

平成24年度生活衛生関係技術担当者研修会

レジオネラ症の動向、迅速検査、 管理基準

倉 文明

「公衆浴場等におけるレジオネラ属菌対策を含めた
総合的衛生管理手法に関する研究」研究班

国立感染症研究所

細菌第一部

平成25年3月12日、厚生労働省低層棟2階講堂

レストランのロビーの噴水による感染事例 小さな噴水も侮れない

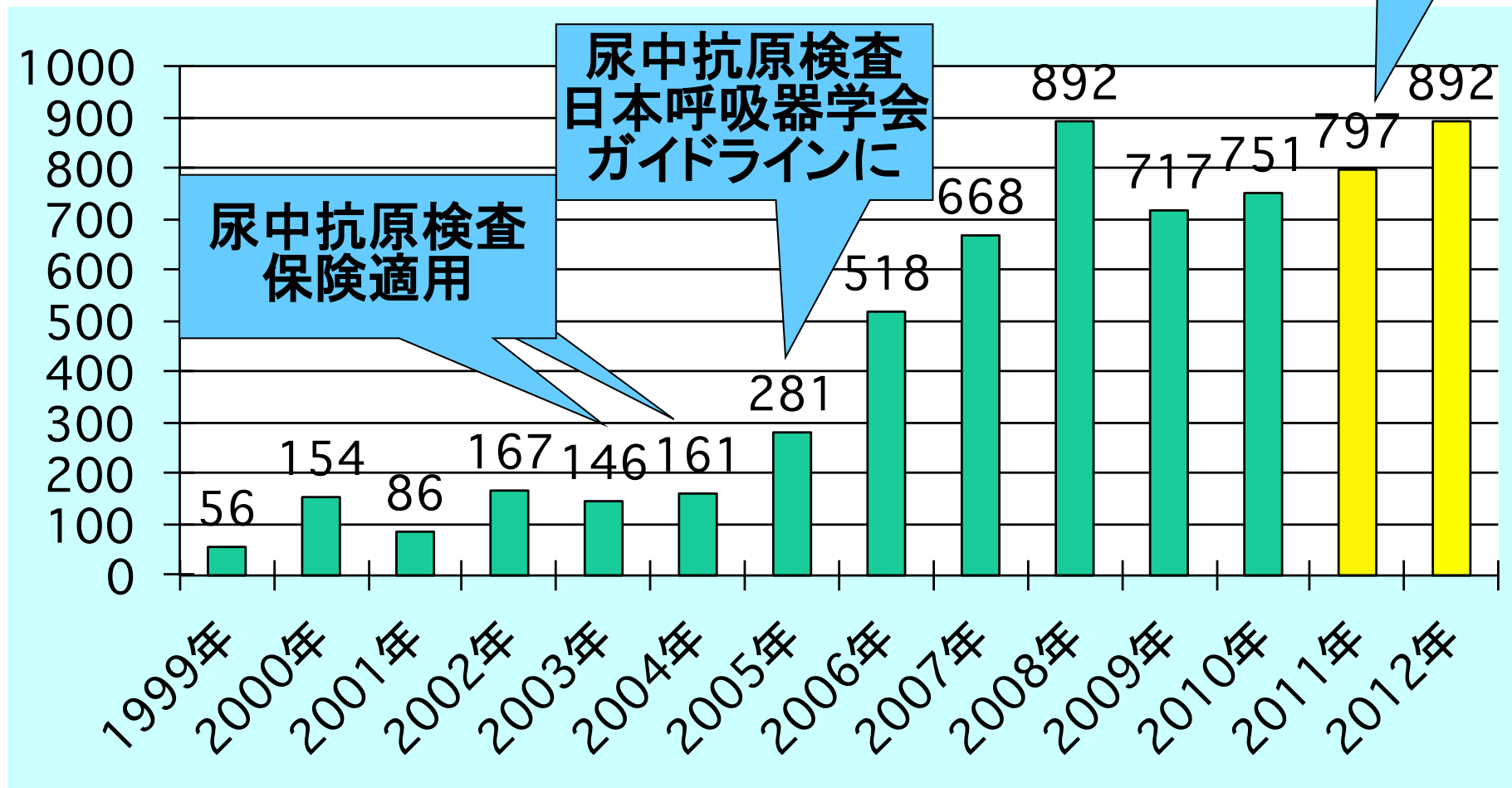


- 米国Rapid 市(サウスダコタ州)、2005年5月～10月。
- 肺炎18例、内1例死亡
- 3例の培養陽性例でSBT,MAb型が噴水株と一致
- *L. pneumophila* sg1
- わずか30cmの高さの水柱。
- 水中に多数300,000 cfu/100mL

年度別報告状況 (感染症発生動向調査)

LAMP法
喀痰検査
保険適用

(報告数)



※1

※2

※1: 1999年の報告数は4~12月までの数値である。

※2: 2011年2012年の報告数は52週までの報告数としての暫定値である

2009年の報告数の減少: 新型インフルエンザと宿泊客の減少が影響か?

Loopamp® レジオネラ検出試薬キットC

喀痰中のレジオネラ属菌を広く検出することを目的とした国内初の遺伝子検査による体外診断用医薬品。

「LAMP法」を利用し、簡易、迅速、高感度に検出する感染の診断補助ツール。

平成23年10月保険適用。300点。現在の*L. pneumophila* 血清群1を検出する尿中抗原検査に比べ、培養法と比べた感度が59.1%から95.5%へ上昇（135検体の試験で）。

- 臨床分離株の菌種・血清群から推測すると、この検査法が普及すると報告数は**2割増加予測**。→ **1000症例/年**
- 不顕性感染は少ない** 喘息、肺気腫等の呼吸器疾患の患者5502人の喀痰を培養検査して4例(0.073%)から菌が検出された。福永肇ら、日本細菌学雑誌45:833-40, 1990.

国内のレジオネラ症集団感染事例

7例以上

	年月	都道府県	施設	感染源	患者数	確定症例数	死亡者数
1	1980.8-9	福岡	病院		7	7	1
2	1994.8	東京	研修所	冷却塔	45	1	0
3	1996.1-2	東京	病院新生児病棟	給湯設備、加湿器	13	4	1
4	2000.3	静岡	温泉施設	循環式浴槽		23	2
5	2000.6	茨城	温泉施設	循環式浴槽	45	27	3
6	2002.4-7	福島	乳児院	不明	21	8	0
7	2002.7	宮崎	温泉施設	循環式浴槽	295	46	7
8	2002.8	鹿児島	温泉施設	循環式浴槽		9	1
9	2009.9-10	岐阜	ホテル	循環式浴槽		8	0
10	2011.8-9	神奈川	スポーツクラブ	循環式浴槽?		9	0
11	2012.11-12	埼玉	温泉施設	掛け流し式浴槽?		9?	0?

1) LpSG1以外; 1, LpSG4; 2, LpSG7; 3, LpSG1+SG6。

2) ポンチアック熱

最近のレジオネラ症集団感染事例

発症年月	都道府県	施設・感染源	確定患者数	原因菌
2008年1月	兵庫	温泉施設	2	<i>L. pneumophila</i> SG1
2008年7月	岡山	老人福祉施設	2	<i>L. pneumophila</i> SG1?
2009年9-10月	岐阜	ホテルの入浴設備	8	<i>L. pneumophila</i> SG1
2011年8-9月	神奈川	スポーツクラブの入浴設備	9	<i>L. pneumophila</i> SG1?
2012年11月	山形	旅館の入浴設備	3	<i>L. pneumophila</i> SG1?
2012年11-12月	埼玉	温泉施設	9?	<i>L. pneumophila</i> SG1?

