

地球温暖化対策の経済評価の考え方

ECONOMIC DAMAGE COST OF GLOBAL WARMING

森杉壽芳^{注1}

Hisayoshi MORISUGI

ABSTRACT ; Three recent studies have estimated the size of economic damage cost of global warming in the monetary term, which have the following common characteristics to be focussed upon. 1) All the studies are comprehensive in terms of damage categories. 2) All the studies have the broad agreement on the size of damage cost in US is 1~2% of GNP, although they considerably differ for the individual damage categories. 3) They have also the agreement on the methodology to measure the damage cost of each categories. This paper discusses the proper definition of damage cost and its measurement theory within the context of uncertain world by referring to the main results obtained by the three studies.

KEYWORDS ; Economic Evaluation, Damage Cost of Global Warming, Monetary Estimates.

1. はじめに

最近3つの研究が、米国を対象として地球温暖化の被害を計測した。この3つの研究は、以下の共通した特徴を持つ。

- (1) ほぼ全ての種類の被害項目を網羅している。
- (2) 被害項目毎に、1988年のGNPのスケールを基準として、2.5℃上昇ケース（CO₂濃度が産業革命前の2倍の状態）の場合の被害を貨幣タームで計算している。
- (3) 3つの研究の計測法はほぼ同じである。
- (4) いずれの研究もGNPの1~1.5%相当の被害額を主張している。
- (5) (1),(2)よりいずれの被害項目が大きな影響を持つかがわかる。

以上のような特徴を有する3つの研究を紹介しつつ、その計測対象とした被害項目、被害額の定義、被害額の計測法、関連する問題などを提起する。そして、このような研究を日本でもできるだけ早く行う必要性を強調する。

2. 3つの研究の概要と比較

2.1 3つの研究

ここで紹介する3つの研究は、いずれも米国を対象とした温暖化の被害を計算したもので、Nordhaus (1991a,b), Cline (1992) および Fankhauser (1992a,b) である。また3つの研究の比較は Fankhauser (1992b) および Pearce and Fankhauser (1993) に基づいて行う。

(1) 温暖化の前提

いずれも、CO₂の大気中濃度が産業革命以前のレベルの2倍になったとき（2× CO₂）発生するであろう被害を計測の対象としている。このことは、平均で2.5℃（2025年）の温度上昇があることを意味する。また2100年までに約50cm~1mの海面上昇があることを前提とする（Fankhauser は50cm、他の2つの研究は1mと仮定）。

(2) 計測の前提

1) いずれの研究も、1988年の米国GNPに相当する規模で経済活動が行われているという想定を行い、この経済状態に2.5℃の温度上昇があった場合の被害額を1988年に価格で推定する。なお、Cline は1990年GDPベースで1990年価格を用いているが、比較のため Fankhauser (1992) が1988年GNPベースの1988年価格

^{注1} 岐阜大学工学部土木工学科 Department of Civil Engineering, Gifu University.

評価値に換算している。

2) .1 時点での投資額 (\$) を年等価額 (10億 \$ / 年) に換算する際の社会的割引率は、 Nordhaus 3 %、Cline 1.5%、 Fankhauser 0.5% である。ただし Fankhauser は確率的に 0 ~ 3 % 幅の三角分布で与えている。

2.2 計測結果とその比較

(1) 米国の被害推計値

表-1 に示すとおりである。表の数字は、年あたりの被害額 (10億 \$ / 年) を示し、最下欄の () の数字が 1988 年 GNP に対する % を示している。

表-1 : US DAMAGE DUE TO 2xCO₂ (BN\$)

	Fankhauser (1992)	Cline (1992a) ^a	Nordhaus (1991a,b) ^a
coastal defence	0.2	1.0	7.5
dryland loss	2.1	1.5	3.2 ^b
wetland loss	8.4	3.6	e
species loss	6.4	3.5	
agriculture	7.4	15.2	1.0
forestry	-1.8	2.9	small
fishery	-	-	small
energy ^c	-	9.0	1.0
water	13.7	6.1	
other sectors	-	1.5	
amenity ^c	6.8	-	e
life/morbidity	16.6	> 5.0	
air pollution	6.4	> 3.0	
migration	0.5	0.4	
natural hazards	0.2	0.7	
TOTAL(bu\$)	64.1	53.5	48.6
(% GNP, 1988)	(1.3)	(1.1)	(1.0)

