日本における保健物理のあゆみ

ラ ジ オ エ コ ロ ジ ー

佐 伯 誠 道*¹

Radioecology

Masamichi SAIKI*¹

1. はじめに

「ラジオエコロジー」との執筆課題が与えられて誠に光栄であり、かつ感慨無量な次第です。20 年余り前は、国際的な The Health Physics Society の日本人会員は筆者を含めて数人を超えなかった時代だったので、本学会発足の折に当時の原研・保健物理部長をなさっていた青木敏男氏からの招集を受けて設立の準備会に参上したときは、「20 周年を迎えた本学会の今日の隆盛」を夢想もしなかった小生の不明を恥じたのが感慨の一つ。もう一つは、その頃には「ラジオエコロジー」との名称を耳にした方はほとんどおられなかったと思うのに、今では堂々とこの用語が学会誌上に仲間入りして立派に市民権を得ていることです。そうは申しまでも、改めてラジオエコロジーの歴史的経緯をまとめるとなるとまったく自信がなく、編集委員の某氏に相談したところ、「貴方がやってきたようなことを書けばよい」との指示を得ました。そういわれると、ラジオエコロジーの発展とともに小生は国内外を歩んできたようにも思い始めました。しかし本稿執筆となると、この分野における活動の渦中にいたためにかえって客観的なまとめに適正を欠くかと存じます。このような点を御寛恕願うこととして、勇を鼓して思いつくままに記させていただきます。

2. 「ラジオエコロジー」という言葉

ラジオエコロジー (radioecology, 放射生態学) という用語は、他の学問分野でもしばしば見受けられるように、甚だ広義に使われるときと、狭義に使われる場合と

があるように見受けられます。原子力施設の増加とともにこの分野の研究が内容的な充実と国際的な発達を遂げてきた経緯を反映してか、海外では「原子力施設に関連した環境に係わる諸問題を広く包含」してラジオエコロジーと称する場合があります。つまり、環境の生物生態系や植生に与える放射線影響はもちろんのこと、原子炉冷却水の温度問題、すなわち温排水の生物に与える影響までも含めてしまう例¹⁾もあるようです。反面、日本ではいって狭義に考えられ勝ちで、「放射性核種の環境における挙動の追究」のみがラジオエコロジーであろうとしている向きもあるかと思えます。本稿では、海外においてもラジオエコロジーの中心的な課題として扱われている「放射性物質の環境における挙動と、それに伴って生じる集団（主として住民）の放射線被曝線量の算定と予測に係わる科学的究明」を与えられたテーマとして取り扱わせていただきます。

3. 国際的な発達過程

保健物理学が米国において、プルトニウムを扱う職業人の放射線被曝に関する検討を中心課題として物理学者が核となって発達したように、ラジオエコロジーは、核爆発実験に加えて、米国においてはハンフォードの原子力施設等を、英国ではウィンズケール原子力施設等を対象として、環境に放出される放射性物質に関連した研究として生態学者が中心となって実質的な生長を遂げてきました。環境科学と放射線衛生の両面からラジオエコロジーが大々的に討議されたのは、1959 年のモノコ公国における IAEA-UNESCO 共催・FAO 後援による「放射性廃棄物処分に関する科学会議（略称：モノコ会議）」²⁾が始めだと思えます。31 カ国から 283 名の科学者が参加して、米国、英国、仏国、ソ連等の原子力施設周辺の環境放射能データや環境安全管理法に関する発表

*1 放射線医学総合研究所那珂湊支所環境放射生態学研究部；茨城県那珂湊市磯崎町 3609 (〒311-12)

Division of Radioecology, Laboratory for Radioecology, NAKAMINATO, National Institute of Radiological Sciences; 3609, Isozaki-machi, Nakaminato-shi, Ibaraki-ken, 311-12 Japan.

