TABLE 1
Laboratory findings at the first presentation in patients with DF and malaria

	Median (IQR)			
	DF	Malaria	*P* value	ROC curves to predict malaria as opposed to DF (AUC [95% CI])
WBC (/mm^3)	2,780 (2,020–3,610)	4,920 (3,800–6,280)	< 0.001	0.83 (0.79–0.91)
Ht (%)	41.8 (39.6–45.2)	39.1 (36.5–43.6)	< 0.001	0.34 (0.26–0.43)
Male	44.7 (42.1–46.8)	40.1 (37.7–44.9)	< 0.001	
Female	39.2 (37.2–40.7)	37.2 (31.9–39.8)	0.031	
Plt (/mm^3)	11.9 (8.4–16.1)	7.8 (4.8–12.4)	< 0.001	0.31 (0.23–0.39)
T-bil (mg/dL)	0.6 (0.5–0.7)	1.8 (0.8–2.5)	< 0.001	0.90 (0.85–0.95)
GOT (IU/L)	37.0 (28.0–61.8)	33.0 (25.0–45.0)	0.067	0.41 (0.33–0.50)
GPT (IU/L)	27.0 (19.0–47.5)	33.0 (22.8–46.3)	0.296	0.55 (0.46–0.63)
LDH (IU/L)	256 (194–326)	323 (227–447)	0.002	0.63 (0.55–0.71)
CRP (mg/L)	5.1 (2.7–9.3)	81.3 (39.5–13.1)	< 0.001	0.97 (0.96–0.99)

GOT = glutamate oxaloacetate transaminase; GPT = glutamate pyruvate transaminase.

chain reaction (PCR) was performed at the Research Institute of the NCGM. DF was diagnosed on the basis of real-time PCR (TaqMan RT-PCR), enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA; immunoglobulin M [IgM] and IgG), and rapid diagnostic test for detection of non-structural 1 (NS1) antigen (Standard Diagnostics Inc., Korea). The nucleotide sequences of PCR products were determined with BigDye Terminator, version 3.1 (Applied Biosystems, Foster City, CA) to confirm the detection of the dengue virus genome.

All analyses were performed using IBM SPSS Statistics for Windows, version 20 (IBM Corp., Armonk, NY). Sensitivity, specificity, positive predictive value (PPV), and negative predictive values (NPV) for CRP and T-bil were calculated using a diagnostic test calculator (MedCalc Software; http://www.medcalc.org/calc/diagnostic_test.php). The Mann–Whitney *U* test was used to compare continuous variables. A two-sided *P* value < 0.05 was considered statistically significant. An ROC curve was generated for several cutoff values based on the difference of mean and median values of study groups, and AUC was tested against a null AUC of 0.5.

RESULTS

There were 86 confirmed cases of malaria during the study period (64 men and 22 women), and the mean age of patients was 34.0 ± 11.3 years. Sixty cases were considered non-immune to malaria (59 Japanese and 1 American). Twenty-six cases were considered semi-immune to malaria, because they were from endemic areas (25 African and 1 Indian). Fifty-seven of these cases were identified as *Plasmodium falciparum* (Pf), 20 cases were identified as *P. vivax* (Pv), 8 cases were identified as *P. ovale* (Po), 1 case was identified as *P. malariae* (Pm), and 1 case was identified as *P. knowlesi* (Pk). Three Pf malaria cases were negative in microscopic examination but positive in PCR. The median duration of fever before presentation was 3.9 days (interquartile range [IQR] = 0–16).

In total, 85 (50 men and 35 women) DF cases were confirmed during the study period. The mean age was 32.8 ± 12.9 years. No case of severe dengue was diagnosed. The median fever duration before presentation was 3.0 (IQR = 0–8.0) days. There were no significant differences in fever duration before presentation between malaria and DF groups (*P* = 0.74).

Laboratory findings at presentation for all study patients are summarized in Table 1. Compared with the DF group, the malaria group had significantly higher WBC, T-bil, LDH, and CRP values (*P* < 0.05 for all). In contrast, the DF group had significantly higher Ht and Plt values than the malaria group (*P* < 0.05). The differences of Ht values between malaria and DF groups remained significant in sex-stratified analysis.

AUCs of ROC curves were found against a null AUC of 0.5 for WBC, Ht, Plt, T-bil, LDH, and CRP values (Table 1). CRP and T-bil values had especially high AUCs of ROC curve (> 0.9) (Figure 1). Several cutoff values of CRP and T-bil were tested for accuracy to predict malaria as opposed to DF (Table 2). A CRP cutoff value of ε 24 mg/L to predict malaria as opposed to DF had a sensitivity of 91.9% (95% CI = 83.9–96.7%), specificity of 90.6% (95% CI = 82.3–95.8%), PPV of 90.8% (95% CI = 82.7–95.9%), and NPV of 91.7% (95% CI = 83.6–96.6%). When the CRP cutoff value was reduced to ε 10 mg/L, the ability to predict malaria maintained a high sensitivity of 97.7% (95% CI = 91.8–99.7%) and high NPV of 97% (95% CI = 89.6–99.6%). Similarly, a T-bil cutoff value of ε 0.9 mg/dL predicted malaria with a sensitivity and specificity of 73.8% (95% CI = 62.7–83%) and 95.1% (95% CI = 88–98.6%), respectively. The PPV and NPV at this threshold were 93.7% (95% CI = 84.5–98.2%) and 78.8% (95% CI = 69.4–86.4%), respectively. Reducing the cutoff value of T-bil to ε 1.1 mg/dL had high specificity of 97.6% (95% CI = 91.5–99.6%) and a PPV of 96.3% (95% CI = 87.2–99.4%).