^a transformed to 1988 values based on % GNP estimates

^b total land loss (dry- and wetlands)

^c energy damage in Cline and Nordhaus corresponds to amenity loss in Fankhauser

^d tourism

^e not assessed categories, estimated at 3/4 % of GNP

Note: negative numbers denote benefits ('negative damage')

Source: Fankhauser(1992a,b)

3つの研究はいずれも年あたりの被害額が GNP の 1 ~ 2 % の範囲にあることを示しており、被害総額としては驚くほどよく一致している。Fankhauser (1992) は ±50% の誤差があることを認めている。一方、個別の項目をみると、かなりの差異がある。たとえば、Cline の研究では、農業と林業が最も被害額の大きい項目の 1 つになっているが、他の 2 つは必ずしもそうでない。この違いは、温暖化の物理的影響 (農作物の収穫性と林業の生産性への影響) に関する推定値の違いによる。他の項目については、少なくとも Fankhauser と Cline の研究に関する限り、物理的な被害値はほぼ同じ推定値となっているが、1 単位の被害額を金額に換算する評価値の値が大幅に異なる項目もある。この事情が当てはまる項目は、干潟の消滅 (wetland loss) と、水資源 (water) および、死亡率 (life/morbidity) である (表-2 参照)。海面上昇関係の 3 被害項目 (coastal defence, dryland loss, wetland loss) については、Fankhauser が海面上昇 50cm、他の 2 つの研究が 1m と仮定している。そこで Fankhauser の 3 項目の数字を 2 倍にすると、総被害額は 750 億 \$ となり、GNP の 1.6 % 程度となる。

(2) 計測方法の概要

表-2に示すとおりである。

表-2 計測法の概要

項目	計測法 ^a
堤防建設 (Coastal defence)	1 m上昇を仮定し、建設費3,700億\$を用い (Tibus et al. (1991))、割引率0~3%により年費用に換算。
土地の喪失 (Dryland loss)	地価200万\$/km ² (=2\$/m ²)と仮定し、割引率10%を適用。1.1万km ² の喪失
干潟の喪失 (Wetland loss)	500万\$/km ² (5\$/m ²)と仮定し、割引率10%を適用。1.1万km ² の喪失。単価は、米国において実際に支出している干潟維持費。なお、沿岸漁業の損失を含む。
生態価値 (Species loss)	使用価値、オプション価値および存在価値の合計である。存在価値は、5~15\$/年人(平均10\$/年人)と考え、使用価値とオプション価値の合計は存在価値の半分として重力モデルのようにアクセスによって重みをつける。
農業 (Agriculture)	農業の生産性の低下およびその結果として農作物の価格の上昇による消費者余剰の減少分が主な被害であると考えている。
林業 (Forestry)	Binkley(1988)の研究により、緯度の高い地方の林業の生産性が向上し、その結果、木材の価格が下がる。全世界で純便益が年あたり10.8億\$/年である。内訳として、価格下落による消費者余剰20.8億\$/年、生産者余剰の損失が10億\$/年と考えている。
漁業 (Fishery)	Bigford(1991)の研究によると、50%の干潟喪失は15~20%の沿岸漁獲高減となる。海面上昇により全干潟の3分の1(33%)が喪失すると、10~13%の沿岸漁獲高減。沿岸漁獲高は全漁獲高の68%。さらに、漁獲高の8%が海面上昇による被害と考える。価格変化はなしと考える。
エネルギー (Energy)	NordhausとClineは、温度上昇が暖房費の節約と冷房費用の上昇という影響と与えるとして、表-1に示す値を計上している。これに対して、Fankhauser(1992)は、それらの空調費の上昇はコストでなく、家計(または企業)の支出構造の変化にすぎないので被害ではない。もし、空調により効用が変化しないのなら、被害はゼロと考えるべきである。効用の変化は、快適性(Amenity)の項で計測するとしている。
水資源 (Water)	Clineの研究では全米で約10%の利用可能水量減であり、水の価値は8~20セント/m ³ としている。これに対して、Fankhauser全米で7%減、水の価値を42セント/m ³ としている。
レクリエーション (Leisure activity)	Clineは温暖化によるスキー場の閉鎖(15億円/年)を計測している。全米でスキー客が60%減とし、その半分の資源が他に流用可能であること、また、消費者余剰の減少分を考慮して、1990年全米スキー総生産額56億\$/年×0.30=17億\$/年としている。
その他の部門	Clineは降雨量の増大による建設費の増大、都市部の社会資本整備を計上している。
快適性 (Human amenity)	Fankhauserのみが計測している。その計測法は空調費の増大として3.2%電力需要が増大するとしている。結局、ClineとNordhausのエネルギー項目に相当する。
健康 (Morbidity and mortality)	Kalkstein(1989)の温暖化による病気発生率が高まり、死亡率が45人/1万人高まるとの研究成果を用い、この数字を貨幣額に変換するためにFankhauserは統計的人命価値150万\$/人と仮定する。またClineは60万\$/人の数字を使用している。健康被害の推定はなされていない。
大気汚染 (Air pollution)	EPAの研究によると、温暖化によりオゾン濃度が5.5%高まり、SO ₂ 濃度が2%高まる。オゾン濃度の上昇はそのままNO _x 濃度上昇と考える。NO _x の被害のうちで酸性雨の被害を除くと被害は5\$/kgであるとし、SO ₂ の被害は2.5\$/kgとする。
移民 (Migration)	Clineは現況より17%移民量が増加すると考え、1人あたりの社会福祉や施設の増加-マイナス納税を4,500\$/移民として計測。Fankhauserも同じ。
自然災害 (Natural disaster)	Emanuel(1987)の研究により、温暖化は、ハリケーンが強大になりハリケーンの被害を50%増大させる。これは7.5億\$/年の被害となる。また、死亡被害を50~100人/年増加させるとしている。人命の計算は、上記統計的人命価値を用いている。

