

平成 21 年度厚生労働科学研究費補助金（新興再興感染症研究事業）「新型インフルエンザ
大流行時の公衆衛生対策に関する研究」（主任研究者 押谷仁）

新型インフルエンザ流行時における学校閉鎖に関する基本的考え方

東北大学医学系研究科微生物学分野 神垣太郎・押谷仁

新型インフルエンザ A/H1N1 によるパンデミックによる被害が拡大している。世界保健機関（WHO）によれば 9 月 11 日現在ですでに 3000 例以上の死亡例が全世界で報告されている。さらに人口が多く集中している北半球では本格的なインフルエンザの流行シーズンをこれから迎えるために、今後大きな健康被害が起こることが危惧されている。

従来から公衆衛生的な対応（Non-pharmaceutical Intervention: NPI）による被害軽減が新型インフルエンザ対策では重要であると考えられ、その中でも学校閉鎖はウイルスの拡散を抑えるために最も重要な対策の 1 つとしてあげられていた。日本においても 5 月に最初の流行があった際には、神戸や大阪などで積極的な学校閉鎖を行ったが、その後は、今回の新型インフルエンザの病原性が、新型インフルエンザに想定されていたよりも高くなかったこともあり、徐々により積極的な学校閉鎖をすることが難しくなってきた。2 学期を迎え、各地で学校での流行が相次いで報告されているが、学校閉鎖の意義や目的が十分に整理されていないままに、各自治体により異なる基準が作成されている。ここでは地域での学校閉鎖のあり方を考えるため、学校閉鎖についてこれまで得られているエビデンスをまとめていきたい。

1. 学校閉鎖 (School Closure) の種類

学校閉鎖の基本的な方法としては次の 2 つが挙げられる (1)。

1) 消極的 school 閉鎖 (Reactive School Closure)

これは多数の生徒や教師が休んだ時に行われる学校閉鎖あるいは学級閉鎖のことで、日本では、季節性インフルエンザの際に、欠席率がある一定の割合に達した時に学校閉鎖・学級閉鎖を行っているため、日本で通常行なわれているような学校閉鎖・学級閉鎖は消極的 school 閉鎖ということになる。一般には消極的 school 閉鎖では地域への感染拡大を抑える効果はほとんどないと考えられている (1)。

2) 積極的 school 閉鎖 (Proactive School Closure)

これは地域で感染拡大が起こる前に積極的に学校閉鎖をおこなうものであり、地域の感染拡大を抑えるためにはこのような積極的な school 閉鎖が必要であると考えられている。日本の新型インフルエンザガイドライン（平成 21 年 2 月改訂版）において、都道府県で最初の感染が確認された時点で学校閉鎖を行うとしているのは、積極的 school 閉鎖により地域への感染拡大を抑える効果を期待している。

2. 学校閉鎖はなぜ地域での感染拡大を抑えるために有効なのか

インフルエンザは季節性インフルエンザであっても新型インフルエンザであっても学校が地域全体の感染拡大に重要な役割をはたしていることが知られている(2)。その理由として学校に通学する年齢層の子供では一般にインフルエンザの罹患率が高いこと、学校では多くの生徒同士の濃厚接触が起こる頻度が高く、大きな流行が起きやすいことがあげられる。この結果、インフルエンザの流行は学校を起点として地域に広がっていくことが多いとされている。早期に学校を閉鎖することは地域への感染拡大を抑える効果があるとされているのはこのためである。学校閉鎖は各国の新型インフルエンザパンデミック対策においても、公衆衛生上の重要な対策とされている。アメリカの **Community Strategy for Pandemic Influenza Mitigation (February 2007)** の中でも学校閉鎖は地域での被害軽減策 (**Community Mitigation**) の重要な柱の一つとして位置づけられている(3)。しかし、学校閉鎖の季節性インフルエンザおよび新型インフルエンザに対する効果を科学的に示しているデータは限られている(4)。

3. 学校閉鎖に関するエビデンス

1) 季節性インフルエンザの流行期における観察研究

学校閉鎖の季節性インフルエンザに対する効果を示したのものとしては、イスラエルでインフルエンザシーズンに起きた学校教員のストライキの間に呼吸器感染の診断および外来患者が減ったとするものがある(5)。またフランスのインフルエンザサーベイランスのデータから学校が冬休みの期間にインフルエンザ感染の頻度が減少することが示されている(6)。一方で、香港における 2007/2008 年シーズンにおける学校閉鎖の影響を観察した研究(7)では、明らかな学校閉鎖によるインフルエンザ患者数、インフルエンザウイルス分離数あるいは基本再生産係数(一人の感染者からどれだけの 2 次感染者が発生するのかを示す値で、感染性の程度を示す指標)については効果を認めていないが、これは学校閉鎖を実施した時期にすでにインフルエンザの流行が低下しているためではないかという意見もある(8)。

