

新興感染症対策にコンテナを活用する場合の
簡易換気設備における陽圧に関する研究

2022年8月

千葉大学大学院工学研究科

建築・都市科学専攻 建築学コース

潘 振宇

(千葉大学審査学位論文)

新興感染症対策にコンテナを活用する場合の
簡易換気設備における陽圧に関する研究

2022年8月

千葉大学大学院工学研究科

建築・都市科学専攻 建築学コース

潘 振宇

目 次

要 旨	I
第一章 序論	
1-1 研究の背景と目的	2
1-2 感染症種類及び過去歴史について	3
1-3 コンテナ医療サービスの需要と研究構成フロー	7
1-4 コンテナの歴史及び応用	11
1-5 感染症対策を目的とするコンテナ及び医療機関との関連性	17
1-6 移動医療施設について参考文献	18
第二章 医療用コンテナの現状と需要	
2-1 コンテナの室内環境と感染対策現状	21
2-2 コンテナに関する応用調査	23
2-3 療用コンテナ機能選択及び室内温熱環境	33
2-4 療用コンテナが求められる状況・条件・制約	34
2-5 近年医療用コンテナの使用実態及び規格分析	41
2-6 医療用コンテナの課題と研究範囲	48
第三章 医療用コンテナ開発の基本構想及び関連換気量の選定に関する調査	
3-1 コンテナの開発研究及びモジュール化について	57
3-2 移動可能性について医療コンテナモジュール及び組み合わせ構想	59
3-3 複数・大規模な医療用コンテナに搭載する設備システムについて	67
3-4 医療室に関する基準換気量の選定に関する	77
第四章 実証開発及び設計説明	
4-1 実寸 20 フィート医療用コンテナ開発概要述べ	82
4-2 実物開発及び研究にあたり設定条件	90
4-3 一期目の施工説明及び簡易換気設備計画説明	100

4-4 現地での実際運用	118
4-5 将来Ⅱ期目以後の開発構想及び設備計画参考	120
第五章 換気量・室圧条件と実測分析及び結果	
5-1 室圧実験について計測分析	128
5-2 陽圧の適宜換気量・室圧の妥当性条件及び実測効果・特性	129
5-2-1 計測分析	133
5-3 陰圧の適宜換気量・室圧の妥当性条件及び実測効果・特性	141
5-3-1 計測分析	145
5-4 陽圧仕様における CO ₂ 換気効率実験	153
5-4-1 実験方法	155
5-4-2 実験結果	158
第六章 結論	
6-1 簡易換気設備におけるコンテナの換気及び室圧	164
6-2 ファン設置位置に関する	169
6-3 簡易換気ファンにおける、医療用途コンテナでの実用性・妥当性について	169
6-4 コンテナにおける設備ガイドライン作成	170
6-5 今後の研究課題・展望	172
謝辞	174
参考文献	175
付録	178

表 目次

表 1-2-1：感染症カテゴリ	4
表 2-2-1：過去コンテナ関連研究・論文詳細一覧	24
表 2-2-2：2015年～2021年10月まで、増加した台湾医療コンテナ事例	29
表 2-2-3：屋外医療ステーション設立規範（台湾）	32
表 2-4-1：医療機関内一般的な感染経路と予防式	35
表 2-4-2：感染予防管理メカリズム	36
表 2-4-3：感染予防と空調換気システム設計参考ポイント	36
表 2-4-4：医療空間における換気・空調設計条件参考	37
表 2-4-5：コンテナ使用例（輸送用途以外）	38
表 2-5-1：ISO規格コンテナサイズ	42
表 2-6-1：仮設住宅施設タイプ分け比較表	55
表 3-2-1：感染症発生に備え体制、ゾーニング事前計画	60
表 3-3-1：医療用水	70
表 3-3-2：感染リスク対応排水計画	71
表 3-3-3：一般的な感染経路	71
表 3-3-4：医療ガス参考配色	73
表 3-3-5：病院給水ポイント（一部のみ）	73
表 3-3-6：設計参考用水原単位	74
表 3-3-7：参考設計給水圧	74
表 3-4-1：感染予防により米日台換気計算基準参考	77
表 3-4-2：二酸化炭素の含有率によりアメリカ・日本・台湾の参考換気量	78
表 3-4-3：医療作業室により換気基準	78
表 4-1：感染症指定種類別再整理	80
表 4-1-1：コンテナ医療空間の構成と実物開発順	87
表 4-2-1：換気設計条件	94

表 4-2-2：給気ファン静圧試算	95
表 4-2-3：室圧管理目標 病院設備設計ガイドライン、空調設備編（日本）	96
表 4-2-4：室圧計画参考、行政院衛生署疾病管制局（台湾）	97
表 4-2-5：換気ファン風量詳細設定	99
表 4-3-1：自動制御計画ポイント集計	102
表 4-3-2：台湾台南の外気条件	106
表 4-3-3：コンテナ室内設計条件	106
表 4-3-4：熱通過率試算	107
表 4-5-1：コンテナ国際規格	123
表 5-2-1：日本、台湾、アメリカでの陽圧に関する参考規定	130
表 5-2-2：実測パターンと条件	132
表 5-2-3：Experiment CASE, A/B FAN, Individual operation	133
表 5-2-4：GrilleON、室圧状況	140
表 5-3-1：各国の病棟の陰圧と換気量に関する推奨値	145
表 5-3-2：各国の陰圧室の設計陰圧値（全圧）に関する推奨値	145
表 5-3-1-1：計測モデル設定	146
表 5-4-1：オフィス作業、居室空間、必要外気量	154
表 5-4-2：地域基準により計算最小必要換気量比較	154
表 5-4-1-1：CO ₂ 濃度と健康等への影響	157
表 5-4-2-1：ガラリ ON/OFF 問わず、ファン設備の設計容量と換気回数	159
表 5-4-2-2：解析条件	160
表 6-1-1：門扉、ガラリ OFF 場合、簡易ファンでの換気回数・陽圧	165
表 6-1-2：ガラリ ON 場合、簡易ファンでの換気回数・陽圧	166
表 6-1-3：門扉隙間給気の場合、簡易ファンでの換気回数・陰圧	166
表 6-1-4：ガラリ給気の場合、簡易ファンでの換気回数・陰圧	167
表 6-1-5：門扉隙間給気の場合、簡易ファンでの最大換気回数・陰圧	168

表 6-1-6：ガラリー給気の場合、簡易ファンでの最大換気回数・陰圧……………168

表 6-4-1：ガイドラインの機能・役割……………170

図 目次

図 1 : COVID-19 世界感染マップ情報 2	
図 1-2-1 : 感染経路	3
図 1-2-2 : SARS コロナウイルスの電子顕微鏡像	4
図 1-3-1 : 感染リスク患者と一般患者入院同ルート	8
図 1-3-2 : 感染リスク患者を一旦外部で確認受け、必要に応じ入院する	8
図 1-3-3 : 院内クロス感染概念	9
図 1-4-1 : 1970 年頃 神戸港摩耶埠頭	11
図 1-4-2 : 各種コンテナ	12
図 1-4-3 : 20・40 フィートコンテナ仕様	12
図 1-4-4 : 韓国 Common Ground 商業施設	13
図 1-4-5 : フォックスハウス	14
図 1-4-6 : Keetwonen 学生寮	14
図 1-4-7 : Container Temporary Housing	15
図 1-4-8 : 野外手術コンテナ	15
図 1-4-9 : フォックスハウス	16
図 1-4-10 : 航空用搬送医療コンテナ	16
図 1-4-11 : 健診用コンテナユニット車	17
図 1-5-1 : 新興感染症時期は感染拡大しないよう対策概念	18
図 1-5-2 : 病棟外増設医療コンテナ	18
図 2-1-1 : 2021 年 11 月 21 日時点の WHO 管轄地域別の新規・累積 COVID-19 確定症 例数及び死亡者数	21
図 2-1-2 : (左) コロナ感染世界 MAP、2021/2 月時点、(右) 新型コロナウイルス	22
図 2-2-1 : 過去コンテナの関連文献統計	24
図 2-2-2 : カテゴリー詳細	24
図 2-2-3 : 高効率屋根温度調節装置	24

図 2-2-4：コンテナサイズ	28
図 2-2-5：コンテナ換気設備	28
図 2-2-6：コンテナ換気方式	28
図 2-2-7：コンテナ空調設備	28
図 2-2-8：2015 年～2021 年 10 月まで、増加した台湾医療コンテナ事例	29
図 2-2-9：医療コンテナ現場写真	30
図 2-2-10：屋外医療ステーション設置目的	31
図 2-2-11：屋外医療ステーションの換気設備について規則	31
図 2-2-12：屋外医療ステーションの換気容量について規則	31
図 2-2-13：屋外医療ステーションの空調設備について規則	31
図 2-3-1：新興感染症対策に療用コンテナ需要	34
図 2-4-1：左、コンテナを組み合わせた概要図・右、オランダ学生寮	38
図 2-5-1：医療関連応用とコンテナ応用可能性	41
図 2-5-2：治療ユニットとエネルギーBOX ユニット	42
図 2-5-3：ユニットとエネルギーBOX 拡張イメージ	43
図 2-5-4：移動式モバイルユニット	44
図 2-5-5：拡張想定イメージ	45
図 2-5-6：シンガポール中央病院駐車場隔離施設	46
図 2-5-7：EscoAster-MSSB-Mass-Screening-Swab-Booth	47
図 2-5-8：ブース関連設備システム	47
図 2-6-1：新興感染を防ぐ対策概念	48
図 2-6-2：コンテナを阻止機能として医療機関を維持・保護する	49
図 2-6-3：移動型診療所コンテナ、モジュール	51
図 2-6-4:(左)中国武漢緊急病院	51
図 2-6-5：設備システムの制御ネットワーク	54
図 2-6-6：311 大震災後コンテナハウス	55

図 2-6-7：仮設住宅施設タイプ	55
図 3-1-1：臨時収容施設一例	57
図 3-1-2：モバイル医療コンテナシステムの開発イメージ	59
図 3-2-1：安全設備ルート概念	61
図 3-2-2：単独エネルギーシステム	62
図 3-2-3：移動医療ユニット原型	62
図 3-2-4：想定設置規模	63
図 3-2-5：完成バージョン一例 PhaseIII想定平面 参考	64
図 3-2-6：設備系統概念	64
図 3-2-7：エネルギーBOX 概念、空調・衛生・電気・消火システム毎にコンテナ BOX に収まること	65
図 3-2-8：設備システム BOX 分類	66
図 3-2-9：研究開発ビジョン	66
図 3-2-10：拡張性・応用性を備える医療コンテナイメージ	67
図 3-3-1：排気処理+巡回空調	68
図 3-3-2：空調熱源システム方針	67
図 3-3-3：安心換気ルート計画	70
図 3-3-4：医療ガス、AB:CO2 ガス、C：酸素、D 医療ガス配管、D：アウトレット	72
図 3-3-5：酸素ガスボンベ	72
図 3-3-6：移動式給水計画	75
図 3-3-7：検査系排水	75
図 3-3-8：感染系排水	76
図 3-3-9：透析排水フロー	76
図 3-3-10：移動排水措置システム概念	77
図 4-1-1：既存医療機関は緊急災害時での支援フロー	83
図 4-1-2：レンタルユニット+入れ替わる概念（左右はエネルギー供給）	83

図 4-1-3：未知感染者は一般治療者と同時に院内で活動により相互感染リスク高	85
図 4-1-4：設備系統概念原型-UNIT 定量性	86
図 4-1-5：移動病院概念-独立・移動・拡張	86
図 4-1-6：コンテナ医療スペース 換気計画	88
図 4-1-7：換気ファンと交代用フィルター	88
図 4-1-8：換気ルート計画	89
図 4-1-9：台湾台南、2021/5/14 完成	89
図 4-1-10：コンテナ正面、左：X 線コーナー・右：検体採取コーナー	90
図 4-1-11：A:X 線照射部屋 B:コンテナ後面 C:検体採集パネル D:コンテナ室内 D:室内移動式 X 射線機	90
図 4-2-1：一般患者、疑わしい症状患者が同室検査、採取	91
図 4-2-2：離隔距離取り・分離・分流措置	91
図 4-2-3：一方通行換気計画	92
図 4-2-4：換気ルート計画概念	93
図 4-2-5：(左) 選択 I 一方向換気、(右) 選択 II 同サイド換気	93
図 4-2-6：換気ファンと交代用フィルター	94
図 4-2-7：調達しやすい換気扇一般換気扇 (左) 小風量換気扇、(右) 部屋換気扇、現地スーパー売り物	94
図 4-2-8：パイプファン仕様 三菱換気扇を参考	96
図 4-2-9：気流コントロール + 風量バランス調整	98
図 4-2-10：設計風量と実験用変動風量	98
図 4-2-11：換気扇様子と番号	99
図 4-2-12：デジタル式マンノメーターケージ (微差圧計)	99
図 4-3-1：ダクト設備により、規模拡張概念	100
図 4-3-2：設置工期と使用時期	100
図 4-3-3：自動コントロール計画	101

図 4-3-4:Modbus 動作原理と PLC 装置(日本サポートシステム参考).....	102
図 4-3-5:制御関連.....	102
図 4-3-6:各設備配置.....	103
図 4-3-7:一般換気扇により室圧を作る.....	104
図 4-3-8:現地施工簡易ファン BOX 仕組み.....	105
図 4-3-9:コンテナ空間 冷房負荷計算フロー.....	106
図 4-3-10:実装空調機.....	108
図 4-3-11:電気引き込み計画フロー.....	108
図 4-3-12:実装設備.....	109
図 4-3-13:参考発電機:20KVA(発電効率約70%).....	110
図 4-3-14:(左)一般遠隔操作概念、(右)情報安全管理概念.....	111
図 4-3-15:移動通信システム、公衆網を通じ無線接続.....	112
図 4-3-16:コンテナ初期工程.....	114
図 4-3-17:設備工事中風景.....	114
図 4-3-18:平面図(建築設計、成功大学建築学科薛承倫).....	115
図 4-3-19:空調設備機器表.....	116
図 4-3-20:空調・換気機械設備配置位置.....	116
図 4-3-21:空調換気システムイニシャルコスト.....	117
図 4-3-22:気密実験のため、予備スリーブ塞ぐ.....	118
図 4-3-23:密閉性確認実験.....	118
図 4-4-1:既設医療空間と連携.....	119
図 4-4-2:現場実際使用、確認状況 2021/05.....	119
図 4-4-3:移動テスト.....	120
図 4-5-1:移動医療システム概念 - ユニット分割と設備モジュール.....	122
図 4-5-2:エネルギーBOX.....	123
図 4-5-3:コンテナ基準サイズ.....	123

図 4-5-4: 基礎インフラコンテナ BOX 概念	124
図 4-5-5: 拡張医療支援モジュール概念	125
図 4-5-6: 20 フィートコンテナ側壁面を MAX 開口条件	126
図 4-5-7: エネルギーコンテナ基本サイズ	127
図 4-5-8: エネルギーBOX 構想	127
図 4-5-9: 拡張概念	127
図 5-1-1: コンテナ室圧と換気計画	129
図 5-1-2: 陽圧風量と排気ルート概念	129
図 5-1-3: 陰圧風量と排気ルート概念	129
図 5-2-1: 陽圧実測モデル概要	131
図 5-2-2: モデル室	131
図 5-2-3: 室圧計測器ポイント及びガラリ位置	132
図 5-2-4: 給気ファン、排気ガラリ及び計測ポイント	133
図 5-2-1-1: A FAN ON, Indoor pressure	134
図 5-2-1-2: B FAN ON, Indoor pressure	134
図 5-2-1-3: A ファンと室圧関係	134
図 5-2-1-4: B ファンと室圧関係	135
図 5-2-1-5: A FAN 稼働/C・D・E ガラリ順次 ON	135
図 5-2-1-6: B FAN 稼働/C・D・E ガラリ順次 ON	136
図 5-2-1-7: point 位置と高さ	136
図 5-2-1-8: C ガラリ ON における高さ 2m・1m の計測ポイント平均室圧	137
図 5-2-1-9: D ガラリ ON における高さ 2m・1m の計測ポイント平均室圧	137
図 5-2-1-10: E ガラリ ON における高さ 2m・1m の計測ポイント平均室圧	138
図 5-2-1-11: A FAN Vs C Grille, 2m pressuer	138
図 5-2-1-12: A FAN Vs D Grille, 2m pressuer	139
図 5-2-1-13: A FAN Vs E Grille, 2m pressuer	139

図 5-2-1-14: B FAN Vs C Grille, 2m pressuer	139
図 5-2-1-15: B FAN Vs D Grille, 2m pressuer	140
図 5-2-1-16: B FAN Vs E Grille, 2m pressuer	140
図 5-2-1-17: ガラリ開口付近、室圧低下、距離取るほど室圧低下	141
図 5-3-1: 陰圧排気ファン容量の決め条件	142
図 5-3-2: 陰圧実測モデル	143
図 5-3-3: 簡易ファン BOX 及び設置位置	144
図 5-3-1-1: 計測点、ファン位置及び室圧計測器関連位置	147
図 5-3-1-2 B ファン稼働、CASE1/CASE2 比較	148
図 5-3-1-3 A ファン稼働、CASE4/CASE3 比較	148
図 5-3-1-4: A・B ファン設置位置と陰圧効果関連	149
図 5-3-1-5: 平均陰圧値及び A+B ファンの最大陰圧考察	150
図 5-3-1-6: B ファン、門扉隙間給気パターンにおける遠近ポイントの圧力変化	151
図 5-3-1-7: B ファン、ガラリ給気パターンにおける遠近ポイントの圧力変化	151
図 5-3-1-8: A ファン、門扉隙間給気パターンにおける遠近ポイントの圧力変化	151
図 5-3-1-9: A ファン、ガラリ給気パターンにおける遠近ポイントの圧力変化	152
図 5-3-1-10: ファンと各圧力ポイント関係	152
図 5-4-1: 自然換気	153
図 5-4-2: 機械換気方式	154
図 5-4-1-1: CO2 換気効率実験モデル室	155
図 5-4-1-2: CO2 追跡実験法	156
図 5-4-2-1: CDE ガラリ ON における、設計換気回数と実際換気回数変化	158
図 5-4-2-2: CDE ガラリ OFF における、設計換気回数と実際換気回数変化	158
図 5-4-2-3: ガラリ ON・OFF におけるファン換気回数と実際換気回数の平均値	159
図 5-4-2-4: ファン設計換気回数と実際換気効率比例	160
図 5-4-2-5: 解析モデル図	161

図 5-4-2-6：モデル 1、平面及び断面分布	161
図 5-4-2-7：モデル 2、平面及び断面分布	161
図 5-4-2-8：モデル 3、平面及び断面分布	162
図 5-4-2-9：モデル 1、ポイント毎 CO2 濃度分布	162
図 5-4-2-10：モデル 2、ポイント毎 CO2 濃度分布	162
図 5-4-2-11：モデル 3、ポイント毎 CO2 濃度分布	163
図 6-1-1：簡易ファン、ガラリ、門扉隙間関連イメージ	165
図 6-2-1：ファン設置位置及び室圧変化計測モデル	169

論文の要旨

コンテナ (container) とは、箱・容器・もの詰めなど纏まった入れ物のことを差しである、最も応用されているのが輸送・物流に用いられるものと、そのほか、園芸・植物などを育つ容器・IT 業界においてデータ、値の集まりを表見するフォルダーなどを指す用語でもある。物流用コンテナは物入、保管、移動利便性など取り扱いに耐える強度がある空間として、近年は様々な分野にも応用され、商業・展示展覧・工事現場簡易オフィス・仮住宅などに多様に使われている。ただし、本来なら物入用途としたコンテナを人暮らし用途へ転用する場合にはコンテナ室内の温熱環境に関する配慮は一層重要となってくるが、既往関連文献調査及び現状には多くは断熱、保温に注目して、換気に関する計画・基準について殆ど無くことが調査結果で分かった。

本研究は近年世界中に多大なダメージを与えた新興感染症の影響により屋外で臨時施設としてユニット空間的なコンテナを医療作業場とした活用場面が多くなっているが、本来ならものを運ぶコンテナ (container) を臨時用検体採集の医療用空間へ転用により、健康者であるの医療従事者が在室作業するため、居室空間仕様となるので換気関連基準が必要となる。ただし、コンテナに関する換気・室圧関連な基準・既往文献及び事例が殆ど無く、臨時コンテナ施設としての換気及び室圧の設定基準も無いため、現行の病院設計基準値を持ち、簡易換気設備における在室の健康医療者を守るよう、最も基本的な陽圧基準 (ナースステーション程度の陽圧 2.0 Pa 程度) に満たせるかについて研究と実証実験を行い、更にコンテナ施設に関して参考できるオリジナル換気・室圧の参考基準を創ることであった。

既往文献・現在動向及び現行病室の使用基準を持ち、実物 20 フィートコンテナを実験場所兼実医療作業場として課題となっていた移動性・経済性・気密性及び最大限換気量に関するコンテナに適応する換気量・室圧・制気口及び簡易換気システム実証実験を行った。研究結果は 20 フィートコンテナにおける設置場所で調達し易い簡易換気設備により陽圧+2.0Pa を維持するためにガラリ開の場合は設計換気回数が少なくとも 12 回/h 以上、ガラリ閉の場合は 6 回/h 以上を必要と分かった。室圧の変動をなるべく大差をしないようファンの設置位置はコンテナの中央部に設置する。更に汎用性を広げるよう、一般生活用の陰圧仕様を希望場合は-10Pa 以上希望場合は、設計換気回数が少なくとも 18 回/h 以上必要と分かった。

一方、実測データの結果以外、本研究では医療用途としてのコンテナ実用性及び簡易換気設備による妥当性について実物を実際の医療現場に置き、感染症対策で医療従事者での検体採取作業空間とした実用性を確認でき、更に簡易換気システムについて、今までなかった 20 フィートコンテナ施設における設備ガイドライン作成まで重要な参考結果を創り上げ、今後類似なコンテナ施設の換気計画に有用な参考基準となった。

本研究の構成は序論から結論まで 6 章となっている。序論は背景・目的、コンテナ医療の需要と研究構成フロー及び研究範囲・課題について論じた。過去の感染症歴史から 2019 年末に再び世界的な流行となった感染症 (COVID-19) は各国の医療機関の資源不足・崩壊、経済的な供給制約・輸送の混乱、民生的な暮らし悪影響など大きなダメージを受けていた。感染症の渦により生活基盤となっている医療機関は大規模クラスター発生により医療ひっ迫・医療資源希薄などに対策として感染源を阻止及び安全安心な医療作業を目標とした。阻止するため、ユニット的な空間を利用し医療従事者等を守る目的にコンテナの使用可能性について討論を行っていた。

第二章は、医療用途のコンテナ現状と需要について論述する。既往の関連文献調査と医療用途とした実物・関連動向の分析により、医療用コンテナを設置する場合に参考できる基準を整理し、本来ならものを運ぶコンテナを居室として使う場合は建築基準法法の換気について室内環境基準を確保必要があるがコンテナ施設には対応、そして参考できる規範等がないため、現行病院施設の換気・室圧基準を持ち、適応するかについて研究を行う。20 フィートコンテナの実証実験開発における各国にあった現行の病院設計基準を纏め、比較研究を行い、コンテナに適宜な換気量及び室圧変化、制気口位置など実測を測って計測結果を分析し医療用途コンテナでの換気システム参考基準を作ろうとする。また、コンテナを医療作業空間に転用する場合は、サイズ選定・室内適宜換気・室圧計画基準・イニシャルコスト・施工性・移動性そして将来的な汎用性について研究範囲及び課題を明確しないといけなく、設置場所の物質サポート・インフラ支援・コンテナに関する適宜換気室圧設計基準・空調換気システムの投資等臨時的な医療空間としての可能性・経済性能など設置条件・制約など研究論点に関して論じた。一方、過去と現在のコンテナ使用状況と応用性能に関する利用可能知見を考察も行った。

第三章は現行病院設計の基準換気量に関する研究と医療用コンテナの開発構想について述べた。前半はコンテナを利用にあたって建築基準法や建築衛生法など定められた室内温熱基準に準じて創る場合の必要条件及び実験項目を明確する。研究開発にあたって医療従事者に安心安全なコンテナ室内環境を提供できる迅速な検体採取作業スペース、移動運搬容易、コンテナに関する適宜換気、気流制御、そしてクロス感染を避ける空調

と換気システムを創る目標とする。後半は具体的なコンテナモジュール化及び組み合わせ構想について論じ、コンテナ運用に関する建設、インフラ支援、エネルギー供給、容量制限等イニシャルコスト及び使用管理、組み合わせ条件・可能性等重要な課題を整理している。感染経路を拒否するシステム・組み合わせ可能な設備計画、想定コンテナユニット配置原型、更に長期に渡って開発ビジョンとコンテナにあらゆる設備システム概念、如何移動するかについて基本構想を語った。また、将来規模拡大際に必要とする給排水計画、管理排水、医療ガス、滅菌装置等整合用システムの計画概要も予備知識として参考計画原型及び一部設備設計詳細を述べる、他に感染予防換気に関する各国の基準を比較研究できるよう換気量・室圧一覧表を纏めた。

第四章は三章で述べた開発構想について実寸 20 フィートコンテナ施設の詳細設計と実践開発を行った。長期ビジョンは検体採取・問診・治療・検査・収容等複合的な医療支援コンテナ施設をⅠ～Ⅲ期に渡って研究開発予定であるが、本研究は基本形となる単体ユニットコンテナ、所謂Ⅰ期の開発目標とする「短期的、大量且つ迅速で検体採集できる」ユニット BOX を研究中軸とする。20 フィートコンテナの実寸は 6.1 x 2.3 x H2.3 m であるが実際医療者在室作業しながら研究を行うため、検体採取作業できる室内環境の計画及び実験用の換気システムとの実際使用と実験管理条件を明確必要である。移動性、省エネルギー且つ安心安全な室内作業空間を実現させるよう、簡易換気システムを採用する。研究開発の目的として現地入手し易い一般換気扇を静圧性能改善してコンテナに実装し、更に実際使用兼研究を行うため I NV 変風量をコントロールパネルで操作できるようにする。換気システム以外、個別空調機（ルームエアコン）、通信システム、電気制御盤等基本的なインフラ設備も実装した。本研究のメイン目標はⅠ期目開発したユニットコンテナを対象とするが、将来的にⅡ期、Ⅲ期目までの想定設備システムも参考として空調熱源ユニット・給水ユニット・電気支援ユニット・汚染管理排水ユニット・D P S ユニット等モジュール計画詳細を検討行って、本論の研究・現場での実践応用及び将来規模を拡大するまでの全般対応サンプルである。

第五章は実物開発したコンテナにおける、簡易換気システムにより室内の換気・室圧を実測分析しながらコンテナに適宜な換気回数と室圧について論じた。実測内容は医療者を守るための陽圧研究実験以外、汎用可能性を探るよう、簡易ファンの最大陰圧能力も実験を行った。陽圧について、臨時的な施設且つ健康な医療者在室のため陽圧基準値は+2.0Pa を目標して換気回数と室圧効果を明らかにした。ガラリ閉の場合は簡易換気設備での換気回数 6 回/h 以上ならば陽圧+2.0 P a を確保できることが分かった、ガラリ開の場合は、ガラリにより圧力逃がしてしまうため陽圧+2.0 P a を確保できるよう、

換気回数 12 回/h 以上を勧め。一方、汎用観点により、臨時・非常時以外でも一般生活用の陰圧仕様に転用できるよう、参考陰圧基準値は病院施設では最も基本的な病室と前室の-2.0 P a 差圧値とファン設備設計際最大設計陰圧値-10 P a をもって陰圧と換気効果にも実測を行った、結果としてはガラリ閉、扉隙間給気の場合は換気回数 8 回/h 以上ならば陰圧-2.0 P a を確保でき、ガラリ開の場合は、換気回数 12 回/h 以上ならば陰圧-2.0 P a を確保できることが分かった。簡易ファンの最大陰圧性能検証について、陰圧-10.0 P a を希望ならば換気回数は少なくとも 18 回/h 以上が明らかにした。また、ファンの設置位置と室圧に関してはファンとの距離は遠くなると圧力が降下傾向と分かったためファンの設置場所はコンテナの中央に設置することを勧めである。以上実測結果により簡易ファンの有用性を確認できた。

第六章は結論となり、20 フィートコンテナに対して 1 φ 110V (120V) 簡易換気設備でも医療用途に推奨する換気量と室圧に対応可能となった。更に、簡易換気設備におけるコンテナならではの適宜換気量と室圧の参考設計値及び最大容量・特性も確認できた。実測結果におけるコンテナ施設は医療用途での実用性・妥当性について考察し、今後の改善課題及び展望、そして換気設備ガイドラインを作成し、今後類似な計画に参考できればと考えられる。

第一章 序論

過去感染症歴史では、1346 年代から黒死病 (Black Death) がアフロ・ユーラシア大陸で大流行が始まり、その後北アフリカ、ヨーロッパ、イタリア半島そして西アジアまで広がっていた、当時ペストに感染され、1 億人が死亡したと推計されているが当時の生活改善により 1353 年代頃条々に収束となっていた。ただし、その後ほぼ同時期、環境衛生不良の影響により天然痘 (variola, smallpox) という人類を脅かす嚴重なパンデミックが再び世界中大流行、エジプトから痕跡が見られその後日本、アメリカ大陸まで大流行、1980 年までに約 8000 万人感染された。その後医療開発、下水排水インフラ普及に伴い、天然痘やペストの流行は徐々に収まり、1980 年、世界保健機関 WHO が天然痘やペストの世界根絶宣言を出し、当時人類の生活環境は一層向上となっていた。インフルエンザ感染症もずっと人類の進歩と伴って各年代大流行となっていた、1918 年：スペインかぜが大流行、当時約 4000 万人以上死亡、1960 年：アジアかぜの大流行、約 2000 万人以上死亡、1968 年：香港かぜの大流行、約 100 万人以上死亡。以上により凡そ 2000 年前行った人類歴史上各時期の感染症パンデミック¹。2000 年初、SARS (重症急性呼吸器症候群 SARS: severe acute respiratory syndrome) 初確認され、動物起源の人獣共通ウイルスにより呼吸、空気感染経路感染したと非定型肺炎と呼ばれる、2002 年末から中国の広東、香港から広がって世界中にも約 30 ケ国、約 9 千人感染、800 人程度死亡。また、2010 年頃、H1N1 型 (Influenza A virus subtype **H1N1**) という豚インフルエンザ発生、世界での感染者数は約 16 万人、死亡者が約 1,100 人。

以上過去のデータによると、昔から現代まで、生活環境・技術の進歩と人類交流頻繁化により、1900～1957 年代から約 50 年周期的に感染症パンデミックが発生し、1960 年代から、発生の周期が短くなったり、約 10～20 年周期で各種の感染症、インフルエンザが発生してしまった。典型的な周期状況は 2003 年の SARS が大流行となったが、2019 年末、新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) が発生して、SARS-CoV-2 と呼ばれるウイルスが原因で起きる感染症で、感染ルートは飛沫・空気感染により、発熱・咳・息苦しさ・悪寒・頭痛など症状が現れ、病状酷くなる場合は死に至る可能性は低くないという感染力かなり強い感染症である。2019 年末中国で発見、その後迅速に世界中蔓延、

¹ パンデミック (pandemic) とは：人獣共通感染症 (伝染病) が世界的な大流行をみせること、人類の歴史を通じて、天然痘や結核、ペスト、スペイン風邪などのパンデミックが数多く発生している。最も致命率の高いパンデミックは、黒死病として知られる 14 世紀のペストのパンデミックであり (参考資料、フリー百科事典)

2022年1月現在、ほぼ世界中の国が感染されている、感染者数は約2.6億人、死亡者数は520万程度、



図1：COVID-19世界感染マップ情報 <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>
2019～2021年12月時点、感染者（死亡者）

- ・アメリカ：4900万（78万人）程度
- ・インド：3400万（47万人）程度
- ・日本：170万（1.8万人）程度
- ・中国：9.9万（5000人）程度
- ・台湾：1.7万（174人）程度

1-1 研究の背景と目的

2019年末から世界大流行となっている新型コロナウイルス(COVID-19)感染症は僅か3年弱で世界中の感染者数は2.6億程度、死亡者数は520万人程度となってしまったため、2020年～2022年までに世界中の国々が現地の感染状況、予防及び感染症の患者に対する対策、医療体制の緊迫・崩壊、経済的社会的なダメージによる我々の生活に大きく変化が起こされた、行動や意識の変化・企業経営破断・巣ごもり生活・デジタル取引・コミュニケーション変化、そして感染症法まで新たに特定感染症で定めることになった²。

COVID-19の禍により様々な影響中、特に医療業界にとっては医療従事者の仕事内容変化、検査医療について関連作業量急増、感染患者対応、感染症の蔓延と阻止対策等々影響を受け、徐々に各国の医療体制は感染の拡大における医療ひっ迫・医療物資薄・感染症患者（疑似患者も含め）のみの対策となりつつ、一般医療作業、非感染的な救急患者などの受け入れは難しくなる、更に感染拡大により不明感染源でのクロス感染で院内での大規模クラスター発生により医療サービスの供給体制及び検体検査体制の医療・治療機能ができなくなった状況が多々であった。本研究は目に見えない感染源における

² 厚生労働省、感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律施行令（平成10年政令第420号）の一部改正、新型コロナウイルスについて、感染症法第6条第23項第11号の規定により政令で定める四種病原体等に追加する。

如何に感染を阻止するか、そして病院施設にとって支援・感染回避として完全に病院外での検査できるスペース作り、及び安全、衛生、合理的なコンテナ作業空間における換気システムを創出する目的として、移動利便性の高い 20 フィートコンテナに簡易換気設備システムを計画する。過去コンテナに関する換気設計基準が無かったため、既存病院設計用換気基準を妥当とすることをもち、コンテナに適応する換気量・室圧に関して研究及び実証研究を行った。

本研究の最大目的は過去例がなかった新興感染症の影響により、本来なら貨物運搬用を使用するコンテナが異種類の活用場面にも応用できるかをきっかけにして、関連な文献及び国際的な動向などを調べ、ユニットコンテナを臨時医療作業空間として転用し易いし、本研究中軸の目的、医療者を守る区間でも使用可能とした前提にして、更にコンテナに現行医療空間の換気・室圧基準値でも応用可能性について研究を行う。また、運営利便性・コスト・省エネルギーなど基本的なコンテナ施設の環境課題を見つけ、医療用途とした場合に適応する換気設備、換気量、室圧、移動性、経済性、応用性等実践できる研究を行った。今までない医療コンテナの換気・室圧性能に関する研究をテーマとして、今後類似の事態が再び発生した場合においても迅速かつ適宜なコンテナ改善案或いは医療コンテナ施設の設計計画に参考例として引用できればと考えている。

1-2 感染症種類及び過去歴史について

感染症原³は環境中の大気、水、動物、人に存在する病原性の微生物が、接触ルートを通して体内に侵入することで引き起こす疾患である。目に見えない微生物、細菌、ウイルス、真菌など色々な病気、感染症を引き起こす。感染源（感染ルート）について主に接触（経口）感染、飛沫感染、空気感染（飛沫核感染）となり、所謂『接触・飛沫・空気感染』をコントロールして感染症の広がりには有効の止め壁と考えられる。

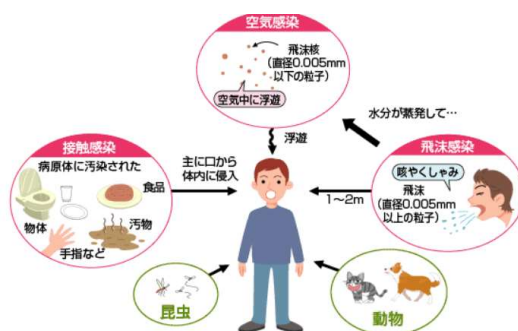


図 1-2-1：感染経路（資料主典：大幸薬局、健康情報局

<https://www.seirogan.co.jp/fun/infection-control/infection/disease.html>)

³ 健康情報局 <https://www.seirogan.co.jp/fun/infection-control/infection/disease.html>

過去でも類似な感染流行時期あった、2002年中国南部広東省で非定型性肺炎の患者が報告されたから、北半球のインド以東のアジアとカナダを中心に、32の地域や国々へ拡大した。中国では初期に305人の患者が発生し、旅行者を介してベトナムでの院内感染や、香港での院内感染を引き起こした。2003年3月12日にWHOは、全世界に向けて異型肺炎の流行に関する注意喚起（Global Alert）を発し、本格的調査を開始した。3月15日には、原因不明の重症呼吸器疾患として severe acute respiratory syndrome(SARS)と名づけ、「世界規模の健康上の脅威」と位置づけ、異例の旅行勧告も発表した⁴。

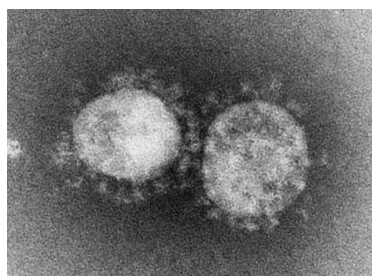


図 1-2-2： SARS コロナウイルスの電子顕微鏡像
（国立感染症研究所 SARS 診断グループ提供）

感染症・伝染病について、細菌、ウイルス、寄生虫などの病原体は、人間や動物に侵入して繁殖し、侵入した体中で新しいウイルスを生成し、人間や動物に健康被害をもたらすことになる。さらに、病原体は人体から外部に広がることさえあり、人から人へ、または動物から人への感染は感染症と呼ばれる。「伝染病」とは、多数の人が一定期間感染し、広範囲に広がる現象を指し、その他は「感染症」と呼ばれる。2003年の中国、香港、台湾、カナダ、シンガポールへの SARS 蔓延は、典型的な伝染病であった。その後2019年までの16年間、類似な広範囲現象発生はなかったため、伝染病や感染症についての議論はまれになっている。伝染病は法定伝染病と指定伝染病に分類され、感染症は特定感染症を含め5類分類されている。以下は各カテゴリとなる；

表 1-2-1： 感染症カテゴリ

◆日本の法定伝染病、11種類：

コレラ	赤痢（疫痢含む）	腸チフス	パラチフス
発疹チフス	猩紅熱	ジフテリア	流行性脳脊髄膜炎
ペスト	日本脳炎	痘そう	

⁴ 出典、NIID 国立感染症研究所

◆指定伝染病、3種類：

急性灰白髄炎（ポリオ）	ラッサ熱	腸管出血性大腸菌感染症
-------------	------	-------------

◆感染症、感染症法に基づく⁵：

特定感染症	1類感染症	エボラ出血熱、クリミア・コンゴ出血熱、痘そう（天然痘）、南米出血熱、ペスト、マールブルグ病、ラッサ熱
	2類感染症	急性灰白髄炎、結核、ジフテリア、重症急性呼吸器症候群（SARS コロナウイルスに限る）、中東呼吸器症候群（MERS コロナウイルスに限る）、鳥インフルエンザ（政令で定めるもの）
	3類感染症	コレラ、細菌性赤痢、腸管出血性大腸菌感染症（O-157）、腸チフス、パラチフス
感染症	4類感染症	物、飲食物等の物件を介して人に感染し、国民の健康に影響を与えるおそれのある感染症（ヒトからヒトへの感染はない）、（ウエストナイル熱、狂犬病、高病原性鳥インフルエンザ、日本脳炎、マラリア、レジオネラ症等の30感染症）
	5類感染症	国が感染症の発生動向の調査を行い、その結果等に基づいて必要な情報を国民一般や医療関係者に情報提供・公開していくことによって、発生・まん延を防止すべき感染症（ウイルス性肝炎（E型及びA型を除く）、後天性免疫不全症候群（エイズ）、インフルエンザ、麻しん等の41感染症）
新感染症		人から人に感染すると認められる疾病であって、既知の感染症と症状等が明らかに異なり、当該疾病に罹患した場合の病状の程度が重篤であり、かつ、当該疾病のまん延により国民の生命及び健康に重大な影響を与えるおそれがあると認められる感染症

◆台湾の伝染症分類（比較参考）⁶

第1類	狂犬病、ペスト、天花、重症急性呼吸器症候群
第2類	デング熱、急性ウイルス性A型肝炎、マラリア、ライカウイルス感染症、西ナイル熱、流行性チフス、腸チフス、細菌性赤痢、コレ

⁵ 厚生労働省健康局資料

⁶ 台湾福利部疾病管制署、法定傳染病

	ラ、急性四肢麻痺、腸出血性大腸菌感染症、アンスラックス、多剤耐性結核、はしか、ドイツ麻疹、流行性髄膜炎
第3類	急性ウイルス性B型肝炎、日本脳炎の急性ウイルス性、C型肝炎、エンテロウイルス感染、急性ウイルス性D型肝炎、先天性ドイツ麻疹症候群、急性ウイルス性E型肝炎、流行性耳下腺炎、百日咳、侵襲性B型好塩基球感染症、ヒト免疫不全ウイルス(AIDS)、先天性梅毒、破傷風、新生児破傷風
第4類	リステリア症、水疱症の合併症、てんとう虫病、地元のチフス、ライム病、ボトックス中毒、クジャ病、トキソプラズマ感染症、ヘルペスBウイルス感染症、ブリネル病、侵襲性肺炎連鎖球菌感染症、発熱は血小板減少症候群、Q熱、クラス鼻血、レプトスピラ症
第5類	特殊感染性肺炎、新型インフルエンザA型、黄熱病、リフトバレー熱、中東呼吸器症候群後のウイルス感染症、ラサ熱、マールブルグウイルス出血熱、エボラウイルス感染

日本と台湾の感染症対策の歴史

明治時代、外国の医療制度が初めに導入された⁷。当時、天然痘、性感染症、コレラ、疫病、インフルエンザなど相次ぎ日本を襲ってきて、感染症の医療制度はまだ確立されておらず、多くの患者が亡くなっていた。主な理由は、当時の人々の健康状況は不安定が多い、栄養失調でもあったからである。インフラ建設条件が相当不十分な状況からコレラの流行に直接つながった。コレラの感染率は非常に速く、死亡率も極めて高いものであって、当時はコレラの病原菌が発見されていなかったため、「チェック」と「清掃」の2つ応急方法が出された。

大正時代から昭和時代にかけて、第一次世界大戦中に蔓延したスペイン風邪が日本にも蔓延来て来た。全世界を含め約74万人の命が落とした。肺炎と結核は深刻な感染症になっている。その中、工場労働者の健康問題が特に重要視され、このきっかけに1916年に労働時間制限等の「工場法」、健康保険法、労働安全法等が公布された。戦後、感染症や公共衛生の管理機能を強化し、1947年に保健センター法が改正された後、食品衛生や急性感染症の予防業務等も保健所に移管され、日本の近代医療センターの業務方向性を一刻むことになった。

台湾のいくつ重要伝染症歴史を見ると、1962年コレラの流行、1998年のエンテロウイルス71型により最初のパンデミックで405人の重症疾患と78人の死亡が発生した。

⁷ パンデミックと日本の感染症対策 ～保健所を中心とした歴史を考察する～三原岳

2003年 SARS で 346 人確認され、73 人が死亡した。そして 2019 年世界的な影響を及ぼした COVID-19、2021 年末時点でも収束を見えなく、深刻な影響、損害、生活へのダメージ。台湾の感染症予防管理法は、死亡率、発生率、感染速度、リスク程度などを要因にして分類され、1 類～5 類に分かれた。

1-3 医療用コンテナの需要と研究構成フロー

災害や未知な感染症発生した場合、矢面に立たされるのは医療機関と救急機関であり、まず救助と医療サービスを提供する、できない或いは救助不能場合、すぐに周辺都市の医療機関に援助に求める。医療機関や救助システムの規模は、通常人口密度・交通便利性・都市の規模・政治、経済的状况などに応じて設置される。したがって、エリア大きいほど、医療救助機関の基盤能力も高く、医療機関の通常業務は医療問診や入院・手術・健康診断などであり、規模が大きい医療機関では、対応できるスタッフ、医療機器、医療スペース、病床数まで十分対応できるが、地方、農村地域等は同様な医療レベルは多くないと思われる、以上は医療機関の日常運営状況となっているが、緊急災害(自然災害や人為的災害)・未知の伝染症起きる場合、短時間で救急機関が負傷者或いは患者の収容・治療に当たって多大な人資源と医療資源を動員する必要あり、緊急事態時期が短ければ、医療機関はすぐに通常の業務に戻れるが、2019 年世界的な COVID-19 ように、感染者数、支援、救助そして入院が必要な人数も時間とともに増加し、そのため医療資源、医療スタッフ、病床数まで徐々に感染された患者に占められ、医療機関本来の多様医療サービスの正常供給はできなくなり、一般的な患者の受け入れも停止余儀なくされた。これは医療崩壊という現状であった。

または、未知の伝染症が発生した場合、医療機関が未知の病原体を院内侵入させてしまった場合、院内クラスターを起こったり、最前線の医療スタッフを感染させたり等に直接影響を及ぼし、最終的健全的な医療サービスができなくなり、医療崩壊等により生活、社会或いは経済、国まで多大な影響を与える恐れがある。そのため「リスク回避」・「緊急対応」と病院本体を分離するシステムの備えは重要課題ではと考えられる。病院外でのリスクを阻止するのは主要目的である、独立検査ステーションを利用して、感染リスクがある患者を選別し、感染者を指定したルートで隔離室まで入院させる。これで感染リスクを回避して、院内クラスターを避ける最も有効方法である。伝染類緊急事態或いは未知災害時が起きるとき、リスク元を医療本体から離せることは医療システムに正常供給を保つことである。本研究の目的は独立作業できる検査ステーション、所謂「コンテナ検査室」をはじめ安全安心の設備システムを開発、必要設計条件を纏める。

現在医療機関での感染症について検査、治療など作業は専門検体採集室や病棟内で行うため、第一線現場阻止機能は役に立たなく、感染症リスク持つ患者が一旦医療機関に入ると、感染の広がる大規模クラスター発生率は予測付かない。所謂検査、治療のため、未確認ウイルスを持つ病原体（人）が医療施設へ入り込み、『接触・飛沫・空気感染』をコントロールすることは複雑となっている。下図は新興性感染症対策として病棟外、野外などに別途「検査 BOX」施設を持つ、感染リスクを医療作業本社へ入り込まないよう概念原型である。最大目的は感染リスクを医療機関外で阻止する。外部の検体採集、初期判断により一般患者と感染症ウイルス持つ患者を見分け、入院ルートを明確する。

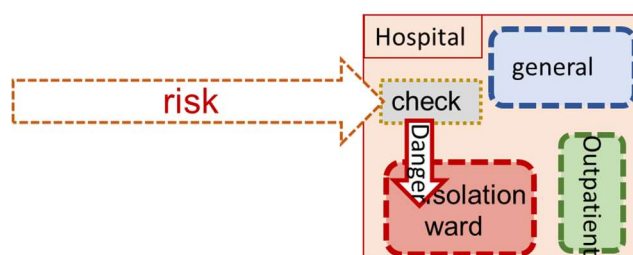


図 1-3-1：感染リスク患者と一般患者入院同ルート

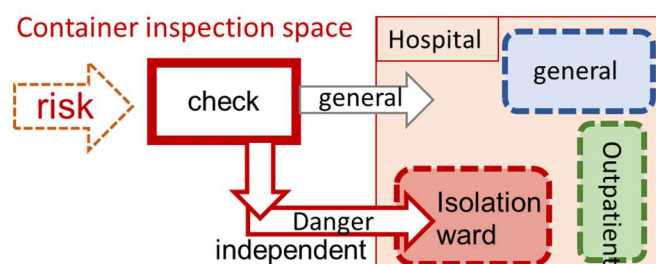


図 1-3-2：感染リスク患者を一旦外部で確認受け、必要に応じ入院する

過去数回の感染症パンデミック⁸では、病院でのクラスター感染を防ぐのは最も効果的な方法であり、疑わしい感染源を病院外に隔離することにより、院内での医療従事者と医療資源を感染させるリスクを低下し、医療現場での医療資源を崩壊するリスクも防ぐ最も有効である。ただし、これらの疑似症状患者は医療機関外での確認・検体採集・簡易問診治療を行われる簡易スペースが必要となる。2019 年末から世界中拡散してしまう新型コロナウイルス感染症(COVID-19)を例として、例え一例でも検体受検者を入院させ、検体査収、問診を行うと、陽性が判明出る前に病棟内、各エリアに人員接触して、

⁸ 1976（昭和 51）年にエボラ出血熱

2003（平成 15）年に重症急性呼吸器症候群（Severe Acute Respiratory Syndrome：SARS）

2003（平成 15）年に高病原性鳥インフルエンザウイルス

2019（令和元年）年に新型コロナウイルス感染症(COVID-19)

ウイルスは確定前院内で拡散可能性は十分あり得る。最も有効な感染症阻止方は「リスク」を排除、所謂病棟外での検体採集を行うことである。

このため、今後新興感染症により臨時検体採取所・簡易診療所として医療支援用外部施設、BOX・コンテナ施設などの需要は大幅に増加と思われ、医療スタッフ専用か感染症患者専用かを問わずに、用途により対応する BOX・コンテナ施設の開発或いは研究、実際運用などについて重要と考えている。

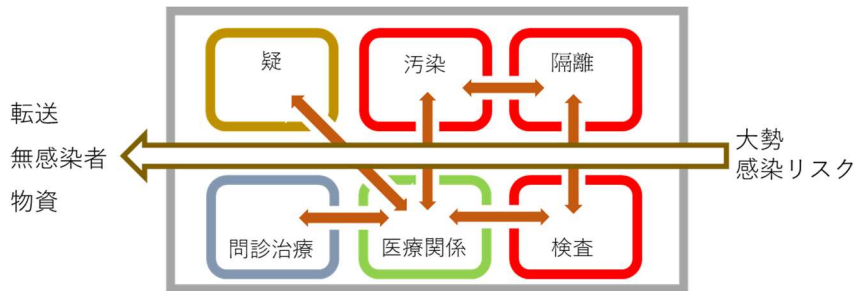
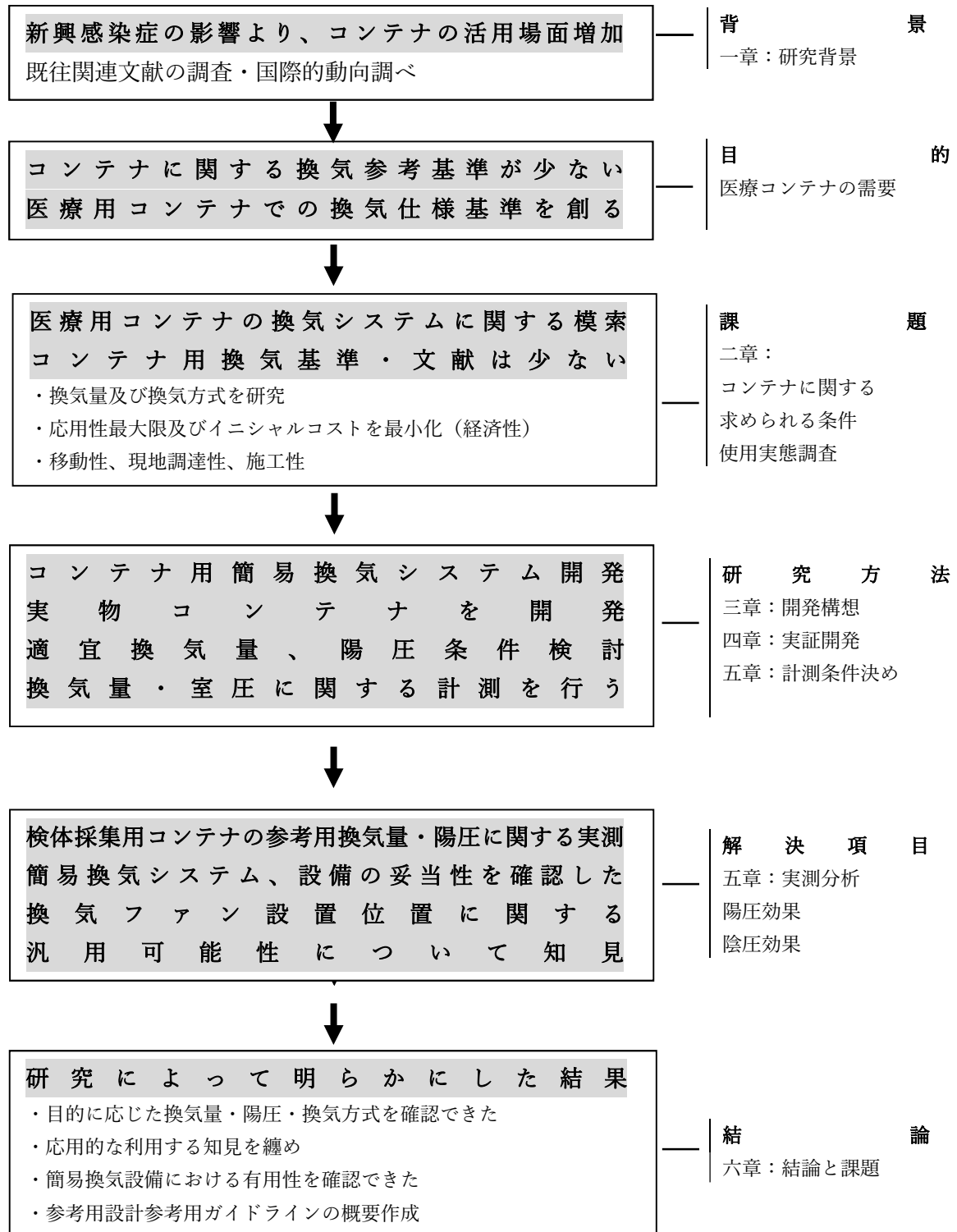


図 1-3-3：院内クロス感染概念⁹

新興感染症流行にあたり、屋外での簡易検査・診断・治療スペースなど応急的に設置したプレハブ小屋やコンテナ等はシンプルな収容・検査・診療室だったため、簡易構築された室内環境に応じるべき換気設備に関する設置基準は殆どなかった。特に本来貨物運搬用途のコンテナを医療用途に転用により医療作業に適切に応じる換気システム、一般病院の換気・室圧基準を適応するかについて関連研究・基礎実験などは今までなく、近年市場に出ている検体採集、簡易収容、治療用コンテナ施設はハイスペック空調換気設備を装備されているが、低コスト、シンプルな換気設備のみでのコンテナも少なくはない、所謂医療用コンテナ施設として換気設計基準が無く医療作業従事者の作業場または感染症患者を収容する場合は適切な換気基準を満たせない可能性があり、適切な室内環境となるスペースとは言えない。よって、医療用コンテナとして使用する場合には「換気・室圧」に適応する設置条件、制約などについて研究が必要と考えている。以下は本研究の本軸フローとなる。

⁹ 引用：潘振宇、2021、移動式醫護空間之設備系統雛形開發、p 15. 図 9 の再構築もの

研究構成フロー



1-4 コンテナ歴史及び応用

コンテナ (container)¹⁰、20 世紀人類最大の発明、鉄箱であった。1845 年、イギリス国鉄は列車の貨物車両を入れ替わるようになって、これがコンテナの使用原点であった。1880 年、アメリカはミシシッピ川でコンテナを搭載した船の浮揚性・移動性・積載性をテストし、第二次世界大戦中、軍事物資を各地に輸送し、これが初のコンテナ船の使用開始例である。1950 年頃登場した物質輸送用コンテナは当時の海上運送業へ非常に大きな影響を与えた。当時、海上輸送に関する荷役は人手を雇用して荷物を積み下ろし、かなり非効率そして人員コスト、荷物輸送量についても相当非エネルギーとなった。『コンテナ』の発明により、更に容量・寸法も規格化によって大量の雑貨物を積み易さ、安価、効率そして安定輸送することが可能となった。1956 年、アメリカの海運会社が最初にコンテナを商業用途として輸送距離を拡大した。コンテナ船は、陸と海の繋ぎを促進し、国際貿易の利便性・搬送容量も拡大し、それ以来商品の輸送はコンテナで運ぶことに定着した、また、コンテナ船輸送も国内のみではなく国境を越えた輸送システムとなった。21 世紀の今もコンテナ輸送は世界の主流の輸送手段であった。



図 1-4-1 : 1970 年頃 神戸港摩耶埠頭 (写真、国土交通省 広報誌)

https://www.mlit.go.jp/page/kanbo01_hy_000941.html

コンテナの導入により、今まで貨物の輸送性能をより安全・安心そして高効率輸送システムとなった。本格的な海上輸送の幕開けは、1956 年アメリカのニューアーク港で始まる、本来なら大量貨物を陸運業者に依頼しようとしたところ船舶海上輸送コンテナシステムの導入によりいくつ陸運輸送の課題を解決した、

- ・陸運中貨物の盗難や道路状況により貨物ダメージを受け
- ・渋滞により納期の保証しにくい
- ・陸上運送、搬送用敷地広い
- ・車両長さ、幅制限による搬送貨物量は限界あり

¹⁰ MOL 商船三井：コンテナ歴史、<https://www.mol-service.com/ja/blog/greatest-ventions>

コンテナ使用のはじめ頃は、統一された基準サイズと仕様がなく、形式も同じではなく、積み込み、取り扱い、持ち上げ、積み降ろしの機械も様々、国境を超えたら使用できなく、改善のため ISO（国際標準機構）がコンテナのサイズ、仕様、添え付け、サイン、マーキングなどを統一されたきっかけコンテナ輸送技術が大きく発展になった。日本初のコンテナ使用も国際海上輸送から始まった、1967年（昭和42年）日本コンテナ輸送設立されコンテナ船運航が開始した。当時は海上、陸の輸送事業に関連する車両の詳細寸法・強度や輸送上の積載重量等規則の制定、高速道路等での通行許可の優遇処置など、関連法律や各種利用制度の設立であった。台湾では、最初のコンテナ輸送を利用したのが米軍部隊であって、1960年代頃、台湾に駐留する米軍が軍事物資の輸送に多数のコンテナを使用してこれは台湾のコンテナ輸送の原点となった。

(1) コンテナの種類

- A:ドライコンテナ (Dry Container)：一般的なコンテナ、倉庫使用も可能
- B:冷凍・冷蔵コンテナ：冷蔵、冷凍など温度管理できる温度保管
- C:オープン・トップ・コンテナ (Open Top Container)：貨物高さ特定コンテナ天井外せる
- D:タンク・コンテナ (Tank Container)：液体、ガス、化学薬品などの輸送用固定式コンテナ
- E: ペンコンテナ：動物を運ぶため通風、給餌、排泄に考慮した構造



図 1-4-2：各種コンテナ

(写真出典：コンテナ - Bing images/参考海上コンテナの種類とサイズ MOL Logistics)

(2) サイズ

	長さ m	幅 m	高さ m	面積 m ²	内容積 m ³	最大積載重量 k g
20フィート	6.05	2.34	2.59	14.2	33.1	28280
40フィート	12.19	2.34	2.59	29.7	67.5	26680

図 1-4-3：20・40 フィートコンテナ仕様

(3) コンテナ施設のタイプ別

コンテナ本来は『荷物積み』『輸送便利』のために開発されたもの、物流産業以外、近年『物入』と『移動居室』など違う仕様用途へも転用・応用されている。コンテナ施設最大のメリットは比較的安価な建築費用と調達し易さ、施工期短期・ユニット性・組み合わせ容易などである、通常の建物と比べ簡易的な建設、そして様々役割に適用となること。ただし、運送業以外、簡易建造物として簡単使用できると言っても、国により違いますが台湾も日本の建築基準法でも違法建築となる恐れがあり、鉄の箱をそのまま敷地に置くことで、安定な基礎、居住としてきちんと環境設備を整備しないと安易に「コンテナ居住空間」とはならないと思われる。例え住宅として使われる場合、構造的・室内換気的な建築基準法をクリアする必要ある。商業・オフィスに使う場合は建築基準法をクリア以外、通信関連、室内設備等を整えるが必須である。他にも商業、例え飲食用コンテナ施設、移動厨房施設、物置倉庫として色々な輸送業界以外コンテナ応用事例が沢山ある。以下はいくつコンテナの応用例を纏め、特性を論じる。

商業施設:世界最大規模コンテナショッピングモールは韓国のソウルにある。4階建て延床面積は56830m²、200個のコンテナで構成されている。店舗ごと40フィートコンテナ、片方廊下で周囲を繋ぎ、真ん中広場を作りだす計画である。商業構成は物品販売、展示スペース、レストランと展望台となっている。使用しているコンテナは新品、中古ともあり建設コストを下がり及び資源再利用を図っている。

