

새로워져야 할 섬유계측의 방향

우 제 린

Visiting Research Professor, North Carolina State University

1. 섬유계측은 Fiber Measurement인가?

우리 나라와 일본에는 영단어 Textile에 해당하는 마땅한 표현이 없어서, 그 비합리성을 우리가 싫어하건 말건, 섬유에서 시작하는 실, 직물을 비롯한 의류피복까지 포함한 섬유를 원료로 만들어진 모든 것을 섬유라 표현한다. 섬유산업이 Fiber Industry가 아닌 Textile Industry인 것과 같이 섬유계측도 역시 Fiber Measurement라기 보다는 Textile Measurement임을 여기 참석한 여러분들이 인정해주시기를 바라면서 나의 이야기를 시작하려 한다. 고분자 물질인 섬유(Fiber)에 관한 계측도 중요하지만, 고상한 학문과는 거리가 멀어 보이는 실, 직물, 의류, 기저귀, 위생용품, 카펫, 커튼, 타이어코드, 낙하산, 컨베이어벨트 등도 섬유계측의 대상이어야 하기 때문이다. 사실 섬유계측이란 섬유공업계측 또는 섬유공학계측의 약칭이라고 보아야 할 기술 또는 교과목을 뜻하고 있다.

Fiber Measurement에 해당하는 섬유계측에는 재료과학에 속하는 기기분석이 포함되나, 원칙적으로 기기분석과 옛날 그대로의 형태의 화학(정성, 정량) 분석은 내가 생각하는 섬유계측의 영역 밖이다. 그러나 염색 가공에 관련된 계측은 섬유계측의 매우 중요한 항목들이며 대부분이 화학적이기보다는 물리적/기계적 측정원리에 의존함을 여기서 밝혀두고 싶다. 피복공학과 섬유제품 소비과학에 관련된 계측에는 새것을 개발하여 탁월한 능력을 과시할 여지가 풍부하게 숨어있다.

2. 섬유계측의 특수성

섬유계측은 기계계측, 화학계측 또는 재료시험 등등에서는 볼 수 없는 몇 가지 특수성을 갖고 있다. 많은 섬유공학 전공자들의 이에 대한 무관심과 무식은 참으로 실망케 하는 바 크다. 그러면 섬유계측이란 무엇이 그렇게도 다르단 말인가?

(1) 섬유계측은 분포의 계측이다.

우선 방적(즉 실을 만드는) 원료가 되는 원면과 양모를 생각해 보자. 이들 섬유가 실이나 직물이 되려면 엄청나게 많은 수의 섬유가 참여하는데 그들이 생물학적인 개체임으로 제각기 유전자가 결정하는 개성을 가졌고, 발육의 정도와 환경 또한 다르니 차이를 면할 수 없

다. 따라서 실험실 조건아래 인간에 의한 조정이 가능한 물리, 화학 현상의 산물들에 비하여 생물체의 생성물들 상호간의 변화의 폭과 양상은 비교가 안되게 크고 복잡할 수밖에 없다. 한 단체로서 거동하여 나타날 섬유들의 여러 특성들은 그 평균치들만으로는 만족스럽게 표현할 수 없고, 낱낱의 섬유개성의 분포가 매우 중요한 영향력을 갖는다는 사실을 이렇듯 뒷받침된다. 따라서 섬유계측에서는 두 가지의 분산을 생각할 수 있다. 하나는 똑같은 것을 여러 번 반복 측정할 때 얻게되는 재현성의 척도로서의 분산이고, 또 하나는 집합체의 구성섬유들의 각 특성의 분포의 평균치 둘레 2차 모오멘트로서의 분산이다. 예컨대 섬유의 계측에서는 섬유강력의 평균과 더불어 섬유강력의 (두 번째 뜻의) 분산도 동등 이상의 중요성을 가진 당당한 계측항목이다. 이 두 번째 분산은 기계계측, 화학계측이나 재료시험에서는 거의 보기 드물고, 첫 번째 뜻의 분산이(또는 그로부터 계산이 가능한 확률오차) 측정의 반복성의 도구로서 쓰여질 뿐이다. 물론 기계공학에서 계측공간에서의 통계치에 대응하는 불규칙 현상이 측정치가 시계열일 때의 통계치를 다루지 않는 것은 아니지만 이는 특수한 경우에 해당한다.

