

環境保護署
Environmental Protection Department
The Government of the Hong Kong
Special Administrative Region

合約編號 CE 45/2007 (EP)
氣候變化項目研究

二零一零年十二月

香港環境資源管理顧問有限公司
香港鰂魚涌英皇道979號
太古坊林肯大廈21樓
電話 2271 3000
傳真 2723 5660

www.erm.com



環境保護署

合約編號 CE 45/2007 (EP):
氣候變化項目研究

二零一零年十二月

檔案 0082487

香港環境資源管理顧問有限公司

批核： 溫志雄



簽署： _____

職位： 合伙人

日期： 二零一零年十二月三日

本報告由香港環境資源管理顧問有限公司，根據與顧客訂定之合約條款（其中包含本公司之通用合約條款），投入與顧客事先協定的資源，以適當的技巧細心謹慎撰寫。

本公司不會就任何上述範圍以外之事向顧客負任何責任。

本報告內容為顧客的機密資料。第三者若以任何形式得悉本報告全部或部分內容，將與本公司無關。任何引用本報告的第三者須自負全責。

目錄

1	概論：氣候轉變與香港	1
2	溫室氣體排放	3
3	溫室氣體排放之減緩	8
4	氣候轉變的脆弱性與適應	15
5	配合活動	24
6	總結	25

背景

- 1.1 對於全球氣候變化的現象，各國已有廣泛共識，認為必須通過國際間共同採取行動來避免對社會和下一代構成重大危機。
- 1.2 「聯合國氣候變化框架公約」（以下簡稱「公約」）於 1994 年 3 月生效，是一個整合各個締約政府在應對氣候變化挑戰的全面綱領。京都議定書（以下簡稱「議定書」）是基於該公約而簽定的國際協議書，旨在規範各個工業化國家（附件 I 國家），按照「共同但有區別的責任」的原則來控制溫室氣體排放量。該議定書於 1997 年 12 月通過，並於 2005 年 2 月生效，迄今已有 188 個國家和地區簽署。
- 1.3 中國是「公約」和「議定書」的締約方之一。根據該公約和議定書的規定，中國作為非附件 I 締約方須履行下列責任：
 - 收集和分享有關溫室氣體排放量、國家政策和最佳方法的資料；
 - 實施全國性策略來處理溫室氣體排放，並適應預期的影響；及
 - 與各方合作以準備適應氣候變化所帶來的影響。
- 1.4 中央政府在諮詢香港特區政府後，通知聯合國「公約」和「議定書」均適用於香港特別行政區，並於 2003 年 5 月起生效。香港特區政府於 2008/09 年度的「施政報告」中，承諾採取多種措施以及早準備應對氣候轉變所帶來的挑戰，其中包括：改善能源效益、採用潔淨燃料、減少依賴化石燃料，以及促使本港推行低碳經濟。在中央政府於 2009 年 11 月宣佈訂立國家自主行動目標後，香港特區政府亦為 2020 年及以後的碳強度，積極考慮更進取的減碳目標。

目標

- 1.5 是次研究的整體目標，是要為香港的氣候變化策略及措施提供基礎；以及提供所需資料，配合中央政府按照「聯合國氣候變化框架公約」要求進行國際間的溝通和合作。
- 1.6 是次研究的具體目標如下：
 - 檢討和更新溫室氣體排放和清除清單，並推算未來趨勢；

- 評估各項減少溫室氣體排放量或增加其清除量的現有政策和措施，同時建議額外的政策和措施，並評估建議**減緩**措施的成本效益，以及在經濟、社會和環境方面的影響；
- 了解香港氣候變化可能造成的**影響**及其特點，並評估現有的應對策略和措施，以及建議額外策略和措施，以充分**適應**氣候變化；
- 就促進環保技術開發和應用，鼓勵探討氣候變化的科學研究和增加社會大眾**認識**，評估現有的及建議進一步的策略和措施。

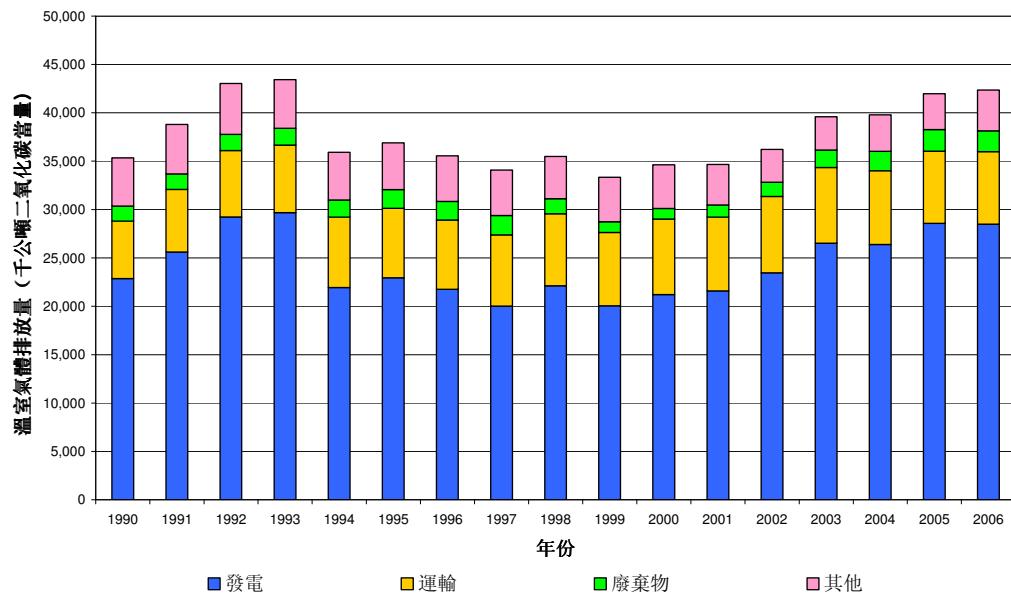
方法

- 2.1 《聯合國氣候變化框架公約》之《京都議定書》要求已正式簽署議定書之非附件 I 締約方（包括中國）將溫室氣體排放清單作為其國家信息通報的一部份。由於中國已經確認《京都議定書》，因此，香港特別行政區也需編寫溫室氣體清單。這份清單將會是中國提交予《聯合國氣候變化框架公約》的《締約方大會》的國家信息通報清單的一部份。
- 2.2 有關清單是遵從《締約方大會》的相關決定和國際間同意採用的方法而制訂。為了進一步提高清單的準確性，在沒有香港的相關資料時，估算方法採用了最新版本的國際認可指引，即「2006 年政府間氣候變化專門委員會之國家溫室氣體清單指南」⁽¹⁾。
- 2.3 由於不同的溫室氣體會造成不同影響，因此，是次研究按照政府間氣候變化專門委員會指南和《締約方大會》的相關決定，以「全球增溫潛勢」(GWP) 來總括溫室氣體的排放情形。「全球增溫潛勢」是一種衡量特定溫室氣體對全球變暖的影響的尺度。這尺度是與同等重量的二氧化碳引致全球變暖的相對比率（其全球變暖潛能值為 1）。這是國際上被廣泛採用的方法，讓所有溫室氣體排放量都可以用二氧化碳當量 (CO₂-e) 的方式來表示。

