



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	水源流域の森林施業と生産技術に関する研究：北海道大学演習林を事例として
Author(s)	藤原, 滉一郎; FUJIWARA, Koichiro
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 41(2), 423-460
Issue Date	1984-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/21119
Type	departmental bulletin paper
File Information	41(2)_P423-460.pdf



水源流域の森林施業と 生産技術に関する研究

— 北海道大学演習林を事例として —

藤原 滉 一 郎*

An Application of Forest Working Systems to the
Watersheds for Regional Water-Supply

By

Koichiro FUJIWARA*

目 次

まえがき	423
1. 研究対象地の水利用の実態	424
1) 概 況	424
2) 特色について	432
2. 水源流域の自然条件とこれまでの森林施業	434
1) 水源流域の地質と地形	434
2) 水源林のこれまでの施業と林相	434
3) 流域の降水量と流出	440
3. 水源流域の森林施業の試み	445
1) 森林施業と水源林の機能	445
2) 林道新設作業	448
3) 集約な非皆伐作業	451
4. 水源林施業についての提言	454
摘 要	457
参 考 文 献	458
Summary	459

ま え が き

水資源確保は、近年都市地域を含め、いたるところで大きな問題となっている。膨張する都市人口と水消費に対応できる水源の確保とくに良質の水を量的に確保することは年々困難となり、再利用を含む広範な質の水の利用にせまられ、従来以上に総合的な水に対する認識と対策

* 北海道大学農学部演習林

が必要とされている。さし当たりの対応として、工業用水・農業用水の効率的な利用や節水・漏水対策による水需要の再配分が努力されている。

このような対策のもう一つの主要な問題は水源地域に対するものである。1973年に制定された水源地域対策特別措置法に代表される水源地域に対する多面的な対応策や、保安林制度のように水源林造成を専らとする制度などがある。かつて、徳川時代に一部の地域で実施された下流の水利用者による水源林の取得・造成という形が近年再び増えてきている。その一つが、1978年の異常渇水を契機に、山村住民と都市住民の相互理解と協力までも目的としてつくられた「福岡県水源の森基金」である¹⁷⁾。

この小論でとりあげる問題は、上述のような大都市の水源の問題ではなく、北海道の農山村地帯の生活用水の水源林の問題である。規模は小さいが、水源林の森林施業の考え方は共通であり、一方では農山村地域の水利用の特性から生ずる独自の問題も含まれていると考える。

水源林は、林業活動の主要な面である木材生産や地域住民に関係の深い山菜採取などに最も使用される里山地域を流域の一部として含んでいることが多い。木材生産も農山村の主要な産業の一つであり、この活動が水源林の機能を損なわずに両立して行なわれることが要請される。しかし、森林と水の関係は、地域住民も林業者側も古典的な知識に基づいていることが多い。このため、保安林制度の一部のように不必要と思われる規制が行なわれたり、一方では粗雑な林業活動によって水質を極端に汚濁するなどの問題が生じている。このようなことから、水利用と水源林の森林施業について新しい関係をつくりあげる必要がある。

この小論は、上述のことを念頭においているが、その解決をめざしたのではなく、水利用の実状をのべ、森林施業の面で解決すべき問題が何かを明らかにすることを目的とした。

この研究をまとめる機会を与えられ、そして終始御指導を頂いた演習林長東三郎教授と母子里等の資料を教示して頂いた低温科学研究所の小林大二助教授に厚く謝意を表す。また、水道施設の資料を提供して下さった関係市町村の関係者ならびに資料の収集・整理に協力して下さい。また、砂防工学教室・演習林の関係者に心からお礼を申し上げる。

1. 研究対象地の水利用の実態

1) 概 況

北海道大学天塩地方演習林すなわち幌延町問寒別地区では表-1および図-1に示すように5流域計18km²の森林が水源林として利用されている。問寒別市街地を給水対象とする問寒別地区簡易水道は1957年に敷設されているが、それ以外の施設は、1970年以降に、問寒別川流域の農地が西天北酪農地域の一部として再整備される中で、家畜用水も含めた生活用水施設として計画・実施されたものである。現在、幌延東部地区雑用水施設の工事中であるが、これを含めて問寒別地区簡易水道と問寒別地区飲料水施設の間寒別水系の三施設は給水網が末端で連結して利用される計画であり、雄興地区飲料水施設・問寒別地区飲料水施設豊神水系を合わせると、問寒別地区全域をカバーすることになる。そしてその水源はすべて演習林である。

表-1 天塩地方演習林を水源とする水道施設の概要

Table 1. Water supply systems of Teshio Experimental Forest

Basin No.	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
Name of the water supply system	Toikanbetsu district water supply system	Yuko district water service	Toikanbetsu district drinking water service		Horonobe-East district manifold water works
Name of the Basin	Nukanan R.-Kiyokawa	Teshio R.-Kumadenosawa	Pankerupeshupe R.-Suigenchinosawa, (Mukaihassenzawa)	Juyonsenzawa-Hiyamizunosawa	Kenashiporo R.
Compartment, () means a part	Kasai (5)	Kasai (3)	Kato 27 (28)	Kato (42) 43. 44 (48)	Kasai (22) 23. 24. 25. (26) 32. 33
Object	livelihood	livelihood	livelihood	livelihood	drinking, livestock
Houses supplied	177	20	92	52	47
Population supplied	450	49	777	255	—
Cattles	50	120	1,100	640	1,340
Consumption min.-max (m ³ /day)	130-213	17-24	354-	180-	390-
Beginning of utilization	Nov. 1957	Apr. 1970	Aug. 1970	Aug. 1970	1984
Works: Intake way	surfaceflow with grating on stream bed	surfaceflow with grating on stream bed	surfaceflow weired up by head works	surfaceflow weired up by head works	surfacewater by open conduit
Intake vol. (m ³ /day)	198	27	353	198	390
Way to purify	slow filtration (180 m ³ /day) Chlorine sterilization	slow filtration (23 m ³ /day)	slow filtration	slow filtration	rapid filtration
Capacity of distributing reservoir (m ³)	80.5	22.8	16.2	75.0	164
Notes	using the consolidation work water supply tube is connected with T-3	using the consolidation work	water supply tube is connected with T-1		spur road constructed in 1983, the waterworks are under construction

源流水域の森林施業と生産技術に関する研究 (藤原)

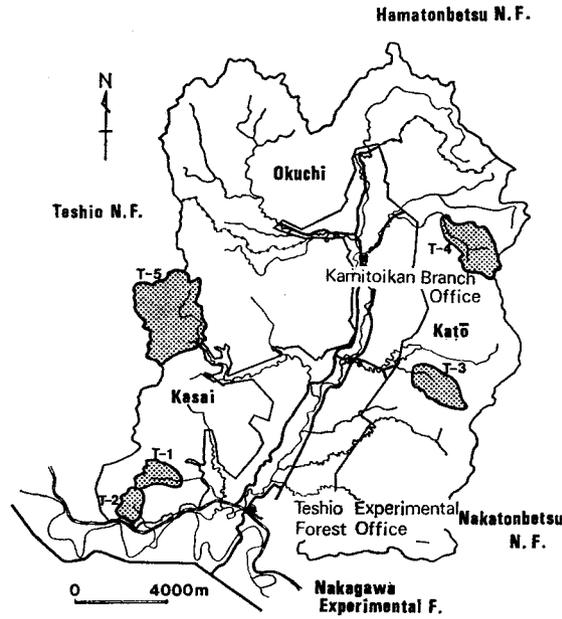


図-1 天塩地方演習林の水源林

Fig. 1. The water source forest of Teshio Experiment Forest.

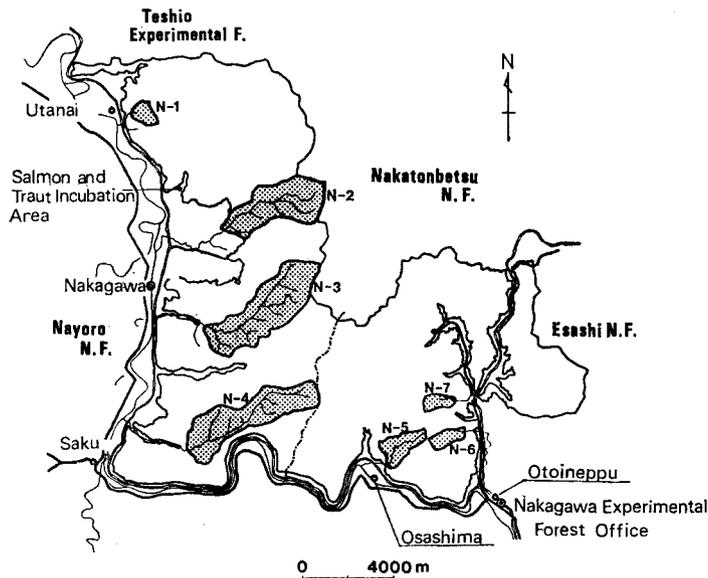


図-2 中川地方演習林の水源林

Fig. 2. The water source forest of Nakagawa Experiment Forest.

中川地方演習林は中川町・音威子府村の両町村に所在し、図-2および表-2に示すように計7カ所、29 km²が水源地となっている。中川町の4カ所のうち、菅の沢を水源とする施設は、“町営育成牛牧場”を対象とする純然たる家畜専用水施設であり、近隣の農家等にも現在は給水

表—2 中川地方演習林を水源とする水道施設の概要

Table 2. Water supply systems in Nakagawa Experimental Forest

Basin No.	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7
Name of the water supply system	Utanaï small water supply	Nakagawa large-scale meadow	Nakagawa water supply	Saku water supply	Osashima water supply	Otoineppu kitasen district manifold water works	Old building water supply of Experiment Forest
Name of the Basin	Opitaranaigawa (Utanaïsudonosawa)	Penkenaigawa Suganosawa	Toyomanaigawa	Sakkotangawa	Hiokinosawa	Otonegawa (Okadanosawa)	Kumanosawa (Suidonosawa)
Compartment, () means a part	(15)	55-62	83-93	(120) 121-129 (130)	(171) (172)	(183)	(186)
Object	livelihood	livestock	livelihood	livelihood	livelihood	livelihood & livestock	livelihood
Houses supplied	12	0	690	230	24	6	(15)
Population supplied	35	0	1900	650	100	27	(100)
Cattles	—	1780	—	150	—	180	—
Consumption min.-max (m ³ /day)	7-10	50-	870-1000	410-550	20-	28-42	
Beginning of utilization	Apr. 1965	May 1977	Oct. 1953	July 1976	Mar. 1954	Aug. 1983	Dec. 1964
Works: Intake way	surfacewater by open conduit	surfacewater weired by infiltration gallery	surface weired up by head works	subsoil water weired by conduit with grating	surfacewater by conduit	grating and gallery	subsoil water weired by head works
Intake vol. (m ³ /day)	10	50	870	410	30	51	
Way to purify	deposit, filtration		slow filtration, chlorine	slow filtration, hypochlorous soda	slow filtration, chlorine	rapid filtration, hypochlorous soda coagulant	sedimentation, (slow infiltration) (chlorine)
Capacity of distributing reservoir (m ³)			35.5	105	10.3	47.6	
Notes	JNR takes water at the same place	utilized in only summer (May to Oct)			purification facilities were set in 1976, maintained by Osashima water supply users association		no resident since 1975

水源流域の森林施業と生産技術に関する研究 (藤原)

されていない。中川簡易水道と佐久簡易水道は中川町の主要集落地域を対象とし、町人口約3,500人中の2,500人が、演習林を水源として利用していることになる。なお、中川町最大の農業用水である中川中央開拓パイロット事業による用水施設の水源の問題がある。この用水施設の現在の水源は、国有林が大部分を占めるセオ川であるが、渇水期の流量不足と土砂流出による汚濁の問題で、利用者側と国有林の間で水源林の施業の在り方をめぐって調整が困難な事態である。施設の計画者である北海道開発庁では、水源をアユマナイ川(流域面積約13 km²)に移すことも検討中であり、中川町を通じて大学側に協力要請がなされている。

さらに、中川町の場合、パンケナイ川(流域面積約21.9 km²)に水産庁のサケ・マスふ化場中川事業所があり、ふ化事業の水源となっていて、水質の保全が要求されている。以上の2流域を前記の4流域に加えると、中川地方演習林の中川町所在の110 km²のうち55%にあたる60 km²が、広義の水源林として利用されることになる。

音威子府村の場合、上音威子府地区などに個別の農家の水源がまだ数箇所残っている。これらは、取水装置は給水施設にくらべて経費的に安いこともあって、取水地点がしばしば変わるし、井戸などと併用する場合もあり、ここではとりあげなかった。表-2に示す3カ所のうち、上音威子府の水道の沢を水源とする施設は、中川地方演習林の旧庁舎ならびに学生宿舍・職員の宿舍等を対象にしたもので、最大時には100人余りの給水人口があったが、1974年の庁舎の移転にともない、翌1975年には職員のすべてが移転し、これ以降は作業用ならびにここで作業に従事する人達の飲料用としてのみ利用されている。現在は浄化装置は機能していない。

雨竜地方演習林の水源林は図-3および表-3に示す2団地である。添牛内地区の施設は雨竜地方演習林の旧庁舎と職員宿舍用の施設として1962年に造られたが、庁舎が名寄に移転した1969年に大部分の施設は破棄された。その後、旧庁舎等を利用して営農している人々が、利用組合をつくり補修を行って利用している。雨竜地方演習林は、飲料水あるいは営農用水としてみた場合は表-3の2流域3 km²にすぎない

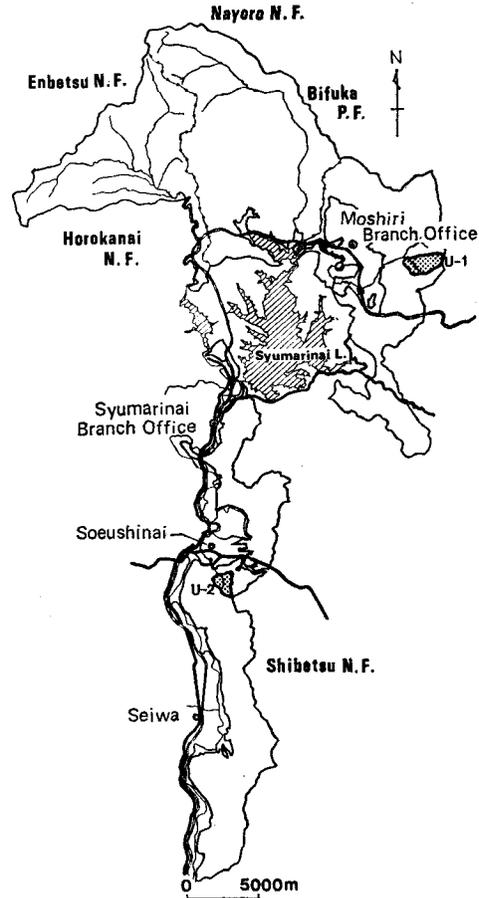


図-3 雨竜地方演習林の水源林

Fig. 3. The water source forest of Uryu Experiment Forest.