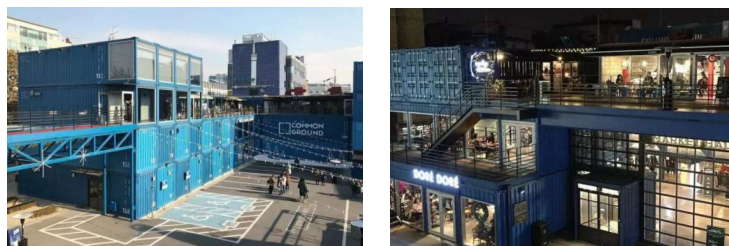


図 1-4-4 : 韓国 Common Ground 商業施設

出典 : https://read01.com/5ne22GG.html#.YGU_zbBxeUk

一般住宅:MWBa DesignFirm によって設計および施工された FoxContainer Apartment は、主に9個40フィート高めコンテナと1個20フィートコンテナを使用している。3層上下に積み重ねて2セットユニットを形成し、各ユニットは1.2mを距離を取っている。仕切りには、コンクリートやガラスなどを使用し、視覚的室内空間の拡張感覚を作っている。建物全体、1階110m²ガレージ

スペースがあり、2階と3階に228m²の生活スペースであり、追加の鉄骨構造を使用して、プラットフォーム、バルコニー、階段、その他の施設となっている。



図 1-4-5：フォックスハウス

出典：<https://es.pinterest.com/pin/410179478535343177/>

学生宿舎：2006年、オランダの会社 Tempo Housing は、アムステルダムに世界最大級のコンテナ Keetwonen 学生寮を完成させた。コンテナ総数 1034 個を使用、延床面積 31000m² で 5 階建てのコンテナ建造物である。室内の構成はユニットバス、ミニキッチン、リビングと寝室を構成され、一戸ユニットは 40 フィートのコンテナを使い、外部にバルコニーと片廊下追加という計画。屋根は傾斜面構造となっている。階段は 2 列の建物間に挟まれ、寮の土地は 2016 年まで使用権あり、10 年契約切れ以後コンテナを解体して土地返却別途使用となるため、コンテナ自身でも土地でも用途に合わせ持続運用可能性は最も重要視されている。土地活性及び建物材を経済建築としてリファレンスケースを示してある。



図 1-4-6：Keetwonen 学生寮

出典：<https://www.pinterest.de/pin/40462096624487862/>

災害時臨時住宅：2011 年、日本建築家伊田茂氏が設計した日本の女川緊急住宅、20 フィートのコンテナ積み重ねを使用して 3 階建てのコンテナ臨時住宅を作り出した。全住戸は、合計 189 個の 20 フィートコンテナを使用し 9 つ棟を分けて構成されている。住宅ユニットは 24 個の 20 フィートコンテナを繋ぎ、

各戸をずらして配置となっている。住宅ユニットの左右両サイトに階段が配置され、細長い外廊下でつながるといったコミュニティ廊下空間を形成している。



図 1-4-7 : Container Temporary Housing 出典：小島設計

医療応用 (1) : 陸用野外手術コンテナ、大型トラックをベースとして、手術、準備、滅菌、衛生補給の 4 つ機能を 1 セットになっている。必要なインフラは出力発電機と給水槽を牽引しながら移動している。運用には開胸、開腹、開頭など救命のための初期外科手術に対応でき、緊急対応治療等行われる程度医療設備をそろっているため比較的完備なコンテナ構成となっている。



図 1-4-8 : 野外手術コンテナ
出典：フリー百科事典

医療応用 (2) : 船用医療器材収納、1990 年代初め、中国海軍が救急救命医療の任務を測り、各種医療器材をコンパクト収納するよう医療器材コンテナ箱を船に乗せ病院船として初めの海上で医療サービスを行われた。最初は海軍軍艦に医療コンテナを搭載して医療任務に果たしたがより改装しやすく医療活動能力を高くするため民間の客船等を改装し機動力ある小型病院船となる。これがコンテナ型船舶医療モジュールシステムのはじめであった。

軍艦医療モジュールシステムの構成は 20 フィートと 40 フィートのコンテナを合計 18 個使用して、内 14 個が医療関連コンテナ、2 つが各空間を接続する通路として使い、2 つが空調設備モジュールとなっている。医療関連スペースは手術、看護室、隔離病室、集中治療室、火傷治療室、歯科医療室、耳鼻科咽診療室、

特別診療室、X線室、薬剤貯室、管理センター等ほぼ各診療科集まっている。各スペースは通路コンテナによって連結され、またコンテナ間には空調、電気、給排水、通信、空気清浄、医療機械等の配管配線を通させこと。以上コンテナの容量構成はほぼ医療サービスができ、それ以上更に必要がある場合コンテナ数を増やせる予備スペース、繋ぎパイプスペースを用意している¹¹。



図 1-4-9：軍艦医療船（世冒級）

出典：<https://trafficnews.jp/post/94544>

医療応用(3)：航空医療ユニット、主に軍用航空機の搭載する医療コンテナ。災害時や傷病者を搬送するため開発されたユニット装備である。運送用ため搭載、外す容易な 20 フィートコンテナを使用、1 コンテナスペースに最大 3 名を収容する可能、航空機種類により搭載コンテナ数違い、基本的機体の中央に設置するのが一般的である。航空機搭載の特徴として患者を安全に搬送出来るよう、各種の医療機器が搭載されている。機内に限られたスペースに搭載できる医療器材、軽量小型化、コンパクトにまとめられことを最も重視されている。また飛行中の貨物室は激しい騒音のため、コンテナの防音仕様に必要され、ユニット内が 80 デシベル以下となるよう設計されている。



図 1-4-10：航空用搬送医療コンテナ 出典：フリー百科事典

¹¹ 陳光文「浮動的生命之舟--中国海軍的医院船」(『艦載兵器』2010年4月号/No.128) 31～40頁

平松茂雄『江沢民時代の軍事改革』(勁草書房/2004年) 211～214頁。

平松茂雄『江沢民時代の軍事改革』(勁草書房/2004年) 219頁。

医療応用（4）：巡回診断健診用コンテナユニット、CTの小型・軽量化、及び寝台移動、巡回診査、問診、場所と問わず出張式健康診断用コンテナ車である、病棟式の医療設備削減し、利便性とコスト削減ダブル効果により、通常の各市村所でも配置している。車両等の移動手段においても効率的にCTを使用できるし様々需要により装備違うユニットの出動も可能である。



写真提供：医療法人財団京映会

智能行動医療巡回車

図 1-4-11：健診用コンテナユニット車

1-5 感染症対策を目的とするコンテナ及び医療機関との関連性

感染リスク・感染され恐れがある患者などを阻止し、病棟内で医療従事者の二次感染予防するため、本来なら病棟に入り、検体採集・検査など一連行う医療作業の一部を外部のコンテナ施設で実施により、一斉に院内に入り込み、患者と接触する医療従事者らも二次再感染するリスクを低下させ、病棟内感染対策以外の医療体制・作業は保つまま運営可能となる。例え新型コロナウイルス COVID-19 の影響で全世界共通となった医療機関内大規模クラスター発生、そして治療の立場とした医療従事者まで感染させ、更に感染者用の収納病床数も確保できなくなる医療崩壊の課題に病棟外での感染症対策、阻止施設は安全で効率的な医療体制を確保すべきと思われる。

今後、未知感染源尚且つ予知せぬ災害が行う時、全世界共通の課題である医療機関の運営・医療資源を維持しながら効率的・安全的な支援性コンテナ医療施設の体制をあらかじめ周知する必要であると思ひ、例え公営機関、民営組織或いは特定地域（公園空き地/特定空き地）に設置規制、条例などを提案する。具体的な研究提案は下図のようになる：

- ・新興感染症対策の専用外来検査室、コンテナ施設を増やす
- ・病棟内二次感染を防ぐため、外部独立設置
- ・支援、災害、臨時目的、低コスト迅速な設置
- ・過疎地域や臨時支援所として予備設置

- ・通常時、一般空間として転用可能なユニットとする
- ・収容容量を拡張できるようにする

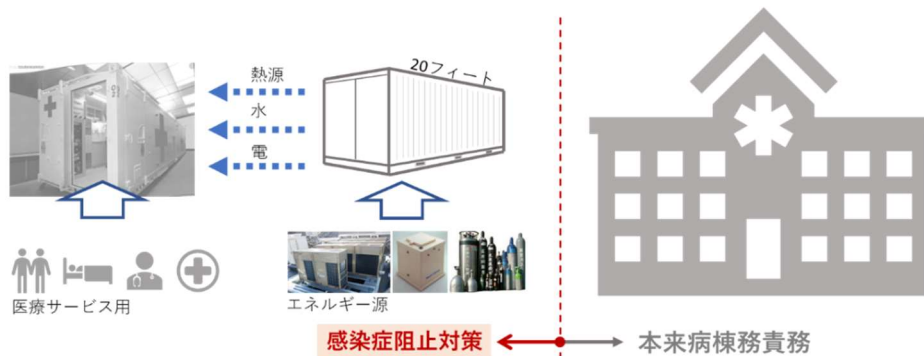


図 1-5-1：新興感染症時期は感染拡大しないよう対策概念

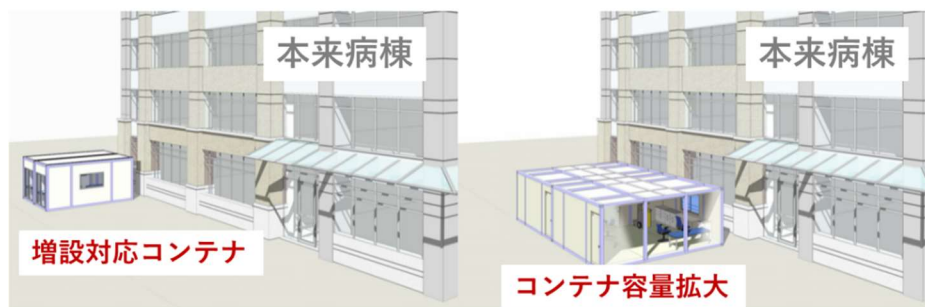


図 1-5-2：病棟外増設医療コンテナ

(写真： https://mimatsubs.com/shinsatu_page)

1-6 移動医療施設について参考文献

- (1) 仲田和正, The Israeli Field Hospital in Haiti Ethical Dilemmas in Early Disaster Response NEJMp, March4.2010.

野外病院で行われる治療は診療内容は傷病の種類により異なる、原則は外傷の初期治療を行い、重度な傷病は比較的安全な地域にある別の医療機関に後送される。例えば、イスラエル国防軍の野外病院では、医療資源が逼迫した状況下における行動指針として、術後 24 時間以内に容態が安定する見込みのある患者にのみ集中治療室のベッドを与えたり、開放性骨折患者を積極的に受け入れて手術や抗生物質投与等の手厚い治療を施す。一方、来院の時点で既重症となった患者については、速やかに後送される。

- (2) Moore EE, Knudson MM, Schwab CW, Trunkey DD, Johannigman JA, Holcomb JB. "Military-civilian collaboration in trauma care and the senior visiting surgeon program." *NEJM*. 2007 Dec 27;357(26):2723-7.

野外科運用の指揮問題について、野戦病院は軍隊のみで運用されるのに対し、民間人をも収容する野外科は「民間の医療従事者」「消防」などそれぞれ混在している。しかし、各自の指揮命令系統が異なり、災害状況に応じ混在させてしまう場合となってしまうとき個々の医療行為に関する責任の所在すらも曖昧になってしまう。日本の自衛隊の設置した野戦病院は衛生科自衛官が運営指揮、消防・民間が設置した野外科は一般の医療従事者で運営することとなっている。しかし効率的な運用や互いの切磋琢磨観点ならば実現可能性が低く、原因としては各野外科の受け入れ可能数の把握や、後送先の病院の確保に困難である。

- (3) 内閣府、災害時多目的船（病院船）に関する調査・検討報告書、第7章医療モジュールの活用、2013.03.

大規模・広域災害への対応として、海からのアプローチによる災害医療機能の充実させることが目的で、運搬可能なコンテナ型の医療施設「医療モジュール」を搭載する方法は可能である。医療モジュール主な構成、仕組みはユニット毎に手術・外来診療・外来診療・集中治療・薬剤・インフラ供給（給排水、電気など）となっている。一方、陸上におけるモジュールシステムは手術ユニット、手術準備ユニット、衛生補給ユニット、滅菌ユニット等から構成されている。

- (4) 実践例、月刊新医療、2021/10/23、キャノンメディカルシステムズ／感染症対策医療コンテナ CT の実践を披露。

Sansei と共同で開発したコンテナ医療設備「MC-Cube」を活用した国内初の感染症対策医療コンテナをキャノン本社（東京・大田区）で発表された。コンテナ主体は陽圧・陰圧可能となる空調設備や清潔区域と汚染区域を分けるゾーニング等の感染症対策を施し、最新の80列MDCT「AquilionLightning/Helios i Edition」を搭載。新型コロナでの検査で重要な胸部撮影における高画質化や高速撮影等に対する機能も搭載している。

- (5) 実践例、キャノンメディカルシステム株式会社、2021/3/30、キャノンメディカルとSansei、新型コロナウイルス検査用コンテナで協業開始。

新型コロナウイルス検査用コンテナは検体採取と検査研究用と2種機能である。コンテナ内は、医療に関する設備・ユニットや、CT、MRIなどの画像診断装置を装備して、災害現場などにコンテナを移動させて検査を行い、発揮機能は新型コロナウイルス検査用コンテナと検体研究コンテナ2種を連結することも可能、最大拡張は8個までとなる。陽陰圧設定も可能であり、安全キャビネット、クリーンベンチ、エアコンなどの設備が搭載されている。

第二章 医療用コンテナの現状と需要

既往の関連文献調査と医療用途とした実物に関する分析により、医療用コンテナを設置する場合の参考できる基準を整理し、現行病院施設計画の際、換気・室圧基準を研究基準として、20 フィートコンテナの実証実験開発における各国にあった現行の病院設計基準を纏め、比較研究を行い、コンテナに適宜な換気量及び室圧変化、制気口位置など実測を測って計測結果を分析し医療用途コンテナでの換気システム参考基準を作ること。一方、過去と現在のコンテナ使用状況と応用性能に関する利用可能知見を考察も行うこと。

2-1 コンテナの室内環境と感染対策現状

換気の目的は臭気、不快物質、粉塵、有害ガス、排熱、水蒸気など汚染された空気を排出することが目的とし、所謂室内の汚れていた空気を室外の新鮮空気と交換する。換気では室内で活動している人間に必要な酸素を供給及び環境衛生を保つ安全な居住環境を形成するである。一方、快適な温熱環境を作る以外、健康障害を起こせる空気を排除するのも換気の役割である、必要な換気量は建築基準法により CO₂ 許容濃度 1000ppm 以下、一酸化炭素は 10ppm 以下、粉塵は 0.15mg 毎立方メートル、気流は 0.5 m/s、海外¹²でも大体同様な基準に要求されている。空気調和とは空気と換気を調和することで、一般住宅、オフィスビル、商業施設等では、空調設計際ビル管理法或いは建築基準法等に従って必要な空調・換気量を準じ設計されている。ただし、実際使用では、AHU 等ダクトダンパーの調整や OA/EA 換気量を弄る等ビル所有者があらかじめ設定しておくが、多くは省エネのためであった。完成品（建物）を引渡し以後設計通り換気量が入り入れられるかを確認するか検査などはなかなか難しい。医療施設の空調換気は一般診療、外来、ロビー等の通常系統以外、手術、産科等の清潔環境に陽圧系統、感染症、汚染排気等に陰圧系統または輻射医療施設の陽圧・陰圧共存の複数システム施設には医療機関の空調計画に大事である。

¹² 台湾・アメリカ・イギリス・中国

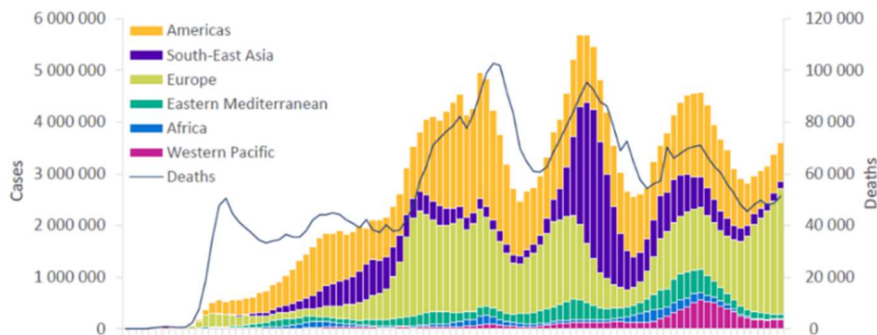


図 2-1-1：2021 年 11 月 21 日時点の WHO 管轄地域別の新規・累積 COVID-19 確定症例数及び死亡者数（資料出典：COVID-19 Weekly Epidemiological Update (WHO)、https://www.forth.go.jp/topics/2021126_00001.html）

2019 年末、世界的なパンデミック、COVID-19 による大規模感染症が確認され、僅か 3 年近く 2022 年 12 月までに世界の感染者数 2.6 億、死亡者数が 514 万まで登ってしまった¹³。最初見つかった症例は 2019 年末に発見され、2020 年初めから都市内クラスター発生、その後急速に全国に広がり、徐々に日本、韓国、タイ、台湾など近隣アジア諸国に広がり、そして世界中大流行になってしまい。初期対策として封鎖と隔離の対策を講じたが、あまりにも感染者数激増、各医療機関は患者の受け入れ及び病床数不足となりつつ、徐々に地域医療施から都市部大型医療機関まで特定感染症の入院待機患者数が大幅増え、日常の提供体制と医療需給バランス崩れ、特に人が集まっている大都市の感染拡大が止まらず深刻になっていることで医療現場の手薄、そして医療崩壊となり、救助救援、死者数莫大的增加に対して対応策、感染源を阻止する制御不能となった実態は 2020 年 3 月に入って更に酷くなりヨーロッパ地域や中東諸国で感染者急増、世界保健機関も世界級の感染症蔓延を発表し、米国を含む多くの国が緊急事態を宣言して、対応のため、一時的簡易医療所及び集中収容所を設立し、緊急医療サービスを行うことになった。これが初めの見えない病原体・リスクを医療機関外で阻止という概念が出ていた。



図 2-1-2：(左) コロナ感染世界 MAP、2021/2 月時点、(右) 新型コロナウイルス（出典：日経バイオテク）

¹³ COVID-19 Weekly Epidemiological Update (WHO) 2021 年 11 月 23 日、新型コロナウイルス感染症の世界的状況報告

医療資源分散、対応人材が分散など医療機関本来ならの体制を見直しておく必要がある。感染症蔓延開始初期、感染者と未感染者との間違え入院させにより院内クラスターが発生して、対応だけで人手、医療機器の逼迫、病床数が足りなく、ICU 集中治療室も占有率ほぼ 100%となってしまうため、『感染危機要素（ウイルス）を院外で阻止』を推進すべき、まず感染リスクあるものを医療機関に入り込まないような対策と院外での検査・確認できる施設をより多く備え、更に簡易治療・収容を備える施設あれば、より医療機関本来の役割を果たさせること。

2-2 コンテナに関する応用調査

過去コンテナの換気について文献を調べてみる、80 年代関連な資料は少なく、主に経済高度成長期、農作物などいかに効率をよく運送するための論文である。1988 年、秋永孝義の農産物用航空コンテナの換気性能の改良では輸送用に用いられている汎用コンテナは農産物を輸送途中蒸れが発生し、農産物の品質が劣化してしまったため、コンテナ壁に直径 50mm の穴を開け、計 62 個の穴を抜けにより自然換気回数は 0.06 回/h から 6.58 回/h となり、農産物は輸送途中も呼吸を続きにより品質維持ことができた。

1988 年、今井潤一らの木材の入ったドライコンテナ内の酸素欠乏調査は木材を入ったコンテナ内の酸素実態調査があり、結果はコンテナ内の平均酸素濃度は 13.4% となって、木材の酸欠率（オーク類 51.5%、クルミ類 46.9%、シラカンバ類 38.5%）と比べかなり低い数値を示し、木材質にとっては悪影響につながる一方、酸欠となったコンテナ内、搬送、検査等作業員が入った場合は十分換気対策を取る必要がある結論となった。

2000 年以後、コンテナに関する論文・科学研究・共同開発等関連文献を調べると、約 60 本程度コンテナ関連文献の中、最も多いのは輸送・管理・貨物関連のテーマとした関連研究、約 37% である。続きは運航経済、コンテナ内温度空調関連は約 23% と 22% となり、構造・防災・心理については約 15% 程度、最も少ないのが医療用と換気関連としたテーマである。全体的、コンテナの主用途輸送・貨物・運航に関連する文献は半数以上、60% 程度となり、中には流通システムに関連するものはメインであり、続きは流通安全と積載に関する研究であった。また、温度換気・空調のカテゴリー詳細を見ると、主に冷蔵、冷凍技術を中心とした研究であり、室内温熱環境については 15% 程度しかないと分かった。ここでは輸送・管理・貨物・経済・温度管理を合わせ、コンテナに関連する研究。論文の 80% 以上を示していることが分かった、残りは構造、心理、防災等コンテナに関する付随研究であった。

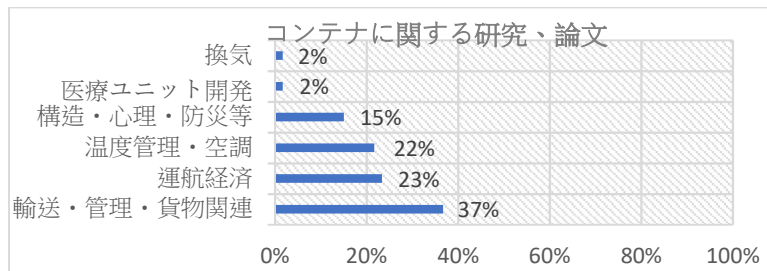


図 2-2-1：過去コンテナの関連文献統計

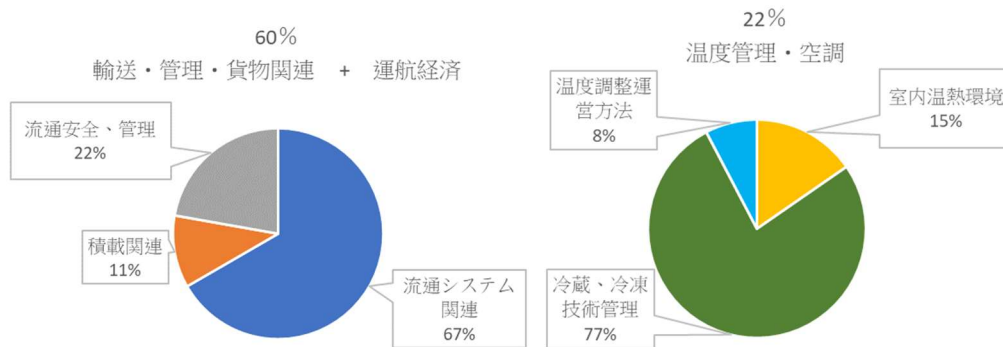


図 2-2-2：カテゴリ詳細

換気については、僅か 2%程度であったが、下記表に示したよう「高效率屋頂節温装置之研製」という企業が大学と連携し屋上にコンテナ部屋を増設におけるコンテナ内の上昇温度熱と太陽光パネルを利用してプロペラ扇風機を回転させ、室内温度低下と強制排気との共同開発研究であったため、メインテーマはコンテナ内熱負荷を太陽光パネルと併用する技術となったため実質コンテナの換気に関する研究ではないことが分かった。

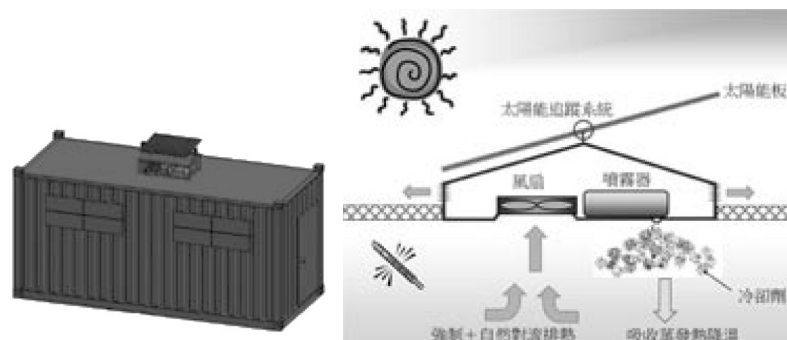


図 2-2-3：高效率屋根温度調節装置

(出典：参考杜鳳琪,高效率屋頂節温装置之研製,大華科技大學)

表 2-2-1：過去コンテナ関連研究・論文詳細一覧

カテゴリ	%		数		コンテナに関する研究、論文
	100%	60	論文	空コンテナ問題に関する研究動向	
	37%	22	論文	空コンテナ問題に関する研究動向	

輸送・管理・貨物 関連			論文	海上コンテナ輸送ネットワークの設計に関する研究
			論文	国際海上コンテナ貨物の時間価値分布に関する研究
			論文	貨物の密度に基づく海上コンテナサイズ 選択に関する研究
			共同開 発	緩衝防振海上コンテナの開発と運用
			論文	非線形動解析による安全なコンテナ積載手法の研究
			論文	海上コンテナの直感的蔵置方法に関する研究
			科学研 究	国際海上コンテナ背後輸送の効率化方策に関する研 究
			研究発 表会	我が国における空コンテナ流動実態に関する 基礎的分析
			論文	国際コンテナ貨物量推計手法の精度改善に関する研 究
			論文	輸出等長距離流通システムに関する研究 －青果物海上コンテナ輸送調査
			論文	都市における輸出入コンテナ輸送に関する基礎的研 究
			研究発 表会	コンテナヤードの荷役計画に関する調査
			論文	国際海上コンテナ貨物の実用的流動予測方法論に関 する研究
			研究発 表会	貨櫃堆積場最適規畫之研究
			科学研 究	冷凍貨物積載方式對溫度分布之研究
			共同開 発	監控貨櫃儲存與運送安全新機制之研究
			論文	低溫物流系統冷凍貨櫃溫度管理之研究
			論文	架構導向貨櫃場管理模型之研究
			科学研 究	貨櫃集散站區位選擇模式之研究
		論文	貨櫃裝載之研究	
		調査報 告書	コンテナ貨物の損害に関する調査研究	
運航経 済	23%	14	科学研 究	折りたたみコンテナの導入がコンテナ船の運航へ与 える経済的影響

			国総研資料	世界のコンテナ船動静及びコンテナ貨物流動分析
			刊行物	国際海上コンテナ輸送概論
			論文	国際海上コンテナ輸送における寄港ルートネットワークに関する研究
			研究報告	アジア圏を中心とした国際海上コンテナのOD貨物量推計に関する研究
			研究報告	高雄港貨櫃營運之創新管理研究
			論文	臺北港未來發展對現有國際商港貨櫃運量影響之研究
			論文	高雄港貨櫃航線轉運成本分析之研究
			論文	我國貨櫃港口強化調適能力之研究
			論文	變動需求下貨櫃船排艙最佳化之研究
			論文	海運貨櫃排程模式之研究
			論文	台灣北部內陸貨櫃集散站多角化經營策略之研究
			論文	臺灣海運貨櫃吞吐量短期預測之研究
			論文	提升高雄港貨櫃碼頭營運效益
温度管理・空調	22%	13	論文	冷凍コンテナ故障時における庫内温度変化に関する研究
			論文	コンテナ型潜熱蓄冷システムに関する研究
			論文	コンテナターミナルの効率的運営方法の研究
			研究発表会	蝴蝶蘭海運歐美貨櫃之温湿度控制情况與因應方法
			論文	貨櫃型臨時建物室内温熱環境評估研究
			論文	冷凍貨櫃運送温度管理之研究
			論文	低温物流系統冷凍貨櫃温度管理之研究
			論文	冷凍貨櫃模擬裝櫃之温度實驗
			論文	文心蘭保鮮處理對運銷成本結構改善之個案研究
			論文	菇類貨櫃栽培技術之研究
			共同開発	外銷綠竹筍保鮮貯運技術之研究
			論文	貨櫃型臨時建物室内温熱環境評估研究
			論文	輕鋼架建物降溫效能機制及控制設計研究

構造・ 心理・ 防災等	15%	9	受託研究	都市緑化に実用可能な可搬式大型コンテナの開発と樹木の傷み程度の調査
			共同開発	コンテナ型データセンターの共同開発
			共同研究	コンテナホールド(船倉部)向け固定式泡消火装置に関する研究開発
			実験研究	スギ実生コンテナ苗の育苗期間短縮方法
			論文	中古貨櫃應用於中繼屋之研究-以構法計畫觀點探討
			科学研究	貨櫃堆積場最適規劃之研究
			論文	災後臨建貨櫃屋適居性尺度探討
			論文	貨櫃中的垂直化種植之研究
			論文	不同貨櫃堆積場作業方式單位地表櫃位使用面積之比較分析
医療ユニット 開発	2%	1	科学研究	安心・安全をモットーとしたウイルス感染症対策のための医療用コンテナの活用に関する研究開発（令和2年）
換気	2%	1	共同開発	高效率屋頂節温装置之研製

以上カテゴリーにおけるコンテナに関連する文献を纏めると、貨物の運搬、輸送経済、貨物品質管理等テーマに偏っている。空調関連の文献でも輸送物の新鮮保存、冷凍に関する研究、換気についても温度差により自然換気可能な研究であったためコンテナに関するテーマは主に運搬・輸送とした関連な研究となったことが分かった。唯一医療ユニットに関する開発研究は令和2年に発表された「安心・安全をモットーとしたウイルス感染症対策のための医療用コンテナの活用に関する研究開発¹⁴」、主な内容は感染リスクを医療機関外部阻止、そして検査、分別、応急措置など日本の科学研究案である（研究機関は2022年まで、現在未公開）。

¹⁴ 日本医療研究開発機構：20he0722011j0001。研究機関2020～2022年、未掲載。概要は院内感染症防止策として病院建物外部で診察・検査・処置等ができる感染症対策用コンテナを開発し、また、感染拡大が見込まれる地域などに移動や設置ができるコンテナの開発を見据え感染症対策に有益なコンテナを開発すること。更に感染症対策としてコンテナの活用するガイドライン・チェックリスト・ガイドライン等を作成し、ユニットマーケティング戦略を進めとする。

一方、実質開発され、医療用途として使われている医療用コンテナ事例では、2015年から2021年10月まで、台湾での医療用コンテナ施設は11の施設を各医療機関の敷地内か市役所近辺に設置され、用途サイズ・換気空調仕様の割合は以下となり、コンテナサイズは一般幹線、高速道路での通常運搬可能な20フィートコンテナが主になっていて、換気設備ありのは6割程度、そして換気方式は殆ど陰圧方式であり、空調はルームエアコンを装着しているのが9割程度であった。

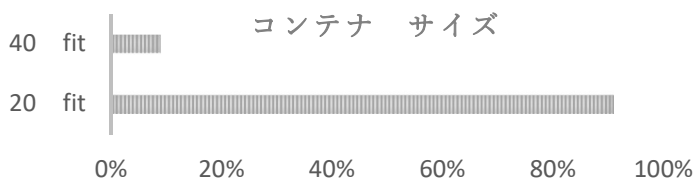


図 2-2-4：コンテナサイズ

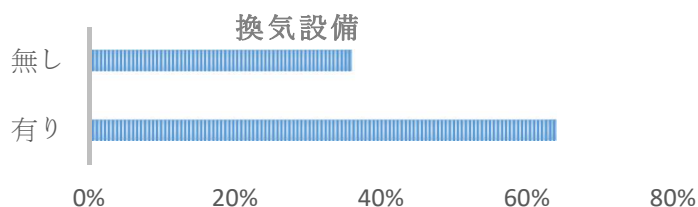


図 2-2-5：コンテナ換気設備

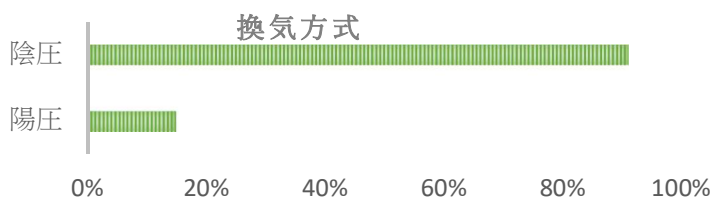


図 2-2-6：コンテナ換気方式

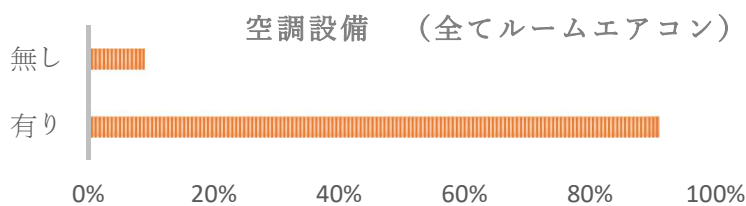


図 2-2-7：コンテナ空調設備

以上調べにより、屋外使用するコンテナ医療施設は主に”作業スペース”を提供している。室内の温熱環境については換気より「熱」の処理を注目され、所謂温度制御あり換気無しとの現状となっている。下表は台湾での医療作業用コンテナ事例の一覧であり、この6年、医療用途コンテナ事例の一覧表を示す。ほぼ施設は近年新興感染症（2020年新型コロナウイルス COVID-19）が流行始まる2019年から2021年10月まで設置されたもの、主に北・中・南分布されている。

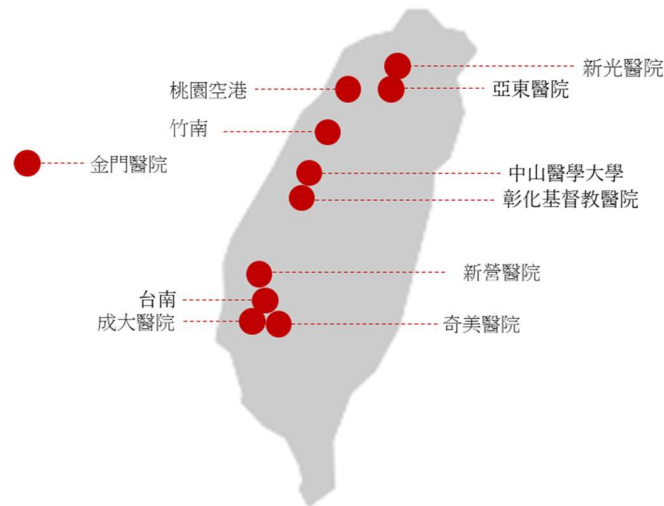


図 2-2-8 : 2015 年～2021 年 10 月まで、増加した台湾医療コンテナ事例

表 2-2-2 : 2015 年～2021 年 10 月まで、増加した台湾医療コンテナ事例

場所	サイズ	換気	回数	空調	写真番号
1	20 (fit)	負圧 HEPA	4-6 回/h	無し	(1)
2	20 (fit)	無し	無し	A/C	(2)
3	20 (fit)	陽圧	20 回/h	A/C	(3)
4	20 (fit)	負圧 HEPA	15 回/h	A/C	(4)
5	40 (fit)	無し	無し	A/C	(5)
6	20 (fit)	無し	無し	A/C	(6)
7	20 (fit)	負圧 HEPA	10~15 回 /h	A/C	(7)
8	20 (fit)	負圧 HEPA	20 回/h	A/C	(8)
9	20 (fit)	無し	無し	A/C	(9)
10	20 (fit)	負圧 HEPA	15 回/h	A/C	(10)
11	20 (fit)	負圧 HEPA	25 回/h	A/C	(11)

1 新營醫院	2 彰化基督教醫院	3 亞東醫院
4 成大醫院	5 桃園空港	6 竹南
7 中山醫學大學	8 台南	9 金門醫院
10 新光醫院	11 奇美醫院	

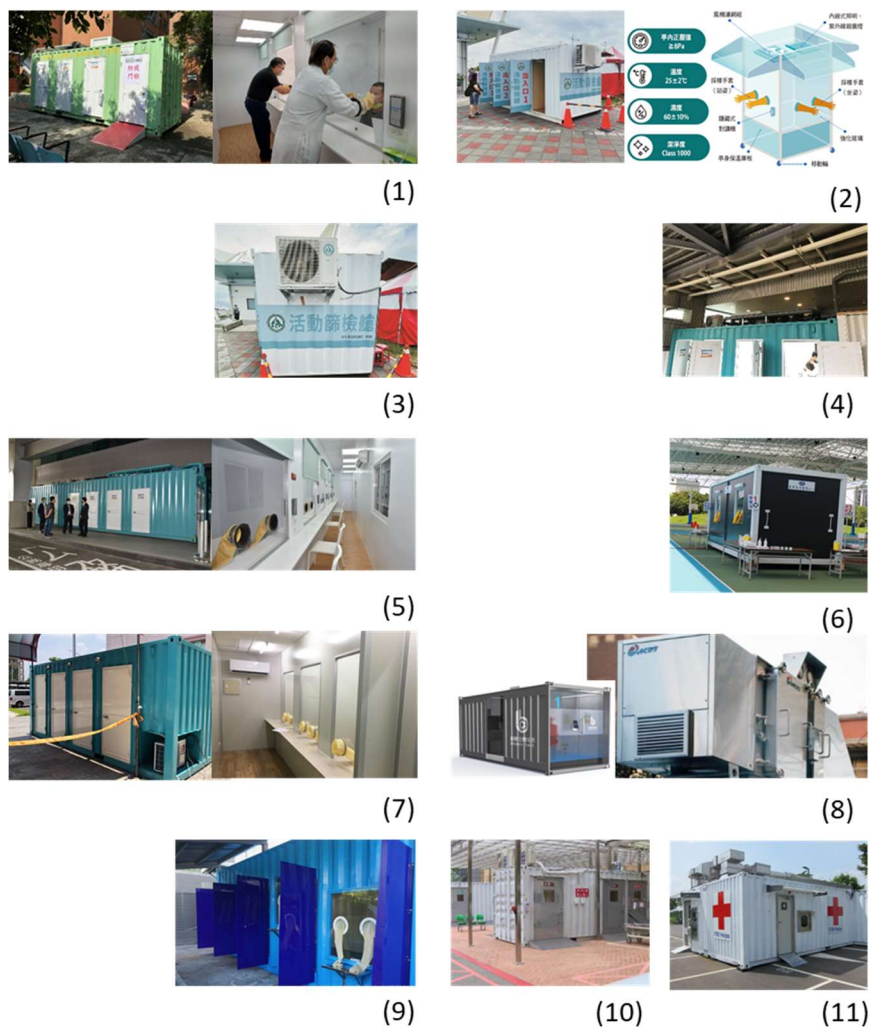


図 2-2-9：医療コンテナ現場写真

更に、関連規定、設置基準を確認したところ、2003年 SARS¹⁵時期には外部検体採集所設置法案は衛生福利部（厚生労働省）より、市民に警戒を呼びかける規範はあったが基準とする数値は出されていなく、その後、2020年まで更なる詳細基準、関連法規は特に出されていないままと確認できた。2020年から新型コロナウイルス COVID-19の影響により、再び衛生福利部から「各地方政府社區篩検站設置指引」という基本指針が設け、他にも大学病院など各自のステーション設置方法も出ていた。ただし、内容を確認し、主に人流動線の規定、体温検体等医療作業を細かく規定されたが、換気・空調関連内容はそれほどないと確認できた。下記調べにより設置目的はほぼ検体採取のみ、換

¹⁵ 重症急性呼吸器症候群、Severe acute respiratory syndrome; SARS、SARS コロナウイルス (SARS-CoV-1) によって引き起こされるウイルス性の呼吸器疾患である。出典：フリー百科事典

気関連基準については換気設備・換気容量等基本方針さえも無しなのが67%以上となってしまい、空調に関する規定は更にはないと分かった。

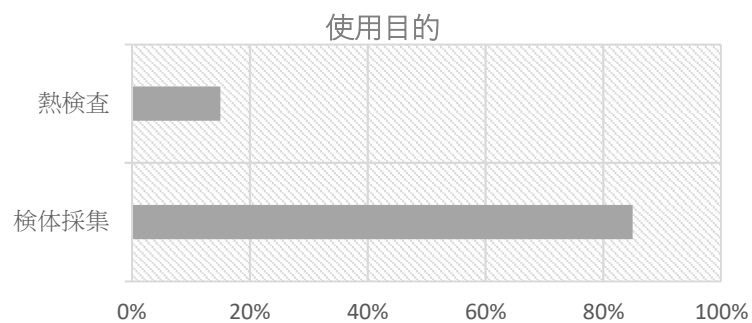


図 2-2-10：屋外医療ステーション設置目的

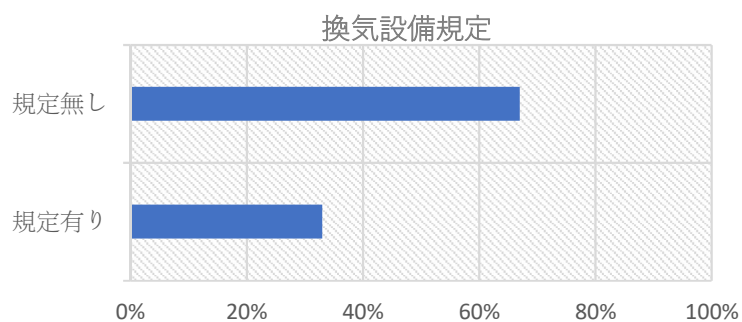


図 2-2-11：屋外医療ステーションの換気設備について規則

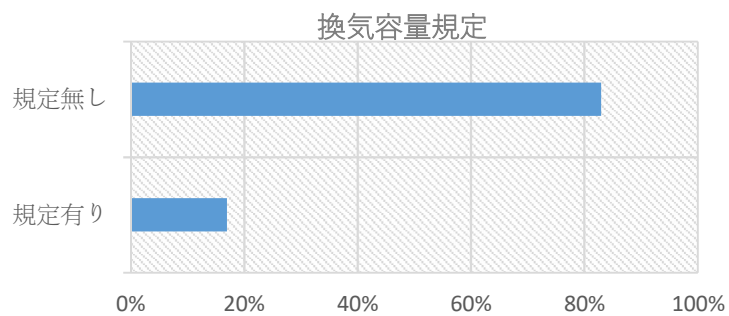


図 2-2-12：屋外医療ステーションの換気容量について規則

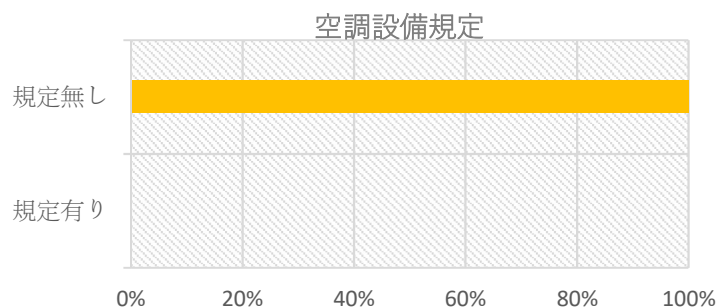


図 2-2-13：屋外医療ステーションの空調設備について規則

表 2-2-3：屋外医療ステーション設立規範（台湾）

規則	目的	換気		空調		作成時期
		需要	容量	需要	容量	
SARS 風邪検査拠点設置指針	検体採集	必要	8~12回/h HEPA	規定無し	規定無し	2003年
中興大学検体採集ステーション設置規定	検体採集	規定無し	規定無し	規定無し	規定無し	2020年
台南高専風邪検体採取ステーション設置要点	検体採集	規定無し	規定無し	規定無し	規定無し	2020年
国立岡山農工コロナ検査拠点設置要領	検体採集	規定無し	規定無し	規定無し	規定無し	2020年
各地方政府エリア検体採取拠点設置指針	検体採集	必要	規定無し	必要	規定無し	2021年
嘉義大学風邪検査ステーション設置詳細規定	熱検査、採取	規定無し	規定無し	規定無し	規定無し	2021年

以上コンテナ過去の関連応用調査により人における使用するコンテナの室内の温熱環境、換気設備システムなどに関する研究、開発等は殆ど 2020~2021 年間に出来たもの、つまり covid 19 感染症以前、医療用コンテナ、ユニットは健診巡回程度しか使われていて、感染症対策には全く向いていなかったことが分かった。2019 年から既に 3 年経った今でも covid 19 の変異株が続々出ていて、関連屋外での検体採集、検査用臨時コンテナ施設等は少しずつ増えるが設置指針、詳細等参考規範は未だ明確されていない、医療者専用か患者用収容でもユニット医療コンテナ施設の重要性、必要性はこれからも

上がる一方となる。また、安全・経済・簡易な屋外医療用途コンテナを目的とした開発研究に関して、医療者専用のコンテナならでは適宜換気システムの考察、実測によって、参考可能となる陽圧コンテナ計画用マニュアルを提示できればと考えている。

2-3 療用コンテナ機能選択及び室内温熱環境

コンテナを医療作業として使用する場合は、一般問診診査、健診をはじめ、救急に合わせ救急活動、検体採取・実験判断・臨時手術等色々医療作業を行う可能性あるため、執務空間（コンテナ室内）の作業用途に合わせコントロール可能とする温湿環境システムが必要である、保護的な陽圧、防御的な陰圧仕様、または一般的なオフィス作業、待ち合わせ、展示、商業、厨房食事など空間用の室内温熱環境は需要に応じ適宜な空調・換気設備を装備しないとイケない。本研究の軸は「医療用コンテナ」を題となっているので、使用者である医療従事者の通常温熱環境・患者用温湿度調整できる、或いは陰圧・陽圧対応できる換気システムの装備コンテナがポイントとなっている。

本来なら戦時か移動診療のため医療設備ユニットとして特別（特受）なコンテナセットは軍隊（自衛隊）か都市部自治体等が整備されている。これから使用目的は鮮明¹⁶であるため医療・治療に関するあらゆる設備・医療機器等を内蔵し、輸送性と拡張性を確保できたコンテナであり、例えば CT 室、オペレーション室、処置室、短期入院室、放射遮蔽装備、長時間発電機設備等専門支援目的など予備需要により作られているコンテナとなり、コンテナ自体の整備高価コスト、専門用途性等構造となっている。

一方、新興感染症対策における応用的に使用する場合、より低コスト、汎用機械セット、更にフレキシブルな計画が可能となり、使用時期を予想せず特別時期か災害時等特別装置法下で臨時使用物として建築確認申請、建設使用許可等は不要であるが、逆に設置・計画基準等是不透明、曖昧であることは現状にあった。特に新興性感染源不明なので、室内温熱環境に直結の空調システム、換気システム等の装置は未だに明確、参考できる設置基準がないという現状である。

本研究は 2019 年末から世界的流行となった新興感染症（新型コロナウイルス）における医療従事者の医務作業空間をはじめ、換気システムの可能性、臨時、低コストを目的として医療コンテナについて、求められる条件、制約、そしてコンテナ室内環境に

¹⁶ 支援先の目的明確、特別医療対応、専用治療など、例え開腹、開胸、開頭、気管挿管、気管切開など高度な治療作業セット。

必要な空調換気システムに関する研究を行う。過去関連研究はまだ少ないが開発研究を重ね、感染症対策目的をはじめ、移動・応援機能を目的とした『医療用コンテナ』を実験しながらコンテナに適宜な簡易換気システムの性能可能性・汎用性等を検討して、今後類似用途のコンテナ参考できる研究参考、設計ガイドラインを作ることと願っている。



図 2-3-1：新興感染症対策に療用コンテナ需要

2-4 医療用コンテナが求められる状況・条件・制約

医療建築における各地域、国では換気・室圧・温湿度設計条件に関する規定があるが医療用途としたコンテナに関する条件は未だに詳しく規定されていない。病院建築に関する換気・室圧・温湿度設計条件について関連規定を整理し医療用コンテナの構築参考として検討を行う。

ここでは感染症リスクを回避観点から研究調査したもので感染に関する要因をメインとする分析を行う。感染リスク恐れありエリア（空間）の特徴は主に3つ要素を含まれ、『換気不十分または無換気開口窓』・『大人数集まる空間』・『近距離、緊密等会話会食など活動』。ショッピングモールやデパート、オフィススペース、レストランなど殆ど以上の3つ要素を触られる。医療機関に関しても多くの人が集まる場所であり、規模が大きく程室内動線、空間数も多くなる、必ず自然換気条件が限られ、換気空調システムは複雑化となる。こうなると医療機関の室内換気効率にもっと注意を払う必要がある。

室内換気と感染症の予防に関する関連研究及び関連参考規定などを調べて、2013年に米国医療工学協会（ASHE）は、建物の適切な換気が結核やインフルエンザなどの感染症を予防できると提案した。2009年、世界保健機関（WHO）は、結核の蔓延と室内換気効率の研究のために、少なくとも2回/h換気を提案、日本の渡瀬氏は2010年に結核感染と空間容積換気を研究し、室内換気は1時間換気量20m³未満の場合、感染のリスクが高まる指摘があった。厚生労働省は2020年3月、「換気の悪い密閉空間」を改善するため一人当たり30m³/hの換気量が確保必要。すべての研究は換気と感染症に関するものであるが、コンテナに対する換気・室圧及び換気量、空調設計参考に関する研究文献などはなかなか無く、ここで病院建築を中心として、学校、オフィスなど通常大人数集まる場所に関する参考基準を纏めてみた。

(1) 医療機関内一般的な感染経路

表により医療機関内一般的な感染経路と予防方法を示す。感染主因は主に飛沫飛ぶにより感染され、予防対策には接触を避け及び予防接種方式などあり、物理的な空間隔離、接触を避け等は感染予防のメカニズムであるが院内での空調換気システムを通してエリア（空間）間の相互感染可能性も近年話題となった¹⁷が、COVID-19の拡散に関係する国内外の調査文献情報を踏まえて考察すると空調換気システム適切な運用されている限り更にフィルター性能を向上すれば、室内人員数を適切管理した上空調システムを介して別空間間の感染拡大リスクは低いものと考えられる。

表 2-4-1：医療機関内一般的な感染経路と予防式¹⁸

種類	感染経路	予防式
A型肝炎	食物、水	予防接種
B型肝炎	血液、体液	予防接種
インフルエンザ	空気飛沫	接触を避ける
急性腸胃炎	鼻、口、食物汚染	潔浄

¹⁷ 2020年9月空気調和・衛生工学会：柳宇ら、型コロナウイルス感染対策としての空調設備を中心とした設備の運用について。ウイルスの主要な感染経路は飛沫感染と接触感染であるし空気感染は特殊な医療行為の条件でのみ発生すると発表により閉鎖空間となる病棟内の空調換気設備、特にダクトを介して感染を広がるリスクを考えられると指摘されている。本研究は関連研究から得られた知見を公表し更に感染リスクの低減を目標として以下提言を行った：エアフィルタ効果注目・窓開け換気の実施・空調温湿度の調整・エアフィルタの捕集性能とその保守管理・空気清浄機の効果的な利用など。

¹⁸引用：潘振宇、2021、移動式醫護空間之設備系統雛形開發、p 34、表 15

結核	空気飛沫	接触を避ける
SARS	空気飛沫	接触を避ける
COVID-19	空気飛沫	接触を避ける
麻疹	空気飛沫	接触を避ける
レジオネラ症	空調冷却水	温度、殺菌

表 2-4-2：感染予防管理メカリズム

経路	感染可能ルート	対策
接触	直接接触、 血液、口、鼻	手口清潔保つ 室内環境清潔
飛沫	咳、飛沫 5 μ m 以上飛沫の移動距離約 1-2m	離隔距離保つ
空気	5 μ m 以下病原体は空気を介して 長距離移動可能	隔離 陰圧系統 N95、防護服装着

(2) 感染症予防と空調換気システム計画

表は日本と台湾の空調換気設計規範を参考して危険度高い感染症患者病室、建築に対する計画ポイントである。

表 2-4-3：感染予防と空調換気システム設計参考ポイント

		極めて危険	高度危険
		ペスト、天然痘、SARS、エボラウイルス、 COVID-19	百日咳、結核、鳥インフルエンザ (H7N9)
空調換気系統	熱源	原則単独系統、空冷式 HP	
	系統	給気：独立 排気：独立	給気：廊下→室 (可) 排気：原則独立
	循環	原則全外気、循環空調場合+HEPA 装着	循環空調+高性能フィルター
	給気	逆流防止弁	規定無し
	排気	NBS 90%以上或いは HEPA	規定無し

註 1：参考、台湾、建築技術規則建築設備篇、負圧隔離病房作業参考手冊

註 2：参考、日本、建築設備設計基準、病院設備設計ガイドライン空調設備編、建築設備集成医療・福祉

(3) 医療空間の換気条件纏め

医療コンテナ専用な換気・空調設置、設計条件は未だに参考できる規定(規範・研究など)は殆ど無く、コンテナに応用するには病棟設計計画際使用する換気・

空調設計条件、基準を妥当として使用条件とする。本研究では感染症対策及び移動可能な医療用モジュールを条件とした設定により、一般的移動式問診・健診、緊急時災害時に検体採取・検査・治療、場合から隔離、手術作業まで一連な医療作業を行う可能性が高いと考えられるため、コンテナ施設とは言え、医療作業を行えるよう安心、衛生な設置基準の配慮が必要であったため現行病棟設計使う基準を参考しながら医療コンテナに適合換気・空調システムの設計条件を参考条件として適宜と考えている。コンテナ室内環境に必要な注意ポイントは以下となり

1. コンテナユニットに応じ、温度・湿度条件、負荷変動、設定換気風量を合理化する
2. 移動できるようインフラ供給（電気/空調など）は集中式を避け、細分化する
3. 空気清浄度を維持し、有害物質の拡散を防止する
4. 単独系統及び DPS スペース
5. コンテナユニット毎に可変風量設備を備えること

下表は日本・台湾現行の医療建築における換気・空調計画に参考する設計条件を一部の纏め、医療コンテナに応用できる箇所を抜粋したものである。

表 2-4-4：医療コンテナにおける最小換気量・空調設計参考基準

	空調風量（外気含み）	最小換気量（外気）	室圧
普通問診	6 回/h～	2 回/h～	等圧
X 線室	6 回/h～	2 回/h～	等圧
事務エリア	4-6 回/h～	2 回/h～	等圧
危険性問診室	6-12 回/h～	2 回/h～	陰圧
検査室	6 回/h～	2 回/h～	陰圧
感染隔離室	6-12 回/h～	2 回/h～	陰圧
一般手術室	20 回/h～	4 回/h～	陽圧
普通病室	6 回/h～	2 回/h～	陽圧
註：参考 台湾 行政院衛生署疾病管制局，負壓隔離病房作業参考手冊 日本 日本病院設備設計ガイドライン空調編，清浄度クラスと換気条件			

(4) 医療用コンテナ設置規定に関する分析

コンテナとは主に重量物を輸送するため設計された頑丈な鉄骨で作られた箱であり、大量積み重ねて多層な状態で輸送するため構造物として輸送以外様々な使用例出ている。輸送に使うには荷物を保護するよう開口せずボックス自体の強度は落ちなく、陸・海・空運搬際外部環境、悪天候、塩害などに長期間で耐えら

れるのが最大のメリットである。倉庫や臨時居室に改装して使う場合は出入り、換気必要ため開口や扉などを設け、箱自体の強度が落ちるので居室として使用するには全て JIS 規格¹⁹に準じ必要である、台湾ではコンテナについて全て ISO 国際規格に準じる。コンテナ最も利点としてはモジュールにして、頑丈で耐久性もあり、積み重ね、切断や再加工などできる、更に国際規格であるため設置、建設コスト抑えられることも魅力的である。ただし、コンテナ自体は鉄製であるため熱伝導率が高く、外部環境に影響されやすく、コンテナ内部の温湿度管理に関して人間が居住するためなら室内空気環境問題対策を施さないといけない。輸送・荷物運ぶ以外、他の使用用途と凡そな時代について調べて見る。

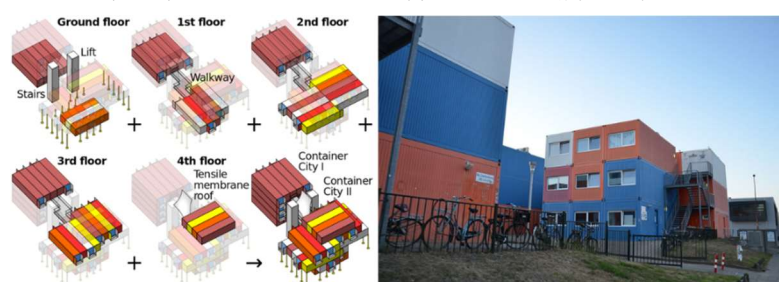


図 2-4-1：左、コンテナを組み合わせた概要図・右、オランダ学生寮
資料出典：フリー百科事典、コンテナハウス、<https://ja.wikipedia.org/wiki/コンテナハウス>

医療用途としたコンテナ施設について、最初 1970 年代頃軍用途以外、2000 年以後は移動技術発達により 2003 年の航空医療用コンテナが開発され、その後は約 17 年間で医療コンテナの話題が出てなく 2020 年から 2021 年頃 PCR 検査用など医療関連コンテナが増える傾向を見られた、理由は 2020 年から世界中パンデミックが起こした感染症対策ため考えられる。人間居住用途とした住宅も建築基準法に準じ開発されたコンテナは 2015 年日本の横浜元町にあるコンテナハウス、現在（2022 年 5 月）からまだ 7 年しか経てなかったが、医療としては問診・泊まるそして治療に関しては住宅衛生関連上（ビル管法）更に医療健康・医療法・建築法などの整合、推進はなかなか進まず合理化できることは未だに明確設置基準が出ていなく、ただ臨時・緊急時対応装置として一時認め許可しかできない現状である。

表 2-4-5：コンテナ使用例（輸送用途以外）

使用用途	具体例	時代
商売・市場・展示類	倉庫、屋台、コンテナ連結ショッピングモール、	1970 年代～（旧ソ連時代）

¹⁹ JIS：日本産業規格、コンテナに関する鋼材、外版デッキ（波版）の仕様材、規格などを全て日本工業標準及び国際規格 ISO との整合性を取っている

	屋外フリーマーケット集落	2007 台湾高雄
	音楽祭野外展示場 40 フィートのコンテナ6基を使用 展示エリア形成	2010年 ドイツ
	仮設ショッピングモール	2011年 ニュージーランド
	仮設商店街（女川コンテナ村商店街）	2011年 東日本大震災後（宮城県）
	大型コンテナショッピングモール	2017 韓国ソウル
居住、臨時民泊、仮設ホテル、災害用仮設住宅	フィリップC・クラークがコンテナを居住製品として特許取得	1987年 アメリカ
	海上輸送用コンテナを簡易住居として戦時に使用	1990年代
	震災用仮設住宅	2000年 台湾
	横浜元町、コンテナハウス 最初建築確認取ったコンテナ住宅	2015年 日本
	7階建てコンテナ集合住宅「Drivelines Studios」	2018 南アフリカ
	コンテナハウス 2040 東北	2020年 日本
医療	航空医療用コンテナ	2003年 日本
	移動式コンテナ診療所 陰圧コンテナ医療ユニット	2020年 日本
	川崎重工 PCR 検査コンテナ屋	2021年 日本
	桃園病院室外検体採集コンテナ	2021年 台湾
	台湾大学病院屋外コンテナ診療	2021年 台湾
	成功大学病院屋外コンテナ採取所	2021年 台湾
軍事	20 フィート軍事物コンテナ	1977年 アメリカ
他	一時的な公共施設やブース	2020年 日本
	ガレージ用途	2016年 アメリカ
	臨時休憩室	農業や林業、山小屋
	実験室	温熱関連、気流関連
	発電所	仮設発電所として
	気象観測ポイント	仮設観測室として

コンテナ施設の建築は大きく「建築物」として認定されているかに関連する。建築物とした場合建築確認及び建築基準法の適応を受けないといけなく、建築物に該当しないなら建築確認不要とする。コンテナが建築物に当たるかの判断基準は随時且つ任意に移動できないことは建築物として見られる（国土交通省）。所謂コンテナはある場所に定着、動かさなければ建築物に当たり、建築確認認定が必要となるが「随時かつ任意に」動かすことできれば建築基準法に該当しない。で

