

敦賀原発一般排水路の放射能測定

°小出裕章・今中哲二・海老沢 徹・川野真治・小林圭二・
瀬尾 健（京大炉），久米 三四郎（阪大理）

京都大学原子炉実験所
第16回学術講演会
講演要旨集 別刷

昭和57年 3 月19日

(17) 敦賀原発一般排水路の放射能測定

° 小出裕章・今中哲二・海老沢 徹・川野真治・小林圭二・
瀬尾 健 (京大炉), 久米 三四郎 (阪大理)

I. はじめに — 公表された事故経過

1981年4月8日、福井県衛生研究所が定期的環境モニタリングのため採取した日本原子力発電(株)敦賀原子力発電所(沸騰水型、定格出力37.5万W_e)サイト東南約700mの浦底湾内ホンダワラから、⁶⁰Co 0.49 pCi/g生、⁵⁴Mn 0.15 pCi/g生が検出された。この量は過去1~2年間平均値の10倍以上に相当する。続いて行なわれた日本原子力発電(株)(以下原電)による調査で、サイトからの一般排水路出口柵の堆積土砂より⁶⁰Co 61 pCi/g、⁵⁴Mn 10 pCi/g、一般排水路マンホール内堆積土砂より⁶⁰Co最高9941 pCi/g、⁵⁴Mn最高1458 pCi/gが検出され、本来非放射性廃水用である一般排水路が汚染されていることがわかった。原電からの報告を受けた通産省は、4月18日未明、記者会見を行ない、湾内汚染の事実を公表した。翌日より通産省の立入検査および事情聴取が行なわれた。その結果、一般排水路が放射性廃棄物処理旧建屋の下を通りマンホールの幾つかが同建屋内にあること、その間で一般排水路に放射性廃水が浸入し、浦底湾に流出したことが判明した。放射性廃水が一般排水路へ漏洩した経緯は、5月18日付通産省の「最終報告書」¹⁾によれば、およそ次のようになっている。

1981年3月7日20時頃、原子炉冷却材浄化系フィルター・スラッジの貯蔵タンクへの移送が行なわれた。移送終了後、配管を洗淨するため通水されたが、作業員(運転当直班員2名)は弁を閉じ忘れたまま次班と交替してしまった。洗淨水はフィルター・スラッジ貯蔵タンクをオーバーフローし、それを受けるニフのドレンタンクをいずれも溢れさせた。さらにスラッジを含む廃水は床下にこぼれ落ち、床サンプもオーバーフローした。この間、サンプ水位高高による警報が鳴り、サンプホンプが自動的に起動したと思われる。だが、確認ボタンを押し警報停止した人もわからなければホンプの起動に気付いた人も居ない。廃水は、フィルター・スラッジ貯蔵タンク室から、隔壁を貫通している配管を通じて隣の洗濯廃液ろ過装置室へ流れ込み、さらに、同室の出入口しきいを越えて建屋の廊下を水びたしにした。その面積は約230m²に達した(図1)。この間2回の巡視英検があったが、英検項目にはいっているフィルター・スラッジ貯蔵タンク水位の変化に、英検員はいずれも気付いてない。ようやく3回目の英検(3月8日午前11時頃)で廊下が水びたしになっていることを発見し、洗淨水用の弁は閉じられ、廃液流出は停止した。廊

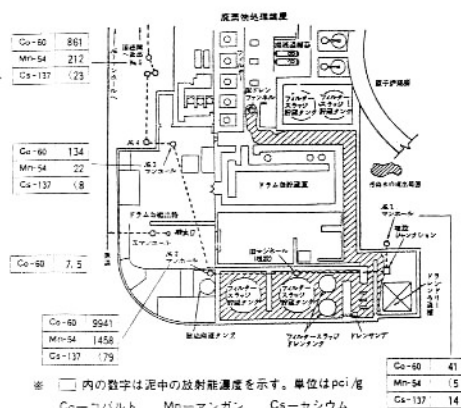


図1 原電—通産省のストーリーによる汚水流出範囲
および一般排水路の汚染

下等には溢れた廃水は切り取りですくって回収し、そのあとラエスで拭取り、簡易除染を終了した。一方、この時の廃水が一般排水路に漏洩した経路を調べるため、洗濯廃液ろ過装置室に着色した水を張り漏洩試験をした結果、漏洩が確認された。オーバーフローした廃水量は、原電職員に対する事情聴取等から $14.5 \sim 15 \text{ m}^3$ と推定され、このうち回収量の推定値 14 m^3 を差引くと、約 1 m^3 が環境中へ漏れた。その放射エネルギーは 10 数 mCi から数 10 mCi と推定される。以上が「最終報告書」のあらましである。

