

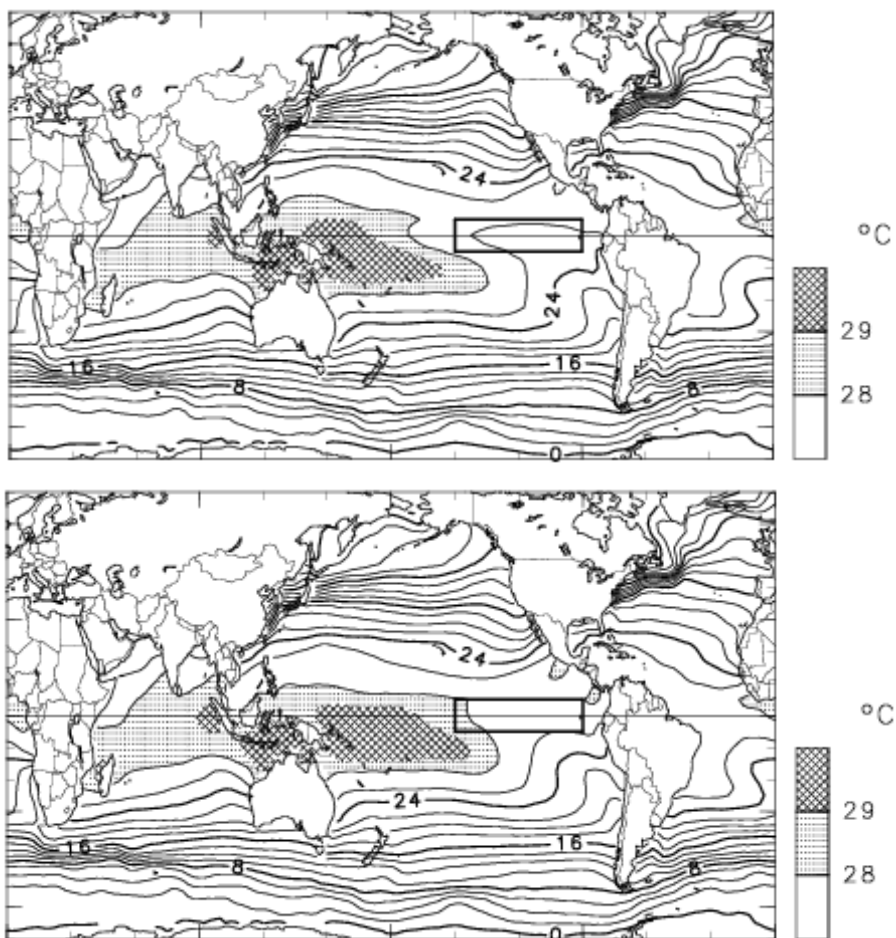
## 1 2 気候の変動

### 1 2. 1 短周期の変動

数年程度の短い時間スケールでの気候の変動として、**エルニーニョ現象**<sup>高</sup>(El Niño)をあげることができる。エルニーニョ現象は、数年に一度程度の頻度で、東部赤道太平洋の海面水温が平年よりも高くなる現象である。また、逆の現象を**ラニーニャ現象**<sup>高</sup>(La Niña)という。赤道太平洋ではエルニーニョ現象とラニーニャ現象が繰り返し発生しているが、これを**南方振動**<sup>高</sup>(Southern Oscillation)とよぶことがある。

