太魯閣國家公園大同、大禮
聯外交通設施工程之工程地形和地質
之調查分析與可行性評估

委託機關：內政部營建署太魯閣國家公園管理處

執行機關：中華民國工程環境學會

計畫主持人：張石角教授

中華民國九十三年六月

一、計畫緣起

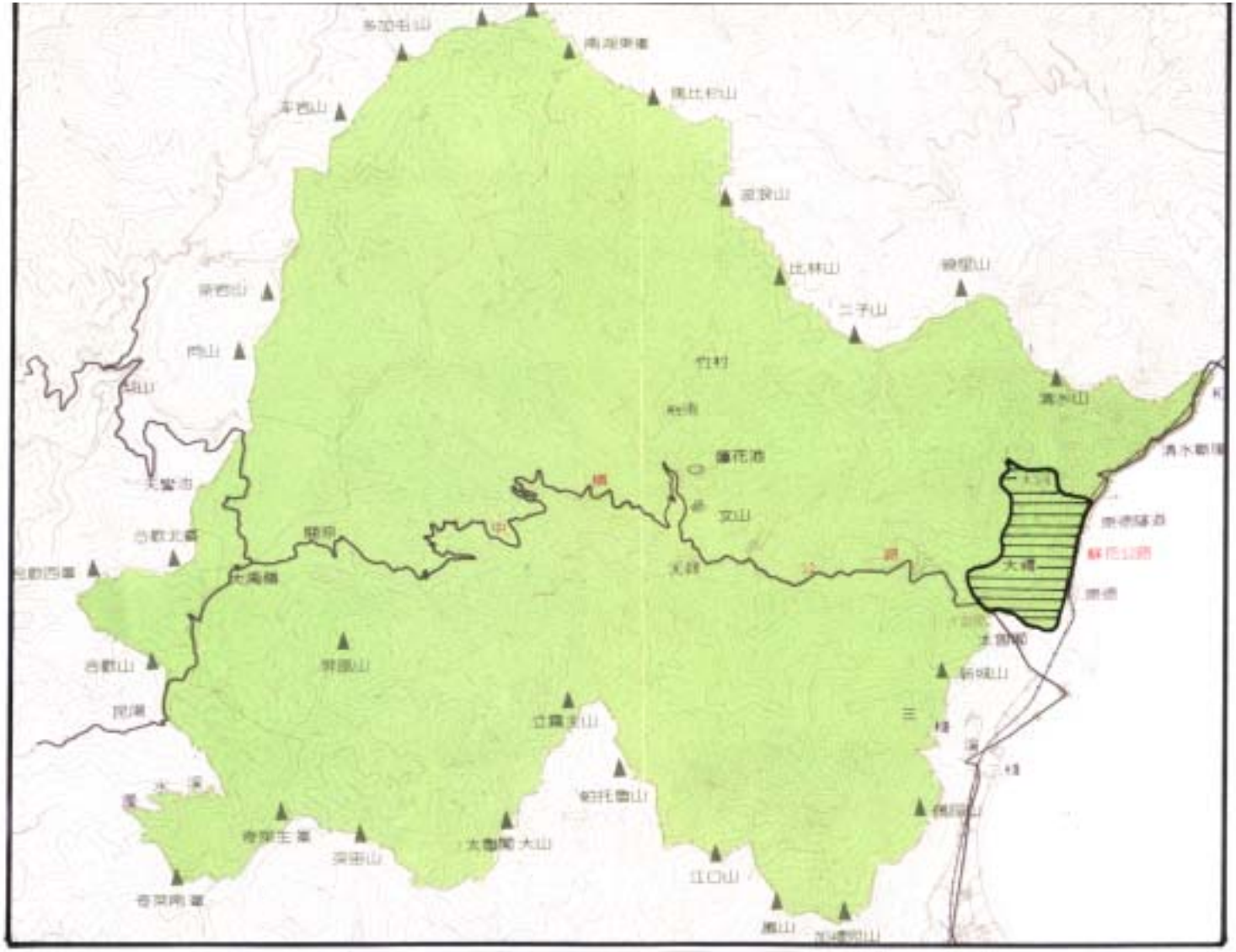
大同和大禮是立霧山上的兩處原住民聚落，目前分別有八戶和六戶人家，以種植蔬菜為主。立霧山乃清水山（EL.2408）向南延伸之山脊，東向太平洋，南側被立霧溪截斷，兩面皆是峭壁，高度在 1,000 公尺至 1,300 公尺之間；西側為砂卡礑溪溪谷西向坡，上緩下陡；陡坡高度在 300 公尺至 500 公尺之間（圖一）。

所以兩個聚落形同位於高位台地上，與山下平原隔著 300 公尺以上高度的陡坡，交通極為不便：人員由路況甚差的山徑上下；貨物則經由林務局昔時搬運木材的索道來往。

大同和大禮交通不便乃險峻之地勢使然，所以狀況並未隨著時代的進步而有所改變，自然影響到當地居民的生活品質。

政府對當地居民的交通困境一向都甚關注，惟因一直無克服險峻地形障礙之良方，以致迄今仍維持其原狀。

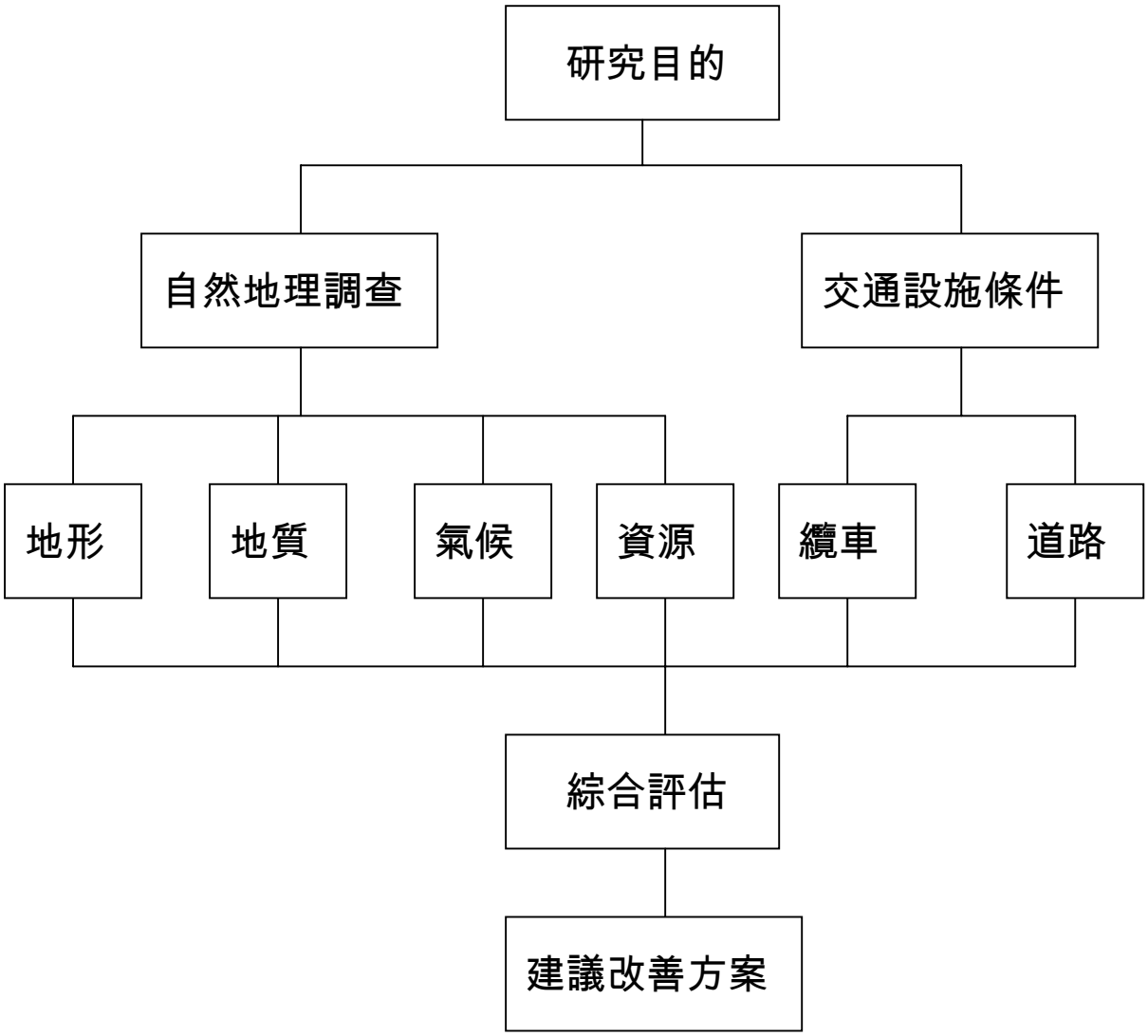
太魯閣國家公園管理處為充分了解改善本區交通之可能性和可行性，因而成立本研究評估計畫，希望藉以得出合理可信之結論，以供規劃改善方案的參考。



圖一、立霧山地區地理位置圖

二、調查研究方法

本計畫調查大同、大禮的自然環境實況，尤其是與設置交通設施有關鍵性影響的地形和地質狀況，並研究可用於本地的可能交通設施種類及其基本需求條件，以與本地之自然條件作綜合性的分析和評估。研究內容與流程如圖二所示：



