

コロナ禍における乗船実習再開に向けての機関部の 取り組みについて

山谷 尚弘*, 池野 一成**,
高橋 淳***, 館山 透****

About the efforts of the engine department to resume boarding training at
COVID-19

YAMATANI Naohiro*,
IKENO Kazunari**,
TAKAHASHI Jun***,
DATEYAMA Tooru****

Face-to-face training has been discontinued due to the effects of the new coronavirus (covid-19). It was reopened due to deregulation, but there were many problems. It was found that the virus circulates in a few minutes due to the circulation function of the air conditioner, and experiments were conducted to prevent the spread of infectious diseases on board, and improvements were made.

キーワード: 感染症対策, 新型コロナウイルス, 船用空調機

1. 緒言

世界各国が新型コロナウイルス(COVID-19)の感染拡大防止に向けて対策をおこなっているが、終息には至っていない。「With コロナ」と言われてはいるが、長期間にわたって制限がかかる生活にストレスを感じている者も少なくない。船舶においては、旅客船ダイヤモンドプリンセス号⁽¹⁾(総トン数 115,875トン, 全長 290m, 旅客定員 2706 名, 乗組員 1238 名)の船内で、多くの旅客や乗組員が新型コロナウイルスに感染した。入港は許可したものの、旅客及び乗組員に対して、上陸を許可しなかった。国内感染には、一定の成果があったが、船内に残された人々は、この対策により、楽しいはずの船旅が一転し、辛い状況となった。利用客の多くは、高齢者であり、重症化した。船内では、陸上の施

設より感染拡大の速度は速いものと考えられる。集団感染の共通点は、「換気が悪く」「人が密に集まって過ごすような空間」「不特定多数の人が接触するおそれが高い場所」⁽²⁾とされている。船舶は、これらの要素をすべて持っており、持ち込まないことが重要となる。現在、ワクチン接種も進み、ある程度の効果がみられてはいるが、変異株は、ワクチン接種と並走する形で、進化しているのが現状である。乗船者への抗体検査の義務付けや、職域接種による企業努力によって、感染拡大を防止しているが、減少には至っていない。

令和 2 年度、富山高等専門学校が所有する練習船「若潮丸」では、緊急事態宣言下において、リスク軽減のため、乗船実習等をオンラインにて対応した。リスク軽減には貢献したものの、学生からは、乗船したかったとの声が多く上げられた。練習船での感染拡大防止について検討し、対面授業再開に向けた問題点について議論した。

本研究では、練習船「若潮丸」を用い、船舶特有の環境から感染拡大状況について、実験し、実習再開に向けて対応した事例から、感染リスク軽減方法について考察した。

* 練習船若潮丸

e-mail: yamatani@nc-toyama.ac.jp

** 練習船若潮丸

e-mail: ikeno5176@nc-toyama.ac.jp

*** 練習船若潮丸

e-mail: jtakahashi@nc-toyama.ac.jp

**** 練習船若潮丸

e-mail: tooru0809@nc-toyama.ac.jp

2. 研究背景

船内において、新型コロナウイルス(COVID-19)の感染は、ウイルスの特性上、適切な対策をおこなわなければ急速に拡大する。この要因にはいくつかの問題点があった。そのひとつに空調の管理方法がある。船内は、区画ごとに空調機を備えており、一定の温度、湿度を維持している。船舶は、閉鎖空間であることから、空調機が、温度調整、区画の換気の両方を補っている。船舶で使用される一般的な空調システムを図1に示す。

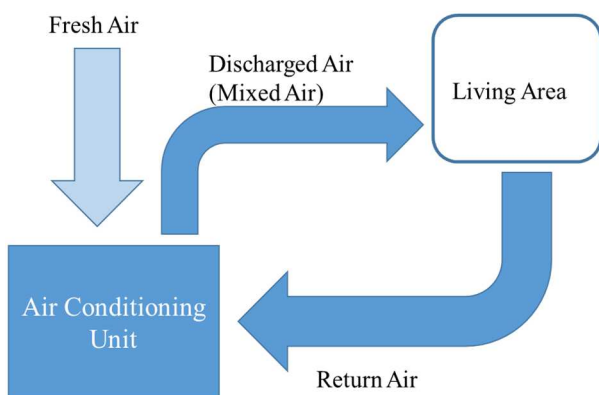


図1 一般的な船用空調機の概要

図よりわかるように、船内の空気は、常時新鮮空気を取り入れながら、内気循環をすることで、急激な温度変化を緩和している。季節ごとに、循環量は、調整され、快適かつ効率よく運転される。真夏や真冬といった外気と船内の温度差が大きくなる時期では、内気循環量を多くしなければ、目標温度に到達しない。ダイヤモンドプリンセス号も同様で、空気循環量を30-50%にて設計されていたことから、ゾーニング等の対策をおこなっていても、循環空気により、数分でウイルスが船内全域に拡散したものと推測される。既存船舶においても空調機の適切な使用が重要であり、換気経路の確立を検討する必要がある。