香港溫室氣體排放的歷史趨勢（1990 至 2006 年）

- 2.4 圖表 1 展示了從 1990 年起，香港溫室氣體總排放量的趨勢。溫室氣體總排放量由 1990 年 3,530 萬公噸二氧化碳當量增加至 2006 年 4,230 萬公噸二氧化碳當量。能源使用⁽²⁾ 是主要溫室氣體排放的來源。在該段期間，能源使用排放出的溫室氣體平均佔每年總排放量約 93%。
- 2.5 圖表 1 和圖表 2 均展示了各個主要界別的排放量。從這些圖表可見，「發電」（約佔總排放量約 57 - 67%）和「運輸」（約佔總排放量 16 - 23%）是最具影響力的組別。除了在 1993 和 1994 年間由於從內地引入低碳核能取代本地燃煤發電廠的生產而有顯著跌幅之外，發電的排放量基本上一直在增加。

圖表1 於1990-2006年期間各個主要界別的溫室氣體排放量



圖表2 1990年至2006年按相關分組之香港溫室氣體排放量及其所佔百分比

年份	按界別細分之香港溫室氣體排放量 (千公噸二氧化碳當量) ^(a)							按界別細分之香港溫室氣體排放量所佔百分比 (%)						
	發電 ^(b)	運輸	其他能源 最終用途 ^(c)	廢棄物	工業過程 及產品使 用	農業/林業 及其他土 地使用	合計	發電 ^(b)	運輸	其他能源 最終用途 ^(c)	廢棄物	工業過程 及產品使 用	農業/林業 及其他土 地使用	合計
1990	22,900	5,940	4,620	1,550	215	141	35,300	64.7%	16.8%	13.1%	4.4%	0.6%	0.4%	100%
1991	25,600	6,470	4,360	1,600	638	123	38,800	66.0%	16.7%	11.2%	4.1%	1.6%	0.3%	100%
1992	29,200	6,870	4,500	1,660	651	100	43,000	68.0%	16.0%	10.5%	3.8%	1.5%	0.2%	100%
1993	29,700	6,970	4,200	1,750	724	87	43,400	68.4%	16.1%	9.7%	4.0%	1.7%	0.2%	100%
1994	21,900	7,270	4,030	1,770	830	77	35,900	61.1%	20.2%	11.2%	4.9%	2.3%	0.2%	100%
1995	23,000	7,180	3,810	1,940	935	85	36,900	62.2%	19.5%	10.3%	5.3%	2.5%	0.2%	100%
1996	21,800	7,170	3,680	1,900	952	86	35,500	61.2%	20.2%	10.3%	5.3%	2.7%	0.2%	100%
1997	20,000	7,340	3,590	2,000	1,060	75	34,100	58.7%	21.5%	10.5%	5.9%	3.1%	0.2%	100%
1998	22,100	7,430	3,330	1,550	977	70	35,500	62.4%	20.9%	9.4%	4.4%	2.8%	0.2%	100%
1999	20,100	7,570	3,470	1,120	1,020	85	33,300	60.2%	22.7%	10.4%	3.4%	3.1%	0.3%	100%
2000	21,200	7,800	3,450	1,110	977	78	34,600	61.2%	22.5%	10.0%	3.2%	2.8%	0.2%	100%
2001	21,600	7,640	3,220	1,250	862	85	34,700	62.3%	22.0%	9.3%	3.6%	2.5%	0.2%	100%
2002	23,400	7,890	2,800	1,490	503	82	36,200	64.8%	21.8%	7.7%	4.1%	1.4%	0.2%	100%
2003	26,500	7,810	2,830	1,800	538	74	39,600	67.0%	19.7%	7.1%	4.5%	1.4%	0.2%	100%
2004	26,400	7,640	3,060	1,990	636	67	39,800	66.3%	19.2%	7.7%	5.0%	1.6%	0.2%	100%
2005	28,600	7,480	2,770	2,220	867	74	42,000	68.1%	17.8%	6.6%	5.3%	2.1%	0.2%	100%
2006	28,500	7,480	2,730	2,140	1,380	74	42,300	67.4%	17.7%	6.5%	5.1%	3.3%	0.2%	100%

Notes:

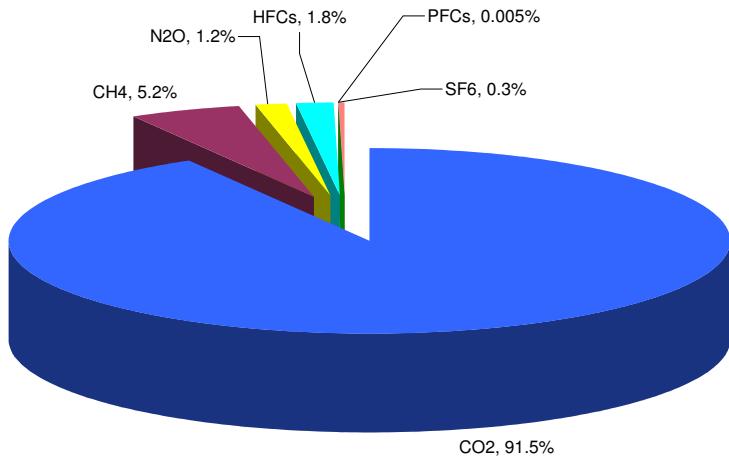
(a) 千公噸二氧化碳當量的溫室氣體排放相等於一兆克二氧化碳當量。

(b) 包括煤氣生產 - 佔能源生產的溫室氣體排放量約1%。

(c) 「其他能源最終用途」包括固體燃料的製造和其他能源工業，製造工業及建築，燃料的溢散排放和其他次要的組別。

- 2.6 除上述兩個組別以外，其次是「廢棄物」組別，平均佔每年總排放量約 4.5%。
- 2.7 在六種主要溫室氣體中，二氣化碳(CO_2)是最主要的一種，佔總排放量超過 90%。圖表 3 展示了 2005 年各類氣體排放的比例。

圖表3 2005年香港本地各溫室氣體排放比例



註： CO_2 - 二氣化碳； CH_4 - 甲烷； N_2O - 氧化亞氮；HFCs - 氟氯烴；PFC - 全氟碳； SF_6 - 六氟化硫

預估排放量 (2005 至 2030 年)

- 2.8 倘若香港沒有控制溫室氣體排放的額外措施，預測排放量會按非線性形式，從 2005 年至 2030 年增加 7%。圖表 4 羅列了基本情況的一些主要指標和相關的估計排放量。

圖表4 主要指標：基準情形

	2005	2020	2030	2005-2020年總增長率 (%)	2005-2030年總增長率 (%)
人口 (千人)	6,813	7,719	8,312	13	22
GDP (十億港元，按2005年物價計算) ⁽¹⁾	1,383	2,258	2,905	63	110
人均GDP (千港元)	203	293	349	44	72
一次性能源 (萬億焦耳) ⁽²⁾	591,601	744,786	822,488	26	39
最終能源 (萬億焦耳) ⁽³⁾	294,968	396,211	460,729	34	56
溫室氣體排放量 (百萬公噸二氣化碳當量)	42.0	46.1	44.8	10	7
一次性能源強度 (萬億焦耳／十億港元) ⁽⁴⁾	428	330	283	-23	-34
最終能源強度 (萬億焦耳／十億港元)	213	175	159	-18	-26

