犯罪科学における RI の利用について[†]

——放射化分析を中心として——

狐 塚 寛

警察庁科学警察研究所

東京都千代田区三番町 6

まえがき

犯罪科学 (criminalistics) は各種の犯罪を解明するための科学の総称であるが、その結果は鑑定書の形で裁判上の証拠として法廷に提出され、判決に重要な影響を及ぼす使命を持っているので、法科学 (または裁判科学 forensic science) とも呼ばれる。一般的には犯罪という概念は強盗殺人のような狭義の刑事事件を考えがちだが、その他にもいろいろな民事事件や公害訴訟などわれわれの身近に起きる問題を広く包含しており、犯罪科学も飛び抜けて特殊な分野とはいえなくなっている。

犯罪科学も他の諸科学と同様に、基礎的な研究と直接鑑定に結びつく応用面とに分けて考えることができ、たとえば薬物代謝の研究のように基礎的な面を含めて考えれば、RI の利用はトレーサー、オートラジオグラフィといった基本的手法であり、他の諸科学と何ら異なるところはない。しかしながら、鑑定に直接する利用面に限定して論ずるならば、RI の利用はそう広いものではなく、放射化分析が主体となり、わずかに他の技術の応用が試みられている程度である。したがって本稿でも放射化分析を中心として述べることになる。

1. 放射化分析

1.1 裁判放射化分析 (forensic activation analysis)

放射化分析の犯罪科学領域への応用が盛んに試みられるようになったのは、1950年代の後半から1960年代にかけてであり、カナダの Jervis、アメリカの Guinn らの精力的な研究が数多くの業績をもたらした。総説としても Jervis¹⁾、Guinn²⁾ によりすぐれたものがまとめられている。日本では狐塚^{3)~5)} の解説があり、実際例への応用にも触れている。

1960年代後半からは、Ge (Li) 検出器の普及につれていわゆる機器的放射化分析が容易になったこともあり、初期のころの背景資料を得るための調査研究から応用の段階へ移りつつあり、アメリカを初めとして世界各国で数多くの実験事件に利用され、法廷へ提出され、証拠として採用されたものも数百例に達するであろう。

放射化分析の犯罪科学の応用に関する分野に対して、裁判放射化分析 (forensic activation analysis, 略称 FAA) という用語ができ、国際的な学会も開かれるようになってきている。1972年には第2回の会合がグラスゴーで開催されている。諸外国では FAA はかなりルーチン化しているようで、たとえばオーストラリアでは国中からの鑑定依頼を中央へ集めて分析する仕組みができており、そのための手引書⁶⁾ ができている。

日本では国情の違いもあり、この分野の応用例はあまり多くない。FAA の利用はまず警察における捜査の過程でなされ、ついでいくつかの例では裁判所から命ぜられた鑑定の段階で用いられているが、これらの利用例の詳細は事件が係争中は公表できないのが通例であり、諸外国におけるほど多くの具体的な事例を示すことはできない。

技術的には、ごく初期の As の定量例などでは化学分離ののち GM 測定器が用いられた例もあるが、通常 NaI(Tl) 検出器と200~400チャンネル程度の波高分析器が併用され、この時期には蒸留、溶媒抽出、イオン交換などの化学分離法と組み合わせて用いられた例が多かった。近年は高分解能の Ge(Li) 半導体検出器が普及し、4096チャンネル程度の波高分析器との併

[†] Use of Radioisotopes in Criminalistics, Hiroshi KOZUKA: National Research Institute of Police Science, 6-Sanban-cho, Chiyoda-ku, Tokyo.

用で非破壊測定が行なわれるのが主体となった。多元素分析には電算機による自動解析が多用され、化学分離は補助的手段となってきた感じもするが、生体試料などでは Na, Cl, Br, Mn といった妨害核種を除去する必要がある、Girardi らが開発⁷⁾ し、近年繁用されるに至った無機質分離剤がよく用いられる。また ppb オーダーあるいはそれに近い低濃度の元素を精度よく測定するには、従来の正統的化学分離法も捨てることはできない。中性子束密度は利用する原子炉や照射実験孔によりまちまちであるが、通常 10^{12} n/cm²·sec 程度がよく用いられる。微小検体や超微量成分の分析には 10^{13} 台のものが必要とされる場合もある。

