

チリにおける治山と緑化

佐藤 敏雄

1. はじめに

私は1987年9月から国際協力事業団（JICA）の個別派遣専門家としてチリ農業省の森林庁（Corporación Nacional Forestal, 略称 CONAF）の流域管理室に勤務し、治山造林に関する調査・計画等のアドバイスを行っている。チリの人口密度は16人/km²と日本の20分の1ぐらいで、以前は洪水害などはほんの一部の問題に過ぎなかったようだ。近年、首都サンチャゴ市に人口が集中するのに加えてスモッグ公害が発生し、高級住居地は郊外東部へ押しだされてしまった。ところが1982年にこの東部住宅地に洪水被害が発生、これが契機となってサンチャゴ市を横断するマポーチョ川治水対策が国・市の重要課題として浮上した。ここでは私の関係しているマポーチョ川上流の植林及び南部コジャイケ市の治山事業を通してチリの治山事情を述べることにする。

2. マポーチョ川流域の概要と治山

サンチャゴ市は1541年に、このマポーチョ川縁りに築かれ、国の開発と共に発展してきた。特に近年の人口増加は著しく1952年の140万人が現在は400万人となっている。首都や大都市への人口集中は南米諸国に共通の現象である。市の飲料水、生活用水の多くは、アンデスから市の南10kmを流れ、マポーチョ川が合流するマイボ川から引いている。

マポーチョ川は流域面積14万haあって、そのうち直接洪水害と関連する流域は約8万haのアラジャン、サンフランシスコ及びモリーナ支流である。それぞれブレアンデスの4,000mから5,000m級の高峰を始点としていて、標高300mのサンチャゴ市の入口まで直線にすると8.5%~13%位の勾配で到達することになる。

当上流の地質は一部を除いてAbanico層に属し、上流は山腹斜面が急峻で岩石の露頭が随所に見られるが、下流になるほど安山岩の風化は進んでいる。この地域の特徴として約2万年前まで存在していた氷河の影響か、各支流とも川敷の幅がゆったりして見える。しかし、下流や一部の支流には岩壁が切り立つ渓谷もあり、氷河後の浸

マポーチョ川流域

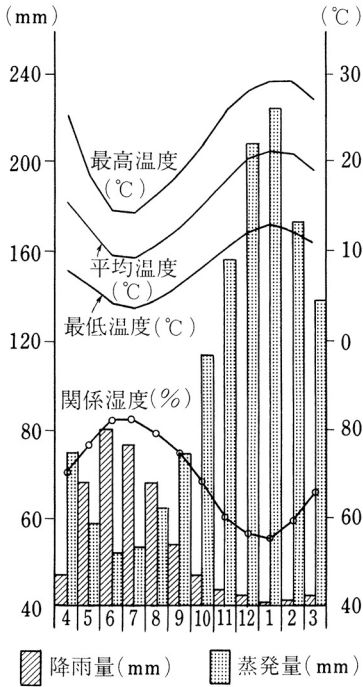


図-1 サンチャゴの気象

蝕の激しさが推察できる。

年間降雨量はサンチャゴ市で約 40 mm, しかも 5 月から 8 月までの冬季に集中している。流域はおおよそ南緯 33° 15' ~ 33° 30' に位置し、緯度の高さからすると日本の大分県に当たり、標高 1,500 m 以上は雪となる。従って平常の流水量は表 1 に示すように、雨の無い夏季にピークが現れる。まさに、すばらしい天然の流量調節ダムが全支流に配置されている。ただし、この天然ダムは時に機能放棄を企て、被害を大きくする側にまわる。1982 年の洪水は 2 日間で 100 mm の雨量と、暖気による雪どけが原因だといわれている。また、去年は雨季が終わった 11 月の末に、上記のマイボ川上流、標高 3,000 m 地点で雪崩れによって築かれた高さ 30 m の雪ダムが欠壊し、下流に死者数人を出す災害を起こした。

