

## 임하댐 周邊地域의 氣象環境 變化가 樹木生長에 미치는 影響에 관한 定量的 分析<sup>1\*</sup>

申萬鏞<sup>2</sup> · 千政和<sup>2</sup>

## Quantitative Analysis of Effects on Tree Growth of the Changes in Meteorological Environment around Imha Dam<sup>1\*</sup>

Man Yong Shin<sup>2</sup> and Jung Wha Chun<sup>2</sup>

### 要 約

본 연구는 人工湖水 조성에 의한 氣象環境 變化가 주변지역의 樹木生長에 어떻게 작용하는지 밝히기 위하여 수행되었다. 이를 위하여 먼저 地形氣候學的인 방법에 의하여 임하댐 주변지역의 湛水前과 湛水後의 기후값을 推定하고, 그 偏差에 의하여 담수에 의한 기상환경 변화를 定量化하였다. 또한 임하댐 주변에 생육하고 있는 소나무를 대상으로 距離別로 30m에서 5km까지 6단계로 나누어 生長을 分析하고 기상변화와 비교함으로써 댐 건설에 의한 기상환경 변화가 주변지역의 수목생장에 미치는 影響을 정량적으로 분석하였다.

댐이 건설된 이후의 樹木生長은 댐으로부터 1km 이내의 가까운 거리에 있는 수목은 생장이 增加하고 있었지만, 1km 이상 떨어진 지역에 生育하는 임목은 기상환경 변화와 無關함을 알 수 있었다. 댐에서 가까운 지역에 生育하는 수목의 生長 증가는 주로 봄철의 降水量 증가와 生育기간 동안의 日射量 총량이 담수전에 비하여 늘어난 것에 起因한 것으로 판단된다. 그러나 月平均氣溫의 變化量은 소나무 생장에 큰 영향을 미치지 못한 것으로 推測되는데 이는 변화량 자체가 크지 않았기 때문으로 생각된다.

### ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effects of meteorological changes on tree growth due to the reservoir construction. First, climatic normals were estimated before and after the reservoir construction at the area of Imha, through the topoclimatological relationships. Secondly, the amount of meteorological changes was quantified based on the difference analysis of the climatic normals. Thirdly, the diameter increments of *Pinus densiflora* around Imha area were measured with increment borer. Sample trees were taken on the 6 points of 30m, 100m, 500m, 1km, 3km, and 5km from the reservoir, respectively. Finally, effects of meteorological changes on tree growth were investigated based on the analysis of tree ring increment patterns.

Results showed that the growth of trees within the range of 1km from the reservoir had been increased, but the growth of ones out of 1km range had no relationship with meteorological changes after the reservoir construction. It seems that the diameter increment of trees grown near reservoir has been increased mainly due to the increased solar radiation in spring and the increased total amount of precipitation during growing season, compared with those before the reservoir construction. It is supposed,

<sup>1</sup> 接受 1996년 4월 15일 Recieved in April 15, 1996.

<sup>2</sup> 國民大學校 森林科學大學 College of Forest Science, Kookmin University, Seoul, 136-702, Korea.

\* 本 論文은 1995년도 韓國科學財團의 核心專門研究課題(課題番號 : 951-0608-087-1) 研究費 支援에 의하여 遂行된 研究結果의 一部分임.

however, that the changes of monthly mean temperature has little effect on the tree growth because of its small amount of changes.

*Key words* : changes of meteorological environment, tree growth, reservoir, tree ring analysis

## 緒 論

氣象環境變化는 지구적 차원의 생태계에 다양한 영향을 미치고 있으며 인류의 생존을 위협하는 환경문제로 대두되고 있다. 기상환경 변화의 주요한 原因중의 하나는 인위적인 환경파괴인데, 오늘날 多様な 公益의인 목적에 의하여 建設되고 있는 다목적댐이 인공호수를 形成하여 대기환경을 변화시켜 주변지역의 植物生態系에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(이종범, 1981; 홍성길, 1982). 우리 나라는 國土의 효율적 이용이라는 목적으로 1970년대 이후 본격적으로 多數의 댐이 전국에 建設되어 運營중에 있다. 그러나 환경의 파괴 등 여러가지 문제에도 불구하고 댐의 建設이 가져다 주는 短時間의이고 直接的인 效用때문에 앞으로 지속적인 建設을 계획하고 있는 실정이다. 이와 같이 앞으로도 지속적으로 建設될 다목적댐은 주변지역의 환경에 많은 변화를 가져올 展望이며, 댐 建設에 의한 氣象環境 변화가 인공호수 주변의 樹木生長에 影響을 미칠 것으로 判斷된다.

樹木의 生長은 遺傳的 要因과 環境的 要因, 그리고 이들의 상호작용에 의하여 영향을 받으며 수목생장에 미치는 환경요인은 氣象要因, 土壤要因, 그리고 生物的 要因으로 구분된다. 특히 기상요인은 日射量, 日照時間, 濕度, 溫度, 降水量, 風速 등을 들 수 있는데, 이 氣象要因은 인공호수 生成과 同時에 변화면서 다른 환경요인의 변화 원인을 提供하는 것으로 매우 중요한 役割을 하고 있다. 그러나 人工湖水 주변의 氣象環境 변화가 수목생장에 어떠한 影響을 미치는지 現段階에서는 알려져 있지 않아, 그 影響의 範圍와 程度를 定量的으로 分析하여 그 實體를 究明하는 것은 合理的인 林業經營과 生態系 保護 차원에서 必要한 課題이다.