は、医療用コンテナは「動かす」のため、「建築物に該当無し」「建築確認不要」となっているはずが居室は（医療従事者、患者は中にいる）固定的にインフラ（電気・給排水など）設備の設置が必要となってしまう、建築基準法の一部に振ってしまう。以上法的な判断により、「医療コンテナ」の認定は未だに各自治体、地域による判断となる。台湾でも概ね類似な規定有り、「固定於一定之處所（日本語：指定場所に固定する）」ではない場合建築法に該当しない²⁰。

一方、巡回診療の医療法上の取り扱いについて公的医療目的として必要な巡回診療を行う場合厚生省医務局長通知、実施すること可能である。巡回診療が特に必要である場合に認められるものであるため、巡回診療実施計画、実施主体及び既存の病院又は診療所における通常の診療に支障の生じないこと、また、巡回診療車又は診療船など当該車輛又は船舶内において診療期間について周2回以下、又は一定の地点において三日以下とする²¹。

以上建築法及び巡回診療法の詳細規定によると、本研究の感染症対策医療コンテナ施設はどの法律にも該当しないが関わることあるのが現状である。例えば定着固定物に必要なインフラ施設、同時点で三日以下停留しない（大規模検体採集、場合により1週間以上かかり）など規定で医療用コンテナ施設は未だにまた明確の非固定施設として扱いされている。とは言っても2020年から世界中に大きく影響となった感染症対策の一つ、移動式コンテナ施設（製品）は既に製品化或いは臨時倉庫として使われている、緊急時医療施設として推進法、関連設置法などに関する、日本の厚生労働省、台湾の衛福部などで今現在（2022年5月）も緊急時、災害時の医療活動等において医療モジュール・コンテナ設置法の下書き関連ルールを制作中である（特にコンテナを医療作業として使用する場合は、一般問診診査、健診をはじめ、救助に合わせ救急活動、検体採取・実験判断・臨時手術等色々医療作業を行うことができる法規を創る）。

²⁰ 台湾：内政部營建署：「コンテナ」建築申請について、内政部函第0960800808號、建築法第4条により：「建築物とは、地上か地下における屋根、柱、壁、所謂固定建造物は建築物と見られ。コンテナ施設について「屋根、壁」あるが柱、梁など条件が満たせず建築物として認定されていない。

²¹ 「巡回診療の医療法上の取り扱いについて」及び「医療機関外の場所で行う健康診断の取扱いについて」の改正について、平成24年10月1日

2-5 近年医療用コンテナの使用実態及び規格分析

近年、特に 2020 年から世界大流行となったパンデミックにより、各国において新型コロナウイルス感染症拡大が本格化以後「医療支援不足」から「医療機関内クラスター発生」そして「医療体制崩壊」「医療サービス停止」となってしまう国家的危機感として広がっている。感染を止め、医療崩壊を防止するため『離隔対策』をすることで防護具セットの確保、防護服装着、感染者非感染者動線分離、ワクチン生産、抗ウイルス薬などの一連の開発は全て感染源から『離隔』を取っている、未知感染源を徹底的医療関連機関（病棟・区役所・衛生所など）からブロックされ、所謂『検査、濾過』機能を医療・治療から分離して過去入院して検査、問診、治療一連作業を分け、病棟外検体採集、検査を行い、治療需要者のみを入院され、平行作業医療サービスを踏まえ安心安全な医療作業を推進と感染防ぐと同時維持する。

『離隔対策』とは部分医療業務を病棟外で実施することを指している、病棟外での作業場として多様な使用用途、高い可動性、陸海輸送も容易な『コンテナ』は期待されている。また、コンテナ施設は医療用のみではなく、需要別により異種類市場、規模拡張にも大きくなる可能性あろうと考えられる。医療用コンテナの実態及び関連文献を調査し、いくつ想定計画及び実現できた例を紹介する。ここで説明するコンテナは、標準的なコンテナを持ち使用するだけでなく、調査したものについて一部の事例はモジュールコンテナ計画されており、一部の事例は医療作業プロセスにより特注なスペースサイズとなる。



図 2-5-1：医療関連応用とコンテナ応用可能性

規格コンテナに関する

コンテナのサイズは ISO 規格²²に準じ、主に 10、20 と 40 フィートサイズとなる。

表 2-5-1 : ISO 規格コンテナサイズ

コンテナサイズ		10 フィート	20 フィート	40 フィート
外寸法	長さ (mm)	2,991	6,058	12,192
	幅 (mm)	2,438	2,438	2,438
	高さ (mm)	2,591	2,591	2,591
内寸法	長さ (mm)	2,840	5,867	12,032
	幅 (mm)	2,350	2,352	2,352
	高さ (mm)	2,390	2,385	2,385

1) ICULATE ポータブル隔離病棟

EOH (米国) 社は医療サービスを提供する専門会社である。医療インフラストラクチャの開発と管理を主な業務となっているが近年は BOX 医療空間、所謂 Hospital in a Box のコンセプト開発に注目している、特に ICU 内蔵された BOX 医療施設を推進目的としている。集中治療および高度なケアと隔離施設を形成するため、モジュール式で迅速に展開可能な 20 フィートコンテナを使用して、完全に独立した完備な機能するコンテナ化された医療空間は一時的な野戦病院や場所不特定な救助、医療支援等非伝統的な環境に主要な設置目標と医療サービス提供する。

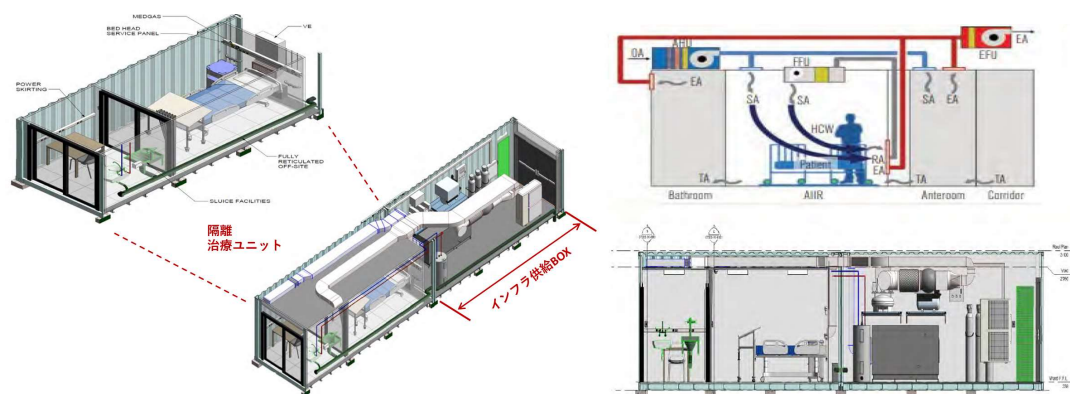


図 2-5-2 : 治療ユニットとエネルギー-BOX ユニット

資料主典 : ICULATE – Portable Isolation Wards

<https://ioco.tech/solve/iculate-portable-isolation-wards/>

²² ISO 海上コンテナの主な仕様は ISO668:2020(Series 1 freight containers Classification, dimensions and ratings)、貨物コンテナの分類、寸法、定格にて標準化されている。

主要コンセプトは

- ・ 隔離病棟および集中治療室は国際基準に準拠
- ・ 高度な換気システムを搭載
- ・ 高度医療可能となるユニット
- ・ 堅牢で高度信頼性
- ・ すばやく簡単に構築及び輸送利便な 20 フィートコンテナを使用
- ・ 運用および保守が容易

実際には ICU と隔離病棟のボックスであり、隔離病棟と集中治療室の両方に必要なインフラ BOX（電気、換気、水、医療ガス、空調）を含み、どの方向にも簡単にダウンスケールできる柔軟性を備えている。需要される場所まで陸、海輸送する、国際的な隔離と集中的なケアユニットの基準に完全に移動可能な医療病棟である。

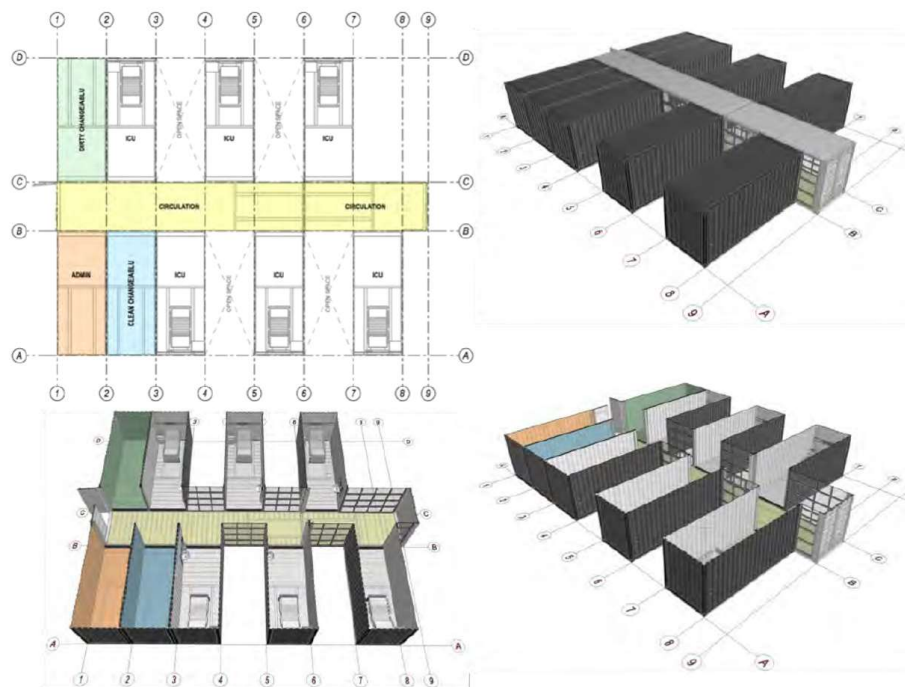


図 2-5-3：ユニットとエネルギーBOX 拡張イメージ

資料主典：ICULATE – Portable Isolation Wards

<https://ioco.tech/solve/iculate-portable-isolation-wards/>

2) ALVO²³ Mobile Hospital

ポーランドにある医療器材開発会社である。『MOBILE ISOLATION UNITS、移動式モバイルユニット』とは COVID-19 感染拡大により病院内大規模クラスターを防ぐために安心安全な移動式病室が必要とされる。注目すべきポイントは空気管理システムを備えたコンテナベースの単一患者隔離空間となる。医療者或いは介護者がリスクなしに患者を治療および監視できるよう、相互汚染をせず、出入り動線、前室、換気システムまで慎重に計画されている。モジュールコンテナにより、既存の病院の建物との支援、対応効果または単独設置も可能となり、特に緊急事態では迅速な設置、移動も可能である。

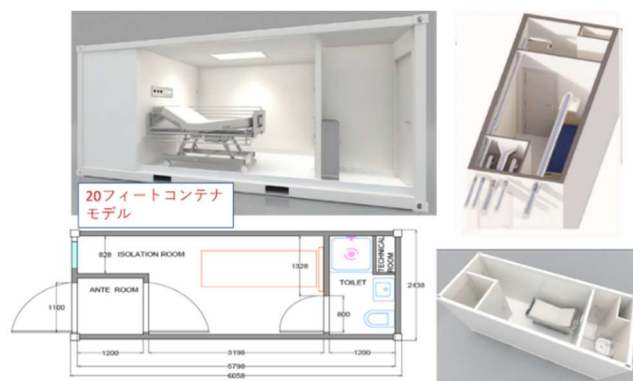


図 2-5-4：移動式モバイルユニット

資料主典：ALVO Mobile Hospitals Systems www.alvo-mobilehospital.pl/en/about-alvo/

感染対策及び設備システム関連計画のポイントについて以下となる

- ・ 汚染された病室を分離するために前室設置
- ・ 前室で手消毒作業、防護服着脱、陰圧できる等対策
- ・ 汚染された空気が周囲広がるのを防ぐため病室では 12 回/h 空気仕様
- ・ 患者いる部屋陰圧を保つ、排気には HEPA フィルター装着
- ・ 空調は簡易式ルームエアコンを設置する
- ・ HEPA フィルター詰みアラーム、部屋温湿度アラーム、室圧アラーム

²³ ALVO Medical offers its customers a complete modular solution for operating rooms and health care facilities: modular walls and ceiling systems, specialist OR doors, operating tables, patient transfer systems, surgical lights, scrub sinks, medical furniture, modular cabinets, surgical retractors, OR integration systems.

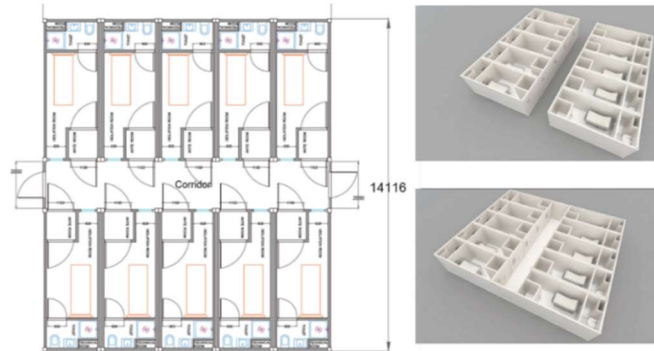


図 2-5-5：拡張想定イメージ

資料主典：ALVO Mobile Hospitals Systems www.alvo-mobilehospital.pl/en/about-alvo/

非規格コンテナに関する

非規格コンテナについては主にテント・プレハブ²⁴組み立て及び特注 BOX 等となる。プレハブ組み立て工法は最も一般的な構築方式、壁や屋根など部材を工場生産・制作し、現場で組み立てる構築方法である。

1) シンガポール中央病院敷地の大型隔離施設

Liang En Wee 氏の実践発表論文によりシンガポールでは、2020年7月末時点で50,000件を超える COVID-19 患者が地元で報告されていた。感染力高リスク患者を収容する専用隔離エリアを用意するため合計 51 床の病棟外敷地で専用隔離施設を建設した。

既設病棟外の駐車場約 3,200m² を利用し、プレハブを使用したモジュラー計画で各プレハブコンテナ (5.5m×2.2m) を組み合わせ及び繋ぎ拡張して、大型野外専用収容臨時病院となった。専用バスルーム付き 1 人部屋として下図のようにすべての病室は 12 回以上換気システムとし、また陰圧-2.5Pa できる仕様とした。各プレハブコンテナには酸素、個別空調、トイレ排気も装備されている、更に高効率フィルター (HEPA) を実装する。1 つユニットには X 線照射できるよう鉛シールを部屋壁に実装する。

²⁴ プレハブ工法：1.鉄骨系：軽量鉄骨の柱・梁、ブレースで骨組みを構成する。2. 木質系：壁や床などの主要構造部材に木材パネルを使用する。3. コンクリート系：工場生産コンクリート部材 (PC 材) を主要部材として現場組み立て。4. ユニット系：鉄骨のフレーム、木材のパネルで構成されたユニットを工場生産する

本臨時施設最大メリットはプレハブ方式ため急速な拡張を可能となり、計画にも容量・モジュール化により敷地条件に合わせ計画・設置容易となった。最小ユニットから患者数、医療行動に合わせ、現地制約を合わせしながら最適化建設となった。柔軟なモジュラーアプローチは隔離施設により感染拡大を防止し、既設病棟の医療資源にも影響せず、離隔対策は成功となっていった、新規コロナ患者以外、肺結核や水痘なども同施設での隔離と医療、管理を可能とした。



図 2-5-6：シンガポール中央病院駐車場隔離施設

資料主典：Liang En Wee MRCP、Construction of a container isolation ward:
A rapidly scalable modular approach to expand isolation capacity during the
coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic

2) 検体採集ブース EscoAster-MSSB-Mass-Screening-Swab-Booth

ESCO Aster²⁵より開発された感染症対策専用の検体採集移動式ブースである。ブースサイズは 1.2m x 2mを一ユニットとし、ブースユニットは一時間内で 15 人程度ウイルス疾患の検体を拭き取りできるよう想定設計されている。特に医療従事者と症状ある患者の両方を守り前提としたブース両サイドを感染防止強化された機

²⁵ ESCO Aster はシンガポールにある医療診断、医薬物、細胞に関する研究・開発を中心とする医療関連会社

能を付く。設置場所は需要に応じ、必要なユニット数に合わせて簡単に拡張できる。ブースでは、各綿棒・採取中の診察時間を考慮して、1時間あたり15人程度の患者を採集可能としている。1ユニットサイズは1.2m x 2m、設置面積は僅か2.4m²となるので特に狭いエリアにも利用可能。



図 2-5-7 : EscoAster-MSSB-Mass-Screening-Swab-Booth

資料主典 : EscoAster 社 WEB、<https://escoaster.com/Products/COVID-19/mass-screening-swab-booth-mssb# covid-brochure>

ブースユニットに関する対策設備図は下図通り。医療従事者部屋は陽圧+15Pa仕様とし、被検査者部屋は陰圧-10~20Paとする。検体採取作業停止時に更に UV-C 消毒照明で消毒する。空調に関して、ルームエアコンで対応しているので空調コスト削減を図る。

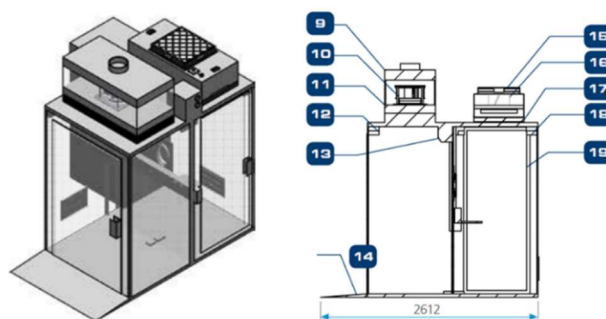


図 2-5-8 : ブース関連設備システム

資料主典 : EscoAster 社 WEB、<https://escoaster.com/Products/COVID-19/mass-screening-swab-booth-mssb# covid-brochure>

空調換気設備関連もの抜粋		
9	exhausts collar	排気口
10	exhausts blower	排気 FAN
11	HEPA Filter	HEPA フィルター
13	Air curtain	空気簾
15	Pre Filter	プレフィルター
16	OA FAN	給気ファン
17	HEPA Filter	HEPA フィルター

2-6 医療用コンテナの課題と研究範囲

感染症に関する感染拡大防止・医療体制・医療資源を保持対策について通常時の整備及び支援事業を整える必要がある。新興感染症リスク阻止及び感染拡大防止する観点から、『遮断・濾過』という対策は不可欠と考えている。厚生労働省²⁶の新型コロナウイルス感染症に関する緊急対応策による、感染症拡大防止と医療体制の整備編に保育所や介護施設、医療機関に関する対策が書かれている。保育所や介護施設、障害者施設などに関する対策は多床室の個室化に要する支援補助、感染が疑われる者が複数発生して多床室に分離する場合に備え、感染が疑われる者同士のスペースを空間的に分離するため個室化とさせる対策となる。

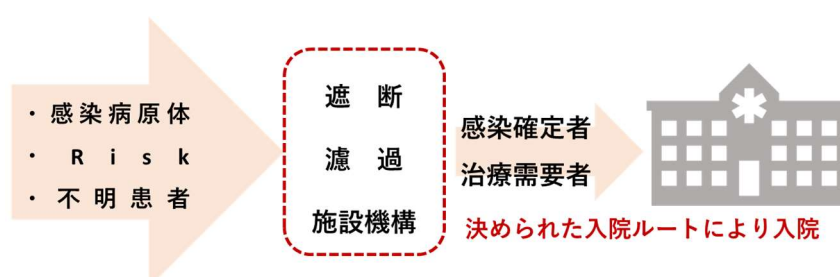


図 2-6-1：新興感染を防ぐ対策概念

感染拡大防止対策について、PCR 検査にかかる支援・民間検査機関がより多数の検査を実施依頼する、保健所に検体検査業務を委託、帰国者・接触者・疑われる者を『外部で検査を実施』するなどに関して本来の病院機関の医療資源、医療従事者を保持しながら院外でより多くの検査体制を整備してより高い精度で感染病原体、感染疑われる者を見極め、必要患者のみを入院させ。今回の医療体制崩壊により明確な課題が浮かび上がった。疑似症患者やリスクあるもの、或いは感染不明者などを救急患者として間違え緊急入院させ、院内感染急激に拡大してしまい、一般急患及び通常医療サービスを圧迫して、通常の患者を受け入れず、一般病棟まで閉鎖をせざるを得なくなる。これは日本のみではなく、世界中多数の病院も同様な課題に抱えていた。

図に示したよう、感染リスクを減らし、対策は基本的に疑似症患者やリスクあるものを入院阻止における院内感染、そして感染拡大、クラスター発生率を遮断手法とし、所謂医療機関等に病原体を持ち込まないこととする。

²⁶ 新型コロナウイルス感染症に関する緊急対応策—第2弾— 概要資料集

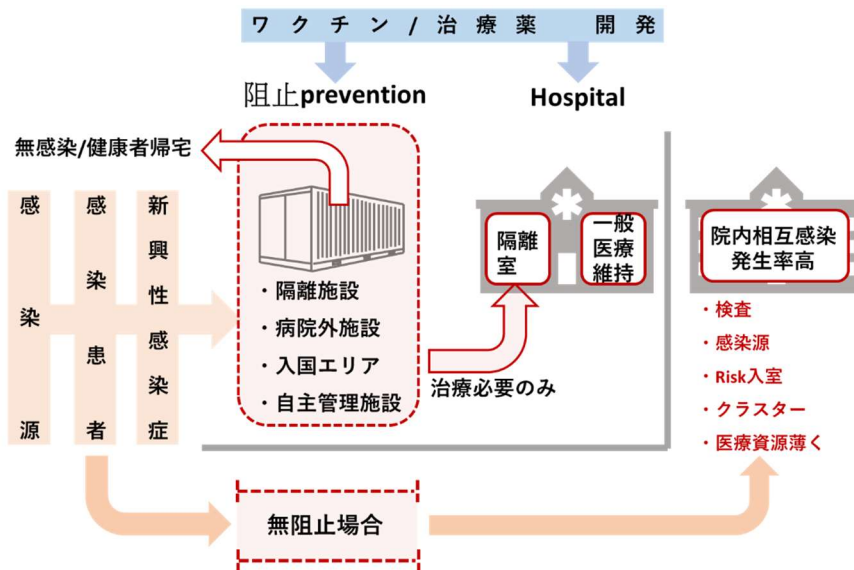


図 2-6-2：コンテナを阻止機能として医療機関を維持・保護する

コンテナなど病院外での検査・確認施設を通して確定した感染者・治療を受ける患者のみを指定しているルートで入院させ隔離室、陰圧室など専用エリアで専門治療を受けさせる。この最大メリットは未知のリスクなどを医療機関本体（病院）へ入らずに緊急医療作業で対応できるにより、病院本体は既存の人力・医療資源・通常医療作業等維持できる。コンテナは単なる PCR 検査、問診、簡易隔離ではなく、病棟・保健所・地域の医療チームと連携を取りながら運営、移動を行う。新興性感染症対策及び治療の一環として下記の体制整備を行う必要である：

1. 新興性感染・緊急対応など発生時に常備業務として事前備える計画作成
2. コンテナ単独の最小限医療資源、医療活動を確保する
3. 移動に合わせ、インフラ整備計画を事前確認及び整備を行い
4. 緊急時、組み合わせ・使用動作など行動指針などガイドラインが作成
5. コンテナの供用情報の構築、周知がされている
6. 移動先と連携機関を常に確認・整備する
7. 医療用途以外に転用可能とした使用方法を検討し導入する

様々分野で活用されている中には特に災害時や未知な新興感染症発生した場合、医療用モジュール、移動性医療車両などの需要は非常に重要と思われる。ただし、『医療用

コンテナ』の設置規格は災難種・支援用途・軍事用途或いは救助・一般健診・感染症などにより装備医療器材、コンテナ構造、室内環境対策など構成は様々である。

本研究範囲は近年で新興感染症にあたり、医療機関などでの予期せぬ感染拡大を防ぐために**医療従事者或いは患者の簡易診査が行える屋外医療用コンテナの整備・予備配置・計画提案**は重要と思われるため、感染症支援対策用コンテナ施設を研究範囲とした。主な研究内容は、感染症類のみではなく普段の生活活用、災害時等救援機能にも備え必要、より安全安心な生活環境をできるようにすべく、または感染症にあたるコンテナ施設の参考できる基準もなく、特に医療従事者や患者など使用中に衛生に直結する換気システム・設備に関する関連研究、開発は最も重要な位置づけとなることであろう。

一方、感染症対策専用のみではなく、ほかの災難支援にも応用するよう拡張・改造可能なコンテナについて研究、そして開発研究も視野に入れ、救援の種類・機動性・組み合わせ便利、迅速移動及小型そして拡張繋ぎとする支援目的コンテナを目指すと考えている。20 フィートサイズコンテナについて、製造規格統一化され、輸送ルートも最も効率よく、更に自重、容積、最大積載量も ISO 規格²⁷中陸・海・空三類移動規制に合わせしやすいので、20 フィートコンテナを持ち『医療用コンテナ』に関する研究は適宜と考えている。

『医療用コンテナ』施設は過去あまり注目されていなく、近年、特に 2019 年末新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の影響で、各医療機関の崩壊危機から始まり、病棟外各種医療用コンテナの開発も多くなっている、

- ・搬送患者待機用コンテナ施設
- ・陰圧検体採集用コンテナ施設
- ・手術できる陽圧コンテナ施設
- ・簡易診療、診察用ユニットコンテナ
- ・小型コンテナ診療所
- ・拡張式患者収納病床コンテナ
- ・健診、問診用出張式コンテナユニット

²⁷ ISO : SO とは、International Organization for Standardization（国際標準化機構）のこと。国際間の取引をスムーズにするために共通の基準を決めるということである。



図 2-6-3：移動型診療所コンテナ、モジュール（資料参考：医療法人清和会
<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000009.000058136.html>)

移動施設課題について

2019 年の covid-19 世界的な大規模感染症に対応して、各国の医療制度と緊急対応策は大きく 3 つタイプに分けられ、一つ目は、感染リスクを直阻止ため、シンプル感染地避難エリアなどでテントでの一時収納空間として設置することである。二つ目は、スタジアム、展示ホール、その他体育場等の広域空間を避難スペースとして使用、臨時的建造物の需要も解決し、医療サービスの提供にも患者や医療従事者の収容にも備えている。三つ目は、現地の患者数と医療体制に基づき、一時的な医療サポート施設を建設すること。所謂スクエアキャビン病院として知られている。

上記 3 つは、大規模な収まりと臨時建設及びテントグループやコンテナスペース群などの低コスト、ハイペース建設の原則に基づいていた。ただし、これらの形態には医療の作業の動きと患者の居場所が混在、プライバシー問題、健康と安全、クラスター、医療スタッフへの心理脅威、患者の心理プレッシャー等問題、多々不安要因となっ
 てしまい、コロナの世界的感染症は、さまざまな緊急医療対策の見直しを始めていたが、気候災害であろうと、予期せぬ大災害であろうと、固定医療資源を希薄化させないよう、支援的な治療サポート必要である。一時的、緊急的な医療支援スペースを提供するだけでなく、緊急対応から普段時の備えは全面的考慮しなければならず、検査、問診、医療、心ケア等身体的および精神的に移動性・機動性・安全性・健康、快適さを兼ね備えたモバイル医療ステーションが常備必要である。



図 2-6-4:(左)中国武漢緊急病院《中新社》(右)フランス郊外スクエアキャビン病院《回聲報》

移動病院の設計ポイントは、医療サポートルートと患者エリアの衛生安全及び快適性の確保を守り、医療清浄エリアと確認された患者いる汚染空間での空調換気をクロス回避する必要がある。一般患者と医療関係者のための安全装置と設備システムをどう区別し、設計するのが主要なポイントとなる。現在、世界各国でさまざまなスタイルの移動式医療ステーションが開発されている、最大の目的は、感染対策と既存医療のサポートであるが、感染流行状況が長期化になってしまうと移動式医療ステーションの位置付け、社会価値、合理的なルートや移動医療へのピンポイント支援価値等新たに問われている、関連する法規規制や今後新しいニーズに応えられるかさらに必要とする、これらを通じて世界中で期待されている。本論の研究結果を新しいタイプのモバイル医療サービスモジュールの作成に参考できればと目標している。

各国の移動病院を分析して、一般的に短時間、患者を大量収容するのが最大の目的である。集中管理、治療、検査及び診断を提供し、伝染をブロックすることを主な目標としてた。その後、より高度な専門治療のため専門病院に転送する。伝染治療エリアは凡そクリーンエリア、非汚染エリアと汚染された場所、または医療と看護の通路、患者の搬入ルート、重症者の応急通路等様々な移動ラインに分けられる。ただし、現在の移動病院には、設置スペース、建設コスト、緊急性等要因により、大部屋という形で構成されていることは多々であり、室内医療環境は医療従事者や患者にも相応しくない環境となっている。

管理と医療プロセス、危機管理チームは地方の行政機関と医療機関により形成される、行政機関は管理、緊急時の配達、医療機関や他の地域業務と連携して出入り総人口を確認に責任がある。医療機関（現地医療スタッフ）医療、検査、看護、感染管理、応急処置などに分かれて、各グループ人員数は移動病院の規模によって異なり、緊急事態のため、サブサポート、長期滞在、短期滞在、検査部隊等約1~5人である。医療処置のルートは迅速な流れと配置に留意必要であり、診断と治療のラインは、感染リスクありと無しの特定期後に隔離するかタイムリー治療サービスを提供するである。一般の患者、特殊事態患者或いは健康な人のみを現地既存医療機関に転送するか帰宅させること。つまり、移動病院やスクエアキャビン病院の主要目的は「初期検査と判別」、「初期隔離治療」、「軽度の治療を行う」であり、短期間治療収容は約48~72時間である。この検査や移動治療空間には基本的な医療従事者だけでなく、適切な医療スペースと関連医療設備、建築設備システムなどが必要であり、空調/換気/給排水/使用管理/感染廃棄物処理等に対応する。以上による移動病院の問題点を以下に纏めてみた：

(1) 物資サポート

突発性の緊急災害時に明確な支援ルートと SOP プロセスははっきりせず、移動病院不確定タイムリー運営と設置規模の異なりにより通常の手順または資源サポートの受け取ることは容易ではない。薬資源の補充、医療物資、生活物資、衛生関連支援等すべて臨時搬送で調達されることであるが安定的な届くルートを確認しない限りに緊急時の医療サービスと医療スタッフ、患者の安全性、健康、安全性に安定的な支援ができなくなること。

(2) 空間内伝染、感染制御

短時間で最大収容人数を確保するために、体育館・展示会場など大空間スペースを利用することが多く、仮設パーティションはあるものの、空間的に一体化されていることで、「隔離」機能は全くないことは事実である。医療スタッフや患者にとって高い感染リスクを抱かれていることである。改善ため完全に分離・隔離するには計画的な間仕切りか設備システムなどに頼ることで、医療の安全と患者自身の健康を確保できること。

(3) 空調・換気システムのコントロール困難

緊急、災害時対応の大空間ならではの空調システムコスト削減により系統混在と換気ルートクロス問題である。短時間で大人数収容ため簡易間仕切りは一般的な建築計画であるが室内換気ルートの分けるのが不可能となってしまう、伝染塞ぐため密閉性あり空間を陰圧システムにより気流をコントロールし、更に排気毎に高効率排気フィルター（HEPA）を装着することは鉄則であったが、給排気空調等容量、制気口位置なども考慮なポイントとなるので臨時大空間では相当な対応コスト及び建設計画を入れる。

(4) 通信の不備

災害地或いは緊急事態により設置された臨時医療所、コンテナ、病院等ハートル建設にまず重要視され、現場医療活動には医療サポートと救助連絡需要にも関心されているが建築設備システムのコントロール、制御には無視されがちである。

- ・ 設備系統間の自動制御と最適調整
- ・ 医療と患者に優しい環境コントロール

- ・安全衛生操作原則
- ・排気排水自動管理システム

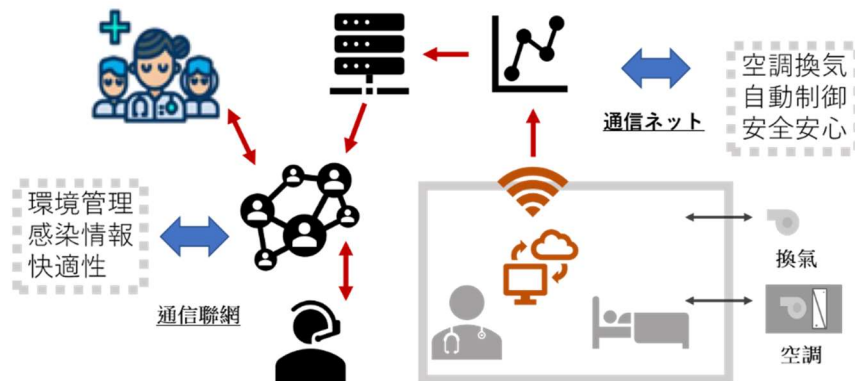


図 2-6-5：設備システムの制御ネットワーク

引用：潘振宇、2021、移動式醫護空間之設備系統雛形開發、p 32. 図 26

医療コンテナの汎用性について、災害後の転用・兼用価値：

上記に述べた阻止目的のみではなく、医療コンテナは災害後、復興における医療兼用な居住コンテナ用途と使う可能性もある。阪神・淡路大震災、311大震災から、20年近くたっても、住環境未だに整備されていなく或いは住エリアさえ無くなった方が少なくはない。防災拠点と支援の目的には陸上輸送できるコンテナは水回り関連のトイレと風呂パッケージ仕様コンテナ転用、臨時居住用コンテナ転用、医師巡回用医療コンテナでもある。所謂、コンテナの汎用性を利用して、更に発電機など電源が確保されれば、災害後の医療・住・防災拠点として最大な生活手段となる施設であろう。機動性といえ、陸上輸送以外ヘリコプターでもコンテナを運べる、海運なら纏まった港と大型船操作必要あるがヘリコプターは迅速かつ場所を選ばず降り詰み可能となる、例え幹線道路周辺、道の駅の周辺広場など簡単に復興拠点として医療・住環境を創られる。災害規模によるコンテナ仕様、数も自由組み合わせるため、避難所生活は原則 7 日間とされているが、実態により長期化された避難所・生活所・診療所など未だに実質存在している。これらの施設はコンテナで組み合わせた住宅群もあり、プレハブ式住宅もある、目的は災害後臨時居住として使われていた。下図に示したよう 311 大震災後直後は応急としてコンテナハウスで臨時対応していたが長期化によるプレハブ式住宅に変えられた。更に仮設住宅施設タイプを纏めてみるとコンテナ・キャンピングカー・トレーラーハウス及び仮設建築など違うタイプに分けられる、タイプ分け比較表を見てコンテナハウスの輸送性、コスト性、設置易さに関する条件は最も転用し易いと思われる。



図 2-6-6：311 大震災後コンテナハウス

(資料出典：左：森尾 洋祐、災害時における迅速な被災者用住宅建設に関する研究 2011。右：一般社団法人日本防災プラットフォーム)



図 2-6-7：仮設住宅施設タイプ

(A: container B: Camper C: Mobile home D: 仮設建物)

表 2-6-1：仮設住宅施設タイプ分け比較表

TYPE	居住性	COST	設置	移動性	法規
コンテナ container	不良	低	速い	高	建築基準臨時法
キャンピングカー Camper	良	高	速い	高	交通法
トレーラーハウス Mobile home	良	高	普通	高	交通法
仮設建物	良	高	遅い	不良	建築基準臨時法

第三章 医療用コンテナ開発の基本構想及び関連換気量の選定に関する調査

コンテナ最大のメリットは調達し易く、場所を問わず設置施工利便性・低コストなど多大な利点があるため多く利用されている。鉄骨仕様であるため、RC か木等素材に比べ、熱を伝えやすく、室内温熱環境は冬場・朝晩・夏場昼間など影響により、保温・遮熱措置などうまく対応しないと室内の温熱環境は激しく変化という欠点であり、室内の壁表面にも結露・カビ結成しやすく等での衛生的な問題となる。一般居室でも、更に医療作業として適宜温湿度を維持するために、建築保温と適宜な空調換気設備を備えなければならないが、コンテナは本来なら貨物運搬や臨時施設として使うもので、通常の建築物、病棟と同様な建築基準法や建築物衛生法などで定められた室内温熱環境に準じていく必要がある場合、高水準の機械設備投資、特注な設備システムなど投入しないと行けないので製造時間・イニシャルコストが高くなる一方、コンテナ本来ならの利便性・コスト性・汎用性・回収性など特徴は無くなるだろう。ここでは近年多く活用されている医療用途として医療用コンテナの開発構想及び適用基準換気量に関する調査研究を述論する。

設置迅速・移動性・モジュール化・低コスト居室も兼用できる医療用コンテナは新興感染症・突発災害或いは避難臨時所などに備えの必要性が高まることと認識されている。主に身体機能が弱まった或いは精神状況不安定の方々を収容するためにコンテナ施設の室内温熱環境条件、特に換気環境に関する課題への対策（予備対策も含め）を事前に講じておく必要である。ただし、現在では医療用途としたコンテナ（ハウス）に適宜の換気計画マニュアル、設計参考がなく、一般病棟用の設置基準や建築物衛生法・病院設備設計ガイドライン、アメリカ冷凍空調学会 ASHRAE 等の設計計画基準を持ち使用することが多い。固定建造物ではないコンテナ施設に妥当かどうか、応用できるかについて研究・実測価値があると考えている。コンテナは臨時建造物として多く使われているため、施工性、高性能門扉、密閉性、臨時不動物、使用管理など一般建築物・病棟との施工プロセスが異なるのでコンテナに対しての換気性能、容量許容範囲、設備投資容量などを明確、研究検証が必要と考えている。

本章では医療用途とするコンテナ開発システムの基本概念とコンテナに適応する参考換気基準量について 20 フィートコンテナをモデルとして「移動性・インフラ供給構想」に関する概念及び「基準換気量と室圧」に関するものを考察する。以下は本研究のメイン目標に沿って 20 フィートコンテナにおける実物開発及び簡易換気設備の換気・室圧効果に関する条件と実験要項を明確する。

- ・研究背景：新興感染症の影響により、医療用途コンテナの需要拡大
- ・コンテナ活用：モジュール化及びインフラ対応構想
- ・既有制限：医療用コンテナに適切な換気計画基準が無く
- ・計画設定条件：病院設計用換気基準を妥当値として参考する
- ・開発実行と実測：実物開発により最適な換気・室圧参考基準値を作り出す

3-1 コンテナの開発研究及びモジュール化について

covid-19 の影響により約 2 年間（2020/初～2021/末）、世界中各地の医療機関がかなりなダメージを受けていた、隔離治療室、検査、陰圧システム或いは対応する医療従事者等はコロナと戦うため、莫大な医療資源を消費してしまっており、多くの病院機関は医療資源不足、医療崩壊となっていた。医療関連事業のみ影響を受けたと思われるが、実際には関連産業にも渦に巻き込まれている、例えば陰圧隔離室の需要、看護人材不足、医療資源搬送/転送ルート、新たな検査スペース、収容スペース等をさまざまな業種および技術と連携し、新型そして多様応用できる医療検査システムの開発、研究が必要となっている。

2020 年からコロナ波紋が徐々に各国に拡散、初期では膨大な感染者を収容と緊急治療のため、臨時対応場・収容施設が多く製造されていた、ここは応急治療と緊急収容・大量留置を目的として体育場、地域コミュニティーセンター、展示場など大空間且つ開放エリアで簡易病床・治療施設などを配置して、臨時・救助応援を一番目的としてプライバシー配慮、相互感染、患者、看護家族、医療スタッフまで同一空間での医療生活によりクラスター感染対策の意識はまた薄かった。

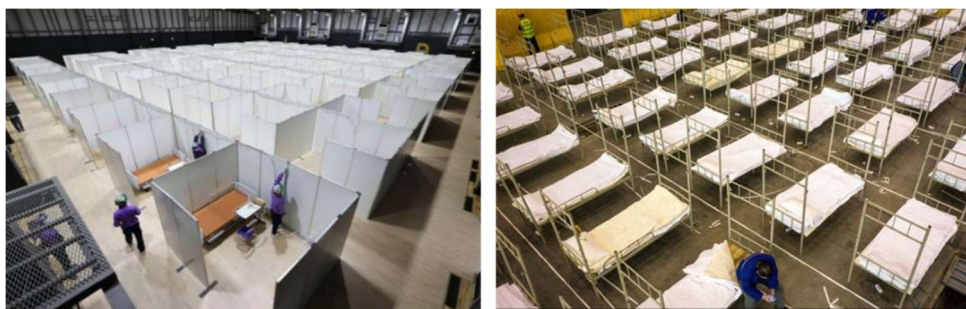


図 3-1-1：臨時収容施設一例

資料主典：左 <https://www.nishinippon.co.jp/image/187512/>

右 <https://gendai.ismedia.jp/articles/-/70355?page=3>

2020 年半ば頃、ようやくクラスターを阻止するため、緊急対応・収容施設のインフラ、隔離措置、基礎設備まで目に付け、医療従事者を保護、患者と非感染者の動線分け、更

に個室と共用室、前室の出入りルート・消毒仕組みなど計画を明確され、患者がいる室内を陰圧できるよう排気設備、高効率フィルター、HEPA 排気処理等注目され、医療活動に必要な最少設備システム、空調、給排水、シャワー、給湯等基本配慮意識が上がった。2022 年初め（2022/3）現在、ワクチンの開発、接種は既に行っている国は沢山あるがウイルスの変異株²⁸もバージョンアップされたにより依然に深刻な状況が続く国も少なくはない。そのため、緊急対応・収容施設の需要は一刻も早く供給できるよう、一般者、感染者に医療サービスを提供する従事者或いは関連者をより安全、安心且つ適切な室内環境品質と省エネルギー等条件を満足できる『緊急・需要・対応・快適』との独立支援、移動できる施設を注目すべき。

感染阻止の緊迫性、独立した医療支援活動、支援環境の衛生と安全及び快適性、更に利便的な移動性を考慮したシステムモデルは「モバイル緊急検疫プロトタイプコンテナ」である。地域の状況、独立したスクリーニング、検体検査、簡易検査、および相談治療により、近く現地病院が正常運営を保ちながら確認した感染者のみを送り、治療を実施させることが保証でき、医療従事者の作業環境安全も一般患者の環境も守ること可能であり、クラスター発生も防ぐと考えられる。コンテナの特性は入手し易さ、移動利便、プライバシー的な相談スペース、簡易治療、検体採集そして簡単な医療、収容など医療サービスを提供できる場所となる。近くにある病棟・医療機関・保健所などと連携しながら安全安心な感染者を見分け、ウイルスの阻止、クラスター発生率を最小現限にする。

開発研究ポイントは場所を問わず及び安全安心適切な室内環境を提供できるシステム、達成目標項目は以下となり

1. 迅速な検体採取可能及び検査判別
2. 機動性、運搬容易、組み立て容易
3. 医療スタッフに安心安全な室内空気、患者に適切気流制御
4. 設置場所自由と汎用性について確認する
5. クロス感染を避ける空調と換気
6. 陽圧、陰圧コントロールできる病室

²⁸ 厚生労働省：新型コロナウイルスの変異株（オミクロン株）は2021年12月日本の空港到着後、検疫により確認された。フリー百科事典：SARS コロナウイルス 2-オミクロン株（サーズコロナウイルスツウ オミクロンかぶ、SARS-CoV-2 Omicron variant）、既知の最初の症例は、2021年11月24日に南アフリカから世界保健機関（WHO）に初めて報告された。

7. コンテナモジュール化によりシステム組み易さ
8. 医療コンテナ計画指針
9. 研究実験場所として関連研究も行える

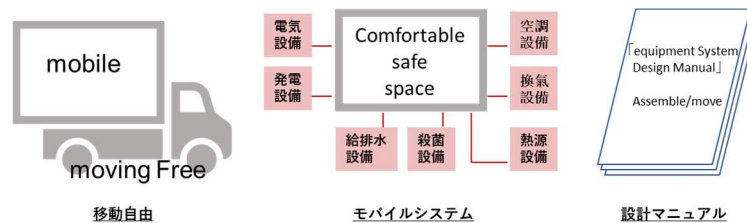


図 3-1-2：モバイル医療コンテナシステムの開発イメージ²⁹

研究要点は移動式検疫所の設計と実務の検証に焦点を当てた。研究及び設計内容は、移動式検疫所ならではの設備システム開発、空調設備、換気設備システム、電気システム、給排水システム、消防などの専用制御システムを構築であり、医療スタッフの作業環境が緊急事態でも安全安心そして快適さも保つ同時に患者の治療支援を行う、また安全な治療スペースも確保できるよう、医療行為により可変風量、空調負荷、医療ガス、陰圧陽圧、管理排水等々最適モードに合わせて組み合わせ可能な設備システムの設計を行う。

3-2 移動可能性について医療コンテナモジュール及び組み合わせ構想

移動医療ステーションでは一般救患の受け入りと医療支援があり、医療内容は総合判断にはじまり専門治療、相談まで分かれている。移動病院はより早く多数の患者を受け入れ、迅速な初期処治と症状判別、搬送させる等機能を備えているのが特徴であるため検査と初期治療及び簡易安全な収容機能を定めている。「モジュール」には、設備システムの構成と使用管理にとって大きな課題であり、空調の給排水計画と容量の制限に関する条件をコンテナ建築と合わせながら考慮が必要があり、例えば「接続」および機器設備の「モジュール化」、「システム容量自由増減」及び移動条件に満足設計方法等々、様々なラインナップ設備を応用してユニットモジュール機械をテナント医療空間に組み合わせが重要と考えられる。

2019 年世界規模の感染症 COVID-19 影響で、各地の医療機関は医療資源不足となったり、医療崩壊になったとか医療脅威に直面していた。現場の医師や看護スタッフはより多くの疑似患者に病原体検査を行うため人手不足は深刻となっていた。医療機関の収容と関連隔離室は無制限拡張することができなく本来その地域の総人口と救助体制を

²⁹ 引用：潘振宇、2021、移動式醫護空間之設備系統雛形開發、p 26. 図 19 の再構築もの

観ながら医療機関規模を決めたわけで緊急対応時期が長引く「支援的」な移動ステーションの提供が重要となる。また、「移動式」は一時、簡易、シンプルでラフという固定イメージを安全、安心、そして快適さも兼ねて支援コンテナ医療設備システムを向上させることが重要であり、これが研究の中軸イメージである。

急な災害や大規模感染症が起こる際、単独作業できる、病院本体以外での医療サポートができるモデル、モバイル医療室は今後必ず必要となる。そのモバイル室と組み合わせる単位室はユニットモジュールと拡張モジュールであり、検査・問診・治療と収容或いは実験等各種状況合わせ医療単位の組み合わせができる。地域の状況に応じて、一時的な簡易医療スペースにもかかわらずクリーンエリア、汚染されたエリアをしっかりと分けられる。総合的な感染制御戦略とモジュール移動計画で、突発事件ならではの負傷者集中的一か所病院に搬送或いは伝染可能リスクが院内へ入り込まないように移動モジュール室が必須条件となる。このモジュール室を正常動かせるためさまざまなニーズを満たす必要、所謂移動エネルギーステーション、空調・給排水・緊急発電・消毒施設・通信設備等全て医療をサポートエネルギーテーションの整合を取ることが必要となる。

(1) 感染経路を拒否するシステム設計

安心安全な医療空間は医療従事者を守る必要があり、感染確定患者の治療、収容空間をその治療スペースとの空調、換気経路及び医療サービス動線は分離計画、分流され、外気量と空調容量の最小限確保必要である。医療エリア（コンテナ医療空間含み）の感染阻止対策と感染拡大防止策について管理体制を明確し医療活動と病院内外連携をとることである、以下は感染症発生に備え防止整備対策の参考一覧表。

表 3-2-1：感染症発生に備え体制、ゾーニング事前計画（厚生労働省対策推進本部クラスター対策を参考）

通常	緊急、災害発生に備え医療整備	<ul style="list-style-type: none"> ・他の保健機関連携体制を構築 ・感染対策を担当する医師および看護師、その他スタッフによる定期講習 ・発生時医療動線と動きの教育
発生時	感染症実態把握	<ul style="list-style-type: none"> ・感染者や体調不良の者の発生状況から感染が疑われる範囲を特定する ・リスク評価、患者・濃厚接触者等の一覧を作成
	ゾーニング	<ul style="list-style-type: none"> ・感染領域と非感染領域を明確に区分け、ナースステーションは非感染領域に設定する ・感染領域から非感染領域に戻るルートを明確する

	<ul style="list-style-type: none"> ・感染者とそれ以外の人動き、流れがクロスしない計画する ・スタッフ安全な職場環境を整備すること
医療サービス	<ul style="list-style-type: none"> ・新規検査患者の制限等を検討すること ・受け入り患者数の制限を検討、感染者の転院先を確保計画 ・感染対策を担当する医師および看護師、の治療ルートを一歩化

災害時や感染症の蔓延時に、一般の方や感染者の受け入れが医療活動の安全に影響を与えないように考慮しないといけない。基本的に医療従事者の作業スペースやサービス提供する際環境衛生を確保するは必須となっている。感染リスクある疑似患者や健康者の検査エリアには単独方向の換気システムを使用して排気に 2 次感染を回避するため HEPA 高効率フィルターで対応する。検査および診断スペースは、医師と感染リスク患者の共同スペースであるため空調および換気は清潔な通路側から換気パスを資料して診察室の換気として使用とする。また、感染確認された患者のため臨時隔離スペースを用意必要あり、単独空調および換気システムを設け分岐ダクトを使用して給気と排気を専用ルートとする、逆流防止を付けることにより安心、安全な緊急医療スペースの設備システムである。

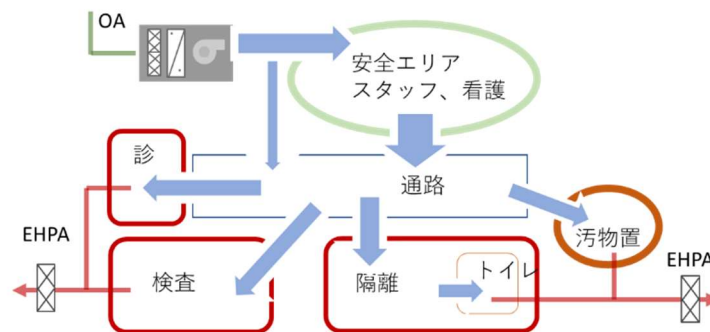


図 3-2-1：安全設備ルート概念

(2) 組み合わせ出来る設備計画

モジュールしたサポートシステム、空調、換気、給水、排水、電気システムをコンテナ構築形式で設計し、最小限ユニット容量を設定して、取り外し可能な計画を行うこと。ユニットグループ容量は現場実際の医療ニーズに応じ、追加したり、削減である。設計メインは医療関係者および隔離エリアに空調換気を安全安心計画する。

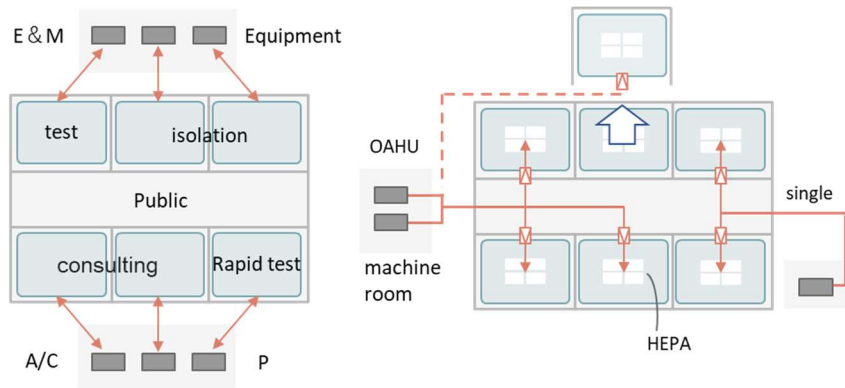


図 3-2-2：単独エネルギーシステム³⁰

(3) 初期ユニットコンテナ構想

- ・ 移動可能
- ・ エネルギーモジュール化
- ・ 支援と組み合わせ
- ・ メンテナンス容易
- ・ 省エネルギー面により、通常時でも一般使用用途にも転用

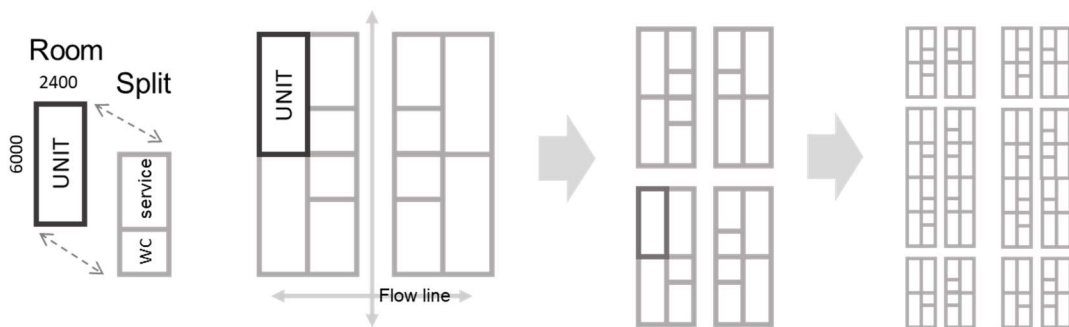


図 3-2-3：移動医療ユニット原型

輸送用コンテナをユニットスペースとして使用し、ユニットサイズ6000x2400xH2400mm、ユニット使用数はニーズに応じて設置する。ユニット空間は医療空間として使用するかトイレやシャワー室・その他の補助スペースにも変更可能、組み合わせるにより中型、大型ユニット群として必要に応じてさまざまな組み合わせること可能である。中央通路のサービスライン幅は1800~2000mm程度に設定している。コンテナ使用のメリットは高機動性であり、陸、海、空の輸送ネットワークで汎用でき、迅速なサポートと組み立て可能そしてサイズの的に国際輸送規定と同様であ

³⁰ 引用：潘振宇、2021、移動式醫護空間之設備系統雛形開發、p 39. 図 31

るためどこにも運べる。メンテナンス面は使用エリアに合わせて現地のメンテ習慣に準じ可能である。災難緊急場合は、空港、港、山岳地帯、農村地域または必要とする場所で自由設置できるが、非常事態ではなく普段時でも一般的な活動、展覧会、オフィス用途等での使用にレンタル、貸し切り等共有使用を省エネと経済循環に貢献できること。

研究実験兼現場実用するため、漸次的進むと計画している。実践的な運用（実際医療サービルステーションとしても使う予定）を考慮しながら、研究開発要素にも欠かせず、三段階を分けて研究開発を行うこととする。以下は Phase I～PhaseIIIの進みイメージであり、Phase I用途は最もシンプル、医療従事者の作業安全を守りは最大目標にして、固定病棟外部での検体採集できる単独コンテナユニットを作り出す。Phase IIはIの拡大計画、検体採集以外、簡易問診も行えること。PhaseIIIは検体採集、簡易問診、検体検査、簡易隔離及び観察を行える完全バージョンと構想となっている。急用としては感染リスクを判明できる Phase Iを先行開発する、この論文の研究結果は Phase I についての研究結果となる。残り Phase IIとIIIは今後現場の使用状況及び研究進めにより次期研究開発を行う予定。

Phase I： 快速検査ユニット（この論文の研究対象）

Phase II： 疑似症患者に診断・問診ユニット

Phase III： 検査・実験・診療・隔離治療ユニット・他

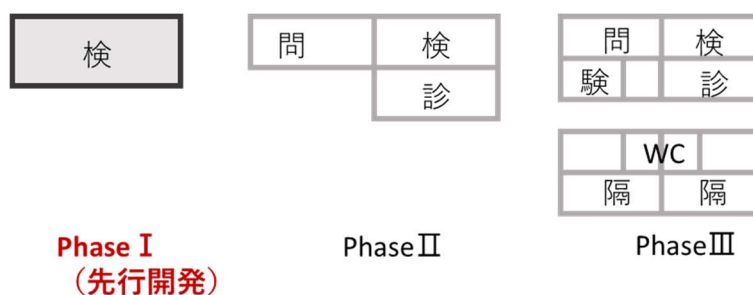


図 3-2-4： 想定設置規模

研究開発は Phase I～PhaseIII三段階に分ける：

1. 第一段階では、多数の未知の感染リスクを回避と院内感染を防ぐために、迅速な検査と通知のみが実行できるよう検査ユニットのみ設置する。装備簡単及び迅速、空港やターミナルなどの入場や入国の第一線エリアに適用する

2. 第二段階、問診のため初期検査スペースを追加するにより、さらなる治療提案を受け入れる必要かどうかを判断できる。郊外地や医療資源不足している地域等に適用。
3. 第三段階では、実験、治療、隔離病棟を追加して、感染者と治療サービスに緊急に対応し、医療本体の作業負荷を軽減できるよう目的とする。

上記段階的な建築計画の開発計画は第一段階の検査ユニットをこの論文の研究対象となり、残り二、三段階は今後の設置需要に応じて開発となる、また、二、三段階の予想計画内容、空調・給排水について以下概略に説明する。

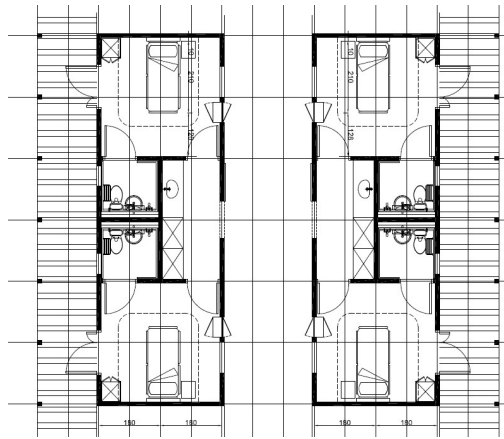


図 3-2-5：完成バージョン例 PhaseIII想定平面 参考
(出典：建築平面、九典建築事務所)

(4) コンテナユニットについて設備システム概念

医療用 UNIT スペースと必要容量に合わせ設備 BOX システムを構築されており、移動しやすいよう BOX サイズは医療 UNIT と同様サイズにする。設備コンテナサイズは 6000x2300xH2300mm を採用し、内部設置機械容量の収まり関係によりサイズ半減或いは倍にするも有りうる。コンテナ設備 BOX を使用するメリットは、輸送利便性であり、現地医療ニーズに応じて適切なキャビネットを選択して組み合わせなど、または通常時での他目的レンタルもでき、エネルギー節約を向上させることができることである。

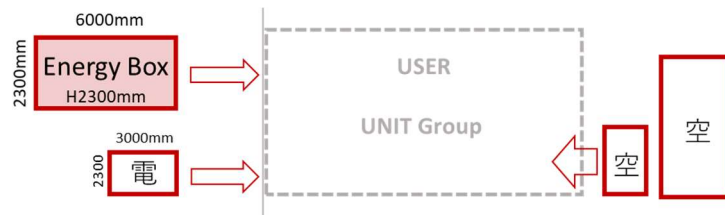


図 3-2-6：設備系統概念

設備システムの計画構成は3段階に分かれている。PHASE1は機動性と簡易操作性に重点にする。設備システムの添え付けなどは最も軽量、シンプル化されていると考慮しており、医療ユニット内必要分のみに設備容量を計画している。PHASE2は複数UNITを組み合わせたものに対して、室内容量も大きくなり、医療サポート項目も多くなるためより複雑な設備システムが必要となる、機械設備、熱源、電気、給排水等設備は基本的にコンテナBOXに集中設置する、メリットは設備を一元的に設置・管理である、メンテナンス、医療ニーズに合わせて容量も増減できること。PHASE3は大規模な医療UNITバージョンであり、大規模な被災地で治療が必要とする多数の患者に対応でき、救急医療サービスや予備的な隔離と避難所も提供できること。

