

DNA 型鑑定における精度管理
～誤鑑定の防止策～

藤 田 義 彦

徳島文理大学人間生活学部人間生活学科

犯罪学雑誌 第77巻 第5号 (2011) 別 刷

ACTA CRIMINOLOGIAE ET MEDICINAE LEGALIS JAPONICA 77:5 (2011)

総 説

DNA 型鑑定における精度管理 ～誤鑑定の防止策～

藤 田 義 彦

徳島文理大学人間生活学部人間生活学科

Review

The Accuracy Management in DNA Typing for the Criminal Investigation ～The Prevention Measures against Examination Error～

Yoshihiko FUJITA

Department of Human Life Science, Faculty of Human Life Science,
Tokushima Bunri University, Tokushima, Japan

Abstract

DNA typing for the criminal investigation of police has begun in 1990 (Heisei 2) in Japan. In this paper, for the purpose of raising accuracy and management of DNA typing, studies were reported about factors of examination error happening in taking materials in the crime scene, examination works and drawing up written expert opinion mainly except for examination technology, and their prevention measures.

Factors of examination error were 1) Contamination in taking materials or examination works, 2) Mistake of materials by human error in arrangement and examination, 3) Misjudgment and miswriting in arrangement of results and drawing up written expert opinion, 4) Denaturalization and loss of materials after examination.

The prevention measures against them were 1) Putting hair cap, mask, rubber glove and work uniform for criminal investigation etc. on thoroughly, and sterilization of preservation case and instrument for picking materials, 2) Inscription of symbols and numbers, double-check of them in taking materials by plural identification officers and investigators, confirmation of consistency of document to request expert evidence with materials, adding serial numbers to every incident, bar-coding test tubes etc., making record sheets for DNA analysis plate, and checking accuracy of them by expert witness etc., 3) Strict judgment in DNA typing, confirmation of accuracy in examination work, and triple-checking items of written expert opinion and its attached document, 4) Preparing registry of restoration and reception of materials, 5) Necessity of keeping materials in an ultra-low temperature refrigerator of the police station for re-examination and registry of their storage.

A part of their prevention measures against examination error can't be resolved by expert witness. They are considered to be problems of persons, facility and budget, therefore more full system of examination is desired.

Key words: DNA typing, examination error, accuracy management, prevention measures, criminal investigation

1. 緒 言

DNA 型鑑定は犯人あるいは凶器の特定、犯行の証明などの犯罪捜査において、多大な威力

を發揮する^{26), 28)~30), 35), 39), 78), 84)}。犯罪の悪質・巧妙化, 広域・国際化を反映して, 日本におけるDNA型鑑定事件数は2008年(平成20年)に全国で3万74件であり, 図1に示すように2003年(平成15年)と比べると約26倍と増加の一途を辿っている⁴⁹⁾。たとえば, 小規模の徳島県においても同様に, 鑑定件数が急激に増加している(図1)^{80), 81)}。また, 2011年(平成23年)2月16日から警察庁は容疑者のDNA型鑑定の一括実施を開始した。

以上のようにDNA型鑑定の期待が高まる一方, 2009年(平成21年)に発生したある窃盗被疑事件において, DNA型記録検索システム⁴⁹⁾によって, 過去における現場遺留DNA型記録として登録されたDNA型と被疑者とのDNA型が一致したとして逮捕状を取ったが, その後の調査で, DNA型記録検索システムにおけるDNA型記録は別人のものが登録されていたことが明らかとなった。この事例では, 鑑定資料の取り違い, あるいは誤登録というヒューマンエラーが原因である。しかし, これ

まで行われてきたDNA型鑑定件数に対するヒューマンエラー率は極く僅かであり, 日本の警察鑑定における精度は極めて高いものであるが, DNA型鑑定は人権を左右する鑑定である故に「誤り」は皆無でなければならない。

今回, このDNA型鑑定の精度と管理を高めるために, 主に鑑定法(検査技術)以外の鑑定資料の採取, 鑑定作業, 鑑定書の作成時において発生する誤

DNA型鑑定について

世界で最初にDNA型鑑定を開発したのはイギリスの遺伝学者, アレック・ジェフリーズ博士であり, 1985年, 多座位DNA塩基(ミニサテライトDNA)の高変異反復配列(マルチローカスVNTR: Multi Loci Variable Number of Tandem Repeat)である制限酵素断片長多型(RFLPs: Restriction Fragment Length Polymorphisms)をサザンブロット・ハイブリダイゼーションによる電気泳動法で検出する

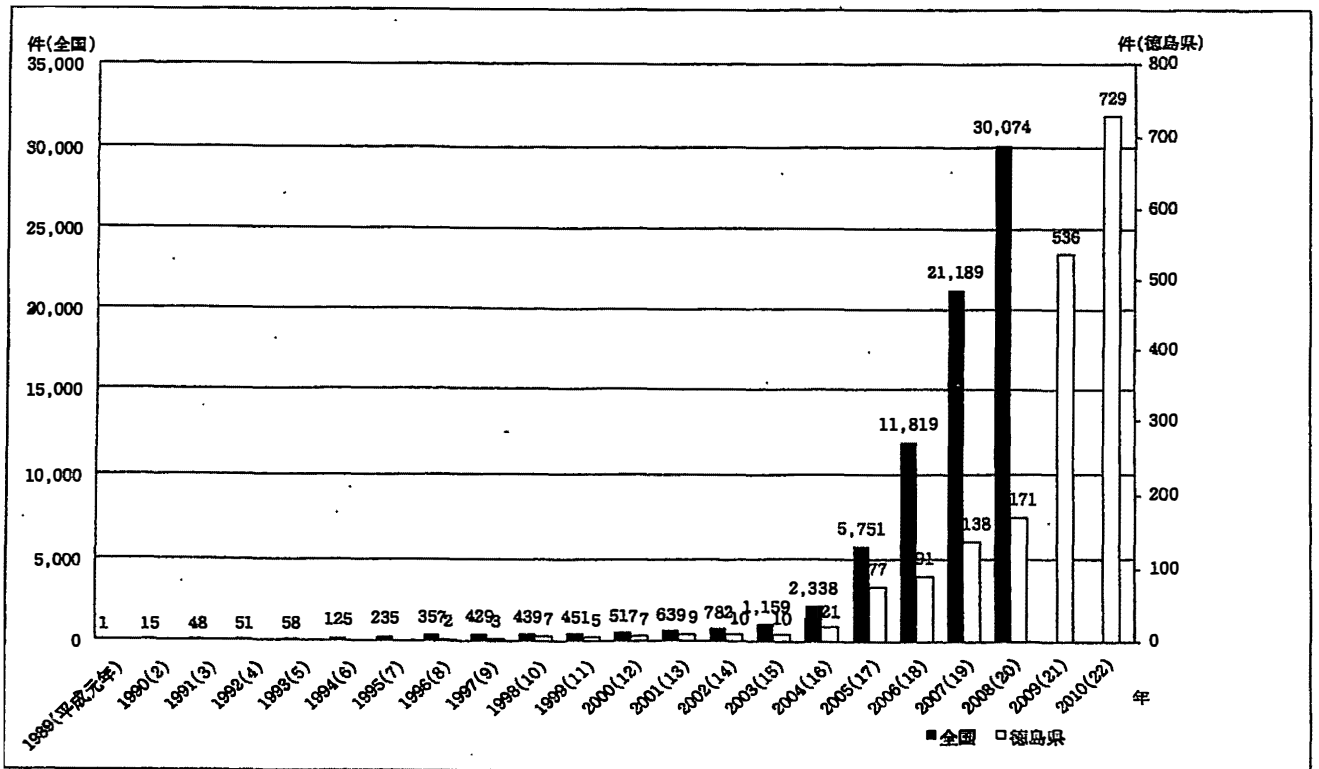


図1 DNA型鑑定事件数の推移^{49), 80), 81)}

DNA 指紋法 (DNA fingerprints method) を発表した⁴⁰⁾。しかし、1989年、再現性の問題や多量の試料を必要とすることから、個人識別法としては、同法は実務上、行われなくなった。また、1985年にキャリー・マリス博士がDNAを試験管内で増幅するポリメラーゼ連鎖反応 (PCR: Polymerase Chain Reaction) 法を発表した⁶⁸⁾。それは、特定の100~1,000塩基のDNAを10~100万倍に増幅する技術であり、現場に遺留された微量試料 (DNA) に適しているため犯罪鑑識におけるDNA型による個人識別法が世界的に次々と研究・開発され、1990年 (平成2年)、独自に日本の警察庁科学警察研究所が第一染色体短腕部に存在するD1S80領域の16塩基の繰り返し配列 (高変異反復配列, VNTR) であるMCT118 (D1S80) 型を指標とした個人識別法を開発した⁴⁷⁾。