一方、気温をサンチャゴ市でみると、図-1 のような月変化がある。年平均は 14.3°C と東京の 15.3°C より低いが、春夏の日差しは沖縄並みだと思う。余談になるが秋冬は名物のスモッグに阻まれ、薄日になり、山へ出か

けた日の帰宅時は何か雨雲の中に入るようで、気分が滅入ることが多い。風は無いといってよい程で、夏の木陰に吹く風は気持ちよく、湿気も無いように感じられるが、理科年表では 70% と東京の 66% より高い。

森林植生は南面及び南東面に比較的密な所もあるが、北面及び北西面は疎で森林とはいえない。標高 800 m から 1,300 m, その上の 1,500 m, さらに森林限界と見られる 2,000 m の間で樹種構成が異なる。1,300 m 以下には、Colliguay (*Colliguaja integerrima*, トウダイグサ科) が多く、そのほか Mitigue (*Podanthus ovatifolius*, キク科), Quisco (サボテンの仲間), Litre (*Lithraea caustica*, ウルシ科) がある。樹高は Litre の 7 m が最高で、他は 1~2 m 止まりの灌木である。その上では、Bollen (*Kageneckia oblonga*, バラ科), Frangel (*K. angustifolia*), Guayacan (*Porlieria chilensis*, ハマビシ科), Quillay (*Quillaja saponaria*, バラ科), Guindilla (*Valenzuelia trinervis*, ムクロジ科), Muchi (*Schinus montanus*, ウルシ科), Espino (*Acacia caven*, マメ科) 等があり、1,500 m を越えると Frangel, Guindilla, Muchi の他、沢浴いに Lun (*Escallonia revoluta*, エスカロニア科) が自生している。いずれも樹高は低く、Litre, Quillay, Frangel

が土壌の良い所で 5 m を上廻る程度である。Quillay は南緯 39° ぐらいまであって、その辺では 15 m ぐらいになる。サンフランシスコ川のさらに支流イエルバ・ロカ川の近くで樹高は低かったが、胸高径 60 cm の Quillay を見たことがある。ちなみに、この樹は学名の示種名が *saponaria* と命名されるほど石鹼素（サポニン）を含んでいて、シャンプーとしては最高というわけでサンチャゴの街で売られている。Espino はもともと低地に生えていて、乾燥に強く、高地の森が消滅したあとの北面、北西面に侵入してきた樹で、乾燥地の緑化には研究してみる必要がある。しかし、この樹種は今のところ標高 1,200 m から 1,300 m が限界のようであり、生長が極めて遅く、そのうえ良質の木炭になるので、径 10 cm 下で伐られてしまう難点がある。サボテンの仲間の Quisco は 1,600 m まで登っていて、丁度積雪線と一致するのではないかと推測している。