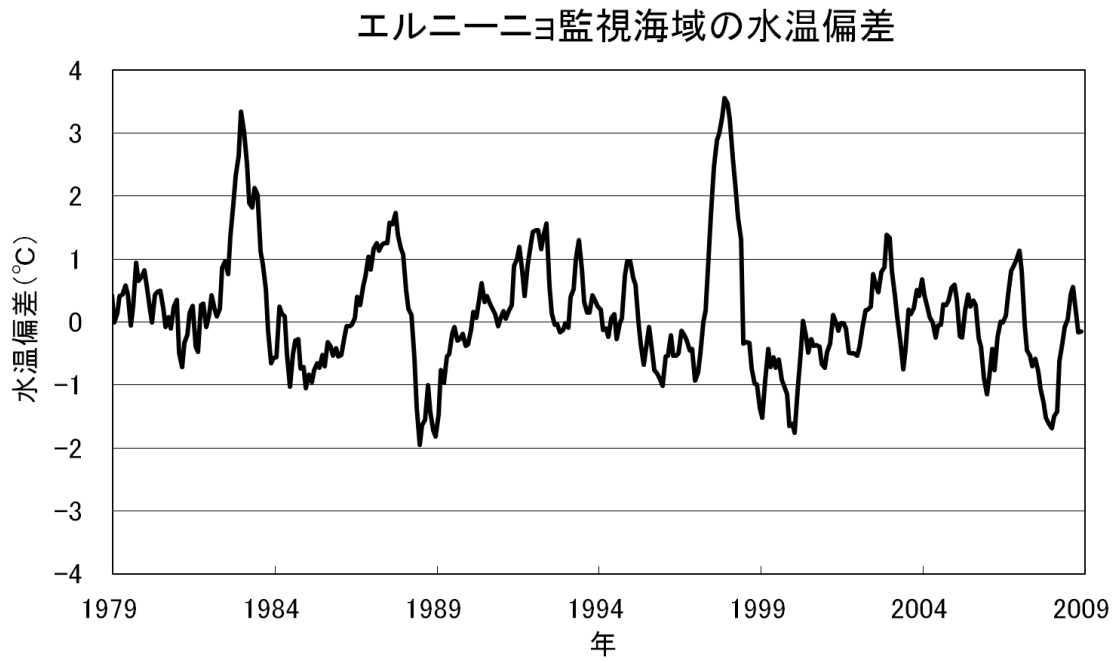
下の図を見ると、通常は、赤道太平洋の西部では海面水温が高く、東部で海面水温が低いことがわかる。これは、貿易風という東風によって温かい表面付近の海水が西に吹き寄せられ、東岸のペルー沖では冷たい水が湧き上がっているからである。西部赤道太平洋の大気は加熱されているので気圧が低くなっているが、東部では冷やされているので気圧が高くなっている。大気の大気対流活動に注目すると、海面水温の高い西部赤道太平洋では対流活動が活発であり、上昇気流が生じている。一方、東部赤道太平洋では下降気流となっている。このような赤道太平洋上での大気の循環を**ウォーカー循環**(Walker circulation)という。

エルニーニョ現象が発生すると、貿易風が弱くなり、暖水域は東に移動する。このため、西に吹き寄せられていた暖かい海水が東に移動し、下の図で四角形の枠で示したエルニーニョ監視海域の海面水温は上昇する。



(NOAA のデータより作成)

図 12-1: 1 月の海面水温  
(上は平年値、下はエルニーニョ年の値、枠はエルニーニョ監視海域)



(気象庁のデータより作成)

図 12-2: エルニーニョ 監視海域の水温偏差 (平年値からのずれ)