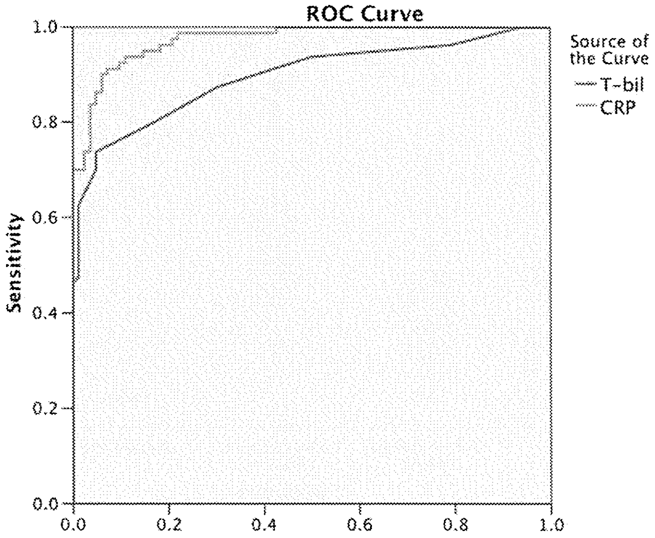


FIGURE 1. Receiver operating characteristic (ROC) curve of C-reactive protein (CRP) and total bilirubin (T-bil).

TABLE 2
Sensitivity, specificity, PPV, and NPV of CRP and T-bil for several threshold values

Cutoff value	Sensitivity (95% CI)	Specificity (95% CI)	PPV (95% CI)	NPV (95% CI)
CRP (mg/L)				
6.0	100 (95.8–100.00%)	55.3 (44.1–66.1%)	69.4 (60.4–77.3%)	100 (92.4–100.00%)
10	97.7 (91.8–99.7%)	76.5 (66.0–85.0%)	80.8 (71.9–87.8%)	97 (89.6–99.6%)
24	91.9 (83.9–96.7%)	90.6 (82.3–95.8%)	90.8 (82.7–95.9%)	91.7 (83.6–96.6%)
T-bil (mg/dL)				
0.6	96.2 (86.0–97.9%)	50 (38.8–61.3%)	64.7 (55.2–73.3%)	89.1 (76.4–96.3%)
0.9	73.8 (62.7–83.0%)	95.1 (88.0–98.6%)	93.7 (84.5–98.2%)	78.8 (69.4–86.4%)
1.1	65 (53.5–75.3%)	97.6 (91.5–99.6%)	96.3 (87.2–99.4%)	74.1 (64.8–82.0%)

95% CIs were calculated using MedCalc (http://www.medcalc.org/calc/diagnostic_test.php).

Japanese patients with malaria who are non-immune to malaria (non-immune malaria patients) were compared with patients from endemic areas that are assumed to be semi-immune to malaria (semi-immune malaria patients) (Figure 2). The CRP values of semi-immune malaria patients were significantly higher than the values of non-immune patients (median [IQR] = 116 mg/L [8.0–17.0] versus 64 mg/L [3.8–11.2], $P = 0.001$), but the T-bil values were not significantly different (median [IQR] = 1.6 mg/dL [0.8–2.4] versus 1.8 mg/dL [0.8–2.7]) between semi-immune and non-immune patients.

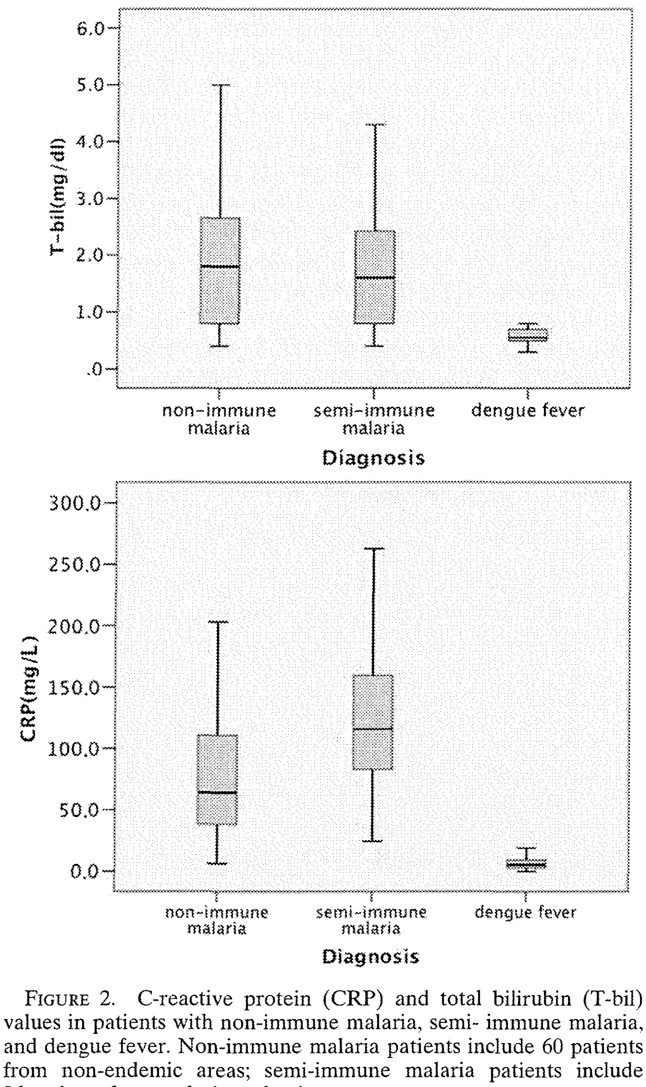


FIGURE 2. C-reactive protein (CRP) and total bilirubin (T-bil) values in patients with non-immune malaria, semi- immune malaria, and dengue fever. Non-immune malaria patients include 60 patients from non-endemic areas; semi-immune malaria patients include 26 patients from malaria endemic areas.

In both semi-immune and non-immune malaria groups, CRP and T-bil values were significantly higher than those values of the DF patients group ($P < 0.001$) (Figure 2).

DISCUSSION

Clinical histories, physical examination findings, and laboratory findings, such as anemia, help diagnose malaria. However, because the clinical manifestations of DF and malaria are similar, it is challenging to diagnose DF or malaria in travelers returning from regions where both DF and malaria are endemic, such as southeast Asia, south Asia, sub-Saharan Africa, Oceania, Latin America, and the Caribbean. Similarly, specific diagnostic tests are necessary for diagnosis, but they are not always available. It is important to distinguish between DF and malaria, because malaria can be fatal if treatment is delayed. Except for severe dengue, DF is generally a self-limiting disease. Our study suggests that CRP and T-bil are useful for distinguishing between DF and malaria in returned travelers.

