前 Director の Maskewitze, Kirk, 平山氏、妹と同じテーブルだった。全部でテーブルは約30あり、3列に縦に並べられていたので、出席者は約150名位だったと思う。他の受賞者は前半分位に座っておられたが、一番前で大歓迎してくださっているのはわかるが、あがってしまった。食事の終わった頃授賞式が始まり、Long の挨拶に続き、A N S Fellow の授賞があった。次いで Cisler Award, Presidential Citation, Public Communication Award, Octave J. Dn Temple Award 授賞者が Honors and Awards



(a)



(b)

写真 1 Professional Excellence Award の賞状(a) と楯(b)

Committee Chair の K. K. S. Pillay に交代して Wigner Award, ANS Nuclear Historic Landmark Award, Mark Mills Award, Women's Achievement Award, Professional Excellence Award, Standards Service Award, Student Design Contest Finalists と続いた。Long は stage から降りると私の横に椅子を持って来られ、私の番が来たとき stage までエスコートしてくださった。賞状の入った額とどっしりと重い楯をいただいた(写真1)。受賞の理由を見ると長年にわたる専門的な研究業績

が評価されている。これは日本の学会賞と異なるところである。

授賞式には東海大学の清瀬量平先生，東京工大の原子炉工学研究所長の藤家洋一先生，放射線挙動委員会の主査の東北大中村尚司先生もご出席いただき，一緒に写真を撮った。Long や Pillay, Hopkins も一緒に写真を撮った。その内の一枚をご披露する（写真2）。左から Hopkins, 私, 平山氏, 中村先生である。その夜のカクテルパーティでは，日本原子力産業会議の企画部長の三石治子さんが Maskewitz から聞いたのでお祝いに来てくださった。その後 Kirk がお友達と一緒にイタリア料理をご馳走してくださった。



写真2 授賞式にて

13日はアメリカ大陸を横断して Knoxville へ行った。Maskewitz がご自分の予定を変更して同行してくださった。平山氏は Trubey と Coherent 散乱によるビルドアップ係数への影響について共著の論文を出しておられるが，Trubey に一度も会わず mail による通信のみであったので，一緒に ORNL まで Trubey に会うため出かけた。Trubey も6月に R S I C を辞められ，今は Florida でコンサルタントをしておられるが，1日半かけて私達のために来てくださった。Oak Ridge では昨年 N E D A C の招待でこられた Roussin 御夫妻にすっかりお世話になった。翌日 R S I C に行き職員の方に紹介されたが，一人の女性が Harima! mail がいっぱい来ましたねと笑いだして

しまわれた。約8年 Trubey にどれだけ mail を送ったことか。Alsmiller 御夫妻にも会った。L i n a c の見学は使用中でできなかったが Dickens が⁵⁷Fe の新しく見つけたガンマ遷移について話して下さった。筑波大出身の研究者がロボットの研究にきておられ、小さなロボットの運転を実演して下さった。しかし大きい方のロボットはまだ未完成でうまくいかないときは人力で動かしているとのことであった。今ファジーの勉強をしているが読まされるのは日本の論文ばかりと聞いて嬉しかった。Trubey とは平山氏と共著の多重層ビルドアップ係数について討論した。

夜は Maskewitz の自宅に招待された。彼女の自宅は丘の上であり6000坪の広さということで日本では考えられない。彼女は有名な Blizard のもとにおられたが一度きた手紙の名前とその人の専門分野を暗記してしまうという特殊な才能と、かゆいところへ手の届く気配りのあるホステスぶりは有名で、Trubey の後約20年間 Director を勤められた。彼女の Managerとしての才能によってRSICは世界から情報を吸い上げ、また還流できるようになったのではないかと思う。帰りはニューヨークを回って帰国した。

新しいガンマ線のビルドアップ係数が米国で開発されているのを我々が知ったのは1983年5月東京で開催された第6回放射線遮蔽国際会議で、ORNL/RSIC の Trubey が講演されたときであった。当時は水、空気、コンクリート、鉄の新しいビルドアップ係数が公表され、私の古いG-P式をこれらのデータに合うよう改良してフィットした論文が2月に出たが、Trubey が使える fitting 式として Three Exponential Representation とG-P式をあげられた。Three Exponential Representation は0.5と1mfp のデータを省略し、2mfp 以上の水のデータに合わせて9%以内で合うが、G-P式の場合、省略しないで3%以内で合った。私はG-P式の方が優れていることを主張し、G-P式を fitting 式として使ってもらえないかと Trubey に手紙を書いた。そのお返事に我々の仕事は皆ボランティアでやっているのだから日本で fitting してもらえたらデータを送るからと書かれてきた。当時私は研究費のない共通助手でこのような仕事が引き受けられる状態でなかった。今日のように国際貢献が大きく叫ばれている時代と違い、環境がよくなかった。その時遮蔽の人達が救いの手を差し出してくださったのである。「核データニュース」に受賞のことで原稿を頼まれたこの機会を利用し、日本のデータが大量に採用になるまでご協力を戴いた方々の功績を述べさせていただき、感謝の証としたい。