2) 疫学モデルの結果

最近、インフルエンザの感染性に関するパラメータをもとにした疫学モデルを利用して公衆衛生対応の介入を評価した研究が多く発表されている。具体的には過去のインフルエンザパンデミックのデータをもとに基本再生産係数を設定したうえで、罹患率の低下や流行曲線の性状の変化などに基づいて検討するものである。この中で、学校閉鎖はパンデミック対策としても有効であることが示されている。以下にこれまで発表されている主な研究結果の要約を示す。

- Ferguson NM らによれば、学校閉鎖はピーク時の罹患率を 40%まで減少させる。しかし流行期間全体の罹患率はほぼ変わらない。他の対策と組み合わせれば流行規模をかなりの程度減少させられる(9)。
- Germann T らによれば、 $R_0 = 1.6$ では学校閉鎖単独でも有効であるが、 $R_0 = 1.9$ 以上では限られた効果しかない。しかし他の対策と組み合わせれば R_0 が高くても有効であるとしている(10)。
- Carrat F らによれば、早期に学校閉鎖を行えば（人口 1000 人の地域で 5 人の患者が出た時点）、非常に有効である(11)。
- Glass RJ らによれば、学校閉鎖は有効な対策だが、学校閉鎖により学校以外の接触が増えると効果なし。学校閉鎖と同時に子供の自宅待機をすることが最も有効である(12)。
- Vynnycky E らによれば、学校閉鎖は R_0 が高いと(2.5~3.5)わずかな効果しかない。 $R_0 = 1.8$ であればある程度は効果があるが全体の罹患率を 22%程度下げのみであった(13)。
- Haber MJ らによれば学校閉鎖にはわずかな効果しか見られないとしているが、この場合は発症率が 10%なった段階で 2 週間の学校閉鎖をすると仮定している(14)。したがって早期の学校閉鎖ではなく、日本で毎年行なわれている季節性インフルエンザに対する学校閉鎖に近い状況を想定している。

これらの疫学モデルの結果をまとめると、早期の学校閉鎖はウイルスの感染性が低い場合には有効であるが、感染性が高くなると学校閉鎖単独ではその効果が限られる。しかし他の対策(接触者の自宅待機・予防投薬・早期治療)などを同時に行えば、感染性がある程度高くても学校閉鎖は有効な対策であるとしている。また地域への感染拡大を防ぐためには、早期の学校閉鎖が必要であり消極的学校閉鎖では限られた効果しかないことが示されている。さらに本来生徒間の接触機会を減らすことを目的とする学校閉鎖が有効であるためには単に学校閉鎖を閉鎖するだけでなく、学校以外の場においても生徒の接触機会も制限する必要があることも示されている。

3) 過去のパンデミックでの検討

1918 年のスペインかぜにおける米国で学校閉鎖とともに集会の制限における死亡数との関連性をみた研究がいくつか報告されているが(15-17)、早期に実施されかつ十分な期間の閉鎖が行なわれた場合、学校閉鎖と死亡率軽減の間に相関性があることが示されている。一方で我々の 1957 年のアジアインフルエンザの際の学校閉鎖と超過死亡に関する検討では(18)、学校閉鎖と累積超過死亡数および超過死亡のピークとの相関性を認めなかった。これは 10-20%の欠席児童が発生した時に行う消極的学校閉鎖では感染者数を軽減することが出来ない可能性を示唆しているものと考えられる。また福見らによる「アジアかぜ流行史」によればアジアインフルエンザ当時の東京都の公立小学校において休校期間が 3 日の場合には再休校率が 35.7%、4 日の場合には 26.5%なのに対して 6 日間の場合には 6.4%と低いことが挙げられている(19)。

4) 新型インフルエンザ A/H1N1 での検討

今回の新型インフルエンザ A/H1N1 によるパンデミックでも日本の高校における再生産係数の推定から積極的 school 閉鎖の有効性が報告されており (20)、またメキシコの疫学データを使ったモデルでも早期に school 閉鎖を行えば有意に地域での感染拡大を阻止できるとしている (21)。また各国から school 閉鎖を行った場合の経験が報告されている (22)。メキシコシティーや日本の関西では早期に大規模な school 閉鎖を行った結果、流行がいったんは収束している。しかし、これには感染者の隔離、接触者の自宅待機や予防投薬なども同時に行われており school 閉鎖単独の効果を判断する根拠とはならない。ただ新型インフルエンザ A/H1N1 では 10 代の罹患率が非常に高いことが多くの国で示されていること、日本だけでなく各国で高校などでの流行が数多く報告されていることを考えると、school を閉鎖することは地域への感染拡大を抑えるためには一定の効果があると考えられる。WHO も 9 月 11 日に発表された school での対策に関する指針の中で新型インフルエンザ A/H1N1 に対する school 閉鎖は早期に行なわれた場合、一定の効果があるとしている (23)。