その他に2006年6月～2008年7月に、2～5例の患者が発症した集団感染疑い事例が5件認められた。

かつての大規模な集団感染事例は見られなくなったが、最近また？

日本のレジオネラ症の集団感染事例の感染源、1980-2008年

	院内感染	市中感染	合計	%
浴槽		10	10	55.6
冷却塔	1	2	3	16.7
給水系/給湯系	2	0	2	11.1
不明		3	3	16.7
合計	3	15	18	100

2005～8年のヨーロッパでは
不明53%、
給水系/給湯系36%

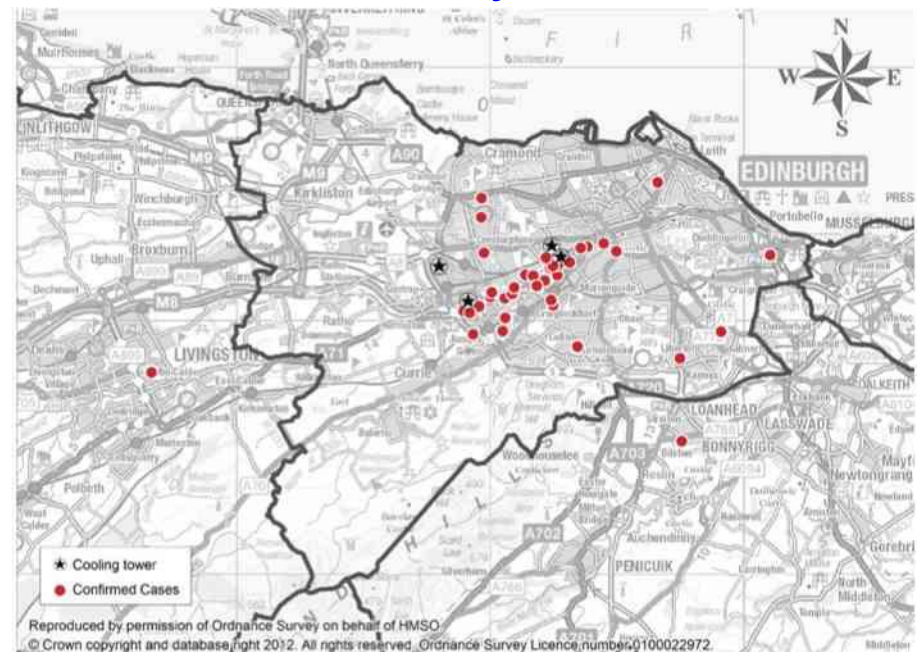
Edinburgh市の冷却塔？

- 2012年5月に、101例（53確定、48疑い事例、内3例死亡）のレジオネラ肺炎集団感染が英国で発生。
- （確定50例、疑い49例の時）確定事例の平均年齢56歳（32-85歳）で72%は男性。*L. pneumophila* SG1、尿中抗原陽性。
- すべて症例がEdinburghの南西地域にリンクしている。
- 発症日のピークは5月28日（5月17日～6月23日）
- Euro Surveill 17(28), July 12, 2012; ProMED July 3,

蒸留所



レジオネラ肺炎の確定症例を現住所で表示
Edinburgh, United Kingdom,
2012年7月1日現在 (n=50)



ケベック市の冷却塔

- 2012年7月からカナダQuebec市で181人の患者(内13人死亡)が発生。カナダで最大。
- 集団感染地帯の129の冷却塔が検査され、Saint-Joseph EastにあるComplexe Jacques Cartierというビルの屋上の冷却塔で大量の菌が検出された。その冷却塔ではレジオネラの検査はなされていなかった。患者9人由来*L. pneumophila* 血清群1株は遺伝子fingerprint型が一致し、さらにその冷却塔分離株と一致。
- 冷却塔のあるビルの登録を1997年に州政府が勧告していたが不十分であったので、冷却塔管理が強化される。新しい規制では、ビルの所有者は冷却塔を清浄に保つ義務があり、作業記録を4～5ヶ月保存し、点検が義務化され、違反すると7万5千ドルの罰金。

CBC News Dec 6, Sep 19, 2012; ProMED Sep 19, 2012

The Montreal Gasette Aug 26, 2012

ホテルの給水系、プール

- 2012年7月~8月に米国シカゴ市のホテルで10人の患者(シカゴ市外から、内3人死亡)が発生。
- 同じ種の菌がメインロビーの噴水、水泳プール(塩素消毒でなくアレルギーや刺激の少ないUVろ過)、渦流浴(塩素消毒)、男女のロッカールームから検出され、患者からも分離された。噴水は撤去された。同じ種の菌は客室のシャワーヘッドからは検出されなかった。
- 水泳プールは定期的にモニターされていたが噴水は検査されていなかった。

Chicago Tribune NEWS, Sep 11, 2012;

CNN.com Sep 1, 2012; MyFOXChicago.com Oct 5 2012;

HotelChatter.com Sep 4, 2012



ピッツバーグ市の病院の給水系

- 2012年11月に146床の米国Oakland Veterans Hospitalが、5例(内1例死亡)のレジオネラ肺炎集団感染を認めた。その後のCDCの調査では、2011年1月～2012年10月に21症例(5例確定、16例推定)で内5例は診断後30日以内に死亡としている。すべて男性、尿中抗原陽性、中央値64歳。
- CDCの環境調査で、29/44(66%)が培養陽性(+例: 玄関の噴水の砂フィルター、肝移植患者の部屋のシャワー、ICU室の流し)。
- 給水系は1993年から使用されている。導入された銅-銀イオン化システムが以前思っていたより有効でなかった。管理しやすい塩素消毒にもどす。
- その消毒システムを導入したレジオネラ研究者YuとStout がその病院にいたが、2006年、2007年に内紛で病院を去っていた。収集されたレジオネラ属菌も破棄されたので過去の株と分子疫学的解析は不可。
- CDCは、末端で30%検出という閾値で対応するのではなく、末端で不検出とすべきとした。

- [CBC News Jan 11, 2013](#); [post-gazette.com Dec 24, 2012](#)
<http://www.cdc.gov/washington/testimony/2013/t20130205.htm>



ストーク市の小売店に展示された浴槽

- 2012年7月2日～8月1日に英国Stoke-on-Trentにある小売店に展示してあったspa poolにより21人(確定事例)のレジオネラ肺炎集団感染(2人死亡)が発生した。
- 起炎菌は*L. pneumophila* SG1, 珍しい型ST1268. 菌株の遺伝子型fingerprintingが一致。

Euro Surveill 17(37), Sep 13, 2012; Telegraph July 30, 2012;
ThisisStaffordshire Aug 02, 2012



潜在的感染源の現場あるいは同心円キロメートル内の症例数

全旅行歴の判明している確定症例のみ

	(地図上の)参照番号	同心円内の症例数 (Km)							総計
		現場	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	>5	
市内の冷却塔									
	A	0	5	7	3	0	0	0	15
	B	0	0	11	4	0	0	0	15
	C	0	3	7	5	0	0	0	15
	G	0	7	2	3	3	0	0	15
	E	0	5	5	1	3	1	0	15
	D	0	1	4	3	3	1	3	15
	* F	0	2	5	4	0	3	1	15
隣接都市Aの冷却塔									
	I	0	1	2	0	0	0	12	15
	J/M**	0	1	0	2	0	0	12	15
	K	0	2	1	0	0	0	12	15
	L	0	0	2	2	0	3	8	15
隣接都市Bの冷却塔									
	* N/O**	0	0	2	1	0	3	9	15
保健所により同定された非冷却塔サイト									
	T	0	10	5	0	0	0	0	15
	U	0	10	5	0	0	0	0	15
	P	0	4	3	8	0	0	0	15
	Q	0	6	6	3	0	0	0	15
	R	0	1	5	2	3	1	3	15
症例患者の訪れた非冷却塔サイト									
	*** H	10	5	0	0	0	0	0	15
	*** S	15	0	0	0	0	0	0	15
	**** -	7							

