臺灣日本水利技術交流研討會

－以烏山頭水庫興建周邊設施之增建及灌區輪作制度之實施成效－

論文集

2018/08.31

烏山頭湖境會館

台南市官田區嘉南里92號

目　錄

議程表.....1

烏山頭ダムの八田技師設計理念について
中川　耕二.....3

為烏山頭水庫永續經營之週邊設施後續改善措施
林得志.....17

臺灣水庫經營有效管理-土砂防治及排砂作為
林元鵬.....37

農地の土壌物理的環境-水田と畑地の粗孔隙-
成岡　市.....61

烏山頭水庫灌區輪作制度實施成果
許勝雄.....91

「台灣日本水利技術交流研討會」

－以烏山頭水庫興建周邊設施之增建及灌區輪作制度之實施成效－

議程表

時間：2018 年 8 月 31 日　　地點：烏山頭湖境會館

時間	項目	主講人	主持人	口譯人
08:00~08:30	報到		本會會務組	
08:40~08:50	致歡迎詞		邱秋林 本會董事長	
08:50~09:00	貴賓致詞		經濟部水利署 賴建信署長	
09:00~09:50	烏山頭ダムの八田技師設計理念について	中川 耕二 台湾と友好の会會員	黃金山 本會董事兼執行長	甘俊二 本會顧問
09:50~10:05	討論	中川 耕二	黃金山	甘俊二
10:05~10:15	coffee time			
10:15~11:05	為烏山頭水庫永續經營之週邊設施後續改善措施	林得志 本會董事	黃金山	甘俊二
11:05~11:55	臺灣水庫經營有效管理-土砂防治及排砂作為	林元鵬 水利署副總工程司	黃金山	甘俊二
11:55~12:15	討論	林得志 林元鵬	黃金山	甘俊二
12:15~13:10	午餐時間			
13:10~14:00	汎用農地の土壤物理的環境に関する評価 水田と旱地の交互利用により形成さ水る耕盤層の粗孔隙特徵	成岡 市 三重大學 大學院教授	陳獻 本會副執行長	陳獻
14:00~14:15	討論	成岡 市	陳 獻	陳獻
14:15~14:25	coffee time			
14:25~15:15	烏山頭水庫灌區輪作制度實施成果	許勝雄 嘉南農田水利會顧問	陳獻	陳獻
15:15~15:30	討論	成岡 市 許勝雄	陳獻	陳獻
15:30~16:00	綜合討論	成岡 市等	黃金山 陳獻	
	歡送		基金會	

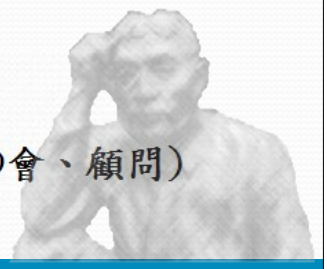
烏山頭ダムの八田技師設計理念について

中川　耕二

烏山頭ダム八田技師設計理念について
講　　義

講者：中川耕二

（日本石川縣金澤市、八田技師夫妻を慕い台灣と友好の會、顧問）



1、どうして有効貯水量１億五千万㎥を確保したのか？

○曾文渓支流官田渓の上流に、大きな貯水量を期待できる多くの谷筋を見つけ、ダム適地と判断した

○堰堤の天端を可能な限り高く（標高６６．７m）した、そのことによって溢流する地形鞍部に小堰堤を設置した

主堰堤の堤高：５６．１m

３つの副堰堤の堤高：６．１m、１０．６m、１１．５m

○流域面積が約６０㎢に過ぎないので、水量を確保出来ず、烏山嶺隧道（延長３．１km）によって曾文渓水を導水

○離槽水庫なので在槽水庫に比べて堆砂が少ない

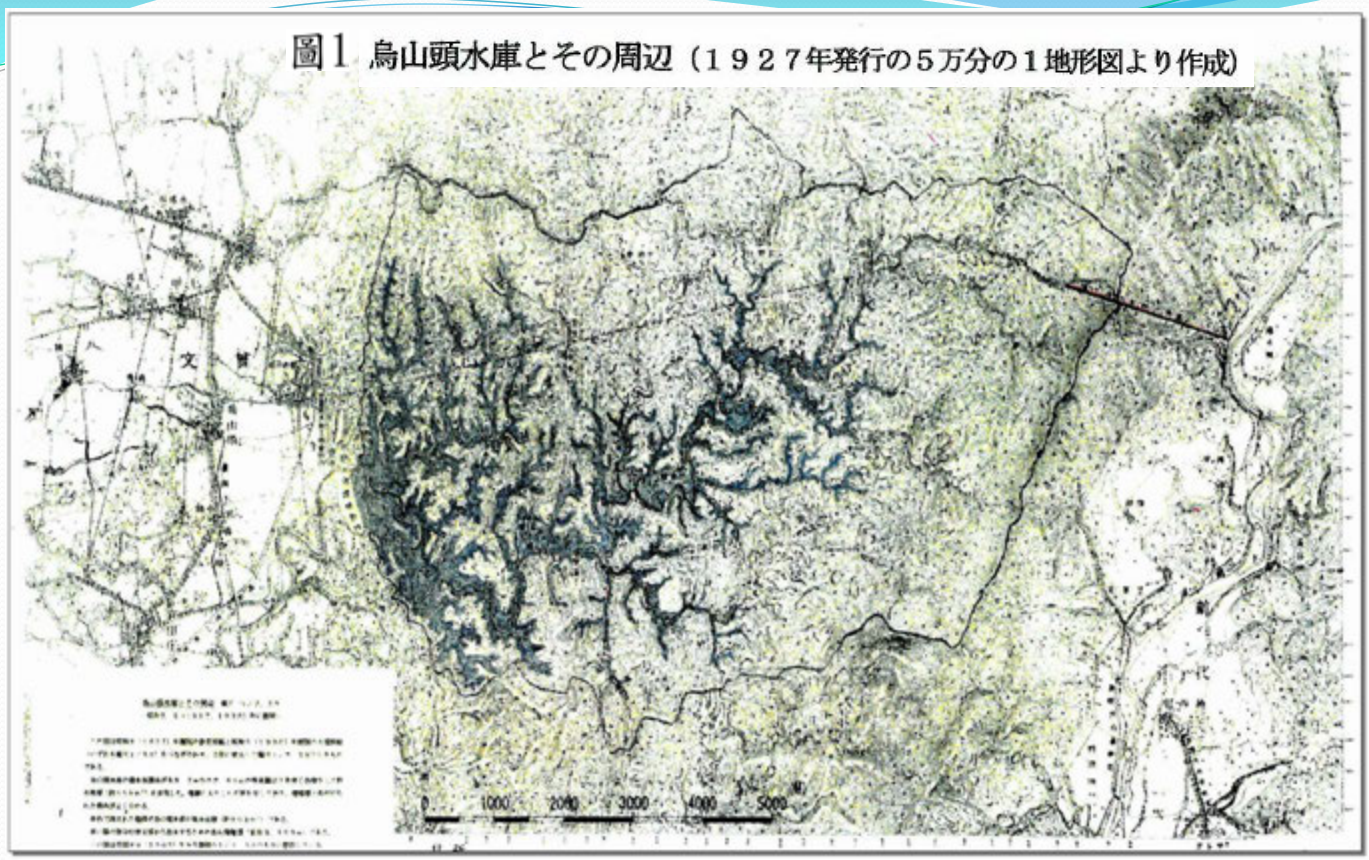


圖1 烏山頭水庫とその周辺（１９２７年発行の５万分の１地形図より作成）

2、何故、ロックフィルダム（中心コア型）にしたのか？

○基礎地盤が新第三紀層なので、６０m近くの高さの堰堤 に対しては支持力不足のため、

また、ロックフィルダム はコンクリートダムに比べて地震対応に強いので

3、中心コンクリート壁の役割は？（図２、３参照）

○堤体と基盤岩との境界からの漏水を防止するために、堰堤中心線の全長にわたって中心コンクリート壁が施工された、その規模は床掘線よりの立ち上がりが３．０～４．５m、基盤岩への根入れが４．５～６．１m、頂部幅が０．９m、底部幅が１．５mである

○堤高の大きい部分では、中心コンクリート壁を標高 ３０．３mまで施工している、したがって、この部分で は堤高は実質的には３６．４mである

○チャスチンは中心コンクリート壁を堤体の全長にわたって天端までとするように主張したが、八田技師は同意しなかった、それでは堤高５６．１mのロックフィルダム をウエットな上流部とドライな下流部に完全に二分することとなり、堰堤は不安定で危険だと考えたのだと思われます、なお、副堰堤では中心コンクリート壁は天端までとなっている

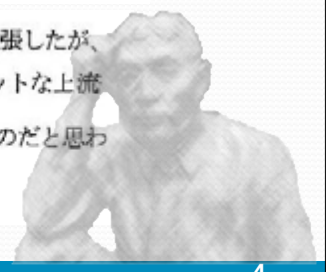
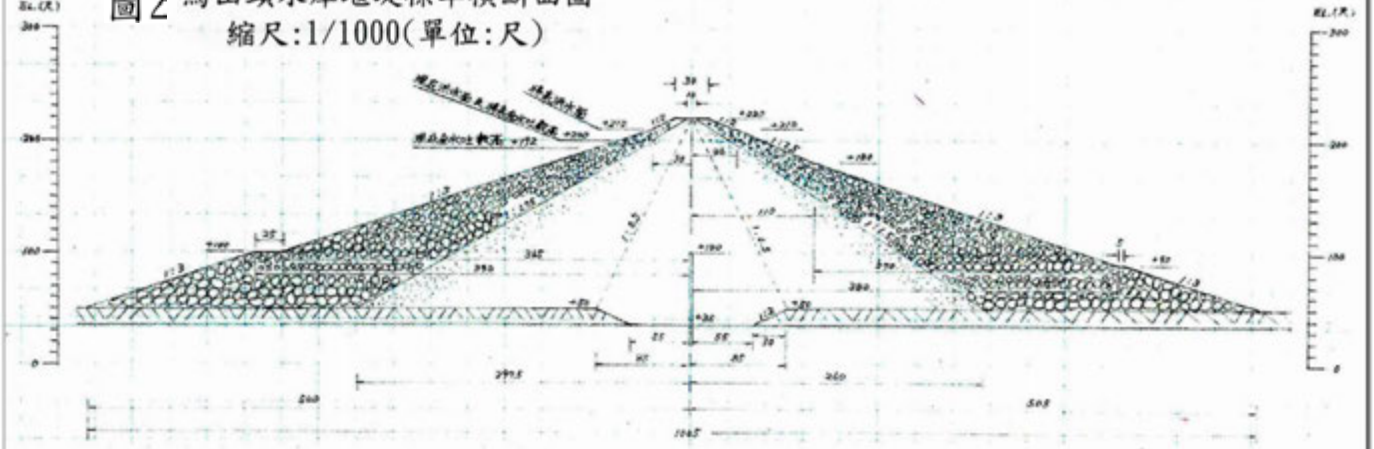


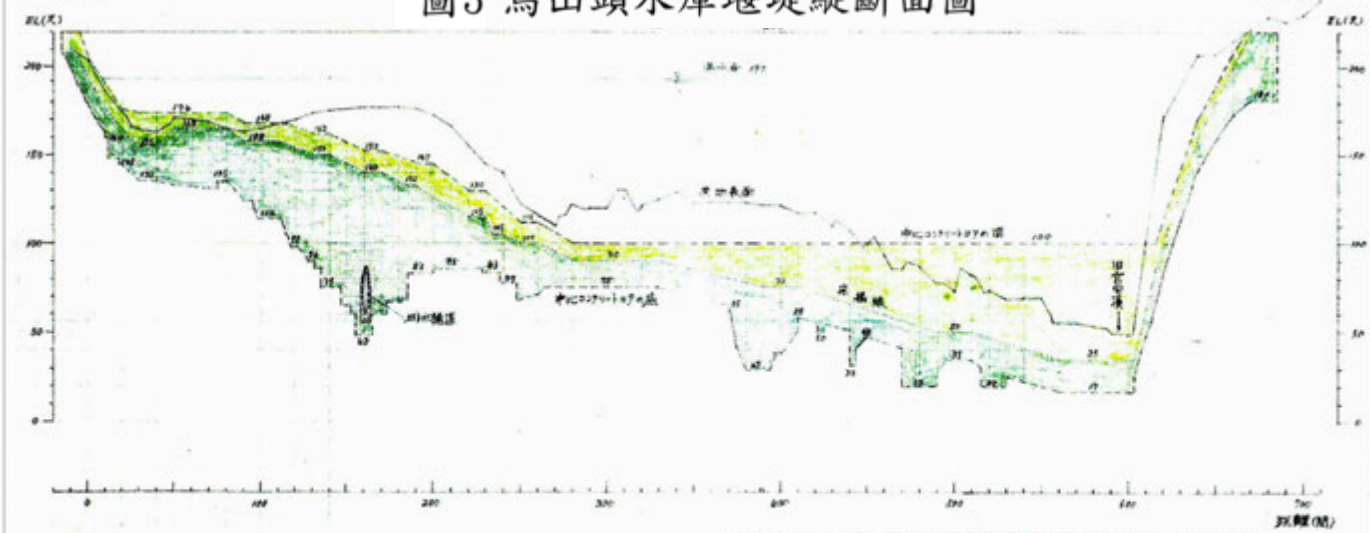
圖2 烏山頭水庫堰堤標準横斷面圖
縮尺:1/1000(單位:尺)



堰堤盛土坪数：８９９，９７３立坪＝５，４０９，２８７．７２m³≒５４０．９万m³
中心コンクリート坪数：４，６００立坪＝２７，６４８．３０m³≒２．８万m³
満水面積：１１，０００万尺²＝１，００９．８０万≒１０km²（集水面積：約６０km²）
最大貯水量：６０億尺³＝１６，６８０万m³
有効貯水量：５５億尺³＝１５，２９０万m³
余水吐能力　　：毎秒５４，０００尺³＝毎秒１５０１．２０m³
烏山頭取入隧道：長さ１，７１０間＝３，１０９.１２m、
高さ・幅：１８尺＝５．４５m（馬蹄形）、
最大取水量：毎秒１，８００尺³＝毎秒５０．０４m³
・・・「嘉南大圳新設事業概要」より引用（単位換算値を加筆）

堰堤の高さ　：　１８５尺（標高２２０尺）＝５６．０６m（標高６６．６６m）
堰堤頂部延長：　７００間＝１，２７２．７４m
堰堤頂部幅　：　　３０尺＝　　９．０９m
堰堤底部幅　：１０００尺＝　　３０３m
堰堤両側法　：平均３割
堰堤切土坪数：１２９，０００立坪＝　７７５，３５４．５０m³≒　７７．５万m³

圖3 烏山頭水庫堰堤縱斷面圖



この図は、嘉南農田水利会から提供された「土堰堤中心混凝土及地質縦断面図」縮尺：縦１／５００、横１／３０００　より作成されたものである（中川修二）

堰堤に当っては、まず堰堤敷地上の第四紀層を第三紀新層（南投３５尺＝１０．６１m）まで切り取り、底部中心に平均高１２尺＝３．６２m、頂部幅３尺＝０．９１m、底部幅５尺＝１．５２m、根入れ１５尺～９３尺＝４．５５m～２８．１８mの中心コンクリートコアを施し、中心コンクリート外側底部に滲透水を排除して堰堤の崩壊を防止するために総延長３８０間＝６９０．９２mの排水暗渠幹線及びこれに分岐する総延長２３５間＝４２７．２８mの排水暗渠支線を設けると共に、（中略）セミハイドロリックフィル式によって築堤したものである。
排水隧道：長さ１５０間＝２７２．７３m、高さ・幅：３０尺＝９．０９m（馬蹄形）
最大流量：毎秒２７，０００尺³＝毎秒７５０．６０m³
・・・「嘉南大圳新設事業概要」より引用（文体を変え、単位換算値を加筆）

4、堤体材料を何処に求めたのか？それによる施工法は？

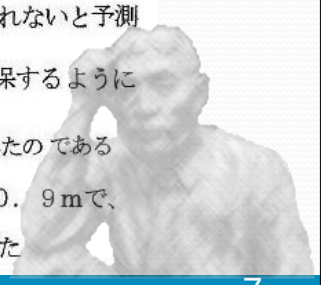
○堤体積５４０万㎥の土量をダム地点の近くで確保出来ないので、ダム地点から約２０km離れた曽文渓の河川敷堆 積物を使用することとした、その採取量は９８６万㎥で 堤体積の二倍弱である

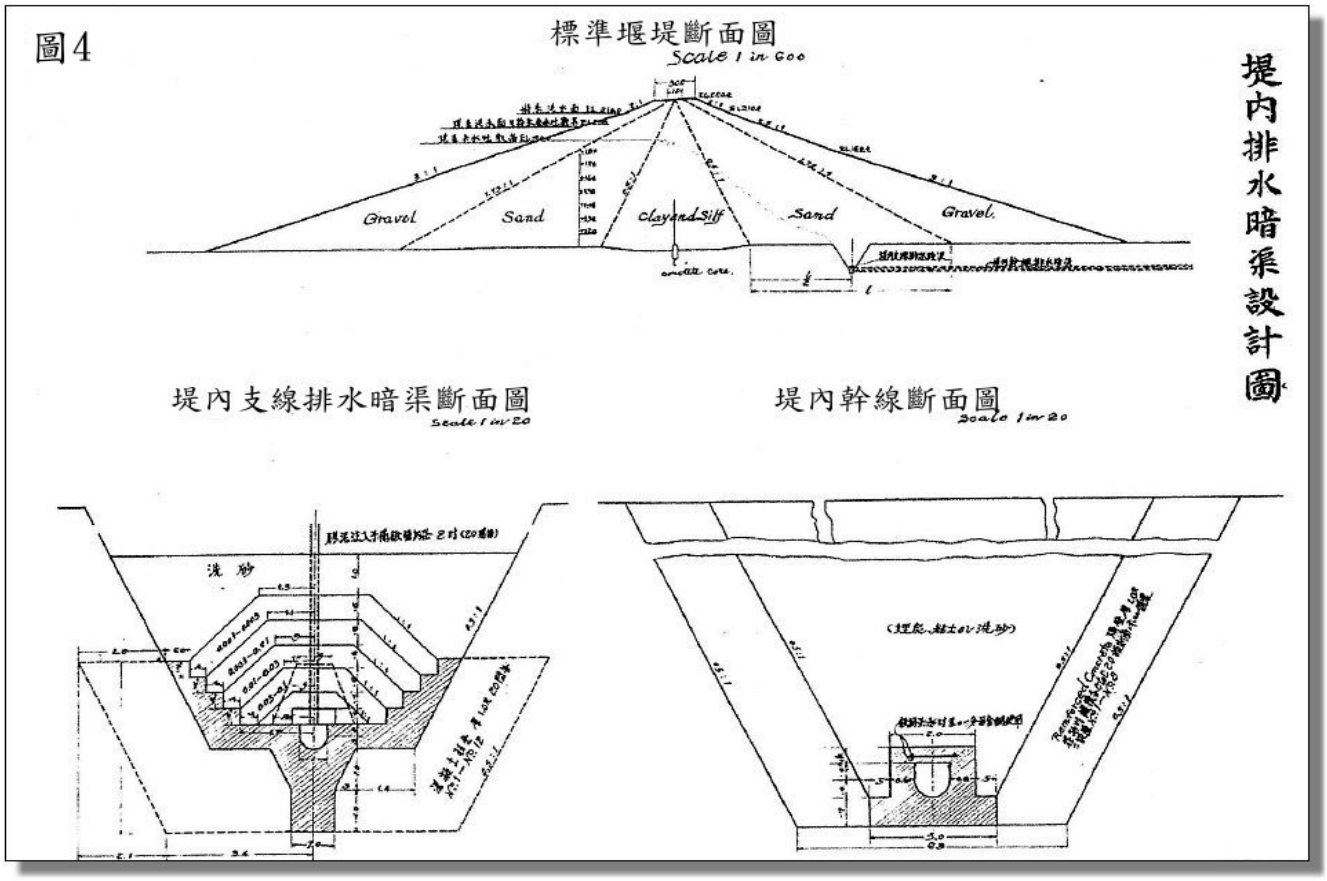
○採取された河川敷堆積物を貨車で堰堤の場所まで運んで 堰堤の法先に投下し、その投下した土塊に圧力水を噴射して、土塊の中の最も細粒のものが堰堤の中心部に集まり、中心部から離れるにしたがって粗粒分が堆積されるようにした、セミ・ハイドロリックフィル工法による施 工である

5、堰堤からの浸透漏水があることを予想しており、そのために、どのような方法が取られたのか？

○河川敷堆積物には粘土が含まれていないので、堰堤の中心部に沈積した細かい砂では漏水を防止する中心刃金の 役割を充分に果たせず、したがって、この堰堤は漏水することは避けられないと予測判断し、下流側の砂ゾーン の下部に排水暗渠を設置して、堤体内の健全な浸潤線を確保するようにした、中心コンクリート壁を天端までにしなかったことが健全な浸潤線の確保に寄与したの である

○排水暗渠は径が約２１cmの支線が延長４２７．３m、径が約２４cmの幹線が延長６９０．９mで、支線の上部に４層のフィルターゾーンが、幹線の上部に約３mm 目の 金網が設置された

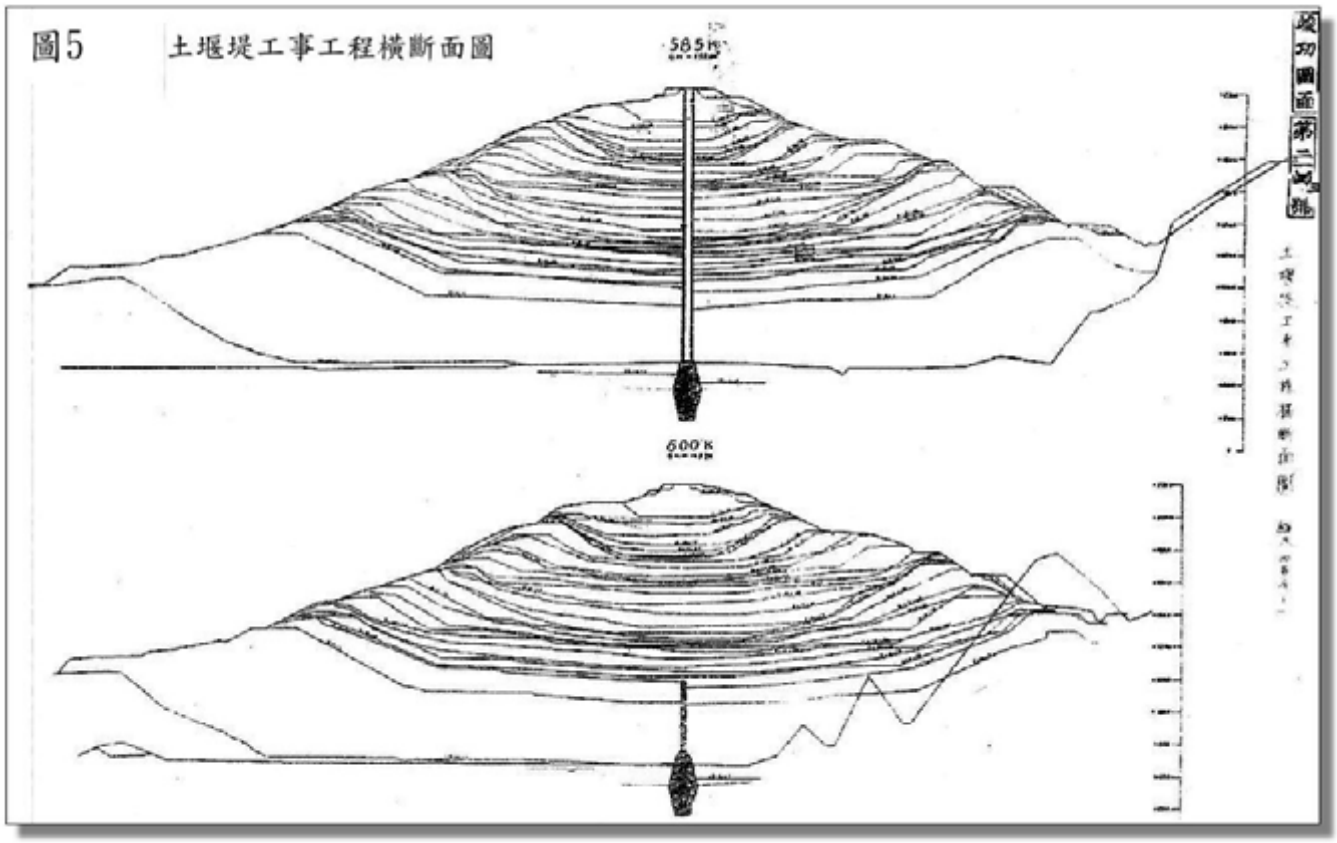


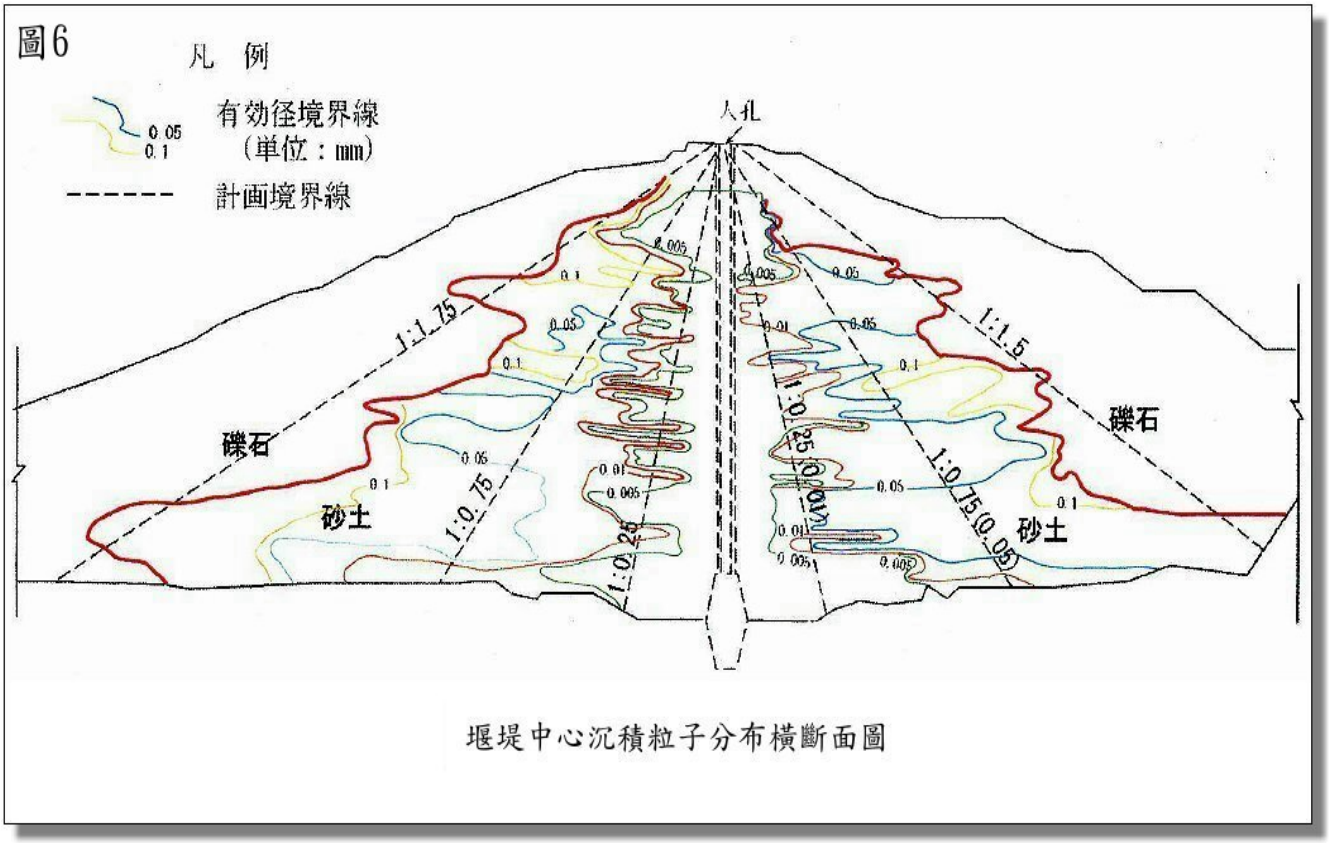


６、入念な施工管理が行なわれている

○堰堤の盛土速度は月間約１～３ｍ、盛土期間は約三年半であった、月毎の盛土完成高を示した土堰堤工事工程横断面図が１５枚作成されており（図５参照）、全域にわたって均等に盛土されていったことが示されている

○盛土に対して綿密な粒度分析が行なわれている、高さ０．６～１．５ｍ盛土される毎に試料採取して粒度分析し、等有効径線図を示した堰堤中心沈積粒子分布横断面図が８枚作成されている（図６参照）、等有効線は大きく曲がった曲線状になっていて、工事を設計した際に作成された標準断面図に示されているような直線状のゾーン境界にはなっておらず、複雑に分級されているることを示している





堰堤中心沉積粒子分布横斷面圖

7、堰堤浸透漏水量はどれだけだったのか？（図７～１１参照）

○１００K、３２０K、３８０K、４４０Kの４箇所で測 定されている（図７、写真１～４参照）

○１９９１～２００７年の１７年間の記録を入手すること ができた、この間の中程の１９９９年９月２１日に台湾中部大地震が発生している

○台湾中部大地震の前の堰堤浸透漏水量は毎分１２０～１０８０㍑、地震時と以後３年は毎分３００～２４６０㍑、地震後３年以降は毎分５４０～８４０㍑であった（図８～１１参照）

