「360°低速回転機構」と「適温燻製調理」を搭載したロティサリーグリル＆スモーク

Rotisserie Grill & Smoke Cooker with 360° Low-speed Rotation Mechanism and Optimum Temperature Smoke Cooking

桐石　卓　Taku Kiriishi
高麗　敦　Atsushi Kourai
平田　由美子　Yumiko Hirata
後藤　孝夫　Takao Goto

要　旨

本開発では，これまで十分な対応ができていなかった塊肉調理のための「回転加熱調理」と，各食材に適した温度条件で燻製（くんせい）可能な食材の幅を広げた「適温燻製調理」とともに，従来の「トースト調理」も含めた複数機能を同じ筐体（きょうたい）に搭載した調理器の実現を目指した．「回転加熱調理」では360°低速回転機構と上面からの遠近赤外線ダブル加熱により，近火と遠火を繰り返しながら自動でゆっくり炙（あぶ）り焼き調理を行うことで，たんぱく質の凝集を抑え，均一な焼き加減と，柔らかくジューシーな仕上がりを実現した．また，「適温燻製調理」では，燻製チップの温度による発煙成分の変化を分析により，燻製メカニズムを解明し，食材に適した2段階の発煙温度の設定と，専用ヒータを用いた高速昇温の実現により，溶けを抑制したチーズ燻製，生の食材（生の塊豚肉など）からの燻製など，本格的な燻製メニューを可能とした．

Abstract

In this study, we developed a multi-functional cooking appliance that combines conventional toaster cooking with rotisserie cooking for lump meat and optimum temperature smoke cooking, which suits a wide range of foods by changing temperature conditions. For the rotisserie cooking, we applied a 360° low-speed rotation mechanism and infrared (near and far) double heating elements, which automatically and slowly repeat the high- and low-temperature heating to suppress protein aggregation and obtain a uniformly cooked soft and juicy lump meat. For the optimum temperature smoke cooking, we analyzed the effects of smoke chip temperature on foods and employed two courses of smoking temperatures. By combining the smoke temperature settings with a high-speed heater, the cooker realized full-fledged smoke menus including one that suppresses smoked cheese from melting, and one that is suitable for smoked raw foods (e.g., raw pork chunks).

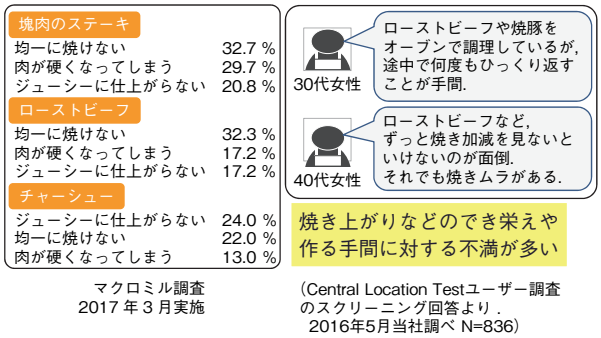
1. はじめに

近年，日本ではローストビーフや熟成肉が流行するなど，本格的な肉調理が注目され，塊肉調理などをホームパーティーで楽しむ人が増加している．また，2015年に商品化した手軽に燻製（くんせい）調理ができる「けむらん亭」などを利用して，家庭で燻製調理を楽しむ人も増加傾向にある．このように，これまで家庭で行われていなかった普段と違う本格調理のニーズが高まりつつある．

一方，キッチンに置ける調理器のスペースは限られており，普段と違う本格調理である，塊肉調理や燻製調理などに対応した新しい調理器を商品化する際には，普段使いのトースト，オーブングリル調理にも対応できることが望まれる．つまり，従来の小型オーブンのサイズで，本格調理と普段の調理の両方に対応することができるコンセプトを実現すべきである．

本稿では，新たに本格調理としての回転加熱調理と燻製調理に着目し，各調理を実現するに至った開発内容を記載する．

第1図に示すように，塊肉調理においては，従来の調理器でのお客様の不満点として，「均一に焼けない」，「ジューシーに仕上がらない」，「ずっと焼き加減を見ないといけない」などといった，うまく仕上がらない点や調理する際の手間がかかりすぎる点に関する項目が多く見られる．



