SN841-79-47

〔配布限定〕

本資料は 2001. 6. 6 日付けで登録区分、
変更する。
[技術情報室]

表面電離型質量分析計による質量分析測定誤差の解析
質量差別効果の統計的解析

Evaluation of Mass Spectrometric Analysis Error by Surface Ionization Type Mass Spectrometer

Statistical Evaluation of Mass Discrination Effect

1979年8月

動力炉・核燃料開発事業団
東海事業所

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184　茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部　技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2001

◎

TN841-79-47
1979年8月

登録区分
2001. 6. 6
変更表示

表面電離型質量分析計による質量分析測定誤差の解析

質量差別効果の統計的解析

Evaluation of Mass Spectrometric Analysis Error
by Surface Ionigation type Mass Spectrometer
Statistical Evaluation of Mass Discrination Effect

実施責任者　栢　明*
報告者　大西　紘一*，和田　幸男*
高橋　満*，山田　一夫*
高橋　信二*，鎌田　正行**
和田　勉***，坪谷　隆夫****

期　間　1977年4月～1979年6月

目　的　表面電離型質量分析計を用いて同位体組成分析する場合，その測定結果に対する測定誤差の大きさ，その要因の統計的解析およびこれらのデータを基に計算される，同位体希釈一質量分析法の定量値に対する誤差の解析を目的とする。

要　因

分析値には必ず測定誤差が含まれる。この誤差を解析評価することは，分析値を求めることと同様に重要である。しかし一般に測定誤差を単純繰返し誤差のみで評価し，系統誤差について評価しないことが多い。しかし系統誤差は，単純繰返し誤差に比べ有意であることが多く，測定誤差を過小評価する傾向にある。さらに，系統誤差を評価するためには，多くの時間と労力が必要である。

本報は，表面電離型質量分析計を用いて同位体組成分析における単純繰返し誤差および系統誤差を約5年間に亘り測定したデータを基に統計的に解析したものをまとめた。その結果，質量スペクトルの繰返し測定誤差に比べ，フィラメントごとの誤差（フィラメント間誤差）は多くの場合有意となった。このフィラメント間誤差の要因は，主に質量差別効果の変動によるもので，フィラメント温度の変化により大きく変動することが明らかになった。

また，1フィラメント測定における測定誤差と同位体存在度との関係は，測定誤差を変動係数（CV %）で示すと，両対数目盛でほぼ2次曲線の関係にあることがわかった。本報では更に，これらの解析結果を基に質量分析計算，解析処理計算プログラムを作成した。

---

*（所属部・課名）　*現在，技術部・分析課　**現在，再処理・工務部・分析課
***現在，プルトニウム燃料部・品質管理課　****現在，核燃料部・計画課

目　　次

1. 緒　　言 …… 1
2. 装　　置 …… 2
3. 同位体組成分析における誤差の要因 …… 4
4. フィラメント内誤差とフィラメント間誤差 …… 5
5. フィラメント間変動（質量差別効果の変動）の要因 …… 29
　5－1. 試料の酸濃度 …… 32
　5－2. 試料塗布量 …… 35
　5－3. フィラメント温度 …… 35
　　5－3－1. 試料フィラメント温度 …… 35
　　5－3－2. イオン化フィラメント温度 …… 38
　5－4. 二次電子増倍管の印加電圧 …… 38
6. 質量差別効果補正値の管理 …… 46
7. 同位体組成分析誤差の評価 …… 51
8. 同位体希釈－質量分析法における分析誤差の評価 …… 58
9. 質量分析データ処理計算プログラムの解説 …… 64
　9－1. 同位体組成計算プログラム …… 64
　9－2. 同位体希釈－質量分析計算プログラム …… 90
　9－3. U，Pu，^{148}Nd 法 による燃焼率計算プログラム …… 98
10. データの統計的計算処理プログラム …… 99
11. 考　　察 …… 103
12. 参考文献 …… 104

別添資料－1　同位体組成計算プログラム …… 105
別添資料－2　同位体希釈－質量分析法計算プログラム …… 137
別添資料－3　U，Pu，^{148}Nd法による燃焼率計算プログラム …… 142
別添資料－4　1元配置分散分析計算プログラム …… 145
別添資料－5　2元配置分散分析計算プログラム …… 150

1. 緒　　言

質量分析計は核燃料物質の同位体比測定，品質管理保障，保障措置および計量管理上最も重要な手段の一つである。この内，表面電離型（Surface－Ionigation）質量分析計は，主に核燃料物質の同位体組成分析，或は同位体希釈－質量分析法による核燃料物質の定量などに用いられている。しかし，これらの手法による分析精度（正確度も含む）について，分析誤差の要因，系統誤差（Systematic Error）および繰返し誤差（Random Error）から解析評価した例は少ない。

本報は表面電離型質量分析計を用いて，核燃料物質，ネオジム，ホウ素の同位体組成分析および同位体希釈－質量分析法について，その定量精度を統計的に解析し，主たる誤差変動の要因である質量差別効果について検討した。

これらの解析の結果，同位体組成分析における誤差の要因は，主に質量差別効果の変動によることがわかった。更に質量差別効果の変動の要因は，主に測定時のフィラメント温度に起因し，二次電子増倍管の印加電圧の変化および試料酸濃度変化等の要因はほとんど影響がなかった。また質量差別効果の補正値は，ウラン同位体標準試料（0.5％～93％ ^{235}U），プルトニウム同位体標準試料，或はホウ素同位体標準試料の測定値から求める。この補正値は ^{235}U 存在度の違いによる変化はほとんどなく，また質量数領域および測定条件がウランとほぼ等しいプルトニウムに対してもほぼ等しかった。

ホウ素に対する補正値は，ウランおよびプルトニウムに対する値に比し小さいが，1質量差当りの補正係数で比較すると両者はほぼ同じ値を示した。

更に，同じ機種の3台の質量分析計に対する補正値は，ウランおよびプルトニウム同位体標準試料測定から求めた値の平均値で比較すると有意差がなく，また3～4年間はその値の経時変化は認められなかった。

この他本報では，過去3～4年の間に測定した各種のウラン，プルトニウム，ホウ素の同位体標準試料および天然ネオジム等の測定結果から，同位体組成分析において同位体存在度と分析誤差（フィラメント間変動，CV％）との関係が，両対数目盛で2次曲線の関係にあることを見い出した。この関係はASTM[1)]およびLos Alamos[2)]のデータとほぼ一致し，また測定元素が異っても一つの2次曲線が適合した。

一方，同位体希釈－質量分析法における定量精度は，同位体希釈法計算式中の各項の測定値およびその分散合成により求めた。この値は，1つの試料に対し5～6の同位体希釈試料を作成し，測定，計算して求めた値間の分散と良く一致した。

2. 装　　置

本報で使用した質量分析計は，米国 NUCLIDE 社製，型名：12−90−SU 型の表面電離型質量分析計である。表1にその仕様，図1に装置の概略図をそれぞれ示す。

真空計は図1に示すように，2台の油回転ポンプ（150ℓ／min）により，ソース系および分析管系を10^{-3} Torr まで排気し，油拡散ポンプ（15ℓ／sec ）で10^{-5} Torr まで排気した後，イオンポンプ（100ℓ／sec，200ℓ／sec）で全体を10^{-8} ～10^{-9} Torr まで排気する。

イオンソース部はイオン化室上部より導入される方式で，イオンソース部内を大気圧から10^{-7} Torrまで約15分間で排気することができる。

表1. Nuclide 社製 12−90−SU 型質量分析計の仕様

型　　式	Nier型　単一収束
イオンソース	表面電離方式
フィラメント	三重フィラメント（センター：レニウム　両サイド：タングステン
ソーススリット	可変（0.020″）
コレクタースリット	可変（0.005″）
分　解　能	最大：2000，　通常　500
電　磁　石	最大：10000ガウス，90°，偏向，半径：12インチ
加速電圧	最大：15KV，　可変
入力抵抗	1×10^{12}，1×10^{9}
コレクター	シングルコレクタ方式，ファラディーカップ又は16段2次電子増巾方式
ゲ　イ　ン	最大：5×10^{7}
Vaccuum Lock	イオンソースがイオン化室上部より導入される方式

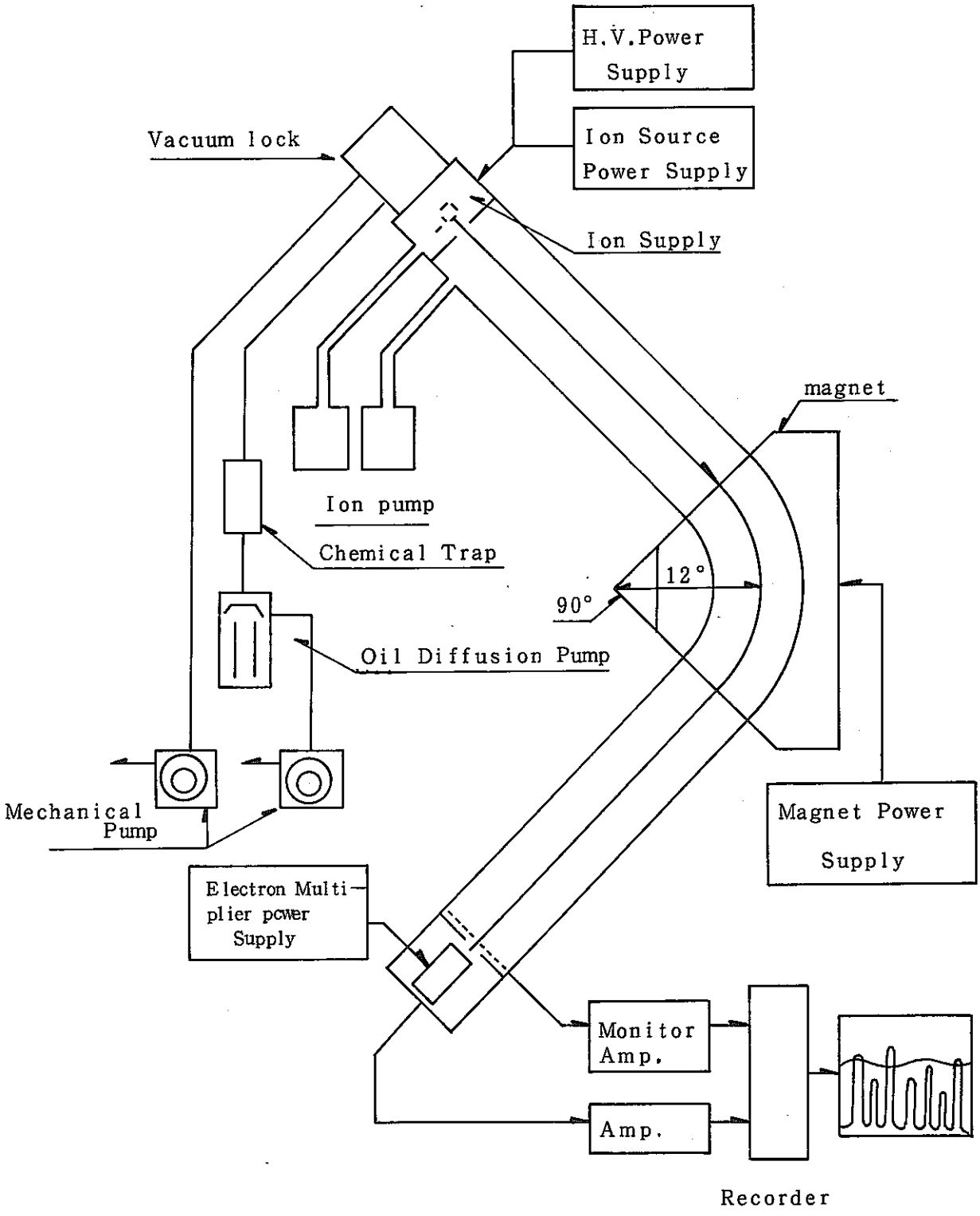


図 1. Nuclide 12−90−SU型質量分析計概略図

3. 同位体組成分析における誤差の要因

表面電離型質量分析計による同位体組成分析誤差の要因としては，主に質量分析スペクトルの繰返し測定誤差，質量差別効果の変動，測定試料の相互汚染，スペクトル解析誤差および同位体標準試料の表示値誤差等が考えられる。これらの要因を更に分解すると図2に示すような要因図となる。

これらの要因の内，スペクトルの繰返し測定誤差はランダム誤差であり，試料の相互汚染，標準試料の表示値誤差は系統誤差である。質量差別効果の補正値の誤差は，1フィラメントについて考えた場合は系統誤差となり，複数フィラメント測定の場合はランダム誤差となる。

スペクトルの繰返し測定誤差および質量差別効果の補正値の誤差は，それぞれスペクトルの繰返し測定数および測定フィラメント数を多くとることによって小さくすることができる。

一方，イオンソース部のメモリー効果による系統誤差は，同位体標準試料を測定することによりある程度確認できるが，試料溶解および試料塗布等の前処理時の相互汚染は確認できないので注意が必要である。

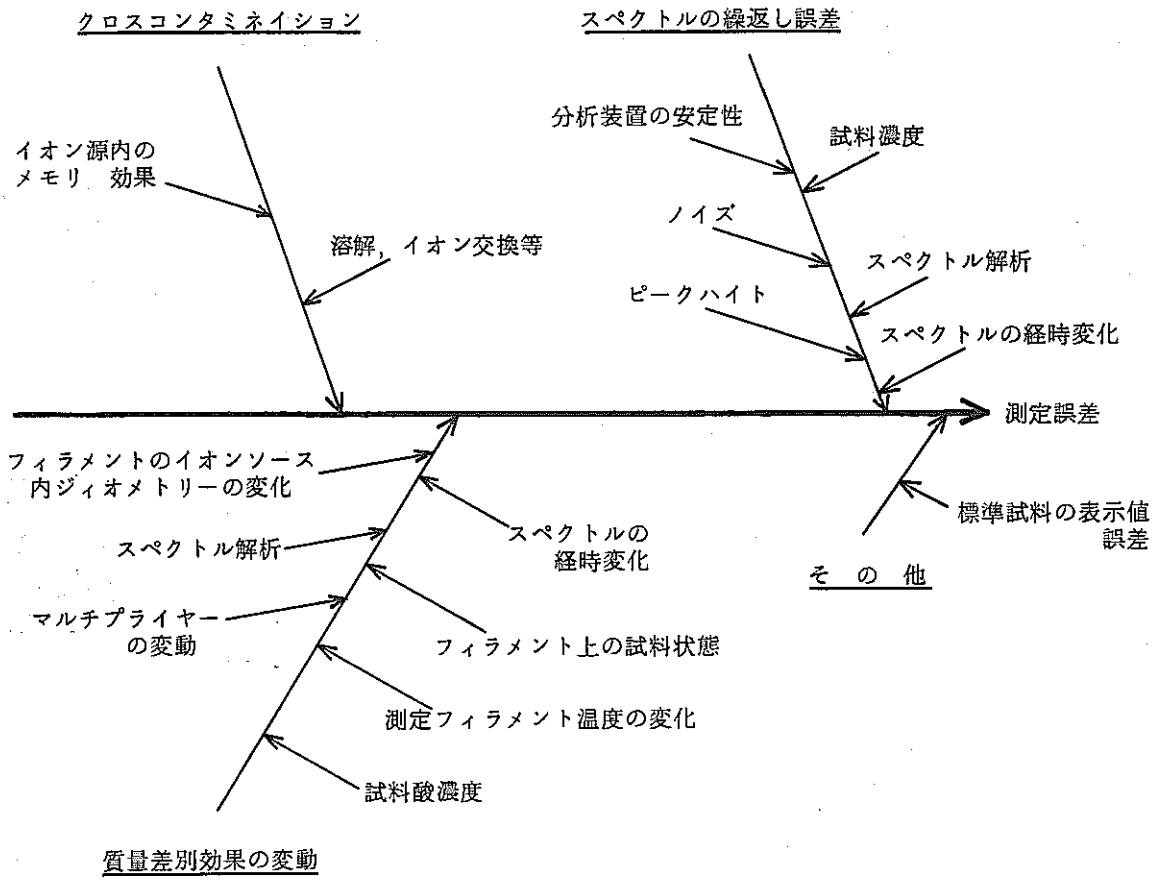


図 2.　測定誤差の要因図

4. フィラメント内誤差とフィラメント間誤差

質量分析測定では，目的の質量数（同位体）範囲を何回か繰返し測定して同位体組成を決定する。この繰返し誤差は，フィラメント上の試料の安定性，試料塗布量（主に質量スペクトルの安定な出力に影響する），スペクトルの高さおよび装置の電気的な安定性等により変化するもので，ランダム誤差となる。この誤差は通常，n＝10～20の繰返し測定を行うことにより，その平均値に対する不偏分散として十分に小さくすることが可能である。

このように，1個のフィラメントを測定して得られたデータの誤差は，上記のような繰返し誤差（以下，フィラメント内誤差という）の他に，以下に示すような系統誤差も含んでいる。

この誤差は主に，測定時の試料フィラメント温度と標準試料測定時におけるフィラメント温度との差，試料酸濃度，フィラメント上の試料状態および試料濃度等の差によって生じる質量差別効果の変化によるものである。

そこで，これらのフィラメント内誤差およびフィラメント間誤差の大きさがどの程度のものであるかを，同位体標準試料，NBS−500 を測定して調べた。

まずNBS−500，U_3O_8粉末試料を約1Nの硝酸に溶解し濃度を約1 mg U/mℓ にする。この溶液を金属レニウムのリボンから成る3重フィラメントの両サイドフィラメントに約10 μℓ づつ塗布した。このように，同一条件で試料塗布したフィラメントマウントを10個作成した。次に，上記の標準試料溶液を1N硝酸で100倍に希釈し，同様に約5 μℓ づつ両サイドフィラメントに塗布して6個の試料を作成した。

これらのフィラメントマウントを測定し，求められたデータを一元配置の分散分析で統計解析して，フィラメント内変動およびフィラメント間変動の大きさを ^{234}U, ^{235}U, ^{236}U および ^{238}U について各々求めた。

更に，希釈した試料を塗布した塗布量が極端に小さい（約0.1 μg U）場合のフィラメント内変動およびフィラメント間変動の大きさも解析した。

それらの結果を表2～9にそれぞれ示す。これらの表は，質量差別効果の補正を行っていないデータをインプットしたものである。表は，まずインプットデータを示し，次に分散分析表と有意差判定，繰返し誤差およびフィラメント間誤差の大きさを示す。

次に有意差がある場合は，各水準ごとの平均値と95％信頼限界を示し，一方有意差がない場合は全データの平均値と95％信頼限界を示す。

これらの結果，日常分析を行う際の塗布量（約数10 μg U）の場合は，^{234}U および ^{236}U などの微量含有同位体については，フィラメント間で高度（α＝1％）に有意であるが，^{235}U，^{238}U 等の含有率の大きい同位体については有意（α＝5％）ではなかった。

次に試料塗布量が極端に少ない（0.1 μg U）場合は，表6～9に示すように，全同位体がフィラメント間で高度に有意となった。特に ^{235}U, ^{238}U 等の含有率の大きい同位体については，繰返し誤差（フィラメント内誤差）が1.5倍程度しか大きくならないにも拘らず，フィラメント間誤差が10倍以上も大きくなった。このためにフィラメント間で高度に有意となった。これらの標準偏差の比較を表10に示す。

このようにフィラメント間誤差が増大する原因は，フィラメント間で質量差別効果の変動が増大したためである。

次に同位体組成が異る4種類（$^{233}U:^{235}U:^{238}U=1:1:1$，$^{233}U:^{238}U=1:1$，$^{233}U:^{235}U:^{238}U=0.002:10:90$，$^{235}U:^{238}U=0.02:99.98$）の各試料について同様に一元配置の分散分析で統計解析を行った。その結果を表11～21にそれぞれ示し，また各試料についてのフィラメント間誤差とフィラメント内誤差の大きさの比較を表22に示す。

以上の結果から，次のようなことが考察される。

1) 通常の試料塗布量（ウランの場合，10～20 μgU）のフィラメント測定の場合は，ほとんどの場合フィラメント間で高度に有意となる。これはスペクトルの繰返し誤差に比し，フィラメント間での質量差別効果の変動が大からであると考えられる。

2) 同位体組成が50％に近い2つの同位体のみの場合は，フィラメント間で有意にならないことが多い。しかし3つ同位体がほぼ等しく存在する場合ではフィラメント間で有意となる。

3) 試料塗布量が極端に小さい（約0.1 μg U）場合は，フィラメント内変動が通常の塗布量の場合に比べ約2倍しか大きくならないにも拘らず，フィラメント間変動は約15倍以上大きくなった。このことは，試料塗布量が少ないと質量差別効果の変動が極端に大きくなることを意味している。

4) 同位体存在率がほぼ等しい3つの同位体では，中間の同位体に対するフィラメント間誤差は他の2つに比べ小さい。これは質量差別効果の変動が，質量差が大きくなればそれだけ大きくなるためであると考えられる。

以上のフィラメント内誤差，フィラメント間誤差を考慮して，1つのフィラメントを測定して得られる測定値に対する測定誤差は，次のようになる。

$$\sigma_F^2 = (\sigma_E/\sqrt{n})^2 + \sigma^2 A \quad \cdots\cdots (1)$$

ここで，σ_F ： 測定誤差（1フィラメント測定に対する）

σ_E ： フィラメント内誤差*（繰返し誤差）

σ_A ： 準フィラメント間誤差*

n ： 質量スペクトルの繰返し数

＊ 分散分析表から得られる。

である。

表 2　　U—234 フィラメント内・間変動の解析

*** 1-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

DATA NAME =
KEISAN SHA =
DATE =

INPUT DATA

A 1	0.5176	0.5183	0.5237	0.5228	0.5259	0.5210	0.5201	0.5166	0.5182	0.5154	0.5186	0.5155	0.5132	0.5148
A 2	0.5195	0.5241	0.5253	0.5225	0.5227	0.5223	0.5221	0.5230	0.5221	0.5202	0.5220	0.5260	0.5240	0.5216
A 3	0.5215	0.5242	0.5214	0.5250	0.5274	0.5290	0.5308	0.5311	0.5264	0.5267	0.5239	0.5271	0.5262	0.5197
A 4	0.5240	0.5232	0.5174	0.5174	0.5192	0.5185	0.5262	0.5205	0.5200	0.5256	0.5219	0.5202	0.5194	0.5231
A 5	0.5202	0.5231	0.5244	0.5209	0.5227	0.5240	0.5230	0.5200	0.5231	0.5224	0.5196	0.5241	0.5222	0.5261
A 6	0.5170	0.5206	0.5199	0.5189	0.5195	0.5155	0.5143	0.5197	0.5181	0.5169	0.5174	0.5188	0.5191	0.5199
A 7	0.5227	0.5250	0.5243	0.5230	0.5209	0.5221	0.5190	0.5218	0.5214	0.5203	0.5233	0.5229	0.5223	0.5214
A 8	0.5251	0.5256	0.5233	0.5207	0.5228	0.5231	0.5219	0.5215	0.5251	0.5201	0.5196	0.5205	0.5260	0.5201
A 9	0.5231	0.5207	0.5207	0.5197	0.5208	0.5198	0.5239	0.5266	0.5196	0.5201	0.5231	0.5245	0.5260	0.5240
A10	0.5207	0.5203	0.5225	0.5243	0.5237	0.5246	0.5234	0.5226	0.5215	0.5211	0.5221	0.5224	0.5240	0.5194

BUNSAN BUNSEKI TABLE

YOIN	S	¢	V	FO
A	0.5663E-03	9	0.6293E-04	10.66
E	0.7671E-03	130	0.5901E-05	

* HANTEI = 99% DE SA GA ARUTO IFRU

F(0.01) = 2.55

$E=0.24291E-02
$A=0.20182E-02

*KAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI

A 1	0.51870E+00	+	0.12687E-02	(0.51997E+00	,	0.51743E+00)
A 2	0.52266E+00	+	0.12687E-02	(0.52393E+00	,	0.52139E+00)
A 3	0.52573E+00	+	0.12687E-02	(0.52700E+00	,	0.52446E+00)
A 4	0.52119E+00	+	0.12687E-02	(0.52246E+00	,	0.51992E+00)
A 5	0.52256E+00	+	0.12687E-02	(0.52383E+00	,	0.52129E+00)
A 6	0.51826E+00	+	0.12687E-02	(0.51953E+00	,	0.51700E+00)
A 7	0.52217E+00	+	0.12687E-02	(0.52344E+00	,	0.52090E+00)
A 8	0.52253E+00	+	0.12687E-02	(0.52380E+00	,	0.52126E+00)
A 9	0.52231E+00	+	0.12687E-02	(0.52358E+00	,	0.52105E+00)
A10	0.52234E+00	+	0.12687E-02	(0.52361E+00	,	0.52107E+00)

¢=PAI

表 3　U−235 フィラメント内・間変動の解析

*** 1-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

DATA NAME =
KEISAN SHA =
DATE =

INPUT DATA

A 1	49.8877	49.9031	49.9165	49.9120	49.8045	49.9254	49.9928	49.8244	49.9578	49.8079	49.9548	49.8875	49.8701	49.7862
A 2	49.8891	49.9279	49.9054	49.8847	49.9653	49.9036	49.8221	49.8403	49.8983	49.8977	49.8759	49.8718	49.9668	49.9086
A 3	49.8758	49.8497	49.8742	49.8968	49.8474	49.8708	49.8688	49.9161	49.8453	49.9393	50.0578	50.0071	49.8890	49.9619
A 4	49.8437	49.8676	49.9197	49.9205	49.9431	49.8707	49.8919	49.8933	49.8927	49.8664	49.8681	49.8451	49.9160	50.0090
A 5	49.8474	49.8222	49.8941	49.9199	49.8952	49.8700	49.9183	49.8483	49.8956	49.9197	49.8480	49.7739	49.8956	49.9175
A 6	49.8861	49.8237	49.8239	49.8543	49.8540	49.8254	49.8260	49.8828	49.9123	49.9124	49.8527	49.8803	49.9094	49.8796
A 7	49.9305	49.8776	49.9019	49.8764	49.9268	49.8269	49.8510	49.8492	49.8972	49.9682	49.8939	49.8462	49.9173	49.8691
A 8	49.9026	49.8717	49.8422	49.8420	49.8114	49.8645	49.9432	49.9386	49.9086	49.8566	49.8802	50.0025	49.9447	49.8455
A 9	49.8601	49.8240	49.8236	49.8742	49.8709	49.8697	49.8321	49.8455	49.8465	49.8603	49.8720	49.8697	49.8818	49.9115
A10	49.8686	49.9094	49.8932	49.9045	49.8904	49.8759	49.9016	49.9007	49.8605	49.7951	49.8600	49.9390	49.9508	49.9007

BUNSAN BUNSEKI TABLE

YOIN	S	¢	V	FO
A	0.2623E-01	9	0.2914E-02	1.40
E	0.2714E+00	130	0.2088E-02	

* HANTEI = SA GA ARU TO WA IENAI

F(0.05)= 1.95
F(0.01)= 2.55

$E=0.45689E-01
$A=0.76845E-02

*ZEN DATA NO 95% SHITEICHI
0.49886E+02 ± 0.75462E-02 (0.49893E+02 , 0.49878E+02)

¢=PAI
$=SIGMA

表 4　U－236 フィラメント内・間変動の解析

*** 1-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

DATA NAME =
KEISAN SHA =
DATE =

INPUT DATA

A 1	0.0741	0.0741	0.0747	0.0714	0.0742	0.0770	0.0756	0.0728	0.0742	0.0728	0.0744	0.0703	0.0757	0.0755
A 2	0.0734	0.0728	0.0743	0.0755	0.0747	0.0733	0.0735	0.0737	0.0748	0.0745	0.0742	0.0751	0.0740	0.0739
A 3	0.0726	0.0725	0.0748	0.0747	0.0715	0.0713	0.0719	0.0721	0.0723	0.0744	0.0742	0.0743	0.0719	0.0700
A 4	0.0762	0.0766	0.0743	0.0728	0.0738	0.0751	0.0727	0.0738	0.0752	0.0741	0.0740	0.0733	0.0748	0.0733
A 5	0.0730	0.0732	0.0722	0.0733	0.0740	0.0745	0.0748	0.0741	0.0743	0.0735	0.0731	0.0728	0.0735	0.0746
A 6	0.0732	0.0733	0.0729	0.0724	0.0724	0.0721	0.0718	0.0718	0.0726	0.0728	0.0725	0.0738	0.0735	0.0726
A 7	0.0731	0.0732	0.0739	0.0752	0.0749	0.0726	0.0737	0.0734	0.0741	0.0749	0.0742	0.0724	0.0731	0.0732
A 8	0.0753	0.0744	0.0745	0.0734	0.0742	0.0739	0.0733	0.0753	0.0745	0.0744	0.0744	0.0745	0.0756	0.0747
A 9	0.0741	0.0753	0.0734	0.0730	0.0741	0.0727	0.0732	0.0725	0.0738	0.0739	0.0741	0.0736	0.0739	0.0722
A10	0.0727	0.0731	0.0735	0.0742	0.0734	0.0728	0.0733	0.0740	0.0741	0.0729	0.0737	0.0738	0.0739	0.0733

BUNSAN BUNSEKI TABLE

YOIN	S	¢	V	F0
A	0.4482E-04	9	0.4981E-05	4.85
E	0.1336E-03	130	0.1028E-05	

* HANTEI = 99% DE SA GA ARUTO IERU

F(0.01) = 2.55

$E=0.10138E-02
$A=0.53136E-03

*KAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI

A 1	0.74056E-01	+	0.52948E-03	(0.74586E-01	,	0.73527E-01)
A 2	0.74131E-01	+	0.52948E-03	(0.74660E-01	,	0.73601E-01)
A 3	0.72767E-01	+	0.52948E-03	(0.73297E-01	,	0.72238E-01)
A 4	0.74282E-01	+	0.52948E-03	(0.74812E-01	,	0.73753E-01)
A 5	0.73643E-01	+	0.52948E-03	(0.74172E-01	,	0.73113E-01)
A 6	0.72694E-01	+	0.52948E-03	(0.73224E-01	,	0.72165E-01)
A 7	0.73696E-01	+	0.52948E-03	(0.74225E-01	,	0.73166E-01)
A 8	0.74475E-01	+	0.52948E-03	(0.75004E-01	,	0.73945E-01)
A 9	0.73558E-01	+	0.52948E-03	(0.74087E-01	,	0.73028E-01)
A10	0.73478E-01	+	0.52948E-03	(0.74007E-01	,	0.72948E-01)

¢=PAI
$=SIGMA

表 5　U−238 フィラメント内・間変動の解析

*** 1-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

DATA NAME =
KEISAN SHA =
DATE =

INPUT DATA

A 1	49.5207	49.5045	49.4851	49.4937	49.5954	49.4766	49.4115	49.5862	49.4498	49.6038	49.4522	49.5227	49.5411	49.6234
A 2	49.5180	49.4752	49.4950	49.5173	49.4373	49.5008	49.5824	49.5630	49.5048	49.5076	49.5279	49.5271	49.4352	49.4959
A 3	49.5301	49.5536	49.5296	49.5035	49.5537	49.5289	49.5285	49.4808	49.5560	49.4596	49.3441	49.3915	49.5129	49.4483
A 4	49.5561	49.5326	49.4886	49.4893	49.4638	49.5357	49.5092	49.5124	49.5122	49.5340	49.5360	49.5614	49.4898	49.3946
A 5	49.5593	49.5815	49.5092	49.4859	49.5081	49.5314	49.4838	49.5576	49.5070	49.4844	49.5593	49.6292	49.5088	49.4818
A 6	49.5237	49.5824	49.5832	49.5544	49.5541	49.5870	49.5879	49.5257	49.4969	49.4979	49.5574	49.5270	49.4980	49.5279
A 7	49.4738	49.5242	49.4999	49.5255	49.4774	49.5783	49.5563	49.5557	49.5074	49.4366	49.5086	49.5584	49.4874	49.5363
A 8	49.4969	49.5282	49.5600	49.5639	49.5915	49.5386	49.4615	49.4645	49.4918	49.5489	49.5258	49.4025	49.4547	49.5563
A 9	49.5428	49.5800	49.5823	49.5331	49.5342	49.5379	49.5708	49.5553	49.5602	49.5457	49.5308	49.5323	49.5184	49.4924
A10	49.5380	49.4972	49.5109	49.4970	49.5124	49.5267	49.5018	49.5027	49.5439	49.6109	49.5442	49.4649	49.4513	49.5066

BUNSAN BUNSEKI TABLE

YOIN	S	¢	V	F0
A	0.3114E-01	9	0.3460E-02	1.63
E	0.2753E+00	130	0.2118E-02	

* HANTEI = SA GA ARU TO WA IENAI

F(0.05)= 1.95
F(0.01)= 2.55

$E=0.46021E-01
$A=0.97910E-02

*ZEN DATA NO 95% SUITEICHI
0.49519E+02 + 0.76011E-02 (0.49526E+02 , 0.49511E+02)

¢=PAI
$=SIGMA

表 6　希釈試料のU－234のフィラメント内・間変動の解析

*** 1-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

DATA NAME =
KEISAN SHA =
DATE =

INPUT DATA

A 1	0.5252	0.5256	0.5282	0.5272	0.5289	0.5350	0.5315	0.5321	0.4907	0.5298	0.5355	0.5392	0.5252	0.5332
A 2	0.5248	0.5322	0.5304	0.5351	0.5393	0.5293	0.5317	0.5527	0.5309	0.5328	0.5295	0.5261	0.5268	0.5255
A 3	0.5271	0.5304	0.5276	0.5244	0.5278	0.5276	0.5295	0.5262	0.5260	0.5248	0.5246	0.5281	0.5332	0.5311
A 4	0.5365	0.5348	0.5368	0.5342	0.5306	0.5346	0.5355	0.5285	0.5288	0.5329	0.5335	0.5335	0.5336	0.5273
A 5	0.5272	0.5193	0.5271	0.5271	0.5236	0.5269	0.5238	0.5267	0.5251	0.5288	0.5291	0.5262	0.5286	0.5258
A 6	0.5277	0.5299	0.5313	0.5394	0.5408	0.5445	0.5409	0.5382	0.5375	0.5343	0.5310	0.5300	0.5329	0.5277

BUNSAN BUNSEKI TABLE

YOIN	S	¢	V	FO
A	0.8405E-03	5	0.1681E-03	4.31
E	0.3044E-02	78	0.3902E-04	

* HANTEI = 99% DE SA GA APUTO IEPU

F(0.01) = 3.27

$E=0.62469E-02
$A=0.30364E-02

*KAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI

A 1	0.52768E+00	+	0.32837E-02	(0.53096E+00	,	0.52439E+00)
A 2	0.53195E+00	+	0.32837E-02	(0.53523E+00	,	0.52866E+00)
A 3	0.52775E+00	+	0.32837E-02	(0.53103E+00	,	0.52447E+00)
A 4	0.53293E+00	+	0.32837E-02	(0.53621E+00	,	0.52964E+00)
A 5	0.52611E+00	+	0.32837E-02	(0.52939E+00	,	0.52283E+00)
A 6	0.53472E+00	+	0.32837E-02	(0.53800E+00	,	0.53144E+00)

¢=PAI
$=SIGMA

表 7　希釈試料のU－235のフィラメント内・間変動の解析

*** 1-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

DATA NAME =
KEISAN SHA =
DATE =

INPUT DATA

A 1	49.5033	49.6128	49.6075	49.6238	49.4827	49.6071	49.5545	49.5950	49.7190	49.6952	49.6590	49.5858	49.6991	49.5833
A 2	49.8077	49.9099	49.9850	49.9563	49.7886	49.4628	49.7264	49.6846	49.7630	49.7290	49.7884	49.7756	49.7984	49.6980
A 3	49.8637	49.8649	49.8692	49.8491	49.8501	49.9293	49.9307	49.8823	49.8324	49.8342	49.8355	49.9200	49.8360	49.8656
A 4	49.8323	49.8954	49.8370	49.7364	49.7805	49.7584	49.8674	49.6968	49.6964	49.8350	49.7904	49.7690	49.7683	49.7322
A 5	49.8550	49.8823	49.8196	49.8901	49.8116	49.9323	49.8692	49.7819	49.8465	49.8246	49.8875	49.8250	49.9276	49.9029
A 6	49.9232	49.9486	49.9213	49.9656	49.9146	50.1322	50.1243	50.0049	49.9933	50.0297	49.9421	49.9232	49.8234	49.9068

BUNSAN BUNSEKI TABLE

YOIN	S	¢	V	FO
A	0.1023E+01	5	0.2047E+00	34.86
E	0.4580E+00	78	0.5872E-02	

* HANTEI = 99% DE SA GA ARUTO IERU

F(0.01) = 3.27

$E=0.76631E-01
$A=0.11917E+00

*KAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI

A 1	0.49609E+02	+	0.40281E-01	(0.49640E+02	,	0.49569E+02)
A 2	0.49777E+02	+	0.40281E-01	(0.49817E+02	,	0.49736E+02)
A 3	0.49869E+02	+	0.40281E-01	(0.49909E+02	,	0.49828E+02)
A 4	0.49785E+02	+	0.40281E-01	(0.49826E+02	,	0.49745E+02)
A 5	0.49861E+02	+	0.40281E-01	(0.49901E+02	,	0.49821E+02)
A 6	0.49968E+02	+	0.40281E-01	(0.50008E+02	,	0.49928E+02)

¢=PAI
$=SIGMA

表 8　希釈試料のU－236のフィラメント内・間変動の解析

*** 1-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

DATA NAME =
KEISAN SHA =
DATE =

INPUT DATA

A 1	0.0783	0.0793	0.0799	0.0775	0.0794	0.0760	0.0790	0.0769	0.0712	0.0798	0.0829	0.0826	0.0766	0.0774
A 2	0.0789	0.0796	0.0784	0.0770	0.0776	0.0785	0.0776	0.0780	0.0788	0.0803	0.0795	0.0782	0.0797	0.0784
A 3	0.0779	0.0771	0.0769	0.0762	0.0753	0.0766	0.0776	0.0780	0.0757	0.0767	0.0776	0.0761	0.0759	0.0791
A 4	0.0771	0.0768	0.0752	0.0758	0.0765	0.0761	0.0763	0.0778	0.0784	0.0776	0.0754	0.0735	0.0771	0.0797
A 5	0.0772	0.0775	0.0777	0.0774	0.0770	0.0757	0.0764	0.0771	0.0778	0.0769	0.0792	0.0780	0.0776	0.0808
A 6	0.0779	0.0796	0.0793	0.0803	0.0797	0.0795	0.0814	0.0798	0.0794	0.0766	0.0779	0.0777	0.0792	0.0827

BUNSAN BUNSEKI TABLE

YOIN	S	¢	V	F0
A	0.7662E-04	5	0.1532E-04	5.56
E	0.2149E-03	78	0.2755E-05	

* HANTEI = 99% DE SA GA APUTO IERU

F(0.01) = 3.27

$E=0.16599E-02
$A=0.94751E-03

*KAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI

A 1	0.78358E-01	+	0.87254E-03	(0.70230E-01	,	0.77485E-01)
A 2	0.78597E-01	+	0.87254E-03	(0.79470E-01	,	0.77725E-01)
A 3	0.76902E-01	+	0.87254E-03	(0.77775E-01	,	0.76030E-01)
A 4	0.76657E-01	+	0.87254E-03	(0.77530E-01	,	0.75785E-01)
A 5	0.77591E-01	+	0.87254E-03	(0.78463E-01	,	0.76718E-01)
A 6	0.79363E-01	+	0.87254E-03	(0.80236E-01	,	0.78491E-01)

¢=PAI
$=SIGMA

表 9　希釈試料のU－238のフィラメント内・間変動の解析

```
*** 1-GEN HATCHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

                                        DATA NAME  =
                                        KEISAN SHA =
                                        DATE       =

INPUT DATA

A 1  49.8931 49.7823 49.7843 49.7714 49.9089 49.7819 49.8350 49.7960 49.7190 49.6952 49.7227 49.7924 49.6991 49.8061

A 2  49.5885 49.4784 49.4062 49.4317 49.5946 49.9294 49.6643 49.6846 49.6272 49.6579 49.6026 49.6201 49.5951 49.6980

A 3  49.5313 49.5276 49.5263 49.5503 49.5468 49.4665 49.4622 49.5136 49.5659 49.5643 49.5623 49.4758 49.5548 49.5241

A 4  49.5541 49.4930 49.5511 49.6536 49.6125 49.6309 49.5208 49.6968 49.6964 49.5545 49.6008 49.6241 49.6210 49.6608

A 5  49.5406 49.5209 49.5756 49.5054 49.5878 49.4652 49.5306 49.6143 49.5506 49.5697 49.5041 49.5708 49.4661 49.4905

A 6  49.4712 49.4419 49.4681 49.4148 49.4649 49.2439 49.2534 49.3771 49.3898 49.3594 49.4491 49.4690 49.5644 49.4829

                    BUNSAN BUNSEKI TABLE

YOIN        S          ¢       V          FO

 A     0.1047E+01     5    0.2095E+00    35.35

 E     0.4621E+00    78    0.5925E-02

   * HANTEI = 99% DE SA GA ARUTO IERU

 F(0.01) =   3.27

 $E=0.76973E-01
 $A=0.12057E+00

*KAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI

 A 1   0.49785E+02   +   0.40461E-01   (0.49825E+02   ,   0.49744E+02)
 A 2   0.49613E+02   +   0.40461E-01   (0.49653E+02   ,   0.49572E+02)
 A 3   0.49526E+02   +   0.40461E-01   (0.49567E+02   ,   0.49486E+02)
 A 4   0.49605E+02   +   0.40461E-01   (0.49645E+02   ,   0.49564E+02)
 A 5   0.49535E+02   +   0.40461E-01   (0.49576E+02   ,   0.49495E+02)
 A 6   0.49418E+02   +   0.40461E-01   (0.49458E+02   ,   0.49377E+02)

 ¢=PAI
 $=SIGMA
```

表１０　準フィラメント間変動とフィラメント内変動の比較

○　Normal（10μg U/Filament）

Nuclide	U−234	U−235	U−236	U−238
Atom %（σ_F, CV）*	0.5218（0.0021, 0.41%）	49.886（0.016, 0.032%）	0.0737（0.006, 0.81%）	49.519（0.016, 0.032%）
σ_E（CV）**	0.00243（0.47%）	0.0457（0.092%）	0.00101（1.4%）	0.0460（0.092%）
σ_A（CV）**	0.00202（0.39%）	0.00768（0.015%）	0.000531（0.72%）	0.00979（0.020%）
σ_E/σ_A	1.2	6.0	1.9	4.7

○　Thin（0.1μg U/Filament）

Nuclide	U−234	U−235	U−236	U−238
Atom %（σ_F, CV）*	0.5302（0.0035, 0.65%）	49.812（0.12, 0.24%）	0.0779（0.0010, 1.3%）	49.580（0.12, 0.24%）
σ_E（CV）**	0.00625（1.2%）	0.0766（0.15%）	0.00166（2.1%）	0.0770（0.16%）
σ_A（CV）**	0.00304（0.57%）	0.119（0.24%）	0.000948（1.2%）	0.121（0.24%）
σ_E/σ_A	2.1	0.64	1.8	0.64

*　：　各水準の平均値から求めた値，フィラメント内変動

**　：　１元配置の分散分析で求めた値，準フィラメント間変動

σ_F と σ_E, σ_A の関係　：　$\sigma^2_F = (\sigma_E/\sqrt{n})^2 + \sigma^2_A$

表11　U－235スパイクした試料のU－233のフィラメント内・間変動解析

```
*** 1-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***
                                        DATA NAME =NBS-500+U-233(U-238:U-235:U-233=1:1:1), U-233
                                        KEISAN SHA=
                                        DATE       =

INPUT DATA

A 1  36.8100 36.7800 36.8200 36.8500 36.8000 36.7900 36.7900 36.7500 36.7400 36.8100 36.7700 36.7600 36.8100 36.8200

A 2  36.7300 36.7500 36.7600 36.7800 36.7500 36.7700 36.7600 36.7600 36.7700 36.7500 36.7400 36.7500 36.7800 36.7700

A 3  36.7300 36.7200 36.7700 36.7400 36.7600 36.7800 36.7600 36.7600 36.7800 36.7400 36.7400 36.7600 36.7600 36.7300

A 4  36.8000 36.7700 36.8000 36.7900 36.7700 36.8100 36.8200 36.8300 36.8100 36.7400 36.8000 36.7900 36.7700 36.7400

                    BUNSAN BUNSEKI TABLE

YOIN      S          ¢       V          F0

 A    0.1792E-01    3    0.5974E-02    10.61

 E    0.2926E-01   52    0.5628E-03

   * HANTEI = 99% DE SA GA ARUTO IERU

 F(0.01) =   4.19

 $E=0.23723E-01
 $A=0.19660E-01

*KAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI

 A 1   0.36793E+02   +   0.12571E-01   (0.36805E+02   ,   0.36780E+02)
 A 2   0.36758E+02   +   0.12571E-01   (0.36771E+02   ,   0.36746E+02)
 A 3   0.36752E+02   +   0.12571E-01   (0.36765E+02   ,   0.36739E+02)
 A 4   0.36788E+02   +   0.12571E-01   (0.36801E+02   ,   0.36776E+02)

 ¢=FAI
 $=SIGMA
```

表 12　U−233 スパイクした試料のU−235 のフィラメント内・間変動解析

```
*** 1-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

                                        DATA NAME =NBS-500+U-233 ( U-238 : U-235 : U-233 =1 : 1 : 1 ), U-235
                                        KEISAN SHA=
                                        DATE      =

INPUT DATA

A 1  31.4700 31.4400 31.4100 31.4300 31.4600 31.4700 31.4700 31.4900 31.5100 31.4800 31.4800 31.4800 31.4700 31.4500

A 2  31.4700 31.4500 31.4400 31.4300 31.4600 31.4400 31.4600 31.4500 31.4500 31.4600 31.4600 31.4900 31.4700 31.4800

A 3  31.4800 31.4600 31.4700 31.4900 31.4900 31.4800 31.4900 31.4800 31.4900 31.4600 31.4700 31.4700 31.4700 31.4700

A 4  31.5000 31.4800 31.4700 31.4600 31.4700 31.4700 31.4600 31.4600 31.4600 31.4800 31.4600 31.4700 31.4700 31.4900

BUNSAN BUNSEKI TABLE

YOIN      S          ¢     V          F0

A     0.2720E-02    3    0.9067E-03    3.05

E     0.1548E-01   52    0.2977E-03

* HANTEI = 99% DE SA GA ARUTO IENAI GA 95% DE SA GAARU TO IERU

F(0.05)=  2.77
F(0.01)=  4.19

$E=0.17253E-01
$A=0.65956E-02

*KAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI

A 1   0.31465E+02   +   0.91425E-02   (0.31474E+02   ,   0.31456E+02)
A 2   0.31458E+02   +   0.91425E-02   (0.31467E+02   ,   0.31449E+02)
A 3   0.31476E+02   +   0.91425E-02   (0.31486E+02   ,   0.31467E+02)
A 4   0.31471E+02   +   0.91425E-02   (0.31481E+02   ,   0.31462E+02)

¢=PAI
$=SIGMA
```

表 13　U－233 スパイクした試料の U－238 のフィラメント内・間変動解析

*** 1-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

DATA NAME = NBS-500+U-233 (U-238:U-235:U-233= 1:1:1), U-238
KEISAN SHA =
DATE =

INPUT DATA

A 1	31.2600	31.3100	31.3100	31.2600	31.2700	31.2800	31.2800	31.3000	31.2800	31.2500	31.2800	31.3000	31.2600	31.2700
A 2	31.3400	31.3400	31.3400	31.3300	31.3300	31.3300	31.3300	31.3200	31.3200	31.3300	31.3300	31.3000	31.2900	31.2900
A 3	31.3300	31.3600	31.3000	31.3000	31.2900	31.2800	31.2900	31.2900	31.2700	31.3400	31.3000	31.3000	31.3000	31.3300
A 4	31.2400	31.3000	31.2700	31.2900	31.2900	31.2600	31.2600	31.2500	31.2600	31.3100	31.2800	31.2700	31.3000	31.3100

BUNSAN BUNSEKI TABLE

YOIN	S	¢	V	F0
A	0.1993E-01	3	0.6643E-02	14.66
E	0.2356E-01	52	0.4530E-03	

* HANTEI = 99% DE SA GA ARUTO IERU

F(0.01) = 4.19

$E=0.21285E-01
$A=0.21028E-01

*KAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI

A 1	0.31279E+02	+	0.11279E-01	(0.31290E+02	,	0.31268E+02)
A 2	0.31323E+02	+	0.11279E-01	(0.31334E+02	,	0.31311E+02)
A 3	0.31306E+02	+	0.11279E-01	(0.31317E+02	,	0.31294E+02)
A 4	0.31278E+02	+	0.11279E-01	(0.31289E+02	,	0.31266E+02)

¢=PAI
$=SIGMA

表 14　U－233 スパイクした試料のU－233 のフィラメント内・間変動解析

```
*** 1-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

                                                    DATA NAME  = NUU+U-233 (U-233 : U-238=1 : 1), U-233
                                                    KEISAN SHA =
                                                    DATE       =

INPUT DATA

A 1  46.2200 46.2100 46.2500 46.2600 46.2000 46.1500 46.1900 46.1800 46.1900 46.2100 46.2900 46.2400 46.2500 46.2200

A 2  46.1700 46.1800 46.2000 46.1600 46.2000 46.2400 46.2000 46.2700 46.2500 46.2400 46.1500 46.0800 46.1700 46.0900

A 3  46.2200 46.1600 46.1700 46.1400 46.1300 46.2400 46.1800 46.1600 46.2300 46.1400 46.1100 46.1900 46.1900 46.2400

A 4  46.2000 46.2400 46.2100 46.1500 46.1200 46.1200 46.1600 46.2100 46.2200 46.2100 46.2000 46.2200 46.2200 46.2100

                    BUNSAN BUNSEKI TABLE

          YOIN        S          ¢        V          F0

           A    0.1279E-01    3    0.4264E-02    2.21

           E    0.1003E+00   52    0.1929E-02

                * HANTEI = SA GA ARU TO WA IENAI

          F(0.05)=  2.77
          F(0.01)=  4.19

          $E=0.43925E-01
          $A=0.12912E-01

*ZEN DATA NO 95% SUITEICHI
     0.46194E+02   +   0.11638E-01   (0.46205E+02   ,   0.46182E+02)

          ¢=PAI
          $=SIGMA
```

表 15　U－233 スパイクした試料の U－235 のフィラメント内・間変動解析

*** 1-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

DATA NAME = NUU+U-233 (U-233 : U-238=1 : 1), U-235
KEISAN SHA- =
DATE =

INPUT DATA

A 1	0.3977	0.4001	0.3994	0.3998	0.4001	0.4001	0.3980	0.3986	0.3992	0.4000	0.3988	0.3985	0.3984	0.3996
A 2	0.3969	0.3982	0.3986	0.3982	0.3978	0.3978	0.3971	0.3966	0.3964	0.3965	0.3974	0.3975	0.3962	0.3981
A 3	0.3990	0.3997	0.3991	0.3976	0.3973	0.3985	0.3996	0.4000	0.3997	0.3994	0.3980	0.3985	0.3990	0.3989
A 4	0.4000	0.3984	0.3976	0.3985	0.3999	0.3989	0.3969	0.3978	0.3970	0.3985	0.3984	0.3967	0.3949	0.3973

BUNSAN BUNSEKI TABLE

YOIN	S	¢	V	F0
A	0.2905E-04	3	0.9683E-05	10.34
E	0.4872E-04	52	0.9368E-06	

*-HANTEI = 99% DE SA GA ARUTO IERU

F(0.01) = 4.19

$E=0.96791E-03
$A=0.79040E-03

*KAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI

A 1	0.39916E+00	+	0.51291E-03	(0.39968E+00	,	0.39865E+00)
A 2	0.39738E+00	+	0.51291E-03	(0.39789E+00	,	0.39687E+00)
A 3	0.39888E+00	+	0.51291E-03	(0.39939E+00	,	0.39837E+00)
A 4	0.39791E+00	+	0.51291E-03	(0.39843E+00	,	0.39740E+00)

¢=PAI
$=SIGMA

表 16　U－233 スパイクした試料のU－238のフィラメント内・間変動解析

```
*** 1-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

                                                    DATA NAME  = NUU+U-233 (U-233 : U-238=1 : 1), U-238
                                                    KEISAN SHA =
                                                    DATE       =

INPUT DATA

A 1  53.2700 53.2800 53.2400 53.2300 53.2900 53.3300 53.3000 53.3100 53.3000 53.2700 53.1900 53.2500 53.2400 53.2700
A 2  53.3200 53.3000 53.2900 53.3300 53.3000 53.2500 53.2900 53.2200 53.2400 53.2500 53.3400 53.4100 53.3200 53.4000
A 3  53.2700 53.3300 53.3100 53.3500 53.3600 53.2500 53.3100 53.3300 53.2600 53.3500 53.3800 53.3000 53.2900 53.2500
A 4  53.2800 53.2500 53.2800 53.3400 53.3600 53.3700 53.3400 53.2800 53.2700 53.2800 53.2900 53.2700 53.2700 53.2800

BUNSAN BUNSEKI TABLE

YOIN      S          ¢     V          F0
  A    0.1368E-01    3   0.4559E-02   2.37
  E    0.1001E+00   52   0.1925E-02

  * HANTEI = SA GA ARU TO WA IENAI

F(0.05)=  2.77
F(0.01)=  4.19

$E=0.43879E-01
$A=0.13715E-01

*ZEN DATA NO 95% SUITEICHI
     0.53295E+02   +   0.11626E-01   (0.53307E+02   ,   0.53283E+02)

¢=PAI
$=SIGMA
```

