

댐건설이 소나무의 연륜생장에 미치는 영향

정 연 숙

강원대학교 자연과학대학 생물학과

Effects of a Dam Construction on the Radial Growths of *Pinus densiflora*

Choung, Yeon-Sook

Department of Biology, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea

ABSTRACT

To elucidate the effects of a hydroelectric dam construction on annual ring growth of *Pinus densiflora*, the annual ring widths of 68 trees collected from 7 sites were closely examined. The result was analyzed to ask three special questions; first, whether there are real effects of dam construction on the radial growth; second, would the magnitude of the effect be different due to two periods of under-construction and post-construction; the last, would it be different among age classes.

Annual ring growth has been significantly enhanced by the dam construction. Specially, its effect was marked after the construction was finished and the reservoir was filled up with water. There was, however, no remarkable evidence that pine growth would be reduced while the dam was under construction, even though there was a minor decreasing trend. The magnitude of the effect was different among age groups. That is, the changed condition after the construction enhanced relatively the growth of aged trees more.

According to other meteorological research since the dam was constructed, the reasons of enhancing pine growth assumed to be the increase of daily temperature, the decrease of daily temperature difference and the increase of rainy days.

Key words: *Pinus densiflora*, Dam construction, Annual ring, Growth, Age effect.

서 론

우리나라는 국토의 효율적 이용과 전력수급을 위하여 1970년대 이후 다수의 인공호수를 전국에 건설하고 있다. 수력발전소의 건설을 위한 댐의 축조는 결과적으로 다량의 물을 인위적으로 저장하므로 막대한 저수량에 의한 기상학적인 변화가 예상된다 (이 1981, 이 등 1990). 이러한 변화는 증발량 증가, 표면물질의 열용량 증가에 의한 댐지역의 온난화 및 계절의 지연, 안개 및 강수량의 변화와 이에 따른 일사량의 변화 등을 포함하

는데, 이 중 대기 중의 수분증가에 의한 안개 및 운량의 변화가 인공댐 건설로 인하여 야기됨은 우리나라에서 이미 밝혀진 바 있다 (이 1981, 홍 1982, 이 등 1990). 미기상학적인 이와 같은 변화는 댐 주변지역 식생의 종 구성이나 구조 및 기능 등에 직접적인 영향을 미칠 것을 예상할 수 있다.

댐건설이 주변의 식생에 미칠 영향은 두 가지 측면에서 고려할 수 있다. 하나는, 댐건설 동안의 공사로 인한 영향이고, 다른 하나는 댐건설 후의 기후변화에 의한 영향이다. 댐 건설공사중의 영향은 주로 대규모의 토목공사시 발생하는 비산먼지 때문이다. 비산먼지는 식물의

잎 표면을 차단하여 결과적으로 순광합성과 생장을 감소시킬 것으로 논의되어 왔는데 이러한 영향이 연구된 결과는 발견하지 못하였다. 댐건설 이후 미기상학적인 변화가 식생에 미친 영향은 몇몇 연구결과가 있지만 (신 1996, 이 등 1994), 결과가 상이한 점이 있고 여러 지역에서의 연구결과를 토대로 댐축조의 영향을 일반화하는 것이 필요하다고 생각된다.

따라서 본 연구의 목적은 세 가지이다. 첫째, 댐건설이 주변지역 소나무의 연륜생장폭에 영향을 미치는가, 둘째, 만약 영향을 미친다면 그 영향은 댐건설의 토목공사시부터인가 또는 댐건설 이후 담수완료 이후부터인가, 셋째, 댐건설은 소나무의 연륜에 따라 다른 영향을 미칠 것인가, 이다.

이를 위한 연구 대상지역은 강원도 평창군 도암면 수하리에 위치하는 강릉수력 도암댐이다. 이 댐은 1985년에 축조가 시작되어 5년동안 공사가 진행된 후, 1990년 완료되어 담수를 시작하였다. 이 댐은 주변의 발왕산 (1,458 m), 옥녀봉 (1,146 m) 및 고루포기산 (1,238 m) 등의 높은 산에 의하여 둘러싸여 있고, 댐쪽으로 면한 사면의 경사가 급하여 마치 협곡처럼 보이는 곳이다. 따라서 댐건설로 인한 영향이 있다면 그 영향이 주변 소나무 군집에 바로 반영될 수 있으리라 생각되어 선정하였다.

연구방법

연구대상 소나무군집은 site effect를 제거하기 위하여 서로 떨어진 지역에 위치하는 7개 군집을 선정하였다. 그러나 모두 호수로부터 약 100 m 이내의 거리에 있고 댐 높이인 해발 700 m의 지점에 위치하였다. 호수로부터의 같은 거리와 같은 해발고도에 위치하는 소나무군집을 선정한 것은 이 댐의 저수용량이 51백만톤으로 상대적으로 크지않고, 이미 연구된 미기상학적인 변화가 호수 주변지역에서 특히 크고 그 영향이 거리에 따라 급격히 감소하는 것으로 밝혀졌기 때문이다 (한국전력공사 기술연구원 1993).

