



行政院農業委員會水土保持局
Soil and Water Conservation Bureau, COA



氣候變遷下日本土砂防災策略演進

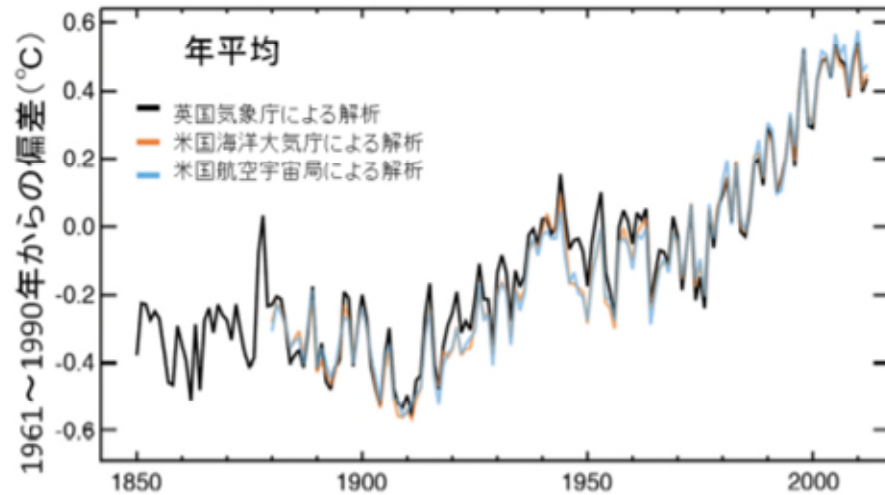
報告者：水土保持局技研小組 詹婉妤

109年12月1日

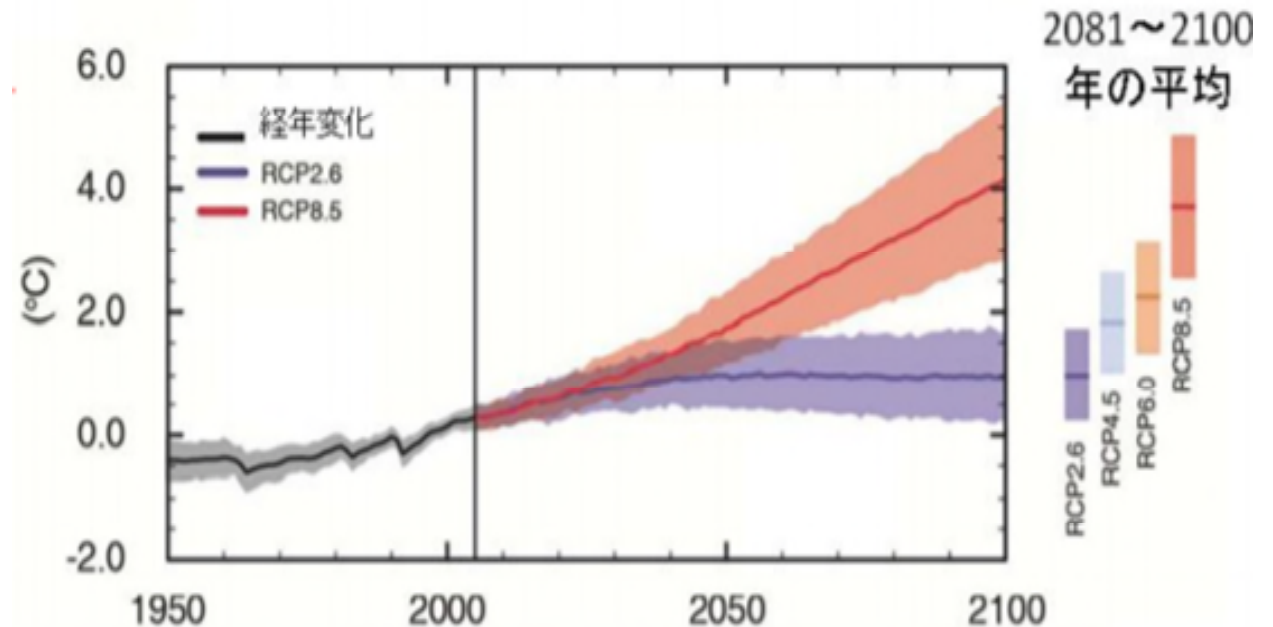
氣候變遷下的影響

根據IPCC第五次評估報告，目前全球溫化嚴重，在未來暖化情境下至21世紀末時世界平均氣溫將上升 $0.3 \sim 4.8^{\circ}\text{C}$ ，將使得海平面水位將上升 $0.26 \sim 0.82$ 公尺，二氧化碳濃度增加、海水位上升、**颱風劇烈化、乾旱與無降雨日數增加、短延時強降雨等氣候變化**，在此情況下災害風險提高，造成更多水、砂災害、旱災等災害規模及強度增加。

世界の地上気温の経年変化



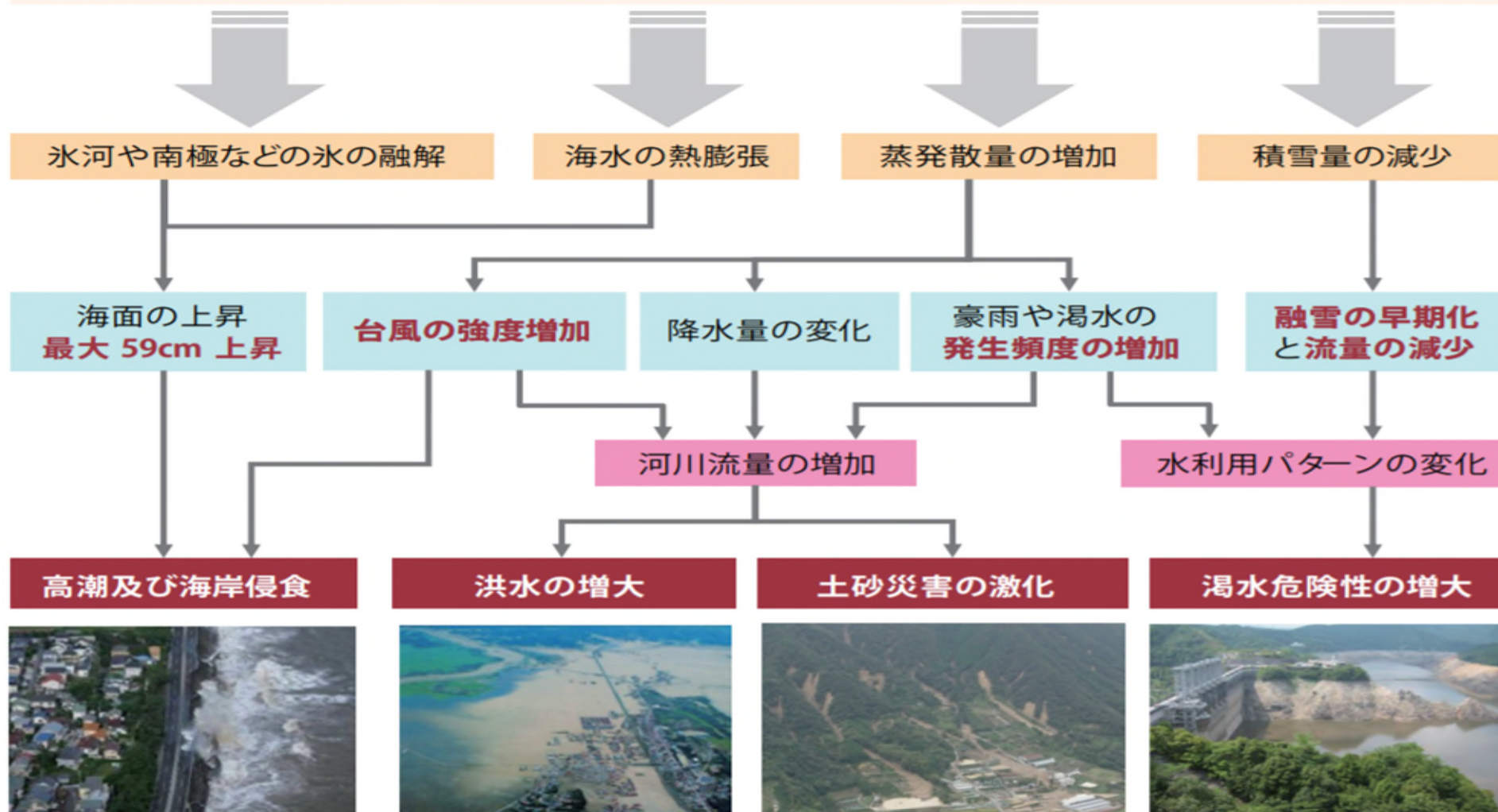
1950~2100年の世界平均地上気温の
経年変化(1986~2005年の平均との比較)





