

우리나라 낙엽송의 근주심재부후병

김 현 중

임업연구원 산림미생물과

낙엽송 [*Larix leptolepis* (Sieb. et Zucc.) Gordon]은 일본 원산의 낙엽침엽교목으로 1904년에 도입되어 우리나라 중부이남의 내륙에 널리 식재되고 있는 주요 조림수종이다. 1960년대 들어서부터 본격적인 산지조림으로 70여만 ha에 식재된 낙엽송은 대부분이 III령급 이하의 유령림으로 중 소경재 생산이 거의 전부이며(4, 5), 일부 마루판과 벽판을 제외하고는 주로 건축가설재와 토목용재로 쓰여지고 있다. 최근들어 앞으로의 대량생산에 대비한 다양한 이용법이 개발되고 있다(19, 32).

낙엽송은 수간이 곧고 초기생장이 빠른 수종이나 각종 병해에는 약한 것으로 알려져 있고, 국내에서도 落葉病과 先枯病이 전국적으로 분포되어 생장에 큰 장애가 되고 있다(24, 38, 39). 한편 국내의 낙엽송벌채는 아직은 간벌재를 생산하고 있는 단계로 심재부후피해는 크게 주목되지 않았으나, 최근들어 2차간벌지를 중심으로 근주심재부후목이 빈번하게 발견되고 있고, 임지에 따라서는 상당한 피해를 나타내어 임목부후에 대한 관심이 증가되고 있다. 낙엽송의 심재부후는 습설, 우박, 강풍 등의 기상해, 들쥐 등에 의한 동물식해, 인위적인 상처 등으로 일어나고, 根株心材腐朽病은 주로 뿌리의 상처부위로 침입한 부후균이 점차적으로 지상 줄기로 진전하여 심재부를 썩힌다(2, 8, 9, 22, 27, 28, 29). 이 병은 뿌리목에서부터 지상 수m에 이르게 되며, 임목에서 가장 이용가치가 높은 부위에 피해를 줌으로서 경제적 손실이 클 뿐만 아니라 부후가 확대되면 바람에 의해 뿌리목에서 부러지는 치명적인 피해를 수반하기도 한다(Fig. 4. H, I). 이러한 심재부후는 일반적으로 수령이 증가함에 따라 피해가 커지는 것으로, 앞으로 대경목의 우량재 생산시업으로 임목이 장령화, 노령화되면 부후피해는 한층 증가될 것으로 우려되고 있다.

국내에서 생임목부후에 대한 기록은 1940년에 발간된 鮮滿實用 林業便覽에 수록된 92병종중 10여종의 부후균이 포함되어 있고, 그 중 낙엽송 재질부후균으로는 해면버섯균과 덕다리버섯균의 2종이 포함되어 있는 등 부후균으로만 10수종이 기록되어 있을 뿐 수목병해로서의 임목부후병 연구는 찾아보기 힘들다(6, 14, 20, 21). 최근들어 참나무류, 포플러류 등 일부 활엽수를 대상으로 한 피해실태 조사를 비롯하여(7, 13), 낙엽송간벌지를 중심으로 빈번하게 발견되고 있는 근주심재부후병의 연구가 착수되었다(10, 11, 12).

근주심재부후병 피해실태

1. 피해분포

2 식물병과 농업

'88~'89년도 국유림간벌임지(평균임령 25년, 벌근 평균직경 18 cm)를 대상으로 근주심재부후병 피해도를 조사한 결과, 피해본수율은 평균 7.1%로서 0.5~21.0%범위였고, 임분단위로 볼 때, 피해를 10%이상의 임지가 35%, 2%이하의 경미한 피해임지가 47%였다.

또 우리나라 5개도(경기, 강원, 충북, 전북, 경북)에서 III~VII등급에 달한 임분 35개소를 대상으로 근주심재부후 피해본수율을 조사한 결과, 정선군 임계면, 단양군 대강면, 제천시 백운면 등을 포함한 조사임지의 50%정도가 부후목을 찾기 어려울 정도로 아주 경미한 피해율을 나타냈다. 이들 지역을 제외한 피해본수율은 평균 5.8%(0.0~35.5%)로 전반 적으로 피해도가 낮은 편이었고, 4%이상의 피해임지는 임령이 높아질수록 피해본수율도 높아지는 경향을 나타냈다.

이와 같이 우리나라 낙엽송의 근주심재부후병 피해는 지역에 따라 그리고 조림지에 따라 큰 차이를 보이고 있다. 이러한 피해도는 아직은 임령이 낮아 변화의 여지가 많지만 피해 분포나 분포정도로 판단할 때, 감염원인 부후균의 존재여부와 조림지의 토양조건이 피해율에 크게 관계된 것으로 생각된다. 단위임지내에서도 국소적인 발생양상을 나타내며 일반적으로 감염목의 임내분포는 피해본수율이 높을수록 군상으로 집중분포하는 경향이었고, 피해가 가벼운 임지에서는 산발적으로 나타났다.

2. 부후형태와 크기

낙엽송 근주심재부후목의 벌근단면에 나타나는 부후형은 대부분이 Pith를 중심으로 불규칙한 원형으로 나타나지만, 일부는 심재부에 반점상의 부분부후를 보이는 것도 있다. 낙엽송 간벌임지에서 조사한 결과를 보면(Table 1), 벌근단면에 나타난 부후부위 직경은 평균 3~5 cm로서 전체의 15~35%에 해당하였고, 부후단면적율은 전체의 2.2~12.2%정도였다. 심재부에 부후가 진전된 지상높이는 1~3 m 범위였고, Pith를 중심으로 한 부후재부에 나타나는 년륜수는 평균 3~5개가 포함되었다(Fig. 4, G2).