第1図　自宅で塊肉調理時の不満ポイント

Fig. 1　Points of dissatisfaction when cooking lump meat at home

本開発では，塊肉を理想的に焼く手段として，海外で見られる，塊肉を串に刺して，回転させながら焼き上げるロティサリーチキンなどの調理方法である回転加熱調理に着目した．回転加熱調理は，手軽に塊肉を均一に焼き上げ，柔らかくジューシーに仕上げることができる特徴がある一方，食材が限定される，あるいは串刺しが困

難であるなどの課題もある．本開発では，日本の家庭で受け入れられる使いやすさも備えた回転加熱調理構成を目指して検討を行った．

また，燻製調理において，従来の調理器では，燻製時の食材が好ましくない色（オレンジ色）になる点や，燻製可能なチーズの種類が限定されるという課題がある．これらは発煙時の燻製チップの温度制御方法と，燻製容器内温度が高すぎることに起因している．本開発では，本課題を解決するために，燻製過程のメカニズムを解明するとともに，燻製チップから発生する煙成分と発生時の温度，出来上がりの食材の色の相関，それらのデータに基づく燻製チップの温度制御などを検討し，燻製調理に最適な温度上昇を実現する加熱構成と，食材に応じた燻製の最適調理温度シーケンス確立を目指した．

2. 回転加熱調理技術

2.1 従来の塊肉調理の課題

通常，家庭で塊肉調理を行う際は，庫内温度を一定に保って自動で調理するオーブン調理や，食材の加熱面を常に変えながらフライパンで弱火でじっくり焼くといった調理が行われている．しかし，オーブン調理では食材の受け皿に接する面が受け皿に溜（た）まった肉汁の中で煮込むような状態となるため，うまく焼き目が付かない，あるいは，上面のみが焦げてしまい均一に焼けないという課題がある．一方フライパン調理では，食材の加熱面を常に変える必要があるため，常時肉の焼き加減を見なければならず手間がかかりすぎる，あるいは，食材がいつ仕上がったのか判断が難しいという課題がある．そこで，塊肉を理想的に焼くことができる回転加熱調理を調理器内で自動で行う構成の開発を目標とし，省手間と美味（おい）しさの両立を図った．

具体的には，従来の加熱方式では実現できない調理性能の確立と，日本の食材や使われ方に適した調理しやすい食材支持構成を検討した．

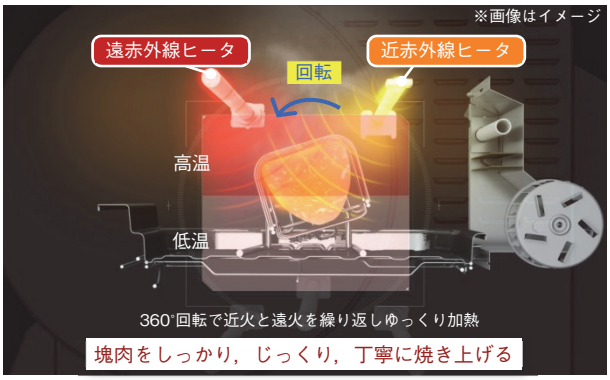
2.2 回転加熱調理の美味しさのメカニズム

一般的に肉を柔らかく調理するために，主要な筋肉たんぱく質である筋原線維たんぱく質の収縮が40℃～60℃付近で特異な収縮を示すことから，加熱時にこの温度帯を通過する時間を長くすることで，筋原線維たんぱく質の収縮が抑えることが有効[1]と考えられている．

回転加熱調理では，回転しながら上火のみの加熱とすることで，近火と遠火が繰り返される．そのため，肉表面の焦げを防止するとともに，肉の温度が急激に上がることなくゆっくり加熱され，40℃～60℃の温度帯を通過する時間が長くなる．したがって，たんぱく質の変性・凝集の速度が弱まり，肉の中にしっかりと旨（うま）み・水分を保持したまま焼き上げることができ，塊肉が柔らかく，ジューシーに仕上がるという特徴がある．また，肉を回転しながら焼くことで，表面全体に肉汁がからみつき，脂肪や油脂の層のバリアが形成され水分の蒸発を防ぐことができ，よりジューシーに仕上がる点にも特徴がある．さらに，肉が回転することで表面全体が均一に香ばしく焼けるため，肉の表層でメイラード反応が進んで表面が褐色になることで，より美味しさを向上させることができる[2]．

