

## 山林의 立地環境因子가 表層土壤의 粗孔隙率에 미치는 影響因子 分析(Ⅲ)<sup>1\*</sup>

- 混濁林을 中心으로 -

朴在鉉<sup>2\*</sup> · 程龍鎬<sup>3\*</sup> · 金景河<sup>3</sup> · 尹豪重<sup>3</sup>

## Analysis of the Factors Influencing the Mesopore Ratio on the Soil Surface to Investigate the Site Factors in a Forest Stand(Ⅲ)<sup>1\*</sup>

- With a Special Reference to Mixed Stands -

Jae Hyeon Park<sup>2\*</sup>, Yongho Jeong<sup>3\*</sup>, Kyong Ha Kim<sup>3</sup> and Ho Joong Youn<sup>3</sup>

### 요 약

산림의 수원함양기능 지표로서 표층토양에서의 粗孔隙率(pF2.7)에 영향을 미치는 인자를 밝히기 위해 1995년 3월부터 10월까지 전국의 활엽수림 표본조사구를 대상으로 입지, 토양, 임분환경인자 등 총 24종에 대하여 spss\pc+를 이용하여 상관 분석하였다. 표층토양에서의 조공극률에 영향을 미치는 인자는 B층 토양에서의 조공극률, 하층식생 피복도, 표층 토양의 유기물함량비, F층 두께 등 4개 인자가 유의한 正의 상관관계를, 표층토양의 견밀도, 10cm 깊이의 토양견밀도가 각각 5%, 1% 수준에서 유의한 負의 상관관계를 나타내었다. Stepwise를 이용한 다중회귀분석결과 산림의 수원함양기능 증대에 영향을 미치는 표층토양에서의 조공극률에 영향을 미치는 인자는 B층 토양에서의 조공극률, 유기물함량비 등 2개 인자이었다.

### ABSTRACT

This study aimed to clarify the influencing factors of the mesopore ratio on a pore geometry of surface soil in mixed stands as an index of the water retention capacity. Twenty four factors including site conditions and soil properties were analyzed by spss/pc+ for the data collected from during March to October of 1995. The factors influencing the mesopore ratio(pF2.7) on the surface soil were as follows; mesopore ratio(pF2.7) on the B horizon soil, under vegetation coverage, organic matter contents of surface soil and F layer depth. And influencing factor on the ratio of mesopore in the soil surface was correlated with surface soil hardness and depth of 10cm soil hardness shows high negative significance. Also, multiple regression equations for mesopore ratio of the mesopore ratio of B horizon soil and organic matter contents shows high significance( $R^2$ ; 0.84).

*Key words* : water resource retention capacity, mesopore ratio, soil surface hardness, organic matter contents

<sup>1</sup> 接受 2001年 4月 30日 Received on April 30, 2001.

審査完了 2001年 5월 31일 Accepted on May 31, 2001.

<sup>2</sup> 진주산업대학교 산림자원학과 Chinju National University, Chinju 660-758, Korea.

<sup>3</sup> 林業研究院 Korea Forest Research Institute, Seoul 130-012, Korea.

\* 이 연구는 첨단기술개발사업과제 "산원수자원의 종합적 관리시스템의 개발" 연구의 일부임.

\* 연락처자 E-mail : pjh@chinju.ac.kr, yhjng@foa.go.kr

## 緒 論

현재까지 주요 상수원 지역인 산림유역 관리는 산림의 수원함양기능 증대를 위한 특별한 사업기 준의 부족 그리고 산림지가 청정수역이라는 기본적인 인식 하에 별다른 수질관리대책 및 평가기준 없이 인간의 간섭 및 개발행위를 최소화하는 산림지의 현상유지 및 시설규제 등과 같은 소극적인 방법이 주도되어 왔다. 그러나 산림의 수원함양 기능을 증진시키고 보전하기 위해서는 일련의 체계적인 사업이 필요하며, 이를 위해서는 산림토 양에서의 조공극률 증대 및 표층토양의 공극구조 를 활성화시키는 등 산림의 수원함양기능을 증대 시키는 체계적이고 종합적인 연구가 시급하다.

吳斗泳(1986)은 산림축적과 산림수자원과의 관 계를 밝혔고, 柳澤圭(1986)는 평균토심과 토양의 저수량과의 관계를 밝혔으며, 李宗學 등(1989)은 산림유출량의 차로 산림의 수원함양기능에 대하여 분석하였다. 한편, Anderson 등(1976)은 산림시 업에 따른 유출량의 차이로 산림의 수원함양기능 을 분석하였다. 中野(1971)는 시업량과 산림의 수 원함양기능, 즉 유출수량의 변화를, Brown(1991) 은 대규모 벌채에 따른 산림의 수원함양기능의 변 화를 분석하였다. 吉野와 菊谷(1985)도 벌채기간 에 따른 산림의 수원함양기능의 차이를 비교하였 다. 朴在鉉(1995)은 벌채지에서의 수원함양기능 변화를 분석하였다.

水利科學研究所(1976)는 산림의 수원함양기능 증진을 위한 산림사업방법을 제시하였고, 小柏 등(1991)은 산림의 수원함양기능 증진량을 평가할 수 있는 지표인자인 표층토양에서의 조공극률과 임분밀도와의 관계를 분석하여 보고하였다.

또한, 五所(1991)는 산림들의 변동이 산림에서 이용수자원량의 증대에 영향한다고 하였다. 아울 러 金泰助 등(1993)은 침엽수림의 수원함양기능을 증진시키기 위한 제·간벌은 상층울폐도를 85% 이하로 유지하고 표준벌채량의 40% 한도로 실시 하여야 한다고 보고하였다.

