

# TISS system 및 DELTA system에 의한 섬유식별\*1

전수경\*2

## Fiber Identification via the TISS and DELTA Systems\*1

Su Kyoung Chun\*2

### ABSTRACT

---

Of the vast number of plant taxa in the world, the wood is one of the most useful resources. It is important to identify the fibers of wood and pulp for the plant taxonomy and for the uses, but we do not have enough information on them, especially for the computerized data. The fiber identification is one of the difficult tasks. In addition to the plant taxonomy and the fiber-using industries, such identification is also important in many other fields, including education, document examiners, etc.

For these purpose, the fibers should be exactly distinguished. The TISS system I have programed to identify various woods would also be useful in the identification of fibers by the genus and species in the features of unknown samples and in searching the features of a species based on its scientific name.

Such searching programs are being developed in many other countries with a view to searching the features of wood and fibers by using scientific names, or to searching for the species name by using the features of the cells of the woody materials.

With the survey of all the available literature, the features of the fibers of 124 species both of softwood and hardwood were examined under the electron and optical microscopies. Each species were coded and carded by the feature, and the databases were built. The microscopic photographs were inputted into a personal computer by a flatbed scanner and by a slide film scanner.

The new computer program called TISS 2 was developed using C computer language. Korean language fonts were added to the TISS 2. The TISS 2 can be in adding and searching a image of fiber features both of a known fiber and an unknown fiber.

The databases were corded for the DELTA system which was developed by Dallwitz and Paine in Australia, 1986.

---

\*1 본 연구는 1995년도 한국과학재단 핵심전문연구과제(951-0607-085-2)의 연구지원에 의한 연구결과임.

\*2 강원대학교 산림과학대학 College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea

## 1. 서 론

종이 製造는 거의 20世紀에 걸쳐 이루어진 産業으로서 中國으로부터 시작하여 數世紀 後인 A.D. 1100年경 서유럽에 傳授되었다. 이 기간 동안 종이 원료로 사용된 것은 뽕나무의 內皮, 닝마, 삼 및 그 이외의 植物纖維이었으나 木材纖維는 사용되지 않았다. 최초의 木材 pulp는 1840年代에 독일에서 만들어졌으며, 그것은 기계 혹은 마쇄 pulp 이었다(Wilfred, 1980). 그 뒤 化學 pulp가 발달하여 木材가 종이의 主原料가 되어 지금은 90% 이상인 木材纖維를 사용하고 있다(Russell & Gray, 1982; Wilfred, 1980). 近年에 이르러 木材纖維 이외에 대나무, 삼, 아프리카나래새, 아마, 면화, wool, silk, 석면, 人造纖維인 化學纖維 등이 사용되고 있으나 이들의 사용량은 10% 以內(Wilfred, 1980) 이므로 本 研究에서는 木材의 纖維에 관해서만 다루었다. 따라서 本 研究에서 纖維라 함은 闊葉樹材의 木纖維에 국한하여 사용하지 않고 종이와 fiberboard의 原料로 사용되는 木材纖維를 총칭하는 말로 사용되었다(Russell & Gray, 1982; Wheeler 등, 1986; Wilfred, 1980).

木材는 木材의 解剖學的, 物理的 및 化學的 性質 등으로 識別하지만, 纖維는 木材를 解離하여 單一細胞의 解剖學的性質을 基礎로 하여 識別하므로 어려운 점이 많다(Russell & Gray, 1982). 그렇지만 木材의 構造의 性質과 纖維의 解剖學的性質에 관한 충분한 자료가 있다면 屬 또는 種 까지 識別할 수 있다(Russell & Gray, 1982). 그러나 纖維識別은 顯微鏡的 觀察에 의해서 가능하므로 樹木이나 木材보다 識別據點이 제한적이다(Russell & Gray, 1982).

纖維를 分類하는 것은 纖維의 세포적 특징을 基本으로 한다(Wilfred, 1980). 細胞의 基本的 性質을 基礎로 하는 纖維識別은 하나하나의 樹種에 대한 用途를 推定한다. 그러나 木材纖維는 生物體이므로 한가지의 性質로 이루어져 있지 않고 수십가지의 특징으로 이루어져 있으므로 이들 性質을 computer에 入力하지 않고 文獻에 記錄한다면 精確한 識別을 할 수 없을 뿐만 아니라 한 樹種 한 樹種에 대한 특징을 상세히 열거할 수 없다

(Morse, 1974). 따라서 纖維識別을 하는데 있어서 computer를 利用하면 識別에 편리한 것은 물론 産業에서 樹種別로 纖維의 基本的인 性質을 잘 利用하여 원자재의 활용도를 높일 수 있다.

Computer를 이용한 研究는 木材纖維의 基本的 性質을 調査하여, computer를 自然科學分野에서 應用하는 學問으로서, 外國에서는 研究의 進行이 여러 나라에서 활발하게 추진되고 있다. 그 例로서 國際木材解剖學會(International Association of Wood Anatomists)는 1981년부터 computer를 利用한 木材識別 小委員會를 두고 木材識別을 위한 computer program의 개발, 資料의 code 化 및 木材識別 據點 list化 등에 關하여 研究 進行中이다. 이 小委員會는 221개의 闊葉樹材 특징을 1989년에 선정했다(LAWA committee, 1989).

