

경찰과학수사의 발전방안에 관한 연구

- 유전자 은행의 설립과 활용을 중심으로 -

《 研 究 陣 》

연구위원	유영찬(국립과학수사연구소)
	장영민(이화여대 교수)
연구지도위원	이황우(동국대 교수)
연구실장	문수원(총경)
연구관	이인상(경감)

목 차

I. 서론	451
II. 유전자형에 의한 개인식별법의 의의	454
1. 유전자형에 의한 개인식별법의 의의	454
2. 유전자형 분석방법	457
3. 초동수사에서 유전자 감식의 효용성	463
4. 우리나라의 유전자 분석 : 국립과학수사연구소를 중심으로	465
5. 유전자 감정의 신뢰성 보증 방안	492
III. 유전자은행의 설립에 관한 고찰	493
1. 유전자은행의 설립과 활용에	494
2. 유전자은행의 운영상의 고려사항	499
3. 유전자은행 설립방안 검토	509
4. <유전자자료관리및보호에관한법률(안)>에 대한 검토	515
IV. 결론	519
부록	521

I. 서 론

1985년 영국의 제프리스(Jeffreys)가 최초로 고안하여 발전하기 시작한 '유전자형 분석에 의한 개인식별법'(DNA fingerprinting)은 종래의 ABO식 혈액형분류법에 의한 개인식별법에 비하여 그 식별능력이 크게 뛰어나 새로운 개인식별방법으로서 과학수사에 크게 활용될 것으로 기대를 모아 왔다. 혈액형의 경우 동일인이 아님에도 불구하고 우연히 일치할 확률이 최고 1/70에 이르는데 비하여, 유전자형의 경우는 이론상 최저 1/100부터 1/수백만 내지 수십억이어서 거의 완전한 개인식별이 가능하다. 더욱이 범행 현장에 유류되어 있는 혈액, 정액, 타액, 모발 등 소량의 시료로부터(이를 위하여 미량의 시료에서 특정부위의 DNA만을 증폭시킬 수 있는 기법(PCR)이 개발되었다) 유전자형의 분석이 가능하기 때문에 그 활용가치는 매우 크다고 할 수 있다.

이 방법이 수사에 활용되면 범죄자와 피의자/피고인의 동일성을 확인할 수 있게 되어 적극적인 측면에서 수사의 효율성을 제고할 수 있고, 동일성이 없는 경우에 조기에 용의선상에서 배제할 수 있어 수사력의 낭비를 막을 수 있고 용의자의 권리의 침해를 막을 수 있다는 소극적 측면에서의 장점도 크다. 그리고 개인의 유전자 형은 멘델의 유전법칙에 따라 부모로부터 유전하는 성질이 있어, 친자관계를 확인하는 데에도 커다란 역할을 한다.

그리하여 유전자형 분석에 의한 개인식별법은 세계 각국에 도입되어 범죄수사에 활용되고 있다. 우리나라에도 국립과학수사연구소와 대검찰청 유전자분석실, 그리고 서울대학교 의과대학의 법의학교실 등에서 유전자 감식 장비를 갖추고 유전자 감식을 행하고 있다. 세인의 관심을 끌었던 부산의 강모양 유괴사건에서 이 유전자 감식방법이 활용되었고, 친자 내지 가족관계를 확인하기 위하여 활용된 예는 「훈」 할머니의 경우를 들 수 있다.

우리나라의 경우에는 유전자 감식 자체를 위한 법적 기반이 명확하게 마련되어 있지는 않다. 이에 비하여 독일 형사소송법(제 81a조)은 이미 '강제채혈'에 관한 명문의 규정을 두고 있었으며, 1997년 3월의 개정을 통해서 DNA분석을 위한 제반 규정(제81a조에서 제81f조)을 신설하였다. 우리나라에서 강제채혈을 위하여는 명문의 규정이 없어 선례의 대립은 있으나, 검사의 청구에 의하여 판사가 발부하는 '감정처분허가장'을 통

해서 의사에 의하여 '감정'의 절차에 준하여 행하여 저야 하는 것으로 해석할 수 있다. 이와 같이 현행 형사소송법상 DNA 분석을 위한 법적 기반은 완벽을 기하지 못하고 있으며 입법을 통한 보완을 필요로 한다.

그런데 유전자 은행을 설치하는 문제는 유전자 감식을 실시하는 것에 부가하여 몇가지 어려운 문제를 제기한다. 즉 유전자 감식을 위하여는 필연적으로 유전자형 대조를 위한 대조군이 존재하여야 하는 바, 유전자형 대조를 하기 위한 시료를 채취하기 위하여는 강제수사의 방법을 사용하여야 한다. 그러나 이러한 대조를 위하여 혈액 등의 시료를 채취하는 경우에 문제가 없지 않다. 본래 강제수사는 당해 사건을 수사하기 위하여 이루어지는 것이다(이러한 면에서 별건구속은 당해 사건과의 관련성이 없다는 면에서 위법한 수사방법으로 비판받고 있다). 이에 비하여 일정한 범죄자(내지 피의자/피고인)의 유전자 형을 장래의 범죄에 대한 수사를 목적으로 강제적으로 분석하여 유전자 은행에 저장하여 수사목적에 활용하는 것은--별건구속과 같이 불법의 정도가 크다고 하기는 어려우나--강제수사의 목적을 넘는 것이기 때문에 이에 관한 나름의 합리적 법적 근거를 갖추어야 한다.

또 같은 맥락에서 유전자형을 분석 저장하기 위한 혈액 등의 채취를 어떤 범죄를 범한 자로부터, 어느 단계에서 할 것인가도 중요한 문제이다. 왜냐하면 재범율을 분석해보면 성범죄의 재범율보다는 강·절도 등의 재범율이 높고 또 성범죄는 피해자-가해자 사이에 지면이 있는 경우가 많아 굳이 유전자 분석을 하지 않더라도 범인의 식별이 가능하며 강간살인의 경우는 세인의 관심을 끌기는 하지만 그 빈도는 적다는 점이 지적되고 있다. 그리고 유전자 분석을 위한 시료를 구속의 단계에서 채취하는 경우 앞서 언급한 바와 같이 무죄추정을 받는 자에게 장래의 범죄수사를 위한 자료를 확보하기 위하여 강제수사를 한다는 문제가 제기될 수 있고, 유죄판결이 확정된 후 채취하는 경우에는--불구속 재판 중에 다시 범죄를 범할 수 있는 가능성을 생각한다면--지나치게 늦게 되거나 유죄판결의 형량이 높은 경우에는 유전자 은행의 저장 자체가 무의미해 지는 경우도 있을 수 있다. 따라서 이러한 시간적 범위 가운데 어느 시점이 가장 합리적인 시점인가에 관한 고찰이 필요하다. 또 무엇을 저장할 것인가(유전자형만을 저장하여야 할 것인가 아니면 기타의 유전정보도 저장하여야 하는가), 그리고 유전자형의 저장 기간은 어느 정도로 하여야 할 것인가 등도 중요하게 고찰해야 할 문제이다. 또 유전자 은행의 내부적 통제도 중요한 문제이다. 여기에는 유전 정보를 본래의 감식 목적 이외의 목적으로 사용하는 행위나 유전정보를 누설하는 행위, 그리고 유전정보 처리과정에

서 일어 날 수 있는 혼동과 훼손, 조작의 가능성에 대하여도 엄중하게 대비하여야 한다.

그리고 궁극적으로 유전자 분석을 통한 동일성 자료(감정)는 재판과정에서 증거로 사용되는 것으로서, 수사단계에서 활용도가 높다하더라도 공판단계에서 그 증거능력이 나 증명력이 인정받지 못한다면 그 중요성은 반감될 것이다. 따라서 유전자 감정에 대한 증거능력 내지 증명력 인정의 문제 역시 심도있는 고찰이 필요한 주제이다. 외국의 경우에는 유전자 감정과 관련하여 법원은 다소 소극적인 태도를 보이고 있는 것으로 보인다. 그 이유는 유전자 분석 기술이 아직 새로운 기법이고, 이러한 새로운 기법이 고안되었을 때 이를 증거능력있는 증거로서 수용하는 형사소송법상의 원칙을 충족하고 있다고 보기에는 아직 미흡하다는 점 때문으로 보인다. 예컨대 우리나라의 경우에도 법원은 거짓말탐지기의 검사결과에 대하여 증거능력을 부정하는 태도를 보이고 있다.

따라서 본 연구에서는 우선 유전자 분석방법의 신뢰성을 검토하고, 신뢰성을 제고할 수 있는 방안을 살펴보고자 한다(제2장). 그리고 유전자 분석방법의 신뢰성을 전제로 하여, 이의 활용을 극대화하기 위한 방안으로서 유전자 은행 설립의 제 문제점을 검토하고자 한다(제3장). 유전자 은행 설립과 관련하여 문제되었던 점은 무엇보다도 유전자 분석의 신뢰성에 있었지만, 이 이외에도 여러 문제가 제기된다.

첫째 유전자 은행을 설치하는 경우 발생할 수 있는 개인정보의 노출가능성이다.

둘째 유전자 분석의 신뢰성이 확보되는 경우, 법정에서 유전자 감정의 결과는 소송 당사자에게 결정적인 영향을 미친다. 따라서 유전자 분석 자체의 신뢰성도 중요하지만 아울러 유전자 은행의 관리와 통제 역시 이에 못지 않은 중요성을 가진다.

셋째 외국의 유전자 은행 설립 이후에 나온 보고에 의하면 유전자 은행에 자신의 정보가 저장되었다는 사실 자체가 범죄에 대한 예방적인 역할을 한다는 것이다. 이는 긍정적으로 평가할 수도 있겠으나, 이를 역으로 생각해 보면 지나친 통제사회화에 이르는 서막으로 볼 수도 있다. 따라서 이러한 과잉통제의 문제를 어떻게 해결할 것인가도 중요한 문제이다.

끝으로 우리나라에서의 유전자 은행 설립에 관하여 간단히 고찰해 볼 필요가 있다. 우리나라에서 유전자 은행을 설립하려는 계획은 이미 90년대 초에 구상되어 경찰과 법무부 간에 많은 논의가 있었고, 유전자 은행설치에 관한 법안까지 마련되어 있는 상태이다. 유전자 은행이 갖는 의의와 수사상의 중요성을 감안한다면 이러한 오랜 기간의 논의는 신중하게 추진된다는 면에서는 환영할만한 일이다. 그러나 이러한 논의가 부처간의 이해에 입각하여 이루어 진다는 것은 바람직하지 않다. 논의의 중심은 일단 유전

자 은행이 설립된다고 할 때, 이 유전자 은행이 공정하고 투명하게 관리되면서 수사의 효율성을 제고하는 선에서 만족하여야 할 것이다. 우선적으로 유전자 은행이 하여야 할 역할은 한국인의 유전자 형을 널리 연구하여 표준 분석틀을 만들고 이를 수사에 활용하여 유전자 분석의 신뢰성을 쌓는 일이라고 생각된다. 이렇게 되면 법원은 전향적으로 이를 다루게 될 것이다. 이러한 사전적 노력이 없이 수사기관에서 이를 전가의 보도로 사용하는 경우 유전자 은행의 설립 자체가 무의미하게 될 우려 또한 있다는 점을 유념하여야 할 것이다.

II. 유전자형에 의한 개인식별

1. 유전자형에 의한 개인식별법의 의의

일반적으로 개인식별은 개인의 특징(예컨대 인상착의, 눈동자의 색깔, 두발의 색, 지문, 聲紋 등)을 오관을 통한 경험적 지각을 바탕으로 이루어져 왔다. 그러나 개체의 특징을 발현시키는 근원은 무엇인가에 대한 관심은 지속적으로 존재하여 왔으며, 인간을 구성하는 세포에 대하여 유전적 정보를 부여하여 이를 고유한 특징을 갖는 개체로 형성시키는 작용을 하는 물질이 무엇인가에 관하여 연구되어 왔다. 1888년 Waldeyer는 세포 내에 존재하는 유전정보를 담지한 물질로 생각되는 것에 대하여 '염색체'라고 명명하고, 이 염색체의 유사분열에 의하여 세포가 증식되고 생물이 번식된다고 보고하였다. 그 후 유전학의 발전에 따라 염색체 안에 유전자가 존재한다는 것이 밝혀 지고 이에 관한 유전적 분석(genetic analysis)에 의하여 유전자 관련지도가 작성되고 현미경 관찰에 의하여 이것이 실제적으로 증명됨으로써 유전의 신비가 밝혀지기 시작하였다. 세포종의 염색체가 유전정보의 구성체임이 밝혀졌으며, 그것은 핵산의 일종인 deoxyribonucleic acid(DNA)분자로 이루어진 물질이라는 것이 밝혀졌다.

유전정보인 DNA는 아주 긴 분자로서 4종의 아민과 당인 deoxyribose 및 인산이 결합된 nucleotide가 수만 또는 수백만 단위씩 가로로 연결된 것으로 2가닥의 나선형으로 이루어져 있으며, 완전한 유전정보를 보존하는 기능을 갖고 있다. 완전한 유전정보라 함은 생물체의 모든 단백질과 RNA(ribonucleic acid: 세포질에 많으며 리보솜과 결합하여 있고, 단백질 합성에 밀접하게 관계되어 있는 핵산의 일종)의 구조를 결정하고,

자 은행이 설립된다고 할 때, 이 유전자 은행이 공정하고 투명하게 관리되면서 수사의 효율성을 제고하는 선에서 만족하여야 할 것이다. 우선적으로 유전자 은행이 하여야 할 역할은 한국인의 유전자 형을 널리 연구하여 표준 분석틀을 만들고 이를 수사에 활용하여 유전자 분석의 신뢰성을 쌓는 일이라고 생각된다. 이렇게 되면 법원은 전향적으로 이를 다루게 될 것이다. 이러한 사전적 노력이 없이 수사기관에서 이를 전가의 보도로 사용하는 경우 유전자 은행의 설립 자체가 무의미하게 될 우려 또한 있다는 점을 유념하여야 할 것이다.

II. 유전자형에 의한 개인식별

1. 유전자형에 의한 개인식별법의 의의

일반적으로 개인식별은 개인의 특징(예컨대 인상착의, 눈동자의 색깔, 두발의 색, 지문, 聲紋 등)을 오관을 통한 경험적 지각을 바탕으로 이루어져 왔다. 그러나 개체의 특징을 발현시키는 근원은 무엇인가에 대한 관심은 지속적으로 존재하여 왔으며, 인간을 구성하는 세포에 대하여 유전적 정보를 부여하여 이를 고유한 특징을 갖는 개체로 형성시키는 작용을 하는 물질이 무엇인가에 관하여 연구되어 왔다. 1888년 Waldeyer는 세포 내에 존재하는 유전정보를 담지한 물질로 생각되는 것에 대하여 '염색체'라고 명명하고, 이 염색체의 유사분열에 의하여 세포가 증식되고 생물이 번식된다고 보고하였다. 그 후 유전학의 발전에 따라 염색체 안에 유전자가 존재한다는 것이 밝혀 지고 이에 관한 유전적 분석(genetic analysis)에 의하여 유전자 관련지도가 작성되고 현미경 관찰에 의하여 이것이 실제로 증명됨으로써 유전의 신비가 밝혀지기 시작하였다. 세포종의 염색체가 유전정보의 구성체임이 밝혀졌으며, 그것은 핵산의 일종인 deoxyribonucleic acid(DNA)분자로 이루어진 물질이라는 것이 밝혀졌다.

유전정보인 DNA는 아주 긴 분자로서 4종의 아민과 당인 deoxyribose 및 인산이 결합된 nucleotide가 수만 또는 수백만 단위씩 가로로 연결된 것으로 2가닥의 나선형으로 이루어져 있으며, 완전한 유전정보를 보존하는 기능을 갖고 있다. 완전한 유전정보라 함은 생물체의 모든 단백질과 RNA(ribonucleic acid: 세포질에 많으며 리보솜과 결합하여 있고, 단백질 합성에 밀접하게 관계되어 있는 핵산의 일종)의 구조를 결정하고,

세포나 조직의 성분들이 질서정연한 순서로 이루어져 합성되도록 시간과 위치를 조절하여 통제하는 것으로 각 생물의 생활 전체에 걸쳐서 생물 특유의 특성을 결정하는데 필요한 모든 정보라 할 수 있다. 이러한 유전정보를 보존하는 기능을 가진 DNA는 개체마다 다른 형태로 되어 있어서 개체의 특성을 나타내게 함으로 서로를 구별할 수 있게 하며, 이들은 유전된다. 인간은 이러한 유전정보를 부모로부터 각각 물려받은 23쌍의 염색체인 인간게놈(human genome)에 담고 있으며, 이 인간게놈의 46개 염색체에는 총 30억개의 DNA염기쌍(base pair)이 아주 복잡하고 다양한 형태로 구성되어 있다. 이 유전정보의 다양성을 밝히려는 노력이 계속되고 있으나(예컨대 미국의 주도로 이루어지고 있는 인간 게놈프로젝트), 아직 인간의 모든 유전정보를 전부 밝혀내지는 못하고 있다.

인간 genome의 총 30억개의 DNA 염기쌍중에 70~80%는 생체가 살아가는데 특성을 나타내게하는 유전자로서 유전병이나 생김새, 피부나 눈 등의 색상등 모든 특징을 결정하는 기능을 가지고 있는데 비하여(단일복사DNA염기배열), 20~30%정도는 일정한 염기들이 반복적으로 배열되는 반복서열 DNA로서 유전기능은 가지고 있지 않은 유전자이다. 이 반복서열 DNA들은 2개부터 수백개의 염기단위(base pair)가 가로로 계속 반복(tandem repeat)되는 형태를 띠고 있는데, 그 반복되는 횟수가 일정하지 않고, 염기쌍의 구성이 달라서 이를 '고변이 유전자좌위'(hypervariable region)라고 한다.

현재 이러한 고변이 유전자좌위는 인간에게 수만개가 알려져 있으며, 이들은 특징적인 반복서열 단위의 구성이나 반복횟수에 따른 다형성(polymorphism)을 나타내어 개체마다 다른 형태로 나타나기 때문에 이를 '유전자형'(DNA type)이라고 한다. 이 다형성을 근거로 하여 유전자형을 분석하여 개인을 식별하는 것이 유전자 감식의 기본 원리이다.

유전자 다형성의 측정은 1980년 Wyman과 White에 의하여 이루어 졌는데, 이들은 인체 유전자를 제한효소로 특정부위를 절단한 다음 생성된 DNA단편들을 전기영동하여 나타나는 절단된 길이의 다형성을 발견하고 이를 '제한효소 절편길이 다형성'(restriction fragment length polymorphism: RFLP)이라고 명명하고 학계에 보고¹⁾하였으며, 1985년에는 Jeffreys등이 사람의 myoglobin유전자와 관련된 반복염기 서열 부위

1) Wyman, A. and White, R.L.: A highly polymorphic locus in human DNA, Proceedings of the National Academy of Science of the USA, 77(11), 6754~6758, 1980.

에 대하여 특성의 DNA 탐침자(probe)를 사용하여 RFLP방법을 시행할 때 나타나는 DNA단편들은 개체에 따라 다르다는 것을 확인하고 이는 인간의 지문과 같이 개체에 따라 모두가 다르게 나타나는 것이므로 유전자형에 의하여 개인식별이 가능하다고 주장하면서 이를 '유전자 지문'(DNA fingerprinting)²⁾이라고 하였는데, 당시에 있었던 강간사건 등에 실제로 활용하여 그 신빙성을 입증³⁾하기도 하였다.

그후 사건현장에서 채취된 제한된 양의 증거물에서 DNA를 검출하기 위하여 미량의 DNA를 증폭할수 있는 '중합효소연쇄반응'(Polymerase chain reaction; PCR), 법의 개발과 microsatellite영역의 각종 유전자형인 'Short tandem repeats(STR)측정법'의 개발 등으로 개인식별을 위한 유전자 감식의 방법이 급속하게 발전하였다. 이는 최근까지의 생체시료를 기초로 한 혈액형, 효소형 등의 개인식별법이 식별능이 높지 못하여 용의자를 배제하는 이상의 큰 역할을 하지 못했던 데 비하여 유전자형 분석에 의한 개인식별은 동일인임을 증명하는 정도의 식별능을 가짐으로써 개인식별법의 큰 전환이 이루어지게 되었다. 이와 같이 첨단과학을 활용하여 유전자형을 분석함으로써 각종 강력사건등에서 범인을 확정적으로 증명할 수 있게 된 것은 과학수사의 획기적인 발전이라 하겠다.

2) Jeffreys, A., Wilson, V. and Thein, S.: Individual-specific fingerprints of human DNA, Nature, Vol 316, 76~78, 1985 ; Jeffreys, A., Wilson, V. and Thein, S.: Hypervariable minisatellite regions in human DNA, Nature, 314, 67~73, 1985.

3) Gill, P., Jeffreys, A. and Werrett, D.: Forensic application of DNA fingerprints, Nature, 318, 577~579, 1985.

4) Edwards, A., Civitello, A., Hammond, H.A. and Caskey, C.T.: DNA typing and genetic mapping with trimeric and tetrameric tandem repeats, Am. J. Hum. Genet., 49, 746~756, 1991. ; Edwards, A., Civitello, A., Hammond, H.A., Jin, L., Caskey, C.T. and Chakraborty, R.: Genetic variation at five trimeric and tetrameric tandem repeat loci in four human population groups., Genomics, 12, 173~175, 1992. ; Kimpton, C.P., Gill, P., Uguhart, A., Millican, E.S. and Adams, M.: Automated DNA profiling employing multiplex amplification of short tandem repeat loci, PCR Meth, Appl., 6, 16~22, 1993. ; Hubert, R., Weber, J.L., Schmitt, K., Zhang, L. and Arnheim, N.: A new source of polymorphic DNA markers for sperm typing : Analysis of microsatellite repeats in single cells, Am. J. Hum. Genet. 51, 985~991, 1992. ; 강순자, 최상규, 한면수, 선문숙: 개인식별을 위한 한국인의 HLA-DQA 유전자형 빈도 분포에 관한연구, 국립과학수사연구소연보, 25, 99~109, 1993. ; 한면수, 이양한, 박기원, 선문숙, 최상규: STR좌위 HumTH01형의 AmpFLP분석법, 국립과학수사연구소연보, 26, 149~152, 1994. ; 한면수, 이양한, 선문숙, 박기원, 최상규: HumvWV형의 AmpFLP분석 및 한국인 집단에서 출현빈도, 국립과학수사연구소연보, 27, 180~187, 1995. ; 한면수, 이양한, 선문숙, 박기원, 최상규: Multiplex PCR과 전기영동법에 의한 STR TH01과 CD4 유전자형의 동시 분석법, 국립과학수사연구소연보, 27, 183~194, 1995.

2. 유전자형 분석 방법

생물의 유전정보를 지닌 유전자는 개체에 따라 다른 다형성의 고변이 유전자좌위를 가지고 있으며, 이들 다형성 DNA는 세포핵중의 염색체와 호흡기관인 미토콘드리아에 존재하고 있다.

DNA의 구조는 nucleotide로서 구아닌(guanine), 아데닌(adenine), 사이토신(cytosine)과 티민(thymine)이 deoxyribose와 결합된 nucleoside가 인산과 결합되어 있다. 이들 4종의 염기는 서로 상보적으로 구아닌은 사이토신과 아데닌은 티민과 공유결합하여 연결되어 있으면서 이중나선형으로 마치 실과 같이 2개의 섬유가 서로 꼬여 있는 상태로 존재한다. 생체시료인 혈액, 정액, 조직편, 모근, 뼈 등 인체 어느 부위에도 존재하며 타액, 소변등에도 미량이 존재하고 있다.

동일 개체의 모든 조직에서의 DNA구조는 동일한 특징을 갖고 있으며, 모든 조직세포에는 핵이 있고 핵내에는 염색체가 존재하여 개체 특성을 지니고 있다.

사람의 유전형질은 정자와 난자가 수정되면서 유전자의 재조합이 일어나 염색체 쌍이 형성된다. 따라서 자손들은 염색체중 하나는 부계로부터 전래받으며 다른 하나는 모계로부터 받게 되므로 고변이 유전자좌위는 부계와 모계로부터 유래되는 대립 유전자로 이루어지게 되며 이는 멘델의 유전법칙에 따라 유전되므로 부모 자식간에는 공통성은 있지만 서로 다른 유전자형을 갖게 된다.

유전자 분석법은 어떤 개체의 계통 또는 유전적 구조가 상대적으로 희귀한 좌위를 특성화시켜 그 양상을 분리하여 증명하는 것이다. 따라서 특정 유전자좌위에 대한 개개인의 고유한 크기를 측정하여 개인식별이나 친생자 감별을 할 수가 있게 된다.

고변이 유전자좌위의 각 유전자형을 분석하는 방법으로는 크게 RFLP법과 PCR법의 2종류로 분류된다. RFLP법은 분해되지 않은 원래의 커다란 길이의 DNA를 시료로 하며 또한 많은양의 시료를 필요로 하므로 사건현장에서 채취한 증거시료에 대해 일괄적으로 시험하기에는 분체가 많으므로 법과학 분야에서는 비교적 짧은 길이의 고변이 유전자좌위를 양적으로 증폭시켜 실험할 수 있는 PCR(polymerase chain reaction)법이 많이 활용되고 있다. PCR법은 amplification hybridization(AmpHybridization), amplified fragment length polymorphisms (AmpFLP) 그리고 amplification sequencing등을 들 수 있다. 현장에서 수집한 증거시료들에서 분리되는 DNA는 미량이 고 분해성도가 높아 주로 절단된 DNA를 함유하고 있다는 특수성 때문에 AmpFLP에

의한 variable number of tandem repeat(VNTR)형 분석의 방법이 활용되어가는 추세이다.

가. 제한효소 절단(Restriction fragment length polymorphisms; RFLP)법에 의한 유전자형 분석

핵 DNA의 특정부위를 효소로 절단하여 유전자형을 분석하는 방법으로서, 반복배열된 고변이 유전자좌위를 특정 제한효소(restriction endonuclease)로 절단한 다음 전기영동에 의하여 크고 작은 유전자 절편을 분리한 후 상보적인 탐침자(probe)를 사용하여 hybridization시켜 방사선을 이용하여 사진으로 만들어 나타나는 RFLP상에서 서로 다른 길이의 DNA단편이 가진 다형성에 근거한 유전적 marker를 검출하는 방법이다.

먼저 DNA추출은 혈액, 혈흔, 정액, 피부조직 등의 증거물을 단백질분해효소나 detergent 등으로 처리하여 추출한다. 물론 이들은 시료의 종류에 따라 처리법이 달라진다.

추출된 DNA는, DNA의 특정염기 서열만을 인지하여 절단하는 기능을 갖는 특정 제한효소를 사용하여 여러 개의 크기로 절단한다. 제한효소로 절단된 DNA는 아가로스젤(굳은 젤상의 얇고 평평한 판모양)에서 일정시간 동안 전기를 흘려 전기영동하면 이들 절편들이 지니고 있는 전기적 특성에 의해 양극 방향으로 작은 조각부터 차례로 전개되어 분리된다.

전기영동이 끝난 아가로스 젤은 쉽게 부서지므로 전개된 DNA를 미세 포아인 membrane filter에 모세관 현상을 이용하여 옮겨준다. 이 membrane filter에 전사된 DNA를 식별하기 위하여 상보적 서열을 지닌 방사선물질로 처리된 probe를 hybridization시키고 X-ray필름에 적당히 노출시킨 후 현상하여 RFLP상을 얻는다.

RFLP법은 영국의 Jeffreys등이 시도한 restriction fragment length polymorphisms/multilocus probe hybridization(다좌위제한효소절단법)⁵과 미국 FBI법과 학연구소의 B. Budowle등이 시도한 restriction fragment length polymorphisms/single locus probe hybridization(단좌위제한효소절단법)으로 분류된다. RFLP법은 probe와 결합될 수 있는 유전자좌위가 염색체의 여러좌위에 있으면 있는 만큼의 band가 나타날

5) Jeffreys, A., Wilson, V. and Thein, S.: Individual-specific fingerprints of human DNA, Nature, Vol 316, 76~78, 1985. ; Jeffreys, A., Wilson, V. and Thein, S.: Hypervariable minisatellite regions in human DNA, Nature, 314, 67~73, 1985.

5. 기기, 재료 및 시설

가. 기 기

반드시 적합하고 정상적으로 작동하는 기기만이 사용되어야 한다. 타당성 검증의 과정에서 기기 운용상 중요한 변수라고 판단된 사항에 대해서는 적절히 점검되고 문서화 되어 유전자형 분석이 효과적으로 수행될 수 있도록하여야 한다.

(1) 기기 목록 - 유전자분석을 위해 점검과 눈금보정이 필요한 모든 기기 대해서 제조회사, 모델, 고유번호, 기관의 기기 목록 번호, 구입 날짜가 포함된 목록을 작성한다.

(2) 사용 안내서 - 제조자에 의한 작동 안내서가 항상 비치되어 있어야 한다.

(3) 눈금보정과 유지 방법 및 관리기록 - 기기의 눈금보정과 유지방법 및 일시가 기기화되어 있어야 한다. 유전자형 분석에 필수적인 기기에 대해서는 눈금보정과 유지 관리기록이 영구적으로 비치되어야 한다.

(4) 전용기기 - 전용 기기는 별도로 표시하여 쉽게 알아볼 수 있어야 한다.

나. 시약과 재료

시약과 재료는 적절한 품질의 것으로 시험 실행에 적합한 것이라야 한다.

(1) 제3.3)항에 나타나 있는 바와 같이 유효기간이 있는 모든 시약과 재료(증폭 키트, probe, 효소등)에 대한 기록이 보존되어야 한다.

(2) 제법 - 시약, 표준품 및 대조군 시료의 조제에 대한 구체적인 기록이 있어야 한다.

(3) 표기사항 - 시약 및 재료는 이름, 농도, 제조일, 제조자를 표기하여야 하고 필요하면 저장조건, 유효기간 등을 첨가한다.

(4) 모든 시약과 재료에 대해서 제조자, 카탈로그 번호, 랫 번호, 구입일자 및 저장 장소등을 기록한 현재의 재고목록이 있어야 한다.

(5) 전용 재료와 시약 - 전용재료와 시약은 별도로 표시하여 쉽게 알아 볼 수 있어야 한다.