연륜 core를 얻기 위하여 각 지소에서 9~10그루씩 총 68그루의 소나무를 선정하였으며, 선정시에 숲의 가장자리나 gap 주변에 위치하는 개체는 제외하였다. 선정된 소나무는 increment borer를 이용하여 호수 반대방향으로부터 호수방향으로 약 1.3 m 높이에서 coring 하였다. 이렇게 얻은 core에 방향을 표시하고 실험실로 옮긴 후, 0.01 mm 수준의 정밀도를 가진 caliper로 연

륜폭을 측정하고 crossdating을 하였다.

소나무의 연륜생장 중 연령효과를 배제하기 위한 연륜생장지수 (ring index)는 Fritts (1976)와 Kim (1988)에 의하였다. 표준화과정으로 각 core에서 양쪽 나이테 측정치를 평균하였고 각 core 별로 time series에 대한 지수생장식을 구한 후, 실제 측정값을 지수생장식에서 추정된 값으로 나누어 연도에 대한 연륜생장지수로 하였다.

댐건설의 효과가 나무의 연령에 따라 다른 영향을 미치는지를 분석하기 위하여 각 소나무를 네 그룹, 즉 11~20년생 (class 20), 21~30년생 (class 30), 31~40년생 (class 40), 41~50년생 (class 50)으로 구분하였다. 각 class에 속한다 하더라도 나무들의 수령이 개체별로 다르므로 공사전의 연도별 반복수가 달라지는 것을 피하기 위하여, class 20은 최근 15년까지의 측정치를, class 30은 최근 25년까지를, class 40은 최근 35년까지를, class 50은 최근 45년까지의 측정값을 분석에 이용하였다.

댐건설 계획과 연계하여 1985년까지를 공사전, 1986년부터 1989년까지 4년간을 공사중, 1991년부터 1995년까지 5년간을 공사후로 구분하여 분석하였다.

이 연구에서 지수생장식은 Microsoft사의 Excel (ver. 7.0)을, 분산분석은 Systat사 SYSTAT (ver. w2.0)의 M GLH를 이용하였다.

결과 및 고찰

소나무의 연륜생장폭은 어린 시기에 빠른 생장을 하고 연령의 증가에 따라 감소하는 목본의 일반적인 성장 패턴을 따라 감소하는 경향이었다 (Fig. 1). 이러한 사실은 class 20에서 연륜생장폭이 가장 크고 class 50에서 가장 작아지는 사실로 알 수 있다.

연령에 따른 소나무 개체의 자료에서 연령효과를 배제한 연륜생장지수는 1을 중심으로 완만하게 변동하였으나 댐의 완공 이후 증가하는 경향이었다 (Fig. 2). 이러한 경향은 연령대별로 차이가 나서 연령계급이 높은 소나무군에서 특히 현저하였으며 이같은 사실은 연령에 의하여 생장이 위축된 소나무가 환경의 영향을 더 받는 사실을 제시한다.

연륜생장지수를 공사전, 공사중 및 공사후로 나누어 자료처리 하였을 때, 이러한 경향성은 분명하여 공사후에 모든 연령계급의 소나무에서 생장지수가 뚜렷이 증가하였다 (Table 1). 공사 기간중의 연륜생장도 공사전과 비교할 때 다소 감소하는 경향이었으나 차이는 매우

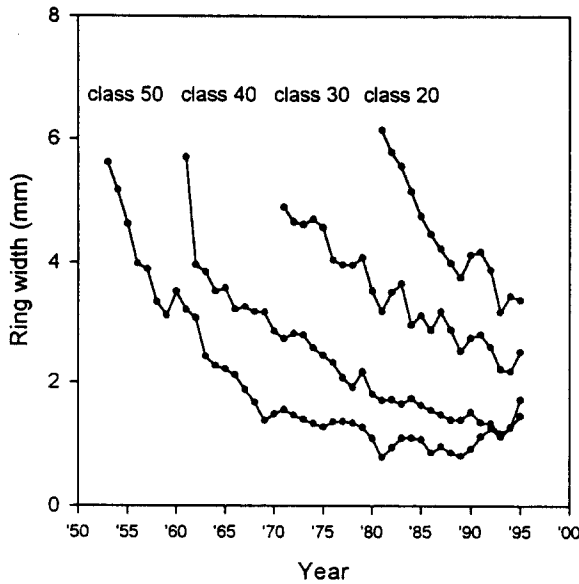


Fig. 1. Annual ring growth of *Pinus densiflora* with different age classes. Each dot indicates average value of 20 trees for class 20, 24 trees for class 30, 16 trees for class 40 and 8 trees for class 50. Refer to methods for details.