한편, 程龍鎬 등(1995)은 혼효림에서 수원함양 기능증진을 위한 사업방법으로 간벌은 높이 30cm 이하 하층식생 피복도가 40% 이상으로 유지될 수 있도록 수시로 실시하고, 중·상층 임목의 울폐 도가 80% 되는 시기에 실시하도록 하며, 벌채는 윤벌기를 70~80년으로 택벌 혹은 소규모 개별로 유도해야 한다고 하였다.

즉 몇몇 외국 연구자들은 산림사업에 따른 산림 의 수원함양기능을 평가하고 이를 통해 산림의 수 원함양기능을 증진시키기 위한 다양한 연구를 수 행하고 있으나(竹下, 1988; 小柏 등, 1991; 太田, 1991; 五所, 1991; Brown, 1991), 아직까지 우리 나라는 이에 대한 연구가 부족한 실정이다. 따라 서 이 연구는 산림의 수원함양기능을 증대시키기 위한 지표가 되는 표층토양에서의 조공극률(竹下, 1988; 金泰助 등, 1993; 李天龍 등, 1994)에 영향 하는 인자를 밝힘으로써 산림사업에 따른 혼효림 의 수원함양기능을 평가하기 위한 기초자료를 제 공하기 위하여 수행하였다.

## 材料 및 方法

이 연구에서는 1995년 3월부터 10월까지 혼효 림을 대상으로 조사항목이 결측된 조사지점을 제 외한 45개소를 표본구로 선정·조사하였다. 분석 방법은 程龍鎬 등(2001)과 같다.

또한, 산림의 수원함양기능 증진량을 평가할 수 있는 지표인 표층토양(표층에서 토양깊이 10cm 깊이까지)에서의 조공극률에 영향하는 인자인 입 지 및 토양환경인자 16종, 임분환경인자 8종 등 총 24종에 대하여는 spss/pc+를 이용하여 상관 분석 및 다중회귀분석을 실시하였다.

표본조사구로 선정된 45개 지점에 대한 임황은 Table 1에서와 같다. 조사대상지에서 모암의 분포 비율은 화성암이 약 69%, 퇴적암이 약 31%로 화 성암이 가장 높았으며, 조사 표본구 내 우점종을 이루는 주요수종은 소나무(*P. densiflora* S. et Z.) +신갈나무(*Q. mongolica* Fisch.), 소나무+물푸 레나무(*F. rhynchophylla* Hance), 분비나무(*A. nephrolepis* Max.)+신갈나무, 전나무(*A. holophylla* Max.)+신갈나무, 분비나무+거제수나무(*B. costata* Trautv.), 잣나무(*P. koraiensis* S. et Z.)+신갈 나무, 잣나무+상수리나무(*Q. acutissima* Carruth.), 소나무+굴참나무(*Q. variabilis*), 낙엽송 [*Larix leptolepis* (S. et Z.) GORDON] +굴피나무(*P. strobilacea* S. et Z.), 낙엽송+상수리나무, 소나 무+상수리나무, 소나무+밤나무(*C. crenata* S. et Z.), 소나무+졸참나무(*Q. serata* Thunb.), 소나무+서어나무(*C. laxiflora* Bl.), 소나무+물 박달나무(*B. davurica* Pall.), 소나무+갈참나무 (*Q. aliena* Bl.) 등으로 구성되어 있다.

전체 표본조사구의 평균 고도분포는 해발 160~

Table 1. Stand characteristics of study sites.