1.2 生体試料中の毒物分析

ヒ素、水銀などの重金属類は生体に対する毒性の高いことで知られており、古くから毒物分析の重要な対象となってきた。これら重金属類は生体に摂取されると、毛髪、爪、骨などの硬組織に蓄積される性質があり、生体にとっては一種の排せつ器官としての役割を果たしていることがわかってきた。したがって、死体の硬組織を分析して中毒死を証明したり、患者の毛髪を分析して重金属中毒を確かめたりすることができる。こうした目的では含有濃度がきわめて低い試料を扱わねばならず、放射化分析の技術が威力を発揮する。

As: ヒ素化合物が古くから薬として使用されたこともあって、欧米ではヒ素の中毒事例が比較的多く、分析例も数多く報告されている。1951 年に H. Griffon ら⁸⁾ によって毛髪中のヒ素の分析が試みられたのが、技術的には問題があったにしろ、放射化分析が毒物学へ応用された最初であろう。その後蒸留法、抽出法などの化学分離法との組み合わせによる精度の高いヒ素定量が、Smales ら⁹⁾、Jervis ら^{10), 11)} により毛髪、爪などについて行なわれた。

生体試料を分析して毒物の異常量を証明するには、正常量についての正確な知識を必要とする。Lenihan, Smith^{12), 13)} によってなされたヒト毛髪中のヒ素含有量についての大規模分析は、この点で意義の深いものであった。この研究においては、1,000 例の毛髪が分析され、正常人毛髪中ヒ素の分布型、男女別の差異が明らかにされた(図1)。

同じグループによりなされたナポレオン遺髪^{14), 15)}の分析は、放射化分析の技術を世の中に広く知らせる媒体となった。この分析の結果、肝臓疾患または胃がんにより死亡したものとされていたナポレオンがヒ素中毒にかかっていたのではないかの疑問が提出さ

図1 毛髪中のヒ素濃度(Lenihan)

れたが、真相は依然として謎である。この際も Griffon らの用いた毛髪の切片分析が採用された。毛髪の成長は1か月に約1 cmで、毛根から1 cm刻みに切片を作り分析することにより、1月単位の経時変化が観察できる。毛髪からの毒物分析にはこのいわば「切片放射化分析」が有力であり、以後この手法が一般化した。

その他にもヒ素分析の事例は多く、毛髪ヒ素の由来を内因性の取りこみと外因性の汚染に区別しようという試みもなされているが、明確な結論は出されていない。毛髪のヒ素分析は法廷にも証拠として採用されている。日本においてはヒ素入りミルク事件のような不幸な事故経験はあるが、ヒ素中毒の例数は比較的少なく、他の分析法が定着化していることなどもあって、放射化分析が試みられた事例は少なく、筆者らが2～3の実験例に応用したことがある程度に過ぎない。その他作業環境と関連した分析例の報告がある¹⁶⁾。

Hg: 水銀は周知の有害性元素の1つであり、とくに魚肉など食品中に存在するメチル水銀は全世界的に大きな問題となっている。日本においては水俣病という不幸な歴史をもっており、水銀汚染に対する関心は非常に深い。毛髪中の水銀量は水銀汚染の1つの指標となり得るので放射化分析も利用されている。

Sjöstrand ら¹⁷⁾ は化学処理後半減期65時間の ¹⁹⁷Hg の測定により生物体中の Hg 量を測定したが、その後より長半減期の ²⁰³Hg を測定した例も多く、非破壊分析もかなり用いられている。

日本では毛髪中水銀の分析はジチゾン法や原子吸光法によってなされた例が多いが、星野ら¹⁸⁾ は新潟阿賀野川流域でのいわゆる第二水俣病の解明に際して放射化分析を適用した。この実験に際しては、切片放射化

分析を行ない、水銀摂取時期の解明を試みている。毛髪中水銀量に関しては各種のデータが報告されているが、カナダ人を主として行なわれた Jervis ら¹⁹⁾の例(図2)では1~2ppmであり、日本人について200例以上を分析した狐塚ら²⁰⁾の調査(図3)では5ppm前後であったことからみても数倍日本人のほうが高い。日本人外国留学生の毛髪中水銀量が帰国後増加したという星野ら²¹⁾の調査もこれを裏付ける。

水銀の分析は、ppm前後の場合は非破壊分析で十分であるが、ppb程度の分析には化学分離が併用されるのが普通であり、蒸留法¹⁷⁾、アマルガム法¹⁸⁾などが適している。

図2 毛髪中の水銀濃度(カナダ人を中心としたもの, Jervis)

図3 毛髪中の水銀濃度(日本人, 狐塚)