미미하였다. 이러한 경향의 유의성을 F-test로 분산분석한 결과 (Table 2), 댐건설은 소나무의 연륜생장에 매우 유의하게 영향을 미쳤음이 밝혀졌다 ($P < 0.001$). 즉 댐건설동안과 댐건설 후에 생긴 환경의 변화는 소나무 생장을 통계적으로 유의하게 촉진하였다는 의미가 된다. 소나무의 연륜생장지수는 연령에 따라 유의한 차이가 있었다. 댐건설과 소나무 연령계급간의 상호작용도 유의하다는 사실은 댐건설의 영향을 소나무의 연령에 따라 다르게 받는다는 사실을 제시하였다. 즉 연령이 많은 소나무일수록 생장이 더욱 촉진되었다는 사실을 의미한다.

위의 결과는 댐건설의 효과와 연령에 따른 효과를

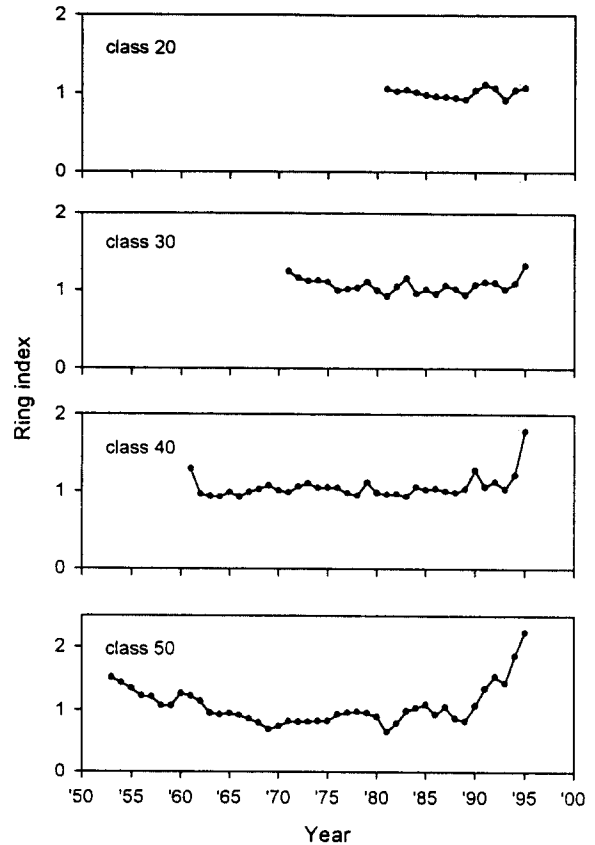


Fig. 2. Annual ring index of *Pinus densiflora* with different age classes. For further explanation, refer to Fig. 1.

설명하지만 댐공사와 관련하여 소나무의 연륜생장지수가 언제부터 유의한 영향을 받는지를 설명하지는 않는다. 그러므로 Turkey test를 하여 각각의 경우에 대한 확률값을 제시하였다 (Table 3). 공사전과 공사중의 확률값은 0.438로서 유의수준 0.05를 훨씬 넘어섬으로써 공사동안에 생기는 변화가 소나무의 생장에 유의한 영향을 미칠 것이라는 일반적인 예측이 입증되지 않았다. 즉 공사기간 동안의 비산먼지 등이 소나무 생장을 감

Table 1. Effects of a dam construction on annual ring index

Age class	No. of trees	Pre-construction	Under construction	Post-construction
		$\bar{x} \pm s.e$	$\bar{x} \pm s.e$	$\bar{x} \pm s.e$
21~30	20	1.02 ± 0.013	0.94 ± 0.024	1.04 ± 0.011
31~40	24	1.07 ± 0.056	1.00 ± 0.057	1.13 ± 0.051
41~50	16	1.01 ± 0.032	1.01 ± 0.104	1.25 ± 0.096
51~60	8	0.99 ± 0.015	0.93 ± 0.072	1.58 ± 0.157
Total	68	1.02 ± 0.017	0.97 ± 0.016	1.25 ± 0.065

Table 2. ANOVA for the effects of a dam construction on annual ring growth

Source	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	F-ratio	Probability
Construction	2.528	2	1.264	20.215	0.000
Age	0.509	3	0.170	2.713	0.046
Construction × Age	1.445	6	0.241	3.852	0.001

Table 3. Results of Turkey test between means of different periods'ring growth. Numerals indicate significance level. For the overall result, the effects of construction period within a row with the same letter are not significantly different

	Pre-con- struction	Con- struction	Post-con- struction
Pre-construction	1.000		
Under construction	0.438	1.000	
Post-construction	0.002	0.000	1.000
Overall	Pre-con- struction ^a	constru- ction ^a	Post-con- struction ^b

소시킬 것이라는 예측은 인정되지 않았다는 의미이다.