^a 主に Fankhauser(1992)にもとづく。Cline との差異があるときにはその相違点を示している。

(3) 世界経済への影響

Fankhauser は、U S のみならず世界を 6 地域に分類して被害を推定している。表-2 が示すように、中国および発展途上国では GNP に対する被害率が高くなり、先進国は低くなる。唯一の例外は温暖化のメリットを受ける旧ソ連地域である。

表-3 : 2xCO₂ DAMAGE BY REGION (BN\$)

	EC	USA	USSR	CHINA	NON-OECD	OECD	WORLD
coastal defence	0.1	0.2	0.0	0.0	0.9	0.5	1.4
dryland loss	0.3	2.1	1.2	0.0	5.9	8.1	14.0
wetland loss	4.9	5.6	1.2	0.6	15.7	15.9	31.6
species loss	7.1	6.4	2.6	1.5	10.9	17.3	28.2
agriculture	9.7	7.4	6.2	7.8	16.0	23.1	39.1
forestry	-4.1	-1.8	-2.9	1.1	-0.8	-10.0	-10.8
fishery ^a	-	-	-	-	-	-	-
energy	-	-	-	-	-	-	-
water	14.1	13.7	3.0	1.6	11.9	34.8	46.7
other sectors	?	?	?	?	?	?	?
amenity	7.0	6.8	-0.7	0.7	3.0	20.1	23.1
life/morbidity ^b	22.0	16.6	3.9	7.3	32.0	57.3	89.3
air pollution	3.5	6.4	2.1	0.2	3.5	11.9	15.4
migration	1.0	0.5	0.2	0.6	2.3	2.0	4.3
natural hazards ^c	0.0	0.2	0.0	0.2	2.1	1.1	3.2
TOTAL(bu\$)	65.6	64.1	16.8	21.6	103.1	182.1	285.2
(% GNP, 1988)	(1.5)	(1.3)	(0.7)	(6.1)	(1.8)	(1.4)	(1.5)

^a fishery loss is included in wetland loss

^b mortality only

^c hurricane damage only

Note: negative numbers denote benefits ('negative damage')

