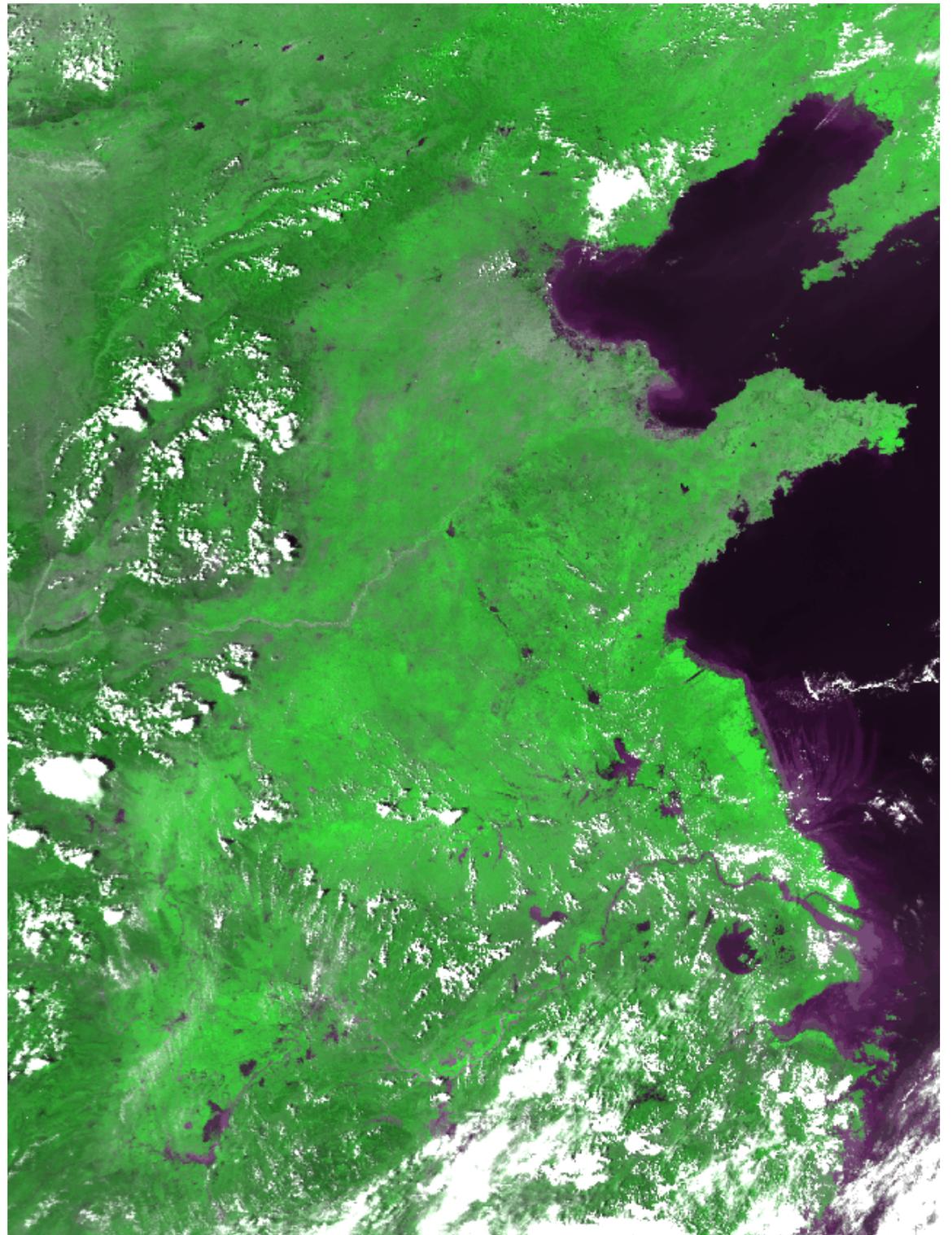


歴史時代の数千年間の人間の環境へのインパクト、すなわち土地被覆の変化はどの程度のものだったか？

それによって、気候すら変えた可能性がある

現在の気候は変化した土地被覆を境界条件として成り立っているのではないか？



# 森林の減少の歴史

・ヨーロッパでは森林減少の反省が近代林学の発展に繋がった

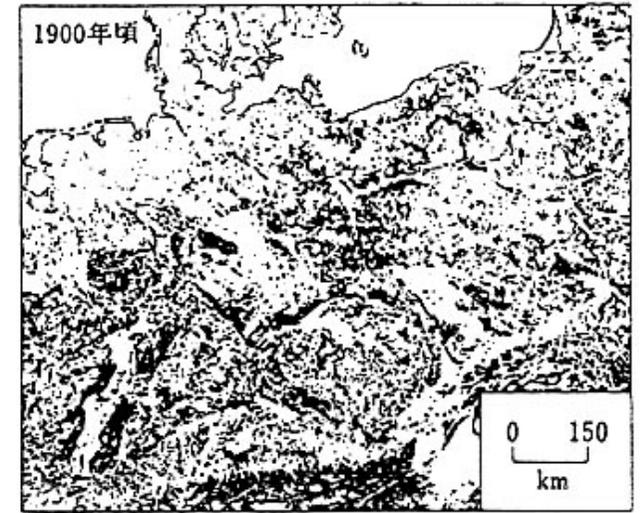
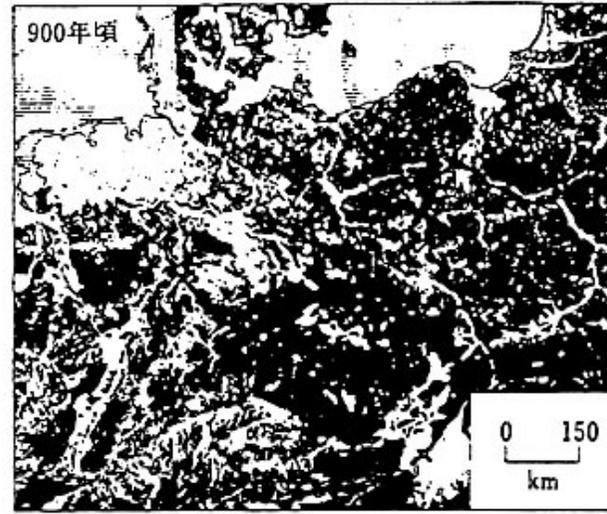


図 2 ヨーロッパの 900 年頃の森の分布 (左) と 1900 年頃の森の分布 (右) (Darby, 1956)

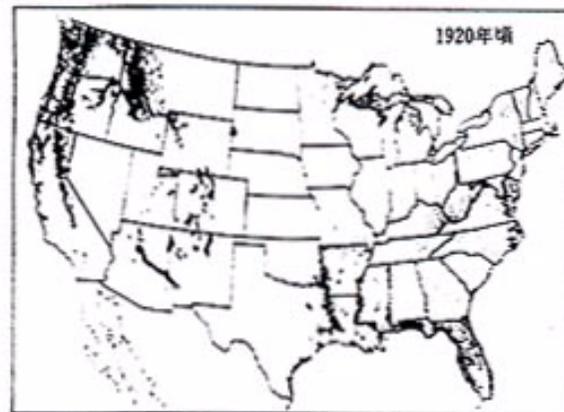
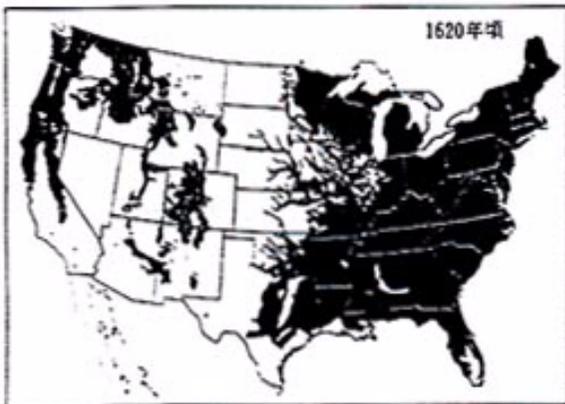


図 3 アメリカの 1620 年頃の森の分布 (上) と 1920 年頃の森の分布 (下) (Goudie, 1981)  
一つの点は 2 万 5000 エーカーの森を示す。