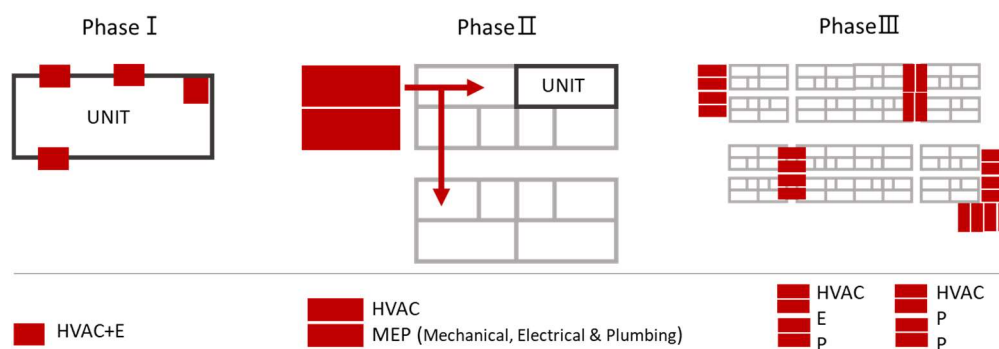


図 3-2-7：エネルギーBOX 概念、空調・衛生・電気・消火システム毎にコンテナBOX に収まること³¹

設備システムには、空調、換気、給排水、電気、消火、医療ガス、排水等さまざまな設備システムの組み合わせあり、コンテナサイズに応じ最大設備容量を設置および機械数を設計していく。この設備コンテナを医療ユニットの需要により設置数、場所等を調達、計画である。以下は種類別の設備コンテナ概要。(2)～(5)は今後第二、三段階の設置需要に応じて計画概要となる)

- (1) 空調換気コンテナシステム：空調熱源+空調換気設備+室内制気口設備
- (2) 給水コンテナシステム：給水タンク+ブースターポンプ
- (3) 電気コンテナシステム：受変圧器設備+非常用発電機+UPS / EPS
- (4) 医療用ガスコンテナシステム：医療用ガス（酸素+CO2+圧縮空気等）
- (5) 排水コンテナシステム：高温滅菌管理排水装置、輻射排水監視設備等

³¹ 引用：潘振宇、2021、移動式醫護空間之設備系統雛形開發、p 28. 図 21 を再構築もの

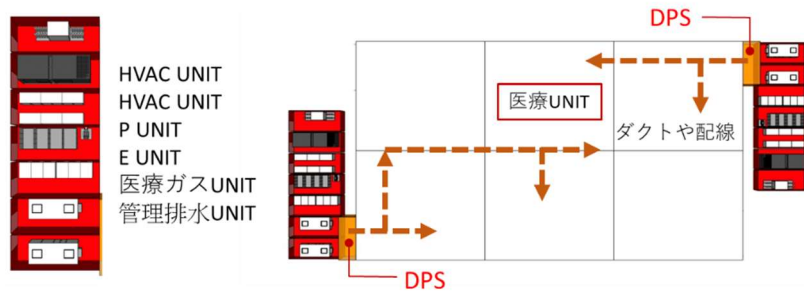


図 3-2-8：設備システム BOX 分類

■設備モジュール化（コンテナ化）

設備システムをモジュール化する利点は場所や状況に応じ対応しやすくそして引き続き相互運用可能となる。一方、モジュール化した設備コンテナはサイズ固定してあり容量を維持しながら、厳しいスケジュール現場の緊急対応、臨時応用或いは支援的な医療現場への支援にはエネルギーサポートとして重要なソリューションである。

■機動性と移動利便

災害時や緊急時に保存エネルギーとして各需要ポイントへサポート提供する、シンプルな医療スペースに合わせ必要設備容量を提供する、港、入国管理、平野地での医療支援等設置分野を問わず設備コンテナの設置ことが可能である。

■自動制御連携

各設備モジュールは需要により単独設置単独コントロールは基本であるが設置規模が多く程設備モジュール間の連携、容量増減に自動制御で温度、圧力、流量、湿度、室内圧などを所定の要件に応じて自動コントロール可能にし、安全な医療空間を実現するよう計画する。

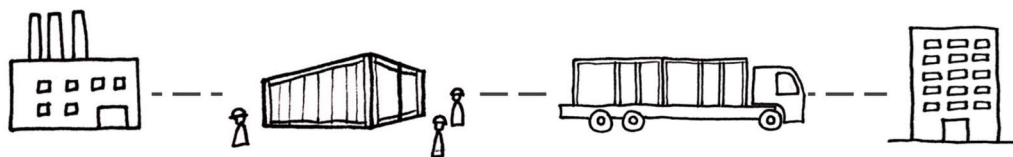


図 3-2-9：研究開発ビジョン

(5) 移動性医療空間における設備システム特性及び詳細

医療作業できるコンテナに関するあらゆる設備について用途による搭載する設備は大きな差がある。例えば一般健診用の CT スキャンコンテナ車には輻射漏れ対策ため鉛板遮蔽装置が必須、災害・感染対策には検査装置・換気対策の万全考慮、簡易収容するために居住・水間周り・一般通信配線設備等装備は必要等々様々な

需要に対応できるユニット且つ柔軟性・拡張性の可能性は医療コンテナ開発のポイントとなる。



図 3-2-10：拡張性・応用性を備える医療コンテナイメージ

A:問診室 B:CT/MRI C:医務室類 D:処置室（陰/陽圧） E:発電機設備、エネルギーBOX F:簡易手術室 G:療養、居住 H:検査・実験

3-3 複数・組み合わせ大規模医療用コンテナに搭載する設備システムについて

空調系統

1. 感染予防換気計画

感染リスクある空間特性は次の3要素である

- 1) 換気不良や換気なしの密閉空間
- 2) 短時間で大勢の人が集まる
- 3) 近距離交流、会話等

ショッピングモールやデパート、オフィス、レストラン、医療機関など多くの人が集まり、これらの場所では、感染予防のため室内換気効率を注目に必要がある。室内換気と感染予防に関する研究の一部をあらかじめ紹介する。2013年にアメリカ ASHE（米国病院技術協会）では、室内の適切な換気により結核、インフ

ルエンザなどの感染予防に効果あったという研究、世界保健機関（WHO） 2009 年に結核の蔓延と室内換気交換率に関連あった。更に、日本の渡瀬氏は結核感染と空間容積空気交換について室内空気換気量が一定数値以下場合（P39 参考）は感染リスクが高まることと分かった。

上記の推奨換気回数は1時間あたり室内の全空気を外気と交換する回数を指した。感染リスクある排気には高濾過率の HEPA を設置する。HEPA フィルターは高密度フィルターを採用しているため、初期および最終の換気圧力損失が非常に大きいため、換気 FAN の空気抵抗を事前に計画し、静圧 Pa を十分に計算しないと排気効果がなくなり、室内汚染された空気はうまく排気できず患者本人も医療従事者にも悪影響となる。感染室の換気計画ポイントは室内全換気と高効率フィルター装着する。HEPA フィルター付き室内空調設備ある場合全外気換気回数は低くする可能である、また排気口は隣接する換気および供給空気口から 10m 以上離れて或いは人間の活動領域から距離を取ることである。

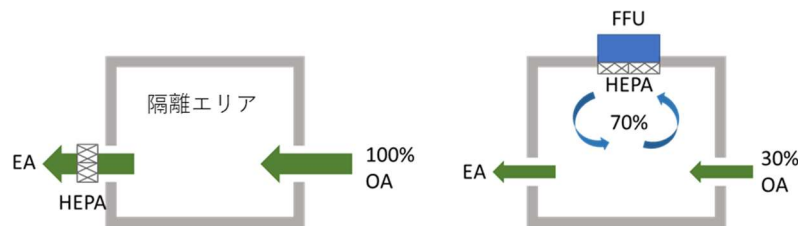


図 3-3-1：排気処理+巡回空調

2. 身体機能衰弱な方に適合システム

使用者は救助したり、身体機能が病気や弱い人である。患者に合わせ温湿度の設定をするだけでなく、治療サービスを行う際緊張感緩和させる工夫も必要であろう。また、冷暖房交互使用の環境は配慮も必要とし、従来温度と湿度の管理に加え、換気、騒音、振動、臭気等にも注意を払う必要がある。

3. 使用スペースによる異なる設計条件

コンテナ医療空間は一般固定病院と違い、救助や支援治療或いは緊急治療などについて医療活動形態に応じて適切な空間大きさ及び最小限スペース数の把握する必要がある。温湿度条件、使用時間、冷暖房調整等要件に加え、空気のクリーンレベルにも注意必要である。つまり、換気のシステム計画をする。原則として、手術室、ICU 室など清潔度要求の場所に陽圧システムとする、負圧システム

は、感染リスク、ばい菌検出室等に設定している。医療従事者使用オフィス、作業室は±0pa～陽圧程度を保つ。

4. 機器システムの安定性とバックアップ

温度や湿度、空調システムの故障は進行中の医療行為に多大な危険をもたらして患者の命を重大な影響がある。したがって安心システムとバックアップを備えた空調換気設備は病院や機関に特に必要とする。需要負荷に応じて複数熱源を設置し、緊急時や停電時を考慮し、自家発電機設備と並行して熱源システム供給を計画に入れ、また、重要な負荷にバックアップ用空調システムを検討するも安心システムとする。

5. 空調機械設備システムにより感染防止計画

空調システムは、機動性高い空冷ヒートポンプと直膨外調機を採用し、空調水配管の設置・組立・メンテの削減することができ、システムの設置利便性の高めと工事削減のも目的とした。緊急時（故障等）の医療空間および隔離エリアの換気機能を同時避けるよう FCU 系統と OA 外調系統を別系統とする。また、隔離エリアの空気と安全医療エリアの空気をクロス或いは逆流しないよう、外調空調システムを別系統設置するとも可能である。

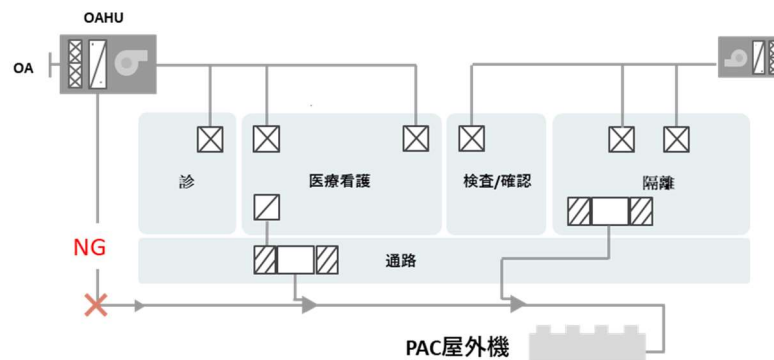


図 3-3-2：空調熱源システム方針

換気経路は医療スタッフが汚染された空気の影響を受けないよう医療清潔エリア→中央通路→検査、隔離エリアの順となる。吸気取り入れ開口位置と排気位置は離れて設置する必要がある、OA と EA 距離、特に空調用吸気口（OAHU 外気取り入れ先）の周りに他の汚染源を離すことが必須である。

陰圧隔離室の推奨換気仕様に従って最小換気量を計画しながら他エリアの最小必要換気量と全体ボリュームを比較し、最適な換気量を設計する。待機室、相

談室、X線照射およびその他エリア、隔離室ゾーンの換気量と最小排気量を総合調整し、原則は医療スタッフエリアと通路は陽圧及び微陽圧を保つ、検査と隔離等汚染可能ゾーンは陰圧を保つという計画をしている。

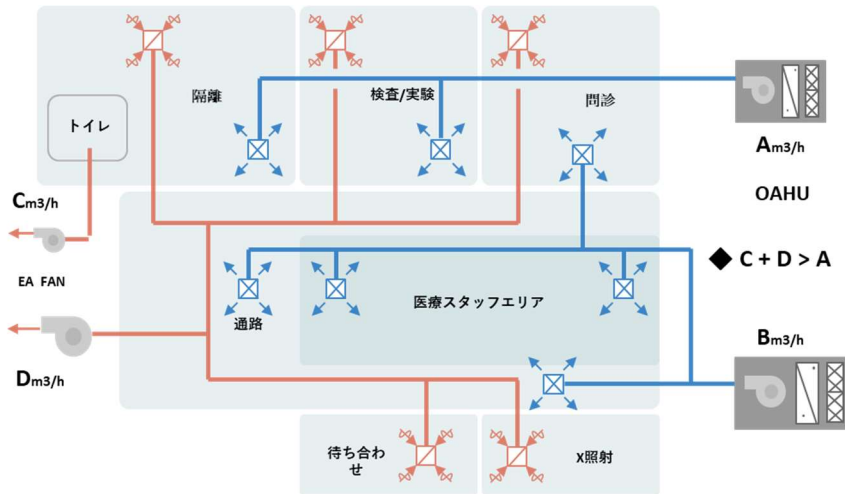


図 3-3-3：安心換気ルート計画

給排水系統

1. 給水多様性

医療給水は一般給水と医療用水に分ける。一般給水は飲用、清掃、食事などに使用され、設計用量は人員数と使用時間に基づき計画している。医療用水は質と容量の確認が必要、例えば製薬部門 RO 逆浸透、蒸留水、検査や手術用の純水等では医療活動に応じて水をコントロールする。消毒にも滅菌装置が必要等々、さまざまな医療活動に応じて給水計画を設計する。

表 3-3-1：医療用水

項目	処理方式	使用エリア
上水	給水所	トイレ、救助、問診、手術室
純水	RO 逆浸透装置	手術室、薬品室、透析、火傷
蒸気	ボイラ	厨房、ランドリー、滅菌設備

2. 排水種類

一般排水と管理排水に分ける。一般排水はトイレや厨房などインフラ下水道へ直接排出するか、浄化施設のない場所では自らの浄化槽を設け排水する。管理排水とは放射線汚染、薬物汚染、感染された排水、検査廃水、ウイルス感染排水など悪影響排水を直接インフラ下水道へ放流せず、一時的に貯留槽へ貯め滅菌して

から排水することをいう。滅菌方法は高温滅菌、高圧滅菌、薬滅菌等ある。雨水排水について自然、大量放流するので単独雨水排水計画となる。

表 3-3-2：感染リスク対応排水計画

項目	伝染/感染室
トイレ、シャワー	消毒便器の使用 給水管に逆流防止装置 浴槽無し ノータッチ衛生器具採用
給排水	単独排水処理装置と滅菌装置 単独通気管、併用しない 給湯は単独系統

3. コンテナ内交差感染防ぐ

コンテナはコンパクトな室内空間であり、一旦感染病原体見つかったら感染遮断策を行う必要がある。感染経路はウイルスタイプにより違うが目に見えない飛沫（空気）感染と接触（食事・血液・水）感染などがある。例えばレジオネラ症、SARS、COVID-19、結核菌などは病原体が飛沫（空気）を介して感染させ、AB型肝炎、胃腸炎などは接触による感染となる。感染阻止のため使用対象を明確してコンテナに備える設備系統を治療用途に合わせ設置する。感染症タイプはいくつもあり、下表はいままであった一部の感染経路と予防法を纏めてみた。

表 3-3-3：一般的な感染経路

タイプ	感染経路	予防
A 型肝炎	食事、水	予防接種
B 型肝炎	血液、体液	予防接種
インフルエンザ	飛沫	接触防止
急性胃腸炎	口、鼻、食事汚染	清潔保つ
結核	飛沫	接触防止
SARS	飛沫	接触防止
COVID-19	飛沫	接触防止
麻疹	飛沫	接触防止

4. 医療ガス

医療活動には医療ガスによって作業することは少なくない。最も一般的な医療ガスは酸素 O₂、窒素 N₂、二酸化炭素 CO₂、圧縮空気、吸引装置などである。その他には液体酸素と亜酸化窒素も含まれる。設置容量は必要な機械ユニットをセットアップするためのユーザー数、時間、処理期間などに基づき計算する。システムにはスチールシリンダー、固定加圧、搬送配管、圧力配管、監視カメラ、出口パネルなどがある。

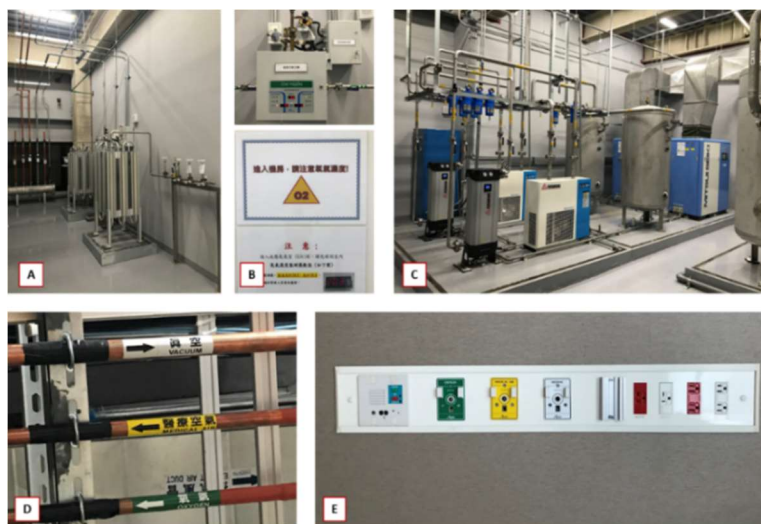


図 3-3-4：参考、医療ガス、A:CO₂ ガス、C：酸素、D 医療ガス配管、E：アウトレット

感染された患者の収容病室を一般的に陰圧、隔離病室使用とすること、医療ガスを設置する場合は圧力や吸引など瞬間稼働による室内圧を破壊させないように医療ガスシステムを空調換気システムとも監視制御とする。医療ガスシステムは隔離病室、一般病室の面積または治療容量に応じて設備容量を配置する、配管の長さとしリンダーを交換するため PS スペース必要、特に可動スペース、配管の貫通にも注意が必要になる。



図 3-3-5：酸素ガスボンベ

表 3-3-4：医療ガス参考配色

ガス類	サイン、色
O2 酸素	黒
H2 水素	赤
CO2 二酸化炭素	緑
N2 窒素	グレー
アンモニア NH3	白

5. 給水計画

医療施設規模は医療センター→地域病院→地域診療機関→診療所に分かれています。医療センターは、医療、教育、研究、トレーニングなど高度な医療サービス及び教育訓練を提供する施設である、病床数は500を超えている。地域病院以下の規模は地域ごと、必要に応じて病床数を設定しておく。医療機関の給水計画は建築規模と使用用途に応じて計画している、給水量の設計は「病床数」と「延床面積 m²」を使用してトータル容量を計算する。診断と専門治療、または手術や放射線治療などは別途給水量の計算必要となる。下記の表は一般病院の給水容量計算参考を示している。過去はコンテナ医療の給水原単位参考がなかったため本研究は支援および移動式を考慮して、地域病院の床面積を参考して給水量 (L / m²) を設定する。

表 3-3-5：病院給水ポイント（一部のみ）

部門	用水エリア	設計用水原単位
診療部	検査(X ライン/血液/尿等)	面積
	透析治療	病床数
	放射治療	-
	一般/緊急治療	面積
	手術室	専門治療科目
住院部門	病室、トイレ	病床数
	ナースセンター	面積/人員数
	隔離室	病床数
	食堂、厨房	食回数/小時・日
	ランドリー	病床数
	汚物処理室	-
供給部門	薬剤室	面積

	検査研究	
	滅菌室	
	食物検査	
管理部門	医療スタッフ更衣室	面積/人員数
	防災センター	

註：設計用参考給水原単位（日本建築設備集成 医療・福祉 空気調和・衛生工学会、p125）

表 3-3-6：設計参考用水原単位

対 象		大規模医療センター	地域病院/診療所
延床 L/m ² ・日	25L	30～60	20～30
毎病 L/床・日		1000～2500	500～800
延床 L/m ² ・日	瞬時	2.5～5.0	1.5～2.1
毎病 L/床・日	最大容量	100～200	30～50

6. 給水区画と給水圧力

給水設計は容量以外、「適切な水圧」にもポイントとなる。医療機関の水圧設定は建物の高さで給水ポイントに応じて計算し、過大な給水圧は機械設備の損傷を行ったり配管バルブの破裂となったりあることがある。一般的に給水圧力は 0.1～0.5Mpa 程度となり、病院では通常の給水（トイレ洗浄、一般民生生活など）と専門医療給水に分かれ、水圧の設定も各用途に応じ設計されている。

表 3-3-7：参考設計給水圧

タイプ	適応水圧		
医療機関	0.1～0.35Mpa(10m～35m)	一般診療 入院 厨房	ロビー トイレ
	0.35Mpa～(35m～)	手術室 洗浄	医療活動 特殊給水
一般建築 住宅 ホテル	0.05～0.5 Mpa(5m～50m)	ボイラ シャワー	通常蛇口 給湯

註 1 : 1Mpa = 1000 Kpa = 10Kgf/cm² = 100m （簡易: 1Mpa = 10Kg = 100m）

註 2 : 水圧は 0.03Mpa = 0.3kg/cm² = 3m 以上とする

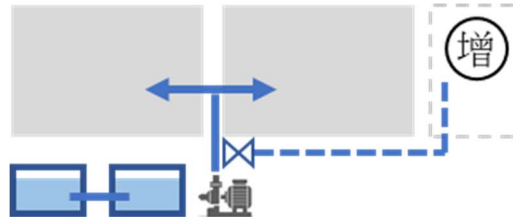


図 3-3-6：移動式給水計画

給水は配管クロス、逆流による汚染をしないよう計画工夫必要である、貯水タンク+給水加圧ポンプシステムとする。メリットは停水時、緊急時でもしばらく給水可能であること。ポンプの給水圧力設定は建物の高さ和使用計画に応じ設計する、一般的に重力方式とし、圧力不足エリアにブースターポンプを追加して、給水圧は 0.5Mpa 以下とする。

コンテナ医療室や移動式病院への給水システムは主に「移動式」、「組み立て」と「モジュール化」を設置ポイントとする。自由に容量増減できるように水槽は小型および直列接続方法とする。ポンプは低揚程大給水量仕様とし緊急供水を図る。

7. 排水計画と非感染対応

医療機関の排水は一般的な生活排水と「医療排水」である。医療排水は「検査排水」、「RI 放射線排水」、「汚染感染排水」、「透析排水」等あり、外部環境に悪影響しないよう排出には検査・管理を行う必要ある。病院の規模や医療専門分野の内容による排水量や含まれる有害物質が異なる。一般排水はロビー、トイレ、厨房、事務等生活排水となり下水道へ放流可能だが、医療排水は薬物、輻射、感染など汚染されている可能性があり、直放流には下水道環境に悪影響を与え二次感染を引き起こす可能性があるため、滅菌装置や外注滅菌処理を行う必要である。医療機関の排水種類は主に以下となる。

- (1) 検査系排水：検査室で使用されている薬品、検査剤、洗浄液により酸、アルカリ性の強い排水となり、金属やコンクリート、環境に有害であるため、中性処理にする必要がある。

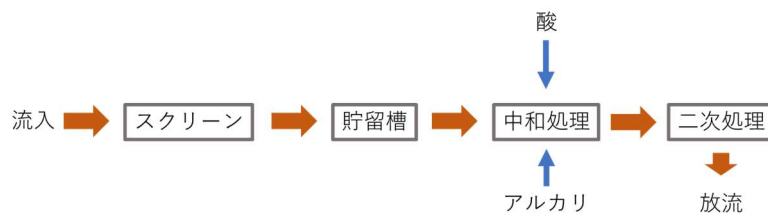


図 3-3-7：検査系排水

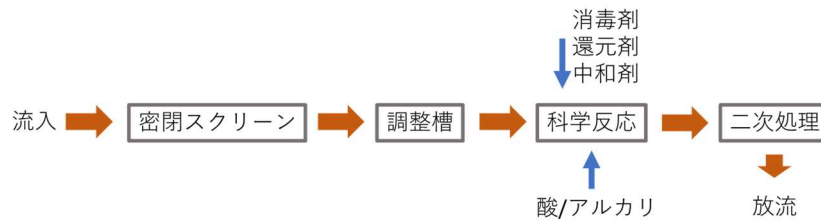


図 3-3-8：感染系排水

- (2) RI 放射排水：医療用放射汚染された排水である。放射性同位元素による線量が基準値を超えた排水となり、放射線管理区域、粒子治療センター等排水を対象とする。処理には時間減衰法および希釈法である、希釈は浄化槽→前置槽→貯留槽→希釈槽を經由して監視と排水する。
- (3) 透析排水：透析排水は腎不全の患者の治療排水となり、排水中にはタンパク質代謝産物である。尿素・尿酸・クレアチニン・カリウム・燐・および透析液に含まれている酢酸・ブドウ糖などの水質汚染物質が多量に含まれているためそのまま放流した場合、高濃度なBOD・COD成分で放流先が汚染されるため水処理設備必要となる。

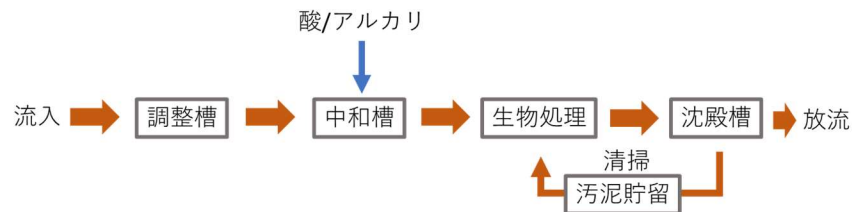


図 3-3-9：透析排水フロー

- (4) 厨房施設排水：和食、洋食、中華など調理により水質の変動が多く、BOD・SS 成分そして油脂分もたくさん含むため排水は有機物質の濃度が高く、油脂分多量ため排水処理必要となる。グリーストラップや生物処理方式等を現地状況により採用する。
- (5) 移動式医療サービスポイントは固定医療機関より少なく、機動性、移動性、迅速診断と組み立て易さ等要点を考慮して、排水設備システムと容量を最小ユニットとする。コンテナ建物を上げ、床下のスペースを利用しモジュール排水セット、タンク等を配置する。需要により滅菌装置も常備することで移動先の需要により組み合わせできるようにする。随時移動、組み合わせ、容量増減できるよう配管系統に可動バルブ等で計画している。

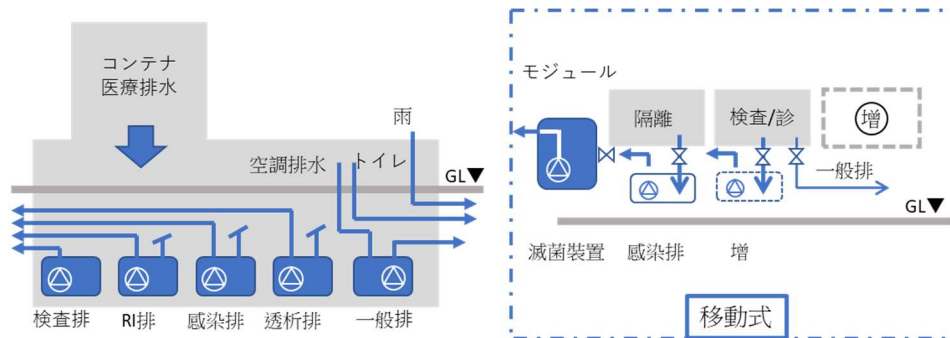


図 3-3-10：移動排水措置システム概念³²

3-4 医療室に関する基準換気量の選定に関する

安全衛生及び感染予防のため、医療空間の換気について世界保健機関、ASHRE（米国病院技術協会）、CDC 疾病対策予防センターなど世界衛生組織から室内の換気効率が感染症予防との関連性を強く示した。病室の換気量について下表にアメリカ・日本・台湾の設計換気基準量を纏めた表である。

表 3-4-1：感染予防により米日台換気計算基準参考

各国参考基準	アメリカ *1	日本 *2		台湾 *3
	計算基準一	計算基準二	計算基準三	
	m3/h 回/h x m3	m3/h・人 人員密度 x30	m3/h・m2 換気量 x m2	
新築、医療	12 回/h			
既設、医療	6 回/h			
門診	9 回/h			
廊下	0.4 回/h			
オフィス/銀行		0.2 人/m2	6 m3/m2	8 m3/m2
会議室		1.0 人/m2	30 m3/m2	10 m3/m2
商店		0.3 人/m2	9.1 m3/m2	15 m3/m2
レストラン等		1.0 人/m2	30 m3/m2	20 m3/m2
食堂		0.6 人/m2	20 m3/m2	25 m3/m2
宴会庁		1.2 人/m2	37.5 m3/m2	
ホテル、客室		0.1 人/m2	3 m3/m2	
住宅		1.0 人/m2	9 m3/m2	8 m3/m2
営業用厨房				60 m3/m2
浴室、更衣室 発電室配電室				10 m3/m2

³² 引用：潘振宇、2021、移動式醫護空間之設備系統雛形開發、p 44. 図 35 を再構築もの

浴室廁所				20 m ³ /m ²
車庫				25 m ³ /m ²

*1：CDC 疾病対策予防センター/ WHO 世界保健機関

*2：ビル管理法

*3：建築物各用途換気量規定

また、建築物環境衛生管理基準法の二酸化炭素の含有率は 1000 ppm を参考基準として、日本の国土交通省の建築設備設計基準は多数の人が集まる室には原則として第 1 種換気設備を設け、居室に在室人員一人当たり外気量 30m³/h とし或いは居室 0.5 回/h 以上とする。下表は二酸化炭素の含有率により、日本、台湾、アメリカの換気量参考基準を示す：

表 3-4-2：二酸化炭素の含有率によりアメリカ・日本・台湾の参考換気量

	アメリカ CDC 疾病対策 予防センター	日本 建築物環境衛生管理基準		台湾 建築物各用途 換気量規定
新築	12 回/h			
既存	6 回/h			
オフィス		0.2 人/m ²	30 m ³ /m ²	8 m ³ /m ²
会議室		1.0 人/m ²	30 m ³ /m ²	10 m ³ /m ²
住宅		1.0 人/m ²	9 m ³ /m ²	8 m ³ /m ²

更に、命にかかわる医療に関する詳細の換気・室圧設計参考基準に関して、日本医療福祉設備協会の病院設備設計ガイドライン（空調設備編）で細かく規定されている。換気条件は室内の使用条件と関連感染対策により要求清浄度と各最小風量などを決められている。下表を観ると、エリア室の用途により外気量と空調あり室内循環換気量及び室圧・フィルターは細かく決められている。

表 3-4-3：医療作業室により換気基準

目的	室 / エリア	外気量 回/h	室内空調循 環場回/h	室圧 P・E・N	フィルター
高度な 清浄度 要求	バイオクリーン手術 室	5		P	99.7%以上高 性
	易感染患者病室	2	15	P	
清浄要 求	一般手術室	3	15	P	99.7%以上高 性
準清浄	手術手洗いコーナー	2	6	P	95%以上高性

要求	NICU、ICU、CCU	2	6	P	
一般清 浄	一般病室	2	6	E	90%以上中性
	診察室	2	6	E	
	スタッフ、医療看護作 業エリア	2	6	P	
	救急	2	6	E	
	待合室	2	6	E	
	X線撮影室	2	6	E	
	検査室	2	6	E	
	回復室	2	6	E	
汚染区 域	RI管理区域	全排気	6	N	90%以上中性
	細菌、病理検査室	2	6	N	排気 HEPA
	隔離診療室		12	N	
拡散防 止	患者用便所	-	10以上	N	-
	汚物処理室	-	10以上	N	
	霊安室	-	10以上	N	
P 陽圧 E 等圧 N 陰圧 NICU：新生児集中治療室 ICU：集中治療室 CCU：冠疾患治療室（虚血性心疾患を中心とした）					

以上の換気参考基準はいずれも「固定建築」、所謂「建造物」に対する参考基準である。移動性・臨時性・機動性が重視するコンテナ施設には適応か不明確である。

本研究の対象となる医療用途コンテナは『移動、組み立て、簡易、迅速、応用』をターゲットにして、ユニット医療空間とした目的とするため、臨時建造物、臨時施設とは言え、最小限での安全、安心の医療従事者が執務できる空間と適宜な換気システムを計画することがメイン目標であり、室内用途は医療関連作業であるので、上記関連の参考換気・室圧基準値を妥当値とし、研究の基本設定条件として実物を開発して実証研究を行いながらコンテナに相応しい換気量及び室圧に関する条件を研究する。

ただし、移動性、施工迅速、災害臨時用、簡易医療作業場として実物面にも、コスト予算面などの考慮も欠かせなく、最低限必要となる換気システムと現実使用管理とのバランス設計、研究は本研究での中軸となっている。

第四章 実証開発及び設計説明

コンテナ医療施設の役割は緊急災害時には救助、治療支援等救援作業、通常時に健診、疎開地治療など巡回サービスを行う施設である。今世界的なパンデミックにおける病院はもちろん基本的な感染予防対策、リスク回避策は本来なら建築計画際に考慮されているはずが、しかし感染症病原体は目に見えないし種類や特徴も人類の生活に伴って変化していくため全ての感染ウイルスを把握、感染経路や予防法を病棟建つ際、完璧な予防動線、防護室、出入りルートなど計画は不可能である。感染症の種類第一章の表 1-2-1 から各国の感染症カテゴリに表したが 2019 年からの新型 covid 19 感染症内容と下表に再度纏め、参考する。

表 4-1：感染症指定種類別再整理

種類	項目
一類～五類感染症	エボラ出血熱、痘（とう）そう、重症急性呼吸器症候群（SARS ウイルス感染症）、鳥インフルエンザ、コレラ、A 型肝炎、麻疹等
新型インフルエンザ等感染症	新型インフルエンザ、 covid 19（註 1）

註 1：covid 19 新型コロナウイルス感染症は令和 3 年 2 月 13 日施行の感染症法の改正により「指定感染症」から「新型インフルエンザ等感染症」へ変更された

註 2：本表は株式会社明治、感染症の種類や特徴は？感染経路や予防法開設文を参考して加えたものである

註 3：一類～五類感染症の項目は一章の表の一部抜粋したもの

感染種類により対処法や検査、入院動線、治療エリアなどはそれぞれ違い、上記に記載しているのは把握されていた感染症類、感染ルート、病原体そして対抗するワクチン、治療法もあったため現在の生活にはそれ程大きなパンデミックにならないと考えられる。ただし、人類の生活習慣、技術進展、環境変化に伴い、昔から各種な感染症が不定期的に確認され、1980 年以後少なくとも 30 種類³³の感染症が発見され、2000 年後も SARS、高病原性鳥インフルエンザ、新たな結核など再び流行或いは 2019 年の新型コロナウイルス新興性感染症などは古代から今まで絶えずに人類の生活環境に脅威している。このため、日本のみではなく、世界各国でも常に感染症策を国民健康維持するよう重要な位置付けを明確で国民健康対策となっている、最新の知見に基づき、進歩的な科学を基礎として『予防・治療・蔓延防止』策を講じる必要がある。

³³ 厚生労働省、現代生活に伴う健康問題の解決に向けて、人類と感染症の歴史、
<https://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/04/dl/1-2.pdf>

本研究は予防・蔓延防止を題にして、感染リスクを病棟へ入る一歩手前、『阻止』という観点からウイルスを医療機関の外部でシャットダウンし、不明な感染リスクが一旦病院へ侵入してしまう場合は院内クラスター感染を引き起こす可能性が高いと思われるし、万が一、医療スタッフに感染させ、医療資源も麻痺させ医療機関自体の役割ができなくなり、社会に対して大きな損失になってしまう。病棟外部でのコンテナ医療施設の研究開発により、再び新たな未知感染症が発生したり、緊急災害発生するとき、有症者が任意で病院受診することがなく、外部特定な施設或いは医療コンテナ施設へ一時的収容、判断させ、簡易治療を行い、必要な判断を受けから入院させ、病院関連施設内での感染リスクを低下させることは確実にできる可能となる。2019 年末に発見された新型コロナウイルス COVID-19 感染病状、初期は頭痛、鼻水、のどの痛み、吐き気、めまい、味覚・嗅覚障害、発熱、倦怠感など典型的な風邪症状であり、または無症状の感染者数も多くて、潜伏期間は 1～14 日間³⁴。感染性について、発症する 2～3 日前より始まり、ウイルスの排出量は最も多く感染力も強く、所謂症状が出る前から発症直後の間に感染力が最も強い³⁵。初期では風邪か無症状など誤診判断により医療機関に入り込み、一般風邪感染者として治療を受け、ウイルスが院内で広がり、ロビー・問診室・廊下通路など患者・家族・一般医療従事者など知らずに交互感染、複数クロス感染により感染者数が急激に増え、更に病院以外での感染者は 2020 年初期から 4 月末までに僅か数が月で全世界約 200 万人感染され、治療を求めため医療機関へ駆け込み、治療病床・隔離病床・特定医療対応者を対応により医療資源、人力が低下或いは医療を崩壊させることとなった状況は現在（2022 年 2 月）でも実例ある。『医療崩壊』は明確な定義がなく、「患者が急増して病院が機能不全を起こした状態」を指すことであるが医療機関自身でも未知の感染者が検体検査を受けたため、保健医療機関でも感染リスクが入り込ませにより、本来医療システムの医療サービス供給できる能力や成果を生むことができなくなることは社会的に大の悪影響がある。そのため、未知なリスクを医療システム、保健医療機関から離れ、本来なら医療資源を正常に働かせことは本研究のターゲットであるエビデミック予防科学、急性呼吸器感染症の予防と制御対策に当たって、本研究では建築設備をガード、独立、応援移動及び組み合わせをメインコンセプトとし、医療専門家および建築設計者の協力を得て、「検体採取」、「医療ステーション」、「問診検査」及び「隔離治療」をセットとして組み合わせ式なコンテナ医療スペースの開発を目にして緊急災害、大規

³⁴ 確定した患者のうち 90%以上が 10～12 日以内に発症した、Lauer SA, et al:Ann Intern Med. 2020 Mar 10.

³⁵ He, X., Lau, E.H.Y., Wu, P. et al. Temporal dynamics in viral shedding and transmissibility of COVID-19. Nat Med (2020) .

模感染災害により大量患者が医療保健機関に駆け付けで医療機関の基本医療サービスの崩壊をさせないよう『移動式コンテナ医療施設』を計画する。

4-1 実寸 20 フィート医療用コンテナ開発概要述べ

初期、Phase I、快速検査ユニットを実現させ

2020 年世界的なパンデミックとなった COVID-19 での大流行に今後新たに感染症、新興性感染症に備え、医療用途としたコンテナの備える、関連設備システムに関する空調・換気・衛生など機械特性は基本的に病棟建設際に参考となった基準を持って計画基準となるが「柔軟性・拡張性・移動性・コスト」など機能を最優先させ、最小限必要な条件だけを装備し、迅速設置、低コストで最大の用途満足できるよう作業コンテナ空間を実現させることは最も大きな目標である。

医療用コンテナ空間を実現するため、課題となる「移動できる、寸法が決まったコンテナに医療従事者作業するスペース、冷暖房、給排水、電源や医療ガス等インフラの設備の収まる課題など」様々な現実面に関する基礎研究を行う必要であり、以前から世界的なパンデミックは何回もあった³⁶。しかし当時の医療技術、関連インフラ支援、関連医療サポートの選択、開発はまだ少なく、野戦病院、戦時軍用医療施設は既にあるため、特定用途に専用・救災に主な用途とした開発されたものであるため、今回 COVID-19 感染症に本格的「感染」を阻止とする主要目的から汎用・拡張・柔軟性等多様性、所謂防災・減災・感染対策・通常応用な支援施設が注目を集めている。

緊急時や災害直後の救助期間は短期間から中長期となる可能性ある。現地既存の医療機関の限られる医療資源を効率的運用するか、または緊急時期に大量な救急患者や感染患者の医療サービスをどう提供する等を普段では考慮すべきである。緊急時災害時に通常の医療資源、スタッフの消耗、医療出勤となってしまう、既存の医療機関には負担となる。

³⁶ インフルエンザ・パンデミックと考えられる流行の記録は 1800 年代ころからあり、パンデミックの発生が科学的に証明されているのは 1900 年ころからであり、20 世紀に入って以降、1918-19 年、1957-58 年、1968-69 年と 3 回のパンデミックが記録されている。出典:IDSS 国立感染研究所、感染情報センター、インフルエンザ・パンデミックに関する Q&A (nih.go.jp)

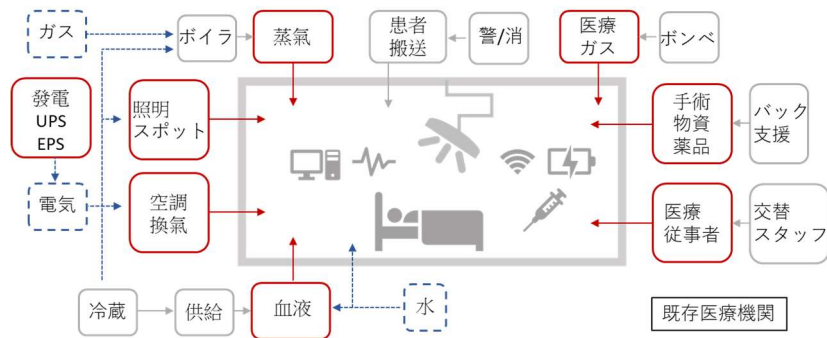


図 4-1-1：既存医療機関は緊急災害時での支援フロー

既存の医療機関は固定設備、空調・換気設備、非常灯設備、給水設備などで普段の医療サービスを維持ができる。ただし、緊急災害や慢性的な長期災害の場合は不明多数の感染や感染リスク対応により既存の医療空間や医療資源が徐々に奪われ、最終的医療資源無くなりか或いは医療崩壊となってしまう。そのため移動式医療ステーションの設置が必要とされている。移動性の医療ステーションは完備な医療設備を装着必要はないが、最小限救助に当たって緊急治療或いは緊急対応に医療関連装備が必要である。例えば大規模感染地域には初期無症候→検査→実験→問診→初期治療→簡易隔離治療等処理行為を備えあれば、緊急時期での既存医療機関の医療空間不足懸念は減少となるのではと考える。

移動式医療機器システムは主に小容量・移動式であり、医療行動に応じて自由に組み立て、一般災害や長期化災害に対応できるシステムである。最も役に立つのが災害発生時に突然大量な急患が医療機関へ入り込みによる通常の医療サービスと医療資源を薄めるか麻痺させることを回避できる。緊急時応用以外、省エネルギーの観点から普段にもインフルエンザ検査、研究、および地域サポートにユニット空間をレンタルできれば、非常時・通常時でも資源相互利用が可能とする。

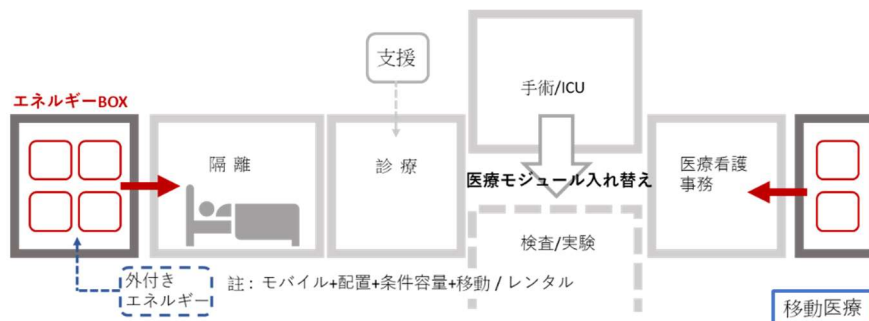


図 4-1-2：レンタルユニット+入れ替わる概念（左右はエネルギー供給）³⁷

³⁷ 引用：潘振宇、2021、移動式醫護空間之設備系統雛形開發、p 48. 図 39.40 を再構築もの

設計・開発は、初期・中期・完成に分かれており、完成版の医療スペースには検査・診断診療・簡易治療、実験分析・収容治療或いは隔離治療等セクションが含まれる。ただし、現状の緊急性と研究主対象を考慮して、臨時性・移動性そして医療者の安全空間を実現するため、初期のユニット医療コンテナ (Container Medical Unit)は陽圧仕様・気流調節可能な室内環境仕様と設定しており、コンテナ内で確認、判断・PCR検査・レントゲン撮影が可能である。今後現場の実際需要を確認した上、二段階目以後の研究開発を行う。

本研究は『医療従事者を守る』をはじめ病棟外での感染阻止を最大目的として既存医療機関外でのコンテナ施設を利用して外来受付、陰圧・陽圧医療作業空間、自由移動支援、感染源の拡散防止、緊急時に素早く設置、通常時多彩化応用可能等について実質開発を兼ねて研究を行う。

(1) 開発必要性

医療施設の役割は通常時の治療と検査サービスを提供し、緊急災害時には救助、治療応援等救援作業を支える施設である。病院では基本的な感染予防対策、リスク回避動線等を院内でも計画されているが感染種類、ルート、対処などを全て把握した上で入院させ、緊急災害時でも決めた救助ルートで治療サービスを計っている。所謂対策した上救難、感染リスク患者を受け入り、必要な医療スタッフ配置と感染リスク避け、隔離エリア等が常に準備できている。

ただし、未知の感染や新たな感染症の出る場合、しかも感染者数も不明時に目に見えない病原体が一旦病院へ侵入してしまう場合は院内クラスター感染を引き起こす可能性が高いと思われるし、万が一、医療スタッフに感染させ、医療資源も麻痺させ医療機関自体の役割ができなくなり、社会に対して大きな損失になってしまう。したがって、本研究は医療機関を保護する目的として、新たな未知感染症が発生したり、緊急災害発生するとき、多量な患者が一気に病院に殺到することはなく、外部で一時的収容、判断させ、簡易治療を行い、必要な判断を受け入院して本治療を受けという院外感染ブロック対策を施す。

世界的なパンデミック (COVID-19) で、2020 から 2022 年末までに、世界中で感染者数は約 3 億に近く、死亡者数は 550 万人まで³⁸登ってしまった。この新興性、病原体不明な初期、検査・治療・感染・隔離など大勢な受検者を医療機関

³⁸ 新型コロナウイルス感染症(COVID-19)統計情報、2022/1月時点、Coronavirus Pandemic (COVID-19) – the data

へ入り込み、通常より医療機関内の感染リスクを高まり、この影響で一般医療サービス、医療資源、人力、院内相互感染（クラスター）状況が発生してしまい、大半の医療機関は医療資源薄、医療崩壊となる問題は深刻であった。以上の問題から、医療リスクやトリアージスクリーニングを検討し、リスク高いエリアを病棟から分離し、外部から未知の感染源をしっかりと病院外部で阻止し、本院の通常業務に影響をさせないようにする。入院治療必要のみを入院させ、本来なら機能発揮できる医療サービスを守ることは最も重要策となるようにしている。

感染防止及び医療支援と科学技術を融合して、20 フィートコンテナを基本枠にして、現場に必要な医療技術と適切な設備容量を合致してコンテナに搭載させ、「短期間大量検体採取」を今期研究開発体。「簡易検査」、「支援性医療ステーション」、「研究分析」、「治療」、「隔離」「エネルギーBOX」など用途別開発は今後の需要により順番的に開発及び研究を行う、今後新たな新興性感染症、突発的災害支援などに応用可能な施設計画参考できればと思う。



図 4-1-3：未知感染者は一般治療者と同時に院内で活動により相互感染リスク高

(2) 先行ユニットコンテナ開発

感染対策に医療機関外部での「検体採集・簡易検査」、「支援性医療ステーション」、「研究分析」、「治療」、「隔離」「エネルギーBOX」など用途別のユニット開発は支援・急用性により順次開発する予定であるが現在最も優先度高いのが「検体採集・簡易検査」ユニットである。2020年～2022年間に、台湾を含む世界の国々は類似な医療コンテナが続々開発され、現状は主に短期間で大量な検体採取、簡易収容のため作られた施設は殆どであった。こういう医療用コンテナの室内品質、計画基準、室内温熱に関しては、特に予防医療、建築、エネルギー供給、設備システム、空調換気などインフラ的な支持はまた整えていなく、更に簡易式そして移動できるような医療コンテナについての設置基準も明確参考できるもの

は今現在まだないため、研究も含め、実験及び現場医療従事者に使用できるようなユニット空間、短時間で大量検体採集できるコンテナを開発した。

開発スケジュールは Phase I～III 三段階あるが、本研究の対象は主に Phase I の単体コンテナをモデルして、室内換気・室圧に関する研究である。Phase II と III は今後の研究進捗・感染状況と実際医療需要により開発を予定する。Phase II と III の計画内容は第三章のコンテナユニット構想を参照する。

設備システムの基本形は『ユニット BOX』を原単位とし、20 フィートコンテナサイズに合わせ設備容量と組み合わせ出来る計画を考慮している。基本の医療従事者使用する室内と患者収容をするスペース以外、インフラ的な空調・換気・給水・排水・電気・医療ガスなどシステムは全てコンテナユニットで計画され、一基コンテナの最大荷重も考慮しながら主に陸上移動できることをメイン計画とする（もちろん海運・航空便でも可能）、下図は設備インフラの構想イメージであった。

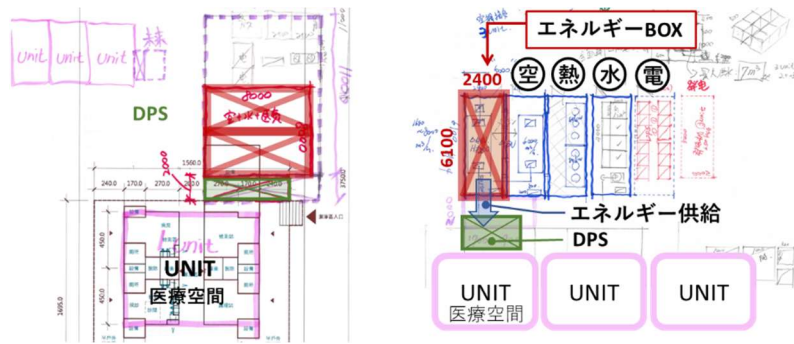


図 4-1-4:設備系統概念原型 - UNIT 定量性³⁹

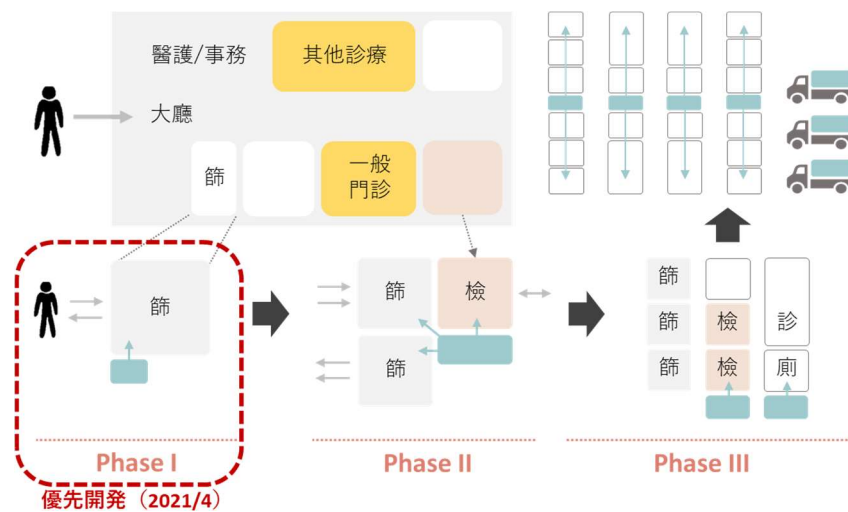


図 4-1-5:移動病院概念 - 独立・移動・拡張


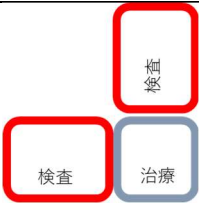

³⁹ 引用：潘振宇、2021、移動式醫護空間之設備系統雛形開發、p 51. 図 43

(3) 医療コンテナにおける想定空間及び換気量

コンテナ室の室内寸法は約 6.1 x 2.3 x H2.3mとなる、用途は使用時期（一、二、三期目）により多様な構成となる。医療作業構成は問診→病原体採集→検査→初期治療→隔離治療（入所）との基本スペースを構成となる。移動、自由に組み合わせ、容量増減、設備管理簡易化、そして実践運用、患者・医療従事者が使用しながらコンテナ医療の構成を調整するに合わせプロジェクト計画は1～3期目を分け建設する。

下表はコンテナ医療空間の建設時期に合わせ室内空間の換気量設定と室内圧力及び空調システムである。換気に関する基準が無いため、換気回数と室圧設定基準は上記に述べた病院建築の換気設計基準値を妥当値として、コンテナの設計換気量と室圧基準目標とする。

表 4-1-1：コンテナ医療空間の構成と実物開発順

	一期目	二期目	三期目
空間構成			
主用途	検体採集ため 室内は医療者のみ	検体採集+治療	検体採集+治療 検査+隔離
室圧設定	P (+2.0Pa) *1	P+E *2	P+E *2
換気方式 ⁴⁰	第二種	第二種/三種	第二種/三種
空調方式	個別	個別	個別+ユニット BOX
換 気 量 *3			
	外気量 2 回/h 以上	外気量 2 回/h 以上	疑：外気量 2 回/h 以上 隔離：6 回/h 以上
	一人当たり外気量 30m ³ /h 以上	一人当たり外気量 30m ³ /h 以上	一人当たり外気量 30m ³ /h 以上

*1：ユニットコンテナは臨時施設とし、そして健康者や医療作業者に使われるため、医療施設エリア内最も基準的なナースエリア陽圧基準+2.0～2.5Paを研究基準とする。

*2：P 陽圧 E 等圧 N 陰圧

*3：比較し、多い値を採用

⁴⁰ 換気種類：第一種、機械給気+機械排気
第三種、自然給気+機械排気

第二種、機械給気+自然排気

一期目の単体コンテナの室内用途は感染リスクある病原体を採集する作業と X 線撮影をする。採取した病原体の検査分析作業は無し、室内にいるのは医療従事者のみ、受検者や患者が外部開放エリアにて採取作業を待つという計画である。医療関係者は患者と直接触れ合うこと無く、より安全医療作業を実現するにより軽装な防護服を着用のみで作業できると作業効率の向上をはかると計画している。

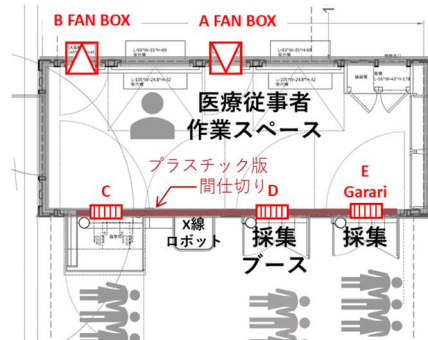


図 4-1-6：コンテナ医療スペース 換気計画

室内は医療関係者のみであるため室内圧は陽圧と等圧に設定し、換気量計画は外気量 2 回/h 以上と一人当たり外気量 30m³/h 以上を比較して多い値を採用することである。建築構造は移動便利、施工・入手しやすいコンテナを基本型として、設備機械も調達便利、組み合わせ容易、系統簡略化、操作便利を目標として現地調達しやすい小型 DC 直流換気扇、簡易フィルター（実験のため、高性能フィルター常備）、簡易手動ガラリなどを BOX 枠で纏まった FAN BOX となることとする。



図 4-1-7：換気ファンと交代用フィルター

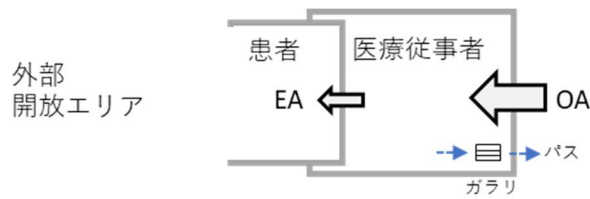


図 4-1-8：換気ルート計画

一期目、検体採集コンテナを実物化にする。2021年中（4月頃）、各国のコロナ感染と医療資源悪化により、まず一期目、検体採集ステーション（コンテナ）を実現させ、検体採集機能以外、医療支援、研究場所にも使用可能とする。支援用は実際の検体採集作業場として室内陽圧、換気システム、空調計画、操作監視システム、将来対応計画及び非接触採集パネル等計画ポイントを纏まったコンテナスペースを完成させる一方、二期目、三期目の事前研究、設計の見直し・改善・拡張性確認等を目的とし、研究実験場としても使用する。一期目主な研究作業は現地医療作業の需要により検体採取 + X線撮り。室内は主に医療従事者が在室作業とする空間、室外は検査採取を受け方の待合場所。

- 本研究中軸項目は：
1. 室圧テスト
 2. 簡易換気設備効果
 3. 換気回数実験

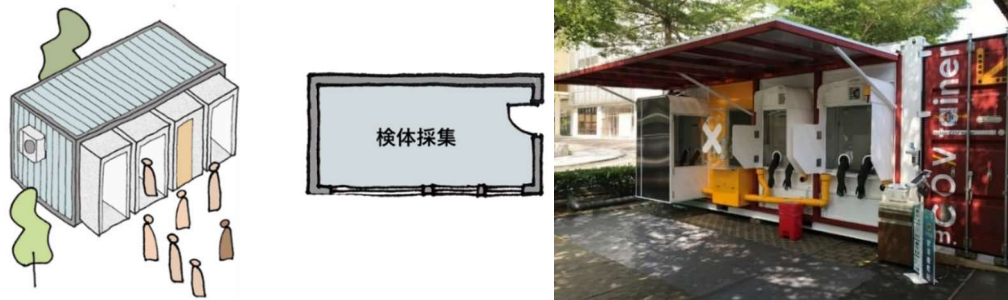


図 4-1-9：台湾台南、2021/5/14 完成⁴¹

一期目医療コンテナ主な役割は『迅速設置・大量検体採取・移動・組み立て容易』との目標であり、プロジェクトを実現するには日本・台湾・アメリカなど各国のCDC⁴²に記載されている陽圧・陰圧室に関する参考しながら、**医療従事者を安全確保すること**を大前提として通常時陽圧仕様できるコンテナを開発して、実検体採取作業兼研究実測空間とするプログラムである。本研究及び実物開発は台湾の科技部（文部科学省相当）の

⁴¹ 引用：潘振宇、2021、移動式醫護空間之設備系統雛形開發、p 102. 図 79 を再構築もの

⁴² CDC: 疾病予防管理センターの英語略（Center for Disease Control and Prevention）

科学研究費助成事業により行われた研究であった、研究成果の実用性は台湾のみではなく、今後新興感染症に当たり感染症対策強化の一環、そして世界中どこにでも入手できるコンテナの転用実例として参考できる設置方針を目的とした。



図 4-1-10：コンテナ正面、左：X線コーナー・右：検体採取コーナー



図 4-1-11：A:X線照射部屋 B：コンテナ後面 C:検体採集パネル
D:コンテナ室内 D：室内移動式 X 射線機

4-2 実物開発及び研究にあたり設定条件

『迅速、大量検体採集と安全な医療作業空間』を一期目の計画ポイントである。分離分流通検体採集を目標、感染阻止のため受検者と採取者を分類、分流する措置を実施して

いる。最大ポイントは感染源を遮断によりクロス感染阻止。感染症状がある、疑わしい症状者には通常の感染対策で阻止できるが、無症状者がいるので、無差別同様に医療保健機関に入らせ機関内相互感染してしまう、対策としては『感染リスクを離隔距離取り・分離・分流』する措置を実施する。

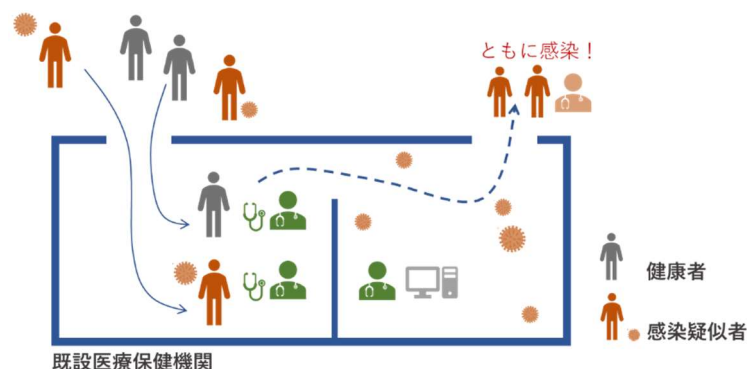


図 4-2-1：一般患者、疑わしい症状患者が同室検査、採取

災害救助、感染症流行では感染拡大を防止する作業を行う医療従事者、職員等は医療活動中に空間防御的な配慮欠陥により医療従事者、職員まで傷害、感染させ或いは感染リスクある環境に堕ちさせるのが多大の社会損失となるため、リスクの遮断と医療従事者の保護を徹底する必要。