厚生労働省の専門家検討会³⁾では、必要換気量が提示された。一人あたり毎時 30(m³)を満たすことで、「換気が悪い空間」には当てはまらないとする見解であった。船舶の空調システムでは、必要空気量こそ確

保できるものの、排気システムを空調機に備えていないことから、感染症対策としての機能を有していない。著者らは、現在までに、以下の実験をおこない、船内の換気および感染症対策について報告⁴⁾した。その結果を以下に示す。

① 空調機の空気循環量の調査

空調機の時間当たりの送風量は、6600(m³/h)、6000(m³/h)であった。前述した一人当たりの換気量 30 m³とした場合、船全体として420名分の換気量を確保していることがわかった。また、循環時間は、最大で38(sec)、最小で15(sec)の速度で循環することもわかった。

② 居住区内、ハンドレール接触状況の調査

船内に設置されるハンドレールの接触状況は、ほとんどの人が、同じ場所に接触していることがわかった。

③ 機関制御室内の空気循環気流調査

機関制御室の空気循環環境は、換気口方向に平均 0.6(m/s)の気流を確保することができた。機関制御室の容量は、約 50(m³)に対し、1500(m³/h)の換気量を確認した。時間当たり、30回流の換気能力があることがわかった。この換気容量は、50名分の能力であった。

④ アクリル板によるパーティションの効果

アクリル板によるパーティションの効果については、高さを750mm以上確保することで、着座した状態で、吹き返しも考慮し、身長差などにも対応できた。しかし、会話が聞き取れないという声もあった。

以上の結果を基に、3章以降では、空調機の安全な使用方法と実習中の学生の移動について実験をおこない、練習船「若潮丸」での実習再開に向けた対策について報告する。

3. 実験

船舶における感染拡大要因の調査として、以下の実験をおこなった。

実験には、富山高等専門学校が所有する練習船「若潮丸」を用いた。表1に練習船の概要を示す。

表 1 練習船「若潮丸」概要

Length over all	Breadth	Gross tonnage	Speed	Main engine
53.59(m)	10.00(m)	231(ton)	14.13(knot)	956(kw)

3.1 空調機の風速調査

通常運転での各居住区吹き出し口の風速を測定した。測定箇所は以下とした。測定には、日本エレクトリックインスルメント社製 wind speed indicator を使用した。測定器表示最大と最小を読み、平均値とした。

- ・学生居室出口(空調機より一番遠い)
- ・乗組員居室出口(空調機より一番近い)
- ・通路循環空気吸い込み口付近
- ・入口扉解放時の戻り空気取入口

3.2 機関室ハンドレール接触状況の調査

右側通行時と左側通行時の接触を観察するため、学生 10 名を歩行させ、ハンドレールの接触部を観察した。

3.3 アクリル製仕切り板の効果について

アクリル製仕切り板の効果を実験室にて検証した。高さ 750 mm と返し付き 600 mm の仕切り板を用意し、飛沫に見立てたスプレー式洗浄液を噴射した。実験概要を図 2 に示す。

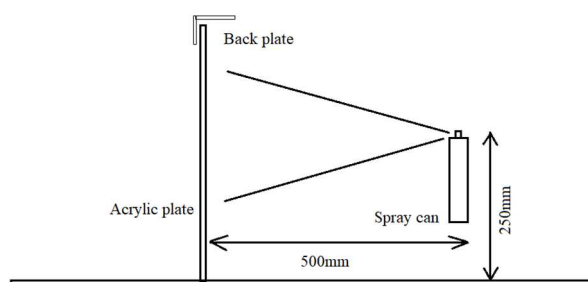


図 2 仕切り板による飛沫防止効果の検証

3.4 換気扇増設による換気能力の調査

煙発生器を用いて換気量を測定した。機関制御室内に煙を放出し、煙が無くなるまでの時間を測定した。実験には、ダイニチ工業社製 PS1002 煙発生器を使用した。

4. 実験結果および考察

4.1 空調機の風速について

練習船「若潮丸」には、空調機2台を装備し、2つの区画に送風している。表 2 に空調機の概要を示す。

表 2 若潮丸の空調機の概要

MODEL	COOLING CAPACITY	FAN AIR FLOW RATE	HEATING CAPACITY
US-20FTO(NO,1AC)	55000(kcal/h)	110(m ³ /min)	45(KW)
US-15FATO(NO,2AC)	43000(kcal/h)	100(m ³ /min)	35(KW)