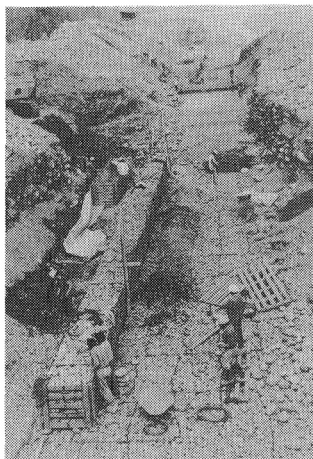


写真-1 マポーチョ川の堆積土砂と蛇籠による護岸工事

ここでサンチャゴ市内の公園、街路樹の樹種に触れておきたい。樹種は 99% 以上が外来種といって間違いなく、*Platanus orientalis*, *P. occidentalis* を筆頭に、*Pinus radiata*, *Eucalyptus* 等々で、*Araucaria* さえもチリ在来の *A. araucana* でなくブラジルの *A. angustifolia* の喬木が目につき、郊外に出ると高さ 20 m 以上の Alamo (*Populus* sp.) が方々に見られる。スペイン時代から Alamo 等ヨーロッパの樹種を入れ、毎日、毎日灌水して大事に育てた街路樹であり、公園樹である。この地の育樹には灌水は必須要件で、そのため市内は緑がいっぱいでも、山を登っていくに従い樹影が薄くなり、ついには岩山となる。チリの森林事情については本誌 No. 4 (1985) に名村・堀両氏が書かれているところで、人工林は 100 万 ha を越え、木材・林産製品が外貨獲得に大きく貢献している。しかし、それは南緯 35° 以南のことで、ここマポーチョ川上流では屋敷樹以外に植栽木は見当たらない。地元の話では、この辺も昔は森だったが、燃料として伐ってしまったのだという。10 月から 3 月まで雨のない土地での天然更新は容易でない。加えて馬、牛を放牧して春に出た草を食わせるので、センデロと呼ばれる細い踏道が川沿いから峰筋まで全斜面を覆っている。馬、牛の数は少なく、ふだんは広い斜面に見当たらないくらいだが、夏は高地の草を、また冬は低地の枯れ草をきれいに食べつくしてしまう。この地域で緑化を図るためには、何よりも先に馬、牛の放牧を制限する必要がある。放牧が無くなれば、南、南東面あるいは北面でも、自然に灌木地、低木林に復帰するものと推察している。

CONAF は、マポーチョ川上流サンフランシスコ川の支流イエルバ・ロカ川流域

表-1 マポーチョ川上流の平均流量

年 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1978	8.3	5.8	3.6	2.9	3.1	2.9	22.9	8.6	11.7	21.1	25.6
1979	17.7	7.8	4.6	2.3	2.3	1.8	1.6	4.1	7.1	7.9	8.1
1980	7.2	5.2	4.0	7.9	7.5	5.2	6.2	7.0	7.2	10.7	10.3
1981	7.5	6.2	3.8	2.3	3.5	3.7	2.9	3.8	4.3	5.4	6.5
1982	4.4	3.2	2.3	1.4	3.6	23.7	42.6	13.5	17.5	19.8	24.7
1983	26.4	14.9	6.7	4.5	3.6	3.6	5.1	6.6	7.4	19.1	16.6

注) マポーチョ川, ロス・アルミンドロ計測所; 標高: 1,024m; 流域面積: 620 km²

に約 1 万 ha の管理地を有していて、パイロット治山事業を意図していた。1987 年 7 月, '82 年, '84 年を上回る洪水がまたまた市東部を襲った。これによってそれまでなかなか認められなかった治山予算が首都州から今年の緑化分として 650 万ペソ, 明年の谷止工事分として 1,200 万ペソと発表された。谷止工は、今年 3 月から砂防短期専門家として治山全体計画の策定及び堰堤設計の指導に当たっていた館沼慧氏(林業土木コンサルタンツ付属研究所)に負うところが大きい。

ここでは緑化工について紹介する。場所は Yerba Loca の中で、Villa Paulina 地区と Quebrada del Lunes 地区の 2 か所を予定した。Villa Paulina は標高 1,900 m~2,000 m の東面約 5 ha で、岩石地を含んだ傾斜 25 度から 30 度ぐらいの斜面及び崩積土の多い斜面である。もうひとつの Quebrada は標高 1,600 m~1,800 m の北西面、約 7 ha で、一部緩傾斜の湿った所もあるが、大半は 25 度ぐらいの乾燥地である。双方とも馬、牛が入り込まないように高さ 1.8 m の金網を廻すことにした。私は湿った草の良く生える所は、この囲いを含むべきでないと主張したが、最終的には含めることになった。というのは、以前に植林した所の金網が破られ、馬が草を食っているのがそこに見られ、いずれ破られるのであれば始めから開けておいた方がよいと考えたのだが、CONAF の管理地だから大丈夫だという。今後の推移を見たい。地拵えは、次の方法をとった。

