

投稿類別：自然科學

篇名：

蘇花改善工程對生態環境影響之研究—以澤蛙、面天樹蛙、日本樹蛙為例

作者：

鄧崑巖。國風國中。9年15班

張竣程。國風國中。9年19班

指導老師：

施宜廷老師

壹●前言

一、研究動機

新年時父親帶著全家經蘇花公路北上探親。忽然，一瞬間的畫面令人心碎——一隻翠綠帶著鮮血的青蛙橫死路邊！霎時想起了最近的蘇花改工程：究竟這次的開發會不會對生態造成影響呢？影響的方面與程度又如何？

棲息地的破壞在台灣對兩棲類的威脅最大。牠們對環境的變化非常敏感，可作為環境汙染的指標生物之一。牠們除了能控制有害昆蟲的族群量，亦能有效的降低生態系產生的二氧化碳量。正因為牠們如此重要，我們開始對其分布與受蘇花改之影響更進一步的研究。

二、研究架構

本研究架構如圖一所示：



圖一 研究架構圖

三、研究方法

本研究採用統整電腦或書籍的資料，再以分析、演繹的方式進行研究，因為實地勘查的範圍太廣，且因蘇花改尚未建造完成，而測量不易，需要使用較精密之儀器與較長的時間才不易有誤差，所以基於經費、技術與時間上的考量下，若可以參考專業人士測量之數據，所得出的結論可信度將可提高。

四、研究目的

- 1.整理蘇花改沿線兩棲類分布狀況
- 2.推論各因素影響兩棲類的變化趨勢
- 3.研究因生態環境影響而造成的兩棲類變化因素
- 4.研究蘇花改善工程導致兩棲類遭受的影響與程度

5.提出政府對於蘇花改應改進的改善方法

貳●正文

一、蘇花公路改善工程簡介：

蘇花公路之改善道路工程長達 38.8 公里，共有 8 座隧道 (24.5 公里)、橋梁 (8.5 公里)、平面道路 (5.8 公里)，其中穿越了許多不同的生態系，因此必定會影響到各種生物的族群數量與分布，而我們由於兩棲類(文章中以蛙類為主要探討對象)對環境變化非常敏感的特性，所以若能推估兩棲動物的族群變化，不但可以大致知道此項計畫對環境的影響，亦能夠粗估其他物種的變化情形。





圖二 蘇花改善道路區段示意圖(交通部公路總局蘇花公路改善工程處，2012~2015)

二、蘇花改建造路線附近的區域資料統整：

在交通部公路總局的調查報告中，他們找來了專業人員於 2012 年 3 到 11 月之間進行勘測，因為考量到 12 至 1 月時為冬季，兩棲類出沒次數將大幅減少，而他們以鳴叫計數法、目視遇測法同時進行了共 6 次的調查，其中以面天樹蛙、澤蛙、日本樹蛙為較多數種，並且皆有在春、夏、秋三季出沒、故在此文中主要以這三個物種為參考依據，其簡介如表一所載。

表一 指標生物簡介：

圖片	科學分類	特徵與特性	威脅	圖片出處
	學名: Fejervaryalim nocharis 中文名: 澤蛙、田蛙	體長約 4 至 6 公分。 上下唇有深色的縱紋。常是褐或深灰色，有時雜有紅褐或綠色斑紋。有些在背部中間有一條金色背中线。雄蛙有單一鳴囊，因鳴囊中間有一分隔，所以看起來像	主要威脅是農用化學品的使用，特別是農藥的施用，氣候變化與惡劣天氣、自然系統(例如:水域的	台灣的蛙類—赤蛙科—25.澤蛙@Winsun's Blog :: 隨意窩 Xuite 日誌