水銀汚染は広く人間環境の問題として世界的な関心が高く、1967年にIAEAの主催で「生物圏の水銀汚染に関する専門家会議」が開かれ、その際の論文集を中心として1972年に「人体およびその環境に対する水銀汚染」と題する資料²²⁾がまとめられた。現在の技術で照射後Hgキャリアを用い放射化学的分離を行ない、半減期65時間の¹⁹⁷Hgを測定することにより、グラムもしくはグラム以下の試料で定量限界は0.1ppbに達する。

その他の元素：ヒ素、水銀以外の元素ではタリウ

ム、セレンなどの重金属、塩素、臭素、ヨウ素などのハロゲンが分析されている。

日本では黄リン殺鼠剤などが多用されたためタリウムの事故例は少ないが、欧米ではタリウム塩が殺鼠剤に使用される関係で、古くから毒物学の対象元素であった。毛髪中のタリウムの分析に放射化分析を適用し、正常人では50ppb以上検出されなかったこの元素の0.3ppmを検出した例が報告されている²³⁾。

セレンは有害元素の1つとされているが、近年までほとんどその挙動が注目されていなかった。Jervisらは、作業環境によって毛髪中セレン濃度が異常に高い値を示すことを報告している。真室ら²⁴⁾は大気浮遊塵の分析で、ある地区から高濃度のセレンを検出し、原因不明であった皮膚炎の解明に貢献している。毛髪セレンの分析で注意しなければならないのは、フケ取りの目的でシャンプーなどに添加されている硫化セレンの影響が出ることである¹⁹⁾。

ハロゲン元素は放射化分析に適当な感度があり、残留農薬の定量に利用された例がある。ハロゲン化合物はECDガスクロマトグラフィに超高感度をもっているため、農薬やPCBの定性、定量にはガスクロマトグラフィが利用されるのが一般的であるが、スクリーニングの目的を兼ねて放射化分析を試みれば好結果が期待できる。カネミ油症の際にも患者の使用していた食用油に放射化分析を適用²⁵⁾し、ヒ素など他の原因物質の不在証明と、塩素の定性、定量に役立っている。狐塚らが行なったスモン患者の緑舌分析²⁶⁾は、放射化分析の特異な応用例である。スモン病は発生以来10年余もその原因が判明しなかった病気で、キノホルム原因説がほぼ確立された現在でも、多数の患者が病苦に悩まされている。SMONの名はsubacute myelo optico neuropathyの頭文字をとったもので、下痢、下半身麻痺、視神経障害などの症状を示す。この患者中に1960年代の後半から緑色舌苔を生ずるものがあらわれ、さらに緑色便、緑色尿を排泄する患者が発生し、重症患者に多いことから緑色物質の解明が急務となったものである。分析の結果、緑色舌は対照舌に比べ2オーダー近い高濃度のヨウ素含有を示し、緑尿(尿管付着物)では10%を越す高含量のヨウ素が認められた。薬物との結び付きからキノホルムが浮び上がり、緑色の本体としてキノホルム鉄キレートが容易に推定された。同時期に緑尿からのキノホルム鉄キレートの確認が吉岡、田村によりなされ、この解明が契機となって、スモン・キノホルム原因説が提出された。

1.3 鑑識試料の異同識別

毛髪放射化分析は、前述したように水銀、ヒ素などの蓄積をしらべ中毒の有無の検査に利用されていた。この目的に当然必要なことは正常人についてのデータであり、Lehman らの毛髪中ヒ素量についての大規模調査が行なわれた。この結果正常人の値がかなりの広範囲に分布していることが明らかになった（毛髪中含有元素の個体差は、元素によって異なるが3オーダーから5オーダーに及ぶ。）。Jervis らはこの分析を個人識別へ利用することを考えつき、1956年に小規模な個体識別分析が試みられた。この試みは段階的に発展し、逐次規模の大きなものとなり、最終的には703名、1,000例を越す試料についての大規模な調査研究¹⁹⁾となった。この研究の結果、毛髪の洗浄、汚染、処理などによる成分の変動を考慮に入れてもかなりの個体差が存在し、数 mg の試料から10~12元素を分析すれば、毛髪の同定が 10^{-7} ~ 10^{-9} の確率で行なえることを示した。

彼らの理論によれば、毛髪中各元素の人口分布ヒストグラムと個体内変動との考察から、偶然ある元素の含有濃度が一致する確率を計算することができる。いくつもの複数元素の濃度がすべて一致するとすれば、その場合の毛髪一致確率はそれぞれの確率の積になるという。表1に Jervis らの“毛髪一致の確率”を示す。

