

航空寫眞을 利用한 金烏山 地域의 土地利用 및 林分材積의 變化에 關한 研究¹

吳東河² · 金甲德²

A Study on the Changes of Land Use and Stand Volume around Mt. Kuem-O using Aerial Photographs¹

Dong Ha Oh² and Kap Duk Kim²

要 約

1979년 촬영한 黑白航空寫眞과 1988년 촬영한 黑白赤外線航空寫眞을 利用하여 金烏山地域의 土地利用變化와 林分材積의 變化에 關하여 얻은 結果는 다음과 같다.

1. 航空사진상의 임상구분에 있어서 色調가 어두운 것은 針葉樹林, 色調가 밝고 수관이 매우 불규칙한 것은 闊葉樹林으로 구분되었다.

2. 침엽수림중 수관이 좁은 원추형이고 感觸이 粗하고 끝이 둥근 것은 소나무림, 感觸이 細하고 끝이 뾰족한 것은 리기다소나무림으로 구분되었고, 수관이 불규칙하고 넓은 원추형은 낙엽송림으로 구분되었다.

3. 林地의 面積變化를 살펴보면 혼효림에서 678ha가 소나무림으로, 130ha가 리기다소나무림으로 변화되었고 219ha가 활엽수림으로 변화되었다. 활엽수림은 279ha가 혼효림으로 변화되었다.

4. 樹冠直徑과 胸高直徑과의 回歸式을 구하여 F-test한 결과, 모든 수종의 임분에서 有意性이 있었고, 소나무림과 혼효림과 활엽수림에서는 $D=a+bCD-cCD^2$, 리기다소나무림과 낙엽송림에서는 $\log D = \log a + b \log CD$ 식이 R^2 값이 높았다. 모든 수종의 임분에서 $D=a+bCD$ 의 식이 좋아 胸高直徑計算時 이 식을 利用하였다.

5. 樹高를 구하기 위하여 樹高曲線式을 유도하여 F-test를 한 결과 모두 有意性이 있었고, 소나무림과 낙엽송림에서는 $\log H = \log a + b \log D$, 리기다소나무림, 활엽수림 및 혼효림에서는 $H = a + bD + cD^2$ 이 좋았다.

6. ha당 材積이 가장 좋은 임분은 낙엽송림이고, 成長率이 가장 좋은 임분은 혼효림이었다. 활엽수림은 ha당 재적과 성장율에 있어 가장 낮았다. 年間成長量은 낙엽송림이 4.005m³/ha로 가장 좋았고, 활엽수림이 0.682m³/ha로 가장 낮았다.

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the changes of land use and stand volume around Mt. Kuem-O by B/W aerial photographs in 1979 and B/W Infrared aerial photographs in 1988.

The results obtained in this study were as follow :

1. In classification of forest type on aerial photographs, coniferous stand was dark tone and hardwood stand was light tone and irregularly rounded crowns.

2. In classification of coniferous stand, *Pinus densiflora* was narrow cone and rounded tip of crowns and rough texture, *Pinus rigida* was irregularly rounded and broadly conical crowns.

3. To refer to changes of forest land area, mixed forest was changed into *P. densiflora* (687ha), *P. rigida* (130ha) and hardwood stand (219ha).

¹ 接受 1990年 7月 9日 Receivrd on July 9, 1990.

² 서울大學校 農科大學 College of Agriculture, Seoul National University.

4. The regression equations between crown diameter and DBH were significant at 1% level by F-test in all stands. So the equation, $D=a+bCD$ was used to estimate DBH.

5. The tree height curve equations were significant at 1% level by F-test in all stands. To estimate tree height the equation, $\log H = \log a + b \log D$ was adopted in *P. densiflora* and *L. leptolepis* and $H = a - bD + cD^2$ was adopted in *P. rigida*, hardwood stand and mixed forest.

6. The highest volume per hectare was observed in *L. leptolepis* and mixed forest showed the greatest growth percentage, while the lowest volume per hectare and growth percentage were observed in hardwood stand.

Key words : Aerial photograph, land use, stand volume

I. 序 論

우리나라는 좁은 國土위에서 産業化를 위한 産業施設의 擴張과 食糧增産을 위한 農地擴大, 人口增加에 따른 宅地建設 등으로 産地面積이 감소하고 있다. 더우기 요즘은 經濟, 社會 文化的 發展과 所得增加로 인한 國民生活 양식의 변화로 山林의 間接的 效用에 대한 관심이 고조되어 國土保存, 自然環境保全, 國民保健休養 등 山林의 公益的 機能을 위한 福祉施設의 증가로 山林經營方式이 변하고 있다.

이러한 경향에 적절히 대응하기 위해서는 먼저 土地利用分類體系를 명확히 하고 그에 따른 森林資源의 現況이나 林分材積의 變化를 정확히 파악하는 것이 중요하다. 이러한 삼림자원의 현황과 실태는 現地踏査와 現地測定 등으로 이루어 지는데 삼림은 대체로 險地에 위치하고 있을 뿐 아니라 그 지역도 넓기 때문에 많은 비용이 들고 조사 자취가 소홀하게 되어 다른 調査事業에 비해 그 精度가 낮아지는 경향이 있다. 이와 같은 문제점 때문에 航空寫眞을 이용한 森林調査方法을 도입하게 되었다.

