

Title	グリーンイノベーションに向けた蓄電池研究開発の動向
Author(s)	桐山, 恵理子; 梶川, 裕矢
Citation	年次学術大会講演要旨集, 31: 82-87
Issue Date	2016-11-05
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/13949
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

グリーンイノベーションに向けた蓄電池研究開発の動向

○桐山恵理子（国立研究開発法人 科学技術振興機構、東京工業大学環境・社会理工学院）
梶川裕矢（東京工業大学環境・社会理工学院）

1. はじめに

2015年7月に経済産業省では、エネルギー基本計画の方針に基づき、総合資源エネルギー調査会基本政策分科会長期エネルギー需給見通し小委員会における取りまとめを踏まえ、「長期エネルギー需給見通し」を決定した¹⁾。「長期エネルギー需給見通し」では、安全性（Safety）を前提とした上で、エネルギーの安定供給（Energy Security）を第一とし、経済効率性の向上（Economic Efficiency）による低コストでのエネルギー供給を実現し、同時に、環境への適合（Environment）を図ることを基本的な視点としている。2030年度の一次エネルギー供給構造は、石油30%、LPG3%、石炭25%、天然ガス18%、原子力10%、再生可能エネルギー14%のエネルギーMIXを目標として掲げている。これに対し、電力は石油3%、石炭26%、LNG27%、原子力20%、再生可能エネルギー24%である。

2030年度に電力35社からなる自主枠組みとして排出係数0.37kg-CO₂/kWhが設定された。これを発電段階は省エネ法と小売段階では供給構造高度化法によって発電効率と低炭素化の推進を補完するとしている。また、資源エネルギー庁の基本政策分科会においてエネルギー革新戦略を検討している。エネルギーシステム改革、エネルギーMIXの実現、エネルギー関連の投資を引き出すと同時にエネルギー効率を向上させ、これによって強い経済とCO₂排出の抑制に取り組むために、関連制度を一体的に取り組んでいくと述べている。

再生可能エネルギー普及促進については、2002年度から2012年度まで「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」、2009年度から2012年度は「エネルギー供給構造高度化法」、2012年度からは「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」で、電力会社が再生可能エネルギーを一定価格で買い取る制度が導入されている。この法律は、エネルギー源としての再生可能エネルギー源を利用することが、内外の経済的社会的環境に応じたエネルギーの安定的かつ適切な供給の確保及びエネルギーの供給に係る環境への負荷の低減を図る上で重要となっていることに鑑み、電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関し、その価格、期間等について特別の措置を講ずることにより、電気についてエネルギー源としての再生可能エネルギー源の利用を促進し、もって我が国の国際競争力の強化及び我が国産業の振興、地域の活性化その他国民経済の健全な発展に寄与することを目的としている。

再生可能エネルギー導入促進委員会については、エネルギーMIXにおいて再生可能エネルギーが22-24%を目標に、国民負担の抑制をどのように両立していくか議論になっている。施策としては、再生可能エネルギーを最大限導入するために、革新的な蓄電池の研究開発と社会への実装が期待されている。

右図1は、トムソン・ロイター社のWeb of Science Core Collectionにおける蓄電池に関する研究論文数の推移を示したものである。

2010年から急激に伸びていることがわかる。

JSTにおいても将来ビジョンとしてグリーンイノベーションが重要なものとして位置づけられている。さらに、実際に、戦略的創造研究推進事業の先端的低炭素化技術開発（ALCA,ALCA SPRING）、A-STEP等がファンディングする技術領域の一つとして蓄電池を掲げている。さらに、JSTの戦略テーマ重点タイプ平成28年度研究開発テーマ「エネルギーの有効利用を支える次世代定置用蓄電技術の創出」が課題として公募されている。

