

東京湾第二海堡における石材と骨材 — 岩石学的特徴と原産地の探索 —

Hewn stones and concrete aggregates at Tokyo Bay Sea Fort No.2 — Petrographic features and a quest for their provenance —

片山哲哉¹, 野口孝俊², 安藤陽子¹, 佐藤友美¹, 広野真一¹

- 1 太平洋コンサルタント・解析技術部
2 国土交通省・関東地方整備局横浜港湾空港技術調査事務所

概 要

第二海堡の石材と骨材の岩質調査, 供給地の文献調査, 現地踏査と照合を行った。間知石護岸と笠石はソレイト質の安山岩で箱根火山の複数の溶岩流に相当し, 塩類風化を受けていた。石積擁壁の石材には今回初めてスコリア質凝灰岩に千葉県金谷の房州石の商標の刻印が確認され, 一部は三軒家砲台・観音崎砲台と共通であった。三浦半島に多い岩相の黄褐色の凝灰質砂岩と, 泥岩偽礫を含むスコリア質凝灰岩の石材に刻印は見られなかった。明治期の法面と砲台のコンクリート粗骨材は砂岩が優勢の円礫でチャートを含み, 岩種構成は多摩川産砂利に相当し, 遅延膨張性アルカリシリカ反応を生じていた。細骨材は貝殻を含む海砂で富津岬付近の砂に類似する。

キーワード：間知石, 石積擁壁, 刻印石, 骨材, 房州石

1. はじめに

第二海堡は東京湾口に建設された海上要塞で, 着工は1889年(明治22), 竣工1914年(大正3)りとされているが, これは大砲の据付けと調整に時間を要したためであり, 土木構造物としての概成は1907年頃と推定されている。当時の使用材料の石材・骨材は供給元についての記録がないため, 本稿では使用石材の特徴と産地について考察した。

2. 火山岩の護岸と笠石

2.1 間知石

第二海堡の護岸の間知石は堅石(火山岩)の割石で, 谷積みである。稀に矢孔跡が見られる(図1)。矢孔は正常なサイズの間知石の真中を通ることから, 小割りに失敗した堅石も護岸にそのまま使用したと考えられる。間知石と笠石(法面被覆コンクリート・煉瓦壁の上端)は色調の変化に富み, 暗灰色, ピンク色, 灰色, などを呈する(図2)。そのため, 複数の産地から搬入されたと考えられるが, 塩類風化の影響を受けていることから, 野外における火山岩石材の表面の色は正確ではない。護岸背面には粗石コンクリートがある。護岸の最上部(飛沫帯)の間知石は, 塩類風化により表面が5cm程度溶解している箇所がある(図1)。



図1 第二海堡右翼北岸 護岸間知石：左上より, 西側護岸全景, 間知石の矢孔跡, 最上部波返し石の塩類風化(表面の溶解残り), 東側護岸 間知石の矢孔跡



図2 護岸間知石：左：ピンク色, 灰色, 黒灰色の石材, 右：護岸背面の粗石コンクリート

2.2 笠石

笠石には法面被覆コンクリートを押さえる大型のものと、掩蔽壕の煉瓦壁上の小型のものがあるが岩質は似ている。塩類風化の表層は同心円状に剥離を生じている(図3)。

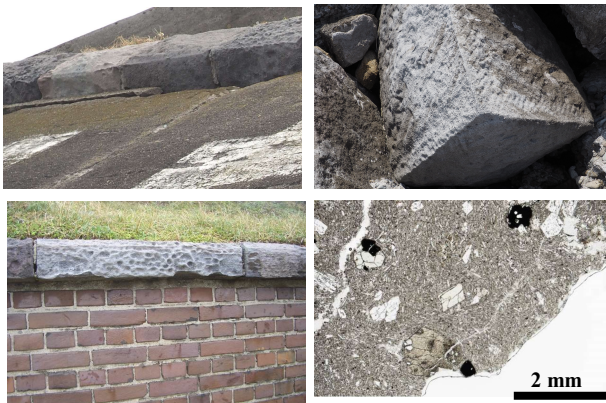


図3 第二海堡右翼北岸：左上より、法面被覆コンクリートの笠石、同崩落した笠石、掩蔽壕煉瓦壁の笠石(塩類風化)、同表層断面の薄片写真(同心円状の表層剥離)

2.3 間知石の塩類風化

火山岩石材の塩類風化が護岸の飛沫帯において、間知石や掩蔽壕の笠石に発達する。火山岩の表面は風化により灰白色を呈しても、内部には新鮮なガラスが残存し暗紫色を呈する(図4)。風化による剥離は同心円状に進行する。

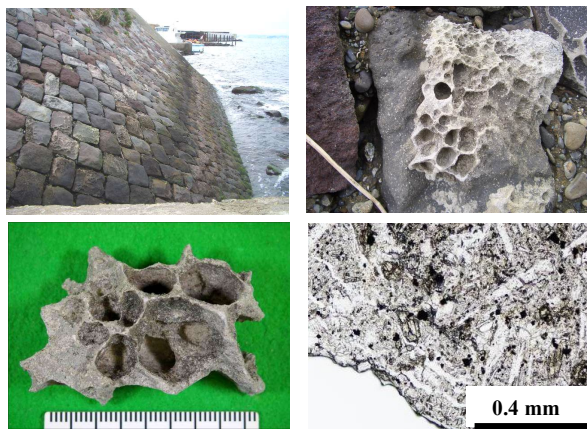


図4 第二海堡中央北岸 護岸間知石：左上より、全景、表面の塩類風化(内部は暗灰色)、拡大(蜂の巣状)、断面(同心円状の表層剥離と溶解跡)

2.4 安山岩石材の組成

第二海堡(間知石・笠石)と、箱根火溶岩の分布地域(今回は南半部：江ノ浦南西・岩北西・白磯・亀ヶ崎)より採取した火山岩につき、顕微鏡観察と蛍光 X 線分析を実施した。岩石の色は破断面を色差計で計測し、Lab で表示した。色相環の方位亦 $\theta=0^\circ$ 、黄色 $\theta=90^\circ$ 、とすると、ピンク色のものは値が小さかった。薄片観察結果を表1に、分析結果を表2に示す。ピンク色に見えた岩石は玄武岩質安山岩であった。化学組成は神奈川県立生命の星・地球博物館の「箱根火山岩石データベース」²⁾と比較した(図5)。

表1 第二海堡の火山岩石材及び箱根火山溶岩の顕微鏡観察

No. type	第二海堡					採取地				
	間知石					採取地				
	3 暗灰	2 ピンク	5 ピンク	4 灰	15 灰	14 ピンク	13 紫褐	11 灰黒	12 灰	
色相	L a b θ°	31.5 -2.0 -0.8 247	40.3 1.9 2.5 53	40.5 1.3 1.6 52	37.6 1.3 0.2 23	41.0 -0.7 1.1 160	39.5 3.6 -0.7 17	39.4 -0.7 -0.4 209	33.4 -0.1 -0.2 249	46.4 4.1 3.2 38
斑晶 mm	Pl CPx OPx	1-3 2.8 0.8	1-6 0.7 0.5-1.2	1-4 1-1.2 1.2	1-4 0.6 0.5	1-2.5 0.8-2 0.5-0.6	1-2.8 1-1.6	0.6-1.8 0.4-1	0.8-2 0.6-1.6	0.8-2.4 0.6-0.8
石基	Pl Ano CPx OPx Cr Tr Gl Pa* Mt	◎ ○ x x △ x	◎ x x x x x	◎ x ○ x x x	◎ x ○ x x x	◎ x x x △** x	◎ x ○ x x x	◎ x ○ x ◎ x	◎ x ○ x ◎ x	◎ x ○ x ○ x
変質鉱物	Ht Go Cl		x △ x	x x x	x x x	x x x	x xx x	x x x	x x x	x x x

玄武岩質安山岩 No.3, No.2, No.5; 安山岩 No.4, No.15, No.14; デイサイト No.13, No.11, No.12

産地：No.14 亀ヶ崎(旧石切り場), No.13 琴ヶ浜, No.11, No.12 江ノ浦南(赤沢, 採石場)

