

調查報告

水源かん養機能を重視した広葉樹林の施業について

漢那 賢作・新垣 隆*・金城 勝**
藤枝 基久***・志水 俊夫***

KANNA Kensaku, ARAKAKI Takashi, KINJO Masaru, FUJIEDA Motohisa and SHIMIZU Toshio : Introduction of About operation of Hardwoods forest with emphasis Water yield function.

1. はじめに

本県の森林面積は約10万4千haで、その内、イタジイを主体とした広葉樹林は約63%を占めており¹⁾、その広葉樹林の水源かん養機能を数量的に把握することは、水資源の保全を目的とした施業技術を確立する上で極めて重要である。

そこで今回、水源かん養機能を重視した広葉樹林の施業について検討を行うため、既往の文献及び報告書に基づきその取りまとめを行ったので報告する。

なお、本調査報告書は、沖縄開発庁沖縄総合事務局からの委託を受け、沖縄県林業協会が学識経験者や研究員からなる調査検討委員会を組織して取りまとめた「イタジイを主とする広葉樹林の施業の推進に関する調査報告書」²⁾の中の一部である。

取りまとめに当たっては、沖縄開発庁沖縄総合事務局、沖縄県林業協会の各位、並びに琉球大学農学部平田永二教授、安里練雄助教授の諸氏にご指導頂いた。記して深く感謝申し上げます。

2. 森林の水源かん養機能

森林には、洪水を緩和し、流量を安定化させ、水質を浄化する働きがある。これらの働きは、総称して「森林の水源かん養機能」といわれている。

また、河川の源流部や上流部にある森林には特にこれらの働きが期待されており、「水源林」あるいは「水源かん養林」と呼ばれている。

水源かん養機能は、水が新たに作り出されるのではなく、雨が降る期間に地中に蓄えられた水を、雨の降らない期間にゆっくりと流し出すいわゆる流量調節機能であり、森林が生育する基盤となる森林土壌がこの機能発揮に重要な役割を果たしている。

健全な森林流域内に降った雨水はゆっくりと流出し、降雨のない期間の流出量を安定的に保ち、水利用の面から都合のよい流出をもたらしている。特に、長年月にわたって森林に覆われてきた山地は、森林土壌がよく発達して水をよく浸透させ、土壌中をゆっくりと流下させるために、無降雨日にも流出が途切れることなく、水資源として人間生活に利用可能な水量を多くもたらすことになる³⁾。

キーワード：水源かん養機能、広葉樹林、育成天然林施業

* 沖縄県農林水産部林務課 Okinawa Pref Local Forest Management Division

** 沖縄県北部林業事務所 Okinawa Pref Northern Part Forestry Office

*** 森林総合研究所 Forestry and Forest Products Research Institute

3. 沖縄県の水事情

1) 沖縄県の水資源

沖縄県の気候は、我が国唯一の亜熱帯海洋性気候である。年平均気温 22.4℃、年平均最高気温 25.1℃、年平均最低気温 20.1℃と1年を通じて温暖で、サンゴ礁の発達した青い海、貴重な野生動植物の生息など、極めて優れた自然環境を保持している。

年平均降水量は約 2,037mm で、全国平均の 1,618mm(県庁所在地等における観測値の単純平均)を 26%も上回っており、全国でも比較的雨量の多い地域となっている。しかしながら、年降水量に土地面積を乗じ、これを全人口で除した、いわゆる人口一人当たりの年平均降水量にすると 2,900m³となり、これは世界の平均 34,000m³の 11 分の 1 程度で、日本の平均と比べても約半分となっている。すなわち、沖縄は降雨量は比較的多いが、水資源の面からみると決して恵まれているとはいえない。

また、沖縄県は台風の常襲地域で、過去 42 年間に発生した 1,162 件の台風の内、約 4 分の 1 の 306 件が沖縄に接近している。降雨は主として 5～6 月の梅雨期及び 8～9 月の台風期にもたらされるが、この 4 か月間で年平均降雨量の約 45%を占め、年間を通じて季節的な変動はかなり大きいといえる⁴⁾。その上、島嶼地形により流路延長が短く流域が狭小であるため流出量の変化が著しいことや、台風の接近・上陸の少ない年や干ばつも多く、水不足に対する不安は潜在的に大きなものがある。

沖縄本島における年度降水量と給水制限日数の状況を示したのが、図-1 である。昭和 56 年から昭和 57 年に延べ 326 日に及ぶ給水制限(時間断水、隔日断水)が実施され、また平成元年には、大規模な渇水問題が沖縄本島を中心に発生し、夜間断水に続いて 3 月 6 日から 4 月 27 日に至る 52 日間、那覇市をはじめとする中南部の都市地域では隔日 24 時間断水が実施され、県民の生活に大きな影響を及ぼした。また、平成 3 年にも 6 月から 9 月にかけて 64 日間の給水制限が実施されている。その対策として、沖縄県は 7 年ぶりに人工降雨実施本部を設置して、航空自衛隊・海上自衛隊・沖縄气象台・(財)日本気象協会沖縄支部の協力の下に 12 回の散水による人工降雨を試みている^{5, 6)}。

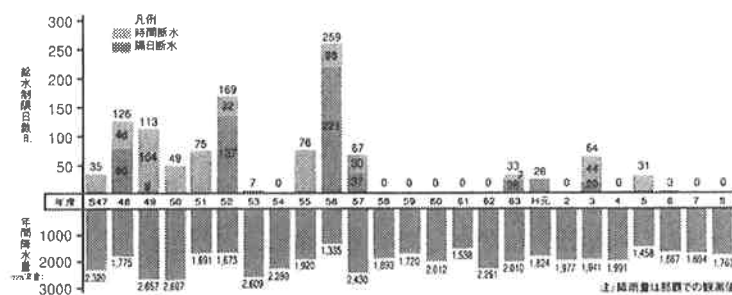


図-1 沖縄本島における年度降水量と給水制限日数

こうしたことから、沖縄県では家屋の屋上に貯水タンクを設置するなどして給水制限に備えている(写真-1)。

沖縄県には 300 余りの河川があるが、この内県民生活に重要な関わりがあるのは 47 水系 63 河川で、これらの河川は二級河川に指定されており、二級河川の内河川取水を行っているのは 16 河川である。

沖縄本島における1日当たりの水源別取水量は、図-2に示す通りで⁷⁾、国の管理する福地、新川、安波、普久川、辺野喜、漢那の6ダムが52%、県企業局の管理する金武、天願の2ダムが約8%となっていて、残りの40%は給水の不安定な河川水、地下水に依存している。

一方、ダムの建設場所は、ほとんど北部地域の森林地帯に集中しているが、水の需要は人口の多い那覇市を中心とした中南部地域に偏っている。

以上、要するに、今後北部森林地域の保全に対する社会的要請が多様化するなかで、ダム建設にも限度があるため、ダムに流入する河川水量の安定的確保を目的とした水源かん養機能の向上を図ることが不可欠となっている。

2) 水源かん養保安林の概要

沖縄県農林水産部林務課「沖縄の林業」(1997)によると、沖縄県における各種の保安林の面積は、図-3に示す通りである。沖縄県の保安林の面積は17,287haで、これは森林面積の約17%、県土面積の約7%に相当する。その内水源かん養保安林は7,452ha(43%)となっていて、保安林としては最も高い割合を示している。

民有林における水源かん養保安林の市町村別面積は、表-1からわかるように、大宜味村が1,132haで最も広く、次いで名護市1,099ha、国頭村581haとなっている。また、地域別の合計面積では、北部地域が3,559ha(58%)、中南部地域が678ha(11%)、島嶼流域が1,886ha(31%)となっていて、森林の集中する北部地域に広く指定されている。

3) 沖縄県の水源かん養機能の評価額

表-2は、沖縄県農林水産部林務課⁸⁾の試算した、沖縄県の森林の有する公益的機能の評価額を示したものである。これによると、沖縄県の水源かん養機能の評価額(年間)は、3,234億2,483万



写真-1 貯水タンクの設置状況

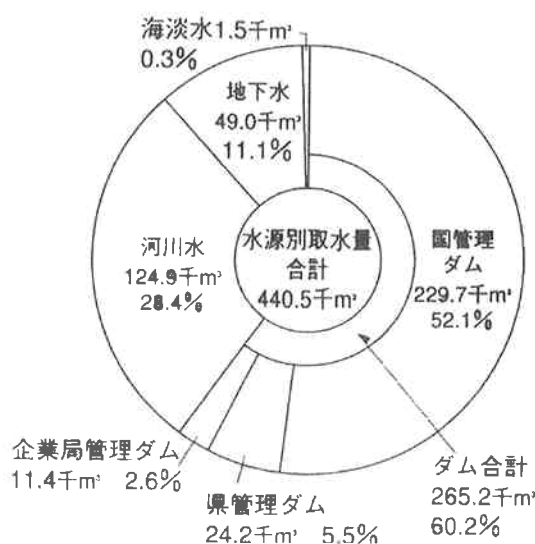


図-2 一日当たりの水源別取水量の内訳

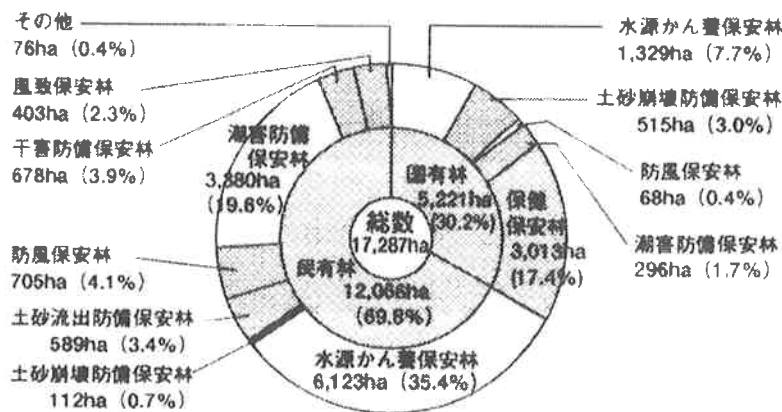


図-3 各種保安林の面積

表-1 民有林における水源かん養保安林の市町村別面積

区分	平成9年3月31日現在										単位:ha 計	
	水かん	土流	土崩	防風	水害	潮害	干害	魚つき	航行	保健		風致
国頭村	581	202	55	30		47						915
大宜味村	1,132		5	12		1				2		1,152
東村	176	19	19	9		1	0					224
今帰仁村		80		20		56	73			(65)		229(65)
本部町	16		0	31		28	10			21		106
名護市	1,099	23	6	32		38	13	4		(200)	3	1,218(200)
恩納村	352		9	4	0	85	144			(144)		594(144)
宜野座村	19			13	1	11						44
金武町	53			10		12						75
伊江村			3	12		32				(8)		47(8)
伊平屋村	131			3		23						157
伊是名村				16		60	108			(62)		148(62)
北部計	3,559	324	97	192	1	394	348	4		21(479)	5	4,945(479)
石川市		16		0		1						17
与那城町				3		32						35
勝連町				44		74						118
具志川市						2						2
沖縄市						4						4
読谷村				1		23						24
嘉手納町	0	2		0								2
北中城村						1						1
中城村						7						7
西原町												0
那覇市							1			4		5
豊見城村						2						2
糸満市				3		63						66
東風平町	1											1
具志頭村						12						12
玉城村						7						7
知念村			1			15						16
佐敷町			10			4						14
仲里村	255	48		55		76	43					477
具志川村	167			31		60						258
渡嘉敷村	211	27	4			8				38(62)		288(62)
座間味村	44		0			77	130		9		66(8)	326(8)
粟国村				9		15						24
渡名喜村						5						5
南大東村						630						630
北大東村						347						347
中南部計	678	93	15	146		1,465	174		9	38(62)	70(8)	2,688(70)
沖縄流域計	4,237	417	112	338	1	1,859	522	4	9	59(541)	75(8)	7,633(549)

区分	水かん	土流	土崩	防風	水害	潮害	干害	魚つき	航行	保健	風致	計
平良市				158		124	121			3(123)		406(123)
城辺町				154		153						307
下地町	0			9		127	(12)			(40)		136(52)
上野村				6		42	3			(5)		51(5)
伊良部町				14		141						155
多良間村				5		306						311
宮古計				346		893	124(12)			3(168)		1,366(180)
石垣市	1,861	172		14		230				(106)	328(26)	2,605(132)
竹富町				7		355	15					377
与那国町	25					43	17					85
八重山計	1,886	172		21		628	32			(106)	328(26)	3,067(132)
島嶼流域計	1,886	172		367		1,521	156(12)			3(274)	328(26)	4,433(312)
合計	6,123	589	112	705	1	3,380	678(12)	4	9	62(815)	403(34)	12,066(861)