表-3 雨竜・苫小牧地方演習林を水源とする水道施設の概要

Table 3. Water supply systems in Uryu and Tomakomai Experimental Forest

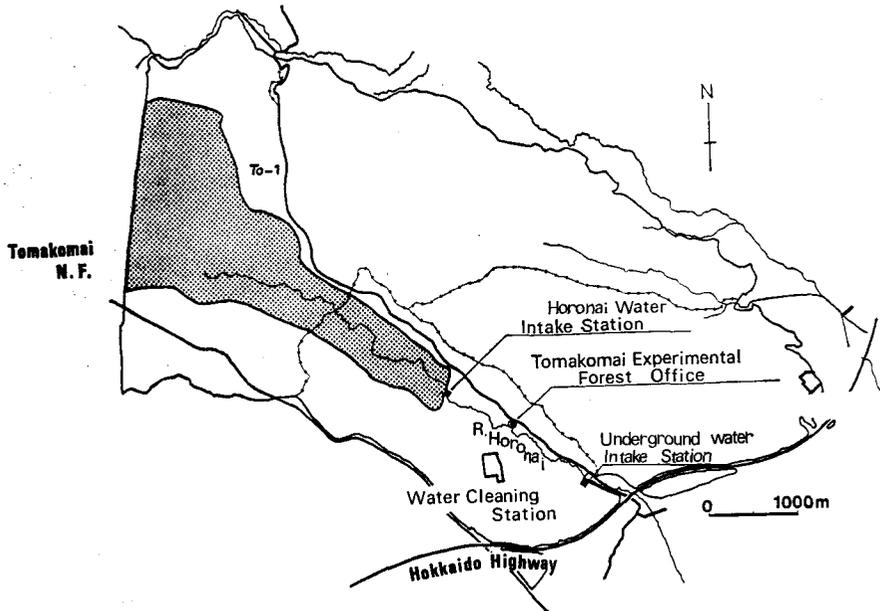
Name of Experiment Forest Basin No.	Uryu		Tomakomai To-1
	U-1	U-2	
Name of the water supply system	Moshiri manifold water works	Soeushinai Daigaku Danchi water supply	Tomakomai city water works (Horonaigawa Intake Station)
Name of the basin	Chiseurupesyupegawa		Horonaigawa
Compartment, () means a part.	(412)	(121)	(121), 122-128, (129), (205), (206), (208), 209, 210, (211), (212), (213), 214-223
Object	Livestock & livelihood	Livelihood & livestock	livelihood
Houses supplied	47	4	
Population supplied	140	15	(155,000)*
Cattles	200	60	
Consumption, min.-max. (m ³ /day)	average 100		
Beginning of utilization	Oct. 1975	1969 (Dec. 1962)	May 1952
Works: Intake way	surfaceflow weired up by head works		surfaceflow weired up by head works
Intake vol. (m ³ /day)	166 m ³ /a day		9,900
Way to purify	slow filtration		slow filtration, chlorine*
Capacity of distributing Reservoir (m ³)	40 m ³ ×2		(2,480×2)*
Notes	maintained and managed by Moshiri water supply users' association	one part of the old building of Uryu Experiment Forest maintained and managed by Daigaku Danchi water supply users' association	same purification and distributing reservoir as Yuburi Intake Station*

いが、雨竜演習林の大部分約 180 km² は朱鞠内湖の水源地域であり、施業上はこの条件を加味したとり扱いになることが予想される。

苫小牧地方演習林は、図-4 および表-3 に示すように幌内川の 1 団地である。

幌内川は、演習林の北西部に位置する樽前山の山腹の国有林地内より、地表面では谷地形を形成しているが、地表水のみられるのは演習林の 221 林班内で、ここは通年変わらない湧水地点である。湧水地点の上流には、明らかな谷地形が続いているが、地表水の流れた新しい痕跡はみることができない。また、幌内川は東は苫小牧川、西は勇振川に接しているが、流域界には平坦な面が広く続き、地形図上でも、現地でも厳密に流域界を決めることは困難である。図-4 および表-3 の数字は 1/25,000 地形図上で他の地域と同じ考え方で求めたものである。流域面積約 8 km² のうち演習林は約 4 km² である。

つぎに各地方演習林の最も代表的な水道施設についてその経過と現状について述べる。



図—4 苫小牧地方演習林の水源林

Fig. 4. The water source forest of Tomakomai Experiment Forest.

(1) 幌延町問寒別地区簡易水道

幌延町問寒別の現在の市街地は、1923年に国鉄宗谷線の問寒別駅が現位置に設けられてから、天塩川と問寒別川の合流地点にあった旧市街から移行して形成された。市街地の全域が泥炭地であることから、掘り抜き井戸では良質の水が得がたく、問寒別駅および国鉄職員官舎に列車で運ぶ水を民間でも利用し、駅から飲料水を運ぶ時代が長く続いた。1938年、問寒別駅とその官舎で、神社傍の小沢を水源として配水管を布設し水を引いた。市街地の人々もこの利用を申し入れて使用を許されたが、渇水時には市街地の人々が第一に使用量を制限された。

しかし、近くに良質の水を得られる水源がないことから解決策は生まれなかった。1954年に天塩川の河畔近くに掘り抜き井戸を掘削し、モータで揚水して水源とする水道施設が設けられたが、翌'55年の春の融雪洪水で井戸が被害をうけ、この方法も水解決の有効な対策とはならなかった。

1957年、ヌカナン川右支流の清川を水源とする現在の簡易水道が完成し、問寒別市街地はようやく水に悩む生活から解放された。このあと、取水方法の改良（治山堰堤を利用した取水）や1970年に完成した向八線沢を水源とする飲料水施設の給水網と連結し、水源の問題も補強され、問寒別市街地のみでなく、問寒別川流域の中下流域を覆う水道施設が完成した。

(2) 中川町佐久間地区簡易水道

中川町佐久市街は、天塩川とその左岸の大支流である安平志内川との合流点に形成された集落で、明治30年代後半のこの地域の開拓当初より交通の要所であった。とくに大正年代にな

って、安平志内川流域の国有林(約345 km²)等の森林の伐採がはじまり、管流の網場・天塩川本流を河口まで下る筏組みなど木材流送の拠点として大きく発展した。1922年、国鉄佐久駅が天塩川の右岸に設けられ、市街地の中心は右岸の国鉄佐久駅の周辺に移り、天塩川の両岸に集落ができる形となった。

近くに水源となる適当な溪流がないために、大部分の人達は井戸を掘り、ツルベからポンプへと揚水方法は変わったが、長い間井戸で飲料水を確保してきた。しかし、夏期に好天が続くと井戸水は涸れ、井戸を深く掘り下げたり、別の水脈を探して井戸の位置をかえるなどの対応が続いてきた。1960年代には、天塩川本流の改修工事の影響といわれる地下水位の変化があり、佐久をはじめ中川町内のいくつかの集落で多くの井戸が涸れる状態が生じた。中川町が鑿井機とそのオペレーターを確保し井戸掘り作業を行い水問題の解決に対応する体制をとった時期もあった。

1975年に市街地の一部の人達が共同で深い井戸を掘ることが試みられた。同じ頃、天塩川左岸の安川三部落でも国有林宿舎などいくつかのグループが井戸の共同化を行い湧水に備えた。しかし1970年代に入ると毎年夏の干天時には湧水となり、簡易水道建設の要望が急速に大きくなった。これまでは市街地から離れすぎて水源としては困難とされていたサッコタン川が水源として選定され、佐久市街(天塩川右岸)のみでなく、天塩川左岸の安川三、豊里地区にも佐久橋を渡して給水する計画がきまり、町営の簡易水道として1976年7月に完成した。

取水・浄化方法等は表-2に示したとおりであるが、取水量・配水池とも給水量にくらべて大きな余裕があり、あとで述べるように、このことは運営に大きなプラスとなっている。

(3) 幌加内町母子里地区水道

母子里は、1928年に北海道大学雨竜演習林内に区劃・設定された林内植民によって居住が開始された。1963年に、耕作者に対して大学から農地・宅地の売払いがあり、離農のまだ進んでいない1966年には42戸の農家があり、他に演習林の職員・北母子里駅勤務の国鉄職員、小中学校教員などが居住していたが、大部分は旧林内植民者であった。

1965年2月に、幌加内町は北幌加内地域農用地開発地域調査計画書を提起した。この計画の母子里地区の構想は、北大演習林1,418 haの林地を含めて723 haの草地造成を行い、母子里地区の営農基盤の拡大を標榜したものであった。この計画と、その結果については谷口等の報告に詳しく述べられているが²⁶⁾、幌加内町の計画は関係農民あるいは大学側との協議の中で大きく変わり、北海道開発庁が母子里地区開拓パイロット事業として着工してからも内容に大きな変更が行なわれるなどして、1975年10月に完成した。この事業の中に「雑用水施設」として現在の母子里水道施設が含まれていて、最終年度の1975年に施工された。

取水は、堰により表面水を取水する自然流下方式であり、浄化は緩速濾過方式である。「雑用水」^{註)}となっているが当初から、家畜用水だけでなく、飲料水を含めた生活用水として利用することを考慮して設計されている。

なお、演習林の母子里学生宿舎では、当初は井戸を利用していましたが、水質が必ずしも保たれず、1964年に418林班を水源とする簡易水道を大学独自で設置し、学生宿舎とその附近の大学関係施設で利用していた。この取水導水施設は、'75年に上記の母子里水道が完成した時点で廃止された。

註「雑用水道」という用語は、一般には従来水道水でまかなってきた用途のうち、水洗便所用水、空調用水などの必ずしも飲用に適する水質を必要としない一部の用途について別途給水を行うシステムとして用いられ、水源としては下水処理水、平地部の雨水などが考えられている¹⁵⁾。しかしこの小論では「雑用水道」を北海道の農山村で広く用いられている「家畜用水と生活用水」用の給水施設の意味で用いる。

(4) 苫小牧市(幌内川)水水道

苫小牧市の古い時代の市街は、海岸と国鉄苫小牧駅の南側を中心にして発展した。この地域は、湧水や清水の流れる丘陵地帯から離れ、しかもこの間には湿地や泥炭地が介在し、当初から生活用水には不自由する状態であった。風呂や洗い水には沼地を経て流れてきた苫小牧川の水を汲んで使用することも行なわれたという。大正期には、掘り抜き井戸の技術が導入され、泥炭層の下部から水を汲むことが可能となり、井戸の利用が盛んになった。

1920年に王子製紙ではワッカナイを水源とする上水道を布設し、工場と社宅に給水した。王子関係者外でもこの上水道の利用が可能であったが、丁度、掘り抜き井戸の技術の普及した時であり、王子の専用水道としてのみ機能した。昭和になって、市街地人口は1万人を越え、上水道整備の要望も強くなり、1929年に幌内川を水源とする上水道の調査が行なわれ、計画書が作成された。しかし、不況時代について戦時体制に入ったため、この計画は実現することなく戦後をむかえた。

1949年に、再び幌内川を水源とする上水道の調査が行なわれ、1日1人当たりの使用量150ℓ、給水人口28,100人、1日の給水量5,400m³の計画で、1950年に着工、'51年に一部防火用水として、'52年4月より一部地域で生活用水として利用されはじめ、'54年にはほぼ計画通りの上水道として完成した。

