

高度経済成長の基盤としての「耐爆」——戦時技術からの継承・派生・展開——

37236105 富井 治弥

1. 耐爆と近代

1.1 背景と目的

我々は今日の生活の中で、ガスや火薬の爆発危険性について意識する機会にはほぼないと言える。しかし一方で、現代文明は産業革命以降、巨大なエネルギーを「使いこなす」——適切に加工・運搬し、そこから仕事を得ることで発展してきた。そしてその封じ込めたエネルギーは時に戦略的に、時に事後的に「爆発」という形で顕在化した(図1)。

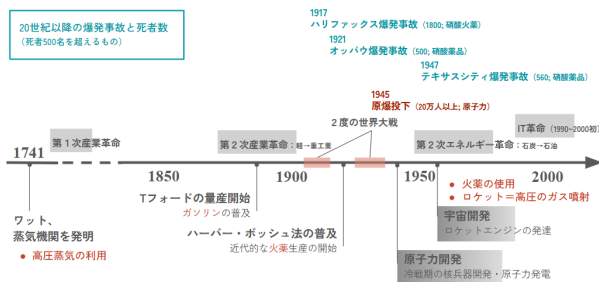


図1 人類のエネルギー利用の変遷

建築学においてはこの現象に「防御」という形で応答がなされ、主に構造の分野で耐爆研究を蓄積させてきた。とりわけ耐爆研究が大きく進展したのが1930年代以降の戦時下である。戦争で確立したその技術は、終戦後は様々な形で周辺分野に伝播、派生し、高度経済成長の生活基盤を形成した。近年においても、高圧ガスが普及する「水素社会」を陰で支えるなどその重要性は変わっていない。しかし、こうした歴史はほとんど顧みられてこなかった。

そこで本研究は、「耐爆」の歴史を建築物の構造技術史の観点から光を当て、その展開を追う。これにより、いかに爆発リスクへの対処という営みを基盤として、今日の経済成長や安全が構築されてきたかについて明らかにする。

1.2 研究の対象および手法

本論文では、日本における耐爆建築の研究とその実装としての建設活動を、戦時下に耐爆研究を推進した構造学者の武藤清らの系譜の中で追う。時代範囲は、国内の耐爆研究が開始される1930年代から、重化学工業による経済発展がひと段落を迎える80年代末に至るまでを対象とする。

本論文における分析はおもに日本建築学会や武藤・梅村関係史料の調査による。また耐爆研究の基礎的な知見や略史については大野らの文献に基づく¹⁾。

1.3 用語の定義

「耐爆」: 材料や構造が、爆発により生じる種々の荷重の作用に対して「壊れない」こと。本論文では、物理的衝撃(外部からのものの落下・衝突を含む)に対して構造的に耐える「耐衝撃性」も含む。「耐弾」: 材料や構造が、こと弾丸の作用に対して「壊れない」ことを指し、戦時下に主に用いられた。耐爆に内包される概念。

1.4 既往研究の整理

本テーマは歴史学、建築工学、安全工学などの領域にまたがって存在しているが、これらの記述は各分野のなかに断片的に留まり、分野横断的な視点を提供していない。

歴史学、とくに科学史・建築史の視点では、建築研究者が戦時体制の中で軍事研究とくに「都市防空」に動員されていく過程を、政府による政策との連関の中で論じたものとして常松(2025)²⁾を挙げることができるが、戦時研究から政策立案までを対象としており、実建築への応用事例や構造技術、戦後への接続についての分析は行っていない。

一方、建築構造や火薬・燃料などの工学書にその成立過程に関する言及があるものの、他分野への技術伝播や重要人物に光を当てた技術史的分析はあまり見られない。

1.5 本論文の構成

2章は戦時下における耐爆研究の端緒から確立、戦時実装までを追う。3章は戦後に軍事以外の活用先を見出されていく過程を描き、応用例として宇宙ロケット基地や超高層建築を挙げて考察する。4章では戦後活用の中でも特に原子力施設における応用を詳述し耐爆の知見が多角的に用いられたことを示す。5章では3.11原発事故にも紐づけ、現在に対する示唆とともに本論をまとめる。