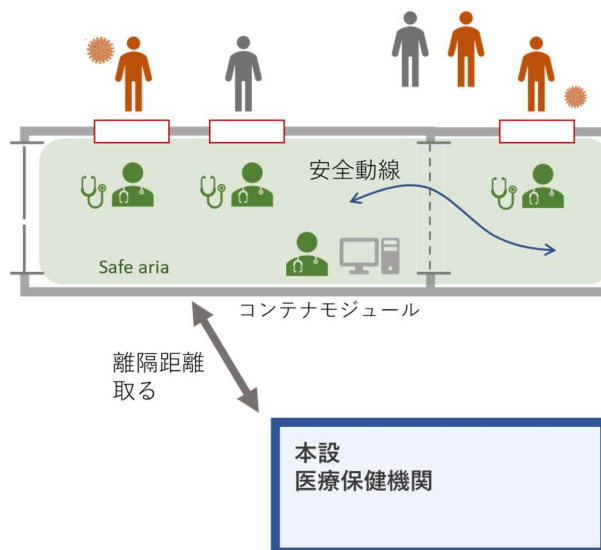


図 4-2-2：離隔距離取り・分離・分流措置

(1) コンテナ医療空間構成計画について

本研究の実物研究開発は一期目の換気システムを中心として論じ、実践検体採取作業を観察しながら、室内温熱環境、CO2 濃度、室圧及び単独コンテナスペースとして、感染症流行時に支援性、通常時の汎用性に関する研究テーマとなる。

一期目の単体コンテナの室内用途は検体を採集する作業と X 線撮影（病原体検査分析作業無し）との設定をしている、室内にいるのは医療関係者のみ、受検者や患者が外部開放エリアで採取作業を待つという計画である。医療関係者は患者と直接接点無しにより安全医療作業を実現すると軽装な防護服を着用で作業できるとスタッフの作業効率を向上させる計画している。

(2) 単独医療コンテナの換気計画について

換気計画について、コンテナを接続できるように、左右サイドには換気設備等機械設備を付けずに設定する。換気計画ルートは一方向と考え、OA は清浄エリアから取り入れ、排気は汚染リスク恐れがある被採取者いるエリアへ排出する。メリットは動線サービス、換気ルートをハッキリ決め、全体配置しやすくなるためである。

実際運用と実験できるように、換気システムのバリエーションが多くするよう計画している。選択 I は清浄エリアから OA を取り入れ、排気 EA は検体採取を待つ患者がいるエリアへの一方向排気方式であり、医療者いる空間から排気は一般居室の排気と同質であるため感染リスク無し排気として排気できると思われる、一方、医療者がいる空調された室内空気と交え、低温となる排気 EA は少しでも外にいる採取を待つ患者に冷風効果を与えられると計画している。選択 II は外部風が強く、逆流により汚染物が室内へ入込み可能性あるとき、採取面の排気 EA を閉じ、給気 OA 面に排気ガラリを設置し排気とする。これが感染リスク回避と考えられる、ただし、コンテナの長さ制限は 6m であるため給排気離隔距離は十分捉えられなく給排気ショートカット、換気効率が悪くなる可能性ある。

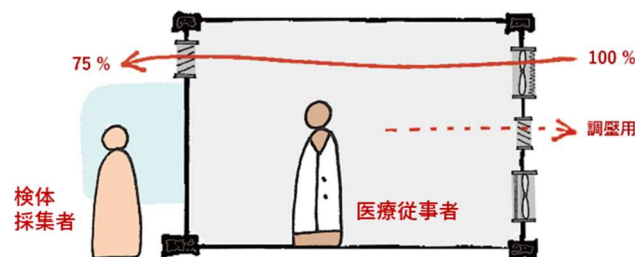


図 4-2-3：一方通行換気計画

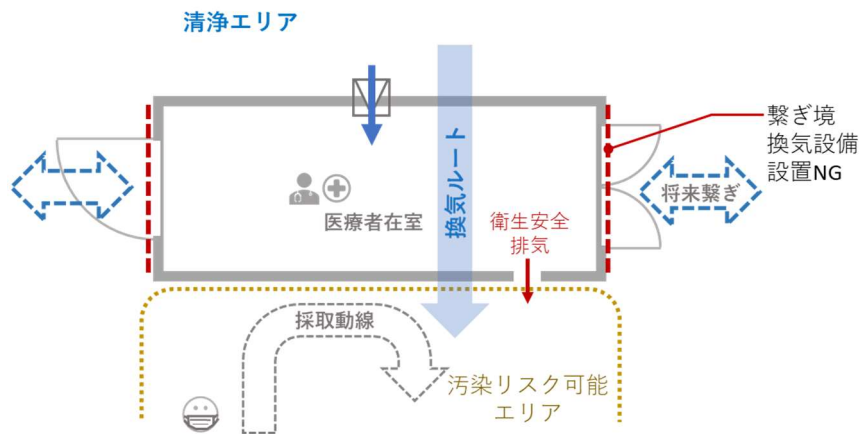


図 4-2-4：換気ルート計画概念

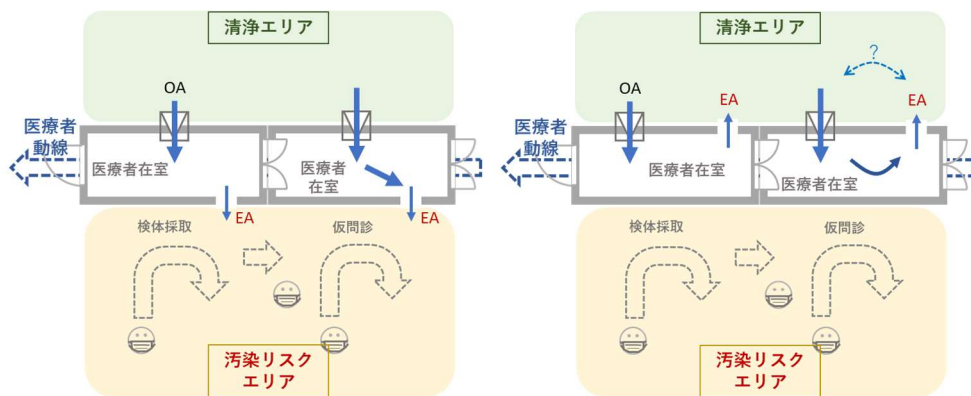


図 4-2-5：(左) 選択Ⅰ一方向換気、(右) 選択Ⅱ同サイド換気

室内は医療関係者のみであるため室内圧は陽圧～等圧に設定し、換気量計画は外気量 2 回/h 以上と一人当たり外気量 30m³/h 以上を比較して多い値を採用する。建築構造は移動便利、施工・入手し易いコンテナを基本型として、設備機械も調達便利、組み合わせ容易、系統簡略化、操作便利を目標として現地調達しやすい小型 DC 直流換気扇、簡易フィルター（場合により高性能フィルター常備）、簡易手動ガラリなどを BOX 枠で纏まった FAN BOX となること。





図 4-2-6：換気ファンと交代用フィルター



図 4-2-7：調達し易い一般換気扇換気扇（左）小風量換気扇、（右）部屋換気扇
現地の家電量販店での売り物⁴³

表 4-2-1：換気設計条件

空間	人員密度 人/m ²	外気量		換気種類	室内圧
		m ³ /h	回/h		
医務員空間	0.3	30	2 以上	2 種	陽圧
実験*	-	-	4~8 以上	2 種/3 種	陽圧/陰圧

*：通常使用以外、換気効率、換気量と室内温湿度検討、簡易ファンによる室圧検討など
実験ため、風量可変と FAN BOX の位置変更できるようにする

換気システム設計について、医療スタッフを守るため室内圧は陽圧～等圧にする。一方、『移動性・現地調達しやすい』設備を設計意図であるため静圧性能を持つ有圧ファン、ラインファン、シロッコ等は設置場所による必ず調達、加工できるわけもなく、または、コンテナ室内の気積容量からファンの必要風量を計算

⁴³ 引用：潘振宇、2021、移動式醫護空間之設備系統雛形開發、p 140. 図 122 を再構築もの

してみると 2 回換気場合は 63.5m³/h (6 x 2.3 x H2.3m x 2 回/h = 63.48)、6 回/h にでも 190.4m³/h しかなく、入手しやすくそして小風量な換気ファンは静圧能力が低いパイプファンは一般的なものがファン前後ガラリ付き、室内目標圧最小 2.5pa 以上、プレフィルター、中性能フィルターという条件を設定して試算した静圧は 2 回/h 換気条件の 64m³/h ファンの必要静圧は 90Pa 以上必要、6 回/h 条件の 190m³/h ファンに試して中性能フィルターを入れ替わり試算した必要静圧は 150 Pa 以上必要となる。いずれも一般の市販換気扇（三菱換気パイプファン）の静圧は不足していることが分かった。

表 4-2-2：給気ファン静圧試算

系統名		給気ファン				給気ファン			
種別		OA				OA			
風量		64		m ³ /h		190		m ³ /h	
		1.1		m ³ /min		3.2		m ³ /min	
摩擦抵抗		Pa/m				Pa/m			
ダクト	直管		m	Pa/m	Pa		m	Pa/m	Pa
損失	曲管		m	Pa/m	Pa		m	Pa/m	Pa
	VD, MD		ヶ	30 Pa/ヶ	Pa		ヶ	30 Pa/ヶ	Pa
	FD, SFD		ヶ	30 Pa/ヶ	Pa		ヶ	30 Pa/ヶ	Pa
ダンパ	CD, PD		ヶ	20 Pa/ヶ	Pa		ヶ	20 Pa/ヶ	Pa
損失	VAV,CAV		ヶ	30 Pa/ヶ	Pa		ヶ	30 Pa/ヶ	Pa
機器類	消音エルボ		ヶ	30 Pa/ヶ	Pa		ヶ	30 Pa/ヶ	Pa
	吹出口		ヶ	15 Pa/ヶ	Pa		ヶ	15 Pa/ヶ	Pa
	チャンバー		ヶ	40 Pa/ヶ	Pa		ヶ	40 Pa/ヶ	Pa
	ガラリ	2	ヶ	30 Pa/ヶ	60 Pa	2	ヶ	30 Pa/ヶ	60 Pa
	VC		ヶ	20 Pa/ヶ	Pa		ヶ	20 Pa/ヶ	Pa
	室内必要 差圧				2.5 Pa				2.5 Pa
	機外抵抗				62.5 Pa				62.5 Pa
	エアフィルタ (または防虫ネット)	1	ヶ	15 Pa/ヶ	15 Pa		ヶ	15 Pa/ヶ	Pa
	エアフィルタ (中性能)		ヶ	65 Pa/ヶ	Pa	1	ヶ	65 Pa/ヶ	65 Pa
	エアフィルタ (HEPA級)		ヶ	265 Pa/ヶ	Pa		ヶ	265 Pa/ヶ	Pa
	コイル		ヶ	Pa/ヶ	Pa		ヶ	Pa/ヶ	Pa
	エミネータ		ヶ	Pa/ヶ	Pa		ヶ	Pa/ヶ	Pa
	チャンバー		ヶ	Pa/ヶ	Pa		ヶ	Pa/ヶ	Pa
	小計				15 Pa				65 Pa
全静圧	安全率	77.5		10 %	8 Pa	127.5		10 %	13 Pa
	合計				85.5 Pa				140.5 Pa
	選定値				90 Pa				150 Pa
機外静圧	静圧	62.5	Pa	10 %	7 Pa	62.5	Pa	10 %	7 Pa
	選定値				69.5 Pa				69.5 Pa
ファン	風量			64	m ³ /h			190	m ³ /h
選定	静圧			90	Pa			150	Pa
	動力			0.0040	kW			0.0192	kW

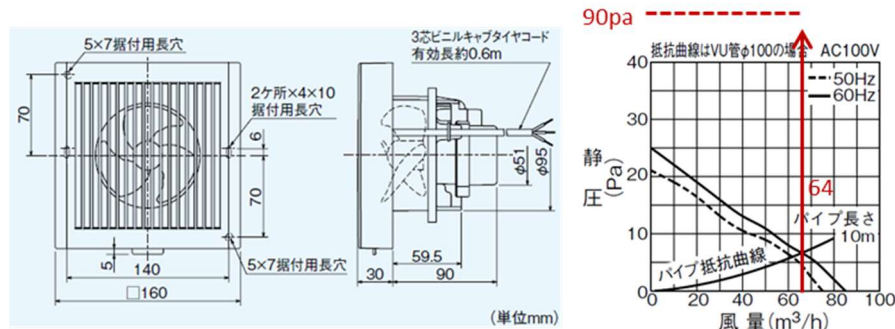


図 4-2-8：パイプファン仕様 三菱換気扇を参考⁴⁴

圧力管理に関しては、「気流管理」・「室圧管理」による 2 通りの方法ある。気流管理は一方通行を原則して給排気制気口位置、室内密閉性、制気口面風速等の設定に配慮する。室圧管理は室圧メーターケーシング、微差圧計（アナログ式、デジタル式あり）を設置して室圧を常時監視、把握する。または必要な時に室圧メーターケーシングをもちながら異なる室の室圧を計測する。下表は日本と台湾の陽圧施設に関する室圧目標値であり、台湾は IT クリーンルーム等製造業に室間の室圧目標⁴⁵があるが医療施設には「負圧室」に対して参考資料ある⁴⁶が陽圧に関して参考設定はあまり記載していないため（一部説明あり、下表）、日本の病院設備設計ガイドラインを参考しながら下記の陽圧に関する設定参考値を纏めた。

表 4-2-3：室圧管理目標 病院設備設計ガイドライン、空調設備編（日本）

用途	室圧管理目標値	備考
手術室等	+ 2.5 Pa	コンテナ治療室 *1
防御環境 PE	+ 2.5～8.0 Pa	コンテナ採集室 *2
空気感染隔離	- 2.5 Pa	コンテナ隔離室 *3

*1：ASHRAE Standard

*2:「防御環境 PE protective environment」: 集中治療室などの清潔領域への入室に際して、履物交換と個人用防御具着用を常時実施する必要はない。

防御 PE 室は+8.0 Pa 望ましい

*3: CDC 推薦

⁴⁴ 引用：潘振宇、2021、移動式醫護空間之設備系統雛形開發、p 145. 図 125 を再構築もの

⁴⁵ 清潔室と近隣室の室圧差は 13Pa 以上、無塵室、薬品生産質量管理規範

⁴⁶ 行政院衛生署疾病管制局、負壓隔離病房作業參考手冊

表 4-2-4：室圧計画参考、行政院衛生署疾病管制局（台湾）

類似用途	室圧管理目標値	備考	
医療従事者清浄エリア	+ 8.0 Pa～	コンテナ採集室	*4
清浄廊下→病室	+ 2.0 Pa～	コンテナ採集室～室外	*5

*4：気圧級設定、8Pa の気圧設定は明らかな室圧環境を確保可能
 *5:陰圧以外部屋に、異なるエリア（部屋）を渡ることにより 2Pa 圧力を維持することが望ましい

本研究一期目の実践対象、「関連医療従事者」に安心・安全そして快適な医務作業空間を創造するため、陽圧医療コンテナ仕様と設定する。システムの特徴は空調、換気回数、室圧の組み合わせで安全、安心管理が行える計画とする。

小風量換気ファン、静圧不足課題に気流の流れをコントロールし、換気量バランスを調整しながら最小室圧を実現するよう計画する。室内圧の管理は気流管理と圧力管理である；

1. 気流管理

気流管理は設定開口、扉窓の隙間風方向をスモークテスター（煙管）等による確認する、コンテナ室内の風方向は図のように OA と EA ファンを設置し気流をコントロールすること、換気ファン・ガラリ開口以外、扉、間仕切り周辺の隙間を塞ぐ必要がある。

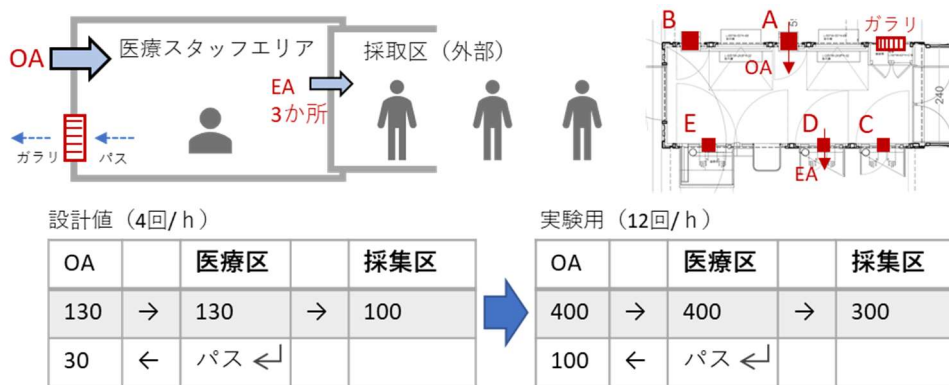
2. 圧力管理

小風量低静圧の一般市販換気扇を使用するため、最小医療スタッフ人員数の一人当たり 30m³/h 以上と OA 外気量 2 回/h 以上を比較して多い値を採用する、医療スタッフ室は同時に 4 人入室を想定して必要換気量は 120m³/h であり、2 回/h 換気量を計算ですと約 65m³/h となるため、必要換気量は 120m³/h 以上とする。ただし、換気ファン自身の静圧能力低いため室内の密閉性に合わせ、風量増減と給排気バランス、換気扇外形を調整しながら室内微陽圧環境を実現させること（場合により陰圧の実現も可能）。



図 4-2-9：気流コントロール + 風量バランス調整

必要換気量 (OA) 120m³/h は約 3.7 回/h (120m³/h ÷ コンテナ容積 6.1 x 2.3 x H2.3m) であり、排気量 EA は 120m³/h より小さく設定すれば余分風量で室圧を高めるはずが使用する給気扇自体の静圧能力が低くため室圧設定値まで圧力が出ない可能性があるのもより多くの換気量、4 回、6 回、8 回以上と調圧、排圧できるガラリを設置しておく。ガラリサイズは 300x150mm、有効開口率 60% とし、面風速 1m/s 場合はパス風量 100m³/h、面風速 2m/s 場合は風量が 200m³/h 等を推測していく。以下は設計風量と実験用可変風量の範囲を示す、パス用ガラリを絞りによる室圧の調整を図る。A はメイン給気 OA ファンであり、新鮮空気を医療スタッフいるエリアへ給気とする、CDE は清浄な室内空気を採取区 (外部) へ排出する EA ファン (分散排気するか纏め一か所排気を実際ブース使用状況により判断)、B は CDE ファンを運転停止する時、排気ファン機能として補助運転する。



註：パスガラリの絞りより室圧調整すること

図 4-2-10：設計風量と実験用変動風量

下表は各ファンの詳細風量を示す、基本的、A ファンは CDE ファンとセットして稼働する、各ファンはインバーター仕様で風量の調整とエアバランスをとること、B ファンは採取エリアから強い逆風或いは台風等で外部空気が医療スタッフエリアへ逆流しないよう CDE を閉じ、B ファンを稼働して室内換気機能を維持するためである。

表 4-2-5：換気ファン風量詳細設定

項目	風量設定 回/h	m ³ /h		EA*2	風量設定
A ファン OA*1	2	65	→	C	0~100%
	4	130		D	
	6	200		E	
	8	260			
	12	390			
	15	490			
B ファン EA	65~480m ³ /h *3				

*1：A ファンは DC 直流仕様とし、2~15 回/h 可変風量

*2CDE 排気ファンは A ファン風量に合わせ可能範囲を調整する

*3B ファンは実験条件により稼働、風量範囲は A ファンと同様

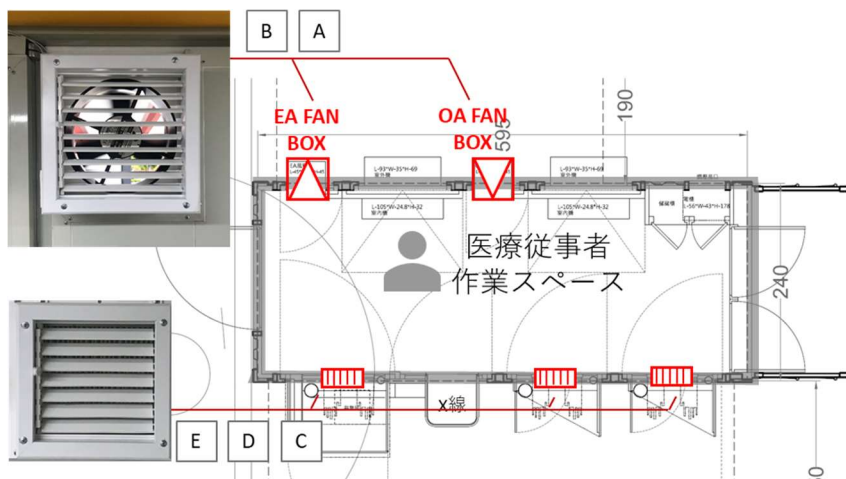


図 4-2-11：換気扇・ガラリ様子⁴⁷



図 4-2-12：デジタル式マノメーターケージ（微差圧計）

⁴⁷ ファン・ガラリ設置高さについて、室内医療者の作業範囲に合わせ、検体採集作業を妨げないように、高さ 1.8m 程度に設置する

4-3 一期目の施工説明及び簡易換気設備計画説明

ユニットを複数利用場合、繋ぎにより陽圧必要な空間同士が大面積エリア或いは用途別部屋を混在する計画ができること、例えば同じく検体採取ユニットが空港、港にて運送スケジュールに合わせ短時間大量の検体を採取する業務場合、拡大の陽圧ユニット計画が対応できる。単体ユニット場合は換気ファンを露出設置であるがユニット繋ぎにより給気ルート、静圧を確保するため、ダクト設備を追加する。

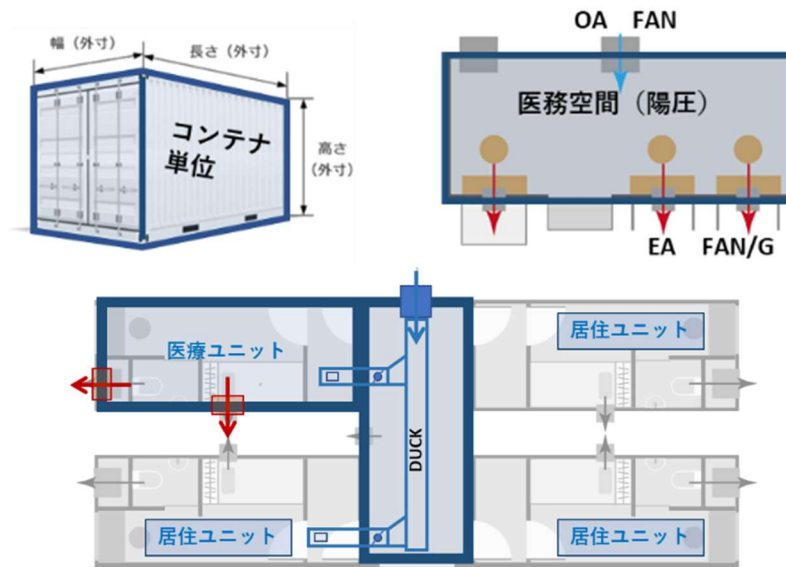


図 4-3-1：ダクト設備により、規模拡張概念

大規模コンテナターミナルの配置方式⁴⁸と設備施工順により最短・最適施工使用計画を配慮する。搬入搬出と繋ぎ作業、設備装着のために作業場、物質搬入、クレーン範囲を事前計画する必要、建設、設備付け工事と使用開始時期（下図 T1～3）と撤収、再建設ルートの配慮が欠かせない。

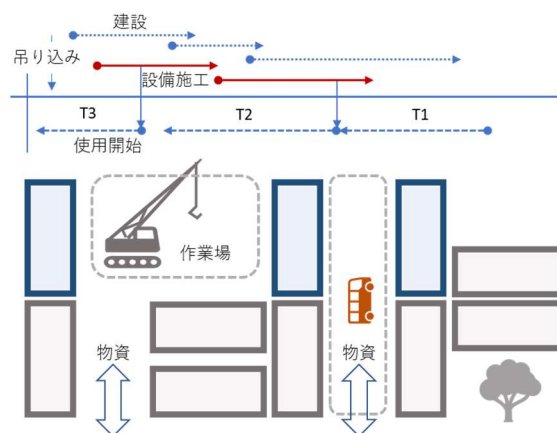


図 4-3-2：設置工期と使用時期

⁴⁸ 参考：西村悦子ら、荷役方式によるコンテナ最適配置への影響

(1) 自動制御計画

医療コンテナに付ける設備システムの設計要点は、システムのシンプルさ、操作の利便性及び安全衛生的な室内環境を維持する。接触による感染リスクを減らすために、すべての機械設備を自動制御でコントロールとする。接触により感染機会を減らす以外、各設備を操作する煩雑性もなくなり、事前に設定した上でエネルギーデータ完全把握と省エネを図る。

小型移動式コンテナのため、設備は小容量、そして現地調達しやすい組み立て容易であるもの。室内環境条件の温湿度適切維持、換気必要、医療従事者を守るため室内圧力を等圧～微陽圧必要（外部空気入れないよう）、エネルギーを把握する等、基本は全て機械設備をコントロール必要であるため、AC 空調機、ファン Box、室内監視カメラ、室内外温湿度計、室圧メーターケースを PLC 制御盤で自動・手動を選択できるようにした。建築容量はコンテナサイズを基準にて各設備は小容量となることが実際の医療運営と計画実験を両立しながらファン BOX は 5 つ、AC 空調機 2 台、監視カメラ 1 台、室圧メーターケース 1 台、温湿度 2 台（室内外）、CO₂ 計測 1 台と各ファン BOX 用フィルターである。

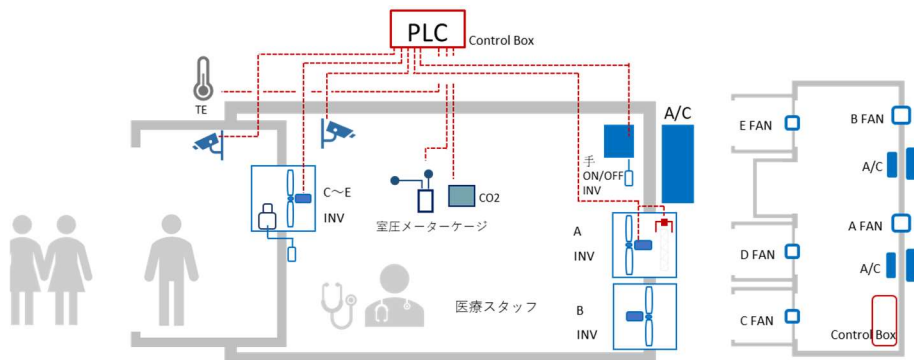


図 4-3-3：自動コントロール計画⁴⁹

自動、手動切り替えできるように、PLC⁵⁰を利用して電源管理、設備通信、エネルギーデータ採取、自動操作等を行う。AC 個別空調機は一般市販のルームエアコンを使用するため自動コントロールできるように通信 Modbus⁵¹を付けること、

⁴⁹ 引用：潘振宇、2021、移動式醫護空間之設備系統雛形開發、p 128. 図 110

⁵⁰ PLC（Power Line Communication）とは各機械設備の電力線を通信回線として使用する技術のこと。双方通信で機械設備を連動、監視、操作、遠隔操作等纏め制御技術である。

⁵¹ Modbus とは PLC（プログラマブルロジックコントローラ）用途に開発したシリアル通信プロトコルである、通信方式はマスター・スレーブ方式で、マスターからのクエリー（コマンド：通信の開始）とスレーブからの応答メッセージで通信する。

ファン BOX は実験を兼ねて風量調整可能とするよう INV 仕様、そしてリレー通信制御として設定している。他設備、監視カメラ、室内外温湿度計、室圧メーターケースを全て記録できるよう PLC 装置に繋ぐ。

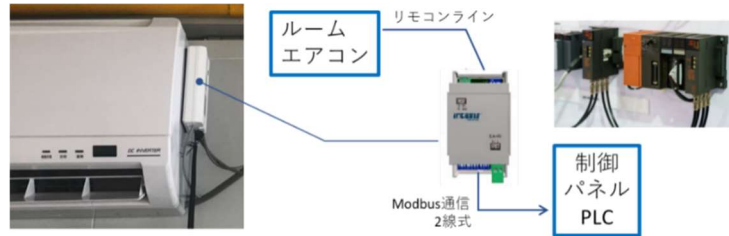


図 4-3-4 : Modbus 動作原理と PLC 装置 (日本サポートシステム参考)

コンテナ内の機械設備数はそれほどないが低コスト、安全安心の室内環境を維持して実験運用もできるように全て機械設備を自動・手動切り替える操作パネルにて配線して通信できるようにした。制御監視ポイント数は以下とする。

表 4-3-1 : 自動制御計画ポイント集計

設備			信号 類別	操作			表示		計測		
				設定	状態顯示	ON/OFF	警報	状態	温度	湿度	CO2
AC-1	空調AC	状態	DDC		2	2					
		温度設定	DDC	2				2	2		
FS-A	FAN	動作	RS	4	2	2		2			
		CO2計測	RS	2		1	1	2			1
FE-B	FAN	動作	RS	1		1					
FE-C	FAN	動作	RS	4	2	2		2			
		温度計	RS	2				2	2		
FE-D	FAN	動作	RS	4	2	2		2			
FE-E	FAN	動作	RS	4	2	2		2			
消毒噴霧採手動			RS			2					
室内壓差計			RS					1			
A FAN filter警報			RS					1			
合計				23	10	14	2	15	4	0	1



A : 自動制御盤、AC、換気、室内温湿度、CO2
 B : 室内温湿度、室外温湿度
 C : 制御盤
 D : 電源盤 (3φ220V × 2回路 + 1φ110V × 1回路)

図 4-3-5 : 制御関連

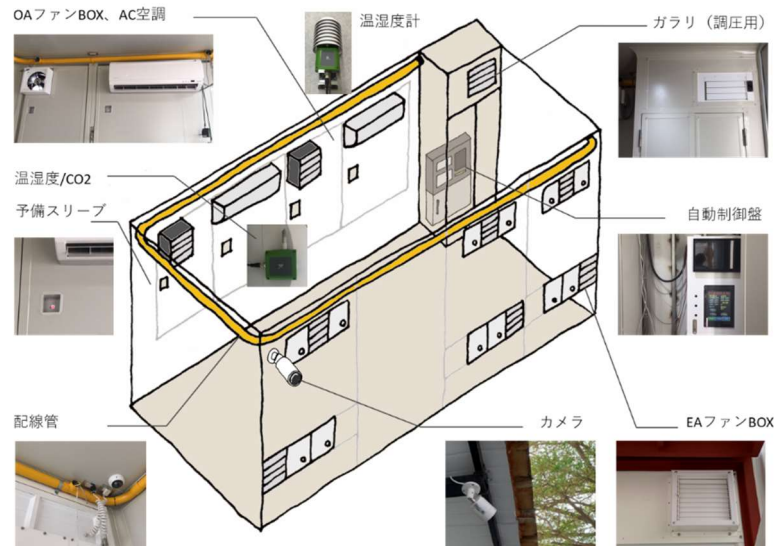


図 4-3-6：各設備配置

(2) 簡易換気設備システム開発研究

現地調達しやすい換気扇により室圧を作る。一般市販小容量（100m³/h程度以下）換気扇の静圧⁵²は 80 Pa程度以下となり、外部の空気抵抗を受けやすいが 150 Pa以上を有圧換気扇とさせたい場合は空気に圧力をかけるようにする。所謂一般の小風量小静圧換気扇は空気抵抗があると換気風量が極端に低下する場合があるので、換気風量を低下させないよう『有圧換気扇』仕様とさせる必要がある。必要静圧を作るには必要な風流れルートに必要な距離か静圧を保つ措置が必要となり、例えば制気口周辺を滑らかなベルマウス形状、ダクト配管仕様を使用するなど、静圧が確保しながら風量も確保できることとなる。

壁付け式換気設備の設計風量の計算或いは換気扇、壁貫通管、屋外端末等の仕様を決め、風量目標値と壁貫通管及び屋外端末の風量-静圧特性に基づいて合計圧力損失を求める。

◆圧力差換気計算式

$$Q = \alpha A \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \times 3600$$

Q：開口を通過する空気量（換気量）[m³/h]

ΔP:開口部前後の圧力差 [Pa]

ρ：空気密度（≒1.2）[kg/m³]

α：流量係数

A：開口面積

αA：総合有効面積[m²]

⁵² 静圧、機外静圧：換気設備を構成する部材の両端に作用する静圧差（Pa）のこと。

圧力関連するのは

α 流量係数

→開口断面が滑らかに縮小している形（ベルマウス形状）：1.0

→通常四角形開口：0.6～0.7

現地調達し易い換気扇を考慮しながら、BOX 形で換気扇、風流れルートを一体型として、搬送も組み立ても容易を図る。コンテナ外形を影響最小限として風流れルートを作るようファン BOX の幅を 250mm 程度と設定している。中にはファン自体、フィルター段、ガラリ段も入れられるよう設計している。



図 4-3-7：一般換気扇により室圧を作る

(臨時調達した換気扇のため、P-Q 特性曲線図は無し)

(3) 簡易ファンにおける低風速下で静圧不足する換気扇の性能改善

換気設備は実際運営と実験できるよう、換気回数 2～15 回/h とする。実験のため換気ファンは 5 台を設置し、実験組み合わせにより ON/OFF とさせる。実際医務作業には主に給気ファン FS-A、排気ファン FE-C～E を発停する。20 フィートコンテナの気積は 31.9m³、2 回/h 換気風量は 64m³/h・15 回/h 換気風量は 479m³/h となり、風量調整できるよう DC 直流仕様 (INV) とする。また、現地調達しやすい小型ファンを使用するため静圧不足となる懸念あるためベルマウス付きファン BOX を現地追加する。

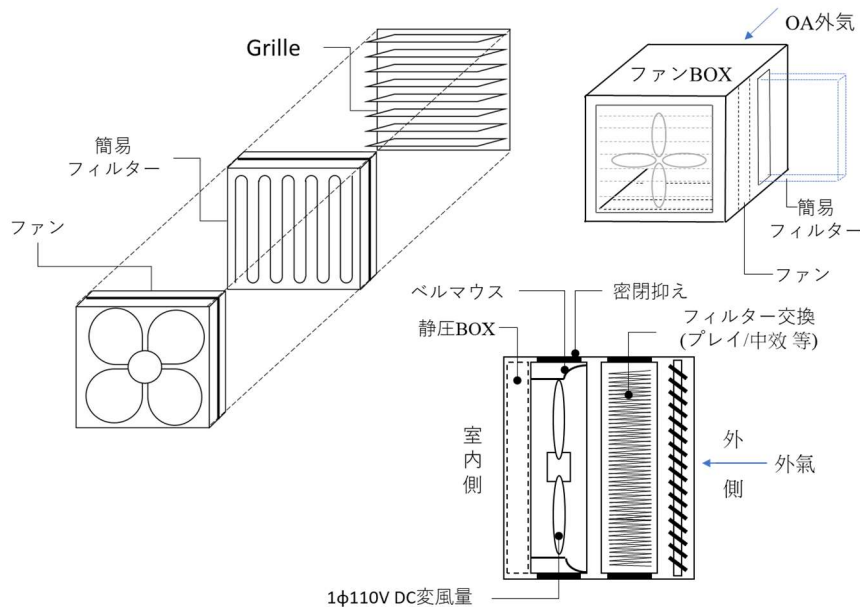


図 4-3-8：現地施工簡易ファン BOX 仕組み⁵³

(4) コンテナ空調計画

移動コンテナのメイン役割は災害地或いは感染地にて緊急医療作業等を行う仕事するため、衛生保護するよう防護服を着用しながら作業するのは一般的である。防護服は保護するとともに、発汗により気化熱で体温が上がり、長時間着用してしまうと体の生理負担も上昇してしまう不快因子⁵⁴となる。医療サービスモチベーション下がるとヒートストレス対策（熱中症）可能性の観点から視て室内の衛生環境を注目以外、適切な室温の供給計画も非常に重要と考える。コンテナ建造物は金属性構造による外部環境に影響されやすく、または医療用途として使われるため空間内に各医療サービス器具を装備するので室内の急激な温度変化、温度変化等を避けるようにする。以下は空調冷房用熱負荷計算に必要なフロー、必要条件を確認しながら熱負荷集計を行い、空調容量を決まる。又、本研究の対象コンテナ用途は医療従事者と事前協議した上、入室者は医療スタッフのみため、小コスト、一般小型空調を使用する（AHU 空調方式使用せず）。

⁵³ 引用：潘振宇、2021、移動式醫護空間之設備系統雛形開發、p 140. 図 121 を再構築もの

⁵⁴ 密閉型防護服着用時に生理負担：柝原裕，纖維製品消費科学, Journal of the Japan Research Association for textile end-uses 41(10), 18-21, 2000-10-25

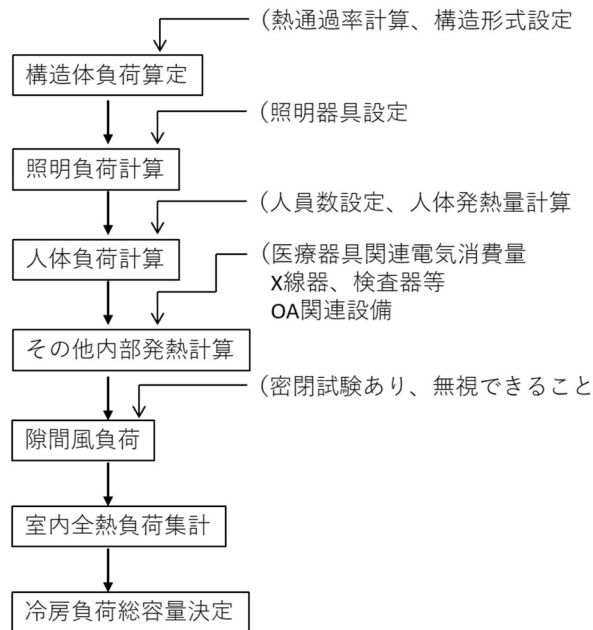


図 4-3-9：コンテナ空間 冷房負荷計算フロー
 負荷試算、外気条件は現地の気象条件を持って計算する。

表 4-3-2：台湾台南の外気条件：

	DB[°C]	WB[°C]	相对湿度%	KJ/kgDA
夏季	37.8	28.9	52	94.1
冬季	13	10.7	75.9	30.9

DB：乾球温度

WB：湿球温度

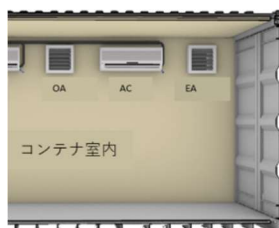
KJ/kgDA：エンタルピー

表 4-3-3：コンテナ室内設計条件：

	夏季		冬季	
コンテナ室内	温度 DB[°C]	相对湿度%	温度 DB[°C]	相对湿度%
	24±2	-	23±2	-

湿度に関して、医療従事者と相談し医療作業に不要となること

熱負荷試算：



屋根の熱貫流率 $K=0.55 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

壁の熱貫流率 $K=0.54 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

表 4-3-4：熱貫流率試算

構造形式	厚み	熱伝導率	比熱	密度	
	mm	W/m・K	J/kg・K	Kg/m ³	
屋根	デッキ鉄板	0.4	8.43	470.7	7760
	発泡 EPS スチロール	50	0.03	1251	40
	PU 発泡仕切り板	25	2.2	630	125
	熱貫流参考係数 K=0.55 W/m².K				
外壁	デッキ鉄板	0.4	8.43	470.7	7760
	発泡 EPS スチロール	45	0.03	1251	40
	PU 発泡仕切り板	25	2.2	630	125
	熱貫流参考係数 K=0.54 W/m².K				

冷房負荷⁵⁵計算についてコンテナ室内使用用途、最大人員数、照明負荷、外気負荷及び機器発熱負荷を対象として算出する。

1. 構造体負荷

屋根 = 面積 20m² x (0.55 W/m².K x 12 W/m² (夏想定水平温度差約 22°C) 壁
= 面積 35m² x (0.54 W/m².K x 8.1W/m² (夏想定垂直面平均温度差約 15°C)

2. 人員負荷

100~140 w/m² 人 x 0.3 人/m²

3. 照明負荷

LED 照明+スポットライト、13w/m²

4. OA 機械設備負荷

15~20 w/m² を想定する

5. OA 外気負荷

外気条件、人あたり 30m³/h を基準計算、
w = OAm³/h x (室内-室外比エンタルピー) x 0.33 =
外気負荷:300m³/h x (94.0-50.3kJ/kg) x 0.3 = 3.9Kw

6. X 線機器

4000W (実際使用設備メーカーより)

7. 消毒ライト

30W/回 (実際使用設備メーカーより)

⁵⁵ 空調冷房負荷：構造体負荷 (顕熱)、ガラス負荷 (顕熱)、照明負荷 (顕熱)、人体負荷 (顕熱+潜熱)、隙間負荷 (顕熱+潜熱)、外気負荷 (顕熱+潜熱)、OA 機器等負荷 (顕熱)

以上により冷房負荷必要容量は 6.3Kw とする、使用管理と故障対応ため、60% (3.6Kw) x 1 台 + 60% (3.6Kw) x 1 台を設置する、実装容量は設計容量の 115%となる。

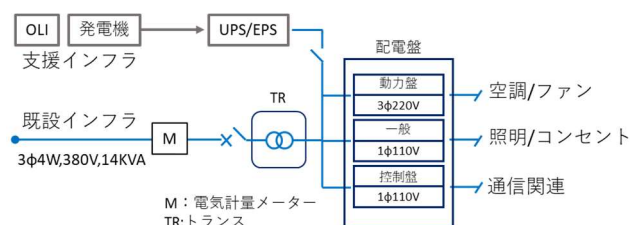


図 4-3-10：実装空調機

(5) 電気計画

医療施設の電気設備計画は、一般建築より特殊な設備が含まれ、使用管理にも複雑である。医療コンテナの開発は緊急・災害地に応用できるよう安心安全、そして低コストを目標とする。未知感染症と自然災害などに備えを医療サポート対策は災害に強い、支援ロングライフ化とする必要があり、災害が発生し周辺既設建築物、インフラが被災しても、コンテナ自体とその支援機能を維持し、救援医療活動拠点として使用できるものと短期間、支援応援サポートするよう既設病院の人員・建設コストを抑え、低減できることが求められている。

2003 年の SARS、2014 年のエボラ出血熱感染、2019 年のコロナウイルス等の感染症災害が世界中の各国に相当のダメージを与えた。これらの感染症が再び起こらないとは限らなく、緊急支援、短、中期サポートできるようコンテナの電力供給システムは、「一般系統」、「重要系統」、及び「防災系統」に分類すべきが移動性とコンテナ内設備容量、仕様により全て「重要系統」とし電気供給を二重化のバックアップ対応となる。室内配線について、内線規程により医療用電気機械器具を使用するコンセントは医用差込に適合するものとし、また接地工事を施す必要がある、非常電源について、一般非常電源には停電した時 40 秒以内に電力供給を回復しなければならない医用電気設備の回路を設けることと無停電非常電源を設ける。

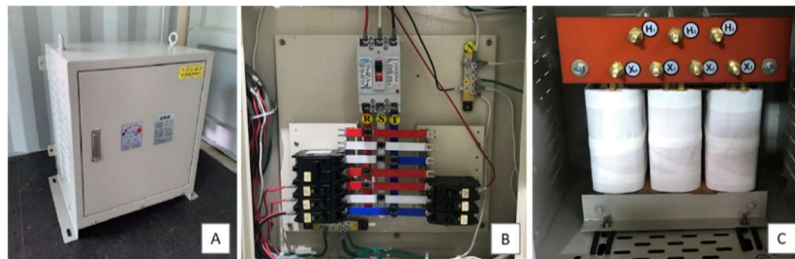


UPS/EPS⁵⁶ 図 4-3-11：電気引き込み計画フロー

⁵⁶ UPS：Uninterruptible Power Supply、無停電電源装置、停電などによって電力が断たれた場合にも電力を供給し続ける電源装置である。

使用電気容量は一般インフラ設備（照明、OA 機器、空調換気設備）と医療関連設備（X 線器、消毒器、問診必要装置等）あり、本研究対象となるコンテナは実務使用兼実験調査のため、各設備の使用率は高いと想定され、計画電気容量は約 12KVA であるが実験機器増設需要可能性を考え、14KVA とする。計画詳細は以下となる。

1. 基礎容量：同時使用率 100%
照明、15W/m²
コンセント、25～40W/m²
空調、2KVA+2KVA（設計空調より）
換気ファン、0.24KV（設計ファン動より）
2. 医療器具：同時使用率 70%
移動式 X 線機器、1KVA
紫外線消毒車、1 台、1.5KVA
紫外線消毒ライト、1 台、1.1KVA
噴霧式消毒機器、1 台、0.15KVA
3. その他：実験時各計測機器を 1KVA を想定
4. 容量安全係数：1.1～1.5



A：変圧器トランス B：配電盤 C：トランス内部（乾式）

図 4-3-12：実装設備

発電機計画には大気汚染、騒音等周囲公害にならないよう配慮する。容量はコンテナ内一般電源と医療関連設備電源を負荷とし常用電力系統との連携を行う。発電機は移動容易できるように、原則として 100KVA 以下のもの、配電盤別置き形とする。発電機の出力は発電機出力係数から発電機出力及び原動機出力を算出する、本研究の対象コンテナの負荷は分割計算せず必要最低限の出力値とする。発電機容量概算は以下

1. 発電機：21KVA
対象負荷；14KVA
発電機出力係数：1.47（メーカーにより）

EPS：Emergency Power Supply、非常用電源として本体の電源が停電後、引き続き一定の電力供給とする。

2. 燃料タンク：47.4

$$Q = (b \times E \times H) \div w$$

燃料容量 Q (L)

b 燃料消費率 g / k Wh

E 発電機輸出 Kw (KVA*80%)

H 運転時間 h (運営 8 時間とする)

W 燃料密度 g/L(重油)=850



図 4-3-13：参考発電機:20KVA(発電効率約 70%) 寸法:1900x750xH1000

(6) 遠隔操作通信システム計画⁵⁷

医療情報の取扱いに関する、従来、免許資格等により守秘義務を科せられていた医療従事者が取り扱っていた個人医療情報が、情報技術の進展により必ずしも医療関連免許・資格の保有者が取り扱うとは限らない状況が生まれてきて、この状況に対して医療者、患者に安心・安全な医療情報を扱うため取扱いルール、政策等を検討して実施する必要がある。遠隔診療を安心・安全に実現するため、厳密セキュリティなシステムを計画する。医療情報を電子データとして取り扱う際の安全管理関連について厚労省、経産省、総務省から発行されているガイドライン⁵⁸に従って必要 WEB 診療関連設備を備える。一般通信、遠隔システムと違い、重要データ或いは医療情報データ等を通信に関しては通信技術の利用に関する法律と個人情報保護法による適切な対応を行うことである。要項以下となる。

1. クラウドサービス対応
外部保存を受託する事業者の選定基準を明確化
2. 認証・パスワード対応
医療情報システムを二要素認証対策必要
安全、考えられる推定困難なパスワード
3. サーバー攻撃による対応

⁵⁷ 医療情報システム安全管理ガイドライン第 5.1 版改定ポイント参考と加筆

⁵⁸ 厚生労働省：「医療情報システムの安全管理に関するガイドライン第 5 版」
経済産業省：「医療情報を受託管理する情報処理事業者における安全管理ガイドライン」
総務省：「クラウドサービス事業者が医療情報を取り扱う際の安全管理に関するガイドライン（第 1 版）」

一定規模以上の医療施設について情報セキュリティ責任者等を設置や体制作りコンピュータウイルスの感染による関連対策を講じる

4. 外部保存受託事業者の選定基準

行政機関や民間事業者の選別基準を一本化（異なる基準をなくす）

医療情報を格納する機器が情報関連法の適応を受けることの確認

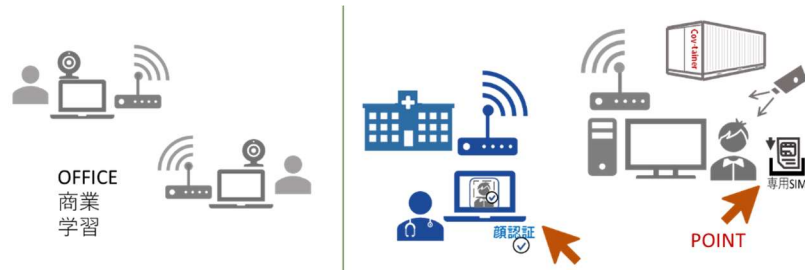


図 4-3-14：（左）一般遠隔操作概念、（右）情報安全管理概念

無線 LAN は電波を用いてネットワークに接続し場所の縛られることなく利用できる反面、利用の仕方により盗聴や不正アクセス、電波干渉による通信障害で医療活動判断を遮る等危険ポイントが存在する。また、モバイルネットワークは施設外から本設の医療情報システムに接続ができ、施設外で業務を遂行できる等、利便性が高まるが、モバイルアクセスで利用できるネットワークは設置地域のインフラ状況による通信効率は様々である。本研究の通信計画は医療情報を保存するシステムだけではなく、医療情報を扱う設備システムと、システムの導入、運用、利用、保守及び廃棄に関わる計画である。医療情報保護責任について現場の管理者が医療情報を適切に管理する義務あり、医療情報に関する何らかの不都合な事態（情報漏えい等）が生じた場合に速やか対処すべき責任がある。

1. 通常運用における責任について

医療情報の保護のための適切な情報管理、『説明責任、管理責任、定期的に見直し必要に応じて改善を行う責任』

2. 事後責任について

何らかの不都合な事態、情報漏えい等場合、二次被害防止に向けた取り組み努力

情報の相互運用性と標準化について、設置地域、国による使用する情報原データが異なるため情報受け取る不可能場合あり、医療情報の相互運用性を確保するために、誰も参照可能かつ利用可能で将来メンテナンスも継続できるよう標準規

格（用語、コードセット、保存形式等）を設定する⁵⁹。技術的安全対策には、脅威に対抗できる保証はないため、運用管理による対策との併用は必須である。技術的な対策として下記であり

1. 利用者の識別・認証
2. 情報の区分管理とアクセス権限の管理
3. ネットワーク上からの不正アクセス
4. 医療等分野における IoT 機器の利用

移動病院に対して多量な不特定患者や関係者が治療、検体採取を待ち並び、混乱で情報違いを防ぐため特に利用者の識別・認証を行う機能へ注目すべき。認証を実施するためには、医療情報システムへのアクセスを行う全ての職員及び関係者に対し ID・パスワードや IC カード、電子証明書、生体認証等、本人の識別・認証に用いる手段を用意し、統一的に管理する必要がある。また更新が発生する都度速やかに更新作業が行われなければならない。認証に用いる手段としては、ID・パスワードの組み合わせのような利用者の「記憶」によるもの、指紋や静脈、虹彩のような利用者の生体的特徴を利用した「生体情報」（バイオメトリクス）によるもの、IC カードのような「物理媒体」（セキュリティ・デバイス）によるものが一般的である。ネットワーク経路とシステムについてインターネットを用いて、設置エリアの既設医療機関が同意の上、ネットワーク接続機器を導入して双方を接続する配線専用方式と公衆網を通じ無線接続する方式である。



図 4-3-15：移動通信システム、公衆網を通じ無線接続

⁵⁹ 参考、基本データセットや標準的な用語集、コードセット：医療機関情報、受診歴、患者基本情報病名、保険情報、処方指示、検体検査、放射線画像情報、生理検査図形情報、内視鏡画像情報、注射、手術術式

初期使用用途に合わせ、室内にカメラ、パソコン、操作用モニタ、スピーカー、WIFI 受信機を設置して想定されている周囲既設基地発信 BOX より通信したりデータを送ったりする。医療需要が多様化により通信画像データの解像度を要求するに伴ってコンテナ自身にも電信局から配線を引き込みできるよう計画しておく。使用ネットワークは現地の公衆システムであり、所謂インターネットによる接続形態である、現地オープンなネットワークを用いて引き込みコストを削減したり、周辺広範な医療機関、救助チームと連携しながら移動治療体制を構築する。

ただし、公衆網を通じ通信となるため経路上では、「盗聴」、「侵入」、「改ざん」、「妨害」等様々な脅威リスクも存在して、十分なセキュリティ対策を実施が必須である。端末等（携帯電話、ノートパソコン、スマートフォン、タブレット）を使って医療機関等の外部から接続する場合は医療従事者や管理者によるアクセス権限を設定必要な患者等からのアクセスには端末検証、生体検証等対策も欠かせない。

(7) 制作期間及び詳細容量

事前計画、設計、事前工場試作、現場施工を含め、2021年1月上旬から5月中旬に、施工項目はコンテナ自体を入手、建築関連的な扉、開口作業以外、設備系統の空調・換気・自動制御・電気設備、コンテナデッキ・鉄工作業、アルミサッシ工事、プレハブ断熱パネル工事、床工事、庇工事等及び最終の自動制御プログラミングまで約5ヶ月程度かかった。始めの簡易式医療コンテナ試作のため、現場医療従事者とのコミュニケーション、コンテナ移動できるための扉・窓・設備等の開閉試験、移動変形試験、簡易ファン試作、そして実験に数種類用換気開口、ガラリなど設備システムを実装したものにより制作から完成まで約半年弱で完成したが今後実験の結果により改善点、適宜のみの開口、空調換気システム明確を得ればガイドライン化にして制作時期も短縮できるし、量産する可能性もあると考えられる。下記は施工中の一部写真記録と設計図であり、設備システム(空調・換気・自動制御)は本研究で設計開発したものであったがコンテナの建築設計に関しては別途設計となっている。

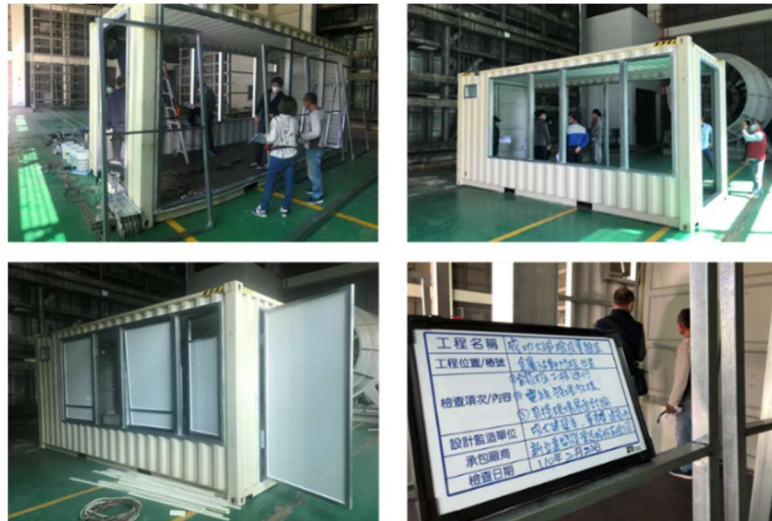


圖 4-3-16：コンテナ初期工程⁶⁰



圖 4-3-17：設備工事中風景

⁶⁰ 引用：潘振宇、2021、移動式醫護空間之設備系統雛形開發、p 138. 圖 116.117 を再構築もの

設計圖面

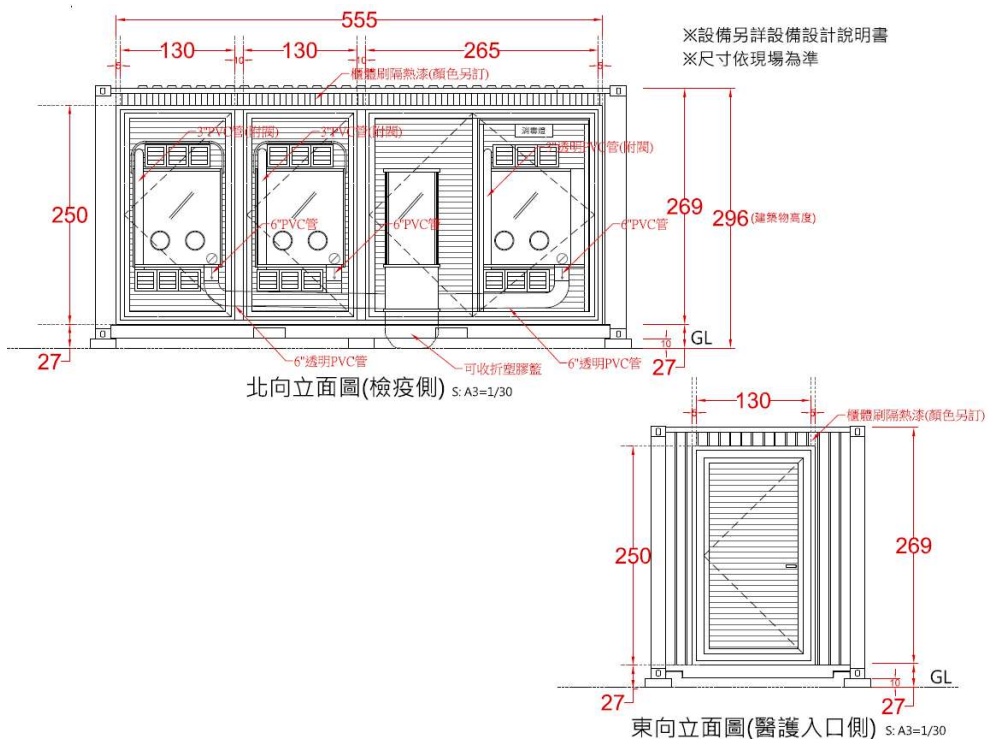
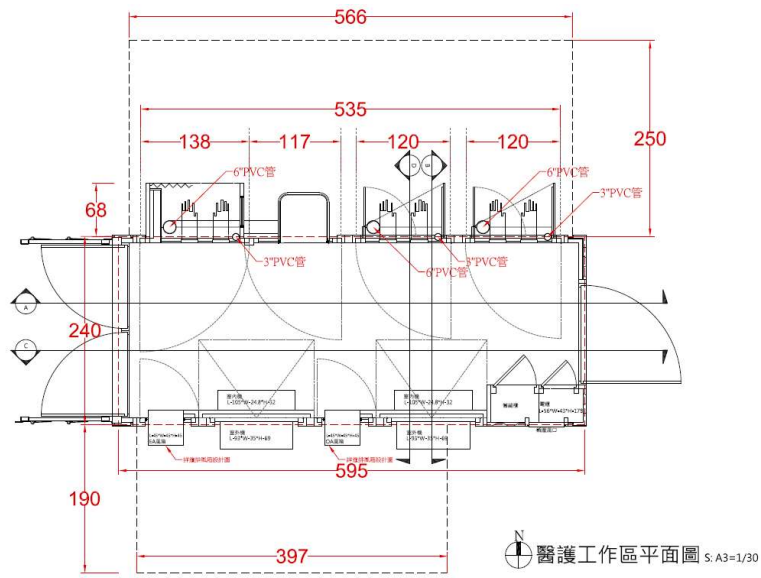


圖 4-3-18：平面圖（建築設計、成功大學建築學科薛承倫）

機器編號	供給區域	形式	風量m³/h	安裝配置	備註	電機		數量	參考重量
						相電壓	容量kw		
FS-A外氣	醫護區	DC 直流 雙速(High/Low)	300-400	BOX	組合BOX一體化 手動百葉/filter fan本體:260x260x150(2kg/單)	1φ110	0.05	1	35kg
FE-B外氣	醫護區	DC 直流 雙速(High/Low)	300-400	BOX	組合BOX一體化 手動百葉/filter fan本體:260x260x150(2kg/單) 平時不動作・實驗用	1φ110	0.05	1	35kg
FE-C外氣	採檢室	DC 直流 雙速(High/Low)	25-35	BOX	組合BOX一體化 手動百葉/filter fan本體:130x130x100(0.5kg/單)	1φ110	0.01	1	35kg
FE-D外氣	採檢室	DC 直流 雙速(High/Low)	50-65	BOX	組合BOX一體化 手動百葉/filter fan本體:130x130x100(0.5kg/單)	1φ110	0.01	1	25kg
FE-E外氣	採檢室	DC 直流 雙速(High/Low)	100-130	BOX	組合BOX一體化 手動百葉/filter fan本體:130x130x100(0.5kg/單)	1φ110	0.01	1	25kg
AC-1-INV 變頻1對1	醫護區	室外機(冷房3.6kw) 室內機(附通信介面Modbus)	540-660	BOX	室外機採壁掛式屋外型 參考尺寸: 800x800x350 使用橡膠減震墊	1φ220	1.0	2	60/單(外機) 30/單(內機)

圖 4-3-19：空調設備機器表圖面

空調負荷は台湾南都市、台南現地の外気条件を持ち、室内設定条件 $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、最大 15 回/h 全外気、その他コンセント、医務 OA 容量等を概算して空調容量は $6.3\text{Kw}^{61} \times 120\% = 7.6\text{Kw}$ となる。メンテナンス及び故障時対応するため、2 台を分け、AC-1 x 2 を設置する。