5) school 閉鎖による社会的コストに関する検討

インフルエンザ流行時の school 閉鎖による社会コストあるいは経済コストの検討はあまりなされていないが、米国における疫学モデルによる検討では、school 閉鎖は介入なしと比較して家庭での抗ウイルス薬の予防投与と同じ程度の 11% の罹患率低下が期待できるが人口 1000 人あたりのコストは 270 万米国ドルと非常に高いとされている (24)。一方英国での school 閉鎖による収入の減少に関する検討においては、平均して 16% の労働人口が子供の世話をしているために休校により潜在的に休職する可能性があり、12 週間の休校により 0.2-1.0% の GDP の損失が見込まれるとしている (25)。これらの経済的損失はいずれも休校する児童の世話をするための養育者の休業および school 関係者の休業によってもたらされると考えられている。Cauchemez らによる総説 (1) では、英国において平均して 16% の労働人口が子供の世話をしているために休校により潜在的に休職する可能性があり、12 週間の休校により 0.2-1.0% の GDP の損失が見込まれることと合わせて教育プログラム以外の課外活動などへの影響が問題となる可能性が指摘されている。

6) 新型インフルエンザ A/H1N1 についての school 閉鎖の各国の対応

今回の新型インフルエンザ A/H1N1 について school 閉鎖についての考え方が、European Centers for Disease Prevention and Control (ECDC)、アメリカ CDC、オーストラリアなどから出されている。ECDC は 7 月 20 日に出したアドバイスのなかで、積極的 school 閉鎖の公衆衛生上の効果は認めながら新型インフルエンザ A/H1N1 については school が閉鎖されることによる社会的・経済的影響を考慮して決定すべきだとしている (26)。アメリカ CDC は、現時点でのウイルスの病原性変化すると言えない限り、積極的 school 閉鎖 (Preemptive dismissals と表現) は必要ないとしている (27)。これは今回の新型インフルエンザ A/H1N1 の流行当初に行なわれた積極的 school 閉鎖がさまざまな社

会的な影響を引き起こしたことに起因している。しかし、病原性の変化が起きた場合には、地域への感染拡大を抑える目的で積極的の学校閉鎖を考慮する場合もあり得るとしている。しかし、このような目的で学校閉鎖が行なわれる場合、早期に行なう必要があり、スポーツ大会など生徒の集まるイベントの中止なども考慮すべきであるということも記載されている。また、積極的の学校閉鎖に推奨される閉鎖期間としては5-7日間としている。オーストラリアはインフルエンザ A/H1N1 はほとんどの人に軽症であるため、一般に大規模な学校閉鎖はするべきではなく、学校での流行を抑えるために必要だと考えられる場合に、学校毎あるいはクラス毎の閉鎖をするべきだとしている(28)。各国の考え方を見ると、致死率がそれほど高くないこと、学校閉鎖の経済的・社会的な影響などから大規模な学校閉鎖は否定しているが、学校閉鎖の地域への感染拡大を阻止する効果については、ある程度期待できるとしている。しかし実際の学校閉鎖の実施にあたっては、いろいろな要因を考慮して地域ごとに決めるべきだというのが各国の方針となっている。

7) 日本の経験

日本では季節性インフルエンザでも学校閉鎖・学級閉鎖を行っている数少ない国の一つであり、学校閉鎖に対する社会的な許容度は欧米諸国より高いと考えられる。しかし、関西で5月に行われた大規模な学校閉鎖では社会的な負荷とともに経済的損失(学校閉鎖に伴う直接の損失よりも風評被害などが多かったと考えられる)があったこともあり、今後、地域で一斉に行なうというような大規模な学校閉鎖を実施することは難しいと考えられる。また地域に感染が大規模に広がってしまうと、地域での感染拡大を防ぐという意味での学校閉鎖の役割はあまり期待できなくなってしまう。また8月の学校の休業期間にも、スポーツ大会などを通して新型インフルエンザ A/H1N1 の感染が多く地域で広がったことも考慮する必要がある。このことは、スポーツ大会や塾など学校外で生徒が集まる機会を減らさないと地域への感染拡大を防ぐために十分な効果が得られない可能性を示唆している。