2. 戦時——耐爆研究の黎明から実装まで

本章では、耐爆研究の萌芽から第二次世界大戦の軍事研究としての発展、応用までを見つめ、当時耐爆というテーマがいかに振動論などの最新研究を駆動したかについて、社会的な反響を踏まえながら分析する。

2.1 戦間期と防空研究の黎明(～1930年代中期)

1920年代前半、関東大震災の都市火災と第一次世界大戦のドイツ軍による無差別爆撃とが紐づけられ、日本でも木造都市の防空における脆弱性が指摘され始める³⁾。しかし「攻めるは守るなり」といった軍部の姿勢が影響し⁴⁾、学术界を巻き込む運動に発展するのは1932年に組織された日本建築学会「時局に関する委員会」以降である。これら防空意識の萌芽の中で、次節以降の耐爆研究が開始される。

浜田稔、内田祥三など、後に防空研究を押し進めた研究者らの間ではこの時代、火災や台風などの災害に対して対症的ではなく学問的に体系づけて理解しようとする機運が高まっており、「実大試験⁵⁾から建築基準作成」というフレームワークが実行され始める初期としてその指導にあたっていた。なかでも中心人物となる武藤清は、震災の影響から養われた振動論的な視点により、水平力下のラーメン構造の振動に関する実用解法=D値法を考案し、鉄筋コンクリート計算規準に大きな影響を与えていた。

2.2 耐爆研究の開始と拡大(1930年代中期～)

1934年には、ドイツと接点を持っていた東工大の材料・構造学者 田辺平学を中心に「防空建築研究室」が開設される。ここでは実学的な傾向の強い研究として、空襲避難所の普及に焦点を置いた研究、日本家屋の耐爆性と防御方策などの内容が探究された。

2.3 武藤の耐爆研究: 動的視点の導入

欧州で第二次世界大戦が勃発した1939年、東京帝大も内田祥三によるリーダーシップの下、本格的な防空研究に乗り出す。そこで耐爆研究を担当するのが武藤清とその教え子、梅村魁である。陸軍築城部が主催する大規模な爆破実験に参加する中で武藤らは、軍が従来用いていた爆圧

の測定法（鉛板の変形から算出）が正確に爆圧のピークを反映できていないこと⁶を指摘、圧力計を新たに作成し正確な爆圧波形の把握に努めた。これらの結果に基づく分析は、39年の坂静雄による研究と合わせて「建築界における動的解析のはじめ」⁷と、のちに梅村は語っている。

その後も武藤らは、爆発を静的ではなくのような波による動的なインプットとしてみる新たな解析視点でもって耐爆理論の構築に突き進む。先述の鉛板にも関連するが、一般の建物の固有周期が爆圧周期に十分小さいことから、爆圧のピークでもって静的に解く必要がなく、実際には建物が受ける効果は力積に比例することを突き止める。41年からは新たに力積の測定法も開発するなどし、種々の実験を経て1944年までに急速に耐爆設計法を確立する。

対して柔剛論争において武藤は、動的視点に立脚する柔構造とは異なる剛構造派の立場をとったが、複雑な地震波形の予測不可能性から、設計に落とし込める段階に至っていないという実用論に即した判断によるものという指摘がある⁸。他方で爆圧波形は単純であり、簡単な振動方程式で解くことのできる減衰正弦波に近似し易かった。つまり戦前に整えられた耐震振動論の素地と、定量分析に理想的な爆発現象、この2点が揃ったことで、後に超高層の耐震設計に用いられる建物の動的解析は、耐爆においてはじめて実用化された。