この報告書では、多くの疑問点が未解決のまま残されている。たとえば、なぜ2回も巡視員換しながらタンク水位の変化に気付かなかったか、サンポ水位警報を停止した人やポンプ起動に気付いた人が本当に居なかったのか、などである。漏洩経路についても、事故現場であるフィルター・スラッジ貯蔵タンク室は、高線量のため立入ることはできず、調査されていない。従って、別の経路が無かったとは言い切れない。環境への漏洩量も、「最終報告書」自身が認めるように、原電職員の記憶があいまいなため、確かなものではない。このように「最終報告書」は、今回の環境汚染をもたらした原因とその経路を特定するには、根拠の乏しいものと言える。

ところで、今回の事故は地元住民に、原電、国の安全審査体制および通産省の検査体制に対する不信感を増加させた。地元住民組織である「原発に反対する福井県民会議」は、4月25日現地調査を実施し、筆者らも参加した。事情聴取の他、種々の資料閲覧を申し入れたが、資料の大部分は拒否された。しかし、提示された資料中からも幾つが疑問点が見出されている。たとえば、オーバーフロー時刻をはさむる月7日晚および8日朝の英検記録では、今回の事故に関係したと言われる三つのタンクの水位に変化が無い。原電は、この三項目のみ「誤記だ」と釈明するが、不自然の感をまぬがれない。筆者らはさらに、汚染の実態と原因調査のため、問題の一般排水路に開口する8箇所マンホールと、それとは別系統の一般排水路にあるマンホール2箇所から堆積土砂を採取した。その目的は、通産省発表のマンホール別放射能濃度測定結果において、① No.3 マンホールの値が異常に低く、そこを谷間にして上流から下流へ2つの山を形成している事実を確かめること、② No.4、6 および8 マンホールのデータが無いため、それらの測定を行なうこと、③ 放射性セシウムについての報告が無いため、それについて調べることである。だが、土砂の持出しは拒否された。調査団と原電との度重なる交渉と辛余曲折を経た後、原電内で、同社の測定器等を使用して、採取した土砂の放射能測定を果敢することになった。8月31日～9月4日に才1回の、10月12日～16日に才2回の測定が現地で行なわれた。以下、測定の概要と結果を紹介し、これまで触れられて来なかった新たな問題点を報告する。

II. サンプルングおよび測定

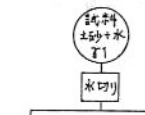
試料として、1981年4月25日、原電敦賀発電所構内の旧廃棄物処理建屋周辺のマンホール No.1～No.8、MH-X、MH-1 の計10箇所から水と土砂との混合物約 500 ml を採取した。各マンホールにおける土砂の堆積状況が非常に異なったため採取土砂の量もばらつきが生じた。各マンホールの位置は図2に示す通りで、汚染事故の生じた一般排水路に沿って上流から

順に No.1~No.8 と呼ばれている。MH-X は雨水排出用水路が廃棄物建屋増設のため建屋内に取り込まれたもので、MH-1 は旧廃棄物処理建屋とは異なる系統にある。

Ⅱ-1. 試料の処理

試料の水切りを行い、その後、土砂の乾燥、乾燥試料のふるい分け（粒子径 250 μm で分けぬ）を行い、各々に γ 線放射能（ α 線スペクトル、 β 線スペクトル）の測定をした。

更に土砂中のセシウムを核種ごとに定量するための、化学分離を行った。図3に試料処理の概要を示す。データ取り扱いの便宜上各々 $\gamma 1$ 、 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ の名称を付した。なおふるい分け後の試料が 50g に満たぬもの（No.2, No.5 の 250 μm 以下、No.5 の 250 μm 以上）については、乾燥試料の β 線スペクトル測定用試料が確保できなかったため、この測定を省略し、全量をセシウム分離に供した。