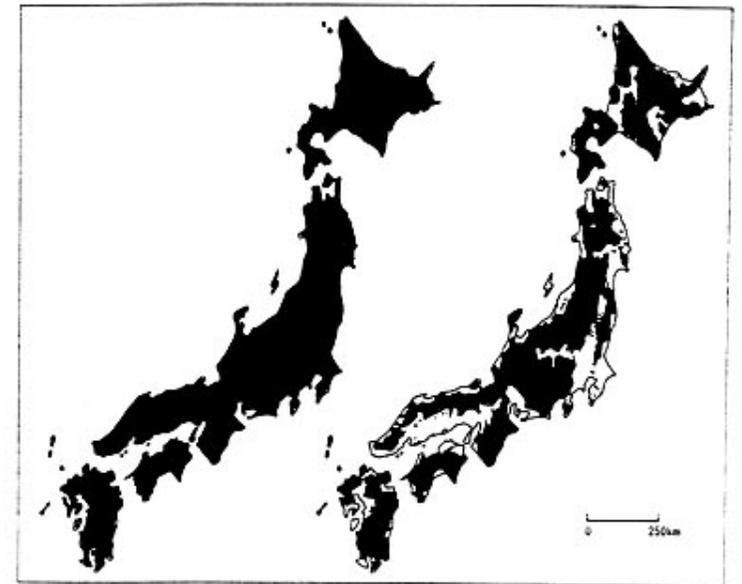


図 7 日本列島の 3000 年前頃の森の分布 (左) と 1970 年代の森の分布 (右)

## どんな手法があるか？

- ・モデル
- ・経験的な方法

### 1) 現在の植生分布をマッピングする

リモートセンシングによるフェノロジー解析

### 2) 自然植生の復元

気候と植生帯の関係

### 3) 地域蒸発散量の計算

現植生・土地被覆に基づく蒸発散量  
自然植生に基づく蒸発散量

現在では様々なグローバルデータセットがCD-ROMやオンラインで入手できるようになった

- 1) EDC-NESDIS Monthly Experimental Calibrated Global Vegetation Index
- 2) Leeman's Holdridge Life Zone
- 3) Legates and Willmott Annual Temperature
- 4) Legates and Willmott Annual Corrected Precipitation
- 5) Leemans and Cramer IIASA Mean Monthly Cloudiness
- 6) Matthews Seasonal Albedo
- 7) Global Elevation and Bathymetry(ETOPO5)

ネットサーフィンでデータを探してみよう！

上記のデータはここから

[http://www.ngdc.noaa.gov/seg/eco/cdroms/gedii\\_b/go.htm](http://www.ngdc.noaa.gov/seg/eco/cdroms/gedii_b/go.htm)

その他のデータはここから入ってみよう(データベースの項目)

[http://wwwsv.cr.chiba-u.ac.jp/links\\_frame.html](http://wwwsv.cr.chiba-u.ac.jp/links_frame.html)

## 現植生、土地被覆マップの作成法

### 1) 吉良の温量指数

月平均気温で5 を超える温度を積算

### 2) NDVI: 年間のNDVIの積算値

バイオマスの量により群系の判別

### 3) 地理的位置

地球は年々狭くなっている。わかっている情報は使う。

### 4) 年降水量

### 5) 月降水量が50mmを越える月数

月降水量が50 ~ 100mmを下回ると植生は成長を止めるという経験的知識

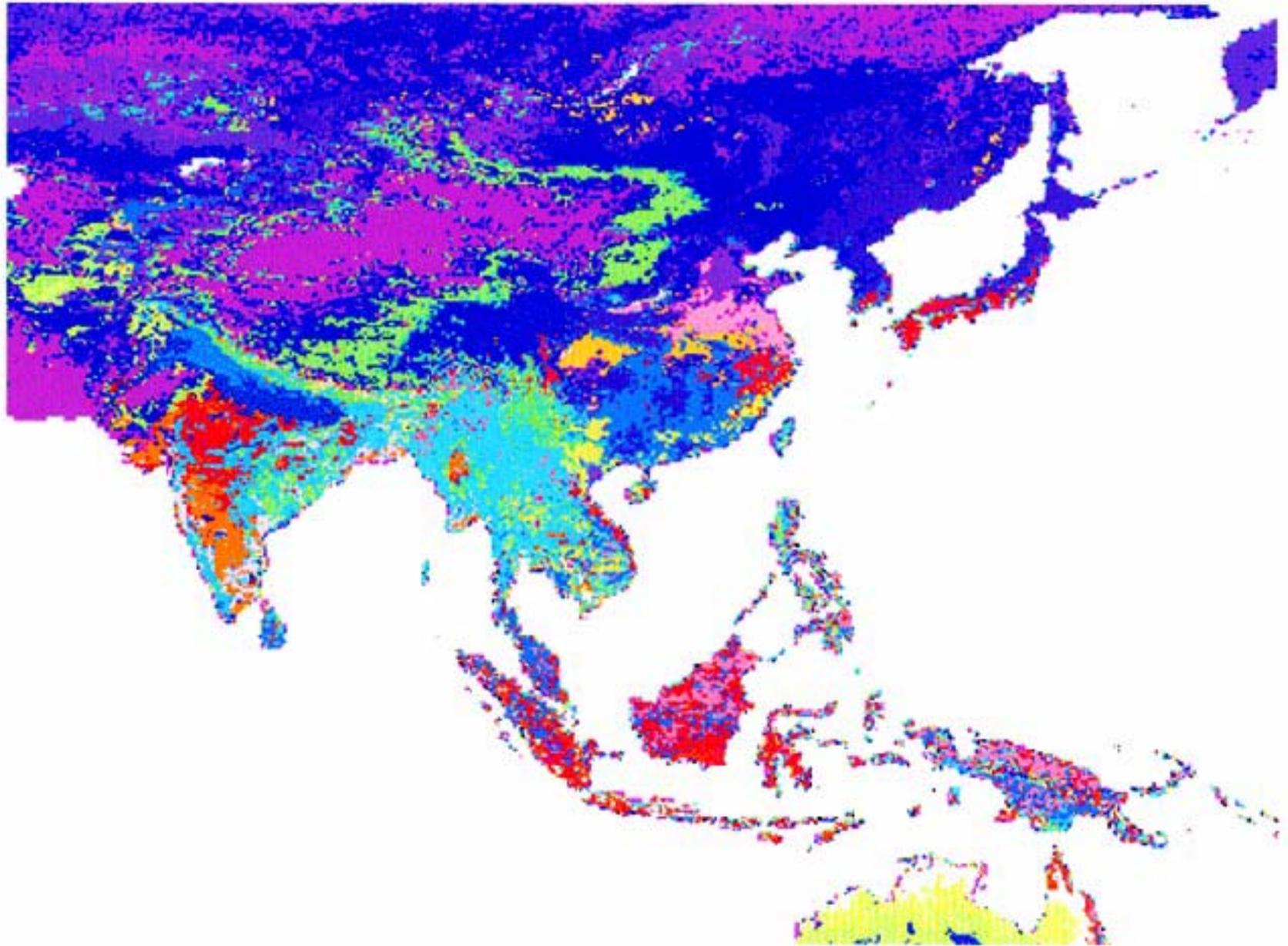
# 吉良の温量指数(吉良、1945)

WI	P50*	Forest Classes
240 <	12	FTR:Tropical Rain Forest
240 <	< 12	FTS:Tropical Seasonal Forest
180-240		FST:Subtropical Forest
85-180	***	FEB:Evergreen Broadleaf Forest
45- 85**		FDB:Deciduous Broadleaf Forest
< 45		FND:Coniferous Forest