*登録冷却塔、閉鎖中

**同一サイトで二重登録

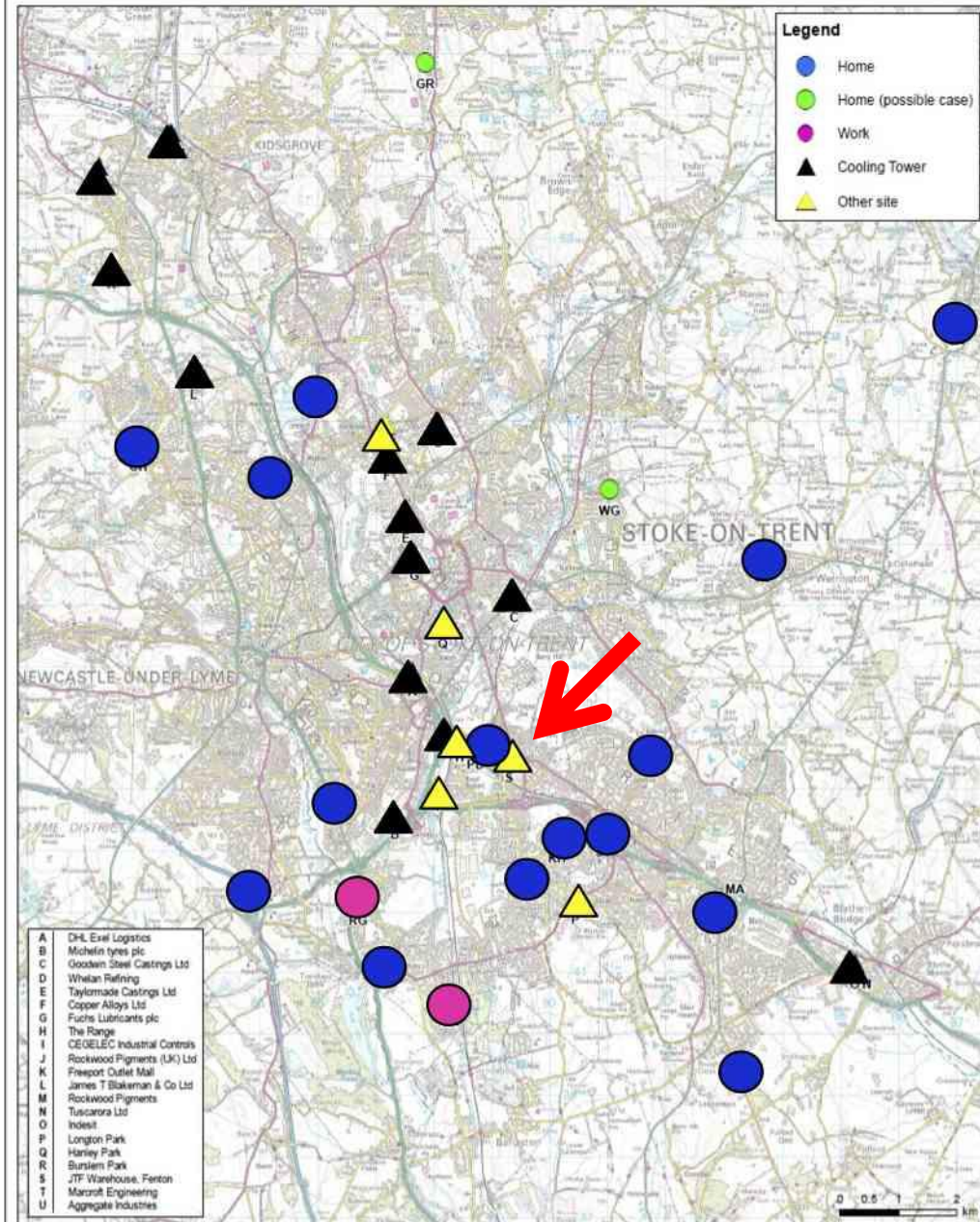
***建物内の潜在的感染源

****建物内の感染源とならない場所

Stoke-on-Trent outbreak

- Home
- Work
- ▲ Cooling Tower
- ▲ Other site

Legionnaires' disease cases - Stoke



Map Created: 30/07/2012 16:35:20

Emergency Response Department,
Health Protection Agency, Porton Down,
Salisbury, SP4 0JG.



公衆浴場等におけるレジオネラ属菌対策を含めた総合的 衛生管理手法に関する研究

(H22-健危-一般-014)
(研究期間 平成22～24年度、3年)

研究代表者	倉 文明	国立感染症研究所		
研究分担者	縣 邦雄	アクアス(株)つくば総合研究所	佐原 啓二	静岡県環境衛生科学研究所
	荒井 桂子	横浜市衛生研究所	田栗 利紹	長崎県環境保健研究センター
	磯部 順子	富山県衛生研究所	中嶋 洋	岡山県環境保健センター
	大屋 日登美	神奈川県衛生研究所	前川 純子	国立感染症研究所
	緒方 喜久代	大分県衛生環境研究センター	森本 洋	北海道立衛生研究所
	烏谷 竜哉	愛媛県立衛生環境研究所	八木田 健司	国立感染症研究所
	神野 透人	国立医薬品食品衛生研究所	山崎 利雄	国立感染症研究所
	杉山 寛治	静岡県環境衛生科学研究所/ (株) マルマ		

- 目的:**
- 1) 欧米の給湯水系で有効性が報告されている**モノクロアミン消毒**を入浴施設で検討
 - 2) レジオネラは培養期間が長いので、**生菌の迅速検査**を改良。
 - 3) 培養法においても検査機関によって結果が異なり、**外部精度管理**が必要。
 - 4) 遺伝子型別による**分子疫学、感染源**を探る。

培養法と迅速検査法まとめ

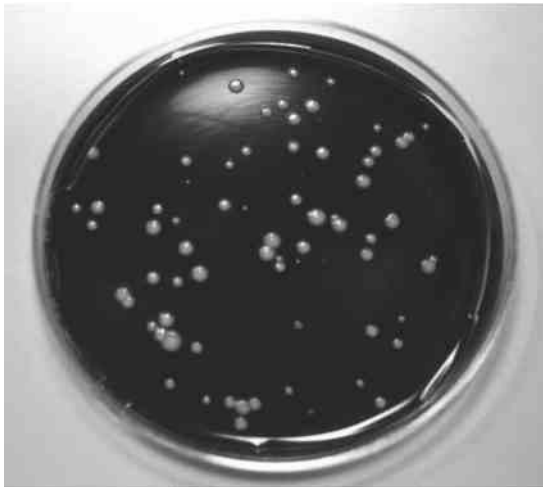
対象	菌の状態	方法	利点
レジオネラ	生	EMA-PCR、LC qRT-PCR	迅速
		培養(斜光法)	菌種同定、感染源の確定、微小コロニーを検査して検査期間の短縮
	生死	qPCR, LAMP	迅速
細菌	生	培養	
		フローサイトメトリー	迅速、消毒効果判定
	生死	ATP測定	迅速、安価、現場で対応