II-2. セリウムの化学分離

セシウムの化学分離は科学技術庁
の分析マニュアルを参考にして行、た。
手順の概要を図4に示す。オ1回目
の測定でセシウム4の収率が悪か、た
ため、オ2回目では、カ主ソーダ抽
出、水酸化物、炭酸塩の沈澱生成、
遠心分離の手順を省略し、その代
り塩酸抽出を急入りに行、た上に
残渣の塩酸による再抽出をした後、
直接リノモリブデン酸アモニンに
よりセシウム4を分離した。

II-3. β 線スペクトル測定用試料

ストロンチウムの存在を調べた 図3 試料処理および測定の手順 図4 センク4に化学分離の手順

めに、予備的に土砂そのものを測定した。更にいくつかの試料について、炭酸塩沈澱(No.2, No.6の細砂), 硝酸塩沈澱(No.1, No.3の粗砂)を作り, β 線スペクトル測定用試料とした。

II-4, 計測方法

γ線スペクトル測定には遮蔽付環境試料測定用Ge半導体検出器2台を用いた。β線スペクトル測定には低バックグラウンドベータ測定器(ピコベータ計)を用いた。γ線スペクトルの測定では、 $60\text{mm}\phi\times 95\text{mmH}$ あるいは $90\text{mm}\phi\times 60\text{mmH}$ のプラスチック容器に試料を封入したものを、β線スペクトル測定では、 $50\text{mm}\phi\times 5\text{mmH}$ のステンレス容器に均等に入れた試料をライオン紙でカバーしたものを測定試料とした。

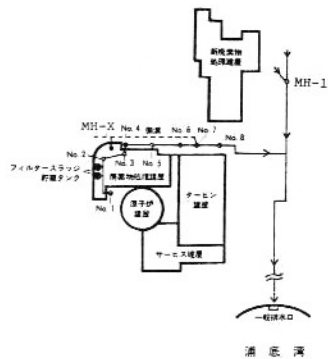
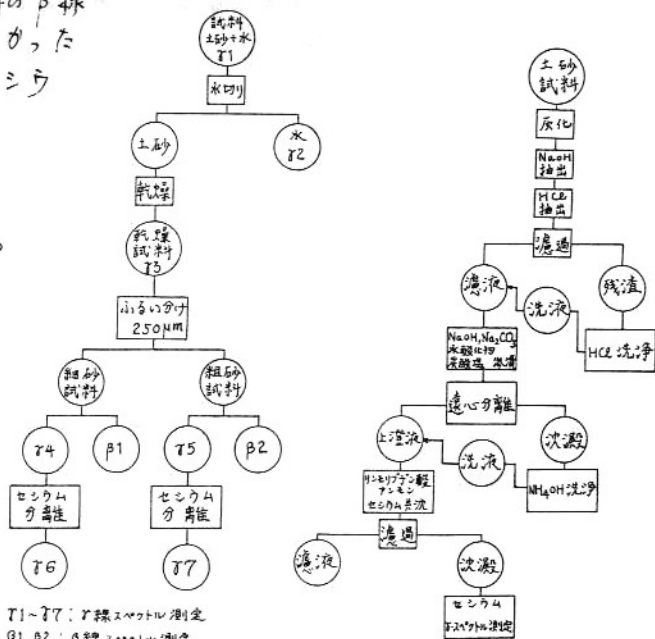


図 2 泥を採取したマンホールの位置



T1~T7: γ 線スペクトル測定
 β_1, β_2 : β 線スペクトル測定

図4 セシウム化学分離の手順

Ⅳ. 結果と考察

Ⅳ-1. 測定結果

一連のγ線測定(21~27)

より、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{137}Cs 及び ^{134}Cs が全てのマンホール試料から検出された。表1は各マンホールの放射能濃度を、ふり分け前の乾燥土砂(M3)についてまとめたとある。表のうち、23測定では検出限界以下であった核種について

は、24~27での測定結果を基に算出した。上記以外の人工放射性核種として、 ^{125}Sb は No.1, No.7, MH-X, MH-1 で、 ^{95}Nb は No.1, No.7, MH-1 で、 ^{144}Ce は No.1, No.7 で認められた。

