현미경을 이용한 단면 측정법과 파이브로 그래프법에 의한 면섬유의 섬도와 성숙도 측정결과의 비교

1. 서 언

1972년 브라질에서 Griddi-Papp 및 Sabino 등이 면섬유의 성숙도 측정에 Baureihe 230디지털 파이브로 그래프의 사용을 처음으로 제안하였다. 그 이후 파리에 있는 면 및 외국섬유 연구소(institute de Redcherches de Cotton et des Textiles Exotiques)의 Gutknecht씨가 Baureihe 430파이브로 그래프를 사용함으로서 브라질에서 제안된 방법을 개량하였다. Spinlab bulletin 107과 108은 파이브로 그래프로 성숙도를 측정하는 방법에 대해서 자세히 기술하고 있다.

미농무성 면섬유연구소는 파이브로 그래프로 성숙도를 측정하는 방법을 검사한 바 있는데 이를 위해 이미 잘 알려진 방법에 의해 그 값이 제시된 면섬유를 시료로 사용하였다. 또한 파이브로 그래프법을 면섬유 연구소에서 개발한 단면 측정법과 비교한 바 있다. 여기서는 면섬유의 성숙도 측정을 파이브로 그래프에 의하여 측정하는 방법에 대하여 논의하고자 한다.

2. 시료와 채취방법

본 연구를 위해 20개 샘플을 사용하였고 이 샘플은 미농무성 요청에 따라 제출된 것이었다. 코스티케어 지수(causticaire Index)는 63~84의 것으로 농산물 판매센터에 의해 제출된 소위 비교견본이 사용되었다. 또한 미농무성(USDA)의 연구설계에 의한 18개의 시료가 사용되었으며 이들 중 일부는 다음과 같은 규격의 상거래 이었다.

① 미국 업랜드 면(U.S. Upland cotton)

② 미국 피마 면(American Pima)

③ 페루비안 탕귀스(Peruvian Tanguis)

④ 렝구파(Lengupa)

마지막 타입은 남미에서 야생으로 자라는 것으로 이는 상거래상으로는 취급되지 않는다.

3. 파이브로 그래프 성숙도

이 측정을 위해 방적실험에 의한 기준을 정확히 따랐고 각 샘플에 대해서 10번씩을 측정하였다. 측정하는 경우 전압의 허용범위가 7.25~7.75 볼트 이내에 들어오도록 하며 파이브로 그래프 상의 50%와 2.5%의 스팬길이(span length)를 잰다. 스팬길이를 측정한 후 파이브로 시료채취용 빗으로부터 섬유를 빼내어서 무게를 달고 기록한다. 각 샘플의 파이브로 그래프 성숙도는 2번씩 측정한 값으로부터 평균치를 구하고 그 다음에 측정한 모두의 평균치를 구해 기술한다.

4. 단 면

실의 단면으로부터 섬유의 단면적을 측정했다. 실을 유동성인 합성수지로 둘러 싸고 고착시킨 후 유리칼이 마이크로 톰으로 1.5마이크로 두께의 얇은 원판으로 자른다. 이때 얇은 단면을 더 잘보이게 하기 위해서 착색을 한다.

단면의 크기는 입자측정 컴퓨터 시스템을 써서 나타내는데 그 장치는 TV 카메라, 컴퓨터, 스크린-모니터가 부착된 현미경으로 되어있다<그림 1>.

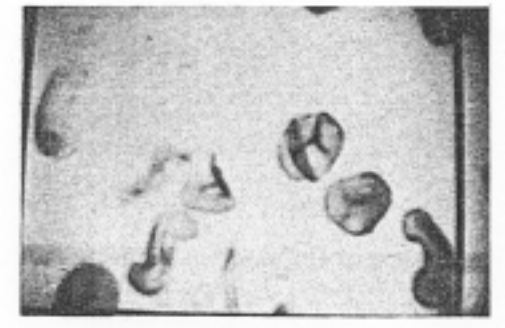
조명붓을 섬유단면이 나타나는 스크린에 갖다대고 외형을 스크린에 그린다. 이때 컴퓨터는 섬유의 단면적을 계산하여 스크린의 왼쪽 위에 μm^2으로 표시한다<그림 2>.