表 17　微量U−233 スパイクした試料のU−233 のフィラメント内・間変動解析

*** 1-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

DATA NAME = NBS 100+U−233 (0.002%), U−233
KEISAN SHA =
DATE =

INPUT DATA

A 1	0.0024	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0023	0.0023	0.0024	0.0023	0.0022	0.0021	0.0022	0.0023	0.0023
A 2	0.0023	0.0023	0.0024	0.0024	0.0023	0.0022	0.0021	0.0022	0.0023	0.0022	0.0024	0.0023	0.0023	0.0023
A 3	0.0024	0.0021	0.0022	0.0022	0.0021	0.0021	0.0022	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0022
A 4	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022	0.0021	0.0022	0.0022	0.0021
A 5	0.0022	0.0022	0.0022	0.0021	0.0022	0.0022	0.0023	0.0022	0.0022	0.0021	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022
A 6	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0021	0.0022	0.0023	0.0020	0.0021	0.0022	0.0022	0.0023	0.0022
A 7	0.0022	0.0023	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022	0.0023	0.0023	0.0023	0.0022	0.0022	0.0023	0.0023
A 8	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019	0.0022	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0022	0.0022	0.0021	0.0024	0.0023
A 9	0.0021	0.0022	0.0022	0.0021	0.0023	0.0022	0.0019	0.0022	0.0023	0.0025	0.0026	0.0026	0.0023	0.0022

BUNSAN BUNSEKI TABLE

YOIN	S	¢	V	FΘ
A	0.2029E-06	8	0.2536E-07	2.32
E	0.1277E-05	117	0.1092E-07	

*HANTEI = 99% DE SA GA ARUTO IENAI GA 95% DE SA GAARU TO IERU

F(0.05)= 2.02
F(0.01)= 2.67

$E=0.10448E-03
$A=0.32117E-04

*KAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI

A 1	0.22857E-02	+	0.54626E-04	(0.23403E-02	,	0.22311E-02)
A 2	0.22857E-02	+	0.54626E-04	(0.23403E-02	,	0.22311E-02)
A 3	0.22357E-02	+	0.54626E-04	(0.22903E-02	,	0.21811E-02)
A 4	0.22143E-02	+	0.54626E-04	(0.22689E-02	,	0.21597E-02)
A 5	0.21929E-02	+	0.54626E-04	(0.22475E-02	,	0.21382E-02)
A 6	0.22214E-02	+	0.54626E-04	(0.22761E-02	,	0.21668E-02)
A 7	0.22429E-02	+	0.54626E-04	(0.22975E-02	,	0.21882E-02)
A 8	0.21571E-02	+	0.54626E-04	(0.22118E-02	,	0.21025E-02)
A 9	0.22643E-02	+	0.54626E-04	(0.23189E-02	,	0.22097E-02)

¢=PAI
$=SIGMA

表 18　微量U−233スパイクした試料のU−233のフィラメント内・間変動解析

*** 1-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

DATA NAME = NBS 100 +U−233 (0.002%), U−235
KEISAN SHA =
DATE =

INPUT DATA

A 1	9.9380	9.9620	9.9590	9.9770	10.0100	9.9810	9.9360	9.9300	9.9660	9.9640	9.9430	9.8840	9.8990	10.0000
A 2	9.9590	9.8930	9.9040	9.9490	9.9360	9.9420	9.9480	9.9200	9.9320	9.9350	9.9570	9.9320	9.9530	9.9480
A 3	9.9460	9.8790	9.9280	9.9490	9.9240	9.9090	9.9350	9.9110	9.9280	9.9450	9.9600	9.9340	9.9350	9.9460
A 4	9.9570	9.9290	9.9060	9.9500	9.9540	9.9540	9.9210	9.9310	9.9340	9.8910	9.9220	9.9640	9.9390	9.9580
A 5	9.9450	9.9410	9.9500	9.9320	9.9350	9.9570	9.9510	9.9080	9.9440	9.9610	9.9510	9.9330	9.9430	9.9480
A 6	9.9620	9.9010	9.9280	9.9570	9.9670	9.9530	9.9650	9.9610	9.9860	9.9690	9.9300	9.9150	9.9420	9.9420
A 7	9.9600	9.9360	9.9340	9.9500	9.9470	9.9610	9.9510	9.9770	9.9600	9.9520	9.9310	9.9520	9.9550	9.9410
A 8	9.9450	9.9530	9.9160	9.8990	9.9740	9.9620	9.9480	9.9480	9.9510	9.9850	9.9850	9.9540	9.9710	9.9680
A 9	10.0020	10.1150	10.0140	9.9640	9.9760	9.8960	9.9360	10.0150	9.9760	9.9200	9.9700	9.9820	9.9750	10.0230

BUNSAN BUNSEKI TABLE

YOIN	S	¢	V	F0
A	0.2671E-01	8	0.3339E-02	4.49
E	0.8708E-01	117	0.7442E-03	

* HANTEI = 99% DE SA GA ARUTO IERU

F(0.01) = 2.67

$E=0.27281E-01
$A=0.13615E-01

*KAKU SUIJUN NO 95% SUIYEICHI

A 1	0.99535E+01	+	0.14264E-01	(0.99678E+01	, 0.99392E+01)
A 2	0.99363E+01	+	0.14264E-01	(0.99505E+01	, 0.99220E+01)
A 3	0.99306E+01	+	0.14264E-01	(0.99449E+01	, 0.99164E+01)
A 4	0.99364E+01	+	0.14264E-01	(0.99507E+01	, 0.99222E+01)
A 5	0.99428E+01	+	0.14264E-01	(0.99570E+01	, 0.99285E+01)
A 6	0.99484E+01	+	0.14264E-01	(0.99627E+01	, 0.99342E+01)
A 7	0.99505E+01	+	0.14264E-01	(0.99648E+01	, 0.99362E+01)
A 8	0.99542E+01	+	0.14264E-01	(0.99685E+01	, 0.99399E+01)
A 9	0.99831E+01	+	0.14264E-01	(0.99974E+01	, 0.99689E+01)

¢=PAI
$=SIGMA

表 19　微量U−233スパイクした試料のU−238のフィラメント内・間変動解析

*** 1-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

DATA NAME = NBS100+U−233(0.002%), U−238
KEISAN SHA =
DATE =

INPUT DATA

A 1	89.9460	89.9200	89.9240	89.9050	89.8720	89.9020	89.9460	89.9520	89.9160	89.9190	89.9410	90.0000	89.9830	89.8820
A 2	89.9230	89.9900	89.9800	89.9340	89.9470	89.9430	89.9350	89.9630	89.9520	89.9470	89.9250	89.9500	89.9310	89.9340
A 3	89.9370	90.0050	89.9550	89.9340	89.9590	89.9740	89.9480	89.9730	89.9560	89.9370	89.9220	89.9500	89.9480	89.9370
A 4	89.9260	89.9560	89.9780	89.9340	89.9300	89.9300	89.9630	89.9520	89.9490	89.9920	89.9620	89.9190	89.9450	89.9270
A 5	89.9380	89.9430	89.9340	89.9520	89.9480	89.9270	89.9320	89.9760	89.9940	89.9230	89.9340	89.9520	89.9400	89.9360
A 6	89.9210	89.9820	89.9540	89.9250	89.9150	89.9300	89.9180	89.9220	89.8970	89.9140	89.9520	89.9670	89.9410	89.9420
A 7	89.9240	89.9460	89.9490	89.9340	89.9370	89.9230	89.9320	89.9070	89.9240	89.9310	89.9530	89.9310	89.9280	89.9420
A 8	89.9380	89.9310	89.9680	89.9850	89.9090	89.9200	89.9340	89.9360	89.9340	89.8970	89.8970	89.9290	89.9120	89.9160
A 9	89.8790	89.7650	89.8660	89.9180	89.9080	89.9870	89.9480	89.8680	89.9070	89.9630	89.9120	89.9000	89.9100	89.8600

BUNSAN BUNSEKI TABLE

YOIN	S	¢	V	FO
A	0.2856E-01	8	0.3570E-02	4.56
E	0.9164E-01	117	0.7832E-03	

* HANTEI = 99% DE SA GA ARUTO IERU

F(0.01) = 2.67

$E=0.27986E-01
$A=0.14110E-01

*KAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI

A 1	0.89929E+02	+	0.14632E-01	(0.89944E+02	,	0.89914E+02)
A 2	0.89947E+02	+	0.14632E-01	(0.89961E+02	,	0.89932E+02)
A 3	0.89952E+02	+	0.14632E-01	(0.89967E+02	,	0.89938E+02)
A 4	0.89947E+02	+	0.14632E-01	(0.89962E+02	,	0.89933E+02)
A 5	0.89945E+02	+	0.14632E-01	(0.89959E+02	,	0.89930E+02)
A 6	0.89934E+02	+	0.14632E-01	(0.89949E+02	,	0.89920E+02)
A 7	0.89933E+02	+	0.14632E-01	(0.89947E+02	,	0.89918E+02)
A 8	0.89929E+02	+	0.14632E-01	(0.89944E+02	,	0.89914E+02)
A 9	0.89899E+02	+	0.14632E-01	(0.89914E+02	,	0.89885E+02)

¢=PAI
$=SIGMA

表 20　NBS U−0002のU−235のフィラメント内・間変動解析

*** 1-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

DATA NAME = NBS 0002, U−235
KEISAN SHA =
DATE =

INPUT DATA

A 1	0.0178	0.0179	0.0178	0.0181	0.0179	0.0179	0.0179	0.0178	0.0179	0.0180	0.0179	0.0179	0.0180	0.0178
A 2	0.0183	0.0182	0.0183	0.0179	0.0176	0.0176	0.0180	0.0180	0.0179	0.0178	0.0178	0.0179	0.0181	0.0181
A 3	0.0180	0.0183	0.0181	0.0181	0.0183	0.0184	0.0182	0.0182	0.0179	0.0178	0.0180	0.0179	0.0179	0.0179
A 4	0.0179	0.0180	0.0178	0.0177	0.0177	0.0179	0.0180	0.0178	0.0179	0.0177	0.0179	0.0178	0.0178	0.0177
A 5	0.0177	0.0178	0.0176	0.0178	0.0177	0.0177	0.0177	0.0178	0.0178	0.0178	0.0177	0.0177	0.0178	0.0178
A 6	0.0179	0.0181	0.0182	0.0182	0.0181	0.0181	0.0183	0.0182	0.0180	0.0179	0.0180	0.0180	0.0181	0.0182

BUNSAN BUNSEKI TABLE

YOIN	S	¢	V	F0
A	0.1299E-05	5	0.2599E-06	14.69
E	0.1380E-05	78	0.1769E-07	

* HANTEI = 99% DE SA GA ARUTO IERU

F(0.01) = 3.27

$E=0.13301E-03
$A=0.13152E-03

*KAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI

A 1	0.17896E-01	+	0.69918E-04	(0.17966E-01	,	0.17826E-01)
A 2	0.17965E-01	+	0.69918E-04	(0.18035E-01	,	0.17895E-01)
A 3	0.18072E-01	+	0.69918E-04	(0.18142E-01	,	0.18002E-01)
A 4	0.17830E-01	+	0.69918E-04	(0.17900E-01	,	0.17760E-01)
A 5	0.17749E-01	+	0.69918E-04	(0.17818E-01	,	0.17679E-01)
A 6	0.18096E-01	+	0.69918E-04	(0.18166E-01	,	0.18026E-01)

¢=PAI
$=SIGMA

表21 NBS U−0002のU−238のフィラメント内・間変動解析

*** 1-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

DATA NAME = NBS0002,U−238
KEISAN SHA =
DATE =

INPUT DATA

A 1	99.9822	99.9821	99.9822	99.9820	99.9821	99.9822	99.9821	99.9821	99.9822	99.9820	99.9822	99.9821	99.9820	99.9822
A 2	99.9817	99.9818	99.9817	99.9821	99.9824	99.9824	99.9820	99.9820	99.9821	99.9822	99.9822	99.9821	99.9819	99.9819
A 3	99.9820	99.9817	99.9819	99.9819	99.9817	99.9816	99.9818	99.9818	99.9821	99.9822	99.9820	99.9821	99.9820	99.9821
A 4	99.9821	99.9820	99.9822	99.9822	99.9822	99.9821	99.9820	99.9822	99.9821	99.9823	99.9822	99.9822	99.9822	99.9823
A 5	99.9822	99.9822	99.9824	99.9822	99.9823	99.9823	99.9822	99.9822	99.9822	99.9822	99.9823	99.9823	99.9822	99.9822
A 6	99.9821	99.9819	99.9818	99.9818	99.9819	99.9818	99.9817	99.9818	99.9820	99.9820	99.9820	99.9820	99.9819	99.9818

BUNSAN BUNSEKI TABLE

YOIN	S	C	V	FO
A	0.1341E−05	5	0.2681E−06	13.99
E	0.1495E−05	78	0.1917E−07	

*HANTEI=99% DE SA GA ARUTO IERU

F(0.01)=3.27

SE=0.1385E−03
SA=0.1333E−03

*KAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI

A1	0.9998212E+02	± 0.74E−04	(99.98219 ,	99.98205)
A2	0.9998204E+02	± 0.74E−04	(99.98211 ,	99.98197)
A3	0.9998194E+02	± 0.74E−04	(99.98201 ,	99.98187)
A4	0.9998216E+02	± 0.74E−04	(99.98223 ,	99.98209)
A5	0.9998224E+02	± 0.74E−04	(99.98231 ,	99.98217)
A6	0.9998189E+02	± 0.74E−04	(99.98196 ,	99.98192)

¢=PAI
$=SIGMA

表22　準フィラメント間変動とフィラメント内変動の比較

NBS0002

Nuclide	U−235	U−238
Atom %(σ_F, CV)*	0.01793 (0.00014, 0.76%)	99.8206 (0.00014, 0.00014%)
σ_E (CV)**	0.00013 (0.73%)	0.00014 (0.00013%)
σ_A (CV)**	0.00013 (0.73%)	0.00013 (0.00013%)
σ_E/σ_A	1.0	1.1

NBS100+U−233 (0.002%)

Nuclide	U−233	U−235	U−238
Atom % (σ_F, CV)	0.0022 (0.000043, 1.9%)	9.948 (0.015, 0.16%)	89.935 (0.016, 0.018%)
σ_E (CV)	0.00010 (4.5%)	0.027 (0.27%)	0.028 (0.031%)
σ_A (CV)	0.000032 (1.5%)	0.014 (0.14%)	0.014 (0.016%)
σ_E/σ_A	3.1	1.9	2.0

NBS500+U−233 (U−233：U−235：U−238＝1：1：1)

Nuclide	U−233	U−235	U−238
Atom % (σ_F, CV)	36.773 (0.021, 0.056%)	31.468 (0.0078, 0.025%)	31.296 (0.022, 0.070%)
σ_E (CV)	0.024 (0.065%)	0.017 (0.054%)	0.021 (0.067%)
σ_A (CV)	0.020 (0.054%)	0.0066 (0.021%)	0.021 (0.067%)
σ_E/σ_A	1.2	2.6	1.0

NUU+U−233 (U−233：U−238＝1：1)

Nuclide	U−233	U−235	U−238
Atom % (σ_F, CV)	46.19 (0.018, 0.040%)	0.3983 (0.00083, 0.21%)	53.30 (0.018, 0.034%)
σ_E (CV)	0.044 (0.095%)	0.00097 (0.24%)	0.044 (0.083%)
σ_A (CV)	0.013 (0.028%)	0.00079 (0.20%)	0.014 (0.026%)
σ_E/σ_A	3.4	1.2	3.1

＊　各水準の平均値から求めた値

＊＊　1元配置の分散分析で求めた値

σ_F と σ_E, σ_A の関係　：　$\sigma^2_F = (\sigma_E/\sqrt{n})^2 + \sigma^2_A$

ここで，例えば表１９中のＮＢＳ−１００＋^{233}Ｕの試料について，^{238}Ｕの実測定値を(1)式に代入して計算してみるとσ_E=0.028，σ_A=0.014，n=14からσ_F=0.016となり，表中の各フィラメントの平均値から求めた標準偏差，すなわち各フィラメントの平均値に対する標準偏差0.016と一致する。

(1)式が示すように，１つのフィラメント測定に対する誤差を小さくするためには，準フィラメント間変動σ_Aを小さくすることも必要であるが，$\sigma_A > \sigma_E\sqrt{n}$になるよう質量スペクトルを繰返し測定しなければならない。表１０および１９で示すように，σ_E/σ_Aは最大６であり通常は２〜３であるので，同位体組成が約５０％の２つの同位体の場合は繰返し数，ｎ＝約４０（$\sqrt{n}$＝約６），その他の場合はｎ＝２０（$\sqrt{n}$＝約４）で十分である。

5. フィラメント間変動（質量差別効果の変動）の要因

前述したように，フィラメント内誤差は質量スペクトルの繰返し質量スペクトルを１０～２０対測定することにより，測定値の平均値に対する変動として$1/\sqrt{n}$に小さくすることができる。

ところがフィラメント間変動は，同一試料を塗布したフィラメントを何個か測定しなければ小さくすることができない。しかし，測定フィラメントを増すことは，時間的にも経済的にも困難な場合が多い。

そこで，このフィラメント間変動の主な要因を見出し，その要因を改善しさらに変動を小さくすることにより，１つのフィラメント測定から得られたデータのフィラメント間変動を小さくすることができる。

またこの誤差がどのくらい大きいかを知ることは，データの信頼度，評価ということで重要な問題である。

この質量差別効果とは，フィラメント上の試料中の軽い同位体がより重い同位体よりも中性原子あるいはイオン化された原子として，より多く放射されるという効率の程度を示すものである。

この効果は一般に次のように定義されている[4)]

$$\beta = \frac{M}{\Delta M}\left(\frac{\overline{R}ij}{Rij} - 1\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2)$$

ここで，

β：質量差別効果

M：基準となる同位体ｊの質量数

ΔM：同位体ｉと同位体ｊとの質量差で，ｉ＞ｊのときはΔMは負になる。

Ｒｉｊ：同位体ｉと同位体ｊとの比の真値（通常は標準試料の表示値）

$\overline{R}$ｉｊ：質量分析で得られた質量差別効果補正をしていない，同位体ｉと同位体ｊの比である。

(2)式は，測定値と真値の差を真値で除した値に基準となる質量数の重みを積算し，それを質量差で除して，質量差１当りの質量差別効果の程度を表したものである。この値は，標準試料を測定することにより求まるが，フィラメント間変動が含まれているため，より正確な補正係数を得るためには複数個のフィラメントを測定しなければならない。

このように求められた質量差別効果から，未知試料の真のＲｉｊ は次の式から得られる。

$$Rij = \frac{1}{1 + \beta \cdot \frac{\Delta M}{M}} \cdot \overline{R}ij \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3)$$

ここで，

Ｒｉｊ ：質量差別効果補正した同位体ｉと同位体ｊとの比

$\bar{R}$ｉｊ ：質量分析実測値

である。

このようにして未知試料の同位体分析が行われるが，厳密には(2)式から得られたβの値とは異なる。つまり，同じ試料を測定しても測定フィラメントが異なれば，βの値は変化する。このβの変動要因は，試料塗布量の変化，試料フィラメントの測定時における温度差，試料酸濃度，試料フィラメント上の試料状態の違い（試料の経時変化も含む）およびマルチプライヤの印加電圧の違い等によると考えられている。[3] そこで，これらの変動要因を種々変化させ，βの変動に大きく寄与する要因を見出して，その要因の変化を小さくなるように管理すれば，フィラメント間誤差（βの変動）を小さくすることができる。

そのため，次のような実験を行いフィラメント間誤差に寄与する要因とその影響の大きさを調べた。

まずＮＢＳ−５００ のU_3O_8粉末を（１＋１）HNO_3 で溶解し，濃度を約1.6 mgＵ／mℓにした。次に^{233}Ｕスパイク液（0.8 mgＵ／mℓ，（１＋１）HNO_3 溶液）を準備する。これら２つの溶液からそれぞれ２mℓづつ秤量ビンに採取して混合する。良く混合した後，１mℓづつを３つの秤量ビンに採取し，また他の秤量ビンに１０μℓを採取する。これら４つの秤量ビンをホットプレート上で蒸発乾固する。

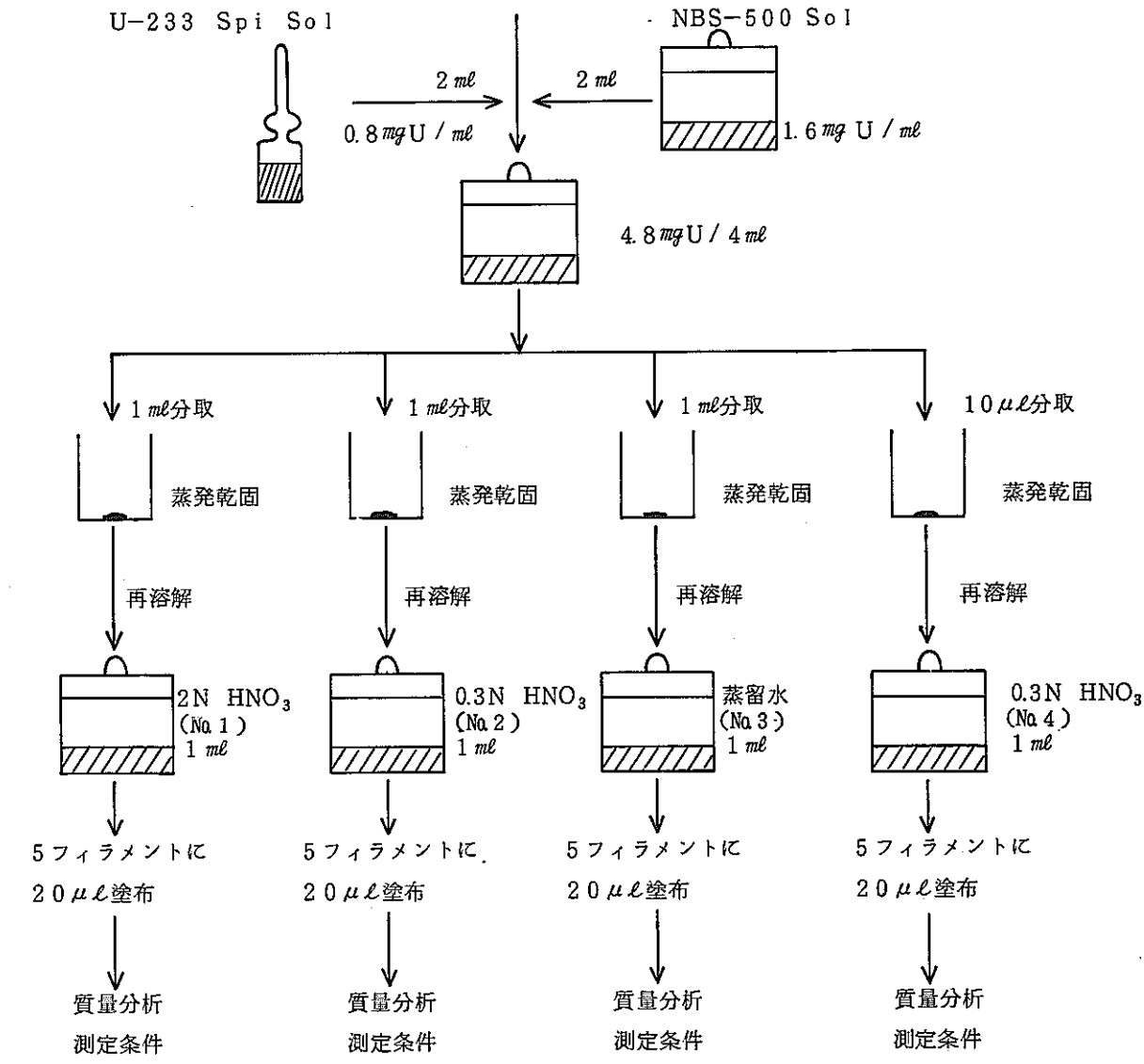
１mℓづつ採取して蒸発乾固した各々の秤量ビンに，２Ｎ HNO_3 を１mℓ，0.3Ｎ HNO_3 を１mℓおよび蒸留水１mℓを加えて再溶解し各々を試料番号№１〜№３とした。

一方，１０μℓを採取し蒸発乾固した秤量ビンに，0.3Ｎ HNO_3 を１mℓ加えて再溶解し試料№４とした。

これらの試料溶液を各試料ごとに５つの３重フィラメントマウント（センタ：金属Ｒｅ，両サイド：金属Ｗ）の両サイドフィラメントに２０μℓづつ塗布した。

このように試料を塗布したフィラメントマウントを，種々の測定条件により質量分析し，質量差別効果の変動に影響する要因を調べた。これらの実験の概要および各フィラメントの測定条件を図３に示すとともに，各試料の測定手順を以下に示する。

まず，試料№１について，センターフィラメントの電流を通常測定の電流値，５Ａに設定し，サイドフィラメント電流を段階的に上げて，^{233}Ｕ，^{235}Ｕおよび^{238}Ｕの質量スペクトルをアンプの測定レンヂ，0.1Ｖ，１Ｖおよび１０Ｖで測定した。１０Ｖ レンヂの測定が終了すると，次にサイドフィラメント電流をそのままの電流値（１０Ｖレンヂのときの）に設定し，センターフィラメント電流を段階的に下げて，１Ｖ，0.1Ｖレンヂで測定を行った。このようにして５つのフィラメントマウントを測定した。



各々のフィラメントを最高レンヂ10V，1V，0.1Vで測定

各々のフィラメントを最高レンヂ10V，1V，0.1Vで測定

各々のフィラメントを最高レンヂ10Vのみで測定

各々のフィラメントを最高レンヂ 1 V のみで測定

1) センターフィラメント電流一定サイサイドフィラメント電流を徐々に上げる。
2) サイドフィラメント電流一定センターフィラメント電流を徐々に下げる。

1) 2次電子増倍管の印加電圧を徐々に上げ各レンヂで測定

図3. 質量差別効果の変動要因試験フローシート

次に，資料№2の溶液を塗布した5つのフィラメントマウンは，測定レンヂが10Vで測定できる通常の測定条件にしてまず測定する。次にマルチプライヤの印加電圧を段階的に下げ，1Vおよび0.1Vの測定レンヂで測定した。このようにして，5つのフィラメントマウントを測定した。この時の，10V，1V，0.1Vにおける印加電圧はそれぞれおよそ，900V，675V，505Vである。

試料№3の溶液を塗布した5つのフィラメントマウントについては，10Vの測定レンヂで測定できる通常の測定条件で測定した。

試料№4の溶液を塗布した5つのフィラメントについては，試料№1～№3までのフィラメントマウントに塗布した1／100のウラン量（0.24μgU）が塗布されている。これらのフィラメントマウントは，通常測定するときのフィラメント電流にほぼ近い条件で測定したので，測定レンヂは1Vであった。

5－1　試料の酸濃度

試料溶液の酸濃度の変化による質量差別効果の変動は，フィラメント上に塗布した試料の化学形態の違いによるものと考えられる。日常分析では，HNO_3(1＋1)で溶解した後蒸発乾固して0.3N　HNO_3 で再溶解したものを，フィラメントに塗布する試料溶液としている。

酸濃度が高い場合には塗布している間に，試料フィラメント或はセンターフィラメントが酸で腐食し，測定中にフィラメントが溶断し易くなる。酸濃度が低すぎると溶解度が小さくなり，試料が塩として析出しフィラメントに塗布されたときの試料の化学形態に変化をきたす原因になる。そこで，試料溶液を蒸発乾固後，2N HNO_3 ，0.3N HNO_3 および蒸留水でそれぞれを再溶解した溶液を塗布したフィラメントについて測定した。測定は各試料につき5フィラメントマウント作成しすべて同一条件で測定した。

表23，24にこれらの測定データの2元配置の分散分析で統計解析した結果を示す。表23は，$^{233}U/^{238}U$ の比R38，表24は，$^{235}U/^{238}U$ の比R58についての解析結果を示す。水準1Bは蒸留水，2Bおよび3Bは0.3Nおよび2N硝酸濃度を示し，1A～5Aはフィラメントマウントの番号を示す。

これらの解析結果から，酸濃度の違いによる質量差別効果の大きな変動はみられなかった。これは蒸発乾固を行っても完全に乾固，脱硝されていないと硝酸塩として存在し，蒸留水で溶解しても殿物が析出しないことによるためであると思われる。

このことから，日常分析で試料の酸濃度が2N以下の希硝酸であれば，質量差別効果の変動に影響を与えないと考えられる。

表 23　酸濃度変化による質量差別効果の変動解析，R 38

```
*** 2-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

                                        DATA NAME  = 酸濃度変化，R38
                                        KEISAN SHA = Y.Wada
                                        DATE       =

INPUT DATA

        1B      2B      3B
  1A  1.1758  1.1745  1.1739
  2A  1.1746  1.1746  1.1761
  3A  1.1759  1.1734  1.1740
  4A  1.1742  1.1760  1.1736
  5A  1.1749  1.1745  1.1763

BUNSAN BUNSEKI TABLE

YOIN        S          ¢        V          F0

 A    0.1364E-05    4    0.3409E-06    0.25

 B    0.5871E-06    2    0.2936E-06    0.21

 E    0.1111E-04    8    0.1389E-05

 T    0.1306E-04   14

 * HANTEI = A SUIJUN KAN WA 95% DEWA SAGA ARU TO IENAI
         = B SUIJUN KAN WA 95% DEWA SAGA ARU TO IENAI

 F(¢A,¢E,0.01) =  7.12
 F(¢A,¢E,0.05) =  3.84
 F(¢B,¢E,0.01) =  8.73
 F(¢B,¢E,0.05) =  4.45

 $A = 0.0
 $B = 0.0
 $E = 0.11787E-02

*ZEN DATA NO 95% SUITEICHI
     0.11748E+01   +   0.69594E-03    (0.11755E+01   ,   0.11741E+01 )

 YOIN A = filament
 YOIN B = san nodo

 ¢=PAI
 $=SIGMA
```

表 24　酸濃度変化による質量差別効果の変動解析，R58

*** 2-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

DATA NAME = 酸濃度変化，R58
KEISAN SHA =
DATE =

INPUT DATA

	1B	2B	3B
1A	1.0059	1.0054	1.0050
2A	1.0061	1.0057	1.0062
3A	1.0063	1.0053	1.0047
4A	1.0059	1.0067	1.0056
5A	1.0061	1.0054	1.0064

BUNSAN BUNSEKI TABLE

YOIN	S	¢	V	F0
A	0.1217E-05	4	0.3042E-06	1.01
B	0.6238E-06	2	0.3119E-06	1.04
E	0.2404E-05	8	0.3005E-06	
T	0.4244E-05	14		

* HANTEI = A SUIJUN KAN WA 95% DEWA SAGA ARU TO IENAI
= B SUIJUN KAN WA 95% DEWA SAGA ARU TO IENAI

F(¢A,¢E,0.01) = 7.12
F(¢A,¢E,0.05) = 3.84
F(¢B,¢E,0.01) = 8.73
F(¢B,¢E,0.05) = 4.45

$A = 0.35080E-04
$B = 0.47788E-04
$E = 0.54816E-03

*ZEN DATA NO 95% SUITEICHI
0.10058E+01 + 0.32366E-03 (0.10061E+01 , 0.10055E+01)

YOIN A = firament
YOIN B = san noodo

¢=PAI
$=SIGMA

5−2　試料塗布量

試料の塗布量の差による質量差別効果の変動は，測定時のフィラメント温度の差による変動にも関係する。

そこで，試料№2を塗布した5つのフィラメントマウント（各フィラメントマウントに24μgUが塗布されている）を10Vレンヂで測定した値と，試料№4を塗布した5つのフィラメントマウント（各フィラメントに0.24μgUが塗布されている）を1Vレンヂで測定した値とを分散分析した。その結果を表25，26に示す。表25はR38，表26はR58の解析を示し，1Bは0.24μgU塗布量，2Bは24μgU塗布量を示す。

これらの結果から，日常分析での塗布量（数10μgU）とその1／100　程度の場合とで有意差がある（$\alpha=5\%$）とは言えなかった。これは，前者は10Vレンヂで測定し，後者は1Vレンヂで測定したのでフィラメント電流はほぼ同一となり，両者のフィラメント温度に差がなかったためと思われる。しかし，塗布量が極端に少なくなるとフィラメント内誤差（スペクトル繰返し誤差），フィラメント間誤差が大きくなりそれだけ測定精度が悪くなる。

5−3　フィラメント温度

本報で使用したフィラメントマウントは，英国カサデオン社製の3重フィラメントマウントである。両サイドフィラメント（このフィラメントに試料を塗布する）は金属タングステン，センターフィラメントは金属レニウムのリボンからできている。

これらのフィラメントの測定時における温度の差により，質量差別効果に差が生じると考えられる。

そこで，両サイドフィラメントの温度（フィラメント電流）を一定にして，センターフィラメント（イオン化フィラメント）温度を変化させながら，質量差別効果に有意差が生ずるかどうかを検討した。また逆に，イオン化フィラメント温度を一定にして試料フィラメント温度を変化させて検討した。なお，フィラメント温度はイオンソース内の温度測定が困難であったので，フィラメント電流で制御しフィラメント電流が同じであれば，フィラメント温度も同じであると仮定した。

5−3−1　試料フィラメント温度

試料№1を塗布した5つのフィラメントマウントを，イオン化フィラメント電流を一定にし（約5.4A），試料フィラメント（両サイドフィラメント）電流を3段階に上げて，試料フィラメント温度の変化による質量差別効果の影響を検討した。

測定は，^{233}U（^{235}U，^{238}Uも同じ）測定レンヂを0.1V，1Vおよび10Vで行った。このときの試料フィラメント電流はそれぞれ2.8A，3.1Aおよび3.6Aであった。

これらの測定と分散分析の結果を表27，28に示す。表中の1B，2Bおよび3Bは，測定レンヂ10V，1Vおよび0.1Vを示す。これらの結果から，塗布試料が同一であって

表 25　塗布量変化による質量差別効果の変動解析，R38

*** 2-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

DATA NAME = 試料塗布量間，R38
KEISAN SHA = Y.Wada
DATE =

INPUT DATA

	1B	2B
1A	1.1736	1.1745
2A	1.1747	1.1746
3A	1.1752	1.1734
4A	1.1724	1.1760
5A	1.1787	1.1745

BUNSAN BUNSEKI TABLE

YOIN	S	¢	V	F0
A	0.8856E-05	4	0.2214E-05	0.52
B	0.2567E-06	1	0.2567E-06	0.06
E	0.1707E-04	4	0.4268E-05	
T	0.2618E-04	9		

* HANTEI = A SUIJUN KAN WA 95% DEWA SAGA ARU TO IENAI
= B SUIJUN KAN WA 95% DEWA SAGA ARU TO IENAI

F(¢A,¢E,0.01) = 18.35
F(¢A,¢E,0.05) = 6.55
F(¢B,¢E,0.01) = 22.92
F(¢B,¢E,0.05) = 7.74

$A = 0.0
$B = 0.0
$E = 0.20659E-02

*ZEN DATA NO 95% SUITEICHI
0.11748E+01 + 0.18178E-02 (0.11766E+01 , 0.11729E+01)

YOIN A = firament
YOIN B = sample size

¢=PAI
$=SIGMA

表26　塗布量変化による質量差別効果の変動解析，R58

```
*** 2-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

                                                    DATA NAME  = 試料塗布量間, R58
                                                    KEISAN SHA = Y.Wada
                                                    DATE       =

                    INPUT DATA

          1B      2B
   1A   1.0053  1.0054
   2A   1.0059  1.0057
   3A   1.0059  1.0053
   4A   1.0045  1.0067
   5A   1.0070  1.0054

                          BUNSAN BUNSEKI TABLE

                YOIN      S          ¢      V          F0

                  A    0.8050E-06    4   0.2013E-06    0.21

                  B    0.1100E-08    1   0.1100E-08    0.00

                  E    0.3902E-05    4   0.9756E-06

                  T    0.4708E-05    9

                  * HANTEI = A SUIJUN KAN WA 95% DEWA SAGA ARU TO IENAI
                           = B SUIJUN KAN WA 95% DEWA SAGA ARU TO IENAI

                  F(¢A,¢E,0.01) = 18.35
                  F(¢A,¢E,0.05) =  6.55
                  F(¢B,¢E,0.01) = 22.92
                  F(¢B,¢E,0.05) =  7.74

                  $A = 0.0
                  $B = 0.0
                  $E = 0.98772E-03

        *ZEN DATA NO 95% SUITEICHI
             0.10057E+01   +   0.86913E-03    (0.10066E+01    ,    0.10048E+01 )

                  YOIN A = filament
                  YOIN B = sample size

                  ¢=PAI
                  $=SIGMA
```

も試料フィラメント温度の差により，測定データが高度に（$\alpha=1\%$）に有意となった。更に質量差の大きい比（R３８の質量差は5，R５８の質量差は３）の方が，質量差別効果の変動が大きいことがわかった。

また，各水準の平均値を比較して軽い同位体と重い同位体のフィラメントから蒸発する比率を調べると，フィラメント温度が低い方が軽い同位体は重い同位体に比し蒸発する割合が大きいことがわかった。表２７，２８中に，フィラメント温度の要因の各水準ごとの平均値と９５％信頼限界を示す。

５－３－２　イオン化フィラメント温度

試料フィラメント電流を日常分析における電流値（3.6Ａ）に固定し，イオン化フィラメント電流を段階的に下げてイオン化フィラメント温度変化による質量差別効果の変動を検討した。

その結果を表２９，３０に示す。表２９はＲ３８，表３０はＲ５８の解析結果を示し，１Ｂ，２Ｂおよび３Ｂはセンターフィラメントの電流値5.4Ａ，4.0Ａおよび3.4Ａを示す。

これらの結果から，イオン化フィラメントの温度の差により，データが有意になることがわかった。しかし，試料フィラメントの温度変化による影響よりも小さかった。

このことは，試料フィラメントが塗布された試料の中性原子およびイオン化された陽イオン原子を放射させ，一方イオン化フィラメントは，放射された中性原子が当り，正のイオン化した原子を発生させるなどの作用の違いによるものと考えられる。この表面電離の理論については，Saha － Lungmuir 理論[5,6]が近似的に成立することが知られている。

このように，フィラメントの温度差は質量差別効果の変動に大きく影響するので，フィラメント間誤差を小さくするためには，フィラメントの温度管理が必要となってくる。

５－４　２次電子増位管の印加電圧

２次電子増倍管を使用することにより質量差別効果が生じることは一般に知られている。この補正は，次式によって一般に行われている[7]。

$$(I_1/I_2)\ \mathrm{true} = (I_1/I_2)\,\mathrm{means}\,(M_1/M_2)^{1/2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4)$$

ここで

Ｉ　：　イオン電流

Ｍ　：　質量数，$M_1 > M_2$

である。

このように，質量数の比の平方根で補正を行う。(4)式の変数は質量数のみであるが，本報では質量差別効果の変動の要因として，２次電子増倍管の印加電圧についても検討した。

そこで，印加電圧を３段階に変化させた測定条件における測定値を分散分析して解析を行った。その結果を表３１，３２に示す。表３１はＲ３８，表３２はＲ５８の結果を示す。

表中の1Ｂ，２Ｂおよび３Ｂは印加電圧を示し，それぞれ９００Ｖ，６７５Ｖ，５０５Ｖである。

これらの結果から，印加電圧の変化による質量差別効果の変動はないことが確認された。

表 27　サイドフィラメント温度変化による質量差別効果の変動解析，R 38

```
*** 2-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

                                        DATA NAME  = センター フィラメント一定，サイドフィラメント温度変化，R38
                                        KEISAN SHA =
                                        DATE       =

                INPUT DATA

        1B      2B      3B
1A   1.1739  1.1777  1.1776
2A   1.1761  1.1811  1.1810
3A   1.1740  1.1802  1.1822
4A   1.1736  1.1785  1.1833
5A   1.1763  1.1817  1.1825

                BUNSAN BUNSEKI TABLE

        YOIN        S        ¢        V        FO

         A    0.2395E-04    4   0.5987E-05    3.31

         B    0.1176E-03    2   0.5879E-04   32.46

         E    0.1449E-04    8   0.1811E-05

         T    0.1560E-03   14

         * HANTEI = A SUIJUN KAN WA 95% DEWA SAGA ARU TO IENAI
                  = B SUIJUN KAN DEWA 99% DE SAGA ARU TO IERU

         F(¢A,¢E,0.01) =  7.12
         F(¢A,¢E,0.05) =  3.84
         F(¢B,¢E,0.01) =  8.73
         F(¢B,¢E,0.05) =  4.45

         $A = 0.11798E-02
         $B = 0.33758E-02
         $E = 0.13458E-02

  *B NO YOIN NO KAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI

      B 1   0.11748E+01   +   0.13763E-02   ( 0.11762E+01   ,   0.11734E+01 )
      B 2   0.11798E+01   +   0.13763E-02   ( 0.11812E+01   ,   0.11785E+01 )
      B 3   0.11813E+01   +   0.13763E-02   ( 0.11827E+01   ,   0.11799E+01 )

         YOIN A = filament
         YOIN B = filament ondo

         ¢=PAI
         $=SIGMA
```

表 28　サイドフィラメント温度変化による質量差別効果の変動解析，R58

```
*** 2-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

                                                    DATA NAME  = センターフィラメント一定，サイドフィラメント温度変化，R58
                                                    KEISAN SHA =
                                                    DATE       =

                    INPUT DATA

        1B      2B      3B
1A   1.0050  1.0075  1.0074
2A   1.0062  1.0078  1.0078
3A   1.0047  1.0085  1.0090
4A   1.0056  1.0073  1.0078
5A   1.0064  1.0090  1.0080

                          BUNSAN BUNSEKI TABLE

                YOIN      S          ¢     V          F0

                  A    0.2448E-05    4   0.6121E-06    1.53

                  B    0.1968E-04    2   0.9838E-05   24.62

                  E    0.3197E-05    8   0.3996E-06

                  T    0.2532E-04   14

                  * HANTEI = A SUIJUN KAN WA 95% DEWA SAGA ARU TO IENAI
                           = B SUIJUN KAN DEWA 99% DE SAGA ARU TO IERU

                  F(¢A,¢E,0.01) =  7.12
                  F(¢A,¢E,0.05) =  3.84
                  F(¢B,¢E,0.01) =  8.73
                  F(¢B,¢E,0.05) =  4.45

                  $A = 0.26614E-03
                  $B = 0.13739E-02
                  $E = 0.63214E-03

        *B NO YOIN NO KAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI

            B 1   0.10056E+01   +   0.64649E-03   ( 0.10062E+01   ,   0.10049E+01 )
            B 2   0.10080E+01   +   0.64649E-03   ( 0.10087E+01   ,   0.10074E+01 )
            B 3   0.10080E+01   +   0.64649E-03   ( 0.10086E+01   ,   0.10074E+01 )

                  YOIN A = filament
                  YOIN B = filament ondo

                  ¢=PAI
                  $=SIGMA
```

表 29　センターフィラメント温度変化による質量差別効果の変動解析，R38

```
*** 2-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

                                        DATA NAME  = サイドフィラメント一定，センターフィラメント温度変化，R38
                                        KEISAN SHA =
                                        DATE       =

INPUT DATA

      1B       2B       3B
1A  1.1739   1.1760   1.1783
2A  1.1761   1.1777   1.1784
3A  1.1740   1.1745   1.1754
4A  1.1736   1.1760   1.1769
5A  1.1763   1.1754   1.1800

                BUNSAN BUNSEKI TABLE

 YOIN      S          ¢      V           FO

  A    0.1639E-04    4   0.4098E-05    4.13

  B    0.2325E-04    2   0.1162E-04   11.71

  E    0.7939E-05    8   0.9924E-06

  T    0.4758E-04   14

  * HANTEI = A SUIJUNKAN DEWA 95% DE SAGA ARU TO IERU
           = B SUIJUN KAN DEWA 99% DE SAGA ARU TO IERU

  F(¢A,¢E,0.01) =  7.12
  F(¢A,¢E,0.05) =  3.84
  F(¢B,¢E,0.01) =  8.73
  F(¢B,¢E,0.05) =  4.45

  $A = 0.10174E-02
  $B = 0.14582E-02
  $E = 0.99617E-03

*A NO YOIN NO KAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI

   A 1   0.11761E+01   +   0.13152E-02   ( 0.11774E+01   ,   0.11748E+01 )
   A 2   0.11774E+01   +   0.13152E-02   ( 0.11787E+01   ,   0.11761E+01 )
   A 3   0.11746E+01   +   0.13152E-02   ( 0.11759E+01   ,   0.11733E+01 )
   A 4   0.11755E+01   +   0.13152E-02   ( 0.11768E+01   ,   0.11742E+01 )
   A 5   0.11772E+01   +   0.13152E-02   ( 0.11785E+01   ,   0.11759E+01 )

*B NO YOIN NO KAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI

   B 1   0.11748E+01   +   0.10188E-02   ( 0.11758E+01   ,   0.11738E+01 )
   B 2   0.11759E+01   +   0.10188E-02   ( 0.11769E+01   ,   0.11749E+01 )
   B 3   0.11778E+01   +   0.10188E-02   ( 0.11788E+01   ,   0.11768E+01 )

  YOIN A = filament
  YOIN B = filament ondo

  ¢=PAI
  $=SIGMA
```

表 30　センターフィラメント温度変化による質量差別効果の変動解析，R 58

```
*** 2-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

                                        DATA NAME  = サイドフィラメント一定，センターフィラメント温度変化，R58
                                        KEISAN SHA =
                                        DATE       =

INPUT DATA

     1B      2B      3B
1A   1.0050  1.0063  1.0074
2A   1.0062  1.0061  1.0062
3A   1.0047  1.0054  1.0058
4A   1.0056  1.0063  1.0073
5A   1.0064  1.0063  1.0069

                BUNSAN-BUNSEKI TABLE

YOIN      S          ¢      V          FO

A    0.2810E-05    4    0.7025E-06    2.93

B    0.3263E-05    2    0.1632E-05    6.81

E    0.1916E-05    8    0.2396E-06

T    0.7990E-05   14

* HANTEI = A SUIJUN KAN WA 95% DEWA SAGA ARU TO IENAI
        = B SUIJUN KAN DEWA 95% DE SAGA ARU TO IERU

F(¢A,¢E,0.01) =  7.12
F(¢A,¢E,0.05) =  3.84
F(¢B,¢E,0.01) =  8.73
F(¢B,¢E,0.05) =  4.45

$A = 0.39282E-03
$B = 0.52766E-03
$E = 0.48945E-03

*B NO YOIN NO KAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI

B 1   0.10056E+01   +   0.50055E-03   ( 0.10061E+01   ,   0.10051E+01 )
B 2   0.10061E+01   +   0.50055E-03   ( 0.10066E+01   ,   0.10056E+01 )
B 3   0.10067E+01   +   0.50055E-03   ( 0.10072E+01   ,   0.10062E+01 )

YOIN A = filament
YOIN B = filament ondo

¢=PAI
$=SIGMA
```

表 31　マルチプライヤの印加電圧変化による質量差別効果の変動解析，R38

```
*** 2-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

                                                DATA NAME  = Multiplier の印加電圧の変化，R38
                                                KEISAN SHA = Y.Wada
                                                DATE       =

                    INPUT DATA

        1B      2B      3B
 1A   1.1745  1.1735  1.1745
 2A   1.1746  1.1741  1.1745
 3A   1.1734  1.1741  1.1765
 4A   1.1760  1.1749  1.1734
 5A   1.1745  1.1752  1.1754

                          BUNSAN BUNSEKI TABLE

                YOIN      S          ¢      V          F0

                  A    0.1344E-05    4   0.3359E-06    0.29

                  B    0.6270E-06    2   0.3135E-06    0.27

                  E    0.9319E-05    8   0.1165E-05

                  T    0.1129E-04   14

                  * HANTEI = A SUIJUN KAN WA 95% DEWA SAGA ARU TO IENAI
                           = B SUIJUN KAN WA 95% DEWA SAGA ARU TO IENAI

                  F(¢A,¢E,0.01) =  7.12
                  F(¢A,¢E,0.05) =  3.84
                  F(¢B,¢E,0.01) =  8.73
                  F(¢B,¢E,0.05) =  4.45

                  $A = 0.0
                  $B = 0.0
                  $E = 0.10793E-02

            *ZEN DATA NO 95% SUITEICHI
                0.11746E+01   +   0.63727E-03   (0.11752E+01   ,   0.11740E+01 )

                  YOIN A = filament
                  YOIN B = multiplier

                  ¢=PAI
                  $=SIGMA
```

表 32　マルチプライヤの印加電圧変化による質量差別効果の変動解析，R58

```
*** 2-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

                                                    DATA NAME  = Multiplier の印加電圧変化，R58
                                                    KEISAN SHA =
                                                    DATE       =

                    INPUT DATA

          1B      2B      3B
   1A   1.0054  1.0049  1.0052
   2A   1.0057  1.0059  1.0054
   3A   1.0053  1.0059  1.0060
   4A   1.0067  1.0053  1.0049
   5A   1.0054  1.0060  1.0058

                    BUNSAN BUNSEKI TABLE

          YOIN      S        ¢       V          F0

           A    0.6839E-06   4   0.1710E-06    0.58

           B    0.1447E-06   2   0.7233E-07    0.24

           E    0.2368E-05   8   0.2960E-06

           T    0.3197E-05  14

           * HANTEI = A SUIJUN KAN WA 95% DEWA SAGA ARU TO IENAI
                    = B SUIJUN KAN WA 95% DEWA SAGA ARU TO IENAI

           F(¢A,¢E,0.01) =  7.12
           F(¢A,¢E,0.05) =  3.84
           F(¢B,¢E,0.01) =  8.73
           F(¢B,¢E,0.05) =  4.45

           $A = 0.20417E-03
           $B = 0.21152E-03
           $E = 0.54409E-03

*ZEN DATA NO 95% SUITEICHI
   0.10056E+01  +  0.32126E-03   (0.10059E+01  ,  0.10053E+01 )

           YOIN A = filament
           YOIN B = multiplier

           ¢=PAI
           $=SIGMA
```

6. 質量差別効果補正値の管理

質量差別効果の補正は，前述した(2)式でβを求め基準となる質量数からの質量差によるF（factor）を求める。例えば，^{238}U を基準とし，^{235}U のF（F_{58}）を求める場合は次の式による。

$$F_{58} = 1/(1+(3/238)\times\beta) \quad \cdots\cdots (5)$$

上式によって求めたF_{58}から，質量差別効果補正後の $^{235}U/^{238}U$ の比 R_{58}' は，補正前の比をR_{58}とすると次式によって求ます。

$$R_{58}' = R_{58} \times F_{58} \quad \cdots\cdots (6)$$

したがって，補正するためにはまずβの値を求めなければならない。βの値は，同位体標準試料を測定して求めるが，測定元素，期間，質量分析計およびフィラメント間でどのように変動するかを知ることは，誤差を少なく補正するということで重要な問題である。

そこで，まず過去5年間に測定してきたウラン，プルトニウムおよびホウ素の同位体標準試料の測定結果から，各元素別のβの値を計算した。これらの値は，3台の質量分析計別に求めた。その結果を表33に示す。表33は各標準試料，各装置別のβの計算値と95%信頼限界および測定フィラメント数を示す。

表33から，各装置別にウラン標準試料から求めたβの値は0.72，0.54，0.60で誤差の大きさから判断すると，各分析計別で有意差はない。同様に，プルトニウム，ホウ素の場合でも分析計別による有意差は見出せなかった。次に，元素別ではウランについて3台の分析計で求めた値の平均値は0.62であり，一方プルトニウムについて求めた値の平均値は0.66である。これらは誤差から判断すると，ウランおよびプルトニウムについて有意差はない。しかし，ホウ素についてβの平均値は0.28でウラン，プルトニウムの場合に比べ明らかに低い値を示した。

そこで次に，これらのβの値からウランおよびホウ素の質量数領域におけるFの値を(5)式から求めた。その結果を表34に示す。表34からウランおよびプルトニウムのβの平均値0.62に近い0.60に対応する，ウラン質量数領域のF_{58}（U）の値は0.9925である。一方，この値に対応する^{11}Bの質量数89を基準とした質量差，$\Delta M=3$におけるβの値は0.23である。これはホウ素同位体標準測定値から求めたβ値の平均値0.28とほぼ同じ値を示している。このことは，測定元素によって質量差別効果βの値は異なるが，補正値Fは等しくなることを意味している。しかし，ウランとホウ素の場合のみの比較であるため，他の元素の場合も同様なことが言えるとは限らない。

次に，期間によって質量差別効果の値が変化するかどうかを，NBS−010のウラン同位体標準試料の測定値から解析した。表35に，昭和50年8月から，昭和52年4月までの約2年