航空寫眞을 이용하여 林相圖를 작성하고 林業經營에 활용한 것은 1926년 Canada에서 처음 시작되어 2차대전중 美國에서 삼림조사에 航空寫眞을 대다적으로 이용하였다(Spurr, 1952).

우리나라에서는 1929년 日本軍이 咸北 길주군과 咸南 단천군부근 지역의 國有林 약 11,000ha를 촬영한 것이 처음이었다(Ishigawa, 1973, Kim, 1986). 1960년 말기에 이르러서는 地形圖의 製作, 高速道路 建設計劃, 國土利用計劃 등에 航空寫眞을 적극적으로 활용하게 되고, 1971년부터 1974년

까지 국내의 기술로 전국에 걸친 林業用 航空寫眞이 촬영되어 森林資源調査에 일대 전환점을 맞이하게 되었다(FAO, 1973, Kim, 1976).

航空寫眞을 이용하여 재적을 추정할 때는 林相圖作成, 標本抽出 등의 계획은 사진상에서 직접 실시하고, 재적은 현지에서 측정하는 地上併用法이 널리 이용되고 있으나, 경비와 시간이 많이 들기 때문에 直接法을 많이 이용하게 된다. 航空寫眞에서 재적을 구하려면 몇가지 因子를 측정해야 하는데 재적계산에 필요한 胸高直徑은 樹冠에 가리워져 직접 측정할 수 없으므로, 일반적으로 航空寫眞上에서 樹冠直徑을 측정하여 胸高直徑을 추정하는 연구가 이루어졌다.

Spurr(1948)는 樹冠直徑과의 관계식은 $Y=a+bX$ 가 적합하다고 발표하였으며, Ferree(1953), Zieger(1928), Moller(1956), 김 등(1961)도 樹冠直徑과 胸高直徑 간에는 높은 相關이 있다고 발표하였다.

航空寫眞林分材積表의 조제는 1932년경 부터 시작되었는데 林分材積과 樹高, 樹冠密度 및 기타 因子와의 상관관계를 이용하여 재적식을 유도한 후 材積表를 조제하는 방법에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다.

한개의 변수를 사용하여 재적을 구한 연구로는 Paelink(1958)가 樹冠密度와의 함수로, Nishidani 등(1959)은 편백人工林中에서 本數와의 함수로, Nakayama(1958), Duffy(1962), Massaki(1969)는 樹高단의 함수로 林分材積을 추정할 때 정도가 높았다고 보고한 바 있고, Allison과 Breadon(1958), Gingrich와 Meyer(1955), Massaki(1969), Meyer와 Worely(1957), Pope(1962), Spurr(1960)는 樹高와 樹冠密度의 2변수의 함수로 하는 것이 높다고 보고하였다. 이외에도

Kinashi(1963), Stellingwerf(1962)는 樹高와 樹冠直徑의 함수로 나타내는 것이 좋다고 하였으며, Ishigawa(1973)는 樹高와 本樹의 함수로 재적식을 유도하는 것이 좋다고 하였다. 3개이상의 변수를 사용한 경우는 많지 않으나 Willingham(1957)은 Longleaf pine림에서 樹高, 樹冠密度, 本樹의 3변수를 사용하였고, Avery(1958)는 闊葉樹林에서는 樹高, 樹冠直徑, 樹冠密度의 3변수 재적식을 사용하는 것이 유리하다고 하였다.

국내에서는 김(1973)이 多變量解析法을 이용하여 잣나무 및 일본잎갈나무의 航空寫眞材積表를 조제하였고, 김(1976)은 地上併用法을 적용하여 航空寫眞上에서 측정된 樹高, 胸高直徑, 疏密度를 변수로 하여 얻은 재적의 추정치와 실측치를 비교하였다. 윤(1981)은 잣나무에 대하여 樹冠直徑과 樹高, 2개인자를 독립변수로하여 재적식 $V = -83.515 + 2.675DI + 24.315H$ 를 구하여 보고한 바 있고, 박(1986)은 활엽수와 침엽수에 대해 樹高단의 1변수식과 樹高와 樹冠密度의 2변수식의 航空寫眞林分材積表를 만들었다. 또한 임업연구원에서는 매년 조사지역의 주요임분에 대하여 樹高, 疏密度, 樹冠直徑의 3변수식의 재적식을 구하여 산림측적을 구하고 있다.

본 연구는 金烏山地域을 대상으로 과거의 航空寫眞과 현재의 航空寫眞을 이용하여 土地利用區分圖를 작성하여 土地利用의 變化, 林相의 變化와 成長狀態를 調査하기 위하여 樹冠直徑과 胸高直徑과의 回歸式, 樹高 成長推定式 및 林相別 材積과 成長年을 比較하는데 目的을 두었다.