を中心に放射線医学, 生物学, 気象学, 水文学, 農学, 海洋学, 水産学等の諸見地からの検討が行われました。つまり, この会議によって, 米国, ソ連等のそれぞれの国内における原子力関係科学者だけで討議されていた科学情報が始めて国際的に公表され, 広い科学分野からの総合的な研究推進に拍車がかけられた訳です。

筆者はこのモナコ会議の Senior Scientific Secretary を勤めたので, 会議の状況に関して若干の印象を記させていただきます。原子力に関しての開発途上国からの環境科学者の質疑に対して, 米国リバーマン氏, カナダ国マウソン氏, 英国ダンスター氏, 仏国ジャマー氏, ミコン氏等が熱意に満ちた答弁を行う連日で活気に満ちた会議でした。しかし開催前には, 先進国のなかにはこの種の会議に乗り気でなかった国もあり, 会議の科学担当だった筆者が米国ワシントン AEC 本部に説明に行ったり, チェコを通じてソ連に理解を求めたりの奔走的一幕もありました。終局で米, 英, 加, 仏, ソ等の原子力関係当局がいずれも一流の科学者を網羅して大挙参加させるようになったことは, 元 IAEA 事務次長であった仏国科学者の故デ・ラボレー氏の熱意に満ちた指導に負うこと多大でした。

また IAEA 初代の事務総長コール氏, UNESCO 事務総長ベロネッセ氏も参加されたことは, 日, 米, 欧州等からの学術会議関係者多数の参加と相俟って, 斯学分野の国際的な発展にとって幸いだったと存じます。

この会議に米国各地からの参加者多数から, 「モナコ会議のような会議を定期的に開くことが必要」との意見が聞かれました。このような動向を反映してか, 1961 年には米国で第 1 回ラジオエコロジー・シンポジウムがコロラド州立大学において原子力委員会や諸学会の共催で開かれて, 各地の研究機関からの 90 に及ぶ発表³⁾が行われました。6 年後の 1967 年には第 2 回のシンポジウム⁴⁾も開催されているので, ラジオエコロジー・シンポジウムは全米的な行事として定着したと見られます。一方, ヨーロッパでは, 仏国原子力庁の肝煎りでジャマー氏, プレッソン氏, グラウビイ氏等が世話人となり, 仏国カダラッシュ原子力施設において 1969 年に第 1 回⁵⁾, 1979 年に第 2 回の学会がラジオエコロジー国際シンポジウムと銘打って開かれました。

海洋に関しては特に国際的な交流の必要性が高いため, IAEA 本部 (ウィーン) を中心としての海洋ラジオエコロジーに関する活動は, 1958 年以降継続して行われています⁶⁾。他方, IAEA に協力して OECD-NEA (経済協力開発機構・原子力機関) は, 海洋ラジオエコロジー・シンポジウムを 1968 年 (仏国ラアーグ原子力

施設)⁷⁾, 1971 年 (西独・水産ラジオアイソトープ研究所, ハンブルグ)⁸⁾, 1979 年 (東京)⁹⁾ に 3 回開催しました。

このようにラジオエコロジーは, 「原子力施設に関連する環境安全管理の研究」として発達し体系づけられ, 国際的な学会活動も定着してきました。他方, 国連放射線影響科学委員会 (UNSCEAR) の physical group が核爆発実験による放射性降下物の放射能データを駆使して, 環境放射線による人体の被曝線量算定を体系づけてきた成果は, ラジオエコロジーの基礎固めに貢献したものと評価されましょう。人体の放射線被曝の限度について, 古くから国際的に高く評価されている国際放射線防護委員会 (ICRP) が, 近頃では一般環境の分野へも勧告と科学資料を提供していますが, 前記のラジオエコロジーに関する諸情報が勧告の科学的根拠となっていると考えます。

4. 日本におけるラジオエコロジー発達の経過

(1) 核爆発実験の影響調査開始 (1954 年~1960 年代中頃) — 文部省関係を中心としての創始期 —

放射性物質による環境汚染評価の重要性が日本で広く認識され始めたのは, 何といたっても「1954 年のビキニ環礁での核爆発実験」の時といえましょう。その折は, 大学と研究機関からの多くの科学者が協力して環境放射能を測定し, その影響評価に取り組んだ訳ですから, ラジオエコロジーの研究はこの時代に実質的に発祥したといっても差支えないと考えます。木村健二郎氏 (東大名誉教授) の研究室に当時居られた本田雅健氏, 村上悠紀雄氏, 池田長生氏等による放射性降下物の放射化学分析, 三宅泰雄氏, 猿橋勝子氏 (当時は気象研) 等による放射性降下物の地表への降下に関する挙動ならびに海洋での挙動の解明, 三井進午氏 (東大名誉教授), 川瀬金次郎氏 (新潟大名誉教授) 等による土壌と農作物汚染機構の究明, 津郷友吉氏 (東大名誉教授), 神立誠氏 (東大名誉教授) 等による畜産物の放射能に関する研究, 故森高次郎氏, 檜山義夫氏 (東大名誉教授) を中心に筆者, 市川龍資氏等が実施した水産生物に関するの食品衛生学的研究等が多々あげられます¹⁰⁾。このような「放射化学, 地球化学から農学, 水産学におよぶ広範な研究」の実施にあたっては, 理化学研究所の故山崎文男氏を始め浜田達二氏, 岡野真治氏等が放射線測定に指導的役割を果たされました。

