

1997年春の北極圏オゾン減少

Arctic Ozone Decrease in 1997 Spring

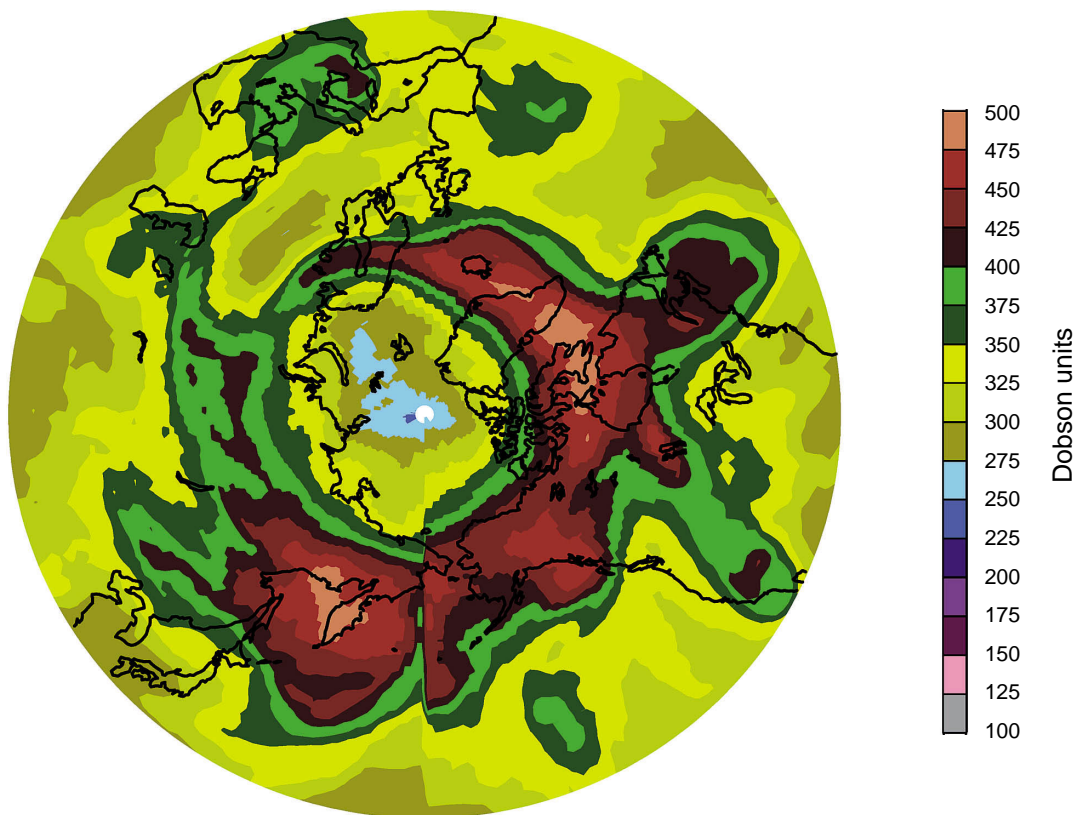


Fig.1 Total Ozone on 2 April 1997

Provided by NASDA/NASA

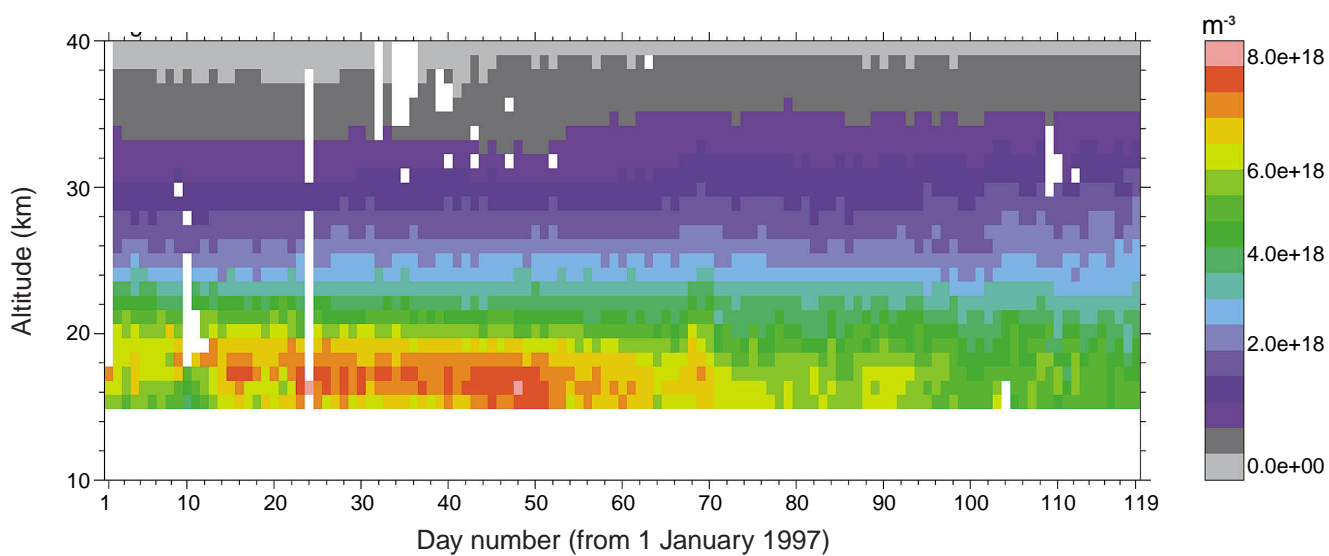


Fig.2 Change in Vertical Ozone Profiles in the Northern Polar Vortex from 1 January to 30 April 1997

Produced by NIES using ADEOS ILAS data

1997年春の北極圏オゾン減少 Arctic Ozone Decrease in 1997 Spring

1980年代になって、南極域の春期にオゾンホールが出現するようになったことはよく知られている。オゾンホールは極夜渦(*1)の内側で、ちょうど南極大陸上空を覆うように、下部成層圏のオゾンが欠損している現象である。その原因はCFC(クロロフルオロカーボン、通称フロン)をはじめとする塩素・臭素・弗素と炭素の各種人工化合物によるものである。大気中に排出されたこれらの化合物は成層圏まで拡散・上昇していき、そこで壊れてできた塩素と臭素がオゾンを破壊する。国際条約によって先進国はCFCなどの製造禁止を決めたが、大気中の塩素・臭素の総量が減少に転じるのはこれから10年ぐらい先と予測されている。

