関西自然保護機構会報 17(2)：145－149，1995

総　説

神経作用毒ガス　サリン

大阪市立大学理学部　飯　尾　英　夫

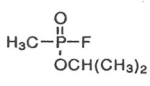
NERVE AGENT SARIN

Hideo Iio　*Department of Material Science, Faculty of Science, Osaka City University.*

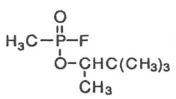
松本サリン事件や東京地下鉄サリン事件で，毒ガスの恐怖に震撼した。神経作用毒ガス化学兵器としてサリン，ソマン，タブン，VXが実用化されている。これらの取扱自身は極めて危険であるが，製造は簡単であり，また原料が化成品として容易に入手できる点，問題は大きい。「化学兵器の禁止及び特定物質の規制等に関する法律」（化学兵器禁止法）および「サリン等による人身被害の防止に関する法律案」（サリン法案）が制定された。これにより国民の間に広がっていた化学物質への不安を払拭し，さらには化学兵器を世界からなくさねばならない。

神経作用毒ガス

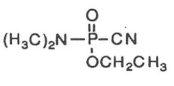
神経作用毒ガスは有機リン系殺虫剤を製造する過程で発見され，第２次世界大戦中ナチスドイツによりサリンが兵器用神経ガスとして開発された。４人の研究者の名前をとってsarinと命名された。サリンは融点－57℃，沸点147℃で，常温では液体だが気化しやすい。純粋なサリンは無色無臭。液体なら皮膚を通じて，気体なら呼吸によって肺から血液に入る。人への致死量は0.01 mg／kgで青酸ガスの100倍以上猛毒。類縁の神経性毒ガスとしてソマン，タブン，VXが実用化されている。



サリン



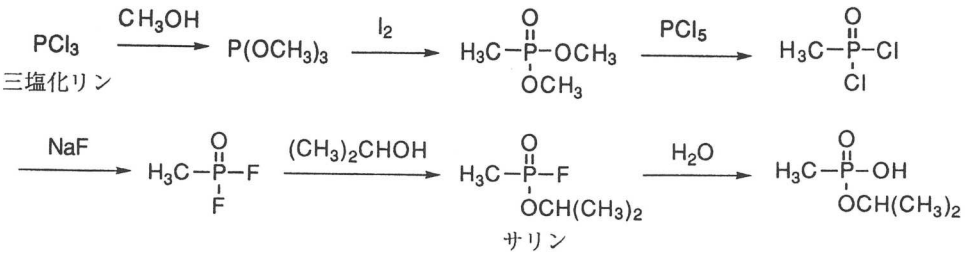
ソマン



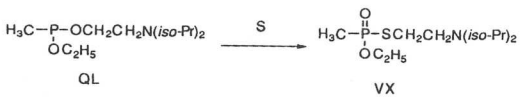
タブン

サリンの合成法は数とおり知られているが，一例を図示した。三塩化リン，イソプロピルアルコール，フッ化ナトリウムなど一般的化成品をもとに，容易に合成が可能だ。オゾン層を破壊するフロンガスはフッ素と塩素を含む，揮発性が高い通常安定な炭化水素である。フロンガスがオゾン層まで到達すると，太陽光の強い紫外線で塩素ラジカルが発生し，ラジカル連鎖反応で大量のオゾンを分解する。結果，オゾンホールを生じる。フロンガスが問題となるのは塩素原子を含むためである。フロンガスに含まれるフッ素原子は炭素－フッ素結合で存在し安定であるが，サリンのフッ素はリン原子と結合していて，水やアルカリで簡単に加水分解される。生じたメチルホスホン酸モノイソプロピルは無毒である。このときフッ化水素も生成するので強い刺激臭を発生する。これによって草木が枯れる。

VXを発生させる新式神経ガス弾が開発されている。原料物質のQLと斜方硫黄の二部よりなっていて，爆弾が落下するとQLが斜方硫黄と反応してVXとなる。このとき，VXが方々に散らば



サリンの合成法と加水分解.