(6) 유리 및 플라스틱 물품의 준비 - 적절한 세척, 준비 및 멸균 방법이 마련되어 있어야 한다.

polymerase는 표적 DNA와 반응을 하기 위하여 primer를 필요로 하는데 개인식별에서는 표적 DNA의 고변이 유전자 좌위를 사이에 둔 2개의 primer를 이용하고 있다.

표적 DNA를 denaturation시켜 단일 나선으로 만든후 PCR반응을 시행하여 이중나선의 DNA를 증폭하는데 이를 1 cycle이라 한다. 반응생성물을 다시 denaturation시켜 반응액중의 잔존하는 polymerase에 의하여 1 cycle과 같은 2번째 반응을 하게 된다. 이 반응에서 DNA는 4배로 증가하게 된다. 이러한 과정을 n회 반복하면 DNA는 $2n$ 배로 증가하게 된다. 반복 횟수에 따라 약 30회의 반응에 소요되는 시간은 2~5시간 정도이며, 수백배이상 증폭된 DNA를 얻을 수 있게 된다. 그러므로 극소량의 DNA로부터 원하는 양을 얻을 수 있고 이를 적당한 벡터에 클론화할 수 있으며, RFLP로 몇 주일 이상 소요되던 시험시간을 하루에 해결할 수 있게 되었다. 이와같이 PCR법이 실용화됨에 따라 기존의 제한효소절단법 등에 의한 고변이 유전자좌위 검출을 보다 더 용이하고 간편하게 할 수 있게 되었다.

또한 시료 DNA양을 증폭하게 됨에 따라 검출감도를 비약적으로 높일 수 있게 되었다. DNA의 검출한계는 ^{32}P 방사성으로 표식한 probe를 사용할 경우 10^6 mole(6×10^6 분자)정도 가능한 바, PCR법에 의하여 20 cycle을 반복하면 $2^{20} = 10^6$ 배로 증폭되므로 25~30 cycle을 반복하면 10^6 배이상 증폭이 가능하므로 1분자의 DNA가 ^{32}P 의 검출한계인 10^6 분자 이상으로 증폭이 가능하게 되었다. 실제로 한개의 정자(DNA 1분자)로부터 DNA를 분석하는 것이 가능하므로 PCR법은 DNA 1분자를 검출할 수 있는 예민도를 지니고 있다.

이와 같이 극미량을 측정할 수 있는 PCR법은 손쉽게 이용할 수 있고 간편하여 이용도가 높지만 몇가지의 주의할 점을 가지고 있다.

첫째 예민도가 높아 시료로 사용되는 DNA내에 100만분의 1이하의 다른 DNA가 함유되는 경우에도 증폭되어서 검출되기 때문에 원하지 않은 염기서열이 증폭되는 경우가 흔히 발생한다. 이를 false positive라 하는데 이러한 오류를 피하기 위하여는 시료처리 과정에서의 오염을 각별히 조심하여야 한다.

둘째 시료의 종류에 따라 PCR의 최적조건이 다르다는 점이다. 즉 혈액, 소변 및 각종 조직에 대하여 직접적인 PCR과정의 도입은 곤란하므로 적절한 DNA추출과정이 필요하다.

셋째 Tag polymerase는 효소의 안정성 때문에 3'-exonuclease성질이 결합되어 있어 약 0.25%의 오차를 갖고 DNA를 증폭하기 때문에 원래 DNA와 다른 염기서열이 합성

될 수 있으므로 각별한 주의를 하여야 한다.

① AmpFLP에 의한 VNTR형 분석

고변이 유전자 좌위를 이루는 염기의 서열은 제각기 다르며 경우에 따라서는 2-70bp의 염기쌍이 반복서열 단위(core sequence)를 이루고 있다. 이러한 반복서열에서 반복단위의 반복횟수가 사람에 따라서는 1회에서 많게는 수십회까지 이루어져 여러 형태로 나타나는 유전자좌위가 있다. 이 염기 반복배열의 DNA길이 다형성을 VNTR(variable number of tandem repeat)이라 한다.

VNTR 유전자좌위에서 반복단위의 염기서열이 대개 14-70bp인 것을 minisatellite 유전자좌위, 2~7bp인 것을 microsatellite 유전자좌위라 부르고 있다.

minisatellite영역에 DIS80, D17S5, Apo13, Col2A1등이 있으며, 이들형의 특징은 아래 표1과 같다.

Table 1. Specific Information of Minisatellite Loci

Minisatellite Loci	Chromosome Location	Number of Alleles	Allele length range(bp)	Repeat length
DIS80	1p	18	340-780	16
D17S5	17p13	14	170-1080	70
ApoB	2p23-p24	5	500-950	14-16
Col2A	12q14,3	5	500-800	31-34

Table 2. Specific Information of Microsatellite Loci

Microsatellite Loci	Chromosome Location	PCR Product Size(bp)	Allele No	K562 Allele	Anneal Temp.(°C)
CSF1PO	5q33.3-34	299-323	9	9-10	64
F13A01	6p24-25	283-331	12	4-5	64
F13B	1q31-q32.1	169-185	5	10-10	60
FESFPS	15q25-qter	222-250	8	10-12	60
LPL	8p22	105-133	7	10-12	60
TH01	11p15.5	179-203	7	9.3-9.3	64
TPOX	2p13	224-252	8	8-9	64
vWA	12p12-pter	139-167	8	16-16	60
HPRTB	X	259-303	12	13-13	60
D21S11	21q11-21q21	211-247	12	-	60
FGA	4q28	254-294	14	-	60
Amelogenin	X:p22.1-p22.3	212-218	-	212bp	60

Microsatellite영역인 STR(Short Tandem Repeats) 유전자좌위에서는 특히 4염기가 반복되는 유전자좌위를 검출하는 방법이 광범위하게 이용되고 이들은 TH01, TPOX, vWA, CD4, ACTBP2, D21S11, MBP, F13A01, FES/FPS, CSF1PO, FGA 등의 좌위를 들 수 있으며, 이들 좌위의 특징은 표2와 같다.

실제 지금까지 알려진 VNTR유전자좌위의 유전자형은 수만 가지에 이르고 있으므로 비교적 대립유전자가 많은 유전자형에 대하여 감식업무에 활용되고 있으며, 증거물의 상태에 따라서 유전자형을 선택하여 분석하고 있다.

이들 유전자좌위는 각각 특정의 primer를 사용하여 증폭한 후 전기영동시키는 AmpFLP법에 의해 부모로부터 받은 대립유전자를 검출하는 것으로 사건현장의 생체 시료에 대한 개인식별 방법으로 가장 널리 활용되는 방법이다.

실제 사건현장에서 채취한 생체시료가 갖는 문제점은 증거물의 양이 충분하지 못하다는 점 그리고 대부분의 경우가 신선하지 않고 변질된 상태에 있어서, 극미량의 DNA라 하더라도 측정할 수 있는, 검출 예민도가 높은 방법이 절실히 요구하고 있다. 이 PCR방법은 미량의 유전자를 증폭함으로써 한정된 시료의 양을 극복할 수 있었으며, 시료의 변질로 minisatellite영역의 긴 분자의 DNA는 분해되어 깨어져서 그 측정이 거의 불가능한 경우에도 microsatellite영역의 유전자형을 선택하여 시험함으로써 측정할 수 있게 하였다. 거대분자의 DNA는 변질에 의하여 쉽게 파괴되어 작은 크기의 분자로 변화되지만, 작은 분자의 DNA는 쉽게 파괴되지 않고 오래동안 증거물중에 존재할 수 있으므로 이들 microsatellite영역 DNA형의 검출이 가능한 것이다. 이 AmpFLP법의 개발은 사건현장에 유류된 생체시료를 통한 개인식별 방법의 획기적인 진보라고 할 수 있다.

Microsatellite 유전자형의 일부는 상품으로 만들어져 세계적으로 사용되고 있으며, 형광표식 primer를 개발하여 PCR시킨 다음 대립유전자의 검출을 레이저 검출기와 컴퓨터를 이용하여 10개이상의 유전자형을 동시에 자동검출하는 방법이 실용화되고 있다. 또 AmpFLP법에 의하여 성염색체에서의 유전자좌위인 Amelogenin 및 Alphoid satellite family(ASF) gene를 검출하여 남여를 식별할 수도 있다.

② AmpHybridization에 의한 HLA-DQ α 형 분석

AmpFLP에 의한 VNTR형 분석은 앞에서 말한것과 같이 반복배열 길이에 따른 분석법이며, 염기서열 차이에 의한 분석법인 HLA-DQ α 형은 사람의 제6번 염색체의 조직

적합성 항원 복합체 영역에 존재하며, HLA-DQ α 좌위의 α 사슬에서 발견되는 유전자좌위로서 개인식별에 흔히 활용된다.

Scharff등은 이 영역의 다형성의 서열을 지닌 242 또는 239염기쌍의 단편을 증폭하고 염기서열을 분석하여 4가지의 주요 대립 유전자 DQA1, DQA2, DQA3 및 DQA4로 분류⁶⁾하였다. 그리고 Gyllensten과 Erlich는 DQA1은 1.1, 1.2 및 1.3으로 DQA4는 4.1, 4.2 및 4.3으로 각각 3가지의 아형으로 분류⁷⁾하였다.

HLA-DQ α 형을 분석하는 방법으로는 지금까지 3가지 방법이 주로 사용되고 있다. DQ α 좌위에서 대립유전자형을 분석하기 위하여 nylon membrane에 고정시킨 증폭 DNA와 방사성물질 또는 horse-radish peroxidase(HRP)로 표식한 probe를 hybridization(Dot-blot)시키거나, oligonucleotide를 filter에 고정시키고 biotin으로 표식한 primer로 증폭한 DNA와 hybridization(Reverse dot-blot)시킨다. 그리고 제한효소(Dde I, Fok I, Hae III, Srf I, Rsa I 등)로 증폭된 DNA를 절단한 후 전기영동하는 RCR-FLP방법이 있다. 그러나 이 방법은 시험과정이 복잡하고 많은 시간을 소요하며 고가의 시약 재료를 필요로 한다는 단점이 있다.

3. 초동수사에서 유전자 감식의 효용성

범죄사건의 해결은 초동수사가 어떻게 과학적으로 이루어지는가에 따라 좌우된다고 할수 있다. 범죄사건 현장에는 항상 물적 증거물이 유류된다. 특히 살인, 강도, 강간 등의 강력사건의 경우에는 피해자 뿐만 아니라 범인의 혈액, 정액 등 생체시료가 사건 현장에 유류되어 있을 가능성이 크므로 초동수사에서 시료를 세밀하고, 정확하게 그리고 신뢰성있게 수집, 채취하는 것이 무엇보다 중요하다고 하겠다.

생체시료에 의거한 개인식별법으로는 근래까지 ABO식 등의 혈액형이나 효소형의 식별법이 이용되어 왔으나, ABO형의 4종류형과 효소형의 수 종류의 형은 다양성이 적을 뿐 아니라, 특히 효소형의 시험법은 매우 복잡하고 증거물이 변질되지 않은 경우에

- 6) Scharf, S.J., Horn, G.T. and Erlich, H.A.: Direct cloning and sequence analysis of enzymatically amplified genomic sequences, Science, 223, 1076~1078, 1986.
- 7) Gyllensten, U.B. and Erlich, H.A.: Generation of single stranded DNA by the polymerase chain reaction and its application to direct sequencing of the HLA-DQ α locus. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 85, 7652~7656, 1988.

만 가능하여 실제 사건에서 수집된 신선하지 못한 대부분의 증거물에 대하여는 거의 실험에 성공할 수가 없어서 활용도가 미미하였다. 이와 같이 다양성이 적은 ABO식 혈액형 감정결과는 용의자의 혈액형이 현장 증거물의 혈액형과 동일하다고 하여 용의자가 반드시 범인이라고는 할 수가 없다. 범인과 동일한 혈액형을 가지고 있는 사람은 얼마든지 있으므로, 혈액형이 일치하지 않은 경우에 그 사건과 관련이 없다는 판정을 내리는 데 이용되었으며, 혈액형이 동일할 경우에는 기타 증거물이나 다른 조건들을 종합적으로 판정하는 자료로 이용되었을 뿐이다.

그러나 1980년에 Wyman과 White의 유전자좌의 발견⁸⁾과 1985년에 Jeffreys등에 의한 유전자좌의 다형성에 따른 DNA fingerprinting의 보고⁹⁾ 이후 많은 유전자형 분석방법의 개발로 유전자 감식에 의한 개인식별은 획기적인 과학적 개인식별법으로 등장하였다. 종전까지의 ABO식 혈액형 감정으로 범인의 확인이 아닌 배제수단으로 활용되었던 과학수사의 한계를 탈피하여 범인을 명확하게 증명할 수 있는 방법으로 발전된 것이다. 따라서 사건현장에서 정확하게 채취된 증거물과 용의자의 생체시료의 유전자형을 비교하면 99%이상의 정확도로 동일성을 식별하여 범인임을 증명할 수 있게 되었다.

유전자 감정기법은 이와 같이 고도의 식별능을 가진 첨단 감정기법이지만 개인식별을 위하여는 2개 이상의 시료가 비교 확인이 되어야 하므로 반드시 대조할 수 있는 시료가 존재해야 한다. 대조 시료(용의자의 혈액 등 생체시료)를 수집하기 위하여는 초동수사에서 정확한 용의자(진범)를 찾아서 그의 혈액등을 채취하여야 하나 사건의 확실한 목격자나 제보자가 없는 경우에는 범인의 추적은 막연한 상황에 빠지게 된다. 그러므로 용의자를 찾기 위하여는 막대한 수사력과 예산을 소모하게 되며, 경우에 따라서는 용의자 주변 수십명의 혈액을 채취하여 분석을 의뢰하는 경우도 생각할 수 있다. 예컨대 영국 웨일즈 지방의 한 마을에서도 범인을 찾기 위하여 마을 전 주민의 유전자형 분석을 시도한 경우도 있었다. 그러나 대상자가 혈액 채취에 동의하지 않으면 합법적으로 채취를 할 수는 없으므로 많은 사람들 모두의 혈액을 대조군을 만들기 위하여 채취한다는 것은 사실상 불가능한 일이다.

8) Wyman, A. and White, R.L.: A highly polymorphic locus in human DNA, Proceedings of the National Academy of Science of the USA, 77(11), 6754~6758, 1980.

9) Jeffreys, A., Wilson, V. and Thein, S.: Individual-specific fingerprints of human DNA, Nature, Vol 316, 76~78, 1985 ; Jeffreys, A., Wilson, V. and Thein, S.: Hypervariable minisatellite regions in human DNA, Nature, 314, 67~73, 1985.

초동수사에서 확실한 단서를 발견하지 못한 경우에는 범죄와의 관련성이 희박한 임의의 자를 용의자로 단정해서 혈액등의 생체시료를 채취하는 것은 어려우므로 대조 증거물의 채취가 용이하지 않다. 따라서 수사가 진전되어 범인으로서의 동일성이 거의 확실시된 단계에서 비로소 강제수사의 방법으로 시료를 채취할 수 있게 되는데, 진범을 용의자로 발견하지 못할 경우에는 사건은 미궁에 빠지게 될 수 밖에 없다.

만약 우리나라의 전국민에 대한 유전자 자료은행이 설립되어 있다면 현상의 증거물에서 유전자형을 측정하여 유전자 자료은행에서 검색을 하게 되어 용이하게 범인을 색출할 수 있게 될 것이다. 사건현장에서 수집 채취된 혈액, 정액등의 생체시료의 유전자형을 측정함으로써 이를 비교 검색하여 곧바로 범인을 색출할 수 있으므로 가장 이상적인 과학수사의 수단이라 하겠다. 그러나 국민 개개인에 대한 유전자형의 분석, 보관은 개인에 대한 유전적 정보를 담고 있어서 인권침해의 문제가 있을 뿐만 아니라 막대한 예산, 인력등을 필요로 하므로 선진국에서도 전국민을 대상으로한 유전자 은행을 설립하는 구상을 하고 있지는 않고, 피의자나 피고인, 범죄자나 우범자등에 대한 자료은행을 설립하여 이용하는데 그치고 있다.

우리나라에서도 살인, 강도, 강간등 주요 강력범죄 11,932건중 재범이 6,687건으로 재범율이 56.1%(1995년)¹⁰⁾에 이르는 범법자들에 대한 유전자형을 사전에 검사하여 전산화시켜 이를 초동수사에서 활용함으로써 신속하고 정확한 수사가 이루어져야 할 것이다. 또한 이는 수사의 과학화로 증거자료를 확보하여 재판상 범죄사실을 판정하는데 결정적 증거가 되며, 수사과정에서 대조 시료인 혈액등을 채취할 때에 야기될 수 있는 불필요한 인권침해의 우려를 없게 할 수 있고 또한 많은 수사력 소모를 절감시킬 수 있을 것이다. 우리도 시급히 유전자 자료은행을 설립하여 초동수사에서부터 손쉽게 이용할 수 있게 하여 수사의 과학화를 이루어야 할 것으로 사료된다.

4. 우리나라의 유전자 분석: 국립과학수사연구소를 중심으로.

가. 국립과학수사연구소의 도입 및 감정현황

인체 유전자 다형은 1985년 Jefferys가 사람에 따라 염기배열에 의하여 DNA길이가

10) 범죄분석, 경찰청, 1995.

모두 다르다는 주장을 한 이후부터 인체 단백질 유형에 의한 개인식별의 수단에서 DNA분석에 의한 방법으로 전환되어 가는 추세에 있다.

국립과학수사연구소(이하 연구소)는 이에 많은 관심을 가지고 있던 중 1986년 12월 프랑스에서 개최된 제8회 Interpol 국제 법과학 symposium에 참석한 후 유전자분석에 의한 개인식별법을 시행하기 위한 계획으로 1988년부터 유전자 지문 분석에 관한 연구 계획서를 작성하여 추진하였다. 5년이내에 감정을 실행한다는 목적으로 전문인력의 증원, 유전자분석실의 설치 및 장비도입과 해외훈련등에 대한 계획을 별표3와 같이 수립하여 실행하였다.

Table 3. 국립과학수사연구소의 유전자 지문 분석에 관한 연구계획서

년 도	내 용
(1) 1988년	가. 실험실 설치 계획 수립 나. 전문인력의 보충안 확립 다. 유전자 지문 관련장비 우수제품의 검토 및 선정 라. 유전자 지문 관련논문, 자료수집
(2) 1989년	가. 실험실 설치, 장비도입, 인력보충의 마무리 나. 새로 도입된 유전자 분석 장비의 조작법 습득 훈련 다. 신선한 혈액, 정액등에서 DNA의 순수분리에 관한 훈련 라. 유전자 지문 연구를 위한 해외연수
(3) 1990년	가. DNA의 염기 배열결정법의 실험 훈련 나. DNA지문 분석의 절단법에 관한 실험 훈련 다. 절단된 DNA분석의 전기 영동에 의한 재배열 조작훈련 라. 유전자 지문 연구를 위한 해외연수
(4) 1991년	가. 지문 검출용 DNA에 방사성 동위원소 표지법 훈련 나. DNA잡종 분자형성법 실험의 훈련 다. Autoradiography법에 의한 지문 판독 기술의 훈련 라. 유전자 지문 연구를 위한 해외연수
(5) 1992년	가. DNA지문법의 일상적 활용을 위한 실험조건 확립 나. 혈흔, 정액반, 모근세포(시간이 오래 경과된 것)등에서의 DNA 지문법의 반복 실험 다. DNA지문법에 의한 실제 범죄 증거물에 적용 및 성공여부 반복 검토
(6) 1993년	실제 범죄 현장에서 의뢰된 각종 증거물, 혈흔, 정액, 타액, 모근세포, 인체조직편 등에서 DNA지문법에 의한 감정으로 범인 확증에 적극 활용함.

1988년에는 DNA지문에 대한 문헌 및 정보를 수집 종합하여 “유전자 지문의 법의학적 응용에 관한 총설”을 발표¹¹⁾하였고, 여기에서는 DNA 구조에서 유전자다형 특히 DNA지문의 정의와 검출법 그리고 개인식별에 활용될 수 있는 방법과 극복하여야 할 문제점 등에 대하여 검토하였다.

1989년 연구소는 DNA분리에 관한 기초 실험법의 확립으로 유전자의 분리에 관한 방법과 미량의 유전자를 추출하는 방법을 확립하였으며, 미국 법무성 FBI주최로 개최되는 “유전자 분석의 법적응용(The Forensic Application of DNA Typing Methods)”에 관한 국제 symposium에 참석하여 선진국에서의 유전자 지문에 관한 연구결과와 연구방향등에 관한 실태 파악과 관련자료를 수집하였다.

또한 연구소는 1990년에 DNA의 전기영동 조작 실험법과 제한효소 절단법에 의한 유전자형 판정법 확립을 위하여 “RFLP에 의한 DNA다형의 분석”에 관한 시험법을 확립¹²⁾하였으며, 우리나라에서도 DNA분석에 의한 개인식별 감정을 1992년부터 시행한다는 계획에 따라 미국 FBI의 교육기관인 법과학 연구센터(Forensic Science Research and Training Center)등에서 DNA형 분석법의 법과학적 응용등에 관한 연수를 하였다.

그러나 1990년 11월 16일(제9차 14세우)과 1991년 4월 3일(제10차 69세우) 화성연쇄 강간 살인사건이 발생하였을 때 아직 우리나라에는 이들 증거물에 대한 DNA 감정을 시행할 수 있는 연구실이 없었으며, 동 연구소에서도 충분한 기술 축적이 되어 있지 않아서 감정을 시행할 수 없었다. 결국 이들 증거물들은 90. 12. 31과 91. 4. 19에 일본으로 의뢰되었으며, 그 결과는 91. 2. 7과 91. 7. 15일에 받은바 있다. 증거물에서는 PCR에 의한 DIS80형과 HLA-DQ α 형의 결과를 얻었으나, 주변 용의자의 혈액을 채취하여 의뢰한 시료에서는 동일한 결과를 얻지 못하였으며, 이 사건의 관련 용의자에 대한 혈액 감정을 현재까지도 의뢰하고 있으나 동일인은 나타나지 않고 있다.

1991년에는 일본에 의뢰된 감정결과를 기대하면서 종합효소 연쇄반응에 의한 미량의 유전자형 판정법 개발을 위하여 Tag. polymerase란 효소로 유전자를 증폭시켜 극미량인 경우에도 DNA형을 분리할 수 있는 방법을 확립함으로써 사건현장 증거물로부터의 DNA감정을 가능하게 하였다.

11) 최상규, 한변수, 강금석, 이은경: 유전자지문의 법의학적 응용, 국립과학수사연구소, 20, 97~105, 1988.

12) 최상규, 한변수, 이양한, 선문숙: RFLP에 의한 DNA다형의 분석, 국립과학수사연구소, 23, 136~143, 1991.

같은해 8. 1.부터 연구소는 유전자 분석실을 독립 설치하여 운영을 시작하였으며, DNA지문법 확립을 위한 연구개발의 필요성이 증대함에 따라 인력을 6명 보강하였고, 별도의 실험실을 설립하였으며, 1988년부터 단계적으로 예산을 확보하여 지속적으로 장비를 구입한 결과 1989년에 핵산 전기영동장치등 4대, 1990년에는 핵산 추출기등 8대, 1991년에는 유전자 순서 배열기등 14대를 구입하는 등 총소요 분석장비 23종 26대를 확보함으로써 국내외적으로 손색이 없는 최신 시설과 첨단장비를 확보하게 되었다.

화성연쇄 살인사건등 강력사건이 자주 발생하고 있는 시점에서 DNA감정이 시급히 요구되고 있어 1992년 3월부터 동 연구소의 유전자 분석실에서 국내 최초로 DNA 감정업무가 시행되기 시작하였다.

1992년 4월 7일 연구소는 의정부경찰서가 어린이 강간 추행사건의 증거물인 정액반과 용의자(서적외판원)의 혈액을 의뢰함에 따라 종합효소연쇄 반응과 전기영동에 의해서 D1S80형과 HLA-DQ α 형을 측정한 결과 이들 증거물들이 공히 D1S80의 24-37형과 HLA-DQ α 형의 1.2-4형으로 일치함을 밝혀내었고, 화성연쇄 강간살인 사건의 용의자 50명의 혈액에 대한 유전자형을 측정하여 증거물과 상이한 것으로 판정(92. 6.19.)하였다. 아울러 같은해 인천중부경찰서에서 발생한 여중생 강간사건 용의자의 증거물에 대해 감정(92. 6. 9.) 하는등 총 459건을 처리하였고, 100건의 유전자 검색자료를 확보하였다.

또한 연구소는 1993년에 서울 형사지방법원의 모자확인 및 서울형사지방법원의 친생자 감정등 594건을 감정하였으며, 100건의 유전자 검색자료를 확보하였다. 그러나 당년에는 아주 고가(1건당 50,000~90,000원)인 유전자분석 시약의 예산을 충분하게 확보하지 못하여 더 많은 감정은 시행할 수 없었다.

서울형사지방법원의 존속폭행 및 존속 협박사건등 친생자 감정은 높은 정확성과 최고의 예민도를 유지하면서 낮은 비용으로 짧은 시간에 유전자형을 분석할 수 있는 방법으로 종합효소 연쇄반응과 다형성이 높은 유전자 좌위로 VNTR좌위인 D1S80형, Apo B형, D17S5형 및 염기 서열차이에 의한 HLA-DQ α 형을 선택해서 시험하여 판정하였다. 이 사건은 존속폭행 사건등으로 구속계류중인 피의자가 피의자의 모인 이○○가 자신의 생모가 아니라고 주장하여 친생자 확인이 요구되는 사건이었다. 피의자의 모(이○○), 친누나 및 이복동생의 혈액을 의뢰받아 피의자와 피해자의 친생 관계를 감정한 결과는 표 4와 같았다. 피의자와 피해자의 유전자형 감정에서 D1S80형 대립유전자가 27, HLA-DQ α 형 대립유전자가 1.2 또는 1.3, D17S5형 대립유전자가 7이 각각 검출

되므로 피의자는 피해자의 친자임을 부정할 수 없음을 입증하였다. 이 경우 피의자의 부 혈액이 있으면 보다 신빙성 높은 결과를 얻을 수 있었을 것이다.

표4. 서울 형사지방법원의 모자확인 분석결과 (1993)

증거물	D1S80형	HLA-DQ α 형	D17S5형
피의자	24 - 27	1.2 - 1.3	5 - 7
모(이)	27 - 31	1.2 - 1.3	3 - 7
친누나(박)	18 - 27	1.2 - 1.3	3 - 5
이부동생(김)	18 - 31	1.2 - 3	3 - 5

1994년에는 경남 창원경찰서의 연쇄강간 살인사건 외 1,373건의 감정처리를 하였으며, 유전자 검색자료는 300건을 확보하였다. 창원경찰서 연쇄강간 살인사건에서는 한 피해여성이 칼에 찔려 사망한 상태로 발견되었고 이웃에서는 강간당한 피해자가 있었다. 증거물로 피해자 1의 성범죄 증거물과 혈액, 강간당한 피해자 2의 성범죄 증거물과 혈액 및 용의자 3인의 혈액을 의뢰받아 유전자분석을 실시하였으며, 그 결과는 표 5와 같다.

감정결과에 의하면 피해자 1의 질내용물의 정자 DNA분획의 유전자형은 피해자 1의 혈액에 대한 유전자형과 상이하였고, 피해자 2의 질내용물에서 추출한 정자 DNA분석의 유전자형과 일치하였으므로 본 사건은 동일범으로 간주되었으며, 용의자 3명중에 용의자 2 및 3은 HLA-DQ α 형 및 D1S80형이 증거물과 상이하므로 배제되며, 용의자 1의 혈액에서 검출된 HLA-DQ α , D1S80형, HumTH01형, HumACTBP2형은 모두 피해자 질내용물에서 검출된 형과 일치하였다.

표5. 경남경찰청 창원경찰서의 연쇄강간살인사건 분석결과 (1994)

증거물	HLA-DQ α 형	D1S80형	HumTH01형	HumACTBP2형
피해자1 혈액	1.2-1.2	18-24	9-9	13-20
피해자1 질내용물	1.1-1.2	18-30	7-9	15-17
피해자2 혈액	-	-	-	-
피해자2 질내용물	1.1-1.2	18-30	7-9	15-17
용의자1 혈액	1.1-1.2	18-30	7-9	15-17
용의자2 혈액	1.1-4	27-30	-	-
용의자3 혈액	1.1-3	16-30	-	-

또한 연구소는 1995년에 삼풍백화점 붕괴사건의 신원확인 감정등 2509건의 감정처리와 500건의 유전자 검색작위를 확보하였다. 1995. 6. 29. 삼풍백화점 붕괴로 인하여 현장에서 발굴된 증거물에 대하여 유가족의 유전자형과 비교하여 가족관계 성립여부를 감정하였다. 법의학 감정으로 신원이 확인되지 않은 신원 미확인자의 부분시신 68구로부터 채취한 골편, 조직 및 모발등과 신고된 관련 유가족 혈액 219개 시료에 대하여 유전자 분석법에 의한 가족관계 성립여부로 신원을 확인하였다. 시료의 부패로 인하여 분리된 DNA가 심하게 분해되어 고변이성 DNA부위중 STR영역인 HumTH01, HumCD4 및 HumvWA형의 3종을 기본으로 하여 분석하였으며, 필요한 경우에는 D1S80, HumACTBP2, HLA-DQ α 및 DYS19를 추가로 분석하였다. 부부시신 68구중 양부모가 존재하는 경우인 31사례에서 친생자 관계가 성립됨을 확인하였고, 편부모와 형제를 이용한 19사례에서도 친생자 관계가 확인되었다.

1996년에는 2,639건의 감정과 500건의 유전자 검색자료를 확보하였다. 따라서 1996년 말까지의 총 유전자 감정처리 건수는 7,574건이며, 유전자 검색자료는 1,500건을 data base화 하고 있으며, 매년 강력사건에 대한 생체시료의 증거물들의 의뢰는 증가하고 있는 추세이다.

나. 유전자형 분석 연구현황

1980년대 중반까지 우리나라의 개인식별의 수단으로는 혈구형의 ABO식, MN식 및 Rh식의 검사가 활용되었으며, 그후 보다 더 개인식별의 활률을 높이기 위한 방법의 개발을 위하여 적혈구에 존재하는 PGM(Phosphoglucomutase)효소형의 검출법에 관한 연구와 응용이 이루어지고 있었으며, 그 연구 결과는 1985년, 1987년, 1989년에 각각 발표¹³⁾되었다.