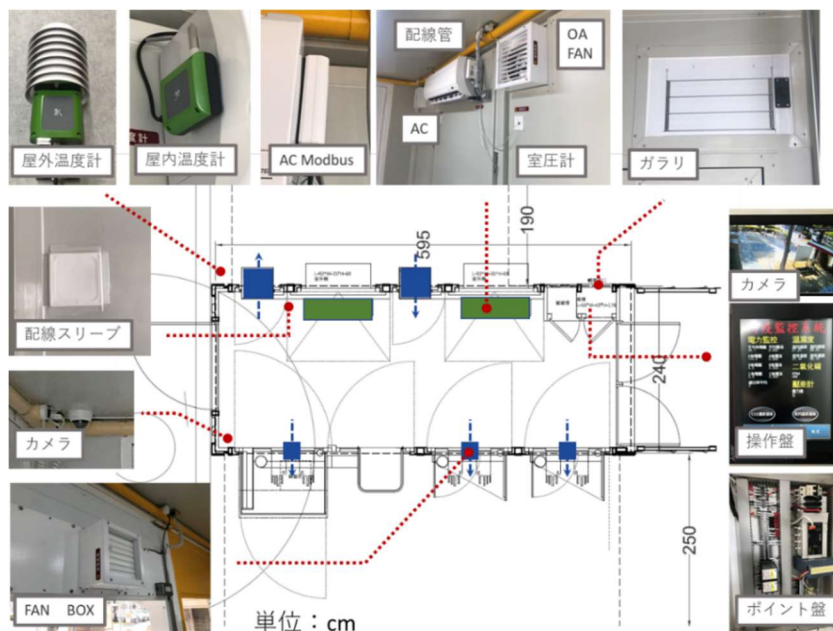


圖 4-3-20：空調・換気機械設備配置位置

⁶¹ 空調熱負荷計算：構造体負荷約 0.24Kw+人員負荷約 0.72Kw+照明負荷 0.26Kw+OA 機械/コンセント負荷約 0.83Kw+外気負荷約 3.9Kw

202103				
貨櫃 移動病院 空調+換気+供電系統COST概算				
系統設備		容量		台数
FAN BOX	DC直流 雙速(Hi/Low)	25-400	m3/h	5
	訂製BOX			
	過濾網			
AC	變頻INV	4	Kw	2
	室内+室外			
變壓器		15	KVA	1
受電盤+分電盤				一組
HEPA 濾網備品				一式
空調換氣自動控制				一式
施工人力				一式
電工				一式
合計	713,500		±10% 註	

図 4-3-21：空調換気システムイニシャルコスト概算図書

工程施工時期は台湾現地の旧正月休み上げ前後となるため、物資調達、人工配置に関するコストは一年中最も高水準時期となった。図に示したのが設備の見積もりであった。合計金額は約 70 万程度台湾ドル、日本円を変換すると約 28 万円、詳細は換気ファン設備、ルームエアコン設備、トランス、分電盤、自動制御、工事人工等設備工事のみであったが、建築工事、構造工事、外周工事（インフラ繋ぎ、地盤整理等）を含まない。

最終完成までに、大型連休前後を挟み、人工減少、臨時材料調達困難（施工当時、感染者数急増により工事体制が崩れ）、そして休日出勤のため最終完成時のイニシャルコスト（建築+構造+設備）は約 2.6 倍、台湾ドル約 180 万程度（日本円 550 万円）となった。

(8) 気密確認

密閉空間における室圧及び換気効率の基礎実験を行うため、室を密閉空間にしないとイケなく、コンテナ室は完成後、使用開始前に気密性のテストを実測する必要がある。コンテナ空間を建造中、扉付け、窓開口を切る、ガラリ付け、間仕切り版装着等色々工程あり、完全に事前工場生産により 100%密閉空間の作りができなく、設置エリアで現地施工項目があり、例えファン BOX の差し込み、配線用開口等現場仕上げ工事を行うため必ず隙間が出てくる。室内安全、衛生使用するため完成時に隙間を見つかるよう密閉実験を行う必要がある。

気密実験を行うため、「気密試験用発煙筒」をもち室内の空気の流れを可視化させ、隙間から空気漏らしているかを確認、検証を行う。試験方法は全ての換気

空調設備を OFF させ、扉開口を閉めた上、室内で発煙させ室内の気流検査や局所空気漏れかを確認する。漏れ箇所が確認出来たら隙間塞ぐ作業を速やか行うことにする。なお、コンセントの差し込み口より煙侵入して電気配線に悪影響ないように、念のためコンセントの差し込み口に紙テープで仮塞ぐとする。



図 4-3-22：気密実験のため、予備スリーブ塞ぐ



図 4-3-23：密閉性確認実験

4-4 現地での実際運用

一期目医療用コンテナはテスト、移動病院の原型としてシンプルな検体採集執務空間のみとなる。検体採取後一連の医療行為は現地にある臨時医務所と連携しながら採取、問診、検査、簡易治療を行う。

配置図に示したグレー範囲は既設の臨時医務所である、内部は簡易問診室、待合室、休憩室と脱衣室あり、昼間に8人態勢の感染対策医務班が待機、作業している。本研究前章に述べた第二期を実施するまで臨時事務所は現在地で運営する。

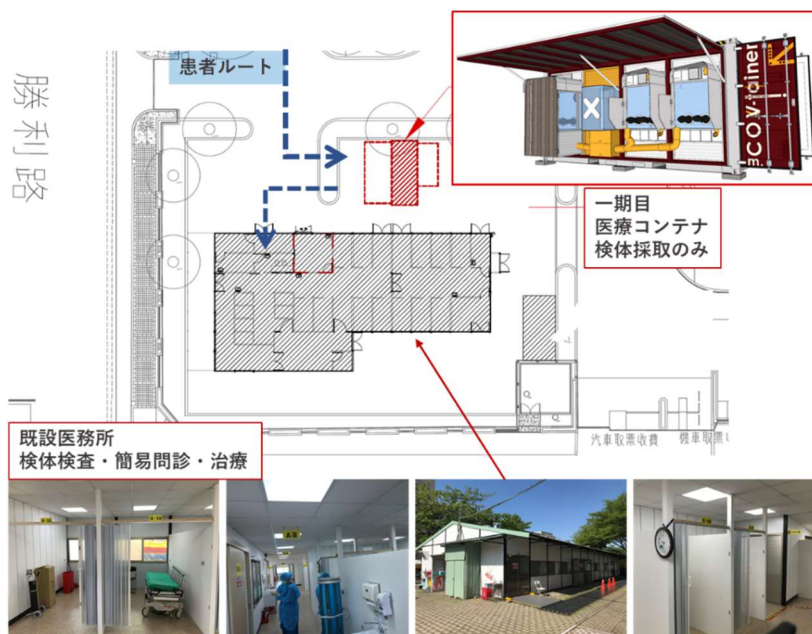


図 4-4-1：既設医療空間と連携



図 4-4-2：現場実際使用、確認状況 2021/05

移動テストについて、医療用コンテナ移動についてコンテナ安全輸送に関する規定あるが医療空間を移動に関する関連規定はまだなく、類似のものは各種医療資器材を搭載して移動する救助車かへりと近いと思われる。コンテナ移動にあたって積載荷重、方式に関する指示及び確認、内容物に関する確認と陸上輸送における事故防止⁶²となる。

(1) 積載荷重、方式に関する確認

- ・過積載とならないようコンテナあたりに積載重量を明記する

⁶² 国際海上コンテナの陸上における安全輸送ガイドライン

- ・ 医療器具を確実な固縛する
 - ・ 貴重医療機器を別途運搬する
- (2) 内容物に関する情報を確認
- ・ 陸上輸送安全によりコンテナ内容物の項目説明、積み付け状況等写真で正確標示する
 - ・ 運送契約について現地医療機関と事前確認する
- (3) 特殊・危険物輸送に関する注意事項
- ・ 医療関連設備機械等情報を陸上輸送事業者を提供する
 - ・ 特殊積載物の開示、例え放射線管理排水、医療感染排水等
 - ・ 危険物の輸送際は、必要となる書面の交付、必要となる標識を表示
- (4) 移動時陸上における事故防止
- ・ 大型車両の特性を十分な教育訓練を行う
 - ・ 適切な運転管理を行う
 - ・ 特殊車両通行申請を行う



図 4-4-3：移動テスト

4-5 将来Ⅱ期目以後の開発構想及び設備詳細計画参考

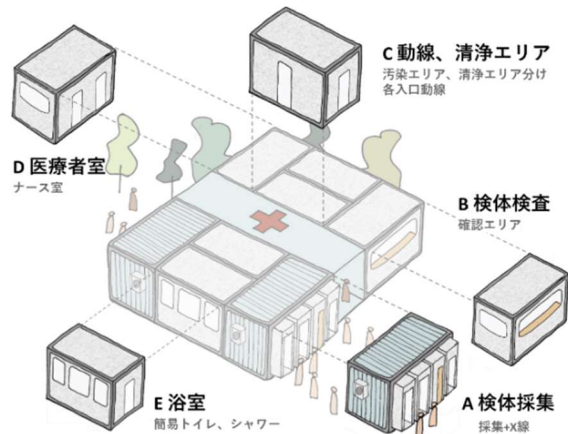
(1) コンテナのメリット、デメリットについて

コンテナは鉄製の大型ケースであり、本来は貨物の輸送に使われていて、港でクレーンを使って荷下ろしされて、列車に積んで需要先の工場などに輸送されことはメインであるが、近年では商業、住居用、小型オフィス、倉庫、ガレージ、

避難施設等仕様幅広い用途にも使われている。または安価で短期間に建てるのが魅力でもある。コンテナ空間を生活、医療作業できるようにプレハブ空間と合わせないとはいけなく、プレハブは pre-fabrication が語源で、事前に製造された空間を示して、要は主要支持としてコンテナを使用し、室内は事前に製造された空間を現地で組み立て、生活使用できるコンテナ空間という、「モジュール建築」「システム建築」ともいえ、品質管理、工期短縮、コスト削減も可能となる。または、物流業務を円滑に行うために、コンテナのサイズも世界的に規格化されたサイズ、国内でも海外でも自由に運ぶことができる。一方、コンテナ建造物は一般の RC 造建築物のような空調・換気・水道・ガス・電気等インフラ設備を自由に平面プランに盛り込ことができなく、コンテナ自体の室容量が小さくて設備の盛り付け容量は室内用途に応じて選択付くこととする。また、コンテナスペースは鉄製であるため、夏はかなり蒸し暑く、冬は寒くなるため、断熱処理が必要である。

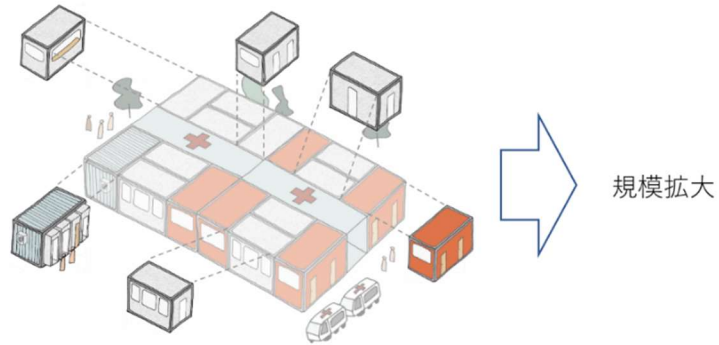
以上により、「モジュール」、「移動」、「個別設備システム」及び「安全・安心・適切な温湿度品質」という需要項目で医療サービスをするスペースを目標とし、コンテナモジュールに組み合わせ出来る設備システムの開発は本研究の主要ポイントである、医療活動については診る、採取、問診、検査、隔離治療という実験も合わせ実際運営する移動式医療機関を計画している。開発、研究資金を調達しながらプロジェクトを進むため、三段階を分け、分割モジュールを計画していく。

二期目 機能：「採取 + X線 + 医療スタッフ室 + 検体検査」
 役割：医療スタッフ室 → 医療スタッフ作業場
 検体検査 → 検体確認、実験作業



三期目 機能：「採取 + X線 + 医療スタッフ室 + 検体検査 + 診療 + 隔離治療」
 役割：診療 → 診断及び隔離必要を判断

隔離 → 即時隔離と必要医療サービスを提供する



63

各医療コンテナには内部の医療行為による必要な設備を装着していく、医療コンテナの容量、用途に合わせ、設備の種類と容量も増加対応となり、移動、組み合わせできるよう、設備もコンテナ寸法に合わせモジュール化する、基本的に空調、給水、排水、電気、医療設備等を項目に分けコンテナBOXに収まるのが計画原則となる。

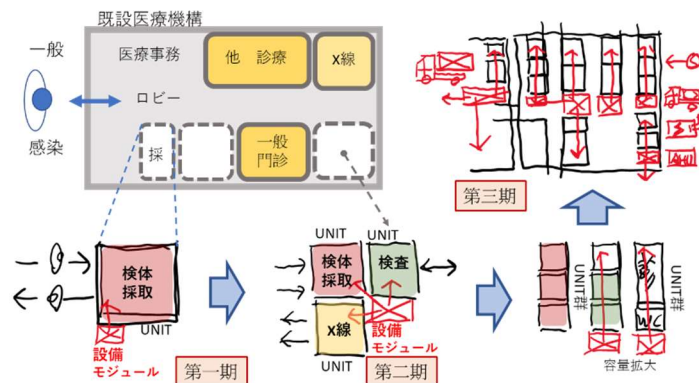


圖 4-5-1:移動医療システム概念 - ユニット分割と設備モジュール

設備モジュールは使用ユニットに合わせ、各種『エネルギーBOX』⁶⁴を設定していく、各種BOXの最大容量、収まりはコンテナごと設計する。コンテナサイズはISO（国際標準化機構）によって決まり、一般的には20、40、45フィートコンテナがよくつかわれている、40と45フィートコンテナの容積が大きく、より多く設備機械容量を積載可能であるが道路交通法によりコンテナ積載車両の公道走行は認めなく、また搬送コスト、CO₂排出量の削減効果、移動利便性、効率化の観点から設備モジュールのエネルギーBOXは20フィートサイズを原単位として計画する。

⁶³ 引用：潘振宇、2021、移動式醫護空間之設備系統雛形開發、p 104. 図 81 を再構築もの

⁶⁴ エネルギーBOX種別：熱源、空調、換気、給水、排水処理、発電機、受変電、排水処理、医療ガス

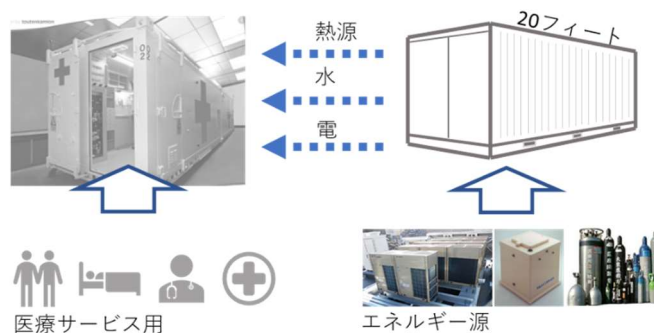


図 4-5-2：エネルギーBOX

表 4-5-1：コンテナ国際規格

コンテナ国際規格			
規 格	20 ft	40 ft	45 ft
(H×B×L m)	2.6 x 2.4 x 6.1	2.6 x 2.4 x 12.2	2.6 x 2.4 x 13.7
最大積載質量 (t)	28	27	26
容積 (m ³)	33	67	85

註：最大積載質量について、I S O国際標準化機構によりコンテナ輸送安全のため、積載最大質量は変わらないが容積は最大 85m³ 可能、プラスチック類やタイヤ製品、アパレル製品等の重量の軽い荷物の輸送に適している。

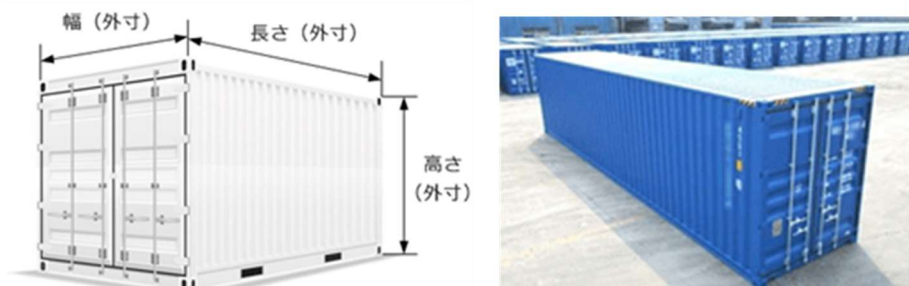


図 4-5-3：コンテナ基準サイズ

(2) インフラ供給について

実現されているコンテナ型のエネルギーBOX は太陽光発電モジュール、電気、給水モジュール、蓄電池庫、保温保冷モジュール等であり、軍事訓練、臨時展示場、工場、居住、一般生活に様々応用されている。医療用途にも使われているが、医療活動項目にもかかわるため、最も頻繁に使用されるモジュール BOX は、非常用発電、給水、トイレ、シャワー、発電機などの特定用途供給モジュールである。これからの研究ポイントは、災害地、救助、様々医療活動にサポート、エネルギーを提供できる、ユニット化、移動便利、組み立て容易、繋ぎモジュールエネルギーBOX の設計開発に注目している。

移動医療コンテナ、移動エネルギーBOX 構想では、非医療活動と治療活動が含まれる、医療治療サービスは、専門治療と総合的な関連相談に分けられ、移動医療の目的は早期発見、早期救助手当を実施、そして転送先とやり取り連携を役割であり、シンプルなアイソレーション処理が主な機能である。「移動可能」という条件は医療サービスをする“人”とエネルギーを供給するシステムを同時に把握、管理、安全使用、必要な容量確保、入れ替わる等各仕組を入れた設備システムの設計は課題である。エネルギーBOX の開発要点は移動しながら「容量固定化」、「BOX 種別化」、「接続」、「増減可能」、「モジュール化」等計画ヒントにより各設備システムをモジュール、小分けとする：

- ・空調システム：熱源ユニット、空調と換気、排気ユニット
- ・給水システム：水槽ポンプユニット、浄水ユニット
- ・排水システム：薬物処理ユニット、滅菌ユニット、化糞処理ユニット
- ・電気システム：受変電ユニット、発電機ユニット、オイルユニット
- ・消火システム：移動式粉末消火、簡易消火ポンプ等

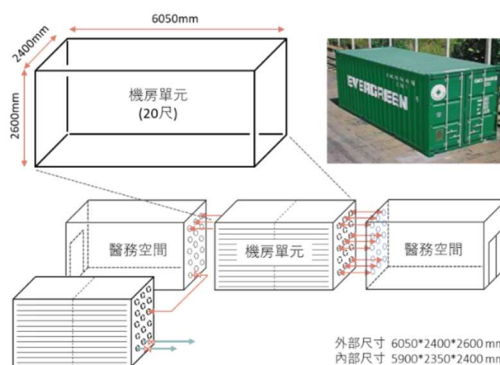


図 4-5-4：基礎インフラコンテナ BOX 概念⁶⁵

モジュール化エネルギーBOX を需要により支援設置及び現場状況によって長期備える、空調熱源・空調設備・給排水設備・医療器具・収納スペース・医療作業空間・隔離収容空間・医務室などを全て規定化された寸法に合わせ収まれば、野外医療対応、新興感染症対策・災害時対応など現地需要により多様な救助、支援作業が実化される。開発計画際、コンテナ本体に備える必要な関連ものの収まりに工夫が施され、コンテナを拡張ためインターフェースの計画も欠かさず留意必要がある。

⁶⁵ 引用：潘振宇、2021、移動式醫護空間之設備系統雛形開發、p 58. 図 49

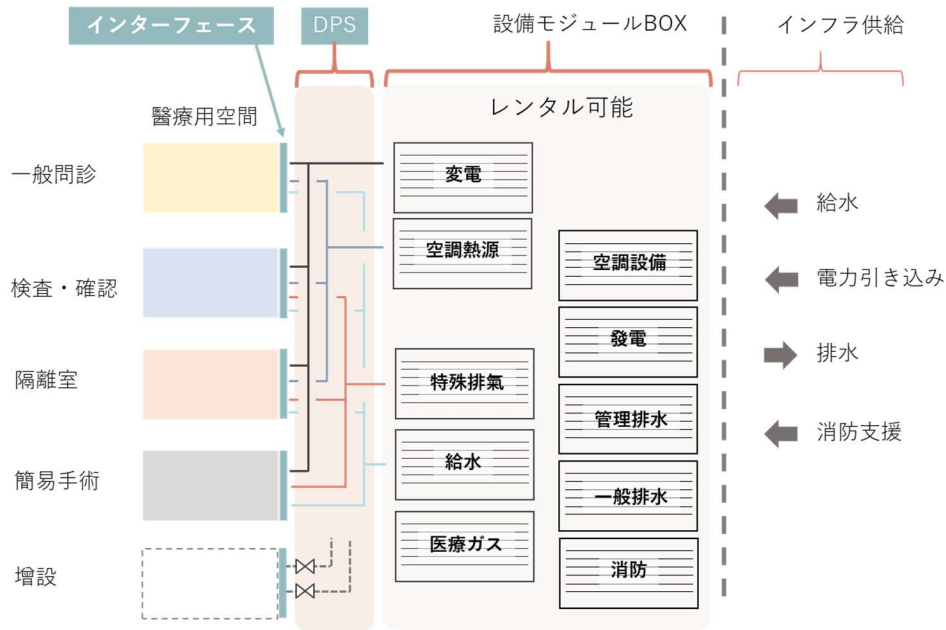


図 4-5-5：拡張医療支援モジュール概念

インターフェースは DPS からの配管、配線など繋ぎにより開口が変わるので、移動利便・システム化・拡張容易目標に合わせ、汎用的なインターフェースを計画必要である、下表のよう、20 フィートコンテナを最大収容体積量として、一つコンテナに最小 1 名、最大 5 名（患者 1 名、医療関係者 3 名、支援 1 名）を入室条件として、室外条件は台湾台南の外気条件、室内条件 25～28℃、湿度 50% ±10% で設定され、そして空調、換気、給排水、管理排水設備、電気、発電機、医療ガスなどは 20 フィートコンテナを MAX 収まる容量として設備容量を計画する。

まず、コンテナ使用用途を問わずに単なるエネルギーモジュールを計画してみる。インターフェース面積はコンテナの側面を最大開口条件として（2590 x 2400）、収まれる設備容量は以下となり

- ・ダクト（保温含み）600 x 200mm x 2 本
- ・ダクト（保温含み）200 x 200mm x 2 本
- ・電気用開口、φ 150 x 18
- ・冷媒配管 φ 150 x 8
- ・空調用配管 φ 100 x 14
- ・排水/医療ガス/消防 φ 100 x 30

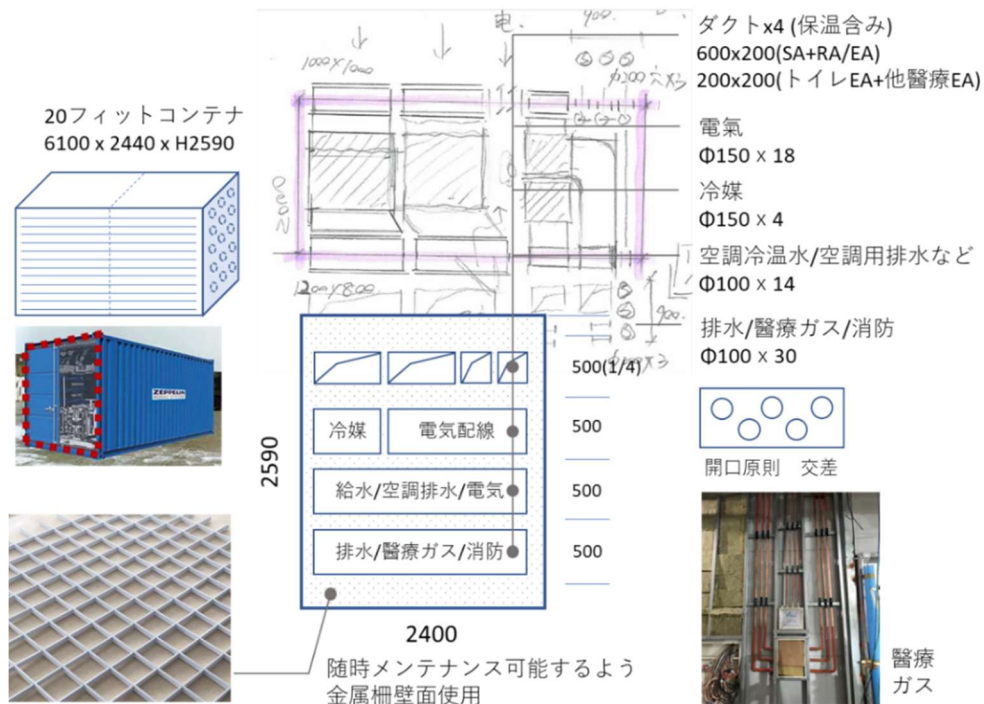


図 4-5-6 : 20 フィートコンテナ側壁面を MAX 開口条件
(最大容量な設備に必要な想定開口及び位置関係を計画参考)

(3) エネルギーBOX 計画について

本研究目標はコンテナを基本ベースとしてモジュール化計画とする。人間が使用するコンテナ(検査室、採取室など)とエネルギー供給用コンテナの間に配管・ダクト・電気配線などの行き渡り、繋ぎ、固定、操作など設備空間と施工スペース以外、空調熱源システムユニット、給排水用タンクや汚水槽、発電機とオイルタンク等機械設備の収まりとメンテナンス・更新などを考慮した収まり計画は本題の主要なポイントとなる。輸送用コンテナサイズで機械設備をプロットするため、すべての機械設備容量と大きさは 20 フィートコンテナ、5.8m x 2.25m x H2.3m 以内に収まる必要である。予定エネルギーBOX 支援量は最大 90~100m² 程度のプレハブ空間か 20 フィートコンテナが 5~7 基程度で三日分使用容量とする。室内用途は主に検査問診、検体採取、繋ぎ廊下、前室、簡易治療室、実験室、簡易隔離室を想定しながら陰圧・陽圧両方できるように設定する。外気条件は台湾台南の室外条件で設備容量を計算する。供給エネルギー種類は『空調熱源、給排気設備、空調設備、滅菌装置(管理排水)、20minUPS 電源、発電機、医療ガス(空圧・酸素)BOX』となる。

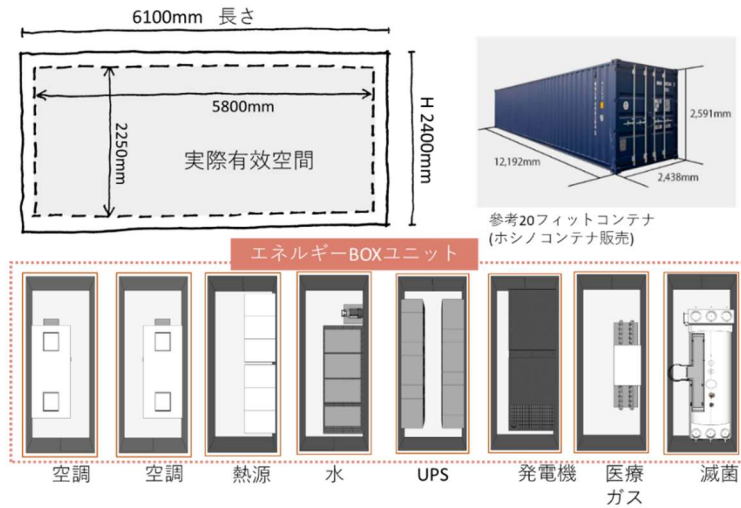


図 4-5-7：エネルギーコンテナ基本サイズ

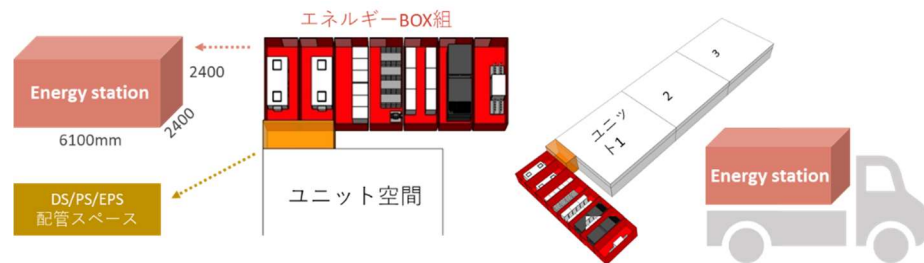


図 4-5-8：エネルギーBOX 構想

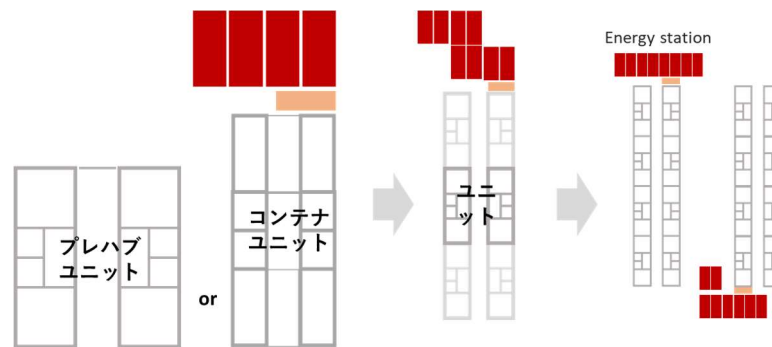


図 4-5-9：拡張概念⁶⁶

⁶⁶ 引用：潘振宇、2021、移動式醫護空間之設備系統雛形開發、p 110. 図 85 を再構築もの

第五章 換気量・室圧条件と実測分析及びと結果

完成した医療コンテナにおける、現場検体採集作業を兼ね、室内の温熱環境を実測しながら換気回数・温度・湿度及び室圧性能について実測実験を行った。特にコンテナ用適宜の「換気回数・室圧」に関してISO規格に準じた20ft（フィート）サイズのものを対象とし、計画された簡易式換気ファンによって室内換気回数及び室圧の変化に関する比較実験を行い、デジタル式室圧計測器を装置して、陽圧及び陰圧効果を確認した。

実験方法はインバーター仕様（DC 直流）簡易換気ファンの換気回数を実施しながら病院建築の基準室圧と比較して、更にファンの位置を変更し、室内圧の変化、最大・最小圧力の確認と換気量（回/h）の関連性を明らかにして、実物コンテナで計測できた換気量・室圧を現行基準値との関連性を分析し、適宜の室換気量と室圧計画参考値を提案することにした。風量計測に関しては、実験中、室内圧力計測際、同時にファンの手前約1~2cm距離で風速を測って風量平均値を記録し、換気回数に換算した。

5-1 室圧実験について計測分析⁶⁷

コンテナ医療空間の設定は『簡易検体採取、問診、検体検査実験、簡易治療と隔離治療』等様々な医療サービスを行われる。医療作業の需要に合わせて空調・換気設備等の可変対応も必要となり、初期に設置した『簡易検体採取所』には在室の医療関係者を守るため、屋外汚染可能性ある空気をコンテナに入れないよう換気の取り入れ、排気ルートに関する事前設定は必要である。検体採取所を拡張するようコンテナの左右から繋ぐこととし、繋ぎ境面として通路機能も確保できるし作業エリアも広がるので、設備の設置、装着は不能となるため、全ての機械設備は長面に装着するとした。計画ポイントは片方換気ルートを計画して、OA 給気、排気方向、医療スタッフ居場所の衛生空気を保つ。一方、排気側は不明不潔な空気感染源の可能性があるので外気風強い場合は逆流しないよう、排気側の排気口でシャットダウン用ガラリ、或いはより強い室圧で対応する実測計画は必要である。

⁶⁷ 陽圧実測内容について、PAN.chenyu・HAYASHI tatsuya, Effect of Simple Fans on the Positive Pressure and Air Change Rate in Container Construction,技術No.237、空気調和衛生工学会を参考したもの

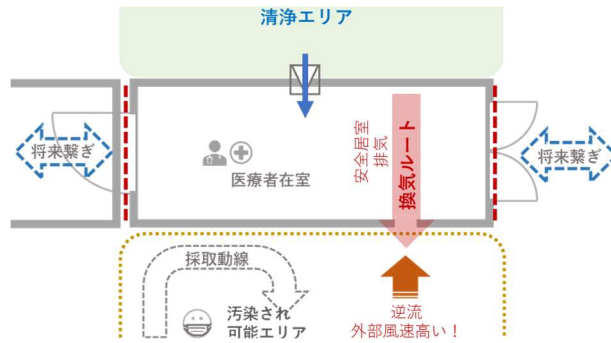


図 5-1-1：コンテナ室圧と換気計画

汚染物質はコンテナ室内へ侵入防止するよう使用者を守りに陽圧制御と汚染物質の拡散を防止する汚染源の排出先をコントロールして陰圧制御との観点から、室圧のコントロールを多様化すると設置先の需要に応じた制御手法の導入が望まれている。

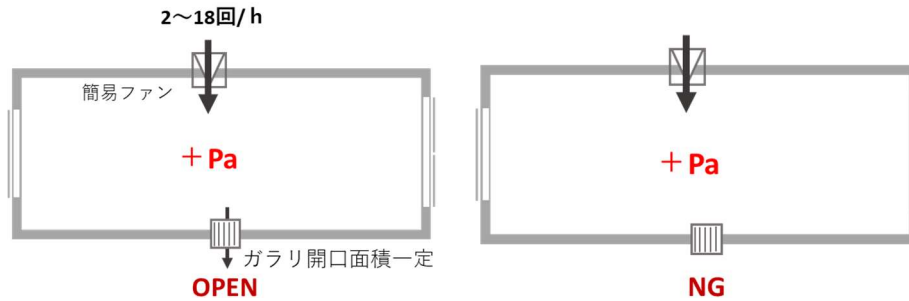


図 5-1-2：陽圧風量と排気ルート概念

実験対象は新たに構築したコンテナ構造室、実験できるよう五つ風量可変ファン BOX と排気ガラリを実装、ファンの風量変化と局所排気稼働時の室圧変動に関する基礎的な実測研究である。使用する換気扇は一般市販入手容易なもの、BOX 等設置現場で組み合わせ可能とする簡易換気システムで室圧を簡易創造可能とさせること。

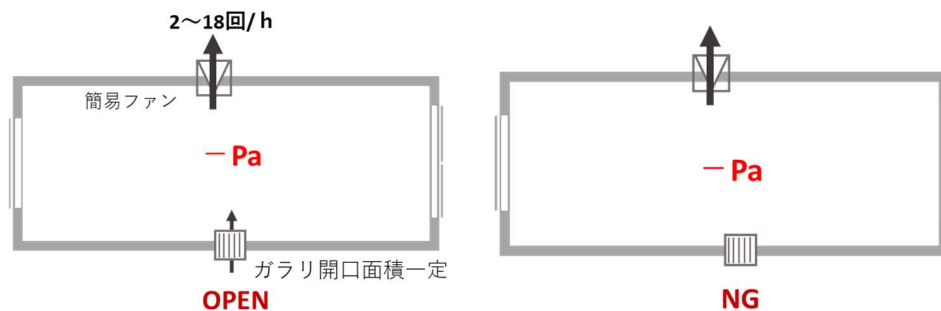


図 5-1-3：陰圧風量と排気ルート概念

5-2 陽圧の適宜換気量・室圧の妥当性条件及び実測効果・特性

コンテナ使用目的に合わせて陽圧実験を行うことにする。室圧の変化を把握するよう、排気口を閉じ、A 給気ファンを 2～18 回/h 換気に回させ室内圧状況を計測する。また、排気口の開閉により室圧の変化も把握できるように A 給気ファン、CAE 開口の ON/OFF

との組み合わせ実験を行うこと。台湾、アメリカ、日本は陽圧に対する参考推奨値と換気回数に関する資料を整理すると、台湾、日本の推奨最低室圧は 2.0～2.5Pa、換気回数は 2 回～3 回/h、排圧換気口ガラリ等規定は特に無し。米国での室圧推奨値は 2.5～8.0Pa（陽圧 8Pa まで維持すれば入退室出入り瞬間の減圧変動も吸収する）で、換気回数に関しては新築 12 回/h 以上、既存建築は 6 回/h 以上となる、排圧口、ガラリの最小面積は 0.5 ft² (0.046 m²)⁶⁸以上である。

以上各国の陽圧に関する規定を分析によると、検体採集機能とした医療コンテナには最も一般的な基準、台湾の陽圧基準値 2.0Pa、換気回数は 2 回/h 以上を制約条件として研究を行う。排圧口・ガラリ有効面積は 0.046m² 以上とする。

表 5-2-1：日本、台湾、アメリカでの陽圧に関する参考規定

Country	Taiwan	*1	USA CDC	*2	Japan	*3
Positive pressure	2.0Pa	*4	+2.5～8.0Pa	*5	2.5Pa	*6
Air change rate(Time/hr)	≧2		≧6 ≧12	*7 *8 *9 *10	≧3	

*1: Centers for disease control

*2: Centers for disease control and prevention

*3: Hospital facilities design guidelines(Air conditioning volume)

*4:Change room, ≧2.0 Pa, The differential pressure in different rooms is at least 2.0 Pa

*5: For weakened immunity, burn patient room, at least +2.5 (+8.0Pa or more is desirable)

*6: Operating room

*7: Old building

*8: New building

*9: exhaust vent, 0.5 ft² = 0.046m² (≒220x220mm) above

*10:OA air volume is greater than EA air volume 125CFM (212.4 m³/h) or more

実験モデルについて、換気回数と陽圧実測に必要な室条件を整理し、概略図のように給気ファン・排気口・位置を表す。対象コンテナモデル寸法は 5.8x2.2xH2.5m、気積は 31.9m³ となる。換気回数と室圧の変動状況を確認したく、A、B ファンは給気として

⁶⁸ 米国疾病管理予防センターCDC、医療施設における環境感染管理への勧告、「医療施設における環境感染管理のための CDC ガイドライン」、密閉された病室の排気口面積約 0.5ft² (排気レジスター)、2004 年、2 月 20 日、P18

個別 ON・OFF にし、風量設定は 2～18 回/h まで計測を実施する。排圧口ガラリは反対側、C、D、E に配置し、開口毎に室内の圧力変化と換気回数関係を確認する。ガラリ高さは一般的な換気口と同様 2m とする。

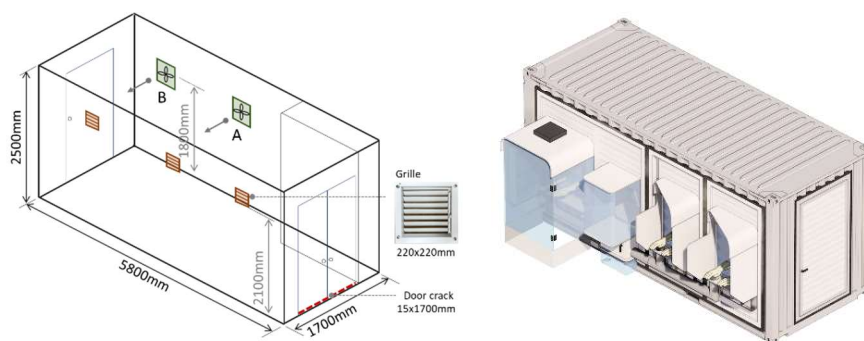


図 5-2-1：陽圧実測モデル概要

計測方法と実験条件について、図に示したように、赤点は立ち及び座りの高さをシミュレートとし、1m と 2m に圧力計測点とする。デジタル式、精度±1%、測定範囲 0～60Pa である微差圧メーターを使用し室圧を測る。二種換気⁶⁹方式を採用しており、A、B ファンは現地で調達しやすい壁式換気扇を周囲板で籠を作り、少しでも気流を安定させること。更にガラリを付け、簡易なファンボックスとなること。換気回数と室圧の変化を検証するため、風量変動できる DC 直流ファンを選択し、ファンの回転仕様は 2～18 回/h (2/4/6/8/10/12/15 /18 回/h) とする。排圧ガラリ C、D、E 開口サイズはアメリカ CDC が推奨する 0.046m² (220x220mm) 以上である。

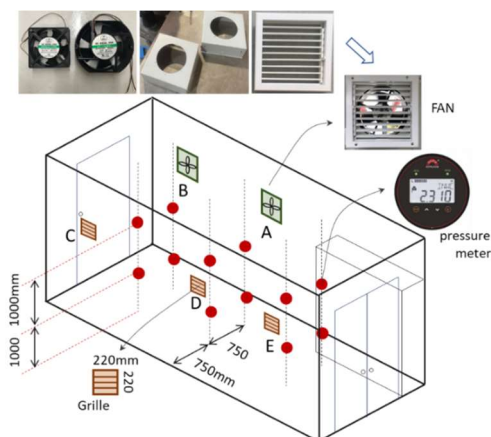


図 5-2-2：モデル室

⁶⁹ 第一種換気：給気・排気とも機械換気で強制的に行う換気方法。最も確実換気方式。

第二種換気：給気は機械換気で行い、排気は排気口から自然に行う換気。陽圧システム採用方法。

第三種換気：給気は機械換気で強制的に行い、給気は給気口などから自然に行う換気。陰圧システム採用方法。

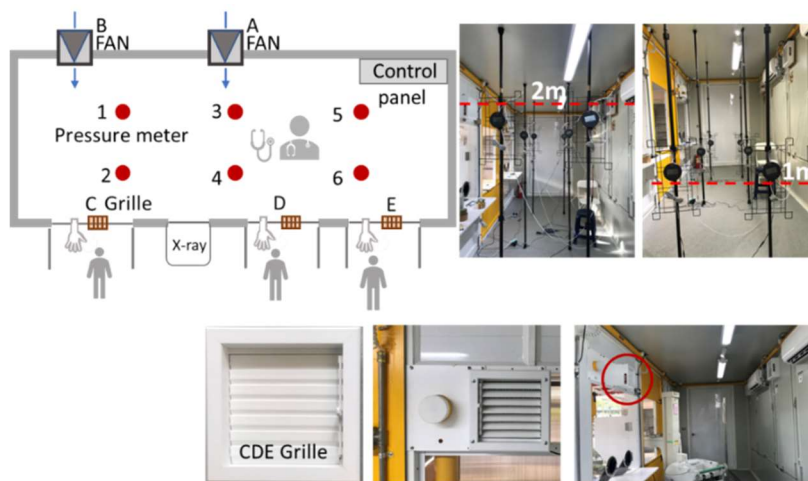


図 5-2-3：室圧計測器ポイント及びガラリ位置

表 5-2-2：実測パターンと条件

Appliance		Style	
A FAN	m ³ /h	60～580	2～18 Time/hr
B FAN	m ³ /h	60～580	2～18 Time/hr
C、D、E	-	exhaust vent	220x220mm
pressure meter	Pa	Pressure accuracy: ±0.5～1.0% Pressure range: 0～60Pa Temperature range: 0～50°C	
Anemometer	m/s	Wind speed range: 0～40m/s measurement accuracy: 0.01m/s…0.6m/s	

実測 CASE には簡易 FAN BOX 設備の換気回数と排圧ガラリ ON/OFF 操作により、異なる風量や室内陽圧効果を観察し、FAN 設置位置、ガラリ位置、室圧を分析して、コンテナスペースに参考できる換気設備容量、開口計画等を確立とする。A FAN、B FAN をそれぞれ起動し、C、D、E を順次開閉とし室内の圧力点の変化を把握するため、A、B FAN を直流、風量可変ファンとし、風量は 60 ～ 580 m³/h、31.9m³ 気積のコンテナに換算すると 2～18 回/h 換気回数となる。違う C、D、E ガラリ開口位置は室内圧力の変動に影響与えることを把握するため計画される。測定パターンに従って 2～18 回/h 換気回数と合わせ CDE を個別に開閉することにより圧力変動状況を測り、CASE1 と CASE2、合計 66 セット実測研究を行う。

CASE1. A ファン 換気回数ごと各ポイント圧力変化

CASE 2. B ファン 換気回数ごと各ポイント圧力変化

表 5-2-3 : Experiment CASE, A/B FAN, Individual operation

2 / 4 / 6 / 8 / 10 / 12 / 15 / 18 (T/h)		
CASE 1		
A FAN ON	A1	CDE OFF
	A2	C Open
	A3	D Open
	A4	E Open
CASE 2		
B FAN ON	B1	CDE OFF
	B2	C Open
	B3	D Open
	B4	E Open

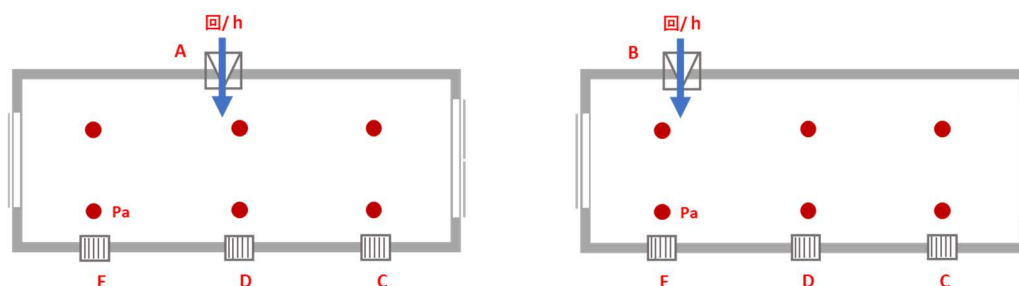


図 5-2-4 : 給気ファン、排気ガラリ及び計測ポイント

5-2-1 計測分析

換気量と室圧について、部屋を完全に閉めたときの室圧状態を検証する。C、D、E ガラリを OFF にし、A または B FAN を ON にして室圧と換気回数を比較する。下記図はそれぞれ A と B の FAN が作動したときの平均室圧力変化である、A FAN の換気回数を 6 回/h 設定、高さ 2m と高さ 1m の平均圧力とも 2Pa を超え、換気回数 12 回/h の場合には、室圧最大値 2.5Pa を確認できた。換気回数が 18 回/h に設定すると、室内の平均圧は 4.34Pa まで達した。

一方、B FAN も換気回数 6 回/h に設定し、計測した平均室圧は 2.07Pa となり、8 と 10 回/h/h における上下変動あるが 12 回/h 以上になると平均室圧は 2.4Pa まで上昇、更に 18 回/h の平均室圧は 4.03Pa に達した。

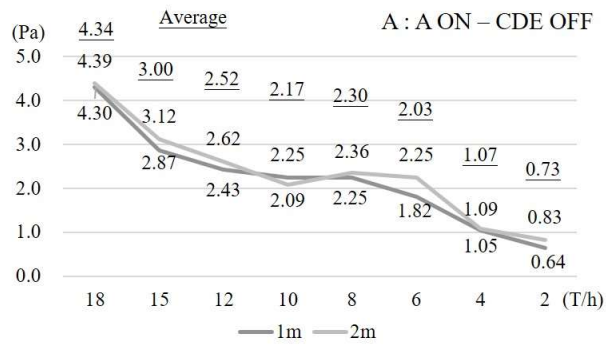


図 5-2-1-1 : A FAN ON, Indoor pressure

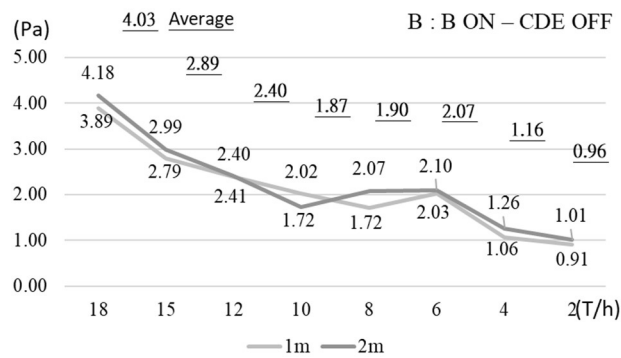


図 5-2-1-2 : B FAN ON, Indoor pressure

ファン設置位置と圧力変化について、下図は A FAN に最も近く、高さ 2m の位置にある Point 3 から最も遠い 1m 位置にある Point 2 と 6 を示した。グラフにより Point 3 の平均室圧 3.31Pa に対し Point 2 は 2.45Pa、Point 6 は 2.26 Pa となる。B FAN も同様に高さ 2m の位置にある Point 1 から最も遠い 1m 位置にある Point 6 と 5 の平均室圧を計測してみると、Point 1 の平均室圧 2.30Pa に対し Point 6 は 2.23Pa、Point 6 は 1.81 と距離が遠くなると圧力値が減っていることを示している。

一方、B FAN に隣接する高さ 2m の Point 1 の平均圧力は 2.30Pa より A FAN に隣接する高さ 2m の Point 3 は 3.31 Pa を計測されたのが Point 3 の位置は A FAN の真正面にあり、風圧が直接かかるためである。

る。

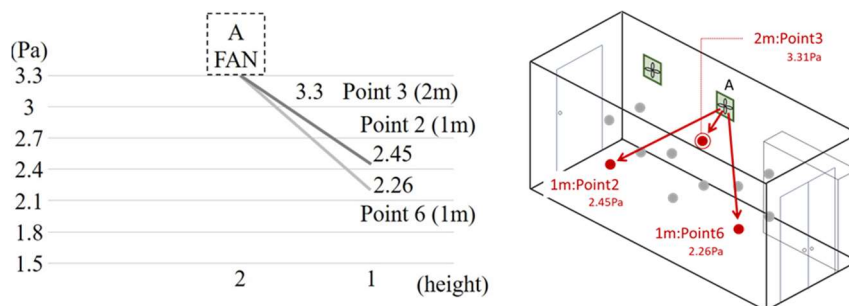


図 5-2-1-3 : A ファンと室圧関係

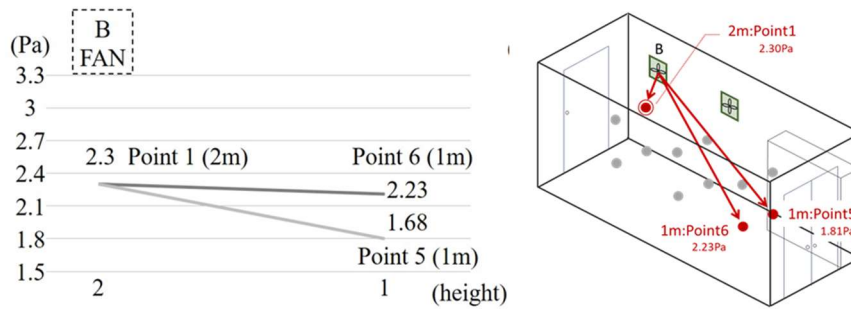


図 5-2-1-4 : B ファンと室圧関係

計測分析-3はC、D、E ガラリをON/OFFにより、A また B ファン稼働時における室内圧力の変動状況を示したものである。A FAN をONにして、それぞれC・D・E ガラリを順次ONにし室圧の変化状況を確認した。C ガラリをONした場合は室圧を推奨時陽圧 2.0Pa を確保するならば、12 回/h 程度の換気が必要となり、D と E ガラリ ON した場合 10 回/h 程度の換気必要となることが分かった。B FAN も同様に測定した。B FAN をONにし、C 或いは D ガラリをONした場合は室圧を推奨時陽圧 2.0Pa を確保するならば、10 回/h 程度の換気が必要となり、E ガラリ ON の場合は 9 回/h 程度が必要となることが分かった。

換気回数を最大に 18 回/h まで上げると A FAN/D ガラリ ON の平均 3.71Pa と B FAN/E ガラリ ON の平均 3.99Pa は最大陽圧となったが、いずれも C・D・E ガラリ OFF、完全密閉した場合の平均値 4.34Pa より小さいと分かった。

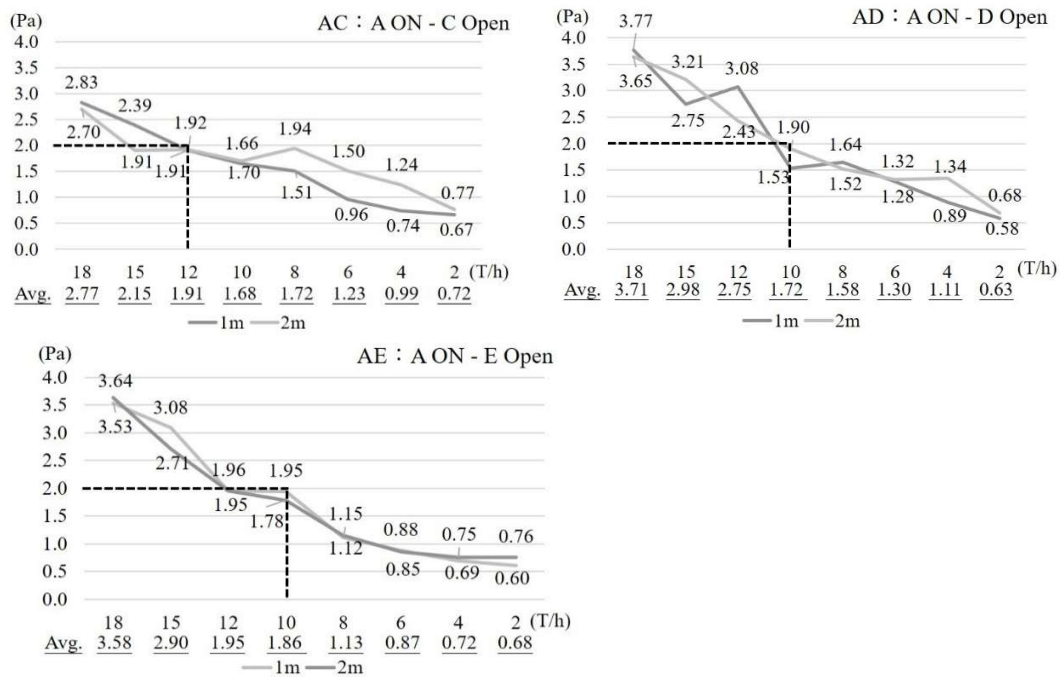


図 5-2-1-5 : A FAN 稼働/C・D・E ガラリ順次 ON

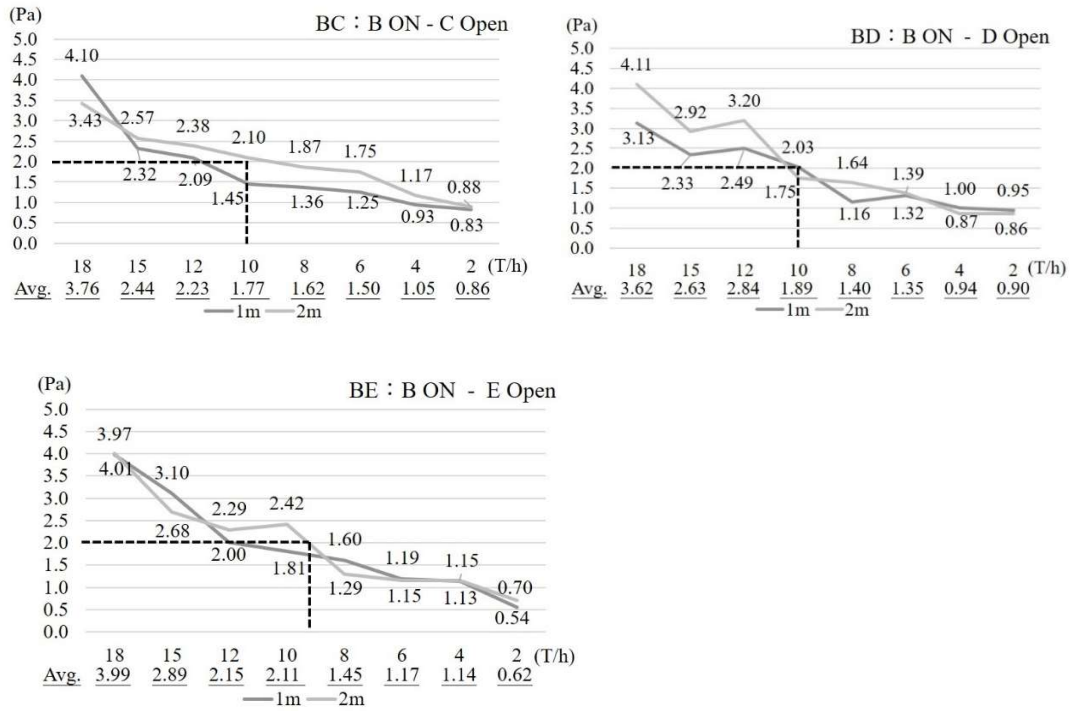


図 5-2-1-6 : B FAN稼働/C・D・E ガラリ順次 ON

A FAN と B FAN をそれぞれ稼働して、C・D・E ガラリを個別開閉、高さ 2m と 1m での室圧変化を示した。A ON-D Open と A ON-E Open 以外 2m 高さの平均室圧は 1m の圧力より高く、高さ 2m の平均室圧は 1.69~2.43Pa であり、高さ 1m での平均室圧は 1.57~2.03Pa である。A ON-D Open と A ON-E Open は計測時若干外気の影響により圧力乱れが発生と考えられる。

一方、最大換気回数 18 回/h に設定としても殆どの室圧計測値は陽圧 4.0Pa 以下となって、ガラリ ON の場合でも換気回数が増やしても室内圧力が上がり鈍くなると分かった。