	2005	2020	2030	2005- 2020年總 增長率 (%)	2005- 2030年總 增長率 (%)
人均碳排放量 (公噸二氧化碳當量) ⁽⁵⁾	6.16	5.97	5.39	-3	-13
碳強度 (千克／港元)	0.0304	0.0204	0.0154	-33	-49

附註：

- (1) 各個GDP推測數值均基於可獲取的對經濟進行預測的假設。應予注意的，是從2014年起，各個假設增長率的不確定程度都較大。
- (2) 一次性能源是指在大自然中發現的能源，尚未經過任何轉換或轉化過程。一次性能源的例子包括：煤、原油、陽光、風、河流、植物和鈾。
- (3) 最終能源是指最終使用者因為各種涉及能量的用途而所消耗的能量，例如升溫、煮食和驅動機器，但不包括非能量的用途，例如以煤油作為溶劑。它與一次性能源的分別在於，後者包括在能源轉化和分配過程中所使用或消失的全部能量。
- (4) 能源強度是量度一個國家的經濟能源效益的尺度。它以每單位GDP所使用的能源單位來表示。
- (5) 是次研究的碳強度是以每單位GDP的總溫室氣體排放量計算。

引言

3.1 一般意見認為，若要扭轉氣候變化所帶來的最壞後果，必須減少溫室氣體的排放。根據本地的常見情況和不同界別的考慮，可以採取多種措施來減少排放量。其中包括直接減少特定源頭的排放量，以及廣泛地採用具能源效益的技術和方法。

減緩措施

3.2 由於香港所排放的溫室氣體中，有超過 90%來自能源供應、樓宇和運輸所用能源，以及來自堆填區。因此，這些界別有最大潛力協助進一步減緩溫室氣體排放問題。篩選有關政策和措施的主要標準包括：

- 技術可行性；
- 低成本或者零成本；
- 共同效益的最大化；
- 適合研發。

3.3 是次研究檢討了本地及國際上的溫室氣體減緩措施，並根據檢討結果和主要篩選標準，找出了下列各項可行措施，適合香港於 2030 年前考慮實施的可行性⁽³⁾。

(a) 樓宇及設備

- 擴大《建築物能源效益守則》的適用範圍，並收緊該守則的現有規定，藉以改善商業樓宇主要電力設備的能源效益（例如照明和電梯）。推廣區域供冷或水冷式空調系統的使用，藉以提高空調效益，以及降低總熱傳送值⁽⁴⁾標準，及推廣綠化屋頂等，藉以減少樓宇的用電需求；
- 擴大家用電器能源效益標準的適用範圍，並收緊有關標準；
- 透過良好的管理、採用資訊科技產品和智能樓宇環保管理系統，改善商業樓宇的能源效益。

(b) 運輸

- 推廣使用另類燃料車輛，包括混合動力和電動車輛；

- 在車用汽油中加入乙醇 - 含有一定百分比乙醇的汽油；
- 在車用柴油中加入生化柴油 - 含有一定百分比生化柴油的車用柴油；
- 實施香港的「進口商車隊平均能源效益」標準⁽⁵⁾。

(c) 廢物

- 發展綜合廢物管理設施和有機廢物處理設施，以便從都市固體廢物中回收可再生能源；
- 充分利用已回收的堆填區沼氣來產生能源；
- 充分利用從廢水處理過程中收集到的氣體來產生能源；
- 充分利用污泥處理來產生能源。

(d) 發電

- 在本地使用更多天然氣發電；
- 增加使用可再生能源；
- 增加從內地輸入核電。

基準情形及減緩情形

3.4 是次研究主要通過對一系列假設情景進行定量分析來探討相關的減緩措施，以便支持相關政策方案的擬定。在分析過程中，採用了一個綜合能源、經濟和環境的模擬架構，即香港 MARKAL-MACRO 模型。這個模型不但包含了能源系統中各個階段的互動情況，亦可以對多種能源和技術進行分析；還可以評估經濟上的綜合影響。超過 60 個國家（包括中國）都採用了各國本身的 MARKAL-MACRO 模型來分析溫室氣體的減緩措施。

3.5 在模擬過程中設定了一個基準情形，以便對不同的政策方案或假設情景作出比較分析，藉此瞭解各方案的相對優、缺點。基準情形代表一個「如常運作」的情況。換言之，除了在 2005 年時已經存在和已作承諾的政策外，沒有增加任何額外措施。

3.6 此外，是次研究也設定了三個其他情景，以便評估它們對基準情景的影響：

- **情景 1（“香港空氣質素指標”情景）**包含了「香港空氣質素指標研究」⁽⁶⁾所建議的相關減緩措施，其中包括：更多使用天

然氣和可再生能源發電，推廣使用清潔能源的車輛，以及改善樓宇及設備的能源效益。

- **情景 2（加速方案）**是在假設情景 1 之上再加入額外的措施，藉以增加能源效益和減少能源需求，特別是在樓宇和運輸界別。在 2020 年以前充分利用本地的可再生能源，例如轉廢為能設施。這個情形也假設香港和鄰近地區的電力系統繼續維持一定程度的結合。在 2020 年時，從內地輸入的電力數量與 2005 年相同。在 2030 年時，假設香港所使用的電力無論是在本地發電，還是從內地輸入，有 50%不會造成碳排放⁽⁷⁾。
- **情景 3（進取方案）**是基於假設情景 2，並加快結合香港和鄰近地區的電力系統。它假設在 2020 年時，香港每年會充分利用在有關能源合作備忘錄基礎上獲內地承諾提供的天然氣，以作發電之用。它亦假設在 2020 年時，香港會從內地輸入的核能，足以應付 50%的本地電力需求。

排放量減少與碳強度

3.7 每個假設情景和基準情景在規劃期間的溫室氣體減幅，均羅列於圖表 5，並在圖表 6 說明。

圖表5 各個假設情景之香港溫室氣體排放量（百萬公噸二氧化碳當量）

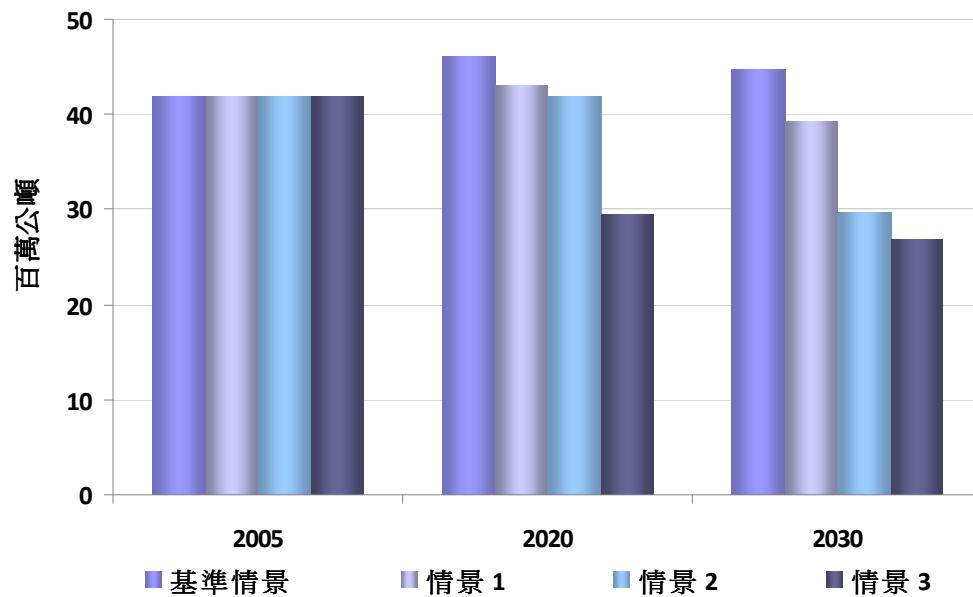
	2005	2020	2030	2020年與 2005年比較	2030年與 2005年比較
基準情景	42.0	46.1	44.8	10%	7%
情景1	42.0	43.0	39.3	2%	-6%
情景2	42.0	41.9	29.8	0%	-29%
情景3	42.0	29.5	26.8	-30%	-36%