그림 3, 4, 5는 여러 가지의 섬유단면 형태를 보여준다.

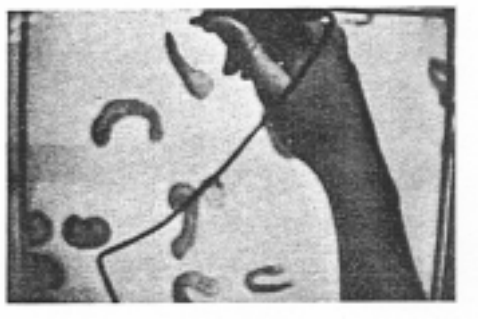
이 시스템에 연결된 탁상 컴퓨터는 측정된 섬유단면의 수와 평균치 및 표준 편차를 제사해 준다.

<그림 1> 입자측정 컴퓨터 시스템

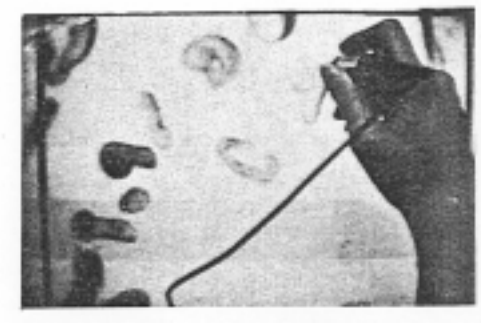
<그림 2> 스크린에 나타난 섬유 단면의 측정 장면



<그림 3> 거의 성숙한 바덴스 엘파소 교배면의 단면



<그림 4> 완전 성숙한 페루비안 탕귀스 면의 단면



<그림 5> 미성숙 바덴스 교배면(델타형)의 단면

5. 결 론

20개의 샘플 각각에 대한 평균치를 <표 1>에서 볼 수 있다.

단,

πMC : 평균 단면적 μm^2

MI : 코스티케어 성숙도 지수

FM_1 : 파이브로 그래프 성숙 %

$= 172.2-1.23\{(A/W)^2+0.091(750-A)\}-1.3(2.5\%SL)$ ----------(1)

FM_2 : 파이브로 그래프 성숙 %

$= 153-\{(A/W)^2+2(50\%SL)\}$ ----------(2)

이 표에서 측정항목은 아래와 같다.

① 입자측정 컴퓨터 시스템에 따른 단면적(πMC)

② 마이크로네어(Micronaire; Mic)

③ 면적계(areakometer) A

④ 면적계(areakometer) D

⑤ 코스티케어 지수(MI)

⑥ 식(1)에 따른 파이브로 그래프-성숙도(FM_1)

⑦ 식(1)에 따른 파이브로 그래프-성숙도(FM_2)

⑧ 50% 스팬길이(50% SL, mm)

⑨ 2.5% 스팬길이(2.5% SL, mm)