4. 新型インフルエンザ A/H1N1 について学校閉鎖をどう考えるべきか

日本で5月に初期の流行の見られた、神戸・大阪などでは感染者の出ていない学校を含めた地域での大規模な学校閉鎖が行なわれたが、病原性のそれほど高くないことがわかってきており、今後このような社会的・経済的な影響の大きい大規模な学校閉鎖を行なうことは難しいと考えられる。しかし、日本ではまだ一部の地域を除いて感染拡大の早期の段階にあり(2009年9月14日時点)、地域ごとの積極的の学校閉鎖により地域へ感染拡大を遅らせる余地はまだ残されていると考えられる。特にワクチンの接種が10月下旬以降に始まることと予定されておりそれまでの間にできるだけ地域への感染拡大を遅らせることは意味がある。

現在自治体では学校閉鎖を一律の基準を設定しようとする動きがみられる。一律の基準を設けることは運用上のメリットはあると思われるが公衆衛生学的には必ずしも正しい方向性であるとはいえない。特に何の目的のために学校閉鎖・学級閉鎖を行なうの

かという整理がきちんと行なわれないうままに、季節性インフルエンザに準じて学校閉鎖・学級閉鎖の基準が決められている場合も多い。積極的 school 閉鎖・消極的 school 閉鎖に分け、それぞれの目的および実施時期などについて表にまとめてある。すなわちまだ散发例しか出ておらず、地域に感染が広範に広がっていないような地域ではより積極的 school 閉鎖・学級閉鎖が考慮されるべきであるし、すでに地域に広く感染が広がっているような地域ではそのような積極的対応は必要ないということになる。本来 school 閉鎖・学級閉鎖の実施にあたっては地域の疫学状況、それらの対策を行うことによる経済的・社会的影響を考えて個別に判断すべきであると考えられる。

表：学校閉鎖の種類

	積極的 school 閉鎖 (Proactive School Closure)	消極的 school 閉鎖 (Reactive School Closure)
目的	地域への感染拡大を抑える	欠席者が増えることに対する学校(学級)運営上の対応
実施時期の基本的考え方	地域での感染拡大の初期段階	地域である程度感染が拡大して以降
実施の基準	疫学情報から学校のある地域が流行の初期段階にあると判断された場合(注1)	欠席者がある一定の割合に達した場合(地域あるいは学校毎に決定)
実施期間	5日から7日間が必要	状況に応じて5日間よりも短い場合もあり得る(注2)
実施にあたって考慮すべき事項	1) school 閉鎖を行なった場合の地域への社会的・経済的影響 2) 地域への感染拡大を抑えるためには他の対策も同時に行なう必要がある 3) school 閉鎖中に生徒が接触する機会(スポーツ大会・塾など)も制限する必要がある	1) 重症化するリスクのある生徒の多い場合(特別支援学級や基礎疾患を有する生徒など)では、より厳しい基準を考慮すべき

(注1) 地域が流行の初期段階にあると判断する基準としては、1)インフルエンザサーベイランスでの定点当たりのインフルエンザ患者数、2)近隣の学校での発生状況、3)当該の学校でのこれまでの発生状況などが考えられる