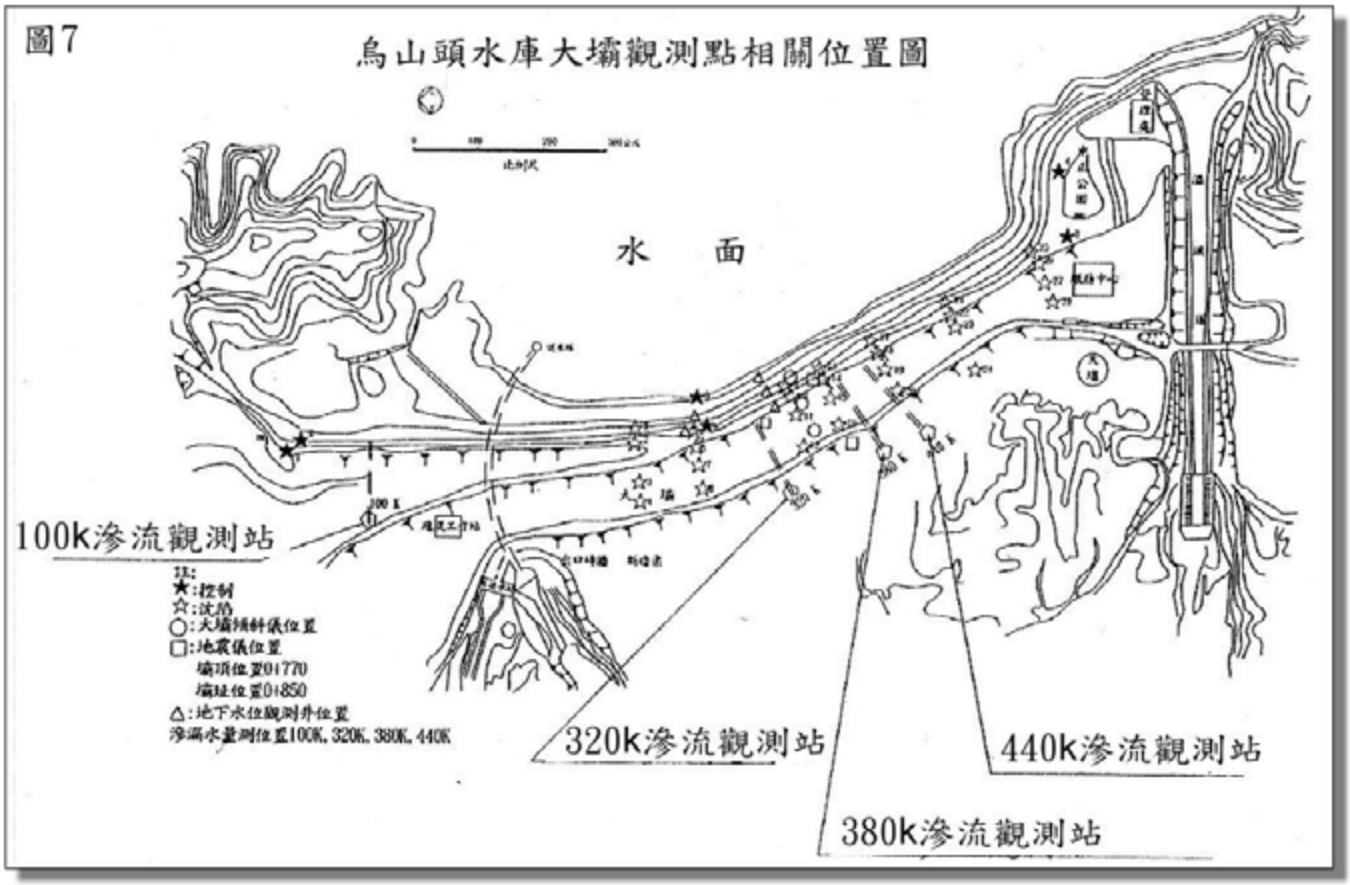


圖7
烏山頭水庫大壩觀測點相關位置圖
水　面
100k滲流觀測站
320k滲流觀測站
380k滲流觀測站
440k滲流觀測站

13

14

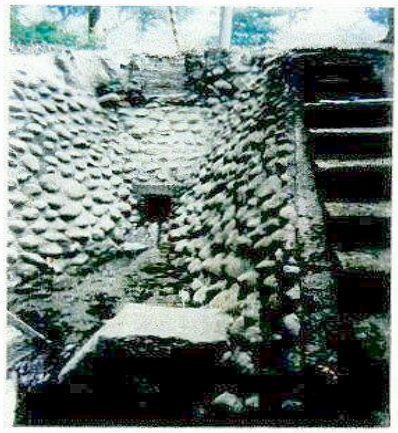
１９０Ｋ暗渠出口
三角ノッチ高　２．５cm
水量　８．３ℓ／分
（２００７年５月８日）

３８０Ｋ暗渠出口
三角ノッチ高　７．０cm
水量　１０８．０ℓ／分
（２００７年５月８日）

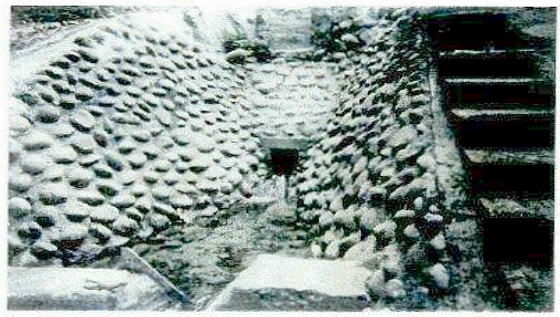
３２０Ｋ暗渠出口
三角ノッチ高　４．６cm
水量　３８．４ℓ／分
（２００７年５月８日）

15

３２０Ｋ暗渠出口
三角ノッチ高　４．６cm
水量　３８．４ℓ／分
（２００７年５月８日）



３８０Ｋ暗渠出口
三角ノッチ高　７．０cm
水量　１０８．０ℓ／分
（２００７年５月８日）



３８０Ｋ暗渠出口
三角ノッチ高　７．０cm
水量　１０８．０ℓ／分

16

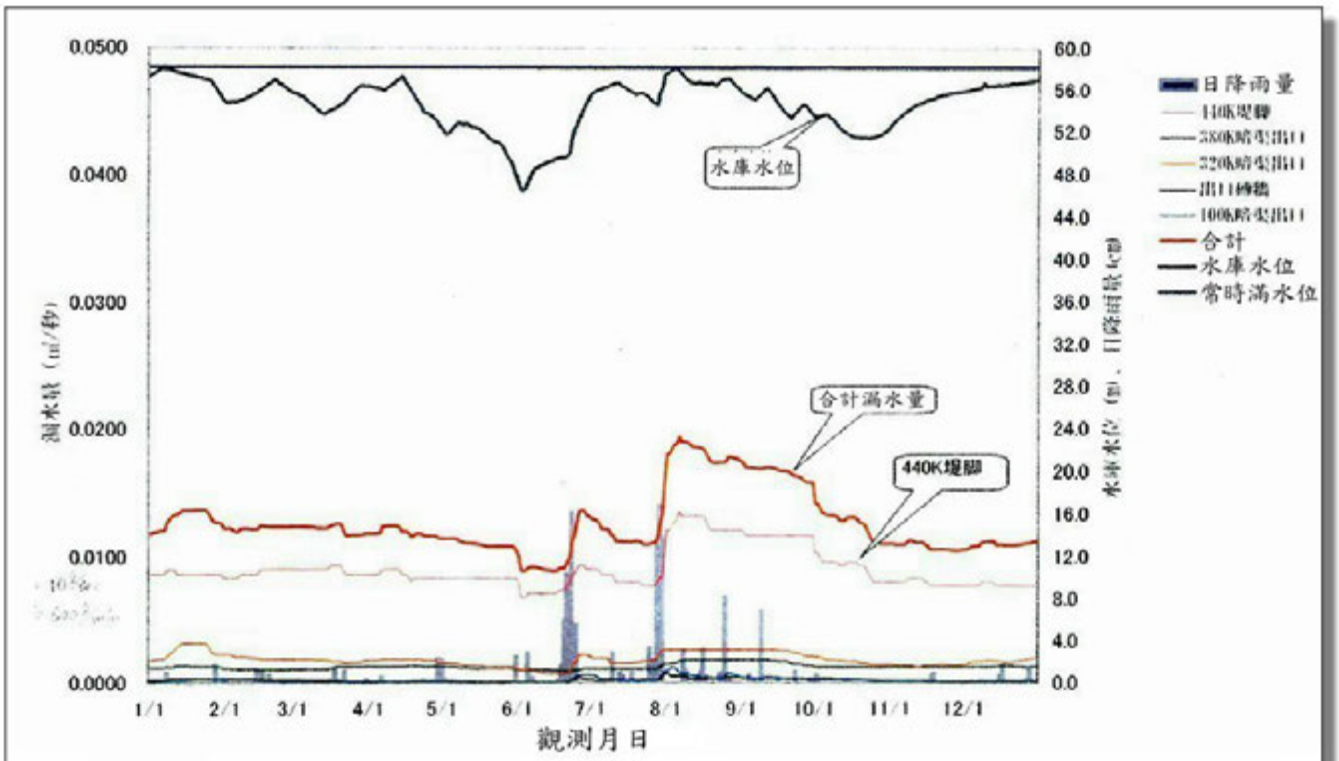


圖8 烏山頭水庫堰堤滲透漏水量圖(民國80/1991年)

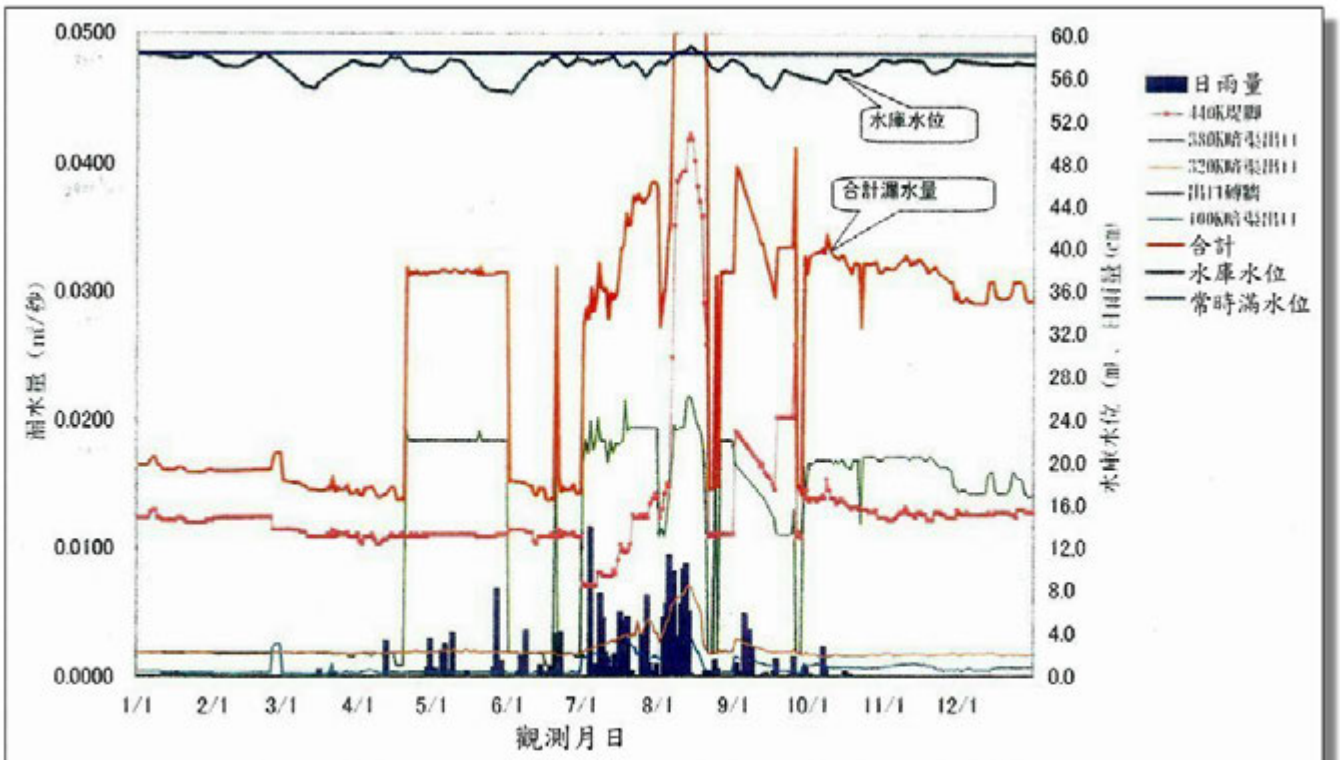


圖9 烏山頭水庫堰堤滲透漏水量圖(民國88年/1999年)

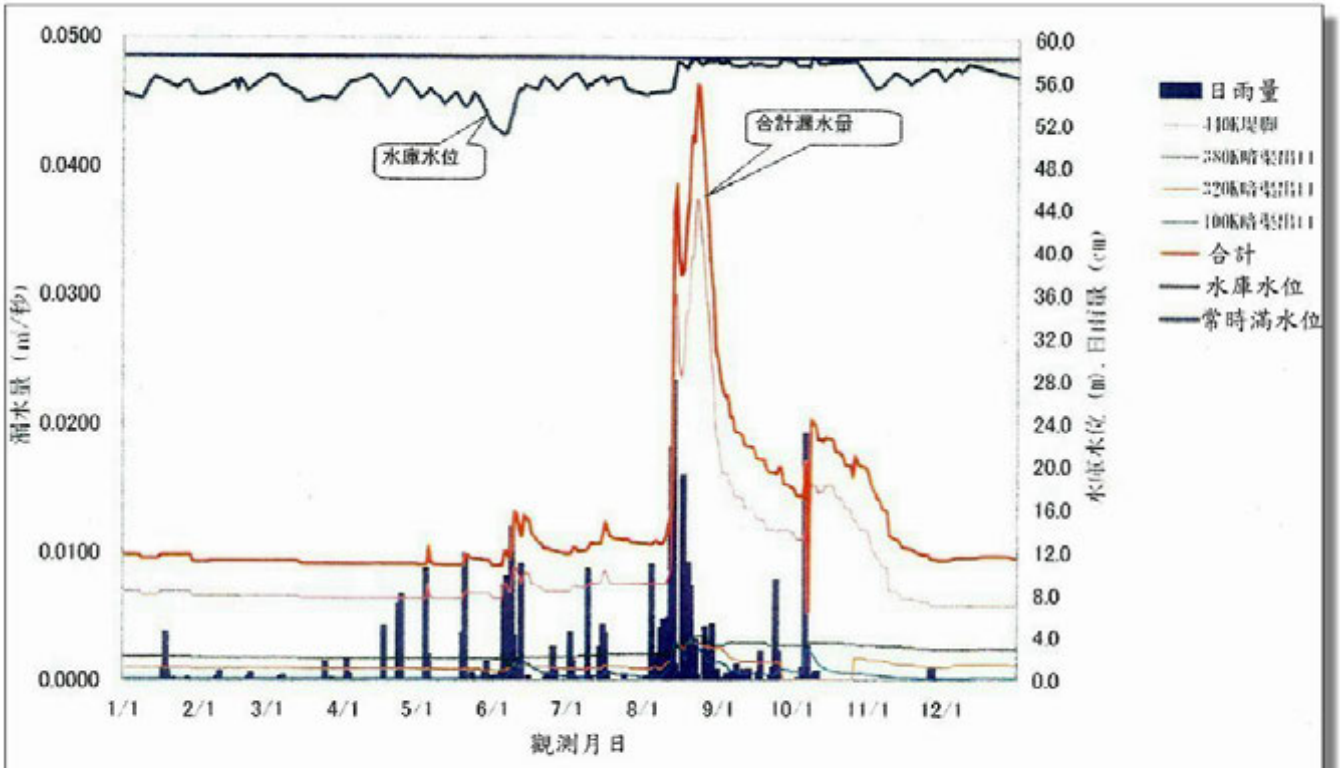


圖10 烏山頭水庫堰堤滲透漏水量圖(民國96年/2007年)

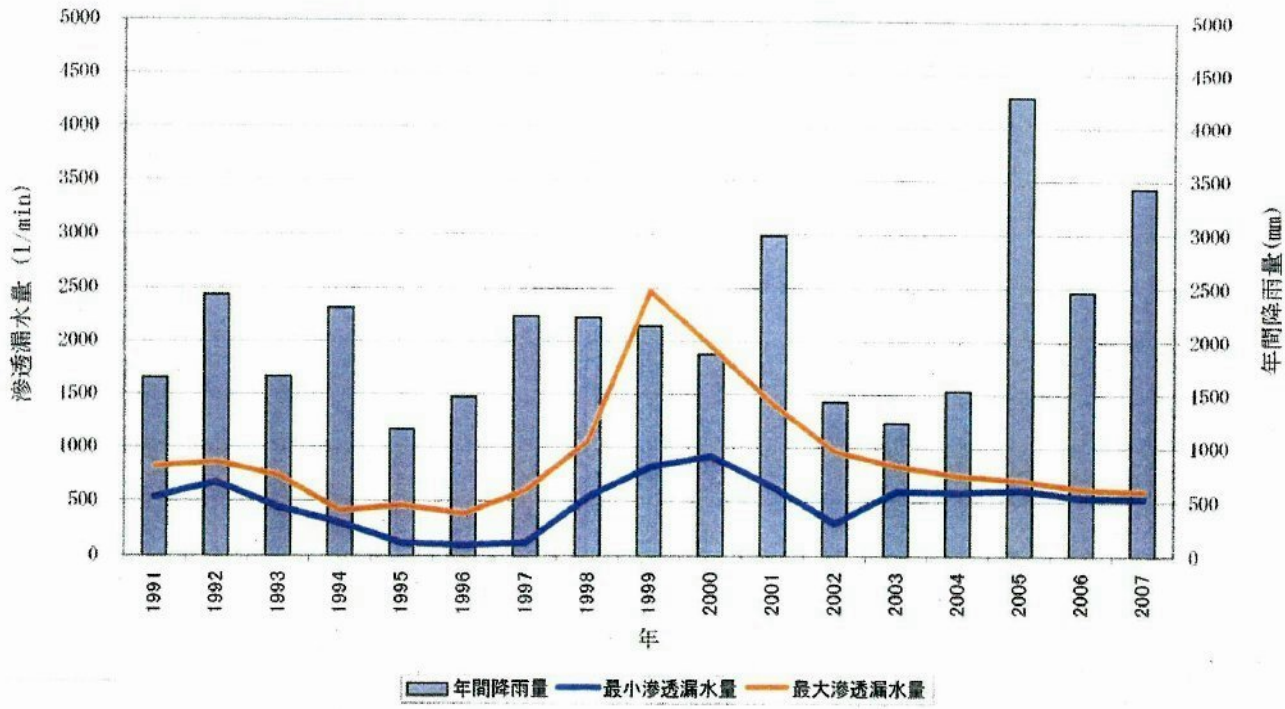
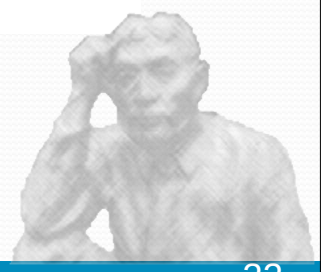


圖11 烏山頭水庫堰堤の最大･最小浸透漏水量経年変動図（1991～2007年）

8、この堰堤浸透漏水量より分ったことは？

○中心コアの透水係数を設計基準の毎秒１×１０$^{-5}$cmとして堰堤浸透漏水量を算定したところ毎分約６０㍑であった、ところが実際の堰堤浸透漏水量はその１０倍程である。したがって、烏山頭堰堤の中心刃金の透水係数は 毎秒１×１０$^{-4}$cm 程度と推測される、この値は細砂の値である、曽文渓の河川敷堆積物に含まれる最も細粒のものは粘土ではなくて細砂なので理屈に合っていると云える

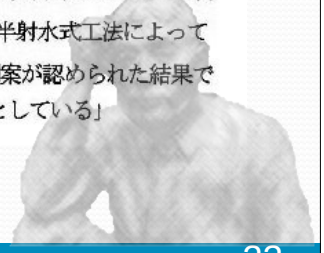
○図６に示されているように、烏山頭堰堤はゾーンの境界が複雑に絡み合っている、云わばマルチゾーンタイプのロックフィルダムとなっているので柔軟性があり、地震の影響で堰堤浸透漏水量が増えても、自然治癒効果が発揮されて旧に復元されるのだと考えられる



9、セミ・ハイドロリックフィル工法は八田技師の創案

石川潁一郎著：ダムの話：１９４９年、朝日新聞社発行に、八田與一より石川潁一郎に宛てた便りが「八田堰堤」として紹介されている。その便りで、八田與一は“半射水式は米国に先鞭をつけられたが、自分の創案の方が早かったことをひそかに誇りとしている”と述べている。八田與一の便りは以下の通りであると紹 介されている。

「米國でシルラーと言う技師が射水式ダムを考案した。ダム附 近の高地にある土砂に射水を吹きつけて山地を崩かいし、樋でその土汁を運搬してダムを作るのであるが常に条件が良いと言う譯 にいかないから『カラベラスダム』の如きは礫が不足のため工事中決潰を起した。烏山頭（八田ダムの造られた地名）は周圍の山 が全部粘土だからこの土だけでダムを造るのは危険であると思った。そこで曽文溪から適當な砂礫を汽車で運搬してきて、ダムの 兩側に捨て、それに射水して粒度を大小に分解し、ダムを築造する案を考え出した。その頃は未だ米國に半射水式ダムの現われな い時代であったから、奇抜な方法と思われたのも無理はない。自分はこの工法がベストと信じたから、それを實行しようとした。ところが當時の〇〇技監や〇〇課長はどうしても許してくれない。そのような射水ダムはないと言うのである。ないから自分が 發明したのだと言っても、外國にないものは相成らぬと言って大反對だった。しかし自分はその工法以外に安全な案はないと信じ ていたから、それなら自分の意見を學會に發表して賛否を問うことにしてはどうかと申し出たところが、かかる役所の秘密を發表 することは以ての外だと言って、これさえ許してくれない。といってみすみす危険だと思う工法を遂行することが出来るものでな い。かような有様でもめていたが、大正九年米國でホルムスと言う技師が半射水式を發明し、一方純射水式のカラベラスが工事中潰れたので、漸く自分の意見が認められ、半射水式工法によってあのダムが出来たのであった。同時に十五萬町歩の耕地が甘蔗と 水稲と三年輪作に成功したのも、自分の創案が認められた結果である。こんな譯で半射水式は米國に先鞭をつけられたが、自分の 創案の方が早かったことをひそかに誇りとしている」



23

為烏山頭水庫永續經營之週邊設施後續改善措施

林得志

烏山頭水庫

永續經營之周邊設施後續改善措施 簡介

財團法人紀念八田與一文化藝術基金會
董 事：林 得 志
2018 年 8 月 31 日

關於八田與一技師（一）

出生 ： 1886年日本石川縣金澤市花園村
豪農家庭，五男四女的兄弟姊妹

教育： 花園小學（四年）
森本尋常高等小學校（三年）
石川縣之第一中學校（五年）
第四高等學校大學預科（三年）
東京帝國大學土木工學科（三年）

八田與一技師出生地

關於八田與一技師（二）

經歷 ：1、1910年帝大畢業後奉派來台灣，任職於台灣總督府土木部，時年24歲。

2、1917年參加台南山上的「上水道工事」及新竹州的「桃園埤圳」工事的設計與監督。

3、1918年開始嘉南平原灌溉事業的調查規劃。

4、1919年3月率領80多名工程師進駐嘉義，辦理烏山頭水庫及嘉南平原灌溉系統的調查、測量、規劃、設計。10月完成規劃設計及預算書呈送日本國會通過。

3

關於八田與一技師（三）

經歷 ：5、1920年7月日本帝國臨時議會通過嘉南大圳及烏山頭水庫興建計畫。

6、1920年9月1日正式開工，八田技師擔任工務所主任。

7、1930年完工，八田技師回歸總督府技師。

8、1942年奉派往菲律賓辦理棉花灌溉計畫，5月搭大洋丸輪船前往菲律賓途中，被美國潛水艇以水雷擊沉 ，海難死亡，享年56才，遺骨埋於烏山頭。

4

嘉南大圳灌溉計畫興建經過（一）

嘉南大圳灌溉計畫分為四大部分

1、烏山頭水庫含大壩、溢洪道、取出水工

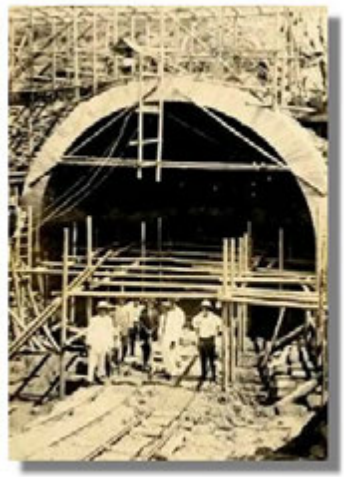
2、越域引水工程

3、嘉南灌溉排水系統

4、烏溪取水口及水力發電工程

烏山頭排水隧道取入口

烏山頭排水隧道取入口



烏山頭排水暗渠出口

嘉南大圳灌溉計畫興建經過（二）

1、1920年9月1日開工、預定工期六年

2、1923年9月1日發生日本關東大地震，興建經費中斷停工，致工期延長四年

3、1930年5月全部工程完工

7

烏山頭水庫基本資料

管理單位 ： 台灣嘉南農田水利會

計畫標的 ： 嘉南平原的農作灌溉

位　　置 ： 台南市官田、六甲、東山區

壩　　高 ： 56m

壩頂標高 ： EL.66.66m

滿 水 位 ： EL.58.18m

霸　　型 ： 半水力淤填式土壩

溢 洪 道 ： 自然溢流式陡槽，弧形進口

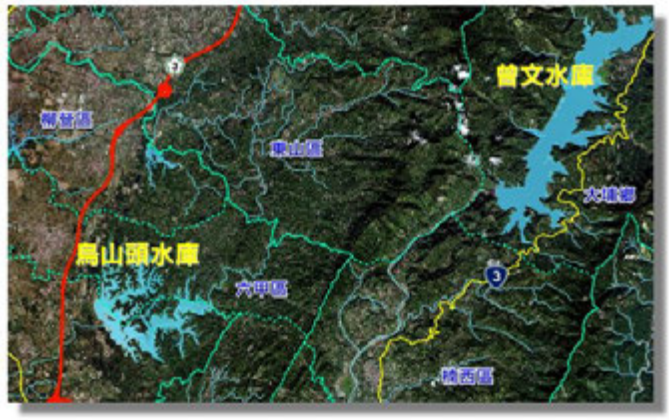
集水面積 ： 77.61km^2

總蓄水量 ： 154,158,000m^3（原設計）

有效容量 ： 7,828萬m^3（104年測量）

地　　勢 ： 地形分別由東往西及東南往西北向傾降

水　　系 ： 攔蓄官田溪及從曾文溪引水蓄存水量



8

水庫平面布置圖

大 壩

壩　　型：半水力淤填式土壩(Semi-hydraulic fill dam)

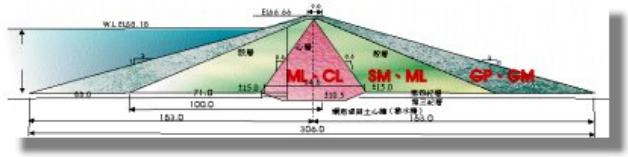
壩頂標高：EL.66.66m

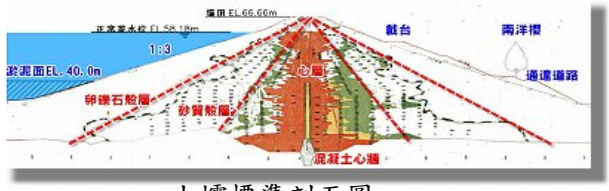
壩　　高：56m

壩頂長度：1,273m

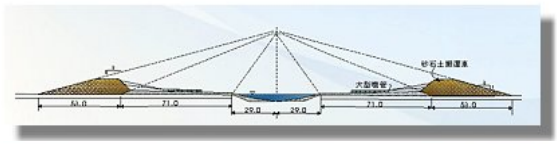
滿 水 位：58.18m

有效蓄水量：7,828萬m^3（104年測量）





大壩標準剖面圖



大壩上游坡面現況

大壩下游坡面現況

溢洪道

型　　式：自然溢流式陡槽、弧形進口

設計流量：1,500cms

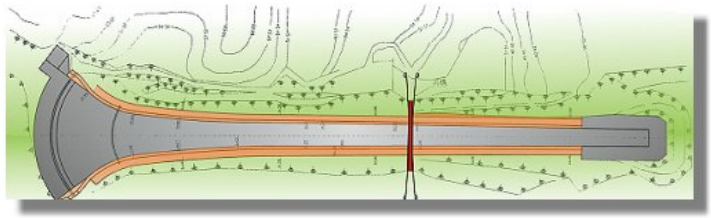
溢流口標高：EL.58.18m

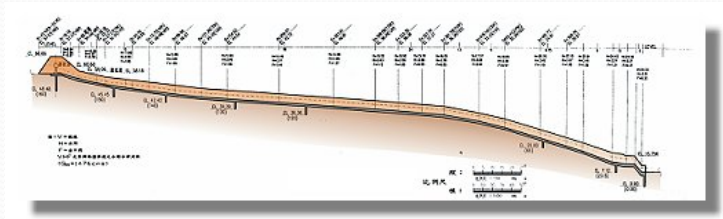
全　　長：636m

進 口 寬：124m

出 口 寬：18m

側 牆 高：4.45m





溢洪道現況

陡槽現況

陡槽現況

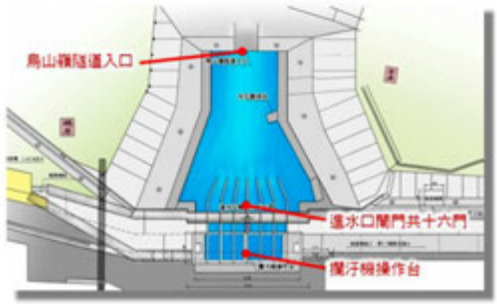
東口進水口

水工機械

進水口閘門：電動梯桿式水門16門，每門寬1.2m，高2.42m。最大進水量56.6cms，底檻標高83.05m。

隧道口閘門：非常緊急閘門一門，高5.7m，寬5.5m，底檻標高80.48m。

電動耙汙機：電動耙污機1座



取水隧道

型式：馬蹄型混凝土構造

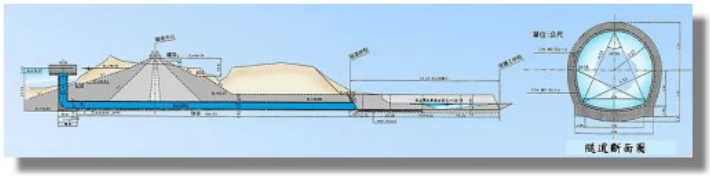
最大進水量：56.6cms

斷面尺寸：W5.45m×H5.45m，長度3,217m

隧道入口開渠形式：梯型砌石護坡工

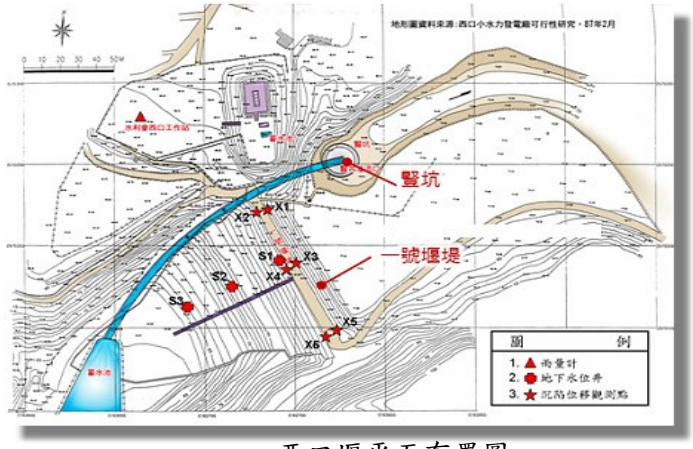
西口堰

堰　　型 ： 中央心層輾壓土壩
最大堰高 ： 30m
堰　　長 ： 110m
堰 頂 寬 ： 6m
喇叭型豎坑：入口直徑20.0m，豎坑深度26.6m



西口堰剖面布置圖

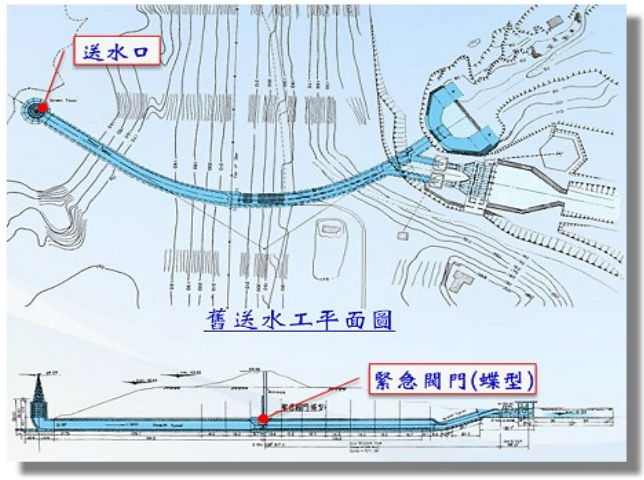
西口堰現況



西口堰平面布置圖

舊送水工

送 水 塔 ： 12角型RC構造，塔高14.85m，內徑8.48m。
送水隧道 ： 馬蹄型RC構造，長154.54m，寬7.58m，高7.88m。
放 水 管 ： 送水管2條(162.03m及168.93m，管內徑2.73m，管壁厚12.7mm)。
閘　　閥 ： 蝶閥2座(內徑2.73m)，遮斷閥(含附屬旁通閥)2座及針閥6座。
(最大放水量62cms)。