II. 材料 및 方法

1. 調査地域

본 연구의 조사지역인 金烏山道立公園은 소백산맥 지맥에서 솟은 金烏山(977m)을 중심으로 한 험준한 산악지형으로, 북위 36° 2'30" -37°0'00", 동경 128° 15'00" -128° 22'00"에 위치하여 행정구역상으로는 경상북도 구미시와 금릉군 및 칠곡군에 걸쳐있고 총면적은 3,790ha이다. 대부분의 지역이 50%이상의 급경사를 이루고 있으며 연평균 기온은 12.9℃이다.

1970년 도립공원으로 지정된 金烏山은 뛰어난

自然景觀과 文化景觀이 비교적 풍부하고, 8대 관광권중 경주권에 속하고 있으며 그 중 가야산 소권에 포함되어 있는 바, 대구시와 가깝고 배후도시인 구미시의 발달로 이용객이 증가하고 있는 추세이다.

2. 材料

- 1) 1979년 5월에 촬영한 黑白航空寫眞(축적 1 : 15,000)
- 2) 1988년 10월에 촬영한 黑白赤外線航空寫眞(축적 1 : 15,000)
- 3) 1979년 산림자원조사연구소에서 발행한 林相圖(축적 1 : 25,000)
- 4) 1988년 임업연구원에서 발행한 林相圖(축적 1 : 25,000)
- 5) 1985년 국립지리원에서 발행한 地形圖(축적 1 : 25,000)

3. 調査方法

1) 土地利用區分

조사지역을 航空寫眞과 林相圖를 사용하여 林地와 非林地로 구분하고 林地는 소나무림, 리기다소나무림, 낙엽송림, 혼효림, 활엽수림, 제지, 임지내 농경지, 무림목지로 구분하고, 非林地는 저수지, 농경지, 주거지로 구분하여 그 면적을 점격자법(Dot-grid)으로 측정하였다.

2) 林分材積測定

航空寫眞에서 측정가능한 수관직경과 수관밀도 및 수고를 갖고 林分材積을 구하는 直接法을 사용했다. 임분재적공식은 1988년, 1989년 임업연구원에서 발행한 산림자원조사보고서에 나오는 航空寫眞林分材積式을 이용하였다.(表 1)

측정인자인 수고, 수관직경, 수관밀도 중에서 수관직경과 수관밀도는 航空寫眞上에서 측정하였고, 수고는 현지조사를 통해 樹高曲線式을 유도해 내고, 수관직경과 흉고직경간의 回歸式을 구해 추정하였다. 항공사진의 측정은 다음과 같이 하였다.

(1) 標本點의 設定

1 : 25,000 지형도상에 2cm 간격으로 격자를 그려 각 교점을 航空寫眞標本點으로 하여 그 지점을 항공사진상에 정확히 이사하여 0.1ha 圓形標本點을 표시하였다.

Table 1. Stand volume equation.

Stand	Stand volume equation	corr. coeff.
<i>Pinus densiflora</i>	$\log V = -1.09117 - 0.19227 \log CD + 1.316531 \log H + 0.903921 \log DE$	0.6601
<i>Larix leptolepis</i>	$\log V = -0.18116 - 1.929681 \log CD + 0.49548 \log H + 1.06805 \log H$	0.6240
Hardwood forest	$\log V = -0.6111 - 0.15419 \log CD - 1.24027 \log H + 0.574001 \log DE$	0.6442
Mixed forest	$\log V = -0.87525 - 0.36310 \log CD - 1.37133 \log H + 0.734191 \log DE$	0.5487
<i>Pinus rigida</i>	$V = -51.8810 + 3.68460H + 30.28590CD + 0.49970DE$	0.8706*

V : Stand volume per ha H : Height CD : Crown diameter DE : Crown density

* 1988 Forest inventory report

(2) 標本木の測定

표본점내 優勢木 및 準優勢木 5본을 선정하여 수관직경측정자(Crown diameter scale)로 樹冠直徑을 측정하여 평균치를 수관직경으로 하고, 수관 밀도 측정자(Crown density scale)로 樹冠密度를 10%단위로 측정하였다.

2. 수관이 불규칙하고 넓은 원추형이다.

----- 낙엽송림

1. 色調가 밝고 수관이 매우 불규칙하다.

----- 활엽수림

2) 土地利用區分

조사지역을 1979년과 1988년 航空寫眞과 林相圖를 사용하여 임지와 비임지로 구분하고 林地는 소나무림, 리기다소나무림, 낙엽송림, 혼효림, 활엽수림, 제지, 임지내 농경지, 무림목지로 구분하였고, 非林地는 저수지, 농경지, 주거지로 구분하였다(그림 1, 2). 각 구분된 지역의 면적을 점격자법(Dot-grid)에 의해 구한 결과는 表2와 같다.