() 書きは上位の保安林種との兼種指定を外書きで示した。

円(森林面積ha当たり310万円)と推定されている。この公益的機能の評価は、代替法による評価すなわち、「森林が無いことによってもたらされる不利益を回避するために必要な金額(森林と同様の機能を得るために必要な金額)」で評価したもので、その方法は以下の手順で推定したものである。

表—2 沖縄県の森林の有する公益的機能の評価額
(単位：億円)

機能の種類	評価額(平成8年価格)
水資源かん養	3,234
土砂崩壊流出防止	1,071
保健休養	220
野生鳥獣保護	153
酸素供給・大気浄化	1,499
合計	6,177

①県内の平均降雨量を年間2,037mm(平成7年度の平均)として計算すると、県土への年間降雨量は約4,615,923,480m³となる(2,037mm×2,266,040,000m²=4,615,923,480m³)。

②森林率を46%とすると、森林地帯への降雨量は約2,123,324,800m³となる(4,615,923,480m³×0.46=2,123,324,800m³)。

③この降雨量の内、約70%を森林土壌が保水するとすると、約1,486,327,360m³となる(2,123,324,800m³×0.70=1,486,327,360m³)。

④この内、樹木が吸収して蒸発する水分は、森林地帯への降雨量の15%とみると、最終的に森林が果たす水源かん養の能力は、1,263,378,256m³となる(1,486,327,360m³×0.85=1,263,378,256m³)。

⑤水の生産原価を1m³当たり256円(沖縄本島中南部の市の平均単価)とし、森林の保水能力を金銭的に評価をすると3,234億2,483万円になる(1,263,378,256m³×256円/m³=323,424,833,500円)。

⑥この水源かん養機能の評価額323,424,833,500円を森林面積104,237.84haで割ると、森林面積ha当たりの水源かん養機能の評価額は310万円になる(323,424,833,500円÷104,237.84ha=3,102,758円)

4) 森林施業と水源かん養機能への期待

沖縄県内のイタジイを主体とした広葉樹林は、建築用の内装材や家具・木工用材等の林産物を供給するだけでなく、「沖縄の水がめ」としての重要な役割も果たしており、水源かん養機能に対する県民の期待は大きい。

一方、沖縄県は昭和47年以来、天然生広葉樹林の樹種構成や林分構造の改善を目的に「天然林改良事業(育成天然林施業)」が実施されてきた。平成7年度末現在の事業実績は16市町村で9,650haに達し、この間の人工造林の面積3,024haの3倍を超えていて、森林整備事業が主体をなしていることが伺える。

そこで、沖縄開発庁沖縄総合事務局の調査報告書¹⁾より、天然林改良事業の実績を有する16市町村の林務行政担当者と、実際の作業を担当している4森林組合が、森林整備を行うに当たって、水源かん養に対し、どの程度配慮しているかについて以下に整理した。

①表-3は、森林整備の目的についてのアンケート調査の結果を示したものであるが、現在、水源かん養のために森林整備を行っているという回答(複数回答)した市町村が10市町村(63%)、4組合(100%)となっていて、大半の市町村及び森林組合が水源かん養を意識して施業を行っていることがわかる。また、将来の森林整備の目的についてみると、水源かん養をあげた市町村が9市町村(56%)、2組合(50%)となっていて、やはり水源かん養のための森林整備が今後とも必要であることを認めている。

②表-4は、天然林改良事業の目的について尋ねたものである。9市町村と2組合が、現在の天然林改良事業は水源かん養機能の向上を目指して行っていると回答し、大半の市町村と森林組合が、将来ともその方針に変わりはないと考えている。

③天然林改良事業(育成天然林施業)の効果についての回答は、表-5に示す通りである。天然林改良事業を行ったことによる効果や影響について、水源かん養や林地保全等の森林の公益的機能の向上が期待されると回答した市町村が75%を占めているのに対し、森林組合では、公益的機能よりもむしろ森林の経済的機能の向上と労働機会の確保に期待を寄せていることがわかる。

以上のように、森林整備に携わっている人たちは森林整備が水源かん養機能の維持・向上を図るためにも重要であることを認識し、その機能の向上を目指して施業を行っていると考えても良いであろう。

表-3 森林整備の目的について

森林整備目的	市町村		森林組合	
	現在	将来	現在	将来
1 木材生産	2	3	2	2
2 水源かん養	10	9	4	2
3 保安林	5	4	2	1
4 生活環境	7	7	0	4
5 森林レク	7	7	0	1
6 動植保護	1	2	0	0
7 その他	0	0	0	0
回答数	32	32	8	8
回答無し	0	0	0	0
合計	32	32	8	8

表-4 天然林改良事業の目的について

天改事業目的	市町村		森林組合	
	現在	将来	現在	将来
1 成長促進	3	4	3	2
2 樹種改善	2	1	1	3
3 水源かん養	9	9	2	2
4 保安林	4	3	1	1
5 生活環境	6	9	1	0
6 森林レク	8	6	0	0
7 動植保護	0	0	0	0
8 その他	0	0	0	0
回答数	32	32	8	8
回答無し	0	0	0	0
合計	32	32	8	8

表-5 天然林改良事業の効果について

天改事業効果	市町村	森林組合
1 経済的機能	3	2
2 公益的機能	12	1
3 文化的機能	3	0
4 環境保全	9	1
5 施業必要性	1	0
6 労働機会	1	2
7 諸機能低下	0	0
8 環境悪化	1	0
9 抵抗性低下	0	0
10 その他	0	0
回答数	30	6
回答無し	2	2
合計	32	8

4. 広葉樹林の水源かん養機能

ここでは、水源かん養機能に関する既往の文献に基づいて沖縄の広葉樹林の水源かん養機能の特性について整理することとした。

まず降雨は林地へ流入し、林地から河川へ流出するが、その経過について概略的に示すと次の通りである。

①森林に降った雨は、一部は木の葉や枝に遮断されてそのまま蒸発（樹冠遮断量）し、残りの部分は林内雨すなわち樹冠通過雨と樹幹流として林床に達する。

②林床に達した雨は、その場で土壤中に浸透するか、地表を流下するかのいずれかの道にふり分けられる。一定量の雨が林地に供給され、それが地表に到達した時に、どれくらいの量が土壤中に浸透するか、どの位の量が地表流になるかということは、水源かん養機能にとって重要である。

③浸透した水は、土壤中にある大小さまざまな孔隙に貯留され、孔隙の配列（孔隙組成）に左右されながら、重力水として速やかに下方へ浸透するもの、或いは毛管力の働きによりブレーキがかかりゆっくりと時間をかけて下方へ浸透するものに分かれ、最終的に溪流へ流出する。

④溪流へ流出した水は、流域内の様々な相互作用の結果の表れとして、直接流出量或いは基底流出量とに流出成分が分けられ、その流域の水源かん養機能が評価される。

以上のように、水源かん養機能を把握するためには、樹冠遮断量、浸透能、貯留量、水の流出特性を分析する必要がある。以下にその順序で整理した。

1) 樹冠遮断量

樹冠遮断量について金城ら⁹⁾は、沖縄県林業試験場南明治山試験地（名護市宇久志福地原）で、昭和57～62年の6年間の継続測定を、また平成5年には降雨階級別の樹冠遮断量の測定を行い、次のことを明らかにしている。

(1) 林外雨量、林内雨量、樹幹流下量、樹冠遮断量の年変化

昭和57年から62年までの林外雨量、林内雨量、樹幹流下量、樹冠遮断量の年総量及び林外雨量に対する割合は、表-6に示す通りである。期間中の林外雨量の総量は11,734.9mm、林内雨量は5,677.3mm、樹冠流下量は2,828.6mm、樹冠遮断量は3,229.0mmで林外雨量に対する割合はそれぞれ48.4%、24.1%、27.5%となっている。樹冠遮断率は、我が国の広葉樹の樹冠遮断率の15～20%と比較すると大きな値を示している。

表-6 年別林分水収支

	林外雨量 (mm)	林内雨量 (mm)	割合 (%)	樹幹流下量 (mm)	割合 (%)	樹冠遮断量 (mm)	遮断率 (%)
昭和57年	2,236.5	1,102.0	49.3	623.5	27.9	511.0	22.8
58年	2,256.0	1,147.6	50.9	770.0	34.1	338.4	15.0
59年	1,810.0	976.3	53.9	481.3	26.6	352.4	19.5
60年	2,329.5	919.3	39.5	412.7	17.7	997.5	42.8
61年	1,853.9	889.2	48.0	298.4	16.1	666.3	35.9
62年	1,249.0	642.9	51.5	242.7	19.4	363.4	29.1
計	11,734.9	5,677.3	48.4	2,828.6	24.1	3,229.0	27.5

注) 昭和62年は6月から12月までの測定値

次に、月別の林内雨量、樹幹流下量、樹冠遮断量をみると、表-7のようになる。これより、樹冠遮断率は8月の36.0%が最も高く、次いで2月の35.1%、11月の32.3%の順となる。

表-7 樹冠遮断量、遮断率の月変化（昭和57年～62年平均）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
林外雨量(mm)	107.9	186.1	208.9	205.8	208.7	277.1	82.9	320.4	155.0	84.4	146.8	124.8
林内雨量(mm)	39.9	70.8	101.0	111.7	115.2	144.0	45.0	145.3	77.0	42.2	70.0	56.8
割合(%)	37.0	38.0	48.3	54.3	55.2	52.0	54.3	45.3	49.7	50.0	47.7	45.5
樹幹流下量(mm)	37.3	50.0	59.8	49.9	47.5	66.3	20.1	29.6	35.9	25.1	29.4	31.4
割合(%)	34.6	26.9	28.6	24.2	22.8	23.9	24.2	18.6	23.2	29.7	20.0	25.2
樹冠遮断量(mm)	30.7	65.3	48.1	44.2	46.0	66.8	17.8	115.5	42.1	47.1	47.4	36.6
遮断率(%)	28.5	35.1	23.0	21.5	22.0	24.1	21.5	36.0	27.2	20.3	32.3	29.3

(2) 一降雨量と樹冠遮断率の関係

降雨階級別の林内雨量、樹幹流下量、樹冠遮断量とその割合を示したのが、表-8である。なお、この場合の一降雨量とは、林外雨の降り始めから、林内雨や樹幹流の記録が終了するまでの雨量である。林内雨量、樹幹流下量、樹冠遮断量とも降雨階級が上がるに従って増加し、また林内雨率、樹幹流下率も降雨階級に伴って増加するが、樹冠遮断率は逆に減少する傾向を示している。このことは、樹冠遮断率が降雨階級の大きさや回数によってなかり影響を受けることを表している。

表-8 降雨階級別の樹冠遮断量と遮断率（平成5年）

降雨階級 (mm)	降雨回数	平均降雨 (mm)	林内雨 (mm)	樹幹流下量 (mm)	樹冠遮断量 (mm)	林内雨率 (%)	樹幹流下率 (%)	遮断率 (%)
0~ 5	66	1.9	0.8	0.1	1.0	42.5	4.7	52.8
6~ 10	10	7.4	4.0	1.0	2.4	54.4	13.2	32.3
11~ 15	7	13.4	7.5	1.9	4.0	56.1	14.1	29.8
16~ 20	6	17.0	9.4	2.8	4.9	55.1	16.3	28.6
21~ 25	3	22.0	12.5	4.1	5.4	56.8	18.6	24.6
26~ 30	3	26.7	18.1	4.0	4.5	68.0	15.1	16.9
31~ 40	8	35.6	22.0	4.9	8.7	61.7	13.9	24.4
41~ 50	2	48.3	28.4	8.6	11.2	58.9	17.8	23.3
51~ 60	1	56.0	23.1	16.9	16.0	41.3	30.1	28.6
61~ 70	1	62.5	37.5	10.3	14.7	60.0	16.5	23.5
71~ 80	2	70.8	37.2	15.3	18.2	52.6	21.7	25.8
81~ 90	0	—	—	—	—	—	—	—
91~100	1	99.0	49.4	24.6	25.0	49.9	24.8	25.3
100~180	3	144.0	69.2	36.7	38.2	48.0	25.5	26.5

2) 浸透能

新垣ら¹⁰⁾は、沖縄本島北部地域に0.01haの方形プロット(45プロット)を設け(図-4)、土壤断面を調査すると共に、その浸透能を測定し、次のことを明らかにしている。

(1) 林相別の浸透能

浸透能は林相とも関係し、表-9からわかるように、広葉樹林が最も高く、次いで針・広混交林、針葉樹林の順となっている。なお、これらの浸透能の値は、他県の調査結果¹¹⁾と比較すると小さな値となっており、沖縄の森林土壌の物理性が悪いことを表している。