3.8 在基準情景中，預測總碳排放量會隨時間而增加。至於情景 1，溫室氣體排放量在規劃期間雖然有所減少，但並非特別有效，只會減少 6%。模擬結果顯示，雖然專門處理空氣質素問題的策略能夠在減少溫室氣體方面帶來協同效應，但仍需實施更多有關措施。

3.9 情景 2 和 3 在規劃期間的排放量都大幅減少，其中以情景 3 最快達到減排目標。

圖表6

各個假設情景之香港溫室氣體排放量（百萬公噸二氧化碳當量）



- 3.10 根據預測，基準情景中的本地生產總值（GDP）平均年增長率為 3.01%，而在各個假設情景中亦不會受到重大影響。造成這種現象有多個原因，包括促進能源效益的措施等，因而在長遠而言，節省了能源成本⁽⁸⁾。
- 3.11 按每單位 GDP 的溫室氣體排放量來表達的碳強度在 2020 年時，會比 2005 年時基本情況的水平減少 37%（情景 1）至 57%（情景 3）；在 2030 年時，會比 2005 年時基本情況的水平減少 56%（情景 1）至 70%（情景 3）。規劃期間的趨勢，均展示於圖表 7 和 8。

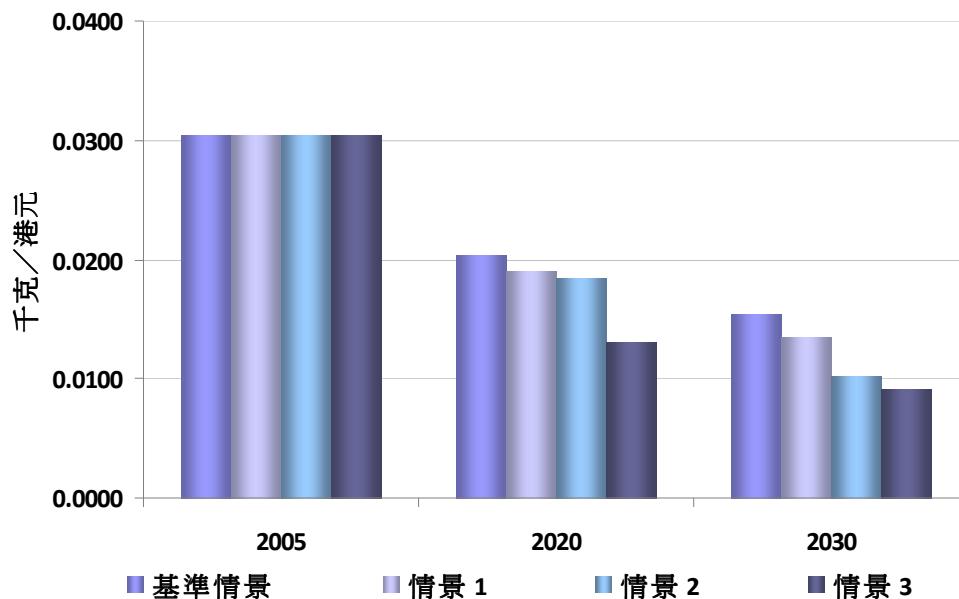
圖表7

碳強度（每單位GDP之溫室氣體排放量，千克二氧化碳當量／港元）

	2005	2020	2030	2020年與 2005年比較	2030年與 2005年比較
基準情景	0.0304	0.0204	0.0154	-33%	-49%
情景1	0.0304	0.0189	0.0135	-37%	-56%
情景2	0.0304	0.0185	0.0102	-39%	-66%
情景3	0.0304	0.0130	0.0091	-57%	-70%

圖表8

碳強度（每單位GDP之溫室氣體排放量，千克二氧化碳當量／港元）



- 3.12 預測到 2020 年，情景 1、2 和 3 的人均碳排放量，會從 6.2 公噸分別減少至 5.6、5.4 和 3.8 公噸二氧化碳當量。到 2030 年時的相應預測數字則分別為 4.7、3.6 和 3.2 公噸人均二氧化碳當量。
- 3.13 內地於 2009 年 11 月宣佈了一個與能源有關的碳強度自主目標，計劃於 2020 年時的碳強度水平比 2005 年減少 40% 至 45%。在把 MARKAL-MACRO 模型和經濟預測的不確定性納入考慮後，預計情景 3 的碳強度會在 2020 時減少 54% 至 60%⁽⁹⁾。
- 3.14 由於情景 3 能夠令碳強度大幅減少，所以是最可取的情況。若與其他假設情景相比，情景 3 在 2005 年至 2020 年間的溫室氣體排放量也有顯著減幅，而且，到 2030 年時比假設情景 2 的減幅更大。**圖表 9**總結了可以協助情景 3 達到碳強度減幅的主要措施，以及在 2020 年和 2030 年時，這些措施的可能進展。
- 3.15 若要情景 3 的碳強度和溫室氣體排放量在 2020 年時達到預測減幅，便需要大幅和快速地重新調整發電燃料的組合，並對輸電基礎設施作出相應投資。由於這些基礎設施的規劃和建造，以及取得相應的能源供應，都需要一段時間才能完成，因此，若要確保在 2020 年時能夠達到國家的政策目標，必須及早實施這些措施。此外，也必須加快提高能源效益的步伐；這需要社會上不同界別的支持和參與，以及有利的經濟環境的配合。