현재 外國에서 computer를 利用하여 木材 및 纖維를 識別하는 方法을 結果는 다음과 같다. ① 1974년 미국의 L.E.Morse가 識別 program (IDENT4)을 개발했다. ②1981년 R.B.Miller 등은 闊葉樹材 識別 list와 識別 program인 Ident8(R.B. Miller, 1980, 1981; LAWA committee, 1981)을 개발했으며, 3,000여 樹種에 대한 資料를 database化했다. 그후 ③1986년 미국의 E.A.Wheeler 등이 GUESS(General Unknown Entry and Search System) program(Wheeler 등, 1986)을 개발하여 8,000여 樹種에 대한 資料를 database化 했다. 또한 ④호주의 J.Ilic 등은 闊葉樹材의 特徵을 multiple entry 방식으로 (Ilic, 1987, 1990) 10,000여 樹種의 資料를 蓄積했으며, CSIROID program을 개발했다. 그 외에 ⑤일본의 K.Kuroda는 JPNWOOD program(Kuroda, 1987)을 開發했고, ⑥미국의 T. Duncan은 MEKA(Multiple Entry Key Algorithms)를 개발했으며(Duncan 등, 1989), ⑦영국의 R.J. Pankhurst는 PANKEY program(Pankhurst, 1986)을 개발하는 등 다양한 program이 개발되었으며 그 외 여타 國에서도 활발히 연구되고 있다.

이에 비해 지금까지 우리나라의 연구실적은 매우 부진한 실정이었다. 더욱 image를 computer에 입력하여 수종 혹은 특징에 따라 image를 入力할 수 있도록 한 연구 結果는 없었다.

본 연구에서 사용되는 용어는 "multilingual

glossary of terms used in wood anatomy"(IAWA committee, 1964), "IAWA list of microscopic features for hardwood identification"(IAWA committee, 1989), "papermaking fibers"(Wilfred, 1980), "computer-aided wood identification"(Wheeler 등, 1986), the practical identification of wood pulp fibers(Russell & Gray, 1982), "목재조직과 식별"(朴 등, 1987) 및 "목재조직의 도해"(朴 등, 1981)에 기재된 용어를 따랐다.

本 研究에서는 主要樹種의 細胞를 解剖學的 측면에서 관찰하여 纖維의 樹種別 基礎資料를 만들었고, 이들 資料를 computer에서 利用할 수 있도록 code化 했다. 섬유특징을 code화하는데 그치지 않고 code화된 특징을 image화하는 program을 개발했으며, 1,000개의 image data를 구축했다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 供試樹種

本 研究에 사용된 供試樹種은 본 대학 목재 표본실에 소장되어 있는 목재 표본을 이용했다. 124種(針葉樹材 5 科 13 屬 26 種과 闊葉樹材 28 科 53 屬 98 種)을 대상으로 했다.

### 2.2. 시편제작

#### 2.2.1. 電子顯微鏡用 試片製作

各 樹種의 木材標本에서 供試片을 採取하고, 各 供試片에서 走査電子顯微鏡 觀察用 試片을 採取했다. 이 試片을 Sch ltze 溶液 等(朴 등, 1987)의 木材解離用 溶液으로 試片의 細胞를 各各 解離했다. 解離된 纖維를 glass filter 內에서 alcohol series로 脫水한 後 stub위에 銀接着劑를 한방을 떨군 다음 그 위에 纖維를 고르게 펼쳐서 分散接着했다. 그 다음 ion sputter coater를 利用하여 金으로 coating 했다.

#### 2.2.2. 光學顯微鏡用 試片製作

上記의 電子顯微鏡用으로 解離된 纖維를 glass filter 內에서 safranin溶液으로 染色한 다음 各各의 染色된 纖維를 alcohol series로 脫水했다. 脫水된

纖維를 slide glass에 올려놓고 Canada balsam 또는 Baxter로 封入하여 永久 slide를 製作했다.

### 2.3. 특징조사

#### 2.3.1 針葉樹纖維의 調査

針葉樹材 假導管은 針葉樹의 木材 中에 90% 以上을 차지하고 있고, 또 그 길이가 1-4mm(朴 등, 1987) 정도로 闊葉樹의 纖維보다 길기 때문에 闊葉樹材의 纖維보다 이용이 높다. 따라서 針葉樹의 纖維는 假導管을 中心으로 調査했다. 특히 表 3 및 9와 같이 分野壁孔, 有緣壁孔 等에 관하여 중점적으로 調査했다.

##### (가) 假導管의 有緣壁孔

假導管의 有緣壁孔은 木材일 때의 형태와 解離된 後의 형태가 거의 같다. 목재에서 假導管의 有緣壁孔을 관찰할 때에는 假導管의 內腔에서 주로 假導管의 有緣壁孔을 관찰하지만 木材를 解離한 後 假導管의 有緣壁孔을 관찰할 때는 假導管의 外側에서 假導管의 有緣壁孔을 관찰했다.

##### (나) 分野壁孔

分野壁孔은 針葉樹材를 識別할 때 가장 중요한 識別據點이 되듯이 纖維識別에서도 없어서는 안될 識別據點으로서 解離되어도 木材에서의 형태와 같거나 거의 유사하다(Russell & Gray, 1982; Wilfred, 1980). 본 연구에서는 표 1 및 7와 같이 일반적으로 木材識別에서 사용되는 창상벽공, 소나무형벽공, 삼나무형벽공, 가문비나무형벽공 및 편백형벽공 등으로 나누어 조사했다.

#### 2.3.2 闊葉樹纖維의 調査

闊葉樹의 纖維는 表 4 및 10과 같이 IAWA list 中 解離된 상태에서 觀察이 가능한 導管의 길이, 穿孔, 導管相互間壁孔, 導管放射組間壁孔, 周圍狀假導管, 導管狀假導管, 眞正木纖維, 纖維狀假導管 등을 조사했다.