2.3 回転加熱調理の加熱構成

回転加熱調理を実現するための本体構成は，**第2図**に示すように，低速で回転するモータ（60 Hz：3回転/分，50 Hz：2.5回転/分）と，表面を焦がす遠赤外線ヒータおよび，肉の内部を加熱する近赤外線ヒータを併用した加熱シーケンスにより，じっくり自動で焼き上げる構成を実現している．



第2図　回転加熱調理の加熱構成
Fig. 2　Heating mechanism for rotisserie cooking

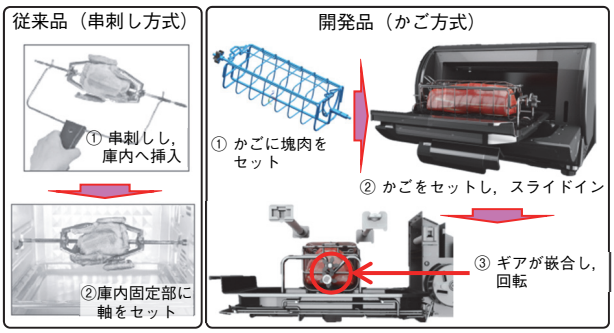
2.4 食材支持構成

一般的な回転加熱調理では，丸鶏（どり）などを串刺しにする構成がとられるが，家庭での塊肉調理はローストビーフや焼き豚が中心となるため，串刺しではない適切な食材支持構成が必要となる．例えば，串刺し方式では，串を肉に刺す際，肉の表面にある菌が串の先端に付着したまま肉内部に入ってしまう可能性があり，肉の内部温度を菌の死滅する75℃で1分以上加熱することが必要となる．しかしながら，ローストビーフの場合は，内部温度を55℃前後で調理する必要があり，菌の死滅が難しい．

そのため本開発では，食材内部に菌が入り込まないように，かご方式のアタッチメント構成を新たに開発した．

かご方式では，串を食材に刺すことの負担がない，ヒータから食材までの距離を一定に保つことで均一加熱できる，調理する食材の大きさを規定することもできるために調理中に食材がヒータに当たるリスクを排除できるといったメリットがある．また，串が通りづらい硬い食材であってもかごに入れて調理することが可能になるため，塊肉のみでなく，野菜も調理できるようになり，幅広い食材に対応可能となる．

さらに，**第3図**に示すように，取り扱う際の利便性と安全性を考慮し，かごを本体庫内にセットするための新たな構成を開発した．串刺しした食材を本体庫内に直接手を入れ取り外しする構成では，取り扱いが煩雑でやけどの恐れが生じることになる．そこで，本開発品は受け皿にかごをセットするための軸受けを配置し，軸受けにかごを載せ，受け皿ごと本体庫内に挿入し，ギアと嵌合（かんごう）させてかごを回転させる構成としている．この構成により，庫内に直接手を入れる心配がなく安全にかごの脱着ができることになる．また，かごのみを庫内ギアに設置できない構成としたため，受け皿のセット忘れがあった場合にはかごのセットもできない．したがって，食材からの油が下ヒータに接触して発煙が生じるようなこともない．