圖二、研究內容與流程圖

三、自然環境分析

1. 地形分析

（1）地勢：

立霧山山脊長度南北約 5 公里，東西寬約 2.7 公里至 3.5 公里。山脊線海拔自千里眼山的 1,624 公尺至南端嶺頭的 1,059 公尺；自鄰接平地起算的高度與海拔相差無幾，在砂卡礑溪谷約 1,000 公尺；崇德約 1,300 公尺。

（2）山坡：

崇德側的東向坡狀如一面矩形巨大石牆，高度一千公尺以上，長度一直延伸到清水斷崖，而且處處峭壁，坡腳有巨大岩塊堆積，乃崩自陡峭山壁之物。大地震和長期降雨季節是最易發生崩落的時機。

南向坡呈梯形，其東邊高一千公尺，向西遞降至砂卡礑溪溪谷，為峽谷斷壁，其不僅峭壁處處，而且坡面被坑谷、凹坡所切蝕，彌增其地貌的複雜度。

西向坡之上半邊坡為坡度在 30%左右的緩降坡，坡面被數條坑溝所切而呈數個小丘狀，房舍和田地皆擇地勢穩定的山壘而建，故呈分散狀。

照片一、南向坡山勢陡峻，沖蝕、切割作用旺盛。

照片二、房舍和田地皆依地勢穩定之山壘而建。

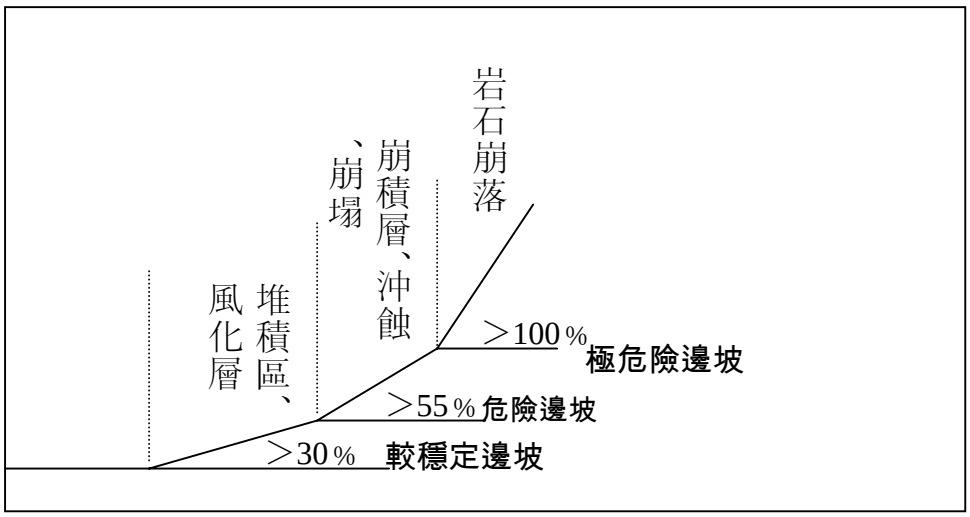
緩坡地下界至砂卡礑溪谷間為高度在二百公尺以上至五百多公尺的峭壁，乃砂卡礑溪河谷下切而成。

西斜坡亦由眾多坑谷所切割，其所形成的地貌的複雜度不遜於南向坡。

照片三、西向坡之地貌複雜度不遜南向坡。

（3）山坡穩定度分析：

山坡穩定度受制於坡度：坡度愈大者易崩，而緩者，則相對較為穩定。坡度和坡面上的崩塌作用如圖三所示。



圖三、山坡地坡度與崩塌作用（張石角，2004）

即：

①坡度大於 100%（45˚°）之山坡，岩石裸露有凌空墜落或跳躍滾落之現象，屬於崩塌敏感度極高的危險邊坡，人類之活動應與之保持安全距離以遠禍。

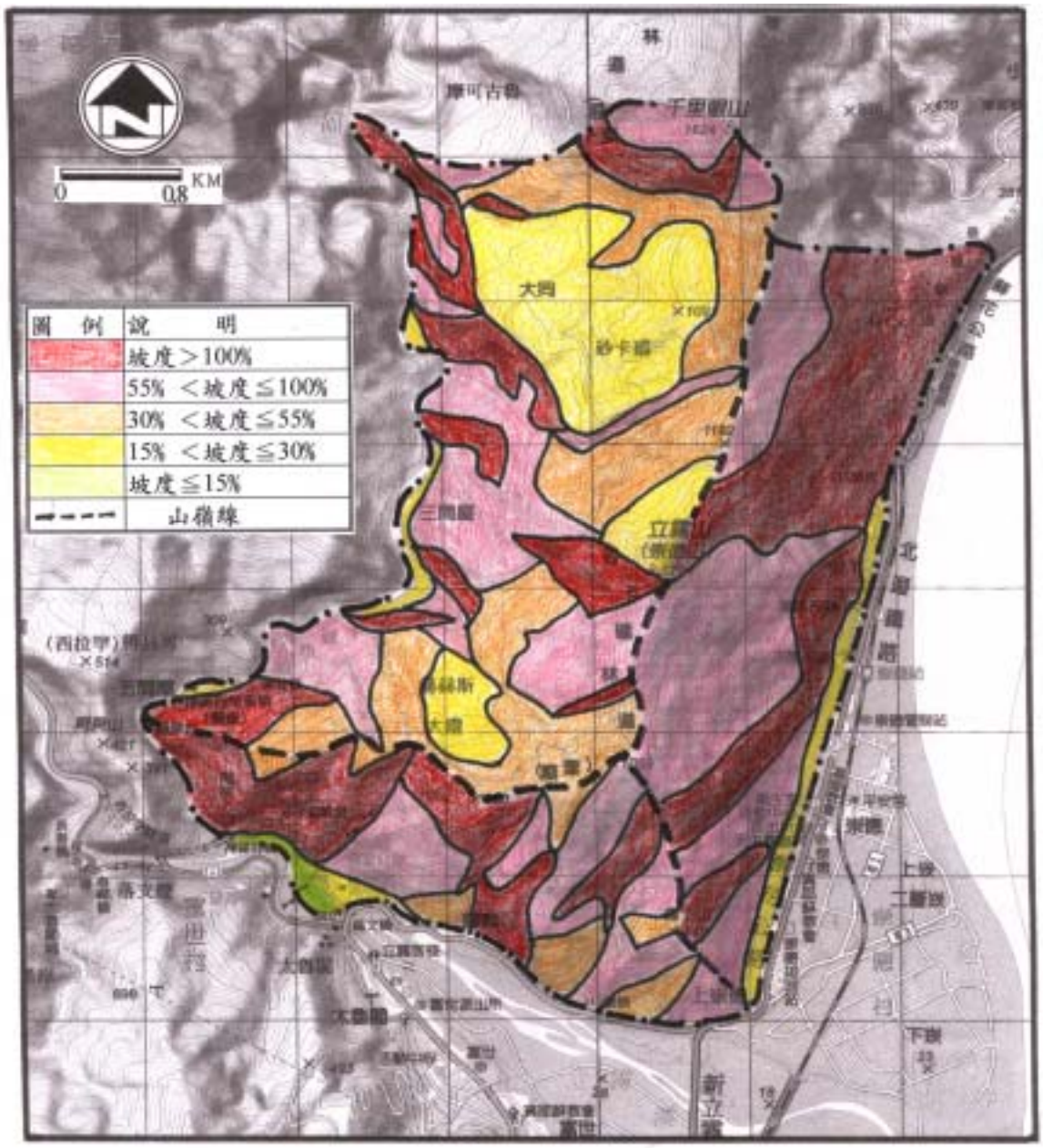
②坡度大於 55%（約 30°˚）之山坡，亦屬於不穩定的邊坡，上覆土壤夾石塊，間有基岩裸露。