		一對外鳴囊。春夏兩季較易聽到其叫聲，棲息在稻田、池塘、湖沼及水溝附近。	變化等)變遷，者些皆屬長時間，影響範圍不定。	
	<p>學名: <i>Kurixalusidiotocus</i></p> <p>中文名: 面天樹蛙</p>	<p>體型略小，約 2 至 5 公分。面天樹蛙的體色多變，褐色為主，不變綠色。繁殖期從二月到九月，期間，雄蛙會在夜晚聚到水邊低矮的植物或地上鳴叫，較短促且凌亂。白天雄蛙喜歡平貼在芒草葉上作日光浴，此時身體顏色會接近白色。卵大，每次產卵一至三百顆。常分佈於台灣的西部中低海拔地區。</p>	<p>棲息地的破壞和退化是這一物種的潛在威脅，特別是基礎設施的發展為人類居住，例如：住宅及商業開發，會對物種及整個生態形成壓力，屬長時間，且影響嚴重。</p>	<p>面天樹蛙 鳥獸標本數位典藏館</p>
	<p>學名: <i>Buergeria japonica</i></p> <p>中文名: 日本樹蛙、日本溪樹蛙、日本河鹿樹蛙、溫泉蛙</p>	<p>不會爬樹，成年樹蛙長 2.5 至 4 公分。體色會隨環境變化，一般為鉛灰、淡褐或黃褐色。會把卵產進達攝氏 40 至 50 度的水中。卵會沉下水底，並黏在水底的植物上。成年日本樹蛙是肉食性動物，一般以昆蟲為主；蝌蚪常是草食性，多以水中藻類和碎屑為主。屬夜行性動物，繁殖期大約是春夏兩季，約為 2 月到 10 月。</p>	<p>棲息地的破壞和退化是這一物種本地化的威脅，特別是在農業和基礎設施建設，(例如：住宅及商業開發、農業及水產養殖等)，皆會對生態系造成壓力，屬長時間影響。</p>	<p>日本樹蛙 - 岳明 蛙類課程班 - 樂多日誌</p>

資料來源：整理自國際自然保護聯盟瀕危物種紅色名錄(2016 年 9 月 14 日)。國際自然保護聯盟瀕危物種紅色名錄-日本樹蛙。取自 <http://www.iucnredlist.org/details/58783/0>。國際自然保護聯盟瀕危物種紅色名錄

(2016年9月14日)。[國際自然保護聯盟瀕危物種紅色名錄-澤蛙](#)。取自

http://www.iucnredlist.org/details/full/58275/0#conservation_actions。國際自然保護聯盟瀕危物種紅色名錄(2016年9月14日)。[國際自然保護聯盟瀕危物種紅色名錄-面天樹蛙](#)。取自

http://www.iucnredlist.org/details/full/58803/0#end_uses

三、101年~104年蘇花改沿線指標生物數量以鳴叫計數法的調查結果

鳴叫計數法為專業人員在以固定方式穿越其調查區域時，藉由所辨認的各種蛙類獨特的鳴叫聲進行統計，此法優點是可用於大範圍、省人力、省時間，但因此法於聲音嘈雜或蛙類鳴叫聲相似和音量過小時，準確度將會下降，所以選擇適當時機、人員與對環境的限制皆使用此法所注意之事項。本研究表二為101年~104年蘇花改沿線指標生物數量以鳴叫計數法的調查結果的彙整表：

表二 101年~104年蘇花改沿線指標生物數量以鳴叫計數法的調查結果彙整表

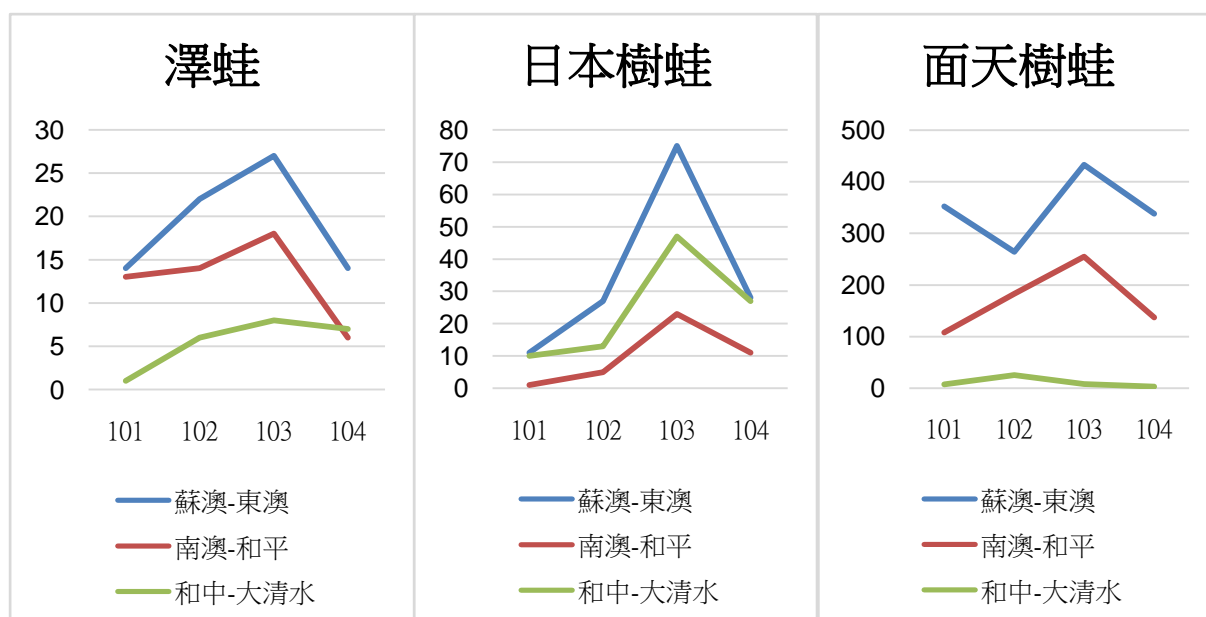
101年	蘇澳-東澳 (12個樣區)	南澳-和平 (12個樣區)	和中-大清水 (6個樣區)	總計	所佔比例(%)
澤蛙	14	13	1	28	4.02
日本樹蛙	11	1	10	22	3.16
面天樹蛙	352	108	7	467	67