1960年には、給水人口35千人、日給水量8,100m³に拡大した。さらに苫小牧港新設による市街地の膨張があり、'62年には給水人口139千人、最大日給水量44,500m³の第一次拡張工事計画がつくられ、演習林の北縁を流れる勇振川上流のアップナイを水源とする取水・配水工事が完了した。(苫小牧市水道の第二次拡張計画は西部地区を対象とするもので、'74年に着工された)。

'82年には、樽前山の噴火等の非常の際の水源を確保するという目的で、幌内川の地下水を汲み上げ水道の取水源とする工事が着工された。

2) 特色について

苫小牧市の水道はその施設や給水人口からみても他の事例とはことなるので、ここでは苫小牧を除外して、事例ではふれなかった特色について補足する。

(1) 事前調査について

水源として利用する前に、流量・水質について調査を行っている場合は少ない。農業用水を兼ねる場合で、北海道開発庁等が計画し施工する場合でも、流量等の調査は100%委託調査として行なわれ、極めて形式的にデータがならべられている場合が多い⁹⁾。町村や水道利用組合等で計画・実施する場合は、流況調査は実質的に行なわれないとみてよい。

このようなことから、水源としての選定は流量や水質などの流域の自然条件よりも、取水・配水計画との関係で工事費が安いというような条件が優先して、施工されている場合が多い。町村や利用組合等の場合は施工後の状況により取水堰の改修や位置の変更を行い、その流域に適合した形になるが、雑用水などの補助工事としてつくられた場合は、実状に合わない施設となっているケースもみられる。

(2) 施設の保守体制について

取水、浄化・配水施設等に専任の職員がいる施設はない。比較的給水人口の多い間寒別簡易水道や中川簡易水道の場合でも、給水と他の簡易水道等も含めて少数の町職員が配置されているにすぎない。その他の場合は、利用者が利用組合をつくって保守する形であり、多くの場合は施設面の保守については空白であり、一年に一度取水堰や浄化・配水池の清掃に出役する程度で、問題が生じた場合は、その状況によって専門業者に依頼したり、利用者の出役で対応している。

平常は、流量の多いときは不必要部分を流下させるだけであるが、濁水の場合は土囊を利用するなどの一時的対応が多い。保守の大きな問題は、出水で取水部分に土石が堆積したり、流路が変化して水が取水施設に流入しなくなる場合である。現実的な対応としては、間寒別簡易水道のように治山堰堤等に取水施設を併設する場合も含めて、表-5に示すように取水堰の上流に治山工事の施工を要請し、保守を容易にしている場合が多い。

流量の変化に対しては、上記のような対応がなされているが、森林の施業などによる水質の急激な変化には、かりに浄化装置がその機能を十分発揮したとしても対応できる条件はない。

(3) 「雑用水」について

北海道北部の酪農地帯では、家畜用水として計画・施工された施設をそのまま飲用を含めた生活用水として利用するケースが多い。さきあげた母子里地区のみではなく、幌延町東部地区雑用水施設(ケナンボロ川)、音威子府村北線地区の雑用水施設(音根川)などがその例であり、酪農地帯では普遍的な形態である。

このように農業用水としての利用が多くなっているが、本州等の灌漑用水のように水利用の社会的ルールすなわち水利慣行というべきものはまだみられない¹¹⁾。これまで述べた施設等でようやく水利権を設定しているだけで、個別の農家あるいは数戸の農家で利用している場合は、ほとんど水利権を設定していない。今後、水利用が増すにつれて競合も生じ、水利用の社会的慣行が形成されると予想されるが、水源の所有者との関係も含めて、現在は未成熟な状態

といてよい。

2. 水源流域の自然条件とこれまでの森林施業

1) 水源流域の地質・地形

水源として利用されている流域の主要な地質と数値化する地形要素の一部を表-4に示した。水源流域の性格に影響を与える要素は地形よりも地質であろう。ここでとりあげた流域の中では、火山破碎物の厚く堆積している苫小牧の幌内川の場合と、蛇紋岩が流域の一部を占めている幌延町の水源地の沢、中川町のオピタラナイ川、音威子府村の音根川などの場合は、地質の影響が大きい。

幌内川についてはあとでふれるので、ここでは蛇紋岩の問題について述べる。蛇紋岩の問題点の一つは、北海道の北部地域では著しく軟弱になっていて、いたるところで地すべりや溪岸崩壊などの大規模な土砂移動をし易くなっていることである。現在動いているかどうかは別にして、谷の縦浸食が進行すると谷壁斜面が容易に滑動することが予想される。また過去に動いて生じた堆積物が溪床や山腹に大量に残っていて、洪水あるいは林道新設の土工などにより再移動する機会が多い²⁴⁾。蛇紋岩のもう一つの大きな特色は、流出の問題である。蛇紋岩地域の流出の測定例はないが、降雨や融雪による出水の早さとそのピークの高いことである。筆者の十年余のこの地域での勤務の間に、何回か経験している。その理由は、蛇紋岩の風化土層は保水性が良く、常に過湿の状態であって、降雨は山腹ではA層とB層の間を流下し、急速に河道に集中するためでないかと考えられる。

蛇紋岩地域の場合この他に、水質の問題もあるが、上記の2点より取水装置の維持が大きな課題となる。

地形要素と流出については、菊谷・中野等の報告がある^{13,21)}。しかし、現時点では地形要素と流出の関係を直接的に示すことはできない。

たとえば、流域の形状係数と流出特性との関係、すなわち、形状係数の大きな流域では増水は集中し、形状係数が小さい流域では増水期間は長くなるがピーク流量は小さくなることが予測される。しかし、実証的な資料は少なく、比較的條件の単純な融雪流出等の観測でこのような問題の解明にとりくむことも、今後の課題であろう。

2) 水源林のこれまでの施業と林相

施業経過とくに水道施設完成後の施業の概要と現在の林況について地方演習林毎に略述する。表-5の林相区分は、現在使用されている林相図(1960~1970年作成)を用いて、林相毎の面積比率を求めたものである。また、森林法に基づく保安林は“保安林”として表示し、演習林がその流域を水源林としての条件を重視して区画を設定し、演習林独自の施業上の取り扱い条件を決めている場合があり、地方演習林毎に用いている呼称があるが、これはすべて“水源保全林”として表示することにする。

表—4 水源流域の主要な地質と地形要素

Table 4. Geology and Topography of the basins

Experiment Forest	Basin No.	Basin Name	Geology	Basin area	Main stream length (km)	Total stream length (km)	Stream order	Drainage density (m/ha)	Average width of basin (km)	Form factor	Elongation ratio	Elevation (m)
Tesio	T-1	Kiyokawa	neogene mudstone and siltstone	180	1.95	3.48	2	19	0.9	0.47	0.44	45-300
	T-2	Kumadenosawa	"	123	1.15	3.25	2	26	1.1	0.93	0.37	40-310
	T-3	Suigenchinosawa	serpentine partially pre-cretaceous mudstone	241	2.30	3.03	2	13	1.0	0.46	0.58	80-500
	T-4	Hiyamizunosawa	cretaceous mudstone and sandstone partially serpentine	376	3.73	8.80	2	23	1.0	0.27	0.25	115-580
	T-5	Kenashiporogawa	neogene mudstone, siltstone and sandstone	859	5.48	27.28	4	32	1.6	0.29	0.12	65-240
Nakagawa	N-1	Opitaranaigawa	schistose serpentine	88	1.14	3.10	2	35	0.8	0.68	0.34	25-270
	N-2	Suganosawa	cretaceous, pre-cretaceous mudstone, siltstone and serpentine	675	5.28	14.10	3	21	1.3	0.24	0.21	65-610
	N-3	Toyomanaigawa	"	894	6.50	16.95	3	19	1.4	0.21	0.20	55-710
	N-4	Sakkotangawa	"	868	6.85	20.65	4	24	1.3	0.19	0.16	65-550
	N-5	Hiokinosawa	cretaceous mudstone, sandstone and serpentine	205	2.50	6.48	3	32	0.8	0.33	0.25	30-430
	N-6	Otonegawa	"	89	0.71	1.18	2	13	1.2	1.77	0.90	75-420
	N-7	Kumanosawa	"	88	0.60	1.66	2	19	1.5	2.47	0.64	70-400
Uryu	U-1	Chiseurupe-syupegawa	neogene agglomerate partially sandstone	181	2.00	5.78	3	32	0.9	0.45	0.76	350-600
	U-2		neogene mudstone, sandstone and cretaceous mudstone, sandstone	106	1.60	4.23	3	41	0.7	0.41	0.73	330-430
Tomakomai	To-1	Horonaigawa	products of Shikotsu and Tarumae volcano	809*	7.85	18.50	4	23	1.0	0.13	0.17	20-135

* Area of Experiment Forest 409 ha.

表—5 水源流域別の林相と保安林面積
Table 5. Forest type and prevention forest in the basins

Experiment Forest	No.	Basin	Area (ha)	Percentage of forest type (%)					Prevention forest				
				Needle	Broad	Mixed	Planted	Tree-less	Land-slide	by Forest Law	protective facilities**	by Experiment Forest	
Teshio	T-1	Kiyokawa	180		25	17	14	38	6	Erosion control forest	○	working restricted forest	234
	T-2	Kumadenosawa	123		22	10	1	57	9	" (No. 3 compartment)	○	"	146
	T-3	Suigenchinosawa	241	30	24	18		28		"	○	Reserve Forest (No. 27)	40
	T-4	Hiyamizunosawa	376	6	48	37		8	1			watersource preservation forest	388
	T-5	Kenashiporogawa	859	7	54	36		2	1			partially Reserve Forest (No. 43, 44)	82
		(total)	(1,779)	(8)	(43)	(30)	(2)	(14)	(2)				
Nakagawa	N-1	Opitaranaigawa	88				100			Erosion control forest	○	Reserve Forest (No. 57-60)	
	N-2	Suganosawa	675	13	48	27		11	1				
	N-3	Toyomanaigawa	894	1	50	44		4	1	Erosion control forest	○		
	N-4	Sakkotangawa	868		48	45		7		"	○		
	N-5	Hiokinosawa	205		26	70		4		"	○		
	N-6	Otonegawa	89	26	11	60			3	"		Management Experimental Forest	89
	N-7	Kumanosawa	88	2	15	75		5	3	"	○	Horoka Model Forest	88
	(total)	(2,907)	(4)	(44)	(42)	(3)	(6)	(1)					
Uryu	U-1	Chiseurupeshupegawa	181		45	40		15				watersource preservation forest	299
	U-2		106		29	65		6				"	188
		(total)	(287)		(40)	(50)		(12)					
Tomakomai	To-1	Horonaigawa	409*		74	7	16	3				watersource preservation forest	409
		((total))	((5,382))	((5))	((46))	((35))	((4))	((9))	((1))				

*: Total area 809 ha. **: ○: Sabo works (check dam or consolidation dam) is constructed at upperstreams of intake works.

2)-(1) 天塩地方演習林

天塩地方演習林には、明治末より昭和初期にかけての山火事跡地が約6,000 haあり、この大部分は幼齡林か無立木地である。山火事をうけなかった場所の林相は比較的良好である。蛇紋岩地域ではアカエゾマツの純林か、アカエゾマツにダケカンバ等を混じえた混交林であり、立木密度の差は大きい、平均するとha当たり200 m³程度の蓄積の林である。第三紀層地域では、エゾマツ・トドマツ・ミズナラ・ハリギリ・ダケカンバ・エゾイタヤなどの混交林が大部分を占める林相で、ha当たり300 m³を越える良好な林分が多かった。

この地域は、明治末期の天塩マツ時代より本格的な伐採が行なわれたが、現在のように道路網が整備されるまでは、すなわち1960年の後半までは、中川・雨竜地方演習林にくらべて消極的な施業が行なわれていた。

また、1960年代以降積極的に施業を開始してからも、現在水源林となっている流域には、他の要素も加わり施業制限が行なわれてきた。清川流域は、保安林の指定をうける前から、水源であることの他に、各種の試験地が集中しているので、'69年に経営試験要項が発効した段階で基礎試験林として位置づけされた。また、水源地の沢、冷水沢についても水源保全林として水源涵養保安林の施業条件よりも厳しい施業制限を課している。ケナンポロ川は山火事被害の少ない流域で、1935年、'36年と1979年に択伐作業による主伐が行なわれているが、他の水源流域は山火事の被害もあることから、これまでの収穫量は、表-6に示すように少ない。

取水施設が設けられてからの収穫は、治山工事、林道工事などにもなる工事支障木、風倒木などの被害木、造林地の上木伐採あるいは間伐などで、主伐というべき本格的な収穫は行われていない。林道も更新作業のためあるいは調査・研究のための林道で、なるべく水系からはなれた場所である尾根筋などに、必要最小限の土工量で作設されている。冷水沢で2.2 km、水源地の沢4.5 km、清川3.4 km、熊出の沢0.3 kmが水源林となってからの施工量である。この施工に関して、これまでに汚濁などの問題は生じていない。

更新作業は、熊出の沢では100%、清川では70%が山火事跡地であり、昭和初期より幾度か造林が試みられている。ただ、非常に厳しい自然条件下にあるので1930年代に行なわれた植栽の大部分の生育は良くない。熊出の沢の下部には間伐を経て主伐をむかえるトドマツの優良な造林地があるが、このような例は少ない。1960年代以降、清川流域を中心に、それまでの造林の経緯を勘案しながら、樹下植栽・植栽密度・菓植など多くの試験が行なわれ、1970年代の後半より、これらの試験より得られた知見も加えて、再び山火事跡地への植栽が試みられている。この一部が表-6に示した清川の25 ha、水源地の沢の9 haなどである。