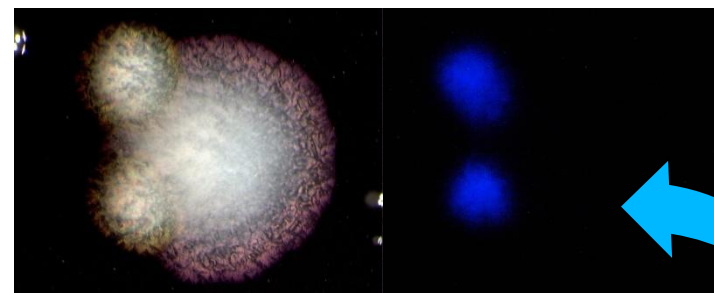
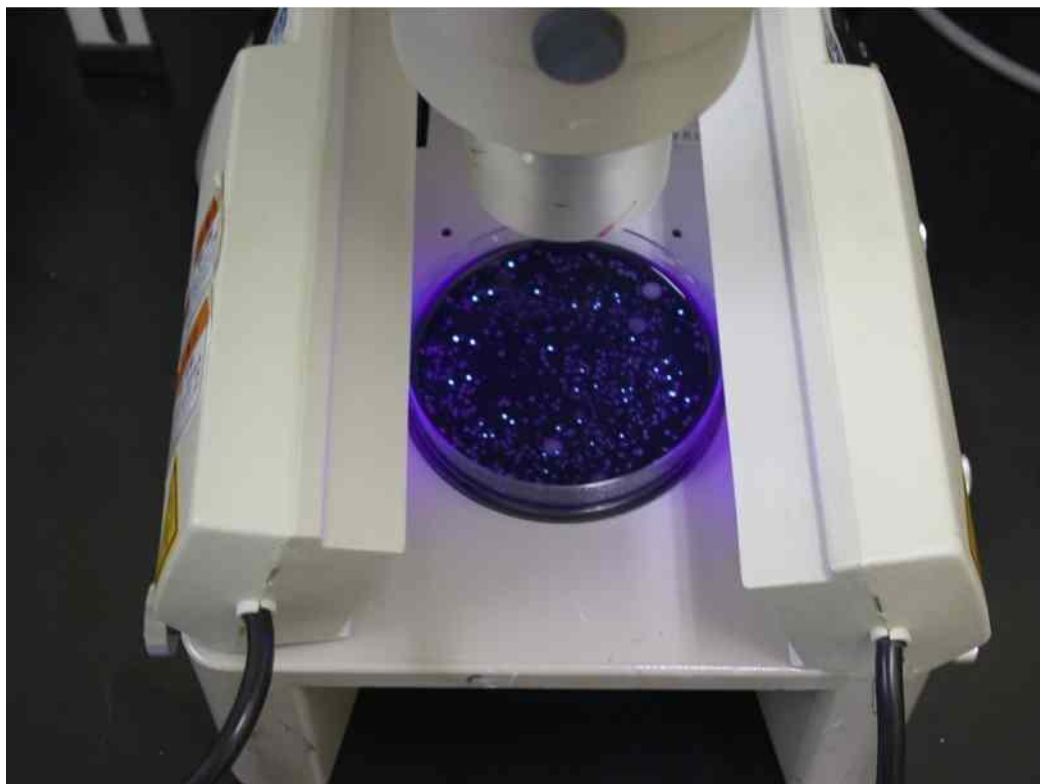
実体顕微鏡による観察(斜光法)

レジオネラのコロニーを見つけ出す。
斜光法(森本洋、環境感染誌、25:8-13,2010)

迅速性、正確性

モザイク様外観のコロニー
10,620個の内、96%が
レジオネラ属菌だった。





口絵写真 レジオネラのコロニー観察(長波紫外線)

実体顕微鏡下で360nmの長波紫外線を当てる。
北海道立衛生研究所 森本 洋氏提供

培養法の詳細について

- **培養観察法** 斜光法（実体顕微鏡、2日めから検出できることも、複数の菌種血清群を拾える）

- 浴槽水の検査のための**選択培地**はどれがよい？

174試料、加熱処理：WYO培地(49.6%)、GVPC培地(45.4%)、MWY培地(41.8%)

- 培養陽性となる場合、すべての培養陽性を1種類の培地で検出できない。

非濃縮検体、基礎培地（非選択培地）の併用； 患者の無菌試料で

- **同じGVPCでも**メーカーによってコロニーの検出率が異なるものあり。

- 濃縮法 回収率 **ろ過法** > **遠心法** （例 4～5倍、2～3倍）

- ろ過法でフィルターの材質

回収率 **ポリカーボネート**(39%, n=10) > **ニトロセルロース**(11%, n=16)

- 濃縮液の**加熱処理**と**酸処理**と無処理 9浴槽水×3処理 = 27試料：検出93%、78%、74%

- 細菌やカビ類による計数不能の場合には「**検出不能**」と記載し、「**不検出**」としてはいけない。

- プレートを早期に観察し、検出不能が懸念される場合には、希釈して再検査が必要。

ATPを指標にした レジオネラ対策のための浴槽の衛生管理

現場で測定、簡易検査



	測定量	閾値 カウント (RLU)	レジオネラ汚染 率変化
浴槽内壁	10cm×10cm 拭い	1000	28%から65%
浴槽水	0.1mL	50	19%から49%



