

カラマツ林土壌と二代目造林

山根玄一

長野県下では昭和 30 年代に、カラマツ二代目造林は不成績であり、その原因はいや地または燐酸欠乏によるものであると報告されたことがある。しかしその後の国立林試の調査などによっても、カラマツの生長は土壌の化学的性質よりも理学的性質との関係がはるかに大きいことが明らかにされている。そして長野県ではもはや二代目造林はあまり問題とはなっていない。

北海道ではいままでカラマツ二代目造林が不成績であったとの報告はない。しかし上記の影響から、いまだに一部には二代目造林について不安感が残っている。

著者らは二代目造林問題を意識して、カラマツ林ができてからどのくらいの時間でどの程度土壌が変わってくるものか知りたいと考えた。そこで、カラマツ林とそれに接している広葉樹林の土壌を比較しながら、カラマツ林分化が土壌の理化学的性質におよぼす影響の一部について検討した。調査地の選定要件であるカラマツ植栽前同一立地条件にあった林分をさがせなかったため、その結果から直接二代目造林に言及することはできないが、調査結果を二代目造林を考える材料として紹介し、併せて二代目造林についての文献を見直して著者の見解をのべてみたい。

はじめに結論をいおう。調査からは、カラマツ林化によつて土壌の変化はたしかにあるが、その程度は大きくなく、一組のカラマツ林と広葉樹林の微地形のちがいにともなった土壌のちがい程度のものであった。また著者は北海道の二代目造林についてとくに生長がおちるようなことはないものと考えている。

調査地と調べ方

20 年年生以上のカラマツ林とそれに接していて同じ立地条件にあったとみられる広葉樹林を 1 組の調査地として選んだ。選定には、カラマツ植栽前の条件がよく似ているほか、なるべく密な状態におかれた高齢カラマツ林と混交樹種数の多い広葉樹林をさがした。

1 組のカラマツ林と広葉樹林（以下、両樹林とよぶ）には、それぞれ方形または矩形の調査区を設け、毎木調査と林床植生（種名、優占度、乾燥重）、落葉量（乾燥重）の調査をし、試料を採取した。また調査区内の 3 か所で土壌調査をし、分析試料を 4 つの深さから採取した。

調査は、非火山灰土壌地として 1976 年 9 月に上川支庁管内風連町（以下 風連地区）の 3 か所で、また火山灰土壌地として 1977 年 9 月に十勝支庁管内帯広市、士幌町、新得町（以下 十勝地区）のそれぞれ 1 ヶ所計 3 か所で行った（表 - 1）。

同じ条件にあった両樹林をさがすのはむずかしく、風連 1 をのぞく 5 組の調査地では立地に何らかのちがいがあつた。風連 2、3 では微地形と土壌母材にわずかにちがいがあつた。帯広

表 - 1 調査地の概況・林況

調査地	林種	林齢	既耕・未耕地	地形	傾斜	斜面型	堆積様式	土壌型	平均直径 (cm)	平均樹高 (cm)	ha あたり		疎密度
											本数 (本)	材積 (m ³)	
風連 1	カラマツ林	23	耕	段丘平坦地	0°	——	定積	B _D	16.5	15.2	1,457	263	中
	シラカンバ林	約 23	耕	段丘平坦地	0°	——	定積	B _D	7.1	7.9	4,200	88	密
風連 2	カラマツ林	34	未	洪積地斜面	16°	平衡	匍行	B _D	23.6	20.3	580	261	中
	広葉樹林	約 34	未	同押しし?	12°	平衡	匍行	B _D	10.5	9.2	1,490	106	やや疎
風連 3	カラマツ林	23	耕	河岸段丘	3°	——	定積	B _D	16.4	16.5	1,160	209	中
	シラカンバ林	約 20	耕	河岸段丘	5°	——	定積	B _D	9.1	11.4	2,900	73	中
帯 広	カラマツ林	26	耕	平野	0°	——	定積	Bl _D	16.2	15.9	883	160	中
	カシワ林	約 45	未	平野	0°	——	定積	Bl _D	13.9	10.6	1,152	131	中
土 幌	カラマツ林	45	未	平野	0°	——	定積	Bl _D	26.0	21.9	907	555	中～密
	カシワ林	約 40	未	平野	0°	——	定積	Bl _D	15.7	11.5	949	128	中
新 得	カラマツ林	38	耕	段丘緩斜地	3°	わずか上昇	残積	Bl _D		約 20			密
	広葉樹林	約 35	耕	段丘緩斜地	5°	わずか下降	定積	Bl _F		約 20			疎