2)-(2) 中川地方演習林

中川演習林では、中川町のオピタライ沢のみが山火事跡の造林地で、他はすべて天然生林である。オピタライ沢は、1910年と1924年の2回の山火事で天然生林はまったく焼失した。山火事以前は、クンネシリ(黒い山)として蛇紋岩上に成立したアカエゾマツの林で田中壤

表-6 水源林の施業経過

Table 6. Working processes of the water source forests

Experiment Forest	Basin No.	Basin Name	Compartment No. () means a part	Regeneration cutting year	Length of forestroad (km)	Forest works after water supply system constructed			
						construc- ted year	harvesting	afforeta- tion (ha)	forest road (km)
Teshio	T-1	Kiyokawa	Kasai (5)		3.7	1975	block trees of forest road, damaged trees	23	3.7
	T-2	Kumadenosawa	" (3)		(0.3)	1970	thinning, block trees	0	(0.3)
	T-3	Suigenchinosawa	Kato 27, (28)		4.5	1970	block trees of forest road	9	4.5
	T-4	Hiyamizunosawa	" (42) 43, 44, (48)	(1976 only apart cut)	2.2	1970	"		2.2
	T-5	Kenashiporogawa	Kasai (22) 23-25, (26) 32, 33	1935-1936, 1975	0	(1984)	non	0	0
Nakagawa	N-1	Opitaranaigawa	(15)		0	1965	block trees sabo workes	0	0
	N-2	Suganosawa	55-62	1930, 1969	4.8	1977	non	0	0
	N-3	Toyomanaigawa	83-93	1925-'27, 1952-'54	2.5	1953	regeneration 1954, " 1979 in part	1	2.5
	N-4	Sakkotangawa	(120) 121-129 (130)	1932-'34, 1954-'59	12.7	1976	block trees of forest road	0	12.7
	N-5	Hiokinosawa	(171) (172)	1962	0.5	1954	block trees of sabo works (50 m ³)	0	0.5
	N-6	Otonegawa	(183)	1974, 1982	4.0	1983	non	0	0
	N-7	Kumanosawa	(186)	1953, 1964	1.5	1964	wind damaged trees in 1972	0	0
Uryu	U-1	Chiseurupeshupegawa	(412)	1950, 1951, 1968	0	1975	non	0	0
	U-2		(121)	1938, '39, '41, '49, '52, '61, '62	0	1962	block trees	0	0
Tomakomai	To-1	Horonaigawa	(121) 122-128 (129) (205) (206) (209) (210) (211) (212) (213) 214-223		13.0	1957			

の「北海道游记」にも記載されるほどの美林であった²⁰⁾。1925年以降ヨーロッパトウヒを主にカラマツ・トドマツの他多くの樹種が播種または植栽された。現在は、カラマツは鼠害をうけながらもほぼ成林の期待をもてるが、ヨーロッパトウヒを含めて多くの樹種は利用径級に達するかどうか疑問な成績である。これは天塩演習林の清川・熊出の沢と同じように春季の強い南風がこの地域まで直接入るといふこともあるが、北海道北部で蛇紋岩上に成立しうる樹種はアカエゾマツ・カラマツなど特定の樹種に限られるという樹種選択の問題も大きい。

他の水源林は、林相・蓄積にそれぞれ差はあるが、蛇紋岩地帯はアカエゾマツの疎林、それ以外の地質のところでは、トドマツにミズナラ・シナノキ・イタヤ類・ダケカンバ等の混った混交林であり、エゾマツの含まれるところは少ない。

演習林創設以後、ほぼ全域が2~3回の択伐による主伐が行なわれていて、蓄積は標高200m以下では150~200 m³/ha、200以上の高所では100 m³/ha、平均150 m³/ha位である。1960年代までは、天然林の更新補助作業はほとんどなく、更新は山火事跡地や皆伐跡地を主に行なわれていた。1970年代に入ってから、天然林の更新補助作業がある程度の規模で行われるようになり、このための作業道の新設も積極的に行なわれるようになった。

また、中川演習林の場合、水源林は昔の沢を除いてすべてが土砂流出防備保安林に指定されているが、演習林として決められた試験林の区分によって施業条件が決まり、保安林としての施業上の制約も、試験林の施業条件の中で消化されている。

2)-(3) 雨竜地方演習林

雨竜演習林の二つの水源林は、天然生林である。1920年代の施業案によれば²²⁾、雨竜演習林はプトカマベツ川、ウツナイ川流域および蔭の沢地区には美林があるが、モシリウンナイ川流域の山岳地帯および国境近くの山岳地帯は広葉樹が多く、林相が不良で成林をみないところも多いと記載されている。412林班についてみると、面積の1/3以上が施業地外として位置づけられていて、林班全体の平均蓄積が100 m³/ha強、施業地のみでは170 m³/ha弱と記されていて、国境地帯の林相不良区域に含まれている。

これまでのこの水源流域に対する主要な施業は収穫であり、それも、表-6にみるように、自家用薪材を主とする小規模で、しかも連年行なわれる形のものであった。

2流域とも、保安林の指定をうけていないが、雨竜演習林では水源林となってからは、水源保全林として位置づけられ、これまでの、収穫・更新等の作業は行なわれず、また林道等もない。

2)-(4) 苫小牧地方演習林

水源流域で演習林に所属する地域の大部分は天然生林であり、人工林は20%にみえない。天然林の一部にはエゾマツ・トドマツをわずかに含む広過混交林があるが、多くは広葉樹林であり、つぎの3つの林相にわけられる。

第1のタイプは、1954年の15号台風の風害跡地あるいは戦中・戦後の薪炭林としての皆

伐跡地に成立した二次林で、立木密度は高いが樹高は15 m以下である。第2のタイプは、1954年の風害のとき残った大径木・中径木が散生し、その間を風害後に発生した二次林が埋める林相である。第3のタイプは、風害の被害が比較的少なく、大・中径木が樹冠層を形成している林である。この林相は、沢沿いの低地や奥地に一部残るのみである。前の2つの林相は流域内にモザイク状に分布している。

この流域では、演習林創設の頃より薪材あるいは木炭原木の伐採が続いた。これらの伐採数量は、ここに示すことはできないが、毎年皆伐に近い形で伐採面が進む方法であったと思われる。伐採後の更新は、カラマツ・ヨーロッパトウヒどな外来樹種の植栽を行なう方法が主として行なわれ、トドマツも若干植栽されている。しかし、この水源流域は奥地だったこともあり、伐採後放置されて萌芽更新にゆだねた場所も多い。一方、植栽した場所は1954年の風倒後に行れた大面積造林時代の植栽地が多く、除間伐などの遅れも加わり成績の良い造林地は少ない。

林道は、火山砂礫地で比較的容易に作設できることもあって、早い時代に車道がつくられている。全域が透水性に富み、夏期は多少の土工を行っても汚濁等の心配は少ない。凍結期に、融雪や降雨にともなう生ずる林道路面の地表流の処理は、かつては、林内の不凍結地点に自然に流入し拡散する形であったが、近年は林道の傍に小さな溜池をつくり、ここに集水・浸透させている。

3) 流域の降水量と流出

水源林として最も関係の深い気象要素は降水量である。地方演習林毎に最も近い測候所あるいは観測所の降水量の月毎の平均値と、月毎の日最大降水量を示した。最深積雪深は、平均値でなく極値であり、中川・間寒別の最深積雪深が、母子里や上音威子府より大きな値になっているのはこのためである。また、融雪・蒸散等に関する一つの要素として、気温を示した。これらは、とくにことわらない限り、1982年版「北海道の気候」より引用した。

流出の資料については、これまでの文献より2, 3の例を示すことにする。

3)-(1) 天塩地方演習林

天塩地方演習林を代表する気象資料として、間寒別観測所の数値を表-7に示した。間寒別は、年降水量約1,500 mmで、7月より10月の夏・秋季と12月～2月の降雪期に多く、3月4月の降水量は少ない。積雪深は、山地で1～1.5 mで、その積雪水量は3月中旬に最大となり、局所的な吹き溜り箇所等では800 mmに達するが、通常では400～500 mmである。山腹斜面の消雪は、4月上旬～中旬で比較的早い。

1961年の6月より、清川(T-1)流域で量水観測を行っている。融雪流出は1962年より'70年まで観測が行なわれた¹⁹⁾。この一部を図-5に示したが、融雪出水は3月にはじまり、5月中～下旬まで続く。ピーク流量の出現する時期は、平地の消雪日に近い4月中旬が多かった。日流量の最大は少ない年で15 mm/day、多い年が60 mm/dayとかなり差がある¹⁶⁾。多い年は降雨

表-7 問寒別の気象要素の月平年値

Table 7. Monthly average of meteorological factors at Toikanbetsu

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual	Recorded years
Mean temperature (0.1°C)	-92	-98	-42	33	94	134	174	187	144	82	16	-49	49	13
Max. mean temperature (0.1°C)	-35	-31	17	86	161	196	228	240	202	140	60	-12	104	13
Min. mean temperature (0.1°C)	-150	-166	-102	-15	39	84	132	146	91	30	-23	-86	-02	13
Precipitation (mm)	142	94	65	61	81	83	134	152	168	160	174	170	1483	13
Max. daily precipitation in month (mm)	42	52	29	40	45	59	82	107	120	140	57	42	140	'62-'77
Max. snow depth (cm)	195	240	297	218	6					26	61	115	297	'62-'76

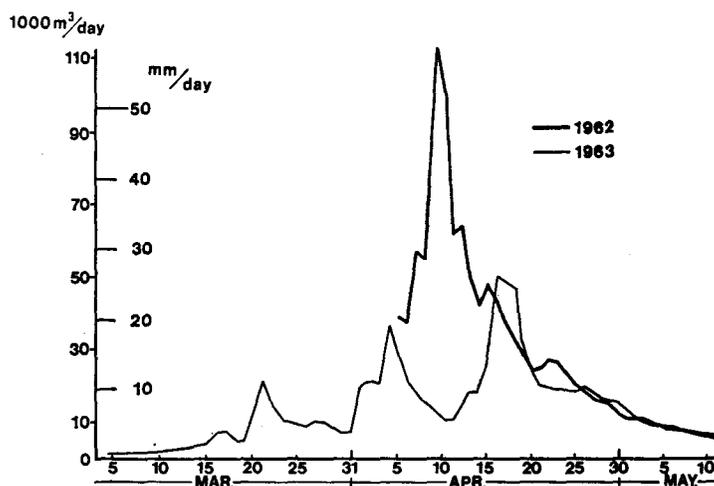


図-5 天塩, 清川の融雪出水 (原図, 東)

Fig. 5. A snowmelt flood of Kiyakawa in the Teshio R. (pictured by HIGASHI).

と重なった場合であるが、降雨のない場合でも 40 mm/day となる。融雪出水の日変化は、この流域では高水位は夜間の 21~1 時に出現し、低水位は 9~12 時に出現する日が多かった。

降雨による出水の例を図-6 に示した。1961 年、'62 年の 2 年間の夏期の観測期間中の最大の出水であり、この時の時間雨量は 33 mm である¹⁹⁾。

3)-(2) 中川地方演習林

中川地区と音威子府地区では若干気象条件が異なる。中川までは日本海からの風が直接流入するのに対し、音威子府附近は、周囲に山があるため風はある程度遮ぎられ、内陸的な気象条件を示す。このため中川・上音威子府両方の資料を表-8 に示した。

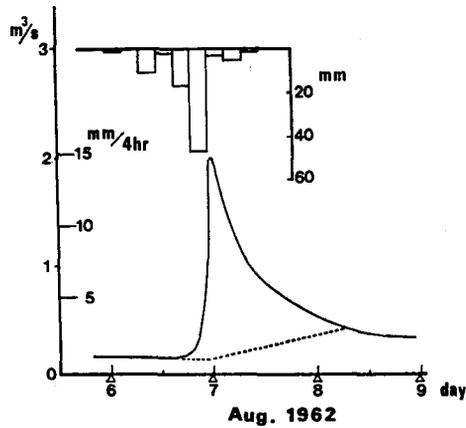


図-6 天塩、清川の降雨による増水(原図、東)

Fig. 6. A flood and rainfall of Kiyokawa, Teshio R. (pictured by HIGASHI)

表-8 中川・上音威子府の気象要素の月平年値

Table 8. Monthly average of meteorological factors at Nakagawa (N)* and Kamiotoineppu (K)**