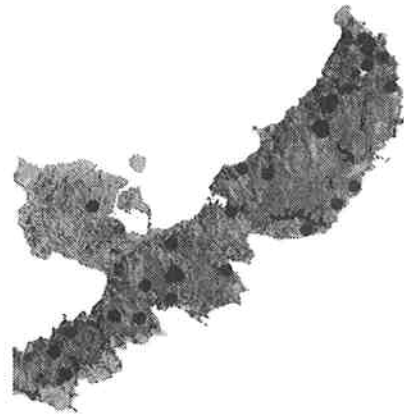


図-4 浸透能調査地位置図

表-9 林相別の浸透能

林 相	プロット数	平均浸透能 (mm/hr)	最大値 (mm/hr)	最小値 (mm/hr)	標準偏差	変動係数
広葉樹林	30	223.9	357.4	42.6	95.106	0.42
針・広混交林	9	216.0	334.3	23.8	95.686	0.44
リュウキュウマツ林	6	205.2	352.9	88.1	94.562	0.46

(2) 林況因子の浸透能に与える影響

浸透能の主変動因子として6つの林況因子を用いて重回帰分析を行った結果は、表-10に示すように、構成樹種数、優占樹種数の本数占有率、林齢、ha当たりの立木本数、林床出現種数の5因子による重回帰が最も適合性が良く、これらの5因子で浸透能の全変動の約92%を捕捉できることになる。

ところで、渡辺ら¹²⁾が行った広葉樹林の浸透能試験結果によると林齢と浸透能とが負の関係を示しており、片倉¹³⁾はその原因について、林齢及び立木密度の高い林では、落葉、落枝がA₀に堆積し、かえって土壤への浸透量を減少させる結果となると指摘している。

表-10 説明変数に林況因子を用いた場合の重回帰分析

目的変数	説明変数	重相関	決定係数	自由度調整済 み決定係数
赤黄色土壌	X1: 構成樹種数			
広葉樹林	X2: 優占樹種の本数占有率			
	X3: 林 齢			
	X4: 平均樹高	0.978	0.957	0.894
	X5: 立木本数			
	X6: 林床出現種数			
	浸透能	X1		
X2				
X3		0.978	0.957	0.915
X5				
X6				
		X1		
	X2			
	X3	0.961	0.925	0.875
	X5			

3) 貯留量

水源かん養機能を定量的に把握する研究の1つとして、土壌貯水能モデルによる方法が試みられている。この方法は、流域の貯水能（土壌中に水分を貯留し得る最大の容量）を土層と孔隙率の積で表し、この孔隙部分に貯留された水分が河川水をかん養しているものとして、数量化で示す方法である。

周¹⁴⁾は、沖縄本島北部のダム周辺で調査された92箇所（図-5）の資料を用いて、平均孔隙率（各層位の厚さを重みとした平均孔隙率）で貯留機能を表し、これを外的基準として数量化を行い、これによって各種の環境要因が貯留量に及ぼす影響について明らかにしている。

図-6及び表-11は、数量化の結果を示したものであるが、これらの図表からわかるように、最も平均孔隙率への影響の大きいのは土壌型で、次いで土壌の硬度、傾斜角、斜面形、堆積様式、林相、林齢、ha当たり材積、基岩の順となっている。

また、要因を林地要因と林分要因に分けて数量化を行った結果では、その決定係数は林地要因（6項目）0.56（ $R=0.75$ ）、林分要因（3項目）0.23（ $R=0.48$ ）となる。すなわち、林分要因の決定係数は地要因の約1/2程度林で、平均孔隙率の変動係数の約23%の説明しかない。しかしながら、林地要因が人為的に変更する余地がないのに対し、林分要因は人為的操作が可能であり、これによって土壌の平均孔隙率の改善を図り、貯留機能を高めることができるという点では極めて重要な意味を持つものといえる。

4) 水の流出特性

ここでは、藤枝ら¹⁵⁾と漢那ら¹⁶⁾による南明治山及び辺土名理水試験地の観測結果に基づいて、沖縄本島北部地域における水の流出特性について検討することにする。

(1) 南明治山及び辺土名理水試験地の概況

図-7に示すように、南明治山理水試験地は、沖縄本島北部の名護市字久志福地原の南側に位置し、沖縄県林業試験場南明治山試験地内の流域となっている。



図-5 貯留量調査位置図

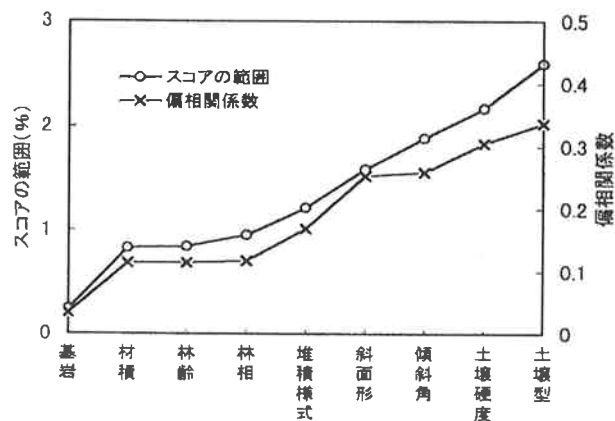


図-6 各要因のスコアの範囲及び偏相関係数

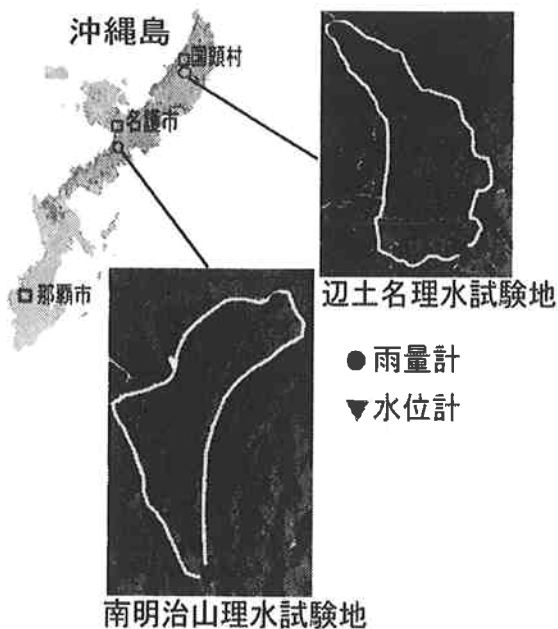


図-7 試験地の位置図

また辺土名理水試験地は、北部森林地帯の中央、国頭村の民有林15林班にあり、沖縄本島で最も標高の高い与那覇岳(503m)の北東部に位置し、阿波ダムのおよそ5km上流となっている。

試験流域の地形特性は表-12に示すとおりで、流域面積は南明治山理水試験地24.75ha、辺土名理水試験地40.63haである。

南明治山理水試験地は、戦中・戦後に皆伐され、その後萌芽更新により成林した、イタジイ、イジュ、コバンモチ等で構成されている約50年生の天然生広葉樹の二次林である。尾根部、中腹部にはリュウキュウマツが点在している。施業は全く行われていない。一方、辺土名理水試験地は与那覇岳東面に位置し、伐開される前はイタジイを主体とする天然生広葉樹林で覆われていたが、1976年から有用樹種への林種転換を目的に、造林が積極的に実施されている。造林樹種はエゴノキ18ha、リュウキュウマツ17ha、ハンノキ4haで、現在IV~V齢級の人工造林地となっている。

南明治山理水試験地は、古第三系砂岩・頁岩(嘉陽層)と洪積堆積物(国頭礫層)を母材とした黄色土壌が支配的に分布する地域で、斜面の中腹部から山頂にかけて広く分布する弱乾性黄色土壌型(Yc)と、溪流沿いの緩斜面に分布する適潤性黄色土壌型(Yd)とに大別される。また、最表層部を除くと堅密で、粒状や堅果状構造の発達した乾性の酸性土壌が広く分布している。

辺土名理水試験地は、中生代の

表-11 カテゴリーに与えられた数量と偏相関係数

要 因	カテゴリー	数 量	範 囲	偏相関係数
傾 斜 角	急	-0.691	1.880	0.259
	中	0.012		
	緩	1.188		
斜 面 形	山 頂	-0.004	1.578	0.253
	中 腹	-0.527		
	山 脚	1.061		
堆 積 様 積	残 積	-0.851	1.213	0.169
	歩 行	0.225		
	崩 積	0.362		
基 岩	砂 岩	0.081	0.241	0.034
	粘 板 岩	-0.028		
	国頭礫岩	-0.160		
土 壤 型	YB	-1.065	2.595	0.337
	Yc	-0.175		
	YD	1.531		
	RB・Rc	-0.909		
土 壤 の 硬 度	22mm以上	-1.104	2.167	0.305
	18~22mm	0.352		
	18mm未満	1.063		
林 相	針 葉 樹	-0.619	0.953	0.117
	広 葉 樹	0.077		
	混 交 林	0.334		
林 齢	40年以上	0.391	0.841	0.114
	20~40年	-0.172		
	20年未満	-0.450		
ha 当り材積	300m ³ 以上	0.251	0.828	0.114
	200~300m ³	0.305		
	100~200m ³	-0.328		
	100m ³ 未満	-0.524		
定 数 項		13.292		
定数関係数=0.7682		決定係数=0.5902		

表-12 試験流域の地形特性

地形特性	南明治山	辺土名
流域面積(ha)	24.75	40.63
標高(m)	145~244	187~399
主流長(m)	1315	1345
主流の平均勾配(°)	29.7	30.5
流域の平均勾配(°)	23.3	27.9
形状係数	0.143	0.225

砂岩・粘板岩（名護層）を母材とした黄色土壌が広く分布しており、南明治山と同じく、斜面の中腹部から山頂にかけて分布する弱乾性黄色土壌型と、溪流沿いの緩斜面に分布する適潤性黄色土壌型とに大別され、崩壊地の先端部や浸食された溪流底部には未熟土（I m-Y）が認められる。

(2) 試験方法

南明治山理水試験地においては、流域の末端部に頂角 90 度、高さ 0.70m の刃型三角堰とその末端部に頂

角 90 度、高さ 0.70m の刃型三角堰とその上部の広頂長方形堰からなる複断面堰の量水堰を築堤し、長期自記水位計を設置して流出量の観測を行っている。雨量の観測は、転倒ます型自記雨量計を流域内の上流と下流側の 2 か所に設置して行っている。

辺土名理水試験地においては、流域の末端部に幅 1.5m、高さ 1.0m の刃型四角堰の量水堰を築堤し、長期自記水位計を設置して流出量の観測を行っている。雨量の観測は南明治山理水試験地と同じく、転倒ます型自記雨量計を流域内の上流と下流側の 2 か所に設置して行っている。

解析に用いた流量データは、年間を通じて欠測なく得られた南明治山の 6 ヶ年（1984、1988～1991、1993 年）及び辺土名の 4 ヶ年（1989～1991、1993 年）である。

直接流出量（表面流出と中間流出を合わせたもの）と基底流出量（地下水流出）の分離は、図一八に示すように、日単位の年ハイドログラフ（流出量の時間変化を図示したもの）において日流出量の増加日の前日を起点として、この点とピーク日流出量発生後 3 日目の点を直線で結び、その線より上部を直接流出量とした。また、複数のピークを持つハイドログラフについても同様に、最後のピーク日流出量発生後 3 日目を直接流出の終了点として分離した。また、この期間の全日降雨量を一降雨量として、直接流出量に対応させた。

年直接流出量は、一降雨量ごとの直接流出量を年間集計したもので、年基底流出量は年流出量と年直接流出量との差である。

(3) 試験結果及び考察

①流域水収支

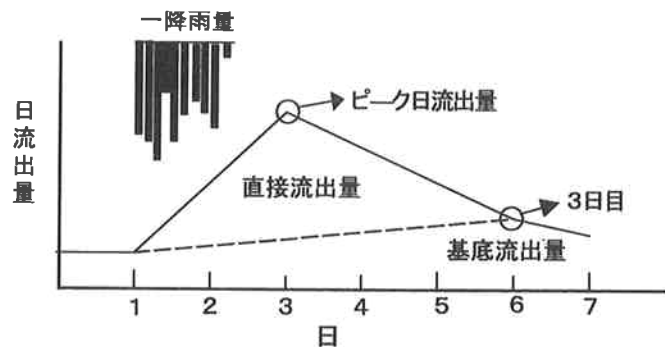
流域での水収支は、次式で表される。

$$P = R + E_r \pm \Delta S$$

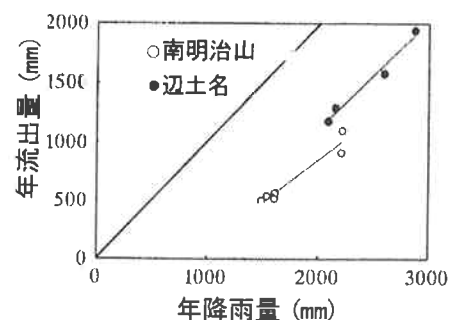
ここで、P：年降雨量（mm）、R：年流出量（mm）、 E_r ：年蒸発散量（mm）、 ΔS ：流域貯留量の変化（mm）