では耕作条件にちがいがあり、新得では、微地形と母材にちがいがあり、また土幌は土壌分析により母材にちがいがあることがわかった。

カラマツ林は、土幌と新得をのぞき、高密度にあったとはいえない。広葉樹林にはシラカンバ林とカシワ林が多かったが、これらはそれぞれの地区を代表する林分の一つではある。

落葉層の特徴と土壌調査から

両樹林とも A₀ 層（落葉層）はほとんどが F 層であった。A₀ 層の乾燥重量（表 - 2，ha 当たり）は、風連地区のカラマツ林では 12 トン前後と多く、広葉樹林では 5 トンかこれをやや上回る程度と少なかった。しかし十勝地区では両樹林でともに 5～6 トンで差がなかった。このことから風連地区のカラマツ林では落葉の分解が遅いとみられるが、カラマツ林、シラカンバ林、カシワ林ではそれぞれ年間落葉量がちがうので、各樹種についての落葉量測定値を用いて落葉の分解速度を試算してみた。その結果もやはり風連地区のカラマツ林では落葉の分解が遅いことをしめした。十勝地区の両樹林間では分解速度に差がなく、ともに速いようである。

このことと関連したちがいは、落葉層と土層との接続部にもみられた。風連地区のカラマツ林では F 層が直接土層に接していて A₀ 層が剥がれやすいが、広葉樹林ではその間にやや分

表 - 2 A₀ 層の量（乾物，トン / ha）

林種	風連 1	風連 2	風連 3	帯 広	土 幌	新 得
カラマツ林	17.7*	12.2	10.2	5.1	4.5	4.9
広葉樹林	12.5*	4.9	4.7	5.6	5.7	5.9

*は枝条を多く含めた。

解がすすんだ腐植があり細根が密に張っていて剥がれにくかった。十勝地区の両樹林ではともに風連地区の広葉樹林と似ていた。

土壌断面の観察では、両樹林間に大きなちがいはなかったが、風連地区ではいくつかのちがいがみられた。

一般にカラマツ林の表層土はつよく乾くようであり、そのために堅さもやや堅いようである。しかし広葉樹林にもつよく乾いた林分があつた（図 - 1：風連 3）

カラマツ林では A、B 層の菌糸量がやや多いようである。風連 1 の調査前夜にはかなり多量の雨が降ったが、A₀ 層と表層土を通しての雨水の浸透は、ぬれ具合から、カラマツ林ではシラカンバ林内よりも容易でないことが観察された。

A、B 層の土壌構造として、風連地区のカラマツ林では細粒状・塊状・堅果状構造が多かったが、広葉樹林では堅果状構造のほかに団粒状構造もみられた。十勝地区では団粒状構造が両樹林でともによく発達していた。

土壌の理学的性質

容積重（一定容積中の乾燥した細土の重さ）には両樹林間でちがいはなかった。また透水性は調査区内の 3 試孔点間のバラツキが大きくて、両樹林間のちがいはわからなかった。

土壌の 3 相（固相、液相、気相）の体積割合は、広葉樹林に比べてカラマツ林の表層土では液相率が小さく気相率が大きい傾向があり、表層土がより強く乾燥していた。調査時には兩年とも乾燥が続いていたので、両樹林ともつよく乾いていた。しかし水分容積率（図 - 1）で、表層が 20% ちかくなるまでつよく乾いていた風連 3 をのぞき、表層土の乾燥はカラマツ林でつよかつた（新得は微地形によるちがいが大きい）。なお土幌の高齢カラマツ林では 30 cm ちかくの深さまでつよく乾くようであった。