		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual	Recorded years
Mean temperature (0.1°C)	N*	-98	-94	-44	32	95	138	181	191	150	85	11	-49	50	27
	K**	-107	-104	-52	29	98	144	188	200	154	86	10	-61	49	3
Mex. mean temperature (0.1°C)	N	-44	-32	12	85	163	202	238	244	207	142	55	-09	105	27
	K	-51	-40	06	79	159	203	238	246	204	138	50	-19	101	3
Min. mean temperature (0.1°C)	N	-154	-159	-102	-16	38	85	136	149	99	33	-27	-91	-01	27
	K	-163	-168	-111	-21	37	84	137	154	104	33	-31	-104	-04	3
Precipitation (mm)	N	137	90	67	57	73	79	127	145	168	147	154	163	1406	30
	K	151	127	89	63	87	88	144	166	198	161	193	208	1674	3
Max. daily precipitation in month (mm)	N	70	48	41	61	44	113	141	120	113	123	56	51	141	'24-'30
	K	70	55	79	45	52	71	151	106	115	112	68	54	151	'17-'70
Max. snow depth (cm)	N	200	349	396	192	47					24	95	152	396	'16-'70
	K	200	250	244	220	68					31	100	195	260	'16-'70

中川は年降水量1,400 mmでその季節的な降水状況は問寒別とほぼ同じである。積雪深は、さきへのべたように大きな値となっているが、この数値は暴風雪のときの特殊な値であり、山地で1.5 mm前後、積雪水量も最大時で500 mm前後である。一般に、この附近では、降雪量は、日本海岸より内陸に入るほど多くなり、その極値は、天塩川本流と音威子府川を結ぶ低地帯(旭川一浜頓別低地帯)か、もう一つ西側に位置する物満内川一頓別坊川の低地帯に生ずる。音威子府より東は、再びオホーツク海に近づくにつれて減少する。このようなことから、天塩川流域での平地の融雪は西ほど早く、問寒別は4月上・中旬であるのに対して中川は4月下旬、

音威子府は5月上旬が平年の融雪日である。

中川町の市街の水源となっているトヨマナイ川・サッコタン川は、両流域とも天塩・北見国境の山地に水源を抱え、最も降雪量の多い地域の一部になるので融雪出水は7月上旬頃まで続くとみられ、夏期の渇水時にも比較的影響をうけにくい流域であろう。

中川地区では、1981年より水位観測を試みているがまだ十分な資料はない。中川町市街で天塩川に合流する銅蘭川(流域面積330ha)で、片寄等が年4回、毎回2~3日、日4回測定した資料では、最大値は4月下旬の融雪時期の夕刻の0.410 m³/sec/km²(約26 mm/day)、最小値は6月下旬の0.009 m³/sec/km²(約0.89 mm/day)である¹²⁾。年間の極値はここに示した数値の倍または1/2程度とみられる。

3)-(3) 雨竜地方演習林

寒さと豪雪で有名な母子里観測所の値を表-9に示した。年降水量は1,700 mmで上音威子府とほぼ同じであるが、降雪量はやや多く、平地の融雪も5月中旬で、上音威子府よりさら

表-9 母子里の気象要素の月平年値

Table 9. Monthly average of meteorological factors at Moshiri

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual	Recorded years
Mean temperature (0.1°C)	-125	-123	-70	09	78	134	178	182	131	61	-09	-78	31	17
Max. mean temperature (0.1°C)	-56	-46	-01	68	150	203	238	238	193	123	38	-29	93	17
Min. mean temperature (0.1°C)	-198	-204	-143	-44	17	77	130	137	75	04	-51	-132	-28	17
Precipitation (mm)	151	108	106	66	85	94	126	192	190	152	197	218	1685	17
Max. daily precipitation in month (mm)	49	26	35	26	39	55	77	133	114	72	46	38	133	'61-'77
Max. snow depth (cm)	220	258	275	246	134					26	132	210	275	'60-'77

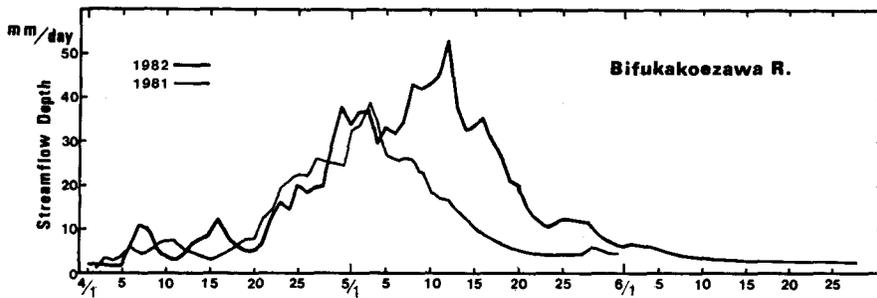


図-7 母子里、美深越沢の融雪出水(原図、本山秀明)

Fig. 7. A snowmelt flood of Bifukakoezawa R. at Moshiri. (pictured by MOTOYAMA).

に1週間~10日遅い。

母子里の水源であるチセウルベシユベ川の北に接するモシリウンナイ川支流美深越沢で、北海道大学低温科学研究所の融雪研究部門が中心になって、融雪やその流出の研究を行っている。その1982年春の融雪流出の観測によると、4月上旬から流出がはじまり7月中旬まで続き、積雪として存在した水量の98%が流出したとされている¹⁸⁾。

図-7に1981, '82年のその日融雪流量の変化を示した。5月上旬に日流量のピークが現われ、その最大値は40~50 mm/dayである。

3)-(4) 苫小牧地方演習林

幌内川のある地域は、登別・白老などとともに北海道内では最も降雨量が多く、しかも降雨強度も大きい地域に含まれている。また、地域的な降雨量の差の大きい地域でもあるが、ここでは苫小牧測候所の観測値を表-10に示した。

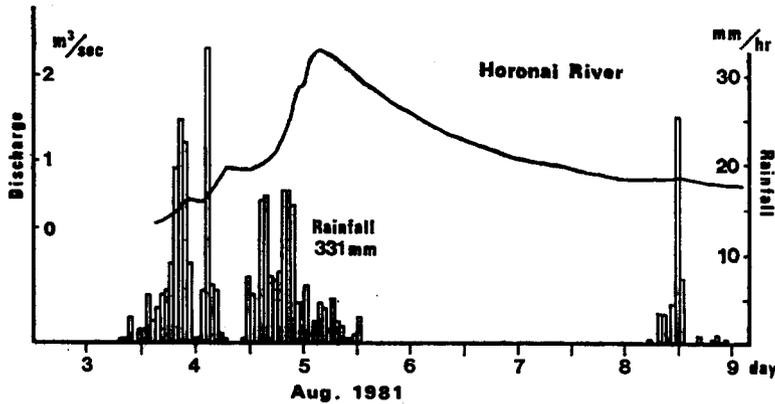
年降水量は1,200 mmで、7~9月の夏季に多く冬期は少ない。積雪が少なく、強い土壤凍結が毎年生ずることもこの地域の特色である。

流域全体が支笏湖噴出物・樽前火山噴出物で厚く覆われていて、土層の透水性は極めて良い。したがって、山腹や谷路などに地表水のみられるのは土壤凍結中か、地下水面が上昇したときである。1981年より幌内川に簡易な量水所を設け、水位観測を行っている。夏・冬ともほとんど水位が変わらない。図-8は'81年8月4・5日の両日で345 mmの降雨のあった時の演習林で観測した水位と時間雨量であるが水位変化は小さい。早川等は、樽前山麓のママチ川(千歳市)より別々川(苫小牧市と白老町の境)までの樽前山麓の19の河川について調査を行っている⁶⁾。これによれば、この地域の河川は火山噴出物の厚い堆積物の地帯を流下するので、比流量の変動が小さく、その中でも、幌内川は比流量が小さく変動も小さな川であると位置づけられている。

表-10 苫小牧の気象要素の月年平均値

Table 10. Monthly average of meteorological factors at Tomakomai

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual	Recorded years
Mean temperature (0.1°C)	-48	-42	-06	46	94	132	177	200	167	106	41	-14	71	30
Max. mean temperature (0.1°C)	-05	-02	30	85	132	162	203	228	206	155	86	28	107	30
Min. mean temperature (0.1°C)	-95	-90	-45	08	58	106	155	174	125	55	-05	-56	32	30
Precipitation (0.1 mm)	473	456	577	902	1081	1302	1551	1807	1725	1211	812	509	12406	30
Max. daily precipitation in month (0.1 mm)	630	700	527	974	754	991	1040	4479	1324	1080	905	615	4479	'42-'80
max. snow depth (cm)	52	67	77	33						7	16	70	77	'42-'80



図—8 幌内川の降雨による増水 (原図, 小林)¹⁴⁾

Fig. 8. A flood and rainfall of Horonai R..
(pictured by KOBAYASHI)

3. 水源林施業の試み

1) 生産技術と水源林の機能

最初に、林業活動として林内で行なわれる主要な作業、伐木運材・更新・林道について、近年の作業様式と森林の水源林としての機能の関係についてのべる。もちろん、林内で行なわれる作業には、上記の他に土工量の大きなものでは治山事業・砂防事業・河川工事等があり、大学演習林としては学生演習・観察・調査など多勢の人間が動くという作業があるが、ここでは上の3作業についてのべる。

伐木運材

かつては、伐倒後に木元で定尺に玉切りしこれを人または馬で藪出しを行い、玉曳きをして山土場集積、さらに馬橋等で駅土場まで運搬する様式であった。人および馬を大量に使用するため農業との競合をさけ、また積雪を利用する方が作業効率が良いことから大部分は冬期間の作業として行なわれていた。

北海道では、1954年の15号台風による風害木処理にかかわる機械力(チェーンソー・トラクター・トラックなど)の導入、また1960年半ばより激しくなった農山村人口の流出とそれともなう山林労働者の減少などの流れの中で、伐木はチェーンソー、集材作業は漸次トラクター集材が主流となり、かつての農業や漁業従事者の兼業から、ほとんど専門的な労働組織で行なわれるようになり、1970年以降は次のような作業様式が大勢となった。

伐倒後、枝を落し(中小径木では枝を切らない場合もある)、全幹または半幹の状態ですらトラクターで山土場まで集材し、ここで枝を切り落とし、幹を定尺に玉切りし、椽積みする。この山土場までトラックが入り運材を行う。駅土場を利用するのは、針葉樹の低質材が主であり、大部分の丸太は工場土場までトラックで運ばれる。トラクターを用いた冬期集材作業の集材路は、山腹を削った土石と積雪を混ぜ、固めて作設する状態が多く、夏期の場合、片崩しかまった

くの切土のみで作設することが多い。林相・伐採率などの収穫方針や、地形などにより集材路の密度が異なるが、ha 当たりの総延長は数 10 m から 100 m 位となる。通常は植生を剥ぎとるだけでなく、膨軟な表土層を除去し、一定の支持力のある層まで削りとり走行することになるので、切土面・捨土面を含めると林地面積の数%~10数%を裸地化する作業となる。

また、山土場では、集材作業のトラクターが大きな丸太を引いて動き廻るだけでなく、玉切り作業や椴積みにホイルトタイプのショベルが使用されるので泥濘化の度合いが激しくなる。

この集材道や山土場に大雨があったり、小沢の水などが流入し、集中水が発生すると泥濘化した部分を流すだけでなく、浸食を行い、溪流の水質汚濁、土砂移動の原因となる⁴⁾。通常の冬期作業の場合も、集材路が前述のように半分は削土して作設するし、また運材路は積雪と泥土を混合した凍結路盤を利用することが多いので、融雪期にはある量の土砂が流入する。また切土部分から融雪水が入り、小規模な崩落を惹起するなどの問題もあり、夏山作業に較べると土砂の移動量は小さいが、水質汚濁などの面での影響は作業中は少ないが融雪時に生ずる。

林地を破壊せずに集材する方法、たとえば索道・ヘリコプター・気球による集材作業は技術的には確立されているといってもよい。しかし、北海道の場合は人工林も含めて、材価と集材経費との関係で早期に導入されるとは考えられない。作業面でも経費面でも安定しているトラクター集材が主要な形態として、当分の間存続することが予想され、水源林では前述の問題が収穫作業に付随して生ずることは避けられないとみるべきである。

更 新

ここでいう更新には植栽も播種・天然下種更新も含めている。近年は、植栽の場合の地拵えに、あるいは天然更新補助作業として行なわれる地掻き作業にレーキドーザなど大型の建設系車輛を用いることが多くなった。刈払機が振動病予防のために使用時間が制限されるようになり、下刈作業にもトラクター等を導入する可能性を追究しながら、地拵えを大型建設系車輛で土工を加えながら行う傾向が強くなっている。さらに最近では植栽箇所の耕耘を機械化し、リッパを地拵えに用いることも試みられて、初期の生長がよく夏期労務の集中する下刈作業の軽減の効果があれば、急速に拡大すると予想される。

手鎌や刈払機による地拵え作業ならば、林床の攪乱はほとんどなく、筋刈地拵えはいうまでもなく、全刈地拵えでも表土層の浸食等は考慮する必要がない。しかし、レーキドーザ・ブルドーザ等を使用した地拵え、あるいは地掻き(更新補助作業)作業の場合は、筋刈状に行う場合でも、林地面積の1/2以上を裸地化し、植生層とその根系を破壊するので、これらに植生が侵入し定着するまでの数年は、不用意な作業計画であれば、土壌浸食や水質汚濁の原因となる。また積雪地域では、植栽木の積雪害対策のため階段造林も試みられ、ブルドーザを利用したの階段づくりも行なわれている。この場合の地表攪乱の度合いは林道工事や集材作業を上まわる。

更新作業ということで、林道や収穫のように自然破壊の行為として糾弾されることは少ないが、更新作業の性格から特定の部分に面積的には集中するので、対象とする面積とその作業