P-R は年損失量であるが、 $\Delta S = 0$ のとき、P-R は年蒸発散量に相当する。解析期間中の年平均値を用いて計算された両試験地の流域水収支は次の通りである。

南明治山試験地における年降雨量は 1,785.1 mm で、年流出量は 690.9 mm、年蒸発散量は 1,094.2 mm であ



図一八 直接流出量と基底流出量の分離模式図



図一九 年降雨量と年流出量の関係

る。また、辺土名理水試験地の年降雨量は2,427.7mmで、年流出量は1,948.5mm、年蒸発散量は929.2mmである。これより、両試験地とも年蒸発散量が900mmを超えることが流域水収支の特徴としてあげられている。

南明治山及び辺土名における年降雨量と年流出量との関係は、図-9に示す通りである。両試験地とも、年降雨量の増加に伴い年流出量は直線的に増加しており、特に辺土名では年降雨量は年流出量直線に平行となっていることが明らかにされている。

②水流出の季節変動

南明治山及び辺土名理水試験地における1991年の年ハイドログラフは、図-10に示す通りである。この結果より、i) 両試験地の水流出の特徴は、一降雨に対する直接流出の応答が鋭敏で、急激な増水と減水を呈すること。ii) 渇水期の日流出量は、南明治山は0.2~0.3mm、辺土名は0.7~0.8mmであること。iii) 南明治山は降雨の季節変動により、年間を通じて常に渇水となる可能性がある流域であること、等の特徴が明らかにされている。

また、年降雨量に占める年基底流出量の割合は、南明治山が13%、辺土名が30%で、これはそれぞれ年流出量の約50%に相当することが明らかとなった。

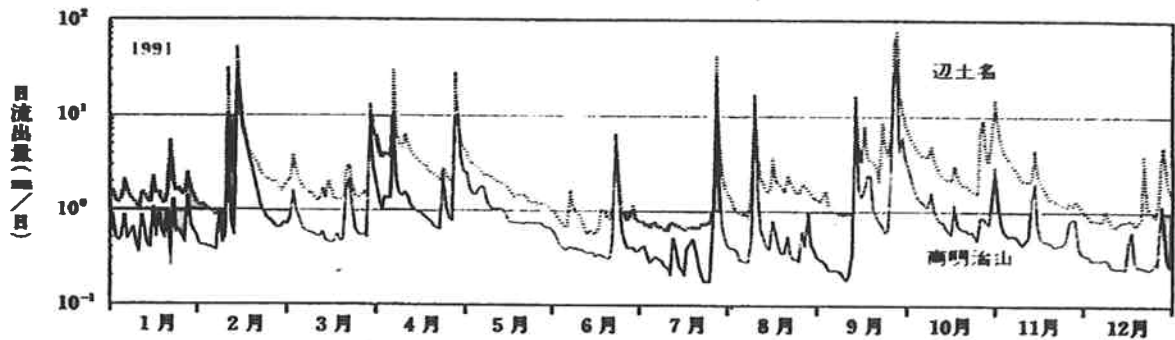


図-10 ハイドログラフ

③一降雨量と直接流出量との関係

一降雨量と直接流出量との関係を、図-11に示した。一降雨量 (P_s : mm) と直接流出量 (DR : mm) の関係は、次の指数関数式によって近似できる。

南明治山理水試験地

$$DR = 0.00682 P_s^{1.71} \quad (r = 0.961)$$

辺土名理水試験地

$$DR = 0.00396 P_s^{1.91} \quad (r = 0.964)$$

南明治山は、辺土名より一降雨による直接流出量が少なく、浸透性の良好な流域であるということがいえる。これは、i) 南明治山は、古生層粘板岩の上部を洪積層の国頭礫層が覆っているため、粗孔隙の多い土層が厚いこと。ii) 南明治山は蒸発散量が多いため、降雨前の土壌水分は少なく、雨水が土湿不足の補給として使用されること、等に起因するものと考えられている。

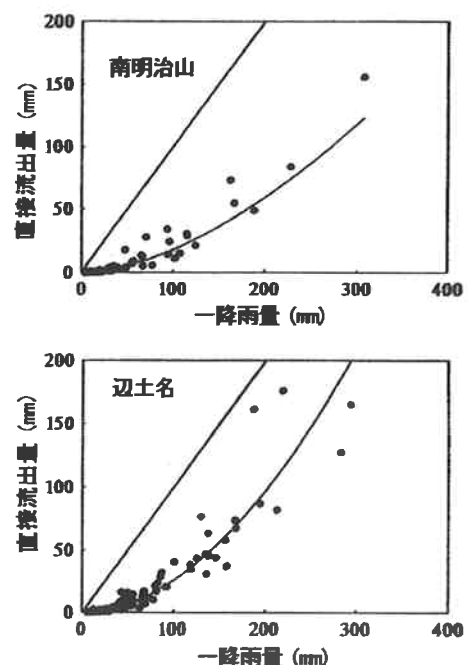


図-11 一降雨量と直接流出量の関係

④貯留量

直接流出量の多少に反映する土壤層の水分貯留量を推定するため、辺土名試験流域内の上流から下流にかけての7地点において土壤断面調査を行い、その結果を用いて適潤性黄色土と弱乾性黄色土の土壤水分貯留量 (S_s: mm) を次式より推定している。

$$\theta_t = \theta_{(0.6)} - \theta_{(2.7)}$$

$$S_s = 90\text{mm} \sum \theta_t \cdot H_t$$

ここで、 θ_t : 各層位の p F 0.6~2.7 の孔隙率 (%)

H_t : 各層位の厚さ (mm)

本流域の土壤の深さは50~100cmであるが、林野土壤分類調査では土壤の深さ100cmまでのSSを対象としており、比較検討のため流域の平均土壤深を100cmと仮定すると、弱乾性黄色土はS_s=90mm、適潤性黄色土はS_s=133mmと推定されている。同様な方法で計算された褐色森林土の土壤水分貯留量として、S_s=150~230mm¹⁷⁾ やS_s=212mm¹⁸⁾ 等が知られているが、本土の褐色森林土と比較して、沖縄本島の黄色土は土壤水分貯留量が小さいことが分かる。

辺土名では、流域全体に土壤水分貯留量の小さい弱乾性黄色土が広く分布し、土壤深が50~100cmと浅いため、流域全体の最大土壤水分貯留量は100mm以下と推定されている。

5. 水源かん養機能を考慮した広葉樹林施業

1) 水源かん養機能の高い森林

太田¹⁹⁾ は、森林の水源かん養機能を構成する洪水緩和と渇水緩和の二つのサブ機能について、その機能の発揮に望ましい森林像を整理し、表-13のように示している。これらの機能にはほぼ共通の望ましい森林の要件としては、森林土壤を維持・増進させ、深い根系を有していることであるといえる。

表-13 水源かん養機能の発揮に望ましい森林像

サブ機能	洪水緩和機能	渇水緩和機能
望ましい 水分的条件	土層への浸透量が多い 土層の貯留量が多い 降雨遮断量が多い(蒸散量が多い)	土層(深部)への浸透量が多い 土層(深部)での貯留量が多い 降雨遮断量が少ない 蒸散量が少ない
具体的な形質	土壤の孔隙構造が発達している 大きな孔隙が深くまで連続している 単位面積当りの雨滴付着量が多い (単位面積当りの蒸発散量が多い)	土壤の孔隙構造が発達している 大きな孔隙が深くまで連続している 単位面積当りの雨滴付着量が少ない 単位面積当りの蒸発散量が少ない
望ましい 森林像	土壤を維持発達させ、深い根系網を持つ(その様な樹種) 葉量が多く、樹冠のうっぺい度が大きい 降雨遮断量の多い樹種(蒸散量の多い樹種) 樹冠の凸凹の多い樹種 成長が旺盛である	土壤を維持発達させ深い根系網を持つ(その様な樹種) 葉量が少なく、樹冠のうっぺい度も小さい 降雨遮断量の小さい樹種 蒸散量の少ない樹種 樹冠の凸凹の少ない樹種 高齢で、適度な成長である 人工林ではやや強度の除伐・間伐・枝打ち等が行われている

しかしながら、森林の地上部の状態については、二つのサブ機能によって望ましい森林像が異なる。そこで、水源かん養機能としてどのサブ機能を重視するかによって望ましい森林像も施業方針も異なるのであるが、現時点では次のような前提で施業上の問題点を考えることとした。

①森林土壌層の存在を前提とすれば、それだけで二つのサブ機能の大部分が発揮されるので、その上でどの機能を優先すべきかの判断により、人により考え方に差があっても、重大な問題とならない。

②森林の地上部の存在が洪水緩和に与える効果は、これまで期待されてきたほどに評価できない。

③渇水緩和機能は、森林の成立を前提としたうえで、積極的に人為を働かせたとき発揮される機能であるが、確実に利用可能な水を増加させる。

④沖縄本島北部森林地域においては、5ダム（国頭村：安波ダム、普久川ダム、辺野喜ダム、東村：福地ダム、新川ダム）の整備により、洪水防止に果たす森林の役割は相対的に減りつつある。

⑤一方、水資源の確保に対する要求はますます増大しつつあり、森林のコントロールにより年間数百mmを超える量が捻出できるとすれば極めて重要である。

以上の観点にたてば、現時点では、二つのサブ機能の内、渇水緩和機能を考慮した水源かん養機能を考えることがより一般性があると判断される。このとき、表-13を踏まえ、渇水緩和機能の向上に関して具体的に整理すると次のように要約される。

①まず、森林土壌層を維持し、孔隙構造を発達させ、深い根系を有するためには、樹体が大きく、なおかつ適度に陽光が入り、下草が維持され、常に落葉・落枝が地表面を被覆している状態が好ましい。

②このことを考慮しつつ、林分全体の葉量を少なくするためには、高齢林を主体とし、樹冠はやや粗のほうが良い。

③さらに、遮断量、蒸散量の少ない樹種が望まれ、樹冠層はあまり凹凸のない方が好ましい。

④また、人為的な葉量制限である除伐、間伐、枝打ち等が、ある期間毎に繰り返行われていることが必要である。もちろん、安定的な生態系として森林が維持され続けることが理想である。

2) 施業林分の現況と問題点

沖縄県では昭和47年以来、天然生広葉樹林の樹種構成や林分構造の改善を目的に「天然林改良事業（育成天然林整備事業）」が実施されている。育成天然林整備事業の手引き²⁰⁾によると、その具体的な目的は次の通りである

①利用価値の低い樹種を除去して有用樹種（目的樹種）の構成割合を高める。

②あばれ木や通直性に欠けた林木を除去して形質の改善を図る。

③過密林分を適正な本数に整理することによって成長の促進を図る。

④上層木の一部を除伐することにより、樹冠の遮断率を減少させて水源かん養機能を高めると共に、中、下層木の成長を促進して土砂流出の防止を図る。

このうち④について水源かん養機能の観点から整理すると、上層林冠の閉鎖した過密な林分を適正な本数に間引きすることにより、樹冠遮断量を減少させるとともに、林内に陽光を取り入れ、降雨の地中への浸透を促進し、表土の流出防止に貢献する下層植生の発生・発達を促進することとなる。

しかし、実際その施業を行った林分の水源かん養機能とりわけ水土保持機能がどのように発揮されているかを定量的に明確にするには、今後の調査研究を待たねばならないのが現状である。

育成天然林整備事業調査報告書Ⅱ²¹⁾によると、国頭村の48プロット(林齢:37~68年生、施業後の経過年数:2~20年)、名護市の31プロット(林齢:30~61年生、施業後の経過年数:3~22年)、石垣市の10プロット(林齢:29~58年生、施業後の経過年数:2~20年)の施業林分で行った植被率調査から、次のような結果を得ている。

①上層林冠は閉鎖し、中間層の立木が少なく、下層ないし林床の植生は林分(場所)により発達の度合いが異なる。

②調査プロット面積に対する下層(草丈1m以下)植生の被覆面積割合を植被率として調査した結果、植被率は施業後の相対幹距、開空率、平均胸高直径や平均樹高、立木本数との間には明確な関連性は認められない。