ピークベータ測定(β_1, β_2)では、自己吸収、多核種の混在等のため、充分な解析を行えずスペクトルは得られなかった。しかし、追加測定として行った No.1 と No.3 についてのシュウ酸塩沈殿による測定では、両者から ^{90}Sr - ^{90}Y の 2.26 MeV β 線、また No.1 からは ^{144}Ce - ^{144}La の 2.98 MeV β 線が認められた。

Ⅳ-2. No.1→No.8 に沿った濃度変化

図5は、表1に基づいて No.1→No.8 の一般排水路に沿った ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{137}Cs 及び ^{134}Cs の濃度変化を示したものであり、MH-X と MH-1 も加えてある。3月8日の事故で流出した廃液は、No.1 と No.2 の間で一般排水路に流入し、No.2 より順次下流のマンホールを汚染していると考えられている。放射能の土砂への取込みは、廃液の濃度や粒度等の砂の性質に左右されるが、一般的には、下流へ行く程濃度が低くなる予想される。しかし、図5は、No.3 で大きく減少した後、No.4 から No.5 にかけて増加し、No.5 と No.6 で2番目の山を示している。この傾向は、250 μm 以下の細かい細砂、粗砂のいずれにも認められている。表2は、上澄み水のデータ(22)が得られたマンホールについての土砂同士の ^{60}Co の濃度比である。マンホールにより値は異なるものの、No.5 と

	^{60}Co	^{54}Mn	^{137}Cs	^{134}Cs
No.1	$1.2 \times 10^2 \pm 6.8 \times 10^{-1}$	$1.3 \times 10^1 \pm 5.1 \times 10^{-1}$	$1.5 \times 10^1 \pm 3.5 \times 10^{-1}$	$6.3 \times 10^{-1} \pm 4.8 \times 10^{-2}$
No.2	$3.7 \times 10^1 \pm 6.6 \times 10^1$	$5.1 \times 10^3 \pm 5.3 \times 10^1$	$1.5 \times 10^2 \pm 2.3 \times 10^1$	$1.3 \times 10^{-1} \pm 1.6 \times 10^0$
No.3	$3.9 \times 10^2 \pm 1.7 \times 10^0$	$6.8 \times 10^1 \pm 1.3 \times 10^0$	$5.4 \times 10^0 \pm 6.4 \times 10^{-1}$	$3.5 \times 10^{-1} \pm 6.1 \times 10^{-2}$
No.4	$2.6 \times 10^2 \pm 1.1 \times 10^0$	$4.7 \times 10^1 \pm 8.7 \times 10^{-1}$	$2.2 \times 10^0 \pm 4.5 \times 10^{-1}$	$1.7 \times 10^{-1} \pm 2.7 \times 10^{-2}$
No.5	$9.2 \times 10^3 \pm 4.0 \times 10^1$	$2.2 \times 10^3 \pm 3.2 \times 10^1$	$2.5 \times 10^1 \pm 7.6 \times 10^0$	$5.7 \times 10^0 \pm 1.8 \times 10^0$
No.6	$5.3 \times 10^3 \pm 1.6 \times 10^1$	$7.1 \times 10^2 \pm 1.3 \times 10^1$	$8.7 \times 10^2 \pm 1.1 \times 10^1$	$3.3 \times 10^0 \pm 2.6 \times 10^{-1}$
No.7	$1.1 \times 10^2 \pm 6.5 \times 10^{-1}$	$3.3 \times 10^1 \pm 6.7 \times 10^{-1}$	$4.2 \times 10^0 \pm 2.8 \times 10^{-1}$	$4.1 \times 10^{-1} \pm 3.2 \times 10^{-2}$
No.8	$3.4 \times 10^2 \pm 1.3 \times 10^0$	$8.8 \times 10^1 \pm 1.2 \times 10^0$	$2.0 \times 10^1 \pm 5.8 \times 10^{-1}$	$8.4 \times 10^{-1} \pm 7.8 \times 10^{-2}$
MH-X	$5.3 \times 10^2 \pm 8.4 \times 10^0$	$2.2 \times 10^2 \pm 8.9 \times 10^0$	$2.6 \times 10^2 \pm 7.7 \times 10^0$	$7.7 \times 10^1 \pm 5.3 \times 10^0$
MH-1	$1.1 \times 10^1 \pm 2.1 \times 10^{-1}$	$3.2 \times 10^0 \pm 2.2 \times 10^{-1}$	$2.7 \times 10^0 \pm 1.5 \times 10^{-1}$	$1.4 \times 10^{-1} \pm 1.8 \times 10^{-2}$