圖表9 協助情景3達到碳濃度減幅的主要措施以及在2020年和2030年時這些措施的可能進展

措施	情景3		
	2020	2030	
樓宇及設備⁽¹⁾			
擴大《建築物能源效益守則》適用範圍及收緊該守則的規定	所有新建商業樓宇主要電力設備的能源效益提高至多達50%	所有新建商業樓宇主要電力設備的能源效益提高至多達50%	
推廣區域供冷或水冷式空調系統	全港多達20%的商業樓宇的空調效益，較使用一般空調機提高多達50%；	所有商業樓宇的空調效益，較使用一般空調機提高多達50%；	
降低總熱傳送值標準及推廣綠化屋頂	所有新建商業樓宇的用電需求減少多達50%	所有新建商業樓宇的用電需求減少多達50%	
擴大家用電器能源效益標準的適用範圍及收緊有關標準	在市面出售的所有電器的能源效益較2005年提高25%	在市面出售的所有電器的能源效益較2005年提高50%	
透過良好的管理、採用資訊科技產品和智能樓宇環保管理系統，改善商業樓宇能源效益	25%現有商業樓宇的能源效益提高15%	所有現有商業樓宇的能源效益提高15%	
運輸			
更廣泛地使用另類燃料的車輛	混合動力／電動或環保績效相若的車輛：30%在用私家車、15%巴士、15%貨車	混合動力／電動或環保績效相若的車輛：50%在用私家車、50%巴士、50%貨車	
車用汽油混有10%乙醇 (E10)	所有車用汽油均混有10%乙醇	與2020年相同	
車用柴油混有10%生化柴油 (B10)	所有車用柴油均混有10%生化柴油	與2020年相同	
實施車隊平均能源效益標準	新車的能源效益較2005年市面車輛的平均能源效益提高20%	與2020年相同	
廢物			
建設轉廢為能設施	一座日處理達3,000公噸的綜合廢物管理設施；兩座有機廢物處理設施全面投入運作，總日處理達400公噸	有充足的綜合廢物管理設施處理全香港所有都市固體廢物；兩座有機廢物處理設施全面投入運作，總日處理達400公噸	
利用堆填區氣體	充分利用回收到的堆填區沼氣	充分利用回收到的堆填區沼氣	
利用廢水處理過程中所產生的氣體	充分利用	充分利用	
利用污泥處理產生能源	一座污泥處理設施全面投入運作	一座污泥處理設施全面投入運作	
發電	2005	2020	2030
燃煤發電	大約50%	不多於10%	0%
天然氣發電	大約25%	大約40%	大約50%
內地輸港核電	大約25%	大約50%	大約50%
可再生能源 ⁽²⁾	少於1%	3%至4%	3%至4%

措施	情景3
<p>附註：</p> <p>(1) 是次研究的目的，是要評估各種減緩措施和情況對減少溫室氣體排放量的影響。有關各種減緩情況下的措施和假設，均以國際技術及政策的檢討結果為依據。它們並非實行時必須要達到的目標，而只是一個參考範圍，以便推測不同假設可能造成的影響。在研究的稍後階段，必須對各項具體措施再作詳細的研究，考慮這些措施在香港實施的限制、不確定性和可行性。</p> <p>(2) 可再生能源包括風能，以及堆填區沼氣、綜合廢物管理設施和有機廢物處理設施產生的能源。</p>	

背景

4.1 根據「政府間氣候變化專門委員會」第四次評估報告所述，在過去的一個世紀內，即從 1906 年至 2005 年期間，全球平均氣溫上升了 0.74°C （基於 100 年線性趨勢）。同時，預測未來二十年的氣溫，每十年會上升 0.2°C 。根據該報告的評估結果，縱使在最樂觀的電腦氣候模擬情景中，到了 2100 年時，全球平均氣溫也會上升 1.8°C 至 4.0°C 。海平面上升是由氣候變化帶出的另一項重要影響。根據「政府間氣候變化專門委員會」第四次評估報告所述，衛星和潮汐數據顯示，從 1961 年起，全球平均海平面每年上升 1.8 毫米；而從 1993 年起，上升速度更達至每年 3.1 毫米。

對香港的影響

4.2 是項研究亦評估了氣候變化對香港的影響。此評估是根據「政府間氣候變化專門委員會」第四次評估報告的科學原理和香港天文台出版的刊物而擬定一些氣候情景，從而評估香港在氣候變化中可能受影響的地方。

4.3 在 120 多年前，香港天文台已開始有系統地觀察各種氣候變量。在這段期間觀察到多種天氣模式都出現了變化，特別是在過去 60 年間，外地所觀察到的多項主要氣候影響，在此期間本港同樣錄得這些變化。此外，氣候變化將會對香港經濟的多個界別和分組造成多種不同程度的影響。圖表 10 和 11 分別羅列了香港的氣候觀察結果，以及預計會出現的未來氣候變化情景之影響。

圖表10 香港的氣候觀察結果（香港天文台）

變量	氣候變化觀察結果
年平均溫度	每十年上升 0.12°C (1885-2009年)
平均每日溫差	每十年減少 0.24°C (1947-2009年)
在6至8月間的熱夜（即最低溫度 $\geq 28^{\circ}\text{C}$ ）數目	每十年增加 3.5 晚 (1947-2009年)
在12至2月間的寒冷（即最低溫度 $\leq 12^{\circ}\text{C}$ ）日數	每十年減少 2.3 日 (1948-2009年)
年降雨量	每十年上升 51 毫米 (1947-2009年)
雷暴日數	每十年上升 1.8 天 (1947-2009年)
暴雨（一小時雨量超過 30 毫米）日數	每十年上升 0.4 天 (1947-2009年)
平均海平面（維多利亞港）	每十年上升 26 毫米 (1954-2009年)

圖表11

預計在2100年時之預估氣候因素變化（香港天文台）

變量	現況	影響	下限	上限	信度水平
十年平均年溫度 (°C)	23.1	27.9	24.5	32.3	高
在6至8月間的熱夜數目	12.2	41.2	22.0	68.7	中 - 低
在6至8月間的酷熱日數（即最高溫 度≥ 33 °C）	8.2	15.3	9.6	23.5	中 - 低
在12至2月間的寒冷日數（即最低溫 度≤ 12 °C）	16.3	<1	<1	<1	中 - 低
年降雨量（毫米）	2383	2572	1763	3235	低
每年暴雨日數	6.1	6.5 ^(*)	2.5 ^(*)	8.3	低
年降雨量<1282毫米的年份	2 ^(#)	3.6 ⁽⁺⁾	未界定	未界定	低

註：

除特別註明外，在現況下的變量的參考期間為1971-2000年，而影響、下限/上限的變量的參考期間為2090-2099年。

^{*}: 2070-2099年

[#]: 1885-2008年

⁺: 2010-2099年

以上預測會按最新科學數據及資料更新。

香港之主要脆弱範疇

4.4 是次研究根據上述預計未來的氣候情景，按照下列四個階段進行了脆弱性評估，務求找出主要界別的脆弱性：

- 1. 外界影響及敏感程度分析**：這個階段找出了各個界別的系統／受體可能會受到外界的影響（即背景氣候情況和變化），以及各個系統／受體對這些影響的敏感程度。
- 2. 識別潛在後果**：這個階段為第一階段所找出的外界影響和敏感程度識別出潛在後果。
- 3. 氣候變化影響及脆弱性評估**：這個階段全面檢視了各個系統／受體在面對氣候變化的潛在影響時的脆弱程度，亦即各系統的受影響程度、它們對變化的敏感程度，以及它們的適應能力。
- 4. 找出「關鍵」脆弱範疇**：根據上述各階段的結果，找出香港主要的易受影響界別。

4.5 這是香港首個氣候變化脆弱範疇的全面評估。在對潛在風險最高的範疇進行評估時的依據包括：有關範疇的現有知識、從「政府間氣候變化專門委員會」第四次評估報告能夠取得的資料，以及顧問和專家的相關判斷。應予注意的，是在評估各個系統時，能夠取得的資料在質和量方面都各有不同。而且，第四次評估報告內的資料亦有不確定性和受局限的情況，因此脆弱範疇評估的結果也會受到相若影響。舉例而言，生物多樣化程度在面對氣候變化時的反應，其不確定程度會比其他受管理程度極高的系統，例