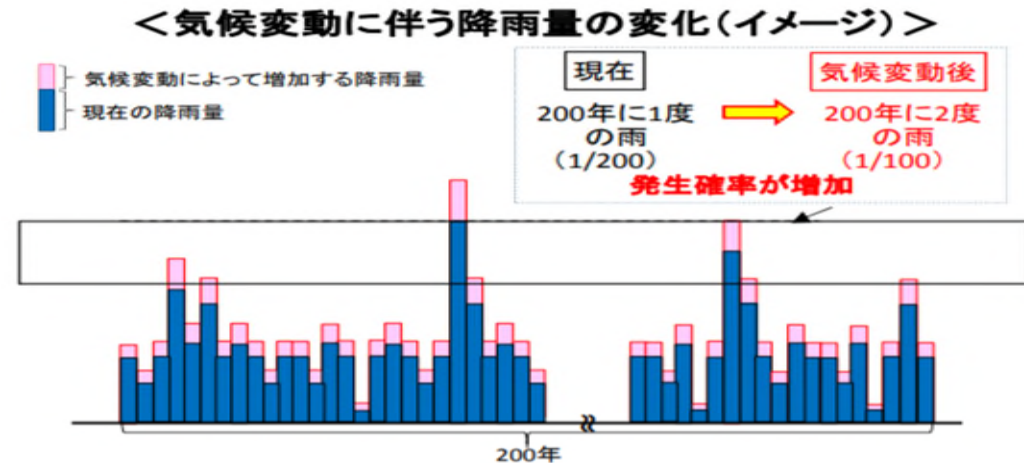
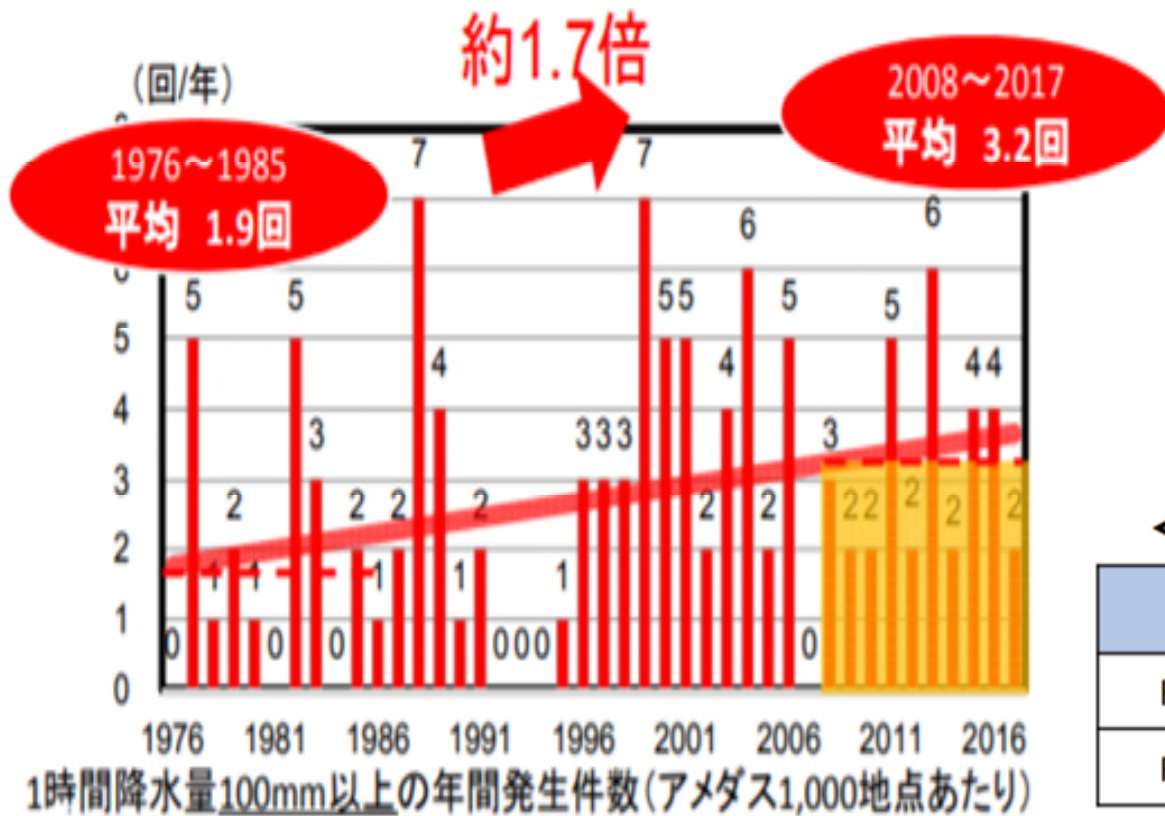
氣候變遷下的影響

温室効果ガスが大量に排出されて大気中の濃度が高まり熱の吸収が増えた結果、気温が上昇。
これに伴い海面水位も上昇



氣候變遷下的影響

日本國土約70%是山地，因地形陡峭、地質脆弱，具備土砂災害高風險之特性，加上全球暖化所形成氣候變化異常，**短延時強降雨之降雨型態轉變，局部性、突發性暴雨造成的「洪水與土砂氾濫」災害也隨之增加。**

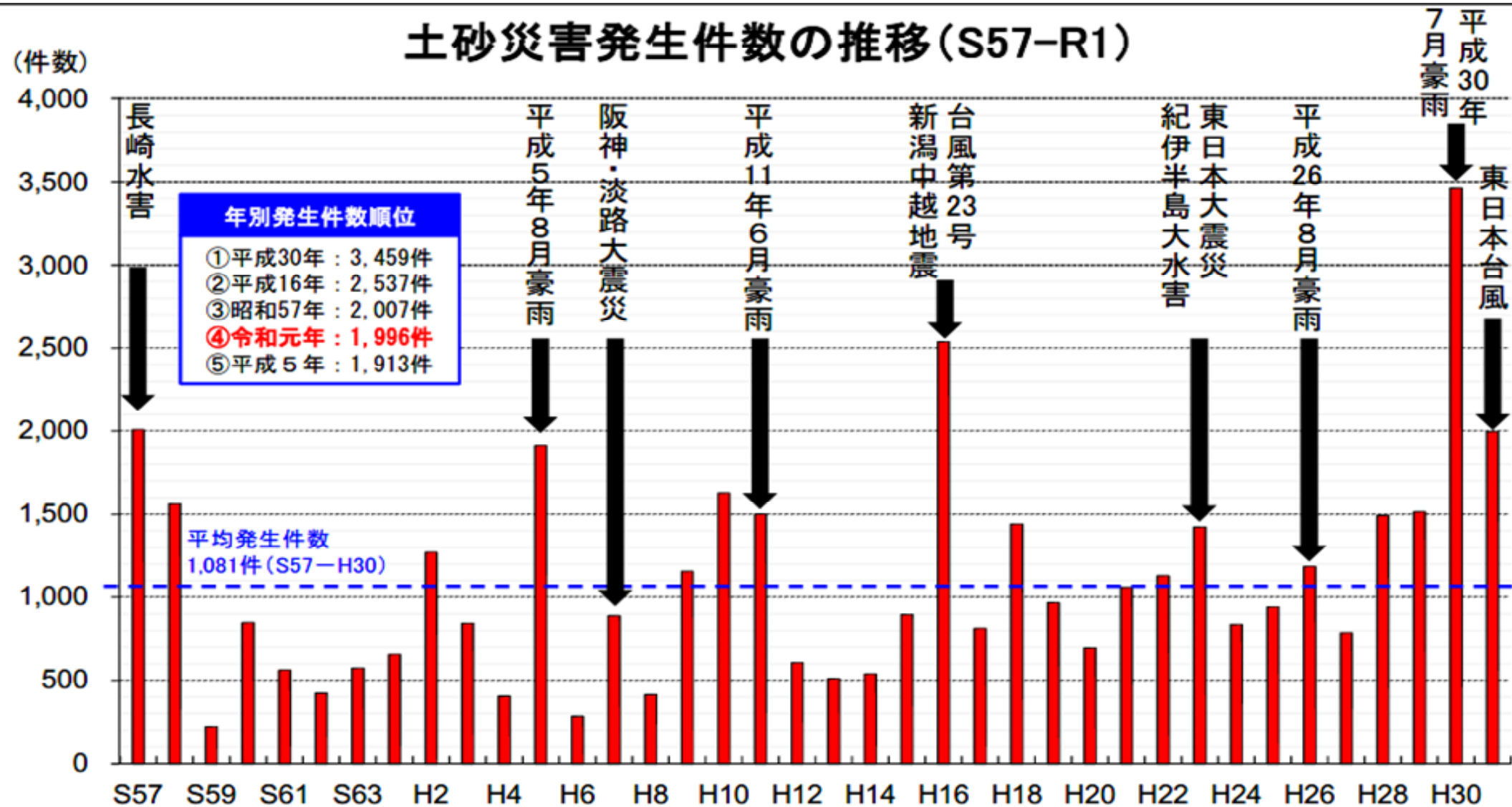


＜氣候變動による将来の降雨量、洪水発生確率の変化倍率＞

前提となる氣候シナリオ	降雨量変化倍率 (全国一級水系の平均値)	洪水発生確率の変化倍率 (全国一級水系の平均値)
RCP8.5(4℃上昇に相当)	約1.3倍	約4倍
RCP2.6(2℃上昇に相当)	約1.1倍	約2倍

氣候變遷下的影響

土砂災害発生件数の推移 (S57-R1)





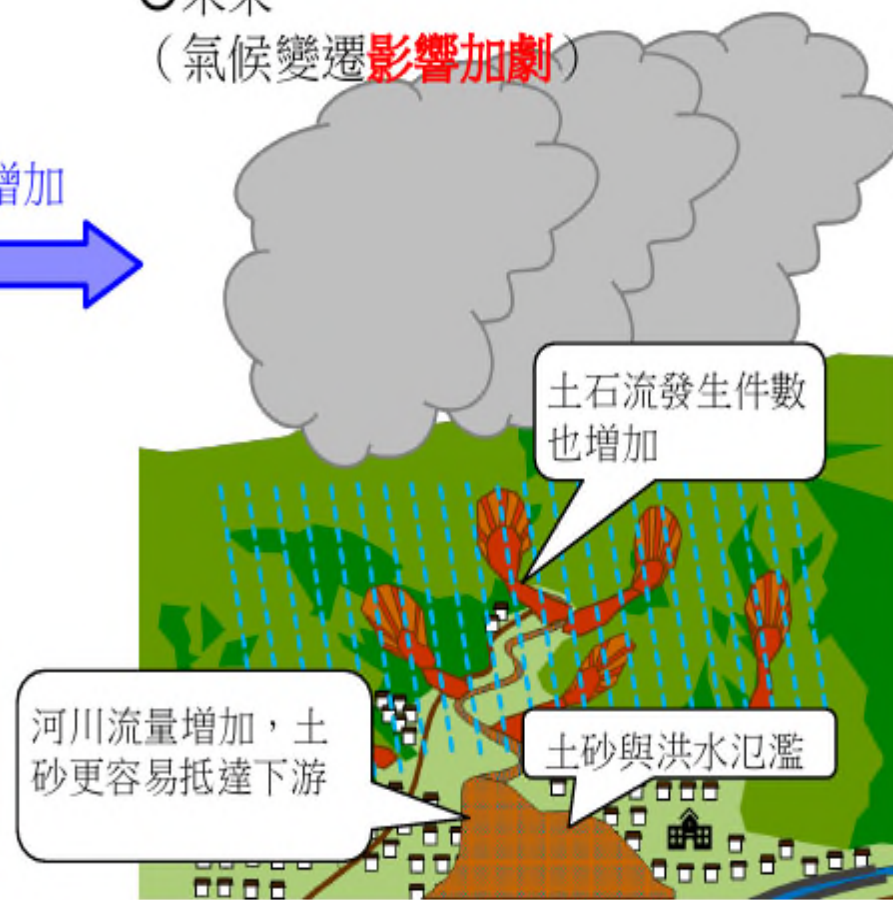
氣候變遷引致土砂移動現象嚴重化

○目前
(氣候變遷影響尚小)



氣候變遷降雨量增加

○未來
(氣候變遷影響加劇)