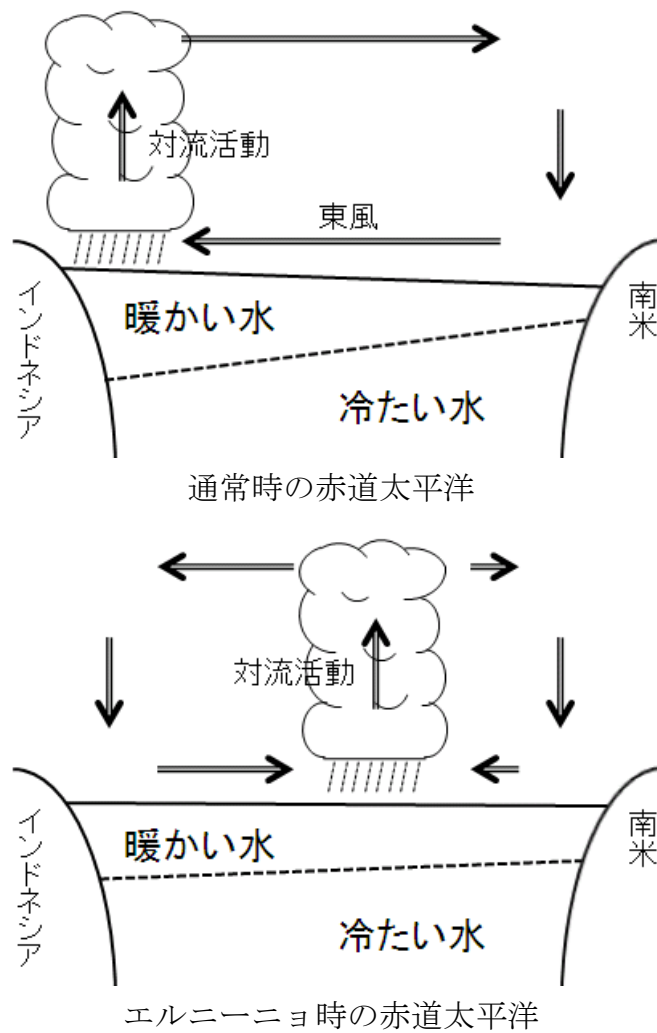


図 12-3: エルニーニョ現象の模式図

エルニーニョ現象は赤道太平洋での大気海洋結合系の変動であるが、熱帯域の積雲対流などの変動を通して、中緯度域の天候にも影響を与える。たとえば、エルニーニョ現象が発生すると、日本は暖冬や冷夏になりやすいと言われることがある。下の図をみると、エルニーニョ年には冬のシベリア高気圧が弱くなり、アリューシャン低気圧が東にずれていることがわかる。

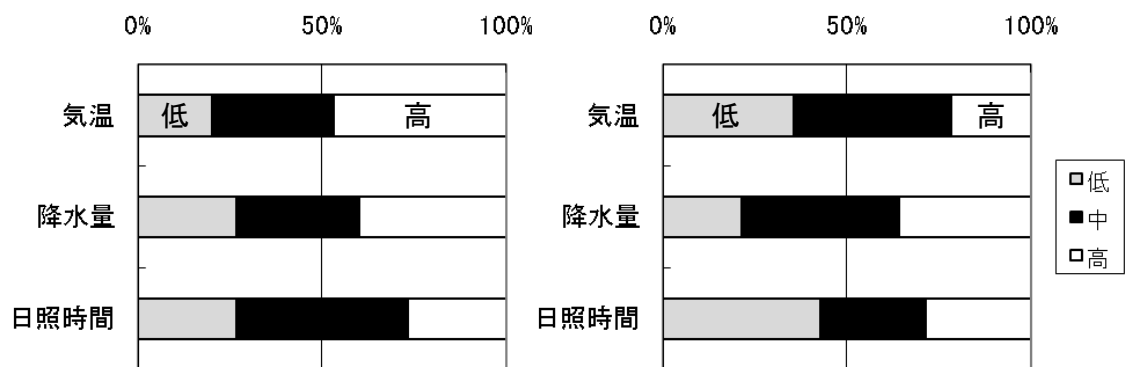
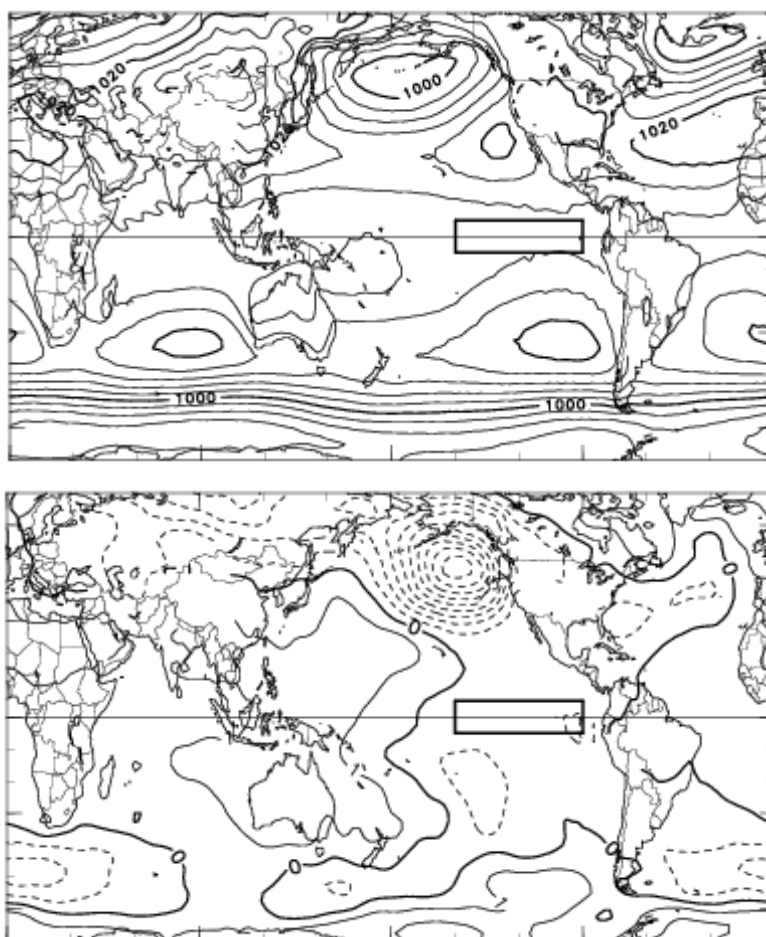