如建築環境和基礎設施等較高。當一個界別欠缺本地科學數據來配合以研究為主的方法來評估該界別的脆弱程度和適應能力時，顧問公司都採用了專家的判斷來決定風險評級，例如「衛生健康」界別的風險評級。

4.6 評估結果顯示，下列八個主要界別受氣候變化影響的脆弱程度屬於「高」：

- 生物多樣性和自然保育；
- 建築環境和基礎設施；
- 商業和工業；
- 能源供應；
- 金融服務；
- 食物資源；
- 衛生健康；及
- 水資源。

氣候變化會對上述界別造成不同程度的影響。圖表 12 展示了各個「主要」脆弱界別的預計影響。

圖表 12 「主要」脆弱界別的預計影響舉例

「主要」脆弱界別	預計影響
生物多樣性和自然保育	<ul style="list-style-type: none">• 氣候變化會令生物多樣性受損更多，而入侵的物種亦會增加集群定居• 由於極端天氣的出現頻率及／或嚴重程度增加，林地和珊瑚群落受損• 由於表面溫度增加，物種分布／出現／遷移模式有所變化
建築環境和基礎設施	<ul style="list-style-type: none">• 海平面升高的幅度和速度都非常不確定• 位於低窪地區／填海地區的發展項目對氣候變化都非常敏感• 大雨和雷暴亦可能導致建築物地基鬆軟、雨水滲入建築結構的程度增加，以及損毀公用設施纜索和喉管• 受水浸、山泥傾瀉、風害、風暴潮、雷電等影響，可能會導致資產損失

「主要」脆弱界別	預計影響
商業和工業	<ul style="list-style-type: none"> • 本界別範圍廣泛，因此，行業內會感受到多種不同類型的影響 • 香港高度依靠國際貿易、金融市場、從境外入口主要產品和服務，因此我們需額外承受氣候變化對其他地方所引致的影響 • 因氣候變化對食物及水資源、運輸及基礎建設等其他方面的影響而變得更脆弱 • 保險費用增加
能源供應	<ul style="list-style-type: none"> • 電力供應中斷多半會帶來經濟和社會成本。此外，發電、供電及整體能源供應易受氣候變化影響 • 供應鏈沿線所受到的影響和氣候變暖的影響都非常不確定 • 因表面溫度上升，空調和冷凍的需求量會增加，可能會引致電力供應中斷或電力需求驟升 • 極端天氣事件的次數及／或嚴重程度增加，造成水浸、雷擊及山泥傾瀉的風險，令電纜及其他資產受損
金融服務	<ul style="list-style-type: none"> • 因通訊和電腦系統易受風暴、電力故障和電壓驟升的影響，令金融服務界別承受直接風險 • 因個人業務和投資的風險狀況有所改變，令此界別間接受到影響 • 部分金融服務環節，例如保險業，會受較大影響 • 這個界別可能會因為其他範疇（例如基礎設施）受到影響而受影響
食物資源	<ul style="list-style-type: none"> • 極端天氣事件會減少農作物產量，令輸港食物減少，造成商品價格上升 • 溫度上升會令到害蟲數量和病害率增加，影響禽畜種類，並令入口數量下降，價格上升
衛生健康	<ul style="list-style-type: none"> • 預計氣候變化會對易受影響的人造成不同程度的影響 • 氣候變異會使慢性健康問題惡化，例如心血管和呼吸系統疾病 • 氣候變異可直接導致熱負荷、哮喘惡化及中暑 • 極端天氣事件的次數及／或嚴重程度增加，會引致更多意外和緊急情況，例如風暴、水浸、旱災及氣旋等 • 氣候變化可能引致傳染病傳播模式改變

「主要」脆弱界別	預計影響
水資源	<ul style="list-style-type: none"> 未來降雨量若不確定，可能影響水源 水源供應可以是受制於實質環境或合約條件 雨量的分布變化和整個區域對食水的需求量上升，可能影響供水的持續性 表面溫度上升，令消費者對水的需求量增加 因海平面上升，可能導致淡水層鹽漬化

4.7 上述各界別的脆弱程度是由多種因素造成，其中包括：

- 會受廣闊的地域影響，因為它們非常依賴入口，因此，不但會受到香港氣候變化的影響，還會受到世界其他地方的氣候變化影響。
- 對氣候因素高度敏感，所以必須倚賴中期至長期的穩定氣候或設定只能在氣候變化較少的情況下運作，。
- 這些界別受干擾的後果亦較嚴重，因為香港很多社會經濟活動都依賴它們的產品／服務。
- 會受影響的時間較長，因為要作出這些界別的投資／基建決定需較長的籌備時間。
- 依賴很多基礎設施，其中有很多潛在失靈的地方，因為這些界別需要很多基礎設施的輔助，其中有很多範疇可能會受氣候變化的影響而失靈。
- 與其他界別的關係複雜，因為它們與社區內的其他界別有廣泛聯繫。
- 未能應付現時發生的極端天氣情況，例如：香港在 2008 年 6 月 7 日受到暴雨和雷暴影響，令北大嶼山公路自 1997 年啓用以來首次受到山泥傾瀉堵塞，而在大澳的山泥傾瀉亦對交通，供水和電訊服務造成嚴重中斷，並令香港多個地方出現水浸。此外，在 2008 年 9 月當颱風黑格比襲港時亦令大澳受到海水淹浸。

4.8 在本報告的準備期間，「政府間氣候變化專門委員會」已在準備第五次評估報告，預計會於 2015 出版。多項工作都已經展開，包括為進行影響、適應和脆弱性評估而擬訂新的假設情景。由於有關氣候變化的科學發展很快，因此，應該把脆弱性評估視為一個動態過程，並應不時檢討和更新評估結果，特別是這類評估本身便存在高度的不確定性。

香港現時的適應能力

4.9 對於部份氣候變化所帶來的後果，香港已經具備相當不錯的適應能力。其中包括下列各項：

- 由保安局負責政府整體應變計劃，應付各項天災或緊急情況。
- 不同政府部門或服務供應商已制定監測或應急機制，處理山泥傾瀉、水浸、或針對受到惡劣天氣影響的危險建築物（包括招牌）、銀行服務、電訊服務、公共運輸服務、能源供應、主要糧食供應(如大米和小麥粉)等。
- 工務部門已在 1990 年制定指引，在相關的政府工務工程中考慮海平面可能每年上升 10 毫米，以應對氣候變化可能帶來的影響。
- 政府有為市民提供緊急支援服務，援助受緊急事故、惡劣天氣影響的市民。
- 因應氣候變化和極端天氣事件，政府亦已設立不同的警告系統，例如熱帶氣旋、暴雨、酷熱天氣等警告系統。
- 透過監察計劃，有關部門密切監察生態或物種、害蟲例如白紋伊蚊、水資源等的情況。