③坡度在 30%上下的山坡，則一般為深度風化層，山坡相對較為穩定，故常被開發利用，唯有地表水沖蝕成深溝，溝壁有崩塌的現象。

大同、大禮地區的山坡經以上坡度分類標準分析而得出圖四之坡度分布圖，具體表現立霧山山體坡度的空間變化情況和穩定度。

本圖顯示大同和大禮的緩坡地四面皆被陡坡和峭壁所圍繞，進出必然要通過危險至即危險的陡峭山壁。

大同和大禮所在的緩坡地亦非平整，其坡面受到蝕溝與坑谷之切割而成不連續小丘狀，建地和田地都經過整地，菜園則沿著坡面作粗放之經營。



圖四、立霧山地區坡度分布圖

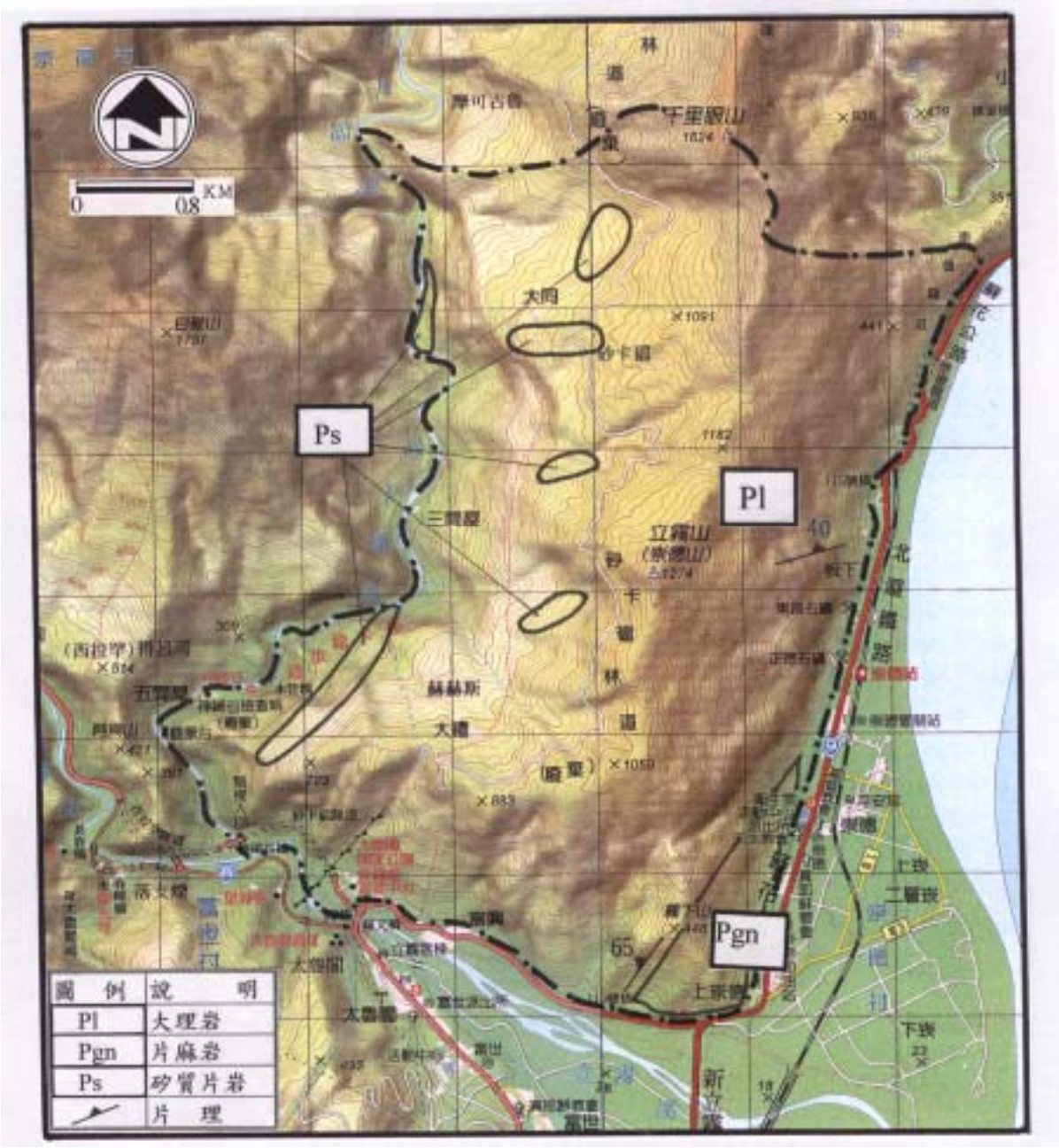
2.地質分析

（1）立霧山與立霧溪南岸的亞泥石灰石礦區同為分布於中央脊樑山脈東斜坡的大理岩（變質石灰岩）岩脈出露於太平洋岸的南端起點；自此至和平溪北岸長約五十公里間形成著名的清水斷崖。蘇花公路穿梭於大理岩體東緣，運輸方便，使此段海岸線成為台灣大理岩石礦的主要生產區。

（2）職此之故，立霧山體幾乎全由堅硬的大理岩體所構成，只於東南角上崇德一隅有片麻岩的出露，以及矽質片岩和黑色片岩局部夾雜於大理岩體內。

各種岩體的分布，如圖五所示。

（3）立霧山大理岩體劈理面(Cleavage)大致呈南北走向，向西傾斜約 30°至 60°，部分幾近垂直。因此在構造地形上，山體之東向坡大致為岩層的反向坡（坡向與岩層傾向相反），而南向坡則為岩層的斜交坡（坡向與岩層傾向斜交或直交）；此二坡向的岩層構造使其地形以陡峭山壁為特徵。山體之西向坡為岩層的順向坡（坡向與岩層傾向一致），其坡面因受層面之控制，坡度遂較其東向坡和南向坡為緩和。緩坡地乃山區重要之土地資源，居民可賴以維生，此乃大同、大禮二部落之所以擇西斜坡而居的原因。



圖五、立霧山地區地質圖

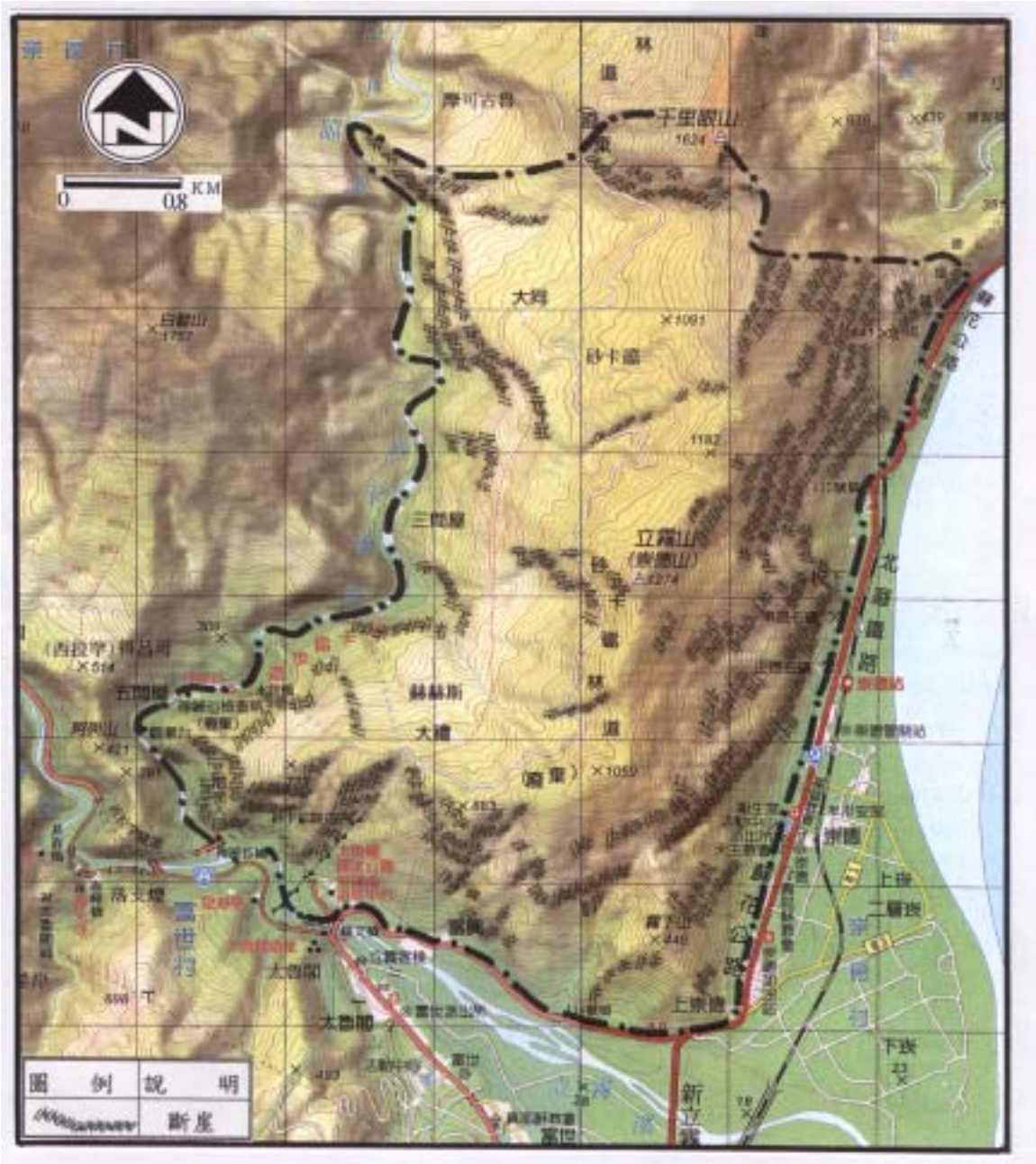
（資料來源：經濟部礦產測勘團，1962）

（4）大理岩體多巨大而厚實，岩質堅硬。由其在距海岸線三公里內就隆起達一千多公尺之高，自不難想像其山體必然挺拔雄偉、壯碩自不難想像。在立霧山凡大理岩出露於地表之處皆呈嶙峋陡峭地貌：東向坡為有名的清水斷崖的一部份，岩體裸露幾無覆土；西向坡近嶺線之山腹雖然發育了大同、大禮兩處緩坡地，其周圍及其下坡仍然是高大大理岩絕壁相望不斷。

所以立霧山東、南、西三面，都是大理岩之斷崖峭壁，而大同、大禮則處此絕壁群中，呈孤立之高原地貌。

立霧山斷崖分布如圖六所示。

（5）斷崖峭壁乃岩石順著岩體中之節理裂隙崩落而成，在地震之強烈搖晃下崩落的大小岩塊堆積在峭壁下和砂卡礑溪溪床上，形成砂卡礑溪的動態地形景觀，見證本地旺盛的崩塌作用。砂卡礑步道山側沿著山麓線堆積的崩積層呈崎嶇不平的緩坡地，目前為原住民種植山蘇的園地。