氣象環境 변화의 影響을 定量的으로 究明하기 위하여는 먼저 기상변화의 實體를 파악하여야 하나, 인공호수 주변의 地形的 특성이 複雜하고 현재 運營되고 있는 氣象觀測所의 密度가 낮아 어

려움이 많은 것이 사실이다. 이러한 어려움은 無人自動 氣象觀測所의 設置에 의하여 解決할 수 있으나 이러한 技法의 도입은 대부분 湛水後에 실행되어져 왔기 때문에, 우선 湛水前 기후분포의 合理的인 推定이 필요하다. 湛水前 국지기후의 把握을 위한 현실적인 방법으로는 여러 가지 局地氣候에 영향을 미치는 요인중에서 비교적 자료의 수집이 용이하고 정량화가 가능한 地形因子를 이용하여 미관측 지점의 기후를 推定하는 것으로, 이에 관한 研究가 최근 遂行되어 왔다(Hopkins, 1968; Nakai, 1987). 소위 '그물망 추정법'이라고 알려져 있는 이 方法은 우리나라에서도 全國을 대상으로 70여개의 기상관측소 자료를 이용하여 全國의 地形資料를 數量化하였을 뿐만 아니라, 1km 격자단위로 평균, 최고, 최저 기온 및 강수량 등의 기후값을 추정하고 氣候圖를 작성한 바 있으며(과학기술처, 1990, 1991, 1992), 신만용과 윤진일(1992), 윤진일 등(1989)은 濟州道를 대상으로 月別 地形-氣候 關係式을 지형인자와 가후값간의 重回歸 分析을 통하여 산출하고 이로부터 미관측 지점의 氣溫과 降水量을 추정한 바 있다. 한편 湛水後의 기후변화 樣相은 최근 그 필요성을 認識하여 設置되어 있는 무인 자동 기상관측소의 자료를 이용하여 分析하는 것이 가장 現實的인 方法이다.

樹木의 나이테는 일반적으로 그것이 자라는 동안의 環境에 대한 많은 情報과 歷史를 含蓄하고 있다는(Kim, 1988) 점에 着眼하여 나이테의 生長폭 등을 이용하면 환경문제와 관련된 樹木生長의 特性을 추적할 수 있기 때문에, 수목의 生長에 대한 時系列的 해석(time series analysis)에 의하여 댐 建設에 의한 기상환경 변화가 森林生態系에 어떻게 影響하였는지에 대한 새로운 次元의 실명을 提供할 수 있을 것이다.

本 研究는 임하댐 주변에 生育하고 있는 소나무를 對象으로, 湛水後의 기상환경 변화가 수목 生長에 어떠한 影響을 주었는지를 밝히기 위하여 遂行하였다. 이를 위하여 우선 氣象環境의 변화를 겪은 생태계 내에서 수목의 나이테를 定量的으로 분석하였다. 또한 인공호수 주변의 未觀測

지점에 대한 湛水前 및 湛水後 기후값을 지형기후학적 방법에 의하여 推定후, 기후치의 自然的 變化량을 考慮하여 湛水에 의한 실제 氣象環境 變化를 定量化함으로써 그 氣象變化 現狀과 澗 주변에 生育하는 樹木生長의 相互關係와 影響을 究明하였다.

## 材料 및 方法

### 1. 研究對象 地域의 地況과 林況

경상북도 안동군에 자리잡은 임하호는 안동호로부터 남쪽으로 약 2~3km 떨어진 곳에 자리잡고 있으며 안동군 임하면과 남선면, 임동면의 3개면이 調査地域에 包含된다. 임하호의 周邊地域은 海拔高度가 500m 이하로서 북쪽과 서쪽은 平均 300m를 넘지 못한다. 傾斜는 비교적 緩慢한 편이지만 부분적으로는 급경사를 이루는 곳도 있다. 土壤이 척박하고 특히 토심이 매우 얇아서 토양층위 중 A층과 B층을 거의 찾아보기 힘들고 母岩層이 露出된 곳이 많은 임하호의 북서쪽은 대부분 소나무의 單純林으로 구성되어 있는 반면, 남동쪽으로는 굴참나무, 상수리나무 등을 중심으로 한 상당수의 참나무류와 아까시, 산벚나무 등이 소나무와 混生하는 지역도 존재하며, 이와같은 植生の 構成은 산불이나 남벌 등의 인위적인 攪亂으로 인하여 식생이 파괴된 후 發生한 二次林인 것으로 판단된다. 임하호 북서쪽의 소나무림은 소밀도가 그리 높지는 않으며 生長이 좋은 편은 아니고 그 수형 또한 매우 不良하다. 임하호 주변지역은 전반적으로 地位指數가 6~8 정도의 下 내지 中下의 條件을 가지고 있는 것으로 判斷된다.

안동시쪽으로 隣接한 지역 중 극히 일부분에서는 약 60~70년 생의 소나무 群落이 잘 보존되고 있었으며 樹型도 良好하였는데 이는 우리나라의 代表的 강송 產地였던 것으로 알려진 춘양이 그리 많지 않은 지역인 것으로 보아, 이 地域은 소나무의 生長에 매우 적합한 條件을 가지고 있는 것으로 보인다. 그러나 이 지역 외의 大部分에서 볼 수 있는 소나무림은 과거에 植生이 破壞된 후 하절기에 集中되는 우리 나라의 降雨 特性 등으로 말미암아 토양유실과 양료용탈의 악순환을 거듭함으로써 瘠薄한 土壤 조건을 보이는 능선부 등에서 타수종에 비해 상대적으로 競爭力이 강한

것으로 알려진 소나무만이 자라고 있는 것으로 판단된다. 솔잎혹파리로 인한 被害는 거의 없는 것으로 보였으며 澗 주변의 도로 공사 등으로 인하여 부분적으로 발생한 절개지는 傾斜度가 상당히 높은 관계로 植生の 復舊가 쉽지 않을 것으로 생각된다.

### 2. 氣象環境 變化調査

樹木生長은 주로 溫度, 빛, 그리고 水分 등의 기상요소에 영향을 받는다. 따라서 본 研究에서는 임하댐 주변지역을 대상으로 湛水前과 湛水後로 나누어 수목의 生育期間인 4월부터 9월까지의 月平均氣溫, 日射量, 그리고 降水量을 추정하고, 그 偏差에 의하여 월별, 기상요인별로 變化량을 把握하였다.