그러나 연구소는 1985년 Jeffreys등의 유전자 지문법에 의한 개인식별법이 발표된 다음인 1980년대 후반부터 DNA-finger prints의 활용을 위한 기초 자료조사 연구를 시도하였다. 1987년에는 "유전자지문의 법의학적 응용에 대한 조사연구"를 실행하여 우리나라

13) 김문규, 김종흡, 윤현수, 이양한, 최상규, 이종익: 혈액에서 phosphoglucomutase (PGM1) 효소형 검출에 관한연구, 국립과학수사연구소연보, 17, 53~59, 1985 ; 김문규, 김종흡, 윤현수, 이양한, 최상규, 이영애: 혈흔에서 Phosphoglucomutase(PGM1) 효소형 검출에 관한연구, 국립과학수사연구소연보, 19, 161~166, 1987 ; 최상규, 한면수, 이영애, 백형순: 정액반으로부터 PGM1아형의 검출에 관한연구, 국립과학수사연구소연보 21, 119~126, 1989.

라에서는 처음으로 법과학분야에서의 유전자 지문법에 의한 개인식별의 가능성을 소개¹⁴ 하였다.

1989년에는 연구소에서의 유전자 분석법의 확립을 위한 연구의 시작으로 “세포로부터 DNA의 분리에 관한 연구”를 시행하여 1990년에 발표¹⁵ 하였다. 세포로부터 DNA를 분리하는 방법으로 proteinaseK와 SDS 또는 Sarkosyl에 의하여 단백질을 분해한 다음 석탄산 추출법¹⁶, 염석법(Salting out) 및 Guanidine isothiocyanate에 의한 추출법¹⁷

등에 대하여 검토하였다. 이 연구는 우리나라 범죄사건에서 발생할 수 있는 생체시료에서 DNA를 최초로 분리하는 방법을 검토하여 실용화시켰다는데 그 의의가 있었다 하겠다. 시험대상물로는 한국인의 혈액 및 동 연구소에 의뢰되었던 정액 및 간장조직편을 사용하였으며, 각 분리방법에 따라 DNA를 추출 분리하여 그 효율을 비교하였다. 이들 DNA추출액은 아가로스젤에 의한 전기영동상을 얻어 표준 DNA와 비교하여 순수 DNA를 분리할 수 있었다는 보고로 DNA분석의 실용화를 위한 기초 연구로서 성과가 크다고 볼 수 있다.

또한 DNA형 분석을 증거물에 적용하기 위하여 “혈액 및 혈흔으로부터 Genomic DNA의 미량 추출에 관한 검토”에 관한 연구도 시행하여 1990년 발표¹⁸ 하였다.

이 연구에서는 RFLP법에 의한 유전자 지문법이 소개된 후 개인식별 방법으로 획기적인 발전을 하였으나, 실제로 사건현장 증거물에 적용시키는데는 많은 문제점을 내포하고 있어 그 문제점에 대한 검토를 하였다. Jefferys의 방법에서는 충분한 양의 시료

14) 최상규, 한면수, 강금석, 이은경: 유전자지문의 법의학적 응용, 국립과학수사연구소, 20, 97~105, 1988.

15) 정봉효, 최상규, 한면수, 이은경, 하상보: 세포로부터 DNA의 분리에 관한연구, 국립과학수사연구소연보, 22, 60~67, 1990.

16) Imprim, C.C., Saiki, R.K., Erlich, H.A. and Teplitz, R.L.: Analysis of DNA extracted from formalin-fixed, paraffin-embedded tissues by enzymatic amplification and hybridization with sequence-specific oligonucleotides, Biochemical and Biophysical Research Communications, 142, 710~716, 1987 ; Biotest manual, B.E.S.T. Probe M.Z1.3, Biotest Diagnostics, Extraction of DNA, 1989.

17) Ciulla, T.A., Sklar, R.M. and Hauser, S.L.: A simple method for DNA purification from peripheral blood, Anal. Biochem., 174, 485~488, 1988. ; Jeanpierre, M.: A rapid method for the purification of DNA from blood, Nucleic Acids Research, 15(22), 9611 1987.

18) 최상규, 한면수, 김종진, 이양한: 혈액 및 혈흔으로부터 Genomic DNA의 미량 추출에 관한 검토, 국립과학수사연구소연보 22, 105~111, 1990.

를 필요로 하고 있으나 현장증거물에서 이를 충족하기가 어려운 실정이며, 특히 증거물의 환경적 영향에 따른 안정성의 여부도 고려되었어야 하였다. 한정된 증거물에서 미량의 DNA를 추출하는 방법의 확립은 DNA분석법을 감정에 활용하기 위하여 시급히 요구되는 사항이었다. 즉 세포로부터 DNA추출법에 이어 미량의 DNA를 분리할 수 있는 방법을 개발하여야 하였으며, 혈액에 각종 항응고제가 첨가될 경우 DNA추출 및 안정성에 영향을 준다는 석탄산 추출법이나 염석법에 의한 DNA의 미량 추출법을 검토하여 DNA분리에 관한 기술 축적과 실용화에 노력하여야 하였다. 각 조건에 대하여 실험해서 얻은 결과를 비교할 때 추출량이나 안정성에 큰 차이가 나타나지 않았음이 증명되었으며, 혈액시료의 환경요인에 의한 영향을 보기 위하여 꺼즈 및 여과지에 혈액의 미량을 묻쳐서 건조시킨 다음 비교시험할때 꺼즈에서는 비교적 용이하게 추출되나 여과지에 부착된 혈흔에서는 DNA추출이 곤란하였음을 증명하기도 하였다. 이와 같은 연구는 DNA분리법을 활용하여 감정에 이용할 수 있는 분석기술을 축적하였다고 볼 수 있다.

1990년에는 연구소에서도 DNA형 분석에 의한 개인식별법을 시급히 도입하겠다는 계획을 수립하고 우선 RFLP에 의한 DNA다형분석을 연구 검토함으로써 분석 능력의 축적으로 최적화된 실험방법을 확립하고자 “RFLP에 의한 DNA다형의 분석”에 관한 연구를 시행하였다.

실제 사건에서의 현장 증거물과 같은 전혈, 혈흔, 정액반 및 질분비물과 정액이 혼합된 시료등에서 DNA를 분리한 다음 Hae III (Bethesda Research Lab. U.S.A)라는 제한효소의 처리에 의하여 얻은 DNA절편을 전기영동법에 의하여 분리하였다. Southern blotting한 다음 ^{32}P DNA probe와 hybridization한 다음 X-ray film에 현상하여 얻은 autoradiogram에서 나타나는 band에 의하여 DNA다형을 분리 확인하였다. 특히 강간사건의 정액과 질액이 혼합된 상태의 증거물에 대하여 기존의 혈정학적 방법으로는 구별이 곤란하였으나 본 방법에서는 이들의 분리확인이 가능하였다. 즉 질분비물과 정액이 혼합된 혼합반의 경우에는 쉽게 단백질이 분해되는 질내용물의 상피세포등을 먼저 단백질 분해효소 등으로 분해한 다음 침전물과 분리하고, 침전물에 함유된 정자를 다시 단백질 분해효소로 분해 용해하여 이들 각각에서 DNA를 분리하였다. 이들을 제한효소

19) 최상규, 한면수, 이양한, 선분숙: RFLP에 의한 DNA다형의 분석, 국립과학수사연구소, 23, 136~145, 1991.

로 처리하여 DNA 절편을 만든다음 전기영동에 의하여 분리하고 blotting한후 32P로 표식화된 YNM24 (D2S44) probe와 hybridization한 다음 autoradiography에 의하여 얻은 DNA상으로부터 이들의 증명이 가능하였다. 이 실험 결과에서 얻은 autoradiogram은 그림1과 같으며 이들 단편의 분자량은 표 6과 같다.

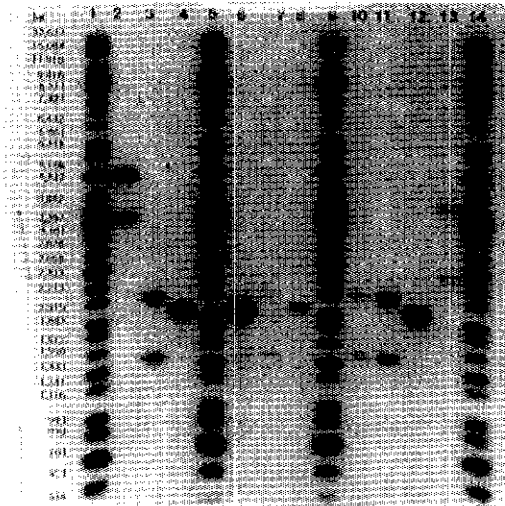


Fig. 1. Autoradiography displaying D2S44 RFLP profiles.
 lane 1, 5, 9, 14: maker DNA , lane 2 : K562 allelic control cell , lane 3 : K1 , lane 4 : K2
 lane 6 : ♂Q1 , lane 7 : ♀Q1 , lane 8 : ♂Q2 , lane11 :Q3 , lane12 :Q4 , lane13 :Q5

Table 6. Calculated fragment lengths(m.w).

lane No.	YNH24		Remarks
	Band 1(bp)	Band 2(pb)	
2(control)	3826	2844	K562 allelic cell
2(K1)	1891	1368	♀
4(K2)	1732	-	♂
6(♂ Q1)	1730	-	K2 match
7(♀ Q1)	1881	1353	K1 match
8(♂ Q2)	1734	-	K2 match
10(♀ Q2)	1874	1362	K1 match
11(Q3)	1883	1364	K1 match
12(Q4)	1737	-	K2 match
13(Q5)	3126	2144	No match

이 결과에 따르면 여성 혈액인 K1과 남성혈액인 K2의 혼합반인 S1과 S2에서 먼저 분해되어 분리된 Q1(♀)과 Q2(♀)은 여성혈액인 K1과 band 일치하며, 침전물에서 분리된 Q1(♂)과 Q2(♂)는 남성혈액인 K2에서 분리된 유전자 절편의 분자량과 일치함을 확인하므로써 혼합반에서 각각의 DNA다형의 분리가 가능하였다. 또한 미지의 혈흔 Q3는 K1과 같으며, Q4는 K2와 일치하였고, Q5는 K1 또는 K2와 일치되지 않아 배제할 수 있었다.

1991년에는 유전자형을 분석하기 위하여는 시료에서 일정량의 DNA를 분리하여야 하나 사건현장 증거물은 그 특성상 항상 충분한 량의 DNA를 얻을 수 없으므로 미량의 DNA를 증폭할 수 있는 방법을 검토한 다음 DIS80형을 측정하는 방법을 확립하기 위하여 “중합효소 연쇄반응에 의한 VNTR DIS80부위의 분석법”에 관한 연구를 시행하여 1992년에 발표²⁰⁾하고 있다. 유전자형 분석방법의 지속적인 발전으로 선진 각국에서는 개인식별 방법이 유전자형에 의존하게 되어 가고 있으며, 우리나라에서도 1992년부터 유전자형의 감정을 실시하기 위한 계획에 따라 극미량의 DNA를 중합효소인 Tag polymerase로 연쇄반응 증폭시키는 방법을 확립하여 현장 증거물중의 미량 DNA 분석을 할 수 있는 방법을 개발코져 하였다. 중합효소 연쇄반응에 의한 현장의 생체시료중의 미량 DNA를 측정할 수 있는 방법은 법과학분야에서 개인식별의 수단으로 활용하기 위한 필수적인 방법이다. 이를 위하여는 각종 증거물에 대한 기초조사를 필요로 하고 최대의 확실성과 최고의 예민도를 유지하면서 간편하고 용이한 방법의 개발을 요구한다. 중합효소 연쇄반응은 Saiki등에 의하여 열에 안정한 Tag polymerase를 발견 추출되었으며, 1988년 Cetus사에서는 Mullis등에 의하여 자동적으로 주기적인 온도 변화를 조절할 수 있는 기계인 DNA Thermal Cycler (Perkin-Elmer Cetus Co. 480등)을 개발하여 1회의 중합효소 첨가로 DNA를 증폭할 수 있게 함으로써 법과학분야에서 DNA활용을 가능하도록 한 것은 과학수사의 큰 발전이라 하겠다. 이러한 중합효소 연쇄반응 방법을 이용하여 증폭한 다음 MCT118 probe에 의해 식별되는 VNTR(Variable number of tandem repeat)부위인 DIS80부위에 관한 분석법을 확립하였다. 본 시험법에서는 우리나라 사람의 혈액, 혈흔, 정액반, 혼합반 및 모발에서의 시험법을 검토하였으며, 각 시료에 대한 PCR증폭조건은 28과 29염기의 primer를 사용하였다. 표적 DNA함

20) 한면수, 이양한, 전문숙, 최상규: 중합효소 연쇄반응에 의한 VNTR DIS80부위의 분석법, 국립과학수사연구소연보, 24, 128~134, 1992.

량은 50~500ng으로 하여 증폭시켰으며 한국인 63개체의 전혈에 대한 발현빈도를 시험하였다. 각 대립유전자의 분포 빈도에서 동형 접합성(homozygosity)인 개체는 11.1%, 이형접합성(heterozygosity)은 89.9%로 측정되었다. 각 대립유전자들은 반복횟수 14와 40사이에 분포되어 22개의 대립유전자 수가 나타났고 38개의 유전자형이 관찰되었으며 이들중 반복횟수 대립유전자 24가 19.8%로 가장 높게 나타났다. 이는 1994년 이등²¹⁾의 한국인 1491명에서 관찰된 DIS80유전자좌위 대립유전자는 31종이었으며, 대립유전자 빈도는 M24형이 23.2%라 하는 보고에서와 같이 대립 유전자는 24형이 가장 높은 빈도이었으나 그의 비율은 약간 낮게 나타났으며, 대립유전자수도 적게 나타났다. 이는 대상 시료의 수가 적어서 나타난 것으로 사료된다. Budowle등이 조사²²⁾한 Caucasian, Black, Hispanic 인종에서의 DIS80유전자좌위는 대립유전자 24가 가장 높은 빈도이었으며, 그의 비율은 각각 30%, 17%, 29.8%로 나타난다고 하였다. 이는 대립유전자 24가 가장 높은 빈도이나 인종에 따라서 그의 발현율은 약간 다르게 나타나고 있다.

1992년에는 연구소와 이화여자대학교 연구진이 공동으로 "개인식별을 위한 한국인의 HLA-DQ α 유전자형의 빈도 분포"를 연구하였다. 시료로써는 혈액원에서 구입한 전혈과 연구소에 의뢰된 증거물중에서 혈흔 및 모발을 수집하여 -70°C에서 동결하여 보관하면서 사용하였으며, 각 시료들에 대한 DNA분리 방법을 검토하였다. 분리 정제된 DNA는 Thermal Cycler(Perkin Elmer Cetus사)를 이용하여 증폭시킨 다음 -20°C에서 보관하면서 전기영동하고 EtBr (ethidium bromide)염색후 증폭여부를 확인하였다. 증폭된 DNA를 probe strip에 넣어 hybridization하고 세척, 발색하여 유전자형을 판정하였다. 전혈에서 분리된 DNA는 HLA-DQ α 형의 판정이 용이하였으나 일부 증거물의 경우는 분해되어 유전자형 판정이 곤란하기도 하였으며, HLA-DQ α 좌위의 유전자형을 판정하기 위하여는 표적 DNA가 2ng정도의 미량에서도 가능하였다.

한국인 206개체에서 HLA-DQ α 좌위의 대립 유전자 빈도는 DQA3의 경우가 33.7%로 가장 높고, DQA4가 17.2%이었으며, 한국인 집단은 HLA-DQ α 좌위의 21개 유전자중 3-4형이 11.6%로 가장 높게 나타났으며, 이형 접합성(heteozygosity)은 83.5%로 산출된

21) 이정민, 유전자 감정의 범죄수사 응용에 관한연구, 한국형사정책연구원, 1996.

22) Budowle, B., Chakraborty, R., Giusti, A.M., Eisenberg, A.J. and Allen, R.C., Analysis of the VNTR locus DIS80 by the PCR followed by high-resolution PAGE, Am. J. Hum. Genet., 48, 137~144, 1991.

것으로 개인식별 감정의 실용성에 크게 기여한 연구라 볼 수 있다. 그 결과는 1993년 국립과학수사연구소연보²³⁾ 및 한국 유전학회지에 발표²⁴⁾되었으며 또한 1993년 3월 29일부터 미국에서 열렸던 제2회 유전자 분석의 법적응용에 관한 국제심포지움에서 연제로 채택되어 발표²⁵⁾되기도 하였다. 본 국제 심포지움에서는 동양인에 대하여 유일하게 발표된 유전자형의 빈도분포였으므로 많은 참가자들의 관심이 되었었다. 한국인의 HLA-DQ α 형 유전자 빈도는 한국인 뿐만 아니라 아시아인의 빈도를 대표할 수 있는 자료이기도 하였으므로 더욱 큰 관심을 갖은 것으로 사료된다.

1993년에는 사건현장에서 채취된 생체시료중에 극미량의 DNA가 함유된 증거물이나 변질되어 DNA가 파괴된 증거물에서도 검출이 가능할 수 있는 STR(Short Tandem Repeat)좌위 영역에 관한 연구로서 "STR좌위 HumTH01형의 AmpFLP분석법"에 대한 연구를 하여 시험법이 확립되었다. PCR법에 의하여 현장 증거물중의 극미량의 DNA를 증폭하여 분리할 수 있으며, 분해능이 좋은 polyacrylamide gel 전기영동법에 의하여 신속 정확하게 측정할 수 있는 방법이 확립되었다. 이 방법은 southern blots나 radioactive material들을 사용하지 않고 24시간 내에 결과를 얻을 수 있는 매우 신속 간편한 방법이다. 한국인 181명에 대하여 5개의 대립유전자와 14종의 유전형을 측정하였고 heterozygosity가 68.6%로 나타남이 발표²⁶⁾되었다.

STR유전자좌위인 microsatellite영역의 DNA들은 여러 상태의 환경변화에서도 비교적 분해정도가 적으며, 증폭산물의 크기가 일반적으로 350bp이하로 minisatellite영역보다 PCR할 경우 증폭효율이 높다. 또한 증폭산물의 전기영동후 질산은 염색을 할 때 기존의 EtBr염색법보다 검출 특이성이 좋고, 방사성동위원소를 사용하지 않아 안전성이 좋으며, autoradiography보다 짧은 시간에 결과를 얻을 수 있는 장점이 있다. 따라서

23) 강순자, 최상규, 한면수, 선문숙: 개인식별을 위한 한국인의 HLA-DQ α 유전자형 빈도 분포에 관한연구, 국립과학수사연구소연보, 25, 99~109, 1993.

24) 선문숙, 한면수, 박기원, 이양한, 최상규, 강순자: 한국인 집단와 HLA-DQ α 대립유전자와 유전자형 빈도, 한국유전학회지, 15, 31~38, 1993.

25) Han, M.S., Seon, M.S., Lee, Y.H., Park, K.W. and Choi, S.K.: Frequencies of HLA-DQ α alleles and genotype in Korean population using PCR-DOT hybridization and its forensic application, 2nd Int. Symposium on the Forensic Aspects of DNA Analysis FBI Academy, 50, 1993.

26) 한면수, 이양한, 박기원, 선문숙, 최상규: STR좌위 HumTH01형의 AmpFLP분석법, 국립과학수사연구소연보, 26, 149~152, 1994.

STR영역의 유전자형은 신선한 시료가 아닌 사건현장의 증거물에서도 대부분의 경우 분리확인이 가능하여 법과학분야에서 많이 활용되고 있으므로 실제 감정을 시행하고 있는 실험실에서는 이 영역의 유전자형들에 관한 시험법의 확립이 요망되고 있다.

또한 연구소는 1994년에 “HumvWA형의 AmpFLP분석 및 한국인 집단에서 출현빈도”와 “Multi plex PCR과 전기영동법에 의한 STR HumTH01과 HumCD4유전자형의 동시분석법”에 관한 연구를 하여 1995년에 발표²⁷⁾하였다. STR영역의 하나인 HumvWA (vWA3IA)좌위의 신속정확한 측정 방법으로 시료에서 DNA를 분리하고 적당한 primer를 만들어 증폭시킨 다음 전기영동함으로써 24시간이내에 측정할 수 있는 방법을 확립하였다. 이 방법에 의하여 한국인 200명에서 전기영동하여 분리된 대립유전자와 유전자형의 분포도를 구할 때 HumvWA좌위는 7개의 대립유전자와 23개의 유전자형이 검출 되었으며, heterozygosity(이형접합성)은 79.9%이었다. 개인식별력은 0.97이며, allelic diversity value는 0.799임을 얻었다.

또한 multiplex PCR은 annealing온도가 비슷하고 PCR산물의 크기가 다른 두 영역이상의 primer를 조합하여 한 반응기에서 동시에 PCR을 시행하여 실험시간을 단축시킬 수 있는 새로운 방법을 확립하고자 하였다. HumTH01과 HumCD4의 두 유전자좌위의 PCR산물의 크기 차이를 활용하여 동시에 분석하고자 한 반응기에서의 PCR조건을 검토한 다음 한 장의 전기영동 젤에서 동시에 측정할 수 있는 방법이 확립되었다. 이 방법에 의하여 한국인에 대한 발현 빈도를 측정할 때 200개체의 집단에서 HumCD4형 대립유전자는 모두 5종류가 확인되었고 관찰빈도는 대립유전자 7과 12가 각각 0.695, 0.283으로 비교적 많이 분포되었으며, HumTH01형과 HumCD4형의 개인식별력(PD)는 각각 0.85와 0.60임을 보고²⁸⁾되었다.

1995년에는 사건현장에서 수집된 증거물의 오염이나 부패등에 따른 감정의 문제점 뿐만 아니라 오염물질로 피해자나 피의자 또는 제3자의 생체시료가 서로 혼합되어 있을 경우 피의자의 유전자형을 판정하기는 어려움이 많으며, 특히 그 시료들의 혼합비율에 따라 검출판정의 문제점이 많으므로 각기 다른 유전자형의 두 시료를 일정비율로

27) 환면수, 이양환, 선문숙, 박기원, 최상규: HumvWV형의 AmpFLP분석 및 한국인 집단에서 출현빈도, 국립과학수사연구소연보, 27, 180~187, 1995.

28) 상필원, 박기원, 이경룡, 최상규: 혼합유전자형 검출(HLA-DQ α , DIS80 and vWA Loci)에 관한연구, 국립과학수사연구소연보, 28, 275~279, 1996.

혼합한 다음 HLA-DQ α , D1S80과 vWA형등의 유전자좌위를 측정할때 어느정도까지의 농도비율로 혼합되었을때 정확하고도 효율적인 유전자형을 분석할 수 있을까를 알기 위하여 “혼합 유전자형 검출에 관한 연구”를 시행하였다. 증거물에 피해자나 피의자등의 생체시료가 혼합될 경우 혈액형 감정은 곤란하며, 유전자형 분석에도 크게 영향을 미칠 경우가 많았으나, 이들이 어느정도 오염될 때 그들의 유전자형을 판정할 수 있는가를 검토하여 보고하였다. 두 종류의 DNA시료에서 유전자형을 분석할 수 있는 경우는 HLA-DQ α 형은 10배이상 오염될 경우는 해석이 불가능하였고, D1S80형과 HumvWA형은 10배정도 오염될 경우 그 유전자형이 확보되었을 경우에는 가능하였으나 100배의 비율이 되면 판정이 불가능한 결론을 얻었다.

“한국인 집단에서 HumTH01, HumTPOX, HumCSF1PO의 STR System에 관한 연구”는 유전자형의 분석을 더욱 신속하게 시험하기 위하여 이들 3종의 유전자형을 multiplex reaction으로 증폭하고 전기영동하여 동시에 실험할 수 있는 방법을 검토하였다. Puers등의 보고²⁹⁾에 의한 HumTH01, HumTPDX 및 HumCSF1PO 좌위의 동시 시험법을 검토하여 정립하였으며, 이 방법에 따라 한국인 집단에서 대립유전자 및 유전자형의 빈도를 산출하였다. HumTH01유전자형은 6종의 대립유전자와 15종의 유전자형이 발견되었으며, heterozygosity는 66.3%, 식별력값(Pd)은 0.848이었고, 대립유전자 출현 빈도는 7(21.7%), 9(47.8%)로 높게 나타났으나 이는 중국등의 황인종과는 비슷하였으며, HumTPOX의 경우는 5종의 대립유전자가 관찰되었으며 출현빈도가 높은 대립유전자는 8(48.6%), 11(32.1%)이었으며, 유전자형은 11종이 발견되었고, 8-11형이 가장 높은 빈도(35.3%)로 나타났으며, heterozygosity는 67.4%, 식별력값(Pd)은 0.807 또한 HumCSF1PO에서는 7종의 대립유전자가 관찰되었으며, 출현빈도가 높은 대립유전자는 10(27.2%)과 12(38.3%)로 황인종인 중국과 유사한 분포이었으며 유전자형은 18종류가 발견되었고 10-12와 11-12형이 20.7%로 높은 빈도를 나타냈으며, heterozygosity는 73.4%, 식별력 (Pd)는 0.844이었다. 연구를 통해 STR유전자좌위인 HumTH01, HumTPOX 및 HumCSF1PO좌위에 대한 한국인 집단의 데이터베이스를 구축할 수 있음이 보고³⁰⁾되었다.

29) Puers, C., Lins, A.M., Sprecher, C.J., Brinkmam, B. and Schumm, J. W.: Analysis of polymorphic short tandem repeat loci using well-characterized allelic ladders, Proceedings of 4th Int. Sym. on Human Identification, 161~172, 1993.

또한 연구소는 “AmpFLP에 의한 VNTR D17S5(YNZ22)좌위의 유전자형 분석”에 대한 연구를 재검토하여 한국인 200명에 대한 D17S5좌위의 빈도를 조사하였다.

VNTR영역의 유전자좌위로 잘 알려진 D17S5형은 17번 염색체에 위치하며 다형성이 큰 유전자좌위이다. 반복서열의 기본 단위가 70bp로 비교적 긴 DNA로서 통상 반복횟수는 1에서 15까지 검출되고 있다.

D17S5좌위는 12개의 대립유전자와 49개의 유전자형이 검출되었으며, heterozygosity가 60%이었으며, allelic diversity value가 0.857, 개인식별력값 (PD)은 0.9326으로 다른 민족의 분포와 유사함이 보고³¹⁾되었다. 이는 1994년 이등³²⁾이 보고한 D17S5유전자좌위 대립유전자 수인 15종보다는 적게 나타났는데 이들은 출현빈도가 아주 낮은 13, 14, 15이었다.

“21개 STR좌위의 형광검출 방법에 의한 유전자형 분석과 그의 친생자 확인을 위한 적용”에 대한 연구를 하여 1996년에 발표³³⁾하였다. 이 연구는 형광검출법에 의한 유전자형의 분석법에 의하여 사건현장에 유류된 생체시료에서 높은 정확도를 지닌 유전자형을 판정하는데 신속 간편하게 처리할 수 있는 방법을 검토하였다. 이 방법은 기존의 EtBr염색법이나 질산은 염색법보다 짧은 시간 이내에 처리할 수 있는 가능성을 보였으며, 2회의 전기영동으로 21개의 유전자형을 분석할 수 있었다. 따라서 이러한 형광분석법을 이용함으로써 유전자형 분석 방법의 정확성과 정밀도면에서 기하급수적으로 높은 결과를 얻을 수 있으며, 짧은 시간 내에 많은 정보를 얻을 수 있는 가능성을 확보하였다.

1996년에는 “단일모근 및 모간에서의 개인식별 분석을 위한 PEP-PCR과 기존의 PCR방법의 비교”³⁴⁾와 “X,Y-specific Alphoid repeat sequences의 PCR에 의한 성별 식별”³⁵⁾ 및 “단일표적 분자로부터 HumvWA유전자좌위의 분석에 관하여”³⁶⁾ 등의 연구가

30) 이양현, 이경용, 최동호, 백형순, 최상규: 한국인 집단에서 HumTH01, TPOX, CSFIPO, STR system에 관한연구, 국립과학수사연구소연보, 28, 281~285, 1996.

31) 한면수: AmpFLP에 의한 VNTR D17S5(YNZ) 좌위의 유전자형 분석, 국립과학수사연구소 연보, 28, 293~298, 1996.

32) 이정빈, 유전자 감정의 범죄수사 응용에 관한연구, 한국형사정책연구원, 1996.

33) 선문숙: 21개 STR좌위의 형광검출 방법에 의한 유전자형분석과 그의 친생자 확인을 위한 적용, 국립과학수사연구소 연보, 28, 299~309, 1996.

34) 윤송보, 김종진, 최동호: 단일모근 및 모간에서의 개인식별 분석을 위한 PEP-PCR과 기존의 PCR방법의 비교, 국립과학수사연구소연보, 29, 155~158, 1997.

1997년에 발표되었다.

“단일모근 및 모간에서의 개인식별 분석을 위한 PEP-PCR법”이나 “단일표적 분자로부터 HumvWA 유전자 좌위 분석법”은 사건현장에서 나타날 수 있는 극미량의 생체시료인 1개의 모발 또는 미량의 비산혈흔이나 혈흔을 세척한 경우에는 표적분자의 양이 적기 때문에 일반적인 PCR방법으로는 유전자형 검출이 불가능하다. 그리고 강간사건과 관련된 증거물은 주로 여성 질상피세포와 혼합된 정자의 수는 상대적으로 아주 적은 경우나 집단 성폭행의 경우 여러사람의 정자가 혼합되어 있을 경우 피의자의 유전자형을 판별할 수가 없다. 그러나 증거물에서 정자를 미세조작기로 채취수거하는 방법 및 극미량의 DNA로부터 유전자형을 검출할 수 있는 방법이 개발되면 그의 판별이 가능할 것이다.

정자의 개별 채취수거 방법은 적합한 미세 조작기나 채취방법의 개발이 요구되며, 극미량의 유전자형 분석법에 대하여는 현재 PCR방법으로는 HumvWA형의 검출에 필요한 DNA량의 한계는 0.5~1.25ng정도이나 단일 모근이나 1개의 정자에서 판정하기 위하여는 수 pg까지 측정할 수 있는 방법이 요망된다. 따라서 PEP(Primer Extension Pre-amplification)법이나 nest primer방법을 활용한 2단계 PCR법에 의하여 1개의 모발이나 1개의 표적분자에서도 유전자형을 검출할 수 있는 방법이 검토되었다. 이는 앞으로 더욱 보완하여 실용화 될 것으로 사료된다. “X Y-specific Alphoid repeat sequences의 PCR에 의한 성별식별”에 관한 연구는 현장 증거물인 생체시료에서 기본적으로 확인하여야 하는 기본적인 방법으로 시료에 대하여 성별을 판별하기 위한 방법의 확립이다. 이와 같은 성별식별 유전자형으로는 ASF gene 또는 Amelogenin이 있는데 ASF gene을 이용한 성별 식별 방법이 확립되었다.