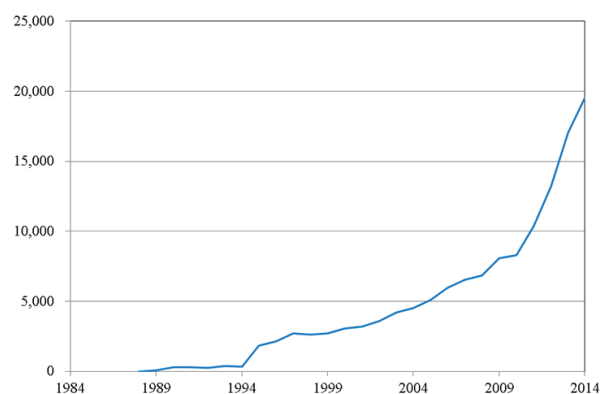


図1 蓄電池に関する研究論文数の推移

また、NEDO も、エネルギー・地球環境問題の解決をミッションとして掲げ、再生可能エネルギーの技術と蓄電池開発に取り組んでいる。

本研究の目的は、蓄電池の研究開発がもたらすグリーンイノベーション誘発効果を探索することである。そのために、Web of Science を用い蓄電池の論文を取り出し、論文の引用ネットワークを形成してクラスター分析により詳細な分野に分割し分析する。さらに、蓄電池分野のグローバルな研究開発動向を把握し、萌芽的研究開発領域を抽出する。

2. 分析方法

2.1. 学術分野の俯瞰方法

科学技術や研究を定量的に分析する科学計量学では、Garfield が論文への引用を研究の評価指標として活用を始め²⁾、近年では、知識の可視化も進められるようになった³⁾。学術全体を俯瞰した既往の研究・調査には、global map of science⁴⁾、science overlay maps⁵⁾やサイエンスマップ⁶⁾、学術俯瞰システム⁷⁾、⁸⁾、⁹⁾等が存在する。本分析で利用する学術俯瞰システムでは、図2のように、以下の手順で分析を行う。

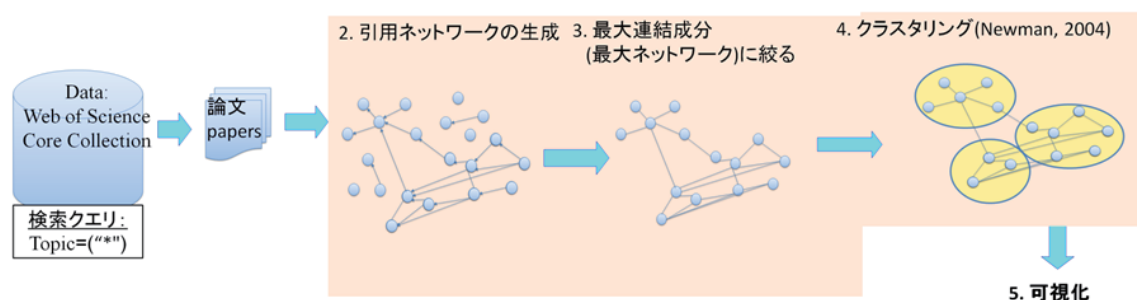


図2 学術俯瞰システムの分析方法

ステップ 1 トムソン・ロイター社の Web of Science Core Collection から TS= (((“secondary” or “storage” or “rechargeable” or “reserve”) and (“cell**”)) or “batter*”) AND SU= (METALLURGY METALLURGICAL ENGINEERING OR CHEMISTRY OR TELECOMMUNICATIONS OR MATERIALS SCIENCE OR OPTICS OR CRYSTALLOGRAPHY OR WATER RESOURCES OR ENGINEERING OR ELECTROCHEMISTRY OR PHYSICS OR ENERGY FUELS OR OCEANOGRAPHY OR INSTRUMENTS INSTRUMENTATION OR GEOCHEMISTRY GEOPHYSICS OR METEOROLOGY ATMOSPHERIC SCIENCES OR SCIENCE TECHNOLOGY OTHER TOPICS OR MECHANICS OR PLANT SCIENCES OR AUTOMATION CONTROL SYSTEMS OR MINING MINERAL PROCESSING OR ENVIRONMENTAL SCIENCES ECOLOGY OR OPERATIONS RESEARCH MANAGEMENT SCIENCE OR MINERALOGY OR NUCLEAR SCIENCE TECHNOLOGY OR AGRICULTURE OR SPECTROSCOPY OR POLYMER SCIENCE OR MATHEMATICS OR TRANSPORTATION OR CONSTRUCTION BUILDING TECHNOLOGY OR COMPUTER SCIENCE) で検索し、150,373 件の論文が得られた(WOS data1981/1/1～2015/12/31)。