##### (가) 導管의 존재 유무

지금까지 闊葉樹材 中 도관이 존재하지 않는 수종은 Amborellaceae, Tetracentraceae, Trochodendraceae 및

Winteraceae로 알려져 있다(IAWA committee, 1989). 만약 이들 수종의 목재를 사용해서 pulp, paper 및 fiberboard를 제조한다면 당연히 pulp, 종이 및 fiberboard 속에 도관이 존재하지 않는다. 그리고 도관이 존재하는 수종으로 pulp 및 종이를 제조해도 解纖하는 과정에서 소실되는 경우가 있다. 따라서 도관의 존재 유무는 존재("+"; positive)에서만 사용하고 부재("-"; negative)에서는 사용하지 않았다. 이와 같은 이유로 도관과 관계되는 모든 섬유식별 거점은 존재에서만 사용했다.

(나) 穿孔, 導管相互間壁孔, 導管放射組織間壁孔

이들 천공판, 도관상호간벽공, 도관방사조직간벽공은 목재가 解離된 후 도관의 수식구조를 통해 관찰할 수 있었다. 따라서 이들 특징은 목재를 해리한 후에도 變化되지 않는 特徵으로서 木材識別뿐만 아니라 纖維識別에서도 매우 중요한 識別據點이 되었다. 그러나 階段狀穿孔의 경우 목재를 化學的 또는 物理的으로 처리할 때 破壞되기 쉬워 單穿孔과 混濁하지 않도록 세심한 주의를 했다.

(다) 도관의 크기

IAWA list(IAWA committee, 1989)에서는 환공재, 산공재, 반환공재로 나누고 있지만 解離된 상태에서는 이들 특징이 혼돈 된다. 따라서 본 연구에서는 대도관과 소도관이 포함되어 있는 특징, 소도관만 존재하는 특징, 환공재가 아닌 수종에서 대도관과 소도관이 혼합되어 나타나는 특징으로 나누어 조사했다. 이들 특징 중 대도관과 소도관이 혼재하는 특징은 목재에서의 환공재 및 반환공재의 특징과 같은 특징이었다.

하지만 *Actinidia* spp(Actinidiaceae), *Capparis maroniensis*(Capparidaceae), *Derris hylobia*(Papilionaceae), *Serjania subdentata*(Sapindaceae), *Congea tomentosa*(Verbenaceae), 줄기 식물 및 乾生植物 등은 散孔材이면서 대도관과 소도관이 혼재하여 나타난다(IAWA committee, 1989). 이들을 環孔材와 구별하는 방법 중에 하나는 도관 이외의 다른 세포를 비교하는 방법과 도관의 壁孔, 穿孔 및 導管放射組織間壁孔 등을 비교하는 방법이 있다. 商業用 pulp에서는 여러 樹種이 混載하는 경우

가 많이 있으므로 同一 樹種의 與否를 다른 特徵으로 관찰해야한다.

(라) 導管 및 木纖維의 길이

導管의 길이는 IAWA(IAWA committee, 1989)에서 제시한 木材識別의 方法과 같이 測定했다.

(마) 周圍狀假導管, 導管狀假導管, 眞正木纖維, 纖維狀假導管

이들 특징은 IAWA(IAWA committee, 1989)에서 제시한 木材識別의 方法과 같이 조사했다.

2.4. TISS 2 system

2.4.1 TISS system을 위한 특징설정

(가) 침엽수 섬유식별의 특징

침엽수의 섬유식별을 식별하기 위해 표 1과 같이 15개의 특징을 정하여 존재하는 특징(+), 부재하는 특징(-), 반듯이 존재하는 특징(!), 반듯이 부재하는 특징(#), 변화가 많은 특징(V), 적용할 수 없는 특징(\*), 조사하지 못한 특징(U)으로 구별하여 database를 표시한 후 code화했다.

Table 1. Microscopic features list sheet of softwood fiber for TISS system

Numbers	Features
0001	Longitudinal tracheids uniseriate pits
0002	Longitudinal tracheids bi-seriate pits
0003	Longitudinal tracheids multiseriate pits
0004	Longitudinal tracheids opposite pits
0005	Longitudinal tracheids alternative pits
0006	1-line spiral thickening
0007	A pair of spiral thickening
0008	Ray tracheids present
0009	Ray tracheids dentations
0010	Cross-field pits window-link pits
0011	Cross-field pits pinoid pits
0012	Cross-field pits taxodioid pits
0013	Cross-field pits cupressoid pits
0014	Cross-field pits picoid pits
0015	Small lens type pits

(나) 활엽수 섬유의 특징

활엽수의 섬유식별을 식별하기 위해 표 2와 같이 15개의 특징을 정하여 존재하는 특징(+), 부재하는 특징(-), 반듯이 존재하는 특징(!), 반듯이 부재하는 특징(#), 변화가 많은 특징(V), 적용할 수 없는 특징(\*), 조사하지 못한 특징(U)으로 구별하여 database를 표시한 후 code화했다.