Source: Fankhauser(1992a,b)

(4) 超長期的被害

Cline の研究は、2025年の2.5℃の上昇のみならず、それが引き起こす継続的な温度上昇が指数関数的に持続すると考え、10℃の温度上昇となる2250年の被害を推定している。この被害には、2025年の4^{1.25}～4^{1.5}倍の値を与えている。

3. 地球温暖化の波及効果

3.1 不確実性下の意思決定

地球温暖化問題のみならずさまざまな公共プロジェクトの経済評価を行う視点の前提には、3種類の主体が市場を中心に相互に影響し合う経済構造を想定したモデリングがある。本研究も、図-1に示すように、主体が企業と世帯と政府からなる経済を想定する。

温暖化の影響の特徴の1つは不確実性である。たとえば、温暖化による海面上昇は確実に堤防建設費を必要とし、堤防建設が不可能かあるいは意義がないと公共体によって判断された土地は、確実に水面下に入り失われることになる。このような確実性下の影響に加えて、海面上昇は高潮の確率を高め、かつ高潮時の災害の程度を上昇させる可能性がある。したがって、本研究で分類した3つの主体はともに不確実性下の意思決定を行わざるを得ないという状況にあると判断できる。

一般に不確実性下の意思決定行動モデルは、期待効用最大化仮説に基づく。すなわち、まず、ある状態が限定されている状況下（たとえば平常時と災害時）では、

(1)世帯は、予算、時間、価格、財の質、自然条件下での効用最大化行動、
(2)企業は、技術、時間、価格、財の質、自然条件下での利潤最大化行動、
(3)政府は、私的財と公共財の両方を提供をしているとみなし、上水道や公共交通のような私的財の供給は、上記の(2)の企業行動をとると考え、堤防や道路のような公共財供給主体としては、世帯の効用を最大にするように公共財の供給を行うとみなす。

そして、世帯および公共財供給部門の政府が上記の確実性下で達成される効用レベルに、その状態が発生する確率を乗じて加算した期待効用を最大化する行動を行うものと考ええる。一方、企業および私的財供給部門としての政府は確実性下の利潤関数を効用関数に変換し、その期待効用の最大化行動を行うと仮定する。また、市場はそれぞれの状況下毎に均衡すると仮定する。

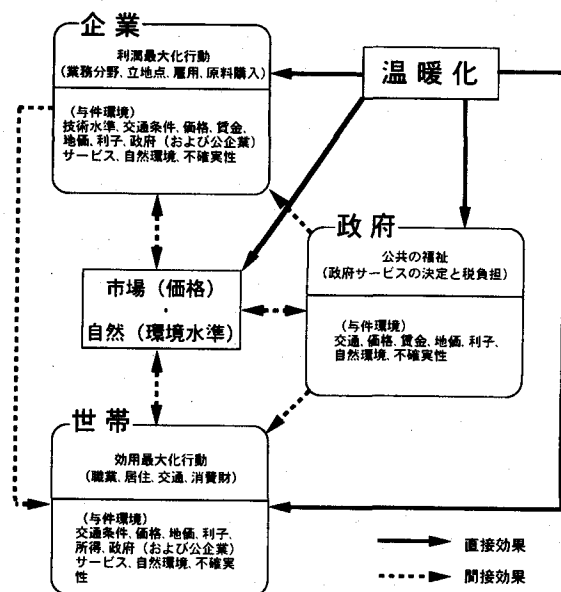


図-1 Impact の考え方

3.2 温暖化の波及構造

図-1に示すように、温暖化は表-1に示したようなさまざまな項目において、まず各主体に直接的な影響を与える。ただし、企業部門および政府の私的財生産部門に与える影響は、利潤あるいは生産部門で働いている勤労者の所得の変化となる。後者は、世帯の収入の変化となり、したがって、世帯の効用の変化となる。前者は、投資、内部留保などを通して株式配当の変化となり、最終的には世帯の所得の変化となる。このように、企業部門および政府の私的財生産部門への影響は、結局、価格の変化と世帯の所得の変化となる。一方、公共財供給部門の政府活動へは、公共財生産環境の悪化をもたらし、コストアップする。公共財は、原則として価格をつけることが困難であるから、コストアップはそのまま税負担増をもたらすことになる。したがって、税負担額が変化して、世帯の効用レベルが変化すると考える。