① Casillas : 40 cm 四方の深さ 40 cm に穴を掘り、長さ 1.5 m、幅 10 cm、深さ 10 cm の水引き路を両側につける。

② Surcos : 等高線状に幅 30 cm とし、下側に 10 cm 高の畝をつくる。間隔は 4 m。

③ Zanjas : 等高線状に上幅 40 cm、底巾 30 cm、深さ 30 cm の溝を掘る。間隔は 5 m。

④ Terrazas : 等高線状に幅 60 cm のテラサをつける。間隔は 5 m。

以上は従前から低地の乾燥地植林に実施してきた方法で、ここでも、これらを傾斜度、乾燥度によって組合せ、さらに

⑤ プラスチック植生袋工、⑥ 低編柵工を傾斜の急な、土壌の少ない所で試みる

(単位: m³/秒)

12	年平均	日最高
30.9	12.3	88.1
10.1	6.3	32.4
12.3	7.6	39.4
4.8	4.6	9.2
34.2	15.9	164.0
13.2	10.6	35.0

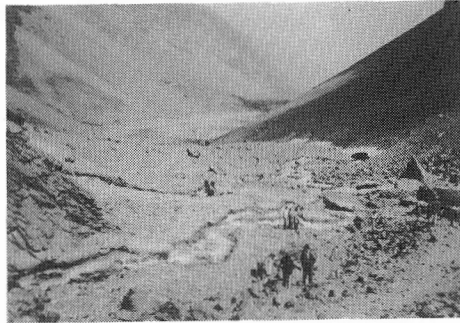


写真-2 Yerba Loca 上流 (標高 3,000 m)
の流出土砂源

ことにした。

植栽樹種は、自生している Frangel, Quillay, この流域には現存していないが、チリ南部の高地に育っている Cipres de Cordillera (*Austrocedrus chilensis*) の他、外来樹種の中から耐乾、耐寒性のある *Alnus incana*, *A. glutinosa*, *Eucalyptus viminalis*, *E. gomphocephala*, *Cupressus sempervirens*, *Fraxinus americana*, *F. excelsior*, *Robinia pseudoacacia*, *Pinus halepensis*, *P. ponderosa*, *P. radiata*, *Araucaria angustifolia* などを試植することにした。

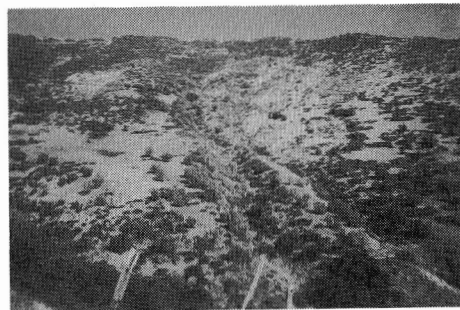


写真-3 Quebrada del Lunes の現況, 標高 1,900 m ~ 2,000 m。斜面の樹木は全て Frangel

植付方法は全てポット苗とし、植付時に灌水し、かつ3月までの乾季中は週1回の割で灌水することにした。平年には4月から9月頃までに400mm近くある降水量が本年は三分の一以下の120mmしかなく、例外として灌水を実施することにしたものである。この灌水経費は全予算650万ペソの中で109万ペソになった。

ここで、CONAFの計画、実行組織について触れる。形式上の計画立案は下部組織である首都州 CONAF (日本の農政局に当たる) が計画し、技術的な設計を CONAF に依頼する形をとっている。というのは、国の方針として「小さな政府」があって、公務員を極力削ってしまったため、州 CONAF には事業予定を策定する能力がなくなってしまったのである。私の所属する CONAF 流域管理室の2人の技術者が全国13州の設計、又は事業予定書を作っている。幸い、事業(ここではプロジェクトという)は少ないので2人で捌いている。そして州 CONAF が実行する。