居住区の測定結果は以下となった。また、居住区から空調室までの往復距離と循環時間について、測定結果と距離から計算(平均値)により循環時間を求めた。

- (1)学生居室出口(空調機より一番遠い)
風速最大 2.6(m/s), 平均 1.3(m/s)
循環時間 50(m) 38(sec)
- (2)乗組員居室出口(空調機より一番近い)
風速最大 2.6(m/s), 平均 1.3(m/s)
25(m) 19(sec)
- (3)通路循環空気吸い込み口付近
風速 1.7(m/s)
23(m) 14(sec)
- (4)入口扉開放時風速 0.0(m/s)

空調機への循環を認めなかった。

外部と接する扉の開閉により、空気循環の有無について調査した。循環空気は、学生居住区に 2 か所、船橋に 1 か所設置されている。設置場所は、右舷入口付近および左舷教室付近入口、船橋中央部に設置されている。双方の入口扉を少し開けることにより、居住区内は、負圧から大気圧へと変わった。冬季においても外気マイナス 2°C から空調を使用しても 18°C まで 1 時間で到達した。実習中の定員、学生 44 名、乗組員 12 名では、厚生労働省の専門家検討会³⁾が示す必要換気量一人あたり毎時 30(m³)では、420 名分を確保している若潮丸船内は、安全な環境であると考えられる。

4.2 ハンドレール接触による感染拡大について

若潮丸機関室は、右舷、左舷に分かれて各機器が配置されており、通路が設けられている。ハンドレール

は、船内内側に向かって設置されている。通路は狭く、歩く速度もほぼ同じであることから、10名の触れる場所がほぼ一致した。障害物により若干の差はあったが、1500mmから1800mmの間隔で接触していることがわかった。階段での観察では、上りは、手すりから、手を放すものの、下りに対しては、手を添えながら滑らす傾向がみられた。階段に関しては、船内の階段の傾斜が強いことから下りで、手すりすべてに接触があることがわかった。接触による感染⁽⁵⁾が重要視されており、予防策として、ハンドレールの末端にアルコール消毒⁽⁶⁾を置き、手洗いの徹底をすることでリスクが低減できるものと考えられる。現在、巡視経路は、右回りでおこなわれている。全世界での利き手は⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾、9割りが右であるといわれ、漢字圏においては、99%が右利きとなっている。右まわりでおこなった場合、利き手をハンドレールに触れることになり、その手で目や鼻などを触れるリスクが増加する。左まわりとすることで、リスクを低減することができる。

4.3 アクリル製仕切り板の効果について

図3に仕切り板の効果について示す。高さ750mmでの実験では、飛沫は仕切り板を越えることはなかったが、600mmでは、飛沫がアクリル板を越え、反対側へ飛散した。図よりわかるように、アクリル板に接触した後の飛沫は、上下左右へ広がり反対側に越えてしまった。

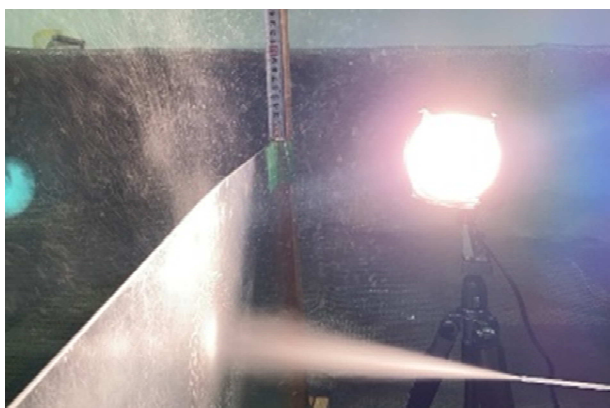


図3 仕切り板を低くした場合の飛散状況

つぎに、上部に返し板を設置した実験について、図4に示す。図よりわかるように、返しによって飛散した飛

沫は、反対側に越えることはなくすべて、前方に戻された。高さ600mmでは、会話も聞こえるようになり、十分な効果を確認した。機関制御室は、主機、発電機運転時76-78db程度の騒音が発生していることから、仕切り板による音の遮りによって、会話が聞き取り辛い状況であった。咳やくしゃみについては、ほとんどの人が下を向いてするので正面に設置した仕切り板の高さを低くしても返しを有することで十分な効果があるものと考えられる。