土壌の乾燥程度にちがいが生じる原因には、土壌の性質のほかに樹種や林分構造も影響し、水の土壌への収入面のちがい（樹冠による降雨の遮断量、地表流下量、浸透能など）と土壌からの支出面のちがい（蒸散量、蒸発量など）が考えられる。カラマツ林土壌がより強く乾くのは、おもに A₀ 層と表層土に水をはじき通しにくい菌糸網層ができることにより雨水の浸透がさ

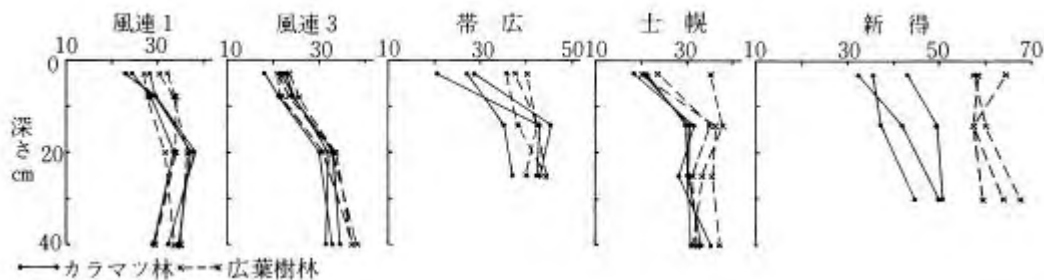


図 - 1 採取時水分率（容積 %）

またげられるためのようである。浸透できない水は地表を流れ去るか蒸発してしまう。

土壌の化学的性質

両樹林間にちがいがあつたもの〔A₀層の pH〕カラマツ林では 4.5～5.5 であり、どこでも広葉樹林より酸性がつよい(図 - 2)。

ややちがいがありそうなもの〔全炭素量、全窒素量〕風連地区ではカラマツ林の最表層で炭素と窒素がやや少ないようであつた(図 - 3, 風連 2 では微地形と母材のちがいがあつた。)しかし十勝地区では両樹林間のちがいはわからない(帯広のカラマツ林表層で少ないのは耕作による消耗)。

〔最表層の C - N 率(図 - 4)〕腐植の分解の良・不良の指標となるもので 10 にちかいほど分解が順調にすすんでいることをしめす。図 - 4 によれば、風連地区のカラマツ林ではほぼ 20 前後であつてやや分解不良の状態にあり、広葉樹林では風連 2 をのぞき 15～17 とやや小さい。十勝地区では両樹林とも 10 にちかく腐植の分解は順調である(新得の広葉樹林で大きい)

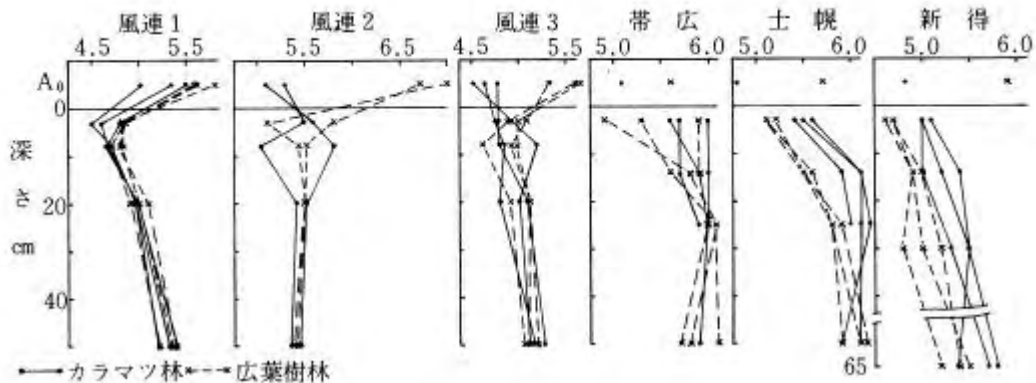


図 - 2 pH(H₂O)