Site name	Basic Rock	Important Tree	Elevation (m)	Slope (°)	Aver. of Tree Age	Aver. of D.B.H. (cm)	Over tree density (no./100m <sup>2</sup> )	Under tree density (no./100m <sup>2</sup> )	Aver. of Tree Height (m)	% of sand	% of silt	% of clay	organic matter content
Jinbu 1	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. mongolica</i>	780	29	57	16.5	11	90	10.9	39.04	53.16	7.80	3.55
Jinbu 2	Sedimentary	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. mongolica</i>	825	26	70	29.8	8	142	11.3	21.34	63.46	15.20	4.79
Jinbu 3	Sedimentary	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. mongolica</i>	855	24	65	28.7	9	124	19.0	26.86	60.74	12.40	4.20
Daehwa	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>F. rhynchophylla</i>	760	30	55	15.7	9	130	11.4	58.00	38.20	3.80	3.60
Jangjeon 1	Sedimentary	<i>A. nephrolepis</i> + <i>Q. mongolica</i>	1,170	43	70	29.4	4	111	14.2	26.08	60.72	13.20	3.80
Jangjeon 2	Sedimentary	<i>A. holophylla</i> + <i>Q. mongolica</i>	1,230	32	70	16.8	9	76	11.9	24.02	62.38	13.60	3.50
Jangjeon 3	Sedimentary	<i>A. nephrolepis</i> + <i>B. costata</i>	1,200	28	75	17.0	7	54	12.4	45.64	48.56	5.80	3.60
Hanmi	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. mongolica</i>	1,080	27	53	24.1	12	20	17.4	24.70	66.70	8.60	3.82
Yangyang 1	Igneous	<i>P. koraiensis</i> + <i>Q. mongolica</i>	1,225	33	60	16.1	12	142	8.1	52.38	36.02	11.60	5.60
Yangyang 2	Igneous	<i>A. nephrolepis</i> + <i>Q. mongolica</i>	1,330	36	75	13.2	43	188	9.6	49.12	42.88	8.00	4.50
Magog 1	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. variabilis</i>	350	38	40	15.4	12	65	10.6	66.68	27.32	6.00	3.78
Magog 2	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. mongolica</i>	250	36	35	16.1	12	131	13.3	59.38	34.02	6.60	2.46
Magog 3	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. variabilis</i>	265	36	28	14.0	8	145	10.9	53.96	40.04	6.00	2.50
Chilgab 1	Igneous	<i>L. leptolepis</i> + <i>P. strobilacea</i>	375	30	19	16.0	18	146	14.8	45.78	49.82	4.40	4.55
Chilgab 2	Igneous	<i>L. leptolepis</i> + <i>P. strobilacea</i>	355	33	19	16.0	18	136	14.8	49.80	45.80	4.40	5.10
Chilgab 3	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. acutissima</i>	380	29	30	15.4	15	131	12.9	43.14	46.46	10.40	2.50
Chilgab 4	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>C. crenata</i>	365	34	34	20.9	10	167	12.4	28.54	59.26	12.20	2.55
Dogyu 1	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. serrata</i>	760	26	50	25.0	8	139	14.1	61.24	34.56	4.20	3.20
Dogyu 2	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. variabilis</i>	660	18	40	18.0	16	62	13.9	37.62	54.78	7.60	4.86
Dogyu 3	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. serrata</i>	610	26	40	18.8	13	67	13.9	61.02	33.78	5.20	5.32
Dogyu 4	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>C. laxiflora</i>	860	21	65	24.0	12	105	14.0	50.62	41.38	8.00	9.40
Dogyu 5	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>B. davurica</i>	720	21	40	17.7	10	66	12.5	70.26	25.94	3.80	5.45
Mudung 1	Sedimentary	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. serrata</i>	475	26	20	16.9	12	72	11.6	54.62	42.18	3.20	2.20
Mudung 2	Sedimentary	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. variabilis</i>	490	28	40	17.5	18	130	9.4	37.44	55.16	7.40	5.33
Mudung 3	Sedimentary	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. variabilis</i>	495	29	30	16.0	12	89	11.4	33.10	53.50	13.40	5.65
Mudung 4	Sedimentary	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. serrata</i>	320	33	35	19.6	12	52	10.2	29.88	61.12	9.00	5.23
Jigji 1	Sedimentary	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. variabilis</i>	200	26	25	27.8	11	2	10.8	63.44	30.56	6.00	2.34
Jigji 2	Sedimentary	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. variabilis</i>	355	18	25	20.3	8	110	12.6	81.16	15.64	3.20	4.19
Jigji 3	Sedimentary	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. variabilis</i>	255	34	30	16.6	16	121	9.1	68.48	29.52	2.00	4.35
Wachon 1	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. serrata</i>	720	19	50	25.4	7	177	12.6	63.19	33.24	3.60	4.11
Wachon 2	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. serrata</i>	635	28	30	18.5	13	65	10.8	58.86	37.54	3.60	5.34
Wachon 3	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>C. laxiflora</i>	610	31	30	14.2	8	71	10.2	59.66	36.74	3.60	5.46
Gurae 1	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>C. laxiflora</i>	480	25	27	21.9	9	138	11.0	79.90	19.50	0.60	5.76
Gurae 2	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. serrata</i>	655	34	31	18.8	13	108	13.1	33.36	54.64	12.00	5.75
Gurae 3	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. serrata</i>	555	19	30	23.8	13	92	11.6	50.24	45.59	4.20	2.30
Gurae 4	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. serrata</i>	700	27	32	22.4	12	60	13.2	39.84	50.76	9.40	3.45
Gurae 5	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. variabilis</i>	850	37	39	27	8	32	18.3	52.42	42.78	4.80	3.30
Gurae 6	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. aliena</i>	905	38	39	25.3	10	40	13.6	34.50	55.90	9.60	5.20
Gurae 7	Sedimentary	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. variabilis</i>	465	27	19	16.8	13	116	12.0	59.36	37.44	3.20	2.50
Gurae 8	Sedimentary	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. variabilis</i>	320	25	32	16.8	15	45	13.8	31.10	60.50	8.40	2.60
Pyunghwa 1	Igneous	<i>P. koraiensis</i> + <i>Q. acutissima</i>	160	27	62	27.7	17	34	22.0	61.04	33.76	5.20	4.42
Pyunghwa 2	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. acutissima</i>	180	17	48	32.0	9	30	19.7	53.82	40.58	5.60	4.19
Ygog 1	Igneous	<i>L. leptolepis</i> + <i>Q. acutissima</i>	140	37	35	20.0	15	24	8.8	52.60	39.20	8.20	4.98
Jugyob 1	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. acutissima</i>	280	23	47	24.5	13	75	17.3	59.38	34.22	6.40	3.64
Jugyob 1	Igneous	<i>P. Densiflora</i> + <i>Q. acutissima</i>	280	23	47	24.5	13	75	17.0	59.38	34.22	6.40	3.64

1,330m 범위 내에 위치하고, 경사도는 17~43°로 우리 나라 산지에서의 평균경사와 유사하였다. 임령비율은 II영급이 약 7%, III영급이 약 11%, IV영급이 약 33%, V영급이 약 18%, VI영급이 약 11%, VII영급 이상이 약 20%로 IV영급이 가장 많았다.

또한, 평균흉고직경은 14.0~32.0cm의 범위를 나타내었으며, 표본조사구 100m<sup>2</sup>에서 상층식생에 대한 임목수는 4~43본의 범위로 나타났으며, 하층식생에 대한 임목수는 2~188본의 범위로 나타났다. 그리고 표본조사구에 대하여 평균수고는 8.1~22.0m의 범위로 나타났다.

## 結果 및 考察

### 1. 표층토양에서의 조공극률에 영향을 미치는 인자 분석

#### 1) 표층토양에서의 조공극률에 영향을 미치는 인자의 상관분석

조공극률에 영향을 미치는 인자를 분석하기 위해 입지 및 토양환경인자 16종, 임분환경인자 8종 등 총 24종에 대하여 spss/pc+를 이용한 상관분석 결과는 Table 2와 같다.