표 2에 의하면 總林地면적은 1979년과 1988년 사이에 변화가 없고, 비임지면적은 농경지가 13ha 감소되어 주거지로 전환되었다. 이는 1980년 金鳥山 道立公園 開發計劃에 따른 開發可用地의 대부분이 경사가 급하지 않는 농경지인 것과 일치한다. 임상별 변화를 살펴보면, 소나무림이 1979년 100ha에서 1988년 830ha로 730ha가 증가하였고,

III. 結果 및 考察

1. 土地利用變化

1) 航空寫眞檢索表의 作成

1979년과 1988년 航空寫眞上의 林地를 다음과 같은 檢索表를 만들어 임상구분에 이용하였다.

1. 色調가 어둡다.

2. 수관이 좁은 원추형이다.

3. 感觸이 粗(roughness)하고 끝이 둥글다. ----- 소나무림

3. 感觸이 細(finness)하고 끝이 뾰족하다.

----- 리기다소나무림

Table 2. Areas of land use in 1979 an 1988.

unit : ha

Division	1979		1988		increas(+) decreas(-)
	Area	Ratio(%)	Area	Ratio(%)	
Forest Land	3,471	93.4	3,471	93.4	-
<i>Pinus desiflora</i>	100	2.7	830	22.3	(+)730
<i>Pinus rigida</i>	24	0.7	175	4.7	(+)151
<i>Larix leptolepis</i>	13	0.4	11	0.3	(-) 2
Hardwood forest	901	24.2	748	20.1	(-)153
Mixed forest	2,158	58.1	1,482	39.9	(-)676
Rest land	243	6.5	214	5.8	(-) 29
Cultivated land	12	0.3	11	0.3	(-) 1
Unstocked forest	20	0.5	-	-	(-) 20
Non-Forest Land	245	6.6	245	6.6	-
Reservoir	80	2.2	80	2.2	-
Agriculture	154	4.1	141	3.8	(-) 13
Residence	11	0.3	24	0.6	(+) 13
TOTAL	3,716	100	3,716	100	-



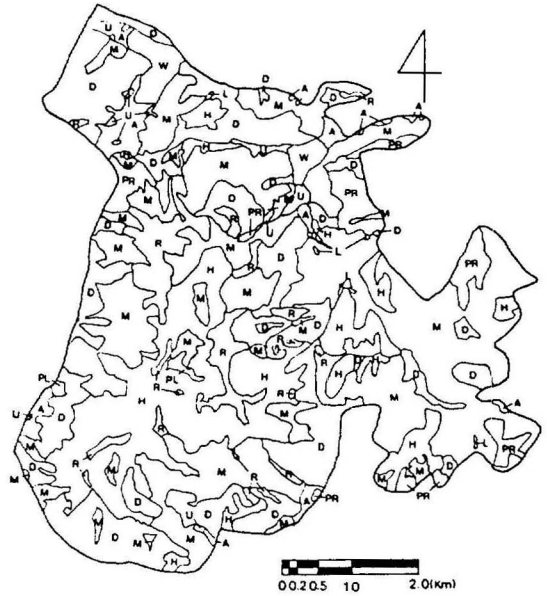
D : *Pinus densiflora* L : Cultivated land in forest
 PR : *Pinus rigida* O : Unstocked forest
 PL : *Larix leptolepis* W : Reservoir
 H : Hardwood forest A : Agriculture
 M : Mixed forest U : Residence
 R : Rest land

Fig. 1. Land use map of Mt. Kuem-O in 1979.

리기다소나무림 역시 24ha에서 175ha로 151ha가 증가하였다. 闊葉樹林은 901ha에서 748ha로 153ha가 감소하였고 混淆林은 2,158ha에서 1,482ha로 676ha가 감소하였다. 임상별면적은 1979년에는 혼효림, 활엽수림, 소나무림의 순으로 총면적의 85%를 차지하고 있었으나, 1988년에는 혼효림, 소나무림, 활엽수림의 순으로 82.3%를 차지하고 있다.

임상별로 변화된 조사한 결과는 표 3과 같다. 표에서 살펴보면, 混淆林에서 687ha가 소나무림으로 변화되었고, 130ha가 리기다 소나무림으로 변화되었으며 219ha가 闊葉樹林으로 변화되었다. 闊葉樹林은 279ha가 混淆林으로 변화되었다. 전체적으로 針葉樹林(소나무, 리기다소나무)이 발달하여 闊葉樹林은 混淆林으로 混潤林은 針葉樹林으로 변화가고 있음을 알 수 있었다.

이와 같은 임분의 변화는 瘠薄한 토질에서 활엽수보다는 소나무나 리기다소나무의 생장이 용이하여 소나무림이나 리기다소나무림이 발달한 것으로



D : *Pinus densiflora* L : Cultivated land in forest
 PR : *Pinus rigida* O : Unstocked forest
 PL : *Larix leptolepis* W : Reservoir
 H : Hardwood forest A : Agriculture
 M : Mixed forest U : Residence
 R : Rest land

Fig. 2. Land use map of Mt. Kuem-O in 1988.

생각할 수 있고, 다른 이유로는 黑白赤外線寫眞이 黑白汎色性寫眞보다 침엽수와 활엽수의 구분을 훨씬 용이하게 해주기 때문에 黑白汎色性寫眞의 많은 혼효림부분이 침엽수나 활엽수부분으로 나누어졌다고 볼 수 있다.

