World Watching 176

ワールド・ウォッチング

図1　ラグーナの地図

ヴェネツィアとラグーナ(潟)を守るための総合的取り組み

樋口　嘉章

株式会社オリエンタルコンサルタンツ
執行役員

はじめに

ヴェネツィアのラグーナ（潟）の面積は約550km²（東京湾のほぼ半分）で、その平均水深は約1.5mである（図1）。

ヴェネツィアで進められているアクア・アルタ（高潮）対策事業としてのモーゼ計画については、本誌でも何度か紹介されている[1) 2) 3)]。2014年9月にPIANCのMarComで同地を訪れた際、モーゼ計画の工事現場を視察するとともに、責任者から現状について説明を受ける機会を得たので、報告したい。

問題

何世紀もの間、自然の現象と人為的な介入がラグーナの環境に影響を与えてきた。

例えば、流入河川からの沈殿物流入の問題に対処するため14～19世紀に行われた河川の付け替えは、背後地からの栄養分の供給をほとんど無くした。19世紀に近代的な船の通航を確保するために行われた開口部の外側での防波堤建設は、アドリア海とラグーナの間の水の流れに影響を与えた。20世紀初頭にはマルゲーラ工業港の開発が進められた。陸地に近い水域を埋立て、深い航路を浚渫し、造船・金属加工・石油化学工業などが立地したことは、経済的発展の一方、汚染物質の排出の原因となるとともに、バレーナと呼ばれる湿地地帯（満潮時でも水面下に沈むことなく多様な植生があり、ラグーナの動物・鳥類が生息する自然豊かな場所）の喪失、ラグーナの流況の変化を招いた。さらに、この工業地帯での地下水のくみ上げは20cm以上の地盤沈下を引き起こした。

これらの結果20世紀後半には、ラグーナのシステムは多くの問題（アクア・アルタ、海浜の浸食、ラグーナの環境の悪化など）に直面することとなった。

ラグーナの潮位差は通常70cm（-20cmから+50cm）だが、大潮、低気圧による吸い上げ、アドリア海の南風シロッコによる吹き寄せの3つが重なると、アドリア海の北端に位置するヴェネツィアでは、ヴェネツィア本島を含むラグーナ内の島々が冠水する高潮が起こる。この現象はアクア・アルタと呼ばれている。ヴェネツィア本島で一番低いサン・マルコ広場のサン・マルコ寺院前では、+80cmになると、舗装の石の隙間から水が染み出し始める。

図2に過去110年の潮位+110cm以上のアクア・アルタの頻度を示しており、2001～10年には年平均6～7回であったことが読み取れる。2011年と12年には年9回を記録しており、近年になって状況が厳しくなっていることが読み取れる。表1には既往の大きいアクア・アルタの記録を示す。

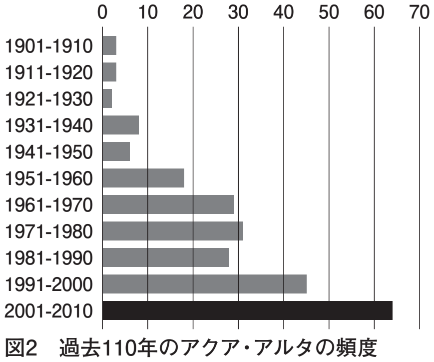

図2　過去110年のアクア・アルタの頻度

歴代順位	潮位（cm）	年	月日
1	194	1966	11/4
2	166	1979	12/22
3	159	1986	2/1
4	156	2008	12/1
5	151	1951	11/12
6	149	2012	11/11
7	147	2002	11/16
7	147	1936	4/16
9	145	2009	12/25
9	145	1960	10/15

表1　既往の大きいアクア・アルタ

1966年のアクア・アルタと総合的対策事業

1966年11月4日にヴェネツィアが潮位+194㎝という記録的なアクア・アルタに襲われ、「一週間近くも浸水が続き、多くの美術品や建物に影響を及ぼし、悲惨な爪跡を残した。この災害をきっかけに、環境を軽視し、近代化の発展に重点を置いてきたそれまでのあり方を反省し」[4)]、対応策についての広範な議論がなされてきた。

