

氣候變化下에서 潛在森林面積의 變化 豫測¹

車 環 洙²

Estimation of Changes in Potential Forest Area under Climate Change¹

Gyung Soo Cha²

要 約

將來 森林資源의 持續可能한 利用과 地球 環境保全을 위한 基礎 情報를 提供하기 위해, 大氣中의 이산화탄소 濃度의 倍增($2\times\text{CO}_2$)에 따른 氣候變化가 潛在森林面積에 미치는 影響을 Köppen의 氣候/植生區分法에 根據한 植生圖製作 시스템에 의해 推定했다. 식생도제작 시스템은 點들의 氣象資料를 各各의 格子點에 球面補間하며, 보간된 氣象자료를 定해진 식생구분법에 따라 식생형으로 變換하고, 地球 全體 및 大陸別의 식생도와 식생면적을 產出한다. 氣象자료로서는 약 2,000地點의 測候所로부터 觀測된 AD 1958년까지의 測定值인 현재의 氣候와, 日本氣象廳의 豫測值인 CO_2 倍增時의 기후를 사용하였다. 기후변화에 의해 세계의 잠재 식생대는 주로 적도지역에서 極방향으로 이동될 것이며, 잠재 식생면적의 變化는 地球 陸上面積(150.4 億ha)의 約 1/3에 該當하는 49.0億ha에 이를 것으로 豫상된 다. 현재의 기후와 豫想되는 기후에 對應하는 지구 전체의 植生分布形態 間의 一致程度를 Kappa統計 分析한 結果 그 값은 Good(0.63)으로 나타났으며, 기후변화에 크게 影響을 받지 않는 지역은 사막과 빙설지대로 나타난다. 세계의 잠재삼림면적은 $2\times\text{CO}_2$ 氣候下에서 총 68.2억ha로 추정된다. 기후변화에 의한 대륙별 잠재삼림면적에 있어서, 유럽은 거의 변화가 없을 것으로 豫料되나, 북미와 아시아 대륙은 기후변화와 함께 잠재삼림면적이 증가할 것이며, 남미, 아프리카, 오세아니아에서는 잠재삼림 면적이 크게 감소할 것으로 추정된다. 특히, 오세아니아에서는 기후변화에 의한 사막화 현상이 가속 화될 것으로 豫料된다.

ABSTRACT

To offer the basic information for sustainable production of forest resources and conservation of the global environment, change in potential natural vegetation (PNV) associated with climate change due to doubling atmospheric carbon dioxide ($2\times\text{CO}_2$) was estimated with the global natural vegetation mapping system based on Köppen scheme. The system interpolates climate data spherically to each grid cell, determines the vegetation types onto the grid cell, and produces potential vegetation map and area on the globe and continents. The climate data consist of the current ($1\times\text{CO}_2$) climate prior to AD 1958 observed at some 2,000 stations and the doubling ($2\times\text{CO}_2$) climate estimated from Meteorological Research Institute of Japan. The vegetation zone under the $2\times\text{CO}_2$ climate scenario expanded mainly toward the poles due to the rise in temperature. The changed PNV area on the globe amounts to 1/3 (4.91 billion (G) ha) of the total land area (15.04 Gha). Kappa statistic for judging agreement between the patterns of vegetation distribution under $1\times\text{CO}_2$ climate and $2\times\text{CO}_2$ climates shows good agreement (0.63) for the globe as a whole. The most stable areas are desert and ice. The potential forest area (PFA) was estimated at 6.82 Gha of the land area in $2\times\text{CO}_2$ climate scenario. In terms of continental

¹ 接受 1998年 3月 25日 Received on March 25, 1998.

² 全南大學校 農科大學 林學科 Department of Forestry, College of Agriculture, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea.

changes in PFA, North America and Asia are increased under the $2\times\text{CO}_2$ climate. However, the potential forest areas of the other continents are decreased by the climate. Europe has no change in the PFA. Especially, the expansion of desert area in Oceania would be accelerated by the $2\times\text{CO}_2$ climate.

Key words : Climate change, GNMV system, Köppen scheme, Potential forest area.