表1. 乾燥土砂のマンホール別核種濃度(23)

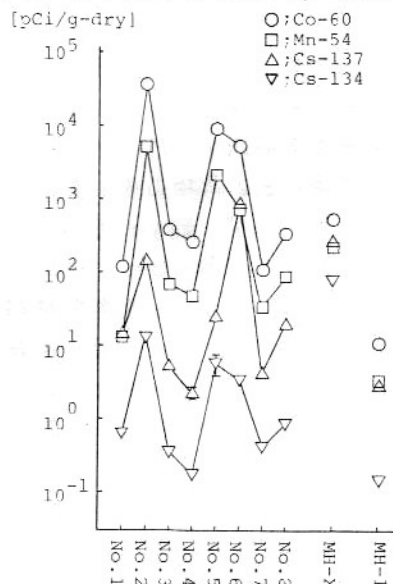


図5. 流路に沿った濃度変化

	No.2	No.4	No.5	No.6	No.8
$^{60}\text{Co}(\gamma3)$					
$^{60}\text{Co}(\gamma2)$	7700	2700	3600	5100	870

表2. ^{60}Co の水-土砂濃度比

No.6がとくに放射能を取込みやすいとはいえず、砂の性質からは、No.1→No.8に沿って22個の山が現れる理由は説明されない。

Ⅲ-3. 各マンホールの核種比

図5を詳しく見ると、第2の山のピークは、 ^{60}Co , ^{54}Mn , ^{137}Cs ではNo.5であるのに対し、 ^{134}Cs ではNo.6に達する。図6は、細砂(<250 μm)について、 ^{60}Co に対する他の3核種の比を示したものである。 $^{54}\text{Mn}/^{60}\text{Co}$ 比は比較的变化がないのに比べ、 $^{137}\text{Cs}/^{60}\text{Co}$ 比と $^{134}\text{Cs}/^{60}\text{Co}$ 比はマンホールにより2桁の違いが見られる。 $^{137}\text{Cs}/^{60}\text{Co}$ 比が大きいのは、No.1, No.6, MH-X, MH-1であり、同様の傾向は粗砂(>250 μm)についても認められている。No.1, MH-X, MH-1については、3月8日の事故経路とは直接関係なく、No.2下流ではNo.6がとくに大きな $^{137}\text{Cs}/^{60}\text{Co}$ 比を示している。図7は、細砂について $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 比を示している。No.6では顕著に $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 比が小さい。この傾向は粗砂においても同様であり、結局、No.6は ^{137}Cs で特異的に汚染されている。

Ⅲ-4. MH-Xの汚染

MH-Xは、図1から明らかになるように3月8日の事故では汚染される筈のないマンホールである。このマンホールはもとより屋外にあったものが、1977年3月建屋増設の際に屋内へ取込まれ、その上流はドラム缶搬出路の床に開口しているだけである。MH-Xの汚染は排気筒からのフォールアウトとは考えられず、 ^{137}Cs , ^{134}Cs が多いことや $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 比が大きいことから、比較的新しく炉内で生成した放射能によるものと考えられる。

Ⅲ-5. 排気筒からのフォールアウト

表1に見られるように、MH-1やNo.1においても通常の核実験フォールアウトレベルを越えた汚染が認められる。MH-1は旧廃棄物処理建屋から離れており、No.1は3月8日の事故では汚染される筈がなく雨水流入口のあるマンホールである。汚染核種は、核実験フォールアウトでは ^{137}Cs が主体であるのに対し、 ^{60}Co と ^{54}Mn が中心である。MH-1やNo.1の汚染の原因は今回の調査結果からは断定できないが、原発周辺を広くに汚染させる源として排気筒から日常的に放出されている粒子状物質のフォールアウトが考えられる。³⁾