임하댐 周邊地域의 澗수전 월별 평년 기후치는 해당지역에서 收集된 기후자료가 없기 때문에 임하댐 주변의 氣象觀測所에서 수집된 월별 기후값을 利用하여 미관측 지점의 湛水前 기후를 統計的方法에 의하여 추정하였다. 이를 위하여 대구, 안동, 포항, 선산, 의성, 울진, 울산, 영덕, 그리고 영주의 9개소에서 1960년부터 1989년까지 30년간의 월평균기온, 일사량, 그리고 강수량의 3개 기후치를 收集하여 月別로 정리하였으며, 이 資料를 비교적 수집이 容易하고 氣候에 영향을 많이 미치는 것으로 판단되는 地形資料와의 關係를 통하여 미관측 지점의 氣候를 推定하기 위하여 기후값 收集地域의 1km 格子單位로 定量化하였다. 地形因子는 평균표고 등 17 종류 164개의 지형인자를 定量化하였다(과학기술처 1991). 수집된 기후치와 定量化된 地形因子를 利用하여 地形-氣候 重回歸式을 作成함으로써(신만용과 윤진일, 1992) 未觀測 지점의 月別 湛水前 기후값 추정을 위한 중회귀식에 의하여 월별(4월~9월), 기후치별(평균기온, 일사량, 강수량) 18개의 推定式을 利用하여 澗 주변지역의 湛水前 기후값을 추정하였다.

湛水後 기후값은 澗 周邊에 設置되어 運營되고 있는 무인자동 기상관측소(AWS)로부터 수집된 月平均氣溫, 日射量, 그리고 降水量 등의 자료를 利用하여 추정하였다. 임하댐 주변 지역에 설치된 석보, 덕강, 댐측, 신덕, 예안의 5개소의 AWS에서(그림 1) 澗수후 1992년~1994년의 3년 동안 수집된 資料를 利用하였는데(윤진일 등 1994, 1995)

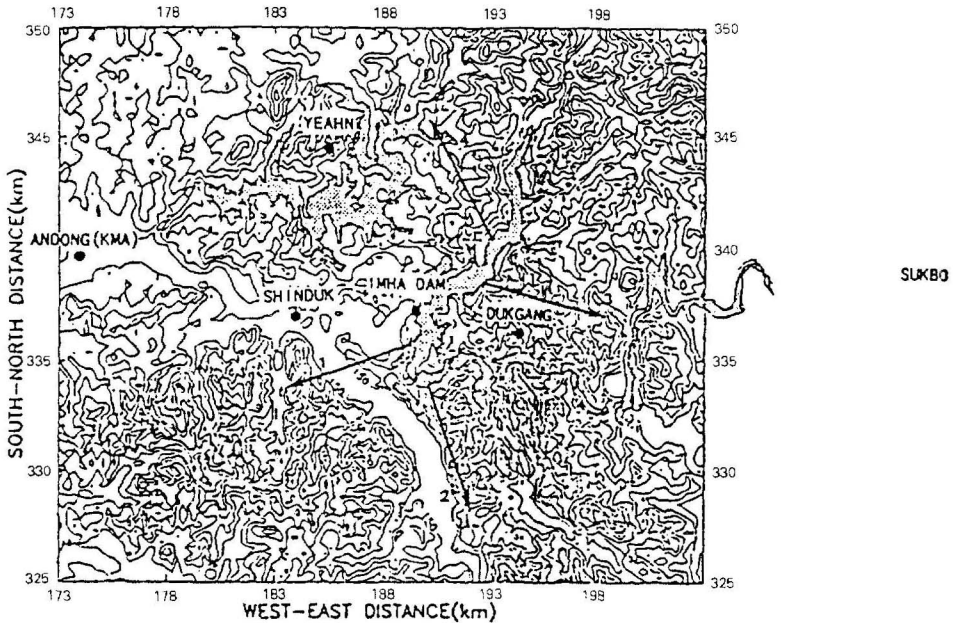


Fig. 1. Topographical map of Andong area with 5 automated weather stations. Arrows indicate survey directions

담수전의 기후치 추정과 마찬가지로 地形因子를 이용하여 미관측 지점의 기후를 추정하기 위하여 댐 주변지역의 地形因子를 정량화하였으며, 평균 표고 등의 9개의 基本 地形因子와 각 기본 지형인자를 變形한 지형인자, 그리고 기본 지형인자간의 相互作用 등 총 81개의 지형인자를 定量化하여 利用하였다.

결국 AWS를 이용하여 수집한 기후치와 지형인자를 이용하여 月別 地形-氣候 重回歸 關係式을 작성하여 임하댐 주변 1km 격자단위 湛水後 월별 기후값을 추정하였다. 한편 湛水에 의한 實質的인 기상변화량을 파악하기 위하여, 湖水의 影響을 받지 않는 경상북도내의 정규기상관측망으로부터 담수전과 담수후의 自然的 氣候變化量을 계산하여 격자점 추정 기후값을 補正한 후, 이를 最終的인 湛水後 기후 추정치로 간주하였다. 따라서 이상과 같이 推定된 임하댐 주변지역의 湛水前後의 기후추정치의 偏差를 이용하여 湛水에 의한 月別 氣象變化의 實體를 定量化하였다.

### 3. 樹木生長 現況調查

본 연구는 임하댐 주변지역의 우점종인 소나무를 對象으로 生長調查를 實施하였다. 樹木生長

調查는 氣象變化의 原因을 提供한 임하댐으로 부터 距離別로 어떤 影響을 미쳤는지를 파악하기 위하여 實施되었는데 우선 湖水 周邊地域의 距離別로 30m, 100m, 500m, 1km, 3km, 그리고 5km의 지점을 設定하고 그 지점에서 樹木年輪을 採取한 후 生長을 파악하였다. 거리별로 收集된 소나무는 46~76년생으로 比較的 높은 林齡을 나타내고 있었으나 直徑은 中徑級 以下로 生長이 低調하였으므로 林分의 密度는 中 정도를 維持하고 있었다.