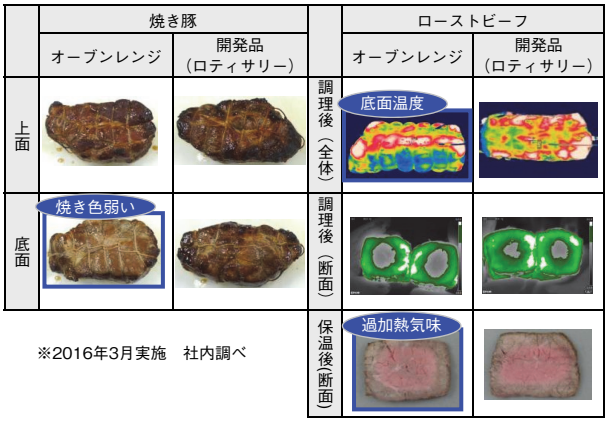


第3図　食材支持構成
Fig. 3　Food support configuration

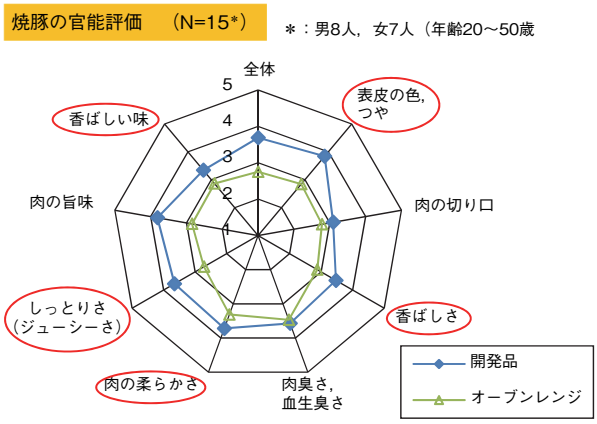
2.5　回転加熱調理の美味しさの定量評価

第4図では，本開発品と，同価格帯のオーブンレンジの調理仕上がり具合を比較している．本開発品は，従来のオーブンレンジに比較して，焼き豚調理では表面全体に均一に焦げ目が付いている．また，ローストビーフ調理では断面の焼き加減より均一に熱が加わっていることがわかる．この比較から食材を回転させながら焼くことにより，従来のオーブンレンジより均一に焼き上げができていることがわかる．また，**第5図**は官能評価の比較を示している．従来のオーブンレンジと比較して本開発品では香ばしさや外観，ジューシーさに0.5ポイント以上の有意差が見られることがわかる．この差を定量的に測定した結果を**第6図**に示す．肉のジューシーさは，焼き豚を調理した後，遠心分離器によって肉に荷重をかけた後の重量と，荷重をかける前の重量（無水物換算）の比率を測定し，調理後の肉に残留する水分量（Juiciness[%]）で評価した．一方，柔らかさは，クリープメータにて歯を模したくさび型の治具（プランジャー：先端1 mm幅，平面横幅3 cmのくさび形）で肉を押し切るときにかかる荷重（破断応力[N]）により評価した．その結果，焼き豚の仕上がりは，ジューシーさは5 %アップ，柔らかさは13 %の差があった．

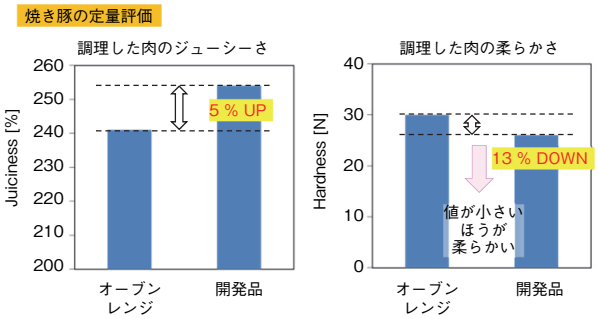
以上のことから，本開発品による回転加熱調理は，オーブンレンジにおけるオーブン調理より，均一に焼くことができ，柔らかく，ジューシーに塊肉を調理することができる．



第4図　回転加熱調理とオーブン調理の性能比較
Fig. 4　Rotisserie and microwave oven cooking performance comparison



第5図　回転加熱調理の官能評価結果
Fig. 5　Rotisserie cooking sensory evaluation results



第6図　回転加熱調理の定量評価結果
Fig. 6　Rotisserie cooking quantitative evaluation result

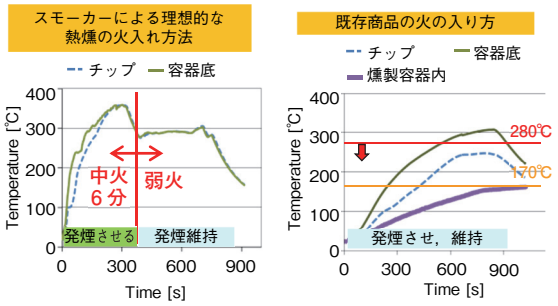
3. 適温燻製調理技術

3.1　燻製調理の課題

家庭用の既存商品（けむらん亭）で燻製調理を行った場合，燻製時の食材が好ましくない色（オレンジ色）になる，燻製可能なチーズの種類が限定されるという課題がある．これらは既存商品では，アウトドアなどで行われている熱燻方法，すなわち燻製の着色のメカニズムを考慮した温度制御が十分できていないこと，食材によっては燻製容器内温度が高いことに起因する．