ついで Coleman ら²⁷⁾は Jervis らの方法にさらに若干の統計学的処理を加えた大規模サーベイを行なった。この調査研究ではイギリスの人口を代表するような形で抽出した標本試料約750例について人口分布ヒストグラムを求め、元素の含有濃度を対数変換してヒストグラムを正規化したのち、測定の対象としたNa, Cl, Mn, I, Ca, Cu, Br, Au, Hg, Sb, Zn, Cr の12元素の総合からある危険率に従った一致確率 C_0 を算出し、実際の比較試料から計算した複合偏差 C の値が C_0 より小さい場合に両試料を一致するものとみなしてよいとした。この方法によって解析を行なったある仮想鑑定例では、同一人の毛髪で18日まで被検試料が一致し、突然大きな変動を生じた金の測定値を除外した場合は71日まで一致した。

狐塚ら²⁰⁾は日本人毛髪230例について同様の調査研究を行なって、個体識別に利用できることを認めた。またこの一連の研究において日本人毛髪中の微量元素の特性について考察を加えた²⁸⁾。図4に毛髪のガンマ線スペクトルの例を示す。

毛髪による個体の特定は犯罪鑑識上かなり重要な意

表1 毛髪一致の確率

検出元素	確率
Na	1 : 3
// + Zn	1 : 20
// + Au	1 : 50
// + Hg	1 : 140
// + Cr	1 : 400
// + Br	1 : 1550
// + As	1 : 2160
// + Cu	1 : 6900
// + Se	1 : 23,600
// + Ni	1 : 513,000
// + Sb	ヒ素と相関
// + Fe	1 : 935,000
// + Ga	1 : 6,800,000
// + Mn	1 : 148,000,000
// + Ag	1 : 1,020,000,000
// + La	1 : 3,380,000,000
// + Rb	ナトリウムと相関
// + Cs	1 : 10,000,000,000
// + Sr	臭素と相関
// + Co	マンガンと相関

図4 5人の被験者の毛髪のガンマ線スペクトル (スペクトルのパターンからも識別ができる)

義をもっているの、この問題については Bate, Dyer^{29),30)}, Erickson³¹⁾, Kerr³²⁾, Lima ら³³⁾ の研究がある。Bate らは毛髪中元素の洗浄、処理による変

動や経日変化が大きいことから精度の高い特定化はむずかしいとしており、この方法の応用に対して慎重論をとっている。

この問題についてはこのように若干の問題点も残されているが実際事例にも応用されており、

- ① 汚染の少ない試料を用いること
- ② 日数があまり経過していない試料を比較すること
- ③ 毛髪長の揃ったものを比較すること
- ④ 可能であれば1群の試料を用いること
- ⑤ 毛髪の形態学的検査や血液型検査を加味して総合判断すること

などを考慮に入れて分析を行えば利用価値の高い方法と考えられる。

爪、皮ふ、傷口、死体の部位など生物体の他の組織を用いても理論的には異同識別が可能であるが応用例は少ない。血液からも12の元素が分析されているが、血液中の濃度変化は代謝に応じて速やかに変動するので個体識別の目的には適さない⁴¹⁾。

1・4 工業製品などの異同識別

工業製品類は通常製品工程がよく管理されており、メーカー別、ロット別の均一性がかなり高いので、含有元素を分析して異同比較をすることが可能である。

工業製品のなかで、もっともよく放射化分析が利用されているのは塗膜片についてである。塗膜が鑑定対象となる事例としては、ひき逃げなどの交通事故犯、窃盗事件などの工具付着物の照合が主体となる。工業製品の異同比較に際しては、毛髪の照合におけるほど大規模の背景資料を用意する必要はないが、ある程度の基礎資料があれば鑑定の精度は一層高まる。Guinnら^{34),35)}は塗料中の成分について、元素の濃度分布ヒストグラムが得られる程度のデータを持っている。

日本では交通事故捜査の目的で、おもな乗用車の上塗り塗料を塗装紙の形で作成し毎年資料を蓄積している。丹羽瀬ら³⁶⁾は肉眼的に容易に識別し得ない程度に類似した色調の塗膜を赤、青、黒、ベージュ色について3点ずつ選び放射化分析を行ない、旧来からの常法であった発光分光分析、赤外吸収スペクトル法と比較して利点大きいことを示した。筆者の研究室において実際の鑑定事例にも数回放射化分析を応用しており、100 μg の小片からでも $2 \times 10^{12} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{sec}$ 、5分間照射程度でTi, Al, Mn, Ba, Br, Na, Mo, Crなどが検出され、異同比較に十分利用できる。10 μg 程度になると定量可能なのは2～3元素になるが、識別は可能である。