序 論

오늘날 인간활동에 의한 대기중의 온실효과가스의 증가가 기후변화의 주된 요인으로 인정되고 있으며, 이 가스의 대기중의 농도를 줄이기 위해 국가간 협력이 이루어지고 있는 실정에 있다. 온실효과가스는 CO_2 , CH_4 , N_2O , CFCs 등으로서, 태양으로부터 도달하는 광의 일부를 지구가 방사하는 과정에서 열에너지를 대기중에서 흡수하여 지구를 온실과 같이 따뜻하게 만든다. 이것이 온실효과이며, 온실효과가스중에서도 CO_2 가스가 지구의 온실효과에 가장 크게 공헌하고 있고, 전체 온실효과의 약 반은 CO_2 에 의한 것이다. 그 밖의 온실효과가스는 미량이지만, 온실효과가 크다. 이 온실효과가스는 인간활동에 의해 대기중으로 방출되기 때문에 현재도 계속 증가하는 추세에 있다(Bolin 등, 1995).

지구의 자연식생은 주로 기후에 의존하기 때문에 대기중의 온실효과가스의 증가에 따른 기후변화는 세계의 자연식생의 분포에도 크게 영향을 미칠 것이지만(Cha, 1996; Cha와 Sweda, 1993; Emanuel 등, 1985a, b), 온실효과에 가장 크게 공헌하는 대기중의 CO_2 가스의 흡수에 삼림이陸上植生中 가장 큰 역할을 담당하고 있다(Dale 등, 1991). 그런데 지구상의 삼림파괴는 빠른 속도로 진행되고 있으며, 그 결과 온실효과가스의 증가에 따른 기후변화가 예상된다. 따라서, 장래 삼림자원의 지속가능한 이용과 지구 환경보전을 위해 예상되는 기후변화하에서의 全球 및 大陸別 잠재삼림면적의 추정과 평가가 필요할 것이다.

기후변화에 의한 全球 및 大陸別 잠재삼림면적의 추정에는 기후와 자연식생이 서로 平衡關係에 있다는 점(Holdridge, 1947; 吉良, 1976; Köppen (Lamb, 1972); Robinson 등, 1994; Thornthwaite, 1933; Walter, 1984)으로부터 氣候變化下에 따른 잠재자연식생의 분포를 파악함으로써 가능할 것이다. 기후변화하에서의 잠재자연식생분포의 추정은 Holdridge(1947)의 기후/식생구분법에 의거

한 Emanuel et al.(1985a, b)에 의해 처음 시도되었다. 그는 CO_2 倍增($2\times\text{CO}_2$)에 의하여 예상되는 氣候에서 잠재 식생대의 이동은 주로 赤道地域에서 極地域으로, 면적의 변화는 크게 건조 식생대의 확대와 잠재삼림면적의 축소를 추정하였다. 하지만, 그들은 CO_2 배증시의 기후를 구하기 위해 Manabe와 Stoufer(1980)의 대기순환모델에서 행해진 CO_2 농도를 4배한 실험결과를 사용하였으며, 범위는 $80^\circ\text{N} \sim 60^\circ\text{S}$ 로서 그린란드와 남극이 포함되어 있지 않았다. Prentice와 Fung(1990)은 수정한 Holdridge(1947)의 기후/식생구분법에 의거한 모델을 이용하여 기후변화에 의한 육상식생의 탄소축적량의 변화를 파악한 결과, 기후변화하에서 대기중으로부터 235Gt의 탄소를 더 고정시킬 것이라고 하였다. Neilson(1993)은 일면적지수와 수분밸런스의 2요인에 근거한 모델을 이용하여 기후변화에 의한 잠재식생의 변화를 추정하였는데, 기후변화하에서 대부분의 삼림대는 건조에 의해 바이오매스가 손실되고 삼림대 자체도 쇠퇴될 것으로 예상하였다. Monserud와 Leemans(1992)은 Holdridge(1947)의 기후/식생구분법에 근거한 기후변화하에서의 잠재식생대를 파악하고, 아한대림에서의 큰 면적변화와 툰드라지역의 감소를 예측했다. 한편, Guetter와 Kutzbach(1990)은 수정한 Köppen의 기후/식생구분법을 이용하여 빙기와 간빙기하에서의 잠재식생분포에 대한 변화를 추정하였다. 이와같이, 기후변화하의 잠재자연식생의 분포를 파악하기 위해 西歐地域의 研究者들이 주로 사용하고 있는 Holdridge(1947)의 기후/식생구분법은 전구의 식생을 구분하는데 있어서 식생의 성장에 영향을 주는 기후의 계절적 변동을 전혀 고려하지 않고 있으나, Köppen의 기후/식생구분법(Lamb, 1972)은 식생의 성장에 필요한 강수량의 계절적 변동을 고려하여 자연식생을 구분하며, 특히 어느 다른 기후/식생구분법보다 제일 먼저 만들어짐으로 인해 잠재식생에 보다 가깝다고 할 수 있을 것이다.