アクア・アルタの被害を防ぐためには、ラグーナの3か所の開口部（リド、マラモッコ、キオッジャ）にゲート（図3、写真1）を作り、アクア・アルタの際にはラグーナを閉め切って水の浸入を防ぐことが提案された。この構想について、環境保全派からはラグーナの自然環境に影響を与えないようにとの注文がついた。また、海事関係者からはラグーナ内の係留施設へのアプローチに与える影響を最小限にすることが求められた。さらに、世界遺産にも選ばれているヴェネツィアでの事業であることから、人目につく大規模な構造物による景観への影響をなくす必要もあった。

これらを満足する解として、①ラグーナ内の島々の護岸の嵩上げ、②干潟の造成・再生、③ラグーナの外側のリド島・パレストリーナ島などのアドリア海側の砂浜の保護、④マルゲーラの工業地帯の老朽化した護岸の改修、⑤ラグーナの3か所の開口部でのフラップ式ゲートの水門などを組み合わせ、ラグーナの自然環境にも配慮した総合的な高潮対策を進めることとなった。フラップ式ゲートの水門計画はモーゼ（MOSE）計画と呼ばれているが、これはイタリア語のMOdulo Sperimentale Elettromeccanico（電気機械的実験モジュール）からきている。

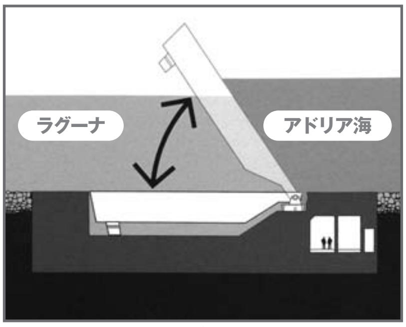

図3　モーゼ計画の断面図

写真1　浮上したフラップゲート

総合的対策事業の取り組み状況

事業主体は中央政府のインフラ交通省の地方出先機関であるヴェネツィア水管理局（Magistrato alle Acque di Venezia, Ministero delle Infrastrutteure e dei Trasporti）であり、実際の工事などは民間の受注業者の連合体である新ヴェネツィア事業体（Consorzio Venezia Nuova）が担っている。これらの建設工事は2003年から進められている。

①については、地下の土からの水の浸透を防ぐとともに建物の基礎も守りつつ、延長100kmが施工済みとなっており、防護された面積は1,300haとなっている。また、公共で舗装された護岸の嵩上げについても合わせて施工された。

②については、干潟・湿地・浅瀬など多様な生物の生息できる環境を保全するとともに1,600haの湿地が造成された。シギ・都鳥などが観察されている。

③については、海岸浸食を防ぐため、49kmにわたって養浜を行うとともに突堤を築いた。さらに、開口部を守る防波堤を補強する工事を延長11kmにわたって行った。

④については、マルゲーラ工業地帯の汚染物質の投棄場所7か所（320ha）が安全性を確保するとともに、40kmにわたって工業地帯の老朽化した運河沿い護岸の改修を行った。また、工業地帯の運河の汚染された沈殿物32万2千m^3を浚渫して除去した。さらに、本土とラグーナの間に39haの特別な湿地（植物的浄化領域）を作って、本土側から流入する水を濾過して、汚染物質を減らすことができるようにした。

⑤モーゼ計画については、事業費で80％程度の進捗状況となっている。当初は2012年には完成する予定だったが、経済的事情で遅れており、現時点では2016年の完成を見込んでいる。総事業費は上記の様々な施策も含めて55億ユーロ（1ユーロ＝145円として、7,975億円）と見られている。

おわりに

今回、新ヴェネツィア事業体のエルメス・レディ局長から説明を受けたが、我々（MarComメンバー）が、専門家でありかつ外国人であることからか、踏み込んだ個人的見解も聴くことができた。様々な制約・議論がある中で、一歩一歩、関係者の理解を得ながらようやくここまでたどり着いたことについての自負が印象的だった。

［参考文献］

1）清宮理（2008）、「ベネチアを高潮から守るフラップ式ゲート」、『港湾』2008年3月、34～35頁
2）岡良（2009）、「海外の高潮対策の事例～イタリア「モーゼ計画」、オランダ「デルタ計画」～」、『港湾』2009年2月、22～23頁
3）「浸水から海都を守る～ベネチア・モーゼ計画～」、『港湾』2009年11月、32～33頁
4）樋渡彩（2013）、「水都ヴェネツィア研究史」、水都学Ⅰ、113頁、2013年3月