3.3 世帯の期待効用を形成する要因

以上のような波及構造を考えると、全ての影響は、結局、世帯の期待効用レベルの変化として帰着することになり、その項目は以下のとおりである。(1)私企業が供給する財の価格と質、(2)政府（または公企業）が供給する私的財および公共財の価格と質、(3)自然環境（＝公共財と見なす）、(4)所得、(5)不確実性。

次の課題は、この期待効用の変化分を貨幣タームで表現した便益（被害）を定義することである。

4. 便益（被害）の定義と定式化

4.1 便益（被害）の定義

温暖化対策を実施した場合の期待効用値 EU^0 を維持するという条件のもとに、温暖化対策をしない状態にとどまるために必要であると個人が考える最小補償額を温暖化対策の便益 B とする。一方、温暖化という悪化した場合の期待効用値 EU^0 を維持するという条件のもとに、温暖化の被害を避けるために支払うに値すると個人が考える最大支払意志額を温暖化の被害額 D とする。次に、補償額（支払意志額）の支払い形式としては3つあるが、ここでは一定価格方式(Option Price, OP)がよいと考える[森杉、大野、高木(1992)]。

4.2 期待効用関数の定式化

個人の達成可能な効用レベル U が各種の公共財の状態ベクトル Q 、各種の私的財の価格ベクトル r および所得レベル Ω の3つの変数で説明される関数 $U(Q, r, \Omega)$ で表されると仮定する。変数 Q は、ここでは温暖化によって影響を受ける各種の自然状態を示す指標であり、個人にとっては外生的に与えられたものであり、個人が直接コントロールできない変数である。表-1に従ってその例を示すと、海面水準、生態系の状態、温

度、森林状態、気温、洪水と渇水の程度、スキー場の積雪状態、健康状態、大気汚染の程度、自然災害の程度などである。変数 r は、原則として全ての私的財の価格が入るが、価格変化のある財が注目されることになる。表-1では、地価、農作物、木材、水産物、電力料金、水道の価格などの変化が問題になる。またここでの所得 Ω には、雇用所得の他に税負担、企業の利潤の配当分、所有資産の賃借料収入などが含まれる。

次に、上記全ての変数 Q, r および Ω が不確実性を有するものとする。ここでは簡略化のため、その状態は2つしかないものと仮定する。これを平常時 o (ordinary)と災害時 d (disaster)というサブスクリプトで示し、その状態が生起する確率を P_o および P_d ($P_o + P_d = 1$) で示す。このとき期待効用 EU は次式で与えられる。

$$EU \equiv P_o U(Q_o, r_o, \Omega_o) + P_d U(Q_d, r_d, \Omega_d) \quad (1)$$

4.3 便益(被害)の定式化

地球温暖化のあるおよびない状態を、それぞれスーパースクリプト a および b で示す。このとき

$$\begin{aligned} \text{温暖化あり} \quad EU^a &\equiv EU(a, \Omega_o^a, \Omega_d^a) \equiv P_o^a U(Q_o^a, r_o^a, \Omega_o^a) + P_d^a U(Q_d^a, r_d^a, \Omega_d^a) \\ \text{温暖化なし} \quad EU^b &\equiv EU(b, \Omega_o^b, \Omega_d^b) \equiv P_o^b U(Q_o^b, r_o^b, \Omega_o^b) + P_d^b U(Q_d^b, r_d^b, \Omega_d^b) \end{aligned} \quad (2)$$