新しいビルドアップ係数は、コンプトン散乱を正確に入れること、制動輻射、消滅ガンマ線、特性X線の効果を入れることであった。

P A L L A Sコードは船舶技研の竹内清氏が作られたが、原研遮蔽研の田中俊一氏

が恰度改良を試みておられた。原研の坂本幸夫氏は原子力コード委員会遮蔽の簡易計算法サブワーキンググループの世話役であったが、fitting を得意としておられた。高エネルギー研の平山英夫氏はEGS4コードをEGS3から version up するとき coherent 散乱導入を分担しておられた。3人とも優秀な方々できちんとした仕事を手早くできる人達であった。私がANS-6.4.3の委員を頼まれたとき、彼らに相談したが最後まで付き合うから引き受けなさいと約束してくださった。送ってきた moments 法で計算したビルドアップ係数には問題のデータ（コードの欠陥）があった。それらのデータを取り除き、エネルギー、距離から推定したデータで置き換える方法を開発した。制動放射や特性X線の効果を入れたビルドアップ係数は比較する計算や実験がないため、EGS4のエネルギースペクトルやビルドアップ係数に合わせて計算した。また、何回散乱しても吸収されないBeの0.3~0.03 MeVのビルドアップ係数を計算したときはリストで部屋の間仕切りができるほどであった。

モンテカルロコードでは深い透過の計算はできないが、coherent 散乱を考慮したとき自由電子による incoherent 散乱しか考慮されていないビルドアップ係数に乗ずるファクターを求める方法を開発されたのが平山氏である。重い物質のビルドアップ係数は、途中で断面積が新しくなって3回も計算をやり直した。ビルドアップ係数で fitting 式が重要視されるのは、少ないパラメータでデータを収納できるだけでなく、任意の物質、エネルギー、厚さのデータを自由に計算できることである。G-Pパラメータの決定は坂本氏によって行なわれ、QAD-CGGP、G33-GPコードに格納してRSICに提供された。また、データは40 mfpまでであるが、連続エネルギー線源ではもっと厚いビルドアップ係数が要求される。ビルドアップ係数の外挿式を作ったのは坂本氏である。

以上の3人は特に大きい貢献をされたが、大勢の方々のご助力も生かされた。

東京工大ではとてもできない仕事を原研でできるようにしてくださったのは、当時原研へ出向しておられた住友原子力の山野氏、最初 fitting を手伝っていただいた方々は、原研の坂本、東芝の川合、藤田、フジタ工業の石川、金野、日立の林、三井造船の松本、MAPIの西村各氏で、特に川合氏のコメントでパラメータKの式に tangent hyperbolic 関数が取り入れられた。ベンチマークテストには、三井造船の松本氏にQAD-CGGPコードを、東芝の藤田、川合氏にはG33-GPコードをお願いした。フジタ工業の石川氏にはANISNコードで低エネルギー入射光子に対するBeのビルドアップ係数の比較計算を担当していただいた。

また、原子力学会の放射線施設遮蔽研究委員会のビルドアップ係数小委員会（田中俊一、坂本 幸夫、田中 進（原研）、平山 英夫、伴 秀一（高エネ研）、小佐古 敏荘、上養 義明、橋倉 宏行（東大）、中村 尚司（東北大）、金井 康二（船研）、川合 将

義（東芝））では、今までのビルドアップ係数の研究をサーベイするとともに、作成しているデータについて討論していただいた。

ANSI/ANS-6.4.3のビルドアップ係数については、「核データニュース」No. 33(1989)で紹介している。今まで我々はANSI (American National Standard Institute) のデータの利用者であったが、作成するという貴重な経験をした。他国の競争者もあったが日本のデータを採用されるまでに持ってこられたのは関係者の長い間の努力であった。

我々は Trubey または Trubey を通して我々の仕事に対する評価をいただいた。嬉しかったのは人と違ったことをしたときに、それに対して特徴のあるよい仕事として評価されたことである。問題のあるときは指摘された問題点の解決の糸口がかかっていた。Trubey は遮蔽研究の草分けの人であり、多くの人々を使って仕事をしてこられた人であったから、この仕事を通じて、米国の研究態度について学ぶことが多々あった。

今後この仕事にたづさわった人々が若い人々を立派に育ててくださることを楽しみにしている。また、基礎研究で新しい仕事をした人を周囲で育て実用化へ繋いでいただくことを願っている。

最後にこの仕事をするために、多くのレポートが書かれた。これらを参考文献として附記する。

参考文献

- (1) Takeuchi, K., & Tanaka, S.: PALLAS-PL, SP-Br; "A code for direct integration of transport equation in one-dimensional plane and spherical geometries", JAERI-M 9695 (1981).
- (2) Takeuchi, K., & Tanaka, S.: PALLAS-1D (VII), "A code for direct integration of transport equation in one-dimensional plane and spherical geometries", JAERI-M 84-214 (1984).
- (3) Sakamoto, Y., Tanaka, S., & Harima, Y.: "Data library of gamma-ray buildup factors for point isotropic source (Molybdenum, tin, lanthanum, gadolinium, tungsten, lead, and uranium)", JAERI-M 87-210, (1988).
- (4) Sakamoto, Y., Tanaka, S., & Harima, Y.: "Interpolation of gamma-ray buildup factors in atomic number, using thegeometric progression (G-P) parameters", JAERI-M 88-198 (1988).