多摩立川保健所、
日本公衆衛生協会
H22~H23年度の
成果と対応
80 RLU/0.2mL

閾値以上で汚染
率が上昇

レジオネラを検出して
いるのではない

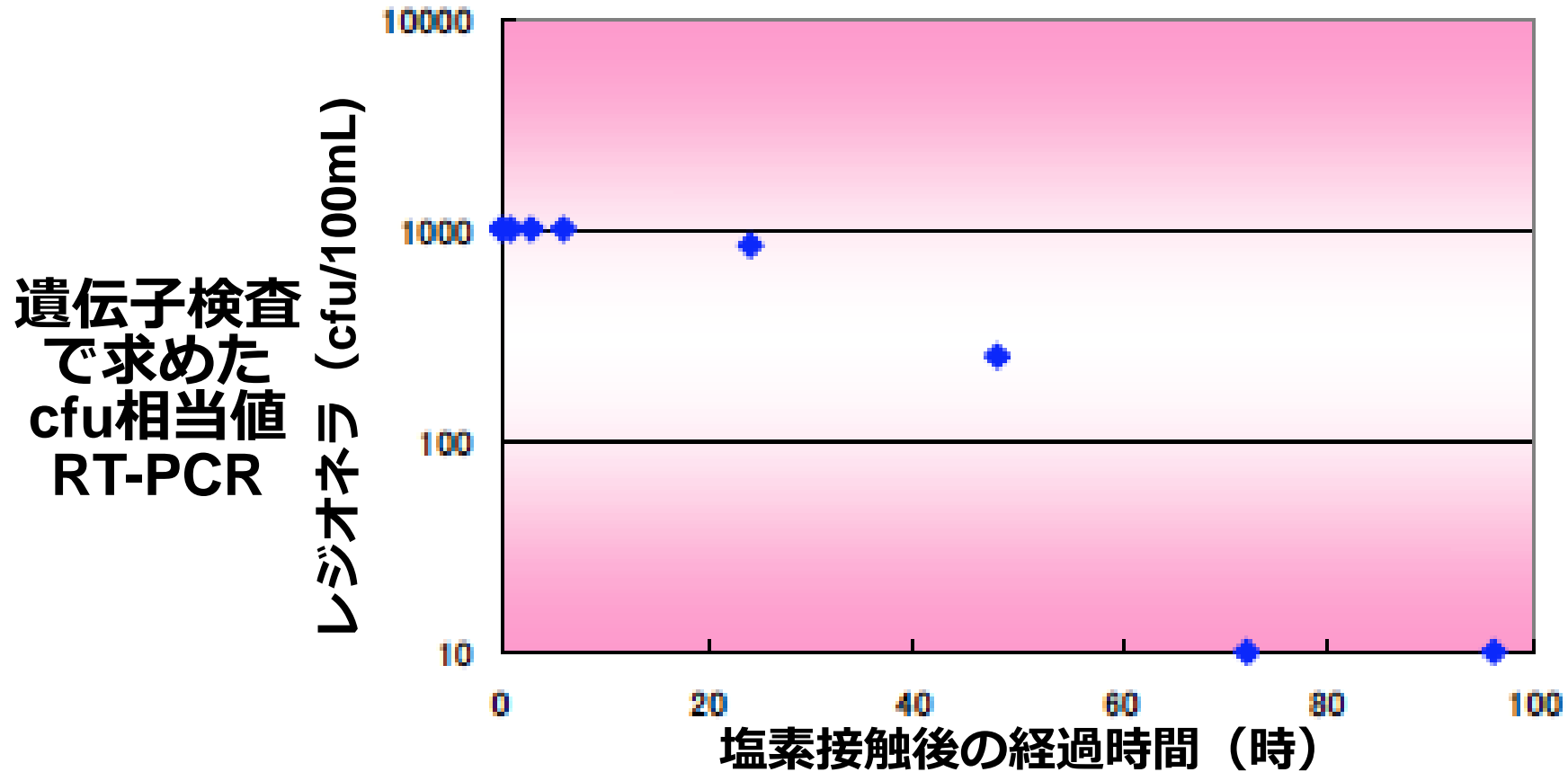
ATP測定のための費用例

	例
測定装置	ルミテスターPD-20
希望小売価格(税抜)	99,800円
試薬キット 拭い検査用	ルシパックPen
40本(税抜)	12,000円
100本(税抜)	24,000円
試薬キット 液体検査用	ルシパックPen-AQUA
100本(税抜)	24,000円

ハンディタイプの測定器が4社以上から販売されている。

消毒結果と遺伝子迅速検査

1



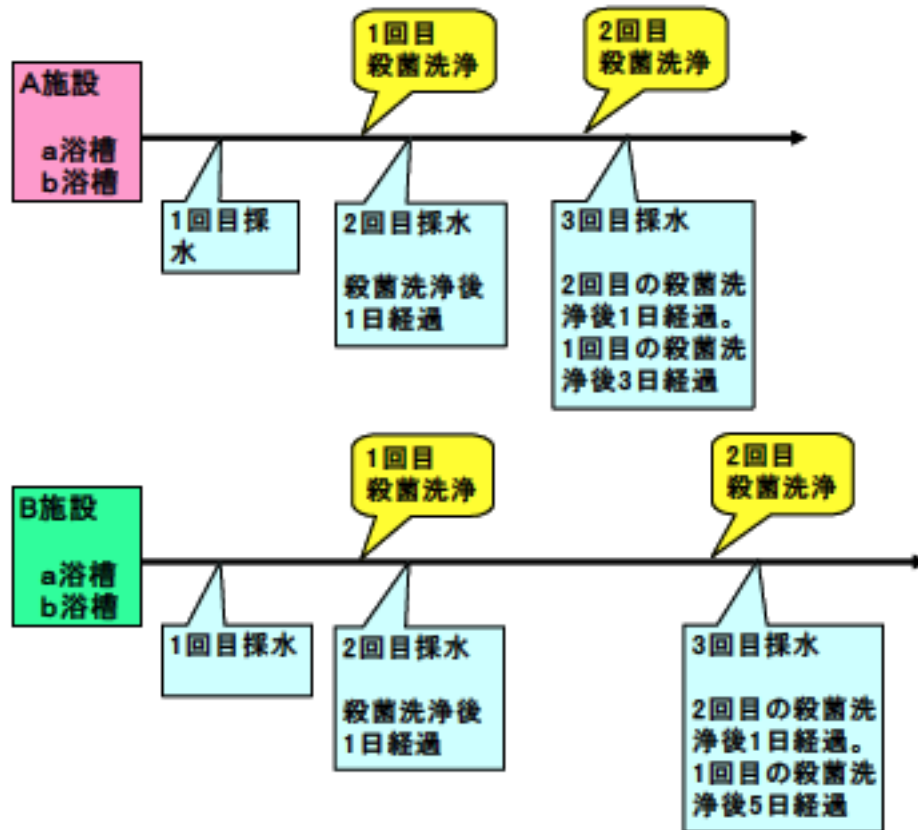
実験1：塩素処理後の経過時間と
レジオネラ (*L. pneumophila* SG1) 殺菌

1.0mg/L生理食塩中水で10分間処理後にチオ硫酸ナトリウムで中和

荒井桂子

消毒結果と遺伝子迅速検査

2



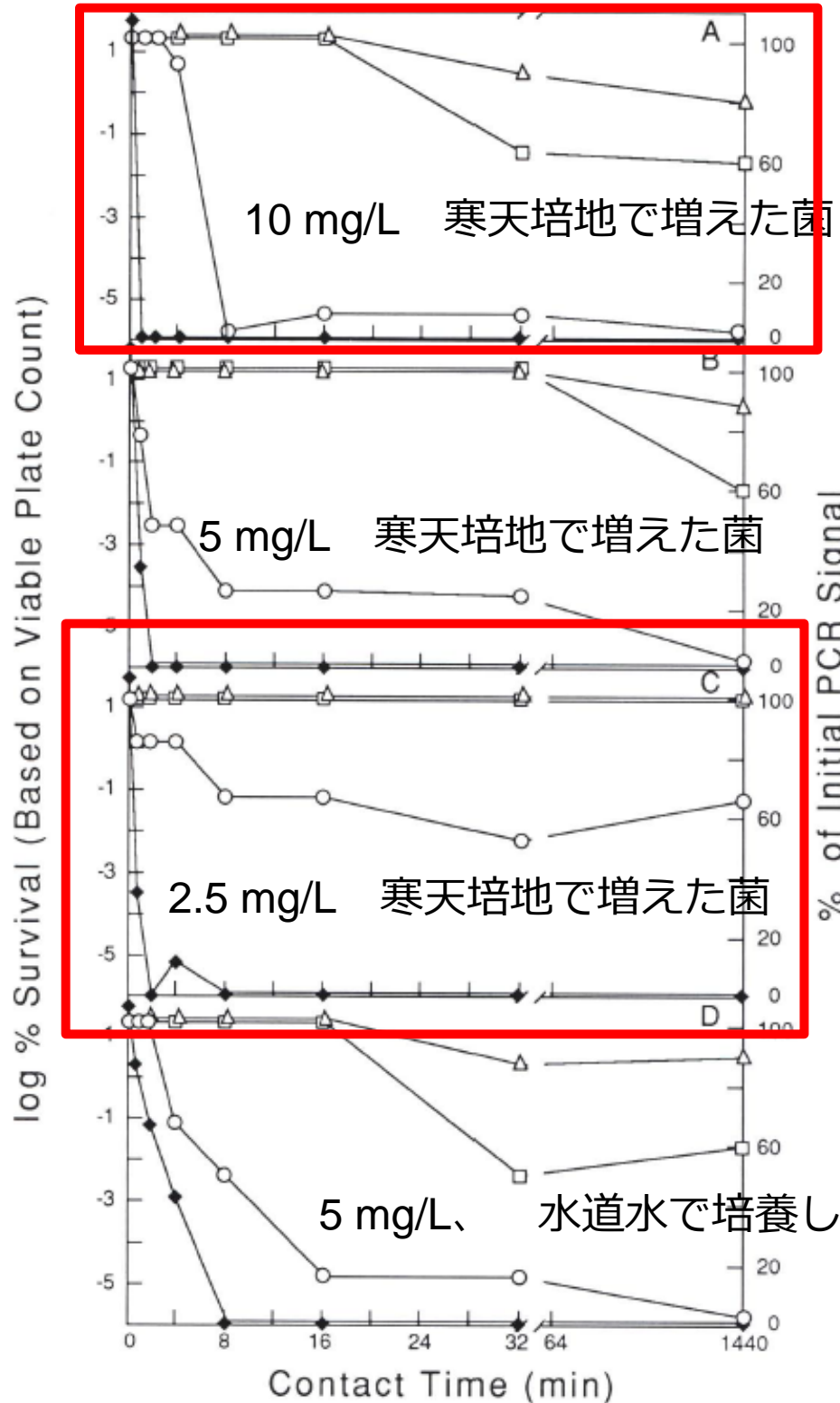
実験2：

2施設の殺菌洗浄と採水試料の検査結果

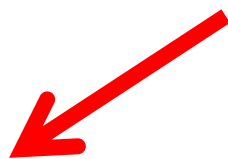
荒井桂子

施設	浴槽	1回目		2回目		3回目		
		PCR法	培養	PCR法	RT-PCR法	培養	PCR法	RT-PCR法
A	a	280	<10	1500	1400	<10	20	<10
	b	60	<10	160	140	<10	<10	<10
B	a	110	<10	200	200	<10	<10	<10
	b	30	<10	50	10	<10	<10	<10