(2) 섬유제품 속의 개개의 구성 섬유들은 제품 속에 살아 있다.

기계 속의 기계요소들의 거동은 한정연쇄인 한 기구속에서의 틀에 박힌 상대운동이며 요소들의 재료로서의 형태, 특성 및 변형거동은(집합체가 아니라는 것만으로도) 예측이 어려울 정도로는 변동하는 것이 아니다. 한편 화학반응으로 새 화합물이 생기면 그 구성요소들은 그 속으로 자취를 감추거나 분간할 수 없는 균일한 혼합물이 될 뿐이다. 그러나 섬유제품 속의 섬유들은 한 가닥 한 가닥이 가시적이고 제한된 범위 안에서 유한한 자유도를 보유하면서 제품의 품질특성에 큰 영향을 준다. 이들은 제품들의 수명이 다해질 때까지 식별여건을 보존하는 개체(Identity-Preserving Individuals)로서 제품 속에 건재한다. 이렇듯 분포가 두드러진 개체들에 의해 거동이 결정되는 섬유로 구성된 구조물(Textile Structures)의 특징 역시 한 대표치로서의 평균치 하나만이 아니라 한 분포의 특징을 써야 만족스럽게 규정지을 수 있게 된다.

(3) 섬유 및 그 집합체와 구조물의 특성들의 변동은 극심하다.

섬유의 물질로서의 요성(Flexibility)과 막대한 길이/폭 비(Length-to-Breadth Ratio)로 기인하는 집합체의 부정적 구조(Indeterminate Structure)에서 극심한 변동이 생겨날 것은 당연하다. 특히 면이나 모 섬유일 경우 이들이 생체의 생성물들임을 상기하면 더욱 잘 이해가 간다.

(4) 섬유계측에서는 흔히 무시 못할 하중효과가 있다.

한 집합체임으로 해서의 평균화 효과로 계측의 해상도(Resolution, Discrimination)가 저하되고 측정을 위해 Sensor가 소비해야 할 분량이 피측정량(Measurand)이 보유하는 에너지의 적지 않은 부분에 해당하기 때문에 측정오차가 매우 커질 수 있다. 이 하중효과(Loading Effect)란 쉽게 설명하자면 마치 한 컵 속의 커피의 온도를 측정하려고 담근 온도계의 차가운 끝부분을 덥히는데 소모된 열이 측정된 온도의 오차로서 작용된다는 것이다.

(5) Sensor 선택의 제한이 크다.

예컨대 섬유나 섬유제품에 Strain Gage를 접착시킬 수는 없다.

(6) 섬유제품은 기기분석에 의해 평가할 수 없다.

거시적 구조의 기하(Macroscopic Structural Geometries)가 파괴되는 순간 한 시료는 이미 섬유제품이 아님으로 분체화 또는 액체화시켜 기기분석할 수는 없다. Textile Technology의 부분집합으로서의 Fiber Technology에 해당하는 섬유공학은 재료공학이지만, Textile Technology가 뜻하는 섬유공학은 재료공학이기 보다는 구성(Fabrication)의 공학이다.

3. 왜 새로워져야하나?- 이름만 둔갑한 옛 방직시험법

섬유계측은 옛날의 방직시험법 또는 섬유공업시험이라는 과목명을 내용은 대체로 그대로 둔 채, 낡은 Image를 탈바꿈한 것만은 아니고 또 그리하여서는 그 존재가치가 의심스러워진다.