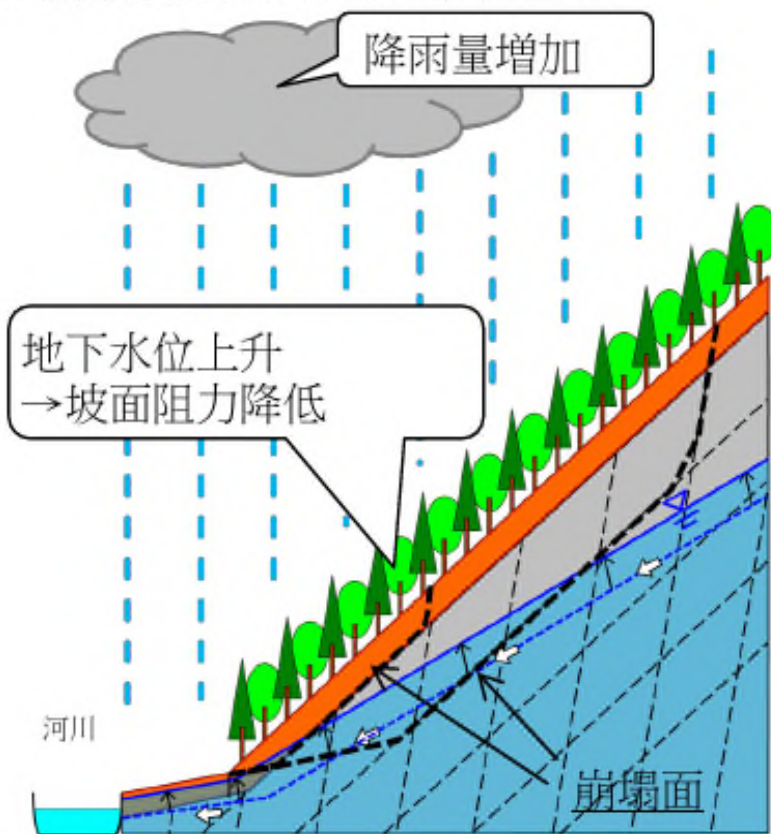
- 氣候變遷降雨量增加不只容易同時發生多處表層崩塌，河川流量增加上游生產土砂更容易到達下游，發生土砂與洪水氾濫。

頻頻發生過去案例少的土砂與洪水氾濫

18

氣候變遷引致大量土砂移動現象

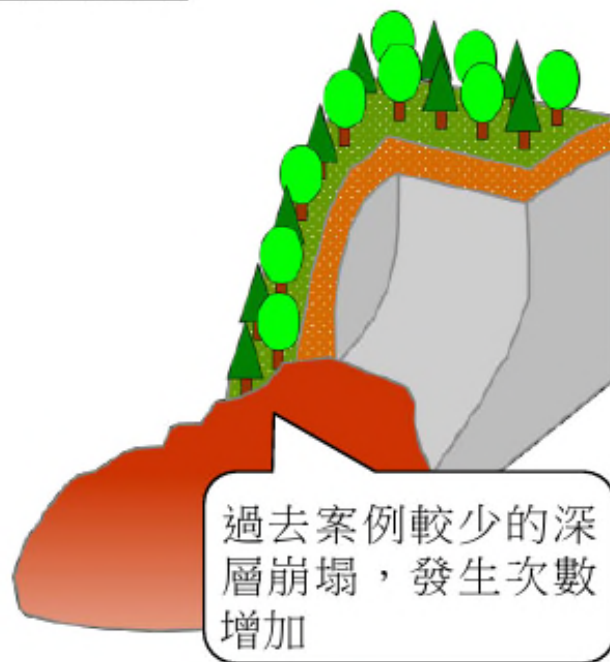
○氣候變遷引致地下水位變化



→坡面崩塌狀況改變

○坡面崩塌模式改變

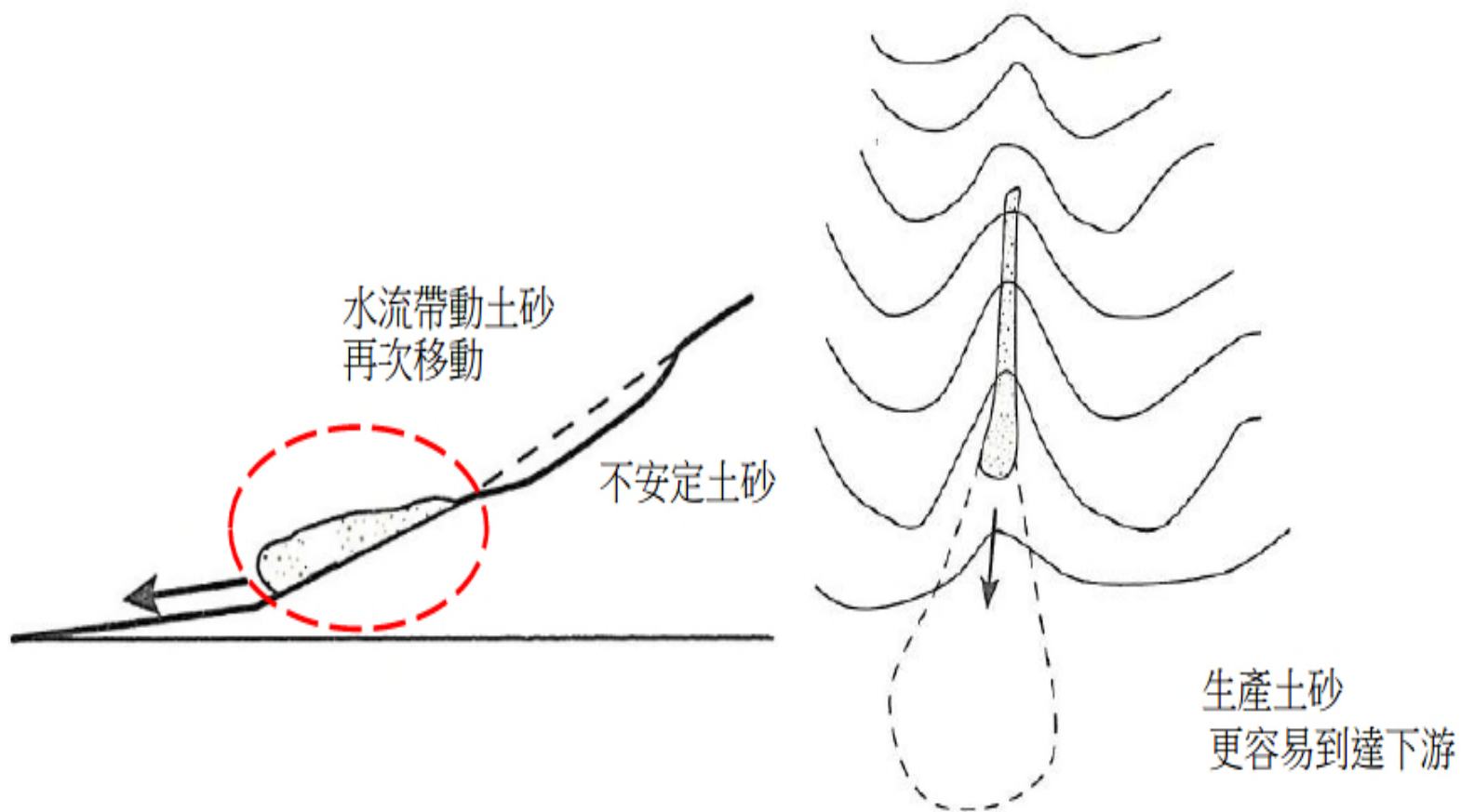
深層崩塌



• 深層崩塌發生次數增加

■ 氣候變遷降雨量增加
因而改變坡面地下水位，
深層崩塌發生潛勢升高。

氣候變遷引致大量土砂移動現象



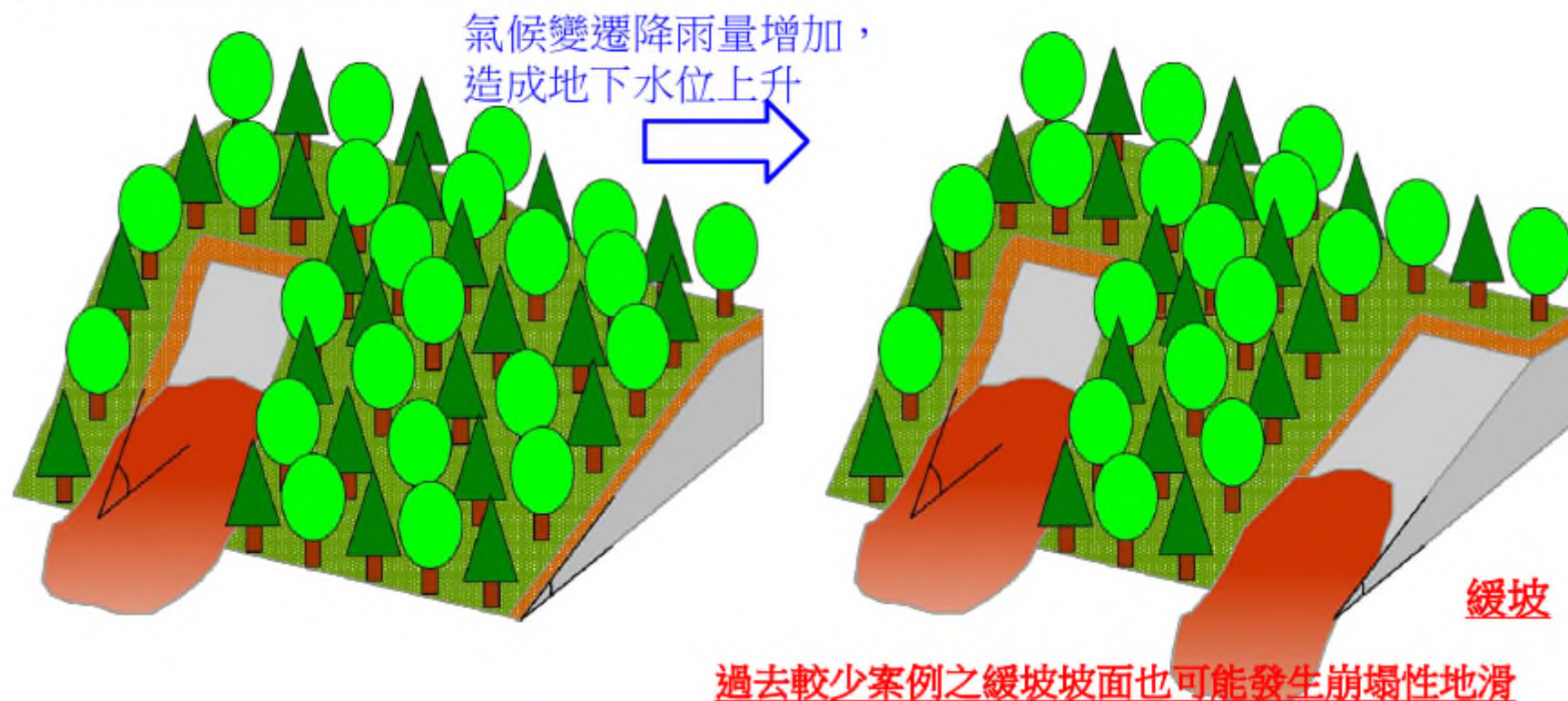
- 氣候變遷降雨量增加，帶動流量增加、溪床堆積物二次移動容易生產土砂，上游生產土砂也更容易到達下游而升高土砂與洪水氾濫潛勢。