図 12-4: エルニーニョ年の東京の気温、降水量、日照時間  
(左は1月、右は8月)



(NCEP/NCAR の客観解析データより作成)  
図 12-5: 1月の海面気圧  
(上は平年値、下はエルニーニョ年と平年との差)

☞ 高等学校の地学でエルニーニョ現象、ラニーニャ現象を取り上げる。日本へ

の影響だけでなく、仕組みについても理解する。

## 12.2 人為的な気候変動

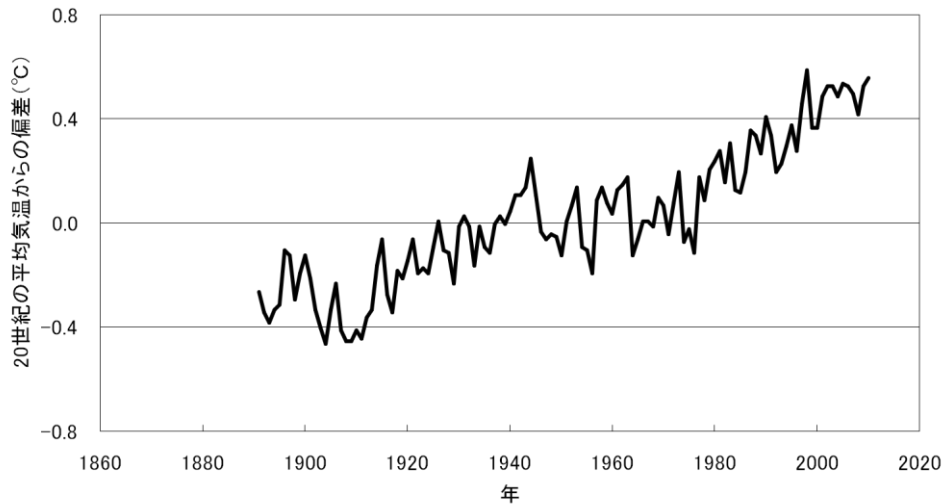
地球温暖化とは、人為的な要因によって温室効果ガスが増加して温室効果が強化され、地球の平均気温が上昇する現象のことである。下の図のように、過去 100 年間に全球平均した地表面気温は  $0.6^{\circ}\text{C}$  程度上昇しているが、このような昇温はおもに地球温暖化によってもたらされていると考えられている。