実務上、日本の警察の犯罪鑑識におけるDNA型鑑定も同年から始まり、当初はMCT118 (D1S80) 型のみで日本人において出現頻度が最も高い型の場合は16人に1人の個人識別度であった³³⁾。その後、順次、HLA DQ α (HLA DQA1) 型、TH01型、PM (polymarker: LDLR, GYPA, HBG, D7S8, GCの各型)^{1), 14), 20), 34), 52), 65), 66), 73), 76)}のDNA型が加わった。

2003 (平成15) 年8月には、MCT118型を除く、HLA DQ α 型、TH01型およびPMの代わりに、常染色体上に座位する4塩基単位の繰り返し配列、すなわちSTR (Short Tandem Repeat)

の9つの多型性座位 (D3S1358, vWA, FGA, TH01, TPOX, CSF1PO, D5S818, D13S317, D7S820) と性染色体上のアメロゲニン (Amelogenin) を指標とした性別判定用の1座位の合計10種類のDNA型検査キット (AmpFISTR[®] Profiler[™] PCR Amplification Kit, Applied Biosystems社製) による自動分析装置のフラグメントアナライザー (ジェネティックアナライザー ABI PRISM[®] 310, Applied Biosystems社製) を用いた新たな分析法が導入された^{15), 31), 35), 64), 82), 83), 85), 90)}。さらに、2006 (平成18) 年11月1日からは前述のSTR9座位に6座位を加えた15座位 (D8S1179, D21S11, D7S820, CSF1PO, D3S1358, TH01, D13S317, D16S539, D2S1338, D19S43, vWA, TPOX, D18S51, D5S818, FGA) とアメロゲニン1座位の計16種類のDNA型検査キット (AmpFISTR[®] Identifiler[®] PCR Amplification Kit, Applied Biosystems社製) によるフラグメントアナライザー (ジェネティックアナライザー ABI PRISM[®] 310 および 3130 xl, Applied Biosystems社製) を用いた分析法が導入された^{3), 45), 89)}。また、その15種類のSTR型 (短鎖DNA型) を用いたDNA型検査では、日本人における出現頻度が最も高い型の組み合わせの場合は4兆7千億人に1人であり⁴⁹⁾、飛躍的に個人識別精度が向上したため、以降、MCT118型検査は実質的に実施されなくなった (表1)。これは、MCT118型における繰り返し多型を示す塩基の全長が370~818塩基と長鎖であるのに対し

表1 日本人における出現頻度 (出現頻度が最も高い型の組み合わせの場合)

DNA型	出現頻度
MCT118 (D1S80) 型 ³³⁾	16人に1人
HLA DQ α (HLA DQA1) 型 ³²⁾	6人に1人
PM (polymarker: LDLR型, GYPA型, HBG型, D7S8型, GC型) ³⁴⁾	53人に1人
TH01型 ³⁴⁾	5人に1人
MCT118型+HLA DQ α 型+PM+TH01型	2万5,000人に1人
短鎖DNA型 (Profiler [™]) 9型 ⁴⁹⁾	1,100万人に1人
MCT118型+短鎖DNA型 (Profiler [™]) 9型	1億8,000万人に1人
短鎖DNA型 (Identifiler [®]) 15型 ⁴⁹⁾	4兆7,000億人に1人

て^{43), 44), 69), 74)}, STR型では4塩基の繰り返し配列で、塩基の全長が106~341塩基³⁾と極めて短鎖であるため、断片化されたDNA試料でも型検出が可能であり、腐敗・変質しやすい犯罪鑑識の鑑定資料に適しているという理由からで

ある。また、これらの15種類のSTR型は、アメリカの連邦捜査局(FBI: Federal Bureau of Investigation)をはじめ、多数の国の科学捜査機関でDNA型鑑定のために導入されていることから、当面はこれらの15種類のSTR型によ

表2 DNA型の種類と検査法^{3), 47), 64)~66)}

DNA型(座位名)	染色体位置	種類	塩基サイズ範囲(bp)	検査法
MCT118(D1S80)型	1p	鎖長多型(VNTR)	370-818	PAG-EP, FA
HLA DQ α (HLA DQA1)型	6q	配列多型(多塩基置換)	239/242	DH
TH01型	11p15.5	鎖長多型(STR)	179-199	DN-EP
PM (polymarker: AmpliType [®] PM PCR Amplification and Typing Kit)				
LDLR型	19	配列多型(多塩基置換)	214	DH
GYPA型	4	配列多型(多塩基置換)	190	DH
HBBG型	11	配列多型(多塩基置換)	172	DH
D7S8型	7	配列多型(多塩基置換)	151	DH
GC型	4	配列多型(多塩基置換)	138	DH
AmpFISTR [®] Profiler [™] PCR Amplification Kit (9座位のSTR型, Amelogenin型)				
D3S1358型	3p	鎖長多型(STR)	114-142	FA
vWA型	12p12-pter	鎖長多型(STR)	157-197	FA
FGA型	4q28	鎖長多型(STR)	219-267	FA
Amelogenin型	X:p22.1-22.3, Y:p11.2	配列多型	107, 113	FA
TH01型	11p15.5	鎖長多型(STR)	169-189	FA
TPOX型	2p23-2pter	鎖長多型(STR)	218-246	FA
CSF1PO型	5q33.3-34	鎖長多型(STR)	281-317	FA
D5S818型	5q21-31	鎖長多型(STR)	135-171	FA
D13S317型	13q22-31	鎖長多型(STR)	206-234	FA
D7S820型	7q11.21-22	鎖長多型(STR)	258-294	FA
AmpFISTR [®] Identifier [®] PCR Amplification Kit (15座位のSTR型, Amelogenin型)				
D8S1179型	8	鎖長多型(STR)	128-168	FA
D21S11型	21q11.2-q21	鎖長多型(STR)	189-243	FA
D7S820型	7q11.21-22	鎖長多型(STR)	258-294	FA
CSF1PO型	5q33.3-34	鎖長多型(STR)	281-317	FA
D3S1358型	3p	鎖長多型(STR)	114-142	FA
TH01型	11p15.5	鎖長多型(STR)	169-189	FA
D13S317型	13q22-31	鎖長多型(STR)	206-234	FA
D16S539型	16q24-qter	鎖長多型(STR)	234-274	FA
D2S1338型	2q35-37.1	鎖長多型(STR)	289-341	FA
D19S43型	19q12-13.1	鎖長多型(STR)	106-140	FA
vWA型	12p12-pter	鎖長多型(STR)	157-197	FA
TPOX型	2p23-2pter	鎖長多型(STR)	218-246	FA
D18S51型	18q21.3	鎖長多型(STR)	273-341	FA
Amelogenin型	X:p22.1-22.3, Y:p11.2	配列多型	107, 113	FA
D5S818型	5q21-31	鎖長多型(STR)	135-171	FA
FGA型	4q28	鎖長多型(STR)	219-267	FA

VNTR: 高変異反復配列 (Variable Number of Tandem Repeat), STR: 短鎖多型 (Short Tandem Repeat), PAG-EP: ポリアクリルアミド電気泳動, FA: フラグメントアナライザー, DN-EP: 変性ゲル電気泳動 (尿素), DH: ドットハイブリダイゼーション, FA: フラグメントアナライザー