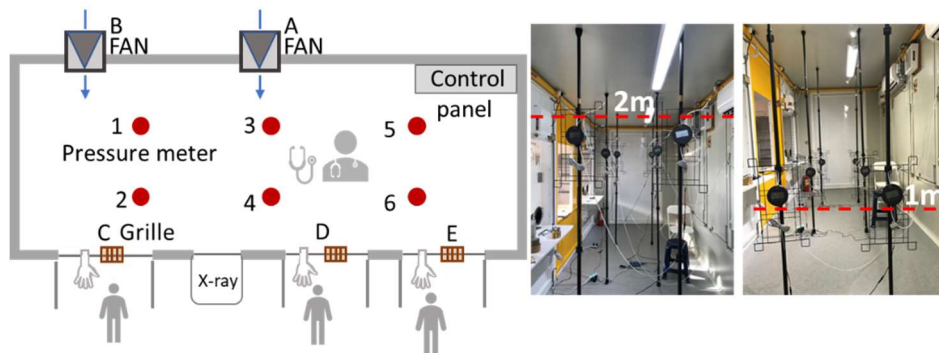


図 5-2-1-7 : point 位置と高さ

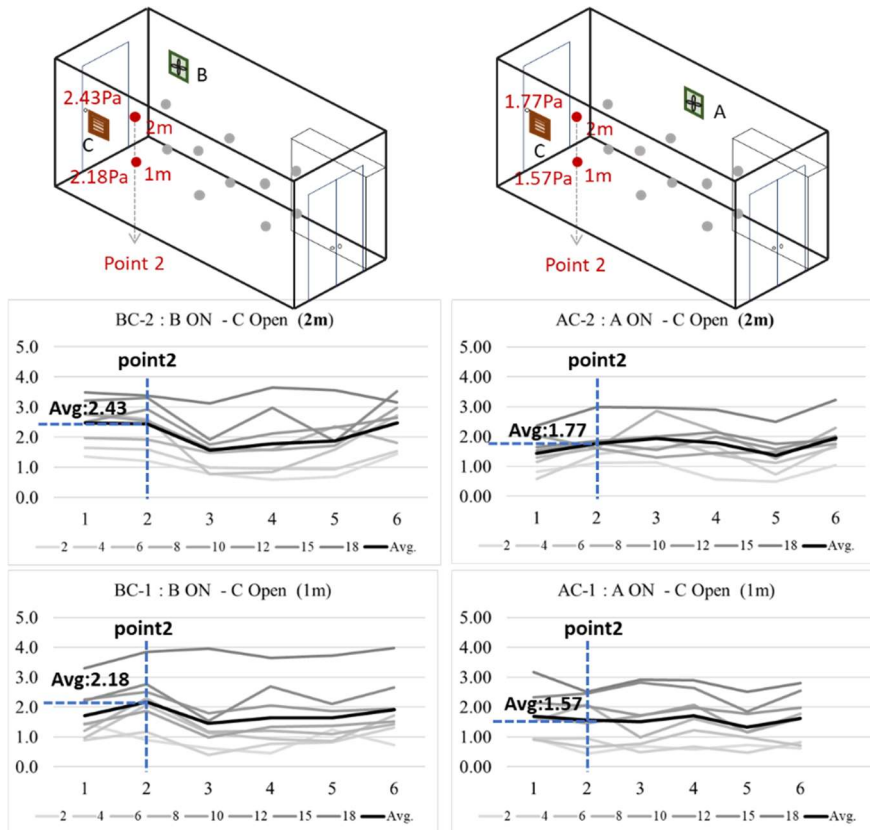


図 5-2-1-8 : C ガラリー ON における高さ 2m・1m の計測ポイント平均室圧

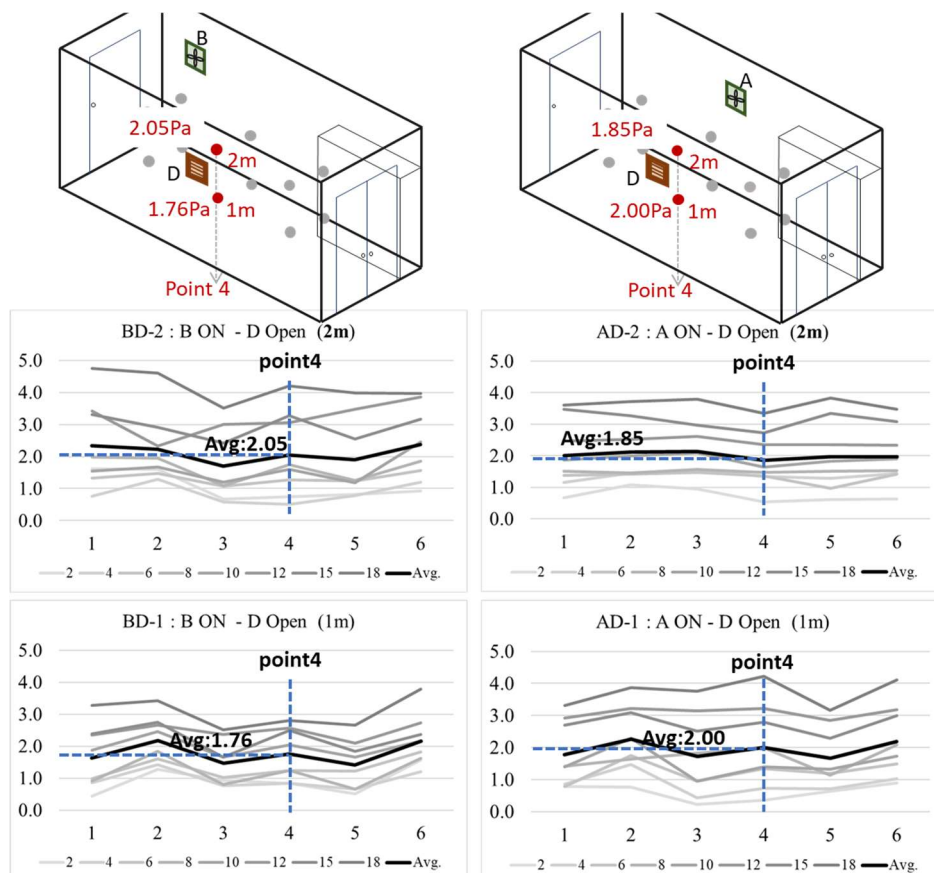


図 5-2-1-9 : D ガラリー ON における高さ 2m・1m の計測ポイント平均室圧

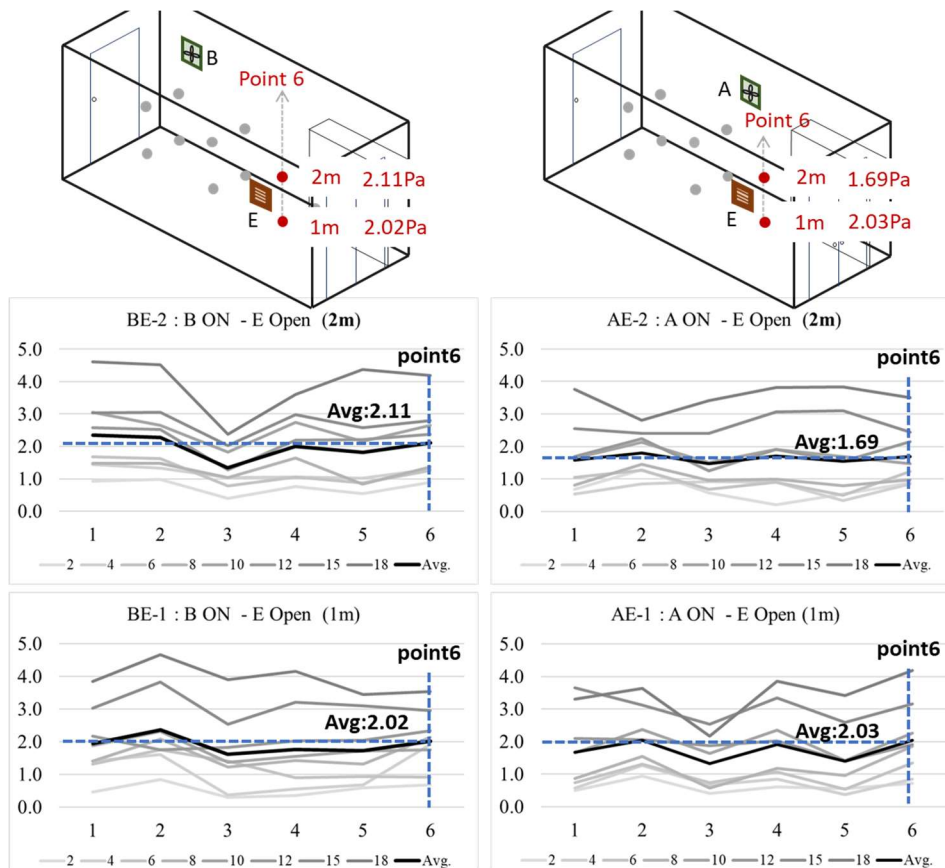


図 5-2-1-10 : E ガラリー ON における高さ 2m・1m の計測ポイント平均室圧

更にガラリーに最も近いポイントと最も遠いポイントを分析すると、ガラリー隣接するポイントは開口による圧力が逃がして測定圧力がやや低いことが分かった。一方、FAN 出口に近いほど、直接風圧影響により測定圧力値が大きくなると確認できた。図に示すように、A FAN から最も近い高さ 2m の位置にあるポイント 3 が最大圧力 1.94~2.32Pa 程度を維持したが、同じ 2m 高さで遠端にあるポイント 1、4、6 は徐々に圧力を下がり、特にガラリー Open する時最もガラリー付近の計測点が最小室圧で計測された。

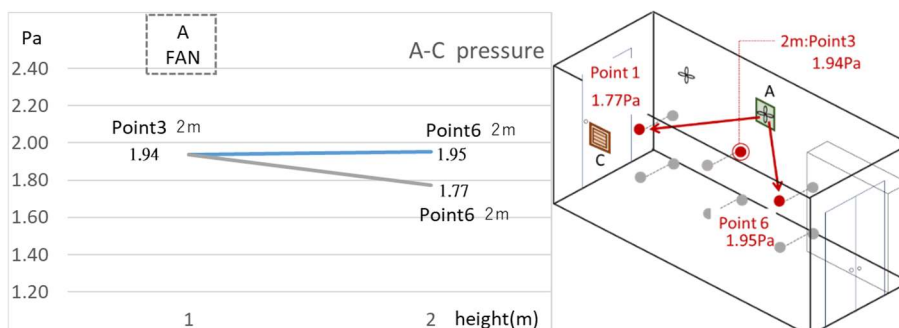


図 5-2-1-11 : A FAN Vs C Grille ,2m pressuer

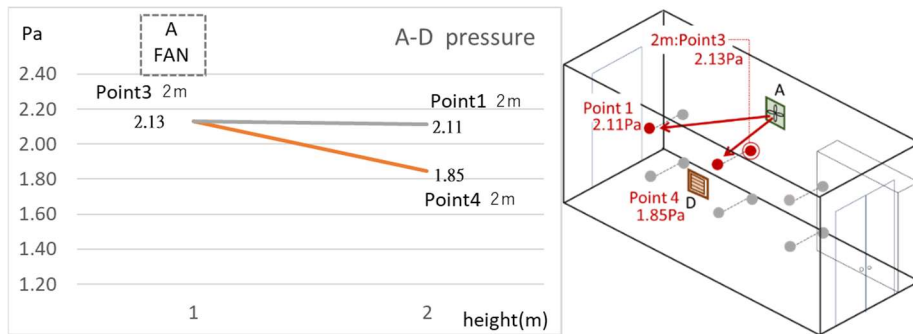


図 5-2-1-12 : A FAN Vs D Grille ,2m pressuer

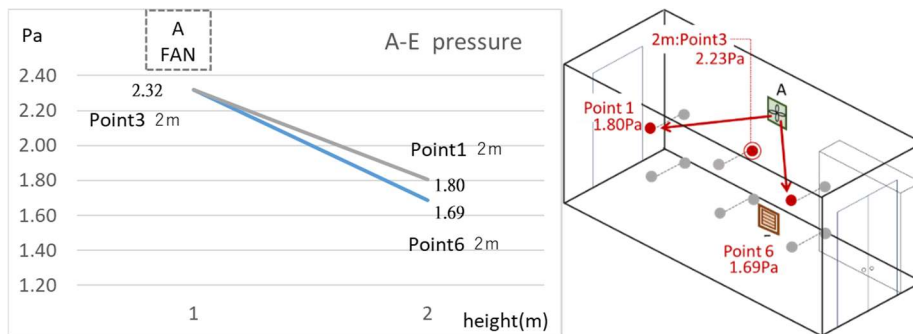


図 5-2-1-13 : A FAN Vs E Grille ,2m pressuer

B FAN についても同様な実測を行い、図に示したすように、B FAN に近い高さ 2m にある Point1 が最大室圧の 2.34~2.47Pa を維持していた。順番に C・D・E ガラリを ON にして Point1、4、6 は室圧下がりを確認できた。ガラリ ON しないところのポイントの圧力も下がり現象あったが下がり幅は Open 時より明確してなく開放ガラリ周辺の室圧は若干低くなるのが分かった。

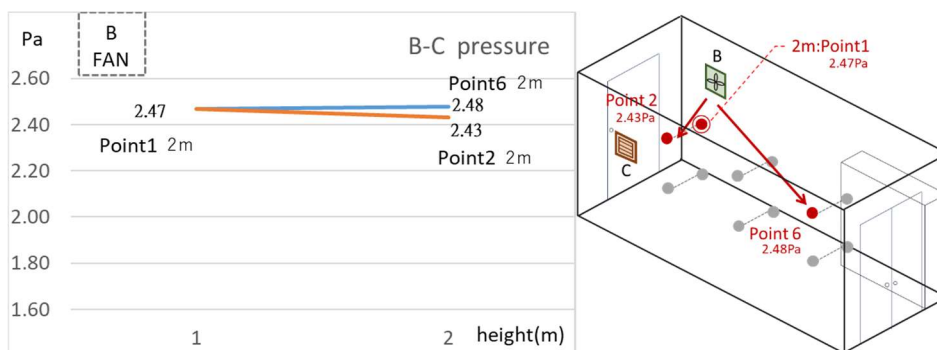


図 5-2-1-14 : B FAN Vs C Grille ,2m pressuer

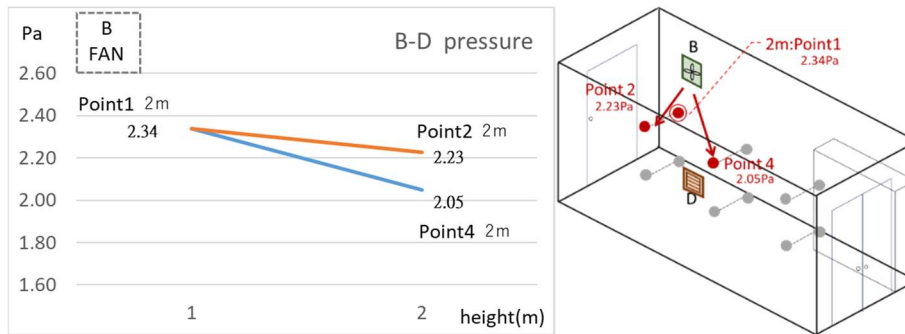


図 5-2-1-15 : B FAN Vs D Grille ,2m pressuer

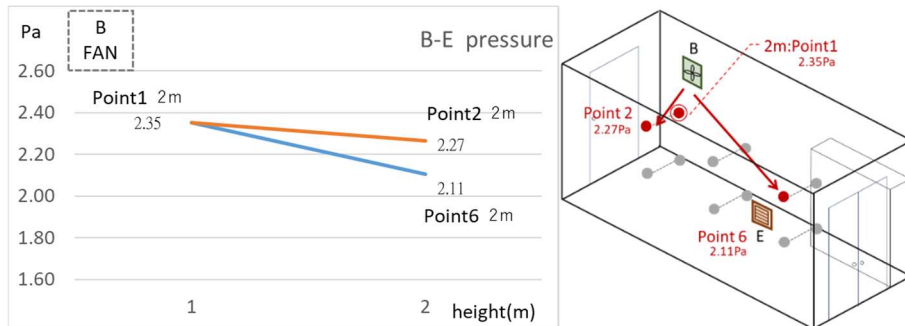


図 5-2-1-16 : B FAN Vs E Grille ,2m pressuer

陽圧実測結論

1. コンテナにおける適切設計換気回数⁷⁰

5.8×2.2×H2.5m、気積 31.9m³ の簡易 FAN 設備を使用している 20 フィートコンテナでは、開口とガラリが閉まった場合は 2 回/h 換気で室圧は約 0.8Pa、4 回/h 換気で約 1.0Pa に達し、6 回/h では約 2.0Pa、12 回/h まで上げると約 2.5Pa、更に 18 回/h まで調整すると、最大室圧 4Pa 程度となった。各国の圧力および換気回数推奨値を比較すると、台湾：2.0Pa、2 回/h 換気以上・日本：2.3Pa、3 回/h 換気上、米国：2.5Pa、6 回/h 換気以上には、簡易ファン設備を装備されているコンテナの設計換気回数は少なくとも 6 回/h 以上を必要とする。

2. ガラリ ON/OFF と室圧変化

ガラリ ON に伴い、同じく換気風量（回/h）で測定した室圧は、密閉空間での測定時より低くなること。6 回/h 換気で室圧はわずか 1.24Pa 程度、推奨値 2.0Pa に満足するには、換気回数は少なくとも 12 回以上必要となる。または、図からみると、ガラリ ON 及び距離が離れるほど室圧が低下することが確認できた。

表 5-2-4 : GrilleON、室圧状況

		Grille Open						
T/h		4	6	8	10	12	15	18
Average Pa		0.99	1.24	1.48	1.84	2.31	2.67	3.52

⁷⁰ 換気扇をコンテナにつけた状態でファンの風速計量を実施し、ファン開口面積と換算した結果

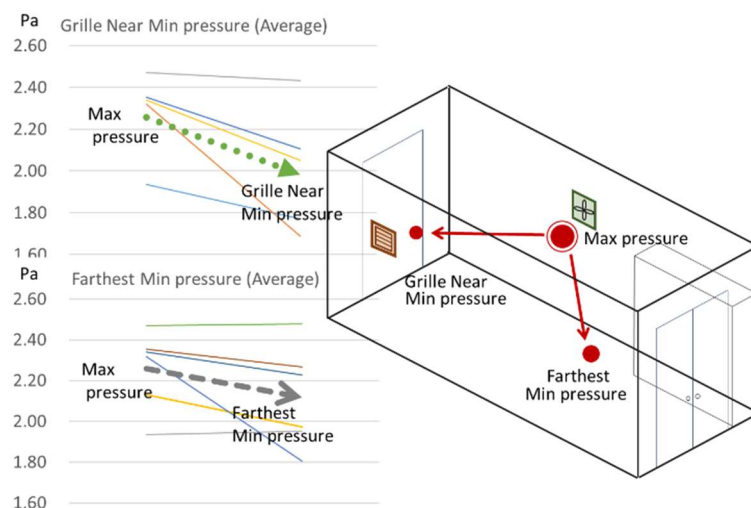


図 5-2-1-17：ガラリー開口付近、室圧低下、距離取るほど室圧低下

5-3 陰圧の適宜換気量・室圧の妥当性条件及び実測効果・特性⁷¹

実験目的で A・B 換気ファンを方向調整できるように、事前に計画していた。医療従事者を保護するため陽圧仕様のみではなく、感染対策の一環として隔離病室に使用する場合と通常負圧需要室まで多様性に応じ、医療用途管理排気から非危険排気の展示商業・移動性飲食厨房・一般オフィス等々にも使えるよう、室内陰圧効果と換気回数に関する実験も行った。2020 年から 2021 年末までにコロナ感染大流行により医療機関内クラスター発生、医療体制崩壊、医療関連スタッフ・資源が感染に引き起こされ、莫大なエネルギー（命・経済・生活など）が消耗され、未確認の感染病原体が医療機関に侵入されないよう、この二年間には多く病棟外で使用する仮設式医療コンテナ、検体採取・検査室・隔離病室等を発明されました。ただし、これだけ緊急時代で救援目的に作られた陰圧用途コンテナは感染大流行が収まった場合、省エネルギー観点から通常的生活場でも応用・転用できることなら今後注目話題となると考えられる。

感染症対策関連室用途の陰圧仕様には厳しく規定されてあるが一般陰圧仕様空間について気流方向・臭気・水蒸気排除・排熱排除などは主な需要となる。例えば移動式厨房（露店）、トイレ浴室、食品収納庫、工業用作業スペース、倉庫など臭いや排気量をコントロール必要がある部屋には本研究にあったコンテナを転用できれば汎用性・コスト削減・非常時通常時間問わず応用できるコンテナユニットは省エネルギーにも繋ぐこととなる。

⁷¹ 陰圧実測内容について、ChenYu PAN, Tatsuya HAYASHI, Jun MUNAKATA and Shigeki NAKAYAMA, Negative Pressure Generation Effectiveness of Simple Fans in a 20-ft Container Construction, 技術 No.243、空気調和衛生工学会を参考したもの

陰圧仕様とは、機械的手法により室内の空気環境が負圧とさせること。つまり、機械的な換気装置を使用し、室内の空気を強制的に排出する。この換気式は第3種換気方式と知られている。給気はガラリの開口部やドア、窓の隙間から、排気は機械ファンを通して排気する。第3種換気方式は室内の換気方向を制御するだけでなく、換気ファンの静圧能力によって室内の必要陰圧を維持することもできる。図は陰圧仕様となる第3種換気システム概念を示した図である。排気量と室内圧を要望値に満たすため、FANの設計容量はP1～P3条件があり、P1とP2は基本的な吸い込み口・ダクト管内圧力損失やファン回転損失となり、P3はフィルターの損失を示した。フィルターの圧力損失は濾過グレードにより異なるため（プレフィルターやHEPAフィルター）排気ファンの容量（m³/h、Pa）設計は十分留意が必要である。

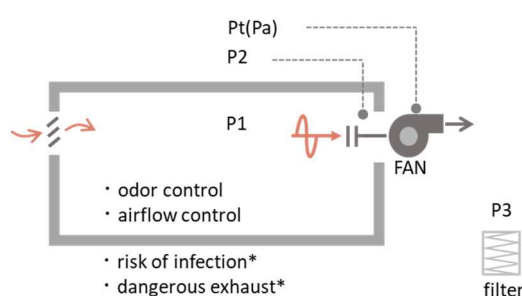


図 5-3-1：陰圧排気ファン容量の決め条件

$$Pt(Pa) = P1 + P2$$

Pt(Pa) : FAN Full pressure

P1: Indoor pressure

$$P2: \Sigma \Delta P_1 + \Sigma \Delta P_2 + \Sigma \Delta P_3 + \Sigma \Delta P_4$$

$\Sigma \Delta P_1$: Fan pressure loss

$\Sigma \Delta P_2$: Duct pressure loss

$\Sigma \Delta P_3$: Valve pressure loss

$\Sigma \Delta P_4$: Pressure loss of tuyere

*註：部屋用途は感染患者室、伝染病室、輻射汚染室など場合、高効率フィルターを装着必要。FAN(Pa)設計容量は以下となる

$$Pt(Pa) = P1 + P2 + P3$$

P3: Filter pressure loss

* Filter: High filterability

ここでの陰圧実験は主に簡易換気ファン設備を持ち、20 フィートコンテナに対して負圧性能の検証計測と実用可能性実験であった。感染対策、危険排気対象仕様ではないためフィルターの圧力損失は考慮せず、装置された簡易ファンを方向反転装着して、陰圧

効果を試して 20 フィートコンテナについて最大陰圧効果を参考として今後類似な施設に活用できればと良い。

空間及び条件設定について、陽圧実験で使ったコンテナをモデルとした対象である。ファンの設置は陽圧と違い、設計当初に反転設置できるようにして排気仕様も可能とした。A と B 設置位置は室内陰圧効果とファンの設置位置関係を確認するため、試しに二ヶ所に装備する。吸い込み口は台湾の CDC の給気量は排気量の 50%以下とする規定を参考して、実験のため一般排気ガラリ (220 x 220mm) と扉下部の隙間 (15mm程度 x 幅 1700mm) を個別利用して第 3 種換気方式で陰圧実測を行った。コンテナ室内気積は 31.9m³ (5.8x2.2xH2.5m) であり、A と B ファンはそれぞれ 2~18 回/h 設定容量を持ち、同時稼働にすると 35~36 回/h となり、最大排気容量 35 回/h にして (31.9m³ x 35=1116m³/h)、吸い込み (給気口) は排気量の 50%以下にし、仮に 500m³/h で計算すると、ガラリ式 220 x 220mm の給気面風速は約 2.9m/s、扉下部隙間の給気面風速は約 5.3m/s 程度となった。医療コンテナにおける陰圧に吸い込み (給気口) に関する面風速参考基準がないため現状にあったガラリと扉下部隙間を利用して実測比較を行った。

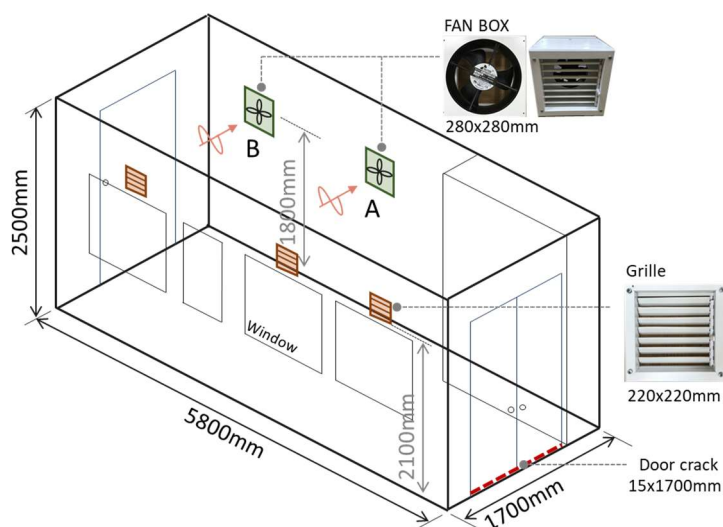


図 5-3-2 : 陰圧実測モデル

簡易ファン位置について、コンテナの最大の利点は、迅速な設置、低コスト、入手易い等メリットがある。ここでの研究は特定な医療陰圧エリアを対象ではなく、感染症パンテイング過ぎた後、一般陰圧用途空間としても使用できるコンテナ換気設備システムについて実測研究を行う。したがって、HEPA など高効率フィルター設備 (BOX) を装備せず、一般的、そして調達しやすい DC 換気扇を使用して現地でも組み合わせ容易な

簡易ファン BOX を使用、施工の簡易化を図っている。図は簡易ファン BOX とガラリ、扉下部隙間の相対位置、気流がクロスしないよう、一方通行形式でファンを設置する。

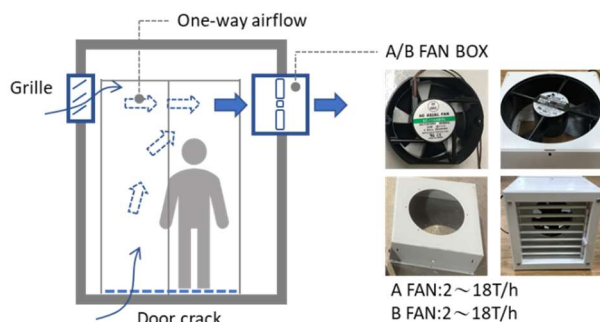


図 5-3-3：簡易ファン BOX 及び設置位置

過去には医療コンテナ施設に関する陰圧関連研究や文献はあまりなかったため、参照の基礎となるように、病棟建築における陰圧に関する関連規制を表に纏めてみた。代表的に台湾、アメリカ及び日本の関連基準を整理して、陰圧（スペース間の圧力差）の推奨値は、アメリカと日本では-2.5 Pa を超える必要があり、台湾では少なくとも-2.0Pa 以上、ただし-8.0Pa 以上をお勧めとする、目的は扉開閉瞬間の圧力損失を吸収するための推奨値であった。つまり、台湾の推奨陰圧値は通常時では-2.0Pa 以上、スタッフ出入り頻繁の場合、-8.0Pa 以上をお勧めとする。また、換気量に関しては、各国では 6~12 回 / h 換気が推奨されている。6 回 / h は主にトイレや飲食エリア（空間）などに使用され、12 回 / h は新築病棟に使用され、建て替え、旧病棟建築は 6 回 / h に設定されている。他の空間、例えば一般用途に付属トイレ、食堂は 10 回 / h 規則もある。給排気量規制については台湾のみが一方通行気流ルートと陰圧エリアの給気量は排気量の 50% 以下必要である。表 5-3-1 は病棟用の推奨陰圧値と換気量を示しているが、コンテナ用ではなく、本研究は参考として整理し基準とした使用している。

一方、参考用の陰圧差と換気量推奨値があったが実際建築設計際、対象病室での設計全圧設計容量は一部の設計参考資料には載ってあるが標準ではないので表 5-3-2 に「陰圧室の設計値」を纏めてみた。台湾は-10 から-20Pa の値を推奨、日本は前室-20Pa、メイン病室は-40Pa、米国は明確な参照データがなく、オーストラリアは-30Pa 以上を推奨している。上記の分析に基づいて、異なる空間での基準圧力差は少なくとも-2.0Pa であると結論付けられ、-8.Pa 以上が最適であり、換気頻度は少なくとも 6 回 / h を確保できることが分かった。

医療コンテナに関する換気用機械設備の設計全圧容量は、最も少なく台湾での推奨値は-10Pa 以上を参照できると考えられる。一般病棟での設計値はダクト長さ、全室、病室

との関連、使用状況により違うのでここではあえて論じないとする。ただし、給気と排気ルートのカロス感染リスク点を観る、室内の空気流れに関しては一方向に流れるコントロールは必要がある。

表 5-3-1：各国の病棟の陰圧と換気量に関する推奨値

Country	Pressure difference	Air hr(T/h)	Air inlet
Taiwan*1	-2.0~-8.0Pa *4	6~12 *5	1.Unidirectional 2.EA>OA50% *6
America*2	-2.5Pa~ *7	6~12 *8	N/A
Japan*3	-2.5Pa~ *9	6~12 *10	N/A

*1: Taiwan Centers for disease control

*2: Centers for disease control and prevention/USA

*3:Hospital facilities design guidelines(Air conditioning volume)

*4:At least -2Pa or more, recommended -8Pa or more

*5: toilet-6 T/h、 ward-8~12 T/h

*6: Single direction of intake and exhaust

The exhaust volume is more than 50% greater than the intake volume

*7: Pressure difference between corridors and wards

*8: Old ward-6 T/h、 toilet-10 T/h、 anteroom-10T/h、 New ward-12 T/h

*9: Pressure difference with other spaces

*10: toilet-6 T/h、 Simple kitchen -6 T/h、 ward-6~12 T/h

表 5-3-2：各国の陰圧室の設計陰圧値（全圧）に関する推奨値

Country	Design Negative pressure	Remark
Taiwan	-10~-20Pa	*1
America	N/A	
Japan	-20~-40Pa	*2
Australia	-30Pa~	*3

*1:Reference icon for the isolation ward of the Taiwan CDC

*2:anteroom-20Pa, Ward -40Pa, Medical welfare, building equipment integration

*3:Ward negative pressure, Victorian Advisory, Committee on Infection Control,VACIC

5-3-1 計測分析

下表は室内換気回数が陰圧との関連性を検証するためケース 1~6 を設定し実測を行った。A と B FAN はそれぞれ 2~18 回/h 換気を調整可能とし、ガラリや門扉隙間を給気ルートにして陰圧効果を確認し、20 フィートコンテナに対して参考陰圧値に満たすため簡易ファン能力の推奨値を確認計測してみた。コンテナ室内気積は 31.9m³ (5.8x2.2x2.5m)、計測するためファン容量は INV 仕様で 2~18 回/h 容量とする、つまりファン一台でも室内換気容量は 60~580m³ / h に満たせる。

CASE1~4 は A、B ファンをそれぞれ稼働にしてガラリや門扉隙間との陰圧効果を考查する、特に門扉隙間との実験目的はコンテナ排気設備あり、給気口が無くて室内密閉状況での陰圧効果である。また、試すよう、簡易ファンの最大陰圧効果を確認するため、A+B ファン同時稼働にした場合、最大換気回数は CASE5~6 の 30~35 回/h となる。

表 5-3-1-1：計測モデル設定

	FAN	Air change (T/h)	Grille	Door crack
CASE1	B	2~18	ON	OFF
CASE2			OFF	ON
CASE3	A	2~18	ON	OFF
CASE4			OFF	ON
CASE5	A+B	30~35	ON	OFF
CASE6			OFF	ON

計測点、ファン位置及び室圧計測器については図に示したように、AB ファンはガラリ、門扉隙間と換気クロスがないよう対面設置とする、所謂換気一方通行となる。ガラリと門扉隙間は同時に開放がなく、ガラリオープン際、門扉隙間を仮止め、逆実験する時ガラリを閉じるという比較実験を行う。丸点はデジタル式室圧計測器を設置位置、座る作業レベル 1m 高さとし、立ち作業 2m 高さを測定位置とし、空間内の各ポイントの陰圧状態変化を調べる。使用するデジタル室圧計測器の精度は $\pm 1\%$ 、計測範囲 $0 \pm 60\text{Pa}$ 、計測環境温度は $0 \sim 50^\circ\text{C}$ であり、計測時に外部にあった検出ポートを外気影響されないよう、ポート周囲を保護ボックスで囲まれ、気圧を安定させること。計測された陰圧値は平均値を採用する。

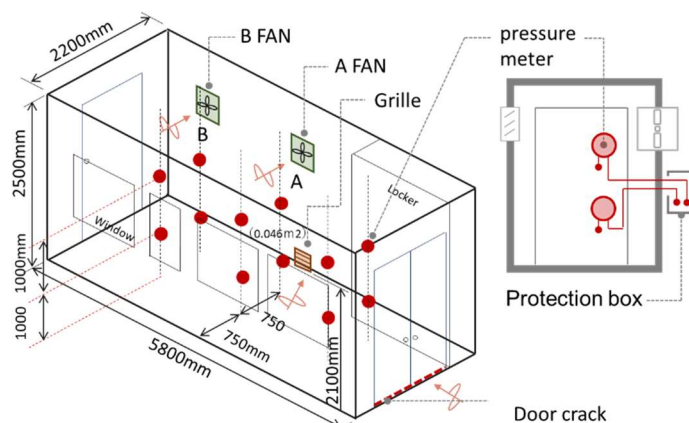




図 5-3-1-1：計測点、ファン位置及び室圧計測器関連位置

陰圧実測結果

1. 換気回数と陰圧効果

図 5-3-1-2 は B FAN 稼働時、ガラリ給気 CASE1 と門扉隙間給気 CASE2 の比較を示している。2～12 回/h 換気での差は殆どなく、8 回/h 換気までガラリ給気、門扉隙間給気とも -2Pa 以下となった。10 回/h から陰圧効果は明らかに上昇し 12 回/h 換気では両方でも -4.5Pa まで上がった。12 回/h 換気以降、CASE1 のガラリ給気の上昇率は鈍くなり、CASE2 の門扉隙間給気の陰圧効果は更に上昇し、18 回/h 換気時に -9.5Pa となった。

図 5-3-1-3 は A FAN 稼働時、ガラリ給気 CASE3 と門扉隙間給気 CASE4 の比較を示している。陰圧効果の上昇率は B ファン稼働時の効果に似ている、10 回/h 換気以前 CASE3 と CASE4 の上昇率はあまり変わりがなく、12 回/h から、門扉隙間給気の CASE4 の上昇率は著しく良くなる傾向が見える。図 5 と図 6 の低換気回数では (2～6 回/h) の陰圧効果は -2Pa 以下となっている、FAN の回転様子を観察してみても、低周波数でゆっくり回転するためファン羽根間に開口形となってしまう、完全な気流を形成するための静圧を形成することは困難ではないと考えられる。ただし、8 回/h 程度の換気量まで上がった場合は陰圧効果 -2Pa 程度となることを確認できた。

また、A ファンの門扉隙間給気の CASE4 の 15 回/h、B ファンの門扉隙間給気の CASE2 の 15 回/h 以上の場合、陰圧効果は台湾 CDC が規定されている -8.0Pa の推奨値に達している、更に日本、アメリカの最小陰圧差推奨 -2.0Pa に達している A ファンの門扉隙間給気の CASE4 の 6 回/h 程度、B ファンの門扉隙間給気の CASE2 の 8 回/h 以上を考査すると門扉隙間給気での室内陰圧効果はガラリ給気より明らかに効率が良いと分かった。

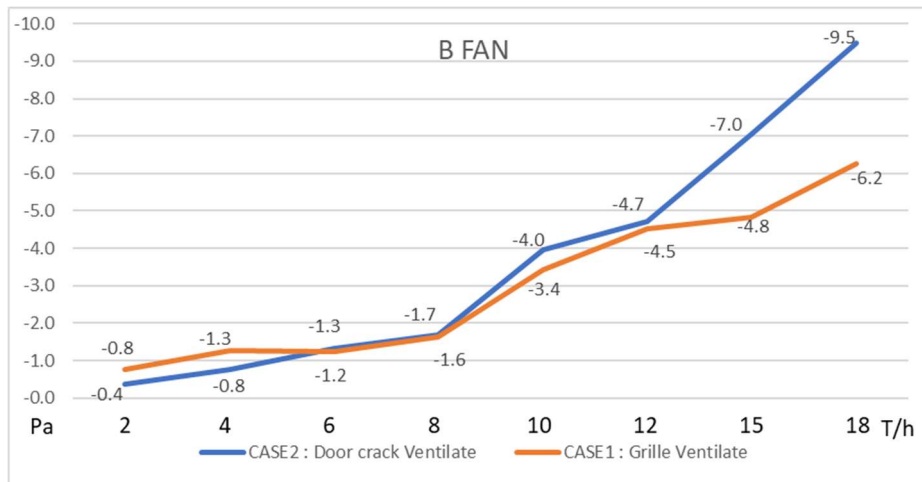


図 5-3-1-2 B ファン稼働、CASE1/CASE2 比較

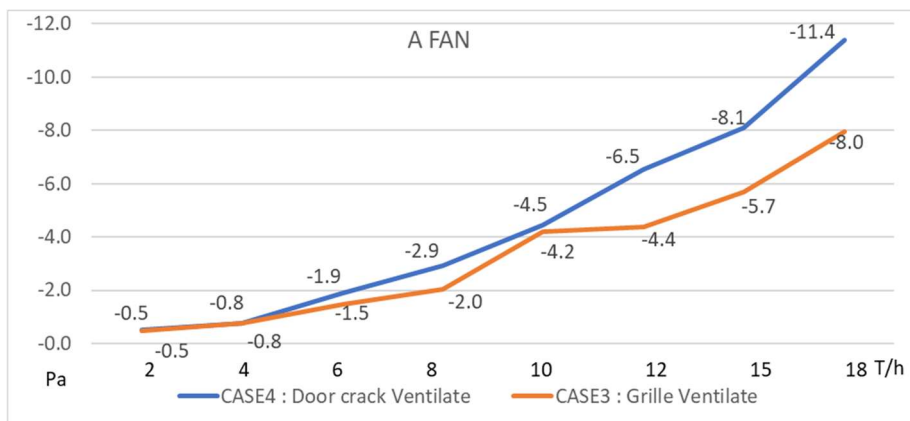


図 5-3-1-3 A ファン稼働、CASE4/CASE3 比較

更に図に CASE2 と CASE4 の 18、12、10、6、4 回/h 換気計測結果を纏めて比較して、FAN を中央位置に設置し、18 と 12 回/h 換気の陰圧効果は隅に設置した B ファンより良い陰圧効果を得られる。10 回/h 換気では AB ファンとも上下変動、低換気回数（6、4 回/h）の場合は両ファンの陰圧効果はほぼ一緒であった。同様に、CASE1 と CASE3 のガラリ給気実験でも、中央位置にあった A ファンの 18 回/h 換気の陰圧効果は隅に設置した B ファンより明らかに良い、12、10 回/h 時に上下変動、低換気回数での陰圧値は約-1.5~-1.8Pa 程度となった。ここではファンの設置位置は隅より中央には勧め、または門扉隙間給気での陰圧効果もガラリより良い結果を確認できた。

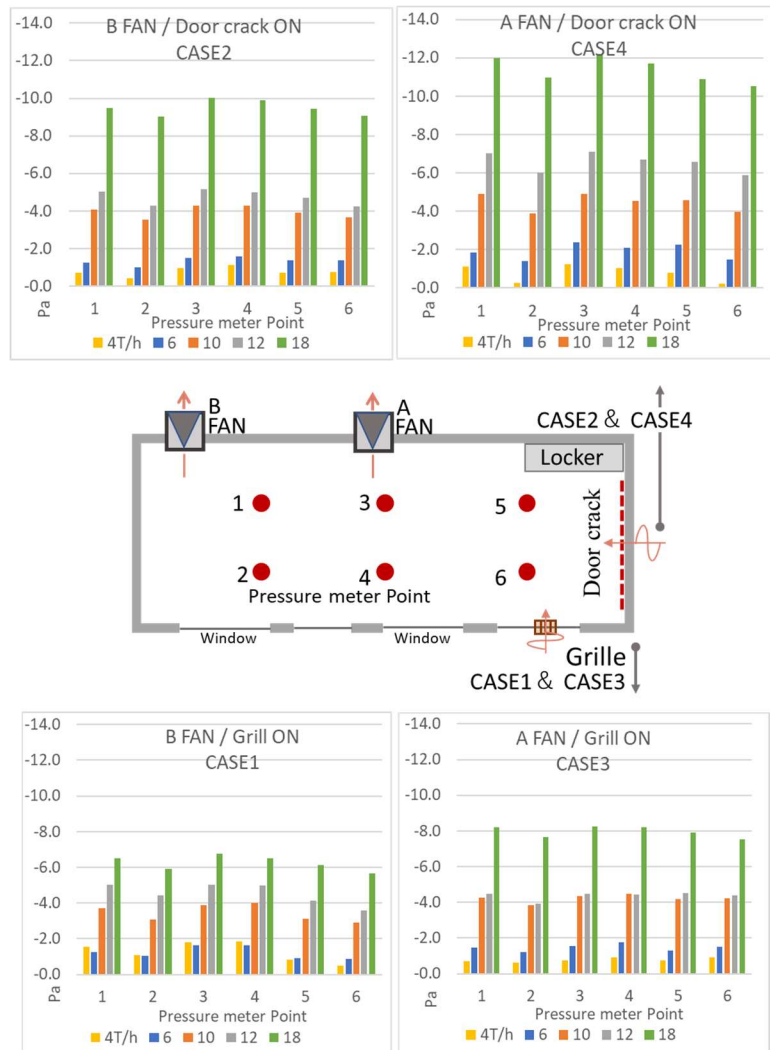


図 5-3-1-4 : A・B ファン設置位置と陰圧効果関連

図 5-3-1-5 は A と B ファンの平均値 (CASE2 / CASE4 平均、CASE1 / CASE3 平均)、そして A+B ファン同時運転で最大 30、35 回/h の平均値を示している。全体的に門扉隙間給気での室内陰圧効果はガラリ給気より良い結果、理由としては給気面積が小さく良い高い室圧を保つと考えられる。ただし、2~8 回/h 換気での室圧差はほぼ重なって、6 回/h 換気での陰圧は約-1.3~-1.6Pa、8 回/h 換気では、門扉隙間給気場合の陰圧は-2.3Pa に達したがガラリ開口の陰圧値は-1.8Pa 程度となった。12 回/h の場合は明らかに門扉隙間給気パターンの方は陰圧効果が良い、15 回/h には更に-8.0Pa となった。ガラリ給気パターンも-8.0Pa 以上を要求するなら 18 回/h 以上の換気風量が必要と思われる。一方、簡易ファン設備を持って 20 フィートコンテナにおける最大陰圧効果を検証するため、A+B ファン同時稼働させ、30 回/h 及び 35 回/h で室圧を測定する。CASE6 は門扉隙間給気パターン、30 回/h の平均負圧は-12.2Pa 程度、35 回/h は-16.7Pa まで達した。CASE5 はガラリ給気パターン、30 回/h の平均陰圧は-10.8Pa、35 回/h は-15.2Pa

程度を確認した。ここまで、門扉隙間給気パターンかガラリ給気パターンでも、30 回/h 換気なら陰圧効果は前表に述べた台湾推奨設計負圧値 (-10Pa〜) に満たことができると分かった。纏めた平均値を考察して、ガラリ給気での陰圧効果はやや低め、門扉隙間給気での陰圧効果はより高い数値を得られる。室圧最小規定-2.0Pa に満足できるよう、ガラリ給気パタンの場合は少なくとも 10 回/h 以上が必要、門扉隙間給気パタンの場合は 8 回/h 以上を勧める。

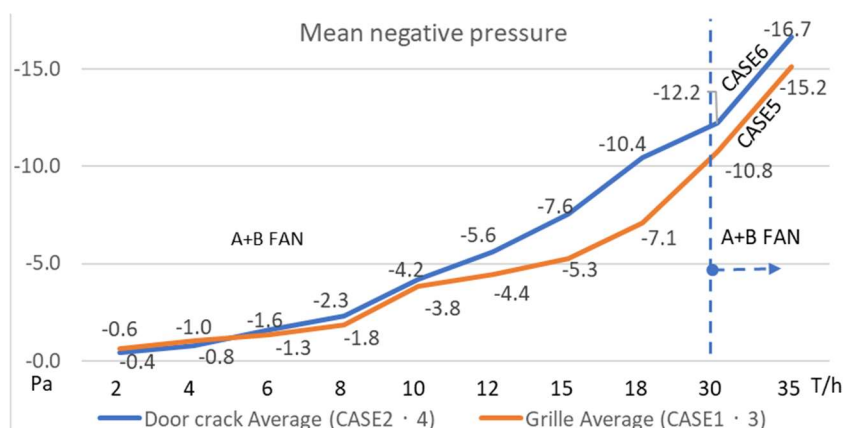


図 5-3-1-5：平均陰圧値及び A+B ファンの最大陰圧考察

2. ファン設置位置と圧力効果

FAN 設置位置によって圧力変化状態を観察するために、1m と 2m の高さに 1〜6 ポイントにデジタル圧力計 (図) を設置し、換気量変化により各ポイントの平均圧の変化を観察した。換気回数は静圧低すぎる 2 回/h を除き、18〜4 回/h で計測を行い、図 5-3-1-6 は B ファンを稼働し、ガラリ給気パターンと門扉隙間給気パタンの計測結果であった。まず門扉隙間給気パターンでの計測は換気回数 18 回の場合にはファンに最も近い高さ 2m ポイント 1 は -10 Pa、最も遠い高さ 1m ポイント点 5 と 6 は -8.6Pa と -8.1Pa となった。また、換気回数大きい程最も近いポイントと最も遠いポイントの圧力降下率が大きく観られる、換気回数少なくなると、圧力降下率は穏やかになる傾向が分かった。図 5-3-1-7 は B ファンを稼働し、ガラリ給気パターンでの遠近ポイント変化。同じく簡易ファン最大の換気回数 18 回で計測して、ファンに最も近いポイント 1 は -7.0Pa、最も遠いポイント 1m 高さの 5 と 6 は -5.6Pa と -5.0Pa での結果だった。同様、異なる換気回数と圧力降下率状況を観察し、換気回数大きい圧力降下率が著しい、小さい程圧力降下率は穏やかになる傾向となった。

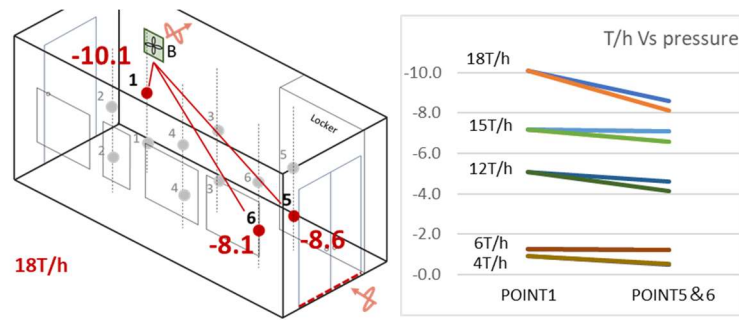


図 5-3-1-6 : B ファン、門扉隙間給気パターンにおける遠近ポイントの圧力変化

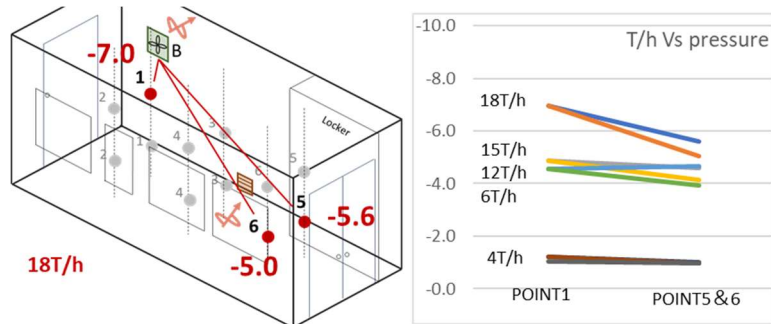


図 5-3-1-7 : B ファン、ガラリ給気パターンにおける遠近ポイントの圧力変化

図 5-3-1-8、5-3-1-9 は A ファンを稼働し、ガラリ給気パターンと門扉隙間給気パタンの計測結果であった。換気回数により各ポイントの圧力変化を考察して、上記 B ファン実測と類似な結果、門扉隙間給気パターンでの最大換気回数 18 回の場合にはファンに最も近い高さ 2m ポイント 3 は- 12.2 Pa、最も遠い高さ 1m ポイント 2 と 6 は-11.0Pa と-10.2Pa となった。ガラリ給気パターンでの最大換気回数 18 回の場合にはファンに最も近い高さ 2m ポイント 3 は- 8.5 Pa、最も遠い高さ 1m ポイント 2 と 6 は-7.4Pa と-7.5Pa となった。圧力降下傾向について、B ファンと違い、4~18 回/h 換気での遠近ポイントの降下率は顕著に現れる。

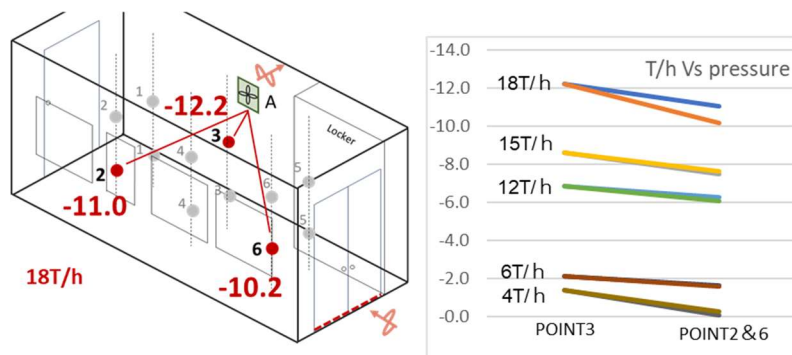


図 5-3-1-8 : A ファン、門扉隙間給気パターンにおける遠近ポイントの圧力変化

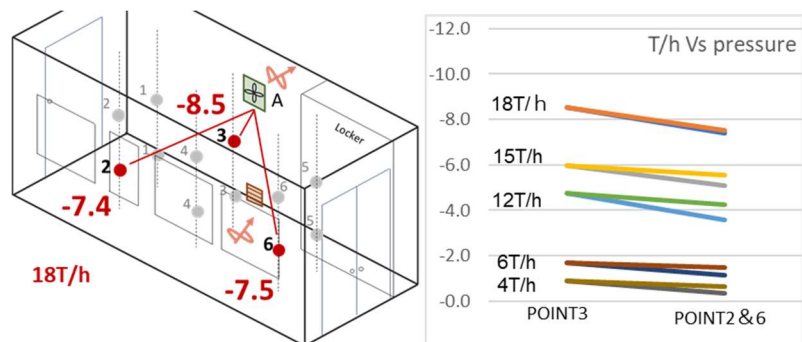


図 5-3-1-9 : A ファン、ガラリ給気パターンにおける遠近ポイントの圧力変化

ここまでの分析から、FAN の設置位置により室内陰圧値は変動あり、ファン位置に近いほど陰圧効果が高くなり、遠い程効果が低下する。所謂排気口との距離が圧力関係に比例する。ファン設定位置については、中央位置で測定した陰圧効果は隅に設置した B ファンよりやや良好な陰圧効果を得た。また、18 回/h の換気回数、門扉隙間給気では部屋内どのポイントでも、-7.0Pa 以上の陰圧効果を得て、簡易 FAN を使用し、20 フィートのコンテナに負圧効果を確認できた。汚染（毒）排気以外、この実測研究で、倉庫、トイレ、食事厨房等空間に陰圧応用する場合、簡易ファンでも応用できることが確認できた。

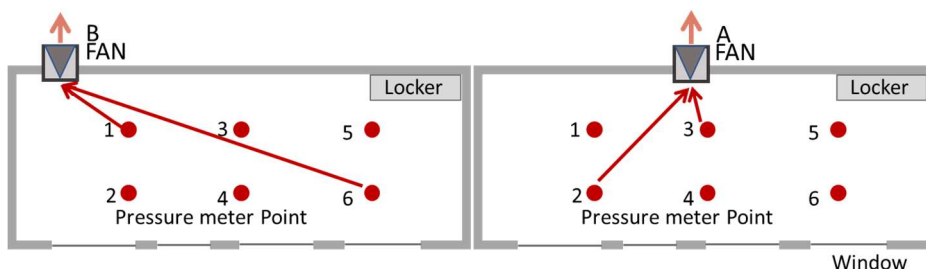


図 5-3-1-10 : ファンと各圧力ポイント関係

3. 陰圧仕様実験による纏め

陰圧の影響を確認するには、簡易 FAN 設備を備えた 20 フィートコンテナを利用し、室内陰圧変化を確認できた。直に簡易ファンで室圧に効果を確認するため、フィルター無しでの計測を行った。門扉隙間給気とガラリ給気、二種類給気モードと A・B ファン組み合わせ、換気回数・陰圧効果・ファン適切設置位置について実証実験を行った。

フィルター無しでの実測であったため、一般的な陰圧必要とするコンテナの設計参考となればと考えている（非危険排気、汚染排気用途）。

- (1) 陰圧用換気装置のイニシャルコストが高く、一般的に高静圧性能 FAN を装置し室内陰圧効果を維持できる。ただし、本研究では現地調達し易い小型 DC (直流 INV 仕様) ファンでもコンテナ室内に最小参考値-2.0Pa に (台湾) 満足することが分かった。
- (2) 最小規範参考値-2.0Pa (台湾) に確保するよう、簡易ファンの換気回数は門扉隙間給気モードで少なくとも 8 回/h 以上、ガラリ給気モード場合は 10 回/h 以上を確保必要と分かった。
- (3) 室内陰圧-10Pa 設計値 (最小設計参考基準、非規範、台湾) を目標とすると簡易ファンの換気回数は門扉隙間給気モードで少なくとも 18 回/h 以上、ガラリ給気モード場合は 30 回/h 以上必要と分かった。
- (4) ファン設置位置について、隅より中央に設置における室圧効果が良い。
- (5) 以上実測結果はフィルター無しでの計測結果、主に一般臭気排出用、例えば一般的なトイレ、倉庫、厨房飲食空間などに適用と考えられる。危険性・汚染排気でのコンテナ場合は H E P A など高効率フィルター装着を勧め、この場合はファン静圧が高くなるので別途で実験検証を行い、本研究では論じないこととする。

5-4 陽圧仕様における CO₂ 換気効率実験

陽圧用途の使用以外、等圧として一般的な診療所或いは事務的な用途も考えられるので、通常室圧環境での換気効率検証実験も行った。通常な居室環境やオフィス空間の室内良好な空気質を維持するために、外気を室内空気と入れ替わる必要である、所謂換気を行う。効率的な換気方法は自然換気と機械換気の 2 種類がある、自然換気は窓、扉等開口部より自然換気を行うこと、自然換気のコントロール要素は温度差 (室内外)・風圧 (屋外風圧等)・開口面積等ある。



図 5-4-1：自然換気

機械換気の場合は換気扇・ファン等機械方式で強制的な換気方法である。本研究は 2 種換気を研究軸にして、日・米・台湾の基準換気量を参考し、換気効率実験を行った。

一般用途（医療空間以外、一般生活用途、オフィス・倉庫・露店等）も使われるよう、同様な日・米・台湾の基準換気量を参考し陰圧値の計測研究を行った。

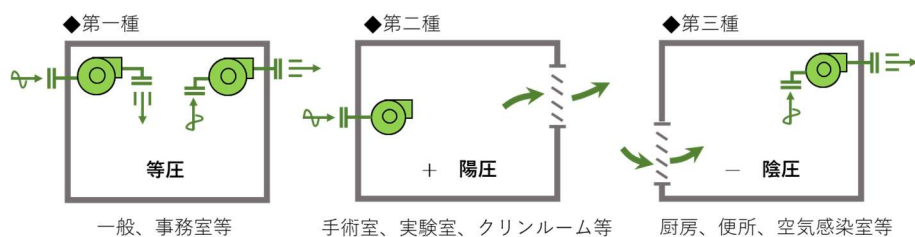


図 5-4-2：機械換気方式

表 5-4-1：オフィス作業、居室空間、必要外気量

地 域	単 位		備考
日本	人	30 m ³ /h・人	※1
米	人	30.6 m ³ /h・人	※2
台湾	面積	8~10 m ³ /h・m ²	※3

※1：建築設備設計基準、国交署

※2：ASHRAE, ANSI/ASHRAE Standard 62.1

※3：台湾 建築技術規則設備篇

日本の建築設備設計基準及びアメリカ ASHRAE の換気量規定は人数に基づいて計算され、日本は一人当たり 30 m³/h・人、アメリカは 30.6 m³/h・人とする。台湾の建築技術規則は面積で計算され、m² 当たり 8~10 m³/h とし、人数少ない部屋は 8 m³/h・m²、多人数の会議室等は 10m³/h・m² とする。下表の試算ように、コンテナ室内の最大収容人数が 4 名で計算し、日本とアメリカの基準換気量は 120 m³/h 程度とするが台湾の面積で計算すると必要換気量はやや少なく、102.4 m³/h となる。実験の目的は 20 フィートコンテナスペースにおける簡易換気システムによる適切換気効率を確認するため、小コスト・省エネルギーを考慮しながら最小風量 102.4 m³/h を実験最小値とする。尚、20 フィートコンテナスペース気積は 31.9m³ となり、最小風量 102.4 m³/h を換気回数に換算すると 3.2 回/h であるため、3.2 回/h の換気回数が実験基準値として使用される。

表 5-4-2：地域基準により計算最小必要換気量比較

	計算単位		必要換気量	回数換算※6	備考
日本	30 m ³ /h	4 人	120 m ³ /h	3.8 回/h	※4
米	30.6 m ³ /h	4 人	122.4 m ³ /h	3.8 回/h	※4
台湾	8 m ³ /h	12.8m ²	102.4 m ³ /h	3.2 回/h	※5

※4：最大収容人数 4 名を想定

※5：コンテナ室内面積、12.8m² (5.8 x 2.2m)

※6：コンテナ気積、5.8 x 2.2 x H2.5m = 31.9m³

換気効率実測は、換気の質を表すこと、所謂室内の空気質を評価するである。方法は概ね『汚染質除去効率』と『空気交換効率』二つ計測方法あり、汚染質除去効率は室内汚れた空気の除去効率を示す、空気交換効率は室内の空気がどれくらい速やか交換されているかを示す。本実測は小型計測器を持ち『空気交換効率』を使用して換気効率実験を行う、実際の空気交換時間と理論上の最小空気交換時間との比であり、「空気交換効率 = 最小空気交換時間 / 実際の空気交換時間」で表される。

5-4-1 実験実測

換気効率を検証するために、CO₂ を追跡ガスとして使用して、濃度減衰法で室内の空気換気効率を分析及び比較する。実験結果を将来類似な施設の参照設計条件と考える。20 フィートのコンテナスペース、室内寸法 5.8mx2.2mxH2.5m、容積 31.9m³ を使用し、換気効率の測定実験を実施する。換気方式は第 2 種方式、換気設備は前章にもあった簡易式 1φ110V、DC 直流可変風量換気ファンを採用して、最小風量 60・最大 580m³/h、換気回数 2~18 回/h とする。排気についてサイズ 220x220mm の開口ガラリを C、D、E に付ける。計測誤差を含め複数計測ポイントを設置して測る。CO₂ ガス計測器は二酸化炭素感知範囲 0~5000ppm、精度 ±50ppm + 3% のデジタル式モニターを使用している。

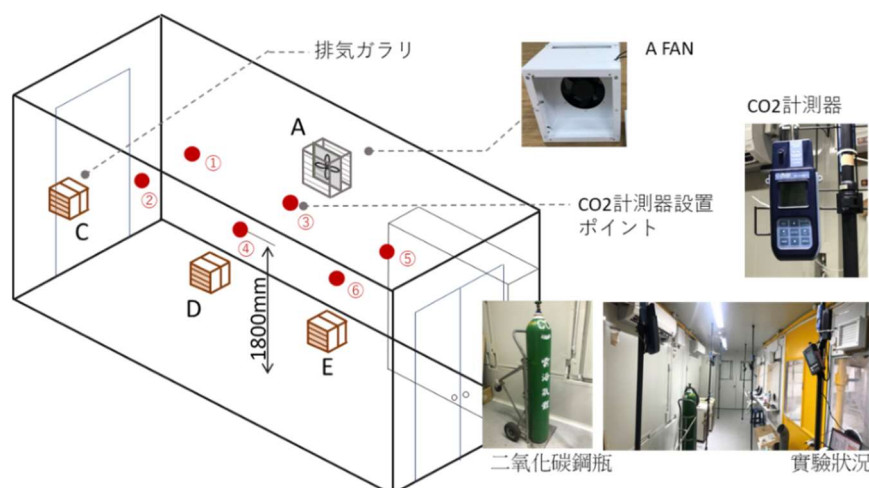


図 5-4-1-1：CO₂ 換気効率実験モデル室

トレーサガス法についてアメリカの ASHRAE⁷²にも推薦したよう、CO₂ ガス濃度の変化により室内の換気効率が把握することができ、Cui et al⁷³ (2015) での換気実験による CO₂ と換気回数の推測関係が分かった。または、CO₂ ガスは比較的入手しやすく、低コスト実験機材でもある。

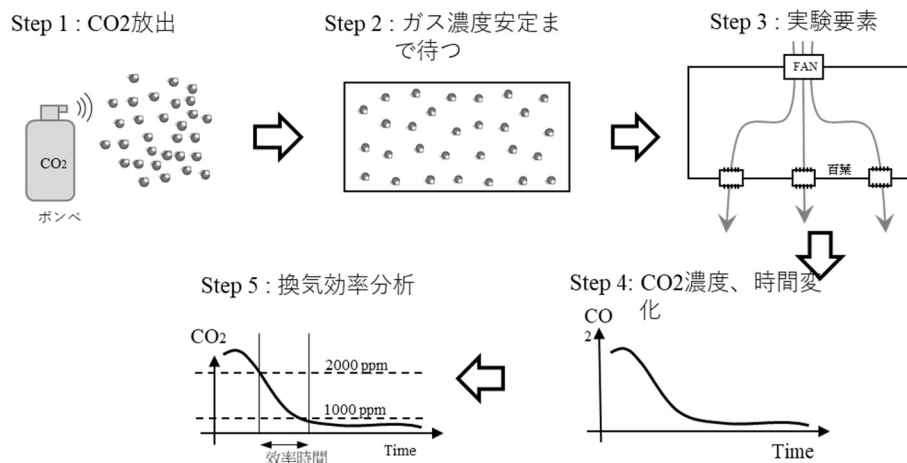


図 5-4-1-2 : CO₂ 追跡実験法

Step1 : CO₂ ガス放出、室内に CO₂ 濃度を上げるため、CO₂ ボンベで速やかに室内濃度を上昇させる

Step2 : ガス濃度安定、ガス放出初期、室内濃度の変動が激しくため、室内濃度均一まで待つこと

Step3 : 実測変動要因、第二種換気により給気ファンと排気ガラリの位置関係、風量関係を事前把握する

Step4 : 濃度と時間、ファンの設定換気回数を実際室内換気効率と比較するため、ファン設定風量は 2~18 回/h として、室内 CO₂ 濃度変化を観察する。排気ガラリは CDE 同時開放。

Step5 : 濃度範囲、計測安定及び計測時間を短縮ため、2000ppm 時点計測開始、1000ppm まで下がったら計測完了

CO₂ による健康等への影響に関して、オフィスビルの CO₂ 濃度は、約半数の研究において 800 ppm 未満の濃度領域で示されている、CO₂ 濃度は概ねの基準値は 1000 ppm 以下にすべきと指摘されているが 1000~2000 ppm の間に有害性物質が上昇し、

⁷² ASHRAE. (2013). Standard 62.1-2013 Ventilation for acceptable indoor air quality.