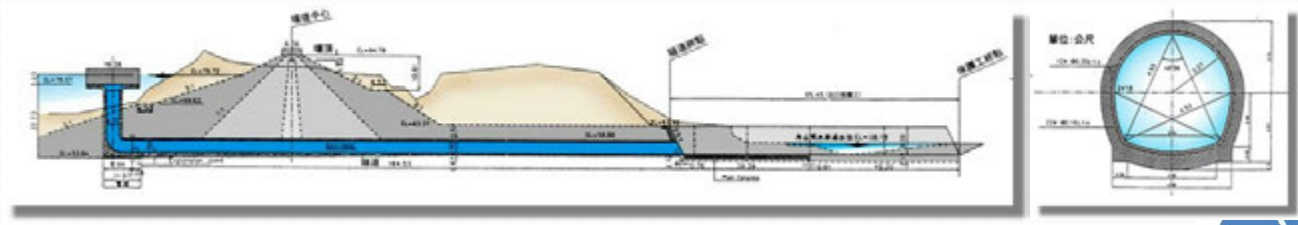
舊送水工縱斷面圖

烏山頭水庫永續經營

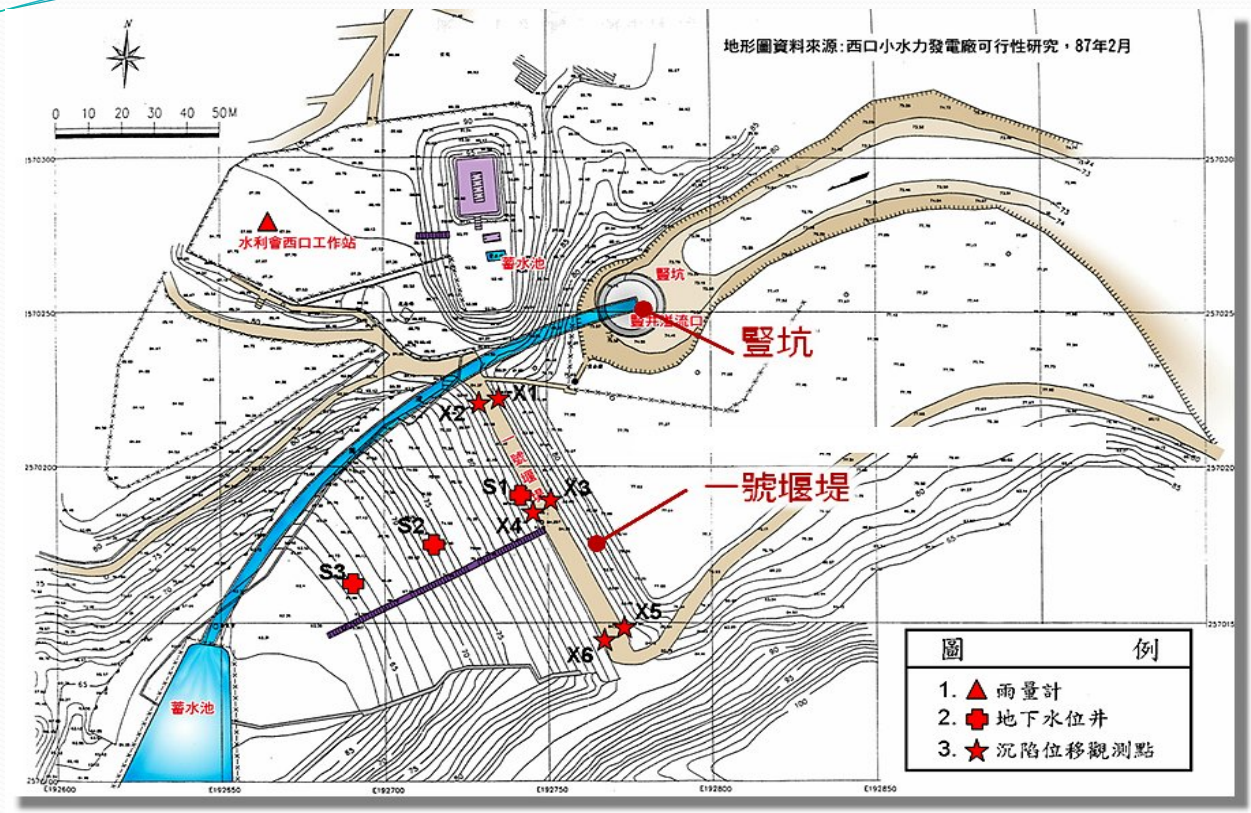
增建工程

1、西口堰工程

越域引水隧道出口，水頭約 EL 84.00m
烏山頭水庫常水位 EL 84.00m， 落差約26m，造成溪谷掏刷
於1943年興建西口堰及喇叭口豎坑消能，1947年3月完工。



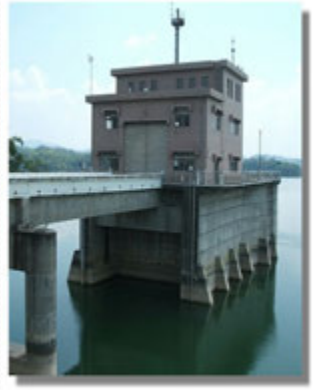
原西口堰縱剖面布置圖



西口堰平面布置圖

增建工程

2、新建送水工

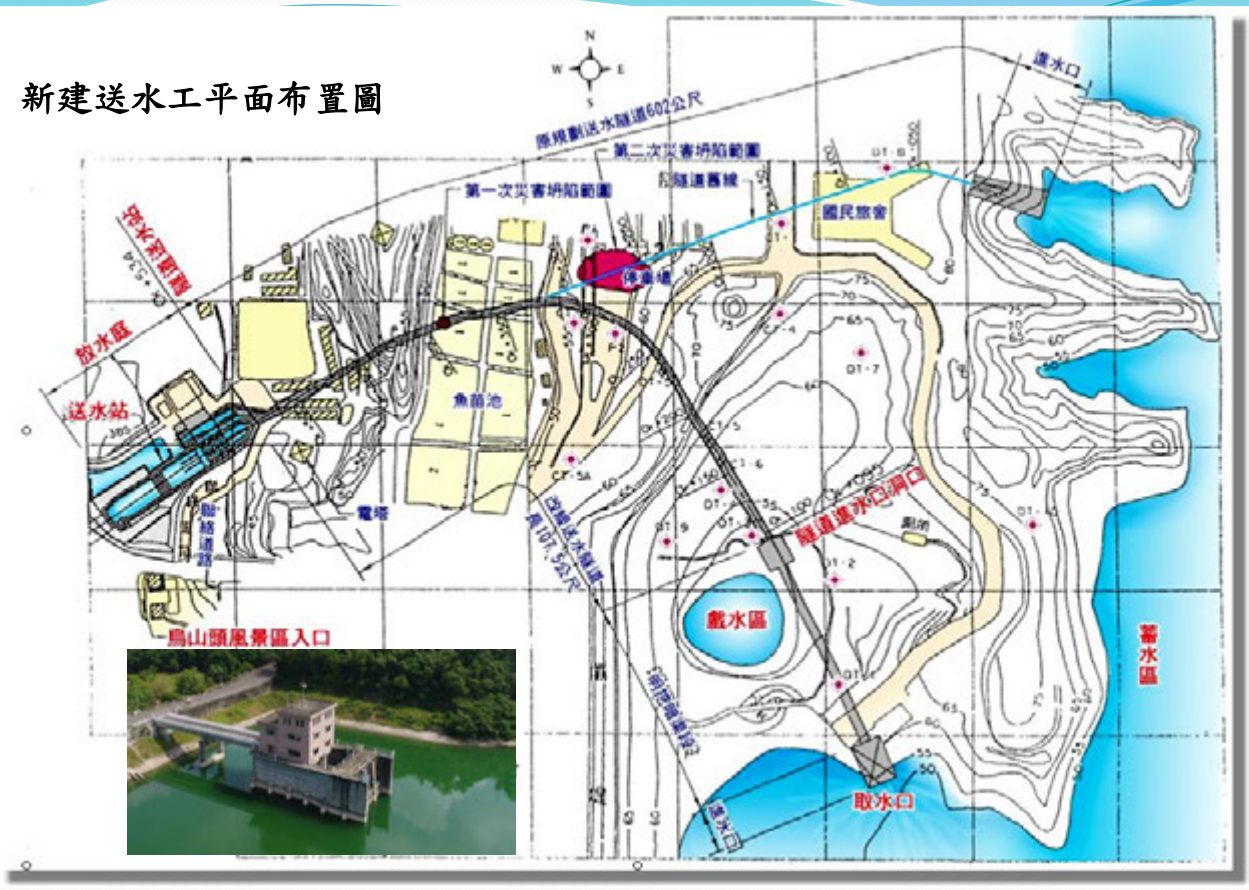


原有送水工主要設施包括進水塔、進水暗渠、蝶閥、壓力送水管(￢2,740㎜)二道及針閥六座。

長年營運，鋼管壁變薄，蝶閥老舊漏水，1989年新建送水工，1997年1月完成。

項　目		概　要
新送水工	直立式進水口	長30m，寬25.4m，高27.5m，上下兩層各2孔取水口，每孔寬4m，高4.2m，攔汙柵3道，控制閘門4門，吊門機，架空吊車及操作系統等設備。
	明挖暗渠	內徑4.1m ，長158m ，RC結構內襯9mm厚鋼管。
	送水隧道	內徑4.1m ，長409.5m ，RC結構內襯9mm厚鋼管。
	壓力鋼管隧道	馬蹄型，高5.7m，寬6.0m，長32m，壓力鋼管直徑4.1m，長32m。 三叉分歧管直徑由4.1m漸變至2.2m，長68m(水平距)。
	送水站	長24m，寬20m，高23.8m，半地下式RC構造。水工機械含環閘門與空注閥各3組(設計流量90cms，常時流量68cms)

新建送水工平面布置圖



增建工程

3、新建越域引水工程

舊越域引水工程取水口位於曾文水庫下游二號橋與三號橋之間，稱為東口取水口，喇叭形取水口，銜接3,107m 隧道，Q 56.6 cms之水經西口流入烏山頭水庫，此工程與烏山頭大壩同時開工，於1922年12月開挖面噴出大量石油瓦斯氣體，引起爆炸引發大火，在隧道內工作人員50多人殉職，復工後於1928年隧道貫通，1929年完工。

舊隧道工程並未襯砌，1970年代配合曾文水庫興建，將隧道全線以RC襯砌厚24cm。

目前仍輸水營運中，但長期通水淘刷與磨損，隧道底部及側壁磨損不平整。

越域引水隧道肩負大嘉南地區公共給水、工業用水與農業灌溉用水之重責。已營運88年，雖經數次維修補強，仍無法抑止品質劣化，故新建越域引水工程，工程費約25億元，於2015年5月開工，目前已貫通。

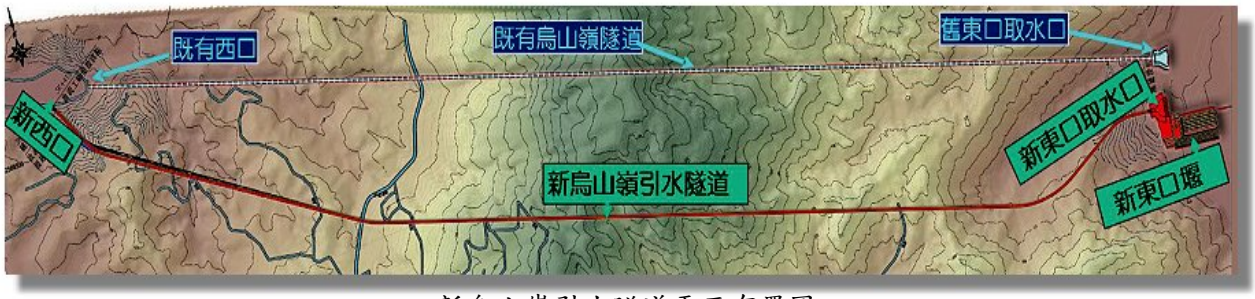
19

引水隧道工程

(1)隧道長度 ： 長3,422m
(2)設計流量 ： 56 cms
(3)隧道斷面 ： 內徑5.4m之馬蹄形斷面

出水口工程

(1)總長28.4m
(2)其中15.85m為出水口暗渠段
(3)其中12.55m為出水口明渠段



新烏山嶺引水隧道平面布置圖

20

攔河堰工程

(1)堰寬 ： 190.4公尺(含截水牆)

(2)堰型 ： 垂直跌落式

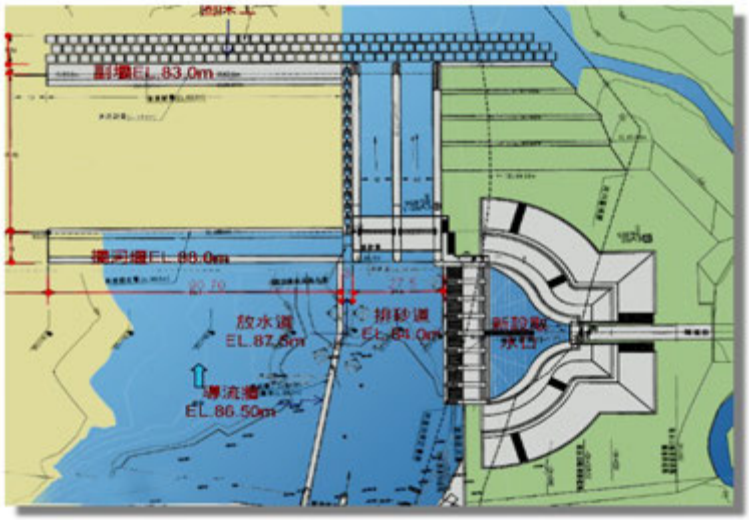
(3)包含固定堰、副壩、排砂道、放水道、截水牆、導水牆及下游固床工等

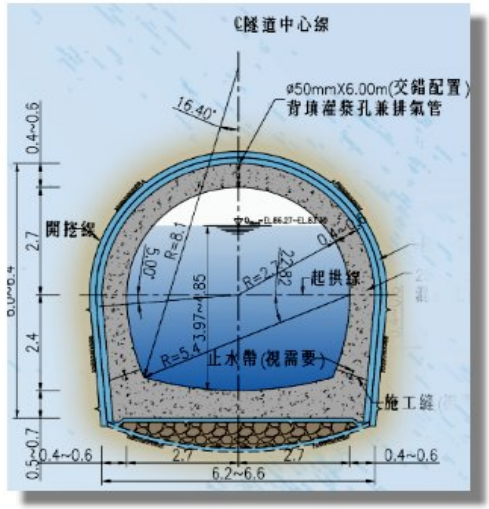
取水口工程

(1)設計流量 ： 56cms

(2)型式 ： 臥箕式(EL.86.0m~EL.82.3m)

(3)包含鐘型取水口、攔汙柵、檢修廊道、引水暗渠、擋水閘門檢修孔、防洪牆等



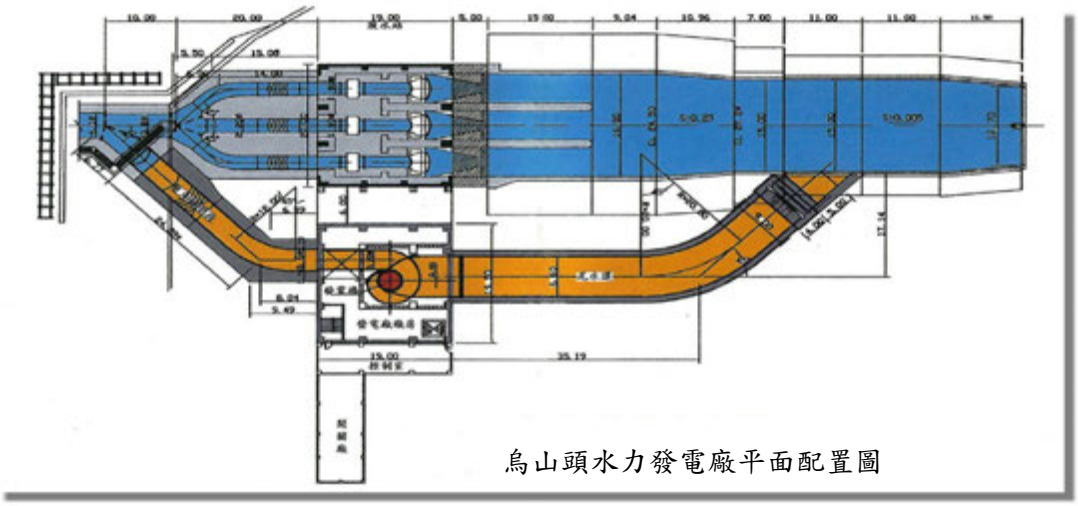


新建烏山頭水力發電廠

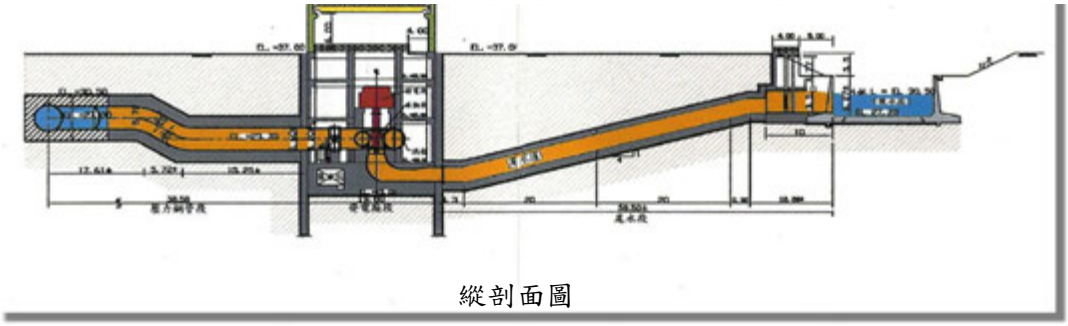
發電機轉子

壓力鋼管

水輪發電機



烏山頭水力發電廠平面配置圖



縱剖面圖

新建烏山頭水力發電廠

主要工程設施

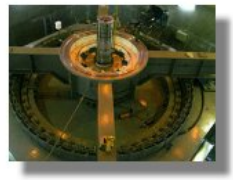
1、壓力鋼管 ： 直徑3.6公尺~3.2公尺，長52.4公尺。
2、廠　　房 ： 半地下式，長25公尺，寬20公尺，高33.9公尺
3、尾 水 道 ： 箱涵長25公尺，寬5.2公尺，高4.4公尺
4、機電設備 ： 設計水頭24.10公尺，設計流量41秒立方公尺
　　裝置容量 ： 8,750瓩
　　發 電 機 ： 豎軸半傘型三相交流，無碳刷激磁系統式
　　水 輪 機 ： 豎軸KAPLAN式

5、開 關 場 ： 戶外型，長20公尺，寬8公尺
6、輸電線路 ： 地下電纜3.2公里，銜接69KV台電隆田~南化線
7、工 程 費 ： 3.6億元
8、完工日期 ： 2002年6月

新建西口水力發電廠

室外段

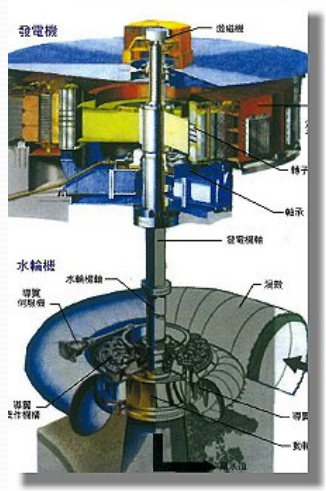
渦 殼



發電機

西口水力發電廠

1、引用水源 ： 曾文水庫輸放至烏山頭水庫之流程水
2、水 輪 機 ： 豎軸法蘭西斯式一部
3、發 電 機 ： 豎軸半傘型三相交流，無碳刷激磁式一部
4、設計水頭 ： 24.5公尺
5、設計流量 ： 52立方公尺/秒
6、裝置容量 ： 11,520瓩



水輪發電機透視圖

主要工程設施

1、進 水 口 ： 45度斜依式RC結構，寬11公尺，高19.5公尺，最低操作水位EL.77公尺
2、引水隧道 ： RC結構，內襯15公厘鋼板，內徑4.4公尺，總長度220公尺
3、壓力鋼管 ： 內徑4.4公尺漸縮至3.7公尺，長度20.5公尺
4、廠　　房 ： 半地下式(地下二層)，斜頂鋼構建築物，長29公尺，寬22.5公尺，高20.61公尺(不含地下部分)

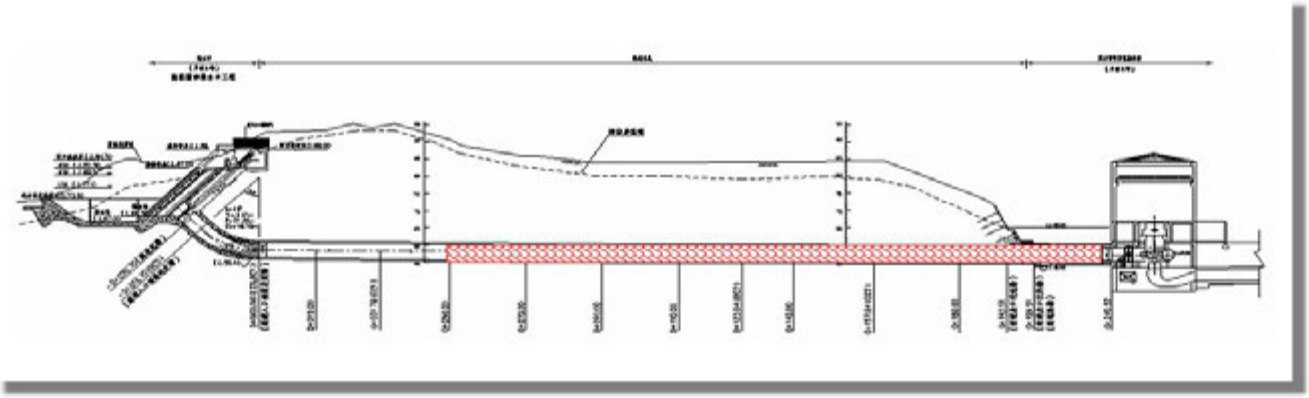
5、尾 水 路 ： RC雙孔箱涵，每孔寬4.6公尺，高4公尺，總長38公尺，放流量52立方公尺/秒

6、開 關 場 ： 將發電電壓6.6KV升壓至69KV輸出

7、輸電線路 ： 設有20座輸電鐵塔，線長5.5公里，接引台電曾文~南化線

8、完工日期 ： 2007年3月

9、工 程 費 ： 5.5億元



西口電廠送水隧道平壓塔設置位置示意圖

新建八田水力發電廠

基礎開挖

基礎施作

尾水管安裝

鋼構廠房

周邊綠化景觀

銜接既有針閥

主要工程設施

(一)壓力鋼管 ： 1、尺寸:長65.36m ，內徑1.84m漸擴至2.10m

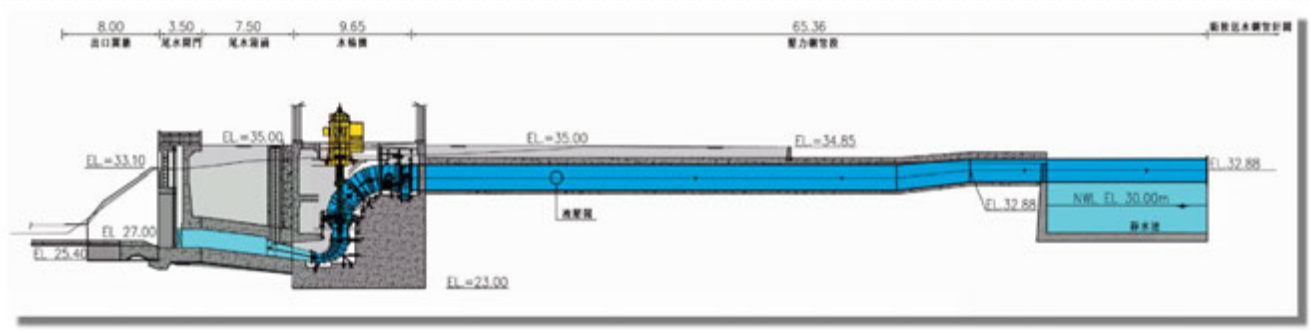
(二)廠　　房 ： 1、型式:半地下式(地下二層) ，斜頂式鋼構建築物

2、尺寸:長15.6m，寬13.9m，高12.8m

(三)尾 水 路 ： 1、型式:鋼筋混凝土單孔箱涵

2、尺寸:寬5.0m，高1.6m

3、閘門:直提式，寬3.8m，高1.6m



壓力鋼管縱剖面圖

主要工程設施

(四)水 輪 機 ： 1、型式:卡普蘭水輪機一部

2、最大流量:9.2立方公尺秒

3、最高水頭:26.2m

4、最大出力:2.193瓩

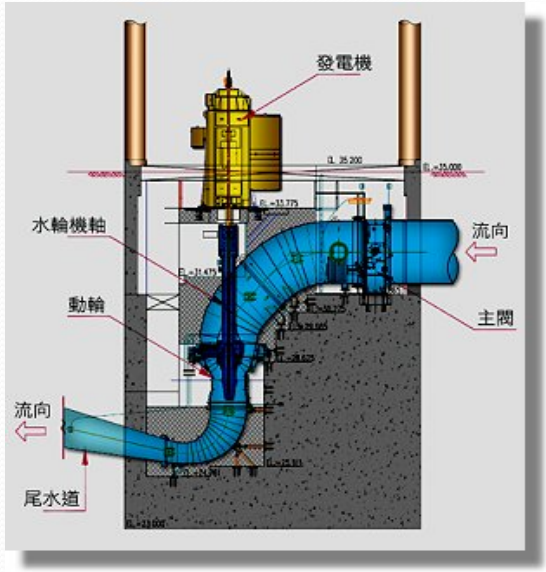
(五)發 電 機: 1、型式:豎軸直立式
水力發電設備(再生能源)

2、設置容量:2.196瓩

3、額定電壓:11.4仟伏

(六)工程費 ： 2億多

(七)完工日期 ： 2018年3月



烏山頭水庫集水區保育

集水區面積: 58.24 km^2（越域引水不計）

設計容量 ： 15,415 萬m^3（1930年完成當時）

目前庫容 ： 7,828 萬m^3（2015年重測）

成立集水區保育工作站

植林、取締濫墾濫伐

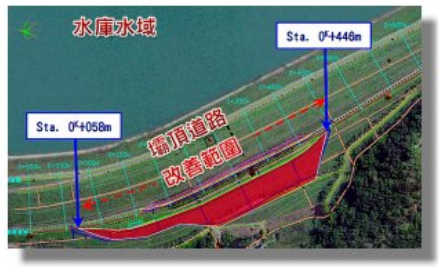
持續清淤，興建小型攔砂壩

2000年至今清淤約50萬m^3

31

烏山頭水庫構造物維護

1. 壩　　體 ： 上游坡局部滑落修復
   下游坡局部滑落修復
   下游坡往管理處之道路改建
2. 溢 洪 道 ： 底部局部淘空灌漿補強
   底部混凝土龜裂與伸縮縫補強
3. 舊出水工 ： 蝶閥維修
   鋼管檢查與補強
   針閥維修
4. 越域引水 ： 進口閘門維修
   烏山嶺隧道檢查與補強



下游面現況

32

安全檢查與特別評估

經常性安全檢查-沉陷與漏水量觀測

特別檢查與安全評估

1983年初步安全評估

第一次安全評估（民國78年）

第二次安全評估（民國83年）

第三次安全評估（民國90年）

第四次安全評估（民國100年）

研究與規劃

1. 烏山頭水庫集水區保實計畫-2009年11月
2. 烏山頭水庫灌溉用水放淤規劃－2016年1月
3. 六甲斷層槽溝開挖與大壩安全對策

結語

偉大的工程

管理單位 － 嘉南農田水利會 功勞很大

臺灣水庫經營有效管理-土砂防治及排砂作為

林元鵬

台灣日本水利技術交流研討會

台灣水庫經營有效管理
-土砂防治及排砂作為

經濟部水利署

林元鵬 副總工程司

2018年8月31日

台灣南部重要水資源設施位置圖

1

簡報大綱

壹、台灣水環境與挑戰

貳、全台水庫淤積現況

參、整體防淤策略作為

肆、結語及未來展望

2

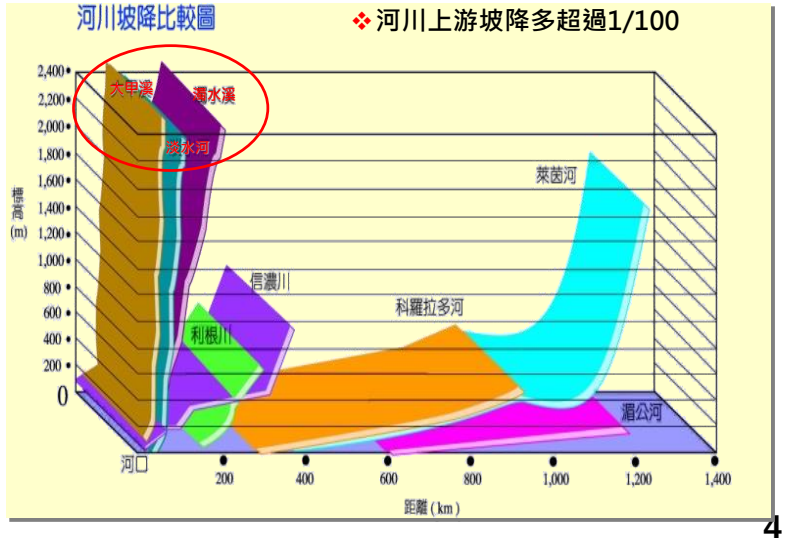
壹、台灣水環境與挑戰

3

■ 地形條件

地形條件

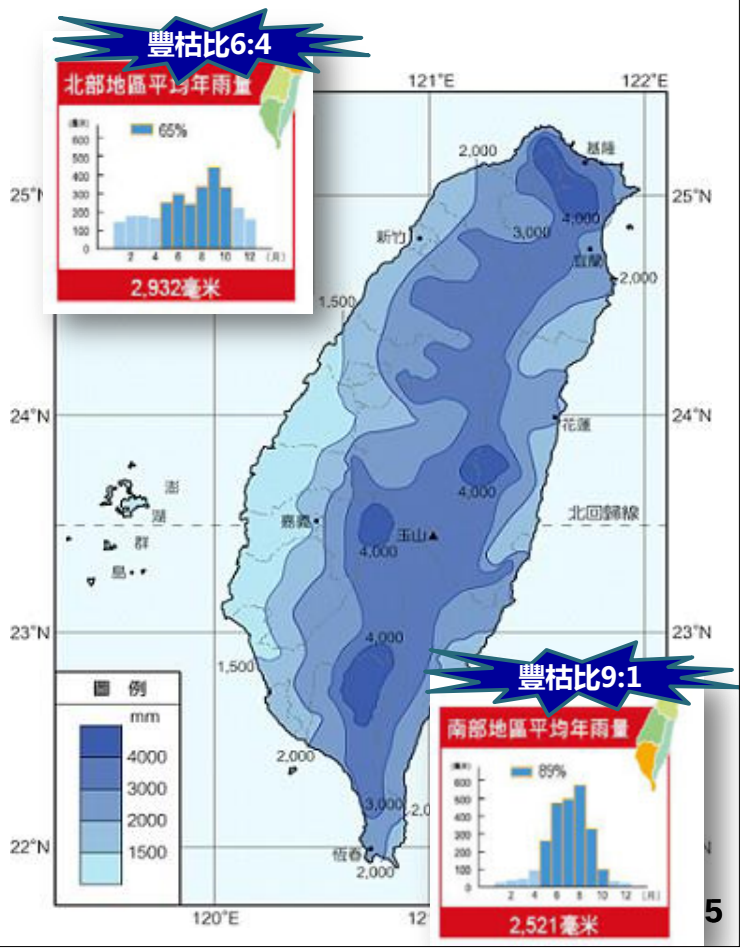
- ■山高面積小，南北狹長坡降大。
- ■坡陡流急，水流入海迅速，難蓄存。



4

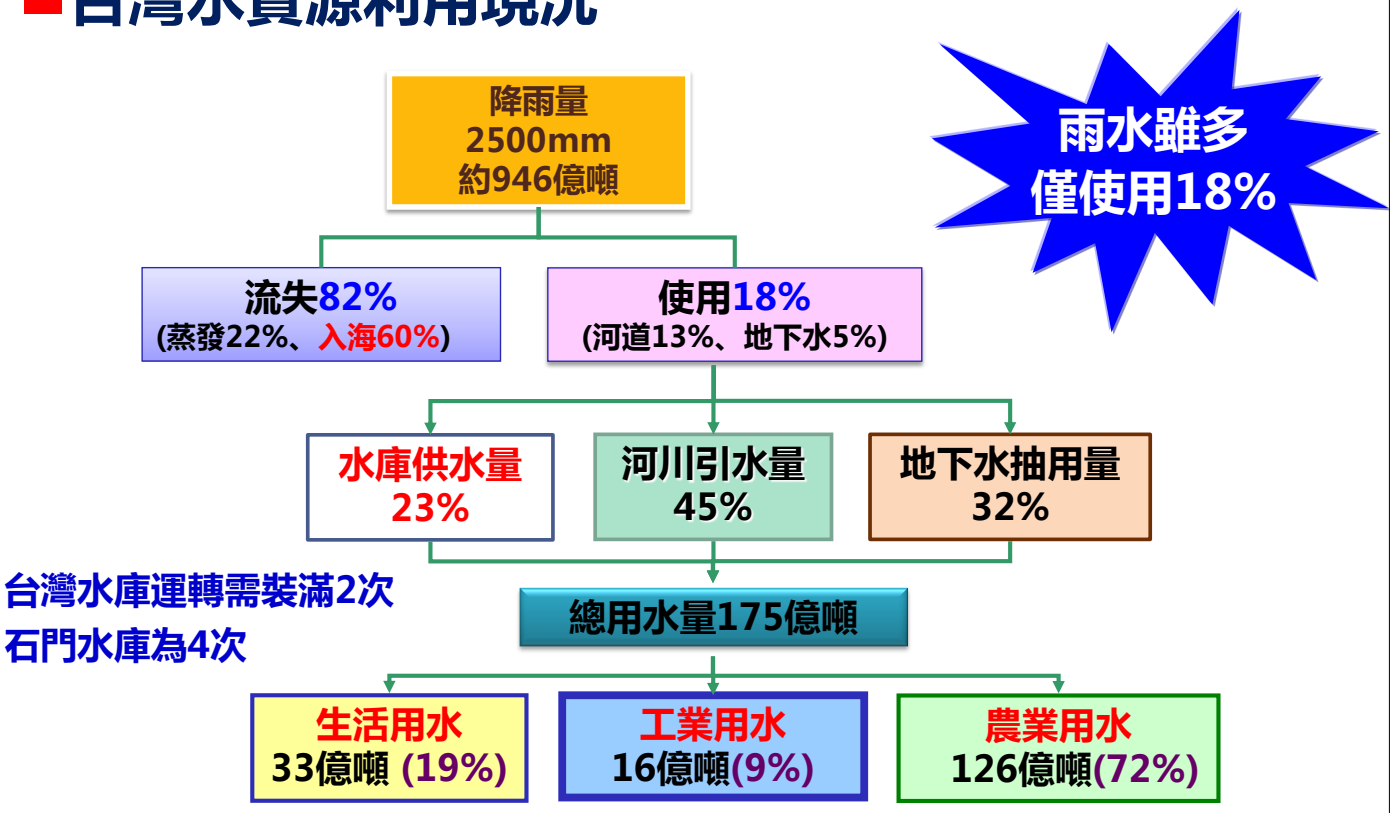
■ 降雨量時空分布不均

- □ 空間分布不均
  - ✓ 山區最高>8,000公釐
  - ✓ 平原最低<1,200公釐
- □ 時間分布不均
  - ✓ 豐枯水期比差異大
  - ✓ 豐枯水年差異>1,500公釐



