直播き造林の試み

―ボリビア，タリハ渓谷住民造林・浸食防止プロジェクト―

塩水流　隆　道

1.　はじめに

筆者はJICAタリハ渓谷住民造林・浸食防止プロジェクト（1998年10月～2003年9月）の専門家として2001年9月からプロジェクト終了までの2年の任期で派遣された。担当分野は住民造林とアグロフォレストリーであるが本文では乾燥地における簡易造林手法である「直播き造林試験」について報告する。

直播き造林はアフリカや南米などの主に乾燥・半乾燥地で用いられる簡易造林手法で，造林地に直接種子をまき発芽と保育を行い造林地に誘導する。荒廃地や通常の造林に不向きな傾斜地，アクセスの悪い土地などに適した造林方法である。なお本文の2002年度直播き試験については今後さらに2，3年の調査が必要な試験であるがその現状報告であることを了解して頂きたい。

また，当プロジェクトについては本誌No, 46（1999年）に前チーフアドバイサー田畑卓爾氏が地形，地質等の自然条件を中心に紹介しているので参照されたい。

2.　自然条件

タリハ盆地で直播き試験を実施している造林地は河川上流域で岩や礫の多いサン・ペドロ地区，中流域で浸食中程度の礫や砂，シルト，粘土等が混在するモンテ・セルカード地区，下流域で浸食が激しく粘土質土壌のモンテ・セントロ地区である。このうち，モンテ・セルカード地区の下部とモンテ・セントロ地区は湖沼堆積土である[1)]。年平均気温は18℃，冬季は零下になり霜害がある。プロジェクトで試験した3地域の3年間の平均月雨量は表1のとおりであ

Takamichi Shiozuru : Reforestation Trials by Direct Sowing ―The Afforestation and Erosion Control Project in the Valley of Tarija, Bolivia―
JICAタリハ渓谷住民造林・浸食防止プロジェクト派遣専門家

表 1　3 地区の最近の月平均雨量（mm, 2000〜2002 年）

地区	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	計
サン・ペドロ	165	91	113	15	0	1	0	1	6	53	29	104	576
モンテ・セルカード	138	114	91	21	0	0	0	1	6	42	34	96	542
モンテ・セントロ	109	104	79	9	0	0	0	1	2	36	31	106	476
3 地区平均	137	103	94	15	0	0	0	1	4	44	31	102	531

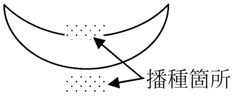

図 1　三日月堤

る[2)]。

造林に最も影響のある雨量は年平均 500 mm 前後でこの約 8 割が 12 月から 3 月に集中し，4 月から 9 月は殆ど降らない。この乾季を如何にして乗り切るかで造林が成功するか否かが決まると言っても過言ではない。

植生は刺のあるマメ科の低中灌木が散生する密度の低い疎林が主体で，地表部はサボテン，禾本科等の草本類で覆われるが，乾季には草本類の地上部は殆ど枯死する。

3.　タリハ及びプロジェクトにおける直播きの実施経過

半乾燥地域であるタリハにおける直播き造林はドイツ技術協力公社（GTZ）とタリハ県土地復旧事業計画事務所（PERTT）の浸食防止プロジェクトで 1986 年前後に試みられた[3)]。方法は半月形の降雨キャッチメントの内部や下部に種子をまく方法が試みられた（図 1）。現在，ムツラヨ試験地にはあきらかに直播きと思われる樹高 1 m 弱の Tusca（*Acacia aromo*）が観察できる。

プロジェクトでは斉藤短期専門家が 1999 年に植生調査を，2000 年に造林指導を行い，この中で直播きの可能性と方法について報告している[4,5)]。

これを受けて筆者の前任者である渡辺専門家（1998 年 10 月〜2001 年 9 月）が苗畑における発芽試験と造林地への直播き試験を実施した[6)]。この直播き試験は 3 地域で筋播きにより郷土樹種と外来樹種の 14 樹種を用いて行われた。しかし，発芽，生育共に芳しい結果は得られず，現在 2 地域に少数の Tusca が生存しているにすぎない。