圖六、立霧山地區斷崖分布圖

（6）大同、大禮所在之緩坡地覆蓋著混雜大小石塊的土壤，乃古早之崩積層經數十萬年來之風化作用而成。

照片四、緩坡地覆蓋著大小石塊混雜之土壤，乃崩積層風化作用所致。

大理岩之化學組成為碳酸鈣（$CaCO_3$），具有容易被酸性雨水或地下水溶蝕的特性。惟此處大理岩體以其岩質緻密，故除露出於地表的岩面和層理表面有小型溶蝕洞穴之外，一般岩面頗為新鮮。

照片五、步徑上出露之小型溶蝕洞穴。

但大理岩崩積層係由大小石塊所構成，石塊間孔隙極多且大，利於水分之停滯和流動，且其堆積物的安息角一般小於 30°（55%），便於土壤長期堆積和生成。具此特性的崩積層，自比整塊大理岩體容易受到水的溶蝕，其結果是岩石中的主要成分 $CaCO_3$ 溶解而去而留下不能溶解的雜質。此地大理岩呈灰黑色，表示其中成分除碳酸鈣（方解石）之外，還含有相當量以黏土礦物為主之雜質。所以在大同、大禮的崩積層，經過數十萬年的風吹雨打的風化作用之後，其最終殘留的產物是黏土和未被完全風化的大理岩和石英質片岩等石塊，如於大同、大禮所見者。

3.氣候概況

大同、大禮並無測候站，故引用綠水氣象站的月平均氣溫、月平均降雨量、降雨日和月平均風速等資料於次。然因大同、大禮處在海拔約八百公尺之山上，瀕臨太平洋，其暴露於大氣作用下之強度遠甚於海拔約四百公尺又深藏於立霧溪溪谷中的綠水，故該資料只供參考而已。

經由日常之觀察，立霧山乃太平洋潮濕空氣的第一道屏障，又高出海面達一千多公尺，是以當水氣較濃時，山頭就埋在一片雲霧當中，故無論氣溫、降雨、風速等氣候條件都應較綠水者為惡劣。在山徑中常見臥倒或傾斜之樹木，可見其風勢之強勁。

表一、大同、大禮地區月平均氣溫統計表

單位：攝氏(℃)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
平均	14.3	15.4	18.5	21.8	24.8	27.0	28.4	28.1	26.4	23.9	20.4	15.5	22.0
最高	20.3	20.7	23.7	26.7	29.1	31.2	33.1	33.0	31.2	29.3	25.9	21.6	27.2
最低	10.4	11.3	13.0	15.5	17.6	19.2	19.5	19.4	18.7	16.0	14.3	11.5	15.5

資料來源：中央氣象局綠水氣象站（民國 71-87 年）

表二、大同、大禮地區月平均降雨量、雨日表

單位：公厘(㎜)、天

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年雨量
平均	42.9	117.5	94.1	92.9	140.6	224.9	429.6	351.3	386.2	247.1	87.5	30.1	2244.7
雨日	10	13	12	11	13	13	9	10	11	8	9	6	

資料來源：中央氣象局綠水氣象站（民國 71-87 年）

表三、大同、大禮地區月平均風速、月最大風速表

單位：公尺/秒

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均風速	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.8	0.5	0.3	0.3	0.3	0.4
最大風速	5.4	5.8	5.7	6.0	6.3	6.3	8.4	6.6	7.2	5.6	4.8	5.3

資料來源：中央氣象局綠水氣象站（民國 71-87 年）

照片六、水氣濃厚時，雲霧籠罩整遍山野。

4.植被與景觀

植物乃生態之主元素(Main element), 所謂「樹倒猢猻散」, 即足以說明動物依賴植物為生，並以之建立生態系的機制。

立霧山山勢高聳險峻，除大同、大禮緩坡地為農耕地、竹林和一部份的人工林以外，其他陡峭地區幾乎全為天然雜木。其中東斜坡平直陡峻，堅硬岩壁出露面積大，又是逆風面，所以植物較為單純；南斜坡和西斜坡以峭壁與山谷進出頻繁，裸岩與崩積層相間，其複雜的地形和砂卡礑溪峽谷陰濕環境，孕育多樣而豐富的植物群落，構成多彩而蓊鬱的的熱帶雨林（年雨量多於二千公厘）生態系。