5

■台灣水資源利用現況

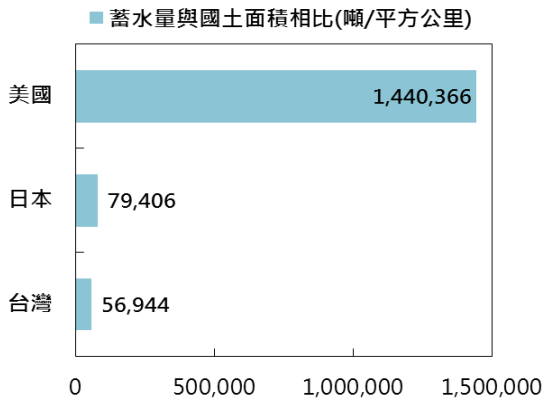


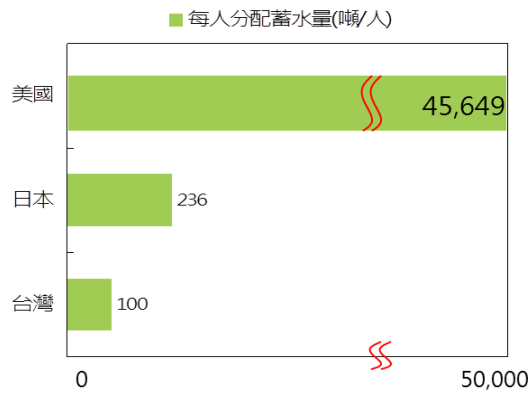
近十年平均年平均

6

■ 台灣環境與日本相似—但蓄水設施不足，水資源不易利用

	水庫總數	總蓄水量(億噸)	年總用水量(億噸)	總蓄水量/年總用水量
美國	82,704 座	135,000	5,600	24
日本	2,734 座	300	860	1/3
台灣	95 座（含攔河堰）	20.3	175	1/9





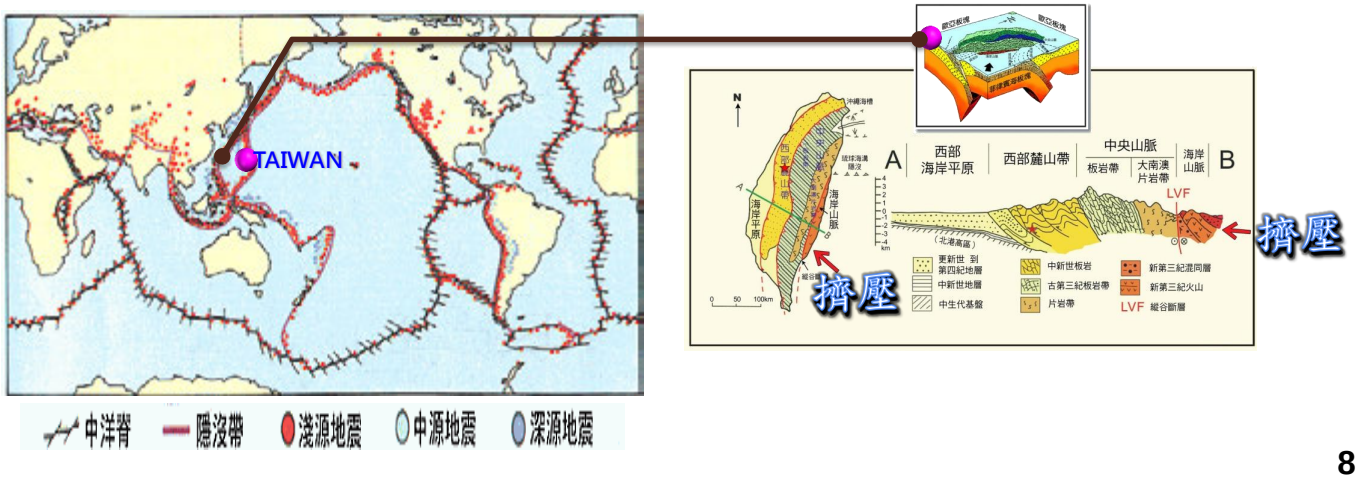
資料來源：1.日本之水資源~平成27年版(2015)、 World Commission on Dams
2.美國之總蓄水量包括五大湖區蓄水

7

■ 地質條件

地質條件敏感

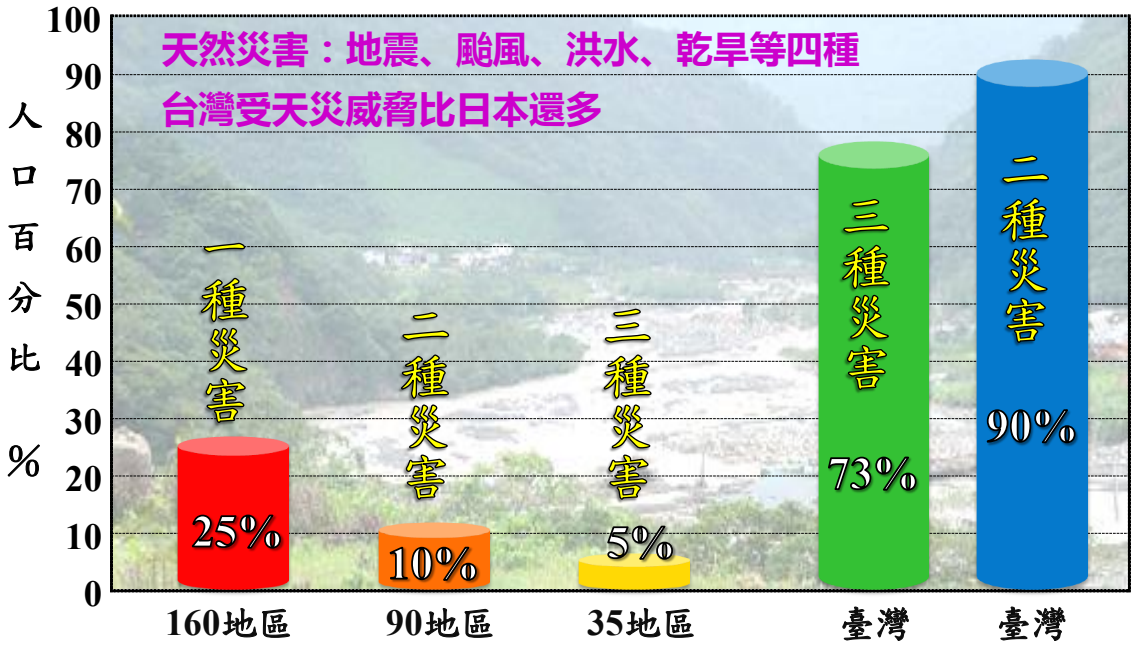
- 臺灣位地震帶，地層活動頻繁
- 易發生土石崩塌



8

■ 台灣受天然災害威脅嚴重

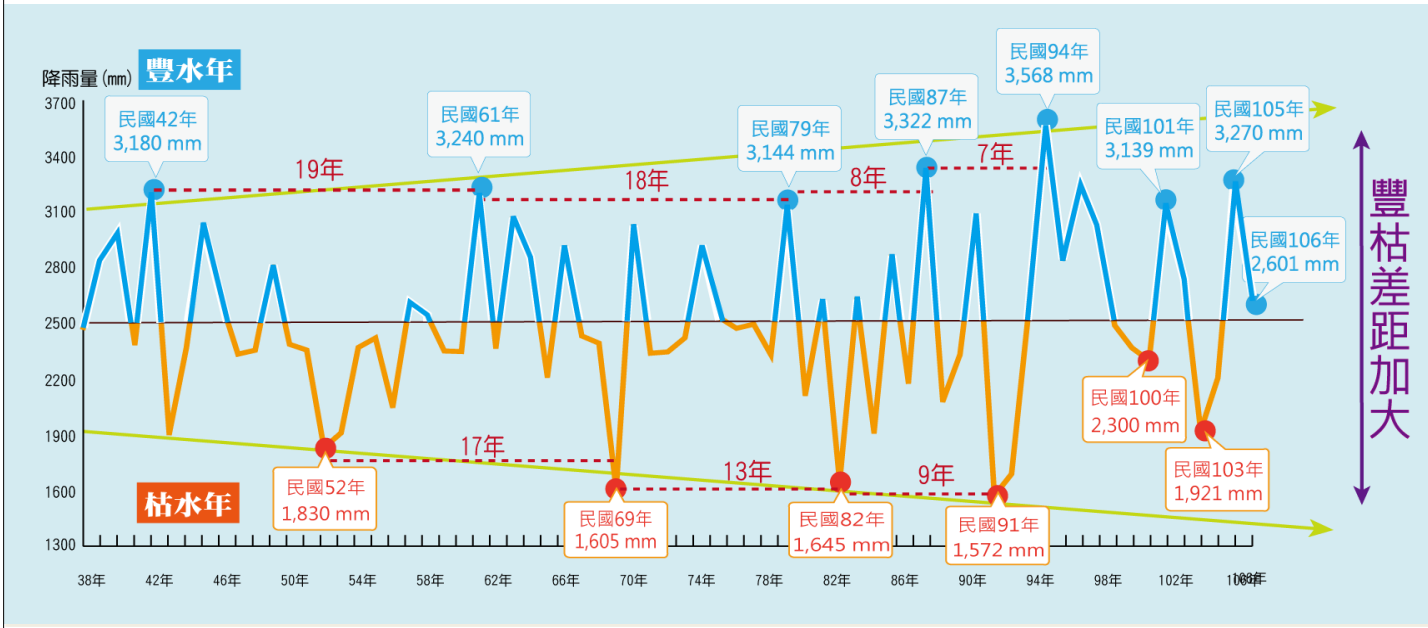
90%以上人口面臨二種災害的威脅



世界銀行報告(2005):National Disaster Hotspots – A Global Risk Analysis

9

■ 氣候變遷影響，降雨豐枯差距加大



依據IPCC於2013年發布氣候變遷AR5報告模擬：

- **水源供應**：豐水期 –7%、**枯水期 –14%**
- **降雨強度**：200年頻率**一日暴雨量 + 14 %**

10

■ 未來挑戰更加嚴峻

	2007評估（AR4）	2013評估（AR5）
21世紀末升溫 (與20世紀末相比)	最糟情境是4°C	最糟情境是4.8°C
21世紀末 海平面上升	最多升高60公分	最多升高82公分

聯合國政府間氣候變遷小組(IPCC)評估

海岸的侵蝕加劇

洪災頻率增加

土砂災害的加劇

乾旱風險增大

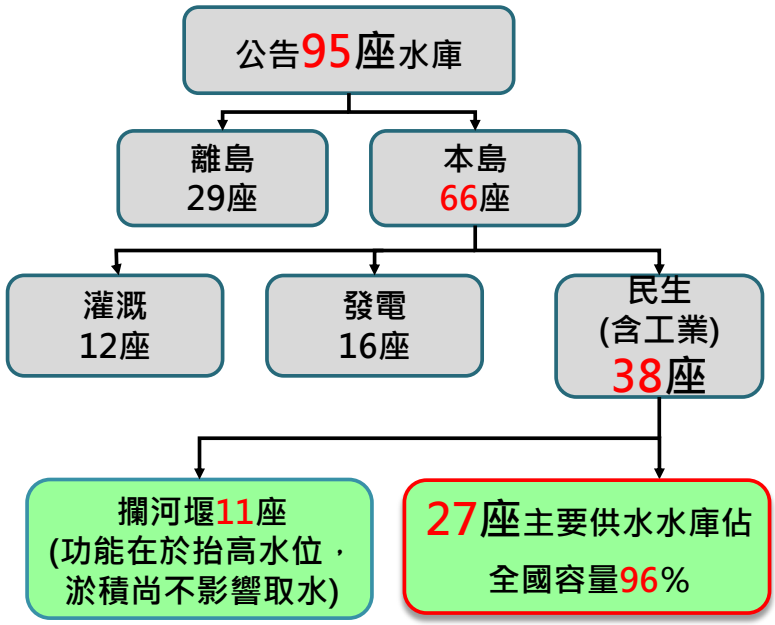
11

貳、全台水庫淤積現況

12

一、水庫淤積情形

全臺水庫原設計總容量28.6億m³，目前庫容約20.3億m³，淤積約3成



13

二、淤積主因-大量泥砂進入水庫，無法排出

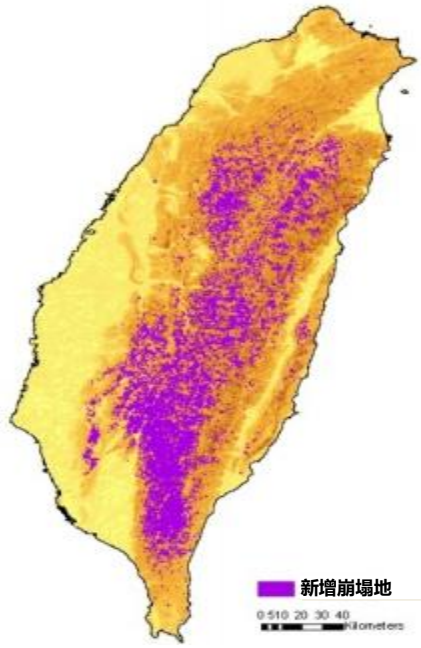
地質因素	氣候因素	人為因素
地形陡峭 地質脆弱 921地震 集水區土石崩塌	全球暖化 氣候變遷 降雨集中 洪水沖刷	集水區過度開發 超限利用 早期水庫無排砂設施

14

■重大天災造成大規模崩塌及土砂產出

集水區崩塌主要來自重大天然災害：

年度	災害別	新增崩塌面積(公頃)
1999年	921 地震	1萬1,280
2009年	莫拉克颱風	5萬1,304

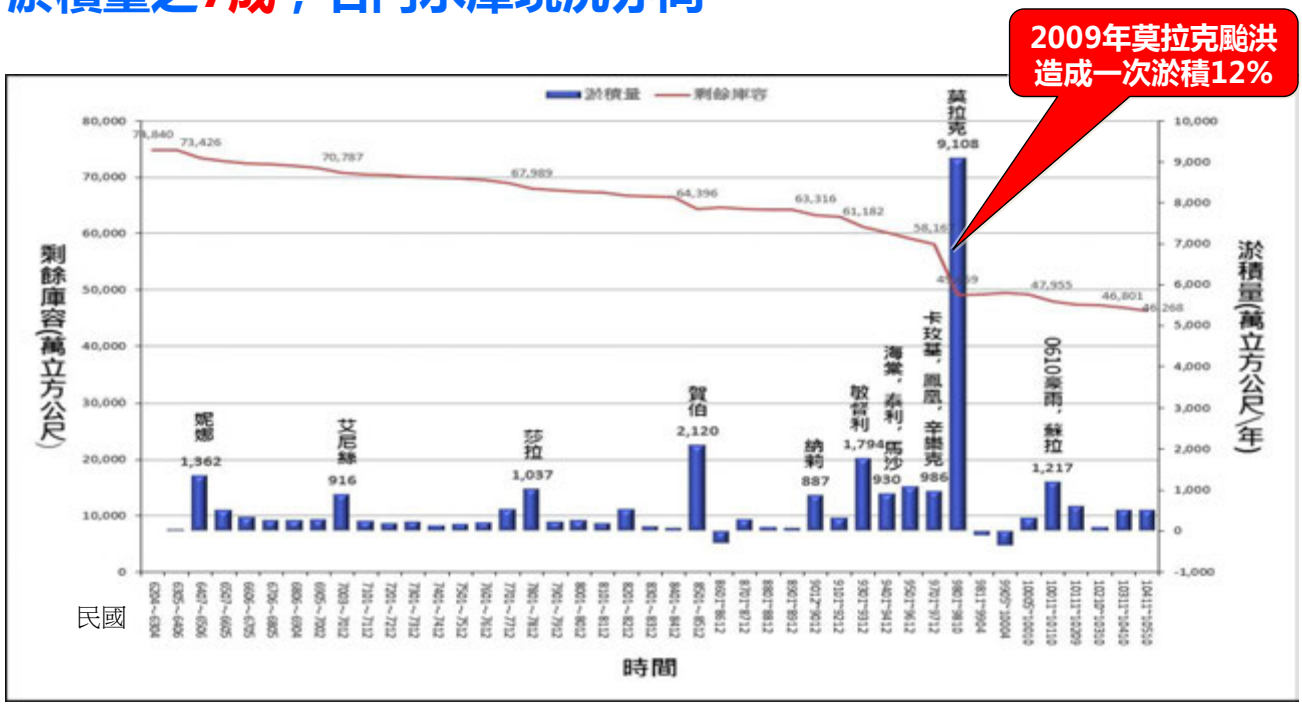


莫拉克颱洪新增崩塌地

15

■颱洪加劇土砂下移造成水庫淤積

曾文水庫主要受10場颱洪造成淤積合計約2億m³，佔現總淤積量之7成，石門水庫現況亦同



16

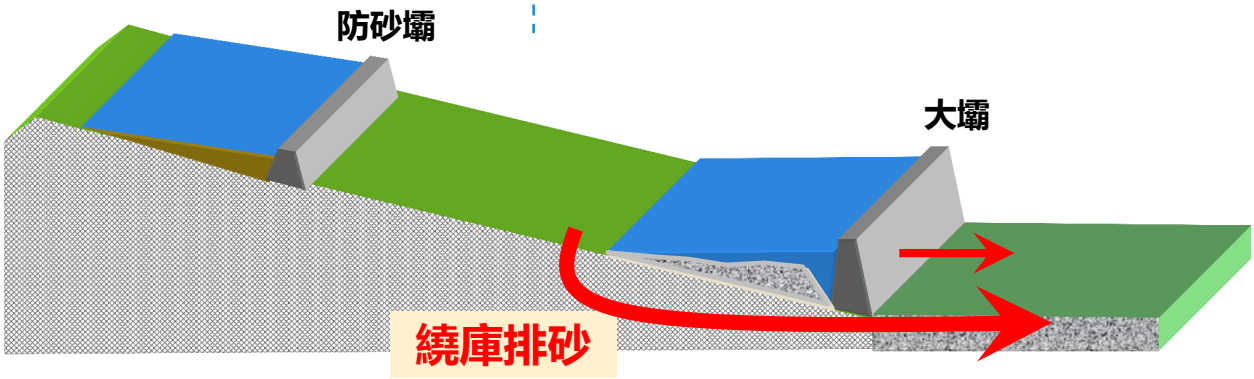
參、整體防淤策略作為

17

一、水庫整體防淤策略-上中下游共同合作推動

上游減淤
- 崩塌地復育
- 野溪整治清疏
- 強化集水區管理

中下游清淤
- 陸上開挖
- 水力抽泥
- 水力排砂

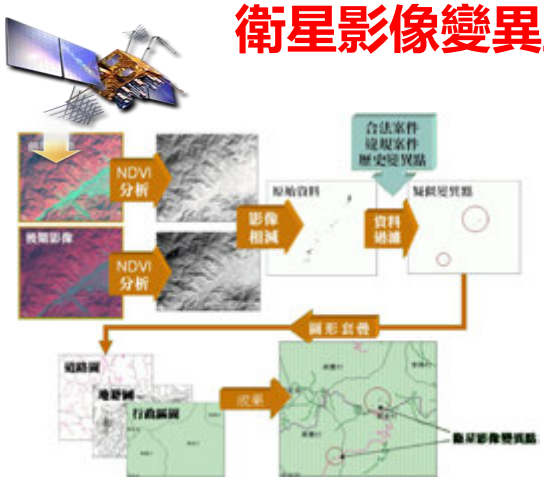


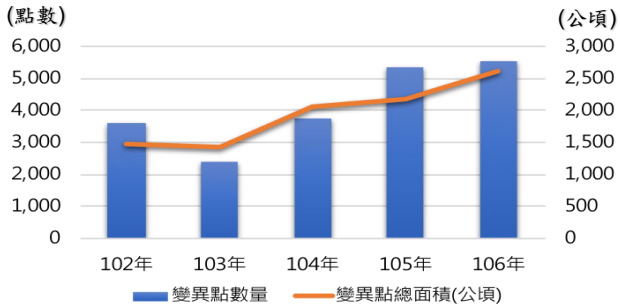
上游集水區　　水庫庫區　　下游河道

18

二、應用智慧科技，加強集水區管理(1/2)

衛星影像變異監測





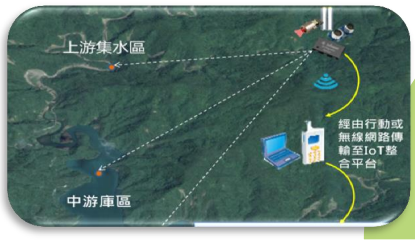
影像判釋技術精進，變異點位及面積有逐年增加趨勢

考量查處人力有限，為遏止違法開發，運用衛星影像變異點監測技術，主動協助通報疑似違規資訊供地方查處，減少違法開發產生土砂，下移至水庫。

19

二、應用智慧科技，加強集水區管理(2/2)

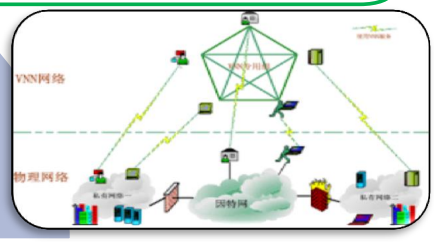
- 上游集水區植被及土砂監測
- 中游庫區水質水量監控系統
- 下游河川防護監控

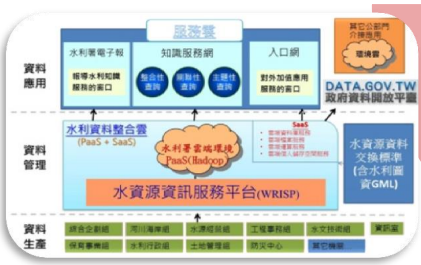


流域監控

即時傳輸

- 強化網路傳輸系統及寬頻建置
- 設置太陽能及儲電不斷電系統





決策系統

遠端操控

- 結合物聯網及大數據技術
- 流域土砂及災害潛勢測報系統
- 水文及水資源調配決策管理系統

- 水庫濁度遠端監測系統
- 水門自動控制及遠端遙控系統

20

三、加速水庫清淤，維持水庫庫容

水力排砂效率高，但有操作限制，各項清淤工作均不可少

陸挖

地處偏遠、運費高昂

- ✓ 枯水期施作
- ✓ 交通限制，運量有限
- ✓ 環境衝擊，民眾抗爭

抽泥

無價淤泥、去處難尋

- ✓ 全年可施作
- ✓ 外運需沉澱脫水
- ✓ 放淤需河川腹地

水力排砂

需有排砂設施，配合颱洪操作

- ✓ 排砂效率高
- ✓ 颱洪可操作時間短
- ✓ 可能影響下游取水

21

■ 加強河道疏通及陸挖

➢河道疏通

護岸土石背填

主流河道疏通

➢庫區陸挖

突破清淤運輸瓶頸 → 規劃專用運輸道路

防砂壩陸挖

上游庫區陸挖

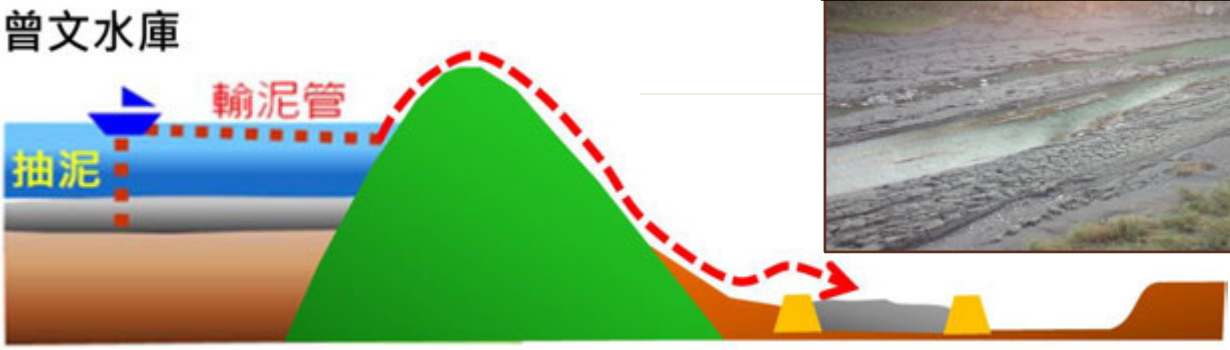
■ 庫區抽泥及河道放淤–還砂於河

持續庫區抽泥

2015年9月杜鵑颱洪最大流量2,480CMS

颱風前，放淤107萬m³

颱風後，全部沖除



■既有設施改造排砂設施-強化防淤能力

● **石門水庫發電鋼管改造**
(2013~2017年排砂316萬m³)

● **曾文水庫永久河道放流口改造**
(2016~2017年排砂116萬m³)

石門及曾文水庫已排砂432萬m³，估計每年均可增加1,400萬噸供水量

24

■水庫防淤隧道，台日技術持續交流

貯水池土砂管理の分類

25

■新建水庫防淤隧道-強化防淤能力

石門水庫
1.阿姆坪防淤隧道
(施工中，預計2020年完工)
2.大灣坪防淤隧道
(檢討中，預計2029年完工)

白河水庫防淤隧道
(施工中，預計2019年完工)

曾文水庫防淤隧道
(運轉中)

南化水庫防淤隧道
(施工中，預計2018年完工)

2018.4.16賴院長主持
石門水庫阿姆坪防淤隧道開工

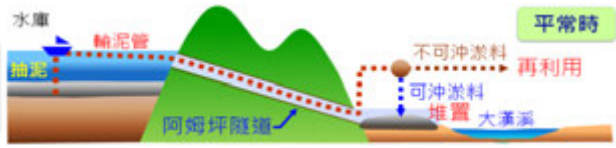
2017.3.31蔡總統視察
曾文水庫防淤隧道

26

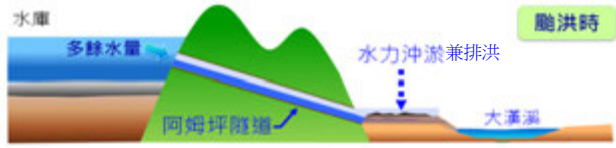
1.石門水庫阿姆坪防淤隧道

效益：每年增加64萬m³防淤能力

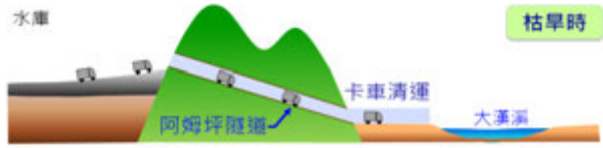
功能一：作為輸泥管道，抽泥輸送至下游進行分選，可沖淤料待颱洪期間排出。



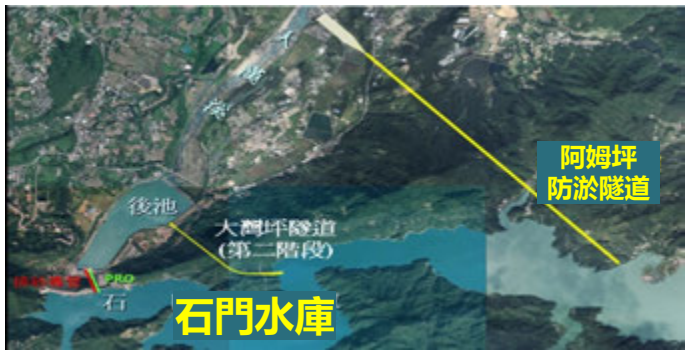
功能二：作為沖淤通道，利用颱洪期間多餘水量進行沖淤，將可沖淤料回歸河道。



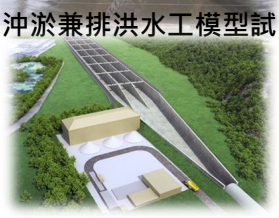
功能三：作為運輸便道，枯旱時供卡車由隧道至水庫載運淤泥，避免交通衝擊。



功能四：作為排洪隧道，颱洪期間供庫操作洩水，確保水庫防洪安全。



沖淤兼排洪水工模型試



27

2.白河水庫更新改善

現況水庫淤積率61%，庫容僅剩970萬m³，影響供水

28

■白河水庫更新改善內容

	計畫內容	預期效益
執行中	防洪防淤隧道 壩體改善 出水工改善	1.清淤50萬立方公尺 2.增加每年20萬立方公尺排砂量 3.增加每秒282立方公尺排洪能力
後續	清淤工程 繞庫防淤 越域引水	1.整體清淤400萬立方公尺 2.增加供水量每日2.8萬噸 3.增加每年18.6萬立方公尺排砂量

防洪防淤隧道

水庫清淤

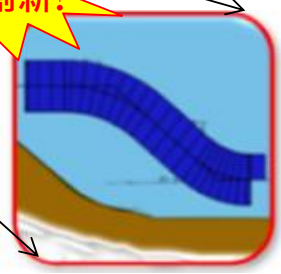
29

3.曾文水庫防淤隧道(已完工)

- 進水口象鼻引水鋼管，全球首例
- 直徑11.6公尺，運送及施工難度高

今年汛期開始運作

技術創新!