<표 1> 면샘플의 섬유특성

Sample	HVI X-Section[1] A	HVI X-Section[1] μm^2	Mic	Arealometer A	Arealometer D	MI[2]	FM_1[3]	FM_2[4]	50% SL mm	2.5% SL mm
1	152		5.7	366	27	84	79	80	10.2	20.6
2	150		5.5	370	21	82	80	80	10.2	22.2
3	116		4.6	427	35	80	74	76	12.2	25.6
4	146		5.6	365	20	85	80	81	10.3	22.8
5	130		4.3	452	40	78	72	74	10.2	22.5
6	89		3.2	559	48	74	64	71	13.2	29.8
7	108		2.9	606	103	63	58	65	9.7	23.9
8	87		3.5	520	45	75	65	71	12.3	27.8
9	137		5.0	396	28	80	73	76	11.1	24.7
10	139		4.7	416	33	79	75	77	10.3	23.7
11	105		3.4	537	52	72	62	69	10.7	26.1
12	123		4.5	432	32	79	76	78	12.4	27.1
13	144		5.0	394	33	81	79	81	12.1	26.4
14	134		4.6	425	35	79	77	79	10.2	22.2
15	122		3.8	492	53	76	70	73	12.2	26.4
16	150		4.7	417	39	78	78	79	9.9	21.0
17	152		5.1	396	30	80	78	80	11.8	26.7
18	92		2.7	635	84	65	54	62	11.3	27.3
19	127		4.6	427	35	78	74	78	11.5	26.7
20	129		4.6	417	26	80	77	80	10.9	25.2
$\bar{X}$	126		4.4	452	41	77	72	75	11.1	24.9

이 20개 샘플에서 단면적의 평균치는 최소 87μm^2에서 최대 152μm^2의 영역을 가지고 있으며 이 범위는 미국 업랜드 면에 관한 특색을 나타내고 있다. 샘플 6, 7, 8은 섬도와 성숙도간에 서로 상이한 관계가 있음을 보여주고 있다.

여기에서 샘플 7은 샘플 6과 8에 비해서 단면적이 크고, 마이크로네어치와 코스티케어치가 낮다는 것을 알 수 있다. 이러한 사실은 섬유 둘레 혹은 부피의 차이로부터 유래되었음이 명백하다.

샘플 6과 8은 엘파소(Elpaso) 지역에서 생산되는 아칼라(Acala) 1517 타입의 종면과 미국 피마종면과의 교배로 얻어진 것이며 마티크로네어치는 2.7~5.7, 코스티케어치는 63~84사이에 있다.

<표 2> 섬유특성 상호간의 상관관계

	: FM_1	: FM_2	: πMC	: 50%	: 2.5%	: Mic	: A	: D
MI	.933	.936	.738	-0.017	-0.497	.929		
FM_1	1.000	.990	.827	-0.156	-0.586	.946		
FM_2		1.000	.830	-0.096	-0.533	.971		
πMC			1.000	-0.558	-0.778	.739		
50%				1.000	0.864	-.261		
2.5%					1.000	-.636		
Mic						1.000		
A								
D								

<표 2>는 20개 샘플에서 얻은 섬유특성사이의 상관관계를 나타낸 것이다.

<표 2>로부터 아래와 같은 사실을 알 수 있다.

단면적/마티크로네어치 = 0.74(그림 6)

단면적/파이브로 그래프 공식 1(FM_1) = 0.83(그림 7)

마티크로네어치/코스키케어치 = 0.93(그림 8)

파이브로 그래프-성숙도에 관한 식(B)는 다음과 같다.

$$FM\% = 172.2 - 123.\{\frac{A^2}{W} + 0.0919750 - A)\} - 1.3(2.5\%SL) \text{----------(3)}$$

이 경우

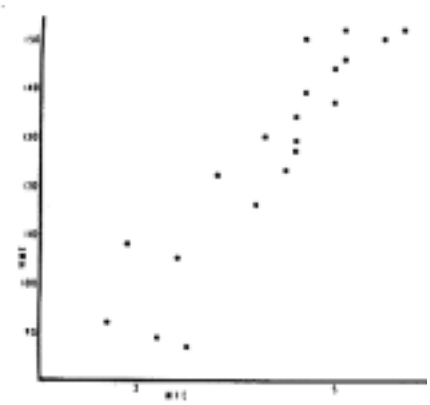
A=볼트(V)×100

W : 중량(mg) ×100

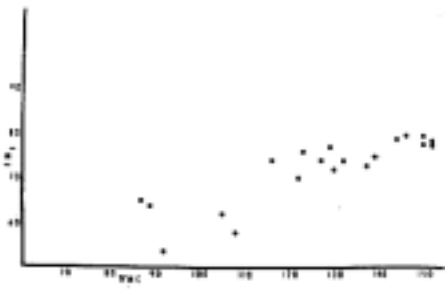
이 방정식이 좀 복잡해서 좀 더 간단한 방적식을 구하려고 노력한 결과 다음의 식 2를 얻어냈다.