⁷³ Cui, S., Cohen, M., Stabat, P., & Marchio, D. (2015). CO₂ tracer gas concentration decay method for measuring air change rate. *Building and Environment*, 84, 162-169.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.11.007>

換気状況と改善を要求され、2000 ppm 以上となると健康と衛生上に許容できないと過去の研究文献等に示されている。

表 5-4-1-1：CO₂ 濃度と健康等への影響（参考、室内空気質のための必要換気量、公益社団法人 空気調和・衛生工学会）

室内と大気のCO ₂ の濃度差	既往の疫学及び毒性的研究より	職業曝露限界値 (VLEP)
d CO ₂ :400ppm以下 優れたIAQ		
d CO ₂ : 400-600ppm 平均レベルのIAQ	850ppm以上 d CO ₂ 450ppm以上 SBS症状が増加 (Erdmann and Apte 2004) (Wargocki et al 2000)	
d CO ₂ : 600-1000ppm 中程度IAQ	1000ppm以上 d CO ₂ 600ppm以上 ・学校の子どもの喘息関連 症状の増悪 (Simoni et al 2010) ・数時間で成人の精神運 動機能(意思決定や問題 解決)への影響 (Satish et al 2012)	
d CO ₂ : 1000ppm超 低レベルのIAQ	10000ppmに22日曝露した成人 で代謝性侵襲(血中Caや尿中燐 濃度の低下)(Gray et al 1950) 追加 10000ppm以上 中程度の身体負荷の健康な 成人における呼吸性アシ ドーシス※出現(30分曝露) (DFG 2012) ※肺でガス交換が低下し体内にCO ₂ が滞留、血液脳関門を 通じて急速に拡散する。急性では頭痛、錯乱増悪等、慢性 では記憶喪失、睡眠障害、日中の過度な眠気等を生じる。	5000ppm以上 フランスや諸外国の8時 間平均値 (ACGIH, NIOSH, OSHA等) 10000-30000ppm 諸外国の短時間曝露 限界値(同上)

本実験目標は一般用途となる場合、室内換気効率と換気設備の設定風量の比較実験のため、室内追跡ガスの CO₂ 濃度の計測設定範囲は通常基準値の 1000ppm を基準として、上限は健康と衛生上に許容できない 2000ppm とする。

計算式は CO₂ 濃度減衰式を持ち、室内実際換気率を計算し換気回数を得ること。そして、換気設備の設定換気回数と比較して適切な換気容量設計参考と提言する。以下は CO₂ 濃度減衰式

$$\text{換気率}(1/h) = \{ \ln(C_0) - \ln(C(t)) \} / t$$

Co：CO₂ 濃度上限値(m³/m³) - 2000ppm

C(t)：CO₂ 濃度下限値(m³/m³) - 1000ppm

t：衰減時間(h)

5-4-2 実験結果

簡易ファン設備における各換気回数モードにより実際室内の換気効率変化を観察する。CO₂ ガス濃度減衰法で実際室内換気効率を換気設備の設計風量と比較し、簡易換気設備における適切な設計参考と換気回数を検証する。

下記図表は CDE ガラリを ON・OFF 時の室内換気回数の変化状態を示している。横軸は換気設備の設定換気回数、縦軸は濃度減衰式により計算した実際の換気回数である、破線はファンの設定換気回数と実際換気回数の相対トレンド（傾向）を示す。まず CDE ガラリの ON・OFF を問わず、設定換気回数と実際換気回数の相対トレンドを見て、いずれも実際の換気回数よりファンの設定回数が多いことが分かった。ファンの設計容量が実際の換気回数容量と落差あることを示している。考えられるのは、コンテナの室内密閉性、施工性効果が限られていることと、簡易ファンの静圧容量も制限されているため換気設備の設定容量が実際容量との計測値を完全に一致させることはできないと思われる。

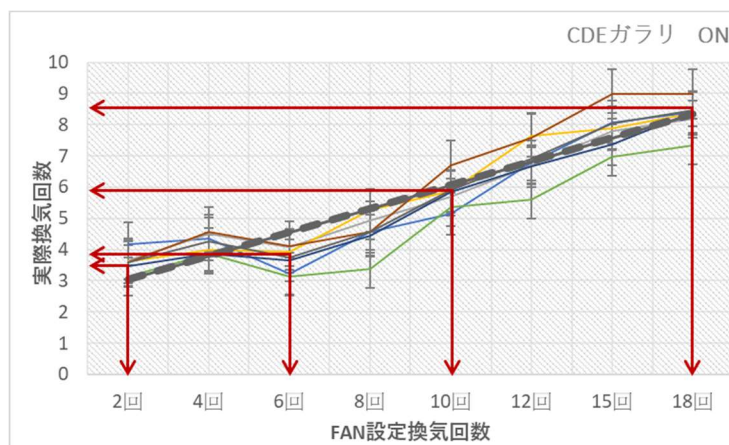


図 5-4-2-1 : CDE ガラリ ON におけ、設計換気回数と実際換気回数変化

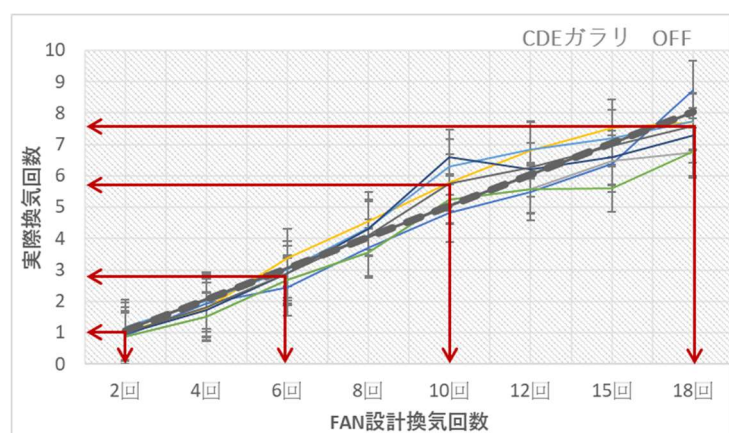


図 5-4-2-2 : CDE ガラリ OFF におけ、設計換気回数と実際換気回数変化

CDE ガラリを ON と OFF の換気回数変化状態を見て、ガラリ OFF の実測値と比べ、ON の室内実際換気効率がより良いことが分かった。これがガラリを ON における給気排気ルート明確のため室内換気効率がよくなると予想される。ただし、ファン設計回数を 10 回以上になると、ガラリの ON・OFF モードを問わずファン設備の設計容量が実際換気回数に近づく（表 5-4-2-1）、考えられる理由は 10 回換気以上の簡易ファン設備でも風量増加によりガラリ OFF 状況でも室内強制換気効果が上がると考えられる。

表 5-4-2-1：ガラリ ON・OFF 問わず、ファン設備の設計容量と換気回数

	2 回	4 回	6 回	8 回	10 回	12 回	15 回	18 回
ON	3.6	4.3	3.7	4.6	5.9	6.9	8.0	8.5
OFF	1.0	1.8	2.9	4.1	5.7	6.3	7.0	7.6

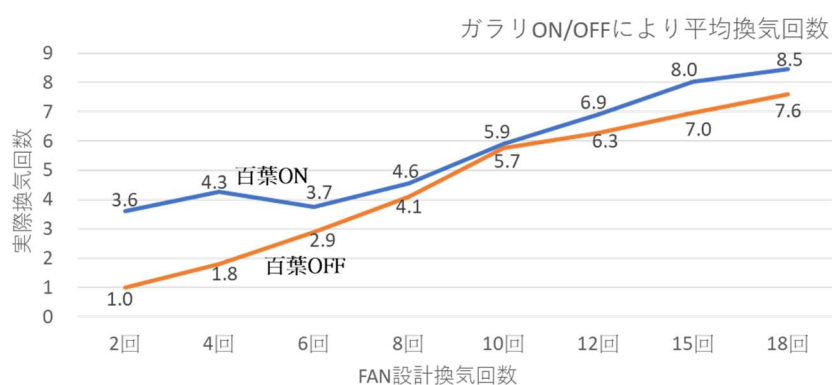


図 5-4-2-3：ガラリ ON・OFF におけるファン換気回数と実際換気回数の平均値

更に設定ファン換気回数を実際計測室内換気回数と比例換算してみると、CDE ガラリを ON と OFF のトレンド変化を見て、ガラリ OFF でのファン換気回数増加に伴い換気効率%が上がり。一方、ガラリ ON でのファン換気回数増加に伴って、明らかな換気効率%を上昇しないが 60%程度の換気効率を維持していることが分かった。2~18 回のトレンド変化を観察し設計風量 10 回以後になると換気効率を徐々に低下していく傾向となるため、コンテナにおける簡易ファン設備を採用には安定的且つ効果的な設計すべき風量は 10 回程度で良いと確認できた。

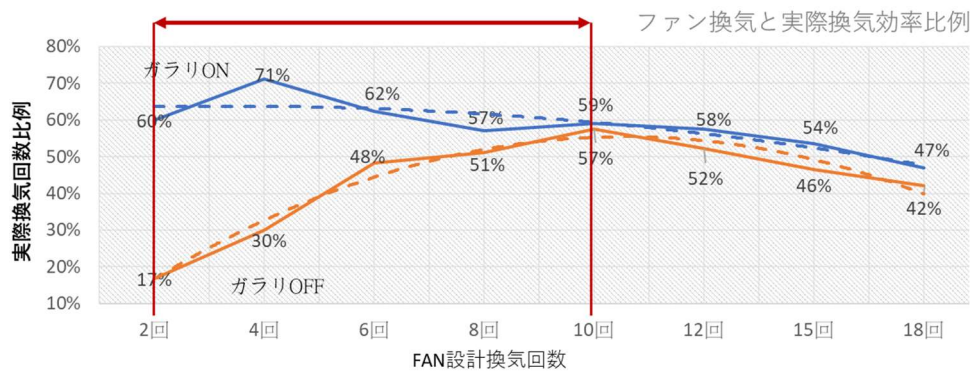


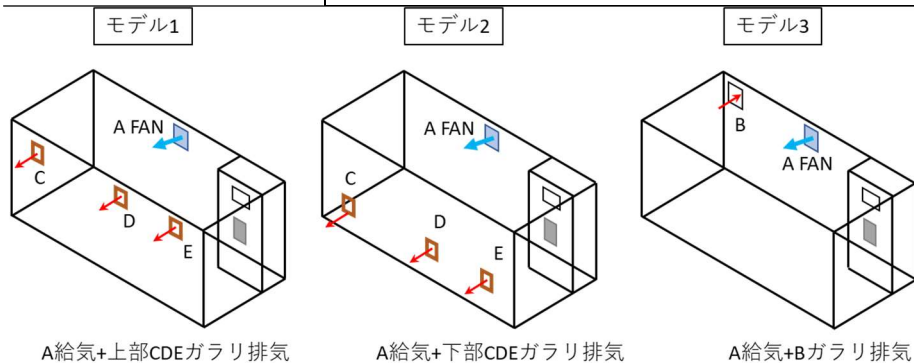
図 5-4-2-4：ファン設計換気回数と実際換気効率比例

シミュレーションによる検証について

実証検証と比較するよう、モックアップ実際実験を行った上、CFD シミュレーション解析で CO2 濃度流れ、室内濃度分布及び給排気モードにより室内換気効率の可視化を行うこと。使用ツールはアメリカ ANSYS.Inc 社開発した「Ansys」という熱流体解析ソフトウェアの流動解析機能を用いて CO2 濃度と気流変化を模擬した。解析条件は以下とする：

表 5-4-2-2：解析条件

解析エリア	5.8 (X) x 2.2 (Y) x 2.5m (Z)
要素数	2,069,677
最大計算分割計算数	20 回/12.5 s
流入条件	A ファン、400CMH
流出条件	CDE 合わせ、400 CMH
CO2 吐出設定	0.25M/S、7.2ppm/人 x 3 人 = 約 21.6 万 ppm ※：1ppm=0.0001% ※：人間呼吸平均 CO2 濃度 (0.02m ³ /h・人) 安静時約 1%～軽作業平均約 3%～重作業時約 9%、ここは比較するよう、多めな 7.2%/人で計算する



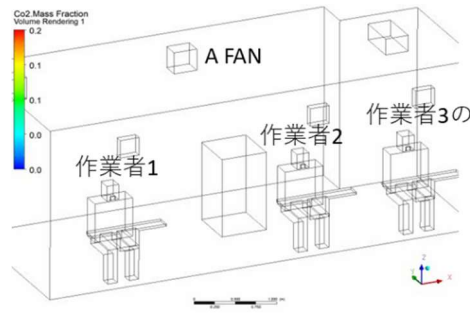


図 5-4-2-5：解析モデル図

解析モデル 1 と 2 の換気流れは一方通行とし、モデル 1 の排気位置は上部、モデル 2 の排気位置は下にあると設定する。モデル 3 の給排気はコンテナがよく見かけられる配置位置、同じ面に給排気となっている。室内模擬条件は 3 名の在室者が同時に事務作業として CO₂ 排出する想定である。

CO₂ 濃度変化の解析結果は下記となり、モデル 1 の CO₂ 濃度は断面分布により活動エリア高さの 1200mm 程度（座り姿の口辺りレベル）あたりにやや高い濃度を示している。同じくモデル 2 の断面分布より、僅か高 CO₂ 濃度を示しているのは床付近に一部となっているため、上部開口より下開口は効果的、速やかに重い二酸化炭素を排出できたと考えられる。モデル 3 は給気口と排気出口を同じ面に設置する、平面分布を視ると高い濃度の拡散状況はモデル 1 に似ているが断面の高濃度エリアは人の周面に留まっていたことが分かった、これが同じ壁面に設置する給・排気口によりショートサーキットでの影響と考えられる。

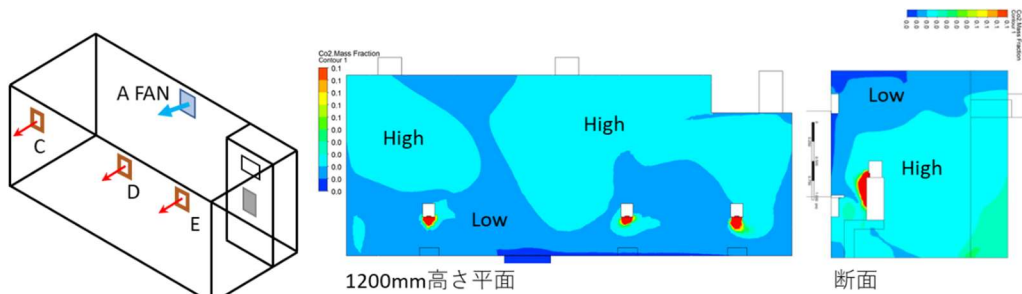


図 5-4-2-6：モデル 1、平面及び断面分布

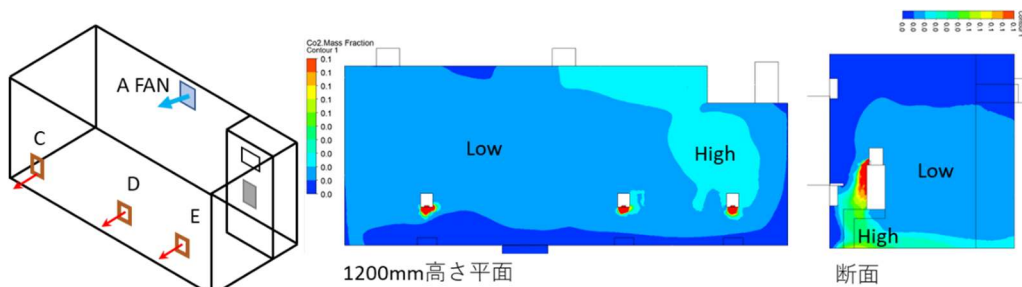


図 5-4-2-7：モデル 2、平面及び断面分布

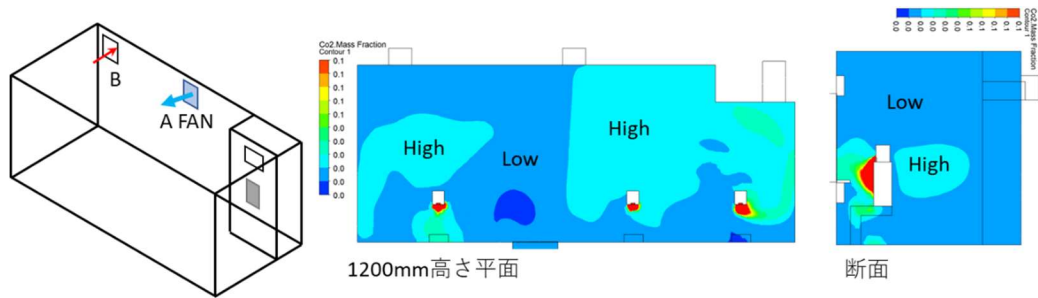


図 5-4-2-8：モデル 3、平面及び断面分布

なお、室内に想定した作業居場所に解析ポイントを設置し（左・中・右三人想定）、人間の鼻・口レベルあたりの呼吸環境を模擬して、ポイント毎の CO2 濃度分布を分析する。グラフの横軸は時間（s）の進行、縦軸は各ポイントの CO2 濃度（%）変化、破線は平均 CO2 濃度の変化トレンドを示す。

モデル 1 の CO2 濃度は緩やかに上昇して 250s までに 0.017%に達した、モデル 2 の上昇率は 1 よりやや速いが 250s 時点での CO2 濃度は 0.013%となったため、下部開口モデルの換気効率はより効果的に検証できたと考えられる。モデル 3 のポイント変動は上昇し始めたところで上下変動が見られる、その後は三つモデル中で一番高い検証値 0.019%まで上昇した、これが同じ壁面に設置した給・排気によるショート換気での影響における室内一部の空気が淀んでいたと思われる。以上のポイント毎の CO2 濃度解析では排気口は下部に設置したモデル 2 の濃度上昇は最も抑えられていたと確認でき、一方、ショートサーキット状況になるモデル 3 の室内 CO2 濃度は溜まりやすく本解析で確認できた。



図 5-4-2-9：モデル 1、ポイント毎 CO2 濃度分布

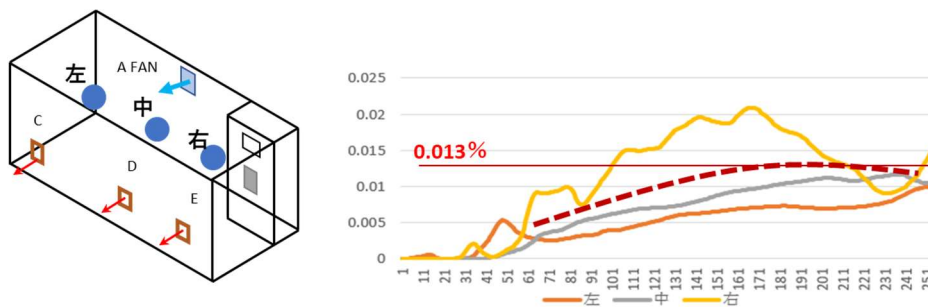


図 5-4-2-10：モデル 2、ポイント毎 CO2 濃度分布

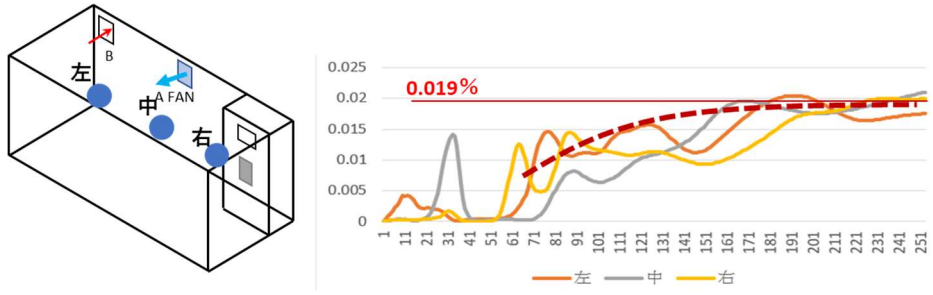


図 5-4-2-11：モデル 3、ポイント毎 CO2 濃度分布

第六章 結論

近年問題となった新興感染症の影響により感染患者、疑われる患者、感染されず一般患者とも入院され、その病院において院内でのクロス感染拡大し、病院外にも感染者数は広がり一方、短時間で地域の感染症対策だけではなく、広域・国際的に公衆衛生上の問題となった。過去、1980年代の痘（とう）そうから数十年程度で次々出てくる感染症の頻度から見て、技術の進歩、生活環境に伴い、今後も未知の感染症が必ず出ると過言ではないと思う。この新興感染症の影響により、所謂未知感染症ショックで世界的な経済を悪化させ、多くの国で感染拡大を抑制するため移動や外出制限などが実施され、人や物流、生活的な変化が見られ、その結果、社会的、経済的急速に減速し、更に命に関わる医療業界にも大きなダメージを与えた、短時間で感染者急増により院内でのパンデミック発生、各国の医療体制は大きく悪化して、感染者治療対応や一般患者の受け入れまでもできない病院は少なくはなかった。病院の経営問題だけではなく、民生的にも大きな影響をもたらす。

本研究は新興感染症の影響により、本来なら輸送用のコンテナを医療作業現場において利用する知見について研究を行い、医療従事者を守る立場から**感染経路の遮断・阻止を目的**とし、病院外での医療用コンテナにおける安心安全の陽圧仕様な医療作業空間として使用とする。また非常時以外でも陰圧・陽圧でも多様の・汎用的な可能施設とすれば良いとなる。ただし、現状では医療用コンテナとしては換気に関する設計基準が無いため、既存病院の換気・室圧設計基準を持ってコンテナに適応するかについて簡易換気設備の性能に関する実測研究を行った。本研究の目的は医療用コンテナにとって省エネルギー換気設備システムにおける適宜換気・室圧仕様基準を作り、現行の病院換気基準と照会し、妥当とするコンテナ用換気設計基準を明らかにした。以下はコンテナに関する『換気、室圧の計測結果』『適応する参考値』『簡易換気設備により省エネルギー』及び『応用的な知見』と『陽圧コンテナ設計参考ガイドライン案』について研究結果を纏めた。

6-1 簡易換気設備におけるコンテナの換気及び室圧

20 フィートコンテナ（室内有効室容量、 $5.8 \times 2.2 \times H2.5m =$ 気積 $31.9m^3$ ）における簡易換気ファン設備により、換気量と室圧について陽圧及び陰圧実測結果は以下に述べる。

(1) 簡易換気設備に関する

陸上、海上でも移動容易な 20 フィートコンテナをモデルにして、換気設備は現地調達しやすいものを使用し、設備容量は最小 2 回、最大 18 回/h まで、電気仕様は 1 φ 110V (120V も可能) の壁用換気扇で、医療用途に推奨する換気量と室圧に満足できた。最大メリットは緊急事態、災害時期でも迅速な調達、施工しやすく、そしてイニシャルコスト抑えるとの効果が確認できた。

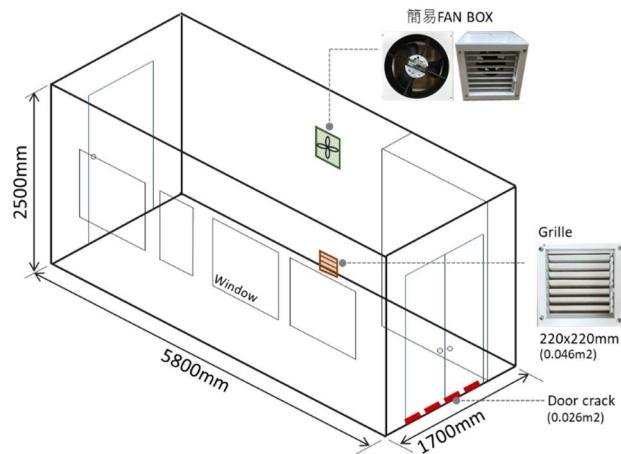


図 6-1-1：簡易ファン、ガラリ、門扉隙間関連イメージ

(2) 陽圧効果及び特性⁷⁴

1. 排気ガラリ OFF 場合、2 回/h 換気での室圧は約 0.8Pa、4 回/h は約 1.0Pa、6 回/h は約 2.0Pa、12 回/h は約 2.5Pa、更に 18 回/h 換気での室圧は約 4Pa 程度まで上がった。

表 6-1-1：門扉、ガラリ OFF 場合、簡易ファンでの換気回数・陽圧

条件：ガラリ OFF 簡易換気ファン					
回/h	2	4	6	12	18
Pa	0.8	1.0	2.0	2.5	4

註：日本、アメリカ、台湾の病院陽圧推奨値

日本：3 回/h 以上、2.3 Pa

アメリカ：6 回/h 以上、2.5 Pa

台湾：2 回/h 以上、2.0 Pa

⁷⁴ 一部内容について、PAN.chenyu・HAYASHI tatsuya, Effect of Simple Fans on the Positive Pressure and Air Change Rate in Container Construction, 技術 No.237、空気調和衛生工学会を参考したもの

結論

以上計測結果と各国の病院陽圧推奨値によると簡易換気設備での 20 フィートコンテナは換気回数が 6 回/h 以上ならば、陽圧 2.0 Pa を確保できることが分かった。

2. 排気ガラリ ON 場合、4 回/h 換気での室圧は約 1.0Pa、6 回/h は約 1.2Pa、10 回/h は約 1.8Pa、12 回/h は約 2.3Pa、更に 18 回/h 換気での室圧は約 3.5Pa 程度まで上がった。

表 6-1-2：ガラリ ON 場合、簡易ファンでの換気回数・陽圧

条件：ガラリ ON 簡易換気ファン					
回/h	4	6	10	12	18
Pa	1.0	1.2	1.8	2.3	3.5

結論

ガラリ ON の場合は、圧力逃がしたため、20 フィートコンテナは換気回数が 12 回/h 以上ならば、陽圧 2.0 Pa を確保できることが分かった。

(3) 陰圧効果及び特性

陰圧実験の目的は医療用途ではなく、感染症非常事態過ぎ、通常時にも多様性利用できるよう、倉庫・臨時トイレ・飲食厨房類など臭気・水蒸気・排熱を排出する第三種換気用途となる空間のため。陽圧実験で使用した簡易ファンを方向回転して（排気とする）、給気はガラリか門扉隙間からの実測を行った。実測結果は参考として活用できればとかがえている。

1. 門扉隙間給気の場合、2 回/h 排気での室圧は約-0.4Pa、6 回/h は約-1.6Pa、8 回/h は約-2.3Pa、10 回/h は約-4.2Pa、更に 18 回/h 換気での室圧は約-10.4Pa 程度であった。

表 6-1-3：門扉隙間給気の場合、簡易ファンでの換気回数・陰圧

条件：門扉隙間給気 簡易換気ファン排気					
回/h	2	6	8	10	18
Pa	-0.4	-1.6	-2.3	-4.2	-10.4

註：日本、アメリカ、台湾の病院陰圧推奨値

日本：6 回/h 以上、-2.5 Pa

アメリカ：6回/h以上、-2.5Pa

台湾：6回/h以上、-2.0～-8.0Pa（-8.0Paは扉開閉の瞬間、
圧力損失を吸収するため推奨値）

結論

以上計測結果と各国の病院陰圧推奨値によると簡易換気設備での20フィートコンテナは換気回数が8回/h以上ならば、陰圧-2.0Paを確保できることが分かった。

3. ガラリ給気の場合、2回/h換気での室圧は約-0.4Pa、6回/hは約-1.3Pa、8回/hは約-1.8Pa、10回/hは約-3.8Pa、更に18回/h換気での室圧は約-7.1Pa程度となった。

表 6-1-4：ガラリ給気の場合、簡易ファンでの換気回数・陰圧

条件：ガラリ給気	簡易換気ファン排気				
回/h	2	6	8	10	18
Pa	-0.4	-1.3	-1.8	-3.8	-7.1

結論

ガラリ給気場合は、ガラリ自体の開口で圧力を逃がすため、陰圧効果全体下がった傾向を確認できた。換気回数が10回/h以上ならば、陰圧-2.0Paを確保できることが分かった。

(4) 陰圧設計値

陰圧に関する病院用参考基本最小推奨値(3)はあったが(CDC規定)、別に実際設計際、圧力損失・ファン損失・ダクト、制気口、ダンパ類など機械損失を考慮した陰圧室に対する設計値があった。CDCの推奨規定ではないが実務設計上参考となるので比較実験も行った。

モデルは今まで同じく20フィートコンテナに簡易ファンで実測を行い、ファンの容量は最大30回/hと35回/h(2個ファン同時に稼働)である。

1. 門扉隙間給気の場合、18回/h排気の場合は既に-10.4Paに達成した、30回/h排気の室圧は約-12.2Pa、35回/hは約-16.7Pa程度となった。

表 6-1-5：門扉隙間給気の場合、簡易ファンでの最大換気回数・陰圧

条件：門扉隙間給気		簡易換気ファン排気	
回/h	18	30	35
Pa	-10.4	-12.2	-16.7

註：各国の陰圧室に対しての実務設計推奨値
 (非 CDC 規定)
 日本：-20～40Pa
 アメリカ：規定無し
 台湾：-10～-20Pa
 オーストラリア：-30Pa 以上

2. ガラリ給気の場合、30 回/h 排気での室圧は約-10.8Pa、35 回/h は約-15.2Pa 程度となった。

表 6-1-6：ガラリ給気の場合、簡易ファンでの最大換気回数・陰圧

条件：ガラリ給気		簡易換気ファン排気	
回/h	30	35	
Pa	-10.8	-15.2	

結論

簡易ファンにおける実務設計陰圧値（最小値の台湾-10Pa を基準）に満足できるよう、少なくとも 30 回/h 以上が必要となる。特に説明すると、この最大換気量と陰圧効果の結果は高性能フィルター（HEPA など）を考慮せず簡易ファンの最大能力テスト値となること。感染恐れある排気室に応用するのは不適合、また、30 回/h 換気も不省エネルギーのため、一般陰圧仕様コンテナ（倉庫、トイレ等）に投入する場合、適宜陰圧条件と換気量を十分検討必要である。

6-2 ファンの設置位置に関する

室内圧力変化とファンの設置位置関係を明らかにするため、簡易ファンを位置調整と室内圧力ポイントの変化について陽圧・陰圧とも実測を行った。

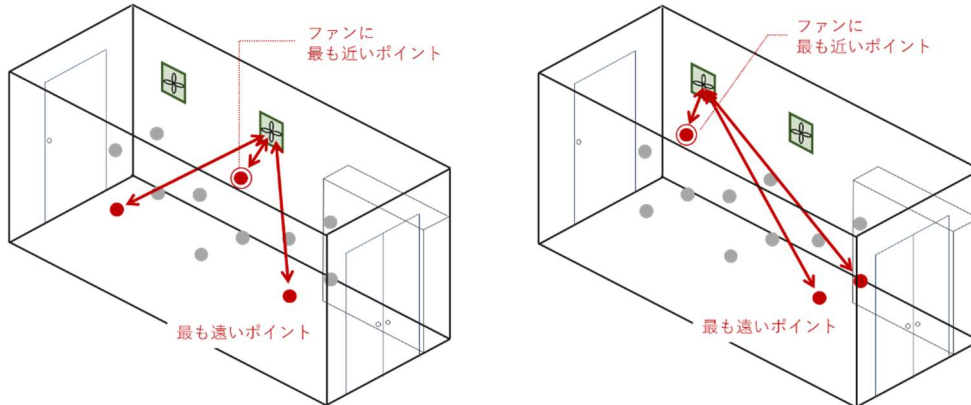


図 6-2-1：ファン設置位置及び室圧変化計測モデル

結果として、陽圧、陰圧とも、ファンの距離と離れるほど室圧効果が低下する傾向と見られる。また、室内両端の室圧差のばらつきを減らすよう、ファンを中央部に設置するべきと分かった。

6-3 簡易換気ファンにおける、医療用途コンテナでの実用性・妥当性について

コンテナの活用場面増加により、様々な用途に応用されているが居室用途とした場合についてコンテナ用の換気設計基準が無く、今まで文献と実例から見て、過剰設計な換気設備や換気不足な実例が多々あるが、本研究では、医療従事者を守る目的として医療用途に 20 フィートコンテナを使用して、病院の換気・室圧基準を適応することが妥当とし、省エネルギー観点から簡易換気設備を採用によって室内の換気量・室圧及び換気効率について実証実験を行った。結果として簡易換気システムにおけるコンテナでの室内換気効果は病院の換気基準に満たせる、通常の壁面換気扇（簡易換気設備）でも室内最小限の換気・室圧機能を確保できた。以下は簡易換気ファンにおける医療用コンテナでの実用性・妥当性について結論を纏めた。

- (1) 簡易換気ファンの実用性と換気量の確保について確認できた。
- (2) 医療用コンテナにおける簡易ファン設備で病院の換気基準に満たせることを確認できた。

- (3) 医療用陽圧環境に満たせるよう、簡易ファンの設定容量はガラリある場合、換気量は 12 回/h 以上、ガラリ無し場合（門扉隙間排気）6 回/h をするべきと分かった。
- (4) イニシャルコストについて、現地調達し易い簡易換気扇を現場で箱仕様まで加工したため、設備投資・事前作業コスト等の削減を確認できた。

更にコンテナ新たな可能性を拓く（異な室圧の応用可能）に関して、実証実験により、室内換気環境・陽圧陰圧・移動性・実用性等確認できたため、コンテナに関する新たな可能性について示した。

- (1) 新興感染症に当たり病院外部での陽圧仕様の医療作業空間として利用可能。
- (2) 災害時に仮設住宅以外、臨時軽傷病室・診断室として利用可能
- (3) 場所を問わず、疎開地区でも一般居住施設として使用可能
- (4) 省エネルギー、省コスト観点から実用な医療コンテナを開発可能
- (5) 貨物運ぶ意識から生活暮らし用途へ転用思考が多くなることを確認できた

6-4 コンテナにおける設備ガイドライン作成

ガイドラインは、社会、生活等の安全・安心を確保するために必要なマネジメント体制の構築のヒントと医療機関へ訪問するための留意事項を知っておくべき、個々人が感染予防に対してどれだけ励行できたかのチェックリストも必要不可欠と思われる。新型コロナウイルス感染予防のガイドラインを策定行うことには、社会的・個人的全てな関係者を守るための自主的な感染防止のための取組を進めるべきものであり、新型コロナウイルス感染症のまん延を防止していくことにつながるのではないだろうか。可能な範囲で「講じるべき具体的な対策」を踏まえ、新型コロナウイルスの感染予防に取り組んで頂くとともに、医療コンテナ作りの基盤としての役割を果たしていけばと思われる。

表 6-4-1：ガイドラインの機能・役割

ガイドラインの機能・役割	
ポイント	内容
計画時間の削減	初期設計、計画方法がしっかりまとまっているガイドラインを参考としてできれば、計画にかかる時間を削減可能

作成・施工品質の均一化	計画設置をガイドラインによって収めることは、施工、作成を品質均一化することにも繋がること。コンテナは建築設計と違い、標準化容量、作業方法で現場作り、設備システムや工期品質をガイドラインに通って確認できること
ポイント共有可能	特定のシステムしか採用しなく、個別専用計画せずノウハウをガイドライン化による設計・施工ディテールを一般使用者にも共有することができ、特定のシステムしか組めなく或いは專業設計を依頼したりなどを避けガイドラインがあれば同様なコンテナを再現できること

(1) ガイドラインの適用範囲

ガイドラインは、一般社団法人 日本画像医療システム工業会（以降、“JIRA”と略す）の会員企業が行う新型コロナウイルス感染症の防止対策を想定した行動指針であるが、企業の活動そのものを抑制するものでもなく、特段の罰則を設けるものでもない。また、会員企業等以外の事業者が行う対策の一助となる事も期待するものである。*本ガイドラインの内容は令和2年12月時点の情報をもとに作成をしており、感染症の動向や専門家の知見、対処方針の改定等を踏まえ、適宜、必要な見直しを行うものとする。

(2) ガイドラインの活用

安全・安心を確保するために必要なマネジメント体制の構築のヒントと医療機関へ訪問するための留意事項を知って頂き、個々人が感染予防に対してどれだけ励行できたかのチェックリストも必要不可欠と思われる。ガイドラインを策定することは、自主的な感染防止のためとまん延防止につながるのではないだろう。

(3) 特定内容を纏め

計画ガイドラインは特定な作業、計画内容と使用流れを纏めた資料であり、短時間で「正確」「システム詳細を漏れなく」「伝わりやすく」という工夫が必要とする。ガイドラインとは異なり、チェックリストは施工詳細を具体的に掲載されているか、作業項目が漏れないか等ミスを防ぐ用途とする。

ガイドラインとチェックリストの特性を診れば、ガイドラインは計画・使用の品質を固定、均一化、チェックリストはミスなく製造の目的として使い分けることとする。ガイドラインのメリットは以下である

1. 短時間で設計・計画や使用用途を理解する
2. コンテナ用設備システムの品質が安定させる
3. 設置毎に設計・施工の専属依頼が軽減される
4. 使用手順共通化により事前配慮しやすくなる

コンテナガイドライン作成には専用目的ではなく、場所・使用者・国等問わず本ガイドラインあれば同様な品質で陽圧医療コンテナを計画、施工、使用する等可能とするためガイドライン原稿は英文で作成していて、必要に応じて設置地に合わせ翻訳すれば参考できること。本研究の実践対象となった陽圧採集コンテナの参考計画ガイドラインは参考として付録に収録してある。

6-5 今後の研究課題・展望

本論文は、新興性感染症の影響により、コンテナの需要が多くなることであり、コンテナの換気基準有無について実証開発研究の妥当性と換気・室圧推奨値に関する探究から出発したものであった。コンテナはそもそも貨物運搬用、所謂容器、入れ物、丈夫な鉄箱のことが一般居室、商業更に医療用途として転用するには建築基準法、建築物における衛生的環境の確保に関する法律（ビル管法）など特定建築物としての規定に関しては未だに不明確、特に医療用途とした場合は命にかかわる設置関連基準に関する研究・実証実験などはまだ少ない。

本研究では病院の換気基準を妥当値として簡易換気システムを実装したコンテナをモデルにして実証実験及び関連研究を行った。簡易換気ファン設備での応用最大限と現状換気基準値と照り合わせ、イニシャルコストを最小化、応用的な知見に関する一部研究結果は明らかにしたがコンテナの汎用性、転用価値及び貨物用途以外の設計参考ガイドラインなどは未熟であるため、以下いくつ課題と展望を以下に整理する。

- (1) 医療用陰圧仕様とした場合、簡易換気設備に高効率排気フィルターを入れ、ファンの静圧能力が不足することを改善する。
- (2) 複数コンテナの組み合わせにより、医療空間数とエリア拡大での排気管理とエアバランスについて、あらかじめ研究が必要である。
- (3) コンテナの設置エリア及び現地でのインフラ接続対応が不足懸念あり。
- (4) 現地での施工品質及び緊急事態により時短施工・大量注文により、施工品質を確保できず、気密性不足となりがちと懸念かりになる。
- (5) 緊急事態拡大や災害長時間化におけるコンテナ不足可能性により、整備イニシャルコストが高騰可能性となりがち、地域により事前整備、ガイドライン作成などを勧めすること。
- (6) 居室・医療用途としてコンテナ室内環境を整えるため、付属設備、空調換気設備、給排水設備、電気など全面的な基礎インフラ整合性に関する対策をあらかじめ用意すること。

謝辞

本研究を進めるにあたり、多くの方々にご指導ご鞭撻を賜りました。

指導教官の宗方淳教授、林立也教授、中山茂樹教授、川瀬貴晴教授、主任審査員の柳澤要教授、鈴木弘樹準教授と佐藤公信教授からは多大なご指導を賜り、研究進め方及び論文の骨組みに関するご教示いただき感謝の念に堪えません。ありがとうございました。

実測の実施にあたり、研究に必要なデータの収集、計測機械の設置作業など手伝ってくださった成功大学の黄勇憲君、李少璋君に改めて感謝致します。また、コンテナの建築設計に関しては、台湾国立成功大学建築学科の薛承倫先生、構造設計は同大学の姚招智先生からの支援を頂き、ここで感謝を申し上げます。

千葉大学在学中の5年間、本論文を含め様々な研究知識・専門知識を学ぶことができ、また、COVID-19世界的パンデミック時期中、移動・対面的なゼミ・会議など開けず、全ての研究討論などはオンライン上で行うことに対して過去はなかった経験を積みました。

最後に、本研究ならびに学業全般にわたって経済的、心身的に支援して下さる日建設計、台湾成功大学の科研計画（科技部国立成功大學防疫科學研究中心、MOST 109-2327-B-006-005-A1091-0453）、家族に深く感謝し、お礼を申し上げます。

参考文献

1. 光永威彦, 坂上恭助, 岡内繁和。建築用途ごとの新しい単位給水量の提案：第1報一病院の単位給水量。空気調和・衛生工学会 論文集, NO.285, 2020-12。
2. 飯塚宏等人 (2010) 〈第1章 空調システム設計〉空気調和・衛生工学会主編《空気調和設備編》：3-59, 空気調和・衛生工学会, 台北。
3. 高井啓明等人 (2010) 〈第4章 送風系の設計〉空気調和・衛生工学会主編《空気調和設備編》：161-212, 空気調和・衛生工学会, 台北。
4. 小原直人等人 (2010) 〈第1章 給排水衛生設備の計画と設計法〉空気調和・衛生工学会主編《給排水衛生設備編》：3-19, 空気調和・衛生工学会, 東京都。
5. 市川憲良等人 (2010) 〈第2章 給排水負荷算定法の基礎〉空気調和・衛生工学会主編《給排水衛生設備編》：21-36, 空気調和・衛生工学会, 東京都。
6. 清水亨等人 (2010) 〈第5章 給水設備〉空気調和・衛生工学会主編《給排水衛生設備編》：77-127, 空気調和・衛生工学会, 東京都。
7. 砂田竜男等人 (2010) 〈第10章 医療施設〉空気調和・衛生工学会主編《空気調和設備編》：383-401, 空気調和・衛生工学会, 台北。
8. 前島健等人 (2010) 〈第6章 給湯設備〉空気調和・衛生工学会主編《給排水衛生設備編》：133-180, 空気調和・衛生工学会, 東京都。
9. 永山隆等人 (2010) 〈第7章 排水通気設備〉空気調和・衛生工学会主編《給排水衛生設備編》：185-241, 空気調和・衛生工学会, 東京都。
10. 鈴村明文等人 (2010) 〈第16章 医療用設備および特殊ガス配管設備〉空気調和・衛生工学会主編《給排水衛生設備編》：439-459, 空気調和・衛生工学会, 東京都。
11. 金子順也等人 (2010) 〈第25章 ディスポーザ排水処理システム〉空気調和・衛生工学会主編《給排水衛生設備編》：603-613, 空気調和・衛生工学会, 東京都。
12. 大貫亮三 (2010) 〈第19章 試運転調整〉空気調和・衛生工学会主編《計画・施工・維持管理編》：477-480, 空気調和・衛生工学会, 東京都。
13. 小泉拓 (2009) 〈設備計画の要点〉空気調和・衛生工学会主編《建築設備集成 医療・福祉》：67-77, 株式会社オーム社, 東京都。
14. 塚見史郎 (2009) 〈その他の計画〉空気調和・衛生工学会主編《建築設備集成 医療・福祉》：146-155, 株式会社オーム社, 東京都。
15. 桜木雅之 (2009) 〈給排水衛生設備の設計〉空気調和・衛生工学会主編《建築設備集成 医療・福祉》：192-197, 株式会社オーム社, 東京都。
16. 社団法人公共建築協会 (2006) 〈第2編第5章 電路の保護〉社団法人公共建築協会主編《建築設備設計基準》：61, 森北出版株式会社, 東京都。

17. 社團法人公共建築協會 (2006) 〈第 2 編第 1 章 電燈設備〉社團法人公共建築協會主編《建築設備設計基準》：7-31，森北出版株式会社，東京都。
18. 社團法人公共建築協會 (2006) 〈第 4 編第 2 章 空調機器〉社團法人公共建築協會主編《建築設備設計基準》：265-374，森北出版株式会社，東京都。
19. 社團法人公共建築協會 (2006) 〈第 5 編第 2 章 給水設備〉社團法人公共建築協會主編《建築設備設計基準》：446-459，森北出版株式会社，東京都。
20. 一般社團法人日本医療福祉設備協會 (2011) 〈建築計画と医療ガス配管設備〉一般社團法人日本医療福祉設備協會《病院設備設計ガイドライン (衛生設備編)》：11，一般社團法人日本医療福祉設備協會，東京都。
21. 一般社團法人日本医療福祉設備協會 (2011) 〈衛生器具設備計画〉一般社團法人日本医療福祉設備協會《病院設備設計ガイドライン (衛生設備編)》：14，一般社團法人日本医療福祉設備協會，東京都。
22. 一般社團法人日本医療福祉設備協會 (2011) 〈透析部門〉一般社團法人日本医療福祉設備協會《病院設備設計ガイドライン (衛生設備編)》：35，一般社團法人日本医療福祉設備協會，東京都。
23. 衛生福利部疾病管制署 (2014) 〈醫院感染管制相關法制規定〉衛生福利部疾病管制署編《醫療機構感染管制手冊彙編》：3-9，衛生福利部疾病管制署，臺北。
24. 衛生福利部疾病管制署 (2014) 〈感染管制措施指引〉衛生福利部疾病管制署編《醫療機構感染管制手冊彙編》：24-470，衛生福利部疾病管制署，臺北。
25. 呂筠，李浩鑫，陳勇，王長軍，李立明 (2020) 應急醫院的發展與應用。
26. 周君，楊勇，黃雷，陳康，張文超，熊偉 (2020) 疫情期間“方艙醫院”醫藥護協作醫院感染防控模式實踐與效果，中國藥業，29 (9)：40-43。
27. 何中情 (2020) 新型冠狀病毒肺炎疫情期間醫院隔離病房防護措施探討，中西醫結合護理，6 (3)：78。
28. 曹鑫彥，周欣宇，汪暉，向邱，劉晶晶，肖楊春 (2020) 新型冠狀病毒肺炎疫情防控中方艙醫院的護理管理實踐，中西醫結合護理，6 (4)：166
29. 葉燕，張麗萍，何細飛，方艙醫院在應對新型冠狀病毒肺炎疫情中的運行模式，中國臨床護理，12 (6)：480-483。
30. 張山立 (2006)。正壓隔離病房氣流模擬分析。碩士論文。國立臺北科技大學學術論文，2006，94。
31. 行政院衛生署疾病管制局、行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所 (2006) 〈第 1 章 觀念簡介〉行政院衛生署疾病管制局、行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所《負壓隔離病房標準作業手冊》：3-6，行政院衛生署疾病管制局，臺灣。

32. 行政院衛生署疾病管制局、行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所 (2006) 〈第 4 章 硬體設施之定期檢查〉行政院衛生署疾病管制局、行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所《負壓隔離病房標準作業手冊》：18-19，行政院衛生署疾病管制局，臺灣。
33. 行政院衛生署疾病管制局、台灣嚴重急性呼吸道症候群 SARA 防疫專刊、行政院衛生署疾病管制局編著：民 92。
34. 陸耀慶 (2008) 〈第 3 章 室外氣象參數〉陸耀慶主編《實用供熱空調設計手冊第二版上冊》：184-186，中國建築工業出版社，北京。
35. PAN ChenYu、HAYASHI tatsuya、Effect of Simple Fans on the Positive Pressure and Air Change Rate in Container Construction、空氣調和・衛生工学会論文集、No. 298 , 2022 年 1 月
36. Chien-Lun Weng (2021) Planning and Design of a Full-Outer-Air-Intake Natural Air-Conditioning System for Medical Negative Pressure Isolation Wards , *Journal of Healthcare Engineering*: 1-13, SCI&EI, 2021/03/01.
37. Chang, Y. T., Lin, C. Y., Tsai, M. J., Hung, C. T., Hsu, C. W., Lu, P. L., & Hou, M. F. (2020) Infection control measures of a Taiwanese hospital to confront the COVID - 19 pandemic. *The Kaohsiung journal of medical sciences*, 36 (5), 296-304.
38. Chen, S., Zhang, Z., Yang, J., Wang, J., Zhai, X., Bärnighausen, T., & Wang, C. (2020) Fangcang shelter hospitals : a novel concept for responding to public health emergencies. *The Lancet*, 395 (10232), 1305-1314.
39. Chen, Z., He, S., Li, F., Yin, J., & Chen, X. (2020) Mobile field hospitals, an effective way of dealing with COVID-19 in China : sharing our experience. *Bioscience trends*.
40. Fang, D., Pan, S., Li, Z., Yuan, T., Jiang, B., Gan, D., ... & Liu, Z. (2020) Large-scale public venues as medical emergency sites in disasters : lessons from COVID-19 and the use of Fangcang shelter hospitals in Wuhan, China. *BMJ global health*, 5 (6), e002815.
41. Li, J., Yuan, P., Heffernan, J., Zheng, T., Ogden, N., Sander, B., ... & Zhu, H. (2020) Observation wards and control of the transmission of COVID-19 in wuhan. *Bull World Health Organ*.
42. Sang Il Kim & Ji Yong Lee (2020) Walk-Through Screening Center for COVID-19: an Accessible and Efficient Screening System in a Pandemic Situation, *J Korean Med Sci*. 2020 Apr 20, 35(15): 154.

付録

参考用陽圧検体採取用 20 フィートコンテナの換気システム設置関連ガイドライン

This guideline serves as a reference for rapid and simple screening and outlines an instruction on the provision of a safe and comfortable working environment for medical personnel. Following the recommendations of the *Taiwan Severe Acute Respiratory Syndrome Epidemic Prevention Journal* and the *Negative Pressure Rooms Guidelines* established by the Taiwan Centers for Disease Control, mobile screening stations are deployed to provide rapid massive screening and sustain normal functioning of nearby hospitals.

1. Definitions

The following definitions are provided to prevent confusion over disease control-related terminology and over setup protocols for positive- and negative-pressure isolation areas. The definitions and protocols are only applicable to this guideline.

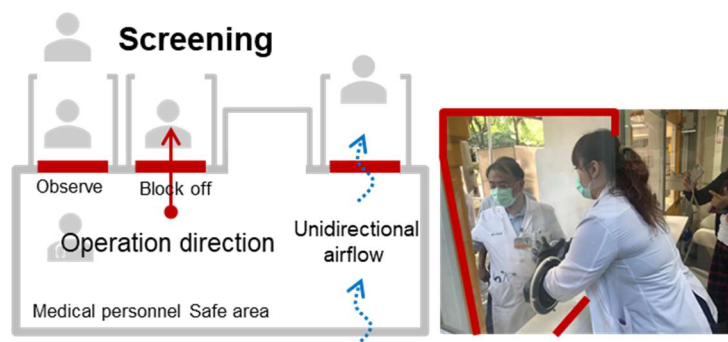
- (1) Clean area: The clean area is separated from the screening area to provide a clean space for medical personnel. The air pressure should be slightly positive.
- (2) Screening area: The screening area is a semi-open area connected to the clean area where individuals can undergo screenings and X-ray examination. The air pressure is identical to that of the outside environment because it is not an enclosed space.
- (3) Clean ventilation: The ventilation of the clean area.
- (4) Outside air (OA) supply vent: Provides fresh outdoor air for the clean area to maintain indoor air purity. The air flow should be in one direction, from outdoors to indoors.
- (5) Exhaust air (EA) vent: Transports air from the clean area to the outdoors. The air flow should be in one direction.
- (6) EA vent (clean area to screening area): Transports air from the clean area to the screening area. The air flow should be in one direction.
- (7) Air conditioner: Regulates temperatures in the clean area.
- (8) Air conditioner condenser: Vents the cold air of the clean area toward the screening area to provide a comfortable environment for the screening subjects.
- (9) Pressure-regulating louver: Regulates the incoming and outgoing air volume of the

clean area, as well as the indoor air pressure.

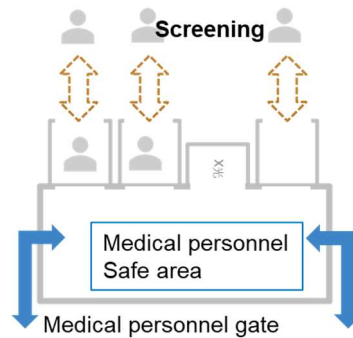
- (10) Negative pressure rooms: Limit the bioaerosol contamination produced by confirmed cases. The enclosed space and mechanical ventilation system keep the indoor air pressure lower than the outdoor air pressure. These rooms are not applicable to the screening station because it is not an enclosed space.
- (11) Air conditioning: Involves indoor temperature regulation and the exchange between indoor and outdoor air (i.e., ventilation); ensures that the indoor air is clean and comfortable to breathe.
- (12) Air change: The number of air changes between the indoor and outdoor air; measured by multiplying the station volume (length \times width \times height) by the number of changes.

2. Deployment site and building management

- (1) Site selection: Deploy the station around hospitals, airports, wharfs, and other areas that require screenings to be performed in large numbers. The sites should be spacious and without cover and connectable to water and electricity systems from surrounding buildings.
- (2) Isolation: Place a divider between the clean area and the screening area to reduce the risk of infection and prevent direct contact between the medical personnel and screening subjects.



- (3) Queuing guidance: Provide queuing guides such as signs or gates to direct people to the waiting area of the screening area.
- (4) Social distance in queues: While queuing for screening, individuals are advised to keep a social distance of 2 m to avoid cross-infection from close contact.
- (5) One-direction pedestrian flow: To avoid cross-infection, medical personnel, the general public, and the screening subjects must take different routes when entering and exiting the station.



- (6) EA vent position: The vent should be installed downwind of the waiting area, which should be an outdoor space, more than 10 m away from open windows or air conditioner vents.
- (7) Disinfection: Use of disinfectants and disinfection equipment during screening tests should follow World Health Organization guidelines.
- (8) Fire safety: Prepare dry powder extinguishers for Class A fires (paper, plastic, and resin) or Class B fires (alcohol).
- (9) Specimen transportation: Specimens are to be transported on conveyer belts, packed in a box, and then delivered to local screening stations for analysis. The subjects will be notified of their results at a later point to reduce the queuing time.
- (10) Station insulation: Internal wall insulation for the station is recommended to reduce the impacts of direct sunlight.

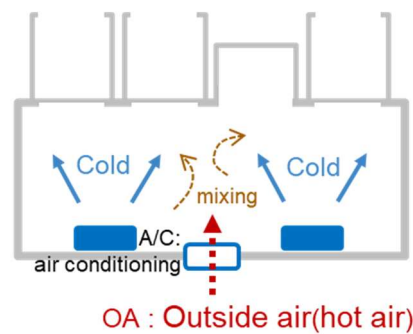
3. Air conditioning (air conditioning/ventilation)

Air conditioning

- (1) Air conditioner heat load: Because the screening station is a metallic container (for ease of transport and assembly), the cooling load of the clean area should be maintained $\geq 350\% \pm 10\% \text{ W/m}^2$ in consideration of the heat insulation of the container, as well as of factors such as Taiwan's summer climate and heat generation from the medical equipment. (Note: This figure is only a recommendation; the station heat load should be calculated according to the location and specific use of the station.)
- (2) Recommended indoor temperature: The clean area temperature should be maintained at 24°C – 26°C in consideration of the outdoor temperature, heat

generation from the indoor equipment, and the comfort of the medical personnel.

- (3) Automatically controlled air conditioning: To reduce medical personnel's risk of cross-infection from touching equipment surfaces and simplify relevant procedures, installing an inverter air conditioner with timer controls is recommended.
- (4) OA supply vent position: The OA supply vent should be installed adjacent to the air conditioner vent to cool down the hot OA and mix it with the cold inside air. However, to prevent condensation, the OA supply vent should not be placed too close to the air conditioner vent.



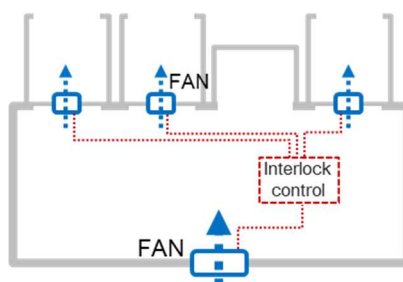
- (5) Air conditioner drainage: Reserve a 50 ϕ (5-cm-diameter) opening for the air conditioner drain line. The height of the opening should be approximately half of the room height. Two openings should be installed, one on the right side and the other on the left.
- (6) Air conditioner vent position: The EA vent between the clean area and the screening area should be placed above head level so that the cold air can descend.
- (7) Indoor air conditioner: Install multiple indoor air conditioners so that air conditioning can be maintained should one unit malfunction and so that units can be turned on or off as necessary.

Ventilation

- (1) Air escape prevention: Synchronize the fans to provide one-direction air flow in order to prevent contaminated material from escaping into the clean area.
- (2) Indoor air pressure: A positive air pressure of ≥ 2.0 Pa is recommended.
- (3) Air change frequency: The recommended air change frequency is six times or more per hour according to the cooling plan of the screening area. (The assumed maximal capacity of the clean area is 3–5 people.)
- (4) Crevice sealing: All wall crevices or window gaps should be filled with sealant to

prevent unnecessary airflow and ensure a safe working environment for the medical personnel.

- (5) Air filtration: All vents should be installed with thick filters to block small particles such as dust, hair, and insects.
- (6) Interlock control: The ventilation fans' controls should be synchronized to ensure one-direction air flow. Whenever necessary, manual controls can be used.



- (7) Air volume control: An inverter fan or direct current fan should be used so that the air volume can be changed as necessary.
- (8) Pressure regulating louver: To regulate the air volume of the fans, installing a manual louver in the clean area for air volume control is recommended. The louver should be rainproof, and the air speed at the opening should be maintained at ≤ 1 m/s.
- (9) OA air quality control: A filter monitor should be used for the OA supply vent of the clean area.

4. Hardware Maintenance:

- (1) Ensure that the sanitizing equipment, illumination, air conditioner, and ventilation equipment are functioning properly.
- (2) Inspect the ceiling and walls for leakage, damp patches, or peeling.
- (3) Check whether the filter requires replacing.
- (4) Examine the condensate to check whether the air conditioner is draining properly.

5. Others:

- (1) Water supply: A fixed water supply is not recommended because evaporation and volatilization can increase the risk of cross-infection. Instead, ask local water supply agencies to establish a supply or install equipment providing a temporary supply.

- (2) Power supply: Install a distribution box and main power switch and connect them to the local power grid.
- (3) Emergency power supply: A backup generator should be kept on standby for use in the event of a power outage.
- (4) Switch control: An automatic control system with manual switches for air conditioning, ventilation, and illumination is recommended for reducing contact and simplifying operations. A central control board should be used for reasons of convenience and aesthetics.
- (5) Hole filling: Holes in the clean area, such as those drilled for the air conditioner or electrical wiring, should be filled after construction to reduce unnecessary air flow.