る鑑定が継続されるものと思われる（表2）。

3. 鑑定資料採取から DNA 型鑑定までの流れ

犯罪が発生し認知されるとただちに現場保存が行われ、所轄の警察署刑事課鑑識係員および警視庁・道府県警察本部刑事部鑑識課機動鑑識隊員（以下、鑑識係員）は現場で鑑定資料を採取し、被害者、被疑者、関係者の血液、だ液あるいは口腔内細胞を比較対照資料として採取する。鑑識係員は、それらの鑑定資料を警察署で整理し、通常、鑑定嘱託書により警察署長から警視庁・道府県警察本部刑事部科学捜査研究所長に鑑定を嘱託するといった、いわゆる捜査機関からの嘱託鑑定である。その後、特使が鑑定資料を警察署から科学捜査研究所に搬送し、同所で鑑定人である法医科研究員の立ち会いの下で鑑定嘱託書と鑑定資料を受け付け、同研究員は法医物体検査に着手する（図2）。

DNA 型鑑定までには、まず、いくつかの検

査を行い鑑定資料に DNA 型鑑定の対象物が付着していることが証明されなければならない。具体的には、血こん・体液などの予備検査、精子・細胞・毛髪などの顕微鏡検査、人由来を証明するための抗血清あるいは DNA による種属判別検査、ABO 式などの血液型検査を行い、原則としてすべての検査において、DNA 型鑑定が可能である十分な検査結果が得られれば、DNA 型検査に移行する。

DNA 型検査は、最初に着衣などに付着の血、こん・体液などは糸片あるいはガーゼ片に転写し、付着量が極微量の場合は直接、切り出す。それらをマイクロチューブに入れ、酵素（Proteinase K）処理後、DNA 自動抽出装置により、DNA を抽出する⁴¹⁾。抽出物は、リアルタイム PCR 装置により、抽出液中のヒト DNA を定量する⁷⁷⁾。次に、ヒト DNA が $1 \text{ ng}/\mu\text{L}$ の濃度になるよう抽出液を調整し、 1 ng をテンプレート（鋳型）として、PCR 装置により DNA を増



図2 鑑定資料採取から DNA 型鑑定までの流れ

幅する。増幅された DNA をフラグメントアナライザーでキャピラリー電気泳動^{7), 8)}し、DNA サイズ分析ソフトウェア (GeneScan[®], Applied Biosystems 社製)⁶⁾ および型判定用ソフトウェア (GeneMapper[™], Applied Biosystems 社製)²⁾ で DNA 型を判定し、エレクトロフェログラムをプリントアウトする。

DNA 型が判定されれば鑑定書を作成するが、緊急を要する場合には電話あるいはファクシミリにより捜査側に報告する。鑑定書を警察署に送付し、鑑定終了後、鑑定資料を警察署に返還する。警察署では、それらを超低温庫に保管する。

鑑定とは別に、DNA 型情報の広域的・効果的活用を目的とした警察庁の DNA 型記録検索システムへ、犯人の現場遺留物および被疑者の DNA 型を登録する。それらが DNA 型記録検索システムに蓄積された型と合致した場合、当該都道府県と相互にデータを交換し、法医科研究員が再確認する。余罪あるいは同一犯の裏付けが判明した旨を捜査側に報告し、犯人逮捕の手がかりとする。

4. 誤鑑定の防止策 (表 3)

1) 犯罪現場

犯罪現場においては、鑑識係員・捜査員自身の汗・だ液・フケなどの体液・細胞の付着など犯罪が認知されて以降のいわゆる二次的コンタミネーション (汚染)⁶³⁾ を防止するためにマスク、ゴム手袋、専用作業着の着用を徹底する。人の頭には毛髪が 10 万本生えており、15 分に 1 本の割合で自然落下する¹⁹⁾ といわれているので、現場で作業する人はヘアキャップを着用し、また、陰毛の自然落下を防止するためズボンの裾を絞ることが必要である。もし、それらを犯人が遺留した毛髪として DNA 型記録検索システムへ鑑識係員・捜査員の DNA 型を登録すれば、それを基に犯人捜査することになる。完全に、現場において鑑定資料を採取する係員の体液や毛髪などのコンタミネーションを防止するには、現在、一部の都道府県警察で独自に採用されている体全体を覆う宇宙服 (防護服) のような鑑識専用作業着を着て鑑識作業・捜査活動をする必要がある。そのためには、繊維が犯罪現場に落下しない不織布のように通気性・活動性が良く、ディスポーザブルのもので統一規格された鑑識専用作業着を早急に作製

表 3 誤鑑定要因の種類と防止策

誤鑑定要因	防 止 策
コンタミネーション (汚染)	ヘアキャップ、マスク、ゴム手袋、鑑識・鑑定専用作業着などの着装の徹底化 鑑定資料の保存容器および採取機材の無菌化、ディスポーザブル化 検査試薬の分注
鑑定資料の取り違い	複数の鑑識係員・捜査員による鑑定資料採取時の記番号記入とダブルチェック 鑑定嘱託書と鑑定資料の整合性の確認 鑑定人による事件ごとの一連記番号の付記 検査用チューブなどのバーコード化 DNA 検査プレートの記録シート作成と正確性のチェック 別の鑑定人による再鑑定
DNA 型の誤判定	DNA 型判定の厳密化 鑑定作業の正確性確認
書類の誤記入	鑑定書と添付書類の記入事項のトリプルチェック
鑑定資料の腐敗・変性	クーラーボックスによる搬送 超低温庫での保管
鑑定資料の紛失	鑑定資料返還・受渡簿・保管簿の整備

し、全国の警察で導入しなければならない。

鑑定資料を採取するとき、特に壁、床などの動かせないような担体に付着の多数の血こん、体液を採取する場合に糸片、ガーゼ片あるいは綿棒に転写するが、これら製品自体のコンタミネーションがないことを製品ロットごとにチェックし、相互付着防止のためにディスプレイのピンセット・試験管、清潔なハサミ・鑑定資料用ビニール袋・糸片・ガーゼ片・綿棒、滅菌済みの超純水、無菌化した鑑定資料保存容器・採取器材などを使用する。特に、ディスプレイでない採取用器材については、クロスコンタミネーションの影響¹¹⁾があり、1回の採取ごとに超純水、エタノールなどでクリーニングしなければならない。また、担体自身のコンタミネーションの可能性もあるので、対象物の血こんのようなものなどが付着していない部位（対照部位）も同様に、採取する。十分に乾燥していない血こん、体液が多数付着している服などの場合は、そのまま折りたたむと相互付着するので、それを防止するため清潔なビニールなどを挟んで折りたたむ必要がある。特に、DNA型鑑定に携わらない鑑識係員・捜査員は、DNAの特性を知らず無意識のうちに素手で鑑定資料に触れる可能性があるため、鑑定人と同じ意識を持つ必要がある。現在、警察学校では鑑識・捜査・交通・生活安全・地域部門所属で犯罪現場に臨場する警察官に対して「鑑識専科」という研修を行っている。そのなかには「科学捜査」の科目があり、最終の筆記・実技試験に合格した者に対して警察本部長が「鑑識上級認定員」の資格を与え現場での鑑識活動の厳密性・正確性を担保している。しかし、その研修はDNAに関しては十分といえず、警察官は大学法医学教室の教員など部外の教育機関の専門家による基礎的なDNA型鑑定法も含めた講習を受け、法医学的なDNAに関する知識・技術を体感的に修得する必要がある。それらを修得した警察官に対しては、「DNA鑑識専門員」（仮称）の資格を与え、犯罪現場における鑑定資料の採取・取り扱いなどの鑑識・捜査活

動を許可することが誤鑑定要因のうちのコンタミネーション防止にもつながる。

また、資料取り違え防止のために鑑定資料と比較対照資料を複数人の鑑識係員・捜査員で採取し、採取後すぐに記番号を記入しダブルチェックをする。

2) 警察署

警察署において、採取された鑑定資料を腐敗・変質防止のため冷蔵庫などに保管し、犯罪現場と同様、二次的コンタミネーションに細心の注意を払う。

鑑定嘱託書に記載される項目は、事件名、発生年月日時、犯罪の場所、被害者の住居・氏名・年齢・性別、被疑者の住居・氏名・年齢・性別、鑑定資料の名称・個数、鑑定事項、事件の概要、参考事項であるが、それらは正確に記載されなければならない。特に、警察署においては、取り違え防止のために鑑定資料の名称・個数・採取年月日・採取方法および採取箇所の記載、採取箇所の添付図面などと鑑定資料との整合性を複数人の鑑識係員、捜査員で確認する。また、必要なときは任意提出書、破壊承諾書、所有権放棄書、鑑定処分許可状を取り、鑑定資料が適正に採取、嘱託されたことを関係書類により担保されなければならない。