方法によりその水源林機能に与える影響の度合は大きくなる可能性がある。

林 道

林道の作設作業は伐木運材・更新作業よりも早くから大型建設系車輛が導入され、しかも作業効率をあげるために、時代とともに機械が大型化している。工事費の比較的恵まれている補助林道や幹線林道の場合は、切土面の被覆工、盛土面や捨土の安定化のための工作物の施工が可能であるが、これらの林道は量的には少なく、林道の多くは低規格の作業道である。したがって、法面の被覆や捨土の安定化のための施工はほとんど不可能に近い状態で、自然の回復を前提にして計画・施工せざるを得ない。

作業道の場合も、集材・地拵え地掻きなどと同じように、機械のオペレーターの能力と判断力が作業道そのものの線型・構造だけでなく、完成後の維持管理の容易さ、さらには土地保全上の問題まで大きく影響する。林野庁の林道規程に基づく自動車道の調査・設計では予備調査が若干は行なわれるので、設計者がその資料をどう活用するかが路線の良否をきめるが、作業道の場合は路線の踏査程度の事前調査しか行なわないので、作業機械のオペレーターが設計者であり施工者である。地形に適合した作業道、とくに溪流に悪影響を与える捨土の処理などの問題は、オペレーターの知識と能力が大きく影響する。

また、林道について水源地域としてみた場合の問題の一つに、場合によっては捨土や切土面の不安定な土砂以上に比重の大きな、路面および側溝の水の処理の問題がある。水源地域では、とくに直接水路に流すことは避けるべきである。

これは、北海道では近年になって再び天然林施業が提唱されているが、現実の作業仕組みは多くの矛盾を抱えながらも、大面積皆伐作業時代に確立された体系が現在も定着していることを示している。北海道大学演習林の場合は、大面積皆伐作業をほとんど採用しなかったにも拘らず、伐出作業を中心に大面積皆伐作業の中で作りあげられた作業仕組みをうけいれざるを得なかった。現在行っている択伐作業に適合する生産技術の体系はなく、上述の作業体系に部分的に改変を加えながら施業計画との調整をはかっている。

水源林としてみた場合は、伐木運材・更新・林道新設作業のいずれの場合も建設系の大型車輛を主にして機械力を利用する実行形態が主力であり、これらは水源林の機能を一時的にあるいはまた長期に劣化する方向で作用する。ことばをかえれば、林業活動は更新作業も含めて全体が、また山菜採取や森林浴等のレクリエーション的利用も、森林の水源林の機能とは明らかに矛盾する。

これをどちらを選ぶかという問題設定では解決に結びつかない。かりに、水源林であるとして、一切の施業や木材の活用を止めた場合、自然としての森林は存続し水源林としての機能は保持するかも知れないが、山村という地域社会の一つの産業である林業の機能をこわすことであり、これが地域の崩壊につながるならば、水源の存在が無意味になってしまう。森林を水源林と

か国土保全林などの主要な機能別に分けて扱うという考えがあるが、これは上述のことに近い考えであり、森林そのものもまた林業を培う山村を必ずしも豊かにする方向とは思われない。

この問題は二者択一の問題ではなく、両者が並存する形での解決法を作りあげることが林学研究の課題であると考え。矛盾する問題であるから解消することはできないが、木材生産の場は同時に水源林であり、林地の属性として統一的に把握し、両立する作業体系を創出することである。森林の場合は、この木材生産、水源林機能だけでなく、土砂扞止・洪水調節を含めた国土保全、緑地環境保全さらには、淡水魚などの水棲生物等あるいは昆虫などの棲息環境をも含めた環境保全など多様な側面を有している。これらを総体的に把握し、どの要素が主役となるかはその場と時によって変わるが、各側面とも一定の条件を確保し、不足な場合は工作物なり植栽工を人為的に導入して、全体がそれぞれ機能する施業体系を創出することと考える。

森林の水源林としての機能や防災上の機能などに未解明の部分が大きく、また木材生産面でも施業を体系化できるほど解明されているとはいえない。したがって、水源林機能の維持、国土保全、環境保全などの要素を加えた総合的で具体的な森林施業の在り方は今後の課題であり、当面は木材生産の場としての条件を整えながら水利用などの問題と弾力的に調整をとることが最も望ましい対応と考える。

この考えに立脚するならば、北海道の水源林地域の施業計画は、大面積皆伐作業ではなく、小面積皆伐作業あるいは集約な択伐作業等を指向しながら、木材生産と水源林としての機能を両立できる生産技術の体系をつくりあげることが必要である。このことの試行として、中川地方演習林で実行した事例についてつぎにのべる。

2) 林道新設作業

中川地方演習林の音威子府村の箴島から中川町の佐久市街の北方に通ずるサッコタン林道は、1955年に開設された。延長約11kmで標高差400mあり、急な勾配、小さな曲率半径など制約が多く、自動車の利用はジープに限られていた。また中川町側はサッコタン川を縫うような線型でつくられ、約7kmに30基余りの橋梁があった。この橋は木橋であり、流水幅ぎりぎりに架けたものが多いので、出水の度に橋のとりつけ部分が壊されるなどで、1958年より補修作業が始まり1964年には腐朽のため落ちる橋も生じ実質的には徒歩で利用するだけの状態になった(図-9B参照)。

1974年に、中川町より佐久市街の上水道の水源として利用したい旨要望があった時、演習林としては水源として利用するのは止むを得ないとして、その前に林道の修復などを計画した。しかし、予算上のことや技術的な制約から事前に対応することはできなかった。

その後、音威子府より中川に通ずる路線について、北側のアユマナイ川沿い、あるいは南端の天塩川沿いなどに予定線を設け、図上での検討、さらに踏査を行うなど検討を重ねたが、サッコタン川を利用する路線が地形的には最も恵まれていて、保全面に生ずる問題も少ないことが判明し、計画をつくり、1978年に着手し1981年に開通した。この過程について若干のべてみる。

水源としての利用の方法を決める段階で、町側との協議の際に、つぎの2点を含めた。

- ① 水源林であっても、大学側の必要とする施業は行う。ただし、作業計画が具体化した時点で町側に提示し、町側の要望も含めて可能な調整を行い、計画を確定する。
- ② サッコタン林道の改修(開設)に当たっては、水源林であることを十分留意して路線を選定し、施工を行うがまったく水質を低下させないということは不可能である。この点については、水道管理者側もできる限りの対応を行い、水源の機能の維持に双方とも努力する。

サッコタン林道は、水源林としての機能を低下させずに、少ない経費で作設することであるから、最も力を注いだことは路線選定である。結果としては、旧路線に重なった部分は、総延長の10%にみたく、改修といたしながら新設と同じ状態で施工された。路線選定上の留意事項を列記すると

- ① 作業道として運材・更新・調査等の諸作業に機能するよう、盛土・切土法面を少なくする。
- ② 路線を溪流から離す。
- ③ 橋は極力少なくする。

このため、山腹を大きく迂回した場所が2箇所生じ、河床の切替えも3箇所で行った。

- ④ 完成後も維持・保守の容易な形態とする。

などである。このような方針で行っても橋梁は3箇所になり、急勾配の路面や大きな盛土・切土面も地形的な制約から何箇所か生じた。図-9に平面図と概念図を示したが、この部分には落差3mの滝があり、その上流部の谷底部分はポケット状に大きく拡大している場所であった。滝を越えるためと支線のとりつけの関係から、ここでは大きく迂回することになった。しかし、上流側で川が長い間攻撃していたとみられる谷壁斜面を作業道が通ることになり、大量の切土が溪流に入ることになった。このために川を対岸に切りかえ、もとの流路のみでなく、蛇行によって生じていた旧水路も含め、数千 m^2 の部分を濁水の自然浸透・移動した土砂の堆積の場として確保することにした。この部分では、作業道の完成後も何年か法面の崩落が続き大量の崩土が生じたが、そのまま旧河床に捨土することができ、維持面でも有効性を発揮した。また、この作業道の完成後、この迂回部分の最も高い位置から延びた支線の工事でも、水を含む厚い風化土層の部分を通ることになり、泥土の崩落が生じ支流にもその土砂が流入したが、この支流の合流点が前述の川の切りかえした部分になり自然の浸透池の中で濁水は処理された。これまでは、作業道作設にとまらぬ濁水や土砂が直接、本流の流水に流入することはなく、川の切りかえによって確保した空間は、土砂の流入・濁水の流入の面で有効であることを示している。

つぎに施工時の問題についてふれておきたい。この作業道の施工は、作業道予定線上の立木を買受けした業者が作業道作設の土工の一部を集材道作設および集材作業の工程の一部として行い、また条件が整えば運材道として施工利用する。作業道路線の支障木の場合、集材距離

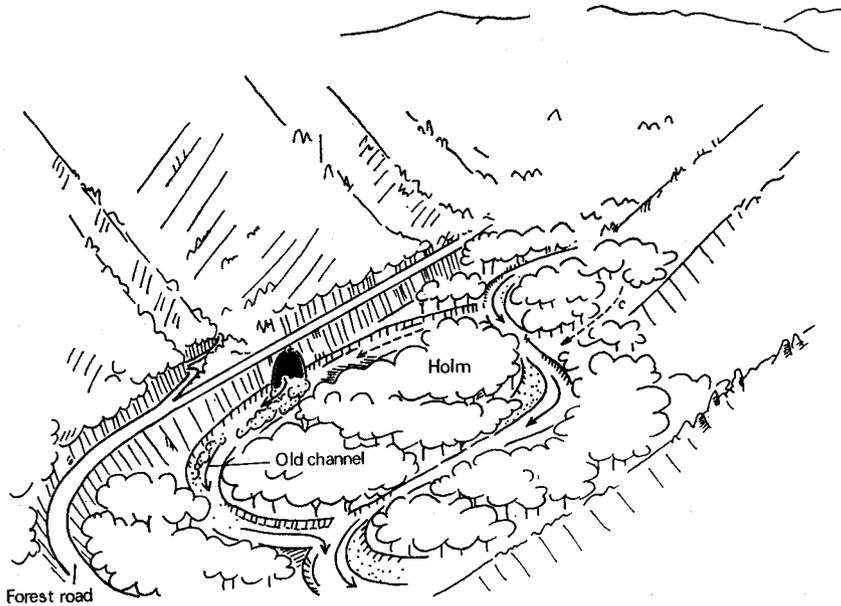


図-9A サッコタン林道と川の切りかえ (概念図) (原図, 笹)
 Fig. 9-A. Sakkotan forest road and cut-off channels.
 (pictured by SASA).

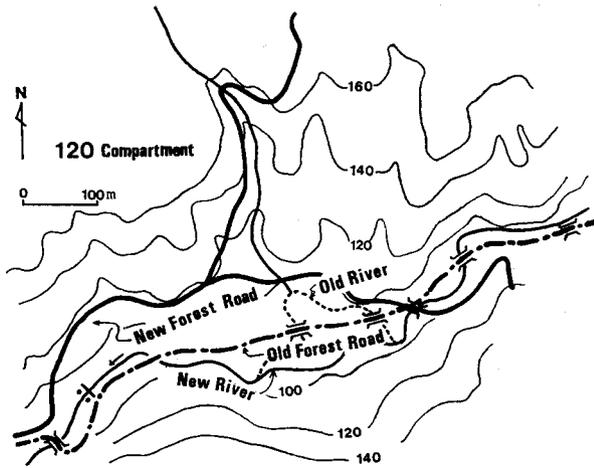


図-9B サッコタン林道と川の切りかえ
 Fig. 9-B. Sakkotan forest road and cut-off channel.