또한 63년생 낙엽송장령목에서 꽃송이버섯균(*Sparassis crispa*)과 해면버섯균(*Phaeolus schweinitzii*)에 의한 부후목을 수간석해하여 심·변재부 및 건전재부와 부후재부를 구분하여 부후종단면도를 그리면(Fig. 1)과 같다. 2 균종간의 심재부후형태는 거의 같은 모습이었으며, 벌근단면은 간벌목

Table 1. Dimension of decayed columns caused by butt-rot fungi in thinned larch plantations

Location	Tree age (years)	Basal diameter (cm)	Dimension of decayed column on butt end			
			Decay diameter (cm)	% of decayed area	Height ^a (m)	Number of annual ring
Pochon Naechon	25	13.1/10~24 ^b	3.3~2.4 ^b	6.3	-	-
Namyangju chinjob	40	20.1/10~44	6.7/3~17	11.1	-	-
Pyongchang Toam	24	20.3/10~32	3.4/1~6	2.8	-	-
Pyongchang Toam	24	22.9/14~31	3.4/2~5	2.2	-	-
Pyongchang Bongpyong	25	14.3/11~19	5.0/3~8	12.2	1.7/1~3 ^b	5/3~7 ^b
Chunchon Sabuk	25	15.7/12~28	3.0/2~5	3.7	1.5/1~3	3/2~5

^a Length of decayed column above the ground level.

^b Average/Range.

에서와 같이 Pith를 중심으로 불규칙한 원형으로 나타났고(Fig. 4. E, F, G1, G2), 부후의 크기는 지상높이 보다는 뿌리목부위의 직경확대가 크고, 따라서 부후의 진전에 따라서는 뿌리목에서 부러지기 쉬운 형태였다.

한편 *S. crisper*와 *P. schweinitzii*의 자실체가 발생된 이병목을 벌채하여 심재부후크기를 조사한 결과(Table 2), 벌근단면(0.2 m 높이)에 나타난 부후재부(Pith를 중심으로 나타나는 부후말기상태의 재부)의 단면적율은 *S. crisper*에 의한 피해목이 47.3~74.4%였고, *P. schweinitzii*에 의한 피해목이 19.2~19.8%로 나타났다. 심재부후가 미치고 있는 지상높이는 수고의 5.0~19.8%로서 가장 낮은 것이 1.2 m, 높은 것은 5.5 m에 달하였으며, 부후진전높이 역시 *S. crisper*에 의한 피해목이 더 크게 나타났

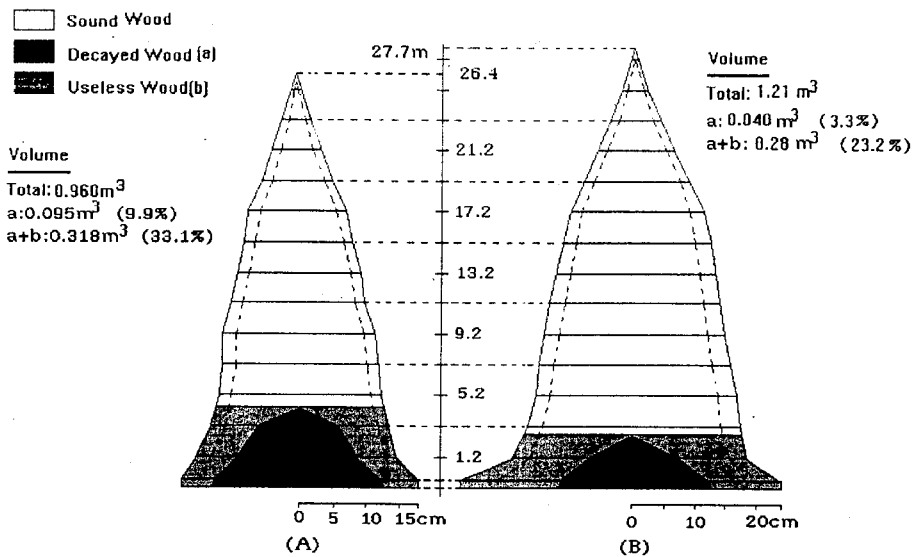


Fig. 1. Longitudinal section of Japanese larch with butt rot caused by *Sparassis crispa* (A) and *Phaeolus schweinitzii* (B).

Table 2. Proportion of decayed part in butt end, height and volume of sample larch trees with butt rot

Butt-rot fungi	Sample trees	Basal diameter (cm)		Decayed area (%)	Height (m)			Volume (m³)			Useless wood ^a (%)
		Total	De-cayed		Total	De-cayed	%	Total	De-cayed	%	
<i>Sparassis crispa</i>	1	51.0	44.0	74.4	25.3	3.2	12.6	0.9826	0.1317	13.4	33.5
	2	32.0	22.0	47.3	24.0	1.2	5.0	0.6613	0.0203	3.1	13.1
	3	32.0	22.0	47.3	27.8	5.5	19.8	1.0002	0.1113	11.1	73.1
	4	36.0	25.0	48.2	26.4	4.2	15.9	0.9601	0.0952	9.9	33.1
<i>Phaeolus schweinitzii</i>	5	52.5	23.0	19.2	27.7	2.2	7.9	1.2096	0.0403	3.3	23.2
	6	36.0	16.0	19.8	24.2	2.2	9.1	0.8640	0.0191	2.2	21.8

^a Percentage of volume of decayed part per log.