4.　苗畑発芽試験

前任専門家の試験結果を参考に 2001 年 10 月に郷土樹種，2002 年 8 月に外来

表 2　郷土樹木の種子の発芽前処理法と発芽率（31 日間の%）

学名	現地名	4 日 浸水	2 日 浸水	熱湯＋ 24 時間	熱湯＋ 12 時間	無処理
Acacia caven	Churqui	0	0	2.0	2.0	4.0
Acacia visco	Jarca	0	22.7	8.3	0	**96.0**
Acacia aromo	Tusca	**84.0**	71.3	78.0	74.0	70.0
Schinus molle	Molle	73.1	90.0	75.7	55.0	**92.0**
Prosopis alba	Algarrobo	28.0	41.6	40.0	**50.0**	32.0
Atriplex repanda	Repanda	24.0	**33.3**	0	0	26.8
*Tipuana tipu**	Tipa	116.0	**120.0**	2.0	0	112.0
Parkinsonia aculeata	Cina cina	4.0	2.0	68.0	**79.8**	0
Dodonaea viscosa	Chacatea	22.0	12.0	53.0	**59.9**	6.0
Geoffroae decorticans	Chañar	**16.0**	7.5	0	2.0	2.0

*球果ごと播種：1 つの球果に 1-2 個の種子が含まれるので，球果あたり発芽率は 100% を越える。太字は最高発芽率

表 3　外来樹木の種子の発芽前処理法と発芽率（60 日間の%）

学名	現地名	4 日 浸水	2 日 浸水	熱湯＋ 24 時間	熱湯＋ 12 時間	無処理
Gleditsia triacanthos	Espina	4.0	8.0	16.0	**16.2**	0
*Melia azedarach**	Paraiso	92.0	78.0	**96.0**	70.0	74.0
Casuarina cunninghamiana	Casuarina	12.5	**16.2**	14.5	0	14.7
Jacaranda mimosifolia	Tarco	**10.0**	4.2	0	0	4.0
Ulmus pumila	Olmo	**36.9**	17.1	0	0	24.0
Fraxinus americana	Fresno	0	0	0	0	0
Acacia melanoxylon	Acacia	71.1	**78.0**	74.0	68.0	45.5
Erythrina crystagalli	Ceibo	84.9	73.4	**92.3**	80.4	37.2
Azadirachta indica	Cedro india	0	0	0	0	0
Leucaena leucocephala	Leucaena	0	16.0	**82.0**	78.0	35.5

*球果ごと播種：1 つの球果に 4 個前後の種子が含まれる。太字は最高発芽率

樹種が主体の発芽試験を苗畑において実施した。まきつけ種子数は 25 粒，2 反復で，表 2 の値はその平均である。郷土樹種の発芽前処理は 2001 年 10 月に，浸水（2 日と 4 日間）と沸騰水を容器に移して直ぐに種子を入れ，そのまま 12 時間あるいは 24 時間放置した処理を行った。播種後 31 日間の発芽率を調べた。その結果，Churqui，Repanda，Chañar 以外は発芽率が 50% を超え，Jarca，Tipa，Cina cina，Chacatea は処理による発芽率の差が大きいことが

表 4　発芽・生存率（播種 2002 年 1 月 23〜31 日　生存率 2003 年 4 月）

地域	サン・ペドロ				モンテ・セルカード				モンテ・セントロ			
発芽処理	発芽処理区		無処理区		発芽処理区		無処理区		発芽処理区		無処理区	
樹種	最高（%）	生存（%）	最高（%）	生存（%）	最高（%）	生存（%）	最高（%）	生存（%）	最高（%）	生存（%）	最高（%）	生存（%）
Churqui	2	0	0	0	6	6	3	2	1	0	2	2
Jarca	57	12	42	1	33	29	9	6	15	2	6	0
Tusca	7	6	3	4	5	5	1	1	2	1	2	1
Molle	28	0	13	0	14	5	25	3	4	0	1	0
Algarrobo	41	11	27	7	12	6	26	24	4	1	4	0
Repanda	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Tipa	37	0	14	0	16	0	13	1	3	0	4	0
Cina cina	72	5	5	1	50	24	4	2	36	3	6	4
Chacatea	28	2	16	2	59	45	25	6	32	0	24	0
Chañar	25	0	18	0	22	9	16	12	21	12	16	11
Churqui	4	3	5	3	2	0	3	3	10	4	1	1
平均	27.5	3.6	13.4	1.6	19.9	11.7	11.4	5.5	11.6	2.1	6.1	1.7