- (5) Sakamoto, Y., & Tanaka, S.: QAD-CGGP2 and G-33GP2; "Revised version of QAD-CGGP and G33-GP code with conversion factors from exposure to ambient and maximum dose equivalents" , JAERI-W 90-110 (1990).
- (6) Harima, Y., Hirayama, H., Ishikawa, T., Sakamoto, & Y. Tanaka, S.: "A comparison of gamma-ray buildup factors for low-Z material and for low energies using discrete ordinates and point Monte Carlo methods" , Nucl. Sci. Eng., **96**, 241 (1987).
- (7) Nelson, W. R., Hirayama, H., & Rogers, D. W. O.: "EGS4 code system, SLAC-265" , Stanford Linear Accelerator Center, Stanford, California (1985).
- (8) Hirayama, H., & Trubey, D. K.: "Effect of incoherent and coherent scattering on the exposure buildup factors of low-energy gamma rays" , Nucl. Sci. Eng., **99**, 145 (1988).
- (9) Harima, Y.: "An approximation of gamma-ray buildup factors by modified geometrical progression" , *ibid.*, **83**, 299 (1983).
- (10) Harima, Y., Sakamoto, Y., Tanaka, S., & Kawai, M.: "Validity of the geometrical progression formula in approximating gamma-ray buildup factors" , *ibid.*, **94**, 24 (1986).
- (11) Harima, Y., et al.: "Applicability of geometric progression approximation (G-P method) of gamma-ray buildup factors" , JAERI-W 86-071, (1986).
- (12) ORNL: "RSIC computer code collection" , CCC-493/QAD-CGGP, (1986).
- (13) *ibid.*: CCC-494/G33-GP, (1986).
- (14) Takeuchi, K., Tanaka, S., & Kinno, M.: "Transport calculation of gamma rays including" , Nucl. Sci. Eng., **78**, 273 (1981).
- (15) Takeuchi, K., & Tanaka, S.: "Buildup factors of gamma rays including bremsstrahlung by the discrete ordinates code PALLAS and annihilation radiation for water, concrete, iron, and lead" , *ibid.*, **87**, 478 (1984).
- (16) Takeuchi, K., & Tanaka, S.: "Point isotropic buildup factors of gamma rays, including bremsstrahlung and annihilation radiation for water, concrete, iron, and lead" , *ibid.*, **90**, 158 (1985).
- (17) Tanaka, S., & Takeuchi, K.: "Detailed investigation of the buildup factors and spectra for point isotropic gamma-ray sources in the vicinity of the K edge in lead" , *ibid.*, **93**, 376 (1986).

- (18) Hirayama, H., Tanaka, S., Sakamoto, Y., Subbaiah, K. V., & Harima, Y.: "A comparison of gamma-ray point isotropic buildup factors including fluorescence and bremsstrahlung in lead using discrete ordinates and point Monte Carlo methods", J. Nucl. Sci. Technol., 27 [5], 524 (1990).
- (19) Harima, Y., Trubey, D. K., Sakamoto, Y., & Tanaka, S.: "Gamma-ray attenuation in the vicinity of K edge in molybdenum, tin, lanthanum, gadolinium, tungsten, lead and uranium", Nucl. Sci. Eng., 107, 385 (1991).
- (20) Sakamoto, Y., Tanaka, S., & Harima, Y.: "Interpolation of gamma-ray buildup factors for point isotropic source with respect to atomic nuclear", ibid., 100, 33 (1988).
- (21) Radiation Shielding Information Center Data Package DLC-129/ANS643: "Geometric Progression Buildup Factors and Attenuation Coefficients", Contributed by ANS Standards Working Group ANS-6.4.3. The package was assembled by D. K. Trubey from computer-readable files transmitted from Japan by Y. Sakamoto.
- (22) 平山英夫, 田中俊一: "光子遮蔽計算における1センチメートル線量等量", 日本原子力学会誌, 31 [7], 841 (1989).
- (23) 「放射線施設遮蔽」研究専門委員会・ビルドアップ係数小委員会: "ガンマ線ビルドアップ係数の現状と今後の課題", 日本原子力学会誌, 30 [5], 385 (1988).
- (24) 播磨良子, 田中俊一, 坂本幸夫, 平山英夫: "新しいγ線ビルドアップ係数データベースと遮蔽計算への応用", 日本原子力学会誌, 31 [4], 477 (1989).
- (25) Harima, Y., Tanaka, S., Sakamoto, Y., & Hirayama, H.: "Development of new gamma-ray buildup factor and application to shielding calculations, J. Nucl. Sci. Technol., 28 [1], 74 (1991).