표층토양에서의 조공극률과 B층 토양에서의 조공극률, 하층식생 피복도, 표층 토양에서의 유기물 함량비, F층 두께와는 편상관계수가 각각 0.562, 0.321, 0.736, 0.353으로 1%, 5% 수준에서 유의한 正의 상관관계를 나타내, 표층토양에서의 조공극률은 B층 토양에서의 조공극률, 하층식생 피복도, 표층 토양에서의 유기물함량비, F층 두께와 관계가 높은 것으로 분석되었다. 이는 B층 토양에서의 조공극률, 하층식생 피복도, 표층 토양에서의 유기물함량비, F층 두께가 증진될수록 표층 토양의 수원함양기능이 증진됨을 의미하는 것으로 침엽수림에서 표층토양에서의 조공극률과 임목축적과의 관계(程龍鎬 등, 2001a), 활엽수림에서 표층토양에서의 조공극률과 하층식생 피복도와와의 관계(程龍鎬 등, 2001b)와 유사한 결과이었다.

표층토양에서의 조공극률과 표층토양건밀도 그리고 10cm 깊이 토양에서의 건밀도와는 편상관계수가 각각 -0.556, -0.342로 1%, 5% 수준에서 유의한 負의 상관관계를 나타내었는데, 이는 선행연구결과(程龍鎬 등, 2001a; 2001b)와 유사한 결과이었다.

따라서 혼효림에서의 수원함양기능 증진, 즉 표층토양에서의 조공극률을 증진시키기 위해서는 침엽수림에서와 같이 하층식생 피복도를 조절할

필요가 있는 것으로 생각된다. 아울러 표층 토양의 유기물함량비가 많을수록, F층의 두께가 두꺼울수록 토양의 공극구조를 양호하게 하는 토양미생물의 활동이 활성화되는 등 이와 같은 결과를 유도하기 위한 임지관리가 중요한 것으로 생각된다(小柏 등, 1991; 金泰勛 등, 1993; 程龍鎬 등, 2001b).

B층 토양에서의 조공극률과 표층 토양에서의 유기물함량비, F층의 두께, 흉고직경, 표층 토양에서의 점토함량비와는 편상관계수가 각각 0.447, 0.343, 0.392, 0.320으로 1%, 5% 수준에서 유의한 正의 상관관계를 나타내었고, 표층 토양에서 모래함량비와는 편상관계수가 -0.313으로 5% 수준에서 유의한 負의 상관관계를 나타내어 표층 토양에서의 결과와는 비교적 다른 경향을 나타내었다. 이와 같은 결과는 토양 층위에 따른 특성 차이에 기인한 결과라 생각된다.

표층토양의 건밀도는 5cm, 10cm 깊이 토양에서의 건밀도와는 각각 편상관계수가 0.699, 0.588로 1% 수준에서 유의한 正의 상관관계를 나타내었으나, 하층식생 피복도, 표층 토양에서 유기물함량비와는 편상관계수가 각각 -0.362, -0.559로 5%, 1% 수준에서 유의한 負의 상관관계를 나타내었다.

5cm 깊이 토양에서의 건밀도는 10cm 깊이 토양에서의 건밀도와 편상관계수는 0.798로 1% 수준에서 유의한 正의 상관관계를, 10cm 깊이 토양에서의 건밀도와 하층식생 피복도, 표층 토양에서의 유기물함량비는 각각 편상관계수가 -0.443, -0.386으로 1% 수준에서 유의한 負의 상관관계를 나타내어 표층토양건밀도 및 토양 10cm 깊이의 건밀도 증가로 산림의 수원함양기능 증진에 영향을 미치는(程龍鎬 등, 2001a; 2001b) 하층식생 피복도, 표층 토양에서의 유기물함량비는 저하되는 것으로 분석되었다. 따라서 표층토양의 건밀도가 높아질수록 산림의 수원함양기능에는 불리하게 작용하는 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 토양의 건밀도가 증가함으로 인해 강수에 의한 침식토양이 증가함과 동시에 토양의 공극률 등이 저하된다는 선행연구결과(朴在鉉, 1995; 禹保命 등, 1995; 禹保命 등, 1998)와 유사한 결과이었다.

상층식생 울폐도는 하층식생 피복도, 하층식생 밀도, 낙엽낙지량, 고도, 경사 인자와 편상관계수는 각각 -0.561, -0.416, -0.321, -0.392, -0.372로 1%, 5% 수준에서 유의한 負의 상관관계를 나

**Table 2.** Correlation coefficients of site, soil and forest environmental factors influencing the mesopore ratio of surface soil.

Distributions	Surface and B horizon soil		Surface soil hardness (mm)	5cm depth soil hardness (mm)	10cm depth soil hardness (mm)	Over tree coverage	Under vegetation coverage	Over tree density (no./100m <sup>2</sup> )
	pF2.7 (Surface soil)	pF2.7 (B horizon soil)						
pF2.7(%) of B horizon soil	0.562**	1.000	-	-	-	-	-	-
Surface soil hardness(mm)	-0.556**	-	-	-	-	-	-	-
10cm depth soil hardness (mm)	-0.342*	-	0.588**	0.798**	-	-	-	-
Under vegetation coverage	0.321*	-	-0.362*	-	-0.443**	-0.561**	-	-
Organic matter contents of surface soil	0.736**	0.447**	-0.559**	-	-0.386**	-	0.430**	-
Depth of F layer	0.353*	0.343*	-	-	-	-	-	-
D.B.H.	-	0.392**	-	-	-	-	-	-0.297*
Amount of sand in surface soil	-	-0.313*	-	-	-	-	-	-
Amount of clay in surface soil	-	0.320*	-	-	-	-	-	-
5cm depth soil hardness(mm)	-	-	0.699**	-	-	-	-	-
Amount of clay in B horizon soil	-	-	-	-	0.415**	-	-	-
Over tree density(no./100m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	0.369*	-	-
Under tree density(no./100m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-0.416**	-	-
Amount of fallen leaves and branches	-	-	-	-	-	-0.321*	-	-
Elevation(m)	-	-	-	-	-	-0.392**	0.382**	-
Slope	-	-	-	-	-	-0.372*	-	-