写真-4 セロ・デビサデロの治山造林（右手斜面）とその周辺（左手下がコジャイケ市の住宅地）

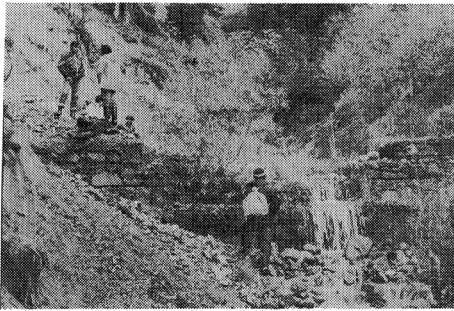


写真-5 1975年工事の蛇籠谷止工

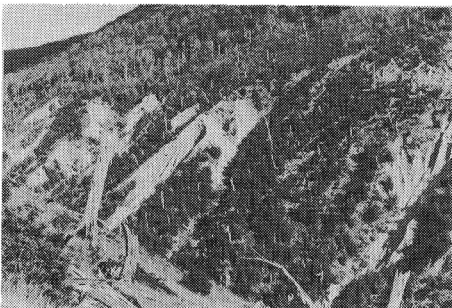


写真-6 コジャイケ市から南西 20 km 程の山火事跡地の崩壊状況と天然更新

この間、いちいち公文書でやり取りするので時間がかかって、時期、期間の限られる仕事には問題がある。

Yerba Loca では 8 月が植付適期なのだが、書類を作っている間に 9 月下旬になってしまった。乾燥は一日一日強まって、とうとう実行者の州 CONAF 所長は灌水の不要な翌年 4 月まで延期したいと言い出し、延期になった。これには、水の他、サンチャゴ市内の建築ブームで作業員が集まらないという問題もあって、妥当な処置だったと思っている。ただ、私にすれば、この 2 点とも 8 月の中頃には分っていたことなので、別な進め方があった筈で、やはり南米という気がした。

3. セロ・デビサデロの治山事業

セロ・デビサデロとは山の名称で、サンチャゴ市内から南へ 1,500 km 下ったコジャイケ市にあり、南緯約 $45^{\circ} 30'$ に位置する。日本では、北海道の稚内が北緯にして同じぐらになる。しかし、冬の市内は積雪も多くなく、冬の 6 月平均最低気温が零度止まりと、意外に暖かい。夏は 2 月が最も暑く、最高気温の平均が約 20 度ぐらいで、これは

稚内より少し低めになる。降雨量は年間約 1,000 mm ぐらいになるが、やはりここでも、冬季に偏って多く、1 月、2 月は少なくなる。ちなみに、この市から西へ 50

km ぐらいの港マイセンでは 3,000 mm を越える雨量になる。

コジャイケ市は、人工 3 万 5 千人の第 XI 州の首都で、国際協力事業団のサケ・マス養殖プロジェクトがある。この市が土砂流に襲われたのは 1967 年 5 月で、市の東 5 km のセロ・デビサデロ山の小沢から出たものだった。もともとこの街は、標高 1,500 m の山から流れる Los Coigues, Las Lengas 及び Maokay と呼ばれる小沢の堆積地上に築かれたもので、近年はここも人は都市に集まり、ますます山際近くまで住宅が迫っている。

その年の雨は 24 時間雨量 91 mm を記録し、しかも暖気で雪融け水が加わったため、被害が大きかったといわれている。20 年経た今日もそのままになっている街外れの流出土石の中には径 1 m 以上のものも混じっていて、夏の沢水からはとうてい想像もできない状況である。この山は、沢の名が指すように、Coigue (*Nothofagus betuloides*), Lengua (*N. pumilio*) の森林だったが、約 50 年ほど前に 5~6 年間も燃え続けた大山火事があり、殆んど全焼した。その時にこの XI 州内陸部約 300 万 ha の森林が灰になったという。今でも、至る所に白くなった焼枯損木が転がっていて、放牧地の邪魔ものになっている。デビサデロにも造林木の下に焼木があり、一部は治山の編柵として使われている。山火事後 20 年以上経って、夏の乾燥で劣化した土壌と、*Nothofagus* の根系が腐ったところへ大雨が来たため、斜面のあちこちで崩壊が起こって沢の中途を堰止め、それが鉄砲水の原因となったと思われる情景が各沢に見られる。1974 年に報告された FAO の文にも、急流が Tapa (蓋) に防がれたとある。