In our study, differences in laboratory findings of DF and malaria were found in WBC, Ht, Plt, T-bil, LDH, and CRP values. In addition, CRP and T-bil had high AUCs of ROC curves (≥ 0.9). We found that CRP and T-bil are useful for distinguishing between DF and malaria.

Leukopenia, caused by bone marrow suppression by the dengue virus, is a common finding and a useful diagnostic feature for DF.[4,5] Thrombocytopenia, however, has been observed in both DF and malaria patients.[4,6] In our study, Plt levels were lower in malaria patients than dengue patients at the first presentation. In DF, Plt levels have been reported to be lowest 3–6 days from onset when the fever is about to resolve.[7] Therefore, because DF patients without fever were excluded in our study, Plt levels were lower in malaria patients than DF patients. Taylor and others[8] reported that Plt levels were a diagnostic finding for malaria; however, it is not useful to distinguish between DF and malaria, because thrombocytopenia is a characteristic finding in both diseases. Anemia caused by hemolysis of parasitized red blood cells increased splenic sequestration, and clearance of erythrocytes is common in malaria patients. Kain and others[6] reported that, in their study population of Canadian travelers, 41% of the patients diagnosed with malaria presented with anemia. Our study found that 32.6% of malaria patients had anemia at the first presentation. However, increased Ht levels are often observed because of hemoconcentration. In our study, the value of Ht in DF patients was significantly higher than the value in malaria patients, but it was not found to be useful for distinguishing between DF and malaria. In addition to

anemia, increased LDH levels from hemolysis of parasitized red blood cells were also observed in malaria patients.

Jaundice and an increase of T-bil levels are frequently observed in patients with severe malaria,[9] but they are rarely observed in DF. Taylor and others[8] reported that hyperbilirubinemia is the most diagnostic finding for malaria, with sensitivity of 38% and specificity of 95% in returning travelers. Our study results are in accordance with this report; we found that the increase in T-bil is a distinguishing laboratory finding in malaria patients compared with DF patients. CRP is an acute phase reactant, and markedly elevated levels of CRP are strongly associated with infection. Levels of CRP may also be elevated in patients with viral infections, although generally not to the degree seen in patients with bacterial infections.[10,11] Simon and others[11] evaluated the accuracy of determination of CRP levels for differentiating bacterial infections from viral fever and reported a sensitivity and specificity of 86% (95% CI = 65–95%) and 70% (95% CI = 19–96%), respectively. CRP levels are also elevated in malaria patients and useful in assessing malaria severity and follow-up.[12–14] Premaratna and others[15] reported that CRP was useful to distinguish between DF with right iliac fossa pain and acute appendicitis. In their report, all 12 DF patients had a CRP level < 12 mg/L.

We hypothesized that CRP values should be different between semi-immune malaria patients and non-immune patients because of their different immunological responses to malaria. The CRP values of semi-immune patients were, indeed, significantly higher than the values of non-immune patients ($P < 0.001$). CRP is still useful in distinguishing malaria patients from dengue patients, despite the CRP differences between semi-immune and immune malaria patients. T-bil levels were not significantly different between the malaria groups (i.e., immune versus semi-immune), and the values in both groups were significantly higher than the values of the DF group.

Because malaria and DF rarely occur in developed countries, rapid and easy access to specific tests or rapid diagnostic tests for malaria and DF are available only in limited hospitals and/or clinic settings. Giemsa stains are available in many hospital laboratories; however, few laboratory technicians have been trained to identify these diseases, thereby greatly decreasing the sensitivity and specificity of Giemsa stains for the diagnosis of malaria. Our study suggests that combining Giemsa stain results with CRP/T-bil values would enable physicians to differentiate malaria from dengue in returned travelers from endemic areas. Negative Giemsa stain and lower CRP and T-bil values would indicate DF rather than malaria.

In resource-limited settings, specific diagnostic tests, such as rapid diagnostic tests, are expensive; therefore, many cases of malaria are diagnosed without laboratory tests in endemic regions.[16] Such overtreatment of malaria has been tolerated in the era of inexpensive and safe monotherapy. However, with the introduction of artemisinin-based combination therapy (ACT), presumptive treatment becomes economically and clinically less acceptable. The test for CRP is an inexpensive laboratory test[17] compared with rapid diagnostic tests, and physicians can perform these tests without experienced laboratory technicians.

Our study has some limitations. We compared laboratory findings only in DF and malaria patients. According to GeoSentinel Surveillance during 2007–2011, DF and malaria cover 42.5% of febrile illness in returned travelers; this study does not include other febrile illnesses, such as typhoid fever, traveler's diarrhea, viral hepatitis, and schistosomiasis. The results of this study may not be applicable to all returning travelers. Additional prospective studies are needed to prove that CRP and T-bil are useful for diagnosis in all febrile patients returning from tropical regions.

Another limitation of our study is that we could not evaluate the usefulness of CRP and T-bil in severe DF or dengue hemorrhagic fever (DHF)/dengue shock syndrome (DSS) patients, because there were no severe DF or DHF/DSS patients included in this study. The enrollment criteria used in this study (i.e., febrile patients) might have contributed to excluding severe DF and DHF/DSS cases; vascular permeability of severe DF or DHF/DSS patients usually increases on days 3–7 when defervescence occurs.

In conclusion, CRP and T-bil are useful for distinguishing between DF and malaria in returning travelers. Lower CRP and T-bil values suggest DF, whereas higher values suggest malaria. These parameters may be helpful for diagnosis in hospitals where specific diagnostic tests are not available and resources are limited.

Received September 17, 2013. Accepted for publication December 5, 2013.

Published online January 13, 2014.

Financial support: This work was partly supported by funding from the Research on Emerging and Re-Emerging Infectious Diseases by the Ministry of Health, Labour, and Welfare, Japan (H23-shinkou-ippan-006).