ステップ 2. 1 論文を1ノード、2つの論文間の引用と被引用の引用関係を1エッジとし、引用ネットワークを構築する。引用関係には、直接引用、共引用、書誌結合の3種類があるが、ここでは、内容の近さが他より近くなり、より多くの論文を分析に利用できる直接引用を選択する。

ステップ 3. このシステムでは、複数の引用ネットワークが形成される可能性があるが複数ネットワークが存在する場合にパス長が最大のものを最大連結成分とし、その後、この論文数の最も多い引用ネットワークである最大連結成分のみを分析の対象とする。

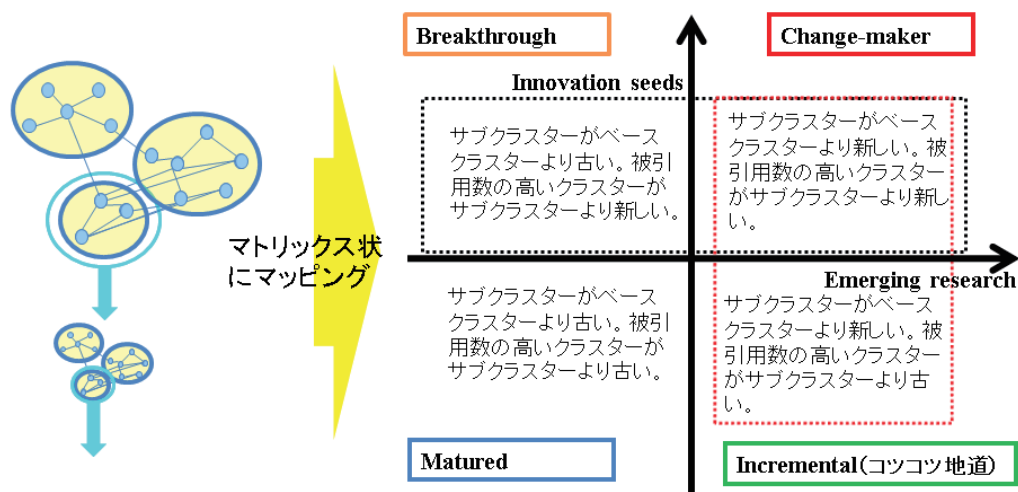
ステップ 4. 引用ネットワークの最大連結成分に対し、クラスター分析を行う。クラスター分析に分割されたクラスターは、引用ネットワークという大きな学術分野の中に含まれる、詳細な学術分野を表す。クラスター分析の手法は、Newman により開発された Fast Clustering Algorithm¹⁰⁾を用いる。この Newman 法では、モジュラリティが最大になるように自動的にクラスターに分割されるため、事前に分割するクラスター数を設定する必要がない。

ステップ 5. クラスターに分割した引用ネットワークの可視化を行う。同一クラスターに属する引

引用関係を同じ色で表示する。引用ネットワークの可視化のアルゴリズムには、ばねモデルに基づいた描画手法である Large Graph Layout (LGL) ¹¹⁾を用いている。同手法は、互いにリンクを持つノード間に引力を、そうでなければ斥力を仮定し、各ノードの座標計算を行っている。つまり、引用関係の密な論文群が近くに、引用関係のない論文群が遠くに配置される。

2.2 サブクラスタリング

再帰的にクラスターリングを繰り返すことで、詳細な構造を分析する。サブクラスターリングされた結果を縦軸はイノベーション・シーズ（(各クラスター内で被引用数が最も高い論文の出版年)－(各クラスターの平均出版年)）、横軸はエマージング・リサーチ（(各クラスターの平均出版年)－(ネットワーク全体の平均出版年)）と定義して分析する。



横軸＝(各クラスターの平均出版年)－(ネットワーク全体の平均出版年)

縦軸＝(各クラスター内で被引用数が最も高い論文の出版年)－(各クラスターの平均出版年)

バブルの大きさは各クラスター内の論文数として作図。

図3 サブクラスターのマッピング方法

2.3 データ

蓄電池研究開発の動向を分析するために、トムソン・ロイター社の Web of Science Core Collection から論文の書誌情報を収集したされたデータから、学術俯瞰システムで分析した結果そのうち 96,151 論文で最大の引用ネットワークを形成した(図4)。