今この山は立派な松林になっている。災害の翌年から 2 年間で 400 ha の造林が実行された。樹種は *Pinus sylvestris*, *P. contorta*, *Pseudotsuga menziesii*, *Larix decidua*, *Betula verrucosa* である。20 年生の現状では、*P. contorta* と *P. ponderosa* の成績が良く、山の下斜面で樹高 6~8 m、径 20 cm ぐらいになっている。街の端にある州農政局事務所の前に、同年植えた *P. ponderosa* があって、それは 20 m 以上もあるが、南西面で土壌の悪い現地としては素晴らしい林だと思う。*Larix* は未だ 2~3 m の樹高でうっ閉していない。この造林地の中頃に所々 0.5 から 1.0 ha の岩石地がある。その中に 1 本又は数本のマツが育っていて、当時はそこにも幾らかの土があって植え、後年の雨水が周辺の土を流したもので、植えた人の熱意が感じられた。

さらに、1974 年 12 月、FAO がこの山の治山事業計画を策

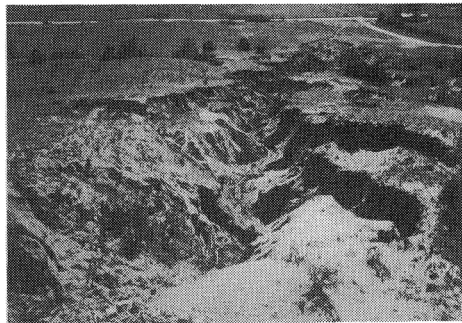


写真-7 花崗岩丘陵帯に広がる放牧地の浸蝕

定し、翌年から4年間谷止工、山腹工の工事が実施された。谷止工は丸太梓工を下流に、上流は高さ2m止まりの蛇籠工で、Los Coiguesに丸太梓5基、蛇籠12基の計17、Los Lengasは丸太梓30基、蛇籠14基の計44基、Maokayは丸太梓5基だけで、合計66基となっている。1基1基は小規模な工事であるが、効果は大きく、1977年及び1985年にあった大雨にも街は無事だった。ところが近年、丸太梓工の丸太を薪に盗っていく者があって、Maokayの1基は完全に壊され、中に詰めた石だけが残されている。他の丸太梓も針金が切られ、上から1本、2本と盗られている。

そこで1985年に改修工事を実施したが、その後もこの盗採は続いていて、今年3月訪れた時も何基かの針金が切断されていた。盗採の対象は沢に残っている天然木と木橋などで、人家から一寸離れた木材は全てのようなだった。農政局長の話では、貧しい者に対して薪の無償配付もしており、薪が無いというより、盗る者は昔からの習慣でやっているのだということだったが、やがては人工林も狙われるであろう。今年には谷止工の改修工と併せて、崩壊している山腹工と、さらに谷止工の新設工事を計画し、州予算1,200万ペソで実行中である。この谷止工、山腹工の細部計画も前記の館沼氏に負うものである。

以上、2箇所の治山について書いたが、チリでは急流からの土砂流出対策の外、太平洋岸から中部にわたる花崗岩丘陵地帯、南北500kmの放牧地及び農耕地の浸蝕防止対策が大きな課題となってきていることを付記して、この稿を了える。

《雑 録》

リュウノウジュの学名変更 マレー半島、スマトラ、ボルネオに分布するフタバガキ科の樹木で、樟脳に似た竜腦を産することで古くから知られ、近年は材が相当大量にわが国に輸入されているリュウノウジュ（竜腦樹）の学名はこれまで *Dryobalanops aromatica* Gaertn. f. が用いられてきたが、東南アジアの植物分類学の権威 Dr. Kostermans の見直しによって *Dryobalanops sumatrensis* (J.F. Gmelin) Kostermans に改められた (A.J.G.H. Kostermans (1988) : *Dryobalanops sumatrensis*, comb. nov., the correct name for *Dryobalanops aromatica*. Blumea 33 (2), 343-346)。 (緒方 健)