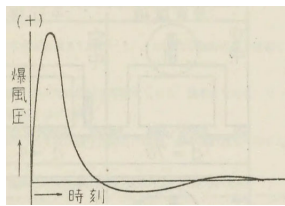


図2 爆圧-時刻グラフのイメージ



図3 鉛板の爆圧計

2.4 耐爆研究の建築的実装

武藤らの耐爆研究の成果は主に①防空建物設計資料集成（1942）、②陸軍築城部耐弾構造資料（1942）を通して規格化され、防空壕や耐爆建築の設計指針として活かされた。特にビル屋上に設置されるRC厚板＝「耐弾層」の普及による防空への貢献は大きい。耐弾層は軍事上重要であった鉄道省や通信省、大蔵省等の庁舎に設置され、いずれの建物も空襲被害を免れている。

1940年代に陸軍庁舎やGHQ本部として利用された第一生命館は、その耐弾構造が陸軍の爆撃試験で再現され、その耐爆性が実証されている⁴という点で、耐爆研究と実践が結びついた建築の嚆矢として評価できる。またその特筆すべき点に「最新の機械式設備」がある。窓がなく気密性の高い第一生命館の耐爆地下室は、後述する防空電話局とあわせ、機械制御によるアクティブな環境技術の実験場

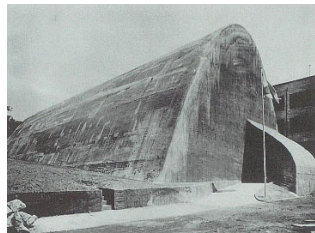


図4(上) 防空電話局

図5(左) 東京中央電信局の断面図

となった。前者においては換気・空気浄化設備、後者においては日本初の全館蛍光灯照明やヒートポンプ式冷暖房が完備されるなど、耐爆建築は現代に先駆けて高气密性ゆえの環境設備導入を促した。

通信省の建物は、耐弾層に意匠との折衝がなされたという点で興味深い。東京中央電信局（山田守設計）の耐弾層設置においては、その形状的特性と接続したパラボラアーチ型が用いられた。山田はトレードマークのパラボラへの批判に対し「爆弾を跳ね返す」と豪語していたという⁹が、耐弾の文脈において武藤による耐爆性の裏付けがなされ¹⁰たことにより、山田は国防電話局などの新築においても新たに「合理化」されたパラボラ建築を生み出すようになる。

2.5 小結：動的解析の「揺籃」としての耐爆

1930年代に活発化した耐爆研究は、振動理論に影響を受けた武藤らの参画により大きく発展した。爆圧が定量分析に理想的な曲線を描くことにより「動的解析」の考え方は爆発現象において実用化に至る。そしてその知見は実際に首都機能の防空化政策のなかで実装され、都市防空に寄与することとなった。

3. 戦後——耐爆の多様化と派生

本章では戦後を対象として、耐爆研究の進展と、戦時下で成立した耐爆知見の派生を追う。

終戦をもって耐爆研究は軍事的名目を失う一方で、重化学工業の発展や宇宙開発の文脈などでその需要が高まり、具体の分野に即した応用研究・実装が行われた。また戦争末期の耐爆検討で用いられた動的解析は60年代、耐震分野に派生し積極的に用いられるようになる。

3.1 耐爆の社会基盤づくり：通産省による耐爆実験

高度経済成長に伴う重化学工業の発展や石炭採掘の増加は社会的な爆発リスクを高め、1950年代には全国で爆発事故が多発した。事態を重く見た通産省は、1961年より大規模な爆発実験を実施し、爆発現象に関する実測データを取得し研究を促進するとともに、火薬類取締法などの爆発物の取扱いに関する法規制を確立する。

GHQによる火薬研究禁止の影響で戦時下の耐爆研究との間に断絶がみられるものの、本実験は武藤らの研究知見によって立ち、データ収集で戦後の爆発安全を作り上げた一連の実験としてみる事ができる。爆圧を動的に捉える武藤の視点を踏まえている点は勿論、武藤が1944年に発見した相似則¹¹に本実験が多数のデータを与えたことで、汎用的な定式が完成するなどした点¹²が着目される。