Authors' addresses: Satoshi Kutsuna, Kayoko Hayakawa, Yasuyuki Kato, Yoshihiro Fujiya, Momoko Mawatari, Nozomi Takeshita, Shuzo Kanagawa, and Norio Ohmagari, National Center for Global Health and Medicine, Disease Control and Prevention Center, Toyko, Japan, E-mails: sonare.since1192@gmail.com, kayokohayakawa@gmail.com, katodcc@gmail.com, ilvtkfm@yahoo.co.jp, mawatamo@gmail.com, nozomitake@gmail.com, skanagaw@hosp.ncgm.go.jp, and lukenorioom@gmail.com.

REFERENCES

1. Leder K, Torresi J, Libman MD, Cramer JP, Castelli F, Schlagenhauf P, Wilder-Smith A, Wilson ME, Keystone JS, Schwartz E, Barnett ED, von Sonnenburg F, Brownstein JS, Cheng AC, Sotir MJ, Esposito DH, Freedman DO, 2013. GeoSentinel Surveillance Network. GeoSentinel surveillance of illness in returned travelers, 2007–2011. *Ann Intern Med 158:* 456–468.
2. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2013. Ongoing dengue epidemic - Angola, June 2013. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep 62:* 504–507.
3. Amarasinghe A, Kuritsk JN, Letson GW, Margolis HS, 2011. Dengue virus infection in Africa. *Emerg Infect Dis 17:* 1349–1354.
4. Potts JA, Rothman AL, 2008. Clinical and laboratory features that distinguish dengue from other febrile illnesses in endemic populations. *Trop Med Int Health 13:* 1328–1340.
5. Kalayanarooj S, Vaughn DW, Nimmannitya S, Green S, Suntayakorn S, Kunentrasai N, Viramitrachai W, Ratanachu-eke S, Kiatpolpoj S, Innis BL, Rothman AL, Nisalak A, Ennis FA, 1997. Early clinical and laboratory indicators of acute dengue illness. *J Infect Dis 176:* 313.
6. Kain KC, Harrington MA, Tennyson S, Keystone JS, 1998. Imported malaria: prospective analysis of problems in diagnosis and management. *Clin Infect Dis 27:* 142–149.
7. WHO, 2009. *WHO Guidelines Approved by the Guidelines Review Committee. Dengue: Guidelines for Diagnosis, Treatment, Prevention and Control: New Edition.* Geneva: World Health Organization.

8. Taylor SM, Molyneux ME, Simel DL, Meshnick SR, Juliano JJ, 2010. Does this patient have malaria? *JAMA 304:* 2048–2056.
9. Abro AH, Ustadi AM, Abro HA, Abdou AS, Younis NJ, Akaila SI, 2009. Jaundice with hepatic dysfunction in *P. falciparum* malaria. *J Coll Physicians Surg Pak 19:* 363–366.
10. Krüger S, Ewig S, Papassotiriou J, Kunde J, Marre R, von Baum H, Suttor N, Welte T; CAPNETZ Study Group, 2009. Inflammatory parameters predict etiologic patterns but do not allow for individual prediction of etiology in patients with CAP: results from the German competence network CAPNETZ. *Respir Res 10:* 65.
11. Simon L, Gauvin F, Amre DK, Saint-Louis P, Lacroix J, 2004. Serum procalcitonin and C-reactive protein levels as markers of bacterial infection: a systematic review and meta-analysis. *Clin Infect Dis 39:* 206.
12. Hurt N, Smith T, Tanner M, Mwankusye S, Bordmann G, Weiss NA, Teuscher T, 1994. Evaluation of C-reactive protein and haptoglobin as malaria episode markers in an area of high transmission in Africa. *Trans R Soc Trop Med Hyg 88:* 182–186.
13. Paul R, Sinha PK, Bhattacharya R, Banerjee AK, Raychaudhuri P, Mondal J, 2012. Study of C reactive protein as a prognostic marker in malaria from Eastern India. *Adv Biomed Res 1:* 41.
14. Gillespie SH, Dow C, Raynes JG, Behrens RH, Chiodini PL, McAdam KP, 1991. Measurement of acute phase proteins for assessing severity of *Plasmodium falciparum* malaria. *J Clin Pathol 44:* 228–231.
15. Premaratna R, Bailey MS, Ratnasena BG, de Silva HJ, 2007. Dengue fever mimicking acute appendicitis. *Trans R Soc Trop Med Hyg 101:* 683–685.
16. Amexo M, Tolhurst R, Barnish G, Bates I, 2004. Malaria misdiagnosis: effects on the poor and vulnerable. *Lancet 364:* 1896–1898.
17. National Collaborating Centre for Women's and Children's Health (United Kingdom), 2007. *Feverish Illness in Children: Assessment and Initial Management in Children Younger Than 5 Years. NICE Clinical Guidelines, No. 47.* London, UK: RCOG Press.

「電動ファン付き呼吸用保護具(PAPR)」の普及と型式検定

吉川 徹

はじめに

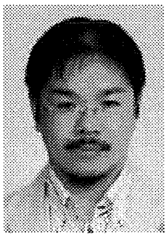
防じんマスクに替わる呼吸用保護具として，「電動ファン付き呼吸用保護具（PAPR，ぴーえーぴーあーる）」が，最近注目を集めている。PAPRはPowered air-purifying respiratorの略である。これは内蔵する電動ファンによって吸引した環境空気をろ過材で清浄化し，その空気を着用者の呼吸域に送る方式のものである。図1には，PAPRのうち一定流量形・セパレートタイプの形式のもの示し，構造と空気の流れを図示した。これは，面体はフード型で「ルーズフィット」と呼ばれるものである。

PAPRは有害物を含む環境大気を清浄な空気にするためにろ過材を使用しているので，基本的な機能は防じんマスクと同様である。PAPRの特徴は，電動ファンによって空気が着用者に送られるため防護性能が向上することと，呼吸が楽になることである。また，PAPRは性能および構造に関する事項について選択肢が増えるため，防じんマスクとは異なり多様性に富んでいることも特徴である。