◎大変多い, ○多い, △あり, x 少ない

*ガラスの結晶化物。クリストパライト・斜長石・アノソクレスより成る
**微細な磁鉄鉱の粒子を包有する

Pl: 斜長石 CPx: 単斜輝石 OPx: 斜方輝石 Ano: アノソクレス Cr クリソパライト Tr トリディマイト Gl 火山ガラス Pa パッチ(脱はり) Mt 磁鉄鉱 Ht 赤鉄鉱 Go 水酸化鉄 Cl 粘土鉱物

表2 第二海堡の火山岩石材及び箱根火山溶岩の組成

No. type	第二海堡					採取地					
	間知石					白磯	真鶴岬		江ノ浦南		岩北西
	3 暗灰	2 ピンク	5 ピンク	4 灰	15 灰	17 灰黒	14 ピンク	13 紫褐	11 灰黒	12 灰	16 紫褐
SiO ₂	53.02	55.58	55.62	60.35	62.18	57.18	59.76	63.63	63.09	63.59	63.82
TiO ₂	0.79	0.96	0.92	0.72	0.85	0.95	0.73	0.88	0.86	0.88	0.89
Al ₂ O ₃	18.15	18.98	19.94	19.05	16.58	17.97	19.14	15.78	15.75	15.67	15.59
Fe ₂ O ₃ *	9.92	8.81	8.21	6.03	6.87	8.93	6.12	7.23	7.03	7.21	7.20
MnO	0.18	0.15	0.14	0.13	0.16	0.17	0.13	0.17	0.16	0.17	0.16
MgO	4.79	2.60	2.20	1.44	1.76	2.32	1.44	1.57	1.46	1.47	1.35
CaO	10.39	9.25	9.82	7.67	6.27	8.46	6.42	5.97	6.03	5.82	5.59
Na ₂ O	2.36	2.77	2.90	3.64	3.83	3.19	3.73	3.92	3.86	3.89	3.90
K ₂ O	0.46	0.58	0.58	0.62	0.97	0.53	0.64	0.77	0.76	0.78	0.77
SO ₃	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
P ₂ O ₅	0.10	0.13	0.13	0.14	0.27	0.11	0.13	0.16	0.16	0.16	0.16
Ig.loss	-0.14	0.18	0.12	0.49	0.22	0.35	2.04	-0.10	0.48	0.20	0.48
Total	100.02	99.99	100.58	100.29	99.96	100.16	100.29	100.08	99.64	99.84	99.91
#	1.87	3.05	3.36	3.77	4.30	3.47	3.83	4.15	4.34	4.42	4.80
Q	8.1	15.5	13.5	17.6	19.8	15.5	19.5	22.3	22.2	22.7	23.4
Or	2.7	3.4	3.4	3.7	5.7	3.1	3.8	4.6	4.5	4.6	4.6
Ab	20.0	23.4	24.5	30.8	32.4	27.0	31.6	33.2	32.7	32.9	33.0
An	37.6	37.7	39.7	33.9	25.2	33.2	27.7	23.3	23.5	23.1	22.8
Di	10.7	5.7	6.5	2.7	3.3	5.7		4.4	4.4	4.0	3.2
Wo	5.5	3.1	3.4	1.4	1.7	3.3		2.2	2.2	2.0	1.6
En	3.3	2.6	2.3	0.6	0.8	1.4		1.0	1.0	0.9	0.7
Fs	1.9		0.8	0.7	0.8	2.0		1.2	1.2	1.1	0.9
Hy	13.6	3.9	4.3	6.1	7.1	6.4	4.9	6.3	5.8	6.2	6.3
En	8.6	3.9	3.2	3.0	3.6	2.6	3.6	2.9	2.6	2.8	2.7
Fs	5.0		1.1	3.1	3.5	3.8	1.3	3.4	3.2	3.4	3.6
Hm		0.8									
Mt	4.8	6.8	6.0	2.9	3.3	4.3	4.4	3.5	3.4	3.5	3.5
Il	1.5	1.8	1.8	1.4	1.6	1.8	1.4	1.7	1.6	1.7	1.7
Ap	0.2	0.3	0.3	0.3	0.6	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4
C							1.0				
Total	99.3	99.9	99.3	99.3	99.1	98.3	94.5	99.4	98.5	99.0	98.8

FeO*/MgO

玄武岩質安山岩 No.3, No.2, No.5; 安山岩 No.4, No.15, No.17, No.14; デイサイト No.13, No.11, No.12, No.16

産地：No.17 真鶴(白磯：矢孔跡付近), No.14 亀ヶ崎(旧石切り場), No.13 琴ヶ浜, No.11, No.12 江ノ浦南(赤沢, 採石場), No.16 岩北西(石切り場) ノルム計算仮定：*ピンク色：Fe₂O₃/FeO=1:0.6, ピンク～灰色：Fe₂O₃/FeO=1:1, 灰色暗灰色：Fe₂O₃/FeO=1:2

第二海堡の火山岩石材は調査範囲内ですべてソレアイ

ト系列に属し(図6),箱根火山のものと考えて不都合はない。溶岩流の種類と化学組成は1:1に対応しないが、概ね見当がつく。暗灰色の間知石は玄武岩質安山岩で、米神溶岩に相当する。ピンク色の間知石は酸化した玄武岩質安山岩で、米神溶岩・江之浦溶岩の組成範囲に入る。灰色の間知石は安山岩で、岩溶岩・白磯溶岩・真鶴岬溶岩の組成範囲に入る。灰色の笠石はデイサイトに近い安山岩で、組成的に本小松溶岩・岩溶岩・真鶴岬溶岩に類似する。今回は組成と岩相が一致する石材の丁場跡は確認できなかった。

海堡内には優白色の笠石や黒色の粗石も存在する。これらが湯河原の白丁場石や伊豆大室山の玄武岩質安山岩(カルクアルカリ系列)かどうかについても確認を行う必要がある。箱根火山の溶岩流の北半分(米神・根府川・岩)や他の火山(多賀・宇佐美)の溶岩流についても同様である。

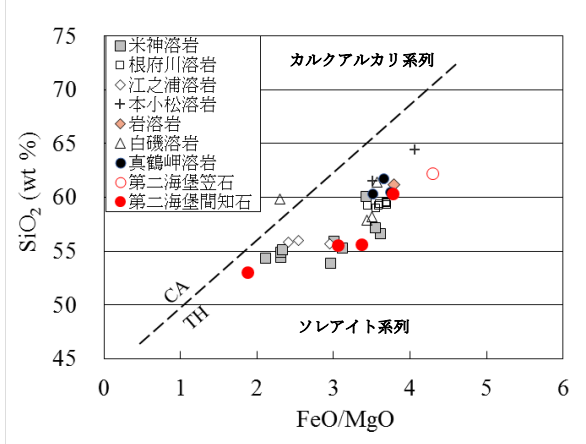


図5 箱根火山の火山岩の組成図 神奈川県立生命の星・地球博物館の「箱根火山岩石データベース」の分析値をプロット

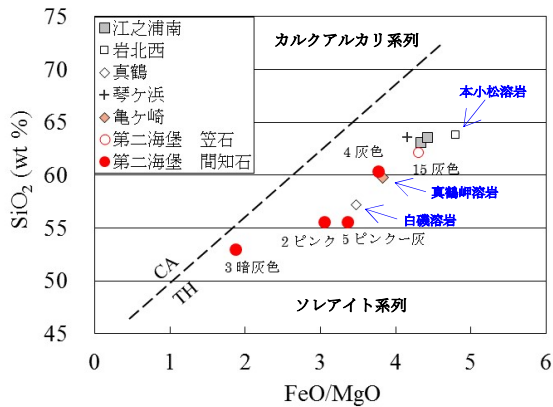


図6 第二海堡と真鶴地区の火山岩の組成 CA: カルクアルカリ系列, TH: ソレイト系列 都城・久城の図にプロット³⁾

2.5 原産地の調査

江戸城石垣の火山岩石材は伊豆半島の広範囲から採取されたのに対し、東京湾要塞用は伊東の川奈以北⁴⁾とされていた。この地域は火山岩の種類に富み、江戸時代から採石場が錯綜している。真鶴では明治期にかけて海岸線の石材はほぼ採掘し尽くされ、東京湾要塞群の建設の需要のため山側に移った。根府川周辺では、採石終了後は山の斜面の地形が改変され、植林されるかミカン畑や茶畑になった