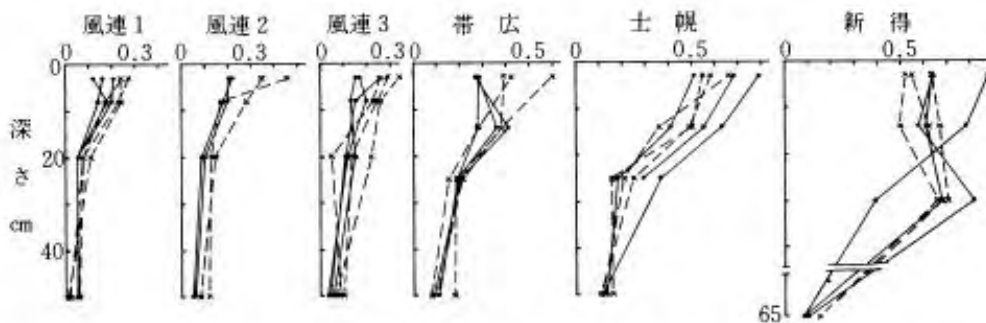


図 - 3 全窒素(%)

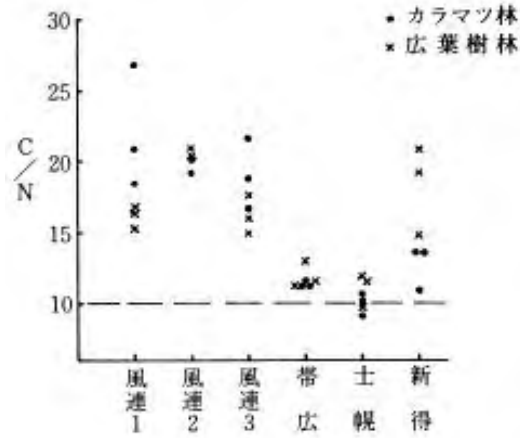


図 - 4 土壌最表層の C - N 率

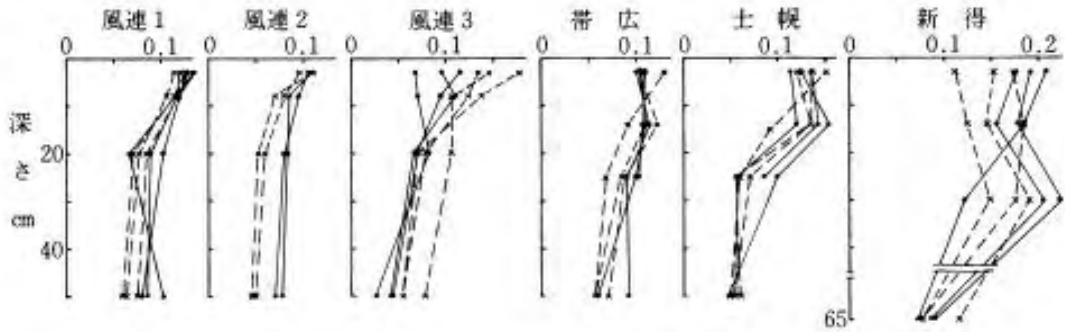


図 - 5 全 P_2O_5 (%)

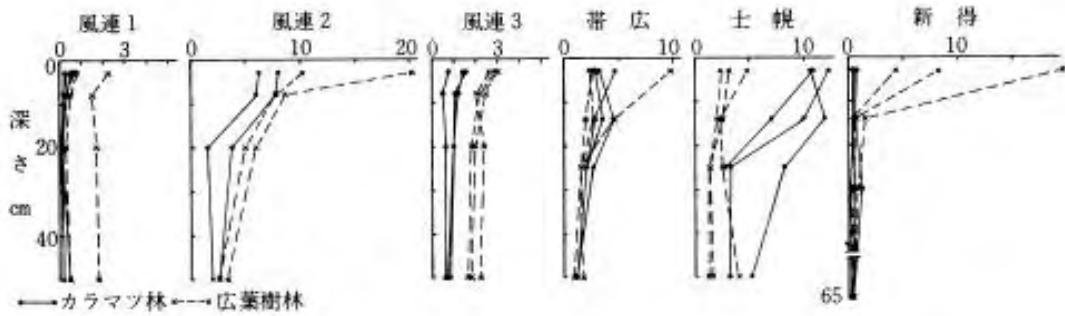


図 - 6 置換性 Ca (m.e. /100g)