Table 2. Microscopic features list sheet of hardwood fiber for TISS system

Numbers	Features
0001	Large vessels present
0002	Small vessels present
0003	Simple perforation plates
0004	Scalariform perforation plates with
0005	Scalariform perforation plates with $\leq 10$ bars
0006	Scalariform perforation plates with 10~20 bars
0007	Scalariform perforation plates with 20~40 bars
0008	Scalariform perforation plates with $\leq 40$ bars
0009	Reticulate, foraminata and/or other types of multiple perforation
0010	Intervessel pits scalariform
0011	Intervessel pits opposite
0012	Shape of alternate pits polygonal
0013	Alternate pits size of Intervessel pits $\leq 4\mu m$
0014	Alternate pits size of Intervessel pits 4~7 $\mu m$
0015	Alternate pits size of Intervessel pits 7~10 $\mu m$
0016	Alternate pits size of Intervessel pits $\geq 10\mu m$
0017	Vestured pits
0018	Vessel-ray pits with distinct borders; similar to intervessel pits in size and shape throughout the ray cell
0019	Vessel-ray pits with much reduced borders to apparently simple; pits rounded or angular
0020	Vessel-ray pits with much reduced borders to apparently simple; pits horizontal(scalariform, gash-like) to vertical (palisade)
0021	Vessel-ray pits of two distinct sizes or types in the same ray cell
0022	Vessel-ray pits unilaterally compound and coarse (over 10 $\mu m$ )
0023	Vessel-ray pits restricted to marginal rows
0024	Helical thickenings in vessel elements present
0025	Helical thickenings throughout body of vessel elements

Numbers	Features
0026	Helical thickenings only in vessel elements tails
0027	Helical thickenings only in narrow vessel elements
0028	Mean vessel element length $\leq 350\mu m$
0029	Mean vessel element length 350~800 $\mu m$
0030	Mean vessel element length $\geq 800\mu m$
0031	Mean, +/- Standard Deviation, Range, n=x
0032	Vascular/vasicentric tracheids present
0033	Fibers with simple to minutely bordered pits
0034	Fibers with distinctly bordered pits
0035	Helical thickening in ground tissue fibers
0036	Septate fibers present
0037	Nonseptate fibers present
0038	Prismatic crystals present
0039	Druses present
0040	Raphides
0041	Acicular crystals
0042	Styloids and/or elongate crystals
0043	Crystals of other shapes (mostly small)
0044	Crystal sand

2.4.2. 검색 algorithms

製作된 전자현미경용 시편 또는 永久 slide으로 부터 走査電子顯微鏡(SEM)과 光學顯微鏡으로 各 樹種別 項目의 解剖學的 特徵을 觀察調查하여 database化 하고자 아래와 같은 방법으로 各 特徵을 出現하는 형태에 따라 표기했다.

纖維識別에서 어떠한 한개의 特徵을 調查觀察하는 境遇 다음과 같이 일곱 가지의 境遇를 생각할 수 있었다. 한 樹種 內에서 任意의 調查 特徵이 ①存在하면 present(+)로(全 등, 1990;Duncan 등 1989; Wheeler 등 1986), ②不在이면 absent(-)로(全 등, 1990; Duncan 등, 1989; Wheeler 등, 1986) 表示했다. 試片에 따라 또는 위치 등에 따라 차이가 없이 항상 ③存在하면 required present(!) (全 등, 1990; Wheeler 등, 1986), ④不在이면 required absent(#)(全 등, 1990; Wheeler 등, 1986)로 表示했다. ⑤어느 特徵의 境遇에는 같은 樹種에서도 部位 또는 生長條件 등에 따라 存在하는 境遇와 不在하는 境遇가 있을 수 있다. 이러한 境遇에는 種內에서 變化가 많은 것으로 判斷하여

variable(V)(全 등, 1990;Duncan 등, 1989; Wheeler 등, 1986)로 表示했다. ⑥어떠한 特徵은 試片의 不足 等으로 調査할 수 없는 境遇가 있다. 이러한 境遇는 undefined(?)(全 등, 1990; Wheeler 등, 1986)로 表示했다. ⑦또 境遇에 따라서는 調査 對象이 되지 않는 것이 있다. 이러한 境遇에는 matching 되지 않아야 하는 것은 물론이고 確率等의 計算에서는 완전히 그 該當項目이 除外되어야 한다. 이러한 경우 inapplicable(\*) (Morse, 1974; 全 등, 1990; Dallwitz, 1986)로 表示했다.

이러한 變數는 未知의 纖維와 사전에 정보를 알고 있는 섬유 양쪽에서 發生할 수 있는 것으로서 이들이 相互間을 比較할 때에는 그림 1과 같이 多樣的 關係가 成立된다.

		Unknown definition						
		+	-	!	#	V	?	*
Known record	+	1	0	1	P	1	U	P
	-	0	1	P	1	1	U	P
	!	1	P	1	P	P	U	P
	#	P	1	P	1	P	U	P
	V	1	1	P	P	1	U	U
	?	U	U	U	U	U	U	U
	*	P	P	P	P	U	U	1

+ : Present  
 - : Absent  
 ! : Required present  
 # : Required absent  
 V : Variable  
 ? : Undefined  
 \* : Inapplicable  
 1 : Matching  
 0 : Mismatching  
 P : Pass

Fig. 1 Matching criteria of feature state

2.4.3. Image 입출력

목재섬유는 각 수종마다의 특징을 가지고 있다. 이 각 수종마다의 특성을 image化 하여 컴퓨터에 저장했다. 섬유식별의 중요한 특징 사진을 scanner, CCD 카메라로 입력하여 pcx file로 저장했다. 각 수종 당 현미경의 5개의 배율에 따라 2개

씩의 image를 저장 했다.

2.4.4. Image file 명명법

pcx file의 명명은 scientific name의 속명 알파벳 머리글자 2자리와 종명 알파벳의 머리글자 3자리 그리고 알파벳과 숫자 사이에 하이픈(-)을 넣어 그림 2와 같이 명명했다.