이상과 같이 연구소는 생체시료에 관한 개인식별을 위하여 1980년도 중반까지는 ABO식이나 PGM형등의 효소형의 검출법이 관한 연구를 하였으나, 1980년대 중반부터는 개체의 증명에 의한 개인식별을 하기 위하여 각종 유전자형 분석법의 개발에 관한 연구를 하였으며, 이들 유전자형 분석법의 정확하고, 극미량의 생체시료에 대하여도 더

35) 전문숙, 한면수, 최상규: X-Y-Specific alphoid repeat sequences의 PCR에 의한 성별 식별, 국립과학수사연구소, 29, 165~169, 1997.

36) 이양한, 김필원, 백형순, 이경룡, 이영애, 최상규: 단일 표적분자로부터 Hum vWA 유전자 좌위의 분석에 관하여, 국립과학수사연구소연보, 29, 170~174, 1997.

속 신속하게 감정할 수 있는 시험법을 확립하기 위하여 연구하였으며, 그 결과는 매년 과학수사연구소 연보를 비롯한 국내외 학술지등에 발표하고 있다.

다. 유전자형에 의한 개인식별의 정확도 설정

인간개체의 동일함을 확정하는 방법은 Jeffreys등이 주장한 유전자 지문법인 다좌위 제한효소 절단법에서만 가능하다. 그러나 이 방법은 너무 복잡하여 많은 시간이 소요될 뿐 아니라 충분한량의 시료와 변질되지 않은 시료를 필요로 하므로 현장 증거물등에 대한 개인식별법으로는 부적합한 경우가 대부분이다. 따라서 보다 간편한 단좌위 제한효소 절단법이나 미량의 DNA를 측정할 수 있는 AmpFLP법에 의한 VNTR형 분석과 HLA-DQ α 형의 분석에 의하여 검사하고 있다. 단좌위법이나 AmpFLP법에 의한 유전자형은 2 band의 대립유전자만이 나타나고 그들의 수가 많지 않으므로 동일한 유전자형이 흔히 나타날 수 있다. 특히 긴 분자의 고변이 유전자 좌위에서 나타나는 유전자형의 발현빈도보다 STR의 유전자형의 발현 빈도가 크므로 현장 증거물에 주로 활용되고 있는 STR영역의 일부 유전자형만으로는 개체의 동일함을 확증하는 데는 문제가 있다 하겠다. 따라서 각 유전자형에 따른 일정지역 주민의 발현빈도를 측정하여 그 지역 주민의 동일한 유전자형이 나타날 수 있는 가능성을 조사해서 개인식별 판정에 참고하여야 한다.

국립과학수사연구소에서는 한국인의 각 유전자형에 따른 발현빈도를 측정하여 동일한 감정에 활용하고 있다. 이들 유전자형의 발현 빈도를 보면 다음과 같다.

1) HLA-DQ α 형의 발현빈도

사람의 6번 염색체에 존재하여 조직적합성 항원형 유전자 좌위로서 염기서열에서 개인차를 나타내며 8종의 대립유전자로 분류되어 있으나 6가지의 대립유전자가 시험에서 활용되며 21유전자형이 나타난다. 식별력 값인 Pd값 (Discrimination Power : $1 - \sum P_i^2$, P_i : genotype frequency)은 0.93으로 높아서 개인식별에 이용된다.

DNA량이 1~2ng만으로도 판정이 가능하며 실제 증거물에서도 약 90%정도 검출되고 있는 우수한 개인식별 방법이나 시료재료가 값이 고가이며, 경우에 따라서는 약간의 변형된 DNA와도 반응하여 false positive반응이 나타날 수 있으므로 주의를 요하기도 한다.

한국인 206명의 혈액에 대하여 분석한 HLA-DQ α 좌위의 대립유전자의 빈도 분포는

표7과 같다. 대립유전자 DQ A3의 빈도는 33.7%로 가장 높았으며, DQ A4는 17.2%, DQ A1.2는 16.7%로 나타났고, 대립유전자 빈도는 5.3%에서 33.7%의 범위였으며, Allilic diversity값은 79.1%이었다. HLA-DQ α 좌위의 유전자형의 빈도는 3040형이 11.6%로 가장 높았으며, heterozygosity는 83.5%이었다.

Table 7. HLA α -DQ Alleles and Genotypes

Alleles	No.	Frequency	Genotypes	No.	Obs Freq	Exp Freq
11	56	0.136	1111	5	0.024	0.018
12	69	0.167	1112	13	0.063	0.046
13	55	0.133	1113	6	0.029	0.036
20	22	0.053	1120	2	0.010	0.014
30	139	0.337	1130	15	0.073	0.092
40	71	0.172	1140	10	0.049	0.046
N	412		1212	4	0.019	0.028
h		0.79	1213	10	0.049	0.044
			1220	2	0.01	0.018
			1230	27	0.131	0.112
			1240	9	0.044	0.058
			1313	1	0.005	0.018
			1320	2	0.010	0.014
			1330	22	0.107	0.090
			1340	14	0.068	0.046
			2020	2	0.01	0.003
			2030	5	0.024	0.036
			2040	7	0.034	0.018
			3030	20	0.097	0.114
			3040	28	0.136	0.116
			4040	2	0.01	0.03
			N	206	1.002	
			Heterozygosity		0.835	

2) VNTR D1S80좌위의 발현빈도

D1S80부위는 1번 염색체에 존재하면서 16염기쌍의 반복횟수를 지니고 있으며, 29개 이상의 대립유전자가 발견되어 유전자형이 500여형에 이른다. 식별력 값인 Pd값이 0.95~0.98로 아주 높아서, 개인식별에 많이 이용되는 부위이다. DNA량이 0.1ng에서도 측정이 가능하나 비교적 환경에서 변화되기 쉬워서 실제 증거물에서는 약 70%정도의 검

출이 가능하다. 발현 빈도를 측정하기 위하여 한국인 729명의 혈액을 AmpFLP에 의하여 실험한 결과는 표 8과 같으며, 각 대립유전자들은 반복횟수 14와 41사이에 분포되어 27개의 대립유전자가 나타나며, 157형의 유전자형이 관찰되었다. 반복횟수 24의 대립유전자가 가장 높은 빈도인 20.0%이었으며, 다음이 18, 30, 28의 순서로 각각 18.4%, 12.6% 및 9.3%이었다.

DIS80부위의 유전자형은 1824형이 6.6%로 가장 높게 나타났으며, 동형접합성인 개체는 15개체로 19.1%이며, 이형 접합성 heterozygosity가 80.9%이다.

Table 8. D S80 Alleles and Genotypes

Alleles	No.	Frequency	Genotypes	No.	Obs Freq	Exp Freq
14	5	0.003429	1418	2	0.002743	0.001261
15	4	0.002743	1424	1	0.001372	0.001373
16	42	0.028807	1429	1	0.001372	0.000367
17	14	0.009602	1431	1	0.001372	0.00048
18	268	0.183813	1515	1	0.001372	0.000008
19	37	0.025377	1518	2	0.002743	0.001008
20	17	0.011660	1616	4	0.005487	0.000830
21	27	0.018519	1618	3	0.004115	0.010590
22	19	0.013032	1619	2	0.002743	0.001462
23	28	0.019204	1620	2	0.002743	0.001106
24	292	0.200274	1623	2	0.002743	0.001106
25	28	0.19204	1624	8	0.010974	0.011539
26	14	0.009602	1625	1	0.001372	0.001106
27	95	0.065158	1627	1	0.001372	0.003754
28	136	0.093278	1628	1	0.001372	0.005374
29	78	0.053498	1630	7	0.009602	0.007271
30	184	0.126200	1631	2	0.002743	0.004031
31	102	0.069959	1634	1	0.001372	0.000356
32	14	0.009602	1636	3	0.004115	0.000632
33	6	0.004115	1639	1	0.001372	0.000119
34	9	0.006173	1717	2	0.002743	0.000092
35	7	0.004801	1718	3	0.004115	0.003530
36	16	0.010974	1722	1	0.001372	0.000250
37	6	0.004115	1726	1	0.001372	0.000184
38	-	-	1728	1	0.001372	0.001791
39	3	0.002058	1729	1	0.001372	0.001027
40	3	0.002058	1730	2	0.002743	0.002424

4I	4	0.002743	1736	1	0.001372	0.000211
N	1458		1818	40	0.054870	0.033787
h		0.918905	1819	4	0.005487	0.009329
			1820	2	0.002743	0.004287
			1821	4	0.005487	0.006808
			1822	2	0.002743	0.004791
			1823	3	0.004115	0.007060
			1824	48	0.065844	0.073626
			1825	6	0.008230	0.007060
			1826	1	0.001372	0.003530
			1827	11	0.015089	0.023954
			1828	17	0.023320	0.015636
			1829	12	0.016461	0.019667
			1830	39	0.053498	0.046394
			1831	20	0.027435	0.025719
			1832	3	0.004115	0.003530
			1833	1	0.001372	0.001513
			1835	1	0.001372	0.001765
			1836	1	0.001372	0.004034
			1840	1	0.001372	0.000757
			1919	2	0.002743	0.000644
			1923	1	0.001372	0.000975
			1924	5	0.006859	0.010165
			1925	2	0.002743	0.000975
			1926	1	0.001372	0.000487
			1927	6	0.008230	0.003307
			1928	2	0.002743	0.004734
			1929	1	0.001372	0.002715
			1930	5	0.006859	0.000808
			1931	4	0.005487	0.003551
			2020	1	0.001372	0.000136
			2021	1	0.001372	0.000432
			2024	5	0.006859	0.004670
			2025	1	0.001372	0.000448
			2027	1	0.001372	0.001519
			2029	1	0.001372	0.001248
			2030	1	0.001372	0.002943
			2036	1	0.001372	0.000256
			2121	2	0.002743	0.000343

2122	1	0.001372	0.000483
2124	7	0.009602	0.007418
2125	2	0.002743	0.007111
2127	2	0.002743	0.002413
2128	2	0.002743	0.003455
2130	2	0.002743	0.004674
2131	1	0.001372	0.002591
2132	1	0.001372	0.000356
2222	3	0.004115	0.000170
2224	4	0.005487	0.005220
2226	1	0.001372	0.000250
2227	1	0.001372	0.001699
2228	2	0.002743	0.002431
2230	1	0.001372	0.003289
2323	1	0.001372	0.000369
2324	2	0.002743	0.007692
2326	1	0.001372	0.000369
2327	6	0.008230	0.002503
2328	2	0.002743	0.003583
2330	6	0.008230	0.004847
2331	1	0.001372	0.002687
2335	1	0.001372	0.000184
2341	1	0.001372	0.000105
2424	37	0.050754	0.040110
2425	2	0.002743	0.007692
2426	1	0.001372	0.003846
2427	17	0.023320	0.026099
2428	29	0.039781	0.037362
2429	34	0.046639	0.021429
2430	29	0.039781	0.050549
2431	18	0.024691	0.028022
2432	2	0.002743	0.003846
2434	1	0.001372	0.002473
2435	1	0.001372	0.001923
2436	1	0.001372	0.004396
2437	1	0.001372	0.001648
2439	1	0.001372	0.000824
2441	1	0.001372	0.001099
2525	1	0.001372	0.000369

2526	1	0.001372	0.000367
2528	1	0.001372	0.003583
2530	2	0.001372	0.004847
2531	4	0.005487	0.002687
2532	1	0.001372	0.000184
2535	2	0.002743	0.000026
2537	1	0.001372	0.000158
2629	2	0.002743	0.001027
2630	1	0.001372	0.002424
2631	2	0.002743	0.001343
2633	1	0.001372	0.000079
2634	1	0.001372	0.000119
2735	1	0.001372	0.000536
2737	1	0.001372	0.000536
2828	142	0.016461	0.008701
2829	7	0.009602	0.009980
2830	18	0.024691	0.023543
2831	14	0.019204	0.013051
2833	1	0.001372	0.000011
2834	2	0.002743	0.000768
2836	1	0.001372	0.002047
2837	1	0.001372	0.000768
2839	1	0.001372	0.000384
2841	1	0.001372	0.000512
2929	2	0.002743	0.002862
2930	5	0.006859	0.013503
2931	6	0.008230	0.007485
2932	3	0.004115	0.001027
2933	1	0.001372	0.000440
2937	1	0.001372	0.000011
3030	18	0.024691	0.015926
3031	8	0.010974	0.017658
3032	1	0.001372	0.002424
3033	2	0.002743	0.001039
3036	2	0.002743	0.002770
3040	1	0.001372	0.000519
3041	1	0.001372	0.000692
31.31	3	0.004115	0.004894
31.32	2	0.002743	0.000408

3134	1	0.001372	0.000263
3135	1	0.001372	0.000204
3136	3	0.004115	0.000467
3137	1	0.001372	0.000011
3140	1	0.001372	0.000089
3236	1	0.001372	0.000211
3636	1	0.001372	0.000120
N	729	0.999	
Heterozygosity		0.886	

3) VNTR D17S5좌위의 발현빈도

인체의 17번 염색체에 위치한 D17S5형은 70bp염기쌍의 반복배열로 비교적 큰 분자량을 가지고 있으며, 15개의 대립유전자가 알려져 있다. 현장 증거물에서는 약 60%정도 검출될 수 있으나 신선한 생체시료에서는 D1S80과 더불어 흔히 사용된다.

한국인 201명에 대한 D17S5좌위의 발현빈도는 표 9와 같으며 12개의 대립유전자와 49개의 유전자형이 검출되었다. 이형접합성은 60%이었고, allelic diversity값은 0.857이고 개인 식별력은 0.9326이었다.

Table 9. D17S5 Alleles and Genotypes

Alleles	No.	Frequency	Genotypes	No.	Obs Freq	Exp Freq
1	88	0.22	0101	24	0.120	0.0484
2	20	0.05	0102	3	0.015	0.022
3	38	0.095	0103	8	0.04	0.418
4	91	0.2275	0104	6	0.03	0.1001
5	43	0.1075	0105	8	0.04	0.473
6	51	0.125	0106	6	0.03	0.0561
7	23	0.0575	0107	3	0.015	0.0253
8	17	0.425	0109	1	0.005	0.0077
9	7	0.0175	0110	4	0.02	0.0165
10	15	0.0375	0112	1	0.005	0.0055
11	2	0.005	0202	4	0.020	0.0025
12	5	0.0125	0204	2	0.01	0.02275
N	200		0206	4	0.02	0.01275
h		0.8337	0207	3	0.015	0.00575
			0303	8	0.04	0.009
			0.304	3	0.015	0.04323
			0305	3	0.015	0.01093

0306	2	0.01	0.02423
0307	3	0.015	0.01093
0308	1	0.005	0.00808
0310	1	0.005	0.00713
0404	26	0.13	0.05176
0405	10	0.05	0.04891
0406	8	0.04	0.05801
0407	3	0.015	0.02616
0408	2	0.01	0.01934
0410	4	0.02	0.01706
0412	1	0.005	0.00569
0505	4	0.02	0.01156
0506	8	0.04	0.02741
0507	4	0.02	0.01236
0508	1	0.005	0.00914
0509	1	0.005	0.00376
0606	7	0.035	0.01626
0607	2	0.01	0.01466
0608	5	0.025	0.01084
0610	1	0.005	0.00956
0611	1	0.005	0.00128
0707	2	0.01	0.00331
0708	1	0.005	0.00489
0808	2	0.01	0.00181
0809	2	0.01	0.00149
0810	1	0.005	0.00319
0909	1	0.005	0.00031
0910	1	0.005	0.00031
1010	1	0.005	0.00141
1012	1	0.005	0.00094
1212	1	0.005	0.00016
N	200	1.005	
Heterozygosity		0.933	

4) STR영역의 유전자형의 발현빈도

STR typing은 DNA가 1ng정도의 미량에서도 검출이 가능하며, 분해된 증거물에서도 약 90%정도의 검출율을 나타내므로 현장 증거물의 실험에 많이 이용된다. 이들 유전자형은 대립유전자 수가 5~9종으로 많지 않으며, allelic diversity값이 낮고, 일부 유전자형의 발현빈도가 비교적 높지만 여러 가지 형을 분석할 경우 모든 형에서 동일형이 나타날 빈도는 낮아지게 된다.

한국인 약 200명에 대한 STR영역의 유전자형인 HumTH01형, HumTPOX형, HumCSF1PO형, HumvWA형, HumFPS형 및 HumCD4형등의 6형에 대한 발현 빈도를 실험하였으며, 그 결과는 표10 ~ 표15와 같다. 각형에서 발현빈도가 높은 경우라 하더라도 5가지형을 분석한다면 이론적으로 개체의 동일함에 접근시킬 수 있다. 즉 HumTH01형(0909), HumTPOX형(0811), HumCSF1PO형(1012), Hum vWA형(1718)과 HumFESFOS형(1113)이 검출되었을 경우 이들이 동일 개체일 가능성은 $0.2573 \times 0.3533 \times 0.2055 \times 0.1117 \times 0.2217 = 0.0004648$ 로 10,000명중에 4.7명이 동일할 가능성이 있다. 그러나 빈도가 낮은 경우에는 3가지 유전자형만으로도 높은 가능성을 추정할 수 있다. 즉 HumTH01형의 0708형, HumTPOX형의 0911형, HumCSF1PO형의 0913형이 검출되었다면 $0.0049 \times 0.0109 \times 0.0054 = 2.9 \times 10^{-7}$ 으로 1천만명중 3명이 동일할 가능성이 있게 된다.

현재 각 증거물에 대하여 STR영역의 유전자형을 분석하여 그의 동일 개체일 가능성이 낮은 경우에는 다른 유전자형을 계속하여 추가 시험함으로써 50만에서 5천만명중의 1인보다 더욱 높은 확률까지도 동일인일 가능성을 감정할 수 있다.

Table 10. HumTH01 Alleles and Genotypes

Alleles	No.	Frequency	Genotypes	No.	Obs Freq	Exp Freq
6	62	0.1505	0606	8	0.0388	0.0227
7	98	0.2379	0607	14	0.0680	0.0716
8	17	0.0413	0608	2	0.0097	0.0124
9	210	0.5097	0609	28	0.1359	0.1534
9.3/10	24	0.0583	0610	2	0.0097	0.0175
11	1	0.0024	0707	16	0.0777	0.0566
N	412		0708	1	0.0049	0.0197
h		0.658	0709	47	0.2282	0.2425
			0710	4	0.0194	0.0277
			0808	2	0.0097	0.0017
			0809	10	0.0485	0.0421
			0909	53	0.2573	0.2598
			0910	18	0.0874	0.0594
			0911	1	0.0049	0.0024
			N	206	1.0001	
			Heterozygosity		0656	
			PD			

Table 11. HumTPOX Alleles and Genotypes

Alleles	No.	Frequency	Genotypes	No.	Obs Freq	Exp Freq
8	179	0.4864	0808	40	0.2174	0.236
9	51	0.1386	0809	24	0.1304	0.135
10	9	0.0245	0810	3	0.0163	0.024
11	118	0.3207	0811	65	0.3533	0.312
12	11	0.0299	0812	7	0.0380	0.029
N	368		0909	5	0.0272	0.019
h		0.6399	0910	2	0.0109	0.007
			0911	15	0.0815	0.089
			1011	4	0.0217	0.016
			1111	15	0.015	0.103
			1112	4	0.0217	0.019
			N	184	0.9999	
			Heterozygosity		0.674	

Table 12. HumDSF1PO Alleles and Genotypes

Alleles	No.	Frequency	Genotypes	No.	Obs Freq	Exp Freq
6	1	0.0027	0611	1	0.0054	0.010
7	-		0909	1	0.0054	0.020
8	-		0910	4	0.0217	0.025
9	17	0.0462	0911	4	0.0217	0.021
10	100	0.2717	0912	6	0.0326	0.035
11	85	0.2309	0913	1	0.0054	0.005
12	141	0.3832	1010	17	0.0924	0.074
13	21	0.0571	1011	21	0.1141	0.125
14	3	0.0081	1012	38	0.2065	0.209
N	368		1013	2	0.0109	0.031
h		0.723	1014	1	0.0054	0.004
			1111	7	0.0380	0.053
			1112	38	0.2065	0.178
			1113	7	0.0380	0.053
			1212	24	0.1304	0.147
			1213	10	0.0543	0.044
			1214	1	0.0054	0.006
			1314	1	0.0054	0.006
			N	184	0.9999	
			Heterozygosity		0.734	

Table 13. HumvWA Alleles and Genotypes

Alleles	No.	Frequency	Genotypes	No.	Obs Freq	Exp Freq
14	85	0.2063	1414	11	0.0534	0.0426
15	14	0.0339	1415	2	0.0097	0.0140
16	84	0.2039	1416	19	0.0922	0.0841
17	103	0.2500	1417	18	0.0874	0.1032
18	80	0.1920	1418	18	0.0874	0.0801
19	38	0.0922	1419	5	0.0243	0.0380
20	8	0.0194	1420	1	0.0049	0.0080
N	412		1516	3	0.0146	0.0140
h		0.808	1517	7	0.0340	0.0170
			1518	1	0.0049	0.0132
			1520	1	0.0049	0.0013
			1616	9	0.0437	0.0416
			1617	18	0.0874	0.1020
			1618	16	0.0777	0.0792
			1619	9	0.0437	0.0376
			1620	1	0.0049	0.0079
			1717	9	0.0437	0.0625
			1718	23	0.1117	0.0971
			1719	16	0.0777	0.0461
			1720	3	0.146	0.0097
			1818	8	0.0388	0.0377
			1819	4	0.0194	0.0358
			1820	2	0.0097	0.0075
			1919	2	0.0097	0.0006
			N	206	1.0004	
			Heterozygosity		0.795	

Table 14. HumFeSFPS Alleles and Genotypes

Alleles	No.	Frequency	Genotypes	No.	Obs Freq	Exp Freq
9	1	0.0026	0912	1	0.0052	0.001461
10	16	0.0412	1011	9	0.0464	0.035498
11	167	0.4304	1012	3	0.0155	0.023169
12	109	0.2809	1013	3	0.0155	0.018493
13	87	0.2242	1014	1	0.0052	0.001700
14	8	0.0206	1111	36	0.1856	0.185255
N	388		1112	38	0.1959	0.241830
h		0.685	1113	43	0.2217	0.193020

	1114	5	0.0258	0.017749
	1212	22	0.1134	0.078920
	1213	21	0.1082	0.125983
	1214	2	0.0103	0.011585
	1313	10	0.0515	0.050278
	N	194	1.0002	
	Heterozygosity		0.649	

Table 15. HumCD4 Alleles and Genotypes

Alleles	No.	Frequency	Genotypes	No.	Obs Freq	Exp Freq
6	-	-	0707	101	0.493	0.4865
7	283	0.6869	0708	5	0.0243	0.0266
8	8	0.0194	0711	1	0.0049	0.0067
9	-	-	0712	72	0.3495	0.3788
10	-	-	0713	3	0.0146	0.0166
11	2	0.0049	0812	3	0.0146	0.0107
12	114	0.2767	1112	1	0.0049	0.0027
13	5	0.0121	1212	18	0.0874	0.0766
N	412		1213	2	0.0097	0.0067
h		0.45	N	206	1.0002	
			Heterozygosity		0.422	

5. 유전자 감정의 신뢰성 보증방안

유전자 분석과정이 다양화, 범용화되면서 여러 개의 검사연구실이 생길 수 있으므로, 신뢰할 수 있는 결과를 얻기 위하여서는 엄정한 실험방법의 표준화가 요구되고 있다. 이를 위하여는 quality assurance program(신뢰성 보증 프로그램)을 수립하고 이에 대한 guideline(기준)을 설정하여 이 기준에 따라 유전자 분석을 수행하여야 소기의 결과를 얻을 수 있다. 신뢰성보증 프로그램에 따라 실험을 시행하는 모든 실험실은 일정수준의 검사과정을 유지시킬 수 있으므로 믿을 수 있는 검사 결과를 얻게 된다.

유전자 분석에 관한 신뢰성 보증업무의 목적은 실험을 시행하는 모든 사람이 원리, 시험방법 및 시험기술을 완벽하게 파악하여 정확한 결과와 결론을 얻을 수 있게 한다는 것이다. 즉 유전자 분석법에 따라 시료를 믿을 수 있게 판정하기 위하여는 전 실험 과정에 대해 질적 향상을 꾀할 수 있는 유전자 분석 신뢰성 보증 프로그램이 실시되어

야 한다.

신뢰성 보증 프로그램에 해당되는 사항은 모든 기록의 문서화, 실험실 인원의 자격, 시료 채취에서 결과까지의 처리과정, 분석방법, 표준품, 대조물질, 정확성 및 정밀성능이다. 이들 각각의 해당사항에 대하여 설정된 기준과 시행에 따라 실험실의 분석능력, 운영능력 및 수준등을 판정하게 된다.

신뢰성 보증을 위해 필요한 것은 실험을 하는 사람의 충분한 교육과 경험이 있어야 하며, 사용하는 기기에 대한 원리, 용도, 한계점등을 파악하여 시료에 가장 적합한 시험방법을 선택할 뿐만 아니라, 이를 활용하여 내부의 정도관리를 하고, 외부에서 인정받을 수 있는 Quality Assessment(신뢰성평가)를 수행하여야 하겠다. 즉 기지의 표준물질을 첨가하여 시험하는 Open proficiency test(기기물질 숙련도 시험) 및 표준물질을 첨가한 미지의 시료에 대하여 시험하는 Blind proficiency test(미지물질 숙련도 시험)와 더불어 외부기관에서 시행하는 External proficiency test(외부숙련도 시험)에 참여하여 실험실의 숙련도를 높여야 하는 것이다. 이와 같이 신뢰성 보증 프로그램을 시행함으로써 실험실의 신빙성과 숙련도를 인정받아 신뢰성 있는 유전자 분석 결과를 얻을 수 있게 될 것이다.

우리나라에서 유전자은행 설립을 위하여 또한 검사기관의 신뢰받을 수 있는 결과를 얻기 위하여 Guidelines for a quality assurance program for DNA analysis³⁷⁾와 Laboratory accreditation board manual³⁸⁾을 참고로 해서 유전자 분석 신뢰성 보증 프로그램의 부록과 같이 수립한다.

III. 유전자은행의 설립에 관한 고찰

앞에서는 유전자 분석의 방법과 그 식별능, 안정성, 신뢰성에 관하여 고찰하였다. 유전자 감성이 궁극적으로 법원에서 증거능력과 증명력을 확보하기 위하여는 이러한 선결적인 분석들이 해결되어야 한다는 것은 두말할 나위가 없다. 일단 이러한 선결분제가

37) Technical working group on DNA analysis methods, Guidelines for a quality assurance program for DNA analysis, Crime Laboratory Digest, 22(2), April, 187~210, 1995.

38) American Society of Crime Laboratory Directors, Laboratory accreditation board manual, 1994

야 한다.

신뢰성 보증 프로그램에 해당되는 사항은 모든 기록의 문서화, 실험실 인원의 자격, 시료 채취에서 결과까지의 처리과정, 분석방법, 표준품, 대조물질, 정확성 및 정밀성능이다. 이들 각각의 해당사항에 대하여 설정된 기준과 시행에 따라 실험실의 분석능력, 운영능력 및 수준등을 판정하게 된다.

신뢰성 보증을 위해 필요한 것은 실험을 하는 사람의 충분한 교육과 경험이 있어야 하며, 사용하는 기기에 대한 원리, 용도, 한계점등을 파악하여 시료에 가장 적합한 시험방법을 선택할 뿐만 아니라, 이를 활용하여 내부의 정도관리를 하고, 외부에서 인정받을 수 있는 Quality Assessment(신뢰성평가)를 수행하여야 하겠다. 즉 기지의 표준물질을 첨가하여 시험하는 Open proficiency test(기기물질 숙련도 시험) 및 표준물질을 첨가한 미지의 시료에 대하여 시험하는 Blind proficiency test(미지물질 숙련도 시험)와 더불어 외부기관에서 시행하는 External proficiency test(외부숙련도 시험)에 참여하여 실험실의 숙련도를 높여야 하는 것이다. 이와 같이 신뢰성 보증 프로그램을 시행함으로써 실험실의 신빙성과 숙련도를 인정받아 신뢰성 있는 유전자 분석 결과를 얻을 수 있게 될 것이다.

우리나라에서 유전자은행 설립을 위하여 또한 검사기관의 신뢰받을 수 있는 결과를 얻기 위하여 Guidelines for a quality assurance program for DNA analysis³⁷⁾와 Laboratory accreditation board manual³⁸⁾을 참고로 해서 유전자 분석 신뢰성 보증 프로그램의 부록과 같이 수립한다.

III. 유전자은행의 설립에 관한 고찰

앞에서는 유전자 분석의 방법과 그 식별능, 안정성, 신뢰성에 관하여 고찰하였다. 유전자 감성이 궁극적으로 법원에서 증거능력과 증명력을 확보하기 위하여는 이러한 선결적인 문제들이 해결되어야 한다는 것은 두말할 나위가 없다. 일단 이러한 선결문제가

37) Technical working group on DNA analysis methods, Guidelines for a quality assurance program for DNA analysis, Crime Laboratory Digest, 22(2), April, 187~210, 1995.

38) American Society of Crime Laboratory Directors, Laboratory accreditation board manual, 1994

해결되었다고 할 때, 유전자 감식의 수사상의 효율성을 제고하기 위하여는 유전자 데이터 베이스가 구축되어야 할 필요가 있고, 이러한 데이터 베이스 간의 검색체계가 확립되어야 한다. 유전자 데이터 베이스의 구축과 검색체계의 확립을 유전자 은행이라고 한다면, 유전자 은행의 설립은 유전자 감식을 활성화하는 데 가장 중요한 전제조건이라고 할 수 있다. 이미 세계 여러나라에서는 이러한 유전자 은행을 구축하여 운용하고 있다. 이에 관하여 간단히 살펴 본다.