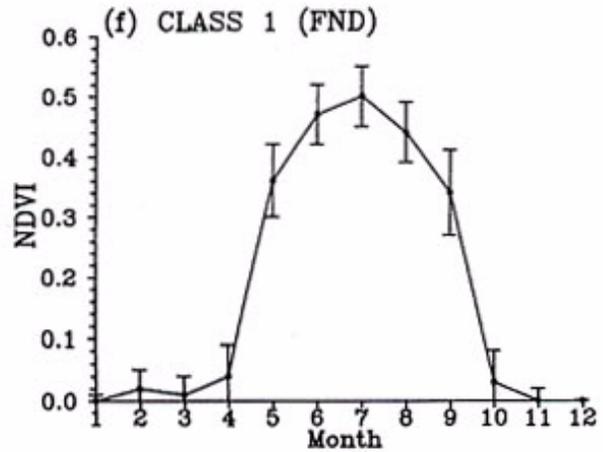
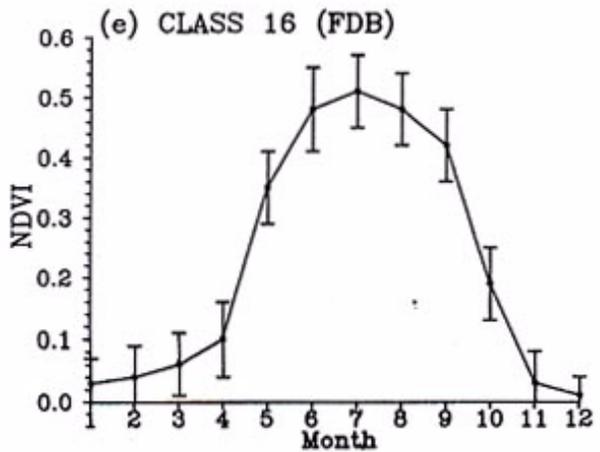
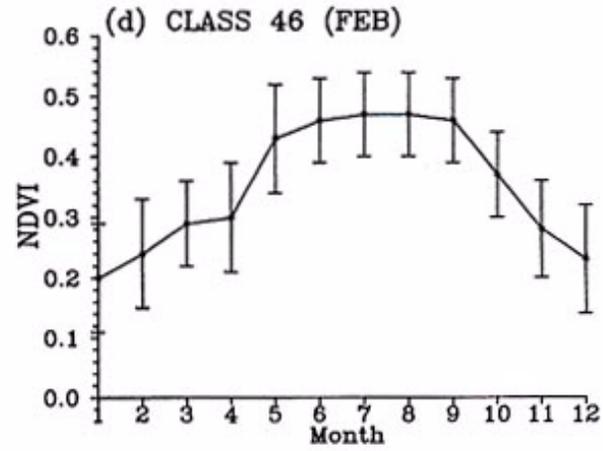
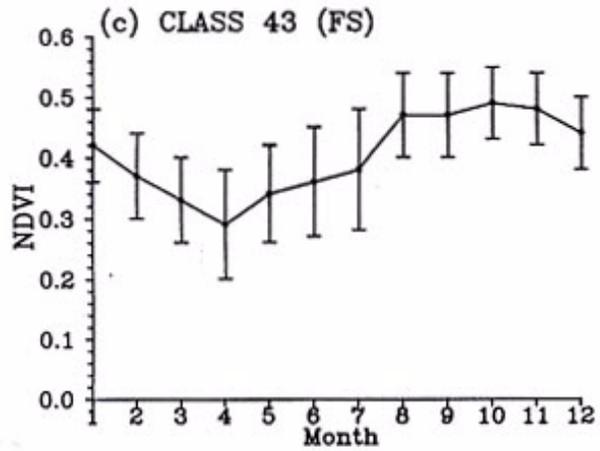
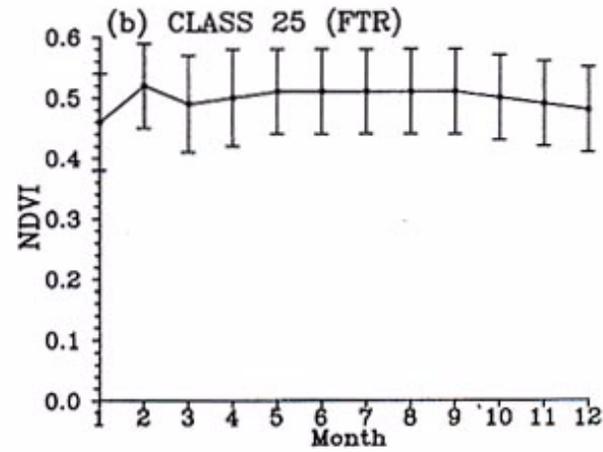
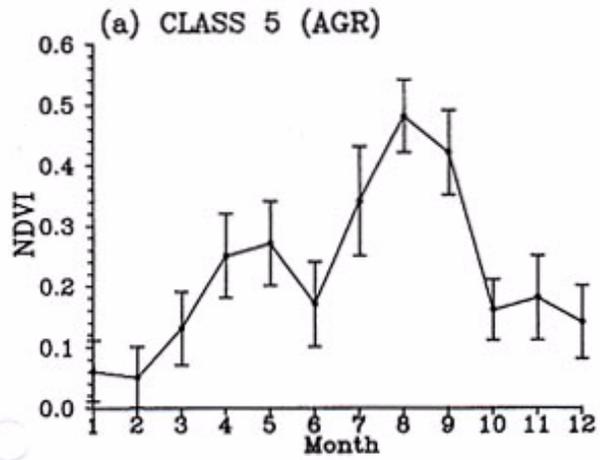
(°C・month)

- \*) P50 is the number of month which exceed 50mm of monthly precipitation.
- \*\*\*) Threshold WI between FEB and FDB is 92 in Japan.  
(after Nogami, 1994)
- \*\*\*) FEB can present only when Coldness Index(CI) exceeds -10 °C・month. CI is annual sum of monthly air temperature below 5 °C.

クラスター分析により同じ季節変化をもっているグループに分類



# 様々なフェノロジー



a) 中国華北平原の農地

b) 熱帯雨林

c) 熱帯季節林

d) 常緑広葉樹林

e) 落葉広葉樹林

f) 針葉樹林

No.	Current Class	Holdridge	Natural Vegetation	N	% of Land	Ea (mm/y)	ΣNDVI	WI (deg/m)	Pa (mm/m)	P50
1	DES	ClTmpD/B	DES	13293	10.75	789.0	5.94	125.4	325.8	0
2	GRS	PoDes	GRS	8402	6.79	768.2	0.41	104.6	369.0	0
3	GRS	SbTrpThn	GRS	406	0.33	1355.1	0.66	247.6	1045.3	2
4	GRS	WmTmpThn	GRS	381	0.31	980.4	1.92	177.2	1213.8	2

No.	Current Class	Holdridge	Natural Vegetation	N	% of Land	Ea (mm/y)	ΣNDVI	WI (deg/m)	Pa (mm/m)	P50
15	GRS/AGR	BorMsF	FND	4303	3.48	405.5	1.87	38.8	483.1	3
16	GRS/AGR	ClTmpStp	GRS/AGR	900	0.73	739.3	1.74	100.1	618.5	2
17	GRS/AGR	SbTrpDryF	PTS	1550	1.25	1375.2	1.90	250.3	1063.0	4
18	GRS/AGR	TrpDryF	FTS	1654	1.34	1358.7	2.60	248.0	1375.2	5
19	GRS/AGR	SbTrpMsF	FST	89	0.07	1086.2	1.87	183.6	1814.0	6
20	AGR	TrpMsF	FTS	98	0.08	1481.2	1.09	253.7	2110.0	12
21	AGR	WmTmpDryF	FDB	936	0.76	881.9	2.64	126.5	806.0	3
22	AGR	WmTmpDryF	FEB	918	0.74	896.3	3.26	128.9	840.9	6
23	AGR	SbTrpMsF	FST	1587	1.28	1247.5	2.77	217.3	1539.0	7
24	AGR	SbTrpMsF	FST	61	0.05	1407.7	3.37	231.5	2251.3	12
25	AGR	TrpVDryF	FTS	1637	1.32	1390.3	1.48	254.2	1001.6	5
26	AGR	SbTrpMsF	FST	183	0.16	1114.3	2.91	207.1	2087.2	8
27	AGR	SbTrpDryF	FST	663	0.54	1239.9	3.28	228.4	1012.5	4
28	AGR	WmTmpMsF	FEB	1462	1.18	961.1	2.56	137.8	1260.9	11
29	AGR	TrpDryF	FTS	908	0.73	1391.2	2.90	255.2	1592.2	7
30	AGR	WmTmpMsF	FST	152	0.12	917.5	3.18	204.4	1742.5	7
31	AGR	TrpDryF	FTS	1448	1.17	1314.2	2.35	243.4	920.7	4
32	AGR	SbTrpWetF	FTR	52	0.04	1522.2	2.60	240.8	2444.4	12
33	AGR	WmTmpDryF	FEB	982	0.79	893.8	2.55	130.9	1023.8	7
34	AGR	PoDes	AGR	225	0.18	1070.6	1.38	191.9	1886.2	8
35	FND	NorMsF	FND	6124	4.95	368.7	2.21	35.5	517.5	3
36	FND	BorMsF	FND	4734	3.83	388.6	2.49	37.5	454.3	2
37	FND	BorMsF	FND	3050	2.47	399.4	2.42	38.1	594.4	4
38	FND	BorMsF	FND	5304	4.29	409.8	2.72	41.3	511.3	4
39	FDB	BorMsF	FDB	3659	2.96	501.7	2.69	52.4	598.1	5
40	FDB	PoRainF	FDB	1485	1.18	735.7	2.95	60.6	663.7	5
41	FDB	ClTmpMsF	FDB	1900	1.54	739.0	3.67	90.6	1076.7	7
42	FDB	BorMsF	FDB	451	0.36	454.3	2.58	51.8	574.9	3
43	FDB	ClTmpMsF	FDB	2819	2.28	548.0	3.21	58.4	711.7	5
44	AGR/FEB	WmTmpMsF	FEB	1921	1.55	982.7	3.32	147.0	1362.0	9
45	FEB	WmTmpMsF	FEB	973	0.79	925.1	4.21	129.1	1553.1	12
46	FEB	WmTmpMsF	FEB	1278	1.03	1110.2	3.78	166.8	1519.2	6
47	FEB	SbTrpMsF	FEB	1144	0.92	1095.6	3.72	173.2	1620.1	10
48	FST	ClTmpWetF	FST	181	0.15	1031.4	4.30	201.3	1880.3	12
49	FST	SbTrpMsF	FST	292	0.24	1196.7	5.92	206.6	2269.9	8
50	FST	WmTmpWetF	FST	187	0.15	980.9	6.29	230.0	2641.3	12
51	FST	SbTrpMsF	FST	963	0.78	1405.7	4.34	238.6	2323.0	7
52	FST	SbTrpMsF	FST	60	0.05	1165.3	5.32	208.7	1860.6	7
53	FST	SbTrpMsF	FST	1265	1.02	1309.6	5.45	220.0	2299.6	7
54	FST	ClTmpWetF	FST	226	0.18	942.0	5.23	194.1	2272.5	12
55	FST	SbTrpMsF	FST	910	0.74	1112.8	4.30	188.4	1759.9	7
56	FST	SbTrpMsF	FST	2237	1.81	1316.2	4.85	216.3	1861.9	8
57	PTS	TrpDryF	PTS	1080	0.87	1425.6	3.71	256.0	1636.8	5
58	PTS	SbTrpMsF	PTS	557	0.45	1420.1	4.33	252.9	1853.4	8
59	AGR/FTR	SbTrpWetF	FTR	220	0.18	1535.4	4.16	243.1	2561.0	12
60	AGR/FTR	TrpMsF	FTR	1356	1.10	1525.7	4.34	248.2	2397.7	12
61	FTR	SbTrpWetF	FTR	1924	1.56	1535.5	5.99	256.8	2930.4	12
62	FTR	SbTrpWetF	FTR	1737	1.40	1564.8	5.23	259.3	2831.5	12
63	FTR	TrpMsF	FTR	2289	1.85	1507.1	5.19	250.1	2738.2	12
64	AGR/FBS	TrpDryF	PTS	1288	1.04	1602.8	3.18	252.4	1485.1	6