어떤 섬유제품이 잘 팔리는가? 에 앞서 인간생활을 편하고 윤택하게 하는 소비자용 공산품으로서 어떤 품질이 요구되는가? 그것을 어떻게 보다 정확하게 객관적으로 측정하여, 섬유공학의 기술적 용어로 번역을 하느냐? 가 섬유계측의 근본의무요 관심사이다.

적을 알고 스스로를 아는 것이 승리 쟁취의 첩경임은 잘 아는 사실이고 심지어는 동물도 상대방과 자신의 능력을 살펴보고 전투에 임하는 것을 우리는 동물의 왕국과 같은 TV 프로그램을 통해 잘 알고 있는 바이다. 산업의 우위쟁탈전에서의 경쟁력 위상의 평가수단은 바로 계측이라 할 수 있다.

계측이 모든 발전, 향상 노력의 시발점이고 보면, 자립된 강한 섬유계측을 바탕으로 급속한 발전에 호응하는 공정개발 능력을 구비한 일본과 독일의 섬유공업은 우위를 유지한 채 세계에 군림할 것이고, 중국의 급속히 그 뒤를 따라 달음박질하고 있다. 오늘날의 대학의 강의과목으로서의 섬유계측은 본질적으로 큰 발전없고, 미국의 경우가 그러하지만, 계측공학은 세계 첨단이다. 저자가 3년전에 알고 있던 섬유계측은 미국만 못하고 계측공학에는 격차가 있다. 우리의 섬유계측이 보다 단단한 학문적, 기술적 기초 위에 개편되고 새로워지지 않고서는 국제경쟁의 마당에서의 한국의 섬유공업의 장래는 참으로 암담하다.

4. 무엇이 어떻게 새로워져야하나? -구성과 깊이-

섬유계측은 연구 수단으로서의 원리, 절차로서만이 아니라, 대학에서의 교과목으로서도, 구성과 깊이 양면에서 많이 새로워져야한다.

(가) 구성의 측면에서

여기서, 구성이란 다루는 항목의 범위와 유기적인 내부조직을 말한다.

(1) Real World, Down-to-Earth, Hands-On과 같은 표현으로 연결되는 계측을 실천 가능토록 하는 Hardware인 계측기기의 개발과 활용은 계측공학(Measurement Technology)의 소관이다. 따라서 새로워질 섬유계측은 지금까지의 계측공학에 관하여 무식, 무관심에 가까웠던 상태에서 깨어나, 계측공학의 입장에서 재정리되어야 한다. 이런 것은 우리가 자세히 알 것이 못되고, 또 우리 (섬유계측) 과정의 수준을 넘는 계측공학의 소관이라는 태도로는 기기공포증 (Instrument Phobia)에 걸린 졸업생을 계속 배출할 수밖에 없을 것이다.

(2) 문제해결, 연구, 조사의 수단으로서의 계측이 통계학에서 말하는 실험계획법 (DOE, Design of Experiments)과 유리된다면, 계측이라고 불리우는 한 실험의 Cost-Benefit Analysis 측면에서의 효용의 상실 또는 저하를 뜻한다. 따라서 새로운 섬유계측은 실험으로서의 계측설계(Measurement Design)가 빠져서는 안된다. Taguchi Method로 이름난 다구찌(田口)와 야노(矢野)를 중심으로 한 일본규격협회(日本規格協會)와 계량관리협회(計量管理協會)가 뒷받침하는 계측관리와 계측관리공학 등은 우리가 참고로 할만하다고 본다.

(3) 제품의 품질이, 소비자의 욕구충족의 구동력에 밀려, 보다 정교로움과 균제로움을 추궁하게되는 추세에서, 오늘의 섬유계측이 제공할 수 있는 2, 3차원 균제성 측정/해석수법은 아직 실용의 수준에 미달이다. 이렇듯, 금후로의 섬유계측은 보다 고도의 변동해석과 CCD(Charge-Coupled Devices) Camera를 구사하는 첨단 영상해석(Image Analysis)없이 그 주어진 역할을 해낼 수 없게 된다.