このPAPRの構造や性能は，最近改定された日本工業規格（JIS規格）のJIST8157「電動ファン付き呼吸用保護具」によって規定されている。PAPRは「電動ファン，フィルタ，面体等，その他から成り，環境空気中の有害物質を除去した空気を着用者へ供給する呼吸用保護具（JIS 8001，用語定義1313）」である」とされている。JIST8157の規格は，1982年に制定され，その後1991年の改正を経て，2009年に改定され現在のものとなった。なお，米国労働安全衛生庁ではPAPRをその技術仕様書[1)]で以下のように定義している。「Powered air-purifying respirator (PAPR) means an air-purifying respirator that uses a blower to force the ambient air through air-purifying elements to the inlet covering.」

PAPRが注目されている背景

PAPRが注目されている背景には，3つの流れをみることができる。1点目は技術の向上である。バッテリーの小型化や使用時間，吸気呼気に反応するセンサー技術等の大幅な向上により，多様なPAPRの開発が可能になってきた。2点目は，労働者の健康障害防止のための確実な呼吸器保護がより一層求められてきている点である。ナノマテリアルやインジウム・スズ化合物（ITO）などの有害化学物質へのばく露防止，空気感染を生じる感染症対策に利用できる性能の高い呼吸用保護具が求められている。3点目は，行政による規制当局の動きや，国際的



よしかわ・とおる
労働科学研究所・副所長，医師
主な著書：和田，吉川．呼吸用防護具フィットテスト・トレーニングブック．労働科学研究所出版部，2010．中災防編．共著．メンタルヘルスのための職場環境改善．中央労働災害防止協会，2010．川上剛編著．吉川，和田訳．中小企業における新型インフルエンザ対策アクションマニュアル．労働科学研究所出版部，2009．

な規格づくりの動きである。これらの背景を受け，PAPRに関連した呼吸器保護の重要性について，現場の管理者や作業者自身，産業安全保健の専門家間でも関心が高まってきている。

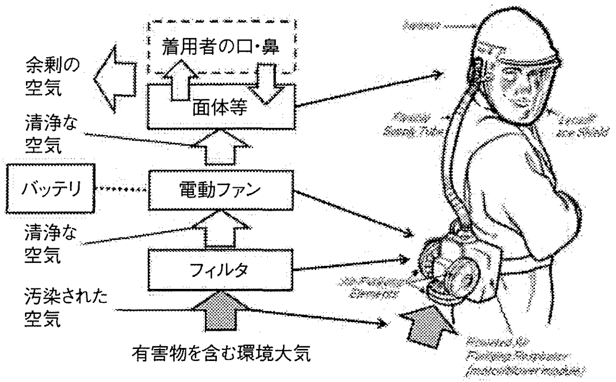
1)　背景１：技術の向上

従来，呼吸用保護具として多く使用されているのは，防じんマスクである。図２には典型的なろ過式の呼吸用保護具を示した。ろ過式とは，環境吸気中の有害物質をろ過材によって除去して着用者の呼吸に清浄な空気を供給する形式の保護具である。ろ過式は，着用者の「呼吸」つまり「呼吸筋や横隔膜筋の力」を利用して有害物質をろ過材で除去するため，着用者が息苦しく感じたり，また，呼吸用保護具の顔面への密着性が低いと防じんマスクの面体と顔面の隙間から空気が容易に侵入したりして，その性能を十分に発揮することができないことが知られていた。

そこで，防じんマスクの着用者が容易に呼吸ができるように，電動ファンを利用して送風をする装置を装備することで，有害物を含む汚染空気を清浄空気に変え，接顔部に生じたすき間から面体内へ粉じん等の有害物が漏れ込むことを抑える技術開発が進んだ。その背景には，携帯電話やノートパソコンなどの携帯機器に用いられている高容量で小型軽量なリチウムイオン二次電池（LIB）の開発，低電量で大きな送風を可能にする電動ファンの開発などの技術が応用されている。

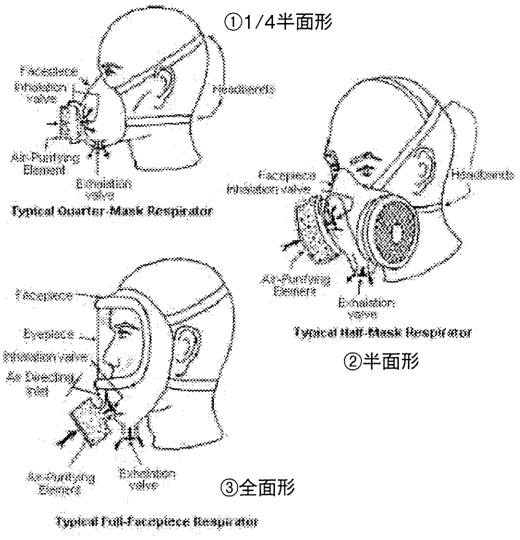
2)　労働者の健康障害防止のための確実な呼吸器保護の要請

近年，有害化学物質に対する労働者の呼吸器保護がより重視されている。表１には厚労省の最近，PAPRの使用について触れられた通達等



イラストは米国労働安全衛生庁より引用

図１　電動ファン付呼吸用保護具（PAPR）の構造と空気の流れ



イラストは米国労働安全衛生庁より引用

図２　典型的な防じんマスクの形状

を示した。

特に，「インジウム・スズ酸化物等取扱い作業による健康障害防止対策の徹底について」(厚生労働省　基安発1222第２号，2010年12月22日）の通達では，行政としてもPAPRの使用を積極的に推進していく姿勢が確認できる。本通達における別表３「呼吸用保護具の選択の方

1) Occupational Safety and Health Administration（OSHA）: Respiratory Protection; final rule（29 CFR 1910.134）

表1　最近の厚生労働省通達にみるPAPRの利用促進に関連した記述

(1)粉じん障害防止規則等の一部を改正する省令の施行について（厚生労働省基発第0226006号，2008年2月26日）
【関連事項】「粉じん障害防止規則等の一部改正」では，ずい道等の建設の作業における動力を用いた掘削や積み込み，コンクリートの拭き付けなどの主要な作業で電動ファン付き呼吸用保護具の使用が義務付けられた。