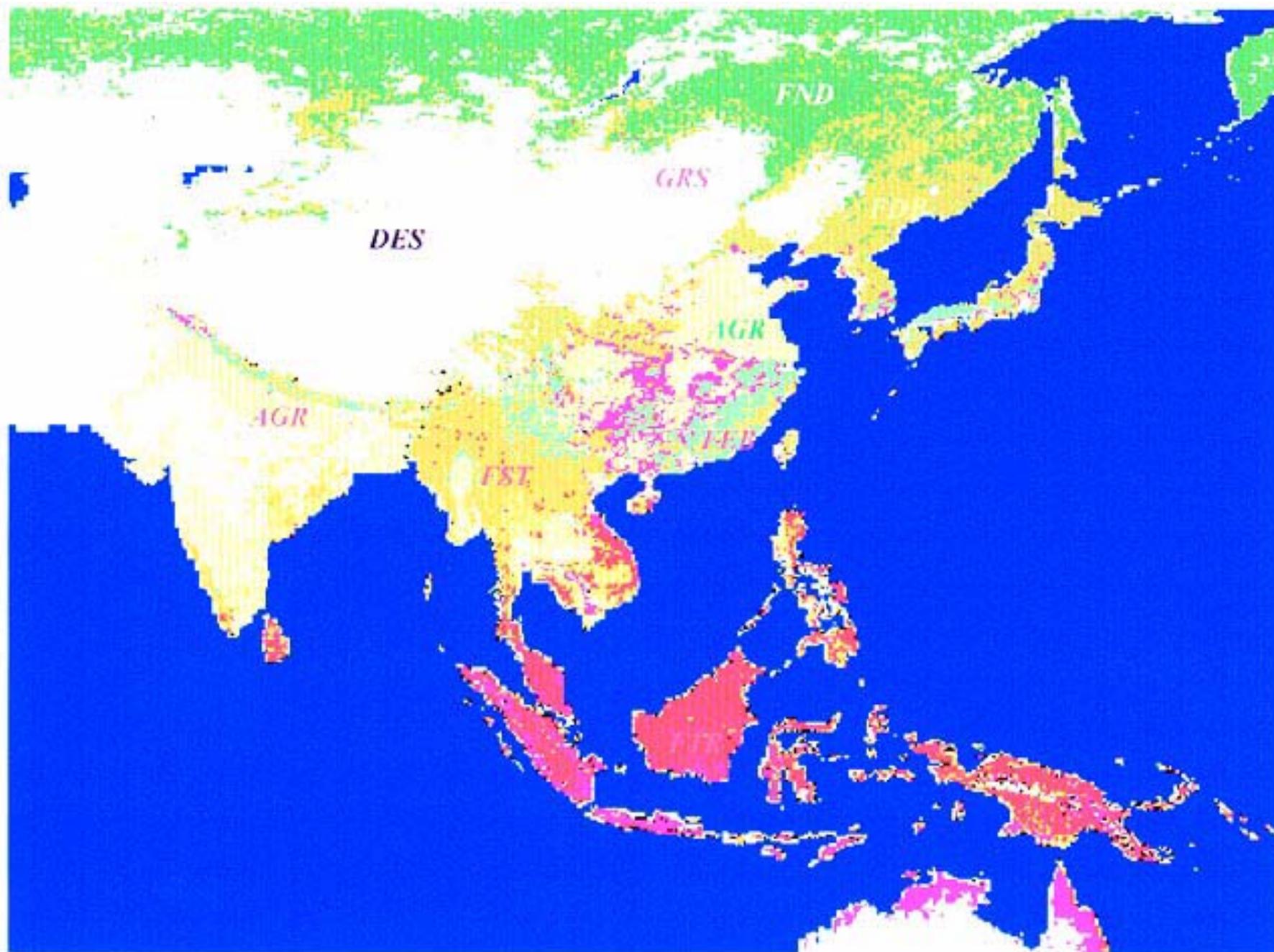
クラスター分析により、64のクラスに分類

ラスタ型GISの考え方により、各クラスごとに、

- NDVI
- 温量指数WI
- Pa
- P50

を求め、クラスを決定

ラスタ型GIS



## Priestley and Taylor Method (Ahn and Tateishi,1994)

利用できるグローバルデータ  
セットを用いて、蒸発量を計算

$$E_p = \alpha \times \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n - G)$$

$E_p$  : potential evaporation

$\alpha$  : coefficient (=1.26)