Table 3. Compressive strength and specific gravity of heartwood depending on decay conditions of larch tree with butt rot caused by *Sparassis crispa* (a) and *Phaeolus schweinitzii* (b)

Sample trees	Sample heartwood	Compressive strength (kg/cm ²)	Specific gravity
a	Sound ^a	196~270	0.53~0.68
	Decayed ^b	71~77	0.41~0.47
b	Sound ^a	209~270	0.68~0.69
	Decayed ^b	52~67	0.40~0.46
Sound tree	Sound	229~338	0.66~0.72

^a Sound-looking heartwood close to decayed part.

^b Decayed heartwood with naked eye.

다. 이를 간벌목 벌근에 나타난 부후단면적율(Table 1)과 비교하면 수령이 증가함에 따라 지상으로의 수직확대보다 뿌리목부위의 수평확대가 큰 것을 알 수 있다.

전체 재적에 대한 부후재적율은 2.2~13.4%로서 비교적 낮은 비율로 나타났으나, 심재부에 부후가 미치고 있는 높이까지를 이용할 수 없는 불용재로 볼 때, 재적손실율은 13.1~37.1%로서 전체 재적의 평균 27.0%가 부후피해를 받고 있었다.

3. 부후재의 강도와 비중

근주심재부후목의 심재부를 부후재부(부후말기상태의 재부)와 육안전전재부(부후재부에 접한 가벼운 변색재부)로 구분하여 압축강도와 비중을 조사하여 전전재와 비교한 결과(Table 3), 압축강도는 부후목의 육안전전심재에서 196~270 kg/cm²로 전전목의 전전심재(338 kg/cm²)에 비하여 20~42%가 감소하여 부후균에 의한 목재열화가 진행중인 것으로 나타났고, 부후말기상태인 부후재는 52~77 kg/cm²로서 전전재(229 kg/cm²)에 비해 66~77%로 크게 감소된 것으로 나타나 조직이 거의 파괴된 상태였다.

비중에서도 육안전전재에서 4~26%, 부후재에서 29~39%가 감소한 0.53~0.69 및 0.40~0.47로 크게 감소하였다. 강도와 비중에 있어 2균종간(꽃송이버섯균과 해면버섯균 피해목)의 차이는 없었다.

부후균의 종류와 빈도

전국의 III등급 이상의 낙엽송임분에서 발견된 216본의 근주심재부후목으로부터 부후균을 분리한 결과(Table 4), *Sparassis crispa*(꽃송이버섯균)가 27.8%로 가장 많았고, *Laetiporus sulphureus* var. *miniatus*(붉은덕다리버섯균)가 19.0%, *Phaeolus schweinitzii*(해면버섯균)가 7.9%순으로 분리되었고, 이들 3종의 균이 전체의 54.7%를 차지하였다. 그러나 조사목의 45.3%에 달하는 98본에서는 담자균인 부후균이 순수분리되지 않았고, 이들의 일부시료에서는 *Geotrichum candidum*, *G. sp.*, *Verticillium sp.* 등의 비담자균이 분포하였다. 일본에서는 낙엽송의 근주심재부후균으로 *Tyromyces balsameus*가 대부분의 피해임지에서 아주 높은 빈도로 분리되고 있으나(1, 18, 23, 24) 우리나라에서는 분리되지 않았

Table 4. Frequency of butt-rot fungi isolated from 216 larch trees with butt rot

Butt-rot fungi	<i>Phaeolus schweinitzii</i>	<i>Sparassis crispa</i>	<i>Laetiporus sulphureus</i> var. <i>miniatus</i>	Not isolated	Total
Number of trees	17	60	41	98	216
Frequency (%)	7.9	27.8	19.0	45.3	100

고, 균종별 분포빈도에 있어서도 *P. schweinitzii*가 우리나라에서는 이외로 낮은 비율로 분포하였다.

부후목의 성장추이

낙엽송 63년생 부후목과 건전목을 수간석해한 후, 피해목과 건전목의 連年胸高直徑生長과 材積生長曲線으로 비교한 결과, *S. crispa* 피해목에서는 식재 8년후부터, *P. schweinitzii* 피해목에서는 식재 14년후부터 직경생장량이 건전목에 뒤떨어지는 것으로 나타났다. 또한 재적생장비교에서도 *S. crispa* 피해목은 식재 12년후부터 그리고 *P. schweinitzii* 피해목에서는 이보다 9년정도 늦은 식재 21년후부터 건전목에 뒤떨어지는 것으로 나타났다. 따라서 부후균의 감염이 성장감소에 영향을 주는 것으로 볼 때, 감염시기는 식재후 8~14년이 되기 전인 것으로 추정할 수 있고, 늦어도 피해목의 재적생장량이 건전목에 뒤떨어지기 시작하는 식재후 12~21년 이전에 감염되었을 것으로 추정되었다. 한편 수령 30년이 되었을 때의 성장감소는 *S. crispa* 피해목이 직경 16.3%와 재적 16.4%, *P. schweinitzii* 피해목은 직경 14.7%와 재적 13.5%가 감소하였다.