102年	蘇澳-東澳 (10個樣區)	南澳-和平 (9個樣區)	和中-大清水 (6個樣區)	總計	所佔比例(%)
澤蛙	22	14	6	42	4.26
日本樹蛙	27	5	13	45	4.57
面天樹蛙	264	183	25	472	47

103年	蘇澳-東澳 (10個樣區)	南澳-和平 (10個樣區)	和中-大清水 (6個樣區)	總計	所佔比例(%)
澤蛙	27	18	8	53	4.00
日本樹蛙	75	23	47	145	10.95
面天樹蛙	433	255	8	696	52.57

104年	蘇澳-東澳 (10個樣區)	南澳-和平 (9個樣區)	和中-大清水 (6個樣區)	總計	所佔比例(%)
澤蛙	14	6	7	27	2.54
日本樹蛙	28	11	27	66	6.21
面天樹蛙	338	137	3	478	44.97

依據以上彙整表，我們將其資料繪成圖三如下：



圖三：蘇花改沿線指標生物數量以鳴叫計數法的調查結果圖

四、101 年~104 年蘇花改沿線指標生物以目視遇測法的調查結果

目視遇測法是一種取樣方法，指在一定的時段規律地走過目標調查區域，記錄所有見到的物種與數量。但此法的缺點便是易受環境、氣候、調查時間、穿越線地不同而影響其準確度。專業人士在政府報告中利用此方法的調查結果如表三所載：

表三 101 年~104 年蘇花改沿線指標生物數量以目測計數法的調查結果彙整表

101	蘇澳-東澳 (12 個樣區)	南澳-和平 (12 個樣區)	和中-大清水 (6 個樣區)	總計	所佔比例(%)
澤蛙	0	10	20	30	19.87
日本樹蛙	9	6	15	30	19.87
面天樹蛙	11	11	0	22	14.57

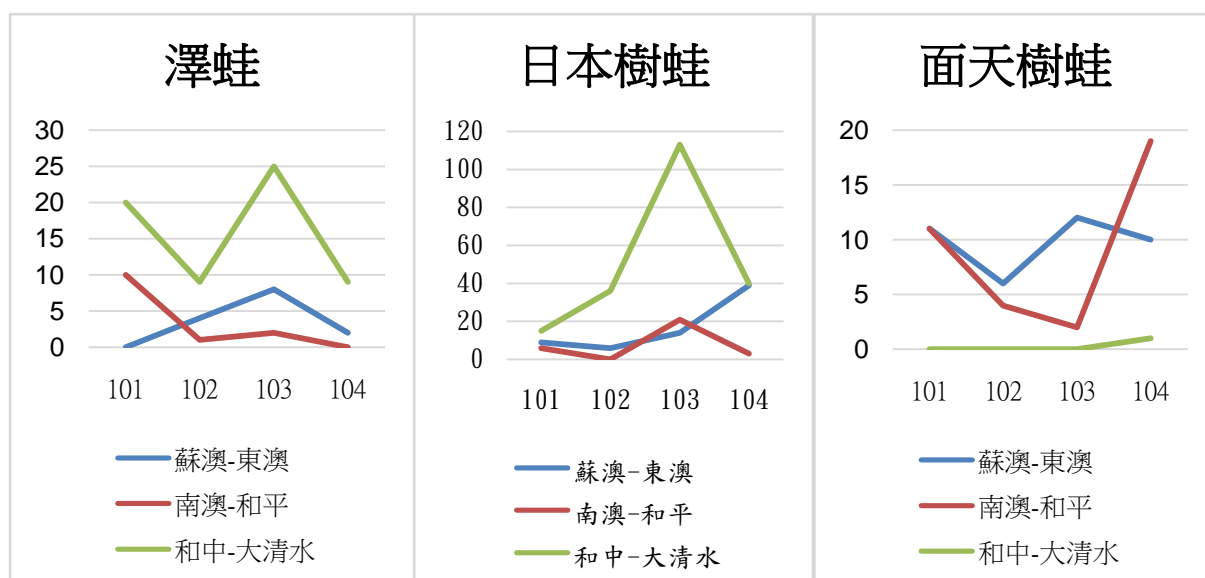
102	蘇澳-東澳 (10 個樣區)	南澳-和平 (9 個樣區)	和中-大清水 (6 個樣區)	總計	所佔比例(%)
澤蛙	4	1	9	14	7.29
日本樹蛙	6	0	36	42	21.88
面天樹蛙	6	4	0	10	5.21