$R_n$  : net radiation

$G$  : soil heat flux

$\Delta$  : gradient of the saturation vapor pressure curve

$\gamma$  : psychrometric constant

- ・気温
- ・日照時間
- ・アルベド

## Net Radiation (Linacre,1968)

$$R_n = (1 - r)R_s - 1.11(0.2 + 0.8 n/N)(100 - T)$$

$r$  : albedo

$R_s$  : total short-wave radiation

$n/N$  : sunshine fraction

$T$  : air temperature

## Total Short-wave Radiation

$$R_s = (a + b \times n/N) \times R_e$$

$$a = 0.29 \cos(\Phi)$$

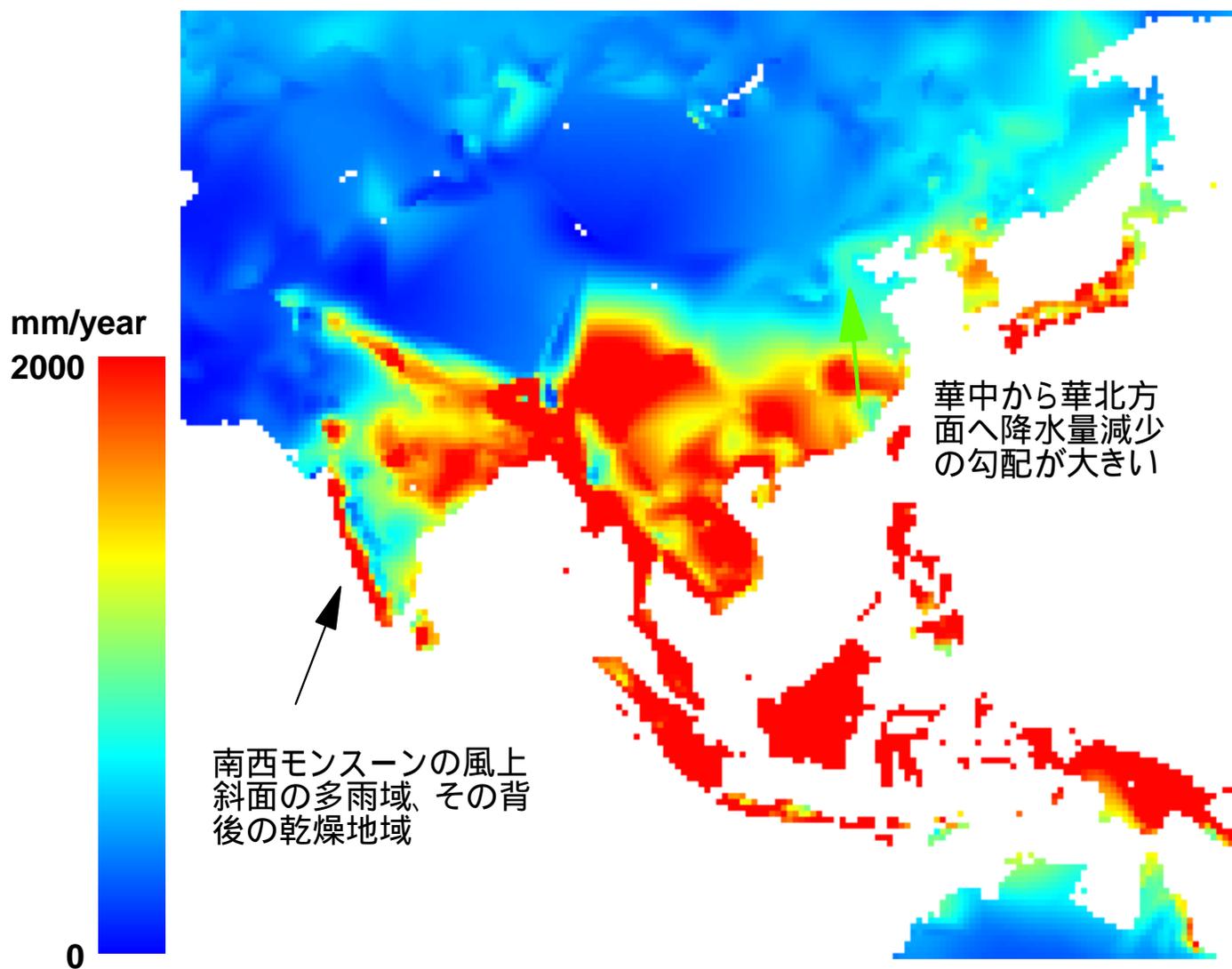
$$b = 0.71 - 0.29 \cos(\Phi)$$

$R_e$  : extra terrestrial radiation

$\Phi$  : latitude

# モンスーンアジアの降水量

Leemans and Cramer IIASA mean monthly precipitation

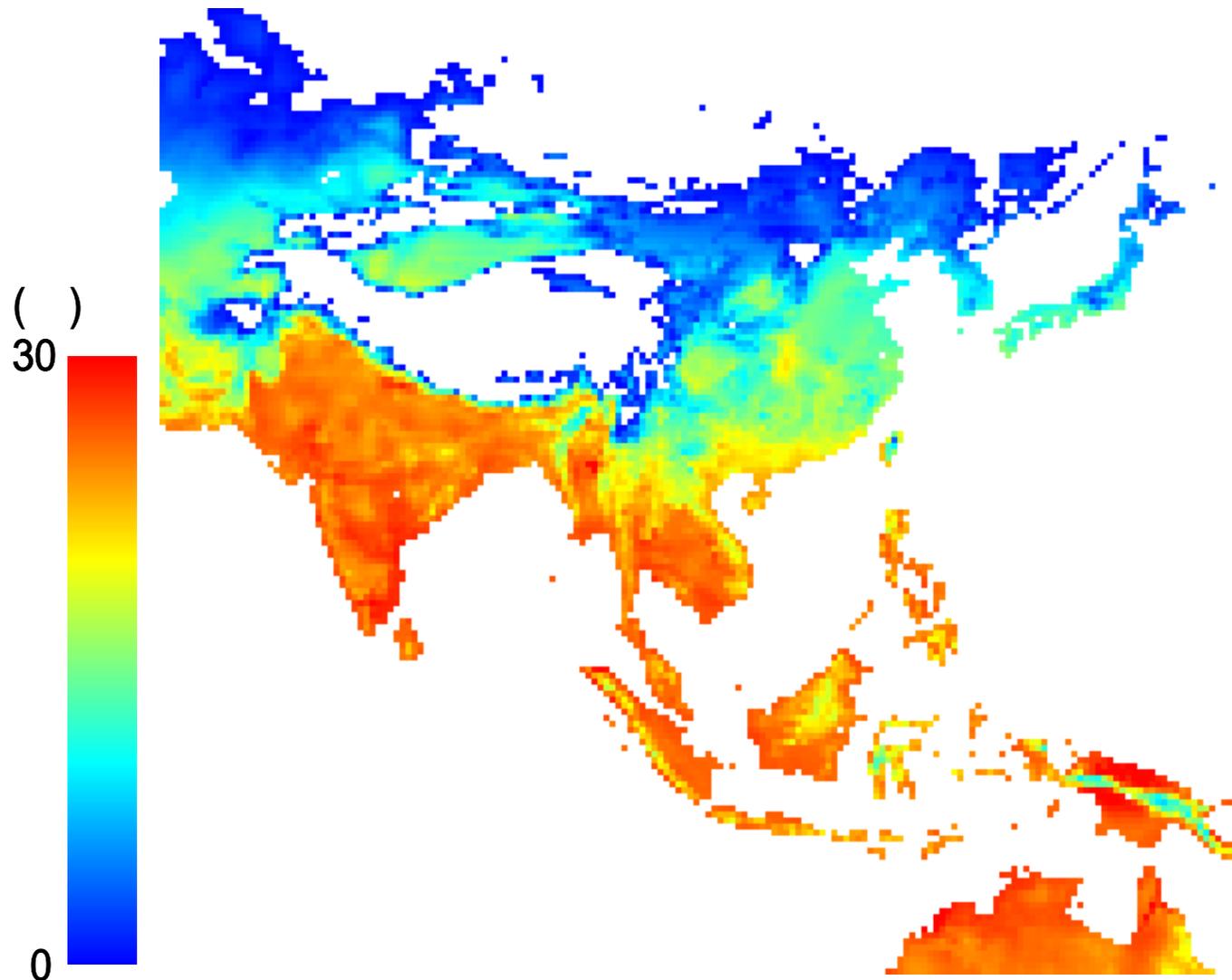


降水量の多い地域は北海道を除く日本から中国南部、東南アジアにかけて広がっている。インドの西ガーツ山脈の西側、パンジャブからアッサムにかけての地域は**南西モンスーンの風上斜面**にあたり、アッサムのCherapunjiは世界最大の降水量を記録した地点として有名である。

一方、**多雨地域に囲まれて寡雨地域**も存在する。ミャンマーのマンダレー周辺やタイのチャオプラヤ河の平野である。これらの地域は南西モンスーン風上斜面の裏側、すなわち風下側に位置する平野であり、これらの地域では降水量分布の空間的勾配が極めて大きくなっている。また、長江、黄河付近から北西に向かう方向も降水量分布の勾配が大きく、数百kmの距離で年降水量が1000mm以上の湿潤地域から年降水量600mm以下の半乾燥地域へ変化している。このように、狭い範囲で降水量が大きく変化することがモンスーンアジアの特徴の一つである。