5)。特に岩地区については、今後精査が必要である。

表3 真鶴地域における火山岩石材の採掘地の変遷 平井⁶⁾より

江戸時代			明治時代		
管轄	御用丁場	積出し港	管轄	陸軍丁場	積出し港
尾張家 紀州家	石橋・吉浜 米神				
	岩		陸軍	岩 岩 漁 協 事 務 所 一 帯 (富津砲台 築造工所用)	岩の浜
御三家 松平阿 波守	山丁場 真鶴 (公儀 用・諸大 名用・民 間用)	丸山(江 戸城用) 磯崎		東大ケ窪・東白磯・ 南・南駒ころばし・ 南古洞浜・南つい し・南元地・南道無 し・南大浜・南尻掛	

真鶴地域の安山岩は江戸時代から矢孔と楔により割石として採石されていた。白磯海岸には矢孔跡のある黒色安山岩があり(図7), 第二海堡の黒色安山岩間知石(矢孔跡あり: 図1)に類似する。これは江戸城用の「東白磯」(表3)⁶⁾に相当しよう。一方、真鶴岬の亀ヶ崎・番場浦の安山岩はピンク色の軟質で、鶴嘴で切石(90x30x25cm)として採掘されていた(図7)。第二海堡のピンク色の間知石に似るが分析結果が一致せず、異なるものであった。



図7 真鶴地区の安山岩採石場跡 上: 白磯 全景, 割石の矢孔跡 下: 左より, 亀ヶ崎, 番場浦の切出し跡

第二海堡用の丁場の特定は難しい。陸軍省の文書^{4),7)-13)}(表5)から東京湾要塞の石材採掘地を推察すると、真鶴の岩地区¹¹⁾と根府川南方の江ノ浦地区¹²⁾が有力である(表4)。「片浦村史」¹⁴⁾には1895年(明治28)に陸軍省が江ノ浦の石山を買い上げ、横須賀の要塞に使用したとあり、記録と一致する。江ノ浦南西の山の斜面で東京湾要塞用に矢孔で石材を採取し、橇道を通じて江ノ浦港に運んだといわれている。但し、買収時期を考えると、岩も江ノ浦も第三海堡用である(表5)。陸軍の買収予定地の岩村竹ノ内(表5)は、岩溶岩ではなく白磯溶岩の分布地である。

表4 文献による東京湾海堡の火山岩石材の供給元

部位	形状	名称	第二海堡	第三海堡
			浄法寺 ⁵⁾	東京湾第三海堡建設史 ¹⁵⁾
護岸 (海面付近)	方形	相州 堅石	根府川 真鶴	石橋・根府川・江ノ浦 岩・真鶴

表 5 東京湾海堡建築用の火山岩石材の採掘地 旧陸軍省

第二海堡	第三海堡
1889年(明治22) 試験用石材採取予定:富津沖の海堡建築方法の試験用:江ノ浦村字谷戸〜掘切 ⁷⁾	
1890年(明治23) 公共事業(横浜築港)で石材の需要増加 東京湾諸砲台用:石材が最も多く、船積みに便利なのは川奈以北 ⁴⁾ 試験用石材採取予定:海堡建築用: 江ノ浦村字谷戸〜掘切 ⁸⁾	1895年(明治28) 土地買収予定:岩村字竹ノ内 ¹¹⁾ 土地買収予定:江ノ浦村字松崎 ¹²⁾
富津第二海堡建築用石材:民間人による盗掘を看守する ¹⁰⁾	1901年(明治34) 防波壁上部をコンクリートに変更 予定:真鶴村御料地沿岸の石材は全量充足できる見込みなし ¹³⁾
1895年(明治28) 土地買収予定:岩村字竹ノ内 ¹¹⁾	

3. 擁壁の堆積岩石材

第二海堡の左翼北側掩蔽壕の前面には石積み擁壁が連続する。これは通常の法面擁壁とは異なり、最初に自立した衝立状の壁として建設され、次に海側に盛土法面を築き、最後に押さえコンクリートで被覆されている。経年劣化により、法面の盛土の砂が流出した結果、一部で被覆コンクリートが崩落し、内部の擁壁が露出または倒壊している。そのような個所で石材の観察を行った。この擁壁は、富津市富津第二海堡跡調査報告書¹⁾では防波壁とされているが、正確には防波工背面擁壁となる。



図 8 擁壁前面の露出 左より 東:アーチ擁壁(本体は変形フランス積み)、西:鋼櫓下(イギリス積み優勢)、西:倒壊部裏側(変形フランス積み・モルタル被覆)

3.1 第二海堡の擁壁にみられる堆積岩系石材

第二海堡の擁壁の石材は東京湾要塞群の陸上の砲台(走水低砲台、観音崎砲台など)とは異なり、不揃いで多様な岩相より構成される(表 6)。房総半島鋸山産の代表的な房州石の石材品種(図 6)に相当する岩相の頻度を上段に、典型的な品種から外れた岩相を中段に、擁壁の露頭面で風化侵食が進行した軟弱な岩相を下段に示す。

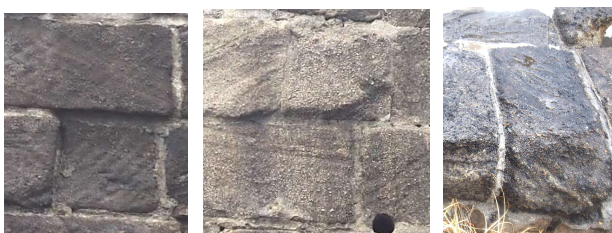


図 9 優勢な岩相 左より 西側:黒色スコリア質凝灰岩, 灰色スコリア質凝灰質砂岩; 中央:クロスラミナ凝灰質砂岩

表 6 第二海堡右翼北岸の石積み擁壁の石材岩相

石材 岩相	品種	東			中央			西	
		アーチ 擁壁	階段	倒壊部 裏	倒壊部 裏	残存 部	鋼櫓 下		
軽石火山礫含有ラミナ凝灰岩	桜目			1	2		2		
軽石クロスラミナ凝灰質砂岩	井桁目			3	7		19	16	
灰色スコリア質凝灰質砂岩*	砂目	33	31	3	7				
黒色スコリア質凝灰岩*	梨目	3	5	4	13	1	3	3	
黒色スコリア細粒火山礫凝灰岩*	ガリ目	7	4	1	7	1		1	
スコリア質凝灰質砂岩・泥岩互層		2					5	5	
黒色スコリア質凝灰岩(泥岩偽礫)		9		1				1	
黄褐色細粒火山礫凝灰岩				2	1	1			
赤褐色スコリア質凝灰岩		1		1		3			
灰青色凝灰質砂岩				1					
赤褐色スコリア質凝灰岩						1			
茶褐色礫岩(泥質マトリックス)				1					
軟質 黄褐色凝灰質砂岩泥岩互層					7			1	
軟質 黄褐色泥質凝灰岩					3		1		
軟質 黄灰色ラミナ凝灰質砂岩			5		1		1		
軟質 黄灰色泥岩					2		1		

* 刻印あり

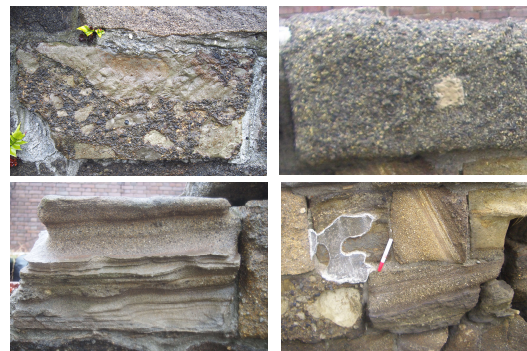


図 10 特徴的な岩相 左上より 東側:スコリア質凝灰岩(泥岩偽礫); 中央:火山礫凝灰岩, ラミナ凝灰岩砂岩, 層状泥質凝灰岩(モルタル補修跡)