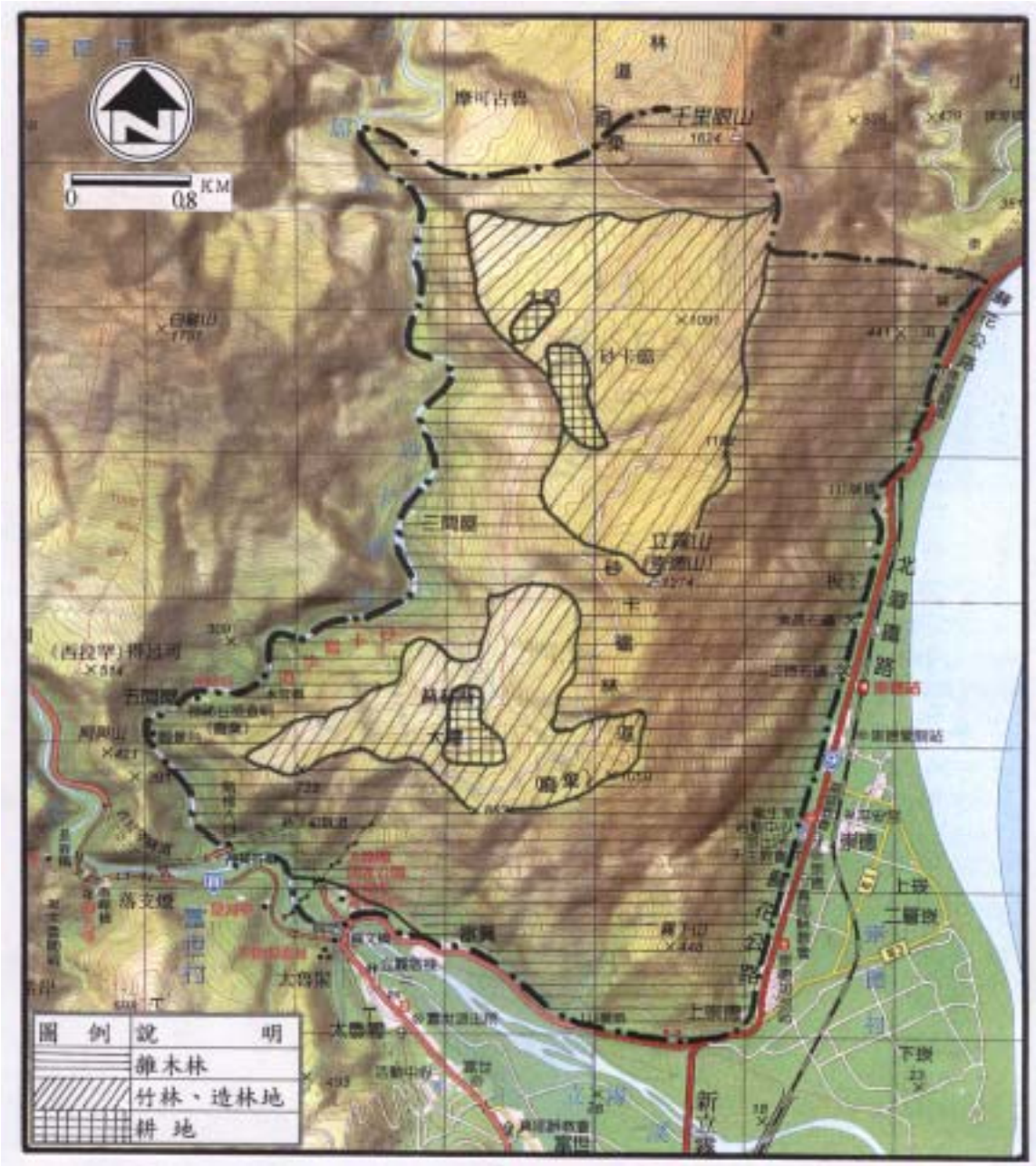
照片七、豐富的植物群落構成的熱帶雨林生態系。

尤其可貴的是，在大禮與三間屋之間陡坡上的筆筒樹和台灣桫欏為主體所構成的樹蕨純林，其景觀宛若侏儸紀的植物群落，至為可貴。

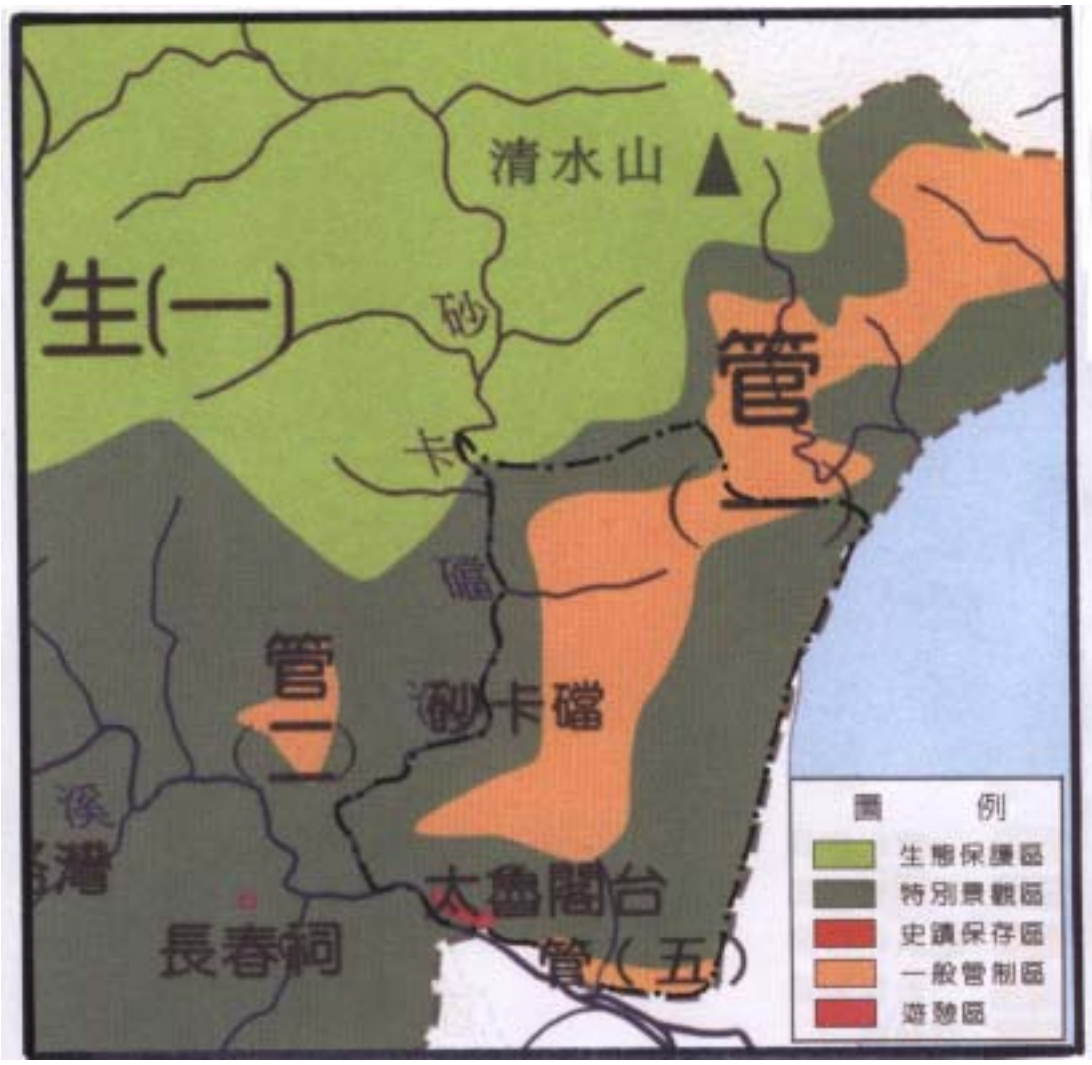
照片八、位於大禮與三間屋之間的樹蕨純林。

研究區內植被種類與地形有密切之關係，據田野調查，其大致之分布情況，如圖七所示。

豐富而多樣的植物環境即為多樣的動物品類的溫床，其所構成的生物多樣性自然系統至為珍貴，所以被劃為國家公園的特別景觀區；相對的，大同、大禮及其附近已開發的緩坡區則劃為一般管制區（圖八），以供居民利用。



圖七、立霧山地區植被分布圖



圖八、立霧山地區土地使用分區圖

（資料來源：太魯閣國家公園計畫（第二次通盤檢討））

5.大同、大禮地區之自然資源

（1）土地資源

大同、大禮坡度小於 30%之緩坡地在圖上的面積雖然分別約有 80 公頃和 28 公頃，然而由於其地表都是由古代崩積風化的土壤夾石塊所構成，石塊含量頗不規則，加上長年的逕流沖蝕、崩塌、坑溝切割等，而使其整體地貌呈顯丘壑相同之土丘狀，其實際使用面積，扣除坑溝陡坡，各約只得其四分之一或更少。房屋基地和耕作地都避開坑溝而位於土丘等比較安定和不受溝壁沖刷崩塌影響之處。建築基地都須整修成階段狀，其規模也僅足容一戶，故鄰舍都不在同一坵塊上，而作零星分散。菜園多數在山坡上，經營頗為粗放，除小面積種植蕎頭者較有經營管理外，部分呈半荒廢狀。而教堂零落，牖戶上鎖，長住人口不多，僅見青壯夫婦和幼兒，學齡兒童和老年人已移住平地，所以整個村落景象可以「荒涼」兩字形容。此地居民以農為主，其境況足見其農業資源之貧乏。

照片九、菜園多沿山坡開墾經營。

照片十、蕎頭乃目前較有經營管理之農作物。

（2）景觀休閒資源

景觀休閒資源要素有四：

①景點；

②賞景點；

③能見度：

④環狀林間或水濱休閒步道。

大同、大禮的零落山村雖然頗富野趣，但上述四要素卻無一齊備。此因村落耕地及林木稀少，雖有大片竹林卻因缺少經營管理而雜亂，而且坡度也在 40～50%以上，並不適合作為休閒步道。除此之外，視野內並無名山大川映入眼簾，此因村落被雜木、造林地、竹林等遮住大部分視線，唯有砂卡礑溪對岸的翠巒在經常出現的山嵐中時隱時現，能見度不算良好。由此可知，大同、大禮在客觀的自然條件下，並無發展成有規模的景觀休閒區的潛力。

照片十一、砂卡礑溪對岸之翠巒在山嵐中時隱時現。

然而山下的砂卡礑步道不僅地質風景秀麗，除有峽谷地形外，其萬綠翠巒和高枝啼鳥以及路側蜜源花叢中飛翔起落的大紅紋鳳蝶、青斑鳳蝶、黃裳鳳蝶，更使此自然情景宛若世外；砂卡礑步道也因此成為太魯閣國家公園中景觀品質高、安全性高、自然度高的全民步道，其不容破壞殆無可疑。

照片十二、砂卡礑步道眺望之峽谷地形。

照片十三、砂卡礑步道上花叢中的黃裳鳳蝶。

照片十四、砂卡礑步道溪岸地質景致變化多端。

四、本區交通設施歷史回顧與課題

1.歷史回顧

早期林務局為採伐清水山區林木，便自大禮附近沿立霧山嶺線西側開闢砂卡礑林道通至清水山西北之曉星山（EL.2645）附近。由於無法克服路線通過處的峭壁，故分別於馱彌陀山（EL.2360）和太魯閣口設置兩階索道，補助中斷之林道，才能夠將木材運出。當林業風光時期，林務單位握有豐沛資源卻仍以索道代替車道，可見車道欲通過峭壁，實有人力所不能克服者。目前林業開採業已停止，林道業已廢棄，唯以索道上下大同、大禮以及大同、大禮間之林道迄今仍由居民沿用維修，以運輸器材和農作物，而人員仍須徒步循路況不佳的山徑上下近一千公尺，其路途之艱辛，即使是善於山地生活之居民亦視為畏途，而雨季時情況更為險惡。

由此可知，居民期盼政府協助其改善交通狀況，而尤以開闢產業道路，使人、貨皆可自主一體通行於太魯閣口與大同、大禮之間最為理想的想法，是可以理解和同情，而為本研究計畫探討之課題。

但林業經營全盛時期，從業人員多、木材運輸需求大，當時開闢直達平地之產業道路之使用效益必甚可觀，卻仍一直以索道為其林道之終點，其原因今日依然存在，是否已有經濟可行之方，乃問題癥結之所在。

2.大同、大禮改善交通狀況之自然環境課題

立霧山的自然環境乃本區設置道路等交通設施之關鍵性技術因素，其相關課題有下列四項：

（1）巨大之地形落差：自起點之平地至終點之村落，地形高差在沙卡礑溪谷側約有 800 公尺；其在南坡或東坡側者則在 1,000 公尺以上，而水平距離則在一千三百公尺左右，可見其坡度甚陡。

（2）高大而斷續之絕壁：立霧山東、南、西三面可能設置交通設施之山坡，隨處有高度在二、三百公尺之峭壁、山凹等障礙性地形（圖九），構成開闢道路難以踰越之障礙。

（3）龐大而堅硬的大理岩體：橫亙於路線上的堅實大理石唯有使用炸藥才能開挖。此將使岩體破碎，山體搖動，極可能構成人為崩塌之誘因，其潛勢與規模頗難預料。

（4）完整而豐富之熱帶雨林生態系：在大同、大禮緩坡地以外之地區，其熱帶雨林已被規劃為國家公園之特別景觀區，而受到國家公園法之保護，其現狀之改變亦自為大眾所關注而有相當之難度。

換言之，本區之自然環境對開闢交通設施而言並非友善，其克服之方攸關本案之可行性。

圖九立霧山地區山坡、坑谷分布圖

五、交通設施可行性評估

1.交通設施之益本比

交通設施對地方之生產、就業、經濟和生活等條件之改善都有鉅大之貢獻，所以完善之路網建設向為國家發展之基礎建設。

惟任何交通建設都是為人為存在的。所以有人之處始有運輸，而人口愈多之處，人貨之運輸便愈頻繁，設置便捷之交通設施的需求便愈大；反之，則無設置之必要。職此之故，交通設施之需求及其運用效果乃交通設施之效益（Benefit）之所在。