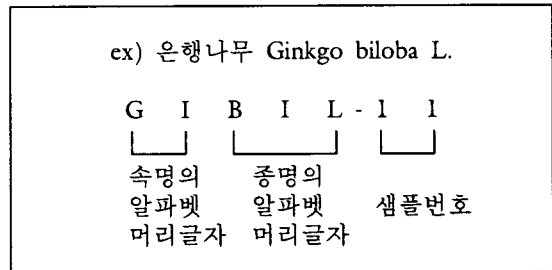


Fig. 2. Cording of image file name

그림 2와 같은 방법으로 명명할 때 상수리나무 (Quercus acutissima CARRUTH.) 와 붉가시나무 (Quercus acuta THUNB))는 file명이 동일했다. 후자의 수종은 속명의 알파벳 머리글자 3자리와 종명 알파벳 머리글자의 2자리로 image file명을 명명했다.

2.4.5. Data 입력 및 수정

목재섬유 식별을 위한 과·속·종명, 일반명, 특징 및 특징의 상태를 입력 및 수정 보완하는 것은 매우 간단하게 프로그램 했다. 스프레드시트 계통이나 데이터 베이스와 같이 Browse기능과 같이 몇 개의 단축키를 이용하게 했다.

각 수종에 대한 feature state의 data를 기억하는 방식으로 memo파일을 이용했다. 이는 식별 list와 각 식별 list마다 지닌 feature state를 기억하려면 많은 용량을 차지하므로 하나의 편법으로 식별 list를 저장하는 파일을 다른 곳에 두고, 단지 각 수종의 식별 list에 대한 feature state만을 기억하는 파일 즉 memo파일을 하나 만들어 주는 방법을 택했다.

2.4.6. File의 구성 및 상호관계

TISS system은 아래 표 3과 같이 모두 11개의 파일로 구성되어 있으며, wood.dat, wood.dbt, id.dat의 3개의 file은 system 내에서 목재수종 및 수종의 특성을 입력, 수정 또는 삭제할 경우 system을 중지할 때 변경된 내용이 자동으로 저장되어 file로 변환되게 했다.

Table 3. Component files of TISS 2 system

File Name	Description
TISS.EXE	Execute file
WIN.ICO	Icon file
HEADER.HDR	Data base header file
WOOD.DAT	File of wood information
WOOD.DBT	Wood information file
ID.DAT	File of feature state information
WOOD.MDX	Index file for searching
ENG.FNT	English font file
HAN.FNT	Hangle font file

표 4와 같이 wood.dat file에서 field04를 보면 data type이 memo로 되어 있으며 필드 길이가 10으로 되어 있다. 이것은 목재마다 가지고 있는 특징을 wood.dbt라는 file에 저장시키고, 저장된 곳의 위치를 field04에 기억하도록 했다. 또한 식별 list와 feature state를 각 수종마다 저장을 하지 않고, id.dat file(표 5)을 기본 data로 이용하여 검색시 field04에서 저장 위치를 찾아서 wood.dbt file을 참조하게 프로그램 했다.

Table 4. Components of Wood.dat file

	Field Length	Name	Data Type
FIELD01	90	"family, genus and species name"	Character
FIELD02	90	"common name"	Character
FIELD03	8	"image file name"	Character
FIELD04	10	feature in letters	Memo

Table 5. Components of ID.dat file

	Field Length	Name
FIELD01	4	"features numbers"
FIELD02	80	"features descriptions"
FIELD03	1	feature state

2.4.7. TISS system의 단축키

표 6의 TISS 2 system 단축키는 매우 유용하며 system을 운영하는데 편리하게 고안했다.

Table 6. Hotkey in TISS system

Hotkey	Descriptions
INS, SHIFT+INS	다음 자료에 삽입한다.
DEL	자료를 임시로 삭제한다.
ALT+D	임시로 삭제된 것을 완전히 삭제한다.
Home, Ctrl+PageUp	브라우저의 맨 처음 필드로 이동한다.
End, Ctrl+PageDown	브라우저의 맨 마지막 필드로 이동한다.
ESC	기본적 질문에서 나가려고 할 때 사용.
ALT+F	정렬된 방식(과속중명, 일반명)을 통하여 검색한다.
F5	선택된 섬유의 사진을 화면에 보여준다 (화상정보).
F2, F3	섬유의 feature state를 변환한다.
F4	선택된 feature state로 해당 섬유특성을 채운다.
F8::F8	섬유마다 가지고 있는 특성보기(주의, 반드시 한 번을 더 눌러야 함).
ARROW, ENTER	각종편집.
TAB, SHIFT+TAB	필드의 이동(앞, 뒤).

2.5. DELTA system

DELTA system은 CONFOR program과 4개의 주 program(directives file, specifications file, characters file 및 items file로 구성되어있다. 이들

file의 상호관계, 작성법, 운영에 관한 것은 Dallwitz, M.J. & Paine, T.A.의 User's guide to the DELTA system. - a general system for processing taxonomic description(CSIRO. No.13.:7-37. 1986.)을 참고로 하여 작성했다.

2.5.1. DELTA system을 위한 특징설정

(가) 침엽수 섬유유의 특징

표 7와 같이 DELTA system에서 침엽수의 섬유 식별을 위해 7개의 특징을 정하여 Dallwitz, M.J. & Paine, T.A.의 User's guide to the DELTA system. - a general system for processing taxonomic description(CSIRO. No.13.:7-37. 1986.)에 의해 characters file를 작성했다.