103	蘇澳-東澳 (10 個樣區)	南澳-和平 (10 個樣區)	和中-大清水 (6 個樣區)	總計	所佔比例(%)
-----	-------------------	-------------------	-------------------	----	---------

澤蛙	8	2	25	35	9.64
日本樹蛙	14	21	113	148	40.77
面天樹蛙	12	2	0	14	3.86

104	蘇澳-東澳 (10 個樣區)	南澳-和平 (9 個樣區)	和中-大清水 (6 個樣區)	總計	所佔比例(%)
澤蛙	2	0	9	11	3.56
日本樹蛙	39	3	40	82	26.54
面天樹蛙	10	19	1	30	9.71

依據以上彙整表，我們將其資料繪成圖四如下：



圖四 蘇花改沿線指標生物數量以目視遇測法的調查結果圖(整理自交通部公路總局蘇花公路改善工程處，2012~2015)

五、主要蛙類於各路段易受環境影響的程度分析：

依表二、三之數據分析，進行計算數據，其原則如下：目視遇測法的信賴程度較鳴叫計數法低(測量方法的誤差)，因此推估目視遇測法占 1/5，鳴叫計數法占 4/5，公式為

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \mu)^2}{N}}$$

，計算後所得數據如表四所示：

¹ 標準差(σ)代表的意義是數值的離散程度，其中 μ =數據平均值、 N =數據個數、 x_i = 各個數據的值($i = N$)(徐清朗，2014)

表四 主要蛙類於各路段易受環境影響的程度分析表

σ (標準差) \ 路段	蘇澳-東澳	南澳-和平	和中-大清水
澤蛙	0.55	0.39	0.59
日本樹蛙	2.22	0.83	3.18
面天樹蛙	5.16	5.04	1.14

資料來源：作者自行整理

綜上，在統計數據中，算出的標準差，使得主要蛙類在各路段受影響的難易度得以進一步比較，其中，發現了穩定性最佳之蛙類為澤蛙(於三路段中數值皆屬最小)，有最大幅度變化的是面天樹蛙(因其數量龐大，但是卻數量變化明顯)，而日本樹蛙則是屬較不規則變化(因其在其餘兩種蛙類變化甚小的路段有最突出的變化)，就路段而言，總體變化程度最多的是蘇澳-東澳，而總體變化程度最小的是和中-大清水。

五、討論、歸納各項可能影響蛙類數量之因素與程度：

我們整理文獻得出在工期間有以下影響生態環境因素，可能造成蛙類數量的影響：

(一)汙染：

最為明顯的是空氣汙染，故隨著工程車的與怪手等重型機械的進駐，廢氣的排放自然會跟著增加。有人行經的地方，垃圾排放的機率亦會增高。在以上汙染作用下，對周遭的水質和土壤也會造成影響。因為蛙類的皮膚裸露，表面沒有鱗片、毛髮等覆蓋，雖然可以分泌黏液以保持身體的濕潤，但是其卵沒有卵殼包覆，而幼體在水中生活，用鰓進行呼吸，長大後用肺兼皮膚呼吸，所以對於水與空氣的汙染的抵抗力十分薄弱，例如：濃度越趨增加的懸浮粒子(例如：因蘇花改善工程需要大量的鋼筋混凝土，使運送水泥原料的貨車往來工區頻亟，而在途中飄散的水泥灰塵)會影響其皮膚和肺部氣體交換機能，而二氧化氮、重金屬與酸化的水質亦不利於其健康，因此汙染對於蛙類來說是影響重大的一項因素。