計畫功能：
增加排砂104萬立方公尺/年
排洪995立方公尺/秒

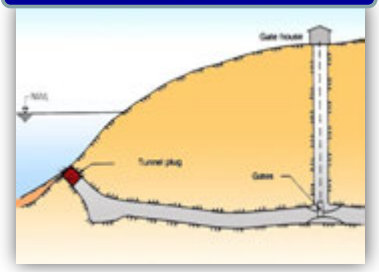
進水口象鼻引水鋼管廠製情形

30

為何選擇象鼻管?

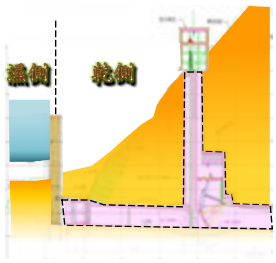
- 施工期間需維持水庫正常營運，不影響供水
- 蓄水位規劃為EL.230m，鋼管底部高程EL.170m

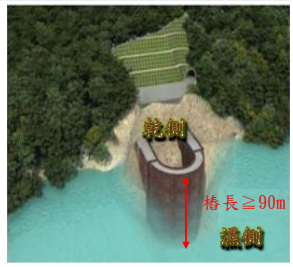
岩塞爆破工法



1.地質條件不佳
2.施工水位過深
3.水中爆破技術難度高
4.爆破風險難以控制
5.國內岩塞爆破尚無前例

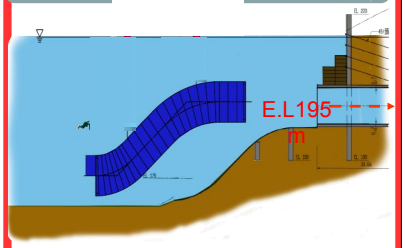
圍堰工法





1.排樁深度過長(≧90m)
2.可能產生滑動、傾覆及張力破壞
3.排樁水密性難以控制
4.水壓差過大(施工水深60m)
5.圍堰拆除困難

無圍堰象鼻引水鋼管工法



1.無庫水溢過圍堰之風險
2.無圍堰倒塌之風險
3.降低進水口段隧道之高程
4.施工時對水庫水位變化之容忍度高

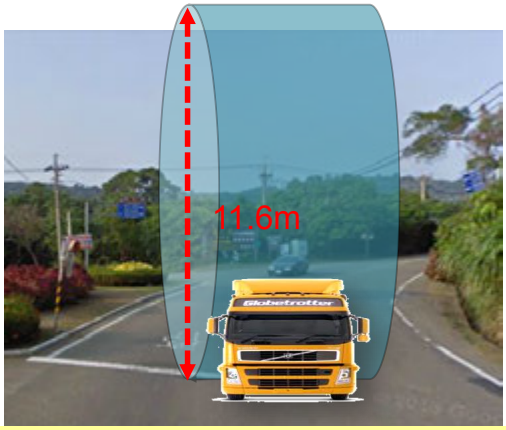
31

象鼻引水鋼管施工照片

32

水運象鼻鋼管替代陸運

運 輸 困 難



●鋼管陸運示意圖

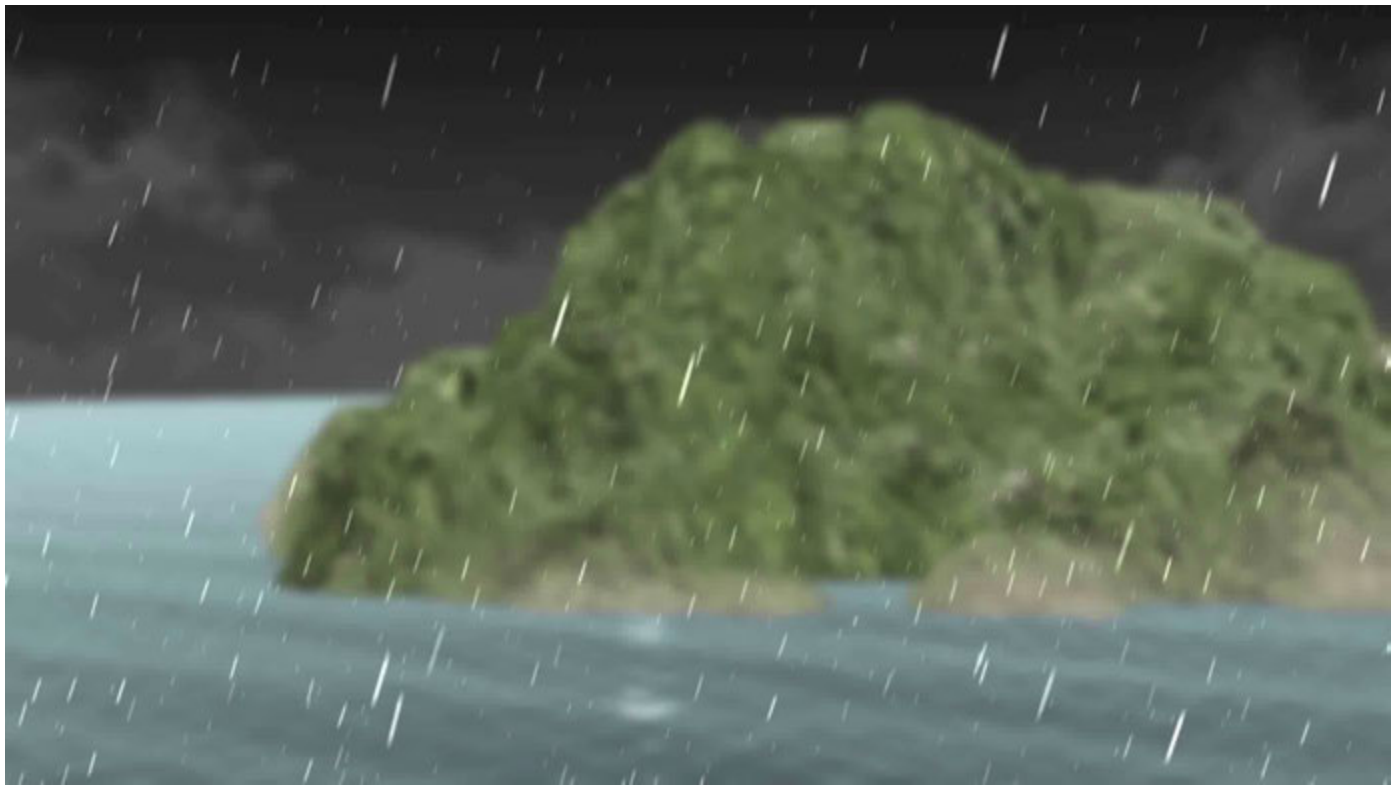
- 象鼻鋼管直徑11.6m運輸困難
  - 庫區道路狹小，路幅嚴重不足。
  - 道路電桿過低，阻礙通行。

解決對策：

- 於曾文水庫庫區設置鋼管廠，以水運代替陸運。

33

曾文水庫防淤隧道工程動畫

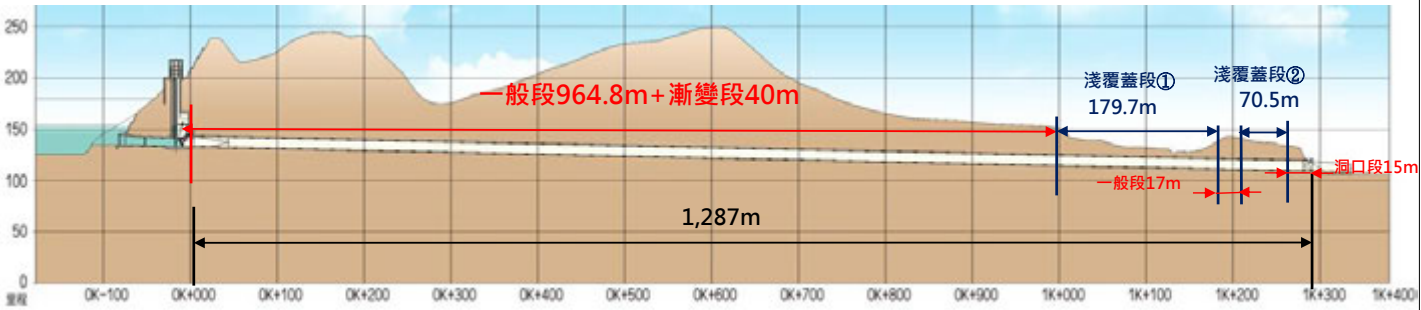


34

4.南化水庫防淤隧道工程(今年完工)

35

南化水庫防淤隧道工程剖面圖



防淤隧道防水膜鋪設

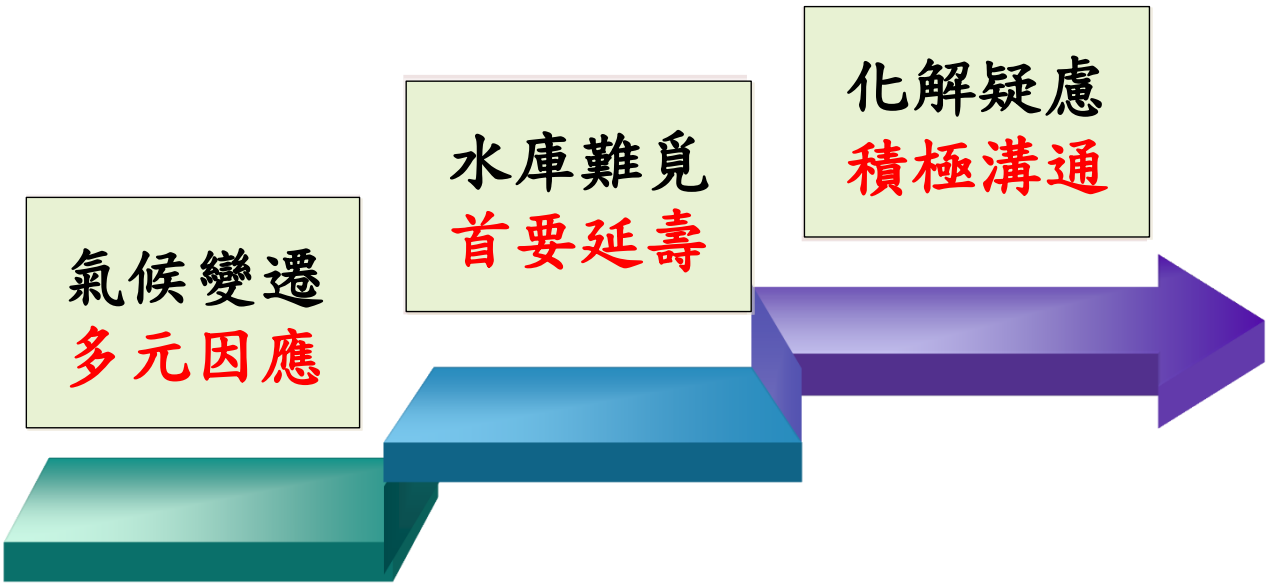
防淤隧道襯砌鋼筋綁紮

防淤隧道砌混凝土澆置

36

肆、結語及未來展望

37

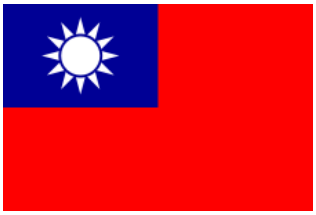


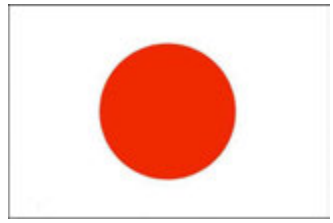
38

風調雨順是共同的祈願！

39

持續交流合作，促進友好發展~





40

簡報結束
敬請指教

(曾文溪斗六部落河段)

41

農地の土壌物理的環境−水田と畑地の粗孔隙−

成岡　市

農地の土壌物理的環境
ー 水田と畑地の粗孔隙 ー

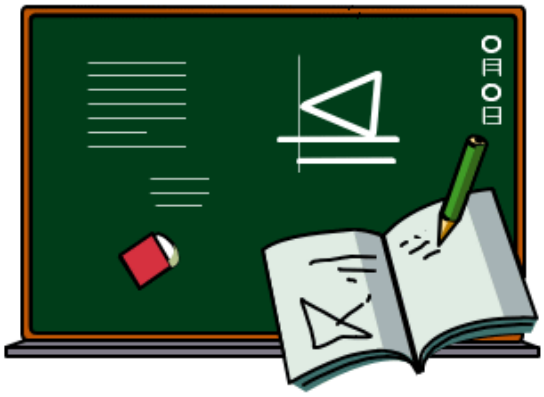
Soil physical environment of farmland
(Macropores in paddy field and upland field)

臺灣日本水利技術交流セミナー

主催： 財團法人紀念八田與一文化藝術基金會

August 31, 2018

講　師



成岡　市（NARIOKA Hajime）

国立 三重大学 大学院 生物資源学研究科 教授

1955年、東京に生まれる
秋田県立農業短期大学農業工学科卒業
SOFTEX社(軟Ｘ線装置製造会社)勤務
岩手大学大学院農学研究科修士課程修了
東京農業大学農学部研究生　←陳献先生と出会う
東京農業大学総合研究所(助手、講師)
岡山大学環境理工学部(助教授)を経て現職

農学博士(北海道大学)

専門：**農業土木学**(農地工学、農地保全学、土壌物理学)
e-mail：　narioka@bio.mie-u.ac.jp

「農業土木学」の父

上野博士 と 愛犬「ハチ公」

上野英三郎
1872(M 5). 1.19～1925(T14).5.21

ハチ公(ハチ号)
1923(T12).11.10～1935(S10).3. 8

ハチ公像（秋田県JR大館駅前）

東京大学　農地環境工学研究室所蔵

近鉄久居駅東口の「上野英三郎とハチ公」

上野英三郎の墓

孫の上野一人氏(左)と石井 敦教授
(右；東京大学の農業土木学を継承する講座の卒業生、現 筑波大学)

上野英三郎の墓
(法専寺；三重県津市久居)

知っていましたか？

- 東京の渋谷駅前にある「忠犬ハチ公」の銅像は、人々の待ち合わせの目印としてとても有名です。このハチ公の主人が、三重県久居の出身、上野英三郎（うえのひでさぶろう）博士です
- 博士は、農業土木学の第一人者で、東京帝国大学に農業土木学の専修コースを創設し、水田区画の大型化や用排水路の整備などの研究・改良を進め、現代の効率的な農業生産基盤整備の礎を築きました
- また、三重大学（三重高等農林）の農業土木学科の創設に尽力したことでも有名です

科学 Science (Scientist) 大学・研究組織	テクノロジー Technology (Technologist) 施工・管理組織

上野英三郎は 関係性を明瞭 にしている

Science
科学
Scientist

and

Technology
テクノロジー
Technologist

技術 に関わる

Engineering ⟷ Technology

工学---(知識)ベース　　スキルベース

学士レベルの基礎教育　　技能訓練

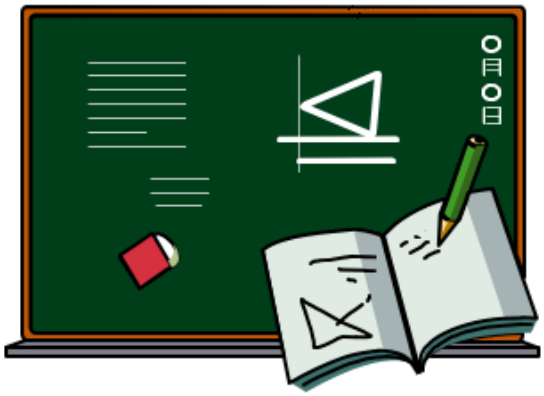
Engineer　　Technician

→ 技術者　　技能者

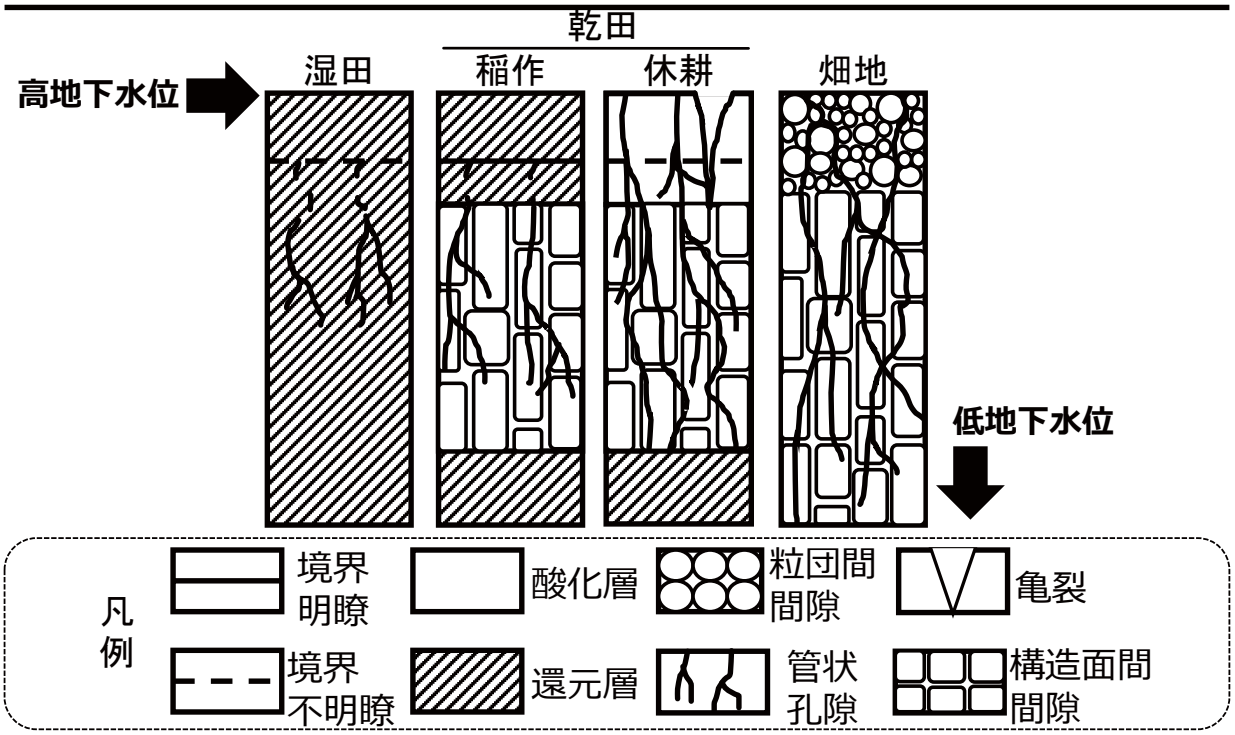
参考:「技術者教育認定制度が目指すもの」、大橋秀雄（工学院大学学長、日本技術者教育認定機構 副会長）、技術者教育認定制度シンポジウム、2000

農地の土壌物理的環境
ー水田と畑地の粗孔隙ー

土壌断面と地下水位



水田・畑地の模式的な土層構造

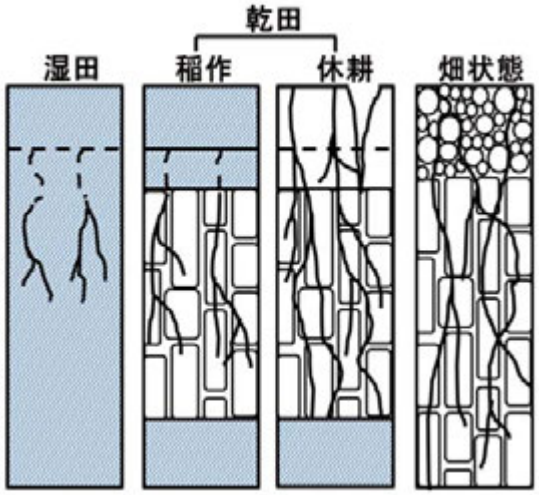


■ 地下水位によって、土壌内に入る酸素量の違いが起こり(酸化・還元環境)、作物根環境、土壌微生物環境、土壌・土層環境に変化が生じる

■ 土壌環境によって、土層構造は明らかに異なり、マクロな不均一構造となっている（畑～水田土層の模式的モデルに分類できる）

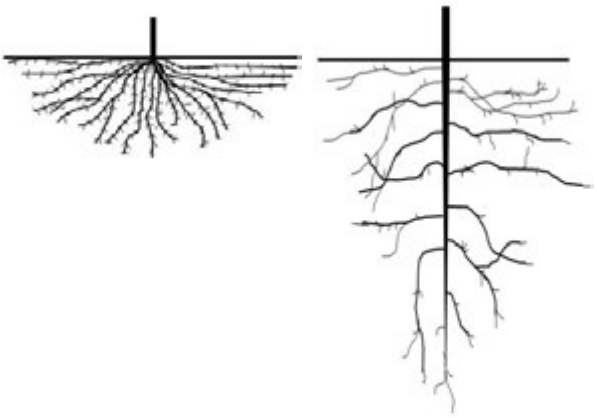
水田・畑地の土層構造と作物根系形態

土層構造



高 地下水位（水田） ⟷ 低 地下水位（畑地）

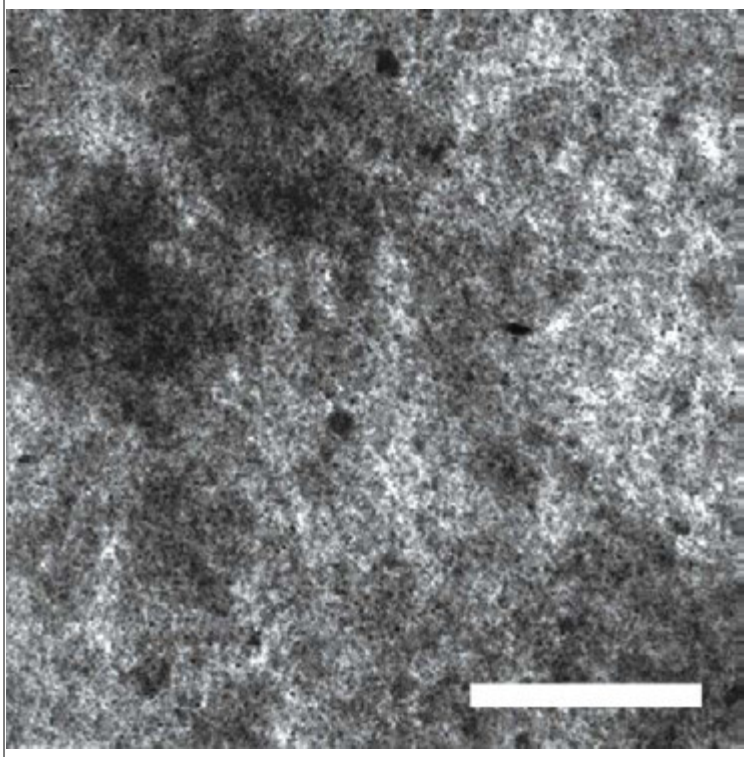
作物の根系形態



水田に多い形態　　畑地に多い形態

「管状孔隙」の認識

粒団内間隙（団粒内間隙）

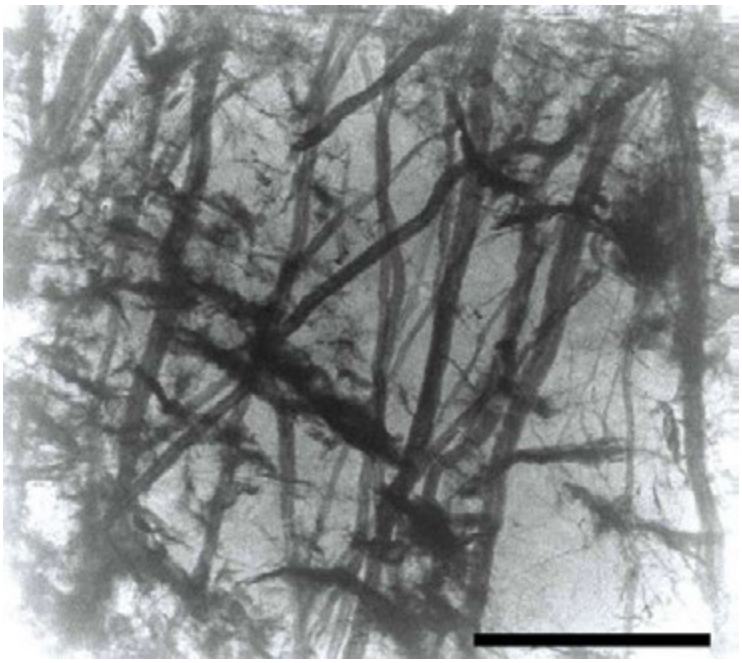


黒ボク表土の土壌基質軟X線影像。右下スケール長は10mm

土壌基質(ped内)に存在する粒団内間隙(団粒内間隙)は、断面形状が不規則で一次粒子や二次粒子の骨格構造の幾何学的配列に規定

顕微鏡視野の範囲でマトリックポテンシャルmatric potentialなどの土壌物理性に影響

水田(地下水位が高い土層)の管状孔隙



「水田型管状孔隙」の軟X線影像
右下のスケール長は10mmを示す

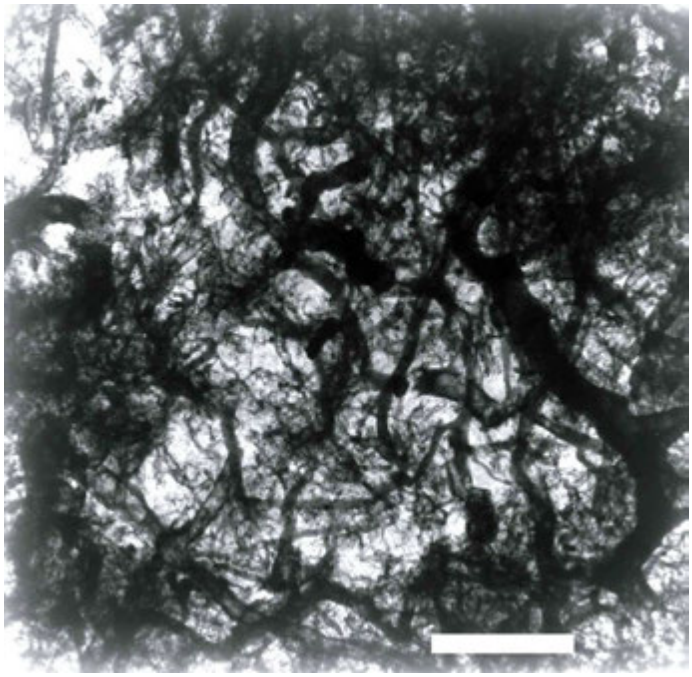
(1) 飽和透水係数の鉛直/水平方向の比(K_V/K_H) →1.0よりも大きく、鉛直方向に透水性が優越

(2) 粗孔隙の空間構造→幹線は比較的直線様に鉛直方向に走り、水平方向へ支線が分岐する他は水理学的な抵抗要素となる分岐はしていない

(3) Poiseuille則の土壌への適応は成立しない→管状孔隙を直管として扱うのは極めて困難

(4) 飽和透水係数の抵抗要素は孔隙の空間構造

畑地(地下水位 ＞1m深)の管状孔隙



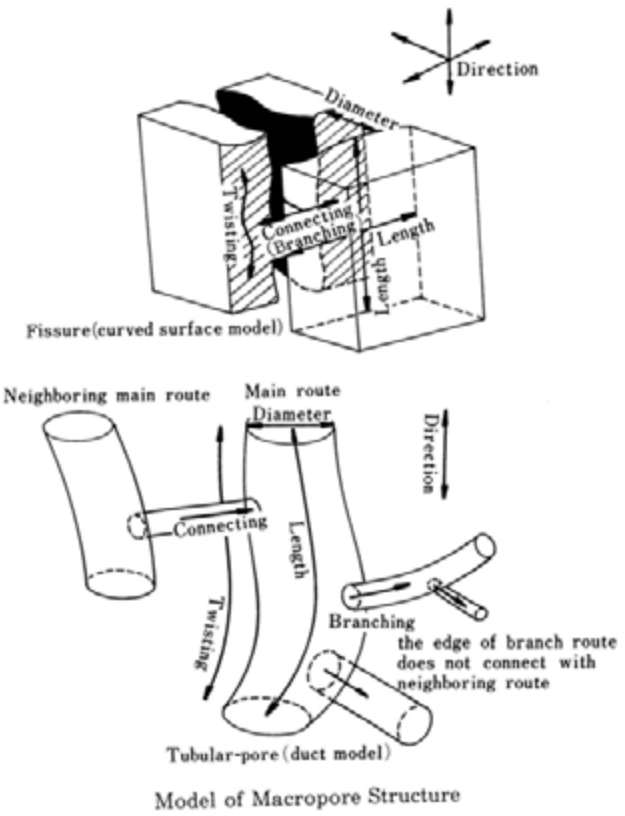
「畑型管状孔隙」の軟X線影像
右下のスケール長は10mmを示す

(1) 土壌環境が畑状態の場合、「根は屈曲が顕著で分枝根数が多く長大となる」

(2) 水田状態よりも畑状態の環境下にある孔隙に屈曲性が大きい

(3) 休耕田雑草遷移調査によると、「発生雑草種は土壌水分によって明らかに異なり、休耕年次の経過とともに急速な遷移を示すが、地帯的な差異は少ない」

粗孔隙モデル



二つの粗孔隙モデル

粗孔隙の構造は、

- **亀裂**（曲面状モデル）
- **管状孔隙**（管モデル）

などが考えられる

この構造の空間構成は、

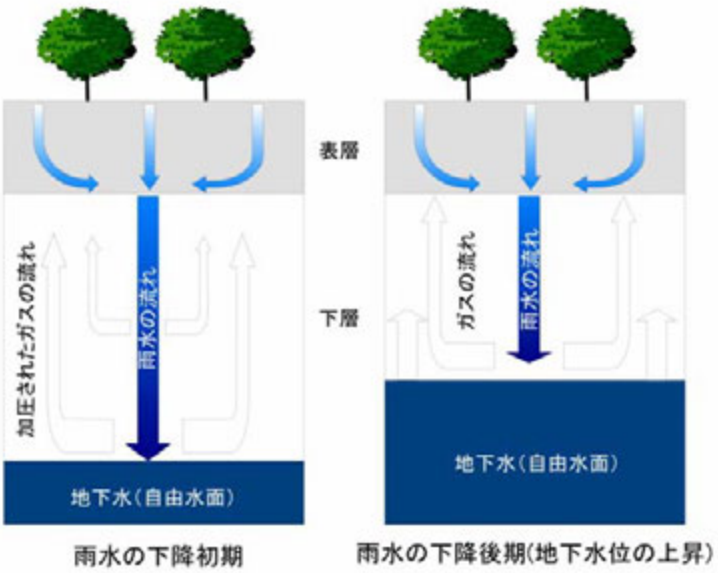
- 分布 spatial distribution
- 接続状況 connecting
- 分岐状況 branching
- 屈曲状況 wisting/tortuosity
- 断面(積)変化 diameter
- 連続長 length
- 方向性 orientation