- 1) 東側の擁壁(アーチ状): 灰色の凝灰質砂岩が優勢で、黒色スコリア質の凝灰岩と火山礫凝灰岩を含む。これらは風化に強く、表面に石材採掘時の鶴嘴の跡や、一部の小口面に刻印(図 16)が残っている。黒色スコリア質の岩石には、泥岩の偽礫や挟みが特徴的に含まれている。
- 2) 中央の擁壁: 多種類の岩相より構成される。軟弱な黄褐色の成層した凝灰質砂岩、泥質岩と軽石凝灰岩の互層が目立つ(図 10)。石材表面の風化が進み、凹んだ表面に被覆されたモルタル層が後から脱落した箇所がある。
- 3) 西側の擁壁: 海に向かって倒壊した擁壁が複数ある。これは掩蔽壕側の道路に面していた部分で、モルタル被覆されている。主要な岩相は倒壊ブロックごとに異なり、黒色スコリアの多いブロックや、軟弱な黄褐色の凝灰質砂岩の含まれるブロックがある。貝殻は稀である。一方、擁壁が残存露出している区間では、風化に強い灰色の凝灰質砂岩が多く(図 9)、直接風雨に曝されない鋼櫓の下では、石材の小口面に刻印(図 16)が多数残されていた。一部のスコリア層は泥岩の挟みを有する。

3.2 文献にみられる房州石の岩相別用途

千葉県鋸山では、江戸時代から昭和後期にかけて第三紀の凝灰岩類が石材として切り出され、東京方面に出荷されていた。これは房州石と総称され、鈴木¹⁰⁾によると5種類の品種(岩相)が用途別に出荷された(表 7)。房州石

の特徴の「桜目」は建物の外壁を飾る建築用であり、港湾関係の土木用には黒色粗粒の「ガリ目」が出荷された。

表7 房州石の石材品種と使用例 鈴木資料¹⁶⁾をまとめ

生産地・石質	物性	用途	施工場所
鋸山本峰 上石	桜の花びらや散ったような色(軽石)が入る	風化に抵抗が強いが、薄く切れる	石蔵・建物の化粧板など
井桁目	地層の層が線(ラミナ)状に入る	桜目に次ぐ	石塀・土台・灯籠など
鋸山中腹 中石	梨目 きめ細かく、すべすべしている		横須賀市汐入小学校・追浜天神橋の護岸工事・横浜港高島棧橋・横浜市港の見える丘公園・横浜市久保山地区宅造・早稲田大学大熊会館石塀・靖国神社石塀・式守正雄家石塀・第二海堡・第三海堡・木更津航空隊護岸・横浜港・横須賀港の護岸
砂目	砂粒が集まったような目		石塀などの構築物・七輪・火消し壺・灯籠など
ガリ目	目が粗く、小さな石が入る	強く、耐火性もある	土木工事業
鋸山周辺 下石		軟弱で耐久性に乏しい	比較的良好なもののは塀・釜戸などそれ以外は護岸の裏割り

鈴木士郎¹⁶⁾：房州石切出し実話，房州石の歴史を探る 第1号

表8 房州石の代表的石材品種¹⁶⁾と岩種との対応関係推定

品種	岩種	地層	分布
桜目	軽石火山礫含有ラミナ凝灰岩		鋸山 山頂付近
井桁目	軽石クロスラミナ凝灰質砂岩	竹岡層	
砂目	灰色スコリア質凝灰質砂岩		鋸山中腹
梨目	黒色スコリア質凝灰岩	萩生層	
ガリ目	黒色スコリア質細粒火山礫凝灰岩		鋸山周辺
下石		稲子沢層	

房州石の需要は明治期に東京湾要塞群の建設用に爆発的に増大し、第二海堡にも使用されたとされるが¹⁶⁾、出荷記録などの一次資料は見つからず、工事記録が残るのは富津元洲砲台¹⁷⁾のみである。主な石材品種の特徴を、鈴木¹⁹⁾のカラー原版写真(鈴木裕士氏提供)を参考に、独自に表8、図11に示す。軟弱な泥岩互層や偽礫を含む場合は、下石(げせき)として割栗石に利用されたと推測される。



図11 東京湾要塞群の石材と房州石の品種 左上より、井桁目：走水低砲台(第二砲座)、砂目：走水低砲台(第二砲座)、梨目：走水低砲台(第三砲座)、ガリ目：第二海堡

3.3 房州石の刻印

鋸山の各石材店の丁場より石工が石材を切り出すと、各々の石材店の商標を片側の小口面に刻んで他と区別し

た。金谷地域の石材店は最盛期に30軒ほどあり、そのうち8軒の商標が鈴木¹⁶⁾により対応づけられている(表9)。

表9 房州石の刻印と既往の報告例

地区	商標	石店(屋号)	刻印石の報告例
金谷	I	鈴木士郎(芳家) ¹⁶⁾¹⁸⁾	観音崎 ¹⁸⁾ ・小原台(横須賀防衛大発掘) ¹⁸⁾ 山手町宅造工事 ¹⁹⁾ ・靖国神社 ¹⁹⁾
	II	松本貞一(俵屋) ¹⁶⁾¹⁸⁾	観音崎(砲台) ¹⁸⁾ ・埼玉県草加 ¹⁸⁾ ・港の見える丘公園 ¹⁹⁾
	III	IIと区別 ¹⁶⁾	横須賀汐入小学校 ¹⁸⁾¹⁹⁾
	IV	安田文治 ¹⁸⁾	観音崎(砲台) ¹⁸⁾
	V	関口 ¹⁶⁾¹⁸⁾	小原台(防衛大発掘)「ト」と同一視 ¹⁸⁾
	VI	関口 ¹⁶⁾¹⁸⁾	横須賀猿島 ¹⁸⁾
	VII	トと区別 ¹⁶⁾	横須賀観音崎(砲台) ¹⁸⁾
	VIII	(たぼこや) ¹⁶⁾¹⁸⁾	外人墓地周辺 ¹⁹⁾
	IX	(弥治郎) ¹⁶⁾¹⁸⁾	小原台(横須賀防衛大発掘) ¹⁸⁾
	X	(みかど) ¹⁶⁾¹⁸⁾	横須賀猿島 ¹⁸⁾
不明	ト+	小野啓二	小原台(横須賀防衛大発掘) ¹⁸⁾

* 鈴木裕士氏が石工経験者に問い合わせたところ、鋸山で「マ」の刻印のある残石の石屋は、石切り場の場所から弥治郎と推測され、鈴木士郎氏のメモの「ヤ」¹⁶⁾¹⁸⁾と同一であろうと結論された(2019年8月29日私信)

3.4 東京湾要塞群にみられる刻印石

本調査では、第二海堡の石積み擁壁の石材の供給元を推定できる物証として、石材の小口面に残された刻印に着目した。刻印に普遍性があるかどうかを検証する目的で、他の東京湾要塞群の砲台(猿島・観音崎・走水・三軒家・千代ヶ崎)においても同様の比較調査を行った(表10)。

表10 本調査で東京湾要塞の凝灰岩質石材に認められた刻印石

商標	房州石 石店	猿島 塁道		観音崎				走水 低砲台				三軒家				第二海堡 右翼北岸	
		西	東	第三	南軍道	第一	第二	第三	第四	軍道	第一	第三	第四	速射	東	西	
I	芳家	○	○	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
II	俵屋	○	○														
III	安田	○	○														
IV	弥次郎	○	○														
V	関口	○	○														
VI	関口	◎	◎														
ト	胸橋																
ト+	横橋																
ト+	笠石																
砲座																	
擁壁																	

◎：多、○：少、フ：フランス積み、イ：イギリス積み、混：混合積み x：笠石に刻印あり

1) 猿島：塁道の西側のフランス式石積み擁壁には、凝灰岩質石材(88x30x28cm)の小口面に刻印が見られる(図12)。苔生しているが確認された6種類の刻印のうち4種「I, II, \, ト」は千葉県金谷の房州石の石材店の商標と一致し、石材寸法は手掘り時代の標準の“尺三”(82x29x26cm, 長手小口比3:1)に近い。従って鋸山の房州石の可能性が高い。帰属不明の2種類の商標「ト, ト+」も他の商標の石材に緊密に伴うことから、金谷由来の可能性もある。