Table 7. Microscopic features list sheet of softwood for DELTA system

Feature numbers and description	
1.01	# 1. description based on <species examined>/
2.01	# 2. Longitudinal tracheids bordered pits/
2.02	1. uniseriate/
2.03	2. bi-seriate/
2.04	3. multiseriate/
2.05	4. opposite/
2.06	5. alternative/
3.01	# 3. Spiral thickening/
3.02	1. 1-line spiral thickening/
3.03	2. A pair of spiral thickening/
3.04	3. absent/
4.01	# 4. Ray tracheids/
4.02	1. present/
4.03	2. absent/
5.01	# 5. Ray tracheids <dentations>/
5.02	1. present/
5.03	2. absent/
6.01	# 6. Cross-field pits/
6.02	1. window-like/
6.03	2. pinoid/
6.04	3. taxodioid/
6.05	4. cupressoid/
6.06	5. piccoid/
7.01	# 7. Small lens type pits/
7.02	1. present/
7.03	2. absent/

(나) 활엽수 섬유유의 특징

표 8과 같이 DELTA system에서 활엽수의 섬유 식별을 위해 18개의 특징을 정하여 Dallwitz, M.J. & Paine, T.A.의 User's guide to the DELTA system. - a general system for processing taxonomic description(CSIRO. No.13.:7-37. 1986.)에 의해 characters file를 작성했다.

Table 8. Microscopic features list sheet of hardwood fiber for DELTA system

Feature numbers and descriptions	
1.01	# 1. description based on <species examined>/
2.01	# 2. Large vessels/
2.02	1. present/
2.03	2. absent/
3.01	# 3. small vessels/
3.02	1. present/
3.03	2. absent/
4.01	# 4. Mixed with both of large and small vessels/
4.02	1. present/
4.03	2. absent/
5.01	# 5. Perforation plates/
5.02	1. simple/
5.03	2. scalariform/
5.04	3. reticulate, foraminat and/or other types/
6.01	# 6. Scalariform perforation plates with<number of bars>/
6.02	1. up to 10 bars/
6.03	2. 10~20 bars/
6.04	3. 20~40 bars/
6.05	4. 40 or more bars/
7.01	# 7. Intervessel pits<arrangement>/
7.02	1. scalariform/
7.03	2. opposite/
7.04	3. alternate/
8.01	# 8. Intervessel pits<shape of alternate pits>/
8.02	1. circular or oval/
8.03	2. polygonal/
9.01	# 9. vestured pits/
9.02	1. present/
9.03	2. absent/



Feature numbers and descriptions	
10.01 # 10.	Intervessel pits <size categories>/
10.02	1. minute <4 $\mu$ m or less>/
10.03	2. small <4~7 $\mu$ m>/
10.04	3. medium <7~10 $\mu$ m>/
10.05	4. large <10 $\mu$ m or more>/
11.01 # 11.	Vessel-ray pitting/
11.02	1. with distinct borders; similar to intervessel pits in size and shape throughout the ray cell/
11.03	2. with much reduced borders to apparently simple; pits rounded or angular/
11.04	3. with much reduced borders to apparently simple; pits horizontal<scalariform, gash-like> to vertical <palisade>/
11.05	4. of two distinct sizes or types in the same ray cell/
11.06	5. unilaterally compound and coarse <over 10 $\mu$ m>/
11.07	6. restricted to marginal rows/
12.01 # 12.	Helical thickenings<in vessel element>/
12.02	1. in vessel elements present/
12.03	2. throughout body of vessel elements/
12.04	3. only in vessel elements tails/
12.05	4. only in narrow vessel elements/
12.06	5. absent/
13.01 # 13.	Mean vessel element length<categories>/
13.02	1. 350 $\mu$ m or less/
13.03	2. 350~800 $\mu$ m/
13.04	3. 800 $\mu$ m or more/
14.01 # 14.	Vascular or vasicentric tracheids/
14.02	1. present/
14.03	2. absent/
15.01 # 15.	Fibers pits/
15.02	1. with simple to minutely bordered/
15.03	2. with distinctly bordered/
16.01 # 16.	Helical thickening in ground tissue fibers/
16.02	1. present/
16.03	2. absent/
17.01 # 17.	Fibers<septate vs non-septate>/
17.02	1. septate/
17.03	2. nonseptate/
18.01 # 18.	Crystal types/
18.02	1. prismatic/
18.03	2. druses/
18.04	3. raphides/
18.05	4. acicular/
18.06	5. styloids and/or elongate/
18.07	6. other shapes <mostly small>/
18.08	7. sand/
18.09	8. absent/

### 2.5.2. DELTA system의 data 구조

DELTA system을 위한 data의 구조를 예를 들면 그림 3과 같으며, 첫 번째 줄을 科, 屬, 種 및 일반명으로 인식한다. 다음에 특징 번호와 소 특징 번호를 ";"(컴머)로 구별한다. 수량 표시는 "-"(대시)로 최소와 최대를 구별한다. "/"(슬래쉬)는 영어의 "or"와 같은 의미로 인식된다.

Pinaceae <i>Pinus koraiensis</i> S. et Z
1,1 2,1 3,3 4,2700-3000 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 17, 18, 19, 20
Betulaceae <i>Betula ermanii</i> Chamisso(ERMAN'S BIRCH)
1, 2, 3, 4, 5,1 6,2-3/2-4 7,6 8,1/2 9,2-6 10,1 11,1 12,40-100 13,2/3 14,590-960 15,2 16,1 17,2 18,990-1550 19,U

Fig. 3 Databases structure for DELTA system.