1. 유전자 은행의 설립과 활용에

1985년에 영국 레스터 대학의 제프리스(Alec Jeffreys)가 유전자 분석에 기초한 개인 식별법(‘유전자 지문’)을 창안하여 보고하자³⁹⁾, 서구 각국에서는 유전자 형에 따른 개인 식별이 식별능이 높은 효율적인 방법이다는 데 주목하고, 이의 안정성과 신뢰성을 확보하려는 연구를 계속함과 아울러, 전과자의 유전자형을 중심으로 한 유전자 데이터 베이스를 구축하여 범죄수사에서의 개인 식별의 방법으로 활용하기 시작하였다. 당시의 유전자 분석방법은 충분한 안정성과 신뢰성을 갖지 못하였기 때문에 수사단계에서 활용되는데 그치고 법원에서 증거능력을 확보하는데는 미흡하였다. 대체로 90년대 초에는 유전자 지문의 신뢰성과 안정성에 관하여 논의가 집중되었다.⁴⁰⁾ 그러나 90년대 후반에 들어와서는 초기의 분석방법보다 발전된 여러 가지의 분석방법의 개발을 기반으로 하여, 범죄현장에 유통되어 있는 미량의 시료를 가지고도 유전자 형을 파악할 수 있게 되어, 유전자 은행의 설립이 다시 본격적으로 논의되게 되어 1990년대 중반 이후에 서구의 주요 나라에서는 유전자 데이터 베이스를 구축하기 시작하였다. 서구 각국에서 구축된 유전자 데이터 베이스 내지 데이터 뱅크(유전자 은행)의 내용을 간단히 살펴보면 다음과 같다.

가. 미 국

미국은 이미 1989년에 유전자검색시스템의 구축을 시작하였다. CODIS(Combined

39) Jeffreys, Brookfield, Semeonoff, "Positive Identification of an Immigration Test Case Using Human DNA Fingerprints, Nature, 1985, 317, 818-819.

40) 이에 관한 상세는 William C. Thompson/Simon Ford, Is DNA fingerprinting ready for the courts? New Scientist, 1990, 3, 31, 38면이하 참조.

DNA Index System)라고 알려진 '통합유전자검색시스템'이 그것이다. 1998년 현재 연방 차원의 시스템 구축이 완성되어 47개 주가 연방 DNA자료은행에 자료를 제공하고 있다(3개주는 자료제공을 거부하였다).⁴¹⁾

CODIS는 중앙집중화된 데이터 베이스를 설치하고 연방 차원 및 주의 차원에서 유전자 자료를 입력, 저장하고 여기에 저장된 정보를 검색, 이용할 수 있도록 하고 있다. 이러한 중앙집중식 통합적 정보기구로서는 미국의 국립범죄정보센터(National Crime Information Center)가 있는데, 유전자 은행은 이와 같은 중앙집중식 운용체계를 모델로 하여 설립되었다.

① 입력자료

CODIS에는 다음과 같은 자료들이 입력된다.

첫째 통계용 자료: 통계용 유전자 자료는 유전자 분석을 통한 범인식별의 확률을 제고하기 위하여 보존하는 자료이다. 미국은 다인종사회이므로 인종별로 유전자형의 특이성을 파악하여 뎀으로써 범인식별의 확률을 높이려는 목적으로 보존하는 자료이다. 흑인, 히스패닉(라틴 아메리카 계), 백인, 동양인, 아메리칸 인디언 등 5개 이상의 집단에서 무작위로 분석시료를 채취하여 유전자형을 분석하여 그 빈도유형을 파악한다. 이 시료는 미국 전역의 실험실에서 분석되어 그 결과를 FBI에서 관리하고 있다.⁴²⁾

둘째 신원이 파악되지 않은 유전자 자료: 용의자가 불상인 강간, 살인, 상해 등의 강력사건 현장에서 채취한 증거물, 즉 혈액, 정액, 모발, 타액 등에서 분석한 유전자형도 검색시스템에 입력한다. 이들 증거물의 유전자 분석자료를 통해서 연쇄적으로 발생하는 사건들간에 상호관련성을 추적할 수 있으며, 유력시되는 용의자와의 유전자형 비교를 할 수 있기 때문이다. 이 자료들은 주와 연방에서 각각 보존한다.

셋째 강력사건으로 유죄의 선고를 받은 자의 자료: 강력사건으로 유죄의 선고를 받은 자의 유전자 자료도 검색시스템에 보존된다. 미국의 경우 강간범의 경우, 출소 후 3년 이내에 50%이상이 재범을 저지르며 이들 중 70%가 유죄판결을 선고받는다고 한다.⁴³⁾ 유전자 은행에 저장되는 자료 가운데 가장 중요한 자료일 것으로 생각된다.

넷째 실종자 및 신원 불상자의 자료: 신원불상의 사체나 신체의 일부분 등의 유전자

41) FBI Scientific Analysis Section, in: <http://www.fbi.gov/lab/report/sciana.htm> 참조.

42) 최상규, 미국 유전자 은행제도의 검토, 수사연구, 1994, 6/57 참조.

43) 최상규, 앞의 글, 1994, 7/54.

자료도 입력의 대상이 된다. 추정되는 부모의 유전자 자료를 분석하여 신원불상의 시체나 신체의 일부분에서 검출된 유전자형과 대조하여 친자관계 등을 확인함으로써 신원을 밝힐 수 있다. 이 유전자 자료는 연방 수준에서 관리하되, 실종자에 관한 상세한 사항은 주 경찰 범죄실험실에서 자료화하도록 하고 있다.

② 유전자 은행의 보존을 위한 분석시료의 채취시기

이는 각 주마다 차이를 보이고 있다. 수사단계에서 이를 채취하는 주로서는 사우스다코타 주를 들 수 있고, 기소 단계에서 채취하는 주로서는 버지니아 주, 오레곤 주가 있으며, 유죄판결을 받은 후에 채취하는 주로서는 캘리포니아 주, 워싱턴 주, 알라바마 주가 있다. 특별한 시기를 정하지 않고 법원의 명령이 있는 때에 채취하는 주로서는 미네소타 주가 있다.

나. 미국 캘리포니아 주의 유전자 데이터 베이스 및 유전자 은행

미국의 캘리포니아 주는 유전자 은행과 관련하여 1997년에 'DNA 및 법의학적 감식 데이터베이스 및 데이터 뱅크 법'(DNA and Forensic Identification Data Base and Data Bank Act of 1997)을 제정하였다. 캘리포니아 주 형법개정의 형식으로 이루어진 이 법의 내용을 간단히 살펴 보면 다음과 같다.

먼저 유전자 형을 저장하기 위하여 시료채취의 대상이 되는 범죄로서는 구법에서는 중죄(felony)에 해당하는 성범죄, 살인, 중죄에 해당하는 폭행, 그리고 심신장애자로서 성범죄에 해당하는 행위를 한 자가 치료시설에서 석방(퇴원)하는 경우에 대하여 유전자 분석을 위한 혈액이나 타액 그리고 지문의 채취를 규정하였는데 비하여, 신법에서는 성범죄의 경우 중죄요건이 삭제되었고, 살인의 경우 살인미수가 추가되었고, 배우자학대(spousal abuse) 그리고 약취의 죄를 범한 자에게 그 형량 내지 처분의 내용과 관계 없이 혈액, 타액을 각각 2시료를 채취하도록 하고, 오른손 지문 및 양 손의 전 수형을 채취할 것을 규정하였다.

동법은 이의 시행을 확보하기 위하여 채취를 위한 시료의 제공을 거부하는 경우 이를 경죄(disemeanor)로 규정하여 처벌하고 있다.

미국의 경우 여러 실험소의 DNA 분석방법이 상이할 수 있기 때문에 법무부는 지역의 유전자 분석실험소에서 유전자 분석이 행하여 지기 전에 분석의 방법과 절차를 공시하여야 할 것을 규정하였다.

다. 영 국⁴⁴⁾

영국은 1996년에 세계 최초로 유전자 자료은행(DNA data bank)을 버밍엄 소재 법과학실험소(Forensic Science Service)에 설립하였다. 이 유전자 은행은 영국경찰과 법과학실험소의 주도로 설치되었다. 이 법과학연구소는 영국 내부성의 산하기구로서 법과학(forensic science) 연구소로서는 세계적인 수준을 갖춘 기구이다. 이 기구는 500만건의 유전자 자료를 등록할 수 있는 용량을 가지고 있으며, 연간 경찰에서 제공되는 DNA시료만도 135,000건에 달한다. 하루에 약 650건을 처리할 수 있으며 이에 소요되는 비용은 1996년 환율로 건당 40파운드의 비용이 소요된다고 한다. 인력으로는 약 500명의 직원을 보유하고 있고, 6개의 실험실을 갖추고 있다.

DNA형의 분석은 혈액, 정액, 모근, 기타의 조직의 시료를 대상으로 이루어 진다.

이 실험소에서는 short tandem repeat(STR) 방식을 유전자 분석에 활용하고 있다. 이 실험소에 유전자 은행이 설치됨으로써 기왕에 설치 운용하고 있었던 소규모의 임시적 자료은행과 연결망을 형성함으로써 전국적 규모의 은행으로서 기능하게 된다.

라. 캐나다

캐나다는 1988년부터 유전자 분석기법을 수사에 활용하기 시작하여 범인을 색출하고 진범 아닌 자를 용의선상에서 배제하는데 큰 도움을 받은 바 있다. 유전자 증거를 수집하고 유전자은행을 설치하는데 관련되는 복잡한 문제를 수년간 검토한 끝에 1995년 DNA 증거수집에 관한 법률(DNA Warrant legislation) 제정에 착수하였다. 캐나다 연방정부는 각계각층의 의견수렴을 거쳐 심의결과를 출간하였고, 1996년 영국에 뒤이어 유전자 데이터 은행을 설립하였다. 1995년에는 수사목적의 DNA정보의 수집을 인정하는 개정법이 발효하였고, 1996년에는 유전자 데이터 은행을 설립하는 법이 제정되어 유전자 은행이 설치되게 되었다.⁴⁵⁾

마. 독 일

44) 이에 관하여는 John Newnham, Weltweit erste DNA-Datenbank in Grossbritannien, Krimiraistik, 1996, 646-647면에서 참조하였음.

45) Solicitor General Canada, Establishing a National Data Bank, Summary of Consultations, 1996, 2면.

독일은 1998년 4월 17일 연방내무부 산하 외청인 연방범죄수사국(Bundeskriminalamt)에 유전자 데이터 베이스를 설치하였다.⁴⁶⁾ 선진적 기술개발을 법제에 수용하는데 신중한 태도를 보이고 있는 독일은 수차에 걸쳐 유전자 은행 설립에 대한 논의를 하였고⁴⁷⁾ 유전자 은행을 설립하기 전에도 1997년 독일 형사소송법을 개정하여 피의자/피고인의 유전자분석을 위한 명시적인 근거규정을 마련한 바 있다(독일 형사소송법 제81a, d, e, f(조). 그리고 유전자 은행을 설립하기 위한 법적 근거도 갖추었다. 독일의 유전자 은행 설립의 법적 근거는 독일연방범죄수사국법(BKAGesetz)의 규정이다(동법 제2조 4항, 제7조 1항, 제8조 1, 3, 6항).

바. 기 타

① 일 본

일본은 아직 유전자 은행을 구축하고 있지는 않으나, 유전자 분석을 비교적 활발하게 활용하고 있다.

② 구 홍콩

영국령이었던 홍콩도 영국과 동일한 체제를 갖추고 있다. 특징적인 점은 시료채취 대상자의 동의를 얻어서만 채혈을 하도록 함으로써, 자발적인 동의가 없는 한 강제채혈을 불가능하다는 점이다.⁴⁸⁾ 그리고 부죄판결시에도 당해 유전자 자료를 데이터 베이스에서 삭제하지 않는다는 점도 주목할 만한 점이다. 이는 채혈 자체가 동의에 의하여 이루어지기 때문인 것으로 보인다.

③ 네델란드는 1996년에, 그리고 오스트리아는 1997년에 인스브루크(Innsbruck) 대학 법의학연구소에 유전자 은행이 설치되었다.⁴⁹⁾

46) Edwin Kube/Hermann Schmitter, DNA-Analyse-Datei, Bemerkungen zu Grundlagen und Möglichkeiten, Kriminalistik, 1998/6, 415면.

47) 예컨대 Hartmut W. chtler, Auf dem Weg zur Gen-Bank? Diskussionsentwurf des Bundesministeriums der Justiz zum genetischen Fingerabdruck Im Strafverfahren, Strafverteidiger 1990/8, 369-372면 참조.

48) 1994년 홍콩영사관의 자료보고 향홍(외일) 63810-62, 1면.

49) 독일연방범죄수사국(BKA)에 대한 조회결과임(1998년 3월 31일자 KT 53 -ZA-). 네델란드와 오스트리아에 관한 자료는 입수하지 못하여 내용을 소개하지 못함을 아쉽게 생각한다.

2. 유전자 은행의 운용상의 고려사항

유전자 은행의 설치와 운용에 관하여 고찰하기 전에, 현재 우리나라의 유전자 감식에 관하여 간단히 고찰하고자 한다.

가. 우리나라의 유전자 감식

① 유전자 형 확보를 위한 혈액 등 채취의 법적 근거

犯罪鑑識이라 함은 수사의 목적으로 과학적 지식과 기술을 이용하여 범인을 발견하거나 범죄를 입증하는 수사기관의 활동을 말한다.⁵⁰⁾ 이에 비하여 鑑定이란 특수한 지식, 경험을 가진 제3자가 그 지식, 경험에 의하여 알 수 있는 법칙 또는 그 법칙을 적용하여 얻은 판단을 법원에 보고 하는 것을 말한다.⁵¹⁾ 이 때 법원 또는 법관으로부터 감정의 명을 받은 자를 鑑定人이라고 한다(형사소송법 제169조 이하 참조). 이러한 의미에서 수사기관(경찰이나 검찰)으로부터 감정을 위촉받은 鑑定受託者는 감정인은 아니다.

감식과 감정의 차이는 감식이 범인을 발견하고 범죄의 발생과 전개과정을 확인하는 수사기관의 수사목적에 위한 활동인데 비하여, 감정은 법원 또는 법관의 명에 의하여 특수한 지식, 경험을 가진 감정인이 일정한 법칙 또는 그 법칙을 적용하여 얻은 판단을 법원에 보고하는 것으로서 형식적 지위가 다르다. 감식의 대상도 다시 법원의 감정의 대상이 될 수 있으며, 수사기관에서도 감정수탁자에 대하여 같은 대상에 대한 감정을 위탁할 수 있다는 점에서, 양자는 대상이나 방법에 차이는 없고, 형식적 법칙 요건과 효과의 면에서 차이가 있다고 할 수 있다.

유전자 감식을 위한 시료(혈액)의 채취는, 피채취자의 동의가 없는 한, 신체의 침해를 내용으로 하는 강제처분의 성격을 가지므로 감정의 절차에 따라야 한다(수사상의 감정). 따라서 이 경우 시료를 얻기 위하여 강제채혈을 하는 경우 그 근거는 검사의 청구에 의하여 판사가 발부하는 압수수색영장과 감정처분허가장(형사소송법 제221조의 4)에 의하여야 한다.⁵²⁾ 채혈도 의사에 의하여야 할 것을 요한다.⁵³⁾

구속과 체포현장에서의 신체검사와 같이 영장을 요하지 않는 신체검사도 가능하다(형사소송법 제216조, 217조). 체포 또는 구속된 피의자에 대하여 지문 또는 족형을 채

50) 이연수(편지), 범죄수사규칙해설, 1994, 382면.

51) 이재상, 형사소송법, 431면.

취하고 신장과 체중 또는 흉위를 측정하는 것도 영장없이 할 수 있다. 일본 형사소송법은 이를 명분으로 규정하고 있으나(동 형사소송법 제218조 2항), 형사소송법은 이를 명분으로 규정하지는 않고 있으나 해석상 인정되고 있다. 그러나 채혈과 같이 신체의 침해를 내용으로 하는 처분은 감정의 절차에 의하여야 하므로, 이 경우에도 앞서 언급한 바와 같이 검사의 청구에 의하여 판사가 발부하는 감정처분허가장에 의하여야 한다.

② 유전자 은행의 법적 근거

유전자 감정은 이러한 면에서 감정의 성격을 가지고 있으므로 형사소송법상 감정의 예에 따라 행하여져야 한다. 그런데 일반적으로 감정은 당해 사건에 대한 수사나 입증의 목적으로 행하여지는 것인데 비하여, 유전자 분석의 결과 얻은 유전자 형을 유전자 은행에 저장하여 장래의 수사목적으로 사용하는 경우에는 이러한 강제수사의 근거 이외의 별도의 법적 근거가 필요하다고 하겠다. 유전자 감식이 일반화되는 경우 이것이 특별예방의 효과가 있는 것은 물론 일반예방효과도 있는 것으로 지적되고 있다.⁵²⁾ 따라서 유전자 은행에 유전자 정보를 저장하는 것 자체가 일종의 강제적 부담의 부과와 같은 성격을 갖게 된다. 즉 이것은 유전자 자료를 예방적 경찰적 목적으로 사용⁵³⁾하는 것이며, 따라서 이는 독자적인 법적 근거를 가져야 한다.

따라서 이의 근거가 되는 법을 제정하는 경우 어떤 방식을 취할 것인가가 문제된다. 유전자 은행을 위한 이러한 시료의 채취가 예방적 경찰적 목적으로 가지고 있는 것이라면 이러한 방식의 시민에 대한 침해는 비례의 원칙에 따라 통제되어야 할 것이다. 따라서 원칙적으로 시료채취 대상자의 동의에 의하여 채취하는 것이 바람직하다고 할 것이다. 대체로는 피의자의 단계에서 동의를 구하게 될 것이다. 이때 수사기관에서 구하는 동의를 사실상의 강제의 결과가 될 것이라는 우려가 있을 수 있다. 이는 독일의 경우에도 문제가 되어 헌법재판소의 판결이 나온 바도 있는 경우이다. 독일의 헌법재판소

52) 이에 관하여는 학설의 대립이 있다. 압수수색영장과 검증영장을 요한다는 견해(신동운), 압수수색영장과 감정영장을 요한다는 견해(이재상), 검증영장과 간정영장을 요한다는 견해(백형구)가 대립되나, 압수수색영장(혈액의 채취)과 감정영장(유전자 분석)에 의하여야 한다고 보는 것이 타당하다고 생각된다. 독일에서는 채혈을 위한 영장을 명분으로 규정하고 있다. 동 형사소송법 제81a조.

53) 이재상, 형사소송법, 290면.

54) Kube/Schmitter, DNA-Analyse-Datei, Kriminalistik, 98/6, 417면.

55) W chtler, Auf dem Weg zur Gen-Bank? Strafverteidiger, 1990/8, 371면.

는 이에 관하여 동기여하에 불구하고 동의에 의한 혈액의 채취는 합헌이라고 하였다. 생각건대 이 경우의 동의의 대상은 당해 사건의 입증을 위한 시료의 채취가 아니라 장래의 (가능한) 사건을 대상으로 하는 것이기 때문에, 당해 사건과 관련한 상제수사의 성격은 없고 대상자가 자의에 의하여 동의할 가능성이 크기 때문에 위법하지는 않은 것으로 볼 수 있다. 다만 유전자 은행에 저장하는 자료를 빙자하여 동의를 얻어 시료를 채취하여 당해 사건의 수사의 자료로서 사용하는 것은 위법이다. 따라서 이 경우 동의는 수사가 종결되는 단계, 즉 기소의 단계에서 동의를 얻어 채취하는 것이 타당하다고 하겠다.

동의하지 않고 채취를 거부하는 경우에는 무죄추정을 받는 피의자/피고인에 대하여 당해 사건도 아닌 장래의 사건을 위하여 강제수사의 방법으로 혈액 등의 시료를 채취하는 것은 위법하다 하겠다. 따라서 동의에 의하지 않은 경우의 혈액 등 시료의 채취는 유죄판결이 확정된 이후에 하는 것이 타당하다. 이러한 의미에서 교도소에서 석방되는 경우 채혈을 하게 하는 경우도 있다(앞에서 살핀 미국의 캘리포니아 주). 이것은 당해 범죄의 재범율을 고려해 볼 때 석방되는 경우 다시 범죄를 저지를 위험성이 있고 이에 대한 예방상의 필요가 있는 경우 필요한 최소한의 친해를 가하는 것은 정당화될 수 있기 때문이다(물론 이에 관한 명시적인 규정을 두는 것이 타당할 것이다).

③ 프라이버시 침해의 문제

유전자 은행 설립과 관련하여 가장 많은 논의의 대상이 되었던 것은 유전자 은행을 설치하여 유전자를 분석함으로써 개인의 신상관련 정보, 예컨대 건강, 질병 및 성격 관련 유전정보가 노출될 가능성이 있다는 우려이었다.⁵⁶⁾ 주지하는 바와 같이 미국의 주도로 시작되어 현재 상당한 진척을 보이고 있는 이른바 ‘인간 게놈 프로젝트’(Human Genom. Project)는 인간의 유전정보를 완전히 해독하여 인간유전자 지도를 만들어 인간의 유전적 구조를 해명하는 것을 목표로 추진되고 있다. 이러한 계획이 성취된다면 인간의 유전자 지도를 완벽하게 작성하여 문자 그대로 인간을 ‘유리처럼 투명하게’ 들여다 볼 수 있는 존재로 만들게 된다는 우려가 강하게 제기되었다. 물론 인간의 성격이나 건강이 이러한 유전정보에 의해서만 절대적 인과적으로 지배되는 것은 아니고 환경

56) Hartmut Wechsler, Aut dem Weg zur Gen-Bank? Diskussionsentwurf des BMDJ zum genetischen Fingerabdruck im Strafverfahren, StV 8/1990, 370면

이나 생활사 등 유전정보 이외의 요인들도 복합적으로 작용한다는 인식이 점차 제시되고 있기는 하다.⁵⁷⁾ 따라서 유전자 분석을 통하여 일정한 질병 내지 성격관련 유전자가 발견되었다고 하더라도 이 분석의 결과를 가지고 그 분석대상자의 인격이나 건강상태, 능력 등을 중국적으로 판단할 수 있는 것은 아니다.⁵⁸⁾ 그러나 피부색, 안구색, 머리카락의 형태 등과 같이 비교적 유전인자의 유전정보가 절대적으로 발현되는 영역도 있고, 유전정보상에 위험요소(예컨대 짧은 수명, 공격성, 알콜이나 마약중독의 성향 등)가 존재하는 것이 공개되는 경우에는 이러한 결과가 고용, 보험, 혼인 등 사회생활에 커다란 영향을 미치리라는 것은 쉽게 추정할 수 있다. 따라서 유전자 은행을 설치하는 경우 이러한 점에 유의하여야 할 것은 당연하다 하겠다.

실제로 유전자 은행을 설립한 나라들은 이에 관하여 대책을 강구하고 있다. 우선 유전자 분석을 함에 있어서 유전정보가 들어 있지 않은 부위에 대한 분석만을 허용하고 유전정보가 들어 있는 부위에 대한 분석은 금하고 있다.⁵⁹⁾ 우리나라의 경우 그 중요성이 크지는 않지만, 서구의 경우에는 유전정보가 들어 있지 않은 단순한 유전자형의 분석 이외에, 예컨대 피부색이라든가 안구의 색 등이 개인감식의 중요한 기준으로 활용될 수 있다. 따라서 유전자의 이 부분에 대한 유전정보를 파악하는 것이 감식/감정에 있어서 효율성을 제고할 수 있다. 그러나 이는 개인정보를 유전자분석을 통해서 파악하는 것이 되기 때문에 금지된다.

둘째 유전자 은행에 개인의 유전자 형을 저장하는 경우, 그 유전자 형을 가진 사람의 신원을 유전자형의 검색을 통해서 바로 알 수 있게 하지 않고, 일단 유전자 형에 대하여는 일정한 방법으로 만든 코드 번호를 부여하고, 유전자형 검색을 통해서만 찾는 유전자형과 동일한 유전자형의 코드 번호만을 확인할 수 있게 하고, 유전자형 검색과는 분리된 별개의 절차를 거쳐서 그 코드번호를 가진 자의 신원을 알 수 있게 하는 방법이 활용된다.

57) 조은희, "생명과 과학기술", 한국생명윤리학회(편), 98년 가을철 학술대회 초록집, 26-27면에 의하면 폭력성 유전자라고 알려져 있는 유전자를 가지고 있는 사람이 폭력성을 발현하는 것은 반드시 기계적으로 필연적으로 이루어 지는 것은 아니고 환경 또는 다른 총체적 인격의 영향을 받는다고 한다.

58) 조은희, 앞의 책, 같은 면.

59) 이러한 제안은 이미 Chancen und Risiken der Gentechnik, Dokument des Berichts an den Dt. Bundestag, 2. Auflage, 1990, XXXV번 및 175면 이하 참조.

셋째 연구목적으로 유전자 분석을 하는 경우에는 개인의 신원을 파악할 수 없게 신원자료와 분리한 시료만을 이용하게 함으로써, 개인 정보가 파악되는 일이 없게 한다. 따라서 이러한 방법을 사용한다면 유전자 분석을 통해서 개인의 신상관련 정보가 밝혀진다는 우려는 불식할 수 있다.

④ 유전자 분석시료 채취시점

유전자은행을 설치하는 경우 어느 단계에서 유전자 시료를 채취하여 유전자 은행에 저장하여 대조군으로 이용할 것인가가 중요한 문제가 된다. 왜냐하면 이는 개인의 유전정보를 상당기간 동안 유전자 은행에 저장함으로써 잠재적 범죄자로서 검색의 대상으로 삼는 것이기 때문이다. 그리고 이러한 유전자 시료의 채취는 한편으로는 범죄예방적 성격도 가지고 있기 때문에 이러한 범죄예방을 위한 범익침해를 어느 범위에서 할 수 있는가라는 형법상 중요한 문제가 제기되기 때문이다. 이하에서는 몇가지 가능한 시점을 검토해 보고자 한다.

1) 구속시 내지 기소시

구속은 당해범죄에 대한 강제수사이기 때문에 다른 사건을 위한 강제수사(예컨대 별선구속)는 그 적법성을 인정받지 못하고 있다. 강제수사를 하기 위하여는 당해범죄와의 관련성이 있어야 한다. 따라서 구속시 영장을 통하여 당해 범죄수사를 위한 강제처분을 할 수 있지만, 장래의 범죄를 수사하기 위한 강제처분은 인정되지 않는다. 그리고 형사 피의자는 유죄판결이 확정될 때까지는 부죄로 추정되기 때문에 당해 범죄와 관련하여 부죄로 추정되는 자를 장래의 범죄의 수사를 위하여 혈액등의 시료를 채취하는 것은 헌법위반의 우려가 있다. 또 구속되지 않고 재판을 받아 유죄판결을 받는 경우에는 시료를 채취할 수 없게 되는 문제도 있다.

외국에서 유전자 은행을 설립할 때 논의의 대상이 되었던 견해들을 보면, 대체로 수사실무자들은 기소시에(at the time of charge) 채취해야 한다는 의견을 주장하고 있다. 이에 비하여 인권운동 단체들은 기소시 설도 이러한 수사방법이 갖는 침해성 때문에 유죄판결이 확정되는 때에 채취하여야 한다고 주장한다.⁶⁰⁾

기소시점에서 시료를 채취한다는 견해에 대하여는 다음과 이의가 제기된다. 첫째 무죄의 추정을 받는 피의자/피고인에 대하여 혐의를 받고 있는 당해 범죄도 아닌 장래의

60) Solicitor General Canada, 앞의 글, 7면.

범죄에 대비하기 위하여 혈액 등의 시료를 채취하는 것이 타당한가이다. 둘째 피고인이 무죄판결과 같은 유죄판결 이외의 재판을 받는 경우에는 어떻게 할 것인가이다. 이에 대하여는 유죄판결이외의 재판이 확정되면 직권 또는 본인 등의 청구에 의하여 유전자 파일에서 삭제한다는 규정을 두는 것으로 속하다고 한다.⁶¹⁾ 그러나 무죄판결을 받는 경우에는 피고인은 범죄를 저지르지 않은 자로서 위험성이 없는데도 불구하고 이러한 채취를 하는 것은 필요한 최소의 침해의 한계를 넘은 것으로 타당하지 않다.

ii) 유죄판결 확정시 이후

법적인 관점에서 보면 유죄판결확정 이후의 단계에서 유전자 은행에 저장할 시료를 확보하기 위하여 혈액등의 시료를 채취하는 것이 가장 합리적인 기준일 수 있을 것이다. 왜냐하면 이 경우에는 유죄가 확정되었으므로 이로부터 시료를 채취하는 것은 무죄 추정의 원칙에 저촉되지 않으며, 유죄가 확정되었기 때문에 새범률을 고려해 볼 때 장래의 위험성이 없다고 할 수 없으며, 이러한 경우 수사 내지 경찰목적의 침해는 필요한 최소한에 그치는 한 적법성을 가질 수 있기 때문이다.

그런데 이 시점에 대하여는 형사정책적 관점에서 볼 때 지나치게 늦은 단계라고 하는 지적이 가능하다. 왜냐하면 불구속 재판을 받는 경우에는 유죄판결이 확정되기 전에 다시 재범을 할 가능성이 존재하기 때문이다. 그러나 이 경우는 다음과 같이 생각할 수 있다. 동일/유사수법의 강력사건이 발생하는 경우 현장에서 채취한 시료의 분석의 결과가 존재할 것이므로, 대조가 필요한 경우 현재 다른 사건의 피고인이지만 이 새로운 사건에 대하여는 피의자가 될 수 있으므로 혐의가 있는 이 자에 대한 강제수사를 통해서 유전자 형을 대조해 볼 수 있을 것이다. 즉 이 경우 유전자 은행에 유전자 형을 저장하지 않아도 수사를 할 수 있는 방법은 있으며, 다소 번거로움이 있지만, 수사의 편의만을 위하여 아직 무죄의 추정을 받고 있는 자의 혈액 등을 장래의 위험성만을 대비하기 위하여 채취하는 것은 기본권을 지나치게 침해한다는 우려를 불식하기 어렵다고 할 것이다.

iii) 결 어

유전자 은행에 저장할 유전자 형의 분석을 위한 시료의 채취는 다음과 같은 관점에서 고찰하여야 할 것이다. 첫째는 무죄추정의 법리이다. 아직 행하여지지 않은 범죄에

61) 우리나라의 '유전자자료관리및보호에관한법률'(안)도 이러한 규정을 두고 있다. 동 법안 제 10조 참조.

대하여 장래의 수사를 위한 예방적 처분으로서의 혈액 등 시료의 채취 및 유전자은행의 유전자형 저장은 무죄추정의 원칙과 부합하지 않는다. 따라서 원칙적으로 유전자 은행에 저장할 유전자형 분석을 위한 시료의 채취는 당사자의 동의를 전제로 해서 가능하다고 해야 할 것이다.