연륜측정에 필요한 木片은 基本的으로 生長錐(increment borer)를 이용하여 湖水를 중심으로 4 方向으로 각 距離別로 4분씩을 대상으로 총 96분에서 收集하였으며, 자료분석을 위하여 2차 補完調查가 이루어졌다(그림 1). 木片의 채취는 모든 대상 立木에 대하여 같은 方向을 維持하여 수집하였고, 木片의 採取 대상 立木은 比較적 정상적인 生育상태와 類似한 수령으로 판단되는 개체를 對象으로 하였다. 이는 資料의 統合 과정에서 異質的인 자료에서 나타나는 統合의 問題點을 해결하고, 한편으로는 林分의 密度 및 地形 條件의 차이에서 發生하는 生長의 變異가 본 연구의 分析에 影響을 미치는 것을 防止하기 위한 措置

었다.

현장에서 채취된 木片은 목재 mount에 接着劑를 이용, 삽입하여 보관하였고 測定을 위하여 그늘에서 乾燥시킨 후, sanding paper에 의하여 연마하여 年輪의 파악이 容易하도록 만들어 顯微鏡과 핸들의 회전수에 따라 1/100mm까지 측정이 가능한 精密 樹木年輪 測定器(precision dendrochronograph)에 의하여 年度別로 生長量을 측정하였다. 이와 같이 정밀 수목연륜 측정기를 이용하여 分析된 거리별 生長량은 統計分析을 위하여 file에 保管되었으며 측정된 生長량이 距離別 그리고 方位別로 채취된 樹木에 대하여 變異가 있는지를 파악한 후, 거리별로 資料의 統合 可能性을 점검하였다. 우선 목편이 pith를 통과하지 못한 材料는 分析에서 除去하였으며, 樹齡과 年度別 生長패턴을 분석하여 같은 조건에서 生長한 것으로 판단되는 資料를 거리별로 統合하여 利用하였는데, 이 과정에서 거리별로 6~8본씩의 資料가 最終的인 分析에 이용되었다. 이와 같이 얻어진 연륜폭 분석자료는 댐으로부터 距離에 따라 댐 造成 前後를 중심으로 生長變化에 어떠한 傾向이 있는지를 파악하는데 사용하여, 결국 댐 造成에 의한 氣象 變化량과 연관하여 기상변화가 수목生長에 미치는 影響을 究明하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 氣象環境 變化

임하댐 周邊地域에 대한 月平均氣溫, 日射量, 그리고 降水量의 湛水前과 自然 變化량을 考慮한

湛水後 推定值, 그리고 그 偏差에 의한 氣象變化量 推定值는 표 1과 같다. 표 1에서 보면 月平均氣溫은 봄철인 4월과 5월은 약간 減少하지만 여름인 6월과 7월은 上昇하고 8월에는 1.6° 감소하다가 다시 9월에는 약간 상승하여 季節別로 一定한 傾向을 보이고 있지 않다. 하지만 담수에 의한 월평균기온의 變化량 자체는 월별로 그다지 크지 않고, 이러한 결과는 다른 연구(Gregory와 Smith, 1967; Made, 1956; Thomthwaite, 1958)와 類似한 결과이다. 따라서 본 연구의 대상 수종인 소나무의 生長特性이 生育期間의 초반에 集中된다는 사실을 勘案하더라도(Kramer, 1988), 이 기온의 變化가 댐 周邊의 소나무 生育에 意味 있는 영향을 미쳤다고 판단하기에는 變化량의 絕對值가 작은 것이 사실이다.

일반적으로 溫度가 상승함에 따라 광합성 속도도 增加하지만 섭씨 25도 이상의 조건에서는 광합성 속도가 급속히 減少하는 것으로 알려져 있다. 특히 본 연구의 대상 수종인 소나무의 경우는 生育期間 동안 26~27°C, 그리고 겨울에는 20°C 이상의 온도조건에서는 光合成 速度가 급격히 저하하는 高溫障礙를 일으킨다(Nakai 1987; 酒井 1971). 임하지역의 月平均氣溫은 전반적으로 담수후에 약간 감소하였으나 그 크기가 적고 또한 우리 나라의 溫度 條件에서는 월평균기온의 低下가 生長에 거의 影響을 미치지 못하였을 것으로 判斷된다. 그러나 오히려 온도저하가 呼吸抑制의 효과 때문에 物質生産에 도움이 될 可能性도 있어(堤 1989) 감소의 크기가 작아 生長에 어떤 영향을 하였는지 현 段階에서 밝히기는 어

**Table 1.** Estimates of meteorological changes after the construction of Imha reservoir for growing period by month.

Month	Mean Temperature(°C)			Solar Radiation(MJ/m <sup>2</sup> )			Precipitation(mm)		
	Before <sup>1</sup>	After <sup>2</sup>	Diff. <sup>3</sup>	Before	After	Diff.	Before	After	Diff.
4	12.1	11.3	-0.8	505	509	+8	52	67	+15
5	17.2	16.1	-1.1	601	586	-15	70	103	+33
6	21.1	21.5	+0.4	510	555	+45	127	91	-36
7	24.4	24.8	+0.4	471	457	-14	207	259	+52
8	25.2	23.6	-1.6	434	436	+2	198	169	-29
9	19.7	20.2	+0.5	397	401	+5	136	87	-49
Sum	119.7	117.5	-2.2	2918	2945	+27	790	776	-14
(Mean)	(19.9)	(19.6)	(-0.4)						

<sup>1</sup> estimates of climatic normals before the construction of Imha reservoir.

<sup>2</sup> estimates of climatic normals after the construction of Imha reservoir.

<sup>3</sup> difference of climatic normals before and after the construction of Imha reservoir.

립다.

임하호 주변지역의 月別 日射量의 增減도 그 양 자체가 그다지 크지 않은 것으로 나타났다. 生育期間 동안의 총 變化量은 27MJ/m<sup>2</sup>으로 주로 生育기간 초반에 增加한 것으로 나타났다. 결국 全體적으로 湛水에 의한 日射量 變化의 程度가 그다지 심하지 않은 것으로 判斷되지만, 소나무의 直徑生長이 집중되는 4월에서 6월까지의 약간 上昇하는 效果를 보이고 있어 生長에 影響을 미쳤을 것으로 보인다. 특히 日射量은 주변지역의 相對濕度和 밀접한 關係를 가지고 있는데 일반적으로 人工湖水가 생성되면 많은 양의 水分을 大氣中으로 供給하여 相對濕度의 상승효과를 가져올 것으로 豫想되나, 본 研究의 結果는 月別 日射量 變化를 考慮하면 6월 이전의 相對濕度는 5월을 除外하고는 그다지 湛水前과 比較하여 크게 上昇하지 않는 것으로 判斷할 수 있다.

