



Title	北極圏に届く化学物質
Author(s)	深沢, 達矢
Description	第12回衛生工学シンポジウム (平成16年11月4日 (木) -5日 (金) 北海道大学クラーク会館) . 国境を越える環境問題 (企画セッション1) . 発表番号3
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 12, 9-12
Issue Date	2004-10-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/1217
Type	departmental bulletin paper
File Information	k1-3_p9-12.pdf



企画セッション 北極圏に届く化学物質

深澤 達矢 (北大・院・工学研究科)

1. はじめに

かつて北極圏は人間活動とは無縁な、地球上で最も清浄で、原初の環境が保存された地域の一つと考えられていた。しかし、この辺境の地ですら人間活動の影響から逃れられなかった。

18 世紀後半から始まった産業革命以降、先進国の産業活動は拡大し、20 世紀に入って爆発的に増加した。人類は豊かな生活を享受したが、その一方で、産業地域において公害問題を引き起こし、さらに 1980 年代には、徐々に進行していた環境汚染が、国境を越えた、地球規模の環境問題として顕在化した。1992 年の国連環境開発計画 (UNCED) で採択されたアジェンダ 21 では、海洋汚染の大きな原因となっている物質として合成有機化合物が挙げられ、1995 年のワシントン宣言では、特に早急な対応が必要な 12 の化学物質が「残留性有機汚染物質 (Persistent Organic Pollutants : POPs)」として指定され、規制に向けた動きが始まった。

北極圏においては、1950 年代初頭から冬から春にかけて帯状の濃密なヘイズ層が観測されるようになり (Mitchel. M., 1956)、また、1972 年には、Holden らにより北極圏に住むアザラシの体内から DDT 類及び PCB 類の検出が報告された。同じ頃、カナダケベック州に住むイヌイットの女性の母乳からは通常の 5 倍濃度の PCB が検出された (Dewailly et al., 1989)。

ではこれらの化学物質はどこから来たのだろうか？ それはどうやって？ 人間や生態系に影響を及ぼしたか？ 先進国における環境対策と自然保護は一定の成果を収めつつあるように見える今、北極圏の環境はどうなり、将来どうなっていくのだろうか？

2. どこで使われたか？

1948 年から 1983 年にかけての各国の工業用 HCH の累積使用量を図 1 に示す。累積使用量が最も多い国は中国で、4464 kt、2 位がインドで 1057 kt、3 位が旧ソ連で 693 kt である。そのうち中国は 1983 年に、旧ソ連は 1990 年に使用を禁止した。工業用 HCH は、中国では主として

農薬として用いられ、残りが林業や公衆衛生用として用いられた (Li, 1999)。

DDT は 1946 年から 1972 年にかけて最も多く使われた。1948 年から 2000 年にかけての DDT の累積使用量は、合衆国；590 kt、旧ソ連；320 kt、中国；260 kt、メキシコ、ブラジル、インド；75 kt の順に多い。

すなわちこれらの化学物質は、現在は使用禁止になっているところが多いものの、主として北半球の低・中緯度地域で使われた。

3. どうやって届いたか？

北極圏は人間活動が少なく、したがって、直接的な化学物質の排出も少ない。なのになぜこの地域でこれらの化学物質が検出されたのか？

農薬は本来、病虫害防除の目的で作物に散布され、また雑草防除のために雑草や土壤に使用される。散布された農薬の大部分は、その地域の作物や、土壤の表層に落下し、土壤に吸着され、微生物等により分解されるが、その一部はガス化し、あるいは、細かい霧や微粒子になって大気に移行する (金澤, 1992)。大気に移行する割合は、その農薬の揮発性により変わるが、南インドの水田における調査では、使用した HCH の 99% が一年以内に大気に移行した (Takeoka et al., 1991)。逆に揮発性の低いものは土壤に留まるか、水溶性が高ければ降水とともに、あるいは低ければ土壤粒子に吸着された形で水系に流入する。

大気に移行した農薬あるいは有機汚染物質は、大気の流れとその揮発性及び周囲の気温により異なる緯度帯まで輸送される (図 2, "Global Distillation", Wania and Mackay, 1993)。また、周囲の気温の変化により再揮発し、さらに高緯度帯へ輸送される (図 2, "Grasshopper Effect", Wania and Mackay, 1996)。河川から海に流入した農薬も、同様に大気と交換しながら海流に乗って北向きに輸送される。

4. 何が届いたか？

Iwata ら (1993) は残留性有機塩素化合物類の

大気及び海洋表層水中の濃度分布を測定した(図3)。その結果、ほとんどの地点で、HCH類が最も高濃度で検出された。大気中のHCH類は、南半球より北半球で高濃度に存在し、アラビア海やベンガル湾において非常に高濃度で検出された。また、北極圏に近づくと濃度は低下した(図3左)。一方、海洋表層水中の濃度は、北緯40度以北のチュコト海、ベーリング海、アラスカ湾、太平洋北部で高くなったのに対し、アラビア海やベンガル湾ではその2分の1程度の濃度だった(図3右)。すなわち、低・中緯度の排出源地域から大気中を長距離輸送される間、海洋は吸収源として作用し、その結果として、大気中の濃度は低下する。一方、吸収源として作用した海洋表層水は北に向かって濃度を高めながら進んでいくことが考えられた。

コケ中のHCH類の濃度は北緯30度から40度付近で高濃度になり、大気中の濃度と比較的一致した傾向を示した。DDT類はHCH類に比べると揮発性が低いため、より低緯度地域で高濃度

になった。これらの物質は、北緯60度以北の北極圏内においても検出された(図4, Caramari et al., 1991, 門田, 2002, 塩谷, 2004)。これまでに、北極圏においてほとんど全てのPOPsが検出されている(表1)。