引自 土石流發生形態分類圖（丸谷等，2019）

氣候變遷引致大量土砂移動現象

- 氣候變遷降雨量增加因而改變坡面地下水位，過去較少案例之緩坡坡面崩塌性地滑潛勢升高。

○氣候變遷對地滑的影響



日本氣候變遷調適策略

■ 日本氣候變遷調適策略基本方針(2015)

(一)基於不確定性的適應性管理 (順応的なマネジメント)

採用適應性管理的調適策略

未來氣候變遷影響的不確定性

- 氣候變遷之程度（溫室效應氣體排放情境、氣候模型等），
- 未來社會與經濟情勢



可掌握不確定性的
監測

- 持續實施氣候變遷監測
（觀測與監測工作架構）
- 氣候變遷進行狀況與最新氣候預測模型
- 地區社會經濟狀況的變化
- 過去對策與新對策的降低災害風險效果



在必要的時間點選擇對策

調適對策之立案與實施

- 針對出現狀況之處理
- 考量未來之影響
- 實施軟硬體綜合對策
- 各種事業計畫納入氣候變遷的考量
- 與自然共生、融入環境
- 考量地區特性，整合各階層一起推動

日本氣候變遷調適策略

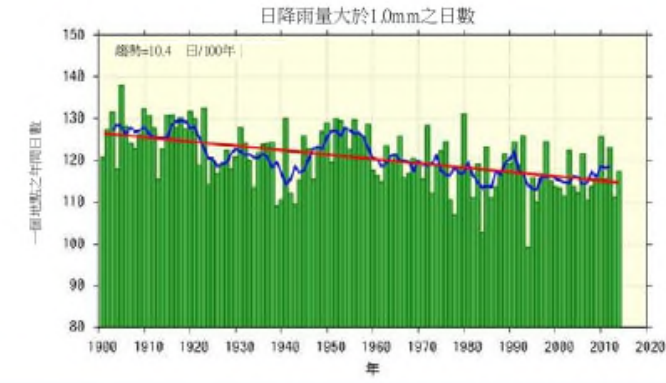
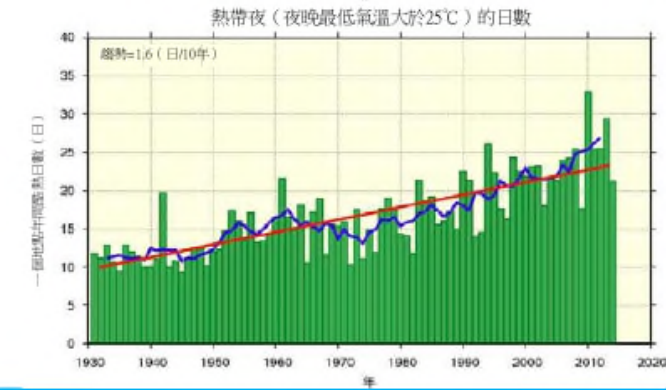
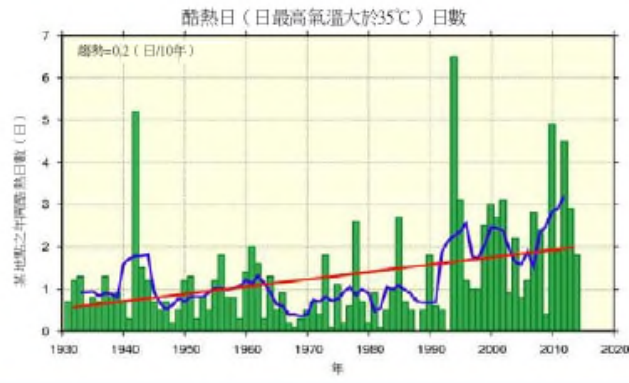
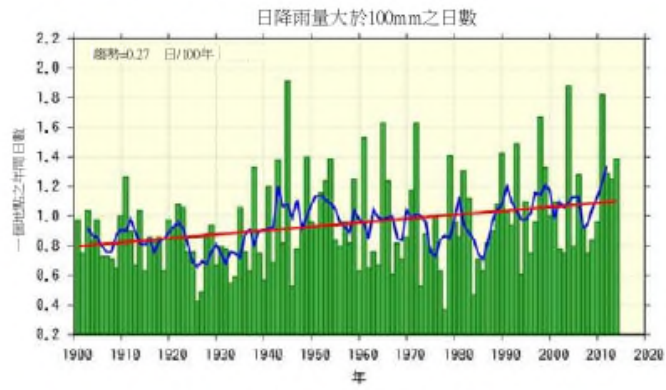
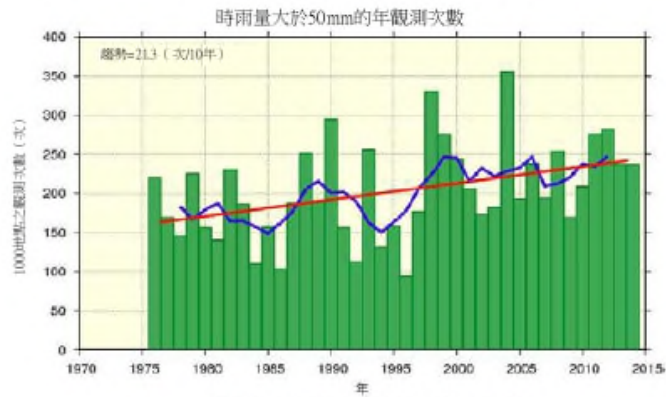
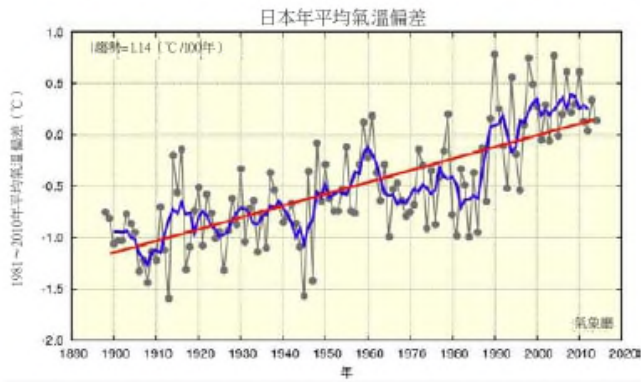
日本氣候變遷調適策略基本方針

(二) 處理目前所出現的事件

◇ 日本氣候變遷狀況

年平均氣溫、大雨及強雨發生頻率、酷熱日與熱帶夜日數逐漸增加。降雨日數則逐漸減少。

出處：氣候變遷監測報告2014（2015年，氣象廳）



日本氣候變遷調適策略

■ 日本氣候變遷調適策略基本方針

(三)考量納入未來之影響

◇ 日本の将来気候の予測

- 気温の上昇
 - ・大都市の年平均気温は2～3℃上昇
 - ・真夏日や熱帯夜の日数の増加
- 降水量の変動
 - ・短時間強雨や大雨の発生頻度増加
 - ・無降水日数の増加
- 極端な気象現象
 - ・台風強度の増加
 - ・突風や雷雨の発生可能性の高まり
- 海面水位、海面水温の上昇 等

出典：地球温暖化予測情報 第8巻(2013年、気象庁)
日本の気候変動とその影響(2013年、文科省、気象庁、環境省)等

(例) 様々な規模の降雨を対象とした浸水想定

○ 避難の検討やまちづくり、投資判断等に資するよう、様々な規模の降雨について浸水想定を作成・提示

これまで

洪水防御に関する計画の基本となる降雨のみを対象

年超過確率1/150

今後

想定最大外力までの様々な規模の降雨を対象

年超過確率1/10

年超過確率1/50

年超過確率1/150

想定最大外力

出展：社会資本整備審議会河川分科会
気候変動に適應した治水対策検討小委員会答申に関する参考資料

※図は、あくまでイメージのため、実際の河川と必ずしも一致しない。

“温暖化の程度が増大すると、深刻で広範囲にわたる不可逆的な影響が生じる可能性が高まる。”