最高：最高発芽率

判った。

外来樹種については，同様の発芽処理を 2002 年 8 月に行い，播種後 60 日間の発芽率を調べた（表 3）。Paraiso，*A. melanoxylon*，Ceibo，Leucaena の発芽が良かった。Paraiso は発芽前処理に関係なく，発芽は全て 30 日以降に見られ，発芽までに時間がかかることがわかった。

5.　直播き試験

苗畑の試験結果に基づき 2001 年度及び 2002 年度に造林地への直播き試験を実施した。まきつけ時に 1 回灌水した筋播き試験以外は無灌水で雨水のみである。

⑴　筋播き試験

2002 年 1 月に郷土樹種の筋播き試験を 3 地区で行った。種子の発芽前処理は表 2 で最高の発芽率を示した処理法によった。まきつけ種子数は 50 粒で 2 反復した。芽生えの生存率は，まきつけた種子粒に対する 2003 年 4 月（15 ケ月後）に生存した割合（平均）である（表 4）。表中最上段の Churqui は無処理種子，最下段の Churqui は，一般に発芽が良いと言われる家畜が食べて排泄した

表 5　発芽前処理と地区・播種時期別延べ浸透溝数

樹種	発芽前処理	サン・ペドロ		モンテ・セルカード		モンテ・セントロ	計
		30/10/02	22/1/03	31/10/02	16/1/03	15/11/02	
Jarca	無処理	10	10	6	3	6	35
Algarrobo	熱湯＋24 時間	10	10	0	0	0	20
Tipa	水浸 2 日	10	10	6	3	6	35
Cina cina	熱湯＋24 時間	10	10	6	3	6	35
Chacatea	熱湯＋24 時間	10	10	6	3	6	35
Molle	無処理	6	5	5	3	0	19
Acacia melanoxylon	水浸 2 日	10	10	6	3	4	33
Leucaena	熱湯＋24 時間	10	10	6	3	6	35
Paraiso	水浸 2 日	16	15	5	3	4	43
合計		92	90	46	24	38	290*

*実際に設置した浸透溝は 233 個だが，その中の 57 個は 2 樹種（Tipa，Chacatea，Molle，Acacia，Paraiso）を混合してまきつけたので 290 は延べ数。

種子を用いた。Jarca，Cina cina，Chacatea の発芽率が良かったが，生存率はいずれも低く，樹高も 15 ケ月で全て 30 cm 以下であった。モンテ・セントロ地区の粘土質土壌は直播きには不向きと思われる。

⑵　その他の試験

2002 年 2 月に半月形，浸透溝，通常穴の形状別まきつけ試験と石マルチ[7,8]と浸透溝を組み合わせた郷土樹種の直播き試験を行ったがいずれも結果は芳しくなかった。これは多分まきつけ時期が遅かったためと思われる。

⑶　2002 年度直播き試験

これまでの試験結果を踏まえ，2002 年 10 月から 2003 年 1 月にかけて雨水集水機能のある浸透溝と水分蒸発防止効果の期待できる石マルチを組み合わせた直播き試験を 3 地域で実施した。試験は全て無灌水である。試験した樹種とその発芽前処理方法は表 5 に示した通りである。

図 2 のような構造の浸透溝を掘り，底部を耕した上に，小石を敷いた間に約 300 粒の種子を播き，柔らかい腐殖土で石の隙間を被覆した（写真 1)。浸透溝の長さは地形によって異なるが，通常 2〜3 m で試験地区によって浸透溝数は異なる。サン・ペドロとモンテ・セルカードでは，雨季初めの 10 月下旬と最も雨の多い 1 月の 2 時期に播種した。モンテ・セントロでは中間の 11 月に播き付けた（表 5)。