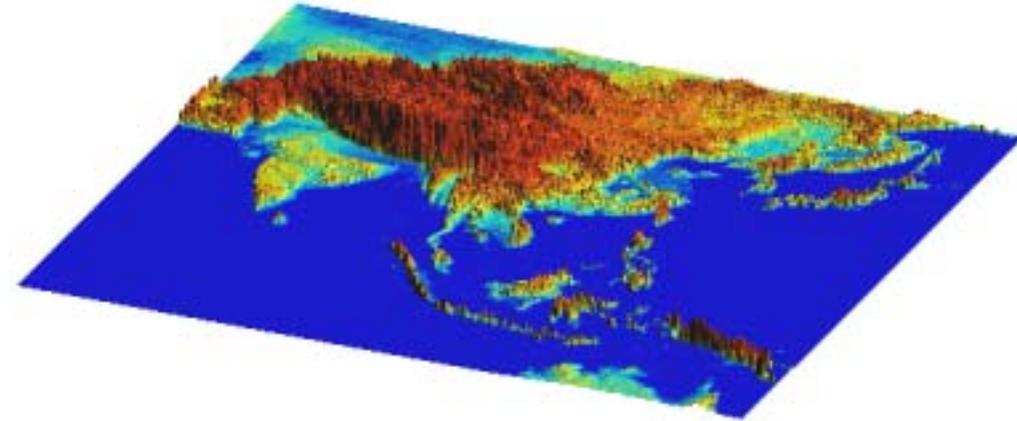
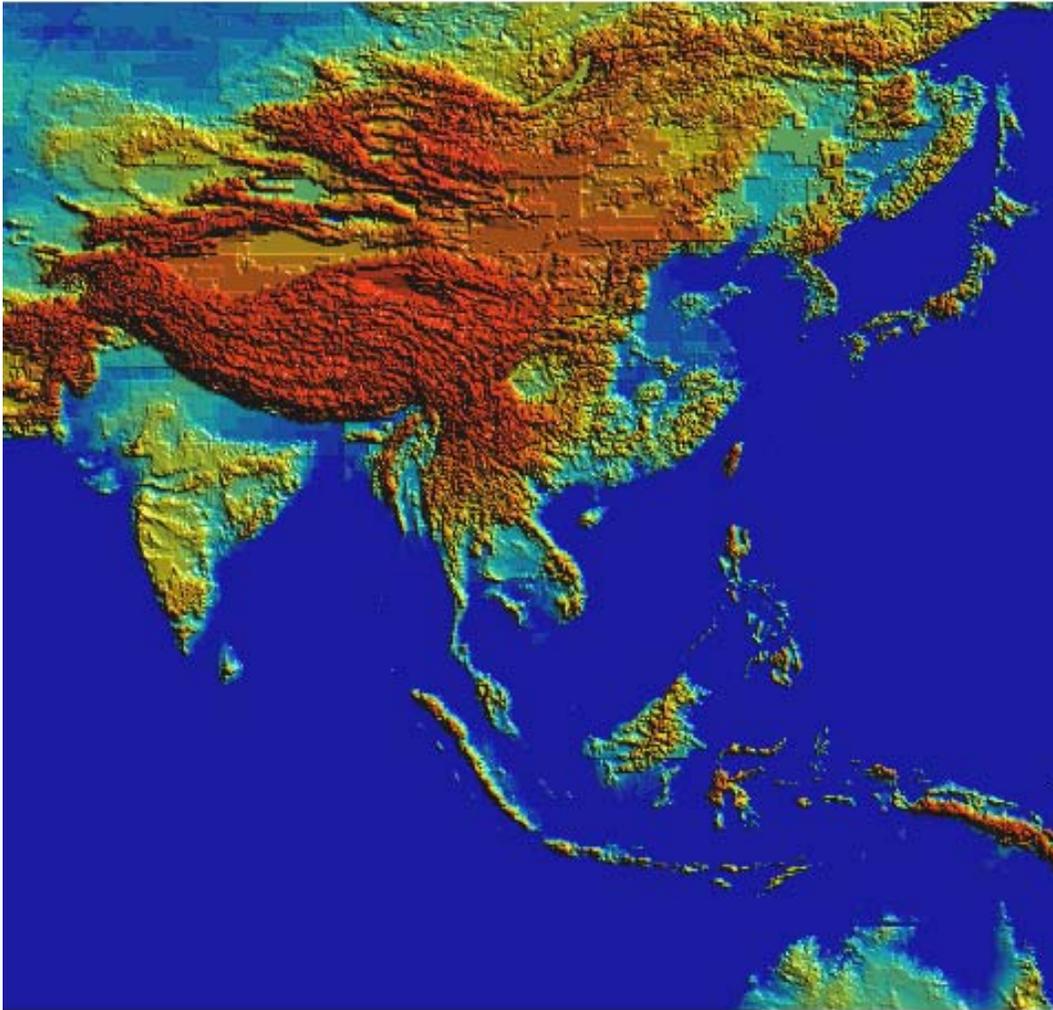
# モンスーンアジアの気温

Leemans and Cramer IIASA monthly surface air temperature



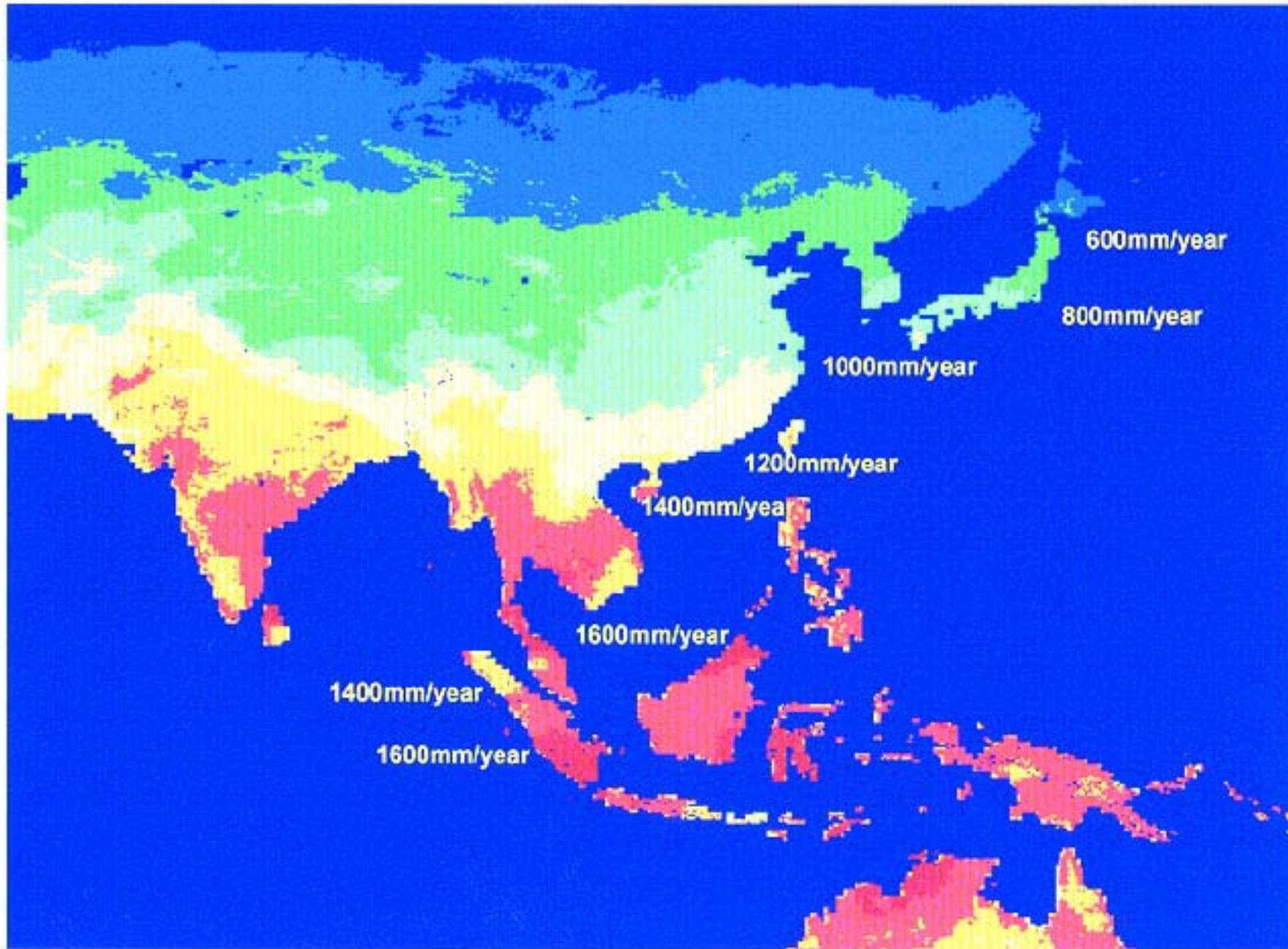
東南アジアの気温は山岳を除いてかなり均一で、おおむね年平均気温25～26の間にあることがある。気温は高緯度側に向かって徐々に低下しているが、降水量は淮河付近を境として極めて不連続に変化する。また、南西モンスーン風上斜面と、背後の平野の部分でも気温分布と降水量分布の勾配に違いが認められる。これによって降水量と気温の関係が地域によって異なり、モンスーンアジアの多様性を形成する原因の一つとなっている。