2. 林分材積測定

1) 樹冠直徑과 胸高直徑과의 回歸式

수관직경(CD)과 흉고직경(D)과의 관계를 구하기 위해 現地調査를 통해 얻은 자료를 $D=a+bCD$, $D=a+bCD+cCD^2$, $D=a+b\log CD$, $\log D = \log a + b\log CD$ 의 식을 사용하여 각 임분별로 회귀식을 구하여 표 4에 나타내었다.

표 4에 의하면 林分別 각 식에 대한 F-test 결과 모두 有意性이 있었고 R^2 의 값을 살펴보면 소나무림, 혼효림 및 활엽수림에서는 $D=a-bCD+cCD^2$, 리기다소나무림과 낙엽송림에서는 $\log D = \log a + b\log CD$ 의 식이 R^2 값이 높았다. 모든 임분에서 $D=a+bCD$ 의 식이 대체로 좋았으므로, 胸

Table 3. Change of land use by transition of forest type.

unit : ha

79yr	88yr	Total	<i>Pinus densiflora</i>	<i>Pinus rigida</i>	<i>Larix leptolepis</i>	Hardwood forest	Mixed forest	Rest land	Cultivated land
Total		3,471	830	175	11	748	1,482	214	11
<i>P. densiflora</i>		100	50			13	35	2	
<i>P. rigida</i>		24		15			9		
<i>L. leptolepis</i>		13			11	2			
Hardwood forest		901	23	15		501	279	83	
Mixed forest		2,158	687	130		219	1,102	20	
Rest land		243	70	15			52	106	
Cultivated land		12					1		11
Unstocked forest		20				13	4	3	

Table 4. Regression equation between D.B.H. and crown diameter.

Stand	Regression equation	R ²	F-Value
<i>Pinus densiflora</i>	D = 1.73123 + 3.43835CD	0.731	51.69**
	D = 9.26439 - 0.47502CD - 0.27557CD ²	0.739	25.50**
	D = -8.25092 - 17.226821logCD	0.702	44.67**
	logD = 1.51789 + 0.8812logCD	0.703	45.06**
<i>Pinus rigida</i>	D = 2.99235 + 3.39674CD	0.804	57.25**
	D = 3.40018 + 3.12613CD - 0.04023CD ²	0.804	26.62**
	D = 3.20786 + 9.73904logCD	0.747	41.35**
	logD = 1.80211 + 0.71654logCD	0.810	59.73**
<i>Larix leptolepis</i>	D = -14.22366 - 78256CD	0.768	59.64**
	D = 0.08117 + 1.17306CD - 0.52248CD ²	0.774	29.16**
	D = -34.68437 - 34.40327logCD	0.743	51.90
	logD = 0.27941 + 1.65135logCD	0.799	71.56**
Hardwood forest	D = 1.27966 + 0.5224CD	0.780	91.95**
	D = 0.98032 + 3.14761CD - 0.00665CD ²	0.780	44.22**
	D = -9.41766 - 17.05668logCD	0.704	61.73**
	logD = 1.38968 - 0.87982logCD	0.772	88.11**
Mixed forest	D = 9.65650 + 1.98798CD	0.639	68.97**
	D = 15.6090 + 0.12629CD + 0.12806CD ²	0.656	36.21**
	D = 0.19167 + 12.356551logCD	0.577	53.12**
	logD = 2.12603 - 0.52881logCD	0.537	45.23**

D : d.b.h. CD : crown diameter

** : significant at the 1% level

Table 5. Regression equation for D.B.H.

Stand	Regression equation	R ²
<i>Pinus densiflora</i>	D = 1.73123 + 3.43835CD	0.73
<i>Pinus rigida</i>	D = 2.99235 + 3.39674CD	0.80
<i>Larix leptolepis</i>	D = -14.22366 + 6.78256 CD	0.77
Hardwood forest	D = 1.27966 + 3.05224 CD	0.78
Mixed forest	D = 9.6565 - 1.98798CD	0.64

D : d.b.h. CD : crown diameter

高直徑計算時 이 식을 사용하였다(표 5). 이는 Spurr(1948), Ferree(1958), 김(1961)과 일치하였다.

2) 樹高曲線式
수고곡선식을 구하기 위해 $H = a - bD$, $H = a + bD - cD^2$, $H = a - b \log D$, $\log H = \log a + b \log D$ 의

Table 6. Height curve equation.