근주심재부후목의 진단

1. 충전식드릴(Drill)에 의한 간이진단

심재부후목은 Drill만으로 간이진단할 수가 있다. Drill로 천공하는 과정의 압력강도 변화와 충격에 의한 진단은 짧은 기간의 경험자라도 상당히 높은 적중율을 보인다. 사용하는 드릴침(Drill bit)은 직경 2 mm로 길이 30 cm가 적당하다. 천공시 건전목은 수피에서부터 Pith까지 거의 일정한 압력강도를 나타낸 반면, 부후목의 경우는 부후재부 지점에서 급격히 압력강도가 약화되어 충격이 완화된다는. 이와같이 드릴로 낙엽송심재부후목을 진단한 결과, 건전목에서는 88.2%의 적중율, 부후목에서는 86.9%의 적중율로 87%정도의 진단 적중효과가 있었다.

2. Shigometer에 의한 진단

Shigometer는 육안적으로 탐색이 곤란한 대경목의 심재부후를 탐지하고, 임목의 활력도를 비교하기 위하여 개발된 기기(30~35)로, 활력도는 형성층부위의 전기저항을, 심재부후목 진단은 목질부의 건전 변색 부후에 따른 전기저항변화를 이용한다. 심재부후목의 조기탐색의 필요성에 따라(16, 17, 26, 36) 최근 이의 응용시험이 수종별로 시도되고 있다(3, 15, 37).

Shigometer로 낙엽송의 수피에서 Pith까지 1cm간격으로 측정된 전기저항치의 변화패턴을 분석한 결과와 성장추로 뽑은 錐芯片(Core)으로 부후여부를 육안관찰한 결과를 종합하여 만든 부후판정 기준표는 Table 5와 같다. 한 나무에서 측정된 저항치의 크기가 전부 500 K Ω 이상의 높은 값을 나타낸 것은 아주 드문 현상으로, 동공목이거나 일부 건전목에서 볼 수 있는데, 동공목의 경우 대부분이 700 K Ω 이상의 가장 높은 값을 나타내고(Fig. 2), Drill로 천공할 때의 압력강도변화만으로도 판정이 가능하다. 또한 500 K Ω 이상과 이하값이 같이 분포하는 경우는 측정치중에서 최고값(500 K Ω 으로 한다)에서 75%이상 크게 감소한 저항치(125 K Ω 이하)의 연속, 불연속분포로서 부후(변색)여부를 판정할 수 있다. 또 모든 측정치가 500 K Ω 이하인 경우에는 그 중 가장 큰 저항치에서 75%이상 감소한 저항치의 연속, 불연속분포로서 부후(변색)여부를 판정한다. 다만 심재부가 아닌 수피나 변재부위에서 낮은 저항치는 예외의 경우이다.

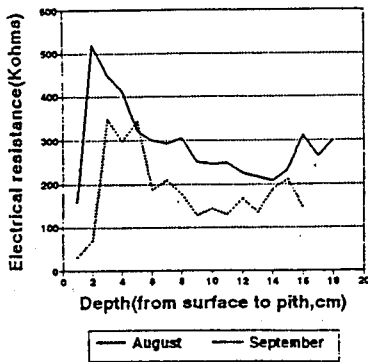
Table 5의 기준표에 의하여 4월부터 11월까지 시기별로 부후여부를 진단한 결과(Table 6), 진단적중율은 건전목에서는 88%내외로 비교적 일정한 값을 나타낸 반면, 심재부후목에서는 4-5월과 늦가을인 11월에는 65%내외로 낮았고, 반면 8 9월에는 95%이상으로 측정시기에 따라 큰 편차를 보였다. 전체적으로 볼 때, Shigometer에 의한 심재부후의 진단시기는 기후가 온난한 6월부터 10월까지로서 85%이상의 진단적중효과가 있었다.

Fig. 2는 낙엽송장령목을 대상으로 목질부의 전기저항 변화 Pattern을 8월과 9월 측정치를 기준으로 하여 그린 것이다. 건전낙엽송에서는 수피에서 변재부로 갈수록 전기저항치가 상승하고 심재부에서는 약간 감소하여 일정한 값을 유지한다. 건전목이나 근주심재부후목은 모두 Table 5의 기준표에 부합하는 변화 Pattern을 보였다. 그러나 부후(변색)재부와 동공이 같이 존재하는 나무에서는 동공부위에서 저항치가 급상승하여 기기가 나타내는 최고값에 도달한 후 변화하지 않았고, 부후가 Pith를 중심으로 있지않고 심재부에 부분적인 반점형태로 존재하는 부후목은 그 부위에서 저항치가 급락한 후, Pith주위에서 다시 상승하는 모습을 볼 수 있었다(Fig. 2).

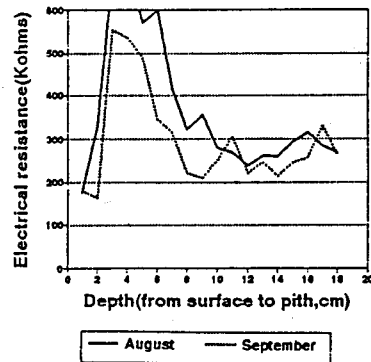
한편 전기저항 측정을 위한 천공시 수액이 다량 누출하여 측정용 Probe가 젖는 경우는 저항치가 전체적으로 아주 낮은 값을 나타내고 건전목과 부후목이 동일한 Pattern으로 나타남으로서 구분이

Table 5. Diagnosis table of butt-rotted larch trees by electrical resistance (readings) using Shigometer