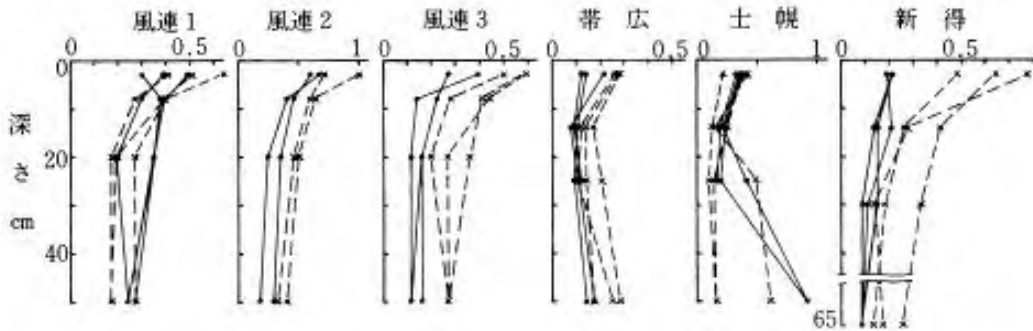


図 - 7 置換性 K (m.e. /100g)

のは過湿なため)。これらの傾向は A_0 層の量と関連しており、さきにのべたことと一致している。

ちがいがなかったもの、不明のもの〔置換酸度〕潜在的な酸性を表すものであるが、両樹林間にちがいはなかった。

〔土壌の pH〕両樹林間にちがいはないようである。(図 - 2 : 風連 1, 3 のカラマツ林最表層でやや低いようであるが有意でない。土幌, 新得のカラマツ林では 25 ~ 30cm の深さまで高いが母材のちがいによる。)

〔全燐酸 (P_2O_5) 量〕両樹林間に一定の傾向がなく(図 - 5), 植彼の影響はわからない。

〔置換性塩基類 (Ca, Mg, K, Na) の含有率, 塩基置換容量, 塩基飽和度〕養分である置換性塩基類の含有率にはかなり大きなちがいがあった。しかし調査地間で比較してみると一定の傾向になく(図 - 6,7), 植彼のちがいによって生じたのではなくて, 各調査地の両樹林地間の土壌母材や微地形のちがいによるものとみられる。塩基置換容量(養分保持力の大きさ)とその飽和度(養分保持力に対する保持量の割合)についても同様である。

地域性について

風連地区では、広葉樹林に比べてカラマツ林で落葉層の量が多く、表層土がつよく乾いていたほか、最表層の炭素・窒素量が少なく C - N 率がやや大きいなど、植彼のちがいの影響があった。しかし十勝地区では、表層土の乾燥に影響があっただけで、植彼の影響はほとんどなく、両樹林ともに落葉層量は少なく、C - N 率も小さかった。

このように両地区間ではカラマツ林化にともなった土壌への影響のしかたにちがいがみられたが、この原因には、火山灰と非灰山灰という土壌の性質のちがいのほかに、気候条件のちがいも考えられる。

両地区の気候には暖かさの指数にちがいはないが、風連地区では積雪量が多く、夏期の日照時間がやや多くて、日最高気温が 1 高く、5・6 月の舞水量がやや少ない。これに比べ十勝地区は夏期やや冷涼・湿潤な気候である。

2 地区について調べただけであるが、道内ではこの程度の土壌、気候などの地域性はふつうにみられるものである。

カラマツ林化にともなう土壌変化の程度

広葉樹林と比べてカラマツ林土壌にちがいがあったのは、やや深くまで乾いていたことをのぞくと、深さ 5cm までのちがいであり、調査地では深めにみても 10cm 程度までの変化であろう。このような変化は植栽後 10 年のカラマツ林(パイロット・フォレスト)についても報告されている。しかし、カラマツ林化による土壌の性質の変化は大きいとは思われない。