$$FM\% = 153 - [\frac{A^2}{W} + 2(50\%SL)] \quad \text{----------(4)}$$

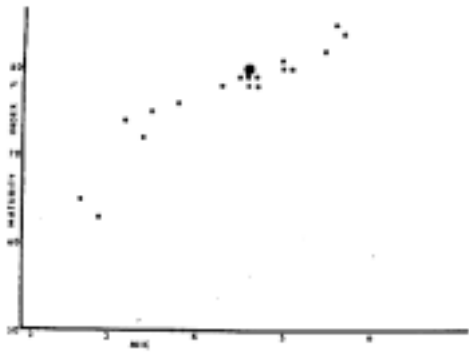
이 공식에 관한 상세한 보고는 1976년에 열렸던 면시험 회의에서 M. Preysch가 하였고 이어서 발행된 바 있다. 표에는 식(3)과 식(4)를 사용하는 두 가지 방법이 제시되어 있으며 두 방정식 사이에는 0.97의 상관관계가 있다. (그림 9)



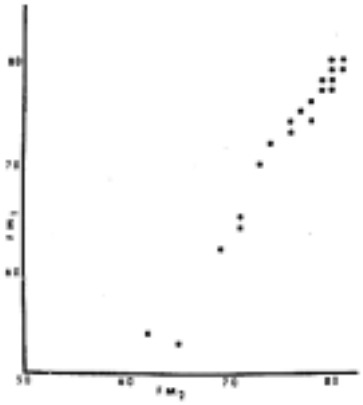
<그림 6> 단면적/마이크로네어치의 상관관계



<그림 7> 단면적/파이브로그래프식 1의 관계



<그림 8> 마이크로네어치/코스티케어치의 상관관계



<그림 9>

그 다음 역시 상관관계로서 몇 가지 관련성을 더 제시하여 보면 다음과 같다.

파이브로 그래프 식(4) FM_2 /코스티케어치 =0.94

단면적/코스티케어치 =0.74(그림 11)

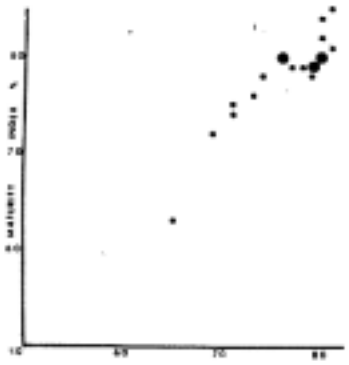
파이브로 그래프식(4) FM_2 /단면적 =0.83(그림 12)

마이크로네어치/코스티케어치 =0.93

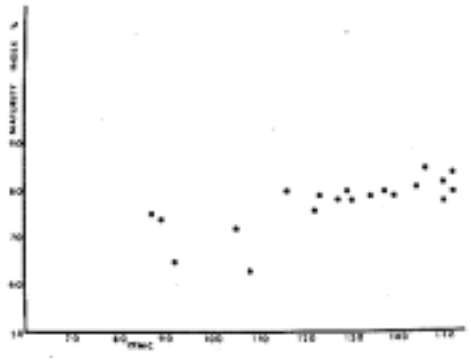
파이브로 그래프식(4) FM_2 /마이크로네어치 =0.89(그림 13)

연구계획에 의거 실시한 18개의 다른 샘플에 대한 결과가 <표 3>에서 보

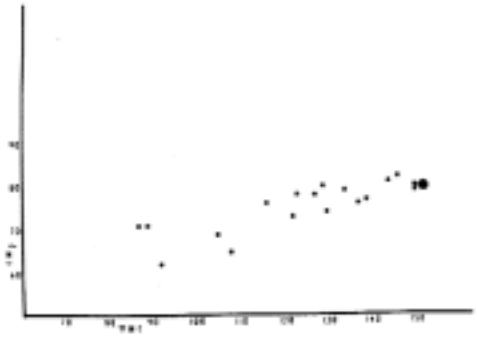
는 바와 같으며 그 상관관계에 관한 비교가 <표 4>에 나타나 있다.