Stand	regression equation	R ²	F-value
<i>Pinus densiflora</i>	H=8.52602+0.23770D	0.624	31.51**
	H=5.14493+0.58621D-0.00844D ²	0.644	16.32**
	H=-0.70225+4.71844logD	0.642	34.01**
	logH=1.50117+0.36387logD	0.649	35.10**
<i>Pinus rigida</i>	H=5.43878+0.18446D	0.516	14.94**
	H=1.82707+0.69657D-0.01680D ²	0.617	10.48**
	H=0.84630-2.75968logD	0.577	19.08**
	logH=1.13451+0.36071logD	0.578	19.19**
<i>Larix leptolepis</i>	H=2.10069-0.51717D	0.906	173.22**
	H=-2.93363+1.01043D-0.01029 ²	0.925	104.62**
	H=-20.24713+11.231779logD	0.915	193.15**
	logH=-0.05732+0.86167logD	0.943	298.54**
Hardwood forest	H=6.33748-0.30218D	0.828	125.53**
	H=7.32028+0.20357D+0.00213D ²	0.831	61.67*
	H=-4.89518+5.94065logD	0.776	90.24**
	logH=1.14422+0.46386logD	0.811	111.32**
Mixed forest	H=1.36982+0.49578D	0.618	63.04**
	H=-1.35693+0.74249D-0.00516D ²	0.620	31.03**
	H=-21.97521+11.20793logD	0.616	62.69**
	logH=-0.40828+0.93965logD	0.588	55.67**

H : height D : d, b, h

** : significant at the 1% level

식을 사용하여 각 임분별로 樹高(H)와 胸高直徑(CD)과의 회귀식을 구하여 표 6에 나타내었다.

표 6에 의하면 林分別 각 식에 대한 F-test결과 모두 有意性이 있었고, R²의 값을 살펴보면 소나무림과 낙엽송림에서는 logH=loga+blogD, 리기다소나무림, 활엽수림 및 혼효림에서는 H=a+bD+cD²의 R² 값이 좋았다. 표 7은 林分材積計算時 각 임분에 대한 수고를 구하기 위한 回歸式을 나타낸 것이다. 1989년 임업연구원 산림자원조사보고서에 따르면 소나무림과 활엽수림은 H=a+blogD, 낙엽송림은 logH=loga+blogD 리기다소나무림은 H=a+bD+cD²이 좋다고 하였다.

3) 林分材積의 變化

임분재적을 구하기 위해 地形圖上에서 航空寫眞

標本點을 추출한 후, 항공사진상에서 측정된 樹冠直徑, 樹冠直徑과 수고곡선에서 결정된 樹高를 임분재적식에 대입하여 그 결과를 표 8에 나타내었다.

표 8에 의하면 ha당 材積은 낙엽송림이 1979년 71.463m³, 1988년 111.53m³으로 가장 좋았고, 활엽수림이 1979년 29.063m³, 1988년 35.879m³으로 가장 나빴다. 成長率은 다음과 같은 식을 사용하여 구했다.

P : 成長率

$$P = \frac{V-v}{nv}$$

V : 현재의 材積

v : n년 전의 材積

成長率이 가장 높은 임분은 혼효림으로 8.68%였으며 가장 낮은 임분은 활엽수림으로 2.35%였

Table 7. Regression equation for height.

Stand	Height curve equation	R ²
<i>Pinus densiflora</i>	logH=1.50117+0.36387logD	0.65
<i>Pinus rigida</i>	H=1.82707+0.69657D-0.0168D ²	0.62
<i>Larix leptolepis</i>	logH=-0.05732+0.86167logD	0.94
Hardwood forest	H=7.32028+0.20357D+0.00212D ²	0.83
Mixed forest	H=-1.35693+0.74249D-0.00519D ²	0.62

H : height D : d, b, h.

Table 8. Standing volume in 1979 and 1988. unit : m³

Stand	1979		1988		Growth percentage (%)	Annual increment (m ³ /ha/yr)
	Standing volume	volume per ha	Standing volume	volume per ha		
<i>Pinus densiflora</i>	282.15	28.215	35,501.59	42.773	5.16	1,456
<i>Pinus rigida</i>	1,045.27	43.553	11,030.78	63.033	4.47	1,948
<i>Larix leptolepis</i>	929.19	71.476	1,226.83	111.530	5.60	4,005
Hardwood forest	26,185.76	29.063	26,837.49	35.879	2.35	0.682
Mixed forest	55,594.40	25.276	69,990.41	47.227	8.68	2.195
TOTAL	84,036.77	26,294	144,587.10	44.543	6.94	1.825

Table 9. Volume, Growth percentage of and Annual increment in Kyoung-buk province. *

Stand	ha per volume		Growth percentage (%)	Annual increment (m ³ /ha/yr)
	1980	1988		
Coniferous forest	17.88	28.30	7.28	1.30
Hardwood forest	23.65	33.62	5.27	1.25
Mixed forest	11.90	28.12	17.04	2.03
TOTAL	15.77	28.67	12.60	1.99

* Forest Inventory Report published by Forestry Research Institute.