一方、東側のフランス式石積み擁壁(下段は寺勾配)は凝灰岩質石材が大型である(90x45x42cm, 長手小口比2:1)。地衣類による被覆と表面の泥土化のために岩相を判別しづらいが、下段の石材の小口に刻印「I」が認められた。



図 12 猿島砲台塁道の刻印石 西側石積み：左上より I, II, ト, ナ, 十, 東側石積の下端：右下 I

2) 観音崎砲台：北門第三砲台は、砲座の胸櫓の弾室のアーチ部と横櫓の石材（フランス式石積み）が房州石である（図 13）。刻印「I」が多数の小口面に残されている。アーチ部では石材の小口が向きを変えて横一列に並んでいる。「I」は金谷の「芳家石店」の商標である。第一・第二砲台には一部の石材にラミナの発達した石灰質砂岩が使用されており、刻印がない。これは伊豆下田市内の白浜層の石灰質砂岩と推察される²⁰⁾。

南門砲台の軍道の擁壁（フランス式石積み）の凝灰岩質石材は大型で、猿島の塁道の東側擁壁と同一サイズである（長手小口比 2:1）。石材はクロスラミナが明瞭で、房州石の特徴を示す。2 種類の刻印「I, ナ」のうち「I」は金谷産であることから大型石材も鋸山由来であろう。



図 13 観音崎砲台の刻印石 左上より、北門第三砲台横櫓：I, 胸櫓笠石 I, 南砲台軍道擁壁：I, ナ

3) 走水低砲台：石材の保存状態がよく、黒色のスコリア質のマトリックスに軽石（ピンク色）のラミナが明瞭で房総石の特徴を有する（図 14）。

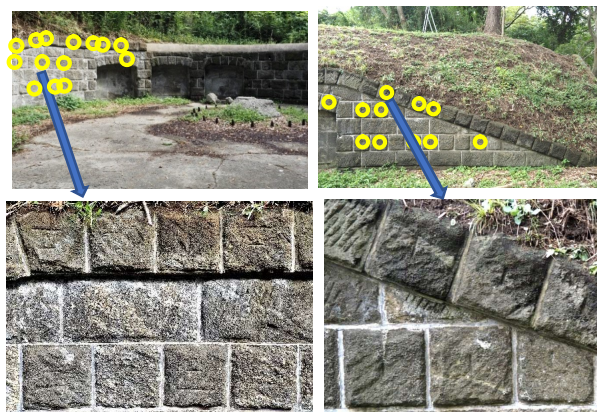


図 14 走水砲台の刻印石 第三砲座：上段左、下段左「II」 第四砲座：上段右、下段右「I」

刻印の頻度は高く、明瞭である。刻印の認められた石材を丸印で示す（図 14 上段）。弾室のアーチ部と横櫓部の石材には第一・第二・第四砲座で「I」が、第三砲座に「II」が認められる。これは大きな「II」で、切り出した石材の底面に平行して水平に刻まれている（笠石は上下逆に配置）。鈴木によると金谷の石材店の商標で、小さな「II」とは区別される¹⁶⁾。

4) 三軒家砲台：砲台と軍道に金谷の石材店 8 軒の商標のうち 5 件「I, II, ヌ, ▼, ト」が認められ、帰属不明の刻印は 2 種類「イ, ナ」であった（図 15）。



図 15 三軒家砲台の刻印石 軍道擁壁笠石：左上より II, イ, ナ, 第一砲台 ヌ, 第四砲座横櫓笠石：▼, I, 速射砲胸櫓 ト

5) 第二海堡：右翼北岸の擁壁の石材はサイズが猿島と比べて小さい（60 x30 x30cm）。刻印のみられた石材を丸印で示す（図 16 上段）。東側のアーチ擁壁には、スコリア質凝灰岩に刻印「I, II, イ」がある（図 16）。泥岩偽礫を含むスコリア質凝灰岩や、泥質岩と凝灰岩の互層など、三浦半島に多い岩相の石材には刻印がみられない。右翼北岸西側の擁壁には、凝灰岩質石材に猿島や三軒家と共通の刻印が 4 種類認められる。「I, II, ヌ」は各々、金谷の房州石の芳家・俵屋・安田石店の商標で、最も多い「ナ」の刻印石は隣り合っている箇所がある。

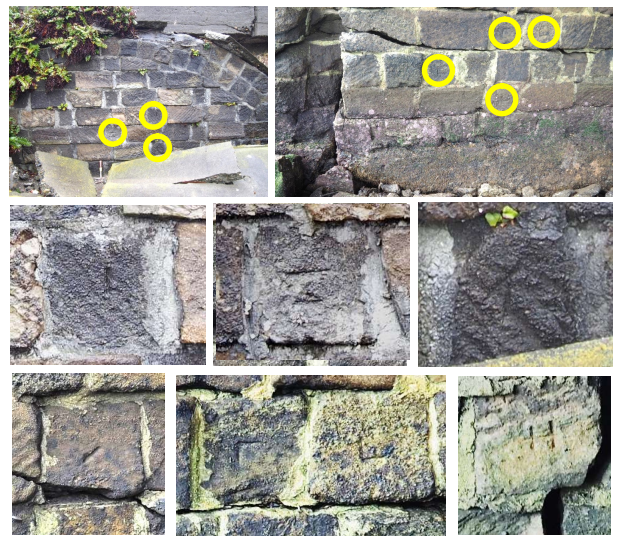


図 16 第二海堡の刻印石 東側アーチ擁壁：上段左、中段左より I, II, イ, 西側擁壁：上段右、下段左より ヌ, ナ, II

6) 千代ヶ崎砲台：石積み擁壁の石材は凝灰岩である（表 11）。柵門背後の塁道の擁壁の笠石に刻印「ニ」が上下逆向きに（走水低砲台と同様）、貯水所付近の塁道の擁壁本体に刻印「I, ㄐ」が、榴弾砲第一砲座の胸櫓の弾室のアーチ部に刻印「I」が認められる（図 17）。



図 17 千代ヶ崎砲台の刻印石 左より、柵門背後の擁壁笠石：ニ、塁道擁壁：I, ㄐ、第一砲座の胸櫓弾室アーチ：I

3.5 東京湾周辺にみられる刻印石

これまでに刻印の報告例のある地域^{16),18),19)}で石堀と擁壁を現地調査し、石材の刻印の確認を行った（表 11、図 18）。千代ヶ崎砲台の刻印石も下表に示す。

表 11 東京湾岸の凝灰岩質石材に認められた刻印石

商標	房州石 石店	千代ヶ崎砲台			富津		横須賀	横浜		
		塁道 柵門	塁道 貯水所	第一 砲座	金谷町 民家	金谷町 民家	汐入 小学校	山手 地区 民家	横浜 地方 气象台	港の 見える 丘公園
I ニ ト ト コ	芳家 松本		○	○	○	○		○		○
	安田 関口 関口	◎					◎		○ ○	○ ○ ○
	擁壁 石堀	フ	フ		長	長	フ	フ	フ	フ

◎：多、○：少、長：長手積み、フ：フランス積み

- 1) 富津：金谷町には房州石を最後（昭和 60 年）まで採掘していた「芳家石店」の鈴木家がある。町内の手掘りの房州石の石堀は石材の風化が進行しているものの、一部の小口面に刻印「I」が認められる。
- 2) 横須賀：汐入小学校の擁壁は塊状凝灰岩の石材（82 x 26 x 22cm）が風化し苔が繁茂しているが、被覆のない箇所に刻印「ㄐ」が複数残っている。
- 3) 横浜：港の見える丘公園入口の擁壁は、下部が軽石混じりの暗灰色のスコリア質凝灰岩で、金谷の房州石と共通の刻印「I, ト, ト」が認められる。



図 18 東京湾岸の刻印石 左上より横浜地方气象台擁壁：ㄐ, ト, 横浜市山手町民家の擁壁：I, 横須賀市汐入小学校擁壁：ㄐ, 富津市金谷町民家の堀：I, 別の民家の堀：II