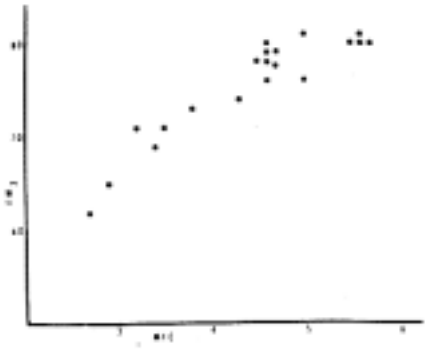
<그림 10>



<그림 11>



<그림 12>



<그림 13>

<표 3> 18개의 추가 면샘플의 특성

Sample	¤MC X-Section A [1/] μm²	Mic	Arealometer A	Arealometer D	MI [2/]	FM_1 [3/]	FM_2 [4/]	50% SL mm	2.5% SL mm
21	133	5.4	364	19	85	85	82	12.3	23.6
22	109	4.2	437	24	77	74	77	11.4	25.5
23	107	4.0	454	30	75	71	76	11.1	25.4
24	102	3.4	510	46	66	68	72	10.5	23.9
25	77	3.4	513	32	75	65	70	14.5	32.3
26	117	4.0	464	35	79	72	76	13.2	29.2
27	126	4.8	416	33	81	82	82	12.3	26.3
28	118	3.8	467	36	76	71	74	11.2	26.1
29	122	4.3	442	31	79	71	75	11.4	25.9
30	121	5.2	382	22	86	84	82	12.3	24.7
31	110	4.6	405	21	82	80	79	12.2	25.3
32	120	5.4	381	27	84	86	89	13.8	32.5
33	192	6.8	321	23	89	93	89	12.8	25.1
34	120	4.2	423	26	79	76	80	11.6	25.0
35	108	3.9	466	37	75	73	78	14.3	31.5
36	92	2.8	559	56	60	63	71	10.2	25.8
37	109	3.2	521	46	71	65	73	10.4	26.5
38	96	3.0	538	48	64	61	69	9.8	25.6
$\bar{X}$	116	4.2	447	33	77	75	77	12.0	26.7

<표 4> 샘플 21~38의 섬유특성 사이의 상관관계

	FM_1	FM_2	¤MC	50%	2.5%	Mic	A	D
MI	.891	.838	.679	.603	.120	.900	-0.940	-0.907
FM_1	1.000	.967	.799	.465	-.097	.971	-0.971	-0.791
FM_2		1.000	.775	.468	.032	.931	-0.921	-0.702
¤MC			1.000	.155	-.292	.859	-0.792	-0.498
50%				1.000	.734	.450	-0.440	-0.511
2.5%					1.000	-.100	0.143	-0.064
Mic						1.000	-0.969	-0.789
A							1.000	0.889
D								1.000

단면적은 최소 77μm^2에서 최대 192μm^2까지의 영역을 가지고 있으며 샘플 25는 미국산 피마종면이다. 설혹 여기에서 가장 적은 단면일지라도 이 섬유를 아주 미숙한 것으로 판정할 수는 없으며 실제식에 의해서 계산한 값도 낮은 수치를 나타내지는 않는다. 18개의 샘플은 전세계에서 일상 매매되는 면의 지금까지 관찰된 차이점을 대표할 수 있을 만큼 다양성을 갖고 있다.