塗料の分析に関連して、絵画の鑑定に放射化分析が利用されている³⁷⁾。絵画は当然その時代の絵具を利用して描かれるので、いかに精巧に模写されたものでも、絵具の材質を比較することにより真偽の判別ができる。この目的に年代別の基礎データが調査されている。日本では志野木ら³⁸⁾による高松塚古墳壁画の分析例が報告されている。古美術品の関係では硬貨の鑑別³⁹⁾に蛍光X線や放射化分析が利用されている。

その他プラスチック類⁴⁰⁾の製品識別にも応用できるが、製品によっては同一ロット内のバラツキが大きいことがある。試料照射用のポリエチレンシートなどでこうした経験がある。ガラス⁴¹⁾もパッチごとの均一性はかなり高く識別に利用できるが、通常ガラスでは製品の種類はそう多くない。弾丸類⁴²⁾も痕による形態的識別が困難な場合には成分分析を行ない、鉛中のアンチモン⁴³⁾などの測定により異同をしらべることができる。マッチの頭薬20種の分析例⁴⁴⁾では、Na, K, Br, La, Sb, Cr, Zn, Sc, Ta, Feなどが検出され、とくにLa, Cr, Zn, Sc, Ta, Feはその差異が大きく識別に役立つ。

医薬品の場合も、合成方法や触媒の違い、器具などの差異により、微量元素の含有量を異にするのが、メーカーの識別に利用できる。覚せい剤やヘロイン⁴⁵⁾の差異をしらべて密造ルートを同定する目的にも用いられた。市販の医薬品でも微量元素を不純物として含んでいるのが通例である。Leddicotteらの分析例⁴⁶⁾がある。

あへんはケンから採取されるが、植物体中の微量元素の濃度は栽培土壌に基因するところが大きいので、産地によってあへん中の微量元素濃度が異なる。Jervisら⁴⁷⁾はインド、イラン、ユーゴスラビヤ、中国産など20種のあへん試料中について放射化分析を行ないNa, K, Br, Cu, Sb, Co, Zn, Laなどの含有比に基づいて産地の照合が可能であると報告している。

同様に植物製品である麻、綿などの識別も可能なはずであるが、応用例はほとんどみられない。土壌そのものも重要な犯罪鑑識の対象であり、実際に放射化分析が適用され異同識別が試みられている⁴⁸⁾が、土壌とくに土砂は不均一なものであり、微小試料の場合は判定を誤る危険性も高い。

放射化分析の変った応用例として付着物の分析例を経験している⁴⁹⁾。小さな布片に付着していた微量の赤色素の本体を究明する必要性が生じ、布片の色素の付着している部分から単繊維を引き抜き放射化分析を試みたところ、Hg, Br, Naの3元素を検出し、その

存在比からマーカークロムを推定した。

このような未知物質の推理に放射化分析を利用するのは、FAA の1つの有力な使い方である。さきに述べた毒物分析の際の、SMON 緑舌の分析、皮膚炎原因としての Se の検出例、カネミ油症の際の患者油の分析、あとで述べるミカン畑損害原因の解明例などを代表的な例として挙げるができる。

河川や港湾、海岸の航路が油により汚染される場合は年々深刻な問題となってきた。海水の油汚染の最大のもは船とりわけタンカーからの油の排出である。タンカーは原油を陸揚げしたのちの復路、船のバランスを保つためにタンクを海水でみだし、かつ航行中にタンク洗浄をする。こうしたタンク洗浄、バラスト投棄が、全商船からの油その他の年間排出量 250 万トンのうちの40%を占めると推定されている。このような油汚染が水質環境を悪化し、しばしば海水産物に損害を与える。

こうした問題を単なる公害として見過さず、悪質な犯罪として取締るべきだとの声が強く、このためには故意または過失により汚染を生じた起源を探究する必要がある。

Guinn^{50,51)} は油汚染の問題を解明するため、世界各地からの原油20種、残留油 20 種を分析し、Al, Na, S, Cl, V, Mn, Co, Ni, Zn, Ga, As, Br, Sr, Mo, In, Sn, Sb, I, Ba, La, Sm, Au を検出、定量した。これらの元素の濃度分布についてしらべ、また水や海水と油との接触実験などを試みた結果、油中の成分元素の浸出がほとんどみられないことから、多元素分析が油の同定に有効であることを認めた。