3) 科学捜査研究所（受付時）

法医物体検査の対象の鑑定資料は腐敗・変質しやすいものが多く、鑑識係員・捜査員はクーラーボックスなどで搬送する必要がある。鑑定資料取り違え防止のために科学捜査研究所の事務職員だけでなく鑑定人である法医学研究員の立ち会いの下で鑑定嘱託書と鑑定資料の突き合わせ、受け付けをする必要がある。また、鑑定資料受付簿における受け取り年月日時、鑑定資料を搬送した特使および受け取った科学捜査研究所員の各官職・氏名を確実に記載する。捜査本部が設置されるような重要事件では、遺留品捜査のため着衣、凶器などを鑑定中に当該捜査本部の捜査員に一時貸し出す場合が多いので、紛失、コンタミネーション、変質・腐敗防止のため、一時貸出簿で鑑定資料の流れを確実に記

載し、清潔なビニール袋に包み、クーラーボックスで搬送する。

4) 科学捜査研究所 (鑑定時)

法医学研究員は鑑定資料取り違いなどのヒューマンエラー防止のため、事件ごとに一連の記番号を付す。本件あるいは余罪捜査のため複数人の被疑者から口腔内細胞などを採取し、同時に検査する場合は、抽出の段階で取り違えると判定された DNA 型からは同性であると判別できないので、別の鑑定人により鑑定資料そのものから抽出し、再鑑定する。

同一の鑑定資料について、DNA 型検査と繊維類・土壌・塗膜片・合成樹脂片などの微物検査⁷²⁾を行う場合が多く複数の鑑定人が取り扱うので、コンタミネーション防止あるいは鑑定資料取り違い防止のため当該事件担当の科学捜査研究所法医学研究員と同化学科研究員とは検査項目の優先性を考慮し、効率的で確実な鑑定資料の流れ、検査の手順などを綿密に打ち合わせする必要がある。

コンタミネーション防止のため鑑定人およびクリーンルーム入室者は 白衣・マスク・ゴム手袋を着用する。風邪をひいたときなどの咳によっても鑑定人自身のだ液が付着し、鑑定資料が汚染される可能性があるため、マスクの着用は絶対、必要である。

検査箇所の取り違い防止のために鑑定資料の写真・図などにあらかじめ記番号を付すことにより検査箇所を明確にし、バーコードが貼られたマイクロチューブに鑑定資料のガーゼ片・糸片の転写試料あるいは直接の切り出し試料を入れる。着衣などは、DNA 型検査の対象物が付着していない対照部位も同様に抽出する。

DNA の抽出は当初、操作段階の多いフェノール・クロロホルム法^{43), 46), 70), 86), 87)}で行っていたが、近年、自動 DNA 抽出装置 (EZ1, QIAGEN 社) が導入され、DNA 抽出時のコンタミネーションの可能性が少なくなってきた。しかしながら、鑑定資料の酵素処理液を自動 DNA 抽出装置の専用チューブに入れ換えるのは検査者で、そのとき、取り違いの可能性があ

り、同様に細心の注意を要する⁴¹⁾。また、フラグメントアナライザーは 1 チャンネルの ABI PRISM[®] 310 (Applied Biosystems 社製)⁷⁾に加えて、16 チャンネルの ABI PRISM[®] 3130xl (Applied Biosystems 社製)⁸⁾が導入されたことによるウェルプレートへ試料の入れ間違いを防ぐため、一度に多数の DNA の PCR 増幅産物をホルムアミド変性する処理操作も含めてウェルプレートに注入するときは注入チェックシートを作成し、1 回の注入ごとにチェックする必要がある。

DNA の抽出からフラグメントアナライザー分析までの一連の操作が適正であるかを検証するために検査ごとに、抽出段階から既知 DNA 型の血こんあるいは体液をポジティブコントロール、超純水をネガティブコントロールとして、鑑定資料と同様に抽出・PCR 増幅する。基本的に抽出、PCR、キャピラリー電気泳動の各段階の試薬量、緩衝液・キャピラリーの使用回数、操作法はメーカーのマニュアルどおりに行う^{3), 7), 8), 41)}。

結果の整理および鑑定書作成時における誤判定・誤記入防止のためエレクトロフェログラムのプリントアウトしたものと鑑定書に添付の DNA 型検査結果表をダブルチェック、可能であればトリプルチェックする。DNA 型判定の厳密化が必要で、判断基準に基づく客観的な判定がなされなければならない。

精液混在の膿液などの混合体液において、二段階細胞融解法^{12), 91)}により得られた精子由来と膿由来の各 DNA 量が共に少ない場合⁸⁸⁾、あるいは分離が不十分である場合は両者の型が検出されるため慎重な型判定が必要である。PCR は決められた量の試薬で増幅しても、テンプレート (鋳型) 量が適量でなかったり、分解した DNA を PCR 増幅するとアレルドロップアウト (Allele drop out) 現象が起こり、エレクトロフェログラムにおけるピーク高のバランスが悪いため、異型接合 (ヘテロ) 型の場合、型判定するには低い型が高いほうの RFU (Relative Fluorescence Units) の 60% 以上として

いる⁴⁶⁾。STR座位においては、本来の型のピークより繰り返し数が1回少ない型のスタターピーク (Stutter peak) が出現し、本来のピーク高の10%前後であるので、混合試料の場合と厳密に識別し、検出された型と判定しない。特に、混合体液においてDNAが微量の場合は、スタターピークと本来のピークとの識別は困難である。テンプレート量が多い場合、フラグメントアナライザーの検出限界を超えオフスケール (Off-scale) となり、エレクトロフェログラムには2峰性のピークあるいは、肩 (ショルダー) を有するピークがみられるので、テンプレート量を少なくして、再PCR増幅を行う。フラグメントアナライザーの適正な蛍光強度範囲は、150~5,000 RFUであり、テンプレートのDNA量を増減しPCR増幅を2回行ってどちらかで150 RFU以下の検出されない型は不明とする。また、同型接合 (ホモ) 型は異型接合 (ヘテロ) 型よりピークが高い傾向にあるが、すべての型において1つでも5,000 RFU以上のピークがあるときはテンプレート量を減らし、すべてにおいて5,000 RFU以下にする。インジェクションタイムは、基本的には5秒であり、10秒までとする。ピーク高を適正範囲にするために、PCR増幅産物のホルムアミド変性液を希釈したり、PCR増幅産物を増したりはしない。必ず、はじめからテンプレート量を増減して、PCR増幅する。DNA型判定用ソフトウェア (GeneMapperTM, Applied Biosystems 社製)²⁾の閾値などの各設定は、変更してはならない。アレリックラダーマーカー (AL: Allelic Ladder Marker) を用いたポリアクリルアミドゲル電気泳動のときよりは、型判定精度は格段に向上したが、インターアレル、バリエーション、サブタイプ (異型) の場合、OL (Off Ladder) がエレクトロフェログラムに表示されるが、DNA型判定用ソフト (GeneMapperTM, Applied Biosystems 社製) で型判定不能の場合はシーケンス (sequence) まで行い、塩基配列を解釈すべきである⁵⁶⁾。DNA型検査法において、その他の項目については笠井

らの報告⁴⁶⁾による。

さらに正確を期するため、以下のように別の方法で、それぞれのDNA型の性質から生じる矛盾点を補完し真実に向かって歩むことが不可欠である。

鑑定資料が腐敗、変質したためにDNAの断片化が起こり、DNA型が一部検出のもの⁵¹⁾は、AmpFISTR[®] Identifier[®] PCR Amplification Kit (15座位のSTR型と1座位のアメロゲニン型の計16種類)のなかの8座位のSTR型 (D13S317, D7S820, D2S1338, D21S11, D16S539, D18S51, CSF1PO, FGAの各型)と1座位のアメロゲニン型の計9種類のDNA型検査キット (AmpFISTR[®] MiniFilerTM PCR Amplification Kit, Applied Biosystems 社製)によるフラグメントアナライザー分析法⁴⁾で再検査し、確認する。本検査キットは8座位のSTR型と数は少ないがプライマーの設定を変更し、AmpFISTR[®] Identifier[®] PCR Amplification Kitの増幅塩基サイズより99~201 bp短いため、断片化された低分子DNAでも型検出できることがある。しかしながら、AmpFISTR[®] Identifier[®] PCR Amplification Kitのエレクトロフェログラム上で検出された型以外は、不明あるいは不検出としているので、正確性・厳密性を高めるためにAmpFISTR[®] MiniFilerTM PCR Amplification Kitが導入されなければならない。