ラジオエコロジーに関する成果を回想して, 当時のトピックを紹介致します。まず気象研究所・三宅研究室は, ストロンチウム-90, セシウム-137 降下物を測定し, そのデータから「成層圏におけるストロンチウム-

90 の滞留時間が 1.1 年」とし、海洋に関しては「太平洋の表面水は約 10 年で水平的に均一混合される」ことや、「温度躍層下の深層水の鉛直拡散係数は約 $200 \text{ cm}^2/\text{sec}$ であること」を示しました。「海水の放射能は主としてセリウム-144 等の核分裂生成物であること」も分かりました¹¹⁾。他方、生物に関しては「放射能魚の放射性物質の主成分は核分裂生成物ではなくて、亜鉛-65、鉄-55、鉄-59 である」ことが佐伯誠道（当時は東大）、天野慶之氏（当時は東海区水研）、河端俊治氏（予研）により 1955 年に報告され、さらに佐伯によってバリウム-140（ランタン-140）、マンガン-54 も確認され、著者のカドミウム-113 m、カドミウム-115 m も分離されました¹²⁾。米国 AEC の委託によりビキニ環礁の放射能調査を実施していたコロンビア大学放射線生物研究所（当時の所長はドナルドソン氏）の報告では、魚の放射能はセリウム-144 等の核分裂生成物とされていたので、上記の筆者等の分析データは予想外のことでしたため学会で論議的となりました（後に米国 AEC ニューヨーク環境放射能研究所のハーレイ博士等により日本の成果が追試され米国でも承認された）。佐伯によって「汚染魚（軟組織）放射能の主体は放射性の鉄、亜鉛、カドミウムであり、少量のマンガン、バリウムが存在し、ストロンチウム-90 は至って微量」との存在量の全貌が報告され、さらに活魚飼育 RI 実験によって魚が核分裂生成物よりも亜鉛、鉄等の爆発時の誘導生成物を選択的に取り込むことが実証され、「放射性物質の生物濃縮の重要性」が指摘されました¹²⁾。

多くの科学者による当時の成果は、UNSCEAR にも報告され活用されました。つまり、日本の放射能研究成果が国連の報告書に貢献し始めた訳です。三宅泰雄氏、田島英三氏、檜山義夫氏等の御努力により、1954 年より文部省は特定の総合研究としてかなり多額の放射能研究費を環境放射能分野に投じました。そのためもあって、多くの科学者が参加しての総合研究が 1968 年に至る 14 年間継続して実施されました。

（2）原子力開発に伴ってのラジオエコロジーの歩み （1960 年代中頃～1970 年代中頃）— 科学技術 庁関係による中間期—

日本でラジオエコロジーの用語が使われ始めたのはいつ頃からかは定かではありませんが、あるいは筆者が江藤秀雄氏（当時の放医研・科学研究官）のおすすめで保健物理協議会（日本保健物理学会の前身）ニュースに 1963 年 5 月に「保健物理関係分野に関する学問体系」を図示した折の記載が最初かも知れません¹³⁾。この頃に、科学技術庁におられた村田浩氏（前・原研理事長）は、

かつて駐英国・科学アタッシュをなさった経緯もあってか、「原子力施設の環境放射能問題」にもおこわしく、同氏が科学技術庁・職員研究集会の世話人代表をしておられたので、筆者は呼ばれて「ウィンズケール再処理施設等の環境安全管理」の話をさせていただきました。当時筆者は IAEA より大学に復職した翌年で、放医研に移ったばかりで、「環境放射能の研究に専念できる」と張り切っていた頃なので、科技庁の多くの方々とラジオエコロジー研究の必要性を語り合ったことを記憶しています。