### 2.5.3. Image scanning 및 출력

목재섬유의 수종별 특징을 전자현미경과 광학현미경으로 촬영한 후 이들 슬라이드 필름을 slide scanner로 입력했다. 그리고 참고문헌의 사진은 platbed scanner와 CCD 카메라로 입력했다.

이들 입력된 image를 DELTA system의 DELTAG 실행 file로 변환시켰다. 변환된 image를 DELTA system의 DELTA system의 DELTAC 실행 file로 출력했다.

### 2.5.4. 기타

기타 algorithms, Data 입력 및 수정, Image file 명명법, Image 입출력 검색 등에 관하여는 Dallwitz, M.J. & Paine, T.A.의 User's guide to the DELTA system. - a general system for processing taxonomic description(CSIRO. No.13.:7-37. 1986.)을 참고했다.

## 3. 결 과

### 3.1. TISS system의 검색 및 출력

#### 3.1.1. 수종명에 의한 검색

TISS system의 초기 화면으로서 과명, 속명, 종

명, 일반명으로 검색과 정렬을 자유롭게 할 수 있었고, 미지의 섬유 즉, 알려지지 않은 섬유의 종을 검색할 수 있었다. 이러한 결과는 지금까지 제작된 TISS 1, DELTA, MEKA, GUESS, JPN, PANKEY 등의 기능과 거의 유사하다. Index file의 구성을 '과속종명'과 '일반명' 두개로 하여 각각 만듦으로써 검색속도를 개선하여 빠른 속도로 검색했다.

TISS를 실행하였을 때 초기화면의 main menu에 있는 "과속종명으로 정렬"과 "일반명으로 정렬" 두 가지의 menu를 통해 목재정보 창으로 들어가면 index file에 의해 정렬된 수종명을 출력할 수 있었다. 과속종명으로 정렬된 목재정보 창의 수종명은 과속종명의 머리글자의 알파벳순으로 정렬되었고, 일반명으로 정렬된 목재정보 창의 수종명은 한글로 입력된 일반명에 의해 정렬되었다.

한 개의 수종을 찾고자하면 검색하고자하는 과명, 속명, 종명 혹은 일반명을 입력하여 원하는 수종을 검색할 수 있었다.

### 3.1.2 미지의 섬유로부터 수종명 검색

TISS 2.0의 가장 중요한 특징으로서 대부분의 목재식별 프로그램(GUESS, DELTA 등)에서 사용하는 방식이 아닌 독창적인 "Screen select method"을 택하여, 화면에서 식별 list에 알맞은 feature state를 선택하여 입력과 수정을 할 수 있었다.

앞에서 언급한 프로그램과 TISS 1.0은 미지의 수종을 검색하기 위해 1)text형식의 식별 list를 보며 존재유무를 선택하였는데, 잘못 입력하였을 경우 수정을 위해 처음부터 다시 시작하거나 많은 key를 운영하여야 하는 방식과 2)text형식의 식별 list를 보며 존재하는 항목의 번호를 다른 곳에 기록하였다가 식별이 끝난 후, 존재하는 항목의 번호를 입력하라는 command line에 번호를 입력하는 방식을 택했다.

또한 비교되는 수종들의 feature state간의 오류를 어느 정도 허용하기 위해 확률의 개념을 사용했다. 오류 허용은 TISS 1 system에서와 같다. 0에서 100 중 이용자가 원하는 수치를 입력하고 확인 메뉴를 누르면 검색알고리즘에 준하여 비교 검색되었다.

출력을 원하는 퍼센트 이상 되는 모든 수종의 종속과명을 목재정보 창 하단에 출력되었다. 좌측에는 수종명과 matching되는 percentage가 출력되었다.

### 3.1.3. 검색 수종의 image 출력

(가) Image output flow chart for TISS system

그림 4는 Image 출력 순서도로서 n 최고 99이다. 따라서 image는 각 수종 당 99개까지 출력된다.

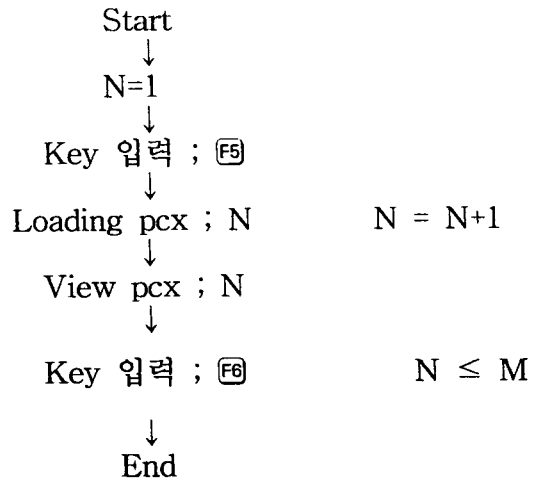


Fig. 4. Image output flow chart for TISS system

(나) Image 출력 결과

TISS 프로그램 내에 저장된 각 수종의 이미지를 보기 위해서는 목재정보 창에서 이미지를 보고 싶은 수종명 위에 반전막대를 위치시키고 key를 누르면 선택된 수종의 저장된 이미지가 목재정보 창의 좌측하단에 나타났다. 계속 key를 누르면 저장된 수만큼의 저장된 이미지가 보여진 후, 다시 처음 이미지부터 나타났다.

### 3.2. DELTA system 의 검색 및 출력

DELTA system의 검색은 다른 TISS system이 갖고있는 기능과 같다. 그러나 TISS system과 비교하여 두드러진 장점은 양적인 수치를 검색한다는 것과 출력 결과를 곧바로 문장화할 수 있었다. TISS

system과 비교하여 단점은 운영하는데 있어 전문적인 지식을 알고 있어야만 프로그램 운영이 가능하였다.