オゾンホールの生成には、極夜渦が冬中ずっと円形状で安定し、渦内の低温域が保持されているという南極域に特異な気象条件が必要である。北極域では極夜渦が南北に大きく蛇行したり、時には壊れたりするので、南極域で見られるようなオゾンホールにはならないというのがこれまでの科学者の見解であった。しかし、1990年代に入って北極域でも冬から春にかけて下部成層圏でのオゾンの減少傾向が強く現れるようになり、北極域でも塩素・臭素によるオゾンの破壊が進んでいることが確実視されるようになってきた。

このような状況下でADEOS搭載のTOMSによるオゾン全量の観測が始まった。1997年の春を迎え、南極域のオゾンホールに極めて類似したオゾンの減少が北極域で起っていることが明らかになった。図1は1997年4月2日のオゾン全量の水平分布を北極の上から見たものである。北極海を覆うようにオゾンの少ない部分があり、最も低い処で250~275ドブソン単位まで下がっていることがわかる。これは平年値から約40%分減っていることになる。この年の冬の初めは極夜渦の発達が例年より遅く、成層圏気温も例年より高めであったが、1月の半ばごろから成層圏気温が極域成層圏雲の生成を促すほどに下がり、極夜渦も強まって比較的安定になった。その結果、3月に入って極周辺でオゾンの減少域が定まるようになり、この状態は4月末まで続いた。

この図の極周辺のオゾン量の少ない部分を取り囲むようにして赤道側にはオゾン量の多い領域がある。オゾン量の少ない領域は場所によっては低緯度まで張り出しているが、日本はその最も低緯度側になる。この図では日本の上空で300単位以下という平年値に比べて低い値となっており、北極域のオゾン破壊の影響が日本上空にも及んでいることを示唆している。この時期は日中の太陽高度が高くなり日差しも強まる時期で、屋外で強い紫外光を浴びる機会が増える時期である。オゾン全量の減少によって紫外光が増えることが懸念されるので、オゾン層の観測を持続する必要がある。