Distributions	Under tree density (no./100m <sup>2</sup> )	Amount of fallen leaves and branches	Elevation (m)	Tree age	Tree Height	D.B.H.	Organic matter contents of surface soil	Amount of sand in surface soil
Amount of fallen leaves and branches	0.396**	-	-	-	-	-	-	-
Elevation(m)	-	0.315*	1.000	-	-	-	-	-
Tree age	-	-	0.427**	1.000	-	-	-	-
Tree Height	-	-	-	0.335*	-	-	-	-
D.B.H.	-	-	-	0.299*	0.617**	1.000	-	-
Depth of F layer	-	-	-	-	-	0.296*	0.384**	-
Organic matter contents of B horizon soil	-	-	-	-	-	-	0.347*	-
Amount of silt in surface soil	-	-	-	-	-	-	-	-0.988**
Amount of clay in surface soil	-	-	-	-	-	-	-	-0.833**
Amount of sand in B horizon soil	-	-	-	-	-	-	-	0.749**
Amount of silt in B horizon soil	-	-	-	-	-	-	-	-0.736**
Amount of clay in B horizon soil	-	-	-	-	-	-	-	-0.476**

Note : \* means statistically significant at 5% level and \*\* means statistically significant at 1% level.

타내었고, 상층식생밀도와는 편상관계수가 0.369로 5% 수준에서 유의한 正의 상관관계를 나타내었다. 또한, 하층식생 피복도는 표층 토양에서의 유기물함량비와 편상관계수는 0.430으로 1% 수준에서 유의한 상관관계를 나타내어 상층식생 울폐도와 하층식생 피복도는 負의 상관관계를 나타내었다. 이와 같은 결과는 혼효림의 수원함양기능 증진을 위한 산림사업은 침엽수림(程龍鏞 등, 2001a), 활엽수림(程龍鏞 등, 2001b)에서의 산림사업을 고려하여 하층식생 피복도 또는 상층식생 울폐도의 조절이 중요함을 의미하는 것이다.

임분인자로 상층입목밀도와 흉고직경은 편상관계수가 -0.297로 5% 수준에서 유의한 負의 상관관계를, 하층식생밀도는 낙엽낙지량과 편상관계수가 0.396으로 1% 수준에서 유의한 正의 상관관계를, 낙엽낙지량은 고도와 편상관계수가 0.315로 5% 수준에서 유의한 正의 상관관계를, 임령은 수고, 흉고직경과 편상관계수가 각각 0.335, 0.299로 5% 수준에서 유의한 正의 상관관계를 나타내었다.

임분과 입지인자와의 관계로 흉고직경은 F층 두께와 편상관계수가 0.296으로 5% 수준에서 유의한 正의 상관관계를, 표층 토양에서의 유기물함량비는 B층 토양에서의 유기물함량비와 편상관계수는 0.347로 5% 수준에서 유의한 正의 상관관계를 나타내어 하층식생밀도의 증가는 낙엽낙지량의 증가를 가져오며, 상층식생과의 조화로 산림의 수원함양기능을 증진시키는 결과를 가져오는 것으로 분석되어 임령, 수고, 흉고직경의 증가 결과는 궁극적으로 혼효림의 수원함양기능에 기여하는 것으로 분석되었다(小栢 등, 1991; 程龍鏞 등, 2001a; 2001b).

## 2) 표층토양에서의 조공극물에 영향을 미치는 인자의 다중회귀분석

표층토양에서의 조공극물에 영향을 미치는 인자의 상관분석결과 유의한 영향을 미친 인자는 B층 토양에서의 조공극물, 표층토양건밀도, 10cm 깊이 토양에서의 건밀도, 하층식생 피복도, 표층 토양에서의 유기물함량비, F층 두께이었다. 이상의 인자와 토양의 조공극물 형성에 영향을 미치는 선행 연구결과인(竹下, 1988; 小栢 등, 1991) 입지 및 토양환경인자, 임분환경인자 등 총 24종의 인자에 대하여 stepwise를 이용한 다중회귀 분석결과는 Table 3과 같다.

산림의 수원함양기능의 지표가 되는 표층토양에서의 조공극물(竹下, 1988; 金泰勳 등, 1993; 정용호 1998)에 영향을 미치는 인자는 stepwise를 이용하여 다중회귀 분석하였다. 분석 결과, 표층토양에서의 조공극물에 영향을 미치는 인자는 B층 토양에서의 조공극물, 표층 토양에서의 유기물함량비 2개 인자이었으며, 이를 다중회귀식으로 표시하면, 혼효림의 수원함양기능 증대의 지표가 되는 표층토양에서의 조공극물( $pF_{2.7}, \%$ ) =  $21.364 + 0.307 \times B$ 층 토양에서의 조공극물 +  $2.175 \times$  표층 토양에서의 유기물함량비이었으며, 결정계수는 0.63으로 1% 수준에서 유의하였다.