③施業経過年数と植被率との関係は、林床植生が存在しない状態から100%被覆の所もあり林分による差が大きい。施業経過年数毎の平均植被率をみると、除間伐の施業時には林床植生はほとんど無いと思われるが、その直後から急速に発達し、5年前後に平均80%程度の最高に達する。しかしその後は、急速に衰退して20年後には下層植生がほとんどなくなる林分、20年後にもまだ80%を維持している林分などその差異は大きい。

ところで、イタジイとタブノキは日本の常緑広葉樹林の極相林を構成する主要構成樹種であり、両種が極相林で共存することが知られている^{22, 23, 24, 25)}。上條²⁶⁾は、イタジイ・タブノキ林の更新過程を調査し、イタジイは萌芽力があり、萌芽が林冠ギャップを埋めることができること、林冠層における樹冠拡大能力に優れており、小型の林冠ギャップはイタジイの樹冠拡大によって4年以内に埋められること、幹自体の寿命も長いため、タブノキを含めた他の樹種に比べ、1個体が長期間林冠層を占有することができることなどの特性を明らかにしている。

以上のことより、植被率は施業直後から急速に高まり、5年前後には平均80%のピークに達するが、それ以降はイタジイの旺盛な樹冠拡大によりギャップは閉鎖されると推察される。

3) 望ましい広葉樹林施業のあり方

(1) 水土保持のための森林施業の考え方

森林からの蒸発散は、蒸発面である葉・幹・枝の量とその空間配置に依存する。時間スケールを短く考えた場合、技術的には森林からの水損失量を軽減するような森林施業による蒸発散量の抑制が有効である。ただし、蒸発散作用は森林の重要な働きである気象緩和作用の中心的機能であるため、急激な森林の減少は避けなければならない。一方、森林土壌がもたらす流量の平準化作用については、その機能を増進させる技術を現時点ではもっていないため、その機能の維持(減退を起こさない)のみを目的とするのがよいと考えられる。

(2) 水土保持のための森林施業方法

水土保持機能の維持・向上に効果的な森林施業や樹種を考える場合、一般的に次の点を考慮する必要がある。すなわち、水土保持機能を高める必要性のある地域の選択、また潜在的に水土保持機能が発揮しやすい気象・地質・地形などの条件因子の抽出とそれによる立地(地帯)区分、さらにそれぞれの地域に適した森林管理の方法の策定を行うことが重要である。

水土保持機能を維持させるための森林施業方法としては、とくにA₀層を含めた最表層の土壌を可能な限り保全する施業に配慮すべきだということになり、できれば皆伐は避けるべきである。森林の伐採方式として皆伐を避けるとなると、二段林、複層林あるいは択伐林施業によ

る非皆伐方式を採用することになる。これらの非皆伐施業を行うと、林地表層の裸出が避けられ、皆伐に伴うAo層やA層の変化を回避することができ、水土保持上有利だと考えられるからである。

最近では、針葉樹の一斉人工造林一辺倒の方向が見直され、複層林の造成に加えて、天然林に幼稚樹の部分的植栽、保育、間伐を行う育成天然林施業や、植栽による広葉樹造林の造成が提唱されている。皆伐による裸地化がさけられること、保育過程でAo層、A層の状態が悪化しないことを考えると、育成天然林施業、非皆伐の人工広葉樹林施業は水土保持機能の維持にとって好ましいものだと考えられる。皆伐一斉造林をせざるを得ない場合でも、下刈り、つる切り、除伐、間伐などの保育作業を適切に行い、手入れ遅れのためにAo層や表層土壌の状態が悪化することのないようにしなければならない。

すなわち、水土保持機能を維持させるための森林施業は、非皆伐方式によるにしろ、皆伐方式によるにしろ、手抜き、ほったらかしでは駄目で、除・間伐、枝打ちなどの保育作業は重要なものである。今日のような林業経営の困難な時代に、そんなに手をかけた施業は困難かもしれないが、一旦減退し、あるいは失われた土壌の水土保持機能を元の状態に回復させるには、少なくとも数十年以上のオーダーの時間を必要すると思われる²⁷⁾。

現在、各県の水源地域における森林整備の施業方法については、主に治山事業において実施している本数調整伐が主体となっている。他県と気候及び植生を異にする沖縄県において、実際、他県の水源地域における森林整備技術をダイレクトに取り入れることは難しい。

新垣ら²⁸⁾は、昭和62年度から平成2年度にかけて実施した水源地域緊急整備事業に際して事前の調査検討結果を参考に、森林面積41.4ha(大宜味村田嘉里地区)の天然生広葉樹の萌芽二次林を対象に、独自の本数調整伐の仕様書を作成し実施している。その本数調整伐の方法を一つの事例として、以下に示した。

①事業実施林分の状況

事業実施に先立ち、対象区域の林相把握のため現地の林況や立地条件などを勘案して5個の標準地を選定し、2cm括約の胸高直径3cm以上の樹木について、毎木調査を行った。その内の1つの標準地における毎木調査の結果は、表-14に示す通りである。最も多い出現樹種はイタジイの81本(構成比率28%)で、以下リュウキュウモチ51本(同18%)、ヒメユズリハ28本(同10%)、イジュ28本(同10%)、タイミンタチバナ26本(同9%)の順となっている。

また樹高別本数については、高木層を構成している樹種にはイタジイが最も多く、次にイジュ、コバンモチの順となり、中層木にはタイミンタチバナ、ヒメユズリハ、低層木にはアデク、ギーマ等がある。

②リターの分解速度の検討

本数調整伐を実施するにあたり、その樹木の伐倒により林床にはリター

表-14 毎木調査結果

樹種	本数	構成比率%
イタジイ	81	27.8
リュウキュウモチ	51	17.5
ヒメユズリハ	28	9.6
イジュ	28	9.6
タイミンタチバナ	26	8.9
コバンモチ	19	6.5
アデク	15	5.2
ギーマ	14	4.8
サクラツツジ	10	3.4
サザンカ	7	2.4
カクレミノ	5	1.7
ヤマモモ	3	1.0
シャリンバイ	2	0.7
イスノキ	2	0.7
計	291	100.0

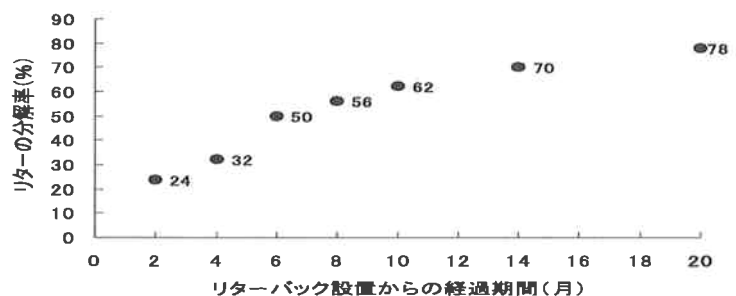


図-12 イタジイのリター分解立の推移(%)

が供給されるが、この新鮮なリターは樹脂分が多いために逆に水を弾き地表流出量が増加する可能性がある。そこで、リターの分解速度を試験し、その結果を示したのが、図-12である。なお、このリターの分解速度試験にはイタジイの樹葉を用い、リターバッグの設置は11月に行っている。試験結果から、リターの分解速度は半年で分解率50%に達していることから、地表流の増加は懸念に値しないと判断している。しかし、分解速度が早いということは、またリターそのものが流出しやすいことを意味するため、リターの流出防止には林床植生の存在が重要とみている。

③主要な樹種の滴下雨水径の検討

林床面の浸食に影響を及ぼす因子として、樹冠からの滴下雨水径の大きさがあげられる。沖縄本島北部の森林地帯に出現する主要な樹種の葉からの滴下雨水径について、計測を行った結果が表-15である。イタジイ、イジュといった高木で占有率の大きい樹種からの滴下雨水径が、中・下層を構成するモッコク、タブノキ等に比較して小さいのが特徴である。

表-15 樹葉からの滴下雨水径

	雨水径 (mm)
イタジイ	3.2
イジュ	3.8
シバニッケイ	3.9
コバンモチ	4.2
ヒメユズリハ	4.2
モッコク	4.2
タブノキ	4.2
リュウキュウモチノキ	4.5
イスノキ	4.5

④林分の施業（本数調整伐）方法

毎木調査の結果より、構成比率の高さ及び高木層を構成している主要な樹種はイタジイであり、リターの分解速度、滴下雨水径の測定試験結果から、イタジイを上層木としても差し支えないと考え、イタジイ林を想定した複層林施業を次のように実施した。

a 伐倒の共通事項

目標林型、樹種構成、林木の配置状況、林内の照度、及び気象条件等に応じ、植栽木および既存木の健全な生育が効果的に図れる方法により行うものとする。

実施に際しては、対象区域の林相の把握のため、現地の林況や立地条件などを勘案して標準値を選定し、毎木調査を行うものとする。

作業の進め方としては、効率面や表層土砂、リターの流出防止を考えて、斜面下部から斜面上部に向かって行うものとする。

洪水時に冠水する恐れのある溪畔林には原則的に手を加えないものとする。

リュウキュウマツやハゼノキ、エゴノキといった樹種が成林しているところは、過去に強度の伐採や表土崩壊によって空間地が出現したことが考えられるので、地表に段差や小径木の幹に曲がり変異が認められるようであれば、規制するものとする。

斜面勾配が45度以上の急傾斜地は、ガリーの進行を助長する恐れが多分にあり、また作業の安全面からも問題があるので規制するものとする。

b 上層木の伐倒について

上層木は、互いに樹冠が触れずに、中下層木の樹冠が受光できるように保残するものとする。

あばれ木、空洞木、先枯れ木、樹冠の小さい木などの形質の不良なものを優先して伐倒するものとする。

上層を構成している複数に派生した樹幹からなる萌芽木については、通直で樹幹の太いものを残して一本に整理することとし、伐倒部位は、伐り口からの萌芽により保残木の樹幹生長の妨げを防ぐことや、作業効率を高めるため、地際から50cm程度の高さで伐るものとする。

林況や立地条件及び毎木調査の結果を勘案して優良木を母樹として残し、隣接木や傘下の樹木

を伐開し、下種更新ができるように日当たりをよくすること。なお、ドングリ類は乾燥に弱い
ため、伐倒木の枝葉を母樹の周りにマルチングするものとする。

エゴノキなどの落葉樹は、リターの供給による土壌の浸食防止に有効であることから、優先し
て残すものとする。

ヤマモモなどの果実木や野鳥の止まり木は優先して残すものとする。

上層木間で二者択一を強いられた場合は、生長が比較的遅く、萌芽力の弱いカクレミノやツゲ
モチなどを優先的に残すものとする。

c 中・下層木の伐倒について

複数に派生した萌芽木の場合、最も太い幹を残し、1本に整理すること。

1mに満たない稚樹は、リターの流出防止や、上層木からの雨滴落下の衝撃力緩和に役立つこ
とから手を加えないようにし、稚樹の育成に心がけるものとする。

d 玉切、整理について

伐倒木の幹は1m程度に玉切りし、保残木を留グイとして等高線上に積み上げ整理するもの
とする。

伐倒木の枝葉は、伐根周辺に集積整理するものとする。

e 草本類の除去について

林内稚樹の生育促進や、天然下種更新による後継樹の発生を促す目的から、ススキ、コシダ、
クロガヤ、クワズイモなどの草本類は除去するものとする。

イルカンダ、シラタマカズラなどのつる類は除去するものとする。

以上、上記の方法により本数調整伐を実施した結果、上層木は3~5m間隔で保残することになり、
伐倒率は全立木本数の30%程度になった。

6. ま と め

1) 森林の水源かん養機能とは、水が新たに作り出されるのではなく、雨が降る期間に地中に蓄
えられた水を、雨の降らない期間にゆっくりと流し出すことによって生ずる機能であり、葉や幹
など目にみえる森林の地上部の作用よりも、森林が生育する基盤となる森林土壌がこの機能発揮
に重要な役割を果たしている。

2) 沖縄県の水事情について

①沖縄県の年平均降水量は約2,037mmで、全国平均の1,618mmを約26%も上回っているが、
年間を通じての季節変動が激しいことや、また島嶼地形により流路延長が短く流域が狭小である
ため、流出量の変化が著しいこと等から、水資源の面からみると決して恵まれているとはいえない。

②沖縄県の水源かん養保安林の面積は7,452haで、各保安林面積の43%を占めており、保安
林としては最も高い割合を占めている。

③沖縄県の水源かん養機能の評価額(年間)は、3,234億2,483万円(森林面積ha当たり310
万円)と推定される。

④天然林改良事業の実績を有する各市町村と、実際の作業を担当している森林組合に対して森
林施業と水源かん養機能に対するアンケート調査を行った結果、水源かん養機能に対する認識と
その重要性を強く感じており、なおかつ森林整備や森林施業を行うことにより、今後将来にわたっ