表33　ウラン，プルトニウムおよびホウ素の同位体標準試料の測定データから求めた質量差別効果，βの値

標準試料名	βの平均値，±(n−1，α)×$\sqrt{V/n}$，(範囲)	測定フィラメント数	装置 No.
NBS U−010	0.69 ，±0.34 ，(1.03〜0.35)	6	12−90−SU−2・3
U−030	0.88 ，±0.08 ，(0.96〜0.80)	21	
U−050	0.59 ，±0.12 ，(0.71〜0.47)	12	
U−100	0.94 ，±0.17 ，(1.10〜0.77)	7	
U−900	0.65 ，±0.08 ，(0.73〜0.57)	5	
U−930	0.54 ，±0.32 ，(0.86〜0.22)	5	
Pu−947	0.69 ，±0.43 ，(1.12〜0.26)	5	
Pu−948	0.41 ，±0.40 ，(0.81〜0.01)	13	
	$\bar{x}$：0.67 ，σ：0.17 (U，Puのみ)		
NBS U−010	0.54 ，±0.11 ，(0.65〜0.43)	14	12−90−SU−2・9
U−030	0.53 ，±0.07 ，(0.60〜0.46)	11	
U−050	0.47 ，±0.17 ，(0.64〜0.30)	9	
U−100	0.62 ，±0.11 ，(0.73〜0.51)	7	
U−500	0.62 ，±0.05 ，(0.67〜0.57)	13	
U−900	0.46 ，±0.10 ，(0.56〜0.36)	5	
Pu−947	0.99 ，±0.33 ，(1.32〜0.66)	7	
Pu−948	0.55 ，±0.16 ，(0.71〜0.39)	7	
B−952	0.41 ，±0.15 ，(0.56〜0.26)	6	
	$\bar{x}$：0.60 ，σ：0.17 (U，Puのみ)		
NBS U−005	0.85 ，±0.29 ，(1.14〜0.56)	6	12−90−SU−2・19
U−015	0.44 ，±0.11 ，(0.55〜0.33)	12	
U−500	0.58 ，±0.05 ，(0.63〜0.53)	6	
U−930	0.55 ，±0.12 ，(0.67〜0.43)	9	
B−951	0.14 ，±0.07 ，(0.21〜0.07)	18	
B−952	0.28 ，±0.11 ，(0.39〜0.17)	12	
	$\bar{x}$：0.60 ，σ：0.17 (U，Puのみ)		
	$\bar{x}$：0.21 ，σ：0.10 (Bのみ)		

表34　質量差別効果βの値と，基準質量数および質量差から求めた補正値の比較

$$F_{58}^{*} = 1 \big/ (1 + (3/238) \times \beta \quad , \quad F_{69}^{**} = 1 \big/ (1 + (3/89) \times \beta)$$

＊：U－238を基準にした，質量差$\Delta M = 3$の値

＊＊：B－11（$Na_2BO_2^+$）を基準にした，質量差$\Delta M = 3$の値

β	F_{58} (U)	F_{69} (B)
0.1	0.9987	0.9966
0.2	0.9975	0.9933
0.3	0.9962	0.9900
0.4	0.9950	0.9867
0.5	0.9937	0.9834
0.6	0.9925	0.9802
0.7	0.9913	0.9769
0.8	0.9900	0.9737
0.9	0.9888	0.9706
1.0	0.9876	0.9674

表３５　期間による標準試料測定結果の変動

No.	Atom %				Ratio			分析日
	U−234	U−235	U−236	U−238	R48	R58	R68	
1	0.00542	1.008	0.00696	98.980	0.00005478	0.01018	0.00007003	50. 8. 25
2	0.00549	1.010	0.00699	98.978	0.00005543	0.01020	0.00007006	51. 2. 25
3	0.00548	1.009	0.00696	98.979	0.00005533	0.01019	0.00007033	51. 4. 5
4	0.00526	1.012	0.00654	98.977	0.00005312	0.01022	0.00006607	51. 8. 5
5	0.00517	1.013	0.00659	98.976	0.00005226	0.01023	0.00006656	51. 9. 22
6	0.00523	1.012	0.00668	98.977	0.00005284	0.01022	0.00006745	51. 10. 21
7	0.00526	1.011	0.00658	98.978	0.00005310	0.01021	0.00006651	51. 11. 16
8	0.00529	1.012	0.00629	98.977	0.00005343	0.01022	0.00006352	51. 12. 16
9	0.00540	1.007	0.00674	98.981	0.00005459	0.01017	0.00006807	52. 1. 25
10	0.00530	1.014	0.00635	98.974	0.00005354	0.01025	0.00006418	52. 1. 27
11	0.00534	1.007	0.00645	98.982	0.00005392	0.01017	0.00006512	52. 1. 27
12	0.00537	1.014	0.00649	98.974	0.00005427	0.01025	0.00006557	52. 1. 28
13	0.00534	1.012	0.00663	98.976	0.00005396	0.01022	0.00006694	52. 1. 31
14	0.00527	1.010	0.00654	98.979	0.00005325	0.01020	0.00006611	52. 4. 4

測定試量　：　NBS　U−010

測　　置　：　Nuclide 12−90−SU−2・9

全データのR58の平均値　：　0.01021

σ　：　0.00003

CV (%)　：　0.3　%

1週間（No.9〜No.13）のR58の平均値　：　0.01021

σ　：　0.00004

CV (%)　：　0.4　%

間測定したNBS−010の測定値を示す。これらの値については，質量差別効果の補正を行っていない。表中の№9〜№13は1週度の短い期間に測定した値を示している。この短期間に測定した値と数年間に亘る値の平均値は共に0.01021で，両者間には有意差はない。このことは，数年間という長い期間で質量差別効果は変化しなかったと言える。

以上の結果を要約すると次のようになる。

(1) ウランとプルトニウムに対する質量差別効果は，両者間で有意差はない。

(2) 同機種の質量分析計間で質量差別効果の有意差はない。

(3) 質量差別効果の変動要因は，主にフィラメント間誤差に因る。

(4) ホウ素の質量差別効果は，ウランおよびプルトニウムに比し低いが，質量差別効果補正値Fに変換するとほぼ等しい。

(5) 質量差別効果は，少なくとも数年間では期間による有意差はない。

しかし，表33中のウランの各同位体標準試料について質量差別効果βの値を比較すると，その誤差から判断して明らかに試料間あるいは装置間で有意差の見られるものがある。例えば，12−90−SU−2・3の分析計で測定したNBS−030およびNBS−100は，明らかに誤差から判断して高い質量差別効果βの値を示している。一方，同じ試料を12−90−SU−2・9で測定したデータでは，通常の質量差別効果βの値を示している。このことは，何らかの系統誤差がSU−2・3でNBS−030とNBS−100を測定するときに含まれているのではないかと考えられる。

このことから，未知試料を測定する場合の質量差別効果値βの決定は，未知試料の^{235}U（または^{10}B等）濃縮度あるいは組成に最も近い同位体標準試料に対する表33中のβ値を採用する。表中にない標準試料を測定してβ値を採用する場合には，その標準試料を少なくとも3フィラメント以上測定し，計算して求めたβ値の平均値を採用するか，表中のウランおよびプルトニウムの同位体標準試料に対するβ値の平均値，例えばSU−2・3では，β＝0.67を採用する。

このことにより，系統誤差の少ない質量差別効果βを1つのフィラメント測定における補正値として求めることができる。

	U−233	U−234	U−235	U−236	U−238	測定フィラメント数, n	備　考
存在度（%）	−	0.00533	1.011	0.00663	98.978	14	NBS−010
CV（%）		1.8%	0.23%	3.3%	0.0028%		SU−2・9
存在度（%）	−	0.00228	0.4947	0.00479	99.498	6	NBS−005
CV（%）		3.1%	0.34%	3.5%	0.0020%		SU−2・19
存在度（%）	−	−	0.01794	−	99.9821	6	NBS−0002
CV（%）			0.69%		0.00015%		SU−2・3
存在度（%）	46.187	0.1133	0.3980	−	53.302	5	U-233 Spiked sanple
CV（%）	0.071%	0.60%	0.339%		0.064%		SU−2・3
存在度（%）	36.772	0.4131	31.474	0.04847	31.293	10	U-233 Spiked sanple
CV（%）	0.053%	0.16%	0.030%	0.42%	0.044%		SU−2・19
存在度（%）	0.002237	0.1010	9.950	0.01358	89.934	9	U-233 Spiked sanple
CV（%）	1.6 %	0.32%	0.14%	1.0%	0.017%		SU−2・9

	Nd−142	Nd−143	Nd−144	Nd−145	Nd−146	Nd−148	Nd−150	測定フィラメント数,n	備　考
存在度(%)	27.49	12.24	23.83	8.251	17.04	5.656	5.489	18	NU Nd
CV(%)	0.17%	0.15%	0.14%	0.28%	0.090%	0.22%	0.30%		SU-2・3
存在度(%)	27.54	12.22	23.85	8.205	17.03	5.659	5.500	23	NU Nd
CV(%)	0.23%	0.18%	0.094%	0.32%	0.17%	0.34%	0.42%		SU-2・9
存在度(%)	27.48	12.20	23.85	8.240	17.05	5.669	5.501	12	NU Nd
CV(%)	0.15%	0.21%	0.088%	0.23%	0.10%	0.39%	0.28%		SU-2・19

	B−10	B−11	測定フィラメント数, n	備　考
存在度（%）	94.900	5.100	6	NBS−952
CV（%）	0.0079%	0.14%		SU−2・9
存在度（%）	94.893	5.107	12	NBS−952
CV（%）	0.011%	0.19%		SU−2・19
存在度（%）	19.85	80.15	18	NBS−951
CV（%）	0.12%	0.030%		SU−2・19

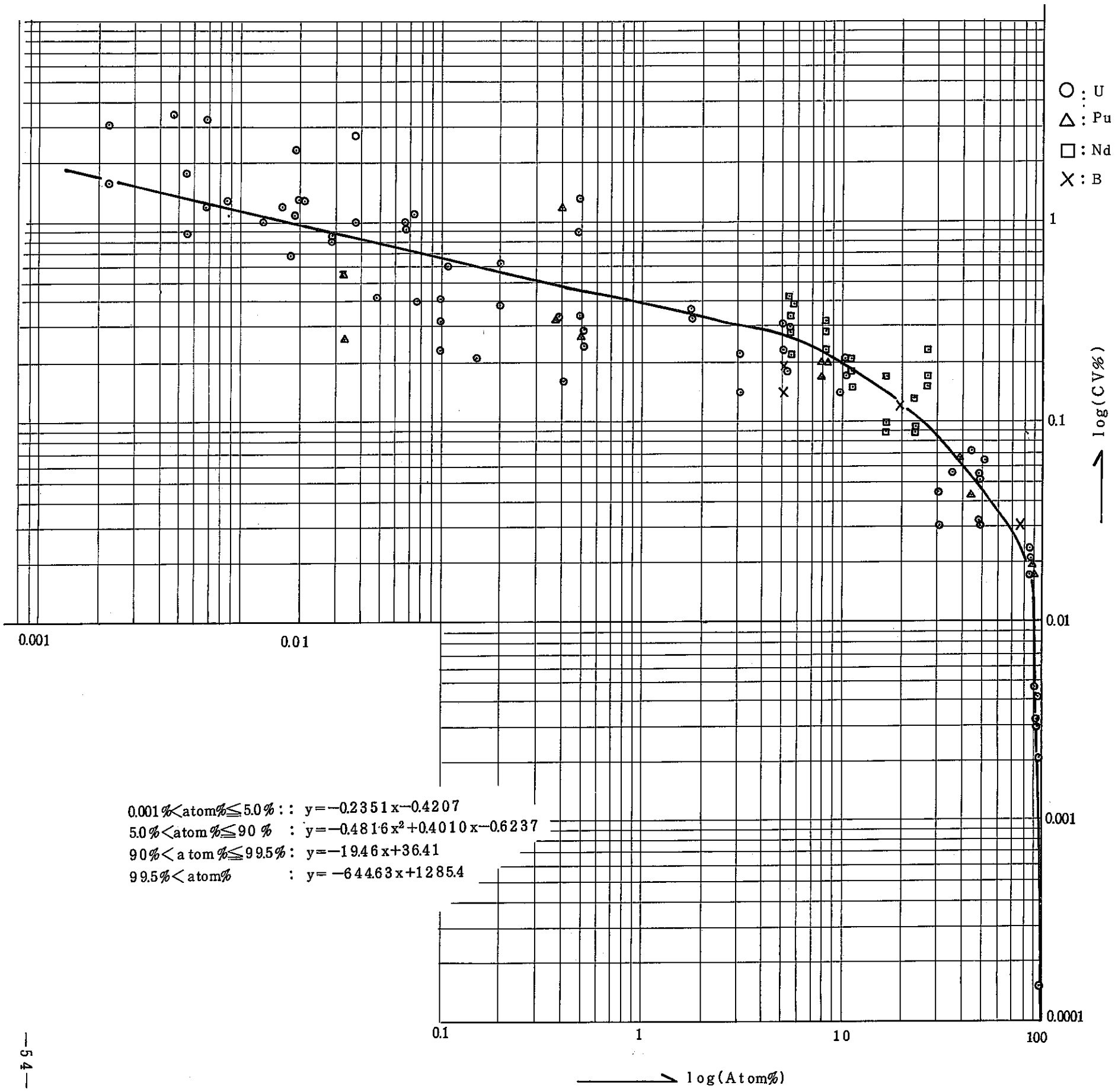
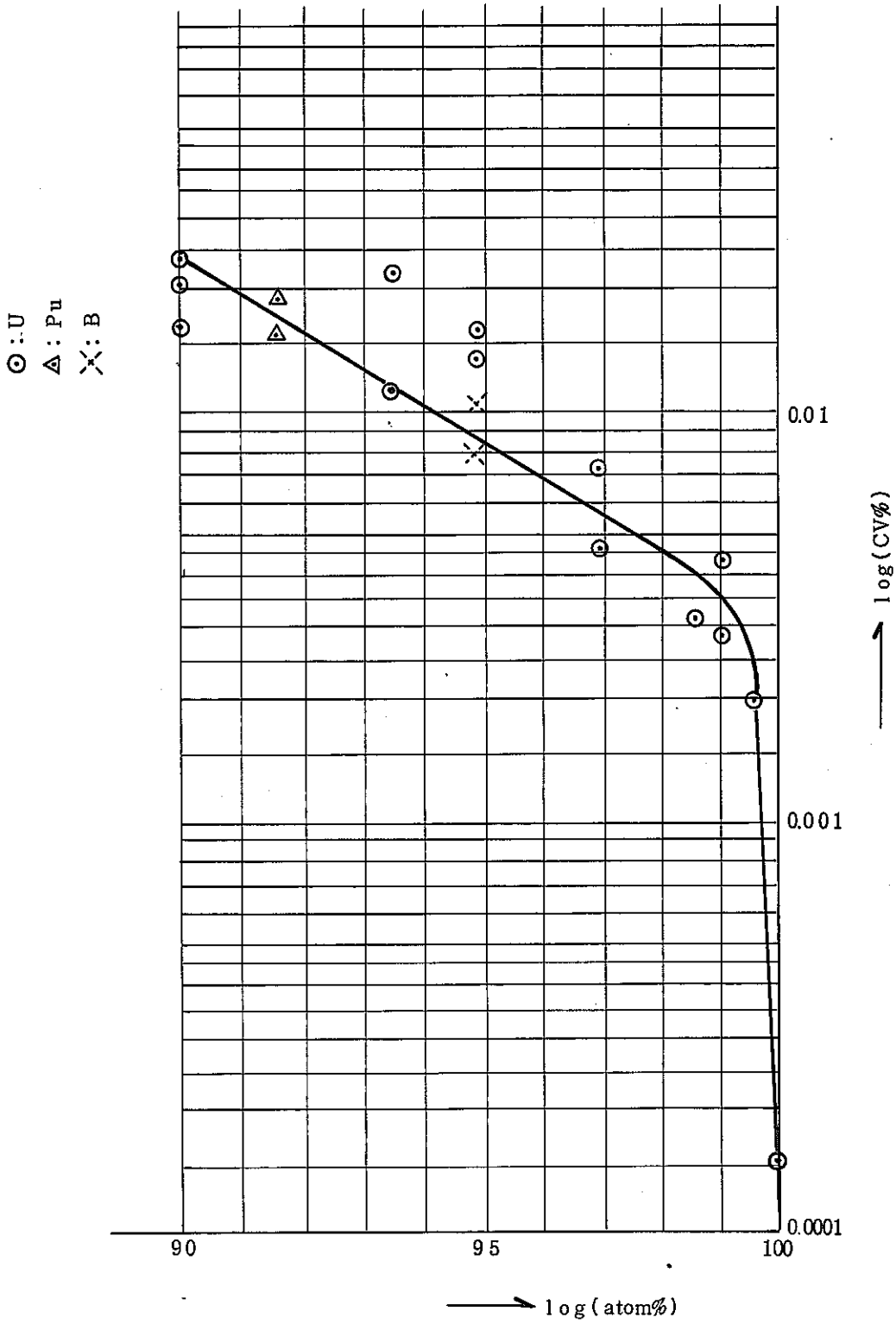
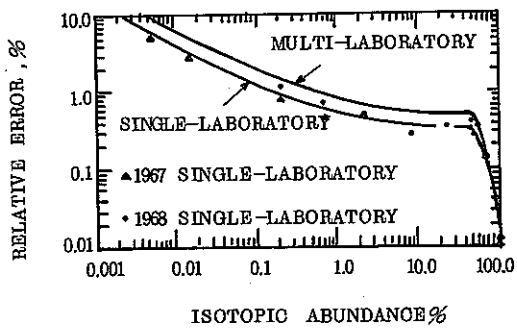


図 4. 同位体存在度とフィラメント間変動



90%＜atom%≦99.5%：y＝−19.46x＋36.41
99.5%＜atom%　　：y＝−644.63x＋1285.4

図5. 同位体存在度とフィラメント間変動



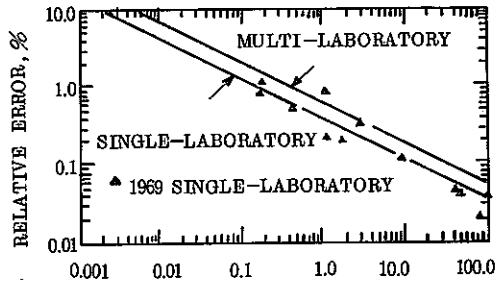


Fig 6. Variation of Relative Error with Uranium Isotopic Abundance.

Variation of Relative Error with Plutonium Isotopic Abundance.

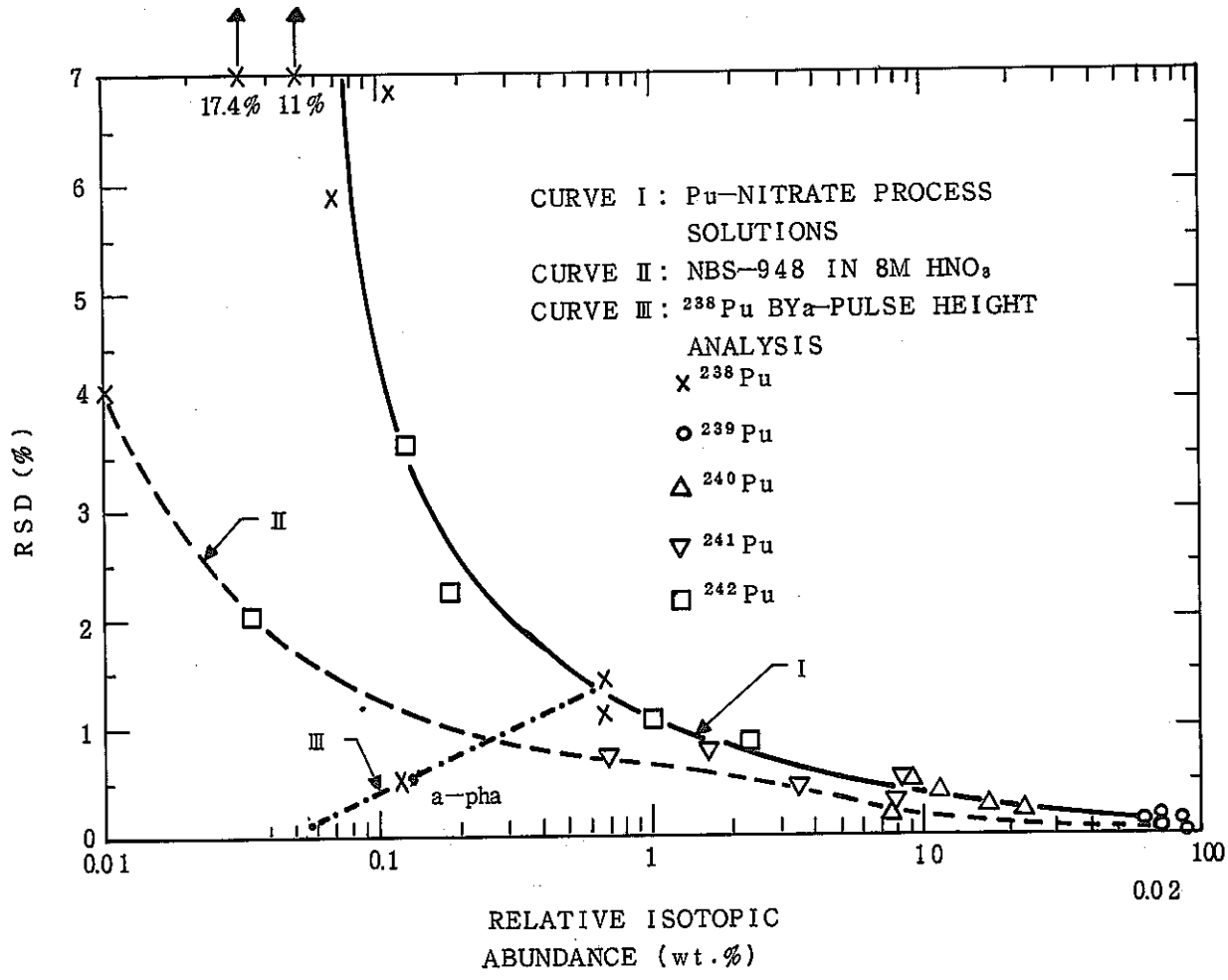


Fig. 7. Precision of plutonium isotopic measurement.

これらの曲線および直線から，計算で求めた同位体存在率に対する１フィラメント測定における分析誤差を求めることができる。表３７にこれらの式から得られた同位体存在率とフィラメント間誤差の概略値を示す。

表37　同位体存在度とフィラメント間変動

同位体存在度	フィラメント間変動 (σ)	ＣＶ (%)
99.97%	0.00017	0.00017%
99.50%	0.0034	0.0034%
99.00%	0.0038	0.0038%
90.00%	0.019	0.021%
50.00%	0.023	0.046%
10.00%	0.020	0.20%
1.00%	0.0038	0.38%
0.10%	0.00065	0.65%
0.01%	0.00011	1.1%
0.001%	0.000019	1.9%

8. 同位体希釈－質量分析法における分析誤差の評価

同位体希釈－質量分析法は，微量のウラン，プルトニウムおよびそれらの混合物中のウラン，プルトニウムを定量する際に用いられ，また信頼性が高いので保障措置技術あるいは計量管理技術の１つとして用いられている。

この方法は，未知試料溶液の一定量中に同位体組成および濃度既知の試料溶液（一般にスパイク液と称し，未知試料の同位体組成と極端に異なる試料を用いる）の一定量を添加した後質量分析して，同位体組成変化から計算により定量する方法である。

この計算式をウラン定量の場合について(7)式に示す。

$$U = \frac{A33}{A8}\left(\frac{M83 - S83}{1 - M83/R83}\right)\frac{a}{b} \quad \cdots\cdots (7)$$

ここで

U：試料溶液１g（mℓ）当りに含有するウランの原子数，atoms U/g (mℓ)^{sol}

a：添加スパイク液の量，g（mℓ）

b：未知試料溶液採取量，g（mℓ）

M83：スパイク液添加試料中のU－238／U－233 の比

S83：スパイク液中のU－238／U－233 の比

R83：スパイク液を添加しない試料中のU－238／U－233 の比

A33：スパイク液１g（mℓ）中に含まれる，U－233 の原子数，atoms U-233/g(mℓ)^{sol}

A8：スパイク液を添加しない試料中のU－238の原子比

である。

この方法における測定精度と分析誤差の要因を調べるためにウランの試料について，次のような実験を行った。

まず天然金属ウランの一定をHNO_3（１＋１）で徐々に溶解し，完全に溶解した後更にHNO_3（１＋１）を加えて，ウラン濃度が82.89 mg U／g^{sol} の溶液とした。なお，試料の採取，希釈操作はすべて重量法で行った。この溶液の一定量を２本のポリエチレンビンに採取し，更にHNO_3（１＋１）を加えて各々0.7338mg U／g および 0.8069 mg U／g^{sol} の標準試料溶液を作成した。

これらの試料溶液をU－233 スパイク液の標定用（NU－①），ウラン定量用の標準ウラン溶液（NU－②)として使用した。

次に，NU－①溶液約１gとU－233 スパイク液約１gを５ケの秤量ビンに採取し，秤量後良く混合した。これらを蒸発乾固した後に再び約0.5 NのHNO_3で再溶解して質量分析用試とした。これらの試料をU－1，U－2，U－3，U－4 および U－5 とする。

次に，NU－②溶液約１gとU－233 スパイク液約１gを５ケの秤量ビンに採取し，秤量，

混合および加熱乾固した後，0.5N　HNO_3 で再溶解した。これらの試料番号を各々，U−Ⅰ，U−Ⅱ，U−Ⅲ，U−Ⅳ，およびU−Ⅴとする。

これらの試料溶液を三重フィラメントマウントの両サイドフィラメントに約10 μℓ づつ塗布した。

U−Ⅳの試料については更に4つのフィラメントマウントに同様に塗布して，同一試料内誤差（フィラメント間誤差）と試料間誤差の大きさの比較を行った。

これらの一連の試料のフローシートを図8に，定量計算結果を表38にそれぞれ示す。また表39はU−Ⅳ試料を塗布した5つのフィラメントマウントのM83（U−238／U−233の比）の質量分析結果を示す。

表38において，^{233}U の定量結果からその定量精度は，変動係数で約0.08% であった。更に，このU−233スパイク液を用いた標準ウラン（NU−②，2.0415×10^{18} atoms U/g^{sol}）の定量においては，U−ⅠからU−Ⅴまでの試料間の分析精度は変動係数で約0.1%，平均値は 2.041×10^{18} atoms U/g^{sol} であった。一方，U−Ⅳ試料を5つのフィラメントマウントに塗布し定量した結果の精度は，変動係数で0.07%，平均値で 2.042×10^{18} atoms U/g^{sol} であった。

このように，未知試料溶液の一定量を何個か採取し，スパイク液を別々に添加した試料の定量精度と,未知試料溶液の一定量を1個採取し，スパイク液を添加した試料を何個かのフィラメントマウントに塗布したときの定量精度を比較すると，平均値，分析精度とも有意差はなかった。更に，表39のR83のフィラメント間誤差が0.08%（CV%）であることは，同位体希釈−質量分析法における定量誤差の要因は，この場合ほとんどがフィラメント間誤差に因るものであると言える。すなわち，質量分析のフィラメント間誤差を小さくすること自体が，定量精度を高かめることにつながる。

次に，(1)式の各項がもつ分散を合成して定量値に対する分散を求める計算式を以下のように求めた。

$$\sigma^2_U = \frac{a^2}{b^4}\cdot\ell^2 + \left(\frac{A33}{A8}\right)^2\cdot\left(\frac{M83-S83}{1-M83/R83}\right)^2\cdot m^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (8)$$

ここで

σ^2_U ：Uに対する分散

$$\ell^2 : \left(\frac{A33}{A8}\right)^2\cdot\left(M83 - S83\right)^2\cdot\frac{k^2}{(1-M83/R83)^4} + \frac{j^2}{(1-M83/R83)}$$

$$m^2 : a^2\cdot\frac{\sigma^2_b}{b^4} + \frac{\sigma^2_a}{b^2}$$

$$k^2 : M^2_{83} \cdot \frac{\sigma^2_{R83}}{R^4_{83}} + \frac{\sigma^2_{M83}}{R^2_{83}}$$

$$j^2 : \left(\frac{A33}{A8}\right)^2 \cdot \left(\sigma^2_{M83} + \sigma^2_{S83}\right) + (M83 - S83)^2 \cdot \sigma^2_{A33}$$

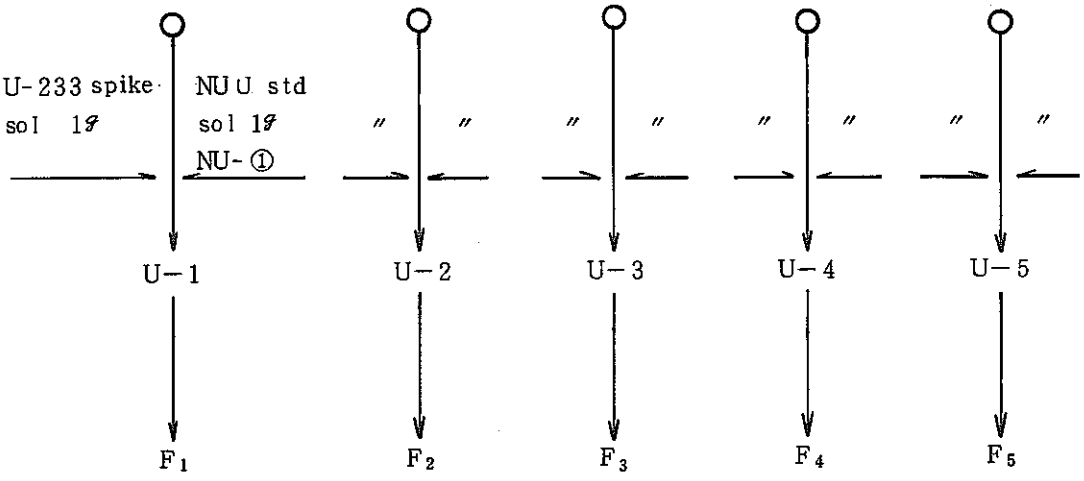
である。

本報では，(7)および(8)式の計算を計算機により行い，その結果を例として表４０に示す。この表に示した試料は，前述のＵ－４で，試料溶液およびスパイク液のサンプリング（天秤）誤差を変動係数で0.０２％，スパイク液添加試料のＵ−２３８／Ｕ−２３３の比Ｒ８３ の測定誤差を0.０６％，Ｕ−２３３ のスパイク液の標定誤差（５定量の平均値に対する誤差）を 0.０４％として計算を行った。

この計算結果から，表中の分散合成して得られた１つの定量が有する誤差（変動係数）は，0.０７８％であった。この値は，Ｕ−Ⅳについて５フィラメントを測定したその定量精度0.０７３％と良く一致した。

このような計算方法により，１定量でもその定量値に対する誤差を評価することができる。

◦ U−233 spike solution の標定



◦ NU std solution の定量

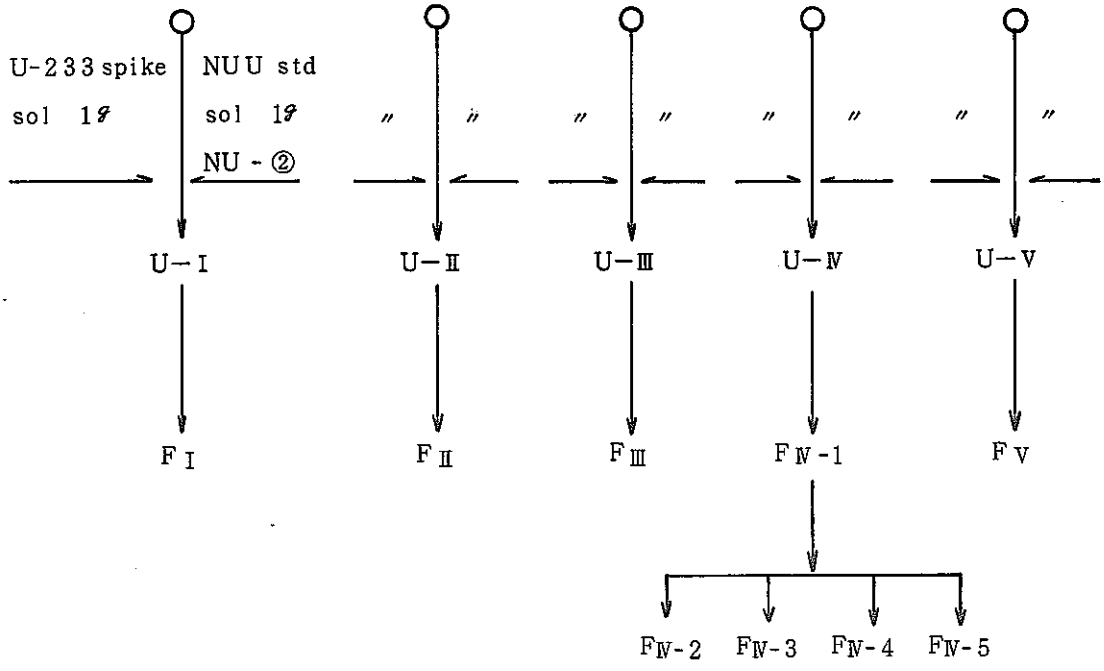


図8　同位体希釈−質量分析法の定量精度試験

表３８　同位体希釈－質量分析法の定量精度試験結果

○　U−２３３の標定結果

Sample No.	U−1	U−2	U−3	U−4	U−5
定量値 (Atoms U-233/g sol)	1.684×10^{18}	1.687×10^{18}	1.684×10^{18}	1.684×10^{18}	1.686×10^{18}
	av：1.685×10^{18} ，σ：0.0014×10^{18}，CV：0.083 %				

○　ＮＵ−②の定量結果

	U−Ⅰ	U−Ⅱ	U−Ⅲ	U−Ⅳ		U−Ⅴ	$\bar{x}$ 2.041×10^{18}
定量値 (Atoms U/g sol)	2.040×10^{18}	2.040×10^{18}	2.041×10^{18}	−1	2.044×10^{18}	2.038×10^{18}	σ 0.0022×10^{18} CV 0.11%
				−2	2.040×10^{18}		
				−3	2.043×10^{18}		
				−4	2.042×10^{18}		
				−5	2.042×10^{18}		
				$\bar{x}$	2.042×10^{18}		
				σ	0.0015×10^{18}		
				CV	0.073 %		

表３９　Ｕ−Ⅳ試料の５フィラメントのＲ８３ 測定結果

Sample No.	R83
U−Ⅳ−1	1.1667
2	1.1641
3	1.1660
4	1.1655
5	1.1655
$\bar{x}$	1.1656
σ	0.0016
CV (%)	0.082 %

表 40　U－Ⅳ－4 同位体希釈 ― 質量分析の定量結果

＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊ DETERMINATION OF U BY IDMS METHOD ＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊

＊WEIGHT BASE＊

INPUT DATA

A (SAMPLING VOLUME(ML) OR WEIGHT(GM) OF U-233 SPIKE SOL	=	0.12576D+01
SIGMA-A	=	0.25000D-03
B (SAMPLING VOLUME(ML) OR WEIGHT(GM) OF UNKNOWN SAMPLE)	=	0.12177D+01
SIGMA B	=	0.24000D-03
M83(U-238/U-233 RATIO IN SPIKED SAMPLE)	=	0.11656D+01
SIGMA M83	=	0.72000D-03
S83(U-238/U-233 RATIO IN SPIKE SOL)	=	0.61320D-03
SIGMA S83	=	0.50000D-05
R83(U-238/U-233 RATIO IN UNSPIKED SAMPLE)	=	0.90000D+11
SIGMA R83	=	0.0
A33 (U-233 NUMBER OF ATOM IN U-233 SPIKE SOL/ML(GM))	=	0.16850D+19
SIGMA A33	=	0.67000D+15
A8 (ATOMIC ABUNDANCE OF U-238 IN UNSPIKED SAMPLE)	=	0.99273D+00
SIGMA-A8	=	0.30000D-04

RESULTS

U-ATOMS/ML(GM)
0.20422D+19
0.16060D+16

SAMPLE NAME　　= No.4-4
DATE OE ANALYZED=
ANALYST　　=

9. 質量分析データ処理計算プログラムの解説

質量分析で得られた各同位体のスペクトル強度を基に同位体組成（atom%，weight%および同位体比）を計算するプログラムおよびこれらのデータを基に計算する，同位体希釈−質量分析法の計算プログラムを開発した。プログラムはFORTRAN−Ⅳでコーディングされている。

9−1 同位体組成計算プログラム

この計算プログラムでウラン，プルトニウム，ネオジムおよびホウ素の同位体組成計算を行う。計算結果のアウトプットは，各同位体の質量スペクトル強度のインプットデータ，各繰返し測定毎の質量差別効果補正を行っていない同位体存在率の計算結果，これらの繰返しデータの平均値，標準偏差，変動係数，dixonの棄却結果，棄却データ数，棄却後のデータ，atom%，weight%とそれらの95%信頼限界，同位体比および測定元素の原子量などを表わす。U，PuおよびBの計算例を表41，42および43に示す。

表 41　ウラン同位体組成計算例

SAMPLE NAME = nbs350
USER'S CODE = pnc
ANALYST(S) = M:T
APPARATUS = SU2-9
DATE = 54.2.23

INPUT DATA　BIAS = 0.4377

V.R	U-233 (0.0)	U-234 (0.100)	U-235 (10.000)	U-236 (0.100)	U-238 (10.000)	ISOTOPIC ABUNDANCE (NO CORRECTION OF M.D) U-233	U-234	U-235	U-236	U-238
1	0	340	717	515	1307	0.0	0.16728	35.27588	0.25338	64.30345
2	0	344	719	518	1307	0.0	0.16907	35.33829	0.25459	64.23805
3	0	340	716	513	1306	0.0	0.16744	35.26172	0.25264	64.31819
4	0	338	714	510	1306	0.0	0.16663	35.19876	0.25142	64.38318
5	0	338	714	507	1301	0.0	0.16704	35.28627	0.25056	64.29613
6	0	346	717	513	1309	0.0	0.17006	35.24051	0.25214	64.33730
7	0	342	718	512	1308	0.0	0.16810	35.29053	0.25165	64.28972
8	0	334	718	510	1308	0.0	0.16417	35.29227	0.25068	64.29288
9	0	334	718	512	1307	0.0	0.16425	35.30927	0.25179	64.27467
10	0	340	720	513	1312	0.0	0.16662	35.28494	0.25141	64.29701
11	0	339	720	510	1313	0.0	0.16606	35.26836	0.24982	64.31577
12	0	344	720	513	1314	0.0	0.16842	35.24971	0.25115	64.33072
13	0	341	713	513	1316	0.0	0.16736	-34.99318	0.25177	-64.58769
14	0	346	727	517	1321	0.0	0.16824	35.34909	0.25138	64.23129
15	0	352	728	522	1326	0.0	0.17065	35.29286	0.25306	64.28342
16	0	355	733	522	1331	0.0	0.17127	35.36330	0.25184	64.21358
17	0	352	735	524	1337	0.0	0.16917	35.32362	0.25183	64.25537
18	0	349	739	524	1343	0.0	0.16693	35.34650	0.25063	64.23593
19	0	349	741	528	1349	0.0	0.16629	35.30640	0.25158	64.27574
20	0	355	745	529	1356	0.0	0.16826	35.31073	0.25073	64.27026
21	0	359	746	536	1361	0.0	0.16966	35.25603	0.25331	64.32100

AVERAGE	=	0.0	0.16776	35.27792	0.25178	64.30234
SIGMA	=	0.0	0.00185	0.07640	0.00112	0.07669
CV	=	0.0	1.10563	0.21657	0.44562	0.11926
AVERAGE(DIX)	=	0.0	0.16776	35.29218	0.25178	64.28807
CV(DIX)	=	0.0	1.10563	0.11256	0.44562	0.06240
KIKYAKU SU	=	0	0	1	0	1

ISOTOPIC RATIO(1): NOT CORRECTED AND (2): CORRECTED M.D EFFECT

		R233/238	R234/238	R235/238	R236/238
RATIO(1)	=	0.0	0.26095E-02	0.54897E+00	0.39164E-02
RATIO(2)	=	0.0	0.25904E-02	0.54596E+00	0.39021E-02
SIGMA(2)	=	0.0	0.12651E-04	0.40472E-03	0.17436E-04

	ATOM %	+ 2$	WEIGHT %	+ 2$
U-233	0.0	+ 0.0	0.0	+ 0.0
U-234	0.16686	+ 0.00159	0.16479	+ 0.00158
U-235	35.16745	+ 0.04711	34.87959	+ 0.04720
U-236	0.25135	+ 0.00220	0.25036	+ 0.00219
U-238	64.41432	+ 0.03625	64.70525	+ 0.03615

* MOLECULAR WEIGHT OF U = 236.9796
* 2$ = 95% CONFIDENCE LIMITS FOR A SINGLE DETERMINATION

表 42　プルトニウム同位体組成計算例

SAMPLE NAME = NBS_947
USER'S CODE = PNC
ANALYST(S) = M:T
APPARATUS = SU*2-9
DATE = 54.3.1

INPUT DATA　BIAS = 0.4377

V.R	PU-239 (10.00)	PU-240 (3.00)	PU-241 (1.00)	PU-242 (0.30)
1	1290	1038	542	662
2	1306	1050	549	669
3	1322	1063	554	676
4	1334	1072	559	682
5	1347	1080	566	689
6	1362	1094	572	697
7	1374	1103	577	708
8	1389	1114	581	717
9	1402	1123	586	722
10	1413	1133	593	729
11	1426	1144	599	731
12	1435	1152	605	733
13	1448	1163	609	744
14	1462	1173	615	751
15	1476	1182	620	756
16	1484	1191	624	764
17	1493	1201	627	770
18	1500	1208	631	776
19	1513	1271	635	779
20	1518	1221	638	783
21	1526	1225	641	784

ISOTOPIC ABUNDANCE(NO CORRECTION OF M.D)

	PU-238	PU-239	PU-240	PU-241	PU-242
	-	76.99377	18.58594	3.23493	1.18535
	-	77.00607	18.57343	3.23709	1.18339
	-	77.01360	18.57762	3.22735	1.18142
	-	77.02257	18.56854	3.22756	1.18132
	-	77.04759	18.53259	3.23749	1.18231
	-	77.02269	18.56009	3.23473	1.18248
	-	77.02484	18.54987	3.23459	1.19069
	-	77.04639	18.53772	3.22275	1.19314
	-	77.06854	18.51953	3.22127	1.19066
	-	77.04176	18.53255	3.23325	1.19243
	-	77.03819	18.54102	3.23604	1.18475
	-	77.02257	18.54982	3.24729	1.18030
	-	77.01636	18.55731	3.23915	1.18716
	-	77.03130	18.54124	3.24037	1.18708
	-	77.06445	18.51425	3.23712	1.18416
	-	77.02608	18.54543	3.23883	1.18965
	-	76.99448	18.58078	3.23346	1.19127
	-	76.97124	18.59624	3.23792	1.19459
	-	-76.36900	-19.24620	-3.20518	1.17961
	-	76.99368	18.57890	3.23597	1.19142
	-	77.02713	18.55011	3.23554	1.18721
AVERAGE =	-	76.99240	18.58754	3.23323	1.18668
SIGMA =	-	0.14481	0.15251	0.00872	0.00463
CV =	-	0.18809	0.82051	0.26963	0.39024
AVERAGE(DIX)=	-	77.02356	18.55460	3.23463	1.18668
CV(DIX) =	-	0.03078	0.11890	0.18205	0.39024
KIKYAKU SU =	-	1	1	1	0

RESULTS OF ALPHA COUNTS

PU-238	THE OTHERS
0.2061600E+05	0.3764800E+05

ISOTOPIC RATIO(1)**NOT CORRECTED,(2)CORRECTED M.D EFFECT

	R238/239	R240/239	R241/239	R242/239
RATIO(1) =	0.37569E-02	0.24089E+00	0.41995E-01	0.15407E-01
RATIO(2) =	0.37502E-02	0.24133E+00	0.42147E-01	0.15490E-01
SIGMA(2) =	0.37510E-04	0.32723E-03	0.10814E-03	0.49359E-04

	ATOM %	+ 2$	WEIGHT %	+ 2$
PU-238	0.28787	+ 0.00564	0.28633	+ 0.00561
PU-239	76.76268	+ 0.03221	76.67181	+ 0.03224
PU-240	18.52504	+ 0.04862	18.58066	+ 0.04864
PU-241	3.23531	+ 0.01621	3.25859	+ 0.01630
PU-242	1.18908	+ 0.00741	1.20261	+ 0.00748

表 43　ホウ素同位体組成計算例

SAMPLE NAME = NBS-952
USER'S CODE = P.N:C
ANALYST(S) = T.WADA
APPARATUS = SU 2-9
DATE = S.54.3.29

INPUT DATA　BIAS = 0.0　　ISOTOPIC ABUNDANCE(NO CORRECTION OF M.D AND OXYGEN)

V.R	B-10 (10.00)	B-11 (1.00)	B-10	B-11
1	1261	675	94.91907	5.08092
2	1257	674	94.91089	5.08910
3	1260	677	94.90094	5.09904
4	1265	679	94.90584	5.09415
5	1269	682	94.89978	5.10021
6	1273	683	94.90791	5.09207
7	1276	686	94.89810	5.10189
8	1280	690	94.88509	5.11490
9	1287	692	94.89749	5.10249
10	1293	693	94.91301	5.08698
11	1300	694	-94.93208	-5.06791
12	1306	700	94.91278	5.08721
13	1316	708	94.89471	5.10528
14	1324	713	94.88998	5.11001
15	1336	716	94.91331	5.08667
16	1345	722	94.90544	5.09455
17	1356	728	94.90480	5.09518
18	1368	736	94.89455	5.10544
19	1377	740	94.90005	5.09993
20	1385	745	94.89551	5.10449
21	1394	749	94.90094	5.09905
AVERAGE =			94.90381	5.09606
SIGMA =			0.01063	0.01063
CV =			0.01120	0.20861
AVERAGE(DIX)=			94.90240	5.09747
CV(DIX) =			0.00890	0.16575
KIKYAKU SU =			1	1

ISOTOPIC RATIO　RATIO(1)..NO CORRECTION,(2)..OXYGEN CORRECTION,(3)..OXYGEN AND M.D CORRECTION

	B-11/B-10
RATIO(1) =	0.53713E-01
RATIO(2) =	0.52923E-01
RATIO(3) =	0.52923E-01
SIGMA(3) =	0.12296E-03

	ATOM % + 2$	WEIGHT % + 2$
B-10	94.97377 + 0.00844	94.50105 + 0.00942
B-11	5.02628 + 0.02288	5.49894 + 0.02455

* MOLECULAR WEIGHT OF B = 10.0630
* 2$ = 95% CONFIDENCE LIMITS FOR A SINGLE DETERMINATION

この他，このプログラムでは2分析データの平均値の差の検定，標準試料とその分析データの有意差検定，および2つのデータの平均値とその誤差計算等を処理することが出来る。

次に，このプログラムで処理されるデータの主な処理方法を詳細に示す。

(1) 同位体組成計算

まず，質量差別効果βの値を読み込み各同位体にかかわる補正値Fを計算する。次に，インプットされたアンプの測定レンヂおよび質量スペクトル強度から測定レンヂの補正を行う。この補正後の各同位体の質量スペクトル強度の和に対する各同位体のスペクトル強度の比から，質量差別効果補正をしていない同位体存在率（仮のatom%）を計算する。これらを式で表すと次のようになる。

$$AAi = Xi * RAi$$

$$\int$$

$$AA\ell = X\ell * RA\ell$$

$$TAA = AAi + \cdots\cdots + AA\ell$$

$$Ai = (AAi / TAA) * 100$$

$$\int$$

$$A\ell = (AA\ell / TAA) * 100$$

ここで，

Xi：各繰返しの同位体iのインプット質量スペクトル強度

RAi：同位体iに対するアンプの測定レンヂ

Ai：仮のatom%

である。

このような計算を各繰返し測定毎に行う。

次に，仮のatom%のdixon棄却データ前後の平均値，標準偏差および変動係数（CV%）を各同位体について行う。Dixon棄却サブルーチンでは，棄却データのマイナス付号表示，棄却数および棄却後の平均値，標準偏差および変動係数をそれぞれ計算する。なおこの有意水準は$\alpha = 0.05$である。

次に，Dixon棄却を行ったデータの平均値と質量差別効果補正後の値から次式のようにatom%を求める。

$$FHAi = DHAi * Fi$$

$$\int$$

$$FHA\ell = DHA\ell * F\ell$$

$$TFHA = FHAi + \cdots\cdots + FHA\ell$$

$$ATOi = (FHAi/TFHA) * 100$$

$$\int$$

$$ATO\ell = (FHA\ell/TFHA) * 100$$

ここで，

FHAi：質量差別効果補正後の同位体iの仮のatom%

ATOi：質量差別効果補正後の同位体iのatom%

である。

このatom%と各同位体の原子量からweight%を次式のように求める。

$$TWT = ATOi * Wi + \cdots\cdots + ATO\ell * W\ell$$

$$WTi = (ATOi * Wi/TWT)$$

$$\int$$

$$WT\ell = (ATO\ell * W\ell/TWT)$$

ここで，

WTi：同位体iのweight%

である。

次に，各同位体のatom%，weight% および同位体比に対する1フィラメント測定における測定誤差の大きさについては，サブルーチンSGUおよびSRATから求める。

サブルーチンSGUでは，計算された各同位体のatom%の存在度に応じた，次の4つの式と変動係数を求める式から測定誤差を求める。

$$\text{atom\%} < 5.0\% : y = -0.2351X - 0.4207$$

$$5.0\% \leqq \text{atom\%} < 90.0\% : y = -0.4816X^2 + 0.4010X - 0.6237$$

$$90.0\% \leqq \text{atom\%} < 99.5\% : y = -19.46X + 36.41$$

$$99.5\% \leqq \text{atom\%} : y = -6446.3X + 1285.4$$

$$CV = 10^y$$

ここで，

CV：1フィラメント測定における変動係数

である。

サブルーチンSRATでは，サブルーチンSGUで求めた各同位体に対する標準偏差から，同位体比に対する標準偏差を次の式から分散合成して求める。

$$\sigma_R^2 = A^2 * (\sigma_B/B^2)^2 + (1/B)^2 * \sigma_A^2$$

ここで，

σ_R ： 同位体比に対する標準偏差

A ： 同位体 i の atom%

σ_A ： 同位体 i の atom%に対する標準偏差

B ： 比の基準となる同位体の atom%

σ_B ： 上記の atom%に対する標準偏差

である。

(2) Pu−238同位体組成計算

ウランとプルトニウムが混合した試料は分離操作を行ってもプルトニウム溶液中には微量のウランが入り込んでくる。このため，質量スペクトルをとるとPu−238とU−238のスペクトルが重なるため，Pu−238測定だけはα放射能を測定して，Pu−238のα放射能と他の同位体のα放射能から次のように求める。

まず，Pu−238を除いた他の同位体からの比放射能を求める。

TOC＝（C9＊AATO9＋C0＊AATO0＋C1＊AATO1＋C2＊AATO2）／100 （dps/mole）

ここで，

TOC：Pu−238を除いた他の同位体からの比放射能

C9〜C2：Pu−239〜Pu−242の各同位体の比放射能

AATO9〜AATO2：Pu−238を無視した場合の各同位体の atom%

である。

次に，^{238}Puのα放射能の測定値CA8と^{239}Pu，^{240}Pu，^{241}PuおよびPu−242からのα放射能の測定値の和CATから，各々のモル数を計算すると，

CST＝CAT／TOC

CS8＝CA8／C8

ここで，

CST：Pu−238を除いたその同位体組成比のモル数

CS8：Pu−238のモル数

これらから，このプルトニウムのPu−238以外のモル数，CS9，CS0，CS1およびCS2は次の式から求まる。

CS9＝CST＊（AATO9／100）

∫

CS2＝CST＊（AATO2／100）

これらの各同位体のモル数から同位体存在率ATO8，ATO9，ATO0，ATO1およびATO2が次の式から求まる。

ZCS=CS8+……+CS2

ATO8=(CS8/ZCS)*100

∫

ATO2=(CS2/ZCS)*100

これらの計算で使用するプルトニウムの核定数を表44に示す。

表44　プルトニウムの核定数

核　種	比放射能 (dps/mole)	半減期 (y)	崩壊定数，λ (day)	壊変様式とエネルギ分布 MeV(%)
Pu-238	1.5084×10^{14}	87.75 (α)	2.1641×10^{-5}	α　5.50 (72%)，5.46 (28%)
Pu-239	5.4270×10^{11}	2.439×10^{4} (α)	7.7861×10^{-8}	α　5.16 (88%)，5.11 (11%)
Pu-240	2.0248×10^{12}	6.537×10^{3} (α)	2.9050×10^{-7}	α　5.17 (76%)，5.12 (24%)
Pu-241	(β) 8.8892×10^{14} (α) 2.0446×10^{10}	(β) 14.89 (α) 0.0023%	1.2754×10^{-4}	β⁻ α　4.90+4.85 (0.0023%)
Pu-242	3.4204×10^{10}	3.87×10^{5} (α)	4.9073×10^{-9}	α　5.49 (85%)，5.44 (13%)

※ KARLSRUHER NUKLIDKARTE　4. Auflage 1974のデータを基に計算

(3) プルトニウム同位体標準試料データの崩壊による補正

プルトニウム同位体標準データと本報による測定値との有意差検定を行うためには，標準試料データの表示日と測定日が大きく異なるため，標準試料データの崩壊による同位体組成を計算し直さなければならない。

そこで，この計算プログラム中では次のように補正計算を行った。基本的には次の崩壊式から以下のようにサブルーチンHOOKAIで計算を行う。

$$N = N_o e^{-\lambda t}$$

まず，標準試料データの表示日から測定日までの経過日数HKEI (days) は，次の式から近似的に求まる。

HKEI (days) =(Y1-Y0-1.0)*365+(12.0+(AM1-AM0-1.0))
*30.4+(30.4+(AD1+AD0))