出典：IPCC第5次評価報告書第2作業部会報告書政策決定者向け要約

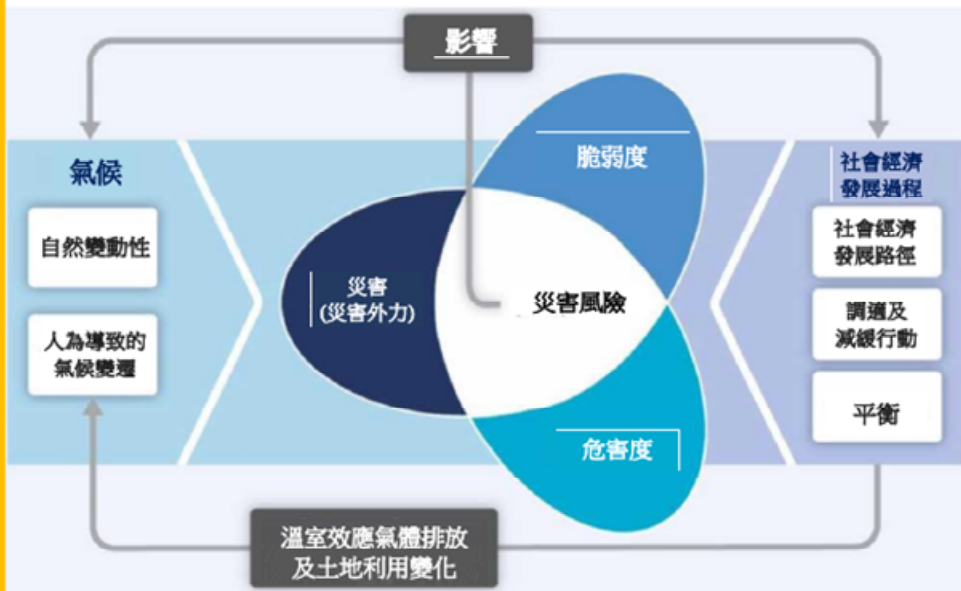
日本氣候變遷調適策略

日本氣候變遷調適策略基本方針

(四)考量軟、硬體之綜合措施

◇氣候變遷潛勢概念圖

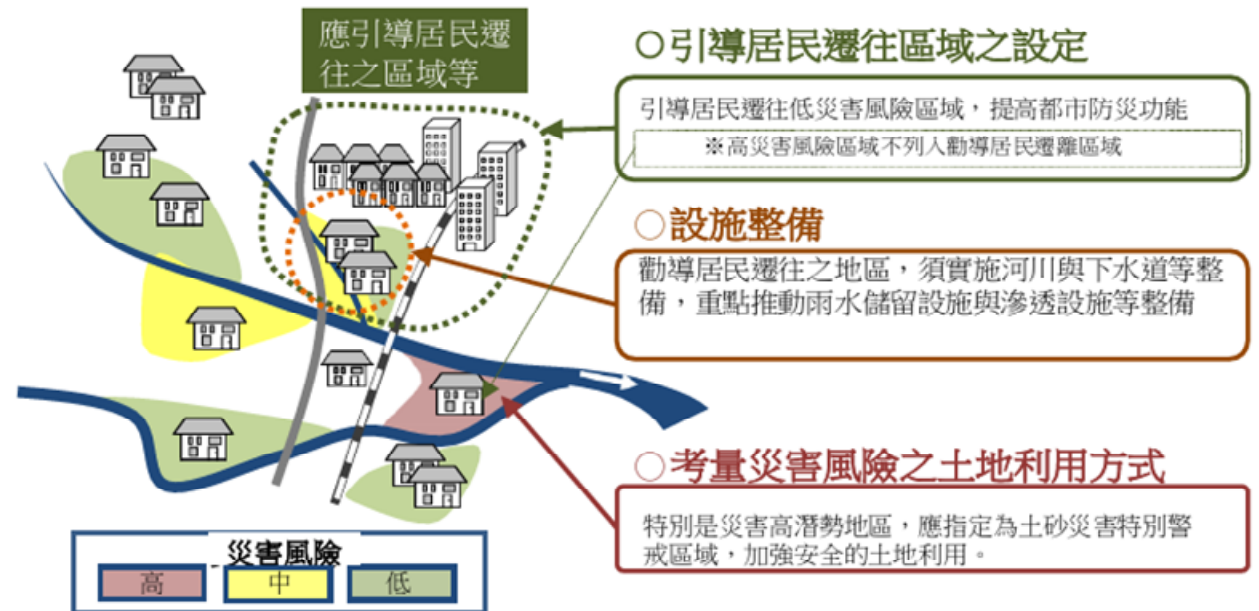
氣候變遷潛勢係由災害（災害外力）、脆弱度（對應力）與危害度程度（受影響地點有居民或財產存在）相互作用所形成，調適對策須降低這類脆弱性與曝險程度。



出處：IPCC第五次評估報告第二次作業部門會議報告書政策決定者參考摘要

(例) 妥善規劃考量災害風險之土地利用與居住模式

- 地板淹水頻率較高地區應公告為高災害風險地區，引導居民搬往低災害風險地區、達成都市防災機能。
- 特別是淹水深度大、極可能危害人命的地區，應公告為災害風險地區，規劃更安全的土地利用型態。



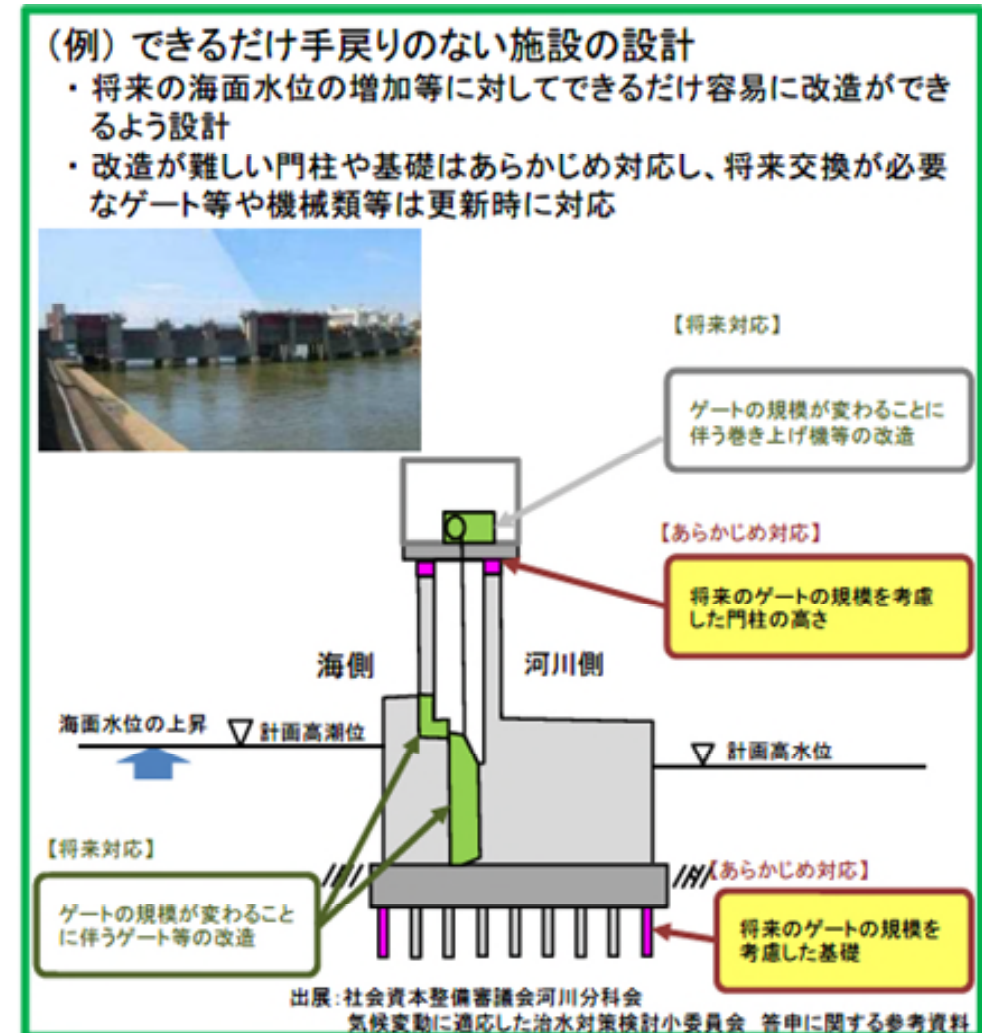
日本氣候變遷調適策略

日本氣候變遷調適策略基本方針

(五)於各種事業計畫考慮氣候變遷之影響

為了有效果及效率地實施調適策略，應留意到將調適氣候變遷的影響納入各種事業計畫中。

此外，在基礎設施和系統的維護、管理及更新的同時，必需要考慮未來氣候變遷的影響，對這些設施未來的設計進行檢討。





日本氣候變遷調適策略

日本氣候變遷調適策略基本方針

(六)與自然環境和諧共生

河川環境整備與保全

- 1997年河川法修訂，立法目的亦即該法之定位為「河川環境整備與保護」。目前日本河川營造多據此推動「多自然型河川營造」。
- 近年來中央政府整合地方政府，推動形成河川為主軸生態系網絡之政策措施。

多自然型河川營造

- ・ 維護河川整體自然面貌
- ・ 融入地區民眾的生活、歷史與文化
- ・ 維護、創造生物棲息、生長與繁殖環境及多樣化的河川景觀



案例 牛津川（佐賀縣）

熱島效應對策之公園與綠地整備

- 依據2013年修訂的「熱島效應對策大綱」，民間建築物、政府機構設施、公共空間等應推動綠化，改善地表覆蓋、降低地面蒸發作用與防止地表高溫化。

綠化



座間谷戸山公園（座間市）

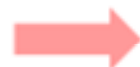


鈴木町一丁目特別綠地保護地區（小平市）

屋頂綠化



綠簾



上述對策措施也可減緩氣候變遷



日本氣候變遷調適策略

日本氣候變遷調適策略基本方針

(七)考慮地域特性並推動各級地方政府、企業與居民合作

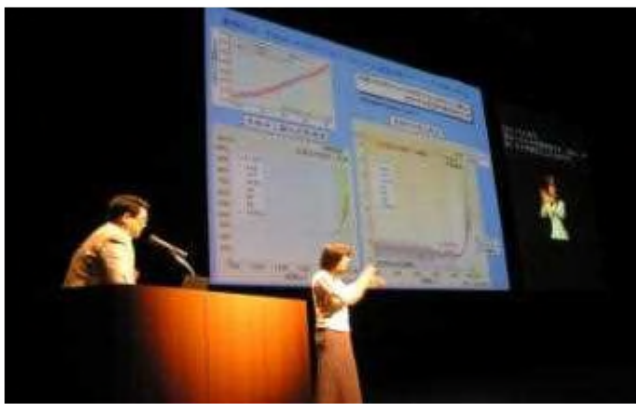
由於脆弱度及曝露度受氣候變遷的影響因地域不同而異，在推動調適策略時，**應考慮地域特性不同並適時靈活調整對策，並促進地方政府、企業、居民等不同參與者之合作。**

實施避難訓練

氣候演講會

地方政府等製作防災地圖

防災教育





日本氣候變遷調適策略

■ 氣候變遷下土砂防災領域面臨課題

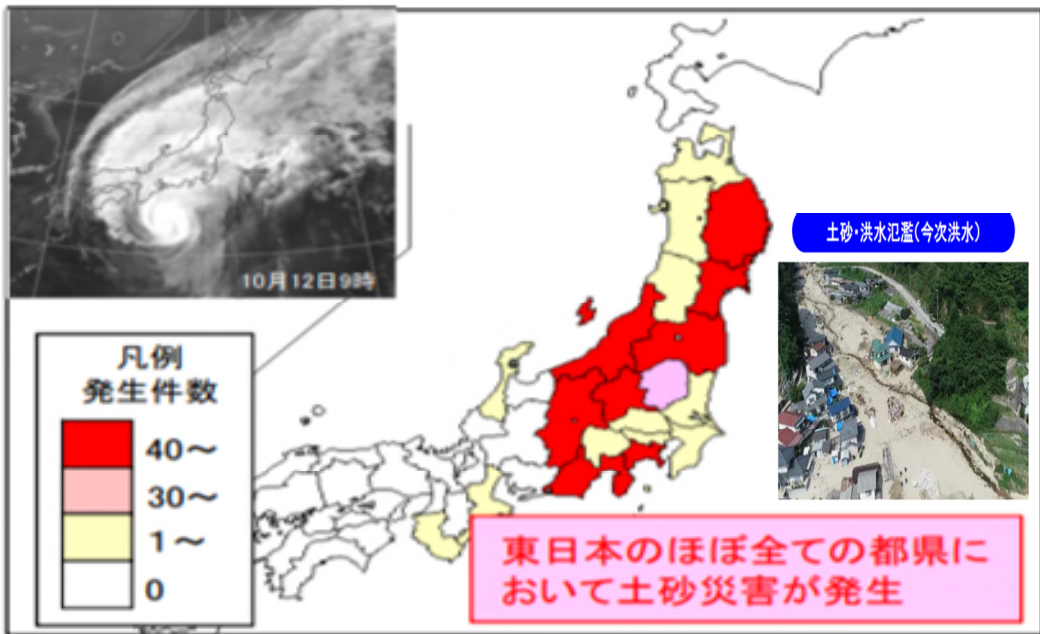
日本近年來連續發生多起重大水災及土砂災情後，相關單位已針對近期土砂災害特徵及氣候變遷下土砂防災對策密集研商，並提出相關調適策略與作法，近年來日本土砂災害特徵，包括：受災範圍廣且多處同時發生、颱風衍生的災害比過往事件大、土砂及洪水氾濫災害更加頻繁。