てその機能の維持・向上が図られると期待している。

3) 広葉樹林の水源かん養機能について

①年間の樹冠遮断率は約 28%となり、これは我が国の広葉樹林の遮断率の 15~20%と比較すると大きな値を示している。また樹冠遮断率は、降雨階級の大きさやその回数によってかなりの影響を受ける。

②浸透能は林相とも関係し、広葉樹が最も高く、次いで針・広混交林、針葉樹林の順となっている。

③貯留量を左右する森林の環境要因は、地下部すなわち林地要因の方が地上部のいわゆる林分要因よりも大きく、林分要因の決定係数は、林地要因の約 1/2 程度で、平均孔隙率の変動の約 23%の影響しかない。しかしながら、林地要因が人為的に変更する余地がないのに対し、林分要因は人為的操作が可能であり、これによって土壌の平均孔隙率の改善を図り、貯留量を高めることができるという点では極めて重要な意味を持つものといえる。

④流域水収支法による沖縄本島の年蒸発散量は 900~1,100mm 以上と多いため、土壌中に浸透した雨水が蒸発散に使用され、地下水かん養成分となるものが少ない。

⑤年降雨量に占める年基底流出量の割合は、南明治山理水試験地では 13%、辺土名理水試験地では 30%であり、それぞれ年流出量の約 50%である。

4) 水源かん養機能を考慮した広葉樹林施業について

①ダムの整備により、洪水防止に果たす森林の役割は相対的に減りつつある。一方、森林の有する渇水緩和の役割は、積極的に人為を働かせたとき発揮される機能であるが、確実に利用可能な水を増加させるため、渇水緩和の役割を重視した水源かん養機能（水源かん養林）を考えることがより一般性があると考えられる。

②育成天然林整備実施後の平均植被率は、5 年前後に平均 80%のピークに達するがその後は相対的に衰退の傾向をたどる。その 1 つの要因として、イタジイの旺盛な萌芽力による林冠の閉鎖が考えられる。

③渇水緩和機能を有効的に働かせるには、育成天然林施業や複層林施業のような中・下層木の生育をも考慮しつつ、樹冠遮断率を減少させる本数調整伐の実施が有効であると考えられるが、その具体的な施業方法については今後更なる検討が必要である。

参考文献

- 1) 沖縄開発庁沖縄総合事務局：イタジイを主とする広葉樹林の施業の推進に関する調査報告書 1998
- 2) 沖縄開発庁沖縄総合事務局：イタジイを主とする広葉樹林の施業の推進に関する調査報告書 II 1999
- 3) 太田猛彦ほか：(株)丸善、森林の百科事典、1996
- 4) 沖縄県企画開発部：沖縄県勢のあらまし、1998
- 5) 沖縄県人工降雨実施本部・(財)日本気象協会沖縄支部：平成元年度沖縄県人工降雨実施報告書及び別冊資料、1989
- 6) 沖縄総合事務局開発建設部：沖縄本島平成元年渇水の記録－7年ぶりの給水制限－、1989
- 7) 沖縄総合事務局北部ダム事務所・北部ダム統合管理事務所：ダムのしくみとやくわり、1988

- 8) 沖縄県農林水産部：普及版 沖縄の森林と林業、1997
- 9) 金城勝・寺園隆一：亜熱帯広葉樹林の樹冠遮断率について、沖縄県林試研報 36、1993
- 10) 新垣隆・仲間清一・安里練雄・生沢均・高江洲重一・嘉手苺幸男・寺園隆一・松田辰美：林地 浸透能と関連因子の検討、沖縄県林試研報 31、1989
- 11) 牧勉：治山、1984
- 12) 渡辺次郎：福島県林業試験場報告、1984
- 13) 片倉正行：長野県林指業報、1981
- 14) 周光明：森林流域の貯留機能と流出特性について、琉球大学大学院農学研究科生産環境学専攻学位論文、1997
- 15) 藤枝基久・志水俊夫・金城勝・寺園隆一：沖縄本島の水源地帯における水文環境、日本林学会誌 77(2)、1995
- 16) 漢那賢作・生沢均：沖縄島北部森林流域における水の流出特性、沖縄県林試研報 39、1997
- 17) 吉岡二郎：森林土壌の土壌水分に関する研究第 5 報、京都府中部および南部山地土壌の水湿状態、保水量、水湿指数、農林省林業試験場研究報告 344、1987
- 18) 福岡県：水土保持機能強化総合モデル事業効果調査報告書（第 3 集）、1987
- 19) 太田猛彦：森林の水源涵養機能と森林施業のあり方私案、水利科学 No. 197、1991
- 20) 沖縄県農林水産部：育成天然林整備事業の手引き、1995
- 21) 沖縄県農林水産部：育成天然林整備事業調査報告書（Ⅱ）、1997
- 22) 藤原一絵：日本の常緑広葉樹林の群落体系－1、横浜国立大学環境科学研究センター紀要 7 1981
- 23) 服部保：日本本土のシイタブ型照葉樹林の群落生態学的研究、神戸群落生態研究会研究報告 1、1985
- 24) SUZUKI T: The forest climax of East Asia Japanese Journal of Botany 14、1953
- 25) 鈴木時夫・和田克之：房総半島南部の暖帯林植生、東京大学演習林報告 37、1949
- 26) 上條隆志：伊豆諸島三宅島におけるスダジイ・タブノキ林の更新経過、日本生態学会誌 47、1997
- 27) 有光一登：森林土壌の保水のしくみ、(株) 創文、1987
- 28) 新垣隆・保久盛邦治：亜熱帯性広葉樹林における森林整備、第 27 回治山林道研究会発表論文集、1990

資 料

早成樹種の導入及び環境緑化用樹木の利用・開発

—沖縄本島南部地域におけるバルサの成長と1年目における材の特性について—

林産開発室 近藤 博夫、嘉手苺幸男

KONDO, Hiroo and KADEKARU, Yukio: Introduction of fast growing tree species, and utilization and development of environment revegetation trees -Growth of Balsa (*Ochroma pyramidale* Cav) and first year its wood character in southern region of Okinawa Is. -

1. 目 的

バルサ(*Ochroma pyramidale* Cav.)は、メキシコ南部からボリビア、ベネズエラの東方そしてアンティレスで、およそ北緯22度から赤道を挟んで南緯15度にまたがって分布しているパンヤ科の熱帯性樹種である^{2, 15, 19, 20, 21}。

本樹種は非常に成長が早く、コスタリカでは植栽から初季の終わりには、1.8~4.5m さらに第二季の終わりには11mに達するとする報告や²²、インドネシアでは、地位によって差があるが、1年生で4.1~7.7mに達し、胸高直径は9.2~12.5cmに達するという報告¹⁸がある。

材質は軽軟で、救命具、うき、熱や音響の絶縁材料、航空機や建物の模型などとして利用されている^{14, 13}。本県のDIYショップなどでも、模型工作やデザイン造形などの材料として様々な規格で販売されており、材積単価に換算すると非常に高価なものとなっている。

ところで、本県お造林事業を軽材適・高価的に推進するためには、下刈回数の軽減による育林コストの軽減を図る必要があり、本島中南部の都市近郊における緑化の進展を図るためにはススキ、ギンネム等の荒廃原野の解消が大きな課題となっている。そのための一方法として、被圧からの解放が考えられる。

本調査研究は、バルサの成長速度に着目し、本県の自然環境への適合性を判断するとともに下刈回数の軽減、バルサによる中南部荒廃原野の早期成林化の可能性について検討しようとするものである。

今回、植栽1年目におけるバルサの成長パターンについて調査を行うとともに、1年生材幹部の含水率と気乾比重を求めたので報告する。林地にバルサを植栽し、その成長について調査検討を行うとともに、1年目における材の特性について調査検討を合わせて行ったので報告する。

なお本試験を行うにあたり、インドネシア共和国林木育種計画の種子源造成専門家橋本恭二氏には種子を提供していただいた。また、植栽に当たっては南部林業事務所の宮城健氏、東江賢治氏、豊川智恵子氏のご協力をいただいた。記して感謝申し上げます。

2. 方法及び材料

バルサ種子は、インドネシア共和国ジョグジャカルタの林木育種研究所構内に生育する約3年生の母樹(樹高15m、胸高直径60cm程度)から採取されたが、採取月日は不明である。入手したキーワード：バルサ、成長量、初期含水率、気乾比重

種子は精選後 371 粒を発芽試験に供した。

発芽試験は発芽試験機を用いて、23℃恒温暗黒条件で湿らせた素焼版の上に種子を静置して行った。なお発芽促進処理は行わなかった。

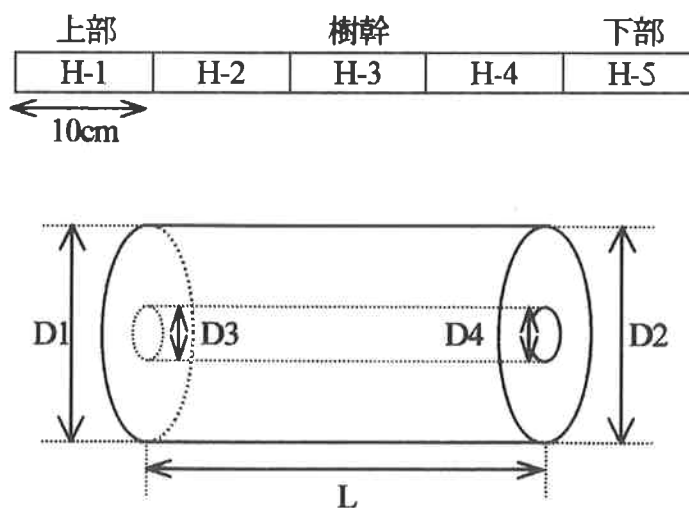
発芽した芽生えは、子葉の展開が認められた段階で植付を行った。育苗に際しては裸根苗の山出しでは活着しないことから¹⁰⁾、ポット育苗を行うこととし、ポットへの植付にあたっては、本種の芽生えは非常に軟柔なので丁寧に移植を行った¹¹⁾。幼苗は、育苗期間中に4回にわたって徐々にポット容量を大きくしながら鉢替えを行った。

山出しは、発芽から4ヶ月後にあたる1997年10月に行った。

試験地は佐敷町屋比久地内に設けた。当該地は適潤性埴質未熟土(Im-eMar1D)が分布しており排水性に乏しく、デイゴ(*Erythrina indica* LAM.)、アカギ(*Bischofia javanica* BL.)、ナンヨウスギ(*Araucaria excelsa* R. BR.)、ソウシジュ(*Acacia confusa* MERR.)およびリュウキュウコクタン(*Diospyros ferra* BAKH.)の造林地内に植栽した。植栽間隔は1.5×3mとした。造林される以前は、ホルトノキ(*Elaeocarpus sylvestris* POIR.)やタブノキ(*Machilus thunbergii* SIEB.)がわずかに点在するギンネム林であった。造林にあたって、ギンネムを伐採した後に切り株を重機によって掘り取り除去されている。バルサを植栽した試験地内はほとんど傾斜はないが、低地部では大雨や長雨の際、排水性が著しく乏しいことから滞水が散見され、その箇所に植栽されたソウシジュやリュウキュウコクタンに枯死木が多発した。これは滞水による根系の酸素欠乏や根腐れ、および風害によって発生する風根穴により幹が傾倒して起こる根切れによって地上部と地下部の水収支のアンバランスによって枯死したものと考えられる。

成長量および生存状況は、一部期間を除いて植栽から3ヶ月ごとに調査を行い、冬季の季節風の影響と台風通過後も生存状況と倒伏状況の調査を行った。

さらに、台風によって風倒したバルサの中から1個体を伐採し、1年生バルサ樹幹の含水率および気乾比重を求めた。供試した樹幹は図-1上に示すようにそれぞれ10cmごとに切断し、さらに気乾比重を求める際に必要な材積を求める当たっては、髓の部分を除くために図-1下に示す箇所を測定して必要な材積を求めた。



$$V = \{ [(D1 \cdot 2^{-1})^2 \cdot \pi + (D2 \cdot 2^{-1})^2 \cdot \pi] \cdot 2^{-1} - [(D3 \cdot 2^{-1})^2 \cdot \pi + (D4 \cdot 2^{-1})^2 \cdot \pi] \cdot 2^{-1} \} \cdot L$$

図-1 含水率および気乾比重測定に供する樹幹の玉切り状況(上)と材積計算方法(下)

3. 結果および考察

1) 発芽

得られたバルサの種子は、大きさや外見がマツの種子に似た小粒種子である(図-2)。また、この種子の発芽所要日数と発芽粒数について図-3に示す。今回の発芽試験では、試験開始5日