となる。4.1で示した定義にもとづく温暖化防止策の便益は次式を満足する B の値である。

$$EU(a, \Omega_o^a + B, \Omega_d^a + B) = EU^b \quad (3)$$

逆に、温暖化による被害は、次式を満足する D の値である。

$$EU^a = EU(b, \Omega_o^b - D, \Omega_d^b - D) \quad (4)$$

最後に、社会全体の便益(被害)は(3)式(4)式)を満足する $B(D)$ を社会を構成する構成員全員に対して合計した合計値をもって定義する。

5. 計測法

5.1 帰着系

今、社会全体の便益(被害)を集計するため、効用関数がゴーマン型であるとする。すなわち、次式の効用関数を仮定する。

$$U(Q, r, \Omega) = \xi(Q, r) + \eta(Q, r, \Omega) \quad (5)$$

ただし、 ξ と η は Q と r に関する関数。

(5)式を(4)に代入して、被害額 D について解き、ロアの定理 [Varian (1992)] を適用すると次式となる。

$$D = \frac{1}{E\eta^b} \int_{b \rightarrow a} [U_o dP_o + P_o \eta_o(\Omega_o Q dQ + x_o dr_o + d\Omega_o)] + [U_d dP_d + P_d \eta_d(\Omega_d Q dQ + x_d dr_d + d\Omega_d)] \quad (6)$$

ただし、 $E\eta^b \equiv P_o^b \eta_o^b + P_d^b \eta_d^b$

$\int_{b \rightarrow a}$: b 状態から a 状態の任意の経路による線積分を示す。

x_o, x_d : 世帯の私的財に対する需要関数(あるいは供給関数)。

$\Omega_o Q, \Omega_d Q$: それぞれの状態での世帯にとっての Q の限界価値を示す。なお、2つめのサブスクリプトは偏微分を示す。

(6)式が被害効果の帰着形で計測しているので、本研究では被害の帰着形という。なぜなら、(6)式における被害額 D はそれぞれの状態毎に、世帯にとっての不確実性上昇の被害、公共財の質の低下の被害、私的財の価格上昇の被害および所得額減少の被害の合計値で表現されている。したがって、このままの形で被害を

計測しようとする、あらゆる波及効果を表現できる一般均衡分析による大型シミュレーションモデルが必要である。これは、実際の作業上不可能であるので、次に示すショートカット形で計算することが望ましい。

5.2 ショートカット形

ショートカット形を誘導するために、所得 Ω が企業の利潤 π の配分を含んでいることに注目する。そして、ホテリングの定理を用い、企業の産出投入ベクトルを y とし、需要供給均衡条件($x=y$)を考慮すると、次式を得る〔森杉(1989)〕。

$$D = \frac{1}{En^b} \int_{b-a}^0 (U_o + V_o) dP_o + (U_d + V_d) dP_d + \{P_o \eta_o (\Omega_o Q + \pi_o Q) + P_d \eta_d (\Omega_d Q + \pi_d Q)\} dQ + P_o \eta_o \bar{x}_o dr_o + P_d \eta_d \bar{x}_d dr_d \quad (7)$$

ただし、

V_o, V_d : それぞれの状態における企業の効用関数で Q と r の関数

π_o, π_d : それぞれの状態における企業の利潤関数で Q と r の関数

$\pi_o Q, \pi_d Q$: それぞれの状態における企業での Q の限界価値で π の Q に関する偏微分係数

x_o, x_d : それぞれの状態における家計の所有している資産ベクトル

(7)式より、次のことがわかる。

(1) 温暖化は、さまざまな私的財の価格変化をもたらし、したがって、私的財の需要供給量の変化をもたらす。これを(間接的)波及効果というが、(7)式はこれらの波及効果は消費者余剰の増分=生産者余剰の増分となり、キャンセルされるので無視してよいことを示している。したがって、表-2に示す評価方法のうち、農産物価格変動および木材価格変動による消費者余剰の増大を計上しているが、これは間違いであり、消費者余剰を計上してはならない。また、Fankhauser (1992) は、表-1に示したものの他に波及効果があると述べているが、これも間違いで無視してよいことになる。

(2) 被害は、第1～第3項の合計値である。すなわち、

第1項=災害発生確率変化による被害

第2項=公共財の質や量の変化による被害

第3項=所有資源喪失による被害

を示す。この観点から表-2をみると表-2に示した土地の喪失を除いた全ての項目は、第2項の計測を試みたものとみなし得る。しかし、サフィックス d のついた項目についての計測は全くない。サフィックス d のついた項目は、災害時の被害である。たとえば、海面上昇は、たとえ堤防による補強をしても地盤が相対的に低くなっているため、高潮時の被害が深刻になる。このような不安感の増大分の計上が課題である。