親子鑑定において突然変異によりDNA型が矛盾するものは、AmpFISTR[®] Identifier[®] PCR Amplification Kitの15のうち1つのDNA型までとして⁴⁸⁾、特にその場合は同キットによる検査のみならず母系遺伝であるミトコンドリアDNA (mt DNA: mitochondrial DNA)の遺伝子産物をコードしていない非コード領域である制御領域 (Dループ)の超可変領域1, 2 (HV1,2: Hyper-Variable region 1,2)内の塩基配列を自動解析装置 (シーケンサー: Sequencer)により解析するシーケンシング法 (Sequencing method)で、塩基置換多型を検出する。さらに、男性同士による血縁関係の証

明は父系遺伝である Y 染色体に座位する Y-STR 型を検査する必要がある⁵³⁾。16 座位の Y-STR 型 (DYS456, DYS389I, DYS390, DYS389II, DYS458, DYS19, DYS385 a/b, DYS393, DYS391, DYS439, DYS635, DYS392, Y GATA H4, DYS437, DYS438, DYS448 の各型) の DNA 型検査キット (AmpFISTR[®] Yfiler[®] PCR Amplification Kit, Applied Biosystems 社製)⁵⁾ あるいは 11 座位の Y-STR 型 (DYS391, DYS389I, DYS439, DYS389II, DYS393, DYS390, DYS385, DYS438, DYS437, DYS19, DYS392 の各型) の DNA 型検査キット (PowerPlex[®] Y System, Promega 社製)⁶⁾ を用いたフラグメントアナライザー分析法を行い, STR 型だけでなくミトコンドリア DNA や Y-STR 型からも親子関係を証明する必要がある。しかしながら, ミトコンドリア DNA は検出感度が高く, 外因性ミトコンドリア DNA のコンタミネーションの影響を受けやすいため, 高度な清潔度のクリーンルームの設置, ディスポーザブルの白衣着用, 検査作業工程の厳密化, 長時間を要するシーケンシング法のルーチン化の問題を解決しなければならない。また, 突然変異により一つの細胞中でも型が異なるミトコンドリア DNA が存在する状態のヘテロプラスミー²⁵⁾, あるいは染色体全体のアレルの組み合わせが一緒に遺伝されるハプロタイプであるため出現頻度が高いという Y-STR 型も考慮する必要がある。

性犯罪によくみられる膣液などの女性の体液中に男性由来の精子あるいは体液が混在する場合^{13), 16), 18), 21)~23), 58), 59), 92)} は積極的に前述の Y-STR 型検査により型判定し, 被疑者などの比較対照資料と同型であることを証明しなければならないが, AmpFISTR[®] Yfiler[®] PCR Amplification Kit の 16 座位の STR 型検査キットで, すべての Y-STR 型が判定されたとしても, 日本人における出現頻度は最も低い型の組み合わせの場合で 49 人に 1 人であり, 個人識別度が低いことを認識しておかなければならな

い。

以上の鑑定作業の正確性を確認するため, 鑑定簿, 鑑定書と添付書類 (写真, 記録図など) の記入事項をトリプルチェックする。衣類などに付着の体液が微量であり切り取らなければならないときは, その後の写真も添付する。鑑定人は各操作段階における年月日時, 鑑定資料の外観所見, 検査箇所, 検査部位, 採取方法, 検査方法, 抽出試薬・PCR 試薬・フラグメントアナライザー用品 (キャピラリー, 緩衝液, ポリマー) のメーカー・キット名・ロット番号, 使用期限, DNA 型判定表を鑑定簿に記載し, 残余の鑑定資料があれば, 別の鑑定人が再鑑定する。また, 信頼性を高めるために, 科学警察研究所が都道府県警察の科学捜査研究所に対して毎年 1 回実施する機器管理, 設備管理, 試薬管理, ブラインドテストの結果を各簿冊に保存し, それらの可視化が必要である。また, DNA 自動抽出装置, 抽出 DNA を定量するリアルタイムサーマルサイクラー, フラグメントアナライザー, サーマルサイクラー (PCR 装置), 超純水製造装置, 超低温庫などの機器についてはメーカーなどによる定期点検を実施し, その点検簿の保存が必要である。特に, フラグメントアナライザーのレーザー光源は, 劣化すると RFU の極端な低下がみられ, 型判定を誤る。

5) 鑑定終了後

鑑定資料の変性・紛失防止のため, 鑑定終了後, 速やかに鑑定資料を警察署に返還する。その際には鑑定資料の返還・受渡簿を整備し, 3) 項の科学捜査研究所 (受付時) と同様に厳格に記載する。刑事事件における DNA 型鑑定は, 真実の追究に大きな役割を果たしており, 犯罪捜査規範第 186 条の「再鑑定のために残余の鑑定資料を保管する考慮」により将来の再鑑定に備えて変質・腐敗防止のため警察署の超低温庫 (-80℃) に鑑定資料を保管, 保管簿を整備し鑑定資料の流れを明確にする。遺留・被疑者 DNA 型を警察庁の DNA 型記録検索システムへ登録するときは, 都道府県の科学捜査研究所

員が入力するが、誤入力防止のため2人以上で入力し、入力後プリントしたものとエレクトロフェログラムをチェックする。特に、被疑者のDNA型鑑定資料は関連する鑑定資料がなく単独で入力することがあり、入力間違いに気がつかないため入力には再鑑定も含めて細心の注意を払う。DNA型記録検索システムにおいてヒットした場合、当該都道府県と相互に交換したデータをダブルチェックする。

5. 考 察

誤鑑定防止のための基本的な考え方としては、以下のことが挙げられる。

1) コンタミネーションの絶無：①犯罪時の現場におけるコンタミネーションは、回避できないが二次的コンタミネーションは防止する。二次的コンタミネーションはヒューマンエラーと捉える。②科学捜査研究所所員、関係鑑識係員・捜査員のDNA型を把握し、疑義が生じても立証できるだけのデータを整備しておく。PCR増幅すると数千万倍にDNAが増幅されるためコンタミネーションの影響は大きく、鑑定資料の証拠価値を失う。

2) 鑑定検査の適正化：①マニュアル（体液の判定法、DNA抽出法・PCR増幅法・泳動法・DNA型判定法・DNA型判定基準、危機管理など）の作成をする。人血、人精液、人だ液、人汗、人毛などと証明されて初めて、DNA型検査がなされなければならないと考える。特に、性犯罪事件において精液と膣液の混合体液を検査する場合、精子の存在あるいは数がDNA型の検出に大きく影響する。各都道府県警察の科学捜査研究所により一部違う手法を統一し、そのマニュアル化が必要である。たとえば、血清学的種属別検査^{17), 42)}や血清学的ABO式血液型検査⁷⁹⁾を省略してDNA型検査を行うのか、鑑定資料が腐敗・変質した場合、血清学的種属別検査は陰性になる可能性があるため人特有のDNAが検出されれば人由来^{57), 60), 61)}とするのか、血清学的なABO式血液型検査とDNAによるABO遺伝子型検

査^{9), 10), 54)}の採用基準はどうするのか、親子鑑定で突然変異の場合の肯定基準^{38), 75)}はどうするのか、母系遺伝のミトコンドリアDNAや父系遺伝のY染色体上のDNA型(Y-STR型)^{27), 37), 50), 55), 93)}が同型になった場合、出現頻度が高いため個人識別、親子鑑定においてどのような判定基準を採用するのか、男女由来の混合体液におけるそれらのDNA型検査の採用基準はどうするか、AmpFISTR® Identifiler® PCR Amplification Kit (Applied Biosystems社製)に採用の4塩基の繰り返しの15種類のすべてのSTR型の塩基配列を解釈(シーケンス)するのか、など検討しなければならない項目が多岐にわたっている。②データ(検査簿、エレクトロフェログラム、施設・試薬管理簿、ブライントテスト結果、メーカー発行の機器保守点検表など)を保存し、必要なときには可視化する。