などで表現される

幹線となる「管状孔隙」の主要諸元

水田型・畑地型	管状孔隙「幹線」の内径、変動係数(C.V.)	屈曲度
水田型	0.6mm、20%	1.3mm/mm
畑地型	1.0mm、20%	1.7mm/mm

火山灰台地(地下水位 ＞数m深)の粗孔隙



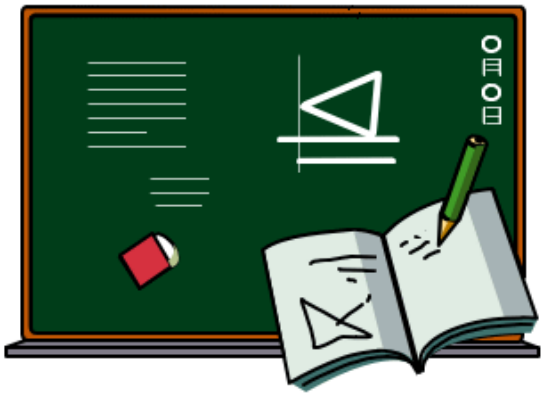
雨水涵養過程（地下水位変動帯）の模式図

① 雨水は、表層で団粒間間隙や管状孔隙等を通過。下層で管状孔隙が関与

② 管状孔隙は、鉛直方向に太く、水平方向に細く、曲がりくねっている

③ 水平方向の孔隙は、鉛直方向の孔隙を伝わる雨水によって満たされることもあれば、開放孔隙に連絡し、高まった空気圧を逃がす役割を持つ

水田耕盤層の管状孔隙

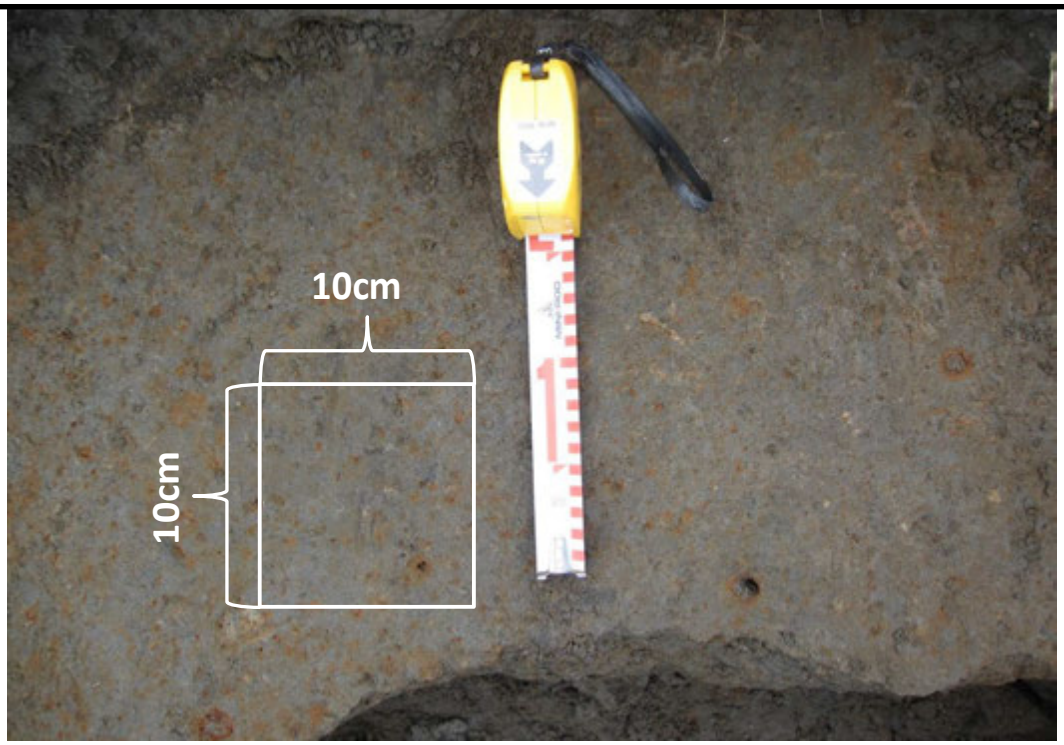


「土壌断面調査」で発見！

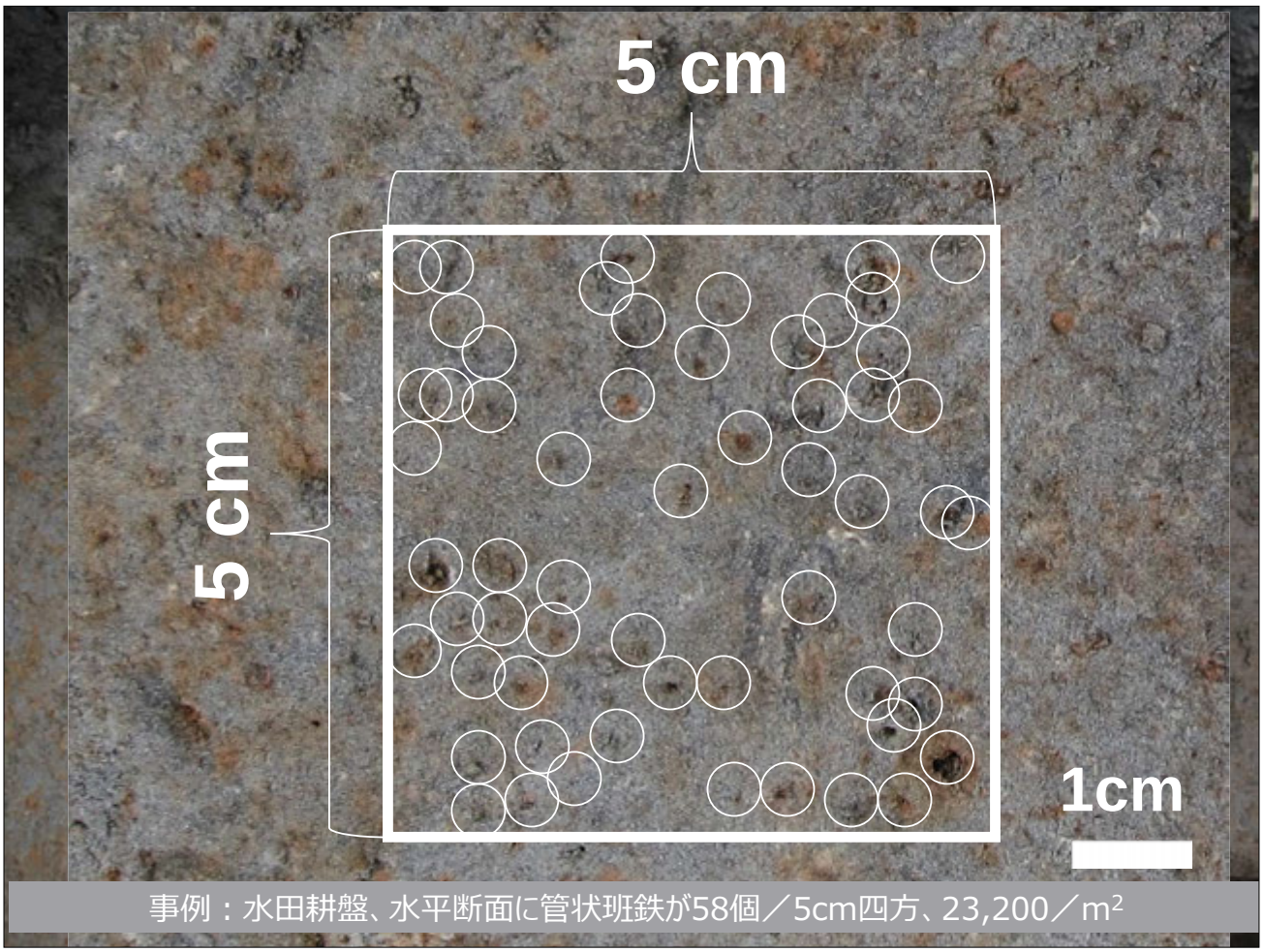
耕盤層
(管状斑鉄)

←内径1cm以上の孔隙を視認

水田耕盤層の「管状班鉄」

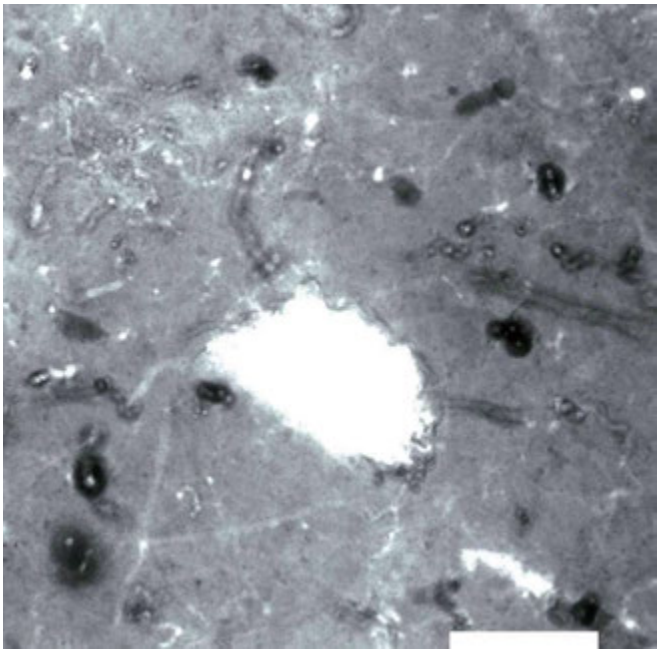


事例：水田耕盤、水平断面に管状班鉄が　58個／5cm四方、23,200／m^2



事例：水田耕盤、水平断面に管状班鉄が58個／5cm四方、23,200／m²

管状孔隙内壁に「鉄被覆と強化」



水田土層管状斑鉄の軟X線影像（水平断面）
右下のスケール長は10mmを示す

(1) 鉛直方向の管状孔隙は中心が白く抜けている

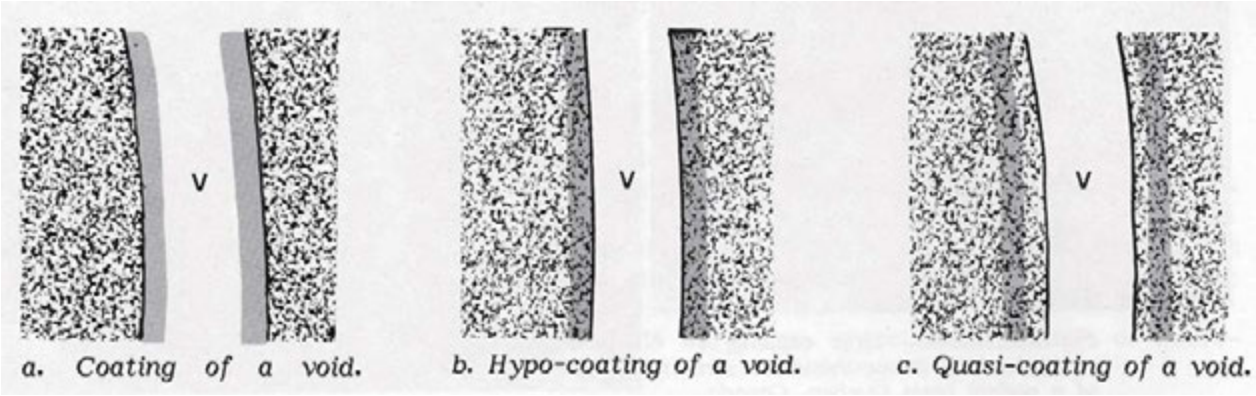
(2) 管状斑鉄の輪切り断面は、鉄沈澱部分の濃度階調が高く、中空部周辺に約0.55mmの厚さ。中空部分の内径は約0.5mm以上、斑鉄が沈澱していない管状孔隙の内径は約0.5mm以下

(3) 孔隙径の等価pF値＝0.8 (約6cmH_2O)

(4) 斑鉄は堅く、管状・暈管状斑鉄の分布は不均一

(5) この被覆構造によって、ベイドスゾーンの通気・透水パイプ(管路系)の強化・保存がされている

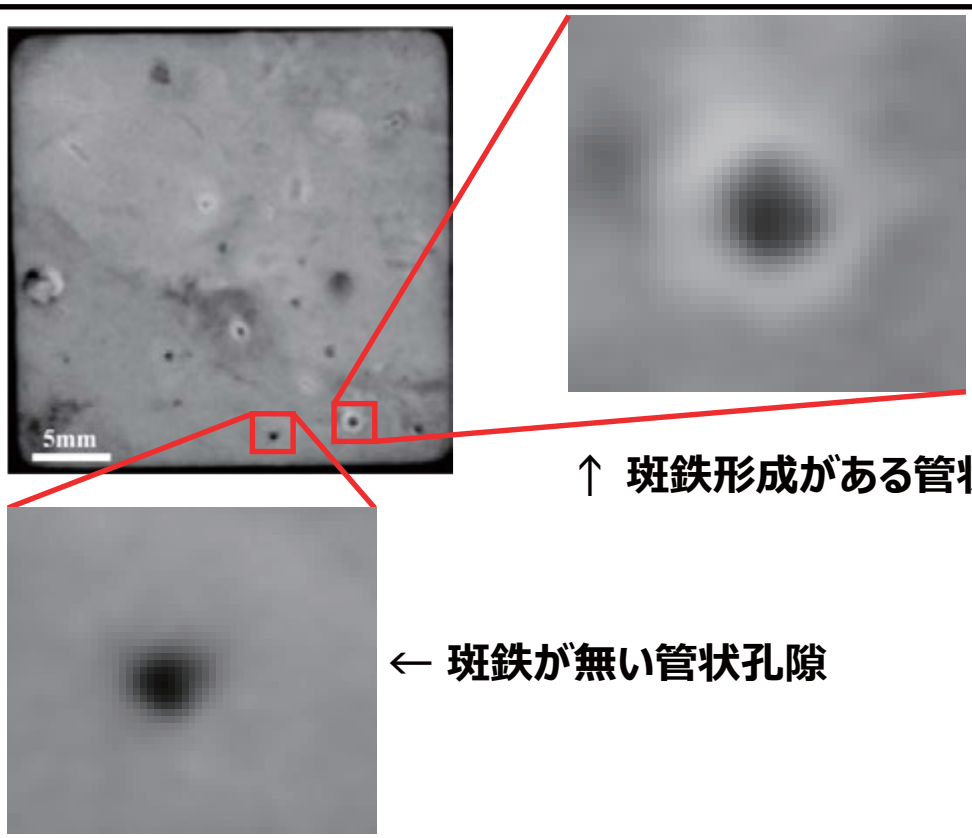
土壌微細形態学からみた「被覆」



a. 孔隙の被覆、b. 孔隙の準被覆、c. 孔隙の偽被覆
(Handbook for soil thin section description, P.Bullock et al., Waine Research Publications. 1985)

粗孔隙が物理的に堅固な構造として保存され、また粗孔隙内を物質が流れる間に、孔隙内壁面に粘土皮膜や腐植などの有機物が付着することもある。単なる中空の管状孔隙の存在があるのではなく、内壁が被覆された無数のパイプが土壌内に存在している

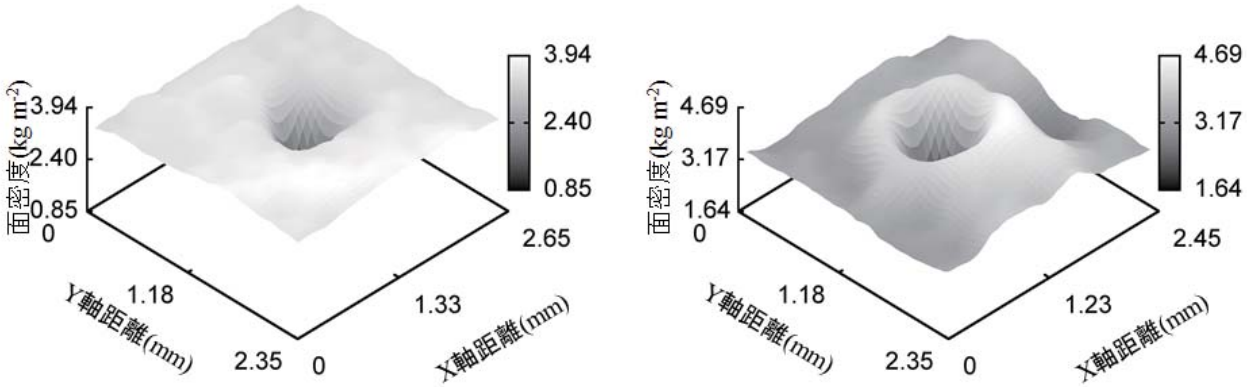
リーゼガング(Liesegang phenomenon)



↑ 斑鉄形成がある管状孔隙

← 斑鉄が無い管状孔隙

リーゼガング(Liesegang phenomenon)

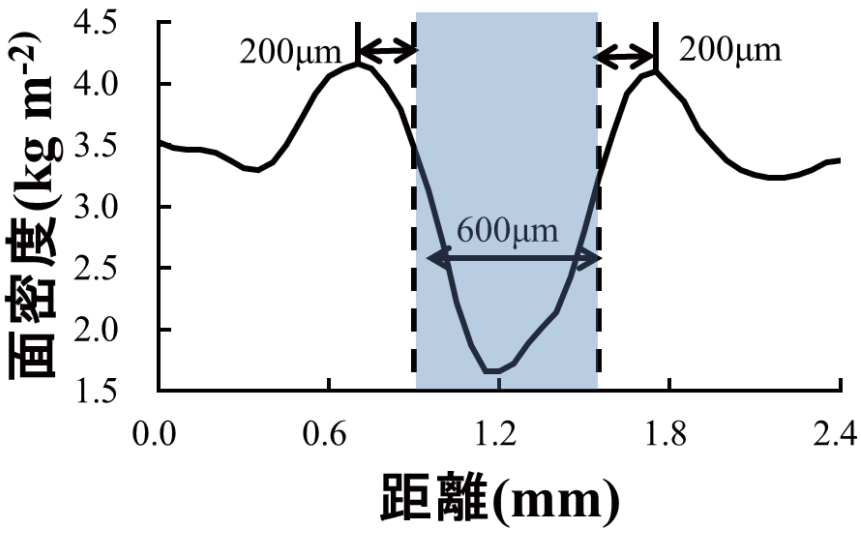


斑鉄無し　　斑鉄有り

斑鉄形成 → 孔隙辺縁部の密度増

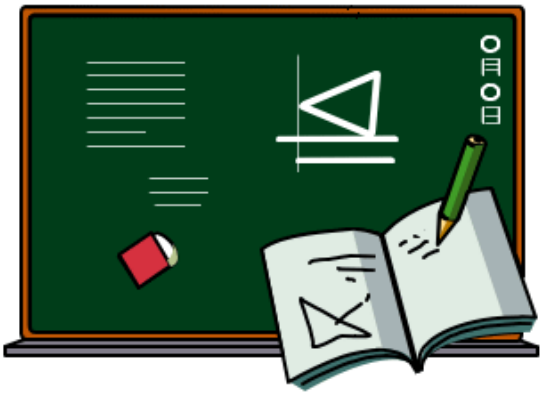
リーゼガング(Liesegang phenomenon)

管状斑鉄(斑鉄が円筒状に沈殿)の断面構造



斑鉄形成　→　孔隙辺縁部の密度増
密度増　→　孔隙強度増

「微小循環網」の発見



「優先孔隙」と「微小循環網」の存在

○ 管状孔隙は 「循環系」 を構成している

○ 鉛直／水平方向の主要な管状孔隙を、土層内の水やガス移動に影響を与える「優先孔隙」とするならば、この幹線と土層基質内を結ぶ「微小循環網」が存在し、形態的なネットワークが形成されている

○ 粗孔隙における排水経路と排気経路の機能の分化があり、土層内の保水性や土壌水・溶質の移動特性が発揮される。管状孔隙の網状構造が寄与している

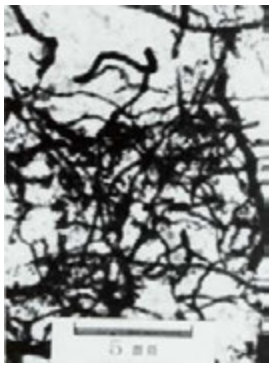
⬇

「粗孔隙の微小循環網」 が存在

粗孔隙の微小循環網

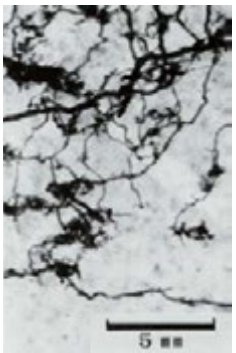
[A]

[B]



[C]

[D]



[E]

[A] 幹線結束型

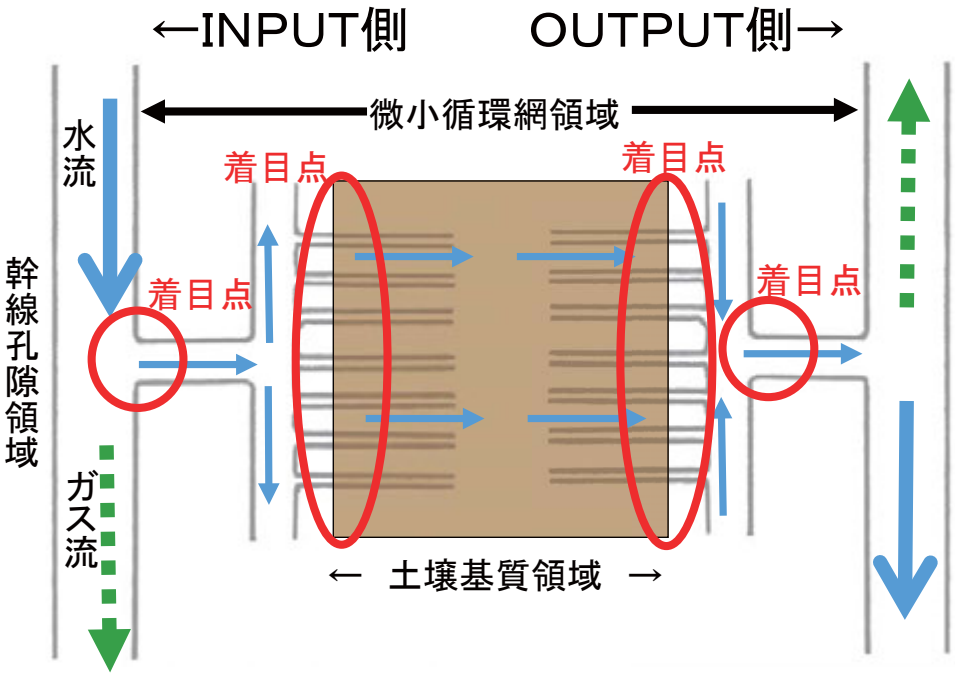
[B] 幹線網状型

[C] 支線屈曲型

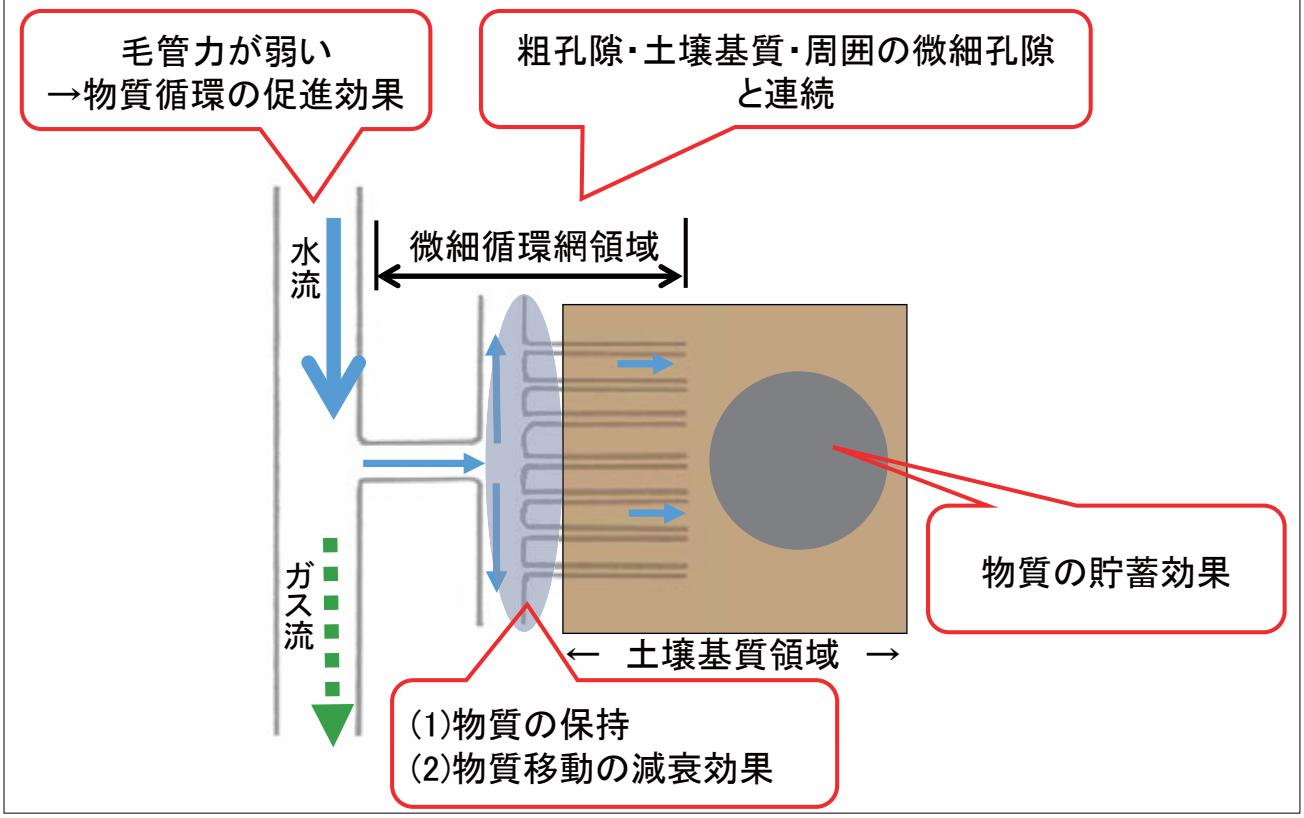
[D] 支線湾曲型

[E] 支線網状型

微小循環系モデル [模式図]



発展型 「微小循環系モデル」



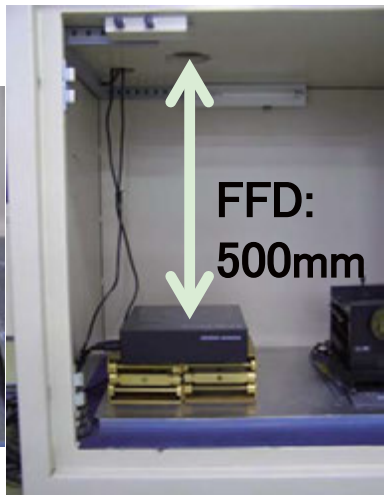
附
「軟X線撮影(撮像)法

研究方法「軟X線撮像」→デジタル画像

撮影条件（デジタル撮像）

軟Ｘ線発生装置
(DCTS-7003； SOFTEX社)

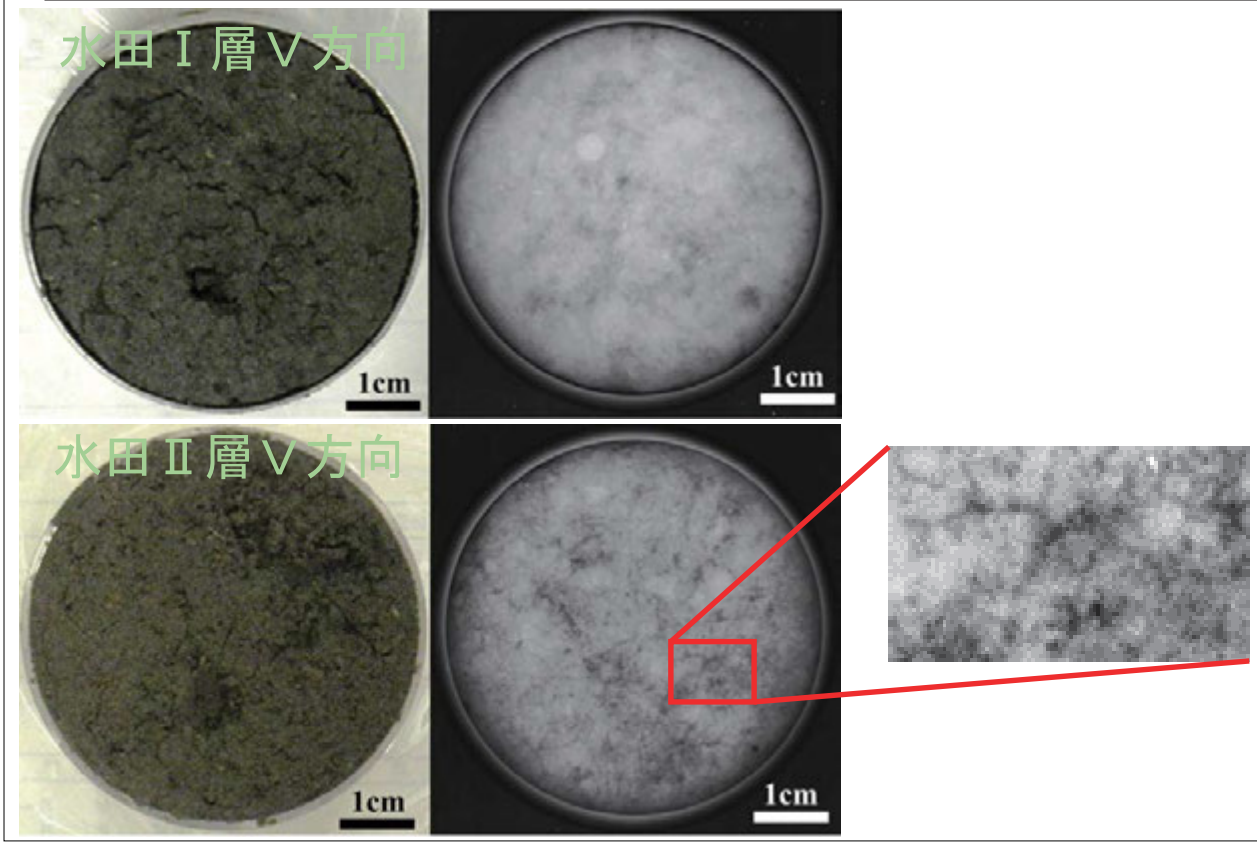
デジタルＸ線センサ
(NAOMI-NX； アールエフ社)