장래 삼림자원의 지속가능한 이용과 지구 환경보전을 위한 정보를 제공하기 위해, 본 연구에서

는 Köppen의 기후/식생구분법(Lamb, 1947)에 기초를 둔 식생도제작 시스템(차경수, 1997)에 의해 예상되는 기후변화하에서의 全球 및 大陸別 잠재삼림면적을 추정·평가한다. 이 식생도제작 시스템의 특징은 전세계에 분포된 측후소의 실측 자료 및 예측자료를 어떠한 해상도(격자간격의 크기)로도 구면보간할 수 있으며, 구면보간함에 있어 측후소의 선택방법, 거리에 대한 하중방법, 방위에 대한 하중방법을 고려하는 합리성(차경수와 落合, 1997)을 지니고 있다.

資料 및 方法

氣候變化가 地球 및 大陸別 潛在森林面積에 미치는 影響을 파악하기 위한 전체의 흐름도를 Fig. 1에 나타냈다. Fig. 1에 나타난 바와 같이, global natural vegetation mapping(GNVM) system은 크게 3가지의 구조로 이루어져 있다. 첫째는, 지구상의 기상관측소에서 관측된 점들의 기상데이터를, 지구의 陸上域 전체를 格子로 구분되었을 때 생기는 各各의 格子点에 있어서 합리적인 방법으로 구면보간(차경수와 落合, 1997)을 행하는 것이며, 둘째는 기존의 식생구분법에 의거하여 각 격자점에 대한 식생형을 결정하는 것이고, 셋째는 각 격자점마다 정해진 식생형을 통합하여 식생도 및 식생면적을 산출하는 것이다(차경수, 1997).

기상자료로서는 World WeatherDisc(Weather-Disc Assoc. Inc., 1990)에 포함된 데이터 셋트 중의 하나인 World Monthly Surface Station Climatology(WMSSC)인 관측치와 일본 기상청의 기후예측모델(MRIGCM)에 의한 예측치를 이용하였다. MRIGCM은 4°×5° (위도폭 4°, 경도폭 5°)의 大氣海洋混合層모델이며, 이 모델을 가지고 CO₂농도가 320ppmv 그대로의 기후를 계산한 1×CO₂ 실험과 CO₂濃도를 倍增시킨 2×CO₂ 실험인 2가지의 平衡實驗을 행하여, 이 실험의 결과로부터 CO₂배증시의 기후가 예측되어 있다(Kitoh, 1991a, 1991b). CO₂배증에 의한 기온의 변화는 全球 平均 5°C가 上昇할 것으로 예상되며, 中·高緯度帶에서의 昇溫이 크고, 특히 北半球에서 크게 나타난다. 降水變化는 全球 平均 年降水量이 122mm 증가할 것으로 예측되며, 赤道附近에서의 變化量의 起伏이 심하게 나타난다.

MRIGCM의 1×CO₂ 실험에서의 CO₂ 濃度は 1958년 前後의 CO₂換算濃도와 거의 같기 때문에, WMSSC에 收錄된 觀測值 가운데 觀測初年度부터 1958년까지의 氣溫과 降水量의 平均값을 구해, 이를 현재의 관측치로 하였다. 이때 1958년 前後의 記錄이 없는 測候所는 削除했기 때문에 3,265개소였던 측후소의 수는 2,001개소로 되었다. 그리고 2,001개소의 기후관측치를 1°×1°로 구면보간한 것을 현재의 기후(1×CO₂기후)로