さて当時は日本原子力研究所（原研）では「職業人に対する保健物理学的研究」に焦点をしばって業務推進をされていたためか、1960 年代の初期に科学技術庁・放射能調査の大部分を放医研が担当することとなりました。この頃（1963 年）から放医研、気象研等の手になる環境放射能データは、Radioactivity Survey Data in Japan として集録され放医研から出版され始めました。その後、放医研では放射能調査と併行してラジオエコロジー研究を進めることとなり、従来からの環境衛生研究部（当時の部長：渡辺博信氏）に加えて、新たに環境汚染研究部が 1964 年に発足し、故塚本憲甫所長が部長を兼務され、筆者が同部の研究業務全般の世話をするように命ぜられました。種々の研究がスタートしましたが、印象的なものを拾ってみます。小柳卓氏等による「放射性核種の都市における上下水道での挙動」、上田泰司氏・鈴木譲氏等による「日本人の食物放射能の解明」、長屋裕氏・大桃洋一郎氏等による「深海と沿岸水域における放射性核種の挙動」、大桃洋一郎氏等による「牛から牛乳へのヨウ素移行率の欧米と日本との相違」、笠井篤氏（原研）と大桃氏の協力による「野菜へのヨウ素付着の化学形による相違」、鎌田博氏等による「河川水と地下水系での放射性核種の挙動」、田中義一郎氏・小柳卓氏等による「人骨と人体組織における放射性核種蓄積の解明」、また藤田稔氏（当時原研）の人体内セシウムに関する研究につづいての内山正史氏による「セシウムの生物学的半減期の欧米人と日本人との相違」などの諸研究成果があげられます¹⁴⁾。

その後 1960 年代の後期に動力炉・核燃料開発事業団（動燃）による使用済核燃料再処理施設の建設計画が具体化し、原子力推進のためにラジオエコロジーが必要ながことが広く認識され出しました。つまり、「日本全国を一丸とした画一的な放射線被曝線量予測」の研究だけでなく、「放射能の放出源から人間にいたる環境中での放射性物質の移動をモデル化して、最も問題となる集団の被曝に影響する環境と人の特性を反映した計算モデルと

パラメータを設定する」研究の推進が一層必要となりました。

特に沿岸水域への液体放射性廃棄物の放出に関する影響が環境安全評価上で最も注目されるので、広範な研究の効果的促進が関係当局より要望されました。1966年7月の原子力委員会決定および科学技術庁の庁議決定によって、(財)原子力安全研究協会を協議の場として国公私立の研究所と大学との研究者が「放射性廃液の海洋放出問題」に焦点をしばって5カ年計画で協同研究を進めることとなりました¹⁵⁾。関連する国立研究所長の故塚本憲甫氏、御園生主輔氏(当時は放医研所長)等と三宅泰雄氏、田島英三氏、檜山義夫氏等とからなる委員会の指導の下に、海洋拡散(主査:故坂岸昇吉氏)、生物(放射性物質の海水中での変化と生物濃縮、水産食品の消費調査、体内被曝線量評価等、主査:佐伯誠道)、化学(迅速、簡易分析法等のモニタリング技術の開発、主査:山県登氏)等の専門部会ができて研究が始った訳です。

まず内外の情報を整理し検討した結果、水産食品摂取による放射線被曝を算出する場合のパラメータとして重要な「海洋生物の放射性核種の濃縮係数」に関する既存データの多くが「海水と生物との安定元素濃度の文献値から算出したもの」であるために、「定量法の相違によるデータのバラツキ」に加えて、「海水中における放射性物質の物理的・化学的形態の相違による変動が不詳であること」等が指摘されました。したがって、沿岸水域の魚介藻類を対象としての活魚飼育 RI 実験等を推進することとなりました。上記趣旨の原安協・委員会の勧告を受けて、科学技術庁は1968年に放医研に臨海実験場(場長:佐伯誠道)を発足させ、翌1969年には茨城県那珂湊市の海岸に実験棟を完成させました。この臨海実験場で筆者、小柳卓氏等の化学、生化学、生物学専攻の研究者の協力によって、「ルテニウムやセリウム等の生物濃縮に与える化学形変化の寄与」、「水温、光等の環境要因が魚介藻類の放射性物質濃縮係数に与える影響」等の研究が始まった次第です。「海水中に新たに入ったセリウムは次第に不溶化される傾向」や、「ストロンチウムの魚骨への移行と蓄積は短期日では平衡状態とならないこと」等が解明され、このような現象を数式に組入れて計算すると安定元素濃度から求めた濃縮係数と RI 実験によって得た濃縮係数はほぼ一致することが分りました。他方、「原子炉排水による温度上昇に起因する濃縮係数の変化は1.5~2倍程度にすぎないこと」、「ヒラメやカレイ等の底棲魚が海底泥からコバルト等を取り込む割合はいたって小さいこと」、「廃液とともに移動すると予想されるシラスの放射性物質のとり込みと排泄との速