3) わかりやすい鑑定書：裁判員制度のため専門家以外の人にも理解できるよう平易な言葉の使用に努め、わかりやすい表、図面などを添付する。「鑑定資料に被疑者のDNAが混在したとしても矛盾がない」などの先入観を疑われるようなあいまいな表現は避けるべきである。

4) 外部監査：大学などの研究機関ではDNAなどの個人情報に関する研究において倫理審査委員会が設置されているように、DNA型鑑定に関して裁判の段階で、外部のDNAの専門家、法曹関係者、裁判員のような一般の選任された人で構成された監査委員会で監査し、客観性を高める必要があると考える。しかし、監査は個人情報、プライバシーに関する項目が多いので、それらの保護を前提になされなければならない。DNA型の出現頻度^{32)~34), 49)}、また、推定は非常に困難であるが血液、体液、細胞など由来のDNAの付着時期^{24), 71)}を考慮に入れ、捜査に反映させなければならない。また、捜査側もDNA型鑑定神話⁶³⁾に頼ることなく、裏付けなどの基本は確実に行わなければならない。再鑑定は、都道府県警察の科学捜査研

研究所あるいは警察庁の科学警察研究所以外の2カ所以上の大学法医学教室などの研究機関に共通座位のDNA型鑑定を委託して、客観性を高める必要がある。

5) 認証評価：大学、病院、企業などにおいては各種の認証評価機構により、認証評価を受けてその機関、職員の品質が保証されている。イギリスでは法科学研究所(FSS)が警察の一機関から独立し内務省法科学研究機関(the Home Office Forensic Service Agency)などになり、部外の資格認定機関から認定を受ける。また、同様にアメリカではFBIの法科学研究所を諮問機関が勧告した検定標準に基づき外部機関が検定し、FBI長官はその結果を上院・下院の司法委員会に報告する。その他、具体的な検査法や書類形式も含めた勧告・ガイドラインも作成し、諸外国は信頼性を高めるシステムを構築している⁶³⁾。また、鑑定人(科学捜査研究所研究員)の学位(修士、博士)取得も学術的な保証が得られ、信頼性が増す。

6. 結 語

DNA型鑑定は「指紋以来の鑑識科学の画期的革新」であり、事実、裁判員制度が導入された今日においても、DNA型による犯人検挙、事件の解決、公判における証拠採用などの例は枚挙に暇がない。2007年(平成19年)12月末現在の日本におけるDNA型記録検索システムで被疑者が確認された事件は1,727人、2,321事件で、そのうち異なる都道府県間は293人、394事件であった。また、2010年(平成22年)2月末現在で同システムに登録されているのは被疑者DNA型記録が80,209名、現場の遺留DNA型記録が21,808件である。

DNA型鑑定は、着実に、確実に「安全と安心の日本づくり」の一翼を担っており、それ故に誤鑑定はあってはならず、また、裁判員制度に対応するため鑑定の可視化、証拠の開示や判りやすい鑑定書の表現などが求められるようになってきている。「警察鑑定は科学的見地より捜査第一主義に完全に傾斜している」⁶³⁾と

され、その反対に南部らは「大学は学術、教育の最高機関に属するため学術に忠実な鑑定が行われ、科学警察研究所あるいは科学捜査研究所の研究員などの捜査機関内部の者が行う鑑定に比べて、外形上は中立な立場であるとされているが、捜査機関による鑑定、鑑識作業であっても刑事訴訟法、犯罪捜査規範の精神に則った鑑定であれば、科学と真実に対して中立とみなされる」⁶²⁾としているが、どのような立場の鑑定人であっても、作為をすることなく鑑定の限界を認識し科学者の良心に従って、科学に忠実な鑑定を行えば、どんな反論にも耐えることができる力強い科学捜査が実現でき、確固たる社会正義が実現できるものと考えている。鑑定人は公判の証人出廷などで、何ものにもとらわれず正直に意見を述べる勇気も必要である。

以上、誤鑑定の防止策を報告したが、かつてDNA型鑑定の体制が十分でないままDNA型鑑定が導入され、混乱を招いたことを忘れてはならないであろう。鑑定人は、いつの時代も社会正義実現のためには単純ではない鑑定資料を検査しなければならないことをはじめ、幾多の厳しい困難に立ちはだかりつつ、正面から立ち向かい克服しなければならないという使命をもっている。

しかしながら、鑑定のみならず事務的作業においても科学捜査研究所法医科学研究員の負担は期待と比例して増大し、その結果、過度の超過勤務の常態化、心身の疲弊がみられ、さまざまな事案が発生している。それらは同研究員のマンパワーだけでは解決できない部分もあり、危機管理、人的・施設の・予算的な問題が考えられ、より総合的・系統的に充実した体制が望まれる。

文 献

- 1) Allen, M., Saldeen, T., Pettersson, U. et al.: Genetic typing of HLA class genes in Swedish population; Application to forensic analysis. *J. Forensic Sci.* 38: 554-570, 1993.
- 2) Applied Biosystems: ABI PRISM® GeneMapper™ Software Version 3.0 User's Manual

- Rev. B, Part Number 4335526, 09/2002.
- 3) Applied Biosystems: AmpFISTR® Identifier® PCR Amplification Kit User's Manual Rev. E, Part Number 4323291, 09/2010.
 - 4) Applied Biosystems: AmpFISTR® MiniFiler™ PCR Amplification Kit User Guide Rev. D, Part Number 4374618, 04/2011.
 - 5) Applied Biosystems: AmpFISTR® Yfiler® PCR Amplification Kit User's Manual Rev. E, Part Number 4358101, 04/2011.
 - 6) Applied Biosystems: GeneScan® Analysis Software Version 3.1 User's Manual, Part Number 4306157B, 10/2000.
 - 7) アプライドバイオシステムズジャパン: ABI PRISM® 310 Genetic Analyzer 操作ガイド Rev. 4.2, 2001年3月.
 - 8) アプライドバイオシステムズジャパン: Applied Biosystems 3130/3130xl Genetic Analyzer 操作ガイド Rev. 1.0, 2005年4月.
 - 9) 土井裕輔, 山本雄二, 稲垣幸代ほか: Multiplex SNPs解析による ABO 遺伝子型判定法の法科学的応用. DNA 多型 10: 229-233, 2002.
 - 10) Doi, Y., Yamamoto, Y., Inagaki, S. et al.: A new method for ABO genotyping using a multiplex single-base primer extension reaction and its application to forensic casework samples. Legal Med. 6: 213-223, 2004.
 - 11) 藤井宏治, 北山哲史, 中原弘明ほか: STR 型検査のために FTA カードをパンチする際のクロスコンタミネーションの程度について. 日本法科学技術学会誌 16: 67-72, 2011.
 - 12) Fujita, Y., Kubo, S.: Application of FTA® technology to extraction of sperm DNA from mixed body fluids containing semen. Legal Med. 8: 43-47, 2006.
 - 13) Fujita, Y., Kubo, S.: Personal identification from a mixture of body fluid samples obtained after a sex crime committed by multiple criminals. Acta Crim. Japon. 71: 169-175, 2005.
 - 14) Fujita, Y., Kubo, S., Tokunaga, I. et al.: Influence of post-mortem changes on DNA typing (D1S80, TH01, HLA DQA1, and PM typing system); case studies for personal identification. Legal Med. 6: 143-150, 2004.
 - 15) Fujita, Y., Kubo, S., Yoshida, Y. et al.: Application of AmpFISTR Profiler™ PCR Amplification kit for personal identification of a putrefied cadaver. J. Med. Invest. 51: 243-246, 2004.
 - 16) 藤田義彦, 神原敬三, 中山睦男ほか: ヒト胃液中における前立腺由来酸性ホスファターゼの安定性について. 科警研報告法科学編 38: 173-177, 1985.
 - 17) 藤田義彦, 児島浩一郎, 久保真一: サンドイッチ・ハイブリダイゼーション法の人血証明への応用—新しい法医免疫学的人獣鑑別—. 日本法医学雑誌 54: 227-232, 2000.
 - 18) 藤田義彦, 三村 卓: 胃液中にみられた精子証明の一鑑定例. 科警研報告法科学編 40: 179-181, 1987.
 - 19) 藤田義彦, 中山睦男, 神原敬三ほか: 毛髪 of 裁判化学的研究 (第 1 報) 毛髪付着残留成分による頭髪用化粧品類の銘柄識別について (その 1). 衛生化学 33: 321-327, 1987.
 - 20) 藤田義彦, 徳永逸夫, 後藤田貴子ほか: 失踪後約 1 年後に海中から発見された母子心中の親子鑑定例. 犯罪誌 69: 75-79, 2003.
 - 21) 藤田義彦, 徳永逸夫, 久保真一: 連続強姦未遂事件において遺留された異なる資料からの血液型・DNA 型鑑定による同一犯人の証明. DNA 多型 9: 343-348, 2001.
 - 22) 藤田義彦, 山本尚美, 三尾直樹: ヒト糞便中に存在する精液の検出証明法. 科警研報告法科学編 43: 35-41, 1990.
 - 23) Fujita, Y., Tokunaga, I., Kubo, S.: Forensic identification of a vaginal fluid and saliva mixture through DNA analysis. Acta Crim. Japon. 69: 48-52, 2003.
 - 24) Fujita, Y., Tsuchiya, K., Abe, S. et al.: Estimation of the age of human bloodstains by electron paramagnetic resonance spectroscopy: Long-term controlled experiment on the effects of environmental factors. Forensic Sci. Int. 152: 39-43, 2005.
 - 25) 福島弘文, 五条堀孝監訳: DNA 鑑定とタイピング—遺伝学・データベース・計測技術・データ検証・品質管理—. pp. 209-256, 共立出版, 東京, 2009.
 - 26) Gill, P., Ivanov, P. L., Kimpton, C. et al.: Identification of the remains of the Romanov family by DNA analysis. Nat. Genet. 6: 130-135, 1994.
 - 27) Gusmão, L., Butler, J. M., Carracedo, A. et al.: DNA commission of the international society of forensic genetics (ISFG); An update of the recommendations on the use of Y-STRs in forensic analysis. Forensic Sci. Int. 157: 187-197, 2006.
 - 28) Hagelberg, E., Gray, I. C., Jeffreys, A. J.: Identification of the skeletal remains of murder victim by DNA analysis. Nature 352: 427-429, 1991.
 - 29) Hochmeister, M. N., Budowle, B., Borer, U. V. et al.: Confirmation of the identify of human skeletal remains using multiplex PCR amplification and typing kit. J. Forensic Sci. 40: 701-