水道水で塩素消毒された
*L. pneumophila*のPCRによる検出
 増幅するDNAの長さにより異なる



2.5mg/Lの塩素だと1日たっても
 減らない



- ◆ 培養コロニー
- △ 108- b p 増幅したDNA量、アガロースゲル
- 168- b p 増幅したDNA量、アガロースゲル
- 650-bp 増幅したDNA量、アガロースゲル

浴槽水の再検査施設に適用した LAMP法

平成23年度

		LAMP		
		陽性	陰性	
培養法	1以上	1	1	2
	1未満	13	26	39
		14	27	41

平成24年度

		LAMP		
		陽性	陰性	
培養法	1以上	7	0	7
	1未満	20	28	48
		27	28	55

浴槽水の行政検査でレジオネラ10CFU/100mLを超えた浴槽に対する、清掃後の再検査時に限って、培養法に平行してLAMP法を行い、陰性であれば再開、陽性であれば培養法の結果を待つ。**東京都（大阪府も）**

7検体の内、1検体は*L. londinensis* 専用プライマーの市販LAMP試薬を利用

**(26+28) / (39+48) (62%)で
培養陰性を予測できて
施設の早期の再開に役立つ。**

・ 1cfu/100mLの感度で培養、1試料2本以上

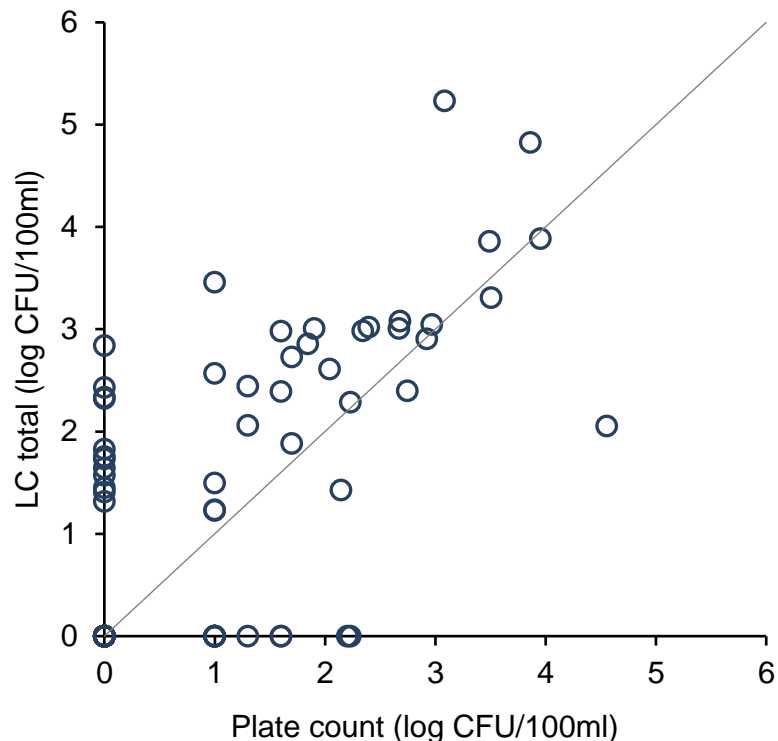
武藤千恵子

浴槽水中のレジオネラ迅速検査:

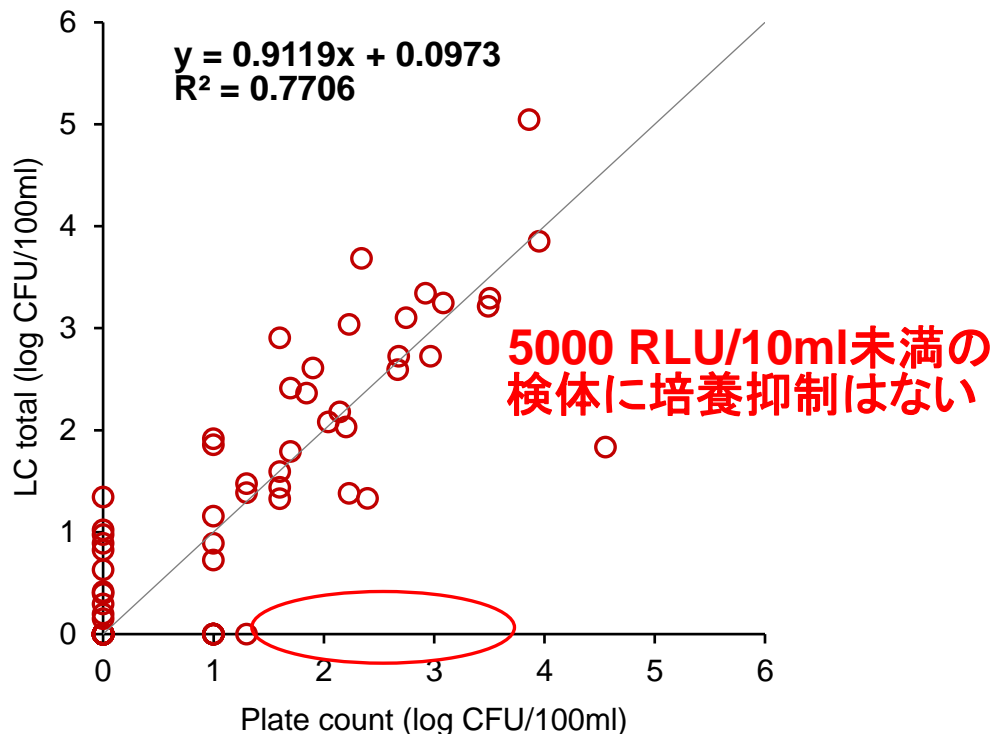
培養法とLC RT-qPCR法の比較

- ATP 5,000 RLU/10ml未満の96検体(汚染検体除く)評価

LC法 Total Legionella



LC法 viable Legionella



	(CFU/100ml)			計
	Plate count		計	
	≥ 10	< 10		
LC法 Total	≥ 10	29	12	41
Leg	< 10	12	43	55
計		41	55	96

感度 71% 特異度 78%

	(CFU/100ml)			計
	Plate count		計	
	≥ 10	< 10		
LC法 Viable	≥ 10	31	2	33
Leg	< 10	10	53	63
計		41	55	96