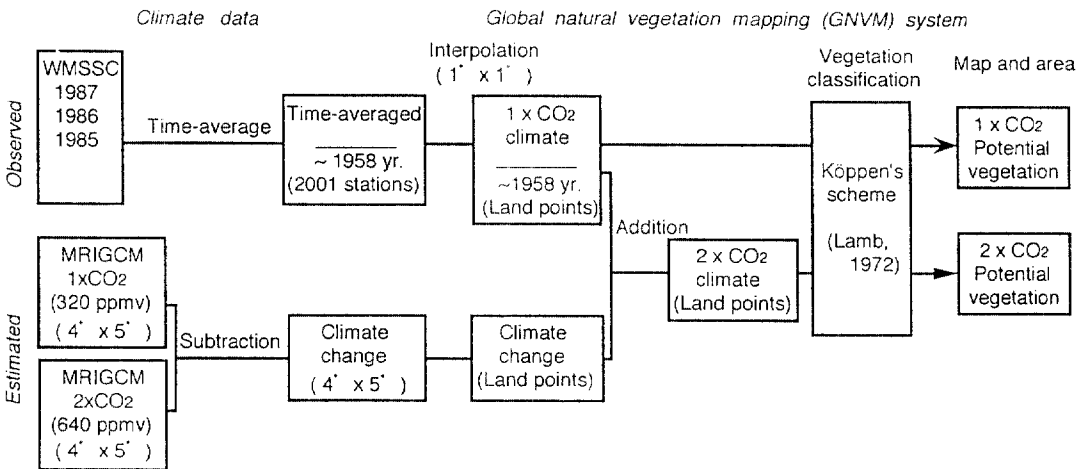


Fig. 1. Flow for determining potential vegetation on the globe under the 1×CO₂ and 2×CO₂ climates. World Monthly Surface Station Climatology(WMSSC) is one of the datasets contained in the World WeatherDisc(WeatherDisc Assoc. Inc., 1990) and the climate scenario has been projected by global circulation model(GCM) at Meteorological Research Institute(MRI) of Japan.

하였다. CO₂ 倍增時(2×CO₂)의 氣候는 1°×1°에 있어서의 기후변화량에 현재의 기후를 합한 것으로 하였다.

한편, 각 격자점에 대한 식생형을 결정하기 위해 Köppen의 기후/식생구분법(Lamb, 1972)을 이용하였는데, 이는 다른 어느 식생구분법보다 먼저 작성되어 잠재자연식생에 보다 가깝고, 널리 이용되고 있기 때문이다. Köppen의 기후/식생구분법은 세계의 기후를 5개로(열대, 건조대, 온대, 아한대, 한대) 구분하고, 이를 다시 12개로 분류하였다(Table 1 참조). 이 기후/식생구분법은 最暖月氣溫, 最寒月氣溫, 年平均氣溫, 最濕月降水量, 最乾月降水量, 年降水量, 最乾月の 7개 要因을 가지고 기후/식생을 구분하고 있다.

結果 및 考察

現在の 氣候와 CO₂倍增時의 氣候를 GNM시스템에 入力하여, 각각의 기후에 대한 식생면적을 추정했다(Table 1). Table 1에서, 對角線상의 값은 CO₂증가에 의한 기후변화하에서도 식생의 변화가 일어나지 않는 면적을 의미한다. 하지만, 대각선상을 벗어난 수치들은 기후변화에 의해 각각의 식생형이 다른 식생형으로 變換되어질 면적변화를 나타낸다.

대기중의 CO₂배중에 의한 기후변화의 결과, 식생면적의 변화는 육상면적(150.4억ha)의 約 1/3에 해당되는 49.0억ha에 달할 것으로 예상되며, 잠재삼림면적(Af, Am, Cf, Cw, Df, Dw)은 68.2억ha에 이를 것으로 추정된다. 大區分에 있어서 열대지역(A)과 아한대지역(D)은 각각 4.6억 ha와 3.1억ha가 증가하지만, 건조대(B), 온대(C) 및 한대(E)지역은 0.3억ha, 0.1억ha, 7.3억ha가 감소함으로써, 열대지역의 확대와 한대지역의 축소가 현저하게 나타났다. 이는 CO₂배증으로 인한 대기중의 기온의 상승으로 한대이었던 여러 지역이 대량으로 아한대로 변화하기 때문에 아한대의 면적은 증가한다. 그리고 건조대와 온대에 있어서는 확대와 축소의 調和가 이루어져, 이들간의 면적변화는 적게 나타난다. 이는 식생대가 전체적으로 赤道地域에서 極地方으로 移動될 것이라는 것을 意味한다. 이를 Emanuel 등(1985)과 비교하여 보면, 열대가 증가, 한대가 감소, 그리고 건조대, 온대에서의 증감이 미소하다는 점은 같지만, 아한대가 축소된다는 점이 다르다. 이것은 Emanuel 등(1985)이 식생구분을 행한 범위가 80° N~60° S로서, 그린랜드와 남극대륙이 포함되지 않음으로 인해, 이 두 지역 주변의 한대가 아한대로 변화한 면적이 계산되어 있지 않기 때문인 것으로 사료된다.