日射量의 경우에는 生育기간 동안 빛의 增加가 生長에 도움이 되지만 매우 강한 光度條件에서는 葉록소를 파괴하여 오히려 逆作用을 하는 것으로 알려져 있다(Salisbury와 Ross 1978). 또한 日射量은 光合成의 문제만이 아니라 증발산량, 상대 습도, 그리고 광포화점 등의 여러 가지 要因과 밀접한 관계가 있기 때문에 일사량 증가가 生長에 順作用을 한다고 斷定的으로 結論을 내릴 수는 없으나, 다른 기상요인의 增減과 相互作用하여 生長에 影響을 미쳤을 것으로 判斷된다.

降水量에 대한 湛水後의 變化量은 월별로 어떤 傾向을 찾을 수 없었으나 봄철은 늘어나고 8월을 除外한 나머지 달에는 減少하는 추세이다. 降水量은 樹木生長에 가장 影響을 많이 미치는 기후 변수로 生育期間 동안의 全體적으로는 14mm 정도 줄었으나 4월과 5월의 生育기간에는 48mm가 늘었음을 알 수 있다. 降水量의 증감이 生長에 미치는 影響은 매우 크리라 생각되지만 立地條件, 특히 토양구조 및 지하수위 등의 조건에 따라 다소 差異가 있을 것으로 추측된다. 임하호 주변지역의 生育기간 동안의 降水量 總量은 감소하였으나, 소나무의 경우 가장 生長을 많이 하는 4월과 5월에는 湛水前보다 降水가 늘어났다는 사실은 生長에 肯定的인 要因으로 작용하였을 것으로 判斷된다. Negisi(1966)의 조사에 의하면 소나무의 경우 토양함수율이 55%에 도달할 때까지 광합성이 持續적으로 증가하여 물질생산에 도움이 된다고

報告하여 강수량의 증가요인이 生長의 순작용에 중요한 役割을 한 것으로 보인다. 그러나 降水量의 연차변이가 심한 기후변수라는 사실과 湛水後의 降水量 推定에 사용된 자료가 3년치 밖에 되지 않다는 사실 때문에 앞으로 降水量에 대한 變化는 더 많은 資料의 蓄積을 통하여 보다 精密한 推定을 하는 작업이 先行되어야 정확한 湛水後의 影響을 推定할 수 있을 것으로 判斷된다.

## 2. 樹木生長 現況

임하호는 1991년 11월에 湛水가 시작되어 1992년 7월에 完了된 지역으로 湛水에 의한 影響은 1992년 이후로 判斷된다. 따라서 1992년을 基準年度로 하여 湛水前의 生長과 湛水後 4년간의 生長 패턴을 比較하여 湛水後의 氣象變化가 生長에 미치는 影響을 分析하였다.

임하지역의 소나무 直徑生長은 소나무 生長지와 湖水와의 距離에 따라 差異를 보이고 있다. 댐으로부터 30m 거리에 자라는 소나무는 直徑生長이 거의 直線型으로 增加하는 傾向을 나타내고 있어(그림 2), 一般적으로 나타나는 初期生長이 미미하게 나타나지만, 이러한 직경생장은 초기에는 地位指數가 6 이하였으나 임령 25년(1968년)부터는 지위지수 6을 능가하였고, 임령 40년(1983년)부터는 地位指數 8 이상을 보이고 있다. 이러한 現狀은 소나무가 初期에는 뿌리의 不安定한 상황에서 時間이 경과하면서 林分이 안정되어가고 뿌리가 제자리를 찾아 生長이 안정되는 境遇의 林分으로 판단된다. 특히 댐의 建設과 湛水期間인 임령 44년에서 임령 48년(1991년)까지 直徑生長이 增加한 반면, 댐이 만수된 이후에는 生長이 약간 減少하는 傾向을 나타내고 있다. 이러한 傾向은 일반적으로 만수 이후에 地下水面 높이가 上昇된 상태로 안정되고, 降水量이나 濕度의 증가로 樹木生長의 촉진을 유발하는 傾向과는 差異가 난다. 그러나 이 林分의 소나무 林齡이 50년이 넘은 것과 이 林齡에서의 수확표 자료를 比較하여 볼 때 만수 이후의 직경생장도 湛水時期의 直徑生長과 비슷한 傾向을 나타내는 것으로 생각된다.

댐으로부터 100m 距離에 자라는 소나무 직경생장은 임령 10년까지는 비교적 良好한 生長을 보이고 있으나, 이후 임령 33년(1981년)까지는 緩慢한 直徑生長을 보이고 있고, 댐이 建設되는 期間과

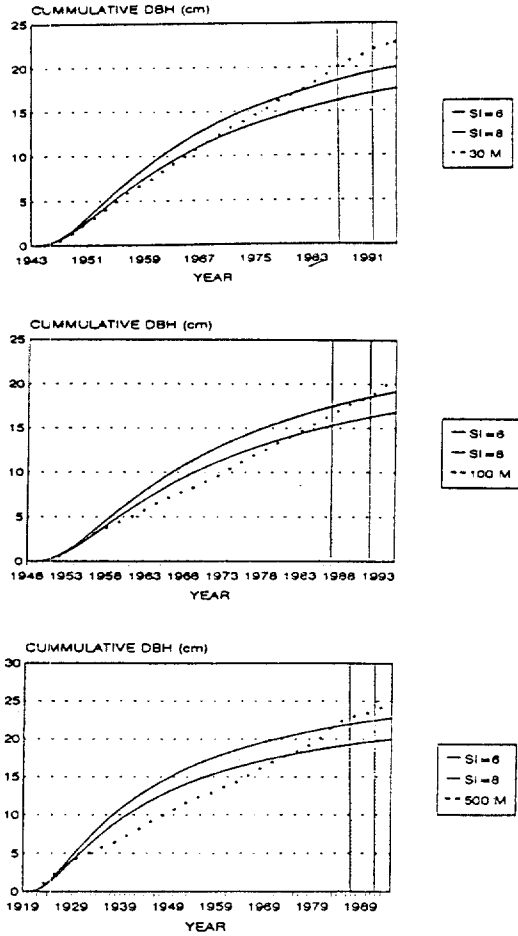


Fig. 2. DBH-Growth comparison of *Pinus densiflora* at 30m(top), 100m(middle), and 500m (bottom) from Imha reservoir with growth patterns of site indices 6 and 8 in yield table. The vertical lines indicate the period of Imha reservoir construction.