ここで，

Y1，AM1，AD1 ：測定年，月，日

Y0，AM0，AD0 ：標準試料データ表示年，月，日

30.4 ：1ケ月の平均日数

である。

次に，標準試料測定日における崩壊補正後のPu−238からPu−242までの各同位体のatom%A8，A9，A0，A1およびA2は，

$$AA8 = O8 * e^{(-2.1641 * 10^{-5} * HKEI)}$$

$$AA9 = O9 * e^{(-7.7861 * 10^{-8} * HKEI)}$$

$$AA0 = O0 * e^{(-2.9050 * 10^{-4} * HKEI)}$$

$$AA1 = O1 * e^{(-1.2754 * 10^{-4} * HKEI)}$$

$$AA2 = O2 * e^{(-4.9073 * 10^{-9} * HKEI)}$$

$$AAT = AA8 + \cdots\cdots + AA2$$

$$A8 = (AA8 / AAT) * 100$$

$$\int$$

$$A2 = (AA2 / AAT) * 100$$

ここで，

O8，O9，O0，O1，O2：標準試料のPu−238〜Pu−242までのatom%表示値

である。

(4) 天然ネオジムの相互汚染の補正

核燃料の燃焼度を測定する方法の1つに"U，Puおよび^{148}Nd"法がある。

これは，F・P(fission product)中の^{148}Ndと単位試料当りのUおよびPuを定量することにより燃焼率を求める方法である。

この^{148}Ndは微量であり試料調製操作中に，天然同位体組成のネオジムが入り込む可能性があり，またフィラメント中に不純物としてネオジムが微量ながら含まれていることがある。

このような天然同位体組成のネオジムの^{142}Ndは，約27atom%存在し，一方F・P中のネオジム中には^{142}Ndが存在しないことから次のように補正することができる。

質量分析して得られたネオジムの各同位体のatom%を^{142}Ndから^{150}Ndまでそれぞれ$ATO2$，……$ATO0$とすると，

HHO3=ATO3−ATO2*C32

HHO4=ATO4−ATO2*C42

HHO5=ATO5−ATO2*C52

HHO6=ATO6−ATO2*C62

HHO8=ATO8−ATO2*C82

HHO0=ATO8−ATO2*C02

THO=HHO3+……+HHO0

HO3=(HHO3/THO)*100

HO4=(HHO4/THO)*100

HO5=(HHO5/THO)*100

HO6=(HHO6/THO)*100

HO8=(HHO8/THO)*100

HO0=(HHO0/THO)*100

ただし，C32〜C02は，天然同位体組成のネオジムの^{142}Ndに対する^{143}Ndから^{150}Ndまでの比を示しその値は，それぞれ0.4455，0.8718，0.3002，0.6264，0.2096および0.2053である。

また，HO3〜HO0は，天然ネオジム汚染補正後の各同位体のatom%である。

(5) ホウ素同位体組成分析における酸素補正

ホウ素同位体測定における測定イオンは，$Na_2BO_2^+$で酸素が2分子存在する。この酸素は，天然組成比では次に示すような値である。

^{16}O : 99.756 atom%

^{17}O : 0.039 atom%

^{18}O : 0.205 atom%

このため，ホウ素の同位体測定を行う場合の質量数88，89の質量スペクトル位置には次のようなイオンが共存している。

$^{m}/_{e}$ = 88 …… $Na_2{}^{10}B{}^{16}O{}^{16}O^+$

= 89 …… $Na_2{}^{11}B{}^{16}O{}^{16}O^+ + Na_2{}^{10}B{}^{16}O{}^{17}O^+$

このように，$^{m}/_{e}$=89の位置には，$Na_2{}^{11}B{}^{16}O{}^{16}O^+$の他に$Na_2{}^{10}B{}^{16}O{}^{17}O^+$が存在するためこれを補正しなければならない。そこで，$Na_2{}^{10}B{}^{16}O{}^{17}O^+$の補正は次のようにして行う。

試料フィラメントから発生するイオンの$Na_2{}^{10}B{}^{16}O{}^{16}O^+$と$Na_2{}^{10}B{}^{16}O{}^{17}O^+$との比を，

$$Na_2{}^{10}B^{16}O^{16}O^+ / Na_2{}^{10}B^{16}O^{17}O^+ = 1/a \cdots\cdots\cdots (9)$$

とし，質量数（m／e）88と89との質量分析実測値の比（質量差別効果補正後）を

$$Na_2{}^{10}B^{16}O^{16}O^+ / Na_2{}^{11}B^{16}O^{16}O^+ + Na_2{}^{10}B^{16}O^{17}O^+ = R \cdots\cdots\cdots (10)$$

とすると，(9)式と(10)式から酸素同位体補正後の質量後88と89との比を示す(11)式が得られる。

$$Na_2{}^{10}B^{16}O^{16}O^+ / Na_2{}^{11}B^{16}O^{16}O^+ = R/(1-a.R) = 1/(1/R-a)$$

これを変形すると，

$$Na_2{}^{10}B^{16}O^{16}O^+ / Na_2{}^{11}B^{16}O^{16}O^+ = 1/R-a \cdots\cdots\cdots (11)$$

となる。aの値は次のように実験的に求める。

すなわち，m／e＝90の位置には，$Na_2{}^{10}B^{17}O^{17}O^+$，$Na_2{}^{10}B^{16}O^{18}O^+$および$Na_2{}^{11}B^{16}O^{17}O^+$が共存するが，$^{10}B$の存在が無視できるほどの$^{11}B$ 高濃縮ホウ素を測定すると，$Na_2{}^{10}B^{17}O^{17}O$と$Na_2{}^{10}B^{16}O^{18}O^+$の存在は無視できる。

このことから，^{11}B高濃縮ホウ素を質量分析して，89／90の比を測定すればaの値を実験的に求めることができる。NBS Special Publication 260−17によれば，

$$a = 0.00079$$

なる実測値が報告されている。これは，酸素同位体の2原子（^{16}O，^{17}O）の組合せから確率的に求めた値より約2倍近く大きい値を示している。

本報もこの値を採用して天然酸素同位体補正を行った。

(6) 2つのデータの有意差検定

ここでは，二つのフィラメント測定から計算された各同位体毎のatom% の差の検定を行う。

これらのデータについては，母標準偏差が判っているが等しくないという仮定で検定する。

まず，統計量Uoを次の式から求める。

$$Uo = \frac{|A-B|}{\sqrt{\sigma_A{}^2 + \sigma_B{}^2}}$$

ここで，

A，$\sigma_A{}^2$ ：1フィラメント測定結果のある同位体のatom%とその標準偏差

B，$\sigma_B{}^2$ 他のフィラメントで測定したその同位体のatom%と標準偏差

である。

次に，このUoが1.96より小さいか，或は大きく2.576より小さいか，或は2.576よりも大きいかを判断する。この判断の結果を記号として記憶させ，その記号

から有意差の判定表示をアウトプットする。

このような計算例としてプルトニウムの標準試料のデータと測定結果の差の検定結果を表４５に示す。

表４５の上段は，検定の判定結果を示し下段は，標準試料の表示値，測定日におけるプルトニウムの各同位体の崩壊補正後のデータおよび分析データを示す。

次に，これらの同位体組成計算プログラムの計算フローシートを図９に示し，FORTRAN Ⅳでのプログラムを別添資料の計算プログラム中に示す。

表 45　プルトニウム同位体標準試料との差の検定

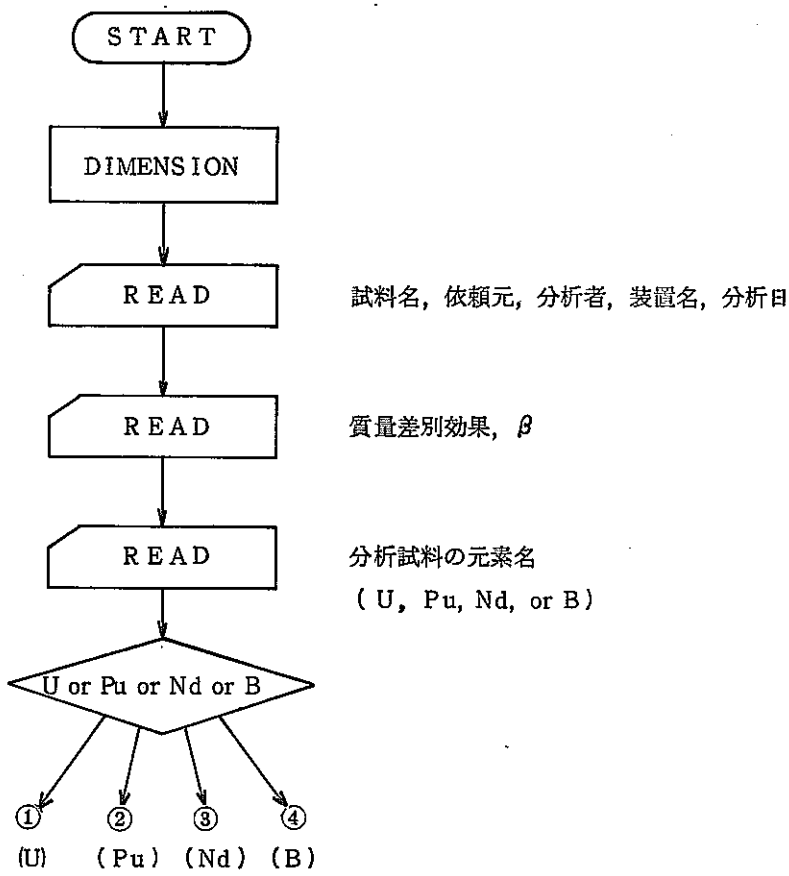
****

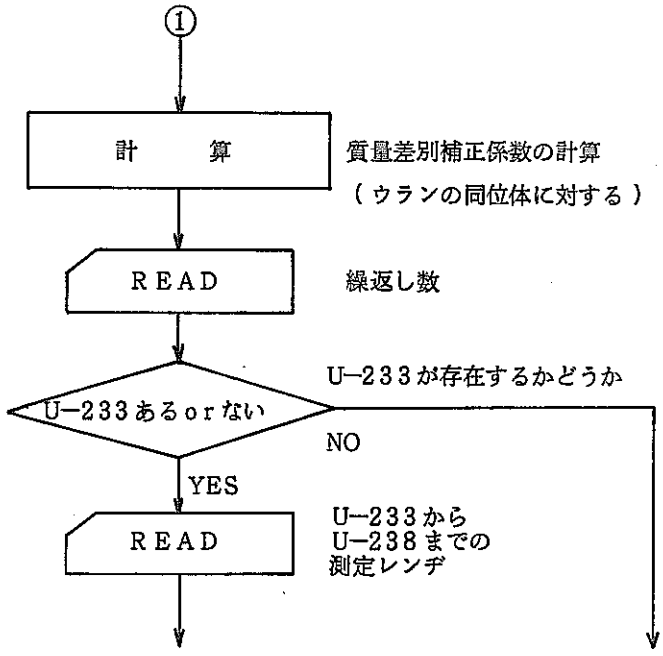
PU-238 : 95% DEWA SAWA NAI
PU-239 : 95% DEWA SAWA NAI
PU-240 : 95% DEWA SAWA NAI
PU-241 : # 95% DE SAGA ARU GA 99% DEWA SAWA NAI
PU-242 : # 95% DE SAGA ARU GA 99% DEWA SAWA NAI

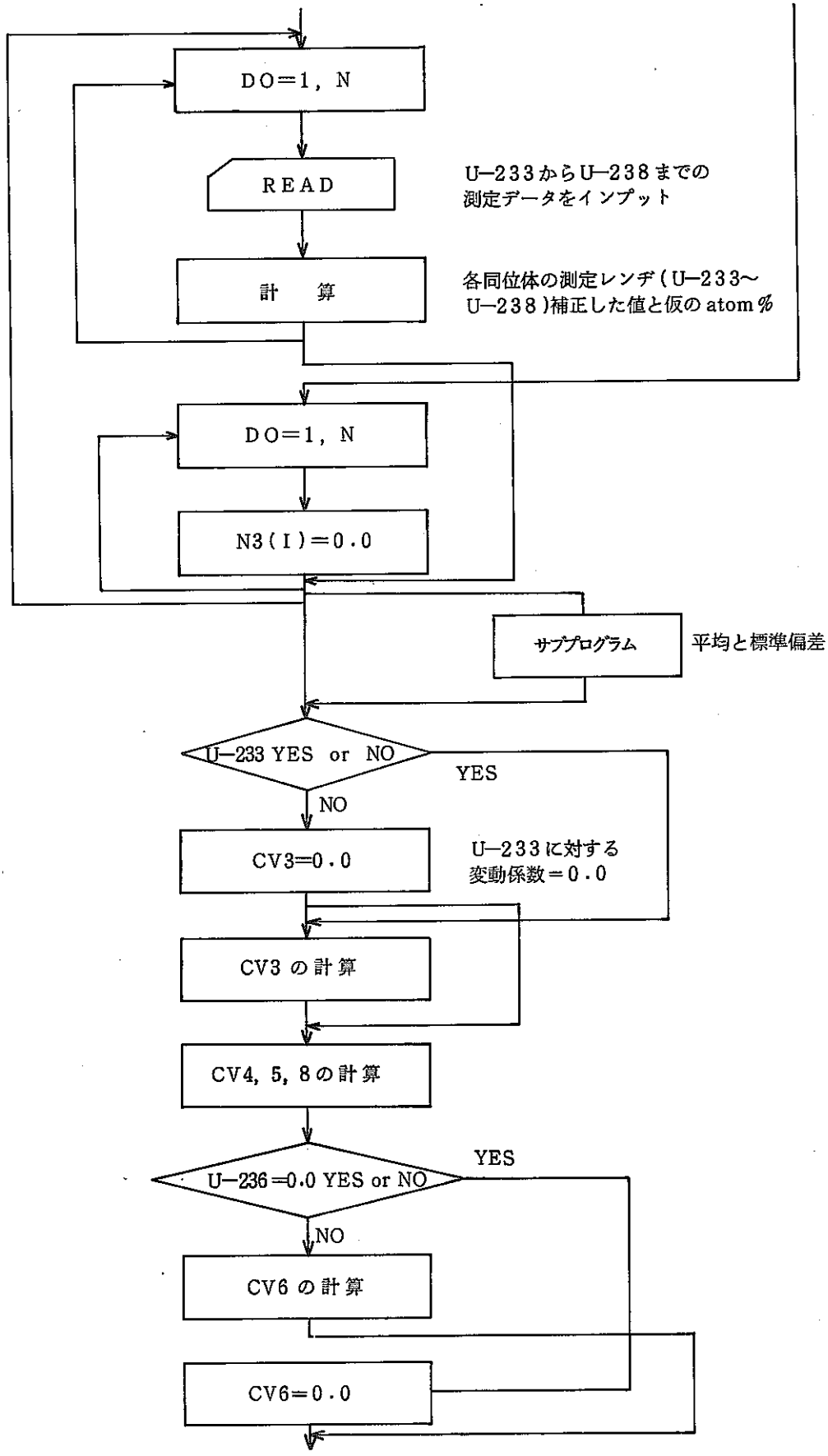
****

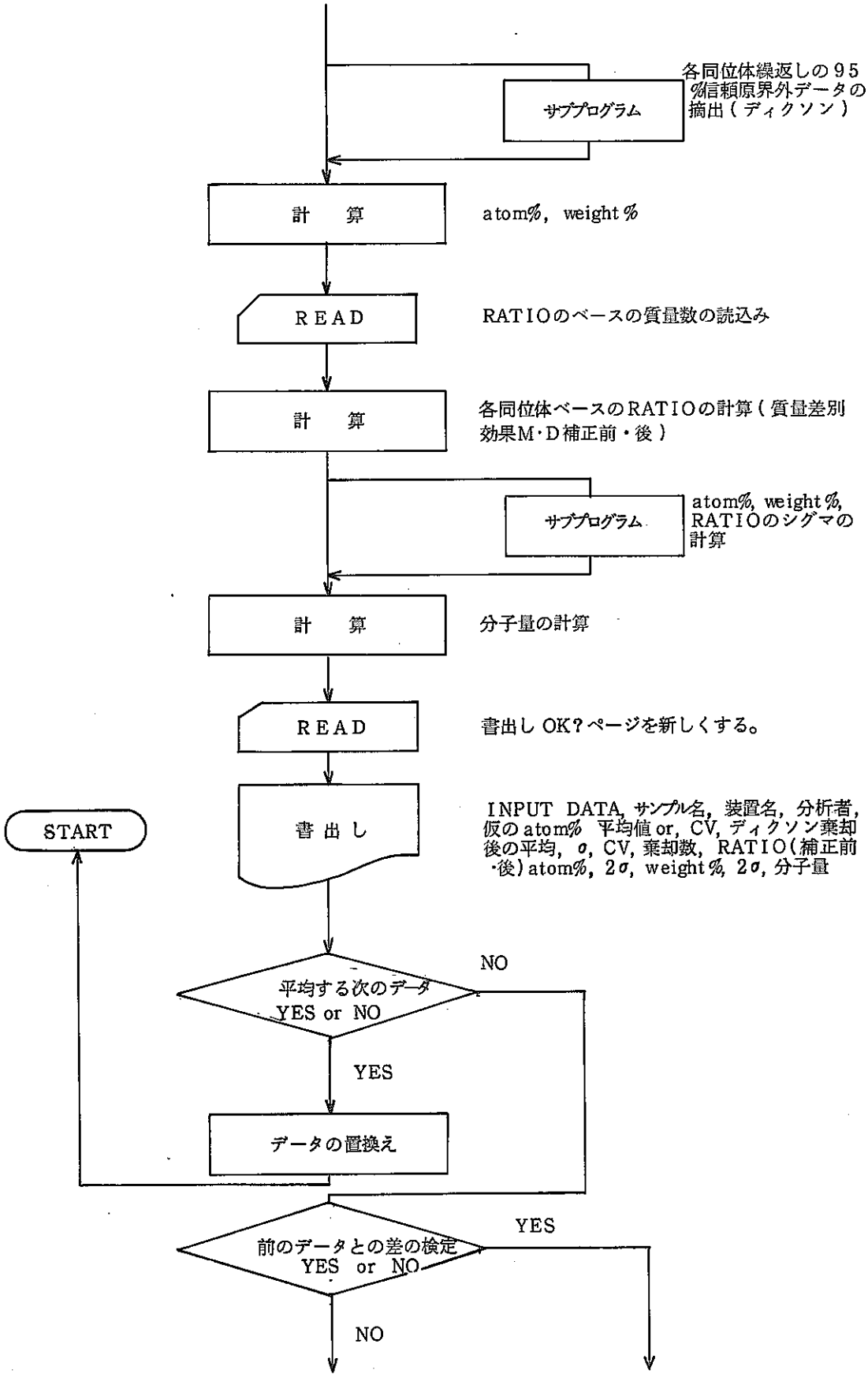
	PU-238	PU-239	PU-240	PU-241	PU-242
* NBS-948					
STD VALUE (1972.11. 1.)	0.01100	91.57401	7.91400	0.46800	0.03300
: (1979. 9. 7.)	0.01044	91.69550	7.92029	0.34075	0.03305
THIS WORK (1979. 9. 7.)	0.01120	91.68446	7.93340	0.33732	0.03380

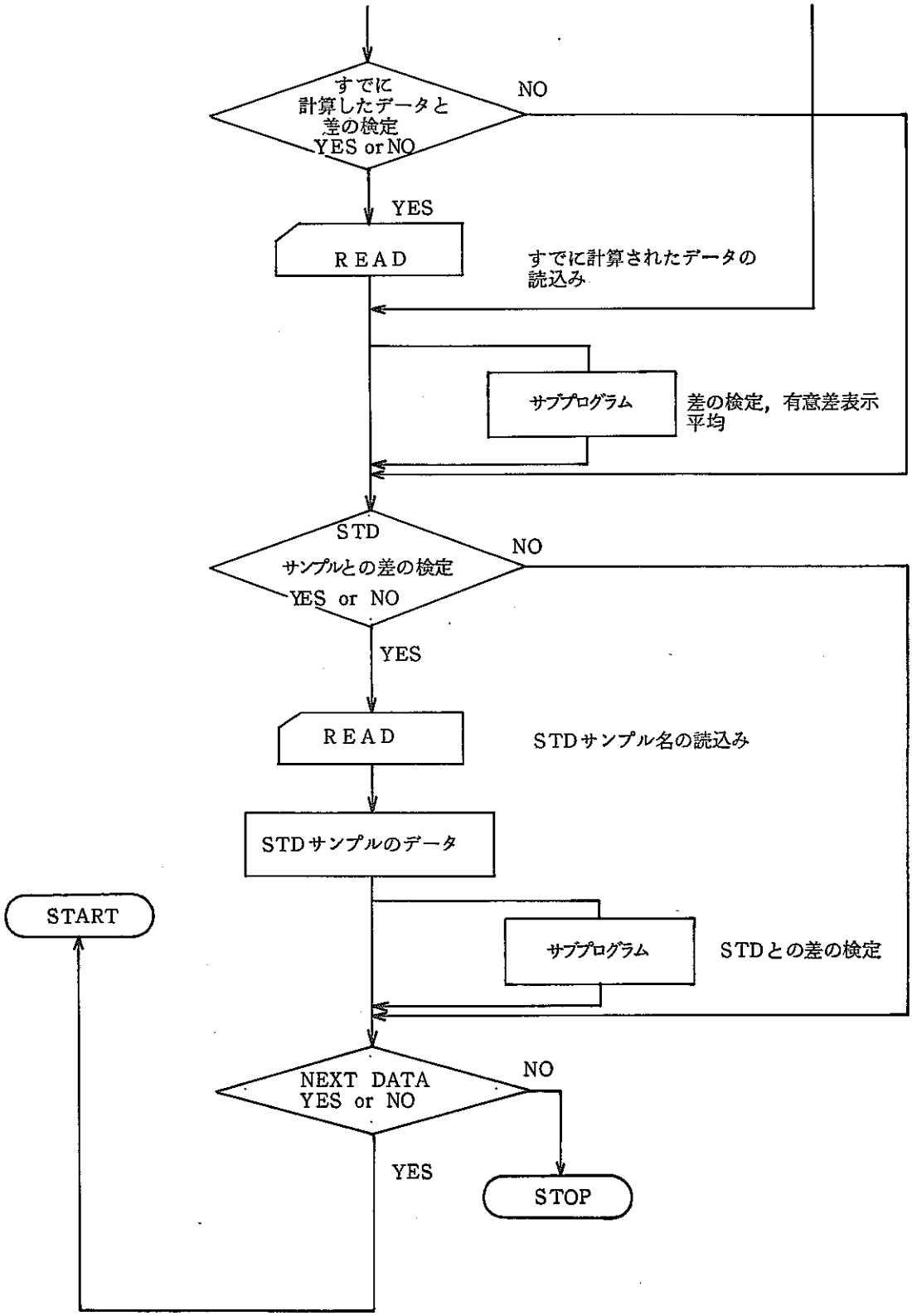
****


START
DIMENSION
READ
試料名，依頼元，分析者，装置名，分析日
READ
質量差別効果，β
READ
分析試料の元素名
（U，Pu, Nd, or B）
U or Pu or Nd or B
①
②
③
④
(U)
（Pu）
（Nd）
（B）

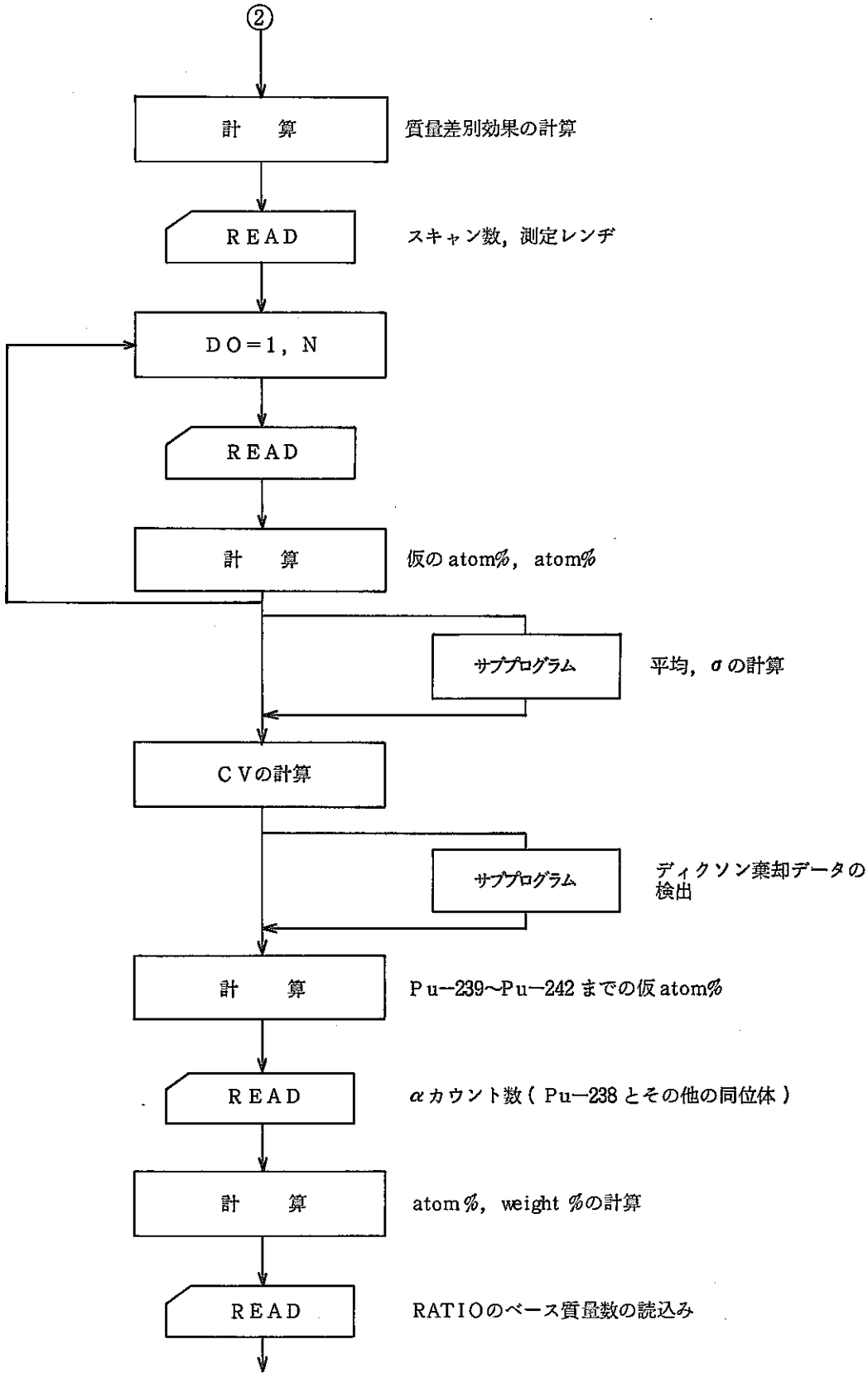

①
計　　算
質量差別補正係数の計算
（ウランの同位体に対する）
READ
繰返し数
U−233が存在するかどうか
U−233あるorない
NO
YES
READ
U−233から
U−238までの
測定レンヂ

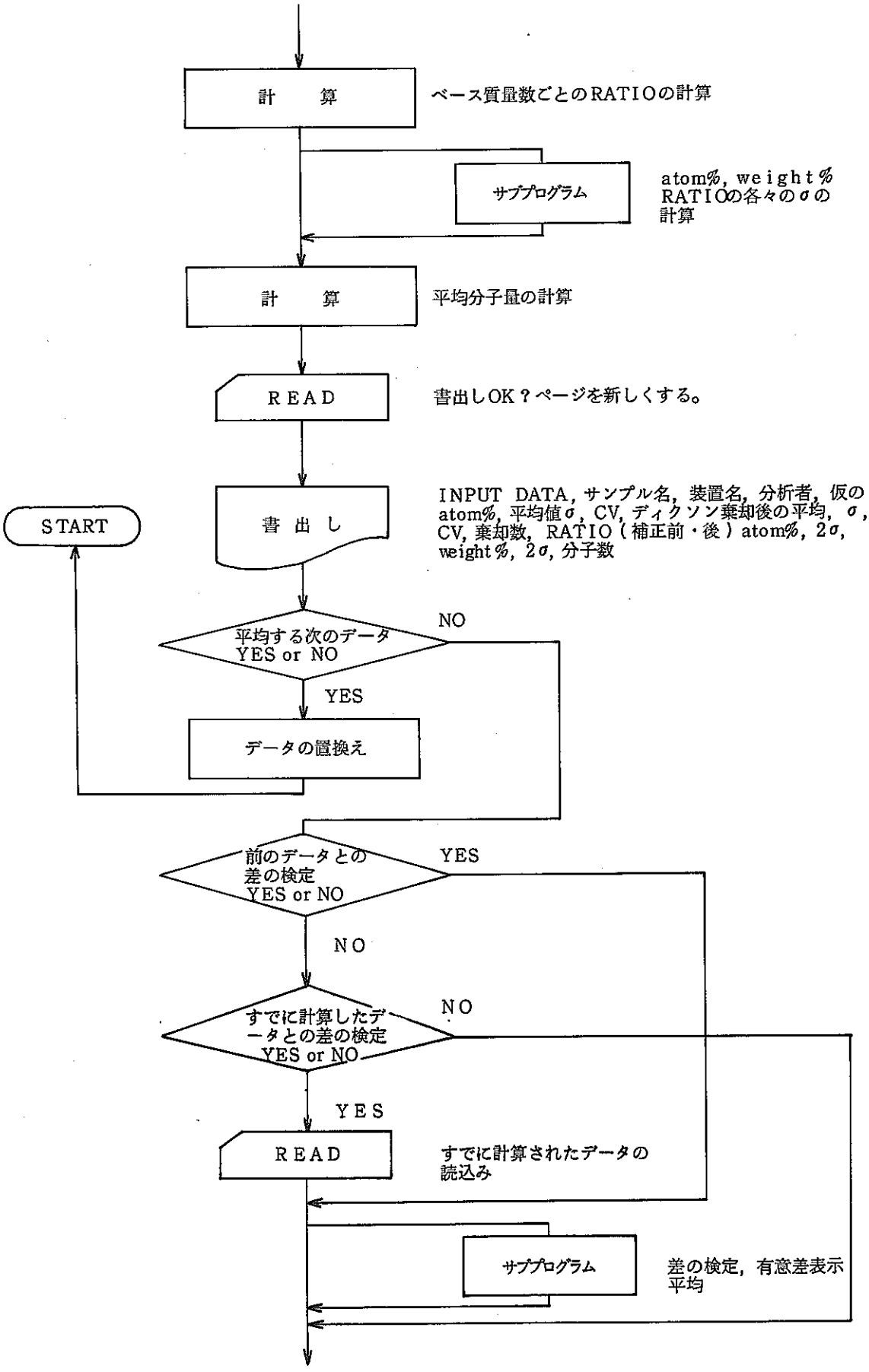

DO=1, N
READ
U−233からU−238までの
測定データをインプット
計　算
各同位体の測定レンヂ(U−233〜
U−238)補正した値と仮のatom%
DO=1, N
N3(I)=0.0
サブプログラム
平均と標準偏差
U−233 YES or NO
YES
NO
CV3=0.0
U−233に対する
変動係数=0.0
CV3の計算
CV4, 5, 8の計算
U−236=0.0 YES or NO
YES
NO
CV6の計算
CV6=0.0

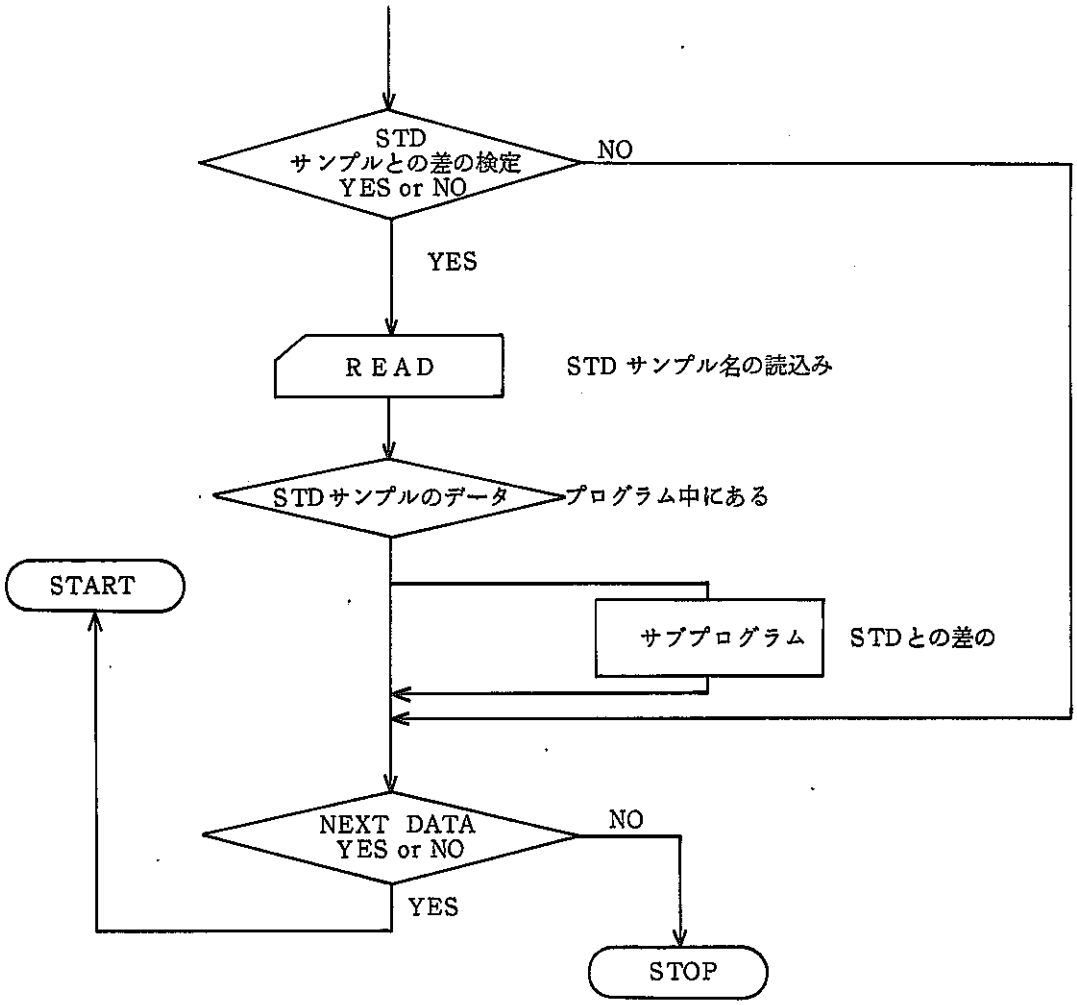

サブプログラム
各同位体繰返しの95%信頼原界外データの摘出（ディクソン）
計　算
atom%, weight%
READ
RATIOのベースの質量数の読込み
計　算
各同位体ベースのRATIOの計算（質量差別効果M・D補正前・後）
サブプログラム
atom%, weight%, RATIOのシグマの計算
計　算
分子量の計算
READ
書出し OK? ページを新しくする。
START
書出し
INPUT DATA, サンプル名, 装置名, 分析者, 仮のatom% 平均値or, CV, ディクソン棄却後の平均, σ, CV, 棄却数, RATIO(補正前・後) atom%, 2σ, weight%, 2σ, 分子量
NO
平均する次のデータ YES or NO
YES
データの置換え
YES
前のデータとの差の検定 YES or NO
NO


すでに
計算したデータと
差の検定
YES or NO
NO
YES
READ
すでに計算されたデータの
読込み
サブプログラム
差の検定，有意差表示
平均
STD
サンプルとの差の検定
YES or NO
NO
YES
READ
STDサンプル名の読込み
STDサンプルのデータ
START
サブプログラム
STDとの差の検定
NEXT DATA
YES or NO
NO
YES
STOP

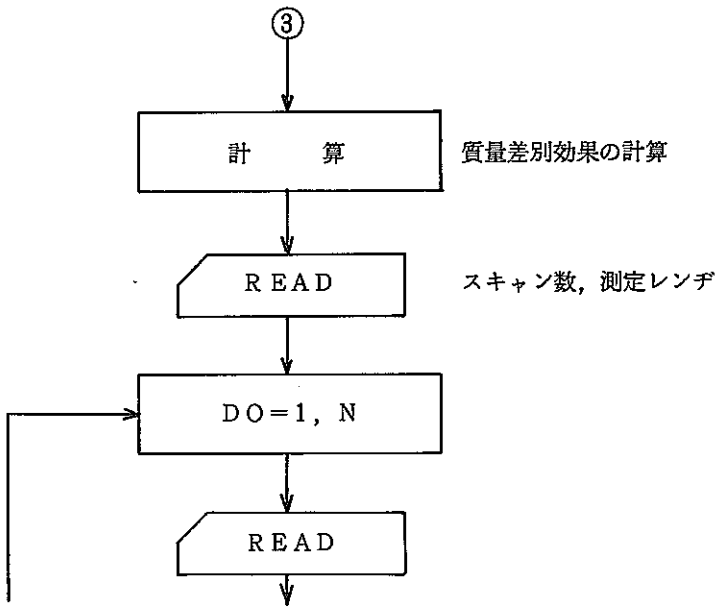
Pu同位体の計算

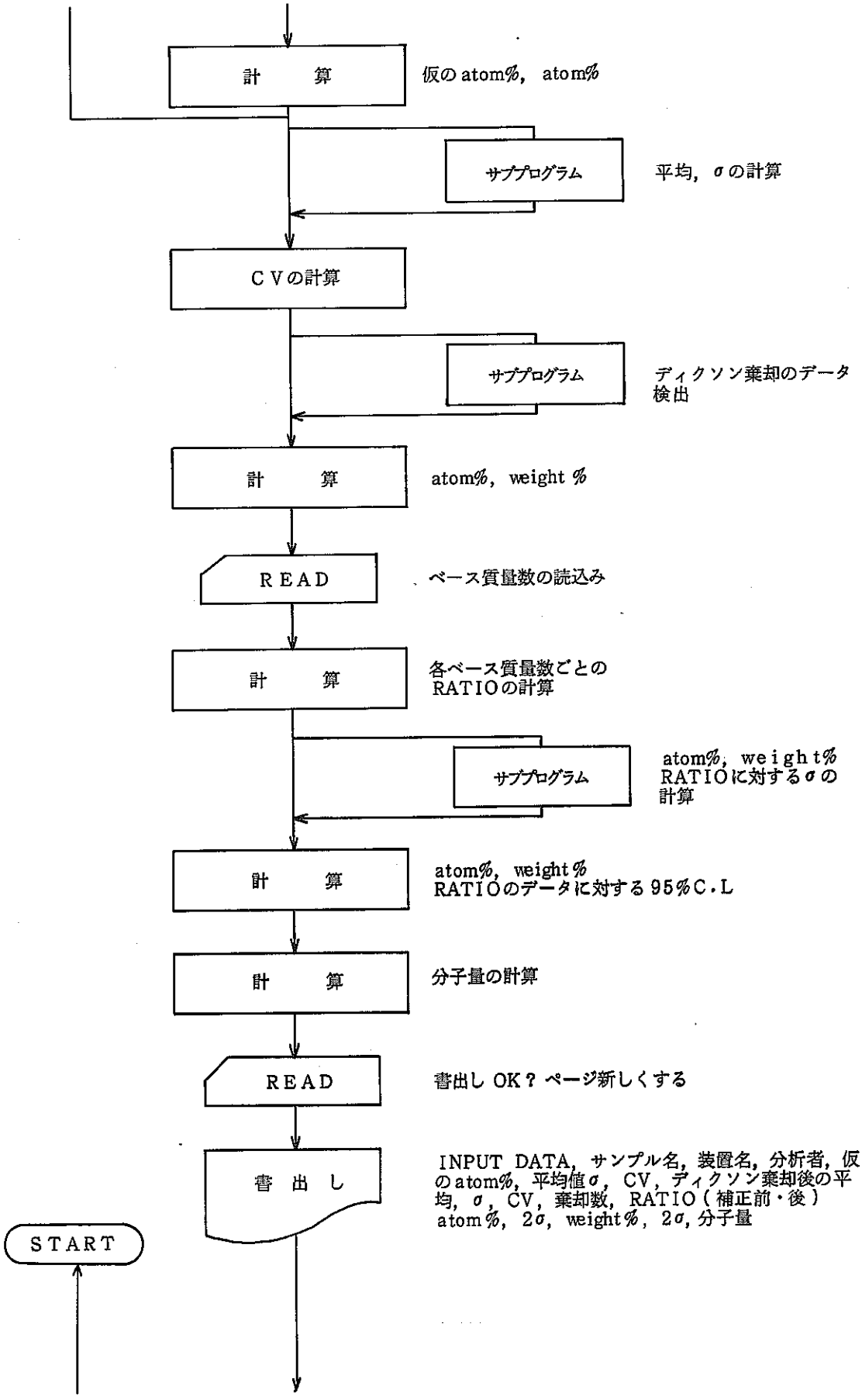

②
計　算
質量差別効果の計算
READ
スキャン数，測定レンヂ
DO=1，N
READ
計　算
仮のatom%，atom%
サブプログラム
平均，σの計算
CVの計算
サブプログラム
ディクソン棄却データの検出
計　算
Pu−239〜Pu−242までの仮atom%
READ
αカウント数（Pu−238とその他の同位体）
計　算
atom%，weight %の計算
READ
RATIOのベース質量数の読込み

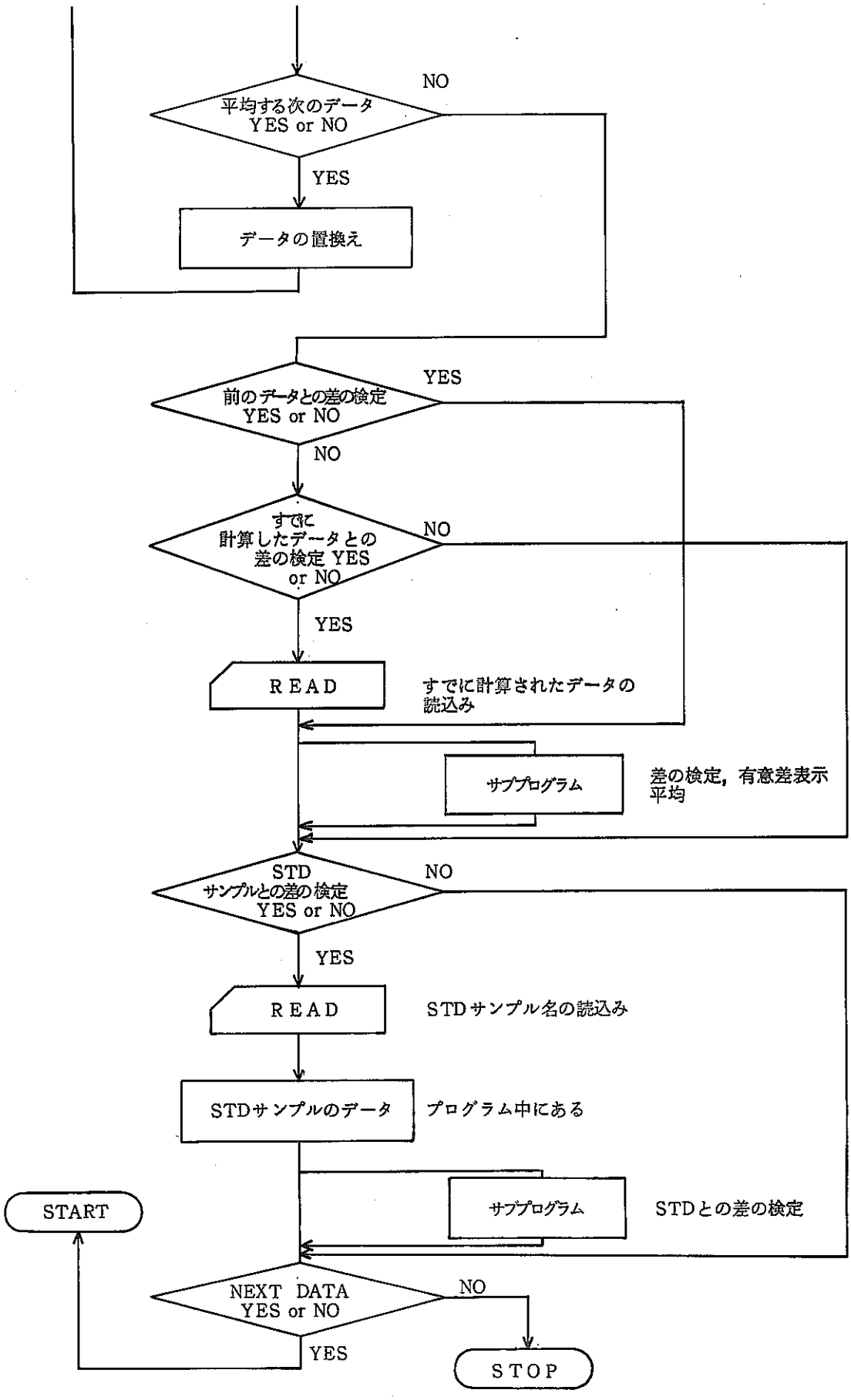

計　算
ベース質量数ごとのRATIOの計算
サブプログラム
atom%, weight%
RATIOの各々のσの
計算
計　算
平均分子量の計算
READ
書出しOK？ページを新しくする。
書 出 し
INPUT DATA, サンプル名, 装置名, 分析者, 仮の
atom%, 平均値σ, CV, ディクソン棄却後の平均, σ,
CV, 棄却数, RATIO（補正前・後）atom%, 2σ,
weight%, 2σ, 分子数
START
平均する次のデータ
YES or NO
NO
YES
データの置換え
前のデータとの
差の検定
YES or NO
YES
NO
すでに計算したデ
ータとの差の検定
YES or NO
NO
YES
READ
すでに計算されたデータの
読込み
サブプログラム
差の検定, 有意差表示
平均


STD
サンプルとの差の検定
YES or NO
NO
YES
READ
STD サンプル名の読込み
STDサンプルのデータ
プログラム中にある
START
サブプログラム
STDとの差の
NEXT DATA
YES or NO
NO
YES
STOP

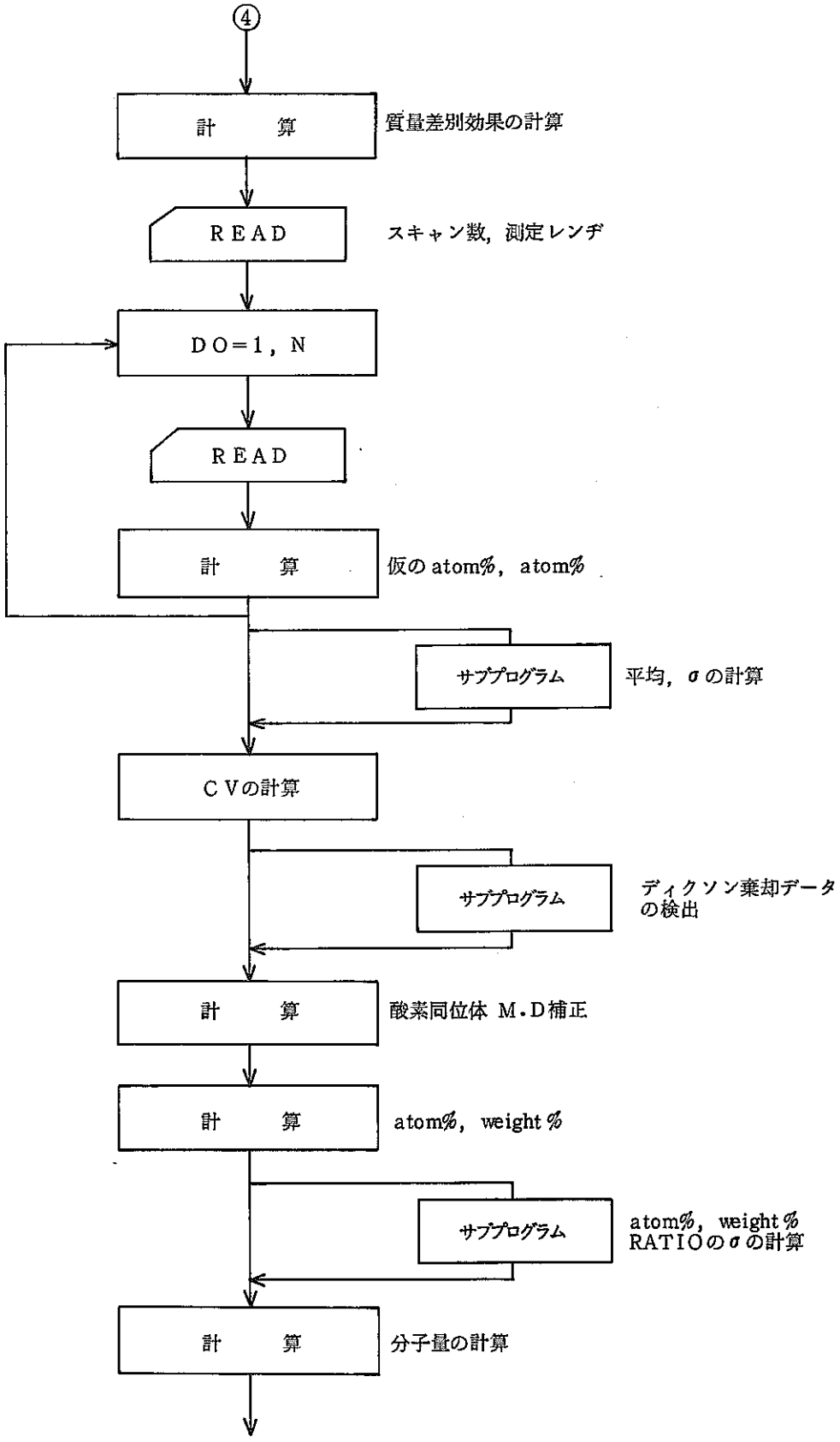
Nd 同位体の計算

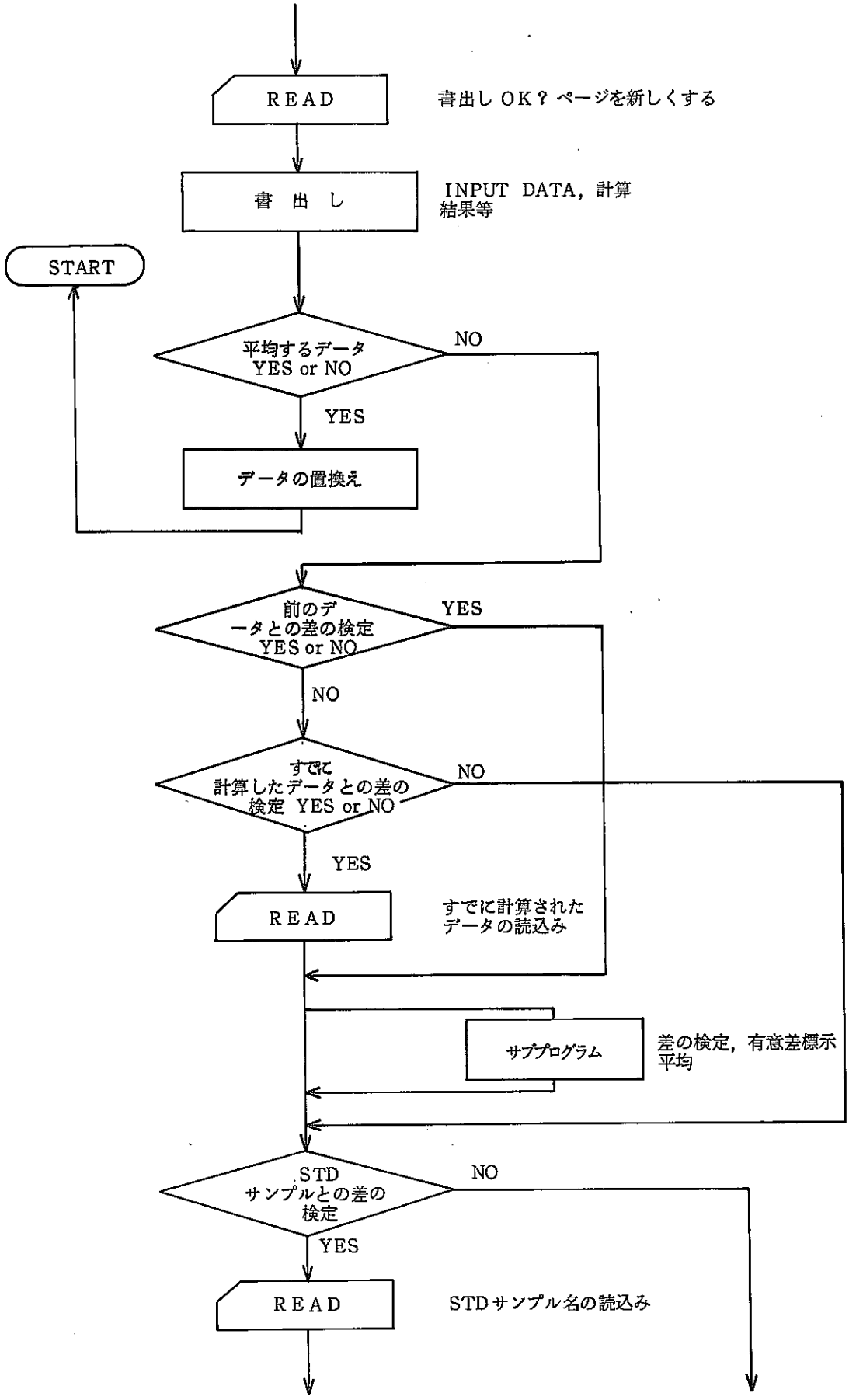

③
計　　算
質量差別効果の計算
READ
スキャン数，測定レンヂ
DO=1，N
READ

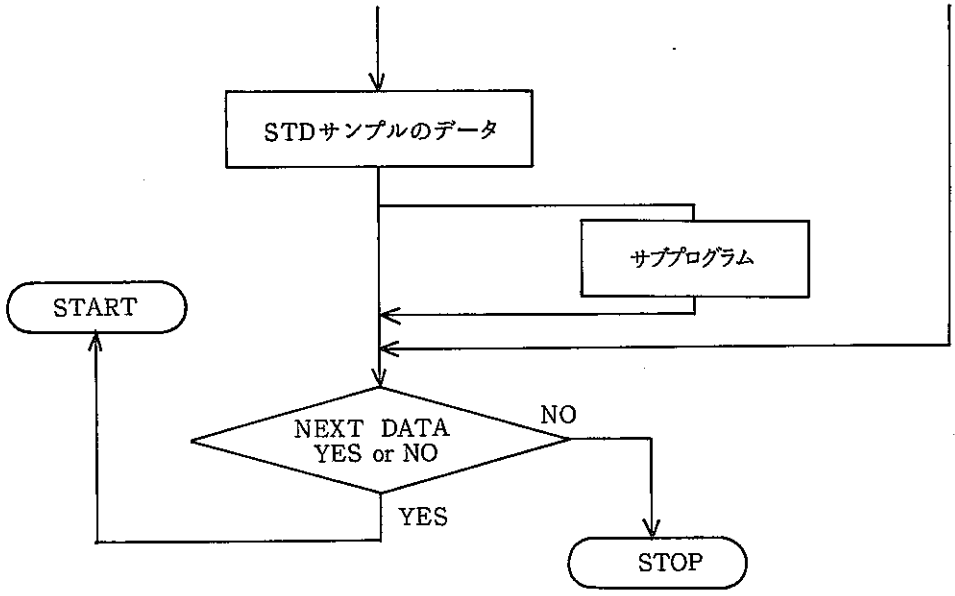

計　　算
仮のatom%, atom%
サブプログラム
平均, σの計算
CVの計算
サブプログラム
ディクソン棄却のデータ検出
計　　算
atom%, weight %
READ
ベース質量数の読込み
計　　算
各ベース質量数ごとのRATIOの計算
サブプログラム
atom%, weight% RATIOに対するσの計算
計　　算
atom%, weight% RATIOのデータに対する95%C.L
計　　算
分子量の計算
READ
書出し OK? ページ新しくする
書　出　し
INPUT DATA, サンプル名, 装置名, 分析者, 仮のatom%, 平均値σ, CV, ディクソン棄却後の平均, σ, CV, 棄却数, RATIO(補正前・後) atom%, 2σ, weight%, 2σ, 分子量
START