り，わずかでも皮膚につけばそこから体内に入り，神経毒作用を起こし殺傷する。

神経作用毒ガスの生体への作用機構と解毒

サリンなどの神経作用毒ガスの生体への作用は，コリンエステラーゼ阻害活性をもつ有機リン系殺虫剤とおなじである。神経伝達が細胞の末端に達すると，シナプスから神経伝達物質であるアセチルコリンが放出され，筋肉側のアセチルコリン受容体に結合する。運動神経の場合には筋肉が収縮し，副交感神経の場合は，発汗など副交感神経刺激症状が現れる。結合したアセチルコリンが除かれないと筋肉はいつまでも収縮した状態になる。こうなると筋肉はいつまでも興奮した状態になって正常な体内での作用ができなくなり死に至る。正常な場合はアセチルコリンエステラーゼがアセチルコリンを加水分解する。サリンなどの神経作用毒ガスはアセチルコリンエステラーゼの活性部位に結合し（コリンエステラーゼをリン酸化する），アセチルコリンを加水分解する酵素活性を阻害する。

コリンエステラーゼ阻害剤中毒に対する薬理学的拮抗剤はアトロピンである。このアトロピンはヨーロッパの有毒植物ベラドンナ *Atropa belladonna* に含まれるアルカロイドで，副交感神経抑制作用がある。瞳孔を広げるためにアトロピンが散瞳薬として用いられている。これはアトロピンの副交感神経抑制作用により，瞳孔の括約筋が弛緩するためである。中毒状態になったとき，アトロピンを投与するとアセチルコリンと拮抗してアセチルコリン受容体に結合し，筋肉のけいれんを防ぐ。この間に新たに作られるコリンエステラーゼを待つわけだ。サリン中毒の治療薬としてPAM（二ーピリジンアルドキシムメチオジド）を用いる。PAMはサリンによりリン酸化されたコリンエステラーゼから，自らがリン酸化されることによりリン酸基を取り除き，コリンエステラーゼの活性を回復させる。

毒ガスと法規制

「化学兵器の開発，生産，貯蔵及び使用の禁止並びに廃棄に関する条約」（化学兵器禁止条約）が1992年9月ジュネーブでの国連軍縮会議で採択されている。

1. 保有する化学兵器，その製造施設の廃棄計画などを条約の発効後30日以内に申告し，原則として10年以内に破壊する。
2. 化学兵器の製造に転用可能な化学物質の生産実績などを毎年申告し，申告内容を確認す

る検証を受ける。

この条約を日本は今年３月批准した。条約発効には65カ国の批准が必要だが，批准国は半数に至っていない。この条約を受けて「化学兵器の禁止及び特定物質の規制等に関する法律」（化学兵器禁止法）が1995年５月５日に施行されている。

特定物質（全12種）の製造又は使用を行う者は，通商産業大臣の許可が必要となることに加え，所持，譲渡し・譲受け，保管，運搬及び廃棄についても，所要の規制を受ける。指定物質（全31種）についても，化学兵器に転用されるおそれがあることから，それぞれある量以上になると届け出義務が生じる。

さらに，「サリン等による人身被害の防止に関する法律」（サリン法案）が５月１日から施行された。これで「人を殺傷する以外には使用目的のない毒物」を厳しく禁止する体制は整ったといえる。これにより，研究者や教育関係者を含め化学に関わる人々はすべて，化学物質に対するより厳しいリスク管理を求められることになるだろう。日本化学工業協会は「特定化学物質の管理の徹底について」と題する通達を傘下の団体，企業に送って，レスポンシブル・ケア（化学物質の開発から製造，流通，使用，最終消費を経て廃棄に至る全ライフサイクルにわたって環境・安全を確保するための自主管理活動）の精神に沿って化学物質の管理を行うよう要請している。化学兵器禁止法は我が国が化学兵器を保有することのないよう，その原料になるサリンなど特定の化学物質の生産流通を禁止するもので，かなり限定的だ。罰則もサリンなどの化学兵器としての発散は無期または２年以上，それ以外の無許可発散は３年以下の懲役，サリンなどの製造・所持は化学兵器を製造する目的だと７年以下，その目的以外の無許可製造は３年以下，その目的以外の不法所持は１年以下の懲役，原料物質の製造，所持は化学兵器を製造

化学兵器禁止法の特定物質と指定物質.

	特定物質（表１剤）	第１種指定物質（表２剤）	第２種指定物質（表３剤）
毒性物質	サリン，ソマン，タブン，VX，硫黄マスタード，窒素マスタード，ルイサイト，サキシトキシン，リシン	BZ，アミトン，PFIB	ホスゲン，塩化シアン，青酸，クロロピクリン
原料物質	クロロサリン，クロロソマン，メチルホスホン酸ジフルオリド，QL（エチル－二－（ジイソプロピルアミノ）エチルメチルホスホナイト）	メチルホスホン酸ジクロリド，メチルホスホン酸ジメチル，三塩化ヒ素，ベンジル酸，N,N－ジアルキルアミノエチル－２－クロリド，チオジグリコール	オキシ塩化リン，三塩化リン，亜リン酸トリメチル，亜リン酸トリエチル，亜リン酸ジメチル，亜リン酸ジエチル，一塩化硫黄，二塩化硫黄，塩化チオニル，エチルジエタノールアミン，メチルジエタノールアミン，トリエタノールアミン