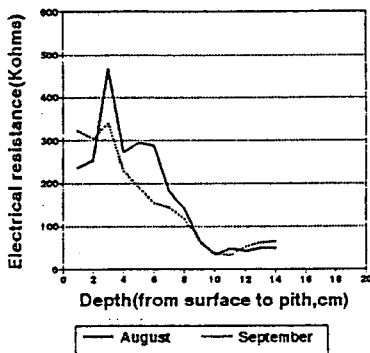
Division of resistance readings	Distribution of decreased readings more than 75% of the highest	Decay decision
all > 500 K Ω	Nothing	Sound or decay pocket
> 500 Ω and < 500 K Ω	Continuous	Decay (discoloration)
	Discontinuous	Partial decay (discoloration)
	Nothing	Sound
all < 500 K Ω	Continuous	Decay (discoloration)
	Discontinuous	Partial decay (discoloration)
	Nothing	Sound



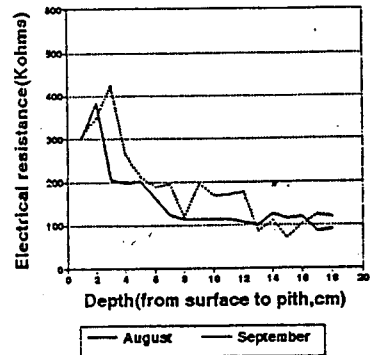
(1) Sound tree



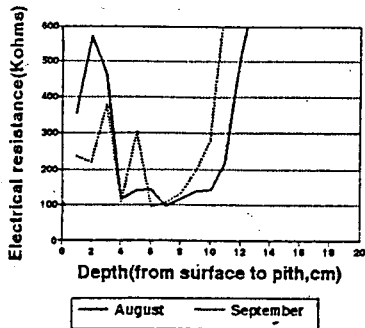
(2) Sound tree



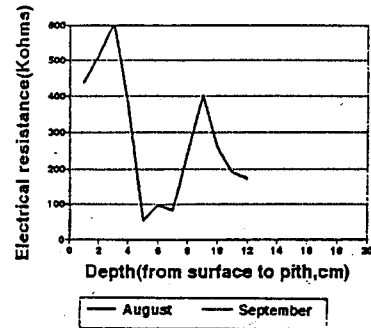
(3) Decayed tree(heartrot)



(4) Decayed tree(heartrot)



(5) Decayed tree(decay pocket)



(6) Decayed tree(partial decay)

Fig. 2. Patterns of electrical resistance in sound and decayed trunks of Japanese larch in August and September, when measured by Shigometer.

어려웠고(Table 5)의 기준에도 맞지않았다. 그러나 Shigometer에 의한 낙엽송 심재부후목의 진단은 측정된 저항치의 변이가 크지만 전체적인 변화 Pattern도를 작성하여(Table 5)의 기준표와 비교하면 대부분 진단이 가능한 것으로 사료되었다.

2. 자실체에 의한 진단

Table 6. Results of monthly diagnosis of sound and butt-rotted trees of Japanese larch by Shi-gometer

	Percentage of monthly diagnosis							
	4	5	6	7	8	9	10	11
Decayed trees	65.2	68.2	82.6	86.4	95.7	95.5	82.6	65.2
Sound tree	88.2	88.2	88.2	88.2	88.2	87.5	88.2	100

Table 7. Diagnosis by the observation of fruiting bodies of fungi on the Japanese larch trees with butt rot

Butt-rot fungi	Number of trees investigated	Occurrence of fruiting bodies	
		Number	%
<i>Sparassis crispa</i>	40	14	35.0
<i>Laetiporus sulphureus</i> var. <i>miniatus</i>	22	1	4.5
<i>Phaeolus schweinitzii</i>	7	6	85.7
Total	69	21	30.4

낙엽송장령임지에서 탐색된 근주심재부후병 피해목에서 심재부의 부후재조직을 일부 채취하여 균을 분리하여 분류한 후 자실체의 발생여부를 조사한 결과(Table 7), 조사목의 60%에서 전형적인 근주심재부후균이 분리되었고 이를 균종별로 보면, 꽃송이버섯균(*S. crispa*)이 34.8%, 붉은덕다리버섯균(*L. sulphureus* var. *miniatus*)이 19.1%, 그리고 해면버섯균(*P. schweinitzii*)이 6.1%인 7본이었다(Fig. 4. A, B, C, D). 이들 균종이 확인된 69본의 부후목에서 봄부터 가을까지 부후균의 자실체가 발생된 것은 전체의 30.4%인 21본에 불과하였고, 이를 균종별로 보면 *S. crispa*가 40본중 35.0%, *L. sulphureus* var. *miniatus*가 22본중 4.5%, *P. schweinitzii*는 7본중 85.7%가 발생하였다.

자실체의 발생은 뿌리목주위 반경 1 m내에 대다수가 출현하였고, 수간부 줄기발생은 아주 드물었다. 시기별로는 특정월에 집중발생하기보다는 늦봄부터 가을까지 불규칙하였고, *L. sulphureus* var. *miniatus*가 조금 이른 늦봄부터 발생하고 다른 2종은 여름철에 들어 나타나기 시작하였다. 그러나 자실체관찰에 의한 부후목의 진단적중율은 30.4%로 극히 낮았을 뿐만아니라 시기적으로도 발생기간이 길고, 임내 하층식생이 많은 임지에서는 탐색이 어려운 점을 고려하면 부후목의 진단방법으로서 는 실효성이 낮다고 할 수 있다.