이와 달리 공사전과 공사후 두 기간의 차이에 대한 확률값은 0.002, 공사중과 공사후는 0.000로서 매우 유의하였다. 이 사실은 댐건설의 효과로서 담수후부터 주변의 소나무군집에 긍정적인 영향을 미쳤다는 사실을 제시한다. 신 (1996)이 임하댐에서 소나무를 대상으로 한 연구도 같은 결과를 보였다.

한국전력공사 기술연구원 (1993)은 강릉수력 도암댐 주변에 7개 지역에 직접 기상탑을 설치하고 담수후의 미기상변화를 측정한 바 있다. 이 결과에 의하면 담수후와 가장 가까운 지점에서 일평균 기온이 다소 높게 나타났으며, 일교차도 사계절 모두 댐주변에서 가장 적었다. 또한 상대습도는 기온증가의 영향으로 봄과 겨울에 각각 5~10%, 3~5% 낮았다. 그러나 안개일수와 강수일수는 댐주변 지역에서 현저히 증가하였고 이 결과로 일사량은 감소하였다.

이와같이 담수 후 발생한 기상변화를 정리하면, 다른 방향의 두 가지 영향으로 정리될 수 있다. 하나는, 일평균 기온의 증가, 일교차의 감소 및 강수일수의 증가와 같은 소나무 생장에 미칠 긍정적인 영향과, 다른 하나는 안개일수의 증가로 인한 일사량의 감소와 같은 부정적인 영향이다. 그런데 소나무의 생장은 봄에 왕성하게 이루어진다 (Park and Yadav 1997). 우리나라에서 봄은 일반적으로 일교차가 크고 건조하여 생장에 제한요인으로 작용한다. 이러한 시기에 담수후가 열원

으로 작용하여 나타나는 기온의 증가, 일교차의 감소 및 강수일수의 증가 등의 기상변화는 일조량의 감소와 같은 부의 효과를 상쇄하고 소나무의 생장을 촉진하는 것으로 판단된다.

적 요

댐건설이 소나무의 생장에 미치는 영향을 연구하기 위하여 수력댐 주변의 7개 소나무림에서 총 68개 소나무의 연륜생장을 조사하였다. 댐건설의 영향을 댐건설 공사중과 공사완공후로 구분하여 비교하였으며 또한 소나무의 연령에 따른 영향을 분석하였다.

소나무의 연륜생장은 댐건설에 의하여 유의하게 증가하는 경향이였다. 특히 이 경향은 공사후 담수를 완료한 후에 현저하였다. 그러나 건설공사기간중의 생장은 공사전과 비교할 때 감소하는 경향이였으나 차이가 유의하지 않았다. 또한 연륜폭은 소나무의 연령이 높을수록 유의하게 증가하였다. 이같은 경향은 담수 직후 댐 주변의 일평균 기온의 증가, 일교차의 감소 및 강수일수의 증가 등에 기인하는 것으로 추정되었다.

인용문헌

- 신만용. 1996. 기상변화가 수목생장에 미치는 영향에 관한 정량적분석. 한국임학회지. 85: 462-471.
- 이종범. 1981. 춘천지방의 인공호에 의한 안개 및 운량의 변화. 한국기상학회지. 17: 18-26.
- _____, 봉중헌, 조하만. 1990. 댐 건설에 따른 국지기후의 변화실태. 기상연구논문집. 7: 75-81.
- 이필수, 진순장, 박원규. 1994. 대청댐 건설로 인한 기상변화가 수목생장에 미친 영향: 연륜연대학적 분석. 한국목재공학회 추계학술 논문발표집. pp.11-14.
- 한국전력공사 기술연구원. 1993. 수력발전소 건설전후의 미기상학적 기후변화 연구. 한국전력공사 기술연구원. 589p.
- 홍성길. 1982. 안동댐 건설 이후 안동지방의 안개 증가 한국기상학회지. 18: 26-32.

Fritts, H.C. 1976. Tree rings and climate. Academic Press. 567p.

Kim, E. 1988. Radial growth patterns of tree species in relation to environmental factors. Ph. D. Thesis. Yale University. 201p.

Park, W.K. and R.R. Yadav. 1997. Precipitation reconstruction for late Chosun period using tree rings of Korean red pine. Proceedings of the East Asia Workshop on Tree-ring Analysis. pp.37-46.

(1998년 3월 10일 접수)