渋谷⁵²⁾はミカン畑に損害を与えた汚染源の解明に放射化分析を応用した。この事例は被害地帯にある 2 工場の煙突排出煙による煙害が疑われた例で、ミカンの果実皮、葉に生じた黒斑の分析からバナジウム、イオウを検出、この結果からコークスを燃料に使用している B 社ではなく、重油を燃料としている A 社が汚染源であることが判明した。

バナジウムは原油中にバナジウム・プロピレンの形で存在し(原油および残留油の中の濃度は起源に応じて、0.1~1,000ppm の範囲にあるといわれている)、燃焼によって V_2O_5 にかわり、煙道から粉末状で放出され、風下の地域に落下し、水分と一緒に金属表面を腐食するなどの害を生ずる。したがって、バナジウムの分析は大気汚染の研究の1つの指標とされている⁵³⁾。

1.5 射手鑑別法

銃砲類を発射した際、起爆薬や火薬に由来する爆発残さの微量が手や着衣などに付着するので、これを検査することにより銃砲を発射したかどうかのいわゆる射手鑑別が可能になる。この微量の付着物の分析に放射化分析を応用する研究は Guinn⁴²⁾ によってなされ、銃の型、発射回数、発射角度、火薬の影響、風速、風向き、手の残さの地域的分布、残さ採取法などについて細かく調査した。この結果、希塩酸、アセトンを用いて脱脂綿で拭いとる方法またはパラフィングローブ法が標準化され、射手鑑別法の目的の残さ採取キットも作製、市販されている。

この方法はかなり多くの事例で成果を収めているが、付着物が Ba で $1\mu\text{g}$ 程度(バックグラウンド $0.1\mu\text{g}$)、Sb で $0.1\mu\text{g}$ 程度(バックグラウンド $0.02\mu\text{g}$)と低濃度のため、時間の経過や洗浄などにより不検出になる可能性も大きく、感度の高い希土類元素をあらかじめ火薬に添加しておくことが推しよされ、このための実験研究もなされている。

射手鑑別と同じ根拠から、Sb(または Ba)濃度の測定により弾丸の貫通孔か否かを決定することができ、さらに射間距離を定めることも可能である。射間距離の測定は、同一の銃砲、火薬が同一条件で発射された場合に、近距離ほど多くの火薬残さが弾丸孔近傍に付着することを利用し、標準試料の実験で作成した検量線から射間距離を決定する。この方法はドイツ⁵⁴⁾で開発され、カナダの研究者⁵⁴⁾の手でさらに伸展し、銃砲事件の多い国ではルーチン化されている。

2. オートラジオグラフィ

中性子放射化後オートラジオグラフィの技術を応用することにより、微量元素の局地的分布をしらべることができる。Guinn⁵⁵⁾ら、Coleman⁵⁵⁾は前述の射手鑑別の研究過程でこの手法を応用し、火薬残さの手への付着を局地的にしらべている。

指紋の検出⁵⁶⁾においても、汗の成分である Na, Cl は放射化分析に適性のある元素であり、オートラジオグラフィが適用できる。通常の湿式ニンヒドリン法の適切でない薬包紙、ポリエチレンシートなどから指紋を採取する目的には有効である。

インクで書いた文字を消すために、上から墨やマジックインクで塗りつぶすという行為はとくに珍しいことではないが、下に隠された文字を判読することが犯罪捜査上重要な役割を果たす場合がある。このような塗抹文字の解説に吉田⁵⁷⁾は中性子放射化オートラジオグ

写真 塗りつぶされた文字の解読
肉眼的には全然読めなかった文字が、
左側の例では完全に読めるようにな
り、右側の例でも文字を判読できる。

ラフィを応用し、成果を挙げた。

3. その他の応用

放射化分析および放射化後のオートラジオグラフィ以外の利用はきわめて少なく、研究面では興味深いものも多いが、操作が繁雑であったり、取扱上の安全性の面で難点があったり、現場における使用面での機動性を欠いたりして鑑定面への直接的利用が阻害される。これも犯罪科学の特殊性に結び付くもので、将来飛躍的な発展の考えられるものは少ない。

トレーサー的利用の例としては、指紋への応用⁵⁹⁾の試みがある。

薬毒物の超微量検出の目的でラジオイムノアッセイ⁵⁹⁾が期待され、中毒者、薬物使用者の選別に応用が試みられているが、選択性に難点がある。同じく抗原抗体反応の利用としては、¹³¹I による標識抗体を用いる血液型反応の定量化⁶⁰⁾が試みられているが、ルーチン化するまでには至らない。