구속의 단계에서 피구속자의 유전자 자료를 유전자 은행에 저장할 필요는 없으리라고 생각한다. 왜냐하면 피의자가 유전자 분석이 필요한 범죄를 저지른 경우에는 이 단계에서 혈액을 채취하여 유전자 분석을 할 것이고 이는 이미 저장된 미재의 사건에서 유전자형을 검색, 대조함으로써 과거의 사건에 대한 해결까지 가능하게 할 것이다. 구속되어 재판을 받는 경우에는 사회와 격리됨으로서 재범의 위험성은 존재하지 않기 때문에 유전자형의 저장은 필요하지 않다.

따라서 이러한 관점을 종합적으로 고려해 본다면, 유전자형을 유전자 은행에 저장하기 위한 유전자 시료를 채취할 수 있는 시기는 첫째 동의를 있는 경우에는 피의자/피고인에 대하여 가능하며, 동의를 없는 경우에는 궁극적으로 유죄판결을 받은 후에 혈액 등의 시료를 채취하여야 한다. 특히 자유형이 확정된 경우에는 자유형의 형기를 마치고 석방되는 때에 채취하는 것이 타당하다고 하겠다. 교도소에 수용자로서 수용되어 있는 기간에는 특별한 사유가 없는 한 아무런 사회적 위험성이 없기 때문이다. 따라서 다시 사회에 대하여 위험성이 발현할 수 있는 석방단계이후를 대비하여 석방 시점에서 혈액을 채취하는 것이 가장 합리적이고 또 그 나름의 특별예방의 효과를 거둘 수 있는 방법이기도 할 것이다.

수사기관은 유전자 은행을 운용하기 위하여, 폭력범죄의 '잠재적' 피의자가 될 수 있는 개인들에 대하여 광범위하게 혈액이나 기타의 시료를 제공케 하여 유전자 분석을 하게 된다. 독일인 A는 이러한 요구에 동의하여 혈액시료를 제공하였는데, 그후 이에 대하여 헌법소원을 제기하여 이러한 요구는 헌법적 근거가 없는 것이며, 독일헌법상(독일 기본법 제20조 3항; 동법 제2조 1항)의 자유권을 침해하는 것이라고 주장하였다.

독일연방헌법재판소는 이 헌법소원에 대하여 이유없다고 판시하였다.⁶²⁾ 헌법재판소는 형사소송의 목적을 위한 혈액채취와 그를 대상으로 한 유전자 분석은 당사자의 유효한 승낙에 기하여 행하여 진 것이라고 보았다. 소원인은 혈액채취에 대한 승낙을 거부함으

62) BVerfG, 2. Kammer des 2. Senats, Beschl. v. 27. 2. 1996 -2 BvK 22/91- in: NStZ 1996, 345면.

로써 받게 될 의심을 피하려고 승낙을 했다고 주장하였지만, 동 헌법재판소는 승낙의 '동기'는 문제되지 않으며, 이러한 동기 때문에 승낙이 무효가 되는 것은 아니라고 판시하였다. 아울러 이 판결은 유전자 분석의 결과는 독일 형사소송법 제81c조에 의거하여 증거능력이 있다고 보았다.

그밖의 소급채취의 문제도 제기될 수 있는데, 유전자 은행이 설립되기 시작하는 시점이라는 점을 고려하여 최근 일정한 기간(예컨대 3년 또는 5년) 이내에 석방된 자에 대하여 소급하여 시료를 채취하여 은행에 저장한다는 주장도 있다. 그러나 이러한 주장은 타당하지 않다. 이들이 미제 사건의 범인일 가능성이 있으나, 국민에게 부담을 주는 법은 장래를 향하여 효력을 가져야 하며, 이것이 갖는 인권침해적 성격 때문에 인정하기는 어렵다고 하겠다.

④ 시료의 보관과 폐기

유전자 분석 대상자의 혈액 등의 시료로부터 유전자 은행에 저장 보관할 유전자 형의 자료를 얻은 후 잔여 시료를 어떻게 관리할 것인가의 문제가 있다. 이 문제는 두 가지로 나누어서 고찰할 수 있다. 유전자 은행에 저장할 목적으로 일정한 대상자(유죄판결확정자)로부터 시료를 채취한 경우와 범죄현장에 유류된 감식자료의 경우의 두 가지이다. 전자 즉 유전자 은행 저장목적으로 일정한 대상자로부터 시료를 채취한 경우 유전자 분석을 통해서 유전자형을 파악한 후 이 시료는 즉시 폐기하여야 할 것으로 생각된다. 유전자 은행에 대조군으로 저장 보관되는 자료는 향후의 피의자/피고인의 유전자형의 대조를 위하여 저장하는 것이고, 현재 범죄혐의를 받고 있는 사건에 대한 수사를 위한 것이 아니므로 이는 특히 강제수사의 대상이 되지 않는다. 따라서 이를 남겨 두어 유전자형 이외의 유전정보를 분석할 가능성을 남겨 두어서는 안되며, 또 이 남아 있는 시료를 오용하여 무고한 자를 범죄자로 만들 가능성이 있기 때문에 이러한 가능성은 처음부터 배제하여야 하기 때문이다. 예컨대 범죄자를 조작하기 위하여 보관중인 시료의 일부를 빼내어 범죄현장에 유류하게 한다면 이는 치명적인 증거가 될 수 있다.

한편 범죄현상의 유류물의 경우에는 수사목적상 그 시료의 일부를 분석의 대상으로 하고 잔여분은 (잔여분이 남아 있는 한) 보존하여야 한다. 독일 형사소송법 제81a조의 제3항은 "피의자/피고인으로부터 채취한 혈액시료 기타 체세포는 그 채취의 근거가 되거나 다른 관련 형사절차의 목적을 위하여만 사용할 수 있다. 이 시료는 그 목적상 필요하지 않게 된 때에는 지체없이 폐기하여야 한다"고 규정하고 있다. 이 규정은 수사나

형사소송절차(예컨대 입증절차)를 위하여만 시료가 활용되어야 하고 그 이외의 목적으로 보존되거나 활용되어서는 안된다는 점을 명정하고 있다. 따라서 이 규정과 유전자 은행의 저장과의 관계가 문제된다. 우선 명백한 것은 폐기되어야 하는 것은 시료 자체이고 그 분석의 결과를 담은 조서는 폐기의 대상이 되지 않는다고 보아야 할 것이다.⁶³⁾ 이 분석의 결과는 형사절차 이외의 경우에도 사용될 수 있다.⁶⁴⁾ 일부 독일의 학자는 그 결과의 기록이나 보존은 방어권을 보장하기 위하여 뿐 아니라, 장래의 형사소추(예컨대 제법에 대하여)를 위하여도 필요하다고 해석하고 있다. 따라서 이 규정은 시료 자체를 보존하는 것은 금지하고 있지만, 범죄자의 '유전자 형'을 저장하는 유전자 은행의 설치까지를 금하는 것은 아니라고 본다.⁶⁵⁾

현행 범죄수사규칙 제183조는 범죄현장에서 확보한 시료의 일부만을 사용하고 가능한 한 재감식을 위한 배려를 하여야 한다고 규정함으로써 잔량을 폐기하지 않고 보존하도록 하고 있다. 범죄현장에서 수거한 유류물 등의 양이 충분한 경우에는 이러한 원칙이 적용될 수 있을 것이지만, 미량인 경우에는 이것이 관철될 수 없는 경우가 있을 것이다. 앞서 언급한 바와 같이 PCR방식과 같은 유전자 분석법은 매우 민감하므로 다른 시료가 섞이는 경우에는 의도하지 않은 결과를 가져 올 수 있기 때문에 오류가 발생할 가능성을 배제할 수 없다. 따라서 이 경우에는 시료의 폐기는 돌이킬 수 없는 수사상의 장애를 가져 올 가능성이 있으며, 나아가 피의자/피고인의 방어권을 침해할 가능성이 있다. 따라서 이러한 시료의 즉시 폐기를 규정한 독일 형사소송법 제81a조의 규정이 너무 좁게 규정되었다는 비판도 있다.⁶⁶⁾ 그러나 이는 범죄현장에 유류된 시료에 대한 규정이 아니라 피의자로부터 채취한 시료에 관한 규정임을 유의할 필요가 있다.

실제로 유전자 은행을 설립하는 과정에서 제기된 논의를 보면, 유전자 은행이 장기적으로 최대의 효율성을 유지하기 위하여는 이러한 생물학적 시료 자체를 보관하여야 한다는 주장도 제기되었다. 그 이유로는 이러한 생물학적 시료가 보존되지 않는 경우에는 후일 기술의 진보가 있는 경우에는 과거에 수집한 자료는 무가치한 것이 될 수 있고,

63) SK-Rogall, 81a 여백번호 101.

64) Senge, NJW 1997, 2410면; Bulda, Kriminalist, 1997, 347면.

65) 이에 대하여 비판하는 견해도 있다. Burr, 149면 이하. 당정하는 견해는 Bula, Kriminalist, 1997, 347면.

66) Karloth, Die körperliche Untersuchung des Beschuldigten..Genom-Analyse, Die Polizei, Jahrgang 88, 1997, heft 7, 201면.

새로운 자료를 다시 수집하여야 할 것이기 때문이며, 또 발전된 검사방법과 종래의 두 검사방법이 동일한 결과를 가져올 것인가를 검증해야 될 필요도 있다고 한다. 이에 비하여 일단 유전자 식별자료가 수집되면, 그 시료는 유전정보의 보안과 개인의 프라이버시를 보호하기 위하여 지체없이 폐기되어야 한다는 주장도 제기되었다. 이에 의하면 새로운 기술개발에 대비하여서는, 일정한 기간동안 두 기법을 병존적으로 사용하면 될 것이라고 주장한다.⁶⁷⁾ 시료를 보존하는 것이 수사상의 필수불가결하다면, 2, 3년간 시행해 본 후 다시 검토하여 보자는 절충안도 제시되었고, 또 생물학적 시료를 보존하는 경우에는 이 시료를 유전자 감정이외의 목적으로 사용하는 행위를 엄격하게 처벌하는 규정을 두어야 한다는 주장이 나오기도 하였다.

생각건대 검사방법의 개선을 위한 이와 같은 배려는 설득력이 없는 것으로 보인다. 왜냐하면 검사방법의 개선과 자료의 up-date는 시료를 제공한 피의자등의 부담이 아니라 국가의 부담이며, 검사방법이 개선된 경우 국가는 다시 자료를 수집하여야 하며, 보관했던 시료를 다시 분석하여 유전자 은행에 자료화하는 것은 국민에서 동일한 사안에 대하여 2중의 부담을 주는 것으로서 부당하다고 하지 않을 수 없다. 오히려 이러한 점을 고려한다면, 유전자 자료의 보존기간을 정하여 일정한 기간이 지나면(예컨대 성인의 경우 10년) 자료를 자동폐기하는 것도 고려해 볼 필요가 있다. 왜냐하면 다시 동종의 강력범죄를 범한 경우에는 자료가 up-date되었을 것이고 범죄를 범하지 않은 경우에는 이러한 시간이 경과하면 범죄에너지가 감소하여 위험성이 감소하였을 것이기 때문이다. 폐기의 방식은 일정한 연한이 지난 자료는 자동폐기하는 방법과 신청에 의하여 삭제하는 방법이 있고, 신청에 의하여 삭제된 경우에는 그 자료가 삭제되었음을 확인할 수 있는 장치가 마련되어야 할 것이다.

⑤ 정보 유출의 문제

현재 우리나라에도 존재하는 <공공기관의개인정보보호에관한법률>에 따라 일정한 절차를 거쳐 개인정보를 수집하고 관리하고 있다. 따라서 개인정보를 누출하는 경우에는 이 법에 따른 처벌을 받게 되고, 유전자 은행도 이 법의 적용대상이 되므로, 형식적으로는 개인정보의 유출에 대한 대비책이 마련되어 있다고 할 수 있다.

⑥ 부정확한 유전자 분석의 문제

67) Canadian Solicitor General, 앞의 글, 9면.

독일의 경우 유전자 은행설립에 대하여 신중한 태도를 보여 왔던 이유는--이점은 미국의 경우에도 마찬가지이다⁶⁸⁾--유전자 분석이 잘못될 가능성이 존재하고 있다는 데 있다. 따라서 피의자에 대하여 치명적일 수 있는 부정확한 유전자 분석이 행하여 지고, 피의자는 이에 대하여 아무런 방어의 방법이 없는 경우에 이러한 분석의 결과는 경찰이나 검찰의 의도와는 달리 오히려 증거능력 내지 증명력을 인정받지 못할 가능성이 있다.

앞서도 언급하였지만 현행 범죄수사규칙 제183조는 '재감식을 위한 고려'라는 제하에 "혈액, 정액, 타액, 대소변, 장기, 모발...등을 감식함에 있어서는 되도록 그 전부를 사용하지 말고 일부를 가지고 행하여 잔량을 잘 보존하여 두는 등 재감식을 위한 배려를 하여야 한다"고 규정하고 있다. 따라서 시료가 충분한 경우 재감식을 위한 배려를 하여 다시 검사를 할 수 있는 가능성을 열어 놓아야 하며, 피의자도 이에 대한 감정에 참여할 수 있어야 한다.

독일의 경우 유전자 분석은 법관이 명하는 일정한 (신뢰할만한) 기관에서 행하고 급속을 요하는 경우에도 검사의 지휘에 의한 유전자 분석을 인정하지 않고 있다(독일 형사소송법 제81f조 1, 2항). 따라서 독일의 경우에는 유전자에 대한 독립적 분석방법을 나름대로 확보하고 있다고 할 수 있다. 그러나 우리나라의 경우에는 국립과학수사연구소가 이를 대체로 분석하고, 피의자측의 감정은 가능하기는 하나(증거보전의 청구: 형사소송법 제184조), 범죄현장 감식이나 이의 감정은 초동수사의 단계에서 이루어 지는 것이기 때문에 피의자가 되기도 전에 '증거보전의 청구'를 기대하기는 어렵다. 범죄현장에 유류되어 있는 시료가 극미량에 불과한 경우에는 1회의 감식을 위한 양에도 미달할 가능성이 있어 재감식을 위한 고려는 할 수 없을 것이고 따라서 신중하고 공신력을 가지고 행하여야 할 것이다. 유전자 은행의 성패는 사실 이에 달려있다고 해도 과언이 아니다.

3. 유전자 은행 설립 방안 검토

가. 법적 근거의 문제

68) 이에 관하여는 Roland del Carmen, Criminal Procedure, Law & Practice, 2nd ed.,1991, 271면, 등 참조.

‘유전자 분석을 통한 범죄감식’은 앞서 살핀 바와 같이, 형사소송법상 명시적인 규정을 두고 있지는 않지만 현행 법제의 해석을 통하여서 가능하다고 할 수 있다. 물론 종래와 같은 단순한 혈액형의 검사나 지문감식과는 달리 유전자 분석은 인간의 내밀한 영역(Intimsphäre)에 대한 침해가능성이 있어서⁶⁹⁾ 독일의 경우에는 유전자 은행의 설립 이전에 유전자 감식 자체만을 위하여 그 근거를 마련하기 위하여 형사소송법의 개정을 한 바 있다. 그러나 유전자 은행의 설립은 새로운 입법이 없이 현행 법제의 해석을 통해서도 불가능하다. 그 이유는 유전자은행에 저장되는 유전정보의 채취와 분석 저장 보존, 검색, 폐기 등 전과정이 국민의 인신의 자유, 프라이버시권 등을 침해하는 내용으로 이루어져 있어서, 이에 관한 권리의 제한과 의무의 창설은 법률사항이라고 할 수 있다. 따라서 유전자 은행을 설치하기 위하여는 특자의 법률이 필요하다고 하겠다.

그렇다면 그 입법은 어떤 내용을 담아야 할 것인가가 문제된다. 이하에서는 이에 관하여 간단히 검토하기로 한다.

나. 유전자 은행의 저장자료

유전자 은행에 저장하여야 할 자료는 앞서 언급한 전과자 등의 유전자 자료 뿐 아니라, 다음과 같은 자료가 저장되어야 한다. 이는 미국의 FBI의 유전자 은행 CODIS의 저장자료를 모델로 한 것이다.

첫째 통계용 자료: 통계용 유전자 자료는 유전자 분석을 통한 범인식별의 확률을 제고하기 위하여 보존하는 자료이다. 미국의 경우에는 다인종사회이므로 인종별로 유전자형의 특이성을 파악하여야 할 필요가 있지만 우리나라의 경우 이러한 필요성은 크지는 않다. 그러나 미군 범죄, 외국인 노동자의 범죄등 외국인 범죄가 증가하는 추세에 있어 통계용으로 이러한 자료를 저장해 둘 필요성은 있다. 이를 위하여는 대체로 한국인, 동남아시아인, 흑인, 백인 등 5개 이상의 집단을 설정할 필요가 있다.

둘째 신원이 파악되지 않은 유전자 자료: 용의자가 불상인 강간, 살인, 상해 등의 강력사건 현장에서 채취한 증거물, 즉 혈액, 정액, 보발, 타액 등에서 분석한 유전자형도 검색시스템에 입력할 필요가 있다. 이들 증거물의 유전자 분석자료를 통해서 연쇄적으로 발생하는 사건들간에 상호관련성을 추적할 수 있으며, 유력시되는 용의자와의 유전자형 비교를 할 수 있기 때문이다.

69) Karioth, Die Körperliche Untersuchung des Beschuldigten(Genom-Analyse), 198번.

셋째 강력사건으로 유죄의 선고를 받은 자의 자료: 강력사건으로 유죄의 선고를 받은 자의 유전자 자료가 보존되어야 한다. 우리나라의 경우 체포횟수별 범죄분포는 4회 기준으로 볼 때 강도 26.9%, 폭력 17.3%, 강간 19.2%등으로 나타나고 있다.⁷⁰⁾ 따라서 이른바 강력범죄에 해당하는 범죄를 범한 범죄자의 유전자형은 유전자 은행에 저장되는 자료 가운데 가장 중요한 자료일 것으로 생각된다.

넷째 실종자 및 신원 불상자의 자료: 신원불상의 사체나 신체의 일부분 등의 유전자 자료도 입력의 대상이 되어야 할 것이다. 추정되는 부모의 유전자 자료를 분석하여 신원불상의 시체나 신체의 일부분에서 검출된 유전자형과 대조하여 친자관계 등을 확인함으로써 신원을 밝힐 수 있기 때문이다.

다. 유전자형을 저장하는 대상범죄

앞에서도 언급했지만, 일반적으로 유전자 감식의 대상이 되는 범죄로서는 강간, 강제추행 등의 성범죄, 살인, 상해 등의 생명과 신체에 대한 범죄, 그리고 자유에 대한 범죄를 고려하고 있다. 실제로 이러한 범죄의 경우에 유전자감식의 대상이 되는 시료를 범죄 현장에 유류하는 경우가 많아서 대조군의 필요성이 있는 것이 사실이며, 이러한 범죄를 유전자 은행의 저장대상 범죄로 하여야 한다는 데에는 이론이 없다. 이러한 대조군의 존재는 당해 범죄자가 다시 범죄를 범한다는 재범율을 전제로 한 것이다. 그러나 최근의 연구에 의하면, 오히려 성범죄자의 재범율은 비교적 작으며, 재범자 가운데는 오히려 상해, 강·절도의 경우가 큰 비중을 차지하고 있다고 보고하고 있다.⁷¹⁾ 따라서 이러한 연구를 감안한다면 유전자 은행에 저장하여 보존이 필요한 범죄는 강·절도 등의 강력재산범죄 오히려 효과를 볼 수 있는 범죄라고 할 수 있다.

영국의 경우 앞서 언급한 바와 같이 1995년부터 유전자 은행을 운용해 오고 있는데, 1998년 3월 하순에 다음과 같은 결과를 보고하였다.

피의자, 피고인(유죄판결을 받은 자)로부터 채취되어 분석된 대조시료로 유전자 은행에 저장된 총수 288673건 가운데에서 유전자 형이 일치한 경우 16157건중 강·절도 등 강력범죄는 약 12000건을 상회하여 80%이상을 차지하고 있으며, 살인/살인미수가 27건으로 0.17%, 강간등 성범죄는 120건으로 0.74%에 불과한 것으로 보고되었다.⁷²⁾

70) 이에 관한 상세는 이병기/류철원, 범죄경력에 관한 연구, 한국형사정책연구원, 1995, 68면.

71) Kube/Schmitter, 앞의 글, 417면.

따라서 유전자 형을 저장할 범죄로서는 강간, 강제추행등의 성범죄이외에, 살인, 강도 등 강력범의 범위에서 규정하는 것이 타당하다고 할 것이다. 대체로 여러나라에서 이와 같은 범죄에 대하여 유전자형을 저장하는 입법을 하고 있다.

라. 자료저장의 방식

자료 저장시 문제가 되는 것은 프라이버시의 침해를 막기 위하여 각 유전자형의 신원의 식별이 불가능하게 입력하여야 한다는 점이다. 따라서 각 유전자형에 대하여 일정한 방식으로 코드번호를 부여하여 유형별로 저장하고 검색하여 유전자형이 일치하는 경우, 이 코드번호만을 통고하고 (온라인으로 검색하는 경우에는 동일 유전자형의 코드번호만을 검색하게 된다), 개인의 신원의 확인은 영장을 발부하여야만 가능한 2원적 체계를 갖추도록 하여야 할 것이다.

신원자료는 이름, 생년월일, 주소, 유전자형 코드번호를 내용으로 한다.⁷²⁾ 그리고 관리자료로서 시료채취기관, 채취일, 채취자의 성명, 분석기관, 분석자, 입력일 등을 기재한다.

마. 검색의 허용범위

유전자 은행의 검색은 실종자나 변사자의 동일성 확인, 친자 확인, 범죄수사 등에 활용되는 경우에 한하여 검색을 허용하여야 할 것이다. 실종자나 변사자의 동일성을 확인하는 경우에는 유전자은행을 이용할 필요가 없는 경우가 많을 것이나, 실종자나 변사자의 유전자형이 유전자은행에 보존되어 있는 경우에는 일정한 절차에 따라 실종자나 변사자로 추정되는 사체 등의 시료의 유전자형과 대조할 수 있게 하여야 할 것이다.

온라인으로 자동검색 체계가 갖추어 진다면, 일정한 코드 번호를 통해서 자동으로 검색시스템에 들어가 검색을 할 수 있게 될 것이다. 물론 이때 해커가 저장된 유전자형의 코드번호를 바꾸어 놓는다는가하는 혼란에 대비하여 이러한 해커가 침투하지 못하게 할 대비가 필요하다고 하는 점은 두말할 필요가 없다고 하겠다.

이러한 검색의 결과 동일한 유전자형이 발견된 경우 어떻게 신원을 게시할 것인가가 문제된다. 특히 문제되는 것은 이 경우에 대하여도 영장주의 원칙이 관철되어야 할 것인가이다. 영장주의는 강제수사의 경우 법원의 통제를 받게 하는 데 목적이 있는 것이

72) Kube/Schmitter, DNA-Analyse-Datei, 417번.

73) BKA, DNA-ANALYSE-DATEI, 3면.

다. 그런데 이러한 유전자 자료은행의 유전자형 검색은 자료가 익명으로 유전자형에 따른 코드화된 형태로 보존되므로 이 자체를 강제수사라고 하기는 어려울 것으로 생각된다. 따라서 수사기관이 유전자 은행의 검색을 하는 것은 공무소 기타 공사단체에 조회하여 필요한 사항의 보고를 요구하는 '사실조회'와 동일한 성격을 갖는다고 생각된다(형사소송법 제199조 제2항).

이에 반하여 이와 같은 조회를 통하여 발견한 동일한 유전자형의 신원을 파악하는 것은 개인의 프라이버시를 침해하는 측면이 있기 때문에 강제수사의 성격을 갖는다고 보는 것이 타당할 것이다. 따라서 유전자 은행의 자료 검색을 통해서 동일한 유전자형의 자료가 발견될 때에는, 검사의 신청에 의하여 판사가 발부하는 영장에 의하여 신원을 개시(開示)하게 하는 것이 타당하다고 생각된다. 이것은 앞으로 결정적인 증명력을 가질 유전자 수사를 선종히 하고 유전자 자료의 조작이나 유사한 유전자형을 가진 자에 대한 과잉수사를 막는 방법이라고 생각된다.

바. 형사소송에서의 증거능력과 증명력

유전자 분석결과를 형사소송에서 증거방법으로 사용하는 경우, 증거능력의 문제는 결국 감정의 증거능력의 문제로 될 것이다. 따라서 감정이 합법적인 절차를 통해서 이루어지는 경우, 형사소송법상의 증거능력을 인정하는데에는 별다른 문제가 제기되지는 않는다. 다만 앞서 수차 언급한 바와 같이 분석방법의 안정성이 확보되지 않고 분석과정의 오류의 개입의 가능성이 있는 경우에는 외국의 경우에는 이를 이른바 새로운 과학적 증거방법으로서 수용할 것인가의 문제를 논하고 있다.

유전자 분석의 결과 범죄현장에서 수집한 시료를 분석한 결과와 일치하는 경우 증거능력을 인정할 수 있는가 그리고 어느 정도의 증명력을 인정받을 것인가에 대하여는 유전자 분석의 결과가 어느 정도 안정하고 신뢰할 것인가가 관건이 된다고 할 수 있다.

DNA감정이 범죄수사에 활용된 최초의 사건은 1987년 영국의 Leicestershire에서 있었던 강간살인사건이었는데, 체포되어 자백까지 한 피의자의 유전자 감정의 결과 범행현장에서 수집한 정액흔의 그것과 일치하지 않아서 용의선상에서 배제되었는데, 그 후 범행 현장 부근의 3개 마을에서 16세부터 34세까지의 연령대의 남자를 대상으로 유전자 감정을 실시하여 Pitchfork라는 자의 유전자형이 범행현장에서 발견된 정액흔과 일치한다는 사실이 밝혀져서 범행을 자백받은 경우이다.¹⁴⁾ 이 사건을 통해서 유전자 증거는 우선 적극적인 입증보다 소극적으로 범의자가 아님을 밝히는 배제증거로서 위력을

갖는다는 점을 보여 주었다.

적극적인 입증과 관련하여는 미국의 경우 유명한 카스트로 사건⁷⁵⁾에 제시된 이유가 주목할 만하다. 이 사건은 살인사건에서 피고인의 손복시계에 묻은 혈흔이 피해자의 것이라는 점을 입증하기 위하여 DNA 검사결과를 증거로 제출한 사건이다. 법원은 DNA 증거의 허용성에 관하여 다음과 같은 점을 검토하였다. 첫째, 이론이 과학계에서 일반적으로 승인되고 있는가의 여부, 과학계는 DNA검사가 일반적으로 신빙할만한 결과를 제공할 수 있다고 보고 있는가. 둘째, DNA 식별 신뢰할만한 기술이 존재하는가, 그 기술은 과학계에서 일반적으로 승인되고 있는가. 셋째, 검사를 실시한 기관은 당해 사건에서 시료를 분석함에 있어서 승인된 과학기술을 사용하였는가를 검토하여야 한다는 점을 지적하였다.

이러한 전제하에 증거물이 박테리아에 오염된 사실, 고분자 DNA가 분해되었을 가능성, 일치한다고 판정된 형태의 차이, 대립유전자 출현빈도의 계산방법의 신뢰성을 문제 삼고 검찰측이 제출한 증거의 증거능력을 부인하였다.

종래 미국의 형사증거법상 새로운 과학기술의 개발에 의한 증거의 허용성 문제에 관하여는 이른바 일반적 승인기준(general acceptance test) 또는 프라이(Frye) 기준이 제시되고 있었다.⁷⁶⁾ 즉 새로운 과학적 수사기법에 의한 증거방법이 등장하는 경우, 이를 증거능력있는 증거로 보기 위하여는 그 방법이 과학적인가, 그 방법이 속하는 분야는 어느 분야인가, 그리고 그 방법이 해당분야에서 일반적인 승인을 얻고 있는가를 고려하여 증거능력을 인정한다는 것이다. 그런데 이러한 기준은 오늘날은 부정되고⁷⁷⁾ 오히려 관련성 기준 내지 정당한 적용 기준이 통용되고 있다. 관련성 기준이란 새로운 과학적 증거에 있어서 그 증거를 허용함으로써 발생할 수 있는 이익과 피해를 비교형량하여 허용성을 판단한다는 것이다.⁷⁸⁾ 그리고 정당한 적용기준이란 과학적 증명은 그것이 기초하고 있는 이론이나 기술이 타당하다고 하더라도 구체적인 사례에의 적용시 타당하게 적용되지 않은 경우에는 증거능력을 부정한다는 것이다.⁷⁹⁾

74) 이에 관하여는 Rene Herrera/Martin Tracey, "DNA fingerprinting: basic techniques, problems and solutions", Journal of Criminal Justice, vol. 20(1992), 237면 참조.

75) People v. Castro, 545 N.Y.S. 2d 985(Sup. Ct. 1989).

76) U. S. v. Frye, 293 F. 1013(D.C. Cir. 1923).

77) Daubert v. Merrell Dow Pharmaceuticals Inc., 113 Sup. Ct., 2786(1993).

78) People v. Guerra, 650 P. 2d 635, 656(Cal. 1984).

우리나라의 경우 (하급심) 관례도 강도 양 유괴살인사건에서 “범행차량에서 수거된 32개의 머리카락을 서울대 법의학 교실에 감식의뢰한 결과 강양(피해자)과 이양(피고인)의 것으로 보이는 머리카락이 각각 13개와 2개가 나왔다...이는 결정적이라 할 수 있는 중요한 증거로 선면적인 재심리가 불가피하다”고 하여 검찰의 신청을 받아 들여 심리재개를 하고서 1995년 2월 20일 제 13차 공판에서 머리카락에 대한 유전자 감정에 대해서는 “머리카락이 범행에 사용된 차량에서 나온 것으로 보기 어렵다”고 하여 증거로 채택하지 않은 바 있다.⁷⁹⁾

법원의 이러한 태도는 유전자 감정의 자체의 증명능력을 인정하면서도 시료의 수집과정상의 오류가능성을 문제삼아 증명력을 부정한 것으로서, 이는 앞에서도 지적한 바와 같이, 유전자 감정이 갖는 정확성에 비하여 그의 수집과정에서의 오류가 가져올 수 있는 부당성을 고려한 판결이라고 할 수 있다. 이와 같이 증거가 조작되는 경우 그 조작여부를 밝히기가 거의 불가능하고 피고인에게는 결정적으로 불리한 증거가 될 수 있다는 점에서 신중한 태도를 보이고 있는 것이다.