3.2　理想の熱燻方法を実現する加熱構成

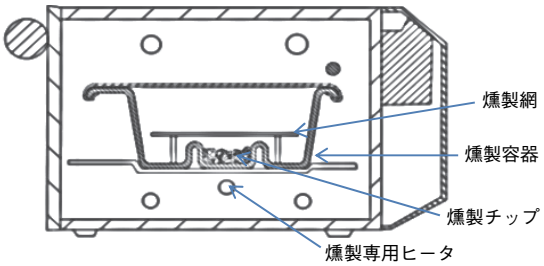
本開発では，理想の熱燻方法を実現する加熱構成の開発を行った．熱燻の加熱シーケンスは**第7図**左に示すように，燻製チップを中火で発煙させ，その後弱火で燻製容器から煙が出てくるまで加熱し，発煙を維持して食材に煙を付かせることが理想となる．このため，発煙させる工程では，一気に加熱し燻製チップを発煙させ（チップの発煙温度である250℃にチップの温度が到達する時間：6分以内），発煙を維持する工程では，チップの温度を一定以上（280℃以上：次節参照）で保つことを目標とした．



第7図　燻製の加熱シーケンス
Fig. 7　Smoke heating process

既存商品では，**第7図**右に示すように，加熱開始時の温度上昇が不十分であるが，これは加熱効率の悪いシーズヒータを使用していることに加えて，別用途の機体として開発された既存商品の追加機能として燻製機能を盛り込んだために燻製調理において必要となる温度制御に適した設計ができていなかったためである．そこで，**第8図**に示すように，本構成ではシーズヒータに対して昇温時間が50％早い燻製専用ヒータ（遠赤外線ガラス管ヒータ：600 W）を採用し，燻製チップを効率的に加熱できる構成とすることで，目標であるチップ温度250℃に6分以内で到達させるという温度上昇速度を実現した（3.4節で詳細を述べる）．さらに，チップを置く範囲を燻製専用ヒータ上に配置することにより，チップ温度を均一に保つようにした．

この構成により，中火で発煙させ，チップ温度を目標温度範囲で維持する構成を確立し，理想の熱燻方法を実現した．



第8図　燻製調理の加熱構成
Fig. 8　Smoke heating mechanism

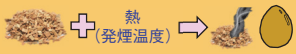
3.3　オレンジ色付き対策（チップの温度設定）

既存商品で鶏卵を燻製するとオレンジ色になるが，市販で売られている燻製卵は茶色である．この原因を明確にするため，燻製チップの発煙温度により食材の色付きが変わるとの仮説を立て，検証を行った．

第1表に示すように，温度帯によって燻製チップから生成される成分が違う[3]点と，**第2表**に示すように，燻製チップの温度帯別での食材への色付き具合の観察結果から，リグニンが熱で分解されて燻煙成分のフェノール物質に変化することにより，茶色の色付きを実現していると推定した．また，既存商品では，燻製チップの温度がほぼ280℃以下で推移しており，適切な燻製の色である茶色の色付きまでには至らず，オレンジ色になっていると考えられる．したがって，茶色に燻製するためには燻製チップの温度を素早く280℃に到達させ，かつ280℃以上に維持する必要がある．一方で，燻製チップの温度が330℃以上になると，食材は黒く，えぐみも強くなり食味が悪くなる．これは高温になるほど，リグニン以外にも

各種分解物が生成することで，焚（た）き火のような香りが付着することが原因であると推測される．以上から，燻製の食材の色付きは燻製チップの温度が非常に重要であり，新加熱構成により，オレンジ色になる温度帯を早く通過させるとともに，最適燻製温度帯である280℃以上330℃以内の範囲を長く保った熱燻加熱シーケンスとすることで，燻製した食材がオレンジ色に着色するという課題を解決した．

第1表　燻製チップの温度による燻煙成分
Table 1　Smoke component due to chip temperature

燻製チップ成分	熱分解温度	燻煙成分	色付きイラスト ※いずれかがオレンジ色に寄与している
セルロース	約180℃	有機酸	
ヘミセルロース	約240℃	アルコール中性物質	
リグニン	約280℃	フェノール物質（タールの主成分）	

第2表　燻製チップの温度による食材の色付き
Table 2　Coloring of ingredients by chip temperature

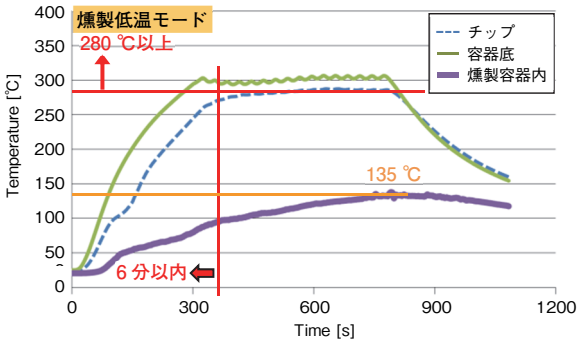
食材	鶏卵		食パン		生米	
たんぱく質	有		無		無	
チップ温度	250℃	300℃	250℃	300℃	250℃	300℃
写真						
色	オレンジ	茶	黄～オレンジ	茶	黄～オレンジ	茶～黒