が長くなり、しかも細長な伐採面であるから集材効率は悪くなる。したがって、集材道としてある程度の土工が許され、運材が一時期でも可能ならば、運材車が走行できる程度に仕上げても伐木・運材経費としてはそれほど差はない。このようなことから、この作業道作設では、作設中に約 1/3 の路線で運材が行なわれた。この場合、作業道の路面作設の土工の 70% 位は集材道作設として行なわれる。集運材作業の完了後、路面や法面の整正、側溝の作設、排水の処理

などを行って作業道として完成する。

この伐木集材作業ならびに作業道作設作業中の留意すべき事項としては

- ① 土場の作設場所は作業条件の一つとして演習林側で指定する。土場の位置は、作業の性格上も地形的な制約上でも溪畔になることが多い。この土場に流入した(小沢との合流点に形成された小扇状地が土場に利用される場合が多い。この場合は、当然どちらかの山側に切替えることになる。)水や降った雨水が直接、川水に流入しないように土場の低い方には大きな開渠を設け、必要に応じて開渠列を増設して、これに濁水を溜め、浸透処理する。
- ② 末木・枝条・端材は、極力木元に残すようにするが、土場に運ばれたものは焼却するか、堆積する場所を指定する。堆積する場合、洪水で流出したり腐ったものが直接流入しないよう場所を選ぶ。
- ③ 作業用の建設系車輛あるいは、通勤・運材用の車輛が作業期間中多数出入りする。これらの使用する燃料・潤滑油等の油類の取り扱いを十分慎重にする。同じように、集材作業に用いるワイヤーロープ類も油汚染の原因となるので、切れたワイヤーロープなどを放置しないようにする。
- ④ 河川の切りかえ工事、橋台の作設、重車輛類の渡渉などどうしても水を濁す作業は、一定の時期に集中するように計画し、作業時間(期日や時間帯、長さ)は水道の管理者と協議して設定する。サッコタン川の場合は、汚濁水が取水地点を流下する時間、取水を中断する方法をとった。
- ⑤ 伐採現場・集材路・土場などの伐木集材作業の場所、あるいは作業道作設現場としての作業道の路面や捨土法面も含めて清浄と整頓を保つ。枝条などもさることながら、油類や飲食用の空缶・空袋などの処置に留意する。

などである。このような対応で、サッコタン川の場合は、水道の管理者には大きな負担をかけたが、水の利用者からは苦情をうけることなく、水源地域の作業道新設約7 kmを3カ年でほぼ計画通り施工した。とくに④の方法が可能だったことは、配水池の容量に相当な余裕のあることなどの物理的な条件もあるが、水道管理者との信頼関係の存在が大きな要素であった。

3) 集約な非皆伐作業

音威子府川の北線地区は、音威子府川下流の旧御料農地を中心に形成された集落であり、かつては畑作を、現在は酪農を主として営み、草地面積計130 ha、8戸の農家からのみなる部落である。ほぼ、農地の中央部を音威子府川が蛇行しながら流下し、この他に国鉄天北線、国道275号線が走っている。音威子府川の右岸の住居では、各戸毎に演習林を源とする小沢の中の最も近いところから、生活用水を引き利用してきた。畑作から酪農にかわった時点でも取水・導水施設を拡大し、家畜用水にも利用していた。

一方、中川地方演習林では、1967年の経営計画案より、この北線部落の西側斜面に当たる

一帯を天然林の構造解析の試験林として区劃した。その後、試験計画の変更が行なわれて、天然林を対象とした総合的で集約的な施業を研究する試験林として位置づけられ、1971年より着手した⁵⁾。森林の観察力の養成・選木技術・択伐作業の集材技術・更新技術・作業道作設技術など総合的な体系化とこれらを具現する労働組織の確立なども課題として開始した。1972年より1981年まで伐採量13千m³、植込み面積19ha、作業道新設23kmなどが主な作業量である。

水源林としての機能と上述したような施業試験は当然矛盾する。1974年頃より水源として利用している流域にも施業が行なわれ、1975年に関係地元農家が一致して「本格的な水道施設を布設できないならば、演習林の試験は中止せよ」という趣旨の要望を提出してきた。この時以来、部落・演習林および村役場の三者、あるいは二者で、再々協議したが一致点が得られず、演習林が各戸毎に個別に協議し、これは水質を低下させぬよう努力するということにつき、作業計画を調整しながら試験を継続した。

この間、冬期の集材作業により融雪期に例年より濁りが激しいとか、降雨出水時に濁りがひどい、また取水装置に土砂が流入したなどという苦情は度々寄せられた。大きな失敗の事例は、冬期に集材路を作設するため、積雪で覆われた水路の上をブルドーザで展圧して流水を止めたことである。この種の水利用では、厳冬期には凍結防止のため、水は出し続ける。このようなこともあって、利用者から知らせがあったので、他の作業は全部中止して積雪を掘り除去する作業に集中し、通水をはかった。幸い、導水部分や給水管が凍結するまで至らず、半日の断水で済んだ。冬期で積雪が多いので、沢の中を集材路としても汚濁などの支障がないだろうという判断で行った作業であった。

このように、注意をしながら作業を行っても水源の汚濁についての苦情が続いた。これらには上述のように可能な範囲で対応し、試験計画にはいくつかの変更もなされたが、8年回帰の収穫・作業道網の整備など基本的なことは計画通り実現した。トラクタ集材を前提にした水源林における集約な択伐(非皆伐)作業で、経験的にも検証された事項は、

- ① 8年回帰で収穫を行うので主要な集材路は作業道として固定する。
- ② このためには、作業道の路線選定には集材作業の工程を考慮した路網とする。
- ③ 集材作業は、冬期積雪上で行い地面を露出するのは作業道のみとし、林内ではなるべく表土の掘削をさける。とくに水路に近いところでは土工をさける。
- ④ 作業道は、条件の良いとき(春の乾燥期)には運材車が走行することを前提に作設する。このことにより、集材距離を短縮する。
- ⑤ 法面の安定に杭打ちや編柵などの工法を行うとともに、側溝と路面の水処理を慎重に行う。

等であり、次第に習熟して水に対する苦情は少なくなった。

一方、この北線地域の水の根本的な対策としての水道施設は、1979年に草地造成にともな

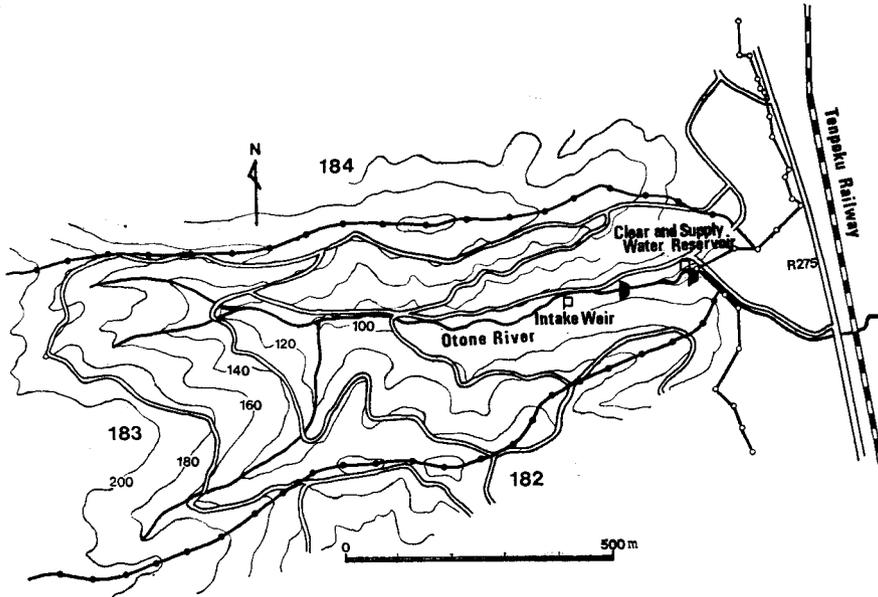


図-10 音根川の作業道網
 Fig. 10. Spur roads network in the Otone R.

う雑用水工事として、戸数6戸・成牛130頭・若牛45頭を対象に計画が決まり、1982年取水・配水施設に着工し、1983年夏より給水が開始されて解決した。

音根川が水源となることもあり、取水開始前に作成した作業道網を図-10に示す。標高200m以下の当面の施業対象地域だけをとると、作業道の密度は、90m/haとなり、地滑り堆積物が介在して外観よりも複雑な地形であるが、集材作業は林内に入ることなくほぼ可能となる。これは集材路としては必要な密度であるが、一般論としては林地保全・作業道の効率さらには林地の効率からいっても主要となる集材路のみ(50m/ha位)を作業道とし、これ以外は、その都度ワイヤーロープを繰り出すことなどにより対応することが望ましい。

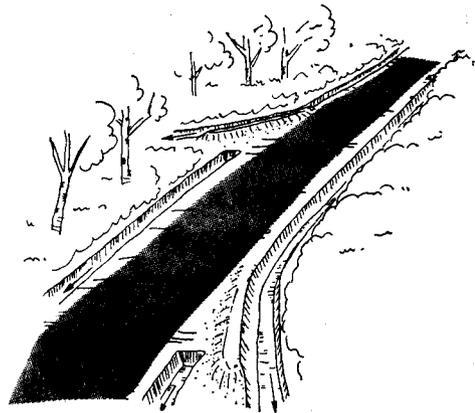


図-11 作業道側溝の水処理 (原図、笹)
 Fig. 11. Surface water inducement of spur road side ditch (pictured by SASA).

作業道の側溝の水処理の事例を図-11に示した。地質が火山破砕物など透水性に富む地域では、作業道に側溝は不要であるが、この対象地では作業道の維持に最も必要なことは排水を完全に行うことである。側溝を短かく切って大量に集水しないうちに、ササ生地など根系網が

発達して、ある程度の集中水が一時的に流下しても浸食の生じない場所に流し、拡散・浸透をはかる（“分散側溝”と呼んでいる）。傾斜のある場所では側溝の浸食を防ぐためにも有効な方法である。また、路面についても轍跡に集水することが多いので、側溝と同じように長く流下させないで、V字鋼や小丸太を利用して横断排水を行い、流末は水路でなく林地にする方が良い。

以上が、中川地方演習林の総合経営試験林の経験であるが、これを他の水源林の施業に生かしている。

4. 水源林施業についての提言

水源林としての機能を果たすために必要な条件は数多くあげられるが、大きく分けると量に関することと質に関することになる。この小論でのべた北海道北部の農山村の水利用の場合、量の問題はまだ深刻に把える事態まで至っていない。表-11に、各施設の取水量を流量・比流量と対比する目的でいくつかの単位で示した。取水量は、そのまま給水量にならないが、給水能力とみることができる。1人1日当たりの取水量は 1 m^3 以上になる施設もあるが200ℓ/日・人～500ℓ/日・人で、都市1人1日当たりの給水量平均364ℓ/日・人（1979年）、最大469ℓ/日・人（1979年）に近い数値である¹⁵⁾。ただ、下水道等がまだ不備でその面の使用量、都市では20%を占めるといわれる水洗便所用水等を差しひくと、まだ余裕のある使用量とみられる。この取水量を流域の流量、この場合問題になる渇水時の流量と較べてみた。水源流域で流量測定をしているのは、天塩地方演習林の清川と苫小牧地方演習林の幌内川だけである。それ以外の表-11に示した数字は、近くの観測例か、一時期の測定値から求めたものである。清川では、厳冬期の観測例はなく、夏期の渇水期のものであるが 4 ℓ/sec/km^2 と小さく、幌内川は一桁大きい 20 ℓ/sec/km^2 である。この数値は、北海道開発庁と北海道土木部が北海道の河川の流量調査の資料より作図した「10年非超過確率の渇水比流量図」⁸⁾の数値ともほぼ一致する。この流域の渇水流量と取水量を較べると幌内川・清川を除くと、取水量の方が一桁少ない流域が多い。このようなことからこの研究の対象地域では、渇水による水不足が生起する時はまだ後のことという判断が許される。

しかし、流域内の森林の状態およびそれに対する施業と流量の問題はこれまで長い間研究されているが³⁾、まだ定説がなく今後も引き続き研究課題として残る。

現状では、渇水よりも洪水によって生ずる流路変動あるいは土砂移動による取水装置の機能低下が問題となる²³⁾。先にものべたように、大部分の取水堰は流水数のみを対象にしてつくられているので、流路が変わった場合はまったく水が流入しないし、土砂が堆積すると取水量が減少する状態となる。原始河川の場合、取水用の構造物の存在が、このような変動をひき起こす原因の一つにもなるので、出水の都度、保守作業が必要になる。このために、取水堰の上流に治山事業による床固工・堰堤工が設置されている流域が多い。これにより、大規模な流路変動や土砂の堆積は軽減されるが、高い堰堤の場合、堰堤に滞留した水を取水するという別の

表-11 流域の湧水流量と取水量

Table 11. Intake volume and scanty runoff of the basins

Basin No.	Name of Basin	Area (ha)	Intake volume					Specific discharge		Lowest recorded specific discharge** 1/sec/km ²
			m ³ /day	1/sec	1/sec/km ²	mm/day	1/day/person	max. (m ³ /sec/km ²)	min. (1/sec/km ²)	
T-1	Kiyokawa	180	198	2.29	1.27	0.11	430	1.80	4	} 5-8
T-2	Kumadenosawa	123	27	0.31	0.25	0.02	550*	0.35	--	
T-3	Suigenchinosawa	241	353	4.09	1.70	0.15	450*			
T-4	Hiyamizunosawa	376	198	2.29	0.61	0.05	770*			
T-5	Kenashiporogawa	859	390	4.51	0.53	0.05	(1560)*			
N-1	Opitaranaigawa	88	(10)	(0.12)	(0.13)	(0.01)	(280)			} 8
N-2	Suganosawa	675	50	0.58	0.09	0.01	—			
N-3	Toyomanaigawa	894	870	10.07	1.13	0.10	450	(0.41)	(10)	
N-4	Sakkotangawa	868	410	4.74	0.53	0.05	630*			
N-5	Hiokinosawa	205	30	0.35	0.17	0.02	300			
N-6	Otonegawa	89	51	0.59	0.66	0.06	1880*		1.5	
N-7	Kumanosawa	88	—	—	—	—	—			
U-1	Chiseurupeshupegawa	181	166	1.92	1.06	0.09	1880*	(0.58)	(7-11)	} 6
U-2		106	—	—	—	—	—			
To-1	Horonaigawa	809	9900	115.0	14.22	1.22	280**	0.27	18-23	30

*: Including livestock's water.