Table 1. Changes in global vegetation area (G ha) based on Köppen scheme.

		2×CO ₂										Total		Changed				
		A			B		C			D		E		1×CO ₂	2×CO ₂	Abs.	%	
		Af	Am	Aw	BS	BW	Cf	Cw	Cs	Df	Dw	ET	EF					
CO ₂	1	Af	0.45	0.15	0.07										0.67	0.60	-0.07	-10.45
		Am	0.10	0.27	0.18										0.55	0.61	0.06	10.91
		Aw	0.01	0.11	1.64	0.08	0.01								1.85	2.32	0.47	25.41
	×	BS			0.07	1.04	0.33	0.03		0.12	0.20	0.02			1.81	1.62	-0.19	-10.50
		BW				0.19	1.29								1.48	1.64	0.16	10.81
		Cf	0.03	0.04	0.11	0.12		0.91	0.17	0.17					1.55	1.41	-0.14	-9.03
	×	Cw		0.04	0.25	0.08		0.01	0.30	0.01					0.69	0.52	-0.17	-24.64
		Cs	0.01			0.03	0.01	0.06	0.01	0.31					0.43	0.73	0.30	69.77
		Df				0.08		0.35	0.01	0.12	2.11	0.30			2.97	3.03	0.06	2.02
	×	Dw						0.01	0.03		0.21	0.15			0.40	0.65	0.25	62.50
		ET						0.04			0.51	0.18	0.42		1.15	0.66	-0.49	-42.61
		Ef										0.24	1.25		1.49	1.25	-0.24	-16.11

A : tropical zone, B : Arid zone, C : temperate zone, D : subpolar zone, E : polar zone, Af : tropical rain forest, Am : tropical monsoon forest, Aw : savanna, BS : steppe, BW : desert, Cf : broad-leaved forest, Cw : dry forest or mixed forest, Cs : mediterranean vegetation, Df and Dw : coniferous forest, ET : tundra, EF : ice.

同一 大區分內에서도 Am(Tropical monsoon forest), Aw(Savanna), BW(Desert), Cw(Dry and mixed forest), Cs(Mediterranean forest), Dw(Coniferous forest)는 건조한 기미가 있는 식생이며, Af(Tropical rain forest), BS(Steppe), Cf(Broad-leaved forest), Df(Coniferous forest)는 습윤식생으로 간주될 수 있다(Table 1). 열대지역내에서는 Af의 면적이 0.7억ha 감소한 반면에 Am와 Aw의 면적합계가 5.3억ha 증가하고, 건조지역내에서는 BS의 면적이 1.9억ha 감소한 반면 BW의 면적이 1.6억ha 증가, 온대지역내에서는 Cf의 면적이 1.4억ha 감소하지만 Cw와 Cs의 面積計가 1.3억ha 증가, 아한대지역에서는 Df (0.6억ha), Dw(2.5억ha) 모두 증가하지만 Dw면적의 증가가 더 크다. 이상의 결과에서, 대기중의 CO₂ 배증에 의해 전체적인 강수량은 증가함에도 불구하고, 동일 대구분내에서 건조한 식생의 면적이 증가할 것으로 사료된다. 이것은 강수량의 증가보다도 기온의 상승 비율이 높아, 식물에 있어서의 유효강수량이 감소하기 때문인 것으로 판단된다.