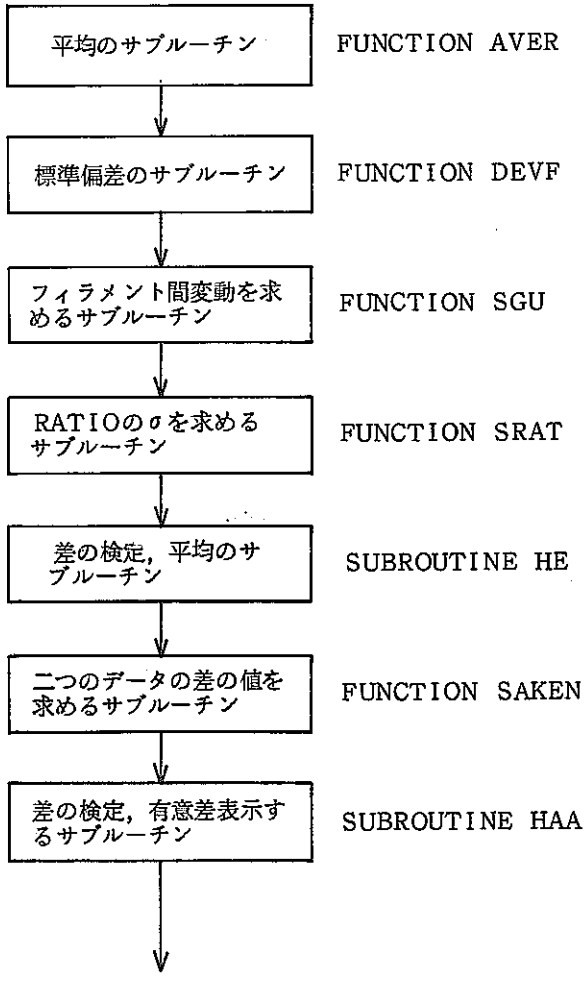

平均する次のデータ
YES or NO
NO
YES
データの置換え
前のデータとの差の検定
YES or NO
YES
NO
すでに
計算したデータとの
差の検定 YES
or NO
NO
YES
READ
すでに計算されたデータの
読込み
サブプログラム
差の検定，有意差表示
平均
STD
サンプルとの差の検定
YES or NO
NO
YES
READ
STDサンプル名の読込み
STDサンプルのデータ
プログラム中にある
START
サブプログラム
STDとの差の検定
NEXT DATA
YES or NO
NO
YES
STOP

ホウ素同位体の計算


④
計　算
質量差別効果の計算
READ
スキャン数，測定レンヂ
DO=1，N
READ
計　算
仮のatom%，atom%
サブプログラム
平均，σの計算
CVの計算
サブプログラム
ディクソン棄却データの検出
計　算
酸素同位体 M・D補正
計　算
atom%，weight%
サブプログラム
atom%，weight%
RATIOのσの計算
計　算
分子量の計算


READ
書出し OK？ ページを新しくする
書 出 し
INPUT DATA，計算結果等
START
平均するデータ YES or NO
NO
YES
データの置換え
前のデータとの差の検定 YES or NO
YES
NO
すでに計算したデータとの差の検定 YES or NO
NO
YES
READ
すでに計算されたデータの読込み
サブプログラム
差の検定，有意差標示平均
STD サンプルとの差の検定
NO
YES
READ
STDサンプル名の読込み


STDサンプルのデータ
サブプログラム
START
NEXT DATA
YES or NO
NO
YES
STOP


平均のサブルーチン
FUNCTION AVER
標準偏差のサブルーチン
FUNCTION DEVF
フィラメント間変動を求めるサブルーチン
FUNCTION SGU
RATIOのσを求めるサブルーチン
FUNCTION SRAT
差の検定，平均のサブルーチン
SUBROUTINE HE
二つのデータの差の値を求めるサブルーチン
FUNCTION SAKEN
差の検定，有意差表示するサブルーチン
SUBROUTINE HAA

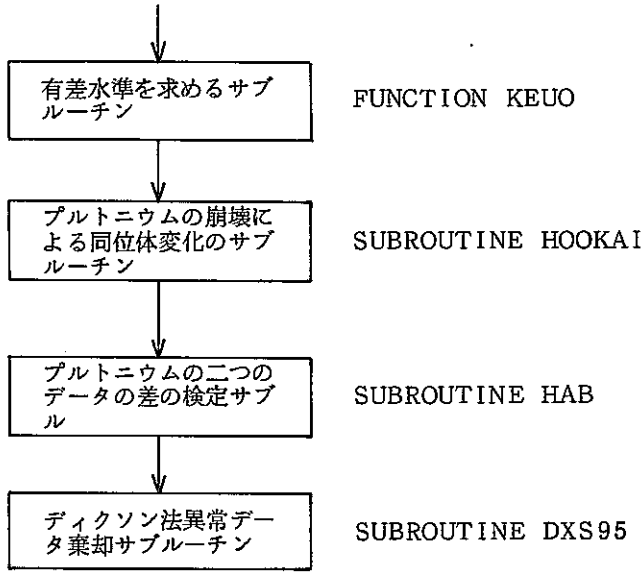


図9. 同位体組成計算プログラムのフローシート

9－2　同位体希釈－質量分析計算プログラム

この計算プログラムは，ウラン，プルトニウム，ネオジムおよびホウ素について，各々のスパイク液の標定および各元素の定量を同位体希釈一質量分析法を用いて計算する。また，これらの定量値の分散を(8)式を用いて計算を行う。

この計算プログラムのフローシートを図１０に示す。ホウ素についての計算結果例を表表４６に示す。また，FORTRAN Ⅳでのプログラムを別添資料の計算プログラム中に示す。

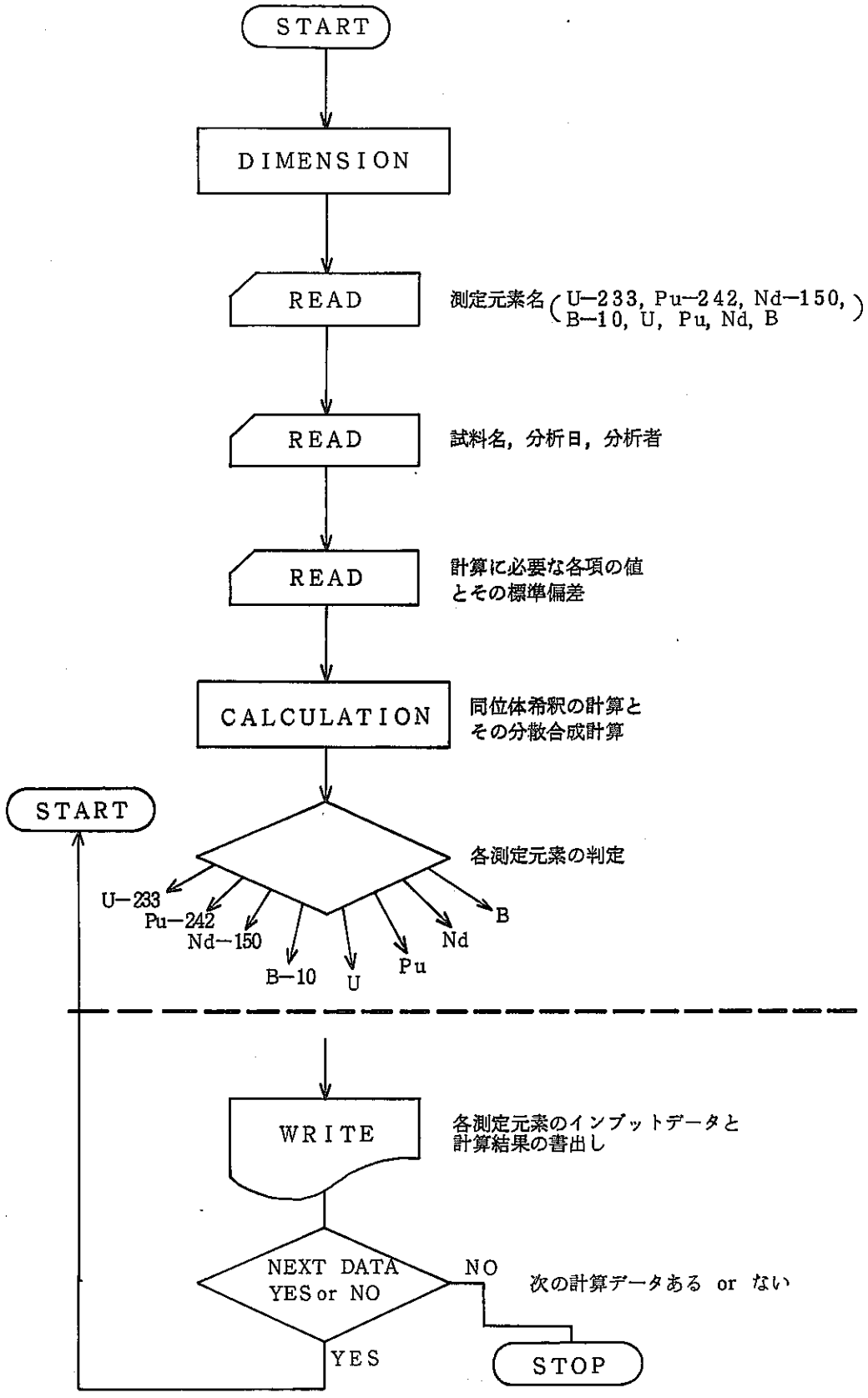


図10　同位体希釈一質量分析法計算フローシート

表 46　同位体希釈 — 質量分析法によるホウ素の定量

********** DETERMINATION OF B BY IDMS METHOD **********

*WEIGHT BASE

INPUT DATA

A (SAMPLING VOLUME(ML) OR WEIGHT(GM) OF B-10 SPIKE SOL)	=	0.19981D+01
SIGMA A	=	0.20000D-02
B (SAMPLING VOLUME(ML) OR WEIGHT(GM) OF UNKNOWN SAMPLE)	=	0.57429D+02
SIGMA B	=	0.60000D-01
M10(B-11/B-10 RATIO IN SPIKED SAMPLE)	=	0.10929D+01
SIGMA M10	=	0.70000D-03
S10(B-11/B-10 RATIO IN SPIKE SOL)	=	0.40440D+01
SIGMA S10	=	0.40000D-02
R10(B-11/B-10 RATIO IN UNSPIKED SAMPLE)	=	0.13865D+00
SIGMA R10	=	0.25000D-03
A10 (B-10 NUMBER OF ATOM IN B-10 SPIKE SOL/ML(GM))	=	0.21109D+19
SIGMA A10	=	0.20000D+16
A1 (ATOMIC ABUNDANCE OF B-11 IN UNSPIKED SAMPLE)	=	0.12180D+00
SIGMA A1	=	0.40000D-03

RESULTS OF CALCULATION

	ATOMS(GROSS B)/G SOL	PPM(B-10)	PPM(GROSS B)
X :	0.25855D+18	3.7751	4.3507
$:	0.57558D+15	0.0084	0.0097

* $ = ONE SIGMA

SAMPLE NAME = 37A-1
DATE OF ANALYZED = 1979.5.18
ANALYST = m.k

9－3 "U，Pu，^{148}Nd法"による燃焼率計算

本報の計算プログラム[8]は，ASTM法[9]と多少異なる。以下にその計算方法を示す。

まず(9)式から，採取した試料1㎖(g)当りに含まれるNd—148の原子数を求める。

$$F(^{148}Nd) = A_{50}\left(\frac{M_{80} - S_{80}}{1 - M_{80}/R_{80}}\right) \cdot \frac{a}{b} \cdots\cdots\cdots\cdots (9)$$

ここで，

$F(^{148}Nd)$ ：単位試料当りのNd—148の原子数（atoms/㎖, g）

A_{50} ：混合スパイク液（U—233，U—242およびNd—150を含む）1㎖(g)当りのNd—150の原子数（atoms/㎖, g）

M_{80} ：混合スパイク液を加えたNdフラクション中のNd—148/Nd—150の比

S_{80} ：混合スパイク液中のNd—148／Nd—150の比

R_{80} ：混合スパイク液を加えないNdフラクション中のNd—148/Nd—150

a ：添加混合スパイク液量（㎖, g）

b ：採取試料液量（㎖, g）

である。

次に，同様な方法で(10)，(11)式から単位試料中のウランおよびプルトニウムの原子数，UおよびPuを求める，Uについては，

$$U = \frac{A_{33}(M_{83} - S_{83})}{A_8(1 - M_{83}/R_{83})} \cdot \frac{a}{b} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (10)$$

ここで，

A_{33}：混合スパイク液1㎖(g)当りのU—233原子数

M_{83}：混合スパイク液を加えたUフラクション中のU—238／U—233の比

S_{83}：混合スパイク液中のU—238／U—233の比

R_{83}：混合スパイク液を加えないUフラクション中のU—238／U—233の比

A_8 ：混合スパイク液を加えないUフラクション中のU—238の原子比

である。

また，Puについては，

$$Pu = \frac{A_{42}(M_{92} - S_{92})}{A_9(1 - M_{92}/R_{92})} \cdot \frac{a}{b} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (11)$$

ここで，

A_{42} ：混合スパイク液1㎖(g)当りのPu—242の原子数

M_{92} ：混合スパイク液を加えたPuフラクション中のPu−239/Pu−242の比

S_{92} ：混合スパイク液中のPu−239/Pu−242の比

R_{92} ：混合スパイク液を加えないPuフラクション中のPu−239/Pu−242の比

A_9 ：混合スパイク液を加えないPuフラクション中のPu−239の原子比

である。

(9)式で求めた値を(12)式に代入して単位試料当りの全核分裂数F（total）を求める。すなわち，

$$F(\mathrm{total}) = \frac{F(^{148}\mathrm{Nd})}{E_{48}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (12)$$

ここで，

E_{48} ：^{148}Ndの核分裂収率

次に，(10)，(11)および(12)式から求めた値から，燃焼率F(%)すなわちatom% fissionを求めることができる。求める式を(13)式に示す。

$$F(\%) = \frac{F(\mathrm{total})}{F(\mathrm{total}) + U + Pu} \times 100 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (13)$$

また，これらの定量値の分散を求める式は，前述した(8)式のようにして求めることにより，以下の(14)，(15)および(16)の各式が得られる。

$$\sigma_F(^{148}\mathrm{Nd}) = \frac{a^2}{b^2} \cdot d^2 + \frac{A_{50}^2 (M_{80} - S_{80})^2}{(1 - M_{80}/R_{80})^2} \cdot e^2 \quad \cdots\cdots\cdots \quad (14)$$

ここで，

$$d^2 : A_{50}^2 (M_{80} - S_{80})^2 \cdot \frac{M_{80}^2 \cdot \dfrac{\sigma_{R80}^2}{R_{80}^4} + \dfrac{\sigma_{M80}^2}{R_{80}^2}}{(1 - M_{80}/R_{80})^4} + \frac{A_{50}^2 (\sigma_{M80}^2 + \sigma_{S80}^2) + (M_{80} - S_{80}) \cdot \sigma_{A50}^2}{(1 + M_{80}/R_{80})^2}$$

$$e^2 : a^2 \cdot \frac{\sigma_b^2}{b^4} + \frac{1}{b^2} \cdot \sigma_a^2$$

である。

また，

$$\sigma_u^2 = \frac{a^2}{b^2} \cdot f^2 + \frac{A_{33}^2 (M_{83} - S_{83})}{A_8^2 (1 - M_{83}/R_{33})^2} \cdot e^2 \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (15)$$

ここで，

$$f^2 : A_{33}^2 (M_{83} - S_{83})^2 \cdot \frac{A_8^2 \left(M_{83}^2 \cdot \frac{\sigma_{R_{83}}^2}{R_{83}^4} + \frac{\sigma_{M_{83}}^2}{R_{83}^2} \right) + \left(1 - M_{83}/R_{83} \right)^2 \cdot \sigma_{A_8}^2}{A_8 (1 - M_{83}/R_{83})^4}$$

$$+ \frac{A_{33}^2 (\sigma_{M_{83}}^2 + \sigma_{S_{83}}^2) + (M_{83} - S_{83})^2 \cdot \sigma_{A_{33}}^2}{A_8 (1 - M_{83}/R_{83})^2}$$

である。

さらに，

$$\sigma_{Pu}^2 = \frac{a^2}{b^2} \cdot g^2 + \frac{A_{42}^2 (M_{92} - S_{92})^2}{A_9^2 (1 - M_{92}/R_{92})^2} \cdot e^2 \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (16)$$

ここで，

$$g^2 : A_{42}^2 (M_{92} - S_{92})^2 \cdot \frac{A_9^2 \left(M_{92}^2 \cdot \frac{\sigma_{R_{92}}^2}{R_{92}^4} + \frac{\sigma_{M_{92}}^2}{R_{92}^2} \right) + \left(1 - M_{92}/R_{92} \right)^2 \cdot \sigma_{A_9}^2}{A_9^2 (1 - M_{92}/R_{92})^4}$$

$$+ \frac{A_{42}^2 (\sigma_{M_{92}}^2 + \sigma_{S_{92}}^2) + (M_{92} - S_{92})^2 \cdot \sigma_{A_{42}}^2}{A_9^2 (1 - M_{92}/R_{92})^2}$$

である。一方，

(12)式の分散は，(17)式のようになる。

$$\sigma_F^2 (\text{total}) = F^2 (^{148}\text{Nd}) \cdot \frac{\sigma_{E_{48}}^2}{E_{48}^4} + \frac{\sigma_F^2 (^{148}\text{Nd})}{E_{48}^2} \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (17)$$

ここで，

$\sigma_{E_{48}}^2$ ：Nd−148の核分裂収率の分散

である。

これらの計算結果から最終的に燃焼率を求める(13)式に対する分散は，(18) 式によって

求めることができる。

$$\sigma_F^2(\%) = 100^2 \cdot \left[\frac{F^2(\mathrm{total})\{\sigma_F^2(\mathrm{total}) + \sigma_U^2 + \sigma_{Pu}^2\}}{\{F(\mathrm{total}) + U + Pu\}^4} + \frac{\sigma_F^2(\mathrm{total})}{\{F(\mathrm{total}) + U + Pu\}^2} \right] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (18)$$

これらの計算プログラムのフローシートを図１１に示す。また，この計算結果の１例を表４７に示し，FORTRANⅣでのプログラムを別添資料の計算プログラム中に示す。

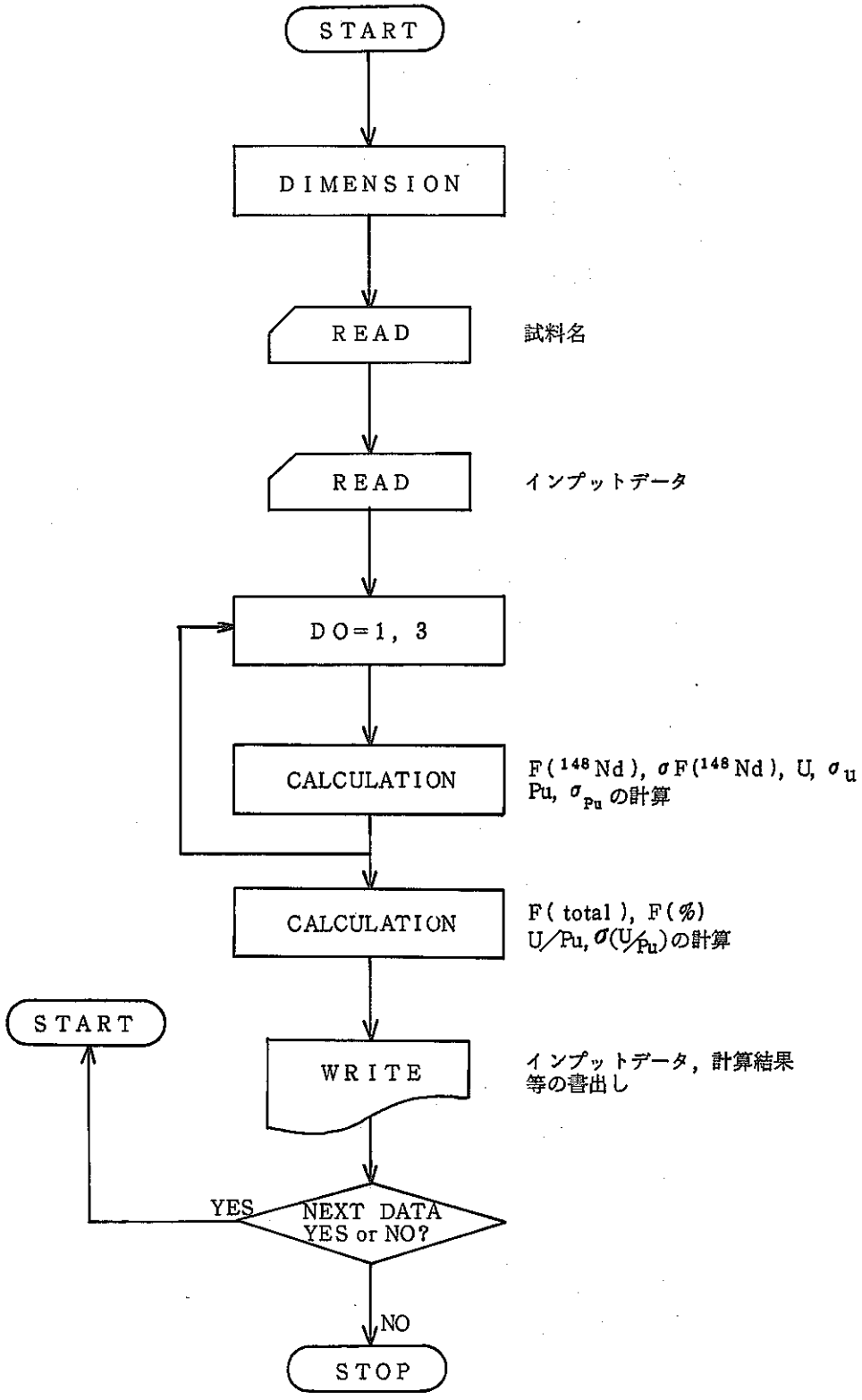


図11　燃焼率計算フローシート

表 47　燃焼率計算結果の例

```
:::::::::::::::BURNUP MEASUREMENT BY ND-148;PU;U-METHOD::::::::::::::

SAMPLE SERIES NAME.....

SAMPLE NUMBER..........

          INPUT DATA

      ND-FRACTION                    PU-FRACTION                    U-FRACTION

A-50          =   0.5230D+16     A-42          =   0.8166D+18     A-33          =   0.1096D+19
SIGMA A-50    =   0.5000D+14     SIGMA A-42    =   0.2800D+16     SIGMA A-33    =   0.4000D+16
M-80          =   0.3738D+00     M-92          =   0.2770D+00     M-83          =   0.8586D-01
SIGMA M-80    =   0.6400D-03     SIGMA M-92    =   0.2700D-03     SIGMA M-83    =   0.1500D-03
S-80          =   0.6553D-02     S-92          =   0.9766D-03     S-83          =   0.6443D-02
SIGMA S-80    =   0.8200D-04     SIGMA S-92    =   0.1000D-05     SIGMA S-83    =   0.8000D-05
A             =   0.1000D+01     A             =   0.1000D+01     A             =   0.1000D+01
SIGMA A       =   0.2000D-02     SIGMA A       =   0.2000D-02     SIGMA A       =   0.2000D-02
    -         =   0.1000D+01     A9            =   0.8839D+00     AB            =   0.9762D-01
    -         =   0.0            SIGMA A9      =   0.6400D-04     SIGMA AB      =   0.2000D-03
R-80          =   0.2175D+01     R-92          =   0.7249D+03     R-83          =   0.1000D+10
SIGMA R-80    =   0.4900D-02     SIGMA R-92    =   0.2600D+01     SIGMA R-83    =   0.0
B             =   0.1000D+01     B             =   0.1000D+01     B             =   0.1000D+01
SIGMA B       =   0.2000D-02     SIGMA B       =   0.2000D-02     SIGMA B       =   0.2000D-02

                 ND-148 FISSION YIELD   =   0.01650
            SIGMA ND-148 FISSION YIELD  =   0.00030

                 RESULTS OF CALCULATION

                      ATOMS/ML          SIGMA

F(ND-148)     =   0.2319E+16    0.2352E+14
    PU        =   0.2551E+18    0.1161E+16
    U         =   0.8916E+18    0.4449E+16
F(TOTAL)      =   0.1406E+18    0.2926E+16
    PU/U      =   0.2861E+00    0.1932E-02

ATOM % FISSION F(%)  =   10.919
SIGMA F(%)           =    0.227
```

10. データの統計的計算処理プログラム

質量分析結果を統計的に処理するために1元配置および2元配置の分散分析プログラムを作成した。

このプログラム中でt分布は，

$$t(\phi,\ \alpha)=\sqrt{F(1,\ \phi,\ \alpha)}$$

の関係から求めた。

またF分布は，正規分布とF分布の関係として，

$$U=\frac{\left(1-\frac{2}{9\phi_2}\right)F^{1/3}-\left(1-\frac{2}{9\phi_1}\right)}{\left(\frac{2}{9\phi_2}F^{2/3}+\frac{2}{9\phi_1}\right)^{1/2}}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(19)$$

の式が（N，1）に近似的に従うことを利用してF分布の値を求めることができる。

ここで，$2/9\phi_1=W_1$，$2/9\phi_2=W_2$ および $F^{1/3}=f$ とおけば，(19)式は，

$$\{(1-W_2)^2-U^2W^2\}f^2-2(1-W_2)(1-W_1)f+(1-W_1)^2-U^2W_1=0$$

となる。

これを解いてfを求め，$F=f^3$としてFを求めればよい。これはサブルーチンPFBUNで，

$$A=(1-W_2)^2-U^2W_2$$

$$B=-2(1-W_2)(1-W_1)$$

$$C=(1-W_1)^2-U^2W_1$$ とおいて，

(19)式を

$$Af^2+Bf+C=0$$

として解く。

正規分布は，Hatingsの近似式

$$\phi(U)=\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^U e^{-U^2}dU\fallingdotseq 1-(1+a_1U+a_2U^2+\cdots\cdots+a_6U^6)^{-16}$$

を用いる。

ここで，

$$a_1=0.0705230784,\qquad a_2=0.0422820123$$

$a_3 = 0.0092705272$,　$a_4 = 0.0001520143$

$a_5 = 0.0002765672$,　$a_6 = 0.0000430638$

である。

これを用いて，$\phi(U)$を計算すると，

$$H(U) = \int_0^U \frac{dU}{\sqrt{2\pi}\, e^{u^2/2}} \fallingdotseq \frac{1}{2} \cdot \phi\left(\frac{U}{\sqrt{2}}\right)$$

より，

$$P(U) = \begin{cases} 0.5 + H(U) & (U \geqq 0) \\ 0.5 - H(U) & (U < 0) \end{cases}$$

となる。

この解から，Uを知ってP(U)の値を求めるサブルーチンSEIKIBとP(U)の値を与えてUを求めるサブルーチンPSEIKIを作成した。[10] このようにして確率分布を求め検定を行う。

本報の作成した1元配置の分散分析では，各水準の繰返し数が等しい場合と異なる場合の2通りで解析できる。更に，水準間で有意である場合は，各水準ごとの平均値と95%信頼限界を表示する。水準間で有意でない場合は，全データの平均値とその95%信頼限界を表示する。その解析例を表48に示す。

2元配置の分散分析では，繰返し数のない場合について解析する。その解析例を表49に示す。

これらのRORTRANⅣでのプログラムを別添資料の計算プログラムに示す。

表 48　1 元配置の解析例

```
*** 1-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***

                                        DATA NAME  = NBS-500+U-233(U-238:U-235:U-233=1:1:1), U-238
                                        KEISAN SHA =
                                        DATE       =

              INPUT DATA

A 1  31.2600 31.3100 31.3100 31.2600 31.2700 31.2800 31.2800 31.3000 31.2800 31.2500 31.2800 31.3000 31.2600 31.2700

A 2  31.3400 31.3400 31.3400 31.3300 31.3300 31.3300 31.3300 31.3200 31.3200 31.3300 31.3300 31.3000 31.2900 31.2900

A 3  31.3300 31.3600 31.3000 31.3000 31.2900 31.2800 31.2900 31.2900 31.2700 31.3400 31.3000 31.3000 31.3000 31.3300

A 4  31.2400 31.3000 31.2700 31.2900 31.2900 31.2600 31.2600 31.2500 31.2600 31.3100 31.2800 31.2700 31.3000 31.3100


                    BUNSAN BUNSEKI TABLE

          YOIN        S          ¢       V           F0

            A     0.1993E-01     3   0.6643E-02   14.66

            E     0.2356E-01    52   0.4530E-03

              * HANTEI = 99% DE SA GA ARUTO IERU

            F(0.01) =    4.19

            $E=0.21285E-01
            $A=0.21028E-01

*KAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI

      A 1   0.31279E+02   +   0.11279E-01   (0.31290E+02   ,   0.31268E+02)
      A 2   0.31323E+02   +   0.11279E-01   (0.31334E+02   ,   0.31311E+02)
      A 3   0.31306E+02   +   0.11279E-01   (0.31317E+02   ,   0.31294E+02)
      A 4   0.31278E+02   +   0.11279E-01   (0.31289E+02   ,   0.31266E+02)


            ¢=PAI
            $=SIGMA
```

表 49　2 元配置の解析例

JIKKEN DATA

	1B	2B	3B
1A	1.1739	1.1760	1.1783
2A	1.1761	1.1777	1.1784
3A	1.1749	1.1745	1.1754
4A	1.1736	1.1760	1.1769
5A	1.1763	1.1754	1.1800

BUNSAN BUNSEKI TABLE

YOIN	S	¢	V	F0
A	0.1639E-04	4	0.4098E-05	4.13
B	0.2325E-04	2	0.1162E-04	11.71
E	0.7939E-05	8	0.9924E-06	
T	0.4758E-04	14		

* HANTEI = A SUIJUNKAN DEWA 95% DE SAGA ARU TO IERU
= B SUIJUN KAN DEWA 99% DE SAGA ARU TO IERU

F(¢A,¢E,0.01) = 7.12
F(¢A,¢E,0.05) = 3.84
F(¢B,¢E,0.01) = 8.73
F(¢B,¢E,0.05) = 4.45

$A = 0.10174E-02
$B = 0.14582E-02
$E = 0.99617E-03

*A NO YOIN NO KAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI

A 1	0.11761E+01	+	0.13152E-02	(0.11774E+01 ,	0.11748E+01)
A 2	0.11774E+01	+	0.13152E-02	(0.11787E+01 ,	0.11761E+01)
A 3	0.11746E+01	+	0.13152E-02	(0.11759E+01 ,	0.11733E+01)
A 4	0.11755E+01	+	0.13152E-02	(0.11768E+01 ,	0.11742E+01)
A 5	0.11772E+01	+	0.13152E-02	(0.11785E+01 ,	0.11759E+01)

*B NO YOIN NO KAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI

B 1	0.11748E+01	+	0.10180E-02	(0.11758E+01 ,	0.11738E+01)
B 2	0.11759E+01	+	0.10180E-02	(0.11769E+01 ,	0.11749E+01)
B 3	0.11778E+01	+	0.10180E-02	(0.11788E+01 ,	0.11768E+01)

YOIN A　filament
YOIN B　filament ondo

11. 考　　察

核燃料の品質管理，核物質の保障措置あるいは核物質の計量管理上で最も信頼できる分析法の一つである質量分析法の分析誤差解析は，近年ますます重要になってきている。

本報では，これらの誤差要因を統計的に解析して質量分析値の変動要因とその大きさを解析し，更にこれらのデータを用いて計算される同位体希釈一質量分析法の分析誤差等を求めた。

これらの解析の結果，同位体組成分析における主な誤差の要因は，質量差別効果の変動によるフィラメント間誤差であった。これは主に測定フィラメント温度の違いによるものでとりわけ，試料フィラメント（サイドフィラメント）の温度変化は，イオン化フィラメント（センターフィラメント）のそれより影響が大きかった。その他の要因である試料酸濃度，マルチプライヤの印加電圧変化等はほとんど質量差別効果の変動に影響がなかった。

更に，ウランおよびプルトニウムの同位体標準試料の測定値から求めた質量差別効果βの値は，各装置間（同機種の質量分析計3台），またウラン，プルトニウムの元素間についても約4～5年の期間で有意差は見られなかった。

ホウ素に対するβの値は，ウランおよびプルトニウムの場合に比し小さいが，質量差別効果補正値Fに換算すると，単位質量差当りの補正値はほとんど等しかった。

次に，同位体存在率とフィラメント間変動の関係は，各々atom%とCV(%)の両対数目盛でほぼ2次曲線の関係にあることがわかった。この関係は，同位体存在率を5%以下，5%～90%，90%～99.5%および99.5以上の範囲に分割するとより正確な直線あるいは，曲線が得られた。

同位体希釈一質量分析法では，種々の質量分析結果から計算によりウランおよびプルトニウム等を定量するが，その定量値に対する変動の大きさは約0.07～0.08%(CV%)であった。更に，計算式中の各項のもつ分散を分散合成した結果は，何フィラメントか測定し定量計算した値間の標準偏差と良く一致した。このことは，1フィラメントしか測定しなくても分散合成により，その定量値に対する誤差を評価することができることを意味する。

本報ではこの他，質量分析に関係する計算処理プログラムを作成し，同位体組成計算，二つの分析結果の差の検定，標準試料と分析結果との差の検定，プルトニウムの崩壊による補正計算，同位体希釈一質量分析法の計算およびこれらの誤差計算等を計算機処理し，質量分析業務を正確にしかも速に行った。

12. 参考文献

1) Part45, " Nuclear Standards " in 1974 Annual Book of ASTM Standards (American Society for Testing and Materials Philadelphia). See Standard E267 (P708)

2) T.D.Reilly, M.L.Evans, " Measurement Reliability for Nuclear Material Assay ", Los Alamos Scientific Laboratory report LA-6574 (January 1977), P.11

3) NBS SPECIAL PUBLICATION 260-27, P27(1971)

4) Part30, " General Test Methods " in 1968 Annual Book of ASTM Standards. E321(P1097)

5) C.J.Rodden, ed." Analysis of Essential Nuclear Reactor Materials, U.S.A.E.C(1964)

6) W.M.Echo, T.D.Morgan, Ana.Chem.29 1593(1957)

7) John Roboz, " Introduction to Mass Spectrometry, P164(1968)

8) 和田幸男, 坪谷隆夫, 中村久, " U-Pu-^{148}Nd法による燃焼率測定の評価 " 動力炉・核燃料開発事業団 ZN841-76-02(1976)

9) Part 30, " General Test Methods " in 1968 Annual Book of ASTM Standards. E321-67T(P1092)

10) 金田数正著" RORTRANの統計実務入門 ", 内田老鶴圃社

別添資料－1.