근주심재부후병의 발생환경

1. 부후본수율과 환경인자와의 관계

전국의 III등급 이상의 임지 38개소를 현지답사하여 국소적인 피해본수율과 환경인자(임황 및 지황)를 조사하고 그 관계를 다변량해석법으로 분석하여 낙엽송근주심재부후병의 발생환경을 조사하였다. 병발생에 관련되는 임황 및 지황인자중 비교적 관련성이 낮은 일부인자를 제외한 후, 8개의 환

Table 8. Partial correlation coefficients of environmental factors and their significances

Factors	Partial correlation coefficient	Remarks
Age class	0.5416**	*Multiple correlation coefficient : 0.7118**
Position in a slope	0.3974**	
Aspect of stand	0.3099**	
Soil moisture	0.2063*	*102 plots
Shape of slope	0.1937*	*8 factors and
Gradient of stand	0.1102	24 categories
Soil texture	0.0909	
Growth	0.0855	

*Significantly different at the 5% probability level.

**Significantly different at the 1% probability level.

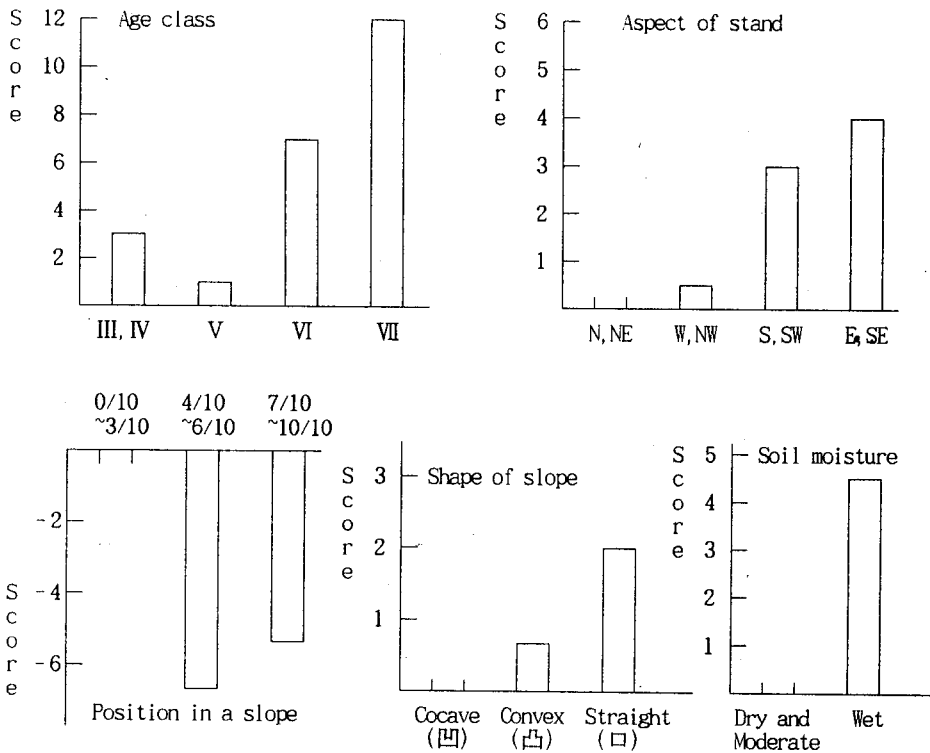


Fig. 3. Score ratio of each category in five environmental factors to the infection rate of buttrot disease.

경인자로 조정하여 분석한 결과(Table 8), 환경인자의 각 Category간의 점수범위와 인자군 편상관계수의 크기에 따른 부후병 발생률에 영향을 미치는 환경인자의 순위는 영급(임령)이 가장 크게 영향을 미치는 인자였고, 경사위치, 임지방위, 토양습도, 국소지형, 경사도, 토성, 생장의 순으로 낮았다. 조사된 인자간의 내부상관관계는 영급과 생장, 토성과 토양습도의 관계를 제외하고는 비교적 낮은 값으로