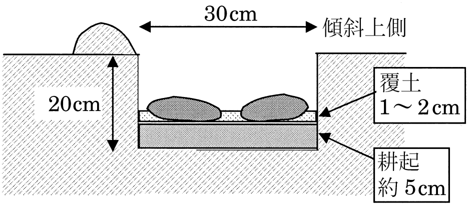

図 2　浸透溝石マルチの断面図

写真 1　石マルチの間から発芽した苗木

発芽率及び生存率（表6）と樹高（表7）は2003年6月に調べた。結論を得るには，次の雨季まで観察を必要とするが，一応2，3ケ月の乾季後の結果を述べる。

モンテ・セントロ地区は発芽数，生存率ともに他地区に比べ悪く，前年度の試験同様に，粘土質土壌が直播きには不適なためと思われる。粘土質土壌は乾くと堅く固まり通気性が悪く根の発育を妨げるためと思われる。1月播種の発芽数は10月播種より高いが生存率，樹高は低い。これは，1月は雨が多く発芽には適するが，その後の生育期間が短く，芽生えとくに根系の発育が不充分で4月以降の乾燥に対する抵抗性が低いためと思われ，今後の乾季でさらに生存率の低下が続くと推測される。

モンテ・セルカードのJarcaは，10月播種より1月播種が発芽数，生存率，樹高共に高かった。その原因ははっきりしていないが，播種前後の降雨によるものと思われる。

10月播種の生存率，樹高をみると，サン・ペドロではJarca，Algarrobo，Cina cina，Chacateaが良く，モンテ・セルカードではCina cina，Leucaena，Paraisoが今のところ良い。特にCina cina（写真2）は発芽，生育共に良く，樹高は最高55cmに達している。しかしながら場所，時期，樹種が同じでも，各浸透溝によって発芽，生育の差が著しく，原因の解明に苦慮している。この原因としては同じ場所でも礫，シルト，粘土などの土性や表面の地層が微妙に異なること，土性の違いにより降雨時の浸透溝内の滞水時間が違うこと及

表 6　地域・播種時期別発芽数及び生存率（2003 年 6 月現在）

地域	サン・ペドロ				モンテ・セルカード				モンテ・セントロ	
播種日	10 月 30 日		1 月 22 日		10 月 31 日		1 月 16 日		11 月 15 日	
樹種	発芽数（本）	生存率（%）	発芽数（本）	生存率（%）	発芽数（本）	生存率（%）	発芽数（本）	生存率（%）	発芽数（本）	生存率（%）
Jarca	62.0	90.1	57.4	80.0	11.0	39.0	142.7	100.0	18.8	32.4
Algarrobo	59.7	97.7	22.1	91.0	—	—	—	—	—	—
Tipa	26.9	96.2	101.2	98.9	4.5	72.1	21.3	66.7	0.8	0.0
Cina cina	10.9	95.7	53.3	49.9	86.3	68.6	65.0	65.8	21.8	50.2
Chacatea	23.3	90.9	54.3	60.4	19.5	39.6	11.7	66.7	0.5	16.7
Molle	18.2	73.3	24.0	87.5	15.0	80.6	0.3	33.3	—	—
A. melanoxylon	0.9	2.9	2.4	1.3	3.5	3.3	0.0	0.0	0.3	0.0
Leucaena	22.1	41.5	52.1	24.3	43.3	94.6	36.3	63.4	4.0	7.1
Paraiso	16.3	25.1	97.9	50.5	47.3	91.2	78.7	56.1	0.0	0.0
平均	26.7	68.2	51.6	60.4	28.8	61.1	44.5	56.5	6.6	15.2

表 7　地域・播種時期別平均及び最高樹高（cm）

地域	サン・ペドロ				モンテ・セルカード				モンテ・セントロ	
播種日	10 月 30 日		1 月 22 日		10 月 31 日		1 月 16 日		11 月 15 日	
樹種	平均樹高	最高樹高	平均樹高	最高樹高	平均樹高	最高樹高	平均樹高	最高樹高	平均樹高	最高樹高
Jarca	11.5	20.0	7.9	12.0	9.0	14.0	18.3	25.0	9.7	17.0
Algarrobo	11.6	26.0	4.9	8.0	—	—	—	—	—	—
Tipa	8.6	20.0	5.2	12.0	8.0	20.0	4.5	10.0	0.0	0.0
Cina cina	11.0	38.0	5.1	9.0	19.2	55.0	14.0	26.0	9.6	25.0
Chacatea	9.8	29.0	2.3	6.0	8.8	22.0	3.5	4.0	7.0	12.0
Molle	6.4	20.0	2.4	4.0	8.2	16.0	4.0	4.0	—	—
A. melanoxylon	4.0	4.0	3.0	3.0	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Leucaena	4.6	5.0	2.8	4.0	15.8	32.0	14.0	26.0	6.0	6.0
Paraiso	4.4	5.0	4.0	4.0	12.0	22.0	4.7	10.0	0.0	0.0
平均	8.0	18.6	4.2	6.9	10.4	22.9	7.9	13.1	4.6	8.6