這類政策可能需要加強，或者需要把啓動其他政策的氣候門檻降低。此外，亦應該考慮為這類因應氣候情況而為市民提供保護的政策和措施增加資源，以便能更好地回應氣候的變化。

適應方案

4.10 是次研究檢討了香港與及其他國際城市，包括倫敦、新加坡、東京和紐約等的現有適應政策和措施，藉以找出下列各項可以適應氣候變化的方案：

- 香港八個已知對氣候變化最脆弱的界別所需採取的行動。
- 可以為決策提供所需資料的跨界別行動，例如研究等，以及能令市民更加了解氣候變化如何影響香港的活動和處理這些影響的適應行動。
- 設立跨部門組織，以確保各項制度安排和政府部門都在協調政府的應對氣候變化工作。同時，必須定期檢討這些制度安排，並視乎需要加以重整，以確保政府的決策已經考慮有關氣候變化的最新科學進展。

4.11 界別層面的氣候變化適應方案可以分為下列各大類：

- **研究及調查** – 需要在多個範疇拓展有關各個脆弱界別的現有知識，包括：為各種改善措施定立優先次序、找出本地的高風險範疇、更新過時的資料，以及評估和檢視各種潛在影響和效應。
- **監察** – 建造基礎監察制度，以便增加有關主要界別狀況的知識，同時加強檢討和修訂現有計劃。這類措施可以包括定期檢討各項監察計劃，並觀察和追蹤相關的經濟、環境和社會指標的變化。
- **強化制度及提高能力** – 加強機構應對及適應氣候變化帶來不良影響的能力，其中包括：在現行管理架構中加入氣候變化的知識、評估發展策略上的潛在風險和機會，以及概述各個主要界別在運作上的所受到的潛在影響。
- **災難管理及應變計劃** – 改善負責應對緊急情況的各種規劃和各個系統。這些改善措施包括：強制擬訂緊急應變計劃的措施、擬訂應急計劃和檢討現行災難監察及應變系統。
- **教育及提升公眾意識** – 提高市民對氣候變化的認識，以令他們能夠採取適當行動來應對氣候變化的影響。這些措施包括：推廣氣候變化影響評估和相關知識、提供資料闡述氣候變化對各個行業和界別可能造成的影響，以及教導最易受影響的社群怎樣為氣候變化作出最好的準備和回應。

圖表13羅列了特區政府及本港相關持份者可以採納的界別適應方案。

圖表13 香港受氣候變化影響之主要脆弱界別及適應方案例子

適應方案類別	主要脆弱界別	建議適應方案例子
(a) 研究及調查	• 生物多樣性和自然保育	<ul style="list-style-type: none"> • 為風險最高的物種／生境／生態系統擬訂優先次序 • 訂立物種的下限數目，尤其是具有保育重要性的物種
	• 建築環境和基礎設施	<ul style="list-style-type: none"> • 找出可能受氣候影響的瀕危基礎設施 • 更新洪水風險地圖
	• 金融服務	<ul style="list-style-type: none"> • 檢視把保險公司在氣候風險管理方面所發揮的功能予以擴充的可能性，以及檢視保險業界和規管部門的法律角色 • 為處於易受災害影響地方的各類基建及資產，探討提供氣候保險保障，並探討保險行業在處理氣候風險的法律職責

適應方案類別	主要脆弱界別	建議適應方案例子
	<ul style="list-style-type: none"> 食物資源 衛生健康 水資源 	<ul style="list-style-type: none"> 檢視食物供應鏈可能受到的影響，食物危害及探討各個易受影響組別可能面對的影響 探討易受影響組別健康及營養的影響 評估水供應鏈各部份可能受到的影響
(b) 監察	<ul style="list-style-type: none"> 生物多樣性和自然保育 能源供應 食物資源 衛生健康 	<ul style="list-style-type: none"> 定期檢討和修訂監察計劃 監察能源需求和供應模式的變化，藉此找出由氣候變化造成的趨勢 監測主要食品價格及令其波動的因素，並留意與香港主要食物進口地區有關氣候變化對農業影響所進行的研究 建立監測系統，觀察極端氣溫對本地人口健康及食物安全的影響及不同群組的影響 建立監測系統，監測害蟲擴散對公共衛生的重大影響
(c) 強化制度及提高能力	<ul style="list-style-type: none"> 建築環境和基礎設施 商業及工業 能源供應 金融服務 食物資源 	<ul style="list-style-type: none"> 開發及使用氣候風險評估工具，篩檢未來發展項目，以盡可能減低氣候變化構成的潛在風險 定期更新及調整（如需要）建築物及基礎設施的建造相關守則及設計標準 制訂洪水及山泥傾瀉風險策略，以增強對極端天氣事件及海平面上升的適應能力 發展一套評估香港工商界可能受氣候變化影響的工具 定期檢討能源需求和供應模式可能出現的變化 電力公司在定期檢討及預測能源供求時，考慮最新的氣候變化預測及相關影響 分散能源供應者及來源 為整個能源供應鏈所面對的氣候風險及挑戰，作出評估及採取行動，包括燃料來源、運輸供應、生產及分配電力的設施等環節所面對的風險 鼓勵公司向規管者／投資者披露氣候變化所帶來的金融風險，以及回應就這些風險所進行的行動。 為保障食物供應上妥善安排相關責任

適應方案類別	主要脆弱界別	建議適應方案例子
	<ul style="list-style-type: none"> 水資源 	<ul style="list-style-type: none"> 從區域角度考慮氣候變化對水資源的影響 定期檢討香港的全面水資源管理策略
(d) 教育及提升公眾意識	<ul style="list-style-type: none"> 建築環境和基礎設施 商業及工業 金融服務 食物資源 衛生健康 水資源 	<ul style="list-style-type: none"> 推廣綠化屋頂 鼓勵工商界進行氣候影響評估 促使保險界和銀行界提高有關氣候變化的認識，並考慮相關的風險和商機，藉此檢視這兩個行業可能受到的影響 鼓勵業界作出持續運作規劃 教導醫護界對相關疾病的知識 提倡節約用水
(e) 災難管理和應變計劃	<ul style="list-style-type: none"> 商業及工業 能源供應 食物資源 衛生健康 水資源 	<ul style="list-style-type: none"> 要求本港主要工商機構制訂計劃，在氣候變化可能引致的惡劣情況下維持正常運作 將氣候變化有關的風險和挑戰納入應變計劃 為應付突發的糧食短缺，制定緊急應變管理計劃 定期檢討預警及警報系統，監測系統和應急服務 / 應變計劃 不時覆檢乾旱應變計劃

- 4.12 除了界別層面的適應方案之外，本報告亦建議了一些跨界別適應措施，包括進行氣候變化研究，以填補在氣候變化科學方面的主要數據不足，並廣泛地傳播有關氣候變化的課題，以促進市民大眾對社會上各種脆弱範疇及其適應措施的了解。
- 4.13 應予注意的，是這些方案都是基於目前對氣候變化的了解而擬訂，因此必須定期檢討，並按照科學的發展予以更新。特別是「政府間氣候變化專門委員會」已在準備第五次評估報告，預計會於 2015 出版。屆時，有關氣候變化對不同界別可能造成的影響，將會有更詳細的分析。所以，應該根據最新的發現擬定新的或修訂的應對策略。
- 4.14 若要實施各個建議適應方案，政府和其他相關持份者可能都需要付出額外成本。因此，建議在推行這些措施前，應該先評估其影響、可行性，以及成本和效益。