기후변화에 의한 절대면적의 변화에 있어서 Aw, Cs, Dw식생대와 BW지역은 크게 확대될 것이며, Cw식생대와 ET, EF지역은 크게 줄어들 것으로 예상된다. 식생대의 이동에 있어서는 ET지역이 EF지역으로 확장되지만(2.4억ha), Df와 Dw에 의해 각각 5.1억ha, 1.8억ha로 크게

축소된다. 이는 대기중의 CO₂가스의 증가에 따라 기온의 상승폭이 고위도지역에서 크기 때문인 것으로 사료된다. 또한, Df지역으로 주로 확대되는 Cf지역 및 Cf지역으로 크게 확대되는 Cw지역은 Aw, Cs, BS의 침범에 의해 그 면적이 줄어들 것이며, BS지역은 사막(BW)지역과 아한대지역에 의해 축소되고, Af지역의 축소는 Aw와 Am의 확대에 의한 것으로 나타난다. 이 원인으로서는 중·저위도지역에서의 기온의 상승과 증발산량의 증가가 고려된다. 결국 기후변화에 의해 전체 식생대는 적도지역에서 극지역으로, 건조지역에서 습윤지역으로 이동될 것으로 사료된다.

한편, 1×CO₂ 氣候와 2×CO₂ 氣候下에서 나타나는 식생도 및 각각의 식생대간에 있어서 유사성, 상위성, 유사성의 순위를 파악하기 위하여 Kappa 통계분석(Monserud와 Leemans, 1992)을 행했다(Table 2). Table 2의 제일 오른쪽 열에 나타나는 Kappa통계수치(K)는 식생도 및 각각의 식생대간의 일치 정도를 나타내는데, Monserud와 Leemans(1992)에 의해 그 일치정도에 대한 범위가 제안되었다. 제안된 일치정도의 범위는, K가 0.05이하면 No, 0.20이하면 Very poor, 0.40이하면 Poor, 0.55이하면 Fair, 0.70이하면 Good, 0.85이하면 Very good, 0.99이하면 Excellent이고 이상이면 Perfect로 구성되어 있다. K가 크면 클수록 현재의 기후하에서 분포하는 식생대는

Table 2. Kappa statistic for assessing agreement between vegetation area corresponding to the 1×CO₂ and 2×CO₂ climates

	Area comparison (units = billion ha)				
	1×CO ₂ climate	2×CO ₂ climate	Stable	% Stable	Kappa statistis
tropical rain forest (Af)	0.67	0.60	0.45	67.16	0.70
tropical monsoon forest (Am)	0.55	0.61	0.27	49.09	0.44
savanna (Aw)	1.85	2.32	1.64	88.65	0.75
steppe (BS)	1.81	1.62	1.04	57.46	0.56
desert (BW)	1.48	1.64	1.29	87.16	0.81
broad-leaved forest (Cf)	1.55	1.41	0.91	58.71	0.57
dry forest or mixed forest (Cw)	0.69	0.52	0.30	43.48	0.48
mediterranean vegetation (Cs)	0.43	0.73	0.31	72.09	0.52
coniferous forest (Df)	2.97	3.03	2.11	71.04	0.63
coniferous forest (Dw)	0.40	0.65	0.15	37.50	0.26
tundra (ET)	1.15	0.66	0.42	36.52	0.43
ice (EF)	1.49	1.25	1.25	83.89	0.90
Forest (Af, Am, Cf, Cw, Df, Dw)	6.83	6.82	4.19	61.35	0.29
Total	15.04	15.04	10.14	67.42	0.63

기후변화하에서도 식생변화가 적다는 것을 의미하며, K가 작을수록 해당 식생대는 기후변화의 영향을 많이 받는다는 것을 가리킨다. Table 2에서 보여주듯이 1×CO₂ 氣候와 2×CO₂ 氣候下에서 전체 식생대의 비교에 대한 Kappa 값은 일치정도가 Good인 0.63으로 나타난다. 더욱이 현재의 식생대가 기후변화하에서도 변치 않는 면적이 전 육상면적의 67.42%로 추정된다. 한편, 각각의 식생대간의 일치 정도가 Good이상인 식생대는 Af, Aw, BS, BW, Cf, Df, EF로 나타난 반면, 그 이외의 식생대는 일치 정도가 낮았다. 특히, 기후변화에 의해 빙설지역은 절대면적이 0.24Gha 줄어들지라도 변화가 적을 것으로 예상된다. 또한, 사반나와 사막지역도 기후변화에 의해 절대면적은 증가할지라도, 변치 않는 면적이 각각 88.65%와 87.16%로서 기후변화에 의해서도 변화가 적을 것으로 나타난다.