πMC : 평균 단면적 μm^2

MI : 코스티케어 성숙도 지수

FM_1 : 파이브로 그래프 성숙 %

$= 172.2-1.23\{(A/W)^2+0.091(750-A)\}-1.2(2.5\%SL)$ ----------(1)

FM_2 : 파이브로 그래프 성숙 %

$= 153-\{(A/W)^2+2(50\%SL)\}$ ----------(2)

코스티케어치/마이크로네어치=0.90

코스티케어치/단면적 =0.68

단면적/마이크로네어치=0.86

이러한 관계를 통해서 보면 단면적과 코스티케어 지수간의 관계보다도 단면적과 마이크로네어 치간의 관계가 더욱 긴밀한 관계가 있음을 알 수 있으며 다른 한편으로 단면적과 파이브로 그래프 성숙도 사이에는 0.80과 0.87의 상관계수가 있음을 주의해 봄직하다. 이러한 관계는 코스티케어 지수와의 관계보다 더 의미가 있다. 식(3)과 식(4)를 이용해서 보면 마이크로네어치와 파이브로그래프 성숙도간에는 0.97과 0.93의 긴밀한 관계가 있음을 고려해 봄직하다.

이러한 샘플의 집단에서 파이브로 그래프법으로 성숙도를 측정하는 것이 코스티케어 지수의 방법보다 더 나은 정보를 주고있다는 것을 알 수 있다. 또한 성숙도를 파이브로 그래프법으로 측정한 수치가 공기저항 측정법으로

행한 결과보다는 믿을만 하다는 것도 알 수 있다. 여기에서 언급하디 않았지만 다른 연구보고에서도 파이브로 그래프법이 공기저항측정법보다 더욱 좋은 결과를 주는 것으로 나타났다.

지금까지의 고찰로 볼 때, 공기저항 측정법의 시험장치에서의 섬유의 분포와 코스케어방법에서의 탄산나트륨 용액내에서의 섬유의 팽윤은 섬유의 부피에 영향을 미친다고 짐작할 수 있다.

파이브로 그래프법으로 행한 성숙도의 측정에 대한 결과는 10개의 측정치의 평균값으로 나타내는 경우가 있다. 그러나 우리들의 경험으로 미루어 볼 때 1개의 샘플마다 반드시 10개의 측정치를 해야한다고는 생각하지는 않는다. 성숙도의 편차는 4%보다 적기 때문에 여기에서 이미 언급한 바와 같이 10개의 측정치의 개개치를 소집단 1~5와 소집단 6~10으로 나누어서 이 2개의 소집단으로부터 성숙도를 따로따로 계산해도 된다. 이때 성숙도의 정밀도는 10개의 개개치로 얻은 결과보다 2%정도 낮다. 그러므로 성숙도를 측정할 때는 5개의 측정치로 계산하는 것만으로도 충분하다.

여기서 우리는 앞에서 행한 연구를 토대로 해서 성숙도를 측정할 때 Baureihe 430의 디지털 파이브로 그래프가 적합하다는 의견을 갖게 되었다. 우리들의 견해로는 75나 그 이하의 성숙도를 갖는 샘플의 시험은 비용이 많이 든다고 본다.

이러한 연구보고는 단지 섬도와 성숙도의 특정영역에 대한 연구의 일부분에 지나지 않는다. 상거래를 위한 기술적인 값으로 이러한 섬유의 타입을 구분하기 위해서는 더 많은 연구가 필요하다. 더구나 섬도와 성숙도에 대한 더욱 정확한 추정방정식을 찾기 위해서는 세계 각처로부터 보다 많은 대표적인 샘플을 필요로 한다.

목표를 달성하기 위해서는 면연구소, 과학연구소 및 시험기제작 회사들간

의 이 분야에 대한 정보의 교환과 합동연구가 필요하다.

그 목표는 면섬유의 특성을 측정함에 있어 더 좋은 방법과 측정장치를 개발하는데 있다.

그러한 목표를 달성하기 위해서는 다음과 같은 과정을 밟아야 한다.

1. 주어진 최종제품을 위한 적정원료의 기술적인 선정
2. 여러 가지 섬유특성의 실의 품질에 미치는 기여도의 우선 순위의 결정