3.2 埋もれた耐爆建築群：種子島宇宙センター

前節の爆発実験における成果の一つに、JAXA種子島宇宙センターがある。多量の火薬で推進する宇宙ロケットを扱う宇宙基地は、万一の事故を想定して計画されており、戦後建設された国内最大級の耐爆建築群であると言える。

本施設群の設計は、①配置スケール（保安距離）、②個建築スケール（耐爆構造）という2つの論理により構成されている。前節の爆発実験において60年代後半から70年前半にかけて数回にわたりロケット推薬をテーマに試験が行われたことで、①②双方に有効なデータが与えられた。

しかし、種子島は通産省のデータにのみ則ってつけられているわけではない。冷戦期アメリカの大陸間弾道ミサイルに端を発するロケット「Titan」を用いて行われた爆発実験のデータが日本でも参照され¹³、保安距離の決定などに寄与していた。戦後も冷戦などの軍事研究に密接して、安全技術が促進されていったことがうかがえる。

3.3 動的耐震解析への派生

戦時中までの耐震が動的設計を導入できない理由となっていた ①大地震のデータ不足、②演算の複雑さは各々50、60年代初期の強震計・地震挙動計算用コンピュータ開発により克服され、超高層を可能にした。

しかしこれは、動的解析の時系列的な前後関係というのみならず、応答スペクトルという振動性状を理解するアプローチや、材料の塑性変形を利用したエネルギー吸収による設計手法など、戦時下の耐爆研究で確立した「動的解析に関する種々の知見の総体」として、耐震分野に転用・派生がなされたと考えることができる。また塑性設計の考え方は梅村を通して1981年の新耐震基準の策定へと接続することで、一般建築に対しても動的解析が適用され、大地震に対する安全性向上に寄与することとなった。

武藤・梅村研究室	その他
1945 原爆鑑定、終戦	
1947 GHQの耐震設計コンサルタント ● RC用炭形鉄筋の規格作成 ● 米国の地震計測に触れる	(米国では30年代より強震計を設置し始めている)
1950-1952 強震計(加速度計)開発、SMAC完成、全国へ設置	建築基準法(1950):降伏耐力の導入
1956 「武藤のD値法」海外で出版・普及	
1959 「建築物の適正設計態度の研究委員会」発足	国鉄、東京駅高層化計画開始
1960-1961 地震挙動計算用コンピュータの開発、SERAC完成	動的設計の環境構築
1963 武藤、東大退官。鹿島建設へ梅村、地震スペクトル研究へ	大型構造物試験機・試験床 塑性設計の導入
1968	霞が関ビル着工
1981	新耐震基準

図6 動的耐震解析の成立と武藤らの動き

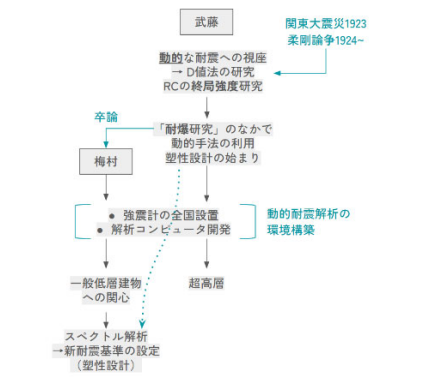


図7 武藤・梅村による動的解析発展の系譜

3.4 小結：分化・派生して生き続ける耐爆

戦後における耐爆研究は軍事から離れ、高度成長期に登場した化学工業や宇宙開発において常に生じる危険から作業員や市民を防護する社会基盤技術としての役割を担い続けている。一方、戦争末期の耐爆検討で用いられた動的解析の考え方は、60年代、計算機科学の発展により耐震設計の分野で花開く。耐爆から超高層への繋がり、一つの系譜のなかで捉えることができる。