日本土砂災害特徴

■ 受災範圍廣且多處同時發生

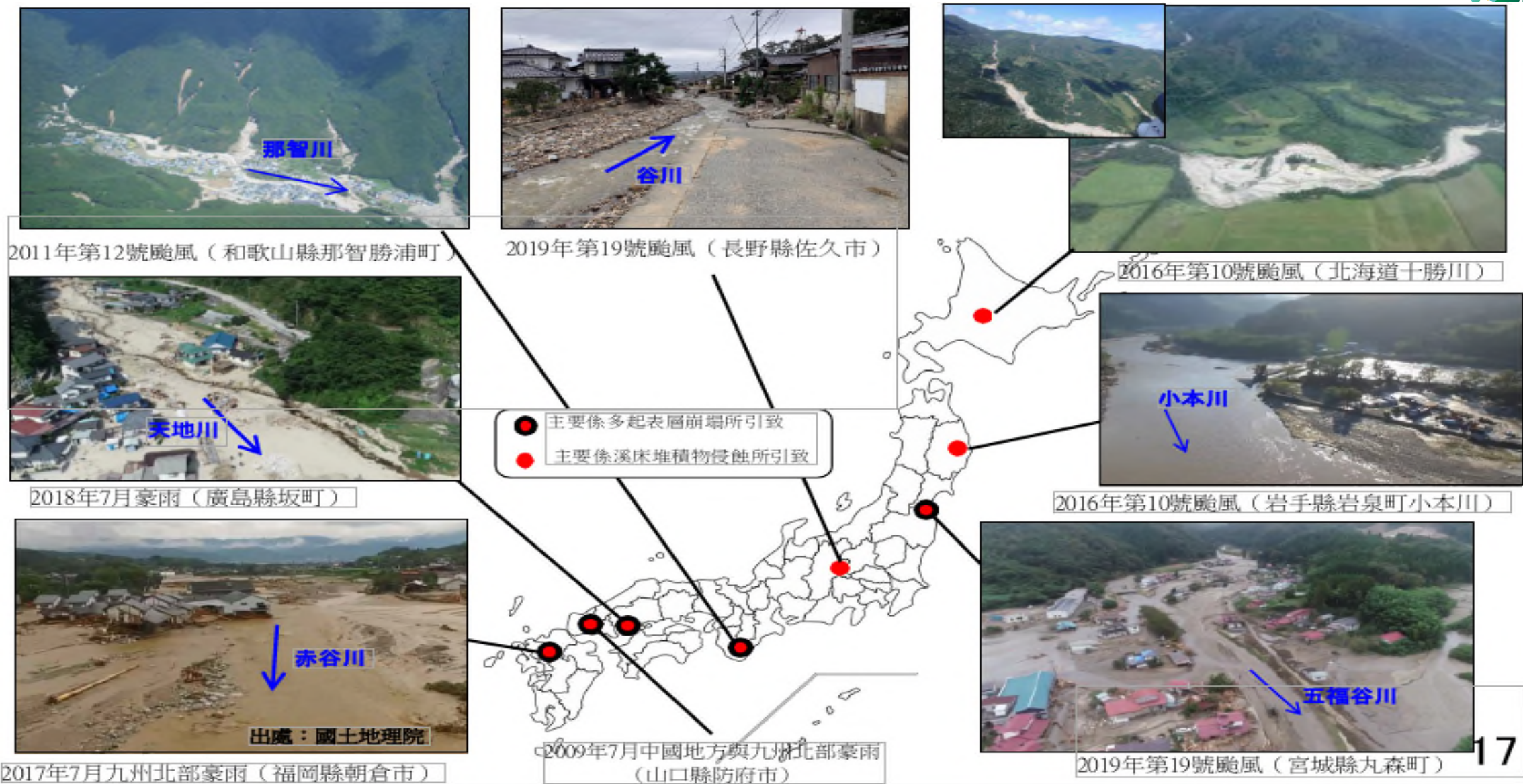
広域にわたる同時多発

- 東日本を中心に20都県にわたって950件を超える土砂災害が発生
- このうち8県において、40件以上の土砂災害が発生しており、被害が広範

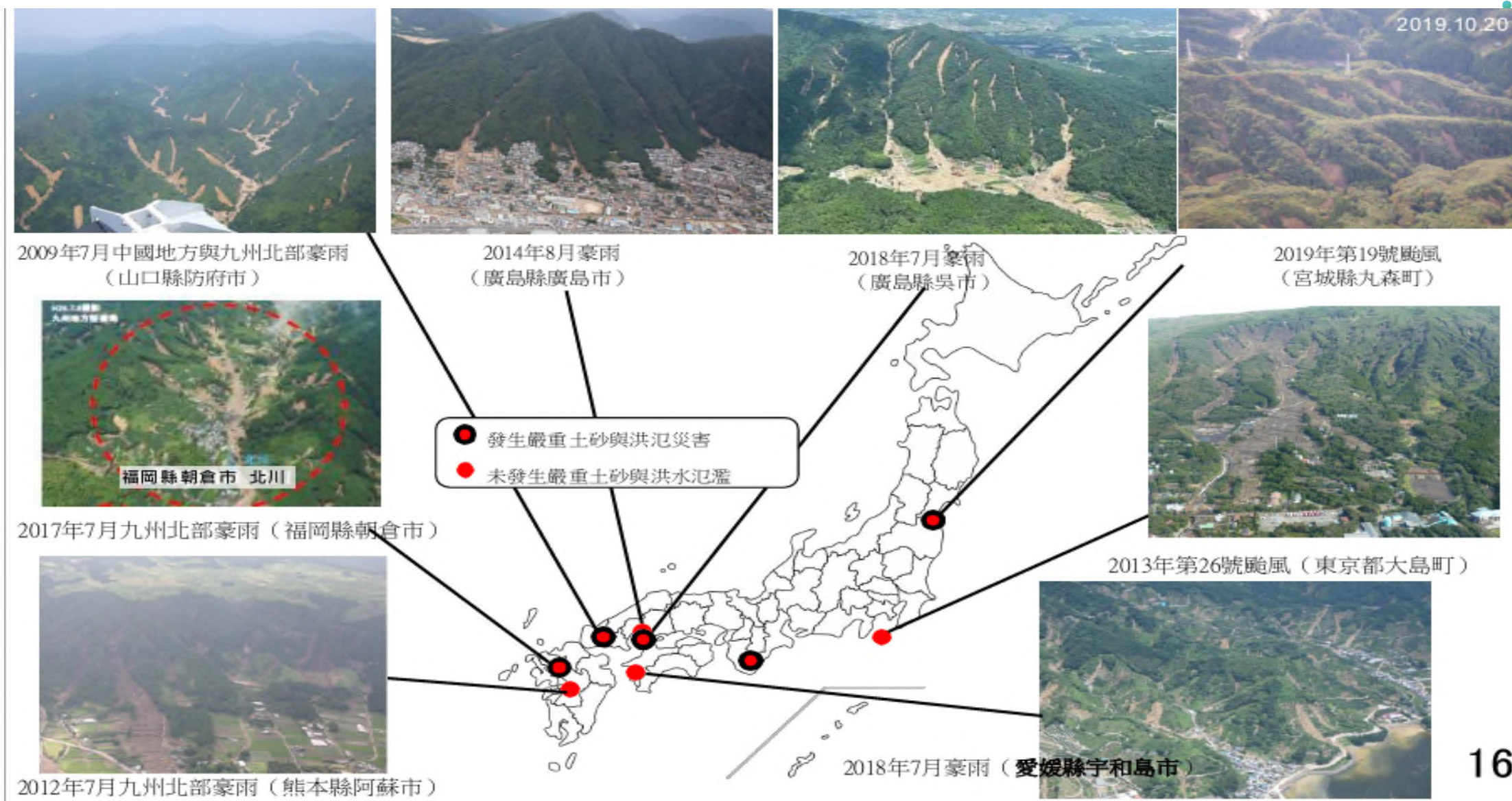


発生年	災害名	土砂災害発生件数	土砂災害が発生した都道府県数	
			全数	40件以上発生
平成21年	中国・九州北部豪雨	492	25	2
平成21年	台風第9号	145	15	1
平成23年	台風第12号	208	20	1
平成23年	台風第15号	198	29	1
平成24年	九州北部豪雨	268	17	2
平成26年	8月豪雨	637	29	5
平成27年	台風第18号	177	18	1
平成28年	台風第16号	233	24	2
平成29年	九州北部豪雨	316	17	2
平成29年	台風第21号	373	33	2
平成30年	西日本豪雨	2,581	32	8
平成30年	台風第24号	175	25	1
令和元年	6月下旬からの大雨	221	16	1
令和元年	8月の前線に伴う大雨	171	15	2
令和元年	東日本台風(台風第19号)	952	20	8