3. 結果と考察

収集した論文集合でクラスター分析を行い、図4を作成した。クラスター全体の出版平均年は、2009.7、論文数は96,151である。オレンジ色のクラスターが第1クラスターで電極、水色のクラスターが第2クラスターで電解質、黄色のクラスターはバッテリーのアプリケーションである。電解質とは、溶媒中に溶解した際に、陽イオンと陰イオンに電離する物質のことである。



図4 蓄電池の学術俯瞰マップ

同じクエリで検索した場合、2016年9月12日の時点で、JSTへの謝辞は984件、NEDOへの謝辞は、1,156件である。

クラスターは全部で344存在し、そのうち上位クラスターではクラスター1が2010年から急速に伸びている(図5)。本分析ではクラスター1に重点を置いて分析を進める。次いでクラスター3と2が中程度に伸びている。図6で国別に見ると、中国の研究機関からの論文数の伸びが顕著で、00年代半ばに米国を抜いている。日本は2014→2015で論文数が低下し、5番手である。

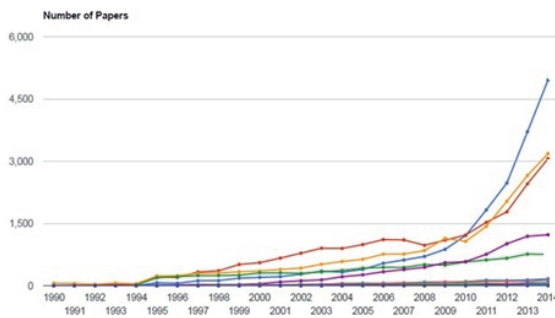


図 5 上位クラスター論文数の推移

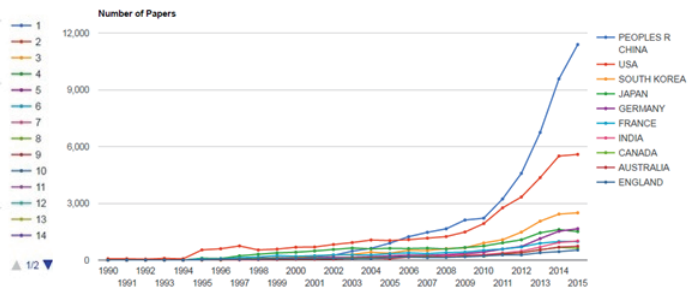


図 6 国別論文数の推移

3. まとめ

収集した論文集合でサブクラスター分析を行い、図 7～10 を作成した。

第 1 クラスターは蓄電池研究全体の中では、Incremental(図 7 の右下)と位置付けられ地道に長期にわたりこつこつ蓄積されてきた科学的知見が多いモノと考えられる。これをサブクラスターリングすると 4 つにはじけて図 8 のようになる。

結果として、1-3 クラスター IV 族材料がイノベーティブな方向に位置づけられることがわかった。さらにサブクラスターリングしたところ 16 つに分かれた。最もエマージングなクラスターは Na イオンバッテリーであることがわかった。ナトリウムイオン二次電池と呼ばれ、電解質中のナトリウムイオンが電気伝導を行う。正極にニッケルやマンガンの酸化物を用い、負極にハードカーボンなどの炭素材を用いるものが想定されている。

リチウムは希少で毒性が強いのにに対してナトリウムイオンは海水中に存在し採取することができることから、研究開発が成功すればいくらかでも蓄電池を設置することができる。出力不安定な太陽光や風力の欠点を補い、大規模蓄電が可能となれば、発電計画の不確実性を減少することができることから、グリーンイノベーションを後押しするものと考えられる。

第 4 クラスターよりクラスター 1-3-2 のチタン酸化物が、イノヴェイティブな位置に付いており(図 9)、実際、次世代リチウムイオン電池用の新しいチタン酸化物負極材料が、実用化されはじめている¹²⁾。

第 5、第 6 クラスターでは、100nodes 近くまで細かくサブクラスターリングしても、あまりばらけることなく電極の新しい材料が右上(Change-Maker)に古いモノが左下(Matured)に連なる傾向が見られる。