する目的だと７年以下の懲役，その目的以外では不処罰となっている。

これに対しサリン法は，人の生命と身体被害の防止，公共の安全確保を目的として，サリンなどの発散，製造・輸入・譲り渡し・譲り受け・所持，製造などを目的とした原料物質の購入・提供を禁止するもので，化学兵器禁止法よりも禁止範囲が広く，国内での多数殺人，無差別テロに十分対応できるよう措置されている。施行されたサリン法は，対象物質をサリンと，サリン以上またはサリンに準ずる強い毒性を持つ物質に限定するとともに，原材料，製法，発散させる方法，発散したときの性状などを勘案して人を殺傷する目的に供される恐れが大きく，人の生命身体への危害の程度も大きいと認められることなどに限定して，適用されることになっており，有害な化学物質に拡大適用される懸念はない。ただ，国や一般社会に悪意を持った集団による毒物の製造・使用を，完全に防止できるとは言いきれない。むしろ研究開発から，製造，流通，廃棄までの段階での，化学物質のリスク管理がますます重要になってきたと指摘されている。

日本では太平洋戦争当時旧日本軍が，瀬戸内海の大久野島（広島県竹原市沖）でびらん性毒ガスであるイペッリト（マスタードガス）きい１号の製造を行っていた。ここは現在国民休暇村に生まれ変わり観光客でにぎわっている。毒ガス資料館も建っている。終戦当時，大久野島を含め国内18カ所に保管されていた化学砲弾などの毒ガス兵器は連合国軍総司令部の指示で焼却されたり，国内８カ所の海域に投棄された。そのため，漁網に引っかかったり，海岸に漂着したことによる事故が戦後24件起こっている。最近でも，この投棄箇所で底引き網漁船がイペリットの入った缶を引き揚げる事件が起きていて，この缶は沖合いの深海に再投棄されている。旧日本軍が黒竜江省や吉林省など中国東北部に毒ガス兵器を大量に放置した。砲弾200万発，化学剤100トンと中国側は指摘している。それらが規制対象物質の場合は，条約発効後10年以内に処理しなければならない。

化学兵器禁止法の特定物質にサキシトキシンやリシンが加えられているが，実際にスパイ戦に使われた経緯がある。両者は生物毒素で化学構造は全く異なっている。生物毒素にはこの２種以外にも，フグ毒テトロドトキシン，ブレベトキシン，マイトトキシンをはじめ多くの猛毒化合物が知られている。今回の規制対象になっていないが，一度兵器として使用されると規制対象につけ加えられるだろう。これらの化合物を，化学兵器として大量に手に入れることは困難だが，取り扱いが比較的安全なので少数を対象にするとき使用される。

リシンはヒマの種子から得られる分子量64,000の糖タンパク質である。S−S結合で結ばれたA鎖とB鎖からなっている。毒素はB鎖を介して動物細胞表面の受容体に結合し，A鎖のみが細胞内部へ進入し細胞質でリボソームを酵素的に不活性化する。この結果，細胞のタンパク質合成が阻害され死に至る。

サキシトキシンは麻痺性貝中毒の原因物質で分子量299の含窒素低分子である。サキシトキシンの真の生産者は渦鞭毛藻であり，貝が毒素を蓄積し毒化する。テトロドトキシンと同様にNa^+チャンネルを選択的に阻害し，Na^+イオンの膜透過を抑制する。薬理あるいは生理学の研究ツールとして繁用されている。

おわりに

サリンによる悲惨な事件が起きたが，一応解決の方向に向かっている。この間，神経作用毒ガスをはじめとする化学兵器禁止法の施行も行われ，法的な整備も整ってきた。ただこの規制にかから

ない毒物も多数あり，研究所や工場における薬品管理を厳密に行う必要がある。また，残された化学兵器を今後どの様に処理するのか早急に議論し，対策を立てねばならない。

引用文献

化学工業日報．1995．化学と工業 1995, 48：724.

Tu, A. T. 1988. 身のまわりの毒. 187pp. 東京化学同人，東京.

山崎幹夫．1985．毒の話．216pp. 中央公論社，東京.

内藤裕史．1995．化学と工業 1995，48：920－923.

化工誌編集委員会．1995．化学と工業 1995，48: 924－926.