感度 76% 特異度 96%

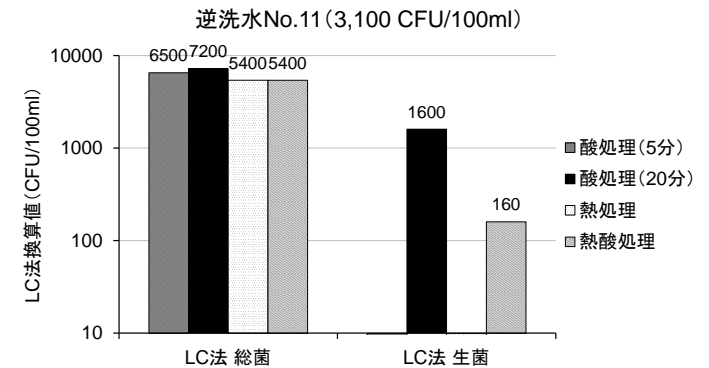
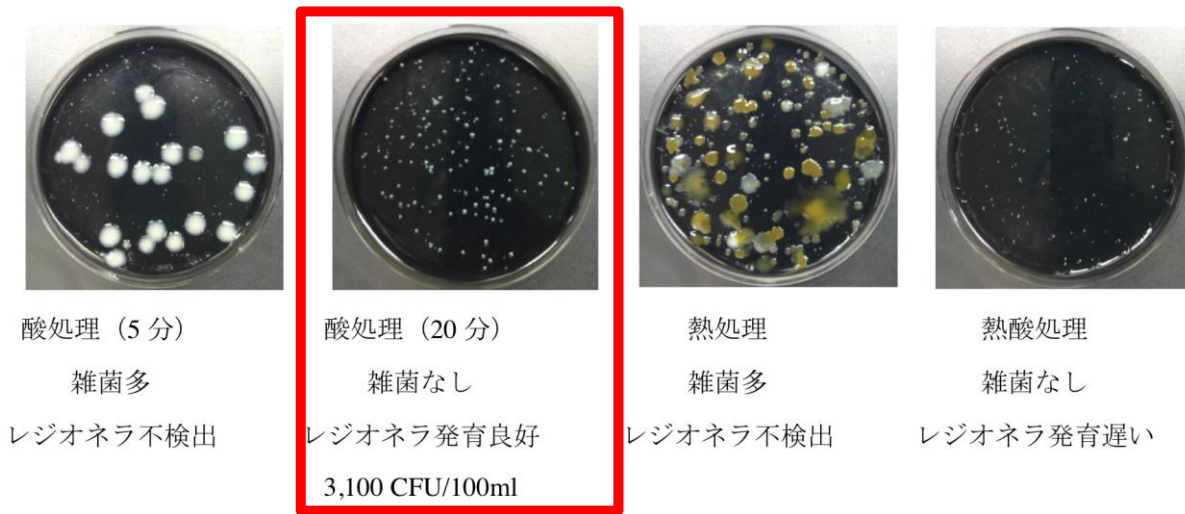
	(CFU/100ml)			計
	Plate count		計	
	≥ 5	< 5		
LC法 Viable	≥ 5	33	5	38
Leg	< 5	8	50	58
計		41	55	96

感度 80% 特異度 91%

浴槽水のレジオネラ生菌の迅速検査

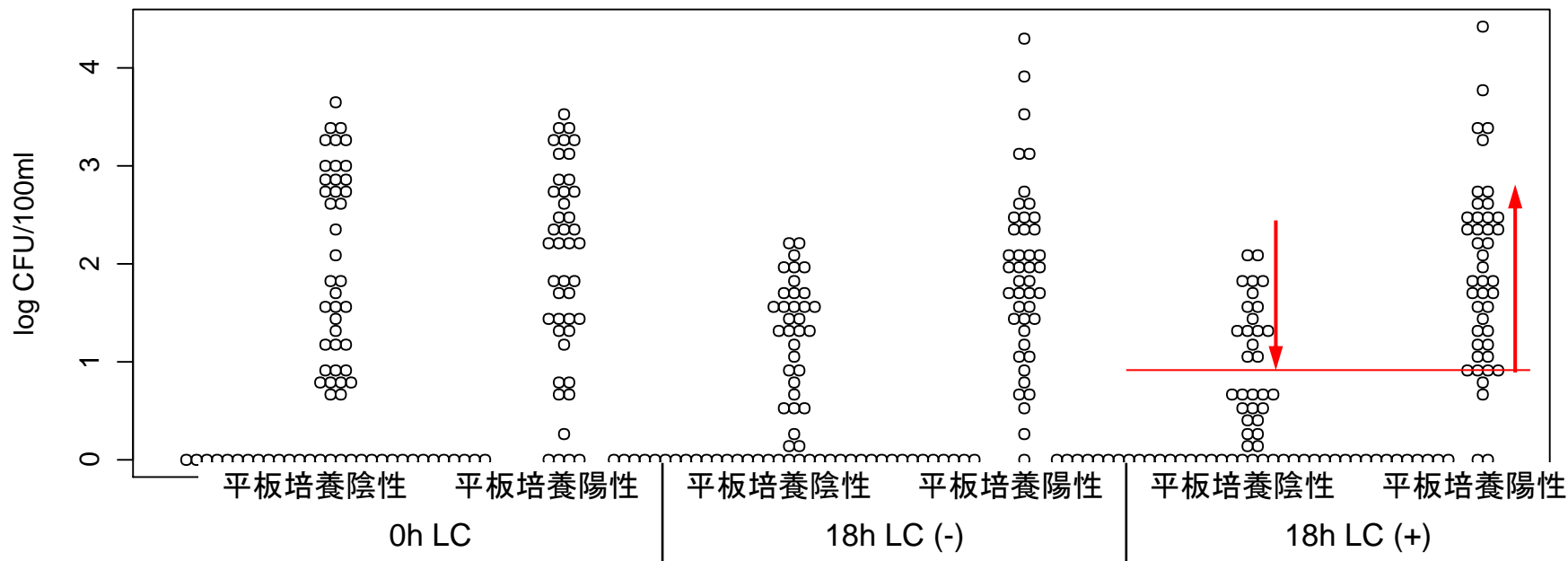
平成23年度(199検体)~24年度(147検体)

1. 簡便で安価な1ステップRT-qPCRが使用可能となった。
2. 5S rRNAと同じ配列のコントロールRNAを添付することで、検量線作成が容易になった。
3. ATPを指標とすることで、LC法における培養抑制、反応阻害の予測が可能で、ATP 5,000 RLU/10ml以上の検体は前処理(酸処理20分/熱酸処理、キレックス処理)によって改善できた。

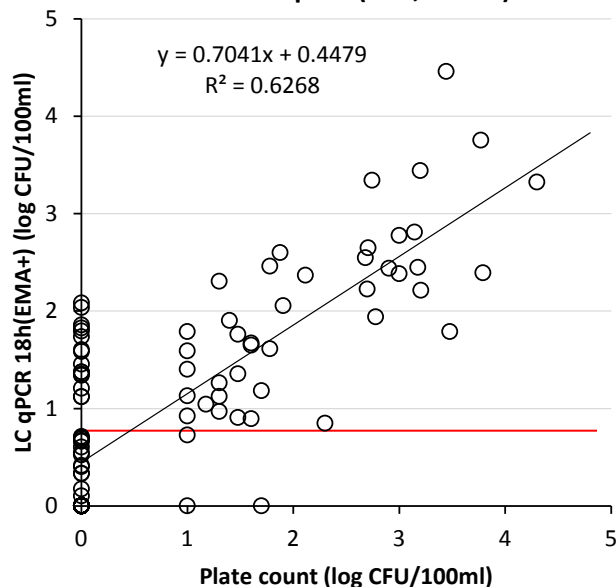


微生物汚染検体におけるLC RT-qPCR法前処理の効果

LC EMA-qPCRの定量値分布 (n=113)



LC EMA-qPCR (18h, EMA+)