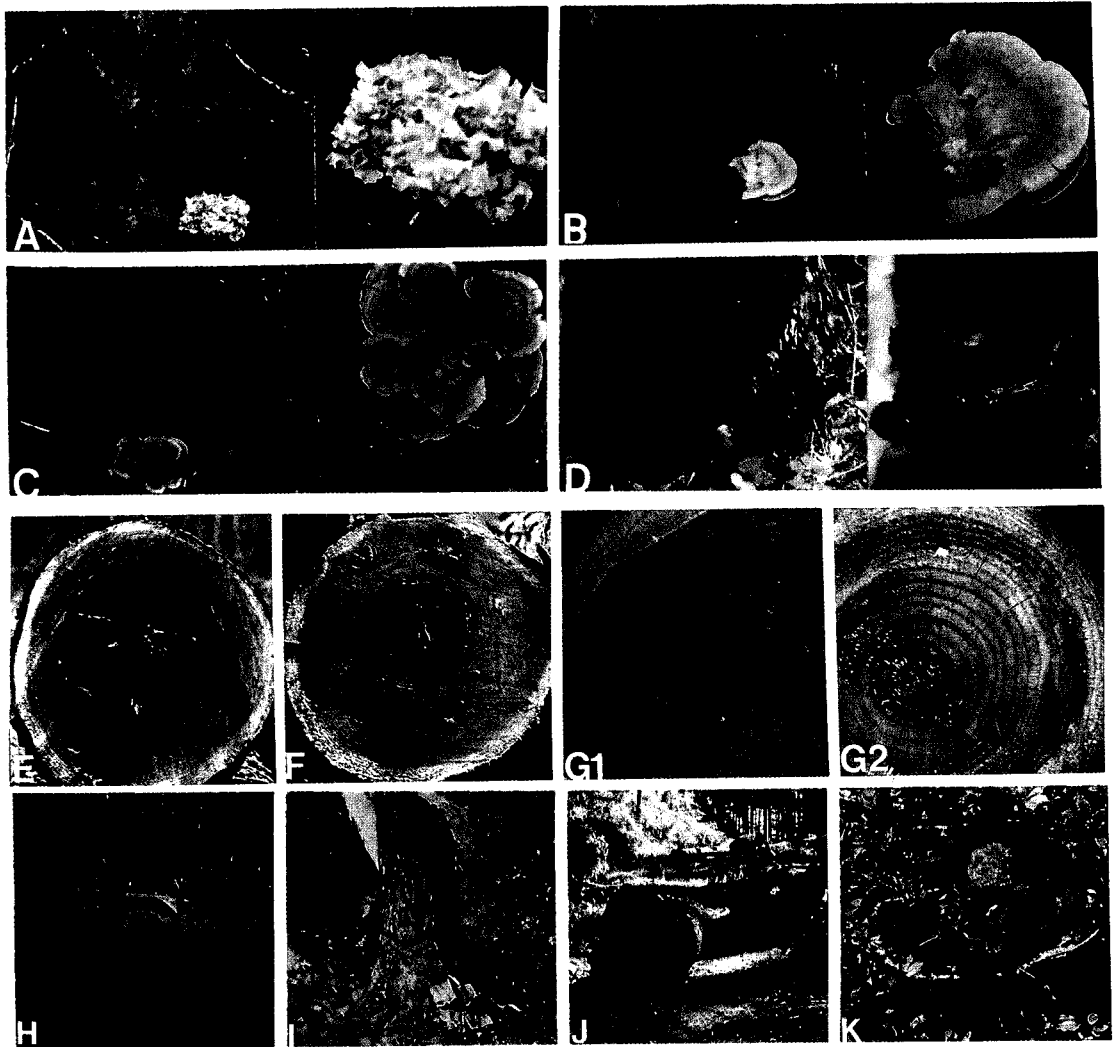


Fig. 4. Fungi and damage of butt-rot disease of Japanese larch. A, B: Fruiting bodies of *Sparassis crispa* (A) and *Laetiporus sulphureus* var. *miniatus* (B) emerging from the base of an infected larch. C: Fruiting bodies (Mushroom-like) of *Phaeolus schweinitzii* on the soil near an infected larch. D: Fruiting bodies (Bracket-like) of *P. schweinitzii* emerging from the base of an infected larch. E, F: Decayed column on the butt end of a mature larch tree with butt rot caused by *S. crispa* (E) and *L. sulphureus* var. *miniatus* (F). G1, G2: Decayed column on the butt end of a mature larch tree (G1) and a thinned tree (G2) with butt rot caused by *P. schweinitzii*. H: A butt-rotted larch tree felled down by the wind. I: Characteristic, advanced, blocks of brown rot in a cracked butt-rotted larch tree caused by *S. crispa*. J: Cutting of larch trees with butt rot. K: Fruiting bodies of *S. crispa* emerging on the decayed column of the butt end of an infected larch.

상호 독립적이였다.

또한 상관계수의 유의성검정 결과, 중상관계수 0.712는 1%수준에서 유의성이 있었고, 편상관계수

는 영급, 경사위치, 임지방위, 토양습도, 국소지형에서 5%이상의 유의성이 인정되었다.

2. 부후본수율에 영향을 미치는 국소환경인자

유의성이 있는 5개 환경인자군에서 각 인자의 Category별 점수분포를 보면(Fig. 3), 영급에서는 조사된 III~VII등급목 중에서 VI등급 이상에서 부후본수율이 높았고, 상대적으로 V등급 이하에서는 피해율이 낮았다. 경사위치는 3부능선이하의 산록부에 피해가 많았고, 산복-산정부에서는 발생율이 낮았다. 방위별로는 동·남동향과 남·남서향의 발생율이 높았고, 서 북서향을 비롯한 북 북동향에서 낮은 발생율을 나타냈다. 토양습도에서는 습한 토양이 건조토양보다 발생율이 높았고, 국소지형에서는凹,凸,□의 순으로 피해율이 높게 나타났다.

따라서 영급, 경사위치, 임지방위, 토양습도, 국소지형 등 5개 환경인자로 추정할 수 있는 예상피해율은(Fig. 3)에 나타난 각 환경인자의 카테고리별 점수의 합계치로서 추정할 수 있다.