図2はILASのデータから北極域におけるオゾン密度の鉛直分布の時間変化を示したもので、1997年の1月1日から4月30日までの極夜渦内における状況がよくわかる。下部成層圏の高度15~20kmで、3月後半から4月上旬にかけてオゾン密度が減少している。また、極夜渦内での空気の下降運動を反映して、オゾン密度のピーク高度が2月下旬から3月上旬にかけて18kmから16kmに下がっている様子も見てとることができる。

なお、北極域のオゾンの減少は、1998年の春には状況が大幅に変わり、1990年以前の状態に一時的に戻ったようにみえる。自然現象の複雑さと変動幅の大きさには、まだまだ我々の知識の及ばない部分が残されているようだ。

The ozone hole first appeared in the Antarctic spring in the 1980s. The ozone hole is a phenomenon in which ozone is depleted in the lower stratosphere inside the polar vortex (*1) over the Antarctic continent. It occurs as a consequence of destruction of ozone due to the man-made chlorine, bromine, fluorine, and carbon compounds such as chlorofluorocarbons (CFCs). These substances, once emitted into the atmosphere, move and diffuse up to the stratosphere where they yield active chlorine and bromine to catalytically destroy ozone. The production of these substances has been phased out by international agreement, but it will take more than 10 years for the atmospheric chlorine and bromine concentrations to begin to decrease.

The formation of the ozone hole requires a meteorological condition peculiar to the Antarctic stratosphere. In this condition, the polar vortex is stable and almost circular around the pole, enabling a low temperature to be sustained within the vortex throughout the austral winter. Scientists previously believed that ozone depletion similar to the Antarctic ozone hole should not occur in the Arctic, as the polar vortex frequently meanders southward and sometimes breaks during the winter in the northern hemisphere. However, in the 1990s, the decreasing trend of ozone in the lower stratosphere became significant in winter and spring in high latitudes in the northern hemisphere, ensuring ozone destruction due to chlorine or bromine in the Arctic lower stratosphere.

Under these circumstances, total ozone measurements were begun with the TOMS instrument aboard ADEOS. In spring 1997, TOMS illustrated an ozone decrease in the Arctic quite similar to the Antarctic ozone hole. Figure 1 is the polar projection of the horizontal distribution of total ozone on 2 April 1997. The region of less ozone extends over the Arctic sea, with a low total ozone value of 250 to 275 Dobson Units, which is about 40 percent lower than those for normal years. The Arctic winter started later in 1996/1997 than in normal years, and the stratospheric temperature was warmer than normal. However, in mid-January 1997, the stratospheric temperature became low enough for the polar stratospheric clouds to form, and the polar vortex became stronger and relatively stable. As a consequence, a stable ozone-depleted area existed around the pole in March and continued until the end of April.

In the figure 1, the region of large ozone content can be seen in the equatorial side of the circumpolar region of low ozone content. That region extends to the middle latitudes in some longitudes and time periods in the winter/spring period; Japan is located in the southernmost edge of that region. According to this figure, the total ozone over Japan is less than 300 Dobson Units. This is less than those of the normal years, suggesting that the ozone depletion in the Arctic may influence the ozone layer over Japan. The increase of solar ultraviolet radiation due to the ozone decrease should be a greater concern as a greater ultraviolet dose would be probable outdoors in this time period because of the relatively high solar elevation angle. Consequently, a watch on the ozone layer should be maintained.

Figure 2 shows the time variation of ozone density profiles inside the Arctic polar vortex derived from the ILAS data from 1 January to 30 April 1997. The ozone density decreases in the lower stratosphere at altitudes of 15 to 20 kilometers from mid-March to mid-April. The height of maximum ozone density is also seen to decrease from 18 kilometers to 16 kilometers from mid-February to mid-April, as reflected by the downward motion of the air mass inside the polar vortex.

In 1998 spring, the Arctic ozone dramatically changed from that in 1997 spring, and returned to the situation before 1990s. It is likely that there remains a world of complexity and large variability in the atmosphere beyond our present knowledge.

*1 Polar vortex: Circumpolar stratospheric jet stream in winter and spring in both northern and southern hemisphere.

*1 極夜渦:極を巡る成層圏のジェット気流。南北極域の冬から春にかけて存在する。