湛水期인 임령 39년에서 43년(1991년)까지도 비슷한 성장을 보였다. 반면 만수 이후인 임령 44년부터 높은 직경생장을 보여주고 있다. 이러한 직徑生長 경향은 거의 直線型에 가까워 地位指數가 初期에는 6 以下였지만 임령 35년(1983년)부터는 지위지수 6을 능가하였고, 林齡 44년(1992년)부터는 地位指數 8보다 높게 나타났다(그림 2). 이와 같이 임령이 높아짐에 따라 직경생장이 거의 같은 程度로 持續적으로 增加하는 경향은 일반적인 소나무 生長과는 많은 差異를 보이는 것이다. 특히 임령 44년 以後의 直徑生長 增加는 임하호

만수 이후에 氣象條件이 수목生長에 有利하게 變하였기 때문이라고 推定할 수 있다. 특히 임령이 47년인 것을 考慮하면 氣象의 變化가 生長에 肯定的으로 作用한 것으로 판단된다.

댐으로부터 500m 距離의 直徑生長은 生長초기부터 緩慢한 生長을 보이다가 임령 58년-66년 사이에 직경생장이 上昇하고, 이후 다시 生長이 鈍化되었다. 이러한 生長은 임령 55년까지는 地位指數 6이하로서 서서히 生長이 向上되었으며 임령 65년(1984년) 이후에는 지위지수가 8을 超過하고 있다(그림 2). 특히 소나무 임령 50년 이상일때 나타나는 直徑生長의 增加는 소나무의 일반적인 生長類型을 考慮하면 雪害나 人爲的인 干涉에 의한 生長 空間의 급격한 增加로 인한 生長 環境 變化에 따른 結果로 추정할 수 있다. 임령 68년(1987년)부터 직경생장이 낮게 나타나는 것은 樹冠이 다시 傭폐되고 林齡의 增加로 인한 것으로 생각할 수 있다. 이러한 임분내 環境變化와 임령의 老齡化를 감안하면 湛水 以後의 比較적 높고 持續的인 直徑生長은 임하호 만수에 의한 氣象環境의 改善에 의한 것으로 생각할 수 있다.

댐에서 1km 거리에 자라고 있는 소나무의 直徑生長은 임령 40년까지는 거의 直線型的인 生長을 보이고 있으며 임령 11년(1960년)까지는 직경생장이 높은 초기생장을 나타냈다. 그러나 以後에는 生長이 鈍化되어 地位指數가 6이하이며, 임령 30년(1979년) 以後에 다시 生長이 增加하여 임령 40년부터는 地位指數 8과 같은 水準에 머물러 있다(그림 3). 특히 담수기와 만수기이후의 직경생장은 地位 8과 거의 같은 生長을 보이고 있다.

한편 3km 距離에 자라고 있는 소나무의 直徑生長은 地位指數 8의 直徑生長 曲線과 거의 一致하고 있다. 이러한 生長형태는 典型的인 소나무 生長유형과 一致하는 것으로 볼 수 있다. 이와 類似한 傾向을 나타내는 소나무 直徑生長은 5km 떨어진 곳에 자라고 있는 소나무이다. 이 境遇에는 임령 13년(1945년)까지 3km 距離에 자라고 있는 소나무와 마찬가지로 급격한 초기 직경생장을 하지만, 이후 임령 30년(1962년)까지 緩慢한 直徑生長을 보이고 있다. 林齡 30년 이후에는 持續的인 生長 增加를 보이다가, 1980년(임령 48년) 이후에는 地位指數가 8 이하에서 8 이상으로 높아졌다. 그러나 그 以後에는 地位 8의 生長과 類似한 傾向을 보이고 있다. 結

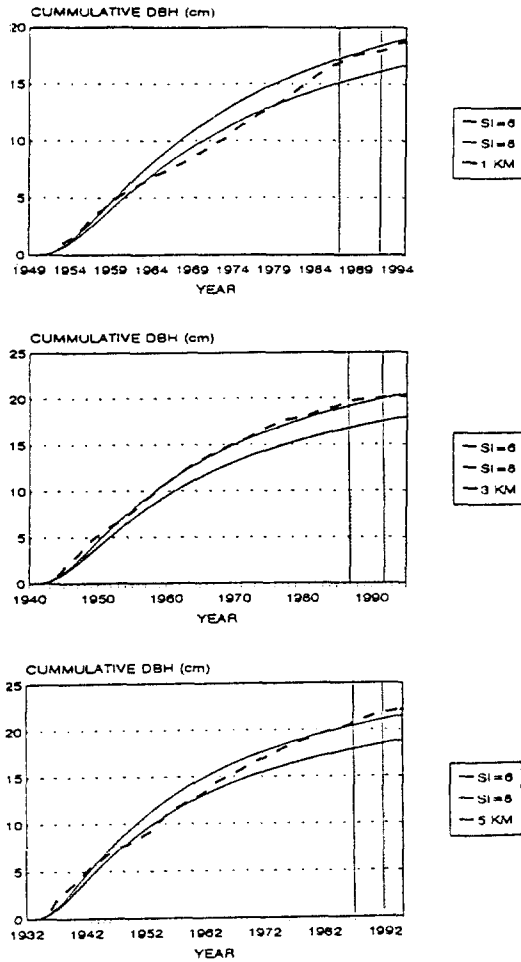


Fig. 3. DBH-Growth comparison of *Pinus densiflora* at 1km(top), 3km(middle), and 5km (bottom) from Imha reservoir with growth patterns of site indices 6 and 8 in yield table. The vertical lines indicate the period of Imha reservoir construction.