다. 전체 平均成長率은 6.94%이며 材積成長量은 지난 10년간 30,550.4m³이 증가하여 72.1%의 증가율을 보였다. 平均年間生長量은 1.825m³/ha이고, 낙엽송림이 4.005m³/ha로 가장 높았고 활엽수림이 0.682m³/ha로 가장 낮았다. 낙엽송림이 혼효림보다 成長率은 낮으나 年間生長率이 많은 이유는 낙엽송림은 성장률이 점차 둔화되어 가는 成熟段階의 임분이고, 혼효림은 성장률이 좋은 成木段階의 임분이기 때문이라 생각된다. 林木蓄積의 가장 큰 변화를 보인 임분은 소나무림이며, 활엽수림과 낙엽송림이 가장 적은 변화를 보였다. 특히 활엽수림의 생장이 소나무림이나 리기다소나무림보다 상대적으로 작은 것은 표 3에서 나타난 것과 같이 많은 혼효림이 침엽수림으로 변화되는 것과 일치한다. 표 9는 1989년 임업연구원 산림자원조사보고서에 있는 慶北地方의 ha당 蓄積과 成長率 및 年間生長量을 나타내었다.

표 8과 표 9를 비교하여보면, 전체적으로 年間生長量은 비슷하고 成長率은 낮지만, ha당 材積은 金烏山地域이 높다. 이는 이 지역의 임분이 상대적으로 成熟林인 것으로 생각된다.

結 論

1979년에 촬영한 黑白航空寫眞과 1988년 촬영한 黑白赤外線航空寫眞을 이용하여 金烏山地域의 土地利用變化와 林分材積의 變化를 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

항공사진상의 임상구분에 있어서 色調가 어두운 것은 침엽수림, 色調가 밝고 수관이 불규칙한 것은 활엽수림으로 구분되었다. 침엽수림중 수관이 매우 불규칙한 것은 활엽수림으로 구분되었다. 침엽수림중 수관이 좁은 원추형이고, 感觸이 粗하고 끝이 둥근 것은 소나무림, 感觸이 細하고 끝이 뾰족한 것은 리기다소나무림으로 구분되었고, 수관이 불규칙하고 넓은 원추형은 낙엽송림으로 구분하였다.

조사지역내 임지의 면적변화는 없었고, 비임지 중 농경지 13ha가 주거지로 전환되었다. 林相別面積變化는 소나무림과 리기다소나무림이 증가하였고 활엽수림과 혼효림이 감소하였다. 변화내용을 살펴보면 혼효림에서 687ha가 소나무림으로, 130ha가 리기다소나무림으로 변화되었고 219ha가

활엽수림으로 변화되었다. 활엽수림은 279ha가 혼효림으로 변화되었다.

林分材積을 구하기 위해 樹冠直徑과 胸高直徑과의 回歸式을 구하여 F-test한 결과, 모든 수종의 임분에서 有意性이 있었고, 소나무림과 혼효림과 활엽수림에서는 $D=a+bCD+cCD^2$, 리기다소나무림과 낙엽송림에서는 $\log D = \log a + b \log CD$ 의 식이 R^2 값이 높았지만 본 연구에서는 계산이 간편하고 비교적 精度도 높은 $D=a+bCD$ 의 식을 모든 수종의 임분에 적용하여 胸高直徑計算에 이용하였다.

樹高를 구하기 위하여 수고곡선식을 유도하여 F-test를 한 결과 모두 有意性이 있고, 소나무림과 낙엽송림에서는 $\log H = \log a + b \log D$, 리기다소나무림, 활엽수림 및 혼효림에서는 $H = a + bD + cD^2$ 이 좋았다.

1ha당 材積이 가장 많은 임분은 낙엽송림이고, 成長率이 가장 큰 임분은 혼효림이었다. 활엽수림은 ha당 材積과 成長率에 있어 가장 낮았다. 年間成長量은 낙엽송림이 $4.005m^3/ha$ 로 가장 좋았고, 활엽수림이 $0.682^3/ha$ 로 가장 낮았다.

引用文獻

- Aldrich, R.C. 1953. A method of plotting a dot grid on aerial photographs of mountainous terrain. *Jour. For.* 53(12) : 910-913.
- Allison, G.W. and R.E. Breadon. 1958. Provisional aerial photo stand volume tables for interior British Columbia. *For. chron.* 34(1) : 77-83.
- American society of photogrammetry. 1960. *Manual of photographic interpretation*. Washington D.C. 868pp.
- Avery, G. 1958. Composite aerial volume table for southern pines and hardwoods. *Jour. For.* 56(10) : 741-745.
- Bickford, C.A. 1952. The sampling design used in the forest survey of the Northeast. *Jour. For.* 50 : 290-293.
- Duffy, P.J.B and M.P. Meyer. 1962. A preliminary study of aerial volume table construction for lodgepole pine in W.C. Alberta. *For. chorn.* 38(2).
- FAO. 1973. *Manual of forest inventory*. Rome, Italy. 200pp.
- Ferree, M.J. 1953. A method of estimating timber volumes from aerial photographs. State Univ. New York, College For. Syracuse, Techn. Publ. 75. 50pp.
- Gingrich, S.F. and H.A. Meyer. 1955. Construction of an aerial stand volume table for upland oak. *For. Sci.* 1(2) : 140-147.
- Hixon, H.J. 1950. The use of aerial photographs in timber crusing on the national forest. *Photogram. Enge.* 23 : 894-895.
- Ishigawa, Z. 1973. The method of volume estimation from aerial photographs. *Jour. of the Japan Photogr. Soc.* 97 : 11-16.
- Kim, D.C. 1973. The construction of stand volume table according to the method of multivariate analysis. *Jour. of Kor. For. Soc.* 19 : 49-54.
- Kim, K.D. 1958. Importance of aerial photographs in forest management. *Yuk-rim.* 10 : 12-15.
- Kim, K.D. 1960. *Forest mensuration*. Seoul, Hyangmun Co. p.179-182.
- Kim, K.D. 1961. Studies on the correlation between tree crown diameter and stem diameter at breast height. *Jour. of Suwon For. Asso.* 4 : 24-25.
- Kim, K.D. 1973. On the study of forest sampling method in natural deciduous forests. *Jour. of Kor. For. Soc.* 30 : 1-8.
- Kim, K.D. 1976. A study on the application of the aerial phtographs for forest inventory. *Jour. of Kor. For. Soc.* 30 : 1-7.
- Kim, K.D. 1985. *Forest mensuration*. Seoul, Hyangmun Co. p.106-192.
- Kim, K.D. 1986. *Photo interpretation, Remote sensing*. Seoul Nat'l Univ. Press. 329pp.
- Kim, K.D., K.J. Han, J.W. Park, J.H. Song and S.H. Lee. 1982. Studies on the changes of forest land use. *Jour. of Kor. Soc.* 57 : 20-25.
- Kinashi, G. 1963. The construction of aerial volume table from multiple regression equations. *Jour. of the Jap. For. Soc.* 72 : 112pp.
- Lee, C.B., K.D. Kim and K.Y. Ann. 1965. A