同位体組成計算プログラム
(FORTRAN-Ⅳ)

```
00010 C-***** THIS PROGAM IS CALCULATION OF MASS SPECTROMETRIC ANALYSIS
00015 C                    OF U PU ND B
00027        DIMENSION SA(5),UC(3),AN(3),AP(3),DA(3),N0(30),N1(30),N2(30),
00030       1N3(30),N4(30),N5(30),N6(30),N8(30),N9(30),A0(30),A1(30),A2(30),
00035       1A3(30),A4(30),A5(30),A6(30),A8(30),A9(30),IHAN(50),AA33(3),
00036       1AA34(30),AA35(30),AA36(30),AA38(30),AA39(30),AA40(30),AA41(30),
00037       1AA42(30),AA43(30),AA44(30),AA45(30),AA46(30),AA48(30),AA50(30),
00038       1TAA(30),AA10(30),AA11(30)
00040 C *** JOOSU NO YOMIKOMI
00045  9999 WRITE(6,100)
00050   100 FORMAT(3X,27HINPUT SAMPLE NAME,20JI MADE)
00055       READ(5,110)(SA(I),I=1,5)
00060   110 FORMAT(5A4)
00065       WRITE(6,120)
00070   120 FORMAT(3X,27HINPUT USER'S CODE,12JI MADE)
00075       READ(5,130)(UC(I),I=1,3)
00080   130 FORMAT(3A4)
00085       WRITE(6,140)
00090   140 FORMAT(3X,23HINPUT ANALYST,12JI MADE)
00095       READ(5,150)(AN(I),I=1,3)
00100   150 FORMAT(3A4)
00105       WRITE(6,160)
00110   160 FORMAT(3X,25HINPUT APPARATUS,12JI MADE)
00115       READ(5,170)(AP(I),I=1,3)
00120   170 FORMAT(3A4)
00125       WRITE(6,180)
00130   180 FORMAT(3X,22HINPUT DATE OF ANALYZED)
00135       READ(5,190)(DA(I),I=1,3)
00140   190 FORMAT(3A4)
00145       WRITE(6,200)
00150   200 FORMAT(3X,10HINPUT BIAS)
00155       READ(5,*)BI
00160       WRITE(6,210)
00165   210 FORMAT(3X,49H*WHAT IS THE NUCLIDE ? IF U,PU,ND,B INPUT 1,2,3,4)
00170       READ(5,*)NU
00175       GO TO(10,2000,4000,6000),NU
00180 C *** FACTOR NO KEISAN ***
00185    10 F33=1.0/(1.0+(5.0/238.0)*BI)
00190       F34=1.0/(1.0+(4.0/238.0)*BI)
00195       F35=1.0/(1.0+(3.0/238.0)*BI)
00200       F36=1.0/(1.0+(2.0/238.0)*BI)
00205       F38=1.0
00210       WRITE(6,300)
00215   300 FORMAT(3X,17HINPUT SCAN NUMBER)
00220       READ(5,*)ISCA
00230       WRITE(6,260)
00235   260 FORMAT(3X,37HU-233 YES OR NO ? YES,NO,INPUT 1 OR 0)
00240       READ(5,*)IARU
00245       IF(IARU.EQ.0) GO TO 280
00250       WRITE(6,290)
00255   290 FORMAT(3X,29HINPUT RANGE OF U-233 TO U-238)
00260       READ(5,*)RA33,RA34,RA35,RA36,RA38
00265       WRITE(6,310)
00270   310 FORMAT(3X,25HINPUT DATA U-233 TO U-238)
00275       READ(5,*)(N3(I),N4(I),N5(I),N6(I),N8(I),I=1,ISCA)
00280   340 DO 20 I=1,ISCA
00285       AA33(I)=N3(I)*RA33
00290       AA34(I)=N4(I)*RA34
00295       AA35(I)=N5(I)*RA35
00300       AA36(I)=N6(I)*RA36
00305       AA38(I)=N8(I)*RA38
00310       TAA(I)=AA33(I)+AA34(I)+AA35(I)+AA36(I)+AA38(I)
00315       A3(I)=(AA33(I)/TAA(I))*100.0
00320       A4(I)=(AA34(I)/TAA(I))*100.0
```

```
00325          A5(I)=(AA35(I)/TAA(I))*100.0
00330          A6(I)=(AA36(I)/TAA(I))*100.0
00335          A8(I)=(AA38(I)/TAA(I))*100.0
00340       20 CONTINUE
00345          GO TO 350
00350      280 RA33=0
00355          WRITE(6,320)
00360      320 FORMAT(3X,27HINPUT RANGE OF U-234 TO 238)
00365          READ(5,*)RA34,RA35,RA36,RA38
00370          WRITE(6,330)
00375      330 FORMAT(3X,25HINPUT DATA U-234 TO U-238)
00380          READ(5,*)(N4(I),N5(I),N6(I),N8(I),I=1,ISCA)
00381          DO 11 I=1,ISCA
00382       11 N3(I)=0.0
00385          GO TO 340
00390 C***     SUBPROGRAM/SCAN NO HEIKIN ***
00395      350 HA3=AVER(A3,ISCA)
00400          HA4=AVER(A4,ISCA)
00405          HA5=AVER(A5,ISCA)
00410          HA6=AVER(A6;ISCA)
00415          HA8=AVER(A8,ISCA)
00420          S3=DEVF(A3,ISCA)
00425          S4=DEVF(A4,ISCA)
00430          S5=DEVF(A5,ISCA)
00435          S6=DEVF(A6,ISCA)
00440          S8=DEVF(A8,ISCA)
00445          IF(IARU.EQ.1) GO TO 360
00450          CV3=0.0
00455          GO TO 370
00460      360 CV3=(S3/HA3)*100.0
00465      370 CV4=(S4/HA4)*100.0
00470          CV5=(S5/HA5)*100.0
00475          CV8=(S8/HA8)*100.0
00480          IF(HA6.EQ.0) GO TO 380
00485          CV6=(S6/HA6)*100
00490          GO TO 390
00495      380 CV6=0.0
00500      390 IF(IARU.EQ.0) GO TO 400
00505          CALL DXS95(A3,ISCA,DHA3,DCV3,LA3)
00510      400 CALL DXS95(A4,ISCA,DHA4,DCV4,LA4)
00515          CALL DXS95(A5,ISCA,DHA5,DCV5,LA5)
00520          IF(HA6.NE.0.0) GO TO 410
00525          DHA6=0.0
00530          DCV6=0.0
00535          LA6=0.0
00540          GO TO 420
00545      410 CALL DXS95(A6,ISCA,DHA6,DCV6,LA6)
00550      420 CALL DXS95(A8,ISCA,DHA8,DCV8,LA8)
00555 C ***    ATOM-%-NO CALCULATION ***
00560          FHA3=DHA3*F33
00565          FHA4=DHA4*F34
00570          FHA5=DHA5*F35
00575          FHA6=DHA6*F36
00580          FHA8=DHA8*F38
00585          TFHA=FHA3+FHA4+FHA5+FHA6+FHA8
00590          AT03=(FHA3/TFHA)*100.0
00595          AT04=(FHA4/TFHA)*100.0
00600          AT05=(FHA5/TFHA)*100.0
00605          AT06=(FHA6/TFHA)*100.0
00610          AT08=(FHA8/TFHA)*100.0
00615 C ***    WEIGHT-%-NO CALCULATION ***
00620          DATA W33,W34,W35,W36,W38/233.04,234.04,235.04,236.05,238.05/
00625          TWT=AT03*W33+AT04*W34+AT05*W35+AT06*W36+AT08*W38
00630          WT3=(AT03*W33/TWT)*100.0
00635          WT4=(AT04*W34/TWT)*100.0
00640          WT5=(AT05*W35/TWT)*100.0
```

```
00645        WT6=(AT06*W36/TWT)*100.0
00650        WT8=(AT08*W38/TWT)*100.0
00655 C ***  RATIO NO CALCULATION ***
00660        WRITE(6,460)
00665    460 FORMAT(3X,66HWHAT IS BASE MASS NUMBER OF RATIO IF U-233,U-235,U-23
00670       18 INPUT 1,2,3)
00675        READ(5,*)IBASE
00680        GO TO(430,440,450),IBASE
00685    430 R43=AT04/AT03
00690        R53=AT05/AT03
00695        R63=AT06/AT03
00700        R83=AT08/AT03
00705        UC43=DHA4/DHA3
00710        UC53=DHA5/DHA3
00715        UC63=DHA6/DHA3
00720        UC83=DHA8/DHA3
00725        GO TO 461
00730    440 R35=AT03/AT05
00735        R45=AT04/AT05
00740        R65=AT06/AT05
00745        R85=AT08/AT05
00750        UC35=DHA3/DHA5
00755        UC45=DHA4/DHA5
00760        UC65=DHA6/DHA5
00765        UC85=DHA8/DHA5
00770        GO TO 461
00775    450 R38=AT03/AT08
00780        R48=AT04/AT08
00785        R58=AT05/AT08
00790        R68=AT06/AT08
00795        UC38=DHA3/DHA8
00800        UC48=DHA4/DHA8
00805        UC58=DHA5/DHA8
00810        UC68=DHA6/DHA8
00815 C ***  SIGMA NO CALCULATION ***
00820    461 SAT3=SGU(AT03)
00825        SAT4=SGU(AT04)
00830        SAT5=SGU(AT05)
00835        SAT6=SGU(AT06)
00840        SAT8=SGU(AT08)
00845        SWT3=SGU(WT3)
00850        SWT4=SGU(WT4)
00855        SWT5=SGU(WT5)
00860        SWT6=SGU(WT6)
00865        SWT8=SGU(WT8)
00867        IF(IARU.EQ.0) GO TO 891
00870        SR43=SRAT(AT04,SAT4,AT03,SAT3)
00875        SR53=SRAT(AT05,SAT5,AT03,SAT3)
00880        SR63=SRAT(AT06,SAT6,AT03,SAT3)
00885        SR83=SRAT(AT08,SAT8,AT03,SAT3)
00890    891 SR35=SRAT(AT03,SAT3,AT05,SAT5)
00895        SR45=SRAT(AT04,SAT4,AT05,SAT5)
00900        SR65=SRAT(AT06,SAT6,AT05,SAT5)
00905        SR85=SRAT(AT08,SAT8,AT05,SAT5)
00910        SR38=SRAT(AT03,SAT3,AT08,SAT8)
00915        SR48=SRAT(AT04,SAT4,AT08,SAT8)
00920        SR58=SRAT(AT05,SAT5,AT08,SAT8)
00925        SR68=SRAT(AT06,SAT6,AT08,SAT8)
00930 C ***  MOLECULAR WEIGHT NO CALCULATION ***
00935        AMW=TWT/100.0
00940        WRITE(6,462)
00945    462 FORMAT(3X,28HRENEW A PAGE IF OK INPUT 1 ?)
00950        READ(5,*)PA
00955        WRITE(6,470)(SA(I),I=1,5),(UC(I),I=1,3),(AN(I),I=1,3),
00960       1(AP(I),I=1,3),(DA(I),I=1,3)
00965    470 FORMAT(//40X,47H*** RESULTS OF ISOTOPIC ANALYSIS OF URANIUM ***,
```

```
00970      1//,85X,14HSAMPLE NAME = ,5A4,/85X,14HUSER'S CODE = ,3A4,/85X,
00975      114HANALYST(S)  = ,3A4,/85X,14HAPPARATUS   = ,3A4,
00980      1/85X,14HDATE          = ,3A4)
00985       WRITE(6,480)BI,RA33,RA34,RA35,RA36,RA38
00990  480 FORMAT(//,16X,10HINPUT DATA,5X,7HBIAS = ,F7.4,26X,
00995      141HISOTOPIC ABUNDANCE (NO CORRECTION OF M.D),
01000      1/,18X,5HU-233,3X,5HU-234,3X,5HU-235,3X,5HU-236,3X,5HU-238,
01005      114X,5HU-233,5X,5HU-234,5X,5HU-235,5X,5HU-236,5X,5HU-238,
01010      1/,11X,3HV.R,3X,5(1H(,F6.3,1H))/)
01015       WRITE(6,490)(I,N3(I),N4(I),N5(I),N6(I),N8(I),
01020      1A3(I),A4(I),A5(I),A6(I),A8(I),I=1,ISCA)
01025  490 FORMAT(11X,I2,1X,5I8,10X,5F10.5)
01030       WRITE(6,500)HA3,HA4,HA5,HA6,HA8,S3,S4,S5,S6,S8,
01035      1CV3,CV4,CV5,CV6,CV8,DHA3,DHA4,DHA5,DHA6,DHA8,DCV3,DCV4,DCV5,DCV6,
01040      1DCV8,LA3,LA4,LA5,LA6,LA8
01045  500 FORMAT(//,50X,14HAVERAGE      = ,5F10.5,
01050      1/,50X,14HSIGMA          = ,5F10.5,
01052      1/,50X,14HCV             = ,5F10.5
01055      1/,50X,14HAVERAGE(DIX)= ,5F10.5,
01060      1/,50X,14HCV(DIX)      = ,5F10.5,
01065      1/,50X,14HKIKYAKU SU   = ,4X,I2,4(9X,I2))
01070       WRITE(6,510)
01075  510 FORMAT(/,50X,62HISOTOPIC RATIO(1): NOT CORRECTED AND (2): CORRECTE
01080      1D M.D EFFECT)
01085       GO TO(520,530,540),IBASE
01090  520 WRITE(6,550)UC43,UC53,UC63,UC83,R43,R53,R63,R83,SR43,SR53,SR63,
01095      1SR83
01100  550 FORMAT(/,68X,8HR234/233,5X,8HR235/233,5X,8HR236/233,5X,8HR238/233,
01105      1/,50X,15HRATIO(1)     =    ,4E13.5,
01110      1/,50X,15HRATIO(2)     =    ,4E13.5,
01115      1/,50X,15HSIGMA(2)     =    ,4E13.5)
01120       GO TO 560
01125  530 WRITE(6,570)UC35,UC45,UC65,UC85,R35,R45,R65,R85,SR35,SR45,SR65,
01130      1SR85
01135  570 FORMAT(/,68X,8HR233/235,5X,8HR234/235,5X,8HR236/235,5X,8HR238/235,
01140      1/,50X,15HRATIO(1)     =    ,4E13.5,
01145      1/,50X,15HRATIO(2)     =    ,4E13.5,
01150      1/,50X,15HSIGMA(2)     =    ,4E13.5)
01155       GO TO 560
01160  540 WRITE(6,580)UC38,UC48,UC58,UC68,R38,R48,R58,R68,SR38,SR48,SR58,
01165      1SR68
01170  580 FORMAT(/,68X,8HR233/238,5X,8HR234/238,5X,8HR235/238,5X,8HR236/238,
01175      1/,50X,15HRATIO(1)     =    ,4E13.5,
01180      1/,50X,15HRATIO(2)     =    ,4E13.5,
01185      1/,50X,15HSIGMA(2)     =    ,4E13.5)
01190  560 WRITE(6,590)
01195  590 FORMAT(/,17X,6HATOM %,1X,1H+,3X,2H2$,5X,8HWEIGHT %,1X,1H+,2X,
01200      12H2$)
01205       CSAT3=1.96*SAT3
01210       CSAT4=1.96*SAT4
01215       CSAT5=1.96*SAT5
01220       CSAT6=1.96*SAT6
01225       CSAT8=1.96*SAT8
01230       CSWT3=1.96*SWT3
01235       CSWT4=1.96*SWT4
01240       CSWT5=1.96*SWT5
01245       CSWT6=1.96*SWT6
01250       CSWT8=1.96*SWT8
01255       WRITE(6,600)AT03,CSAT3,WT3,CSWT3,
01260      1AT04,CSAT4,WT4,CSWT4,
01265      1AT05,CSAT5,WT5,CSWT5,
01270      1AT06,CSAT6,WT6,CSWT6,
01275      1AT08,CSAT8,WT8,CSWT8,AMW
01280  600 FORMAT(/,9X,5HU-233,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
01285      1/,9X,5HU-234,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
01290      1/,9X,5HU-235,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
```

```
01295      1/,9X,5HU-236,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
01300      1/,9X,5HU-238,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
01305      1//,9X,26H* MOLECULAR WEIGHT OF U = ,F9.4)
01310       WRITE(6,610)
01315  610 FORMAT(9X,55H* 2$ = 95% CONFIDENCE LIMITS FOR A SINGLE DETERMINATI
01320      1ON)
01325       WRITE(6,650)
01330  650 FORMAT(//////,3X,49HHEIKINSURU NEXT DATA YES OR NO ? YES 1 NO 0 IN
01335      1PUT)
01340       READ(5,*)HEI
01345       IF(HEI.NE.1) GO TO 670
01350       A31=AT03
01355       A41=AT04
01360       A51=AT05
01365       A61=AT06
01370       A81=AT08
01375       S31=SAT3
01380       S41=SAT4
01385       S51=SAT5
01390       S61=SAT6
01395       S81=SAT8
01400       WT31=WT3
01405       WT41=WT4
01410       WT51=WT5
01415       WT61=WT6
01420       WT81=WT8
01425       SWT31=SWT3
01430       SWT41=SWT4
01435       SWT51=SWT5
01440       SWT61=SWT6
01445       SWT81=SWT8
01450       GO TO 9999
01455  670 WRITE(6,660)
01460  660 FORMAT(3X,70HMAE NO DATA TONO HEIKIN TO SANO KENTEI SURUKA ? YES I
01465      1NPUT 1 NO INPUT 0)
01470       READ(5,*)SAN
01475       IF(SAN.EQ.1) GO TO 1350
01480       WRITE(6,1320)
01485 1320 FORMAT(3X,75HALREADY CALCULATED DATA TONO HEIKIN TO SANO KENTEI SR
01490      1UKA ? YES 1 NO 0 INPUT)
01495       READ(5,*)ALHE
01500       IF(ALHE.NE.1) GO TO 680
01505       WRITE(6,1340)
01510 1340 FORMAT(3X,88HINPUT ALREADY CALCULATED DATA; AT %,SIGMA(AT %),WT %,
01515      1SIGMA(WT %)---U-233 TO U-238 NO JUN)
01520       READ(5,*)A31,S31,WT31,SWT31,A41,S41,WT41,SWT41,A51,S51,WT51,SWT51,
01525      1A61,S61,WT61,SWT61,A81,S81,WT81,SWT81
01530 1350 U03=SAKEN(A31,S31,AT03,SAT3)
01535       U04=SAKEN(A41,S41,AT04,SAT4)
01540       U05=SAKEN(A51,S51,AT05,SAT5)
01545       U06=SAKEN(A61,S61,AT06,SAT6)
01550       U08=SAKEN(A81,S81,AT08,SAT8)
01555       CALL HE(U03,IAN3,HEI3,SHEI3,A31,AT03,S31,SAT3,HEW3,SHEW3,WT31,WT3,
01560      1SWT31,SWT3)
01565       CALL HE(U04,IAN4,HEI4,SHEI4,A41,AT04,S41,SAT4,HEW4,SHEW4,WT41,WT4,
01570      1SWT41,SWT4)
01575       CALL HE(U05,IAN5,HEI5,SHEI5,A51,AT05,S51,SAT5,HEW5,SHEW5,WT51,WT5,
01580      1SWT51,SWT5)
01585       CALL HE(U06,IAN6,HEI6,SHEI6,A61,AT06,S61,SAT6,HEW6,SHEW6,WT61,WT6,
01590      1SWT61,SWT6)
01595       CALL HE(U08,IAN8,HEI8,SHEI8,A81,AT08,S81,SAT8,HEW8,SHEW8,WT81,WT8,
01600      1SWT81,SWT8)
01605       WRITE(6,690)
01610  690 FORMAT(///,30X,60H*************************************************
01612      1************,
01615      1//,30X,42H** SANO KENTEI BETWEEN 2 DETERMINATIONS **,/)
```

```
01620        IHAN(3)=IAN3
01625        IHAN(4)=IAN4
01630        IHAN(5)=IAN5
01635        IHAN(6)=IAN6
01640        IHAN(8)=IAN8
01645        DO 30   I=1,6
01650        J=I+2
01655        IF(J.EQ.7) GO TO 30
01657        IH=IHAN(J)
01660        GO TO(700,710,720,1010), IH
01665    700 WRITE(6,730)J
01670    730 FORMAT(8X,4HU-23,I1,20H : 95% DEWA SAWA NAI)
01675        GO TO 30
01680    710 WRITE(6,750)J
01685    750 FORMAT(8X,4HU-23,I1,41H : # 95% DE SAGA ARU GA 99% DEWA SAWA NAI)
01690        GO TO 30
01695    720 WRITE(6,760)J
01700    760 FORMAT(8X,4HU-23,I1,21H : ## 99% DE SAGA ARU)
01705        GO TO 30
01710   1010 WRITE(6,1020)J
01715   1020 FORMAT(8X,4HU-23,I1,8H :       )
01720     30 CONTINUE
01725        THI=HEI3+HEI4+HEI5+HEI6+HEI8
01730        HHEI3=(HEI3/THI)*100
01735        HHEI4=(HEI4/THI)*100
01740        HHEI5=(HEI5/THI)*100
01745        HHEI6=(HEI6/THI)*100
01750        HHEI8=(HEI8/THI)*100
01755        THW=HEW3+HEW4+HEW5+HEW6+HEW8
01760        HHEW3=(HEW3/THW)*100
01765        HHEW4=(HEW4/THW)*100
01770        HHEW5=(HEW5/THW)*100
01775        HHEW6=(HEW6/THW)*100
01780        HHEW8=(HEW8/THW)*100
01785        HSHEI3=SQRT(S31**2+SAT3**2)/2.0*1.96
01790        HSHEI4=SQRT(S41**2+SAT4**2)/2.0*1.96
01795        HSHEI5=SQRT(S51**2+SAT5**2)/2.0*1.96
01800        HSHEI6=SQRT(S61**2+SAT6**2)/2.0*1.96
01805        HSHEI8=SQRT(S81**2+SAT8**2)/2.0*1.96
01810        HSHEW3=SQRT(SWT31**2+SWT3**2)/2.0*1.96
01815        HSHEW4=SQRT(SWT41**2+SWT4**2)/2.0*1.96
01820        HSHEW5=SQRT(SWT51**2+SWT5**2)/2.0*1.96
02010        HSHEW6=SQRT(SWT61**2+SWT6**2)/2.0*1.96
02020        HSHEW8=SQRT(SWT81**2+SWT8**2)/2.0*1.96
02030        HMW=(HHEI3*W33+HHEI4*W34+HHEI5*W35+HHEI6*W36+HHEI8*W38)/100.0
02040        WRITE(6,770)
02050    770 FORMAT(/,9X,29H* AVERAGE OF 2 DETERMINATIONS,
02060       1/,18X,31HATOM % +  2$      WEIGHT %+   2$)
02070        WRITE(6,780)HHEI3,HSHEI3,HHEW3,HSHEW3,
02080       1HHEI4,HSHEI4,HHEW4,HSHEW4,
02090       1HHEI5,HSHEI5,HHEW5,HSHEW5,
02100       1HHEI6,HSHEI6,HHEW6,HSHEW6,
02110       1HHEI8,HSHEI8,HHEW8,HSHEW8
02120    780 FORMAT(/,11X,5HU-233,F9.5,1H+,F7.5,1X,F9.5,1H+,F7.5,
02130       1/,11X,5HU-234,F9.5,1H+,F7.5,1X,F9.5,1H+,F7.5,
02140       1/,11X,5HU-235,F9.5,1H+,F7.5,1X,F9.5,1H+,F7.5,
02150       1/,11X,5HU-236,F9.5,1H+,F7.5,1X,F9.5,1H+,F7.5,
02160       1/,11X,5HU-238,F9.5,1H+,F7.5,1X,F9.5,1H+,F7.5)
02170        WRITE(6,790)HMW
02180    790 FORMAT(/,11X,26H* MOLECULAR WEIGHT OF U = ,F8.4)
02200        WRITE(6,800)
02210    800 FORMAT(11X,51H* 2$ = 95% CONFIDENCE LIMITS FOR TWO DETERMINATIONS,
02220       1///,30X,61H*************************************************
02225       1******)
02230    680 WRITE(6,620)
02240    620 FORMAT(3X,42H'STD SAMPLE'TONO KENTEI ? YES 1 NO 0 INPUT)
```

```
      READ(5,*)KEN
      IF(KEN.NE.1) GO TO 630
      WRITE(6,640)
  640 FORMAT(3X,91HNAME OF STD ? IF U-0002=1,005=2,010=3,015=4,020=5,030
     1=6,050=7,100=8,150=9,200=10,350=11 ***,
     1/,3X,81H***,500=12,750=13,800=14,850=15,900=16,930=17,970=18,ETC=1
     19 INPUT RESPECTIVELY***)
      DATA U13,U14,U15,U16,U18,SU13,SU14,SU15,SU16,SU18,
     1U23,U24,U25,U26,U28,SU23,SU24,SU25,SU26,SU28,
     1U33,U34,U35,U36,U38,SU33,SU34,SU35,SU36,SU38,
     1U43,U44,U45,U46,U48,SU43,SU44,SU45,SU46,SU48,
     1U53,U54,U55,U56,U58,SU53,SU54,SU55,SU56,SU58,
     1U63,U64,U65,U66,U68,SU63,SU64,SU65,SU66,SU68,
     1U73,U74,U75,U76,U78,SU73,SU74,SU75,SU76,SU78/
     10.0,0.00016,0.01755,0.0,99.9823,0.0,0.000005,0.000025,0.0,0.00005,
     10.0,0.00218,0.4895,0.00466,99.504,0.0,0.00002,0.00025,0.000025,
     10.0005,
     10.0,0.00541,1.0037,0.00681,98.984,0.0,0.000025,0.0005,0.000035,
     10.0005,
     10.0,0.00850,1.5323,0.0164,98.443,0.0,0.000045,0.00075,0.00005,
     10.001,
     10.0,0.0125,2.038,0.0165,97.933,0.0,0.00005,0.001,0.00005,0.001,
     10.0,0.0190,3.046,0.0204,96.915,0.0,0.00005,0.0015,0.00005,0.0015,
     10.0,0.0279,5.010,0.0480,94.915,0.0,0.00005,0.0025,0.0001,0.0025/
      DATA U83,U84,U85,U86,U88,SU83,SU84,SU85,SU86,SU88,
     1U93,U94,U95,U96,U98,SU93,SU94,SU95,SU96,SU98,
     1U103,U104,U105,U106,U108,SU103,SU104,SU105,SU106,SU108,
     1U113,U114,U115,U116,U118,SU113,SU114,SU115,SU116,SU118,
     1U123,U124,U125,U126,U128,SU123,SU124,SU125,SU126,SU128,
     1U133,U134,U135,U136,U138,SU133,SU134,SU135,SU136,SU138,
     1U143,U144,U145,U146,U148,SU143,SU144,SU145,SU146,SU148/
     10.0,0.0676,10.190,0.0379,89.704,0.0,0.0001,0.005,0.00005,0.005,
     10.0,0.0993,15.307,0.0660,84.528,0.0,0.0001,0.0075,0.0001,0.0075,
     10.0,0.1246,20.013,0.2116,79.651,0.0,0.00015,0.010,0.0003,0.011,
     10.0,0.2498,35.190,0.1673,64.393,0.0,0.0003,0.018,0.00025,0.018,
     10.0,0.5181,49.696,0.0755,49.711,0.0,0.0004,0.025,0.00015,0.025,
     10.0,0.5923,75.357,0.2499,23.801,0.0,0.00045,0.013,0.0004,0.012,
     10.0,0.6563,80.279,0.2445,18.820,0.0,0.00065,0.011,0.00035,0.0095/
      DATA U153,U154,U155,U156,U158,SU153,SU154,SU155,SU156,SU158,
     1U163,U164,U165,U166,U168,SU163,SU164,SU165,SU166,SU168,
     1U173,U174,U175,U176,U178,SU173,SU174,SU175,SU176,SU178,
     1U183,U184,U185,U186,U188,SU183,SU184,SU185,SU186,SU188/
     10.0,0.6437,85.137,0.3704,13.848,0.0,0.0007,0.008,0.00055,0.007,
     10.0,0.7777,90.196,0.3327,8.693,0.0,0.00075,0.0055,0.0005,0.004,
     10.0,1.0812,93.336,0.2027,5.380,0.0,0.001,0.005,0.0003,0.0025,
     10.0,1.6653,97.663,0.1491,0.5229,0.0,0.00085,0.0015,0.00025,0.0003/
      READ(5,*)NSTD
      GO TO (810,820,830,840,850,860,870,880,890,900,910,920,
     1930,940,950,960,970,980,990),NSTD
  810 CALL HAA(AT03,AT04,AT05,AT06,AT08,SAT3,SAT4,SAT5,SAT6,SAT8,
     1U13,U14,U15,U16,U18,SU13,SU14,SU15,SU16,SU18)
      GO TO 630
  820 CALL HAA(AT03,AT04,AT05,AT06,AT08,SAT3,SAT4,SAT5,SAT6,SAT8,
     1U23,U24,U25,U26,U28,SU23,SU24,SU25,SU26,SU28)
      GO TO 630
  830 CALL HAA(AT03,AT04,AT05,AT06,AT08,SAT3,SAT4,SAT5,SAT6,SAT8,
     1U33,U34,U35,U36,U38,SU33,SU34,SU35,SU36,SU38)
      GO TO 630
  840 CALL HAA(AT03,AT04,AT05,AT06,AT08,SAT3,SAT4,SAT5,SAT6,SAT8,
     1U43,U44,U45,U46,U48,SU43,SU44,SU45,SU46,SU48)
      GO TO 630
  850 CALL HAA(AT03,AT04,AT05,AT06,AT08,SAT3,SAT4,SAT5,SAT6,SAT8,
     1U53,U54,U55,U56,U58,SU53,SU54,SU55,SU56,SU58)
      GO TO 630
  860 CALL HAA(AT03,AT04,AT05,AT06,AT08,SAT3,SAT4,SAT5,SAT6,SAT8,
     1U63,U64,U65,U66,U68,SU63,SU64,SU65,SU66,SU68)
```

```
      GO TO 630
  870 CALL HAA(AT03,AT04,AT05,AT06,AT08,SAT3,SAT4,SAT5,SAT6,SAT8,
     1U73,U74,U75,U76,U78,SU73,SU74,SU75,SU76,SU78)
      GO TO 630
  880 CALL HAA(AT03,AT04,AT05,AT06,AT08,SAT3,SAT4,SAT5,SAT6,SAT8,
     1U83,U84,U85,U86,U88,SU83,SU84,SU85,SU86,SU88)
      GO TO 630
  890 CALL HAA(AT03,AT04,AT05,AT06,AT08,SAT3,SAT4,SAT5,SAT6,SAT8,
     1U93,U94,U95,U96,U98,SU93,SU94,SU95,SU96,SU98)
      GO TO 630
  900 CALL HAA(AT03,AT04,AT05,AT06,AT08,SAT3,SAT4,SAT5,SAT6,SAT8,
     1U103,U104,U105,U106,U108,SU103,SU104,SU105,SU106,SU108)
      GO TO 630
  910 CALL HAA(AT03,AT04,AT05,AT06,AT08,SAT3,SAT4,SAT5,SAT6,SAT8,
     1U113,U114,U115,U116,U118,SU113,SU114,SU115,SU116,SU118)
      GO TO 630
  920 CALL HAA(AT03,AT04,AT05,AT06,AT08,SAT3,SAT4,SAT5,SAT6,SAT8,
     1U123,U124,U125,U126,U128,SU123,SU124,SU125,SU126,SU128)
      GO TO 630
  930 CALL HAA(AT03,AT04,AT05,AT06,AT08,SAT3,SAT4,SAT5,SAT6,SAT8,
     1U133,U134,U135,U136,U138,SU133,SU134,SU135,SU136,SU138)
      GO TO 630
  940 CALL HAA(AT03,AT04,AT05,AT06,AT08,SAT3,SAT4,SAT5,SAT6,SAT8,
     1U143,U144,U145,U146,U148,SU143,SU144,SU146,SU148)
      GO TO 630
  950 CALL HAA(AT03,AT04,AT05,AT06,AT08,SAT3,SAT4,SAT5,SAT6,SAT8,
     1U153,U154,U155,U156,U158,SU153,SU154,SU155,SU156,SU158)
      GO TO 630
  960 CALL HAA(AT03,AT04,AT05,AT06,AT08,SAT3,SAT4,SAT5,SAT6,SAT8,
     1U163,U164,U165,U166,U168,SU163,SU164,SU165,SU166,SU168)
      GO TO 630
  970 CALL HAA(AT03,AT04,AT05,AT06,AT08,SAT3,SAT4,SAT5,SAT6,SAT8,
     1U173,U174,U175,U176,U178,SU173,SU174,SU175,SU176,SU178)
      GO TO 630
  980 CALL HAA(AT03,AT04,AT05,AT06,AT08,SAT3,SAT4,SAT5,SAT6,SAT8,
     1U183,U184,U185,U186,U188,SU183,SU184,SU185,SU186,SU188)
      GO TO 630
  990 WRITE(6,1310)
 1310 FORMAT(3X,99HINPUT DATA(ATOM % AND SIGMA) OF OTHER STO SAMPLE, U-
     1233 TO U-238,(ATOM%,SIGMA,ATOM%,SIGMA***NO JUN)
      READ(5,*) AL3,SAL3,AL4,SAL4,AL5,SAL5,AL6,SAL6,AL8,SAL8
      CALL HAA(AT03,AT04,AT05,AT06,AT08,SAT3,SAT4,SAT5,SAT6,SAT8,
     1AL3,AL4,AL5,AL6,AL8,SAL3,SAL4,SAL5,SAL6,SAL8)
  630 WRITE(6,1351)
 1351 FORMAT(3X,36HNEXT DATA YES OR NO YES-1 NO 0 INPUT)
      READ(5,*)NEXT
      IF(NEXT.EQ.1) GO TO 9999
      GO TO 1111
C *** ISOTOPIC ANALYSIS OF PLUTONIUM ***
 2000 F38=1.0/(1.0+(4.0/242.0)*BI)
      F39=1.0/(1.0+(3.0/242.0)*BI)
      F40=1.0/(1.0+(2.0/242.0)*BI)
      F41=1.0/(1.0+(1.0/242.0)*BI)
      F42=1.0
      WRITE(6,2100)
 2100 FORMAT(3X,17HINPUT SCAN NUMBER)
      READ(5,*)ISCA
      WRITE(6,2110)
 2110 FORMAT(3X,28HINPUT RANGE OF PU-239 TO 242)
      READ(5,*)RA39,RA40,RA41,RA42
      WRITE(6,2120)
 2120 FORMAT(3X,27HINPUT DATA PU-239 TO PU-242)
      READ(5,*)(N9(I),N0(I),N1(I),N2(I),I=1,ISCA)
      DO 2010 I=1,ISCA
      AA39(I)=N9(I)*RA39
      AA40(I)=N0(I)*RA40
```

```
03490          AA41(I)=N1(I)*RA41
03500          AA42(I)=N2(I)*RA42
03510          TAA(I)=AA39(I)+AA40(I)+AA41(I)+AA42(I)
03520          A9(I)=(AA39(I)/TAA(I))*100.0
03530          A0(I)=(AA40(I)/TAA(I))*100.0
03540          A1(I)=(AA41(I)/TAA(I))*100.0
03550          A2(I)=(AA42(I)/TAA(I))*100.0
03560   2010   CONTINUE
03570          HA9=AVER(A9,ISCA)
03580          HA0=AVER(A0,ISCA)
03590          HA1=AVER(A1,ISCA)
03600          HA2=AVER(A2,ISCA)
03610          S9=DEVF(A9,ISCA)
03620          S0=DEVF(A0,ISCA)
03630          S1=DEVF(A1,ISCA)
03640          S2=DEVF(A2,ISCA)
03650          CV9=(S9/HA9)*100.0
03660          CV0=(S0/HA0)*100.0
03670          CV1=(S1/HA1)*100.0
03680          CV2=(S2/HA2)*100.0
03690          CALL DXS95(A9,ISCA,DHA9,DCV9,LA9)
03700          CALL DXS95(A0,ISCA,DHA0,DCV0,LA0)
03710          CALL DXS95(A1,ISCA,DHA1,DCV1,LA1)
03720          CALL DXS95(A2,ISCA,DHA2,DCV2,LA2)
03730 C *** ATOM % NO CALCULATION ***
03740          FHA9=DHA9*F39
03750          FHA0=DHA0*F40
03760          FHA1=DHA1*F41
03770          FHA2=DHA2*F42
03780          TFHA=FHA9+FHA0+FHA1+FHA2
03790          AATO9=(FHA9/TFHA)*100.0
03800          AATO0=(FHA0/TFHA)*100.0
03810          AATO1=(FHA1/TFHA)*100.0
03820          AATO2=(FHA2/TFHA)*100.0
03830          WRITE(6,2130)
03840   2130   FORMAT(3X,64HINPUT ARUPHA-COUNTS OF (PU-238) AND (PU-239+PU-240+PU
03850         1-241+PU-242)
03860          READ(5,*) CA8,CAT
03870          DATA C8,C9,C0,C1,C2/1.508E14,5.4270E11,2.0248E12,2.045E10,3.420E10
03872         1/
03880 C *** C8,C9,C0,C2=DPS/MOLE***T(1/2)(Y)=87.75(PU-238),2.439E4(PU-239)
03890 C        6.537E3(PU-240),14.89(PU-241)**BETA-RAY,3.87E5(PU-242) ***
03900 C        PU-241(ALPHA)=0.0023%
03910 C        *** REFFERENCE FROM KARLSRUHER NUKLIDKARTE 4.AUFIAGE 1974 ***
03930          TOC=(C9*AATO9+C0*AATO0+C1*AATO1+C2*AATO2)/100.0
03940          CST=CAT/TOC
03950          CS8=CA8/C8
03960          CS9=CST*(AATO9/100.0)
03970          CS0=CST*(AATO0/100.0)
03980          CS1=CST*(AATO1/100.0)
03990          CS2=CST*(AATO2/100.0)
04000          ZCS=CS8+CS9+CS0+CS1+CS2
04010          ATO8=(CS8/ZCS)*100.0
04020          ATO9=(CS9/ZCS)*100.0
04030          ATO0=(CS0/ZCS)*100.0
04040          ATO1=(CS1/ZCS)*100.0
04050          ATO2=(CS2/ZCS)*100.0
04060          DATA W38,W39,W40,W41,W42/238.050,239.052,240.054,241.057,242.059/
04070          TWT=ATO8*W38+ATO9*W39+ATO0*W40+ATO1*W41+ATO2*W42
04080          WT8=(ATO8*W38/TWT)*100.0
04090          WT9=(ATO9*W39/TWT)*100.0
04100          WT0=(ATO0*W40/TWT)*100.0
04110          WT1=(ATO1*W41/TWT)*100.0
04120          WT2=(ATO2*W42/TWT)*100.0
04130 C *** RATIO NO CALCULATION ***
04140          WRITE(6,2140)
```

```
04150  2140 FORMAT(3X,60HWHAT IS BASE MASS NUMBER OF RATIO IF PU-239,PU-242 IN
04160      1PUT 1,2)
04170      READ(5,*)IBASE
04180      GO TO(2150,2160),IBASE
04190 2150 UC89=(AT08/F38)/(AT09/F39)
04200      UC09=(AT00/F40)/(AT09/F39)
04210      UC19=(AT01/F41)/(AT09/F39)
04220      UC29=(AT02/F42)/(AT09/F39)
04230      R89=AT08/AT09
04240      R09=AT00/AT09
04250      R19=AT01/AT09
04260      R29=AT02/AT09
04270      GO TO 2830
04280  2160 UC82=(AT08/F38)/(AT02/F42)
04290      UC92=(AT09/F39)/(AT02/F42)
04300      UC02=(AT00/F40)/(AT02/F42)
04310      UC12=(AT01/F41)/(AT02/F42)
04320      R82=AT08/AT02
04330      R92=AT09/AT02
04340      R02=AT00/AT02
04350      R12=AT01/AT02
04360 C  *** SIGMA NO CALCULATION ***
04370 C    *PU-238 NO SIGMA WA CV=1% TO SURU
04380  2830 SAT8=AT08*0.01
04390      SAT9=SGU(AT09)
04400      SAT0=SGU(AT00)
04410      SAT1=SGU(AT01)
04420      SAT2=SGU(AT02)
04425      SWT8=WT8*0.01
04430      SWT9=SGU(WT9)
04440      SWT0=SGU(WT0)
04450      SWT1=SGU(WT1)
04460      SWT2=SGU(WT2)
04470      SR89=SRAT(AT08,SAT8,AT09,SAT9)
04480      SR09=SRAT(AT00,SAT0,AT09,SAT9)
04490      SR19=SRAT(AT01,SAT1,AT09,SAT9)
04500      SR29=SRAT(AT02,SAT2,AT09,SAT9)
04510      SR82=SRAT(AT08,SAT8,AT02,SAT2)
04520      SR92=SRAT(AT09,SAT9,AT02,SAT2)
04530      SR02=SRAT(AT00,SAT0,AT02,SAT2)
04540      SR12=SRAT(AT01,SAT1,AT02,SAT2)
04550 C *** MOLECULAR WEIGHT NO CALCULATION ***
04560      AMW=(AT08*W38+AT09*W39+AT00*W40+AT01*W41+AT02*W42)/100.0
04570      WRITE(6,2170)
04580 2170 FORMAT(3X,28HRENEW A PAGE IF OK INPUT 1 ?)
04590      READ(5,*)PA
04600      WRITE(6,2180)(SA(I),I=1,5),(UC(I),I=1,3),(AN(I),I=1,3),
04610     1(AP(I),I=1,3),(DA(I),I=1,3)
04620 2180 FORMAT(///40X,49H*** RESULTS OF ISOTOPIC ANALYSIS OF PLUTONIUM ***
04630     1,//,85X,14HSAMPLE NAME = ,5A4,/85X,14HUSER'S CODE = ,3A4,/85X,
04640     114HANALYST(S) = ,3A4,/85X,14HAPPARATUS = ,3A4,
04650     1/85X,14HDATE = ,3A4)
04660      WRITE(6,2190)BI,RA39,RA40,RA41,RA42
04670  2190 FORMAT(//,15X,10HINPUT DATA,5X,7HBIAS = ,F7.4,16X,
04680     140HISOTOPIC ABUNDANCE(NO CORRECTION OF M.D),
04690     1//,15X,6HPU-239,2X,6HPU-240,2X,6HPU-241,2X,6HPU-242,
04700     117X,6HPU-238,4X,6HPU-239,4X,6HPU-240,4X,6HPU-241,4X,6HPU-242,
04710     1/,10X,3HV.R,1X,4(1H(,F6.2,1H)))
04720      WRITE(6,2200)(I,N9(I),N0(I),N1(I),N2(I),
04730     1A9(I),A0(I),A1(I),A2(I),I=1,ISCA)
04740 2200 FORMAT(10X,I2,1X,4I8,19X,1H-,4X,4F10.5)
04750      WRITE(6,2210)HA9,HA0,HA1,HA2,S9,S0,S1,S2,CV9,CV0,CV1,CV2,DHA9,
04760     1DHA0,DHA1,DHA2,DCV9,DCV0,DCV1,DCV2,CA8,CAT,LA9,LA0,LA1,LA2
04770  2210 FORMAT(////,46X,13HAVERAGE =,6X,1H-,4X,4F10.5
04780     1/,46X,13HSIGMA =,6X,1H-,4X,4F10.5
04790     1/,10X,23HRESULTS OF ALPHA COUNTS,13X,13HCV =,6X,1H-,4X,4F
```

```
      110.5
     1/,46X,13HAVERAGE(DIX)=,6X,1H-,4X,4F10.5
     1/,12X,6HPU-238,4X,10HTHE OTHERS,14X,13HCV(DIX)      =,6X,1H-,4X,4F1
     10.5
     1/,9X,E14.7,2X,E14.7,7X,13HKIKYAKU SU   =,6X,1H-,4(8X,I2))
      WRITE(6,2220)
 2220 FORMAT(/,46X,56HISOTOPIC RATIO(1)**NOT CORRECTED,(2)CORRECTED M.D
     1EFFECT)
      GO TO(2230,2240),IBASE
 2230 WRITE(6,2250)UC89,UC09,UC19,UC29,R89,R09,R19,R29,SR89,SR09,
     1SR19,SR29
 2250 FORMAT(/,62X,8HR238/239,4X,8HR240/239,4X,8HR241/238,4X,8HR242/239
     1/,46X,14HRATIO(1)     = ,4E12.5,
     1/,46X,14HRATIO(2)     = ,4E12.5,
     1/,46X,14HSIGMA(2)     = 4E12.5)
      GO TO 2260
 2240 WRITE(6,2270)UC82,UC92,UC02,UC12,R82,R92,R02,R12,SR82,SR92,
     1SR02,SR12
 2270 FORMAT(/,62X,8HR238/242,4X,8HR239/242,4X,8HR240/242,4X,8HR241/242
     1/,46X,14HRATIO(1)     = ,4E12.5,
     1/,46X,14HRATIO(2)     = ,4E12.5,
     1/,46X,14HSIGMA(2)     = ,4E12.5)
 2260 WRITE(6,2280)
 2280 FORMAT(/,17X,6HATOM %,1X,1H+,3X,2H2$,5X,8HWEIGHT %,1X,1H+,3X,2H2$)
      CSAT8=1.96*SAT8
      CSAT9=1.96*SAT9
      CSAT0=1.96*SAT0
      CSAT1=1.96*SAT1
      CSAT2=1.96*SAT2
      CSWT8=1.96*SWT8
      CSWT9=1.96*SWT9
      CSWT0=1.96*SWT0
      CSWT1=1.96*SWT1
      CSWT2=1.96*SWT2
      WRITE(6,2290)AT08,CSAT8,WT8,CSWT8,
     1AT09,CSAT9,WT9,CSWT9,
     1AT00,CSAT0,WT0,CSWT0,
     1AT01,CSAT1,WT1,CSWT1,
     1AT02,CSAT2,WT2,CSWT2,AMW
 2290 FORMAT(/,8X,6HPU-238,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
     1/,8X,6HPU-239,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
     1/,8X,6HPU-240,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
     1/,8X,6HPU-241,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
     1/,8X,6HPU-242,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
     1//,8X,26H* MOLECULAR WEIGHT OF U = ,F8.4)
      WRITE(6,2300)
 2300 FORMAT(/,8X,55H* 2$ = 95% CONFIDENCE LIMITS FOR A SINGLE DETERMINA
     1TION)
      WRITE(6,2310)
 2310 FORMAT(//////,3X,49HHEIKINSURU NEXT DATA YES OR NO ? YES 1 NO 0 IN
     1PUT)
      READ(5,*)HEI
      IF(HEI.NE.1)GO TO 2320
      A81=AT08
      A91=AT09
      A01=AT00
      A11=AT01
      A21=AT02
      S81=SAT8
      S91=SAT9
      S01=SAT0
      S11=SAT1
      S21=SAT2
      WT81=WT8
      WT91=WT9
      WT01=WT0
```

```
05460          WT11=WT1
05470          WT21=WT2
05480          SWT81=SWT8
05490          SWT91=SWT9
05500          SWT01=SWT0
05510          SWT11=SWT1
05520          SWT21=SWT2
05530          GO TO 9999
05540   2320   WRITE(6,2330)
05550   2330   FORMAT(3X,66HMAE NO DATA HEIKIN TO SANO KENTEI SURUKA ? YES INPUT
05560         1 1 NO INPUT 0)
05571          READ(5,*)SAN
05572          IF(SAN.EQ.1) GO TO 2340
05573          WRITE(6,2350)
05574   2350   FORMAT(3X,76HALREADY CALCULATED DATA TONO HEIKIN TO SANO KENTEI SU
05575         1RUKA ? YES 1,NO 0 INPUT)
05577          READ(5,*)ALHE
05580          IF(ALHE.NE.1) GO TO 2360
05590          WRITE(6,2370)
05600   2370   FORMAT(3X,89HIMPUT ALREADY CALCULATED DATA; AT %,SIGMA(AT %),WT%,S
05610         1IGMA(WT %)***PU-238 TO PU-242 NO JUN)
05620          READ(5,*)A81,S81,WT81,SWT81,A91,S91,WT91,SWT91,A01,S01,WT01,SWT01,
05630         1A11,S11,WT11,SWT11,A21,S21,WT21,SWT21
05640   2340   U08=SAKEN(A81,S81,AT08,SAT8)
05650          U09=SAKEN(A91,S91,AT09,SAT9)
05660          U00=SAKEN(A01,S01,AT00,SAT0)
05670          U01=SAKEN(A11,S11,AT01,SAT1)
05680          U02=SAKEN(A21,S21,AT02,SAT2)
05690          CALL HE(U08,IHAN8,HEI8,SHEI8,A81,AT08,S81,SAT8,HEW8,SHEW8,WT81,WT8
05700         1,SWT81,SWT8)
05710          CALL HE(U09,IHAN9,HEI9,SHEI9,A91,AT09,S91,SAT9,HEW9,SHEW9,WT91,WT9
05720         1,SWT91,SWT9)
05730          CALL HE(U00,IHAN0,HEI0,SHEI0,A01,AT00,S01,SAT0,HEW0,SHEW0,WT01,WT0
05740         1,SWT01,SWT0)
05750          CALL HE(U01,IHAN1,HEI1,SHEI1,A11,AT01,S11,SAT1,HEW1,SHEW1,WT11,WT1
05760         1,SWT11,SWT1)
05770          CALL HE(U02,IHAN2,HEI2,SHEI2,A21,AT02,S21,SAT2,HEW2,SHEW2,WT21,WT2
05780         1,SWT21,SWT2)
05790          WRITE(6,2380)
05800   2380   FORMAT(///,30X,40H****************************************,
05810         1//,9X,42H** SANO KENTEI BETWEEN 2 DETERMINATIONS **,/)
05820          IHAN(38)=IHAN8
05830          IHAN(39)=IHAN9
05840          IHAN(40)=IHAN0
05850          IHAN(41)=IHAN1
05860          IHAN(42)=IHAN2
05870          DO 2030 I=1,5
05880          J=I+37
05900          IH=IHAN(J)
05910   2390   GO TO(2410,2420,2430,2440),IH
05920   2410   WRITE(6,2450)J
05930   2450   FORMAT(8X,4HPU-2,I2,20H : 95% DEWA SAWA NAI)
05940          GO TO 2030
05950   2420   WRITE(6,2460)J
05960   2460   FORMAT(8X,4HPU-2,I2,41H : ** 95% DE SAGA ARU GA 99% DEWA SAWA NAI)
05961          GO TO 2030
05962   2430   WRITE(6,2470)J
05964   2470   FORMAT(8X,4HPU-2,I2,21H : ** 99% DE SAGA ARU)
05966          GO TO 2030
05980   2440   WRITE(6,2480)J
05990   2480   FORMAT(8X,4HPU-2,I2,8H :        )
06000   2030   CONTINUE
06010          THI=HEI8+HEI9+HEI0+HEI1+HEI2
06020          HHEI8=(HEI8/THI)*100.0
06030          HHEI9=(HEI9/THI)*100.0
06040          HHEI0=(HEI0/THI)*100.0
```

```
06050        HHEI1=(HEI1/THI)*100.0
06060        HHEI2=(HEI2/THI)*100.0
06070 C ***  AVERAGE OF 2 DETERMINATIONS ***
06080        THW=HEW8+HEW9+HEW0+HEW1+HEW2
06090        HHEW8=(HEW8/THW)*100.0
06100        HHEW9=(HEW9/THW)*100.0
06110        HHEW0=(HEW0/THW)*100.0
06120        HHEW1=(HEW1/THW)*100.0
06130        HHEW2=(HEW2/THW)*100.0
06140        HSHEI8=SQRT(S81**2+SAT8**2)/2.0*1.96
06150        HSHEI9=SQRT(S91**2+SAT9**2)/2.0*1.96
06160        HSHEI0=SQRT(S01**2+SAT0**2)/2.0*1.96
06170        HSHEI1=SQRT(S11**2+SAT1**2)/2.0*1.96
06180        HSHEI2=SQRT(S21**2+SAT2**2)/2.0*1.96
06190        HSHEW8=SQRT(SWT81**2+SWT8**2)/2.0*1.96
06200        HSHEW9=SQRT(SWT91**2+SWT9**2)/2.0*1.96
06210        HSHEW0=SQRT(SWT01**2+SWT0**2)/2.0*1.96
06220        HSHEW1=SQRT(SWT11**2+SWT2**2)/2.0*1.96
06230        HSHEW2=SQRT(SWT21**2+SWT2**2)/2.0*1.96
06240        HMW=(HHEI8*W38+HHEI9*W39+HHEI0*W40+HHEI1*W41+HHEI*W42)/100.0
06250        WRITE(6,2490)
06260  2490  FORMAT(/,8X,29H* AVERAGE OF 2 DETERMINATIONS,
06270       1/,17X,33HATOM % +-  2$    WEIGHT % +   2$)
06280        WRITE(6,2500)HHEI8,HSHEI8,HHEW8,HSHEW8,
06290       1HHEI9,HSHEI9,HHEW9,HSHEW9,
06300       1HHEI0,HSHEI0,HHEW0,HSHEW0,
06310       1HHEI1,HSHEI1,HHEW1,HSHEW1,
06320       1HHEI2,HSHEI2,HHEW2,HSHEW2,HMW
06330  2500 FORMAT(/8X,6HPU-238,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
06340       1/8X,6HPU-239,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
06350       1/8X,6HPU-240,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
06360       1/8X,6HPU-241,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
06370       1/8X,6HPU-242,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
06380       1//9X,26H* MOLECULAR WEIGHT OF U = ,F8.4)
06390        WRITE(6,2520)
06400  2520  FORMAT(//11X,56H*  2$ = 95% CONFIDENCE LIMITS FOR A SINGLE DETERMI
06410       1NATION)
06420        WRITE(6,2510)
06430  2510  FORMAT(/30X,40H****************************************)
06440  2360  WRITE(6,2530)
06450  2530  FORMAT(/3X,48H'STD SAMPLE' TONO SANO KENTEI ? YES 1 NO 0 INPUT)
06460        READ(5,*)KEN
06470        IF(KEN.NE.1) GO TO 2720
06480        WRITE(6,2550)
06490  2550  FORMAT(3X,79HNAME OF STD ? IF PU-946=1,PU-947=2,PU-948=3,PU-949C=
06500       14,ETC=5 INPUT RESPECTIVELY)
06510        DATA P68,P69,P60,P61,P62,SP68,SP69,SP60,SP61,SP62,DY6,DM6,DD6,
06520       1P78,P79,P70,P71,P72,SP78,SP79,SP70,SP71,SP72,DY7,DM7,DD7,
06530       1P88,P89,P80,P81,P82,SP88,SP89,SP80,SP81,SP82,DY8,DM8,DD8,
06540       1P98,P99,P90,P91,P92,SP98,SP99,SP90,SP91,SP92,DY9,DM9,DD9/
06550       10.247,83.128,12.069,3.991,0.565,0.0035,0.0075,0.0075,0.0025,
06560       10.0015,1971.0,10.0,19.0,
06570       10.296,75.696,18.288,4.540,1.180,0.003,0.011,0.011,0.003,
06580       10.002,1971.0,10.0,13.0,
06590       10.011,91.574,7.914,0.468,0.0330,0.0005,0.005,0.005,0.0005,
06600       10.00015,1972.0,11.0,1.0,
06610       10.00345,97.373,2.564,0.0573,0.00286,0.000025,0.002,0.0035,
06620       10.00025,0.00002,1977.0,7.0,24.0/
06630 C *** STD NO HOOKAI HOSEICHI NO CALCULATION AND SANOKENTEI ***
06640        READ(5,*) NSTD
06650        IF(NSTD.NE.5) GO TO 2800
06660        WRITE(6,2760)
06670  2760  FORMAT(3X,30HINPUT OTHER STD NAME 20JI MADE)
06680        READ(5,2770)OTNA
06690  2770  FORMAT(5A4)
06700  2800  WRITE(6,2610)
```

```
06710  2610 FORMAT(3X,60HINPUT DATE OF AM-241 REMOVAL OF THIS WORK;EXAMPLE 197
06720      17,11,30)
06730        READ(5,*)YE,TUKI,DHA
06740        GO TO(2560,2570,2580,2590,2600),NSTD
06750  2560 CALL HOOKAI(DY6,DM6,DD6,YE,TUKI,DHA,P68,P69,P60,P61,P62,AH8,AH9,
06760      1AH0,AH1,AH2,SP68,SP69,SP60,SP61,SP62,S8,S9,S0,S1,S2)
06770        CALL HAP(AT08,AT09,AT00,AT01,AT02,SAT8,SAT9,SAT0,SAT1,SAT2,
06780      1AH8,AH9,AH0,AH1,AH2,S8,S9,S0,S1,S2)
06790        GO TO 2620
06800  2570 CALL HOOKAI(DY7,DM7,DD7,YE,TUKI,DHA,P78,P79,P70,P71,P72,AH8,AH9,
06810      1AH0,AH1,AH2,SP78,SP79,SP70,SP71,SP72,S8,S9,S0,S1,S2)
06820        CALL HAP(AT08,AT09,AT00,AT01,AT02,SAT8,SAT9,SAT0,SAT1,SAT2,
06830      1AH8,AH9,AH0,AH1,AH2,S8,S9,S0,S1,S2)
06840        GO TO 2620
06850  2580 CALL HOOKAI(DY8,DM8,DD8,YE,TUKI,DHA,P88,P89,P80,P81,P82,AH8,AH9,
06860      1AH0,AH1,AH2,SP88,SP89,SP80,SP81,SP82,S8,S9,S0,S1,S2)
06870        CALL HAP(AT08,AT09,AT00,AT01,AT02,SAT8,SAT9,SAT0,SAT1,SAT2,
06880      1AH8,AH9,AH0,AH1,AH2,S8,S9,S0,S1,S2)
06890        GO TO 2620
06900  2590 CALL HOOKAI(DY9,DM9,DD9,YE,TUKI,DHA,P98,P99,P90,P91,P92,AH8,AH9,
06910      1AH0,AH1,AH2,SP98,SP99,SP90,SP91,SP92,S8,S9,S0,S1,S2)
06920        CALL HAP(AT08,AT09,AT00,AT01,AT02,SAT8,SAT9,SAT0,SAT1,SAT2,
06930      1AH8,AH9,AH0,AH1,AH2,S8,S9,S0,S1,S2)
06940        GO TO 2620
06950  2600 WRITE(6,2630)
06960  2630 FORMAT(3X,113HINPUT DATA(ATOM % AND SIGMA) OF OTHER STD SAMPLE,PU-
06970      1238 TO PU-242 (ATOM %(8),SIGMA(8),ATOM %(9),SIGMA(9)***NO JUN)
06980        READ(5,*)AL8,SAL8,AL9,SAL9,AL0,SAL0,AL1,SAL1,AL2,SAL2
06990        WRITE(6,2640)
07000  2640 FORMAT(3X,63HINPUT DATE OF GIVEN VALUE OF OTHER STD SAMPLE,EXAMPLE
07010      11977,11,30)
07020        READ(5,*)DY5,DM5,DD5
07030        CALL HOOKAI(DY5,DM5,DD5,YE,TUKI,DHA,AL8,AL9,AL0,AL1,AL2,AH8,AH9,
07040      1AH0,AH1,AH2,SAL8,SAL9,SAL0,SAL1,SAL2,S8,S9,S0,S1,S2)
07050        CALL HAP(AT08,AT09,AT00,AT01,AT02,SAT8,SAT9,SAT0,SAT1,SAT2,
07060      1AH8,AH9,AH0,AH1,AH2,S8,S9,S0,S1,S2)
07070  2620 WRITE(6,2780)
07075  2780 FORMAT(/,38X,6HPU-238,3X,6HPU-239,3X,6HPU-240,3X,6HPU-241,3X,
07080      16HPU-242)
07085        GO TO(2670,2680,2690,2700,2710),NSTD
07090  2670 WRITE(6,2671)
07095  2671 FORMAT(8X,9H* NBS-946)
07100        WRITE(6,2672)DY6,DM6,DD6,P68,P69,P60,P61,P62,YE,TUKI,DHA,
07105      1AH8,AH9,AH0,AH1,AH2,YE,TUKI,DHA,AT08,AT09,AT00,AT01,AT02
07110  2672 FORMAT(10X,10HSTD VALUE ,1H(,F5.0,2F3.0,1H),3X,5F9.5,
07115      1/,15X,1H:,4X,1H(,F5.0,2F3.0,1H),3X,5F9.5,
07120      1/,10X,10HTHIS WORK ,1H(,F5.0,2F3.0,1H),3X,5F9.5)
07125        GO TO 2720
07130  2680 WRITE(6,2681)
07135  2681 FORMAT(8X,9H* NBS-947)
07140        WRITE(6,2682)DY7,DM7,DD7,P78,P79,P70,P71,P72,YE,TUKI,DHA,
07145      1AH8,AH9,AH0,AH1,AH2,YE,TUKI,DHA,AT08,AT09,AT00,AT01,AT02
07150  2682 FORMAT(10X,10HSTD VALUE ,1H(,F5.0,2F3.0,1H),3X,5F9.5,
07155      1/,15X,1H:,4X,1H(,F5.0,2F3.0,1H),3X,5F9.5,
07160      1/,10X,10HTHIS WORK ,1H(,F5.0,2F3.0,1H),3X,5F9.5)
07165        GO TO 2720
07170  2690 WRITE(6,2691)
07175  2691 FORMAT(8X,9H* NBS-948)
07180        WRITE(6,2692)DY8,DM8,DD8,P88,P89,P80,P81,P82,YE,TUKI,DHA,
07185      1AH8,AH9,AH0,AH1,AH2,YE,TUKI,DHA,AT08,AT09,AT00,AT01,AT02
07190  2692 FORMAT(10X,10HSTD VALUE ,1H(,F5.0,2F3.0,1H),3X,5F9.5,
07195      1/,15X,1H:,4X,1H(,F5.0,2F3.0,1H),3X,5F9.5,
07200      1/,10X,10HTHIS WORK ,1H(,F5.0,2F3.0,1H),3X,5F9.5)
07205        GO TO 2720
07210  2700 WRITE(6,2701)
07215  2701 FORMAT(8X,9H* NBS-949)
```

```
07220        WRITE(6,2702)DY9,DM9,DD9,P98,P99,P90,P91,P92,YE,TUKI,DHA,
07225       1AH8,AH9,AH0,AH1,AH2,YE,TUKI,DHA,AT08,AT09,AT00,AT01,AT02
07230  2702 FORMAT(10X,10HSTD VALUE ,1H(,F5.0,2F3.0,1H),3X,5F9.5,
07235       1/,15X,1H:,4X,1H(,F5.0,2F3.0,1H),3X,5F9.5,
07240       1/,10X,10HTHIS WORK ,1H(,F5.0,2F3.0,1H),3X,5F9.5)
07245        GO TO 2720