(2)建築物の解体等作業における石綿による労働者の健康障害防止対策の徹底について（厚生労働省基安発第0919001号，2008年9月19日）
【関連事項】吹付け石綿の除去作業の着用すべきマスクは「電動ファン付き呼吸用保護具」と同等以上のものと示された。

(3)「インジウム・スズ酸化物等取扱い作業による健康障害防止対策の徹底について」（厚生労働省　基安発1222第2号，2010年12月22日）
【関連事項】この技術指針「第3の4項　呼吸用保護具の使用等」には，適切な指定防護係数の呼吸用保護具を選定することや，面体と顔面の密着性の確認を行い，適切な面体を選ぶことなども強調されている。

法」についてまとめたものを表2に示した（引用先：重松製作所）。

一方，PAPRは感染症対策においてもその有効利用が期待されている。例えば，結核・麻疹などの空気感染する病原体に罹患した患者の治療やケア，未知の病原体が流行した際の医療従事者を空気感染から守る呼吸用保護具である。

表2　インジウム取り扱い作業に対する呼吸用保護具の選定

許容される濃度を3×10⁻⁴ mg/m³とした時の目安表

作業環境測定結果(注1)	選定すべき保護具の目安：保護具の種類	選定すべき保護具の目安：防護係数について
測定未実施(注2) 又は 3×10⁻² mg/m³以上	■全面形電動ファン付き呼吸用保護具[PAPR]（粒子捕集効率99.9%以上） ■全面形一定流量形エアラインマスク ■プレッシャデマンド形エアラインマスク	指定防護係数(注3) 100～1,000 又は それ以上の防護性能が期待できる保護具
目標濃度 1×10⁻² ／ 3×10⁻³ mg/m³以上	■半面形電動ファン付き呼吸用保護具[PAPR]（粒子捕集効率99.9%以上） ■全面形取替え式防じんマスク（粒子捕集効率99.9%以上）［区分RL3，RS3国家検定合格品］ [illegible]	指定防護係数(注3) 50～100 又は それ以上の防護性能が期待できる保護具
3×10⁻⁴ mg/m³超	■半面形取替え式防じんマスク（粒子捕集効率99.9%以上）［区分RL3，RS3国家検定合格品］	指定防護係数(注3) 10 又は それ以上の防護性能が期待できる保護具
許容される濃度 3×10⁻⁴ ／ 3×10⁻⁴ mg/m³以下	呼吸用保護具の使用が望ましい。	

注(1) [illegible]　PAPR：Powered Air Purifying Respirators（電動ファン付き呼吸用保護具）
(2) [illegible]
(3) [illegible]
※[illegible]

筆者らは，エボラ出血熱やマールブルグ熱といったウイルス性出血熱（VHF：Viral hemorrhagic fever）などを含む一類感染症の患者発生時の臨床的対応の研究を行っている[3]。VHF発生時には，医療従事者を職業感染から守ることが必要である。VHFは，感染病原体を含む患者の血液・体液を直接取り扱うことにより感染する「接触感染」が主な感染経路である。しかし，感染すると致死率が高く，まれにしか発生しない感染症への医療従事者の恐怖は想像に難くない。そこで未知の病原体対策として，空気感染予防策として，呼吸器保護についても周到な準備を行うべきであるとの立場から，医療的緊急時における呼吸用保護具の選択と正しい方法について検討が重ねられている。図3は，研究班により一類感染症発生時の臨床的対応の訓練を行っている様子である。その際，例えば楽に呼吸でき，視野が確保されたセパレートタイプのPAPRを使うことで，医師の治療・診療技術を最大限に発揮できる診療環境を確保することが可能となる。

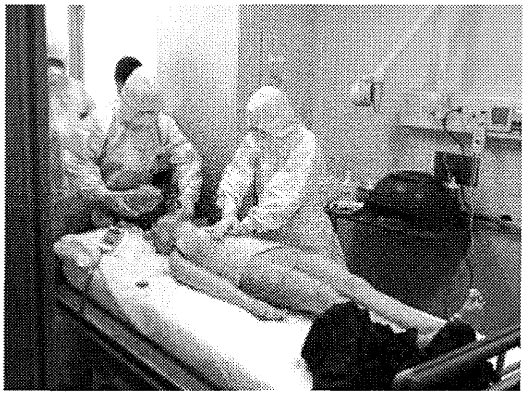
3)　労働安全衛生法の改正の動き

昨年の2011年12月2日に第179回国会（臨時会）提出された「労働安全衛生法の一部を改正する法律案」は2012年9月現在，審議継続となっているが，この改正では3つの主な改正点が検討されている（表3）。

このうち，2点目がPAPRの国家検定規格の制定の改正案である。

現在のところ，国会における消費税率の改定に関する審議に大幅な時間を要したこともあり，労働安全衛生法改定法案は

2)「インジウム・スズ酸化物等取扱い作業による健康障害防止対策の徹底について」（厚生労働省　基安発1222第2号，2010年12月22日）



ウイルス性出血熱の患者の急変時の対応の訓練を行っている様子。演習ではろ過式の使い捨て呼吸用保護具（防じんマスク）を着用している。

図3　一類感染症対策研修での演習の様子

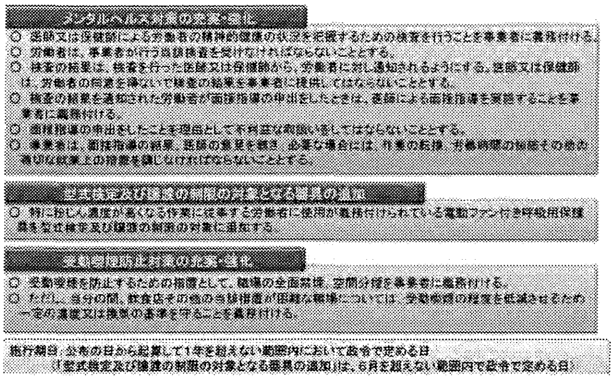
国会で審議されておらず，今回の改正法案は成立していない。PAPRについては，技術開発と国際的な潮流の中で日本が一日も早く成立させるべき法案であるとの認識は専門家の間でも一致している。