3.4　チーズ溶け対策

熱燻では，燻製チップの温度が高い方が色も濃く，香りも強く付き好まれるため，燻製チップを330℃に近い温度帯で制御することが望まれる（「燻製高温」モード）．

一方，チーズの燻製は下準備も不要で手軽に美味しく作れることから，燻製調理では人気の高い食材であり，既存商品でも限定的な条件ではあるがチーズの燻製を取り入れていた．しかしながら，本来チーズは加熱により溶けやすく，熱燻（燻製容器内温度：80℃以上）よりも温燻（燻製容器内温度：50℃～80℃）に適した食材であり，既存商品では多くの種類のチーズで溶けるという課題があった．

熱燻においても，チーズが溶けることを軽減し，色付きを茶色にするためには，燻製チップの温度は280℃以上を維持しつつ，燻製容器内温度をできるだけ低く保つ必要がある．前述のように本開発では，専用ヒータを採用し，昇温効率を上げ，かつチップの温度が目標に達した後，ヒータのON-OFF制御に移行させて狙いの温度（280℃～300℃）を維持する制御方式としているため，ヒータの導通時間を短くし，燻製容器内の温度上昇を抑制する制御も可能となっている．本開発品では，**第9図**に示すように，既存商品の燻製容器内温度が最高到達温度170℃より35 deg低下させた135℃となる「燻製低温」モードを設定することで，チップ温度を低めに維持し，高温で溶けるチーズや，たらこやサーモンといった少し火を弱くして美味しく仕上げる食材への対応を可能にしている．この結果，例えば，燻製チーズで一般的である6Pチーズにおいて溶けずに燻製できるチーズの種類を既存商品の1種類から8種類に増やすことができた．これは，市販されている6Pチーズの約60％の種類をカバーしている．



第9図　燻製低温モードの加熱シーケンス
Fig. 9　Heat control of low-temperature smoke mode

4.　まとめ

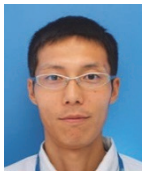
以上のように，本開発品において，遠近赤外線ダブル加熱，回転加熱機構による回転加熱調理技術では，塊肉をそのまま柔らかく，ジューシーに仕上げることができる．また，適温加熱シーケンス制御による適温燻製調理技術では，「燻製高温」と「燻製低温」の2つのモードを設けることで，鶏卵などオレンジ色になりやすい食材の適切な着色の燻製や，チーズの溶けない種類を増やすなど，幅広い食材の燻製調理が可能である．さらに，同じ食材でも，低温と高温のモードを使い分けすることで，燻製の香りを変え，さまざまなお客様の好みに合わせた燻製を提供できる．

本開発により，手間なくかつ，理想の塊肉仕上がりを可能にする回転加熱調理技術と，これまでの燻製調理を一段と進化させる適温燻製制御技術を確立し，これらの技術を搭載した新規多機能調理器であるロティサリーグリル＆スモークの商品化を実現した．

参 考 文 献

[1] 渋川祥子, 食品加熱の科学, 朝倉書店, 東京, 1996, p.93.
[2] Harold McGee, マギーキッチンサイエンス, 香西みどり 他（監, 訳）, 共立出版, 東京, 2004, pp.150-153.
[3] 太田静行 他, スモーク食品, 恒星社厚生閣, 東京, 1997, p.47.

執筆者紹介



桐石　卓　　Taku Kiriishi
アプライアンス社　技術本部
Engineering Div., Appliances Company

高麗　敦　　Atsushi Kourai
アプライアンス社
ビューティー・リビング事業部
Beauty And Living Business Div.,
Appliances Company

平田　由美子　　Yumiko Hirata
アプライアンス社
ビューティー・リビング事業部
Beauty And Living Business Div.,
Appliances Company

後藤　孝夫　　Takao Goto
アプライアンス社
ビューティー・リビング事業部
Beauty And Living Business Div.,
Appliances Company