	(CFU/100ml)		計
	≥ 10	< 10	
18h LC (≥ 5)	42	17	59
(+) (< 5)	2	52	54
計	44	69	113

感度 95.5% 特異度 75.4%

LC EMA-qPCRの**カットオフ値を 5 CFU/100ml**とすると
 平板培養法に対する**感度95.5%、特異度75.4%**

浴槽水のレジオネラ、 生菌迅速検査法 平成22年度～24年度の成果

- 液体培養法を用いたレジオネラ生菌迅速検査法を確立した

	LC RT-qPCR	LC EMA-qPCR
迅速	24時間以内	24時間以内
簡便	カラム精製不要	カラム精製不要
検出系	5S rRNA遺伝子を標的、 <i>L. londiniensis</i> などが不検出	16S rRNA遺伝子標的、 <i>Legionella</i> 属を広く検出
感度	83.3% (n=131)	95.5% (n=113) 生菌をよく拾う
特異度	96.4% (n=131) 死菌を拾いにくい	75.4% (n=113)
	判定保留が約1割	
特徴	特異度が高く、陽性であれば平板培養も陽性とみなせる	感度が高く、平板培養陽性を漏れなく捉える
コスト	低い	高い
導入	やや困難(自家調製)	容易(フルキット化)
課題	rRNAを標的とし、DNAよりも阻害の影響を受けやすい?	EMAが効きにくい検体がある? 知見の集積が望まれる

- いずれも死菌量をチェックすることで、施設の潜在的な汚染リスクを同時に評価できる

研究班の主な成果 (H22年度～H24年度)

- 検査法のアンケート調査を実施し、レジオネラの病原体検出マニュアルを改訂した。斜光法を中心としたレジオネラ検査法を提言し、研修を地域で行った。森本
 - 生菌・総菌を検出可能な液体培養定量RT-PCR法を開発した。生菌を選択的に検出するEthidium monoazide-定量PCR法をキット化した。これらにより平板培養法の結果を迅速に予測できた。烏谷
 - アルカリ性の温泉入浴施設にモノクロラミン消毒を自動化して導入し、レジオネラ及びアメーバを不検出とした。全硬度の高い場合の電極の洗浄に留意。
佐原、杉山、縣
- 成果を利用して条例化： 片山**
- Sequence-based typing法により散発感染事例から感染源の推定が簡便に可能となった。道路の水溜まりが感染源として示唆された。前川、磯部

全硬度の高い泉質の浴槽水のモノクロラミン 注入・測定の自動化：電極の洗浄に留意



洗浄液(10%クエン酸) 10mL
を入れたガラス瓶と電極



電極先端部と、2本の電線部を
洗浄液に浸して10分間放置。

洗浄後は、十分に水洗する。

**スケールが電極に付着して、見かけ上の濃度が低くなる。
→ モノクロラミンが多く注入される。**

全硬度、2~41 mg/Lでは1ヶ月の実施で洗浄不要、250~500 mg/Lでは週に1回以上濃度を較正し、ずれが大きいと洗浄が必要であった。

佐原、杉山、縣

レジオネラ属菌の管理基準

- ◆ 人が直接吸引する可能性がある。
検出限界（10 CFU/100 mL未満）以下とし、検出されたら直ちに清掃・消毒。
シャワー、温泉、給湯器
- ◆ 人が直接吸引する可能性がない。
100 CFU/100 mL以上で直ちに清掃・消毒。
冷却塔
- ◆ 対策実施後は検出限界以下であることを確認。

ヨーロッパの循環式浴槽における レジオネラ管理基準 (/100mL)

<10 管理されている。

10 ≤、 <100 再検査；排水、清掃、消毒が望ましい
管理と危険性評価の点検、改善法の実施
給湯翌日と2～4週後の検査

100 ≤ **緊急閉鎖、50ppm1時間循環塩素消毒、**
排水、清掃、消毒せよ
管理と危険性評価の点検、改善法の実施
再開は検出されなくなってから。
保健所に相談

循環式浴槽の維持管理, 感染リスクを抑制する、 HSE, 2006年3月.

WHOの「安全なレクリエーション水環境のための指針」 第2巻プールと入浴（2006年6月）

Table 5.3. Recommended routine sampling frequencies^a and operational guidelines^b for microbial testing during normal operation

Pool type	Heterotrophic plate count	Thermotolerant coliform/ <i>E. coli</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Legionella</i> spp.
Disinfected pools, public and heavily used	Weekly (<200/ml)	Weekly (<1/100 ml)	When situation demands ^c (<1/100 ml)	Quarterly (<1/100 ml)
Disinfected pools, semi-public	Monthly (<200/ml)	Monthly (<1/100 ml)	When situation demands ^c (<1/100 ml)	Quarterly (<1/100 ml)
Natural spas	n/a	Weekly (<1/100 ml)	Weekly (<10/100 ml)	Monthly (<1/100 ml)
Hot tubs	n/a	Weekly (<1/100 ml)	Weekly (<1/100 ml)	Monthly (<1/100 ml)

^a Samples should be taken when the pool is heavily loaded

Sampling frequency should be increased if operational parameters (e.g. turbidity, pH, residual disinfectant concentration) are not maintained within target ranges

Sample numbers should be determined on the basis of pool size and complexity and should include point(s) representative of general water quality and likely problem areas

^b Operational guidelines are shown in parentheses

^c e.g. when health problems associated with the pool are suspected

循環式浴槽のレジオネラ肺炎 発症のリスク評価

指数モデル

$$\begin{aligned}(\text{発症率 } P) &= 1 - \exp(-0.007 \times (\text{暴露量 CFU})) \\ &= 1 - \exp(-3.6 \times 10^{-7} \times (\text{水中の菌濃度 CFU/100mL}))\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(\text{致死率 } P) &= 1 - \exp(-3.1 \times 10^{-5} \times (\text{暴露量 CFU})) \\ &= 1 - \exp(-1.6 \times 10^{-9} \times (\text{水中の菌濃度 CFU/100mL}))\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(\text{暴露量 CFU}) &= (\text{水中の菌濃度 CFU/L}) \times (\text{菌の水から空中への分配係数 } \\ & \text{L/m}^3) \times (\text{吸入量 m}^3/\text{h}) \times (\text{暴露時間 h}) \times (\text{菌のエアロゾルの保持率}) = (\text{水中の} \\ & \text{菌濃度 CFU/L}) \times 2.3 \times 10^{-5} \times 1.05 \times 0.42 \times 0.5 = 5.1 \times 10^{-6} \times (\text{水中の菌濃度} \\ & \text{CFU/L})\end{aligned}$$

- 25分入浴と仮定

Armstrong TW & Haas CN, J Water Health 6(2):149-66, 2008.
静岡、宮崎、オランダの花博覧会の集団感染事例を基にしている。
一部倉による改変

浴槽水の菌濃度によるレジオネラ症のリスク評価 例

項目	宮崎	静岡	鹿児島	茨城	修正茨城
水中の菌濃度 CFU/100mL ^{a)}	160000	88000	130000	8400	84000
予想空気中の菌濃度 CFU/m ³	36.8	20.2	29.9	1.9	19.3
予想暴露量 CFU ^{b)}	8.2	4.5	6.6	0.4	4.3
r感染	0.007				
r死亡	0.31				
予想感染率 ^{c)}	0.0555	0.0309	0.0453	0.0030	0.0295
予想致死率 ^{d)}	0.000253	0.000139	0.000206	0.000013	0.000133
暴露された人数	19773	28500 ^{e)}	11000	16267	16267
予想感染者	1098	881	499	49	481
予想死亡数	5.0	4.0	2.3	0.2	2.2
補償対象者	1223		250	269	269
死亡例	7	2	1	3	

a) *L. pneumophila* SG1について

b) 25分間入浴と仮定

c) $r=0.007$

基準値だと30万人入浴すると一人発症？

打たせ湯、気泡湯、ジェットにも循環ろ過した浴槽水が使用された条件。モデルの常数を実際のデータに適合するように修正。