참고문헌

1. 青島清雄, 林康夫. 1962. 카라마ツ의心腐れ病菌について. 72回 日林講: 308-309
2. 青島清雄, 林康夫, 遠藤昭. 1963. 雨水害にともなうカラマツの幹腐朽病. 日林誌 45(4): 125-126.
3. Cha, B. J. 1984. Vitality measurements in street trees by electrical resistance. A thesis for the degree of master of science, Seoul National University
4. 조무연. 1987. 한국수목도감. 산림청 임업연구원, 562pp.
5. 산림청. 1995. 임업통계요람 제25호.
6. 임업시험장. 1941. 선만실용임업편람. 양현당, 동경, 1,058pp.
7. 홍성각. 1982. 참나무유의 생리생태적 심재부후에 관한 연구. 산림청 임업시험장 용역 연구 FRI-82-23-SILVICS.
8. 今關六也, 青島清雄. 1955. 風害を誘發する立木の根株腐朽, 日林誌 37: 413-416.
9. 陳野好之, 林康夫, 小池永司. 1983. 採種園におけるカラマツの幹腐朽病. 94回 日林講: 541-542.
10. 김현중. 1991. 낙엽송근주심재부후병 발생에 영향을 미치는 임지환경요인, 임시연보 42: 155-162.
11. 김현중, 김준섭, 이창근. 1990. 해면버섯균과 꽃송이버섯균에 의한 낙엽송 생입목의 심재부후피해, 한림지 79(2): 138-143.
12. 김현중, 차주영, 이창근. 1991. 낙엽송 근주심재부후병균과 목재열화능력. 한림지 80(3): 311-316.
13. 김현중, 양성일. 1988. 포플러유(이태리포플러와 현사시)의 임목부후실태, 임시연보 37: 106-112.
14. 한국식물보호학회. 1986. 한국식물병·해충·잡초명감.
15. 黒田吉雄, 勝屋敬三. 1983. シゴメーターによるカラマツの根株心腐れの診断に関する基礎資料(1). 筑波大演報 第1號: 17-20.
16. 黒田吉雄, 勝屋敬三. 1987. ボアスコップによるカラマツ根株心腐病の診断. 筑波大演報 第3號: 83-87.
17. 黒田吉雄, 大澤正嗣, 勝屋敬三. 1988. X線診断装置(コンピュータ断層撮影)によるカラマツ樹幹内の根株心腐病の調査. 99回 日林論: 545-546.

18. 黒田吉雄, 大澤正嗣, 勝屋敬三. 1991. カラマツ根株心腐病菌の樹幹内での進展. 日林誌 73(3) : 232-237.
19. 이춘택. 1990. 낙엽송소경재의 제재이용구조에 관한 연구. 강원대 박사학위 논문.
20. Lee, Ji Yul. 1973. The List of the Fungi of Korea. *Kor. J. Mycol.* 1(1) : 35-43.
21. 이태수. 1990. 한국 기록종 버섯 총목록. 한국균학회지 18(4) : 233-259.
22. 小口健夫. 1976. カラマツ腐朽菌害調査について. 山づくり 245 : 6-8.
23. 大澤正嗣. 1989. カラマツ根株心腐病に関する研究. 筑波大學 大学院 博士學位論文, 133pp.
24. Ohsawa, M., Katsuya, K. and Otsuka, T. 1987. Isolation of butt rot basidiomycetous fungus from Japanese larch (*Larix leptolepis*) using selective media. *Trans. mycol. Soc. Japan* 28 : 49-54.
25. 변병호, 나용준. 1970. 일본잎갈나무잎떨림병(낙엽송낙엽병)의 발생생태와 약제방제에 관한 시험, 임시연보 17 : 29-34.
26. 佐保春芳. 1960. 穿孔試験による心材腐朽探知の一例, 東大農演習林報告 第13號 : 19-26.
27. 佐佐木克彦. 1983. カラマツ間伐木の腐朽調査, 日北方林業 35(4) : 12-18.
28. 佐佐木克彦, 林康夫. 1982. カラマツ造林木の腐朽菌害-北海道における被害實態-. 日林北支講 31 : 125-127.
29. 佐佐木克彦, 松崎清一, 田中潔. 1983. 氣象害に起因するカラマツ造林木の樹幹腐朽. 日林北支講 32 : 83-86.
30. Shigo, A. L. and Shigo, A. 1974. Detection of discoloration and decay in living trees and utility poles. USDA Forest Service Res. Paper NE-294, 11pp.
31. Shigo, A. L. and Berry, P. 1975. A new tool for detecting decay associated with *Fomes annosus* in *Pinus resinosa*. *Plant Dis. Repr.* 59 : 739-742.
32. 沈相魯. 1991. カラマツの性質と有効利用に関する基礎的研究. 北海道大學 大学院 博士學位論文, 149pp.
33. Shortle, W. C. 1979. Detection of decay in trees. *Jour. Arboriculture* 5(10) : 226-232.
34. Shortle, W. C., Shigo, A. L., Berry, P. and Abusamra, J. 1977. Electrical resistance in tree cambium zone: relationship to rates of growth and wound closure. *Forest Sci.* 23 : 326-329.
35. Tattar, T. A., Shigo, A. L. and Chase, T. 1971. Relationship between the degree of resistance to a pulsed electric current and wood in progressive stages of discoloration and decay in living trees. *Can. J. Forest Res.* 2 : 236-243.
36. 魚住正. 1981. 生立木の腐朽を探る-診断用器械の開発を念願して-. 林試場報 201 : 5-7.
37. 吉田成章, 鈴木和夫. 1979. スギ生立木材質の變色と腐朽の豫測 -電氣抵抗-. 日林九支論 32 : 311-312.
38. 양성일, 김경희, 이창근, 나용준. 1980. 약제의 항공살포에 의한 낙엽송가지끝마름병(선고병)방제시험. 임시연보 27 : 105-110.
39. 양성일, 오종환, 이창근, 나용준. 1984. 일본잎갈나무잎떨림병(Larch needle cast)이 임목생장에 미치는 영향에 관한 연구. 임시연보 31 : 133-142.