# モンスーンアジアの地形



モンスーンアジアの地形の特徴は、標高差が大きいことがまず挙げられる。また、大河川の下流には大沖積平野が広がり、米作あるいは畑作地帯となっている。

# 現植生、土地被覆に基づく可能蒸発量分布

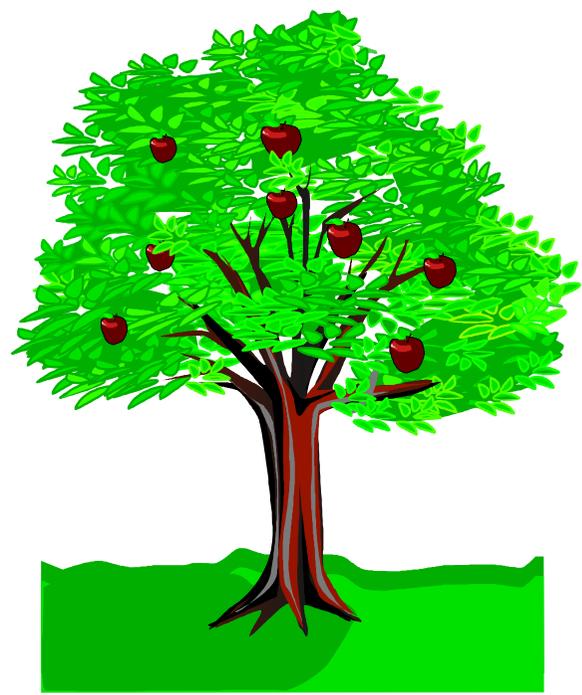


No.	Current Class	Holdridge	Natural Vegetation	N	% of Land	Ea (mm/y)	ΣNDVI	WI (deg/m)	Pa (mm/m)	P50
1	DES	C1Twp0/B	DES	13293	10.75	789.0	5.94	125.4	325.8	0
2	GRS	PoDes	GRS	8402	6.79	768.2	0.41	104.6	389.0	0
3	GRS	SbTrpThn	GRS	406	0.33	1355.1	0.66	247.6	1045.3	2
4	GRS	WaTwpThn	GRS	381	0.31	980.4	1.92	177.2	1213.8	2
5	GRS	C1TwpStp	GRS	4436	3.59	581.3	2.02	56.8	467.1	3
6	GRS	PoDes	GRS	2152	1.74	650.6	0.10	75.6	544.2	0
7	GRS	SbTrpThn	GRS	2262	1.83	1379.8	1.18	254.1	621.1	4
8	GRS	BorMsF	FDB	2246	1.82	523.4	2.42	54.2	516.9	3
9	GRS	WaTwpPoDes	GRS	914	0.74	933.3	1.07	145.3	722.7	0
10	GRS	C1TwpStp	GRS	3070	2.48	653.0	1.51	70.4	475.0	2
11	GRS	PoDes	GRS	4894	3.95	695.4	0.68	78.6	478.5	0
12	GRS	TrpVdryF	FTS	1507	1.22	1528.3	2.03	202.4	958.9	5
13	GRS	C1TwpStp	GRS	3663	2.96	612.9	0.93	70.5	417.9	0
14	GRS	C1TwpStp	GRS	3928	3.18	511.2	1.42	51.4	411.8	3
15	GRS/AGR	BorMsF	FND	4303	3.48	405.5	1.87	38.8	483.1	3
16	GRS/AGR	C1TwpStp	GRS/AGR	900	0.73	739.3	1.74	100.1	618.5	2
17	GRS/AGR	SbTrpDryF	FTS	1550	1.25	1375.2	1.90	250.3	1063.0	4
18	GRS/AGR	TrpDryF	FTS	1654	1.34	1358.7	2.60	248.0	1375.2	5
19	GRS/AGR	SbTrpMsF	FST	89	0.07	1086.2	1.87	183.6	1814.0	6
20	AGR	TrpMsF	FTS	98	0.08	1481.2	1.09	253.7	2110.0	12
21	AGR	WaTwpDryF	FDB	936	0.76	881.9	2.64	126.5	805.0	3
22	AGR	WaTwpDryF	FEB	918	0.74	896.3	3.26	128.9	840.9	6
23	AGR	SbTrpMsF	FST	1587	1.28	1247.5	2.77	217.3	1539.0	7
24	AGR	SbTrpMsF	FST	61	0.05	1407.7	3.37	231.5	2251.3	12
25	AGR	TrpVDryF	FTS	1637	1.32	1390.3	1.48	254.2	1001.6	5
26	AGR	SbTrpMsF	FST	193	0.16	1114.3	2.91	207.1	2087.2	8
27	AGR	SbTrpDryF	FST	663	0.54	1239.9	3.26	226.4	1012.5	4
28	AGR	WaTwpMsF	FEB	1462	1.18	961.1	2.56	137.8	1260.9	11
29	AGR	TrpDryF	FTS	908	0.73	1391.2	2.90	255.2	1592.2	7
30	AGR	WaTwpMsF	FST	152	0.12	917.5	3.18	204.4	1742.5	7
31	AGR	TrpDryF	FTS	1448	1.17	1314.2	2.35	243.4	920.7	4
32	AGR	SbTrpWetF	FTR	52	0.04	1522.2	2.60	240.8	2444.4	12
33	AGR	WaTwpDryF	FEB	982	0.79	893.8	2.55	130.9	1023.8	7
34	AGR	PoDes	AGR	225	0.18	1070.6	1.38	191.9	1886.2	8
35	FND	NorMsF	FND	6124	4.95	366.7	2.21	35.5	517.5	3
36	FND	BorMsF	FND	4734	3.83	388.6	2.49	37.5	454.3	2
37	FND	BorMsF	FND	3050	2.47	399.4	2.42	38.1	594.4	4
38	FND	BorMsF	FND	5304	4.29	409.8	2.72	41.3	511.3	4
39	FDB	BorMsF	FDB	3659	2.96	501.7	2.69	52.4	598.1	5
40	FDB	PoRainF	FDB	1465	1.18	735.7	2.95	60.6	663.7	5
41	FDB	C1TwpMsF	FDB	1900	1.54	739.0	3.67	90.6	1076.7	7
42	FDB	BorMsF	FDB	451	0.36	454.3	2.58	51.8	574.9	3
43	FDB	C1TwpMsF	FDB	2819	2.28	548.0	3.21	58.4	711.7	5
44	AGR/FEB	WaTwpMsF	FEB	1921	1.55	982.7	3.32	147.0	1362.0	9
45	FEB	WaTwpMsF	FEB	973	0.79	925.1	4.21	129.1	1553.1	12
46	FEB	WaTwpMsF	FEB	1278	1.03	1110.2	3.78	166.8	1519.2	6
47	FEB	SbTrpMsF	FEB	1144	0.92	1095.6	3.72	173.2	1620.1	10
48	FST	C1TwpWetF	FST	191	0.15	1031.4	4.30	201.3	1980.3	12
49	FST	SbTrpMsF	FST	292	0.24	1196.7	5.92	206.6	2269.9	8
50	FST	WaTwpWetF	FST	187	0.15	980.9	6.29	230.0	2641.3	12
51	FST	SbTrpMsF	FST	963	0.78	1405.7	4.34	238.6	2323.0	7
52	FST	SbTrpMsF	FST	60	0.05	1165.3	5.32	208.7	1860.6	7
53	FST	SbTrpMsF	FST	1265	1.02	1309.6	5.45	220.0	2299.6	7
54	FST	C1TwpWetF	FST	226	0.18	942.0	5.23	194.1	2272.5	12
55	FST	SbTrpMsF	FST	910	0.74	1112.8	4.30	188.4	1759.9	7
56	FST	SbTrpMsF	FST	2237	1.81	1316.2	4.85	216.3	1861.9	8
57	FTS	TrpDryF	FTS	1080	0.87	1425.6	3.71	256.0	1636.8	5
58	FTS	SbTrpMsF	FTS	557	0.45	1420.1	4.33	252.9	1853.4	8
59	AGR/FTR	SbTrpWetF	FTR	220	0.18	1535.4	4.16	243.1	2561.0	12
60	AGR/FTR	TrpMsF	FTR	1356	1.10	1525.7	4.34	248.2	2397.7	12
61	FTR	SbTrpWetF	FTR	1924	1.56	1535.5	5.99	256.8	2930.4	12
62	FTR	SbTrpWetF	FTR	1737	1.40	1564.8	5.23	259.3	2831.5	12
63	FTR	TrpMsF	FTR	2289	1.85	1507.1	5.19	250.1	2738.2	12
64	AGR/FBS	TrpDryF	FTS	1288	1.04	1602.8	3.18	252.4	1485.1	6