3.6 刻印石の意義

- 1) 刻印は産地推定の決め手になるか： 以上に示した石材の刻印はいずれも一角～三角と単純で、簡単に彫刻できる形状である。そのため、同一の記号が三浦地域に偶然あったとしても、区別できないとの論があろう。しかしながら、東京湾要塞群の砲台の石材には共通して、過去に金谷町に実在した石材店の刻印が最大 6 軒同定でき、この数と組合せは偶然のレベルを超えている。従って、第二海堡・猿島砲台・走水低砲台・観音崎砲台・三軒家砲台・千代ヶ崎砲台には、鋸山産の房州石が使用されたと考えて不都合はないであろう。但し、これは他産地の石材も使用された可能性を否定するものではない。
- 2) 刻印は必ず施されるか：三浦半島には鎌倉石に代表される凝灰岩質石材の産地が多数存在し（鷹取山・佐島・鎌倉）（表 12）、いくつかの丁場の壁面には石材店の屋号が彫られている。しかしながら、現在までのところ、周辺地域で実際に使用された石積み擁壁や石堀の石材に刻印石は認められていない。その理由として、i) これらの石材は地産地消いで丁場が比較的小規模なため、石材に刻印を打って区別する必要がなかったこと、ii) 房州石と比べて軟質のため、風化や苔類の植被が速く表面の刻印が失われやすかったことなどが推察される。

房州石でも採掘規模の小さな売津地区では、石に刻印はされていなかった。今後三浦半島産石材の刻印の有無と、刻印「I, +」の帰属について確認する必要がある。

3.7 産地の推定

房総半島と三浦半島は同一の地層が連続しており（表 12）、岩相から石材を房総産か三浦産か判定することは難しい。第二海堡の擁壁には多様な岩種がみられることから（表 6）、石材の供給地は複数あると推察される。

表 12 鎌倉石・房州石の地層対比

	三浦半島		房総半島	
			西部	中・東部
鮮新世	浦郷層 1		竹岡層 5	黒滝層 8
	池子火砕質砂岩層 2		萩生火砕質砂岩層 6	安野互層
中新世	初声層 3	逗子泥岩層	稲子沢泥岩層 7	清澄砂岩層
		三崎互層	天津泥岩層	天津泥岩層
	三崎互層 4			木/根頁岩層
			佐久間互層	
	葉山層群		保田層群	

1 鎌倉石（今泉） 2 鎌倉石（山ノ内・二階堂・浄明寺・深沢・起越・目白山下）・池子石（神武寺）・鷹取石 3 佐島石 4 諸磯 5 房州石（鋸山峰部・売津） 6 房州石（鋸山中腹部） 7 房州石（鋸山裾野部） 8 房州石 種々、地質図幅があるが^{25),26),27),28)}、地層対比は三梨²⁴⁾に従う

既往の調査結果によると、黒色スコリア層やスコリアと泥岩の互層は三浦と房総に存在するが、第二海堡には三浦に特徴的な、黄灰色のラミナを有する凝灰質砂岩が存在することから、石材は鷹取山の鎌倉石であり、房州石は含まれない（森²¹⁾ 赤司²²⁾）、あるいは、多くは三浦半島産であるが房総半島産も否定できない（高橋²³⁾）とされている。鋸山北方の売津地区の房州石にも軟質で黄褐色の凝灰

質砂岩があるが、第二海堡の黄褐色の砂泥質岩は、三浦半島の鎌倉石が混合している可能性が高い。

3.8 可能性のある石材産地

第二海堡の石積擁壁には、東京湾要塞の陸上の砲台（走水低砲台・観音崎砲台・三軒家砲台など）とは異なり、泥岩の偽礫を含むスコリア質石材や、軟弱な凝灰岩質石材が混入している。三浦半島の諸磯海岸には、泥岩偽礫を含む三崎互層のスコリア質凝灰岩層が露出しており、石材の切り出し跡がある²⁹⁾。周辺の民家の石垣にはこの偽礫を含むスコリア質石材が使用されている（図19）。これは第二海堡の東側擁壁の泥岩偽礫を含むスコリア質凝灰岩・火山礫凝灰岩に類似する。一方、三浦半島の鷹取山で採掘されていた黄灰色の凝灰質砂岩は、軟質で平行ラミナやクロスラミナを有する。これは第二海堡の中央擁壁の黄灰色凝灰質砂岩に酷似する。



図19 採掘跡：左：諸磯の泥岩偽礫を含むスコリア層，右：鷹取山の黄灰色クロスラミナ凝灰質砂岩

4 コンクリート中の骨材

第二海堡の構造物より試料を採取し、骨材の岩種を検討した。対象構造物は以下の通りである。

- 1) 明治期：下位より、粗石コンクリート（間知石護岸背後）・石積み擁壁（モルタル目地）・法面被覆コンクリート・掩蔽壕煉瓦壁（モルタル目地）・掩蔽壕アーチ・砲塔巻立てコンクリート・見張台。
- 2) 昭和期（戦時中）：高角砲 RC 砲座。

4.2 粗骨材の岩種構成

コンクリートの岩種構成（目視判定）を図21に示す。明治期の砂利は粗粒砂岩を主体とし、チャートと泥岩を含んでいる。シルト岩を砂岩（細粒）に編入すれば、砂岩の合計が7割に達し、多摩川産に類似する（後述）。砲台 RC 砲座は骨材粒度が小さく、緑色岩や閃緑岩を含むことから、他とは産地が異なるであろう。

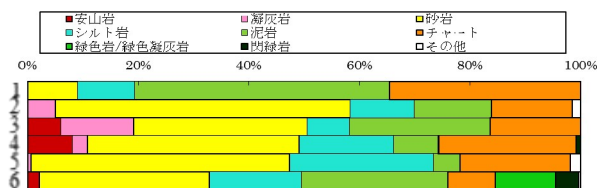


図21 第二海堡コンクリートの粗骨材の岩種構成³⁰⁾
1 間知石護岸背面粗石コンクリート，2 被覆コンクリート，3 掩蔽壕アーチ，4 見張台，5 砲台上部巻立て部，6 RC 砲座

4.3 関東地方の砂利の岩種構成文献調査

多摩川水系、相模川水系、荒川水系の砂利は1964年に全面採取禁止になっており³¹⁾、コンクリート中の砂利に関するデータがない。そこで砂利の岩種構成に関するデータを地質学的文献に求め、原著者ごとに異なる岩石の分類基準を一部改変してまとめた（図22）。

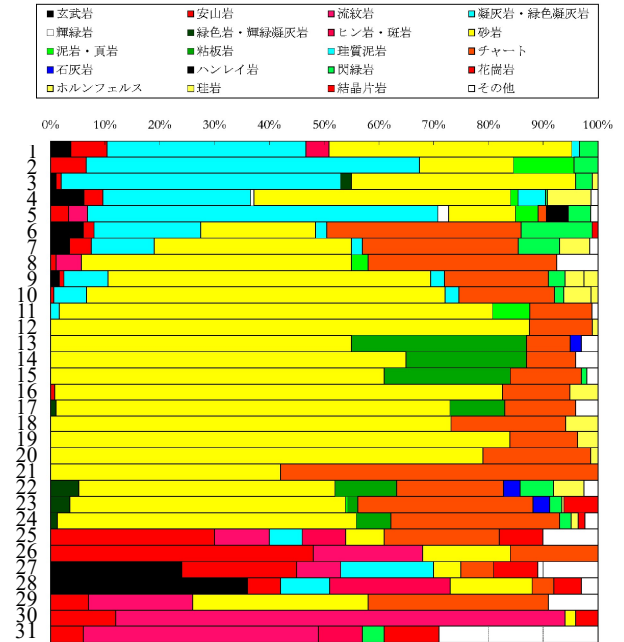


図22 関東地方の砂利の岩種構成文献調査
1 相模川（戸沢橋）³²⁾，2 相模川（座架依橋）³³⁾，3 相模川（相模原）³²⁾，4 相模川（湘南大橋）³²⁾，5 境川（中島橋）³³⁾，6,7 長浜砂礫層（上総湊）³⁴⁾，8,9,10 走水礫層（小原台）^{33),34)}，11 多摩川（横浜港導水堤）³⁵⁾，12 多摩川河原（調布）³³⁾，13 多摩川河床（福生）³⁶⁾，14 拝島礫層（羽村）³⁶⁾，15 立川礫層（立川）³⁶⁾，16 立川礫層（調布）³³⁾，17 加住礫層（福生）³⁶⁾，18 板橋礫層（赤塚）³³⁾，19 武蔵野3面（富士見）³³⁾，20 武蔵野2面（上福岡）³³⁾，21 入間川（西川越）³⁷⁾，22 荒川（白川橋）³⁸⁾，23 荒川（高砂橋）³⁸⁾，24 荒川（荒川橋）³⁸⁾，25 荒川陸砂利（栃木県）³⁹⁾，26 鬼怒川陸砂利（上流）³⁹⁾，27 鬼怒川陸砂利（下流）³⁹⁾，28 思川陸砂利（上流）³⁹⁾，29 思川陸砂利（中流）³⁹⁾，30 箒川陸砂利³⁹⁾，31 那珂川陸砂利³⁹⁾