- studies on land use classification. Jour. of Suwon For. Asso. 6 : 18-20.
23. Massaki, I. 1969. Studies on the construction of aerial volume table for the artificial stand of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don.). Bull. of the Kyoto prefectural Univ. Forests 13 : 5-13.
 24. Meyer, H.A. and D.P. Worley. 1957. Volume determination from aerial stand volume tables and their accuracy. Jour. For. 55(5) : 368-372.
 25. Moller, S.G. Some photo-interpretation problems at reallocation of forested land. Comm. to VIII Inter. Congr. for Photogr.
 26. Nakajima, I. 1963. A practice of photo-interpretation in forestry. Jour. of the Japan Soc. of Photogr. 37 : 10-13.
 27. Nakayama, H. 1958. A study on forest survey from aerial photographs. Bull. of Nagoya Univ. For. 1 : 63pp.
 28. Nishidani, W. and N. Sinnichi. 1959. Research on the construction of aerial stand volume table. The Trans. of the 69th Ann. Meeting Jap. For. Soc.
 29. Ozima, A., A. Gitoshi, and M. Dachaehhito. 1962. Construction of aerial volume tables for the Hokaido public forests. Jour. of the Jap. Soc. of Photogr. 33 : 14-16.
 30. Paelink, B. 1958. Note sur l'estimation du volume des peuplements à limba (*Terminalia superba*) au Mayumba à l'aide des photos aériennes. Bull. Agr. Congo. Belge. 49(4) : 1045-1054.
 31. Park, J.W. 1986. Studies on the construction of aerial stand volume table. Doctoral Thesis, Kangweon National Univ., 34pp.
 32. Pope, R.B. 1962. A method of constructing aerial photo stand volume tables. Div. of For. Econ. Res. Pacific Northwest For. and Range Exp. Sta. U.S. For. Serv. Portland, Oregon.
 33. Spurr, S.H. 1952. Forest inventory. The Ronald Pre. Co., New York. 476pp.
 34. Spurr, S.H. 1960. Photogrammetry and photo interpretation. Second edition of aerial photographs in forestry, New York. p.385-387.
 35. Spurr, S.H. and C.T. Brown JR. 1946. Tree height measurements from aerial photographs. Jour. For. 44(10) : 716-721.
 36. Stanley, G.W. 1950. Use of aerial photos in management plans. Jour. For. 48(9) : 442-443.
 37. Stellingwerf, D.A. 1962. HolzMassenbestimmung von *Pinus silvestris* auf Luftbildern in den Niederlanden Allgemeine Fortzeitschrift 1(2) : 29-30.
 38. The Forest Resource Survey and Research Institute, For. Adm., Korea. 1975. Korean national inventory report. 5-15.
 39. The F.R.I., For. Adm., Korea. 1981. Korean national inventory report. 5-19.
 40. The Forestry Research Institute. 1988. Forest inventory report. 181pp.
 41. The Forestry Research Institute. 1989. Forest inventory report. 465pp.
 42. Willingham, J.W. 1957. Estimation of forest management inventory data from aerial photographic measurements. For. Sci. 3(3) : 270-274.
 43. Youn, J.W. 1981. The construction of aerial tree volume table for Korean white pine. Res. Bull. of the Exp. For. Coll. of For. Kangweon National Univ.
 44. Zieger, E. 1928. Ermittlung von Vestandesmassen aus Flugbildern mit Hilfe des Hegershoff-Heydeschen Autokartographon. Mitt. Sachs. Forstl. Versuchsanstalt, Tharandt 3 : 97-127.