따라서 산림의 수원함양기능의 지표가 되는 표층토양에서의 조공극물( $pF_{2.7}, \%$ )을 증대시키기 위해서는 이에 영향을 미치는 B층 토양에서의 조공극물을 증대시켜 주거나(竹下, 1988; 小栢 등, 1991), 임목축적을 증진시킴으로써 토양의 유기물함량비가 높아지도록 하는 산림사업(吳斗泳, 1986)이 필요할 것으로 생각된다. 또한, 표층토양, A층, B층 토양의 건밀도는 상호 유기적으로 작용하므로 앞서 언급한 표층토양의 건밀도가 높아지지 않도록, 표층토양의 유기물이 유실되지 않도록 하는 산림사업 방법을 강구해야 할 것으로 판단된다.

**Table 3.** Multiple regression equations of environmental factors to determine the mesopore ratio of surface soil.

Variables	Regression coefficient	Standard error	Beta	t	Significance
(Constant)	21.364	3.325		6.425	
$pF_{2.7}(\%)$ of B horizon soil	0.307	0.108	0.331	2.850	0.007**
Organic matter contents of surface soil	2.175	0.506	0.010	4.298	0.000**
$R^2 = 0.63$					

Note : \*\* means statistically significant at 1% level.

## 2. 표층토양에서의 조공극률이 영향을 미치는 인자의 직선회귀분석

### 1) 표층토양에서의 조공극률과 하층식생 피복도와의 관계

산림의 수원함양기능 증진을 위해서는 표층토양에서의 조공극률이 증대되어야 하는데(小柏 등, 1991), 상관분석 결과 표층토양에서의 조공극률과 5% 수준에서 유의한 正의 상관관계를 나타낸 하층식생 피복도와의 관계를 직선회귀 분석하였다(Figure 1).

상관분석 결과 표층토양의 조공극률과 5% 수준에서 유의한 正의 상관관계를 나타낸 하층식생 피복도와의 관계로 산림사업 기준을 정하려고 할 때 통계적으로 결정계수가 가장 높게 되는 부분을 기준으로 정하는 것이 중요하다(小柏 등, 1991; 정용호, 1998).

선형연구결과 金泰助 등(1993)은 침엽수림의 수원함양기능을 증진시키기 위한 제간벌은 상층울폐도를 85% 이하로 유지하여야 한다고 하였고, 李天龍 등(1994)은 활엽수 수원함양림 사업기준을 신갈나무 지위 14년생의 경우로 볼 때 예비 간벌이나 간벌은 ha당 1,400本 정도를 남기도록 상층울폐도를 70% 이하로 유지해야 한다고 하였으며, 程龍鏞 등(1995)은 높이 30cm 이하 하층식생 피복도가 40% 이상으로 유지될 수 있도록 간벌을 수시로 실시해야 한다고 하였다. 그러나 이 연구에서는 하층식생피복도를 30% 이상~80% 이하로 하였을 경우에는 하층식생 피복도가 40% 이상으로 하였을 경우보다 결정계수( $R^2$ )는 0.10에서 0.39로 상승하는 결과를 나타내었다.

즉, 산림의 수원함양기능 증진에 기여하는 표층토양에서의 조공극률을 직선회귀식으로 나타낸 결과, 표층토양에서의 조공극률( $\%$ )= $2.5187 \times$  하층식생 피복도( $30\% \sim 80\%$ 로 하였을 경우) - 42.644 ( $R^2=0.39$ )이었다. 따라서 혼효림에서 수원함양기능 증진을 위한 산림사업시 상층식생 울폐도를 고려하여 하층식생 피복도를 30% 이상에서 80% 이하로 유지하는 방법이 그 효과를 증진시킬 수 있을 것으로 생각된다. 이때 하층식생 피복도는 하층식생이 없는 나지 상태와 전체가 완전히 피복되어 증발산에 의하여 수원함양기능이 저해되는 울폐도인 30% 이하와 80% 이상인 부분을 제외한 결과로, 이와 같은 결과는 小柏 등(1991)의 연구 결과를 뒷받침하는 결과이었다.

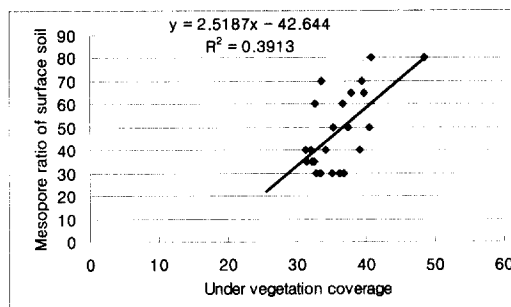


Figure 1. Linear regression equation of the mesopore ratio of surface soil and under vegetation coverage(%).

### 2) 표층토양에서의 조공극률과 표층토양 견밀도와의 관계

상관분석 결과 표층토양에서의 조공극률과 1% 수준에서 유의한 負의 상관관계를 나타낸 표층토양 견밀도와의 관계를 직선회귀 분석하였다(Figure 2). 이를 직선회귀식으로 나타내면, 표층토양에서의 조공극률( $\%$ )= $-0.2172 \times$  표층토양견밀도( $mm$ ) + 13.11 ( $R^2 = 0.31$ )이었다. 이와 같은 결과는 표층토양의 견밀도가 높아질수록 산림의 수원함양기능에는 불리하게 작용함을 의미하는 것이다.

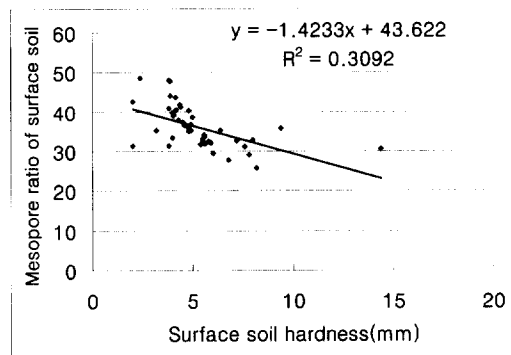


Figure 2. Linear regression equation of the mesopore ratio of surface soil and surface soil hardness(mm).