07250  2710 WRITE(6,2711)OTNA
07255  2711 FORMAT(8X,2H* ,5A4)
07260        WRITE(6,2712)DY5,DM5,DD5,AL8,AL9,AL0,AL1,AL2,YE,TUKI,DHA,
07265       1AH8,AH9,AH0,AH1,AH2,YE,TUKI,DHA,AT08,AT09,AT00,AT01,AT02
07270  2712 FORMAT(10X,10HSTD VALUE ,1H(,F5.0,2F3.0,1H),3X,5F9.5,
07275       1/,15X,1H:,4X,1H(,F5.0,2F3.0,1H),3X,5F9.5,
07280       1/,10X,10HTHIS WORK ,1H(,F5.0,2F3.0,1H),3X,5F9.5)
07285  2720 WRITE(6,2721)
07290  2721 FORMAT(///,30X,60H************************************************
07295       1************)
07297        WRITE(6,2730)
07300  2730 FORMAT(//,3X,36HNEXT DATA YES OR NO YES 1 NO 0 INPUT)
07305        READ(5,*)NEXT
07310        IF(NEXT.EQ.1)GO TO 9999
07315        GO TO 1111
07440 C ***ISOTOPIC ANALYSIS OF NEODIUM ***
07450  4000 F2=1.0/(1.0+(8.0/150.0)*BI)
07460        F3=1.0/(1.0+(7.0/150.0)*BI)
07470        F4=1.0/(1.0+(6.0/150.0)*BI)
07480        F5=1.0/(1.0+(5.0/150.0)*BI)
07490        F6=1.0/(1.0+(4.0/150.0)*BI)
07500        F8=1.0/(1.0+(2.0/150.0)*BI)
07510        F0=1.0
07520        WRITE(6,4100)
07530  4100 FORMAT(3X,17HINPUT SCAN NUMBER)
07540        READ(5,*)ISCA
07550        WRITE(6,4110)
07560  4110 FORMAT(3X,28HINPUT RANGE OF ND-142 TO 150)
07570        READ(5,*)RA42,RA43,RA44,RA45,RA46,RA48,RA50
07580        WRITE(6,4120)
07590  4120 FORMAT(3X,27HINPUT DATA ND-142 TO ND-150)
07600        READ(5,*)(N2(I),N3(I),N4(I),N5(I),N6(I),N8(I),N0(I),I=1,ISCA)
07610        DO 4010 I=1,ISCA
07620        AA42(I)=N2(I)*RA42
07630        AA43(I)=N3(I)*RA43
07640        AA44(I)=N4(I)*RA44
07650        AA45(I)=N5(I)*RA45
07660        AA46(I)=N6(I)*RA46
07670        AA48(I)=N8(I)*RA48
07680        AA50(I)=N0(I)*RA50
07690        TAA(I)=AA42(I)+AA43(I)+AA44(I)+AA45(I)+AA46(I)+AA48(I)+AA50(I)
07700        A2(I)=(AA42(I)/TAA(I))*100.0
07710        A3(I)=(AA43(I)/TAA(I))*100.0
07720        A4(I)=(AA44(I)/TAA(I))*100.0
07730        A5(I)=(AA45(I)/TAA(I))*100.0
07740        A6(I)=(AA46(I)/TAA(I))*100.0
07750        A8(I)=(AA48(I)/TAA(I))*100.0
07760        A0(I)=(AA50(I)/TAA(I))*100.0
07770  4010 CONTINUE
07780        HA2=AVER(A2,ISCA)
07790        HA3=AVER(A3,ISCA)
07800        HA4=AVER(A4,ISCA)
07810        HA5=AVER(A5,ISCA)
07820        HA6=AVER(A6,ISCA)
07830        HA8=AVER(A8,ISCA)
07840        HA0=AVER(A0,ISCA)
07850        S2=DEVF(A2,ISCA)
07860        S3=DEVF(A3,ISCA)
07870        S4=DEVF(A4,ISCA)
07880        S5=DEVF(A5,ISCA)
```

```
07890          S6=DEVF(A6,ISCA)
07900          S8=DEVF(A8,ISCA)
07910          S0=DEVF(A0,ISCA)
07920          CV2=(S2/HA2)*100.0
07930          CV3=(S3/HA3)*100.0
07940          CV4=(S4/HA4)*100.0
07950          CV5=(S5/HA5)*100.0
07960          CV6=(S6/HA6)*100.0
07970          CV8=(S8/HA8)*100.0
07980          CV0=(S0/HA0)*100.0
07990          CALL DXS95(A2,ISCA,DHA2,DCV2,LA2)
08000          CALL DXS95(A3,ISCA,DHA3,DCV3,LA3)
08010          CALL DXS95(A4,ISCA,DHA4,DCV4,LA4)
08020          CALL DXS95(A5,ISCA,DHA5,DCV5,LA5)
08030          CALL DXS95(A6,ISCA,DHA6,DCV6,LA6)
08040          CALL DXS95(A8,ISCA,DHA8,DCV8,LA8)
08050          CALL DXS95(A0,ISCA,DHA0,DCV0,LA0)
08060 C***     ATOM % NO CALCALAION ***
08070          FHA2=DHA2*F2
08080          FHA3=DHA3*F3
08090          FHA4=DHA4*F4
08100          FHA5=DHA5*F5
08110          FHA6=DHA6*F6
08120          FHA8=DHA8*F8
08130          FHA0=DHA0*F0
08140          TFHA=FHA2+FHA3+FHA4+FHA5+FHA6+FHA8+FHA0
08150          ATO2=(FHA2/TFHA)*100.0
08160          ATO3=(FHA3/TFHA)*100.0
08170          ATO4=(FHA4/TFHA)*100.0
08180          ATO5=(FHA5/TFHA)*100.0
08190          ATO6=(FHA6/TFHA)*100.0
08200          ATO8=(FHA8/TFHA)*100.0
08210          ATO0=(FHA0/TFHA)*100.0
08280 C***     WEIGHT % NO CALCULATION ***
08290          DATA W2,W3,W4,W5,W6,W8,W0/141.908,142.910,143.910,144.912,145.913,-
08300         1147.917,149.921/
08310          TWT=ATO2*W2+ATO3*W3+ATO4*W4+ATO5*W5+ATO6*W6+ATO8*W8+ATO0*W0
08320          WT2=(ATO2*W2/TWT)*100.0
08330          WT3=(ATO3*W3/TWT)*100.0
08340          WT4=(ATO4*W4/TWT)*100.0
08350          WT5=(ATO5*W5/TWT)*100.0
08360          WT6=(ATO6*W6/TWT)*100.0
08370          WT8=(ATO8*W8/TWT)*100.0
08380          WT0=(ATO0*W0/TWT)*100.0
08390 C ***    RATIO NO CALCULATION ***
08400          WRITE(6,4130)
08410    4130  FORMAT(3X,71HWHAT IS BASE MASS NUMBER OF RATIO IF ND-145=1,-146=2,
08420         1-150=3 RESPECTVELY)
08430          READ(5,*)IBASE
08440          GO TO(4140,4150,4160),IBASE
08450    4140  UC25=(ATO2/F2)/(ATO5/F5)
08460          UC35=(ATO3/F3)/(ATO5/F5)
08470          UC45=(ATO4/F4)/(ATO5/F5)
08480          UC65=(ATO6/F6)/(ATO5/F5)
08490          UC85=(ATO8/F8)/(ATO5/F5)
08500          UC05=(ATO0/F0)/(ATO5/F5)
08510          R25=ATO2/ATO5
08520          R35=ATO3/ATO5
08530          R45=ATO4/ATO5
08540          R65=ATO6/ATO5
08550          R85=ATO8/ATO5
08560          R05=ATO0/ATO5
08570          GO TO 4170
08580    4150  UC26=(ATO2/F2)/(ATO6/F6)
08590          UC36=(ATO3/F3)/(ATO6/F6)
08600          UC46=(ATO4/F4)/(ATO6/F6)
```

```
08610          UC56=(AT05/F5)/(AT06/F6)
08620          UC86=(AT08/F8)/(AT06/F6)
08630          UC06=(AT00/F0)/(AT06/F6)
08640          R26=AT02/AT06
08650          R36=AT03/AT06
08660          R46=AT04/AT06
08670          R56=AT05/AT06
08680          R86=AT08/AT06
08690          R06=AT00/AT06
08700          GO TO 4170
08710   4160   UC20=(AT02/F2)/(AT00/F0)
08720          UC30=(AT03/F3)/(AT00/F0)
08730          UC40=(AT04/F4)/(AT00/F0)
08740          UC50=(AT05/F5)/(AT00/F0)
08750          UC60=(AT06/F6)/(AT00/F0)
08760          UC80=(AT08/F8)/(AT00/F0)
08770          R20=AT02/AT00
08780          R30=AT03/AT00
08790          R40=AT04/AT00
08800          R50=AT05/AT00
08810          R60=AT06/AT00
08820          R80=AT08/AT00
08830 C *** SIGMA NO CALCULATION ***
08840   4170   SAT2=SGU(AT02)
08850          SAT3=SGU(AT03)
08860          SAT4=SGU(AT04)
08870          SAT5=SGU(AT05)
08880          SAT6=SGU(AT06)
08890          SAT8=SGU(AT08)
08900          SAT0=SGU(AT00)
08910          SWT2=SGU(WT2)
08920          SWT3=SGU(WT3)
08930          SWT4=SGU(WT4)
08940          SWT5=SGU(WT5)
08950          SWT6=SGU(WT6)
08960          SWT8=SGU(WT8)
08970          SWT0=SGU(WT0)
08980          SR25=SRAT(AT02,SAT2,AT05,SAT5)
08990          SR35=SRAT(AT03,SAT3,AT05,SAT5)
09000          SR45=SRAT(AT04,SAT4,AT05,SAT5)
09010          SR65=SRAT(AT06,SAT6,AT05,SAT5)
09020          SR85=SRAT(AT08,SAT8,AT05,SAT5)
09030          SR05=SRAT(AT00,SAT0,AT05,SAT5)
09040          SR26=SRAT(AT02,SAT2,AT06,SAT6)
09050          SR36=SRAT(AT03,SAT3,AT06,SAT6)
09060          SR46=SRAT(AT04,SAT4,AT06,SAT6)
09070          SR56=SRAT(AT05,SAT5,AT06,SAT6)
09080          SR86=SRAT(SAT8,AT08,AT06,SAT6)
09090          SR06=SRAT(AT00,SAT0,AT06,SAT6)
09100          SR20=SRAT(AT02,SAT2,AT00,SAT0)
09110          SR30=SRAT(AT03,SAT3,AT00,SAT0)
09120          SR40=SRAT(AT04,SAT4,AT00,SAT0)
09130          SR50=SRAT(AT05,SAT5,AT00,SAT0)
09140          SR60=SRAT(AT06,SAT6,AT00,SAT0)
09150          SR80=SRAT(AT08,SAT8,AT00,SAT0)
09160          CSAT2=1.96*SAT2
09170          CSAT3=1.96*SAT3
09180          CSAT4=1.96*SAT4
09190          CSAT5=1.96*SAT5
09200          CSAT6=1.96*SAT6
09210          CSAT8=1.96*SAT8
09220          CSAT0=1.96*SAT0
09230          CSWT2=1.96*SWT2
09240          CSWT3=1.96*SWT3
09250          CSWT4=1.96*SWT4
09260          CSWT5=1.96*SWT5
```

```
09270        CSWT6=1.96*SWT6
09280        CSWT8=1.96*SWT8
09290        CSWT0=1.96*SWT0
09300 C *** MOLECULAR WEIGHT NO CALCULATION ***
09310        AMW=(AT02*W2+AT03*W3+AT04*W4+AT05*W5+AT06*W6+AT08*W8+AT00*W0)/100.
09315       10
09320 C-***-KAKIDASHI ***
09330        WRITE(6,4180)
09340  4180 FORMAT(3X,28HRENEW A PAGE IF OK INPUT 1 ?)
09350        READ(5,*)PA
09360        WRITE(6,4190)(SA(I),I=1,5),(UC(I),I=1,3),(AN(I),I=1,3),
09370       1(AP(I),I=1,3),(DA(I),I=1,3)
09380  4190 FORMAT(///30X,47H*** RESULTS OF ISOTOPIC ANALYSIS OF NEODIUM ***,
09390       1//85X,14HSAMPLE NAME = ,5A4,/85X,14HUSER'S CODE = ,3A4,/85X,
09400       114HANALYST(S) = ,3A4,/85X,14HAPPARATUS = ,3A4,
09410       1/85X,14HDATE        = ,3A4)
09420        WRITE(6,4200)BI,RA42,RA43,RA44,RA45,RA46,RA48,RA50
09430  4200 FORMAT(//15X,10HINPUT DATA,5X,7HBIAS = ,F7.4,20X,
09440       140HISOTOPIC ABUNDANCE(NO CORRECTION OF M.D),
09450       1//6X,7HND-142 ,7HND-143 ,7HND-144 ,7HND-145 ,7HND-146 ,7HND-148 ,
09460       17HND-150 ,2X,9HND-142 ,9HND-143 ,9HND-144 ,9HND-145 ,
09470       19HND-146 ,9HND-148 ,6HND-150
09480       1/2X,3HV.R,7(1X,F6.2))
09490        WRITE(6,4210)(I,N2(I),N3(I),N4(I),N5(I),N6(I),N8(I),N0(I),
09500       1A2(I),A3(I),A4(I),A5(I),A6(I),A8(I),A0(I),I=1,ISCA)
09510  4210 FORMAT(2X,I2,7I7,2X,7F9.4)
09520        WRITE(6,4220)HA2,HA3,HA4,HA5,HA6,HA8,HA0,S2,S3,S4,S5,S6,S8,S0,
09530       1CV2,CV3,CV4,CV5,CV6,CV8,CV0,DHA2,DHA3,DHA4,DHA5,DHA6,DHA8,DHA0,
09540       1DCV2,DCV3,DCV4,DCV5,DCV6,DCV8,DCV0,LA2,LA3,LA4,LA5,LA6,LA8,LA0
09550  4220 FORMAT(////,42X,13HAVERAGE     =,7F9.4,
09560       1/42X,13HSIGMA       =,7F9.4,
09570       1/42X,13HCV          =,7F9.4,
09580       1/42X,13HAVERAGE(DIX)=,7F9.4,
09590       1/42X,13HCV(DIX)     =,7F9.4,
09600       1/42X,13HKIKYAKU-SU =,3X,I2,6I9)
09610        WRITE(6,4230)
09620  4230 FORMAT(/,40X,58HISOTOPIC RATIO(1)..NOT CORRECTED,(2)..CORRECTED M.
09630       1D EFFECT)
09640        GO TO(4240,4250,4260),IBASE
09650  4240 WRITE(6,4270)UC25,UC35,UC45,UC65,UC85,UC05,R25,R35,R45,R65,R85,
09660       1R05,SR25,SR35,SR45,SR65,SR85,SR05
09670  4270 FORMAT(/,52X,8HR142/145,3X,8HR143/145,3X,8HR144/145,3X,8HR146/145,
09680       13X,8HR148/145,3X,8HR150/145,
09690       1/40X,10HRATIO(1) =,6E11.4,
09700       1/40X,10HRATIO(2) =,6E11.4,
09710       1/40X,10HSIGMA(2) =,6E11.4)
09720        GO TO 4280
09730  4250 WRITE(6,4290)UC26,UC36,UC46,UC56,UC86,UC06,R36,R46,R56,R86,
09740       1R06,SR26,SR36,SR46,SR56,SR86,SR06
09750  4290 FORMAT(/52X,8HR142/146,3X,8HR143/146,3X,8HR144/146,3X,8HR145/146,
09760       13X,8HR148/146,3X,8HR150/146,
09770       1/40X,10HRATIO(1) =,6E11.4,
09780       1/40X,10HRATIO(2) =,6E11.4,
09790       1/40X,10HSIGMA(2) =,6E11.4)
09800        GO TO 4280
09810  4260 WRITE(6,4300)UC20,UC30,UC40,UC50,UC60,UC80,R20,R30,R40,R50,R60,
09820       1R80,SR20,SR30,SR40,SR50,SR60,SR80
09830  4300 FORMAT(/52X,8HR142/150,3X,8HR143/158,3X,8HR144/150,3X,8HR145/150,
09840       13X,8HR146/150,3X,8HR148/150,
09850       1/40X,10HRATIO(1) =,6E11.4,
09860       1/40X,10HRATIO(2) =,6E11.4,
09870       1/40X,10HSIGMA(2) =,6E11.4)
09880  4280 WRITE(6,4310)
09890  4310 FORMAT(/,17X,6HATOM %,1X,1H+,3X,2H2$,5X,8HWEIGHT %,1X,1H+,3X,2H2$)
09900        WRITE(6,4320)AT02,CSAT2,WT2,CSWT2,
09910       1AT03,CSAT3,WT3,CSWT3,
```

```
09920        1AT04,CSAT4,WT4,CSWT4,
09930        1AT05,CSAT5,WT5,CSWT5,
09940        1AT06,CSAT6,WT6,CSWT6,
09950        1AT08,CSAT8,WT8,CSWT8,
09960        1AT00,CSAT0,WT0,CSWT0,AMW
09970   4320 FORMAT(/,8X,6HND-142,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
09990        1/8X,6HND-143,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
10000        1/8X,6HND-144,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
10010        1/8X,6HND-145,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
10020        1/8X,6HND-146,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
10030        1/8X,6HND-148,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
10040        1/8X,6HND-150,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
10050        1//8X,27H* MOLECULAR WEIGHT OF ND = ,F8.4)
10060         WRITE(6,4350)
10070   4350 FORMAT(/,8X,55H* 2$ = 95% CONFIDENCE LIMITS FOR A SINGLE DETERMINA
10080        1TION)
10090         WRITE(6,4490)
10100   4490 FORMAT(/////,3X,49HHEIKINSURU NEXT DATA YES OR ON ? YES 1,NO 0 INP
10110        1UT)
10120         READ(5,*)HEI
10130         IF(HEI.NE.1)GO TO 4500
10140         A21=AT02
10150         A31=AT03
10160         A41=AT04
10170         A51=AT05
10180         A61=AT06
10190         A81=AT08
10200         A01=AT00
10210         S21=SAT2
10220         S31=SAT3
10230         S41=SAT4
10240         S51=SAT5
10250         S61=SAT6
10260         S81=SAT8
10270         S01=SAT0
10280         WT21=WT2
10290         WT31=WT3
10300         WT41=WT4
10310         WT51=WT5
10320         WT61=WT6
10330         WT81=WT8
10340         WT01=WT0
10350         SWT21=SWT2
10360         SWT31=SWT3
10370         SWT41=SWT4
10380         SWT51=SWT5
10390         SWT61=SWT6
10400         SWT81=SWT8
10410         SWT01=SWT0
10420         GO TO 9999
10430   4500 WRITE(6,4510)
10440   4510 FORMAT(3X,70HMAE NO DATA TONO HEIKIN TO SANO KENTEI SURUKA ? YES I
10450        1NPUT 1 NO INPUT 0)
10460         READ(5,*)SAN
10470         IF(SAN.EQ.1) GO TO 4520
10480         WRITE(6,4530)
10490   4530 FORMAT(3X,76HALREADY CALCULATED DATA TONO HEIKIN TO SANO KENTEI SU
10500        1RUKA ? YES 1 NO 0 INPUT)
10510         READ(5,*)ALHE
10520         IF(ALHE.NE.1) GO TO 4540
10530         WRITE(6,4550)
10540   4550 FORMAT(3X,94HINPUT ALREADY CALCULATED DATA; ATOM %,SIGMA(ATOM %),W
10550        1T %,SIGMA(WT %)---ND-142 TO ND-150 NO JUN)
10560         READ(5,*)A21,S21,W21,SWT21,A31,S31,W31,SWT31,A41,S41,W41,SWT41,A51
10570        1,S51,W51,SWT51,A61,S61,W61,SWT61,A81,S81,W81,SWT81,A01,S01,W01,SWT
10580        101
```

```
10590  4520 RA20=A21/A01
10600       RA30=A31/A01
10610       RA40=A41/A01
10620       RA50=A51/A01
10630       RA60=A61/A01
10640       RA80=A81/A01
10650       SRA20=SRAT(A21,S21,A01,S01)
10660       SRA30=SRAT(A31,S31,A01,S01)
10670       SRA40=SRAT(A41,S41,A01,S01)
10680       SRA50=SRAT(A51,S51,A01,S01)
10690       SRA60=SRAT(A61,S61,A01,S01)
10700       SRA80=SRAT(A81,S81,A01,S01)
10710       UO2=SAKEN(R20,SR20,RA20,SRA20)
10720       UO3=SAKEN(R30,SR30,RA30,SRA30)
10730       UO4=SAKEN(R40,SR40,RA40,SRA40)
10740       UO5=SAKEN(R50,SR50,RA50,SRA50)
10750       UO6=SAKEN(R60,SR60,RA60,SRA60)
10760       UO8=SAKEN(R80,SR80,RA80,SRA80)
10770       UO0=1
10780       CALL HE(UO2,IHAN2,HEI2,SHEI2,ATO2,A21,SAT2,S21,HEW2,SHEW2,WT2,WT21
10790      1,SWT2,SWT21)
10800       CALL HE(UO3,IHAN3,HEI3,SHEI3,ATO3,A31,SAT3,S31,HEW3,SHEW3,WT3,WT31
10810      1,SWT3,SWT31)
10820       CALL HE(UO4,IHAN4,HEI4,SHEI4,ATO4,A41,SAT4,S41,HEW4,SHEW4,WT4,WT41
10830      1,SWT4,SWT41)
10840       CALL HE(UO5,IHAN5,HEI5,SHEI5,ATO5,A51,SAT5,S51,HEW5,SHEW5,WT5,WT51
10850      1,SWT5,SWT51)
10860       CALL HE(UO6,IHAN6,HEI6,SHEI6,ATO6,A61,SAT6,S61,HEW6,SHEW6,WT6,WT61
10870      1,SWT6,SWT61)
10880       CALL HE(UO8,IHAN8,HEI8,SHEI8,ATO8,A81,SAT8,S81,HEW8,SHEW8,WT8,WT81
10890      1,SWT8,SWT81)
10900       CALL HE(UO0,IHAN0,HEI0,SHEI0,ATO0,A01,SAT0,S01,HEW0,SHEW0,WT0,WT01
10910      1,SWT0,SWT01)
10920       WRITE(6,4560)
10930  4560 FORMAT(///,30X,60H*************************************************
10935      1************,
10940      1//,9X,42H** SANO KENTEI BETWEEN 2 DETERMINATIONS **,/)
10950       IHAN(2)=IHAN2
10960       IHAN(3)=IHAN3
10970       IHAN(4)=IHAN4
10980       IHAN(5)=IHAN5
10990       IHAN(6)=IHAN6
11000       IHAN(8)=IHAN8
11010  4570 DO 4020 I=1,7
11020       J=I+1
11030       IF(J.EQ.7) GO TO 4020
11035       IH=IHAN(J)
11040       GO TO(4580,4590,4600,4610),IH
11050  4580 WRITE(6,4620)J
11060  4620 FORMAT(8X,5HND-14,I1,27H/ND-150 : 95% DEWA SAWA NAI)
11070       GO TO 4020
11080  4590 WRITE(6,4630)J
11085  4630 FORMAT(8X,5HND-14,I1,48H/ND-150 : * 95% DE SAGA ARU GA 99% DEWA SA
11090      1WA NAI)
11091       GO TO 4020
11092  4600 WRITE(6,4640)J
11093  4640 FORMAT(8X,5HND-14,I1,25H/ND-150 : ** 99% SAGA ARU)
11100       GO TO 4020
11110  4610 WRITE(6,4650)J
11120  4650 FORMAT(8X,5HND-14,I1,8H :      -)
11130  4020 CONTINUE
11140       THI=HEI2+HEI3+HEI4+HEI5+HEI6+HEI8+HEI0
11150       AHEI2=(HEI2/THI)*100.0
11160       AHEI3=(HEI3/THI)*100.0
11170       AHEI4=(HEI4/THI)*100.0
11180       AHEI5=(HEI5/THI)*100.0
```

```
11190        AHEI6=(HEI6/THI)*100.0
11200        AHEI8=(HEI8/THI)*100.0
11210        AHEI0=(HEI0/THI)*100.0
11220        THW=HEW2+HEW3+HEW4+HEW5+HEW6+HEW8+HEW0
11230        AHEW2=(HEW2/THW)*100.0
11240        AHEW3=(HEW3/THW)*100.0
11250        AHEW4=(HEW4/THW)*100.0
11260        AHEW5=(HEW5/THW)*100.0
11270        AHEW6=(HEW6/THW)*100.0
11280        AHEW8=(HEW8/THW)*100.0
11290        AHEW0=(HEW0/THW)*100.0
11300        ASHEI2=SHEI2*1.96
11310        ASHEI3=SHEI3*1.96
11320        ASHEI4=SHEI4*1.96
11330        ASHEI5=SHEI5*1.96
11340        ASHEI6=SHEI6*1.96
11350        ASHEI8=SHEI8*1.96
11360        ASHEI0=SHEI0*1.96
11370        ASHEW2=SHEW2*1.96
11380        ASHEW3=SHEW3*1.96
11390        ASHEW4=SHEW4*1.96
11400        ASHEW5=SHEW5*1.96
11410        ASHEW6=SHEW6*1.96
11420        ASHEW8=SHEW8*1.96
11430        ASHEW0=SHEW0*1.96
11440        HMW=(AHEW2*W2+AHEW3*W3+AHEW4*W4+AHEW5*W5+AHEW6*W6+AHEW8*W8+AHEW0*W
11450       10)/100.0
11460        WRITE(6,4660)
11470   4660 FORMAT(///8X,29H* AVERAGE OF 2 DETERMINATIONS,
11480       1/,17X,31HATOM % +  2$      WEIGHT % +  2$)
11490        WRITE(6,4670)AHEI2,ASHEI2,AHEW2,ASHEW2,
11500       1AHEI3,ASHEI3,AHEW3,ASHEW3,
11510       1AHEI4,ASHEI4,AHEW4,ASHEW4,
11520       1AHEI5,ASHEI5,AHEW5,ASHEW5,
11530       1AHEI6,ASHEI6,AHEW6,ASHEW6,
11540       1AHEI8,ASHEI8,AHEW8,ASHEW8,
11550       1AHEI0,ASHEI0,AHEW0,ASHEW0,HMW
11560   4670 FORMAT(/8X,6HND-142,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
11570       1/8X,6HND-143,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
11580       1/8X,6HND-144,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
11590       1/8X,6HND-145,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
11600       1/8X,6HND-146,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
11610       1/8X,6HND-148,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
11615       1/8X,6HND-150,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
11620       1//9X,26H* MOLECULAR WEIGHT OF U =,F8.4)
11630        WRITE(6,4680)
11640   4680 FORMAT(/9X,58H* 2$ = 95% CONFIDENCE LIMITS FOR 2 FILAMENTS DETERMI
11650       1NATION)
11660        WRITE(6,4690)
11670   4690 FORMAT(/30X,40H****************************************)
11680   4540 WRITE(6,4330)
11690   4330 FORMAT(/////3X,55HNATURAL NEODIUM CORRECTION YES OR NO ? YES=1,NO=
11700       10 INPUT)
11710        READ(5,*)NACO
11720        IF(NACO.NE.1) GO TO 4340
11730 C *** NATURAL NEODIUM CROSS CONTAMINATION CORRECTION ***
11740        DATA C32,C42,C52,C62,C82,C02/0.4450,0.87183,0.30025,0.62643,
11750       10.20958,0.20526/
11760        HHO3=ATO3-ATO2*C32
11770        HHO4=ATO4-ATO2*C42
11780        HHO5=ATO5-ATO2*C52
11790        HHO6=ATO6-ATO2*C62
11800        HHO8=ATO8-ATO2*C82
11810        HHO0=ATO0-ATO2*C02
11820        THO=HHO3+HHO4+HHO5+HHO6+HHO8+HHO0
11830        HO3=(HHO3/THO)*100
```

```
11840        HO4=(HHO4/THO)*100
11850        HO5=(HHO5/THO)*100
11860        HO6=(HHO6/THO)*100
11870        HO8=(HHO8/THO)*100
11880        HO0=(HHO0/THO)*100
11890        THOW=HO3*W3+HO4*W4+HO5*W5+HO6*W6+HO8*W8+HO0*W0
11900        HOW3=(HO3*W3/THOW)*100.0
11910        HOW4=(HO4*W4/THOW)*100.0
11920        HOW5=(HO5*W5/THOW)*100.0
11930        HOW6=(HO6*W6/THOW)*100.0
11940        HOW8=(HO8*W8/THOW)*100.0
11950        HOW0=(HO0*W0/THOW)*100.0
11960        HOR30=HO3/HO0
11970        HOR40=HO4/HO0
11980        HOR50=HO5/HO0
11990        HOR60=HO6/HO0
12000        HOR80=HO8/HO0
12010        WRITE(6,4360) HOR30,HOR40,HOR50,HOR60,HOR80
12020  4360  FORMAT(///30X,60H*************************************************
12030       1***********,///30X,68H* ISOTOPIC RATIO ... NATURAL NEODIUM CROSS C
12040       1ONTAMINATION CORRECTION,//52X,8HR142/150,3X,8HR143/150,3X,8HR144/1
12060       150,3X,8HR145/150,3X,8HR146/150,3X,8HR148/150,//40X,5HRATIO,4X,1H=,
12070       15X,1H-,5X,5E11.4)
12080        WRITE(6,4370)HO3,HOW3,HO4,HOW4,HO5,HOW5,HO6,HOW6,HO8,HOW8,HO0,HOW0
12090  4370  FORMAT(/16X,6HATOM %,5X,8HWEIGHT %,/8X,6HND-142,4X,1H-,11X,1H-,
12100       1/8X,6HND-143,F9.5,3X,F9.5,
12110       1/8X,6HND-144,F9.5,3X,F9.5,
12120       1/8X,6HND-145,F9.5,3X,F9.5,
12130       1/8X,6HND-146,F9.5,3X,F9.5,
12140       1/8X,6HND-148,F9.5,3X,F9.5,
12150       1/8X,6HND-150,F9.5,3X,F9.5,
12160       1///30X,59H*************************************************
12170       1***)
12180  4340 WRITE(6,4380)
12190  4380 FORMAT(//3X,57HMASS DISCRI FACTOR NO KENTEI YES OR NO ? YES=1,NO=0
12200       1 INPUT)
12210        READ(5,*)MDKEN
12220        IF(MDKEN.NE.1) GO TO 4390
12230 C *** R20 NO KANRI JOTAI NO KENTEI ***
12240 C      CEN:R20 NO CHUSHIN SEN, R20=5.000 ,0=0.0026(0.52%,CV)
12250 C      UPCE:JOOGEN
12260 C      SHCE:KAGEN
12270        CEN=5.000
12280        UPCE=CEN+CEN*0.0073
12290        SHCE=CEN-CEN*0.0073
12300        WRITE(6,4440)
12310  4440  FORMAT(/////30X,60H*************************************************
12320       1*************,//)
12330        IF(UC20-UPCE) 4410,4430,4450
12340  4410  IF(SHCE-UC20) 4430,4430,4450
12350  4430  WRITE(6,4460)
12360  4460  FORMAT(//20X,74H* R20 NO HANTEI : KONKAI NO R20 KANRIJOTAI NI A
12365       1RU NODE BIAS=0.5937 DESU,///,30X,60H*****************************
12367       1****************************)
12370        GO TO 4390
12380  4450  WRITE(6,4470)
12390  4470  FORMAT(//,20X,87H* R20 NO HANTEI : KONKAI NO R20 WA KANRIGENKAI GA
12400       1I NI ARU NODE SAISOKUTEI SUBEKI DE ARU,///,30X,60H***************
12405       1*****************************************)
12410        WRITE(6,4480)
12420  4480  FORMAT(///30X,60H*************************************************
12430       1***********)
12440  4390  WRITE(6,4771)
12450  4771  FORMAT(///,3X,36HNEXT DATA YES OR NO YES 1,NO 0 INPUT)
12460        READ(5,*)NEXT
12470        IF(NEXT.EQ.1) GO TO 9999
```

```
12480          GO TO 1111
12490 C *** ISOTOPIC ANALYSIS OF BORON ***
12500  6000 F10=1.0/(1.0+(1.0/89.0)*BI)
12510          F11=1.0
12520          WRITE(6,6100)
12530  6100 FORMAT(3X,17HINPUT SCAN NUMBER)
12540          READ(5,*)ISCA
12550          WRITE(6,6110)
12560  6110 FORMAT(3X,27HINPUT RANGE OF B-10 TO B-11)
12570          READ(5,*)RA0,RA1
12580          WRITE(6,6120)
12590  6120 FORMAT(3X,23HINPUT DATA B-10 TO B-11)
12600          READ(5,*)(N0(I),N1(I),I=1,ISCA)
12610          DO 6010 I=1,ISCA
12620          AA10(I)=N0(I)*RA0
12630          AA11(I)=N1(I)*RA1
12640          TAA(I)=AA10(I)+AA11(I)
12650          A0(I)=(AA10(I)/TAA(I))*100
12660          A1(I)=(AA11(I)/TAA(I))*100
12670  6010 CONTINUE
12680          HA0=AVER(A0,ISCA)
12690          HA1=AVER(A1,ISCA)
12700          S0=DEVF(A0,ISCA)
12710          S1=DEVF(A1,ISCA)
12720          CV0=(S0/HA0)*100
12730          CV1=(S1/HA1)*100
12740          CALL DXS95(A0,ISCA,DHA0,DCV0,LA0)
12750          CALL DXS95(A1,ISCA,DHA1,DCV1,LA1)
12760 C**** ATOM % NO CALCULATION ****
12770          UUC10=DHA1/DHA0
12780 C *** OXIGEN NO HOSEI ***
12790          UC10=UUC10-0.00079
12800 C *** M.D NO HOSEI ***
12810          R10=UC10*1.0/F10
12820          ATO0=(1.0/(1.0+R10))*100.0
12830          ATO1=(R10/(1.0+R10))*100.0
12840 C*       WT % NO CALCULATION
12850          DATA W10,W11/10.0129,11.0093/
12860          WT0=(ATO0*W10/(ATO0*W10+ATO1*W11))*100.0
12870          WT1=(ATO1*W11/(ATO0*W10+ATO1*W11))*100.0
12880 C *** SIGMA NO CALCULATION ***
12890          SAT0=SGU(ATO0)
12900          SAT1=SGU(ATO1)
12910          SWT0=SGU(WT0)
12920          SWT1=SGU(WT1)
12930          SR10=SRAT(ATO1,SAT1,ATO0,SAT0)
12940 C *** MOLECULAR WEIGHT NO CALCULATION ***
12950          AMW=(ATO0*W10+ATO1*W11)/100
12960          WRITE(6,6130)
12970  6130 FORMAT(3X,28HRENEW A PAGE IF OK INPUT 1 ?)
12980          READ(5,*)PA
12990          WRITE(6,6140)(SA(I),I=1,5),(UC(I),I=1,3),(AN(I),I=1,3),
13000         1(AP(I),I=1,3),(DA(I),I=1,3)
13010  6140 FORMAT(///,40X,45H*** RESULTS OF ISOTOPIC ANALYSIS OF BORON ***,
13020         1//,85X,14HSAMPLE NAME = ,5A4,/85X,14HUSER'S CODE = ,3A4,/85X,
13030        114HANALYST(S)  = ,3A4,/85X,14HAPPARATUS   = ,3A4,
13040         1/85X,14HDATE          = ,3A4)
13050          WRITE(6,6150)BI,RA0,RA1
13060  6150 FORMAT(//,16X,10HINPUT DATA,5X,7HBIAS = ,F7.4,15X,
13070        151HISOTOPIC ABUNDANCE(NO CORRECTION OF M.D AND OXYGEN),
13080         1//20X,4HB-10,6X,4HB-11,31X,4HB-10,11X,4HB-11,
13090        1/12X,3HV.R,3X,1H(,F6.2,1H),2X,1H(,F6.2,1H),/)
13100          WRITE(6,6160)(I,N0(I),N1(I),A0(I),A1(I),I=1,ISCA)
13110  6160 FORMAT(12X,I2,4X,I6,4X,I6,27X,F10.5,5X,F10.5)
13120          WRITE(6,6170)HA0,HA1,S0,S1,CV0,CV1,DHA0,DHA1,DCV0,DCV1,LA0,LA1
13130  6170 FORMAT(//41X,14HAVERAGE      = ,6X,F10.5,5X,F10.5,
```

```
      1/,41X,14HSIGMA        = ,6X,F10.5,5X,F10.5,
      1/,41X,14HCV           = ,6X,F10.5,5X,F10.5,
      1/,41X,14HAVERAGE(DIX)= ,6X,F10.5,5X,F10.5,
      1/,41X,14HCV(DIX)      = ,6X,F10.5,5X,F10.5,
      1/,41X,14HKIKYAKU SU   = ,9X,I2,13X,I2)
       WRITE(6,6180)
 6180 FORMAT(/,28X,93HISOTOPIC RATIO  RATIO(1)...NO CORRECTION,(2)..OXYGE
      1N CORRECTION,(3)..OXYGEN AND M.D CORRECTION,
      1//60X, 9HB-11/B-10)
       WRITE(6,6190)UUC10,UC10,R10,SR10
 6190 FORMAT(/41X,13HRATIO(1)  =,5X,E11.5
      1/41X,13HRATIO(2)     =,5X,E11.5
      1/41X,13HRATIO(3)     =,5X,E11.5
      1/41X,13HSIGMA(3)     =,5X,E11.5)
       WRITE(6,6200)
 6200 FORMAT(/,17X,6HATOM %,2X,1H+,3X,2H2$,6X,8HWEIGHT %,2X,1H+,3X,2H2$)
       CSWT0=1.96*SWT0
       CSWT1=1.96*SWT1
       CSAT0=1.96*SAT0
       CSAT1=1.96*SAT1
       WRITE(6,6210)AT00,CSAT0,WT0,CSWT0,AT01,CSAT1,WT1,CSWT1,AMW
 6210 FORMAT(/10X,4HB-10,1X,F9.5,3H + ,F7.5,3X,F9.5,3H + ,F7.5
      1/10X,4HB-11,1X,F9.5,3H + ,F7.5,3X,F9.5,3H + ,F7.5
      1//15X,26H* MOLECULAR WEIGHT OF B = ,F8.4)
       WRITE(6,6220)
 6220 FORMAT(15X,55H* 2$ = 95% CONFIDENCE LIMITS FOR A SINGLE DETERMINAT
      1ION)
       WRITE(6,6230)
 6230 FORMAT(//////////,3X,49HHEIKINSURU NEXT DATA YES OR NO ? YES 1 NO
      10 INPUT)
       READ(5,*)HEI
       IF(HEI.NE.1)GO TO 6240
       A10=AT00
       A11=AT01
       SG0=SAT0
       SG1=SAT1
       WT10=WT0
       WT11=WT1
       SW10=SWT0
       SW11=SWT1
       GO TO 9999
 6240 WRITE(6,6250)
 6250 FORMAT(3X,70HMAE NO DATA TONO HEIKIN TO SANO KENTEI SURUKA ? YES 1
      1NPUT 1 NO INPUT 0)
       READ(5,*)SAN
       IF(SAN.EQ.1) GO TO 6260
       WRITE(6,6270)
 6270 FORMAT(3X,76HALREADY CALCULATED DATA TONO HEIKIN TO SANO KENTEI SU
      1RUKA ? YES 1 NO 0 INPUT)
       READ(5,*)ALHE
       IF(ALHE.NE.1) GO TO 6280
       WRITE(6,6290)
 6290 FORMAT(3X,86HINPUT ALREADY CALCULATED DATA; AT %,SIGMA(AT %),WT %,
      1SIGMA(WT %)...B-10 TO B-11 NO JUN)
       READ(5,*)A0,S0,WT10,SWT10,A1,S1,WT11,SWT11
 6260 U00=SAKEN(A10,S0,AT00,SAT0)
       U01=SAKEN(A11,S1,AT01,SAT1)
       CALL HE(U00,IHAN0,HEI0,SHEI0,A10,AT00,SG0,SAT0,HEW0,SHEW0,WT10,WT0
      1,SW10,SWT0)
       CALL HE(U01,IHAN1,HEI1,SHEI1,A11,AT01,SG1,SAT1,HEW1,SHEW1,WT11,WT1
      1,SW11,SWT1)
       WRITE(6,6305)
 6305 FORMAT(///,30X,40H****************************************,
      1//,9X,42H** SANO KENTEI BETWEEN 2 DETERMINATIONS **,/)
       IHAN(10)=IHAN0
       IHAN(11)=IHAN1
```

```
13800        DO 6020 I=1,2
13810        J=I+9
13815        IH=IHAN(J)
13820        GO TO(6310,6320,6330,6340),IH
13830   6310 WRITE(6,6350)J
13840   6350 FORMAT(8X,2HB-,I2,20H : 95% DEWA SAWA NAI)
13850        GO TO 6020
13860   6320 WRITE(6,6360)J
13870   6360 FORMAT(8X,2HB-,I2,41H : # 95% DE SAGA ARU GA 99% DEWA SAWA NAI)
13880        GO TO 6020
13890   6330 WRITE(6,6370)J
13900   6370 FORMAT(8X,2HB-,I2,21H : ## 99% DE SAGA ARU)
13910        GO TO 6020
13920   6340 WRITE(6,6380)J
13930   6380 FORMAT(8X,2HB-,I2,8H :      -)
13940   6020 CONTINUE
13950        THI=HEI0+HEI1
13960        HHEI0=(HEI0/THI)*100.0
13970        HHEI1=(HEI1/THI)*100.0
13980        THW=HEW0+HEW1
13990        HHEW0=(HEW0/THW)*100.0
14000        HHEW1=(HEW1/THW)*100.0
14010        HSHEI0=SHEI0*1.96
14020        HSHEI1=SHEI1*1.96
14030        HSHEW0=SHEW0*1.96
14040        HSHEW1=SHEW1*1.96
14050        HMW=(HHEI0*W10+HHEI1*W11)/100.0
14060        WRITE(6,6390)
14070   6390 FORMAT(///  ;41H***** AVERAGE OF 2 DETERMINATIONS *****,
14080       1/17X,33HATOM % +   2$      WEIGHT % +   2$)
14090        WRITE(6,6400)HHEI0,HSHEI0,HHEW0,HSHEW0,HHEI1,HSHEI1,HHEW1,HSHEW1,
14100       1HMW
14110   6400 FORMAT(/10X,4HB-10,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
14120       1/10X,4HB-11,F9.5,1X,1H+,F8.5,1X,F9.5,1X,1H+,F8.5,
14130       1//10X,26H* MOLECULAR WEIGHT OF B = ,F8.4)
14135        WRITE(6,6410)
14140   6410 FORMAT(/10X,55H* 2$ = 95% CONFIDENCE LIMITS FOR A SINGLE DETERMINA
14150       1TION)
14160        WRITE(6,6420)
14170   6420 FORMAT(//30X,40H****************************************)
14180   6280 WRITE(6,6430)
14190   6430 FORMAT(/3X,48H'STD SAMPLE' TONO SANO KENTEI ? YES 1 NO 2 INPUT)
14200        READ(5,*)KEN
14210        IF(KEN.NE.1) GO TO 6440
14220        WRITE(6,6450)
14230   6450 FORMAT(3X,65HNAME OF STD ? IF NBS-951=1,NBS-952=2 AND ETC=3 INPUT
14240       1RESPECTIVELY)
14250        READ(5,*) NSTD
14260        DATA B510,SB510,B511,SB511,B520,SB520,B521,SB521/
14270       119.827,0.0065,80.173,0.0065,5.051,0.0025,99.949,0.0025/
14280 C *** STD TONO SANO KENTEI
14285        IF(NSTD.NE.3) GO TO 6491
14290        WRITE(6,6500)
14300   6500 FORMAT(3X,87HINPUT ATOM % AND SIGMA OF B-10 AND B-11 OF OTHER STD
14310       1SAMPLE B-10 NO ATOM % SIGMA NO JUN)
14320        READ(5,*) OTB0,OTSB0,OTB1,OTSB1
14330        WRITE(6,6510)
14340   6510 FORMAT(3X,37HINPUT OTHER STD SAMPLE NAME 20JI MADE)
14350        READ(5,6520)OTNA
14360   6520 FORMAT(5A4)
14380   6491 WRITE(6,6490)
14390   6490 FORMAT(//30X,48H*** RESULT OF SANO KENTEI BETWEEN STD SAMPLE ***,
14395       1//)
14400        GO TO (6460,6470,6480),NSTD
14410   6460 CALL HAB(ATO0,ATO1,SAT0,SAT1,B510,B511,SB510,SB511)
14420        GO TO 6440
```

```
14430  6470 CALL HAB(ATO0,ATO1,SAT0,SAT1,B520,B521,SB520,SB521)
14440       GO TO 6440
14450  6480 CALL HAB(ATO0,ATO1,SAT0,SAT1,OTB0,OTB1,OTSB0,OTSB1)
14460  6440 WRITE(6,6530)
14470  6530 FORMAT(///30X,40H*****************************************,///
14480      13X,36HNEXT DATA YES OR NO YES 1 NO 0 INPUT)
14490       READ(5,*)NEXT
14500       IF(NEXT.EQ.1) GO TO 9999
14510  1111 STOP
14520       END
14530 C *** SUBPROGRAM AVER ***
14540       FUNCTION AVER(A,N)
14560       DIMENSION A(30)
14570       SUM=0.0
14580       DO 10 I=1,N
14590       SUM=SUM+A(I)
14595    10 CONTINUE
14610       AVER=SUM/N
14620       RETURN
14630       END
14640       FUNCTION   DEVF(A,N)
14660       DIMENSION A(30)
14670       SUM2=0.0
14680       DO 10 I=1,N
14690    10 SUM2=SUM2+(A(I)-AVER(A,N))**2
14700       DEVF=SQRT(SUM2/(N-1))
14720       RETURN
14730       END
14740       FUNCTION SGU(A)
14750       IF(A.EQ.0.0) GO TO 80
14760       X=ALOG10(A)
14762       IF(A-99.5) 10,20,20
14764    20 Y=-644.63*X+1285.4
14766       GO TO 30
14770    10 IF(A-90.0) 40,50,50
14780    50 Y=-19.46*X+36.41
14790       GO TO 30
14800    40 IF(A-5.0) 60,70,70
14802    70 Y=-0.4816*X*X+0.4010*X-0.6237
14804       GO TO 30
14810    60 Y=-0.2351*X-0.4207
14820    30 SGU=10.0**Y*A/100.0
14830       GO TO 100
14835    80 SGU=0.0
14840   100 RETURN
14850       END
14860       FUNCTION SRAT(A,SA,B,SB)
14870       SRAT=SQRT(A**2*(SB/B**2)**2+(1/B)**2*SA**2)
14880       RETURN
14890       END
14900       SUBROUTINE HE(A,K,X,$,AT1,AT2,SAT1,SAT2,Y,Y$,WT1,WT2,SWT1,SWT
14910      12)
14920       IF(A.EQ.0.0) GO TO 90
14930       IF(A-1.96) 10,20,30
14940    10 K=1
14950       GO TO 100
14953    20 K=2
14956       GO TO 100
14960    30 IF(A-2.576) 40,50,50
14970    40 K=2
14980       GO TO 100
14990    50 K=3
15000       GO TO 100
15010    90 K=4
15020   100 X=(AT1+AT2)/2.0
15030       $=SQRT(SAT1**2+SAT2**2)/2.0
```

```
15040          Y=(WT1+WT2)/2.0
15050          Y$=SQRT(SWT1**2+SWT2**2)/2.0
15060          RETURN
15070          END
15080          FUNCTION SAKEN(A,B,C,D)
15085          IF(B+D) 10,10,30
15090       30 E=A+C
15100          IF(E-0.0005) 10,20,20
15110       20 SAKEN=ABS(A-C)/SQRT(B**2+D**2)
15115          GO TO 40
15120       10 SAKEN=0.0
15130       40 RETURN
15140          END
15150          SUBROUTINE HAA(A,B,C,D,E,SA,SB,SC,SD,SE,A1,B1,C1,D1,E1,SA1,SB1,SC1
15160         1,SD1,SE1)
15170          DIMENSION IHAN(8)
15180          U03=SAKEN(A,SA,A1,SA1)
15190          U04=SAKEN(B,SB,B1,SB1)
15200          U05=SAKEN(C,SC,C1,SC1)
15210          U06=SAKEN(D,SD,D1,SD1)
15220          U08=SAKEN(E,SE,E1,SE1)
15230          IHA=KEUO(U03)
15240          IHB=KEUO(U04)
15250          IHC=KEUO(U05)
15260          IHD=KEUO(U06)
15270          IHE=KEUO(U08)
15280          IHAN(3)=IHA
15290          IHAN(4)=IHB
15300          IHAN(5)=IHC
15310          IHAN(6)=IHD
15320          IHAN(8)=IHE
15321          WRITE (6,15321)
15323 15321    FORMAT(///,30X,60H*************************************************
15325         1************,///)
15327          WRITE(6,15327)
15329 15327    FORMAT(11X,21H*STD TONO SANO KENTEI)
15330          DO 100  I=1,6
15340          J=I+2
15345          IH=IHAN(J)
15350          IF(J.EQ.7) GO TO 100
15360          GO TO(200,300,400,500),IH
15370      200 WRITE(6,600)J
15380      600 FORMAT(11X,4HU-23,I1,20H : 95% DEWA SAWA NAI)
15390          GO TO 100
15400      300 WRITE(6,700)J
15410      700 FORMAT(11X,4HU-23,I1,41H : # 95% DE SAGA ARU GA 99% DEWA SAWA NAI)
15420          GO TO 100
15430      400 WRITE(6,710)J
15440      710 FORMAT(11X,4HU-23,I1,21H : ## 99% DE SAGA ARU)
15450          GO TO 100
15460      500 WRITE(6,720)J
15470      720 FORMAT(11X,4HU-23,I1,8H :      -)
15480      100 CONTINUE
15481          WRITE(6,15481)
15482 15481    FORMAT(///,30X,60H*************************************************
15483         1************,///)
15484          RETURN
15486          END
15490          FUNCTION KEUO(A)
15500          IF(A.EQ.0.0) GO TO 90
15510          IF(A-1.96) 10,20,30
15520       10 KEUO=1
15530          GO TO 100
15540       20 KEUO=2
15550          GO TO 100
15553       30 IF(A-2.576) 40,50,50
```

```
15556     40 KEUO=2
15559        GO TO 100
15560     50 KEUO=3
15570        GO TO 100
15580     90 KEUO=4
15590    100 RETURN
15600        END
15610        SUBROUTINE HOOKAI(Y0,AM0,AD0,Y1,AM1,AD1,O8,O9,O0,O1,O2,A8,A9,A0,
15620       1A1,A2,SO8,SO9,SO0,SO1,SO2,SA8,SA9,SA0,SA1,SA2)
15630 C *** KEIKABI NO CALCULATION ***
15640        HKEI=(Y1-Y0-1.0)*365.0+(12.0+(AM1-1.0-AM0))*30.4+(30.4+(AD1-AD0))
15650        RAM8=-2.1641E-5*HKEI
15660        RAM9=-7.7861E-8*HKEI
15670        RAM0=-2.9050E-7*HKEI
15680        RAM1=-1.2754E-4*HKEI
15690        RAM2=-4.9073E-9*HKEI
15700        AA8=O8*EXP(RAM8)
15710        AA9=O9*EXP(RAM9)
15720        AA0=O0*EXP(RAM0)
15730        AA1=O1*EXP(RAM1)
15740        AA2=O2*EXP(RAM2)
15750        AAT=AA8+AA9+AA0+AA1+AA2
15760        A8=(AA8/AAT)*100.0
15770        A9=(AA9/AAT)*100.0
15780        A0=(AA0/AAT)*100.0
15790        A1=(AA1/AAT)*100.0
15800        A2=(AA2/AAT)*100.0
15810        SA8=A8*SO8/O8
15820        SA9=A9*SO9/O9
15830        SA0=A0*SO0/O0
15840        SA1=A1*SO1/O1
15850        SA2=A2*SO2/O2
15860        RETURN
15870        END
15880        SUBROUTINE HAP(A,B,C,D,E,SA,SB,SC,SD,SE,A1,B1,C1,D1,E1,SA1,SB1,SC
15890       11,SD1,SE1)
15900        DIMENSION IHAN(42)
15910        UO8=SAKEN(A,SA,A1,SA1)
15920        UO9=SAKEN(B,SB,B1,SB1)
15930        UO0=SAKEN(C,SC,C1,SC1)
15940        UO1=SAKEN(D,SD,D1,SD1)
15950        UO2=SAKEN(E,SE,E1,SE1)
15960        IHA=KEUO(UO8)
15970        IHB=KEUO(UO9)
15980        IHC=KEUO(UO0)
15990        IHD=KEUO(UO1)
16000        IHE=KEUO(UO2)
16010        IHAN(38)=IHA
16020        IHAN(39)=IHB
16030        IHAN(40)=IHC
16040        IHAN(41)=IHD
16050        IHAN(42)=IHE
16052        WRITE(6,90)
16054     90 FORMAT(///,30X,60H*************************************************
16056       1************,///)
16060        DO 100  I=1,5
16070        J=I+37
16075        IH=IHAN(J)
16080        GO TO(10,20,30,40),IH
16090     10 WRITE(6,50)J
16100     50 FORMAT(11X,4HPU-2,I2,20H : 95% DEWA SAWA NAI)
16110        GO TO 100
16120     20 WRITE(6,60)J
16130     60 FORMAT(11X,4HPU-2,I2,41H : ≠ 95% DE SAGA ARU GA 99% DEWA SAWA NAI)
16140        GO TO 100
16150     30 WRITE(6,70)J
```

```
16160     70 FORMAT(11X,4HPU-2,I2,21H : ## 99% DE SAGA ARU)
16170        GO TO 100
16180     40 WRITE(6,80)J
16190     80 FORMAT(11X,4HPU-2,I2,7H:      -)
16200    100 CONTINUE
16202        WRITE(6,16201)
16204 16201 FORMAT(///,30X,60H************************************************
16206       1************,///)
16210        RETURN
16220        END
16230        SUBROUTINE HAB(A,B,SA,SB,A1,B1,SA1,SB1)
16240        DIMENSION IHAN(11)
16250        UO0=SAKEN(A,SA,A1,SA1)
16260        UO1=SAKEN(B,SB,B1,SB1)
16270        IHA=KEUO(UO0)
16280        IHB=KEUO(UO1)
16290        IHAN(10)=IHA
16300        IHAN(11)=IHB
16310        DO 100 I=1,2
16320        J=I+9
16325        IH=IHAN(J)
16330        GO TO (10,20,30,40),IH
16340     10 WRITE(6,50)J
16350     50 FORMAT(11X,2HB-,I2,20H : 95% DEWA SAWA NAI)
16360        GO TO 100
16370     20 WRITE(6,60)J
16380     60 FORMAT(11X,2HB-,I2,41H : # 95% DE SAGA ARU GA 99% DEWA SAWA NAI)
16390        GO TO 100
16400     30 WRITE(6,70)J
16410     70 FORMAT(11X,2HB-,I2,21H : ## 99% DE SAGA ARU)
16420        GO TO 100
16430     40 WRITE(6,80)J
16440     80 FORMAT(11X,2HB-,I2,7H      -)
16450    100 CONTINUE
16460        RETURN
16470        END
16480        SUBROUTINE DXS95(T,N,AV,CV,K)
16500        DIMENSION H(50),NO(50),Y(50),T(50)
16510        DO 888 I=1,N
16520    888 H(I)=T(I)
16530        N1=N-1
16540        DO 10 I=1,N
16550        NO(I)=I
16560     10 CONTINUE
16570        DO 100 I=1,N1
16580        I1=I+1
16590        DO 50 J=I1,N
16600        IF(H(I).LE.H(J)) GO TO 50
16610        EX=H(I)
16620        H(I)=H(J)
16630        H(J)=EX
16640        NX=NO(I)
16650        NO(I)=NO(J)
16660        NO(J)=NX
16670     50 CONTINUE
16680    100 CONTINUE
16690        DATA Y(3),Y(4),Y(5),Y(6),Y(7),Y(8),Y(9),Y(10),Y(11),Y(12),Y(13),
16700       1Y(14),Y(15),Y(16),Y(17),Y(18),Y(19),Y(20),Y(21),Y(22),Y(23),Y(24),
16710       1Y(25)/0.941,0.765,0.642,0.560,0.507,0.554,0.512,0.477,0.576,0.546,
16720       10.521,0.546,0.525,0.507,0.490,0.475,0.462,0.450,0.440,0.430,0.421,
16730       10.413,0.406/
16740        I=N
16750        I1=N
16760        J=1
16770        J1=1
16780    110 IF(I1-7)11,11,12
```

```
   11 IA=1
      IB=1
      GO TO 1000
   12 IF(I1-10)13,13,14
   13 IA=1
      IB=2
      GO TO 1000
   14 IF(I1-13)15,15,16
   15 IA=2
      IB=2
      GO TO 1000
   16 IA=2
      IB=3
 1000 L=I-IA
      IAB=J1+IB
      IF(H(I)-H(IAB))5,5,111
    5 B=-1.0
      GO TO 21
  111 A=(H(I)-H(L))/(H(I)-H(IAB))
      B=A-Y(I1)
      IF(B)21,21,22
   22 H(I)=-H(I)
      NO(I)=-NO(I)
      I=I-1
      I1=I1-1
   21 IF(I1-7)31,31,32
   31 IC=2
      ID=0
      GO TO 2000
   32 IF(I1-10)33,33,34
   33 IC=2
      ID=1
      GO TO 2000
   34 IF(I1-I3)35,35,36
   35 ID=1
      IC=3
      GO TO 2000
   36 IC=3
      ID=2
 2000 LL=I-ID
      IAC=J1+IC
      IF(H(LL)-H(J))3000,3000,55
   55 C=(H(IC)-H(J))/(H(LL)-H(J))
      D=C-Y(I1)
      IF(D)56,56,57
   57 H(J)=-H(J)
      NO(J)=-NO(J)
      J=J+1
      J1=J1+1
      I1=I1-1
   56 IF(B)2500,2500,110
 2500 IF(D)3000,3000,110
 3000 O=0.0
      P=0.0
      Q=0.0
      K=N
      DO 210 I=1,N
      IF(H(I).LE.0.0) GO TO 210
      O=O+1.0
      P=P+H(I)
      Q=Q+H(I)**2
  210 CONTINUE
      IF(O.LT.2.0) GO TO 213
      AV=P/O
      SUM=0.0
      DO 220 I=1,N
```

```
17433          IF(H(I).LE.0.0) GO TO 220
17434          SUM=SUM+(H(I)-AV)**2
17436      220 CONTINUE
17438          S=SQRT(SUM/(N-1))
17440          CV=S/AV*100.0
17450          K=K-O
17460          DO 212 I=1,N
17470          IF(NO(I).GE.0) GO TO 212
17480          MM=-NO(I)
17490          T(MM)=-T(MM)
17500      212 CONTINUE
17510          GO TO 214
17520      213 AV=0.0
17530          CV=0.0
17540      214 RETURN
17550          END
END OF DATA
```