4. 原子力——動的設計の「合流点」

本章では、耐爆で得られた知見の集中的な応用先として特に「原子力」に焦点を当てる。原子力は高度成長期を支える電力基盤を構築するための戦後を代表する国家プロジェクトであり、学术界でも重大な研究テーマであったと言える。そんな新技術を常に取り巻いていたのが「地震や事故の不安」であった。それに対して科学者たちはどのような研究をもって回答し、議論がなされたのであろうか。

4.1 原子力の動的解析

原子力発電所は、「柔」で解かれた超高層に対して、同時期に建設された「剛」で解かれた新たなビルディングタイプであった。しかしながら、「剛の原子力」の耐震検討の中核には耐爆研究を経て柔構造理論を確立した武藤と、東大にて地震スペクトル解析を専門とする一番弟子・梅村がいた(図8)。

	武藤・梅村研究室(原子力関係)	武藤・梅村研(超高層など)	研究室外部(原子力関係)
1945	原爆鑑定、終戦		
1947	GHQの耐震設計コンサルタント		
1952	武：講演会「原爆と建築」	強震計(加速度計)SMAC、全国へ	
1953			「Atoms For Peace」演説
1956		「武藤のD値法」海外で出版・普及	
1957	武・梅：原子力委員会 地震対策小委員会(委員長:武藤) →基本計画策定(6月)、耐震設計仕様書草案		英国型原発の輸入内定 JRR-1(日本初の原子炉)稼働
1958	武・梅：訪米調査団(1-2月)、英国型原発輸入決定 耐震設計仕様書完成(6月)		発見の耐震設計の基本理論がここで完成
1959	武：飛行機事故を想定した外力計算・安全検証 武・梅：船舶プロック収縮試験(6月) →地震対策小委員会 学心構造検討部会 →耐震調査のため訪米(6月)	国鉄、東京駅高層化計画開始	
1961	東海発電所(英国炉)着工	SERAC完成	
1963	武：東大退官。鹿島建設へ		霞が関ビル着工
1964	梅：耐震試験委員会		
1966	東海発電所(英国炉)初稼働 敦賀原発1号機 着工(4月)		

図8 原子力黎明期と武藤らの動き

戦時下での原爆調査をきっかけに原子力平和利用に関心のあった武藤らは、50年代後半、英国炉の輸入に際して地震国にも適合する設計変更に奔走する。1957年、原子炉を剛構造とする方針が決まり、東海発電所は基本的に静的に解かれたが、設備を含む発電システムの耐震設計には動的解析が用いられた。なかでもダクト類と建物の振動性状の把握や揺れで崩壊しにくい炉心のデザインにおいて力を発揮した。後者は世界最大級の振動台が建設されて実験がなされた。米国炉の敦賀原発(66年着工)以降は建屋の構造そのものにも動的設計が行われるようになり、安全重要度が高い施設については静的震度設計の他、予想される最大地震をもとにした動的設計からも結果を導き、両者比較を行うことになった。道半ばの技術の不確実性を鑑み、安心材料として動的解析が用いられたことがわかる。

以上の事実から原子力開発初期において、剛を基本とする原子力施設も、武藤・梅村の動的解析技術の指導的な貢献が欠かせなかったこと、またそれのみならず翻って原子力開発が巨大振動台の投資に繋がるなど動的解析技術を大きく発展させたことが明らかとなった。

4.2 「内」への耐爆

耐震検討の一方で、爆発・衝突事故への不安も意識され、耐爆検討がなされたことは殆ど知られていない。

原子力施設の黎明期(1960年代)における建築構造的なチャレンジの一つに、「密閉構造体の耐爆設計」があった。原子炉建屋は、「殆ど起こるとは信じ難い事故(Most Incredible Accident)」に対しても完全密封を保ち、周辺地域を放射能汚染から守る必要がある。一般的な耐爆手法である「放爆」(外皮の一部をわざと壊れやすくして爆圧を逃がす)に対して、内部の爆圧に耐えながら同時に放射能を留める(=構造体の密閉性を確保する)ことは極めて困難であり、国内で原子炉建設が活発化する初期においてもその知見はほぼ皆無であった。