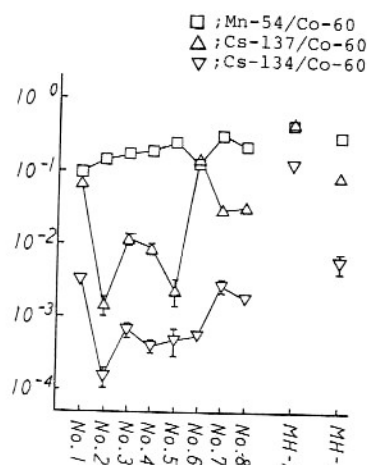


図6. 各核種の ^{60}Co に対する比 (細砂, <250 μm)

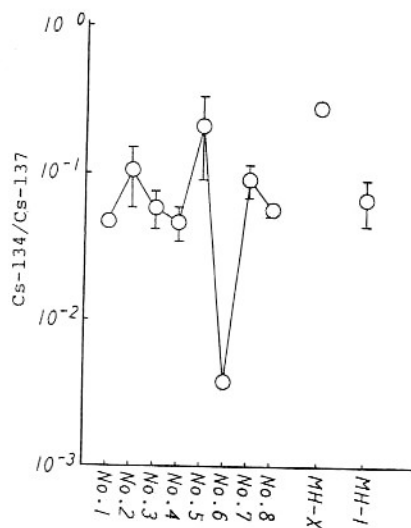


図7. $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 比 (細砂, <250 μm)

Ⅳ. まとめ

今回の測定から得られた知見は、以下のようなものである。

- ① 旧廃棄物処理建屋床下を通う一般排水路においては、上流から下流にそって、少くとも二ヶ所が放射能による汚染の山が生じている。このことは、当初から指摘されていたように、No. 3、No. 4マンホールにおいて除染が行われたが、あるいはNo. 5マンホールにおいて別種の汚染が存在することを示唆している。
- ② No. 6マンホールは、 ^{137}Cs によって異常に汚染されている。このマンホールにおける ^{134}Cs による汚染は、他のマンホールと比べて特に異常を示しておらず、 ^{137}Cs を特異的に含む別種の汚染源が存在していると考えられる。
- ③ MH-Xも汚染されている。MH-Xは「最終報告書」で示された事故とは無関係であるが、管理区域内に開口部を持つ。このため、日常的に汚染され続けに来た。
- ④ No. 1、MH-1もまた汚染されている。これらのマンホールも「最終報告書」で示された事故では汚染される筈のないマンホールである。これらの汚染源は必ずしも明らかではないが、排気筒から日常的に放出される粒子状放射性物質のフォールアウトである可能性が高い。もしそうであるとすれば、敷内周縁、敷地内を中心とした管理区域・非管理区域と関わらず、検査線フォールアウトと比べてかなり高い汚染を受けていると考えられる。

以上、今回の測定によって、敷内周縁の一般排水路は単に一回の事故による汚染されたのではなく、複数の原因によって複合的に汚染されてきたことが判明した。このことは、「最終報告書」等による認定とは矛盾している。ところが、原電および監督官庁は汚染の原因を解明しないまま、敷内周縁の運転再開を強行してしまっただけで、原電の事故に関しては、美浜原発燃料棒折損事故⁽⁴⁾で見られるように、多くの場合対応療法的処置しかとられず、事故をひき起こした原因は無視されてきた。そのため事故の再発を防止したつもりでも、すぐにまた類似の事故に見舞われることになった。今回の汚染についても、問題の一般排水路を閉鎖したとしても、それは単に一つの汚染経路を塞いだにすぎず、汚染を生んだ原因そのものが取り除かれたわけではない。何よりもまず、複合した汚染源の個々を解明することこそが一つの課題である筈であるが、原子力開発の現状は、そうなっていない。

最後に、今回の測定を愛知の担った敷内周縁放射線管理課環境放射能グループに感謝します。

<参考文献>

- (1) 資源エネルギー庁；「日本原子力発電(株)敷内発電所における給水加熱器及び一般排水路放射能漏洩事故について」；原子力安全委員令月報，1981年5月号
- (2) 科学技術庁；「放射性セシウム分析法」；日本分析センター
- (3) 小出裕章他；「敷内周縁周辺の環境モニタリング結果」；KURRI-TR-188, p. 20
- (4) 柴田俊一他；「美浜1号炉の燃料破損に関する研究報告書」；KURRI-TR-197