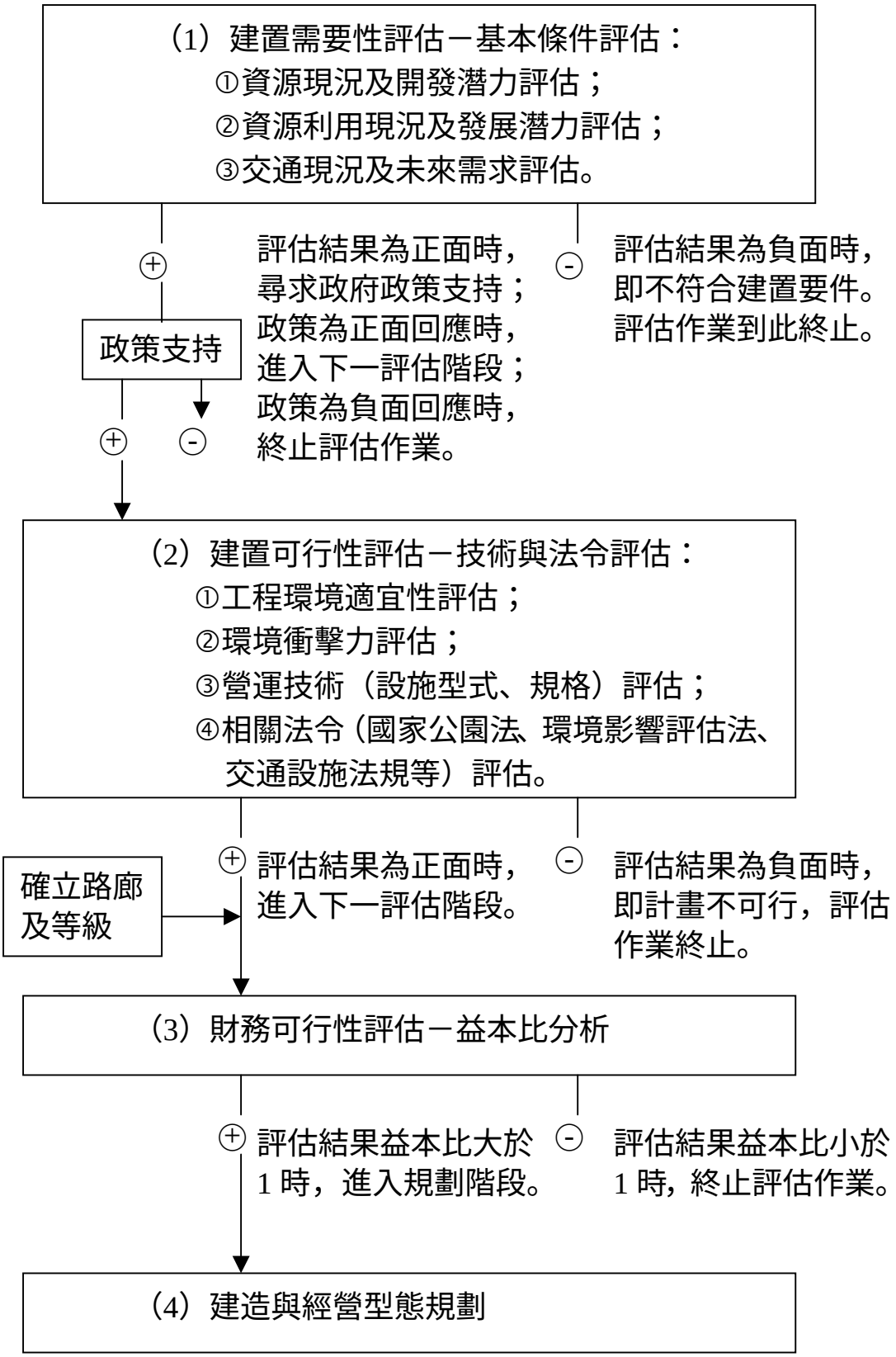
交通設施之造價、維護與安全則是交通設施之成本（Cost）所在。交通設施等級和路線通過區之自然環境兩者決定成本之大小。當交通功能為一定時，建造與營運成本則取決於路廊之自然環境。所以山區自然環境之優劣決定其交通設施之成本。效益大而成本低之公共建設便易可行；效益小而成本高者難度亦高。

國家公共建設實施之前，進行效益與成本分析（即所謂的益本比），以決定其可行性，旨在避免初期投資建設之後，不致由於使用率偏低或維護費用過高，或安全風險大而危及使用者之基本權益等而廢棄，使其既未能達成造福鄉梓之初衷，反成政府沉重之財政負擔而導致公帑之浪費。

交通建設的益本比分析原理簡單易曉，即以前述交通設施需求和運用效果所創造的利益除以該設施之建造和營運所付出之代價：以其值大於 1 者為佳，而小於 1 者則不可行。

2.交通設施之可行性評估

具有規模的交通設施之可行性評估一般係遵循圖十之模式分階段逐步進行，視每階段之評估結果以定評估作業之行止。之所以採此套評估方式是在避免條件不足之方案作全套評估和規劃作業的耗資費時。



圖十、交通設施之可行性評估模式（張石角，2004）

六、大同、大禮建置交通設施需要性評估 - 基本條件評估

本文所稱之交通設施係指大同、大禮居民表達最希望之產業道路和於面對陡坡絕壁時，唯一能解決運輸問題的架空纜車等二項須有相當投資之設施而言。

茲分就架空纜車和產業道路建置之需要性（基本條件）分別評估於下：

1. 架空纜車

架空纜車屬於高科技、營運系統複雜，而且營運管理與系統維護稍有疏失時，就極有可能發生人員傷亡之嚴重事故的交通系統，所以需要極為龐大的投資。因此除非纜車系統之建置足以吸引的遊客數量能夠達到經濟規模，否則是沒有建置之可能性。職此之故，纜車一般設置於已然是國家級以上的觀光據點，或可望開發成同等級的觀光據點。

（1）建置需要性評估

①大同、大禮的自然資源現況及其開發潛力評估：

大同、大禮兩個村落乃土力貧脊之地，可耕之地零星而分散，無優質之景點和賞景點，資源現狀貧乏，也未發現尚有足以開發之景觀資源，所以缺少農業與景觀之開發潛力。

②資源利用現況與發展潛力評估：

目前其土地利用相當粗放：農業方面以農地貧瘠，規模小而分散，不具與平地之競爭力，所以農地多處呈荒廢狀態。本身無甚景觀資源，而且能見度偏低而有礙賞景活動，故於往清水山步道經太魯閣國家公園管理處整理後，天氣晴朗時，每月約有二十人上下的登山客通過，但不曾夜宿。

由於遊客到此以攀登清水山為主，屬於過客，並非在村中逗留漫遊，故迄今尚未有民宿之發展。而且由於上下各一千公尺，路途遙遠，當地景色也非特殊突出，故未來吸引更多人來此地，或發展成熱門大眾遊憩潛力的可能性似乎不高。

③交通現況及未來需求評估：

目前尚稱便捷，惟人員須循路況不佳之山徑上下；貨物由架設於管理處區內至大禮嶺線之簡易索道承擔，自是不便。

由目前兩村落農地呈半荒廢狀態，以及長住戶數不多，唯見青年夫婦和幼兒，遊客更少，故可預見之未來對此複雜交通設施之需求幾乎為零，是以顯然無建置纜車之需求性。

以上之評述足可否定大同、大禮地區建置纜車的需要性，因此關於設置纜車的評估作業應可終止於此一階段，而無需進入下一階段的評估作業。

2. 產業道路

(1) 建置需要性評估

①現況

由本文前面各章之分析可知:本區缺少優質觀光休閒資源,而農業資源也乏善可陳,因此賴以維生的人口也屈指可數。據知目前索道使用率平均日約六趟,因此對貨物運輸的需求性和迫切性不大。人員運輸方面,由於常住山上人口在大同、大禮合計恐不多於二十人,其中婦女與幼童上下山之需要性少,而青壯年多循索道線下之山徑上下山,每趟需時約一小時左右,而較少使用比較費時的太魯閣國家公園管理處之「之」型步道,因此人員對交通需求亦非迫切。

②道路需求

大同、大禮生活和生產物資之上下使用索道運輸,每趟費時約 3~5 分鐘,費用約三百元,尚稱便捷,因此興建產業道路最大的利益似乎非在貨物之運送,而在人員:人員若能以車輛上下山,而不必長途跋涉,自是一件樂事。但道路因需求而生,大同、大禮由於資源貧乏,人民生活水準普遍提高,遂使山村人口流失而減少其交通之需求量。此外大同、大禮與平地之間屬陡坡峭壁,途中別無聚落或生產據點,因此使所開闢之道路的服務範圍被侷限於起迄點,功能可謂極其有限。

基於以上道路需求性和服務效益的分析，初步研判大同、大禮設置產業道路之計畫其不甚符合一般之評估標準甚明。

(2)建置可行性評估原則

①基本政策：

政府照顧原住民族為既定之政策，所以只要有助於提昇當地居民福祉之公共建設，可暫不計客觀交通需求性之大小。本文因此設定開闢大同、大禮產業道路已為中央政策，而進入下一階段之建置可行性的評估，以進一步瞭解在本區設置產業道路對當地居民所能產生的實際效益。

②評估標的：

本評估是假定道路之開闢與常年維修之費用皆由政府承擔之情況下，以其對當地居民之實質利益為評估之標的。

開闢本地產業道路之目的既已定位於增進當地居民之福祉，則從實用之觀點言，唯有所開闢之產業道路能夠兼具「安全」、「便捷」、「經濟」和「效率」等四項功能，才能使居民獲得實質之益處；且唯有此四項要素同時俱足，方不致使所開闢之道路淪為聊備一格之廢物。