1960年代、原子力研究所が新たに「高速炉臨界実験装置(FCA)」を建設するにあたり、未解明な部分が多い高速炉に対して仮想事故を考慮した解析を行うこととなった。

これを背景に 1964 年に「耐爆試験委員会」が組織され、建屋を模した試験体で爆破実験が行われた。この実験には、梅村がメンバーとして召集され、指導に当たっている。

実験では、国内で初めて密閉体内での爆圧変化や構造物の応答が観測され、その結果は 2 重構造を持つ格納容器として実設計に落とし込まれることで、安全性の向上に活かされた（図 10）。また梅村は、戦時下の耐爆研究を本実験の結果を踏まえて拡張した「耐爆設計法」¹⁴を発表し、その後の耐爆設計の指針として現在でも用いられている。



図 9 爆発実験で亀裂を生じた RC 試験体

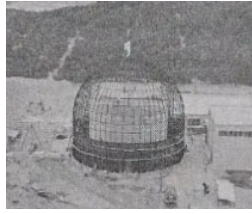


図 10 実験結果を用いて建設される格納容器

以上から、原子力の黎明期において原子炉の暴走を爆発に置き換えて安全性をチェックする研究が行われ、武藤ら戦時下の研究知見は、その基礎として活用された。

4.3 「外」への耐爆

原子力施設が外部事象に対して安全か、という議論は、事故やテロなどの社会的な現象や大衆意識に常に影響されて高まりを見せ、そのつど科学者による安全検証の動きに接続してきた。日本ではおもに、①1950 年代末から 60 年代前半にかかる原発黎明期と、②1980 年代の原発事故が意識された時代、のそれぞれでこうした議論が生じ、その検討がなされている。

① 日本初の商用炉、東海発電所の建設に当たっては、原発敷地から南に 2km の地域に水戸対地射爆撃場があることを不安視する声が噴出した。この爆撃場では、米軍が核爆弾を投下するための特殊な飛行法が訓練されていた関係で誤投下が多発していた。この対応には、戦時下の武藤らによる耐爆研究の総集編である「耐弾構造資料」が用いられたことが記述されている¹⁵。また、原子力委員会の専門部会に所属していた武藤自身がこの検討を行ったとする記述もある¹⁶。

以上から、米ソ冷戦を背景とした核攻撃への不安は、日本に新たにつくられる原発に対しても「誤投下」という形でその安全性を問いかけたこと、他方で戦時下の資料が用いられ新たな研究に基づく検証はされず、その検討が簡易的に済まされたことが考察される。

② 80 年代、チェルノブイリ原発事故やイラクの原発に対空爆など、原発に対するリスクが現実のものとなる中、原発の航空機事故を検証する動きが活発化する。1980 年代後半、青森県の三沢基地付近に再処理工場が建設されることを踏まえ、武藤率いる武藤構造力学研究所はアメリカの国立研究機関と共同で一連の衝撃実験を実施した。1989 年 8 月に実施された大規模実験では、実際の F-4 戦闘機を RC 壁体に衝突させて圧力や壁体の損傷が計測された。取得されたデータは衝撃力予測シミュレーションの開発に用いられただけでなく、米国内で新築される原発の評価方法として用いられている。また 9.11 同時多発テロ直後、市民の不安に対する回答にもこの実験が参照されている。

一方この実験で、日本の原発行政において外部事象リ

スクへの対処が進んだとは言えず、3.11 後の新規規制基準までテロ対策は義務付けられることがなかった。



図 11 戦闘機衝突実験の様子

以上から、原子力に対する社会不安を背景に外部事象に関する耐爆検討が行われ、そのいずれにおいても武藤が中心となって進められたことを明らかにした。

4.4 小結：動的解析が成立させた安全検証

高度成長期の基盤として推進された巨大な新技術、原子力は特に 1950 年代の導入から 70 年代前半の実用化までの間、さまざまな安全に関する議論が巻き起こり、そのうち耐震については動的解析技術が、耐爆については武藤らの耐爆設計が用いられた。戦時下に動的設計をもって確立した耐爆研究。そこから端を発した 2 つの流れの合流点として、原子力を位置付けることができる。