한편 이 판결은 생체시료의 관리상의 문제점을 지적한 것으로서도 중요한 의미를 갖는다. 혈액과 같이 채취하기가 용이하지 않은 시료는 나름대로 관리하기가 용이할 수 있으나, 유전자 감식은 모발이나 타액과 같은 시료로도 가능하고 이러한 시료는 경우에 따라서는 피의자/피고인이 인식하지 못하는 상태에서 쉽사리 채취할 수 있기 때문에 출처가 불분명한 시료가 중요한 증거로서

따라서 DNA 분석이 증거능력을 갖기 위하여는 이러한 시료채취과정의 합법성, 투명성이 전제되어야 한다.

4. <유전자자료관리및보호에 관한 법률(안)>에 대한 검토

우리나라에서의 유전자 은행에 관한 설립논의는 주로 경찰과 검찰에서 제기되어 왔고 학계에서는 이에 관한 견해가 표명된 바 없다. 경찰에서는 이미 1995년에 유전자 은행을 설치하기 위한 입법안을 만들고 이의 타당성에 관한 논의를 진행하여 왔기 때문에 우리나라에서의 유전자 은행의 설립 가능성에 관하여는, 앞서의 논의를 기초로 하여

79) 앞의 *People v. Castro*, 545 N.Y. 2d 935(Sup. 1989).

80) 조선일보, 1995년 2월 25일자 39면.

이 법안을 검토하는 것으로 갈음하기로 한다.

가. 설립의 주체

동 법안 제3조는 유전자 자료 파일의 관리를 국립과학수사연구소 소장이 관리하는 것으로 하고 있다. 유전자 자료파일의 관리를 누구에게 맡기는가는 결국 유전자 은행의 설립주체가 누구인가에 따라 결정되게 될 것이다. 이에 관하여는 현재 경찰과 검찰의 견해가 대립되고 있는 것으로 보인다.

이는 정책적 판단이 필요한 사항이기는 하나, 이에 대하여 언급할 수 있는 것은 다음 몇가지이다

첫째, 유전자 은행은 지문이나 주민등록의 관리와는 다른 엄중한 관리가 요구된다는 점이다. 앞으로 유전자 분석방법이 더욱 개발되면 개인정보가 유전자 분석에 의하여 파악될 가능성이 있어 개인신상정보源이 될 가능성이 있다. 따라서 유전자 분석을 개인정보가 늘어 있지 않은 유전자 좌위에 국한하고, 이 분석결과의 자료만을 유전자 은행에 저장하며, 개인신상관련 분석을 할 수 있는 혈액 등의 생체시료는 철저히 폐기하도록 하여야 한다. 연구목적의 분석은 신원파악을 불가능하게 한 시료에 국한하여 하여야 한다.

둘째 유전자 은행은 은행의 설립과 자료의 관리라는 행정적 기능 이외에 유전자 분석방법의 개발, 분석의 안전성을 확보하기 위한 기법의 개발, 그리고 유전자를 통한 개인식별능력을 제고하기 위하여 한국인 특유의 유전자 좌위를 찾아 분석하는 연구의 기능이 매우 중요한 의미를 갖는다는 점이다.

범죄현장에서 수집한 유류불이 대부분 미세한 분량이거나 불순물이 혼합되어 있어 유전자 분석전에 반드시 혈액검사등 생물학적 감정을 거쳐야할 뿐 아니라, 결과에 대하여 의학, 화학, 물리학 등 타분야의 감정분석과 종합적으로 판단하여야 한다는 점을 감안한다면 종합적인 연구, 감정이 가능한 기관이어야 한다

셋째, 엄격한 법적 절차가 마련되어 프라이버시의 침해가 방지된다면 유전자은행의 설립취지가 과학수사를 통한 강력범인의 신속한 검거에 있는 만큼 실제 강력사건 발생 현장에 초기에 입장하여 증거를 수집하는 활동과의 관련성을 최대한 고려하여야 하며, 지문, 수법자료 등 여타 수사자료와의 연계활용도 적극적으로 반영되어야 한다는 점이다.

나. 시료채취대상에 관한 문제

동 법안 제5조는 시료 채취대상에 관하여 '구속영장이 발부된 자'에 대하여 유전자형 감식에 필요한 혈액을 채취해야 한다고 규정하고 있다. 물론 앞서 언급한 바와 같이 외국의 경우에도 수사단계에서 시료를 채취하는 국가가 여러나라 있음에 비추어 보아 일응 타당성을 인정할 수도 있으나, 앞에서 살펴본 바와 같이 보다 신중한 논의가 전제되어야 하리라 생각된다. 이 안에 따르면 구속이 신중해지고 있는 추세를 감안할 때, 구속영장이 발부되지 않고 기소되어 유죄판결을 받는 자는 시료채취의 대상에서 제외되는 결과가 된다. 그리고 이 규정은 유전자형 '감식'에 필요한 혈액을 채취하여야 한다고 규정하는데, 이는 감식에 필요한 것이 아니라 감식을 목적으로 하는 유전자 은행에 자료로서 저장하기 위하여 채취하는 것이기 때문에 궁극적으로는 감식목적이지만, 혈액 등 시료 채취 자체의 목적은 유전자 은행의 정보/자료의 저장을 위한 혈액의 채취라고 하는 것이 타당할 것이다.

또 동 법안 10조 1항은 책임무능력으로 무죄판결을 받는 자에 대하여는 규정하고 있지 않다. 그러나 정신이상자로서 성범죄 등의 강력범죄를 저지를 가능성이 있는 자가 있을 수 있기 때문에 이에 대한 규정을 보완하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

그리고 신원불상자의 자료나 사건현장에 유류된 시료에서 분석한 유전자 자료도 입력 저장할 필요가 있다.

다. 시료의 분석

동 법안 제6조는 현재와 같은 감식체계가 앞으로도 지속될 것으로 전제하고 시료 자체를 송부하는 방식으로 규정하고 있다. 그러나 현재와 같은 감식체계가 반드시 유지되지 않을 가능성도 있다. 예컨대 각 지역의 과학수사연구소 분소나 실험실의 설립 내지 대학병원이나 그밖의 시설에서 유전자 분석실을 운용하는 경우에는 중앙의 은행에서 요구하는 통일적 방식으로 유전자 분석을 행하여 그 결과만을 (온라인으로) 유전자 은행에 통보하여 저장하는 방식도 생각할 수 있다(미국의 경우에는 이러한 방식을 택하고 있다). 물론 이 경우 분석 대상자와 결탁하여 오류의 결과를 내어 이를 저장하게 하는 행위를 통제하는 규정을 두어야 할 것이지만(이는 중앙에서 독점적으로 분석하는 경우에도 마찬가지이다), 이때 혈액 등 시료를 송부하는 과정에서 있을 수 있는 혼동, 오류나 변질 등의 문제를 다소간 예방할 수 있을 것이다.

라. 검색 및 회보의 방법

유전자 은행이 설치되면, 유전자 검색은 두가지 방식으로 가능할 것이다. 그 하나는 종래와 같은 서면 조회와 이에 대한 회신의 형태로 이루어 지는 방식이고, 다른 하나는 오늘날 널리 활용되기 시작한 컴퓨터 검색의 형태이다. 이러한 검색의 형식은 형사소송법상 '사실조회'에 해당한다. 이의 근거규정으로는 형사소송법 제199조 제2항을 들 수 있다. 이 규정은 "수사에 관하여는 공무소 기타 공사단체에 조회하여 필요한 사항의 보고를 요구할 수 있다"고 규정하고 있다.

문제는 이 사실조회에서 회신을 해 줄 정보의 범위이다. 앞서 언급한 바와 같이 유전자 은행의 성격상 개인정보의 개시를 엄격히 통제한다는 취지를 고려한다면, 사실조회를 통해서 유전자 은행에 동일유전자 형이 있는지의 여부를 확인하고 정확히 동일한 유전자형이 있는 경우에 그 코드번호만을 회신하게 하는 방식이 타당할 것이다. 이는 컴퓨터 검색의 방식으로 유전자 은행 데이터뱅크에 들어가 자료를 검색하는 경우에도 같다. 각 지역의 수사기관은 일정한 접근절차를 통해서 이 데이터뱅크에 접근하고 여기서 찾고자 하는 유전자와 동일형이 있는가를 확인하고 그 코드번호를 확인할 수 있다. 그리고 그 코드번호의 신원을 확인하기 위하여는 법원의 영장을 발부받아 개시하게 하는 영장주의적 개시방식이 타당하다. 이는 다소 번거로운 방식이라고도 할 수 있으나, 유전자 은행의 엄격한 운용을 위해서는 필요한 방식이라고 생각되고 오히려 이렇게 엄격하게 운용하는 것이 유전자 은행의 신뢰성을 제고하여 법원에서 증거능력을 확보하는 길이기도 하다고 생각된다.

마. 생물학적 시료의 처리에 대한 규정

이 법안에는 생물학적 시료의 처리(폐기)에 대한 규정이 없다. 이 문제는 외국의 경우 많은 논의의 대상이 된 바 있는 주제이다. 유전자 은행에 저장될 시료를 분석함에 있어서 시료 자체의 보존에 대하여 엄중하게 관리하지 않으면, 시료를 통해서 앞으로 개발될 가능성이 큰 개인 신상과약이 가능한 유전자 분석법을 통하여 개인 관련 유전 정보를 알아 낼 가능성이 있고, 나아가서는 이를 통해서 범죄자를 조작해 낼 수 있는 가능성이 있다. 유전자분석을 통한 증거에 대하여 법원이 소극적으로 보아 왔던 이유는 여기에 있다. 유전자 분석 증거는 그 정밀도가 인정되는 경우 피고인에게 치명적인 증거가 될 수 있기 때문에 생물학적 시료의 관리의 중요성은 매우 크다. 따라서 유전자

은행에 저장하기 위하여 수형자 등으로부터 채취된 시료는 분석이 종료되는 즉시 잔여 시료를 폐기하도록 해야 한다.

이에 비하여 범죄현장에서 발견된 시료는 1회 분석량을 상회하는 경우에는 피의자/피고인의 청구에 의한 제조사 등 소송절차를 위하여 보존되어야 할 것이다. 이렇게 하는 편이 유전자 자료를 법원에서 증거로 사용하는데 긍정적인 요인으로 작용할 것이다. 왜냐하면 이를 통해서 유전자 자료가 일방적으로 활용되지 않고 양 당사자가 대등하게 활용할 수 있는 증거방법이 될 수 있기 때문이다.

아울러 이 법안에는 보존연한에 관한 규정이 없다. 보존기한이 없이 영구적인 예도 있지만(영국이나 구 홍콩), 입력된 후 일정한 기간이 경과하면 자동 삭제하는 것이 타당하다. 유전자 은행에 유전자 자료를 저장해야 하는 대상범죄를 다시 지지를 경우에는 다시 입력될 것이므로 삭제하는 것이 수사목적에 지해하지는 않을 것이며, 오히려 입력된 자료의 양이 누적되어 감식에 번거로운 부담이 된다는 점도 감안해야 할 것이며, 또 범죄를 지지를 위협성이 없는 다수의 전과자에게 남아있는 심리적 부담을 소멸시켜 주는 것이 타당하다고 하겠다.

IV. 결 론

우리나라는 1990년대 초부터 유전자 감식방법을 도입하여 활발하게 활용함으로써 과학적 범죄수사에 큰 발전을 가져왔으며, 이러한 상황에서 과학수사의 진전이라는 의미에서 유전자 은행의 설립의 필요성을 인정할 수 있을 것이다. 이러한 필요성은 서구에서 독일과 같이 유전자 은행의 설치에 대하여 신중한 태도를 보이던 나라들도 근자에 들어와 이를 설치하기 시작했다는 사실에서도 잘 들어난다. 따라서 우리나라에서도 유전자은행의 설립 및 운용 기관을 둘러싸고 갈등을 보일 것이 아니라 기존의 연구성과를 기반으로 한 협력을 통하여 과학적 수사기법을 활용할 수 있는 유전자은행의 설립을 모색하여야 한다. 우리나라에서 유전자 은행을 설치하기 위하여는, 무엇보다도 유전자 은행의 설치를 위한 입법적 조치가 선행되어야 할 것이다. 이에 관하여는 이미 앞에서 고려한 바 있으므로 여기에서는 이와 병행해서 고려해야 할 점을 간단히 언급하기로 한다.

유전자 감식/감정은 전통적인 방법과는 질적으로 다른 성격을 갖는다. 우선 유전자

은행에 저장하기 위하여 수형자 등으로부터 채취된 시료는 분석이 종료되는 즉시 잔여 시료를 폐기하도록 해야 한다.

이에 비하여 범죄현장에서 발견된 시료는 1회 분석량을 상회하는 경우에는 피의자/피고인의 청구에 의한 제조사 등 소송절차를 위하여 보존되어야 할 것이다. 이렇게 하는 편이 유전자 자료를 법원에서 증거로 사용하는데 긍정적인 요인으로 작용할 것이다. 왜냐하면 이를 통해서 유전자 자료가 일방적으로 활용되지 않고 양 당사자가 대등하게 활용할 수 있는 증거방법이 될 수 있기 때문이다.

아울러 이 법안에는 보존연한에 관한 규정이 없다. 보존기한이 없이 영구적인 예도 있지만(영국이나 구 홍콩), 입력된 후 일정한 기간이 경과하면 자동 삭제하는 것이 타당하다. 유전자 은행에 유전자 자료를 저장해야 하는 대상범죄를 다시 지지를 경우에는 다시 입력될 것이므로 삭제하는 것이 수사목적에 지해하지는 않을 것이며, 오히려 입력된 자료의 양이 누적되어 감식에 번거로운 부담이 된다는 점도 감안해야 할 것이며, 또 범죄를 지지를 위협성이 없는 다수의 전과자에게 남아있는 심리적 부담을 소멸시켜 주는 것이 타당하다고 하겠다.

IV. 결 론

우리나라는 1990년대 초부터 유전자 감식방법을 도입하여 활발하게 활용함으로써 과학적 범죄수사에 큰 발전을 가져왔으며, 이러한 상황에서 과학수사의 진전이라는 의미에서 유전자 은행의 설립의 필요성을 인정할 수 있을 것이다. 이러한 필요성은 서구에서 독일과 같이 유전자 은행의 설치에 대하여 신중한 태도를 보이던 나라들도 근자에 들어와 이를 설치하기 시작했다는 사실에서도 잘 들어난다. 따라서 우리나라에서도 유전자은행의 설립 및 운용 기관을 둘러싸고 갈등을 보일 것이 아니라 기존의 연구성과를 기반으로 한 협력을 통하여 과학적 수사기법을 활용할 수 있는 유전자은행의 설립을 모색하여야 한다. 우리나라에서 유전자 은행을 설치하기 위하여는, 무엇보다도 유전자 은행의 설치를 위한 입법적 조치가 선행되어야 할 것이다. 이에 관하여는 이미 앞에서 고려한 바 있으므로 여기에서는 이와 병행해서 고려해야 할 점을 간단히 언급하기로 한다.

유전자 감식/감정은 전통적인 방법과는 절적으로 다른 성격을 갖는다. 우선 유전자

감식/감정은 시료의 조건이 좋은 경우에는 수억분의 1의 식별능을 갖기 때문에 고도의 정확성을 가질 수 있고 따라서 이러한 유전자 감식/감정이 일정한 수사의 의도아래 조작 남용되는 경우에는 무고한 자에게 돌이킬 수 없는 치명적인 피해를 줄 가능성이 있다. 그리고 유전자 감식/감정은 현재로서는 개인관련 유전정보를 가지고 있지 않은 유전자 좌위에 대한 분석을 통해서 유전자 형을 파악하지만, 그법에도 불구하고 유전자 시료를 가지고 개인의 유전정보를 분석해 냄으로써 문자 그대로 인간을 '유리처럼 들여다 보이게' 만들 가능성도 있다. 따라서 유전자 은행을 설립하는 데 선결적으로 고려해야 할 사항은 바로 이러한 유전자 분석의 성격에서 오는 문제이다. 이렇게 볼 때 유전자 은행은 그 설립과 운용에 있어서 철저한 통제와 신뢰성을 확보하는 방안이 먼저 강구되어야 할 것이다. 예전대 동일 유전자 형이 발견되었을 때 신원을 영장에 의하여 개시하지 않고, 인적인 친분을 이용하여 신원을 확인하는 식으로 운용되어서는 안된다. 또 생체시료에 대한 철저한 관리가 선행되어야 한다. 이에 대한 관리가 철저하게 이루어지지 못하는 경우에는 무고한 시민이 우죄가 되는 경우가 생길 수 있고 이렇게 되면 유전자 자료의 증거능력과 증명력을 확보하는데도 장애가 될 것이다. 서구의 몇몇 나라가 유전자 은행의 설립에 소극적이었던 이유는 여기에 있다.

따라서 유전자 은행은 무엇보다도 국민의 신뢰를 전제로 해야만 가능하며 성공할 수 있다. 이러한 신뢰를 확보하지 못한다면 많은 비용과 인력을 투입하여 첨단 과학적 수사기법을 도입 활용하면서도 이것이 법원에서 증거능력을 인정받지 못한다거나 증명력을 확보하지 못하는 결과를 가져올 가능성도 있기 때문이다.

부 록

[유전자 분석의 신뢰성 보증 프로그램]

1. 계획과 조직

가. 목 적

(1) 범죄수사 또는 사법재판에 필요한 유전자형 분석에서 신뢰성 있는 결과의 서비스를 제공받을 수 있게 한다.

나. 목 표

(1) 정보관리, 숙련도 시험, 감사를 통하여 유전자형 분석의 모든 과정이 규정된 범주 안에서 수행되어 정확성과 타당성 있는 결과가 유지되고 있는지를 확인한다.

(2) 문제점이 생겼을 때는 그것이 발견되어 문서화되고 규정에 의한 적절한 조치가 취하여 졌는지를 확인한다.

다. 권한과 책임

1) 조직과 기능

유전자분석실의 조직과 기능은 국립과학수사연구소의 사무분장(내무부훈령)규정에 의한다.

2) 감독자

① 직원 각자가 업무를 명확히 이해하고 있는지를 확인하며 필요한 경우에는 교육 또는 훈련을 받게 하도록 하여야 한다.

② 직원별로 이수한 교육 훈련(연수, 직무교육, 보수교육을 포함한다.) 실무경력 및 업무담당내용을 작성하여 보관한다.

③ 매 시험마다 해당시험에 대하여 충분한 전문지식과 경험을 가진 자로서 해당 시험에 직접 참여하지 않은자 중에서 시험개시 전에 신뢰성 보증업무 담당자를 1인 이상 지정한다.

- ④ 시험자료보관시설의 관리를 위하여 시험자료보관책임자를 지정한다.
- ⑤ 표준작업지침을 기록한 문서를 작성하여 보관한다.
- ⑥ 실시되는 시험마다 적절하고 충분한 직원을 배치한다.
- ⑦ 시험시설에서 실시되는 모든 시험에 대하여 시험계, 시험의 종류, 시험개시일자, 시험의 진도상황, 시험의뢰자의 명칭, 시험책임자의 성명 및 최종보고서작성 등이 포함된 주계획표를 작성한다.
- ⑧ 시험종사원, 시설, 설비, 기기, 시험방법등이 주계획표 및 시험계획서를 준수하고 있는가를 확인한다.
- ⑨ 시험종사원의 건강 및 안전위생상의 예방책을 수립하여 시행한다.

3) 시험책임자의 임무

- ① 시험계획서에 정해진 절차가 준수되도록 하며, 이를 변경하는 경우에는 감독자의 승인을 받도록 하고 변경사유와 함께 이를 문서화하도록 한다.
- ② 얻어진 시험데이터는 빠짐없이 문서화하여 기록한다.
- ③ 시험이 종료된 후에는 시험계획서, 최종보고서, 시료 또는 표본, 시험기초자료 및 기타 필요한 기록이나 시험자료를 시험자료보관시설에 이관되도록 한다.
- ④ 시험자에게 시험에 따른작업이나 시료를 취급함에 있어서 안전 위생등에 유의하여야 할 사항이 있는 경우에는 이를 숙지시켜야 한다.

4) 실험자의 임무

- ① 시험계획서에 정해진 절차에 따라 시험하며, 이를 변경하는 경우에는 감독자와 책임자의 승인을 받도록 하고 변경사유와 함께 문서화하여야 한다.
- ② 얻어진 시험 데이터는 빠짐없이 문서화하여 기록한다.
- ③ 시험에 적합한 의복을 갖추어야 하며 방사성물질등 위험 물질을 취급함에 있어서는 적절한 주의를 기울이는 등 안전이 유지되도록 작업을 수행하여야 한다.
- ④ 시험중에 얻어진 자료의 기록이나 변경은 다음 각호에 의한다.
 - (가) 자료는 컴퓨터에 직접 입력되는 경우를 제외하고는 읽기 쉽고 용이하게 지울 수 없는 방법으로 기록한다.
 - (나) 자료의 기입자는 기입날짜를 기재하고 서명 또는 날인한다. 다만 컴퓨터에 직 접 자료를 입력할 경우에는 자료의 입력날짜 및 입력책임자를 기록한다.
 - (다) 자료의 기재사항 변경은 최초의 기재사항을 알아볼 수 있도록 하고 변경사

유, 변경날짜 및 변경자를 기재하고 서명 또는 날인한다. 다만 컴퓨터에 기록된 사항의 변경은 최초의 기록사항을 알아볼 수 있도록 하고 변경사유, 변경날짜 및 입력책임자를 기록할 것

⑤ 실험자는 시험중에 일어난 이상 또는 예측치 못한 현상을 신속하게 시험책임자에게 보고하고 그 내용을 구체적으로 기록 보존하여야 한다.

2. 실험실 요원의 자격

유전자분석실에서 일하는 실험 요원의 교육, 훈련, 경험과 자격 기준에 대한 최소한의 요구사항은 다음과 같다. 감독자나 실험책임자, 실험자들은 시료나 결과, 데이터 등을 비판적으로 해석하고 평가할 수 있는 능력을 보여야 한다.

가. 자격기준

누구든 직무를 맡기전에 미리 다음과 같은 기준에 충족되었는가를 문서화하고, 공식적인 자격 심사를 거쳐 직무에 임하게 한다.

(1) 강좌나 필답 또는 구두 시험으로 유전자분석 관련의 기본적 원리, 기술, 분헌 등에 대한 지식의 입증

(2) 성공적인 실험의 수행이나 임직 시범에 의하여 유전자분석 실험에 대한 실질적인 실험 능력의 입증

(3) 숙련도 시험(해석 능력을 평가하도록 계획된 것등의 우수한 결과를 얻음)을 성공적으로 마침으로써 감독자, 실험 책임자 및 실험자들의 능력 입증

나. 자격의 유지

관계자의 업무 수행과 숙련도 시험, 계속 교육을 주기적으로 검토하기 위한 과정을 둔다.

다. 감독자 및 실험 책임자

감독자반으로 다음의 기준들이 충족되지 못하면 감독자의 자격과 합하여 모든 기준을 충족시킬 수 있도록 실험책임자나 고문을 고용하여야 한다.

(1) 학력 : 최소한 생물학, 화학 또는 법과학 분야에서 학사학위를 취득하고 유전

학, 생화학, 분자생물학(분자유전학 또는 DNA 재조합 기술) 혹은 법과학적 유전자분석에 기초를 제공하는 과목에서 학점을 이수해야 한다.

(2) 훈련 - 최소한 다음을 충족해야 한다.

① 법생물학의 기초에 관한 훈련

② 법과학적 유전자분석에 사용되는 방법, 과정, 기기, 재료와 이들의 응용 및 한계 등을 포함하는 프로그램에서 다른 실험실이나 기관의 요원들과 함께 수련하는 유전자 분석의 공식적 훈련

(3) 경험 - 최소한 다음을 충족한다.

① 법생물학분야에서 2년 이상의 경험

② DNA 기술을 이용하여 독립적으로 증거물을 분석하기에 앞서 실험자는 통상적인 범죄사건에서 볼 수 있는 다양한 시료들을 취급한 경험이 있거나, 법과학적 유전자 분석실에서 충분한 경험을 쌓아야 한다.

(4) 교육 - 유전자분석 분야의 최근 연구보고를 읽음으로써 현대적인 지식을 갖추어야 한다. 세미나, 교육과정 혹은 전문학회에 참여하는 것은 매우 중요하므로 검사소 관리층은 감독자가 위의 사항을 수행할 수 있도록 배려하여야 한다.

라. 실험자

(1) 학력 - 학력과정은 2,3),(1)항에 따른다.

(2) 훈련 - 훈련과정은 2,3),(2)항에 따른다.

(3) 경험 - 최소한 다음을 충족해야 한다.

법생물학 분야에서 1년 이상의 경험과 2,3),(3),(2)항의 요구조건을 갖추어야 한다.

(4) 교육 - 2,3),(4)항에 따른다.

마. 기능사

(1) 유전자분석과 관련된 분석 실험을 수행하는 기능사는 최소한 학사(또는 이와 동등한)학위를 가져야 하며 자격이 있는 실험자로부터 직무교육을 받아야 한다. 기능사는 유전자형 분석의 결과를 해석하거나 최종 보고서를 작성하거나 법정에서 증언하지 않는다.

(2) 분석 실험을 수행하지 않는 기능사는 직무 수행에 적합한 경험과 교육이 있어야 한다.

3. 문서화

유전자 분석실은 유전자 분석과정의 모든 관련 문서 및 분석과정과 결과 해석에 관한 실험 노트를 구비하여 추적 감사가 가능하도록 하여야 한다. 이러한 문서는 소급하여 기술적인 면을 조사할때나 자료를 재평가할때 그리고 검사 과정을 재구성할때 필요하다. 기록은 다음사항들을 포함하여야 한다.

1) 유전자형 분석 방법과 과정

이 문서는 유전자분석을 위해 현재 사용되는 실험방법인 표준작업 지침을 상세하게 기술하여야 한다. 또 필요한 표준 물질들과 대조군을 명시하여야 하고 진행 일자와 사용된 방법등에 대한 시험계획서가 포함되어야 한다. 수정된 것도 명백히 기술되어야 하고 그것이 위임된 바도 기재되어야 한다.

2) 인구집단 데이터베이스 - 집체의 번호, 출처, 인증적 분류 포함

3) 중요한 시약 (유효기간이 있는 키트나 구입된 시약, 재료 등)에 대한 품질관리(랏(lot)번호, 배치(batch)번호, 제조회사의 명세 및 내부 평가등).

4) 사례집 - 공식적인 보고에서 사용된 결과와 결론의 근거를 제공

5) 결과분석과 보고

6) 증거물 취급 요령

7) 기기 점검 및 유지 기록

8) 숙련도 시험

9) 요원 훈련과 자격 기록

10) 실험법 평가 기록

11) 신뢰성 보증과 감사에 대한 기록

12) 신뢰성 보증업무에 관한 교본

13) 기기 목록

14) 안전도 지침 교본

15) 실험자료의 안전성에 관한 문서

16) 연구논문집

17) 자격 및 공인 획득

4. 분석과정의 타당성 검증

가. 유전자분석 과정의 개발과 타당성 검증을 위한 일반적인 고찰

(1) 타당성 검증이란 과학계에서 필요한 결과를 신뢰성있게 얻게 하는 실험 방법의 능력을 평가하고, 그러한 결과를 얻을 수 있는 조건을 결정하며, 또 주어진 방법의 한계를 알기 위하여 필요한 정보를 얻는 과정을 말한다. 타당성의 검증 과정은 주의하여 관리하고 관찰하여야 하는 실험 방법의 핵심적인 요소를 선별해 낸다.

(2) 타당성 검증에 관한 연구는 유전자분석실에서 분석 방법을 채택하기 전에 과학계나 유전자분석실에서 수행되어야 한다.

(3) 일단 RFLP방법의 타당성 검증이 되었다면 새로 추가되는 새로운 유전자 좌위에 대해서는 제한된 범위(이를테면 인구집단 연구, 인류DNA의 대조군 값 결정등)에서 적절한 연구가 선행되어야 한다. PCR을 이용하는 경우에도 새로운 유전자 좌위를 첨가할 때(타당성이 검증된 STR방법에 새로운 STR좌위를 더할때)는 비슷한 기준을 적용해야 한다.

(4) 법과학적분야 유전자분석에 사용되는 DNA primer, probe 혹은 인조핵산 등은 과학계에 언제든지 배포될 수 있어야 한다.

(5) 타당성 검증의 과정은 다음의 연구들을 포함하여야 한다.

① 표준 시료 - 유전자분석 과정은 잘 관리된 상태에서 얻어지고 보관된 신선한 생체시료를 사용하여 평가되어야 한다. 같은 사람의 여러 조직으로부터 추출한 DNA는 같은 형을 나타내야 한다.

② 일관성 - 유전자형이 알려져 있는 사람으로부터 얻은 시료를 사용하여 실험실 내와 실험실 간의 재현성을 측정하여야 한다.

③ 인구집단 연구 - 여러 인종간의 집단 분포 자료를 마련하여야 한다.

④ 재현성 - 유전자형이 알려져 있는 공여자의 체액을 건조하여 준비하고, 이것이 정확하고 해석될 수 있으며 재현성이 있는 유전자형을 제공하며 액체상태 시료의 프로필 혹은 형과 일치하는지 확인한다.

⑤ 혼합 시료분석 - 혼합된 시료의 구성 성분을 분별할 수 있는지와 시스템의 한계를 설정한다.

⑥ 환경 영향 연구 - 이미 분석된 시료를 여러가지 환경상태에 방치한 다음 평가한

다. 시료는 주로 이러한 방법으로 분석되는 대표적인 것이어야 하며, 기질, 노출, 시간 그리고 풍상(온도, 습도, 자외선등)등이 시료에 미치는 영향을 고려한 것으로 실제 현장의 증거물과 가능한 한 비슷해야 한다.

㉗ 기질 연구 - 흔히 볼수 있는 다양한 물질(염료, 흙)들과 섞인 생체시료를 검사해보고 주변에 많은 기질(가죽, 청바지)등에 침착된 시료등을 분석한다.

㉘ 반증 검체 - 혐의자가 범인이 아닌 경우의 시료를 검사해 본다. 알고 있는 혈액에서 얻어진 프로필과 범죠헌장에서 얻어진 혈흔의 프로필을 비교하여 본다.