相模川は丹沢山地の第三紀層に特徴的な緑色凝灰岩（火山礫凝灰岩を含む）が4割、閃緑岩・ホルンフェルスが混入するが³²⁾、チャートは含まれない。房総の上総湊の長浜砂礫層は関東山地起源の砂岩・チャートが各々3割で、丹沢山地か嶺岡山地の緑色凝灰岩・閃緑岩が2割程度ある³⁴⁾。走水礫層は長浜砂礫層と多摩川砂利の中間的な岩相で、緑色凝灰岩や閃緑岩が含まれる³⁴⁾。

多摩川産砂利は関東山地の岩石が主体で、8割近くが砂岩、1割がチャートである。中流域の旧多摩川の立川礫層・武蔵野礫層・板橋礫層も岩種構成は現河川に類似するが³³⁾、粘板岩を2割ほど含む³⁶⁾。横浜港導水堤の粗骨材は、工事記録⁴⁰⁾から多摩川産であることが判明している。導水堤の袋詰めコンクリートの岩種構成³⁵⁾は砂岩8割、チャート1割であり、多摩川産砂利と一致する。荒川は5割が砂岩、3割がチャートである³⁸⁾。栃木県の河川の陸砂利は第四紀の火山岩が主体で、鬼怒川・思川は安山岩、箒川・那珂川

は流紋岩が主体である³⁹⁾。

4.1 粗骨材の粒度

コア試料の外周展開画像をもとに粗骨材の岩種構成を定量し、粒度分布（短径）を計測した。代表的事例を図20に示す。明治期・昭和期ともに粗骨材は河川砂利であるが、平均短径は各々17mm、10mmであり、明治期の土木コンクリート用骨材は圧倒的に粒度が粗い。

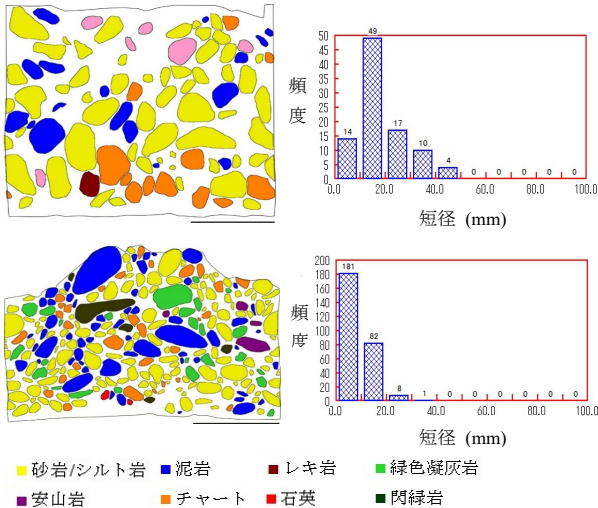


図20 第二海堡コンクリートの粗骨材の粒度分布³⁰⁾
上：被覆コンクリート，下：砲台 RC 砲座 スケール 10cm

4.4 コンクリート中の細骨材

明治期の建造物中の砂は石英に富み、岩片の合計は5割以下で、貝殻片を含んでいる（図23）。これは無筋コンクリートに海砂を用いたためである。概ね富津岬周辺の海砂に類似する。

一方、昭和期のRC建造物はスコリアに富み、貝殻を含まない。これは鉄筋コンクリート用に塩化物イオンを含まない川砂を用いたもので、後背地にはスコリアに富んだ地層が存在するであろう。実際に富津と横須賀を結ぶ線の南側に、スコリアに富む第三紀層が分布している。砂の産地が房総か三浦かを特定するには、砂利（図22）でまとめたような岩種構成のほか、砂の粒形や粒度についてもデータベースを構築するための詳細な調査が必要である。

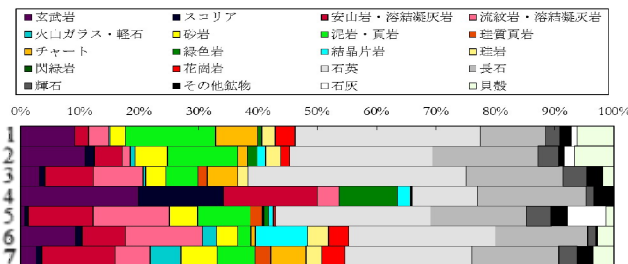


図23 第二海堡建造物中の細骨材の岩種構成³⁰⁾
1-5 コンクリート：1 被覆コンクリート，2 掩蔽壕アーチ，3 見張台，4 RC 砲座，5 間知石護岸背面粗石コンクリート表層，6-7 モルタル：6 石積擁壁目地，7 掩蔽壕煉瓦目地

4.5 アルカリシリカ反応

コンクリート中のチャートや砂岩の砂利がアルカリシリカ反応によるゲルを生じている（図24）。これは隠微晶質石英による遅延膨張性の反応で³⁰⁾⁴¹⁾、ゲルはコンクリートの気泡内に吸収され、目立った膨張を生じていない。

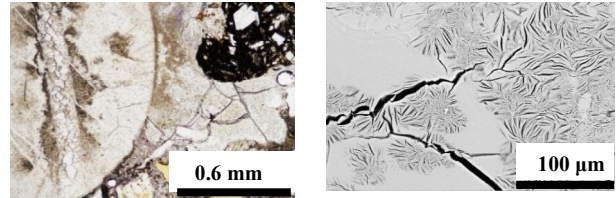


図24 第二海堡建造物中の粗骨材のアルカリシリカ反応³⁰⁾ 左：被覆コンクリートのチャートの反応，右：ゲル状生成物

4.6 砂利の原産地の推定

第二海堡の現場でコンクリートの粗骨材が大面積で露出している部分につき、砂利をビニール（1m x 1m）にトレースし岩種構成を求めたところ、明治期の建造物は砂岩6〜7割、泥岩1〜2割、チャート2割であった。泥岩は黒色が多いので粘板岩と読みかえれば多摩川の河床礫（調布）や旧多摩側の陸砂利の比率³⁶⁾に類似する。コア試料の観察ではシルト岩を区別したが、既往文献ではシルト岩が区別されていないので、シルト岩を砂岩（細粒砂岩）に編入すれば砂岩6〜7割、泥岩1〜2割、チャート2割以下となり、野外観察の結果と一致する。以上より、砂利は多摩川産と考えてよいであろう。

一方、戦時中の砲台 RC 砲座は緑色岩・閃緑岩の砂利を含み、相模川産砂利と上総湊の長浜砂礫層と共通する。しかしながら、砂利の粒度が細かいこと、チャートを1割含み、緑色岩・緑色凝灰岩の含有量が合計僅か1割と低いことから、長浜砂礫層に由来すると推察される。この砂利は第三海堡にも使用された¹⁵⁾。

5 おわりに

- 1) 第二海堡で使用された護岸の間知石は、組成的に箱根火山溶岩に由来し、黒色の岩相は米神溶岩、灰色の岩相は岩溶岩・白磯溶岩など、複数の候補がある。神奈川県根府川から真鶴にかけての採石場は江戸時代からのものと錯綜しており、確定にはさらに調査が必要である。
- 2) 石積み擁壁の凝灰質砂岩の切石は、千葉県金谷の石材店の刻印が複数存在することから、鋸山の房州石である。擁壁の区間によっては、軟質の三浦半島産の鎌倉石が混入しており、鷹取山の可能性が高い。泥岩の偽礫を含むスコリアは三浦半島産の可能性が高い。
- 3) 第二海堡と同様の金谷の石材店の刻印は、他の東京湾要塞群（猿島・観音崎・走水・三軒家・千代ヶ崎）の石積にも認められた。これは第二海堡の建設以前から、鋸山より房州石が大量に供給されていたことを示す。
- 4) コンクリート用砂利は、明治期は多摩川産で砂岩を主