기후변화가 대륙별 잠재삼림면적에 미치는 영향을 파악하기 위하여 남극대륙을 제외한 6개 대륙에 대하여 추정하였다(Table 3). 남극대륙을 제외한 이유는 기후변화하에서도 삼림이 분포하지 않기 때문이다. 북 아메리카와 아시아에서는 기후변화에 의해 잠재삼림면적이 증가될 것으로 나타난다. 북 아메리카에서는 주로 열대우림 및 온대 광엽수림지역의 확대와 아한대 침엽수림(Df)지역의 감소가 두드러지며, 아시아에서는 아

한대지역의 침엽수림대가 크게 확대될 것으로 나타난다. 한편, 남아메리카, 유럽, 아프리카, 오세아니아에서는 기후변화하에서 잠재삼림면적이 감소하나, 유럽에 있어서의 삼림면적의 감소는 아주 작게 나타난다. 남아메리카에서는 Cw를 제외한 전 삼림대가 감소하는데, Cf의 면적이 가장 크게 나타난다. 그리고 아프리카의 삼림대의 변화는 열대지역의 삼림면적의 증가와 온대지역의 삼림면적의 감소로 나타난다. 유럽은 Cf지역의 확대와 Df지역의 감소가 크며, 오세아니아에서는 열대우림과 온대 광엽수림의 면적이 감소하고 사막지역이 현저하게 확대된다.

結 論

豫想되는 氣候變化下에서 森林資源의 持續可能한 利用과 地球 環境保全을 위한 情報를 提供하기 위해, 大氣中의 이산화탄소 濃度의 倍增(2×CO₂)에 따른 氣候變化가 潛在森林面積에 미치는 影響을 Köppen의 氣候/植生區分法에 根據한 植生圖 製作 시스템에 의해 推定했다. 기후변화에 의해 세계의 潛在 植生帶는 主로 赤道地域에서 極方向으로 移動될 것이며, 잠재 식생면적의 변화는 地球 陸上面積(150.4 億ha)의 約 1/3에 該當하는 49.0億ha에 이를 것으로 예상된다. 현재의 기후와 豫想되는 기후에 對應하는 지구 전체

Table 3. Continental vegetation area(billion ha) based on Köppen scheme under the 1×CO₂ and 2×CO₂ climates

Vegetation type	North America		South America		Europe		Africa		Asia		Oceania	
	1×CO ₂	2×CO ₂	1×CO ₂	2×CO ₂	1×CO ₂	2×CO ₂	1×CO ₂	2×CO ₂	1×CO ₂	2×CO ₂	1×CO ₂	2×CO ₂
Af	0.01	0.04	0.35	0.28			0.09	0.12	0.17	0.15	0.07	0.03
Am	0.08	0.07	0.22	0.21			0.14	0.15	0.09	0.15	0.02	0.02
Aw	0.06	0.08	0.50	0.69			0.93	1.07	0.26	0.41	0.08	0.07
BS	0.18	0.07	0.04	0.07	0.01		0.63	0.75	0.64	0.51	0.31	0.21
BW	0.02	0.09	0.01	0.01			0.82	0.72	0.37	0.31	0.27	0.50
Cf	0.31	0.51	0.50	0.30	0.33	0.38	0.11	0.02	0.17	0.16	0.13	0.04
Cw	0.03	0.04	0.04	0.10			0.22	0.09	0.38	0.27	0.03	0.03
Cs	0.08	0.27	0.05	0.06	0.09	0.13	0.06	0.08	0.15	0.18		0.01
Df	1.07	0.94			0.60	0.49			1.29	1.60		
Dw		0.01				0.04			0.40	0.61		
ET	0.49	0.24	0.08	0.08	0.04	0.01			0.48	0.05		
EF	0.14	0.11	0.01						0.01	0.01		
Forest area(%)	60.73	65.18	61.67	49.44	87.74	85.85	18.67	12.67	56.69	66.67	27.47	13.19
Total area	2.47		1.80		1.06		3.00		4.41		0.91	

의 植生分布形態 間의 一致程度는 Kappa統計값이 0.63(Good)으로 나타났으며, 기후변화에 크게 영향을 받지 않는 지역은 사막과 빙설지대로 예상된다. 세계의 잠재삼림면적은 氣候變化下에서 68.2億ha로 추정되고, 대륙별 잠재삼림면적에 있어 유럽은 거의 변화가 없을 것으로 사료되나, 북미와 아시아 대륙은 기후변화와 함께 잠재삼림면적이 증가할 것이며, 남미, 아프리카, 오세아니아에서는 잠재삼림면적이 크게 감소할 것으로 예측된다. 특히, 오세아니아에서는 기후변화에 의한 사막화 현상이 가속화될 것으로 사료된다.