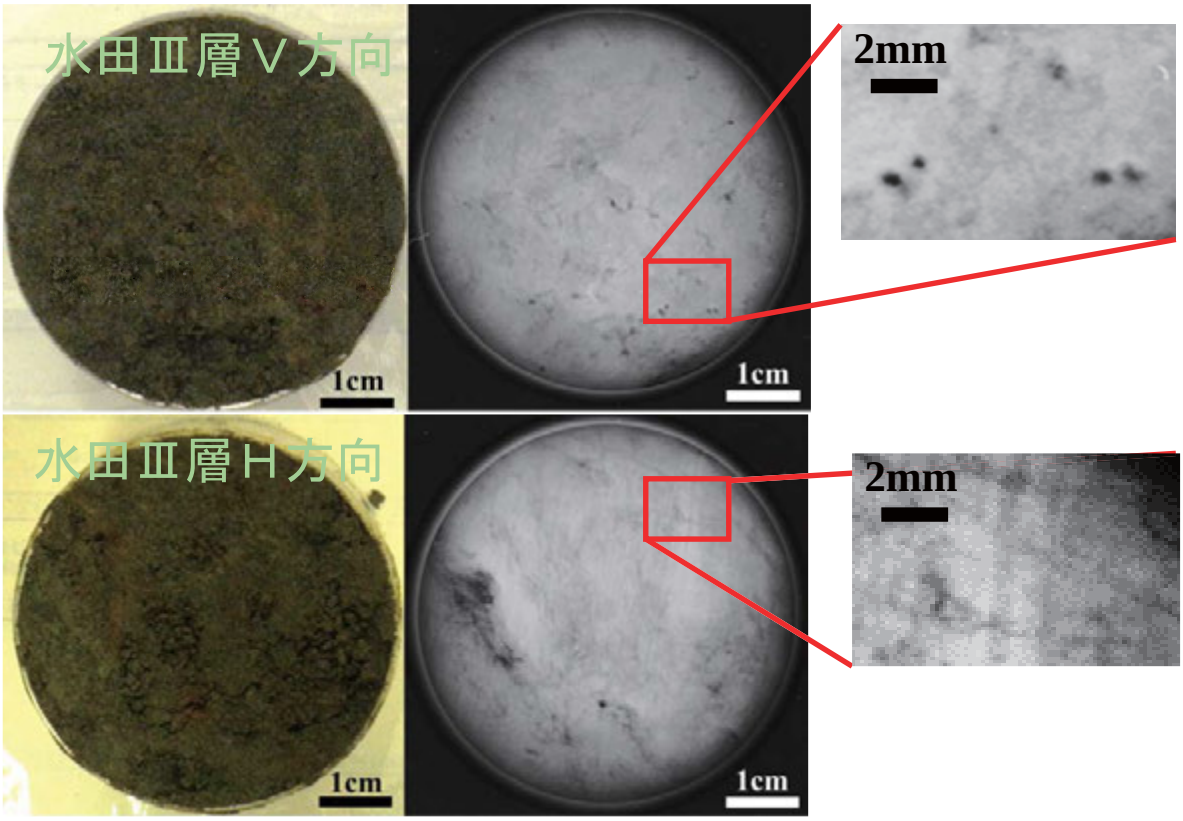
撮影条件

管電圧(kV)	42
管電流(mA)	0.5
照射時間(s)	2

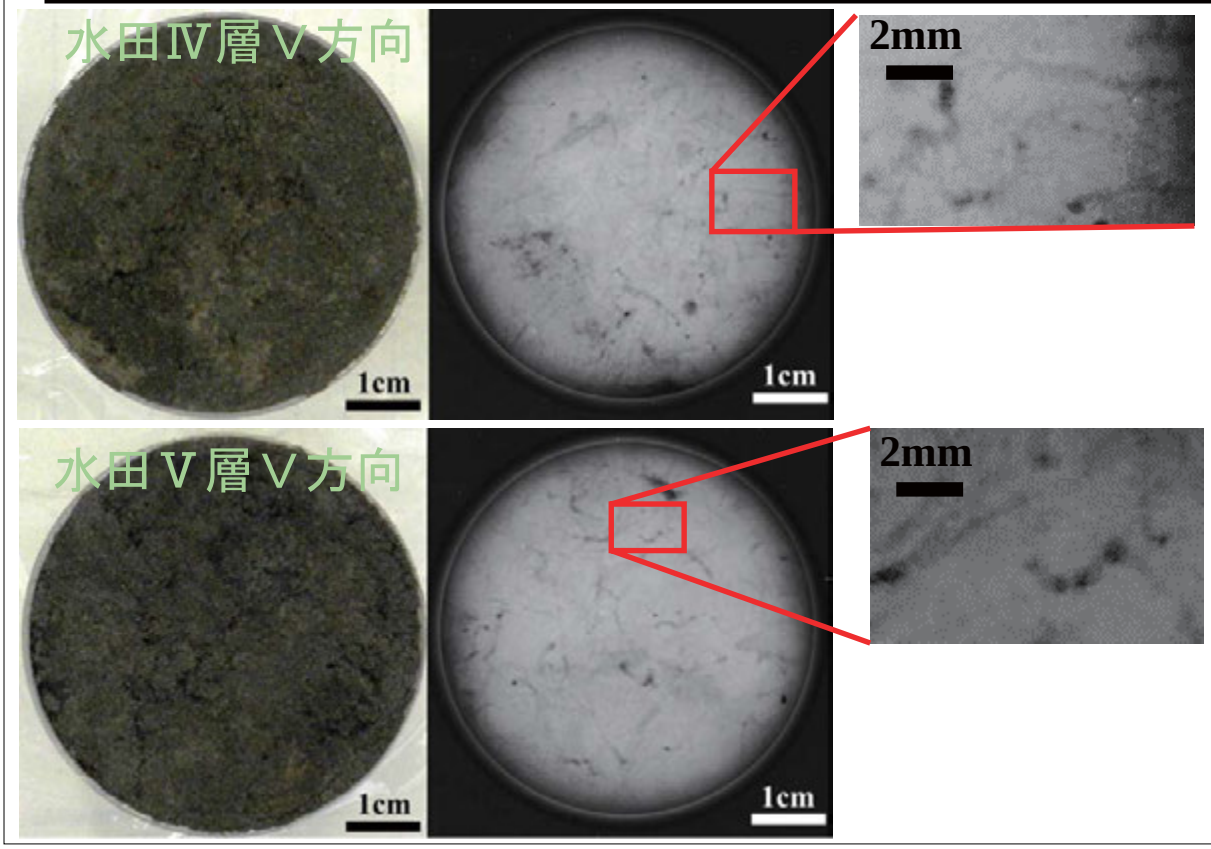
水田土層の軟X線画像



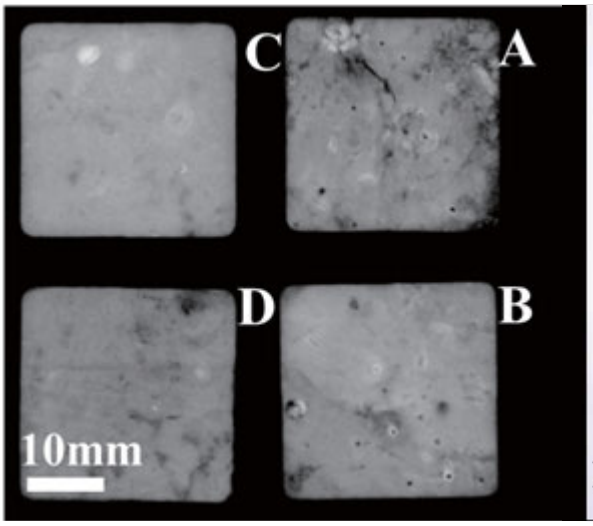
水田土層の軟X線画像

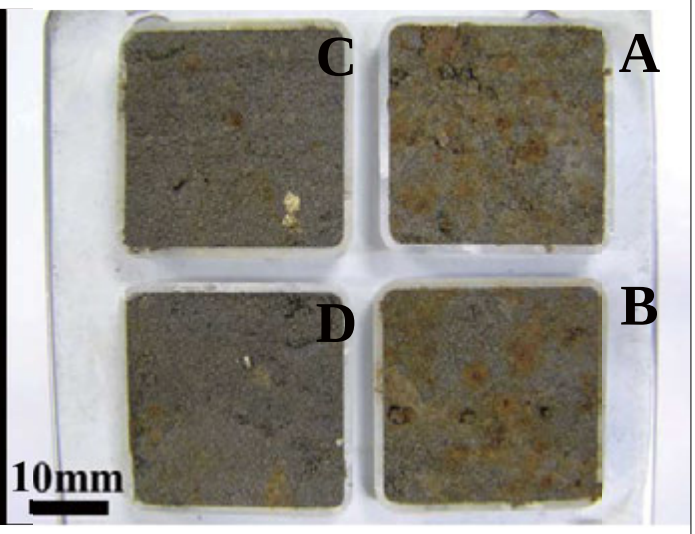


水田土層の軟X線画像



水田土層のデジタル画像化

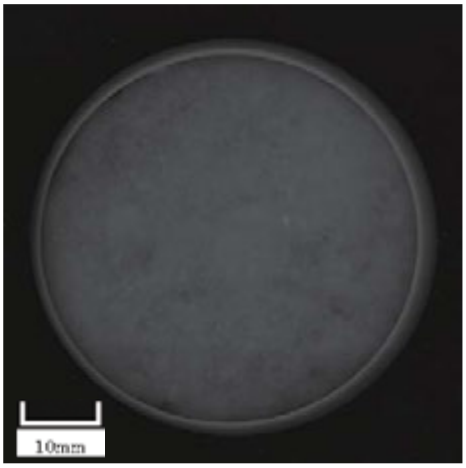


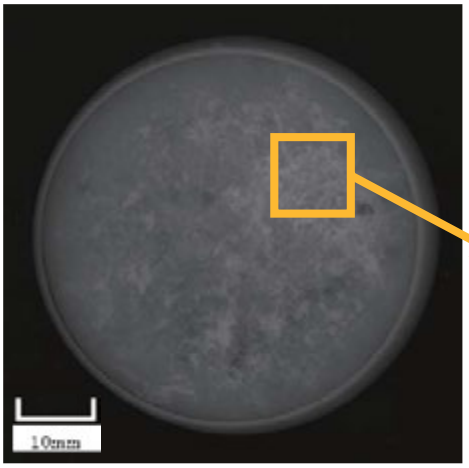


軟Ｘ線影像　　試料表面の接写写真

例：　水田耕盤

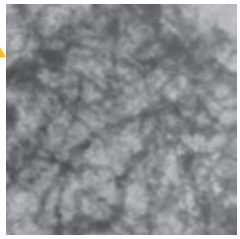
畑地土層の管状孔隙





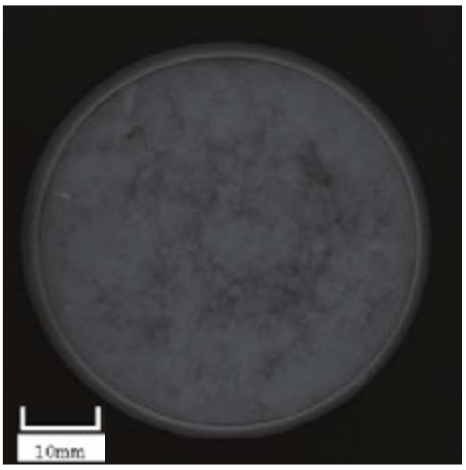
畑地第Ⅱ層V方向軟X線撮影　→　造影剤浸入後

微細間隙を多数確認した

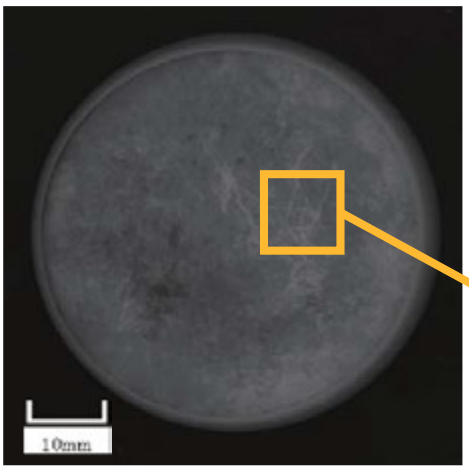


(1辺長10mm)

畑地土層の管状孔隙

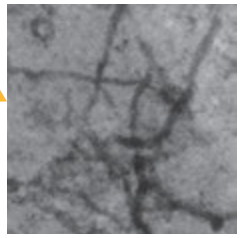


畑地第Ⅰ層V方向軟X線影像 →



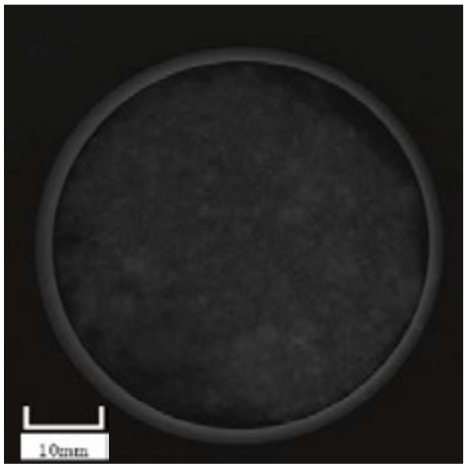
重液（造影剤）浸入後

粗孔隙および
微細間隙を確認

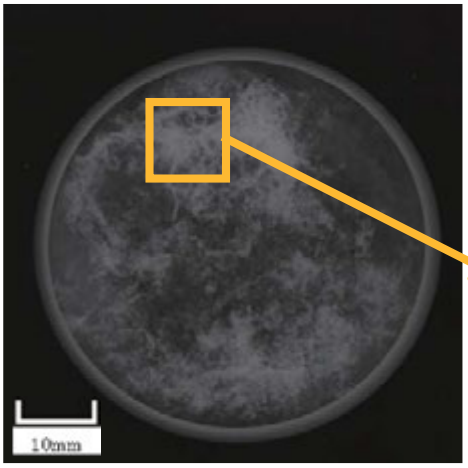


（1辺長10mm）

畑地土層の管状孔隙

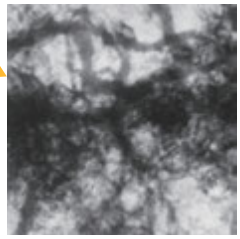


畑地A1層V方向軟X線影像→



B層H方向軟X線影像(重液浸入後)

粗孔隙（管状）
を多く確認

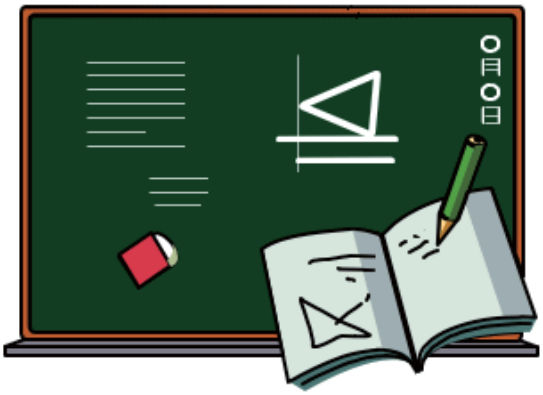


（1辺長10mm）

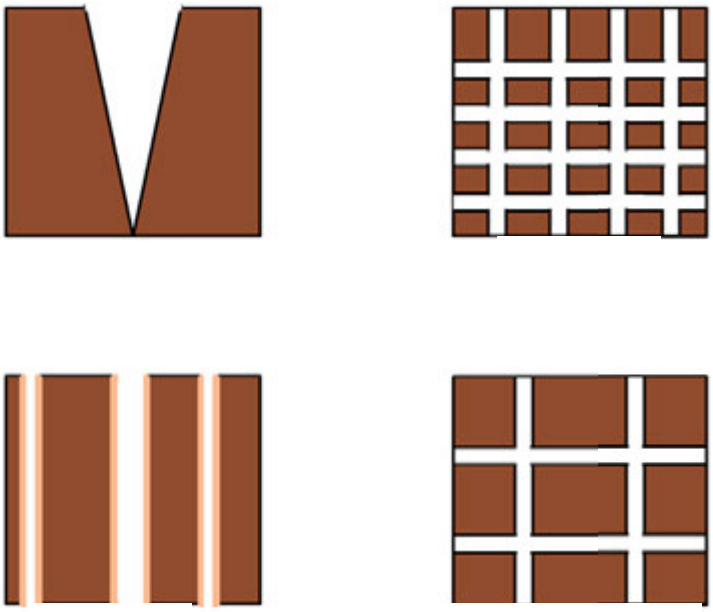
全体的に黒い
→乾燥密度が小さく、間隙率が高い

・地中深い層
・土壌基質部分は黒く映っている
→粒状性がなめらか

「粗孔隙モデル」

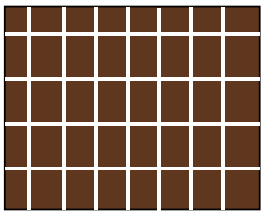


「粗孔隙モデル」パターン

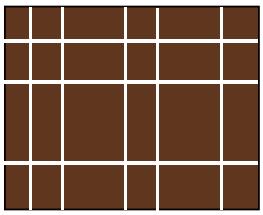


凡例　亀裂　管状孔隙　斑鉄形成した管状孔隙

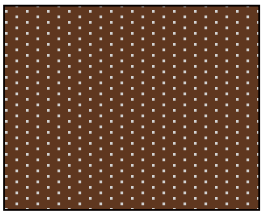
「土層構造モデル」パターン



間隙率が高い

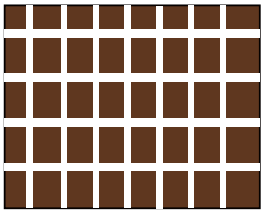


間隙率が低い

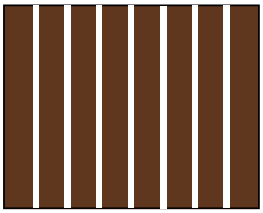


団粒構造

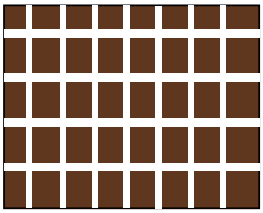
単粒構造



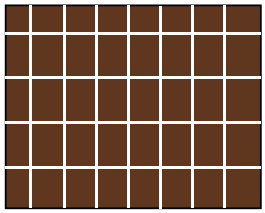
網目状の孔隙



管状孔隙

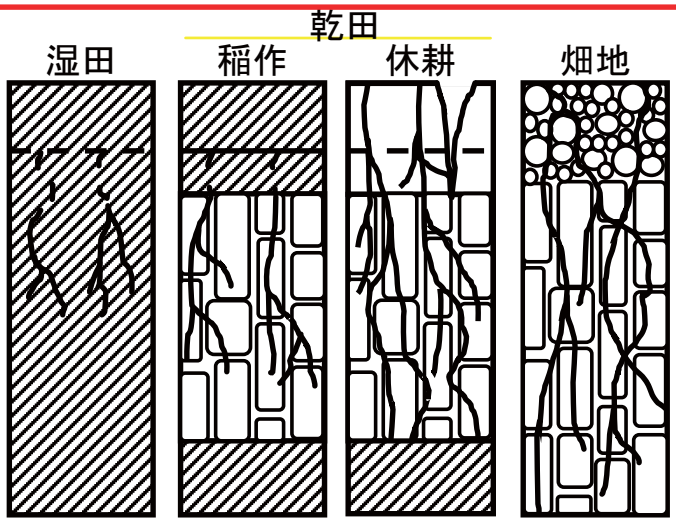


非毛管比の率が高い



毛管の比率が高い

まとめ／研究成果の発展性



農地の土壌物理的環境（水田と畑地の粗孔隙）

↓

農地土壌の科学的評価、農地の高度利用
適切な農地整備・農地保全

科学 Science (Scientist) 大学・研究組織	テクノロジー Technology (Technologist) 施工・管理組織

農業土木は 関係性を明瞭に理解し、協力している

感　謝

財團法人紀念八田與一文化藝術基金會

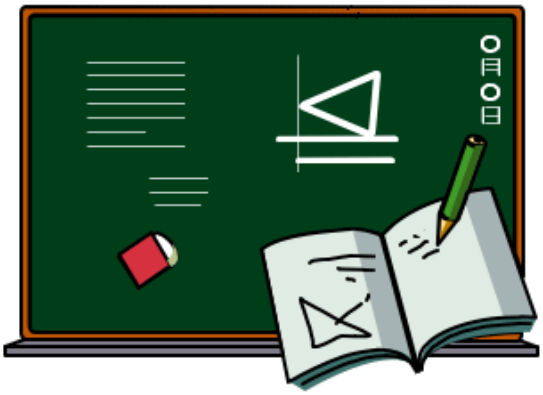
陳 獻 博士

恩師　髙須俊行 教授(故)

恩師　駒村正治 名誉教授(故)

台湾の多くの関係者の皆様

謝　謝



烏山頭水庫灌區輪作制度實施成果

許勝雄

烏 山 頭水庫灌區
輪作制度實施成果

嘉南農田水利會
顧問　許勝雄

2018/08/31

內　容　大　綱

一、 前 言
二、 百年前的嘉南平原
三、 嘉南大圳系統設施概要
四、 嘉南灌區三年輪作輪灌之營運概要
五、 烏山頭水庫灌區輪作制度實施成果
六、 因應氣候變遷趨勢之灌溉管理調適對策
七、 結語

一、前言

1.嘉南大圳系統於1920~1930年由八田技師設計監造興建完成

2.包括烏山頭水庫暨離槽水源取水設施及遍佈嘉南平原的灌溉、排水之輸水系統水路網，並建立其三年輪作輪灌制度

3.將廣大嘉南平原早年沙漠化的看天田及沿海塩分地有效均霑灌溉，化荒蕪為良田沃野，從此改變提昇嘉南地區之農業發展及農民之生活品質

4.值此嘉南大圳創立近百年之際，回顧烏山頭水庫灌區輪作制度歷來實施之成果，緬懷過去策勵將來，期以達成嘉南大圳永續經營之使命

內　容　大　綱

一、 前 言

二、 百年前的嘉南平原

三、 嘉南大圳系統設施概要

四、 嘉南灌區三年輪作輪灌之營運概要

五、 烏山頭水庫灌區輪作制度實施成果

六、 因應氣候變遷趨勢之灌溉管理調適對策

七、 結語

興建嘉南大圳-澤被沃野良田

百年前
問題田地
不毛之地

看天田-鹽分地

嘉南大圳

- 1920年9月～1930年5月
- 東南亞第一的農業水利工程
- 看天田灌溉成沃野良田

台灣米倉
嘉南平原

- 增加農民收益、提昇農民生活水準、促進農村經濟展

問題一： 沙漠化

- 一般北回歸線經過的平地幾乎多為沙漠，因太陽直射與氣溫關係，以及氣候水文條件，造成沙漠化平原。

問題二： 缺乏灌溉設施

- 僅清朝及荷蘭據台時期，零星散見簡易灌溉設施，大部分嘉南地區缺乏水源及灌溉之設施。

問題三： 看天田及塩分地

- 多數農田全賴老天降雨才能滋潤田區，沿海農地更因常年未灌溉，受海水入侵影響而成塩分地，無法耕作。

問題四： 農民收益低生活困苦

- 農作物生成不佳，農村貧窮，生活環境普遍低劣。

內 容 大 綱

一、 前 言
二、 百年前的嘉南平原
三、嘉南大圳系統設施概要
四、 嘉南灌區三年輪作輪灌之營運概要
五、 烏山頭水庫灌區輪作制度實施成果
六、 因應氣候變遷趨勢之灌溉管理調適對策
七、 結 語

- 烏山頭水庫滿水位面積1,300公頃，是當時台灣最大之人工湖
- 潭面蜿蜒曲折，綠島出沒變化無窮，沿岸林木蒼翠、絕壁雜陳、湖光山色相映成趣風格獨特
- 由空中鳥瞰之下狀似珊瑚，又稱為『珊瑚潭』。錯綜複雜的集水區，猶如珊瑚，由於水系蜿蜒，處處有小島，頗有柳暗花明又一村的美感

曾文-烏山頭水庫串聯營運系統流程

曾文水庫

溢洪道

東口

東口

隧道

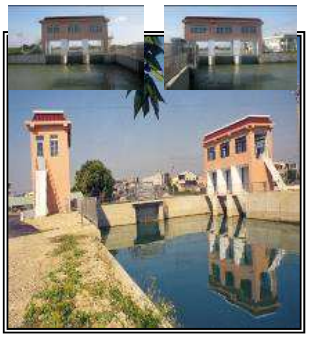
西口豎坑

曾文-烏山頭水庫串聯營運系統流程

烏山頭

舊出水工

新送水工



分歧制水閘

幹線

渡槽

曾文-烏山頭水庫串聯營運系統流程

支線

分線

給水路

嘉南大圳之建設(1/10)

進水口
(東口)

位於曾文溪上游最大支流大埔溪，主要構造為橫亙於溪流之攔水設施，導入分上、中、下三層各八孔水門，視溪流水位及進水量，由東口工作站管理啟閉，各水門間有廊道相通。

東口進水口(正面)

東口進水口(背面)

嘉南大圳之建設(2/10)

烏山嶺隧道

溪水引進後經東口閘門引入烏山嶺隧道，隧道全長約3.1公里，為馬蹄形，高、寬5.45公尺，仰拱為混凝土及側牆為砌磚襯砌，隧道閘門即為維修或水庫放乾時截斷水流而設。

烏山嶺隧道入口

烏山嶺隧道出口

嘉南大圳之建設(3/10)

西　口

隧道出口至西口約1.5公里，引水入烏山頭水庫，因隧道出口之導水路，係利用溪溝砌成，坡度甚急，恐危及隧道，西元1939年再規劃施設第1號土堰堤及落差20餘米之豎坑，1947年施工完成，為烏山頭水庫第1號水土保持設施，因該處風景優美有『小瑞士』之美譽

西口土堤堰

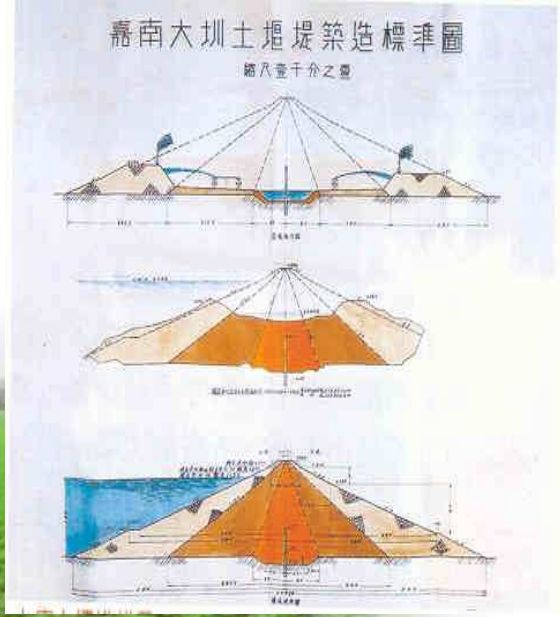
西口豎坑

嘉南大圳之建設(4/10)

堰堤集水區

為全世界碩果僅存之半水力沖淤式土石壩

壩高56公尺
堰堤長度1,273公尺
堤頂寬9公尺
所填用之土石方共計530萬立方公尺
為離槽水庫之典範
水庫集水面積58km2
跨台南市六甲、大內、官田及東山等4區域，有效蓄水量達1.54億立方公尺



嘉南大圳土堰堤標準圖

嘉南大圳之建設(5/10)

溢 洪 道

堰堤南端設有長約636公尺、入口寬130公尺、側高10公尺，出口寬18公尺之陡槽式溢洪道，溢頂標高58.18公尺。當水庫水位達計畫水位，庫水即由溢頂流出，最大洩洪量每秒1,502立方公尺之流量由官田溪渲洩，以保水庫不致溢滿而潰決。

溢 洪 道

嘉南大圳之建設(6/10)

送水工 靜水池

庫水之釋放經由水庫中之進水塔，滿水時僅見上部欄柵鐵架及隧道內兩條直徑2.73公尺、長度分別為168.93、162.03公尺之壓力鋼管，各再分3管計六管安裝針閥，經由靜水池消能後進入導水路，以控制釋放之水量。

輸水壓力鋼管

送水工及靜水池

嘉南大圳之建設(7/10)

發電機
平壓塔

靜水池左岸為平壓塔，由於水庫建設初期電力施設難以普及，為供應水庫閘閥啟閉所需動力，於送水站內裝設豎軸卡布郎式發電機組一部，利用水庫放水之部分水量發電，其裝置容量僅50瓩，為了保護機組安全，於機組所需之水頭外，裝設平壓塔一座以便將多餘之水壓釋放

平壓塔

嘉南大圳之建設(8/10)

導水路
分歧閘門

水源自送水工、靜水池，先經長1.6公里導水路。在導水路末端，設有各據南北之分水閘門，由分歧工作站管控引入南北兩幹線。

導水路

分歧制水閘

嘉南大圳之建設(9/10)

南北幹線

南幹線經官田、善化而迄於新化，長10公里，再分經麻豆支線、善化支線、南幹支線等支線，輸配台南市南邊區域之用水。

北幹線長約47.9公里，迄於北港溪南岸止，有林鳳營、新營、八掌溪、朴子等支線，輸配至台南市北邊及嘉義縣轄內各鄉鎮。

南幹線

北幹線

嘉南大圳之建設(10/10)

灌排系統

灌溉與排水渠道網絡分布於區域內，該等系統對於嘉南地區農田、都市貢獻良多，使嘉南地區生活環境、生態平衡，甚而人民生命、財產安全獲得保障。

● 主要水利設施－灌排渠道

灌溉水路 — 幹支分線 — 烏山頭灌區 / 一般灌區 — 中小給水路 — 幹支分線及中小給 長度10,131公里

接近1/2地球赤道長度(40,076公里)

排水路 — 大中小排水路 — 長度8,843公里

◆灌溉與排水渠道網絡分布於區域內，對於嘉南地區農田、都市貢獻良多，使嘉南地區生活環境、生態平衡，甚而人民生命、財產安全獲得保障

嘉南大圳灌溉區域

嘉南大圳灌區

- 烏山頭水庫灌區－台南、嘉義等3縣市灌溉面積約8萬3,000公頃
- 濁幹線灌區－雲林縣
  - 灌溉面積約4萬3,000公頃

一般灌區

- 由河川、埤池取水，灌溉面積約2萬6,000公頃

合計灌溉面積 15萬2,000公頃

內　容　大　綱

一、　前　言
二、　百年前的嘉南平原
三、　嘉南大圳系統設施概要
四、嘉南灌區三年輪作輪灌之營運概要
五、　烏山頭水庫灌區輪作制度實施成果
六、　因應氣候變遷趨勢之灌溉管理調適對策
七、　結　語

1.耕作方式與灌溉制度之建立

耕作方式與灌溉制度

- 灌溉計畫須有作物及供水制度之規範，亦即耕作方式與灌溉制度之建立

➢耕作方式

- 係指界定耕種作物之種類、時期及地區分佈情形。
- 亦即編排某一灌區在一定期間內循環輪值各種作物的輪作制度。
- 依水源情形、輸水條件、土壤、氣象、作物習性及生長環境等因素劃分編排釐定，並由政府公告頒行

- 雙期作
- 單期作
- 輪作
  - 二年一作
  - 三年一作
  - 三年二作
- 連植甘蔗
- 旱作

1.耕作方式與灌溉制度之建立

耕作方式與灌溉制度

➢灌溉制度

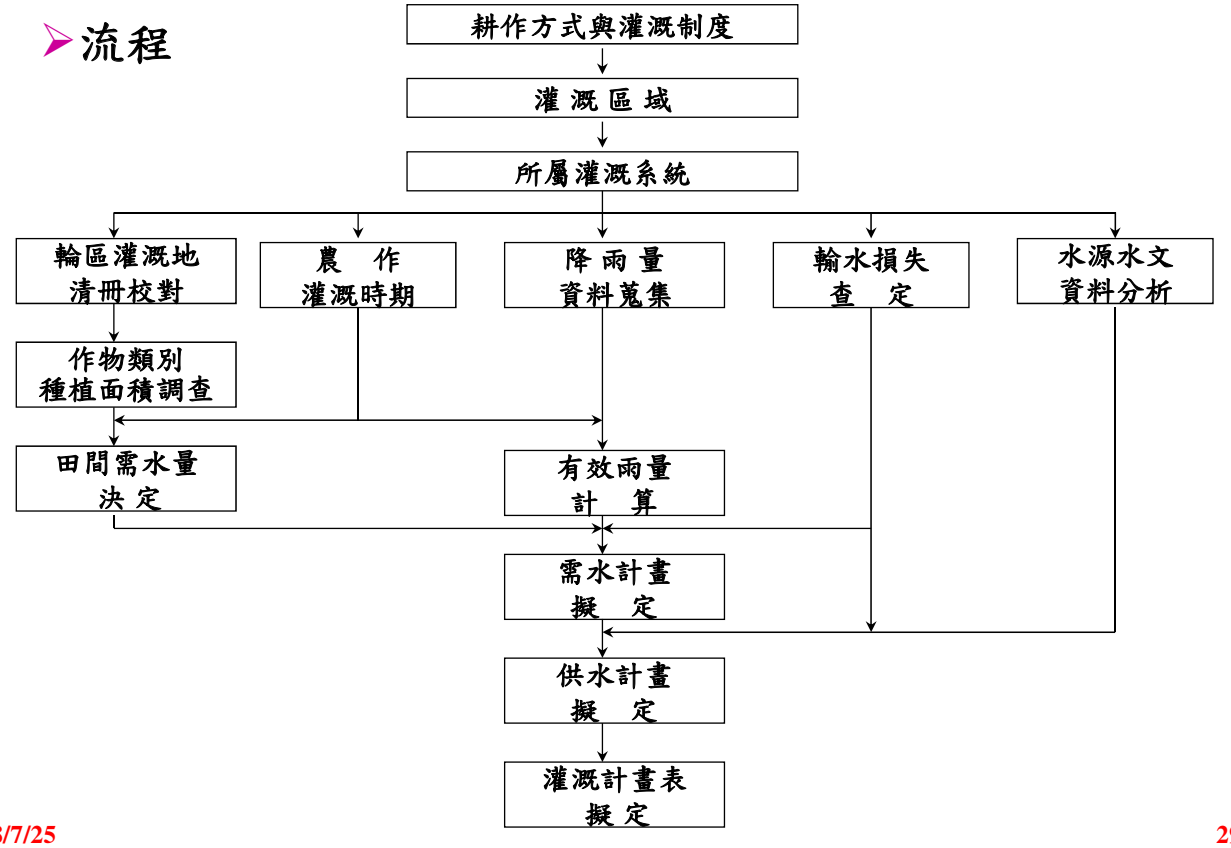
- 係指規劃施灌之類別、灌溉時間及水量分配等，應配合耕作方式擬定。
- 亦即灌溉制度係配合耕作方式給予其輪值作物所需的灌溉水量及時間之安排