今回，表4に示すような点が改正される予定である。

◎PAPRの規格と用途

PAPRは高い防護性能と快適性を併せ持ち，防じんマスクと比較すると，呼吸がはるかに楽であることが特徴である。

表3　労働安全衛生法の一部を改正する法律案の概要



メンタルヘルス対策の充実・強化

○ 医師又は保健師による労働者の精神的健康の状況を把握するための検査を行うことを事業者に義務付ける。
○ 労働者は、事業者が行う当該検査を受けなければならないこととする。
○ 検査の結果は、検査を行った医師又は保健師から、労働者に対し通知されるようにする。医師又は保健師は、労働者の同意を得ないで検査の結果を事業者に提供してはならないこととする。
○ 検査の結果を通知された労働者が面接指導の申出をしたときは、医師による面接指導を実施することを事業者に義務付ける。
○ 面接指導の申出をしたことを理由として不利益な取扱いをしてはならないこととする。
○ 事業者は、面接指導の結果、医師の意見を聴き、必要な場合には、作業の転換、労働時間の短縮その他の適切な就業上の措置を講じなければならないこととする。

型式検定及び譲渡の制限の対象となる器具の追加

○ 粉じん濃度が高くなる作業に従事する労働者に使用が義務付けられている電動ファン付き呼吸用保護具を型式検定及び譲渡の制限の対象に追加する。

受動喫煙防止対策の充実・強化

○ 受動喫煙を防止するための措置として、職場の全面禁煙、空間分煙を事業者に義務付ける。
○ ただし、当分の間、飲食店その他の当該措置が困難な職場については、受動喫煙の程度を低減させるため一定の濃度又は換気の基準を守ることを義務付ける。

施行期日：公布の日から起算して1年を超えない範囲内において政令で定める日
（「型式検定及び譲渡の制限の対象となる器具の追加」は、6月を超えない範囲内で政令で定める日）

表4　労働安全衛生法の一部を改正する法律案要綱（特に型式検定および譲渡の制限の対象となる器具の追加について）

第3　電動ファン付き呼吸用保護具

1　電動ファン付き呼吸用保護具を，その譲渡，貸与又は設置に際して厚生労働大臣が定める規格又は安全装置を具備しなければならないものに追加すること。（別表第2第16号関係）

2　電動ファン付き呼吸用保護具を，その製造又は輸入に際して厚生労働大臣の登録を受けた者が行う型式についての検定（以下「型式検定」という。）を受けなければならないものに追加すること。（別表第4第13号関係）

3　電動ファン付き呼吸用保護具に係る型式検定を行おうとして2の登録の申請をした者（以下「登録申請者」という。）について，厚生労働大臣が必ず登録をしなければならないものとされるための要件の一つとして，登録申請者が別表第14に掲げる設備（材料試験機，ガス濃度計測器，内圧試験装置，通気抵抗試験装置，粉じん捕集効率測定装置，排気弁気密試験装置，漏れ率試験装置，最低必要風量試験装置，公称稼働時間試験装置及び騒音計）を用いて型式検定を行うものであることを規定すること。（別表第14関係）

第4　その他

このPAPRの構造や性能は，JIST8157「電動ファン付き呼吸用保護具」によって規定されていることはすでにのべたが，改正前は，対象となる有害物質の種類（粉じん，ガス）や面対等の形式，フィルタの捕集効率と防護率による性能等級によって分類されていた。

2009年の改正では，日本の市場に流通している多様なPAPRを，その基本性能によって分類することを原則としている。以下に主な分類を示した。

■基本性能による分類：「標準形」と「呼吸補助形」

■作業強度による分類：電動ファンの送風量は「重作業用」と「通常作業用」

■捕集効率／フィルタの捕集効率による分類：

・漏れ率による区分「S級（＜0.1％）」「A級（＜1％）」「B級（＜5％）」「C級（＜

3) 2011年度新型インフルエンザ等新興・再興感染症研究事業「我が国における一類感染症の患者発生時に備えた診断・治療・予防等の臨床的対応及び積極的疫学調査に関する研究」（H23－新興－一般－006）（研究代表者：加藤康幸，分担研究者吉川徹他）

10%)」

・フィルタの粒子捕集効率による等級記号
PL100，PL99，PL95，PL90

・前規格にあった「除毒能力」はガス用PAPRの用途が限られるため改正により削除

▩面体内圧／最低必要風量

▩電動ファンの電源が切れた状態における性能

面体等の内部が常に陽圧になるように設計された「標準形」は，高い防護性能が得られる。「呼吸補助形」は，電動ファンの空気供給量が少ないために，呼吸条件が変わるなどにより標準形より防護性能は劣るが，防じんマスク又は防毒マスクよりは防護性能が高く，呼吸も楽である（表５図４）。表６にはPAPRの用途の例を示した。

◎PAPRの普及に関連した利点と今後の課題

PAPRの利点は前述のように呼吸がしやすいため作業者への負担が少ないこと，電動ファンを利用して面体内・フード内が陽圧になるために，防じんマスク等で必要とするフィットテストが一般的には不要であること，一つ約３万円～約20万円程度で高価であるが，結核病棟などで日常的に使用する場合には，防じんマスクの頻回使用と比較するとコスト的にも劣らない可能性がある点などである。特に，最近，日本では装着者の呼吸に追随する呼吸補助形（ブレス・レスポンス方式）の機能を有するPAPRが開発され，主流になりつつある。この機能は呼吸が楽になるだけでなく，バッテリーの消費量が少なくなったため保護具の軽量小型化にも繋がっている。また，警報ランプ，バッテリー仕様の多様性など技術革新が著しい保護具であり，今後の発展がより期待される。

一方，PAPRの普及にあたって，①良質のPAPRの普及と正しい情報の周知とトレーニング，②現場での利用を想定したPAPR改良，③国際標準に見合った基準づくりと，国産メーカーの活躍に期待が高まる。