③評估對象：

砂卡礑溪左岸三間屋上坡為本區條件最佳之路廊，亦為秀林鄉鄉公所所規劃之路線。

（3）本區條件最佳路廊之實質評估

①安全性：

安全性乃道路的基本要求：若因使用道路而需承擔較現狀為高的生命與財物損失的風險，則恐會令居民望而卻步而使道路閒置。但如前述，山區道路之安全性主要受限於路廊之地形和地質條件，尤其是坡度和邊坡穩定度關係行車安全最鉅。

山區道路為克服兩地點間之高差，必然須有縱坡度之設計，而依據「中國工程師手冊」（1972）土木類第十篇「公路」之資料（表 4.12）道路縱坡度與行車安全有如下之關係。

表四、道路縱坡度與行車安全之關係表

縱坡度（%）	小於 4%	4%～6%	6%～8%
車禍（以百萬車公里計之）	0.6	1.9	2.1

（資料來源：中國工程師手冊－土木類（第十篇））

本資料顯示行車安全隨道路縱坡度之增大而降低；當道路之坡度在 6～8%時，行車風險約 4%以下之四倍。

山區道路之縱坡度依道路等級和地形分區訂有最大縱坡度之設計標準，我國現行標準如下表所示：

表五、最大縱坡度標準

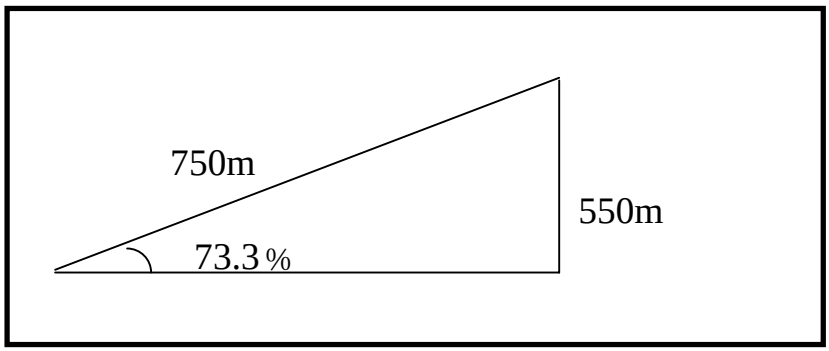
公路分級	最大縱坡度（%）		
	平原區	丘陵區	山嶺區
超級路	3	3	4
一、二、三級路	3	4	5
四級路	4	6	7
五級路	5	7	9
六、七級路	5	8	10

（資料來源：中國工程師手冊 - 土木類（第十篇））

農路（含產業道路、農用道路、林道等）設計標準， 依農委會「農路設計規範」: 若取設計行車速度為 20Km/hr 的二級農路標準，則最大坡度不得超過 12%。本區地形坡度大，所規劃之最大縱坡度必大於 10%，因此其發生車禍之機率恐在平地之五、六倍以上。高縱坡之道路除車禍發生機率增加之外，由於高傾斜路廊之行車多發生翻落懸崖峭壁之事故，故車禍嚴重性也甚大。

本區最佳之產業道路路廊係位於砂卡礑溪左岸三間屋之山坡。依秀林鄉鄉公所所設計之路線圖，其在一萬分之一相片基本圖上之「之」型道路路廊寬約四百至四百五十公尺，高差約五百五十公尺，水平距離七百五十公尺，故路廊山坡之平均坡度達 73.3%（36°），共設十個路段九個迴頭彎。就圖上（圖十一）得之各路段平均縱坡度如下表所示：

圖十一、秀林鄉鄉公所建議路線規劃圖



圖十二、秀林鄉鄉公所建議路線路廊平均坡度示意圖

表六、大同、大禮產業道路「之」型路廊區路段設計平均坡度

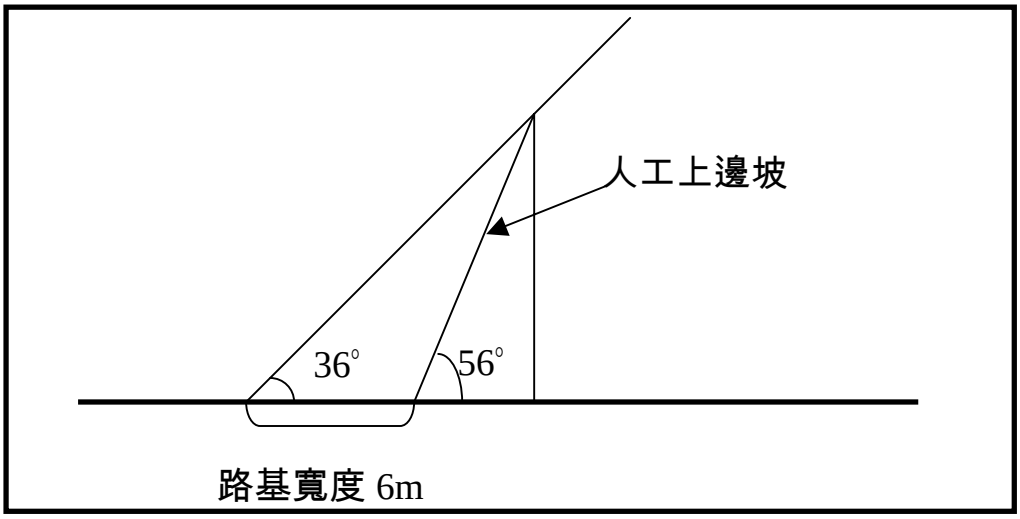
	路段編號	平均縱坡度（%）	路段長度（m）	各該縱坡度最大路長（m）	最大限制長度/緩和區段數
之型路廊區	1	6.3	800	500	1
	2	10	500	150	3
	3	16/12	500/671 *	×/100 *	×/6 *
	4	11	450	100	4
	5	14/12	500/581 *	×/100 *	×/5 *
	6	10	550	150	3
	7	10.5	480	150	3
	8	8	620	250	2
	9	14/12	500/587 *	×/100 *	×/5 *
	10	4	550	-	-
	小 計		5,450/5,795 *		16/32 *
至大禮	大 禮	5.7	1,400	700	1
至林道	林 道	6.4	1,100	500	1
合 計		7950m			18/34 *

* 修改該路段之縱坡度為 12%之後所增加之路長及緩和區段數。

此表顯示：

a. 在十個路段中，有三個路段共長 1,500 公尺，其縱坡度超過 12%之設計規範上限，而分別達到 16%、14%、14%。

b. 其次，路廊所在之山坡其平均坡度高達 74%（36°），設單車道路基寬度 5 公尺連同兩側路肩共 6 公尺，則依照山區道路安全開挖邊坡圖解法，其人工邊坡坡度達 150%（56°）。



圖十三、秀林鄉鄉公所建議路線人工邊坡坡度示意圖

根據中外經驗，45°以上之邊坡乃發生崩塌之危險邊坡。如是則三間屋產業道路路廊自邊坡穩定觀點亦屬不安全。更何況本區乃台灣地震最頻繁之強震區和颱風經過之路線，其對該道路之使用者而言乃極大之潛在危險，蓋豪雨與地震時隨時可能使該道路發生災難性之崩塌。

②便捷性：

交通設施貴在便捷。故若所設置之產業道路較諸現狀其便捷性偏低時，當不為居民所歡迎乃自然之理。假定秀林鄉鄉公所之規劃完全合乎規範，則自大禮至三間屋之路

長約七公里，自林道終點至三間屋約八公里，以設計車速 20km/hr，則分別需時 21 分鐘和 24 分鐘，而三間屋至砂卡礑步道起點約四公里，行車需時 12 分鐘，故合計分別為 33 分鐘和 36 分鐘，乃經由索道十倍之時間。

實際上如表六所示，除三個路段共計 1,500 公尺之縱坡度超過設計標準而須延長其路線以降低其縱坡度至標準以內外，路廊中另有六個路段，連同連接至大禮和林道終點之二個路段，共八個路段之實際路長亦超過各該路段縱坡度規定之最大限制長度而須設置縱坡度不得大於 4%長度不得小於 50 公尺之緩和區。單計算符合設計標準之八個路段就共須設緩和區十八段，每段姑且以最短之 50 公尺計算須增加 800 公尺，而縱坡度降為 4%時，其路長亦須增加。以 12%之縱坡度路段計算，當降為 4%時，其路長須為原長之三倍，以平均兩倍計算約需增加路長 1600 公尺，其行車時間須增加 5 分鐘，而使總行車時間增為 38 分鐘和 41 分鐘。

如表六所示：若「之」型路廊要全線符合最大設計縱坡度 12%時，則須增加路長 795m，連同緩和區 3,200m(32 段×2) 共須比原規劃增加 4,000m，而達到 9，450m。故單在路廊內之行車時間就達 30 分鐘，再加上前後 6.5 公里之 20 分鐘行車時間共計 50 分鐘，其間尚未計算以 400 公尺路廊寬度容納 10 公里長之道路，最少需分成 25 個