び覆土の厚さや降雨時の浸透溝内への表土の流入などが考えられる。

写真 2　Cina cina 若木

6.　まとめ

⑴　まきつけ時期

短い雨季の間に，芽生え特にその根系が乾季に耐え得る成長をする為には，まきつけは雨季のなるべく早い時期が良い。雨季の始まりは年によって異なるが，雨季始めの雨で土壌が十分水分を含んだ時期が適期と思われる。たとえその後しばらく雨が降らなくても土中の水分で発芽する樹種（Jarca 等）もあるので，なるべく早くまきつけ，成長期間をできるだけ長くすることによって乾季に耐える生育を得る事が肝要である。今後，降雨と土壌水分の浸透状態を調査し，まきつけ時期の目安を明確にすることが必要と思われる。

⑵　発芽促進処理

発芽率を高めるためだけでなく，発芽勢を早める為にも樹種に適した発芽促進処理が必要である。苗畑における発芽試験と造林地の発芽結果が大きく異なるのは珍しい事ではなく，発芽率も苗畑試験の半分以下となることが多いので，それを考慮して，多めに種子を播く必要がある。処理方法は住民が取り入れられる簡単な方法が望ましい。

⑶　樹種

発芽試験を行い発芽結果の良い樹種を選択するのはもちろんであるが，小さい種子は作業上直播きには不向きである。一方，大きな種子は種だけの貯蔵している栄養で育つ場合が多く，取扱いも楽である。また，発芽処理をしても発芽に日数のかかる樹種も発芽後の生育期間が少なくなり成長が見込めないので，遅くとも 1 ケ月で発芽が終了する樹種が望ましい。

⑷　まきつけ種子数

3 m の浸透溝の場合で 50 本位の発芽が期待できる種子数をまく。1 年後にその 1 割の 5 本が残れば浸透溝の保護効果が期待でき，浸透溝を一定間隔で配置することにより造林地を形成できると思われる。

⑸　造林地の条件

浸透溝を用いた直播きの場合，まきつけ後の雨で浸透溝に水が 2，3 日溜まる

と種子や発芽直後の苗は腐ってしまうので，排水の良い地形（傾斜地など）や土壌を選ぶ事が大事である。土壌はなるべく礫を含む方が好ましい。もともと直播き造林は条件の悪い傾斜地や痩せ地向きの方法であり，傾斜地でマルチ用の石のある場所と条件は適合する。

⑹　浸透溝

浸透溝は深さ 20 cm，幅 30 cm，長さ 3 m を基本にしたが，現地の地形に応じて変更する。特に深さが重要と思われる。マメ科など直根性の樹種が直播きには適すると言われ，根の成長を促すためにもまきつけ床はなるべく深く耕す事が望ましい[4)]。出来れば 20 cm 掘りさらに 20 cm 耕起するなどの試みが望まれる。幅と長さは地形，土壌，使う道具に適した大きさを選べば良いが，浸透溝本来の浸食防止，植生回復の機能を保持できる形は崩してはならない。万が一直播きに失敗しても浸透溝本来の機能は維持できるから。

⑺　石マルチ

石は周囲にあるものを原則として利用するので大小様々だが，なるべく大きい方が蒸発防止効果が大きく作業も楽である。被覆度は 50〜70%。並べる方法は石の大きさ浸透溝の幅にもよるが 2 列の場合が多くなる。しかし将来茎が成長すると中央列の木は石により肥大成長が阻害されるので石を除去する必要が出て来ると思われる。それを防ぐには 1 列に石を敷き，端側のみに種をまくか，2 列以上石を敷いても端にだけ種をまく，もしくは浸透溝の幅を変える等の試みが必要と思われる。