(3) 死亡不安や生態価値のように、心理的な価値の計測も、主に第2項であるが、3つの研究が採用しているアプローチは価値意識法(Contingent Valuation Approach)であり、正当な手法である。

(4) 最後に、農業や林業は、その生産物のみならず防災、水資源、レクリエーション機能を持っている。したがって、これらの機能の価値変化分の計上が必要がある。

【参考文献】

- (1) 森杉壽芳, 大野栄治, 高木朗義: 治水事業の便益評価手法, 土木計画学研究・講演集, No15(1), 787-792, 1992年
- (2) 森杉壽芳: プロジェクト評価に関する最近の話題, 土木計画学研究・講演集, No.7, 1-33, 1989年
- (3) Ayres, R. and J. Walter(1991), The Greenhouse Effect: Damages, Costs and Abatement, in: Environmental and Resource Economics 1:237-270.
- (4) Bigford, T.E.(1991), Sea Level Rise, Nearshore Fisheries, and the Fishing Industry, in: Coastal Zone Management, 19: 417-437.
- (5) Binkley, C.S.(1988), A Case Study of the Effects of CO₂-induced Climatic Warming on Forest Growth and the

- Forest Sector: B. Economic Effects on the World's Forest Sector: in M.L.Parry et al., op. cit.
- (6)Cline, W.R.(1992), The Economics of Global Warming, Washington,DC: Institute for International Economics.
 - (7)Emanuel, K.A.(1987), The Dependence of Hurricane Intensity on Climate, in: Nature, 326: 483-485.
 - (8)Fankhauser, S.(1992a), Global Warming Damage Costs: Some Monetary Estimates, CSERGE Global Environmental Change Working Paper, GEC 92-29, University College London and University of East Anglia.
 - (9)Fankhauser, S.(1992b), The Economic Costs of Global Warming: Some Monetary Estimates, International Workshop on Costs, Impacts and Possible Benefits of CO₂ Mitigation, IIASA, Laxenburg, Austria.
 - (10)Fankhauser, S.(1993), Evaluating the Social Costs of CO₂ Emissions, CSERGE Global Environmental Change Working Paper, GEC 93- , University College London and University of East Anglia, forthcoming.
 - (11)Kalkstein, L.S.(1989), The Impact of CO₂ and Trace Gas-Induced Climate Changes upon Human Mortality, in: J.B.Smith and D.A.Tirpak (ed.), The Potential Effects of Global Climate Change on the United States. Appendix G: Health, Washington DC: EPA.
 - (12)Nordhaus, W.D.(1992a), The DICE Model: Background and Structure of a Dynamic Integrated Climate Economy Model of the Economics of Global Warming, Cowles Foundation Discussion Paper, No.1009, New Haven, Connecticut.
 - (13)Nordhaus, W.D.(1991a), To Slow or not to Slow: The Economics of the Greenhouse Effect,in: Economic Journal 101(407):920-937.
 - (14)Nordhaus, W.D.(1991b), A Sketch of the Economics of the Greenhouse Effect,in: American Economic Review, Papers and Proceedings 81(2):146-150.
 - (15)Pearce, D.W. and Fankhauser, S.(1993), Cost Effectiveness and Cost-Benefit in the Control of Greenhouse Gas Emissions, The Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC).
 - (16)Peck, S.C. and T.J. Teisberg(1992b), Global Warming Uncertainties and the Value of Information: An Analysis Using CETA, Mimeo, Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA.
 - (17)Titus,J.G., R.A.Park, S.P.Leatherman, J.R.Weggel, M.S.Greenne, P.W.Mausel, S.Brown, C.Gaunt, M.Trehan, and G.Yohe(1991), Greenhouse Effect and Sea Level Rise: The Cost of Holding Back the Sea, in: Coastal Zone Management 19: 172-204.
 - (18)Varian,H.R. : Microeconomic Analysis, Norton and Company, 1992.