5. まとめと展望

戦時下において開発された耐爆技術は、戦後に多様化する爆発・事故リスクへの対処・評価方法として活用されたのみならず、そのなかで育まれた動的設計としての知見は、地震という類似の振動現象に読み替えられ、現代的な新技術の基盤となって成長社会を成立させた。

一方で、爆発現象は高度に不可視的で、往々にして事故の後追いで耐爆的整備がなされる傾向にあった。原発においても同様で、3.11 を顧みても爆発リスクが軽視される傾向にあったと言わざるを得ない。現実起こることが意識されにくい爆発現象の潜在性は、現代社会におけるリスクへの意識姿勢を映す鏡として捉えられるのかもしれない。

【画像出典】1：筆者作成 2：陸軍築城部 編『耐弾構造資料』.1942.3：通商産業省化学工業局保安課、工業技術院資源技術試験所 編『エチレン野外実験報告書』昭和 44 年度、高圧ガス保安協会、1970.4：東京電気通信局 編『東京の電話：その五十万加入まで』中、電気通信協会、1961.5：日本電信電話公社建築局 編『建築記録/東京中央電信局』、電気通信協会、1969.6～8：筆者作成 9：石森富太郎 編『原子炉工学講座』5（熱工学・構造設計）、培風館、1972.10：『FAPIG』(42)、第一原子力産業グループ事務局、1966-09.11：Sandia National Laboratories HP.

¹ 大野友則 編著ほか、『基礎からの爆発安全工学』、森北出版、2011/11.

² 常松祐介.(2025). 戦時期の建築学研究者による防空科学の確立とその成果の政策展開. 日本建築学会計画系論文集, 90(829), 570-581.

³ 『石油時報』(539), 帝国石油, 1923-12. 等 航空界で最初に主張された。

⁴ 浄法寺朝美 著『日本防空史：軍・官庁・都市・公共企業・工場・民防空の全貌と空襲被害』, 原書房, 1981.3.

⁵ 1933 年の第 1 回火災実験 (木造家屋)、室戸台風をきっかけとした木造規準調査委員会による 1935 年の第 1 回風災実験等。

⁶ 爆圧周期に対して鉛板の固有周期が大きすぎるために、急速な爆圧の変化に鉛板が追従できていないことによる。

⁷ 梅村魁.(1966). 鉄筋コンクリート建物の動的解析 1. コンクリートジャーナル, 4(1), 57-60.

⁸ 浜田英明.(2021). 日本の近代建築を支えた構造物たち(第 10 回)武藤清. 建築技術, 856, 48-53.

⁹ 電電公社建築局 編『建築記録/東京中央電信局』、電気通信協会、1969.

¹⁰ 武藤清.(1985), 原爆鑑定まで, 建築雑誌 Vol.100, No.1229, pp17-20

¹¹ 炸薬量と爆心からの距離、爆圧の間に成立する式。「Hopkinson-Cranz の相似則」として類似法則が海外でも発見されたことを補足しておく。

¹² 水島容二郎.(1971). 爆風圧と爆風被害. 工業火災 31(6), 361-377.

¹³ 兵藤幸夫, 中村博行など.(1998 年). 固体ロケット打ち上げ事故時の爆発威力について (I) 実験概要と実験結果. 火薬学会誌, 59(2), 71-83.

¹⁴ 梅村魁.(1966). 耐爆設計法. 工業火災 26(6), 318-325.

¹⁵ 東海建設記録編集委員会 編『東海発電所の建設：原子力発電パイオニアの記録』, 日本原子力発電, 1971.

¹⁶ 河合武 著『不思議な国の原子力：日本の現状』, 角川書店, 1961.