기타 검색 및 출력 결과는 Dallwitz, M.J. & Paine, T.A.의 User's guide to the DELTA system. - a general system for processing taxonomic description(CSIRO. No.13.:7-37. 1986.)과 같다.

#### 4. 고찰

TISS 2 system의 보완되어야 할 점들은 다음과 같다. 256 COLOR에서 최소한 65000 COLOR 이상의 색상과 높은 해상도(1024×768)가 지원되어야 한다. 보다 많은 수종의 image 자료를 계속하여 입력해야 한다. 화상정보의 화면의 배경 색이 변하는 버그를 제거해야 한다. 다른 포맷형식의 image file을 볼 수 있도록 해야 한다. 압축율이 좋은 포맷형식(jpg파일)이나 화상이 깨끗한 포맷형식(gif파일) 등을 TISS 프로그램에 이용할 수 있도록 앞으로 계속 연구해야 한다. 도스와 같은 16bit의 OS가 아닌 Win95와 같은 32bit의 OS에서 구동되는 프로그램을 계속적으로 개발해야 한다.

DELTA system의 보완되어야 할 점은 다음과 같다. 비전문가도 약간의 훈련과정을 통해 프로그램 운영 방법을 익힐 수 있는 쉬운 프로그램을 개발해야 한다. 다양한 포맷형식의 image file를 처리할 수 있어야 한다.

#### 5. 결론

침엽수·활엽수 124수종의 목재섬유의 현미경적 주요 특징을 image file과 함께 검색할 수 있는 TISS 2 system을 C 언어로 개발했다. 컴퓨터를 이용한 침엽수·활엽수 섬유식별이나 분류·검색에 있어서 과거의 TISS 1 system에 비교하여 한글 font가 추가되어 한글과 영문을 동시에 사용할 수 있었고, image file를 한 수종 당 99개까지 입력하여 출력할 수 있었다.

침엽수·활엽수재 124수종의 목재섬유의 현미

경적 주요 특징을 DELTA system에 적용하여 검색할 수 있게 database를 구축했다.

그 결과 지금 까지 우리나라에 없었던 한글과 영문, 그리고 image file을 동시에 사용할 수 있는 컴퓨터 프로그램이 개발돼 섬유식별에 획기적인 계기가 마련되었다. 섬유식별 뿐만 아니라 목재식별 등 여타의 분류에 응용이 가능한 체제를 갖추었다.

그러나 앞으로 계속하여 data와 image file을 구축해야하고, 프로그램 역시 계속하여 보완하여 지금보다 더 향상된 프로그램을 개발하는데 힘써야 한다.

#### 6. 인용문헌

1. 朴相珍 李元用 李華珩. 1981. 木材組織과 圖解. 正民社 :15-160.
2. 朴相珍 李元用 李華珩. 1987. 木材組織과 識別. 鄉文社 :94-364.
3. 全壽京 李元用. 1990. Computer를 利用한 韓國 産 木材의 識別에 關한 研究. 韓國木材工學會誌 18권 2호:49-66.
4. Clarke, S.H. 1938. A multiple-entry perforated-card key with special reference to the identification of hardwoods. New Phytologist 37: 369-374.
5. Dallwitz, M.J. & Paine, T.A. 1986. User's guide to the DELTA system. - a general system for processing taxonomic description. CSIRO. No. 13.:7-37.
6. Duncan, T. & Meacham, C.A. 1989. MEKA manual. University of California. :1-15.
7. IAWA Committee. 1964. Multilingual glossary of terms used in wood anatomy. Konkordia, Winterthur. :5-67.
8. IAWA Committee. 1981. Standard list of characters suitable for computerized hardwood identification IAWA Bull.n.s. 2:99-110.
9. IAWA Committee. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. IAWA Bull. n. s.10(3):219-332.

10. Ilic, Y. 1987. The CSIRO family key for hardwood identification. CSIRO Division of Chemical and Wood Technology Technical Paper No.8:1-13.
11. Ilic, Y. 1990. The CSIRO marcor key for hardwood identification. CSIRO. :1-15.
12. Kuroda, Keiko. 1987. Hardwood identification using a microcomputer and IAWA codes. IAWA Bull. n.s.8(1):69-77.
13. Miller, R.B. 1980. Wood identification via computer. IAWA Bull.n.s. 1(4):154-160.
14. Miller, R.B. 1981. Explanation of the coding procedure IAWA Bull.n.s. 2:11-145.
15. Morse, L.E. 1974. Computer programs for specimen identification, key construction and description printing using taxonomic data matrices. Michigan State University Biological Series 5(1):1-128.
16. Pankhurst, R.J. 1986. A package of computer programs for handling taxonomic databases. Computer applications in the biosciences. Vol. 2(1):33-39.
17. Russell A. Parham & Gray, R.L. 1982. The Practical Identification of Wood Pulp Fibers. TAPPI.:1-54.
18. Sudo, S. 1959. Identification of Japanese woods. Bull. Govt. For. Exp. Station. No. 118. :1-40.
19. Wheeler, E.A., Pearson, R.G., LaPasha, C.A., Zack, T., and Hatley, W.. 1986. Computer-aided wood identification. Reference manual. N.C.Ag.Res. Serv. Bull. 474.: 50-51
20. Wilfred A. Côté. 1980. Papermaking fibers. Syracuse University press. :plate 1-79.