(4) 소비자의 기호(嗜好)에 맞는 제품특성은 기존하는 계측기술로 손쉽게 계측할 수 있는 것들만은 아니다. 특히, 아름다운 외관과 상쾌한 촉감과 같이 인간의 오감(五感)에 호소(呼訴)하는 가진 특성은, 심리생리학적(Psycho-Physiological) 계측을 요구한다. 섬유계측과 감성공학(感性工學)과의 사이의 긴밀한 공동작업을 안코는 결코 새 시대의 섬유계측이라 할 수 없다. 한 새로운 Design과 독특한 표면 Texture를 가진 새 섬유제품을 개발한다고 하자. 소비자에게 그의 의지에 관계없이, 사고 싶은 충동을 주거나 기분을 즐겁게 해줄만한 Pattern, Color, Handle 같은 것을 어떻게 객관성있게 가려내고 수량화하는 계측법은 없을까? 이것을 섬유계측과 감성공학의 협동작전을 통해 찾아보자는 것이다.

새로운 섬유계측의 올바른 발전과 성공의 열쇠는 이미 지적인 섬유계측의 특수성을 강조하면서, 위에 열거한 4가지 입력 항목들을 어떻게 한 조각보가 아닌 논리와 계통이 선 유기적인 한 Discipline으로 접목하는가에 달려 있다.

(5) 수량화/양자화 (Quantification) 또는 디지털화 (Digitization)없는 근대 계측 없고, 자동화와 제어 가능하면 평가의 객관화 (Objectification)를 전제로 하는 컴퓨터 접촉을 빼놓을 수 없다. Locker속에 잘 모셔두었던 값비싼 계측기가 녹슬고 교정이 바뀌어도 무사하게 넘기던 그런 시대는 지나갔다.

(나) 깊이의 측면에서

자세히 얘기하려면 한없이 많은 항목이 떠오른다. 생각나는 대로 몇 가지 보기를 들어

보려고 한다.

(1) 교정- 특히 원면시험법(Cotton Fiber Testing)에서의 현행 교정절차(校正節次 Calibration Procedures)는 전폭적인 개정이 필요하다.

(2) 인장거동(引張舉動)의 측정, 또는 강신도(強伸度) 시험 - 파괴강도, 파괴신도에만 국한하는 것은 어리석다. Stress-Strain Diagram의 끝 부분이 가진 정보는 매우 국한된 것이다. 끊어지기 전의 과정에서의 특성을 이용하는 것이지 꼭 끊어지는 극한상황만을 이용하려는 것은 아니기 때문이다.

(3) 면 섬유의 성숙도 시험- 형태학적 식별에만 매달리는 것은 어리석다. 섬유소의 특성변화를 식별해보는 것이 지름길이 아닐까?

(4) 섬유, 실, 직물의 변형회복거동의 측정- Load Cell이나 영상해석에 의지하여 광측정으로 해결하려는 무책임한 방법은 지양해야한다. 영상해석을 이용한 거리, 면적, 곡률, 형상과 그들의 변화상을 측정하여온 Morphometrics, Computer-Assisted Microscopy와 같은 분야에서 많이 배워야할 것이다.

(5) 원면 단섬유함유량- 미농립성 측정치를 근거로 매년 새로 원면섬유장분포 모델링을 해야하는 현행수법은 어리석기 한없다.

5. 고려해 볼만한 실전대책

섬유공학회와 의류학회 공동사업으로서 섬유계측 재교육과정을 개발, 운영함이 바람직하다. 의류학은 의류학의 학문으로서의 과학적 근거를 반석 위에 구축할 필요를 느낀다면 섬유공학의 많은 요소를, 섬유공학은 의류생산시스템 개발에 도움되는 견식과 소비과정의 귀중한 정보의 제공원로서의 의류학을 서로 받아들여야 할 때가 왔다. 섬유계측은 건설적 대화를 위한 매우 적합한 Meeting Place가 될 것이다.