別添資料－2.

同位体希釈－質量分析プログラム
(FORTRAN-Ⅳ)

```
00010 C      THIS PROGRAM IS CALCULATION OF ISOTOPE DILUTION MASS SPECTROMETRY
00020 C                          (IDMS) METHOD
00030        DOUBLE PRECISION X,Y,Z,A0,A1,PPM10,PPMG,CV10,CVG,CV
00040        DIMENSION X(14),BU(3),AN(3),SA(5)
00050    999 WRITE(6,100)
00060    100 FORMAT(1X,98HU-233 INPUT 1,PU-242 INPUT 2,ND-150 INPUT 3,B-10 INPU
00061       1T 4,U INPUT 5,PU INPUT 6,ND INPUT 7,B INPUT 8)
00090        READ(5,*) K
00100        WRITE(6,200)
00110    200 FORMAT(5X,52HVOLUME BASE OR WEIGHT BASE ? VOL INPUT 1 WEI INPUT 2)
00130        READ(5,*) N
00131        WRITE(6,401)
00132    401 FORMAT(3X,17HINPUT SAMPLE NAME,1X,19H17J KARA 20 JI MADE)
00134        READ(5,402)(SA(I),I=1,5)
00135    402 FORMAT(5A4)
00136        WRITE(6,403)
00137    403 FORMAT(1X,31HINPUT DATE(3A4),BUNSEKISHA(3A4))
00138        READ(5,404)(BU(I),I=1,3),(AN(I),I=1,3)
00139    404 FORMAT(6A4)
00140        WRITE(6,300)
00150    300 FORMAT(5X,25H INPUT DATA X(1) TO X(14))
00160        READ(5,*) (X(J),J=1,14)
00161        A1=X(13)
00162        A0=1.0-A1
00163        AM=A1*11.0093+A0*10.0129
00170        Y=(X(11)*(X(5)-X(7))*X(1))/(X(13)*(1-(X(5)/X(9)))*X(3))
00180        Z=DSQRT((X(1)**2/X(3)**2)*((X(11)**2*((X(5)-X(7))**2)
00190       1*(X(13)**2*((X(5)**2)*(X(10)**2/X(9)**4)+(X(6)**2/X(9)
00200       1**2)))+(1.0-X(5)/X(9))**2*X(14)**2)/(X(13)**2*(1.0-X(5)/X(9
00210       1))**4)+(X(11)**2*(X(6)**2+X(8)**2)+(X(12)**2*(X(5)-X(7))
00220       1**2))/(X(13)**2*(1.0-(X(5)/X(9)))**2))+(((X(11)*(X(5)-X(7)))
00230       1/(X(13)*(1.0-X(5)/X(9))))**2)*(((X(1)**2*X(4)**2)
00240       1/X(3)**4)+(X(2)**2/X(3)**2)))
00244        PPM10=Y*A0/6.0225D23*10.0129D6
00246        PPMG=Y/6.0225D23*AM*1.0D6
00247        CV=Z/Y
00248        CV10=CV*PPM10
00249        CVG=CV*PPMG
00250        WRITE(6,400)
00260    400 FORMAT(5X,27H RENEW A PAGE IF OK INPUT 1)
00270        READ(5,*) PA
00280        GO TO(10,20,30,40,50,60,70,80),K
00290     10 WRITE(6,150)
00300    150 FORMAT(////////////////,20X,15H***************,38H DETERMINATION OF
00310       1 U-233 BY IDMS METHOD,16H ***************)
00320        GO TO(110,120),N
00330    110 WRITE(6,111)
00340    111 FORMAT(/ 50X,12H*VOLUME BASE,///40X,10HINPUT DATA)
00341        GO TO 301
00350    120 WRITE(6,121)
00360    121 FORMAT(/ 50X,12H*WEIGHT BASE,///40X,10HINPUT DATA)
00370    301 WRITE(6,250) ((X(J),J=1,14),Y,Z)
00380    250 FORMAT(/20X,54HA (SAMPLING VOLUME(ML) OR WEIGHT(GM) OF U-238 STD S
00390       1OL),4X,1H=,3X,E12.5,/21X,7HSIGMA A,50X,1H=,3X,E12.5,/
00400       1 20X,56HB (SAMPLING VOLUME(ML) OR WEIGHT(GM) OF U-233 SPIKE SOL),
00410       12X,1H=,3X,E12.5,/21X,7HSIGMA B,50X,1H=,3X,E12.5,/20X,
00420       139HM38(U-233/U-238 RATIO IN SPIKED SAMPLE),
00425       119X,1H=,3X,E12.5,/21X,
00430       19HSIGMA M38,48X,1H=,3X,E12.5,/20X,
00435       140HR38U-233/U-238 RATIO IN UNSPIKED SAMPLE),
00440       118X,1H=,3X,E12.5,/21X,9HSIGMA R38,48X,1H=,3X,E12.5,
00450       1/20X,35HS38(U-233/U-238 RATIO IN SPIKE SOL),23X,1H=,3X,E12.5,
00460       1/21X,9HSIGMA S38,48X,1H=,3X,E12.5,/20X,49HA8 (U-238 NUMBER OF ATOM
00470       1 IN U-238 STD SOL/ML(GM)),9X,1H=,3X,E12.5,/21X,
00480       18HSIGMA A8,49X,1H=,3X,E12.5,/40X,1H-,37X,1H=,3X,E12.5,/40X,
00490       11H-,37X,1H=,3X,E12.5,////50X,7HRESULTS,/45X,18HU-233 ATOMS/ML(GM),
```

```
00500       1/48X,E12.5,/50X,E12.5)
00501        GO TO 99
00510    20 WRITE(6,160)
00520   160 FORMAT(/////////////////,20X,15H***************,39H DETERMINATION OF
00530       1 PU-242 BY IDMS METHOD,16H ***************)
00540        GO TO(130,140),N
00550   130 WRITE(6,131)
00560   131 FORMAT(/ 50X,12H*VOLUME BASE,///40X,10HINPUT DATA)
00561        GO TO 302
00570   140 WRITE(6,141)
00580   141 FORMAT(/ 50X,12H*WEIGHT BASE,/// 40X,10HINPUT DATA)
00590   302 WRITE(6,350) ((X(J),J=1,14),Y,Z)
00600   350 FORMAT(/20X,56HA (SAMPLING VOLUME(ML) OR WEIGHT(GM) OF PU-239 STD
00601       1 SOL),
00610       12X,1H=,3X,E12.5,/21X,7HSIGMA A,50X,1H=,3X,E12.5,/
00615       120X,
00620       157HB (SAMPLING VOLUME(ML) OR WEIGHT(GM) OF PU-242 SPIKE SOL),1X,1H
00621       1=,
00630       13X,E12.5,/21X,7HSIGMA B,50X,1H=,3X,E12.5,/20X,41HM29(PU-242/PU-239
00640       1 RATIO IN SPIKED SAMPLE),17X,1H=,3X,E12.5,/21X,
00650       19HSIGMA M29,48X,1H=,3X,E12.5,/20X,43HR29(PU-242/PU-239 RATIO IN UN
00660       1SPIKED SAMPLE),15X,1H=,3X,E12.5,/21X,9HSIGMA R29,48X,1H=,
00670       13X,E12.5,/20X,37HS29(PU-242/PU-239 RATIO IN SPIKE SOL),21X,
00680       11H=,3X,E12.5,/21X,9HSIGMA S29,48X,1H=,3X,E12.5,/20X,
00690       151HA9 (PU-239 NUMBER OF ATOM IN PU-239 STD SOL/ML(GM)),7X,1H=,3X,
00700       1E12.5,/21X,8HSIGMA A9,49X,1H=,3X,E12.5,/40X,1H-,37X,1H=,3X,
00710       1E12.5,/40X,1H-,37X,1H=,3X,E12.5,////50X,7HRESULTS,/45X,
00720       119HPU-242 ATOMS/ML(GM),/48X,E12.5,/50X,E12.5)
00721        GO TO 99
00730    30 WRITE(6,170)
00740   170 FORMAT(/////////////////,20X,15H***************,39H DETERMINATION OF
00750       1 ND-150 BY IDMS METHOD,16H ***************)
00760        GO TO(210,220),N
00770   210 WRITE(6,211)
00780   211 FORMAT(/ 50X,12H*VOLUME BASE,///40X,10HINPUT DATA)
00781        GO TO 303
00790   220 WRITE(6,221)
00800   221 FORMAT(/ 50X,12H*WEIGHT BASE,///40X,10HINPUT DATA)
00810   303 WRITE(6,450) ((X(J),J=1,14),Y,Z)
00820   450 FORMAT(/ 20X,55HA (SAMPLING VOLUME(ML) OR WEIGHT(GM) OF ND-148 STD
00830       1 SOL),3X,1H=,3X,E12.5,/21X,7HSIGMA A,50X,1H=,3X,E12.5
00840       1,/20X,57HB (SAMPLING VOLUME(ML) OR WEIGHT(GM) OF ND-150 SPIKE SOL)
00850       1,1X,1H=,3X,E12.5,/21X,7HSIGMA B,50X,1H=,3X,E12.5,/20X,
00860       141HM08(ND-150/ND-148 RATIO IN SPIKED SAMPLE),17X,1H=,3X,E12.5,
00870       1/21X,9HSIGMA M08,48X,1H=,3X,E12.5,/20X,43HR08(ND-150/ND-148 RATIO
00880       1IN UNSPIKED SAMPLE),15X,1H=,3X,E12.5,/21X,9HSIGMA R08,
00890       148X,1H=,3X,E12.5,/20X,37HS08(ND-150/ND-148 RATIO IN SPIKE SOL),
00900       121X,1H=,3X,E12.5,/21X,9HSIGMA S08,48X,1H=,3X,E12.5,/20X,
00910       151HA8 (ND-148 NUMBER OF ATOM IN ND-148 STD SOL/ML(GM)),7X,1H=,3X,
00920       1E12.5,/21X,8HSIGMA A8,49X,1H=,3X,E12.5,/40X,1H-,37X,1H=,3X,
00930       1E12.5,/40X,1H-,37X,1H=,3X,E12.5,////50X,7HRESULTS,/45X,
00940       119HND-150 ATOMS/ML(GM),/48X,E12.5,/50X,E12.5)
00941        GO TO 99
00950    40 WRITE(6,180)
00960   180 FORMAT(/////////////////,20X,15H***************,37H DETERMINATION OF
00970       1 B-10 BY IDMS METHOD,16H ***************)
00980        GO TO(310,320),N
00990   310 WRITE(6,311)
01000   311 FORMAT(/50X,1H*,11HVOLUME BASE,///40X,10HINPUT DATA)
01001        GO TO 304
01010   320 WRITE(6,321)
01020   321 FORMAT(/50X,1H*,11HWEIGHT BASE,///40X,10HINPUT DATA
01030       1)
01040   304 WRITE(6,550) ((X(J),J=1,14),Y,Z)
01050   550 FORMAT(/ 20X,53HA (SAMPLING VOLUME(ML) OR WEIGHT(GM) OF B-10 STD S
01060       10L),5X,1H=,3X,E12.5,/21X,7HSIGMA A,50X,1H=,3X,E12.5,/
```

```
01070       120X,55HB (SAMPLING VOLUME(ML) OR WEIGHT(GM) OF B-10 SPIKE SOL),
01080       13X,1H=,3X,E12.5,/21X,7HSIGMA B,50X,1H=,3X,E12.5,/20X,
01090       137HM01(B-10/B-11 RATIO IN SPIKED SAMPLE),21X,1H=,3X,E12.5,/21X,
01100       19HSIGMA M01,48X,1H=,E12.5,/20X,39HR01(B-10/B-11 RATIO IN UNSPIKED
01110       1SAMPLE),19X,1H=,3X,E12.5,/21X,9HSIGMA R01,48X,1H=,3X,E12.5,/20X,
01120       132HS01(B-10/B11 RATIO IN SPIKE SOL),26X,1H=,3X,E12.5,/21X,
01130       19HSIGMA S01,48X,1H=,3X,E12.5,/20X,47HA1 (B-11 NUMBER OF ATOM IN B=
01140       111 STD SOL/ML(GM)),11X,1H=,3X,E12.5,/21X,8HSIGMA A1,49X,1H=,
01150       13X,E12.5,/40X,1H-,37X,1H=,3X,E12.5,/40X,1H-,37X,1H=,3X,
01155       1E12.5,
01160       1////50X,7HRESULTS,//45X,17HB-10 ATOMS/ML(GM),/48X,E12.5,/50X,
01170       1E12.5)
01171        GO TO 99
01180    50 WRITE(6,190)
01190   190 FORMAT(///////////////,20X,15H***************,34H DETERMINATION OF
01200       1 U BY IDMS METHOD,16H ***************)
01210        GO TO(410,420),N
01220   410 WRITE(6,411)
01230   411 FORMAT(/ 50X,1H*,11HVOLUME BASE,///40X,10HINPUT DATA)
01231        GO TO 305
01240   420 WRITE(6,421)
01250   421 FORMAT(/ 50X,1H*,11HWEIGHT BASE,///40X,10HINPUT DATA)
01260   305 WRITE(6,650) ((X(J),J=1,14),Y,Z)
01270   650 FORMAT(/ 20X,56HA (SAMPLING VOLUME(ML) OR WEIGHT(GM) OF U-233 SPIK
01280       1E SOL),2X,1H=,3X,E12.5,/21X,7HSIGMA A,50X,1H=,3X,E12.5,
01290       1/20X,55HB (SAMPLING VOLUME(ML) OR WEIGHT(GM) OF UNKNOWN SAMPLE),
01300       13X,1H=,3X,E12.5,/21X,7HSIGMA B,50X,1H=,3X,E12.5,/20X,
01310       139HM83(U-238/U-233 RATIO IN SPIKED SAMPLE),19X,1H=,3X,E12.5,/21X,
01320       19HSIGMA M83,48X,1H=,3X,E12.5,/20X,35HS83(U-238/U-233 RATIO IN SPIK
01330       1E SOL),23X,1H=,3X,E12.5,/21X,9HSIGMA S83,48X,1H=,3X,E12.5,
01340       1/20X,41HR83(U-238/U-233 RATIO IN UNSPIKED SAMPLE),17X,1H=,
01350       13X,E12.5,/21X,9HSIGMA R83,48X,1H=,3X,E12.5,/20X,52HA33 (U-233 NUMB
01360       1ER OF ATOM IN U-233 SPIKE SOL/ML(GM)),6X,1H=,3X,E12.5,
01370       1/21X,9HSIGMA A33,48X,1H=,3X,E12.5,/20X,49HA8 (ATOMIC ABUNDANCE OF
01380       1U-238 IN UNSPIKED SAMPLE),9X,1H=,3X,E12.5,/21X,8HSIGMA A8,
01390       149X,1H=,3X,E12.5,////50X,7HRESULTS,//45X,14HU ATOMS/ML(GM),
01400       1/48X,E12.5,/50X,E12.5)
01401        GO TO 99
01410    60 WRITE(6,191)
01420   191 FORMAT(///////////////,20X,15H***************,35H DETERMINATION OF
01430       1 PU BY IDMS METHOD,16H ***************)
01440        GO TO(510,520),N
01450   510 WRITE(6,511)
01460   511 FORMAT(/50X,1H*,11HVOLUME BASE,///40X,10HINPUT DATA)
01461        GO TO 306
01470   520 WRITE(6,521)
01480   521 FORMAT(/ 50X,1H*,11HWEIGHT BASE,///40X,10HINPUT DATA)
01490   306 WRITE(6,750) ((X(J),J=1,14),Y,Z)
01500   750 FORMAT(/ 20X,57HA (SAMPLING VOLUME(ML) OR WEIGHT(GM) OF PU-242 SPI
01510       1KE SOL),1X,1H=,3X,E12.5,/21X,7HSIGMA A,50X,1H=,3X,E12.5,/
01520       120X,55HB (SAMPLING VOLUME(ML) OR WEIGHT(GM) OF UNMNOWN SAMPLE),
01530       13X,1H=,3X,E12.5,/21X,7HSIGMA B,50X,1H=,3X,E12.5,/20X,41HM92(PU-239
01540       1/PU-242 RATIO IN SPIKED SAMPLE),17X,1H=,3X,E12.5,/21X,
01550       19HSIGMA M92,48X,1H=,3X,E12.5,/20X,37HS92(PU-239/PU-242 RATIO IN SP
01560       1IKE SOL),21X,1H=,3X,E12.5,/21X,9HSIGMA S92,48X,1H=,3X,E12.5,
01570       1/20X,43HR92(PU-239/PU-242 RATIO IN UNSPIKED SAMPLE),15X,1H=,
01580       13X,E12.5,/21X,9HSIGMA R92,48X,1H=,3X,E12.5,/20X,54HA42 (PU-242 NUM
01590       1BER OF ATOM IN PU-242 SPIKE SOL/ML(GM)),4X,1H=,3X,E12.5,
01600       1/21X,9HSIGMA A42,48X,1H=,3X,E12.5,/20X,50HA9 (ATOMIC ABUNDANCE OF
01610       1PU-239 IN UNSPIKED SAMPLE),8X,1H=,3X,E12.5,/21X,
01620       18HSIGMA A9,49X,1H=,3X,E12.5,////50X,7HRESULTS,//45X,15HPU ATOMS/ML
01630       1(GM),/48X,E12.5,/50X,E12.5)
01631        GO TO 99
01640    70 WRITE(6,192)
01650   192 FORMAT(///////////////,20X,15H***************,35H DETERMINATION OF
01660       1 ND BY IDMS METHOD,16H ***************)
```

```
01670        GO TO(610,620),N
01680    610 WRITE(6,611)
01690    611 FORMAT(/ 50X,1H*,11HVOLUME BASE,///40X,10HINPUT DATA)
01691        GO TO 307
01700    620 WRITE(6,621)
01710    621 FORMAT(/50X,1H*,11HWEIGHT BASE,///40X,10HINPUT DATA)
01720    307 WRITE(6,850) ((X(J),J=1,14),Y,Z)
01730    850 FORMAT(/ 20X,57HA (SAMPLING VOLUME(ML) OR WEIGHT(GM) OF ND-150 SPI
01740       1KE SOL),1X,1H=,3X,E12.5,/21X,7HSIGMA A,50X,1H=,3X,E12.5,/
01750       120X,55HB (SAMPLING VOLUME(ML) OR WEIGHT(GM) OF UNKNOWN SAMLPE),
01760       13X,1H=,3X,E12.5,/21X,7HSIGMA B,50X,1H=,3X,E12.5,/20X,
01770       141HM80(ND-148/ND-150 RATIO IN SPIKED SAMPLE),17X,1H=,3X,E12.5,/21X
01780       1,9HSIGMA M80,48X,1H=,3X,E12.5,/20X,37HS80(ND-148/ND-150 RATIO IN S
01790       1PIKE SOL),21X,1H=,3X,E12.5,/21X,9HSIGMA S80,48X,1H=,3X,E12.5,
01800       1/20X,43HR80(ND-158/ND-150 RATIO IN UNSPIKED SAMPLE),15X,1H=,
01810       13X,E12.5,/21X,9HSIGMA R80,48X,1H=,3X,E12.5,/20X,54HA50 (ND-150 NUM
01820       1BER OF ATOM IN ND-150 SPIKE SOL/ML(GM)),4X,1H=,3X,E12.5,
01830       1/21X,9HSIGMA A50,48X,1H=,3X,E12.5,/20X,50HA8 (ATOMIC ABUNDANCE OF
01840       1ND-148 IN UNSPIKED SAMPLE),8X,1H=,3X,E12.5,/21X,8HSIGMA A8,
01850       149X,1H=,3X,E12.5,////50X,7HRESULTS,//45X,15HND ATOMS/ML(GM),/
01860       148X,E12.5,/50X,E12.5)
01861        GO TO 99
01870     80 WRITE(6,193)
01880    193 FORMAT(//////////////,20X,15H***************,34H DETERMINATION OF
01890       1 B BY IDMS METHOD,16H ***************)
01900        GO TO(710,720),N
01910    710 WRITE(6,711)
01920    711 FORMAT(/50X,1H*,11HVOLUME BASE,///40X,10HINPUT DATA)
01921        GO TO 308
01930    720 WRITE(6,721)
01940    721 FORMAT(///50X,1H*,11HWEIGHT BASE,/// 40X,10HINPUT DATA)
01950    308 WRITE(6,950) ((X(J),J=1,14),Y,PPM10,PPMG,Z,CV10,CVG)
01960    950 FORMAT(/ 20X,55HA (SAMPLING VOLUME(ML) OR WEIGHT(GM) OF B-10 SPIKE
01970       1 SOL),3X,1H=,3X,E12.5,/21X,7HSIGMA A,50X,1H=,3X,E12.5,
01980       1/20X,55HB (SAMPLING VOLUME(ML) OR WEIGHT(GM) OF UNKNOWN SAMPLE),
01990       13X,1H=,3X,E12.5,/21X,7HSIGMA B,50X,1H=,3X,E12.5,/20X,
02000       137HM10(B-11/B-10 RATIO IN SPIKED SAMPLE),21X,1H=,3X,E12.5,/21X,
02010       19HSIGMA M10,48X,1H=,3X,E12.5,/20X,33HS10(B-11/B-10 RATIO IN SPIKE
02020       1SOL),25X,1H=,3X,E12.5,/21X,9HSIGMA S10,48X,1H=,3X,E12.5,/
02030       120X,39HR10(B-11/B-10 RATIO IN UNSPIKED SAMPLE),19X,1H=,3X,E12.5,
02040       1/21X,9HSIGMA R10,48X,1H=,3X,E12.5,/20X,50HA10 (B-10 NUMBER OF ATOM
02050       1 IN B-10 SPIKE SOL/ML(GM)),8X,1H=,3X,E12.5,/21X,9HSIGMA A10,
02060       148X,1H=,3X,E12.5,/20X,48HA1 (ATOMIC ABUNDANCE OF B-11 IN UNSPIKED
02070       1SAMPLE),10X,1H=,3X,E12.5,/21X,8HSIGMA A1,49X,1H=,
02080       13X,E12.5,////40X,22HRESULTS OF CALCULATION,//,
02082       130X,20HATOMS(GROSS B)/G SOL,5X,9HPPM(B-10),5X,12HPPM(GROSS B),/,
02083       129X,3HX :,2X,
02084       1E12.5,9X,F9.4,6X,F9.4,/,29X,3H$ :,2X,E12.5,9X,F9.4,6X,F9.4,
02086       177,29X,15H* $ = ONE SIGMA)
02091     99 WRITE(6,405)(SA(I),I=1,5)
02092    405 FORMAT(////,70X,18HSAMPLE NAME        =,1X,5A4)
02093        WRITE(6,406)(BU(I),I=1,3),(AN(I),I=1,3)
02094    406 FORMAT(70X,18HDATE OF ANALYZED =,1X,3A4,/70X,18HANALYST          =
02095       1,1X,3A4)
02100        WRITE(6,9999)
02110   9999 FORMAT(//////////////////48H NEXT SAMPLE YES OR NO IF YES INPUT 1 N
02120       10 INPUT 0)
02130        READ(5,*) NE
02140        IF(NE.EQ.1) GO TO 999
02150        STOP
02160        END
END OF DATA
```

別添資料－3.

U, Pu, ^{148}Nd法による燃焼率計算プログラム (FORTRAN-Ⅳ)

```
C       THIS PROGRAM IS CALCULATION OF BURNUP BY ND-148,U,PU METHOD
      DOUBLE PRECISION X
      DIMENSION X(3,14),Y(3),Z(3),SINA(4),SU(3)
  500 WRITE(6,50)
   50 FORMAT(/5X,24HINPUT SAMPLE SERIES NAME)
      READ(5,300)(SINA(I),I=1,4)
  300 FORMAT(4A4)
      WRITE(6,10)
   10 FORMAT(/5X,15HINPUT SAMPLE NO)
      READ(5,600)(SU(I),I=1,3)
  600 FORMAT(3A4)
      WRITE(6,30)
   30 FORMAT(/5X,46HINPUT MASS DATA FROM X(I,1) TO X(3,14)AND E,SE)
      READ(5,*)((X(I,J),J=1,14),I=1,3)
      READ(5,*)E,SE
      DO 100 I=1,3
      Y(I)=(X(I,1)*(X(I,3)-X(I,5))*X(I,7))/(X(I,9)*(1-(X(I,3)/X(I,11
     1)))*X(I,13))
      Z(I)=DSQRT((X(I,7)**2/X(I,13)**2)*((X(I,1)**2*((X(I,3)-X(I,5))**2)
     1*(X(I,9)**2*((X(I,3)**2)*(X(I,12)**2/X(I,11)**4)+(X(I,4)**2/
     1X(I,11)
     2**2)))+(1.0-X(I,3)/X(I,11))**2*X(I,10)**2)/(X(I,9)**2*(1.0-X(I,3)
     1/X(I
     3,11))**4)+(X(I,1)**2*(X(I,4)**2+X(I,6)**2)+(X(I,2)**2*(X(I,
     13)-X(I
     4,5))**2))/(X(I,9)**2*(1.0-(X(I,3)/X(I,11)))**2))+(((X(I,1)*(X
     1(I,3)-X(
     5I,5)))/(X(I,9)*(1.0-X(I,3)/X(I,11))))**2)*(((X(I,7)**2*X(I,14)**2)
     6/X(I,13)**4)+(X(I,8)**2/X(I,13)**2)))
  100 CONTINUE
      FT=Y(1)/E
      SFT=SQRT(Y(1)**2*SE**2/E**4+Z(1)**2/E**2)
      FP=(FT/(FT+Y(2)+Y(3)))*100
      SFP=SQRT(100**2*(FT**2*(SFT+Z(2)+Z(3))/(FT+Y(2)+Y(3))**4+(SFT**2/
     1(FT+Y(2)+Y(3))**2)))
      RPU=Y(2)/Y(3)
      SRPU=SQRT(Y(2)**2*((Z(3)/Y(3))*1.0/Y(3))**2+((1.0/Y(3))**2)*Z(2)**
     12)
      WRITE(6,200)
  200 FORMAT( / 27H RENEW A PAGE IF OK INPUT 1)
      READ(5,*) KO
      WRITE(6,40)
   40 FORMAT( ////// 20X15H:::::::::::::::,40HBURNUP MEASUREMENT BY ND-1
     148,PU,U METHOD,15H:::::::::::::::)
      WRITE(6,60) (SINA(I),I=1,4)
   60 FORMAT(/ / 5X,18HSAMPLE SERIES NAME,5H.....,4A4)
      WRITE(6,20)(SU(I),I=1,3)
   20 FORMAT( / 5X,13HSAMPLE NUMBER,10H..........,3A4)
      WRITE(6,70)
   70 FORMAT(/// 20X,10HINPUT DATA)
      WRITE(6,80)
   80 FORMAT(// 17X,11HND-FRACTION,34X,11HPU-FRACTION,30X,10HU-FRACTION
     1)
      WRITE(6,90) ((X(I,J),I=1,3),J=1,7)
   90 FORMAT(// 10X,4HA-50,8X,1H=,2X,E11.4,17X,4HA-42,8X,1H=,2X,E11.4,16
     1X,4HA-33,8X,1H=,2X,E11.4, /10X,10HSIGMA A-50,2X,1H=,2X,E11.4,17X,
     210HSIGMA A-42,2X,1H=,2X,E11.4,16X,10HSIGMA A-33,2X,1H=,2X,E11.4,/
     110X,
     3 4HM-80,8X,1H=,2X,E11.4,17X,4HM-92,8X,1H=,2X,E11.4,16X,4HM-83,8X,1
     4H=,2X,E11.4, / 10X,10HSIGMA M-80,2X,1H=,2X,E11.4,17X,10HSIGMA M-92
     5,2X,1H=,2X,E11.4,16X,10HSIGMA M-83,2X,1H=,2X,E11.4, / 10X,4HS-80,8
     6X,1H=,2X,E11.4,17X,4HS-92,8X,1H=,2X,E11.4,16X,4HS-83,8X,1H=,2X,E11
     7.4, / 10X,10HSIGMA S-80,2X,1H=,2X,E11.4,17X,10HSIGMA S-92,2X,1H=,2
     8X,E11.4,16X,10HSIGMA S-83,2X,1H=,2X,E11.4,/ 10X,1HA,11X,1H=,2X,E11
     9.4,17X,1HA,11X,1H=,2X,E11.4,16X,1HA,11X,1H=,2X,E11.4)
      WRITE(6,150)(((X(I,J),I=1,3),J=8,14),E,SE)
```

```
00544   150 FORMAT(10X,7HSIGMA A,5X
00550      1,1H=,2X,E11.4,17X,7HSIGMA A,5X,1H=,2X,E11.4,16X,7HSIGMA A,5X
00560      2,1H=,2X,E11.4,/15X,1H-,6X,1H=,2X,E11.4,17X,2HA9,10X,1H=,2X,E11.4
00570      3,16X,2HA8,10X,1H=,2X,E11.4,/15X,1H-,6X,1H=,2X,E11.4,17X,
00575      1 8HSIGMA A9,
00580      44X,1H=,2X,E11.4,16X,8HSIGMA A8,4X,1H=,2X,E11.4,/10X,4HR-80,8X
00590      5,1H=,2X,E11.4,17X,4HR-92,8X,1H=,2X,E11.4,16X,4HR-83,8X,1H=,2X,E11.
00600      64,/10X,10HSIGMA R-80,2X,1H=,2X,E11.4,17X,10HSIGMA R-92,2X,1H=,2X
00610      7,E11.4,16X,10HSIGMA R-83,2X,1H=,2X,E11.4,/10X,1HB,11X,1H=,2X,E11
00620      8.4,17X,1HB,11X,1H=,2X,E11.4,16X,1HB,11X,1H=,2X,E11.4,/10X,
00625      17HSIGMA B,
00630      95X,1H=,2X,E11.4,17X,7HSIGMA B,5X,1H=,2X,E11.4,16X,7HSIGMA B,5X,1H=
00640      9,2X,E11.4,//47X,20HND-148 FISSION YIELD,2X,1H=,2X,F8.5,/
00645      141X,26HSIGMA ND-148 FISSION YIELD,2X,1H=,2X,F8.5)
00650       WRITE(6,110)
00660   110 FORMAT(// 50X,22HRESULTS OF CALCULATION)
00670       WRITE(6,130)
00680   130 FORMAT(//54X,8HATOMS/ML,9X,5HSIGMA)
00690       WRITE(6,120)((Y(I),Z(I),I=1,3),FT,SFT)
00700   120 FORMAT(/40X,9HF(ND-148),2X,1H=,2X,E11.4,2X,E11.4,/44X,2HPU,5X,1
00710      1H=,2X,E11.4,2X,E11.4,/44X,1HU,6X,1H=,2X,E11.4,2X,E11.4,/40X,8
00720      2HF(TOTAL),3X,1H=,2X,E11.4,2X,E11.4)
00732       WRITE(6,160)RPU,SRPU
00734   160 FORMAT(44X,8HPU/U    =,2X,E11.4,2X,E11.4)
00736       WRITE(6,170)FP,SFP
00738   170 FORMAT(//,40X,19HATOM % FISSION F(%),2X,
00739      11H=,2X,F5.3,/40X,10HSIGMA F(%),11X,1H=,2X,F5.3)
00740       WRITE(6,140)
00750   140 FORMAT(////////////////48H NEXT SAMPLE YES OR NO IF YES INPUT 1 NO
00755      1 INPUT 0)
00760       READ(5,*)MG
00770       IF(MG.EQ.1) GO TO 500
00780       STOP
00790       END
END OF DATA
```

別添資料－4.

1元配置分散分析計算プログラム
(FORTRAN-Ⅳ)

```
00010 C      *** BUNSAN-BUNSEKI 1-GEN HAICHI ***
00020        DIMENSION X(30,30),JR(30),XIB(30),NA(3),KE(3),DA(3),N(30),
00021       1RV(30),SI(30),UE(30),STA(30),R(30),YO(3)
00040  9999 WRITE(6,100)
00050   100 FORMAT(3X,35HINPUT DATA NAME KEISAN SHA AND DATE)
00060       READ(5,110)(NA(I),I=1,3),(KE(I),I=1,3),(DA(I),I=1,3)
00070   110 FORMAT(9A4)
00082       WRITE(6,81)
00084    81 FORMAT(3X,29HINPUT YOIN NO NAME 12 JI MADE)
00086       READ(5,82)(YO(I),I=1,3)
00088    82 FORMAT(3A4)
00089       WRITE(6,120)
00090   120 FORMAT(3X,20HINPUT SUIJUN NO KAZU)
00092       READ(5,*)L
00094       GO TO 801
00096   905 IF(M.EQ.1)GO TO 902
00098       GO TO 904
00100   902 WRITE(6,903)
00102   903 FORMAT(3X,18HINPUT KURIKAESI SU)
00104       READ(5,*)NN
00106       DO 700 I=1,L
00107       N(I)=NN
00108   700 CONTINUE
00109       GO TO 901
00110   904 WRITE(6,160)
00120   160 FORMAT(3X,39HINPUT KAKU SUINJUN NO KURIKAESI NO KAZU)
00130       READ(5,*)(N(I),I=1,L)
00140   901 WRITE(6,170)
00150   170 FORMAT(3X,27HINPUT DATA KAKU SUIJUN GOTO)
00160       DO 10 I=1,L
00170       IR=N(I)
00180       READ(5,*)(X(I,J),J=1,IR)
00190    10 CONTINUE
00191       GO TO 906
00200   801 WRITE (6,800)
00210   800 FORMAT(3X,67HKAKU SUIJUN NO KURIKSESHI SU WA HITOSHI KA ? YES INPU
00220      1T 1 NO INPUT 0)
00230       READ(5,*) M
00231       GO TO 905
00240   906 WRITE(6,130)
00250   130 FORMAT(3X,26HRENEW A PAGE IF OK INPUT 1)
00260       READ(5,*) P
00270       WRITE(6,140)
00280   140 FORMAT(///30X,38H*** 1-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***)
00290       WRITE(6,150)(NA(I),I=1,3),(KE(I),I=1,3),(DA(I),I=1,3)
00300   150 FORMAT(/70X,9HDATA NAME,2X,1H=,3A4,/70X,10HKEISAN SHA,1X,1H=,
00310      11X,3A4,/70X,4HDATE,7X,1H=,3A4,//25X,10HINPUT DATA,/)
00311       RR=0.0
00312       SXI=0.0
00320       DO 20 I=1,L
00330       IR=N(I)
00340       WRITE(6,180)I,(X(I,J),J=1,IR)
00350   180 FORMAT(3X,1HA,I2,1X,14F8.4,/7X,14F8.4)
00360       RR=RR+IR
00370       XI=0.0
00380       DO 30 J=1,IR
00390       XI=XI+X(I,J)
00400    30 CONTINUE
00410       XIB(I)=XI/(IR)
00420       SXI=SXI+XI
00430    20 CONTINUE
00440       XXB=SXI/RR
00441       SE=0.0
00442       ST=0.0
00450       DO 40 I=1,L
00460       IR=N(I)
```

```
00470        DO 50 J=1,IR
00480        SE=SE+(X(I,J)-XIB(I))**2
00490        ST=ST+(X(I,J)-XXB)**2
00500     50 CONTINUE
00510     40 CONTINUE
00520        SA=ST-SE
00530        IPHA=L-1
00540        IPHE=RR-L
00560        VA=SA/IPHA
00570        VE=SE/IPHE
00580        F0=VA/VE
00590        WRITE(6,190)
00600    190 FORMAT(//40X,20HBUNSAN BUNSEKI TABLE,//30X,4HYOIN,7X,1HS,9X,
00610       11H¢,6X,1HV,11X,2HF0)
00620        WRITE(6,200)SA,IPHA,VA,F0,SE,IPHE,VE
00630    200 FORMAT(/,32X,1HA,3X,E11.4,2X,I3,2X,E11.4,4X,F5.2,//32X,1HE,
00640       13X,E11.4,2X,I3,2X,E11.4)
00830        CALL FBUN(IPHA,IPHE,0.01,P1)
00840        IF(F0.GT.P1) GO TO 1000
00850        CALL FBUN(IPHA,IPHE,0.05,P5)
00860        IF(F0.GT.P5) GO TO 1100
00870        GO TO 1200
00880   1000 WRITE(6,840)
00890    840 FORMAT(//32X,34H* HANTEI : 99% DE SA GA ARUTO IERU)
00900        GO TO 990
00910   1100 WRITE(6,850)
00920    850 FORMAT(//32X,62H* HANTEI : 99% DE SA GA ARUTO IENAI GA 95% DE SA G
00930       1AARU TO IERU)
00940        GO TO 990
00950   1200 WRITE(6,860)
00960    860 FORMAT(//32X,32H* HANTEI : SA GA ARU TO WA IENAI)
00961    990 IF(F0.GT.P1) GO TO 4000
00962        WRITE(6,5003)P5,P1
00963   5003 FORMAT(/32X,7HF(0.05),1H=,F6.2,/32X,7HF(0.01),1H=,F6.2)
00964        GO TO 4001
00965   4000 WRITE(6,5004)P1
00966   5004 FORMAT(/32X,7HF(0.01),1X,1H=,1X,F6.2)
00967   4001 IF(M.EQ.0) GO TO 999
00970        $E=SQRT(VE)
00972        IF(VE.LT.VA) GO TO 981
00974        $A=0.0
00976        GO TO 982
00980    981 $A=SQRT((VA-VE)/NN)
01000    982 WRITE(6,880)$E,$A
01010    880 FORMAT(//,32X,3H$E=,E11.5,/32X,3H$A=,E11.5)
01011    999 CALL FBUN(IPHA,IPHE,0.05,P5)
01020        IF(F0.GT.P5) GO TO 1400
01030        GO TO 1500
01040   1400 DO 2000 I=1,L
01050        RV(I)=SQRT(VE/N(I))
01060        CALL FBUN(1,IPHE,0.05,F5)
01070        SF5=SQRT(F5)
01080        SI(I)=SF5*RV(I)
01090        UE(I)=XIB(I)+SI(I)
01100        STA(I)=XIB(I)-SI(I)
01101   2000 CONTINUE
01110        WRITE(6,5002)
01111   5002 FORMAT(/20X,1H*,28HKAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI)
01120        WRITE(6,5001)(I,XIB(I),SI(I),UE(I),STA(I),I=1,L)
01130   5001 FORMAT(/,(25X,1HA,I2,3X,
01140       1E11.5,3X,1H+,3X,E11.5,3X,1H(,E11.5,3X,1H,,3X,E11.5,1H)))
01150        GO TO 1300
01160   1500 RRV=SQRT(VE/RR)
01161        CALL FBUN(1,IPHE,0.05,F5)
01162        SF5=SQRT(F5)
01170        SSI=RRV*SF5
```

```
      UUE=XXB+SSI
      SITA=XXB-SSI
      WRITE(6,1600) XXB,SSI,UUE,SITA
 1600 FORMAT(/,20X,1H*,25HZEN DATA NO 95% SUITEICHI,/,(25X,E11.5,3X,
     11H+,3X,E11.5,3X,1H(,E11.5,3X,1H,3X,E11.5,1H)))
 1300 WRITE(6,870)(YO(I),I=1,3)
  870 FORMAT(///,32X,5H¢=PAI,/32X,7H$=SIGMA,/,32X,7HA YOIN=,3A4)
      WRITE(6,890)
  890 FORMAT(///,3X,44HNEXT DATA YES OR NO ? YES INPUT 1 NO INPUT 0)
      READ(5,*) NE
      IF(NE.EQ.1) GO TO 9999
      STOP
      END
      SUBROUTINE FBUN(IPH1,IPH2,ALFA,X)
      SEIDO=0.1E-5
      PH1=IPH1
      PH2=IPH2
      P=1.0-ALFA
      CALL PSEIKI(P,X)
      W1=2.0/(9.0*PH1)
      W2=2.0/(9.0*PH2)
      A=(1.0-W2)*(1.0-W2)-X*X*W2
      B=-2.0*(1.0-W2)*(1.0-W1)
      C=(1.0-W1)*(1.0-W1)-X*X*W1
      D=B*B-4.0*A*C
      IF(D.LT.0.0) GO TO 10
      IF(ABS(A).GT.SEIDO) GO TO 20
      IF(ABS(B).GT.SEIDO) GO TO 30
   10 RETURN
   20 X=(-B+SQRT(D))*0.5/A
      X=X*X*X
      RETURN
   30 X=-C/B
      X=X*X*X
      RETURN
      END
      SUBROUTINE PSEIKI(P,U)
      SEIDO=0.1E-6
      U1=-5.0
      U2=5.0
      CALL SEIKIB(U1,Q)
      Y1=Q-P
      CALL SEIKIB(U2,Q)
      Y2=Q-P
   10 CONTINUE
      U=(U1*Y2-U2*Y1)/(Y2-Y1)
      CALL SEIKIB(U,Q)
      Y=Q-P
      IF(ABS(Y).LE.SEIDO) GO TO 20
      IF(Y) 40,20,50
   40 U1=U
      Y1=Y
      GO TO 10
   50 U2=U
      Y2=Y
      GO TO 10
   20 CONTINUE
      RETURN
      END
      SUBROUTINE SEIKIB(U,P)
      A1=0.0705230784
      A2=0.0422820123
      A3=0.0092705272
      A4=0.0001520143
      A5=0.0002765672
      A6=0.0000430638
```

```
      CU=0.7071067812*ABS(U)
      PHIU=1.0-(1.0+CU*(A1+CU*(A2+CU*(A3+
     1CU*(A4+CU*(A5+CU*A6)))))**(-16)
      HU=0.5*PHIU
      IF(U.LT.0.0) GO TO 10
      P=0.5+HU
      GO TO 20
   10 P=0.5-HU
   20 CONTINUE
      RETURN
      END
END OF DATA
```

別添資料－5.

2元配置分散分析計算プログラム
(FORTRAN-Ⅳ)

```
C **  THIS PROGRAM IS ANALYSIS OF VARIANCE (TWO-WEY CLASSIFICATION) **
      DIMENSION X(30,30),DA(6),KE(3),DE(3),YA(5),YB(5),XIA(30),XJB(30),
     1UEA(30),STA(30),UEB(30),STB(30)
 9999 WRITE(6,500)
  500 FORMAT(5X,50H2-GEN HAICHI NO BUNSAN BUNSEKI(KURIKAESHI WA NAI)
     1/,5X,55HA SHUIJUN WA 30,B SHUIJUN WA 14 DATA MADE IF OK INPUT 1)
      READ(5,*)OK
      WRITE(6,100)
  100 FORMAT(5X,25HINPUT DATA NAME 24JI MADE)
      READ(5,150)(DA(I),I=1,6)
  150 FORMAT(6A4)
      WRITE(6,110)
  110 FORMAT(5X,16HINPUT KEISAN SHA)
      READ(5,160)(KE(I),I=1,3)
  160 FORMAT(3A4)
      WRITE(6,120)
  120 FORMAT(5X,10HINPUT DATE)
      READ(5,170)(DE(I),I=1,3)
  170 FORMAT(3A4)
      WRITE(6,130)
  130 FORMAT(5X,31HINPUT YOOIN A NO NAME 20JI MADE)
      READ(5,180)(YA(I),I=1,5)
  180 FORMAT(5A4)
      WRITE(6,140)
  140 FORMAT(5X,27HINPUT YOOIN A NO SUIJUN SHU)
      READ(5,*)IA
      WRITE(6,190)
  190 FORMAT(5X,31HINPUT YOOIN B NO NAME 20JI MADE)
      READ(5,200)(YB(I),I=1,5)
  200 FORMAT(5A4)
      WRITE(6,210)
  210 FORMAT(5X,27HINPUT YOOIN B NO SUIJUN SHU)
      READ(5,*)IB
      WRITE(6,220)
  220 FORMAT(5X,25HINPUT DATA A SHUIJUN GOTO)
      DO 10 I=1,IA
      READ(5,*)(X(I,J),J=1,IB)
   10 CONTINUE
      WRITE(6,230)
  230 FORMAT(3X,26HRENEW A PAGE IF OK INPUT 1)
      READ(5,*)P
      WRITE(6,240)
  240 FORMAT(////30X,38H*** 2-GEN HAICHI NO BUNSAN-BUNSEKI ***)
      WRITE(6,250)(DA(I),I=1,6),(KE(I),I=1,3),(DE(I),I=1,3)
  250 FORMAT(/70X,9HDATA NAME,2X,2H= ,6A4,/70X,10HKEISAN SHA,1X,1H=,
     11X,3A4,/70X,4HDATE,7X,2H= ,3A4,//25X,10HINPUT DATA,/)
      WRITE (6,460)(J,J=1,IB)
  460 FORMAT(10X,14(I2,1HB,5X))
      DO 20 I=1,IA
      IF(IB.GT.14) GO TO 30
      WRITE(6,260)I,(X(I,J),J=1,IB)
  260 FORMAT(3X,I2,1HA,1X,14F8.4)
      GO TO 20
   30 WRITE(6,270)I,(X(I,J),J=1,IB)
  270 FORMAT(3X,1HA,I2,1X,14F8.4,/7X,14F8.4)
   20 CONTINUE
      SXI=0
      DO 40 I=1,IA
      XI=0
      DO 50 J=1,IB
      XI=XI+X(I,J)
   50 CONTINUE
      XIA(I)=XI/IB
      SXI=SXI+XI
   40 CONTINUE
      XXB=SXI/(IA*IB)
```

```
00640        DO 60 J=1,IB
00650        XJ=0
00660        DO 70 I=1,IA
00670        XJ=XJ+X(I,J)
00680     70 CONTINUE
00690        XJB(J)=XJ/IA
00700     60 CONTINUE
00710        SA=0
00720        ST=0
00730        DO 80 I=1,IA
00740        SA=SA+((XIA(I)-XXB)**2)*IB
00750        SB=0
00760        DO 90 J=1,IB
00770        SB=SB+((XJB(J)-XXB)**2)*IA
00780        ST=ST+(X(I,J)-XXB)**2
00790     90 CONTINUE
00800     80 CONTINUE
00810        SE=ST-SA-SB
00820        IPHA=IA-1
00830        IPHB=IB-1
00840        IPHE=(IA-1)*(IB-1)
00850        IPHT=IPHA+IPHB+IPHE
00860        VA=SA/IPHA
00870        VB=SB/IPHB
00880        VE=SE/IPHE
00890        F0A=VA/VE
00900        F0B=VB/VE
00910        WRITE(6,280)
00920    280 FORMAT(//40X,20HBUNSAN BUNSEKI TABLE,//30X,4HYOIN,
00930       17X,1HS,9X,1H¢,6X,1HV,11X,2HF0)
00940        WRITE(6,290)SA,IPHA,VA,F0A,SB,IPHB,VB,F0B,SE,
00950       1IPHE,VE,ST,IPHT
00960    290 FORMAT(/,32X,1HA,3X,E11.4,2X,I3,2X,E11.4,4X,F5.2,
00970       1//,32X,1HB,3X,E11.4,2X,I3,2X,E11.4,4X,F5.2,
00980       1//,32X,1HE,3X,E11.4,2X,I3,2X,E11.4,
00990       1//,32X,1HT,3X,E11.4,2X,I3)
01000        CALL FBUN(IPHA,IPHE,0.01,PA1)
01002        PPA1=PA1
01010        CALL FBUN(IPHB,IPHE,0.01,PB1)
01012        PPB1=PB1
01020        CALL FBUN(IPHA,IPHE,0.05,PA5)
01022        PPA5=PA5
01030        CALL FBUN(IPHB,IPHE,0.05,PB5)
01032        PPB5=PB5
01040        IF(F0A.GT.PPA1) GO TO 1000
01050        IF(F0A.GT.PPA5) GO TO 1001
01051        WRITE(6,510)
01052    510 FORMAT(//,32X,53H* HANTEI = A SUIJUN KAN WA 95% DEWA SAGA ARU TO I
01053       1ENAI)
01060   1004 IF(F0B.GT.PPB1) GO TO 1002
01070        IF(F0B.GT.PPB5) GO TO 1003
01072        WRITE(6,520)
01074    520 FORMAT(41X,44H= B SUIJUN KAN WA 95% DEWA SAGA ARU TO IENAI)
01080        GO TO 2000
01090   1000 WRITE(6,300)
01100    300 FORMAT(//,32X,52H* HANTEI = A SUIJUN KAN DEWA 99% DE SAGA ARU TO I
01110       1ERU)
01120        GO TO 1004
01130   1001 WRITE(6,310)
01140    310 FORMAT(//,32X,51H* HANTEI = A SUIJUNKAN DEWA 95% DE SAGA ARU TO IE
01150       1RU)
01160        GO TO 1004
01170   1002 WRITE(6,320)
01180    320 FORMAT(41X,43H= B SUIJUN KAN DEWA 99% DE SAGA ARU TO IERU)
01190        GO TO 2000
01200   1003 WRITE(6,330)
```

```
01210   330 FORMAT(41X,43H= B SUIJUN KAN DEWA 95% DE SAGA ARU TO IERU)
01220  2000 WRITE(6,340)PPA1,PPA5,PPB1,PPB5
01230   340 FORMAT(//,32X,13HF(¢A,¢E,0.01),3H = ,F5.2,
01240      1/32X,13HF(¢A,¢E,0.05),3H = ,F5.2,
01250      1/32X,13HF(¢B,¢E,0.01),3H = ,F5.2,
01260      1/32X,13HF(¢B,¢E,0.05),3H = ,F5.2)
01270       $E=SQRT(VE)
01280       IF(VE.LT.VA) GO TO 1281
01282       $A=0.0
01284       GO TO 1290
01286  1281 $A=SQRT((VA-VE)/IA)
01288  1290 IF(VE.LT.VB) GO TO 1291
01290       $B=0.0
01292       GO TO 1300
01294  1291 $B=SQRT((VB-VE)/IB)
01296  1300 WRITE(6,350)$A,$B,$E
01310   350 FORMAT(//,32X,5H$A = ,E11.5,/32X,5H$B = ,E11.5,/
01320      1,32X,5H$E = ,E11.5)
01330       IF(PPA5.GT.F0A) GO TO 2500
01340       WRITE(6,370)
01350   370 FORMAT(/,20X,1H*,41HA NO YOIN NO KAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI,/)
01360       DO 11 I=1,IA
01370       RVA=SQRT(VE/IB)
01380       CALL FBUN(1,IPHE,0.05,F5)
01390       SF5=SQRT(F5)
01400       SIA=SF5*RVA
01410       UEA(I)=XIA(I)+SIA
01420       STA(I)=XIA(I)-SIA
01430       WRITE(6,360)I,XIA(I),SIA,UEA(I),STA(I)
01440   360 FORMAT(25X,1HA,I2,3X,E11.5,3X,1H+,3X,E11.5,3X,
01450      12H( ,E11.5,3X,1H,,3X,E11.5,2H ))
01460    11 CONTINUE
01470  2500 IF(F0B.LT.PPB5) GO TO 1005
01480       WRITE(6,380)
01490   380 FORMAT(/,20X,1H*,41HB NO YOIN NO KAKU SUIJUN NO 95% SUITEICHI,/)
01500       DO 12 J=1,IB
01510       RVB=SQRT(VE/IA)
01520       CALL FBUN(1,IPHE,0.05,F5)
01530       SF5=SQRT(F5)
01540       SIB=SF5*RVB
01550       UEB(J)=XJB(J)+SIB
01560       STB(J)=XJB(J)-SIB
01570       WRITE(6,390)J,XJB(J),SIB,UEB(J),STB(J)
01580   390 FORMAT(25X,1HB,I2,3X,E11.5,3X,1H+,3X,E11.5,3X,
01590      12H( ,E11.5,3X,1H,,3X,E11.5,2H ))
01600    12 CONTINUE
01602       GO TO 3000
01610  1005 RRV=SQRT(VE/(IA*IB))
01620       CALL FBUN(1,IPHE,0.05,F5)
01630       SF5=SQRT(F5)
01640       SSI=RRV*SF5
01650       UUE=XXB+SSI
01660       SITA=XXB-SSI
01670       WRITE(6,400)XXB,SSI,UUE,SITA
01680   400 FORMAT(/,20X,1H*,25HZEN DATA NO 95% SUITEICHI,/,25X,
01690      1E11.5,3X,1H+,3X,E11.5,3X,2H (,E11.5,3X,1H,,3X,E11.5,2H ))
01700  3000 WRITE(6,410)(YA(I),I=1,5)
01702   410 FORMAT(//,32X,9HYOIN A = ,5A4)
01704       WRITE(6,420)(YB(I),I=1,5)
01710   420 FORMAT(32X,9HYOIN B = ,5A4)
01720       WRITE(6,430)
01730   430 FORMAT(//,32X,5H¢=PAI,/32X,7H$=SIGMA)
01740       WRITE(6,440)
01750   440 FORMAT(/////,3X,44HNEXT DATA YES OR NO ? YES INPUT 1 NO INPUT 0)
01760       READ(5,*)NE
01770       IF(NE.EQ.1) GO TO 9999
```

```
      STOP
      END
      SUBROUTINE FBUN(IPH1,IPH2,ALFA,X)
      SEIDO=0.1E-5
      PH1=IPH1
      PH2=IPH2
      P=1.0-ALFA
      CALL PSEIKI(P,X)
      W1=2.0/(9.0*PH1)
      W2=2.0/(9.0*PH2)
      A=(1.0-W2)*(1.0-W2)-X*X*W2
      B=-2.0*(1.0-W2)*(1.0-W1)
      C=(1.0-W1)*(1.0-W1)-X*X*W1
      D=B*B-4.0*A*C
      IF(D.LT.0.0) GO TO 10
      IF(ABS(A).GT.SEIDO) GO TO 20
      IF(ABS(B).GT.SEIDO) GO TO 30
   10 RETURN
   20 X=(-B+SQRT(D))*0.5/A
      X=X*X*X
      RETURN
   30 X=-C/B
      X=X*X*X
      RETURN
      END
      SUBROUTINE PSEIKI(P,U)
      SEIDO=0.1E-6
      U1=-5.0
      U2=5.0
      CALL SEIKIB(U1,Q)
      Y1=Q-P
      CALL SEIKIB(U2,Q)
      Y2=Q-P
   10 CONTINUE
      U=(U1*Y2-U2*Y1)/(Y2-Y1)
      CALL SEIKIB(U,Q)
      Y=Q-P
      IF(ABS(Y).LE.SEIDO) GO TO 20
      IF(Y) 40,20,50
   40 U1=U
      Y1=Y
      GO TO 10
   50 U2=U
      Y2=Y
      GO TO 10
   20 CONTINUE
      RETURN
      END
      SUBROUTINE SEIKIB(U,P)
      A1=0.0705230784
      A2=0.0422820123
      A3=0.0092705272
      A4=0.0001520143
      A5=0.0002765672
      A6=0.0000430638
      CU=0.7071067812*ABS(U)
      PHIU=1.0-(1.0+CU*(A1+CU*(A2+CU*(A3+
     1CU*(A4+CU*(A5+CU*A6)))))**(-16)
      HU=0.5*PHIU
      IF(U.LT.0.0) GO TO 10
      P=0.5+HU
      GO TO 20
   10 P=0.5-HU
   20 CONTINUE
      RETURN
      END
```