(注2) 短期間で学校を再開した場合、再流行も起こり得ることに留意する必要がある

1. Cauchemez S, Ferguson NM, Wachtel C, Tegnell A, Saour G, Duncan B, et al. Closure of schools during an influenza pandemic. *Lancet Infect Dis*. 2009 Aug;9(8):473-81.
2. Neuzil KM, Hohlbein C, Zhu Y. Illness among schoolchildren during influenza season: effect on school absenteeism, parental absenteeism from work, and secondary illness in families. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 2002 Oct;156(10):986-91.
3. CDC. Interim Pre-pandemic Planning Guidance: Community Strategy for Pandemic Influenza Mitigation in the United States. February 2007
4. Bell DM. Non-pharmaceutical interventions for pandemic influenza, national and community measures. *Emerg Infect Dis*. 2006 Jan;12(1):88-94.
5. Heymann A, Chodick G, Reichman B, Kokia E, Laufer J. Influence of school closure on the incidence of viral respiratory diseases among children and on health care utilization. *Pediatr Infect Dis J*. 2004 Jul;23(7):675-7.
6. Cauchemez S, Valleron AJ, Boelle PY, Flahault A, Ferguson NM. Estimating the impact of school closure on influenza transmission from Sentinel data. *Nature*. 2008 Apr 10;452(7188):750-4.
7. Cowling BJ, Lau EH, Lam CL, Cheng CK, Kovar J, Chan KH, et al. Effects of school closures, 2008 winter influenza season, Hong Kong. *Emerg Infect Dis*. 2008 Oct;14(10):1660-2.
8. Koonin LM, Cetron MS. School closure to reduce influenza transmission. *Emerg Infect Dis*. 2009 Jan;15(1):137-8, author reply 8.
9. Ferguson NM, Cummings DA, Fraser C, Cajka JC, Cooley PC, Burke DS. Strategies for mitigating an influenza pandemic. *Nature*. 2006 Jul 27;442(7101):448-52.
10. Germann TC, Kadau K, Longini IM, Jr., Macken CA. Mitigation strategies for pandemic influenza in the United States. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2006 Apr 11;103(15):5935-40.
11. Carrat F, Luong J, Lao H, Salle AV, Lajaunie C, Wackernagel H. A 'small-world-like' model for comparing interventions aimed at preventing and controlling influenza pandemics. *BMC Med*. 2006;4:26.
12. Glass RJ, Glass LM, Beyeler WE, Min HJ. Targeted social distancing design for pandemic influenza. *Emerg Infect Dis*. 2006 Nov;12(11):1671-81.
13. Vynnycky E, Edmunds WJ. Analyses of the 1957 (Asian) influenza pandemic in the United Kingdom and the impact of school closures. *Epidemiol Infect*. 2008 Feb;136(2):166-79.

14. Haber MJ, Shay DK, Davis XM, Patel R, Jin X, Weintraub E, et al. Effectiveness of interventions to reduce contact rates during a simulated influenza pandemic. *Emerg Infect Dis.* 2007 Apr;13(4):581-9.
15. Hatchett RJ, Mecher CE, Lipsitch M. Public health interventions and epidemic intensity during the 1918 influenza pandemic. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2007 May 1;104(18):7582-7.
16. Bootsma MC, Ferguson NM. The effect of public health measures on the 1918 influenza pandemic in U.S. cities. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2007 May 1;104(18):7588-93.
17. Markel H, Lipman HB, Navarro JA, Sloan A, Michalsen JR, Stern AM, et al. Nonpharmaceutical interventions implemented by US cities during the 1918-1919 influenza pandemic. *JAMA.* 2007 Aug 8;298(6):644-54.
18. 神垣太郎、玉記雷太、橋本亜希子、押谷仁 アジアインフルエンザにおける学校閉鎖と Mortality impact に関する疫学的検討 第 83 回日本感染症学会総会学術講演 (P-070) 2009 年 4 月
19. 福見秀雄 アジアかぜ流行誌 : A2 インフルエンザ流行の記録 1957-1958。日本公衆衛生協会 1960
20. Nishiura H, Wilson N, Baker MG. Estimating the reproduction number of the novel influenza A virus (H1N1) in a Southern Hemisphere setting: preliminary estimate in New Zealand. *N Z Med J.* 2009;122(1299):73-7.
21. Cruz-Pacheco G, Duran L, Esteva L, Minzoni A, Lopez-Cervantes M, Panayotaros P, et al. Modelling of the influenza A(H1N1)v outbreak in Mexico City, April-May 2009, with control sanitary measures. *Euro Surveill.* 2009;14(26).
22. Human infection with new influenza A (H1N1) virus: WHO Consultation on suspension of classes and restriction of mass gatherings to mitigate the impact of epidemics caused by influenza A (H1N1), May 2009. *Wkly Epidemiol Rec.* 2009 Jul 3;84(27):269-71.
23. WHO. Measures in school setting (Pandemic (H1N1) 2009 briefing note 10). 11 September 2009, Geneva

(http://www.who.int/csr/disease/swineflu/notes/h1n1_school_measures_20090911/en/index.html)
24. Sander B, Nizam A, Garrison Jr LP, Postma MJ, Halloran ME, Longini Jr IM. Economic Evaluation of Influenza Pandemic Mitigation Strategies in the United States Using a Stochastic Microsimulation Transmission Model. *Value Health.* 2008

Jul 30.

25. Sadique MZ, Adams EJ, Edmunds WJ. Estimating the costs of school closure for mitigating an influenza pandemic. *BMC Public Health*. 2008;8:135.

26. ECDC. Managing schools during the current pandemic (H1N1) 2009 - Reactive and proactive school closures in Europe. 20 July 2009

27. CDC. Health Officials and School Administrators on CDC Guidance for School (K-12) Responses to Influenza during the 2009-2010 School Year. August 7 2009

28. Department of Health and Ageing, Australia. Information for community groups and organizations, schools and childcare