국湖水에서 3km와 5km 距離에 자라는 소나무는 湛水前과 湛水後의 직경생장에 거의 差異를 보이지 않고 있다(그림 3).

### 3. 氣象環境 變化와 樹木生長

입하댐 建設에 의한 周邊地域의 氣象 變化를 考慮하면서 實측된 澗 주변의 距離別 소나무 生長 패턴을 比較해 보면 一定的한 傾向을 보이고 있다. 澗으로부터 1km 미만인 地域에서는 湛水後에 生長이 增加하였으며, 1km 이상에서는 澗 建設에 의한 氣象環境의 變化가 生長에 影響을 미치지 않은 것으로 評價된다. 地位指數 8을 基準資料로 하여 澗수후의 實測된 소나무의 生長이 어떤 變化를 나타냈는지를 알아 보기 위하여 澗수전과 澗수후의 平均生長量(MAI)을 距離別로 計算한 結果는 표 2와 같다. 澗으로부터 30m, 100m, 그리고 500m 에서는 實측자료가 基準자료인 地位 8보다 澗수 전과 澗수후의 平均生長量 比率에서 각각 2%, 7%, 그리고 3%의 增加를 나타냈다. 이를 平均 生長량의 絶對值로 比較하면 각각 0.4~0.5mm가 증가한 것으로 樹齡을 考慮하면 氣象變化의 影響이 적지 않게 生長에 순작용한 것으로 判斷된다. 반면에 1km, 3km, 그리고 5km 떨어진 地域에서 生育하고 있는 소나무는 平均生長량이 각각 3~5% 감소하고 있으나 平均生長량의 절대치는 실제로 差異가 없어 1km 이상의 거리에서는 澗의 影響이 거의 없는 것으로 判斷되었다.

이러한 사실은 湛水前과 湛水後에 대하여 각각 4년간 定期平均生長量(PAI)을 比較한 자료에서도 確認된다(표 3). 實측자료의 경우 地位指數 8을 이용한 基準자료와 比較하여 PAI가 澗에서 가까운 500m 까지는 相對적으로 크게 나타나지

Table 2. Comparison of mean annual increment(MAI) by distance for *Pinus densiflora* growing around Imha region and control data of site index 8.

Dis- tance (m)	Age	Measurement Data			Control Data(SI=8)					
		DBH (cm)	MAI Before <sup>1</sup> (A)(mm)	MAI After <sup>2</sup> (B)(mm)	B/A (E)	DBH (cm)	MAI Before (C)(mm)	MAI After (D)(mm)	D/C (F)	E-F
30	52	22.8	4.4	4.2	97	20.0	3.9	3.7	95	2
100	47	20.8	4.1	4.2	102	19.2	4.1	3.9	95	7
500	76	24.9	3.2	3.2	100	22.8	3.0	2.9	97	3
1000	46	18.7	4.1	3.9	95	19.0	4.1	4.0	98	-3
3000	55	20.2	3.8	3.5	92	20.5	3.7	3.6	97	-5
5000	63	22.2	3.6	3.4	94	21.5	3.4	3.3	97	-3

<sup>1</sup> MAI by the time before the construction of Imha reservoir.

<sup>2</sup> MAI by the year of 1995.



**Table 3.** Comparison of periodic annual increment(PAI) by distance for *Pinus densiflora* growing around Imha region and control data of site index 8.

Dis- tance (m)	Age	Measurement Data				Control Data(SI=8)				E-F
		DBH (cm)	PAI Before <sup>1</sup> (A)(mm)	PAI After <sup>2</sup> (B)(mm)	B/A (E)	DBH (cm)	PAI Before (C)(mm)	PAI After (D)(mm)	D/C (F)	
30	52	22.8	3.8	2.7	71	20.0	1.9	1.6	84	-13
100	47	20.8	4.2	6.0	143	19.2	2.3	1.9	83	60
500	76	24.9	1.7	2.6	153	22.8	1.0	1.0	100	53
1000	46	18.7	2.2	2.3	105	19.0	2.2	2.0	91	14
3000	55	20.2	0.8	0.5	63	20.5	1.4	1.0	71	-8
5000	63	22.2	2.0	1.2	60	21.5	1.5	1.2	87	-20

<sup>1</sup> PAI for four years before the construction of Imha reservoir.

<sup>2</sup> PAI for four years after the construction of Imha reservoir.

만 1km 이상에서는 그 差異가 거의 없음을 알 수 있다. 댐이 만수된 후의 期間이 4년이라는 것을 勘案하면 이러한 直徑生長 傾向은 댐 建設에 의한 氣象變化가 댐으로부터 1km 이상의 距離에 자라고 있는 소나무의 직경생장에 아직까지는 影響을 주지 못한 것으로 판단된다.

본 연구와 類似한 연구를 國內의 資料를 이용하여 遂行한 예는 극히 드물다. 이필수 등(1994)은 대청댐 建設前後의 氣象資料를 이용하여 몇가지 樹種에 대한 生長變化를 조사하였는데 실제로 댐 周邊地域의 微氣候를 조사한 것이 아니라 댐 부근의 正規 氣象觀測所의 資料를 이용하여 氣象變化를 파악하였기 때문에, 確實한 기상변화의 양을 推定하는데 문제가 있었을 것으로 판단된다. 그러나 본 研究보다는 댐이 建設된 이후에 비교적 長期間의 資料를 利用하여 研究를 수행한 것으로, 앞으로 본 研究를 확대해 나가는데 하나의 指標가 될 수 있을 것으로 판단된다. 이 연구에 의하면 본 연구에서의 樹種과 類似한 리기다 소나무는 日射量의 減少로 인하여 生長이 줄었다고 報告하여 본 연구와 다른 結果를 나타내고 있으나, 반대로 闊葉樹인 밤나무와 오동나무는 댐에서 가까울수록 生長이 증가하였다고 보고하고 있다. 한편 잣나무와 전나무는 氣象環境의 변화와 生長이 無關하였다고 보고하였다.