RI 利用分析機器としては、³H, ⁶³Ni を用いた電子捕獲型ガスクロマトグラフが周知で広く使用されているが、この原理を応用してダイナマイトなどの爆発物を検出する装置が考案され、実用化されている。現在製品化されているものでは、ガスクロマトグラフそのままを簡易化、単能機化して、ニトログリセリンなどのピークを記録紙に描かせる方式のものと、蒸気化した試料を検出器に通じるだけの機構であるが、粘性の高いニトログリセリンが検出器からの逸脱の遅いことを利用してメーターの復元の遅れを観察して判定する型のものがある。

その他蛍光X線分析法は放射化分析に不適な元素の分析に利点があり、RI 線源方式も用いられ始めてい

る。中性子ラジオグラフィも特殊な情報が得られるので、今後おそらく犯罪科学への利用が考えられる技術であろう。RI の変わった利用例では、 β 線源の後方散乱を利用して偽造硬貨の材質分析が行える⁶¹⁾。

文 献

- 1) R.E. Jervis: *Radioisotopes*, 17, 18 (1968)
- 2) V.P. Guinn: *Isotopes and Radiation Technology*, 9, 379 (1972)
- 3) 狐塚 寛: 分析化学, 15, 885 (1966)
- 4) 狐塚 寛: *Isotope news*, (7) 2 (1971)
- 5) 狐塚 寛: 現代化学, 7, (10) 37 (1973)
- 6) Commonwealth Police Force: "Neutron Activation Analysis", Australia (1971)
- 7) F. Girardi, F. Sabbioni: *J. Radioanal. Chem.*, 1, 169 (1968)
- 8) H. Griffon, J. Barbaud: *Compt. rend.*, 232, 1455 (1951)
- 9) A. A. Smales, B. D. Pate: *Analyst*, 77, 196 (1952)
- 10) R. E. Jervis: *Chem. in Canada*, 8, 31 (1956)
- 11) W. D. Mackintosh, R. E. Jervis: AECL Declassified Publication, No. 1083 (1960)
- 12) J.M.A. Lenihan: Proceedings of Radioactivation Analysis Symposium, Vienna, June 1959⁷⁾, Butterworths, London, p.81 (1960)
- 13) J. M. A. Lenihan, H. A. Smith: Proc. of Int. Conf. on Peaceful Use of Atomic Energy, Geneva, 1958, United Nations, N.Y., (1959)
- 14) S. Forshufvud, H. Smith, A. Wassen: *Nature*, 192, 103 (1961)
- 15) S. Forshufvud, H. Smith, A. Wassen: *Arch. Toxicol.*, 20, 210 (1964)
- 16) 有馬省一, 川口昭夫, 星正敏: 第10回理工学における同位元素研究発表会要旨集, p.93, 94 (1973)
- 17) B. Sjöstrand: *Anal. Chem.*, 36, 814 (1964)
- 18) 星野乙松, 丹沢圭子, 寺尾允男, 浮田忠之進, 大内淳弘: 衛生化学, 12, 94 (1966)
- 19) A.K. Perkons: Ph. D. Thesis, University of Toronto (1965); A. K. Perkons, R. E. Jervis: Paper ICAA-II/54 (1966)
- 20) 狐塚 寛, 丹羽瀬堅, 磯野秀夫, 角田紀子: 衛