近年來發生之土砂與洪水災害



同時發生表層崩塌與土石流之災害



近年來日本土砂災害特徵

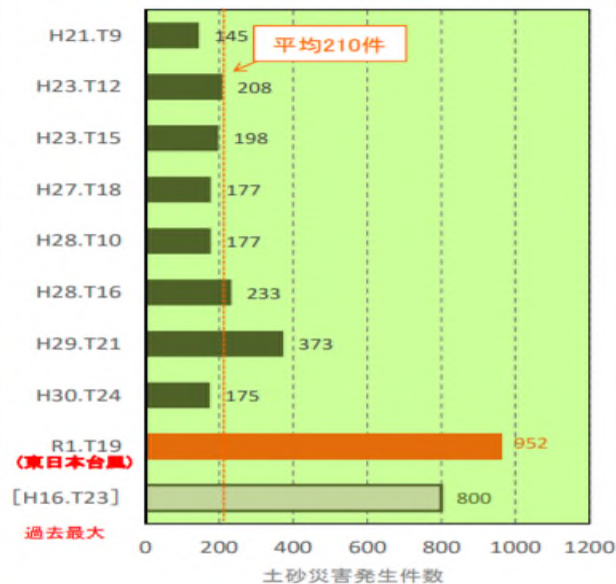
■ 颱風衍生的災害比過往事件大

台風に伴う災害では過去最大

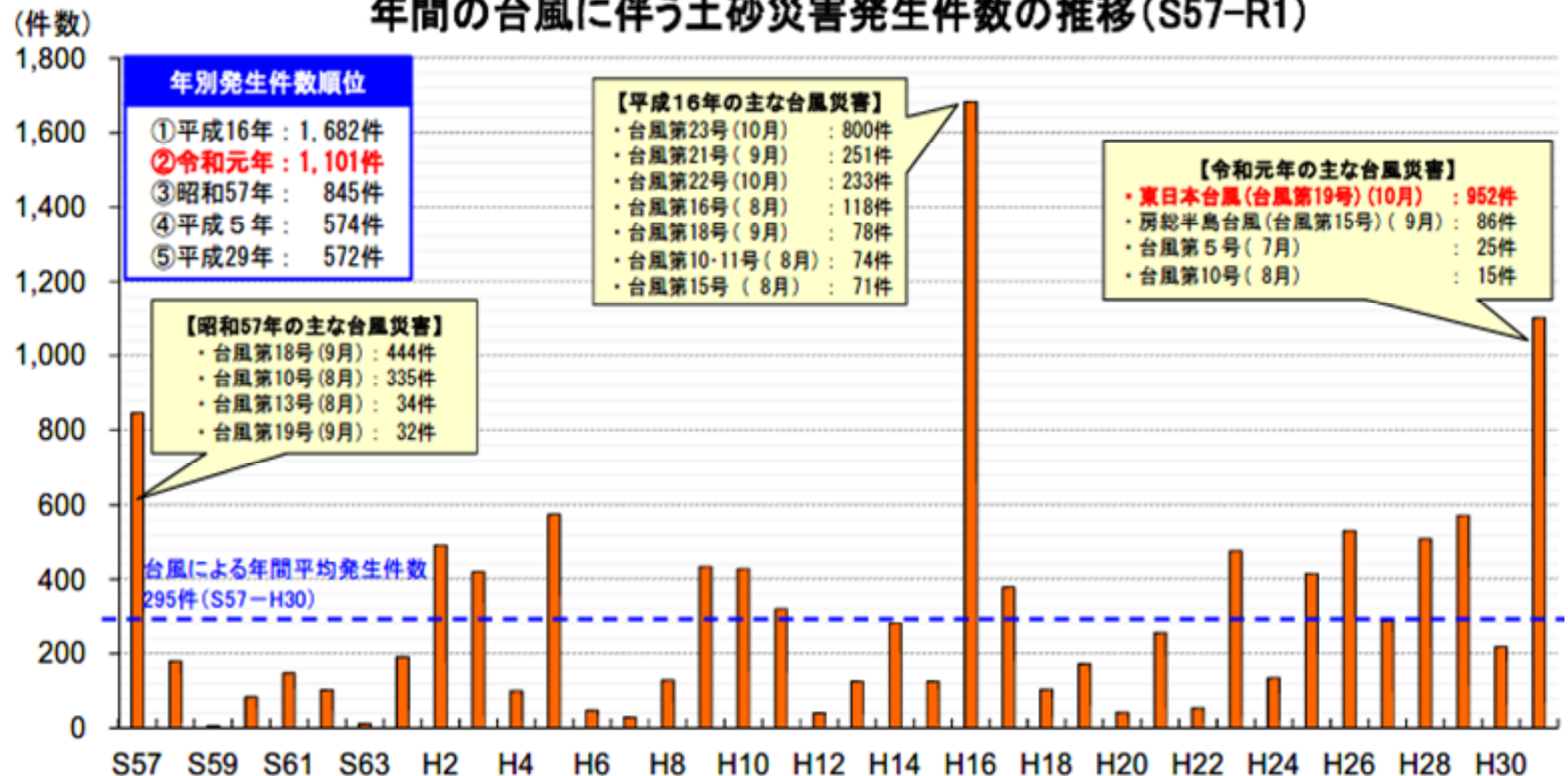
- 記録の残る台風により発生した土砂災害の中で最大の発生件数
- 土砂災害が100件以上発生した台風（過去10年）における平均値を大きく超過

台風に伴う土砂災害の発生件数

過去10年間で100件以上の土砂災害が発生した台風災害(8件)と比較



年間の台風に伴う土砂災害発生件数の推移(S57-R1)



近年來日本土砂災害特徵

■ 土砂及洪水氾濫災害更加頻繁

頻発する土砂・洪水氾濫

- H29九州北部豪雨、H30西日本豪雨に引き続き、土砂・洪水氾濫が発生
- 日本全国において同様の被害が発生する可能性を示唆

R元 宮城県丸森町



H30 広島県坂町



H29 福岡県朝倉市



丸森町では、土砂・洪水氾濫により堆積した土砂等が障害となり、被害の把握や救援救助に時間を要した





日本所面臨之課題

■ 尚未指定為土砂災害警戒區域

尚未指定為土砂災害警戒區域地點的案例

- 千葉縣千葉市綠區板倉町發生土砂災害，該地點雖已完成基礎調查並公布調查內容，但還在進行土砂災害警戒區域指定程序時發生土砂災害。



千葉縣千葉市綠區板倉町土砂災害

尚未指定為土砂災害警戒區域地點案例

- 千葉縣千葉市譽田町之前實施基礎調查地形圖判釋並未圈定為「土砂災害潛勢區」，因此屬於未納入土砂災害警戒區域指定而發生土砂災害地點。



攝影與照片提供：股份公司PASCO・國際航空股份公司



當時基礎調查所使用的地形圖
(比例尺：1/2,500)

千葉縣千葉市綠區譽田町土砂災害

日本所面臨之課題

■ 尚未指定為土砂災害警戒區域

未指定為土砂災害警戒區域地點之案例

- 群馬縣富岡市內匠等地區緩坡、無明顯地滑地形因而未指定為土砂災害警戒區域地點，發生土砂災害。



攝影與照片提供：股份公司PASCO國際航空股份公司

群馬縣富岡市內匠發生土砂災害

坡度平緩，無明顯地滑地形



地形圖判釋※
高 差：約16m
距 離：約55m
傾斜度：約16度

※ 依據國土地理院地圖，國土交通省判釋

地理院地圖

發生災害地點平面圖
(比例尺：1/5,000)

未指定為土砂災害警戒區域地點之案例

- 宮城縣丸森町廻倉無明顯坑溝地形因而未指定為土砂災害警戒區域之地點，發生土砂災害。



地理院地圖

發生災害地點航空照片
(比例尺：1/5,000)



地理院地圖

災害發生地點平面圖
(比例尺：1/5,000)