目から発芽が認められ8日目にはピークを迎えて2週間以内に発芽期間は終了した。

発芽率は、37.5%であったが、採種年月日やどのように貯蔵されたか明らかでないので検討の余地はない。しかし、Betancourt¹⁾やMarshall¹¹⁾によるとバルサの発芽率については数%から90%以上と非常に幅のあることが報告されているが、採取年月日や貯蔵条件が明らかでないので、発芽率についての検討は行わなかった。

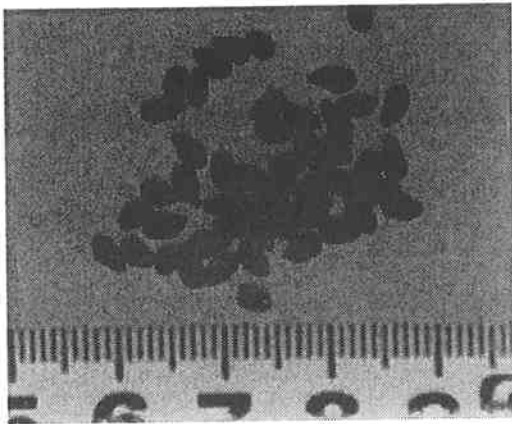


図-1 バルサ種子

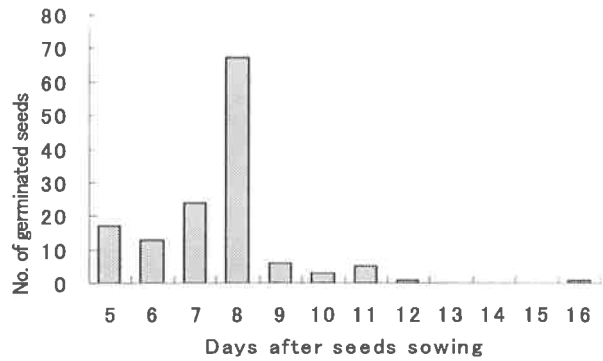


図-3 発芽期間中における発芽粒数

2) 成長量

バルサの成長は非常に早いとされている^{14, 5)}。しかし、1997年10月に植栽してから6ヶ月経過した1998年4月の段階で、平均樹高で45cm程度にしか達せず、その間の成長量は僅か28cmにとどまっていた。一方、地際径においても1998年4月の段階で平均17mm程度であり、その間の肥大成長も12mm程度にとどまっていた。その後同年10月の調査時点では、バルサの成長量は飛躍的に増大し、樹高は、平均で3.7m程度に達し、最大では5mを超える個体もあった(図-4, 5)。肥大成長については、10月以降は地際径の測定から胸高直径の測定へと切り替えた。10月の調査時点における平均胸高直径は、5.3cmに達しており、もっとも大きな個体では7.4cmに達した(図-6)。1年を通しての成長パターンは、4月から10月までの高温期には、単純に1日平均1.8cm程度の樹高成長を示すが、10月から4月までの低温期には、樹高成長の鈍化は著しい。これは肥大成長においても同様であった(図-5, 6)。年中成長を続けており、さらに、気温によって成長速度が極端に異なることから、本樹種が典型的な帯性早成樹種であることがうかがえる。今後引き続き調査を行う必要があるが、樹高成長に関しては、試験地内にもともと生育するタブノキやホルトノキでは、樹高6m程度の位置で新梢の伸長とダイバック(梢端部の枯下がり)を繰り返

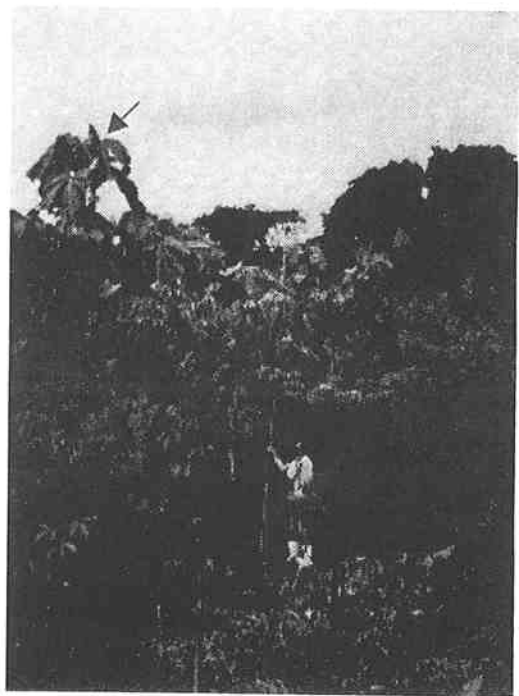


図-4 植栽1年後のバルサの生育状況
(矢印はバルサ樹冠部を示す。)

返していることから、それらの樹種についての樹高成長の限界を示している。一方、バルサもそれらの樹種の樹高に近づきつつあることから、バルサの樹高成長もそれらの樹高に達した段階でとどまる可能性が非常に大きく、また、台風による影響も考えられることから、今後とも引き続き調査を行い、当該地域での樹高成長および肥大成長について追跡調査を行いたい。

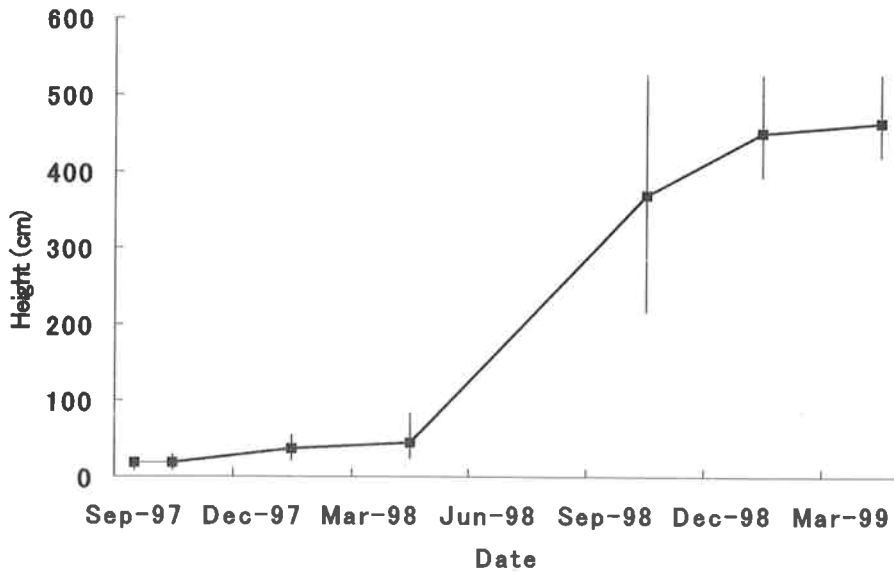


図-5 3か月ごとの樹高生長

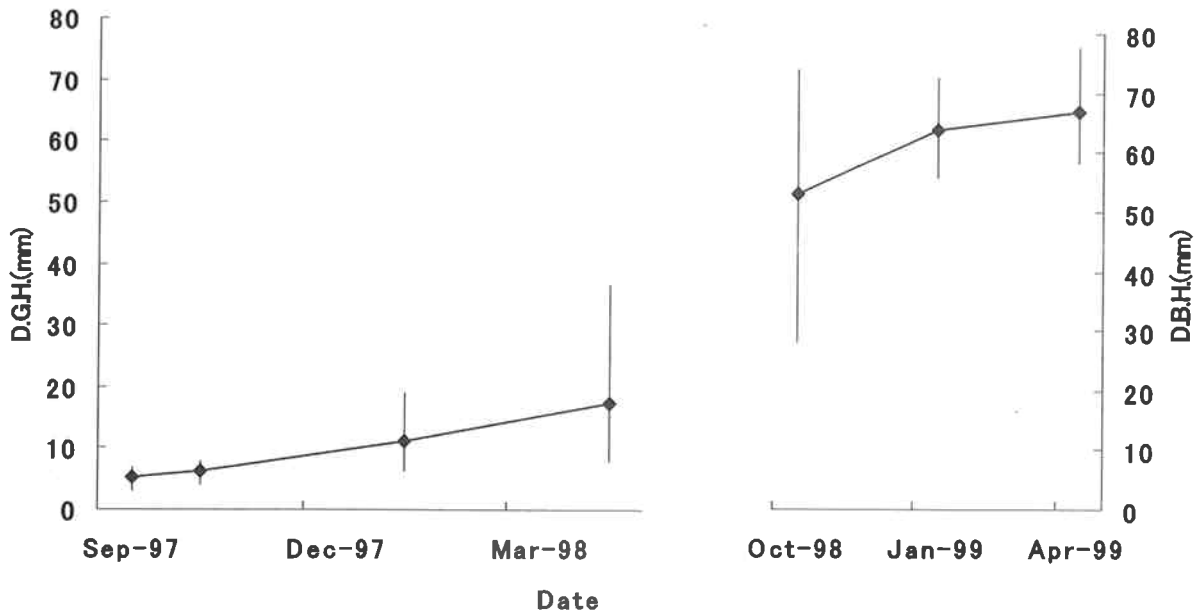


図-6 3か月ごとの地際径(左)と胸高直径(右)

3) 風倒および滞水による影響

バルサは、肥沃で排水性の良い土壌を好み、滞水によって容易に枯死する樹種として報告されている^{4, 9, 17)}。今回の調査でも冬季には成長が鈍化するだけでなく、季節風によって一部風倒を招いた個体もあり、さらに土壌の排水性が著しく乏しいため雨水により滞水箇所が生じ、それらの箇所でのバルサの枯死がみられた。その原因として、バルサと同一箇所に植栽された前述のソウシジュやリュウキュウコクタンに見られたような根系の酸素欠乏や根腐れ、また強風の影響によって発生する風根穴による根切れにともなう地上部と地下部の水収支のアンバランスであると考えられる。

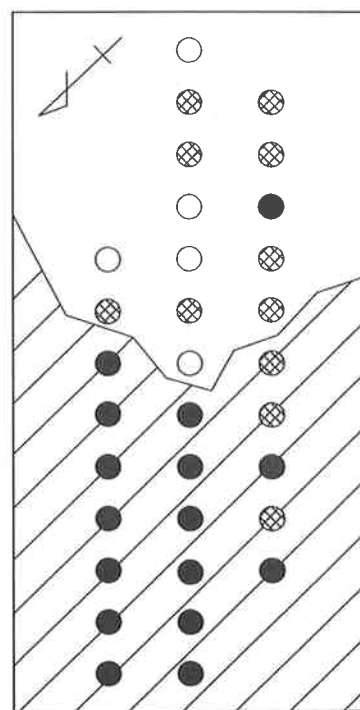
また、10月には本島地域を暴風域に巻き込んだ台風の影響により、すべての個体が倒伏した。台風通過後に立て直しを行った結果半数以上が枯死した。バルサの特徴である風を受けやすい枝状の葉柄を持った大きな単葉⁶⁾と幼齢期には浅根性⁵⁾であることから台風などの強風に対する抵抗性は著しく低いといえる。

これらのことから、バルサの成長量は、ギンネムの萌芽成長⁸⁾と比較しても決して劣らない成長を示すことから、成長量の観点からは早期成林化することは可能である。しかしながら、季節風や台風に対して非常に弱いことから、ギンネムを含めた低木林の散在する本島中南部ではバルサの造林は非常に厳しいと思われる。

4) 含水率および気乾比重

各部位の含水率について測定した結果、生材含水率はすべて200%を超えており、代表的な県産材であるリュウキュウマツ(*Pinus luchuensis* MAYR.)、イタジイ(*Castanopsis sieboldii* HATUSIMA)及びイジュ(*Schima wallichii* KOETH.)では65%、70%、90%であり¹²⁾、これらと比較すると、極端に含水率の高い樹種であることが分かった。

気乾比重は、部位によって若干のバラツキはあるが0.16~0.19で平均0.17と非常に小さい値が得られ、さらに今回の試験に供した部位では樹幹下方部で低い値が得られ、上部に向かうにしたがって気乾比重の上昇がみられた。実際に取り引きされている商業用バルサ材の比重は0.10~0.17であり³⁾、今回得られたこれらの気乾比重は、商業用バルサ材の比重の範疇にほぼ入ることが分かった。これを県産樹種の中で比重の小さいとされるデイゴ、センダン(*Melia azedarach* L.)、ウラジロエゾキ(*Trema orientalis* BL.)は、0.21、0.50、0.39で^{12, 7)}、それらと比較して、



斜線部は低地部を表す。
● 平成10年4月調査時の枯死木
⊗ 平成10年10月調査時の枯死木

図-7 調査時の枯死木発生状況

表-1 各部位の生材含水率、気乾含水率および気乾比重

部 位	生材含水率(%)	気乾含水率(%)	生乾比重
H-1	211.1	19.8	0.19
H-2	213.9	19.6	0.18
H-3	219.2	19.6	0.17
H-4	209.7	19.7	0.17