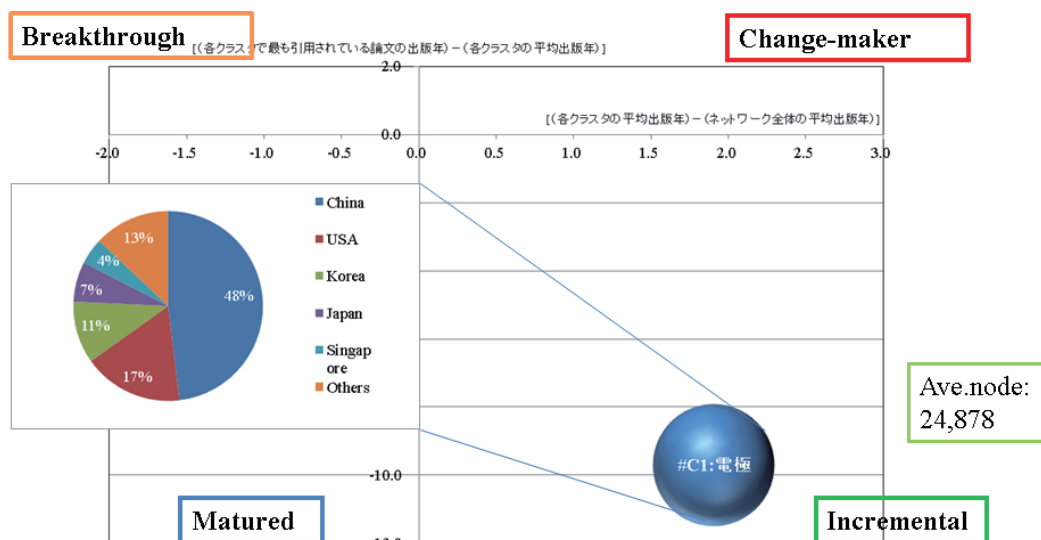


図 7 第 1 階層 : Base-Cluster 1

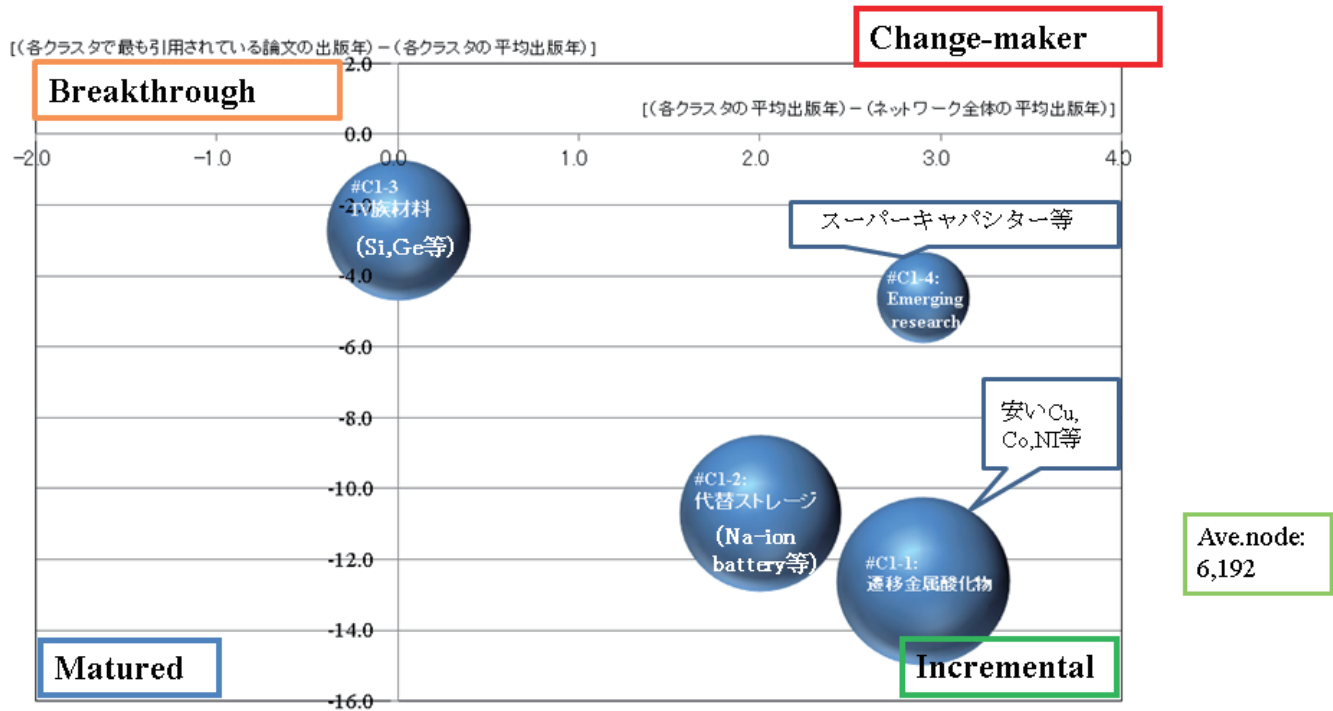