- 生化学, **18**, 1 (1972)
- 21) 星野乙松, 丹沢珪子, 長谷川嘉成, 浮田忠之進: 衛生化学, **12**, 90 (1966)
 - 22) IAEA Technical Reports Series No. 137: "Mercury Contamination in Man and His Environment" IAEA, Vienna (1972)
 - 23) R.E. Jervis, J. Kolosta: University of Toronto, B.A. Sc. Thesis (1964)
 - 24) 真室哲雄, 松田八束, 溝畑朗: *Radioisotopes*, **21**, 183 (1972)
 - 25) 山田芳雄, 宮口尹男: *Radioisotopes*, **20**, 385 (1971)
 - 26) 狐塚寛, 角田紀子, 井形昭弘, 高須俊明: 医学のあゆみ, **75**, 372 (1970)
 - 27) R. F. Coleman, F. H. Cripps, A. Stimson, H. D. Scott: Atomic Weapons Research Establishment Report No. 0—86 (1966)
 - 28) 狐塚寛: 衛生化学, **18**, 6 (1972)
 - 29) L. C. Bate, F. F. Dyer: *Nucleonics*, **23**, 74 (1965)
 - 30) L. C. Bate: *J. Appl. Rad. and Isotopes*, **17**, 417 (1966)
 - 31) N. E. Erickson, S. S. Krishnan: Proceedings of the Fifth Int. Criminological Congress, Montreal, Canada (1965)
 - 32) M.F. Kerr: M. Sc. Thesis, University of Ottawa (1964)
 - 33) F.W. Lima, H. Shibata, L. T. Atalla: IAEA Symposium, Vol. 1, p.119, Vienna (1965)
 - 34) D. E. Bryan, V. P. Guinn: *Trans. Amer. Nucl. Soc.*, **9**, 589 (1966)
 - 35) H. L. Schlesinger, H. R. Lukens, D.E. Bryan, V.P. Guinn, R.P. Hackleman: USAEC report GA-10142 (1970)
 - 36) 丹羽瀬堅, 狐塚寛, 西田祥一, 磯野秀夫, 角田紀子: 科警研報告, **21**, 275 (1968)
 - 37) F. Lux, L. Braunstein, R. Strauss: "Modern Trends in Activation Analysis" Vol.1, NBS Special Publication, p.216 (1969)
 - 38) 志野木正樹, 森五彦, 武内孝之: 第10回理工学における同位元素研究発表会要旨集, p.85 (1973)
 - 39) D. Gibbons, D. Lawson: "Modern Trends in Activation Analysis" Vol. 1, NBS Special Publication, p.226 (1969)
 - 40) J. E. Scott, C.M. Hoffman, M.J. Pro, H.L. Schlesinger: *J. Ass. Offic. Anal. Chem.*, **50**, 371 (1967)
 - 41) R. F. Coleman: Proc. of First Int. Conf. on Forensic Activation Analysis, San Diego (1966)
 - 42) V.P. Guinn, R.P. Hackleman, H.R. Lukens H. L. Schlesinger: USAEC Report GA-9822 (1970)
 - 43) 磯野秀夫, 丹羽瀬堅, 角田紀子, 狐塚寛: 科警研報告, **23**, 247 (1970)
 - 44) 岸徹, 磯野秀夫, 神田征夫, 狐塚寛: 科警研鑑識科学研究発表会講演要旨 (化学部会) p. 6 (1973)
 - 45) G. V. S. Rayudu, B. Tiefenbach, R. E. Jervis: *Trans. Amer. Nucl. Soc.*, **11**, 81 (1968)
 - 46) M. M. Tuckerman, L.C. Bate, G.W. Leddicotte: *J. Pharm. Sci.*, **53**, 983 (1964)
 - 47) A. K. Perkons, R. E. Jervis: *J. Forensic Sci.*, **7**, 449 (1962)
 - 48) C.M. Hoffman, R.L. Brunelle, K.B. Snow, M. J. Pro: "Modern Trends in Activation Analysis" Vol.1, NBS Special Publication, p.251 (1969)
 - 49) 狐塚寛: *Isotope news*, (6) 9 (1973)
 - 50) V.P. Guinn, S.C. Bellanca: "Modern Trends in Activation Analysis" Vol. 1, NBS Special Publication, p.93 (1969)
 - 51) V.P. Guinn: *Radioisotopes*, **20**, 56 (1971)
 - 52) 渋谷政夫: 第11回日本アイソトープ会議論文抄録集, p.148 (1973)
 - 53) F. Baumgärtner, H. Stärck, A. Schöntag: *Z. Anal. Chem.*, **197**, 424 (1963)
 - 54) S.S. Krishnan: *Trans. Amer. Nucl. Soc.*, **9**, 88 (1966)
 - 55) H. D. Scott, R. F. Coleman, F.H. Cripps: British Report AWRE-0-5/66 (1966)
 - 56) H. Isono, H. Kozuka: *Radioisotopes*, **22**, 575 (1973)
 - 57) 吉田公一: 科警研報告, **23**, 326 (1970)
 - 58) L. Lelental, A. Szuchnik: *Intern. J. Appl. Radiat. Isotopes*, **15**, 373 (1964)
 - 59) 城戸靖雅, 池淵秀治, 永松国助, 浦久保五郎:

- 日本薬学会第93年会講演要旨集Ⅳ—58 (1973) 43, 807 (1967)
- 60) S. Ikemoto, H. Kozuka, T. Niwase, T. Furuhata: *Proceedings of Japan Academy*, 61) 狐塚 寛, 星 秋芳: 科警研報告, 23, 243
(1970) (1970)
-