(二)溫度：

由於裸露的柏油路面熱容量小，升溫迅速，反射率大，灰塵和二氧化碳含量高，近地面溫度高，使得局部小氣候惡化，影響範圍甚廣，還包含了之後提及的周邊生態、濕度等，其改變後對環境的影響也不小。

(三)噪音與振動：

噪音與振動總是相伴產生，但是由於振動受土質等環境因素並且迅速衰減，故影響範圍大致僅限於道路周邊，而噪音的傳遞範圍相較之下便大的多，貨車、工程車與工程機具或汽機車所產生的噪音會降低動物之聽力，妨礙動物間聲音的交流，對求偶等行為

將造成干擾，而長期的噪音和振動會降低生物們的生活品質，諸如此類的環境壓力未來可能對其生活機能造成多大的影響也未可知。

(四)城鎮化與接近效應：

因為道路的開發使得原先人類不易進入的山區或荒野增加了人流和物流強度，而也因此讓工業、商業與民用建築、設施出現得機率提高，進而影響生物生存的空間與品質，通常會先從城市邊緣擴張，但由於建築的建造需長時間、高成本，故要在未來許久才容易見到影響，但是持續的擴張將會對整體生態系造成巨大且深遠的影響。

(五)棲地完整度：

蛙類等生物對特定棲地環境依賴性高，因此棲地切割效應對於此類物種亦有影響，但是因興建之道路不多，而且在計畫中也有建造生物通道的規劃外，還有橋梁的建造使兩地動物之往返有了新途徑，所以影響程度不大。

(六)光害：

為了夜間行車安全所設置的照明設備，與車燈的照射使得原本夜晚的生活環境受到干擾，影響了動物、昆蟲們的生活規律與活動、辨位、交流能力，並會因其心理而使其各類行為產生變化，如夜行蛙類會因光害使到其活動甚至交配等時間推遲，並有可能因有助藻類的繁殖對水質造成變動，因此仍然是環境改變的一項要素。

(七)外來種：

在車輛往返的途中一把外界的物種挾帶至此附近的生態中，因為外來物種所造成的寄生、競爭、掠食等變化使得生物鏈變動的可能性增加，因而列入未來使生態系變動的一項變數。

(八)氣流：

因車輛的行駛或地貌與溫度的變遷而產生的氣流變化會使蛙類生存所需的濕度與溫度發生改變(至於溫度的部分是因為風寒效應，但在此種些微的地形變化僅有微乎其微的影響)，空氣中微粒的散播也會增加，而在隧道附近會因往來行車所形成些許活塞效應會降低周遭空氣品質，若為道路建於坡地上，則會生成風切效應改變植物的分布，故仍會對環境有一定程度的影響。

(九)道路輾斃：

由於蘇花改工程的進行，使得原先沒有車輛行駛的區域有了行車通行，而車輛的往返讓欲跨越經由道路分割之兩地的動物(特別是體積較小與活動於視線不佳的夜晚的夜行性動物，例如:蛙類、爬蟲類等)在移動的過程中提高了死亡率，進而其聲響、光線與行進中的車輛將因使動物無法穿越而造成棲地破碎化，降低其族群之數量，但若依計畫書中有完善的生物保護措施(如:生物通道)將可減少此影響。

七、小結

根據文獻歸納出蘇花改善工程各項可能會造成兩棲類影響的因素與其影響層面、方式之後，本研究根據其中內容推導出大致影響程度之圖表，雖然其中的種類太多且無實際關於此方面的數據，而無法有較為確切的程度，僅能在一定範圍下描述，但仍可作為參考²，如表五所示：

表五 蘇花改善工程對蛙類所處之生態環境的影響程度比較表

影響因素(範圍)	生物種類	成年蛙類	卵、蝌蚪
	影響程度	劇烈、大、中、小、極小	
汙染(大-中)		劇烈-小	大-小
溫度(中-小)		中-極小	小-極小
噪音與震動(小-極小)		中-小	極小
城鎮化與接近效應(中-極小)		劇烈-大	大-小
棲地完整度(大)		中-小	極小
光害(小-極小)		中-小	中-極小
外來種(大-極小)		大-極小	劇烈-極小
氣流(中-極小)		小	極小
道路輾斃(小-極小)		劇烈-中	