体とする。砂は富津岬周辺のものと考えて矛盾はない。昭和期の砂利は上総湊地区の長浜砂礫層に由来するであろう。

謝辞

鋸山美術館の鈴木裕士氏には房州石の石材写真と刻印の確認を頂いた。売津古道保存会の織本潤一氏には石切場の案内と情報を頂いた。真鶴町教育委員会の大竹健治氏、江ノ浦石産の杉田臣氏には、町史と採石に関する情報を頂いた。また、千葉県立中央博物館の高橋直樹博士とヒスイの会の赤司卓也氏には、砂利とスコリア質凝灰岩に関するご教示を頂いた。併せて感謝いたします。

参考文献

- 1) 富津市富津第二海堡跡調査報告書 国土交通省関東地方整備局東京湾口航路事務所, 2014, 140p.
- 2) 「箱根火山岩石データベース」神奈川県立生命の星・地球博物館 http://nh.kanagawa-museum.jp/kenkyu/chouken/13_ganseki_db/index.html
- 3) 都城秋徳, 久城育夫, 岩石学 II, 岩石の性質と分類, 共立出版, pp.23-53, 1975.
- 4) 工兵局: 砲台建築用石材処分方の件, 陸軍省 式大日記 JACAR Ref.C06081051900, 1890 (明治 23 年 2 月)
- 5) 浄法寺朝美: 日本築城史—近代の沿岸築城と要塞—, 原書房 p.117, 1971.
- 6) 平井大海: 真鶴石材小史 二, 「真鶴」復刻版第一集, 真鶴町郷土を知る会, pp.43-44, 1969.
- 7) 陸軍省: 相豆沿岸石材採取の件, 陸軍省 式大日記 JACAR Ref.C06080901900, 1889 (明治 22 年 11 月)
- 8) 小澤武雄: 石材採取の件, 陸軍省 式大日記 JACAR Ref.C06081282300, 1890 (明治23年8月)
- 9) 小澤武雄: 海堡試築用石材採取の義に付き伺い, 陸軍省式大日記 JACAR Ref.C06081282300, 1890 (明治23年6月) 資料8に添付
- 10) 小澤武雄: 石材監守の件, 陸軍省 式大日記 JACAR Ref.C0608129000, 1890 (明治 23 年 9 月)
- 11) 野村靖: 相州岩村石採掘地買収の件, 陸軍省 伍大日記 JACAR Ref.C07050584600, 1895 (明治 28 年 4 月)
- 12) 野村靖: 江ノ浦採石地買収の件, 陸軍省 伍大日記 JACAR Ref.C07050606000, 1895 (明治 28 年 10 月)
- 13) 築城部: 東京湾要塞第三海堡防波壁建築仕法変更の件, 陸軍省 軍事機密大日記 JACAR Ref.C02030462500, 1901 (明治 34 年 6 月)
- 14) 片浦村史: 4, 鉱業 (石材業), 片浦村立片浦小学校 (編), 1951, pp.129-131.
- 15) 東京湾口航路事務所 東京湾第三海堡建設史, pp.180-184, 2005.
- 16) 鈴木士朗: 房州石切出し実話, 金谷石のまちシンポジウム (金谷) —房州石の歴史を探る— 第1号, pp.33-46, 2009.
- 17) 中村重造: 週報 工兵第一方面, 陸軍省大日記 JACAR Ref.C09060039200, 1882 (明治 15 年 2 月), 60p.
- 18) 図録 房州石 — 房州石の歴史を探る — 金谷ストーンコミュニティ, 2013, p.14, p.53
- 19) 鋸山 鋸山資料保存会, pp.6-7, (刊行年月日記載なし)
- 20) 赤司卓也: 観音崎砲台に用いられた伊豆石—白浜層群の貝化石細片を含む石灰質砂岩 凝灰岩質石材ノート No. T063, 18p. 2015.2.
- 21) 森慎一: 第二海堡石材調査における結果報告, 第二海堡の調査報告, 2p. 2014.11.
- 22) 赤司卓也: 第二海堡に用いられた石材の産地について, 第二海堡の調査報告 14p. 2014.
- 23) 高橋直樹: 富津第二海堡の石材についてのコメント, 第二海堡の調査報告 3p. 2014. 11.
- 24) 三梨昂: 関東堆積盆地の構造とその発達, URBAN KUBOTA, No.18, pp.2-15, 1980.
- 25) 中島輝允・渡辺真人: 富津地域の地質, 地域地質研究報告 (5 万分の1地質図幅), 産業技術総合研究所 地質調査総合センター, 2005, 102p.
- 26) 鈴木尉元, 小玉喜三郎, 三梨昂: 那古地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の1 地質図幅), 地質調査所, 1990, 48p.
- 27) 江藤哲人, 矢崎清貴, 卜部厚志, 磯部一洋: 横須賀地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の1 地質図幅), 地質調査所, 1998, 128p.
- 28) 小玉喜三郎, 岡重文, 三梨昂: 三崎地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の1 地質図幅), 地質調査所, 1980, 38p.
- 29) 赤司卓也: 浜諸磯の黒色石材採掘跡 黒色スコリア質石材は何故大規模に採掘されたか, 凝灰岩質石材ノート, No. T048, 26p, 2015.2.
- 30) Katayama, T., Ando, Y., Sato, T., Hirono, S., Mukai, K., and Noguchi, T.: Petrography, long-term durability and mix proportions of concretes in an artificial island Daini Kaiho sea fort (No.2) at Tokyo bay, constructed in the early 20th century, 41st International Conference on Cement Microscopy, San Diego, USA, 20p, 2019. (submitted)
- 31) 多摩川の砂利採掘, 稲城市ホームページ: www.city.inagi.tokyo.jp/kanko/rekishi/jyarisaikutu.html 更新日 2017 年 6 月 28 日
- 32) 鈴木美香, 江藤哲人: 相模川下流域の川原礫の形態分析および礫種組成, 横浜国立大学教育人間科学部紀要 IV 自然科学, 第 12 集, pp.17-35, 2010.
- 33) 柴田徹: 縄文時代の集石と石材採取可能地の関連, 日本考古学協会, 第 69 回総会, 2003.
- 34) 江藤哲人, 松田恵理, 伊藤憲和: 上総層群長浜砂礫層 (房総半島) および相模層群走水礫層 (三浦半島) の礫種組成と供給源, 堆積学研究, Vol.53, pp.17-27, 2001.
- 35) Katayama, T., Ando, Y., Hirono, S., Sawaki, D., and Itoga, H.: Relicts of unhydrated cement clinker in a historic concrete from the 19th century – microscopy with EDS analysis of old training dyke at Yokohama port, Japan, 36th International Conference on Cement Microscopy, Milan, Italy, 20p. 2014.
- 36) 福生市教育委員会編: 福生市の地質, 福生市文化財総合調査報告書, 第 10 集, 53p, 1979.
- 37) 比田井民子: 多摩川支流域の考古学的遺跡における石器石材の獲得と活用について- 野川, 仙川, 大栗川, 乞田川流域を中心として-, 東急環境浄化財団, 研究助成 no.90, 1995.
- 38) 荒川の石編集委員会: 地学ハンドブック No.11, 川原の礫のしらべ方 地学団体研究会 p.29, 1999.
- 39) 依田彰彦, 横室隆, 小倉由之, 添田悠介: 陸産系骨材の品質とそれをういたコンクリートの強度・耐久性, コンクリート工学年次論文集 Vol.25, No.1, pp.47-52, 2003.
- 40) 中野建明: 横浜築港誌. 臨時横浜築港局編纂, 1896, 439 p.
- 41) Ando, Y., Katayama, T., Hirono, S., Sato, T., and Noguchi, T., Oldest example of alkali-silica reaction in Japan – Tokyo bay sea forts No. 2 and No.3, constructed 120-100 years ago. Proc. 15th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction, Sao Paulo, Brazil, 10p, 2016.

(2019.11.30 改訂)