「之」型路段和 25 的迴頭彎的減速和在闢車道的停留時間，故其不便捷性由此可知。

③經濟性：

使用產業道路而產生利不及費的結果，也會使有心利用者望之卻步。根據公路規劃資料：車輛折損率和汽車燃料消耗量是與道路之縱坡度有必然之關係。

茲以 5 噸卡車為例，行駛於山坡地與行駛於平地者之車輛相較，各項消耗如表七所示。

表七、行駛於山坡地與平地者之車輛各項消耗比較

項　　目	縱坡度（%）	平地（100%）
燃料消耗	8	400
輪胎磨耗	8	200
車輛折損率	8	270

（資料來源：中國工程師手冊 - 土木類（第十篇））

本區之產業道路其平均縱坡度應不低於 8%，故行駛之車輛其各項之消耗率為平地之二至四倍，而所運輸之農產品其價格又非為平地生產者之二至四倍，則本產業道路之利用必然將導致農民利潤降低甚多殆無可疑。在此種情況下，即使產業道路已開闢通車，農民因其利不及費會否捨道路而仍就索道則不無可疑。

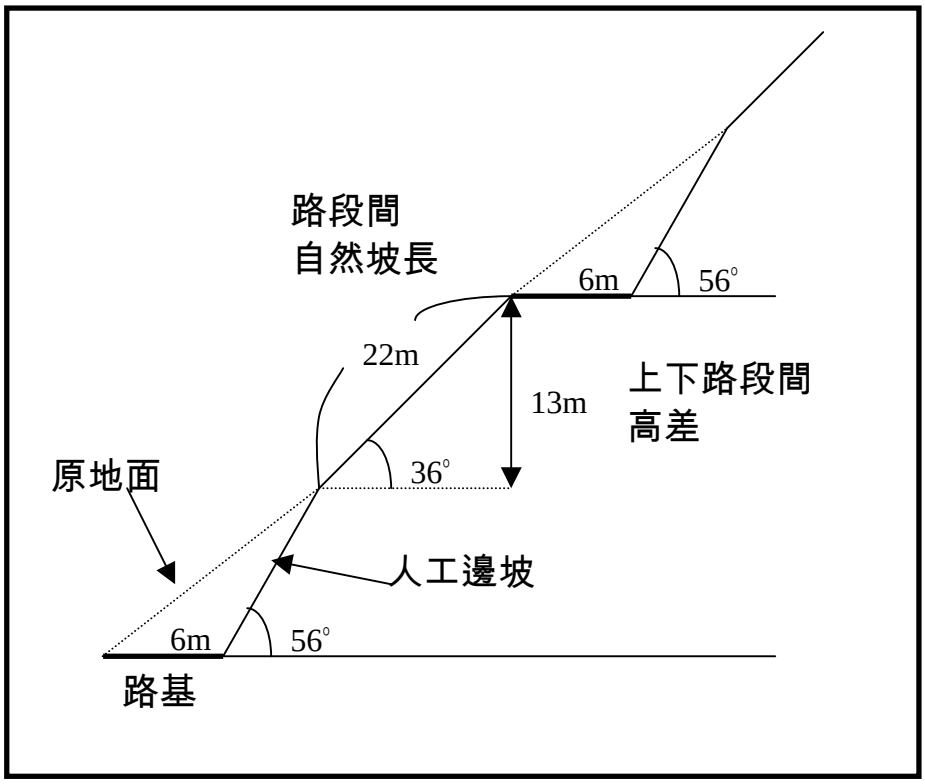
④效率性：

道路貴在四時及雨晴暢通無阻。道路若遇需用時不通，其無效率不可言喻。道路乃由點連接而成之線狀物，其中任何一點斷裂，全線立即中斷不通。

本產業道路若依規範設計，則其在最脆弱之路廊區全長即達 10 公里，而且在 400 公尺寬，高差 550 公尺的路廊內要容納 25 條路段，其上下兩段間之高差只有 22 公尺。以路基寬度為六公尺計算，其人工邊坡高度即達 9 公尺，所剩 13 公尺高之斜坡長度 22 公尺（圖十四），理論上仍為維持原植生覆蓋之原地面，實際上將於開闢道路時悉遭開路破壞，而全路廊成為易崩易塌之危險地區。

在容易崩塌的 36°原邊坡和危險的 56°人工邊坡的情況下，整個路廊在頻發的地震和颱風豪雨的誘導下，不時有崩塌中斷現象殆亦難哉。

因此，本產業道路從路廊之地形和地質條件、道路開闢所形成的人工環境以及本區特殊頻繁之崩塌誘因等三因素之綜合研判所獲致知結論是：本產業道路即使如願開闢，當將常陷於中段之狀態。而當政府無力頻頻維修，以維持其暢通時，勢不能被農民視為可靠之運輸路徑而加以利用。



圖十四、依農路設計規範之標準所規劃之路廊開挖剖面示意圖

以上是從對產業道路抱有殷切期盼的居民必然十分關注的安全性、便捷性、經濟性和效率性等四個課題，分析這條產業道路之功能，結論是：在本區惡劣的天然條件的限制下，即使選擇本區最佳路廊所興建的道路，也不可能產生對居民有利的結果。換言之，本產業道路即使開闢，對當地居民並無任何實質之效益。這表示本研究未通過建置產業道路之工程環境適宜性評估，即道路計畫不可行，依「圖十、交通設施之可行性評估模式」(p.31)評估作業將止於此處。

七、結論與建議

（一）結論

1. 本研究調查和分析大同、大禮對外交通困難之因素，認為本區平地至大同、大禮間之巨大之地形落差、高大而斷續之絕壁、龐大而堅硬之岩體以及路廊完整而豐富之熱帶與林生態等四項因子乃主要須有克服良方的障礙；其前三項更根本影響道路之安全性、便捷性、經濟性與效率性，與使用者有切身的利害關係。

2. 為使本區交通改善方案之評估合理化並符合客觀和科學為原則，本研究建立「交通設施之可行性評估模式」藉以進行所需之調查、分析工作和評估作業程序。

3. 本研究設定架空纜車和產業道路為二個可行之改善方案，並分別進行評估。其中架空纜車明顯缺少建置之基本條件，是以評估作業止於第一階段。

   產業道路乃當地居民之期盼，故在中央政策支持的假定下，評估作業進行至技術可行性評估。

4. 產業道路之評估係以本區地形上最適之地點，同時也是秀林鄉鄉公所所建議之三間屋路廊為評估之對象。

本區由於農業資源貧乏農產品少，長住居民亦不多，因此並無需開闢產業的需求性。然為進一步了解開闢產業道路對當地居民之實質效益，本研究暫時不計該道路之興建與維護之成本，從二級農路規範和三間屋路廊之地形計算產業道路之縱坡度、總長度等道路之受限制條件評估居民使用該道路之安全性、便捷性、經濟性及效率性。

評估結果顯示：即使開闢該道路，居民頗難從而獲得實質之利益，最終很可能仍須依賴索道作為貨物上下的運輸工具。

5.基於以上之分析，本研究認為：自工程地形和地質之觀點，大同、大禮聯外交通設施工程之新建，明顯不具可行性。

（二） 建議

1. 本研究之結論雖然不建議新建大同、大禮之聯外道路，卻認為其交通現況應作積極性之改善，以提高大同、大禮地區之人員與貨物通行之安全性和便捷性，並藉以促進本區登山休閒活動以增進居民之福祉。

2. 交通現況之改善包括以下三項：

   （1）維持和改善索道之安全與服務品質：索道為居民生活和生產資財唯一便捷之運輸工具，應朝安全性、便捷性和效率性改善。

   （2）維持和改善大同與大禮間林道之安全與服務品質：大同距大禮流籠頭約有八公里之遙，途中有陡坡和坑溝，其路況尚有待加強以使其四時通行無阻。

   （3）積極規劃改善管理處至大禮及大禮至三間屋之步道，包括供一般遊客使用之「之」型步道和當地居民及登山客使用之索道下捷徑，而以提昇其成為全天候安全而舒適之步道為近程目標，而以增進休閒、賞景等設施和規劃遊憩活動為經常性目標。

尤其大禮至三間屋之步道上，棧橋殘破並有二至三路段地滑而坡陡，皆極具危險性，而以雨季為然，故其整修有極高之需要性和迫切性。

管理處 - 大禮 - 三間屋 - 神秘谷橋已可構成半環狀步道，其整建極有助於大禮和大同兩村落成為二天一宿之休閒區。故其整修應採人性化之規劃，其原則是遊客於途中感覺體力有須支援之時，該處就有對應設施伺候。其法是以中老人中等體力之遊客為先導，記下舉步維艱之路段和須佇步喘息之處，以作為規劃設置對設施之依據。

（4）大禮、大同地形複雜、步道錯綜，建議區內進行休憩和賞景資源之調查和規劃，並設置明顯指標無遊客有迷途之虞。

（5）為落實對大同、大禮居民之照顧，政府應就以上建議改善之項目，以專案方式進行通盤規劃和施工。

照片十五、管理處至大禮間索道下捷徑路況崎嶇，應於適當地點加設棧道、扶梯等安全設施。

照片十六、索道之安全與服務品質宜加改善，以提高運輸之效率性。

照片十七、顧及安全性，大禮至三間屋間有幾座危橋，宜加整修。

照片十八、大禮至三間屋間步道，逢雨或雨季時路況泥濘易打滑，宜加設棧道等加以改善。

照片十九、管理處至大禮間步道陡坡區可設人工階梯加以改善。

照片二十、大禮至三間屋步道之危橋可以鋼橋改善。