- 5.1 是次研究檢討了香港現時有關氣候變化的研究和其他計劃，並建議考慮採取下列行動。
- 5.2 **研究** – 目前各界尚未清楚了解氣候變化對本地的影響；其中嚴重缺乏研究數據的範疇包括本地的海洋變化、生物多樣性和對人類健康的影響。因此更多政府和私人資金應投入到有關氣候變化的研究中，以彌補目前欠缺的主要數據。
- 5.3 **系統性的觀察** – 香港天文台現時正進行多項有關天氣的觀測。然而，其他政府部門例如環境保護署（環保署）和漁農自然護理署（漁護署）有需要加強對生物多樣性，以及對陸地和海洋環境進行長期監察，。
- 5.4 **技術轉移和提高能力** – 為了減少溫室氣體排放量，香港可以專注於有關氣候變化的技術轉移以及提高有關的能力。政府亦可以鼓勵香港的清潔發展機制，以及協調和促進與氣候變化相關的技術轉移，例如電動車輛和樓宇能源效益技術等。此外，政府的支持更可以包括促進資訊分享、提供資助，或成立有關機構來為減排方法進行認證。
- 5.5 **公眾認識** – 有需要引入更多教育和培訓計劃，以便增加公眾認識並鼓勵市民支持，及為相關立法和投資形成共識。例如業界研討會等培訓可以鼓勵相關機構擬訂有關氣候變化的業務策略。此外，亦可在學校課程內納入有關氣候變化的題目，令年輕一代更加了解氣候變化的後果。同時，加強與非政府組織的合作也可以增加本港市民對氣候變化的認識。
- 5.6 **國際／區域合作** – 香港應該加強與國際和區域組織的合作，共同應對氣候變化。香港在多個範疇上都可以發揮作用，例如能源效益和能源研究；亦可以投資於綠色技術和碳交易市場上。香港應該與珠三角城市、世界各大城市和區域伙伴（亞太經合組織）持續合作，並參與處理氣候事宜的具體行動。此外，應鼓勵分享有關海洋變化的知識、相關研究的結果和水浸風險的應對策略。例如香港已經加入由鹿特丹帶領，並由上海、倫敦和紐約等城市參與的「連結三角洲城市」行動，分享有關管理三角洲的知識和技術。
- 5.7 **商業活動** – 由於在香港運作或由香港管理的公司尚未清楚氣候變化對其影響，因此大都沒有把有關問題作為其業務計劃或風險管理的重點之一。為了填補這方面的資訊缺失，政府及／或私營機構都應該資助更多研究，探討氣候變化對各行業的潛在影響。

- 6.1 是次研究根據「2006 年政府間氣候變化專門委員會之國家溫室氣體清單指南」所闡述的最新方法，檢討和更新了香港的溫室氣體清單。
- 6.2 香港現正朝著低碳經濟的方向發展。為了進一步減緩香港的溫室氣體排放量，是次研究建議一系列溫室氣體減排措施以作進一步分析。在情景 3（進取方案）中，減排措施能夠在 2020 年將香港的碳強度減少 54-60%；至 2030 年時，總碳排放量則減少約 36%。
- 6.3 這個策略的重點將要求：
- (a) 實施減緩措施
- 運輸 - 透過改善能源效益和使用低碳燃料，例如從廢棄煮食油提鍊而成的生物柴油等，藉此減少道路運輸的碳足印；
 - 廢物 - 充分利用堆填區沼氣作為能源之一，並建造轉廢為物設施；及
 - 能源效益 - 廣泛地改善能源效益，特別是建築環境和電器的能源效益。
- (b) 改變發電燃料的組合
- 大幅增加低碳或無碳燃料，例如天然氣和核能等在發電燃料組合中的比例。
- 6.4 由於這是一個跨界別的策略，而且需要迅速實施，因此必須取得所有界別的支持。
- 6.5 由於氣候變化是全球現象，因此，是次研究建議香港採取的行動雖然可以大幅減少溫室氣體排放量，卻未足以防止氣候變化。在未來的數十年間，預計香港仍會經歷氣候變化的情況。
- 6.6 這是香港首個氣候變化脆弱性的全面評估。在對潛在風險最高的範疇進行評估時的依據包括：有關範疇的現有知識、從「政府間氣候變化專門委員會」第四次評估報告內的資料，以及顧問和專家的相關判斷。應予注意的是，在評估各個系統時，能夠取得的資料在質和量方面都各有不同。而且，第四次評估報告內的資料亦有不確定和受局限的情況，因此脆弱性評估的結果也會受到相若影響。舉例而言，生物多樣化程度在面對氣候變化時的反應，其不確定程度會比其他受管理程度極高的系統，例如建築環境和

基礎設施等較高。當一個界別欠缺本地科學數據來配合以研究為主的方法來評估該界別的脆弱程度和適應能力時，顧問公司都採用了專家的判斷來決定風險評級，例如「衛生健康」界別的風險評級。由於有關氣候變化的科學發展很快，因此，脆弱性評估視應被視為一個動態過程，需要不時檢討和更新評估結果，特別是這類評估本身便存在高度的不確定性。

6.7 是次研究評估了本港的脆弱性。結果顯示，有八個主要界別受氣候變化影響的脆弱性屬於「高」，其中包括：

- 生物多樣性和自然護理；
- 建築環境和基礎設施；
- 商務和工業；
- 能源供應；
- 金融服務；
- 食物資源；
- 衛生健康；及
- 水資源。

6.8 為了適應未來的氣候變化影響，是次研究建議了多項界別及跨界別的應對措施，以便作更深入考慮。然而，應該定期檢討各個適應方案，以確保它們仍然足以應付有關問題，並已考慮有關技術和方法的最新發展。

-
- (1) <http://www.ipcc-nccc.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
 - (2) 本報告內的「能源使用」指IPCC指南內的整個能源組別（組別1）。
 - (3) 只列出可以量化的減緩措施。
 - (4) 「總熱傳送值」是量度一座樓宇外圍能量消耗量的數值。
 - (5) 這套標準會對所有進口至香港的新車訂定能源效益要求。
 - (6) 檢討香港空氣質素指標及發展長遠空氣質素管理策略－可行性研究，2009年7月。
 - (7) 這個數值不包括剩餘的燃煤發電廠的發電量。在不排放碳的電力中，有70%是輸入核能產生的電力。
 - (8) 基準情景中的本地生產總值（GDP）在各個假設情景中不會受到重大影響這一結論是在目前可獲信息的基礎上得到的。這個模型旨在提供宏觀的結果，具體措施的經濟影響應該在進一步的評估分析中獲得。特別要指出的是，有的措施需要大量的投資，而這些投資對一些特別領域產生的影響並沒有做具體的討論。因此，顧問建議在計劃實施任何一項政策的時候，應該對措施的影響作進一步的獨立評估。
 - (9) 全國碳強度目標是指與能源相關的每單位GDP二氧化碳排放量；而香港的本地碳濃度則是指每單位GDP的溫室氣體總排放量。香港會控制所有來源的溫室氣體排放量，包括非能源相關的碳排放量，例如堆填區的甲烷。因此，有關的碳濃度目標包括所有類別的溫室氣體排放量。