度を始めて把握した」こと等の成果が得られました¹⁶⁾。また大桃洋一郎氏等による「沿岸住民の水産食品消費実態調査結果にもとづくクリティカル径路による住民被曝線量の算定」も、ここでの調査研究でした。これらの内部被曝に関連する成果は、市川龍資氏(放医研)・飯嶋敏哲氏(原研)等による漁師等の外部被曝線量に関する試算結果¹⁷⁾とともに、放射性物質の沿岸水域放出の影響に関する政府関係当局の環境アセスメントの基礎資料となりました。

なお放医研・臨海実験場の研究に、大学関係や公衆衛生院はもちろんのこと、水産庁東海区水産研究所や茨城県水産試験場等の研究者が積極的に協力と指導をされました。これは研究者相互の連絡が密であったことに加えて、当時の水産庁調査研究部長をされた森沢基吉氏、田中浩一郎氏、佐々木輝夫氏等や東海区水研所長・日高武達氏等による省庁の違いを超えての協力に負うことが多かったと思います。ラジオエコロジーのような学際的(interdisciplinary)研究には、既存の学問体系を横に結んでの協力が如何に有意義かを痛感させられた時代でした。

(3) ラジオエコロジー研究体制の恒久化(1970年代中頃~1982年)―研究所、大学における斯学研究組織の充実―

前記のように多く科学者の支持によって発足した放医研(東海支所)臨海実験場は、その後(1975年)に前記の環境汚染研究部と合体して、那珂湊支所(支所長:渡辺博信氏、伊澤正實氏)と称して環境放射生態学研究部(陸圏と人体被曝に関する3研究室)、海洋放射生態学研究部(海洋と海洋生物に関する2研究室)の2研究部により、研究が進められることとなりました。かつての臨海実験場が Lab. for Marine Radioecology, NIRS として海外でなじまれてきたこともあって、支所の英名は Lab. for Radioecology, NAKAMINATO, NIRS が慣用され、2研究部の名称にはラジオエコロジーの和名として「放射生態学」が公式に採用されるに至りました。かつて放医研・環境汚染研究部発足の折に、筆者は部名の候補として「放射生態学」を提唱した覚えがありますが、「意味が分らない」と至って不評でした。こんな昔話も今日では作り話のように想えてくる昨今です。

さて、放医研では環境衛生研究部に加えて上記の2研究部、国立公衆衛生院では放射線衛生研究部(部長:山県登氏)が主としてラジオエコロジー研究を実施してきた訳ですが、水産庁関係では東海区水研に放射能部(部長:敦賀花人氏)が発足しました。また動燃においても安全管理室(室長:黒川良康氏、武藤正氏)、東海研究

所・安全管理部（部長：福田整司氏，志賀健一朗氏）において環境放射能の研究が強化され，高度の測定技術を駆使しての環境における長半減期核種の調査や，放射能モニタリング・データをもとにした海洋生物濃縮係数などの特筆に価する成果があがっています。保健物理学における中心的な存在として，古くから立派な実績をあげてきた原研・東海研究所の保健物理部（部長：宮永一郎氏，伊藤直次氏）に加えて，原研では新たに 1977 年より環境安全研究部（部長：天野恕氏，今井和彦氏）が発足したのを機に従来に増して環境の研究が進み，緊急時環境放射能予測や放射性廃棄物処分に関連する研究が着々と進んでいます。他方，科学技術庁の放射能調査にたずさわってきた都道府県の衛生研究所または公害センターの技術的向上は著しく，特に県下に原子力施設を擁する茨城県，福井県等では放射能調査の域を脱したラジオエコロジー的な研究成果があがっています。

大学関係では，東大・医・放射線健康管理学教室（教授：勝沼晴雄氏，吉澤康雄氏），東大・農・水産学科（助教授：清水誠氏等），筑波大・化学系（教授：池田長生氏），近畿大・工・放射線生物学生態学教室（教授：本田喜秀氏），京大・工・衛生工学教室（教授：岩井重久氏，井上頼輝氏）等によりラジオエコロジー研究がつづけられてきましたが，特に京大・原子炉実験所・放射線管理研究部門（教授：桂山幸典氏）と，1975 年に創立された金沢大学・理・低レベル放射能実験施設（教授：阪上正信氏）からは研究に加えてラジオエコロジー分野へも多くの研究者を生み出しつつあります。