カラマツ林内ではトドマツ林内よりも林床に達する陽光量が多く、10 ~ 15 年生程度の若い密な林分をのぞくと、林床植生がなくなることは稀である。一般にトドマツ林での変化よりも

小さいと思われる。

土壌養分の点では、風連地区のカラマツ林で最表層の窒素量がやや少ない傾向にあつたが、十勝地区ではちがいはないようであった。またカラマツ林では落葉の分解がわるく養分循環が遅れるとしても、主伐すれば A_0 層の分解が促され、この遅れはほぼ解消されよう。

広葉樹林との比較でみられた程度の土壌のちがいは、さきにのべたように地域のちがいによっても現れる。さらに同じ地区内でも尾根、中腹、沢沿いといつだ地形上の位置または残積土・圃行土といった堆積様式のちがいによっても現れる。そしてカラマツ林化にともなう変化は微地形や母材のちがいによる差異程度の小さいものであると思われる。

北海道のカラマツ二代目造林

この項は、長野県を中心とする二代目造林についての文献のほとんどを見直し、著者の見解をまとめたものである。

まずカラマツいや地説の発祥の地であるが、長野県下の佐久、小県地方などであるといわれ、これらの地方では二代目造林はさける考えかたがつよかったという。しかし、カラマツにはいや地現象はないと反論がなされている。苗畑で9年間連作しても、隔年おきに他樹種を入れて輪作しても、カラマツ苗の生長には差はなかつたといわれる。いや地現象があるのなら天然分布地での純林の更新樹はどうなるのかという考えかたもできよう。

つぎに、実際に同一林地での一代目の生長と二代目の生長を比べて二代目の生長が不良であったのかどうかであるが、同一林地での一代目、二代目の生長を比較した例は全くないといつてよい。

信州大学から発表された一連の二代目造林地についての報告データは隣接していて立地条件と樹齢が類似した一代目、二代目林分の生長を比べたものである。しかも代表的な二代目不良造林地について調べたもので、二代目造林地には枯損木も多数発生しており、一代目と二代目の生長にはっきりしたちがいがみられるのは当然ともいえる。これらの報告のなかの土壌条件についての部分を要約してみよう。二代目不成植林分と一代目優良林分との間には明らかな差はなかったとしながら、5月下旬二代目不成績林分では表層土がはつきり下層土よりも湿っていたとのべている。その後さらに調査地をふやして、これらの調査地では土壌中の有効性リン酸はカラマツの林外への搬出により著しく少なくなる可能性があり（枝葉も搬出するものとして計算）、リン酸の欠乏症がおこりやすく、有効性リン酸が固定されやすい火山灰土壌ではとくに可吸態リン酸が欠乏しやすいとした。また養分循環上の平衡が失われることから土壌微生物社会の平衡が失われるのではないかと考察した。この考えにしたがって、造林地と苗畑でリン酸施用試験を行い、とくにリン酸単用の多量施用が有効であると結論した。なお不成績原因の一つとして、土壌凍結地帯の平坦地や凹地では生長開始期に融凍水が一時的に過剰に滞水し、芽ぶきの時期と一致してマイナス因子となるとも考察している。

しかしこの燐酸欠乏説に対しては、土壌中の全燐酸は林木の吸収量に比べれば比較的豊富にあり、有効性燐酸は全燐酸から絶えず供給されるとの反論がなされている。たとえ長野県の火山灰土壌では上記の事実があるとしても、北海道の火山灰は時代的に新しいものであり全燐酸はつぎつぎと有効態になりやすいし、燐酸を固定する力はよわいので、長野県の燐酸欠乏説は北海道にはあてはまらない(燐酸固定めは pH などによっても変わるのではどのようなものを有効態とするかにも問題があるが)。ただし、樽前山、駒ヶ岳周辺などの粗粒火山放出物未熟土地域では養分保持量が少ないので考慮を必要とする場合もあるかもしれない。