温室効果ガスのうち、二酸化炭素は化石燃料の消費によって人為的に放出される。人為的に放出された二酸化炭素のうち半分程度は、海洋や陸上の植物によって吸収され、残りが大気中に留まっていると考えられている。メタンは微量成分であるが、単位質量あたりの温室効果が大きく、水蒸気を除けば、二酸化炭素の次に大きい温室効果を生じさせている。メタンは、ツンドラや湿地における有機物の分解によって放出され、また、家畜の吐く息にも含まれている。フロンはオゾン層を破壊する人為起源の物質であるが、温室効果も持っている。また、対流圏オゾンにも温室効果がある。

地球温暖化は単に気温を上昇させるだけでなく、海水の膨張による海面水位の上昇を生じさせる。また、地球温暖化が進行して、グリーンランドや南極の氷床が融解した場合には、さらに海面水温が上昇すると予測されている。また、地球温暖化は、降水にも影響を与えていると考えられている。一般に、気温が高くなると、大気中に含まれる水蒸気量も増加する傾向がある。このため、地球温暖化によって気温が上昇すると、水蒸気が増えて、降水量も増加すると考えられている。また、災害を引き起こすような強い降水の頻度が増加する可能性も指摘されている。これらの予測は、気候モデルを用いた数値計算によって得られているが、気候モデルによる将来の予測には不確実性がある点にも注意が必要である。

地球温暖化による気温の上昇は、北半球の高緯度域で特に大きくなると考えられている。これは、おもに、海氷や氷河などの氷の融解が進むことによる。氷はアルベド（反射率）が大きいいため、氷で覆われている領域の面積が減少すると、アルベドが低下する。その結果、日射をより多く吸収するようになり、ますます温暖化が進む。これを**正のフィードバック**(positive feedback)という。

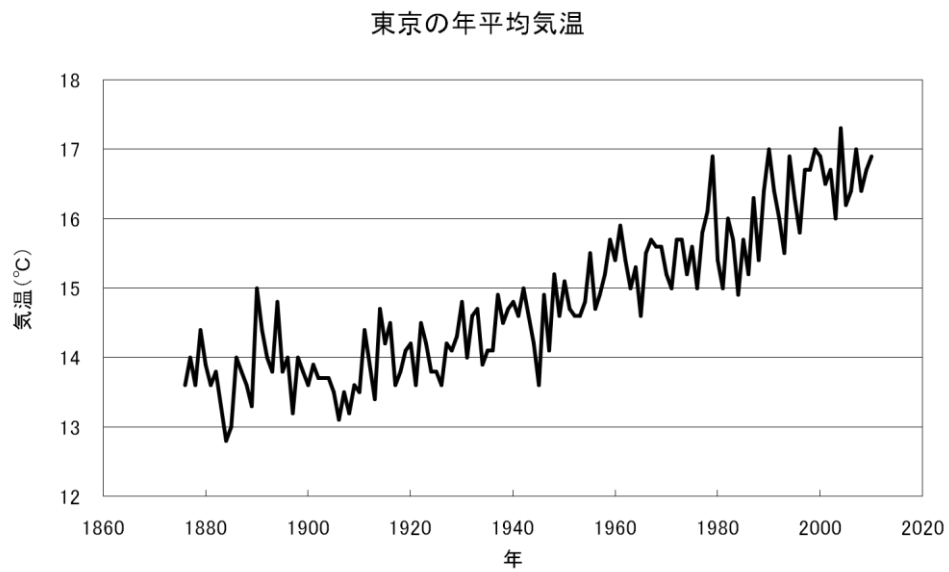
世界の年平均気温偏差



(気象庁のデータより作成)