⑻　除草

除草は発芽苗の成長を妨げない程度に必要である。試験地の雑草繁茂の激しいところは，雨季に 2 回大まかな除草を行った。成長に影響の無い雑草の除草は必要ない。乾季に入ると雑草の地上部は殆ど枯れ，苗の成長に影響はない。

⑼　間引き

自然に優良木が選抜されるので基本的に間引きは必要ないと考える。しかしながら優劣の少ない苗が過密な場合は時期を見て間引きを行う必要があろう。

7.　終わりに

播種後未だ 1 年を経ず，これから乾季を迎える時期に本文を発表する事は，はなはだ時期早尚ではあるが，現時点では直播き造林の可能性は充分あると思っている。プロジェクト終了後もカウンターパートが引き続き調査を続けてくれることを期待し，出来れば雨期明け来年 4 月の成長を見たいものである。

〔**参考文献**〕 1） 田畑卓爾（1999）ボリビア，タリハ渓谷住民造林・浸食防止プロジェクト 熱帯林業 No, 46 2） Jaime Rodríguez (2003) Resumen Climatologico de las Subcuencas del Monte y San Pedro 3） 田畑卓爾（1999）（抄訳）GTZ・マメ科樹種直播試験 4） 斉藤昌宏（2001）造林技術の改善とモニタリング技術の向上，短専報告書 5） 斉藤昌宏 （2000） タリハ・プロジェクトにおける植生と土壌の現状および森林回復のための樹種選定 海外研究業務報告 6） 渡辺一比古（2000，2001 年）苗畑発芽試験，直播き試験 7） 東農大砂漠に緑を育てる会（2000）ジブティの砂漠緑化 100 景. 東農大出版会 8） 高橋 悟（2000 年）砂漠よ緑に甦れ，ジブティの砂漠緑化 100 景，東京農大出版会

図書紹介

◎パソ　東南アジア平地雨林の生態学（Okuda, T., Manokaran, N., Matsumoto, Y., Niiyama, K., Thomas, S.C., Ashton, P.S. (Eds.) Pasoh ― Ecology of a Lowland Rain Forest in Southeast Asia）Springer-Verlarg, Tokyo 628 pp. 2003　価格 15,000 円

題名のパソは，半島マレイシアの平地林を代表する保護林の名前で，1970 年代に始まった IBP による生産力調査以来，熱帯平地雨林の生態系研究・調査の場として，世界各国の研究者や学生による数々の研究と調査が，この地で精力的に行われてきた。パソ保護林は，熱帯雨林に興味を持つ者なら誰しも，その名前を耳にし，一度は訪ずれたいと希望する森林である。

本書は，1990 年代にパソ保護林で行われた各種の研究を集大成した記念碑的な本であるといえる。執筆者は日本，マレイシア，欧米 5 ヶ国の研究者で，総勢 38 名にもおよんでいる。その中心となる部分は，日本の環境省予算による日本とマレイシアの共同研究の成果である。本書がカバーする分野は，動植物生態学，土壌学，林学，気象学，水文学などで，40 編もの研究成果が掲載されている。研究の焦点は，最近の学問動向を反映して，生物多様性，地球環境に対する熱帯雨林の役割，持続的な森林管理などにおかれている。

本書の構成は，Ⅰ章　保護林の成り立ちと環境，Ⅱ章　植生の構造・多様性・動態，Ⅲ章　植物個体群と機能，Ⅳ章　動物生態と多様性，Ⅴ章　植物–動物間の交互作用，Ⅵ章　人為影響と森林管理からなる。熱帯雨林におけるこれらの分野の研究現状を把握するには，便利な本であるが，あまりにも広く多様な問題を扱った専門書で，個人が読み通すのにはなかなか骨がある。その上に豊富な内容を詰め込むためであろうが，図表の文字が，老人にとっては天眼鏡でもなければ読めないほどに小さいのは残念である。しかし，これから熱帯林の研究や管理を目指す若者には，こうした本を通して，第一線の研究・知識の中身を身近に感じてほしいものである。　（森　徳典）