デイゴでよりさらに期間比重が小さく、残りの2樹種よりもはるかに気乾比重が小さいことが分かった。

今回の調査で、本県中南部に生育していた1年生バルサは、早い成長を示すとともに非常に気乾比重が小さい材であったことから、早期に収穫して軽量木質材料としての利用の可能性を示した。しかし今回得られた比重は1年生のバルサから得られた樹幹を供試しており、実際に材として利用できる樹齢で材質を再評価する必要があり、さらに、今後の可能性として、用材生産を目的として、北部地域の風の影響を受けにくく、土壌の比較的肥沃な沢沿いを中心に植栽試験を試みる必要がある。

4. ま と め

今回、本県におけるバルサの山出しから1年間の成長量及び成長特性また、材の特性について調査検討を行った。

その結果は次のとおりであった。

- 1) バルサの発芽は播種から8日目をピークとして、5日目から2週目まで観察された。
- 2) 植栽から1年半の間、樹高成長、肥大成長ともに低温期には非常に鈍化するが、高温期には著く早い成長をし、植栽から1年後には平均で樹高3.7m、胸高直径5.3cmに達した。
- 3) 風の影響を受けやすく、滞水箇所では枯死する可能性がある。
- 4) 1年生の材の特性は、生材含水率が200%を超えており、代表的な県産樹種と比較しても極端に高く、また、気乾比重は0.17小さく、デイゴなどの気乾比重の小さい県産樹種よりもさらに小さい値を示した。

引用文献

- 1) Betancourt Barroso, S.A. (1968) Monografia de la balsa o lanero. Technica Forestal 3. Bogota, Colombia: Instituto Nacional de Desarrollo y Aprovechamiento Forestales. 7pp.
- 2) Bisse, Johannes. (1981) Alboles de Cuba. Habana, Cuba: Editorial Cientifico-Tecnica. 384pp.
- 3) Chudnoff, Martin. (1984) Tropical timbers of the world. Agric. Handb. 607. Washington, DC: W.S. Department of Agriculture. 464pp.
- 4) Fors, Alberto J. (1965) Maderas Cubanas. Habana, Cuba: Instituto Nacional de Reforma Agricola. 162pp.
- 5) Francis, J.K. (1991) *Ochroma pyramidale* Cav. Balsa. Bombacaceae. Bombax family. SO-ITF-SM-41. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 6pp.
- 6) Givnish, Thomas J. (1978) On the adaptive significance of compound leaves, with particular reference to tropical trees. In: Tropical trees as living systems:

- Proceedings of the Fourth Cabot Symposium; 1976 April 26-30; Petersham, MA: Cambridge University Press: 351-380.
- 7) 嘉手苧幸男 (1999) 未利用樹種の利用開発, ウラジロエノキの加工性試験, 沖林試研報 41, 印刷中
 - 8) 金城一彦, 安次富長敬 (1982) ギンネム群生地における造林保育管理方法について (II), 沖林試研報 24, 12-21
 - 9) Leon, Hector Rojar; Munozo, Luis A. Maderas Colombianas. Bogota, Colombia: Fondo de Promocion de Exportaciones. 117pp.
 - 10) Letourneux, Charles. (1957) Tree planting practices in tropical Asia. FAO Forestry Development Paper 11. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 172pp.
 - 11) Marshall, R.C. (1939) Silviculture of the trees of Trinidad and Tobago, British West Indies. London: Oxford University Press. 247pp.
 - 12) 仲宗根平男, 小田一幸 (1985) 沖縄産有用木材の性質と利用, 林政資料第9号, 琉球林業協会, 94pp.
 - 13) 熱帯植物要覧 (1984) 熱帯植物研究会, 734pp.
 - 14) 農林省熱帯農業研究センター (1978) 熱帯の有用樹種, 666pp.
 - 15) Pennington, T.D. and Sarukhan, Jose. (1968) Arboles Toropicales de Mexico. Mexico City, Mexico: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales and Food and Agriculture Organization of the United Nations. 413pp.
 - 16) 林野庁造林課 (1988) 沖縄荒廃林地復旧技術現地適応化調査総括報告書, 197pp.
 - 17) Streets, R. J. (1962) Exotic forest trees in the British Commonwealth. Oxford England: Clarendon Press. 750pp.
 - 18) Suharlan, A., Sumerna, K. and Sudiono, Y. (1975) Yield table of ten industrial wood species. Lembaga Penelitian Hutan.
 - 19) Toledo Rizzini, Carlos. (1971) Arvores e madeiras uteis do Brasil. Sao Paulo, Brasil: Editora Edgard Blucher Ltda. 296pp.
 - 20) Veillon, Jean Pierre. (1986) Especies forestales autoctonas de los bosques naturales de Venezuela. Merida, Venezuela: Instituto Forestal latinoamericano. 199pp.
 - 21) Venegas Tovar, Luis. (1978) Distribucion de once especies forestales en Columbia. Papel Informativa Forestal 11. Bogota, Colombia: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 74pp.
 - 22) Whitmore, Jacob L. (1968) Density variation in the wood of Costa Rican balsa. Ann Arbor, MI: University of Michigan. 79pp, M. S. thesis.
 - 23) 山手廣太 (1993) 熱帯地域における育苗の実務テキストNo.3, 国際緑化推進センター, 130pp.

ニオウシメジに関する現地適応化事業

—夏季の計画栽培について—

比嘉 享

1. はじめに

ニオウシメジ (*Tricholoma giganteum* (massee)) は、夏季の計画栽培が可能であることが報告されている。¹⁾今回は計画栽培の実証を主目的に、試験栽培を実施した。

2. 事業の材料と方法

1) 現地適応化事業箇所

本島北部名嘉真地内で、地形は平坦である。土壌条件は海成沖積土を母材とした砂質混じりの国頭マージである。pH値は7.44の微アルカリ土壌である。

2) 菌株と培養、露地管理

(1) 供試菌株

菌株は沖縄県林業試験場保存株 TG-12 を使用した。菌株1袋の重量は1kgである。図-1に示すように、直径10cm、高さ18cmの円筒形である。

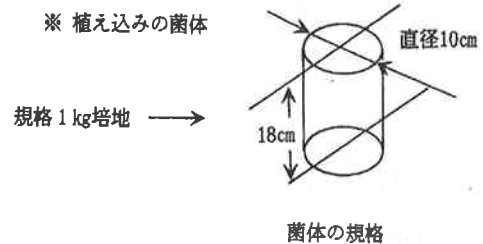


図-1 菌株規格

(2) 植え込み方法

菌体の植え込み月日は、第1期が平成10年6月29日第2期が同年7月7日。植え込み量は第1期が300kgで第2期が200kgの計500kg。縦100~120cm、横30~33cm、深さ21~22cm。第1期の300個植えでは、縦に100個、横に3個の菌株を立て置きにした。第2期の200個植えは、縦に植え込む菌体数を減らし、調整した。

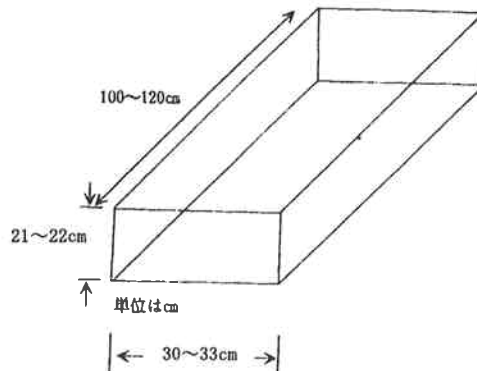


図-2 床掘の規格

(3)栽培管理

覆土後の散水は、特に菌糸伸長が始まる時期の表土部の乾燥には注意した。遮光については、カンレイシャ（遮光率 80～90%）で日光の直射を避けた。更に、覆土の上にススキの葉をかぶせることで、表土部とススキ葉との間に 3～10cm 程度の間隙を設け、表土の湿度を保持した。

3. 結 果

収穫期間は表-1 に示すとおりで、20～30 日間で安定していた。収穫時期はほぼ、植込み時期と対応し、収穫を分散させて計画集荷する可能性が実証された。

表-1 植え込み期と収穫期

氏名	実施箇所	第一次植込		第二次植込		植込 量 kg	収穫 量 kg	平均 収穫日
		植込月日	収穫月日	植込月日	収穫月日			
N , F	恩納村	6/29	7/27	7/7	8/4	500	104.5	28.0

※) 菌株一袋の重量は 1 kg であるため、表中の植込み重量の数値を植え込んだ菌株袋数としてもよい。



写真-1 植込み状況（恩納村：N, F 氏 平成 10 年 6 月 29 日）



写真-2 植込み完了図（同上）

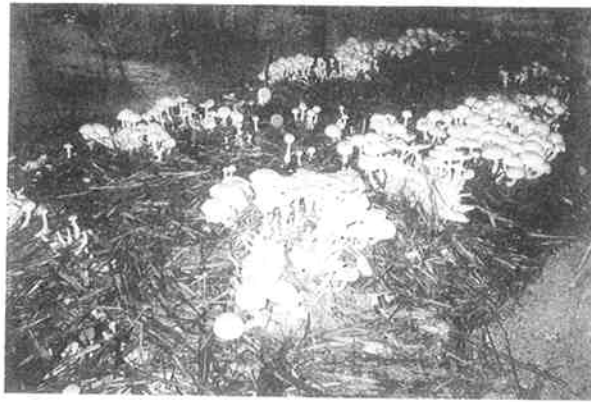


写真-3 発生状況 (平成 10 年 7 月 27 日)



写真-4 パック詰状況



写真-5 パック製品 (400g)

4. おわりに

1) パック製品の市場性

商品名はニオウシメジとした。知名度の低い分を信頼性で補うために、パックには生産者名、住所名をシールで張り付けるなど工夫した。恩納村協同売店の青果コーナーに出荷したパック製品はほぼ完売した。

2) 行政的な課題

平成 10 年度の試験栽培者は 30 名以上で、栽培希望者数は増加傾向にある。中には規模拡大を計画する農家もあることから、菌床の供給体制の強化や価格の安定化、さらに組織的で計画的な

出荷体制の整備を進める必要がある。また、定着している県産のクロアワビタケやヒラタケ等と同時に、宣伝によるブランド化を実現し、需要の掘り起こしを図る必要がある。宣伝・普及の一方策として、モデルとなる産地の育成もあげられる。

収量率の算定・評価が普及員によって異なるため、統一を図る必要がある。採算性の厳密な評価には、製品としての歩留まりを考慮する必要がある、収量率に対する考え方の統一は急務である。

大小規格の異なるニオウシメジを、市販用、業務用など、用途に応じた選別も、指導していく必要がある。

普及員の技術指導や講習会をとおして栽培管理を画一化し、収穫量の収穫期間の安定を図る必要がある。

3) 技術的な課題

植え込んだ菌体重量に対する製品重量を割合で示す収量率は、恩納村名嘉真地区においては約20%程度であったが、地域や栽培者によって幅があり、10%程度にとどまるケースや、24~27%の高い値を記録するケースもあった。

低い収量率の原因として、覆土の性質と覆土管理があげられる。①覆土が粘土質で極めて通気性、透水性が不良の場合、②増収の目的で覆土中への追肥（米糠やフスマなどを混ぜる。）した場合、③日除けの不徹底、④過乾燥 ⑤過湿 ⑥その他

対策として、①はニオウシメジの呼吸を阻害してしまうと思われるため、荒い粒土を選抜して覆土にするか、粉炭を混ぜて物理性の向上を図る必要がある。②は過剰な栄養体を含む覆土が雑菌の温床となってしまう、ニオウシメジの菌糸伸張を阻害するため、過剰な追肥は不要。③直射日光は菌糸や原基の成長を阻害するため、90%遮光率のカンレイシャか同等の光環境をつくる必要がある。④覆土の含水率は、おおよそ菌床の含水率（60%前後）に準ずるのが基本で、それを下回ると、覆土中の菌糸・原基の育成は阻害される。⑤過剰な散水は、覆土表面に停滞水を作ってしまう、覆土中の菌糸や原基の育成阻害になる。⑥ナメクジなどの被害。原基（きのこの素になる突起）を不用意に触れたふれて生長を中止させてしまうケースも見られる。

4) 研究課題

収量率の大きい系統選抜をはじめ、覆土の物理性や化学性と収量との関係究明や原基形成と幼菌の生育に影響を与える光や湿度など、諸環境と収量率の関係解明に取り組む必要がある。さらに、冬季の栽培技術の確立による周年栽培の実現が課題である。

引用文献

1)比嘉 享：野生きのこ人工栽培技術に関する研究、沖縄県林業試験場研究報告、No.40、8-12、'97