## 結 論

湛水에 의한 月平均溫度는 월별로 어떤 뚜렷한 傾向을 찾을 수 없었으며, 변화량 자체도 크지 않고 우리 나라 氣溫의 分布로 보아 生長에는 큰 影響을 미치지 못하였던 것으로 보인다. 다만 日

射量과 降水量의 변화가 댐으로부터 가까운 距離에서 生育하고 있는 林木의 生長을 촉진한 것으로 나타났는데 특히 4월과 5월의 降水量의 增加가 生長에 肯定的인 影響을 미친 것으로 판단되었다. 이는 소나무가 계절적으로는 生育期間의 초기인 4월에서 6월에 사이에 대부분의 연간 生長을 하기 때문에(Kramer, 1988; Mitscherlich, 1975) 이 期間 동안의 降水量 增加는 生長에 순작용을 한 것으로 判斷된다. 日射量의 특성상 降水量과 一致하는 월별 傾向을 보이고 있지 않으나 生育기간 동안의 日射量 總量은 湛水前에 비하여 증가하였고 이러한 結果도 生長에는 도움이 된 것으로 생각된다. 그러나 댐에서 1km 이상의 地域에서는 어떤 特徵的인 生長의 變化가 없는 것으로 보아 댐 建設後의 初期段階의 氣象變化가 댐 주변지역에만 影響을 미친 것으로 結論내릴 수 있다.

본 研究는 댐이 건설된 이후 短期間인 5년 以內的 氣象變化와 樹木生長의 特性을 파악하여 氣象變化가 수목生長에 미치는 影響을 分析하였다. 그러나 氣象因子의 境遇에는 짧은 기간 동안에 湛水後의 變化量을 精確하게 推定하는 것이 무리이고, 또한 담수後 樹木生長의 傾向도 좀 더 시간을 두고 追跡하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 따라서 본 研究는 댐 건설에 의한 人爲的인 環境變化가 수목 생태계에 미치는 影響을 把握하는 方法과 問題點을 提示하고 댐 建設後 初期段階의 影響을 推定하는 程度의 研究로서 遂行되었다. 여러 가지 公益의 目的에 의하여 앞으로도 持續的으로 建設될 다목적댐을 考慮할 때, 본 연구는 댐 周邊의 樹木生態系의 變化를 氣象環境의 變化와 함께 長期的으로 追跡하여 究明할 必

要性이 있을 것으로 判斷된다.

引用 文 獻

1. 科學技術處. 1990. 全國 그물망 기후값 추정 및 氣候圖作成 研究(1), 중앙기상대 기상연구소 주관 특정연구과제 보고서. 39-91pp.
2. 科學技術處. 1991. 全國 그물망 기후값 추정 및 기후도작성 연구(2), 중앙기상대 기상연구소 주관 특정연구과제 보고서. 289pp.
3. 科學技術處. 1992. 전국 그물망 기후값 推定 및 기후도작성 연구(3), 중앙기상대 기상연구소 주관 특정연구과제 보고서. 379pp.
4. 신만용·윤진일. 1992. 地形-氣候 關係式에 의한 제주도의 월별 기후분포의 추정. 한국임학회지 81(1) : 40-52.
5. 이종범. 1981. 春川地方의 人工湖에 의한 안개 및 운량의 변화. 한국기상학회지 17(1) : 18-26.
6. 이필수·진순장·박원규. 1994. 대청댐 建設로 인한 氣象變化가 수목생장에 미친 영향 : 연륜연대학적 분석. 한국목재공학회 추계학술논문발표. 11-14p.
7. 윤진일·유근배·이민영·정귀원. 1989. 濟州道の 農業氣候 分析(1). 지형기후 추정법에 의한 동계 일최저 기온분포. 한국작물학회지 34(3) : 261-269.
8. 윤진일 외 6인. 1994. 氣象環境 變化調査(3차). 수자원공사 연구보고서. 264pp.
9. 윤진일 외 6인. 1995. 氣象環境 變化調査(4차). 수자원공사 연구보고서. 391pp.
10. 홍성길. 1982. 안동댐 建設 이후 안동지방의 안개 增加. 한국기상학회지 18(2) : 26-32.
11. 堤利夫. 1989. 森林生態學. 朝倉書店. 166pp.
12. 酒井慎介. 1971. 溫度と光合成. in "作物の光合成と物質生産". 戸池義次 監修. 養賢堂. pp.62-68.
13. Gregory, S. and K. Smith. 1967. Local temperature and humidity constrats around small lakes reservoirs. Weather 22(12) : 497-506
14. Hopkins, J.W. 1968. Correlation of air temperature normals for the Canadian Great Plains with latitude, long, and altitude. Weather and Climate Jour. of Earth Science 5 : 199-210.
15. Kramer, H. 1988. Waldwachstumslehre. Paul Parey. 374pp.
16. Kim, E.S. 1988. Radial growth patterns of tree species in relation to environmental factors. Ph.D. Dissertation, Yale University. 293pp.
17. Made, A. 1956. Über die Methodik der meteorologischen elasndeermessung. Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin. 5 : 2-25.
18. Mitscherlich, G. 1975. Waldwachstum und Umwelt (3). Sauerlaender Verlag. p.188-229.
19. Nakai, K. 1986. Japanese system of meteorological information service to user communities including the education and training. 259-274. In April Prince-Budgen(ed.) using meteorological information and products. Ellis Horwood, New York.
20. Negisi, K. 1966. Bull. Tokyo Univ. Forests 62 : 1-115 in "森林生態學", 堤利夫, 朝倉書店, 166pp.
21. Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1978. Plant Physiology. 2nd ed. Wadsworth Pub. Co. 422pp.
22. Thornthwaite, C.W. 1958. Introduction to arid zone climatology. Climatology and microclimatology, AZR XI, UNESCO. 5-22pp.