5. 人及び生態系への影響は？

では、届いた化学物質は北極圏内の大気、海水、あるいは食物連鎖を通じてどのような分布をしたか？ Norstrom and Muir (1994)によると、揮発性の高い、HCH類やHCBは大気中に多く存在し、一方、PCB類、DDT類及びクロルデンは生物体内に、しかも栄養段階が上位のグループに多く存在することを示した(図5)。

では、北極圏内の生物にどのような影響が出ているか？ Skaare et al. (2002)他は、POPsによりシロクマの免疫系に機能障害が生じ、感染症にかかりやすくなっている可能性を指摘し、Gabrielsen et al. (1995)はシロカモメの免疫不全、行動障害、生殖障害等の可能性を指摘し

た。Ambrose et al. (2000)は、1991年から1995年と、DDT使用前の1972年と比べると、卵の殻の厚さが10.6%薄くなったことを指摘した。

では、人への影響はどうだろうか？人に化学物質が取り込まれるルートは主として食物経路である。伝統的に狩猟等で食料を得るイヌイットのような人々には、例えば母乳中に北極圏以南に生活する人々の2倍から10倍の濃度のPOPSが含まれていた。しかし、これまでのところ人の健康に悪影響を与える明確な結果は得られていない(J. C. Hansen, 2000)。従って、AMAP(2002)は、ベネフィットとリスクとを比較した上で、伝統的な食事を続けることの方に利点を認めた。

6. 今後どうなるか？

図6にアザラシとシロクマの体内の α -HCH濃度、および α -HCHの排出量の変化と、大気中の濃度変化を示す(AMAP, 2002)。排出量が多かった1980年代には大気中濃度も最大になった。その後、先進各国における使用禁止措置等により排出量は減り、その結果として大気中の濃度も1996年には1979年の20分の1程度まで低下した。野生生物体内の濃度変化はそれほど劇的ではないものの、緩やかな減少傾向を示した。今後これらの化学物質の生産量、使用量が増加することは考えにくいことから将来にわたってこの傾向は続くと考えられる。

参考文献

- AMAP 1998. AMAP Assessment Report 1998
- AMAP 2002. AMAP Assessment Report 2002
- Ambrose et al., 2000, Environmental contaminants in American and Arctic peregrine falcon eggs in Alaska, 1979-95., Technical Report NAES-TR-0002, U. S. Fish and Wildlife Service, Ecological Services, Fairbanks, AK, USA, 67pp
- Calamari et al., 1991, Role of Plant Biomass in the Global Environmental Partitioning of Chlorinated Hydrocarbons Environ. Sci. Technol. Vol. 25 No. 8, pp. 1489-1495
- Dewailly et al., 1989, High levels of PCBs in breast milk of Inuit women from arctic Quebec., Bull. Environ. Contam. Toxicol., 43, pp. 641-646
- Fellin et al., 1996, Air monitoring in the Arctic: results for selected persistent organic pollutants for 1992., Environ. Toxicol. Chem., 15, pp. 253-261
- Gagrielsen et al., 1995, Chlorinated hydrocarbons in glaucous gulls (*Larus hyperboreus*) in the southern part of Svalbard., The sci. total environ., 160/161, pp. 337-346
- Holden. A. V., 1972, Monitoring organochlorine contamination of the marine environment by the analysis of residues in seals., In Marine Pollution and Sea Life, ed. M. Ruivo., Fishing News Books Ltd, UK, pp. 266-272
- Iwata et al., 1993, Distribution of persistent organochlorines in the oceanic air and surface seawater and the role of ocean on their global transport and fate, Environ. Sci. Tech., 27, pp. 1080-1098
- J. C. Hansen, 2000, Environmental contaminants and human health in the Arctic, Toxicology letters, 112-113, pp. 119-125
- Li, Y. F., 1999, "Global Technical Hexachlorocyclohexane usage and its contamination consequences in environment: from 1948 to 1997", Sci. Total. Environ. 232, pp. 123-160, Review Paper.
- Li et al., 2002, The transport of β -hexachlorocyclohexane to the western Arctic Ocean: a contrast to α -HCH, Sci. Total. Environ., 291, pp. 229-246
- Muir et al., 1995, Can seal eating explain elevated levels of PCBs and organochlorine pesticides in walrus blubber from eastern Hudson Bay Canada?, Environ. Poll., 90, pp. 335-348
- Mitchel M., 1956, Visual range in the polar regions with particular reference to the Alaskan Arctic, J. Atmos. Terr. Phys., Special supplement, pp. 195-211
- Norstrom and Muir, 1994, Chlorinated hydrocarbon contaminants in Arctic marine mammals., Sci. Total Environ., 154, pp. 107-128
- Skaare et al., 2002, Ecological risk assessment of persistent organic pollutants in the Arctic., Toxicol., 181/182, pp. 193-197
- Takeoka et al. 1991. Fate of HCH in the tropical coastal area, South India. Mar. Pollut. Bull., 22: 290 - 297.
- Wania F, Mackay, D. 1993, "Global fractionation and cold condensation of low volatility organochlorine compounds in polar regions", AMBIO, 22, 1, pp. 10-18
- Wania F, Mackay, D., 1996, Tracking the distribution of persistent organic pollutants. Environ. Sci. and Tech., 30, 9, 390A-396A
- 塩谷 光弘, 2003, 平成15年度卒業論文
- 門田 展明, 2001, 平成13年度修士論文
- 金澤 純, 1992, 農薬の環境科学, 第3章, 農薬の環境中における動態, pp. 39-53