資料來源：作者自行整理

參●結論

1. 本研究發現蘇花改善工程區段中之蛙類數量隨著工程進度接近中後期，有明顯受到影響，尤其從 103 年到 104 年數量陡降最為明顯，因之本研究認為蘇花改善工程對生態環境(尤其是蛙類)有很大的負面影響。
2. 本研究在參閱各類書籍、論文與網站等相關資料後，盡可能地找出大多數會造成蛙類數量變動的因素，其餘的因素或許因影響甚少或是因藉由多層連動關係才影響至

²過去到現今蛙類數量大致的變化程度=95%(E/En-I/In)/(I/In)+5%(e/En-i/In)/(i/In)

E=當年度以鳴叫計數法測得某種蛙類數量；En=當年度的樣區數量；I=過去某年以鳴叫計數法測得某種蛙類數量；In=過去某年的樣區數量；e=當年度以目視遇測法測得某種蛙類數量；i=過去某年以目視遇測法測得某種蛙類數量。數據計算原則：因目視遇測法的數值較鳴叫計數法不準確，且由於目視遇測法的數值過小會造成倍數上巨大的誤差，因此鳴叫計數法占比較重。

- 蛙類的，其中許多因素是連動或相互制衡的，因此大致列舉九項因素：汙染、溫度、噪音與震動、城鎮化與接近效應、棲地完整度、光害、外來種、氣流、道路輾斃。
3. 建議未來蘇花改善工程注意施工工法和生物保護措施(例如:生物通道、動物逃生坡道、路燈截光設計、植栽廊道、汙染檢測與濾除設計等)，這些若能盡量達成，將能降低此工程對環境的影響。
 4. 建議未來蘇花改善工程從地質環境方面的改善著手，進行如:穩固邊坡、綠化周遭環境、排水設計與緊急災害防治措施等工程，並且於規劃路線時選擇迴避重要棲地，再於施工時選用對環境影響較小的工法，這些亦可對降低影響之目標頗有助益，因為環境與生物本就是息息相關的。

肆●引註資料

1. 交通部公路總局蘇花公路改善工程處(2012~2015)。指標生物研究計畫研究調查報告-101~104 年度報告書。台北市：行政院農業委員會特有生物研究保育中心。
2. 徐清朗(2014)。徐式規劃(高一下 2B)。高雄市：光朗出版社。
3. Campbell・Reece、鍾楊聰、葉開溫、崔文慧、徐歷鵬(2005)。生物學(下冊)(第六版)。台北市：偉明圖書有限公司、台灣培生教育出版股份有限公司。
4. 林大利(2016)。科學發展 - 第 520 期 棲地破碎化的效應。科技部。
5. 台灣地區兩棲類物種描述資料(2016 年 9 月 13 日)。Fejervaryalimnocharis 澤蛙- 台灣地區兩棲類物種描述資料。取自 <http://metadata.froghome.org/page.php?namecode=380034>
6. 台灣地區兩棲類物種描述資料(2016 年 9 月 13 日)。Kurixalus idiotocus 面天樹蛙- 台灣地區兩棲類物種描述資料。取自 <http://metadata.froghome.org/page.php?namecode=380046>
7. 維基百科(2016 年 9 月 13 日)。日本樹蛙-維基百科。取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%97%A5%E6%9C%AC%E6%A8%B9%E8%9B%99>
8. 交通部公路總局蘇花公路改善工程處(2016 年 9 月 2 日)。交通部公路總局蘇花公路改善工程處。取自 http://suhua.thb.gov.tw/SubPages/%E6%B0%B4%E5%9C%9F%E4%BF%9D%E6%8C%81%E5%B7%A5%E4%BD%9C_W.html
9. 國際自然保護聯盟瀕危物種紅色名錄(2016 年 9 月 14 日)。國際自然保護聯盟瀕危物種紅色名錄-日本樹蛙。取自 <http://www.iucnredlist.org/details/58783/0>
10. 國際自然保護聯盟瀕危物種紅色名錄(2016 年 9 月 14 日)。國際自然保護聯盟瀕危物種紅色名錄-澤蛙。取自 http://www.iucnredlist.org/details/full/58275/0#conservation_actions
11. 國際自然保護聯盟瀕危物種紅色名錄(2016 年 9 月 14 日)。國際自然保護聯盟瀕危物種紅色名錄-面天樹蛙。取自 http://www.iucnredlist.org/details/full/58803/0#end_uses
12. Threats to Frogs(2016 年 9 月 10 日)。Threats to Frogs - Save the Frogs。取自 <http://www.savethefrogs.com/threats/>