** : after 8)

水源流域の森林施業と生産技術に関する研究 (藤原)

問題も無視できない要素である。

水質の問題は、その範囲が広く水素イオン濃度、金属類のイオン濃度等にも森林施業の影響はあると考えられるが^{2,12)}、ここでは森林施業と直接的に結合する汚濁の問題について、森林施業と両立する可能性をのべてみたい。

これまでのべたように、現在の森林内の各種の作業には、ブルドーザ・パワーショベルなどの大型の建設系車輛が使用される場合が多い。地形の急峻な山地の作業であり、生物を対象とする分野であるから、100%機械作業となることは想定できないが、働き手の不足・労賃の高騰などが深刻になり、一方では機械の性能とそのオペレーターの技術の向上により、年々、作業の中で機械の占める比率は増大してゆくと予想される。大型の車輛が森林内に入れば、走行しただけで地表は攪乱され、さらに土工等を行う場合は、機械が大型化するほど特定の作業の効率は良くなるとしても無駄な土工量が多くなり、いわゆる浮き土砂の量が多くなる。この状態に降雨や融雪による地表流水が生じ、水路に流入するならば著しい水質汚濁をもたらす。この場合は、地表水をできるだけ集中させないで、少量のうちに分散・浸透させる方法をとることである。林道の場合は、図-11に示すようにササ生地に少量つつ流しこむことである。また、地拵え作業にレーキドーザ等を使用する場合には、いわゆる“おき幅”のササ生地等を土砂移動・地表流下水処理の場として位置づけ設計・施工すれば、大部分の問題は解消できると考える。この設計には石川等の実験資料が活用できるであろう¹⁰⁾。

森林施業の中でこの対応の最も困難なものは林道や更新作業にくらべて、面積的に大きな拡がりを攪乱する伐木・集材作業である。最も泥濘化の激しい土場の場合は、面積としては小さいので、3-2)でものべた方法で、ほぼ対応できる。しかし、大面積を対象とする集材作業には、これまでのべた拡散・浸透を単純に適用することはできない。そこで考えられるのは、谷底(溪床)全体を拡散・浸透の場とすることである。自然河川の場合、新谷等が明らかにしているように^{1,23)}、溪床幅が変化していて、谷幅全体を流水が流れている場所もあるが、溪床幅の一部を流れ、蛇行し小さな三日月湖のような低地が形成されている場合もある。また、一面にオオブキ・ヨブスマソウなどの大型草本に覆われている場所でもある。このような部分を拡散・浸透の場として活用することにより汚濁水を処理する方法である。天塩地方演習林の清川流域の取水堰の上流にある通称フキノハラは、まったく人為的な作用なしに、その役割を果たしている。この場合は、泥岩の小礫の堆積層の中にすべては伏流し、地表水は通常はみられない。中川地方演習林のサッコタン川の場合は先にのべたように、人為的に川を切りかえして、土砂や濁水の処理空間をつくったが、これまでは有効に機能している。このことを積極的にすすめるとすれば、低ダム群を設けることであろう⁷⁾。また、試みたことはなくあくまで想定であるが、低ダム群を設けることで溪床を拡大し、土砂移動のコントロールと同時に水質保全の面でも成果が期待できると考える。

今後、森林の機能が木材生産ばかりでなく、水源林の機能あるいは環境林としての機能な

などを総体的に要求されることが強くなるであろう。この問題に対応するには、森林をとりまく地域の住民との信頼関係を確立することが第一であるが、個々の問題に対応し、解消をはかるには客観的な資料に基づく必要がある。森林と水の問題が古くからとり上げられ、観測等も行われているが、今日的な問題に応える資料はほとんどない。大学演習林の果たすべき役割として、このような資料の系統的収集もあり、今後の社会の要請に応じうるような水文観測計画を樹て実現することが望まれる。

摘 要

森林施業と水の問題については、これまで多くの研究がなされている。しかし、日本では、水源林における収穫作業についてのべた報告は少ない。この研究の目的は、小規模な給水施設の諸条件を明らかにし、これらの水質を維持しながら収穫や林道作設を行なう可能性を明らかにすることである。

この研究の対象としたのは、北海道大学の天塩・中川・雨竜・苫小牧地方演習林に設定されている水源林である。要約すれば下記ようになる。

1. 1983年、現在上記の演習林内には、個人的に導水している施設を除き、表1~3、図1~4に示すように15の施設があり、その流域面積の合計は、54 km²で、全演習林面積の10%弱の値である。この水源流域の85%は天然生林であり、10%が風害跡地や山火事跡地の2次林であり、5%が造林地である。一方、この15流域のうち、中川地方演習林・天塩地方演習林にある8流域・約27 km²は保安林に指定されている。その大部分は、土砂流出防備保安林であり、一部は水源涵養保安林である。その他の流域は演習林独自で“水源保全林”として一定の施業制限が行なわれている。

2. すべての水道施設は、貯水池なしに直接上流部から流水を取水している。これらの河川は夏の豪雨や融雪による洪水のときに、河床変動を生じ、取水堰附近に土砂を堆積し、取水が不能となるなど障害を生ずることが多い。これが、水道施設維持上の大きな負担となっている。このため、取水装置の上流部に治山事業による堰堤や床固工を施工している流域が多い。

3. 取水量は、家畜用水をも含めて、表-11に示すように、1人1日当たり200~1,800 lであり、また、その流域の渇水流量の10~50%である。取水している水の質は、人が住んでいない林地であることから、浄化なしにも使用できるほど清冽である。

4. 近年の林内における作業、伐木運材・林道作設・地拵えは、河川に土砂移動を引きおこす原因となる要素をもっている。これらの林内作業は、トラクターや大型の建設系車輛を利用して行なわれ、これらが走行することによって、林内の土壌を攪乱したり、輾圧して滲透を悪くする。そのため、大雨のときや融雪のとき地表水を発生させることになる。地表流が発生すれば土壌浸食を起し、さらには泥水を直接河流に流すことになる。

5. 水源林における森林作業の主要な課題は、土壌浸食を減少させることである。水源の

水質を保持するには、伐採区域、林道、集材路などについて、事前に慎重な計画をつくることである。

林道作設による水質汚濁を防止するには、林道をなるべく水系より離すことや路面や側溝の水を大量に集水することをせず、図-11に示すように植生に覆われている林床に流しこむことが有効である。そこでは流下水は透過し、含まれていた土砂は根系群で捕捉される。

また、著しく地表を攪乱した地域では、地表流や少量の集中水の段階で、透過池となるような開渠に導き、直接濁水を河川に流入させないことである。図-9に示すような河川の小さな氾濫原や蛇行等で生じた旧河床を利用して透過・拡散する空間をつくることで、相当量の濁水を処理し、水質保全が可能である。

上記のように森林作業をすすめる上で、十分に留意しとりうる工夫をすれば、木材生産と水源林の機能を両立しつつ森林を活用することが可能である。

参 考 文 献

- 1) 新谷 融： 荒廃溪流における土石移動に関する基礎的研究。北大演研報，28 (2) (1971).
- 2) 遠藤治郎・三沢真一・山本仁志： 低木性広葉樹林および牧草地の流出と水質。新潟大演報，No. 17, p. 89-97 (1984).
- 3) 遠藤泰造： 水源かん養林の機能理論と施業目標。林試研報，321 (1983).
- 4) 藤原晃一郎： ブルドーザ集材路の植生回復の一事例。日林講，88, p. 361-362 (1977).
- 5) 藤原晃一郎・小鹿勝利： 北海道北部における天然林施業に関する考察。一北大中川演習林の事例より一，谷口教授退官記念会編「林業経営と森林施業」，北海道大学図書刊行会，p. 448-469 (1980).
- 6) 早川福利・佐藤 敏： 支笏湖東南部地域の河川について。地下資源調査報告，No. 50, p. 109-132 (1978).
- 7) 東 三郎： 低ダム群工法。一土砂害予防の論理一，北海道大学図書刊行会 (1982).
- 8) 北海道開発協会： 北海道基準濁水量調査図書 (1980).
- 9) 北海道開発庁旭川開発建設部： 国営農地開発事業音威子府地区北線雑用水施設事業計画書 (1979).
- 10) 石川政幸・鈴木孝雄： 土砂流出防止林帯の幅について。日林北支講，10, p. 155-160 (1961) など。
- 11) 笠原俊則： 淡路島論鶴羽山地南麓における取水・水形形態と水利空間の変化。一生活用水として一地理学評論 56 (6), p. 383-402 (1983).
- 12) 片寄 麟・氏家雅男・工藤 弘・西 義雄： 河川水質におよぼす森林環境の変化 (1)。一銅蘭川の水質について一，日林北支講，27, p. 88-90 (1978).
- 13) 菊谷昭雄： 山地流域の地形と比流量。水利科学，No. 148, p. 24-56 (1982).
- 14) 小林大二： 河川源流域における出水時の水温変動。昭和56年度科学研究費「河川水況の電気アナログモデル解析に関する試験研究」報告書，p. 22-28 (1982).
- 15) 国土庁水資源局監修： 新訂水資源便覧。創造書房 (1981).
- 16) 工藤哲也・村井延雄： 天塩川流域小支流の融雪出水。北大演研報，28 (3), p. 325-337 (1971).
- 17) 熊崎 実： 水源林造成における下流参加の系譜。一費用分担問題への接近一 (I-III)，水利科学，140-142 (1982).
- 18) 本山秀明： 融雪期における小流域の水収支。理学部地球物理学専攻修士論文 (1983).
- 19) 村井延雄・東 三郎・藤原晃一郎： 問寒別流域の森林経営と保全に関する基礎的研究。一清川水文観測報告一 (1961-1963)，北大演業務資料，9 (1964).
- 20) 長池敏弘： 明治期における北海道の森林状況。一田中穰の「北海道遊記」を中心に一 北方林業 27 (10), p. 273-279 (1975).

- 21) 中野秀章・森沢万佐男・平 和敬・菊谷昭雄：洪水比流量と流域条件との関係。日林講，75，p. 486-488 (1964).
- 22) 大沢正之・工藤四郎：北海道帝国大学農学部附属雨竜演習林仮施業案説明書 (三股事業区) (1926).
- 23) 笹賀一郎・藤原禎一郎・高橋剛一郎：アユマナイ川における土砂移動と流路変動。日林北支講，31，p. 252-254 (1982).
- 24) 笹賀一郎・有働裕幸：北大中川地方演習林における地すべり堆積物と作業道。日林北支講，32，p. 280-283.
- 25) 鈴木啓助：融雪期における小流域 (天塩川水系) の水質変動。水温の研究 23 (1)，p. 38-43 (1979).
- 26) 谷口信一・和 孝雄・小鹿勝利・秋林幸男・成田雅美・坂東忠明・神沼公三郎：大規模草地造成と山村農業。一幌加内町母子里地区の事例一，北大演研報 36 (3)，p. 517-584 (1979).

Summary

On the effect of forest management upon water problems numerous reports have been published and discussed. In Japan, however, there are few reports on influences of timber management to domestic water supply watersheds. It is the purpose of this report to describe the actual conditions of small water supply systems that obtain their water from forested watersheds, and to indicate the possibility of logging and road construction practices to protect water quality.

The study areas were chosen at the upland drainage basins situated in the Teshio, Nakagawa, Uryu and Tomakomai Experiment Forest of Hokkaido University, the northern and central Hokkaido, Japan. Most of these forests have been under management for more 70 years.

1. In 1983, there were 15 public water supply systems in the Experiment Forests of Hokkaido University. The forest land of 54 km² were used as the sources of water supply. Describing the whole aspect, 85% of which is occupied by natural forest, 10% secondary forest caused by wind damage or forest fire and 5% afforested land. A half of this area, 27 km², 8 basins are occupied by the prevention forest designated "headwater conservation forest" and "erosion control forest".

2. All water supply systems draw water directly from small upper streams without reservoirs. Those streams often become torrent after heavy rains or peak of snowmelt which bring debris deposition or scouring near the water intake works. To prevent stream bed deformations, sabo dams (check dam or consolidation dam) were built generally at the upstream of the water intake works.

3. The amount of domestic consumption varies with the standard of living but is proportional to the resident population. For these study areas, the average per capita per day consumption varies from 200 ℓ to 1,800 ℓ including dairy farming. The water intake rate required for these uses ranges from 10% to 50% of the total yield during low water period. The quality of water derived from an uninhibited forest area is clean and clear enough to be distributed to the consumers without purification.

4. The effects of recent logging and roads constructions and clearances for regeneration in the forested watershed will introduce sediment into the water. All of these works were been carried out by tractors, loaders and other kind of heavy machinery which caused soil disturbance and compaction. Such disturbed soils resist water infiltration as the result of which, large amount of water flows over the surface when rain falls or snow melts. Surface water

flow is capable of detaching soil particles and transporting them in suspension, and these material is often cast directly into the stream.

5. The main problem for forest management practices dealing with water supply is the increase in suspended sediment discharge. With careful planning, laying out cutting area and prelocating landings, roads and skiddtrails, a watershed can be worked with little effect on water quality.

It is effective to decrease surface soil erosion and stream suspension by constructing roads away from stream channels as much as possible. Surface flow that came from roads, landings and road-side ditches, should be diverted to forest floor firmed by root stock and trenches at the low side of them, where a considerable quantity of sediments is been caught. If the condition is suitable, surface flow or small channel flow which comes from disturbed areas shall be channelled to water absorbing space instead of discharging directly in streams. At the absorbing spaces constructed using small flood plains and former stream bed, collected water will be spreaded and absorbed, then directed gradually through subsurface channels.