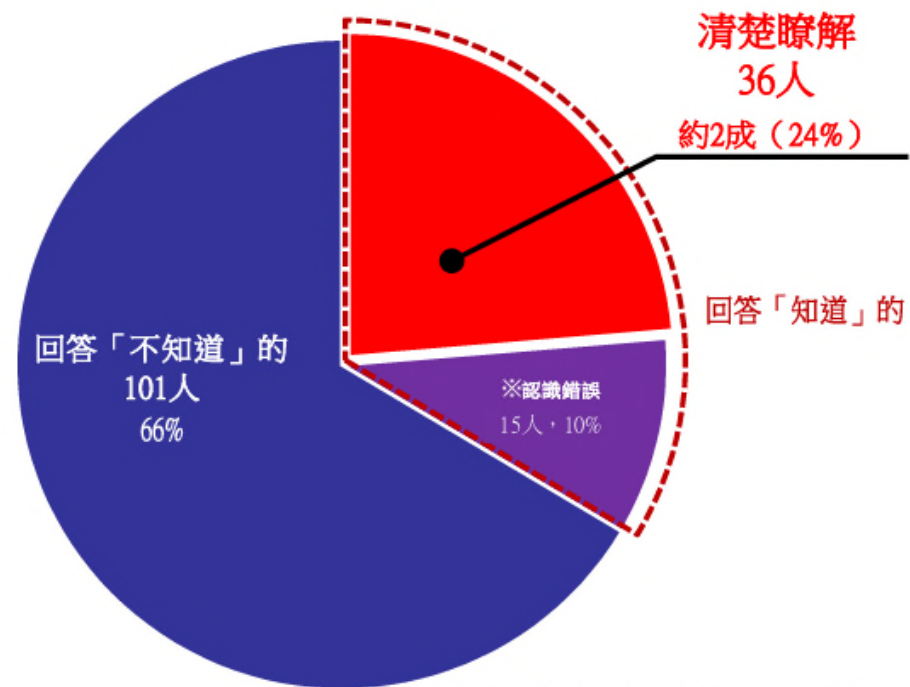


日本所面臨之課題

■ 民眾對土砂災害警戒區域的認知不足

- 針對2018年7月豪雨土砂災害地區受災民眾問卷調查，清楚瞭解自家是否位於土砂災害警戒區域內者，約占2成。

【Q】瞭解自家是否位於土砂災害警戒區域內？



【母數=152】（扣除無回答者）

※所瞭解內容與實際狀況不同（例如，回答自家位於警戒區域內，但實際上並非如此）

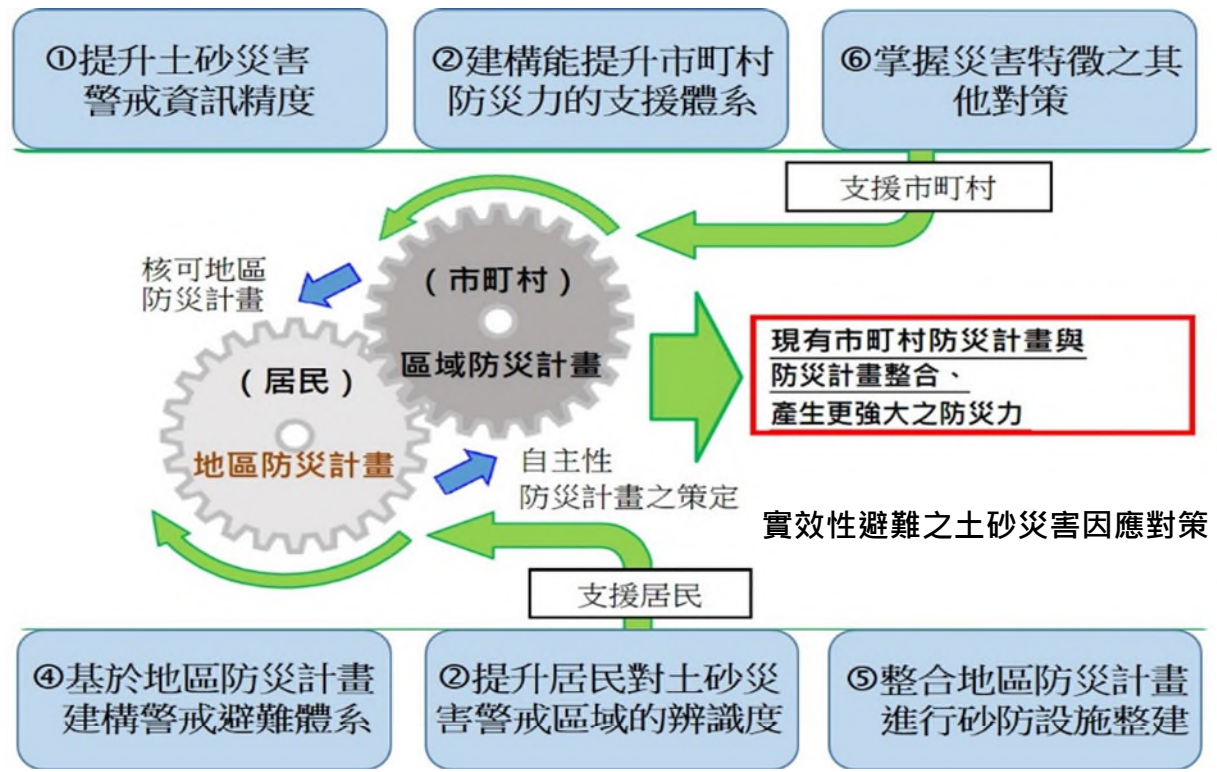


氣候變遷下土砂防災領域面臨之衝擊課題

文獻名稱	年份	氣候變遷之衝擊課題
水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について(答申) (日本国土交通省社会資本整備審議)	2008	隨雨量變化及豪大雨發生頻率增加，使得崩塌、地滑災害風險增加，土砂災害更嚴重。
国土交通省気候変動適応計画-気候変動がもたらす我が国の危機に総力で備える (国土交通省)	2015	1.短時間強降雨増加，土砂災害發生頻率增加。 2.突發性的局部強降雨造成土災害增加，並縮短警戒避難的時間。 3.颱風等造成深層崩塌等災害會因颱風降雨量破紀錄而增加土砂災害。
大規模広域豪雨を踏まえた水災害対策のあり方について～複合的な災害にも多層的に備える緊急対策～(答申) (日本国土交通省社会資本整備審議)	2018	1.逃生不及導致大量人員傷亡，由於周遭地區已處於危險之中，撤離時災難已發生因此無法順利避難 2.派出人員到多個地方整備局協助災害緊急應對，但由於情報有限，要對人員及資源等進行分配。 3.災害初期很難具體掌握整體情況，並即時採取行動，例如進入私人土地清理淤砂、漂流木等。
近年の土砂災害における課題等を踏まえた土砂災害対策のあり方について(答申) (日本国土交通省社会資本整備審議)	2020	1.在土砂災害警戒區必須建立維護預警避難系統。 2.某些發生土砂災害地區未達到被指定為土砂災害警戒區。 3.土砂災害警戒區的指定標準需再研議。 4.在土砂災害警戒區，但沒有意識到土砂災害的危險。 5.在指定完成土砂災害警戒區之後，防災地圖尚未完成，使得居民無意識到危機感，同時對於防災地圖沒有認知度。 6.土砂災害預警發佈市村町與實際發生災害市村町其之誤報率過大，正確性仍有待改善。 7.發布預警後，仍未到達危險降雨量。 8.達到危險降雨量時，距實際發生土砂災害仍有很長時間。 9.災難發生經過很長時間，但期間不知道危險度的變化情形。 10.夜間發出警戒避難情報，市町村難以做出避難勸告的建議。 11.居民不瞭解土砂災害的危險性，可能不採取避難疏散行動，在防災教育上仍不足。 12.地方政府間對於推展防災活動並不一致。 13.由於水災和土砂災害是同時發生的，因此很難掌握土砂災害的發生資訊，提升土砂災害發生預測的技術，包含災害發生時間等重要資訊。

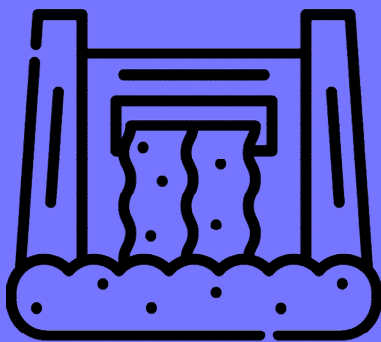
結果與討論

面對近期日本土砂災害特徵及所面臨之課題，國土交通省等單位已分別成立相關委員會議研提土砂防災工作之調適策略，涵括**硬體**、**軟體**、**管理**及**自主防災**等四個面向。



結果與討論

■ 硬體之調適策略

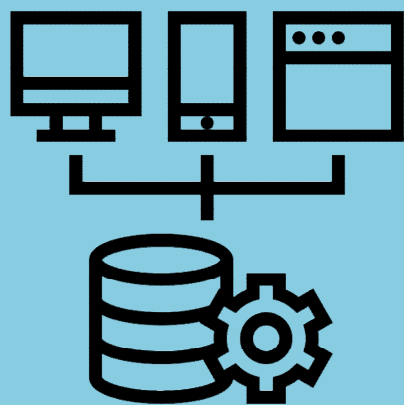


防災以保護人命為優先考量，除改善硬體工程、避難處所等公共設施外，並保障社會經濟活動。此外，為更有效地使用現有設施，應適時清除防砂壩淤積土石，檢討更合理的規劃設計和材料使用，以提升設施防護力。

漂流木災害對策。使用高透過型防砂壩來提高捕捉漂流木效果，同時設置漂流木防止設施，並改良既有非透過型為透過型防砂壩。

結果與討論

■ 軟體之調適策略



為因應近年來多處發生預警避難反應時間極短之土砂災害事件，除改善土砂災害警戒情報之精度外，應活用社群媒體等資訊收集和共享方式，以有效改善預警時間相對變短之災害事件。

土石流越過流域邊界的對策。適當的推估與模擬可能越過流域邊界的土砂量及範圍，並就模擬結果規劃相關軟、硬體對策。

深層崩塌的對策。利用衛星影像強化國土監測，可及早掌握深層崩塌所衍生的河道阻塞、天然壩等現象，強化危機管理的能量，此外，亦可使用新技術如空中電磁探查等以提升探查準確度。若因河道阻塞等造成嚴重災害時，應進行緊急調查並向市町村提供情報，平時須與相關單位聯合進行實際演練，並導入無人機等，以快速提升災害事件應對措施。

結果與討論

■ 管理之調適策略

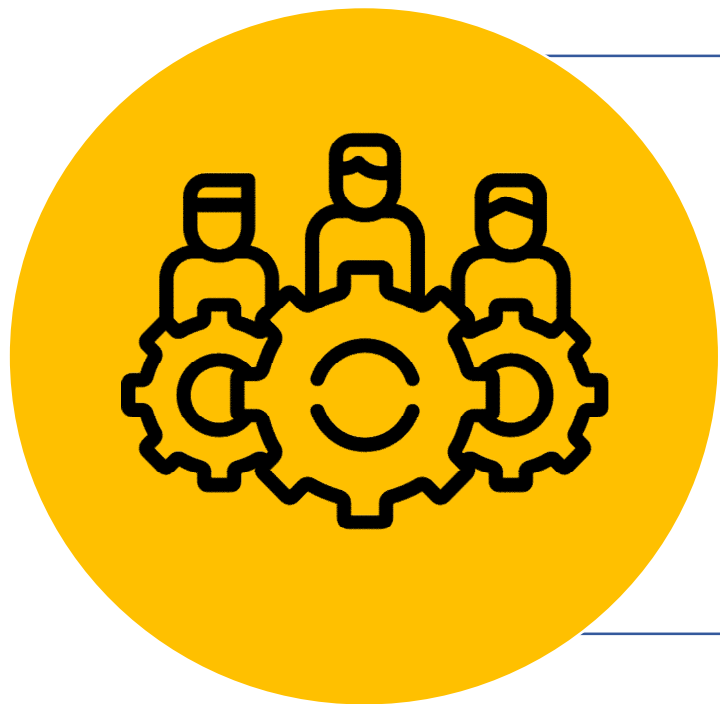


為因應土砂流動超過原計畫規模的情境，對於砂防設施如防砂壩等配置及構造應定期檢查，以確保能長時間發揮減災機能，並藉由軟、硬體共同運用等方式來確保居民的避難時間及場所，維護避難路線安全。

上游集水區管理。由持續累積的衛星及航空測量獲得詳細的地形資料，用以強化國土監測系統。此外，從國土管理觀點來看，為防止上游流域荒廢化，推動里山水土保持治理工程、綠化帶維護等項目，藉由軟、硬體綜合方法等各種支援措施來控制、防止土砂災害，以提高區域防災能力並振興(活化)當地社會。

結果與討論

■ 管理之調適策略



在溝谷地形不明顯地區的土砂災害防災對策，應先瞭解需要提出重點對策的場所，並探討危險度評估的方法，以考慮更合理的設施構造與配置。

考慮災害風險的土地利用及住宅使用方式。藉由指定土砂災害警戒區域及公布基礎調查結果來促進更安全的土地利用方式。其中最重要的是確保有特別需求者(如高齡者、行動不便者、殘障者、嬰幼兒等)使用之社福設施和防災基地的安全。此外，針對災害風險特別高的地區，將指定為土砂災害特別警戒區，對其建築物之構造規則及住宅開發等進行限制措施，並促進危險地域之住宅移轉到安全地域。



結果與討論

■ 自主防災之調適策略



為因應近年來多處發生預警避難反應時間極短之土砂災害事件，**應通過防災訓練和防災教育等來普及如何應對土砂災害的正確知識，並徹底通知民眾災害潛勢區及避難路線等資訊**，以確保民眾能盡早遠離高風險地區。

日本依據土砂災害防止法，已推動土砂災害警戒區之指定，惟在完成指定之法定程序前，仍**應將其基礎調查結果盡早告知居民該處之土砂災害潛勢，同時藉由規劃災害潛勢圖和各階段行動計畫來強化預警避難系統，並對地方政府公務人員和居民進行防災教育，以培育土砂防災人才。**



結果與討論

藉由日本氣候變遷情勢推估、近年土砂災害的特徵、氣候變遷對土砂災害的影響與衝擊、相關對策研析等資料，除可瞭解目前日本於氣候變遷對於河川及土砂防災對策等考量及制定過程，相關結果亦可作為台灣未來推動氣候變遷調適相關計畫及研擬土砂災害對策時參考。



參考文獻

國土交通省 (2018) 異常豪雨の頻発化に備えたダムの洪水調節機能と情報の充実に向けて。異常豪雨の頻発化に備えたダムの洪水調節機能に関する検討会:1-24。

國土交通省 (2019) 確保具實效性避難之土砂災害對策(2019)。確保具時効性避難之土砂災害對策検討委員會:1-12。

國土交通省 (2020) 近年の土砂災害における課題等を踏まえた土砂災害對策のあり方について。社会資本整備審議會:1-17。

國土交通省 (2015) 国土交通省氣候變動適応計畫-氣候變動がもたらす我が国の危機に総力で備える。國土交通省:1-24。

國土交通省 (2019) 因應氣候變遷防砂技術検討會議。水管理暨國土保全局砂防部:1-4。



引用文獻

國土交通省 (2020) 因應近年來土砂災害課題之土砂災害對策作法答覆(概要)。國土交通省水管理暨國土保全局:1-12。

日本內閣府 (2015) 日本の災害對策 (Disaster Management in Japan)。DIRECTOR GENERAL FOR DISASTER MANAGEMENT CABINET OFFICE, GOVERNMENT OF JAPAN :1-49。

國土交通省 (2019) 令和元年の土砂災害。国土交通省砂防部:1-50。



報告完畢 敬請指教



行政院農業委員會水土保持局
與您一起打拼