図 12-6: 世界の年平均気温の経年変化

一般に、都市においては、人間活動の影響により、気候が変化している。これを**都市気候<sup>高</sup>**(urban climate)という。たとえば、都市では、郊外よりも気温が高くなることが多いが、これを**ヒートアイランド<sup>高</sup>**(heat island)という。ヒートアイランドは、人工排熱のほか、地表面条件の改変や、建築物による蓄熱によって生じていると考えられている。人工排熱は、都市での人間活動によって放出される熱である。また、都市域では、地表面の植生が減少して、水蒸気の蒸発散が生じにくくなっている。この結果、地表面からの潜熱が減少し、代わって顕熱が増加する。これも、気温を上昇させる効果を持つ。さらに、建築物の外壁に熱が蓄えられることも、気温の上昇をもたらす要因になっている。一般に、昼間より夜間、夏季より冬季のほうが、地面が冷やされて大気の安定度は高い。安定度が高いと鉛直方向の混合が抑制されるので、地表面付近の大気に同程度の加熱が与えられても、気温の上昇は大きくなる。このため、ヒートアイランドも昼間より夜間、夏季より冬季に顕著になる傾向がある。ただし、地表面条件の改変（植生の減少）の効果は、日射の強い夏季の昼間に現れやすい。ヒートアイランド現象による平均気温の上昇は、東京では 20 世紀の 100 年間で約 2.5～3.0℃とされている。これは、全球平均気温の上昇よりもずっと大きい。



(気象庁の観測データより作成)

図 12-7: 東京の年平均気温の経年変化

長期間にわたるさまざまな記録を調べると、有史以後に限定しても、地球の気候は一定でなかったことがわかる。気候の長期的な変動がすべて人為的な要因によるものであるとはいえないので、注意が必要である。



## 天気図や観測データの入手について

過去の天気図、アメダスの観測データは、気象庁のウェブサイトで入手できる。

- 気象庁 <http://www.jma.go.jp/jma/menu/obsmenu.html>
    - 過去の天気図 <http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html>
    - アメダスの観測データ <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
    - 天気図 <http://www.jma.go.jp/jp/g3/>
    - 雲画像 <http://www.jma.go.jp/jp/gms/>
    - アメダス分布図 <http://www.jma.go.jp/jp/amedas/>
    - レーダー（解析雨量） <http://www.jma.go.jp/jp/radame/>
- } 過去半日～2日程度

また、過去の雲画像は、

- 高知大学気象頁 <http://weather.is.kochi-u.ac.jp/>
  - 赤外画像 <http://weather.is.kochi-u.ac.jp/sat/gms.fareast/>
  - 可視画像 <http://weather.is.kochi-u.ac.jp/sat/JPN/>

で入手可能である。さらに、最新の専門的な天気図を入手することができるウェブサイトとしては以下のものが挙げられる。

- 北海道放送 <http://www.hbc.co.jp/pro-weather/>
  - アーカイブ <http://www.hbc.co.jp/tecweather/archive/index.html> 過去2週間程度
- いであ（株） <http://www.bioweather.net/detailed/rfax.htm>
- 国際気象海洋（株） <http://www.imocwx.com/wxfax.htm>

また、過去の天気図、気象観測データについては、（財）気象業務支援センターで CD-ROM の形で入手できる（有料）。

- （財）気象業務支援センター <http://www.jmbasc.or.jp/>

※授業に使えるような事例を見つけたら、天気図、雲画像、アメダス分布図、レーダー（解析雨量）を気象庁のウェブページから早めにダウンロードしておくのが無難です。過去にさかのぼる場合は、気象庁のウェブページから過去の天気図（1か月でひとまとまりになった PDF 形式のファイル）を入手して必要なところを切り出して利用し、雲画像は高知大学気象頁から入手することができます。アメダスや解析雨量については、調べた範囲では無償で入手できるサイトはないようです。