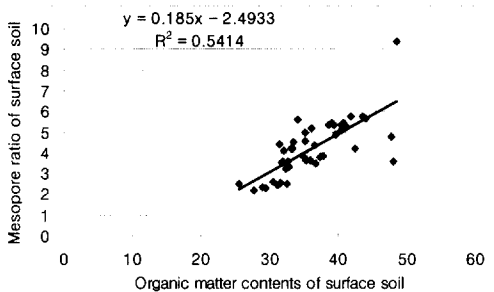
즉, 상관분석 결과 표층 토양견밀도와 유기물함량비와는 1% 수준에서 유의한 負의 상관관계를 나타내어 토양이 단단해질수록 유기물함량이 적게 되는 등 이와 같은 결과도 표층토양 견밀도와 산림의 수원함양기능 증대를 나타내는 지표인 표층토양에서의 조공극률( $\%$ )과의 관계와 같은 관계를 의미하는 것이다. 따라서 산림의 수원함양기능을

증대시키기 위한 산림사업은 표층토양의 견밀도가 높아지지 않도록 하는 사업 방법(朴在鉉, 1995; 禹保命 등, 1995; 禹保命 등, 1998; 程龍鎬 등, 2001a; 2001b)이 강구되어야 할 것으로 생각된다.

**3) 표층토양에서의 조공극률과 유기물함량 비와의 관계**

상관분석 결과 표층토양에서의 조공극률과 1% 수준에서 유의한 正의 상관관계를 나타낸 토양층의 유기물함량비와의 관계를 직선회귀 분석하였다 (Figure 3). 이를 직선회귀식으로 나타내면, 표층토양에서의 조공극률(%) = 0.185 × 표층 토양의 유기물함량비(%) - 2.4933(R<sup>2</sup> = 0.54)이었다. 이는 앞서 언급한 토양의 강수침투 및 저류구조와 밀접한 관계가 있는 것(정용호, 1998)으로 생각된다.

또한, 표층토양에서의 조공극률(%) = 0.0465 × F층 두께 - 0.4034(R<sup>2</sup> = 0.13)로 산림의 수원함양기능을 증진시키기 위해서는 토양층의 유기물함량이 증대될 수 있고, 그로 인해 토양미생물 및 토양소동물의 활동을 활성화시켜 토양공극이 증진될 수 있도록(竹下, 1988; 小柏 등, 1991) 혼효림에서도 산림사업 방법을 개발할 필요가 있을 것으로 생각된다.



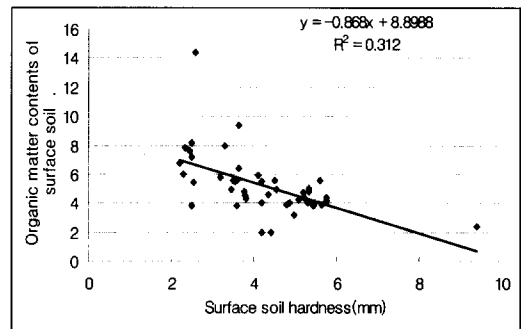
**Figure 3.** Linear regression equation of the mesopore ratio of surface soil and organic matter contents of surface soil.

**4) 표층토양에서의 유기물함량비와 표층토양 견밀도와와의 관계**

상관분석 결과 표층토양에서의 유기물함량비와 1% 수준에서 유의한 負의 상관관계를 나타낸 표층토양 견밀도와와의 관계를 직선회귀 분석하였다 (Figure 4). 이를 직선회귀식으로 나타내면, 표층토양에서의 유기물함량비(%) = -0.868 × 표층토양견밀도(mm) + 8.8988(R<sup>2</sup> = 0.31)이었다.

이와 같은 결과는 표층토양의 견밀도가 높아질수록 산림의 수원함양기능에는 불리하게 작용함을 의미하는 것이다. 즉, 상관분석 결과 표층 토양 견밀도와 유기물함량비와는 1% 수준에서 유의한 負의 상관관계를 나타내어 토양이 단단해질수록 유기물함량이 적게 되는 등 이와 같은 결과도 표층토양 견밀도와 산림의 수원함양기능 증대를 나타내는 지표인 표층토양에서의 조공극률(%)과의 관계와 같은 관계를 의미하는 것이다.

따라서 산림의 수원함양기능을 증대시키기 위한 산림사업은 표층토양의 견밀도가 높아지지 않도록 답압에 주의하는 사업 방법(朴在鉉, 1995; 禹保命 등, 1995; 禹保命 등, 1998; 程龍鎬 등, 2001a; 2001b)을 강구함으로써 표층토양의 유기물이 강수에 씻겨 침식토사와 함께 유실되는 것을 저감해야 할 것으로 생각된다.



**Figure 4.** Linear regression equation of organic matter contents of surface soil and surface soil hardness(mm).

**結 論**

혼효림을 대상으로 산림의 수원함양기능 증대의 지표가 되는 표층토양에서의 조공극률에 영향하는 인자를 밝힘으로써 산림사업에 따른 산림의 수원함양기능을 평가하기 위한 기초자료를 제공하기 위하여 수행한 결과는 다음과 같다.

1. 표층토양에서의 조공극률과는 B층 토양에서의 조공극률, 하층식생 피복도, 표층 토양의 유기물함량비, F층 두께 4개 인자가 유의한 正의 상관관계를, 표층토양의 견밀도, 10cm 깊이의 토양 견밀도가 각각 5%, 1% 수준에서 유의한 負의 상관관계를 나타내었다.