１点目の情報周知とトレーニングついては，多様に流通しているPAPRについて，標準形や呼吸補助形，面体型やフード型，一体型やセパレート型など，それぞれのPAPRの利点や技術的優位を踏まえたPAPRの選択と使い方の知識普及，PAPRのメンテナンス技術を含めたトレーニングの継続実施が必要である。現在，公益財団法人日本保安用品協会では田中茂先生（十文字学園女子大学）を委員長として呼吸用保護具の適正使用に関する専門委員会が開催されており，PAPRの適正利用に関して検討がされている。また，日本保安用品協会の「保護具アドバイザー」の活躍，自主的な研究会であるフィットテスト研究会により養成されているフィットテストインストラクターなどを通じて，呼吸用保護具の正しい選択と使用法について情報周知とトレーニングが進むことが期待される。

２点目の技術開発についても今後大いに期待される点である。PAPRは粉じん職場などの産業現場ではすでに普及しつつあるが，例えば医療機関においては，繰り返し使用する際に表面上の病原体をどのように取り除きメンテナンスしていくかということについてはまだまだ確立した方法がない。また，会話支援や，モーター音や見栄えなどの医療現場の使用を想定しての改良が求められる。

３点目の規格に関しては，国際的な状況を踏まえた，我が国の優位性のアピールも必要である。PAPRの規格は日本ではJIS，米国ではNIOSHが定めている。日本ではPAPRの規格の改正案が公表されたが，国際規格としてはまだ統一されたものはない。さらに，米国や欧州ではPAPR以外の防じんマスクは，適正な防じんマスクの選択と使用に関して，フィットテストの実施について法令で定められているが，我が国には制定されていない。呼吸用保護具の選択と使い方だけでなく，職場における呼吸器保護が必要な場面のリスクアセスメントと対策実施，トレーニングと評価，といった総合的な呼吸器保護プログラムが運用できるような，法的な枠組みづくりが必要とされる。そのためにも，

産業安全保健の専門家には，現場に即した安価で効果的な対策につながる呼吸器保護プログラムの良好実践の積み重ねが重要であろう。

◎終わりに

防じんマスクなどの呼吸用保護具などを含め個人用保護具（PPE）は，一見単純そうにみえるため，その保護具を有効に活用されるための努力や経費の大きさが過少評価されることがある。手袋や保護靴のように，比較的簡単なPPEもあれば，呼吸用保護具のように，実は，非常に複雑なものもある。

効果的な個人防護・呼吸器保護を困難にするのは，有害化学物質や感染病原体の発生源とその発生過程や曝露防止に対して行われる工学的・環境的対策よりも，リスクを減らすために人間行動の修正に依存していることが多いためである。

PAPRは，フィットテストや厳密な漏れの管理を，防じんマスクより容易にする呼吸用保護具である。新しいPAPRは，現場の知恵と技術者の知恵と努力，科学技術の進歩によて普及が広がっている。今後，労働者の健康障害防止のためのよりよい技術が開発されていくと考えられるが，先人の努力と成果を上につみあげられた先端技術を活用し，労働者がいきいきと，快適に，安全で健康に働くことができる職場づくりと技術開発がすすむことを期待したい。

表５　PAPRの「標準形」と「呼吸用補助形」

形式	基本性能による分類	特徴
標準形PAPR	面体内圧が常に陽圧になるもの 試験気流は脈動流とし，面体内を常に陽圧を保つ	・一定流量形と呼吸連動形がある ・一定流量形PAPRには，面体以外にフードやフェイスシールドのようなルーズフィットタイプがある。 ・電動ファン，バッテリー，フィルタが面体と一体になったダイレクトタイプと，面体等と送気ユニットを送気管で連結するセパレートタイプがある。 ・ダイレクトタイプはコードレスなのでコードの引っかけによる断線の心配がない
呼吸補助形PAPR	面体を持つPAPRで，着用者の吸気の負荷を軽減するために電動ファンによって面体内へ補助的に空気を送るもの 定常吸引において面体内が陽圧以上※である	・装着者の吸気の負担を軽減するために，電動ファンによって空気を補給する。 ・標準形PAPRより風量が少ないため，実際に使用する際には，面体内圧が陰圧（負圧）になることがある ・フードやフェイスシールドのようなルーズフィットタイプはなく，面体のみである

※JIS T1857では一定の呼吸条件を設定しているが，一定の呼吸条件を超える場合，面体内の陽圧が保たれると限らない

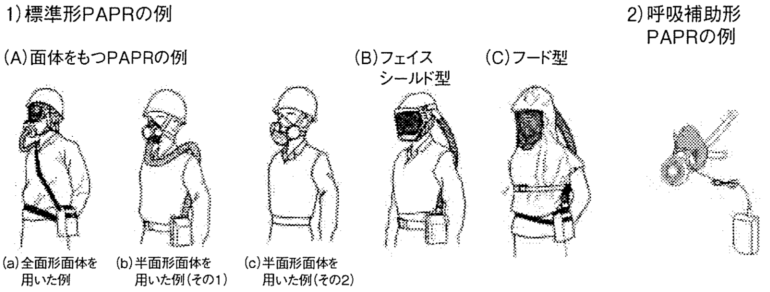


図４　PAPR：電動ファン付き呼吸用保護具の種類

表６　PAPRの用途の例

粉じん・有害化学物質対策	感染病原体対策
・石綿作業（呼吸用保護具の区分１） ・ナノマテリアル関連作業 ・インジウム・スズ酸化物取扱作業 ・土壌汚染第２種特定有害物質（一部除く） ・各種粉体取扱作業（製薬・化学薬品工場等） ・ずい道等の建設の作業における動力を用いた掘削や積み込み，コンクリートの拭き付けなどの主要な作業	・結核病棟 ・結核・麻疹等，空気感染の可能性がある場合 ・飛沫感染が主な感染経路であるが，気管支鏡，気管内吸引等，大量の飛沫等が飛散する可能性のある処置 ・病原性が不明のウイルス感染者の緊急時対応