㉙ 종속간 연구 - 인체 DNA를 위해 고안된 유전자형 분석방법이 사람 이외의 다른 생물의 DNA에서도 같은 프로필을 만들어 내는지 조사 한다.

㊱ 최소한의 시료 - 필요하면 신뢰성있는 타이핑 결과를 낼수 있는 최소한의 DNA량을 결정한다.

㊲ 현장 평가 - 현장에서의 평가를 위해 검체분석을 수행하고 있는 실험실에서 새로운 평가 방법을 준비한다.

㊳ 실험 연구 결과는 과학 또는 전문학회에 발표하여 가능한한 빨리 과학계와 공유하여야 한다. 또한 과학 잡지에 게재함으로써 연구결과와 세세한 부분까지 학계의 검토를 받는 것은 매우 중요하다.

나. 고변이 유전자 좌위의 특성

유전자형분석 시스템의 개발과 더불어 고변이 유전자 좌위의 특성들이 결정되고 문서화되어야 한다.

(1) 유전 - 법과학 실험에서 사용될 고변이 유전자 좌위는 유전의 방식을 보여주는 가계 연구를 통해 타당성이 검증되어야 한다. 친생자 검사에 사용 되는 좌위는 돌연변이나 재조합의 빈도가 낮아야 한다.

(2) 유전자 지도 - 법과학 실험에 사용되는 고변이 유전자 좌위(단좌위 probe)의 염색체에서의 위치는 예일 대학 유전자서고(Yale Gene Library) 또는 국제 인류 유전자지도 작업위원회(International Human Gene Mapping Workshop)에 제출되어 기록되어야 한다.

(3) 검출 - 고변이 유전자 좌위의 검출에 대한 분자생물학적 기초는 관련 학술지에 게재되어야 한다.

㉔ RFLP의 경우에는 제한효소와 probe가 포함된다.

② PCR의 경우에는 primer 그리고 경우에 따라서는 probe도 포함된다.

(4) 다형성 - 검출된 다형성의 형은 알려져야 한다.

다. RFLP방법의 개발에 따른 타당성검증

(1) 제한효소 처리 - 제한효소에 따라 완전한 처리를 보장할 수 있는 조건과 대조군이 필요하다.

(2) 분리 - DNA 절편들이 재현성있게 분리될 수 있도록 여러 요소들이 규정되어야 한다.

(3) 전이 - DNA 절편들이 재현성있게 전이될 수 있도록 여러 요소들이 규정되어야 한다.

(4) 검출 - 필요한 특이성을 줄수 있는 hybridization과 세척 강도 등의 조건이 결정 되어야 한다.

(5) 크기 측정 - 크기 측정의 과정에는 정밀성이 확립되어야 한다.

라. PCR방법의 개발에 따른 타당성검증

1) 증폭

① PCR primer 염기순서가 알려져야 한다.

② 증폭된 DNA를 이미 PCR된 DNA에 의한 오염으로부터 보호하기 위한 조건과 방안이 결정되어야 한다.

③ 필요한 특이성을 확보하기 위하여 열 순환의 변수와 같은 반응 조건과 중요한 시약(primer, 증합효소, 염분)의 농도가 결정되어야 한다.

④ 신뢰성있는 결과를 얻기 위한 순환 횟수가 결정되어야 한다.

⑤ 차별적 증폭의 가능성을 평가하고 유의하여야 한다.

⑥ 한 시료에서 둘 이상의 고변이 유전자 좌위가 증폭될때는 그러한 방식이 각각의 좌위나 대립형의 증폭에 어떤 영향을 미치는지 조사되고 기록되어야 한다.

2) PCR산물의 확인

타당성 검증의 과정은 다음과 같은 시험에서 일련의 양성 및 음성 대조군을 동정하여야 한다.

① Hybridization이 없는 경우

(가) PCR산물이 바로 측정될 때는 대립형들을 판단하기 위한 적절한 표준 대립형이 있어야 한다.

(나) PCR산물이 직접 염기서열 결정에 의해 판단될 때는 염기서열의 판독에 필요한 적절한 표준 대립형이 있어야 한다.

② Hybridization이 있는 경우

(가) 필요한 특이성을 보이기 위한 hybridization과 세척 강도 조건이 제공 되어야 한다.

(나) 증폭된 표적 DNA가 직접 막에 부착되는 시험에서는 DNA가 제대로 막에 부착되어진 것을 알기 위한 적절한 방안이 있어야 한다.

(다) Probe가 막에 부착되는 경우에는 시료 DNA가 충분히 증폭되었는지를 확보하는 방법이 설정되어 있어야 한다(가령, 어떤 증폭된 대립형에도 반응하는 probe라든가 증폭된 양을 확인할 수 있는 셀 같은 것).

마. 기존 방법의 내부적 타당성 검증

앞의 4.1)항에 제시된 바와 같은 개발상의 기준을 만족시키는 다른 실험실에서 기지의 유전자분석 방법이나 새로운 유전자 분석 방법을 도입하기에 앞서 유전자 분석실은 그러한 방법들이 실험실에서 신뢰성 있게 재현될 수 있음을 보여야 한다. 내부적 타당성 검증은 다음의 사항들을 포함하여야 한다.

(1) 실험 방법들은 알려진 시료로 시험되어야 한다.

(2) 분석 결과에 구체적인 영향을 주는 변화가 발생되면 변화된 실험방법은 알려진 시료를 이용하여 본래의 방법과 비교되어야 한다.

(3) 정확성(절편 길이의 측정 등)은 정밀성의 기준을 확립하기 위하여 반복적으로 분석되어 결정되어야 한다.

(4) 실험실은 모든 실험과정이 결과에 오류를 가져올 수 있는 오염의 우려가 없다는 것을 보여야 한다.

(5) 실험은 숙련도 시험에 사용되는 시료로 시험되어야 한다. 숙련도 시험은 내부적으로나 외부적으로 혹은 공동으로 실시될 수 있다.

5. 기기, 재료 및 시설

가. 기 기

반드시 적합하고 정상적으로 작동하는 기기만이 사용되어야 한다. 타당성 검증의 과정에서 기기 운용상 중요한 변수라고 판단된 사항에 대해서는 적절히 점검되고 문서화 되어 유전자형 분석이 효과적으로 수행될 수 있도록하여야 한다.

(1) 기기 목록 - 유전자분석을 위해 점검과 눈금보정이 필요한 모든 기기 대해서 제조회사, 모델, 고유번호, 기관의 기기 목록 번호, 구입 날짜가 포함된 목록을 작성한다.

(2) 사용 안내서 - 제조자에 의한 작동 안내서가 항상 비치되어 있어야 한다.

(3) 눈금보정과 유지 방법 및 관리기록 - 기기의 눈금보정과 유지방법 및 일시가 기기화되어 있어야 한다. 유전자형 분석에 필수적인 기기에 대해서는 눈금보정과 유지 관리기록이 영구적으로 비치되어야 한다.

(4) 전용기기 - 전용 기기는 별도로 표시하여 쉽게 알아볼 수 있어야 한다.

나. 시약과 재료

시약과 재료는 적절한 품질의 것으로 시험 실행에 적합한 것이라야 한다.

(1) 제3.3)항에 나타나 있는 바와 같이 유효기간이 있는 모든 시약과 재료(증폭 키트, probe, 효소등)에 대한 기록이 보존되어야 한다.

(2) 제법 - 시약, 표준품 및 대조군 시료의 조제에 대한 구체적인 기록이 있어야 한다.

(3) 표기사항 - 시약 및 재료는 이름, 농도, 제조일, 제조자를 표기하여야 하고 필요하면 저장조건, 유효기간 등을 첨가한다.

(4) 모든 시약과 재료에 대해서 제조자, 카탈로그 번호, 랫 번호, 구입일자 및 저장 장소등을 기록한 현재의 재고목록이 있어야 한다.

(5) 전용 재료와 시약 - 전용재료와 시약은 별도로 표시하여 쉽게 알아 볼 수 있어야 한다.

(6) 유리 및 플라스틱 물품의 준비 - 적절한 세척, 준비 및 멸균 방법이 마련되어 있어야 한다.

다. PCR분석을 위한 실험 시설

PCR을 수행하는 실험실은 구성과 시료의 특별한 관리가 필요하다.

(1) 검토 채취실 - 검토, 촬영 그리고 검경 지역은 추출이나 증폭을 수행하는 지역과 공간적으로나 시간적으로나 독립되어 있어야 한다.

(2) 추출 분리실 - 시료 DNA의 추출, 농축과 효소처리를 실시하는 곳이다. 이곳은 PCR실이나 전기영동실과 독립되어 있어야 한다. 미량의 DNA를 함유하는 시료(머리카락, 오래된 뼈)을 처리하는 실험실은 또한 다른 DNA추출 분리실과 독립되어 있어야 한다.

(3) PCR실 - 이곳은 반응 시약이 청결하게 준비될 수 있도록 DNA추출 분리실 및 전기 영동실과 독립되어 있어야 한다.

(4) 전기영동실 - 이곳은 증폭된 DNA가 다른 시료들을 오염시키지 않도록 독립되어 있어야 하는 지역으로 온도순환기가 있는 증폭 지역과 유전자형분석을 위한 대부분의 작업(전기영동, hybridization, 세척)이 진행되는 곳을 포함한다. 증폭된 DNA는 이곳에서 저장되고 폐기되어야 하며, 여기서 사용되는 모든 기구와 시약은 전용이어야 하고 유전자 추출이나 PCR에 사용되어서는 아니된다.

(5) 규정 - 실험실의 기기나 시설을, DNA나 PCR한 DNA에 대해 세척하고 탈염하는 과정이 문서화되어 있어야 한다.

6. 증거시료 취급 방법

모든 증거 시료는 도난이나 파손의 우려가 없고 상태가 잘 보존되며 혼동되지 않도록 채취, 수집, 운송 및 저장되어야 한다.

1) 시료의 표시 - 시료의 표시는 고유한 표기를 하여 확실히 구별할 수 있게 한다.

2) 보관 체계 - 검체가 처음 수용되면서 부터 실험실에서 방출될 때까지 명백하고 문서화된 보관 체계가 유지되어야 한다.

3) 시료의 취급과 보관 - 각 기관은 검체의 손실, 변성, 오염을 방지할 수 있도록 증거시료(추출된 DNA나 막 포함)를 취급, 처리, 보존하는 방법을 문서화하여야 한다. 검체의 처리는 법과 기관의 방침에 부합되어야 하며, PCR시료의 취급은 5.3)항에 따른다.

7. 분석과정

가. 시료의 평가와 준비

(1) 생체 시료로서의 일반적인 특성은 유전자분석 이전에 파악되어야 한다. 증거 시료는 유전자분석에 대한 적합성의 면에서 평가되어야 한다.

(2) 정액의 경우에는 분별추출 방법이 사용되어야 하며, 필요하면 각각의 DNA의 유전자형이 분석되어야 한다.

(3) 증거시료는 시료의 소모를 최소화하면서 최대의 정보를 얻을 수 있도록 수행되어야 한다. 가능하면 언제든지 실험실의 방침에 의거하여 증거시료를 남겨 놓거나 남은 시료를 의뢰기관에 반송해야 한다.

나. DNA 분리

(1) DNA 분리 과정은 시료가 오염되지 않도록 하여야 한다.

(2) DNA분리 과정의 효율은 정기적으로 적절한 표준 DNA를 사용하여 평가되어야 한다.

다. DNA 회수를 추정하기 위한 조치

필요하면 시료로부터 회수된 DNA의 양과 질(DNA의 변질 정도)을 추정하기 위한 방안이 있어야 한다. DNA회수 효율을 추정하기 위해서 다음중 한 방법이 사용될 수 있다.

(1) 산출량 젤 - 산출량 젤은 추출된 양을 측정하기 위한 것이며 일련의 분자량이 큰 표준 DNA를 포함해야 한다.

(2) UV 흡광도 - 흡광도나 파장에 대한 표준 혹은 고분자량 DNA에 대한 표준이 사용될 수 있다.

(3) 형광 - 알려진 농도의 고분자 DNA와 비교함으로써 추출된 DNA의 대략적인 양을 알아내는 방법이다.

(4) Hybridization - 인간이나 유인원 DNA에 특이한 probe를 이용하는 것이며 일련의 표준 인류DNA(K562 DNA등)가 필요하다.

라. RFLP 방법의 분석과정

(1) 제한효소

① 사용하기 전에 각 랫(lot)의 제한효소는 적절한 바이러스, 인류 혹은 기타의 DNA로 표준 효소처리 조건에서 예상되는 DNA절편이 형성하는 가를 확인되어야 한다. 또한 미량의 핵산소화효소(nuclease)의 활성이 나타날 수 있는 조건에서 시험하여 다른 핵산소화효소에 의해 오염되었는지 여부를 확인해야 한다.

② 제한효소 처리의 증명 - 다음의 사항이 포함된 시험 세포 추출된 DNA가 제한효소로 절단되었음을 보여야 한다.

(가) 분자량 표준마커 - 단편화된 DNA의 대략적 크기 분포를 알려준다.

(나) 표준 DNA대조군 - K562 DNA에 대한 제한효소의 효율성을 알려준다.

(2) 분석 질 - 제한절편의 측정에 사용되는 분석 겔은 다음 사항을 충족시켜야 한다.

① 시각적 표준마커 - 전기영동의 끝점을 알리는 것으로 가시적이거나 형광의 물질

② 분자량 표준마커 - RFLP크기 범위를 포함하고 미지의 제한절편 크기를 결정하기 위한 표준마커로 증거 시료의 양쪽에 놓아야 한다.

③ 표준 DNA대조군 - 각 probe에 의해 생겨나는 절편의 유형이 알려져 있는 K562 DNA를 사용하며, 아래의 각 기능에 대하여 시스템 감시역할을 한다.

(가) 전기영동의 질과 해상력

(나) 크기 측정

(다) Probe확인

(라) Hybridization의 효율성

(마) Probe제거로 인한 시료 손실

(바) DNA절편의 이동성의 변이를 해석할 수 있는 방안이 있어야 한다.

(3) Southern hybridization - 막으로의 전이, hybridization 및 세척의 효율은 표준 DNA대조군과 분자량 표준마커로 확인 한다.

(4) Autoradiography - 유형의 강도는 여러 장의 X-ray필름을 사용함으로써 알수 있고, 유형분석의 적절한 강도를 얻기 위해서는 여러 단계의 노출을 시도할 수 있다.

(5) 유형과 데이터 처리 - 유형과 데이터의 처리 기능은 K562 DNA대조군의 대립형 값을 표준으로 한다.

마. PCR방법의 분석과정

(1) 내부 대조군과 표준

실험실의 정도관리 지침은 다음의 사항을 포함하는 일반적인 조작에서의 변수들을 평가하기 위한 구체적인 과정을 기술하여야 한다.

① 각 조의 시료마다 대조군(blank control)이 포함되어야 한다.

(가) 시약 대조군

(나) 증폭 대조군

② 유전자형이 알려져 있는 표준 DNA가 증폭 단계에서 양성 대조군으로 포함되어야 하며 차후의 모든 과정을 거친다.

③ 필요하면 증거 시료로부터 대조군을 얻을 수도 있으며, 대조군은 증거 시료와 마찬가지로 처리된다.

④ 증폭된 DNA의 다형성을 분석하기 위해서는 대립 유전자의 크기 범위를 포함하는 표준마커가 있어야 한다. 증거시료의 양쪽에는 표준마커들이 놓여야 한다.

8. 증거물 분석의 기록, 해석, 보고서 작성 및 검토

실험실은 기록, 데이터 분석, 보고 및 검토 과정에 관하여 신뢰성을 보장하고 완벽을 기하기 위해 적절한 검사와 대조가 이루어지도록 해야한다.

가. 증거시료 분석의 문서화

담당 실험자가 없는 가운데서도 감독자나 실험책임자 혹은 자격있는 다른 분석자가 기록을 열람할 때 어떤 실험이 수행되었고 어떻게 해석되었는가를 알수 있도록 만들어져야 한다. 기록은 분석과정에서 얻어진 데이터를 포함하되 이에 한정되는 것은 아니다. 기록은 증거시료의 보존에 관한 측면에 유의하면서 인수시의 포장 상태라든가 증거물 시료 자체의 상태에 대한 정보도 포함하여야 한다. 모든 실험 과정, 표준품, 대조군, 관찰, 실험결과, 표, 도표, 사진, 자가방사사진, 의견 교환등, 분석자의 결론 도출에 영향을 준 모든 사항은 성문화 되어 보존되어야 한다. 실험결과는 사진, 자가방사사진 혹은 다른 적절한 방법으로 보존되어야 한다.

나. 결과의 해석

1) 대조군의 평가

- ① 대조군의 양성 혹은 음성결과에 대한 해석이나 시행사항에 의해 판정한다.
- ② 분석 방법에 따라서는 K562 DNA 대조군을 통계학적으로 점검하여 판정한다.

2) 시료의 평가

- ① 시료가 같은 종류라든가, 다른 종류라고 결론짓는 다든가 혹은 분석결과에 대해 결론을 지을 수 없거나, 해석 불가능 하다고 결론짓기 위한 기초
- ② RFLP 분석의 경우, 제한효소 띠들의 시각적인 일치는 허용오차에 탕을 둔 정량적인 분석에 의거하여 확인되어야 한다.
- ③ 통계학적인 평가 - 유전자형의 발현 빈도는 믿을 수 있는 집단 데이터로 부터 과학적으로 인정받는 방법에 의하여 계산되어야 한다.

다. 보고서 작성

보고서는 다음의 사항들을 포함한다.

- (1) 사건의 이름
- (2) 실험자의 성명
- (3) 보고서 작성일
- (4) Probe나 염기서열등에 의한 교편이 유전자 좌위 이름(국제유전자 지도학회 명명 소위원회의 명명법에 따름)
- (5) 제한효소, primer쌍 또는 기타의 방법 설명
- (6) 결과
- (7) 결론
- (8) 통계학적인 평가
- (9) 보고서 작성자의 날인

라. 검 토

데이터, 기록 및 보고서는 별도의 자격있는 사람에 의해 검토되어야 한다. 보고서를 제출하기 전에 두 사람 이상이 데이터의 해석과 그로부터 도출된 결론에 동의하여야 한다.

9. 숙련도 시험

숙련도 시험은 유전자분석실의 질적인 평가를 위한 것으로 중요한 자가 진단의 수단이 된다. Open proficiency test나 blind proficiency test를 위한 시료로서는 적절한 생체시료인 표본을 가지고 분석하여 결과를 보고함으로써 이루어진다. 제공된 모든 시료는 시험 당시에 규정되어 있는 실험실의 유전자분석 과정에 따라 분석되고 해석되어야 한다.

숙련도 시험에 참여하는 것은 법과학적 유전자분석을 수행하는 모든 실험실에 대한 기본적인 요구사항이며, 성공적인 신뢰성 보증 프로그램의 중요한 요소다. 유전자분석을 실시하는 실험실은 자체의 숙련도 시험 계획을 수립하거나 혹은 다른 연구소들과 협력하여 프로그램을 만들어도 좋다.

유전자분석실은 외부 연구기관이나 또는 다른 믿을만한 기관에 의해서 실시되는 법과학적 유전자분석을 의해 마련된 숙련도시험에 반드시 참여해야 한다.

가. Open proficiency test

본 시험의 숙련도 시험 표본으로서 실험실이나 실험자에게 제공되며 분석방법의 신뢰성과 실험자의 해석 능력을 보여준다. 본 시험에 참여하는 것은 유전자분석실의 일차적인 질적 평가 수단이며, 증거시료를 다루는 유전자분석실의 기본적인 요구 조건이다.

1) 요 원

본 시험은 실험실의 실험자와 유전자분석에 적극적으로 참여하는 기능사들에게 적용된다.

2) 기

본 시험은 유전자분석실의 모든 실험자 또는 기능사들이 해마다 적어도 두 차례 시험될 수 있도록 한다.

3) 표 본

각 시험은 건조된 혈액이나 다른 생체시료를 단독으로 혹은 혼합물로서 제공할 수 있다. 각 시료는 분석하여 결론을 얻을 수 있도록 충분한 양이어야 한다. 유전자형을 파악하기 위하여 전기영동을 실시하는 유전자분석 과정의 경우에는 숙련도 시험의 표

본 수는 하나의 분석젤에서 모두 분석될 수 있는 수라야 한다.

유전자형을 파악하기 위하여 PCR에 의한 DNA 증폭과 비전기영동적인 방법을 사용하는 유전자분석 과정의 경우에는 하나의 분석젤에 해당하는 수 만큼으로 한다. PCR에 기초를 둔 숙련도 시험을 위한 시료에는 7,5), (1), ③항에 설명된 바와 같은 음성 대조군을 포함시켜야 한다.

4) 시료준비, 저장 및 분배

① 모든 표본 및 숙련도 시험표본은 변질되지 않은 시료 그리고 동일성을 유지시킬 수 있는 방법과 재료로 균등하게 마련되어야 한다.

② 모든 표본은 면직물, 면봉 혹은 기타 적절한 기질 위에 마련된다.

③ 모든 표본과 시험 세트는 고유한 이름으로 표기되어야 하며 다른 사람에 의해 정확하게 식별될 수 있어야 한다.

④ 본 시험을 위해 준비된 각 표본은 만일 문제가 생겼을 경우 제3자에 의하여 분석될 수 있도록 각 표본의 일부는 준비했던 연구소에 보존되어 있어야 한다.

⑤ 실험실 관리자에 의하여 지정된 요원이 시험표본을 확인하여 인수하고 해당 유전자분석실 요원에게 전달하여야 한다.

나. Blind proficiency test

본 시험은 이상적으로는 제3의 기관에 의해 제공되어서 실험자에게 일상적인 시료로 보여야 한다. 본 시험은 시료의 처리, 실험 그리고 보고에 이르기까지의 전 과정을 평가하는데 쓰인다. 유전자분석실이 본 시험에 참여하는 것은 매우 바람직하며 이러한 프로그램이 시행되도록 모든 노력을 경주하여야 한다.

1) 요 원

본 시험은 실험실에서 유전자분석을 수행하도록 위촉된 실험자에게 적용된다.

2) 기 간

본 시험에 의해 유전자형의 분석과 해석을 하는 실험실은 해마다 적어도 한차례 시험될 수 있도록 한다.

3) 표 본

본 시험의 표본은 9,1), (3)항에 따른다.

4) 시료준비, 저장 및 분배

- ① 모든 표본 및 숙련도 시험표본은 변질되지 않은 시료 그리고 동일성을 유지시킬 수 있는 방법과 재료로 균등하게 마련되어야 한다.
- ② 모든 표본은 실제 증거시료의 특성을 현실감 있게 묘사하여 준비하여야 한다.
- ③ 모든 표본과 시험 셋트는 다른 사람에 의해 용이하게 식별될 수 있도록 표기 되어야 한다.
- ④ 숙련도 시험을 위해 준비된 각 표본은 만일 분제가 생겼을 경우 제3자에 의하여 분석될 수 있도록 각 표본의 일부는 준비했던 연구소에 보존 되어 있어야 한다.
- ⑤ 일단 준비되면 모든 시료는 개별적으로 포장되고 이는 피분석기관에 제공될 때까지 변질없이 보존되도록 저장되어야 한다.
- ⑥ 신뢰성 보증업무 담당자나 분석실에 임명된 사람은 서류를 구비하고 관계 기관과 협조를 도모하여 본 시험이 순조롭게 시행될 수 있게끔 만반의 조치를 취한다.
- ⑦ 특별히 기관의 장이나 신뢰성 보증업무 담당자에 의하여 위임된 바가 없으면 피 시험 기관의 어떤 사람도 본 시험의 보고가 완료될 때까지는 시험이 진행중인 것을 알지 못하여야 한다.

다. 숙련도 시험의 기록

1) Open proficiency test

최소한도 다음과 같은 숙련도 검사의 성적과 정보가 취합되어 신뢰성 보증업무 담당자나 평가하도록 위촉된 사람에게 제출되어야 한다.

- ① 시험 표본 식별자 성명
- ② 실험자의 성명
- ③ 분석일, 완료일
- ④ 모든 성적과 기록의 사본
- ⑤ 사항에 따라 추출량, 효소처리 후 검사, 분석 젤이나 dot hybridization의 사진
- ⑥ Primer나 probe의 랫 번호와 사용된 염기서열
- ⑦ 구배된 재료와 키트의 랫 번호
- ⑧ 사항에 따라서는 자기방사기록 필름이나 사본
- ⑨ 사항에 따라서는 컴퓨터 이미지의 측정 데이터
- ⑩ 시료의 가능성 추정

11. 결과 및 결론

2) Blind proficiency test

유전자분석실의 결과 보고는 일상적인 경로를 통해 시료의 의뢰자에게 발송되나 이 결과는 곧바로 신뢰성 보증업무 담당자나 위촉된 사람에게 바로 전해질 수 있도록 수배되어야 한다.

제출된 DNA보고서를 접수하는 대로 신뢰성 보증업무 담당자나 위촉된 사람은 피시험기관에서 9.3),(1)에 지정된 바와 같은 요건에 맞추어 서류와 데이터를 제출하였는지 확인한다. 추가로 시료의 수납, 저장, 처리 및 운송체제에 대한 서류를 요구할 수도 있다.

본 시험에 사용된 시료는 피검사기관에서 반납받고 적절하게 기록되고 처리되었는지 조사할 수도 있다. 피검사기관이 시료의 일부나 검사 후 잔량을 보유하고 있으면 기록과 저장이 제대로 수행되었는지 확인해야 한다.

라. 검토와 숙련도 시험 결과의 보고

신뢰성 보증업무 담당자나 위촉된 사람은 모든 시험 재료를 검토하고 실험을 준비한 쪽이 마련한 정보와 결과를 비교하여야 한다. 신뢰성 보증업무담당자는 모든 숙련도 시험에 대해서 실험자와 실험실의 지침에 의하여 정해진 관련자에게 서면 검토 의견을 보내주어야 한다. 이 회보는 적절한 시간 안에 실시되어야 한다. 숙련도 시험결과에 포함된 모든 실험 노트와 기록 및 기타의 데이터는 준영구 보관된다.

마. 교정조치

숙련도 시험의 결과로 발견되는 오류에 대해서는 교정 조치에 관한 방침, 진행 과정, 기준등을 명백히 규정되어 있어야 하며, 실험실의 규정에 의하여 적절한 관리자의 재가를 받아 실시한다.

1) 권한과 책임

오류 사항을 인지하고 교정 조치를 분석화하는 것은 신뢰성 보증업무 담당자나 위촉된 사람의 책임이다.

위촉된 신뢰성 보증업무 담당자와 피검사 유전자분석실에 의견의 일치를 보지 못할 때는 실험기관의 장에게 보고된다.

2) 행정적 오류

숙련도 시험에서 행정적인 실수(기술 착오, 시료의 혼동, 부적절한 저장, 부정확한 기록 등)로 인한 유의성있는 오류는 문서화하고 법적 절차를 거쳐 교정된다.

3) 구조적인 오류

숙련도시험에서 구조적인 오류(기기, 재료, 환경)로 인한 유의성 있는 오류가 있을때는 해당 기관에서 가장 최근에 성공적으로 숙련도 시험을 마친 때에서부터 실시된 모든 업무에 대하여 검토가 필요할 수 있다. 오류의 원인이 밝혀지고 교정 작업이 수행되었으면 오류의 재발생을 막기 위해 실험자는 어떤 교정 작업이 진행되었는지 알아야 한다.

4) 분석이나 해석의 오류

① Open 또는 blind proficiency test에서 분석적 또는 해석적인 원인으로 유의성있는 오류가 생겼을 때는, 문제의 원인이 밝혀질 때까지 실험결과와 검토에 참여해서는 안된다. 신뢰성 보증업무 담당자나 위촉된 사람은 이전의 견에 대한 검토를 결정한다.

② 시료의 분석이나 해석을 다시 재개하기 전에 오류를 일으킨 사람은 공개 숙련도 시험을 다시 한차례 거쳐 성공적으로 수행하여야 한다.

바. 기록

숙련도 시험의 모든 결과는 유전자분석실에 비치되어야 한다.

10. 감 사

감사는 신뢰성 보증 프로그램의 중요한 부분이다. 감사는 독립적으로 유전자분석실 내 여러가지 작업에 대해 표준적인 작업 행위와 비교한 것으로 평가 내용은 별첨(별표 1)과 같다. 감사는 처벌을 위한 것이 아니고 실험실의 정도관리 방침과 목적에 비추어 작업을 평가하여 관리층에 제공하고자 하는 것이다.

1) 감사는 유전자분석실과 관계가 없는 외부인에 의해 격년마다 시행되어야 한다. 감사원중 적어도 한 사람은 외부 기관에서 위임되는 것이 매우 바람직하다.

2) 감사 기록은 감사일, 감사받은 곳, 조사를 시행한 감사자의 이름, 발견된 문제점들, 문제 해결을 위해 취해진 행동, 다음 감사 계획등을 포함해야 하고 보존되어야 한다.

11. 안 전

1) 방침 - 유전자분석실은 국가의 위생 및 안전 감독기관의 규정에 엄격히 맞추어 운영되어야 한다.

2) 문서화된 교본 - 연구소는 일반적인 안전 수칙과 방사선 안전에 관하여 교본을 준비하여 비치하고 모든 실험자나 영향받을 수 있는 사람들이 참조할 수 있도록 하여야 한다.

3) 물질 안전성 데이터 문서(MSDS) - 실험실내의 모든 화학약품에 대해서 제조자로부터 입수된 MSDS파일이 있어야 한다. 이것은 실험실의 모든 사람이 쉽게 접할 수 있어야 한다.

4) 저장과 폐기 - 모든 화학약품과 물품 그리고 방사성 물질은 제조자가 권장하는 조건에서 사용되고 폐기되어야 하며 규정된 안전수칙을 준수 해야 한다.

治 安 論 叢 (第 14 輯)

1998年 12月 日 印刷

1998年 12月 日 發行

發行人 李 奎 植

編輯人 治安研究所

印刷處 大韓文化社

CONTENTS

Chapter	Page
Introduction	1
Total seizures	2
Source countries	3
Traffickers' nationalities.....	5
Transportation	6
Analysis of large seizures	7
Sea transport: concealment in containers.....	10
Use of small sea-going vessels.....	11
Indoor cannabis cultivation.....	12
The Europe/Morocco connection.....	13
National cannabis statistics for 1997	16