64のクラスに分類され、その土地被覆が決定された

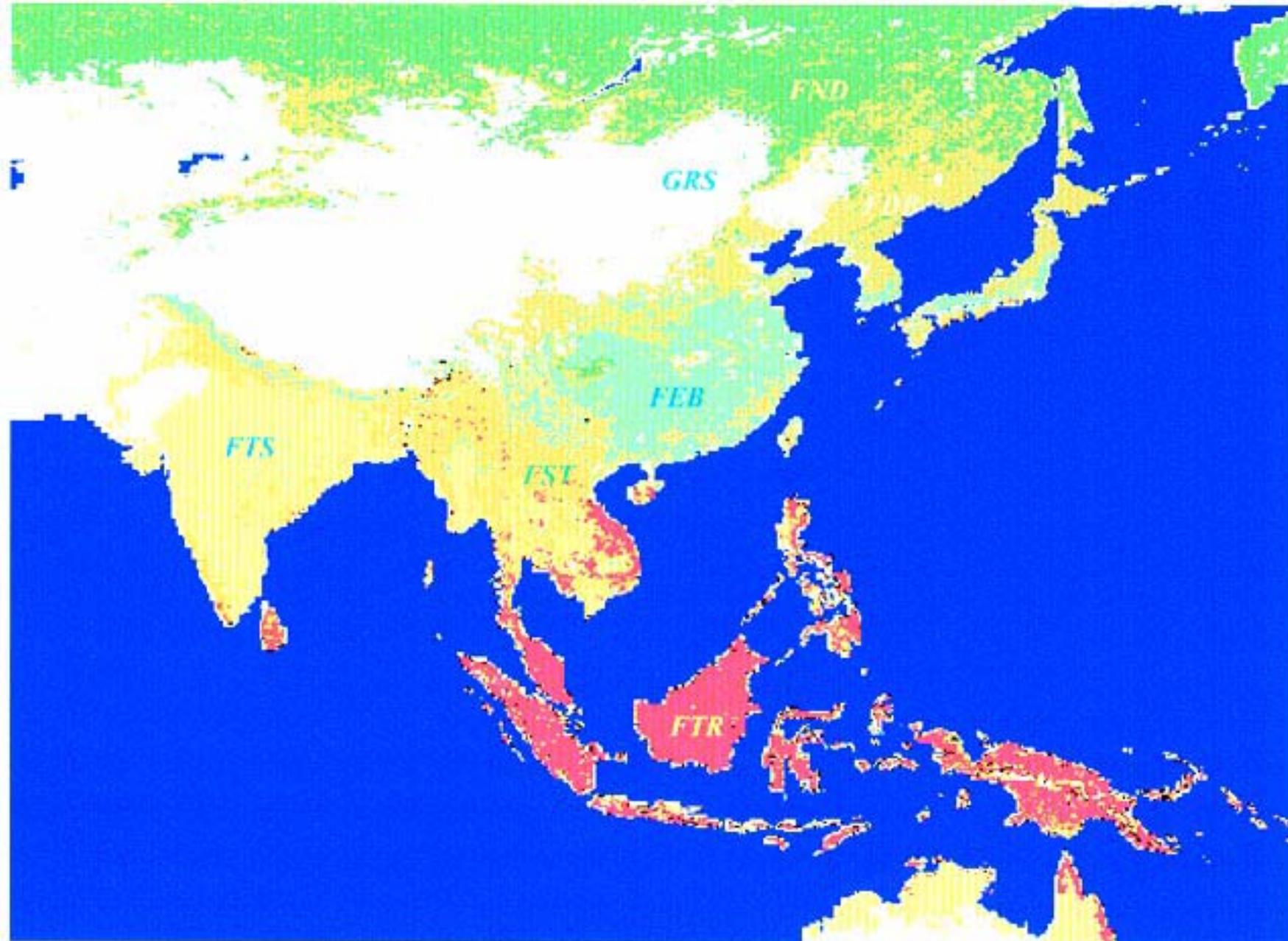
農地、草地と判別されたクラスでも、気候条件からは森林が立地可能なクラスがある

気候条件から元の森林を復元

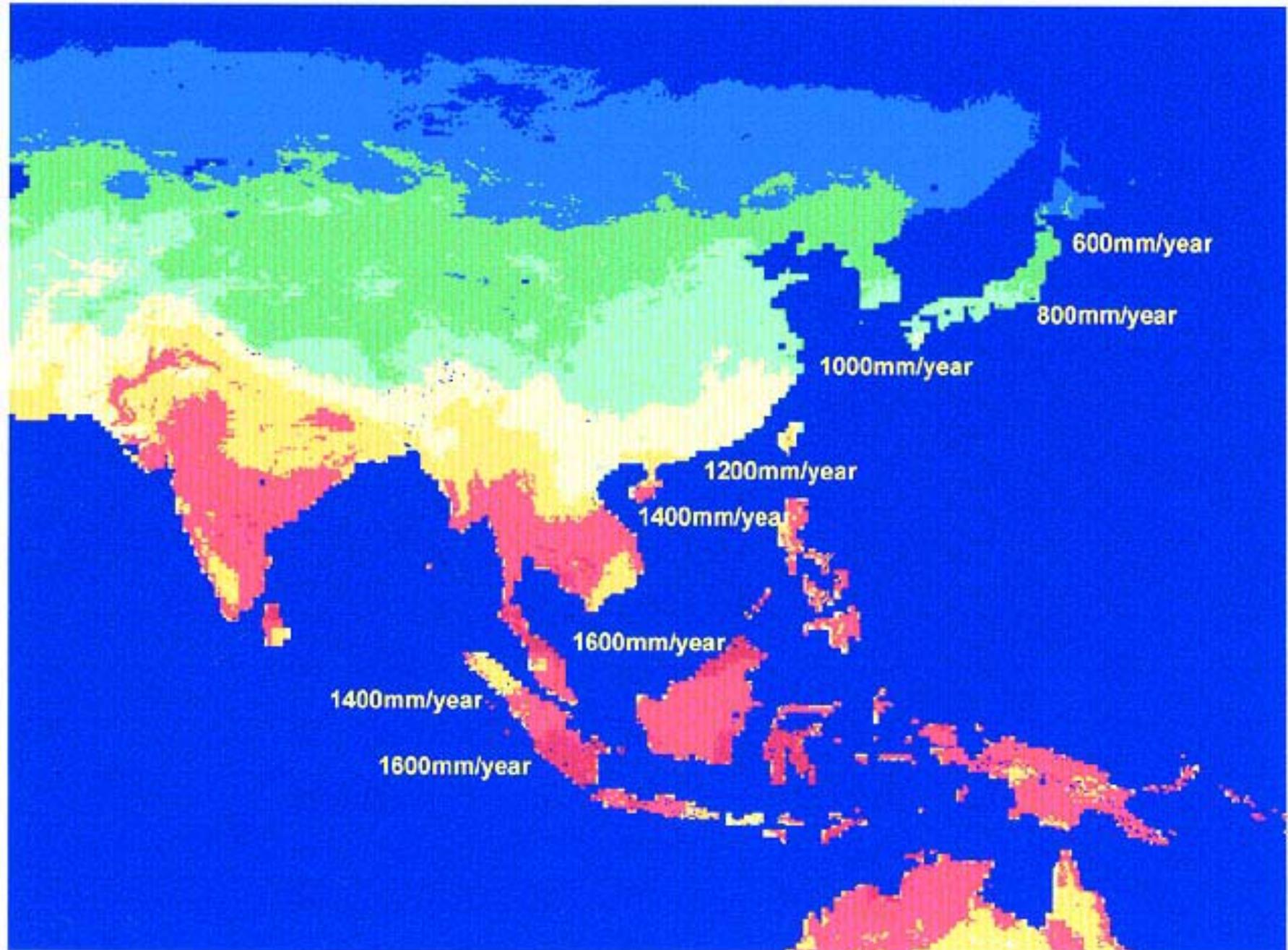




## 復元されたモンスーンアジアの植生



## 自然植生に基づいて計算された可能蒸発量



## 歴史時代に人間活動によって変化した可能蒸発量