- 705, 1995.
- 30) Holland, M. M., Fisher, D. L., Mitchell, L. G. et al.: Mitochondrial DNA sequence analysis of human skeletal remains; Identification of remains from the Vietnam War. *J. Forensic Sci.* **38**: 542-553, 1993.
 - 31) Holt, C. L., Staffer, C., Wallin, J. M. et al.: Practical application of genotypic surveys for forensic STR testing. *Forensic Sci. Int.* **112**: 91-109, 2000.
 - 32) 法科学的 DNA 型判定法に関する技術作業グループ: 日本人における HLA DQ α 型の出現頻度. *科警研報告法科学編* **50**: 116-121, 1994.
 - 33) 法科学的 DNA 型判定法に関する技術作業グループ: 日本人における MCT118 型の出現頻度. *科警研報告法科学編* **47**: 110-115, 1994.
 - 34) 法科学的 DNA 型判定法に関する技術作業グループ: 日本人の TH01 型及び PM5 座位の出現頻度—日本人の頻度データ間の比較—. *科警研報告法科学編* **50**: 1-9, 1997.
 - 35) Ishida, K., Bao-Li, Z., Sakoda, S. et al.: Significance of DNA analysis for determination of ABO blood groups from hair and nail of decomposed human remains; a comparison with phenotyping by the absorption-elution method. *Legal Med.* **2**: 212-215, 2000.
 - 36) 石河 淳, 山口裕樹, 辻 彰子ほか: 粘着テープ粘着面に残った接触痕からの STR 分析事例. *犯罪誌* **70**: 115-119, 2004.
 - 37) Jaiprakash, G. S., Huma, N., Elaine, S. et al.: Y-Chromosome STR system, Y-PLEXTM 12, for forensic casework: Development and validation. *J. Forensic Sci.* **49**: 1-14, 2004.
 - 38) James, L. W., Carmen, W.: Mutation of human short tandem repeats. *Hum. Mol. Genet.* **2**: 1123-1128, 1993.
 - 39) Jeffreys, A. J., Allen, M. J., Hagelberg, E. et al.: Identification of the skeletal remains of Josef Mengele by DNA analysis. *Forensic Sci. Int.* **56**: 65-76, 1992.
 - 40) Jeffreys, A. J., Wilson, V., Thein, S. L.: Individual-specific 'fingerprints' of human DNA. *Nature* **316**: 76-79, 1985.
 - 41) 株式会社キアゲン: EZ1 DNA Investigator プロトコールとトラブルシューティング, 2007年6月.
 - 42) 科学警察研究所編: 法医学検体検査法. pp. 96-99, pp. 171-175. 科学警察研究所, 東京, 1974.
 - 43) 笠井賢太郎, 坂井活子, 吉田日南子ほか: MCT118 座位の PCR 増幅による血痕および体液斑からの DNA 型検出法. *科警研報告法科学編* **47**: 24-35, 1992.
 - 44) 笠井賢太郎, 坂井活子, 吉田日南子ほか: MCT118 座位 PCR 増幅産物のゲル電気泳動による分離と DNA マーカーによる型判定に関する技術的検討—123 塩基ラダーとシータス・アレリックラダーとの比較—. *科警研報告法科学編* **46**: 121-128, 1993.
 - 45) 笠井賢太郎, 吉田日南子, 水野なつ子ほか: 証拠資料からの DNA 型検査法 (第3報). *科警研報告法科学編* **58**: 32-36, 2007.
 - 46) 笠井賢太郎, 吉田日南子, 水野なつ子ほか: 証拠資料からの DNA 型検査法. *科警研報告法科学編* **56**: 23-35, 2006.
 - 47) Kasai, K., Nakamura, Y., White, R.: Amplification of a variable number of tandem repeat (VNTR) locus (pMCT118) by the polymerase chain reaction PCR and its application of forensic science. *J. Forensic Sci.* **35**: 1196-1200, 1990.
 - 48) 勝又義直, 勝又 竜, 山本敏充ほか: 親子鑑定における確率計算の実際と突然変異への対応—STR キットを利用した DNA 鑑定の識別力の検証—. *日法医誌* **55**: 205-216, 2001.
 - 49) 警察庁編: 平成 20 年版警察白書. pp. 32-35, ぎょうせい, 東京, 2008.
 - 50) Kido, A., Hara, M., Kameyama, H. et al.: Y-Chromosomal STR loci data in Japanese using the Y-PIEXTM5 and Y-PIEXTM6 PCR amplification kits. *J. Forensic Sci.* **49**: 849-851, 2004.
 - 51) 小柳幸司, 久司篤司, 吉田邦夫: DNA の低分子化が型判定に及ぼす影響. *DNA 多型* **9**: 312-317, 2001.
 - 52) Kubo, S., Fujita, Y., Yoshida, Y. et al.: Personal identification from skeletal remain by D1S80, HLA DQA1, TH01 and polymarker analysis. *J. Med. Invest.* **49**: 83-86, 2002.
 - 53) 水野なつ子, 北山哲史, 藤井宏治ほか: AmpFISTR Yfiler PCR Amplification Kit の法科学的応用への評価. *法科学技術学会誌* **13**: 111-123, 2008.
 - 54) Mizuno, N., Ohmori, T., Sekiguchi, K. et al.: Alleles responsible for ABO Phenotype-Genotype discrepancy and alleles in individuals with a weak expression of A or B antigens. *J. Forensic Sci.* **49**: 1-8, 2004.
 - 55) 森川俊雄, 中木真一, 中山英樹ほか: Y-STR タイピングキット PowerPlex Y System の法医学試料への応用. *法科学技術学会誌* **10**: 157-170, 2005.
 - 56) 永井 淳, 渡辺芳久, 高山知周ほか: 日本人集団と Hungarian Caucasian 集団における D11S554 アリルの塩基配列の解析. *DNA 多型* **7**: 137-140, 1999.
 - 57) 中原弘明, 水野なつ子, 藤井宏治ほか: 法科