2. Stepwise를 이용한 다중회귀분석결과 산림의 수원함양기능 증대에 영향하는 표층토양에서



의 조공극률에 영향을 미치는 인자는 B층 토양에서의 조공극률, 표층 토양의 유기물함량비 2개 인자이었다.

3. 표층토양에서의 조공극률( $\%$ ) =  $2.5187 \times$  하층 식생 피복도( $30\% \sim 80\%$ 로 하였을 경우) - 42.644 ( $R^2 = 0.39$ )의 관계로 산림의 수원함양기능 증대는 하층식생 피복도와 밀접한 관계가 있는 것으로 분석되었다.

4. 직선회귀분석결과 표층토양에서의 조공극률( $\%$ ) =  $-0.2172 \times$  표층토양건밀도(mm) + 13.11 ( $R^2 = 0.31$ )로 표층토양의 건밀도가 높아질수록 산림의 수원함양기능에는 불리하게 작용하는 것으로 분석되었다. 따라서 산림의 수원함양기능을 증대시키기 위한 산림사업은 표층토양의 건밀도가 높아지지 않도록 하는 시업 방법이 강구되어야 할 것으로 판단된다.

5. 직선회귀분석결과 표층토양에서의 조공극률( $\%$ )과 표층 토양의 유기물함량비와는, 표층토양에서의 조공극률( $\%$ ) =  $0.185 \times$  표층 토양의 유기물함량비( $\%$ ) - 2.4933( $R^2 = 0.54$ )이었으며, 표층토양에서의 조공극률( $\%$ ) =  $0.0465 \times$  F층 두께 - 0.4034( $R^2 = 0.13$ )의 관계로 산림의 수원함양기능 증대는 표층 토양의 유기물함량비 및 F층 두께와 밀접한 관계가 있는 것으로 분석되었다.

引用 文 獻

1. 金泰勛·李天龍·金景河·程龍鏞, 1993. 水源涵養機能增進을 위한 施業技術. 林業研究院 1993年度 試驗研究報告書(4-I) : 493-501.
2. 朴在鉉, 1995. 白雲山 成熟闊葉樹林 皆伐收穫地에서 伐出直後의 環境變化와 運材路 浸蝕에 關한 研究. 서울大學校 博士學位論文, 137p.
3. 吳斗泳, 1986. 昭陽江 多目的댐 流域內 森林의 理水效果 推定. 高麗大學校 博士學位 論文, 54p.
4. 禹保命·朴在鉉·全起成·鄭道鉉, 1995. 熟林木伐採地에서 降雨水의 表面流出水量과 山地浸蝕에 미치는 環境要因의 影響. 韓國林學會誌 84(2) : 226-238.
5. 禹保命·金慶勳·朴在鉉·崔炯太, 1998. 伐採地內 運材路의 土壤物理性 및 植生의 回復過程. 韓國環境復元綠化技術學會誌 1(1) : 18-27.
6. 柳澤圭, 1986. 森林에 있어서 물 收支에 關한

- 試驗研究. 江原大學校 博士學位 論文, 28p.
7. 李宗學·金泰勳·李元圭·崔敬·李天龍·朱鎮順, 1989. 山林의 流出調節에 關한 研究. 林業研究院 研究報告 38 : 98-111.
8. 李天龍·程龍鏞·廉陸哲·李鳳洙, 1994. 水源涵養機能增進 施業技術 開發. 1994年度 林業研究報告書(4-I) : 538-548.
9. 程龍鏞·李天龍·元亨圭·林柱勳·朴在鉉·李鳳洙, 1995. 水源涵養機能增進 施業技術 開發. 1995年度 林業研究報告書(4-I) : 293-299.
10. 정용호, 1998. 물 정책 이렇게 바꾸자. 경실련 환경개발센터, 71-116.
11. 程龍鏞·朴在鉉·金景河·尹豪重, 2001a. 山林의 立地環境因子가 表層土壤의 粗孔隙率에 미치는 影響因子 分析(I)- 針葉樹林을 中心으로 -. 韓國林學會誌 90(3) : 314-323.
12. 程龍鏞·朴在鉉·金景河·尹豪重, 2001b. 山林의 立地環境因子가 表層土壤의 粗孔隙率에 미치는 影響因子 分析(II)- 闊葉樹林을 中心으로 -. 韓國林學會誌 90(4) : 450-457.
13. 五所直久, 1991. 森林のはたらき效用-水源涵養·水利用·環境保全. 山林 : 13-20.
14. 中野秀章, 1971. 森林伐採および伐跡地の植被變化が流出に及ぼす影響. 林業試驗場研究報告 240 : 1-251.
15. 吉野昭一·菊谷昭雄, 1985. 高海拔流域における森林伐採と候期間の流出量變化第1報-寶川試驗地の本流流域について(寶川森林治水試驗第4回報告). 林業試驗場研究報告 331 : 127-145.
16. 森林水資源問題檢討委員會, 1991. 森林と水資源. 日本治山治水協會, 340p.
17. 小栢一久·近藤次雄·眞下育久, 1991. 水量化 I類的手法を用いた森林土壤の粗孔隙率の要因分析(II)-スギ林における表層土壤の粗孔隙率と林分密度. 日本林學會誌 73(5) : 396-400.
18. 水利科學研究所, 1976. 森林の公益的機能計量化調査報告書, 425p.
19. 竹下敬司, 1988. 森林·土壤·水問題. 森林立地 30(2) : 26-32.
20. Anderson, H.W., D.H. Marvin and K.G. Reinhart, 1976. Forest and Water. 115p.
21. Brown, G.W. 1991. Forestry and water quality. Oregon State University. 142p.