우수한 계측능력의 자급자족 없이 국제경쟁에서 이겨낼 수 없다. 대한민국에서의 생산공정과 소비과정중의 현상의 계측은 유년기에 있다. 따라서 섬유공업을 살리려면 섬유계측기기의 설계, 개발능력을 기를 수 있는 과제를 지원하는 것이 지금 정부당국과 섬산련이 해야할 일이다.

6. Without You! - 맺는 말

영국 Bernard Shaw의 희곡 Pygmalion을 근거로 만들어 브로드웨이의 큰 히트가 되고 있던 My Fair Lady라는 뮤지컬에서 여자 주역인 Eliza Dolittle이 "There'll be spring every year without you. England still will be here without you. Window castle will stand without you. Without your twirling it, the earth can spin!"라고, 자기를 한 시험동물 다루듯 해온 상전, 그러나 이성으로서의 매력이 없는 것도 아닌, Henry Higgins 교수를 맞대

고 코웃음치듯 노래하는 장면이 있다. '네가 아무리 똑똑하고 잘난 소리 잘 해도 너 없이도 모든 것은 끄떡없이 잘 돌아갈 것이고, 나도 너 없이 끄떡 없을거야' 하는 뜻의 매우 흥미로운 가사이다. 이 뮤지컬과는 관계 없지만, 어느 대학에서 공석인 교수자리를 채울 때 능력, 분야, 경험, 인품으로 보아 최적임자를 발견하고도 뽑지 않은 들, 어느 누구도 양심의 가책을 받는 일 없이 넘길 수 있는 배경되는 사고방식도 이와 상통하는데가 있지 않을까? 무리해서 꼭 최선을 다할 의욕없고 양심도 없고 그렇다고 문책을 당할 것도 아닐 것이니 말이다. 이는 우리 한국인에 국한된 것은 아니고, 나 개인에게 무엇인가 plus 안되면, 어떤 일도 찬성하려 하지 않던 유태인 교수를 나는 기억한다.

이런 상황아래에서도 그래도 나라와 민족과 대학과 학과의 장래를 위해 무엇이 최선인지를 애써 찾아내어 개인의 이해관계를 초월하여 실천케하려는 열의와 양심과 사랑이 이름난 대학, 학문, 사업 등을 세계 1류급으로 올려놓게한 열쇠가 아니었겠나 곰곰히 생각해한다.

우리 나라에는 섬유라 하면 사양(斜陽)의 동의어요, 장래가 없고 학문적으로도 보잘 것 없는 것의 대명사인줄 아는 공무원이 많다. 문제의 해결보다는 문제를 해결하는 척한 기록을 남기기만 하면 만족하는 공무원도 있다. 섬유기술은 High-Tech와는 거리가 먼 것으로 단정하는 섬유기업체의 총수들이 있다. 그러면 섬유공업을 위해 왜 공학박사를 배출시킬 만한 연구가 필요한가? 그런 쓸모 없는 박사들을 배출시키고 있는 미국사람들은 얼마나 어리석은 것일까? 기업부흥의 자구책보다는 탈 섬유에 관심이 더 많은 이 나라 섬유기업의 주인공들을 보면서 일생을 두고 섬유공학을 공부했던 어리석음을 한탄해 무엇하야! 이런 것 저런 것들을 모두 잊고 잘난 체 그만하고, 그래도 2000년대의 대한민국의 섬유공업의 앞날은 밝다고 결론짓는 것이 마음 편할 것이 아닌가?

그래도 우수한 섬유계층의 능력의 확보보다 더 틀림없는 섬유공업의 자구책은 없다고 결론짓는다면 과연 동감하는 사람이 몇이나 있을까?