図4 仕切り板に取り付けた返しの効果

4.4 換気扇増設による換気能力の調査

機関制御室の換気については、著者らの実験において、約50(m³)に対し、1500(m³/h)の換気量を確認している。今回、感染対策強化として、ガラス窓1カ所を取り外し、アクリル製とし、中央部に換気扇を取り付けた。機関制御室を煙発生器により充満させ、換気性能を調査した。換気扇なしの場合、120秒にて煙がすべて排出された。今回の換気扇の導入で、95秒で排出が完了した。1896(m³/h)、37.92(回流/h)となった。これにより、63.2名分の換気量を確保することができた。設置前の50名より13名多くなった。また、大型の空気清浄機を設置し、感染対策を強化した。

5. 結論

本研究では、船舶の感染症対策として考察した結果、実習再開に向けて、次の結論を得た。

- (1)空調機の再循環空気は、感染拡大を助長する。ウイルス除去等の機能を有さない船用空調では、外

- 部との扉を少し開けることで大気圧運転が実現でき、新鮮空気のための運転ができることがわかった。
- (2)安全確保のために設けられているハンドレールは、同じ場所を持つ傾向があり、感染拡大を助長する。日本人の多くは、右利きであり、巡視経路を現在の右回りから左回りにすることで、利き手の接触を減らし、感染リスクを軽減できる。
- (3)対面による感染を防止するために設けた仕切板は、当初 750mm にて設置したが、会話が聞き取れないなどの問題が生じた。高さを 600mm に変更し、上部に返し板を設けることで、750mm と同等の飛散防止効果が得られ、会話が聞き取りやすくなった。返しの効果は十分得られ、今後、普及に努めたい。
- (4)密となる場所では、換気量を多く確保することで、受け入れる人数を確保することができる。陸上では、定員数を半分にするなどへの対応をおこなっていることから、船舶においても定員数を定める必要がある。循環空気を減らし、換気性能を向上させることで、船内の感染症拡大防止できるものと考えられる。
- ク軽減について」、第 39 回数理学講演会講演論文集, A202PDF, (2020).
- (5)富士フィルム, 「除菌あれこれコラム」
https://spjp.fujifilm.com/hydroag/column/020_sessy_okukansen.html.
- (6)人見潤, 花王株式会社, 「アルコールと殺菌の話」
https://www.kao.co.jp/pro/hospital/pdf/08/08_05.pdf#search='%E3%82%A2%E3%83%AB%E3%82%B3%E3%83%BC%E3%83%AB%E6%B6%88%E6%AF%92%E6%B6%B2%E3%81%AE%E5%8A%B9%E6%9E%9C'.
- (7) 平凡社「世界大百科事典 23 改訂新版」, 平凡社, p522, (2007).
- (8) 平凡社「世界大百科事典 11 改訂新版」, 平凡社, p374, (2007).
- (9) 箱崎総一「左利きの秘密」, 立風書房, p41-42, (1979).

6. 引用文献

- (1) 国立感染症研究所, IASR, 41(7), p106-108(2020)
<https://www.niid.go.jp/niid/ja/typhi-m/iasr-reference/2523-related-articles/related-articles-485/9755-485r02.html>.
- (2) 厚生労働省, 「商業施設等の管理権原者の皆様へ」
<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000618969.pdf#search='%E6%8F%9B%E6%B0%97%E5%9F%BA%E6%BA%96+%E3%82%B3%E3%83%AD%E3%83%8A'>.
- (3) 厚生労働省, 「商業施設等の管理権原者の皆様へ」
<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000618969.pdf#search='%E6%8F%9B%E6%B0%97%E5%9F%BA%E6%BA%96+%E3%82%B3%E3%83%AD%E3%83%8A'>.
- (4)山谷尚弘, 西井典子, 池野一成, 中谷俊彦, 高橋淳, 館山透, 「船舶における感染症拡大防止とリス