上記のほかに長野県下の二代目不成績造林地について、同じ信州大学からそれ以前に佐久地方の土壌について調査したものと、のちに国立林試などで国有林について調査したものがある。すなわち、佐久地方では二代目の優良造林地と不良造林地のあいだには、地形的にも土壌的にもかなりはっきりしたちがいがあったと報告している。不良造林地は平坦や凹地にみられ、土壌型はやや湿性、埴質で石礫量が少なく、堅密で透水性が不良、F層は薄く、菌糸もみられず、水分量は下層で多く、容気量が小さいのに比べ、二代目優良地はこの逆であって、むしろ養分は流乏しやすい条件にあるので、二代目の不成績を化学成分の欠乏と推定するのは妥当でないとしている。国有林についての調査では、カラマツの生長には気象因子も大きく関係しており、春の凍害も二代目幼齡木枯損の一因になっていた。土壌条件については、波状地形の凹地でナラタケ病による枯損木が多くみられ、停滞水によつて根がよわったところにナラタケ菌が侵入したものとみており、二代目の不成績原因はナラタケ病が主因としている。二代目造林地には植栽後4～5年間樹高生長がやや劣るものがあるがその後生長が増す傾向がみられる。民間で一代目の伐採後数年間放置してから植えると成績がよいといわれるのは伐根に繁殖していたナラタケ菌が教年後に衰えることによると推定している。しかし、一般的には二代目の生長が一代目に劣るとはいえないとしている。

道東支場が行った十勝西部地方の二代目、初代目造林地についての調査では、生長にはちがいがなかった。ナラタケ病の被害が顕著な林分もなかったという。その他の道内の二代目関係の文献でも二代目の成績、生長が劣るとの報告はない。

ここでひとまず二代目造林から離れて、カラマツの生長と土壌条件の関係をみよう。カラマツのよい生長には、根から水分が十分吸収できることが条件であり、根の生育には十分な酸素が要求され、土壌中の水は流動するものである必要がある。よい生長には土壌の排水条件がよいことが要件である。カラマツ不成績造林原因の究明のために国立林試が各部共同で行った調査によれば、カラマツの生長は適潤性～弱湿性土壌でよく、乾性土壌ではわるいが、その差はあまりなくて、むしろ土壌の理学的性質による差が大きいとされている。平坦地で浅い部分から透水性が不良な土壌では生長は劣る。カラマツの生長を阻害するのは理学性の不良さ - 排水性のわるさが支配的であり、動かない水を多量に含み酸素に乏しい土層ではカラマツの根は枯死する。

北海道では、埴質でとくにつまった褐色森林土や、黒色土のB I_E (カベ), B I_F 型土壌が問題であり、カラマツの生長が著しく劣る場合がある。

以上のようにみてきたところ、長野県での二代目不良の原因はどれもナラタケ病が主因のようであり、一般的に二代目が一代目に比べて不良であったものではなさそうである。研究者のうちにはナラタケ病は二代目よりもむしろ一代目造林地に発生しやすいと考えている。そして著者はナラタケ病などで不成績になつた二代目造林地は土壌の理学的性質が不良な場所であり、一代目にもナラタケ病は発生したものと思う。信州大学の調査では伐根によると一代目の生長はよかったというが、生長不良木の根株はすでになくなっており、一代目の良木と比較したことになるのではないかと思われる。

はじめにのべたように、長野県ではもはや二代目造林は問題視されていない。長野県庁ではカラマツ造林について、造林のすすめかたによっては不良造林地が発生するので、適地を選んで植えること、大面積一斉造林をさけるよう指導している。

著者は、北海道でのこれまでの二代目造林成績、著者らの調査と上記の推論から、北海道での二代目造林にはさしあたり大きな生長減をもたらすような要因はないと信じている。しかしカラマツ造林を幾回となくくり返していくと、とくに 20 年伐期で皆代をくり返すといった極端な施業を続けていくと、養分循環上からも問題がでてくる可能性があると考えている。また粗粒火山放出物未熟土地域では養分問題にも留意しておく必要があり、火入れ地ごしらえなどはさけるべきであると思う。

(土壌科)