ビキニ原爆の放射能調査に端を発したラジオエコロジー創生期には，寄せ集め世帯的な「見えざる研究所」であったものが，現在ではラジオエコロジーに専従する研究機関と教育組織ができたので，今後のラジオエコロジーの学問的水準の向上と社会的貢献の増加とは大いに期待しても間違いのないと思います。

5. おわりに

環境から人体に至る放射性物質の移行を解明しての人体の放射線被曝線量の算定や予測をする上で，総合的解析の面においてまだ不十分な点が多く残されているように思います。内部被曝を考えると，日本人の摂取する農作物や魚介藻類が著しく多種類であることが，被曝モデルを単純化できない困難をもたらします。また計算に使用するパラメータも数多くを究明しなくてはなりません。外部被曝においても，生活様式が純和風から欧米風に至るまで多様なことは無視できません。このような点を克服し線量評価の科学的向上をはかって，実際の計算モデルの開発ならびに実証的なパラメータの設定

に，今後もつとめたいものです。

参考文献

- 1) 西脇 安；私信（1982）。
- 2) Disposal of Radioactive Wastes (Proceedings of the Scientific Conference, 1959, Monaco), Vol. 1; 603 pp., Vol. 2; 575 pp., IAEA, STI/PUB/18, Vienna (1960).
- 3) Radioecology (Proceedings of the First National Symposium, 1961, Colorado), 746 pp., Reinhold Publishing Co., New York (1963).
- 4) Symposium on Radioecology (Proceedings of the Second National Symposium, 1967, Michigan), 774 pp., Biology and Medicine (TID-4500), CONF-670503, U.S.A. (1969).
- 5) Symposium International de Radioecologie, Session I-III: p. 1-664, Session IV-VI: p. 665-1192, Centre D'Etudes Nucleaires de Cadarache (1969).
- 6) 佐伯誠道；放射性廃棄物の処分，特に海洋処分に関する IAEA の動き，放射線科学，**14**, No. 3, 1 (1970).
- 7) Proceedings of the Seminar on Marine Radioecology, 150 pp., NEA, Paris (1968).
- 8) Marine Radioecology (Proceedings of the Second Seminar) 213 pp., OECD-NEA, Paris (1971).
- 9) Marine Radioecology (Proceeding of the Third Seminar) 409 pp., OECD-NEA, Paris (1979).
- 10) 文部省研究報告集録，放射線影響編；昭和 29 年度～33 年度（1954～1958）。
- 11) 三宅泰雄他；（1954 年から多数の報告があるが，次記に収録されている）Geochemical Study of the Ocean and the Atmosphere，気象研究所地球化学研究部 850 pp. (1978)，「海洋と大気の地球化学」気象研究所地球化学研究部 879 pp. (1979).
- 12) 佐伯誠道他；放射能汚染魚の放射性核種：Zn-65，日本水産学会誌，**20**, 902 (1955)；放射能汚染魚の放射性核種：Zn-65, Fe-55, Ba-140, La-140，日本水産学会誌，**22**, 645 (1957)；放射能汚染魚の放射性核種：Zn-65, Cd-113 m, Cd-115 m, Zn-65, Ba-140, La-140, Fe-55, Fe-59, Mn-54，日本水産学会誌，**23**, 729 (1958)；核分裂生成物の魚体内転移，第 1 回日本アイソトープ会議報文集，546 (1956)；「放射能汚染魚中の放射性核種

- とその魚体内転移」, 第2回日本アイソトープ会議報文集, p.576 (1958). (その他日本農芸化学会誌, 日本分析化学会誌に報告あり (1954~1958)).
- 13) 佐伯誠道; 日本保健物理協議会ニュース, No. 4, p.91 (1963).
- 14) 放射線医学総合研究所年報 (昭和 38 年度~昭和 42 年度).
- 15) 原安協; 放射性廃液の海洋放出調査特別委員会の概要, 原子力安全研究協会 (1967); 「放射性廃液の海洋放出調査特別委員会 5 ヶ年のあゆみ」, 原子力安全研究協会 (1971).
- 16) 佐伯誠道, 小柳 卓, 大桃洋一郎, 鈴木浜治, 石川昌史, 平野茂樹, 中原元和, 石井紀明, 池田保, 住谷みさ子; 放射性核種の海産生物への移行に関する研究ならびに水産食品消費実態調査 (海洋放射能調査報告書), 放医研, NIRS-R-3 (1974).
- 17) 海放特委・試算分科会; 放射性廃棄物の海洋放出による外部被曝線量の試算, 原安協報告-14 (1968).