引用文獻

1. 車環洙. 1997. 地球上의 潛在森林面積을 推定하기 위한 適定 植生圖製作 시스템의 選拔. 韓國林學會誌 86 : 25-34.
2. 車環洙·落合公也. 1997. 地球의 潛在自然植生을 推定하기 위한 最適球面補間法の 開發. 韓國林學會誌 86 : 17-24.
3. 吉良 龍夫. 1976. 陸上生態系 概論. 共立, 東京. 166pp.
4. Bolin, B., J. Houghton and L.G. Meira Filho. 1995. Radiative forcing of climate change prepared by working group I. In Climate change 1994: Radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 emission scenario(Houghton, J., L.G. Meira Filho, J. Bruce, H. Lee, B.A. Callander, E. Haites, N. Harris and K. Maskell eds.), Cambridge University Press, UK. 11-32pp.
5. Cha, G.S. and T. Sweda. 1993. Change in global vegetation caused by doubling atmospheric carbon dioxide. Advancement in forestry inventory and forest management sciences(Proc. IUFRO Seoul Conf. Sept. 20-25, 1993). 484-494pp.
6. Dale, V.H., R.A. Houghton and C.A.S. Hall. 1991. Estimating the effects of land-use change on global atmospheric CO₂ concentrations. Can. J. For. Res. 21 : 87-90.
7. Emanuel, W.R., H.H. Shugart and M.P. Stevenson. 1985a. Climate change and the broad-scale distribution of terrestrial ecosystem complexes. Climatic Change 7 : 29-43.
8. Emanuel, W.R., H.H. Shugart and M.P. Stevenson. 1985b. Response to comment : Climate change and the broad-scale distribution of terrestrial ecosystem complexes. Climatic Change 7 : 457-460.
9. Guetter, P.J. and J.E. Kutzbach. 1990. A modified Köppen classification applied to model simulations of glacial and interglacial climates. Climatic Change 16 : 193-215.
10. Holdridge, L.R. 1947. Determination of world plant formations from simple climatic data. Science 105 : 367-368.
11. Kitoh, A. 1991a. International variation in an atmospheric GCM forced by the 1970-1989 SST Part I : Response of the tropical atmosphere. J. Meteor. Soc. Jpn. 69 : 252-269.
12. Kitoh, A. 1991b. International variation in an atmospheric GCM forced by the 1970-1989 SST Part II : Low-frequency variability of the wintertime northern hemisphere extratropics. J. Meteor. Soc. Jpn. 69 : 271-291.
13. Lamb, H. H. 1972. Climate : Present, past and future. Methuen Co. Ltd., London. 498-500, 511-521pp.
14. Manabe, S. and R.J. Stouffer. 1980. Sensitivity of a global climate model to an increase of CO₂ Concentration in the atmosphere. J. Geophys. Res. 85 : 5529-5554.
15. Monsrud, R.A. and R. Leemans. 1992. Comparing global vegetation maps with the Kappa statistics. Ecological Modeling 62 : 275-293.
16. Neilson, R.P. 1993. Vegetation redistribution : A possible biosphere source of CO₂ during climate change. Water, Air, and Soil Pollution 70 : 659-673.
17. Prentice, K.C. and I.Y. Fung. 1990. The sensitivity of terrestrial carbon storage to climate change. Nature 346 : 48-51.
18. Robinson, J., S. Brush, I. Douglas, T.E. Graedel, D. Graetz, W. Hodge, D. Liverman, J. Melillo, R. Moss, A. Naumov, G. Njiru, J. Penner, P. Rogers, V. Ruttan, and J. Sturdevant. 1994. Land-use and Land-cover

- projections : Report of working group C. In Change in land use and land cover : A global perspective(Meyer, W.B. and B.L. Turner II eds.). Cambrige University Press, UK. 324-340pp.
19. Thornthwaite, C. W. 1933. The climates of the earth. Geogr. Rev. 23 : 433-440.
20. Walter, H. 1984. Vegetation of the earth and ecological systems of the geobiosphere, Third edition. Springer-verlag, Berlin. p.318.
21. WeatherDisc Associates, Inc. 1990. World WeatherDisc.