- 学的生物資料からのヒト DNA の特異的検出。科警研報告法科学編 58 : 66-74, 2007.
- 58) 中木真一, 日野大樹, 中山英樹ほか: 多座位 STR 検出キットを用いたピーク比による混合試料の STR 型判定. 鑑識科学 7 : 131-138, 2003.
 - 59) 中木真一, 三好美紀, 日野大樹ほか: 混合試料の DNA 型判定のためのピーク比の活用. DNA 多型 72 : 155-158, 2004.
 - 60) 中村博明, 今村真二, 室友紀ほか: 遺伝子検査による人獣鑑定. 臨床検査 50 : 1043-1050, 2006.
 - 61) Nakamura, H., Muro, T., Imamura, S. et al.: Forensic species identification based on size variation of mitochondrial DNA hypervariable regions. *Int. J. Legal Med.*, Electronic supplementary material (doi: 10.1007/s00414-008-0306-7), 2008.
 - 62) 南部さおり, 藤原 敏, 佐藤雄一郎ほか: 証拠価値ある法医学鑑定に向けて—「鑑定資料の範囲」を中心とした考察から—. 犯罪誌 70 : 65-75, 2004.
 - 63) 日本弁護士連合会人権擁護委員会編: DNA 鑑定と刑事弁護. pp.24-31, pp.125-226, 現代人文社, 東京, 1998.
 - 64) PE Applied Biosystems: AmpFISTR® Profiler™ PCR Amplification Kit User's Manual, Part Number 402945A, 1997.
 - 65) Perkin Elmer: AmpliType® PM PCR Amplification and Typing Kit. Part No. N808-0057, 1995.
 - 66) Perkin Elmer: AmpliType® User Guide Version 2, 1993.
 - 67) Promega: Technical Manual PowerPlex® Y System Instructions for Use of Products, DC6760 and DC6761, 05/2008.
 - 68) Saiki, R. K., Scharf, S., Faloona, F. et al.: Enzymatic amplification of β -globin genomic sequences and restriction site analysis for diagnosis of sickle cell anemia. *Science* 230 : 1350-1354, 1985.
 - 69) 坂井活子, 笠井賢太郎, 吉田日南子ほか: 血痕付着担体および汚染物質の MCT118 座位 DNA 型検出に及ぼす影響に関する実験的研究. 科警研報告法科学編 46 : 129-134, 1993.
 - 70) 坂井活子, 吉田日南子, 笠井賢太郎ほか: 血痕からの DNA 精製法とシングルローカス VNTR を用いた DNA 型検出法について. 科警研報告法科学編 44 : 36-49, 1991.
 - 71) Sakurai, H., Tsuchiya, K., Fujita, Y. et al.: Dating of human blood by electron spin resonance spectroscopy. *Naturwissenschaften* 76 : 24-25, 1989.
 - 72) 澤田英夫, 藤田義彦: 生体成分の分析及び個人識別, 鑑識科学. 山本郁男編. 法医学裁判化学第 3 版. pp.229-261, 廣川書店, 東京, 1998.
 - 73) Schneider, P. M., Veit, A., Rittner, C.: PCR-typing of the Human HLA-DQ α Locus: Population Genetics and Application in Forensic Casework. In Berghause, G., Brinkmann, B., Rittner, C. et al. (Eds.): *DNA-Technology and Its Forensic Application*. pp. 85-91, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1991.
 - 74) 関口和正, 坂井活子, 水野なつ子ほか: 日本人の MCT118 座位 PCR 増幅産物の塩基配列について. 科警研報告法科学編 46 : 172-176, 1993.
 - 75) 茂谷久子, 井之上弘幸, 佐藤彌生ほか: 焼死体の大動脈 DNA を用いた AmpFISTR® Identifier™ Kit による親子鑑定例. DNA 多型 15 : 195-198, 2007.
 - 76) Sullivan, K. M., Gill, P., Lingard, D. et al.: Characterisation of HLA DQ α for forensic purposes; Allele and genotype frequencies in British caucasian, Afro-Caribbean and Asian population. *Int. J. Leg. Med.* 105 : 17-20, 1992.
 - 77) タカラバイオ株式会社: TaKaRa ヒトゲノム DNA 定量キット説明書, 2008 年 1 月.
 - 78) Takayama, T., Yamada, S., Watanabe, Y. et al.: Origin of DNA in human serum and usefulness of serum as a material for DNA typing. *Legal Med.* 3 : 109-113, 2001.
 - 79) 滝澤久夫, 藤倉 隆, 小湊慶彦: 抗原抗体反応の基本手順. 岸絃一郎, 滝澤久夫, 山本茂編. 法医学血清学的検査法マニュアル. pp. 52-53, 金原出版, 東京, 1990.
 - 80) 徳島県警察本部: 徳島県版警察白書「阿波の治安」. pp.15-16, 徳島県警察本部, 徳島, 2011.
 - 81) 徳島新聞社: 徳島新聞 (2010.11.28.). 徳島新聞社, 徳島, 2010.
 - 82) Wallin, J. M., Holt, C. L., Lazaruk, K. D. et al.: Constructing universal multiplex PCR systems for comparative genotyping. *J. Forensic Sci.* 47 : 52-65, 2002.
 - 83) 渡辺剛太郎, 梅津和夫, 湯浅 敷ほか: AmpFISTR Profiler Kit による法医学的試料からの DNA 型判定の検討. 法医学の実際と研究 43 : 53-60, 2000.
 - 84) Yamamoto, T., Uchihi, R., Kojima, T. et al.: Maternal identification from skeletal remains of an infant kept by alleged mother for 16 years with DNA typing. *J. Forensic Sci.* 43 : 701-705, 1998.
 - 85) 吉田日南子, 藤井宏治, 千住弘明ほか: AmpFISTR Profiler PCR Amplification Kit を用いた証拠試料の分析の評価基準. 科警研報告法科学編 55 : 41-52, 2003.

- 86) 吉田日南子, 笠井賢太郎, 坂井活子ほか: ヒト精液斑からの DNA 精製法と DNA 型検出の開発と利用. 科警研報告法科学編 44: 23-35, 1991.
- 87) 吉田日南子, 水野なつ子, 笠井賢太郎ほか: 精液膣液混合斑痕からの精子 DNA の分離と PCR 法による精製法と精子 DNA の MCT118 型および HLA DQ α 型検出に関する研究. 科警研報告法科学編 45: 84-95, 1992.
- 88) 吉田日南子, 関口和正, 水野なつ子ほか: 異なる比率で混合した精液および血液からの MCT118 型の検出に関する研究. 科警研報告法科学編 46: 103-109, 1993.
- 89) 吉田日南子, 高橋健一, 笠井賢太郎: Amp-F1STR Identifiler PCR amplification kit の法科学試料への応用に関する検討. 科警研報告法科学編 57: 49-56, 2006.
- 90) Yoshida, K., Mizuno, N., Fujii, K. et al.: Japanese population database for nine STR loci of the AmpF1STR Profiler kit. *Forensic Sci. Int.* 132: 166-167, 1985.
- 91) Yoshida, K., Sekiguchi, K., Mizuno, N. et al.: The modified method of two-step differential extraction of sperm and vaginal epithelial cell DNA from vaginal fluid mixed with semen. *Forensic Sci. Int.* 72: 25-33, 1995.
- 92) Yoshida, Y., Fujita, Y., Kubo, S.: Forensic casework of personal identification using a mixture of body fluids from more than one person by Y-STRs analysis. *J. Med. Invest.* 51: 238-242, 2004.
- 93) Yoshida, Y., Kubo, S., Fujita, Y.: Population study of Y-chromosome STR haplotypes in Japanese from Tokushima. *Int. J. Leg. Med.* 119: 172-176, 2005.