図 8 第 2 階層サブクラスター (Base-Cluster 1)

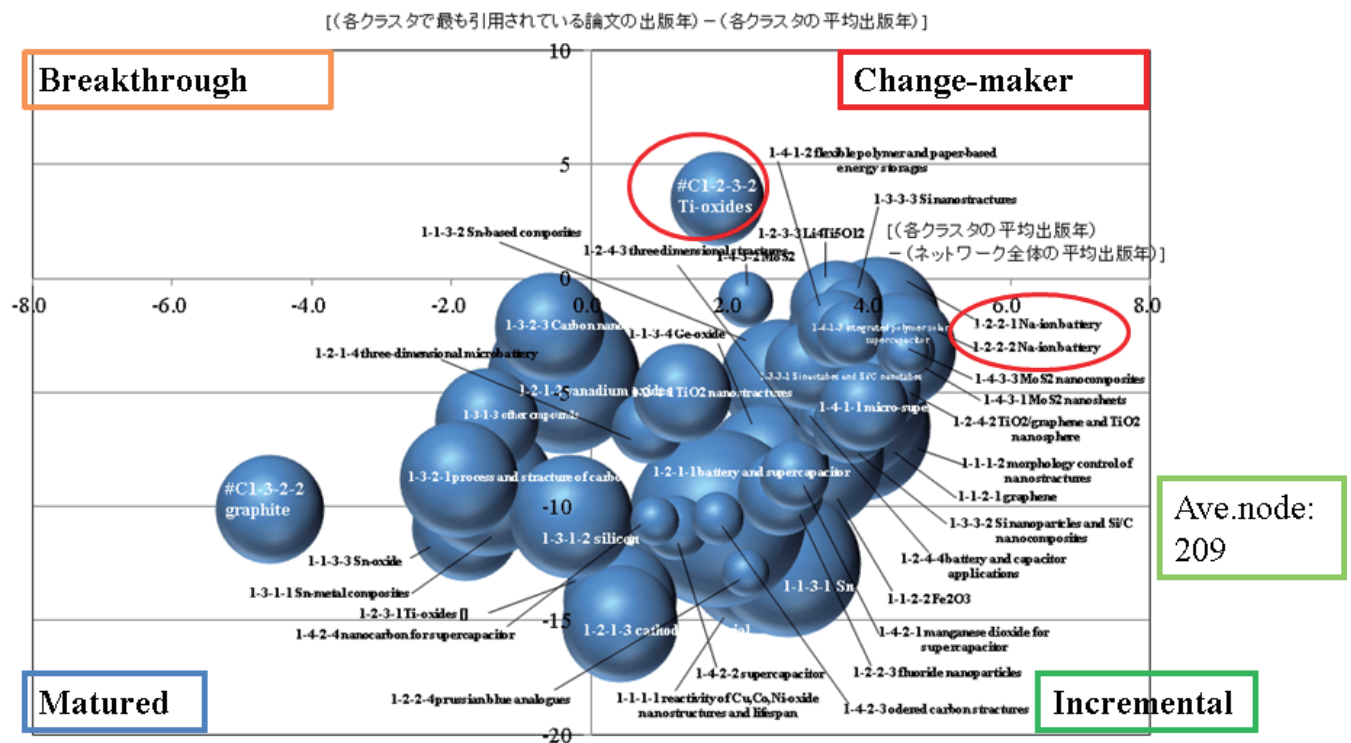


図 9 第 3 階層サブクラスター (Base-Cluster 1)