- 夏秋季中間作及第二期作水稻灌溉
- 秋季甘蔗灌溉
- 冬季甘蔗、雜作灌溉
- 第一期作水稻灌溉
- 春季第一、二、三次甘蔗、雜作灌溉

耕作方式與灌溉制度標準圖

2.灌溉計畫之擬定

➢流程



3.灌溉執行之用水調配

用水調節作業要領

➢水源水量調節

水源工作站需隨時掌握水源動態，配合計畫流量隨時機動調節穩定取水，實際取水量未達計畫水量時應即查明原因迅予解決，若水源不足應依照各系統用水比例執行調，缺水程度達實施非常灌溉時，依各水利會不同水源之缺水程度，視實際情形擬定用水順序公告實施。

3.灌溉執行之用水調配

➢輸水系統調節

1. 各級制放水閘門開啟要領：

初放水時，以系統別控制俟水流至水路終點後，由最下游之取水門起逐次取水為原則，並逐漸增加配水量，調節至各水門應分配之水量至穩定為止

2. 各級水閘門及渠道為顧及安全應注意下列措施

（1）備有擴音設備之處所，進放水10分鐘前應先廣播，請民眾切勿進入渠道以策安全。

（2）進放水門、重要制水閘及具有危險性之渠道之水門，開啟時應逐次操作，每次間 隔10～15分鐘，由低水位逐漸調節增加到計畫流量

（3）輸水中遇大量降雨致輸水量急激增加時，應即採取 緊急措施排放餘水以維水路安全，並通知該排水渠道下游工作站即時因應。

4.輪區配水之執行

田間配水操作-輪區配水執行

➢配水原則

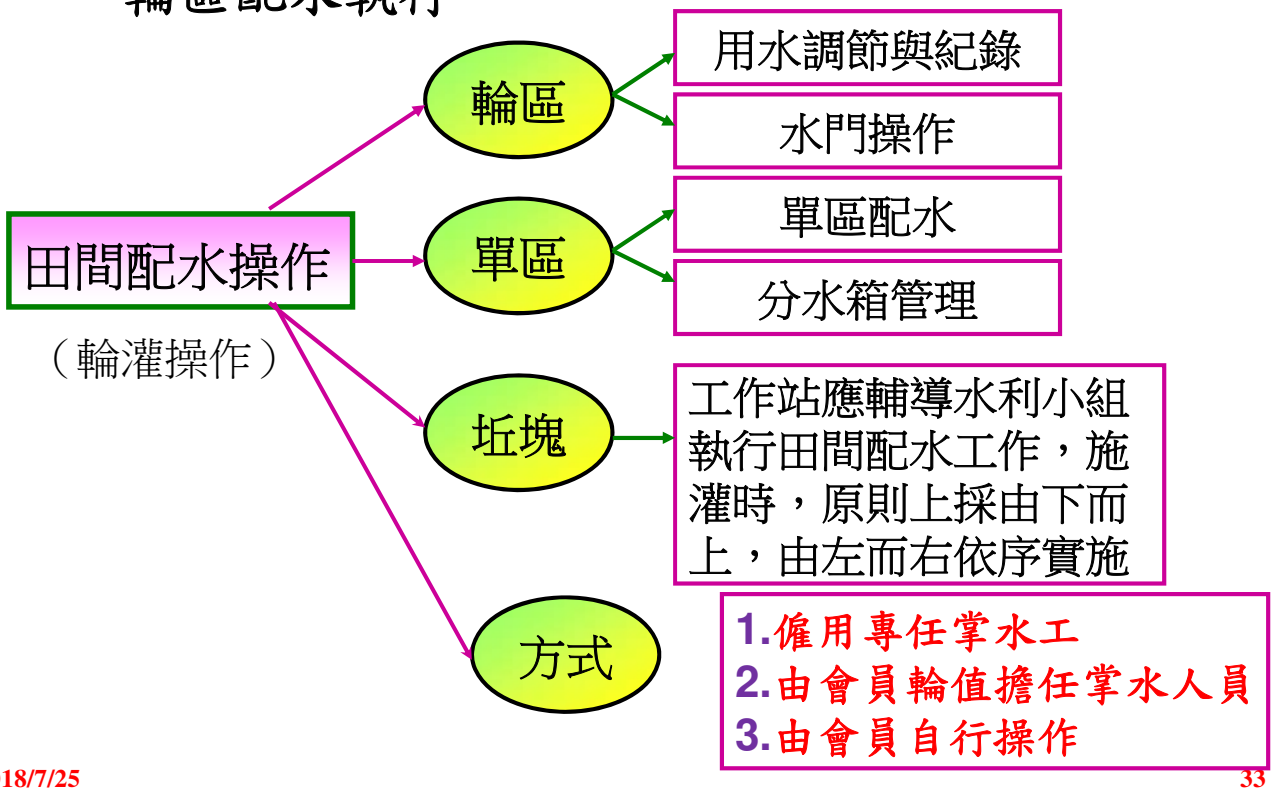
各灌溉工作站應依每一輪區計畫流量分配至輪區給水口，並以中小給水路進水口之量水設備為計算水量之憑據。至於輪區內之灌溉實施，則由掌水工或農民依田間配水計畫每一田坵面積之配水時間操作執行。

➢配水順序

依灌溉排水管理要點：「輪灌時應俟水流至水路尾端達到一定水平後，由下而上依續開啟水門，其水口左右並列不分上下時，應先左後右，不得亂引，並不得佔用流程水，但有特別習慣或特殊情形者，得由管理機構酌情變更」。輪灌秩序除有打不破的特別習慣或特殊情形，應為「由下而上，先左後右」的灌溉配水秩序。

4.輪區配水之執行

－輪區配水執行



5.掌水工專責田間配水操作

掌水人員功能

- 輔助水利會、小組長
- 執行適時、適量、依序輪灌田坵
- 公平配水，維護會員用水權益
- 水路及設施維護，減少水資源浪費
- 水路暢通，避免風災時農業損失

掌水工操作情形

現地執行概況

- 灌溉期間依照田間灌溉配水計畫執行配水及維護灌溉秩序
- 通水前或斷水時，從事中小給水路雜草清除、維護工作及捲揚機維修工作
- 降雨或颱風期間，負責警中小排水路排洩情形，並清除組礙物及災害搶修工作

掌水工操作情形

- 公灌方式

  各小給線採用單獨水門取水，以依序取水，再藉由閘板阻擋，改變水流流向，再依序（下游至上游）打開田坵引水孔蓋，取水入田

工作站職員機動調節水閘門

掌水工田間配水操作

負責水路維護情形

給水路標準斷面整修

給水路除草

排水路淤積清除

內　容　大　綱

一、　前　言

二、　百年前的嘉南平原

三、　嘉南大圳系統設施概要

四、　嘉南灌區三年輪作輪灌之營運概要

五、　烏山頭水庫灌區輪作制度實施成果

六、　因應氣候變遷趨勢之灌溉管理調適對策

七、　結　語

1.嘉南灌區營運特性

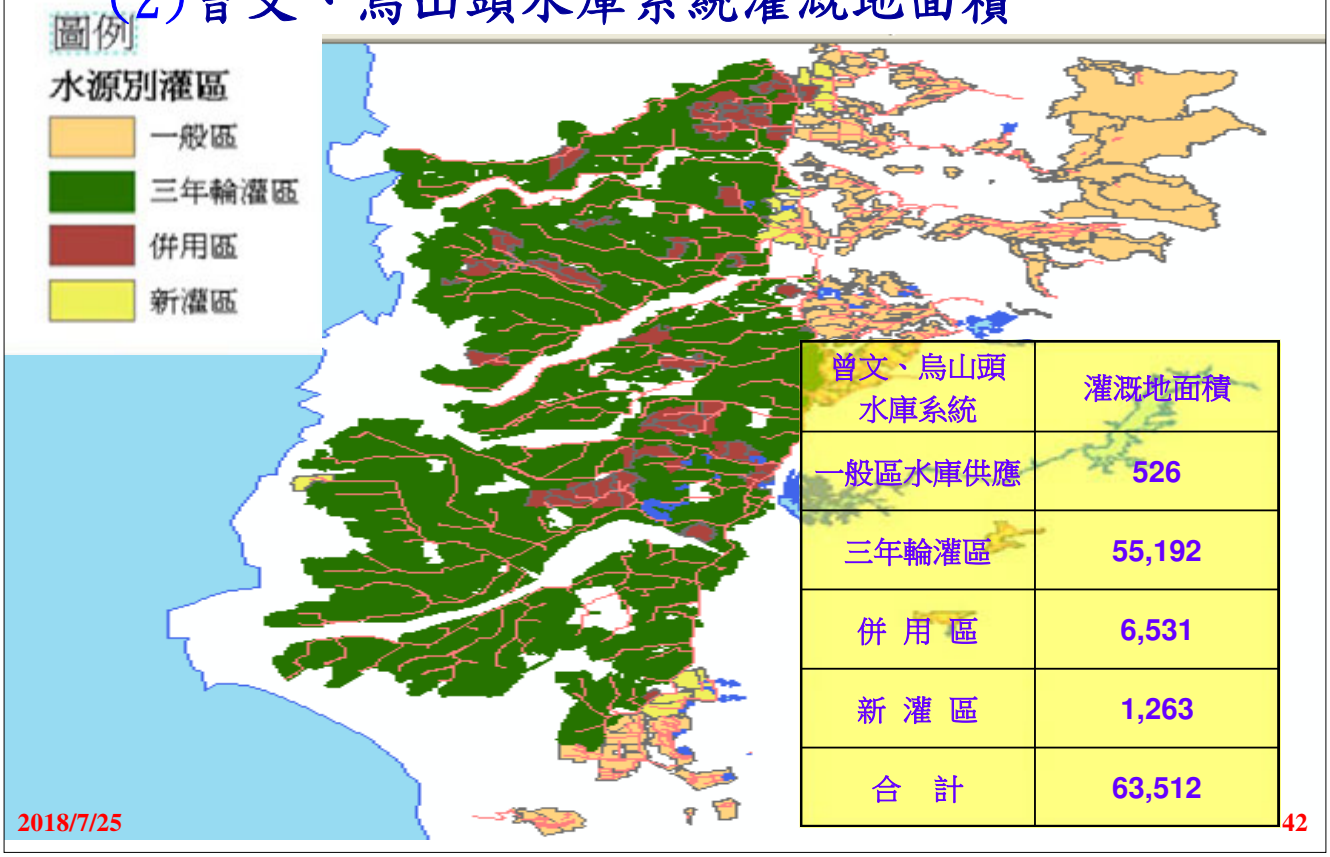
(1)主要水源水量-曾文、烏山頭水庫系統

曾文-烏山頭水庫串聯營運

1.各標的年基準分配使用水量
   (1)農業：9 億立方公尺
   (2)工業：2,700萬立方公尺
   (3)民生：1.2 億立方公尺
2.依曾文水庫運用要點，並視水文狀況及水庫蓄水動態調節用水，由嘉南大圳系統輸供各標的使用

1.嘉南灌區營運特性

(2)曾文、烏山頭水庫系統灌溉地面積



曾文、烏山頭水庫系統	灌溉地面積
一般區水庫供應	526
三年輪灌區	55,192
併 用 區	6,531
新 灌 區	1,263
合 計	63,512

1.嘉南灌區營運特性

(3)灌溉水源廣建水庫、埤池為主

嘉南地區受限氣候降雨豐枯懸殊之水文條件，必須廣建水庫、埤池水源，目前計有30餘座，可以蓄豐濟枯之調供用水

(4)灌溉面積最大

台灣共有17個農田水利會，灌溉地面積總共約38萬公頃，嘉南農田水利會灌溉排水面積約有8萬1仟餘公頃，佔五分之一

1.嘉南灌區營運特性

(5)灌溉用水量最少

台灣年灌溉用水量約110億噸，嘉南灌區灌溉面積佔全台水利會灌溉面積五分之一，惟灌溉實際年用水量不及8億噸，灌溉用水量少，足見供不敷需之窘境

(6)採行輪作、輪灌

田間採行輪作輪灌，需僱用掌水工精密配水及水路維護，以有效運用水資源，年需費用計2億5千萬元，均由水利會自行負擔，造成財源嚴重短缺

2.三年輪作輪灌制度實施成果概要

(1)建立耕作方式與灌溉制度，使得嘉南灌區灌溉營運依時序次遞制度化、規律化、秩序化之順利運轉

(2)烏山頭水庫灌區廣達6萬多公頃，在水源水量供不敷需下，因輪灌輪作制度，所有農田均得以均霑灌溉，發揮有限水量之高度有效利用

(3)農田作物因適時適量之灌溉，使得產量品質大幅增加，造就嘉南平原成為台灣生產最大宗之糧倉

2.三年輪作輪灌制度實施成果概要

(4)田間精密逐田灌溉制度，更由掌水工專人責任配水操作， 用水精省成效顯著

(5)嘉南地區水文條件不佳，豐枯懸殊，降雨時空不均，素有「二年一小旱、三年一大旱」之困境，為有效機動調配用水，建立亢旱缺水因應措施之模式，克服救旱難關

(6)加強灌溉用水管理，配合政府民生和經濟政策，建立調配移用機制，適度調供支援民生和工業用水，對安定社會民生和經濟發展助益甚大

2.三年輪作輪灌制度實施成果概要

(7)農民收益增加，農地價值等則提高，改善農村生活品質

(8)沿海土壤塩分地經年長期灌溉洗塩，土壤改良成效良好

(9)嘉南平原作物普獲灌溉，廣大平原經常一片綠油油，改善嘉南地區古早沙漠化環境，貢獻「生產、生活、生態」三生功能至鉅

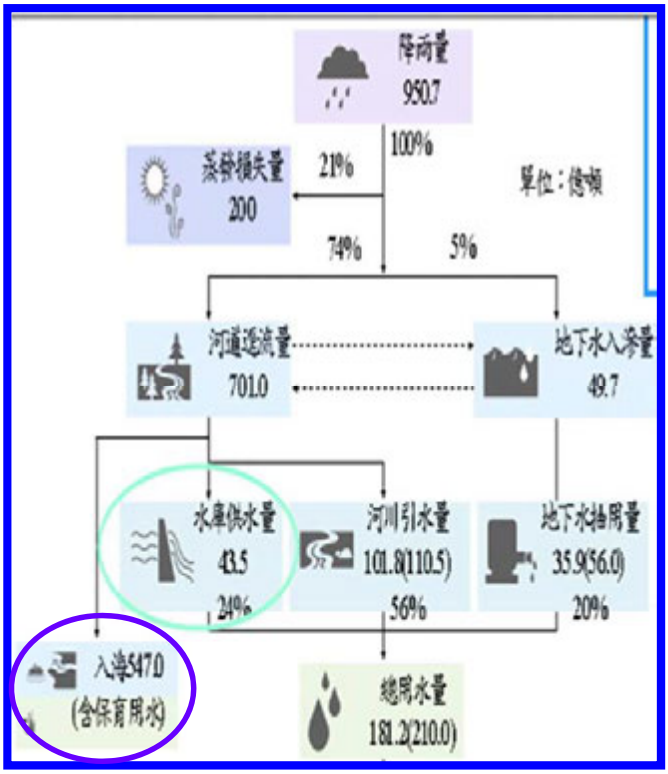
(10)灌溉與排水渠道網絡密密麻麻分布嘉南區域內，遇暴雨期間兼有區域性疏洪功能，甚而對人民生命、財產安全保障助益良多

內　容　大　綱

一、　前　言
二、　百年前的嘉南平原
三、　嘉南大圳系統設施概要
四、　嘉南灌區三年輪作輪灌之營運概要
五、　烏山頭水庫灌區輪作制度實施成果
六、因應氣候變遷趨勢之灌溉管理調適對策
七、　結　語

1.台灣水資源特性

可利用水資源少



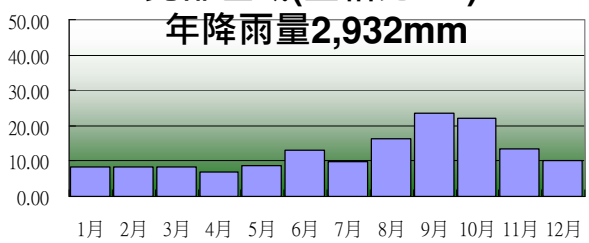
- ◆每年降雨約950億噸
- ◆約547億噸逕流入海
- ◆年平均用水量170億噸
- ◆水庫年供水量43.3億噸
- ◆水庫有效容量約19.1億噸
- ◆平均運用2.3次

 資料來源：經濟部水利署

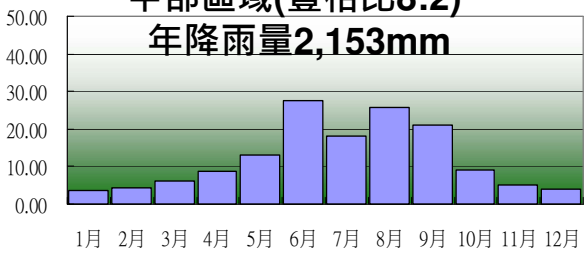
1.台灣水資源特性

降雨量時空分布不均

北部區域(豐枯比6:4)
年降雨量2,932mm



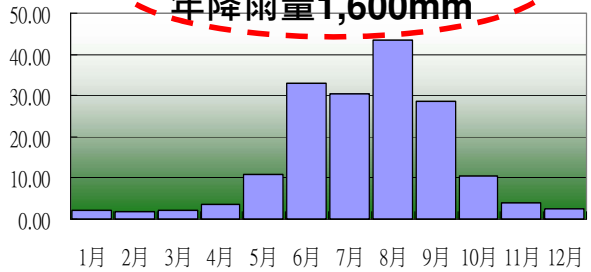
中部區域(豐枯比8:2)
年降雨量2,153mm



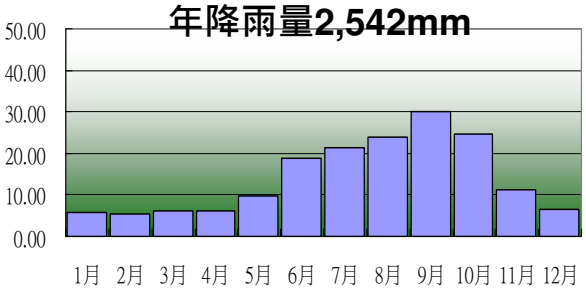
空間分布不均
- ●山區最高＞8,000mm
- ●平原最低＜1,200mm

時間分布不均
- ●豐枯水期差異比大
- ●豐枯水年差異＞1200mm

南部區域(豐枯比9:1)
年降雨量1,600mm



東部區域(豐枯比8:2)
年降雨量2,542mm



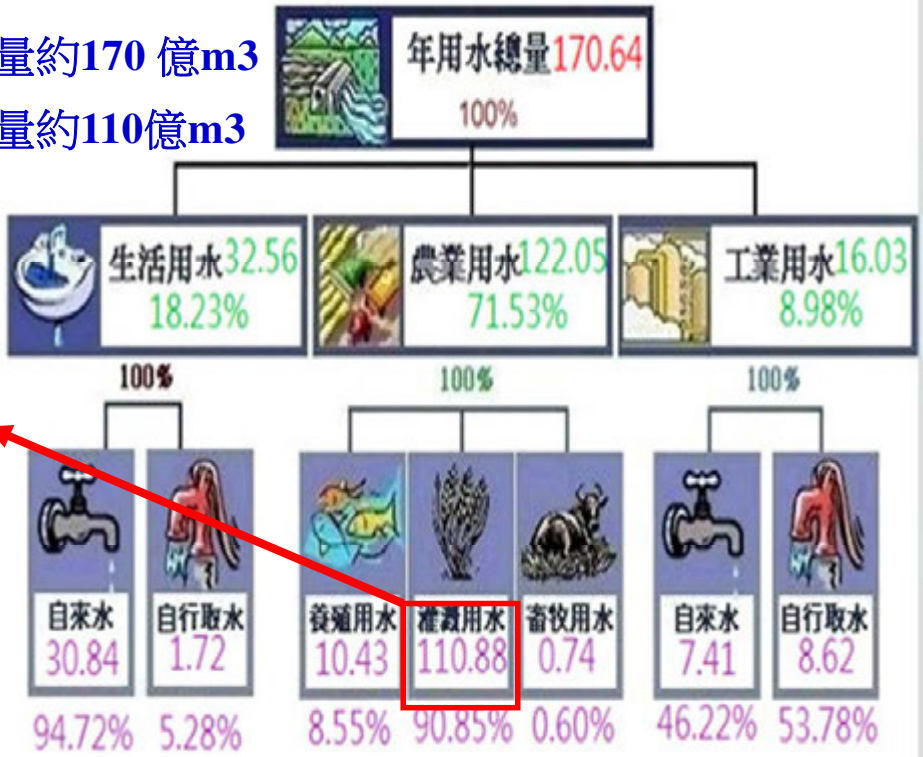
 資料來源：經濟部水利署

1.台灣水資源特性　各標的用水概況

◆平均年總用水量約170 億m3

◆平均灌溉用水量約110億m3

每在缺水困境壓力下，各方紛紛要求農業部門檢討降低農業用水量，移供民生及工業用水，造成農業用水調配更形困難

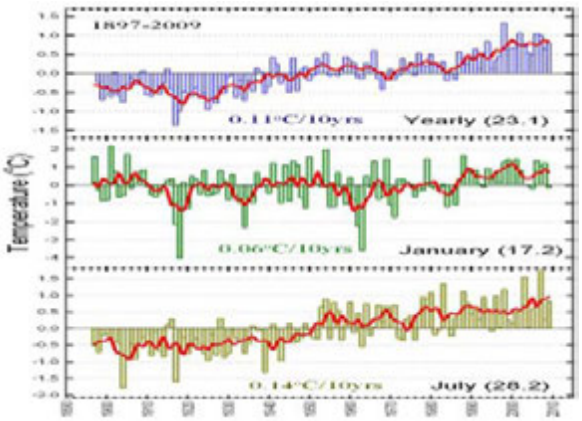


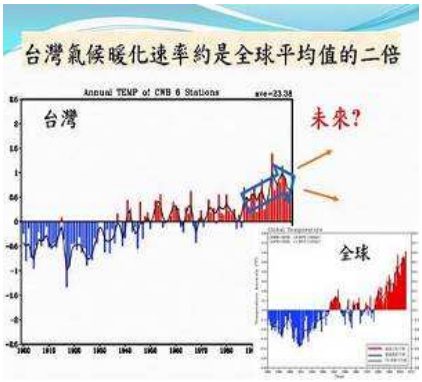
2.氣候變遷對農田水利之影響

氣候因子之變遷

■台灣百年來年均溫已上升1.3 度，尤以近二十年來上升速率最快。

■冬季變化幅度較大，近二十年來暖冬現象明顯。





■全球百年增溫約0.74度

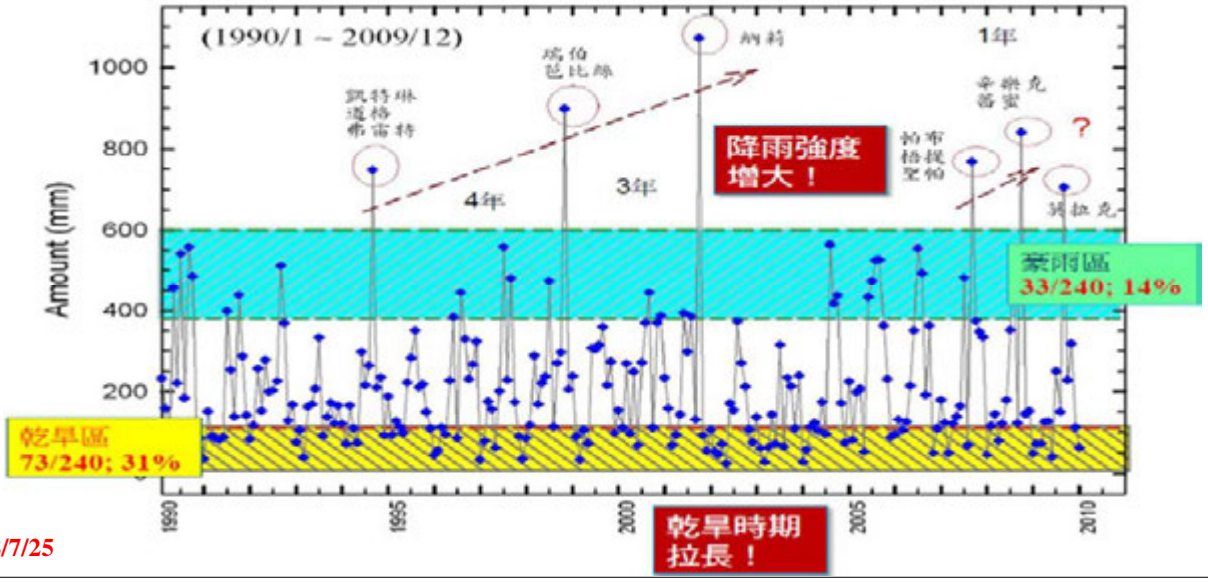
■台灣百年來年均溫已上升1.3度

■台灣年均溫上升幅度為全球的176%

2.氣候變遷對農田水利之影響

氣候因子之變遷

- 強降雨出現的頻率增加1倍
- 綿綿細雨的機率下降一半
- 小雨天數也減少一半
- 洪災旱災的頻率與強度增加



2.氣候變遷對農田水利之影響

對農田水利之影響

- 水文條件劣化
  - 降雨集中突增
  - 時空分布更為不均
  - 豐枯更為懸殊

- 水資源管理愈嚴苛
  - 土石災害、集水區崩塌受損
  - 水庫淤積增加、水源水量減少
  - 缺水期間提早或拉長
  - 降雨強度提高、降雨天數減少、有效雨量減少、逕流量增加、地下水補注量減少
  - 缺水風險提高、因應措施頻繁、救旱經費增加
  - 水源水質污染加劇

2.氣候變遷對農田水利之影響

對農田水利之影響

- 農業收益受損
  - 農作物遭受颱風、雨害、旱災或高溫等逆境傷害的頻率增多。
  - 對於農業總產量及農業損失影響甚鉅。
  - 造成農業天然災害救助金增加與市場價格飆漲。
  - 形成政府財政與消費者負擔增加。

3.灌溉管理調適策略

缺水因應措施

較小缺水條件處理

擬定缺水因應計畫

- 加強灌溉管理措施
- 施行間斷灌溉、延長灌溉期距
- 減少灌溉水深
- 減少甘蔗、雜作灌溉次數

嚴重缺水因應措施

擬定救旱計畫

- 執行大區域輪灌、更嚴格之加強管理措施
- 擬定因應措施報與政府水利及農糧單位等共商處理，必要時協商停止水稻灌溉用水以利用水調配

缺水時節表面乾裂的番薯田

3.灌溉管理調適策略

(以實際案例具體說明)

案例：曾文、烏山頭水庫灌區102年一期作灌溉

1.依水源動態並配合現地作物生育情形，適時施行間歇灌溉，機動調配用水

因應曾文、烏山頭水庫水情不佳，第一期水稻灌溉採間歇灌溉及加強灌溉管理措施，供水8天停水7天為原則(視現地狀況再研議停8天)，並日日監控、每半旬視水情狀況及現地作物生長情形滾動式檢討因應措施。

2.成立旱災緊急應變小組，機動擬定救旱因應措施

3月下旬至5月下旬缺水率達56%，因應水情不佳，即日(3月25日)起成立旱災緊急應變小組，隨時掌控實際情境，機動擬定非常灌溉因應措施 。

3.灌溉管理調適策略

案例：曾文、烏山頭水庫灌區102年一期作灌溉

3. 執行非常灌溉救旱措施。

- 本會、各管理處及工作站員工、小組長、臨時雇工日夜間加強管理、巡水、並請警方會同協助取締盜水。
- 掌水工夜間加班嚴格執行精密輪灌、責任灌溉及延長灌溉期距。

南幹線1+090右岸

取締盜水

3.灌溉管理調適策略

案例：曾文、烏山頭水庫灌區102年一期作灌溉

3. 執行非常灌溉救旱措施。

- ◆加強迴歸水充分利用暨抽水機操作。
- ◆員工停止休假並日夜加強管理。
- ◆102年春季第二、三次甘蔗、雜作灌溉，取消供灌

內　容　大　綱

一、　前　言
二、　百年前的嘉南平原
三、　嘉南大圳系統設施概要
四、　嘉南灌區三年輪作輪灌之營運概要
五、　烏山頭水庫灌區輪作制度實施成果
六、　因應氣候變遷趨勢之灌溉管理調適對策
七、　結　語

1.八田技師興建嘉南大圳硬體系統，並建立三年輪作輪灌制度之營運軟體系統，使得嘉南平原農業發展煥然一新，改善農村環境，增加農民收益，提昇農民生活品質，貢獻非凡

2.烏山頭水庫灌區輪作制度，有效規劃作物分區分年循環之輪作，並配合施行輪灌規劃，掌控有限水源水量擬定灌溉計畫，以加強管理措施灌溉執行，更以精密輪灌計畫，由掌水工專責逐田之田間配水操作，發揮水資源之高度有效利用

3.嘉南大圳施行精密輪作輪灌之營運管理，有效提供農田適時適當之灌溉，並配合政府民生和經濟政策，依區域整體用水移用機制調配支援民生、工業用水需求，對安定社會民生、國家經濟發展助益良多

4.灌溉用水之永續經營管理

(1)糧食需求隨人口增加持續成長，其必有賴農業及農田水利事業之永續經營，爾來常有專家學者發表預估世界將發生糧食不足之危機警訊，故世界各國均極重視農業用水之確保及活用管理。

4.灌溉用水之永續經營管理

(2)水權為農田水利會永續經營之命脈，亦是農業發展之根基，確保灌溉用水水權，增強取水及調蓄能力，並運用水管理技術及因應產業調適，將農業水資源有效調配利用為現今當務之急。

(3)水資源並非取之不盡、用之不竭，因此如何確保有限水資源極其重要，尤應自整體水資源循環體系觀點營運管理灌溉用水，兼顧生態環境保育使命。

水從烏山頭水庫流到家裡

上善若水

水善利萬物而不爭

最善良者有如水一般

水的善能利益萬物而不計較

水從烏山頭水庫流到家裡就是最好的寫照

簡報完畢
敬請指教

生產

生活

生態

經濟部水利署
南區水資源局

全民顧水
臺灣足水

指導機關｜經濟部水利署 Water Resources Agency, MOEA

主　　辦｜經濟部水利署 南區水資源局

財團法人紀念八田與一文化藝術基金會

協　　辦｜農田水利會聯合建設基金管理委員會

台北市瑠公農田水利會 Liugong Irrigation Association

財團法人台北市七星農田水利研究發展基金會